APCC 동적 기후정보서비스 시스템 구축

Development of APCC Dynamic Climate Information Services

이현록, 김상철, 신지현, 정주형

기후사업본부 예측운영과

2024.12.

아시아·태평양경제협력체 기후센터

Executive Summary

The Asia-Pacific Economic Cooperation Climate Center (APCC) has been making continuous efforts to enhance the value of climate information utilization in the Asia-Pacific region. APCC develops various climate information services and provides them stably through an online platform, while constantly improving and conducting user support projects to expand the usability and applicability of climate prediction data.

To ensure systematic and stable operation of APCC climate information services, an operational and reporting framework based on annual plans has been established, with strengthened management through continuous service monitoring. Additionally, in response to the rapidly changing information and communication technology (ICT) environment, APCC has been continually revising and improving its services, while consistently performing service security enhancement tasks to address various security vulnerabilities.

APCC is working to provide users with a consistent service environment by gradually integrating individual climate information services into a climate information service platform. Through this effort, APCC climate information services that provide climate data, processing, prediction, and verification information are being expanded into a single integrated platform service.

As part of these efforts, APCC has carried out the sub-project “Operation and Improvement of Asia-Pacific Climate Information Services“ under the sixth phase of the Asia-Pacific Climate Information Service and Research Development Project. This project was conducted with the goal of “Building a Next-Generation Climate Information Service System to Enhance Climate Information Utilization and User Support,” was conducted from 2022 to 2024, achieving the following key outcomes:

In 2022, online tutorial services were developed to enhance user support, and an itegrated authentication system was established to improve user convenience in authentication. It also carried out stable operation and improvement of APCC climate information services.

In 2023, APCC constructed a dynamic climate information display homepage to lead climate information services. This homepage has a foundation that can be integrated with the platform and also built a prototype of mashup services.

In the final year of 2024, APCC completed the construction of an Open API package based on the integrated climate information service platform and the development of mashup services. Through this, APCC achieved the goal of building a dynamic climate information service for strengthening climate information utilization and user support.

Based on these accomplishments, APCC has been promoting the exchange and dissemination of climate prediction technologies and strengthening user support through domestic workshops aimed at increasing domestic contributions. Through these initiatives, APCC is contributing to further enhancing the value of climate information utilization in the Asia-Pacific region and improving the ability to respond to climate change.

국문 요약

아시아・태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 아시아태평양 지역의 기후정보 활용 가치를 증진시키기 위해 지속적인 노력을 기울이고 있습니다. APCC는 다양한 기후정보 서비스를 개발하여 온라인 플랫폼을 통해 안정적으로 제공하며, 기후예측 자료의 사용 편의성과 활용성을 확대하기 위한 끊임없는 개선과 사용자 지원 사업을 진행하고 있습니다.

APCC의 기후정보 서비스는 체계적이고 안정적인 운영을 위해 연간 계획에 따른 운영 및 보고 체계를 구축하고 있으며, 서비스의 상시 모니터링을 통해 관리가 강화되고 있습니다. 또한, 급변하는 정보통신기술 환경에 대응하기 위해 서비스를 지속적으로 수정 및 개선하고 있으며, 다양한 보안 취약점에 대응하여 서비스 보안을 강화하고 있습니다.

APCC는 기존의 개별적인 기후정보 서비스를 단계적으로 통합하여 기후정보 서비스 플랫폼으로 개발하고, 사용자에게 일관된 서비스 환경을 제공하기 위해 노력하고 있습니다. 이를 통해 기후자료 제공, 처리, 예측 및 검증 정보를 제공하는 APCC 기후정보 서비스들이 하나의 통합된 플랫폼 서비스로 확대되고 있습니다.

이러한 노력의 일환으로 APCC는 아태 기후정보 서비스 및 연구개발 사업 6단계의 세부 과제인 “아태지역 기후정보 서비스 운영 및 개선“ 과제를 수행하였습니다. 이 과제는 “기후정보 활용 및 사용자 지원 강화를 위한 차세대 기후정보 서비스 시스템 구축“을 목표로 2022년부터 2024년까지 3개년에 걸쳐 진행되었으며, 주요 성과는 다음과 같습니다:

2022년에는 사용자 지원 강화를 위한 온라인 튜토리얼 서비스를 구축하고, 사용자 인증 편의를 확대하기 위한 통합 인증 시스템을 구축하였습니다. 또한, APCC 기후정보 서비스의 안정적인 운영 및 개선 작업을 수행하였습니다.

2023년에는 기후정보 서비스 선도를 위한 동적 기후정보 표출 홈페이지를 구축하였으며, 이 홈페이지는 플랫폼과 통합할 수 있는 기반 체계를 갖추고 매쉬업 서비스의 원형도 함께 구축하였습니다.

2024년에는 기후정보 서비스 통합 플랫폼 기반의 Open API 패키지를 구축하고 매쉬업 서비스 개발을 완료하였습니다. 이를 통해 기후정보 활용 및 사용자 지원 강화를 위한 동적 기후정보 서비스 구축 목표를 달성하였습니다.

이러한 성과를 바탕으로 APCC는 기후예측 기술 교류 및 확산을 촉진하고, 국내 기여도를 높이기 위한 국내 사용자 워크숍을 실시하여 사용자 지원을 강화하고 있습니다. 이를 통해 APCC는 아시아태평양 지역의 기후정보 활용 가치를 더욱 높이고, 기후변화에 대한 대응 능력을 향상시키는 데 기여하고 있습니다.

목차

1. 서론 ····· 1
2. APCC 기후정보서비스 안정적 운영 및 개선 ····· 2
2.1. 기후정보서비스의 안정적 운영 ····· 2
2.1.1. 개요 ····· 2
2.1.2. 보안 취약점 점검 목록 ····· 2
2.1.3. APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 보안강화 ····· 3
2.1.4. 기후정보서비스 모니터링 시스템을 통한 상시 모니터링 ····· 30
2.1.5. 웹 접속통계 시스템 클라우드 이관 ····· 30
2.1.6. 기후정보서비스 플랫폼의 안정적 운영을 위한 시스템 운영 및 개선 ····· 31
2.1.7. 기후정보서비스의 안정적 및 효율적 운영에 필요한 관련 업무 지원 ····· 32
2.2. 기후정보서비스 개선 계획 수립을 통한 체계적 서비스 개선 ····· 37
2.2.1. 추진개요 ····· 37
2.2.2. 주요내용 ····· 38
2.3. 기후정보서비스 플랫폼을 통한 재분석자료 제공 서비스(2022~2023) ····· 48
2.3.1. 재분석자료 제공 서비스 설계 ····· 48
2.3.2. 재분석자료 제공 서비스 개발 ····· 49
2.4. 개별 기후정보서비스 종료 및 후속조치 ····· 53
2.4.1. 개요 ····· 53
2.4.2. 도메인 통합(2022~2023) ····· 54
2.4.3. 개별 기후정보서비스 종료 및 후속조치 ····· 55
2.4.4. 기후서비스 플랫폼 통합 안정화 ····· 61
2.5. 기후정보서비스 플랫폼 기반 Open API 강화 ····· 75
2.5.1. 개요 ····· 75
2.5.2. 기후서비스플랫폼 기반 Open API 구축 (2023) ····· 76
2.5.3. 기후서비스플랫폼 기반 Open API 패키지 구축 (2024) ····· 78
2.6. 기후정보서비스 튜토리얼 서비스 강화 ····· 83
2.6.1. 개요 ····· 83
2.6.2. 기후정보서비스 튜토리얼 강화 ····· 83
2.7. APCC 기후정보서비스 사용자 워크숍 ····· 88
2.7.1. 추진배경 및 목적 ····· 88

2.7.2. 2022년 사용자 워크숍 ·····88
2.7.3. 2023년 사용자 워크숍 ·····97
2.7.4. 2024년 사용자 워크숍 ·····108
3. 동적 기후정보서비스 시스템 구축 ·····118
3.1. 동적 표출 기술을 적용한 감시/예측/검증 정보 제공 홈페이지 구축 ·····118
3.1.1. 개요 ·····118
3.1.2. 홈페이지 위탁연구 추진(2023) ·····118
3.1.3. 기관 홈페이지 연동 기후자료처리 모듈 개발 ·····137
3.1.4. 홈페이지의 동적 서비스 콘텐츠 확대(2024) ·····148
3.2. 기후정보서비스 플랫폼 동적 매쉬업 서비스 구축 ·····152
3.2.1. 동적 매쉬업 서비스 원형 구축(2023) ·····152
3.2.2. Open API 조합 실행 기술 및 매쉬업 서비스 원형 개발 ·····153
3.2.3. 기후정보서비스 플랫폼 동적 매쉬업 기술을 활용한 원스톱 서비스 구축 (2024) ·····159
3.3. 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 ·····165
3.3.1. 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 체계 설계 및 원형 개발(2023) ·····165
3.3.2. 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합(2024) ·····173
3.3.3. 사용자 맞춤형 기후예측정보 제공 서비스 개발(2023~2024) ·····187
4. 결론 및 향후 과제 ·····194

표 차례

Table 2.1. Web vulnerability check lists ····2
Table 2.2. Person in charge and task of climate information services ····4
Table 2.3. Operation plan of 2024 ····4
Table 2.4. The list of homepage updated ····8
Table 2.5. The list of cliks update ····10
Table 2.6. The list of SSO updated ····12
Table 2.7. The list of Help Desk updated ····17
Table 2.8. The list of CLIPs updated ····19
Table 2.9. The list of OpenWPS updated ····20
Table 2.10. The list of AIMS updated ····27
Table 2.11. List of web analytics ····31
Table 2.12. 2022-2024 Plan for the Improvement of APCC Climate Information Service ···37
Table 2.13. OpenWPS integration process ····61
Table 2.14. The list of Climate Data Processing Open API Server ····68
Table 2.15. The list of Climate Data Processing Open API Server ····78
Table 2.16. 2022 APCC User workshop program ····88
Table 2.17. Theory lecture contents ····90
Table 2.18. Practical contents ····90
Table 2.19. 2023 APCC User workshop program ····98
Table 2.20. Theory lecture contents ····99
Table 2.21. Practical contents ····101
Table 2.22. Summary of survey result ····102
Table 2.23. Survey result by item (1) ····102
Table 2.24. Survey result by item (2) ····103
Table 2.25. Survey result by item (3) ····103
Table 2.26. Ease of downloading data ····106
Table 2.27. Overall evaluation about Clipping/Composite/Masking service ····107
Table 2.28. Overall evaluation about Prediction/Verification service ····108
Table 2.29. Overall evaluation about Downscale service ····108

Table 2.30. 2024 APCC User workshop program ·····109
Table 2.31. Theory lecture contents ·····110
Table 2.32. Practical contents ·····111
Table 2.33. Summary of survey result ·····112
Table 2.34. Survey result by item (1) ·····112
Table 2.35. Survey result by item (2) ·····113
Table 2.36. Survey result by item (3) ·····114
Table 2.37. Overall evaluation about Clipping/Composite/Masking service ·····116
Table 2.38. Overall evaluation about Prediction/Verification service ·····117
Table 2.39. Overall evaluation about Downscale service ·····117
Table 3.1. Summary of Requirements and Development results ·····119
Table 3.2. The contents of general charts ·····140
Table 3.3. The list of Climate Data Processing Open API Server ·····156
Table 3.4. clik_provider table ·····175
Table 3.5. clik_model table ·····175
Table 3.6. clik_data_hres_mme table ·····176
Table 3.7. clik_data_hres_model table ·····176
Table 3.8. clik_data_lres_mme table ·····177
Table 3.9. clik_data_lres_model table ·····177
Table 3.10. clik_prediction_models table ·····178
Table 3.11. clik_mme_vars table ·····178
Table 3.12. clik_obs_dataset table ·····178
Table 3.13. clik_obs_station table ·····179
Table 3.14. clik_obs_val table ·····179
Table 3.15. clik_reanalysis_vars table ·····180
Table 3.16. clik_verification_methods table ·····180
Table 3.17. APCC website Quality Assessment results ·····184

그림 차례

Figure 2.1. Monitoring result of homepage web service ·····6
Figure 2.2. Backup system of climate information services ·····7
Figure 2.3. The backup of database on the Service storage ·····7
Figure 2.4. The backup of database on the local PC ·····7
Figure 2.5. Dynamic climate information service of APCC homepage ·····9
Figure 2.6. Anomaly and Climatological Standard Normals service of APCC homepage ·····9
Figure 2.7. Crop Forecast service of APCC homepage ·····10
Figure 2.8. Checking states of CLIKs ·····12
Figure 2.9. The backup of database on the platform storage ·····12
Figure 2.10. Log-in and sign up page (general / OAuth2) ·····13
Figure 2.11. Procedure for handling long-term non-visitors ·····14
Figure 2.12. Online Help Desk Process ·····14
Figure 2.13. Screenshot of APCC Help Desk Homepage ·····15
Figure 2.14. Screenshot of Help Desk ·····15
Figure 2.15. Screenshot of Zendesk main page ·····16
Figure 2.16. Result of New Help Desk patch ·····17
Figure 2.17. Release Note input screen (improvement) ·····18
Figure 2.18. Contents of the Release Note (CLIKS) delivered through API in JSON format 19
Figure 2.19. New AIMS Homepage in Climate Serivce Integrated Platform ·····21
Figure 2.20. Notice of R Package Termination ·····22
Figure 2.21. AIMS Execution Screen ·····22
Figure 2.22. Results of Climate Change Scenario Downscaling Test Using AIMS ·····23
Figure 2.23. Observation Data Evaluation Results ·····24
Figure 2.24. Raw GCM Evluation Results ·····25
Figure 2.25. Assessment Results of Historical Reproducibility and Future Uncertainty Using Data Before and After Downscaling ·····25
Figure 2.26. Spatial Distribution Reproducibility Assessment Results ·····26
Figure 2.27. GCM Weight Factor Results ·····27
Figure 2.28. Updated SSL of homepage ·····28
Figure 2.29. Updated SSL of CLIKs ·····28

Figure 2.30. Updated SSL of SSO ·····29
Figure 2.31. SSL certificate of HelpDesk Homepage ·····29
Figure 2.32. Web based monitoring system (Nagios) ·····30
Figure 2.33. APCC homepage HTTP service monitoring for one month ·····30
Figure 2.34. Climate Information Service platform based on hybrid cloud technology ·····32
Figure 2.35. Metadata management system ·····33
Figure 2.36. Selection of open data ·····33
Figure 2.37. Input of data open plan ·····33
Figure 2.38. Management of implementation of open plan ·····34
Figure 2.39. Management of standard terms ·····34
Figure 2.40. Management of standard words ·····34
Figure 2.41. Management of standard domains ·····35
Figure 2.42. Evaluation criteria for institution ·····35
Figure 2.43. Management of standard terms for database ·····36
Figure 2.44. Column definitions of database ·····36
Figure 2.45. Evaluation criteria for database ·····36
Figure 2.46. ERA5, NCEP transmission system ·····48
Figure 2.47. Set up schedules for data transfer ·····48
Figure 2.48. dataset_external collection of mongoDB ·····49
Figure 2.49. The design of dataset_external collection ·····49
Figure 2.50. The service architecture for NCEP ·····50
Figure 2.51. Download URL of ERA5 ·····50
Figure 2.52. Download URL of NCEP ·····50
Figure 2.53. Dataset menu ·····51
Figure 2.54. Overview tab of ERA5 page ·····51
Figure 2.55. Wget download of NCEP Reanalysis ·····51
Figure 2.56. CLIK API download of NCEP Reanalysis ·····52
Figure 2.57. History of Clipping in Climate Service Ingegrated Platform ·····53
Figure 2.58. The structure of Clipping Open-API ·····54
Figure 2.59. Step of domain integration ·····55
Figure 2.60. The roadmap of Clipping in Climate Service Ingegrated Platform ·····56
Figure 2.61. The roadmap of Masking(OpenWPS) in Climate Service Ingegrated Platform ·57

Figure 2.62. PyWPS Process ····58
Figure 2.63. Point in Polygon ····59
Figure 2.64. Rectangle intersects Polygon ····59
Figure 2.65. Point in MBR ····59
Figure 2.66. Point in Expanded MBR ····59
Figure 2.67. Result of High Resolution MME Data ····60
Figure 2.68. Screenshot of Masking Function Page ····60
Figure 2.69. Legacy Clipping Function Screenshot (CLIK) ····62
Figure 2.70. New Clipping Function Screenshot ····62
Figure 2.71. New Composite Function Screenshot ····63
Figure 2.72. New Library Testing Screenshot ····64
Figure 2.73. Log Structure of Clipping Service ····65
Figure 2.74. Log Result Analysis Screenshot ····65
Figure 2.75. Open API Call Code ····66
Figure 2.76. Climate Data Processing Service API Server Flowchart ····67
Figure 2.77. Architecture of the Climate Service Platform: PaaS, IaaS, and CaaS Configuration 69
Figure 2.78. dockerbuild script ····70
Figure 2.79. JobDetailsClippingMME Class Code ····71
Figure 2.80. Clipping API Log ····72
Figure 2.81. Job-related parameters stored in MongoDB ····73
Figure 2.82. Clipping page with newly added Request Job button ····73
Figure 2.83. My Jobs menu result screen with newly added Job Types ····74
Figure 2.84. The structure of the clippingapi call ····77
Figure 2.85. Python Package Index(PyPI) apccapi page ····79
Figure 2.86. Python Package Index(PyPI) apccapi page ····80
Figure 2.87. pip install apccapi ····81
Figure 2.88. apccapi call code ····81
Figure 2.89. apccapi Execution Screen ····82
Figure 2.90. Existing climate service platform tutorial screenshot ····83
Figure 2.91. New Climate Service Platform Tutorial Screenshot ····84
Figure 2.92. Feature → Tutorial link button to go to Tutorial Menu ····85
Figure 2.93. Tutorial Content → Link button to go to function ····85

Figure 2.94. Current updated tutorials on climate information service platform functionality 86
Figure 2.95. Follow the Climate Information Service tutorial Insert video screen ·····87
Figure 2.96. Experience using climate data service (except APCC Data Service) ·····106
Figure 2.97. High-utilization climate data ranking ·····106
Figure 2.98. Application of climate data processing service results ·····107
Figure 2.99. Experience using climate data service (except APCC Data Service) ·····115
Figure 2.100. High-utilization climate data ranking ·····116
Figure 3.1. APCC homepage version control ·····123
Figure 3.2. Cloud platform architecture for homepage development ·····124
Figure 3.3. Overall homepage design improvement ·····125
Figure 3.4. Homepage contents search ·····126
Figure 3.5. Displaying content representative ·····126
Figure 3.6. Responsive web UI ·····127
Figure 3.7. Security setting in CMS ·····127
Figure 3.8. Autorization function ·····128
Figure 3.9. Access Log ·····128
Figure 3.10. Page add function ·····129
Figure 3.11. Homepage contents registration and management ·····129
Figure 3.12. 3-Depth Menu ·····130
Figure 3.13. Font Management ·····130
Figure 3.14. Side Menu for Dynamic Climate Information ·····131
Figure 3.15. Dynamic Climate Information Page ·····131
Figure 3.16. Dynamic Climate Outlook ·····132
Figure 3.17. Dynamic climate information (APCC MME Forecast-Precipitation) ·····133
Figure 3.18. Climate Monitoring - Current Climate ·····134
Figure 3.19. Climate Monitoring - Climate Indices ·····135
Figure 3.20. East Asia (Abnormal climate) ·····136
Figure 3.21. Homepage (English version) ·····137
Figure 3.22. Applied Forecast - APCC Fire and Haze EWS (English Version) ·····137
Figure 3.23. The development process for establishing dynamic climate service ·····138
Figure 3.24. PMME CSV ·····140
Figure 3.25. ROC Curve chart ·····140

Figure 3.26. Samples of seasonal forecast – DMME (left), PMME (right) ·····141
Figure 3.27. Sample of verifications – ACC (left), ROC Curve (right) ·····142
Figure 3.28. Grid CSV ·····143
Figure 3.29. The Open API to download CSV ·····143
Figure 3.30. The result of ACC chart ·····144
Figure 3.31. Strcutre of dynamic climate web service prototype ·····144
Figure 3.32. The class diagram for Grid CSV Processor ·····145
Figure 3.33. Grid CSV ·····145
Figure 3.34. The Open API to view or download CSV ·····146
Figure 3.35. The class diagram to extract and transfer chart data ·····146
Figure 3.36. The result of ACC chart ·····146
Figure 3.37. The result of ROC Curve chart ·····147
Figure 3.38. Result of verification – ACC ·····147
Figure 3.39. Result of verification – Hedike Skill Score ·····148
Figure 3.40. Climatological Standard Normals new menu ·····149
Figure 3.41. Climatological Staddard Normals new web page ·····150
Figure 3.42. Applied Forecast menu updates ·····150
Figure 3.43. Introduction & Methodology page ·····151
Figure 3.44. Crop Forecast page ·····151
Figure 3.45. Crop Forecast Summary page ·····152
Figure 3.46. Relationship of Backend module and Job processing ·····153
Figure 3.47. The detailed scenario of backend modules ·····153
Figure 3.48. Data Flow – Mashup Prototype ·····157
Figure 3.49. Execution screenshot – Mashup Prototype ·····158
Figure 3.50. Execution result – Mashup Prototype ·····158
Figure 3.51. The system architecture for mashup service ·····159
Figure 3.52. Operation environment of mashup service ·····160
Figure 3.53. Class diagram for mashup job ·····161
Figure 3.54. Mashup processing structure and progress ·····162
Figure 3.55. Structure of mashup job log ·····163
Figure 3.56. Mashup web interface ·····164
Figure 3.57. Mashup result ·····165

Figure 3.58. Climate Information Service platform structure ·····166
Figure 3.59. A manifest file to deploy a war file ·····167
Figure 3.60. Deployment and URL routing method ·····167
Figure 3.61. Creation of container image using docker ·····168
Figure 3.62. A dockerfile to create container image ·····168
Figure 3.63. Build and push of a dockerfile ·····168
Figure 3.64. Creation of container image using jib ·····168
Figure 3.65. Jib plugin for maven ·····169
Figure 3.66. Profiles for maven ·····170
Figure 3.67. A yaml for deployment of a container image ·····171
Figure 3.68. Deploymenet of a container ·····171
Figure 3.69. A yaml to create service ·····171
Figure 3.70. Build and push of a dockerfile ·····172
Figure 3.71. Prototype of homepage and CLIK integration (Menu) ·····172
Figure 3.72. Prototype of homepage and CLIK integration (Download user interface) ·····173
Figure 3.73. Standard words for database ·····174
Figure 3.74. Standard terms for database ·····174
Figure 3.75. Standard domains for database ·····174
Figure 3.76. ER diagram ·····175
Figure 3.77. Sql statements to migrate data ·····181
Figure 3.78. Mapper interface to access mysql database ·····182
Figure 3.79. Mapper.xml to access mysql database ·····183
Figure 3.80. APCC Website menu and CLIK menu ·····185
Figure 3.81. CLIK and APCC website menu design integration results ·····185
Figure 3.82. APCC website and CLIK System Structure ·····186
Figure 3.83. System Enhancements for integrating the APCC website and CLIK ·····186
Figure 3.84. APCC Website URL Structure Maintenance ·····187
Figure 3.85. The system architecture for the high resolution seasonal prediction ·····187
Figure 3.86. Job processing for High-resolution MME ·····188
Figure 3.87. High-resolution model table (MariaDB) ·····188
Figure 3.88. A yaml configuration sample for the predictor ·····189
Figure 3.89. A sample of running script for prediction ·····189

Figure 3.90. Results of prediction ·····190
Figure 3.91. High resolution prediction new menu ·····190
Figure 3.92. Prediction service - low resolution 2.5X2.5 (left), high resolution 1.0X1.0 (right)191
Figure 3.93. Comparison of resolution results by variables
(Precipitation, Sea Level Pressure, Sea Surface) ·····192
Figure 3.94. Comparison of resolution results by variables
(Temperature at 850hPa, Geopotential height at 500hPa, Temperature at 2m) 192
Figure 3.95. Enhancement of Common Variable selection frature in High Resolution Prediction 193

1. 서론

아시아 · 태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 아시아태평양 지역의 기후정보 활용 가치를 증진시키기 위해 지속적인 노력을 기울이고 있다. APCC는 다양한 기후정보서비스를 개발하여 온라인 플랫폼을 통해 안정적으로 제공하고 있으며, 기후예측자료의 사용 편의성과 활용성을 확대하기 위해 끊임없는 개선과 사용자 지원 사업을 진행하고 있다.

APCC는 2019년부터 기존의 개별적인 기후정보서비스들을 단계적으로 통합하여 하나의 플랫폼으로 발전시켜 왔다. 구체적으로는 2019년에 기존 기후자료제공서비스(ADSS)를 대체할 데이터 플랫폼을 개발하였고, 2020년에는 온라인 기후정보응용도구(CLIK)의 사용자 맞춤형 계절예측, 검증정보생산 서비스 및 기후자료 처리서비스를 포함한 기후자료 제공서비스를 구축하였다. 2021년에는 CLIK의 상세화 기법을 플랫폼화하여 기본적인 통합의 기초 토대를 마련하였다.

하지만, 새로운 기후정보의 증가와 사용자 중심의 서비스 요구에 따라, 서비스의 편의성과 활용성을 더욱 확대할 필요성이 대두되었다. 특히 사용자가 온라인 웹상에서 선별적으로 정보를 선택하고 표출할 수 있고, 종합적인 정보 획득이 가능하다는 장점이 있는 동적 기후정보서비스의 기반 기술 확보와 함께 각 서비스에 대한 사용자 교육 지원의 중요성이 증가하였다.

이러한 배경 하에, APCC는 2022년부터 2024년까지 3년에 걸쳐 “기후정보 활용 및 사용자 지원 강화를 위한 차세대 기후정보서비스 시스템 구축“이라는 목표로 연구개발을 수행하였다. 이 과제는 크게 두 가지 목표로 나누어진다.

첫째, APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 개선이다. 이를 위해 운영계획 수립 및 정기점검, 보안 강화, 상시 모니터링, 웹 접속통계 시스템 클라우드 이관, 플랫폼 시스템 운영 개선 등을 수행하였다. 또한 NCEP1/2 재분석자료 제공 확대, Open API 강화, 온라인 튜토리얼 서비스 강화, 사용자 워크숍 개최 등을 통해 서비스의 질을 높이고자 하였다.

둘째, 동적 기후정보서비스 시스템 구축이다. 이를 위해 마스킹 정보를 활용한 자료 추출 기능을 포함하여 APCC 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지를 연동하는 기후자료처리 모듈을 개발하고, 이를 활용한 계절예측 검증서비스를 구축하였다. 또한 사용자 맞춤형 고해상도 MME 예측 서비스 및 동적 기후정보를 포함한 신규 기관 홈페이지를 플랫폼에 구축하여 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼 통합 기반을 마련하였다. 해당 통합 기반을 토대로 매쉬업(Mashup)와 공개 응용프로그램인터페이스(Open API) 패키지 개발을 완료하여 추후 홈페이지 총량 대응에 필요한 기술적인 연구개발 과정을 완료하였다.

본 보고서의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 개선을 위해 수행한 연구개발 내용을 상세히 기술한다. 3장에서는 신규 홈페이지 및 동적 기후정보서비스 구축 과정과 그 결과들을 설명한다. 마지막으로 4장에서는 본 과제의 결론을 도출하고 향후 과제에 대해 논의한다.

2. APCC 기후정보서비스 안정적 운영 및 개선

2.1. 기후정보서비스의 안정적 운영

2.1.1. 개요

아시아·태평양경제협력체 기후센터(아태기후센터)는 세계 유수 현업기관 및 연구기관의 다양한 전지구모델을 활용한 기후예측시스템을 구축하여 매월 홈페이지와 기후정보서비스 통합 플랫폼 CLIK(Climate Information toolKit)을 통해 계절예측 및 검증정보와 기후감시 정보를 제공하고 있다. 특히 APCC 기후정보서비스 통합을 위해 미래지향적 서비스 플랫폼 개발을 진행하여 단계적으로 기존 기후자료제공서비스(ADSS, APCC Data Service System), 온라인 기후정보응용도구(CLIK), 기후자료추출및합성서비스(CLIPS), APCC 통합모델링 솔루션(AIMS), 기후자료 마스킹 정보제공 서비스(OpenWPS)를 플랫폼으로 통합하였다.

6단계 과제에서는 APCC 기후정보서비스의 운영계획 수립 및 정기점검을 통한 안정적 운영과 더불어, 통합 플랫폼의 안정화를 위한 인터페이스, 알고리즘에 대한 개선, ERA5 및 NCEP 재분석 자료 제공 서비스, 개별 기후정보서비스들의 통합 후 종료에 따른 후속조치를 중심으로 연구개발을 수행하였다.

2.1.2. 보안 취약점 점검 목록

APCC에서 제공되고 있는 기후정보서비스는 온라인을 통해서 제공되고 있다. 이렇게 온라인을 통해 제공되고 있는 서비스들의 안정적 운영에 있어 필수불가결한 요소로써 해당 서비스들이 다양한 보안 공격이나 위협에 노출되어 있는 부분에 대한 점검이 필요하다. 노출되어 있는 보안 취약점이나 위험요소에 대처하기 위해서 두 가지 방법으로 보안 강화를 시행하고 있다. 첫 번째 각 소프트웨어에서 발표하고 있는 보안 취약점들에 대해서 APCC 기후정보서비스에서 사용하고 있는 소프트웨어의 경우 패치 및 버전 업그레이드를 통해서 취약점 개선을 하고 있다. 이 경우는 비정기적으로 발표되는 보안 업데이트를 참고해서 대응을 하고 있다. 나머지 방법은 매년 운영되고 있는 기후정보서비스를 대상으로 보안 취약점 점검을 시행하고 있다. 취약점 점검의 목적은 각 시스템이 가진 취약점을 분석, 평가하고 필요한 보호 대책 제시 및 적용을 통하여 정보보호의 수준을 높이기 위해서 실시하고 있다. 취약점 분석은 10가지의 진단 항목과 각 항목의 세부 점검항목들을 대상으로 취약점 진단을 시행하고 있다. 다음 표에서 실제 점검을 하는 항목 내용과 해당 항목의 위험도에 대해서 나와 있다.

Table 2.1. Web vulnerability check lists

구분		점검항목	위험도
인젝션	1.1	로그인 인증 우회	중
	1.2	SQL/XPath Injection	상
	1.3	운영체제 명령어 실행	상
	1.4	HTTP 응답 분할	중

2. 로그인 인증 및 세션 관리	2.1	사용자 쿠키, 인증정보 유출	중
	2.2	취약한 계정 및 암호	중
	2.3	세션 예측	상
	2.4	쿠키/세션 사용 및 변조	상
	2.5	쿠키/세션 예측	중
3. 크로스 사이트 스크립팅	3.1	XSS/CSRF	상
4. 파라미터 변조	4.1	웹 파라미터 변조	중
	4.2	신뢰 되지 않는 URL 주소로 자동 접속 연결	상
	4.3	디렉터리 경로 조작	중
	4.4	파일 다운로드	상
5. 정보 노출	5.1	소스 코드 주석문 등 구성정보 하드코딩	하
	5.2	사용자 중요정보 평문 저장 및 전송	상
	5.3	검색엔진 정보 노출	중
	5.4	개인정보 노출	상
	5.5	파일 및 디렉터리 추측 가능	하
	5.6	백업 및 예제 파일	하
	5.7	관리자 페이지 노출	상
6. 보안 설정	6.1	서버 정보 노출	하
	6.2	적절치 못한 오류 및 예외 처리	하
	6.3	디렉터리 인덱싱	중
	6.4	제한되지 않은 파일 업로드	상
	6.5	불필요 메소드	하
	6.6	원격관리 서비스 접근 가능	중
	6.7	자동화 공격	상
7. 인증 우회	7.1	보호 메커니즘을 우회할 수 있는 입력 값 변조	상
	7.2	적절한 인증 없는 중요기능 허용	상
	7.3	보인 확인 우회 가능	하
8. 이슈 취약점	8.1	Apache Struts2 취약점	상
	8.2	Apache Tomcat Ghostcat 취약점	상

2.1.3. APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 보안강화

2.1.3.1. 기후정보서비스 체계적 운영 및 관리 기반 마련

2.1.3.1.1. 운영기준 및 보고체계 수립

APCC에서는 아태지역의 기후정보 활용 강화를 위해 사용자의 요구를 바탕으로 다양한 기후정보서비스를 개발하여 서비스하고 있으며, 해당 서비스들의 안정적인 운영뿐만 아니라 편의성 및 활용성 확대를 위해 지속적인 개선을 진행하고 있다. 이에 각 기후정보서비스 담당자들은 자체적으로 운영 및 관리를 실시하고 보안 취약점에 대한 업데이트를 지속적으로 수행하고 있다. 이러한 업무를 보다 체계적이고 효율적으로 운영하기 위해 운영기준 및 보고체계를 수립 및 시행하였다. 아래 표에서는 기후정보서비스 담당자 및 업무를 설정하였다.

Table 2.2. Person in charge and task of climate information services

담당 부서	담당자	담당자
기후사업본부 예측운영과	이현록 선임연구원	기후정보서비스 운영 및 개선 총괄
	김상철 연구원	홈페이지, 기후정보서비스 플랫폼 인프라 운영, DNS, APCC 통합인증시스템, 협력 운영 정보서비스 지원
	신지현 연구원	기후정보서비스 통합 플랫폼 (CLIKs 플랫폼)
	정주형 연구원	Help Desk, Release Note, 공용 SW 활용시스템

기후정보서비스 운영 원칙은 첫 번째로 아태지역 기후 예측정보 활용성 강화를 위한 서비스를 제공하고, 두 번째로 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 개선이다. 이러한 운영 원칙을 설정하고 다음의 상세 운영 업무를 설정하였다.

2.1.3.1.1.1. 기후정보서비스 운영 계획 수립

매년 기후정보 서비스별 운영 담당자들은 운영 계획을 수립하고 보고해야 하는데, 이러한 운영 계획에는 기후정보서비스 기능 개선(당해년도 APCC 기후정보서비스 개선 및 신규 개발 계획 또는 별도의 기능 개선) 계획, 기후정보서비스용 기후자료 저장 및 관리, 서비스 백업에 관한 사항 등 운영에 필요한 사항이 포함되어야 한다.

다음의 표는 2024년도에 APCC 기후정보서비스의 안정적인 운영을 위해 수립한 운영계획이다.

Table 2.3. Operation plan of 2024

2024년 운영계획	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
월간 보고	★			★			★			★			분기별 보고 (분기 종료 차주)
보안취약점 개선 및 모니터링 (수시)													기상청 담당 부서 연계 수시 대응

협력 운영 정보서비스[1] 운영 및 지원			★			★			★			★	업그레이드 및 기술 지원 계획 논의(~2월) 방향설정 및 시행(~7월)
기후정보서비스 플랫폼 기반 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스[2]				★									
기후정보 매쉬업 서비스를 위한 Open API 패키지 개발										★			[신규] 10월 개발 완료 및 11월 이후 저장소를 통한 공개 운영
기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축 및 단일화										★			[개선] 홈페이지/플랫폼 통합 시험 운영 (11월~)
기후정보서비스 플랫폼 기반 매쉬업 웹 인터페이스 개발											★		[신규] 시험 운영(12월~)

업무보고는 마일스톤(★)을 기준으로 각 담당자가 실시

2.1.3.1.1.2. 기후정보서비스 운영 및 정기적인 운영보고

기후정보서비스 운영 담당자들은 매월 기후정보서비스 운영에 관련된 사항을 정리하여 문서화하고 분기별로 기안을 통해 보고하고 특이사항 발생의 경우에는 적시에 보고를 한다. 그리고 운영보고서에 서비스 제공 및 장애 발생 현황, 개선개발 및 수정사항, 보안에 관련된 사항 및 향후 운영계획이 기본적으로 포함되어야 한다.

2.1.3.1.1.3. 기후정보서비스 모니터링 및 장애 대응

기후정보서비스 운영 담당자들은 APCC 통합 모니터링을 통해 정상적인 서비스 운영이 이루어지는지 확인하고 장애 발생 시 신속하게 대응한다. 소프트웨어적인 장애는 운영 담당자가 파악하고 해당 부분에 대한 원인 및 결과를 월간보고서에 적시하여야 한다.

2.1.3.1.1.4. 기후정보서비스 개선개발

아태 연구개발 사업과 연계한 개선 개발 업무와 그 외 시급한 개선이 요구되거나 오류에 대한 개발 업무 내용이 포함되어야 한다.

2.1.3.1.1.5. 기후정보서비스 보안 취약점 대비 관련

1) 국립기상과학원에서 위탁한 기후예측시스템 파일럿 현업화 시스템 Glair, ESGF 데이터노드 서비스
2) 2023년 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 베타서비스 시행 및 사용자 피드백 수집

기상청 사이버안전센터 등 상급 기관에서 공지한 보안 취약점 처리 업무와 정기 서버 인증서 교체 및 이와 유사한 보안 관련 업무를 수행하고 해당 결과가 운영보고서에 포함되어야 한다.

2.1.3.1.2. 정기 점검 및 백업

기후정보서비스 운영기준에 따라 매월 월간 정기 점검 보고서를 작성하고 있다. 서비스별 담당자들은 담당하고 있는 기후정보서비스를 월초에 점검하고 점검 보고서를 작성한다. 점검 보고서에는 기후정보서비스의 하드웨어 상태와 서비스 운영 상태를 확인하고 이에 대한 보고서를 작성한다. 아래 Figure는 APCC 통합 모니터링 시스템을 통해 홈페이지 웹 서비스를 한 달간 모니터링 결과이다. 해당 담당자는 아래 Figure를 참고하여 월별 정기 점검을 수행한다.

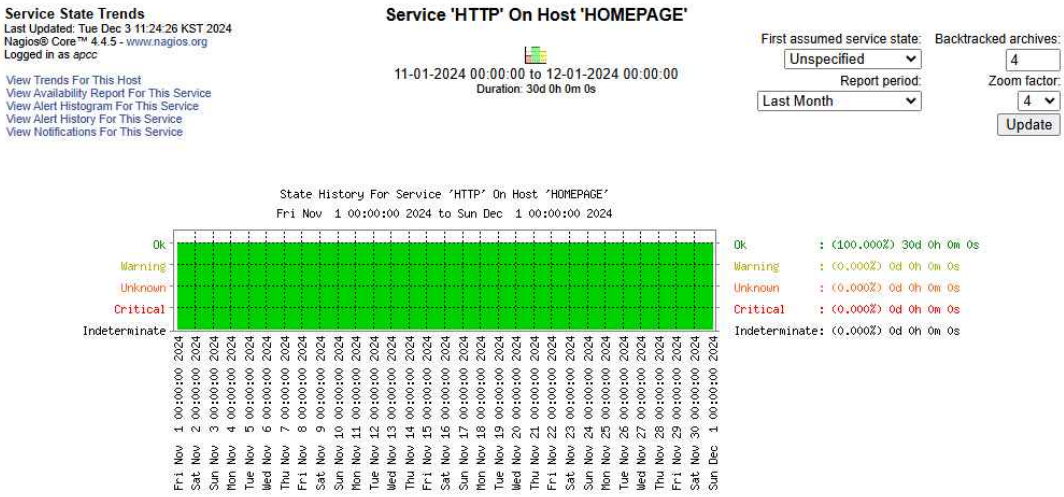


Figure 2.1. Monitoring result of homepage web service

서비스의 백업은 DB 백업과 소스 백업을 시행하고 있다. DB 백업의 경우에는 매주 백업을 시행하고, 소스 코드의 경우에는 매월 한 달에 한 번 실시 한다. 그리고 백업은 총 3단계를 통해서 실시하고 있다. 첫 번째 단계는 서비스 자체 백업이다. 이 경우에는 Crontab과 Shell script를 통해서 자동으로 서버에서 백업이 이루지는 과정이다. 두 번째 단계는 이렇게 자동으로 서버에 백업된 DB와 소스 백업 파일을 담당자 PC로 백업하는 과정이다. 외부망의 담당자 PC를 통해서 서버에서 백업 파일을 내려받아, 망 연계 시스템을 통해서 내부망의 담당자 PC로 백업을 하게 된다. 그리고 마지막으로 내부망의 담당자 PC에 백업된 데이터를 내부망에서 운영되고 있는 NAS에 3차로 백업을 하게 된다. 이렇게 되면 하나의 백업 파일을 서버, 담당자 내부망 PC, 내부망의 NAS 시스템 이렇게 3곳에서 중복으로 백업을 하고 있다. 아래 Figure는 기후정보서비스의 백업체계이다.

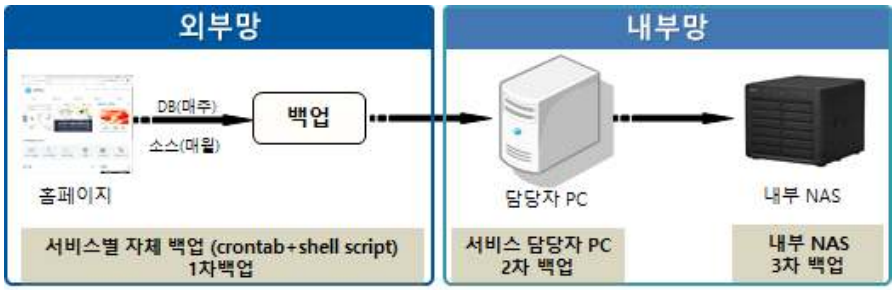


Figure 2.2. Backup system of climate information services

또한 사용하는 데이터베이스를 다음 Figure와 같이 해당 서버 스토리지, 로컬 컴퓨터로 백업한다.

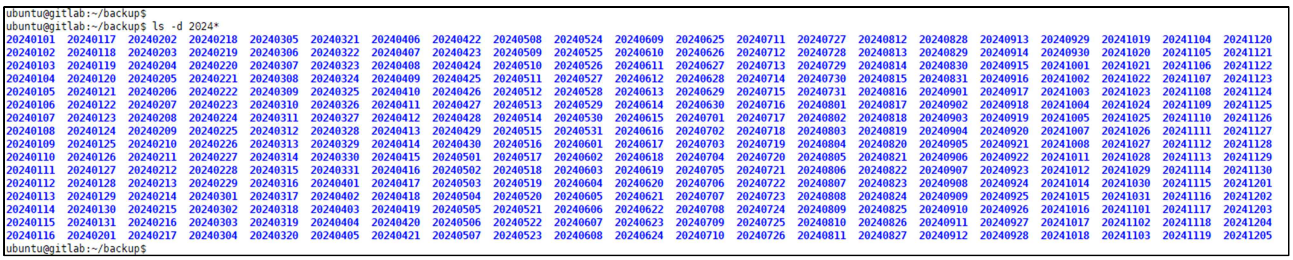


Figure 2.3. The backup of database on the Service storage

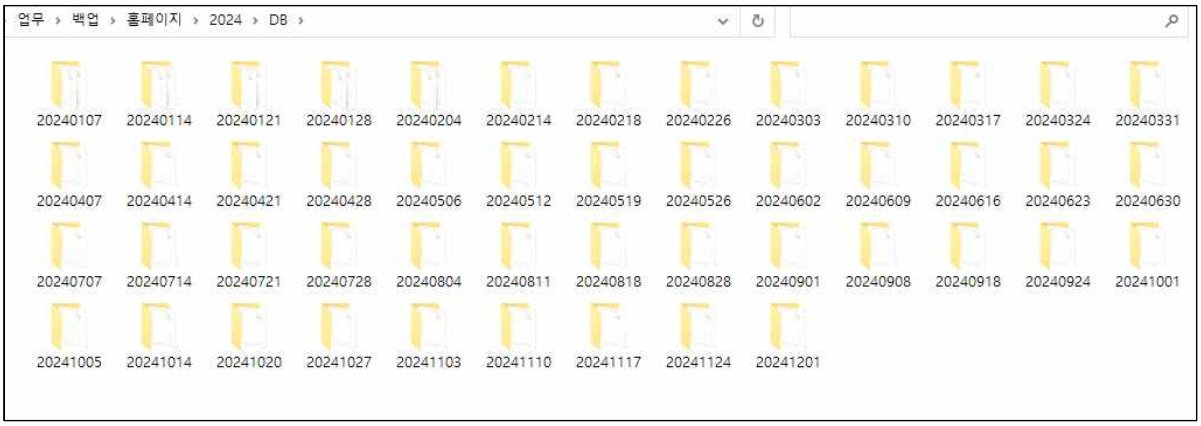


Figure 2.4. The backup of database on the local PC

2.1.3.2. 기후정보서비스 운영 및 개선

2.1.3.2.1. 홈페이지

APCC 대표 홈페이지를 운영하면서 발생한 신규・수정・개선 등의 작업 내용이다.

Table 2.4. The list of homepage updated

년도	월	개선사항	작업 구분	작업 내용
2022년	6월	여름철 계절내진동 예측(BSISO) 페이지 수정	수정	- BSISO 정의 페이지의 BSISO 컨텐츠 관련 문구 추가 - BSISO 정의 페이지의 특정 아이콘이 모바일로 접속하는 경우 다른 이미지와 겹치는 문제 개선
2022년	7월	기후정보서비스 소개 페이지 수정	수정	- 기후정보서비스 통폐합에 따른 소개 페이지의 내용 수정
2023년	4월	기후정보서비스 소개 페이지 수정	수정	- OpenWPS 통폐합으로 인한 홈페이지 기후정보서비스 소개 페이지 수정
2023년	6월	PNU 기관명 변경	수정	- 모델 기관명 변경으로 인한 PNU명을 PNU-RDA로 변경
2023년	10월	산불예측 신규 컨텐츠 적용 지원	개선 신규	- 기존 한 개 페이지에서 2개 페이지로 분리 - 말레이시아 지역 신규 컨텐츠 추가 - 기존 한 개 페이지에서 소개와 인도네시아 지역 콘텐츠를 제공하였으나 이번 개선을 통해 소개 및 인도네시아 각각 페이지로 분리
2023년	10월	CWB 기관명, 모델명 변경	개선	- CWB의 기관명을 CWA로, 모델명을 TCWA1Tv1.1로 변경
2024년	2월	신규 홈페이지 서비스 실시	신규	- APCC 신규 홈페이지 및 동적 기후정보서비스 구축하여 서비스 실시
2024년	6월	태평양 도서국 대상 MME 이미지 제공 서비스 실시	신규	- 태평양 도서국 대상 MME 정적 이미지 제공을 위한 서비스 구축 및 실시
2024년	10월	기후평년값 동적 표출 서비스 실시	신규	- 최근기후에 두가지 기후평년기간에 대한 기후평년값 추가 제공 - 최근기후 메뉴에 편차값과 기후평년값으로 구분하여 제공
2024년	10월	전지구 작물수확량 예측 정보 서비스 실시	신규	- 전지구 작물수확량 예측정보 이미지 및 요약 정보 제공

동적 기후정보서비스와 APCC 신규 홈페이지를 2024년 2월부터 서비스를 제공하였다. APCC 홈페이지의 경우 전면 개편을 통한 신규 서비스를 시행하였고, 기후정보 활용 증진을 위해 기존의 정적 기반에서 동적 기후정보서비스를 구축하여 서비스를 제공한다.

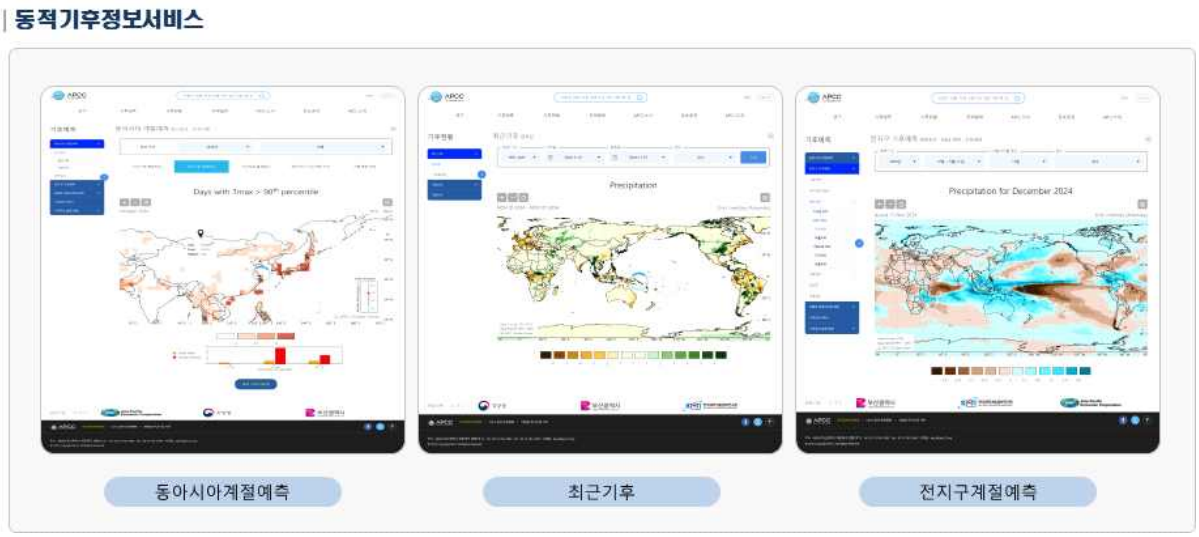


Figure 2.5. Dynamic climate information service of APCC homepage

기후평년값의 동적 표출 서비스를 시행하였다. 기후현황의 최근 기후 페이지에서 두 가지 기후평년기간 (1980-2010, 1991-2020)에 대한 기후평년값을 뺀 편차값을 동적 표출 서비스를 제공한다. 기존의 최근 기후 메뉴를 편차값과 기후평년값으로 구분하여 제공한다.

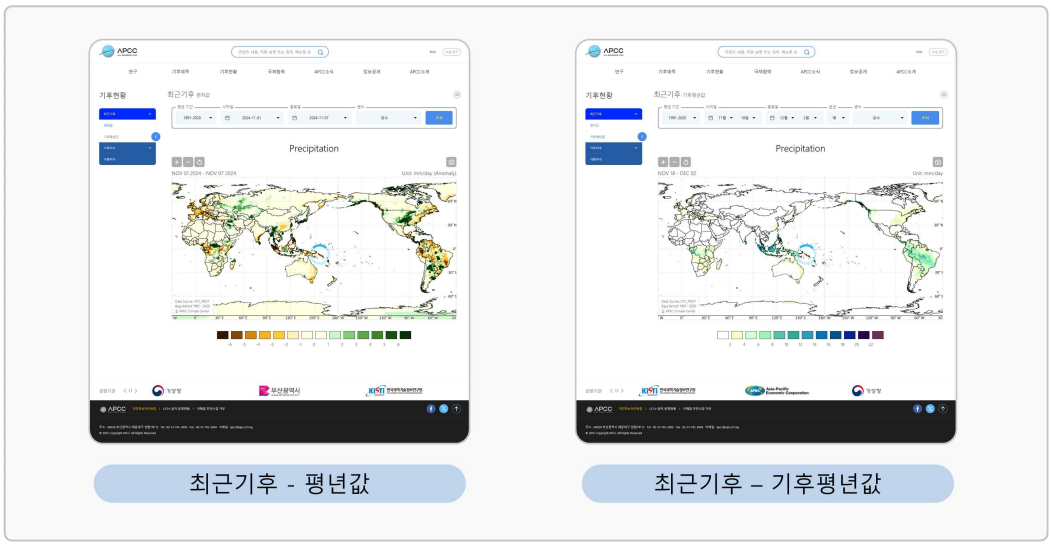


Figure 2.6. Anomaly and Climatological Standard Normals service of APCC homepage

일본 국립농식품연구원(NARO, National Agriculture and food Research Organization)과의 공동연구를 통해 APCC 계절예측정보를 이용한 전지구 작물수확량 변동 예측 모형 개발 및 작물 수확량 예측 정보 서비스 시스템을 구축하였다. 이를 통해 생산된 결과를 매월 초 APCC 홈페이지를 통해서 제공을 하고 있다.

| 전지구 작물수확량 예측 정보 서비스

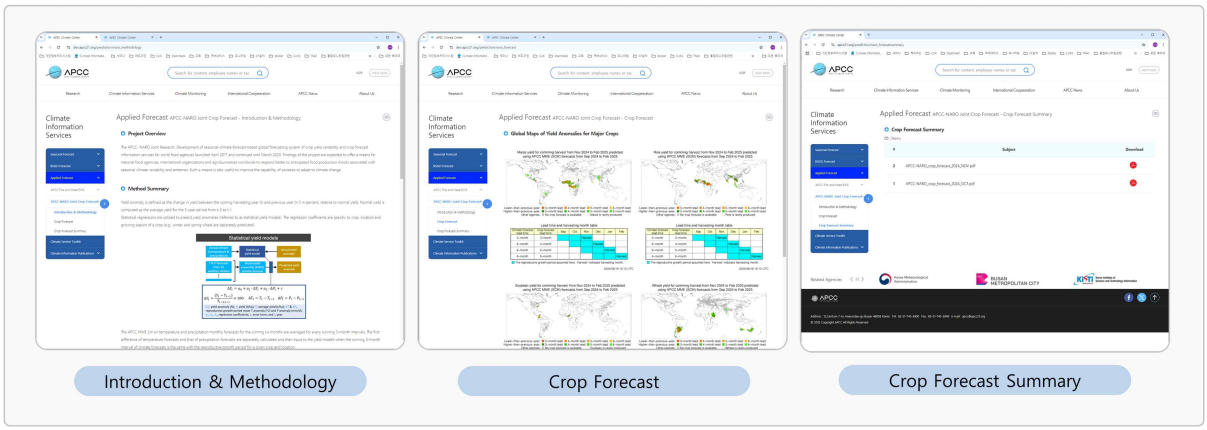


Figure 2.7. Crop Forecast service of APCC homepage

2.1.3.2.2. 기후정보서비스 플랫폼(CLIKs)

CLIK(CLimate Information toolKit)은 2022년 6월 30일로 서비스를 종료하였다. 기존 사용자에게 서비스 종료를 알리기 위하여 CLIK(https://clik.apcc21.org)로 접속 시 서비스 종료를 알리고 기후정보서비스 플랫폼을 이용하도록 안내하는 서비스를 개시하였다. CLIK에서 제공한 서비스는 기후정보서비스 플랫폼(CLIKs)으로 모두 이관하였다.

다음 Table은 기후서비스 통합플랫폼을 운영하면서 발생한 신규・수정・개선 등의 작업 내용이다.

Table 2.5. The list of cliks update

년도	월	개선사항	작업 구분	작업 내용
2022년	3월	BoM, NASA 모델 제공 변경	수정	- APCC MME 참여기관별 자료 제공 동의 여부에 따른 모델 목록 업데이트 - BoM, NASA 모델의 경우 단독 그래픽 데이터 제공 불가로 인한 기능 변경
2022년	4월	서비스 통폐합 공지	신규	- 서비스 통폐합 알림 공지 팝업 오픈
2022년	6월	서비스 종료	종료	- CLIK 서비스 종료
2022년	7월	안내 서비스 제공	신규	- CLIK 접속 시 대체 서비스 안내 제공 실시
2023년	2월	CMCC 모델명 변경	수정	- CMCC의 모델명을 SPS3.5로 변경
2023년	2월	신규 통합인증 서비스 적용	개선	- 회원가입, 로그인, 사용자 정보 보기 등의 사용자 인증 관련 기능에 신규 통합인증 시스템 적용
2023년	2월	기후자료 처리 서비스 웹 페이지 개선	개선 신규	- Clipping, Composite 웹 페이지의 웹 인터페이스를 타 페이지와 유사한 디자인으로 개선

				- Masking 웹 인터페이스 추가
2023년	6월	NCEP 재분석자료 제공 서비스	신규	- NCEP 1/2 재분석자료 서비스 개시
2023년	6월	PNU 기관명 변경	수정	- PNU 기관명을 PNU-RDA로 변경
2023년	6월	Release note 페이지 개선	개선	- embeding 방식으로 출력하던 release note를 보안 강화를 위하여 내부 Open API를 이용한 출력 방식으로 변경
2023년	6월	매뉴얼, 튜토리얼 현행화	개선	- 신규 및 개선 내용을 매뉴얼, 튜토리얼에 반영
2023년	10월	CWB 기관명, 모델명 변경	수정	- CWB의 기관명을 CWA로, 모델명을 TCWA1Tv1.1로 변경
2023년	10월	공지사항 하루 동안 보지 않기 기능 추가	개선	- 초기 화면에 출력되는 공지 사항에 하루 동안 보지 않기 기능을 추가하여 하루 동안 공지사항 팝업이 열리지 않도록 개선
2023년	12월	Verification 결과 동적 표출 서비스	개선	- Verification 실행 결과를 그래프, 지도에서도 확인할 수 있도록 개선
2023년	12월	온라인 튜토리얼 개선	개선	- 온라인 튜토리얼 콘텐츠를 개선하고 각 서비스 페이지와 튜토리얼 콘텐츠를 링크로 연결하도록 개선
2024년	1월	계절예측 MME Model 페이지 개선	개선	- MME Model 페이지에서 기본 기관을 APCC로 하지 않고 검색된 첫 번째 기관명을 기본 설정하도록 수정
2024년	1월	자료 전송 오류 해결	개선	- rsync 자동 로그인 비정상 동작으로 인하여 자료전송을 실패하여 ssh 자동 로그인 재설정하고 자료 재전송
2024년	3월	AIMS 서비스 개선	개선	- 신규 버전 AIMS(3.1.3) 배포: AIMS 구동 시 R Package를 참조할 수 없어 발생하는 실행 오류 수정 - AIMS 서비스 페이지 수정: 다운로드 링크 수정
2024년	7월	사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스 실시	개선	- 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스 실시 시험서비스 종료 및 정식 서비스 실시
2024년	7월	ECCC 제공 모델 변경	개선	- ECCC 모델을 CanSIPSv3로 변경
2024년	9월	MGO 제공 모델 변경	개선	- MGO 모델을 MGOAM2.4로 변경
2024년	9월	Downscale 기능 오류 수정	개선	- 전년도 시즌 상세화 요청 후 시즌(월) 리스트 출력 오류 수정

기후정보서비스 플랫폼(CLIKs)의 관리자는 아래의 Figure와 같이 웹 서비스 상태를 점검한다.

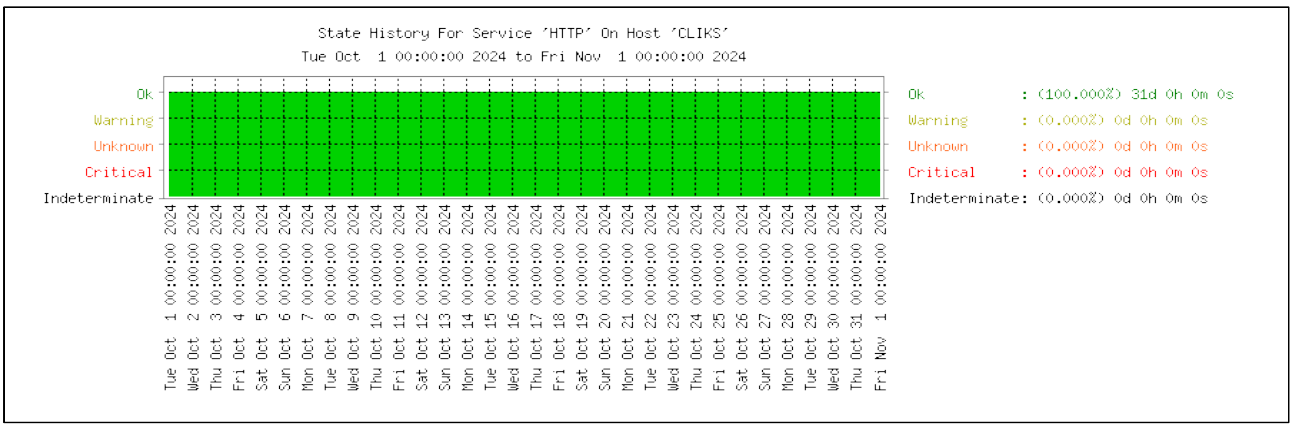


Figure 2.8. Checking states of CLIKs

또한 자료 저장을 위하여 사용하는 데이터베이스를 다음 Figure와 같이 플랫폼의 스토리지 및 로컬 컴퓨터로 백업한다.

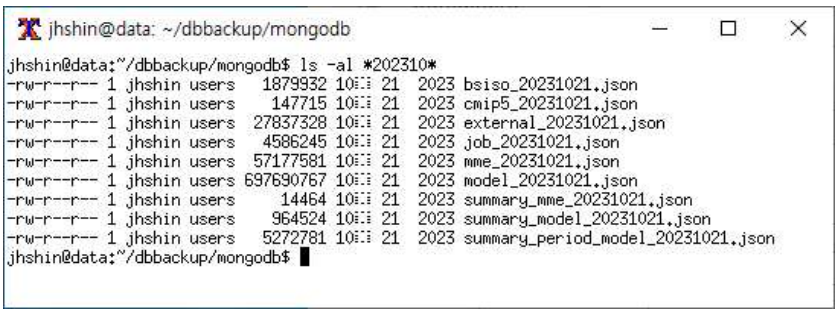


Figure 2.9. The backup of database on the platform storage

2.1.3.2.3. 통합인증 시스템 (SSO)

아래 표의 개선 사항 및 작업 내용은 통합인증 시스템을 운영하면서 발생한 신규・수정・개선 등의 작업 내용이다.

Table 2.6. The list of SSO updated

년도	월	개선 사항	작업 구분	작업 내용
2022년	7월	일부 서비스 종료에 따른 관련 내용 수정	수정	- SSO 메인 페이지에서 CLIK 팝업의 주소 변경 (https://clik.apcc21.org -> https://cliks.apcc21.org) - SSO 개인정보 처리 방침 수정 (CLIK 관련 내용 삭제)
2023년	2월	신규 서비스 베타 서비스 실시	개선	- 신규 통합인증 및 대량메일발송시스템의 베타 서비스 실시

				- 기존에 각각 운영하던 SSO 시스템과 대량메일발송시스템이 신규 통합인증 시스템으로 통폐합
2023년	6월	장기 미접속자 처리 기능 적용	개선	- 기준일 기반으로 장기 미접속자를 분류하여 설정한 횟수만큼 메일 발송 및 회원 탈퇴 처리 기능 적용
2023년	9월	OAuth2 가입의 데이터 다운로드 방안 개선	개선	- OAuth2 가입자의 wget을 통한 개별모델 자료 다운로드시 사용자의 ID/Password 필요하나 OAuth2 가입자의 경우 ID/Password가 없어 Download key를 추가하여 문제 해결
2023년	10월	장기 미접속자 처리 실시	수정	- 2년 이상 장기 미접속자에 대한 처리 실시 - 1차, 2차 안내메일 발송 후 최종대상자 선정
2024년	1월	장기 미접속자 처리 완료	수정	- 전체 사용자 중 대상자 약 65%가 최종대상자로 선정되어 탈퇴 처리

사용자 인증 편의 확대를 위해 신규 구축한 통합인증시스템의 정식 서비스를 2023년 2월부터 실시하였다. 특징으로는 사용자 통합인증 시스템과 대용량 메일발송시스템의 기능을 포함하고 있고, 기본적으로 회원가입 시스템을 포함하고 있고 OAuth2를 통한 회원가입도 가능하도록 기능을 추가하였다. OAuth2는 현재 구글, 페이스북, 카카오, 네이버 4개의 서비스에 대해서 회원가입 기능을 제공하고 있다.

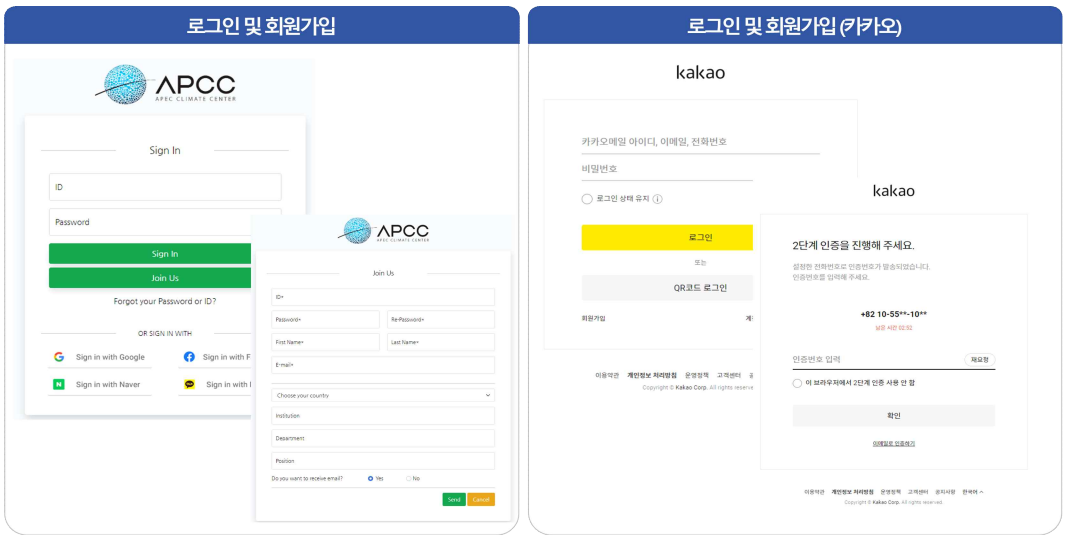


Figure 2.10. Log-in and sign up page (general / OAuth2)

APCC에서는 제공되는 기후정보서비스 중 로그인이 필요한 서비스를 위해 사용자의 개인정보를 보유하고 있다. 이러한 개인 정보는 보유기간의 경과, 처리 목적 달성 등 해당 개인 정보가 불필요하게 되었을 때 바로 파기를 하여야 한다. 이에 통합인증시스템의 장기 미접속자 처리 기능을 통해 미접속자 처리를 실시하였다. 처리 절차는 아래의 Figure를 참조하면 된다.

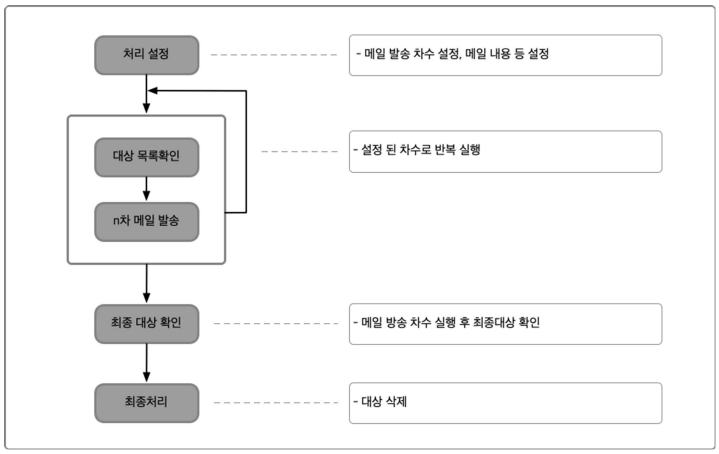


Figure 2.11. Procedure for handling long-term non-visitors

장기 미접속자 처리는 2023년 10월에 실시하였다. 대상자는 2년 이상 장기로 로그인을 하지 않은 사용자를 대상으로 선정하여 안내 메일을 2회 발송하였다. 2023년 10월에 1차 안내메일을 발송하였고, 2023년 11월에 2차 안내메일을 발송하였다. 2023년 12월에 최종 대상자를 선정하였고 2024년 1월에 최종 대상자를 대상으로 탈퇴 처리를 시행하였다. 전체 사용자의 65%에 해당하는 사용자가 대상자가 탈퇴 및 삭제 처리가 되었다. 사용자는 안내 메일 수신 후 통합인증 시스템에 접속하여 로그인을 하면 자동으로 장기 미접속자 대상에서 제외 된다. 삭제 처리한 사용자 내역은 따로 내용을 보관하지 않고 바로 파기 및 삭제를 시행하였다. 이때 삭제된 사용자는 언제든 통합인증 시스템을 통해 가입을 할 수 있으며, 삭제 처리로 인한 불이익은 없다. 장기미접속자 처리 중 개인정보보호법의 개정으로 인해 장기 미접속자에 대한 처리가 기관이 자율적으로 처리하도록 변경되었다.

2.1.3.2.4. Help Desk

APCC는 2020년부터 사용자 친화적 온라인 고객지원 서비스를 운영하며, 사용자 의견 수렴 및 문제 해결 프로세스를 체계화하였다. Zammad Community 기반의 헬프데스크를 통해 사용자가 제기한 요청을 티켓화하여 관리하며, 실시간으로 담당자 할당 및 응답이 가능한 체계를 구축하였다.

Figure 2.12. Online Help Desk Process

헬프데스크는 사용자 문의 간소화, 실시간 현황 관리, 체계적인 업무 할당 기능을 제공하며, 고객 만족도 제고에 기여하였다. 또한, ADSS, CLIK, AIMS, CLIPs, OpenWPS 등 APCC의 주요 기후정보서비스와 연동하여 서비스 접근성과 활용도를 높였다.

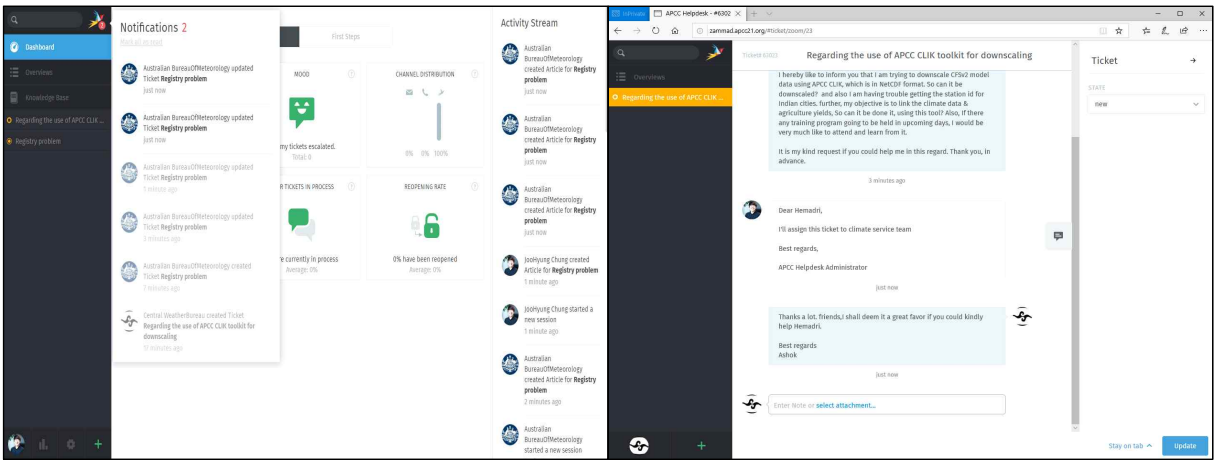


Figure 2.13. Screenshot of APCC Help Desk Homepage

이를 통해 APCC는 사용자 중심의 효율적 서비스 운영 체계를 강화하고, 사용자 요구사항에 대한 대응력을 향상시켰다.

APCC는 기존 온라인 고객지원 시스템의 안정성과 보안성을 강화하기 위해 소프트웨어 교체의 타당성을 검토하였다. Zammad Community 사용 중 개발자 지원 부족으로 인한 버그 및 보안 문제 대응의 한계를 경험했으며, 특히 2022년 Log4j 보안 이슈 해결 과정에서 시스템 운영 안정성이 저하되는 상황이 발생하였다. 이를 개선하기 위해 APCC는 LiveAgent, Zendesk 등 총 12개 상용 헬프데스크 서비스의 기능, 가격, 국내 적합성을 조사하여 대안 소프트웨어를 평가하고 고객지원 시스템 개선 방향을 모색하였다.

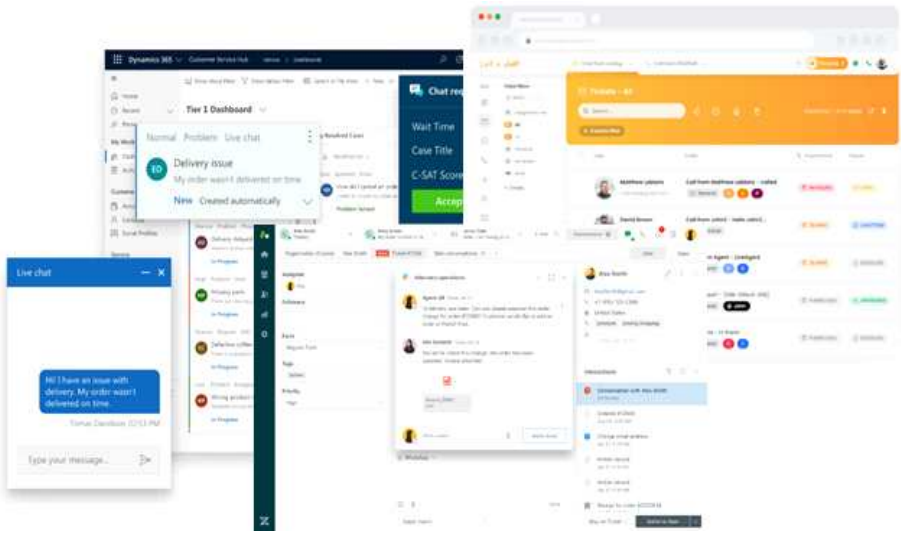


Figure 2.14. Screenshot of Help Desk

APCC는 현재 사용 중인 공개 소프트웨어 기반의 Help Desk 솔루션인 Zammad Community와 상용 솔루션 간의 비교 검토를 통해 사용자 지원 시스템의 효율성과 보안성을

평가하였다. 분석 결과, Zendesk와 Freshdesk와 같은 상용 솔루션은 Help Desk의 핵심 기능이 Zammad Community와 유사하였으며, APCC의 고객 응대 목적에 적합한 것으로 판단되었다. 특히, 이들 상용 솔루션은 APCC SSO(Single Sign-On)에서 사용하는 SAML 방식 인증 및 OAuth 방식 로그인을 지원하여 도입에 적합한 기술적 조건을 충족하였다.

Zammad Community의 장점으로는 비용 없이 활용 가능한 공개 소프트웨어라는 점이 강조되었으며, 패치가 지속적으로 이루어지고 있었다. 그러나 보안 취약점 및 시스템 오류 수정에 있어 상대적으로 대응 속도가 늦을 수 있다는 단점이 확인되었다.

반면, 상용 솔루션의 경우 SaaS[3] 방식으로 제공되며, 전통적인 SW 구매·설치 방식과 달리 서비스 자체와 서버 사용료를 구매하는 모델을 기반으로 한다. 이러한 SaaS 솔루션은 한국인터넷진흥원(KISA)의 클라우드 서비스 보안 인증(CSAP)을 요구받는다. 이는 공공기관에서 클라우드 서비스 이용 시 정보보호 기준 준수를 인증받아야 하는 제도로, 공공기관의 보안 요건을 충족하기 위한 필수 조건이다.

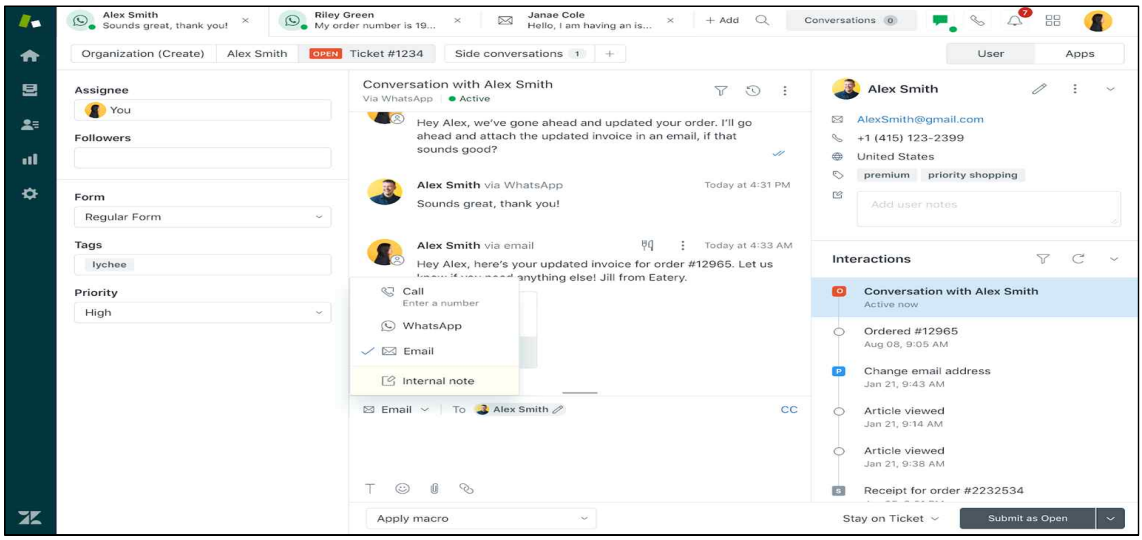


Figure 2.15. Screenshot of Zendesk main page

그러나 Zendesk와 Freshdesk는 AWS(Amazon Web Service) 플랫폼 기반으로 운영되며, 한국인터넷진흥원(KISA)의 클라우드 서비스 보안 인증(CSAP)을 취득하지 않아 공공기관인 APCC에서는 이를 사용할 수 없었다. 이와 같은 한계를 고려하여, APCC는 현재 사용 중인 공개 소프트웨어 기반의 Help Desk 시스템(Zammad Community)을 유지하되, 보안성과 기능성을 강화할 수 있는 보완 대책을 마련해야 할 필요성을 확인하였다.

이와 같은 제약 사항을 고려하여, APCC는 기존 Zammad Community를 최신 버전으로 업그레이드하고, 시스템 안정성과 기능성을 강화하는 방향으로 2022년 온라인 고객지원 시스템을 개편하였다. 이에 따라, 2022년 5월 APCC는 기존 Zammad Community의 버전을 3.3에서 5.1로 업그레이드하고, 기존 고객 티켓 데이터를 최신 버전으로 이관하는 과정을 수행하였다. 데이터

3) SaaS(Software as a Service) 전통적으로 SW제품을 구매·설치하여 사용하는 방식이 아닌 서비스 자체와 서비스를 제공하는 서버 사용료를 구매하여 사용하는 방식으로 SW가 제품이 아닌 서비스, 즉 빌려 쓰는 모델이라는 점에서 기존 라이선스 모델과는 구분됨

이관 과정에서는 철저한 테스트를 통해 안정성을 검증하였으며, 모든 과정이 문제없이 완료되었다. 이후 Zammad Community 최신 버전의 패치 및 커스터마이징을 완료한 후 정식 서비스를 시작하였고, 현재까지 안정적으로 운영되고 있다.

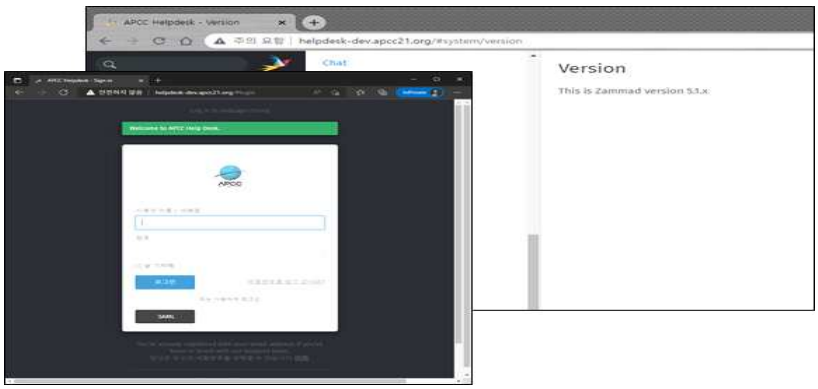


Figure 2.16. Result of New Help Desk patch

APCC는 2020년 온라인 고객지원 시스템을 도입한 이래, 기후정보서비스 사용자들의 다양한 요구와 질의에 적극적으로 대응하고 있다. 2022년에는 총 8건, 2023년에는 9건, 2024년에는 6건의 고객 문의를 접수 및 처리하였다. 아래는 Help Desk 운영을 통해 발행된 티켓 현황과 처리된 문의 내역을 정리한 내용이다.

Table 2.7. The list of Help Desk updated

월	티켓 발행사항	작업 내용
2022년 1월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 알파 테스트 관련 Ticket 1건 발행
2022년 4월	Ticket 3건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행 (4/26) - AIMS 관련 Ticket 1건 발행 (4/26)
2022년 5월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (5/7)
2022년 6월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (6/7)
2022년 10월	Ticket 2건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행 (10/17)
2023년 3월	Ticket 2건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행 (3/9, 3/13)
2023년 4월	Ticket 2건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행 (4/9, 4/25)
2023년 6월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (6/30)
2023년 7월	Ticket 2건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행 (7/16, 7/25)
2023년 10월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (10/24)
2023년 11월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (11/24)
2024년 2월	Ticket 2건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행 (2/22, 2/26)
2024년 5월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (5/19)
2024년 6월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (6/3)
2024년 10월	Ticket 1건 발행	- MME 자료 관련 Ticket 1건 발행 (10/16)
2024년 11월	Ticket 1건 발행	- 기후서비스 플랫폼(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행 (11/20)

2.1.3.2.5. Release Note

Release Note는 소프트웨어나 제품의 업데이트 시 주요 변경 사항을 사용자에게 체계적으로 전달하는 문서이다. 이를 통해 사용자와 개발자 간의 소통을 강화하며, 변경된 기능과 개선 사항에 대한 명확한 이해를 제공한다. 또한, 해결된 문제점과 기술적 개선 사항을 기록함으로써 안정성을 강조하고, 사용자들이 업데이트의 필요성을 인식할 수 있도록 돕는다. Release Note는 업데이트된 각 버전의 변화를 체계적으로 기록하며, 버전 관리와 기술 지원을 위한 주요 자료로 활용된다. 이를 통해 소프트웨어의 품질과 신뢰성을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

APCC는 기후정보서비스의 통합과 효율성을 증대하기 위해 기후서비스 플랫폼을 점진적으로 개선하고 있으며, 그 업데이트 내용이 다양하다. 이와 관련하여, 2020년부터는 기후정보서비스 개선정보 공유체계를 사용자에게 제공하고 있다.

2023년 APCC는 기후정보서비스 개선정보 공유 체계의 기능성을 대폭 강화하였다. 기존 체계를 API 형태로 구현하여, 다른 기후서비스에서도 활용 가능한 구조로 변경하였다. 이를 통해 기능의 활용성을 증대시켰다.

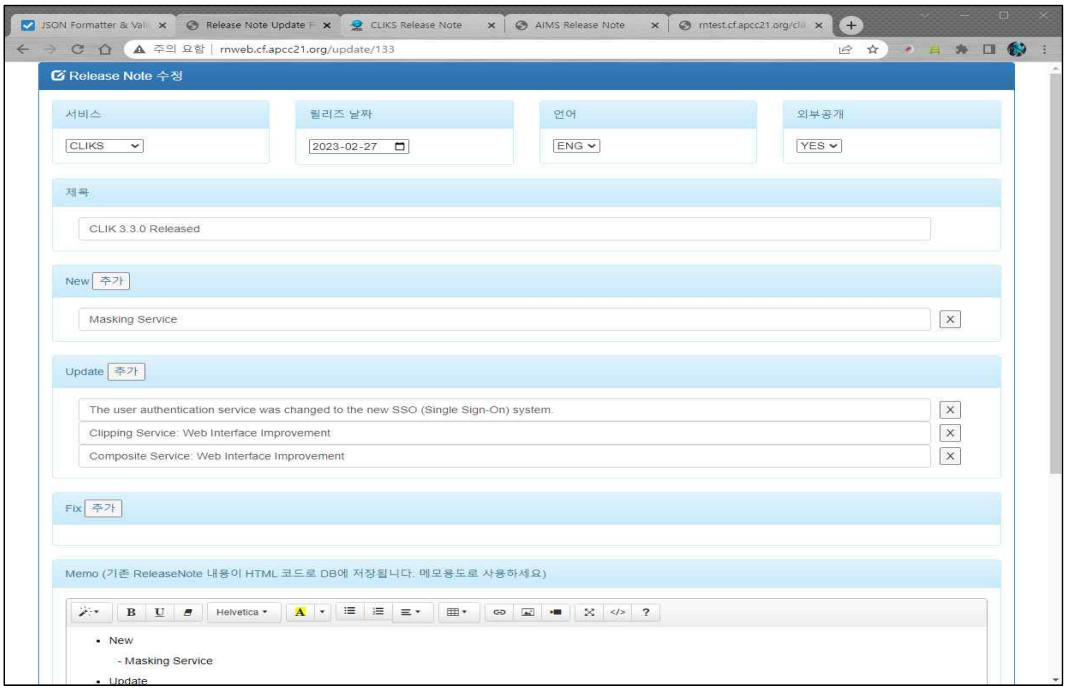


Figure 2.17. Release Note input screen (improvement)

더불어 개선정보 공유체계 웹 사이트를 재개발하면서, 관리자용과 출력용으로 분리하여 보안을 강화하였다. 별도로 개발된 API는 데이터 관리 기능 없이, HTML Embed 페이지와 API 호출 방식의 두 가지 출력 기능을 제공한다. 개선정보 공유체계에서 입력된 내용을 JSON 형식으로 변환하여 전송하는 기능도 지원한다. 이러한 개선 사항은 서비스의 확장성과 보안성을 동시에 확보할 수 있게 되었다.

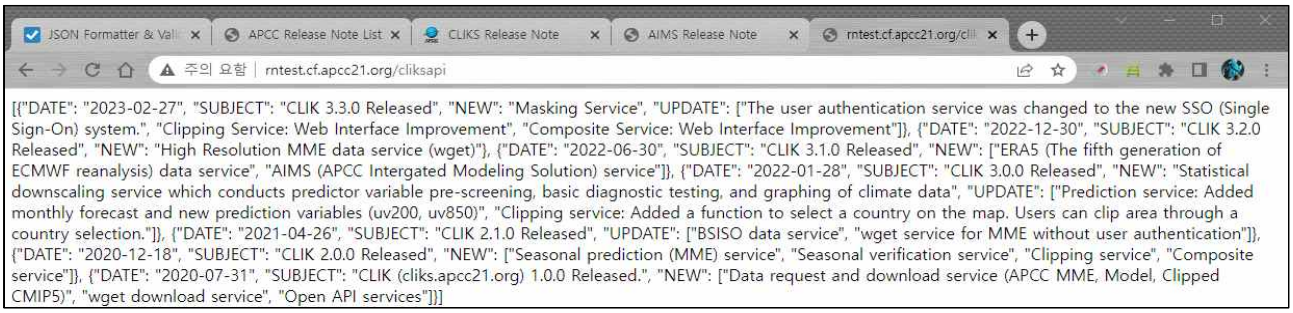


Figure 2.18. Contents of the Release Note (CLIKS) delivered through API in JSON format

2.1.3.2.6. CLIPs(CLimate Information Processing system)

아래 표는 CLIPs(CLimate Information Processing system)을 운영하면서 발생한 개선 및 재부팅 작업 내용이다. 이외에 매월 20일경 MME 자료 생산 시기에 맞추어 기후자료 처리를 위한 데이터 복사작업이 진행되었다. CLIPs는 2022년 6월을 끝으로 기후서비스 플랫폼 내의 메뉴로 이전 통합이 완료 되었다. 상세 내용은 부록에 첨부되어 있는 CLIPs 기후정보서비스 월간 운영보고서를 참고하면 된다.

Table 2.8. The list of CLIPs updated

월	개선사항	작업 구분	작업 내용
2022년 1월	CLIPs Client 프로그램 서비스 제한	개선	- 기후정보처리시스템(CLIPs)에서 사용되고 있는 Log4j 보안 취약점 발생으로 해당 기능 비활성화를 통한 임시 조치 수행 (1/18)
2022년 2월	CLIPs 홈페이지 인증서 교체	개선	- CLIPs 홈페이지 SSL 인증서 교체
2022년 4월	CLIPs Shutdown 사용자 공지	개선	- CLIPs Shutdown 관련 사용자 공지 (홈페이지 팝업 게시)
2022년 6월	CLIPs Shutdown 및 페이지 Redirect	개선	- CLIPs Shutdown 및 대체 페이지 등록 (6/30)

2.1.3.2.7. OpenWPS(Open Web Processing Service)

아래 표는 2022년 OpenWPS를 운영하면서 발생한 재부팅 작업 내용이다. 2022년도를 특이사항 없이 운영하였으며, 2023년도부터는 OpenWPS의 기능이 기후서비스 통합 플랫폼으로 이관될 예정이다. 상세 내용은 부록의 기후정보서비스 월간 운영보고서를 참고하면 된다.

Table 2.9. The list of OpenWPS updated

월	개선사항	작업 구분	작업 내용
2022년 2월	OpenWPS 홈페이지 인증서 교체	개선	- OpenWPS 홈페이지 SSL 인증서 교체
2023년 2월	OpenWPS 홈페이지 인증서 교체	개선	- OpenWPS 홈페이지 SSL 인증서 교체
2023년 2월	기능 이관	개선	- 기후서비스 플랫폼 기후자료 처리서비스 기능 이관 완료
2023년 3월	통폐합 계획 수립	정책	- OpenWPS 기후서비스 플랫폼 이관 계획 수립
2023년 3월	통폐합 심의위원회 개최	정책	- OpenWPS 이전통합 심의위원회 개최 및 결과보고
2023년 3월	서비스 종료에 따른 사용자 공지	정책	- 서비스 종료에 따른 사용자 이메일 공지
2023년 4월	서비스 이전 통합에 따른 폐기 절차 진행	정책	- OpenWPS 홈페이지 및 서비스 Shutdown

2.1.3.2.8. AIMS

APCC는 2018년부터 계절예측 및 기후변화 시나리오의 통계적 상세화 및 평가 정보를 제공하는 AIMS(APCC Integrated Modeling Solution)를 운영하고 있다. AIMS는 다양한 기후 데이터를 기반으로 사용자 요구에 맞게 상세화된 정보를 생성하며, 이를 여러 분야의 모델링에 쉽게 적용할 수 있도록 설계되었다. 이러한 과정을 통해 의사결정에 필요한 정보를 제공하는 것을 목표로 한다. 한편, APCC는 2020년부터 기후정보서비스의 점진적 통합을 통해 자원의 활용성을 높이고 운영 효율성을 증대시키고자 기후서비스 플랫폼으로의 통폐합을 추진 중이다. 이를 위해 매년 정보시스템 운영 성과를 측정하여 운영・관리의 효율성을 높이고, 이를 기반으로 예산 절감을 위한 구체적인 이행 방안을 마련하고 있다.

APCC는 기후서비스 통합 기조에 따라 2022년 3월 기존에 분리 운영 중이던 AIMS 홈페이지를 기후서비스 플랫폼 웹사이트로 이전하기로 결정하였다. 이 과정에서 AIMS의 기존 서비스와 데이터 접근성을 유지하면서 사용자 혼란을 최소화하고자 체계적인 추진 계획을 수립하고 실행하였다.

2022년 6월, AIMS 홈페이지 이전 작업이 완료되었으며, 기존 도메인(aims.apcc21.org)은 기후서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org)으로 리디렉션 처리되었다. 이와 함께 기후서비스 통합 플랫폼 내에 AIMS 페이지를 새롭게 생성하여 서비스 통합을 실현하였다.

이전 작업 이후, 기존 AIMS Client 프로그램의 모든 기능은 정상적으로 유지되고 있으며, 사용자 혼란을 방지하기 위해 AIMS 도메인을 안내 페이지로 연결하는 리디렉션 처리가 이루어

졌다. 이를 통해 AIMS 서비스가 기후서비스 플랫폼 내에서 안정적으로 운영될 수 있도록 통합이 성공적으로 마무리되었다.

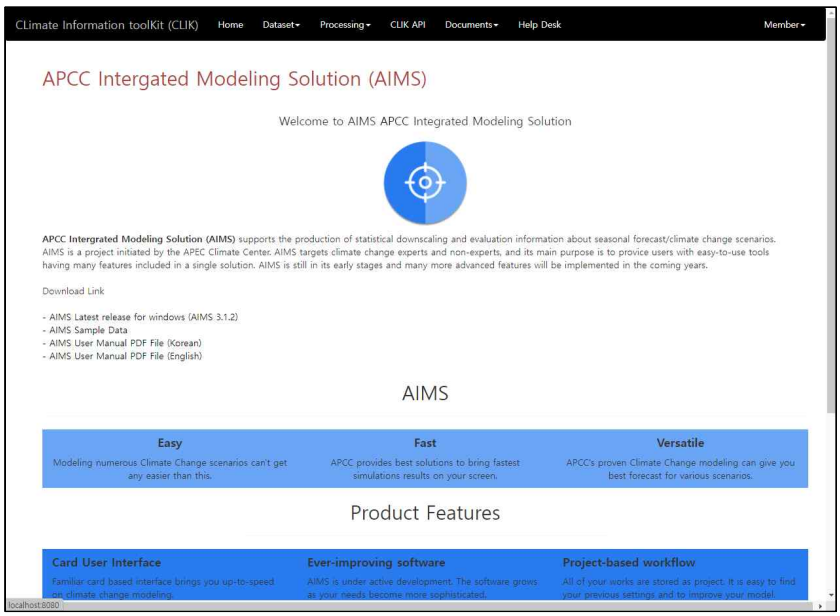


Figure 2.19. New AIMS Homepage in Climate Serivce Integrated Platform

AIMS의 상세화 및 자료 평가를 위한 내부 계산 모듈은 통계 프로그래밍 언어 R을 기반으로 설계되었으며, CRAN(The Comprehensive R Archive Network) 및 APCC 내부 서버를 통해 필요한 패키지를 온라인에서 다운로드 및 설치하는 방식을 채택하고 있다. 그러나 R 프로그램의 버전이 지속적으로 업그레이드됨에 따라 일부 패키지의 호환성이 상실되고, 사용이 불가능해지는 문제점이 발생하면서 AIMS 시스템 전반에 대한 업데이트 필요성이 제기되었다.

AIMS의 업데이트는 크게 두 가지 측면으로 나눌 수 있다. 첫째, 내부 계산에 필요한 R 프로그램 기반 패키지의 업그레이드이며, 둘째, 외부에서 R 패키지를 받아오는 사용자 인터페이스(UI) 모듈의 업그레이드이다.

AIMS는 2019년 개발 당시 R 3.6.0 버전을 기반으로 설계되었으나, 2023년 현재 최신 버전은 R 4.3.2로, 4년간 총 20회의 업데이트가 이루어졌다. 이 과정에서 개인 연구자가 개발한 일부 R 패키지는 업데이트가 중단되거나 더 이상 최신 버전의 R과 호환되지 않는 사례가 발생하였다. 또한, 패키지가 CRAN을 통해 계속 서비스되기 위해서는 개발자가 문제를 수정해야 하지만, 관련 지원이 종료될 경우 CRAN에서도 더 이상 제공되지 않게 된다.

이와 같은 상황으로 인해 AIMS 내부에서 활용 가능한 패키지와 그렇지 못한 패키지를 구분하고 이에 적절히 대응하는 절차가 필수적이다. 이는 AIMS 시스템의 안정적인 운영과 지속적인 기능 개선을 위해 중요한 과제로 대두되고 있다.

추가적으로, R CRAN에서는 특정 패키지가 더 이상 서비스되지 않을 경우 이를 사용자에게 알리는 아래와 같은 공지 기능을 제공하고 있다. 이러한 사례는 AIMS와 같은 시스템에서의 패키지 관리 중요성을 강조한다.

Package 'climdex.pcic' was removed from the CRAN repository.

Formerly available versions can be obtained from the archive.

Archived on 2023-05-15 as deadlines were repeatedly missed.

A summary of the most recent check results can be obtained from the check results archive.

Please use the canonical form https://CRAN.R-project.org/package=climdex.pcic to link to this page.

Figure 2.20. Notice of R Package Termination

AIMS는 설치 시점에 따라 패키지 설치 환경이 달라지는 문제를 겪어왔다. 이는 실시간으로 사용 가능한 패키지의 수가 변동되는 상황과 밀접한 관련이 있으며, 현재 AIMS가 개인이 개발한 패키지에 의존하는 구조에서 기인한다. 초기 설계 당시 AIMS는 설치 파일을 간소화하고 독립형 설치 형태를 제공하는 것을 목표로 하였으나, R 패키지 환경의 변화로 인해 고정적으로 사용할 수 있는 안정적인 구조로 설계를 변경하는 것이 필요하다는 결론에 이르렀다.

현재 AIMS는 R 프로그램 설치 시 포함되는 기본 패키지 외에 추가적으로 143개의 필수 패키지를 요구하며, 총 173개의 패키지를 포함하여 사용자가 설치와 동시에 바로 활용할 수 있도록 통합된 설치 파일 형태로 제공되고 있다. 이러한 변경은 AIMS의 안정적인 운영과 사용자 편의성을 동시에 충족시키기 위한 조치이다.

업그레이드된 AIMS는 사용자 인터페이스(UI)를 통해 새로운 결과를 생성하고 이를 추가 테스트하여 기능의 완전성을 검증하였다. 현재 제공되는 AIMS 최신 버전은 3.1.3으로, 업그레이드된 기능과 함께 안정적인 서비스 환경을 지원하고 있다. 아래 그림은 업그레이드된 AIMS의 실행 결과를 보여주며, 이를 통해 개선된 성능을 확인할 수 있다.

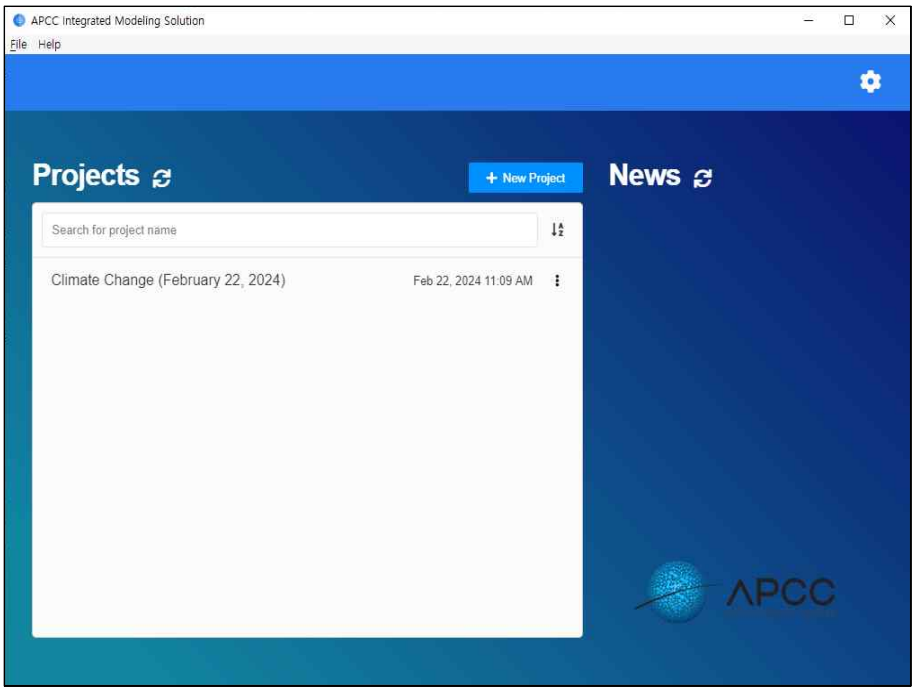


Figure 2.21. AIMS Execution Screen

AIMS는 R 프로그램과 사용자 인터페이스(UI)를 업그레이드하여 안정적인 기후변화 시나리오 상세화와 자료 평가 작업을 수행할 수 있도록 개선되었다. 기존에는 온라인을 통해 패키지를 설치하는 방식이었으나, 최신 버전에서는 독립 실행형 프로그램에 필수 패키지를 포함하여 설치 후 바로 사용이 가능하도록 설계되었다.

AIMS는 기후변화 시나리오 상세화 작업에서 각 상세화 기법과 평가 방법이 독립된 패키지로 구성되어 있다. 따라서 전체 프로세스를 정상적으로 수행할 수 있는지 확인하기 위해 운영 평가를 실시하였다. 이 평가를 통해, 상세화 기법 적용 및 자료 평가가 정확히 수행되는지를 검증하고 결과 데이터를 생성하였다.

아래 그림은 AIMS를 통해 전체 프로세스를 수행한 결과를 나타낸다. 이 결과는 AIMS가 업데이트 이후에도 기후변화 시나리오 상세화 및 평가를 안정적으로 지원할 수 있음을 보여준다.

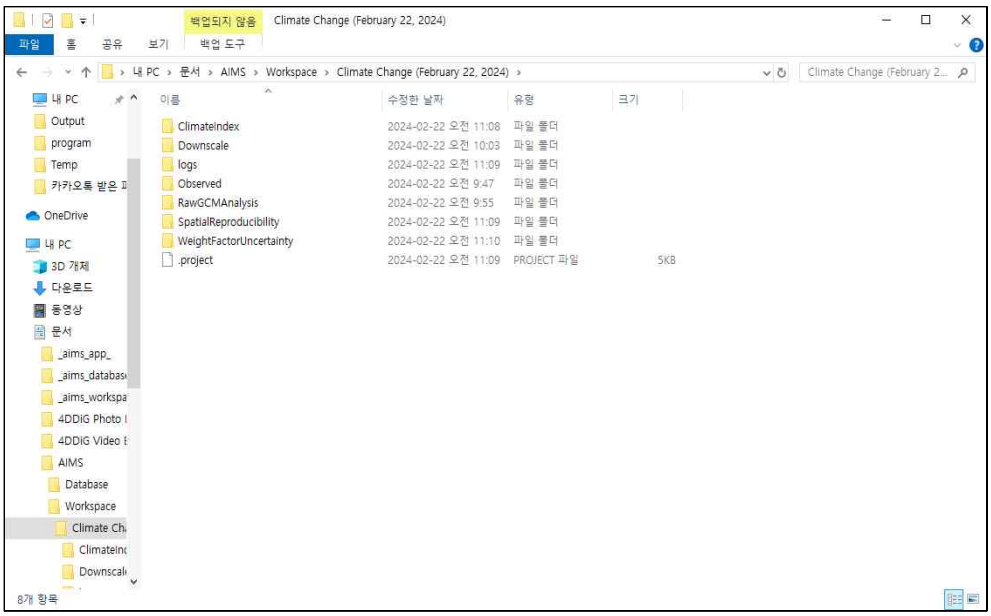
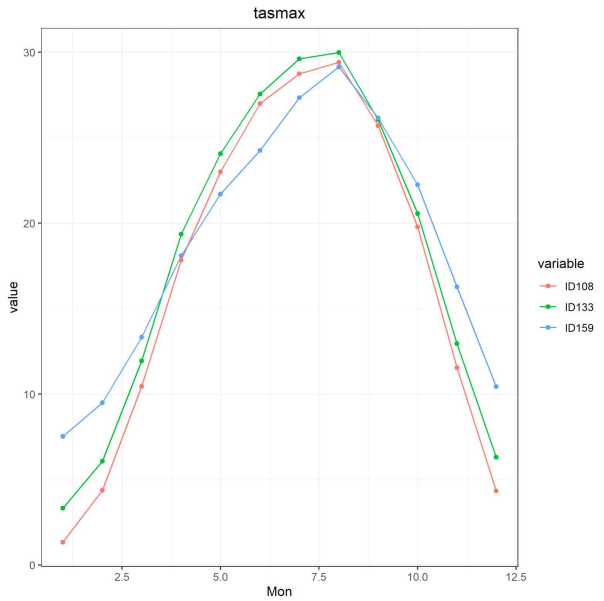
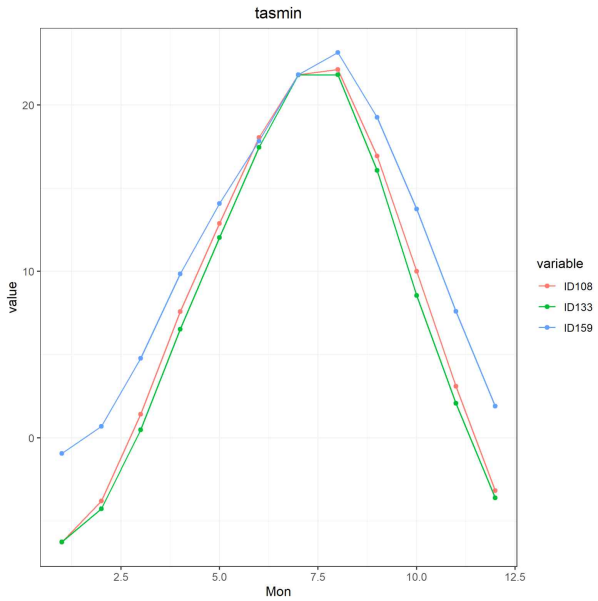


Figure 2.22. Results of Climate Change Scenario Downscaling Test Using AIMS

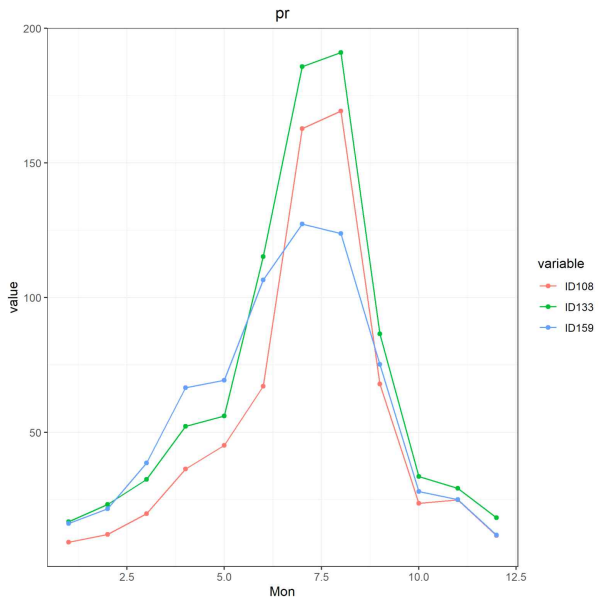
Downscale은 통계적 상세화 기법을 적용한 지점상세화 결과를 정리한 결과이며, RawGCMAnalysis는 상세화 이전의 GCM과 관측자료의 유사성을 평가한 결과이다. Observed는 관측자료의 전처리 및 평가를 원자료와 함께 제공해주는 결과이며, Climate Index는 상세화 이전과 이후의 기후변화 시나리오 자료를 활용하여 Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)의 27개 지수를 생산한 결과이다. 해당 결과는 과거기간에 대한 자료 평가와 3가지 미래기간의 평가결과를 함께 제공한다. SpatialReproducibility는 관측자료의 공간분포를 실제 상세화 결과가 이를 잘 반영하는지에 대한 평가결과를 제공하며, WeightFactorUncertainty를 통해 관측자료와 유사한 GCM을 우선순위별로 제공한다. AIMS 3.1.3 버전을 활용하여 생산한 자세한 결과는 다음과 같다. 관측자료의 평가를 통해 활용하고자 하는 관측자료의 문제점을 우선 확인해 볼 수 있다. 아래 그림은 AIMS의 테스트를 위해 한국의 ASOS 지점자료 중 3개의 샘플자료를 활용해 생산한 결과를 나타낸다. 샘플 자료의 결과를 통해 월별 기온과 강수자료의 패턴을 알 수 있다.



Maximum Temperature



Minimum Temperature



Precipitation

Figure 2.23. Observation Data Evaluation Results

아래 그림은 상세화 이전의 원시 GCM과 관측자료의 관계를 통해 가장 관측자료와 유사한 GCM을 우선순위별로 제공하는 결과이다. 해당 결과를 통해 CMIP5를 선택하여 활용해야 할 경우 일부 GCM을 선택하여 활용할 수 있도록 만들어진 결과이다.

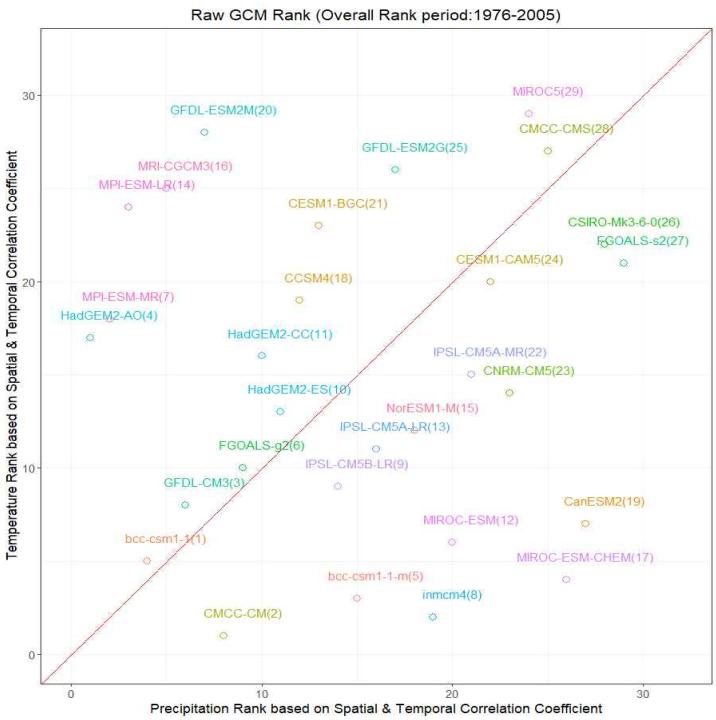
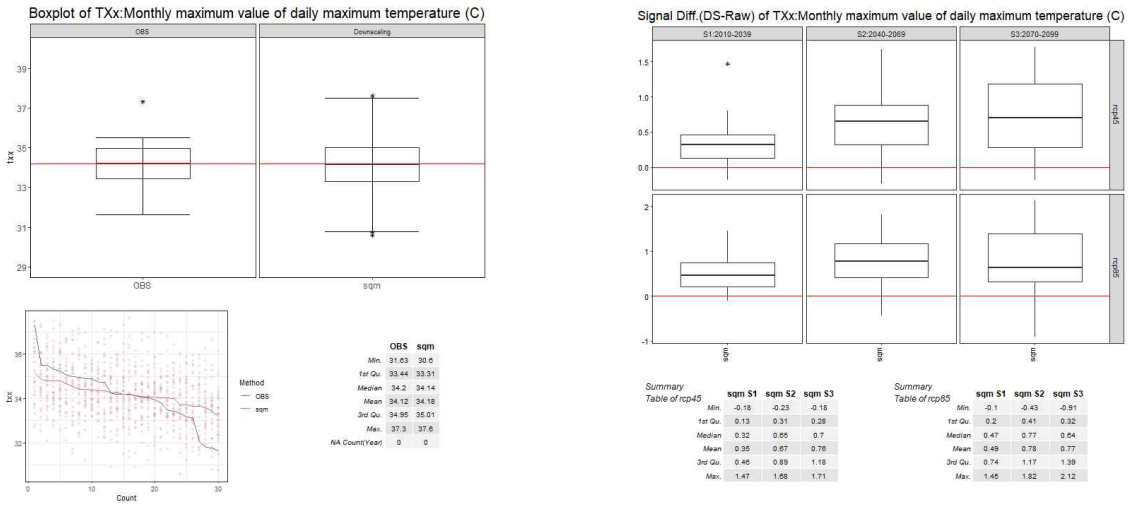


Figure 2.24. Raw GCM Evluation Results

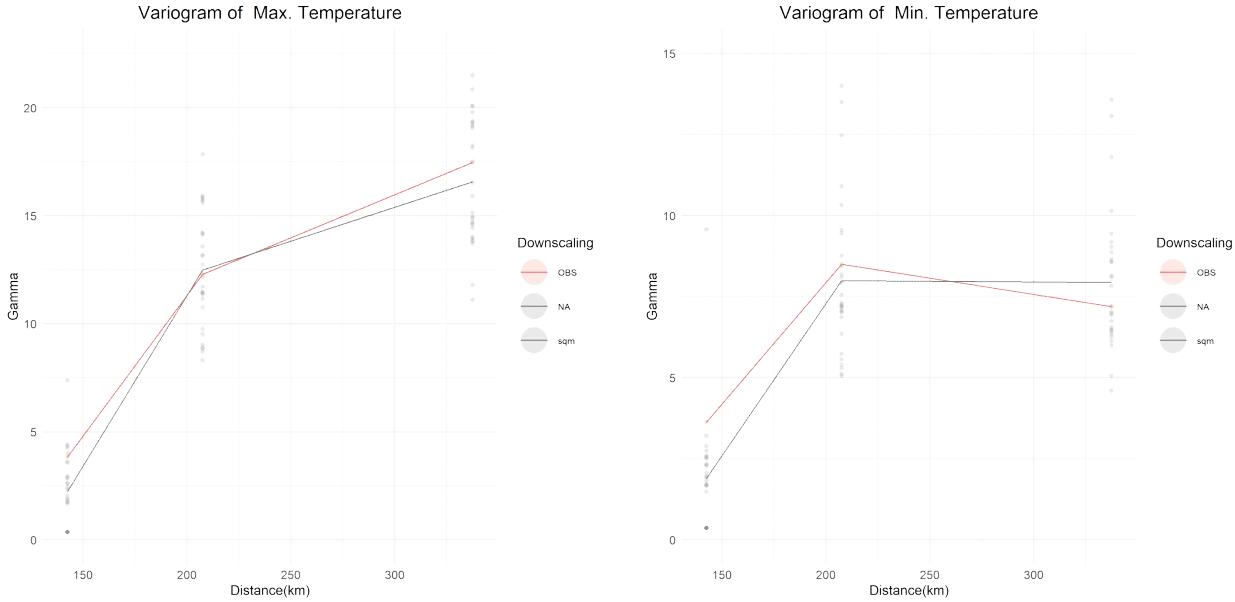
아래 그림은 상세화 전 후 자료를 활용하여 과거재현성 평가와 미래 불확실성 평가 수행 결과를 나타낸다. 세 가지의 통계적 상세화 기법 중 SQM의 생산 결과를 대상으로 생산 결과이며, 과거기간의 상세화자료의 관측자료와 재현성 및 미래 불확실성을 평가한 결과이다. 해당 결과는 ETCCDI의 지수를 통해 생산하며, Maximum value of daily maximum temperautre (txx)의 결과를 보여준다.



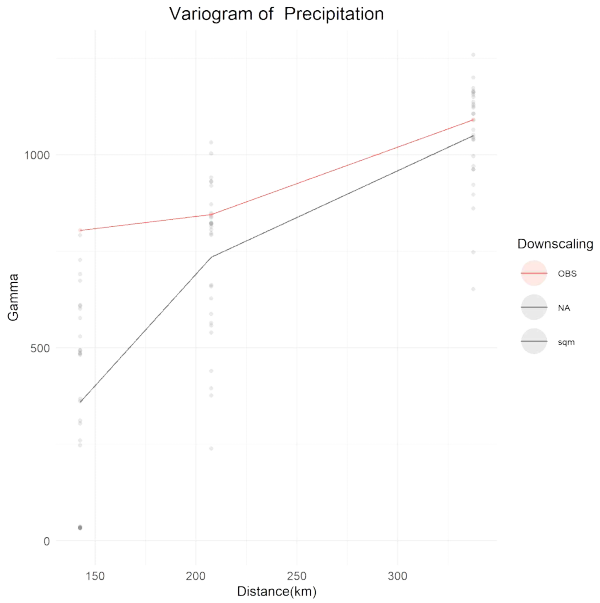
Historical Period Future Period

Figure 2.25. Assessment Results of Historical Reproducibility and Future Uncertainty Using Data Before and After Downscaling

아래 그림은 상세화 이후의 결과가 기존의 관측자료와 비교하여 공간적인 분포를 재현하고 있는지를 평가한 결과이다.



Maximum Temperautre　　Minimum Temperature



Precipitation

Figure 2.26. Spatial Distribution Reproducibility Assessment Results

아래 그림은 GCM을 일부 활용할 경우 활용해야할 최소 GCM 수를 산출하는 결과이다.

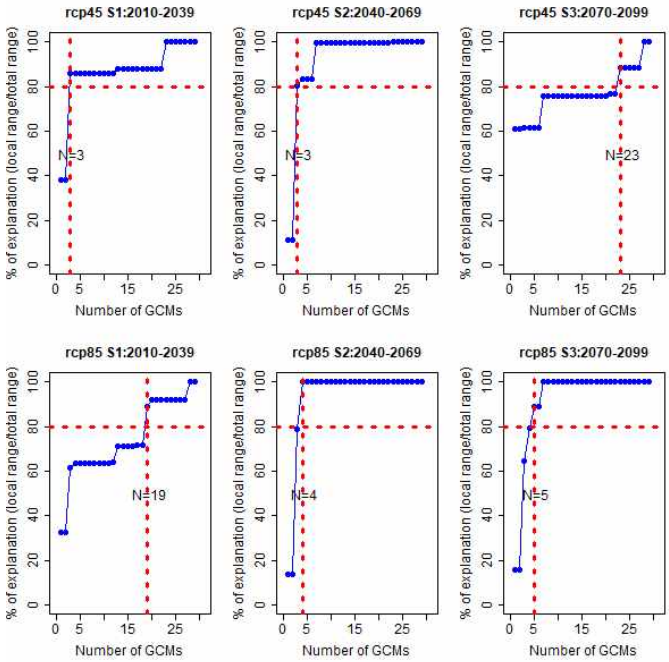


Figure 2.27. GCM Weight Factor Results

위와 같이 AIMS의 UI를 활용하여 전체적인 프로세스의 결과 생산의 문제가 없음을 테스트 후 홈페이지를 통해 서비스를 재개하였다.

AIMS를 운영하면서 발생한 정책 반영 및 개선 등의 작업 내용이다. AIMS는 2022년 6월을 끝으로 기후서비스 플랫폼 내의 메뉴로 이전 통합이 완료 되었다. 상세 내용은 부록의 기후정보서비스 월간 운영보고서를 참고하면 된다.

Table 2.10. The list of AIMS updated

월	개선사항	작업 구분	작업 내용
2023년 2월	AIMS 홈페이지 인증서 교체	개선	- AIMS 홈페이지 SSL 인증서 교체
2023년 2월	AIMS 서비스 이전 통합 심의회 개최	정책	- 서비스 이전 통합 심의회 개최 (3/25) - 기후서비스 플랫폼 내 소개 페이지 생성을 통한 이전 통합 결정
2023년 4월	AIMS Shutdown 사용자 공지	개선	- AIMS Shutdown 관련 사용자 공지 (홈페이지 팝업 게시)
2023년 6월	AIMS Shutdown 및 페이지 Redirect	개선	- AIMS Shutdown 및 대체 페이지 등록 (6/30)
2023년 7월	AIMS Client 배포 중지	개선	- AIMS 내 R package 오류로 인한 AIMS 실행 불가 문제 발생
2024년 3월	AIMS Client 버전 업데이트 및 배포 재개	개선	- AIMS 내 R package 오류 해결 및 버전 업데이트 후 배포 재개

2.1.3.3. 기후정보서비스 보안 강화를 위한 보안대책 적용

APCC 기후정보서비스를 운영하면서 발생한 보안 관련 수정·개선 사항이다. 매년 실시하고 있는 보안인증서 (SSL) 교체를 비롯하여 기상청 사이버안전센터를 통한 정기적인 보안 취약점 점검과 수시로 발생하는 보안 이슈 대응 등의 업무 수행 결과이다.

2.1.3.3.1. APCC 홈페이지

웹서비스의 암호화 전자서명 인증을 위해 도입한 보안인증서(SSL)는 1년마다 갱신을 하고 있다. 이에 2024년에도 보안인증서를 갱신하여 APCC 홈페이지를 비롯한 기후정보서비스에 적용하여 보안을 강화하였다. 아래 그림을 보면 홈페이지의 인증서가 갱신된 것을 확인할 수 있다. 2024년도 갱신한 인증서의 만료일은 2025년 3월 11일까지이고 해당 만료일 이전에 다시 갱신하고 기후정보서비스마다 갱신하면 된다.

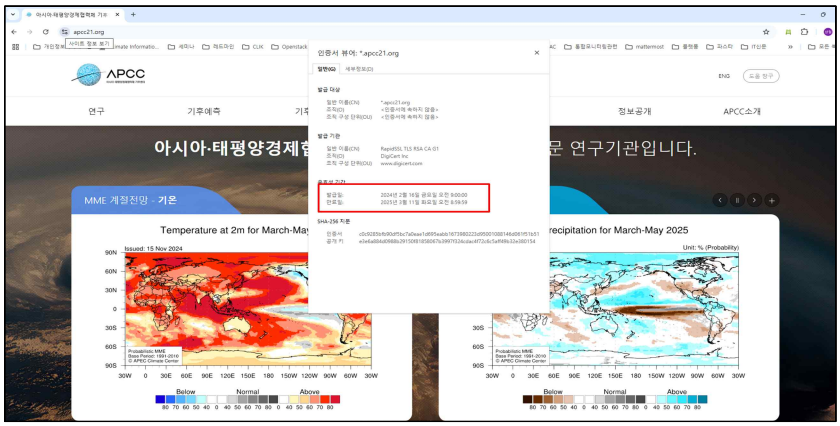


Figure 2.28. Updated SSL of homepage

2.1.3.3.2. 기후정보서비스 플랫폼(CLIKs)

기후정보서비스 플랫폼(CLIKs) 서비스도 홈페이지와 같이 보안 강화를 위해 보안인증서(SSL)를 갱신하였다. 홈페이지에 갱신한 동일한 보안인증서임으로 만료일은 2025년 3월 11일까지로 동일하다.

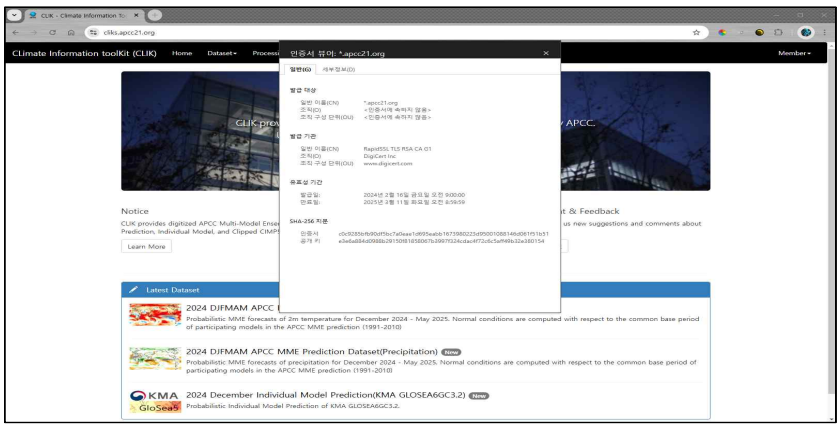


Figure 2.29. Updated SSL of CLIKs

또한 CLIKs의 경우, 보안점검 과정에서 Downscale 기능에서 취약점이 발견되었다. Downscale을 위한 correlation map을 생성하는 웹 서비스에 오류가 발생하였을 경우 오류 페이지를 출력하도록 개선하였다. 또한 웹 서비스를 구동하는 웹서버(tomcat)의 설정에 400, 403, 404 등의 오류가 발생하면 오류를 출력하도록 설정하였다.

2.1.3.3.3. 통합인증 시스템 (SSO)

통합인증 시스템도 홈페이지와 같이 보안 강화를 위해 보안인증서(SSL)를 갱신하였다. 홈페이지에 갱신한 동일한 보안인증서임으로 만료일은 2025년 3월 11일까지 동일하다.

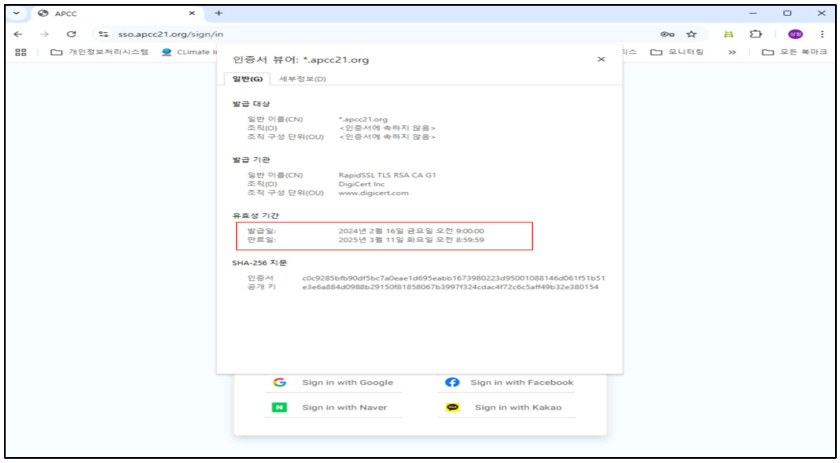


Figure 2.30. Updated SSL of SSO

2.1.3.3.4. Help Desk

Help Desk 시스템도 위의 각각의 시스템들과 동일한 방식으로 2024년 2월에 보안인증서(SSL)를 갱신하였다. 동일한 보안 인증서를 사용하고 있기에, 만료일은 2024년 3월 10일까지이다.

Figure 2.31. SSL certificate of HelpDesk Homepage

2.1.4. 기후정보서비스 모니터링 시스템을 통한 상시 모니터링

APCC에서는 기후정보서비스의 안정적인 운영과 지속적인 서비스 제공을 위해 2020년도에 상시 모니터링 시스템 및 체계를 구축하고 운영을 하고 있다. 웹 기반 모니터링 시스템을 통해서 상시 모니터링을 실시하고 있고, 매월 각 시스템별로 서버 및 서비스별 모니터링 결과를 확인하고 있다. APCC 홈페이지의 경우에는 홈페이지 HTTP의 웹 서비스 관련 모니터링을 실시하고 있다. 매월 모니터링 결과는 기후정보서비스 월간 운영보고서에 포함이 되고 있다.

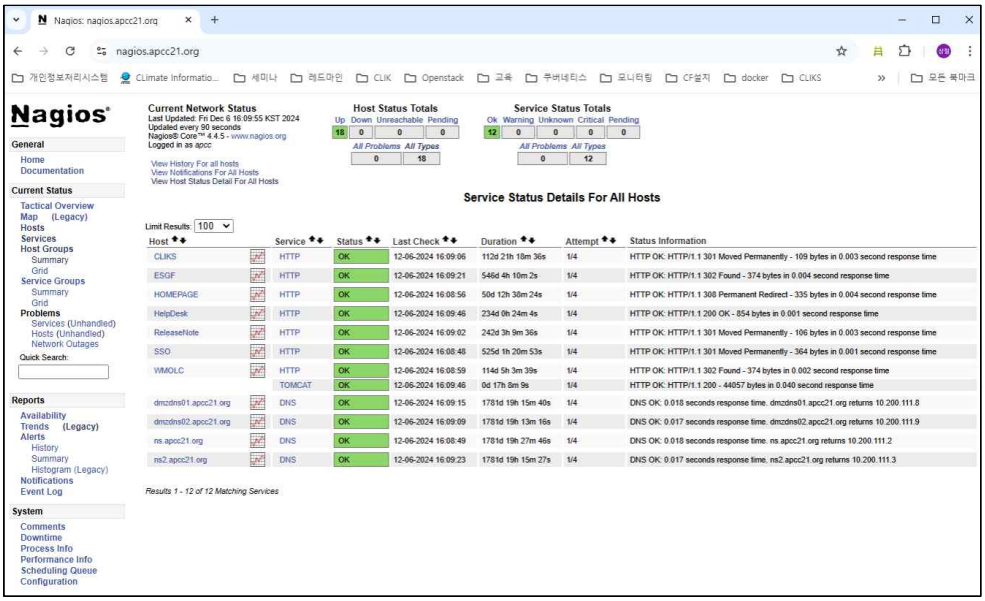


Figure 2.32. Web based monitoring system (Nagios)

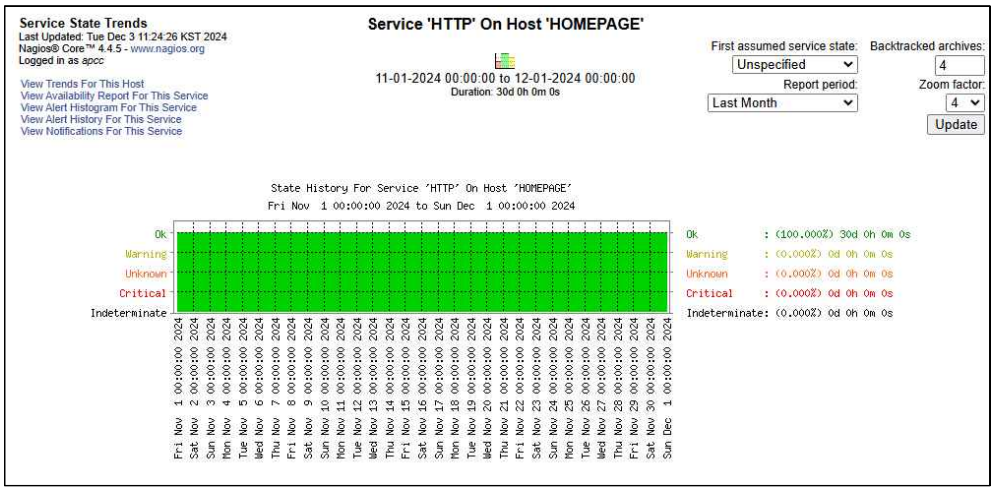


Figure 2.33. APCC homepage HTTP service monitoring for one month

2.1.5. 웹 접속통계 시스템 클라우드 이관

APCC에서는 기후정보서비스의 접속 통계를 토대로 사용자의 패턴을 파악하여 사용자 맞춤형 정보 서비스를 제공하고자 2015년도에 웹 접속통계 솔루션을 도입하여 운영하고 있다. 2024년를 기준으로 2개의 사이트에 대해서 접속통계 자료를 집계하고 있다.

Table 2.11. List of web analytics

서비스	접속통계 (기본기능)	로그 집계 (개선 기능)		비고
		여부	내역	
홈페이지	O	X	도입당시 기본적인 맞춤설정을 통한 분석	
CLIKS	O	O	로그파일 분석을 통한 로그 분석	

APCC에서 운영중인 웹 접속통계 시스템은 2015년 도입 당시 솔루션 설치형태로 운영이 되었다. 그러나 운영 환경이 설치형태에서 클라우드 기반으로 전환이 되면서 APCC에서 운영중인 웹 접속통계 시스템도 클라우드 기반 운영 형태로 전환을 하였다. 클라우드 전환을 통해 웹 접속통계 시스템의 변경사항은 없고, 시스템의 운영 기반이 단독 시스템에서 클라우드 환경으로 변경이 되었다.

2.1.6. 기후정보서비스 플랫폼의 안정적 운영을 위한 시스템 운영 및 개선

APCC에서는 2020년에 한국지능정보사회진흥원(NIA)의 “개방형 PaaS 플랫폼 고도화 및 개발자 지원환경 개발” 과제로 개발된 파스-타를 기반으로 기후정보서비스 플랫폼을 구축 운영하고 있다. 해당 기후정보서비스 플랫폼은 하드웨어 가상화 영역을 담당하는 상용 소프트웨어인 VMware 위에 클라우드 파스-타 5.0 (라비올리)를 설치하여 운영 중에 있다. APCC에서는 유사 기후정보 서비스의 점진적 통합을 통해 자원 활용성 강화 및 운영 효율성 증대를 위해 목표로 하고 있으며 이를 위한 기반으로 기후정보서비스 플랫폼이 구축되었다. 이에 첫 번째 통합으로 기후정보서비스 플랫폼에 기후자료를 제공하고 있는 ADSS가 통합이 되었고, 이후 CLIK 서비스에서 제공중인 계절 예측 및 검증 서비스와 CLIPs에서 제공하고 자료 처리 서비스가 2020년도에 기후정보서비스 플랫폼으로 통합되었다. 그리고 2021년도에는 CLIK의 상세화 서비스가 기후정보서비스 플랫폼에 통합이 되었다. 2022년 운영중인 기후정보서비스 중에서 ADSS, AIMS, CLIK, CLIPs, OpenWPS의 서비스를 기후정보서비스 플랫폼으로 통합하였고, 2023년 현재 기후정보서비스 플랫폼으로 홈페이지를 제외한 모든 서비스를 통합하여 운영하고 있다.

센터에서는 2023년도에 신규 홈페이지를 구축 계획을 수립하였고, 신규 홈페이지의 운영을 파스-타의 Container Platform에서 운영할 계획이었다. 그런데 파스-타를 개발하고 기술지원을 담당하는 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서는 기존의 파스-타 즉 CF (Cloud Foundry) 기반의 플랫폼을 Kubernetes로 기반의 Container Platform으로 변경 해가고 있었다. 명칭도 CF 기반의 플랫폼은 Application Platform, Kubernetes 기반은 Container Platform이란 명칭으로 통일하였다. 그리고 파스-타(Application Platform)의 기술지원을 종료(2025년 1월)하면서 Container Platform를 중심으로 운영을 하는 것으로 보여진다. 이에 센터에서는 파스-타의 이름을 변경된 K-PaaS[4]를 구축하여 신규 홈페이지를 K-PaaS에 구축하여 운영하기로 계획을 변경하였다. 이

4) K-PaaS : 개방형 클라우드 플랫폼 표준모델(K-PaaS 표준모델, 오픈소스)과 이를 기반으로 K-PaaS 적합성을 인증받은 클라우드플랫폼서비스와 솔루션들을 통칭

에 기존에 운영중인 파스-타와 K-PaaS 두 개의 플랫폼을 상호 연계하여 운영을 하였다. 아래 Figure에서 보면 기존의 레거시 시스템은 메인 DNS 서버를 제외한 모든 시스템은 가상 시스템으로 이관이 되었고, 기후정보서비스 플랫폼은 파스-타에 대표 홈페이지는 K-PaaS에 구축이 되고 운영이 되고 있다.

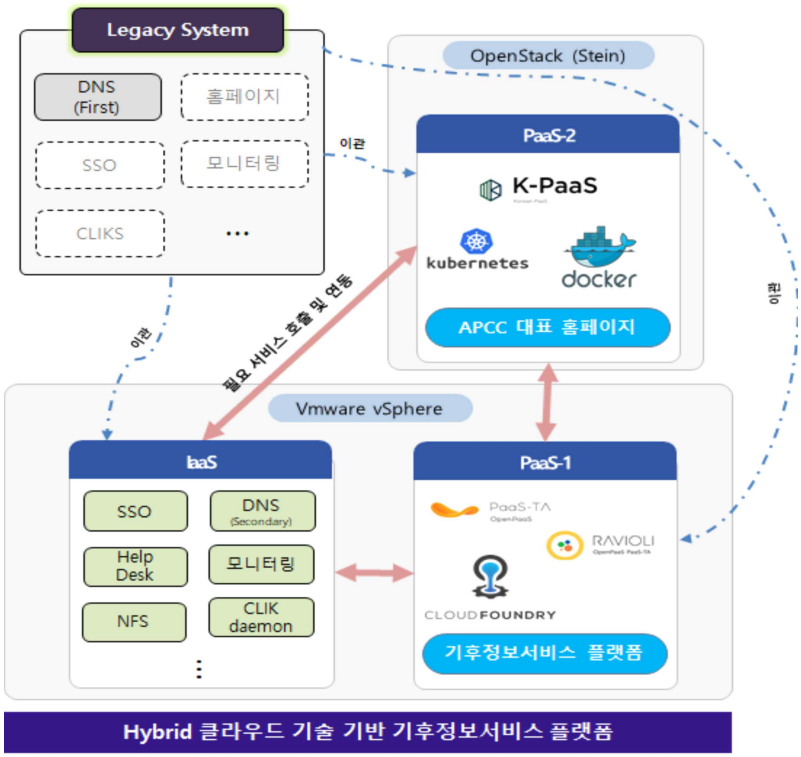


Figure 2.34. Climate Information Service platform based on hybrid cloud technology

그리고 파스-타는 2024년 이전까지는 정부 주도로 프로젝트를 운영하였으나, 2024년을 기점으로 민간 주도로 변경하고, 민관 협의체인 OPA(Open cloud Platform Alliance)를 중심으로 하여 과학기술정보통신부, 한국지능정보사회진흥원에서 참여하여 지원하고 있다.

2.1.7. 기후정보서비스의 안정적 및 효율적 운영에 필요한 관련 업무 지원

2.1.7.1. 공공데이터 제공 및 관리

공공기관은 정부의 계획에 따라 공공데이터를 제공하고 관리해야 한다. 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼을 운영하고 있으므로 메타데이터 관리, 메타데이터 기반 중장기 개방계획 수립 및 이행, 공공데이터 제공 평가 등을 수행하고 있다.

2.1.7.1.1. 메타데이터 관리

홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼의 메타데이터를 연 2회(상반기, 하반기) 기관메타시스템에 현행화하여 정보에서 관리하는 중앙메타관리시스템으로 메타데이터를 전송해야 한다. 특히 2024년은 공공데이터 제공 평가지표의 필수 입력 항목의 변경으로 인하여 기관메타시스템

에 전체 데이터베이스의 메타데이터를 재등록하였다. 또한 메타데이터의 한글 테이블 명 및 컬럼 명, 컬럼의 자료형 및 길이를 상세하게 현행화하였다.

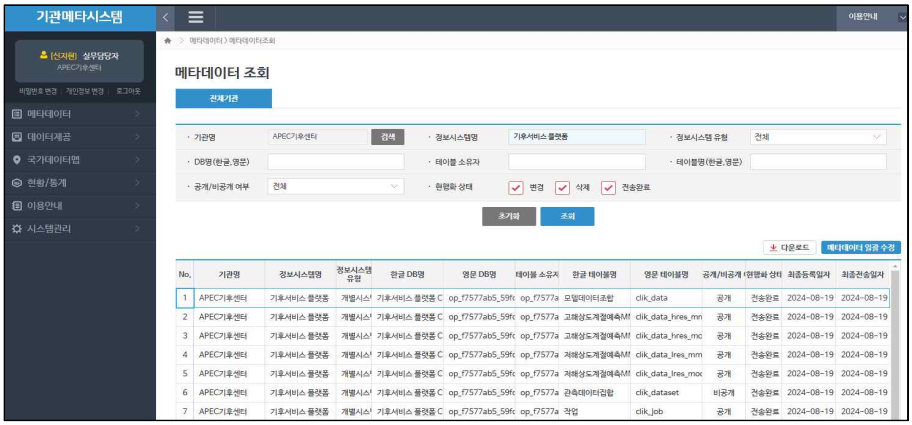


Figure 2.35. Metadata management system

2.1.7.1.2. 공공데이터 개방, 메타데이터 기반 중장기 개방계획 수립 및 이행

매년 메타데이터 기반 중장기 개방계획을 수립하고 이행하고 있다. 개방계획을 수립하기 위해서 매년 메타데이터 변경 사항을 반영하고 개방 대상을 선정한다.

Figure 2.36. Selection of open data

매년 선정된 개방 대상 목록을 바탕으로 개방계획을 수립한다. 2024년은 2025~2027년의 3년간의 개방계획을 수립하여 시스템에 입력해야 한다.

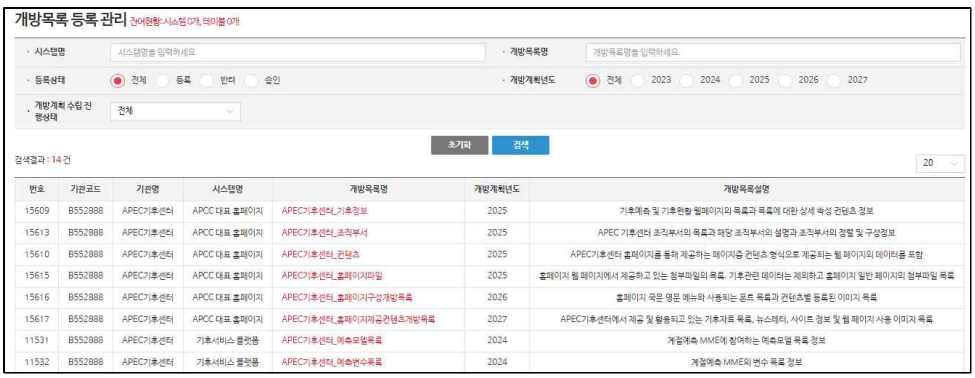


Figure 2.37. Input of data open plan

수립한 중장기 개방계획은 개방을 수행한 후 이행 내역을 시스템에 등록해야 한다. 아태기후센터는 2023년에 2건, 2024년에 4건을 개방 후 이행 내역을 등록하였다.

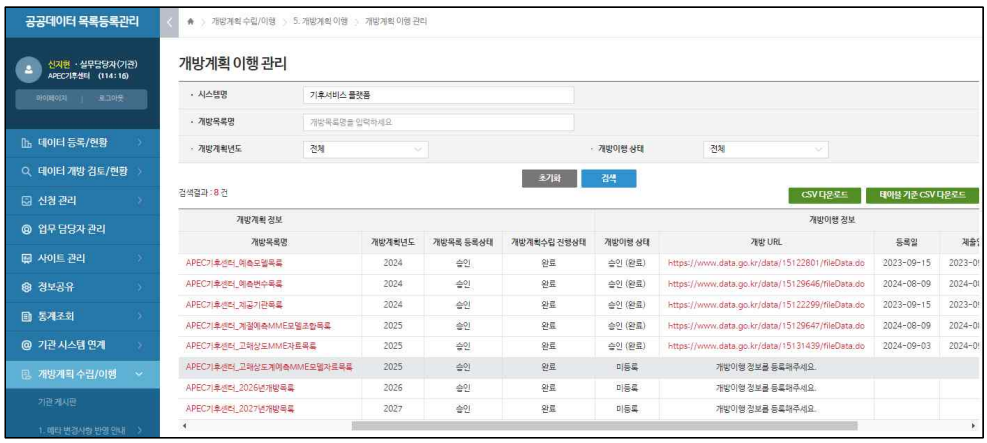


Figure 2.38. Management of implementation of open plan

2.1.7.1.3. 기관 및 데이터베이스 표준 관리

각 기관은 범정부 공통 표준용어를 참고하여 기관의 표준을 정의하고 품질·표준관리 통합 시스템에 등록하여 관리해야 한다. 따라서 다음 Figure와 같이 표준단어, 표준용어, 표준 도메인을 정의하여 등록하였다.

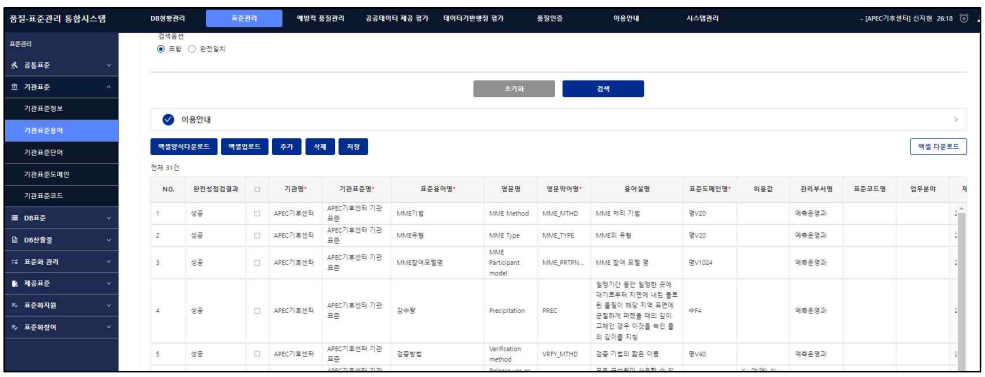


Figure 2.39. Management of standard terms

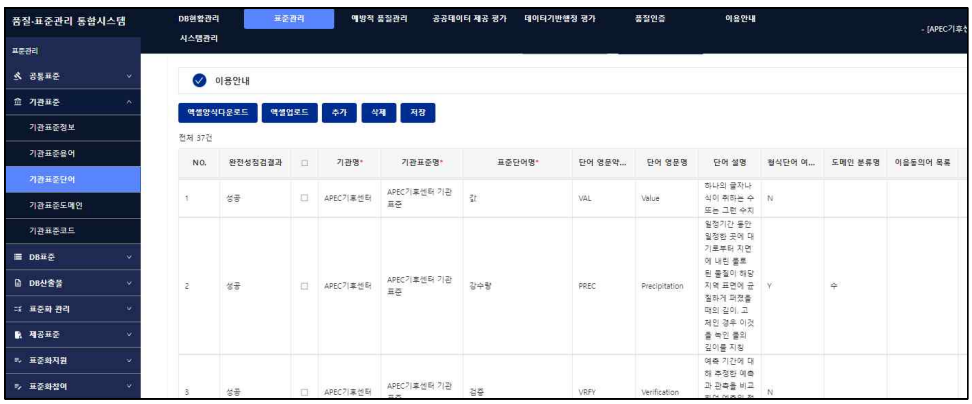


Figure 2.40. Management of standard words

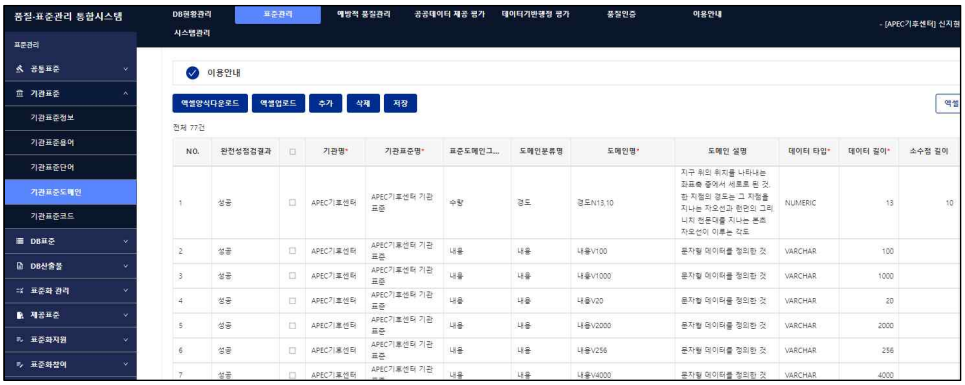


Figure 2.41. Management of standard domains

2.1.7.1.4. 공공데이터 제공 평가

공공기관은 매년 공공데이터 제공 평가를 수행해야 한다. 공공데이터 제공 평가는 기관평가 지표와 각 정보시스템의 품질 영역 지표로 나뉘어져 있다. 기관평가 지표는 개방 및 활용, 품질, 관리체계 지표로 구분된다. 다음 Figure는 2024년 수행한 기관지표 평가의 진행 내용이다.

Figure 2.42. Evaluation criteria for institution

공공데이터 제공 평가를 위해서 평가대상 정보시스템 데이터베이스를 선정하였다. 선정된 데이터베이스별로 정부에서 제공하는 품질 진단도구(WDQ)를 이용하여 자체 평가를 수행한 후 평가 시스템에 입력하였다. 또한 각 기관 데이터 표준과 같이 데이터베이스별로 데이터베이스 표준을 정의하고 평가 시스템에 등록하고 데이터베이스 테이블의 표준화 정도를 검증하였다. 또한 데이터베이스 정의서, 테이블 정의서, 컬럼 정의서 등의 데이터베이스 구조에 대한 산출물을 등록하고 검증하여 데이터베이스 산출물의 현행화 정도를 검증하였다.

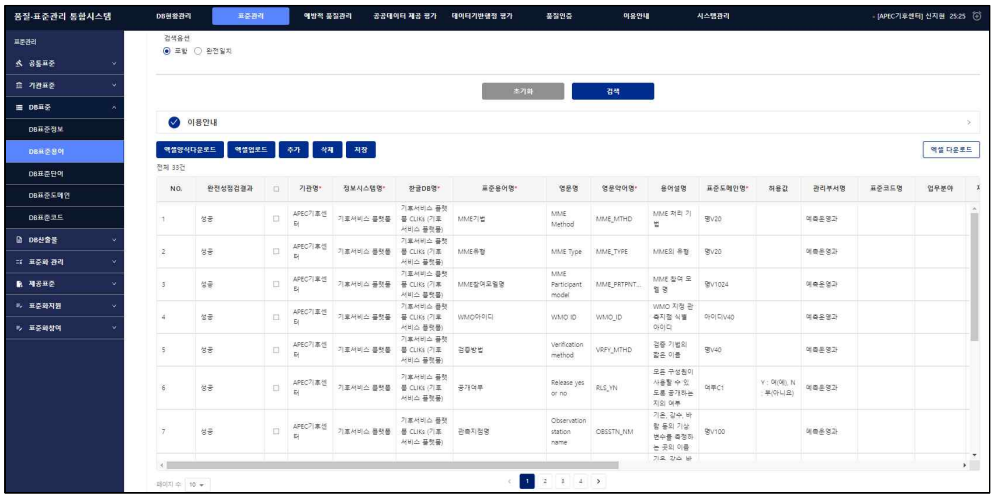


Figure 2.43. Management of standard terms for database

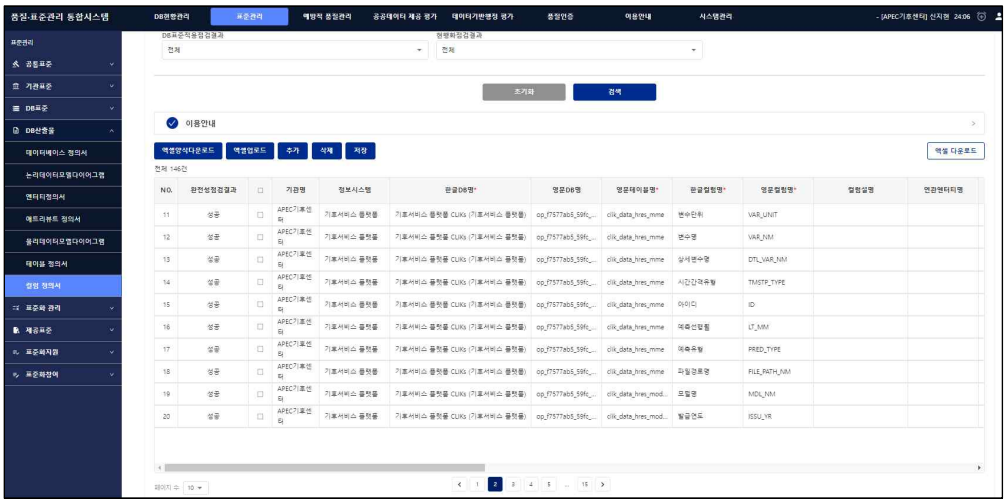


Figure 2.44. Column definitions of database

정보시스템의 데이터베이스의 품질을 진단하는 DB 지표 평가 진행 현황은 다음 Figure와 같다.

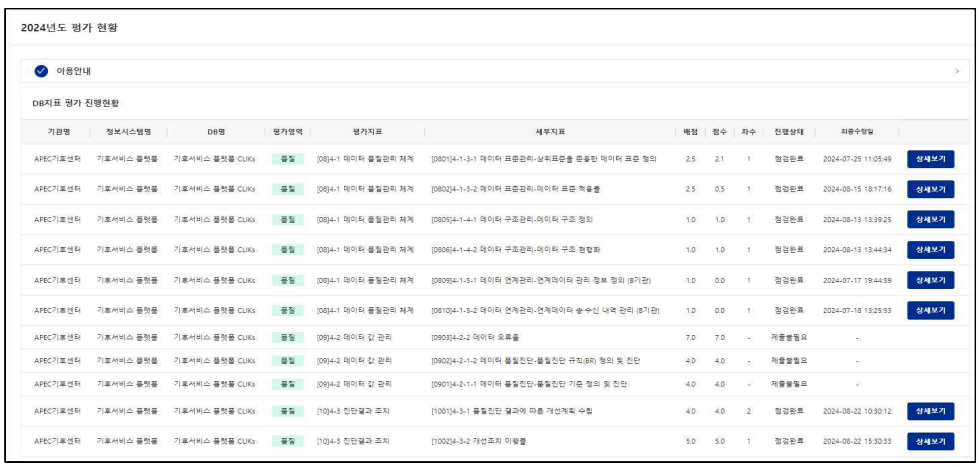


Figure 2.45. Evaluation criteria for database

2.2. 기후정보서비스 개선 계획 수립을 통한 체계적 서비스 개선

2.2.1. 추진개요

2.2.1.1. 필요성

전 세계적으로 다양한 기관에서 다중모델앙상블 기후예측을 생산・활용하고 있으며(예, NMME, WMO, C3S 등), APCC 기후예측의 국제 경쟁력 및 활용 강화를 위한 차별화된 기후정보서비스가 필요한 실정이다. 따라서 동적 기후정보 표출을 위한 기후예측정보 처리, 기후정보 다양화를 위한 기후정보서비스 개선 및 개발 추진을 통해 이를 달성하고자 한다.

또한, APCC 기후정보서비스 선도를 위해 기후자료 제공서비스, 온라인 기후정보 응용도구, 마스킹 정보를 활용한 자료 추출 등의 기능을 통합하고 one-stop service를 제공하는 기후정보서비스 통합플랫폼 개발이 2022년도에 완료되었으며, 해당 기후정보서비스 통합플랫폼 활용 확산 및 사용자 편의 증진을 위한 기후정보서비스 개선 추진하고, 기관 홈페이지 연계 기반 마련을 위한 업무 추진이 필요하다.

2.2.1.2. 추진과제

추진 과제는 크게 두 부분으로 나뉜다. 기후정보서비스 활용 경쟁력 강화를 위한 콘텐츠 개선 및 개발과 기후정보서비스 통합플랫폼 활용 촉진을 위한 기술 개선 및 개발이다. 해당 과제는 매년 선정하여 추진 하였고, 추진 과제의 개선계획 수립과 목표 달성에 관하여 상술하도록 한다.

2.2.1.3. 추진일정

2022년부터 2024년도까지의 APCC 기후정보서비스 개선 계획 추진 일정은 아래의 Table과 같다.

Table 2.12. 2022-2024 Plan for the Improvement of APCC Climate Information Service

년도	기후정보서비스 활용 경쟁력 강화를 위한 기후정보 콘텐츠 개선 및 개발
2023년	사용자 편의성 및 정보 접근성 강화를 위한 APCC 홈페이지 구축
2024년	기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축 및 단일화
	기후정보서비스 플랫폼 기반 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스
년도	**기후정보서비스 통합플랫폼 활용 촉진을 위한 기술 개선 및 개발**
2022년	기후서비스 통합플랫폼 온라인 튜토리얼 구축
	기후정보서비스 통합플랫폼 기반 ERA5 재분석자료 신규 제공

	기후정보서비스 사용자 개방형 인증 및 개인정보보호 강화를 위한 통합인증 시스템 구축
	기후정보서비스 통합플랫폼 자료처리 인터페이스 개선
	기후정보 활용 편의 증진을 위한 기후전망 전송서비스 개선
2023년	기후정보서비스 통합플랫폼 기반 NCEP1/2 재분석자료 신규 제공
	기후정보서비스 통합플랫폼 기반 온라인 튜토리얼 콘텐츠 강화
	기후정보서비스 통합플랫폼 기반 동적 기후정보 서비스
2024년	기후정보 매쉬업 서비스를 위한 Open API 패키지 개발
	기후정보서비스 플랫폼 기반 매쉬업 웹 인터페이스 개발

2.2.2. 주요내용

2.2.2.1. 기후정보서비스 활용 경쟁력 강화를 위한 기후정보 콘텐츠 개선 및 개발

2.2.2.1.1. 사용자 편의성 및 정보 접근성 강화를 위한 APCC 홈페이지 구축

2.2.2.1.1.1. 필요성

APCC에서는 기관 홈페이지를 2015년도에 구축하고, 2016년 2월 1일부터 정식서비스를 시행하여 현재까지 유지보수 위주로 운영 중에 있다. 현재 구축된 홈페이지의 노후화로 인해 기후예측정보의 효과적인 전달을 위한 최신 웹 기술 적용에 한계가 있으며, 사용 라이브러리 현행화가 불가능하여 신규 보안취약점에 대한 대응이 힘든 상황에 직면해 있다.

따라서, APCC 기후예측정보 활용 촉진을 위해 다양한 기후정보 콘텐츠와 동적 기후정보의 원활한 표출이 가능한 최신 웹 기술 및 보안기술을 적용하여 기관 홈페이지를 개편은 반드시 필요하다.

2.2.2.1.1.2. 주요내용

APEC기후센터 비전과 전문적인 정보를 제공하는 홈페이지를 위해 다음과 같은 사항을 고려하여 구축하도록 한다.

- 기존 홈페이지 분석을 통한 정보 접근성, 사용자 편의성 고려한 디자인 전면 개편과 최신 트렌드에 맞는 메뉴로 기획
- 기존 홈페이지 콘텐츠의 안정적 이관 및 재정비

· 모바일 기기 등 다양한 장치를 지원하는 확장가능한 사용자 친화적 반응형 웹 구축

신규 홈페이지의 안정적 운영 및 체계적 관리를 위한 지원 체계 구축을 위해 다음과 같은 사항을 고려하여 개발하도록 한다.

· 신규 홈페이지 내용을 효율적·체계적으로 관리할 수 있는 웹 콘텐츠 관리시스템 구축

· 클라우드 플랫폼 기술을 활용하여 향후 센터의 기후정보서비스 도구들과 연동 및 웹사이트 총량제 정책에 대응할 수 있는 체계적인 홈페이지 구조 마련

· 형상관리 체계 구축 및 개발·운영을 분리한 환경을 재구축하고 상세 운영 방안 제공

신규 홈페이지에서의 기후예측정보의 표출은 APCC 기후예측정보 활용성 증대를 위한 동적 기후정보 표출체계 구축하는 것을 포함하여 아래와 같은 주요내용을 포함하도록 한다.

· 전지구 계절예측(기후전망, 다중모델 예측, 다중모델 확률예측) 및 기후 현황(최근기후, 기후지수) 정보를 동적 지도, 그래프, 도표 등을 활용하여 표출할 수 있는 체계구축

· 향후 확장 및 운영에 적합한 최신의 SPA(Single Page Application) 웹 기술을 기본으로 활용하여 구축

· 관리자가 메뉴의 단계별 신규 페이지 혹은 게시판을 개설할 수 있는 확장성을 고려한 구조로 개발

2.2.2.1.1.3. 기대효과

APCC 홈페이지 신규 구축은 아래와 같은 기대효과를 가진다.

· 정보 접근성, 사용자 편의성을 고려한 디자인 전면 개편 및 메뉴 기획을 통해 APEC 기후센터의 비전과 전문적인 정보를 효과적으로 전달할 수 있는 국내외 채널 구축

· 사용자 요구에 대응하고 기후정보 활용성 및 편의성을 높일 수 있는 동적 기후정보 표출이 가능한 홈페이지 기반 마련

· APCC 기후정보서비스 도구들과 센터 홈페이지 연계 기반 마련을 통해 향후 웹사이트 총량제 정부 정책에 대응할 수 있으며, 웹 콘텐츠 관리시스템 구축을 통한 안정적인 운영 및 체계적인 관리 체계 마련

· 최신 웹 기술 및 보안기술의 현행화를 통한 개인정보보호, 보안취약점 대응 등 공공기관 관련 업무지원 강화

2.2.2.1.2. 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축 및 단일화

2.2.2.1.2.1. 필요성

APCC에서는 기후예측정보 활용 촉진을 위해 다양한 기후정보 콘텐츠와 동적 기후정보의

원활한 표출이 가능한 최신 웹 기술 및 보안기술을 적용한 홈페이지를 2023년도에 개축하여 2024년 2월 1일부터 정식서비스 운영 중이다. 해당 기관 홈페이지는 APCC 자체 운영 중인 클라우드 플랫폼 기술을 활용하여 구축되어 기후정보서비스 플랫폼과 통합을 위한 기반 조성 완료하였다. 따라서, APCC 기후정보서비스 플랫폼 CLIK과 기관 홈페이지의 실질적인 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축 및 단일화가 필요하다.

2.2.2.1.2.2. 주요내용

기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축 및 단일화를 위해 다음과 같은 내용으로 구축을 추진하도록 한다.

- 기후정보서비스 플랫폼 웹 코드 표준화
- 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합 개발
- 정부 정책인 웹 사이트 총량제 달성을 위한 핵심 통합

2.2.2.1.2.3. 기대효과

APCC 웹 사이트 총량제 달성을 위한 핵심 개발 완료를 통해 2025년 대표 홈페이지로 APCC 모든 기후정보서비스 제공하고, 기후정보서비스 플랫폼 웹 코드 표준화를 통한 보안 및 품질 강화 달성으로 사용자 서비스 만족도 제고한다.

2.2.2.1.3. 기후정보서비스 플랫폼 기반 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스

2.2.2.1.3.1. 필요성

APCC는 계절예측정보의 신뢰도와 활용성을 높이기 위해 사용자 대상의 수요조사를 실시한 결과에 따라 2022년 9월부터 APCC 홈페이지를 통해 고해상도(1° X 1°) 계절예측 정보를 제공하고 있다. 홈페이지에서 제공하는 고해상도 계절예측 정보를 기반으로 기후정보서비스 플랫폼 CLIK에서 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측이 가능하도록 2023년에 개발 및 베타서비스를 제공하고 있다.

2.2.2.1.3.2. 주요내용

기후정보서비스 플랫폼 기반 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스를 위해 다음과 같은 내용으로 정식 서비스를 추진하도록 한다.

- 기후정보서비스 플랫폼 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 시범서비스
- 기후정보서비스 플랫폼 사용자 맞춤형 고새항도 MME 계절예측 서비스 실시

2.2.2.1.3.3. 기대효과

국내외 사용자 실정에 맞는 개별모델 조합 고해상도 MME 계절예측 결과 제공을 통한 기후정보 다변화하고, 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 서비스 제공을 통해 사용자에게 기후정보서비스 플랫폼의 활용성 및 편의성 증진한다.

2.2.2.2. 기후정보서비스 통합플랫폼 활용 촉진을 위한 기술 개선 및 개발

2.2.2.2.1. 기후정보서비스 통합플랫폼 온라인 튜토리얼 구축

2.2.2.2.1.1. 필요성

APCC에서는 아태지역의 기후정보 활용 강화를 위해 서비스 중인 기후자료 생산, 처리, 제공을 위한 기후정보서비스들을 단계적으로 플랫폼으로 통합하고 해당 플랫폼 서비스를 확대·시행하고 있다. 기후정보서비스 플랫폼의 활용성을 높이기 위해 매년 사용자 교육을 시행하고 있으며, 메뉴 및 기능 설명 중심의 매뉴얼 제공뿐만 아니라 2020년에는 사용자가 쉽게 따라 할 수 있는 사용자 친화적 튜토리얼 문서를 제작하여 배포하였다. 하지만, 수동적 문서 기반의 튜토리얼은 사용자가 필요한 서비스에 대해 쉽게 찾아서 활용하기 힘든 단점이 존재하였다. 따라서, 해당 튜토리얼을 사용자 친화적인 온라인 서비스를 통해 언제 어디서든 쉽게 접근하여 필요한 내용을 마우스 클릭 한 번으로 배워서 활용할 수 있도록 신규 서비스 구축이 필요하다.

2.2.2.2.1.2. 주요내용

기후정보서비스 통합플랫폼 온라인 튜토리얼 구축를 위해 다음과 같은 내용으로 구축을 추진하도록 한다.

- 온라인 튜토리얼 웹 서비스 신규 개발
- 온라인 튜토리얼 콘텐츠 구성 및 플랫폼 연동 서비스 실시

2.2.2.2.1.3. 기대효과

기후정보서비스 플랫폼 활용성을 높이고, 해당 서비스 사용자 역량 강화를 통해 APCC 기후정보서비스 홍보 및 초기 사용자 진입장벽을 낮추어 신규 사용자 증가 기대한다. 온라인 기반의 튜토리얼 서비스를 통한 지속적이고 신속한 교육 콘텐츠 제공을 통해 고객 만족도 향상 제고에 기여한다.

2.2.2.2.2. 기후정보서비스 통합플랫폼 기반 ERA5 재분석자료 신규 제공

2.2.2.2.2.1. 필요성

현재 APCC 기후정보서비스 플랫폼을 통해 APCC 3개월/6개월 MME 계절예측자료, 개별모델자료, 여름철 계절내진동 예측정보 등 APCC가 생산하는 자료를 중심으로 제공하고 있으며, AIMS (APCC Integrated Modeling Solution) 서비스를 위한 Clipped CMIP5 기후변화시나리오 자료를 제공하고 있다. 기후 연구를 위하여 자주 사용되는 재분석자료인 ERA5 (ECMWF Copernicus Climate Data Store 제공)는 자료량이 방대하여 연구에 적극적으로 활용하려고 하여도 연구자 개인이 수집 및 관리하기에 시간적 공간적 제약이 있다. 이와 같은 사용자의 ERA5 재분석자료 제공 요구에 대응하여 해당 자료를 기후서비스 플랫폼을 통한 제공이 필요하다.

2.2.2.2.2.2. 주요내용

기후정보서비스 통합플랫폼 기반 ERA5 재분석자료 신규 제공을 위해 다음과 같은 내용으

로 추진하도록 한다.

・ERA5 재분석자료 제공서비스 신규 개발

2.2.2.2.2.3. 기대효과

ERA5 재분석자료를 신규 제공을 통해 APCC 제공 기후자료의 다양성 향상하고, APCC 내부 생산 기후자료 및 외부 주요 기후자료의 보강을 통해 기후서비스 플랫폼의 활용성 강화한다.

2.2.2.2.3. 기후정보서비스 사용자 개방형 인증 및 개인정보보호 강화를 위한 통합인증 시스템 구축

2.2.2.2.3.1. 필요성

APCC에서는 사용자 통합 관리를 위해 사용자 통합 관리 시스템 (Single Sign On, SSO)을 2013년도에 도입하여 현재까지 운영 중이다. APCC SSO 시스템은 세션과 쿠키를 사용하여 인증하고 있으며, 현재 표준에서 폐기된 보안 기술인 안전성이 낮은 3DES 암호화 기법을 사용하고 있어 공공기관 개인정보보호 관련 업무지원이 어려움이 있다. 최신 기술을 활용하여 보안 강화 및 현행화하여 공공기관 개인정보보호 관련 업무지원을 원활히 하고, 사용자 개방형 인증 방식을 도입한 서비스가 점차 대국민 서비스에 보편적으로 적용되고 있는 상황에서 사용자 편의를 고려한 OAuth 기술의 활용이 요구된다.

2.2.2.2.3.2. 주요내용

기후정보서비스 사용자 개방형 인증 및 개인정보보호 강화를 위한 통합인증 시스템 구축을 위해 다음과 같은 내용으로 추진하도록 한다.

・통합인증 서비스를 위한 서버 프로그램 구축

・개인정보보호 관련 업무지원을 위한 관리방안

・최신 보안 기술 현행화

・인증 기술 구현

・APCC 기후정보서비스와 보안 연결 방안 구현

2.2.2.2.3.3. 기대효과

최신 보안 기술을 통한 보안 강화와 OAuth2 개방형 인증기술을 활용한 인증방식 다양화를 통해 사용자 편의성 강화하고, 개인정보보호 관련 내부 프로세스 및 관리방안 추가로 인한 효율적인 공공기관 개인정보보호 관련 업무지원 강화한다.

2.2.2.2.4. 기후정보서비스 통합플랫폼 자료처리 인터페이스 개선

2.2.2.2.4.1. 필요성

APCC는 아태지역의 기후정보 활용 강화를 목표로 2019년 플랫폼 기반 기후자료서비스를 개발하였고, 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증 정보 생산 서비스 및 기후자료처리 서비스를 플랫폼으로 2020년 확대 구축하였다. 2021년에는 상세화 서비스와 마스킹 정보를 활용한 자료추출 서비스를 포함하여 APCC 기후정보서비스 대부분을 통합하여 플랫폼화를 추진하였다. 해당 기후정보서비스 통합플랫폼의 자료처리 서비스는 개발 프로그래밍 언어 및 사용자 인터페이스가 상이하여 사용자에게 일관된 서비스 환경을 제공하지 못하는 단점이 존재하여, 해당 자료처리 인터페이스를 개선 및 고도화하여 기후서비스 플랫폼에 대한 사용자 경험을 향상하고, 서비스 품질 완성도를 높일 필요가 있다.

2.2.2.2.4.2. 주요내용

기후정보서비스 통합플랫폼 자료처리 인터페이스 개선을 위해 다음과 같은 내용으로 추진하도록 한다.

- 기후자료처리 시스템 웹 인터페이스 개선
- 기후자료처리 시스템 Python Library 교체 및 모듈화
- 기후자료처리시스템 기능 Open API 구축

2.2.2.2.4.3. 기대효과

현재 노후화되어 있는 Clipping/Masking 기능의 주요 라이브러리 교체를 통한 시스템 안정성과 보안 강화하고, 완전한 기능 이전으로 기존 CLIPs, OpenWPS 서비스 종료에 대한 사용자 공백 최소화한다. 향후 기후정보서비스 플랫폼 동적 서비스 전환 작업이 쉽도록 구조적 통일의 기반 마련하고, 지역 마스킹 정보 기반 기후자료 추출 기능을 재사용 가능한 형태로 구현함으로 기후서비스 플랫폼 활용성 증대와 사용자 지원 강화한다.

2.2.2.2.5. 기후정보 활용 편의 증진을 위한 기후전망 전송서비스 개선

2.2.2.2.5.1. 필요성

APCC에서는 메일링 리스트를 효율적으로 관리하고 기후전망, 정기 소식지를 비롯한 대량의 메일 발송을 위한 시스템을 2013년도에 구축하여 운영이다. 사이버 공격기술의 발전으로 해당 시스템에 대한 보안취약점이 지속적으로 발견되고 있고, 최신 웹 브라우저에서의 기능 사용 제약과 사용자 통합 관리 시스템과의 미연계로 인한 관리의 어려움이 존재 한다. 이에 최신 보안 기술을 현행화하여 보안 기술을 강화하고, 새로 도입되는 사용자 통합 관리 시스템과의 연계를 통한 보다 효율적인 전송서비스 개선이 필요하다.

2.2.2.2.5.2. 주요내용

기후정보 활용 편의 증진을 위한 기후전망 전송서비스 개선을 위해 다음과 같은 내용으로 추진하도록 한다.

- 전송서비스 관리방안 개선

・전송서비스 개선

・최신 보안기술 현행화

2.2.2.2.5.3. 기대효과

최신 보안기술 현행화를 통한 보안 강화와 사용자 통합 인증 시스템과의 연계를 통한 사용자 리스트 관리 방안을 강화하고, 기후전망 전송서비스 개선을 통한 사용자의 기후정보 활용 편의성 증진하는데 기여한다.

2.2.2.2.6. 기후정보서비스 통합플랫폼 기반 NCEP1/2 재분석 자료 신규 제공

2.2.2.2.6.1. 필요성

APCC 기후정보서비스 통합플랫폼[5]을 통해 APCC 3개월/6개월 MME 계절예측자료, 개별 모델자료, 여름철 계절내진동 예측정보 등 APCC가 생산하는 자료를 중심으로 제공하고 있으며, AIMS[6] 서비스를 위한 Clipped CMIP5 기후변화시나리오 자료, ERA5 재분석 자료를 제공하고 있다.

NCEP/NCAR Reanalysis 1, NCEP-DOE Reanalysis 2는 ERA5와 더불어 기후 연구를 위하여 자주 사용되는 재분석자료로써, 사용자의 재분석자료 제공 요구에 대응하여 해당 자료를 기후정보서비스 플랫폼을 통한 제공이 필요한 실정이다.

2.2.2.2.6.2. 주요내용

NCEP 재분석자료 제공을 위한 서비스 개발을 위해 다음과 같은 내용으로 구축을 추진하도록 한다.

・NCEP 재분석자료 제공을 위한 관리데이터베이스 구축

・wget 및 Open API를 이용한 다운로드 기능 개발

・NCEP 자료소개 및 자료 다운로드 방법 안내 등을 위한 웹페이지 및 인터페이스 추가

2.2.2.2.6.3. 기대효과

NCEP 재분석자료를 신규 제공을 통해 APCC 기후정보서비스 통합플랫폼을 통해 제공되는 기후자료의 질적・양적 증가 달성 이를 통해 APCC 생산 기후자료의 활용성을 강화하고 기후정보서비스 플랫폼 활성화 및 홍보

2.2.2.2.7. 기후정보서비스 통합플랫폼 기반 온라인 튜토리얼 콘텐츠 강화

2.2.2.2.7.1. 필요성

APCC에서는 2019년부터 아태지역 기후정보 활용 강화를 위하여 기후자료 생산, 제공, 처

5) https://cliks.apcc21.org
6) AIMS (APCC Integrated Modeling Solution), https://aims.apcc21.org

리가 가능한 기후정보서비스 통합플랫폼을 개발, 운영 중에 있으며 해당 플랫폼의 활용도를 높이기 위하여 매년 사용자 워크숍을 개최하였다. 2020년에는 사용자가 쉽게 따라할 수 있는 사용자 친화적 튜토리얼 문서를 제작하여 배포하여 사용자 워크숍에서 활용하였으며, 2022년에는 문서 기반의 튜토리얼에서 언제 어디서든 쉽게 접근하여 필요한 내용을 확인할 수 있는 온라인 튜토리얼 서비스로의 전환을 위한 서비스를 구축하다. 당해연도에는 해당 온라인 튜토리얼의 콘텐츠 강화 및 다변화를 통해 사용자의 APCC 기후정보 활용성 및 만족도를 향상할 필요가 있다.

2.2.2.2.7.2. 주요내용

기후정보서비스 통합플랫폼 온라인 사용자 튜토리얼 웹 서비스 개선을 위해서는 아래와 같은 내용의 개선 개발이 포함된다.

- 목차 링크 메뉴 추가를 통한 사용자 친화적 페이지 개선
- 기후정보서비스 플랫폼 메뉴 내 튜토리얼 링크 및 툴팁 연동

튜토리얼 콘텐츠 강화를 위해서는 아래와 같이 콘텐츠에 대한 현행화와 강화를 포함된다.

- 기능 수정 및 개선 사항 적용을 통한 튜토리얼 콘텐츠 현행화
- 플랫폼 활용 안내 방안 다변화를 통한 콘텐츠 강화

2.2.2.2.7.3. 기대효과

첫째, 기후정보서비스 통합플랫폼의 활용성을 높이고, 서비스 사용자 역량 강화를 통해 APCC 기후정보서비스 홍보 및 사용자 만족도 제고를 달성하고자 한다. 둘째, 영상이 포함된 튜토리얼 컨텐츠 제공을 통하여 초기 사용자 진입장벽을 낮추고 신규 사용자 증가가 기대되며, 셋째, 온라인 기반의 튜토리얼 서비스를 통한 지속적 교육 콘텐츠 개발 및 제공을 통해 고객 만족도 향상을 더욱 높이고자 한다.

2.2.2.2.8. 기후정보서비스 통합플랫폼 기반 동적 기후정보 서비스

2.2.2.2.8.1. 필요성

아태지역의 기후정보 활용 강화를 목표로 2019년 플랫폼 기반 기후자료서비스를 개발하였고, 2020년 사용자 맞춤형 계절예측・검증 및 기후자료처리서비스로 확대 대상을 확대 구축하였다. 기후변화 시나리오 및 계절예측 통계적 상세화 서비스, 기후자료 마스킹 정보를 통한 자료 추출 서비스에 대한 확장을 2021년에 달성하였으며, 2022년 기후정보서비스 통합 플랫폼 운영 및 시스템 안정화 추진 과제를 완료하였다. 2022년 확보한 동적 기후정보서비스 기반 기술과 동적 검증서비스 원형 구축 내용을 바탕으로 동적표출 검증서비스를 플랫폼 서비스에 적용하여 제공할 수 있도록 개선 개발하여 사용자가 온라인 웹을 통해 정보를 선택・표출 및 종합적 정보획득에 도움이 되는 서비스로 발전이 필요한 상황이다.

2.2.2.2.8.2. 주요내용

해당 개선을 위해서는 기후정보서비스 통합플랫폼 계절예측 검증서비스 개선을 위한 아래의 주요내용에 대한 개발이 우선적으로 진행되어야 한다.

- 검증 자료 생산 코드 분석 및 동적 표출 자료 생산 프로그램 개발, 동적 표출 자료 관리 방안 마련
- 검증 서비스 Open API 매시업 구조 검토 및 개선 개발

또한, 기후정보서비스 통합플랫폼 기반 동적 검증서비스 개발 및 서비스를 위해서는 아래와 같은 인터페이스 및 표출 방안 개발이 추진되어야 한다.

- SPA(Single Page Application) 프레임워크와 기후정보서비스 통합플랫폼 Java Spring 프레임워크 연동 방안 설계 및 웹 인터페이스 개발
- 동적 검증서비스 원형을 바탕으로 CLIK 계절예측검증정보의 동적표출방안 적용 및 실험
- 기존 정적 검증 정보의 동적 표출 서비스로 전환 및 알파테스트

2.2.2.2.8.3. 기대효과

기후정보서비스 통합플랫폼의 검증 서비스에 동적 기술을 적용을 통해 APCC 기후정보의 동적 표출에 대한 사용자 요구를 수용할 수 있는 서비스 기반 마련하고, 동적인 기후정보를 제공을 통해 기후정보서비스 전반적인 활용성 및 편의성 증진 기대

2.2.2.2.9. 기후정보 매쉬업 서비스를 위한 Open API 패키지 개발

2.2.2.2.9.1. 필요성

APCC는 아태지역 기후정보의 접근성과 신뢰성을 높이기 위해, 사용자 요구에 기반한 다양한 기후정보 서비스를 CLIK 플랫폼으로 개발·운영하고 있다. CLIK 플랫폼은 기후자료의 생산, 제공, 처리를 가능하게 함으로써 사용자 경험을 개선하고, 보다 정확하고 신속한 정보 제공을 목표로 하고 있다. CLIK 플랫폼의 다양한 기능을 Open API화하여 공개 할 경우 사용자는 맞춤형 기후정보 서비스를 쉽게 구축하고 활용할 수 있게 되며 이는 기후 데이터의 활용도를 극대화하고 다양한 사용자 요구에 효과적으로 응답할 수 있는 기반이 될 것으로 예상된다.

2.2.2.2.9.2. 주요내용

기후정보 매쉬업 서비스를 위한 Open API 패키지 개발을 위해 다음과 같은 내용으로 추진하도록 한다.

- 기후정보서비스 플랫폼 제공 단위 서비스 Open API 조합 기술 개발
- 원스톱 Open API 패키지 개발

2.2.2.2.9.3. 기대효과

APCC는 기후정보서비스 플랫폼 기반의 Open API 패키지 개발을 통해 효율적인 서비스

제공과 사용자 경험의 질적인 향상을 도모하고자 한다. Open API 패키지를 구축을 통해 사용자가 기후자료 접근성을 높이며, 새로운 기후 서비스 창출에 기여할 것으로 기대한다.

2.2.2.2.10. 기후정보서비스 플랫폼 기반 매쉬업 웹 인터페이스 개발

2.2.2.2.10.1. 필요성

기후정보서비스 플랫폼에서는 기후정보서비스 플랫폼 기반의 다양한 Open API를 이용하여 매쉬업 서비스 원형을 개발하였다. 이러한 기후정보서비스 플랫폼 매쉬업 서비스를 통해 사용자 참여를 유도함으로써 새로운 기후정보를 창출하고 기후정보서비스의 활용성을 강화할 수 있다. 매쉬업 서비스 활성화를 위해 사용자에게 동적 기반의 웹 인터페이스를 제공하여 서비스 만족도와 활용성 향상이 필요하다.

2.2.2.2.10.2. 주요내용

기후정보서비스 플랫폼 기반 매쉬업 웹 인터페이스 개발을 위해 다음과 같은 내용으로 추진하도록 한다.

- 기후정보서비스 플랫폼 기반 매쉬업 서비스 개발
- 매쉬업 서비스 웹 인터페이스 개발

2.2.2.2.10.3. 기대효과

매쉬업 서비스를 활용한 다양한 기후정보를 창출하고 사용자 참여를 유도하여 고객만족도 향상하고, 매쉬업 서비스 활용 사용자 요구사항 및 피드백을 통한 기후서비스 플랫폼 서비스 확대 기반 마련한다.

2.3. 기후정보서비스 플랫폼을 통한 재분석자료 제공 서비스(2022~2023)

2.3.1. 재분석자료 제공 서비스 설계

APCC 기후정보서비스 플랫폼(CLIKs)을 통해 APCC 3개월/6개월 MME 계절예측 자료, 개별 모델 자료, 여름철 계절내진동 예측정보 등 APCC가 생산하는 자료를 중심으로 제공하고 있다. 외부 자료로는 AIMS[7] 서비스를 위한 Clipped CMIP5 기후변화시나리오 자료, 재분석자료인 ERA5 (ECMWF Copernicus Climate Data Store 제공)를 제공하고 있다.

기후 연구를 위하여 자주 사용되는 재분석자료인 ERA5 (ECMWF Copernicus Climate Data Store 제공), NOAA NCEP/NCAR Reanalysis 1, NCEP-DOE Reanalysis 2는 자료량이 방대하여 연구에 적극적으로 활용하려고 하여도 연구자 개인이 수집 및 관리하기에 시간적 공간적 제약이 있다. 기후정보서비스 플랫폼은 사용자의 ERA5, NCEP 재분석자료 제공 요구에 대응하여 자료 제공 서비스를 개발하였다. 또한 신규 자료 서비스 내용을 사용자 매뉴얼에 업데이트하였다.

ERA5, NCEP 재분석자료 제공을 위하여 APCC가 내부적으로 수집하여 관리 중인 자료를 플랫폼의 스토리지로 전송하는 체계를 구축하였다.

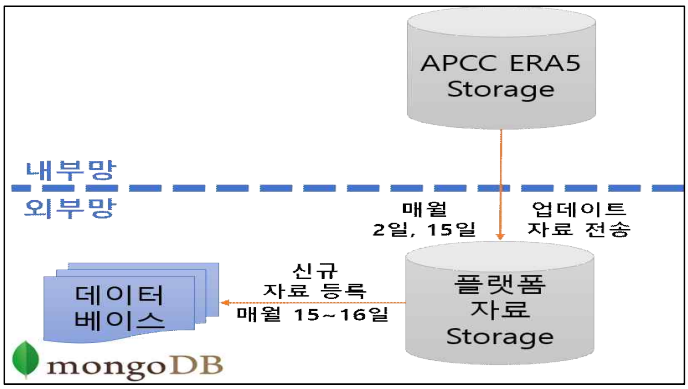


Figure 2.46. ERA5, NCEP transmission system

자료 전송 모듈은 다음 Figure와 같이 내부망의 스토리지에서 외부망의 플랫폼 자료 스토리지로 매월 정기적으로 전송한다.

Figure 2.47. Set up schedules for data transfer

7) AIMS (APCC Integrated Modeling Solution), https://aims.apcc21.org

기후정보서비스 플랫폼의 자료 등록 모듈은 매월 신규 자료를 자료 스토리지로 복사, 데이터베이스에 등록하여 관리한다. NCEP 재분석자료는 daily, monthly의 timestep 으로 나누어 제공하고, 자료의 level에 따라 pressure, surface, gaussian 등의 level로 분류된다. ERA5 재분석자료는 daily, hourly, monthly의 timestep 으로 나누어 제공하고, 자료의 level에 따라 pressure level, single level로 분류된다.

기후정보서비스 플랫폼은 자료 목록을 관리하기 위하여 mongoDB를 사용한다. ERA5, NCEP 재분석자료는 APCC가 생산한 자료가 아닌 외부 자료이므로 다음 Figure와 같이 dataset_external collection으로 분리하여 관리한다.

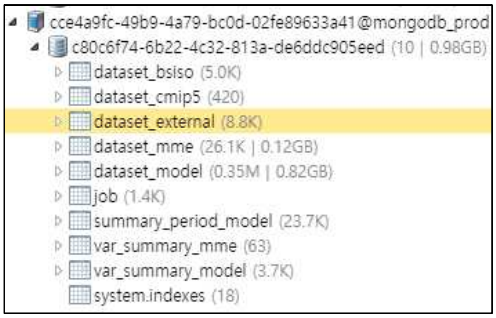


Figure 2.48. dataset_external collection of mongoDB

dataset_external collection은 다음과 같이 구성하였다.

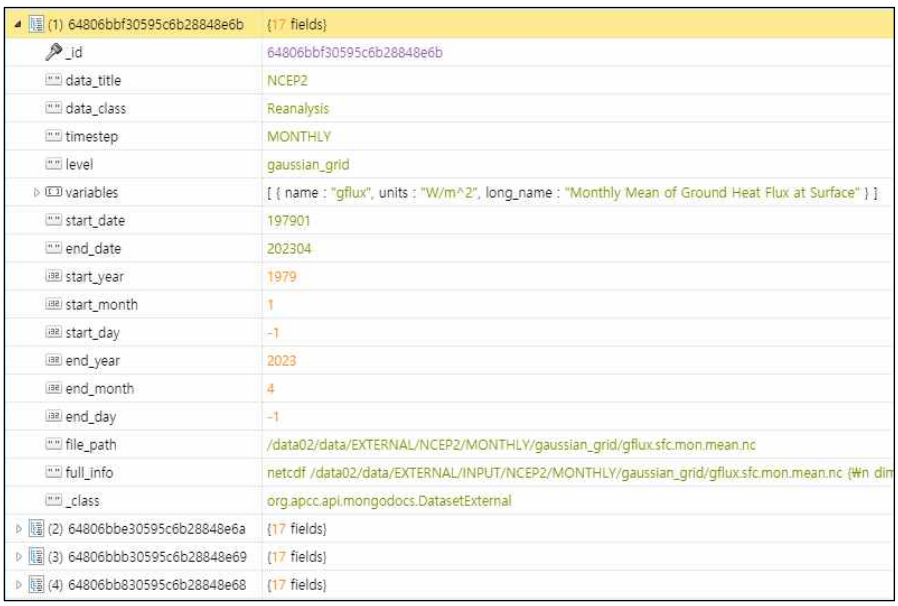


Figure 2.49. The design of dataset_external collection

2.3.2. 재분석자료 제공 서비스 개발

기후정보서비스 플랫폼은 현재 wget, Open API를 이용한 다운로드 서비스를 제공하고 있다.

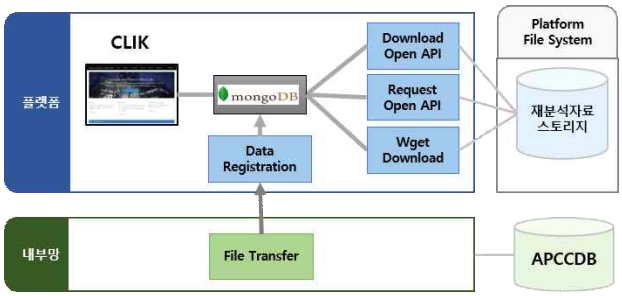


Figure 2.50. The service architecture for NCEP

재분석자료를 제공하기 위하여 다운로드 서비스에 ERA5, NCEP 자료를 추가하였다. 파일 단위 wget 다운로드 서비스는 다음과 같이 실행할 수 있다.

https://download.apcc21.org/ERA5/ [timestep] / [level] / [variable name] / [file name]
- timestep: DAILY, MONTHLY, HOURLY
- level: pressure, single
- file name: [variable name]_YYYYMM.nc (DAILY, HOURLY),
[variable name]_YYYY.nc (MONTHLY)

Figure 2.51. Download URL of ERA5

https://download.apcc21.org/NCEP1/ [timestep] / [level] / [variable name] / [file name]
- timestep: DAILY, MONTHLY
- level: pressure, single
- variable name: other_gauss -> dswrf.ntat, ulwrf.ntat, uswrf.ntat
pressure -> air, hgt, omega, rhum, shum, uwnd, vwnd
surface -> pres.sfc, slp
surface_gauss -> air.2m, dlwrf.sfc, dswrf.sfc, lhtfl.sfc, prate.sfc, shtfl.sfc, shum.2m, tmax.2m, tmin.2m, ulwrf.sfc. uswrf.sfc, uwnd.10m, vwnd.10m
- file name: [variable name].gauss.YYYY.nc (other_gauss, surface_gauss),
[variable name].YYYY.nc (pressure, surface)

Figure 2.52. Download URL of NCEP

사용자에게 자료를 소개하고 내려받는 방법을 안내하기 위하여 기후서비스 통합플랫폼에 웹 페이지를 추가하였다. 다음은 Dataset 메뉴 하위에 추가된 메뉴이다.

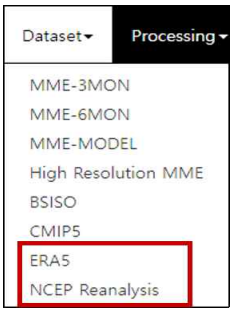


Figure 2.53. Dataset menu

자료를 소개하는 Overview 페이지에서는 자료의 timestep, 제공 level, 변수 및 자료 사용 조건 등에 대한 일반적인 내용을 설명한다.

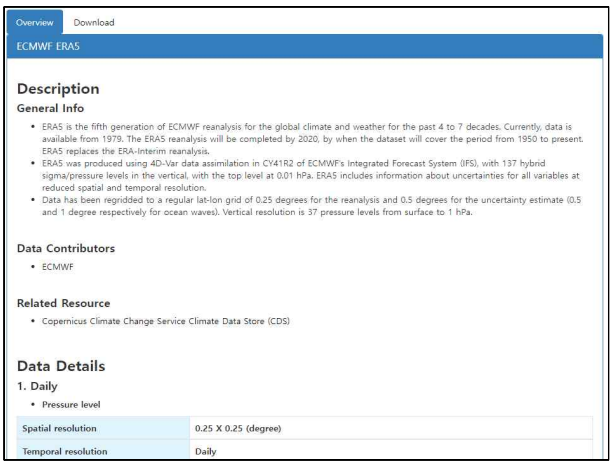


Figure 2.54. Overview tab of ERA5 page

자료 다운로드 페이지에서는 wget을 이용하여 자료를 내려받을 수 있는 URL을 안내하고 다운로드 예제를 소개하고 있다. 또한 CLIK API를 이용하여 자료를 내려받는 방법을 안내하고 자료의 timestep 별 다운로드 예제를 소개하였다.

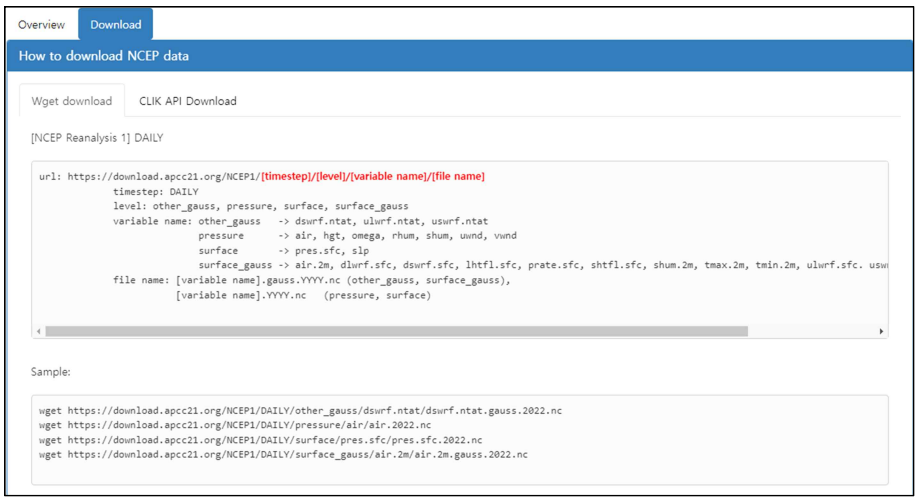


Figure 2.55. Wget download of NCEP Reanalysis

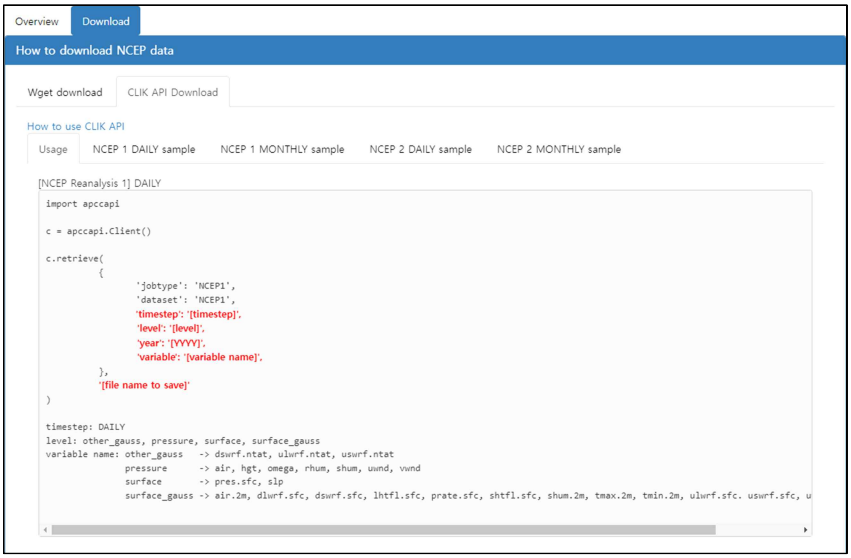


Figure 2.56. CLIK API download of NCEP Reanalysis

2.4. 개별 기후정보서비스 종료 및 후속조치

2.4.1. 개요

기후서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org)은 PaaS-TA 기반의 클라우드 플랫폼을 기반으로 설계되어 있으며, APCC는 2020년부터 클라우드 기술을 적극 활용하여 기존 기후서비스를 점진적으로 통합하는 작업을 추진해왔다. 이러한 클라우드 기술을 활용한 개발 방식은 여러 가지 이점을 제공한다.

먼저, PaaS(Platform as a Service) 및 CaaS(Container as a Service) 등 클라우드 기술을 활용함으로써 하드웨어 자원의 효율성을 극대화할 수 있다. 이를 통해 물리적 하드웨어의 제약을 줄이고, 자원 활용도를 최적화함으로써 운영 비용을 절감한다. 또한, 클라우드 기반 환경은 하드웨어 및 미들웨어의 별도 환경설정 없이 연구자들이 신속하게 배포 환경을 구축할 수 있도록 지원한다. 이는 개발 초기 단계부터 효율성을 높여 프로젝트 진행 속도를 향상시키는 데 기여한다.

소프트웨어 개발 과정에서는 MSA(Micro Service Architecture) 기법을 도입하여 효율성을 증대시켰다. MSA는 애플리케이션을 개별적인 작은 서비스로 나누어 개발하는 방식으로, 이러한 서비스들은 독립적으로 배포 및 운영이 가능하다. 이를 통해 소프트웨어의 재사용성이 크게 향상되고, 유지보수 및 기능 확장이 용이해졌다.뿐만 아니라, 클라우드 플랫폼은 다양한 개발, 배포, 운영 환경의 설정을 신속히 완료할 수 있도록 지원한다. 이를 통해 다수의 개발자들이 공동으로 작업할 때 발생할 수 있는 환경 설정 문제를 최소화하고, 협업 효율성을 증대시킨다.

마지막으로, 클라우드 기술을 활용하면 기능별로 서비스를 분산하여 구축할 수 있어 소프트웨어의 재사용성이 더욱 증가하며, 시스템 안정성을 유지할 수 있다. 이러한 장점들은 APCC의 기후서비스 통합 플랫폼이 안정적이고 확장 가능한 시스템으로 발전하는 데 핵심적인 역할을 하고 있다.

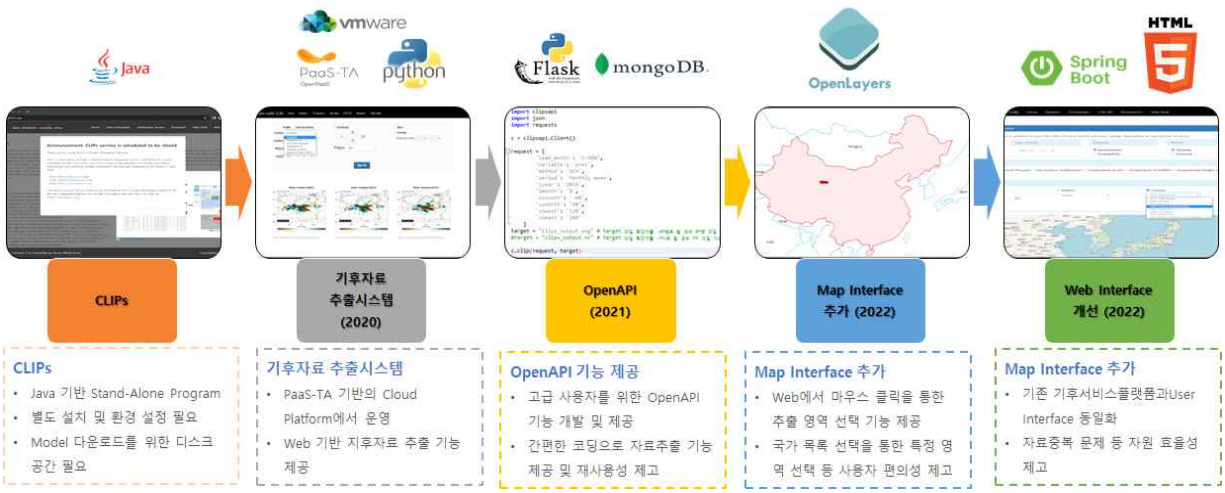


Figure 2.57. History of Clipping in Climate Service Ingegrated Platform

Open API는 플랫폼 기능이나 콘텐츠를 외부에서 웹 프로토콜(HTTP)을 통해 호출하여 사

용할 수 있도록 개방된 API를 의미한다. 이를 통해 기후자료를 필요한 외부 시스템에서 재가공하여 활용할 수 있는 구조를 제공한다.

APCC의 기후자료 처리 시스템에서 Open API는 CloudFoundry 기반의 PaaS-TA에서 구동되며, 사용자와 상호작용하는 구조를 갖추고 있다. Open API 서버는 Python Flask 프레임워크를 사용하여 개발되었으며, 웹 프로토콜을 통해 사용자의 요청을 처리한다.

요청 과정은 다음과 같이 구성된다. 사용자가 특정 모델의 Clipping(자료 추출) 요청을 전달하면, Open API 서버는 이를 기후서비스 플랫폼의 DBMS(Database Management System)에서 저장된 데이터를 기반으로 처리한다. 가공된 데이터는 웹이라는 시각적 인터페이스를 통해 사용자의 요청에 대한 결과로 제공된다.

이 시스템은 기후자료를 보다 효과적으로 공유하고 다양한 사용자들이 데이터를 활용할 수 있도록 설계되었으며, 데이터의 접근성과 활용성을 높이는 데 중요한 역할을 한다.

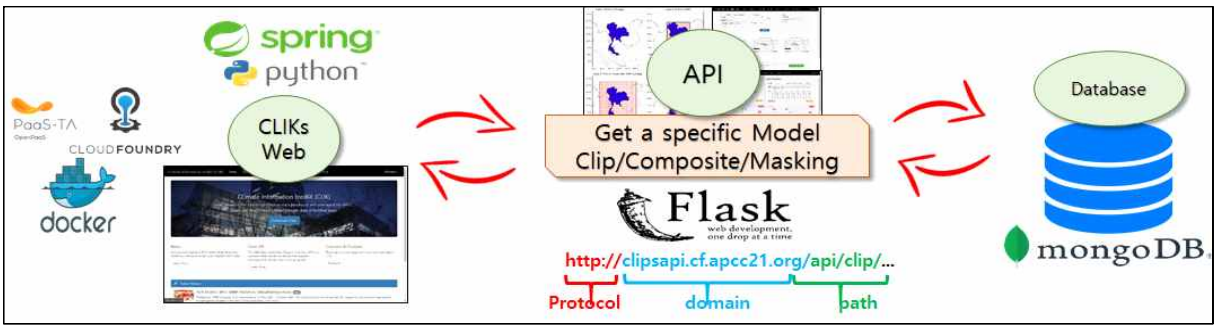


Figure 2.58. The structure of Clipping Open-API

2.4.2. 도메인 통합(2022~2023)

APCC에서 운영중인 기후정보서비스 중 기후정보서비스 플랫폼(CLIKS)과 OpenWPS를 제외한 나머지 서비스가 2021년과 2022년에 서비스 종료를 실시하였다. 종료된 서비스는 ADSS (https://adss.apcc21.org, 2021년 6월종료), AIMS(https://aims.apcc21.org, 2022년 6월종료), CLIK (https://clik.apcc21.org, 2022년 6월 종료), CLIPs(https://clips.apcc21.org, 2022년 6월 종료) 이다. 종료된 서비스의 도메인으로 접속할 경우 안내 페이지로 이동후 일정 시간 후 기후정보서비스 플랫폼 페이지로 접속이 되도록 설정을 하였다. 2023년에는 이러한 종료 서비스의 안내페이지 연결 기능을 삭제하고 종료 서비스 도메인으로 접속시 기후정보서비스 플랫폼으로 바로 접속이 되도록 수정을 하였다. 이는 사용자에게 충분한 시간 (서비스 종료 후 1년) 동안 서비스 종료에 대한 안내를 하였기에 불필요한 자원 및 접속 단계의 간소화를 위해 안내 페이지 연결 기능을 삭제하고 종료 도메인 접속시 모든 기능이 통합된 기후정보서비스 플랫폼으로 바로 접속이 되도록 설정하였다. 2023년 4월에 종료된 OpenWPS의 경우에도 마찬가지로 접속시 바로 기후정보서비스 플랫폼으로 연결이 되도록 설정하였다. 이로써, APCC에서 운영중인 홈페이지를 제외한 기후정보서비스 중에서 기후정보서비스 플랫폼으로 제외한 나머지 모든 서비스들은 기후정보서비스 플랫폼으로 통폐합을 완료하고 서비스를 완전 종료하였고, 종료된 서비스의 도메인으로 접속시 기후정보서비스 플랫폼으로 접속하도록 설정이 완료되었다.

Figure 2.59. Step of domain integration

2.4.3. 개별 기후정보서비스 종료 및 후속조치

2.4.3.1. CLIPs (CLimate Information Processing system)

APCC 기후서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org)은 MME(다중모델 앙상블)와 각종 기후모델 데이터를 기반으로 다양한 서비스를 제공하고 있다. 특히, 기후자료처리시스템(CLIPs)은 기후 및 응용 자료의 처리와 분석을 지원하기 위해 개발된 서비스로, 2016년 Java 기반의 독립 실행형 프로그램으로 처음 소개되었다. APCC는 이를 통해 연구자와 정책결정자들이 기후자료를 효율적으로 활용할 수 있도록 돕고 있다.

CLIPs의 주요 기능은 다양한 파일 형식의 기후자료를 처리하며, 특히 데이터의 Clipping(특정 영역이나 시간에 맞는 자료 추출) 기능이 핵심이다. 이는 기후자료를 손쉽게 활용할 수 있도록 설계된 중요한 도구로, 방대한 데이터 처리에 필요한 시간과 자원을 절약하는 데 목적을 두고 있다.

2021년에는 CLIPs의 주요 기능인 Clipping 기능이 기후서비스 플랫폼으로 이전 및 재개발되어 웹 기반의 서비스로 전환되었다. 그러나 이 과정에서 표준화되지 않은 데이터 형식, 다양한 개발 언어 및 웹 프레임워크의 차이 등으로 인해 완전한 플랫폼 통합이 아직 완벽히 이루어지지 않은 상태였다. APCC 는 이러한 서비스 통합 및 기능 최적화를 통해 기후서비스 플랫폼의 일관성을 강화해왔다.

Figure 2.60. The roadmap of Clipping in Climate Service Ingegrated Platform

CLIPs는 클라이언트에 설치하여 사용하는 프로그램으로, 계산 자원이 제한적이고, 통신 속도가 안정적이지 않은 개도국에서는 원활한 사용에 어려움이 있었다. 또한 다양한 포맷으로 제공되는 기후 데이터를 표준화하는 과정에서 데이터 중복 문제가 발생하여 데이터 저장 효율성이 저하되는 한계가 있었다.

이와 같은 문제를 해결하고자 APCC는 2020년부터 클라우드 기술을 활용하여 기후서비스의 점진적 통합을 추진하였다. 기존 CLIPs의 주요 기능인 기후자료 처리 기능은 기후서비스 통합 플랫폼으로 이전되었으며, 2021년에는 Clipping 기능을 REST API 형태로 제공함으로써 HTTP 통신을 통해 기후자료를 처리할 수 있도록 개선되었다.

이후, 2022년에는 사용자 인터페이스를 개선하고 Web Framework를 변경하는 등의 추가적인 개선 작업을 통해 기능의 통합성과 안정성을 높였다. 이러한 개선은 사용자 편의성을 증대시키는 데 기여하며, 플랫폼이 보다 일관되고 효율적인 기후서비스를 제공할 수 있도록 뒷받침하였다.

2023년, APCC 기후서비스 플랫폼은 Open API 기반으로 기능을 구현하여 HTTP 프로토콜을 활용한 API 서버와의 통신 구조를 확립하였다. 이 과정에서 사용자는 플랫폼 웹 페이지를 통해 기능, 데이터 조건, 처리 방식을 입력하며, 해당 데이터는 JSON 형식으로 변환되어 API 서버에 전달된다. 각 API 서버는 DBMS를 통해 요청된 모델 경로를 확인한 후, APCC에서 운영 중인 NFS(Network File System)에서 데이터를 불러온다. 이후 Clipping API를 통해 데이터를 처리하여 결과를 생성하도록 변경하였다.

2.4.3.2. OpenWPS (Open Web Processing Service)

OpenWPS 서비스는 OGC(Open Geospatial Consortium)의 WPS(Web Processing Service) 표준을 기반으로 하여, CF 메타데이터(Climate and Forecast Metadata)를 포함하는 기후자료를 시각화하거나 정교하게 추출하는 마스킹 자료(Masking Data)를 제공하는 기능을 담당한다. 그러

나 과거에 Python 2.7.13 버전으로 개발된 OpenWPS는 Python 2의 공식적인 지원이 중단됨에 따라, 이를 Python 3과 그에 맞는 라이브러리로 업데이트할 필요성이 대두되었다.

기존 OpenWPS의 주요 기능은 다음과 같다. 첫째, WPS(Web Processing Service)를 이용하여 Masking 정보를 생성하는 기능이 있다. 둘째, NetCDF 파일을 이용해 사용자가 설정한 옵션에 따라 Masking 정보를 생성하는 기능이 제공되었으며, 셋째, NetCDF 데이터 뷰어와 OpenWPS 및 ClimateToolBox 클라이언트를 통해 OpenWPS 서비스를 이용할 수 있었다. 넷째, PC 설치형 Stand-Alone 프로그램을 통해 Masking 정보의 시각화가 가능했다.

2023년에는 기존의 OpenWPS가 보유한 기능들이 기후서비스 플랫폼 내의 'Processing - Masking' 메뉴로 이관되었다. 이관된 이후 주요 개선 내용은 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 첫째, 기후서비스 플랫폼 내 Masking 기능에 웹 페이지를 통해 신규 기능을 추가하였다. 이를 통해 사용자는 웹 페이지를 통해 모델 정보와 Masking 옵션을 선택하고, 결과로 나온 Masking 정보를 시각화할 수 있게 되었다. 둘째, Masking 처리 결과는 XML 파일 형태로 제공되어, 사용자에게 더 편리한 형식으로 결과를 전달할 수 있게 되었다.

이와 같은 개선 작업을 통해 기후서비스 플랫폼은 기능적 완성도를 높였으며, 사용자 편의성을 증대시킬 수 있었다.

OpenWPS의 핵심 기능 중 하나인 Masking 기능은 PyWPS 등 여러 중요한 모듈을 포함하고 있다. 그러나 이러한 모듈들이 더 이상 업데이트되지 않거나, 버전 노후화로 인해 오류가 발생하기 시작했다. 이에 따라, 기존의 Masking 기법들이 정상적으로 작동하지 않거나 호환성 문제가 발생하였고, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 해당 모듈들의 업그레이드가 필요했다. 이 과정에서 코드 수정과 버전 관리 작업이 필수적으로 이루어져야 했다.

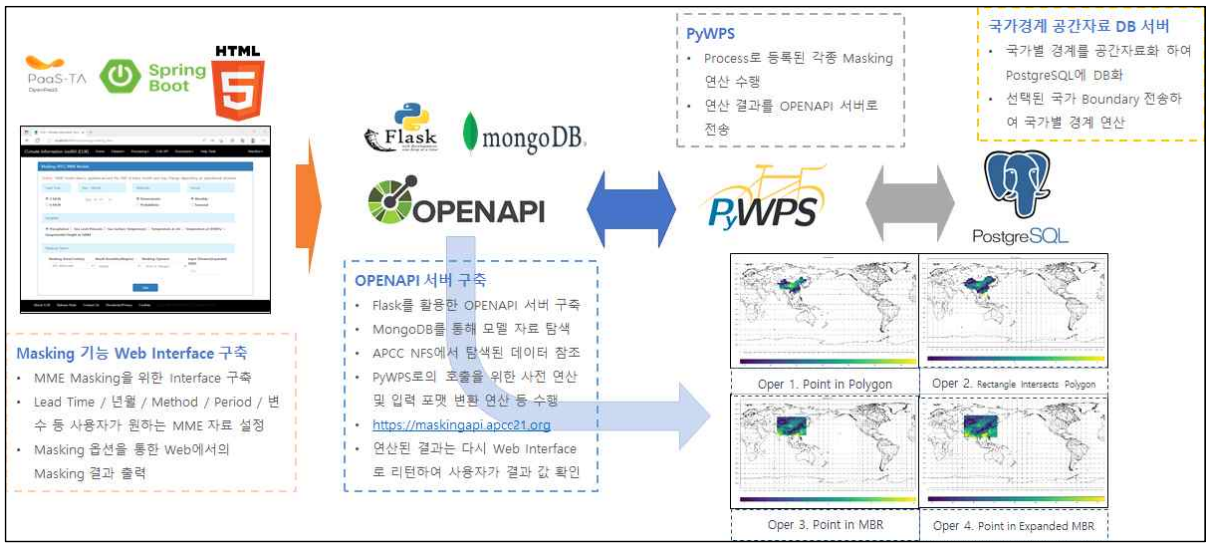


Figure 2.61. The roadmap of Masking(OpenWPS) in Climate Service Ingegrated Platform

OpenWPS는 별도의 웹 인터페이스 없이 사용자가 Python 코드를 입력하여 실행해야 하는 구조로 되어 있어, Python에 익숙하지 않은 사용자에게는 접근성이 어려운 기후정보 서비스로 평가되었다. 이를 해결하기 위해 APCC는 2022년부터 OpenWPS의 구버전 라이브러리와 호환되

지 않는 소스코드를 업데이트하는 작업을 진행하였다.

첫 번째로, OGC(Open Geospatial Consortium)에서 제공하는 최신 버전의 PyWPS를 설치하고, 이를 기반으로 Flask 서버를 구동하여 Open API 서버를 구축하였다. 기후서비스 하드웨어 플랫폼 IaaS(Infra-as-a-Service) 상에 PyWPS 서버를 설치하고, Flask를 활용해 PyWPS의 기능을 API 형태로 제공하였다.

또한, 전 세계 국가들의 국가영역 정보를 저장하기 위해 PostgreSQL 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)을 사용하였고, 이를 통해 GADM에서 제공하는 국가별 영역 정보를 효율적으로 저장하였다. PyWPS와 DBMS 간의 인터페이스가 원활히 이루어지도록 구성하였다.

PyWPS에서 사용된 프로세스들은 PyWPS 서버에 등록되어 기후자료 처리 및 시각화 작업을 효과적으로 수행할 수 있도록 구성되었다. 이를 통해 사용자들은 보다 직관적인 방식으로 기후자료를 처리하고 분석할 수 있게 되었다.

기후서비스플랫폼의 기능을 재개발하는 과정에서 APCC는 소프트웨어의 재사용성과 향후 기후서비스 플랫폼과의 연계성을 고려하여, 플랫폼 내의 기능들을 유기적으로 결합할 수 있는 구조로 시스템을 개발하였다. 특히, 다양한 기후서비스 기능들이 서로 연계될 수 있도록, 예를 들어 “Predict/Verification 결과를 Masking할 수 있는 기능“과 같은 기능 조합을 고려하였다. 이러한 개별적인 기능들이 다른 시스템에서도 재사용 가능하도록 개발된 언어와 관계없이 웹(HTTP) 호출을 통해 PyWPS 서버를 활용할 수 있는 구조로 구현되었다.

이와 같은 방식으로, 각 단위 기능들은 OpenAPI 형태로 입출력 구조가 정의되어 다른 시스템에서도 손쉽게 활용될 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 기후자료 처리 및 분석의 유연성이 높아지고, 다양한 시스템 간의 상호운용성을 강화할 수 있게 되었다.

```
from processes.sleep import Sleep
from processes.ultimate_question import UltimateQuestion
from processes.centroids import Centroids
from processes.sayhello import SayHello
from processes.feature_count import FeatureCount
from processes.buffer import Buffer
from processes.area import Area
from processes.bboxinout import Box
from processes.jsonprocess import TestJson

# OpenWPS

from processes.cp_maskwithcf import CP_MaskWithCF

app = flask.Flask(__name__)

processes = [
    FeatureCount(),
    SayHello(),
    Centroids(),
    UltimateQuestion(),
    Sleep(),
    Buffer(),
    Area(),
    Box(),
    TestJson(),
    CP_MaskWithCF()
]
```

Figure 2.62. PyWPS Process

최근, 사용되지 않거나 노후화된 라이브러리들을 업데이트하고 교체하는 작업이 진행되었으며, 이 과정에서 발생한 Python 버전과 모듈 버전 간의 호환성 문제를 해결하였다. 이렇게 개발된 라이브러리는 클래스화하여 기후서비스플랫폼에서 Python을 활용할 때 재사용할 수 있

도록 기본 구조를 설계하고 구현하였다.

기존의 OpenWPS에서 제공되었던 Masking 기능은 주로 CORDEX 기후자료에 최적화되어 있었으나, MME와 같은 다른 기후자료를 다루는 데에는 제약이 있었다. 하지만 이번 수정 작업을 통해 MME 자료를 보다 쉽게 표현할 수 있도록 기후자료 내 변수 탐색을 용이하게 개편하였다. OpenWPS의 Masking 기능은 총 4가지 방식(Point in Polygon, Rectangle intersects Polygon, Point in MBR, Point in Expanded MBR)으로 제공되며, 각 기능에 대한 설명과 MME 데이터의 출력 예시도 제공된다.

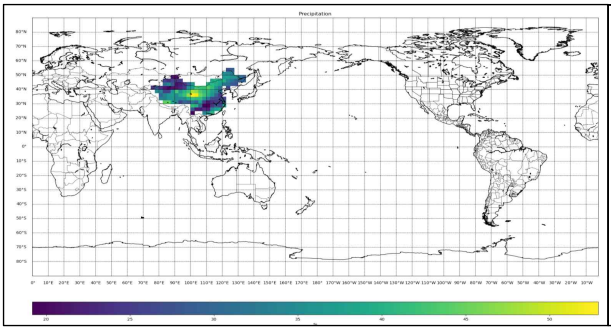


Figure 2.63. Point in Polygon

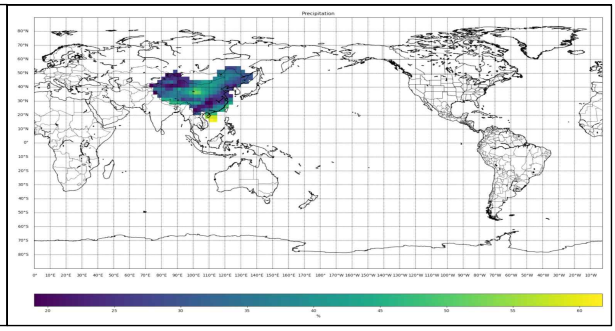


Figure 2.64. Rectangle intersects Polygon

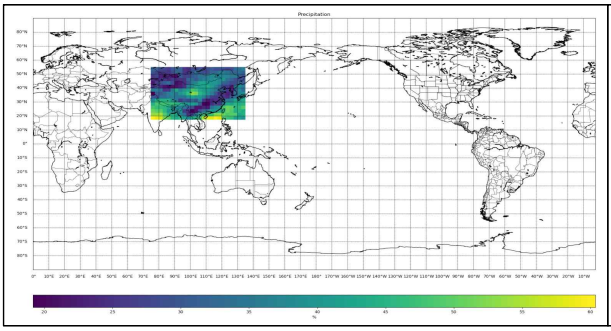


Figure 2.65. Point in MBR

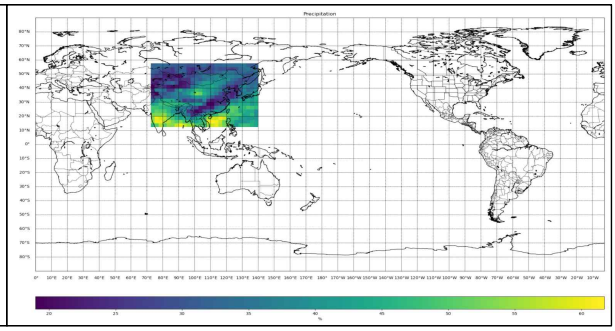


Figure 2.66. Point in Expanded MBR

2023년부터 APCC는 고해상도 MME 자료를 제공하고 있으며, 이러한 자료에서는 기존의 Point in Polygon 방식이나 Rectangle Intersects Polygon 방식이 국가 경계와 폴리곤 영역이 교차하는 지점에서 더 많은 교차점을 생성하게 된다. 이로 인해, 더 세밀한 폴리곤 영역을 나타낼 수 있는 고해상도 지역 추출 Masking 기능이 필요해졌으며, 이에 따라 보다 정교한 폴리곤 기반의 영역 추출이 가능해졌다. 이러한 개선된 Masking 기능은 더 정확한 기후자료 분석을 위해 중요한 역할을 하며, 다양한 기후 시나리오에서의 데이터 분석을 더욱 정밀하게 만들어 준다.

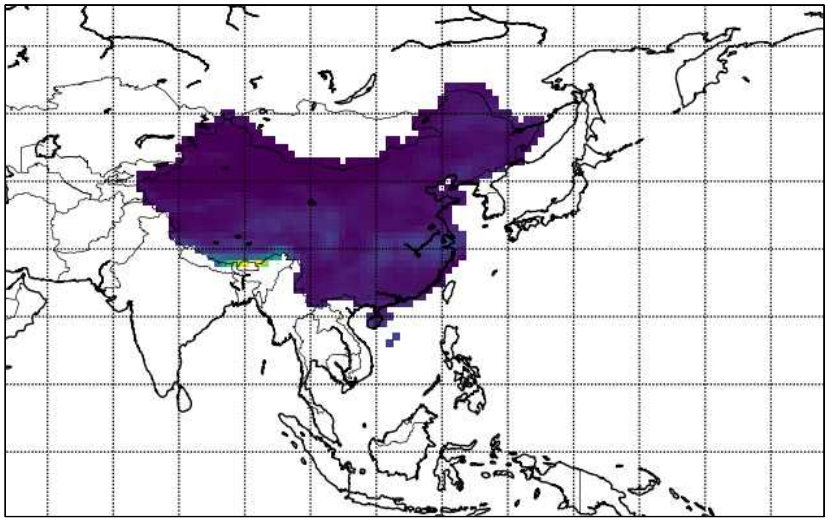


Figure 2.67. Result of High Resolution MME Data

그동안 OpenWPS에서 서비스를 제공하던 방식은 직접 Python 소스코드를 작성하여 원하는 결과 값을 얻었다. 그러나 이러한 방식이 자유도는 높지만 진입장벽이 높으며 처음 사용해 보는 사용자가 쉽게 접근하기 어렵다는 단점이 있어, 사용자 접근이 용이하도록 Web 인터페이스를 아래 그림 같이 구성하였다.

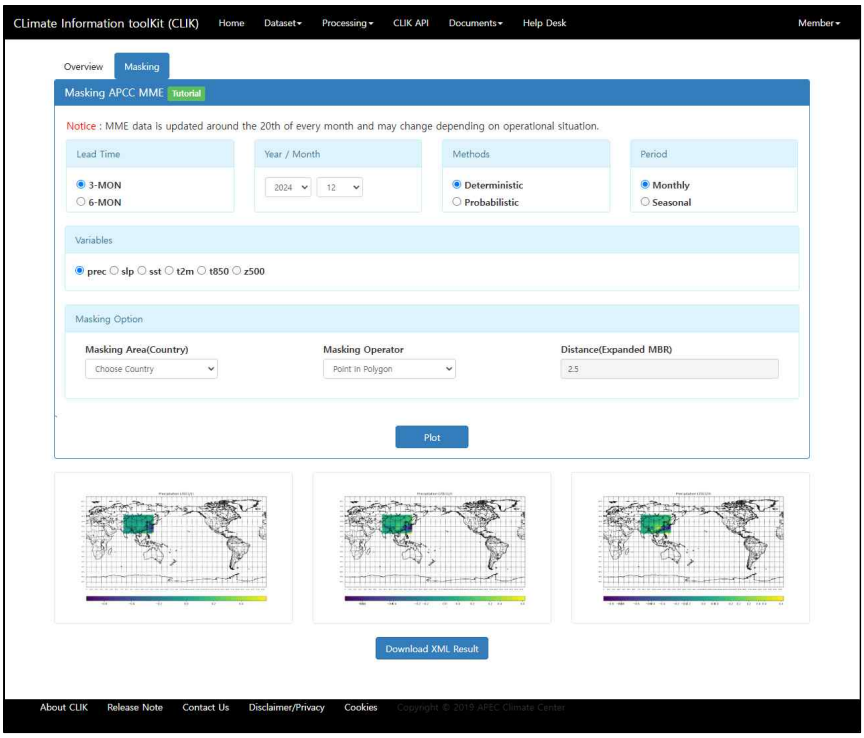


Figure 2.68. Screenshot of Masking Function Page

결론적으로, 기후자료 처리시스템의 지역 정보 Masking 기능의 개선을 통해 시스템 안정화가 이루어졌으며, 기존 OpenWPS 서비스 종료에 따른 사용자 공백을 최소화할 수 있었다. 또한, 향후 기후서비스플랫폼의 동적 서비스 전환 작업이 용이하도록 구조적 통일이 이루어졌습니다.

APCC는 정보시스템의 운영 효율성을 높이고 예산 절감을 목표로 매년 성과를 측정하며, 기후서비스플랫폼을 통해 자원 활용성과 운영 효율성을 지속적으로 개선하고 있다. 2020년에는 CLIK의 주요 기능을, 2021년에는 CLIPs의 주요 기능을 기후서비스 플랫폼으로 이관한 데 이어, 2023년에는 OpenWPS의 주요 기능인 지리정보 기반 마스킹 정보 제공 기능을 기후서비스플랫폼에 통합하여 기존에 중복되던 기후정보서비스를 종료하였다.

이와 같은 일련의 개발 및 통합 작업을 통해 APCC는 기후정보서비스를 보다 효율적이고 안정적인 구조로 전환하였다. 그 결과, 기후자료 처리와 분석의 신뢰성 및 정확도를 향상시키는 중요한 기반을 마련하게 되었다. 특히, OpenWPS의 주요 기능인 Masking과 Masking 정보 시각화 기능은 기후정보서비스 통합플랫폼에서 구현 가능하게 되었고, 중복되던 OpenWPS는 폐기되었다. OpenWPS 서비스의 이전 및 폐기는 심의위원회의 최종 결정을 거쳐 진행되었으며, 기존의 OpenWPS 서비스는 기후서비스플랫폼(cliks.apcc21.org)으로 대체되었다.

Table 2.13. OpenWPS integration process

‘23년 3월	‘23년 3월	‘23년 3월	‘23년 3월	‘23년 4월
이전통합 계획(안) 수립 및 기안 상신 ▸	심의위원회 개최 건의 심의위원회 개최 심의위원회 결과 보고 ▸	사용자 공지 (이메일-1차, 홈페이지 팝업) ▸	사용자 공지 (이메일-2차) OpenWPS 서비스 폐기 기안 상신 3/31 서비스 셧다운 및 도메인 연결 (OpenWPS→CLIKs) ▸	홈페이지 - 기후정보서비스 페이지 내용 수정

2.4.4. 기후서비스 플랫폼 통합 안정화

2.4.4.1. 기후자료처리서비스 사용자 인터페이스 개선 (2022년)

기후서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org) 사용자들 사이에서 기후자료 처리서비스의 사용자 인터페이스에 대한 혼란이 제기되었다. 이는 기후서비스 통합 플랫폼과 기후자료 처리시스템(clips.apcc21.org)이 서로 다른 프로그래밍 언어와 웹 프레임워크로 개발되었기 때문으로, 두 시스템이 삽입(Embed) 방식으로 통합되어 있었다. 이러한 결합 방식은 구조적으로 불완전했으며, 운영 효율성이 떨어졌다.

특히 최근 웹 브라우저 환경에서 보안 강화와 관련하여 Cross-Platform 접근 방식을 제한하는 추세가 나타나면서, 기존 시스템 통합 방식이 지속적인 서비스 제공에 장애가 될 가능성이 있었다. 이에 따라 안정성과 사용자 경험을 개선하기 위한 플랫폼 통합 및 구조 개선이 필요성이 제기되었다.

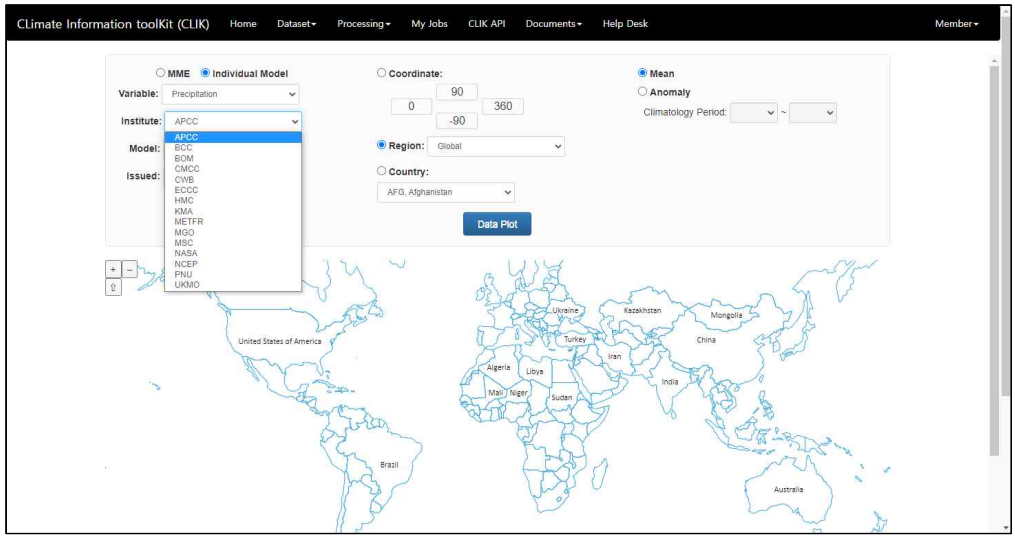


Figure 2.69. Legacy Clipping Function Screenshot (CLIK)

이 문제를 해결하기 위해 APCC는 웹 프레임워크를 통일하는 작업을 수행하였다. 기존 Python 기반 Django로 개발된 Clipping/Composite 웹 페이지는 기후서비스 플랫폼에서 사용 중인 Spring Framework(Java 기반)로 전면 재개발되었다. 이를 통해 플랫폼 간 호환성과 유지보수성을 개선하였다.

또한 사용자 편의성을 높이고 시스템 간의 일관된 사용자 경험(UX)을 제공하기 위해 사용자 인터페이스(UI)와 스타일을 통합하였다. 구체적으로, 다양한 스타일시트와 스크립트를 하나로 통합하여 사용자가 시스템 간 이질감을 느끼지 않도록 개선하였다. 데이터 입력 및 설정 관련 표기 방식 또한 표준화하여 사용자 혼란을 최소화하였다.

더 나아가, 단순히 디자인 변경에 그치지 않고, Framework(Java) ↔ Engine(Python) 간 인터페이스를 구현하기 위한 내부 코드도 Open API 형태로 설계 및 개발하였다. 이를 통해 각 플랫폼 간 상호작용이 원활하게 이루어지도록 하였으며, 전체 시스템의 성능과 안정성을 강화하였다. 아래 그림은 현재의 기후자료 처리서비스(Clipping) 화면이다.

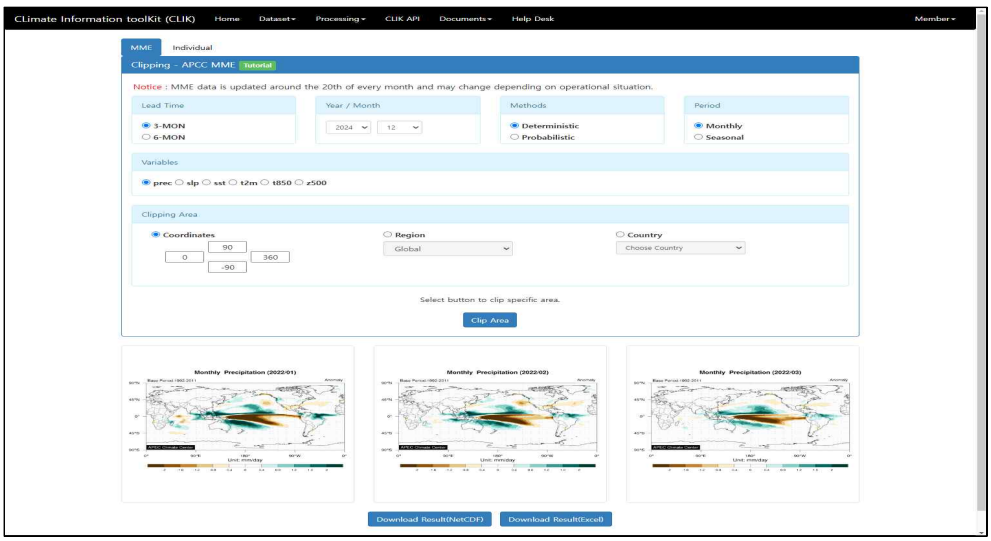


Figure 2.70. New Clipping Function Screenshot

또한 기후자료 합성서비스(Composite)의 사용자 경험을 개선하기 위해 웹 인터페이스를 기존 기후서비스 플랫폼과 동일한 형태로 통일하였다. Spring Framework를 활용하여 개발된 새로운 인터페이스는 이전의 복잡한 장바구니 기능을 삭제하고, 사용자 중심의 직관적인 데이터 선택 및 결과 값 시각화(Plot) 기능을 제공하도록 변경되었다. 이러한 개선은 사용자의 접근성을 높이고 서비스 활용도를 증대시키는 데 기여하였다.

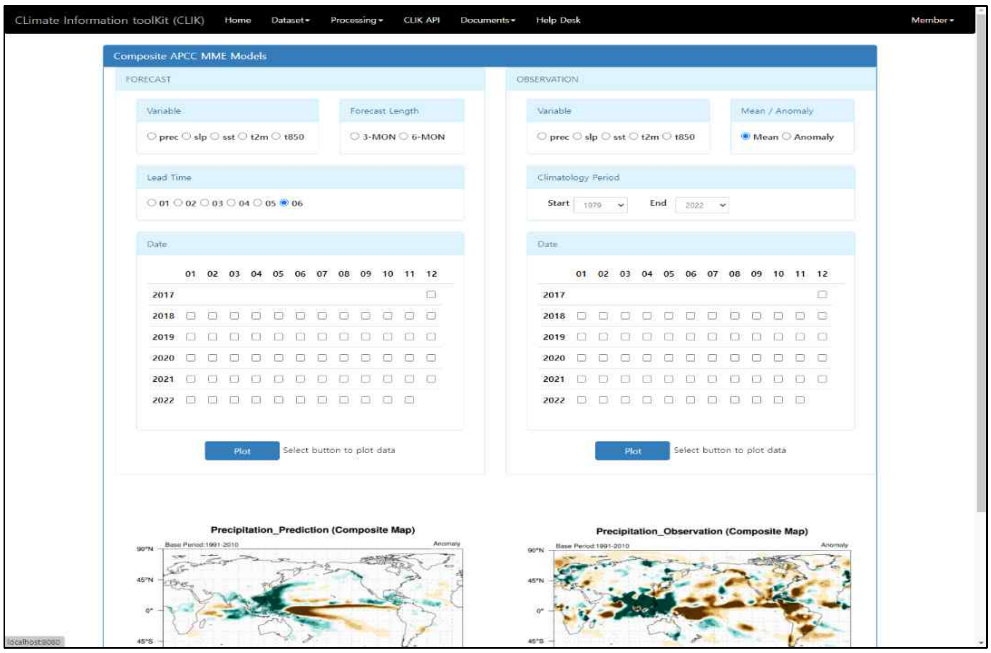


Figure 2.71. New Composite Function Screenshot

2.4.4.2. 기후자료처리서비스 기능 개선 (2022년)

기후서비스 플랫폼의 주요 기능 중 하나인 기후자료 처리서비스는 사용자들에게 고품질의 기후자료를 제공하기 위해 다양한 라이브러리와 모듈을 활용해왔다. 특히, Clipping/Composite 기능은 기후자료의 처리와 분석에 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 그러나 최근 해당 기능에서 사용하는 라이브러리(PyNGL 및 PyNIO)에서 기능적 오류가 다수 발견되었으며, 이는 주로 더 이상 업데이트를 지원하지 않는 버전(Deprecated Library)에서 비롯된 문제로 확인되었다. PyNGL은 2019년 11월, PyNIO는 2019년 2월에 각각 마지막 업데이트가 이루어진 이후 관리가 중단된 상태이다.

이러한 라이브러리의 노후화는 기후자료 처리에서 널리 사용되는 NetCDF 데이터 포맷의 관리 및 제어 과정에서 잦은 오류를 유발하였다. 특히, Clipping/Composite 기능에서 데이터를 컨트롤하는 부분에서 발생하는 문제는 서비스의 신뢰성과 정확성을 저하시켰다. 이에 따라, 기존 라이브러리의 버전을 업그레이드하거나, 업데이트가 더 이상 이루어지지 않는 모듈을 대체 가능한 최신 Python 라이브러리로 교체하는 작업이 필수적으로 요구되었다.

이를 해결하기 위해 APCC는 데이터 컨트롤을 위한 Python 라이브러리인 xarray 및 pandas를 활용하여 기존의 NetCDF 파일 처리 방식을 대체하였다. 새로운 라이브러리 기반으로

데이터 생성, 입출력, 편집 기능을 구현하였으며, Clipping API에 이를 적용하여 시스템의 안정성과 성능을 대폭 향상시켰다. 변경된 라이브러리를 활용한 테스트 결과는 성공적으로 도출되었으며, 서비스 전반의 안정화에 기여하였다. 이러한 재개발 과정은 기후서비스 플랫폼의 지속 가능성과 사용자 경험을 개선하기 위한 중요한 전환점으로 평가된다.

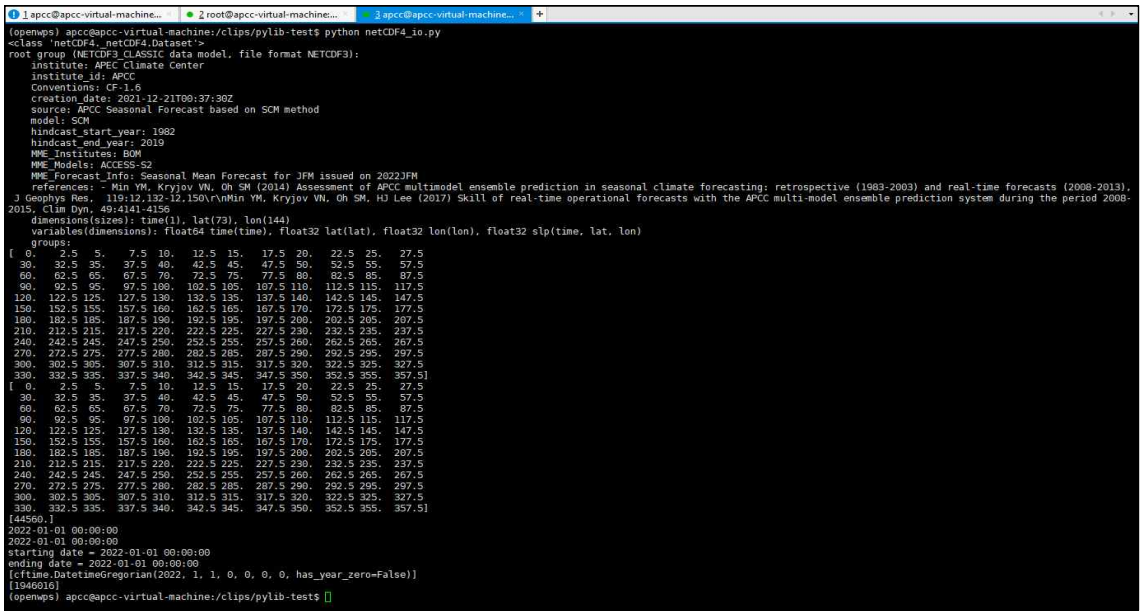


Figure 2.72. New Library Testing Screenshot

기후서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org)과 기후자료 처리시스템(clips2.apcc21.org)은 초기 설계 시 시스템 통합의 완성도가 부족하여 보안적인 문제를 포함한 다양한 운영상의 어려움이 있었다. 기후자료 처리시스템이 플랫폼 내에 삽입(Embed)된 구조는 웹 보안의 최신 트렌드 및 품질 관리 측면에서 적합하지 않았으며, 각기 다른 프로그래밍 언어와 웹 프레임워크로 구성된 두 시스템의 상이함은 보안 문제를 근본적으로 해결하는 데 어려움을 초래하였다.

이러한 문제를 해결하기 위해 시스템 구조를 근본적으로 변경하는 작업이 진행되었다. PaaS-TA 기반의 배포 환경을 활용하여 하나의 도메인을 통해 모든 웹 서비스를 제공하는 구조로 재구성하였다. 이를 통해 다수의 URL이 사용되던 기존의 복잡한 구조를 간소화하고, 보안성 및 운영 효율성을 강화하였다.

2.4.4.3. 접속 통계 시스템 도입을 위한 코드 구현 (2022년)

APCC의 고객 만족도를 향상시키기 위해서는 우선 고객의 수와 그들이 주로 사용하는 기능을 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해 기후서비스플랫폼 내에서 사용자의 행동을 기록하고, 주로 사용되는 서비스의 품질을 개선하는 방법을 고려해야 한다. 예를 들어, 다운로드된 자료의 종류, 용량, 사용자 IP 등을 기반으로 한 사용자 패턴 분석을 통해 사용자가 많이 사용하는 데이터와 특정 요일에 많이 사용되는 서비스를 파악할 수 있다. 이러한 분석 결과는 향후 기후정보서비스 플랫폼 개선에 중요한 자료로 활용될 수 있다.

이러한 사용자 행동 분석을 위해 APCC는 Python Logger 모듈을 활용한 로그 관리 시스템을 구축했다. LogManager 클래스는 Python 내장 'logging' 클래스를 사용하여 구현되었으며, 로그 메시지는 'cliks.clip'과 'cliks.composite'로 분류된다. 각 로그는 'levelname', 'asctime', 'process daemon', 'name', 'line number', 'message' 형식으로 기록되며, 이를 통해 사용자의 접속 및 사용 정보를 효율적으로 수집할 수 있다.

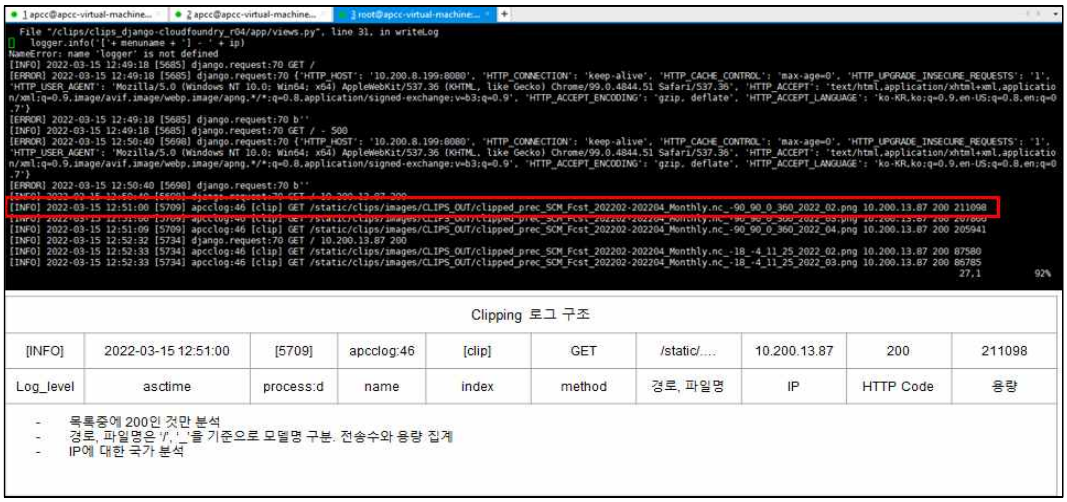


Figure 2.73. Log Structure of Clipping Service

기후자료 서비스에서 결과 값을 호출할 때마다, 해당 요청에 대한 로그가 축적된다. 이러한 로그는 각 파일을 누가 다운로드했는지, 언제, 어떤 자료를 요청했는지 등을 확인할 수 있게 해준다. 수집된 로그는 구문 분석을 통해 관리자가 쉽게 확인할 수 있는 통계로 변환된다. 예를 들어, 페이지뷰, 체류시간, 전송량, 전송수 등의 정보를 집계하여 기후서비스플랫폼의 사용 패턴을 분석하고, 서비스 개선의 기초 자료로 활용할 수 있다.

이러한 로그 분석은 사용자가 자주 다운로드하는 자료, 특정 시간대에 서비스가 집중되는 경향 등을 파악할 수 있어, 향후 기후정보서비스 플랫폼의 효율적인 운영과 향상에 중요한 역할을 한다.

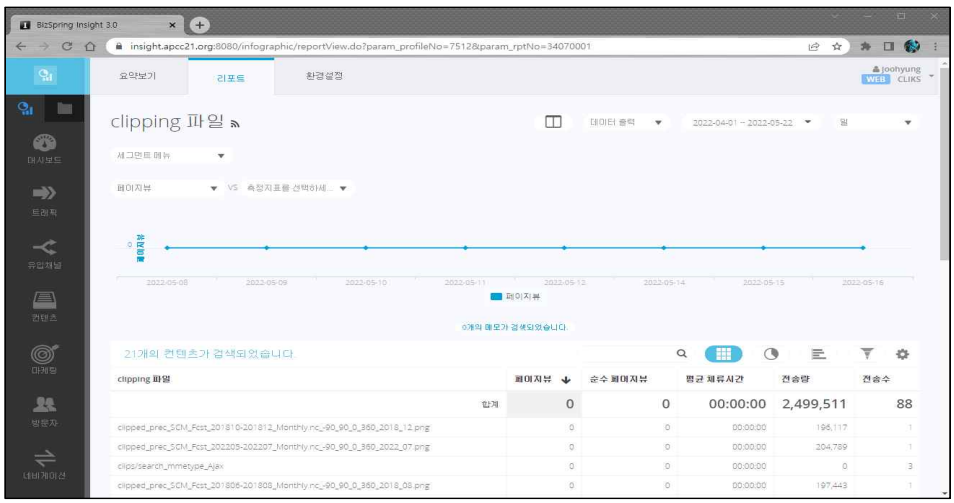


Figure 2.74. Log Result Analysis Screenshot

2.4.4.4. 기후자료 처리서비스 API 연계 방안 설계 및 구축 (2023)

기후서비스플랫폼은 2023년 현재 대부분의 기능을 Open API 형태로 구현하고 있으며, HTTP 프로토콜을 통해 API 서버와 통신하여 결과값을 도출하고 있다. 이러한 시스템의 동작 원리와 순서는 다음과 같이 설명할 수 있다.

우선, 사용자는 기후서비스 플랫폼의 웹 페이지에서 제공하는 웹 인터페이스를 통해 원하는 기능, 데이터 조건, 처리 방식 등을 선택하여 입력한다. 이렇게 입력된 정보는 기후자료 처리서비스의 동작을 위한 변수로 활용된다.

사용자가 입력한 변수들은 HTTP 요청 형태로 변환되어 API 서버로 전송된다. 이 과정에서 RESTful API의 원칙에 따라 적절한 HTTP 메소드와 엔드포인트가 결정된다. API 서버는 수신한 요청을 분석하고, 요청된 기능에 해당하는 서비스를 호출하여 필요한 데이터베이스 조회, 데이터 처리, 계산 등의 작업을 수행한다.

서버에서의 처리가 완료되면, 결과 데이터는 HTTP 응답 형태로 생성되어 다시 클라이언트로 전송된다. 이 응답은 주로 JSON 또는 XML 형식으로 구조화되어 있다. 클라이언트는 받은 응답을 해석하여 사용자에게 그래프, 표, 지도 등 다양한 형태로 결과를 시각적으로 표시한다.

이러한 과정을 통해 기후서비스플랫폼은 사용자의 요구에 맞는 기후 정보를 효율적으로 제공할 수 있게 된다. 또한, Open API와 HTTP 프로토콜의 사용으로 인해 플랫폼의 확장성과 상호운용성이 향상되며, 다양한 클라이언트 애플리케이션에서 기후 데이터에 접근할 수 있는 환경이 조성된다.

```
<script>
    function plotMME() {
        const url = 'http://maskingapi.apcc21.org:8080/mask';

        var lead_month = $("input:radio[name=masking_leadtime]:checked").val();

        var iyear = $("select[name=masking_issued_year]").val();
        var imonth = $("select[name=masking_issued_month]").val();
        if (imonth[0] == '0') {
            imonth = imonth.substring(1);
        }

        var method = $("input:radio[name=masking_method]:checked").val();
        var period = $("input:radio[name=masking_period]:checked").val();
        if (period == 'Seasonal' || period == 'Monthly') {
            period = period + " mean";
        }
        var variable = $("input:radio[name=masking_variable]:checked").val();

        var operator = $("select[name=masking_option_operator]").val();
        var distance = document.getElementById("masking_option_distance").value;
        var country = $("select[name=masking_option_country]").val();


        input_data = {
            'lead_month': lead_month,
            'iyear': iyear,
            'imonth': imonth,
            'method': method,
            'period': period,
            'variable': variable,
            'operator': operator,
            'distance': distance,
            'country': country,
        };
```

Figure 2.75. Open API Call Code

기후서비스플랫폼의 사용자 인터페이스를 통해 선택된 조건은 JSON 형식으로 변환되어 각각의 API 서버를 호출하게 된다. 이 과정에서 Processing - Clipping/Composite 기능은

Clipping API 서버를, Processing - Masking 기능은 Masking API 서버를 각각 호출하여 처리를 진행한다.

각 API 서버는 JSON 형식의 파라미터를 입력받은 후, 기후서비스 플랫폼 내의 DBMS에 접근하여 해당 모델의 경로를 출력값으로 받아온다. 이후 APCC에서 운영 중인 NFS(Network File System)에서 해당 모델을 불러오는 과정을 거친다.

Clipping/Composite 기능의 경우, Clipping API를 통해 해당 모델에 대한 연산을 직접 실행한다. 반면 Masking 기능은 보다 복잡한 과정을 거치게 된다. 먼저 PyWPS 서버를 호출하고, 이 서버는 다시 Masking DBMS 서버를 참조하여 공간정보를 추출한다.

Masking API의 경우, 공간정보를 획득한 PyWPS 서버는 Masking API에서 설정된 변수를 기반으로 Masking 정보 추출 프로세스를 생성하고 실행한다. 이렇게 추출된 Masking 정보는 PyWPS 서버에서 Masking API 서버로 전송된다.

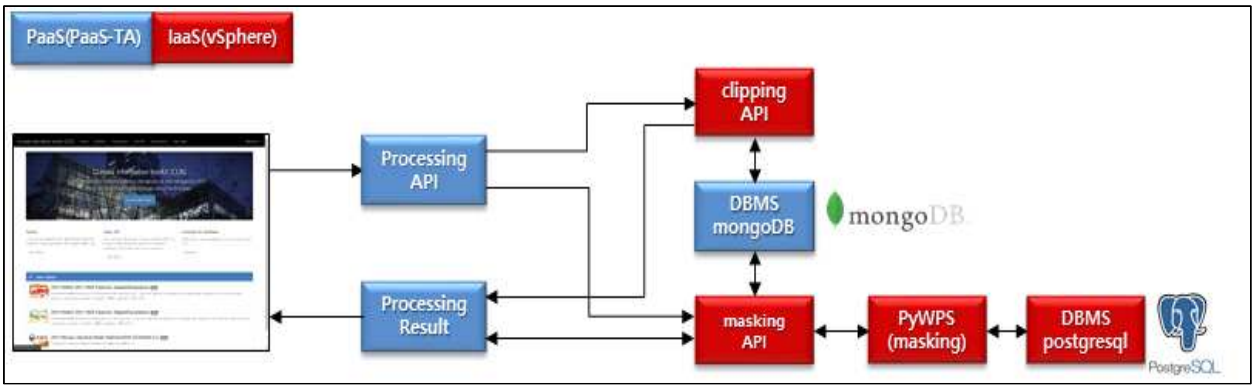


Figure 2.76. Climate Data Processing Service API Server Flowchart

최종적으로 연산이 완료된 결과는 Processing Result API 서버를 통해 기후서비스 플랫폼 웹 페이지로 전달되어 사용자에게 제공된다. 이러한 과정을 통해 사용자는 자신이 요청한 기능 및 변수 설정에 대한 응답을 확인할 수 있게 된다. 이와 같은 복잡한 처리 과정은 사용자의 다양한 요구사항을 효과적으로 처리하고, 정확한 기후 정보를 제공하기 위한 기후서비스플랫폼의 체계적인 구조를 보여준다. 이를 통해 사용자는 원하는 기후 데이터를 정확하고 효율적으로 획득할 수 있게 된다.

이러한 과정을 요약하면 위 그림과 같다. 또한 이러한 기후처리 서비스 Open API 체계를 구축하기 위하여 실행하기 위하여 APCC에서 2023년동안 구축・운영중인 API 서버 목록은 아래와 같다.

Table 2.14. The list of Climate Data Processing Open API Server

기후자료 처리서비스 API 서버	기후자료 처리서비스 API 서버 수행 기능	비고
Masking DBMS Server	- PostgreSQL를 활용한 Masking 관련된 지형정보 참조	IaaS
Masking PyWPS Server	- Web Processing을 위한 PyWPS Processing 서버	IaaS
Clipping API Server	- 기후자료처리(Clipping/Composite) 연산을 위한 서버	IaaS
Masking API Server	- Masking 결과 후처리 및 결과 표출 연산을 위한 서버	IaaS
Processing API Server	- 기후자료처리 연산작업 호출을 위한 서버	PaaS
Processing Result Server	- 기후자료 처리서비스 결과 전달을 위한 서버	PaaS

APCC는 상기 기술된 작업을 통해 기후자료 처리 서비스를 지속적으로 개선하고 있다. Open API를 활용한 데이터 연계 향상과 API 서버의 개선을 통해 기후정보 제공 플랫폼의 발전을 도모하고 있는 것이다. 기후서비스 플랫폼 내 다른 기능에서 기후자료 처리서비스의 기능을 재사용할 수 있도록 Open API 서버를 구축하고 관련 기능을 구현하였다. 이로 인해 현재는 HTTP 프로토콜을 통해 웹상에서 기후자료 처리서비스의 기능을 호출할 수 있는 구조가 완성되었다.

이러한 개선은 기후서비스 플랫폼의 활용성을 크게 증대시킬 것으로 기대된다. 사용자들은 보다 효율적이고 유연한 방식으로 기후 데이터에 접근하고 처리할 수 있게 되었으며, 이는 결과적으로 기후 정보의 활용도를 높이는 데 기여할 것이다.

또한, 이러한 시스템 구조의 개선은 향후 새로운 기능의 추가나 외부 시스템과의 연계를 용이하게 만들어, 기후서비스 플랫폼의 지속적인 발전과 확장을 가능케 할 것으로 전망된다. 이를 통해 APCC는 더욱 포괄적이고 정확한 기후 정보 서비스를 제공할 수 있는 기반을 마련하게 되었다.

2.4.4.5. 기후자료 처리서비스 Job 기반 통합 (2024)

APCC는 기후정보서비스 플랫폼의 기능을 개선하고 확장하기 위해 다양한 기술적 변화를 추진하였다. 특히, 2024년 APCC는 기후자료 처리서비스의 효율성과 확장성을 높이기 위해 Job 기반 통합 시스템을 구축하였다. 이 시스템에서 Job은 사용자가 요청한 기후 데이터 처리 작업을 관리하는 단위로, 요청 접수부터 결과 제공까지의 전체 프로세스를 포함한다. 이러한 변화의 핵심은 API 호출 방식의 변경, 작업 처리 방식의 개선, 그리고 데이터 저장 방식의 현대화에 있다.

Job 기반 통합의 핵심은 사용자 요청을 체계적으로 관리하고 처리하는 것이다. 사용자가 웹 인터페이스를 통해 특정 지역의 기후 데이터를 요청하면, 이 요청은 하나의 Job으로 등록된다. 등록된 Job은 메시지 큐에 저장되어 순서대로 관리되며, 차례로 처리되어 기후 데이터의 Clipping, Composite, Masking 등의 작업이 수행된다. 작업이 완료되면 분석 결과가 사용자에게 제공된다.

이러한 Job 기반 통합을 위해 APCC는 여러 가지 기술적 변화를 추진하였다. 먼저, 기존의 API 서버를 CaaS(Container as a Service) 환경으로 이관하였다. Docker를 활용하여 전용 이미지를 생성하고, Harbor 서버를 구축하여 Docker 이미지를 효율적으로 관리할 수 있게 되었다.

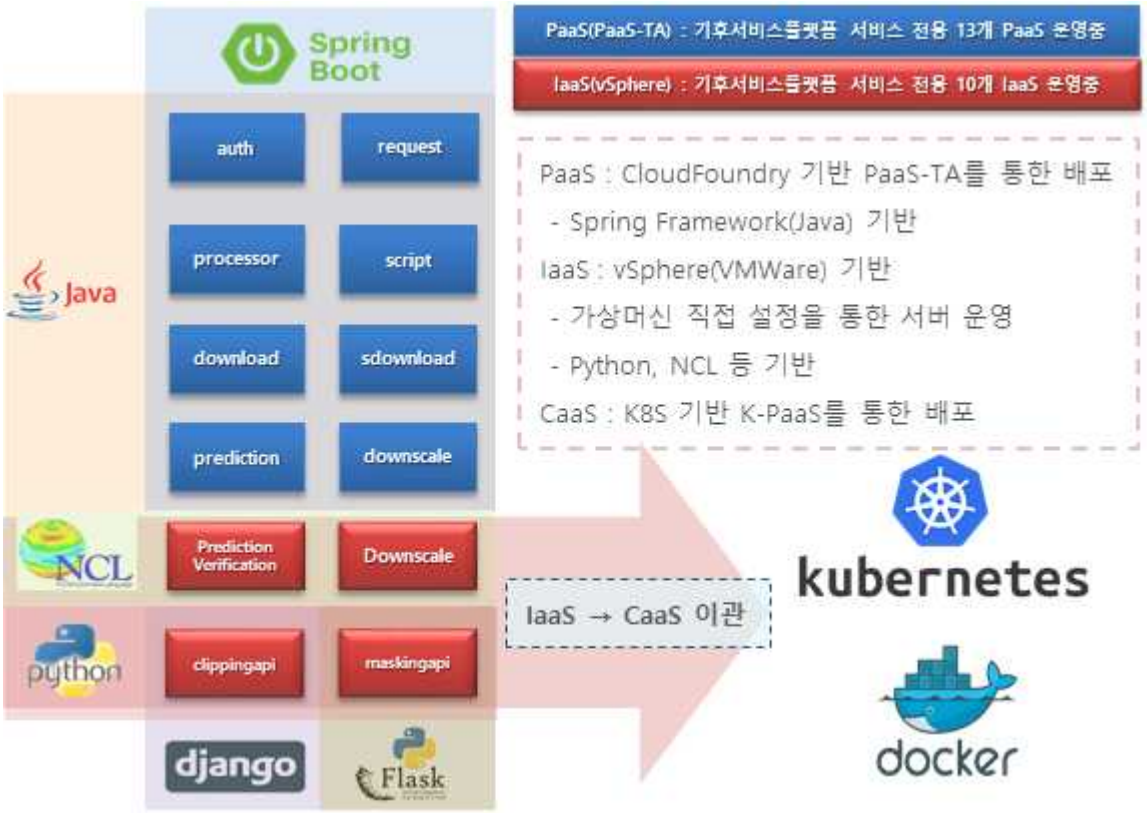


Figure 2.77. Architecture of the Climate Service Platform: PaaS, IaaS, and CaaS Configuration

APCC가 기후자료 처리서비스 API 서버를 IaaS/PaaS 방식에서 CaaS 방식으로 환경을 변경함에 따라 다양한 기술적 이점과 운영상 이익을 확보하였다. 첫째, 자원 효율성 측면에서 획기적인 개선이 이루어졌다. Docker 기반 컨테이너 환경은 서버 구동에 필수적인 요소만을 포함하는 경량화된 운영 환경을 구성할 수 있게 해주었다. 이는 시스템 자원의 최적화된 활용을 가능하게 하며, 동일한 하드웨어 환경에서 더 많은 서비스를 운영할 수 있는 기반을 마련하였다. 둘째, 서비스 배포 및 확장성 측면에서 혁신적인 변화를 이루었다. Kubernetes와 같은 컨테이너 오케스트레이션 도구를 활용함으로써 서비스의 배포, 확장, 관리 프로세스를 획기적으로 개선하였다. 이는 급변하는 사용자 요구에 신속하게 대응할 수 있는 유연한 인프라를 구축하는 데 기여하였다. 셋째, 개발 및 운영 환경의 일관성을 확보하였다. Docker 이미지 기반 접근은 개발, 테스트, 운영 환경 간 완벽한 일관성을 유지할 수 있게 해주어, 환경 간 발생할 수 있는

잠재적 호환성 문제를 근본적으로 해결하였다. 넷째, Harbor 서버를 통한 이미지 관리로 보안성과 관리 효율성을 크게 향상시켰다. 이미지 스캔, 취약점 분석, 접근 제어 등의 고급 기능을 통해 시스템의 보안성을 강화하고, 이미지의 체계적인 버전 관리와 배포를 가능하게 하였다. 마지막으로, 서비스의 가용성과 안정성 측면에서 의미 있는 진전을 이루었다. 컨테이너화된 서비스는 신속한 시작과 중지, 그리고 신속한 장애 복구가 가능하여 전체 시스템의 안정성을 크게 향상시켰다.

이러한 기술적 혁신을 통해 APCC는 기후자료 처리서비스의 효율성, 확장성, 안정성을 획기적으로 개선하였으며, 미래 지향적인 클라우드 인프라를 구축하였다.

아래 그림의 Docker 이미지 생성을 위한 Dockerfile은 Python 기반 애플리케이션의 컨테이너화를 위한 핵심 스크립트이다. 이 파일은 애플리케이션의 실행 환경을 표준화하고 일관성 있게 구성하기 위해 설계되었다. Dockerfile의 기본적인 구성은 다음과 같은 주요 단계로 이루어진다. 먼저, Python의 공식 베이스 이미지를 다운로드하여 기본 환경을 설정한다. 이후 작업 디렉토리를 지정하고, 애플리케이션 실행에 필요한 의존성 파일을 복사한다. pip를 통해 필요한 Python 패키지를 설치하는 단계에서는 requirements.txt 파일에 명시된 모든 라이브러리를 자동으로 다운로드하고 설치한다. 이어서 애플리케이션의 전체 소스코드를 컨테이너 내부로 복사하고, 최종적으로 애플리케이션을 실행하는 명령어를 지정한다. 이러한 Dockerfile 구성 방식은 개발 환경과 운영 환경 간의 일관성을 보장하며, 애플리케이션의 이식성을 크게 향상시킨다. 또한, 각 단계별로 독립적인 레이어를 생성함으로써 이미지 빌드의 효율성과 캐싱 메커니즘을 최적화할 수 있다.

Figure 2.78. dockerbuild script

APCC는 기후자료 처리시스템의 자료 구조를 CLIKS(Climate Information toolKit System)와 동일한 구조로 재설계하였다. 이러한 설계의 핵심은 JobDetail 클래스를 중심으로 한 체계적인 시스템 구현에 있다.

JobDetail 클래스는 사용자의 요청에 의해 생성된 다양한 변수들을 파라미터로 입력받아 저장하고, 이를 바탕으로 작업을 수행하는 중추적인 역할을 담당한다. 기후자료 처리서비스의 자료 구조는 이 JobDetail 클래스를 상속받아 구현됨으로써, 시스템의 일관성과 확장성을 확보하였다.

이러한 구조적 접근은 여러 가지 중요한 이점을 제공한다. 첫째, CLIKS와 동일한 구조를 채택함으로써 시스템 간 일관성을 유지할 수 있다. 둘째, JobDetail 클래스의 상속을 통해 기존 기능을 유지하면서도 필요에 따라 새로운 기능을 유연하게 확장할 수 있다. 셋째, 사용자의 요청에 따른 변수들을 체계적으로 관리하고 효율적으로 처리할 수 있게 된다.

결과적으로 이러한 자료 구조의 재설계는 기후자료 처리시스템의 작업 수행을 더욱 체계적이고 효과적으로 관리할 수 있게 해주며, 다양한 사용자 요구사항을 신속하고 정확하게 처리할 수 있는 기반을 마련하였다. 또한 시스템의 확장성과 유지보수성을 크게 향상시킬 것으로 기대된다.

```java
@JsonRootName("details")  1개 사용 위치
@JsonAutoDetect(fieldVisibility = JsonAutoDetect.Visibility.ANY)
@JsonInclude(JsonInclude.Include.NON_NULL)
@Getter
@Setter
public class JobDetailsClippingMME extends JobDetails
{
    // MME variable
    String year;
    String month;
    String leadtime;    // 3-MON 6-MON
    String method;      // SCM, GAUS
    String period;      // Monthly, Seasonal
    String variable;    // prec, slip, sst, t2m, t850, z500

    String minLat;
    String maxLat;
    String minLon;
    String maxLon;

    String yearmonthString = (year != null ? year : "") + (month != null ? String.format("%02d", Integer.parseInt(month)) : "");

    String region;
    String country;
    String area;

    public JobDetailsClippingMME()  0개의 사용위치
    {

    }

    @Override
    public String getJobType()
    {
```

Figure 2.79. JobDetailsClippingMME Class Code

API 호출 방식의 개선은 기후자료 처리시스템의 효율성과 일관성을 크게 향상시켰다. 기존의 Python 기반 엔드포인트를 CLIKS(Climate Information toolKit System)와 동일한 Java 엔드포인트로 변경함으로써, 시스템 전반에 걸쳐 일관된 API 호출 구조를 확립하였다.

이러한 변경은 여러 가지 이점을 제공한다. 첫째, Java 기반의 Spring Framework를 사용하는 CLIKS와의 통합이 용이해졌다. 둘째, 엔드포인트 관리가 더욱 체계화되어 시스템의 유지보수성이 향상되었다. 셋째, Java의 강력한 타입 시스템과 풍부한 라이브러리 생태계를 활용할 수 있게 되어 개발 생산성이 증가하였다.

Clipping API 호출에 대한 API 서버 로그는 이러한 변경의 실제 적용 사례를 보여준다. 로그를 통해 Java 기반 엔드포인트가 성공적으로 요청을 처리하고 있음을 확인할 수 있으며, 이는 새로운 API 호출 구조가 효과적으로 작동하고 있음을 입증한다.

이러한 API 호출 방식의 개선은 기후자료 처리시스템의 전반적인 성능 향상과 더불어, 향후 시스템 확장 및 새로운 기능 추가에 있어서도 유연성을 제공할 것으로 기대된다.

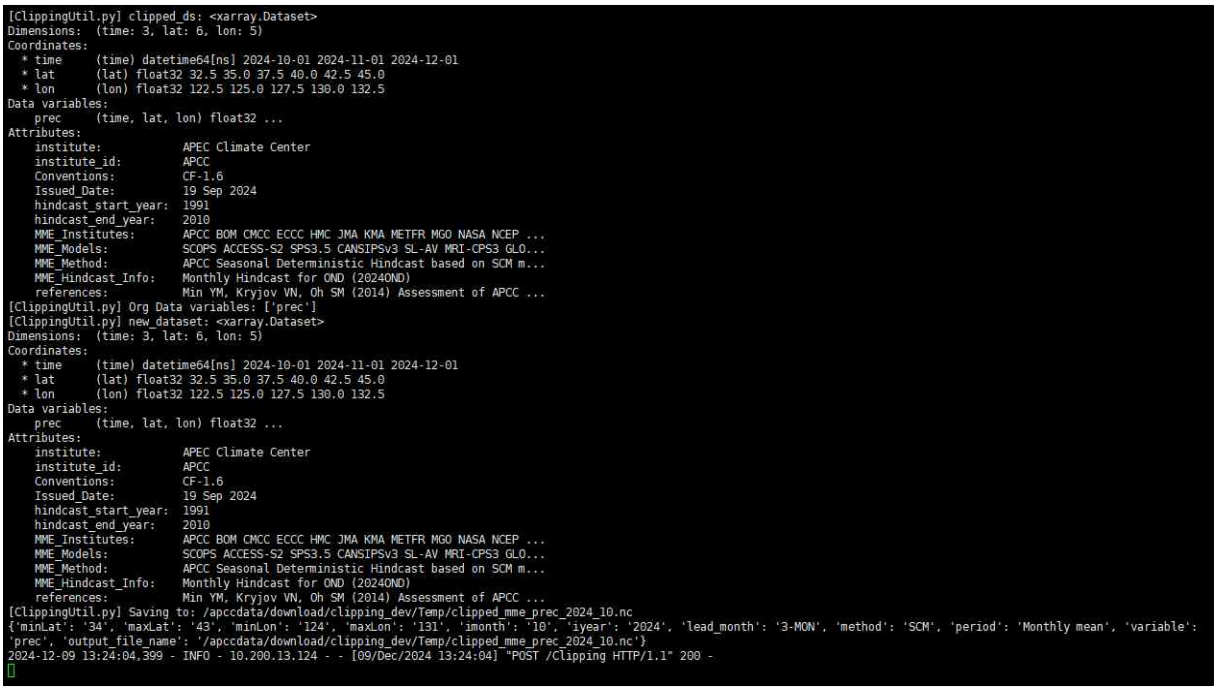


Figure 2.80. Clipping API Log

APCC는 Job 기반 처리 시스템의 핵심 요소로 RabbitMQ를 활용한 Message Queue를 구현하였다. RabbitMQ는 안정적이고 확장 가능한 오픈 소스 메시지 브로커로, 다양한 프로그래밍 언어와 플랫폼에서 사용할 수 있는 장점이 있다. 이를 통해 CLIKS에서 사용하는 방식과 동일하게 메시지 큐를 활용하여 Job을 효율적으로 관리할 수 있게 되었다.

RabbitMQ를 사용함으로써 메시지의 생산자와 소비자 사이에 비동기적인 통신이 가능해졌다. 이는 시스템의 각 구성 요소가 독립적으로 작동할 수 있게 하여 시스템의 유연성과 확장성을 높였다. 또한, RabbitMQ는 메시지를 디스크에 저장하여 안정적으로 보관할 수 있어, 메시지의 유실을 방지하고 안정적인 메시지 전달을 보장할 수 있게 되었다.

데이터 저장 방식도 변경되어, CLIKS에서 사용하는 MongoDB와 같은 비정형 데이터베이스(NOSQL)를 활용하여 Job 처리에 필요한 모든 변수를 저장하고 관리하게 되었다. MongoDB는 문서 지향 데이터 모델을 사용하는 NoSQL 데이터베이스로, 유연한 스키마를 제공하여 복잡하고 다양한 형태의 데이터를 효율적으로 저장하고 처리할 수 있다.

아래 제시된 그림은 JSON 형식으로 JobDetail이 MongoDB에 적재된 화면을 보여주고 있다. 이 화면에서는 파일 처리와 결과 제공을 위한 각종 파라미터들이 입력된 것을 확인할 수 있다. 이러한 방식으로 데이터를 저장함으로써, Job 처리에 필요한 모든 정보를 유연하게 관리하고 필요에 따라 쉽게 접근하고 수정할 수 있게 되었다.

이러한 변경을 통해 APCC는 기후자료 처리시스템의 효율성, 확장성, 그리고 안정성을 크게 향상시켰다. Job 기반 처리 시스템과 비정형 데이터베이스의 결합은 복잡한 기후 데이터 처리 작업을 더욱 효과적으로 관리하고 수행할 수 있는 기반을 마련하였다.

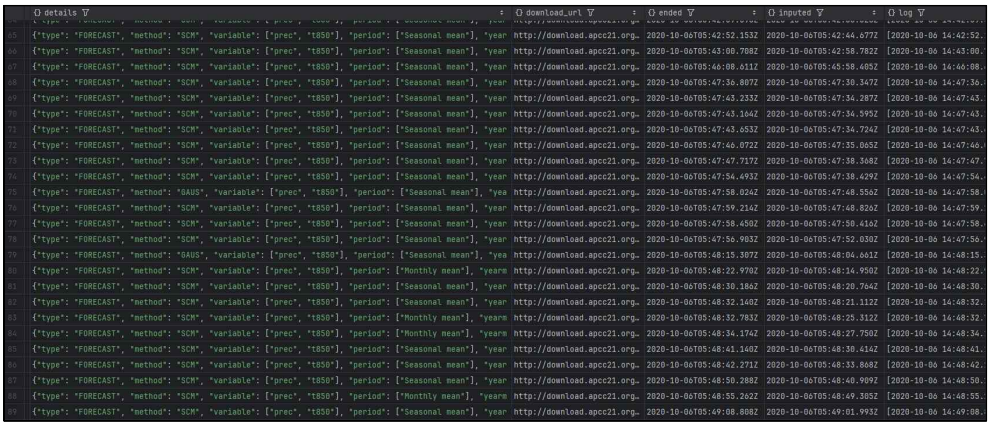


Figure 2.81. Job-related parameters stored in MongoDB

APCC는 Job 기반 처리 시스템을 반영하여 기후자료 처리서비스의 Frontend와 Backend를 새롭게 개발하였다. Job 기반 통합이 완료된 Clipping 기능의 페이지에는 “Request Job“이라는 새로운 버튼이 추가되었다. 이 버튼을 통해 사용자는 선택한 다양한 파라미터들을 시스템에 전달할 수 있게 되었다. 사용자가 이 버튼을 선택하면, 선택된 파라미터들은 MongoDB에 저장되며, Message Queue 시스템이 이 파라미터들을 기반으로 해당 Job을 수행하게 된다.

이러한 구조는 CLIKS(Climate Information toolKit System) 플랫폼의 특징을 반영한 것으로, 사용자의 요청을 효율적으로 처리하고 관리할 수 있게 해준다. 특히, 사용자 선택의 조합 결과를 개별 사용자별로 관리하지 않고 전체적으로 공유함으로써, 이미 생성된 결과가 있을 경우 즉시 확인할 수 있는 장점이 있다.

이러한 Job 기반 처리 시스템의 도입으로, APCC는 기후자료 처리서비스의 성능과 사용자 경험을 크게 향상시켰다. 사용자들은 이제 더욱 체계적이고 효율적인 방식으로 기후 데이터를 처리하고 분석할 수 있게 되었으며, 이는 기후 연구 및 관련 분야에서의 활용도를 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

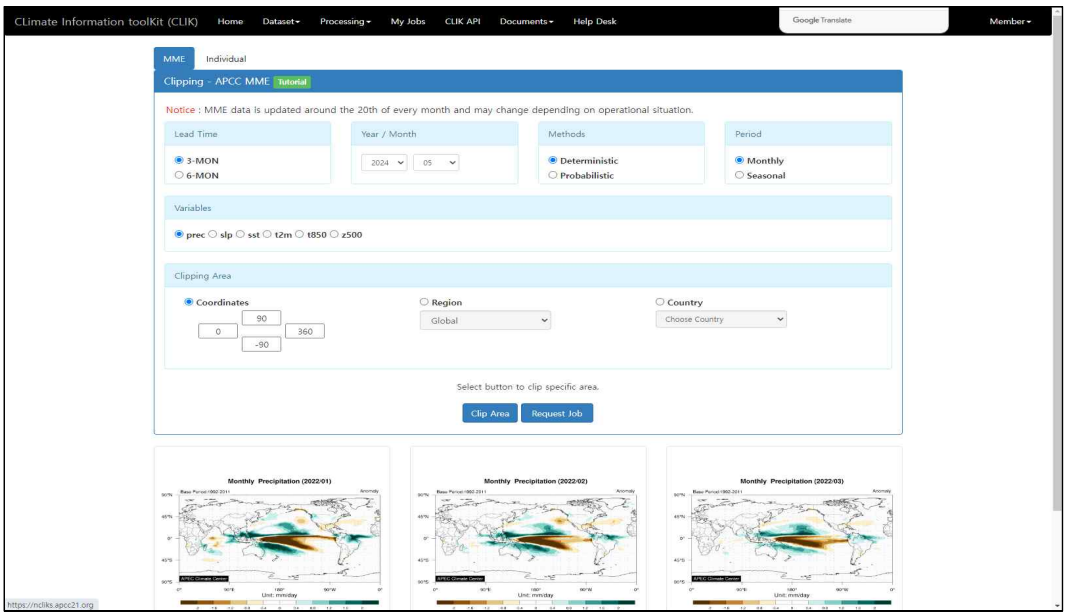


Figure 2.82. Clipping page with newly added Request Job button

수행된 Job은 'My Jobs' 메뉴에서 확인할 수 있다. 이 메뉴는 사용자가 요청한 Job의 진행 상황과 결과를 효율적으로 확인할 수 있는 기능을 제공한다. Job 기반 처리 시스템의 도입으로 CLIPPING_MME, CLIPPING_MODEL, COMPOSITE_MME, COMPOSITE_OBS, MASKING_MME 등의 Job Type이 시스템에 통합되었다. 또한, 'My Jobs' 메뉴에서 사용자는 자신이 요청한 Job의 진행 상태를 실시간으로 확인할 수 있다. Job의 진행 과정은 단계별로 표시되어, 사용자가 현재 작업의 진행 상황을 명확히 파악할 수 있게 한다. 사용자는 자신의 작업을 체계적으로 관리하고, 필요한 시점에 즉시 결과를 활용할 수 있게 되어 연구 및 분석 작업의 효율성이 크게 개선되었다.

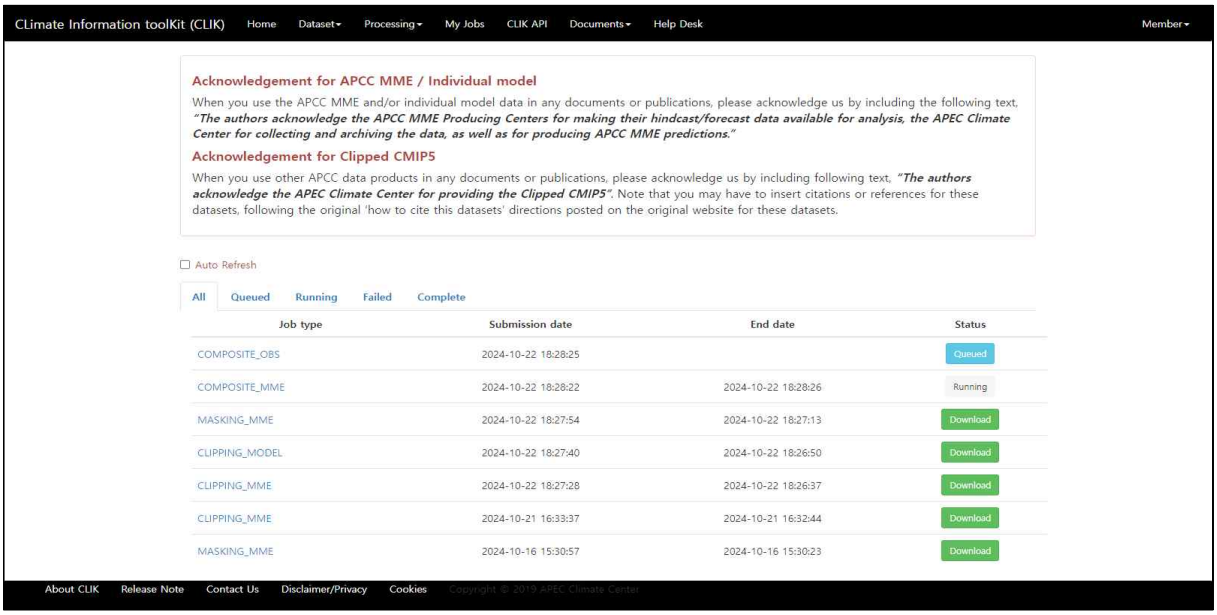


Figure 2.83. My Jobs menu result screen with newly added Job Types

2.5. 기후정보서비스 플랫폼 기반 Open API 강화

2.5.1. 개요

기후서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org)은 PaaS-TA 기반의 클라우드 플랫폼으로 구성되어 있으며, APCC(아시아 · 태평양경제협력체 기후센터)는 2020년부터 이러한 클라우드 기술을 활용하여 기존의 APCC 기후서비스를 점진적으로 통합하고 있다. APCC는 아태지역의 기후정보 활용을 강화하기 위해 2019년에 플랫폼 기반 기후자료서비스를 개발하였으며, 2020년에는 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증 정보 생산 서비스와 기후자료처리 서비스를 플랫폼으로 확대 구축하였다. 이어서 2021년에는 상세화 서비스를, 2022년에는 AIMS를, 그리고 2023년에는 OpenWPS를 통합하여 APCC 기후정보서비스의 대부분을 통합하는 플랫폼화를 추진하였다[1].

Open API는 “Open Application Programming Interface“의 약자로, 다른 소프트웨어 애플리케이션에서 기능과 데이터에 접근할 수 있도록 표준화된 방식으로 제공되는 프로그래밍 인터페이스를 의미한다. 이는 다른 애플리케이션, 서비스 또는 시스템과 상호 작용하고 정보를 공유하는 방법을 제공한다.

Open API의 주요 특징과 개념은 다음과 같다. 첫째, 표준화된 인터페이스를 제공한다. Open API는 일반적으로 REST(Representational State Transfer) 기반의 웹 서비스에서 사용되며, HTTP를 사용하여 데이터를 전송하고, 일반적인 HTTP 요청 (GET, POST, PUT, DELETE 등)을 사용하여 서비스에 접근하는 방식을 채택한다. 이를 통해 표준화된 방법으로 서로 다른 시스템 간에 통신이 가능해진다.

둘째, 상호 운용성을 제공한다. Open API의 표준화된 형식을 사용하면 다른 개발자나 팀과의 협업이 용이해지며, 서로 다른 플랫폼 및 언어를 사용하는 애플리케이션 간의 상호 운용성을 확보할 수 있다.

셋째, 보안 기능을 제공한다. Open API는 API 엔드포인트에 대한 권한과 보안을 관리하는 데 도움이 되며, OAuth 또는 API 키와 같은 보안 메커니즘을 통해 인증 및 권한 부여를 수행할 수 있다.

넷째, 개발 생산성을 향상시킨다. Open API를 사용하면 개발자들이 새로운 애플리케이션을 빠르게 개발하고 기존 시스템과 통합하는 데 더 적은 시간을 투자할 수 있다. 외부 서비스나 데이터에 쉽게 접근할 수 있으므로 개발 생산성이 향상된다.

마지막으로, 모니터링 및 분석 기능을 제공한다. Open API를 사용하면 API의 사용량 및 성능을 모니터링하고 분석할 수 있어, 서비스의 성능을 최적화하고 사용자 요구에 맞추는 데 도움이 된다.

종합적으로, Open API는 다양한 애플리케이션 및 서비스 간에 데이터 및 기능을 공유하고 상호 작용하는 데 필수적인 도구로, 현대적인 소프트웨어 개발과 통합의 핵심 요소 중 하나로 자리잡고 있다.

2.5.2. 기후서비스플랫폼 기반 Open API 구축 (2023)

2020년부터 APCC는 기존의 기후정보시스템을 통합하는 과정에서 다수의 기능을 Open API로 재개발하여 기능의 재사용성을 증대시키고자 하였다. 이러한 노력은 기후서비스 플랫폼의 효율성과 유연성을 향상시키는 데 중요한 역할을 하였다.

현재 기후서비스 플랫폼의 프레임워크는 Java 언어 기반의 Spring Framework로 구축되어 있다. 그러나 기후자료처리서비스의 주요 기능은 Python으로 개발되어 있어, 이를 웹 환경에서 효과적으로 표현하고 활용하기 위해 모든 Python 기능을 Open API 형태로 구축하였다. 이는 서로 다른 프로그래밍 언어와 시스템 간의 원활한 통합을 가능하게 하는 중요한 전략이었다.

특히, Processing - Clipping, Composite, Masking 메뉴에서 사용되는 기능들은 Java Spring Framework를 통해 사용자 인터페이스가 구성되어 있지만, 실제 연산 처리는 Python을 통해 수행된다. 이러한 구조는 Open API를 통해 서로 다른 시스템이나 개발 언어 간에 데이터 및 기능을 공유하고 상호 작용할 수 있는 표준화된 인터페이스를 제공한다.

Masking 기능의 동작 원리와 순서는 이러한 통합 과정의 대표적인 예시이다. 지역정보 추출기능(OpenWPS, Masking)을 Open API화하는 과정에서 주요 개선 흐름이 이루어졌다. 이 과정을 통해 기존의 독립적으로 운영되던 시스템들이 하나의 통합된 플랫폼으로 재구성되었으며, 이는 사용자에게 더욱 일관되고 효율적인 서비스를 제공할 수 있게 되었다.

이러한 Open API 기반의 시스템 통합은 APCC의 기후정보서비스의 접근성과 활용도를 크게 향상시켰다. 사용자들은 이제 더욱 쉽고 효율적으로 다양한 기후 데이터와 서비스에 접근할 수 있게 되었으며, 이는 궁극적으로 아태지역의 기후정보 활용을 강화하는 데 기여하고 있다.

기후서비스플랫폼은 현재 대부분의 기능을 Open API 형태로 구현하고 있으며, HTTP 프로토콜을 통해 API 서버와 통신하여 결과값을 도출하고 있다. 이러한 시스템의 동작 원리와 순서는 다음과 같다.

먼저, 사용자는 기후서비스 플랫폼의 웹 페이지에서 제공하는 웹 인터페이스를 통해 원하는 기능, 데이터 조건, 처리 방식 등을 선택하여 입력한다. 이렇게 입력된 정보는 기후자료 처리서비스의 동작을 위한 변수로 활용된다.

사용자가 입력한 변수들은 HTTP 요청 형태로 변환되어 API 서버로 전송된다. API 서버는 수신한 요청을 분석하고, 요청된 기능에 해당하는 서비스를 호출하여 필요한 데이터베이스 조회, 데이터 처리, 계산 등의 작업을 수행한다.

이러한 과정을 통해 기후서비스플랫폼은 사용자의 요구에 맞는 기후 정보를 효율적으로 제공할 수 있게 된다. APCC의 기후서비스 통합 플랫폼인 CLIK(CLimate Information toolKit)은 웹 페이지, Open API, 전통적인 스크립트 등 다양한 방법을 통해 기후정보를 제공하고 있다.

이 플랫폼은 기후정보 제공 서비스, 기후정보 생산 서비스, 그리고 기후정보 처리 서비스 등을 포함하고 있다. 특히 기후정보 처리 서비스를 통해 사용자는 특정 영역, 변수, 기간 등에 대한 기후 데이터 추출, 합성 및 마스킹 기능을 사용할 수 있다.

사용자 인터페이스를 통해 선택된 조건은 JSON 형식으로 변환되어 각각의 API 서버를 호출하게 된다. 이 과정에서 Processing - Clipping/Composite 기능은 Clipping API 서버를, Processing - Masking 기능은 Masking API 서버를 각각 호출하여 처리를 진행한다.

```python
import json
import requests
import logging
import os
import math

class Client(object):
    logger = logging.getLogger('clipsapi')
    # for dev server (10.200.8.199)
    #api_server_url = 'http://clipping-dev.apcc21.org:8080'
    #api_server_url = 'http://clippingapi-dev.cf.apcc21.org'

    # for prod server (10.200.8.199)
    api_server_url = 'https://clippingapi.apcc21.org'

    def __init__(self, debug=False, retry_max=500, timeout=60):
        self.retry_max = retry_max
        self.timeout = timeout
        self.last_status = None
        self.target = None
        if debug:
            level = logging.DEBUG
        else:
            level = logging.INFO

        logging.basicConfig(level=level, format='[%(asctime)s] [%(levelname)s] %(message)s')

    def clip(self, detail):

        headers = {'Content-Type': 'application/json; charset=utf-8'}
        return_type = detail['return_type']
        output_file_name = Client.generateFileName(self, detail)

        if return_type == 'png':
            api_url = Client.api_server_url + '/clipmmeandplot'
            output_file_name = output_file_name + '.png'
        elif return_type == 'nc':
            api_url = Client.api_server_url + '/cliptonc'
            output_file_name = output_file_name + '.zip'
        else:
            print("Error : Invalid File Extension")
            return False

        json_data = json.dumps(detail)

        Client.printClippingDetail(self, detail, output_file_name)

        tries = 0

        while tries < self.retry_max:
            try:
                response = requests.post(api_url, data=json_data, headers=headers)
                if response.status_code == 200:
                    json_result = json.loads(response.content)
                    print(json_result)
                else:
                    print("Error: ", response.status_code)
```

Figure 2.84. The structure of the clippingapi call

각 API 서버는 JSON 형식의 파라미터를 입력받은 후, 기후서비스 플랫폼 내의 DBMS에 접근하여 해당 모델의 경로를 출력값으로 받아온다. 이후 APCC에서 운영 중인 NFS(Network File System)에서 해당 모델을 불러오는 과정을 거친다.

Clipping/Composite 기능의 경우, Clipping API를 통해 해당 모델에 대한 연산을 직접 실행한다. 반면 Masking 기능은 보다 복잡한 과정을 거치게 된다. 먼저 PyWPS 서버를 호출하고, 이 서버는 다시 Masking DBMS 서버를 참조하여 공간정보를 추출한다. Masking API의 경우, 공간정보를 획득한 PyWPS 서버는 Masking API에서 설정된 변수를 기반으로 Masking 정보 추출 프로세스를 생성하고 실행한다. 이렇게 추출된 Masking 정보는 PyWPS 서버에서 Masking API 서버로 전송된다.

최종적으로 연산이 완료된 결과는 Processing Result API 서버를 통해 기후서비스 플랫폼 웹 페이지로 전달되어 사용자에게 제공된다. 이러한 과정을 통해 사용자는 자신이 요청한 기능 및 변수 설정에 대한 응답을 확인할 수 있게 된다.

이와 같은 복잡한 처리 과정은 사용자의 다양한 요구사항을 효과적으로 처리하고, 정확한 기후 정보를 제공하기 위한 기후서비스플랫폼의 체계적인 구조를 보여준다. 이를 통해 사용자는 원하는 기후 데이터를 정확하고 효율적으로 획득할 수 있게 된다.

이러한 기후처리 서비스 Open API 체계를 구축하기 위하여 실행하기 위하여 APCC에서 2023년동안 구축・운영중인 API 서버 목록은 아래와 같다.

Table 2.15. The list of Climate Data Processing Open API Server

기후자료 처리서비스 API 서버	기후자료 처리서비스 API 서버 수행 기능	비고
Masking DBMS Server	- PostgreSQL를 활용한 Masking 관련된 지형정보 참조	IaaS
Masking PyWPS Server	- Web Processing을 위한 PyWPS Processing 서버	IaaS
Clipping API Server	- 기후자료처리(Clipping/Composite) 연산을 위한 서버	IaaS
Masking API Server	- Masking 결과 후처리 및 결과 표출 연산을 위한 서버	IaaS
Processing API Server	- 기후자료처리 연산작업 호출을 위한 서버	PaaS
Processing Result Server	- 기후자료 처리서비스 결과 전달을 위한 서버	PaaS

위와 같은 작업을 통해 APCC는 기후자료 처리 서비스를 개선하고, Open API를 활용하여 데이터 연계를 향상시키고, API 서버를 개선함으로써 기후정보 제공 플랫폼을 지속적으로 발전시키고 있다.

2.5.3. 기후서비스플랫폼 기반 Open API 패키지 구축 (2024)

APCC는 2024년에 기후자료 처리서비스의 혁신적인 개선을 위해 Job 기반 통합 시스템을 구축하고 Open API 체계를 전면적으로 재정립하였다. 이 시스템은 사용자의 기후 데이터 처리 요청을 보다 체계적이고 효율적으로 관리하고 처리할 수 있도록 설계되었다.

기술적 혁신의 핵심은 기존 시스템의 근본적인 구조 변화에 있다. API 호출 방식을 Python에서 Java로 전환함으로써 CLIKS와의 시스템 통합성을 확보하였다. 이러한 전환은 단순한 언어 변경을 넘어 전체 시스템의 아키텍처를 재설계하는 과정이었다. RabbitMQ 기반의 Message Queue 적용은 Job 관리의 효율성을 획기적으로 개선하였다. 메시지 큐 시스템을 통해 각 작업의 우선순위 설정, 비동기 처리, 안정적인 작업 관리가 가능해졌으며, 이는 기후자료 처리의 신뢰성을 크게 향상시켰다. MongoDB와 같은 비정형 데이터베이스의 도입은 데이터 처리의 유연성을 근본적으로 변화시켰다. 기존의 경직된 관계형 데이터베이스와 달리, NoSQL 데이터베이스는 다양한 형태의 기후 데이터를 보다 유연하고 효율적으로 저장하고 관리할 수 있게 해주었다.

APCC는 이러한 기술적 혁신을 통해 CLIKS의 Open API 기능의 완성도를 획기적으로 높였다. 그 결과, 2024년 10월 18일에 'apccapi'라는 이름으로 Python Package Index에 관련 패키지를 배포하였다. 이는 전 세계 기후 연구자들이 쉽게 접근할 수 있는 개방형 API 생태계를 구축하는 중요한 이정표가 되었다.

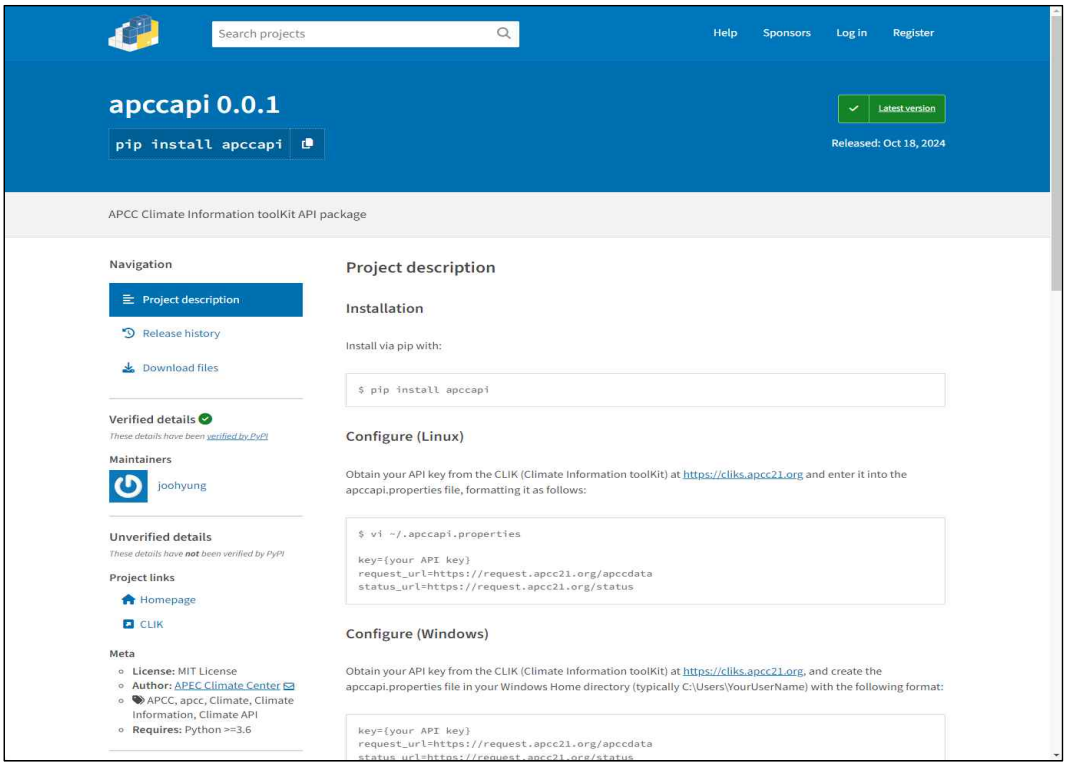


Figure 2.85. Python Package Index(PyPI) apccapi page

APCC는 2024년 10월 18일에 apccapi 0.0.1 버전을 Python Package Index에 배포하였다. 이 패키지는 APCC의 기후 데이터 서비스에 대한 접근성을 크게 향상시키는 주요 기능들을 포함하고 있다.

apccapi의 핵심 기능은 크게 두 가지 범주로 나눌 수 있다. 첫째, 다운로드 서비스를 통해 다양한 기후 데이터셋에 대한 접근을 제공한다. 이는 MME-3MONTH, MME-6MONTH, MME-MODEL, CMIP5 등을 포함하며, 사용자들이 다양한 시간 규모와 모델 유형의 기후 데이터를 쉽게 획득할 수 있게 한다.

둘째, 데이터 처리 서비스를 제공한다. 이 서비스에는 Clipping, Composite, Masking 등의 기능이 포함되어 있다. 이러한 처리 기능들은 사용자들이 원시 기후 데이터를 자신의 연구나 응용 목적에 맞게 가공하고 분석할 수 있도록 지원한다.

이러한 기능들을 통해 apccapi는 기후 과학자, 정책 입안자, 그리고 기후 데이터를 활용하는 다양한 분야의 전문가들에게 강력하고 유연한 도구를 제공하게 되었다.

사용자들은 단 두 줄의 코드(pip install apccapi, import apccapi)로 APCC에서 제공하는 첨단 기후 데이터 처리 도구를 활용할 수 있게 되었다. 이는 계산 자원이 제한적인 개발도상국의 기후 연구자들에게 특히 중요한 의미를 지닌다.

APCC가 개발한 apccapi 패키지는 PyPI(Python Package Index)에 등록되어 있어 사용자들이 쉽게 접근하고 설치할 수 있다. 이 패키지는 Linux와 Windows 운영 체제 모두에서 사용 가능하도록 설계되었다.

apccapi를 사용하기 위해서는 사용자 인증 과정이 필요하며, 이는 Home 디렉토리에 apccapi.properties 파일을 생성하고 여기에 API Key를 등록함으로써 이루어진다. 이러한 인증 방식은 보안을 강화하고 사용자의 권한을 관리하는 데 도움이 된다.

이러한 설정 방식은 사용자가 자신의 환경에 맞게 쉽게 apccapi를 구성할 수 있도록 하며, 동시에 APCC의 기후 데이터 및 서비스에 대한 접근을 안전하게 관리할 수 있게 해준다. 이는 APCC가 제공하는 기후 데이터 서비스의 보안성과 사용자 편의성을 모두 고려한 접근 방식으로 볼 수 있다.

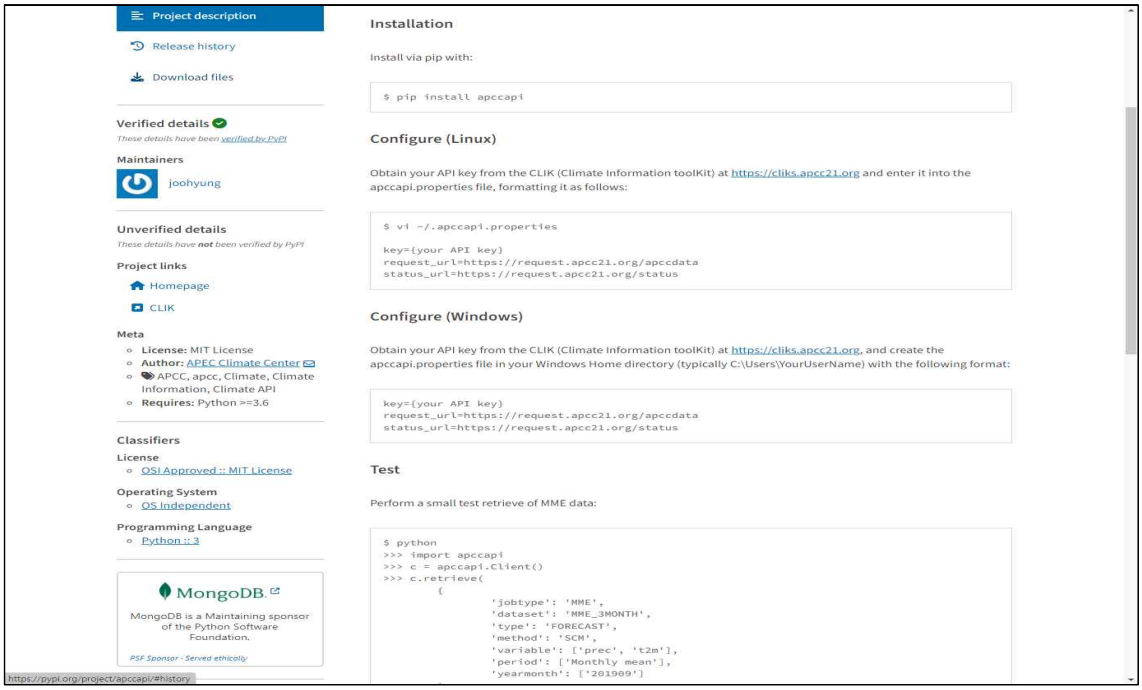


Figure 2.86. Python Package Index(PyPI) apccapi page

apccapi는 Python 환경이 구축된 시스템에서 손쉽게 설치하여 활용할 수 있다. 이 패키지의 설치는 표준 Python 패키지 관리자인 pip를 통해 이루어지며, 구체적으로 'pip install apccapi' 명령어를 사용하여 수행된다.

제시된 그림은 pip 명령어를 통한 apccapi의 설치 과정을 상세히 보여주고 있다. 사용자가 'pip install apccapi' 명령어를 실행하면, 시스템은 자동으로 apccapi 패키지와 그에 필요한 의존성 패키지들을 식별하고 다운로드한다. 이 과정에서 Require된 모든 패키지들이 순차적으로 설치되며, 사용자는 이러한 설치 과정을 실시간으로 확인할 수 있다.

설치 과정이 모두 완료되면, 시스템은 apccapi가 성공적으로 설치되었음을 알리는 메시지를 출력한다. 이 최종 확인 메시지를 통해 사용자는 apccapi 패키지가 정상적으로 시스템에 통합되었음을 확인할 수 있으며, 이후 즉시 해당 패키지를 활용한 개발이나 분석 작업을 시작할 수 있게 된다.

이러한 간편한 설치 과정은 APCC가 제공하는 기후 데이터 및 관련 서비스에 대한 접근성을 크게 향상시키며, 연구자들과 개발자들이 보다 쉽게 APCC의 자원을 활용할 수 있게 한다.

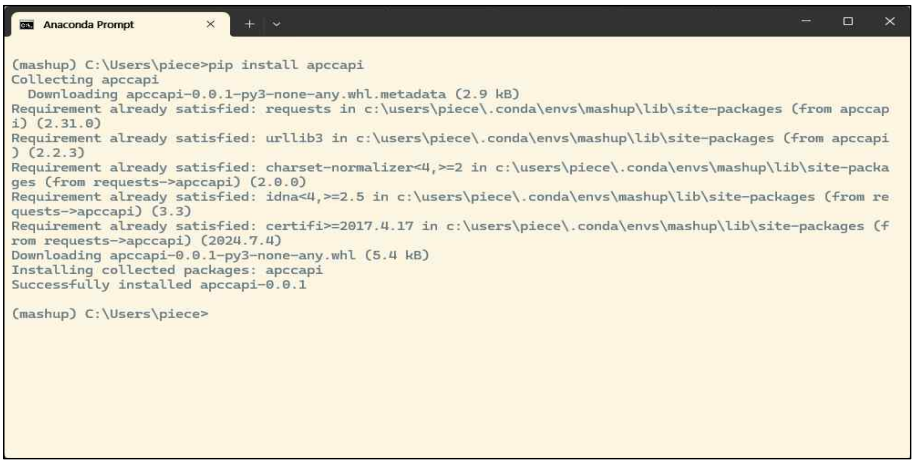


Figure 2.87. pip install apccapi

APCC는 기후자료 처리서비스의 효율성을 높이기 위해 여러 기술적 변화를 추진하였다. 그 일환으로, 2024년 10월 18일에 배포된 apccapi 0.0.1 버전은 사용자가 Python 환경에서 쉽게 설치하고 활용할 수 있도록 설계되었다. 사용자는 단순히 'pip install apccapi'라는 명령어를 입력함으로써 패키지를 설치할 수 있으며, 이 과정에서 필요한 모든 의존성 패키지도 자동으로 설치된다.

설치가 완료된 후, 사용자는 Python 코드 내에서 'import apccapi'라는 명령어를 통해 apccapi 패키지를 활성화할 수 있다. 이를 통해 APCC에서 제공하는 다양한 기능을 활용할 수 있게 되며, 기후 데이터 다운로드 및 처리 작업을 손쉽게 수행할 수 있다.

예를 들어, 사용자는 MME(다중 모델 앙상블) 6개월 자료를 다운로드하기 위한 간단한 코드를 작성할 수 있다. 이 코드는 사용자가 지정한 파라미터에 따라 해당 데이터를 요청하고, 결과를 파일로 저장하는 방식으로 작동한다. 이러한 기능은 기후 연구자들이 필요한 데이터를 신속하게 확보하고 분석할 수 있도록 지원하며, 연구의 효율성을 크게 향상시키는 데 기여한다.

Figure 2.88. apccapi call code

위의 코드를 실행하면, 사용자가 설정한 파일명으로 원하는 기후 데이터를 다운로드 받을 수 있는 결과가 나타난다. 이 과정은 사용자가 지정한 파라미터에 따라 자동으로 수행되며, 다운로드된 데이터는 사용자가 지정한 파일명으로 저장된다.

이러한 기능은 사용자에게 매우 유용하다. 사용자는 데이터를 다운로드할 때마다 파일명을 직접 입력할 필요 없이, 미리 설정한 이름으로 파일을 저장할 수 있다. 이는 데이터 관리의 편리함을 더하고, 여러 데이터 파일을 체계적으로 정리하는 데 도움을 준다.

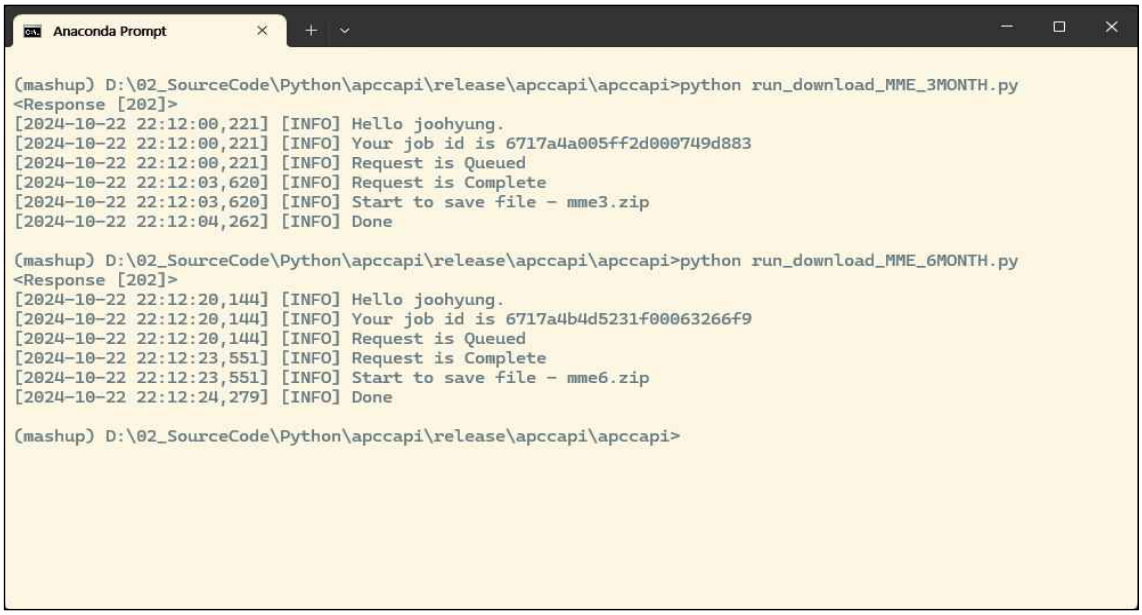


Figure 2.89. apccapi Execution Screen

결과적으로, APCC는 기후자료 처리서비스의 접근성을 높이고 사용자들이 기후 데이터를 보다 효과적으로 활용할 수 있는 환경을 조성하였다. 이러한 변화는 기후 정보의 활용도를 증가시키고, 다양한 분야에서의 기후 연구 및 정책 결정에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. APCC는 앞으로도 지속적인 기술 혁신과 서비스 개선을 통해 기후 정보 서비스의 품질을 높이고, 사용자들에게 더 나은 경험을 제공하기 위해 노력할 것이다.

2.6. 기후정보서비스 튜토리얼 서비스 강화

2.6.1. 개요

APCC는 2019년부터 아시아 태평양 지역의 기후 정보 활용을 강화하기 위해 기후 서비스 플랫폼(cliks.apcc21.org)을 개발하여 운영하고 있다. 이 플랫폼은 기후자료의 생산, 제공, 처리가 가능한 통합 시스템으로, 다양한 기후 데이터와 예측 모델을 제공한다. 사용자들은 이를 통해 지역별 기후 변화 추세, 기상 현상의 예측 등 다양한 기후 관련 정보를 얻을 수 있다.

APCC는 기후 서비스 플랫폼의 활용도를 높이기 위해 다양한 노력을 기울여왔다. 매년 사용자 워크숍을 개최하여 기후 데이터의 활용 방법 등에 대한 교육을 제공해왔으며, 이는 기후 서비스 플랫폼 사용자들의 역량 강화에 기여하였다.

2020년에는 사용자의 플랫폼 이해도를 높이기 위해 기후서비스 튜토리얼 문서를 제작하여 배포하였다. 이 문서는 기후서비스 플랫폼의 접근 및 활용 방법 등을 포함하고 있어, 사용자가 쉽게 따라할 수 있는 안내를 제공함으로써 기술 습득을 돕고 있다.

더 나아가 2022년에는 이러한 튜토리얼 문서를 바탕으로 온라인 튜토리얼 서비스를 구축하였다. 이 서비스는 사용자가 시간과 장소에 구애받지 않고 필요한 정보에 접근할 수 있게 해주어, 특히 원격 지역의 사용자들에게 큰 도움이 되고 있다.

APCC는 이러한 노력을 통해 기후서비스 플랫폼의 콘텐츠를 강화하고 다양화함으로써 사용자의 APCC 기후정보 활용성과 만족도를 지속적으로 향상시키고자 하고 있다. 이는 궁극적으로 아시아 태평양 지역의 기후 정보 활용 강화라는 APCC의 목표 달성에 기여할 것으로 기대된다.

2.6.2. 기후정보서비스 튜토리얼 강화

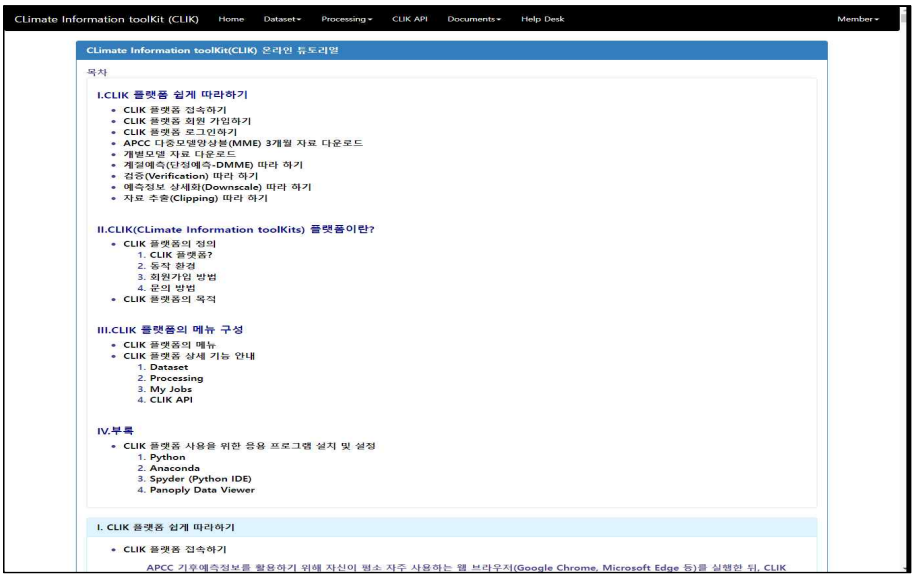


Figure 2.90. Existing climate service platform tutorial screenshot

APCC(아시아 · 태평양경제협력체 기후센터)는 2020년부터 기후서비스 플랫폼의 원활한 사용을 지원하기 위해 튜토리얼 서비스를 시작하였으며, 2022년에는 이를 온라인 튜토리얼로 발전시켰다. 그러나 기후서비스 플랫폼이 APCC 기후정보서비스와 지속적으로 통합되면서 그 내용과 범위가 확대되었고, 이에 따라 보다 체계적이고 사용자 친화적인 온라인 튜토리얼 개선의 필요성이 대두되었다.

이러한 필요성에 대응하여 2023년 APCC는 기후정보서비스 튜토리얼 웹 서비스를 개선하였다. 주요 변경 사항으로는 온라인 사용자 튜토리얼 웹 페이지의 구조와 방식을 변경하였다는 점을 들 수 있다. 구체적으로, 기존의 세로 형식으로 구성되어 있던 온라인 튜토리얼의 레이아웃을 변경하여 좌측에 고정된 네비게이션 바를 생성하고, 우측에는 해당 컨텐츠의 내용을 웹 페이지 내 스크롤 형태로 확인할 수 있도록 구성하였다.

이러한 개선은 사용자의 편의성을 높이고, 기후정보서비스에 대한 이해도를 증진시키는 데 기여할 것으로 예상된다. APCC는 이를 통해 기후서비스 플랫폼의 활용성을 높이고, 사용자 지원을 강화하고자 하였다. 또한, APCC는 기후서비스 플랫폼 기반 Open API 및 온라인 튜토리얼 서비스를 강화하고, 동적 표출 기술을 적용한 APCC 기후예측정보 제공 홈페이지를 구축하는 등 사용자 지원을 확대하고 있다.

Figure 2.91. New Climate Service Platform Tutorial Screenshot

APCC는 기후서비스 플랫폼의 온라인 튜토리얼을 개선하기 위해 네비게이션 바를 추가한 다중 레이어 구조를 도입하였다. 이러한 변경으로 인해 좌측에는 고정된 형태의 목차를 확인할 수 있는 메뉴가 나타나고, 우측에는 튜토리얼 내용이 표시되도록 각각의 페이지를 생성하여 페이지 레이아웃을 개선하였다.

사용자 편의성을 고려하여, 좌측의 목차 메뉴에서는 사용자가 버튼을 선택하면 해당 내용으로 즉시 이동할 수 있도록 구성하였다. 이전에 단일 페이지로 구성되어 있던 온라인 튜토리얼의 내용을 각 목차별로 세분화하여 개별 웹 페이지로 변경하였으며, 사용자는 좌측의 목차 메뉴나 페이지 이동 버튼을 통해 튜토리얼의 내용을 자유롭게 탐색할 수 있게 되었다.

또한, APCC는 기후정보서비스 플랫폼 메뉴 내에서 튜토리얼을 쉽게 찾을 수 있도록 튜토리얼 링크를 연동하였다. 예를 들어, 기후서비스 플랫폼의 Processing-Prediction 메뉴에서 사용자가 기능에 대한 안내를 보고 싶을 때 버튼을 눌러 해당 튜토리얼을 바로 확인할 수 있는 기능을 추가하였다. 이러한 링크는 기후서비스 플랫폼의 Dataset, Processing 메뉴의 모든 기능에 삽입되어, 사용자가 튜토리얼에 보다 쉽게 접근할 수 있도록 하였다.

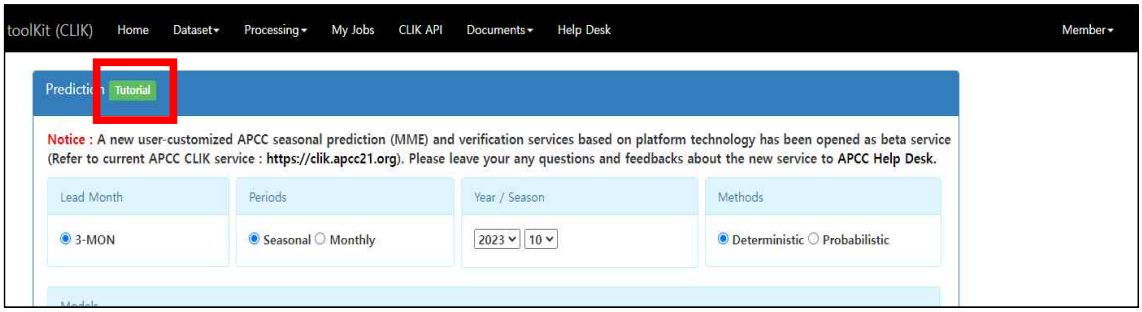


Figure 2.92. Feature → Tutorial link button to go to Tutorial Menu

APCC는 기후서비스 플랫폼의 온라인 튜토리얼을 개선하기 위해 여러 가지 사용자 친화적인 기능을 추가하였다. 그 중 하나로, 튜토리얼 페이지 내에 해당 기능으로 바로 이동할 수 있는 링크 버튼을 구현하였다. 이 버튼은 HTML 코드를 통해 추가되었으며, 사용자가 클릭하면 해당 기능 페이지로 즉시 이동할 수 있도록 설계되었다.

이러한 개선으로 인해 사용자는 튜토리얼을 확인하는 과정에서 별도의 메뉴 변경 없이 쉽게 해당 기능으로 이동할 수 있게 되었다. 이는 튜토리얼 확인과 동시에 기능 실행을 가능하게 하여 사용자 경험을 크게 향상시켰다. 사용자는 튜토리얼 내의 버튼을 선택함으로써 즉시 해당 기능을 활용할 수 있게 되었다. 또한, 바로 가기 링크 버튼은 튜토리얼 기능 설명 전 메뉴에 삽입되어, 사용자가 튜토리얼의 내용을 읽기 전에도 원하는 기능으로 빠르게 접근할 수 있도록 하였다.

Figure 2.93. Tutorial Content → Link button to go to function

2023년 기후정보서비스 플랫폼 내 메뉴에서 신규로 개발되거나 개선된 기능들에 대한 튜토리얼 콘텐츠가 현행화되었다. 이는 플랫폼의 기능 수정 및 개선 사항을 반영하기 위한 조치였으며, Dataset 메뉴와 Processing 메뉴의 여러 기능들이 이에 해당한다.

Dataset 메뉴에서는 High Resolution MME와 NCEP Reanalysis 기능에 대한 설명이 추가되었다. High Resolution MME는 고해상도 다중모델앙상블 기능으로, 3개월 및 6개월 예측자료를 제공하며 Forecast와 Hindcast 데이터를 포함한다. NCEP Reanalysis는 다양한 레벨과 시간 단위의 데이터를 제공하는 기능이다.

Processing 메뉴에서는 Downscale, Clipping, Composite, Masking 기능에 대한 정보가 갱신되었다. 이들 기능은 각각 상세화, 특정 영역의 기후 데이터 추출, 데이터 합성, 마스킹 등의 처리를 수행한다.

이러한 튜토리얼 콘텐츠의 현행화를 통해 사용자들은 새로운 기능과 개선된 서비스에 대해 더 쉽게 이해하고 활용할 수 있게 되었다. 특히 고해상도 MME와 NCEP Reanalysis 데이터셋의 추가는 사용자들에게 더 정확하고 다양한 기후 정보를 제공할 수 있게 되었음을 의미한다.

Figure 2.94. Current updated tutorials on climate information service platform functionality

APCC는 기후서비스 플랫폼의 사용자 경험을 개선하기 위해 다양한 노력을 기울였다. 그 중 하나로, 기존의 문서 형태 튜토리얼에 동영상 서비스를 추가하여 콘텐츠를 강화하였다. 이는 사용자의 접근성과 이해도를 향상시키기 위한 전략적 접근이었다.

동영상 튜토리얼의 도입은 사용자가 시각적으로 플랫폼의 기능을 따라할 수 있게 함으로

써 학습 경험을 크게 향상시켰다. 이러한 방식은 복잡한 기능이나 프로세스를 단계별로 명확하게 보여줄 수 있어, 사용자가 더 쉽고 빠르게 플랫폼을 이해하고 활용할 수 있게 하였다.

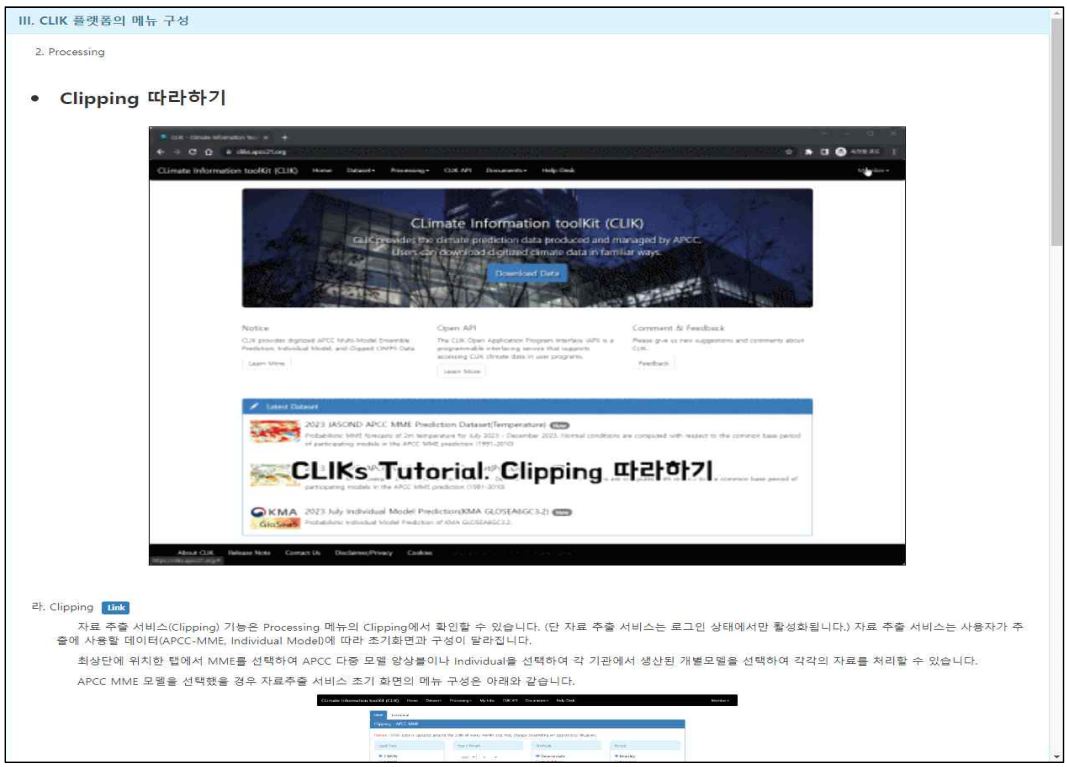


Figure 2.95. Follow the Climate Information Service tutorial Insert video screen

APCC는 기후정보서비스 플랫폼의 사용자 만족도 제고를 위해 지속적인 노력을 기울여왔다. 이러한 노력의 일환으로 기후정보서비스 튜토리얼의 개발 및 현행화가 이루어졌다. 플랫폼의 기능과 인터페이스가 지속적으로 업데이트되고 개선됨에 따라, 튜토리얼 역시 이에 맞춰 현행화되어야 한다는 인식 하에, APCC는 향후에도 새로운 업데이트 내용을 반영하고 추가 콘텐츠를 개발하여 튜토리얼을 최신 상태로 유지할 계획이다. 이를 통해 사용자들이 항상 최신 정보에 접근할 수 있도록 지원할 예정이다.

이러한 개선 사항들은 사용자의 기후서비스 플랫폼 이용 경험을 크게 향상시킬 것으로 기대된다. 사용자들은 필요한 정보를 더 빠르고 효율적으로 찾을 수 있게 되었으며, 이는 결과적으로 APCC가 제공하는 기후 정보의 활용도를 높이는 데 기여할 것이다. 또한, 이러한 사용자 중심의 개선은 APCC의 기후서비스가 더 많은 사용자에게 접근 가능하고 유용한 도구가 되도록 하는 데 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

결론적으로, APCC의 기후정보서비스 플랫폼 개선 노력은 사용자 경험 향상, 정보 접근성 개선, 그리고 기후 정보의 활용도 증대라는 세 가지 주요 목표를 달성하는 데 기여할 것으로 보인다. 이는 궁극적으로 아시아 태평양 지역의 기후 정보 활용을 강화하고, APCC의 서비스가 더 넓은 사용자층에게 가치 있는 자원이 되도록 하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 앞으로도 APCC는 사용자의 요구를 지속적으로 반영하고, 최신 기술과 정보를 통합하여 기후정보서비스의 품질과 접근성을 지속적으로 개선해 나갈 것이다.

2.7. APCC 기후정보서비스 사용자 워크숍

2.7.1. 추진배경 및 목적

APCC가 생산, 제공하는 다양한 기후정보와 서비스의 활용성 확대 및 국내 기여도 강화를 위해서 당해연도에도 APCC 기후정보서비스 사용자 워크숍을 실시하였으며, 사용자와의 직접적인 대면을 통해 기후예측 및 기후정보서비스 활용에 대한 방법을 홍보 및 설명하고 사용자의 만족도 제고를 위한 목적을 가지고 진행하였다.

2.7.2. 2022년 사용자 워크숍

2.7.2.1. 개요

○ 기　　간 : 2022.10.27.(목)-28.(금) <2일간>

○ 장　　소 : APEC기후센터 2층 국제회의장

○ 참 가 자 : 국내 기후관련학과 대학생 및 대학원생 25인

○ 강　　사 : APEC기후센터 선임연구원 및 연구원 9명

- (이론) 예측운영과장 김형진, 연구원 이현주, 예측기술과 선임연구원 이진영, 기후분석과 선임연구원 임슬희(4명)
- (실습) 예측운영과 선임연구원 이현록, 연구원 신지현, 연구원 정주형, 연구원 김상철, 연구원 정다은(5명)

○ 주요내용

- (이론) 기후예측 시스템의 이해
- (이론) 기후예측의 생산 및 검증
- (이론) 인공지능을 이용한 기후예측 기술개발
- (이론) 기후감시와 분석 기반 장기예보
- (실습) APCC 기후정보서비스 통합플랫폼 사용 실습 Ⅰ, Ⅱ

해당 강의들에 대하여 다음 표와 같은 프로그램 일정으로 진행하였다.

Table 2.16. 2022 APCC User workshop program

시간	세션/강의	강사(보조강사)
1일차 - 10/27(목)		

시간	세션/강의	강사(보조강사)
10:00-10:10 (‘10)	APCC 소개	
10:10-11:00 (’ 50)	[이론] 기후예측시스템의 이해	예측운영과장 김형진
11:00-11:50 (’ 50)	[이론] 기후예측의 생산 및 검증	연구원 이현주
11:50-13:00 (‘70)	점심	
13:00-14:00 (’ 60)	[실습-APCC 기후서비스 통합플랫폼 I] 소개 및 회원가입	선임연구원 이현록 (신지현, 정주형) *시스템 모니터링:김상철
14:00-14:10 (‘10)	휴식	
14:10-15:20 (‘70)	[실습-APCC 기후서비스 통합플랫폼 I] 기후자료서비스 실습	연구원 신지현 (이현록, 김상철, 정주형, 정다은)
15:20-15:40 (‘20)	휴식	
15:40-16:50 (‘70)	[실습-APCC 기후서비스 통합플랫폼 I] 기후자료 처리서비스 실습	연구원 정주형 (이현록, 김상철, 신지현)
16:50-17:00 (‘10)	만족도 설문조사	
2일차 - 10/28(금)		
10:00-10:50 (‘50)	[이론] 인공지능을 이용한 기후예측 기술 개발	선임연구원 이진영
10:50-11:40 (‘50)	[이론] 기후감시와 분석기반 장기예보	선임연구원 임슬희
11:40-13:00 (‘80)	점심	
13:00-14:10 (’ 70)	[실습-APCC 기후서비스 통합플랫폼 II] 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증실습	연구원 김상철 (이현록, 정주형) *시스템 모니터링:신지현
14:10-14:20 (‘10)	휴식	
14:20-15:40 (’ 80)	[실습-APCC 기후서비스 통합플랫폼 II] 상세화 예측 실습	연구원 정다은 (이현록, 신지현, 김상철, 정주형)
15:40-16:00	공지사항 및 만족도 설문조사	

시간	세션/강의	강사(보조강사)
(‘20)		

2.7.2.2. 주요내용

2.7.2.2.1. 이론강의

Table 2.17. Theory lecture contents

1. 기후예측시스템의 이해
- 기후예측 이론과 방법, 기후예측 모델과 기후예측의 필요성 등 기후예측 전반에 관한 내용을 소개하고, 다중모델 앙상블 기법과 APEC기후센터에서의 기후예측 시스템을 소개함. 또한, 기후예측 기술의 현황과 미래 발전 방향성에 대해 소개함
2. 기후예측의 생산 및 검증
- 다중모델 앙상블 기법에 대한 세부 사항을 전달하고 결정론적 예측과 확률론적 예측 기법을 사용하여 기후예측 정보를 생산하는 방법에 대한 세부 내용을 강의함. 기후예측 정보를 검증하는 이유와 검증 결과를 나타내는 데 사용하는 주요 지수를 소개하고, 결정론적 예측과 확률론적 예측을 검증하는 방법을 각각 소개
3. 인공지능을 이용한 기후예측 기술개발
- 인공지능과 기계학습의 정의, 종류를 소개하고, 기계학습을 이용하여 장기예측 정보를 생산할 때 필요한 일련의 과정을 소개함. 또한 다양한 기계학습 방법으로 실제 월별 기온 수치를 적용하여 예측 정보를 생산하는 방법을 소개하고, 모델을 평가하기 위한 기준 설정과 평가 방법을 제시함
4. 기후감시와 분석기반 장기예보
- 비교적 긴 시간규모에 대해 평년 대비 경향성을 예보하는 장기예보와 기후전망에 대한 전반적인 내용과 장기예보 생산과정을 소개. 겨울철 및 여름철에 대한 주요 기후감시 요소를 각각 제시

2.7.2.2.2. 실습

Table 2.18. Practical contents

1. APCC 기후서비스 플랫폼 소개 및 회원가입
- APCC 기후정보 서비스 종류와 각 서비스별 제공 사항을 소개하고, APCC 기후서비스 통합플랫폼 개발의 필요성과 다양한 서비스의 종류 및 활용성을 소개함. 앞으로 이어질 실습을 위한 기초단계인 플랫폼 회원가입 실습을 진행
2. 기후자료 서비스

- 기후자료서비스 실습에 필요한 WGET 설치 및 사용법, MME 자료 및 개별 모델 자료 다운로드, BSISO 자료 다운로드, 기후변화시나리오(CMIP5) 자료 다운로드 실습 진행
3. 기후자료 처리 서비스
- APCC 기후서비스 통합플랫폼을 통해 제공하는 기후자료 추출(Clipping)과 합성(Composite) 서비스를 소개하고, 실습을 위한 Panoply Data Viewer 설치 및 실행, 다양한 변수/모델/기간 등의 조건을 적용하여 자료 추출 및 합성 실습 진행
4. 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증 실습
- APCC 계절예측 정보 생산을 위한 과정 소개 및 플랫폼을 활용하여 예측 조건 선택 및 자료 생성, 결과 보기 및 이미지/파일 다운로드 기법 실습 진행
5. 상세화 예측 실습
- 계절예측 자료의 상세화를 하는 이유 및 방법 소개, 대구시를 대상으로 메타데이터 및 관측자료 추출 및 대상지역의 2020년 가을철 강수자료 상세화 실습 진행

2.7.2.3. 설문조사 및 사용자 환류

2.7.2.3.1. 만족도 설문조사 주요내용

○ 조사방법 : 워크숍 강의 및 실습 종료 후, Google Survey로 각 강의에 대한 설문조사 진행

○ 참 여 자 : 워크숍 참가자 25인 전원

2.7.2.3.2. 세부 조사결과

2.7.2.3.2.1. 전반적 만족도 조사

○ 참가자 역량 강화에 기여 여부

- 응답자 96%가 이번 워크숍이 개인 역량 강화에 긍정적으로 기여하였다고 응답하여, 응답자 대다수의 역량강화에 기여하는 것으로 조사됨. 참가자가 전원 대기 전공 학생임을 고려하여, 기후 예측 및 관련 학문에 대한 이론과 기후예측 서비스 실습이 현재 학습과정에 도움이 되는 것으로 사료됨

○ 항목별 만족도 조사

- 응답자를 대상으로 교육 운영 및 교육 구성에 대한 만족도, 수업방식의 적절 여부에 대한 조사를 진행한 결과, 응답자 다수가 교육 운영 및 구성에 대하여 만족한다고 답변하였으며, 수업 방식도 적절하였다고 답하여 전반적으로 교육에 대한 만족도가 높았던 것으로 조사됨

- 다만, 교육의 구성과 수업방식에 대한 부정적인 답변(‘보통’ 및 ‘아니다’)도 있는 것으로 조사되었는데, 해당 답변에 대한 설명으로 수업 시간이 길고, 이론 및 실습이 전반적으로 어려웠으며, 참가자의 배경지식이 다름으로 이를 고려하여 수업을 구성할 필요가 있다는 의견이 있었음. 또한 수업 시간을 늘려 달라는 의견도 있어, 참가자의 배경지식에 따라 강의 이해도가 달라 수업 시간에 대한 인식도 다를 수 있으므로, 향후 참가자의 배경지식(학부생의 경우 학년)에 따른 수업 구성을 고려할 필요가 있음. 다만, 모든 참가자가 동일한 조건을 가지고 있지는 않으므로 이번 교육의 강의 구성 및 수업 방식은 전반적으로 적절했던 것으로 분석됨

○ 가장 크게 도움이 되었던 강의

- 응답자들이 가장 크게 도움이 되었다고 평가한 강의는 응답자 25명 중 19명이 답변한 ‘사용자 맞춤형 계절예측 및 검증실습‘으로 조사됨. 또한 상세화 예측 실습과 기후 감시와 분석 기반 장기예보 강의도 도움이 되었다고 평가함

- 인공지능을 이용한 기후예측 기술개발 강의는 전통적인 기후예측 기술이 아닌 신기술을 접목한 기후예측 기술로 참가자들이 다소 어려워하는 주제로 사료됨

- APCC 기후서비스 통합플랫폼에 대한 소개 및 회원가입은 실습의 가장 기본적인 부분이었음을 감안하여 답변이 저조했던 것으로 분석됨

○ 향후 추가되었으면 하는 내용

- 모델을 활용한 미래 기후변화, 파이썬을 사용한 API 실습

○ 강의내용 중 가장 기억에 남는 내용

- 다중모델앙상블 관련 내용, 상세화 예측 실습, 그림자료 다운로드, 나비효과와 기후강제력, 카오스 MME, 모델 예측 기법 학습

2.7.2.3.2.2. 이론강의 만족도

○ 기후예측시스템의 이해

1) 강의 난이도 평가

- ‘기후예측시스템의 이해 ‘ 강의의 난이도에 대해 응답자의 52%가 이해하기 쉬웠으며 난이도가 적당하고, 40%는 더 전문적인 내용을 다루었으면 좋겠다고 평가하여, 전체적으로 난이도는 적절하였고 현재보다 전문적인 내용을 더 추가해도 될 것으로 판단됨

2) 강의내용 중 가장 도움이 된 주제

- 강의내용 중 기후예측시스템 개론이 도움이 되었다고 답한 응답자는 14명이고, 기후예측정보의 이해는 11명이었음. 참가자 모두 국내 대기과학 학생으로 구성되었으므로 기후예측시스템 개론이 조금 더 도움이 되었다고 응답한 것으로

보이나, 응답자수의 차이가 크지 않아 두 가지 주제 모두 도움이 된 것으로 판단됨

3) 향후 추가되었으면 하는 내용

- 모델을 활용한 미래 기후변화, 파이썬을 사용한 API 실습

3) 강의내용 중 가장 기억에 남는 내용

- 다중모델앙상블 관련 내용, 상세화 예측 실습, 그림자료 다운로드, 나비효과와 기후강제력, 카오스 MME, 모델 예측 기법 학습

○ 기후예측의 생산 및 검증

1) 강의 난이도 평가

- 응답자 25인 중 15명(60%)이 강의 난이도가 적당하다고 평가하였고, 7명이 전문적인 내용을 더 다루었으면 좋겠다고 답하여, 전체적으로 강의 난이도는 적절하였고, 추후 더 전문적인 내용을 추가해도 될 것으로 평가됨

2) 강의내용 중 가장 도움이 된 주제

- 응답자 25인은 강의내용 두 가지에 대해 모두 비슷하게 도움이 되었다고 평가하여, 강의내용 구성이 적절한 것으로 판단됨

3) 향후 추가되었으면 하는 내용

- 강수 예측성 평가 수치(HSS) 계산 실습, 단정 및 확률 예측에 대한 추가 내용을 추가하기를 희망함

○ 인공지능을 이용한 기후예측 기술개발

1) 강의 난이도 평가

- 응답자 48%가 강의 난이도가 적당하다고 평가하였으며, 36%는 내용이 어려웠다고 평가함. 전체 응답자의 32%는 강의에 대한 전문적인 내용을 더 다루었으면 좋겠다고 평가하여, 강의 난의도는 다소 어려웠을수 있으나 전문적인 내용에 대한 참가자들의 요구가 있었던 것으로 판단됨

2) 강의내용 중 가장 도움이 된 주제에 대한 조사

- 응답자의 60%인 15명이 가장 도움이 된 내용으로 장기기온 예측 모델 구축 과정을 선택한 반면, 추후 더 전문적인 내용이 포함되었으면 하는 주제로는 4명만 답하여, 해당 주제가 이번 강의에서 적절한 구성 및 난이도로 참가자에게 도움이 된 것으로 보임.

- 또한 가우시안 프로세스 모델 개요에 대해서는 도움이 되었다는 답변은 없었고 추후 더 전문적인 내용이 포함되어야 하는 주제로 9명이 답하여, 추후 강의 시 해당 주제에 대한 자세한 설명을 추가하는 것이 좋을 것으로 사료됨

3) 향후 추가되었으면 하는 내용

- 수치모델 및 모델 코딩 실습, 기계학습 실습, 디씨전 트리 또는 선형 회귀 분석 내용 실습

○ 기후감시와 분석기반 장기예보

1) 강의 난이도 평가

- 응답자 56%가 강의 난이도가 적당하다고 평가하였으며, 20%는 난이도가 쉽다고 답하여, 전체적으로 강의 난이도가 적절했던 것으로 분석됨

2) 강의 내용 중 가장 도움이 된 주제에 대한 조사

- 분석기반 기후예측 개요에 대하여 응답자 25명 중 17명이 강의내용 중 가장 도움이 된 주제라고 답하였고, 또한 향후 더 전문적인 내용이 포함되었으면 하는 주제라는 질문에 대하여 전체 응답자 중 16명이 동일한 주제를 답하여 분석기반 기후예측 개요에 대한 참가자들의 관심과 만족도가 높았던 것으로 분석됨

2.7.2.3.2.3. 실습 만족도

○ APCC 기후서비스 통합플랫폼 : APCC 기후서비스 플랫폼 종합 CLIKS

1) APCC 기후서비스 플랫폼에 대한 만족도

- 센터에서 제공하는 APCC 기후서비스 플랫폼에 대하여 참가자 전원이 만족한다고 답함

2) 향후 APCC 기후서비스를 활용할 예정 유무

- 향후 자신의 연구, 업무, 학습에 APCC 기후서비스를 활용할 예정인지에 대한 질문에 대하여 응답자의 96%가 긍정적으로 답하여 플랫폼에서 제공하는 서비스의 활용도가 높은 것으로 분석됨

3) APCC 기후서비스 플랫폼에서 제공되는 세부 서비스에 대한 활용도 조사

- APCC 기후서비스 플랫폼을 통해 제공되는 서비스 중 향후 활용도가 높을 것으로 생각되는 세부 서비스를 조사한 결과, 기후자료 다운로드, 기후예측/검증, 기후자료 추출/합성 서비스 모두에 대한 향후 활용도가 전반적으로 비슷한 비율로 나옴

4) APCC 기후서비스 플랫폼에 대한 동적 웹 기술 적용 관련

- APCC 기후서비스 플랫폼에 동적 웹 기술을 적용하여 사용자 인터페이스 개선 시,

향후 사용자 편의성 및 활용성이 높아질 것인가에 대한 질문에 응답자 25명 중 24명이 긍정적으로 답하여 동적 웹 기술 적용이 사용자 편의성 및 활용성을 높일 것으로 사료됨

5) APCC 기후서비스 플랫폼에 추가되기를 바라는 서비스

- 시, 군, 읍, 면 단위의 상세화된 온도 자료, 3D 형식으로 편차 및 높낮이 자료 구현, 이상기후 및 현상 추출 기능

6) APCC 기후서비스 플랫폼에 대한 추가 의견

- 학업 시 기후정보 처리 및 검증 등에 유용한 자료로 활용될 수 있으며, 웹사이트를 통해 기후예측을 쉽게 할 수 있고, 학부 과정에서 배운 내용에 대한 체계적인 실습을 제공하는 등 강의에 대해 전반적으로 만족하는 의견이 많았음. 다만 학부 과정에서 다루지 않는 내용에 대해서는 실습보다는 개요에 대한 강의가 적절했을 것이라는 의견도 제시됨

○ APCC 기후서비스 통합플랫폼 : APCC 기후서비스 플랫폼 활용(기후자료서비스)

1) APCC 기후자료의 사용 여부

- 25명 응답자 중 1명 만이 APCC 기후자료를 다운로드하여 연구 및 업무에 활용한 적이 있다고 답하여, 대부분의 응답자가 APCC 기후자료를 사용해 본 적이 없었음으로 나타남

2) 국내외 타 기관 기후자료서비스 사용 여부

- 응답자 중 19명(76%)이 타 기관 기후자료서비스를 사용해 본 적이 있다고 답하였으며, 특히 기상자료 개방포털을 가장 많이 사용해 보았다고 답하였음. 그 외 NOAA 및 공공데이터포털을 많이 활용하고 있음

3) APCC 기후서비스 플랫폼을 통한 기후자료 다운로드 방법의 용이성

- 응답자의 88%(23명)가 기후자료 다운로드 방법을 쉽게 배워 사용할 수 있다고 답변하였음. 참가자가 학부 과정 학생임을 고려할 때 플랫폼을 통한 기후자료 다운로드 방법이 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 구성되었음을 확인함

4) APCC 기후서비스 플랫폼의 스크립트(Open API)를 통한 기후자료 다운로드 방법의 용이성

- 응답자의 76%(19명)가 Open API를 통해 기후자료 다운로드 방법이 쉽게 배워 사용할 수 있다고 답변하였고, 24%는 다소 부정적인 답변을 하여, 웹페이지를 통한 기후자료 다운로드 보다는 어렵다고 분석됨

5) 향후 APCC 기후자료 활용 시 가장 선호하는 다운로드 방식 조사

- 응답자의 대부분이 웹페이지를 통해 기후자료를 다운로드하는 방식을 가장 선호하였으며(22명), 2순위 선호도에 대해서는 Open API(9명) 및 스크립트(11명)를 활용한 다운로드 방식에 대한 선호도는 비슷하게 조사되어, 참가자들 대부분이 웹페이지를 통해 기후자료를 다운로드 받는 것을 가장 선호하는 것으로 조사됨

6) 향후 참가자 학습, 연구, 업무에 도움이 될 자료 형태 조사

- 응답자 14명이 3개월 MME 자료를 주로 한 계절예측자료가 가장 도움이 될 것으로 답변하였고, 계절내예측자료나 기후변화시나리오자료, 재분석자료의 활용은 우선순위가 낮음으로 조사되었음

○ APCC 기후서비스 통합플랫폼 : APCC 기후서비스 플랫폼 활용(기후 예측/검증 서비스)

1) 사용자 맞춤형 기후 예측/검증 서비스에 대한 만족도

- 응답자 25명 중 24명이 사용자 맞춤형 기후 예측/검증 서비스에 만족한다는 답변을 하여, 전반적으로 서비스에 대한 만족도가 높은 것으로 조사됨

2) 연구 및 업무에 대한 도움 여부

- 서비스가 개인의 연구 및 업무에 도움이 되는지 여부에 대한 질문에 응답자 48%가 ' 매우 그렇다 ', 52%는 ' 그렇다 '라고 긍정적으로 답변함

3) 서비스 사용 및 해석의 용이함

- 기후 예측/검증 서비스의 기능 및 인터페이스가 사용하기 쉬운가에 대한 질문에 응답자 60%가 ' 매우 그렇다 ', 36%가 ' 그렇다 ' 라고 답변하여 서비스 사용이 편리한 것으로 분석됨

- 또한 기후 예측/검증 서비스의 해석이 용이한가에 대한 질문에 응답자 64%가 ' 매우 그렇다 ', 32%가 ' 그렇다 '라고 답변하여 결과 해석도 용이한 것으로 분석됨. 응답자가 대기전공 학부생인 것을 고려하여, 기후 분야에 대한 기본 지식을 함양한 사용자에게 사용하기 쉽고 해석도 용이한 서비스라고 사료됨

○ APCC 기후서비스 통합플랫폼 : APCC 기후서비스 플랫폼 활용(기후자료 처리 서비스)

1) 기후자료 처리 서비스에 대한 만족도

- 기후자료 처리 서비스에 대한 전반적인 만족도를 조사한 결과 응답자 56%가 ' 매우 그렇다 ', 40%가 ' 그렇다 '라고 답변하여 서비스에 대한 전반적인 만족도가 높은 것으로 조사됨

2) 기후자료 처리 서비스의 활용도 및 용이성

- 기후자료 처리 서비스가 개인의 연구 및 업무에 도움이 되는지에 대한 질문에 응답자의 96%가 ' 매우 그렇다 ' 또는 ' 그렇다 '로 답하여 서비스의 활용도가

높은 것으로 조사되었고, 기후자료 처리 서비스의 모델/기간/변수 선택, 파일 다운로드 기능, 버튼 위치 등 기능 및 인터페이스가 사용하기 쉬운지 여부에 관한 질문에 60%가 ' 매우 그렇다 ', 44%가 ' 그렇다 '라고 답하여 사용자가 서비스를 사용하기 쉬운 인터페이스인 것으로 조사됨. 종합적으로 기후자료 처리 서비스는 대기과학 전공자가 사용하기 쉬우며 활용도도 높은 것으로 조사됨

3) 기후자료 추출 및 합성 서비스 중 활용도가 높은 기능 조사

- 기후자료 처리 서비스를 통한 기후자료의 추출, 합성 서비스 중 활용도가 높은 기능을 조사한 결과, 추출 및 합성 서비스가 비슷한 빈도(추출 : 16회 / 합성 : 19회)로 활용도가 높다고 조사됨

4) 기후자료 처리 서비스의 결과물 활용 용도

- 기후자료 처리 서비스의 결과물을 주로 어떠한 용도로 사용할 것인지에 관한 질문 대부분의 응답자가 학과 과제 또는 연구에 활용할 예정이라고 답변하였음. 기후자료 처리 서비스가 대기 전공 분야 학업에 활용이 가능한 것으로 사료됨

5) 기후자료 처리 서비스에 대한 개선 및 건의 사항

- 동시접속자가 많은 경우에도 서비스 속도가 느려지지 않도록 서버 확충이 필요할 것이라는 의견이 있었음. 이는, 실습 도중 서버 문제로 참가자 전원이 동시 실습을 할 수 없었으며, 처리 속도도 느렸었던 점에 기반하여 나온 의견으로, 향후 실습을 고려한 서버 현황 점검이 필요할 것으로 보임

2.7.3. 2023년 사용자 워크숍

2.7.3.1. 개요

○ 기　간 : 2023.7.12.(수)-14.(금) <3일간>

○ 장　소 : APEC기후센터 2층 국제회의장

○ 대　상 : 국내 기후관련학과 대학생 및 대학원생 15일

○ 강　사 : 총 12 명

- 예측운영과 선임연구원 김유진, 이현록, 연구원 이현주, 신지현, 김상철, 정주형, 정다은, 임아영, 정임국

- 기후분석과 선임연구원 유진호, 임슬희, 김선태

○ 강의 주요내용

- (이론) 기후예측 자료의 이해

- (이론) 기후예측의 생산 및 검증

- (이론) 기후변화 영향평가

- (이론) 기후감시와 분석

- (실습) APCC 기후정보서비스 통합플랫폼 사용 실습 5회

해당 강의들에 대하여 다음 표와 같은 프로그램 일정으로 진행하였다.

Table 2.19. 2023 APCC User workshop program

시간	세션/강의	강사(보조강사)
1 일차		
10:00	개회	**대외협력과 과장 문상원**
10:00-10:10 (‘10)	개회사	**원장 신도식**
10:10-10:30 (‘20)	오리엔테이션 (APCC 소개 및 워크숍 관련 공지)	**대외협력과 행정원 나으뜸**
10:30-11:30 (‘60)	**[이론] 기후예측자료의 이해** (계절예측, S2S, 기후변화시나리오, 재분석, 원격상관 등)	**국제협력사업 추진단장 유진호**
11:30-13:00 (‘90)	점심	
13:00-13:50 (‘50)	**[이론] APCC 기후예측시스템 소개 및 기후예측 방법, 예측성의 이해**	**예측운영과 선임연구원 김유진**
13:50-14:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
14:00-14:50 (‘50)	**[이론] 기후예측의 생산 및 검증**	**예측운영과 선임연구원 이현주**
14:50-15:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
15:00-15:50 (‘50)	**[이론] 미래 기후전망 자료 활용 기후 변화 영향 평가**	**기후분석과 선임연구원 김선태**
15:50-16:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
16:00-17:00 (‘60)	**[실습] APCC 기후정보서비스 시스템 소개 및 회원가입**	**예측운영과 선임연구원 이현록** (신지현, 정주형) *시스템 모니터링:김상철
2 일차		
09:00-09:50 (‘50)	**[이론] 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용**	**예측운영과 연구원 임아영**
09:50-10:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	

시간	세션/강의	강사(보조강사)
10:00-10:50 (‘50)	**[이론] 기후감시와 분석**	**기후분석과 선임연구원 임슬희**
10:50-11:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
11:00-11:50 (‘50)	**[이론] 동남아시아 산불예측정보 서비스 사례 소개**	**예측운영과 연구원 정임국**
11:50-13:00 (‘70)	점심	
13:00-14:10 (‘70)	**[실습] 기후자료서비스 실습**	**예측운영과 연구원 신지현** (이현록, 김상철, 정주형, 정다은)
14:10-14:30 (‘20)	휴식 및 Q&A	
14:30-15:10 (‘40)	**[실습] 기후자료 처리서비스 실습**	**예측운영과 연구원 정주형** (이현록, 김상철, 신지현)
15:10-15:30 (‘20)	휴식 및 Q&A	
15:30-16:40 (‘70)	**[실습] 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증실습**	**예측운영과 연구원 김상철** (이현록, 정주형) *시스템 모니터링:신지현
3 일차		
09:00-10:30 (‘90)	**[실습] 상세화 예측 실습**	**예측운영과 연구원 정다은** (이현록, 신지현, 김상철, 정주형)
10:30-11:00 (‘30)	공지사항 및 참가자 설문조사	
11:00-11:30 (‘30)	수료식 및 폐회	

2.7.3.2. 주요내용

2.7.3.2.1. 이론강의

Table 2.20. Theory lecture contents

1. 기후예측자료의 이해
- 기후 예측을 위한 기후의 개념, 결정요인, 기후변동, 기후변화 등에 대한 개괄적인 설명과 예시를 통해 워크숍 내 진행될 강의들에 대한 기초 이해를 도움을 주기위한 교육이다. 기

후예측 성능을 좌우하는 초기조건, 경계조건, 예측방법을 소개하고, 역학적 예측 방법으로서의 기후예측 모델 개념에 대해 강의하였다.
2. APCC 기후예측시스템 소개 및 기후예측 방법, 예측성의 이해
- 기후예측의 역사와 예측모델, MME 장단점 및 계절예측의 과정 등 기후예측 방법에 대한 기본적인 개념을 소개하였다. 신뢰성과 예측력이 높은 MME 기반의 APCC 기후예측 시스템, 태평양 도서국 계절예측자료 후처리 시스템 PICASO, 계절 내 예측 BSISO를 소개하였다.
3. 기후예측의 생산 및 검증
- 단일 수치예보의 계통오차 감소를 위해 도입된 MME 기법 및 종류, APCC MME 운영일정 및 기후예측 자료가 생산되는 과정을 소개하였다. 사용자 환경에 적합한 예측 모델을 선정하기 위한 예측자료 검증의 개념과 다양한 검증 평가 지수(skill score)를 소개하였다.
4. 미래 기후 전망 자료 활용 기후 변화 영향 평가
- 기후변화의 다양한 정의 및 배경설명(GHG 농도, 전지구 평균기온 상승)과 기후변화 영향 평가/분석을 위한 기후변화 시나리오 및 산출방법을 소개하였다. 태풍, 활동지수, 극한강수, 태양광에너지 전망 분석 등 각각의 인자가 기후변화에 끼치는 영향을 평가할 수 있는 상세 시나리오를 설명하였다.
5. 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용
- APCC 주요업무인 계절내 예측 및 3~6개월 예측에 주요한 영향을 미치는 MJO의 개념과 MJO 지수인 RMM에 대한 개념을 설명하였다. RMM의 한계를 보완하고 극한기후현항을 예측에 매우 중요한 인자인 BSISO의 구조 및 각 특징과 BSISO 실시간 예측 기관은 APCC가 유일함을 소개하였다.
6. 기후감시와 분석
- 기후감시를 위해서는 전지구 규모의 다양한 기후자료 감시가 필요하며 여름철 ENSO, 겨울철 북극진동 등 대표적인 기후감시 요소를 설명하였다. 우리나라 및 동아시아 지역의 고기압성 편차에 영향을 주는 대표적인 패턴을 소개하였다. (CGT 패터, PJ 패턴 등)
7. 동남아시아 산불예측 서비스 사례 소개
- 산불 예측 시스템 운영 체계 및 일정, 기초 자료 및 4가지 기법, 관측자료(CHIRPS) 설명 및 지역자료 생산 벙법 및 산불 위험등급 구간 정의 방법 등을 설명하였다. 비교자료(MOIS)를 추출하여 검증을 진행한 결과 2019~2021년도 APCC 산불예측 정보의 예측값이 실제 화재 결과의 거의 일치함을 소개하였다.

2.7.3.2.2. 실습

Table 2.21. Practical contents

1. APCC 기후정보서비스 시스템 소개 및 회원가입
- 역사 속 기후정보를 살펴보고 플랫폼을 구성하나는 하나의 기술로서의 클라우드 개념, 종류, API를 소개하였다. 기존 개별적으로 제공되던 서비스를 통합하기 위해 개발된 APCC 기후정보서비스 (이하 CLIK)의 메뉴를 소개하고, 추구 실습 활용을 위한 회원가입 진행하였다.
2. 기후자료서비스 실습
- 기후자료서비스 실습에 필요한 WGET 설치 및 사용법, MME 자료 및 개별 모델 자료 다운로드, 고해상도 MME 자료 및 개별 모델 자료 다운로드, BSISO 자료 다운로드, 기후변화시나리오(CMIP5) 자료 다운로드, ERA5 자료 다운로드, NCEP 자료다운로드 실습을 진행하였다.
3. 기후자료 처리서비스 실습
- 간편한 웹 기반 기후자료 처리서비스를 제공하는 추출(Clipping)과 합성(Composite), 지역정보추출(Masking) 소개 및 활용 방법을 설명하였다. Panoply Data Viewer 설치 및 메뉴별 실습 시나리오의 조건(변수, 모델, 기간 등)에 맞춰 실습을 진행하였다.
4. 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증 실습
- 기후 예측 방법과 검증 기법 등 데이터 추출과 활용을 위한 인터페이스 설명, 자료 다운로드는 비동기 방식을 활용하여 편이한 이용이 가능함을 소개하였다. 실습 시나리오에 맞춰 예측결과 확인, 파일 다운로드, 기존 생성 결과 외 새로 생성되는 조합을 추출하는 실습을 진행하였다.
5. 상세화 예측 실습
상세화 예측의 필요성 및 상관관계와 인과관계의 개념을 '인과관계'를 설명할 수 있는 예측인자를 설정하여 강의하였다. 메타데이터를 CLIK에 업로드하고 서울지역 대상 상세화 예측 실습 (특정 기간, 모든 모델, 인과관계에 맞는 예측인자 설정 등)과 상세화 예측 결과 자료를 해석하였다.

2.7.3.3. 설문조사 및 사용자 환류

2.7.3.3.1. 만족도 설문조사 주요내용

○ 조사방법 : Google Survey 기능 활용하여 전반적인 워크숍 평가 및 이론강의와 실습 각 항목에 대한 만족도 조사

- 객관식 답변 : 매우 아니다 1점 ~ 매우 그렇다 5점 점수 부여

- 주관식 답변 : 의견서술 및 선호도 순으로 조건 나열

○ 참 여 자 : 워크숍 참가자 15인 전원

○ 조사결과(요약)

Table 2.22. Summary of survey result

항목	전반적인 만족도	이론강의 만족도	실습 만족도	총점
평균점수	4.7 / 5.0	4.8 / 5.0	4.7 / 5.0	**4.7 / 5.0**

종합 평균점수 총점 4.7점으로 참가자 대부분 워크숍의 취지를 이해하고 높은 효용성을 확인한 것으로 판단된다.

2.7.3.3.2. 세부 조사결과

2.7.3.3.2.1. 전반적 만족도 조사

○ 항목별 만족도

Table 2.23. Survey result by item (1)

전반적인 만족도	참가목적 부합성	역량강화 기여 여부	행정지원	프로그램 구성	수강환경
평균점수 4.7	4.7	4.7	4.8	4.7	4.7

- 응답자 전원 워크숍 프로그램이 참가목적과 기대에 부합하고 개인의 역량 강화에 도움이 되며, 행정지원 역시 충분했다고 평가하였다.

○ 개선되어야 할 사항

- (참가자 수준 고려) 사전 조사를 통해 참가자 수준을 파악 후 강의에 반영하면 좋겠다는 의견이 있었음

- (시간안배) 점심시간, 휴식, 질의응답 등을 고려하여 프로그램 간 조금 더 여유로운 시간 안배 의견

- (실습환경) 약 20% 응답자가 실습 시 서버 및 처리속도 개선을 요청

○ 워크숍 활성화를 위해 추가요청 사항(강의 및 실습 측면)

- (심화실습) 프로그래밍 교육(파이썬, NCL)을 통한 Open API, 기후자료 시각화, 통계분석, wget 활용 정보추출 등 희망

- (수강자 참여 프로그램) 조별 실습, 실습결과 발표 등 희망

- (화학관점 강의) 다각적인 이해를 위해 기후변화에 영향을 끼치는 화학물질의 농도 및 상관관계 등의 강의 추가 의견

2.7.3.3.2.2. 이론강의 만족도

○ 항목별 만족도

Table 2.24. Survey result by item (2)

이론강의 만족도	강의내용 및 진행방식	강의 난이도 적정성	용어 및 개념설명 적정성
평균점수 4.8	4.7	4.7	4.8

- 응답자 전원 강의내용, 난이도, 용어 및 개념 설명이 적절하게 이뤄졌다고 응답함. 다만 강의 난이도에 대한 응답 중 33%는 '적절하다', 67%는 '아주 적절하다'로 나뉜 것을 미루어볼 때, 학부생과 석박사 과정 학생 간 이해도의 차이로 추정됨

○ 가장 도움이 된 주제

- 응답자 중 87%가 BSISO의 개념과 활용을 다루었던 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용이 가장 도움이 되었고, 뒤이어 기후예측 생산 및 검증은 다중모델앙상블에 관한 내용이 유익했다고 응답

- 복수선택이 가능한 문항으로 응답자 대부분 평균 5개의 과목을 선택함. 개인 연구에 실제 적용할 수 있는 내용이 많이 다뤄졌으며, 강사들의 자세한 설명 덕에 어렵지 않게 이해할 수 있었다는 응답이 주를 이룸. 이를 바탕으로 이론강의 대부분이 참가자들에게 유익했던 것으로 판단됨

○ 다소 어렵다고 느낀 주제

- 응답자 중 5명은 각각 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용, 기후예측의 생산 및 검증, 기후변화 영향평가 순으로 이해가 다소 어려웠다고 응답함. 다만 이는 2)의 조사결과와 상반되는 결과로, 주제 자체는 흥미롭고 유익했으나 개념이 생소하고 관련 전공지식이 비교적 부족하여 완벽하게 이해하기가 어려웠던 것으로 해석됨

- 그 외 나머지 응답자 10명은 어려운 주제가 없었으며 강사들이 최대한 이해하기 쉽게 설명했다고 응답함. 이를 바탕으로 본 워크숍의 이론 강의 난이도가 적정했음을 재차 확인함

2.7.3.3.2.3. 실습 만족도

○ 항목별 만족도

Table 2.25. Survey result by item (3)

실습 만족도	실습내용 및 진행방식	실습 난이도 적정성	이론과목 이해에 도움이 되었는지 여부
평균점수 4.7	4.7	4.7	4.7

- 응답자 전원 실습 난이도가 적정했고 이론과목 이해에 도움이 되었다고 응답함. 실습 내용 및 진행방식 항목의 경우, 실습 시 더딘 처리 속도를 경험한 1명만 '보통이다'로 응답함

○ 가장 도움이 된 주제

- 중복선택 가능한 문항으로, 데이터 업로드부터 다양한 모델과 예측인자를 고려하여 예측 결과를 볼 수 있다는 점에서 상세화 예측 실습의 만족도가 가장 높았음. 또한 해당 응답자 중 90%가 그 외 모든 실습 역시 도움이 되었다고 응답함

- 반면 상세화 예측 실습을 선택하지 않은 응답자 6인은 모두 APCC 기후정보서비스 소개 혹은 기후자료서비스 실습이 가장 도움이 되었다고 응답함. CLIK시스템에 대한 종합적인 설명과 더불어 자료별 다운로드 실습이 직관적인 이해에 도움이 된 것으로 보임

○ 다소 어렵다고 느낀 주제

- 2명의 응답자가 기후자료 처리서비스 실습 시 컴퓨터 관련지식 부족과 로그인 문제로 어려움을 느꼈다고 답변

- 나머지 응답자 13명 전원은 어려운 내용이 없었다고 응답하여 실습 난이도가 적정함을 확인할 수 있었고, 질문이 있거나 실습 중 문제 발생 시 강사들이 1:1로 대응해준 부분에 깊은 인상을 받았다는 것을 확인함

2.7.3.3.2.4. 기후정보서비스 플랫폼 개선을 위한 세부 만족도 조사

○ APCC 기후서비스 플랫폼(이하 CLIK) 종합

- CLIK 서비스에 대한 전반적인 만족도

  · 응답자 전원 만족한다고 응답(4.7점)

- APCC 기후서비스 활용 여부

  · 응답자 전원 향후 연구, 업무, 학습에 활용 예정으로 응답(4.7점)

- CLIK 제공 서비스 중 활용도 높을 것으로 예상되는 순위

  · '① 기후자료 다운로드 ② 기후 예측/검증 ③ 상세화 예측 ④ 기후자료 추출/합성/마스킹' 순으로 조사됨

  · 3순위의 경우 4가지 서비스 모두 비슷한 수치로 답변이 나와 제한된 실습 기간 중 기능별 특성과 차이점을 모두 파악하기에는 조금 어려웠던 것으로 사료됨

- 개방형 인증에 추가 도입되기를 원하는 사이트

  · Microsoft 추가 희망 1인 외 응답자 전원 현재 인증방식에 만족

· (추가 기능제안) Github에서 pip[8] 기능 적용

- 동적 기술 적용 효용성

· 응답자 중 87%가 동적기술 적용이 기후정보의 사용 편의성 및 활용성 향상에 도움이 될 것이라고 응답

- CLIK 신규사용자용 튜토리얼 온라인 서비스 개선을 위한 의견

· (영상 튜토리얼) CLIK 사용방법, 코딩 및 자료 처리 과정, 해당 영상 youtube 게시로 사용자 편의성 확대

· (그 외) 예측 관련한 R코드 공유, wget코드 기간이나 변수 설정 시 텍스트로 변환해주는 사용자 친화적 서비스 등 프로그래밍 관련 응답도 있었음. 이는 응답자가 실습 시 경험했던 '플랫폼 신규사용자' 라는 입장에 더 초점을 둔 응답이나, 향후 서비스 개선을 위해 참고해볼 수 있을 것으로 사료됨

- '추가로 제공되길 원하는 정보서비스 및 기후자료, 동적 표출 기술을 활용하기를 원하는 콘텐츠

· (다양한 기후인자 고려) 해빙, 황사, 미세먼지, CO2 농도 등

· (지역정보) Leaflet[9] 또는 OpenStreetMap[10]과 연동하여 국가별 상세지역에 대한 기후정보 표출

- APCC 기후서비스 플랫폼의 전반적인 소감

· (편리성) 사용자 친화적이며, 앞으로 다양한 방안으로의 활용이 기대됨, GIS 응용이 가능한 부분을 개선한다면 더욱 활용도가 높을 것이라는 의견도 있었음

· (보완점) 오류 개선 필요(help desk, wget / 데이터 다운로드 시 계정입력 등)

· 이 문항은 질문의 의도와 달리 과반수의 응답자가 '워크숍에 대한 소감' 을 기재하여 유의미한 응답을 많이 수집하지 못했음. '소감' 이라는 용어가 혼동을 줄 수 있으므로, 추후에는 '사용 경험' 과 같이 구체적인 단어로 질의하겠음

○ CLIK 활용: 기후자료서비스(Dataset 메뉴)

- APCC 기후자료 활용 경험

· 2명이 APCC 기후자료를 연구나 업무에 활용해본 적이 있다고 답했으며, 그 외는 모두 활용 경험 없음

- 국내외 타 기관 기후자료서비스 사용 경험

8) pip (Packge Installer for Python) : 파이썬으로 특정기능 수행 위해 만든 모듈
9) Leaflet : 웹매핑 어플리케이션을 위해 사용되는 오픈소스 자바스크립트 라이브러리
10) OpenStreetMap : 누구나 참여할 수 있는 오픈소스 방식의 무료 지도 서비스

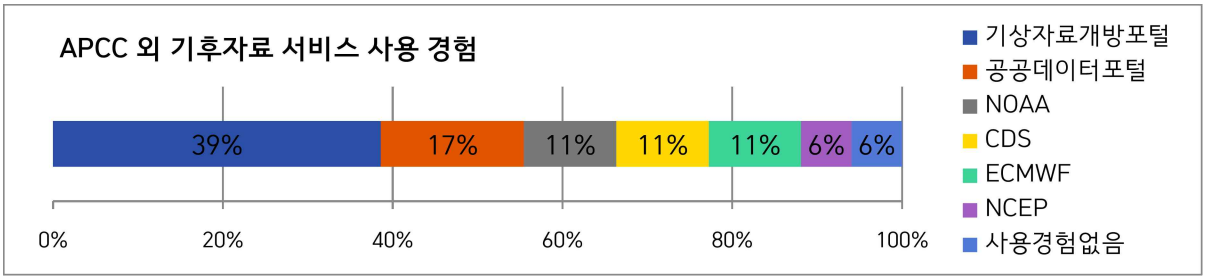


Figure 2.96. Experience using climate data service (except APCC Data Service)

· 1명 외 응답자 전원 모두 국내외 타 기관 기후자료 서비스를 사용해본 경험이 있으며, 국내 데이터를 우선하여 활용하는 경향을 보임(국내기관 56%, 해외기관 39%). 응답대상자는 소수이지만 실무자 및 석박사 과정 참가자 비율이 40%인 점을 미루어볼 때, CLIK 서비스를 적극적으로 홍보한다면 기후자료 서비스 제공처로서의 입지 확보의 가능성이 있다고 사료됨

- CLIK 자료 다운로드 방식 용이성 및 선호방식

Table 2.26. Ease of downloading data

선호방식	① 웹페이지	② 프로그래밍 (Open API)	③ 스크립트(wget)
다운로드 용이성	4.5	4.5	4.3

· 각 다운로드 방법 모두 쉽게 배워 사용할 수 있다는 응답이 주를 이루었으며, 선호방식은 '웹페이지 > 프로그래밍 > 스크립트 순'으로 다운로드 용이성 평가 점수와 비례 관계를 보임

- CLIK 제공자료의 활용성 조사

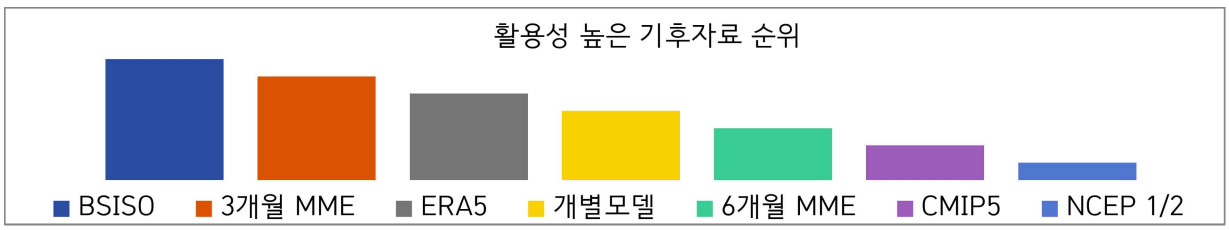


Figure 2.97. High-utilization climate data ranking

· '계절 내 예측자료(BSISO) > 계절예측자료(3개월 MME 자료) > 재분석자료(ERA5) > 계절예측자료(개별모델자료) > 계절예측자료(6개월 MME자료) > 가공된 기후변화시나리오 자료 (CMIP5) > 재분석자료 (NCEP 1/2)' 순으로 연구 및 업무에 가장 도움이 될 것으로 조사됨

· 기후위기 심화로 계절 내 예측 및 3개월 예측 등 중장기 예측에 대한 수요가 반영된 것으로 보임

- 기후자료 서비스 제안사항

  • (추가 기후자료) CMIP6 자료, 해빙 및 일별 기상 데이터, 화학분야

  • (기능적 개선) 기후자료(NetCDF[11])를 GeoTIFF[12]로 변환하는 서비스 혹은 코드 제공

○ CLIK 활용: 기후자료 처리 서비스(Processing>Clipping/Composite/Masking 메뉴)

- 전반적인 평가

Table 2.27. Overall evaluation about Clipping/Composite/Masking service

항목	서비스 만족도	연구/업무 활용성	기능 및 인터페이스 사용 용이성
평균 점수	4.7	4.7	4.7

- 서비스별 활용성 평가

  • 합성, 추출, 마스킹 순으로 활용도가 높은 기능으로 조사됨

- 기후자료 처리 서비스 결과물 활용 용도 조사

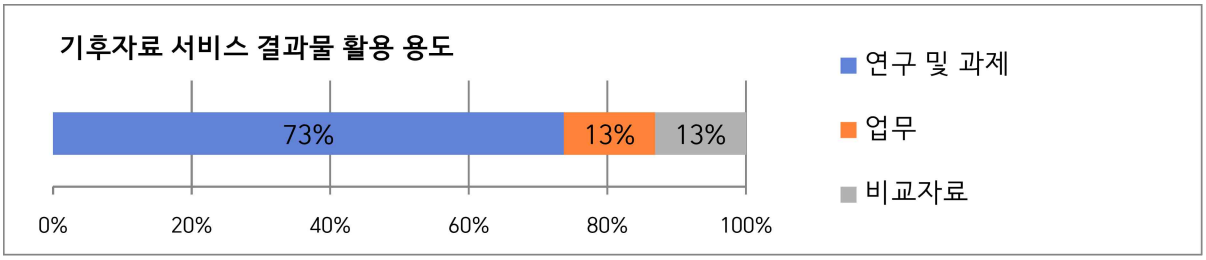


Figure 2.98. Application of climate data processing service results

  • 연구(논문) 및 과제에 활용하겠다는 응답이 73%, 업무(정책개발 및 기획)와 비교자료로 활용 응답이 각각 13%의 비율로 뒤를 이었음

- 기능 및 성능개선을 위한 제안

  • (부가 기능 추가) shapefile[13] 동시 제공, 더 고해상도의 자료 클리핑

  • (성능개선) 모델 구동 시 처리속도 개선

- 추가 기능/서비스 제안

  • 결과 페이지에 사진 혹은 한국어 설명, 코드 제공

  • Windy와 같이 가시화 접근성이 뛰어나고, 출처융합(위성 등)이 잘될 수 있는 서비스

11) NetCDF : Network Common Data Form 과학데이터 저장을 위한 데이터 포맷
12) GeoTIFF : TIFF(Tagged Image File Format)파일에 지리참조 정보를 포함한 공개 메타데이터 표준
13) Shapefile : 지리정보시스템 소프트웨어를 위한 지리 공간 벡터 데이터 저장 형식

○ CLIK 활용: 기후 예측/검증 서비스(Processing> Prediction/ Verification 메뉴)

- 전반적인 평가

Table 2.28. Overall evaluation about Prediction/Verification service

항목	서비스 만족도	연구/업무 활용성	기능 및 인터페이스 사용 용이성	결과 해석 용이성
평균 점수	4.7	4.8	4.7	4.8

- CLIK 외 기후 예측을 위한 tool 사용 경험

  · Windy를 사용해본 1명의 응답자 외, 14명 전원 기후예측 tool 사용 경험 전무

- 개선사항 제안

  · (부가 기능 추가) 가시화 융합 기능 적용

  · (분석 관련) 모델 원자료의 출처나 자료설명, 검증 코드 공유 등

○ CLIK 활용: 상세화 예측 서비스(Processing> Downscale 메뉴)

  · 전반적인 평가

Table 2.29. Overall evaluation about Downscale service

항목	서비스 만족도	연구/업무 활용성	기능 및 인터페이스 사용 용이성	결과 해석 용이성
평균 점수	4.7	4.7	4.7	4.8

- 개선사항 제안

  · (부가기능 추가) 기압이나 해빙 등의 인자, DEM 자료 추가

  · (성능개선) 처리속도 개선

2.7.4. 2024년 사용자 워크숍

2.7.4.1. 개요

○ 기　　간 : 2024.9.26.(목)-27.(금) <2일간>

○ 장　　소 : APEC기후센터 2층 국제회의장

○ 대　　상 : 국내 기후관련학과 대학생 및 대학원생 30인

○ 강　　사 : 총 11명

- 예측운영과장 이현록, 선임연구원 김유진, 송봉근, 연구원 정다은, 임아영, 신지현, 김상철, 정주형

- 기후분석과 선임연구원 유진호, 김선태, 임슬희

○ 강의 주요내용

- (이론) 기후예측 자료의 이해, 기후예측 방법 및 예측성의 이해

- (이론) 기후변화 영향평가, 기후감시와 분석

- (이론) 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용

- (실습) APCC 기후정보서비스 통합플랫폼 사용 실습

- (조별활동 및 발표) 조별 기후전망자료 생산, 분석 및 결과 발표

해당 강의들에 대하여 다음 표와 같은 프로그램 일정으로 진행하였다.

Table 2.30. 2024 APCC User workshop program

시간	세션/강의	강사(보조강사)
1일차 - 9/26(목)		
10:00-10:30 (‘30)	개회, APCC 소개, 오리엔테이션	대외협력과
10:30-11:30 (’ 60)	[이론] 기후예측자료의 이해 (계절예측, S2S, 기후변화시나리오, 재분석, 원격상관 등)	기후분석과 유진호
11:30-13:00 (‘90)	점심	
13:00-13:50 (’ 50)	[이론] APCC기후예측시스템 소개 및 기후예측 방법, 예측성의 이해	예측운영과 김유진
13:50-14:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
14:00-14:50 (‘50)	[이론] 미래 기후전망 자료활용 기후변화 영향평가	기후분석과 김선태
14:50-15:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
15:00-15:50 (‘50)	[이론] 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용	예측운영과 임아영
15:50-16:00 (‘10)	휴식 및 Q&A	
16:00-16:50	[이론] 기후감시와 분석	기후분석과 임슬희

시간	세션/강의	강사(보조강사)
(‘50)		
16:50-17:00 (’ 10)	Q&A	
2일차 - 9/27(금)		
09:00-11:00 (‘120)	[실습] - APCC 기후정보서비스 시스템 소개 - 기후자료서비스 실습 - 기후자료 처리서비스 실습 - 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증 실습	예측운영과 이현록 (신지현, 정주형) *시스템 모니터링:김상철
11:00-11:10 (‘10)	휴식 및 Q&A	
11:10-12:40 (‘90)	[실습] 상세화 예측 실습	연구원 정다은 (이현록, 신지현, 김상철, 정주형)
12:40-13:40 (‘60)	점심	
13:40-15:40 (’ 120)	[조별활동] 기후전망자료 생산 및 분석	선임연구원 송봉근, 연구원 정다은
15:40-15:50 (‘10)	휴식 및 Q&A	
15:50-16:50 (’ 60)	[조별활동 발표]	선임연구원 송봉근, 연구원 정다은
16:50-17:10 (‘20)	공지사항 및 참가자 설문조사	
17:10-17:30 (’ 20)	수료식 및 폐회	

2.7.4.2. 주요내용

2.7.4.2.1. 이론강의

Table 2.31. Theory lecture contents

1. 기후예측자료의 이해
- 기후 예측을 위한 기후의 개념, 결정요인, 기후변동, 기후변화 등에 대한 개괄적인 설명과 예시를 통해 워크숍 내 진행될 강의들에 대한 기초 이해를 도움 - 기후예측 성능을 좌우하는 초기조건, 경계조건, 예측방법을 소개, 예측모델로 생산하는 자료(계절예측, 기후변화 전망, 재분석자료 등) 설명
2. APCC기후예측시스템 소개 및 기후예측 방법, 예측성의 이해

- 기후예측의 역사와 예측모델, MME 장단점 및 계절예측의 과정, 검증 등 기후예측 방법에 대한 기본적인 개념 강의 - 신뢰성과 예측력이 높은 MME기반의 APCC 기후예측 시스템, 계절 내 예측 BSISO 소개, 신기술(AI/ML)을 활용한 기후예측 현황 등 설명
3. 미래 기후 전망 자료 활용 기후변화 영향평가
- 기후변화의 다양한 정의 및 배경설명 (GHG 농도, 전지구 평균기온 상승)과 기후변화 영향평가/분석을 위한 기후변화 시나리오 및 산출방법 소개 - CMIP6, 지역기후모델을 활용한 상세화 자료, Large Ensemble 실험자료 등 기후변화 자료를 활용한 미래 기후변화(태풍, 홍수, 태양광에너지) 전망 분석 등 각각의 인자가 기후변화에 끼치는 영향을 평가할 수 있는 상세 시나리오 설명
4. 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용
- 주요 계절내 현상 소개 및 여름철 계절내 진동(BSISO) 정의, 구조 및 특징 설명 - APCC 계절내예측시스템, BSISO 예측 및 검증방법, BSISO 영향장 소개 및 폭염 및 장마 예측관련 국내외 활용사례 설명
5. 기후감시와 분석
- 기후예측 기본개념과 기후분석 방법 소개, 기후감시를 위해서는 전지구 규모의 다양한 기후자료 감시가 필요하며 ENSO, 북극진동, 유라시아 눈덮힘, 북극 해빙 등 대표적인 기후감시 요소 강의

2.7.4.2.2. 실습

Table 2.32. Practical contents

1. APCC 기후정보서비스 플랫폼 소개 및 실습
- APCC기후서비스 (CLIK)의 각 메뉴 소개 및 추후 실습 활용을 위한 회원가입 진행 - 기후자료 다운로드, 기후자료 처리서비스(추출, 합성, 지역정보 추출), 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증 실습 - 실습시나리오에 맞춰 예측결과 확인, 파일 다운로드, 기존 생성 결과 외 새로 생성되는 조합을 추출하는 실습 진행
2. 상세화 예측 실습
- 상세화 예측의 필요성 설명 - 자료처리 실습(2024년 6—8월 서산 강수량 자료 활용), 메타데이터를 CLIK에 업로드하고 서산지역 대상 상세화 예측 실습(특정 기간, 모든 모델, 인과관계에 맞는 예측인자 설정 등)과 상세화 예측 결과 자료 해석
3. [개별활동] 기후전망자료 생산 및 분석

- APCC 기후전망자료 소개(기온 및 강수 계절예측 요약본, 최근 기후상태, 해수면온도 예측, 기온 및 강수 예측, ENSO 경보 정보 제시 등)
- 참가자가 직접 기후전망자료를 생산, 아웃룩 작성 및 발표, 강사진들의 피드백을 통한 참여형 수업

2.7.4.3. 설문조사 및 사용자 환류

2.7.4.3.1. 만족도 설문조사 주요내용

○ 조사방법 : Google Survey 기능 활용하여 전반적인 워크숍 평가 및 이론강의와 실습 각 항목에 대한 만족도 조사

- 객관식 답변 : 매우 아니다 1점 ~ 매우 그렇다 5점 점수 부여

- 주관식 답변 : 의견서술 및 선호도 순으로 조건 나열

○ 참 여 자 : 워크숍 양일 참가자 4인

○ 조사결과(요약)

Table 2.33. Summary of survey result

항목	전반적인 만족도	이론강의 만족도	실습 만족도	총점
평균점수	4.6 / 5.0	5.0 / 5.0	5.0 / 5.0	4.87 / 5.0

종합 평균점수 총점 4.87점으로 참가자 대부분 워크숍의 취지를 이해하고 높은 효용성을 확인하여 전반적으로 만족한 것으로 판단된다.

2.7.4.3.2. 세부 조사결과

2.7.4.3.2.1. 전반적 만족도 조사

○ 항목별 만족도

Table 2.34. Survey result by item (1)

전반적인 만족도	참가목적 부합성	역량강화 기여 여부	행정지원	프로그램 구성	수강환경
4.6	4.5	5.0	4.5	4.25	4.75

- 참가자들은 워크숍 프로그램이 참가목적과 기대에 부합하고 개인의 역량 강화에 도움이 되며, 행정지원과 프로그램 구성, 강의환경 등에 대해 높은 만족도를 보임

○ 개선사항

- 참가자 대상 점심식사 제공 건의, 다양한 이론강의 내용을 충분히 이해하고 실습에 적용하기까지 시간이 소요되므로 워크숍 기간이 좀 더 길고 천천히 진행되었다면 좋겠다는 의견

○ 워크숍 활성화를 위해 추가요청 사항(강의 및 실습 측면)

- (실습) CLIK실습 외에 포트란, ncl, 파이썬과 같은 프로그램을 이용한 계절예측 실습 희망

- (프로그램) 연구원 사무실 견학 희망

2.7.4.3.2.2. 이론강의 만족도

○ 항목별 만족도

Table 2.35. Survey result by item (2)

이론강의 만족도	강의내용 및 진행방식	강의 난이도 적정성	용어 및 개념설명 적정성
4.34	5.0	4.0	4.0

- 응답자 전원 강의내용, 난이도, 용어 및 개념 설명이 적절하게 이뤄졌다고 응답함. 다만 강의 난이도와 용어/개념에 대한 설명도에 대해 25%는 '보통', 25%는 '매우 적절', 50%는 '적절'로 응답한 것으로 미루어볼 때, 참가자들 간 수준과 이해도 차이가 있는 것으로 나타남

○ 가장 도움이 된 주제

- 응답자의 100%가 BSISO의 개념과 활용을 다루었던 여름철 계절내 진동 예측 생산 및 활용이 가장 도움이 되었고, 뒤이어 기후예측자료의 이해, APCC기후예측시스템 소개 및 기후예측 방법, 예측성의 이해 과목이 유익했다고 응답

- 전공과목을 심층적으로 이해하는 데 도움이 되며, 전반적인 기후자료에 대한 자세한 설명으로 쉽게 이해할 수 있었다는 응답이 주를 이룸. 이를 바탕으로 이론강의 대부분이 참가자들에게 유익했던 것으로 판단됨

○ 다소 어렵다고 느낀 주제

- APCC 기후예측시스템 소개 및 여름철계절내 진동 예측 생산 및 활용 주제가 어렵다고 느낀 응답자가 각 1명씩 있었으며, 처음 접한 주제임에 따른 어려움으로 해석됨

2.7.4.3.2.3. 실습 만족도

○ 항목별 만족도

Table 2.36. Survey result by item (3)

실습 만족도	실습내용 및 진행방식	실습 난이도 적정성	이론과목 이해에 도움이 되었는지 여부
4.75	5.0	4.25	5.0

- 실습내용과 진행방식과 실습내용이 이론과목 이해에 도움이 되었는지에 대한 항목에 전원 ‘매우만족’ 으로 응답하며 전반적으로 높은 만족도를 나타남

○ 가장 도움이 된 주제

- 참가자의 75%가 APCC 기후정보서비스 시스템 소개, 기후자료서비스 실습, 기후자료처리서비스 실습, 사용자맞춤형 계절예측 및 검증 실습이 가장 도움이 되었다고 응답함. 평소 관심은 있었으나 다뤄보기 힘든 분야의 시스템을 직접적으로 배울 수 있던 점, APCC에서 생산하고 다루는 예측정보를 전반적으로 실습을 통해 이해하기 쉽게 설명해주었으며, 개별활동인 아웃룩 실습을 통해 배운 내용을 머릿속으로 잘 정리할 수 있어 실습활동 전반적인 만족도가 높게 나타난 것으로 보임

- 참가자 중 박사생 1인은 CLIK에서 제공하는 계절예측서비스를 연구업무에 실용적으로 활용할 수 있을 것이라는 의견을 제시함

○ 다소 어렵다고 느낀 주제

- 참가자 중 학부생 2인은 상세화 예측 실습이 다소 어려웠다고 응답했으며, 이는 처음 접한 주제를 짧은 시간에 다룬 것에 따른 어려움으로 해석됨

2.7.4.3.2.4. 기후정보서비스 플랫폼 개선을 위한 세부 만족도 조사

○ APCC 기후정보서비스 플랫폼(이하 CLIK) 종합

- CLIK 서비스에 대한 전반적인 만족도

· 응답자 전원 만족한다고 응답(4.8점)

- 향후 APCC 기후서비스 활용 의향

· 응답자 전원 향후 연구, 업무, 학습에 활용 예정으로 응답(4.8점)

- CLIK 제공 서비스 중 활용도 높을 것으로 예상되는 순위

· ‘기후자료 다운로드’ 서비스의 활용도가 제일 높을 것으로 전원 응답, ② 기후 예측/검증 ③ 상세화 예측 ④ 기후자료 추출/합성/마스킹’ 순으로 나타남

- CLIK 신규사용자용 튜토리얼 온라인 서비스 개선을 위한 의견

· 튜토리얼 설명이 보기 쉽게 매우 잘 되어있어 혼자 공부할 때 많은 도움이 됨

- ‘추가로 제공되길 원하는 정보서비스 및 기후자료, 동적 표출 기술을 활용하기를 원하는 콘텐츠

  · 기온, 강수 외 해양관련 정보

- APCC 기후정보서비스 플랫폼의 전반적인 소감

  · (편리성) CLIK은 매우 직관적이며 어려운 프로그램을 하지 않아도 웹상에서 쉽고 빠르게 지도로 표출된다는 점이 매우 편리하다고 느껴짐. 또한, 처음 접하는 사람들도 이해하기 쉽게 자료를 다운로드 받거나 처리할 수 있어 편리함

  · (보완점) CLIK 실습 시 일부 시스템 오류(개별모델 다운로드, 계절예측 클리핑 파일 다운로드, 마스킹 오류 등) 발생했으나 담당자의 적극적인 대처로 프로그램 종료 전 자세한 상황설명과 활용방법 재안내하여 대응함

○ CLIK 활용: 기후자료서비스(Dataset 메뉴)

- APCC 기후자료 활용 경험

  · 응답자 4인 중 1명이 APCC 기후자료를 연구나 업무에 활용해본 적이 있다고 답했으며, 그 외는 모두 활용 경험 없음

- 국내외 타 기관 기후자료서비스 사용 경험

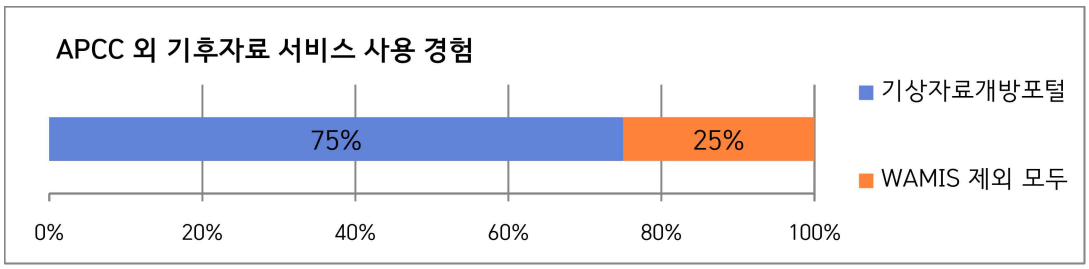


Figure 2.99. Experience using climate data service (except APCC Data Service)

  · 응답자 전원 모두 국내외 타 기관 기후자료 서비스를 사용해본 경험이 있으며, 국내 데이터를 우선하여 활용하는 경향을 보임

- CLIK 자료 다운로드 방식 용이

  · 참가자들은 웹페이지를 통한 기후자료 다운로드가 쉽다고 응답함(매우쉬움 75%, 쉬움 25%)

- CLIK 제공자료의 활용성 조사

Figure 2.100. High-utilization climate data ranking

· 3개월 MME 자료 > 6개월 MME 자료 > 고해상도 MME 자료 > 재분석자료(ERA5) > 개별모델 > 계절 내 예측자료(BSISO) > 가공된 기후변화시나리오 자료 (CMIP5) > 재분석자료 (NCEP 1/2)' 순으로 연구 및 업무에 가장 도움이 될 것으로 조사됨

· 주로 계절예측자료(3개월, 6개월 MME)와 더불어 고해상도 MME자료에 대한 수요가 높은 것으로 파악됨

- 기후자료 서비스 제안사항

· 시스템 로딩속도 개선 및 파일 다운로드 중 '취소' 기능 추가 제안

○ CLIK 활용: 기후자료 처리서비스(Processing> Clipping/ Composite/ Masking 메뉴)

- 전반적인 평가

Table 2.37. Overall evaluation about Clipping/Composite/Masking service

항목	서비스 만족도	연구/업무 활용성	기능 및 인터페이스 사용 용이성
평균 점수	4.8	5.0	4.8

- 서비스별 활용성 평가

· 추출 > 합성 > 마스킹 순으로 활용도가 높은 기능으로 조사됨

- 기후자료 처리 서비스 결과물 활용 용도 조사

· 연구(논문) 및 과제에 활용

- 기능 및 성능개선을 위한 제안

· CLIK 서비스에 대한 홍보

· (성능개선) 시스템 운영 속도 개선 의견, 자료 다운로드 시 my job 순서대로가 아닌, 한번에 처리되도록 진행하여 보다 빠르게 자료 다운로드 받을 수 있으면 좋겠음

- 추가 기능/서비스 제안

· 의견 없음

○ CLIK 활용: 기후 예측/검증 서비스(Processing> Prediction/ Verification 메뉴)

- 전반적인 평가

Table 2.38. Overall evaluation about Prediction/Verification service

항목	서비스 만족도	연구/업무 활용성	기능 및 인터페이스 사용 용이성	결과 해석 용이성
평균 점수	5.0	5.0	5.0	5.0

- CLIK 외 기후 예측을 위한 tool 사용 경험

  · PyCPT를 사용해본 1명의 응답자 외, 3명은 기후예측 tool 사용 경험없음

- 개선사항 제안

  · 의견 없음

○ CLIK 활용: 상세화 예측 서비스(Processing> Downscale 메뉴)

- 전반적인 평가

Table 2.39. Overall evaluation about Downscale service

항목	서비스 만족도	연구/업무 활용성	기능 및 인터페이스 사용 용이성	결과 해석 용이성
평균 점수	4.8	4.8	4.5	4.8

- 개선사항 제안

  · (인터페이스) 상세화 예측 메뉴 인터페이스가 보다 직관적이고 단순하게 개선되었으면 좋겠음

3. 동적 기후정보서비스 시스템 구축

3.1. 동적 표출 기술을 적용한 감시/예측/검증 정보 제공 홈페이지 구축

3.1.1. 개요

새로운 기후정보의 증가와 사용자 중심의 서비스 요구에 따라 각 서비스들의 편의성과 활용성 확대를 위한 동적 기후정보서비스의 필요성이 대두되었다. 동적 기후정보서비스는 온라인 웹상에서 사용자가 선별적으로 정보를 선택 및 표출할 수 있고 종합적인 정보를 획득할 수 있는 장점이 있다. 이를 위해 APCC에서는 동적 기후정보서비스를 구축하고자 한다.

동적 기후정보서비스는 현재 전 세계 기후 관련 전문기관에서 도입하여 서비스 중이거나 서비스를 준비 중이며, 해당 분야의 기술 수준 및 기술격차 추격을 위한 필수 과제라 할 수 있다. 또한 해당 방안은 SPA 기술 등 최신의 기술을 활용하여 중앙행정기관 및 공공기관 웹 서비스 정비 추진 정책인 ‘웹 사이트 총량제’를 달성하기 위한 준비 작업인 기후정보서비스와 기관 홈페이지 통합의 기반이 되는 기술이다. 이러한 동적 기후정보서비스를 구축하기 위해서는 아래 Figure와 같이 1) 동적 기후정보처리를 위한 기후자료 요구사항 수집, 2) 표출 관련 외부 라이브러리 조사, 3) APCC 표준 라이브러리 설계 및 개발에 이르는 다방면의 지식과 최신의 ICT 기술 활용이 필요하다.

2022년에는 동적 기후정보서비스를 구축하기 위한 기반 기술 확보 및 원형 설계를 진행하였다. 2023년에는 홈페이지 위탁연구를 추진하여 APCC 신규 홈페이지를 구축하고, 동적 매쉬업 서비스 원형을 구축하였다. 2024년에는 동적 매쉬업 기술을 활용한 원스톱 서비스를 구축하고 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼을 통합하였다.

3.1.2. 홈페이지 위탁연구 추진(2023)

3.1.2.1. 개요

○ 위탁연구(조달)건명: APCC 홈페이지 및 동적 기후정보서비스 구축

○ 계약기간: 2023. 6. 15.~2023. 12. 26.

○ 주요내용: 홈페이지 디자인 전면 개편, 동적 기후정보 표출이 가능한 홈페이지 구축, 전자정부 웹 표준 및 호환성 지침 준수, 반응형 웹 개발, 홈페이지 관리가 용이한 CMS(홈페이지통합관리시스템) 구축, 웹접근성・웹호환성 준수 구축.

○ 추진현황: 사업 완료

3.1.2.2. 요구사항 및 개발 내용 요약

아래 Table에서 용역사업 제안요청서의 요구사항을 간단히 요약하고 그에 대응하는 개발 내용을 요약 정리하였다.

Table 3.1. Summary of Requirements and Development results

구분	번호	요구사항 명칭	구현(개발)내용
장비구성 요구사항	ECR-01	시스템 구성요건 공통사항	1. H/W 및 상용S/W 납품 없음 2. 개발 S/W는 GitLAB을 통해 탑재 및 배포
	ECR-02	플랫폼 배포 및 공유를 위한 시스템 분석	1. 기존 시스템 장비와 호환되는 시스템 구축 2. 개발서버 구축(apcc.tolan.kr) 3. 형상관리 시스템 구축(GitLab → 개발서버 → APCC 서버
	ECR-03	플랫폼 시스템 서비스 요구사항	1. Docker Image 생성 → Kubernetes의 Master Node에서 Docker image 다운 → 구동중인 Worker의 WAS Pod를 순차적으로 중지시키고 최신버전의 Docker Image로 무중단 배포 구현 2. 개발언어, 컴파일도구와 라이브러리 활용
	ECR-04	기 도입된 소프트웨어, 솔루션 업그레이드 및 이전	1. APCC 최종 승인 시 본 서버에 즉시 반영할 수 있는 구조로 개발됨 2. 상용S/W 납품 없음
기능 요구사항	SFR-01	공통사항	1. APCC의 비전과 전문적인 정보를 제공하는 홈페이지 구축 2. 디자인 전면 개편 3. 최신 웹 기술을 활용한 동적기후정보 제공 4. 홈페이지 내부 컨텐츠 검색 5. 콘텐츠 만족도 평가 6. 개발 및 운영서버 분리, 형상관리 시스템 도입 7. 영문 홈페이지 구축 8. 통합인증 서비스와 홈페이지 연동
	SFR-02	사용자 친화적 반응형 웹 (모바일 지원)	1. PC, 스마트폰, 태블릿PC 등 다양한 디바이스의 브라우저 지원을 위한 반응형 웹 기술 적용 2. OSMU(One Source Multi Use)의 개념에 따라 하나의 소스로 다양한 사이즈의 화면에 최적화된 UI가 구성될 수 있도록 구현
	SFR-03	기후정보서비스 통합플랫폼 연동 요구사항	1. 기후정보서비스 통합플랫폼의 기능, 페이지 등을 연결할 수 있도록 메인 페이지에 배너 생성 2. 기후정보서비스 통합플랫폼 페이지 생성
	SFR-04	웹콘텐츠관리시스템(CMS) 구축 요구사항	1. 등록된 IP에서만 관리자 페이지 접속 제한 2. 관리자 계정 : 기후정보통합인증 시스템과 연동 3. 사용자 등급 기능 구현(관리자, 운영자, 이용자) 4. 관리자 페이지 접속 로그 생성 5. 콘텐츠 내용 관리(조회, 추가, 삭제, 편집), 웹 편집인 제공, 팝업 관리, 배너 관리, 비주얼 이미지 관리 기능 제공
	SFR-05	홈페이지 통합디자인	1. 국제적 인증기구로서의 정체성과 공공기관으로서의 업무를 명확히 전달할 수 있는 디자인 구현 2. 최신 트렌드를 반영한 화면 구성 3. 3-Depth의 메뉴로 설계 4. 퀵 메뉴 및 바로가기 기능 구현 5. 홈페이지 전체 폰트 지정 6. 홈페이지에서 사용되는 단어는 단어가 잘리지 않도록 ‘자동내림’ 기능으로 지정

	SFR-06	동적 기후정보서비스 구축	1. 동적 기후정보서비스 구현 - SPA(Single Page Application) 기술을 활용 2. 전지구 계절예측: 기후전망, 다중모델 예측, 다중모델 확률예측 3. 기후현황: 최근기후(사용자 선택형 기후감시정보) 4. 기후현황: 기후지수 5. 동아시아 계절예측: 이상기후
	SFR-07	개발환경 재구축	1. 홈페이지 개발환경은 Front-end, Back-end는 나누어 구축 2. Back-end 모듈은 Java Spring Boot Framework를 기본으로 하여 구축 3. Front-end는 확장가능하고 최신의 SPA 프레임워크를 기반 4. 형상관리시스템과 연동하여 개발 진행상황 공유 5. 개발과 운영의 배포 환경 분리
	SFR-08	콘텐츠 이관 및 재정비	1. 기존 사이트의 모든 데이터를 손상 없이 신규 사이트로 이관(썸네일 포함) 2. 이관 데이터에 대한 디자인 및 화면 구성 제시 3. 기후전망(Climate Outlook)의 경우 과거 자료까지 사용자에게 제공 4. 기존 홈페이지의 정적서비스에 해당하는 기후정보 이관
	SFR-09	영문 홈페이지 개편	1. 국문 홈페이지와 기본적인 구성은 동일하게 적용 2. 기후정보서비스 중 동남아시아 산불연무 예측서비스 제공
	SFR-10	단위 메뉴 및 페이지 추가 기능	1. 단위페이지 추가 : 콘텐츠 관리 웹편집기를 이용해 추가 가능 2. 관리자가 메뉴의 단계별로 신규 페이지 혹은 게시판(다양한 유형 : 자료실, FAQ, API 다운로드, 비공개형, 공지사항 등)을 개설할 수 있도록 확장성을 고려한 구조로 개발
	SFR-11	기타 내부시스템 연계	1. 로그인 서비스(SSO) 연동(SFR-12) 2. 접속통계 연동(CNR-01)
	SFR-12	통합 인증(로그인) 서비스 연동	1. APCC SSO(Single Sign On)를 연동하여 홈페이지에 로그인이 가능하도록 홈페이지를 구축 2. 사용자별 권한 관리 기능 3. 로그인하지 않은 사용자에 대하여 특정 메뉴는 비공개 4. 관리자만 CMS(Contents Management System)를 활용하여 홈페이지 콘텐츠 관리 5. 조직도 수정 및 관리
성능 요구사항	PER-01	성능 일반	1. 시스템의 성능을 고려한 개발 방안을 제시 2. 대상 시스템에 대하여 안정적 운영지원 및 사용자 지원 방안 제시 3. JMeter를 활용한 성능 테스트 진행
	PER-02	서비스 응답 시간	1. 실시간 처리가 가능하도록 사용자가 요청한 때로부터 3초 이내에 그 결과를 응답 2. 동적기후정보서비스의 경우 고용량 NC 파일의

			처리로 인해 3초 이상인 경우도 있음- APCC와 협의함
	PER-03	오류 응답 시간	1. 사용자가 입력한 정보에서 발생할 수 있는 모든 오류에 대한 메시지를 정보 입력 후 3초 이내에 제시 2. 오류 메시지는 사용자가 인지하여 즉시 조치할 수 있도록 작성
	PER-04	동시 사용자 접속 및 이용보장	1. 시스템 연계 상황에서 동시 접속 사용자에 대한 성능 보장 : 시스템 약 20개 연계, 동시 접속 세션 1,000개 기준
	PER-05	응용 프로그램 검증	개발에 적용한 기타 응용 프로그램 및 솔루션 없음
	PER-06	성능 지연에 대한 보완대책 및 기술지원	1. 성능 테스트 결과가 낮을 때 개선 대책을 수립 2. 무상하자보수 기간 내 발생할 수 있는 성능지연현상에 대한 대책을 하자보수 계획에 포함
인터페이스 요구사항	SIR-01	관리자 화면 인터페이스 제공	1. 자주 찾는 콘텐츠 순으로 찾기 쉬운 위치에 메뉴 배치 2. 초급자도 쉽게 운영할 수 있는 직관적인 인터페이스 제공 3. 오류 발생 시 오류 메시지 제공 4. 콘텐츠 변경 이력 제공
	SIR-02	사용자 인터페이스	1. 사용자가 어떤 페이지에 랜딩한 상태라도 홈페이지 전체 사이트 맵을 확인할 수 있도록 구성 2. 게시판 내에 링크, 파일 다운로드 등의 표출과 기능이 사용자가 바로 인지할 수 있도록 구현 3. 안정적이고 균형있는 레이아웃을 구현하여야 하며, 각 계층(Depth)별 페이지 레이아웃의 일관성을 유지 4. 오류, 접속시간 지연 등이 발생하였을 경우 해결방법, 진행상태 표시 등 안내 메시지 제공
	SIR-03	시스템 인터페이스	1. 시스템은 로그인 시 사용자를 확인하기 위하여 APCC SSO(Sigle Sign On)과 인터페이스 하여야 하며, 그 로그인된 권한에 따라 각 시스템들과 인터페이스 가능하도록 구성
데이터 요구사항	DAR-01	데이터 표준화 및 설계	1. 행안부에서 정의하는 표준지침에 따라 홈페이지에서 사용하는 도메인 및 표준용어를 정의하여 사용. 2. 행안부에서 권장하는 공통표준 단어 및 약어 등을 사용.
	DAR-02	데이터 품질 관리	1. 공공데이터 품질지원사업단에서 제공하는 WDQ를 주기적으로 사용하여 데이터 품질을 관리
	DAR-03	데이터 관리체계 수립	1. 데이터 구조의 변경이 있는 경우, 데이터 표준을 관리하는 파일에 이력을 기록. 2. 형상관리 프로그램을 통해 데이터 구조의 변경이 있을 경우 자동으로 이력을 남기고 관리 할

			수 있도록 설정
	DAR-04	데이터 개방 관리 체계	-
	DAR-05	데이터베이스 구축 및 운용	1. 데이터베이스 구축 2. 이관 데이터 정합성 검증
컨설팅 요구사항	CNR-01	로그 관리 및 접속통계 연계 방안	1. 효율적인 사용자 접속 로그 관리 - 접속통계 시스템 연계 2. 생성되는 로그의 주기, 보관기간, 관리방법의 방안 제시 3. 파스-타에서 생성되는 로그의 활용방안 및 관리방안 제시
	CNR-02	임시사용자 등록 및 관리 방안	1. 각종 행사 지원서 접수 등 신규 기능 개발 - 납품 후 행사 진행 때 지원 2. 설문조사 기능 제공
	CNR-03	공공기관 관련 지원업무 연계 방안	1. 향후 공공기관 업무 연계 시 지원 2. 향후 유지보수 업체가 별도로 선정될 시 업무 인수인계 및 협조
테스트 요구사항	TER-01	테스트 계획 수립	협의 후 향후 진행
	TER-02	단위 테스트	협의 후 향후 진행
	TER-03	통합 테스트	협의 후 향후 진행
	TER-04	성능 및 부하 테스트	PER-01~06 참조
	TER-05	시험운영	1. 개발 및 테스트 서버를 구축 2. 시험운영 - APCC에서 직업 시험 및 운영
	TER-06	장애복구 및 백업복구 테스트	1. 장애 발생시 3시간 이내 정상 상태로 복구 2. 장애 복구 시간 중에 장애상황을 공지 3. 신속한 장애 대응을 위하여 백업 환경을 구축
	TER-07	전환 및 안정화	1. 전환 및 안정화 계획을 작성하여 제출하고 APCC의 승인을 받아야 함 2. 전환과정 중 중대한 문제점이 발생시 원상복구 절차 등 방안 제시 3. 시스템 전환 시 현업 사용자의 업무중단 없이 시스템을 전환 4. 승인 검사 및 테스트 과정에서 발견된 하자 사항은 만족한 결과를 얻을 때까지 보완·테스트를 반복적으로 실시
품질 요구사항	QUR-01	기능 구현 정확성	1. 기능 요구사항 검증 지원 2. 사용자 테스트 지원 3. 향후 APCC 평가
	QUR-02	장애대응을 위한 백업절차 마련	1. 신속한 장애 대응을 위하여 백업절차를 마련 2. 테스트 기간 동안 발견된 결함 수와 결함의 지속 시간을 측정
제약사항	COR-01	업무지침 및 표준 준수	1. 개인정보 보호법 준수 2. 기타 각종 지침 및 법률 준수
	COR-02	표준화 요건	1. 소프트웨어 개발보안(시큐어코딩)을 적용
	COR-03	표준 프레임워크 적용	※ APCC에서 사용하지 말 것을 권고하여 수용함
	COR-04	웹사이트 웹표준 및 웹접근성 준수	1. 다양한 브라우저(IE, Edge, 크롬, 파이어폭스 등)에서 동등하게 서비스를 지원해야 함

			2. 웹사이트에 비표준기술(ActiveX, 플래시, 실버라이트 등)이 포함되지 않도록 개발 3. 호환성 확보를 위한 대체수단의 경우 최신 웹 표준 기술(HTML5)을 사용해야 함
	COR-05	SW사업정보 저장소 데이터 작성 및 제출	사업종료 후 제출
프로젝트 지원 요구사항	PSR-01	시스템 설치	- 업체 제안 내용으로 수행
	PSR-02	교육지원	
	PSR-03	기술이전	
	PSR-04	프로그램 학습성	
	PSR-05	하자보수	
	PSR-06	기타사항	
보안 요구사항	SER-1	용역사업 보안관리 일반	- 업체 제안 내용으로 수행
	SER-2	용역사업 보안특약	
	SER-3	사업 수행장소에 대한 보안관리	
	SER-4	문서 및 전산자료 보안관리	
	SER-5	저장 매체 반출 · 입 보안관리	
	SER-6	사업 참여인력 보안관리	
	SER-7	정보통신망 및 정보시스템 접근통제 보안관리	
	SER-8	소프트웨어 개발 보안	
	SER-9	소프트웨어 산출물 제공 보안관리	
	SER-10	정보시스템 및 정보통신시스템 보안취약점 점검 및 조치	
	SER-11	사업 착수 단계 보안관리	
	SER-12	사업 수행 단계 보안관리	
	SER-13	사업 완료 단계 보안관리	

3.1.2.3. 홈페이지 개발 상세 내용

3.1.2.3.1. 장비구성 요구사항

3.1.2.3.1.1. 시스템 구성요건 공통사항(ECR-01)

아래 Figure에서 나타난 것처럼 개발된 홈페이지는 형상관리 시스템인 GitLAB을 통해 탑재 및 배포할 수 있도록 구성하였다.

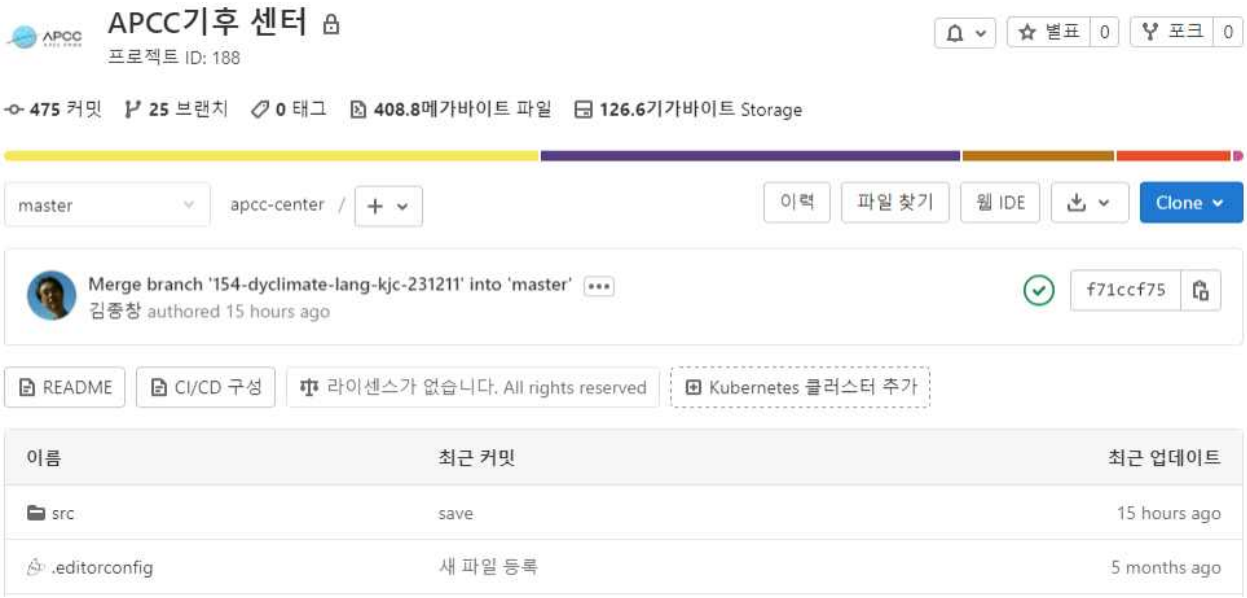


Figure 3.1. APCC homepage version control

3.1.2.3.1.2. 플랫폼 배포 및 공유를 위한 시스템 분석(ECR-02)

아래 Figure에서 나타난 구조와 같이 APCC에서 보유한 기존 시스템 장비와 호환되는 시스템을 설계하고 아마존 클라우드를 통해 실제 구축하여 개발을 진행하였다. 해당 클라우드에서 활용되는 Docker 방식은 APCC 파스-타 클라우드 CaaS 운용방식과 1:1로 대응될 수 있도록 설계단계부터 고려하였다.

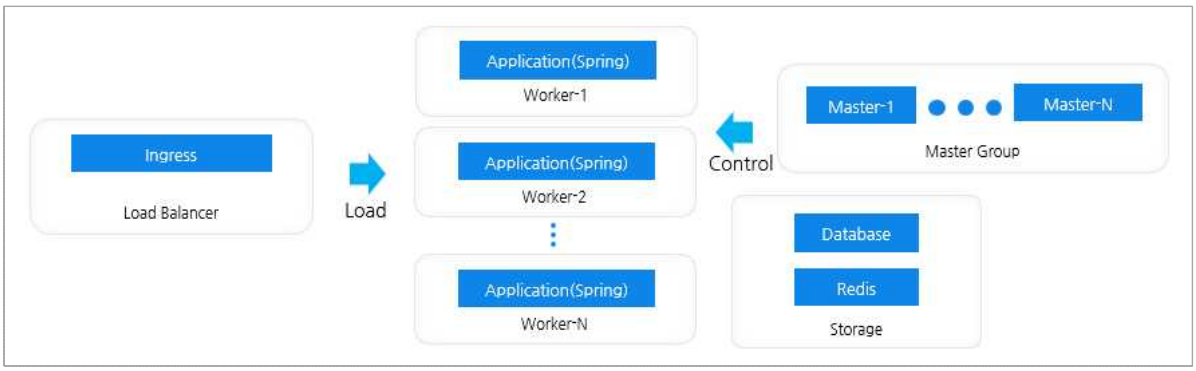


Figure 3.2. Cloud platform architecture for homepage development

- Master Group : N개의 마스터 노드(서버)로 구성되는 마스터 그룹. 쿠버네티스 클러스터 제어
- Worker : 실제로 사용할 애플리케이션이 운용되는 노드(서버). N개의 노드를 구성하여 장애 발생 시에도 정상 운용이 가능, 무중단 배포 가능
- Load Balancer : 외부 부하(HTTP 요청)를 Worker 노드에 균등하게 분산하기 위한 로드 밸런서 역할. 접근 규칙 제어(방화벽), 인증서 관리 등을 담당.
- Storage : Database를 사용하여 데이터를 저장하거나, Redis 등을 사용하여 각 Worker 노드의 세션 클러스터링을 적용하기 위해 운용.

○ 형상관리 시스템 구축

- GitLab → 개발서버 배포 → 검증 → APCC 서버 배포

3.1.2.3.1.3. 플랫폼 시스템 서비스 요구사항(ECR-02)

○ 무중단 배포 구현

① Gitlab에 업로드된 프로젝트를 Build

② Build되어 나온 결과물을 프로젝트 루트 디렉토리에 있는 Dockerfile을 참조하여 Docker image로 Build

③ Build되어진 Docker Image를 Docker Hub Registry로 업로드

④ Kubernetes의 Master Node에서 Docker Hub Registry의 최신 이미지를 내려받기

⑤ 구동중인 Woker의 WAS Pod들을 순차적으로 중지시키고 최신버전의 Docker Image로 Rolling Update(무중단 배포)

○ 개발언어 및 컴파일도구

- Front end 언어는 SEO를 고려하여 SSR기반 Tymeleaf와 CSR기반 Vue.js를 같이 사용.
- Back end는 Java 기반으로 Spring boot framework를 사용.
- 형상 관리와 배포는 Gitlab을 통해서 관리 및 배포.
- 동적기후정보 서비스를 위해 지도 API인 OpenLayers 사용.
- 기후현황 챠트 구현을 위해 Plotly 사용.

3.1.2.3.2. 기능 요구사항

3.1.2.3.2.1. 공통사항(SFR-02)

○ APCC의 비전과 전문적인 정보를 제공하는 홈페이지 구축

- 국제기구로서의 정체성과 공공기관으로서의 업무를 명확히 전달할 수 있는 디자인 구현
- 무엇보다 기후정보 콘텐츠를 제공하는 웹사이트임을 강조하여 디자인
- 모든 컨텐츠는 CMS와 연계되어 자동으로 갱신

○ 디자인 전면 개편

Figure 3.3. Overall homepage design improvement

○ 최신 웹 기술을 활용한 동적기후정보 제공

○ 홈페이지 내부 컨텐츠 검색

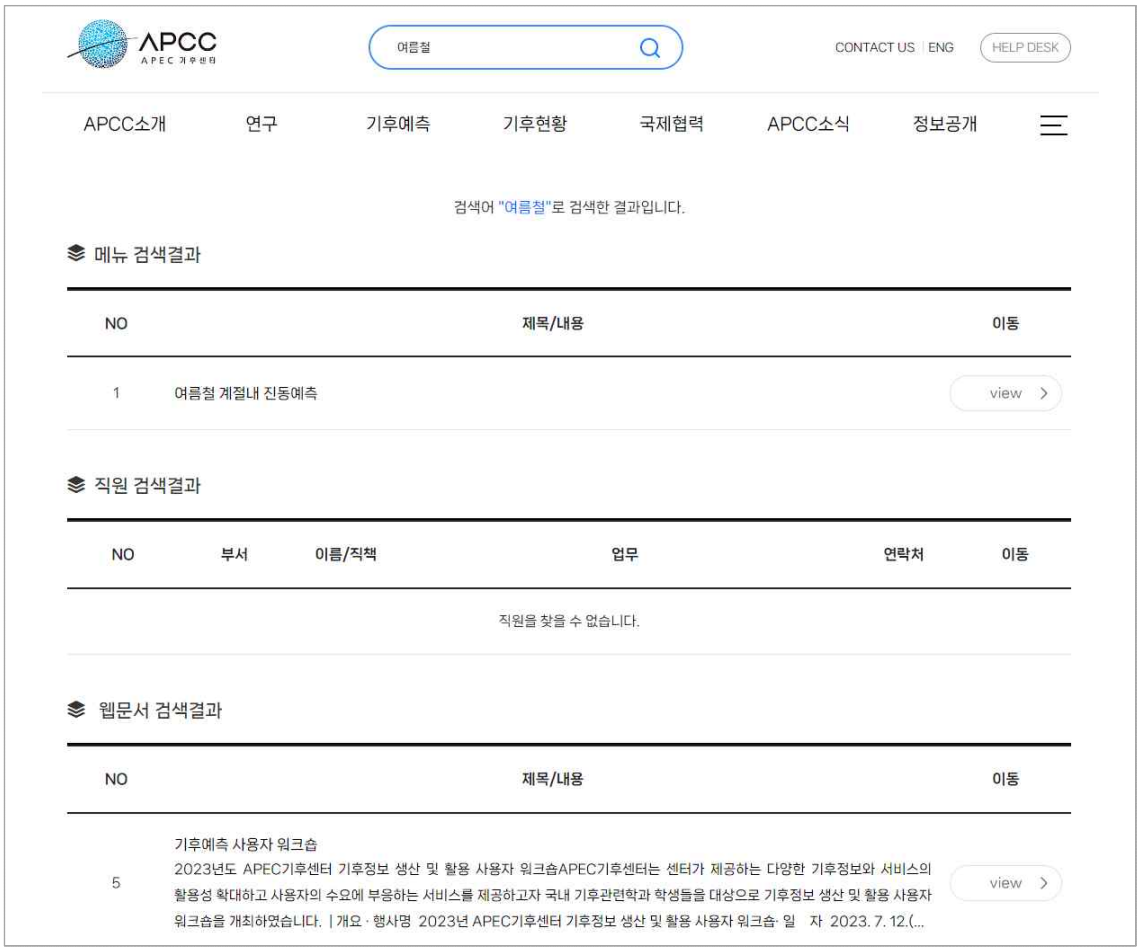


Figure 3.4. Homepage contents search

○ 콘텐츠 담당자 표시

Figure 3.5. Displaying content representative

3.1.2.3.2.2. 사용자 친화적 반응형 웹(SFR-02)

○ PC, 스마트폰, 태블릿PC 등 다양한 디바이스의 브라우저 지원을 위한 반응형 웹 기술 적용

○ OSMU(One Source Multi Use)의 개념에 따라 하나의 소스로 다양한 사이즈의 화면에 최적화된 UI가 구성될 수 있도록 구현

○ 화면 최적화 시, 사용자 편의를 위한 페이지 이동 기능 구현

○ 모든 원본 이미지를 관리자 편집 없이 PC 및 모바일 단말기에서 효과적으로 리사이징(resizing)구현

Figure 3.6. Responsive web UI

3.1.2.3.2.3. 웹콘텐츠관리시스템(CMS) 구축(SFR-04)

○ 등록된 IP에서만 관리자 페이지 접속 제한

• CMS → 정보관리 → 보안설정 : 허용할 IP 설정

Figure 3.7. Security setting in CMS

⦿ 관리자 계정 : 기후정보통합인증 시스템과 연동 - SFR-12 참조

⦿ 사용자 등급 기능 구현(관리자, 운영자, 이용자)

• CMS → 등급권한

• 새로운 등급 추가 시 바로 반영되지 않고 프로그램 소스를 수정해야 함.

Figure 3.8. Autorization function

○ 관리자 페이지 접속 로그 생성

- CMS → 정보관리 → 접속로그
- 관리자별 로그인 시간, IP, 클라이언트 정보 등이 기록 됨

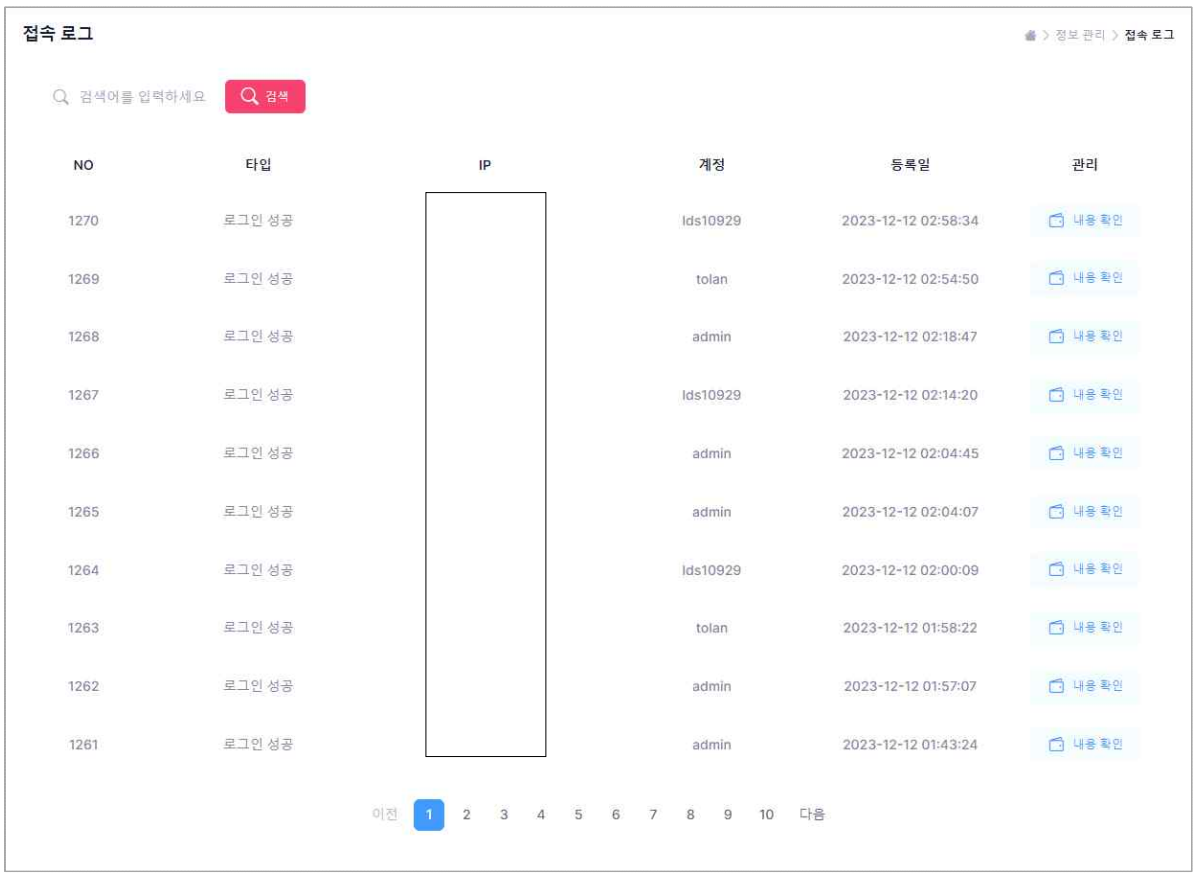


Figure 3.9. Access Log

○ 콘텐츠 내용 관리(조회, 추가, 삭제, 편집), 웹에디터 제공, 팝업관리, 비주얼 이미지 관리 기능 제공

- 메뉴관리 - 메뉴별 페이지 추가

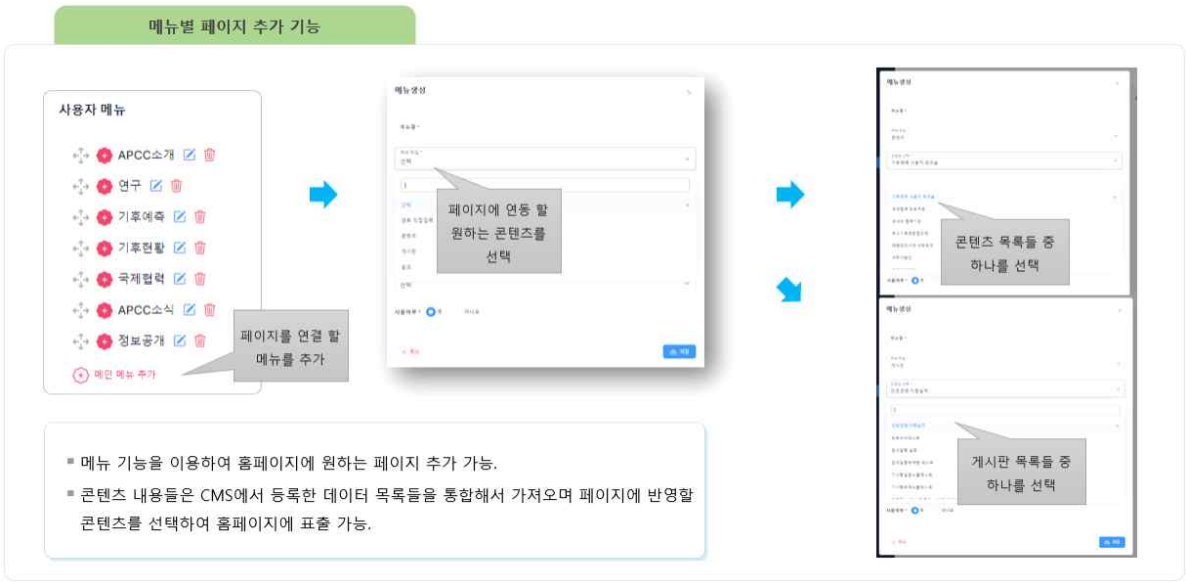


Figure 3.10. Page add function

- 다양한 콘텐츠 관리 기능

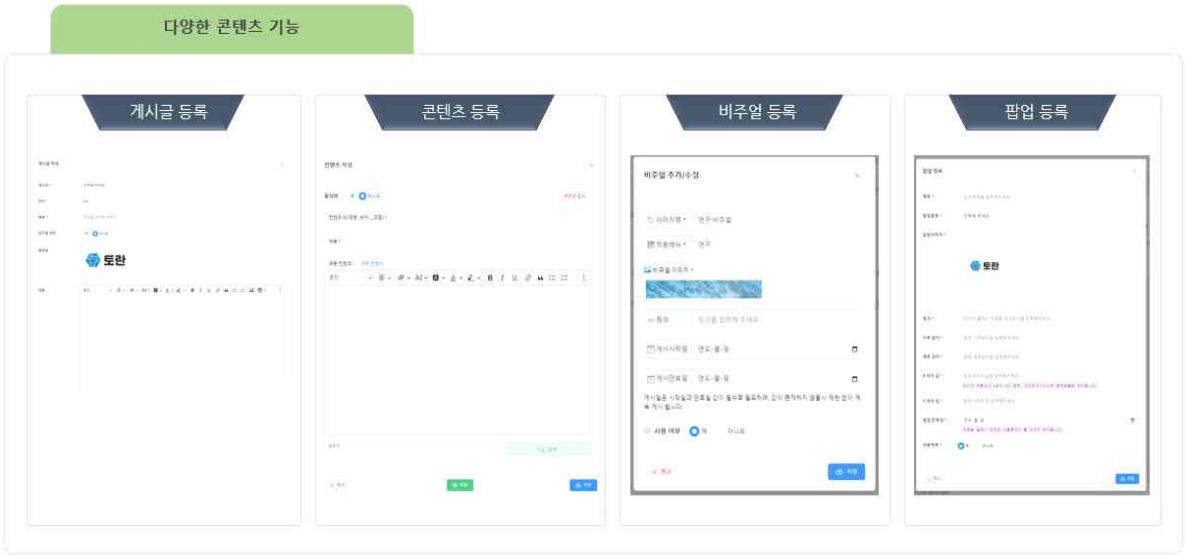


Figure 3.11. Homepage contents registration and management

- 웹에디터(CK-Editor5) - 글자모양, 글자크기 지정 가능
- 다양한 종류의 게시판 지원

3.1.2.3.2.4. 홈페이지 통합디자인(SFR-05)

○ 국제기구로서의 정체성과 공공기관의 업무를 명확히 전달할 수 있는 디자인 구현

○ 최신 트렌드를 반영한 화면 구성

○ 3-Depth의 메뉴로 설계

Figure 3.12. 3-Depth Menu

○ 홈페이지 전체 폰트 지정

- 웹페이지 폰트 변경 - CMS → 사이트 관리 → 폰트 관리

Figure 3.13. Font Management

- 외부 폰트(구글, 네이버 등) 내용을 CMS에 등록하여 폰트 변경 기능 제공
- 등록 폰트를 사이트 정보에 적용하여 홈페이지 전체 폰트를 굵기에 맞게 변경 가능

○ 홈페이지에서 사용되는 단어는 단어가 잘리지 않도록 '자동내림' 기능으로 지정

3.1.2.3.2.5. 동적 기후정보서비스 구축(SFR-06)

○ 구현방법 개요

- 오픈소스 라이브러리 활용한 동적기후서비스 구현
  - 최신 vue.js 기술을 이용하여 사용자 친화적 화면 전환 기술 적용

- 최신 OpenLayers Map서비스를 적용하여 비주얼 기후정보를 효과적으로 제공

- 각종 기후 챠트정보는 최신의 범용 챠트도구를 이용하여 구현

• 메뉴들은 새로고침없이 현 화면에서 동적으로 전환

- 동적서비스 페이지 제공을 위해 별도의 메뉴 UI 적용 및 펼침/닫음 기능을 적용

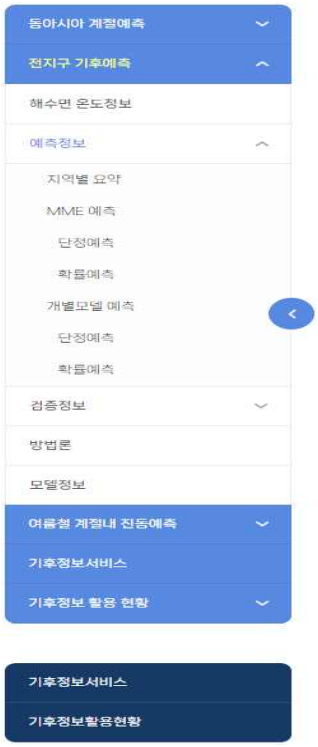


Figure 3.14. Side Menu for Dynamic Climate Information

○ 동적기후서비스 관련 페이지

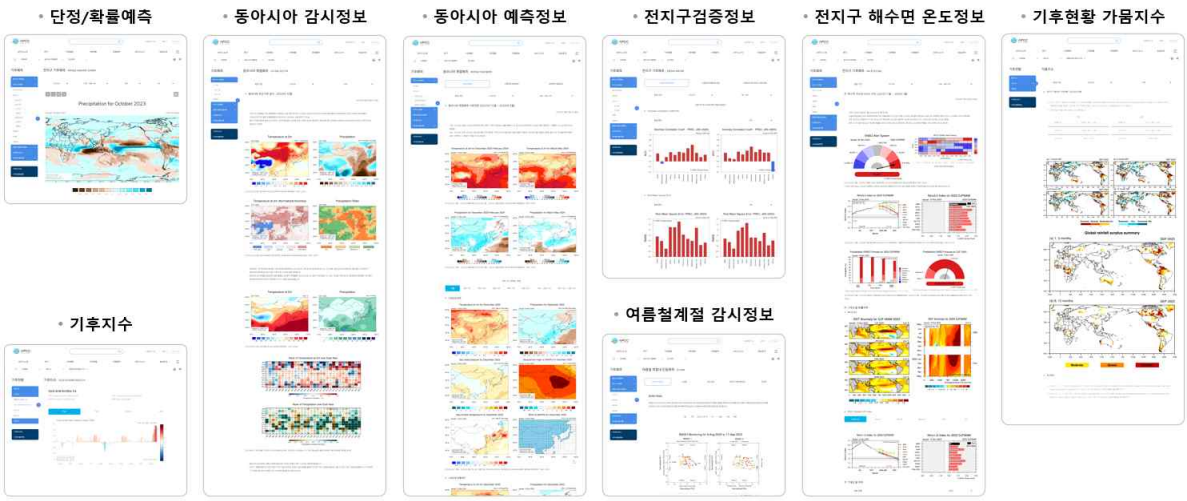


Figure 3.15. Dynamic Climate Information Page

○ 전지구 계절예측 - 지역별 요약

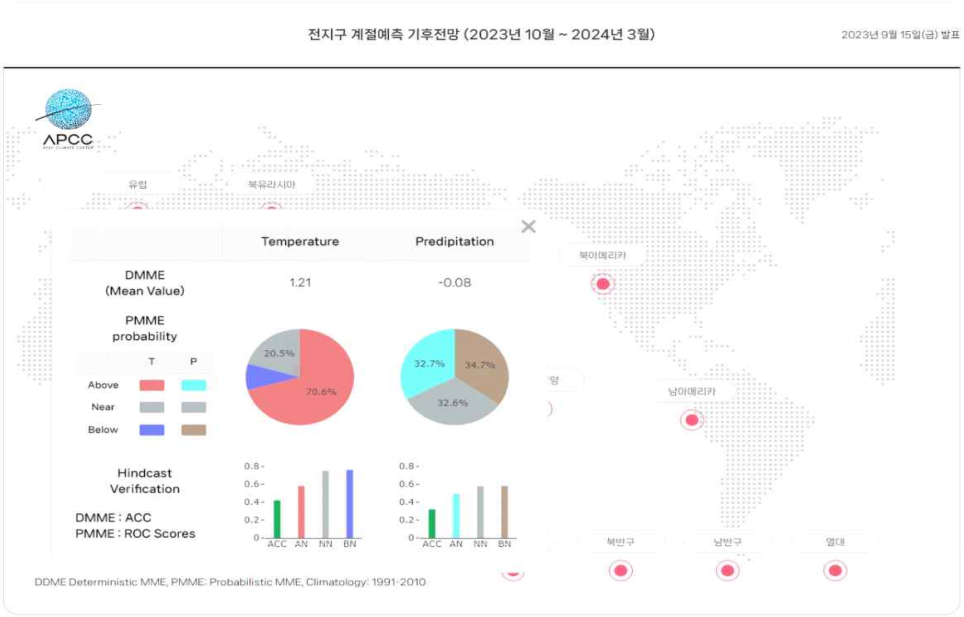


Figure 3.16. Dynamic Climate Outlook

- 기존 년/월 개별 이미지로 제공하던 요약정보를 동적 정보로 구현.
- 각 지역 마크 클릭 시 선택한 년/월 기간의 기후 요약정보를 별도 팝업으로 제공.
- 전지구 기후요약정보는 서버에 업로드된 NC 파일을 액세스하여 제공.
- 10개 지역(유럽, 아프리카, 중동, 북유라시아, 동아시아, 남아시아, 호주, 남태평양, 북아메리카, 남아메리카)의 기온, 강수에 대한 다중모델 확률예측 삼분위 결과(파이차트)와 Hindcast 검증결과(ROC) 표출.

○ 전지구 기후예측 - 지도서비스 공통

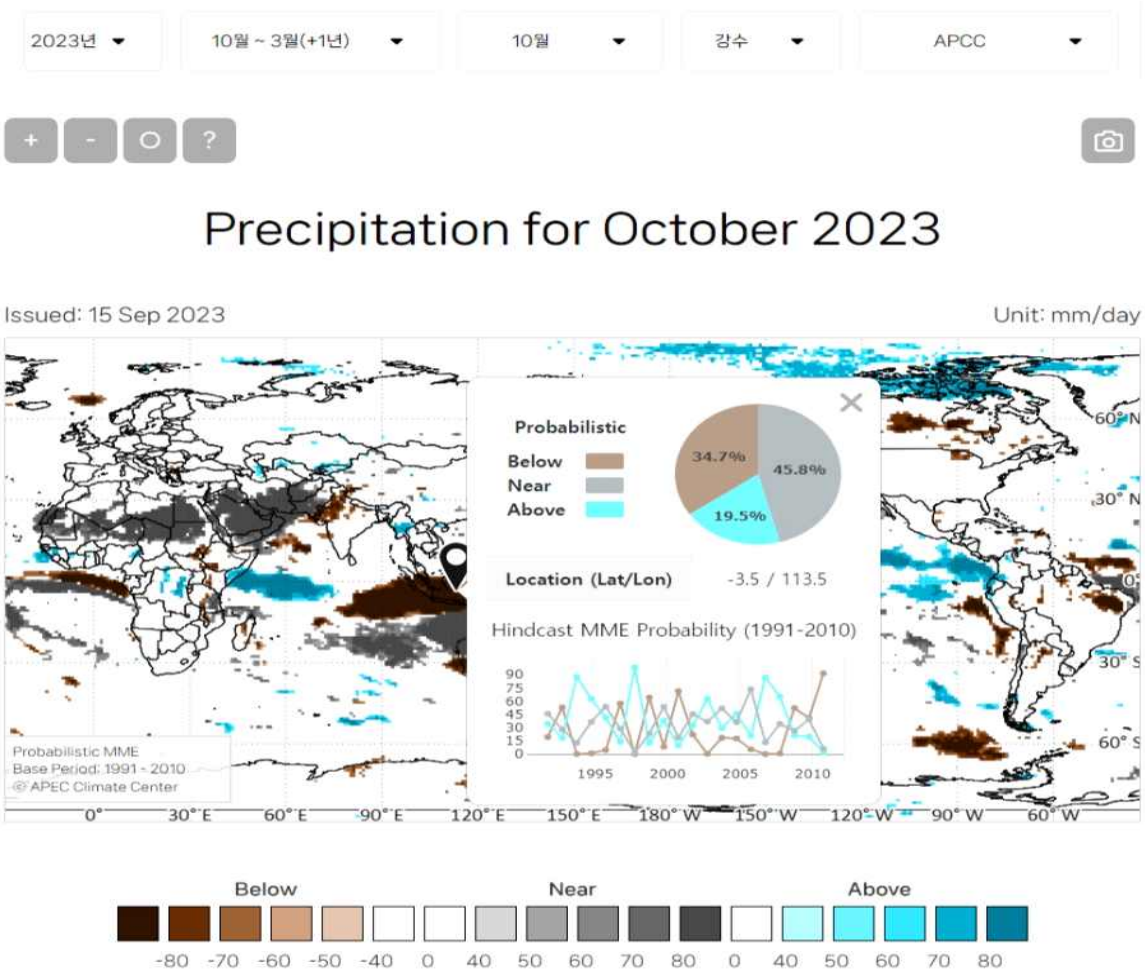


Figure 3.17. Dynamic climate information (APCC MME Forecast-Precipitation)

- OpenLayers를 이용하여 동적으로 구현.
- 관심변수들을 선택하면 서버에 저장된 해당 NC파일을 액세스하여 위경도 기후 데이타 값을 FontEnd로 전달하여 격자 그래프로 표현.
- 강수, 2m 기온, 850hPa 기온, 500hPa 지위고도, 해수면온도, 850hPa 바람, 200hPa 바람 등의 기후예측 정보 제공.
- 격자를 클릭하면 해당 위치 위경도의 Anoamly 값과 Hindcast Anomaly 그래프 표출.
- 다중모델 확률예측의 경우 삼분위 종합 및 삼분위 (above, near, below) 정보를 파이챠트 형식으로 제공.
- 지도에 대한 드래그 및 줌 기능 제공.

○ 기후현황 - 최근기후

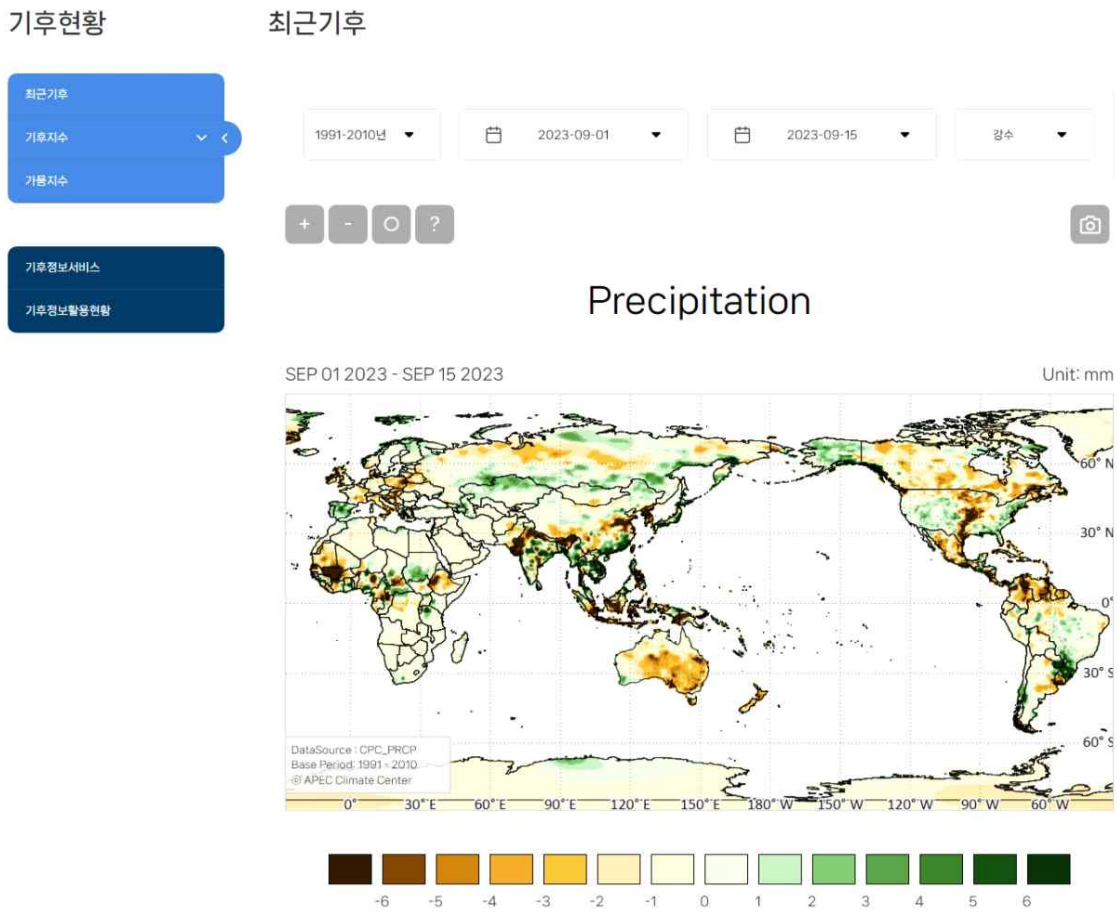


Figure 3.18. Climate Monitoring - Current Climate

- 최근 기후 개별 이미지를 OpenLayers를 이용하여 동적으로 구현.
- OpenLayers 공통기능 적용.
- 선택항목으로 기후평년기간(1981-2010년, 1991-2020년) 선택, 달력 인터페이스를 적용하여 시작일과 종료일 선택(기존 주, 월, 계절 등의 평균기간 선택방식에서 평균을 구할 시작일과 종료일 선택방식으로 변경)
- 관심 변수로 강수, 2m 기온, 상향장파복사, 해수면온도, 10m 바람, 500hPa, 해면기압 등 제공.
- 산출된 격자 그래픽의 격자를 클릭하면 해당 위/경도 및 값 표시.

○ 기후현황 - 최근지수

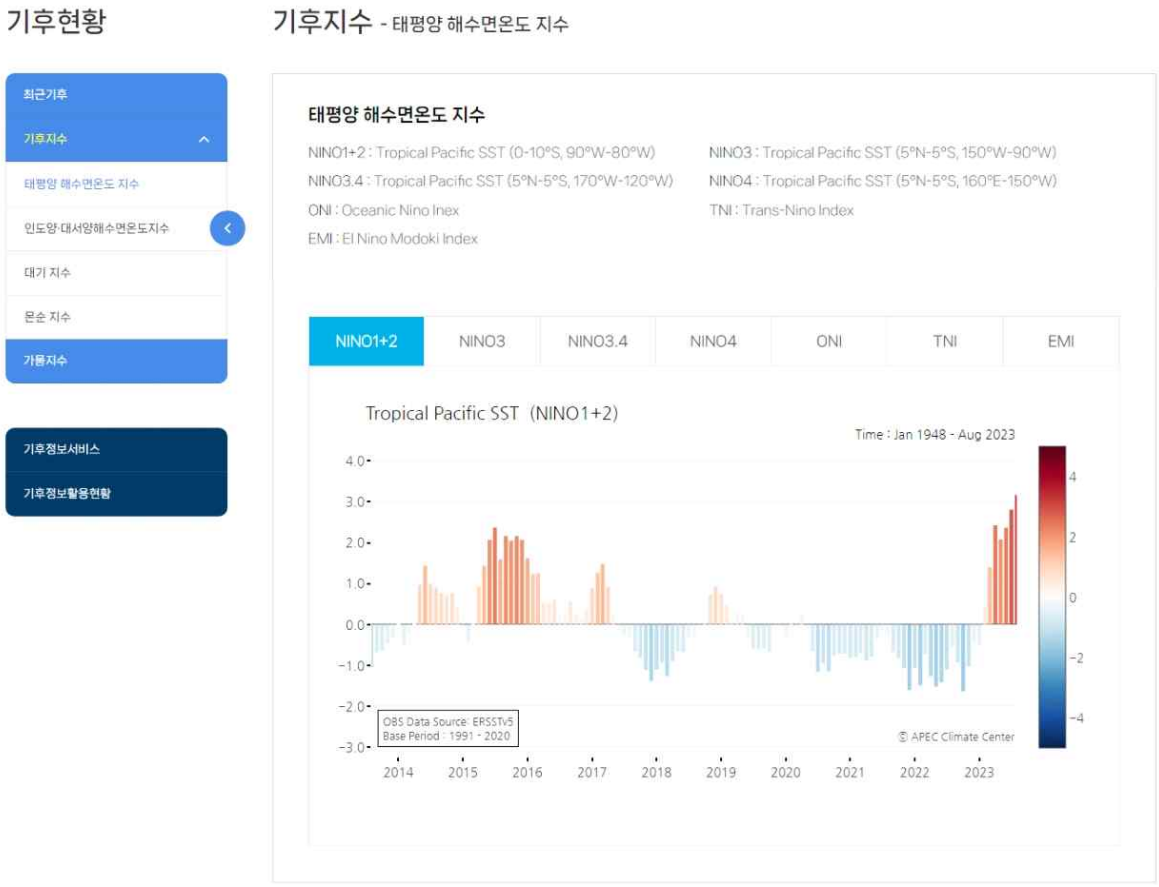


Figure 3.19. Climate Monitoring - Climate Indices

- Plotly.js 오픈소스를 이용하여 구현.
- 개별 기후지수 데이터를 지정된 위치에 업로드하면 스케줄러에 의해 적용.
- 제공할 지수 항목으로 태평양 해수면온도 지수, 인도양·대서양 해수면온도 지수, 대기 지수, 몬순지수 등 제공.
- 해당 전체 기간의 지수값에 대한 시계열 그래프 표출
- 시계열 그래프에 대한 롤오버 앤 드래그로 좌우 이동 및 줌 기능 구현

○ 동아시아 계절예측 - 이상기후

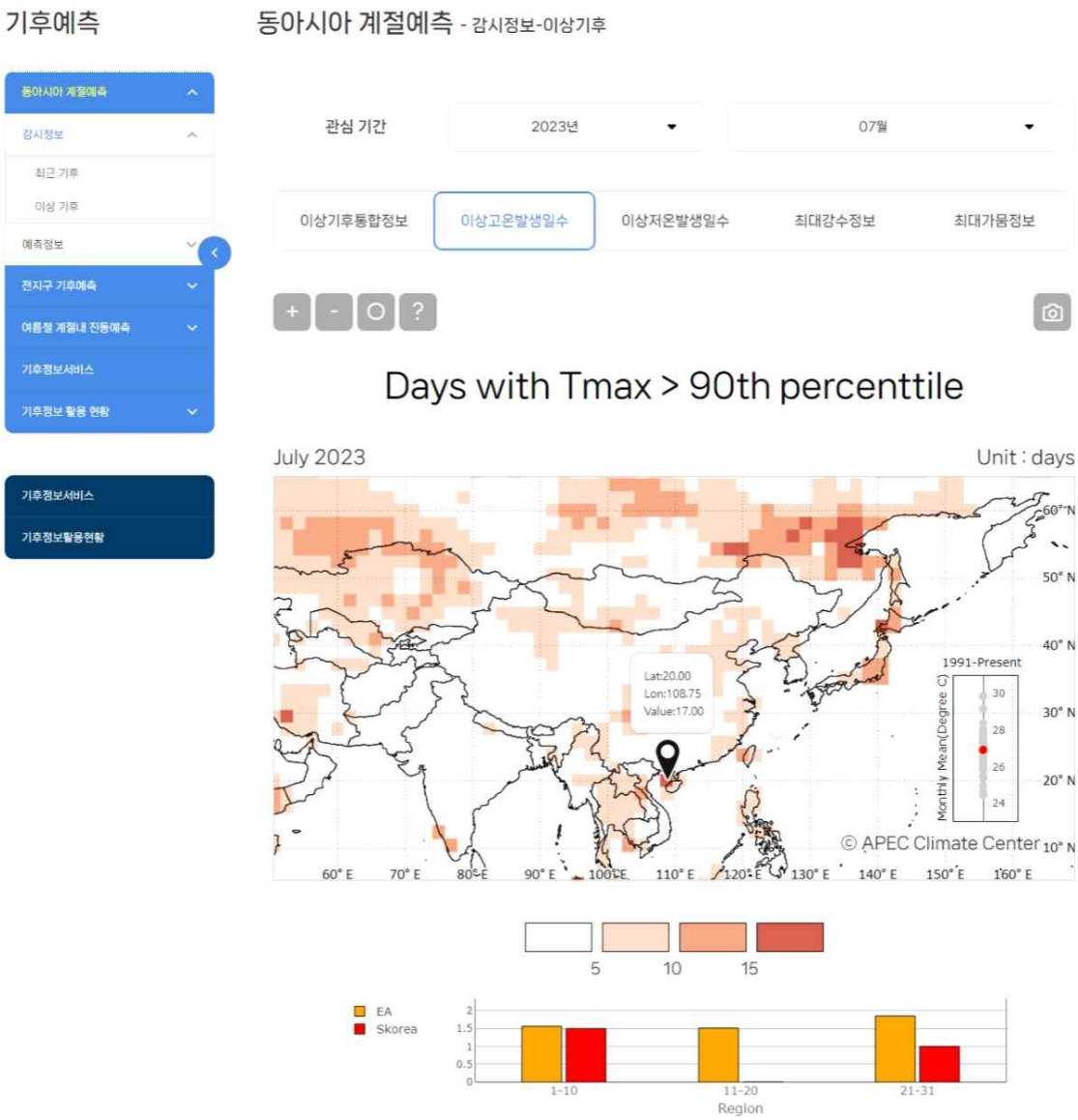


Figure 3.20. East Asia (Abnormal climate)

- 해당 지역만 확대하여 표현.
- 서버에 업로드된 NC파일을 액세스하여 위경도별 기후데이타 값을 FrontEnd 에 전달.
- 격자 그래프를 표출하며, 격자를 클릭하여 해당 위/경도와 데이터 값을 팝업 함.
- 격자 그래프 외 보조정보는 csv 파일형식으로 서버에 업로드하여 제공.

3.1.2.3.2.6. 영문홈페이지 개편(SFR-09)

○ 국문 홈페이지와 기본적인 구성은 동일하게 적용

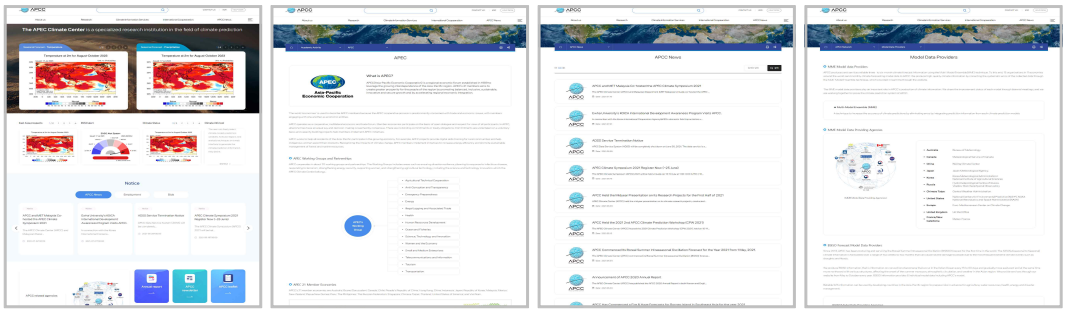


Figure 3.21. Homepage (English version)

○ 기후정보서비스 중 동남아시아 산불연무 예측 서비스 제공

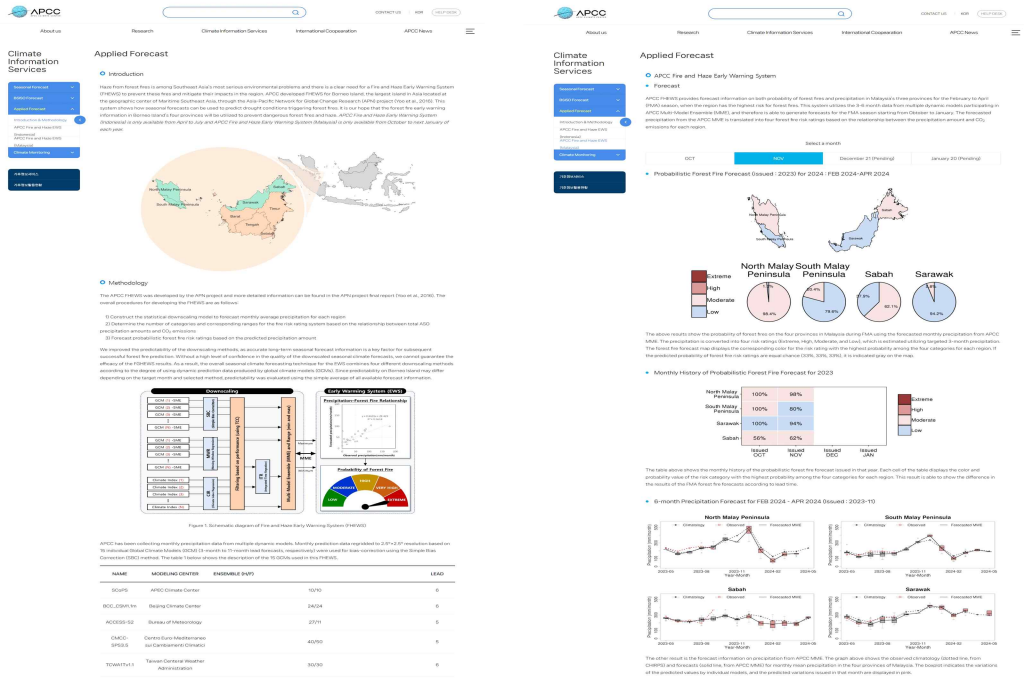


Figure 3.22. Applied Forecast - APCC Fire and Haze EWS (English Version)

3.1.3. 기관 홈페이지 연동 기후자료처리 모듈 개발

새로운 기후정보의 증가와 사용자 중심의 서비스 요구에 따라 각 서비스들의 편의성과 활용성 확대를 위한 동적 기후정보서비스의 필요성이 대두되었다. 동적 기후정보서비스는 온라인 웹상에서 사용자가 선별적으로 정보를 선택 및 표출할 수 있고 종합적인 정보를 획득할 수 있는 장점이 있다. 이를 위해 APCC에서는 동적 기후정보서비스를 구축하고자 한다.

동적 기후정보서비스는 현재 전 세계 기후 관련 전문기관에서 도입하여 서비스 중이거나 서비스를 준비 중이며, 해당 분야의 기술 수준 및 기술격차 추격을 위한 필수 과제라 할 수 있다. 또한 해당 방안은 SPA 기술 등 최신의 기술을 활용하여 중앙행정기관 및 공공기관 웹 서비스 정비 추진 정책인 ‘웹 사이트 총량제’를 달성하기 위한 준비 작업인 기후정보서비스와 기관 홈페이지 통합의 기반이 되는 기술이다. 이러한 동적 기후정보서비스를 구축하기 위해서

는 아래 Figure와 같이 1) 동적 기후정보처리를 위한 기후자료 요구사항 수집, 2) 표출 관련 외부 라이브러리 조사, 3) APCC 표준 라이브러리 설계 및 개발에 이르는 다방면의 지식과 최신의 ICT 기술 활용이 필요하다.

2022년에는 동적 기후정보서비스를 구축하기 위한 기반 기술 확보 및 원형 설계를 진행하였다. 이 절에서는 2023년에 진행한 동적 기후정보서비스 구축에 관하여 기술한다.

3.1.3.1. 기후정보서비스 플랫폼 대상의 동적 기후정보서비스 기반 기술 확보 및 원형 설계(2022)

새로운 기후정보의 증가와 사용자 중심의 서비스 요구에 따라 각 서비스들의 편의성과 활용성 확대를 위한 동적 기후정보서비스의 필요성이 대두되었다. 동적 기후정보서비스는 온라인 웹 상에서 사용자가 선별적으로 정보를 선택 및 표출할 수 있고 종합적인 정보를 획득할 수 있는 장점이 있다. 이를 위해 APCC에서는 동적 기후정보서비스를 구축하기 위한 다양한 기반 기술을 확보 및 설계하고자 한다.

동적 기후정보서비스는 현재 전 세계 기후 관련 전문기관에서 도입하여 서비스 중이거나 서비스를 준비 중이며, 해당 분야의 기술 수준 및 기술격차 추격을 위한 필수 과제라 할 수 있다. 또한 해당 방안은 SPA 기술 등 최신의 기술을 활용하여 중앙행정기관 및 공공기관 웹 서비스 정비 추진 정책인 ‘웹 사이트 총량제’를 달성하기 위한 준비 작업인 기후정보서비스와 기관 홈페이지 통합의 기반이 되는 기술이다. 이러한 동적 기후정보서비스를 구축하기 위해서는 아래 Figure와 같이 1) 동적 기후정보처리를 위한 기후자료 요구사항 수집, 2) 표출 관련 외부 라이브러리 조사, 3) APCC 표준 라이브러리 설계 및 원형개발에 이르는 다방면의 지식과 최신의 ICT 기술 활용이 필요하며, 본 절에서는 해당 동적 기후정보서비스를 구축하기 위한 기반 기술 확보 및 설계에 대하여 기술하도록 한다.

Figure 3.23. The development process for establishing dynamic climate service

3.1.3.1.1. 해외 기관의 동적 서비스 조사

BOM의 Climate outlooks는 사용자가 출력 기간을 선택할 수 있는 기능을 제공한다. 기후 예보를 지도위에 색상으로 표현하여 제공하며 사용자가 지도에서 지역을 선택하면 선택 지역의 기후 예보를 동적 그래프로 출력한다. 그래프에서는 중위값 등 실제 예보수치를 출력하여 이해를 돕고 있다.

MetEye도 Climate outlooks와 마찬가지로 지도위에 예보 값을 색상으로 입히고 지도에서 지역을 선택할 때 해당 지역의 예보 값을 동적으로 출력한다.

NOAA CPC의 outlook은 지도위에 예보 값을 contour를 이용하여 라인을 그리고 색상을 입혀 표현하고 있다. 지도에서 지역을 선택하면 선택한 지역의 지역명, 예보값 및 원 그래프를 동적으로 출력한다. Global temperature and predictation time series 서비스는 지도에 global station을 표시하고 사용자가 station 및 기간을 선택하면 해당 지점과 기간의 강수 및 기온 값을 동적 그래프로 출력한다.

ECMWF의 open chart는 여러 주제를 동적 chart로 제작하여 서비스한다. 기후 값을 지도상에 매핑하여 이미지 형태로 출력하지만 사용자가 지역을 선택하면 그래프로 출력한다. 서비스 제공 속도는 아주 빠른 편이다.

Copernicus CDS (Climate Data Store) Toolbox는 사용자가 직접 코드를 작성하여 다양한 그래프를 생산할 수 있는 도구를 제공한다. 사용자는 CDS에서 제공하는 입력자료를 선택하고 Python 언어를 이용하여 코드를 작성한 후 결과를 확인할 수 있다. 완전한 동적 서비스이지만 속도는 느린 편이다.

World bank의 Climate Change Overview는 지도에서 국가를 선택하면 국가의 기후변화 개요를 동적 그래프 형식으로 출력한다. Current Climate 서비스는 기후 변수, 기간 및 지도에서 지역 선택하면 해당 지역의 기후값을 동적 그래프로 출력하는 서비스를 제공하고 있다.

3.1.3.1.2. 동적 기후정보서비스 Backend 요구사항 수집 및 정의

해외 타 기관의 동적 서비스를 조사한 후 기후정보서비스 플랫폼에서 적용이 효과적인 서비스를 분석한 결과 계절예측 및 검증 서비스로 판단되었다. 계절예측 서비스는 지도상에 예측값을 색상으로 표현할 수 있으며 사용자가 선택한 지역의 예측값을 텍스트 및 동적 그래프 형식으로 출력할 수 있다. 검증 서비스 또한 결과 자체가 차트 형식인 자료가 있어 동적 기후정보서비스로 구현하기 쉽다. 동적 기후정보서비스 중 backend 부문의 요구사항을 도출하여 정의하였다.

3.1.3.1.3. 감시/예측/검증 자료처리/표출 라이브러리 설계 및 예제 코드 개발

계절예측 DMME, PMME 및 검증 HSS, SR 등의 원자료의 형식을 기반으로 하여 지도 기반 동적 서비스를 위한 전송 자료구조를 설계하였다. 다음은 설계 결과의 예제이다.

```
grid_id, latitude, longitude, AN, NN, BN, color
0, -90.0, 0.0, 43.6920661926, 31.8165245056, 24.4914016724, #ffefb7
1, -90.0, 2.5, 43.7274169922, 31.7874317169, 24.4851455688, #ffefb7
2, -90.0, 5.0, 43.7126693726, 31.7765617371, 24.5107593536, #ffefb7
3, -90.0, 7.5, 43.6690216064, 31.7965602875, 24.5344085693, #ffefb7
4, -90.0, 10.0, 43.7124710083, 31.7499389648, 24.5375862122, #ffefb7
5, -90.0, 12.5, 43.7512512207, 31.7061939240, 24.5425491333, #ffefb7
6, -90.0, 15.0, 43.6854858398, 31.7407779694, 24.5737323761, #ffefb7
…
```

Figure 3.24. PMME CSV

Open API 등의 Backend 모듈이 파일에서 직접 정보를 추출하여 전송하기 위한 자료구조를 설계하였다. 주로 전송된 정보를 바탕으로 동적 차트를 표출하는데 사용된다. 전송 대상 자료는 검증, 상세화 등의 결과 및 동적 그래프 작성에 필요한 정보이다. 전송 자료를 이용하여 생성하려는 목표 차트는 다음의 예와 같다.

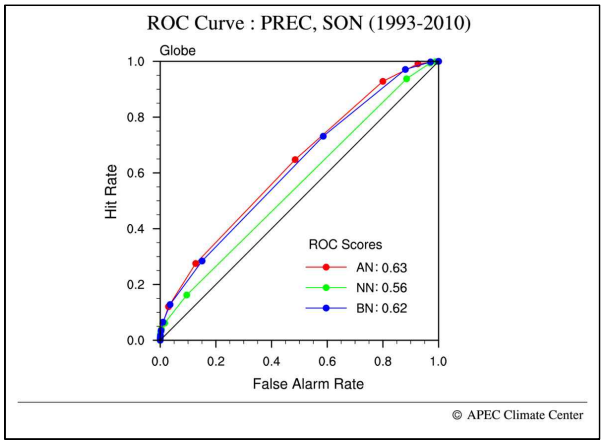


Figure 3.25. ROC Curve chart

지금까지 분석한 자료들은 2차원 그래프로 표현되어 있다. 입력자료와 목표 차트를 종합하여 동적 표출을 위하여 필요한 정보는 다음과 같이 일반화하여 요약할 수 있다.

Table 3.2. The contents of general charts

항목	설명
Type	차트 종류(2D, Percentage 등)
Title	차트 제목
Sub title	차트 부제목
vAxis title	세로축 제목
hAxis title	가로축 제목
Region	자료 지역명
Institute	기관명

Sub Chart list	1st	Type			첫 번째 부속 차트 종류
		Title			부속 차트 제목
		Sub title			부속 차트 부제목
		vAxis title			부속 차트 세로축 제목
		hAxis title			부속 차트 가로축 제목
		Region			부속 차트 자료 지역명
		Institute			부속 차트 기관명
		values	1st	vValue	첫 번째 세로축 값
				hValue	첫 번째 가로축 값
				info	값에 대한 추가 정보
			2nd	vValue	두 번째 세로축 값
				hValue	두 번째 가로축 값
				info	값에 대한 추가 정보
			...		
	2nd	Type			두 번째 부속 차트
		...			
	Nth	...			N 번째 부속 차트

Backend 자료의 설계가 정상적으로 잘 되었는지 검증하기 위하여 지도와 차트를 이용하는 예제 코드를 개발하였다. 계절예측 DMME, PMME의 동적 표출 결과는 다음과 같다. 자료의 CSV 파일로부터 격자의 색상을 입력받아 지도에 rectangle vector 형태로 출력하였다.

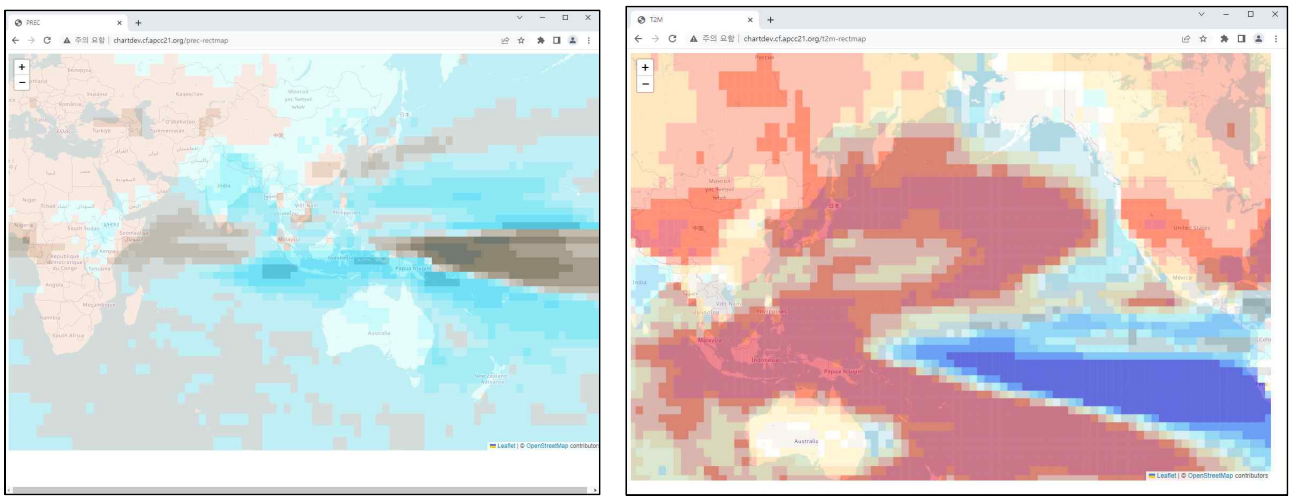


Figure 3.26. Samples of seasonal forecast - DMME (left), PMME (right)

차트 기반 검증 자료의 동적 표출 결과는 다음과 같다. 자료 원본으로부터 값을 추출 후 차트 라이브러리(Google chart)를 이용하여 표출하였다. 차트 라이브러리를 이용하여 차트 제작에 필요한 정보 중 빠진 것이 없는지도 확인하였다.

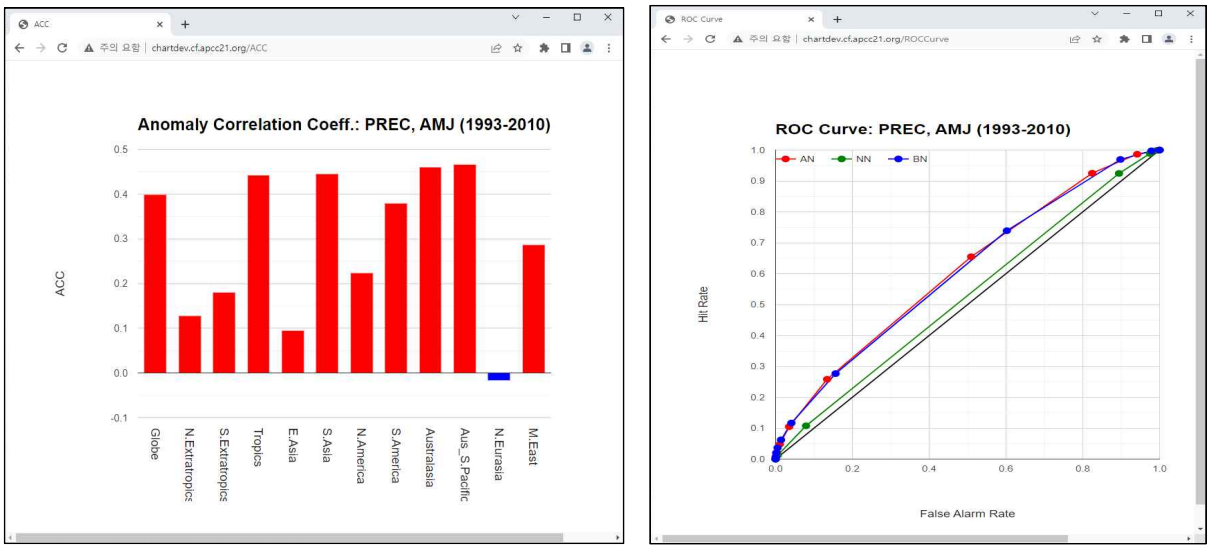


Figure 3.27. Sample of verifications - ACC (left), ROC Curve (right)

3.1.3.1.4. 사용자와 상호작용이 유연한 웹 개발 동적 프레임워크 조사 및 설계

APCC에서는 현재 홈페이지를 통해서 기후정보를 제공하고 있다. 이러한 정보는 현재 정적 웹 페이지 방식으로 제공을 하고 있는데 해당 방식은 서버에 저장된 파일이 그대로 전달되는 방식으로 서버에 저장된 데이터가 변경되지 않으면 고정된 웹 페이지를 보게 된다. 이에 반해 센터에서 구축하려고 하는 동적 웹 페이지 방식은 서버에 있는 데이터들을 스크립트에 의해 가공처리한 후 생성된 결과를 전달하는 방식으로 사용자는 상황, 시간, 요청 등에 따라 달라지는 웹 페이지를 볼 수 있다. 이런 동적 웹 페이지 형태로 구현되는 것을 SPA (Single Page Application)라고 한다. SPA 이전 웹 애플리케이션 또는 앱 사이트를 구동하는 방식은 서버 사이드 랜더링(SSR)으로, 화면에 보여지는 리소스를 서버에 요청하고, 서버로부터 받아온 리소스를 랜더링하여 제공하는 방식이다. 하지만 SPA는 렌더링의 역할을 서버에게 넘기지 않고 사용자의 브라우저에서 처리하는 방식이다. 웹 애플리케이션에서 필요한 모든 정적 리소스를 최초에 한번만 다운로드 하고, 이후 새로운 페이지 요청 시에 페이지 갱신에 필요한 데이터만을 받아서 페이지를 갱신하게 된다. SPA의 장점은 새로운 페이지 요청시 변경되는 부분만 갱신하기 때문에 전체적인 트래픽이 감소하고 랜더링의 효율이 좋다. 그리고 새롭게 갱신되는 부분만 랜더하기 때문에 새로고침이 발생하지 않아 화면 깜빡임이 없이 빠른 화면 이동이 가능해진다. 그리고 트랙픽의 감소와 속도, 반응성의 향상으로 인해 앱처럼 자연스러운 사용자 경험(UX)을 제공한다. 개발시에는 모듈화 또는 컴포넌트별 개발이 용이하고 Backend와 Frontend가 비교적 명확하게 구분이 된다. 반대로 단점으로는 초기에 웹 애플리케이션에 필요한 정적 리소스를 한번에 다운로드 하기 때문에 초기 구동 속도가 느리다. 그리고 SPA 구조 상 데이터 처리를 클라이언트에서 하는 경우가 많은데, 해당 로직들은 JavaScript를 통해 구현되므로 코드가 외부에 노출되어 보안적으로 문제가 될 수 있고, 검색엔진에 최적화가 어렵다. 이유는 검색엔진이 크롤링할 때 JavaScript를 실행하기 않고 애플리케이션이 로드되기 전의 빈 상태의 코드를 크롤링 하기 때문에 인덱싱이 제대로 이루어지지 않는다.

SPA방식으로 개발을 위한 동적 웹 프레임워크는 여러 종류가 있다. 이중에 대표적으로 많이 사용되는 3개의 프레임워크에 대한 비교 분석을 통해서 APCC 동적 기후정보서비스 개발에

활용하고자 한다. 대표적인 3개의 프레임워크는 Angular, React, Vue.js 이다.

3.1.3.1.5. 사용자 Interactive 웹 기후정보서비스 플랫폼 시범 적용 및 원형(Prototype) 개발

동적 기후정보서비스 구축을 위하여 사용자 interactive 기후서비스 원형을 개발하였다.

검증의 HSS, Success rate와 같이 지도표출이 필요한 자료의 Grid CSV 파일을 생산하기 위한 프로세서 원형을 개발하였다. CSV 생산 프로세서는 향후 기존 예측 및 검증 자료를 생성하기 위한 모듈에 추가될 필요가 있다. Grid CSV 파일을 생성할 때 grid의 값에 따른 색상 정의가 필요하다. 자료의 종류에 따라 색상 정의가 다양하여 설정 파일을 설계하고 설정 파일로부터 자료를 입력할 데이터 class 구조를 설계하였다. 원본 자료의 입력값을 색상 문자열로 변환하여 CSV 파일에 기록하는 프로세서를 개발하였다. 다음은 처리 결과 CSV의 예제이다.

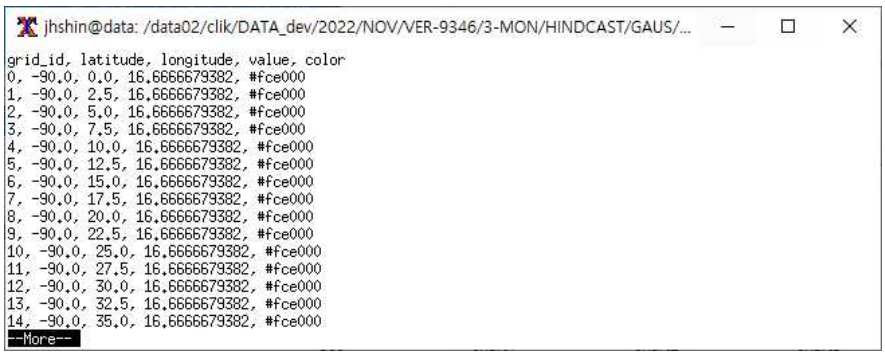


Figure 3.28. Grid CSV

계절예측 및 검증 결과를 frontend (웹 인터페이스)가 지도상에 표출하기 위해서는 CSV 파일의 위치 즉 URL이 필요하다. frontend는 CSV의 URL을 요청하기 위하여 backend Open API에 조건을 JSON 형식으로 전송해야 한다. CSV URL 제공 Open API는 요청을 받으면 조건에 맞는 자료를 찾아 URL을 반환한다. 반환된 CSV URL은 CSV 파일 다운로드를 요청하는 URL과 같다. 위의 URL을 웹 브라우저에 입력하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

Figure 3.29. The Open API to download CSV

지도표출이 아닌 동적 차트로 표출이 필요한 자료는(예: 검증 ACC, ROC Curve) Open API를 통하여 정보를 제공한다. 차트 표출을 위한 자료를 요청하기 위해 해당 조건을 Open API로 전달해야 한다. 자료를 요청하면 Open API는 다음과 같은 응답을 전송한다.

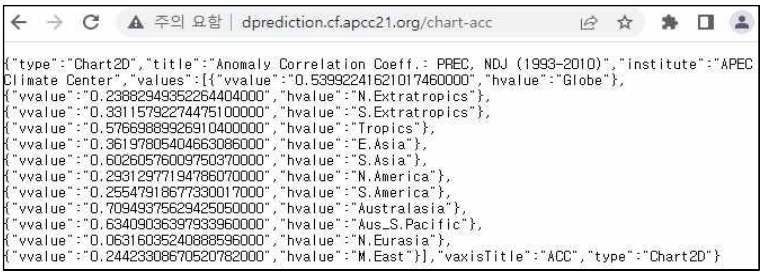


Figure 3.30. The result of ACC chart

APCC에서 운영 중인 기후정보서비스 플랫폼은 Frontend와 Backend로 구분이 되어 개발되어 있다. Backend는 Open API로 기능별로 개발이 되어서 활용이 되고 있고, Frontend는 웹 UI 언어 중 JSP와 Javascript를 이용하여 개발되었다. 이러한 구조에서 Frontend를 JSP 기반에서 SPA 방식의 Vue.js로 변경하여 원형개발을 하고자 한다. 개발 방법은 Backend는 기존에 개발되어 있는 Open API를 그대로 활용하면서 Frontend만 개발하는 방법이다. 이를 위해 우선 올해는 한 개의 페이지를 대상으로 하여 SPA중 하나의 vue.js를 이용해서 개발하는 방법이다. 선택된 vue.js를 이용하여 현재 운영중인 기후정보서비를 대상으로 원형 개발을 진행한다. 기후정보서비스 플랫폼은 Frontend에서 Open API를 Java를 이용해서 활용을 하였다. 그러나 Vue.js는 axios라는 HTTP 통신 라이브러리를 권고 하고 있다. axios는 node.js와 브라우저를 위한 Promise 기반 HTTP 클라이언트이다. 여기서 말하는 Promise는 자비스크립트 비동기 처리에 사용되는 객체이다. 자바스크립트 비동기 처리는 '특정 코드의 실행이 완료될 때까지 기다리지 않고 다음 코드를 먼저 수행하는 자바스크립트의 특성'을 의미한다. Promise는 주로 서버에서 받아온 데이터를 화면에 표시할 때 사용한다. 서버에다가 '데이터를 보내주세요' 라는 요청을 보낸다. 그런데 데이터를 받아오기전에 마치 데이터를 다 받은것처럼 화면에 데이터를 표시하려고 하면 오류가 발생하거나 빈화면이 뜬다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법중 하나가 Promise이다. axios 라이브러리를 이용해서 기후정보서비스 플랫폼에서 사용중인 Open API를 연동해서 활용하여 원형을 개발하였다. 이러한 원형 개발을 통해 현재 운영중인 기후정보서비스 플랫폼의 동적 기반 웹 프레임워크로의 전환 가능성을 확인하였다.

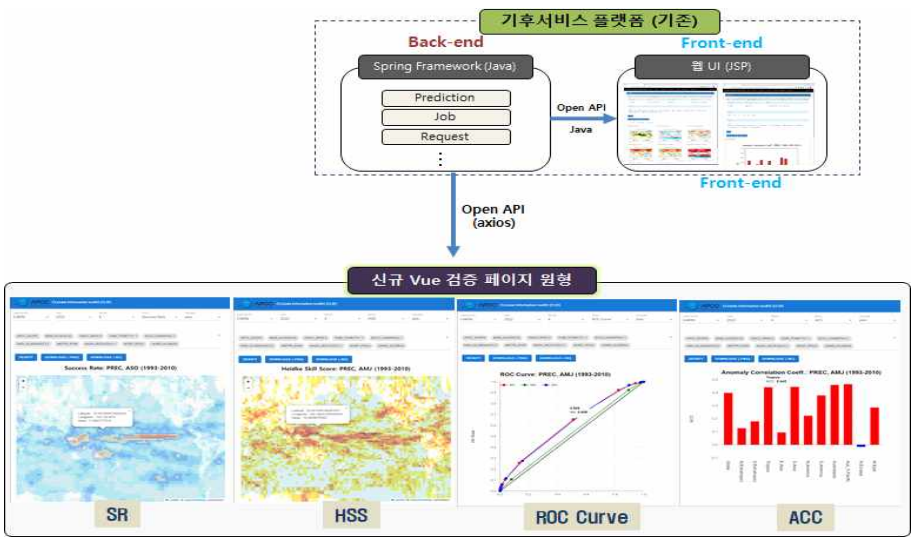


Figure 3.31. Strcutre of dynamic climate web service prototype

3.1.3.2. 동적 기후자료처리 모듈 개발(2023)

3.1.3.2.1. 지도표출을 위한 Grid CSV Processor 개발

이 절에서는 검증의 HSS, Success rate와 같이 지도표출이 필요한 자료의 Grid CSV 파일을 생산하기 위한 프로세서를 개발한 내용에 관하여 기술한다. 개발한 CSV 생산 프로세서는 향후 기존 예측 및 검증 자료를 생성하기 위한 모듈에 추가될 필요가 있다. 다음 Figure는 프로세서 class를 정의하여 class diagram을 작성한 결과이다.

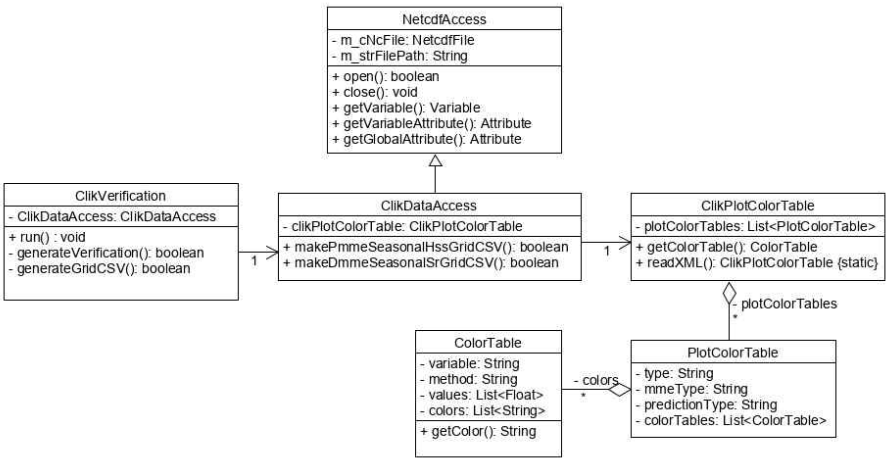


Figure 3.32. The class diagram for Grid CSV Processor

Grid CSV 파일을 생성할 때 grid의 값에 따른 색상 정의가 필요하다. 자료의 종류에 따라 색상 정의가 다양하여 설정 파일을 설계하고 설정 파일로부터 자료를 입력할 데이터 class 구조를 정의하였다. 설정 파일을 이용하여 입력자료의 값을 색상 문자열로 변환하여 CSV 파일에 기록하도록 개발하였다.

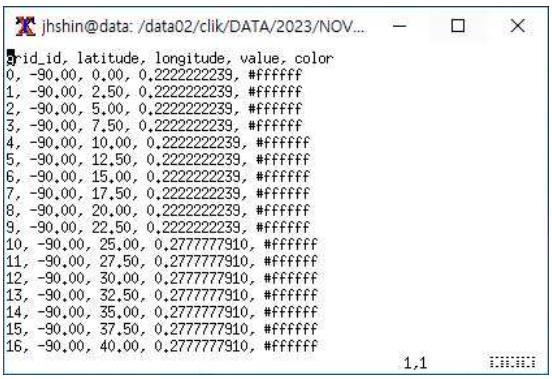


Figure 3.33. Grid CSV

3.1.3.2.2. Grid CSV 파일 URL 요청 Open API 개발

생성된 CSV 결과를 웹 인터페이스가 지도상에 표출하기 위해서는 CSV 파일의 위치 즉 URL이 필요하다. 웹 인터페이스는 CSV의 URL을 요청하기 위하여 Open API에 조건을 JSON 형식으로 전송해야 한다. CSV URL 제공 Open API는 요청을 받으면 조건에 맞는 자료를 찾아

URL을 반환하도록 개발되었다. URL을 웹 브라우저에 입력하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

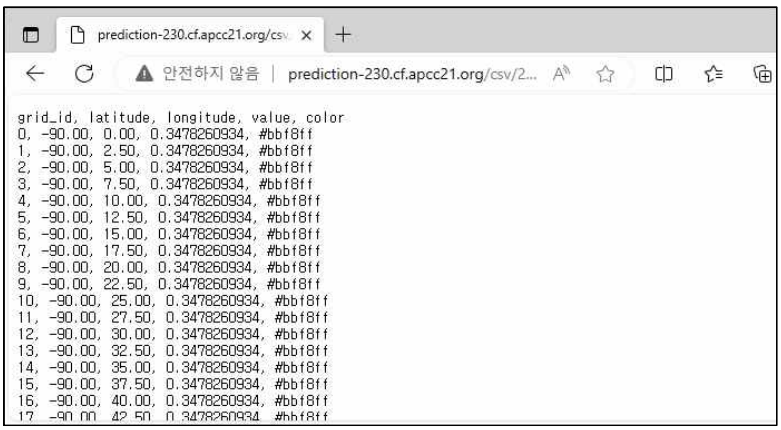


Figure 3.34. The Open API to view or download CSV

3.1.3.2.3. Chart 자료추출 및 전송 Open API 개발

지도표출이 아닌 동적 차트로 표출이 필요한 자료는(예: 검증 ACC, ROC Curve) Open API를 통하여 정보를 제공한다. 아래 Figure는 계절예측 검증 자료의 동적 차트 표출 기능을 제공하는 Open API의 기능을 표현한 class diagram이다.

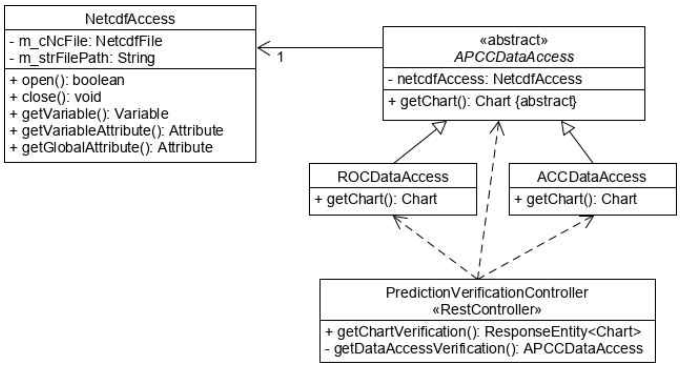


Figure 3.35. The class diagram to extract and transfer chart data

Chart 표출을 위한 자료를 요청하기 위해 조건을 Open API로 전달해야 한다. 차트 자료를 요청하면 Open API는 다음과 같은 응답을 전송한다.

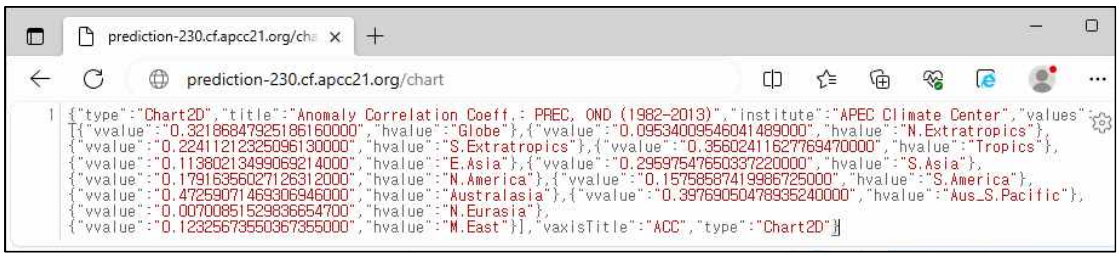


Figure 3.36. The result of ACC chart

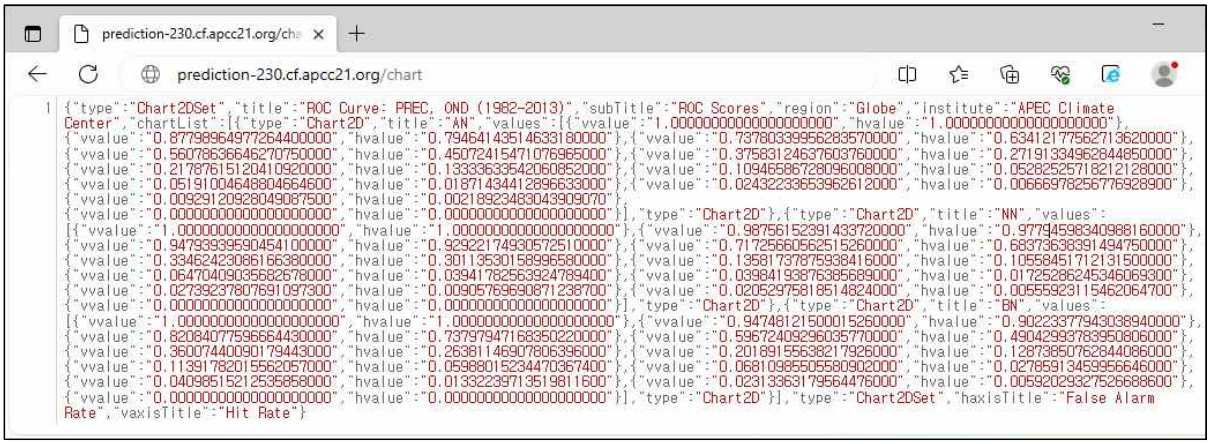


Figure 3.37. The result of ROC Curve chart

3.1.3.3. 동적 기후자료처리 웹 인터페이스 개발

기후정보서비스 플랫폼의 계절예측 검증 서비스를 대상으로 동적 표출을 위한 웹 인터페이스를 개발하였다. 계절예측의 검증 서비스에서 제공하고 있는 4가지 변수에 따라 지도표출과 동적 차트로 표출을 하였다. 검증 서비스의 동적 표출은 사용자의 차트 또는 지도 표출 요청에 따라 각각의 정보제공 Open API를 이용해서 필요한 데이터를 수집하고 이러한 데이터를 이용하여 각각의 라이브러리를 통해 표출을 하게 된다.

차트 표출을 위한 자료는 Open API를 통하여 제공받은 후 차트 라이브러리 (Google chart)를 이용하여 표출하였다. 아래 Figure는 현재 운영중인 기후정보서비스 플랫폼의 검증 서비스에 차트로 결과를 표출한 결과이다. 검증 서비스에서 제공하고 있는 검증 기법중 ACC와 ROC Curve 검증 기법에 차트 기반 동적 표출 기능을 적용하였다.

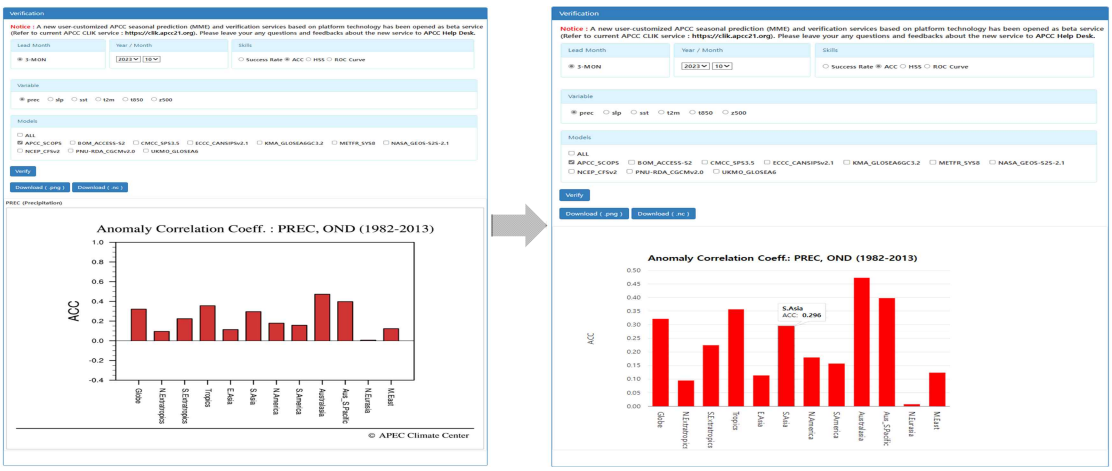


Figure 3.38. Result of verification - ACC

지도 기반 검증 자료의 동적 표출 결과는 다음과 같다. 표출에 사용된 지도는 OpenStreetMap을 사용하였다. OpenStreetMap은 누구나 자유롭게 지도를 만들고, 제약 없이 자유롭게 지도를 이용하기 위한 목적으로 2004년에 시작된 국제 프로젝트이다. 오픈스트리티맵은

개방형 데이터이며, 오픈스트리트맵 재단에 의해 오픈 데이터 커먼즈 오픈 데이버베이스 라이선스가 부여되어 있다. 그래서 오픈스트리트맵과 기여진에 대해 밝히는 조건으로 데이터를 자유롭게 복사, 배포, 전송 및 바꿀수 있다. 그래서 동적 검증 결과를 지도에 표출하는데 해당 맵을 이용하여 표출을 하였다. 지도 표출에 필요한 자료는 CSV 생산 프로세서를 통해 생산 Grid CSV 파일을 자료를 이용해서 지도에 표출한다. 차트 표출과 마찬가지로 Open API를 이용해서 필요한 데이터를 json 형식으로 전송받아 이를 이용한다. 아래 Figure는 운영중인 기후정보서비스 플랫폼의 검증 서비스에 지도로 결과를 표출한 결과이다. 검증 서비스에서 제공하고 있는 검증 기법중 Success Rate와 Heidke Skill Score 검증 기법에 지도 기반 동적 표출 기능을 적용하였다.

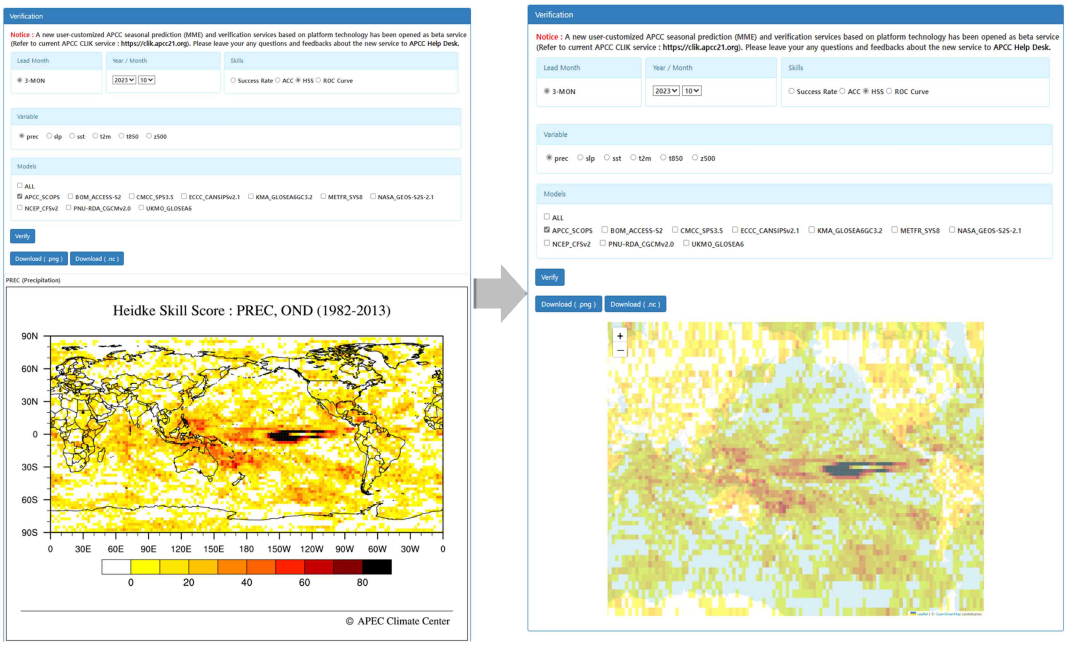


Figure 3.39. Result of verification - Hedike Skill Score

3.1.4. 홈페이지의 동적 서비스 콘텐츠 확대(2024)

새로운 기후정보의 증가와 사용자 중심의 서비스 요구에 따라 센터에서는 구축된 동적 기후정보서비스를 홈페이지를 통해 서비스를 제공하고 있고, 이러한 홈페이지의 정적 및 동적 웹 콘텐츠의 개선 및 추가에 따른 홈페이지 서비스를 개선하였다.

3.1.4.1. 태평양 도서국 지원용 정적 이미지 서비스 추가

홈페이지에서 동적 기후정보서비스를 제공함에 기존에 제공 중이었던 정적 이미지 서비스를 중단 하였다. 태평양 도서국에서 센터의 홈페이지에서 제공하던 정적 이미지를 더 이상 활용하지 못하여 되었다. 이에 태평양 도서국에서 필요한 정적 이미지를 제공하는 정적 이미지 서비스를 추가하였고, 이를 위해 아래와 같은 작업을 수행하였다.

- 정적 기후정보 별도 제공을 위한 정보 종류 선별 및 제공방안 설계
- 정적 기후정보 전송체계 구축

· 정적 기후정보 외부 서비스 계획 수립 및 서비스 링크 작성

· 정적 기후정보 별도 제공 서비스 시행 및 검증

홈페이지를 통해서 정적 이미지에 대한 서비스를 추가하였고, 태평양 도서국에 한정하여 서비스를 제공하다 보니 해당 서비스는 공개 서비스에는 포함되지 않았고, 필요 기관에 링크를 제공하여 서비스를 제공하고 있다.

3.1.4.2. 기후평년값 동적 표출 서비스 추가

홈페이지의 기후정보서비스중 기후현황의 최근 기후 페이지에서는 두 가지 기후평년기간(1981-2010, 1991-2020)에 대한 기후평년값 (Climatological Standard Normals)을 뺀 편차값(Anomaly)을 동적 표출 서비스를 통해 제공하고 있다. 해당 서비스에 기후평년값에 대한 정보를 추가적으로 제공하도록 서비스를 개선하였다. 이에 아래 Figure와 같이 기존의 메뉴가 두 개의 서브 메뉴로 분리가 되었다. 기존의 최근기후 메뉴는 편차값 메뉴로 변경하고 새롭게 기후평년값 메뉴가 추가되었다.

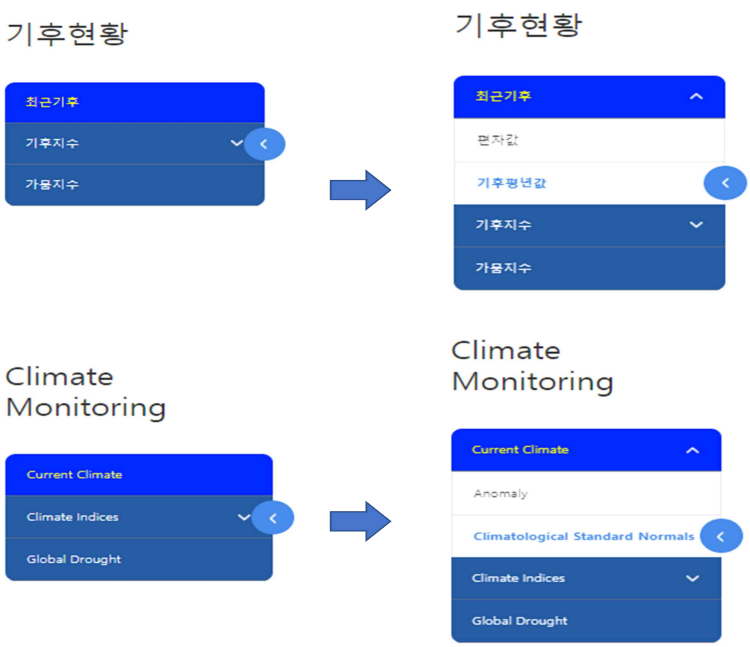


Figure 3.40. Climatological Standard Normals new menu

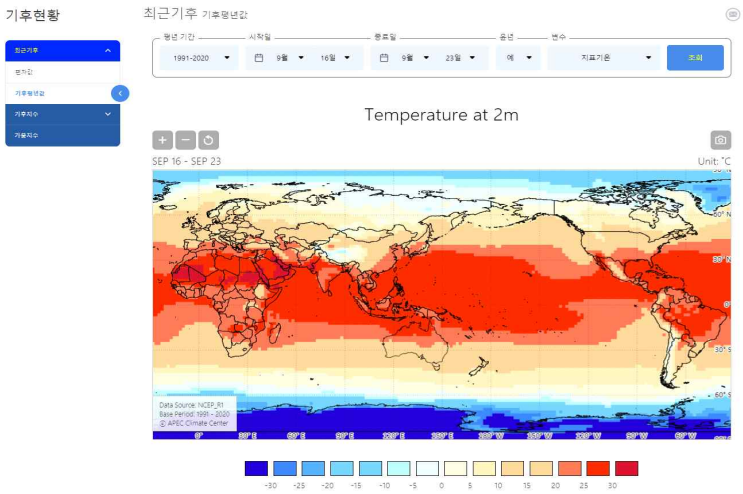


Figure 3.41. Climatological Staddard Normals new web page

3.1.4.3. 전지구 작물수확량 예측 정보 서비스 추가

센터는 일본 국립 농식품 연구원 (NARO, National Agriculture and Food Research Organization) 과의 공동연구를 통해 APCC 계절예측 정보를 이용한 전지구 작물수확량 변동 예측 모형 개발 및 작물 수확량 예측 정보 서비스 시스템을 구축하였다. 전지구 작물수확량 예측 정보 서비스 시스템은 APCC MME 계절예측 정보가 제공된 후인 매달 20일에 자동 생산되며, 작물수확량 예측 정보는 매월 초 APCC 홈페이지를 통해 제공된다.

전지구 작물수확량 예측 정보 신규 서비스와 관련하여 홈페이지 일부 메뉴 구조를 변경하였다. 전지구 작물수확량 예측 정보 서비스는 영문 서비스에만 제공을 함으로, 메뉴 구조 변경 대상은 영문 메뉴만 해당이 된다. 아래 Figure에서 보는 바와 같이 전지구 작물수확량 예측 정보 서비스가 제공될 'Applied Forecast' 메뉴가 변경되었다.

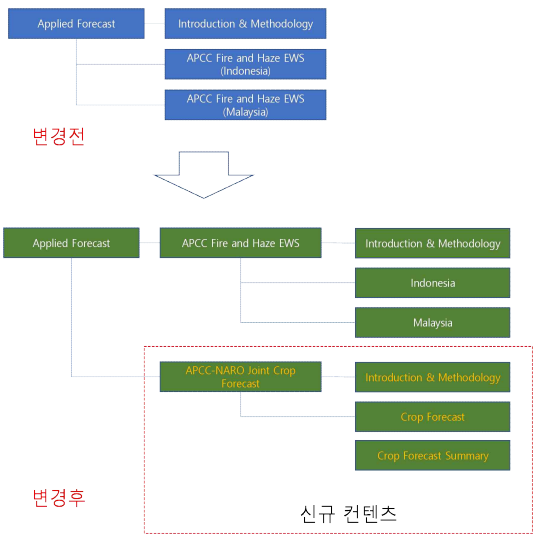


Figure 3.42. Applied Forecast menu updates

3.1.4.3.1. 전지구 작물예측 정보 신규 서비스 상세

3.1.4.3.1.1. Introduction & Methodology 서브 메뉴

APCC-NARO 공동연구 프로젝트에 대한 개요 및 전지구 작물수확량 변동 예측 정보 생산 방법에 대한 소개 및 방법론에 대한 설명을 제공한다.

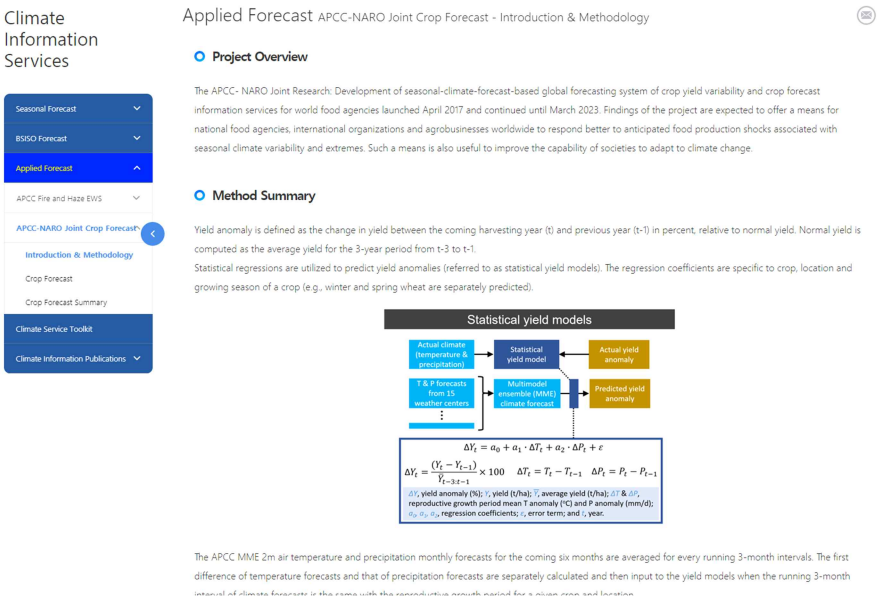


Figure 3.43. Introduction & Methodology page

3.1.4.3.1.2. Crop Forecast 서브 메뉴

매달 생산되는 작물별 3-6개월 전지구 수확량 변동 예측결과 이미지를 제공한다. 매달 자동 업데이트 되며, 최신 결과만 아래 Figure와 같이 표출한다.

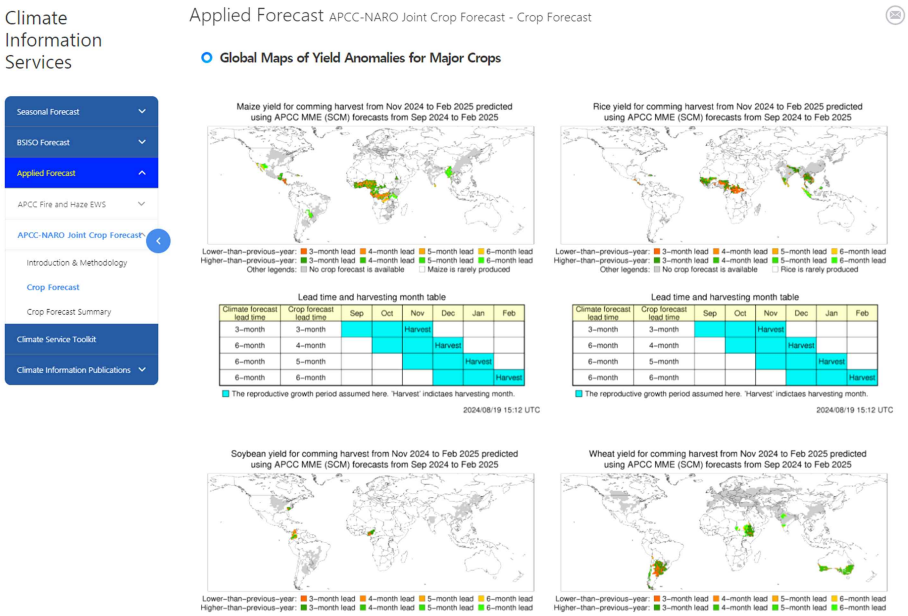


Figure 3.44. Crop Forecast page

3.1.4.3.1.3. Crop Forecast Summary 서브 메뉴

매월 생산 작물수확량 변동 예측정보 PDF 요약 파일이 아래 Figure와 같이 업데이트 되며, 누적하여 게시 및 관리가 된다.

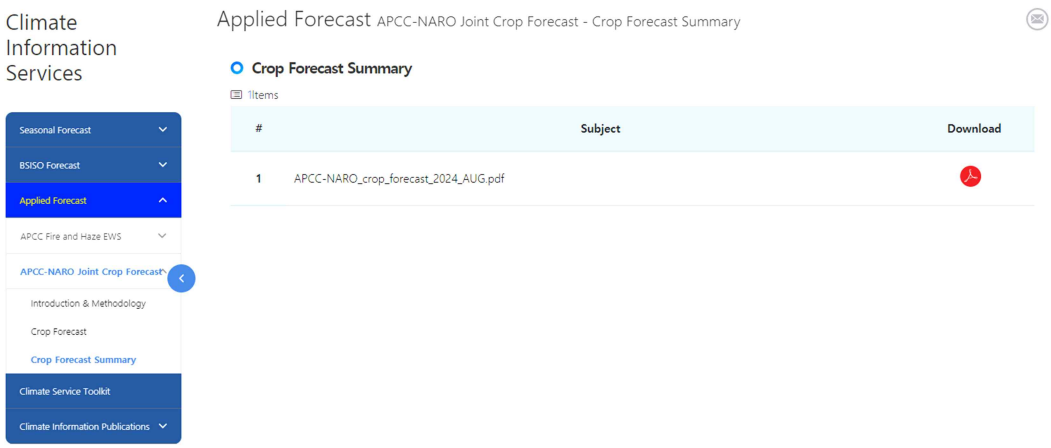


Figure 3.45. Crop Forecast Summary page

3.2. 기후정보서비스 플랫폼 동적 매쉬업 서비스 구축

3.2.1. 동적 매쉬업 서비스 원형 구축(2023)

3.2.1.1. 동적 매쉬업 서비스 원형 설계

현재 기후서비스 통합플랫폼(CLIKs)이 제공하고 있는 서비스를 매쉬업할 수 있는 대표적인 예시는 다음과 같다.

- 사용자가 선택한 계절예측 모델을 이용하여 MME 생산
- Clipping 혹은 Masking 기능을 이용하여 사용자가 원하는 지역 추출
- 동적 지도표출을 위한 Grid CSV 자료 생산
- 계절예측 결과 동적 지도표출
- 지도표출 자료 이미지 다운로드

동적 매쉬업 서비스를 구축하기 위해 표준화된 Open API, 처리 절차를 통하여 계절예측자료 생산, 기후자료 융합, 지역 추출, 자료 다운로드 등의 구성을 사용자가 할 수 있도록 설계하였다.

매쉬업 자료처리 작업(Job)은 1개 이상의 상세 자료처리(Job Detail) 과정을 포함할 수 있다. 위 Table의 Backend manager는 개별 Job Detail의 내용에 따라 자료처리를 관리한다. Job Detail 또한 여러 실행 명령으로 나누어질 수 있다.

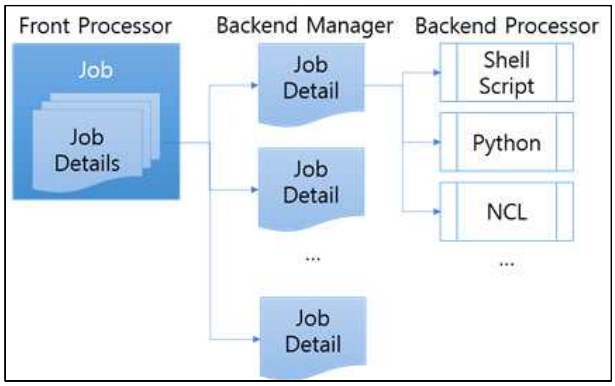


Figure 3.46. Relationship of Backend module and Job processing

Backend manager와 Backend processor는 여러 서버에 분산되어 동작할 수 있다. 또한 내부적으로 multi-threading 기법을 이용하여 1개 이상의 Job detail 혹은 명령을 병렬 처리할 수 있다. 기후서비스 통합플랫폼의 서비스 이용량에 따라 구동하는 서버의 개수 혹은 내부 thread 개수를 조절하여 서비스 부하를 조절할 수 있다.

다음 그림은 각 프로세서의 상세 처리 시나리오 설계 결과이다.

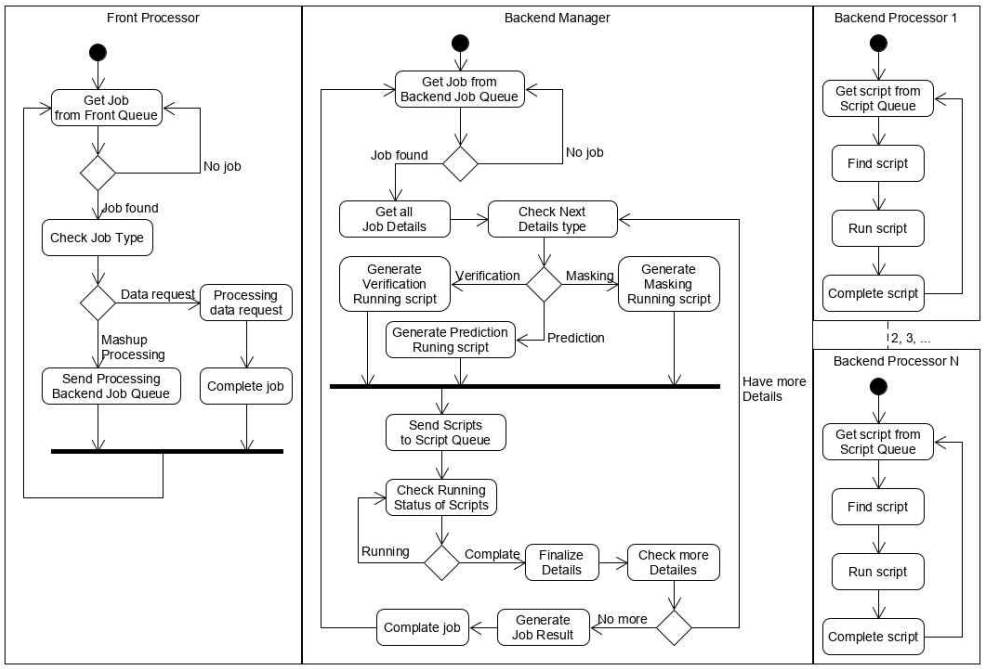


Figure 3.47. The detailed scenario of backend modules

3.2.2. Open API 조합 실행 기술 및 매쉬업 서비스 원형 개발

3.2.2.1. 개요

매쉬업 서비스(Mashup Service)[14]는 웹 개발 분야에서 주목받는 혁신적인 접근 방식으로,

여러 다른 웹 애플리케이션, 데이터 소스 또는 API를 결합하여 새로운 애플리케이션 또는 서비스를 생성하는 개념이다. 이는 다양한 데이터와 기능을 통합하여 사용자 경험을 향상시키고 유용한 정보나 서비스를 제공하는 데 중점을 둔다.

매쉬업 서비스의 핵심은 다양한 데이터와 기능의 통합에 있다. 예를 들어, 지도 서비스에 부동산 정보, 날씨 데이터, 교통 상황 등을 결합하여 사용자에게 한눈에 다양한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 통합은 주로 API(Application Programming Interface)를 통해 이루어지며, 이를 통해 다른 웹 서비스나 데이터 소스와 효과적으로 상호 작용한다.

매쉬업 서비스는 사용자 지향성을 강조한다. 사용자의 요구에 맞춘 정보나 기능을 제공함으로써 사용자 경험을 크게 향상시킬 수 있다. 또한, 이 접근 방식은 창의성과 혁신을 장려한다. 개발자들은 다양한 데이터와 서비스를 새롭게 조합하여 혁신적인 애플리케이션을 만들어낼 수 있다.

비즈니스 측면에서도 매쉬업 서비스는 중요한 가치를 지닌다. 기업은 외부 데이터를 활용하여 새로운 제품이나 서비스를 개발하고 시장에 출시함으로써 사업적 가치를 창출할 수 있다. 또한, 기존의 자원을 활용하기 때문에 서비스 구축을 위한 비용을 절감할 수 있다는 장점도 있다.

매쉬업 개발을 지원하는 다양한 오픈 소스 및 도구들이 존재한다. 이를 통해 개발자들은 보다 쉽고 효율적으로 매쉬업 애플리케이션을 구축할 수 있다. 그러나 매쉬업 서비스가 다른 서비스에 종속되어 있다는 점은 주의해야 할 사항이다. 1차 자원의 제공 형태에 따라 서비스 관리가 어려워질 수 있기 때문이다.

매쉬업 서비스는 다양한 분야에서 활용되고 있다. 범죄 통계 정보, 허리케인 정보, 주유소 가격 정보와 같은 실용적인 정보부터 취미나 엔터테인먼트 관련 정보까지 광범위하게 적용되고 있다. 이러한 다양성은 매쉬업 서비스의 무한한 가능성을 보여주며, 웹 기반 서비스의 미래를 선도하는 중요한 요소로 자리잡고 있다.

3.2.2.2. APCC Mashup Service 원형

APCC는 2023년 기후 데이터 분석 분야에 매쉬업 서비스의 개념을 적용한 APCC Mashup Util이라는 Python 클래스를 구현하였다. 이는 다양한 기후 데이터 소스를 통합하여 데이터 과학자와 기후 연구자들에게 유용한 도구를 제공하고자 하는 노력의 일환이다.

APCC Mashup Util은 기후 데이터의 다운로드, 처리, 시각화 및 PDF 보고서 생성을 위한 Python 스크립트로, 일반적인 매쉬업 서비스의 원칙을 따르면서 APCC, NCEP, GPCP, ERA5 등 다양한 기후 데이터 소스를 통합한다. 이를 통해 사용자는 여러 데이터 소스를 한 곳에서 접근하고 분석할 수 있게 되었다.

---

14) 매쉬업 서비스(Mashup Service)는 여러 다른 웹 애플리케이션, 데이터 소스 또는 API를 결합하여 새로운 애플리케이션 또는 서비스를 생성하는 개념이다. 이것은 웹 개발에서 사용되며, 다양한 데이터와 기능을 통합하여 사용자 경험을 향상시키고 유용한 정보나 서비스를 제공하는 데 도움을 준다.

이 도구의 주요 기능은 다음과 같다. 먼저, 다양한 기후 데이터 소스를 통합하여 사용자에게 보다 포괄적인 기후 정보를 제공한다. 또한, 수집된 데이터를 처리하고 분석하여 사용자가 필요로 하는 형태로 변환하며, 특정 지역의 기후 변화 추세나 극단적 기상 현상의 예측 등 복잡한 분석을 수행할 수 있다.

데이터 시각화 기능을 통해 사용자는 기후 데이터를 더 쉽게 이해하고 해석할 수 있다. 예를 들어, 강수량, 기온, 해수면 기압 등의 변화를 지도 위에 표시하여 시각적으로 표현한다. 마지막으로, 분석 결과를 PDF 형식의 보고서로 생성하여 공유하거나 발표할 수 있게 하였다. 이 보고서는 학술 연구, 정책 결정 과정, 교육 자료 등 다양한 목적으로 활용될 수 있다.

APCC Mashup Util 클래스는 기후 데이터 분석 분야에서 일반적인 매쉬업 서비스의 개념을 성공적으로 통합하여 새로운 가치를 창출하고 있다. 이러한 통합적 접근 방식은 기후 변화 연구 및 정책 결정에 중요한 정보를 제공할 수 있으며, 기후 데이터의 가치를 최대한 활용하는 데 기여할 것으로 기대된다. APCC는 이를 통해 기후 데이터의 접근성과 활용도를 높이고, 궁극적으로 기후 변화에 대한 이해와 대응 능력을 향상시키는 데 기여하고자 한다.

3.2.2.3. APCC Mashup Util 개발

APCC Mashup Util Class는 2023년 APCC에서 개발한 Python 기반의 클래스로, APCC Mashup Service를 지원하기 위해 설계되었다. 이 클래스는 기후 데이터 처리와 관련된 다양한 작업을 수행하며, 여러 핵심 라이브러리를 활용한다. 주요 라이브러리로는 numpy, xarray, matplotlib, cartopy, xesmf, fpdf, shutil, zipfile, cdsapi, apccapi, requests 등이 있으며, 이들은 클래스의 기능 구현에 필수적이다. APCC Mashup Util Class의 주요 역할은 다음과 같다.

첫째, 데이터 다운로드 기능을 제공한다. NCEP, GPCP, APCC MME, ERA5 등 다양한 기후 데이터 소스로부터 필요한 데이터를 쉽게 가져올 수 있도록 지원한다.

둘째, 데이터 선택 및 처리 기능을 수행한다. 특정 지역으로 데이터셋을 자르거나, 서로 다른 데이터셋 간의 해상도를 일치시키는 등 다양한 데이터 처리 작업을 수행하여 사용자가 원하는 형식으로 데이터를 가공한다.

셋째, 데이터 시각화 기능을 제공한다. MME 강수량, 해수면 기압, 강수량 및 해수면 기압 데이터를 시각적으로 표현하여 사용자의 이해를 돕는다.

넷째, PDF 보고서 생성 기능을 지원한다. 표 생성, 데이터의 테이블 형식 변환, 보고서의 섹션 제목 및 내용 추가 등의 작업을 수행하여 체계적인 보고서를 생성하고 공유할 수 있게 한다.

다섯째, 데이터 확장 및 좌표 관리 기능을 제공한다. 시작 좌표 설정, 좌표 확장, 좌표 반올림 등의 작업을 통해 데이터 처리의 정확성과 효율성을 향상시킨다.

이러한 다양한 기능을 통해 APCC Mashup Util 클래스는 기후 데이터 처리 및 관련 작업

을 효과적으로 수행하며, 사용자가 기후 정보를 보다 쉽게 활용할 수 있도록 지원한다. 이는 기후 연구 및 정책 결정 과정에서 중요한 도구로 활용될 수 있으며, 기후 데이터의 가치를 극대화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

Table 3.3. The list of Climate Data Processing Open API Server

분류	함수명	설명
데이터 다운로드	download_apcc_ncep_data	APCC NCEP 데이터를 다운로드한다.
	download_cds_gpcp_data	GPCP 강수량 데이터를 다운로드한다.
	download_apcc_mme_slp_data	APCC MME 해수면 기압 데이터를 다운로드한다.
	download_apcc_mme_prec_data	APCC MME 강수량 데이터를 다운로드한다.
데이터 선택 및 처리	select_ncep_monthly_data	NCEP에서 특정 연월의 데이터를 선택한다.
	clip_dataset	주어진 좌표 범위로 데이터셋을 잘라낸다.
	regrid_dataset	두 데이터셋 간의 해상도를 맞추어 재배치한다.
	regrid_dataset_weighted_average	가중 평균을 이용하여 데이터셋을 재배치한다.
데이터 시각화	plot_mme_prec	MME 강수량 데이터를 시각화한다.
	plot_mme_slp	MME 해수면 기압 데이터를 시각화한다.
	plot_gpcp_prec	GPCP 강수량 데이터를 시각화한다.
	plot_ncep_slp	NCEP 해수면 기압 데이터를 시각화한다.
PDF 보고서 생성	draw_table_with_row_names	PDF에 표를 생성한다.
	gpcp_xarray_to_table_data	각 xarray 데이터를 테이블 데이터로 변환한다.
	mme_xarray_to_table_data	
	rmse_to_table_data	
	add_section_header	PDF 보고서에 섹션 제목을 추가한다.
	add_section_content	PDF 보고서에 섹션 내용을 추가한다.
데이터 확장 및 좌표 관리	set_start_coordinates	시작 좌표를 설정한다.
	expand_coordinates	지정된 좌표를 주어진 해상도에 맞게 확장한다.
	round_coordinates	주어진 좌표를 특정 간격에 맞게 반올림한다.

3.2.2.4. APCC Mashup 원형 - GPCP와 MME 예측 자료의 비교

APCC는 APCC Mashup Util Class를 기반으로 Mashup Service Prototype Code를 개발하였다. 이 프로토타입은 외부 API인 Copernicus Data Store의 GPCP (Global Precipitation Climatology Project) 데이터와 내부 API인 APCC MME (Multi-Model Ensemble) 데이터를 조합하여 Mashup 서비스를 구현하는 샘플 프로젝트이다.

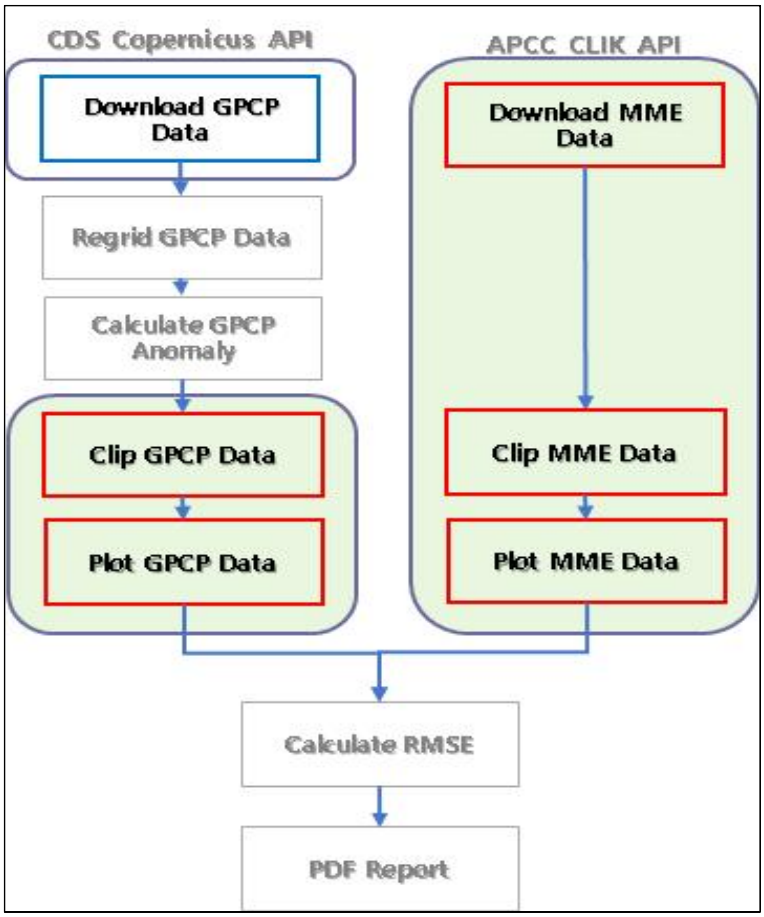


Figure 3.48. Data Flow - Mashup Prototype

프로젝트에서 사용된 주요 데이터 소스는 두 가지이다. 첫째, GPCP는 위성 측정에 기반한 강수량 월별 및 일일 격자 데이터로, 1979년부터 현재까지의 데이터를 제공한다. 둘째, APCC MME는 SCM (Statistical Correction Model) 방법을 기반으로 한 계절 예측 데이터를 제공한다.

이 프로토타입의 주요 기능은 외부 API를 통한 GPCP 강수량 관측 데이터 다운로드, 내부 API를 통한 APCC MME 데이터 다운로드, 두 데이터 소스의 Clipping을 통한 지역 또는 범위 조정, 그리고 두 자료의 비교 및 PDF 보고서 생성이다.

프로토타입의 실행 과정은 여러 단계로 구성된다. 먼저 CDS 및 APCC 속성 파일을 설정하고, 필요한 라이브러리와 모듈을 가져온다. 그 다음 API 호출에 필요한 변수를 설정하고, GPCP 및 APCC MME 데이터셋을 준비한다. 이후 데이터셋 변수 이름을 표준화하고, GPCP 데이터와 GPCP 평균 데이터 간 강수량 이상치를 계산한다. 두 데이터셋을 재격자화하여 해상도를 일치시키고, 원하는 위도와 경도 범위로 데이터셋을 자른다. 마지막으로 GPCP 및 APCC MME 데이터에 대한 그림을 생성하고, 이를 포함한 PDF 보고서를 생성하여 저장한다.

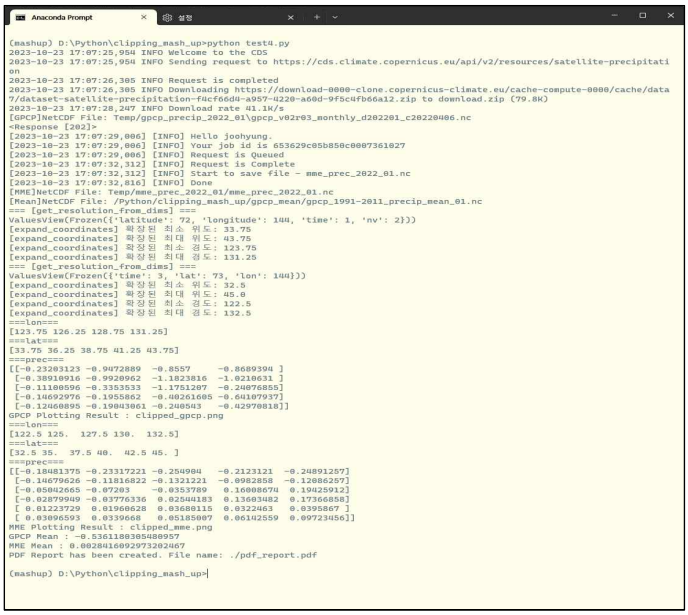
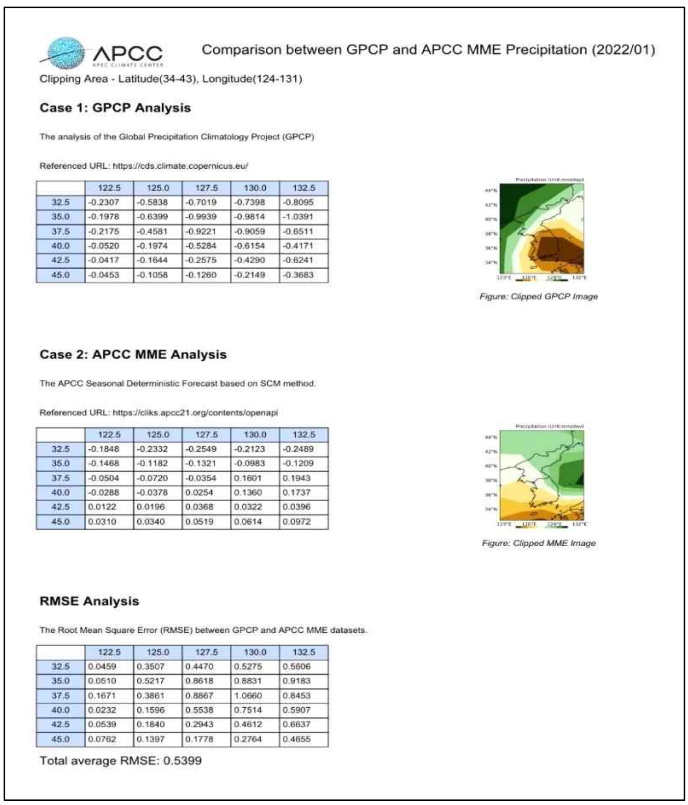


Figure 3.49. Execution screenshot - Mashup Prototype

이러한 프로토타입은 외부와 내부 데이터 소스를 효과적으로 조합하여 유용한 정보를 생성하고 보고서로 제공하는 Mashup 서비스를 구현하는 데 활용되는 기초자료로서 중요한 역할을 한다. 이를 통해 APCC는 다양한 기후 데이터를 통합하고 분석하여 더욱 정확하고 유용한 기후 정보를 제공할 수 있는 기반을 마련하였다.



	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5
32.5	-0.2307	-0.5838	-0.7019	-0.7398	-0.8095
35.0	-0.1978	-0.6399	-0.9939	-0.9814	-1.0391
37.5	-0.2175	-0.4581	-0.9221	-0.9059	-0.6511
40.0	-0.0520	-0.1974	-0.5284	-0.6154	-0.4171
42.5	-0.0417	-0.1644	-0.2575	-0.4290	-0.6241
45.0	-0.0453	-0.1058	-0.1260	-0.2149	-0.3683

	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5
32.5	-0.1848	-0.2332	-0.2549	-0.2123	-0.2489
35.0	-0.1468	-0.1182	-0.1321	-0.0983	-0.1209
37.5	-0.0504	-0.0720	-0.0354	0.1601	0.1943
40.0	-0.0288	-0.0378	0.0254	0.1360	0.1737
42.5	0.0122	0.0196	0.0368	0.0322	0.0396
45.0	0.0310	0.0340	0.0519	0.0614	0.0972

	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5
32.5	0.0459	0.3507	0.4470	0.5275	0.5606
35.0	0.0510	0.5217	0.8618	0.8831	0.9183
37.5	0.1671	0.3861	0.8867	1.0660	0.8453
40.0	0.0232	0.1596	0.5538	0.7514	0.5907
42.5	0.0539	0.1840	0.2943	0.4612	0.6637
45.0	0.0762	0.1397	0.1778	0.2764	0.4655

Figure 3.50. Execution result - Mashup Prototype

3.2.3. 기후정보서비스 플랫폼 동적 매쉬업 기술을 활용한 원스톱 서비스 구축 (2024)

매쉬업(Mashup) 서비스는 기후자료의 생산, 가공, 제공 서비스를 엮어서 새로운 기후서비스를 창출할 수 있도록 표준화된 Open API를 통한 자료처리 절차 구성을 사용자가 할 수 있도록 지원하는 서비스이다. 즉, 각종 콘텐츠와 서비스를 융합하여 새로운 웹 서비스 만들어 내는 것이다.

3.2.3.1. 동적 매쉬업 서비스를 위한 System Architecture 설계

기후정보서비스 플랫폼에서 동적 매쉬업 서비스를 제공하기 위하여 전체 system architecture를 설계하였다. system architecture를 설계할 때 주요 고려 사항은 1) 기존의 backend 자료처리 모듈과 Open API를 효과적으로 통합 및 조합하여 유연한 서비스 제공하고, 2) 최대한 많은 사용자의 요청을 빠른 시간에 효율적으로 처리할 수 있는지이다.

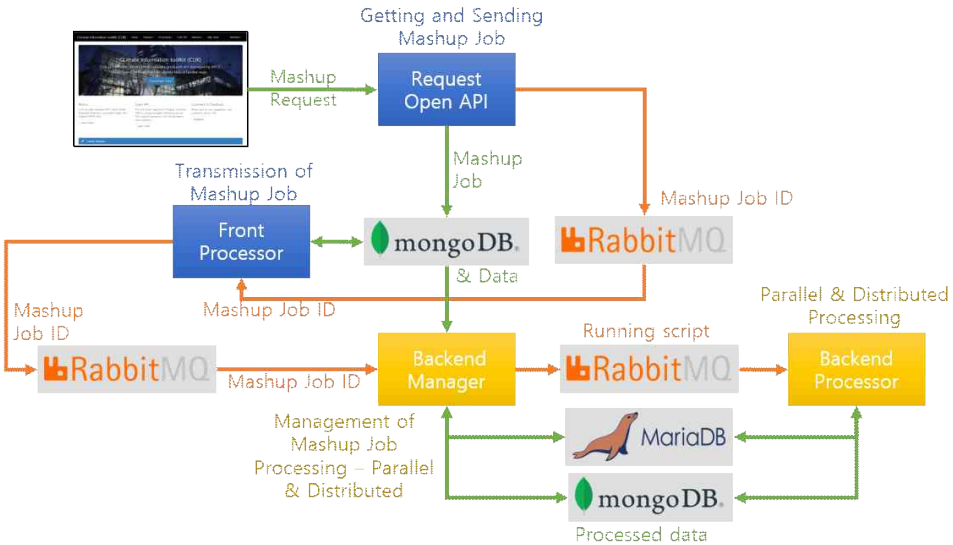


Figure 3.51. The system architecture for mashup service

동적 매쉬업 서비스를 위하여 기존의 기후정보서비스 플랫폼에 추가해야 하는 backend 모듈은 backend manager, backend processor이며 두 모듈을 위한 전용 rabbitMQ 큐가 추가되어야 한다. Backend manager는 전체 매쉬업 처리 과정을 관리하고, backend processor는 실제 자료처리를 담당한다.

사용자가 기후정보서비스 플랫폼 홈페이지에서 매쉬업 요청을 보내면 request API는 mashup job을 저장하고 job ID를 rabbitMQ로 전달한다. front processor는 자료처리 job인 mashup job ID를 backend manager로 전달하기 위해 다시 매쉬업 처리를 위한 queue로 전달한다. Backend manager는 mashup job을 처리하기 위하여 backend processor와 유기적으로 동작한다.

3.2.3.2. 매쉬업 서비스 배포 및 운영 환경

매쉬업 서비스를 위한 system architecture의 각 모듈이 배포되어 운영되는 환경은 다음의 Figure와 같다.

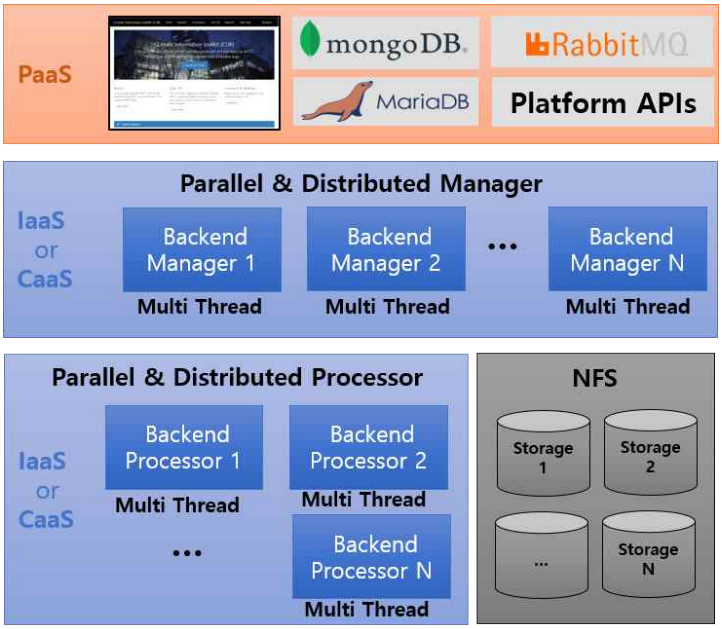


Figure 3.52. Operation environment of mashup service

Backend manager와 backend processor는 여러 개의 사용자 요청을 동시에 빨리 처리할 수 있도록 여러 가상서버(IaaS 혹은 CaaS)로 분산 배포된다. 또한 내부적으로 multi-thread로 구성되어 여러 처리를 동시에 병렬 처리할 수 있다.

3.2.3.3. 동적 매쉬업 서비스를 위한 매쉬업 Job 설계

매쉬업 Job은 일반적인 자료 제공 및 자료처리 Job과는 달리 여러 단계의 처리 과정을 포함할 수 있다. 예를 들어 계절예측 및 검증 자료를 생산한 후 masking을 수행하여 국가의 boundary를 추출하고 boundary를 포함하는 영역에 따라 잘라내어 내려받는 과정을 포함할 수 있다. 따라서 다양한 사용자의 요청을 전달하기 위한 2개 이상의 세부 내용(Detail)을 매쉬업 Job으로 구성할 수 있어야 한다. 또한 각 매쉬업 Job 및 detail의 처리상태, 처리 로그를 관리할 수 있어야 한다. 다음의 Figure는 이러한 요구사항을 반영하여 설계한 매쉬업 Job의 설계이다.

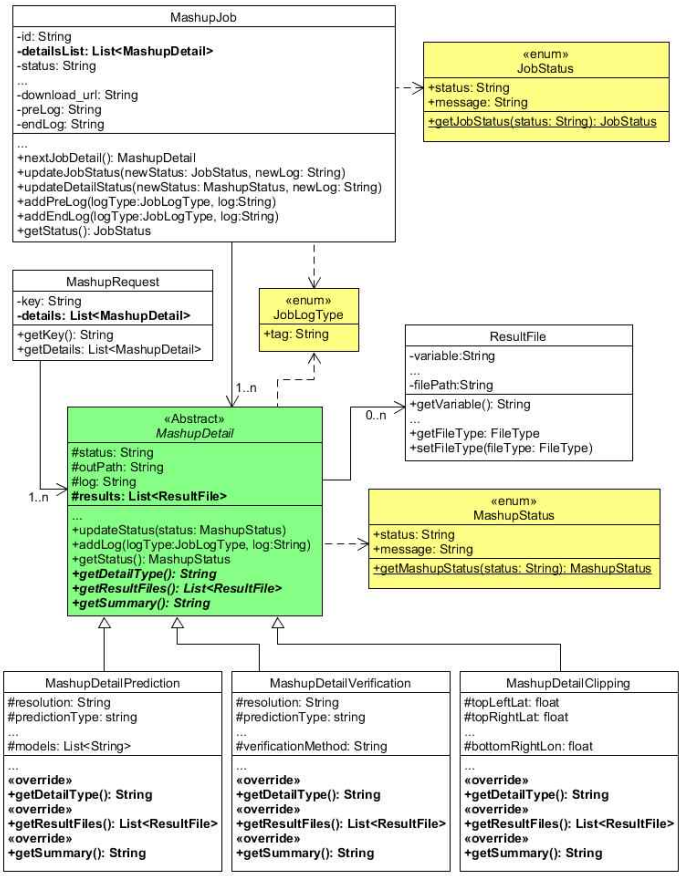


Figure 3.53. Class diagram for mashup job

위의 diagram에는 prediction, verification, clipping 등의 mashup detail이 표시되어 있다. Mashup detail은 필요에 따라 masking, composite 등의 다양한 상세 기능이 추가되어 향후 확장할 수 있게 하도록 mashup detail의 공통 속성을 선정하여 parent class의 형태로 정의하였다. 사용자가 어떠한 기능을 요구할지를 미리 파악할 수 없으므로 모든 detail을 적용할 수 있도록 abstract class로 MashupDetail 클래스를 정의하였다. Mashup detail의 처리 진행 상황, 로그나 처리 결과 파일 기록 등의 공통 기능을 abstract operator로 정의하였다. Prediction, Verification, Clipping 등을 위한 class인 MashupDetailPrediction, MashupDetailVerification, MashupDetailClipping은 MashupDetail class를 상속하여 abstract operator를 override(재정의) 하도록 설계하였다.

3.2.3.4. 동적 매쉬업 backend 서비스 구축

Backend manager는 매쉬업 전체 처리 과정을 제어하고, backend processor는 실제 자료처리를 담당한다. Backend manager는 직접 자료를 처리하지 않고 자료처리를 위한 실행 스크립트를 생성하여 processor가 자료를 처리할 수 있도록 queue로 전달하거나, 자료처리를 담당하는 Open API를 호출한다. Backend manager는 내부적으로 특정 과정을 병렬로 동시에 처리할 수 있는 경우 다수의 실행 스크립트 생성할 수 있다. Backend processor는 backend manager가 생성한 실행 스크립트를 실행하여 실제 자료처리 담당한다.

Backend manager는 여러 Mashup Job을 동시에 처리할 수 있도록 여러 개의 IaaS/CaaS 환경에 분산(Distributed)되어 실행되며, 내부적으로는 multi-thread로 구성(예: 4개의 backend manager가 4개의 thread로 구성되면 총 16개의 job을 동시에 처리 가능)된다. Backend processor도 backend manager와 같은 운영 방식으로, 분산 환경 및 multi-thread로 구성된다.

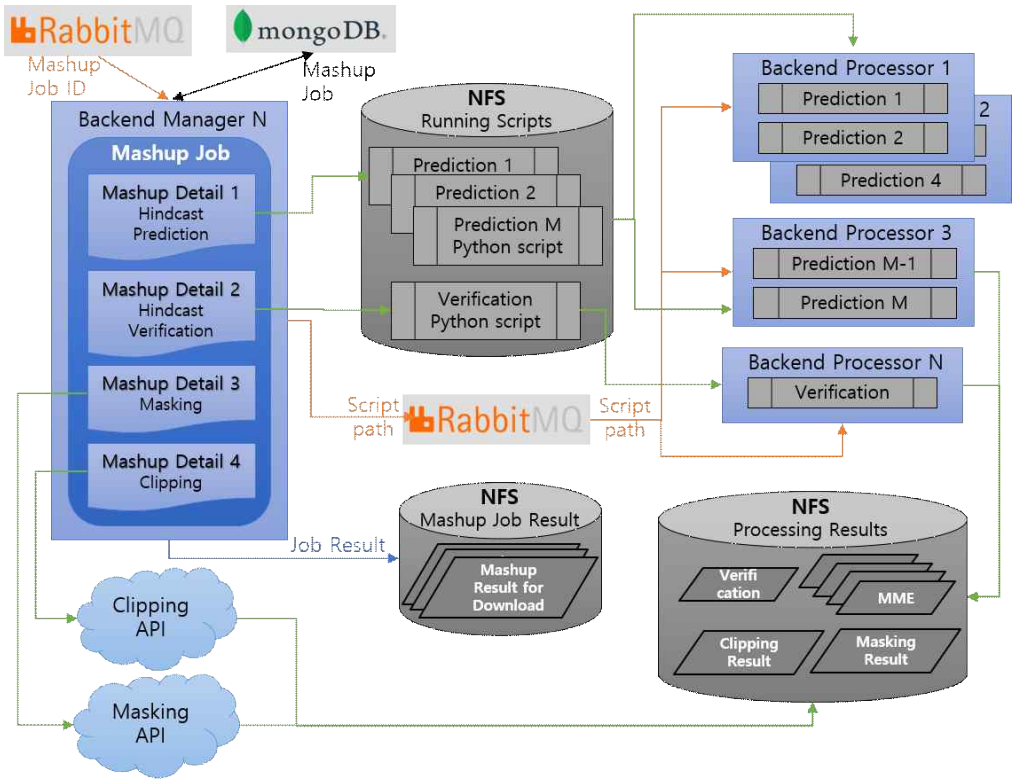


Figure 3.54. Mashup processing structure and progress

사용자 매쉬업 요청(Mashup Job)은 2개 이상의 Mashup detail로 구성될 수 있다. Backend manager는 Mashup Job에 포함된 각 detail을 순차적으로 처리할 수 있도록 제어하고, 마지막 detail 처리가 끝나면 사용자에게 제공할 다운로드 파일을 생성한다.

위의 Figure의 mashup job은 hindcast prediction, verification 수행 후 masking, clipping 수행을 요구한다. Backend manager N은 queue로부터 job ID를 받아 mashup detail을 순차적으로 처리한다. Prediction, verification과 같이 backend processor가 처리할 수 있는 경우 실행 스크립트를 작성하고 masking, clipping과 같은 Open API가 처리 기능을 제공하는 경우는 API를 호출한다.

Mashup job의 첫 번째 mashup detail은 hindcast prediction이므로 manager는 prediction을 실행하는 스크립트를 작성한다. Hindcast 기간이 20년인 경우 총 20개의 스크립트를 생성할 수 있다. 생성한 스크립트를 processor가 실행할 수 있도록 실행 위치를 queue로 전송한다. 여러 개의 가상서버에서 분산되어 실행하던 backend processor는 queue에서 스크립트 실행 위치를 받아와서 실행을 시작한다. 만일 내부적으로 2개의 thread로 구성된 processor가 4개의 가상서버에서 구동되고 있다면 동시에 8개의 스크립트를 실행할 수 있다. 모든 스크립트 실행이 끝나면 manager는 다음 mashup detail인 hindcast verification 실행을 시작한다. Hindcast prediction

과 같은 방법으로 verification 실행이 끝나면 manager는 중간 처리 결과를 스토리지의 지정된 위치에 기록한다. Mashup manager는 다음 detail인 masking 및 clipping을 처리하기 위해서 위의 Figure와 같이 API를 호출한다. Backend manager는 최종 자료처리 결과를 추출하여 사용자가 내려받을 수 있는 결과 파일 형태로 스토리지에 저장한 후 처리를 완료한다.

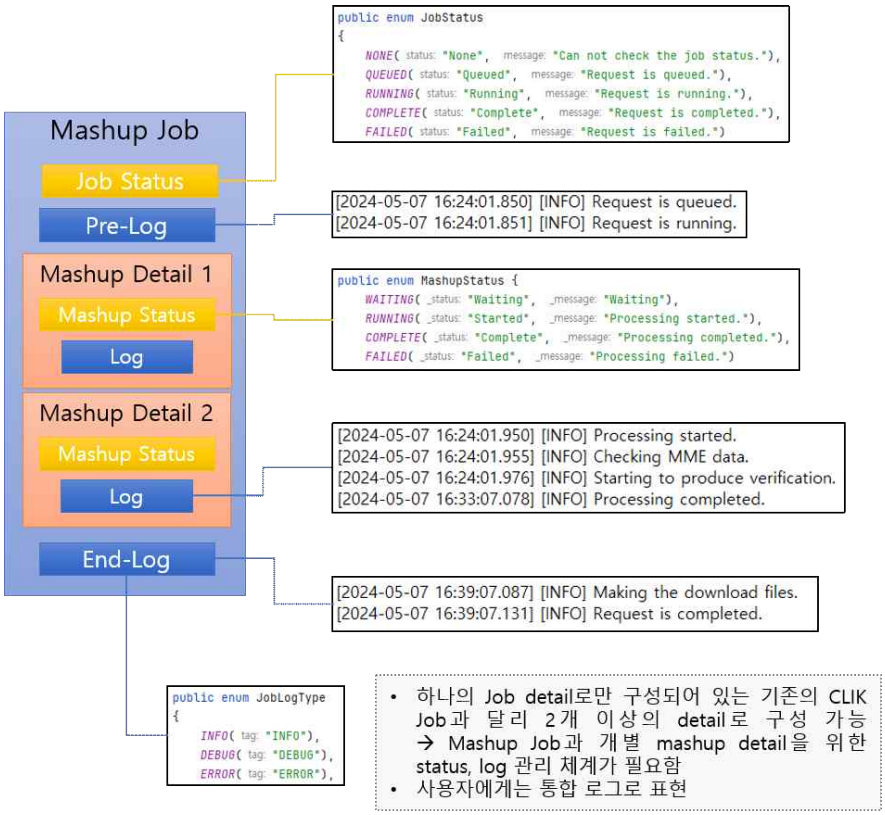


Figure 3.55. Structure of mashup job log

기후정보서비스 플랫폼은 사용자의 요청에 대한 처리 진행 상황(status)과 로그(log)를 확인할 수 있는 조회 서비스를 제공한다. Mahsup job은 기존의 일반적인 job과 다르게 다수의 detail을 포함하고 있으므로 status와 log 기록 방식에도 차이가 있다.

처리 진행 상황을 나타내는 status는 전체 진행 상황을 뜻하는 job status와 detail 처리의 진행 상황을 뜻하는 mashup status로 나뉜다. 로그 또한 mashup job 처리 시작과 끝에 붙이는 log와 각 mashup detail 처리 과정에서 발생하는 log와 분리되어 관리된다. 로그가 분리되어 있다 하더라도 사용자가 기후정보서비스 플랫폼에서 mashup job의 진행 상황을 조회하면 통합 로그로 표현된다.

3.2.3.5. 동적 매쉬업 사용자 인터페이스 개발

동적 매쉬업 서비스를 위한 시스템 구조 설계를 기반으로 동적 매쉬업 사용자 인터페이스를 개발하였다. 사용자는 인터페이스는 사용자에게 매쉬업 서비스를 이용할 수 있도록 단계별로 서비스를 제공하게 된다. 현재 개발된 인터페이스는 크게 2단계 사용자 인터페이스를 제공하고 있다. 첫 번째 단계에서는 Prediction, Verification과 Masking 서비스를 사용자는 선택할 수 있다. 이때 각각의 서비스는 기존에 기후정보서비스 플랫폼에서 이용하던 서비스와 동일한

인터페이스를 이용해서 원하는 값을 설정할 수 있다. 원하는 값을 입력하고 나면 두 번째 단계로 넘어가게 되는데, 이때는 Clipping과 Masking 서비스를 제공하고 된다. 사용자가 첫 번째 선택한 옵션의 결과를 이용해서 두 번째 단계에서 제공하는 기능을 적용하여 결과를 제공하게 된다. 현재는 기후정보서비스 플랫폼에서 제공하는 기능들을 조합하여 제공하고 있으나, 향후 계속적으로 매쉬업 서비스 확대를 할 예정이다.

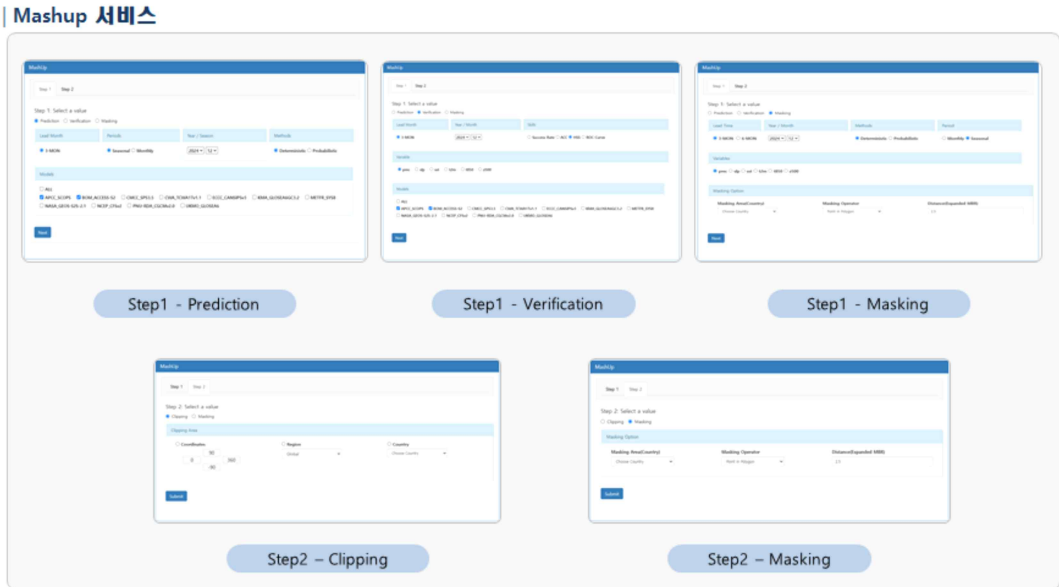


Figure 3.56. Mashup web interface

사용자가 매쉬업 서비스를 요청하게되면 Job 페이지에서 결과를 확인 할 수 있고, 현재는 다운로드를 통해 데이터 파일과 결과 이미지를 확인 할 수 있다. 아래 Figure는 Job 페이지와 결과 샘플을 나타낸 것이다. 결과 이미지는 3개가 있는데 각각의 이미지는 다양한 조합의 결과이다. 첫 번째 이미지는 Prediction과 Clipping 조합이다. Prediction으로 우선 전지구의 결과를 생산하고, 이를 이용해서 원하는 지역으로 Clipping한 결과를 나타낸 것이다. 두 번째는 Prediction과 Masking 조합이고, 세 번째는 Masking과 Clipping 조합이다.

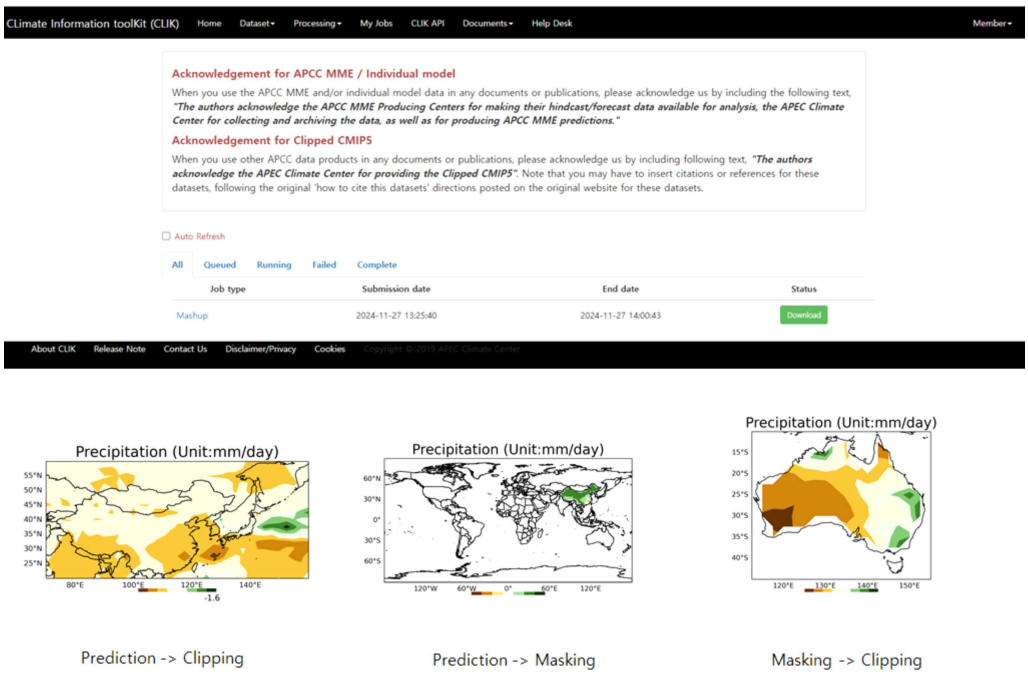


Figure 3.57. Mashup result

3.3. 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합

3.3.1. 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 체계 설계 및 원형 개발(2023)

APCC 홈페이지는 2015년 구축하여 온프레미스 환경에서 운영을 하였다. 온프레미스 환경은 기관이 자체적으로 IT 인프라를 소유, 관리 및 운영하는 경우를 말하는데 실제로 단독 서버에 OS를 설치하고 홈페이지의 웹 서비스에 필요한 WEB 서버와 WAS 서버를 설치하고, 데이터베이스 서버를 설치 및 설정하여 홈페이지를 운영하였다. 즉 홈페이지 운영에 필요한 모든 작업을 센터에서 직접 수행하였다. 이러한 운영방식을 온프레미스 환경이라고 한다. 기후정보서비스 통합플랫폼은 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 개발한 파스-타를 기반으로 구축하여 서비스를 제공 중인 서비스이다. 홈페이지의 온프레미스 환경과는 달리 PaaS (Platform as a Service) 기반으로 구성되어 있다. 이러한 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼은 국가의 웹 사이트 정책중 하나인 웹사이트 총량제에 따라 1개의 사이트로 통합을 해야 한다. 해당 웹 사이트 통합은 2025년을 목표로 진행이 되고 있고, 이를 위해 기본의 기후정보서비스들을 모두 기후정보서비스 플랫폼으로 통합을 하였다. 이제 2025년도까지는 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼의 통합만이 남아 있는 상태이다. 해당 통합을 위해 올해 새롭게 구축한 신규 홈페이지의 기반을 기후정보서비스 플랫폼과의 효율적인 통합을 위해서 클라우드 플랫폼 기반으로 구축을 진행하였다. 기존의 온프레미스 환경이 아닌 클라우드 기반의 홈페이지를 구축하여 향후 통합을 위한 기반 생태계를 조성하는 것으로, 아래의 Figure는 현재 운영중인 기후정보서비스 플랫폼과 올해 구축될 홈페이지의 구성도이다. 해당 구성도는 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼의 통합이라는 설계사상에 기반하여 구성이 되었다. 상기 언급하였던 것과 같이 기후정보서비스

플랫폼의 기반이 되는 파스-타가 CF(Cloud Foundry)에서 Container Platform 기반으로 아키텍처의 변경이 점차적으로 일어나고 있으며, 추후 CF에 대한 지원이 종료될 예정임에 따라 이번에 신규 구축하는 홈페이지는 쿠버네티스 기반의 Container Platform에 구축을 진행하였다.

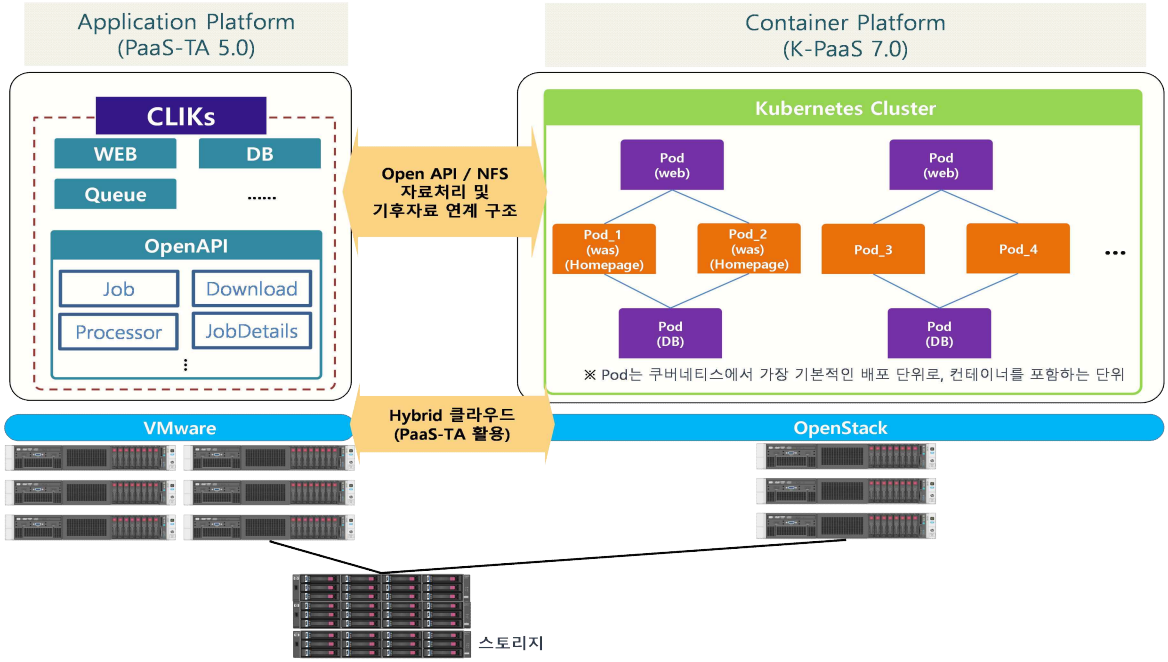


Figure 3.58. Climate Information Service platform structure

기후정보서비스 플랫폼은 현재 Spring Boot 프레임워크 기반으로 개발되어 PaaS (Platform as a Service)에 배포되어 운영 중이다. PaaS에 배포하기 위하여 웹 애플리케이션은 war 혹은 jar 등 java build 파일로 build 되어 관리하고 있다. 이 절에서는 기존의 기후정보서비스 플랫폼의 java build 파일을 이용하여 PaaS 및 CaaS (Containers as a Service) 환경에서 홈페이지와 통합하는 방안에 관하여 기술한다.

3.3.1.1. PaaS 환경에서의 통합

APCC는 PaaS 환경을 구축하기 위하여 CF(Cloud Foundry) 기반의 PaaS-TA 시스템을 이용하였다. CF 기반의 PaaS 환경에 기후정보서비스 플랫폼 build 파일을 배포하기 위해서 다음과 같은 manifest 파일을 이용한다.

```
---
applications:
- name: cliks
  memory: 1G
  instances: 2
  path: target/dataportal-3.4.0.war
  buildpack: java_buildpack
env:
  JAVA_OPTS: -Duser.timezone=Asia/Seoul
```

Figure 3.59. A manifest file to deploy a war file

위의 manifest 파일을 이용하여 배포하면 http://cliks.cf.apcc21.org 와 같은 기본 URL이 설정된다. cliks를 홈페이지의 한 부분으로 통합하기 위해서는 https://www.apcc21.org/cliks와 같은 URL로 라우팅해야 한다. 배포 및 라우팅 방법은 다음과 같다.

```
cf push
cf map-route cliks apcc21.org --path cliks
```

Figure 3.60. Deployment and URL routing method

3.3.1.2. CaaS 환경에서의 통합

CaaS (Containers as a Service)는 컨테이너 기반 가상화를 사용하여 애플리케이션을 관리하고 배포할 수 있는 클라우드 기반 서비스이다. CaaS 환경에 웹 애플리케이션을 배포하는 과정은 다음과 같다.

- 컨테이너 이미지 생성
- 컨테이너 레퍼지토리(Repository)로 이미지 업로드
- CaaS에 컨테이너 이미지 배포

Spring Boot 기반의 java build 파일을 CaaS에 배포하기 위하여 컨테이너 이미지를 생성하고 레퍼지토리에 업로드하는 방법은 dockerfile을 이용하는 방법, jib를 이용하는 방법의 두 가지로 나뉜다.

① Dockerfile을 이용한 컨테이너 이미지 생성

Dockerfile을 이용하여 컨테이너 이미지를 생성하는 순서는 다음과 같다.

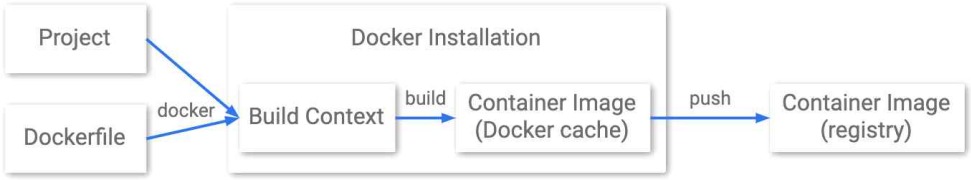


Figure 3.61. Creation of container image using docker

기후정보서비스 플랫폼의 war 파일로부터 컨테이너 이미지를 만들기 위해 다음과 같은 Dockerfile을 작성한다.

```
FROM tomcat
COPY cliks.war /usr/local/tomcat/webapps
```

Figure 3.62. A dockerfile to create container image

작성한 Dockerfile을 이용하여 컨테이너 이미지를 만들고 docker hub와 같은 레퍼지토리로 업로드하는 방법은 다음과 같다.

```
docker build -t {repository}/cliks:{tag} .
docker push {repository}/cliks:{rag}
```

Figure 3.63. Build and push of a dockerfile

② Jib를 이용한 컨테이너 이미지 생성

Docker에 의존하지 않고 gradle 혹은 maven에서 Jib 플러그인을 사용하여 컨테이너 이미지를 생성할 수 있다. Jib를 이용하면 전체 컨테이너 이미지의 크기를 작게 유지하면서 빌드 속도를 향상할 수 있다. 다음은 Jib를 이용한 컨테이너 이미지 생성 흐름이다.

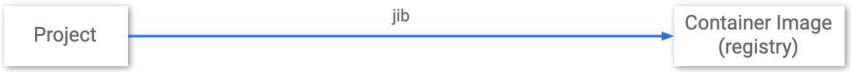


Figure 3.64. Creation of container image using jib

Spring Boot 프레임워크를 사용하는 경우 jib 플러그인을 추가하면 컨테이너 생성 및 레퍼지토리 등록을 동시에 할 수 있다. 기후정보서비스 플랫폼은 maven을 이용하여 빌드하므로 pom.xml에 다음과 같이 플러그인을 추가할 수 있다.

```
<plugin>
  <groupId>com.google.cloud.tools</groupId>
```

```
      <artifactId>jib-maven-plugin</artifactId>
    <version>2.8.0</version>
    <configuration>
      <from>
        <image>{repository}/cliksimage-v1</image>
      </from>
      <to>
        <image>{repository}/cliksimage-v2</image>
      </to>
      <container>
        <ports>
          <port>9909</port>
        </ports>
      </container>
      <environment>
        <ENV_VAR>...</ENV_VAR>
      </environment>
    </configuration>
</plugin>
```

Figure 3.65. Jib plugin for maven

또한 배포 상황에 맞게 maven에 profile을 추가할 수 있다.

```
<project>
 ...
  <profiles>
    <profile>
      <id>local</id>
      <activation>
        <activeByDefault>true</activeByDefault>
      </activation>
      <properties>
        <docker.repository>
          {repository}/${project.artifactId}:${deploy.tag.name}
        </docker.repository>
        <docker.allow.insecure>true</docker.allow.insecure>
      </properties>
    </profile>
```

```
    <profile>
      <id>caas</id>
      <properties>
        <docker.repository>
          {repository}/${project.artifactId}:${deploy.tag.name}
        </docker.repository>
        <docker.allow.insecure>false</docker.allow.insecure>
      </properties>
    </profile>
  </profiles>
</project>
```

Figure 3.66. Profiles for maven

위와 같이 maven 설정을 마친 후 프로젝트를 빌드하면 컨테이너 레퍼지토리에 이미지가 등록된다.

③ 컨테이너 이미지 배포

생성된 컨테이너 이미지를 CaaS에 배포하기 위하여 다음과 같은 설정 파일을 작성한다.

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: cliks-deploymenet
  labels:
    app: cliks
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: cliks
  template:
    metadata:
      labels:
        app: cliks
    spec:
      containership:
      - name: cliks
```

```
        image: {repository}/cliks:{tag}
        ports:
        - containerPort: 8080
```

Figure 3.67. A yaml for deployment of a container image

쿠버네티스와 같은 CaaS에 배포하고 결과를 확인하기 위해서는 다음과 같은 명령을 실행한다.

```
kubectl apply -f deployment.yaml
kubectl get deployment
kubectl get pod
```

Figure 3.68. Deploymenet of a container

Pod는 쿠버네티스 클러스터에서 실행되는 최소 단위로 독립적인 공간과 사용할 수 있는 IP를 지니고 있다. 웹 애플리케이션을 pod로 배포하면 IP가 랜덤하게 지정이 되고 새롭게 생길 때마다 변경되기 때문에 외부에서 접속하기 위해서는 고정된 IP를 지니고 여러 pod를 대상으로 로드밸런싱을 해주는 service가 필요다. Service는 pod 집합에서 실행 중인 애플리케이션을 고정된 IP를 지니고 여러 pod를 연결해 주는 쿠버네티스 객체이다. Node port를 통하여 고정 port로 각 노드의 IP에 service를 노출할 수 있다.

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: cliks-service
spec:
  type: NodePort
  ports:
    - port: 80
      protocol: TCP
      targetPort: 8080
  selector:
    app: cliks
```

Figure 3.69. A yaml to create service

Service를 생성하고 생성된 service를 조회하는 방법은 다음과 같다.

```
kubectl apply -f service.yaml
kubectl get service
```

Figure 3.70. Build and push of a dockerfile

3.3.1.3. 홈페이지/기후정보서비스 플랫폼 통합 원형

아래의 Figure과 같이 신규 구축 홈페이지를 APCC 클라우드 플랫폼 파스-타 개발서버에 배포하여 신규 메뉴인 MME Download를 생성하여 플랫폼 기반에서 통합한 원형을 시험하기위해 기후정보서비스 플랫폼 CLIK의 데이터 다운로드 기능과 인터페이스를 연계를 시행하였다. 연계 과정에서 일부 홈페이지 디자인 구성요소인 CSS 스타일이 맞지 않는 부분이 있어 내년 과제에서 전체 통합을 추진시 향후 수정이 필요한 부분이지만, 연계 통합 시험은 완료하고 차년도 실제 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼에 대한 통합을 위한 기반을 마련하였다.

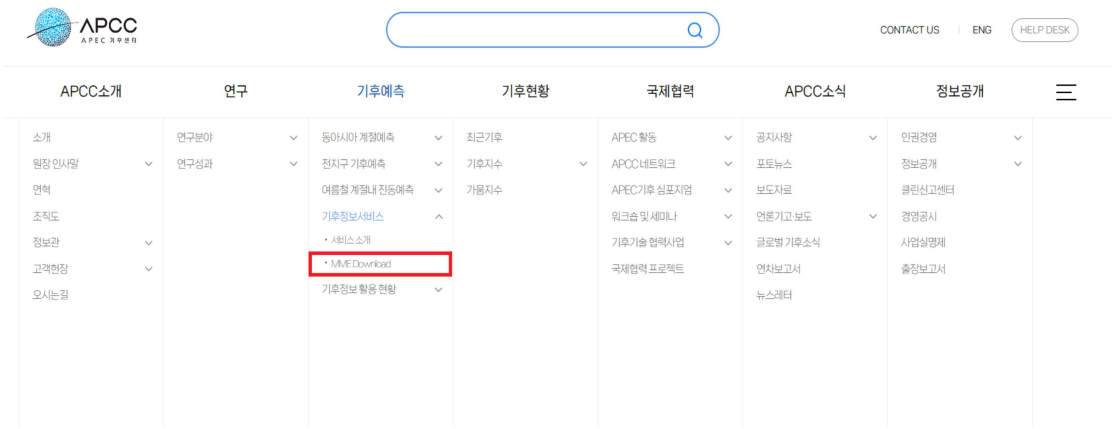


Figure 3.71. Prototype of homepage and CLIK integration (Menu)

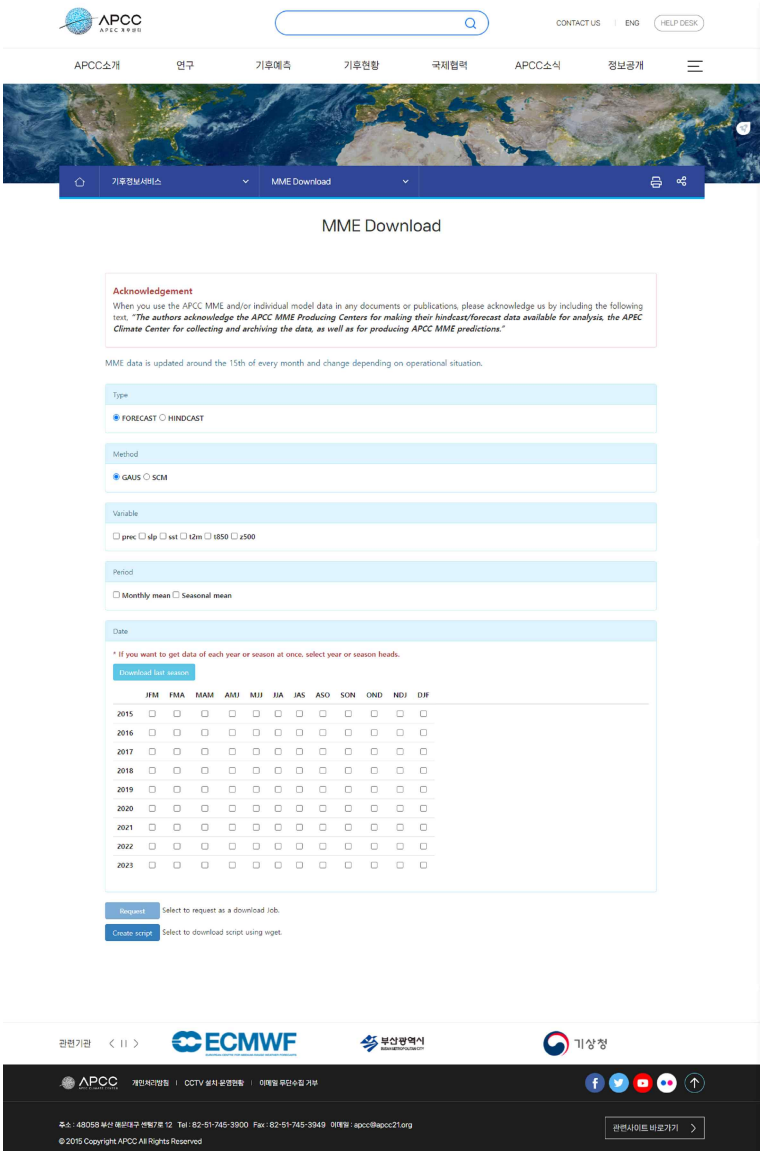


Figure 3.72. Prototype of homepage and CLIK integration (Download user interface)

3.3.2. 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합(2024)

3.3.2.1. 데이터베이스 표준화 및 표준 데이터베이스 적용

3.3.2.1.1. 데이터베이스 표준 정의

APCC는 공공기관이므로 공공데이터의 품질을 관리하기 위하여 데이터베이스의 표준을 정의하여 관리해야 한다. 기관 표준을 활용하여 고해상도 예측정보를 생산하고 관리하는 데 필요한 용어를 추가하여 다음과 같이 데이터베이스 표준을 정의하였다.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	NO	제정일자	공통표준단어명	공통표준단어 영문명	공통표준단어영문약어명	공통표준단어 설명	형식단어여부	공통표준도메인분류명
2	1	2023-07-01	값	Value	VAL	하나의 글자나 식이 취하는 수 또는 그런 수치	N	-
3	2	2023-07-01	강수량	Precipitation	PREC	일정기간 동안 일정한 곳에 대기로부터 지면에 내린 물로 된 물질이 해당 지역 표면에 균질하게 퍼졌을 때의 깊이. 고체인 경우 이것을 녹인 물의 깊이를 지칭	Y	수
4	3	2023-07-01	검증	Verification	VRFY	예측 기간에 대해 추정한 예측과 관측을 비교하여 예측의 정확도를 결정하는 절차	N	-
5	4	2023-07-01	경로	Path	PATH	經路. 지나는 길	N	-
6	5	2023-07-01	공개	Public	PUB	어떤 사실이나 사물, 내용 따위를 여러 사람에게 터놓음	N	-
7	6	2023-07-01	관측지점	Station	STN	기온, 강수, 바람 등의 기상변수를 측정하는 곳	N	-
8	7	2023-07-01	국가	Nation	NTN	國家. 일정한 영토와 거기에 사는 사람들로 구성되고, 주권(主權)에 의한 하나의 통치 조직을 가지고 있는 사회 집단	N	-
9	8	2023-07-01	기온	Temperature	TEMP	대기의 온도	Y	수
10	9	2023-07-01	다중모델앙상블	Multi-Model Ensamble	MME	다수의 전지구 예측 모델의 예측정보를 체계적으로 통합하여 기후예측의 정확도를 높이는 기법	N	-
11	10	2023-07-01	단위	Unit	UNIT	길이, 무게, 수효, 시간 따위의 수량을 수치로 나타낼 때 기초가 되는 일정한 기준	Y	명
12	11	2023-07-01	데이터집합	Dataset	DS	특정한 목적, 조건, 기준 등에 부합하는 데이터의 집합	N	-
	12	2023-07-01	모델	Model	MDL	대기와 같은 역학 시스템의 물리적 반응을 모사하거나 예측하	N	

Figure 3.73. Standard words for database

	A	B	C	D	E	F	G
1	번호	제정일자	공통표준용어명	영문명	공통표준용어영문약어명	공통표준용어설명	공통표준도메인명
2	1	2023-07-01	MME기법	MME Method	MME_MTHD	MME 처리 기법	명V20
3	2	2023-07-01	MME유형	MME Type	MME_TYPE	MME의 유형	명V20
4	3	2023-07-01	MME참여모델명	MME Participant model	MME_PRTPNT_MDL_NM	MME 참여 모델 명	명V1024
5	4	2023-07-01	WMO아이디	WMO ID	WMO_ID	WMO 지정 관측지점 식별 아이디	명V40
6	5	2023-07-01	강수량	Precipitation	PREC	일정기간 동안 일정한 곳에 대기로부터 지면에 내린 물로 된 물질이 해당 지역 표면에 균질하게 퍼졌을 때의 깊이. 고체인 경우 이것을 녹인 물의 깊이를 지칭	수F4
7	6	2023-07-01	검증방법	Verification method	VRFY_MTHD	검증 기법의 짧은 이름	명V40
8	7	2023-07-01	공개여부	Public yes or no	PUB_YN	모든 구성원이 사용할 수 있도록 공개하는지의 여부	여부C1
9	8	2023-07-01	관측지점명	Station mame	STN_NM	기온, 강수, 바람 등의 기상변수를 측정하는 곳의 이름	명V100
10	9	2023-07-01	관측지점번호	Station number	STN_NO	기온, 강수, 바람 등의 기상변수를 측정하는 지점의 번호	명V30
11	10	2023-07-01	국가명	Nation name	NTN_NM	일정한 영토와 거기에 사는 사람들로 구성되고, 주권(主權)에 따른 하나의 통치 조직을 가지고 있는 사회 집단의 이름	명V100
12	11	2023-07-01	기온	Temperature	TEMP	대기의 온도	수F4
	12	2023-07-01	단위	Unit	UNIT	길이, 무게, 수효, 시간 따위의 수량을 수치로 나타낼 때 기초가 되	명V40

Figure 3.74. Standard terms for database

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	NO	제정일자	공통표준도메인그룹명	공통표준도메인분류명	공통표준도메인명	공통표준도메인설명	데이터타입	데이터길이
2	1	2023-07-01	날짜/시간	연도	연도N4	특정한 연(年)을 정하여 표현한 것	NUMERIC	4
3	2	2023-07-01	날짜/시간	연월	연월C6	특정한 연(年), 월(01~12)을 정하여 표현한 것	CHAR	6
4	3	2023-07-01	날짜/시간	월	월N2	한 해의 특정한 월(01~12)을 정하여 표현한 것	NUMERIC	2
5	4	2023-07-01	내용	내용	내용V20	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	20
6	5	2023-07-01	내용	내용	내용V256	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	256
7	6	2023-07-01	명칭	명	명V20	다른 것과 구별하기 위하여 사물, 단체, 현상 따위에 붙여서 부르는 말. '이름'의 뜻을 나타내는 말	VARCHAR	20
8	7	2023-07-01	명칭	명	명V40	다른 것과 구별하기 위하여 사물, 단체, 현상 따위에 붙여서 부르는 말. '이름'의 뜻을 나타내는 말	VARCHAR	40
9	8	2023-07-01	명칭	명	명V1024	다른 것과 구별하기 위하여 사물, 단체, 현상 따위에 붙여서 부르는 말. '이름'의 뜻을 나타내는 말	VARCHAR	1024
10	9	2023-07-01	명칭	명	명V200	다른 것과 구별하기 위하여 사물, 단체, 현상 따위에 붙여서 부르는 말. '이름'의 뜻을 나타내는 말	VARCHAR	200
11	10	2023-07-01	번호	번호	번호N11	차례를 나타내거나 식별하기 위해 붙이는 숫자를 정의한 것	NUMERIC	11
12	11	2023-07-01	번호	아이디	아이디V20	차례를 나타내거나 식별하기 위해 붙이는 숫자나 문자를 고정되지 않은 길이로 정의한 것	VARCHAR	20
						차례를 나타내거나 식별하기 위해 붙이는 숫자나 문자를		

Figure 3.75. Standard domains for database

3.3.2.1.2. 관계형 데이터베이스 설계

APCC는 수년간의 모델 자료 파일을 생산해 오고 있어서 자료 파일의 개수가 해마다 늘고 있으므로 향후 검색 속도의 저하를 막기 위하여 저해상도 계절예측 자료와 분리하여 저장하는 것이 좋을 것으로 판단하였다. 따라서 계절예측 자료 목록 저장을 위하여 관계형 데이터베이스 테이블을 설계하였다. 또한 정의한 데이터베이스 표준을 따르지 않는 테이블을 데이터베이스 표준에 따라 재설계하였다.

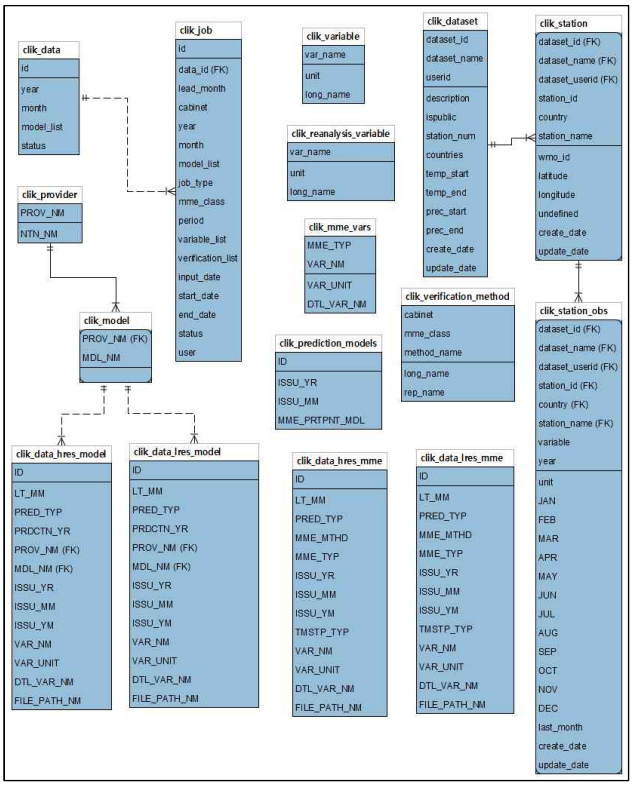


Figure 3.76. ER diagram

위의 Figure는 고해상도 계절예측 자료 저장 및 사용자의 선택사항 등을 저장하기 위한 테이블을 설계한 결과이다. 고해상도 자료뿐 아니라 향후 저해상도 계절예측 서비스와의 통합을 대비하여 저해상도 계절예측 자료 목록을 위한 테이블도 추가하였다. 다음 Table은 추가한 테이블의 상세 명세다.

Table 3.4. clik_provider table

Column name	Data type	Key	Nullable
PROV_NM	varchar(40)	PK[15]	N
NTN_NM	varchar(100)		Y
ETC (Constraint)			

Table 3.5. clik_model table

Column name	Data type	Key	Nullable
PROV_NM	varchar(40)	PK	N
MDL_NM	varchar(40)	PK, FK[16]	N
Index			
clik_model (PROV_NM)			

15) PK (Primary Key): Database table에서 각 행의 정보를 식별할 수 있는 컬럼

ETC (Constraint)
foreign key (PROV_NM) references clik_provider (PROV_NM)

Table 3.6. clik_data_hres_mme table

Column name	Data type	Key	Nullable
ID	int	PK	N
LT_MM	int		N
PRED_TYPE	varchar(20)		N
MME_MTHD	varchar(20)		N
MME_TYPE	varchar(20)		N
ISSU_YR	int		N
ISSU_MM	int		N
ISSU_YM	char(6)		N
TMSTP_TYPE	varchar(20)		N
VAR_NM	varchar(40)		N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
FILE_PATH_NM	varchar(200)		N
DTL_VAR_NM	varchar(100)		Y
Index			
clik_data_hres_mme (VAR_NM)			
ETC (Constraint)			
ID: auto increment FILE_PATH_NM_UNIQUE unique (FILE_PATH_NM)			

Table 3.7. clik_data_hres_model table

Column name	Data type	Key	Nullable
ID	int	PK	N
LT_MM	int		N
PRED_TYPE	varchar(20)		N
PRDCTN_YR	int		N
PROV_NM	varchar(40)	FK	N
MDL_NM	varchar(40)	FK	N
ISSU_YR	int		N
ISSU_MM	int		N
ISSU_YM	char(6)		N
VAR_NM	varchar(40)		N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
DTL_VAR_NM	varchar(100)		Y
FILE_PATH_NM	varchar(200)		N
Index			
clik_data_hres_model (PRED_TYPE, PRDCTN_YR, PROV_NM, MDL_NM, ISSU_YR, ISSU_MM) clik_data_hres_model (VAR_NM)			

16) FK (Foreign Key): 다른 table의 PK를 참조하는 컬럼이며, 다른 table과의 관계를 나타내기 위하여 사용함

clik_data_hres_model (PROV_NM, MDL_NM)
ETC (Constraint)
ID: auto increment unique (FILE_PATH_NM) foreign key (PROV_NM, MDL_NM) references clik_model (PROV_NM, MDL_NM)

Table 3.8. clik_data_lres_mme table

Column name	Data type	Key	Nullable
ID	int	PK	N
LT_MM	int		N
PRED_TYPE	varchar(20)		N
MME_MTHD	varchar(20)		N
MME_TYPE	varchar(20)		N
ISSU_YR	int		N
ISSU_MM	int		N
ISSU_YM	char(6)		N
TMSTP_TYPE	varchar(20)		N
VAR_NM	varchar(40)		N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
FILE_PATH_NM	varchar(200)		N
DTL_VAR_NM	varchar(100)		Y
Index			
clik_data_lres_mme (VAR_NM)			
ETC (Constraint)			
ID: auto increment unique (FILE_PATH_NM)			

Table 3.9. clik_data_lres_model table

Column name	Data type	Key	Nullable
ID	int	PK	N
LT_MM	int		N
PRED_TYPE	varchar(20)		N
PRDCTN_YR	int		N
PROV_NM	varchar(40)	FK	N
MDL_NM	varchar(40)	FK	N
ISSU_YR	int		N
ISSU_MM	int		N
ISSU_YM	char(6)		N
VAR_NM	varchar(40)		N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
DTL_VAR_NM	varchar(100)		Y
FILE_PATH_NM	varchar(200)		N
Index			
clik_data_lres_model (PRED_TYPE, PRDCTN_YR, PROV_NM, MDL_NM, ISSU_YR, ISSU_MM)			

clik_data_lres_model (VAR_NM) clik_data_lres_model (PROV_NM, MDL_NM)
ETC (Constraint)
ID: auto increment unique (FILE_PATH_NM) foreign key (PROV_NM, MDL_NM) references clik_model (PROV_NM, MDL_NM)

Table 3.10. clik_prediction_models table

Column name	Data type	Key	Nullable
ID	int	PK	N
ISSU_YR	int		N
ISSU_MM	int		N
MME_PRTPNT_MDL_NM	varchar(1024)		N
Index			
clik_prediction_models (ISSU_YR, ISSU_MM)			
ETC (Constraint)			
ID: auto increment			

Table 3.11. clik_mme_vars table

Column name	Data type	Key	Nullable
MME_TYPE	varchar(20)	PK	N
VAR_NM	varchar(40)	PK	N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
DTL_VAR_NM	varchar(100)		Y

Table 3.12. clik_obs_dataset table

Column name	Data type	Key	Nullable
DS_ID	int	PK	N
DS_NM	varchar(100)	PK	N
USER_ID	varchar(100)	PK	N
DESC	varchar(256)		N
RLS_YN	char(1)		N
OBSSTN_CNT	int		N
NTN_LST	varchar(256)		Y
TP_STRT_YR	int		Y
TP_END_YR	int		Y
PREC_STRT_YR	int		Y
PREC_END_YR	int		Y
CRT_DT	timestamp		N
UPDT_DT	timestamp		N
Index			
clik_obs_dataset (DS_ID,DS_NM,USER_ID)			

ETC (Constraint)
DS_ID: auto increment

Table 3.13. clik_obs_station table

Column name	Data type	Key	Nullable
DS_ID	int	PK, FK	N
DS_NM	varchar(100)	PK, FK	N
USER_ID	varchar(100)	PK, FK	N
OBSSTN_NO	varchar(30)	PK	N
NTN_NM	varchar(100)	PK	N
OBSSTN_NM	varchar(100)	PK	N
WMO_ID	varchar(40)		Y
OBSSTN_LAT	varchar(30)		N
OBSSTN_LOT	varchar(30)		N
UDFNVL	varchar(50)		Y
CRT_DT	timestamp		N
UPDT_DT	timestamp		N
Index			
clik_obs_station (DS_ID,DS_NM,USER_ID) clik_obs_station (DS_ID, OBSSTN_NO) clik_obs_station (DS_ID, DS_NM, USER_ID)			
ETC (Constraint)			
ID: auto increment unique (DS_ID, OBSSTN_NO) foreign key (DS_ID, DS_NM, USER_ID) references clik_obs_dataset (DS_ID, DS_NM, USER_ID)			

Table 3.14. clik_obs_val table

Column name	Data type	Key	Nullable
DS_ID	int	PK, FK	N
DS_NM	varchar(100)	PK, FK	N
USER_ID	varchar(100)	PK, FK	N
OBSSTN_NO	varchar(30)	PK, FK	N
NTN_NM	varchar(100)	PK, FK	N
OBSSTN_NM	varchar(100)	PK, FK	N
VAR_NM	varchar(40)	PK	N
OBSRVN_YR	int	PK	N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
JAN_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
FEB_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
MAR_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
APR_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
MAY_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
JUN_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y

JUL_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
AUG_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
SEP_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
OCT_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
NOV_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
DEC_OBSRVN_VL	varchar(40)		Y
LAST_MM	int		Y
CRT_DT	timestamp		N
UPDT_DT	timestamp		N
Index			
clik_obs_val (DS_ID, DS_NM, USER_ID, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM, VAR_NM, OBSRVN_YR) clik_obs_val (DS_ID, DS_NM, USER_ID, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM) clik_obs_val (DS_ID, DS_NM, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM)			
ETC (Constraint)			
ID: auto increment foreign key (DS_ID, DS_NM, USER_ID, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM) references clik_obs_station (DS_ID, DS_NM, USER_ID, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM)			

Table 3.15. clik_reanalysis_vars table

Column name	Data type	Key	Nullable
VAR_NM	varchar(40)	PK	N
VAR_UNIT	varchar(40)		Y
DTL_VAR_NM	varchar(100)		N
Index			
clik_reanalysis_vars (VAR_NM)			

Table 3.16. clik_verification_methods table

Column name	Data type	Key	Nullable
PRED_TYPE	varchar(20)	PK	N
MME_TYPE	varchar(20)	PK	N
VRFY_MTHD	varchar(40)	PK	N
DTL_NM	varchar(100)		N
RPRS_NM	varchar(40)		Y
Index			
clik_verification_methods (PRED_TYPE, MME_TYPE, VRFY_MTHD)			

3.3.2.1.3. 데이터베이스 구축

데이터베이스 설계의 테이블 정의에 따라 실제 데이터베이스에 테이블을 생성하고 기존의 자료를 이전(migration)하였다. 데이터베이스 표준화 과정에서 일부 컬럼은 자료 타입이 변경되어 자료 이전 시 자료의 값을 변환하는 코드를 삽입하였다. 다음은 자료를 이전하기 위해 작성

한 코드이다.

```
INSERT INTO clik_obs_dataset
(DS_ID, DS_NM, USER_ID, DESC, RLS_YN, OBSSTN_CNT, NTN_LST, TP_STRT_YR, TP_END_YR, PREC_STRT_YR, PREC_END_YR, CRT_DT, UPDT_DT)
SELECT dataset_id, dataset_name, userid, description, if(ispublic = 1, Y, N), station_num, countries, temp_start, temp_end, prec_start, prec_end, create_date, update_date
FROM clik_dataset;

INSERT INTO clik_obs_station
(DS_ID, DS_NM, USER_ID, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM, WMO_ID, OBSSTN_LAT, OBSSTN_LOT, UDFNVL, CRT_DT, UPDT_DT)
SELECT dataset_id, dataset_name, dataset_userid, station_id, country, station_name, wmo_id, latitude, longitude, undefined, create_date, update_date
FROM clik_station;

INSERT INTO clik_obs_val
(DS_ID, DS_NM, USER_ID, OBSSTN_NO, NTN_NM, OBSSTN_NM, VAR_NM, OBSRVN_YR, VAR_UNIT, JAN_OBSRVN_VL, FEB_OBSRVN_VL, MAR_OBSRVN_VL, APR_OBSRVN_VL, MAY_OBSRVN_VL, JUN_OBSRVN_VL, JUL_OBSRVN_VL, AUG_OBSRVN_VL, SEP_OBSRVN_VL, OCT_OBSRVN_VL, NOV_OBSRVN_VL, DEC_OBSRVN_VL, LAST_MM, CRT_DT, UPDT_DT)
SELECT dataset_id, dataset_name, dataset_userid, station_id, country, station_name, variable, year, unit, JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC, last_month, create_date, update_date
FROM clik_station_obs;

INSERT INTO clik_reanalysis_vars
(VAR_NM, VAR_UNIT, DTL_VAR_NM)
SELECT var_name, unit, long_name
FROM clik_reanalysis_variable;

INSERT INTO clik_verification_methods
(PRED_TYPE, MME_TYPE, VRFY_MTHD, DTL_NM, RPRS_NM)
SELECT cabinet, mme_class, method_name, long_name, rep_name
FROM clik_verification_method;
```

Figure 3.77. Sql statements to migrate data

3.3.2.1.4. 데이터베이스 이용 코드 개선

변경된 데이터베이스 설계를 실제 기후정보서비스 플랫폼의 코드에 반영하였다. 데이터베이스 관련 코드는 Mapper.xml 파일과 Mapper interface에 집중되어 있다. 다음은 데이터베이스 표준이 반영하기 위하여 수정된 관련 소스 파일이다.

```java
package org.apcc.dataportal.mysql;

import java.sql.Date;
import java.util.List;
import java.util.Map;

import org.apache.ibatis.annotations.Mapper;
import org.apache.ibatis.annotations.Param;
import org.apcc.clik.dto.*;

@Mapper
public interface ClikMapper
{
  // for test
  public String getTime();

  // Clik data (combination)
  public int insertClikData(ClikDataDTO data);
  public ClikDataDTO selectClikDataById(int id);
  public List<ClikDataDTO> selectClikDataByDate(@Param("year") int year, @Param("month") int month);
  public List<ClikDataDTO> selectClikDataByDateModels(@Param("year") int year, @Param("month") int month, @Param("model_list") St
  public List<Integer> selectClikDataIdByDateModels(@Param("year") int year, @Param("month") int month, @Param("model_list") Stri

  // Clik job
  public int insertClikJob(ClikJobDTO job);
  public ClikJobDTO selectClikJobById(int id);
  public List<ClikJobDTO> selectClikPredictionJob(ClikJobDTO job);
  public List<ClikJobDTO> selectClikVerificationJob(ClikJobDTO job);
  public int updateClikJobStatus(@Param("id") int id, @Param("status") String status);
  public int updateClikJobStart(@Param("id") int id, @Param("status") String status, @Param("start_date") Date start_date);
  public int updateClikJobEnd(@Param("id") int id, @Param("status") String status, @Param("end_date") Date end_date);

  // Clik MME vars
  public List<ClikMMEVarsDTO> selectMMEVariable(@Param("mmeType") String mmeType);

  // CLIK Model Max YearMonth
  public String selectModelMaxYearMonth(@Param("mmeType") String mmeType);

  // CLIK Model List
  public List<String> selectModelList(@Param("mmeType") String mmeType, @Param("searchDate") String searchDate);
  public String selectModelVariableList(@Param("year") String year, @Param("month") String month, @Param("modellist") String[] mo

```

Figure 3.78. Mapper interface to access mysql database

```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE mapper
    PUBLIC "-//mybatis.org//DTD Mapper 3.0//EN"
    "http://mybatis.org/dtd/mybatis-3-mapper.dtd">

<mapper namespace="org.apcc.dataportal.mysql.ClikMapper">

  <select id="selectMMEVariable" resultType="org.apcc.clik.dto.ClikMMEVarsDTO">
    SELECT * FROM clik_mme_vars
    WHERE MME_TYPE = #{mmeType}
  </select>

  <select id="selectModelMaxYearMonth" resultType="String">
    SELECT max(ISSU_YM) FROM clik_data_hres_model
    WHERE PRED_TYPE = #{mmeType}
  </select>

  <select id="selectModelList" resultType="String">
    SELECT distinct concat(PROV_NM, '_', MDL_NM) FROM clik_data_hres_model
    WHERE PRED_TYPE = #{mmeType}
      AND ISSU_YM = #{searchDate}
  </select>

  <select id="selectModelVariableList" resultType="String">
       SELECT GROUP_CONCAT(VAR_NM ORDER BY VAR_NM SEPARATOR ',') AS VAR_NM
         FROM ( SELECT VAR_NM
                  FROM clik_data_hres_model
                 WHERE ISSU_YR = #{year}
                   AND ISSU_MM = #{month}
                   AND concat (PROV_NM,'_',MDL_NM) IN
                 <foreach collection="modellist" item="modelitem" open="(" separator="," close=")">
           #{modelitem}
         </foreach>
                   <![CDATA[
                   AND VAR_NM <> 'olr'
                   ]]>
                 GROUP BY VAR_NM
                HAVING count(distinct prov_nm) = #{modelcnt} ) as subquery
  </select>

  <select id="selectAllReanalysisVariable" resultType="String">
    SELECT VAR_NM FROM clik_reanalysis_vars
  </select>

  <select id="selectAllVerificationMethod" resultType="org.apcc.clik.dto.ClikVerificationMethodDTO">
    SELECT * FROM clik_verification_methods
  </select>
```

Figure 3.79. Mapper.xml to access mysql database

3.3.2.2. 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합 설계 및 구축

3.3.2.2.1. 개요

3.3.2.2.1.1. 필요성

APCC에서는 기후예측정보 활용 촉진을 위해 다양한 기후정보 콘텐츠와 동적 기후정보의 원활한 표출이 가능한 최신 웹 기술 및 보안기술을 적용한 홈페이지를 2023년도에 개축하여 2024년 2월 1일부터 정식서비스 운영중이다. 홈페이지는 APCC 자체 운영 중인 클라우드 플랫폼 기술을 활용하여 구축되어 기후정보서비스 플랫폼과 통합을 위한 기반 조성 완료하였다. 따라서, APCC 기후정보서비스 플랫폼 CLIK과 기관 홈페이지의 실질적인 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축 및 단일화가 필요하다.

3.3.2.2.2. 주요내용

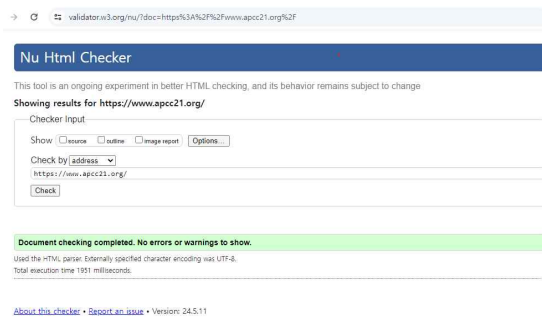
3.3.2.2.2.1. 기후정보서비스 플랫폼 웹 코드 표준화

기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지의 통합을 위한 웹 인터페이스 체계 구축은 호환

및 표준 품질 검증 완료된 기관 홈페이지의 웹 코드를 활용하여 플랫폼 인터페이스 개선을 추진하였다.

- 웹 사이트 호환성 : 웹사이트의 이용자의 단말기 (PC, 모바일기기 등) 하드웨어 및 소프트웨어 환경이 다른 경우에도 동등한 서비스를 제공
- 웹 사이트 표준성 : 비표준기술 (액티브X, EXE 등)과 웹 표준이 아닌 방식의 멀티미디어 (플래시, 실버라이트, 자바애플릿 등)의 사용을 배제하여 보편적인 서비스 제공
- 아래 Table 진단 결과에서 나타난 것처럼 기관 홈페이지의 호환성과 표준성 품질 진단 결과 이상 없음

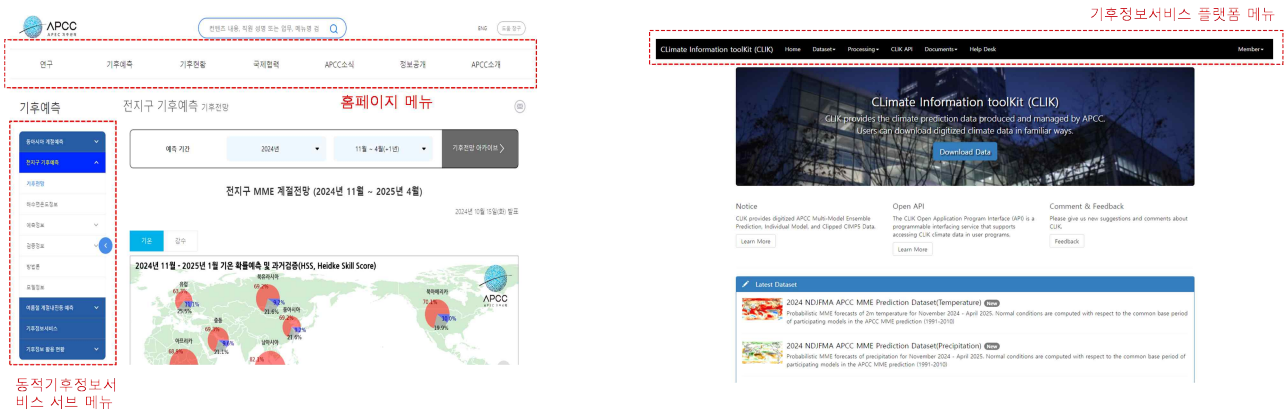
Table 3.17. APCC website Quality Assessment results

<table>
<tr><th>진단대상</th><th colspan="2">진단결과</th></tr>
<tr><td rowspan="2">호환성</td><td>Markup</td><td>CSS</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">표준성</td><td colspan="2">진단</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>액티브X</td><td>플래시</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

3.3.2.2.2.2. 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지 통합 개발

기관 홈페이지의 웹 인터페이스를 기반으로 기능 및 디자인을 통합하였다. 우선 기후정보

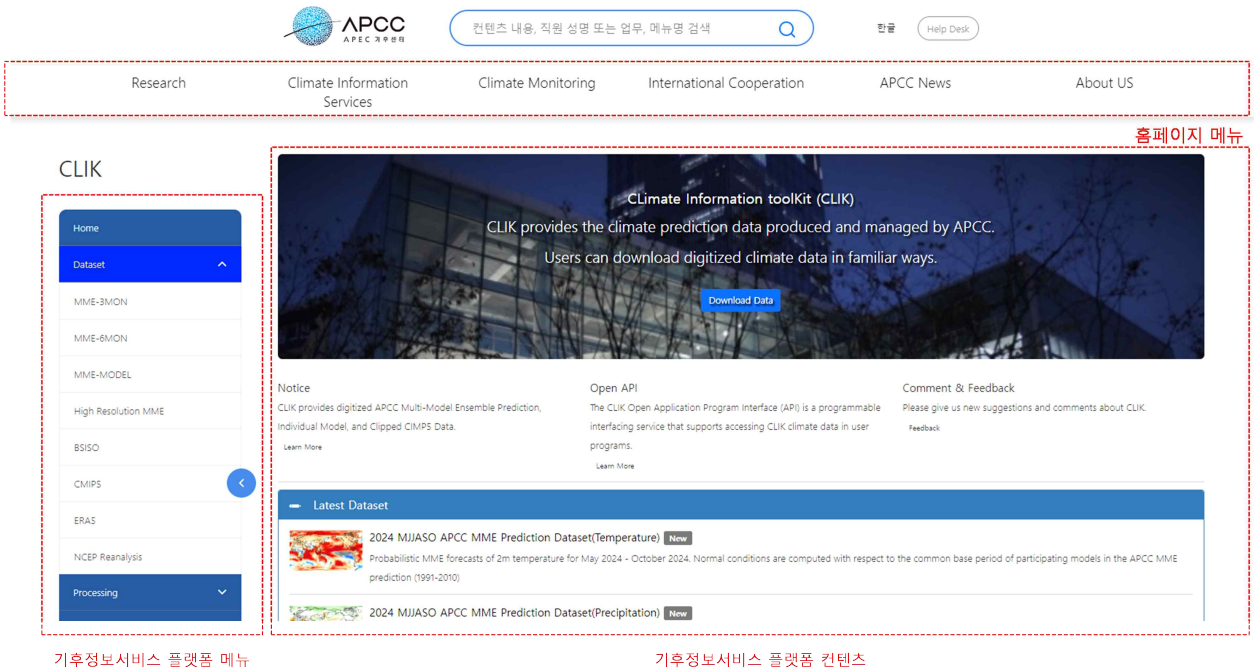
서비스 플랫폼의 메뉴를 기관 홈페이지 메뉴와 연동하였고, 기후정보서비스 플랫폼의 메뉴를 재구성하였다.



홈페이지 메뉴 기후정보서비스 플랫폼 메뉴

Figure 3.80. APCC Website menu and CLIK menu

위 Figure에서 홈페이지 메뉴의 상단 메뉴 및 동적 기후정보 서브 메뉴를 활용하여 기후정보서비스 상단 메뉴와의 연동 체계를 구축하였다. 아래 Figure에서 보는 바와 같이 기후정보서비스 플랫폼으로 이동하는 메인 메뉴는 홈페이지 상단 메뉴와 연동하였고, 기후정보서비스 플랫폼의 세부 기능별 메뉴는 홈페이지의 동적 기후정보서비스 서브 메뉴를 활용하여 디자인을 통합하였다.



기후정보서비스 플랫폼 메뉴 기후정보서비스 플랫폼 컨텐츠

Figure 3.81. CLIK and APCC website menu design integration results

기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지의 통합을 위한 내부 시스템도 개선을 하였다. 기후정보서비스 플랫폼은 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 개발한 파스-타(PaaS-TA) 기반으로 구축되어 운영이 되고 있다. 그리고 PaaS-TA 기술지원 종료 예정 (2025년 1월)에 따라 신규 홈

페이지 운영을 위해 구축된 K-PaaS에 점진적으로 이관 예정이다. 아울러 완전한 이전 이전에 계속적인 서비스를 제공하기 위해 PaaS-TA와 K-PaaS의 상호 연동을 위한 내부 시스템 개선을 추진하였다.

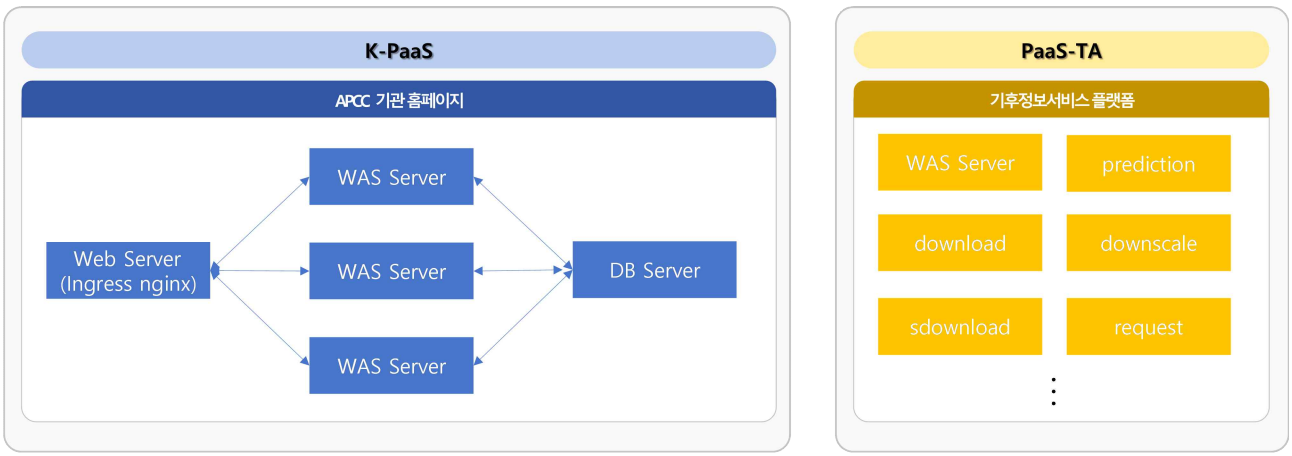


Figure 3.82. APCC website and CLIK System Structure

위 Figure에서 보는 바와 같이 기후정보서비스 플랫폼과 기관 홈페이지는 각기 다른 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 구축되어 있다. 운영중인 파스-타 환경의 기후정보서비스 플랫폼 웹 서비스의 배포 방법을 수정 및 개선하여 아래 Figure와 같이 K-PaaS 환경으로 배포 및 연동을 통해 사용자 인터페이스 및 시스템 통합 기반을 마련하였다.

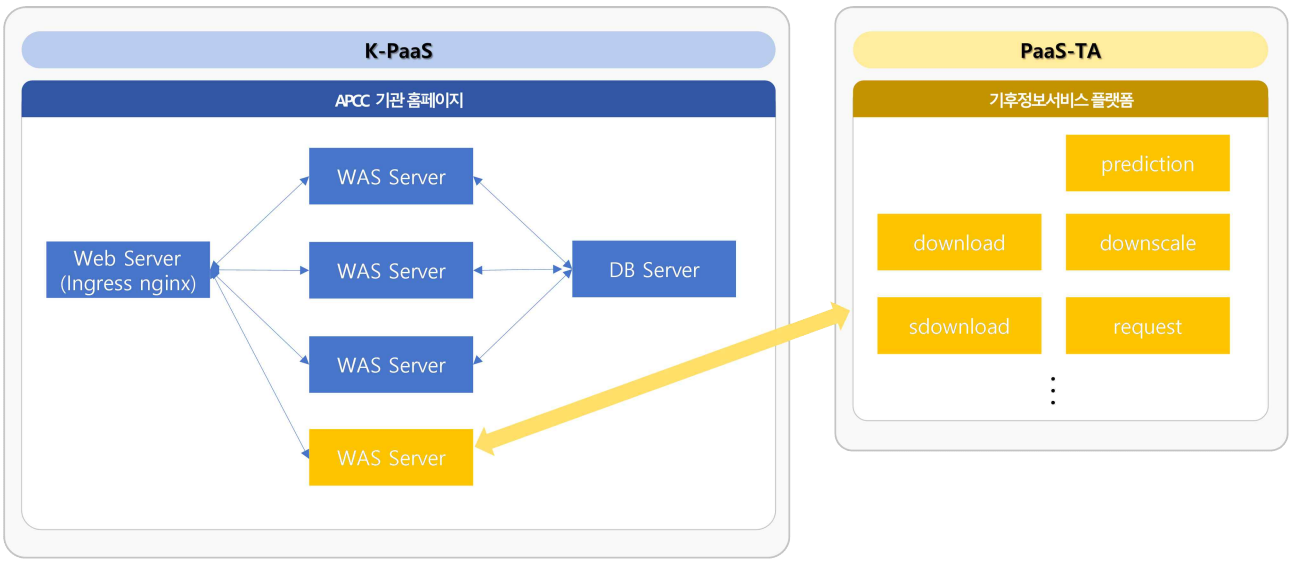


Figure 3.83. System Enhancements for integrating the APCC website and CLIK

3.3.2.2.2.3. 정부 정책인 웹 사이트 총량제 달성을 위한 핵심 통합

현재 기관 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼은 독립 도메인으로 서비스를 제공하고 있다. 센터에서 정부 정책인 웹사이트 총량제로 할당된 도메인의 수는 1개이다. 이에 정부 정책인 웹사이트 총량제 달성을 위해 위의 Figure와 같이 시스템 개선을 통해 기후정보서비스 플랫폼 서비스를 기관 홈페이지의 주소를 통해서 접속 할 수 있도록 할 예정이다. 이를 위해 APCC

웹사이트 주소 체계를 아래 Figure와 같이 정비를 할 예정이다. 기후정보서비스 플랫폼을 홈페이지의 /clik 주소로 연동하여 한 개의 APCC 웹사이트 주소에서 모든 기후정보서비스를 이용할 수 있도록 구성할 예정이다.

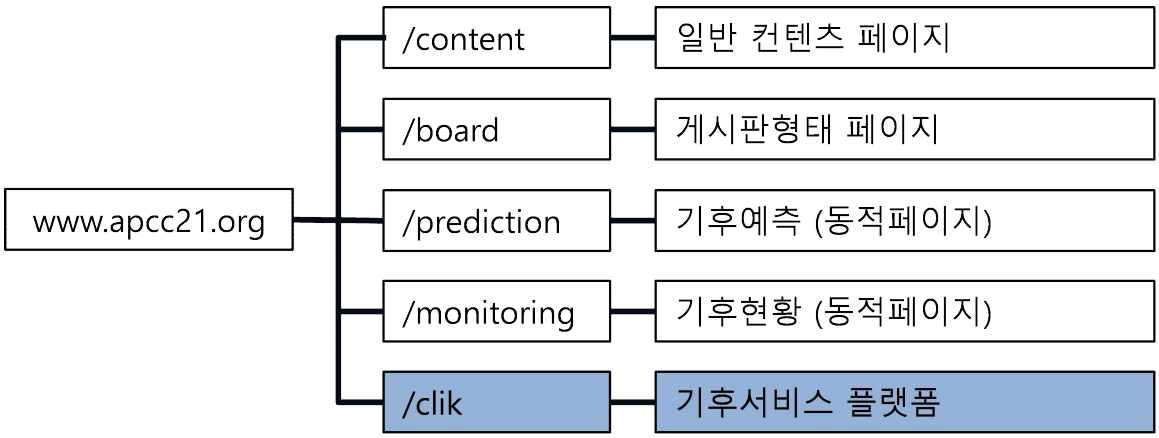


Figure 3.84. APCC Website URL Structure Maintenance

3.3.3. 사용자 맞춤형 기후예측정보 제공 서비스 개발(2023~2024)

APCC는 2022년부터 고해상도 계절예측 자료의 wget 서비스를 제공하고 있다. 2023년에는 사용자 맞춤형 예측정보를 제공하기 위하여 고해상도 계절예측 MME 생산 서비스를 구축하였다. 서비스의 활용도를 높이기 위하여 매쉬업 서비스 구조를 적용하여 구축하였고 향후 매쉬업 서비스에서 제공하는 조합에 활용될 수 있을 것이다.

3.3.3.1. 사용자 맞춤형 기후예측정보 제공 서비스 설계

전체적인 시스템 구조는 동적 매쉬업 서비스의 구조를 활용하기로 하였다. 그러나 고해상도 계절예측 자료의 MME를 생산하기 아래 Figure의 backend manager에 추가할 processor를 설계하고 개발할 필요가 있다.

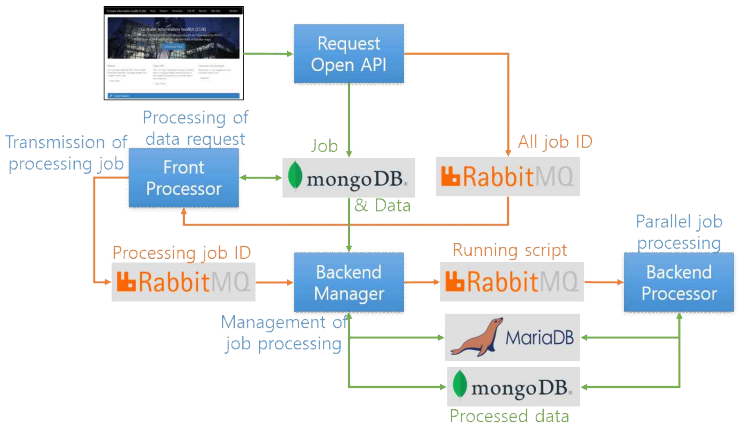


Figure 3.85. The system architecture for the high resolution seasonal prediction

위의 Figure에서 Front processor는 사용자가 요청한 job이 고해상도 계절예측 자료 생성

을 위한 job일 경우 Backend manager를 위한 job queue에 작업 아이디를 등록한다.

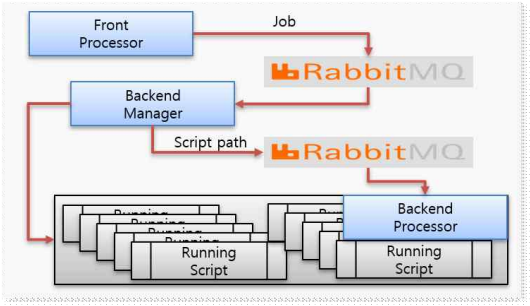


Figure 3.86. Job processing for High-resolution MME

Backend Manager는 고해상도 MME를 위한 processor를 호출하여 세부 실행 script를 생성하고 backend processor를 위한 running script queue에 등록한다. 생성한 모든 script의 실행이 끝나면 사용자를 위한 결과 파일을 생성하고 job의 처리 진행 상황을 업데이트하는 등의 관리를 수행한다.

3.3.3.2. 사용자 맞춤형 기후예측정보 생산 체계 구축

사용자 맞춤형 예측정보 생산을 위하여 고해상도 계절예측 자료를 설계한 데이터베이스에 입력해야 한다. 향후 저해상도 계절예측 정보 생산 서비스와의 통합에 대비하여 저해상도 계절예측 자료 또한 함께 입력하였다. 다음 Figure의 고해상도 계절예측 모델 자료의 입력 결과이다.

ID	LT_MM	PRED_TYPE	PRDCTN_YR	PROV_NM	MDL_NM	ISSU_YR	ISSU_MM	ISSU_YM	VAR_NM	VAR_UNIT	DTL_V
1	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	olr		
2	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	prec	mm/day	Precipi
3	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	slp	mb	Sea Lev
4	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	sst	deg K	Sea Sur
5	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	t2m	deg K	Tempera
6	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	t850	deg K	Air Tem
7	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	u200	m/s	Zonal W
8	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	u850	m/s	Zonal W
9	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	v200	m/s	Meridio
10	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	v850	m/s	Meridio
11	6	FORECAST	2023	APCC	SCOPS	2023	3	202303	z500	m	Geopote
12	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	prec	mm/day	Precipi
13	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	slp	mb	Sea Lev
14	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	sst	deg K	Sea Sur
15	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	t2m	deg K	Tempera
16	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	t850	deg K	Air Tem
17	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	u200	m/s	Zonal W
18	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	u850	m/s	Zonal W
19	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	v200	m/s	Meridio
20	6	FORECAST	2023	BCC	CSM1.1M	2023	3	202303	v850	m/s	Meridio

Figure 3.87. High-resolution model table (MariaDB)

사용자는 웹 인터페이스에서 원하는 시즌, 모델, MME 방식 등을 선택하여 예측정보 생산을 요청할 수 있다. 사용자가 요청한 내용은 Job detail Jason 형식으로 Request API로 전송되며, Request API는 Job detail을 포함하여 Job document 형태로 MongoDB에 저장한다.

사용자가 예측정보 생산 작업을 요청하면 Backend manager의 prediction processor는 job

details를 로드하여 처리를 시작한다. 가장 먼저 모델 조합 테이블(clik_prediction_models)에서 사용자가 선택한 조합과 같은 것이 있는지 검색하고 발견하지 못하면 테이블에 해당 조합을 입력한다.

Prediction processor는 사용자가 요청한 시즌, 예측 방식, 모델 조합의 아이디, 사용자 작업 아이디 등을 이용하여 자료 스토리지에 폴더를 생성하고 자료처리에 필요한 환경을 설정한다. 파이썬 언어로 개발된 최종 자료처리 모듈을 실행하기 위해서는 실행 조건을 yaml 형식의 파일로 기록해야 한다. 다음 Figure는 processor가 사용자가 요청한 기후 변수별로 생성한 yaml 파일의 모습이다.

Figure 3.88. A yaml configuration sample for the predictor

Processor는 사용자가 요청한 기후 변수별로 실행 스크립트 파일(예: SEASONAL_prec.sh)을 생성한다. 실행 스크립트의 예는 다음 Figure와 같다.

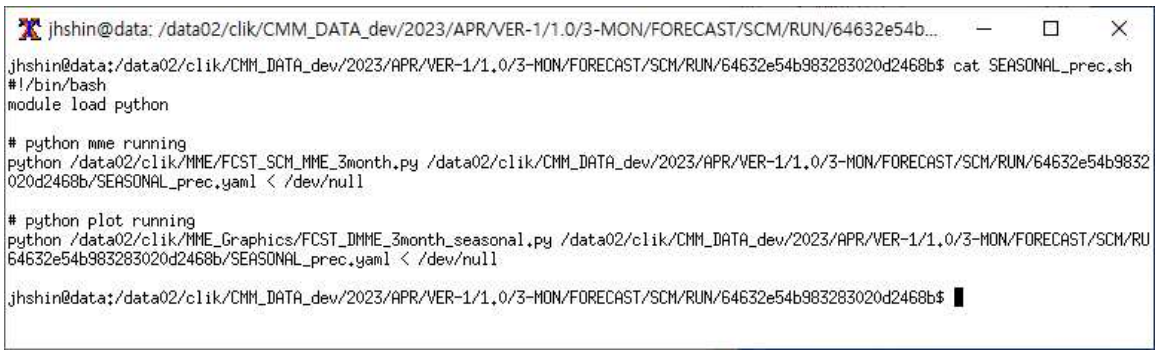


Figure 3.89. A sample of running script for prediction

Prediction processor는 각 다음 Figure와 같이 변수별로 실행 스크립트와 yaml 파일을 생성한 후 backend processor를 위한 running script queue에 실행 스크립트의 경로를 등록한다.

Prediction processor는 backend processor로 전달한 모든 실행 스크립트의 실행이 끝나면 예측자료 생산 결과를 확인한다. 결과 원본 파일은 Netcdf(.nc) 파일이며 지도표출을 위한 Grid

CSV 파일과 plot 이미지(.png)파일 도 생성된 것을 확인한다.

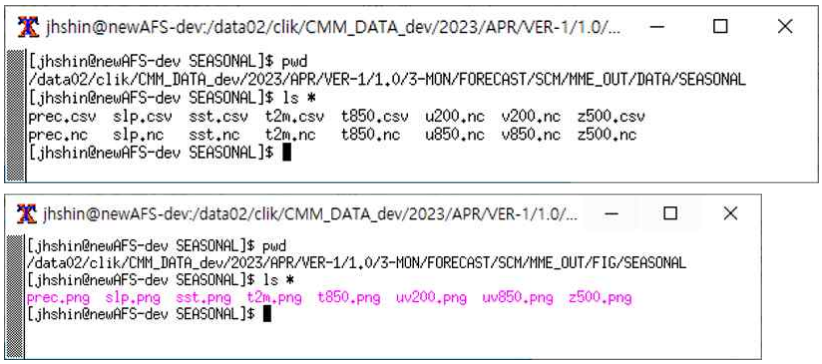


Figure 3.90. Results of prediction

사용자가 요청한 변수의 계절예측 파일이 모두 생산된 것을 확인한 후 사용자를 위한 다운로드 파일(zip)을 생성한다.

3.3.3.3. 사용자 맞춤형 기후예측정보 생산을 위한 사용자 웹 인터페이스 개발

사용자 맞춤형 기후예측정보 제공 서비스는 신규 메뉴를 생성하여 서비스한다. 기존의 기후예측정보의 예측과 검증 정보는 2.5X2.5 해상도의 정보를 제공하는데 2024년에 새롭게 제공할 사용자 맞춤형 계절예측 제공 서비스는 1.0X1.0 해상도의 정보를 제공한다. 신규 메뉴는 아래 Figure와 같다.

Figure 3.91. High resolution prediction new menu

사용자에게 과거에 제공하였던 2.5X2.5 해상도의 서비스도 그대로 제공하기 위해 신규 메뉴로 사용자 맞춤형 계절예측 서비스를 제공한다. 인터페이스 구성은 기존의 계절예측 페이지의 인터페이스와 같다. 단지 내부적으로 사용되는 Open API를 비롯한 많은 코드와 데이터가 다르고 외부에서 보이는 인터페이스는 기존과 같아 사용자가 이용하는 데는 아무런 문제가 없다. 아래의 Figure는 기존의 해상도 결과와 새롭게 제공되는 고해상도 결과 페이지 비교 화면이다.

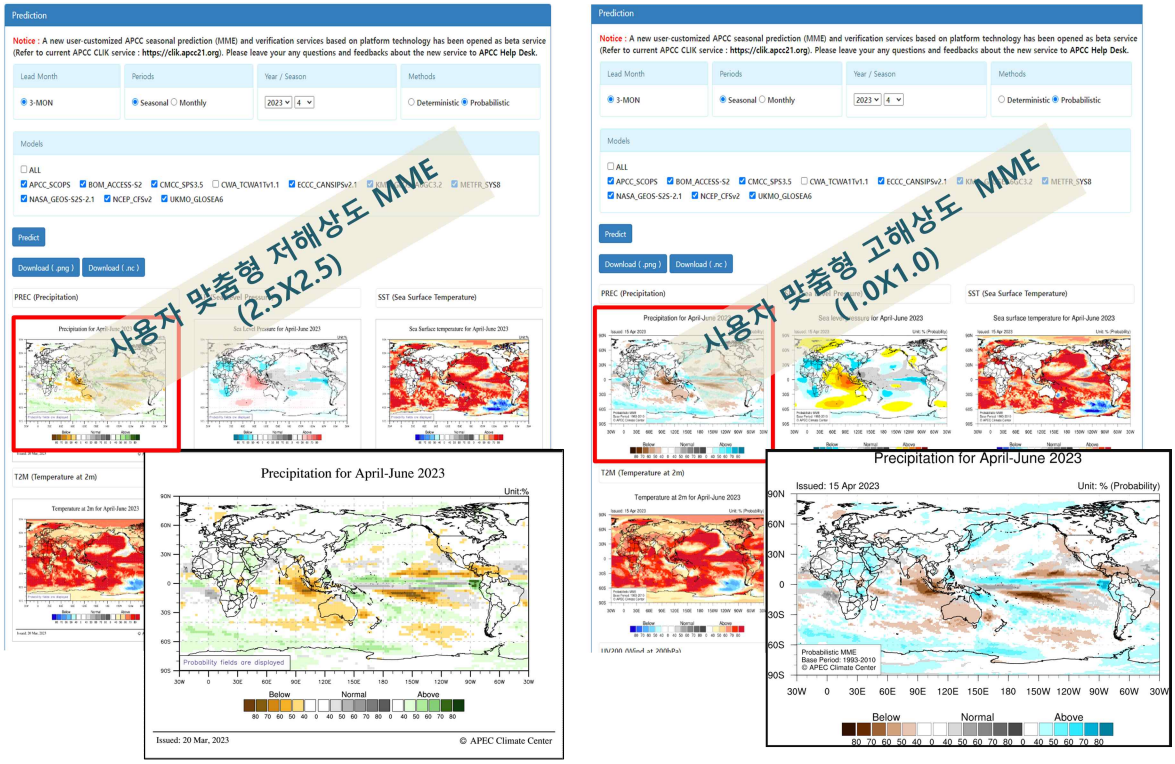


Figure 3.92. Prediction service - low resolution 2.5X2.5 (left), high resolution 1.0X1.0 (right)

Figure에서 보는 바와 같이 사용자 인터페이스는 동일한 것을 알 수 있다. 사용자가 원하는 조건을 입력하여 생성을 하게 되면 사용자의 실행한 페이지에 따라 저해상도 또는 고해상도 결과를 각각 확인 할 수 있다. 아래 Figure는 실제 저해상도와 고해상도의 결과를 변수별로 비교화면 그림이다. 비교 변수는 Precipitation, Sea Level Pressure, Sea Surface, Temperature at 850hPa, Geopotential height at 500hPa, Temperature at 2m 6개의 변수이다.

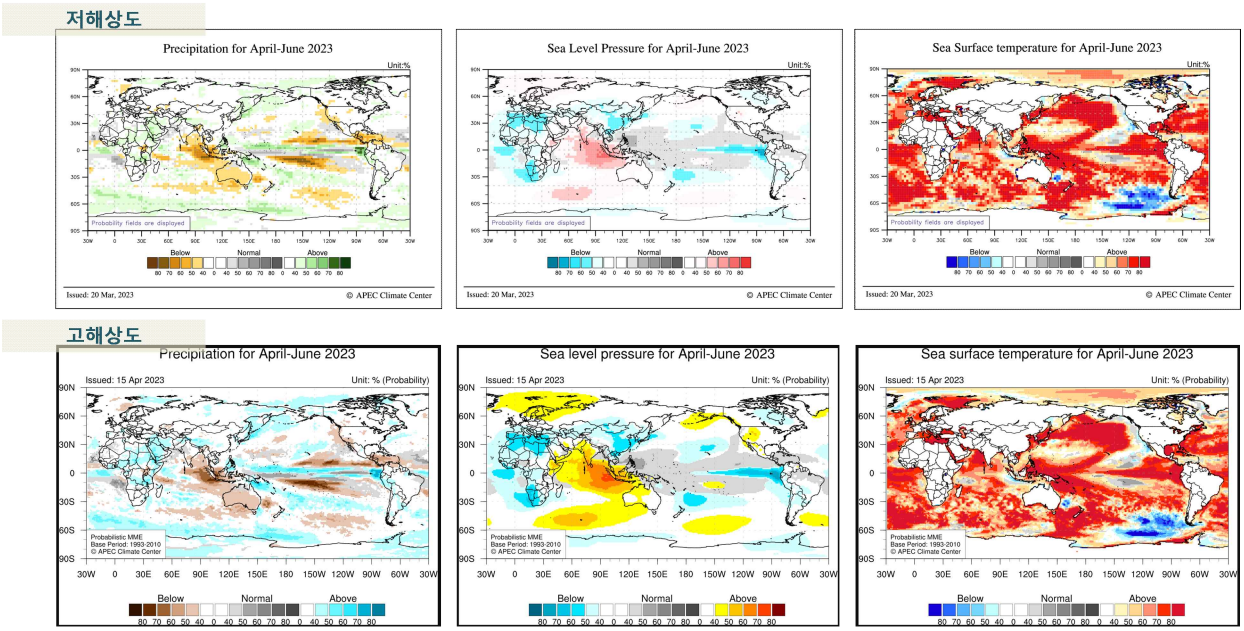


Figure 3.93. Comparison of resolution results by variables (Precipitation, Sea Level Pressure, Sea Surface)

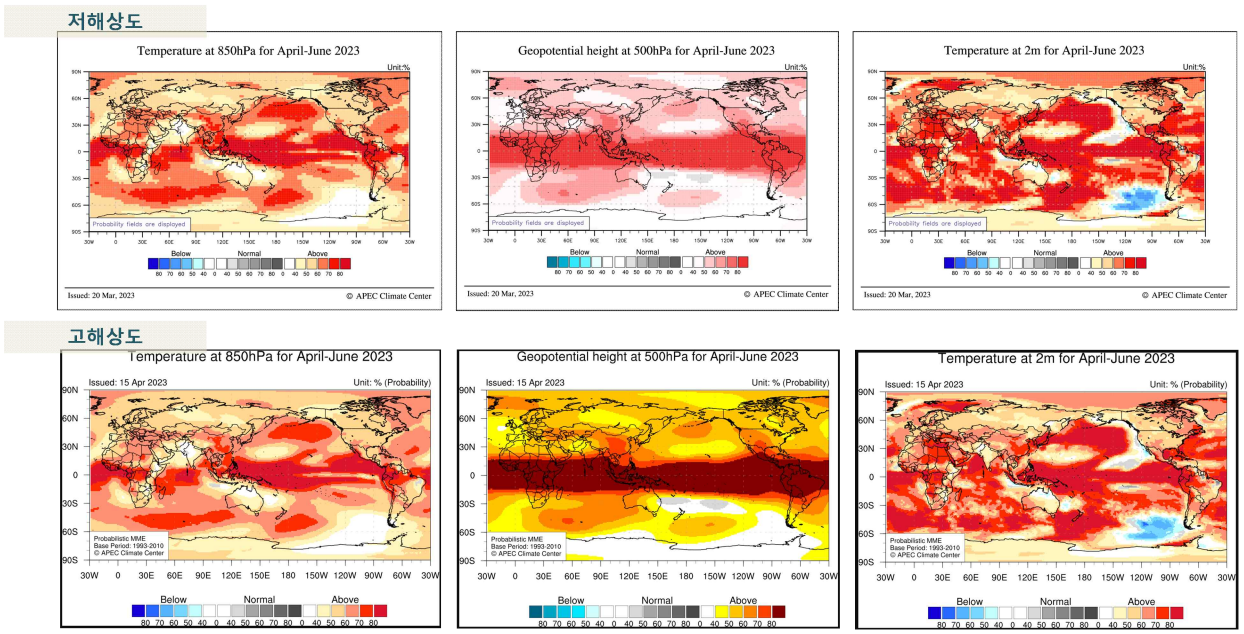


Figure 3.94. Comparison of resolution results by variables (Temperature at 850hPa, Geopotential height at 500hPa, Temperature at 2m)

고해상도 MME 계절예측 서비스에서 모델 목록 표출 기능을 개선하였다. 기존에는 서비스에 사용되는 변수 목록을 설정하고 특정 변수 (SST)가 없는 MGO 모델만 SST를 제외하도록 코드를 설정하였다. 고해상도 MME의 경우에는 특정 변수를 미제공하는 모델이 추가되고 매월 업데이트가 되지 않는 변수가 생기는 경우에 대응하기 위해 기능을 개선하였다. 기본 변수 사용에서 최신 모델별 변수 목록 데이터베이스 테이블을 활용하여 매월 사용 가능한 변수를 설정하도록 기능을 개선하였다. 이렇게 되면 실제로 사용가능한 변수가 있는 파일에 대해서만 목록을 제공함으로써 사용자가 없는 모델의 변수를 사용할 가능성을 낮춰 오류 발생을 예방하였

다. 이때 활용한 데이터베이스 테이블은 매월 전송되는 고해상도 데이터 목록 및 정보가 업데이트 되는 테이블이다.

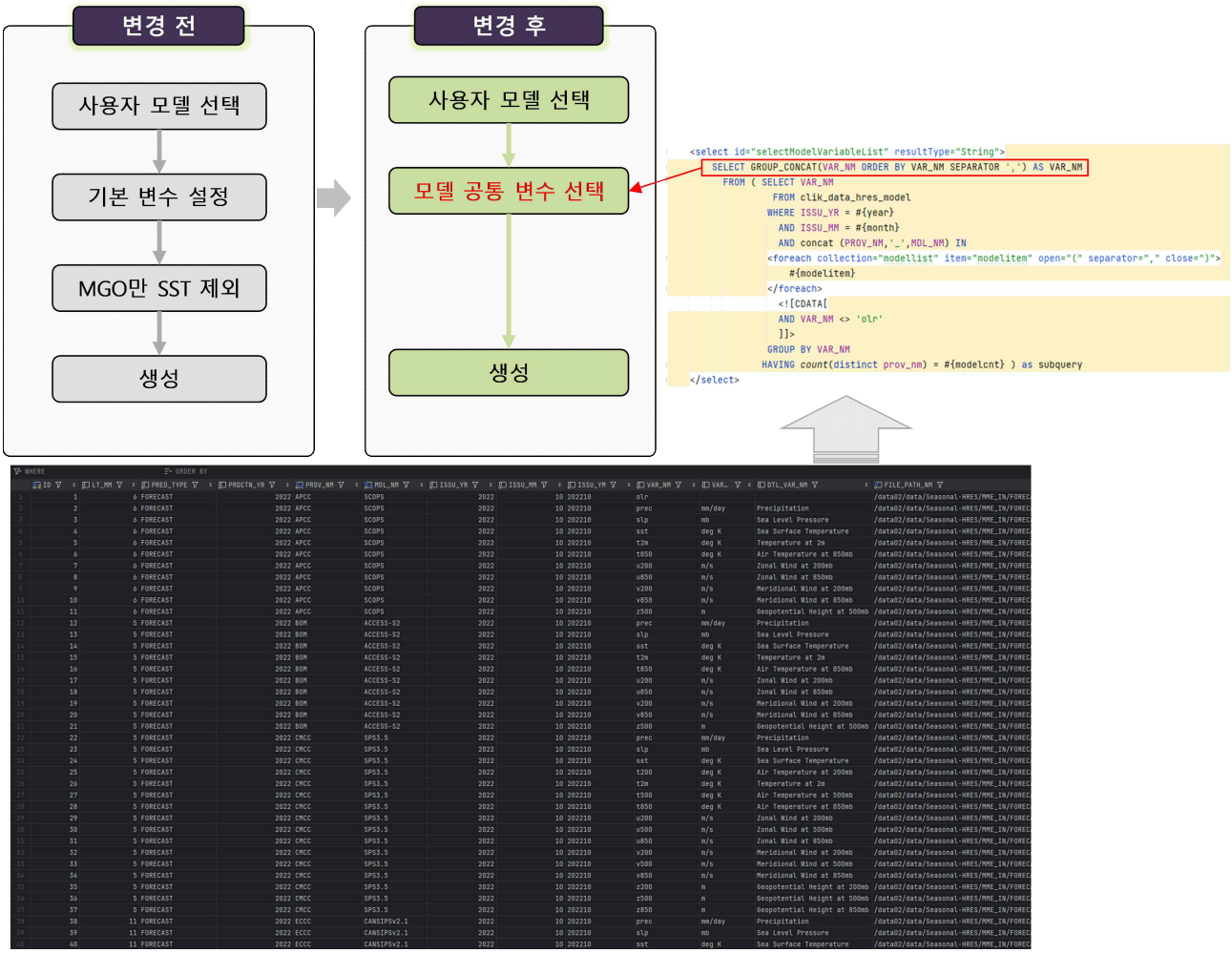


Figure 3.95. Enhancement of Common Variable selection frature in High Resolution Prediction

4. 결론 및 향후 과제

아시아 · 태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 6단계 과제를 통해 기후정보서비스의 혁신적인 발전을 이루어냈다. 이 과제는 2022년부터 2024년까지 3년에 걸쳐 진행되었으며, 각 연도별로 아래와 같이 중요 연구개발 성과를 달성하였다.

1차년도(2022년)에는 기후서비스 통합플랫폼의 운영 및 개선에 주력하였으며, 사용자 편의 증진과 개방형 체계 구축을 위한 노력을 기울였다. 또한, 기후정보서비스 선도를 위한 동적 기후정보시스템을 적용한 기관 홈페이지 설계 및 동적 기후정보서비스 구축을 위한 핵심 기반 기술 확보하였다.

2차년도(2023년)에는 이러한 노력을 바탕으로 기후정보서비스 통합플랫폼의 운영을 지속하면서, 활용 확산을 위한 개선 개발과 사용자 워크숍을 추진하였다. 특히 해당 연도에는 동적 기후정보표출 홈페이지를 구축 완료하고, 동적 검증서비스 및 매시업 원형을 구축하였으며, 홈페이지와 기후정보서비스 통합 플랫폼의 원형을 구축하는 성과를 이루었다.

3차년도(2024년), 과제의 마지막 해에는 1, 2차년도에서 도출된 성과를 바탕으로 더욱 발전된 성과를 이루어냈다. 기후정보서비스 통합플랫폼의 지속적인 운영과 개선을 진행하였으며, Open API 패키지 구축, 매쉬업 서비스 개발, 그리고 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼의 통합 개발을 완료하였다. 이를 통해 홈페이지와 기후정보서비스 플랫폼 통합 기반을 마련하여 웹 사이트 총량에 대응하기 위한 준비작업을 완료하고, Open API와 매쉬업 서비스 개발을 완료하였으며, 사용자 지원 및 홍보 강화 등의 목표를 달성하였다.

특히 당해연도(2024년)의 주요 연구개발 성과를 정리하자면 기후정보서비스 통합플랫폼 기반 Open API 패키지 개발과 동적 매쉬업 서비스 구축을 통해 APCC 기후정보의 활용 확산을 달성하였다. 기본적인 업무인 연간 운영계획과 월간 운영 보고를 통해 체계적인 APCC 기후정보서비스 관리를 철저히 시행하고, 다양한 서비스의 안정적 운영 및 개선을 이루었다. CLIK 플랫폼을 통해 고해상도 MME 계절예측 서비스를 제공하고 사용자 워크숍을 추진하여 사용자 지원을 강화를 위한 노력과 더불어 Open API 패키지를 개발하여 PyPI(Python Package Index)에 등록함으로써, 사용자들이 APCC 기후정보서비스 플랫폼의 기능을 자유롭게 사용할 수 있는 환경을 조성하였다. 또한, 동적 기후정보 기술 기반의 매쉬업 서비스 개발을 통해 다양한 기후정보를 창출하고 사용자 참여를 유도하여 고객 만족도 향상에 기여하였다. 또한, 홈페이지와 기후정보서비스 통합 플랫폼 구축을 위한 통합 개발을 추진하여 2025년 정부 정책인 웹 사이트 총량제 달성을 위한 사전 작업을 완료하였다.

6단계 과제의 성공적인 완료를 바탕으로, APCC는 향후 차기 연구에서 더욱 발전된 서비스를 제공할 계획이다. 구체적으로는 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 개선, 홈페이지 및 기후정보서비스 통합 완료, 사용자 맞춤형 고해상도 MME 기후정보서비스 구축 및 시행 등을 통해 APCC의 기후정보 활용 및 사용자 지원을 더욱 강화할 예정이다. 이러한 노력들은 궁극적으로 아시아태평양 지역의 기후변화 대응 능력을 향상시키고, APCC가 제공하는 기후정보의 가치와 활용도를 크게 높일 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 APCC의 지원을 통해 수행되었습니다.

References

APCC Homepage, https://www.apcc21.org, 2023.

APCC Climate Information Service Platform web site, https://cliks.apcc21.org/, 2023.

APCC Climate Monitoring system, https://nagios.apcc21.org, 2023.

APCC, SSO, https://sso.apcc21.org, 2023.

APCC, APCC 접속통계 시스템, http://insight.apcc21.org:8080, 2023.

Google Charts web site, https://developers.google.com/chart, 2023.

OpenStreetMap Homepage, https://www.openstreetmap.org, 2023.

K-PaaS Homepage, https://www.k-paas.or.kr, 2023.

Vue.js The Progressive JavaScript Framework, https://vuejs.org, 2023.

ECMWF CS3 Tutorial, https://climate.copernicus.eu/tutorials-0, 2023.

UNITRAR GFCS Online Tutorial,
unitar.org/online-tutorial-global-framework-climate-services, 2023.

Advancing Quality of Climate Services for European Water, AquaClew Tutorial, aquaclew.en/user-guidance-and-feedback, 2023.

MEDSCOPE(Mediterranean services chain based on climate prediction) Youtube tutorial, 2023.

NOAA Interactive tool, https://www.climate.gov/maps-data/tools-interactives, 2023.

NOAA Climate Prediction Center (Outlook),
https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/predictions/long_range/interactive/index.php, 2023.

NOAA global temperature and precipitation time series,
https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/timeseries/, 2023.

NOAA Dynamic display for POE(Probe Of Exceed),
https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/predictions/long_range/POECalc/index.php, 2023.

ECMWF forecasts, https://www.ecmwf.int/en/forecasts, 2023.

C3S CDS example, https://cds.climate.copernicus.eu/toolbox-editor/gallery/10_anomaly_plot, 2023.

ECMWF Open Chart, https://apps.ecmwf.int/webapps/opencharts, 2023.

BOM Outlook, http://www.bom.gov.au/climate/outlooks/#/overview/summary, 2023.

BOM MetEye, http://www.bom.gov.au/australia/meteye/?ref=ftr, 2023.

BOM various Image services, http://www.bom.gov.au/climate/ahead/outlooks/climatology/, 2023.

BOM climate change, http://www.bom.gov.au/climate/change/?ref=ftr#tabs=Tracker&tracker=timeseries&tQ=graph%3Dtmean%26area%3Daus%26season%3D03%26ave_yr%3D4, 2023.

World Bank Climate Knowledge Portal (https://climateknowledgeportal.worldbank.org/), 2023.