

**아태지역 계절예측정보서비스 고도화 및
계절내예측정보서비스 기반 구축**

**Enhancement of Seasonal Prediction Information
Systems and Development of Sub-seasonal
Prediction Infrastructure in the Asia-Pacific
Region**

**김상철, 신지현, 정주형
기후사업본부 예측운영과**

2025.12.

아시아·태평양경제협력체 기후센터

Executive Summary

The APEC Climate Center (APCC) continues its dedicated 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 online platforms, conducting continuous improvements and user support projects to expand the convenience and utilization of climate forecast data.

APCC's climate information services have established an operational and reporting system based on annual plans for systematic and stable operation, with strengthened management through regular service monitoring. In addition, services are continuously modified and improved to respond to the rapidly changing information and communication technology environment, and service security is being strengthened to address various security vulnerabilities.

APCC is working to develop individual climate information services into an integrated climate information service platform in stages, striving to provide users with a consistent service environment. Through this effort, APCC's climate information services that provide, process, predict, and verify climate data are expanding into a single integrated platform service.

The current year's (2025) tasks, as the first year of Phase 7, were carried out with three main objectives. The first is the modernization of the APCC climate information service platform operating system and achievement of the website total volume system. The PaaS-TA platform, which is ending technical support, was transitioned to the K-PaaS platform to modernize cloud platform technology. To comply with the government's website total volume system policy, the web addresses of the institutional homepage and climate information service platform were unified, and the user interface and functions were integrated. The second is the pilot construction of a customized high-resolution MME seasonal forecast verification platform. To enhance the usability and convenience of verification information produced through the high-resolution MME seasonal forecast system, a prototype of a customized service that can provide combined verification information was established. The third is the stable operation and improvement of APCC climate information services. In addition to systematic management through the establishment of annual operational plans and regular inspections, a new MME seasonal forecast regional downscaling service was established to expand customized services for users. Based on these achievements, APCC is contributing to further enhancing the value of climate information utilization in the Asia-Pacific region and improving the capacity to respond to climate change.

국문 요약

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

APCC 기후정보서비스는 체계적이고 안정적인 운영을 위해 연간계획에 따른 운영 및 보고 체계를 구축하고 있으며, 서비스 상시 모니터링을 통한 관리를 강화하고 있다. 또한, 급변하는 정보통신기술 환경에 대응하기 위해 서비스를 지속적으로 수정 및 개선하고 있으며, 다양한 보안 취약점에 대응하여 서비스 보안 강화하고 있다.

APCC는 기존의 개별적인 기후정보서비스를 단계적으로 통합하여 기후정보서비스 플랫폼으로 개발하고, 사용자에게 일관된 서비스 환경을 제공하기 위해 노력하고 있다. 이를 통해 기후자료 제공, 처리, 예측 및 검증 정보를 제공하는 APCC 기후정보서비스들이 하나의 통합된 플랫폼 서비스로 운영되고 있다.

7단계 연구 중 당해연도 (2025년) 과제는 크게 세 가지 주요 목표를 가지고 수행하였다. 첫 번째는 APCC 기후정보서비스 플랫폼 운영 체계 최신화 및 웹 사이트 총량제 달성이다. 기술지원이 종료되는 파스-타 플랫폼을 K-PaaS 플랫폼으로 전환하여 클라우드 플랫폼 기술을 최신화하고, 정부의 웹 사이트 총량제 정책에 대응하기 위해 기관 홈페이지와 기후정보도구 주소를 단일화하고 사용자 인터페이스 및 기능을 통합하였다. 두 번째는 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 플랫폼 시험 구축이다. 고해상도 MME 계절예측시스템을 통해 생산되는 검증 정보의 활용성과 사용 편의성을 증진하기 위해 맞춤형 검증 정보를 제공할 수 있는 사용자 맞춤형 서비스의 시험원형을 구축하였다. 세 번째는 APCC 기후정보서비스의 안정적인 운영 및 개선이다. 연간 운영 계획 수립 및 정기점검을 통한 체계적 관리와 더불어 MME 계절예측 지역 상세화 서비스를 신규로 구축하여 사용자 맞춤형 서비스를 확대하였다. 이러한 성과를 바탕으로 APCC는 아시아 태평양 지역의 기후정보 활용 가치를 더욱 높이고, 기후변화 대응 능력 향상에 기여하고 있다.

목차

1. 서론	1
2. APCC 기후정보서비스 안정적 운영	2
2.1. 기후정보서비스의 안정적 운영 및 관리	2
2.1.1. 개요	2
2.1.2. 보안 취약점 점검 목록	2
2.1.3. APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 보안강화	4
2.1.4. 기후정보서비스 모니터링 시스템을 통한 상시 모니터링	25
2.1.5. 기후정보서비스의 안정적 및 효율적 운영에 필요한 관련 업무 지원	29
2.2. 기후정보서비스 개선 계획 수립을 통한 체계적 서비스 개선	39
2.2.1. 추진개요	39
2.2.2. 주요내용	40
2.3. 홈페이지 지역 상세화 신규 서비스 구축	42
2.3.1. 개요	42
2.3.2. MME 계절예측 지역 상세화 서비스 구축	43
2.3.3. 사용자 맞춤형 지역 상세화 서비스 구축	46
3. APCC 기후정보서비스 플랫폼 운영체계 최신화 및 웹사이트 총량제 달성	47
3.1. 클라우드 플랫폼 기술 최신화를 위한 기후정보서비스 전환 및 체계 구축	47
3.1.1. 파스-타 플랫폼 기술지원 종료에 따른 K-PaaS 체계 최신화	48
3.1.2. 클라우드 플랫폼 최신화 절차 및 환경 구축	49
3.1.3. API 서버 및 부가서비스 이관	51
3.1.4. 기존 PaaS/IaaS 구성 대비 통합된 운영 구조 실현	54
3.1.5. 통합 시험 및 안정화	57
3.2. 기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화 구축	58
3.2.1. 기후정보서비스 단위별 최신 K-PaaS 변경 준비 및 시험	58
3.2.2. 기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화	59
3.3. 웹 사이트 총량제 달성을 위한 연계 개발	65
3.3.1. 통합 웹 사이트 주소체계 확립	65
3.3.2. 홈페이지 및 사용자 맞춤형 기후정보서비스 기능 통합	69
3.3.3. 베타시험서비스 시행	78
3.4. 총량제 달성 APCC 홈페이지 정식 서비스 시행	79
4. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 플랫폼 시험 구축	80
4.1. 고해상도 MME 검증 운영시스템 분석 및 사용자 맞춤 생산 방안 설계	80
4.1.1. 고해상도 계절예측 MME 및 검증 시스템 분석 및 이식	80
4.1.2. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 생산 시스템 구조 설계	81
4.2. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 검증자료 생산 및 표출체계 구축	82
4.2.1. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 생산체계 구축	83
4.2.2. 계절예측 MME 및 검증 자료 표출체계 구축	84
4.3. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 검증자료 서비스 시험원형 구축	87

4.3.1. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 웹 인터페이스 개발	87
4.3.2. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 시험원형 서비스	88
5. 결론 및 향후 과제	90

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 2025	4
Table 2.4 The list of homepage updated	7
Table 2.5 The list of CLIK update	10
Table 2.6 The list of SSO updated	11
Table 2.7 The list of Help Desk tickets	13
Table 2.8 List of tasks related to providing public data	29
Table 2.9 2025 Plan for the Improvement of APCC Climate Information Service	40
Table 2.10 Region selection result	44
Table 3.1 Library versions of CLIK	59
Table 3.2 Develop environment of CLIK	70
Table 3.3 Differences between JSP and Thymeleaf	70

그림 차례

Figure 2.1 Monitoring result of homepage web service	6
Figure 2.2 Backup system of climate information services	6
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 Shared interface between Deterministic and Probabilistic page	9
Figure 2.6 Checking states of CLIks	11
Figure 2.7 The backup of database on the platform storage	11
Figure 2.8 Checking states of SSO	12
Figure 2.9 The backup of database on the SSO service	12
Figure 2.10 The backup of source code on the SSO service	12
Figure 2.11 Newly Integrated Help Desk Interface within the APCC Main Website	15
Figure 2.12 New Help Desk Ticket Management Interface	16
Figure 2.13 Administrative Dashboard Interface of the APCC System	17
Figure 2.14 Detailed View of a Help Desk Support Ticket	17
Figure 2.15 Updated SSL of homepage	19
Figure 2.16 Bad request exception handling	19
Figure 2.17 Exception handling added for unused methods	20
Figure 2.18 All error statuses now return 200	21
Figure 2.19 Updated SSL of CLIks	21
Figure 2.20 XSS vulnerability improvement	22
Figure 2.21 Improved HTTP error output of Open API	22
Figure 2.22 Updated SSL of SSO	22
Figure 2.23 Added password creation rules to the common validation method in the user join and update function	23
Figure 2.24 Configure allowed HTTP methods in web config	24
Figure 2.25 Block disallowed methods in Filter	24
Figure 2.26 SSL certificate of HelpDesk Homepage	25
Figure 2.27 Web based monitoring system (Nagios)	26
Figure 2.28 APCC homepage HTTP service monitoring for one month	26
Figure 2.29 Added ErrorDocument options in nagios configure file	27
Figure 2.30 Redirect to error page for missing pages	27
Figure 2.31 Comment out in configure file (autoindex.conf)	28
Figure 2.32 /icons/ page not configured, redirect to error page	28
Figure 2.33 Configuration added to disable unused methods	29
Figure 2.34 AMetadata management system	30
Figure 2.35 Selection of open data	31
Figure 2.36 Input of data open plan	31
Figure 2.37 Management of implementation of open plan	32

Figure 2.38 Management of standard terms	32
Figure 2.39 Management of standard words	32
Figure 2.40 Management of standard domains	33
Figure 2.41 Evaluation criteria for institution	33
Figure 2.42 Management of standard terms for database	34
Figure 2.43 Column definitions of database	34
Figure 2.44 Evaluation criteria for database	35
Figure 2.45 Information Resource Management System(www.irm.go.kr)	36
Figure 2.46 Information Resource Management System (irm.go.kr) – Information System Project Overview Screen	37
Figure 2.47 Information Resource Management System (irm.go.kr) – Information Resource Asset Quality Management Status Screen	38
Figure 2.48 Information Resource Management System (irm.go.kr) – Detailed Information System Project View	39
Figure 2.49 Interface added for users to select and input regions	44
Figure 2.50 East Asia	44
Figure 2.51 South Asia	44
Figure 2.52 North Eurasia	45
Figure 2.53 Middle East	45
Figure 2.54 North America	45
Figure 2.55 South America	45
Figure 2.56 Australasia	45
Figure 2.57 Australasia South Pacific	45
Figure 2.58 Europe	46
Figure 2.59 Africa	46
Figure 2.60 Result screen of user-entered latitude and logitude	46
Figure 3.1 Integration Strategy: Migration from PaaS-TA to K-PaaS	50
Figure 3.2 Overall Architecture of the K-PaaS Kubernetes Cluster	51
Figure 3.3 K-PaaS Cluster Service Overview: Database, Message Queue, and System Components	52
Figure 3.4 Transition of Climate Service Components to Kubernetes-Based Architecture	53
Figure 3.5 Harbor Registry for Managing APCC Container Images	54
Figure 3.6 Application Deployment Guide for the Climate Information Service Cloud Platform	57
Figure 3.7 Migration of RabbitMQ	59
Figure 3.8 Migration of MongoDB	59
Figure 3.9 Dockerfile to make base docker image	60
Figure 3.10 Internal docker hub for base docker image	61
Figure 3.11 Official images of openjdk	61
Figure 3.12 Dockerfile for a simple java application	62
Figure 3.13 Dockerfile for a java web application	62

Figure 3.14 Dockerfile using base docker image	62
Figure 3.15 Internal docker hub for CLIK	63
Figure 3.16 Deployment configuration	63
Figure 3.17 Service configuration	64
Figure 3.18 Ingress configuration	64
Figure 3.19 The list of K-PaaS pods	64
Figure 3.20 The list of K-PaaS web services	65
Figure 3.21 Key URL Elements: Protocol, Domain, and Path Structure	67
Figure 3.22 Path-Based Routing Configuration Using Kubernetes Ingress	68
Figure 3.23 The system architecture of CLIK	69
Figure 3.24 The frame of CLIK web interface	71
Figure 3.25 The Open API to get menu	71
Figure 3.26 CLIK Dataset menu	72
Figure 3.27 The web page for high resolution MME	73
Figure 3.28 The web page for ERA5 and NCEP Reanalysis	73
Figure 3.29 CLIK Processing menu	74
Figure 3.30 The web page for Prediction service	74
Figure 3.31 The web page for Verification service	75
Figure 3.32 Previous Version of the CLIK Online Tutorial Interface	76
Figure 3.33 New Version of the CLIK Online Tutorial Interface	77
Figure 3.34 CLIK menu	78
Figure 3.35 CLIK My Jobs menu	78
Figure 4.1 Results of verification (high resolution)	81
Figure 4.3 The system architecture of prediction and verification	82
Figure 4.4 The structure of data folder integrated	82
Figure 4.5 The current processing system	83
Figure 4.6 The new processing system	84
Figure 4.7 Dynamic Climate Information Service on the APCC Website	85
Figure 4.8 Newly Developed Dynamic Climate Information Service within the CLIK System	87
Figure 4.9 Prediction and Verification service prototyping design	88
Figure 4.10 Prediction page – High resolution and Low resolution results	89

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

이러한 배경하에, APCC는 2025년부터 2027년까지 3년에 걸쳐 “아태지역 계절예측정보서비스 고도화 및 계절내예측정보서비스 기반 구축”이라는 목표로 연구개발을 수행한다. 이 2025년 목표는 다음과 같다.

첫째, APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 개선이다. 이를 위해 운영계획 수립 및 정기점검, 보안 강화, 상시 모니터링, 웹 접속통계, 플랫폼 시스템 운영 개선 등을 수행하였다. 또한 공공기관 지원 업무로서 공공데이터 및 데이터 기반행정 업무, 정보자원관리 업무도 수행하였다.

둘째, APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 관리를 위해 기술지원 종료 예정인 파스타 플랫폼을 K-PaaS 플랫폼으로 최신화하고, K-PaaS 플랫폼 기반 기후정보서비스와 기관 홈페이지의 웹 주소 단일화, 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 및 기능 통합 등을 통해 정부의 웹사이트 총량제 정책을 달성하였다.

셋째, 고해상도 MME 계절예측시스템을 통해 생산되는 고해상도 계절예측 검증 정보의 활용성과 사용 편의성을 증진하기 위해 고해상도 MME 계절예측의 조합형 검증 정보를 제공할 수 있는 기후정보서비스를 구축하여 시험 서비스를 실시하였다.

본 보고서의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영을 위해 수행한 연구개발 내용을 상세히 기술한다. 3장에서는 APCC 기후정보서비스 플랫폼 운영체계 최신화 및 웹사이트 총량제 달성 과정을 설명한다. 4장에서는 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 플랫폼 시험 구축에 대하여 기술한다. 마지막으로 5장에서는 본 과제의 결론을 도출하고 향후 과제에 대해 논의한다.

2. APCC 기후정보서비스 안정적 운영

2.1. 기후정보서비스의 안정적 운영 및 관리

2.1.1. 개요

아시아·태평양경제협력체 기후센터(아태기후센터)는 세계 우수 현업기관 및 연구기관의 다양한 전지구모델을 활용한 기후예측시스템을 구축하여 매일 홈페이지와 기후정보도구(CLIK: Climate Information toolKit)를 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 기후정보도구(CLIK), 기후자료추출및합성서비스(CLIPS), APCC 통합모델링 솔루션(AIMS), 기후자료 마스킹 정보제공 서비스(OpenWPS)를 플랫폼으로 통합하였다.

또한 MME 계절예측시스템을 통해 생산된 계절예측 정보의 아태지역 활용 강화를 위해 플랫폼 기술 기반의 기후정보서비스를 구축하고 사용자 맞춤형(양방향) 시스템을 통해 제공하고 있다.

7단계 과제의 1차년도인 2025년에는 APCC 기후정보서비스의 운영계획 수립 및 정기점검을 통하여 서비스를 안정적으로 운영하고 보안취약점을 개선하여 보안을 강화하였다. 공공데이터 개방, 데이터 표준 및 메타데이터 관리와 같은 공공데이터 관련 실무를 수행하고 정보자원 관리시스템(IRM) 운영, 정보화사업, 성과측정 등 정보자원관리 업무를 수행하였다. 또한 홈페이지의 사용자 지원을 강화하기 위하여 사용자 맞춤형 지역 상세화 서비스를 구축하였다.

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 위협요소에 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	김상철 연구원	홈페이지, K-PaaS 플랫폼, 기후예측시스템 협업클라우드 운영, 기반 정보서비스 운영 및 관리 (DNS 등)
	신지현 연구원	기후정보도구(CLIK) 운영 및 관리, 공공데이터 및 데이터 기반 행정
	정주형 연구원	고객지원/개선정보관리시스템 운영 및 관리, 정보자원관리시스템(IRM) 운영, 정보화사업, 성과측정

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 2025년도에 APCC 기후정보서비스의 안정적인 운영을 위해 수립한 운영계획이다.

Table 2.3 Operation plan of 2025

2025년 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 연 계 수시 대응
협력 운영 정보서비스 ¹⁾ 운영 및 지원												기상과학원 담당 부 서 수시 대응
홈페이지 고정영역 기후정보서 비스 구축						★						[신규] 6월 개발 완료 및 서비스 적용
홈페이지 사용자 활용성 강화 를 위한 인터페이스 개선				★								[개선] 4월 개발 완료 및 서비스 적용
클라우드 기반 기술 업그레이 드를 통한 APCC 기후정보서비 스 플랫폼 최신화								★				[개선] 8월 업그레이 드 완료
APCC 기후정보서비스 체계 일 원화를 통한 웹 사이트 총량 달성											★	[개선] 대표 도메인으 로 서비스 실시 (12 월~)

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

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.

1) 국립기상과학원에서 위탁한 기후예측시스템 파일럿 현업화 시스템 Glair, ESGF 데이터노드 서비스

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.

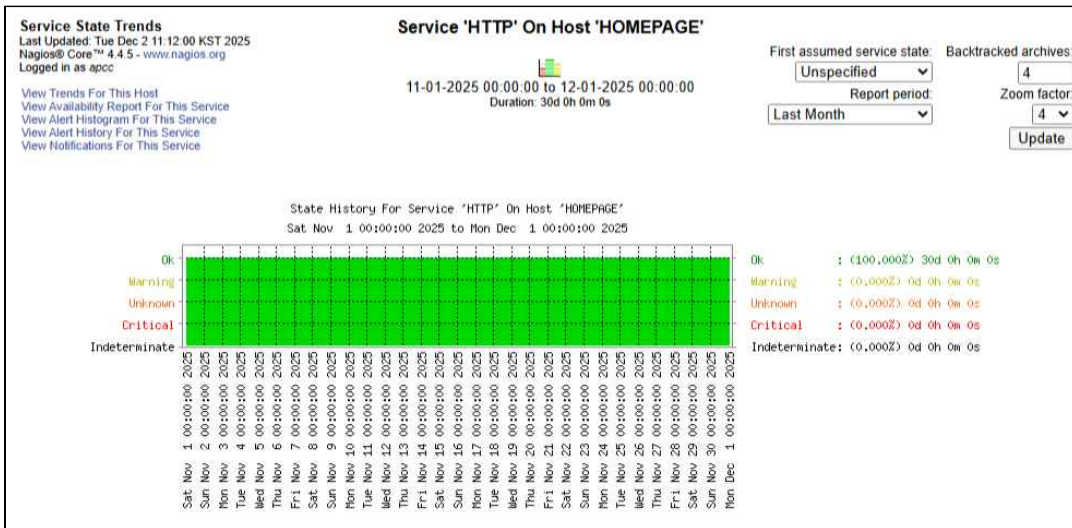


Figure 2.1 Monitoring result of homepage web service

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 이루어지는 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.

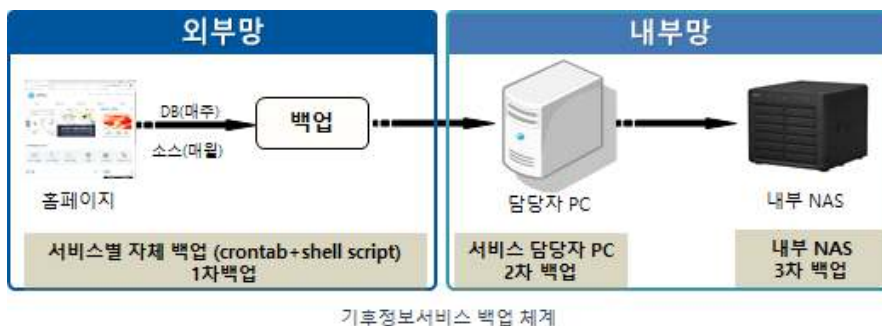


Figure 2.2 Backup system of climate information services

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

```

[scf@webso db_backup]#
[scf@webso db_backup]# ls -d 2025*
20250101 20250114 20250209 20250222 20250307 20250320 20250402 20250415 20250428 20250511 20250524 20250606 20250619 20250702 20250715 20250728 20250810 20250823 20250905 20250918 20251001 20251014 20251027 20251109 20251122
20250102 20250115 20250210 20250223 20250308 20250321 20250403 20250416 20250429 20250512 20250525 20250607 20250620 20250703 20250716 20250729 20250811 20250824 20250906 20250919 20251002 20251015 20251028 20251110 20251123
20250103 20250116 20250211 20250224 20250309 20250322 20250404 20250417 20250430 20250513 20250526 20250608 20250621 20250704 20250717 20250730 20250812 20250825 20250907 20250920 20251003 20251016 20251029 20251111 20251124
20250104 20250117 20250212 20250225 20250310 20250323 20250405 20250418 20250501 20250514 20250527 20250609 20250622 20250705 20250718 20250731 20250813 20250826 20250908 20250921 20251004 20251017 20251030 20251112 20251125
20250105 20250118 20250213 20250226 20250311 20250324 20250406 20250419 20250502 20250515 20250528 20250610 20250623 20250706 20250719 20250801 20250814 20250827 20250909 20250922 20251005 20251018 20251031 20251113 20251126
20250106 20250119 20250214 20250227 20250312 20250325 20250407 20250420 20250503 20250516 20250529 20250611 20250624 20250707 20250720 20250802 20250815 20250828 20250910 20250923 20251006 20251019 20251101 20251114 20251127
20250107 20250120 20250215 20250228 20250313 20250326 20250408 20250421 20250504 20250517 20250530 20250612 20250625 20250708 20250721 20250803 20250816 20250829 20250911 20250924 20251007 20251020 20251102 20251115 20251128
20250108 20250121 20250216 20250229 20250314 20250327 20250409 20250422 20250505 20250518 20250531 20250613 20250626 20250709 20250722 20250804 20250817 20250830 20250912 20250925 20251008 20251021 20251103 20251116 20251129
20250109 20250122 20250217 20250230 20250315 20250328 20250410 20250423 20250506 20250519 20250601 20250614 20250627 20250710 20250723 20250805 20250818 20250831 20250913 20250926 20251009 20251022 20251104 20251117 20251130
20250110 20250123 20250218 20250231 20250316 20250329 20250411 20250424 20250507 20250520 20250602 20250615 20250628 20250711 20250724 20250806 20250819 20250901 20250914 20250927 20251010 20251023 20251105 20251118 20251201
20250111 20250124 20250219 20250304 20250317 20250330 20250412 20250425 20250508 20250521 20250603 20250616 20250629 20250712 20250725 20250807 20250820 20250902 20250915 20250928 20251011 20251024 20251106 20251119 20251202
20250112 20250125 20250220 20250305 20250318 20250331 20250413 20250426 20250509 20250522 20250604 20250617 20250630 20250713 20250726 20250808 20250821 20250903 20250916 20250929 20251012 20251025 20251107 20251120
20250113 20250126 20250221 20250306 20250319 20250401 20250414 20250427 20250510 20250523 20250605 20250618 20250701 20250714 20250727 20250809 20250822 20250904 20250917 20250930 20251013 20251026 20251108 20251121
[scf@webso db_backup]#
[scf@webso db_backup]#

```

Figure 2.3 The backup of database on the Service storage

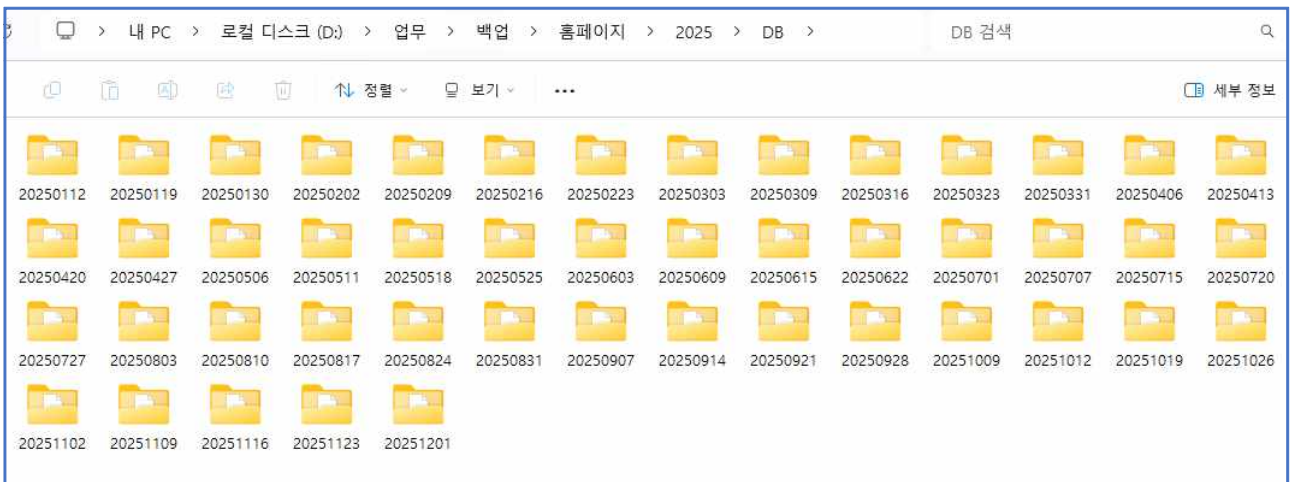


Figure 2.4 The backup of database on the local PC

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
2025년	2월	PKNU 모델 제공 기관 및 신규 모델 (PKNU CGCM v1.0) 추가	수정	- 신규 모델 추가에 따른 정보 업데이트 - 모델 정보 페이지에 PKNU 신규 모델 내용 추가
2025년	3월	PKNU 신규 모델 추가에 따른 업데이트	수정	- 메인 페이지 모델 제공기관 이미지 업데이트 - 국제협력 모델 데이터 제공기관 페이지 업데이트
2025년	3월	조직 개편에 따른	수정	- 조직 개편에 따른 조직도 현행화

		홈페이지 현행화		- 업무 메뉴 페이지 현행화
2025년	3월	개별모델 예측의 확률 예측 코드 개선	수정	- PKNU 모델의 해수면 온도 그림 생성 오류 문제에 대해 내부 코드 수정 및 개선
2025년	4월	홈페이지 사용자 활용성 강화를 위한 인터페이스 개선	개선	- 대상 : MME 예측 > 단정예측 및 확률예측 국/영문 페이지, 개별모델 예측 > 단정예측 및 확률예측 국/영문 페이지 - 단정예측 페이지에서 확률예측 페이지로 이동하면 사용자 선택한 조건 인터페이스가 그대로 유지되도록 개선
2025년	4월	개별모델 예측의 변수와 모델 항목 연동 개선	개선	- 개별모델 예측 페이지에서 선택되는 모델에 따라 제공되는 변수 목록 연동 개선
2025년	5월	홈페이지 콘텐츠 현행화	수정	- 회원국 실무단 명단 현행화 - 국내외 협력기관 리스트 현행화 - APEC 기후심포지엄 소개 페이지 현행화 - 기후기술 협력사업 안내 및 세부 페이지 내용 현행화 - 국제협력 프로젝트 페이지 현행화
2025년	6월	홈페이지 콘텐츠 현행화	수정	- 이사회 명단 현행화
2025년	6월	고정영역 기후정보서비스 구축	신규	- 계절예측 정보 제공 페이지에 사용자 지역 선택 기능 신규 추가 - 사용자가 선택할 수 있는 지역 추가 및 위도와 경도를 직접 입력할 수 있는 인터페이스 추가
2025년	8월	기후예측 페이지 오타 및 오류 수정	수정	- 최근기후 페이지의 평년 기준값 변경 (1991-2010 -> 1991-2020) - 다중모델예측 페이지의 년도 자동 변경 수정 및 평년 기준값 변경 (1991-2010 -> 1993-2016) - 예측정보 페이지의 개별모델 동아시아 예측 확률분포의 모델명 오류 수정 - 기후전망 페이지의 이미지 캡션 년도 자동 변경 오류 수정 및 평년 기준값 변경 (1991-2010 -> 1993-2016) - 방법론 페이지의 공통기간 변경

				(1991-2010 -> 1993-2016)
2025년	9월	홈페이지 콘텐츠 현행화 및 오류 수정	수정	- 운영지원과 조직도 현행화 - 국문 기후전망 페이지의 텍스트 깨짐 오류 수정
2025년	10월	홈페이지 관리자 페이지 업로드 오류 수정	개선	- 홈페이지 관리자 페이지에서 일정 용량(100KB) 이상의 파일 업로드 불가 오류 개선
2025년	11월	홈페이지 콘텐츠 현행화 및 오류 수정	수정	- 운영지원과 조직도 현행화 - 동아시아 계절예측의 예측정보 페이지 오류 개선 (기능 오류)

홈페이지를 통해 제공되는 기후예측정보를 검색하는 사용자들의 불편해소 및 기후정보 제공 편의성을 높여 홈페이지 사용자 활용성 강화를 위해 사용자 인터페이스 작동 방식의 개선과 서비스 지역 상세화 신규 서비스를 개발 및 추가하여 서비스를 제공한다.

홈페이지를 통해 제공되는 MME 예측 및 개별모델 예측 페이지에서 사용자 선택 조건(예측 기간, 1개월/3개월 평균, 변수, 모델) 공유를 위해서 인터페이스를 개선하였다. 사용자가 단정예측 페이지에서 사용자 조건을 선택하여 결과를 확인하고, 확률예측 페이지로 이동하면 단정예측 페이지에서 선택한 조건을 동일하게 확률예측 페이지에서 제공하도록 기능을 개선하여 서비스를 제공한다.

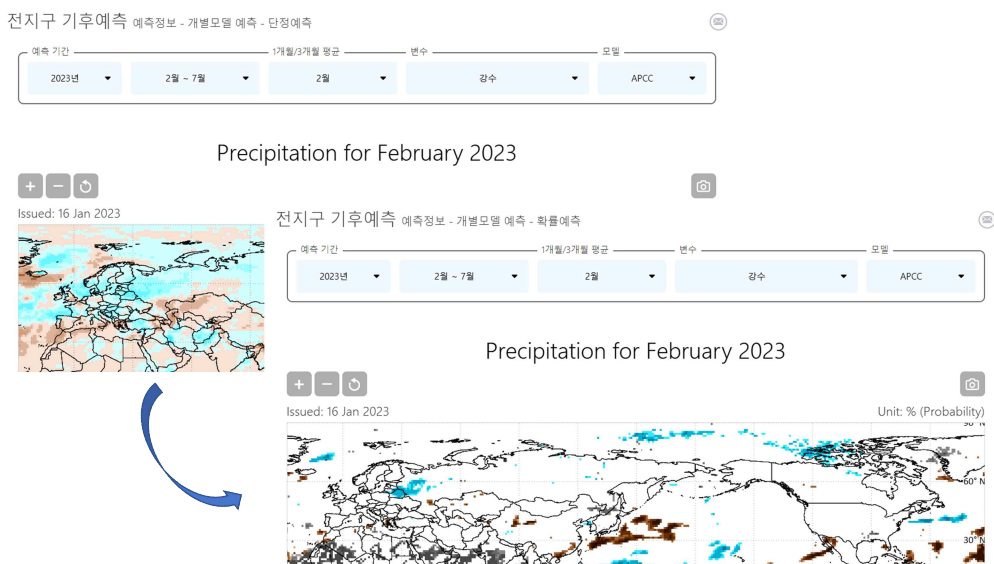


Figure 2.5 Shared interface between Deterministic and Probabilistic page

홈페이지는 2024년 2월부터 동적 기후정보서비스를 제공되고 있으며, 동적 기후정보서비스는 전지구 기반의 기후정보를 서비스하고 있다. 올해 사용자의 활용성과 편의성 강화를 위해 전지구 기반 서비스에 지역 상세화 신규 기능을 개발 및 추가하여, 사용자에게 보다 맞춤형 지역 기후정보를 제공할 수 있도록 하였다.

2.1.3.2.2. 기후정보도구(CLIK)

기후정보도구(CLIK, CLimate Information toolKit)은 2022년 7월부터 기후자료 제공 및 자료 처리 서비스를 제공하고 있다. 현재 기후정보도구는 기후정보서비스 플랫폼에서 운영 및 관리되고 있다. 다음 Table은 2025년 기후정보도구를 운영하면서 발생한 신규·수정·개선 등의 작업 내용이다.

Table 2.5 The list of CLIK update

년도	월	개선사항	작업 구분	작업 내용
2025년	2월	PKNU 신규 모델 추가	신규	- PKNU 모델 자료 홈페이지 추가 - 신규 모델 다운로드 서비스 추가
2025년	3월	CWA 모델 업그레이드	개선	- CWA의 최근 모델을 CWACFSv2로 변경
2025년	3월	NASA 모델 자료 제공 정책 변경 (Creative Common Licenses의 “Public Domain”)	수정	- Prediction 과 Verification에서 NASA 모델을 단독 선택하여 자료 생산이 가능하도록 개선 - MME Model 페이지에서 NASA 모델 자료 다운로드가 가능하도록 개선
2025년	5월	METFR 모델 업그레이드	개선	- METFR 의 최근 모델을 SYS9로 변경
2025년	5월	Clipping, Composite, Masking 기능 Job 기반 서비스로 개선	개선	- Clipping, Composite, Masking 서비스에 “Request Job” 버튼을 추가하고, Job 처리 결과를 My Jobs 메뉴에서 확인하도록 개선
2025년	5월	데이터베이스 테이블에 데이터 표준 적용	수정	- Downscaling, Verification 관련 5개의 테이블에 데이터 표준 적용
2025년	6월	보안취약점 개선	개선	- Cross Site Scripting(XSS) 취약점 보완 - Download API에서 http 에러 발생 시 JSON 형식의 오류 메시지 출력
2025년	7월	MME 계절예측의 기후 값 기준기간 (Base Period) 변경	수정	- 기준기간을 2025년 SONDJF 예측부터 1993~2016년으로 변경
2025년	7월	BSISO 자료의 CWA 모델명 변경	수정	- BSISO 자료 설명 페이지의 CWA의 모델명을 CWACFSv2로 변경

기후정보도구(CLIK)의 관리자는 아래의 Figure와 같이 웹 서비스 상태를 점검한다.

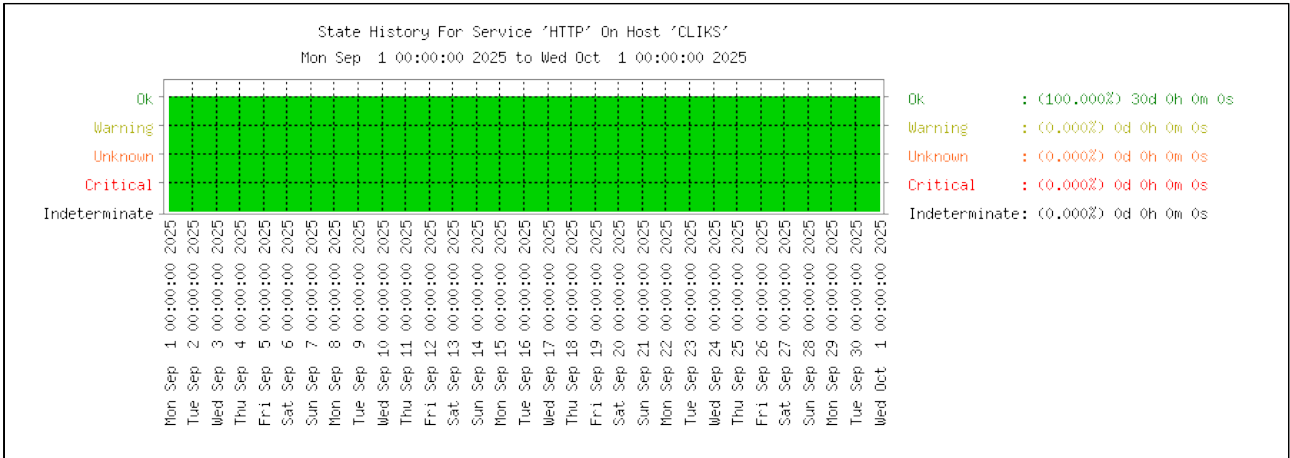


Figure 2.6 Checking states of CLIks

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

```

jshsin@data: ~/dbbackup/mongodb
jshsin@data:~/dbbackup/mongodb$ ls -al *202509*
-rw-r--r-- 1 jshsin users 2222422 9:11 21 03:01 bsiso_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 147715 9:11 21 03:01 cmip5_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 29015624 9:11 21 03:01 external_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 52159925 9:11 21 03:01 job_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 61886502 9:11 21 03:01 mme_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 884875511 9:11 21 03:01 model_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 14464 9:11 21 03:01 summary_mme_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 1078854 9:11 21 03:01 summary_model_20250921.json
-rw-r--r-- 1 jshsin users 6620318 9:11 21 03:01 summary_period_model_20250921.json
jshsin@data:~/dbbackup/mongodb$

```

Figure 2.7 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
2025년	12월	관리자 페이지 중복 로그인 방지 기능 개선	개선	<ul style="list-style-type: none"> - 관리자 페이지의 보안 강화를 위해 관리자 페이지를 대상으로 중복 로그인을 방지하도록 기능 개선 - 동일 계정으로 두 곳 이상 로그인 불가

통합인증 시스템(SSO) 의 관리자는 아래의 Figure와 같이 웹 서비스 상태를 점검한다.

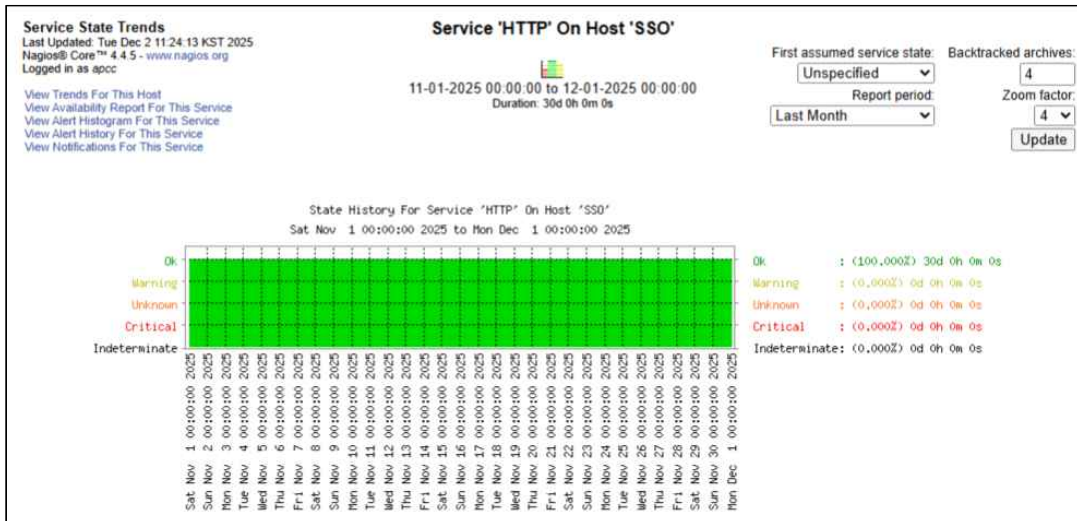


Figure 2.8 Checking states of SSO

또한 기후정보서비스 백업 체계에 따라 서버, 로컬 컴퓨터와 NAS를 통해서 자료를 백업하고 있다. 아래 Figure는 그 중에서 서버에서의 데이터베이스 및 소스코드 백업 상태이다.

```
[sclow@websso db_backup]$
[sclow@websso db_backup]$ ls -ld 202511*
20251101 20251104 20251107 20251110 20251113 20251116 20251119 20251122 20251125 20251128
20251102 20251105 20251108 20251111 20251114 20251117 20251120 20251123 20251126 20251129
20251103 20251106 20251109 20251112 20251115 20251118 20251121 20251124 20251127 20251130
[sclow@websso db_backup]$
```

Figure 2.9 The backup of database on the SSO service

```
[sclow@websso source]$
[sclow@websso source]$ ls apcc_sso_202511*
apcc_sso_20251102.tar.gz apcc_sso_20251109.tar.gz apcc_sso_20251116.tar.gz apcc_sso_20251123.tar.gz apcc_sso_20251130.tar.gz
[sclow@websso source]$
```

Figure 2.10 The backup of source code on the SSO service

2.1.3.2.4. Help Desk

APCC에서는 기후정보서비스 이용자의 다양한 질의와 요구사항에 신속하게 대응하기 위해 2020년부터 온라인 고객지원 시스템(Help Desk)을 구축하여 운영해 오고 있다. 2025년에도 시스템 오류나 가동 중단과 같은 특이 사항 없이 안정적으로 서비스를 유지하였으며, 연중 총 7건의 티켓 (고객 문의)을 접수·처리하였다. 아래는 2025년 한 해 동안 APCC Help Desk 운영 과정에서 처리된 티켓 발행 현황이다.

Table 2.7 The list of Help Desk tickets

월	티켓 발행사항	작업 내용
2025년 1월	Ticket 1건 발행	- 기후정보도구(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행
2025년 4월	Ticket 2건 발행	- 기후정보도구(CLIK) 관련 Ticket 2건 발행
2025년 5월	Ticket 1건 발행	- APCC 대표 홈페이지 관련 Ticket 1건 발행
2025년 9월	Ticket 1건 발행	- 기후정보도구(CLIK) 관련 Ticket 1건 발행
2025년 10월	Ticket 1건 발행	- BSISO 관련 Ticket 1건 발행
2025년 11월	Ticket 1건 발행	- MME 관련 Ticket 1건 발행

2.1.3.2.4.1. 온라인 고객 지원 서비스 개선 개발

2.1.3.2.4.1.1. 추진 배경

APCC는 2020년부터 온라인 고객지원 체계를 운영해 왔으나, 기존에 사용하던 외부 솔루션(Zammad) 기반 구조는 여러 측면에서 지속적인 한계를 드러냈다.

우선, Help Desk가 APCC 대표홈페이지와 분리된 독립 도메인(help.apcc21.org)에서 운영되는 구조적 문제로 인해 서비스 접근성이 낮아지고 사용자 경험이 분절되는 문제가 발생하였다. 사용자는 홈페이지에서 다시 외부 링크로 이동해야 했고, 로그인·언어 설정·정보 탐색 과정이 각각 분리되어 있어 APCC 전체 서비스와의 통합된 경험을 제공하기 어려웠다. 이러한 구조는 단순한 사용성 문제를 넘어, 기후정보서비스를 중심으로 한 통합 플랫폼 운영이라는 기관의 전략에도 부합하지 않는 형태였다.

또한 외부 솔루션 기반의 운영 방식은 반복적인 보안 지적과 유지보수 리스크를 야기하였다. Help Desk 시스템은 민감한 사용자 정보, 질의 내용, 내부 응답 기록 등을 포함하고 있음에도 불구하고, 외부에서 제공되는 업데이트 정책과 취약점 관리 체계에 의존할 수밖에 없었다. APCC 내부에서 직접 통제할 수 있는 범위가 제한적이었고, 기상청 사이버안전센터 지적 사항이 반복적으로 발생하여 매년 보안 조치·점검·추가 설정을 반복해야 했다. 이는 업무 부담 증가뿐 아니라 안정적인 서비스 제공에 위협 요소로 작용하였다. 무엇보다 보안 패치나 시스템 변경이 불가한 상황이었기에 긴급 대응이 필요한 상황에서 APCC가 즉각적으로 조치를 취할 수 없다는 구조적 제약이 명확했다.

더 큰 문제는 관리자 측면의 운영 비효율이었다. 기존 Zammad 기반 서비스는 UI가 복잡하고 기능이 과도하게 세분화되어 있어 APCC Help Desk 운영 규모에 비해 과도한 관리 부담을 초래하였고, 운영 분석에 많은 시간이 소요되었다. 또한 공공기관이 요구하는 수준의 투명한 운영 기록 체계를 구축하기 어렵다는 구조적 한계가 존재했다.

마지막으로, 기존 Help Desk는 APCC 대표 서비스들과의 연계성이 떨어져 서비스 품질 향상을 제한하였다. 예를 들어, 기후예측·데이터 다운로드·분석도구 등 APCC의 핵심 서비스와 Help Desk 시스템 간 직접적인 연동이 어려웠다. Help Desk는 단순히 “문의 접수 창구” 로만 머물렀고, APCC 내부 서비스 개선과 사용자 지원 품질을 높이는 데 기여도가 제한적이었다. 이는 APCC가 추진하는 ‘통합 기후정보 서비스 플랫폼’ 의 방향성과도 맞지 않는 구조였다.

이러한 복합적인 이유로 APCC는 기존 외부 솔루션을 유지하는 것이 장기적으로 적합하지 않다고 판단하였고, 대표홈페이지 내부로 완전 통합된 Help Desk 시스템을 구축하여 접근성·보안성·운영 효율성을 동시에 개선할 필요성이 명확해졌다. 특히 사용자 중심의 UI/UX와 내부 응대 절차의 체계화가 필수적인 과제로 부각되었으며, 기관 전체 서비스와 긴밀하게 연계되는 통합 고객지원 체계의 구축이 더 이상 미룰 수 없는 과제가 되었다.

2.1.3.2.4.1.2. 구축 목적

이번 Help Desk 개선 사업의 궁극적인 목표는 APCC 대표홈페이지 중심의 통합 고객지원 체계 구축을 통해 사용자 접근성과 서비스 일관성을 확보하고, 내부 대응 절차를 표준화하여 운영 효율성을 크게 향상시키는 데 있다. 우선 가장 핵심적인 목적은 기존 외부 솔루션을 완전히 배제하고, APCC 홈페이지 내부에 Help Desk 기능을 내장함으로써 단일 접근 경로를 제공하는 것이다. 기존에는 별도 도메인과 독립된 화면 구조로 인해 사용자의 서비스 경험이 단절되는 문제가 있었으나, 통합 Help Desk 환경에서는 사용자들이 홈페이지 내에서 바로 문의를 등록하고 진행 상황을 확인할 수 있어 서비스 간 일관성과 접근성이 획기적으로 개선된다.

또한 구축 목적의 중심에는 사용자 중심 UI/UX 실현이 있다. Help Desk는 APCC가 사용자와 소통하는 주요 창구이기 때문에, 복잡한 화면 구조나 직관적이지 않은 메뉴 구성은 문의 등록 자체를 어렵게 만들고 대응 품질에도 영향을 미친다. 이번 개편에서는 카테고리 선택, 문의 작성, 파일 첨부, 담당자 답변 확인 등 모든 화면 흐름을 단순화하고, 실제 사용자 경험을 분석하여 모바일·데스크톱 모두에서 일관되게 작동하는 UI를 구현하는 것이 목표였다.

또 하나의 중요한 목적은 티켓 기반의 경량형 고객응대 체계 구축이다. New → Open → Progress → Closed로 이어지는 4단계 표준 프로세스를 도입하여, 단순하면서도 처리 단계가 명확한 경량형 티켓 관리 체계를 수립하였다. 이를 통해 담당자 배정, 문의 추적, 상태 관리가 용이해지고, 내부 대응 절차의 일관성을 확보할 수 있다. 더불어 등록·답변·추가질문·완료 등 주요 티켓 이벤트별 자동 이메일 알림을 제공하여 사용자 만족도도 함께 향상되는 구조를 마련하였다.

세 번째 목적은 내부 운영 효율성과 유지보수 용이성 확보이다. 외부 솔루션에 의존하던 방식은 보안 패치 일정, 기능 업데이트, 장애 대응 등 핵심 운영 요소들이 공개SW 커뮤니티에 종속되는 구조였다. 반면 홈페이지 내장형 Help Desk는 APCC 내부 개발·운영 체계 안에서 유지보수가 가능하며, 새로운 기능 추가나 정책 조정도 기관 내부 기준에 따라 즉시 반영할 수 있다. 특히 기후정보서비스 질의 및 기술 문의에 대응하기 위해, 관리자 화면의 대시보드·상태 필터링·티켓 통계 기능 등을 단순화하고 APCC 업무 흐름에 맞게 재구성함으로써 보다 안정적이고 효율적인 운영이 가능해졌다. 이는 보안 위험을 줄이는 동시에, 장기적으로 유지보수

비용 절감이라는 효과도 함께 가져온다.

요약하면, 이번 구축 목적은 단순히 기존 Help Desk를 대체하는 수준이 아니라, APCC 기후정보서비스 플랫폼의 일원화 전략을 실현하고 사용자와 관리자 모두에게 최적화된 고객지원 환경을 제공하는 데 있다. 서비스 접근성 강화, UI/UX 혁신, 관리 구조 단순화, 내부 대응 효율화 등 전반적인 품질 개선을 통해 APCC가 제공하는 기후정보서비스의 신뢰성과 전문성을 한층 더 높이는 것이 이번 사업의 핵심 목표라 할 수 있다.

2.1.3.2.4.1.3. 주요 구축 내용

이번 Help Desk 개선 사업에서는 사용자와 관리자 모두의 경험과 업무 흐름을 전면적으로 재정비하는 방향으로 구축이 이루어졌다. 기존 외부 솔루션(Zammad) 기반 시스템이 가진 복잡성과 한계를 극복하고, APCC 대표홈페이지와 긴밀하게 연동되는 통합 고객지원 플랫폼을 구현하기 위해 UI/UX 개선, 기능 단순화, 운영 절차 표준화, 자동화 기능 확대 등 다층적 요소가 반영되었다.

① 사용자 기능 고도화

우선 사용자 기능은 접근성과 편의성 중심으로 재설계되었다. 대표홈페이지 내부에 Help Desk를 완전히 통합함으로써, 사용자는 별도 도메인으로 이동할 필요 없이 단일 화면 안에서 문의 등록·진행 상황 조회·대화 확인이 가능해졌다. 이러한 단일 접근 경로 구축은 서비스 간 경험 분절 문제를 해소하고, APCC 전체 플랫폼의 사용자 흐름을 하나로 통합하는 기반이 되었다.

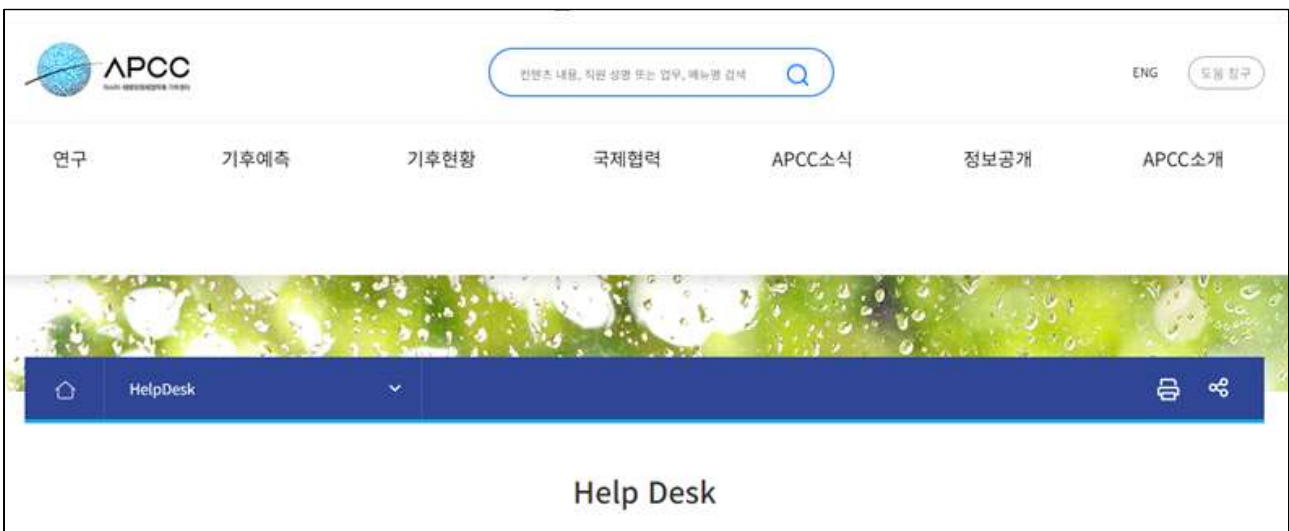


Figure 2.11 Newly Integrated Help Desk Interface within the APCC Main Website

티켓 등록 기능 역시 기존보다 훨씬 간결하고 직관적으로 개선하였다. 사용자는 카테고리 선택, 제목·내용 입력, 파일·이미지 업로드 등 필요한 요소만 빠르게 입력하여 문의를 생성할 수 있으며, 시스템은 등록 즉시 티켓 번호를 부여해 문의 추적을 용이하게 한다. 특히 전문가·일반 사용자 등 다양한 사용자층이 존재하는 APCC 서비스 특성을 반영하여, 기술 문의·자료 요청·서비스 오류 등 주요 문의 유형을 분류할 수 있는 구조를 마련해 응대 효율을 높

였다.



Figure 2.12 New Help Desk Ticket Management Interface

또한 이번 개편의 핵심 요소 중 하나는 채팅형 UI 기반의 질의응답 구조이다. 기존의 단순한 댓글식 입력 방식보다 훨씬 직관적이며, 사용자와 관리자 간의 상호작용형 대화 흐름을 가능하게 한다. 이를 통해 문의 등록 이후의 추가 질문·자료 요청·수정 안내 등이 실시간 대화 형태로 이어지므로, 응답 과정이 명확하고 커뮤니케이션 품질이 크게 향상된다. 파일·이미지 업로드를 대화창 내에서 바로 수행할 수 있어 기술문의의 설명 정확도도 높아졌다.

또한 모든 사용자에게 이메일 자동 알림 기능이 제공된다. 티켓 등록, 담당자 배정, 추가 질문·답변 등록, 티켓 완료 처리 등 중요한 이벤트마다 실시간으로 알림이 발송되며, 사용자는 Help Desk 화면에 접속하지 않아도 문의 진행 상황을 지속적으로 확인할 수 있다. 이는 사용자 만족도를 높이는 동시에 응답 지연에 대한 불만을 예방하는 중요한 기능이다.

② 관리자 기능 재구성 및 운영 효율화

관리자 기능은 APCC 내부 운영 흐름에 최적화되도록 전면적으로 개편되었다. 기존 Zammad 기반 관리자 화면은 너무 많은 기능이 한 화면에 집약되어 있고 UI가 복잡해 관리 효율이 낮았지만, 이번 재구축에서는 단순성과 직관성을 최우선 원칙으로 삼아 운영자가 필요한 기능만 선택적으로 사용할 수 있도록 설계하였다.

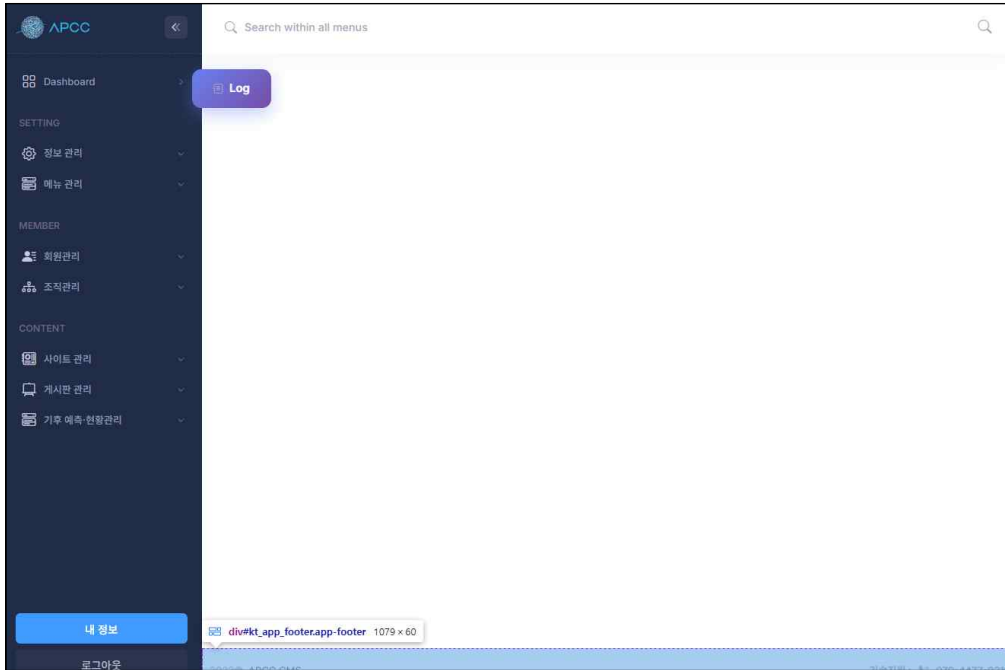


Figure 2.13 Administrative Dashboard Interface of the APCC System

새롭게 구축된 티켓 대시보드는 전체 등록 티켓 현황, 최근 등록 티켓, 처리 상태별 분류 (New → Open → Progress → Closed), 카테고리 및 담당자 필터링 등을 한 화면에서 제공합니다. 이를 통해 운영자는 현재 처리해야 할 사안과 우선순위를 직관적으로 파악할 수 있고, 불필요한 메뉴 이동 없이 즉시 대응할 수 있다.

응답 처리 화면에서도 채팅형 UI가 적용되었으며, 운영자는 링크·파일·이미지 등 다양한 형태의 응답 자료를 유연하게 전달할 수 있다. 이는 기술문의 응대 품질을 실질적으로 높이는 요소이며, 사용자가 문제 해결을 위해 제출한 자료를 관리자 측에서 빠르게 검증하고 대처할 수 있도록 한다.

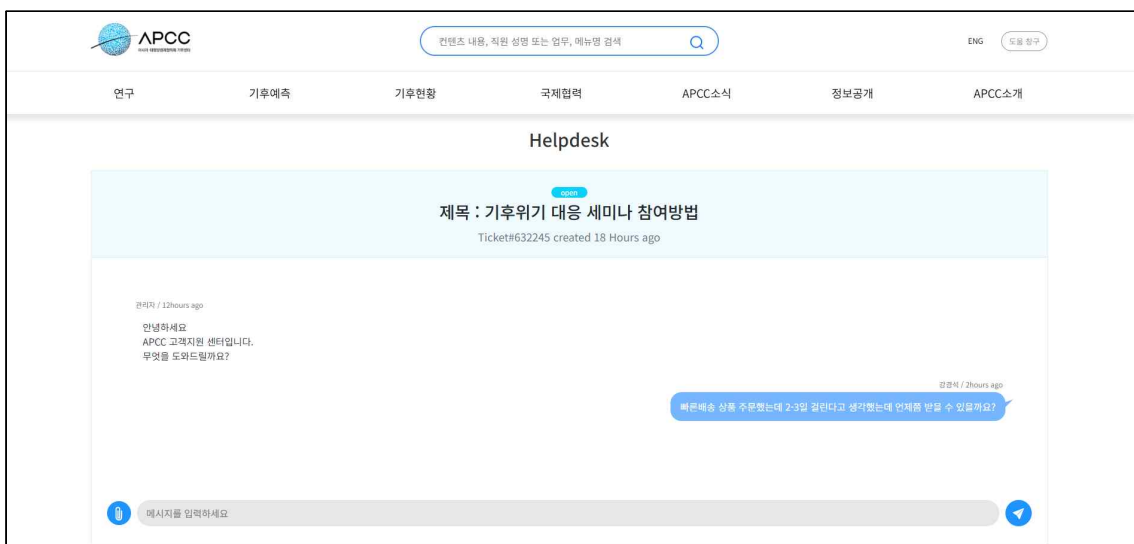


Figure 2.14 Detailed View of a Help Desk Support Ticket

뿐만 아니라 월별·서비스별 티켓 통계 자동 생성 기능이 추가되어 운영 분석과 보고서 작성이 훨씬 쉬워졌다. 기존에는 통계를 수동으로 정리해야 했으나, 이번 개선을 통해 Help Desk 자체적으로 데이터를 집계하고 시각화할 수 있게 되어 연간·분기별 운영 성과 분석을 체계적으로 수행할 수 있게 되었다. 이는 APCC가 서비스 품질을 지속적으로 개선하는 데 중요한 근거 자료로 활용된다.

③ 사용자-관리자 전반의 개선 효과

이러한 주요 구축 내용은 단순한 기능 개선을 넘어, 고객지원 체계 전반을 현대화하는 결과를 가져왔다. 사용자 측면에서는 접근성·편의성·응답 신뢰도가 향상되었고, 관리자 측면에서는 절차 표준화·업무 효율성 강화·운영 자동화 효과가 나타났다. 특히 채팅 기반 UI와 이메일 자동 알림은 대응의 투명성과 신속성을 동시에 확보해, 기존 Help Desk 시스템에서 지속적으로 제기되던 불편 사항을 효과적으로 해소하였다.

결론적으로 APCC는 이번 Help Desk 개편을 통해 기존 외부 솔루션 중심의 구조적 한계를 벗어나, 기관 내부 서비스 전략과 연계된 완전한 통합 고객지원 플랫폼을 확보하게 되었으며, 이는 향후 기후정보서비스 확장 및 사용자 요구 증가에 대응할 수 있는 중요한 기반이 된다.

2.1.3.2.5. Release Note

2025년에도 APCC Release Note 시스템은 별도의 장애나 서비스 중단 없이 연중 안정적으로 운영되었다. 기후정보서비스 플랫폼의 개선 사항과 기능 업데이트가 발생할 때마다 관련 내용을 체계적으로 기록·공유하여 사용자에게 명확한 변경 내역을 제공하였으며, 이를 통해 서비스 신뢰성과 투명성을 지속적으로 유지하였다. 또한 연간 운영 기간 동안 시스템 오류나 지연 없이 정상적으로 작동하여 기후정보서비스 개선정보 전달 체계의 일관성과 접근성을 확보하였다.

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 2025년에도 보안인증서를 갱신하여 APCC 홈페이지를 비롯한 기후정보서비스에 적용하여 보안을 강화하였다. 아래 그림을 보면 홈페이지의 인증서가 갱신된 것을 확인할 수 있다. 2025년도 갱신한 인증서의 만료일은 2026년 3월 13일까지이고 해당 만료일 이전에 다시 갱신하고 기후정보서비스마다 갱신하면 된다.

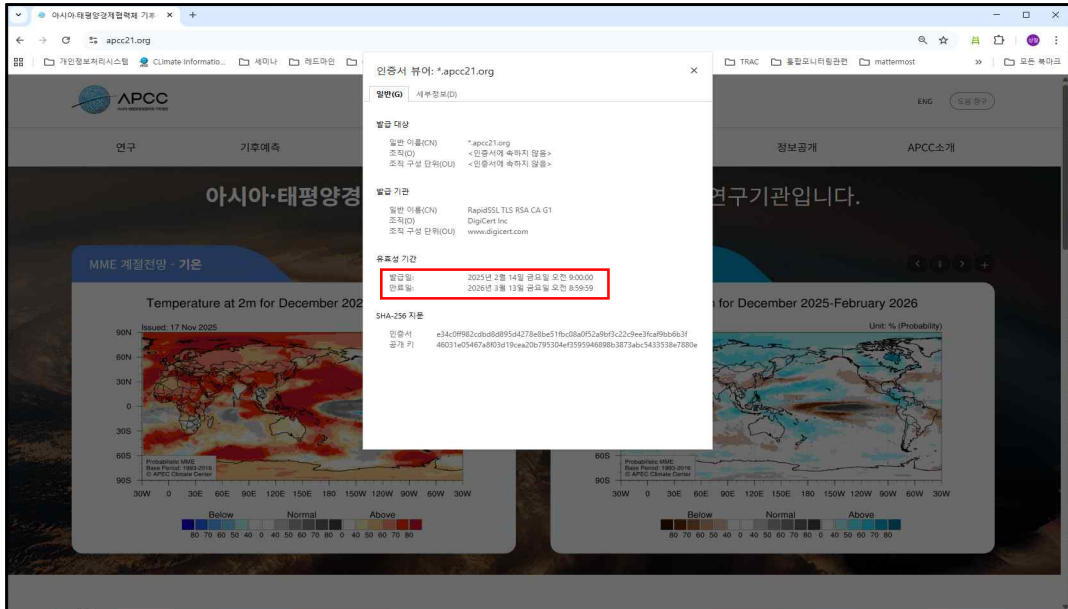


Figure 2.15 Updated SSL of homepage

홈페이지의 보안 취약점은 1개가 발견되어 보완을 하였다. 취약점은 고의적으로 오류 메시지를 발생시켜 공격에 필요한 정보를 획득하는 취약점 관련 사항인데, 이에 대한 취약점 보완을 완료하였다. 서버 내부 정보가 포함된 메시지들은 Log에서 남기도록 변경하고 잘못된 요청에 대한 부분들은 리다이렉트 되도록 설정하여 모든 httpsStatus 값이 200으로 변경하여 오류 페이지가 아니도록 보이게 변경 개선하였고, 그 결과는 아래 Figure에서 확인할 수 있다.

```
// TODO 4xx Error
if (status == HttpStatus.BAD_REQUEST) {
    try {
        log.error("EXCEPTION message : " + message);
        response.sendRedirect(request.getContextPath() + "/");
        return new ModelAndView();
    } catch (java.io.IOException e) {
        log.error("Redirect failed", e);
    }
}
```

Figure 2.16 Bad request exception handling

```

@Order(FilterOrder.REQUEST_PRESERVE_FILTER)
@Component
public class RequestPreserveFilter extends OncePerRequestFilter {

    no usages: 1 tester +1

    @Override
    protected void doFilterInternal(
        @NonNull HttpServletRequest request,
        @NonNull HttpServletResponse response,
        @NonNull FilterChain filterChain
    ) throws ServletException, IOException {
        try {
            RequestHolder.set(request);

            String method = request.getMethod();
            if (!isAllowedMethod(method)) {
                // /error 경로로 리다이렉트
                response.sendRedirect("/error/method");
                return;
            }

            filterChain.doFilter(request, response);
        } finally {
            RequestHolder.clear();
        }
    }

    1 usage: 1 Tolan KyungSeokKANG
    private boolean isAllowedMethod(String method) {
        return "GET".equalsIgnoreCase(method)
    }
}

```

Figure 2.17 Exception handling added for unused methods

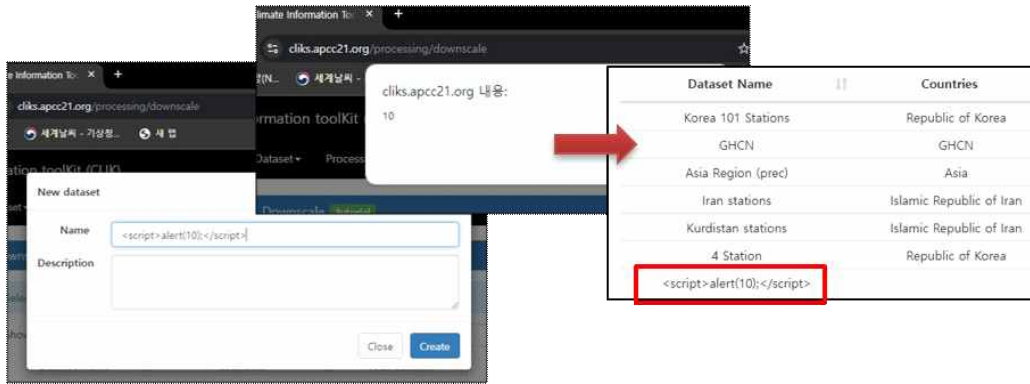


Figure 2.20 XSS vulnerability improvement

또한 자료 다운로드 관련 Open API에서 http 에러가 발견되어 에러 발생 시 JSON 형식의 오류 메시지를 출력하도록 개선하였다.



Figure 2.21 Improved HTTP error output of Open API

2.1.3.3.3. 통합인증 시스템 (SSO)

통합인증 시스템도 홈페이지와 같이 보안 강화를 위해 보안인증서(SSL)를 갱신하였다. 홈페이지에 갱신한 동일한 보안인증서임으로 만료일은 2026년 3월 13일까지 동일하다.

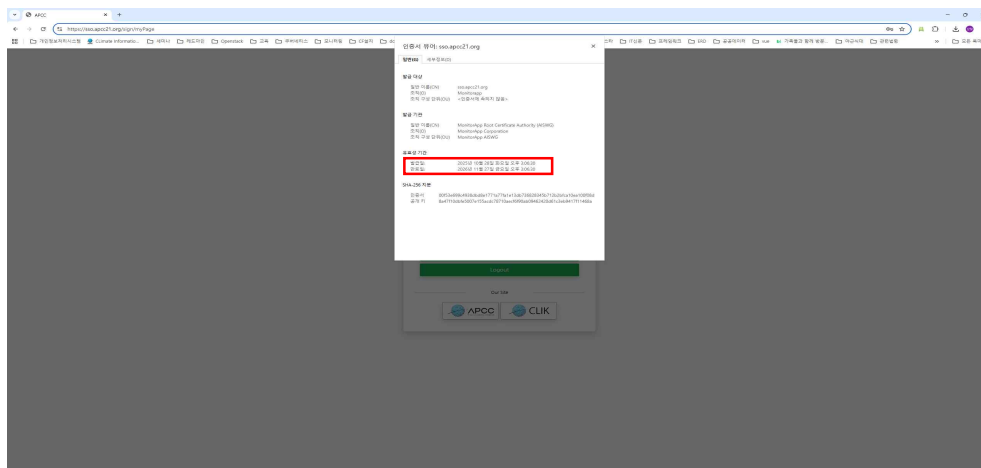


Figure 2.22 Updated SSL of SSO

통합인증 시스템에서는 몇 가지 취약점이 발견되어 보완 하였다. 우선 패스워드 생성규칙

검증과 관련해서 웹 화면에서 script에서 생성규칙을 확인하는 로직이 있으나, WAS에서 따로 검증하지 않아 WAS로 값이 넘어가기 전에 파라미터 변조를 하면 생성규칙을 회피할 수 있는 취약점이 발견되었다. 이에 WAS에서 패스워드를 최종 저장하기 전에 script에서 검증하는 방식과 동일한 패스워드 생성규칙을 적용하여 취약한 패스워드를 등록하지 못하도록 차단하였다.

```

+ 이등섭 +
public boolean validation() {
    if (!StringUtils.hasLength(userId)) {
        return false;
    }

    // 비밀번호 필수
    if (!StringUtils.hasLength(userPwd)) {
        return false;
    }

    // 비밀번호 길이 8자 이상
    if (userPwd.length() < 8) {
        return false;
    }

    // 정규식 검사 (영문 1개 이상, 특수문자 1개 이상, 허용된 문자만 사용)
    String pwdPattern = "(?=.*[A-Za-z])(?=.*[@$!^()+=%*#?&])[A-Za-z\\d@$!^()+=%*#?&]{8,}$";
    if (!userPwd.matches(pwdPattern)) {
        return false;
    }

    return true;
}

```

Figure 2.23 Added password creation rules to the common validation method in the user join and update function

에러 발생시 서버 정보 노출 또는 고의적으로 오류메시지를 발생시켜 공격에 필요한 정보를 획득하는 취약점과 관련해서는 동일한 조치 방법으로 보완하였다. nginx에서 발생하는 오류는 WAS의 기본경로로 이동시켜서 에러 메시지등으로 정보가 노출이 되지 않도록, 오류가 발생하면 생성한 에러 페이지로 이동하게 설정하여 불필요한 정보가 전달되지 않도록 개선하였다. 그리고 불필요한 메소드가 허용되어 있다는 취약점이 있어 이것도 보완하였다. 권한은 GET과 POST만 허용하도록 하고 있는데 실제 내부에서 사용하는 것을 포함하여 PUT, GET, POST, DELETE 메소드만 허용하였다. Spring에서 설정 변경 및 Web Filter을 이용해서 미등록 메소드 요청은 거부하도록 설정하였다.

```

@Configuration
public class WebConfiguration implements WebMvcConfigurer {

    no usages  * 이동섭 *
    @Override
    public void addCorsMappings(CorsRegistry registry) {
        registry.addMapping(pathPattern: "**")
            .allowedOrigins("*")
            .allowedMethods("PUT", "GET", "POST", "DELETE")
            .maxAge(3600);
    }

    * 이동섭
    @Bean
    public RestTemplate getRestTemplate() { return new RestTemplate(); }

    * 이동섭
    @Bean
    public LayoutDialect layoutDialect() { return new LayoutDialect(); }
}

```

Figure 2.24 Configure allowed HTTP methods in web config

```

public class HttpMethodFilter implements Filter {

    5 usages
    private static final Set<String> ALLOWED_METHODS = new HashSet<>();

    static {
        ALLOWED_METHODS.add("GET");
        ALLOWED_METHODS.add("POST");
        ALLOWED_METHODS.add("PUT");
        ALLOWED_METHODS.add("DELETE");
    }

    new *
    @Override
    public void doFilter(ServletRequest request, ServletResponse response, FilterChain chain)
        throws IOException, ServletException {

        HttpServletRequest httpRequest = (HttpServletRequest) request;
        HttpServletResponse httpResponse = (HttpServletResponse) response;

        String method = httpRequest.getMethod();

        if (!ALLOWED_METHODS.contains(method)) {
            log.warn("허용되지 않은 HTTP Method: {}", method);
            httpResponse.sendError(HttpServletResponse.SC_FORBIDDEN, s"HTTP method not allowed");
            return;
        }

        chain.doFilter(request, response);
    }
}

```

Figure 2.25 Block disallowed methods in Filter

2.1.3.3.4. Help Desk

Help Desk 시스템은 보안 강화를 위해 2025년 2월 보안인증서(SSL)를 갱신하였다. 이를 통해 데이터 통신 구간의 암호화 수준을 유지하고 사용자 정보 보호 및 서비스 접근 안정성을 지속적으로 확보하였다. 갱신된 인증서의 유효기간은 2026년 3월 13일까지이다.



Figure 2.26 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 통해

서 상시 모니터링을 실시하고 있고, 매일 각 시스템별로 서버 및 서비스별 모니터링 결과를 확인하고 있다. APCC 홈페이지의 경우에는 홈페이지 HTTP의 웹 서비스 관련 모니터링을 실시하고 있다. 매일 모니터링 결과는 기후정보서비스 월간 운영보고서에 포함이 되고 있다. 2025년에는 WMO S2S ICO 홈페이지가 모니터링 대상에 추가되었다. 웹 접속통계 시스템은 2024년 단독 서버에 설치 형태 운영 환경에서 클라우드 환경 기반 운영 형태로 전환되었다.

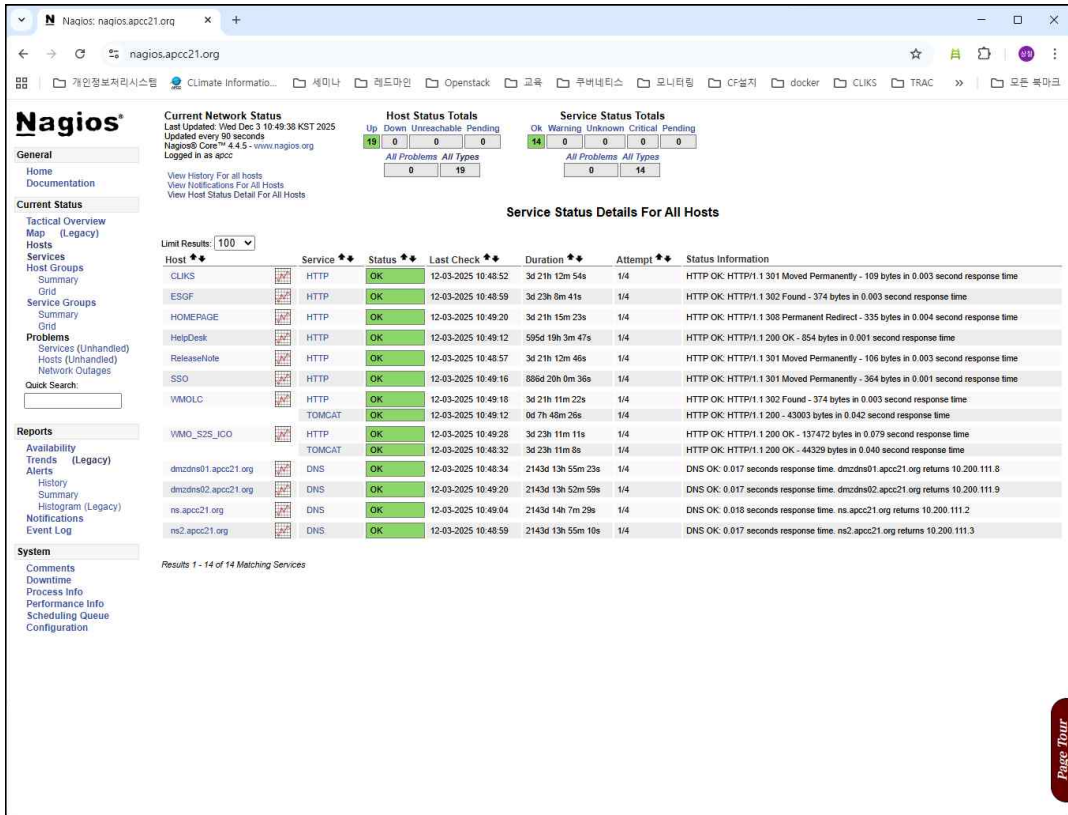


Figure 2.27 Web based monitoring system (Nagios)

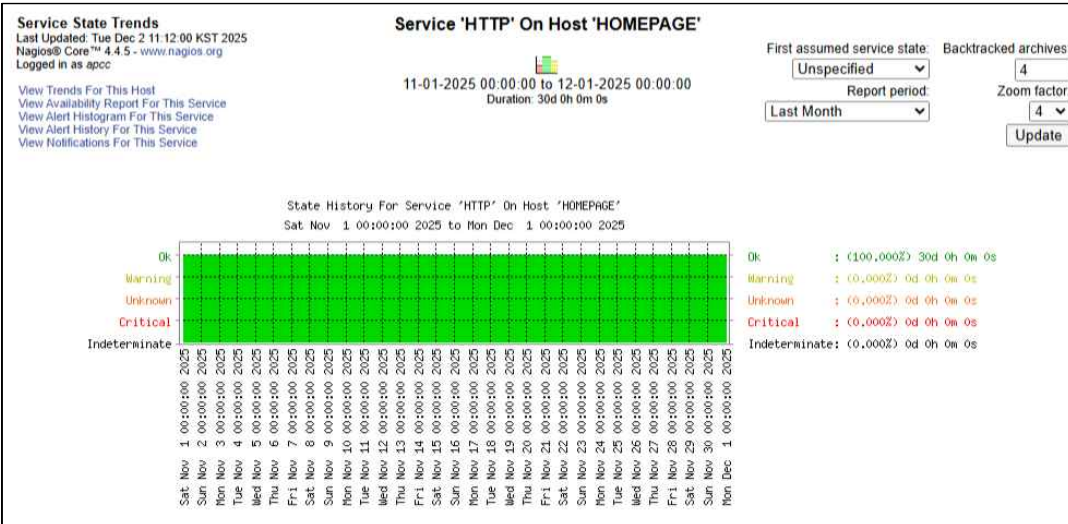


Figure 2.28 APCC homepage HTTP service monitoring for one month

모니터링 시스템에서도 몇가지 보안 취약점이 발견되어 보완하였다. 첫 번째로 적절치 못한 오류 및 예외 처리로 톨을 이용하여 고의적으로 오류 메시지를 발생시켜 공격에 필요한 정

보를 획득하는 방식이다. 해당 취약점은 오류 발생시 특정 페이지로 연결하여 불필요한 정보를 표출하지 않도록 보완하였다. 아래 Figure에서는 설정 파일에 관련 설정을 추가한 것과 설정 결과를 확인할 수 있다.

```

<Directory "/usr/local/nagios/share">
# SSLRequireSSL
Options None
AllowOverride None
<IfVersion >= 2.3>
  <RequireAll>
    Require all granted
#    Require host 127.0.0.1

    AuthName "Nagios Access"
    AuthType Basic
    Require valid-user
  </RequireAll>
</IfVersion>
<IfVersion < 2.3>
Order allow,deny
Allow from all
# Order deny,allow
# Deny from all
# Allow from 127.0.0.1

AuthName "Nagios Access"
AuthType Basic
Require valid-user
</IfVersion>
</Directory>

ErrorDocument 400 /nagios/error-handler.php
ErrorDocument 401 /nagios/error-handler.php
ErrorDocument 403 /nagios/error-handler.php
ErrorDocument 404 /nagios/error-handler.php
ErrorDocument 500 /nagios/error-handler.php
ErrorDocument 502 /nagios/error-handler.php
ErrorDocument 503 /nagios/error-handler.php

```

Figure 2.29 Added ErrorDocument options in nagios configure file

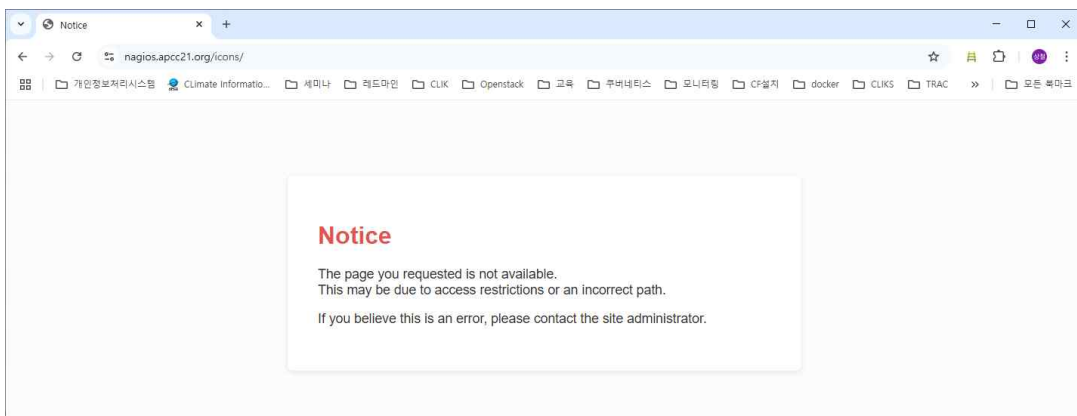


Figure 2.30 Redirect to error page for missing pages

두 번째는 디렉터리 인덱싱 취약점이다. 해당 취약점은 공격자가 강제 브라우저를 통해 서버내의 모든 디렉터리 및 파일에 대해 인덱싱이 가능하여 웹 애플리케이션 및 서버의 주요 정보가 노출될 수 있는 취약점이다. 모니터링 시스템의 URL중에서 /icons/ URL에 대한 취약점이 발견되어 이 부분을 보완하였다. 아래 Figure에서는 설정 파일에 관련 설정을 수정한 것과 설정 결과를 확인할 수 있다.

```

#
# IndexOptions: Controls the appearance of server-generated directory
# listings.
#
IndexOptions FancyIndexing HTMLTable VersionSort

# We include the /icons/ alias for FancyIndexed directory listings. If
# you do not use FancyIndexing, you may comment this out.
#
Alias /icons/ "/usr/share/httpd/icons/"

<Directory "/usr/share/httpd/icons">
  Options MultiViews FollowSymLinks
  AllowOverride None
  Require all granted
</Directory>

#
# AddIcon* directives tell the server which icon to show for different
# files or filename extensions. These are only displayed for
# FancyIndexed directories.
#
AddIconByEncoding (CMP,/icons/compressed.gif) x-compress x-gzip

AddIconByType (TXT,/icons/text.gif) text/*
AddIconByType (IMG,/icons/image2.gif) image/*
AddIconByType (SND,/icons/sound2.gif) audio/*
AddIconByType (VID,/icons/movie.gif) video/*

AddIcon /icons/binary.gif .bin .exe
AddIcon /icons/binhex.gif .hqx
AddIcon /icons/tar.gif .tar
AddIcon /icons/world2.gif .wrl .wrl.gz .vml .vrm .iv
AddIcon /icons/compressed.gif .Z .z .tgz .gz .zip
AddIcon /icons/a.gif .ps .ai .eps
AddIcon /icons/layout.gif .html .shtml .htm .pdf
AddIcon /icons/text.gif .txt
AddIcon /icons/c.gif .c
AddIcon /icons/p.gif .pl .py
AddIcon /icons/f.gif .for
AddIcon /icons/dvi.gif .dvi
AddIcon /icons/uuencoded.gif .uu
AddIcon /icons/script.gif .conf .sh .shar .csh .ksh .tcl
AddIcon /icons/tex.gif .tex
AddIcon /icons/bomb.gif /core
AddIcon /icons/bomb.gif */core.*
/icons

#
# IndexOptions: Controls the appearance of server-generated directory
# listings.
#
IndexOptions FancyIndexing HTMLTable VersionSort

# We include the /icons/ alias for FancyIndexed directory listings. If
# you do not use FancyIndexing, you may comment this out.
#
##Alias /icons/ "/usr/share/httpd/icons/"

##<Directory "/usr/share/httpd/icons">
##  Options MultiViews FollowSymLinks
##  AllowOverride None
##  Require all granted
##</Directory>

#
# AddIcon* directives tell the server which icon to show for different
# files or filename extensions. These are only displayed for
# FancyIndexed directories.
#
AddIconByEncoding (CMP,/icons/compressed.gif) x-compress x-gzip

AddIconByType (TXT,/icons/text.gif) text/*
AddIconByType (IMG,/icons/image2.gif) image/*
AddIconByType (SND,/icons/sound2.gif) audio/*
AddIconByType (VID,/icons/movie.gif) video/*

AddIcon /icons/binary.gif .bin .exe
AddIcon /icons/binhex.gif .hqx
AddIcon /icons/tar.gif .tar
AddIcon /icons/world2.gif .wrl .wrl.gz .vml .vrm .iv
AddIcon /icons/compressed.gif .Z .z .tgz .gz .zip
AddIcon /icons/a.gif .ps .ai .eps
AddIcon /icons/layout.gif .html .shtml .htm .pdf
AddIcon /icons/text.gif .txt
AddIcon /icons/c.gif .c
AddIcon /icons/p.gif .pl .py
AddIcon /icons/f.gif .for
AddIcon /icons/dvi.gif .dvi
AddIcon /icons/uuencoded.gif .uu
AddIcon /icons/script.gif .conf .sh .shar .csh .ksh .tcl
AddIcon /icons/tex.gif .tex
AddIcon /icons/bomb.gif /core
AddIcon /icons/bomb.gif */core.*
"/etc/httpd/conf.d/autoindex.conf" 94L, 2930C

```

Figure 2.31 Comment out in configure file (autoindex.conf)

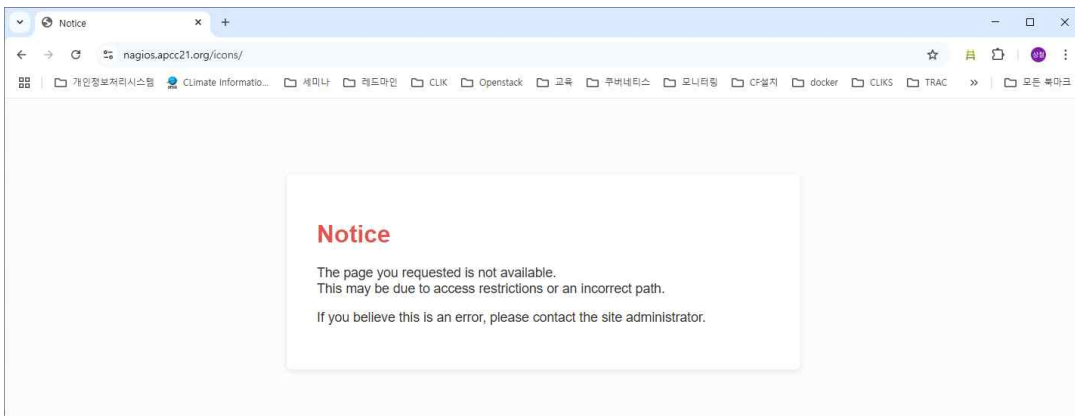


Figure 2.32 /icons/ page not configured, redirect to error page

마지막으로는 불필요한 메소드 허용 관련 취약점이다. 이와 관련해서는 보통 GET과 POST 메소드만 허용을 하고 있다. 그래서 불필요한 메소드를 설정 파일에 비활성화하여 취약점을 보완하였다. 아래 Figure에서 관련 설정 파일에 추가한 부분을 확인 할 수 있다.

```

#
# Deny access to the entirety of your server's filesystem. You must
# explicitly permit access to web content directories in other
# <Directory> blocks below.
#
<Directory />
  AllowOverride AuthConfig
  Require all denied
  LimitRequestBody 5000000
  <LimitExcept GET POST>
    Require all denied
  </LimitExcept>
</Directory>
TraceEnable Off
#
# Note that from this point forward you must specifically allow
# particular features to be enabled - so if something's not working as
# you might expect, make sure that you have specifically enabled it
# below.
#

```

Figure 2.33 Configuration added to disable unused methods

2.1.5. 기후정보서비스의 안정적 및 효율적 운영에 필요한 관련 업무 지원

2.1.5.1. 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. 다음 Table은 2025년에 수행한 공공데이터 제공 및 관리 업무 목록이다.

Table 2.8 List of tasks related to providing public data

업무 내용	관련 시스템	상반기	하반기
공공데이터 및 데이터기반행정 활성화 시행계획 작성 및 제출		○	
5차 공공데이터 기본계획 작성			○
시스템의 기관명 및 이미 등록된 자료의 출처를 신규 기관명으로 변경	공공데이터 목록등록관리시스템	○	
시스템의 기관명 및 이미 등록된 자료의 출처를 신규 기관명으로 변경	공동활용데이터 등록관리시스템	○	
시스템의 기관명을 신규 기관명으로 변경	품질·표준관리통합시스템	○	
전년도 공공데이터 및 데이터기반행정 평가결과 보고		○	
공공데이터 운영 및 관리 계획안 보고		○	
경영실적보고서 작성 및 실사		○	
매월 6개월 계절예측 MME 이미지 업로드	공공데이터 목록등록관리시스템	○	○
데이터베이스 메타데이터 변경 사항 업데이트(상/하반기 각 1회 이상)	메타관리시스템	○	○
공공데이터 제공 평가 대상 데이터베이스 현행화 및 선정	품질·표준관리통합시스템	○	○
메타 기반 중장기 개방계획 수립	공공데이터 목록등록관리시스템	○	

공공데이터포털 · 개별 포털 간 연계를 위한 조사		○	
공동활용데이터 등록관리시스템 업무 담당자 현행화 결과 제출	공동활용데이터 등록관리시스템	○	
당해 연도 계획 수립한 메타 기반 공유데이터 목록 등록	공동활용데이터 등록관리시스템		○
공유데이터 목록에 실제 데이터 등록, 기존 공유 목록의 자료 현행화	공동활용데이터 등록관리시스템		○
당해년도, 차년도 계획 수립한 증장기 메타 기반 데이터 개방	공공데이터 목록등록관리시스템		○
증장기 메타 기반 데이터 개방 이행 내역 등록	공공데이터 목록등록관리시스템		○
공공데이터 제공 평가 대상 데이터베이스 품질진단 및 결과 등록	품질 · 표준관리통합시스템		○
공공데이터 제공 평가 데이터베이스 품질 개선 계획 및 개선 결과 보고	품질 · 표준관리통합시스템		○
공공데이터 제공 평가 정성평가 근거자료 작성 및 등록	품질 · 표준관리통합시스템		○
공공기관 개별 데이터 포털 점검 및 조치			○
공공데이터 제공 교육			○
AI, 고가치공공데이터 수요조사서 작성(동아시아 이상고온 발생일수)			○
국가 행정시스템 화재로 유실된 자료 복구	공공데이터 목록등록관리시스템		○
각종 업무 관련 설명회 참석		○	○

2.1.5.1.1. 메타데이터 관리

홈페이지와 기후정보도구의 메타데이터를 연 2회(상반기, 하반기) 기관메타시스템에 현행화하여 정보에서 관리하는 중앙메타관리시스템으로 메타데이터를 전송해야 한다. 2025년에는 일부 데이터베이스 테이블에 데이터 표준을 적용하였으므로 기관메타시스템의 관련 테이블을 현행화하였다.

The screenshot shows the 'AMetadata management system' interface. The main area displays a table titled '메타데이터조회' (Metadata Search) with columns for No., 기관명 (Agency Name), 정보시스템명 (Information System Name), 정보시스템 유형 (Information System Type), 한글 ID명 (Korean ID Name), 영문 ID명 (English ID Name), 데이터 소스 (Data Source), 한글 데이터명 (Korean Data Name), 영문 데이터명 (English Data Name), 공개/비공개 여부 (Public/Private Status), 비공개 사유 (Reason for Non-public), 최종등록일자 (Final Registration Date), and 등록 (Register). The table lists 13 records for various information systems like 'APCC 대표 홈페이지' and 'APCC 홈페이지'.

Figure 2.34 AMetadata management system

2.1.5.1.2. 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.

The screenshot shows a web interface titled '개방대상 테이블 관리' (Open Data Table Management). It features a search and filter section at the top with dropdown menus for '시스템명' (System Name), '시작일' (Start Date), '종료일' (End Date), '공개여부' (Open Status), and '개방목적성상' (Open Purpose). Below this is a table with columns: '개방대상명' (Open Data Name), '시스템명' (System Name), '공개여부' (Open Status), '개방대상' (Open Data), '개방대상' (Open Data), '제외사유' (Exclusion Reason), '개방대상 확인' (Open Data Confirmation), '확정상태' (Confirmation Status), '개방목적성상' (Open Purpose), '개방대상명' (Open Data Name), and '이행' (Implementation). The table lists various data items like '관측지점' (Observation Point), '연속지점' (Continuous Point), '도달데이터로합' (Arrival Data Summary), etc., with their respective statuses and implementation dates.

Figure 2.35 Selection of open data

공공기관은 매년 선정된 개방 대상 목록을 바탕으로 개방계획을 수립해야 한다. 2025년은 2025~2027년의 3년간의 개방계획을 수립하여 시스템에 입력하였다.

The screenshot shows a web interface titled '개방목록 등록 관리' (Open Data List Registration Management). It has a search and filter section at the top. Below is a table with columns: '기관명' (Agency Name), '시스템명' (System Name), '개방목록명' (Open Data List Name), '개방계획년도' (Open Data Plan Year), and '개방목록설명' (Open Data List Description). The table lists various data items planned for 2025, 2026, and 2027, such as '아시아태평양경제협력체기후센터' (Asia-Pacific Economic Cooperation Center for Climate Change) and '기후서비스 플랫폼' (Climate Service Platform).

Figure 2.36 Input of data open plan

수립한 중장기 개방계획은 개방을 수행한 후 이행 내역을 시스템에 등록해야 한다. 아태 기후센터는 2025년에 총 10건을 개방 후 이행 내역을 등록하였다.

개방계획 이행 관리

· 시스템명: 시스템명을 입력하세요

· 개방목적명: 개방목적명을 입력하세요

· 개방계획년도: 전체

· 개방이행 상태: 승인 (완료)

조회: 초기값 검색

검색결과: 16 건

CSV 다운로드 데이터 기준 CSV 다운로드

기관명	시스템명	개방목적명	개방계획년도	개방목적 등록상태	개방계획수입 건분상태	개방이행 상태
아시아태평양경제협력체기후센터	APCC 대표 홈페이지	APEC기후센터_홈페이지리얼	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	APCC 대표 홈페이지	아시아태평양경제협력체기후센터_기후정보	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	APCC 대표 홈페이지	아시아태평양경제협력체기후센터_조직부서	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	APCC 대표 홈페이지	아시아태평양경제협력체기후센터_컨텐츠	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	APCC 대표 홈페이지	아시아태평양경제협력체기후센터_기후리얼정보	2026	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	APEC기후센터_예측도발표목록	2024	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	APEC기후센터_예측연수목록	2024	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	APEC기후센터_제공기관목록	2024	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	APEC기후센터_개발예측MME도발표목록	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	APEC기후센터_고해상도MME자료목록	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	아시아태평양경제협력체기후센터_개발예측MME도발표목록	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	아시아태평양경제협력체기후센터_예측부일목록	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	아시아태평양경제협력체기후센터_예측연수목록	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	아시아태평양경제협력체기후센터_제공기관목록	2025	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	아시아태평양경제협력체기후센터_검증참여자신청수목록	2026	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	아시아태평양경제협력체기후센터_고해상도개발예측MME자료목록	2026	승인	완료	승인 (완료) https://www.data.go.kr

Figure 2.37 Management of implementation of open plan

2.1.5.1.3. 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.

중앙·표준관리 통합시스템

표준관리

· 표준용어

· 기관표준

· 기관표준용어

· 기관표준도메인

· 기관표준코드

· DB표준

· DB상용용어

· 표준화 관리

· 제공표준

· 표준화지침

· 표준화영어

검색결과: 37 건

NO.	완전성검정결과	기관명*	기관표준명*	표준용어명*	영용명	영용적어명*	용어설명	표준도메인명*	확용건	관리부서명	표준코드명	입력유형*	비
1	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	MME기법	MME Method	MME_METHOD	MME 처리 기법	영V20		예측운영과		입력	
2	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	MME기법	MME Type	MME_TYPE	MME의 유형	영V20		예측운영과		입력	
3	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	MME참여자모델명	MME Participant model	MME_PARTICIPANT_MODEL	MME 참여 모델명	영V1024		예측운영과		입력	
4	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	강수량	Precipitation	PREC	일정기간 동안 일정한 구역 내기후에서 지면이 내는 물로 등 물방울이 해당 구역 표면에 균등하게 적용 될 때 눈이 그치지 않을 경우를 특정한 물의 깊이를 지칭	영V4		예측운영과		입력	
5	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	검증방법	Verification method	VERIFY_METHOD	검증 기법의 짧은 이름	영V40		예측운영과		입력	

Figure 2.38 Management of standard terms

중앙·표준관리 통합시스템

표준관리

· 표준용어

· 기관표준

· 기관표준용어

· 기관표준도메인

· 기관표준코드

· DB표준

· DB상용용어

· 표준화 관리

· 제공표준

· 표준화지침

· 표준화영어

검색결과: 37 건

NO.	완전성검정결과	기관명*	기관표준명*	표준단어명*	단어 영문약어...	단어 영문명	단어 설명	참사단어 어...	도메인 분류명	이용유형이 목록
1	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	값	VAL	Value	하나의 물자나 식이 취하는 수 또는 어떤 수치	N		
2	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	강수량	PREC	Precipitation	일정기간 동안 일정한 구역 내기후에서 지면이 내는 물로 등 물방울이 해당 구역 표면에 균등하게 적용 될 때 눈이 그치지 않을 경우를 특정한 물의 깊이를 지칭	Y	영	
3	성공	APEC기후센터	APEC기후센터 기관 표준	검증	VERIFY	Verification	예측 기간에 대해 주어진 개수 과 관측을 비교	N		

Figure 2.39 Management of standard words

NO.	판권성정합결과	기관명	기관표준명	표준도록인그...	도록번호유형	도록번호	도록인 설명	데이터 타입	데이터 길이	소수점 길이
1	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	수항	경도	경도N13.10	NUMERIC	13	10
2	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	내용	내용	내용V100	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	100
3	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	내용	내용	내용V1000	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	1000
4	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	내용	내용	내용V20	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	20
5	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	내용	내용	내용V2000	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	2000
6	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	내용	내용	내용V256	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	256
7	상용		APEC7)표준화	APEC7)표준화 기관 표준	내용	내용	내용V4000	문자형 데이터를 정의한 것	VARCHAR	4000

Figure 2.40 Management of standard domains

2.1.5.1.4. 공공데이터 제공 평가

공공기관은 매년 공공데이터 제공 평가를 수행해야 한다. 공공데이터 제공 평가는 기관평가 지표와 각 정보시스템의 품질 영역 지표로 나누어져 있다. 기관평가 지표는 개방 및 활용, 품질, 관리체계 지표로 구분된다. 다음 Figure는 2025년 수행한 기관 지표 평가의 진행 내용이다.

기관명	평가영역	평가지표	세부지표	배점	점수	차수	진행상태	취득수정일
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-1]메타데이터시스템 기반 공공데이터 개방계획 수립 및 이행률	[1-1-1]25년 개방계획 이행률 / [1-1-3] '26~'28년 중장기 개방계획 수립	8.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-1]메타데이터시스템 기반 공공데이터 개방계획 수립 및 이행률	[1-1-2]26년 개방계획 초기 이행률 및 '26~'28년 개방계획 검토율 / [1-1-4] '26년 개방계획 초기 이행률	8.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-2]사전화-고가치 데이터 개방 노력	[1-2]사전화-고가치 데이터 개방 노력	8.00	-	-	미진행	상세보기
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-3]개방데이터 이용자 지원 실적	[1-3-1]공공데이터 제공신청 처리 지체율	2.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-3]개방데이터 이용자 지원 실적	[1-3-2]공공데이터 제공 주기 준수율	4.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-3]개방데이터 이용자 지원 실적	[1-3-3]공공데이터 오류신고 처리 지체율	2.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-3]개방데이터 이용자 지원 실적	[1-3-4]민간 중립성서비스센터 접수(검정지표)	0.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-3]개방데이터 이용자 지원 실적	[1-3-5]공공데이터 분쟁조정위원회 권고 불수용(검정지표)	0.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-4]공공데이터 활용도 제고 노력 및 성과	[1-4-1]활용성 진단 서비스 기준값 달성도	5.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-4]공공데이터 활용도 제고 노력 및 성과	[1-4-2]공공데이터 민간-공공활용 성과	5.00	-	-	미진행	상세보기
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-4]공공데이터 활용도 제고 노력 및 성과	[1-4-3]공공데이터 활용 지원	8.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	개방·활용	[1-5]가성비 제공 및 협성데이터 개방 실적	[1-5]가성비 제공 및 협성데이터 개방 실적(가점지표)	5.00	-	-	미진행	상세보기
아시아태평양경제협력체(가주센터)	품질	[2-1-1]데이터 품질관리 체계 - 평가대상 DB 관리	[2-1-1-1]DB유도 현행과 및 평가대상 DB 생성	1.00	1.00	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	품질	[2-1-1]데이터 품질관리 체계 - 평가대상 DB 관리	[2-1-1-2]신규 평가대상 DB 생성	1.00	0.00	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	품질	[2-1-1]데이터 품질관리 체계 - 평가대상 DB 관리	[2-1-1-3]품질관리 평가대상 DB신청 계획수립	1.00	0.00	-	미진행	상세보기
아시아태평양경제협력체(가주센터)	품질	[2-1-2]데이터 품질관리 체계 - 행정직 품질관리	[2-1-2-1]행정직 품질관리 자체진단 수행	1.00	0.00	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	품질	[2-1-2]데이터 품질관리 체계 - 행정직 품질관리	[2-1-2-2]사업발주 단계 행정직 품질관리 진단결과 반영	2.00	0.00	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	품질	[2-1-2]데이터 품질관리 체계 - 행정직 품질관리	[2-1-2-3]사업발주 단계 행정직 품질관리 진단결과 반영	1.00	0.00	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	관리체계	[5-1]주권기관 운영	[5-1-1]'25년 공공데이터 시행계획 및 제5차 공공데이터 기본계획 수립·제출 여부	1.00	-	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	관리체계	[5-1]주권기관 운영	[5-1-2]공공데이터 제공 관련 조직·인력 운영 여부	3.00	0.00	1	제출완료	2025-11-03 14:49:39 상세보기
아시아태평양경제협력체(가주센터)	관리체계	[5-2]공공데이터 제공 관련 교육 참여	[5-2-1]공공데이터 제공·운영 교육 이수	3.00	3.00	-	제출불요	-
아시아태평양경제협력체(가주센터)	관리체계	[5-2]공공데이터 제공 관련 교육 참여	[5-2-2]공공데이터 품질관리 교육 이수	3.00	3.00	-	제출불요	-

Figure 2.41 Evaluation criteria for institution

공공데이터 제공 평가를 위해서 평가 대상 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 산

출물을 등록하고 검증하여 데이터베이스 산출물의 현행화 정도를 검증하였다.

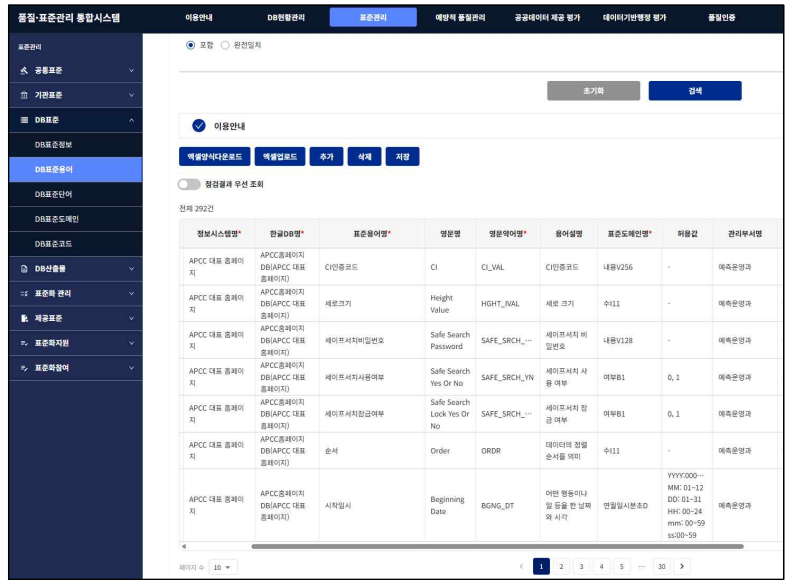


Figure 2.42 Management of standard terms for database

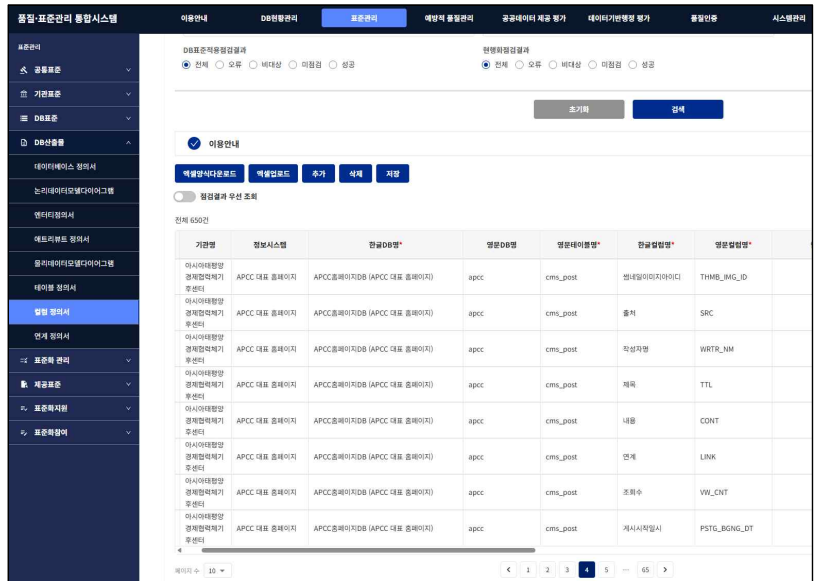


Figure 2.43 Column definitions of database

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

2025년도 평가 현황

이용안내

DB지표 평가 진행현황

기관명	정보시스템명	DB명	평가영역	평가지표	세부지표	배점	점수	차수	진행상태	최종수정일	
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-3]데이터 품질관리 체계 - 데이터 표준관리	[2-1-3-1]상위표준을 준용한 데이터 표준 정의	2.00	2.00	2	점검완료	2025-09-24 10:49:54	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-3]데이터 품질관리 체계 - 데이터 표준관리	[2-1-3-2]데이터 표준 적용률	2.00	1.50	1	점검완료	2025-09-03 20:53:35	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-3]데이터 품질관리 체계 - 데이터 표준관리	[2-1-3-3]비표준 데이터 매핑정보 관리	0.00	0.00	-	재출발필요	-	
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-4]데이터 품질관리 체계 - 데이터 구조관리	[2-1-4-1]데이터 구조 정의	1.00	1.00	1	점검완료	2025-09-03 22:11:01	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-4]데이터 품질관리 체계 - 데이터 구조관리	[2-1-4-2]데이터 구조 현행화	1.00	1.00	1	점검완료	2025-09-03 21:04:05	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-5]데이터 품질관리 체계 - 데이터 연계관리	[2-1-5-1]연계데이터 관리 정보 정비	1.00	0.00	1	점검완료	2025-09-03 22:19:26	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-1-5]데이터 품질관리 체계 - 데이터 연계관리	[2-1-5-2]연계데이터 송수신 내역 관리	0.00	0.00	-	재출발필요	-	
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-2-1]데이터 값 관리 - 데이터 품질전단	[2-2-1-1]품질전단 기준 정의 및 전단	4.00	4.00	2	완료완료	2025-08-07 13:52:37	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-2-1]데이터 값 관리 - 데이터 품질전단	[2-2-1-2]품질전단 결과에 따른 개선계획 수립	2.00	2.00	1	완료완료	2025-08-11 17:50:13	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-2-2]데이터 값 관리 - 데이터 오류물	[2-2-2-1]데이터 오류물	10.00	10.00	1	완료완료	2025-08-12 11:18:56	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-3]전단결과 조치	[2-3-1]품질전단 결과에 따른 개선계획 수립	4.00	4.00	2	점검완료	2025-09-09 13:24:43	상세보기
아시아태평양경제협력체기후센터	기후서비스 플랫폼	기후서비스 플랫폼 CLIKS	중장	[2-3]전단결과 조치	[2-3-2]개선조치 이행률	6.00	6.00	4	점검완료	2025-09-15 15:33:54	상세보기

Figure 2.44 Evaluation criteria for database

2.1.5.2. 정보자원 관리

APCC는 아시아·태평양 지역의 기후정보 활용을 강화하기 위해 다양한 기후정보서비스를 개발·운영하고 있으며, 이를 안정적으로 유지하기 위해 정보자원관리 업무를 체계적으로 수행하고 있다. 정보자원관리 시스템(IRM)은 공공기관이 보유한 모든 정보자산을 통합해 관리하고, 이를 기반으로 예산 편성·자원 배분·클라우드 전환 등 기관의 전략적 의사결정을 지원하는 시스템이다.

공공기관은 국가 차원에서 마련된 정보자원관리시스템(www.irm.go.kr)을 통해 모든 정보자원 현황을 표준 양식에 따라 등록·관리하도록 규정되어 있으며, 시스템 등급·서비스 중요도·개인정보 처리 여부 등 주요 속성 정보 또한 이 플랫폼을 기반으로 지속적으로 현행화해야 한다. IRM 시스템은 기관별 정보자원 운영 실태를 정기적으로 점검하고 정책 이행 여부를 확인하는 근거 체계로 활용되기 때문에, 해당 시스템을 통한 관리가 곧 공공기관 정보화의 법정·정책적 준수 수준을 결정한다. 이러한 이유로 APCC는 IRM 시스템을 중심으로 기관 전체 정보자원의 변화와 운영 상태를 체계적으로 관리하며, 기후정보서비스의 안정성과 신뢰성을 유지할 수 있는 기반 인프라를 지속적으로 강화하고 있다.

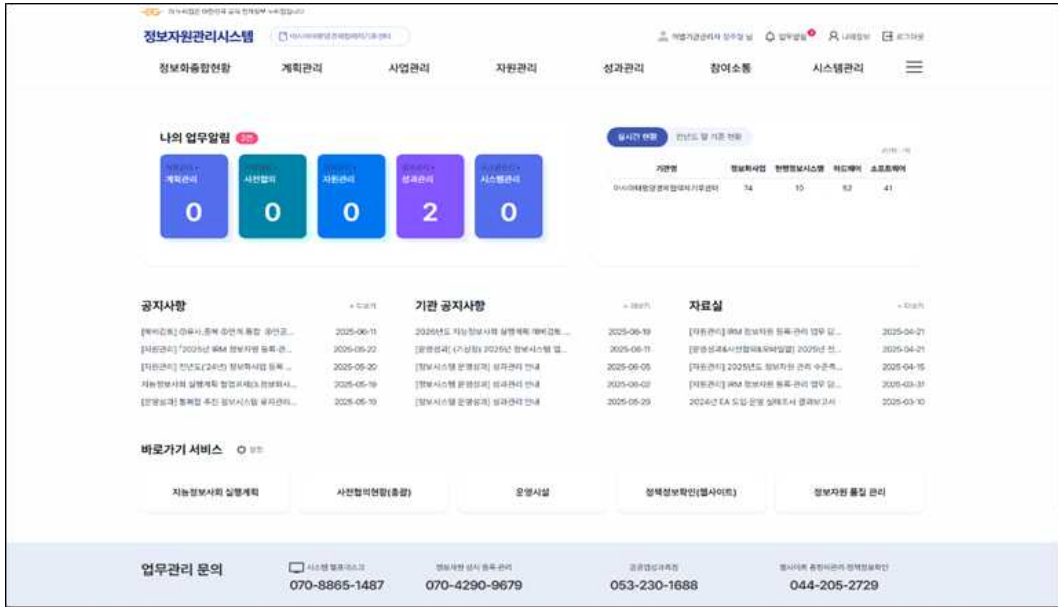


Figure 2.45 Information Resource Management System(www.irm.go.kr)

2.1.5.2.1. 정보자원 현황관리

기관 정보자원의 특성과 중요도를 정확하게 유지하기 위해 연중 다양한 현황관리 업무를 추진하였다. 특히 1월에는 정보시스템의 서비스중요도를 재산정하여 IRM에 등록함으로써 연간 정보화사업 계획과 예산 편성의 기준을 정비하였다. 이와 함께 정보시스템 등급과 관련된 IRM 등록정보는 운영환경 변화에 맞춰 수시로 갱신하여 각 시스템의 기능적 역할과 복구 우선순위가 현행 기준에 부합하도록 유지하였다. 또한 정보화사업의 진행 내역을 IRM에 등록하고, 누락된 항목이나 관리지표를 보완하는 작업을 연중 반복적으로 수행하여 사업 관리 체계를 일관되게 유지하였다. 이러한 월별·수시 관리 활동은 APCC가 보유한 정보자원의 구조와 특성을 명확히 파악하게 해주었고, 이후 정보화 투자 판단, 운영계획 수립, 시스템 통합 검토 등 주요 의사결정 과정에서 신뢰할 수 있는 기반자료로 활용되었다.

2.1.5.2.2. 정보시스템 관리

정보시스템의 기획부터 운영, 통합·폐기에 이르는 관리 체계를 유지하기 위해 연중 다양한 생애주기 관리 업무를 수행하였다. 3월에는 기상청 지침에 따라 2024년 정보시스템 정비계획 및 통폐합 계획의 이행 여부를 점검·제출하여 기관 내 노후·중복 시스템의 관리 현황을 정리하고, 이후 개선 방향을 확립하였다. 같은 달에는 신규 정보화사업 추진을 위한 2025년 정보화사업 사전협의 대상을 검토해 행정안전부에 제출함으로써, 필요한 사업이 적절한 절차에 따라 추진될 수 있는 기반을 마련하였다. 이어서 5월에는 통폐합 추진 시스템의 유지관리 현황 조사에 대응하여 운영 중인 시스템의 기능별 역할과 필요성을 재검토하고, 자원 효율화 관점에서 통합·정비가 필요한 영역을 도출하였다. 이러한 월별 활동과 함께, 연중에는 구축·운영 중인 정보시스템의 안정적 서비스를 위해 품질관리(QA), 유지관리 조치, 사업대가 산정 및 성과평가 등의 절차를 지속적으로 수행하였다. 이를 통해 전체 시스템 구조를 체계적으로 관리하고, 기후정보서비스 운영의 안정성과 효율성을 높일 수 있는 관리 기반을 강화하였다.

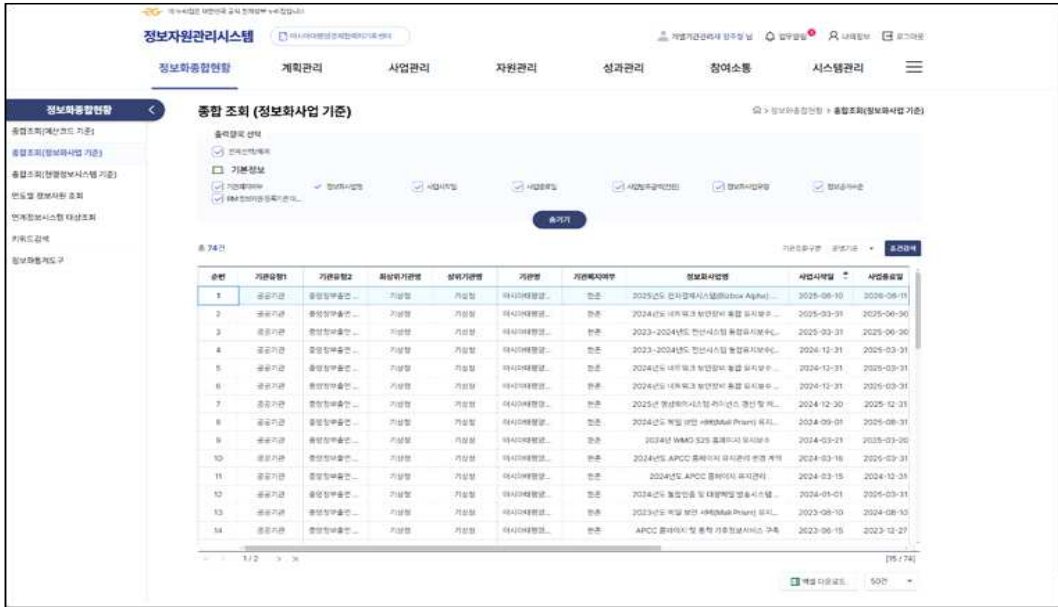


Figure 2.46 Information Resource Management System (irm.go.kr) - Information System Project Overview Screen

2.1.5.2.3. 정보시스템 등급 및 중요도 관리

기관 정보시스템의 중요도와 운영 위험도를 체계적으로 관리하기 위해 연중 등급 및 중요도 관리 업무를 지속적으로 수행하였다. 특히 8월에는 APCC 대표홈페이지, 기후서비스 플랫폼, WMO S2S 홈페이지 등 주요 시스템을 대상으로 정보시스템 등급 관련 증빙자료를 작성·제출하였다. 이와 함께 각 정보시스템의 기능적 역할, 업무 연계성, 대국민 서비스 영향도 등을 종합적으로 검토하여 등급과 서비스 중요도를 재정비하였다. 이러한 업무를 통하여 기후정보서비스 제공 과정에서 발생할 수 있는 위험 요인을 사전에 파악하고 대응할 수 있는 기반을 강화하였다.

2.1.5.2.4. 성과관리 및 품질관리

정보시스템의 운영 성과와 서비스 품질을 객관적으로 유지하기 위해 연중 다양한 성과관리·품질관리 업무를 수행하였다. 우선 분기마다 기상청 홈페이지 품질진단을 실시해 웹 접근성, 사용성, 콘텐츠 품질 등을 점검하고, 지적사항을 반영하여 웹서비스의 공공기관 표준 수준을 유지하였다. 같은 주기로 운영된 정책정보 확인주간에서는 홈페이지 내 정책정보의 정확성과 표기 오류, 갱신 여부를 검토해 결과를 기상청에 보고하였다. 월별로는 5월에 2025년 정보시스템 성과측정을 신청하고 2024년 업무성과계획을 보완하여 제출함으로써 시스템 운영 실적의 객관적 평가 기반을 마련하였으며, 6월에는 2025년 정보시스템 업무성과계획을 수립·제출하여 연간 성과 목표와 관리 방향을 명확히 하였다. 이러한 분기별·월별·연중 관리 활동은 정보화사업의 효과성을 검증하고 공공기관 서비스 품질 기준을 지속적으로 충족시키기 위한 핵심적인 기반이 되었다.

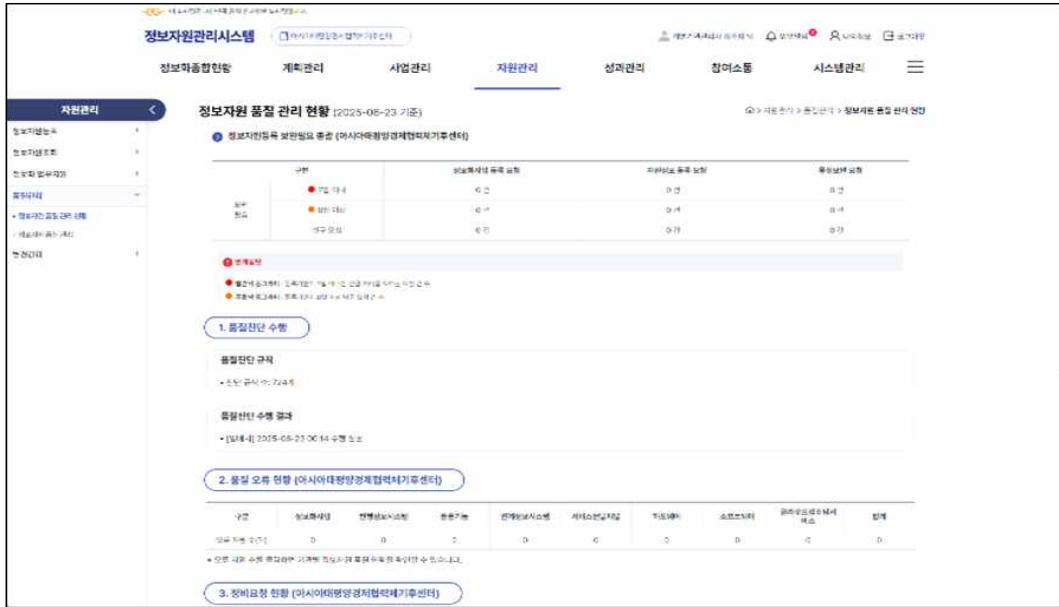


Figure 2.47 Information Resource Management System (irm.go.kr) - Information Resource Asset Quality Management Status Screen

2.1.5.2.5. 정보시스템 운영 안정성 관리

기관 서비스의 중단 위험을 최소화하고 안정적인 기후정보 제공체계를 유지하기 위해 운영 안정성 관리 업무를 연중 추진하였다. 2월에는 연간 웹서비스 운영 기준을 마련하기 위해 기상청 홈페이지 운영계획을 수립·제출하여 서비스 구조, 콘텐츠 관리 기준, 접근성 확보 방안을 정비하였다. 이어 3월에는 행정안전부 요구에 따라 공공부문 정보시스템 운영시설 안정성 점검 자료를 제출하면서 시스템 구성, 운영환경 적정성, 장애 대응체계 등이 법정 기준을 충족하고 있음을 검증하였다. 이와 더불어, 클라우드 전환 및 이관이 필요한 시스템을 중심으로 단계별 전환 계획을 마련하고 관련 절차를 점검함으로써 운영 탄력성을 높이고 장기적인 장애 위험을 줄일 수 있는 구조를 마련하였다. 이러한 월별 점검 및 연중 개선 활동을 통해 기관 정보시스템의 안정적 운영 기반을 강화하였으며, 기후정보서비스 이용자가 지속적으로 접근할 수 있는 서비스 품질을 유지할 수 있었다.



Figure 2.48 Information Resource Management System (irm.go.kr) - Detailed Information System Project View

2.1.5.2.6. 대외 보고 및 정책 준수

관계 기관의 정책 요구사항에 대응하기 위해 연중 다양한 대외 보고 및 준수 업무를 수행하였다. 4월에는 지능정보사회 정책 추진을 위한 요청에 따라 2026년도 지능정보사회 실행계획을 마련해 제출하였으며, 기관의 중장기 정보화 전략과 서비스 고도화 방향을 제시하였다. 7월에는 전자정부 성과관리 수준진단 추진계획에 대응하여 기관의 정보화 성숙도와 정책 준수 수준을 점검하고, 평가 결과에 기반한 개선 방향을 검토하였다. 이어 8월에는 본인확인서비스 이용 실태 조사 결과를 제출해 개인정보 처리 체계의 적정성을 확인받았다. 이와 별도로, 통계·조사·점검 요청에 필요한 자료 제출을 수시로 지원하고, IRM 현행화 수준 및 통합·통폐합 관련 현황조사에도 지속적으로 대응하였다. 이러한 월별 대응과 연중 점검 활동을 통해 공공기관으로서 요구되는 정책 기준을 충족하고, 정보화 운영의 투명성과 책임성을 강화하였다.

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 사용자의 요구에 부응하는 맞춤형 기후정보서비스 제공을 통해 이를 달성하고자 한다.

또한, APCC는 계절예측 정보의 아태지역 활용 강화를 위해 PaaS-TA 플랫폼 기술 기반의 기후정보서비스를 구축하고 사용자 맞춤형 시스템을 통해 서비스를 제공 하고 있다. 기후정보

서비스의 안정적 운영 및 관리를 위해 클라우드 기반 플랫폼 기술 최신화하고, 기후정보서비스와 기관 홈페이지의 웹 주소 단일화, 사용자 인터페이스 및 기능 통합 등을 통한 정부의 웹 사이트 총량제 정책에 대응하기 위한 업무 추진이 필요하다.

2.2.1.2. 추진과제

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

2.2.1.3. 추진일정

2025년의 APCC 기후정보서비스 개선 계획 추진 일정은 아래의 Table과 같다.

Table 2.9 2025 Plan for the Improvement of APCC Climate Information Service

년도	기후정보서비스 활용 경쟁력 강화를 위한 기후정보 콘텐츠 개선 및 개발
2025년	홈페이지 고정영역 기후정보서비스 구축
2025년	홈페이지 사용자 활용성 강화를 위한 인터페이스 개선
년도	기후정보서비스 활용 촉진을 위한 기술 개선 및 개발
2025년	클라우드 기반 기술 업그레이드를 통한 APCC 기후정보서비스 플랫폼 최신화
2025년	웹 사이트 총량제를 통한 APCC 기후정보서비스 체계 일원화

2.2.2. 주요내용

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

2.2.2.1.1. 홈페이지 구축홈페이지 고정영역 기후정보서비스 구축

2.2.2.1.1.1. 필요성

APCC에서는 기후예측정보 활용 촉진을 위해 다양한 기후정보 콘텐츠와 동적 기후정보의 원활한 표시가 가능한 최신 웹 기술 및 보안기술을 적용한 홈페이지를 2023년에 개축하여 2024년 2월 1일부터 정식서비스를 시행하여 현재까지 운영 중에 있다. 홈페이지를 통해 제공되는 계절예측 정보의 활용성 및 편의성 강화를 위해 전지구 기반으로 제공되는 서비스에 지역 상세화 신규 서비스를 개발 및 추가하여 사용자 맞춤형 지역 정보 제공이 필요하다.

2.2.2.1.1.2. 주요내용

홈페이지 고정영역 기후정보서비스 구축을 위해 다음과 같은 내용으로 서비스를 추진하도

록 한다.

- 고정영역 기후정보서비스 구축
- 지역 상세화 신규 서비스 제공

2.2.2.1.1.3. 기대효과

사용자가 원하는 지역의 맞춤형 정보를 신속·정확하게 제공함으로써 기후정보서비스의 접근성과 활용도를 높이고, 정보활용도와 서비스 만족도를 동시에 제고하였다.

2.2.2.1.2. 홈페이지 사용자 활용성 강화를 위한 인터페이스 개선

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 2023년에 개축하여 2024년 2월 1일부터 정식서비스를 시행하여 현재까지 운영하고 있다. 홈페이지를 통해 제공되는 기후예측정보에 대해 사용자들의 불편을 해소하고, 불필요한 시간 낭비를 줄이고, 사용자의 실수 방지 등의 홈페이지 사용자 활용성 강화를 위한 인터페이스 개선이 필요하다.

2.2.2.1.2.2. 주요내용

홈페이지 사용자 활용성 강화를 위한 인터페이스 개선을 위해 다음과 같은 내용으로 서비스를 개선하도록 한다.

- MME 예측의 사용자 선택 조건 (예측 기간, 1개월/3개월 평균, 변수) 공유를 위한 인터페이스 개선

- 개별모델 예측의 사용자 선택 조건 (예측 기간, 1개월/3개월 평균, 변수, 모델) 공유를 위한 인터페이스 개선

2.2.2.1.2.3. 기대효과

개선된 인터페이스 제공으로 홈페이지 서비스에 대한 전반적인 만족도가 향상되고, 일관된 조건에서 다양한 결과를 손쉽게 비교함으로써 정보 활용도가 더욱 높아질 것으로 기대된다.

2.2.2.2. 기후정보서비스 활용 촉진을 위한 기술 개선 및 개발

2.2.2.2.1. 클라우드 기반 기술 업그레이드를 통한 APCC 기후정보서비스 플랫폼 최신화

2.2.2.2.1.1. 필요성

APCC는 MME 계절예측시스템을 통해 생산된 계절예측 정보의 아태지역 활용강화를 위해 PaaS-TA 플랫폼 기술 기반의 기후정보서비스를 구축하고 사용자 맞춤형(양방향) 시스템을 통해 서비스를 제공하고 있다. APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 관리를 위해 기술지원 종료 예정인 PaaS-TA 플랫폼을 K-PaaS 플랫폼으로 최신화가 필요하다.

2.2.2.2.1.2. 주요내용

클라우드 기반 기술 업그레이드를 위해 다음과 같은 내용으로 추진하고자 한다.

- 클라우드 플랫폼 기술 최신화를 위한 기후정보서비스 전환 및 체계 구축
- 기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화 구축

2.2.2.2.1.3. 기대효과

최신 클라우드 기술 도입을 통한 시스템의 전반적인 성능 개선을 통해 사용자의 만족도가 향상되고, 향상된 보안 기능을 제공하는 최신 클라우드 기술 도입을 통해 데이터와 시스템을 더욱 안전하게 보호하고, 새로운 보안 위협에 대한 대응 능력이 강화될 것으로 기대된다.

2.2.2.2.2. 웹 사이트 총량제를 통한 APCC 기후정보서비스 체계 일원화

2.2.2.2.2.1. 필요성

APCC는 세계 유수 현업 기관 및 연구기관의 다양한 기후예측 모델을 활용한 MME 계절예측시스템을 구축하여 매월 홈페이지를 통해 계절예측 및 검증 정보와 기후감시 정보를 제공하고 있다. 또한, APCC는 MME 계절예측시스템을 통해 생산된 계절예측 정보의 아태지역 활용 강화를 위해 PaaS-TA 플랫폼 기술 기반의 기후정보서비스를 구축하고 사용자 맞춤형(양방향) 시스템을 통해 제공하고 있다. APCC는 기후정보서비스와 기관 홈페이지의 웹 주소 단일화, 사용자 인터페이스 및 기능 통합 등을 통해 정부의 웹사이트 총량제 정책에 대응할 필요가 있다.

2.2.2.2.2.2. 주요내용

웹 사이트 총량제 달성을 위해 다음과 같은 내용으로 추진하고자 한다.

- 통합 웹 사이트 주소 체계 확립
- 홈페이지 및 사용자 도구 기능 통합
- 통합 APCC 홈페이지 정식 서비스 시행

2.2.2.2.2.3. 기대효과

웹 사이트 총량제 달성을 통해 일관된 기후정보 전달채널 확보와 사용자 만족도가 향상될 것으로 기대된다.

2.3. 홈페이지 지역 상세화 신규 서비스 구축

2.3.1. 개요

APCC에서는 기후 예측 정보 활용 촉진을 위해 다양한 기후 정보 콘텐츠와 동적 기후정보의 원활한 표출이 가능하도록 최신 웹 기술 및 보안기술을 적용한 홈페이지를 2023년 개축하여 2024년 2월부터 서비스를 제공하고 있다. 홈페이지를 통해 제공되는 계절 예측 정보의 활용

성 및 편의성 강화를 위해 전지구를 기반으로 제공되는 서비스에 지역 상세화 신규 서비스를 개발 및 추가하여 사용자 맞춤형 지역 정보 제공이 필요하여 홈페이지 지역 상세화 신규 서비스를 구축하여 서비스하게 되었다.

홈페이지의 기후정보는 동적 기후정보서비스를 제공하기 이전에는 정적 기반의 이미지 자료를 기반으로 기후정보를 제공하였는데, 전지구는 물론 지역별 이미지를 제공하였다. 제공되는 지역은 전지구, 동아시아, 남아시아, 북유라시아, 중동, 북아메리카, 남아메리카, 호주, 남태평양이다. 그러나 동적 기후정보서비스 기반으로 서비스를 전환하면서 지역별 제공 결과는 더 이상 제공하지 않게 되었다. 지역별 결과를 확인하고자 하면 사용자가 직접 지도에서 원하는 지역으로 이동하여 결과를 확인할 수 있다. 그러나 홈페이지에서 제공되는 지도의 사용이 익숙하지 않거나 원하는 위치를 정확히 알지 못하는 경우 사용자는 원하는 결과를 얻을 수 없었다. 이에 사용자가 더욱 쉽게 원하는 지역의 결과를 확인 할 수 있도록 지역 상세화 서비스를 구축하여 제공하였다.

우선 MME 계절예측 지역 상세화 서비스의 경우에는 이전 정적 서비스에서 제공하였던 지역을 선택할 수 있도록 제공하고, 선택 할 수 있는 지역은 이전 정적서비스에서 제공하던 9개 지역에 추가로 유럽과 아프리카를 추가하여 총 11개의 지역을 선택할 수 있다.

사용자 맞춤형 지역 상세화 서비스의 경우에는 제공되는 지역 이외에 사용자가 직접 위도와 경도를 입력해서 원하는 지역의 결과를 확인 할 수 있는 서비스이다.

해당 기능은 아래 메뉴에 추가가 되었다.

- 국문) 기후예측 > 전지구 기후예측 > 예측정보 > MME 예측 > 단정예측
- 국문) 기후예측 > 전지구 기후예측 > 예측정보 > MME 예측 > 확률예측
- 영문) Climate Information Services > Seasonal Forecast > Forecast > MME forecast > Deterministic
- 영문) Climate Information Services > Seasonal Forecast > Forecast > MME forecast > Probabilistic

2.3.2. MME 계절예측 지역 상세화 서비스 구축

MME 계절예측 지역 상세화 서비스의 경우에는 각 페이지에 지역을 선택할 수 있는 아이콘이 추가되어 사용자는 해당 아이콘을 통해서 지역을 선택하면 선택된 지역으로 지도가 자동으로 이동하게 된다. 아래 Figure에서 추가된 지역 선택 아이콘을 확인할 수 있다.

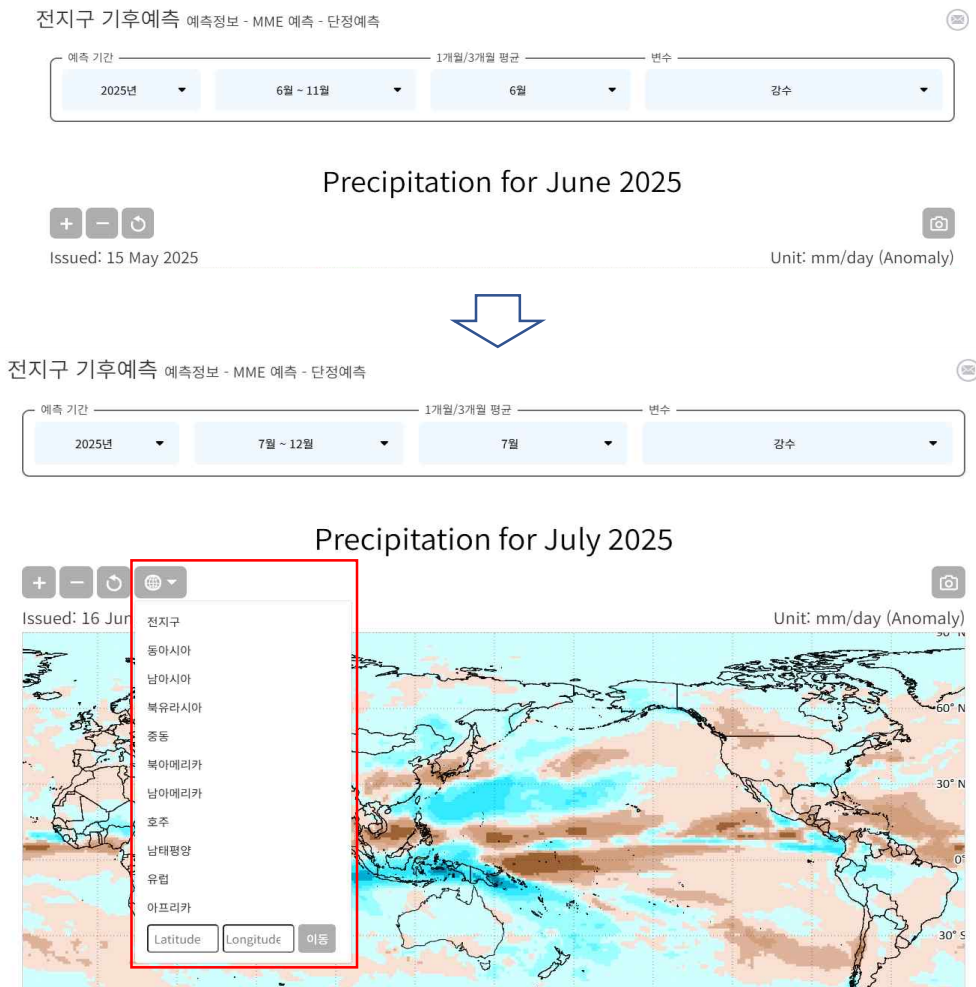


Figure 2.49 Interface added for users to select and input regions

사용자는 원하는 지역을 선택하게 되면 아래 Table에서 보는 바와 같이 지도의 위치가 자동으로 이동하게 된다. 각 지역의 좌표는 APCC 기후예측시스템에서 사용되고 지역별 좌표를 사용하여 설정하였다. 해당 서비스는 현재 홈페이지에서 적용이 되어 서비스를 제공하고 있다.

Table 2.10 Region selection result

동아시아	남아시아
<p>Precipitation for July 2025</p>	<p>Precipitation for July 2025</p>

Figure 2.50 East Asia

Figure 2.51 South Asia

북유라시아

Precipitation for July 2025

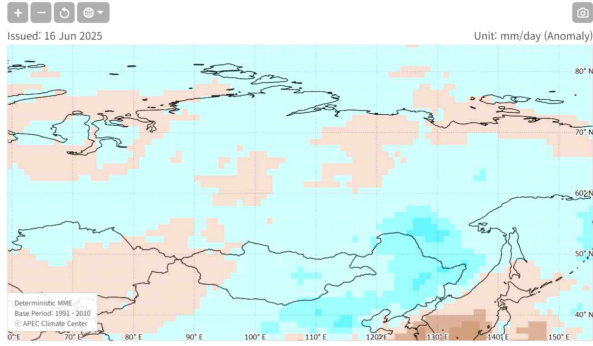


Figure 2.52 North Eurasia

중동

Precipitation for July 2025

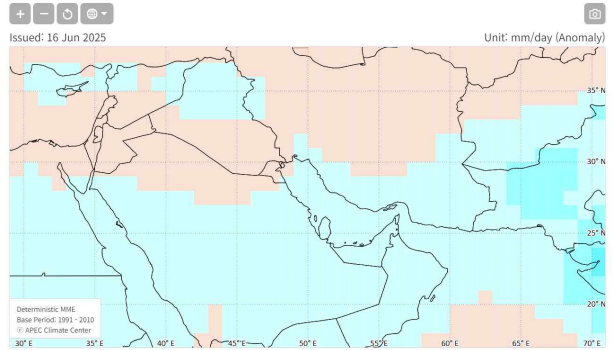


Figure 2.53 Middle East

북아메리카

Precipitation for July 2025

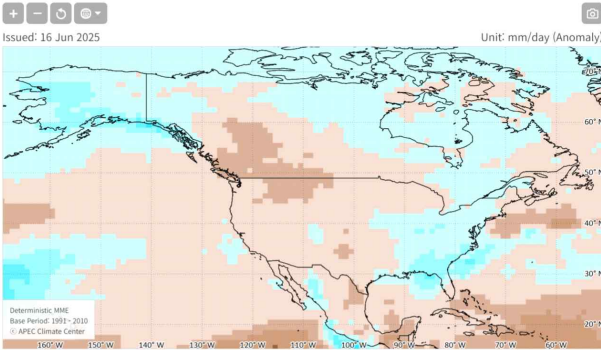


Figure 2.54 North America

남아메리카

Precipitation for July 2025

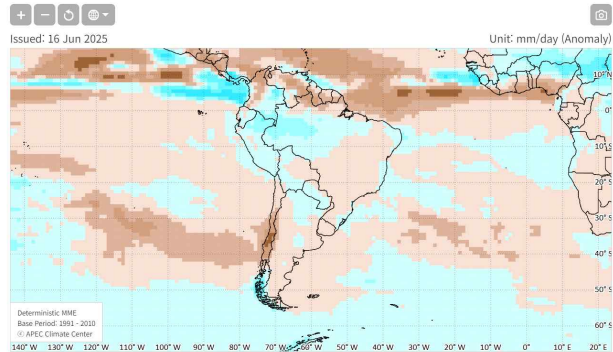


Figure 2.55 South America

호주

Precipitation for July 2025

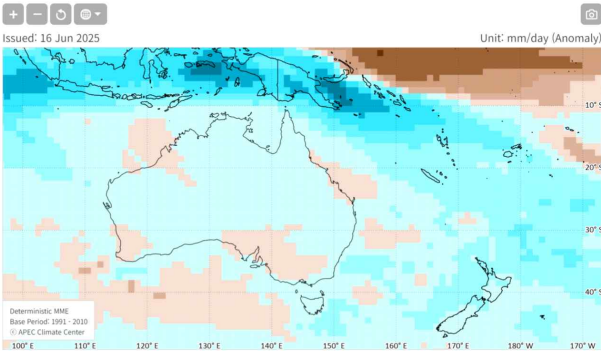


Figure 2.56 Australasia

남태평양

Precipitation for July 2025

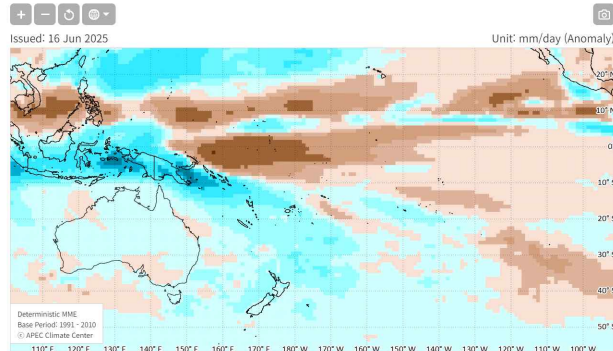


Figure 2.57 Australasia South Pacific

유럽

아프리카

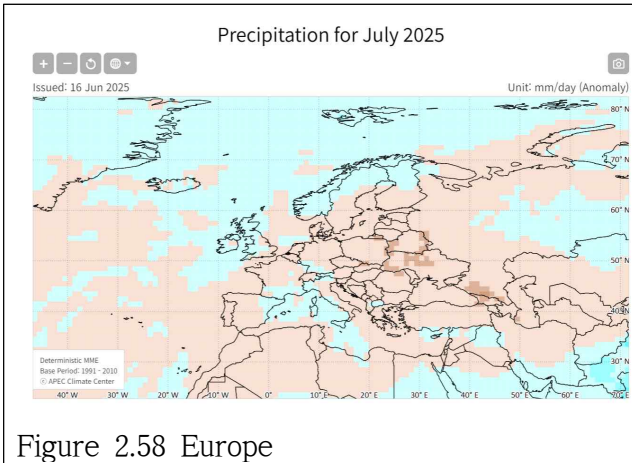


Figure 2.58 Europe

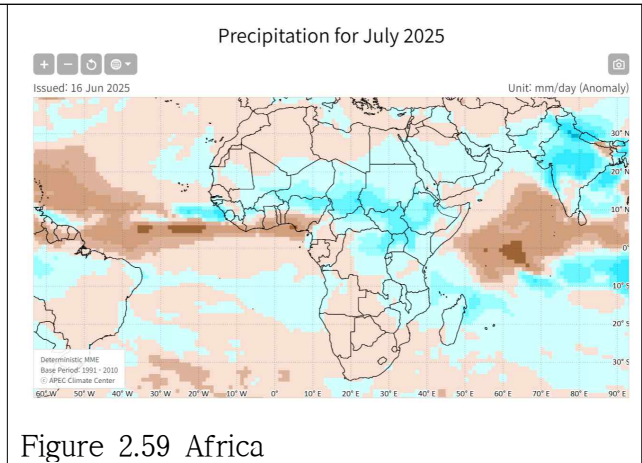


Figure 2.59 Africa

2.3.3. 사용자 맞춤형 지역 상세화 서비스 구축

사용자 맞춤형 지역 상세화 서비스의 경우에는 사용자가 직접 위도와 경도를 입력하고 ‘이동’ 버튼을 누르면 입력된 위도와 경도의 위치로 지도가 이동하게 된다. 아래 Figure는 사용자가 위도와 경로를 입력하였고, 입력된 위도와 경도로 지도가 이동한 결과 화면이다. 해당 서비스는 현재 홈페이지에서 적용이 되어 서비스를 제공하고 있다.

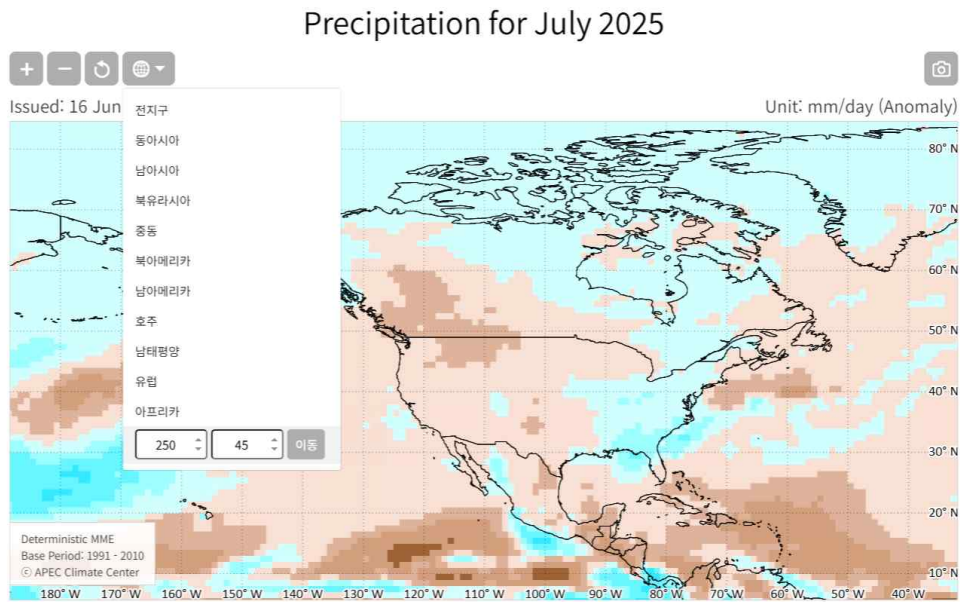


Figure 2.60 Result screen of user-entered latitude and longitude

3. APCC 기후정보서비스 플랫폼 운영체계 최신화 및 웹사이트 총량제 달성

APCC는 2024~2025년 동안 기후정보서비스 운영체계를 전면 재정비하는 프로젝트를 추진하였다.

본 장에서는 단순한 인프라 전환을 넘어, 플랫폼 운영 방식의 일원화, 서비스 배포 규칙의 표준화, 사이트 총량제 달성을 위한 서비스 구조 재조정, 운영·유지보수 체계의 고도화 등의 관점에서 이번 사업의 성과를 종합적으로 정리한다.

특히 Kubernetes 기반 K-PaaS 환경으로의 전환은 단순한 기술변경이 아니라, “APCC 기후정보서비스가 앞으로 어떻게 운영될 것인가” 라는 운영체계 자체의 재설계 작업이었다. 이 장에서는 그 운영체계 전환의 의미와 영향, 그리고 실제 플랫폼 운영이 어떻게 표준화·자동화·최신화되었는지를 중심으로 기술한다.

3.1. 클라우드 플랫폼 기술 최신화를 위한 기후정보서비스 전환 및 체계 구축

APCC는 기존 PaaS-TA 기반 운영 환경의 기술 지원 종료와 기능 확장 한계에 대응하기 위해, 기후정보서비스 전체를 Kubernetes 기반 K-PaaS 플랫폼으로 단계적으로 이관하였다. 이는 단순히 노후화된 플랫폼을 교체하는 수준을 넘어, 그동안 PaaS-TA, IaaS, K-PaaS에 나누어져 운영되던 여러 서비스들을 하나의 체계 안에서 관리할 수 있도록 운영 구조 자체를 재편한 작업이다. 특히 계절예측, 동적 기후정보, 검증 도구, 각종 API 서비스 등 서로 다른 시기에 구축된 시스템들이 공통된 운영 기준 없이 축적되어 온 상황에서, K-PaaS 기반 단일 운영체계의 전환은 향후 기후정보서비스를 안정적으로 유지·확장하기 위한 전제 조건이 되었다.

아울러 APCC는 이러한 기술 전환을 단순히 실행 환경을 옮기는 수준에서 처리하지 않고, 전반적인 운영 프로세스의 표준화와 서비스 구조 단일화라는 관점에서 접근하였다. 서비스별로 상이했던 배포 방식, 설정 구조, 스토리지 경로, 도메인 관리 방식 등을 가능한 한 공통 규칙으로 정리하고, 신규·기존 서비스를 동일한 흐름으로 운영할 수 있도록 절차를 정비하였다. 이를 통해 개별 담당자의 경험이나 관행에 의존하던 운영 방식을 줄이고, 누구나 같은 기준과 문서를 바탕으로 서비스를 배포·관리할 수 있는 기반을 마련하는 데 중점을 두었다.

운영체계 전환 과정에서 작성된 「기후정보서비스 클라우드 플랫폼(K-PaaS) 어플리케이션 배포 가이드」는 이러한 변화의 내용을 정리한 문서로, 구축된 환경을 일관된 방식으로 활용하기 위한 운영 기준을 담고 있다. 이 가이드는 Docker 이미지 생성, Harbor를 통한 이미지 관리, Kubernetes 리소스 정의, Helm 기반 배포 절차 등 K-PaaS에서 기후정보서비스를 운영할 때 필요한 주요 단계를 정리하고 있어, 이후 서비스 배포·관리 절차를 체계적으로 수행하기 위한 참고자료로 활용될 예정이다. 특히 신규 서비스를 추가하거나 기존 서비스를 수정·이관할 때, 동일한 절차와 규칙을 적용할 수 있도록 하는 실무 지침의 역할을 한다는 점에서 의미가 있다.

이와 같은 전환 작업을 통해 APCC는 기술적 측면에서는 K-PaaS 기반의 클라우드 네이티브 환경을 확보하고, 조직·운영 측면에서는 기후정보서비스 전반에 공통으로 적용할 수 있는 운영체계를 갖추게 되었다. 아래에서는 K-PaaS 기반으로의 최신화 과정과 운영체계 구축 내용을 기술적 관점과 조직·운영 관점으로 나누어 정리함으로써, 플랫폼 전환의 구체적인 내용과 그 의미를 보다 상세히 설명하고자 한다.

3.1.1. 파스-타 플랫폼 기술지원 종료에 따른 K-PaaS 체계 최신화

PaaS-TA는 오랜 기간 APCC 기후정보서비스 운영의 핵심 기반으로 활용되어 왔으나, 기술 지원 종료에 공식화되면서 더 이상 안정적인 운영을 지속하기 어려운 구조적 한계가 드러났다. 특히 PaaS-TA는 신규 패치나 보안 업데이트가 제공되지 않기 때문에, 플랫폼이 장기간 운영될 수록 취약점이 누적될 가능성이 높아지고, 장애 발생 시 해결 방안 또한 제한적일 수밖에 없다. 기후예측자료가 매일 정해진 일정에 따라 생산·제공되어야 하는 APCC의 업무 특성상, 단 한 번의 서비스 중단도 치명적인 영향을 미칠 수 있다는 점에서 이러한 운영 불확실성은 직접적인 위험 요인으로 작용했다.

운영환경의 복잡성 역시 큰 문제였다. 2023~2024년까지 APCC의 기후정보서비스는 PaaS-TA, K-PaaS, 기존 IaaS 서버가 혼재된 상태로 운영되었으며, 서비스마다 배포 방식과 설정 구조가 서로 달라 유지보수 범위가 확대되는 문제가 지속되었다. 동일 서비스라도 실행 환경에 따라 경로가 달라지거나 설정이 다르게 유지되는 등 일관성이 부족하여, 장애 발생 시 원인 분석과 조치에 불필요한 시간이 소요되었다. 운영 인력이 플랫폼마다 서로 다른 관리 절차를 익혀야 했다는 점도 추가적인 부담으로 작용하였다.

여기에 더해, 글로벌 클라우드 생태계는 이미 Kubernetes 중심의 컨테이너 기반 운영환경으로 재편된 지 오래이다. 현대적 소프트웨어 운영에서는 CI/CD 기반 자동배포, IaC(Infrastructure as Code)를 통한 환경 재현성 확보, 자동 확장(Autoscaling), 서비스 간 유연한 결합 구조 등 클라우드 네이티브 기술이 필수적이다. 그러나 PaaS-TA는 이러한 현대적 기능을 충분히 지원하기 어렵고, 생태계 자체가 축소되면서 외부 도구와의 연계도 점차 제한되는 상황에 놓였다. APCC가 향후 구축해야 할 기능들을 고려하면, PaaS-TA 기반 운영은 장기적으로 기후정보서비스의 발전을 가로막는 장애물이 될 가능성이 높았다.

데이터 규모 증가 또한 중요한 요인이다. 최근 기후예측모델의 해상도는 향상되고 있으며, 복합적인 계산 수요가 증가하고 있다. 기존의 정적 이미지 중심 서비스 구조로는 이러한 대용량 데이터 처리 요구를 수용하기 어렵고, 실시간 데이터 접근, 상호작용 기반 분석, 동적 시각화 기능의 구현에도 한계가 명확했다. 따라서 기존 운영 환경을 유지한 상태로 새로운 고해상도 서비스나 분석 기능을 도입하는 것은 구조적으로 불가능에 가까웠다.

결국 APCC가 직면한 문제는 단순히 플랫폼의 노후화에 그치지 않았다. ① 보안·취약점 대응 불가, ② 플랫폼 혼재로 인한 운영 복잡성, ③ 현대적 DevOps 기술의 적용 불가, ④ 데이터 증가에 대응하지 못하는 구조라는 네 가지 문제가 동시에 발생하면서, 더 이상 PaaS-TA 기반 운영을 지속하는 것은 기술적 지속가능성, 서비스 확장성, 보안성, 운영 효율성 모든 측면에

서 명백한 한계를 드러내게 되었다.

이와 같은 배경을 종합적으로 고려할 때, APCC는 단순한 부분 개편이 아니라 플랫폼 전면 재정비와 운영체계 재설계라는 전략적 판단을 내려야 했다. K-PaaS 중심의 Kubernetes 기반 플랫폼으로의 전환은 선택이 아닌 필수였으며, 이는 향후 기후정보서비스의 안정적 운영과 기술적 고도화를 위한 가장 중요한 기반이 되었다.

3.1.2. 클라우드 플랫폼 최신화 절차 및 환경 구축

APCC 기후정보서비스 플랫폼은 오랜 기간 PaaS-TA 기반 구조를 중심으로 운영되어 왔으나, 최근 Kubernetes 기반의 K-PaaS(2024)가 병행 도입되면서 서비스가 두 플랫폼에 혼재된 상태로 유지되고 있었다. 이러한 이중 구조는 서비스별로 배포 방식과 설정 체계가 서로 달라 운영 복잡도를 높이고, 장애 조치 및 환경 관리에 반복적인 부담을 초래하였다. 특히 계절예측 정보, API 기반 자료 처리 기능 등 다양한 서비스가 서로 다른 환경에서 동작함에 따라 유지보수 범위가 확장되고, 플랫폼 일관성 확보가 어려운 구조적 문제가 지속되어 왔다.

이에 APCC는 기존의 PaaS-TA 기반 서비스를 단계적으로 정리하고, 전체 기후정보서비스를 단일 K-PaaS(Kubernetes 기반) 기반으로 통합하는 전략을 수립하였다. 단일 플랫폼으로의 통합은 운영체계의 표준화를 가능하게 하고, 컨테이너 기반의 유연한 자원 활용과 서비스 확장성 확보에 직접적인 이점을 제공한다. Kubernetes 중심의 운영환경에서는 서비스 간 구성요소를 모듈화하여 필요할 때마다 확장·배포할 수 있어, 향후 서비스 증가나 기능 변경에도 안정적인 체계를 유지할 수 있다.

이 과정에서 K-PaaS 플랫폼 내 핵심 구성요소인 데이터베이스(DB), 메시지 큐(MQ), 공용 스토리지(NFS) 등 부가 서비스 역시 목적별로 재배치하였다. 기존에는 서비스마다 분산된 위치에서 개별적으로 운영되던 구성요소들을 통합된 K-PaaS 환경에서 일원화함으로써 관리 효율성을 높이고, 장애 발생 시 대응 시간을 단축할 수 있도록 재구성하였다. 이러한 재배치는 데이터 처리 파이프라인의 안정성을 높이고, 서비스 간 연계성을 강화하여 통합서비스 운영 기반을 마련하는 핵심 단계가 되었다.

또한 K-PaaS 전환 전략의 중심에는 기존의 “Add 방식”(서비스 추가 시 서버·소프트웨어·환경을 직접 설치하는 방식)에서 벗어나, 컨테이너 기반의 “Deploy 방식”으로 운영 체계를 전환하는 목표가 있었다. Deploy 중심의 운영체계는 서비스 배포 과정을 자동화하고 재현성을 확보할 수 있어, 동일한 환경을 손쉽게 생성·확장할 수 있다. 이를 통해 개발 및 운영(DevOps)의 연속성이 강화되고, 서비스별 업데이트나 신규 기능 배포 시 발생하는 인력·시간 비용을 크게 줄일 수 있다.

결과적으로 APCC의 K-PaaS 전환 전략은 단순한 플랫폼 변경을 넘어, 운영 복잡도 해소·자원 관리 효율화·배포 자동화·서비스 안정성 강화를 목표로 한 구조적 개선 작업이며, 향후 기후정보서비스의 확장성과 지속가능성을 확보하기 위한 필수 기반으로 자리 잡게 되었다.

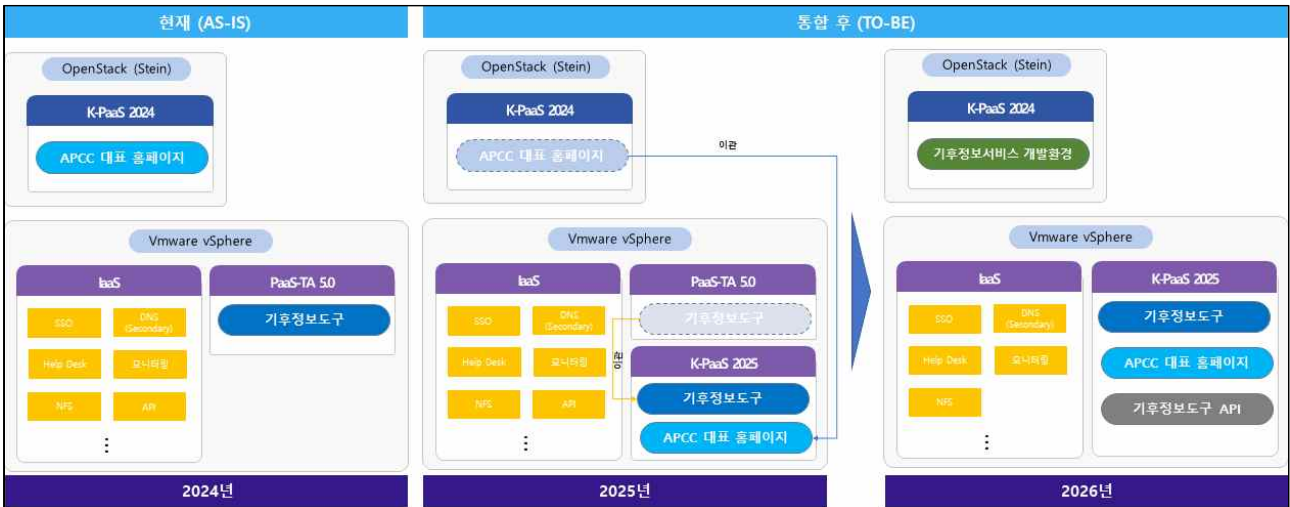


Figure 3.1 Integration Strategy: Migration from PaaS-TA to K-PaaS

APCC는 K-PaaS 기반의 기후정보서비스 운영 환경을 안정적으로 구축하기 위해 전용 Kubernetes 클러스터 인프라를 새롭게 설계하였다. 전체 클러스터는 Control Plane, Load Balancer, Worker Node, Storage로 구성되며, 각 요소가 서로 유기적으로 연동되어 고가용성과 확장성을 보장하는 구조를 갖추었다.

먼저 Control Plane(3노드)는 클러스터의 핵심 제어 영역으로, etcd 기반의 Stacked 구조를 통해 전체 플랫폼의 상태 정보를 일관되게 관리한다. Control Plane에는 API 서버, Controller Manager, Scheduler 등 Kubernetes의 핵심 컴포넌트가 포함되어 있으며, 이들은 서비스 배포 · 스케줄링 · 상태 조정과 같은 제어 기능을 수행한다. 3대의 Control Plane은 서로 복제 구조로 동작하여 단일 장애가 클러스터 전체 중단으로 이어지지 않도록 고가용성을 확보한다.

Load Balancer(2노드)는 클러스터 외부 요청을 Control Plane에 안정적으로 분산하는 역할을 수행한다. API 서버로 향하는 트래픽을 균등하게 배분하고, 특정 Control Plane 노드에 장애가 발생할 경우 정상 노드로 자동 우회함으로써 제어 영역의 안정성을 유지한다. 또한 단일 엔드포인트 기반 접근을 제공하여 클러스터 관리 편의성을 높인다.

Worker Node(3노드)는 실제 애플리케이션이 실행되는 공간으로, 사용자 서비스가 동작하는 핵심 실행 기반이다. 각 Worker Node는 kubelet, kube-proxy, container runtime(containerd, CRI-O 등)을 포함하여 Pod 실행, 네트워크 라우팅, 컨테이너 운영을 담당한다. 이 구조는 기후 정보 처리, API 응답, 시각화 생성 등 다양한 연산이 균형 있게 분산 실행되도록 하며, 필요 시 노드 확장에도 유연하게 대응할 수 있도록 설계되었다.

클러스터에는 NFS 기반 Storage 노드가 포함되어 있어 모든 Worker Node 간 공유 가능한 스토리지 볼륨을 제공한다. 이는 예측자료, 분석결과, 이미지 파일 등 APCC 서비스가 활용하는 데이터를 공동으로 접근할 수 있도록 하는 핵심 기반이며, 데이터 정합성 유지와 서비스 간 일관성 확보에 중요한 역할을 한다. 기후정보도구에서 제공하는 대부분의 주요 기능은 공용 스토리지를 참조하며 운영된다.

네트워크 구성 측면에서는 전용 NIC를 활용하여 데이터 처리 트래픽과 관리 트래픽을 분

리하였다. 이를 통해 보안성을 강화하고 외부 간섭으로 인한 성능 저하를 방지할 수 있으며, 고부하 상황에서도 안정적인 서비스 운영이 가능하도록 하였다.

종합적으로 APCC의 K-PaaS 클러스터 인프라 구축은 Control Plane과 Worker Node의 다중화 구조, Load Balancer 기반의 안정적 트래픽 관리, 공유 스토리지 환경, 보안 강화 네트워크 설계 등을 통해 기후정보서비스 운영의 신뢰성과 확장성을 크게 향상시킨 작업이다. 이러한 구조는 APCC가 요구하는 정기적 자료 갱신·API 기반 처리·동적 시각화 기능을 안정적으로 지원하며, 향후 서비스 확장과 기술 고도화를 위한 지속 가능한 기반을 제공한다.

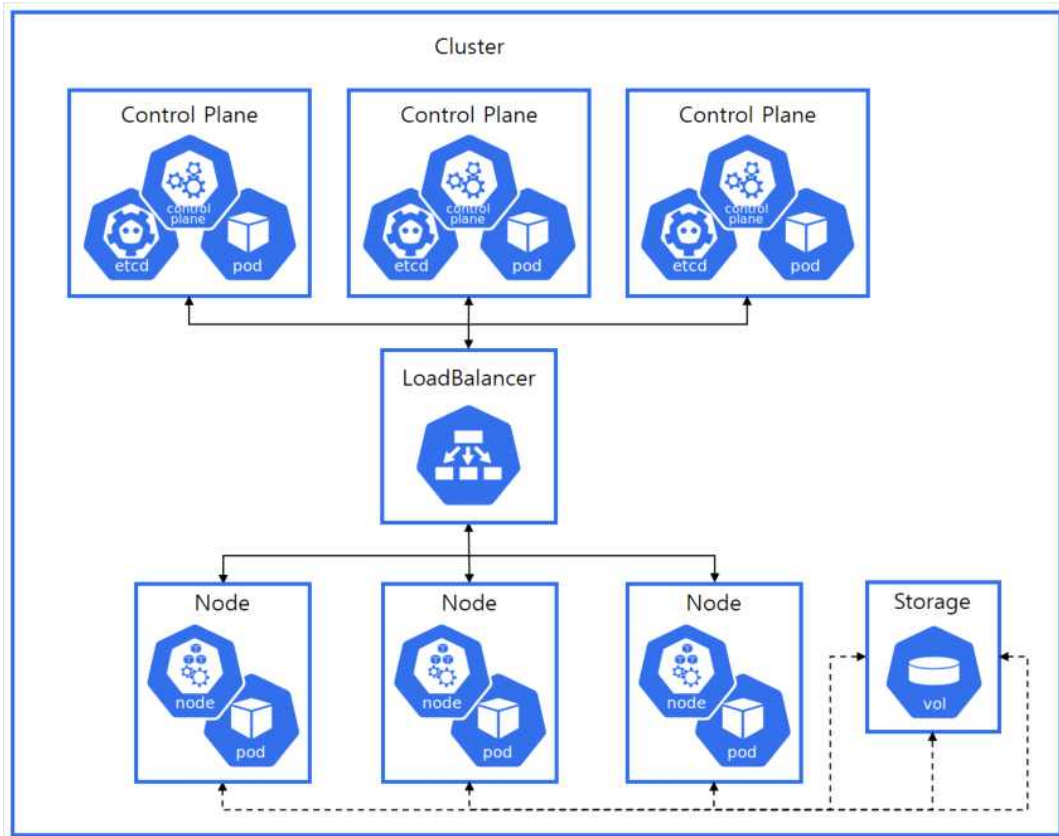


Figure 3.2 Overall Architecture of the K-PaaS Kubernetes Cluster

이와 같이 구축된 K-PaaS 클러스터 인프라는 기존의 분산적이고 이질적인 운영 환경을 통합하고, 서비스 제공의 안정성과 효율성을 근본적으로 향상시키는 기반이 되었다.고가용성 구조로 설계된 Control Plane, 유연한 확장성을 갖춘 Worker Node, 안정적 트래픽 관리를 수행하는 Load Balancer, 그리고 공유 스토리지 기반의 데이터 관리 체계는 APCC 기후정보서비스가 요구하는 연속성·정확성·처리 성능을 충족시키는 핵심 요소로 기능한다. 이러한 통합 플랫폼은 향후 신규 서비스 도입, 예측자료 증가, 고해상도 시각화 기능 확장 등 다양한 기술적 요구에도 지속적으로 대응할 수 있는 구조적 토대를 마련해주며, APCC 기후정보서비스의 장기적 고도화와 현대적 클라우드 운영체계 정착을 가능하게 한다.

3.1.3. API 서버 및 부가서비스 이관

K-PaaS 클러스터 인프라 구축 이후, APCC는 플랫폼의 핵심 기능을 구성하는 API 서버와

부가서비스를 단계적으로 신규 환경으로 이관하였다. 우선 서비스 간 메시지 전달 체계를 담당하는 RabbitMQ, 데이터 저장을 위한 MariaDB 및 MongoDB 등 주요 기반 기술을 K-PaaS 환경에 새롭게 설치·구성하였다. 예측 결과 처리, 검증자료 관리, 사용자 요청 정보 등 다양한 데이터가 안정적으로 저장·조회될 수 있도록 각각의 데이터베이스를 목적에 맞게 설계하고, 데이터 흐름 상 병목이 발생하지 않도록 최적화된 설정을 적용하였다.

```
joohyung@cp-installnode:~$ kubectl get svc -A
```

NAMESPACE	NAME	TYPE	CLUSTER-IP	EXTERNAL-IP
default	apcc-mariadb	ClusterIP		<none>
default	apcc-mariadb-headless	ClusterIP		<none>
default	apcc-mongodb	ClusterIP		<none>
default	kubernetes	ClusterIP		<none>
ingress-nginx	ingress-nginx-controller	LoadBalancer		
ingress-nginx	ingress-nginx-controller-admission	ClusterIP		<none>
kube-system	coredns	ClusterIP		<none>
kube-system	metrics-server	ClusterIP		<none>
kyverno	kyverno-background-controller-metrics	ClusterIP		<none>
kyverno	kyverno-cleanup-controller	ClusterIP		<none>
kyverno	kyverno-cleanup-controller-metrics	ClusterIP		<none>
kyverno	kyverno-reports-controller-metrics	ClusterIP		<none>
kyverno	kyverno-svc	ClusterIP		<none>
kyverno	kyverno-svc-metrics	ClusterIP		<none>
metallb-system	webhook-service	ClusterIP		<none>
rabbitmq	apcc-rabbitmq	ClusterIP		<none>
rabbitmq	apcc-rabbitmq-headless	ClusterIP	None	<none>

Figure 3.3 K-PaaS Cluster Service Overview: Database, Message Queue, and System Components

서비스 운영에 필요한 데이터 파일은 NFS 기반의 공용 스토리지에 저장되도록 구성하였다. 이를 위해 모든 API 서버에 NFS 볼륨을 마운트하여 데이터 공유 구조를 통일하고, 여러 서비스가 동일 파일 시스템을 활용하여 작업할 수 있도록 환경을 재정비하였다. 공용 스토리지를 기반으로 한 구조는 서비스 간 데이터 일관성을 확보하며, 예측 자료·차트 이미지·로그 파일 등 다양한 형태의 데이터가 중복 없이 관리될 수 있는 안정성을 제공한다.

서비스의 동작 방식과 접근 경로를 정의하는 플랫폼 설정도 함께 정비하였다. Kubernetes 오케스트레이션을 기반으로 Deployment, Service, Ingress 등 리소스를 구성하여 API 서버가 안정적으로 배포될 수 있도록 하였으며, 내부·외부 트래픽 흐름을 고려한 도메인 및 라우팅 규칙을 적용하였다. 이를 통해 서비스 간 네트워크 연결이 표준화되고, 유지보수 시 설정 변경 범위가 크게 축소되는 등 운영 효율이 향상되었다.

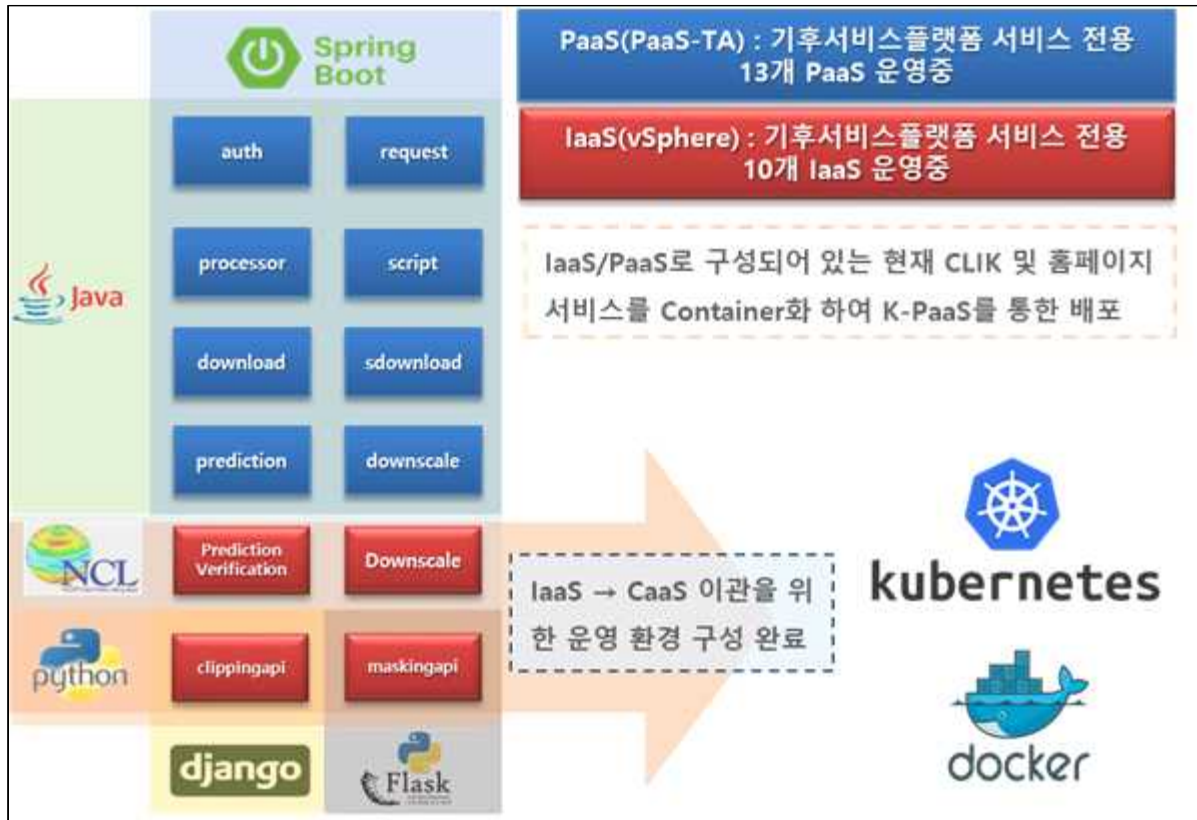


Figure 3.4 Transition of Climate Service Components to Kubernetes-Based Architecture

이관 과정에서 핵심적으로 다룬 부분은 Python 기반 API 서비스 4종의 K-PaaS 이전 작업이었다. 기후정보 처리 및 시각화를 담당하는 processingapi, 예측 결과 파일 생성 및 계산 처리 기능을 담당하는 processingresult, 데이터 조합 및 Mashup 기능을 제공하는 PyMashupAPI, APCC ReleaseNote의 업데이트 현황 및 기능 변경 사항을 조회하는 ReleaseNoteAPI 등 주요 서비스가 모두 컨테이너 기반 환경으로 재배포되었다.

각 API 서비스는 Docker 기반으로 패키징 되어 Harbor 레지스트리에 업로드한 후 K-PaaS 환경에서 실행되도록 구성하였다. 서비스별 의존성, 스토리지 경로, 환경변수 등을 표준화하여 관리함으로써, 과거 PaaS-TA 환경에서 발생하던 구성상의 차이·환경 불일치 문제를 해소하고 단일 플랫폼 기반에서 통합 운영이 가능하게 만들었다.

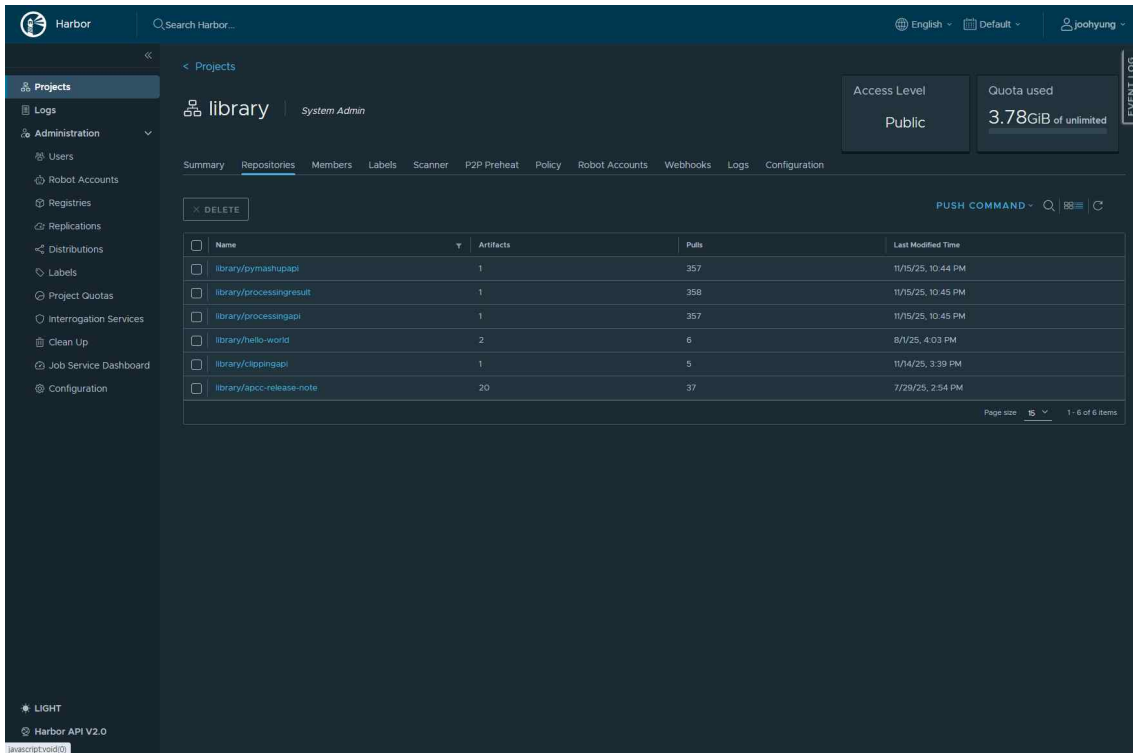


Figure 3.5 Harbor Registry for Managing APCC Container Images

이와 같은 API 서버 및 부가서비스 이관 작업은 단순한 재배포를 넘어, 데이터·메시지·스토리지·네트워크 등 서비스 전체 구조를 단일 플랫폼 기준으로 재정립한 과정이다. 이를 통해 APCC는 기후정보서비스의 운용 안정성을 크게 강화하고, 다양한 서비스가 유기적으로 연결되는 일관된 운영 체계를 확보하였다.

3.1.4. 기존 PaaS/IaaS 구성 대비 통합된 운영 구조 실현

① Dockerfile 표준화·이미지 빌드 절차 강화

K-PaaS 환경으로 전환하기 위해 가장 먼저 추진한 것은 Dockerfile의 표준화였다. 기존 PaaS-TA 및 IaaS 기반에서 운영되던 서비스들은 언어별·프레임워크별로 구성 방식이 달라 패키지 설치 경로, 실행 환경 설정, 의존성 관리 방식 등이 제각각이었으며, 이러한 환경 편차는 동일한 서비스라도 배포 플랫폼에 따라 동작이 달라지는 문제를 유발했다.

이를 해소하기 위해 APCC는 모든 서비스에 공통적으로 적용되는 Dockerfile 템플릿을 정의하고, 서비스별 특성에 따른 최소한의 차이만 허용하는 방식으로 표준화를 추진하였다. 또한 이미지 빌드-태깅-레지스트리(Harbor) Push에 이르는 전체 흐름을 하나의 절차로 통합하여, 개발자가 어떤 서비스든 동일한 방식으로 이미지 생성과 배포 준비를 수행할 수 있는 구조를 마련하였다. 이러한 일련의 정비는 서비스별 Docker 이미지의 일관성을 보장하며, 이후 Kubernetes 환경에서 안정적인 운영을 가능하게 해주는 핵심 요소로 작동하였다.

② Kubernetes 리소스 정의 표준화

Docker 이미지 표준화가 내부 패키징 규칙을 통일하는 작업이었다면, Kubernetes 리소스 정의 규칙화는 외부 배포 구조를 통합하는 핵심 작업이었다. APCC는 Deployment, Service, Ingress 등 Kubernetes의 주요 오브젝트에 대해 공통 템플릿을 구축하여, 서비스 간 배포 구조가 일관되도록 체계를 정비하였다. 특히 라벨·셀렉터 규칙, replica 설정, container spec 등 운영 안정성에 직접 영향을 미치는 설정 요소들을 표준화하여, 서비스별 배포 정의문이 서로 다른 스타일로 작성되던 문제를 근본적으로 해소하였다. 또한 Service 객체에서는 ClusterIP·LoadBalancer 선택 기준과 포트 매핑 규칙을 명확히 하고, Ingress에서는 host/path 관리 방식과 라우팅 규칙을 통일하여 운영 중 발생할 수 있는 경로 충돌·포트 충돌 문제를 예방하였다. 더불어 ConfigMap과 Secret 기반의 환경 변수 관리 구조를 통합하여, 보안이 필요한 정보는 Secret으로, 환경 설정 정보는 ConfigMap으로 분리하도록 강제함으로써 보안성과 유지보수성을 모두 강화하였다. 이러한 Kubernetes 리소스 표준화는 운영자가 어떠한 서비스든 동일한 구조와 규칙에 따라 배포 현황을 파악하고 관리할 수 있도록 해주며, 장애 발생 시 진단 속도를 획기적으로 높이는 기반을 제공한다.

③ Helm 기반 자동화 배포 체계 강화

Kubernetes 리소스 표준화가 정립된 이후 APCC는 이를 Helm 기반의 템플릿으로 관리하는 배포 자동화 체계를 도입하였다. 기존에는 서비스 변경 시 YAML 파일을 직접 수정하고 kubectl apply 명령으로 배포하는 방식이었지만, 이 방식은 환경이 많아질수록 파일 관리가 복잡해지고 롤백 절차가 번거로워지는 문제가 있었다. Helm 도입을 통해 Deployment, Service, Ingress뿐 아니라 ConfigMap·Secret·PersistentVolumeClaim 등 여러 리소스를 하나의 차트로 묶어 버전 단위로 관리하게 되면서, 배포의 재현성과 효율성이 크게 강화되었다. 운영자는 서비스별 values.yaml만 수정하면 되므로 환경별 설정도 간편하게 관리할 수 있게 되었으며, 롤백 또한 Helm의 기본 기능으로 즉시 수행할 수 있게 되어 장애 대응력이 대폭 향상되었다.

④ 공용 NFS 기반 스토리지(PV/PVC) 통합

APCC 기후정보서비스는 예측자료, 시각화 산출물, 분석 결과 등 다양한 형태의 데이터를 네트워크 스토리지 기반으로 처리한다. 이전 IaaS 환경에서는 서비스별 서버 경로가 다르고 파일이 여러 위치에 중복 저장되는 비효율이 발생했지만, K-PaaS 환경에서는 NFS 기반의 공용 스토리지를 도입하여 모든 서비스가 동일한 방식으로 데이터를 읽고 쓸 수 있는 구조로 재편되었다.

PersistentVolume(PV)과 PersistentVolumeClaim(PVC)을 통일된 방식으로 정의하여 모든 API 서비스가 /apccdata와 같은 공통 경로를 사용하도록 규정하였으며, 이를 통해 데이터 정합성 보장, 파일 접근 권한 일원화, 운영 편의성 향상이라는 세 가지 효과를 동시에 확보하였다. 또한 스토리지 구성 기준이 통일되면서 서비스 추가·변경 시 새로운 디스크 구조를 마련할 필요가 없어졌고, 스토리지 문제 발생 시 원인을 파악하는 속도도 빨라졌다. 이는 예측자료의 주기적 갱신과 동적 시각화 서비스 운영에 필수적인 기반이며, APCC 서비스 전체를 데이터 공유 기반 구조로 통합하는 핵심 요소가 되었다.

⑤ SSL/TLS 및 Ingress 도메인 통합 절차 강화

보안과 접근성 측면에서 APCC는 기존에 서비스별로 분산되어 있던 SSL 인증서 적용 절차를 단일화하고, 모든 외부 접근 경로를 Ingress 기반 도메인 체계로 통합하였다. 과거에는 개별 WAS나 API가 자체 인증서를 관리했기 때문에 만료 주기·갱신 절차가 서로 달라 관리 부담이 컸고, 신규 서비스 개설 시 여러 설정을 반복해야 하는 비효율이 있었다. K-PaaS 전환 이후에는 Nginx Ingress Controller를 중심으로 인증서를 중앙에서 관리하고, 모든 서비스가 동일한 방식으로 HTTPS 접근 경로를 제공하도록 구조를 일원화하였다. 또한 공통 도메인 하에서 서비스별 path 기반 라우팅 정책을 적용하여 외부 사용자가 혼란 없이 서비스에 접근할 수 있도록 개선하였다. 인증서 갱신 또한 중앙화되면서 관리 비용이 크게 줄었고, 보안 설정 누락이나 만료로 인한 장애 가능성이 제거되었다. 이는 외부 사용자 기반이 많은 기후정보서비스 플랫폼 운영에서 매우 중요한 안정성 요소이다.

⑥ Pod Resource 기준 마련

Kubernetes 기반 서비스 운영에서 자원 관리는 플랫폼 안정성과 직결된다. APCC는 기후 예측·분석·시각화 등 서비스별 특성에 따라 요구되는 CPU 및 메모리 사용량을 분석하고, 이를 기반으로 Pod Requests/Limits 정책을 정립하였다. 이를 통해 특정 서비스가 과도한 자원을 점유하여 다른 서비스의 성능이 저하되는 상황을 예방하고, 자원 배분의 균형을 체계적으로 유지할 수 있게 되었다. metrics-server 기반 모니터링을 활용하여 Pod 단위 사용량을 지속적으로 점검하고, 필요시 replica 조정 또는 resource limit 업데이트를 수행할 수 있는 운영 절차도 마련하였다. 이러한 자원운영 기준은 단순한 성능 개선 차원을 넘어, 플랫폼 전체의 안정성과 예측 가능한 운영을 가능하게 해주는 필수 구성요소이며, 특히 고부하 연산이 주기적으로 발생하는 APCC 기후예측 서비스 환경에서 그 중요성이 더욱 크다.

⑦ 표준 운영 가이드 구축 및 최종 효과

앞선 Dockerfile 표준화, Kubernetes 리소스 규칙화, Helm 자동화, 스토리지 일원화, 인증서·도메인 통합, 자원 기준 마련 등의 모든 요소는 APCC가 K-PaaS 기반의 완전한 통합 운영 구조를 구축하는 데 핵심적으로 작용하였다. 이러한 요소들은 단순한 기술 도입에 그치지 않고, 운영자가 서비스 종류와 상관없이 동일한 절차에 따라 빌드, 배포, 운영을 수행할 수 있도록 하는 조직 단위 DevOps 운영체계를 확립하는 방향으로 수렴하였다. 구체적으로 애플리케이션 배포는 코드 작성 및 IDE 기반 사전 테스트, Dockerfile 기반 컨테이너 이미지 빌드와 Private Registry 저장, Deployment/Service/Ingress/ConfigMap/Secret 등 Kubernetes 리소스 정의, kubectl 또는 Helm을 활용한 클러스터 배포, Ingress나 LoadBalancer를 통한 서비스 외부 노출, 마지막으로 kubectl 명령어 기반 모니터링 및 롤백 관리의 6단계 프로세스로 표준화되었다. 이 과정에서 환경 설정과 민감 정보는 ConfigMap과 Secret으로 분리 관리되고, 공유 스토리지가 필요한 경우 NFS 기반 PV/PVC를 통해 안정적으로 제공되며, 배포 후에는 kubectl get/describe/logs 명령과 Prometheus, Grafana 등 모니터링 도구를 활용하여 Pod 상태와 리소스 사용량을 지속적으로 관찰하고 필요 시 롤백이나 스케일링을 수행하는 통합 운영 프로세스가 정립되었다. 결과적으로 서비스 추가, 갱신, 확장 등 모든 작업에서 일관된 프로세스가 유지되며, 장애 대응 속도와 운영 효율성이 기존 PaaS/IaaS 기반 대비 크게 향상되었다. 새롭게 개발되는 서비스 역시 동일한 가이드를 따라 배포할 수 있어 운영 난이도가 낮아지고, 장기적으

로는 전체 플랫폼의 유지보수 비용을 줄이는 효과를 가져온다. 이러한 통합 운영 구조는 정보 서비스가 지속적으로 확대 정교화되는 미래 환경에서도 안정성과 확장성을 보장하는 기반이 된다.

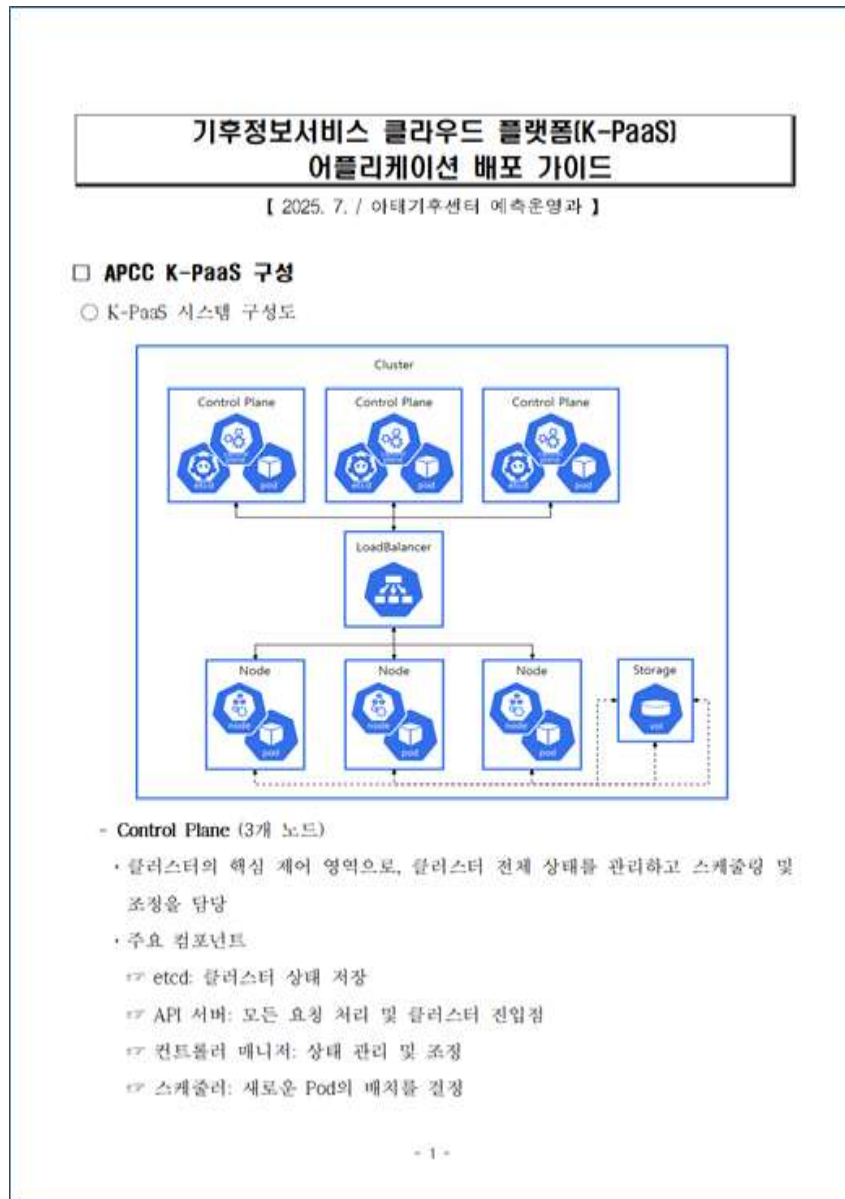


Figure 3.6 Application Deployment Guide for the Climate Information Service Cloud Platform

3.1.5. 통합 시험 및 안정화

K-PaaS 기반 플랫폼 구축과 서비스 이관을 완료한 이후, APCC는 새로운 환경에서 모든 서비스가 정상적으로 동작하는지 확인하기 위해 단계적인 통합 시험을 실시하였다. 우선 1차 단계에서는 K-PaaS Core 플랫폼에 대한 기본 기능 시험을 수행하여 클러스터 구성요소, 오케스트레이션 동작, 네트워크 구조, 로드밸런서 연동 등 플랫폼의 근간을 이루는 핵심 기능이 안정적으로 작동하는지 확인하였다. 이를 통해 플랫폼 자체의 정상 동작 여부를 검증하고 초기 설정의 문제점을 조기에 식별할 수 있었다.

2차 시험은 부가 서비스의 동작 검증에 초점을 맞추었다. RabbitMQ를 비롯해 MariaDB, MongoDB 등 서비스 간 데이터 흐름을 담당하는 주요 구성요소들이 정상적으로 기동하고 서비스와 연동되는지를 점검하였다. 특히 기후정보 처리 및 시각화 과정에서 데이터베이스 접근 빈도가 높고 메시징 큐 기반 처리 로직이 중요하기 때문에, 부가 서비스의 안정성 검증은 전체 플랫폼 운영에 있어 핵심적인 절차였다.

3차 단계에서는 실제 컨테이너 기반 Application이 K-PaaS 환경에서 정상적으로 배포·실행되는지를 확인하였다. processingapi, processingresult, PyMashupAPI, ReleaseNoteAPI 등 주요 API 서비스가 새로운 플랫폼에서 무리 없이 동작하는지 점검했으며, 배포 절차 자동화, 환경변수 적용, PV/PVC 연결, 네트워크 라우팅 등 서비스 운영에 필요한 요소들이 일관성 있게 구성되었는지 세밀히 검증하였다.

4차 시험에서는 플랫폼 전체를 통합한 기능 테스트를 수행하여 서비스 간 연계 흐름을 점검하고, 실제 사용자 관점에서의 서비스 동작을 모의 운영 환경에서 확인하였다. 이 과정에서 API 호출, 데이터 처리, 시각화 결과 출력 등 기후정보서비스의 주요 기능이 정상적으로 연동되는지 확인하였다. 테스트 과정에서 발견된 배포 설정 오류, 권한 문제, 스토리지 접근 지연 등 다양한 오류는 즉시 수정하여 안정적인 운영 환경을 구축하였다.

통합 과정이 마무리 된 이후에는 베타서비스 운영을 병행하여 실제 사용자와 동일한 조건에서 서비스 품질을 점검할 예정이다. 베타서비스 운영 중 발견된 예외 상황, 환경 설정 누락, 특정 시점에서의 스토리지 응답 지연 등 세부적인 오류를 지속적으로 보완하고 수정하여 서비스 신뢰도를 높이고자 한다. 이러한 안정화 과정은 장기 운영을 대비해 플랫폼의 완성도를 끌어올리는 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

종합적인 통합 시험과 안정화 절차를 거쳐 APCC는 새로운 K-PaaS 기반 플랫폼을 정식 운영 체제로 전환하고자 한다. 이를 통해 기후정보서비스의 안정성과 확장성이 크게 향상되고, 향후 데이터 증가·서비스 확장·기술 고도화가 이루어졌을 때도 유연하게 대응할 수 있는 안정적인 기반을 확보하게 될 것이다.

3.2. 기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화 구축

기후정보서비스 클라우드 플랫폼의 최신화 구축을 위하여 데이터베이스, 메시지 큐 등의 서비스를 최신 K-PaaS 체계로 마이그레이션하였다. 기후정보서비스를 최신 클라우드 플랫폼에 배포하여 운영하기 위해서 각 서비스 단위별로 docker image를 제작한 후 K-PaaS에 pod 형태로 배포하였다. 웹 서비스가 필요한 모듈의 pod에는 URL을 할당하였다.

3.2.1. 기후정보서비스 단위별 최신 K-PaaS 변경 준비 및 시험

K-PaaS 플랫폼에 설치된 RabbitMQ에 기존의 메시지큐를 다음 Figure와 같이 마이그레이션하였다.

Queues					Exchanges																																																																							
All queues (5)					All exchanges (19)																																																																							
Overview <table border="1"> <thead> <tr> <th>Virtual host</th> <th>Name</th> <th>Type</th> <th>Features</th> <th>State</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>queue_data_dev</td> <td>classic</td> <td>D Args</td> <td>running</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>queue_downscale_dev</td> <td>classic</td> <td>D Args</td> <td>running</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>queue_manager_dev</td> <td>classic</td> <td>D Args</td> <td>running</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>queue_mashup-manager_dev</td> <td>classic</td> <td>D Args</td> <td>running</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>queue_processor_dev</td> <td>classic</td> <td>D Args</td> <td>running</td> </tr> </tbody> </table>					Virtual host	Name	Type	Features	State	ClkDevVH	queue_data_dev	classic	D Args	running	ClkDevVH	queue_downscale_dev	classic	D Args	running	ClkDevVH	queue_manager_dev	classic	D Args	running	ClkDevVH	queue_mashup-manager_dev	classic	D Args	running	ClkDevVH	queue_processor_dev	classic	D Args	running	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Virtual host</th> <th>Name</th> <th>Type</th> <th>Features</th> <th>Message rate in</th> <th>Message rate out</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>exchange_data_dev</td> <td>direct</td> <td>D</td> <td>0.00/s</td> <td>0.00/s</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>exchange_downscale_dev</td> <td>direct</td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>exchange_manager_dev</td> <td>direct</td> <td>D</td> <td>0.00/s</td> <td>0.00/s</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>exchange_mashup-manager_dev</td> <td>direct</td> <td>D</td> <td>0.00/s</td> <td>0.00/s</td> </tr> <tr> <td>ClkDevVH</td> <td>exchange_processor_dev</td> <td>direct</td> <td>D</td> <td>0.00/s</td> <td>0.00/s</td> </tr> </tbody> </table>						Virtual host	Name	Type	Features	Message rate in	Message rate out	ClkDevVH	exchange_data_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s	ClkDevVH	exchange_downscale_dev	direct	D			ClkDevVH	exchange_manager_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s	ClkDevVH	exchange_mashup-manager_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s	ClkDevVH	exchange_processor_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s
Virtual host	Name	Type	Features	State																																																																								
ClkDevVH	queue_data_dev	classic	D Args	running																																																																								
ClkDevVH	queue_downscale_dev	classic	D Args	running																																																																								
ClkDevVH	queue_manager_dev	classic	D Args	running																																																																								
ClkDevVH	queue_mashup-manager_dev	classic	D Args	running																																																																								
ClkDevVH	queue_processor_dev	classic	D Args	running																																																																								
Virtual host	Name	Type	Features	Message rate in	Message rate out																																																																							
ClkDevVH	exchange_data_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s																																																																							
ClkDevVH	exchange_downscale_dev	direct	D																																																																									
ClkDevVH	exchange_manager_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s																																																																							
ClkDevVH	exchange_mashup-manager_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s																																																																							
ClkDevVH	exchange_processor_dev	direct	D	0.00/s	0.00/s																																																																							

Figure 3.7 Migration of RabbitMQ

K-PaaS에 설치된 MongoDB에 다음 Figure와 같이 자료를 migration 하였다. 기존 기후정보 도구의 경우 계절예측 자료 목록을 MongoDB에 저장하여 관리하였으나 검색 속도 향상을 위하여 relational 데이터베이스인 MariaDB로 이전하고 MongoDB에서는 삭제하였다.

```

1 db.job.find({})
2 .projection({})
3 .sort({_id:-1})
4 .limit(7)

```

Key	Value
(1) 6928eee923c6b90001feef8	{ status: "Failed" } (10 fields)
(2) 6928ee2123c6b90001feef7	{ status: "Failed" } (10 fields)
(3) 6928ee0823c6b90001feef6	{ status: "Failed" } (10 fields)
(4) 6928edf323c6b90001feef5	{ status: "Failed" } (10 fields)
(5) 6928104823c6b90001feef4	{ status: "Complete" } (13 fields)
(6) 69280f8e23c6b90001feef3	{ status: "Complete" } (13 fields)
(7) 69280ef423c6b90001feef2	{ status: "Complete" } (13 fields)

Figure 3.8 Migration of MongoDB

3.2.2. 기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화

3.2.2.1. 기후정보도구 개발 Project 최신화

기후정보도구(CLIK)는 2020년에 개발되어 운영을 시작하여 개발 도구에서 사용하는 컴파일러, 프레임워크 및 기타 라이브러리의 버전이 현재 최신 버전에 비하여 뒤쳐져 있었다. 기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화에 따라 기후정보도구 또한 최신화할 필요가 있다. 따라서 관련 백엔드 모듈 및 Open API의 최신화를 수행한 내역은 다음 Table과 같다.

Table 3.1 Library versions of CLIK

항목	이전	신규
개발 언어	Java 8 LTS	Java 21 LTS
개발 프레임워크	Spring Boot 2.1.9	Spring Boot 3.4.5
servlet jsp	2.3.3	4.0.1
logging	logback 1.2.9	log4j 2.24.3
Spring boot mybatis	2.1.3	3.0.4
Jdbc	mysql connector java 8.0.17	mariadb java client 3.4.2
common-io	2.8.0	2.12.1

httpclient	4.5.10	5.4.4
jackson	2.9.9	2.19.1
netcdf	4.3.22	5.6.0
lombok	1.18.10	1.18.38
mongodb driver	3.8.2	5.5.1

또한 CLIK의 Prediction, Verification, Downscaling 기능을 지원하는 Open API 기능을 하나의 Project로 통합하여 시스템 자원을 절약하였다.

3.2.2.2. 기후정보도구 최신 K-PaaS 배포

3.2.2.2.1. 기반 Docker image 제작

기후정보도구의 prediction, verification, downscaling, clipping 등 일부 application은 파이썬, NCL과 같은 다른 소프트웨어를 이용한다. Application마다 필요한 소프트웨어와 실행 환경이 다르지만, 공통으로 필요한 항목들을 선택하여 기반 docker image를 제작하여 내부 docker hub에 등록하면 동일한 환경이 필요할 때 편리하게 사용할 수 있다. 다음의 Figure는 기후정보도구를 위한 기반 docker image를 제작하기 위한 Dockerfile로, 파이썬, openjdk, NCL을 포함하고 있다.

```
FROM ubuntu:22.04

ENV DEBIAN_FRONTEND=noninteractive

# Base package + Python
RUN apt-get update && apt-get install -y --no-install-recommends \
    ca-certificates wget curl gnupg tzdata \
    build-essential \
    imagemagick \
    python3 python3-pip python3-venv python3-distutils python3-dev \
    && rm -rf /var/lib/apt/lists/*

# python, pip, alias
RUN update-alternatives --install /usr/bin/python python /usr/bin/python3 1 \
    && update-alternatives --install /usr/bin/pip pip /usr/bin/pip3 1

# OpenJDK 21
RUN apt-get update && apt-get install -y --no-install-recommends \
    openjdk-21-jdk-headless \
    && rm -rf /var/lib/apt/lists/*

# NCL 6.6
RUN apt-get update && apt-get install -y --no-install-recommends \
    ncl-ncarg \
    && rm -rf /var/lib/apt/lists/*
```

Figure 3.9 Dockerfile to make base docker image

기반 docker image를 제작한 후에는 다음 Figure와 같이 내부 docker hub에 등록한다.

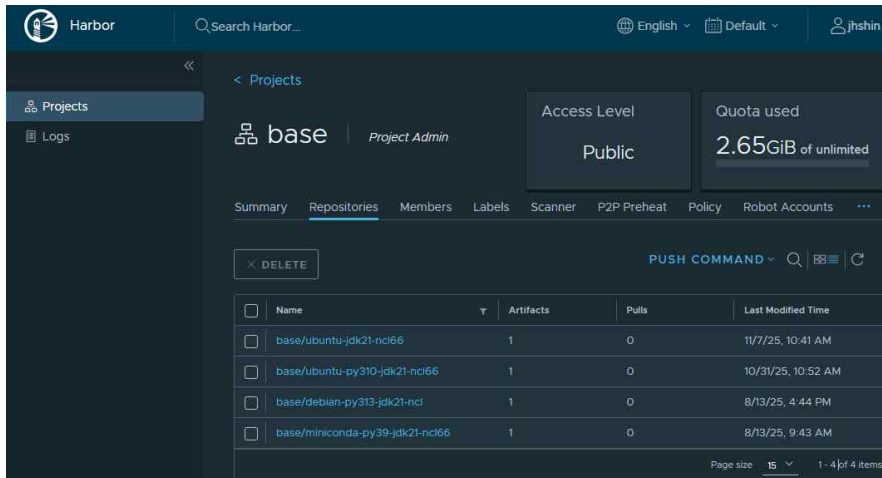


Figure 3.10 Internal docker hub for base docker image

3.2.2.2. Java 기반 Application 배포

기후정보도구 웹 인터페이스, 대부분의 백엔드 모듈과 Open API는 Java Spring Boot 프레임워크를 이용하여 개발되었다. Java 기반 application을 전통적인 방식으로 배포하기 위해서는 머신에 OS를 설치하고 Java virtual machine 및 apache, tomcat과 같은 웹서버 등 필요한 소프트웨어를 설치한 후 java application을 배포해야 한다. 그러나 K-PaaS 클라우드 플랫폼에 배포하기 위해서는 전통적인 방식에서 필요한 모든 내용을 docker image로 제작하고 pod 형태로 K-PaaS에 배포하고 서비스 방식을 선택하여 설정해야 한다.

Docker hub (<https://hub.docker.com>)는 많은 사용자가 이용하는 범용적, 공식적인 docker image를 제공하고 있다. 개발자는 필요한 환경을 제공해 주는 기본 docker image를 선택하여 쉽게 java application을 배포하기 위한 docker image를 제작할 수 있다.

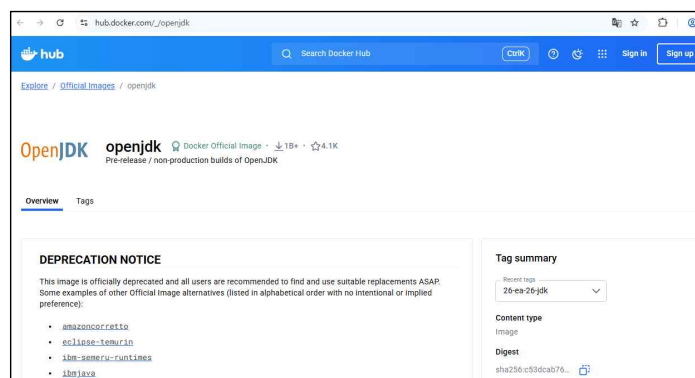


Figure 3.11 Official images of openjdk

위의 Figure에서 제공하는 docker image는 기본적인 java (openjdk) 구동 환경을 제공한다. Java 외 다른 특별한 소프트웨어가 필요하지 않은 application을 docker image로 제작하기 위한 Dockerfile은 다음 Figure와 같다.

```
FROM openjdk:26-ea-21-jdk-slim
WORKDIR /api
COPY manager-dev-2.0.0.jar api.jar
EXPOSE 8080
ENTRYPOINT ["java", "-jar", "/api/api.jar"]
```

Figure 3.12 Dockerfile for a simple java application

Tomcat과 같은 웹서버가 필요한 경우 다음 Figure와 같이 Dockerfile을 작성할 수 있다.

```
FROM tomcat:11.0.0-jdk21-openjdk
COPY clik-dev-1.0.0.war /usr/local/tomcat/webapps/ROOT.war
EXPOSE 8080
CMD ["catalina.sh", "run"]
```

Figure 3.13 Dockerfile for a java web application

NCL과 같은 특수한 소프트웨어 및 기타 라이브러리가 필요한 경우에는 다음 Figure와 같이 Dockerfile을 작성하여 docker image를 제작한다.

```
FROM dockerhub.apcc21.org/base/ubuntu-py310-jdk21-ncl66:latest
ENV DEBIAN_FRONTEND=noninteractive
RUN apt-get upgrade

RUN apt-get update && apt-get install -y --no-install-recommends \
ghostscript gfortran \
&& rm -rf /var/lib/apt/lists/*

RUN ln -s /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libgfortran.so.5 /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libgfortran.so.3

RUN pip3 install pyyaml
RUN pip3 install pandas
RUN pip3 install xarray
RUN pip3 install dask
RUN pip3 install netcdf4
RUN pip3 install numpy==1.26.4
RUN pip3 cache purge

COPY policy.xml /etc/ImageMagick-6

WORKDIR /api

COPY processor-dev-2.0.0.jar api.jar
#COPY start.sh start.sh
#RUN chmod +x /api/start.sh

EXPOSE 8080

ENTRYPOINT ["java", "-jar", "/api/api.jar"]
```

Figure 3.14 Dockerfile using base docker image

위와 같은 방법으로 제작된 기후정보도구의 모든 docker image는 내부 docker hub에 등록되었다.

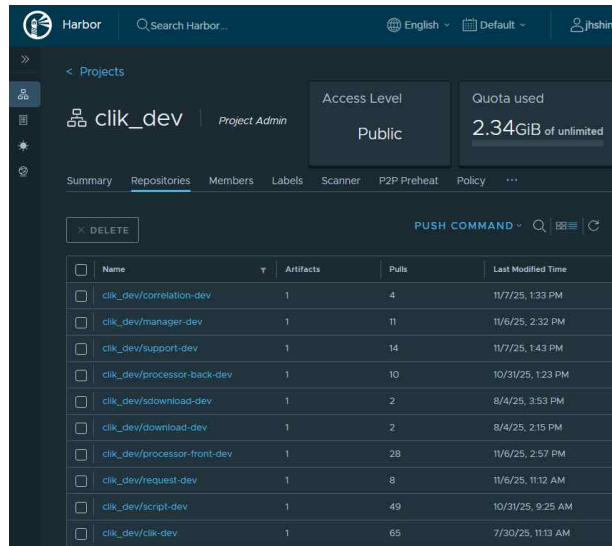


Figure 3.15 Internal docker hub for CLIK

Docker image를 배포하고 서비스하기 위해서는 docker image를 deploy하고 필요에 따라 service를 생성한다. 다음 Figure는 그 과정의 예시이다.

```

apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: manager-dev
  namespace: default
  labels:
    app: manager-dev
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: manager-dev
  template:
    metadata:
      labels:
        app: manager-dev
    spec:
      containers:
        - name: manager-dev
          image: docke[REDACTED]:2.0.0
          env:
            - name: TZ
              value: Asia/Seoul
          ports:
            - containerPort: 8080
          volumeMounts:
            - name: apccdata
              mountPath: [REDACTED]
            - name: data02
              mountPath: [REDACTED]
            - name: data01
              mountPath: [REDACTED]
      volumes:
        - name: apccdata
          persistentVolumeClaim:
            claimName: apccdata-pvc
        - name: data02
          persistentVolumeClaim:
            claimName: data02-pvc
        - name: datastore01
          persistentVolumeClaim:
            claimName: datastore01-pvc

```

Figure 3.16 Deployment configuration

```

apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: clik-dev-service
  namespace: default
spec:
  type: LoadBalancer
  selector:
    app: clik-dev
  ports:
    - protocol: TCP
      port: 80
      targetPort: 8080

```

Figure 3.17 Service configuration

웹 주소가 필요한 application은 ingress 설정을 통하여 URL을 할당한다.

```

apiVersion: networking.k8s.io/v1
kind: Ingress
metadata:
  name: clik-dev-ingress
  namespace: default
  annotations:
    nginx.ingress.kubernetes.io/rewrite-target: /$2
    nginx.ingress.kubernetes.io/use-regex: 'true'
    nginx.ingress.kubernetes.io/enable-rewrite-log: "true"
spec:
  ingressClassName: nginx
  rules:
    - host: [redacted]
      http:
        paths:
          - path: /klik(/!$)(.*)
            pathType: ImplementationSpecific
            backend:
              service:
                name: clik-dev-service
                port:
                  number: 80

```

Figure 3.18 Ingress configuration

현재 K-PaaS에 배포된 pod와 웹 서비스 현황은 다음과 같다.

```

jshin@apcc:~/klik-dev/klik-dev$ kubectl get pods
NAME                                READY   STATUS    RESTARTS   AGE
apcc-mariadb-0                       1/1    Running   0           161d
apcc-mongodb-84d74db59d-2brb4        1/1    Running   0           156d
apcc-release-note-5dbb967fc8-cfxpv   1/1    Running   0           127d
back-processor-dev-7799f8db6f-x7qmv   1/1    Running   0           31h
klik-dev-57c7c78b9-1kbsn             1/1    Running   0           126d
clippingapi-deployment-6ff56b8b7-mntpt 1/1    Running   0           144d
correlation-dev-6ff55cdbdd-46vfr     1/1    Running   0           26d
download-dev-5c494d5f97-7dbnz       1/1    Running   0           121d
front-processor-dev-555d986894-dbqwk  1/1    Running   0           16d
hello-joohyung-7bf75d5d79-psjmr     1/1    Running   0           123d
hello-world-599c757d97-sr76t       1/1    Running   0           125d
manager-dev-7ddd6f767-qrxbx        1/1    Running   0           18d
nfs-pod-provisioner-97d799f7c-k5d4h  1/1    Running   4 (169d ago)  236d
processingapi-deploy-5bd96cb4b8-uc2vd 0/1    CrashLoopBackOff 5274 (37s ago)  18d
processingresult-deploy-6b5ddf4f8f-wzpmf 0/1    CrashLoopBackOff 5270 (3m11s ago)  18d
pymashupapi-deploy-7698784b9b-v8b6f  0/1    CrashLoopBackOff 5276 (3m41s ago)  18d
redis-client                          1/1    Running   0           126d
redis-master-0                        1/1    Running   0           126d
request-dev-7fccb9784f-7qg89        1/1    Running   0           27d
script-dev-855d8859fc-7lvq7         1/1    Running   0           33d
sdownload-dev-f59545c98-bvkqg       1/1    Running   0           121d
sso-dev-6754c8d6b5-q6w5v           1/1    Running   0           43d
support-dev-77c49d8546-vk68j        1/1    Running   0           11d

```

Figure 3.19 The list of K-PaaS pods

```

jhshin@apcc:~/clik-dev/clik-dev$ kubectl get ingress

```

NAME	CLASS	HOSTS	ADDRESS	PORTS	AGE
apcc-release-note-ingress	nginx			80	146d
clik-dev-ingress	nginx			80	125d
correlation-dev-ingress	nginx			80	26d
download-dev-ingress	nginx			80	35d
ingress-resources	nginx			80, 443	41d
request-dev-ingress	nginx			80	35d
script-dev-ingress	nginx			80	35d
sdownload-dev-ingress	nginx			80	35d
support-dev-ingress	nginx			80	35d

Figure 3.20 The list of K-PaaS web services

3.3. 웹 사이트 총량제 달성을 위한 연계 개발

APCC는 그동안 APCC 대표 홈페이지, 기후정보도구(CLIK), 온라인 고객 지원 서비스(Help Desk), API 기반 처리 시스템, SSO 등 다양한 서비스를 제공해 왔다. 그러나 이러한 서비스는 구축 시기와 기술 기반이 달랐기 때문에 서로 다른 도메인·서버·프레임워크에서 분리된 형태로 운영되고 있었다. 예를 들어, 대표홈페이지(www.apcc21.org)는 OpenStack 기반 K-PaaS 환경에서 운영되는 반면, 기후정보도구(CLIK)는 PaaS-TA 또는 IaaS 서버에 분산되어 있었고, 일부 API는 독립된 서버나 별도의 경로에서 제공되는 구조였다.

이러한 분산 구조는 서비스 유지관리의 복잡성을 증가시켰을 뿐 아니라, 사용자 입장에서는 서비스 간 이동 시 URL·디자인·UI 규칙이 달라지는 문제를 일으켜 통합 플랫폼으로서의 사용자 경험(UX)을 저해하는 주요 요인이 되었다.

더 큰 문제는 기관의 공식적인 웹 사이트 총량제 정책과의 충돌이다. 정부 및 공공기관은 무분별하게 확장된 웹사이트를 정리하고, 기관 대표도메인을 중심으로 서비스 체계를 재편하도록 요구하고 있다. 즉, 여러 개의 독립 도메인(Sub-domain)으로 분산된 서비스 제공 방식은 허용되지 않으며, 대표 사이트를 중심으로 단일된 서비스 구조 체계로 통합해야 한다.

APCC는 이러한 정책적 요구와 기술적 구조 재정비 필요성을 동시에 해결하기 위해 단일 도메인 기반의 통합 주소 체계(Path 기반 라우팅 체계)를 구축하는 전략을 수립하였다.

3.3.1. 통합 웹 사이트 주소체계 확립

웹 사이트 총량제의 핵심은 기관 대표 도메인을 중심으로 서비스를 일원화하여, 여러 개로 분산된 웹사이트를 하나의 플랫폼 안에서 통합적으로 운영하는 데 있다. APCC는 이러한 정책 방향에 맞춰 기존의 서브도메인(Sub-domain) 중심 구조에서 벗어나, 대표 도메인 www.apcc21.org 아래에서 모든 서비스를 경로(Path) 방식으로 제공하는 새로운 URL 운영 체계를 마련하였다.

① 도메인 구성 방식 재정의: Sub-domain → Path 방식 전환

그동안 APCC의 주요 서비스는 구축 시기와 기능별 구분에 따라 다음과 같은 형태의 개별 서브도메인으로 운영되어 왔다.

- cliks.apcc21.org: 기후정보도구

- processingapi.apcc21.org: 기후정보도구 내 기후자료처리를 위한 API
- help.apcc21.org: 온라인 고객지원 서비스
- rn.apcc21.org: 온라인 개선정보 공유체계(ReleaseNote)

이 방식은 서비스가 증가할수록 별도 도메인이 함께 늘어나 웹사이트 총량이 기하급수적으로 증가하게 되고, 결과적으로 총량제 기준과 충돌할 수 있는 구조적 문제를 갖고 있었다. 또한 사용자 입장에서 서비스마다 주소 체계가 달라 통합된 플랫폼으로 인식하기 어려운 한계가 존재했다.

이 문제를 해소하기 위해 APCC는 단일 대표 도메인 + Path 구조를 원칙으로 하는 통합 주소체계를 도입하였다. 그 결과, 모든 서비스는 아래와 같은 형태로 동일한 도메인 아래에서 분기되는 방식으로 재구성되었다.

- www.apcc21.org/clik
- www.apcc21.org/helpdesk
- www.apcc21.org/processingapi
- www.apcc21.org/rn

이러한 Path 기반 구조의 도입은 단순한 주소 표기 방식 변경을 넘어, 서비스 운영 전반에 여러 긍정적인 효과를 가져왔다. 우선 모든 기능이 대표 도메인 아래에서 제공되기 때문에, 사용자는 개별 사이트를 옮겨 다니는 대신 하나의 통합 플랫폼 안에서 모든 서비스를 경험할 수 있게 되었다. 이로써 서비스 간 이동이 자연스러워지고, 주소 체계가 단순해지면서 원하는 기능을 찾고 접근하는 과정도 훨씬 직관적으로 변하였다.

또한 URL 구조가 통일되면서 웹 사이트 총량제 준수를 위한 정책적·기술적 근거가 명확히 확보되었고, 보안 인증서·HTTPS 구성·접근 로그·운영 정책 등 관리 영역 역시 단일 체계 아래에서 통합적으로 처리할 수 있게 되었다. 그 결과 운영 효율은 높아지고 유지보수 과정에서 발생하던 중복 작업과 관리 비용도 크게 줄어드는 효과를 얻을 수 있었다.

또한 아래 그림은 URL을 구성하는 주요 요소와, 서브도메인 방식에서 Path 방식으로 전환될 때의 개념적 차이를 시각적으로 보여주는 예시이다.

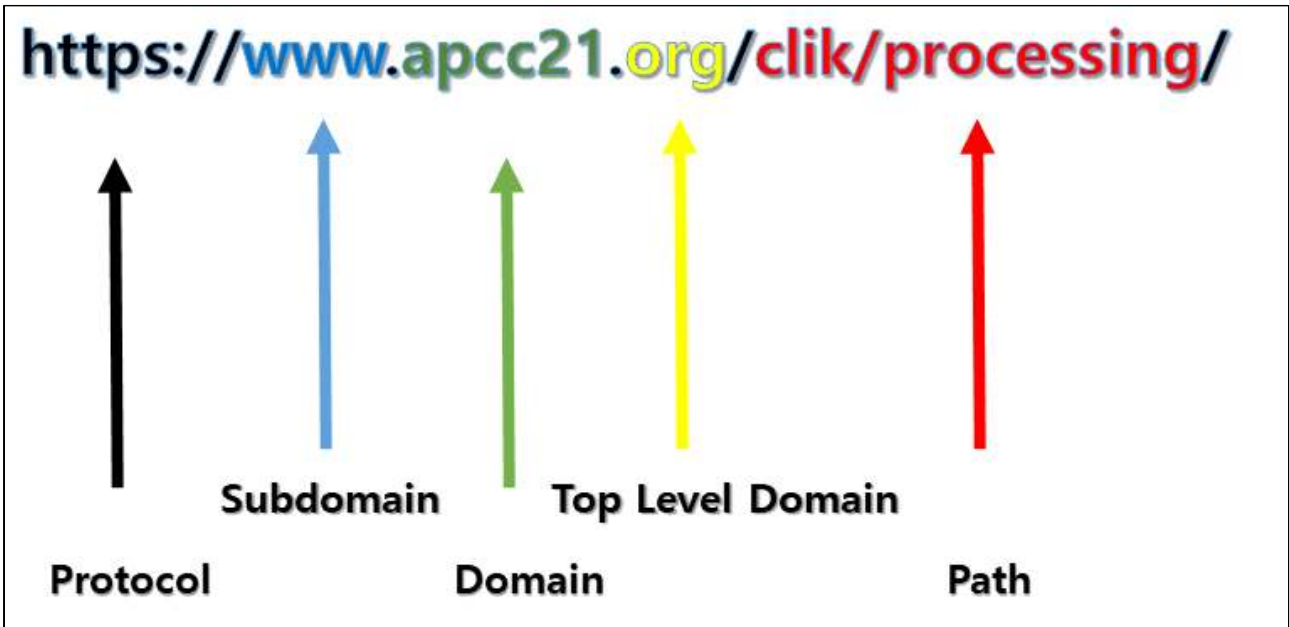


Figure 3.21 Key URL Elements: Protocol, Domain, and Path Structure

주소체계를 하나의 대표 도메인으로 통합한 이후, APCC는 웹사이트 전반의 화면 구성과 콘텐츠 구조 역시 단일 플랫폼 체계에 맞게 재정비하였다. 기존에는 서비스 특성에 따라 화면 레이아웃, 탐색 방식, UI 구성 요소가 다르게 설계된 경우가 많아 사용자가 서비스 간 이동을 할 때마다 화면 구조가 달라 보였고, 동일 기관 내 여러 사이트가 분리 운영되는 듯한 인상을 주곤 했다. 이러한 분절된 사용자 경험을 해소하기 위해, 통합 주소체계를 기반으로 화면 설계 원칙과 콘텐츠 배치 방식을 하나의 규칙으로 묶는 작업이 필요했다.

이에 따라 APCC는 대표 홈페이지를 중심 플랫폼으로 설정하고, 기후정보도구(CLIK), 온라인 튜토리얼, 헬프데스크 등 주요 기능 화면을 동일한 UI/UX 체계 아래에서 재구성하였다. 기존 페이지 구조를 유지하면서도 대표 홈페이지의 디자인 시스템, 반응형 규격, 공통 버튼·탭 구성, 메뉴 탐색 규칙 등을 그대로 적용함으로써 서비스 간 이동 시 사용자 경험의 단절을 최소화하였다. 이러한 통일 작업은 단순히 시각적 요소를 맞추는 수준을 넘어, 화면 전환의 흐름, 정보 배치 방식, 상호작용 요소의 사용성까지 고려하여 전체 웹사이트를 하나의 유기적인 플랫폼으로 재정렬하는 과정이었다.

특히 반응형 레이아웃과 공통 UI 컴포넌트 적용은 중요한 변화였다. 기후정보서비스는 지도 기반 시각화, 분석 페이지, 검색형 인터페이스 등 다양한 형태의 화면을 포함하고 있는데, 그동안은 각 기능마다 사용된 CSS·JS 구조가 달라 확장성과 유지보수성이 떨어졌다. 이를 개선하기 위해 APCC는 Bootstrap 기반의 공통 프론트엔드 구조를 적용하고, 지도 패널·검색창·탭 구성 등 반복 요소를 템플릿화하여 재사용성을 높였다. 이를 통해 모든 서비스가 동일한 기술적 틀에서 구현되도록 정비되었으며, 향후 신규 기능 추가 시 개발 효율도 크게 향상될 수 있는 기반이 마련되었다.

또한 콘텐츠 구조(IA)도 재편되었다. 기존 튜토리얼 페이지는 홈페이지와 도구 화면 사이의 흐름이 자연스럽게 이어지지 않아 사용자가 기능 설명 → 도구 실행 → 사용 안내를 하나

의 과정으로 인식하기 어려웠다. 이번 개편에서는 튜토리얼과 서비스 설명, 기능 안내 문서가 대표 홈페이지의 정보구조 안에서 하나의 흐름으로 재배치되었고, 각 화면은 통일된 경로 체계와 동일한 디자인 규칙 아래 구성되었다. 그 결과 사용자는 도구 실행 전후 맥락을 쉽게 파악할 수 있게 되었고, 서비스 간 이동 과정에서 혼란이 줄어드는 효과를 얻을 수 있었다.

이처럼 주소체계 통합 이후 이어진 화면·콘텐츠 재구성 과정은 단순한 디자인 변경이 아니라, APCC 전체 웹서비스를 하나의 플랫폼으로 묶어 사용자 경험을 통일시키는 핵심적 기반이 되었다. 서비스 종류에 관계없이 일관된 구조와 규칙을 따르게 됨으로써 접근성이 향상되고, 내부 운영 측면에서도 화면 관리와 개발·유지보수 효율이 크게 강화되었다. 이는 웹사이트 총량제 준수를 넘어, APCC 기후정보서비스가 장기적으로 확장 가능한 통합 플랫폼으로 자리잡는 데 중요한 단계라 할 수 있다.

```

apiVersion: networking.k8s.io/v1
kind: Ingress
metadata:
  name: apcc-main-ingress
  namespace: default
  annotations:
    # 공통 NGINX 설정 (필요 시 조정)
    nginx.ingress.kubernetes.io/proxy-body-size: "0"
    nginx.ingress.kubernetes.io/proxy-connect-timeout: "30"
spec:
  ingressClassName: nginx
  rules:
    # 웹사이트 총량제 대응: 단일 도메인(www.apcc21.org) 아래 Path 방식으로 서비스 분기, Sub-domain 방식 사용 금지
    - host: www.apcc21.org
      http:
        paths:
          # 1) Help Desk: www.apcc21.org/helpdesk → helpdesk-svc:80
          - path: /helpdesk
            pathType: Prefix
            backend:
              service:
                name: helpdesk-svc
                port:
                  number: 80

          # 2) CLIR: www.apcc21.org/clik → clik-svc:80
          - path: /clik
            pathType: Prefix
            backend:
              service:
                name: clik-svc
                port:
                  number: 80

          # 3) processingapi: www.apcc21.org/processingapi → processingapi-svc:80
          - path: /processingapi
            pathType: Prefix
            backend:
              service:
                name: processingapi-svc
                port:
                  number: 80

          # 4) processingresult: www.apcc21.org/processingresult → processingresult-svc:80
          - path: /processingresult
            pathType: Prefix
            backend:
              service:
                name: processingresult-svc
                port:
                  number: 80

    # TLS: 기존 와일드카드(or 대표 도메인) 인증서 사용 예시
    - hosts:
      - www.apcc21.org
      - kpaas.apcc21.org
      secretName: star.apcc21.org-2024
  
```

Figure 3.22 Path-Based Routing Configuration Using Kubernetes Ingress

통합 주소체계를 실제 시스템에 적용하기 위해 APCC는 K-PaaS 클러스터 상단에 NGINX Ingress Controller를 배치하여 대표 도메인(www.apcc21.org)으로 들어오는 모든 웹 요청을 한 지점에서 수신하도록 구성하였다. 외부 사용자는 항상 동일한 도메인으로 접속하지만, Ingress

Controller는 URL에 포함된 Path 정보를 기준으로 /helpdesk, /clik, /processingapi, /rn 등 각 서비스별 백엔드로 트래픽을 자동 분기한다. 이 과정에서 HTTPS/TLS 종단도 Ingress 레벨에서 일괄 처리되도록 설정하여, 와일드카드 인증서 하나로 여러 서비스를 동시에 보호할 수 있는 구조를 마련하였다.

이러한 구조에서 각 서비스는 Kubernetes 내부에서 독립된 Pod·Service로 동작하지만, 외부에서는 하나의 웹사이트처럼 보인다. 예를 들어, 사용자가 브라우저에서 <https://www.apcc21.org/helpdesk>에 접속하면, Ingress는 해당 요청을 helpdesk-svc로 라우팅하고, <https://www.apcc21.org/clik> 요청은 clik-svc로 전달된다. 서비스가 추가되거나 변경되더라도 Ingress 설정(YAML)에 Path 규칙을 한 줄씩 추가하는 것만으로 손쉽게 확장할 수 있어, 총량제 체계를 유지한 채로 플랫폼 기능을 계속 넓혀갈 수 있는 점도 중요한 장점이다.

위 그림에서 제시된 Ingress 설정 예시는 이러한 구조를 단순화하여 보여주는 것으로, 대표 도메인 한 곳에서 helpdesk-svc, clik-svc, processingapi-svc, processingresult-svc 등 여러 서비스가 Path 기반으로 분기되는 모습을 확인할 수 있다. 이처럼 Ingress Controller를 중심으로 URL 라우팅을 통합함으로써, APCC는 주소체계, 보안 설정, 접근 로그 관리, 운영 정책을 모두 단일 계층에서 관리할 수 있게 되었고, 이는 웹사이트 총량제 준수뿐 아니라 장기적인 운영 안정성 측면에서도 중요한 기반이 되었다.

3.3.2. 홈페이지 및 사용자 맞춤형 기후정보서비스 기능 통합

3.3.2.1. 기후정보도구(CLIK) 시스템 구조 설계

기후정보도구는 사용자에게 APCC 홈페이지(<https://www.apcc21.org>)에 포함된 특정 메뉴군 및 URL(<https://www.apcc21.org/clik>)로 보이지만 유지관리 편의를 위하여 홈페이지로부터 분리하여 개발하고 운영한다. 다음 Figure는 기후정보도구의 시스템 구조이다.

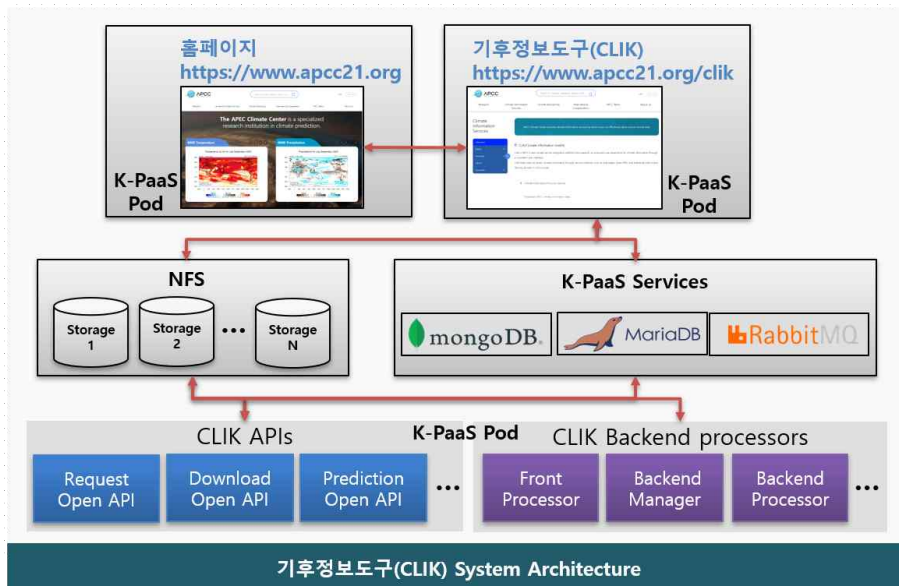


Figure 3.23 The system architecture of CLIK

APCC 홈페이지, 기후정보도구의 웹페이지, 기타 모든 application은 모두 K-PaaS의 pod 형태로 배포되어 운영된다.

3.3.2.2. 개발환경 설정

기후정보도구 웹사이트 개발 환경은 다음과 같다.

Table 3.2 Develop environment of CLIK

항목	환경
개발 도구	IntelliJ
개발 언어	Java 21 LTS (Long Term Support)
개발 Framework	Spring Boot 3.4.5
GUI 개발 도구	Bootstrap v5.1.3(APCC 홈페이지와 동일)
사용자 인터페이스 개발 방식	복잡성에 따라 JSP (Java Server Page), Thymeleaf 선택 사용

사용자 인터페이스 개발 방식은 한 가지로 통일할 수 있지만 유연성과 확장성을 고려하여 두 가지 방식을 모두 사용할 수 있도록 개발 환경을 설정하였다. 두 가지 방식의 특징은 다음 Table과 같다.

Table 3.3 Differences between JSP and Thymeleaf

JSP (Java Server Page)	Thymeleaf
Java Servlet의 확장으로, HTML 코드 내에 Java 코드를 삽입할 수 있어 동적 웹페이지 생성에 이용됨	XML/XHTML/HTML5 템플릿을 지원하는 Java 기반의 템플릿 엔진으로 HTML 파일을 그대로 사용할 수 있고, 웹서버에서 동적으로 콘텐츠를 표출할 수도 있음
오랜 기간 사용되어 많은 레거시 시스템에서 사용하고 있으며, 복잡한 로직을 구현하는데 적합함	HTML 파일 그대로 사용할 수 있어 직관적이고 가독성이 높으며 디자이너와 개발자가 협업하기에 좋음
HTML과 Java 코드가 섞여 있어 코드가 복잡하고 유지관리가 어려워 생산성이 떨어질 수 있음	HTML5를 포함한 최신 웹 표준을 지원하며 브라우저에서 바로 확인할 수 있는 템플릿을 제공하여 개발 및 디버깅이 용이
최신 Frontend framework와의 호환성이 낮고, 최신 웹 개발 트렌드에 맞지 않을 수 있음	JSP에 비하여 초기 학습에 시간이 필요함. JSP에 비하여 응답 속도가 늦으며 Java 코드 삽입이 불가능하여 복잡한 로직을 템플릿에서 직접 처리할 수 없음
Jar 패키징이 불가능하고 War 패키징만 가능 (Tomcat과 같은 WAS 필요)	Jar 패키징 가능

3.3.2.3. 기후정보도구 기본 공통 프레임 제작

기후정보도구(CLIK)는 APCC 홈페이지에 통합되어 운영되므로 홈페이지 디자인에 따라 일관성 있게 설계되어야 한다. 따라서 APCC 홈페이지 디자인에 따라 기본 사용자 인터페이스 레이아웃을 구성하고 템플릿 코드를 작성하였다. 템플릿 코드는 JSP, Thymeleaf 두 가지 방식 모두로 작성하여 상황에 따라 하나를 선택하여 사용할 수 있다.

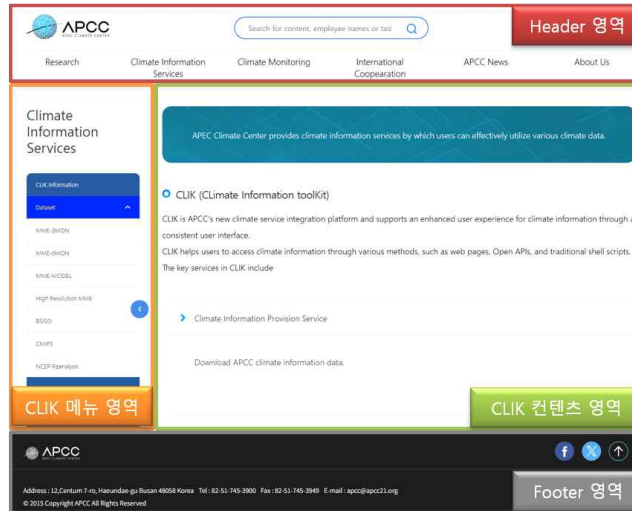


Figure 3.24 The frame of CLIK web interface

위의 Figure는 CLIK 웹 인터페이스의 기본 프레임이다. 상단의 헤더 영역은 APCC 홈페이지의 헤더 영역과 동일하게 구성되었다. 다음 Figure와 같이 메뉴 목록을 제공하는 Open API를 호출하여 목록을 받은 후 홈페이지의 디자인 CSS를 이용하여 화면을 표출하였다.

```

apcc21.org/api/getMenuList?lang=en
pretty print 적용
{
  "intRetCode": 200,
  "strRetMsg": "Menu list 입니다.",
  "objData": [
    {
      "id": "8c167079-7e9d-11ee-8dd3-fb94e3513868",
      "crtDt": "2023-11-09 10:16:02",
      "updtDt": "2023-11-20 09:28:24",
      "parentId": null,
      "menuGroup": null,
      "menuNm": "Research",
      "menuClassnm": "",
      "menuType": {
        "name": "MANUAL",
        "label": "경로 직접입력"
      },
      "menuCont": null,
      "menuLayout": "default",
      "menuDept": 1,
      "menuOrder": 0,
      "useYn": true,
      "grade": null,
      "parent": null,
      "children": [
        {
          "id": "e8b47623-7e9d-11ee-8dd3-b354832935bc",
          "crtDt": "2023-11-09 10:18:37",
          "updtDt": "2023-12-11 09:00:54",
          "parentId": "8c167079-7e9d-11ee-8dd3-fb94e3513868",
          "menuGroup": null,
          "menuNm": "Research Fields",
          "menuClassnm": "",
          "menuType": {
            "name": "WEB_CONTENT",
            "label": "콘텐츠"
          },
          "menuCont": "clpre"
        }
      ]
    }
  ]
}

```

Figure 3.25 The Open API to get menu

좌측의 CLIK 메뉴 영역에는 홈페이지 좌측 메뉴 디자인에 따라 CLIK 전용 메뉴를 출력하고 CLIK 콘텐츠 영역에는 CLIK의 자료 제공, 자료처리 등의 고유의 기능을 제공하는 메인 콘텐츠 페이지가 출력된다.

3.3.2.4. 기후정보도구 기능 통합 개발

3.3.2.4.1. Dataset 메뉴

현재 기후정보도구는 계절예측 MME, 여름철 계절내진동 예측과 같은 APCC에서 생산한 자료와 CMIP5, ERA5, NCEP 재분석 자료와 같은 외부 자료를 다음 Figure와 같이 Dataset 메뉴에서 제공하고 있다.

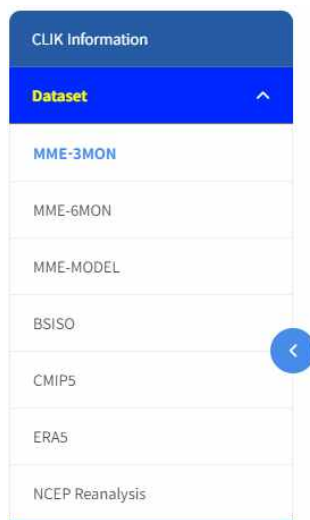


Figure 3.26 CLIK Dataset menu

각 메뉴의 페이지들은 APCC 홈페이지 디자인에 따라 재구성되었다. 사용자 편의를 위하여 고해상도 계절예측 자료와 ERA5, NCEP 재분석 자료 제공 기능이 개선되었다.

기존의 기후정보도구는 고해상도 MME 및 MME Model 자료를 내려받는 방법을 설명하는 페이지를 제공하였으나 통합 기후정보도구에서는 사용자가 선택한 조건에 따라 wget을 이용하여 자료를 내려받을 수 있는 스크립트를 생성하는 기능을 제공하도록 개선하였다.

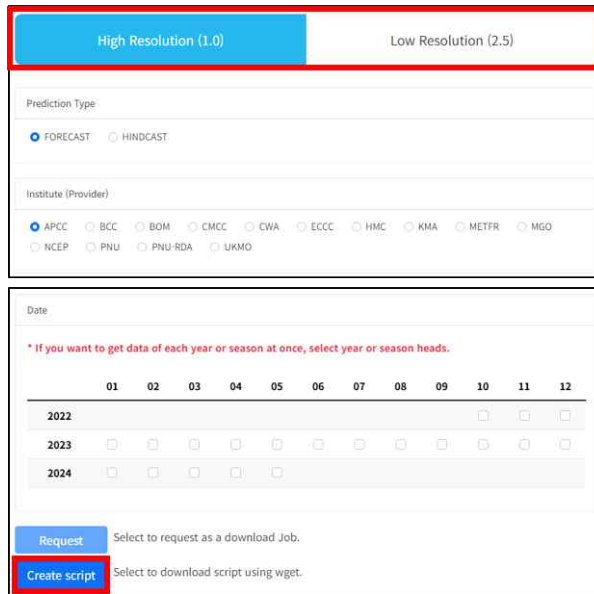


Figure 3.27 The web page for high resolution MME

또한 ERA5, NCEP 재분석 자료의 설명 페이지의 가독성을 높이도록 상세화하고 디자인을 일원화하였다.

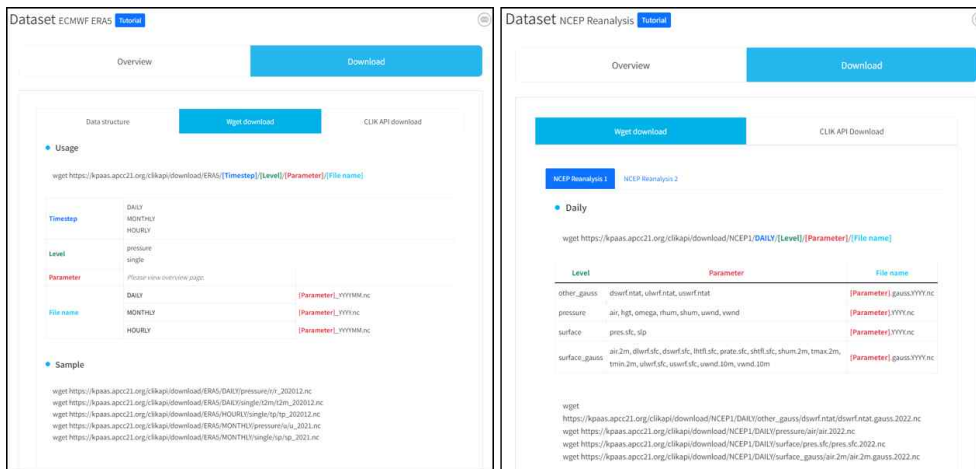


Figure 3.28 The web page for ERA5 and NCEP Reanalysis

3.3.2.4.2. Processing 메뉴

기후정보도구의 Processing 메뉴에서는 사용자가 다양한 모델 조합을 통한 MME 예측정보 및 검증 정보와 지점별 상세화 예측정보를 사용자 맞춤형으로 생산 가능한 상세화 서비스 Downscale과 사용자가 설정한 지역, 변수, 기간에 대한 필요한 자료만 추출할 수 있는 서비스를 제공하고 있고, 계절예측 및 기후변화 시나리오에 대한 통계적 상세화/평가 정보를 생산하는 클라이언트 프로그램인 AIMS(APCC Integrated Modeling Solution)을 다운 받을 수 있는 소개 페이지로 구성이 되어 있다.

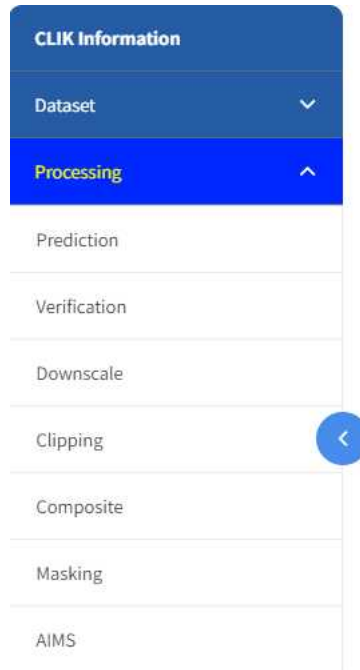


Figure 3.29 CLIK Processing menu

각 메뉴의 페이지들은 APCC 홈페이지 디자인에 따라 재구성되었다. 사용자 편의를 위하여 계절예측과 검증 페이지가 개선되었다. 계절예측의 경우에는 이전 기후정보도구에서는 고해상도와 저해상도가 분리되어 서비스가 제공이 되었다. 검증의 경우에는 저해상도 검증 정보만 생산할 수 있는 서비스가 제공이 되었고, 고해상도 검증 서비스는 제공이 되지 않았다. 그래서 이번 웹 사이트 통합에 맞추어 계절예측과 검증 서비스의 경우 하나의 페이지에서 저해상도와 고해상도 모두를 이용할 수 있도록 서비스를 개선하였다. 나머지 Processing 메뉴에서 제공하는 서비스는 기능은 전과 동일하게 신규 개발 버전에 맞게 재개발이 되었다.

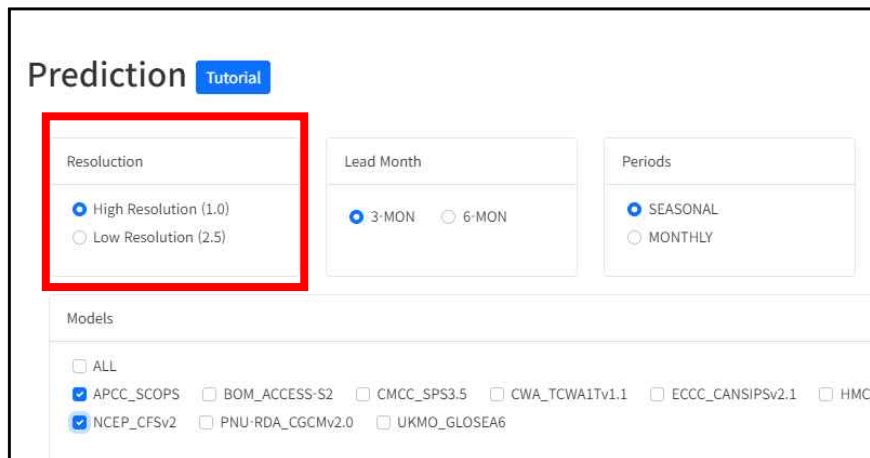


Figure 3.30 The web page for Prediction service

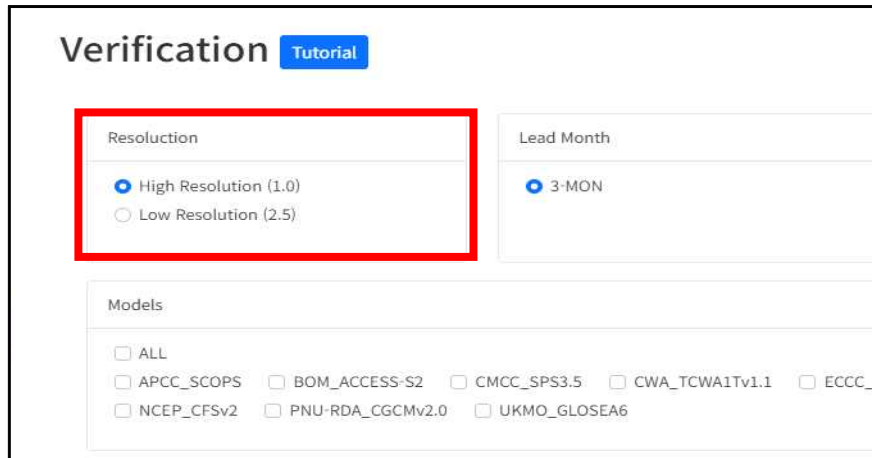


Figure 3.31 The web page for Verification service

3.3.2.4.3. 온라인 튜토리얼

APCC는 기후정보도구(CLIK)의 활용성을 높이고, 사용자 접근성을 근본적으로 개선하기 위해 기존의 분산된 온라인 튜토리얼 구조를 전면 재정비하였다. 특히 웹사이트 총량제 요구와 사용자 경험(UI/UX) 개선이라는 두 가지 과제가 동시에 존재한 만큼, 단순히 튜토리얼 콘텐츠를 모아두는 수준을 넘어서 홈페이지 내 서비스 흐름 전체와 자연스럽게 연결되는 통합 온라인 튜토리얼 체계를 구축하는 데 목표를 두었다.

3.3.2.4.3.1. CLIK Tutorial 통합 및 재구성

기존 CLIK Tutorial 페이지는 오랫동안 APCC 기후정보서비스의 주요 구성 요소로 운영되며 기능 소개와 학습 자료를 제공해왔다. 다만 서비스 범위가 확대되고 홈페이지 전반의 화면 구조와 개발 프레임워크가 최신화되면서, 튜토리얼 역시 이러한 변화에 맞추어 통합적 관점에서 재정비할 필요가 생겼다. 특히 홈페이지의 UI/UX와 공통 디자인 체계가 단계적으로 현대화되면서, 튜토리얼 페이지도 동일한 사용자 경험을 제공할 수 있도록 구조를 함께 정비하는 것이 자연스러운 방향이었다.



Figure 3.32 Previous Version of the CLiK Online Tutorial Interface

또한 기후정보서비스가 점점 더 다양한 기능을 포함하게 되면서, 사용자가 서비스 소개-도구 실행-사용 방법 학습을 하나의 흐름 안에서 자연스럽게 이어갈 수 있는 통합 구조가 요구되었다. 이를 위해 APCC는 기존 튜토리얼 페이지를 별도 구성요소로 유지하는 대신, 기후정보 서비스 내부 화면 체계와 일관된 방식으로 재조정하여 하나의 통합 플랫폼처럼 동작하도록 재구성하기로 하였다.

통합 과정에서는 기후정보서비스 홈페이지에서 사용 중인 공통 UI 프레임워크와 디자인 시스템을 튜토리얼 화면에도 동일하게 적용하였다. 이는 기존 튜토리얼이 부족해서가 아니라, 전체 서비스가 동일한 기준 아래서 운영될 수 있도록 화면 규칙을 통일하는 과정이었다. 버튼 구조, 페이지 너비, 반응형 레이아웃, 메뉴 배치 등 기본적인 화면 요소가 기후정보서비스와 동일한 흐름을 갖도록 재정비되었고, 이를 통해 사용자 입장에서는 전체 서비스가 하나의 체계 안에서 자연스럽게 연결되는 경험을 제공받을 수 있게 되었다.

이와 더불어, 웹사이트 전체가 K-PaaS 기반으로 이관되면서 튜토리얼 화면 역시 동일한 프레임워크 환경에서 새롭게 구현되었다. 이는 운영 측면에서 유지보수 편의성을 크게 높여주며, 향후 기능 추가나 콘텐츠 확장 시에도 안정적으로 대응할 수 있는 기반을 제공한다.

3.3.2.4.3.2. 반응형 규격 · 레이아웃 재설계

기존 튜토리얼 화면은 PC 기반 고정 레이아웃에 최적화되어 있어 모바일 · 태블릿 환경을 충분히 고려하지 못했다. APCC는 이번 통합 작업에서 Bootstrap 기반 반응형 레이아웃을 적용하여, 화면 크기에 따라 콘텐츠가 자연스럽게 재배치되도록 전면 재설계했다. 이를 통해 다양한 사용자 환경에서 일관된 가독성과 조작성을 확보할 수 있게 되었다. 또한 콘텐츠 길이가 길

어지는 경우 스크롤 구조를 재정비하고, 이미지·도표·샘플 결과가 화면 너비에 맞춰 유동적으로 표시되도록 하여 사용자 경험을 한층 향상시켰다.

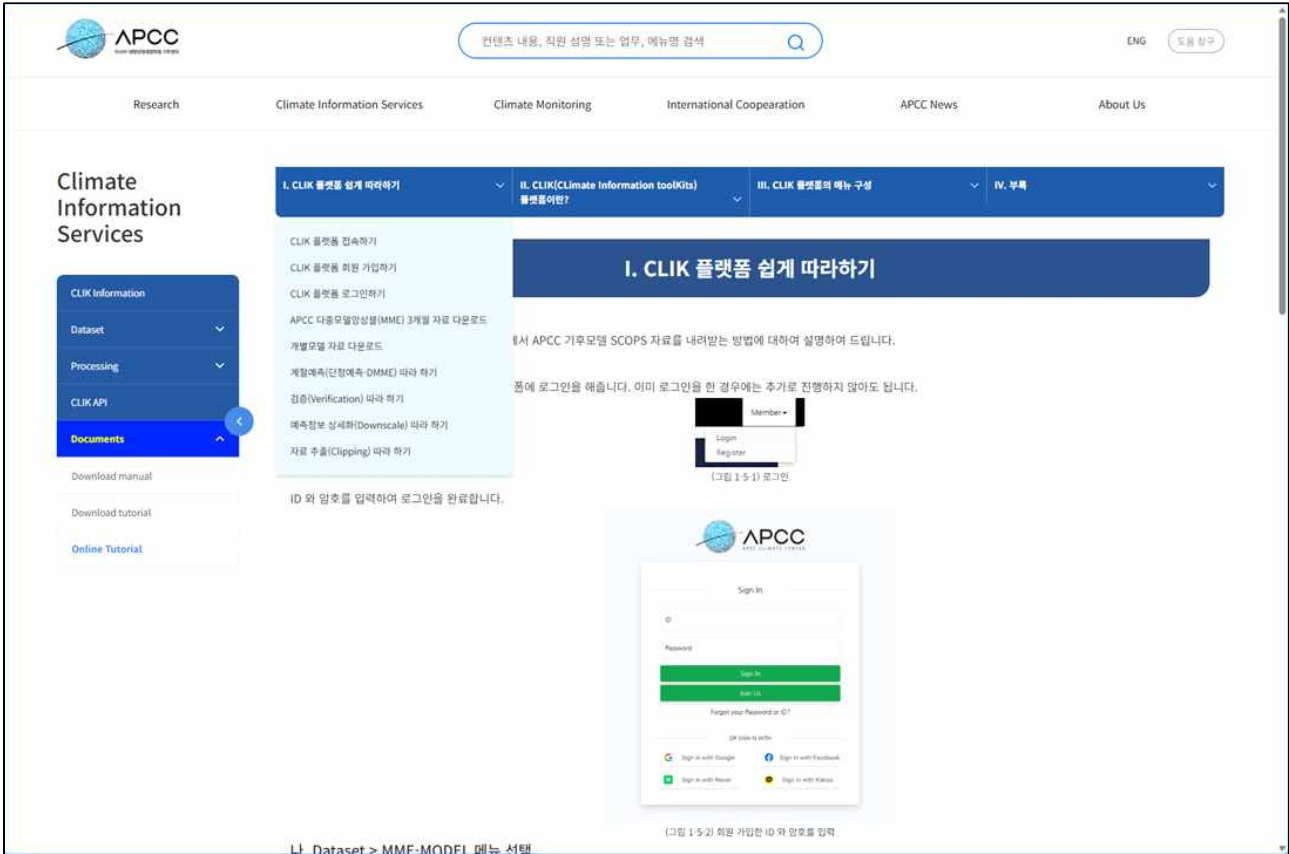


Figure 3.33 New Version of the CLIK Online Tutorial Interface

최종적으로 APCC는 이번 통합 작업을 통해 CLIK 도구와 홈페이지가 하나의 서비스처럼 느껴지는 사용자 경험을 구현하였다. 메뉴 구조, 시각적 스타일, 콘텐츠 흐름, 내비게이션 방식이 하나의 원칙 아래 정리되었기 때문에, 사용자는 서비스의 경계나 도메인 이동을 인지할 필요 없이 자연스럽게 기능 학습과 기후정보도구의 사용을 이어갈 수 있다. 이는 기후정보서비스의 신뢰성·접근성을 높이고, 신규 사용자 유입과 교육 효율성을 동시에 향상시키는 중요한 개선 성과라 할 수 있다.

3.3.2.4.4. 기타 기능

기후정보도구에서는 크게 데이터 다운로드 기능을 주로 제공하는 Dataset 메뉴와, APCC에서 생산한 자료를 이용하여 사용자 맞춤형 서비스를 생산할 수 있는 Processing 메뉴로 구성되어 있다. 이외의 메뉴는 기후정보도구를 활용 하기 위해 지원을 하는 기능이다. 아래 Figure를 보면 확인할 수 있다.

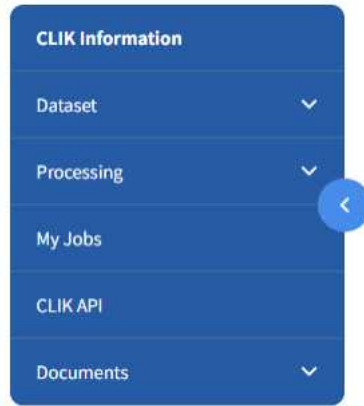


Figure 3.34 CLIK menu

My Jobs 메뉴는 사용자가 생성한 작업에 상태를 보여주는 페이지이다. 작업이 진행중, 행 결과, 다운로드 및 결과 확인을 할 수 있도록 링크를 제공하고 있다. 아래 Figure는 현재 새로 개발한 CLIK의 My Jobs 페이지이다.

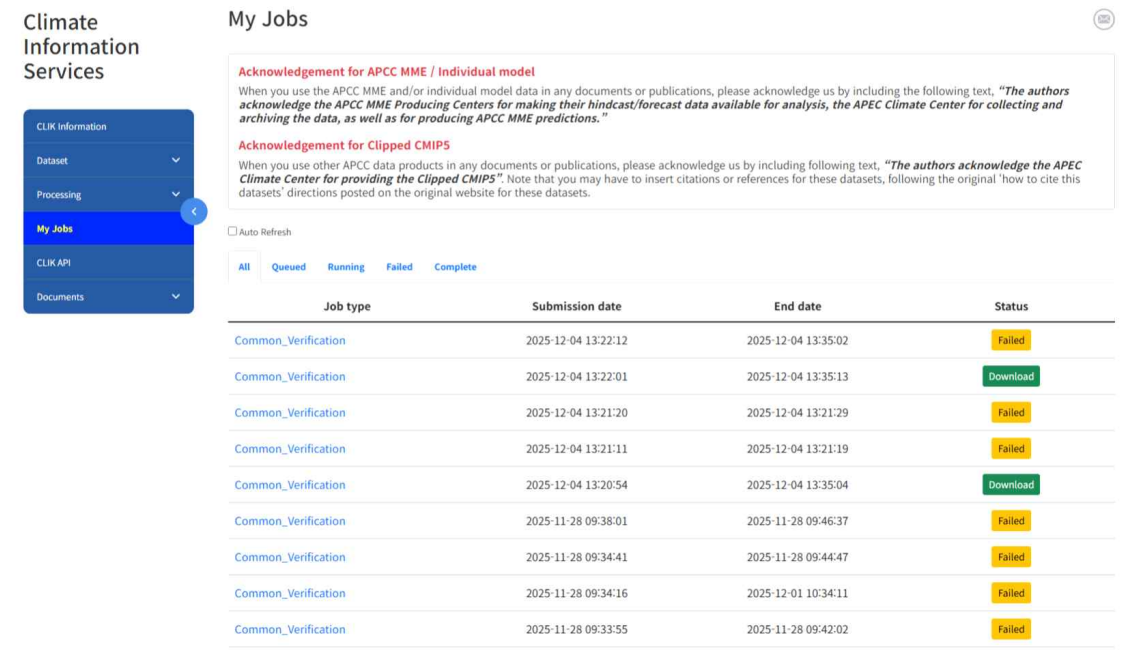


Figure 3.35 CLIK My Jobs menu

CLIK API 경우에는 기존과 동일하게 기후정보도구에서 제공하는 API에 대한 설명 페이지다. 그리고 Documents는 매뉴얼과 튜토리얼 파일 다운로드를 제공하고, 온라인 튜토리얼 서비스를 제공한다.

3.3.3. 베타시험서비스 시행

통합된 APCC 홈페이지 서비스를 사용자에게 정식으로 제공하기 전에 면밀한 동작 확인 오류 사항 등을 파악하기 위해 베타시험서비스를 시행한다. 베타시험서비스는 홈페이지와 기후정보도구의 성공적인 통합을 위해 시행하며, 다음과 같은 목적을 달성하고자 한다. 실제 사용자 환경에서 서비스 동작을 종합적으로 검증하고, 통합 후 발생할 수 있는 기능 문제, 오류, 성

능 저하 등을 사전에 식별하고, 사용자 피드백을 기반으로 해서 서비스의 완성도를 향상 시키고, 안정적인 정식서비스 오픈을 위한 품질을 확보하는 데 목적이 있다.

3.4. 총량제 달성 APCC 홈페이지 정식 서비스 시행

홈페이지와 기후정보도구 서비스 통합을 위해 기반이 되는 기후정보서비스 플랫폼을 최신화하고, 노후화된 기후정보도구를 전면 재개발하여 홈페이지와 연계하여 단일 플랫폼으로 구성하였으며, 정식 서비스 제공에 앞서 베타시험서비스를 먼저 시행하였다. 베타 테스트 기간동안 내부 직원 및 사용자들을 대상으로 시스템의 전반적인 동작 상태를 점검하고 실제 사용자 환경에서 발생할 수 있는 오류사항을 사전에 파악하여 보완 예정이다.

기후정보도구는 그동안 <https://cliks.apcc21.org>를 통해서 서비스를 제공하였는데, 이번 통합을 통해서 APCC 대표 도메인을 통해서 서비스를 제공할 것이다. 실제 접속 가능한 주소는 <https://www.apcc21.org/clik> 이 될 것이다. 사용자는 홈페이지의 기후예측 > 기후정보서비스 메뉴를 통해서도 기후정보도구를 접속할 수 있다.

정식서비스 시행 이후에도 지속적인 모니터링을 수행하여 사용자 불편 사항이나 추가 오류 발생 여부를 지속적으로 확인하고, 필요시 즉각적인 대응을 통해 안정적인 서비스 운영을 유지할 것이다. 웹 사이트 총량제 달성을 위해 추진한 웹 서비스 통합을 통해 사용자는 홈페이지와 기후정보도구 서비스를 홈페이지의 단일 서비스 채널을 통해서 이용할 수 있게 되었으며, 사용자 입장에서는 접근성과 편의성이 크게 향상되는 효과를 얻을 수 있었다.

4. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 플랫폼 시험 구축

고해상도 MME 계절예측시스템을 통해 생산되는 고해상도 계절예측 검증 정보의 활용성과 사용 편의성을 증진하기 위해 고해상도 MME 계절예측의 조합형 검증 정보를 제공할 수 있는 기후정보서비스를 구축 및 운영할 필요가 있다.

더불어 기존의 사용자 맞춤형 저해상도 계절예측 MME 및 검증 정보 생산 체계와 고해상도 생산 체계를 통합하여 결과 자료와 시스템의 운영 및 관리 체계를 일원화하였다.

4.1. 고해상도 MME 검증 운영시스템 분석 및 사용자 맞춤 생산 방안 설계

고해상도 MME 검증 운영시스템을 기후정보도구의 운영환경에 맞게 이식하기 위해서는 먼저 운영시스템을 분석해야 한다. 운영시스템 분석 후에는 기후정보서비스 플랫폼 환경에 맞게 이식할 필요가 있다. 검증 운영시스템 이식과 더불어 사용자 맞춤 검증 자료 생산 요청에 따라 자료를 생산할 수 있도록 백엔드 검증 생산 시스템을 구축하고 웹 인터페이스(프론트엔드)와 연동하여 자료를 생산할 수 있는 시스템 구조를 설계하였다.

4.1.1. 고해상도 계절예측 MME 및 검증 시스템 분석 및 이식

계절예측 MME 검증 운영시스템 이식에 앞서 최신 고해상도 계절예측 운영시스템의 최신 버전을 저해상도, 고해상도 통합 생산이 가능하도록 재이식하였다.

계절예측 MME 검증 자료를 생산할 때 관측자료가 필요하다. 기존 저해상도 검증 시스템은 관측자료를 외부로부터 수집하고 검증 생산에 맞게 가공하여 사용하였다. 고해상도 관측자료의 경우 APCC의 내부망 스토리지에 수집한 관측자료를 활용하기 위해 관측자료 가공 코드를 내부망 서버에 이식하여 자료를 가공하도록 하였고, 가공한 관측자료는 플랫폼으로 전송하도록 하였다. 저해상도 관측자료도 고해상도와 같은 방법으로 관측자료를 내부망에서 가공하고 플랫폼으로 전송할 수 있도록 코드를 재이식하였다.

2025년에 이식해야 하는 계절예측 MME 검증 운영시스템은 해상도에 따라 현업 코드와 관측자료가 다르므로 MME 생산 운영시스템과같이 완벽한 통합은 어려운 상황이다. 따라서 실제 구동 코드는 다르더라도 실행 조건을 기록한 입력 파일의 형식과 출력자료의 폴더를 통합할 수 있도록 이식하였다. 저해상도 계절예측 MME 검증 운영시스템 코드 또한 고해상도 코드와 동일한 입출력 구조를 가지도록 개선하였다. 다음 Figure는 플랫폼으로 이식한 고해상도 계절예측 MME 검증 운영시스템을 이용하여 생산한 검증 결과이다.

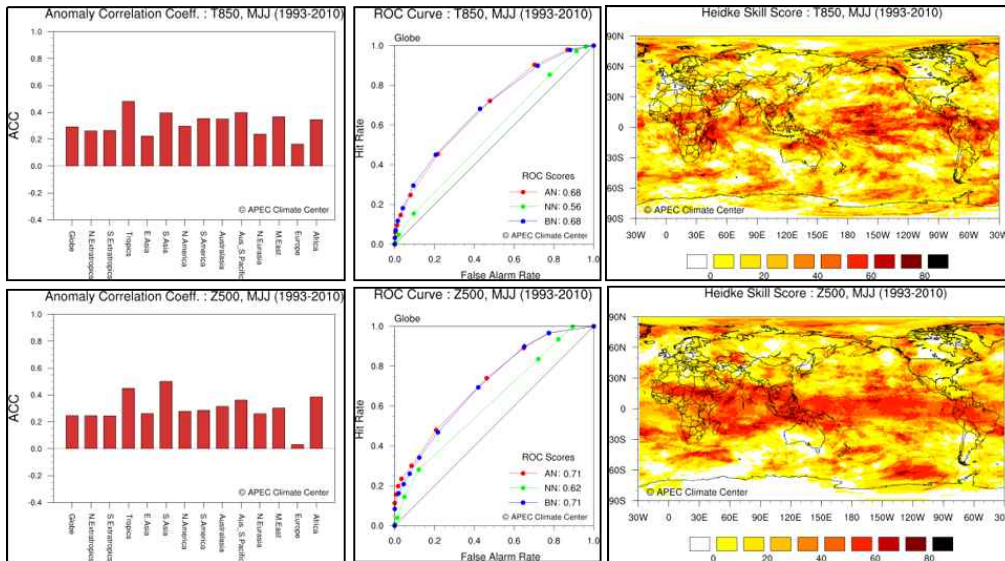
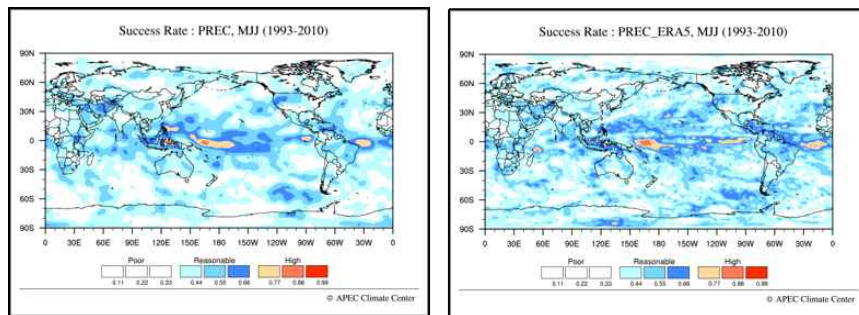


Figure 4.1 Results of verification (high resolution)

기후정보도구가 제공하는 검증 기법 중 success rate는 검증 운영시스템이 생산하지 않는다. 따라서 저해상도 success rate 생산 코드를 고해상도 생산이 가능하도록 개선하였다. 다음 Figure는 success rate 자료 생산 결과이다.



(a) 2.5 resolution

(b) 1.0 resolution

Figure 4.2 Results of verification (success rate)

4.1.2. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 생산 시스템 구조 설계

계절예측 MME 및 검증 운영시스템은 주로 파이썬과 NCL 코드로 작성되어 있다. 코드를 실행하기 위해서 먼저 yaml 형식의 설정 파일에 사용자가 선택한 년도, 시즌, 해상도, 계절예측 모델 목록, 변수 등을 기록하고, 코드를 실행할 때 설정 파일을 입력해야 한다. 저해상도, 고해상도 자료를 통합 생성할 수 있도록 yaml 설정 파일을 설계하고 계절예측 MME 및 검증 자료를 통합 관리할 수 있는 폴더 구조를 설계하였다. 다음 Figure는 계절예측 MME 및 검증을 위한 시스템 구조와 자료 통합 폴더 구조이다.

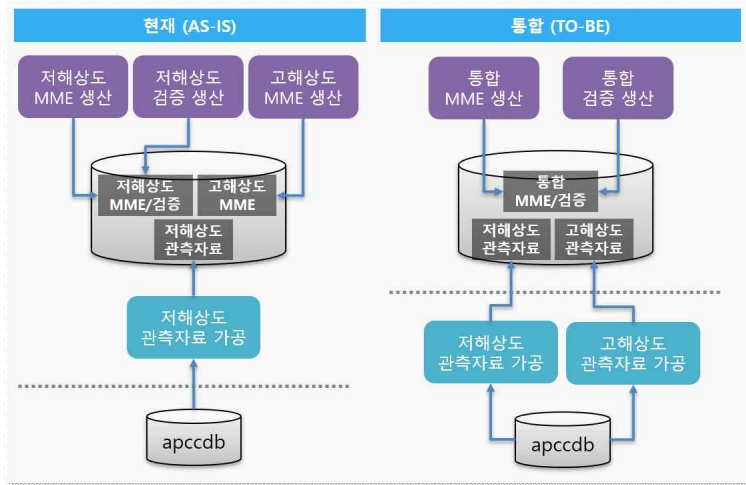


Figure 4.3 The system architecture of prediction and verification

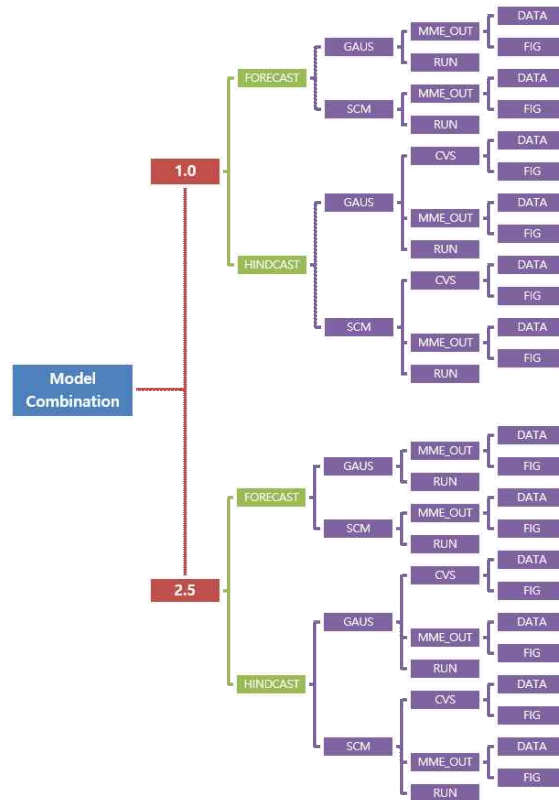


Figure 4.4 The structure of data folder integrated

위 Figure에서 “Model Combination” 폴더는 사용자가 선택한 모델 조합에 매핑되는 고유 번호(예: VER-3)로 생성된다. RUN 폴더에는 자료 생산 코드를 실행하기 위한 스크립트 파일이 생성되고, 스크립트를 실행하면 MME_OUT에는 MME 생산 결과, CVS에는 검증 생산 결과가 저장된다.

4.2. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 검증자료 생산 및 표출체계 구축

사용자 맞춤형 계절예측 MME 및 검증자료 생산을 위해 사용자가 웹 인터페이스에서 연도, 시즌, 해상도, 계절예측 모델 목록, 변수 등을 선택하고 자료 생산을 요청하면 백엔드 서비스가 자료를 생산한다. 사용자가 요청한 작업의 처리가 끝나면 웹 인터페이스에서 작업의 결과를 지도 및 그래프의 형태로 확인할 수 있다.

4.2.1. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 생산체계 구축

사용자 맞춤형 계절예측 MME 및 검증자료 생산을 위해 사용자가 웹 인터페이스에서 연도, 시즌, 해상도, 계절예측 모델 목록, 변수 등을 선택하고 자료 생산을 요청하면 사용자 요청 작업은 job의 형태로 mongoDB에 저장되고 job 아이디는 메시지 큐를 통하여 내부 프로세서 모듈에 전달된다. 다음 Figure는 기존의 계절예측 MME 및 검증자료 생산 체계이다.

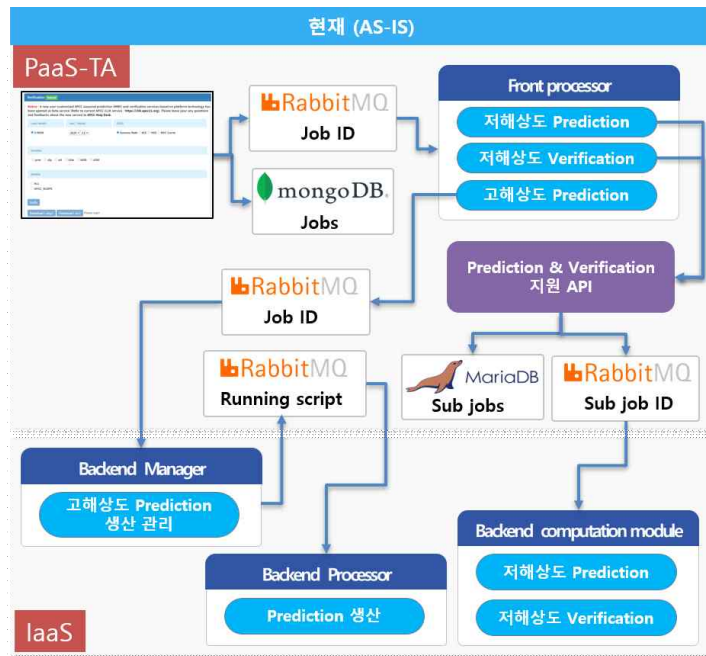


Figure 4.5 The current processing system

기존 자료 생산 시스템은 front processor가 저해상도 자료처리 job의 경우 prediction & verification 지원 API를 통하여 백엔드 모듈로 전달된다. 검증 자료를 생산하기 위해서는 먼저 hindcast 기간에 대한 hindcast MME를 생산한 후 검증 자료를 생산해야 한다. 지원 API는 이 두 단계의 job 수행 내용을 mariaDB에 sub job의 형태로 기록하고 백엔드 모듈을 위한 메시지 큐로 sub job id를 전달한다. 저해상도 자료를 처리하던 Backend computation module은 하나의 프로세서가 sub job이 생산해야 하는 모든 자료를 순차적으로 생산했기 때문에 모든 hindcast MME를 생산해야 하는 검증 자료 생산에 많은 시간이 소요되었다. 고해상도 MME 생산은 이러한 문제를 해결하기 위해 Backend manager가 job 처리에 필요한 처리를 작은 단위로 나누어 스크립트를 생성하고 Backend processor가 스크립트를 병렬 생산하도록 하였다.

PaaS-TA 클라우드 플랫폼은 주로 웹 서비스나 단순한 시스템 구조를 가진 application을 구동하기 위한 것으로 java application이 파이썬과 NCL 코드를 실행하는 등의 복잡한 시스템을 구동하기에 적합하지 않다. 따라서 기존의 검증 생산 시스템은 복잡한 처리를 하는 백엔드

모듈은 IaaS (Infrastructure as a Service) 환경에서 가상머신 서버의 형태로 구동되었다.

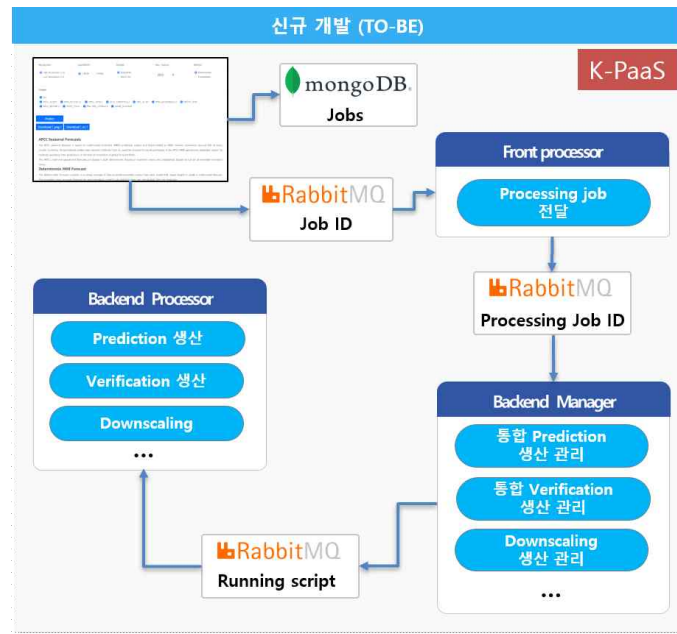


Figure 4.6 The new processing system

기후정보서비스 클라우드 플랫폼 최신화를 통하여 기반 클라우드 플랫폼이 K-PaaS 체계로 개선되었다. PaaS-TA와는 달리 K-PaaS는 개발자가 좀 더 유연하게 개발 및 application 구동 환경을 설정할 수 있으므로 기존의 IaaS 환경에서 구동되던 백엔드 모듈을 모두 K-PaaS로 이전 및 통합을 수행할 수 있었다. 위의 Figure는 K-PaaS 환경에 구축된 계절예측 MME 및 검증 시스템 구조이다. 웹 인터페이스에서 사용자가 작업을 요청하면 front processor는 메시지를 통하여 backend manager로 job id를 전달한다. Backend manager는 사용자 job을 최소 단위로 나누어 입력 설정 yaml 파일과 처리 스크립트 파일을 생성하고 backend processor로 전달한다. Backend processor는 처리의 종류와 상관없이 모든 스크립트를 실행한다. Backend manager와 backend processor는 K-PaaS 환경에서 pod 형태로 배포되는데, 상황에 따라 배포되는 pod의 개수를 조절하여 작업을 빠르게 분산, 병렬 처리할 수 있다.

4.2.2. 계절예측 MME 및 검증 자료 표출체계 구축

APCC는 점차 고해상도로 확장되고 있는 계절예측정보의 활용성을 높이기 위해, 기존의 정적 이미지 기반 출력 방식을 대체하는 동적 상호작용 기반 MME 검증 표출체계를 신규 구축하였다. 이러한 계절예측 MME 및 검증 자료 표출 체계 구축은 OpenLayers 기반의 웹 GIS 기술과 NetCDF(nc) 데이터 처리 엔진을 통합하여, 사용자가 직접 예측자료를 탐색하고 실시간으로 시각화할 수 있는 환경을 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 기존 시스템에서 제기되던 확장성·상호작용성 한계를 해소하고, 연구자 및 현업 사용자에게 보다 유연한 분석 기능을 지원할 수 있는 기술적 기반을 마련하였다.

4.2.2.1. 구축 배경

MME 기반 계절예측 자료는 최근 기후예측모형의 해상도 향상과 모델 수 증가에 따라 분

석 범위가 크게 확대되고 있다. 사용자는 특정 지역 단위의 상세 검증, 계절별 편차 분석, 다중 모델 간 비교 등 복합적인 분석 업무를 수행하고 있으며, 이를 지원하기 위한 다양한 상호작용형 분석 기능이 요구되고 있다. 그러나 기존 CLIK 시스템은 결과를 사전에 생성된 정적 이미지 형태로 제공하는 구조였기 때문에, 사용자가 원하는 지표를 즉시 변경하거나 특정 지역을 확대해 분석하는 데에는 분명한 제약이 존재했다.

특히 정적 이미지 방식은 검증 지표 확장이나 시공간적 세부 탐색에 적합하지 않아, 모델 확장과 사용자 수요 증가를 안정적으로 수용하기 어려운 구조였다. 예측자료의 크기 증가, 모델 비교 수요 증가, 고해상도 데이터 활용 확대에 따라 기존 체계로는 서비스 품질을 유지하기가 점점 어려워지고 있었다.

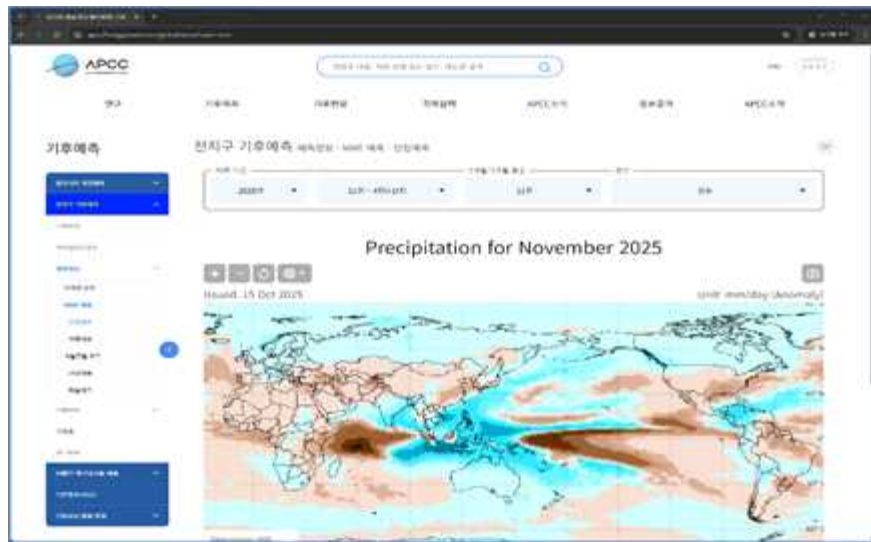


Figure 4.7 Dynamic Climate Information Service on the APCC Website

APCC 대표홈페이지는 이미 OpenLayers 기반의 동적 기후정보 표출 기능을 안정적으로 운영하고 있었으며, 사용자가 지도 기반에서 기후변수의 시·공간적 변화를 직접 탐색할 수 있는 UI/UX를 제공해 왔다. 이 경험은 동적 시각화가 사용자 분석 효율을 크게 향상 시킨다는 점을 보여주었고, 기존 정적 CLIK 기반 검증 체계를 개선할 필요성이 더욱 명확해지는 계기가 되었다.

이러한 환경 변화 속에서 APCC는 기존 구조를 유지하는 것이 아닌, 데이터 기반 동적 시각화 체계로 전환할 필요가 있었다. 사용자가 직접 데이터를 조작하고, 지도 기반 UI를 통해 결과를 탐색하며, 필요에 따라 시각화 방식까지 선택할 수 있는 상호작용형 구조 구축이 필수적이었다. 이에 따라 APCC는 이미 운영 중이던 동적 지도 기술(OpenLayers)을 MME 검증에도 확장 적용하는 방향으로 전략을 수립하였고, OpenLayers 기반 실시간 표출 엔진과 NetCDF 파일 처리 모듈을 결합한 새로운 MME 검증 플랫폼 구축을 추진하게 되었다.

4.2.2.2. Map 기반 표출 체계 설계

APCC 홈페이지는 이미 동적 기후정보 표출 기능을 안정적으로 운영하고 있었기 때문에,

본 사업에서는 동일한 기술(OpenLayers)을 MME 검증에도 일관되게 적용하는 방향으로 구조를 설계하였다. 먼저 기존 홈페이지의 지도 컴포넌트 구조와 상호작용 로직을 분석하여 재사용 가능 요소를 식별하고, 범례 관리·색상 처리·마우스 탐색 기능 등 핵심 로직을 MME 검증 모듈에서도 동일하게 사용할 수 있도록 구조 통합을 진행하였다.

또한 기존 CLIK 시스템은 기후예측 결과 출력 모듈과 검증 모듈이 하나의 구조로 묶여 있어 유지보수와 확장에 어려움이 있었다. 이를 해결하기 위해 검증 기능을 완전히 모듈화된 MME 검증 컴포넌트로 분리하여, 모델·지표·지역 확장 시에도 영향을 최소화하도록 설계하였다. 이러한 모듈화는 향후 K-PaaS 기반으로 CLIK 시스템이 이관될 때에도 높은 호환성을 제공할 수 있도록 고려된 구조이다.

동적 검증 표출 컴포넌트는 APCC 대표홈페이지와 CLIK 시스템에서 모두 작동해야 했기 때문에, 두 플랫폼 간 UI/UX 기준을 통일하고 데이터 접근 구조를 표준화하였다. 이를 통해 사용자 경험의 일관성을 확보했을 뿐 아니라, 내부 개발·운영 측면에서도 유지보수 효율을 크게 향상시키는 기반을 마련하였다.

4.2.2.3. Netcdf 파일 기반 동적 검증 프로토타입 개발

동적 시각화 체계 구축의 핵심은 사용자가 선택한 조건(모델명, 초기 월, 변수, 검증 지표 등)을 기반으로 nc 파일을 실시간으로 로딩하고 지도 위에 표현하는 기능이다. 이를 위해 APCC는 nc 파일을 읽고 배열 전처리, 좌표 변환, 색상 매핑 등을 수행하는 전용 NetCDF 처리 모듈을 개발하였다. 이 모듈은 기존 정적 이미지 출력 방식에서는 불가능했던 실시간 결과 반영을 가능하게 해 주었다.

개발된 모듈은 OpenLayers 지도와 결합하여 실제 데이터를 지도 위에 표현하는 동적 시각화 테스트를 완료하였다. 색상 범례 연동, 마우스 좌표 처리, 시계열 연동 등 주요 상호작용 기능이 정상적으로 구현되었으며, 대용량 고해상도 데이터에서도 큰 지연 없이 결과가 표출되는 것을 확인하였다.

본 동적 검증 엔진은 CLIK 시스템에서도 동일하게 작동하도록 설계되었으며, 실제 CLIK 내부에서 테스트 가능한 프로토타입 형태로 구현되었다. 이는 향후 CLIK-K-PaaS 환경에서의 정식 적용·확장 가능성을 검증하는 중요한 단계였으며, 플랫폼 전환 이후의 정식 서비스 구축을 위한 기술적 준비가 완료되었음을 의미한다.

새로운 시스템은 사용자가 선택한 변수·모델·기간 등을 즉시 반영하여 검증 결과를 지도에 실시간으로 출력한다. 이는 기존 정적 방식과 비교할 수 없을 정도로 높은 상호작용성을 제공하며, 연구자·현업 사용자 모두에게 분석 효율성을 크게 향상시키는 기능이다.

지도 기반 UI는 결과를 자유롭게 확대·축소하여 특정 지역을 분석할 수 있고, 지도 이동, 범례 보기, 컬러스케일 전환 등 다양한 기능을 제공한다. 사용자는 단순히 결과 이미지를 받아보는 것이 아니라, 데이터를 직접 탐색하고 조작하며 분석하는 능동형 연구 환경을 경험할 수 있게 되었다.

이번 개발 과정에서 중요한 목표 중 하나는 단순한 시연용 도구가 아닌, 기존 CLIK 시스

템 내부에서도 실제 동작 가능한 구조를 마련하는 것이었다. 이를 위해 APCC는 CLIK의 폴더 구조, 데이터 접근 방식, UI/UX 규칙을 분석해 동적 검증 모듈을 CLIK 환경에서 바로 적용할 수 있는 형태의 프로토타입으로 구성하였다.

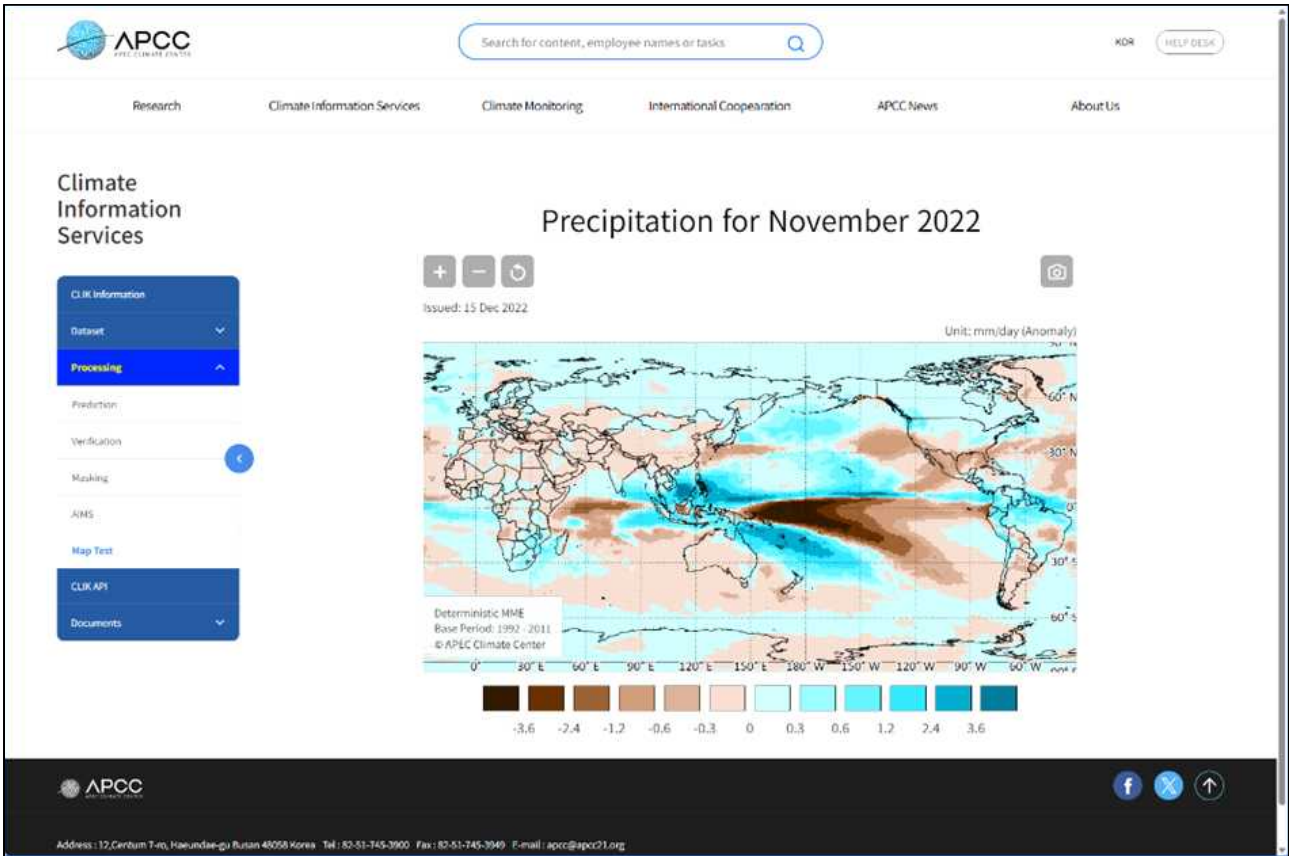


Figure 4.8 Newly Developed Dynamic Climate Information Service within the CLIK System

이 프로토타입은 CLIK의 기존 정적 이미지 기반 출력 방식을 대체할 수 있는 수준의 기능을 제공하며, 향후 K-PaaS 기반으로 CLIK가 재배포될 때 호환성을 유지하도록 설계되었다.

또한 CLIK 내부 적용 가능성을 검증하기 위해 경량화가 필요한 부분과 공통화가 필요한 로직을 식별하고, API 호출 구조와 데이터 로딩 방식 등을 CLIK의 기존 서비스 흐름과 충돌 없이 동작할 수 있도록 조정하였다. 이 단계는 단순한 ‘지도 위 출력’ 기능을 넘어 CLIK 전체 구조와 완전히 결합될 수 있는 기술적 토대가 마련되었다는 의미를 갖는다.

4.3. 사용자 맞춤형 고해상도 MME 검증자료 서비스 시험원형 구축

4.3.1. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 웹 인터페이스 개발

기존 기후정보도구에서 제공하는 계절예측 서비스는 저해상도와 고해상도가 분리되어 있어 사용자가 두 해상도의 예측결과를 비교하거나 선택적으로 활용하는데 불편함이 있었다. 또한 검증 서비스의 경우 저해상도 검증 결과만 제공하고 있어, 고해상도 예측 결과에 대한 정확도 평가에 검증 정보를 활용하지 못하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 과제에서는 사

용자 친화적인 통합 웹 인터페이스를 개발하였다. 아래 Figure는 통합 MME 계절예측 및 검증 서비스 원형 설계이다.



Figure 4.9 Prediction and Verification service prototyping design

통합 계절예측 인터페이스는 단일 페이지 내에서 해상도 선택 옵션을 제공하여, 사용자가 저해상도와 고해상도 예측 결과를 손쉽게 확인할 수 있도록 구현하였다. 이를 통해 사용자는 동일한 예측 기관과 변수에 대해 서로 다른 해상도의 결과를 이전보다는 쉽게 비교할 수 있게 되었다. 검증 인터페이스 역시 동일한 방식으로 통합되었다. 통합된 웹 인터페이스는 일관된 UI/UX를 제공하여 사용자의 정보 활용성을 크게 향상시켰다.

4.3.2. 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 시험원형 서비스

개발된 통합 웹 인터페이스를 기반으로 사용자 맞춤형 통합 계절예측 MME 및 검증 시험원형 서비스를 구축하였다. 시험원형 서비스는 실제 운영 환경과 유사한 조건에서 통합 인터페이스의 기능성과 안정성을 검증하고, 사용자 피드백을 수집하기 위한 목적으로 운영되었다. 계절예측 서비스에는 저해상도와 고해상도 예측 결과를 단일 페이지에서 제공함으로써, 사용자가 지역 및 활용 목적에 따라 적합한 해상도의 예측 정보를 선택적으로 활용할 수 있도록 하였다.

검증 서비스에서도 기존에 제공되지 않았던 고해상도 예측 결과에 대한 검증 기능을 새로

게 구현하여 서비스를 제공함으로써, 사용자에게 신뢰도 높은 예측정보를 선택하여 의사결정에 활용할 수 있도록 하였다. 시험원형 서비스 운영기간 동안 수집된 사용자 의견과 오류 사항들에 대해 지속적으로 개선을 진행하여, 향후 정식 서비스로의 전환을 위한 기술적 기반을 확립하였다. 다음 Figure는 시험원형으로 구축된 계절예측 결과 화면이다. 새롭게 추가된 해상도 옵션으로 사용자는 하나의 페이지에서 고해상도와 저해상도의 결과를 모두 확인 할 수 있다.

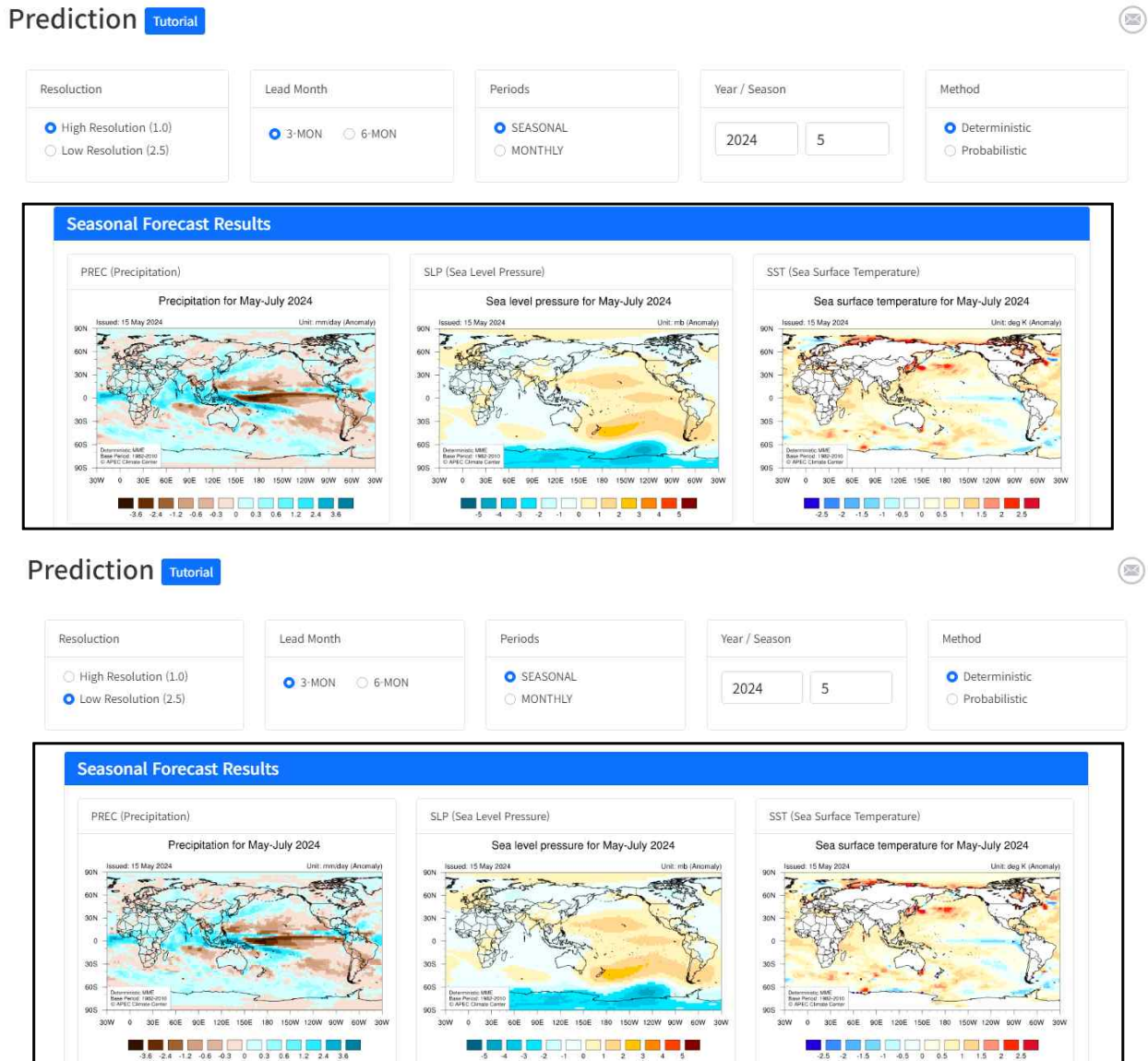


Figure 4.10 Prediction page – High resolution and Low resolution results

5. 결론 및 향후 과제

아시아·태평양경제협력체 기후센터(APCC)는 6단계 과제를 통해 기후정보서비스의 혁신적인 발전을 이루어냈다. 기후서비스 통합플랫폼을 운영하면서 동적 기후정보서비스 기반을 구축하였고, 홈페이지와 기후정보서비스 통합 플랫폼 원형을 구축하여 통합 기반을 마련하였다.

6단계 과제의 성공적인 완료를 바탕으로 7단계에서는 더욱 발전된 서비스를 제공할 계획이다. APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 개선, 홈페이지 및 기후정보도구 통합 완료, 계절내예측 정보 제공, 사용자 맞춤형 고해상도 MME 기후정보서비스 구축 및 시행 등을 통해 APCC의 기후정보 활용 및 사용자 지원을 더욱 강화할 예정이다. 이러한 노력은 궁극적으로 아시아태평양 지역의 기후변화 대응 능력을 향상하고, APCC가 제공하는 기후정보의 가치와 활용도를 크게 높일 것으로 기대된다.

7단계의 첫 해인 당해연도(2025년) 과제를 통해 달성한 최종성과는 K-PaaS 플랫폼 기반 기후정보서비스 체계 최신화 및 웹 사이트 총량제 달성을 통해 APCC 기후정보의 활용 확산을 달성한 것이다. 이에 대한 주요 연구개발 성과는 다음과 같다. “1) 클라우드 플랫폼 기술 최신화를 위한 K-PaaS 기반 기후정보서비스 전환 및 체계 구축, 2) 웹 사이트 총량제 달성을 위한 홈페이지 및 기후정보서비스 통합 및 정식서비스 시행, 3) 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 서비스 시험원형 구축, 4) APCC 기후정보서비스 안정적 운영 및 지역 상세화 신규 서비스 구축“이라는 성과 목표를 달성하였다.

1차 연도인 2025년에는 APCC 기후정보서비스의 안정적 운영 및 관리를 위해 PaaS-TA 플랫폼을 K-PaaS 플랫폼으로 최신화하고, K-PaaS 플랫폼 기반 기후정보서비스와 기관 홈페이지의 웹 주소 단일화, 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 및 기능 통합 등을 통해 정부 정책인 웹 사이트 총량제 정책을 달성하였다. 고해상도 MME 계절예측시스템을 통해 생산되는 고해상도 계절예측 검증 정보의 활용성과 사용 편의성을 증진하기 위해 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 서비스를 구축하고 시험서비스를 시행하였다. APCC는 월간 운영 보고를 통해 체계적인 서비스 관리를 시행하고, 서비스의 안정적 운영 및 개선을 이루었다.

2026년에는 시험 운영 중인 사용자 맞춤형 고해상도 MME 계절예측 검증 서비스를 정식 서비스하고 MME 계절내예측 기후정보서비스 체계를 구축하고, 기후정보서비스 언어 지원을 강화하기 위하여 기후정보도구(CLIK)와 통합인증서비스의 국문 웹사이트를 구축할 계획이다.

사사

본 연구는 APCC의 지원을 통해 수행되었습니다.

References

APCC Homepage, <https://www.apcc21.org>

APCC Climate Information Service Platform web site, <https://cliks.apcc21.org>

APCC Climate Monitoring system, <https://nagios.apcc21.org>

APCC, SSO, <https://sso.apcc21.org>

APCC, APCC 접속통계 시스템, <http://insight.apcc21.org:8080>

OpenStreetMap Homepage, <https://www.openstreetmap.org>

K-PaaS Homepage, <https://www.k-paas.or.kr>

공공데이터포털 · 목록등록관리시스템, <https://all.data.go.kr>

공공데이터 품질 · 표준관리 통합시스템, <https://std.sharedata.go.kr>

기관메타관리시스템, <https://public.meta.go.kr/gdp>

국가공유데이터 플랫폼, <https://www.sharedata.go.kr>

Docker hub, <https://hub.docker.com>

Bootstrap docs, <https://getbootstrap.com/docs/5.1>

Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS),
<https://cds.climate.copernicus.eu/>

ERA5 Document, <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation>

NCEP-NCAR Reanalysis 1, <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>

NCEP/DOE Reanalysis II, <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html>

Creative commons license, <https://ccl.cckorea.org>

공공누리, <https://www.kogl.or.kr>

Maven repository, <https://mvnrepository.com>