

**참여형 기후서비스 플랫폼 구축**

**Developing a participatory climate service  
platform**

**이현록, 신지현, 정주형, 정임국, 조재필  
기후사업본부 예측운영과**

**2019.12.**

**APEC기후센터**

## 평문 초록

APEC 기후센터에서는 아시아태평양 지역에서 기후정보가 좀 더 가치있게 사용될 수 있도록 다양한 기후정보서비스를 개발하여 온라인에서 서비스하고 있다. 기존에 개발되어 서비스되고 있는 기후정보서비스는 다음과 같이 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 기후예측정보 자체를 생산하는데 중점을 둔 서비스, 둘째, 기후예측정보를 다양한 형태로 가공할 수 있도록 지원하는 서비스, 셋째, 기후자료 자체를 디지털 형태로 전송 받아갈 수 있는 서비스로 분류할 수 있다. 이와 같은 서비스 구분을 바탕으로 사용자들이 요구하는 특정 목적 혹은 연구를 위해서 독립적으로 기능들을 집약하여 개발 및 서비스를 실시하고 있는데, 이런 목적지향 서비스들은 기후자료 수집, 기후자료 처리, 기후자료 표현 등을 기본적으로 포함하여 개발되는 것이 대부분이다. 목적지향 서비스들이 증가할수록 비슷한 기능들이 조금씩 다른 형태로 개발되고 서비스되어 가는 현시점에서 중복을 최소화하고 인적 물적 자원의 낭비를 줄일 수 있는 방법의 제시가 필요한 상황이었으며, 이를 위해 플랫폼 기술을 바탕으로 비슷한 기후정보서비스의 중복 기능을 통합하고 운영 효율을 높일 수 있도록 참여형 기후서비스 플랫폼으로의 전환을 제안하였다. 기후정보서비스들의 플랫폼 구축은 증가하는 기후정보 수용에 대응하여 기후예측자료 및 예측자료 활용 기술을 중심으로 통합하여 예산 절감효과와 함께 기후정보 수집부터 가공까지 사용자의 요구를 적합하게 충족시킬 수 있는 최적의 방안이다.

해당 과제는 기후자료 서비스 플랫폼 및 기반이 되는 서비스를 구축하기 위해서 허가된 사용자가 사용할 수 있도록 플랫폼에 인증 체계를 설계하고 개발하였으며, 기후자료 서비스 지원을 위한 프로그램 인터페이스 개발과 웹 서비스 포털을 개발을 진행하였다. 또한 기후정보에 맞춰진 플랫폼 기반의 서비스를 지원하기 위해서 플랫폼 자체에 대한 맞춤 구성과 최적화를 실시하였다. 또한 개발된 사용자 참여형 기후서비스 플랫폼을 활용하는 첫 번째 대상 서비스로 APCC통합모델링시스템을 해당 플랫폼과 연동하였다. 이와 동시에 해당 모델링 서비스의 사용자 응용프로그램에 대하여 자료의 분석에 대한 이해를 더욱 높일 수 있도록 결과 그래프 개선, 사용자 입력 및 분석을 실시할 때 더욱 직관적이고 편의성 높은 방법으로 사용자 인터페이스를 개선하였고, 기존 기후변화시나리오 상세화 기법만 지원하던 것에서 계절예측 상세화 기법 확장시키는 연구개발을 진행하였다. 해당 개선 결과를 사용자에게 선보이고 그 반응을 살펴보고자 기후특성 분석을 위한 사용자 워크숍을 개최하여 실제 활용하는 사용자의 다양한 반응과 향후 연구개발에 그 의견을 반영할 수 있는 장치 또한 마련하였다.

본 과제를 통해 플랫폼 기술을 기반으로 한 APCC 기후자료 웹 서비스 포털의 서비스를 실시하였고 이는 기존의 방식과는 달리 현재 전 세계적으로 널리 통용되는 자료 다운로드 방법인 공개응용프로그램 인터페이스를 제공하고, 향후 이를 활용하여 기후자료 중심의 서비스 통합을 위한 기반을 마련하였다. 또한 계절예측 상세화가 추가되고 사용자 측면의 편의성이 개선된 APCC통합모델링시스템을 연구개발하고 실제 사용자 교육에 활용하였다. 해당 플랫폼을 활용하여 점진적으로 기존 APCC 기후정보서비스들을 대체 및 통합을 진행시킬 예정이며, 신규로 구축되는 기후서비스들의 중복되는 기능은 쉽게 재활용하여 개발할 수 있는 기반이 되는 기술을 확보한 것에 그 의의가 매우 깊다.

# Executive Summary

The APEC Climate Center provides various services for the production, processing, and provision of climate prediction data through individual climate information service which is tailored to the specific purpose, in order to effectively utilize the technologies and outcomes accumulated through the R&D project for climate services. However, proper integration and system of the corresponding information services are required for the development of climate services to reflect the needs of various users. In other words, a climate service platform based on cloud technology, which is composed of a series of services including Multi-Model Ensemble(MME) prediction, presentation, and processing of the climate model data, should be established systematically.

The climate service system from developed countries such as the US and Europe has also provided climate information produced by observation, monitoring, research, modeling, and forecasting through the Climate Information Service System which is oriented by the provider. ECMWF C3S(Copernicus Climate Change Service) has recently been establishing the for providing a platform that can encourage user participation. Therefore, APCC climate information service system also should be turning into a system that can lead to new service contents with the participation of users, rather than supplying climate data unilaterally. This can be realized through the development and utilization of a participatory climate service platform that induces various climate information providers, modelers, and other climate data users. In addition, the establishment of an R&D Hub for supporting the climate prediction system development by utilizing the relevant cloud technology will solidify the cooperation system of the university, research institute, and government organization. The Hub can be as being a catalyst to share information for the climate prediction system R&D through model source code sharing with version control, exchange of opinions via Wiki page, and issue management by an issue tracking system.

The final goal of this project is to build a climate service platform and primitive unit services for the gradual integration of APCC climate information services. This year, we built a climate data service platform and a web service that started to serve deterministic / probabilistic MME data and clipped CMIP5 data that was processed based on a particular region boundary. Based on enhancements of the APCC Integrated Modeling Solution (AIMS) application software for climate data processing and reprocessing including statistical downscaling, the AIMS User Workshop for climate characteristic analysis was held to strengthen user feedback.

In order to achieve the first detail objective, the establishment of a climate data service platform, we installed and customized PaaS-TA, one of a platform as a service (PaaS) system

which can be set under infrastructure as a service (IaaS). And we built a system for sharing climate data. The sharing system was designed using a one-way server and built on the separated network (internal and external network) for the purpose of the APCC internal climate data that can be safely shared externally. In addition, we established an interconnected authentication system with the APCC integrated authentication system (Single Sign On, SSO) which is being serviced for the homepage, ADSS, and CLIK. And we implemented web interface and Open API(Application Programming Interface) for the climate data service. The climate data web service provides 3/6-month Deterministic Multi Model Ensemble (DMME), Probabilistic Multi Model Ensemble (PMME) data, individual climate model data, and CMIP5 data clipped by region. The inter-working between the climate data service and AIMS was developed and tested to verify that the smooth linkage between the platform and other services. The second detail objective, the enhancement of the AIMS for climate data processing and reprocessing, was achieved by adding seasonal prediction downscaling based on weather generator into statistical downscaling for the climate change scenarios. In addition, we have improved user interface and R package, and graph readability based on user feedback.

## 국문 요약

기후예측정보 활용 기술개발을 통해 축적된 기술과 산출물을 기후서비스에 효과적으로 활용하기 위해서 APEC기후센터에서는 목적에 맞는 개별 기후정보서비스를 통해 기후예측자료의 생산, 가공, 제공 서비스를 실시하고 있다. 하지만, 다양한 사용자의 요구를 반영하기 위한 기후서비스를 개발하기 위해서는 해당 정보서비스들의 통합적인 활용이 필요하며 이를 반영한 체계가 필요하다. 즉, 다중모델 기반의 기후예측자료 제공, 해당 자료의 표출 및 가공을 포함하는 일련의 서비스가 연계되어 구성된 클라우드 기술 기반의 기후서비스 플랫폼이 체계적으로 구축되어야 한다.

미국, 유럽 등 선진국의 기후서비스 제공 체계도 관측·감시 및 연구·모델링·예측 등을 통해 생산된 기후예측정보를 기후정보서비스시스템(Climate Information Service System)을 통해 공급자 중심으로 제공하여 왔으며, 최근에 들어서야 ECMWF C3S(Copernicus Climate Change Service)를 필두로 사용자의 참여를 촉진할 수 있는 서비스 제공 기반을 마련하고 있는 실정이다. 따라서 APCC의 기후서비스 체계도 일방적으로 고정된 자료를 공급하는 형태가 아닌 사용자들의 참여로 새로운 서비스 콘텐츠로 이어질 수 있는 체계로의 전환이 필요하며, 이는 다양한 기후예측정보 생산자, 모델 개발자 및 관련분야 기후예측자료 사용자들의 참여를 유도하는 참여형 기후서비스 플랫폼의 개발 및 활용을 통해 실현될 수 있다. 또한 해당 클라우드 기술을 활용하여 기후예측시스템 연구개발의 지원을 위한 허브 구축은 관학연의 협력 체계를 공고히 하고 실질적인 소스코드 공유, 의견교환, 쟁점관리 등을 통해 기후예측시스템 연구개발에 필요한 정보들을 공유하여 실제 연구개발의 촉진제 역할을 할 수 있도록 구성할 필요가 있다.

해당 과제를 통해서 달성한 최종적인 목표는 APCC의 기후정보서비스의 점진적인 통합을 위한 기후자료 서비스 플랫폼 및 기반이 되는 서비스를 구축하는 것이다. 당해연도 과제를 통해서 APCC 다중모델 앙상블을 통해 생산된 결정론적/확률론적 기후예측자료와 기후변화 시나리오 자료를 각 지역별로 가공한 Clipped CMIP5 자료를 중심으로 한 기후자료서비스 플랫폼을 구축하고 해당 플랫폼을 통한 웹 서비스를 시작하였으며, 기후자료 처리 및 재가공 목적의 APCC 통합모델링솔루션(APCC Integrated Modeling Solution, AIMS) 응용 소프트웨어 고도화와 그 고도화 결과를 바탕으로 기후특성 분석을 위한 AIMS 사용자 워크숍을 개최하여 사용자 피드백 강화를 달성하였다.

첫 번째 세부 목표인 기후자료서비스 플랫폼 구축을 구축하기 위해 IaaS (Infrastructure as a Service)에 PaaS (Platform as a Service)인 PaaS-TA 체계를 설치하고 맞춤 설정을 수행하였으며, 기후자료를 공유할 수 있는 체계를 구축하였다. 해당 체계는 내외부로 망분리가 이루어진 APCC에서 기후자료를 안전하게 외부에서 공유할 수 있도록 일방향성을 가진 서버를 독립적으로 운영하는 형태로 설계 및 구축하였다. 또한 홈페이지, ADSS, CLIK의 사용을 위해 서비스 중인 APCC 통합인증시스템(Single Sign On, SSO)과 연동 인증체계를 구축하고 기후자료서비스를 위한 웹 인터페이스 및 자료 제공을 위한 Open API (Application Programming Interface)를 구현하였다. 기후자료 웹 서비스를 통해서 3개월/6개월 DMME (Deterministic Multi

Model Ensemble), PMME(Probabilistic Multi Model Ensemble) 자료, 개별 기후모델 자료, 지역에 따라 잘라진 CMIP5 자료를 제공한다. 해당 기후자료들과 AIMS 간의 연동 기능을 개발하고 테스트를 완료하여 기후자료서비스 플랫폼과 다른 서비스 간의 연계가 원활하게 이루어짐을 검증하였다. 두 번째 세부 목표인 기후자료 처리 및 재가공 목적의 AIMS 고도화는 기존 기후변화 시나리오 통계적 상세화를 위해 개발된 R 패키지만을 연동하여 수행되던 것을 지점기반 기상발생기(Weather Generator)를 이용한 계절예측 상세화 모듈을 AIMS에 추가하였다. 또한 사용자들의 피드백을 중심으로 사용자인터페이스 및 R 패키지에 대한 개선, 그래프 가독성 강화 등을 달성하였다.

# 1. 서론

기후예측정보 활용 기술개발을 통해 축적된 기술과 산출물을 기후서비스에 효과적으로 활용하기 위해서 APEC기후센터에서는 목적에 맞는 개별 기후정보서비스를 통해 기후예측자료의 생산, 가공, 제공 서비스를 실시하고 있다. 하지만, 다양한 사용자의 요구를 반영하기 위한 기후서비스를 개발하기 위해서는 해당 정보서비스들의 통합적인 활용이 필요하며 이를 반영한 체계가 필요하다. 즉, 다중모델 기반의 기후예측자료 제공, 해당 자료의 표출 및 가공을 포함하는 일련의 서비스가 연계되어 구성된 기후서비스 플랫폼이 체계적으로 구축되어야 한다.

해당 과제에서는 기후자료 서비스 플랫폼을 구축하기 위해 플랫폼서비스(Platform as a Service, PaaS)로 선정된 파스-타(한국정보화진흥원) 체계를 APCC 기후서비스에 적합하도록 맞춤 기능을 설정하고, 기존의 서비스들과 기후자료를 공유할 수 있는 체계를 구축하였다. 또한 기존 APCC의 통합인증 방법과 연동하여 인증할 수 있는 체계를 구축하고 해당 인증 기능을 바탕으로 공개 응용프로그래밍 인터페이스(Open API, Open Application Programming Interface)에 대한 인증방안도 개발 완료하였다. 해당 인증 기능은 기존 ADSS(APCC Data Service System)에서 개별 모델 다운로드 허용을 인가된 사용자에게 한해 실시하는 조건을 그대로 기후자료 검색 및 다운로드 API에 활용할 수 있도록 개발되었다. 기본적인 API 기능들을 완성한 후에 해당 기능들을 웹 인터페이스로 구현하여 일반 사용자는 웹 인터페이스를 사용하여 기후자료를 손쉽게 다운로드 받을 수 있도록 구성하고 기상/기후 전문가 집단에서는 API를 사용하여 자신의 프로그램에서 손쉽게 자료를 다운받을 수 있도록 하였다. 기후자료 가공 및 다운로드 요청 등 작업의 순차적인 처리를 위해 필요한 메시지 큐(Message Queue)는 RabbitMQ를 사용하였으며, 기후자료의 등재를 위한 데이터베이스 관리시스템(DBMS, DataBase Management System)은 NoSQL을 기본으로 하는 MongoDB를 활용할 수 있도록 구성하였다. 구축된 기후자료 서비스 플랫폼과 AIMS 간 연동 기능을 개발하고 테스트를 완료하여 기후자료서비스 플랫폼이 다른 응용 프로그램과 연계가 원활하게 이루어짐을 증명하였다.

개별 모형 계절예측 자료와 MME 자료, (243개국 대상 Clipping) CMIP5 기후변화 시나리오 자료는 ADSS와 기후자료서비스 플랫폼으로 현재 제공하고 있다. 이러한 APCC의 다양한 기후자료들은 농업 및 수자원분야에 수요가 높으나 시공간적인 규모의 차이, 다양한 자료 포맷 등 사용상 어려움으로 그 활용도가 낮으며, 특히 APEC 내 개발도상국은 기후정보 및 인프라의 부족으로 기후변화에 매우 취약하여 이에 대한 영향 및 취약성 평가가 요구되고 있는 실정이지만, 다양한 지역의 사용자들이 영향 및 취약성 평가를 위해 전구 규모의 다중모형 자료에 접근하여 지역특성을 고려한 상세화를 개별적으로 수행하기에 큰 어려움이 있다. 이에 2017년도 사업을 통해 사용자가 직접 설치하여 지역특성에 맞는 기후변화 시나리오 자료를 상세화하고 추가적인 모델링을 수행할 수 있도록 APCC Integrated Modeling Solution (AIMS)를 개발하여 지속적인 교육을 실시해왔다. AIMS는 과학자 수준의 사용자가 기후정보 중심의 다양한 분석을 수행할 수 있도록 확장성을 고려하여 개발되었고, 기후변화 시나리오 통계적 상세화를 위해 독립적으로 사용이 가능한 R기반 패키지 4개(rSQM, rSDQDM, rBCSA, rAnalysis4CC)를 연동하여 작업을 수행할 수 있도록 하였다. 2017년도에 처음 개발되어 2018년까지 사용자들과 국외 사용자들의 피드백을 중심으로 UI 및 R패키지 개선이 진행되었고, 계절예측 상세화를 위해 지점기반

기상발생기(Weather Generator, WG)를 이용한 계절예측 상세화 모듈도 AIMS에 추가되었다.

본 보고서의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 기후자료서비스 플랫폼 구축을 위한 관련 기술을 살펴보고 해당 기술을 기후 과학자나 서비스 개발자들이 활용할 수 있도록 어떤 맞춤 설정을 수행하고, 기반이 되는 서비스는 무엇이 있는지 서술하였다. 또한 사용자 및 API 인증 체계 구축에 관한 요구사항들을 정리 및 분석하고 그에 따른 설계 명세를 기술하였으며 해당 명세를 바탕으로 웹 서비스로 구현한 기후자료서비스 플랫폼에 대하여 살펴보도록 한다. 3장에서는 향후 참여형 기후서비스 플랫폼의 기초 컴포넌트로 활용할 수 있는 상세화 예측 및 평가를 중심으로 개발된 기후자료 처리 응용 프로그램인 AIMS의 고도화와 기술협력 및 교류를 위한 사용자 워크숍에 대하여 다루도록 한다. 마지막으로 4장에서 결론과 향후과제에 대하여 논의한다.

## 2. 기후자료 서비스 플랫폼 구축

### 가. 플랫폼서비스 맞춤 구성 및 최적화

#### (1) 클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅이 IT 분야의 새로운 패러다임으로 등장하면서 구글, 아마존, 애플 등 글로벌 클라우드 기업과 KT, LG CNS, 네이버 등 국내에서도 클라우드 서비스가 급증하고 있으며, 공공부문에서 역시도 정부통합전산센터, 서울특별시 등으로 클라우드 컴퓨팅 기술이 빠르게 확산되고 있다. 하지만 국내 클라우드 서비스는 대부분 인프라 서비스(IaaS)로 클라우드 응용 프로그램을 개발·운영하는 환경(PaaS)가 없어 클라우드 컴퓨팅의 응용 단계 생태계 구축이라는 커다란 숙제는 현재에도 진행형이다.

클라우드 플랫폼은 개발자가 어플리케이션을 개발, 서비스하기 위해 사용 가능한 서비스와 기능을 제공한다. 즉, 서비스를 개발할 수 있는 안정적인 환경과 그 환경을 이용하는 응용 프로그램을 개발할 수 있는 API 까지 제공하는 형태를 말한다. 특정 소프트웨어를 사용할 수 있게 클라우드를 활용하는 것이 아닌, 표준화된 플랫폼을 서비스 형태로 제공하는 서비스이다.

본 “기후자료서비스 플랫폼 구축”은 APEC 기후센터 내 기후 과학자나 기후 관련 소프트웨어 개발자들이 기후자료를 중심으로 응용 어플리케이션들을 개방형 플랫폼에 개발·배포·운영·관리할 수 있는 기반을 마련하고, 각각의 어플리케이션 서버들을 별도의 큰 비용 없이 이식 가능하게 함으로써 개별적인 서비스를 클라우드 플랫폼에서 운영하고자 하는 전략을 제시하고자 한다.

#### (2) 개방형 클라우드 플랫폼 파스-타

개방형 클라우드 플랫폼이란 클라우드 플랫폼을 오픈 소스 기반의 클라우드 플랫폼으로

제공하는 것을 뜻한다. 오픈 소스의 가장 큰 특징 중 하나인 그 유연성은 오픈 소스 기반의 클라우드 플랫폼은 여러 클라우드 인프라(IaaS)에서 운영이 가능하다.

대표적인 개방형 클라우드 플랫폼은 Pivotal의 CloudFoundry와 RedHat의 OpenShift가 있다. CloudFoundry(이하 CF)는 VMWare가 인수한 SpringSource의 Java 플랫폼인 SpringSource CloudFoundry를 기반으로 시작하였고, 시간이 지남에 따라 언어와 서비스, 프레임워크 등이 추가되어 발전되어 가고 있다. Pivotal이 CloudFoundry를 인수함에 따라 역시 Pivotal에서 진행중인 Spring Framework, RabbitMQ 등과 그 시너지 효과를 내고 있다고 할 수 있다. OpenShift는 대표적인 RedHat이 어플리케이션 제작, 테스트, 운용 및 관리 등에 필요한 다양한 플랫폼, 개발 언어, 프레임워크 및 라이브러리 환경에 포괄적이고 광범위한 클라우드 사업자를 지원하는 인프라를 제공하려는 전략으로 탄생된 대표적인 개방형 클라우드 플랫폼 중 하나이다.

APEC 기후센터에서 진행중인 참여형 기후서비스 플랫폼(이하 플랫폼)은 한국정보화진흥원(NIA)에서 진행중인 “개방형 PaaS 플랫폼 고도화 및 개발자 지원환경 개발” 과제로 개발된 PaaS-TA를 기반으로 구성되어 있다.

PaaS-TA는 CF 기반으로 개발되었으며, 2017년 2월에 그 소스코드가 최초로 공개 되었다. PaaS-TA는 VMWare, OpenStack 등 7종 이상의 다양한 인프라(IaaS) 지원하며, 8종의 개발 언어와 10종의 프레임워크를 스타터 카탈로그로 제공하여 풍부한 개발·운영환경을 제공하고 있다. 이와 더불어 IaaS/VM/컨테이너 등을 통합하여 모니터링할 수 있는 기능을 포함하고 있으며, 이를 통한 자동 확장 기능(Auto-Scaling)을 제공하고 있다. (출처 : 개방형 클라우드 플랫폼 파스타 발표자료, 한국정보화진흥원 윤희근 선임)

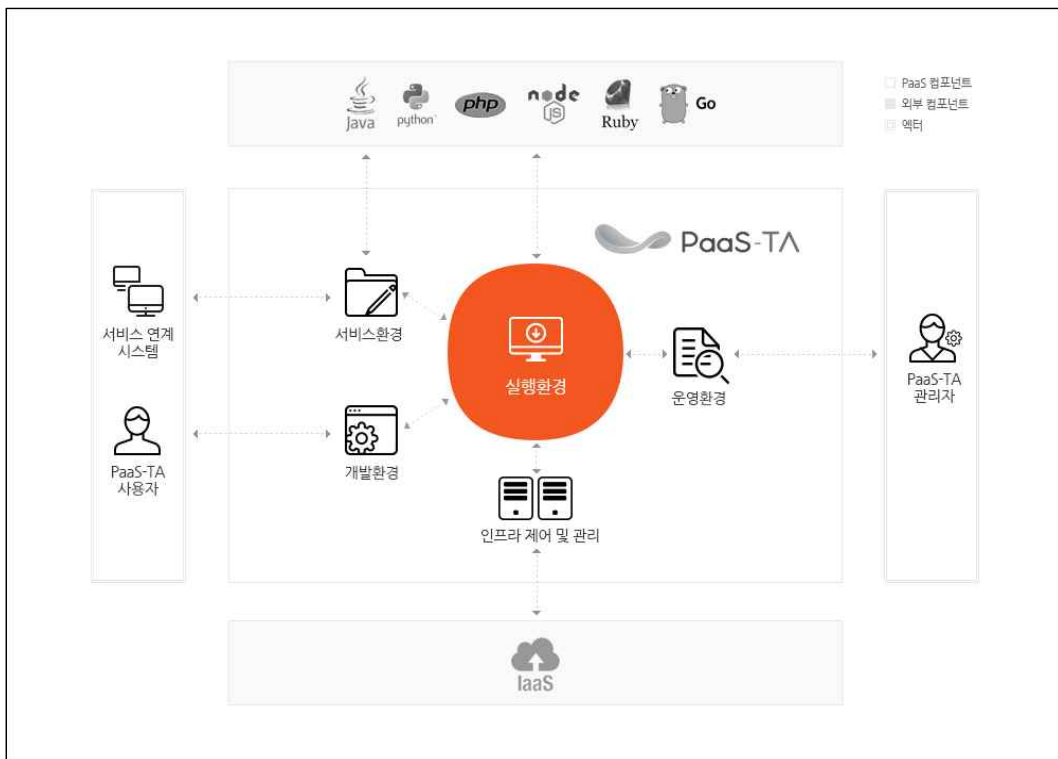


Figure 1. PaaS-TA Configuration Details, <http://pass-ta.kr>

### (3) PaaS-TA를 적용한 APCC 기후서비스 플랫폼

기후서비스 플랫폼은 PaaS-TA를 활용하여 구성되어 있으며, PaaS-TA는 BOSH<sup>1)</sup>를 통해서 설치할 수 있다. BOSH는 초기에 Cloud Foundry PaaS를 위해 개발되었지만, 현재는 Jenkins, Hadoop 등 Yaml 파일 형식으로 소프트웨어를 쉽게 배포할 수 있으며, 수 백 가지의 VM을 설치할 수 있고, 각각의 VM에 대해 모니터링, 장애 복구 등 라이프 사이클을 관리할 수 있는 통합 프로젝트이다.

BOSH가 지원하는 IaaS는 VMware vSphere, Google Cloud Platform, AWS, OpenStack, MS Azure, VMware vCloud, RackHD, SoftLayer가 있다. PaaS-TA는 VMware vSphere, Google Cloud Platform, AWS, OpenStack, MS Azure 등의 IaaS를 지원한다. (출처 : 파스타 GitHub 페이지, <https://github.com/PaaS-TA>)

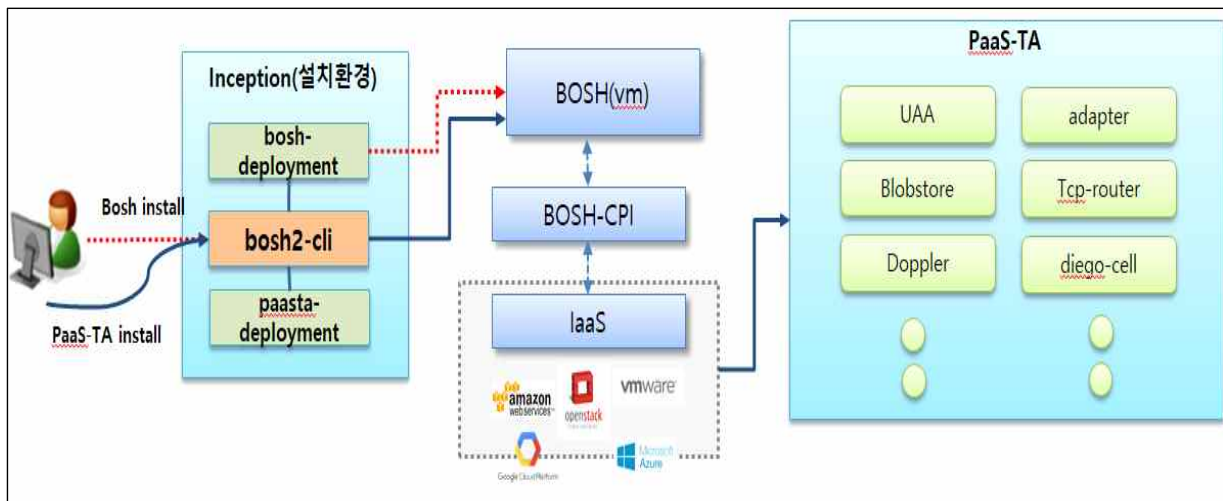


Figure 2. Basic Installation Structure of PaaS-TA Using BOSH2, <https://github.com/PaaS-TA/>

BOSH2는 위 Figure 2와 같이 BOSH2 CLI를 통하여 BOSH와 PaaS-TA를 생성한다. 그 이후, bosh-deployment를 이용하여 BOSH를 생성한 후, paasta-deployment로 PaaS-TA를 생성하는 순으로 설치가 진행된다. PaaS-TA를 설치하기 위해 IaaS 관련 network, storage, vm 관련 설정들을 정의한다. BOSH는 이러한 복잡한 각각의 설정을 Cloud-Config로 저장하여 이 설정에 따라 PaaS-TA VM(IaaS 레벨)을 생성하고 설치한다. (별첨 01\_bosh-deployment.yml, 02\_deploy-vsphere.sh, 03\_vsphere-cloud-config.yml 참조)

BOSH의 설치가 완료 되고 나면, BOSH를 통하여 PaaS-TA Core를 배포한다. paasta-deployment.yml 파일은 PaaS-TA를 배포하는 핵심 Manifest 파일이며, PaaS-TA VM에 대한 설치 정의를 하게 된다. APEC 기후센터에서 사용하고 있는 IaaS는 vSphere로 위 Figure

1) 클라우드 환경에 서비스 시스템을 배포할 수 있는 BOSH는 릴리즈 엔지니어링, 개발, 소프트웨어 라이프사이클 관리를 통합한 오픈소스 프로젝트

3과 같이 BOSH를 통하여 IaaS 내 BOSH 서버를 구성하였다. (별첨 04\_paasta-deployment.yml, 05\_deploy-vmphere.sh 참조)

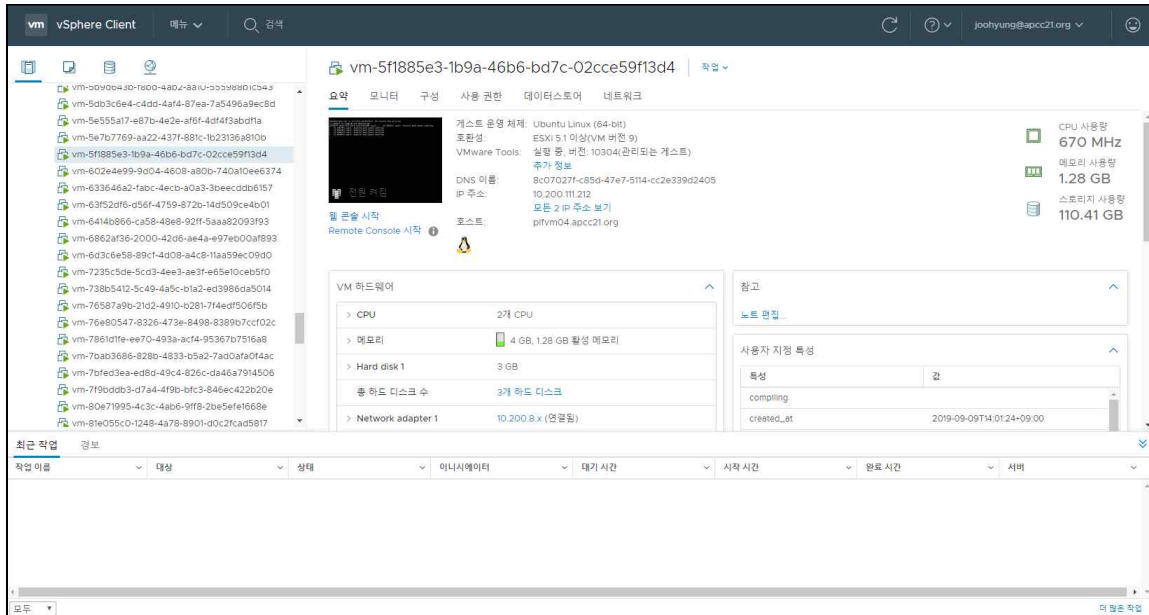


Figure 3. APCC Climate Service Platform IaaS with BOSH

PaaS-TA Core가 설치되면, 세부적인 설정을 위하여 CF CLI를 설치한다. CF는 CloudFoundry의 핵심 어플리케이션으로 각각의 PaaS 영역을 생성/삭제 및 관리한다. CF CLI를 통하여 이후 CF 명령어를 통하여 PaaS-TA 설치시 지정해주었던 CF system domain으로 접속하여 PaaS-TA의 세부 설정 및 각 서비스를 설치하였고, 그 서비스 목록은 아래 Table 5과 같다.

Table 1. List of PaaS-TA add-on services installed on climate service platforms

서비스 명	내용	참조 파일
PaaS-TA Portal	파스타 사용자/관리자 포탈	06_paasta-portal-bosh2.0.yml 07_deploy-portal-bosh2.0-vmphere.sh
paasta-container-service-2.0	파스타 Container 서비스	08_paasta-container-service-vmphere-vars.yml 09_deploy-vmphere.sh
paasta-delivery-pipeline-release-1.0	파스타 배포 파이프라인	10_paasta_delivery_pipeline_bosh2.0.yml 11_deploy-delivery_pipeline-bosh2.0.sh
paasta-glusterfs-2.0	GlusterFS 분산처리파일시스템	12_paasta_swift_object_bosh2.0.yml 13_deploy-swift-object-bosh2.0.sh
paasta-logging-service-2.0	로그 서비스	14_paasta_logging_service.yml 15_logging-service-deploy.sh
paasta-mongodb-shard-2.0	DBMS mongodb	16_paasta_mongodb_shard_bosh2.0.yml 17_deploy-mongodb-shard-bosh2.0.sh
paasta-monitoring	파스타 모니터링 서비스	18_paasta-monitoring.yml 19_monit-deploy.sh
paasta-mysql-2.0	DBMS MySQL	20_paasta_mysql_bosh2.0.yml 21_deploy-mysql-bosh2.0.sh
paasta-rabbitmq-2.0	Message Queue 서비스	22_paasta_rabbitmq_bosh2.0.yml 23_deploy-rabbitmq-bosh2.0.sh

paasta-redis-2.0	DBMS Redis	24_paasta_redis_bosh2.0.yml 25_deploy-redis-bosh2.0.sh
paasta-sourcecontrol-release-1.0	파스타 형상관리 서비스	26_paasta_sourcecontrol_bosh2.0.yml 27_deploy-sourcecontrol-bosh2.0.sh

PaaS-TA는 범용적으로 클라우드 개발 환경을 보급하고자 만들어진 목적이기때문에, nginx, PHP, Python, Go, Node.js, Java, Ruby 등 아래 Figure 4, Table 2와 같이 7종의 널리 쓰이는 프로그래밍 언어와 4종의 기본 어플리케이션 개발을 위한 앱 템플릿이 구성되어 있다.

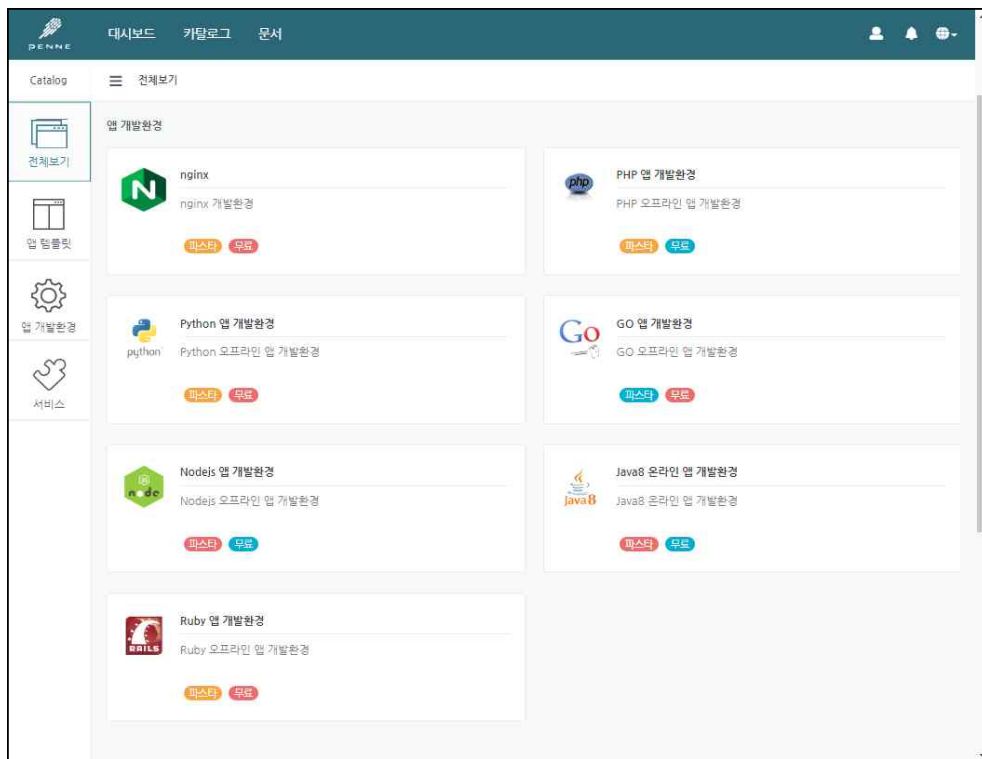


Figure 4. PaaS-TA Basic App Development Environment List

Table 2. PaaS-TA built-in app templates, app development environments

앱 템플릿	앱 개발환경
<p>자바 기본 유형 템플릿</p> <p>전자정부 프레임워크 웹 어플리케이션 템플릿</p> <p>NodeJS + Mongo-DB 앱 템플릿</p> <p>Java + Redis 앱 템플릿</p>	<p>nginx</p> <p>PHP</p> <p>Python</p> <p>GO</p> <p>Node.js</p> <p>Java</p> <p>Ruby</p>

APEC 기후센터에서는 Python, Java, R, NCL 등의 기후데이터 가공을 위한 프로그래밍 언어의 사용 빈도가 높으며, 더불어 MySQL, MariaDB, MongoDB 등과도 같은 DBMS 역시도 많이 사용하고 있으므로, 이에 빠른 어플리케이션 개발 환경이 필요하였다.

아래 Figure 5와 같이 센터 내에서 운영하고자 하는 기후데이터 서비스에 적합한 어플리케이션 템플릿 구성을 통한 빠른 앱 개발 환경 구성하였고, PaaS-TA의 포털에서 클릭만으로 이러한 프로그래밍 언어와 DBMS의 조합을 사용할 수 있게 되었다. 결과적으로 아래 그림과 같이 Java-MySQL, Python-MongoDB 등의 조합 가능한 어플리케이션 템플릿 제공을 통한 빠른 개발환경을 제공할 수 있다.

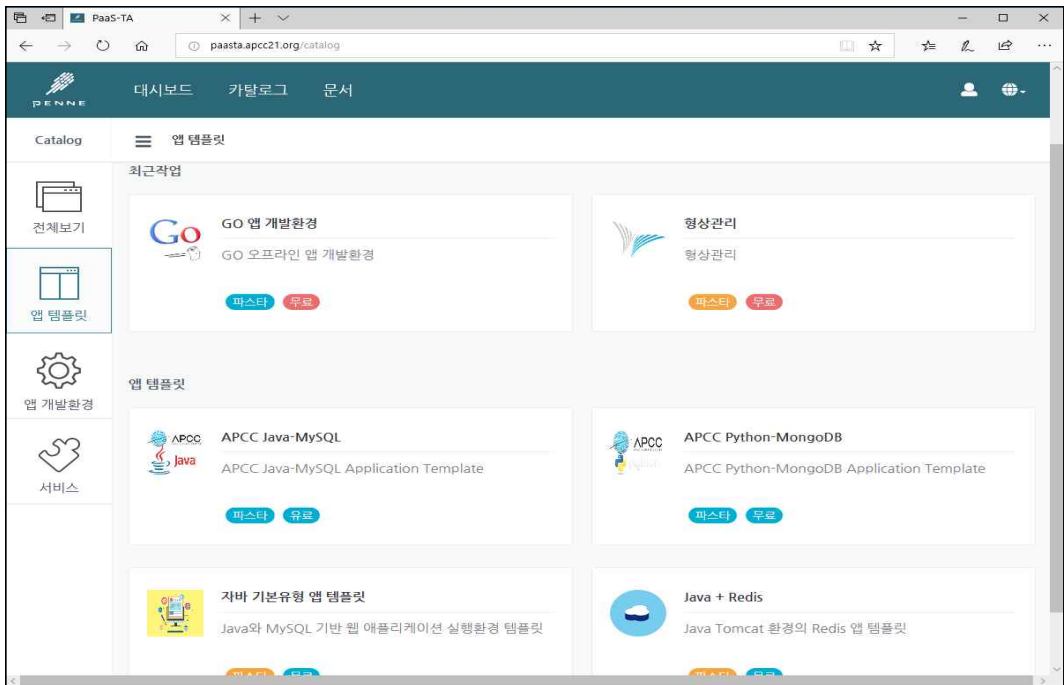


Figure 5. APCC App Template Configuration Screen

#### (4) 기후서비스 플랫폼 요구사항 및 Use Case 분석

본 절에서는 Open PaaS 플랫폼 PaaS-TA의 요구사항, 기술 구조 및 동작 매커니즘을 분석한다. 유즈 케이스 명세를 기준으로 포털이 제공하는 요구사항 및 유즈 케이스 요건은 다음 Table 3, 4와 같다.

Table 3. PaaS-TA User Portal Requirements

요구사항 ID	요구사항 내용
RQ_PF_PU_01	시스템은 PaaS-TA의 연결 정보 및 인증 정보, 목표 스페이스를 등록하고 해당 정보를 통해 PaaS-TA 연결을 지원한다.

	<p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 어플리케이션 목록을 조회 할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 어플리케이션 상세 정보를 조회 할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 어플리케이션의 이벤트 정보를 확인 할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PU_02	<p>시스템은 연결된 PaaS-TA의 목표 스페이스 내의 어플리케이션 목록을 조회하고, 특정 어플리케이션의 상세 정보 조회를 지원한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 어플리케이션 기본 모니터링 정보를 조회 할 수 있어야 한다. (Memory, CPU, Disk 사용량 등)</li> </ol>
RQ_PF_PU_03	<p>시스템은 배포된 어플리케이션의 상태 제어 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 어플리케이션을 구동할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 어플리케이션을 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 어플리케이션을 이름 변경할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 어플리케이션을 재기동할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 어플리케이션을 Scale In/Out, Up/Down 할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PU_04	<p>시스템은 배포된 어플리케이션의 라우트, 환경 변수, 메모리 사용량을 조회하거나, 수정을 지원한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 어플리케이션 환경 정보 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 어플리케이션 환경 정보를 추가할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 어플리케이션 환경 정보를 삭제할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PU_05	<p>시스템은 목표 스페이스에 PaaS-TA에서 사용할 수 있는 서비스팩을 조회하여 서비스팩 인스턴스 생성 및 어플리케이션과 서비스팩 인스턴스 바인딩을 지원한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 연결된 PaaS-TA의 서비스팩 인스턴스를 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>1. 바인드된 서비스 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 어플리케이션에 서비스를 바인드할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 어플리케이션에 바인드된 서비스를 해제할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PU_06	<p>시스템은 배포된 어플리케이션 모니터링 및 Auto-Scaling을 지원한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auto-Scale 조건을 조회 / 설정할 수 있어야 한다.</li> <li>2. Auto-Scaling을 위한 App 모니터링 정보 수집 할 수 있어야 한다.</li> <li>3. Auto-Scaling 설정 정보와 모니터링 정보 비교 분석을 해야 한다.</li> <li>4. Auto-Scale 조건에 해당되면 Scale In/Out을 할 수 있어야 한다.</li> </ol>

Table 4. PaaS-TA Administrator Portal Requirements

요구사항 ID	요구사항 내용
RQ_PF_PA_01	<p>시스템은 사용자 및 관리자 정보 조회, 삭제 및 비밀번호 재설정 등 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사용자 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 사용자 상세 정보 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 사용자를 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 사용자 비밀번호를 재설정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 관리자 권한 부여할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PA_02	<p>시스템은 클라이언트 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 등 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 클라이언트(uaa client) 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 클라이언트 상세 정보 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 클라이언트를 추가할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 클라이언트를 수정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 클라이언트를 삭제할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PA_03	<p>시스템은 조직(org) 및 스페이스(space) 정보 조회 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 조직 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 조직 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 스페이스 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 스페이스 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PA_04	<p>시스템은 권한정보 조회, 사용자 권한그룹 생성, 수정, 삭제 등 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 권한 그룹 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 사용자 권한그룹을 생성할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 사용자 권한그룹을 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 권한 그룹에 사용자를 등록할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 권한 그룹에 사용자를 삭제할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PA_05	<p>시스템은 서비스 카탈로그 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 및 카탈로그에 서비스를 추가, 삭제 수정 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 서비스 카탈로그 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 서비스 카탈로그 상세내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. 서비스 카탈로그를 등록할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 서비스 카탈로그를 수정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 서비스 카탈로그를 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>6. 카탈로그에 서비스를 추가할 수 있어야 한다.</li> <li>7. 카탈로그에 서비스를 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>8. 카탈로그에 서비스를 수정할 수 있어야 한다.</li> </ul>
RQ_PF_PA_06	<p>시스템은 실행환경 카탈로그 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 및 카탈로그에 빌드팩을 추가, 삭제 수정 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 실행환경 카탈로그 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 실행환경 카탈로그 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 실행환경 카탈로그를 등록할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 실행환경 카탈로그를 수정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 실행환경 카탈로그를 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>6. 카탈로그에 빌드팩을 추가할 수 있어야 한다.</li> <li>7. 카탈로그에 빌드팩을 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>8. 카탈로그에 빌드팩을 수정할 수 있어야 한다.</li> </ul>
RQ_PF_PA_07	<p>시스템은 카탈로그 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 및 서비스 및 빌드팩을 추가, 삭제 수정 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 카탈로그 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 카탈로그 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 카탈로그를 등록할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 카탈로그를 수정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 카탈로그를 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>6. 카탈로그에 템플릿(서비스+실행환경)을 추가할 수 있어야 한다.</li> <li>7. 카탈로그에 템플릿(서비스+실행환경)을 삭제할 수 있어야 한다.</li> <li>8. 카탈로그에 템플릿(서비스+실행환경)을 수정할 수 있어야 한다.</li> </ul>
RQ_PF_PA_08	<p>시스템은 설정 정보 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 설정 정보 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 설정 정보를 수정할 수 있어야 한다.</li> </ul>
RQ_PF_PA_09	<p>시스템은 코드 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 등 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 코드 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 코드 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 신규 코드를 등록할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 코드 정보를 수정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 코드를 삭제할 수 있어야 한다.</li> </ul>

RQ_PF_PA_10	<p>시스템은 App 코드 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 등 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 어플리케이션 생성시 제공하는 프로젝트 코드 목록을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 어플리케이션 코드 상세 내역을 조회할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 어플리케이션 코드 템플릿을 등록할 수 있어야 한다.</li> <li>4. 어플리케이션 코드 템플릿을 수정할 수 있어야 한다.</li> <li>5. 어플리케이션 코드 템플릿을 삭제할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PA_11	<p>시스템은 메뉴 정보 조회, 생성, 수정, 삭제 및 메뉴에 권한 등록 등 관리 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 메뉴 목록을 조회 할 수 있어야 한다.</li> <li>2. 메뉴 상세 내역을 조회 할 수 있어야 한다.</li> <li>3. 메뉴 등록, 수정 및 삭제를 할 수 있어야 한다.</li> </ol>
RQ_PF_PA_12	<p>시스템은 관리자 대시보드, VM별 모니터링 및 IaaS 모니터링 기능을 제공한다.</p> <p>&lt;세부 요구사항&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 관리자 계정으로 로그인시 최초로 보여주는 관리자 대시 보드를 제공해야 한다.</li> <li>2. 설치된 VM별 모니터링 정보를 제공한다.</li> <li>3. IaaS 모니터링 정보를 제공한다.</li> </ol>

### (5) 기후서비스 플랫폼 내 메시지 큐 구축

서버를 운영함에 있어 성능에 대한 고려는 반드시 필요한 부분이고, 이를 효율적으로 설정하는 것은 시스템 엔지니어의 몫이다. 서버는 각각의 클라이언트가 요청하는 데이터 처리를 순서대로 진행하게 되면 너무 많은 작업 요청으로 인해 요청이 대기하는 일이 발생하기도 한다. 일반적인 웹 서버의 경우 사용자는 3초 이상을 힘들어 하며, 시스템이 이상이 있는 것은 아닌가 의심하기도 한다. 이러한 작업 요청이 축적되면 서버는 과도한 부하 발생으로 인해 성능이 저하되기도 하며 부하가 특정선을 넘기면 서버가 비정상 종료되는 상황까지 발생하기도 한다.

이런 비정상적인 서버의 상황을 미연에 방지하기 위해서 서버에서 로드 밸런싱, DB 튜닝 등을 선택하여 그러한 부하를 분산하기도 한다. 하지만 접속에 대한 한계 그 자체를 해결할 수는 없다. 그래서 고안해낸 방식이 비동기 메시지 처리 방식인 메시지 큐(Message Queue)이다. 서버가 클라이언트와 동기방식으로 많은 데이터 통신을 하게 되면 병목현상이 생기게 되고, 서버의 성능이 저하되는데, 이런 현상을 막고자하여 또 하나의 미들웨어에 메시지를 위임하여 순차적으로 처리를 하는 것이다.

메시지 큐는 비동기 메시지를 사용하는 프로그램들 사이에서의 데이터 송수신(MOM<sup>2</sup>)을 구현한 시스템으로, 클라이언트의 요청을 즉각적으로 모두 처리하는 것이 아니라 순차적으로 처리할 수 있는 대기표를 각각의 요청들에게 주어, 공정 작업을 연기할 수 있는 유연성을 제공한다. 즉, 대용량 데이터를 처리하기 위한 배치 작업이나, 채팅 서비스, 비동기 데이터를 처리할 때 사용하기 유용하다.

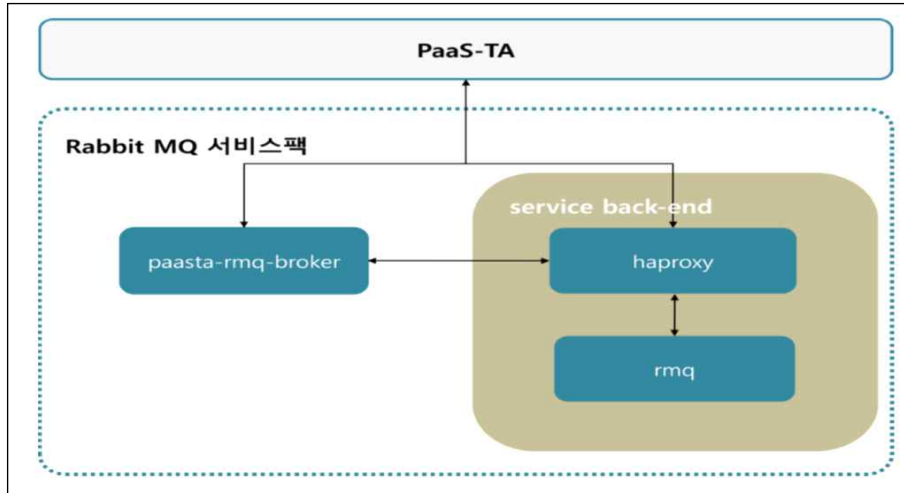


Figure 6. PaaS-TA-RabbitMQ Service Architecture,  
<https://github.com/PaaS-TA/>

PaaS-TA에서도 클라이언트의 요청을 비동기 방식으로 처리하기 위하여 메시지 큐 시스템을 사용할 수 있으며, 이를 활용하기 위하여 RabbitMQ의 서비스팩을 제공한다. PaaS-TA의 RabbitMQ 서비스팩 구조는 위 Figure 7과 같이 RabbitMQ Server 1대, RabbitMQ Service Broker 1대, haproxy 1대로 구성되어 있으며, Figure 8>처럼 파스타의 다른 서비스 팩들과 같이 BOSH를 통해 배포하였다.

```

joohyung@ubuntu:~/workspace/paasta-4.0/stemcells$ bosh -d paasta-rabbitmq-service vms
Using environment '10.200.8.212' as client 'admin'

Task 779819. Done

Deployment 'paasta-rabbitmq-service'

Instance                                Process State AZ  IPs                                VM CID                                VM Type Active
haproxy/686b2a43-2b92-4a86-acc5-9a9cf512b013  running      z1  10.200.8.87                       vm-56256afb-f1d1-403a-9876-da9a32edbc6b minimal true
paasta-rmq-broker/cda8da26-ac0c-406c-82df-8ae92f52653b  running      z1  10.200.8.86                       vm-116db943-c900-460b-a257-5f329c0c133e minimal true
rmq/2ff0188a-41e3-45b2-b74a-8ff3406deb4f  running      z1  10.200.8.88                       vm-76e80547-8326-473e-8498-8389b7ccf02c minimal true

3 vms

Succeeded
joohyung@ubuntu:~/workspace/paasta-4.0/stemcells$

```

Figure 7. RabbitMQ service pack installed through BOSH

2) 메시지 지향 미들웨어(Message Oriented Middleware : MOM) : 분산 시스템 간 메시지를 주고 받는 기능을 지원하는 소프트웨어나 하드웨어 인프라

더불어 RabbitMQ에서 제공하는 Management를 위한 Web-UI를 설치하여, 센터 내 사용자들이 CLI 명령어를 통하여 사용하기보다 시각적으로 편리하게 활용할 수 있도록 사용자의 사용성을 제고하였다.

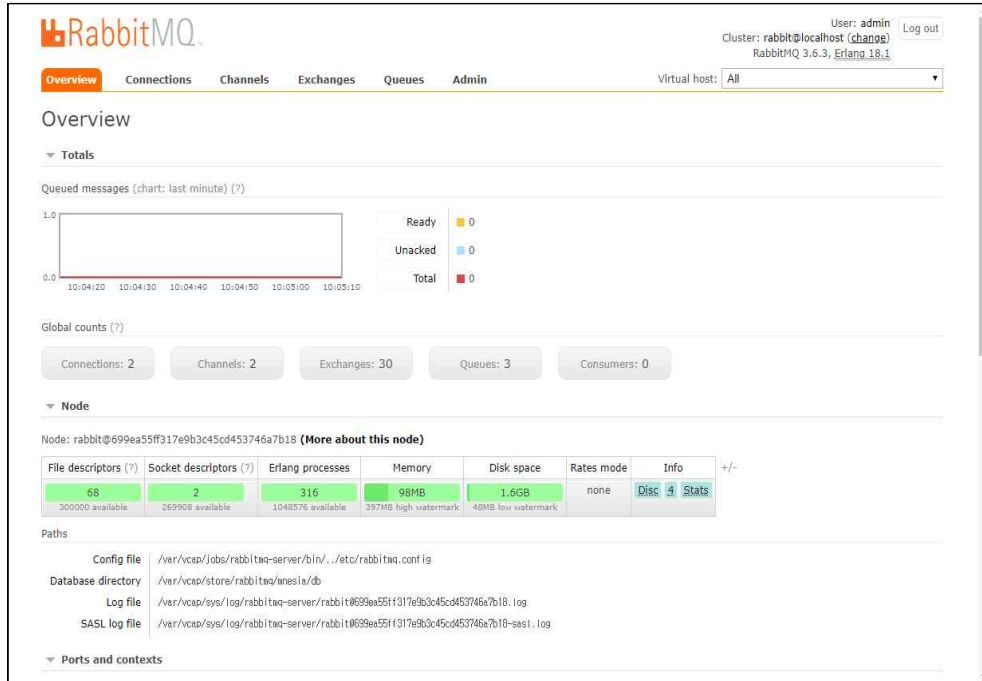


Figure 8. The screen that accessed RabbitMQ in PaaS-TA through the Web-UI

### (6) 기후서비스 플랫폼 내 메시지 큐 활용

RabbitMQ를 포함한 AMQP<sup>3)</sup>의 라우팅 모델은 Exchange와 Queue 그리고 Binding으로 구성된다.

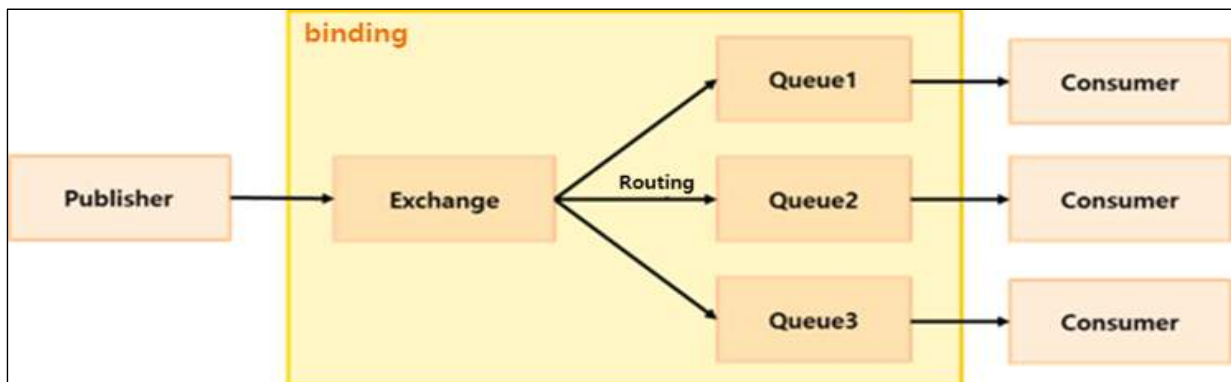


Figure 9. Routing model for RabbitMQ, <http://tmondev.blog.me/>

3) AMQP(Advanced Message Queuing Protocol, 어드밴스트 메시지 큐잉 프로토콜)는 메시지 지향 미들웨어를 위한 개방형 표준 응용 계층 프로토콜

RabbitMQ는 기본적으로 위 Figure 9와 같은 원리로 동작하며, 그 원리는 다음과 같다.

1. Publisher(혹은 Producer)가 메시지를 생산하여 송신한다.
2. Exchange는 Publisher로부터 수신한 메시지를 큐에 분배한다.
3. Queue는 메시지를 메모리나 디스크에 저장했다가 Consumer에게 전달한다.

RabbitMQ는 Management Plug-in Web-UI에서 대부분의 기능을 설정, 관리할 수 있다.

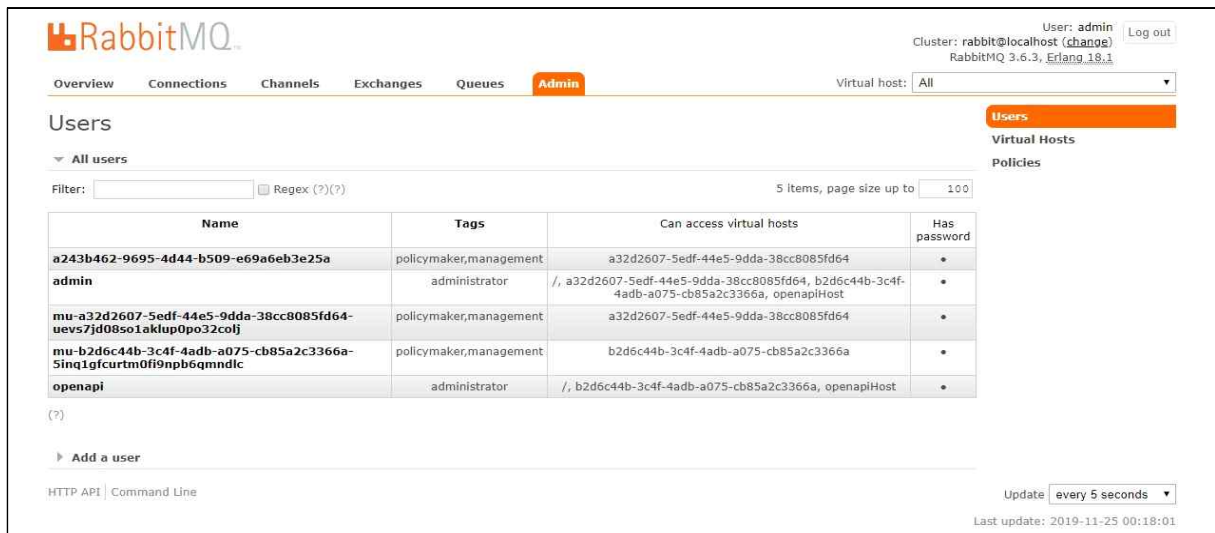


Figure 10. RabbitMQ : Admin - Users Menu

관리자(Admin)로 설정한 RabbitMQ 아이디로 Management Plug-in Web-UI로 접속하면 중앙 상단에 Admin 메뉴가 있다. Admin에는 사용자 계정을 관리하는 Users, Queue와 각각의 계정을 그룹핑할 수 있는 Virtual Host, 각각의 Virtual Host에 관한 정책을 설정하는 Policies 메뉴가 있다.

계정 생성에서 Tag는 계정의 권한을 부여하는 부분으로, Admin, Monitoring, Polycymaker, Management, None 이렇게 5가지 종류가 있으며 계정을 각각의 형태로 설정할 수 있다. Admin 권한은 RabbitMQ에 관한 모든 설정을 변경/조회가능하며, Monitoring의 경우에는 조회만 가능하다. Polycymaker는 각각 VirtualHost에 대한 정책만이 변경 가능하며, Management의 경우에는 Management Plugin을 사용할 수 있는 권한이 주어진다. None의 경우에는 Client에서만 사용할 수 있고, 그 외의 권한은 없다. 여기에 있는 모든 권한은 복수로 설정이 가능하다.

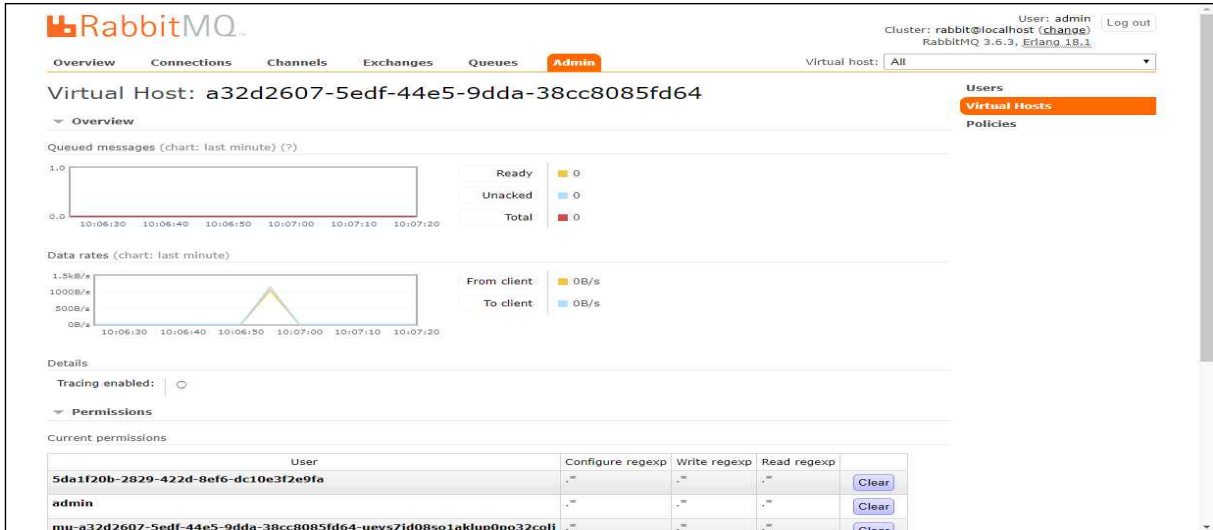


Figure 11. RabbitMQ : Admin - Virtual Host Menu

Virtual Host는 Queue와 User를 그룹핑하는 개념이다. 하나의 계정은 Virtual Host를 여러 개 할당 받을 수 있으며(1:N 매칭 가능), 자신에게 할당된 Virtual Host에 속한 Queue에만 접근이 가능한 개념이다. Management Plug-in에서 Admin - Virtual Hosts 메뉴에 들어가면 위 Figure 11와 같은 설정 화면이 나온다. Virtual Host는 서비스별로 서로 독립된 구역을 나눌 수 있고, 계정 별로 여러 Virtual Host를 설정하여 쉽게 관리할 수 있다.

Queue를 생성하기 위해서는 상단의 Queues 메뉴로 들어가서 Add a new queue 메뉴를 선택한다. Add a new queue 메뉴에는 아래와 같은 속성이 존재한다.

Virtual Host : Queue가 사용될 Virtual Host를 설정한다. Admin - Virtual Hosts에서 생성된 Virtual Host를 사용할 수 있다.

Name : Queue의 이름을 설정한다.

Durability : Durable과 Transient 둘 중 하나를 선택한다. Durable은 메시지를 디스크에 저장하는 것이며 Memory에 저장하는 것을 Transient라고 한다.

Auto-Delete : 모든 Consumer가 해당하는 Queue를 Unsubscribe 하면 해당 Queue는 자동으로 삭제된다.

RabbitMQ에서는 queue를 생성하는 것을 declare 라고 표현하며, RabbitMQ Management Plug-in Web UI에서 만들 수만 있는 것이 아니라, RabbitMQ CLI나 각각의 어플리케이션 코드에서도 쉽게 만들 수 있다. 이렇게 생성한 queue는 해당 queue가 이미 존재하고 있다면, 다시 queue를 만들지 않고, queue가 없을 경우에만 만든다.

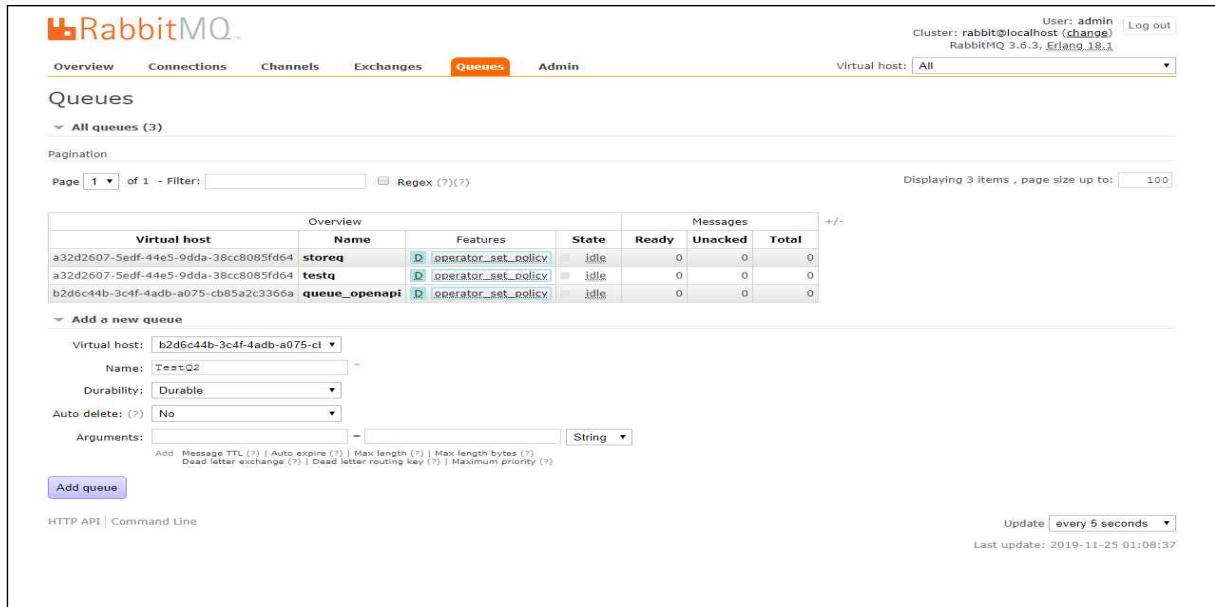


Figure 12. RabbitMQ : Queues – Add a new queue Menu

RabbitMQ의 기본 동작 원리인 Figure 9를 다시 한 번 참조하면, Exchange는 Publisher로부터 수신한 메시지를 큐에 분배하는 라우터의 역할을 하며, Queue는 다시 그 메시지를 잠시 보관하였다가 Consumer에게 전달한다. 여기에서 Binding은 Exchange와 Queue의 관계를 정의하는 방식을 말한다.

RabbitMQ에서는 여러 가지 Exchange Type을 제공하는데, 이 Exchange Type은 메시지를 어떠한 방식으로 라우팅할지를 결정하는 방법이라고 할 수 있으며, 그 Type의 종류는 아래와 <표 6>와 같다.

Table 5. List of Exchange Types supported by RabbitMQ, <https://www.rabbitmq.com/>

Exchange Type	정의
Direct Exchange	Exchange에 바인딩 된 Queue 중에서 메시지의 라우팅 키와 매핑되어 있는 Queue로 메시지를 전달한다. 각 Queue는 Routing Key에 Binding이 되어 있고, Exchange에 Routing Key가 들어오면, 그 Exchange에 Binding되어 있는 Queue중에서, 그 Key와 Mapping되어 있는 Queue로 메시지를 라우팅 한다. 1:1 관계로 Unicast 방식에 적합하며, 주로 라운드 로빈 방식으로 여러 workers(Consumer)간 task를 분리에 사용된다.
Fanout Exchange	Routing Key에 상관 없이 Exchange에 Binding되어 있는 모든 Queue에 메시지를 라우팅 한다. (1:N 관계로, 모든 Queue에 메시지를 복제해서 라우팅 한다.) 즉, 메시지의 라우팅 키를 무시하고 Exchange에 바인딩 된 모든 Queue에 메시지를 전달한다. 1:N 관계로 메시지를 브로드캐스트 하는 용도로 사용된다.
Topic Exchange	Exchange에 바인딩 된 Queue 중에서 메시지의 라우팅 키가 패턴에 맞는 Queue에 모두 메시지를 전달한다. Multicast 방식에 적합하다.
Headers Exchange	라우팅 키 대신 메시지 헤더에 여러 속성들을 더해 속성들이 매칭되는 큐에 메시지를 전달한다.

Exchange 역시도 Queue와 비슷한 방식으로 생성이 가능하다. 상단의 Exchanges 메뉴로 들어가서 Add a new exchange 메뉴를 선택한다. Add a new exchange 메뉴에는 아래와 같은 속성이 존재한다.

Virtual Host : Exchange가 사용될 Virtual Host를 설정한다.

Name : Exchange의 이름을 설정한다.

Type : Headers, Topic, Direct, Fanout 중 하나를 선택한다.

Durability : Durable(메시지를 디스크에 저장)과 Transient(메시지를 메모리에 저장) 둘 중 하나를 선택한다.

Auto-Delete : 해당하는 Exchange를 사용하지 않으면, 해당 Exchange는 자동으로 삭제

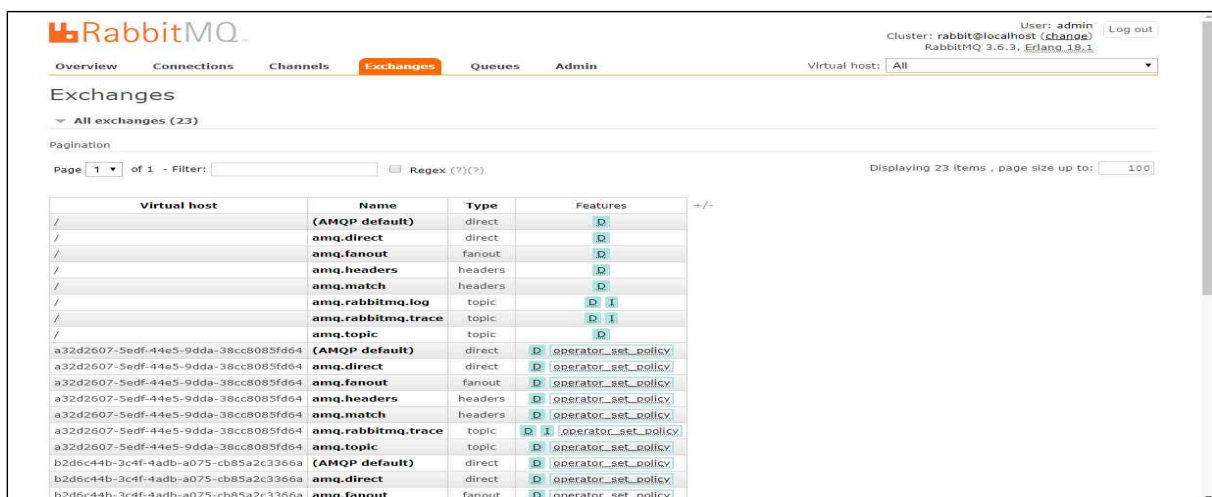


Figure 13. RabbitMQ : Exchanges Menu

Connection 메뉴에서는 해당 Connection의 세부 사항을 모니터링 하거나 강제 종료할 수 있다. 아래 Figure 14처럼 상단의 Connection 메뉴로 들어가면 현재 연결 되어 있는 Connection의 상세한 정보를 확인할 수 있으며, 필요 이상으로 Connection이 강제 종료하도록 설정이 가능하다.

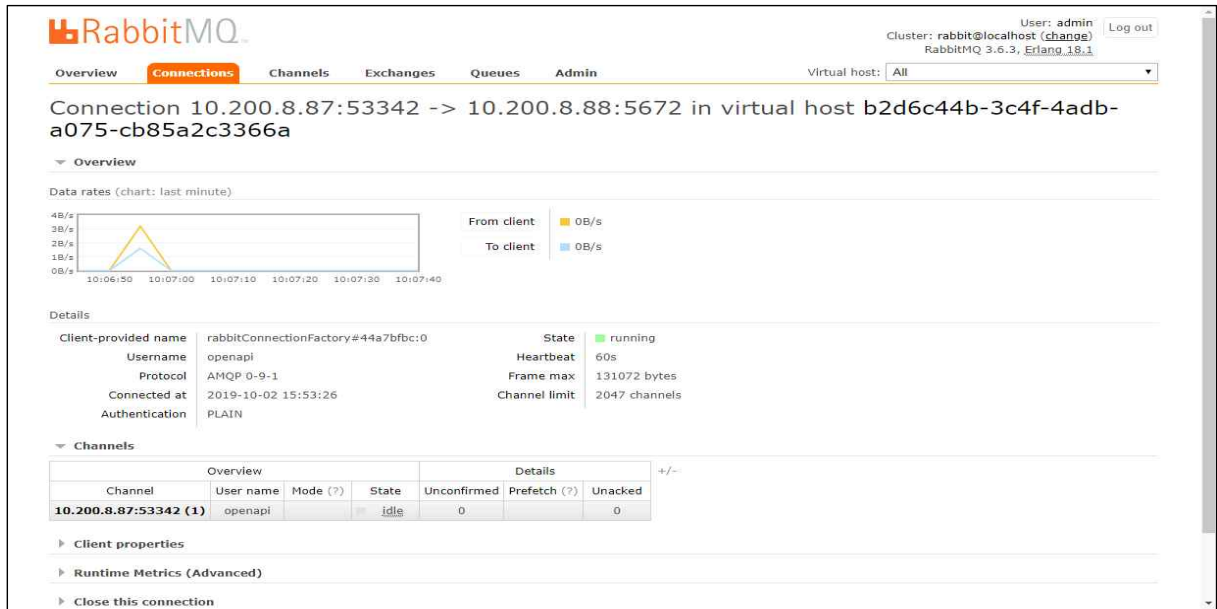


Figure 14. RabbitMQ : Connections Menu

## (7) 기후서비스 플랫폼 내 DBMS(Database Management System) 구축

기후서비스 플랫폼을 이루고 있는 PaaS-TA에서는 다양한 DBMS를 설치하여 사용할 수 있다. 기후서비스 플랫폼에는 널리 사용되는 1종의 RDBMS(MySQL), 2종의 No-SQL(Redis, MongoDB) 총 3종의 DBMS를 설치하였고, 본 절에서는 이와 관련된 내용을 기술하고자 한다.

DBMS는 DataBase Management System의 약자로 사용자들이 데이터베이스 내의 데이터를 접근할 수 있도록 해주는 소프트웨어 도구를 말한다. DBMS를 사용하면 사용자나 응용 프로그램의 요구를 처리하여 데이터를 사용할 수 있도록 해준다.

NoSQL 데이터베이스는 전통적인 관계형 데이터베이스 보다 덜 제한적인 일관성 모델을 이용하는 데이터의 저장 및 검색을 위한 매커니즘을 제공한다. NoSQL 데이터베이스는 단순 검색 및 추가 작업을 위한 매우 최적화된 키 값 저장 공간으로, 레이턴시와 스루풋과 관련하여 상당한 성능 이익을 내는 것이 목적이다. NoSQL 데이터베이스는 빅데이터와 실시간 웹 애플리케이션의 상업적 이용에 널리 쓰인다. 또, NoSQL 시스템은 SQL 계열 쿼리 언어를 사용할 수 있다는 사실을 강조한다는 면에서 “Not only SQL“로 불리기도 한다. (출처 : 위키백과, <https://ko.wikipedia.org/wiki/NoSQL>)

먼저 일반적으로 사용되는 관계형 데이터베이스인 MySQL의 구조를 설명하고자 한다. PaaS-TA 내의 MySQL 서비스 팩은 다음 Figure 15와 같은 구조를 지니고 있다.

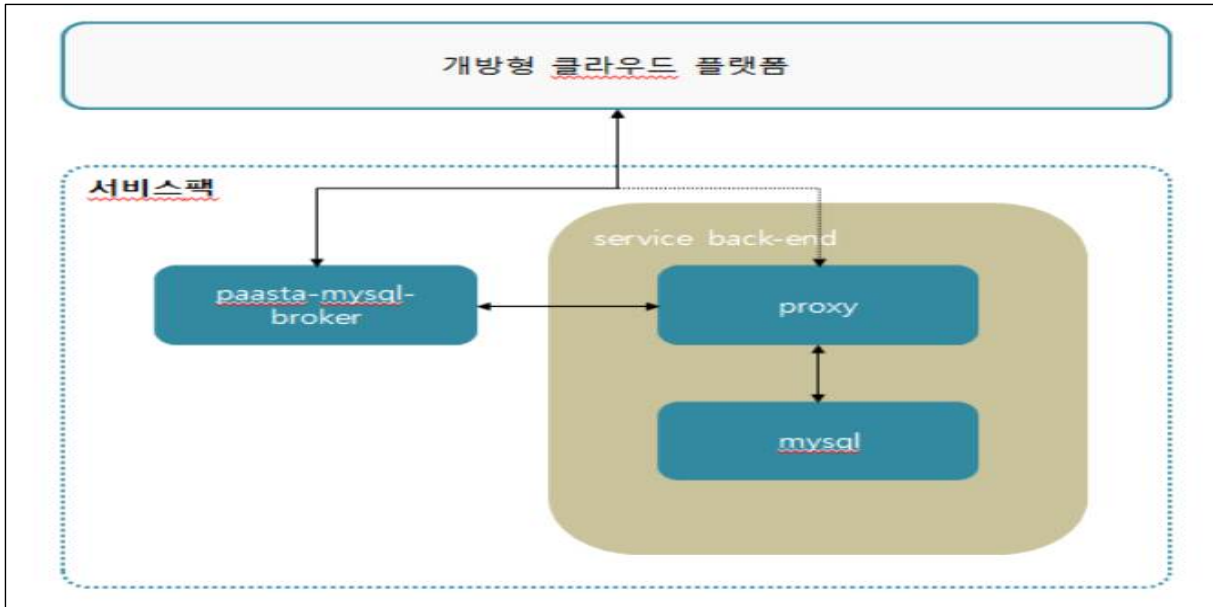


Figure 15. DBMS - MySQL System Configuration Diagram within Climate Service Platform PaaS-TA, <http://paas-ta.kr>

MySQL 자체 서버와 그 Proxy서버가 서비스 백엔드 부분을 이루고 있으며, 이 서비스 백엔드와 PaaS-TA 사이의 통신은 Service Broker가 주관하는 형식으로 구성되어 있다.

MySQL 서비스팩은 BOSH를 이용하여 설치하였으며, manifest 파일과 셸 스크립트로 그 설치가 이루어졌다. (별첨 20\_paasta\_mysql\_bosh2.0.yml, 21\_deploy-mysql-bosh2.0.sh 참조)

다음은 NoSQL의 하나인 MongoDB이다. 단순히 Proxy와 DB서버로 이루어진 MySQL과 달리 비정형 데이터베이스로 아래 Figure 17과 같이 14개의 서버로 이루어져 있다.

```

joohyung@ubuntu:~/workspace/paasta-4.0/stemcells$ bosh -d 'paasta-mongodb-shard-service' vms
Using environment '10.200.8.212' as client 'admin'

Task 795645. Done

Deployment 'paasta-mongodb-shard-service'

Instance                                Process State AZ  IPs                                VM CID                                VM Type Active
mongodb_broker/368b1d5c-abad-442d-8bf8-36e2deb1ff2f  running      z1  10.200.8.114                       vm-ee29ba3b-54b6-450e-95f3-8d46099071dc minimal true
mongodb_config/4eab5fa9-34ab-4b07-8340-7301a12a6f7f  running      z1  10.200.8.110                       vm-49a9b11e-c9fb-4541-b661-3ec0a5fc6452 minimal true
mongodb_config/9b036f75-9f43-4df1-8eaf-ae80d90a7126  running      z1  10.200.8.111                       vm-ccbff020c-4139-47d4-b354-42692394c24a minimal true
mongodb_config/d28d2ad2-d076-4cd8-a9ed-28e3e961c6ed  running      z1  10.200.8.112                       vm-7f9bd9b3-d7a4-4f9b-bfc3-846ec422b20e minimal true
mongodb_master1/08948544-0fe7-46e0-b74b-3ef1c25483a0  running      z1  10.200.8.101                       vm-151fd920-e9a8-4a30-a07a-4f18dc51c681 minimal true
mongodb_master2/b2dd774e-f43b-4763-a981-7520ebab602c  running      z1  10.200.8.104                       vm-a64255e9-65de-48f8-983c-350e87a2c274 minimal true
mongodb_master3/4f852b86-8608-477d-9eee-fe91e0514f58  running      z1  10.200.8.107                       vm-01dc4355-079c-4ff1-9279-6afc30b813d4 minimal true
mongodb_shard/a9f15e53-8549-41a0-992c-07b07b42e878  running      z1  10.200.8.113                       vm-f987f849-14ae-4181-bb43-d9e52d82dac2 minimal true
mongodb_slave1/296bf11c-274c-4c67-964b-be13125f5e11  running      z1  10.200.8.103                       vm-b0ff5c2c-1629-4236-a17f-68a3e91007f8 minimal true
mongodb_slave2/5168d56d-e48c-420b-9707-d0757f7babea  running      z1  10.200.8.102                       vm-633646a2-fabc-4ecb-a0a3-3beecdb6157 minimal true
mongodb_slave2/2d6ccd7c-4aa3-459e-95d5-5932b364424e  running      z1  10.200.8.106                       vm-e91bee63-e32b-4586-9703-df0bc7236775 minimal true
mongodb_slave2/9f408741-6d76-4a50-8797-152afa3b365a  running      z1  10.200.8.105                       vm-a6cfd5d17-383c-4643-932b-dal1259665ec5 minimal true
mongodb_slave3/3988619f-c172-4925-b266-4feab13cbc4c  running      z1  10.200.8.109                       vm-c2d38e6d-f10c-461d-8221-fa8739dde186 minimal true
mongodb_slave3/b8ee5271-d322-44a4-9060-6e4300d8542e  running      z1  10.200.8.108                       vm-29396a58-d5c6-4443-9010-ecb49ea903fa minimal true

14 vms

Succeeded
joohyung@ubuntu:~/workspace/paasta-4.0/stemcells$

```

Figure 16. List of installed MongoDB VMs within the climate service platform

기후서비스 플랫폼에 설치된 MongoDB의 세부구성은 1개의 Service Broker, 1개의 MongoDB Shard 서버, 3개의 MongoDB Config Server, 1개의 Replica 당 3개의 서버(1개의 Master, 2개의 Slave)가 총 3개로 이루어져 있다.

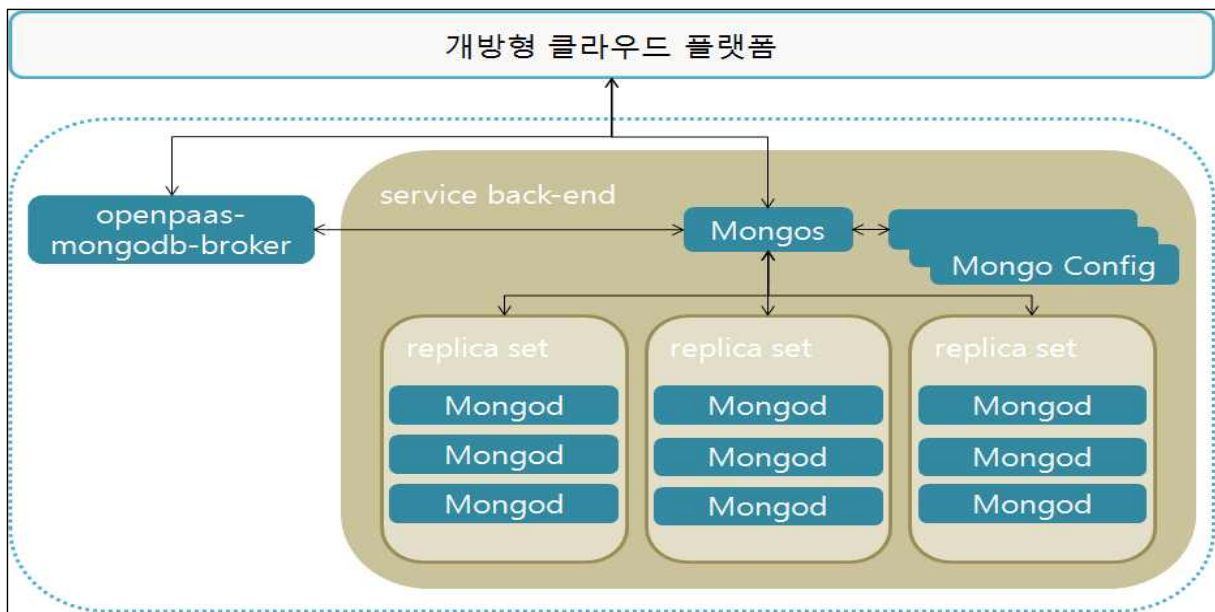


Figure 17. Diagram of the DBMS - MongoDB System in the Climate Service Platform PaaS-TA, <http://paas-ta.kr>

MongoDB 자체는 Replication을 지원한다. 이는 서비스의 지속성과 안전성을 제공하는 데이터베이스 시스템의 설비라고 할 수 있다. MongoDB는 단순하게 데이터 복제를 위한 것뿐만 아니라 Master에 장애가 발생 시 이를 Slave를 Master로 자동승격 시키는 기능이 있다.

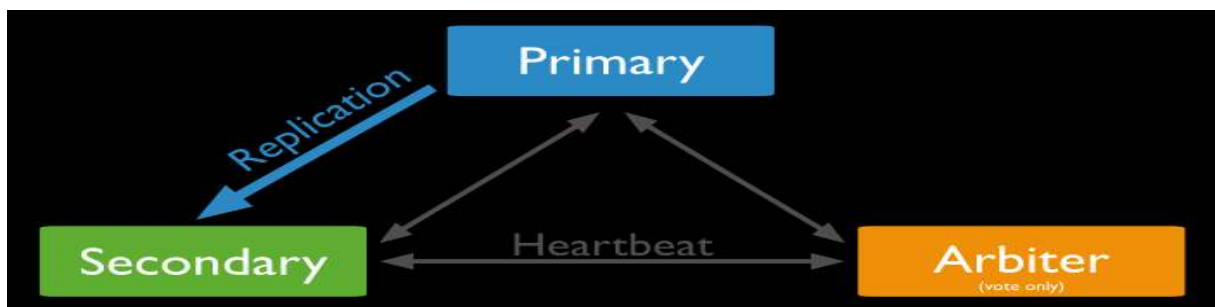


Figure 18. MongoDB Replica Set, <https://www.mongodb.com/>

MongoDB 서비스팩 역시 BOSH를 이용하여 설치 완료하였으며, manifest 파일과 셸 스크립트로 기후서비스 플랫폼 환경에 알맞게 그 설치가 이루어졌다. (별첨 16\_paasta\_mongodb\_shard\_bosh2.0.yml, 17\_deploy-mongodb-shard-bosh2.0.sh 참조)

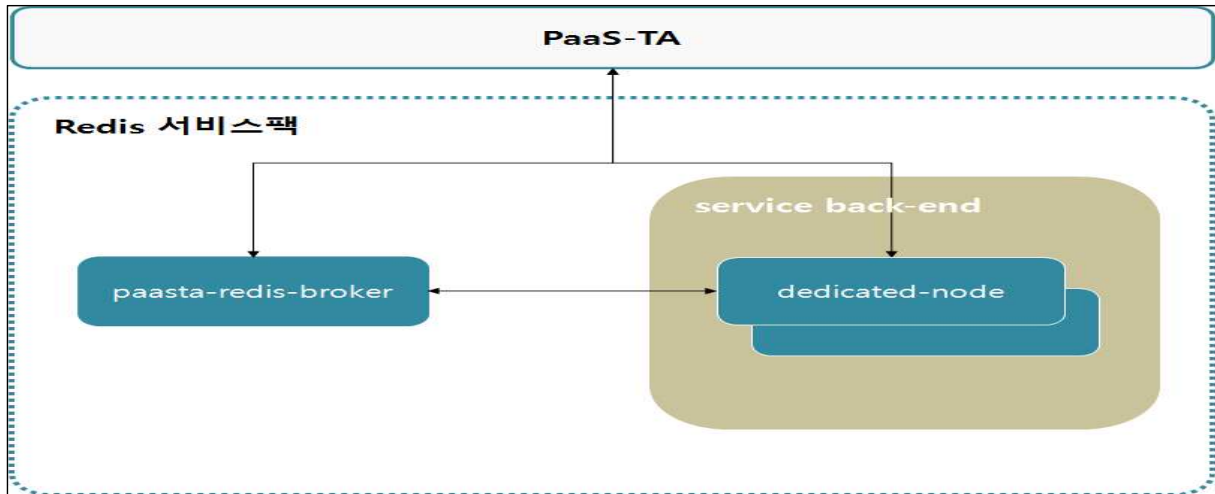


Figure 19. DBMS - Redis System Configuration Diagram within Climate Service Platform PaaS-TA, <http://paas-ta.kr>

다음은 NoSQL의 하나인 Redis이다. PaaS-TA 내 Redis 시스템 구성도는 위 Figure 19와 같다. MongoDB처럼 대량의 Replication을 위한 Master-Slave 구조나 Replication Set가 대량이 있지는 않지만 각각의 독립된 Dedicated Server를 가지고 있으며, 이 Dedicated Server는 Replication을 위하여 추가적인 관리가 가능하다.

Redis 역시 BOSH를 이용하여 설치하였으며, 1개의 Redis-Service-Broker와 1개의 Dedicated-Node(Server)로 구성하였다.

(세부 사항은 별첨 24\_paasta\_redis\_bosh2.0.yml, 25\_deploy-redis-bosh2.0.sh 참조)

## (2) PaaS-TA 내 DBMS 활용을 위한 매뉴얼

이 절에서는 MongoDB를 활용하여 일반적인 DBMS에서 사용하는 방법을 설명하고자 한다. BOSH를 사용하여 정상적으로 MongoDB 서비스팩 배포 및 설치가 완료되었으면, 사용자가 직접 DBMS에 접근하거나 어플리케이션 단계에서 DBMS와 통신하기 위하여 먼저 MongoDB 서비스 브로커를 등록해주어야 한다.

먼저 `cf service-brokers` 명령을 통하여 서비스 브로커의 목록을 확인한다.

Table 6. cf service-brokers command queries the list of service brokers

```

joohyung@ubuntu:~/workspace$ cf service-brokers
Getting service brokers as admin...

name                url
container-service-broker  http://10.200.8.7:8888
delivery-pipeline      http://10.200.8.124:8080
glusterfs-service      http://10.200.8.142:8080

joohyung@ubuntu:~/workspace$

```

현재 CF 상에 등록된 Service Broker가 없으므로 MongoDB 서비스 브로커를 등록하고 등록된 서비스 브로커를 확인한다.

Table 7. cf create-service brokers and query with the create-service-brokers command

```

joohyung@ubuntu:~/workspace$ cf create-service-broker mongodb-shard-service-broker [ID]
[PASSWD] http://10.200.8.114:8080
Creating service broker mongodb-shard-service-broker as admin...
OK
joohyung@ubuntu:~/workspace$ cf service-brokers
Getting service brokers as admin...

name                url
container-service-broker  http://10.200.8.7:8888
delivery-pipeline      http://10.200.8.124:8080
glusterfs-service      http://10.200.8.142:8080
mongodb-shard-service-broker  http://10.200.8.114:8080
rabbitmq-service-broker  http://10.200.8.86:4567

joohyung@ubuntu:~/workspace$

```

이후 접근 다른 어플리케이션이나 사용자가 해당 서비스 브로커에 접근 가능하도록 서비스 access를 enable시키고 다시 한 번 cf service-access 명령을 통해 접근 권한을 확인한다.

Table 8. cf enable-service-access Mongo-DB command after cf service-access

```

joohyung@ubuntu:~/workspace$ cf enable-service-access Mongo-DB
Enabling access to all plans of service Mongo-DB for all orgs as admin...
OK

joohyung@ubuntu:~/workspace$ cf service-access
Getting service access as admin...

broker: container-service-broker
  service      plan      access  orgs
container-service  Advanced  all
container-service  Micro    all
container-service  Small    all

broker: delivery-pipeline
  service      plan      access  orgs
delivery-pipeline-v2  delivery-pipeline-dedicated  all
delivery-pipeline-v2  delivery-pipeline-shared      all

broker: glusterfs-service
  service  plan      access  orgs
glusterfs  glusterfs-1000Mb  all
glusterfs  glusterfs-100Mb   all
glusterfs  glusterfs-5Mb     all

broker: mongodb-shard-service-broker
  service  plan      access  orgs
Mongo-DB  default-plan  all

broker: rabbitmq-service-broker
  service  plan      access  orgs
p-rabbitmq  standard  all

joohyung@ubuntu:~/workspace$

```

위 Table 8과 같이 정상적으로 Mongo-DB 서비스가 Access Enable되는 과정을 확인할 수 있다. 이제 Mongo-DB에 접속할 수 있는 Sample Application을 활용하여 다른 어플리케이션에서 해당 Mongo-DB 서비스로 접속하고자 한다.

Sample Web App은 PaaS-TA 공식 GitHub에서 다운로드 받을 수 있는 어플리케이션으로 PaaS-TA에 어플리케이션(컨테이너)으로 배포된다. 어플리케이션을 배포하여 구동시 Bind된 MongoDB 서비스 연결 정보로 접속하여 초기 데이터를 생성하며, 배포 완료 후 정상적으로 App이 구동되면 브라우저를 통하여 해당 어플리케이션에 접속하여 MongoDB 환경 정보(서비스

연결 정보)와 초기 적재된 데이터를 확인할 수 있다. 더불어 PaaS-TA 사용자 포탈에서도 해당 어플리케이션의 환경 정보를 확인할 수 있다.

```
PS C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb> cf marketplace
Getting services from marketplace in org system / space apcc as admin...
OK

service      plans      description
Mongo-DB    default-plan  A simple mongo implementation
container-service  Micro, Small, Advanced  For Container Service Plans, You can choose plan about CPU, Memory, disk.
delivery-pipeline-v2  delivery-pipeline-shared+, delivery-pipeline-dedicated+  A paasta source control service for application development.provision parameters : parameters
glusterfs    glusterfs-5Mb, glusterfs-100Mb+, glusterfs-1000Mb+  A simple glusterfs implementation
p-rabbitmq   standard     RabbitMQ is a robust and scalable high-performance multi-protocol messaging broker.

* These service plans have an associated cost. Creating a service instance will incur this cost.

TIP: Use 'cf marketplace -s SERVICE' to view descriptions of individual plans of a given service.
PS C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb> cf create-service Mongo-DB default-plan mongodb-test
Creating service instance mongodb-test in org system / space apcc as admin...
OK
PS C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb> cf services
Getting services in org system / space apcc as admin...

name          service      plan          bound apps      last operation
glusterfs-service-instance  glusterfs    glusterfs-1000Mb  mongodb-instance  create succeeded
mongodb-service-instance    Mongo-DB     default-plan      mongodb-test       create succeeded
mongodb-test                 Mongo-DB     default-plan      mongodb-test       create succeeded
my_rabbitmq_service          p-rabbitmq   standard          rabbitmq-instance  create succeeded
request                    p-rabbitmq   standard          request             create succeeded
PS C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb>
```

Figure 20. The screen of mongodb-test service created through the CF command.

Figure 20과 같이 CF create-service 명령을 통해 mongodb-test라는 서비스를 생성하였다. 이 다음 PaaS-TA GitHub에서 다운로드 받은 Sample 어플리케이션(hello-spring-mongodb)를 배포(push)한다. 단, 여기서 주의할 점은 어플리케이션 배포는 하되 시작하기 전에 서비스를 바인딩하기 위하여 Figure 21과 같이 cf push --no-start 옵션으로 배포해야 한다.

```
PS C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb> cf push --no-start
Pushing from manifest to org system / space apcc as admin...
Using manifest file C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb\manifest.yml
Getting app info...
Creating app with these attributes...
+ name: hello-spring-mongodb
+ path: C:\00_Data_JH\00_CF\00_Sample_Application\hello-spring-mongodb\build\libs\hello-spring-mongodb.war
+ instances: 1
+ memory: 1G
+ routes:
+ hello-spring-mongodb.cf.apcc21.org

Creating app hello-spring-mongodb...
Mapping routes...
Comparing local files to remote cache...
Packaging files to upload...
Uploading files...
 491.41 KiB / 491.41 KiB [=====] 100.00% 1s

Waiting for API to complete processing files...

name: hello-spring-mongodb
requested state: stopped
routes: hello-spring-mongodb.cf.apcc21.org
last uploaded:
stack:
buildpacks:

type: web
instances: 0/1
memory usage: 1024M
#0 state since cpu memory disk details
#0 down 2019-11-24T20:49:47Z 0.0% 0 of 0 0 of 0
```

Figure 21. The screen of Hello-spring-mongodb Application Deployment

```

PS C:\000_Data_JH\000_CF\000_Sample_Application\hello-spring-mongodb> cf bind-service hello-spring-mongodb mon
godb-test
Binding service mongodb-test to app hello-spring-mongodb in org system / space apcc as admin...
OK
TIP: Use 'cf.exe restage hello-spring-mongodb' to ensure your env variable changes take effect
PS C:\000_Data_JH\000_CF\000_Sample_Application\hello-spring-mongodb> cf restart hello-spring-mongodb
Restarting app hello-spring-mongodb in org system / space apcc as admin...

Staging app and tracing logs...
  Downloading binary_buildpack...
  Downloading dotnet_core_buildpack...
  Downloading java_buildpack...
  Downloading staticfile_buildpack...
  Downloading go_buildpack...
  Downloaded binary_buildpack
  Downloading nodejs_buildpack...
  Downloaded dotnet_core_buildpack
  Downloading ruby_buildpack...
  Downloaded java_buildpack
  Downloading python_buildpack...
  Downloaded staticfile_buildpack
  Downloading php_buildpack...
  Downloaded go_buildpack
  Downloaded ruby_buildpack
  Downloaded php_buildpack
  Downloaded nodejs_buildpack
  Downloaded python_buildpack
Cell aed0041d-28b9-4b85-9195-9fed23101d7c creating container for instance 5a33ad4b-3583-4262-aaae-4af715
f1a8ec
Cell aed0041d-28b9-4b85-9195-9fed23101d7c successfully created container for instance 5a33ad4b-3583-4262
-aaae-4af715f1a8ec
  Downloading app package...
  Downloaded app package (17.5M)

```

Figure 22. cf bind-service and application restart

이후 배포된 Sample App을 확인하고 CF 명령(bind-service)을 통해 Figure 22와 같이 Sample Web App에서 생성한 서비스 인스턴스 바인드 신청을 하고 해당 어플리케이션을 재시작한다.

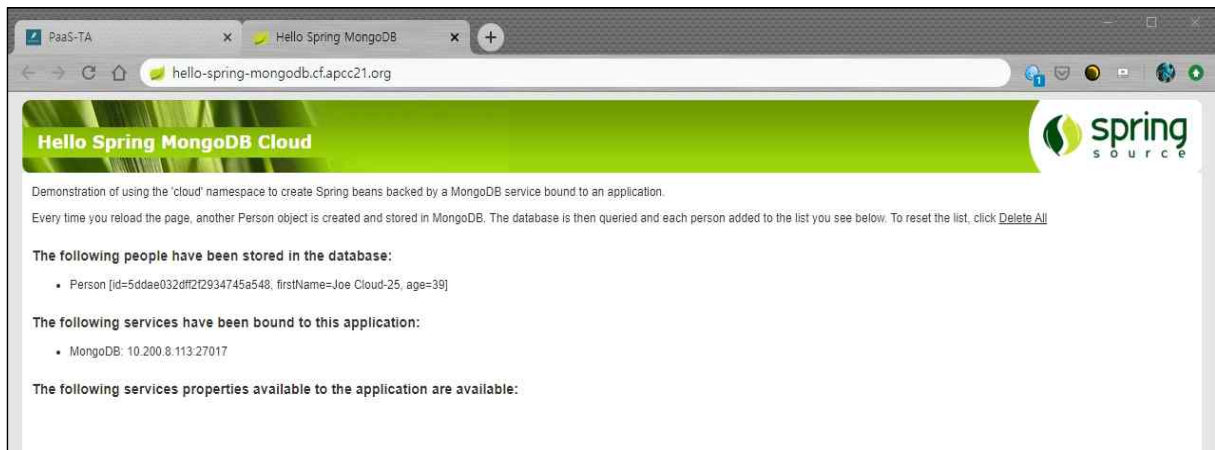


Figure 23. MongoDB load data that can be found in deployed applications

위 Figure 23과 같이 어플리케이션이 정상적으로 배포되었으며 MongoDB에 적재된 Sample 데이터 역시 확인할 수 있다. 더불어 아래 Figure 24와 같이 PaaS-TA 사용자 포털에서 해당 어플리케이션의 환경 변수에서도 해당 인스턴스로 접속할 수 있는 정보를 확인할 수 있으며, 이 정보는 사용자가 직접 접근하거나, 다른 어플리케이션에서 참조할 수 있다.

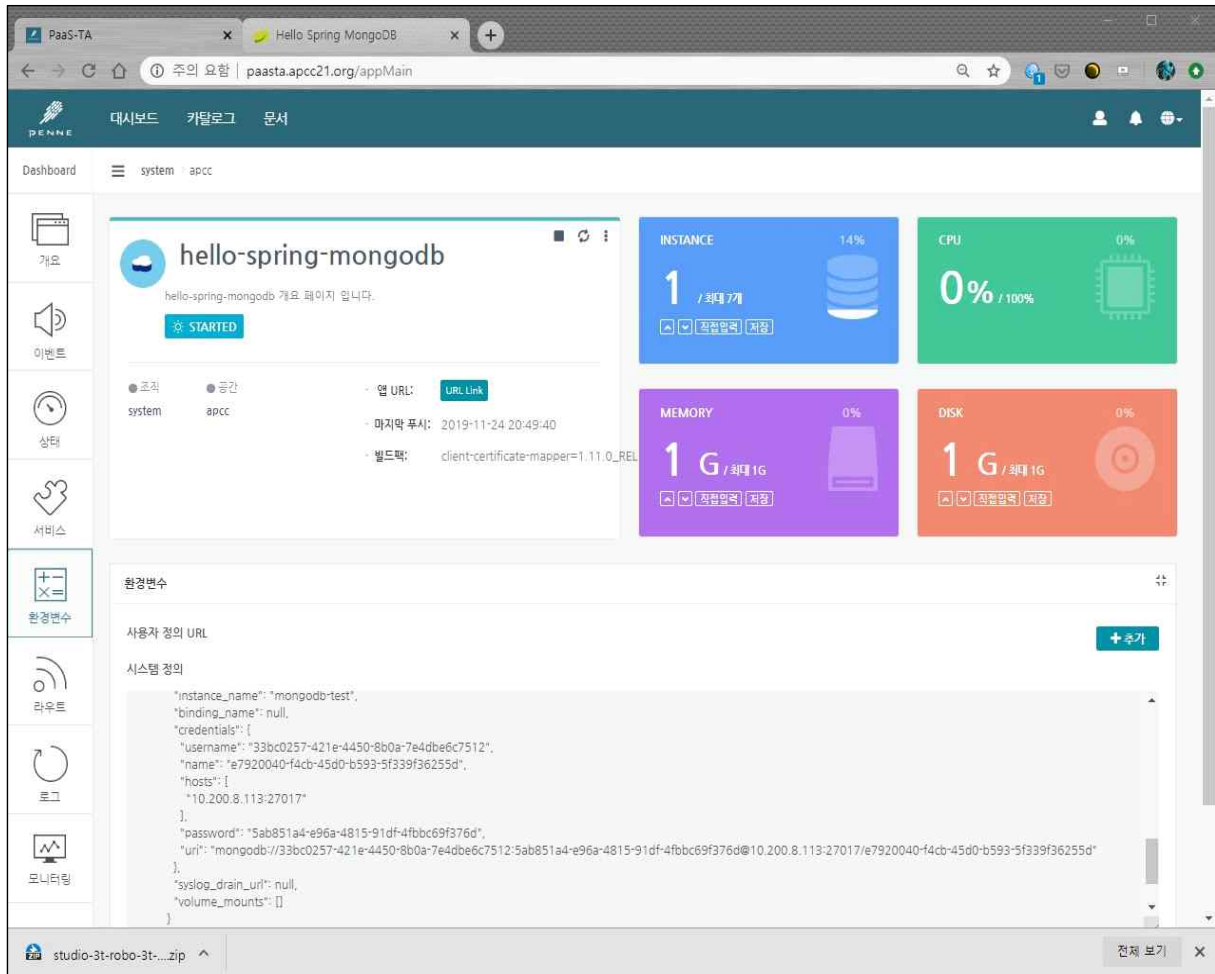


Figure 24. MongoDB Instance Environment Variables Available on the PaaS-TA User Portal

## (8) 기후서비스 플랫폼 내 형상 및 배포관리

소프트웨어의 핵심 기술이라고 할 수 있는 소프트웨어 소스코드는 하나의 중요한 산업 자산이 되었으며, 이러한 흐름 때문에 대부분의 소프트웨어 소스코드는 비공개로 개발되었다. 하지만, 시간이 흐를수록 공개 소프트웨어는 개발자들을 위해 다양한 방식과 형태로 전 세계적으로 배포 · 공유되고 있다. 이러한 소프트웨어 소스코드가 공유되는 대표적인 소스코드 공유 사이트로는 SourceForge와 GitHub 등이 있으며, C나 Java등의 컴파일러 언어에서부터 최근 들어 많은 개발자가 사용하고 있는 python이나 Ruby, R 등의 스크립트 언어로 구현된 소프트웨어 소스코드도 널리 공유되고 있다.

이러한 오픈소스 소프트웨어의 경우 다수에게 소스코드가 공개되고, 각 개인의 참여도 및 프로젝트별 저장소의 권한에 따라 소스코드를 다룰 수 있는 권한이 달라진다. 즉, 다수의 개발자가 참여하는 프로젝트의 경우에는 프로그램 저장소의 버전 및 권한 관리가 그 핵심적인 요소가 된다. 소스코드의 버전관리는 동시 개발 협업 체계 구축을 위한 필수적 요소이다. 파일이나 프로젝트 복구 기능이 있어야 하며, 소스 코드 수정, 추가, 삭제 등의 기능의 기록이 로그로 남아야 한다. 이외에도 소스 코드 충돌 해결이나, 버전이나 일정 단위로 따로 저장하여 백업 기능 등의 편의를 위한 기능들이 필요하다.

(가) Subversion

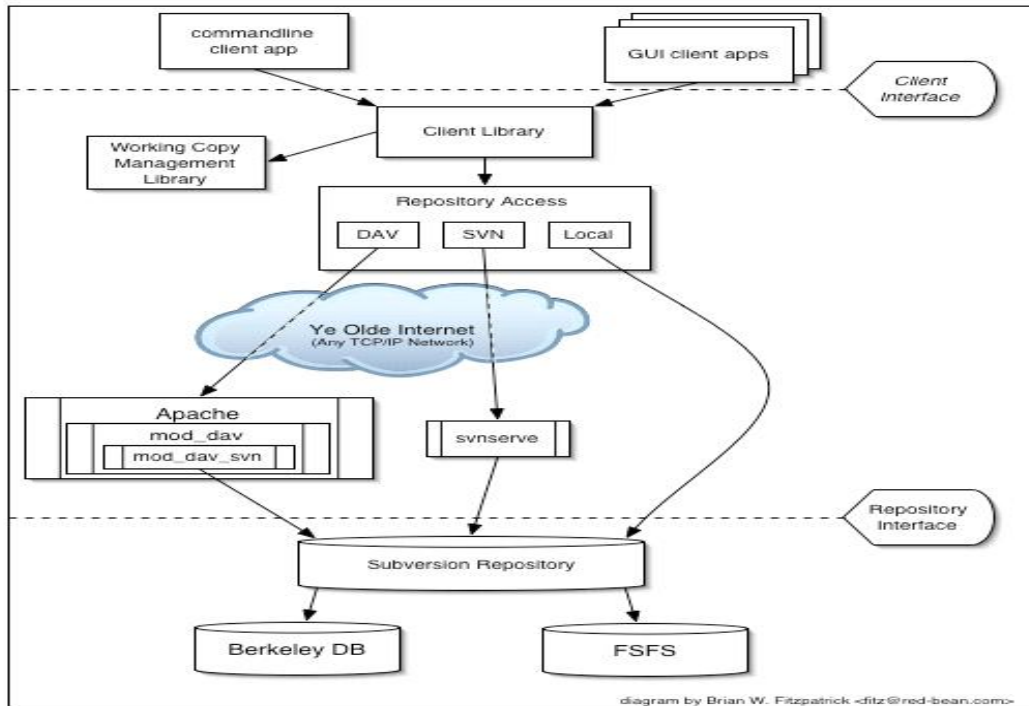


Figure 25. Subversion Schema, <http://svnbook.red-bean.com/>

Subversion은 오픈소스 소프트웨어로 개발된 버전 관리 시스템이다. Command Line에서 실행되는 명령어 svn을 그대로 본따 “SVN” 이라고 줄여서 부르기도 한다. 초기 개발 과정에서 제약이 많았던 CVS(Concurrent Version System)을 대체하기 위하여 2000년부터 CollabNet에서 개발되었으며, 현재 Apache 최상위 프로젝트로 지속적으로 개발되고 있다.

Subversion은 Server-Client 모델을 따른다. Server는 운영체제에 크게 종속되지 않으며, Server와 Client를 동시에 두고 사용이 가능하다. Subversion의 Server와 Client는 http, https, svn, svn+ssh 등의 프로토콜로 통신한다. Subversion은 현재 소개되어진 소스코드 버전 관리 도구로는 가장 많이 사용되고 있으며, 다양한 운영체제와 플랫폼, IDE 등에서 활용되고 있다. 도입 비용 없이 활용할 수 있는 오픈소스 소프트웨어라는 점 역시 장점이며, 소스코드 버전을 관리하기 위하여 다양한 기능을 제공한다. Windows 운영체제에서 다양한 클라이언트용 프로그램이 개발되어 있다. 윈도우 탐색기용 플러그인으로 편리한 Client 환경을 제공하는 TortoiseSVN, 편리한 GUI(Graphic User Interface)로 구성되어 서버 관리가 용이한 VisualSVN 등이 있으며, 이외에도 Visual Studio용 플러그인인 AnkhSVN, Eclipse 플러그인으로 Subclipse 등이 있다.

(나) Git

Git은 프로그램 등의 소스코드 관리를 위한 분산형 버전 관리 시스템이다. Server-Client 구조로 된 Subversion이 널리 이용되면서 사용자들은 대용량 파일 전송에 문제점들을 직면하게 되었다. Client가 많아짐에 따라 Server의 부하로 인하여 전송속도 저하, Server 불안정 등의

문제를 발견하게 되었다. 빠른 속도와 분산형 저장소 지원을 통하여 이를 해결하고자, 리눅스의 개발자인 리누스 토발즈가 리눅스 커널 관리를 위해서 개발하였다. 또한 오픈소스 개발의 특성상 다수의 개발자가 실수하는 등의 이유로 프로젝트에 문제점이 생기기도 하는데, 이러한 특성에 맞게끔 설계가 되어 있다. 현재 마이크로소프트, 페이스북, 트위터, 모질라 재단 등에서도 Git을 활용 중에 있다.

Git의 작업 폴더는 전체 기록과 각 기록을 추적할 수 있는 정보를 포함하고 있는 저장소이다. 즉, 클라이언트에 모든 파일을 다 받아서 작업할 수 있게 된다. 작업이 끝나면 Git 원격 저장소로 다시 발행하게 되며, 원 저장소를 보호하기 위한 브랜치가 있어 가지의 개발이 완료될 시 원 저장소와 합칠 수 있으며, 또한 개발 중간중간 태그를 통해 개발을 더 수월하게 할 수 있다. 이런 강력한 Git를 호스팅하는 GitHub.com을 통하여 오픈소스 소프트웨어의 중심지로 자리매김하고 있다. 설치형 Git 서버는 리눅스 서버의 경우 기본적으로 배포본에 있는 패키지만으로 서버를 구동할 수 있는 편리성이 있다.

### (9) 기후서비스 플랫폼 내 형상 및 배포 관리의 활용

기후서비스 플랫폼을 이루고 있는 PaaS-TA에서도 기본적인 형상관리를 위한 서비스 팩 패키지를 제공하고 있으며, 그 구조와 목록은 아래 Figure 26, 27과 같다.

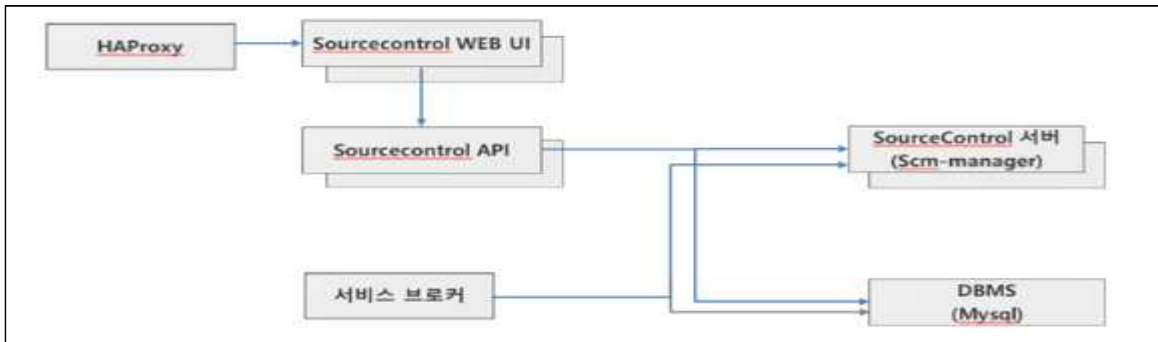


Figure 26. PaaS-TA Configuration Management Service Pack Structure Diagram, <https://github.com/PaaS-TA>

```

joohyung@ubuntu:~/workspace/paasta-4.0/stencil$ bosh -d 'paasta-sourcecontrol-service' vms
Using environment '10.200.8.212' as client 'admin'

Task 793794. Done

Deployment 'paasta-sourcecontrol-service'

Instance                                Process State AZ  IPs                                VM CID                                VM Type Active
haproxy/b7dc2164-cd3e-4eaf-9dee-elic5271c5469  running      z1  10.200.111.214                    vm-1e8b5ed3-0d73-448d-9f19-63cdcd7cc336 minimal true
mariadb/edd4d349-bea3-4fc8-b7db-0f47d0ee2417  running      z1  10.200.8.95                       vm-ec1d7fal-a85f-4223-8f55-42c9e8f46961 minimal true
scm-server/f00f5c67-b2dd-4fae-aalc-8a007166249f  running      z1  10.200.8.94                       vm-6862af36-2800-42d6-ae4a-e97eb00af893 minimal true
sourcecontrol-api/1cc41ea1-8f8a-47b6-8170-da52hd2cfe29  running      z1  10.200.8.97                       vm-eb5335a2-e504-4f56-867c-e6f5452ac050 minimal true
sourcecontrol-broker/a2f2d2b6-242f-4299-9552-b3e53554eb6c  running      z1  10.200.8.98                       vm-ba94a0b5-6d5b-4a5a-bfa8-7d6d773ec8c8 minimal true
sourcecontrol-webui/42613713-b1f8-4403-be12-083a43a295b1  running      z1  10.200.8.96                       vm-d03fc475-03d5-4622-a1dd-5f792b55ac46 minimal true

6 vms

Succeeded
joohyung@ubuntu:~/workspace/paasta-4.0/stencil$
  
```

Figure 27. List of SourceControl service pack packages installed on climate service platforms

Service-Broker는 PaaS-TA와 SourceControl 패키지를 연동하고, HAProxy 서버가 전체적인 접속을 관리하여 SourceControl Web-UI로의 접근을 관장한다. SourceControl WEB-UI는 SourceControl API 서버에 각 기능을 호출하며, API 서버는 SourceControl 서버(SCM-Manager)에 해당 사항을 전달하고 변경된 이력은 MariaDB에 통합되어 관리된다.

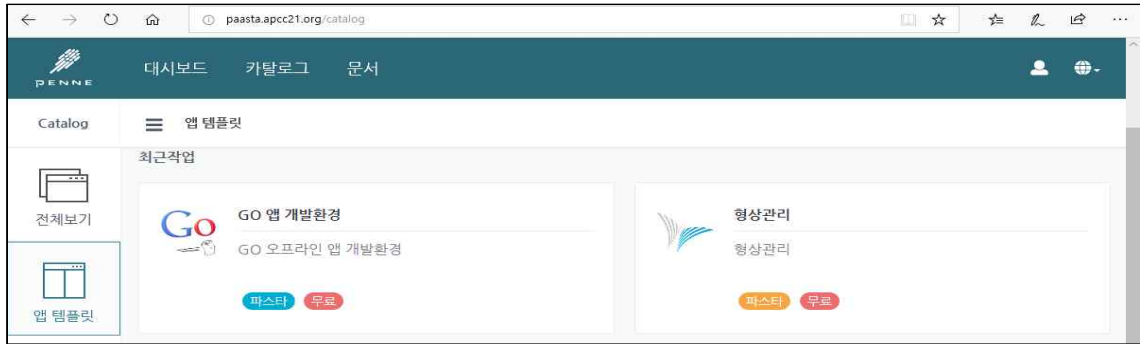


Figure 28. Configuration Management Service screen on the PaaS-TA User Portal

기후서비스 플랫폼의 형상 관리를 사용하고자 하면, 사용자 포털에서 설정되어 있는 형상관리 서비스 메뉴를 선택하여 진입하면, 형상관리를 위한 메인페이지로 이동하며, 현재 생성되어 있는 레파지토리(저장소) 목록이 아래 Figure 29와 같이 나타난다.

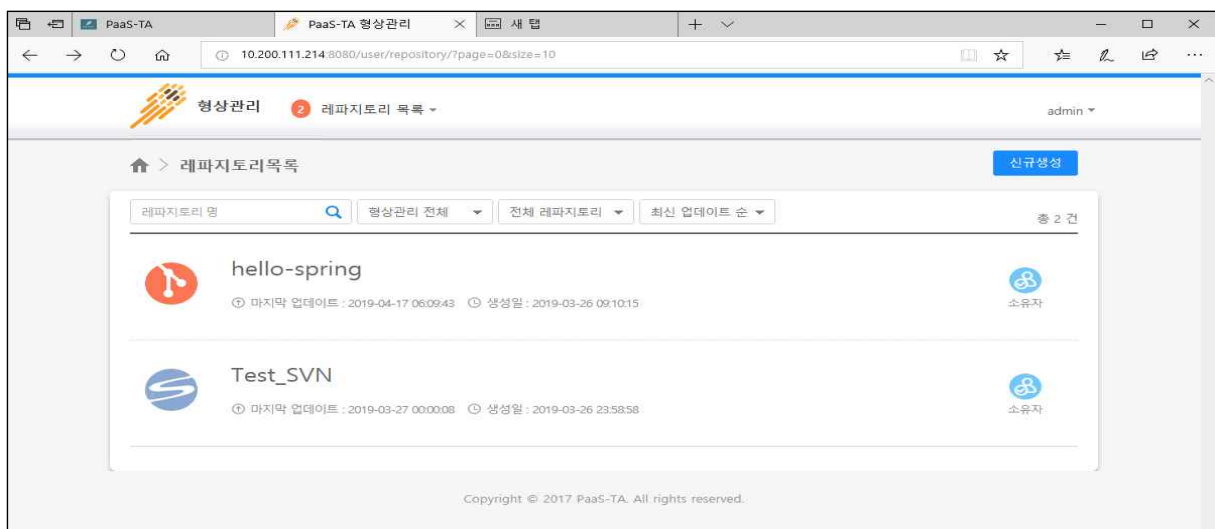


Figure 29. Source Control Management Page Initial Screen (List of Source Control Management Projects)

레파지토리를 선택하면, 아래 Figure 30과 같이 파일(File) 메뉴에서 현재 선택한 레파지토리 내 파일 목록과 최종 변경사항, 파일 크기, 마지막 업데이트 날짜를 확인할 수 있다. 커밋(Commit) 메뉴에서는 레파지토리 커밋 시 생성한 로그에 대한 설명을 확인할 수 있으며 참여

자(Contributor) 메뉴에서는 해당 소스코드에 기여한 사용자의 목록을 확인할 수 있다.

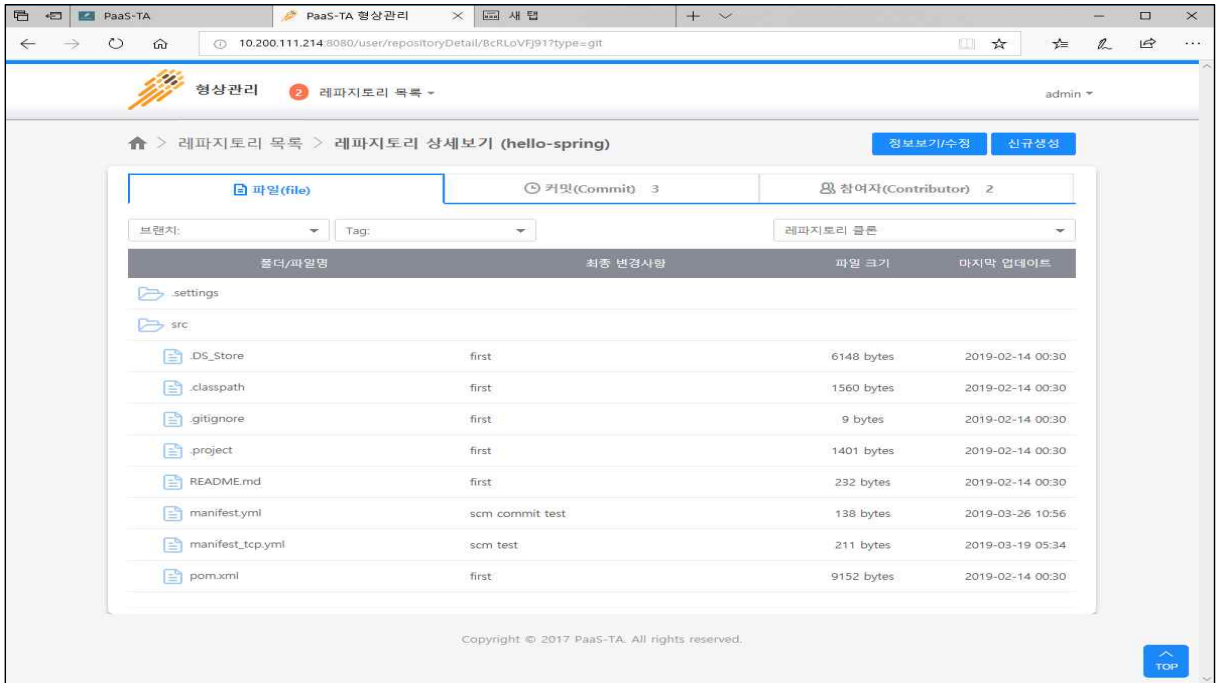


Figure 30. Viewing the details of the repertoire within the Configuration Management page

또한 형상관리 Web-UI에서는 새로운 레파지토리(저장소)를 생성, 삭제, 관리할 수 있다. 다음은 새로운 레파지토리를 생성하는 과정을 설명하고자 한다.

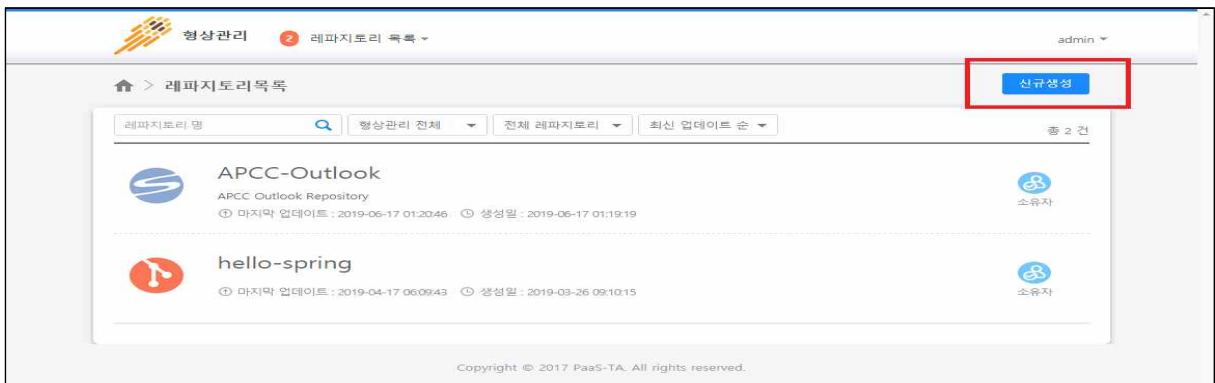


Figure 31. Source Control Management - New Create Menu

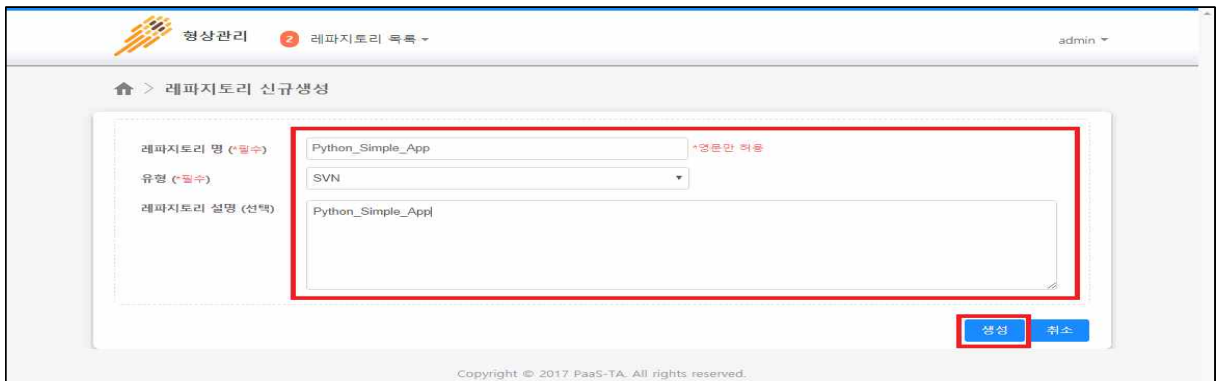


Figure 32. Source Control Management - New Creation Detail Settings Menu

먼저 형상관리 페이지에서 Figure 31과 같이 우측 상단의 신규 생성 버튼을 클릭하여 레파지토리 신규생성 화면으로 진입한다. Figure 32와 같이 레파지토리 세부 사항을 설정하는 화면에서 레파지토리 명, 유형, 레파지토리 설명을 기입한다. 현재 기후서비스 플랫폼의 형상관리 메뉴에서는 SVN, Git 2종류의 SCM(Source Control Management)을 지원한다.

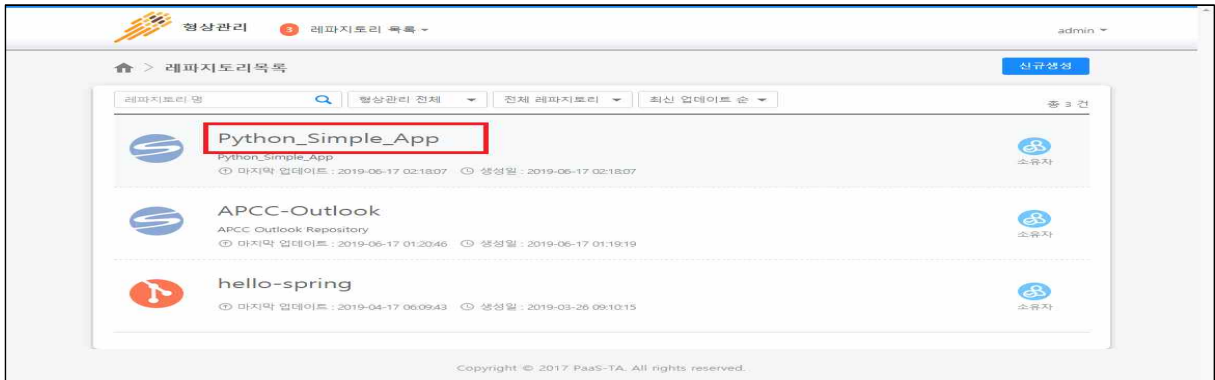


Figure 33. Source Control Management - List of newly created repositories

레파지토리 세부 설정을 마치고 생성 버튼을 클릭하면 Figure 33과 같이 레파지토리 목록에 신규로 생성된 레파지토리 목록을 확인할 수 있다.

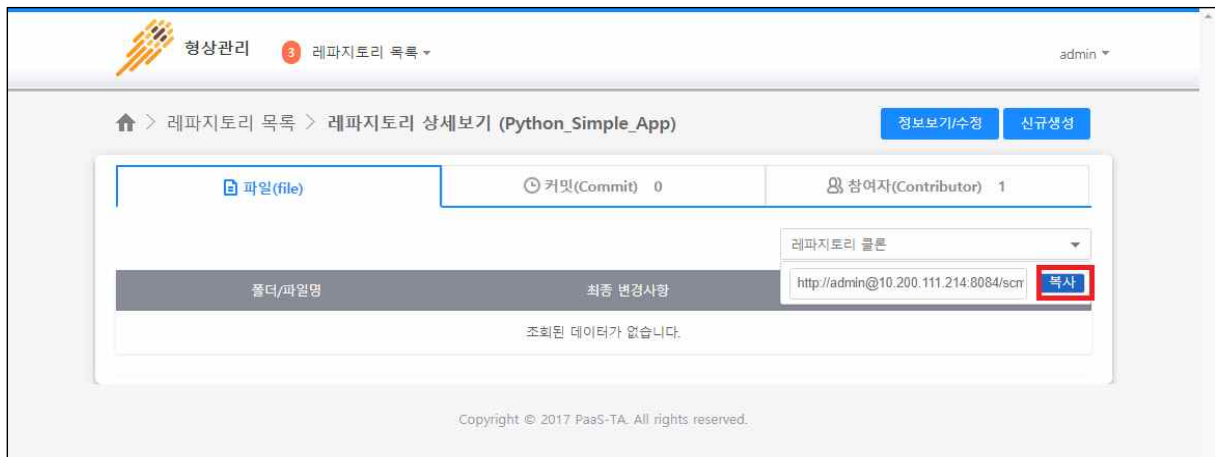


Figure 34. Source Control Management - Copy New Created Storage Addresses

새롭게 생성된 레파지토리를 선택하여 세부 사항을 확인하면 우측 상단에 레파지토리 클론이라는 드랍 박스를 선택할 수 있다. 여기에서 새롭게 생성된 레파지토리의 주소를 확인할 수 있는데, Figure 34와 같이 주소를 복사하여 SVN Client에서 확인할 수 있도록 한다.

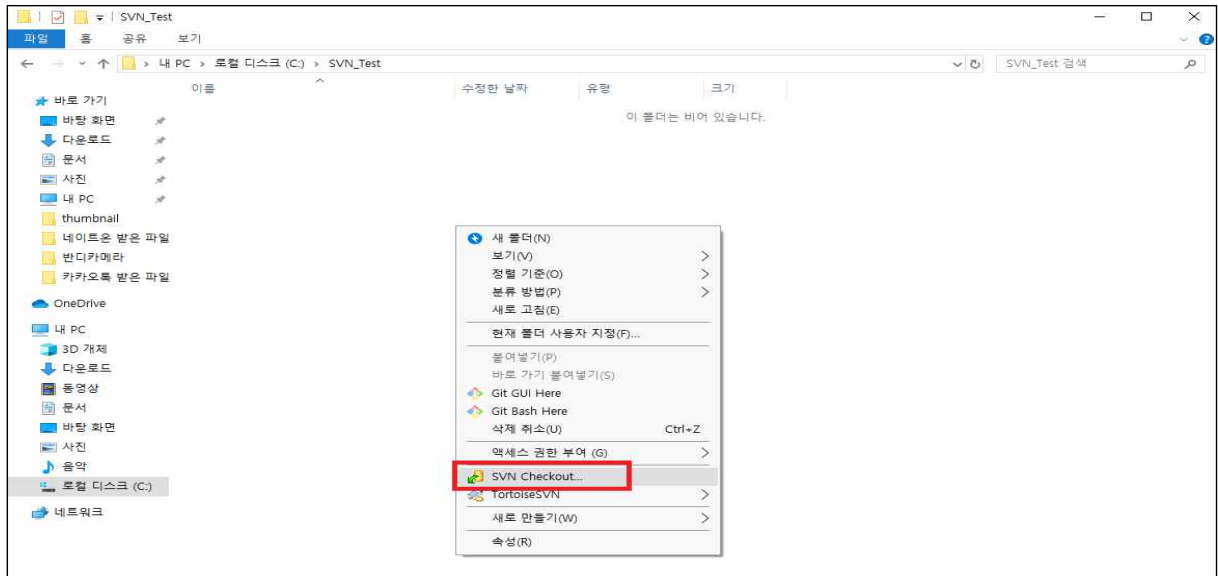


Figure 35. Source Control Management - SVN Checkout Using TortoiseSVN (1)

본 문서에서는 SVN Client 프로그램으로 Windows 환경에서 메뉴 구성이 단순하고 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있어 널리 사용되는 TortoiseSVN을 사용하였다. Figure 35와 같이 Windows 탐색기에서 보조 메뉴로 진입하여 SVN Checkout을 선택한다.

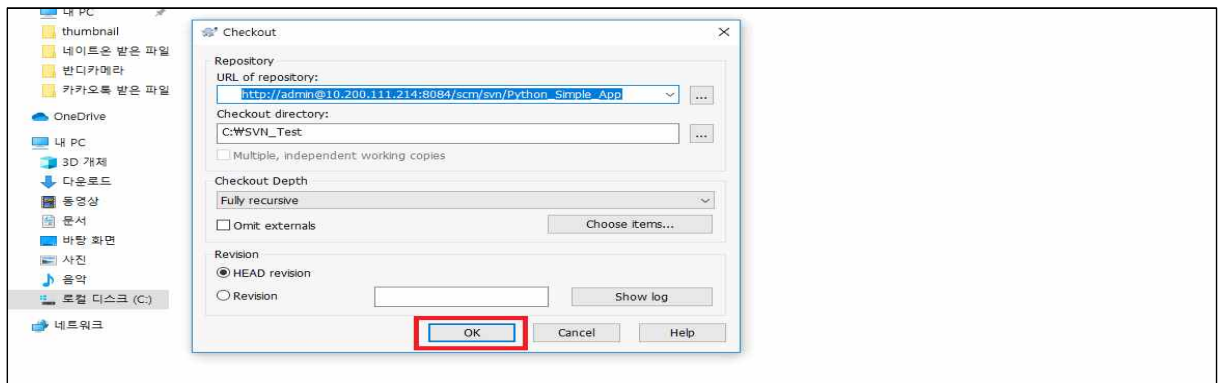


Figure 36. Source Control Management - SVN Checkout Using TortoiseSVN (2)

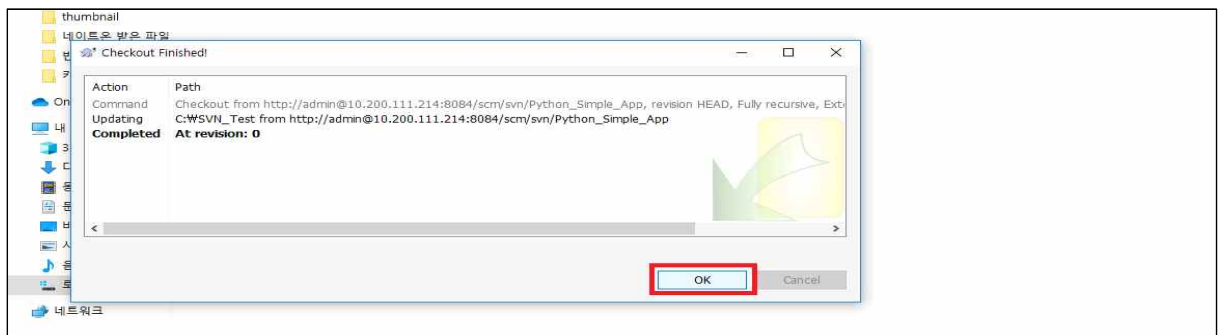


Figure 37. Source Control Management - SVN Checkout Using TortoiseSVN (3)

Figure 36에서 복사하였던 SVN 레파지토리 주소를 나타내는 TortoiseSVN URL에 입력한 후 Figure 36과 같이 OK 버튼을 눌러 다음을 진행하면 Figure 37과 같이 Checkout에 관련된 내용이 나타나며 Checkout이 완료된다.

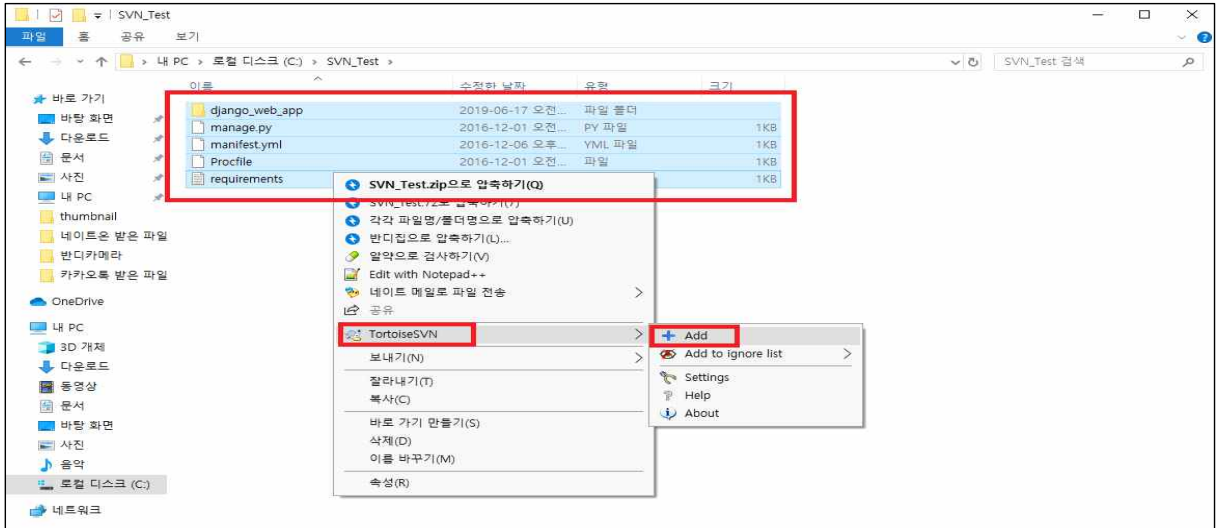


Figure 38. Source Control Management - SVN Add Using TortoiseSVN (1)

현재 상태로는 비어 있는 Repository가 로컬 컴퓨터에 Checkout 되었으므로, 정상적으로 SVN에 소스코드를 Figure 38과 같이 Add 한다.

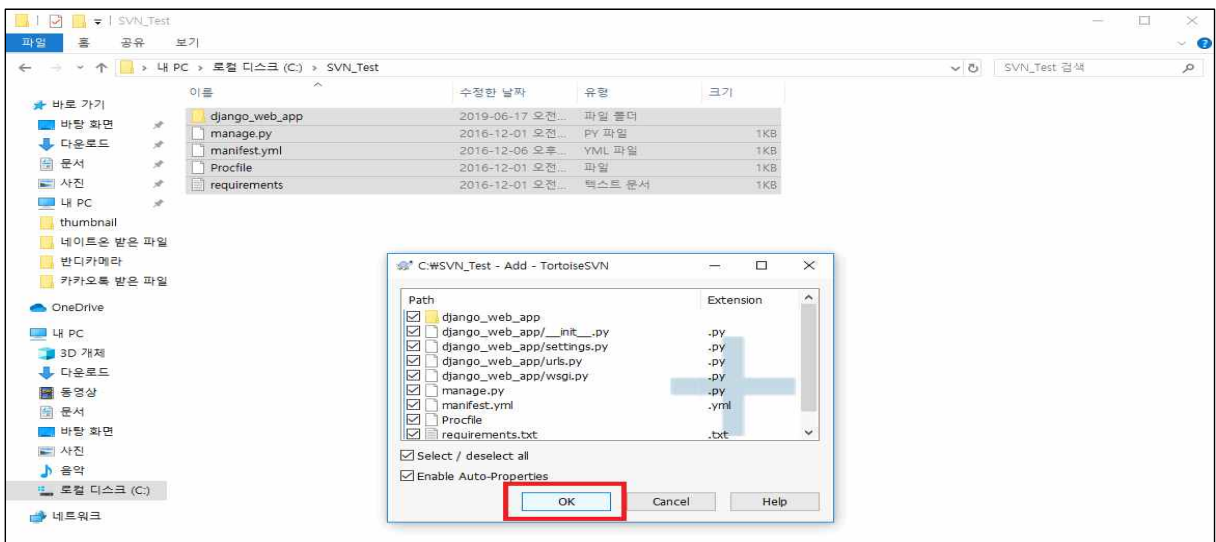


Figure 39. Source Control Management - SVN Add Using TortoiseSVN (2)

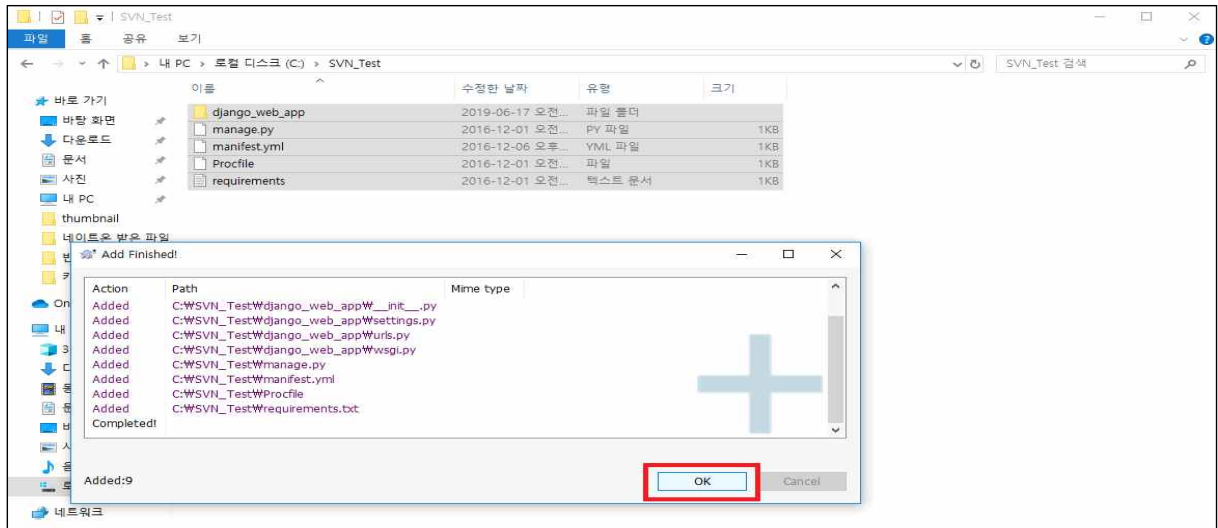


Figure 40. Source Control Management - SVN Add Using TortoiseSVN (3)

Figure 39, 40과 같이 레파지토리에 추가할 파일 목록을 체크한 후 OK 버튼을 누르면 Add 명령이 수행되며 위와 같은 결과를 확인할 수 있다.



Figure 41. Source Control Management - SVN Commit Using TortoiseSVN (1)

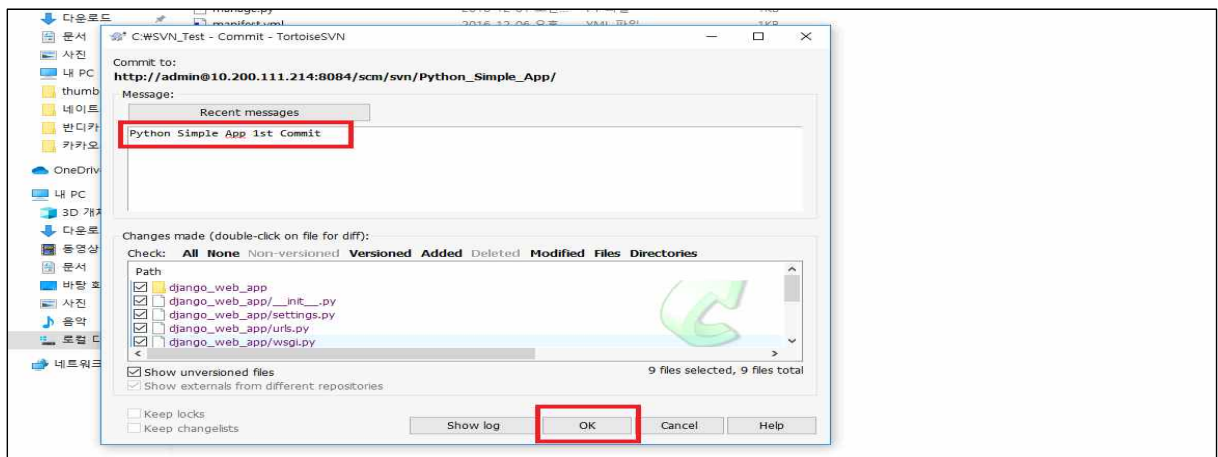


Figure 42. Source Control Management - SVN Commit Using TortoiseSVN (2)

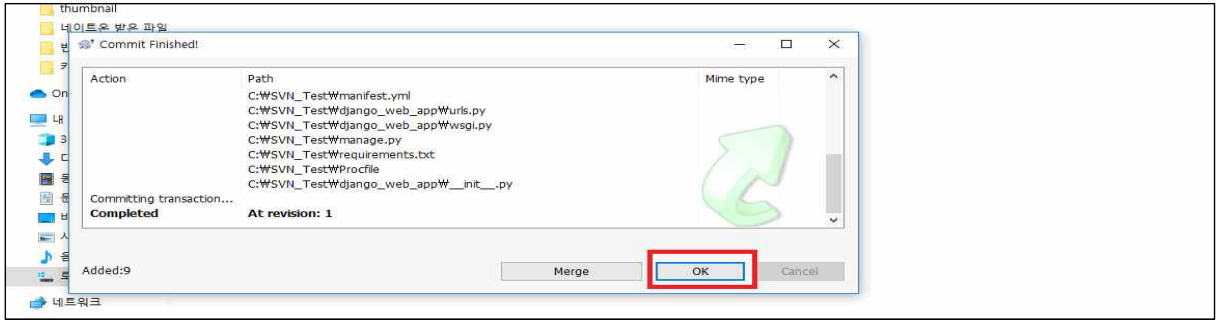


Figure 43. Source Control Management - SVN Commit Using TortoiseSVN (3)

Add가 완료되고 나면 Figure 41, 42, 43과 같이 SVN Commit을 순차적으로 수행한다. Figure 42에서처럼 SVN은 Commit시 로그를 남길 수가 있는데, 본 문서에서는 “Python Simple App 1st Commit” 이라고 입력하였다.

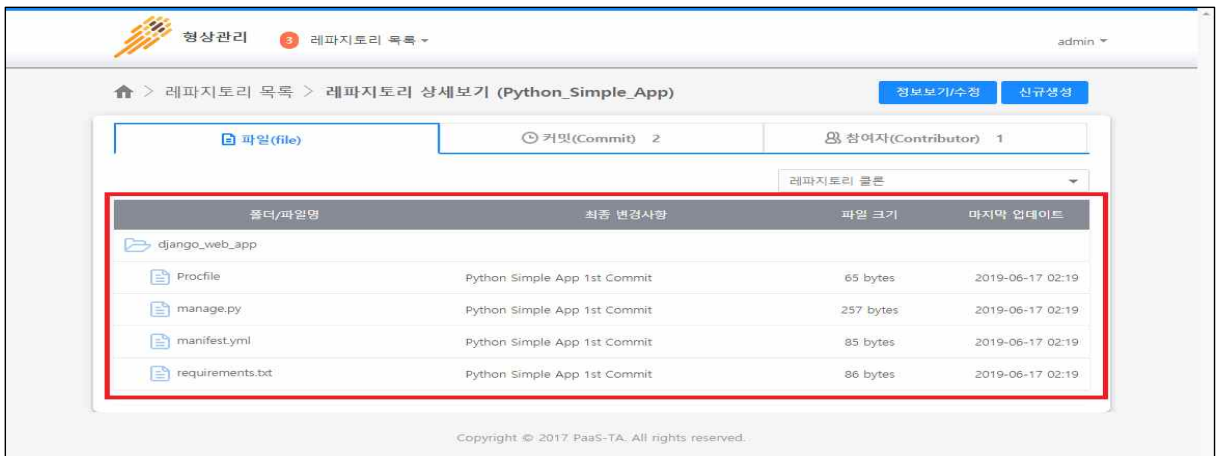


Figure 44. Source Control Management - Updated Repository Content - Files

로컬 컴퓨터에서 Commit이 완료된 후 Figure 44와 같이 다시 형상관리 Web-UI로 이동하면 새로이 등록된 File의 목록을 확인할 수 있다.

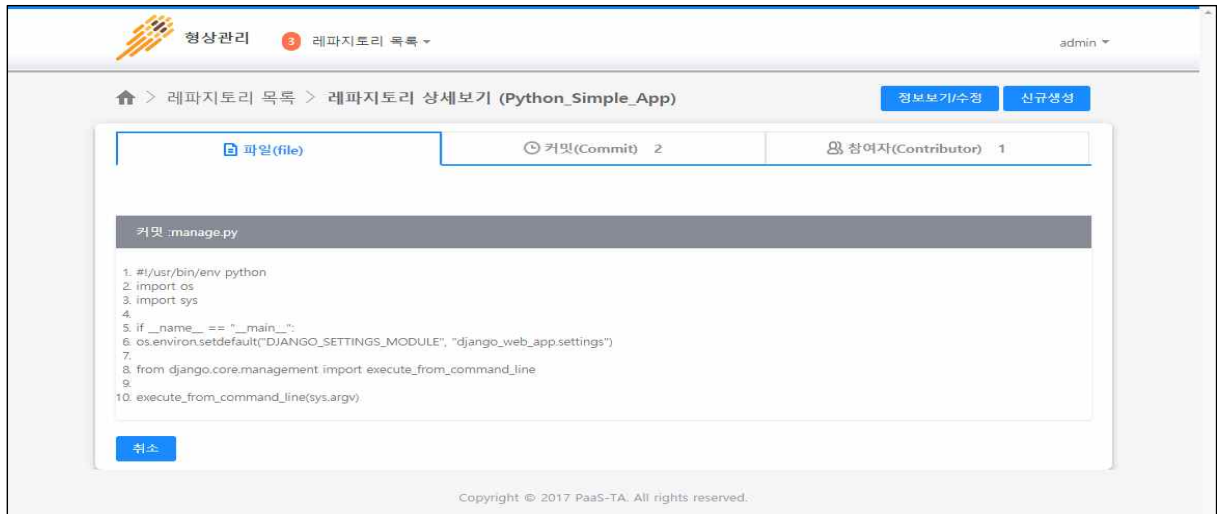


Figure 45. Source Control Management – Updated Repository Content – Source Code

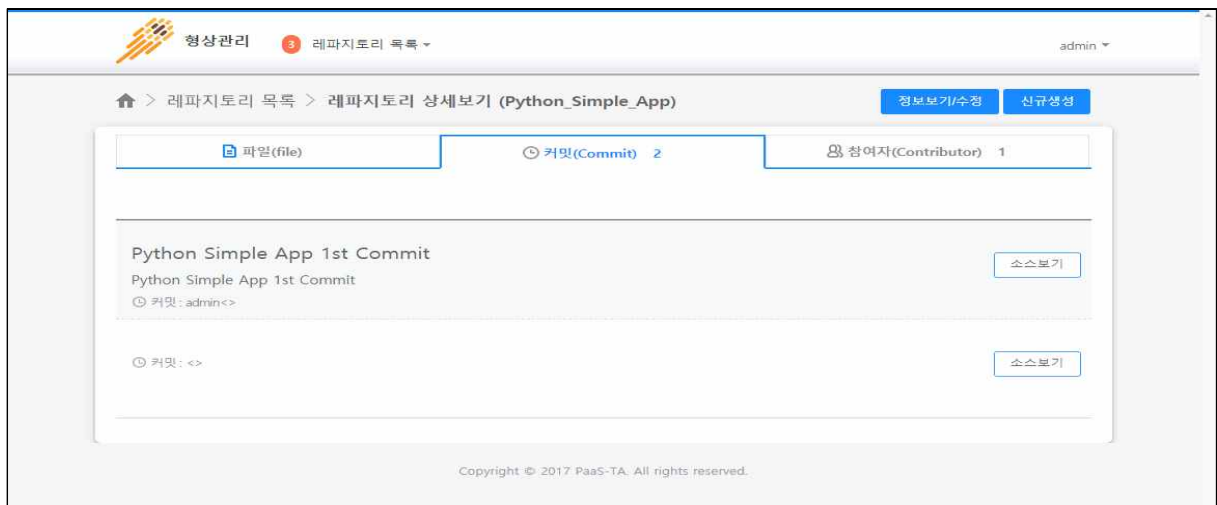


Figure 46. Source Control Management – Updated Repository Content – Commit Log

또한 Figure 45, 46과 같이 소스코드의 상세 내용 및 Commit 시 입력한 로그 역시도 형상관리 Web-UI에서 확인할 수 있다.

## 나. 사용자 및 API 인증체계 구축

### (1) APCC 통합인증(Single Sign On, SSO) 연동 인증 체계 구축

#### (가) 시스템 개요

APCC 통합인증체계(Single Sign On, SSO)는 하나의 사용자 ID를 이용하여 APCC의 기후 정보서비스들에 로그인할 수 있는 시스템이다. 현재 APCC SSO는 웹 서비스에 대한 인증을 위해 개발된 시스템으로 웹 브라우저 외의 다른 웹 서비스나 응용 프로그램에서는 직접적으로 활용하여 인증 서비스를 받을 수 없는 한계가 있다. 플랫폼 기반 기후데이터 서비스를 지원하기 위해서는 해당 문제점을 해결하기 위한 방안이 필요하며, 이를 위해 SSO 연동을 지원하는 인증 컨테이너의 개발이 필요하였다.

#### (나) 시스템 요구사항

Table 9에서 플랫폼 기반 기후데이터 서비스를 지원하기 위한 APCC SSO 기반의 연동인증에 대한 요구사항을 정의하였다. 해당 요구사항은 각각을 구분할 수 있는 ID와 그에 대한 정의로 이루어져 있으며, 해당 정의를 기반으로 SSO 연동인증 요구사항에 대한 분석을 실시하도록 한다.

Table 9. Requirements for SSO authentication

요구사항 ID	요구사항 정의
RQ_PF_SSO_001	SSO 연동 인증 컨테이너는 비 로그인 방식인 API 사용자 인증 기능을 제공한다.
RQ_PF_SSO_002	SSO 연동 인증 컨테이너는 전달받은 아이디/패스워드 혹은 API Key를 이용하여 사용자 인증을 수행한다.
RQ_PF_SSO_003	SSO 연동 인증 컨테이너는 APCC SSO의 암호화 모듈을 이용하여 암호화한 사용자 아이디, 패스워드, 사용자 Key를 전달받아 사용자 인증을 실행한다.
RQ_PF_SSO_004	SSO 연동 인증 컨테이너는 APCC SSO의 암호화 모듈을 이용하여 암호화한 사용자 아이디, 패스워드를 입력 받아 유일한 사용자 API Key를 발급하는 기능을 제공한다.
RQ_PF_SSO_005	사용자 API Key는 유효기간을 지정하여 유효기간이 지난 Key를 이용한 인증은 불가능해야 하고, key를 재발급할 수 있도록 유도해야 한다.
RQ_PF_SSO_006	사용자 인증 결과 전달되는 사용자 정보는 APCC SSO의 암호화 모듈을 이용하여 암호화하여야 한다.
RQ_PF_SSO_007	사용자 아이디/패스워드 및 API Key를 이용한 인증 결과는 API 처리결과 코드, 처리결과 메시지, 인증 결과 코드, 인증 결과 메시지, 사용자 정보 등을 포함해야 한다.
RQ_PF_SSO_008	API Key 발급 신청 결과는 API 처리결과 코드, 처리결과 메시지, 인증 결

	과 코드, 인증 결과 메시지, API Key 정보 등을 포함해야 한다.
RQ_PF_SSO_009	인증 결과로 전달하는 사용자 기본 정보는 APCC SSO의 암호화 모듈을 이용하여 암호화하여야 한다.
RQ_PF_SSO_010	SSO 연동 인증 컨테이너는 인증 실행 결과 메시지를 XML 혹은 json 형태로 전달해야 한다.
RQ_PF_SSO_011	연동 컨테이너에서 제공하는 API는 지정된 IP에서 요청할 경우에만 수행한다.

**(다) 요구사항 분석**

SSO 연동인증 시스템을 사용하는 사용자는 플랫폼 서비스 및 허가된 사용자 Application 이다. 이 사용자가 인증 서비스를 사용하는 기능 요구사항을 모식화하면 Figure 47과 같다.

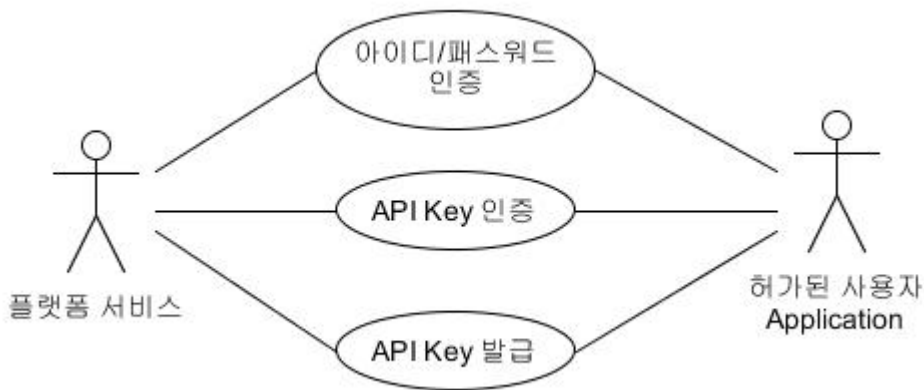


Figure 47. Usecase Diagram of SSO authentication

먼저 허가된 사용자 혹은 응용프로그램은 자신의 고유한 아이디 정보와 패스워드를 발급받은 것을 가정하고, 해당 정보들을 이용하여 플랫폼 서비스에 자신만이 알고 있는 비밀키를 통해 안전하게 인증과정을 거치는 기능이 필요하다. 이를 통해 사용자 혹은 응용프로그램은 플랫폼에 접근할 수 있는 기본적인 권한을 가지게 된다.

해당 인증과정 후에는 실제 개별 데이터를 API를 통해 접근하기 위하여 한정기간을 가진 API 패스워드(Key)를 시스템으로부터 발급 받고 그 API 패스워드를 통해 개별 데이터 접근 권한에 대한 제어를 받게 된다. 전체 과정은 이와 같이 크게 세 부분으로 이루어진 기능적 구성요소를 가지고 있으며 각 세부 내용은 다음과 같다.

**① 아이디/패스워드 인증**

Figure 48의 순서도는 플랫폼 혹은 응용에서 ID, 패스워드를 통해 인증을 실행하기 위한 요구사항에 대한 세부 순서를 보여준다. 먼저 사용자는 자신이 알고 있는 ID와 비밀키를 이용하여 SSO 연동 인증 컨테이너의 인터페이스(해당 인터페이스의 기술은 API, 컨테이너 오케스트

레이션 등 다양한 방법 존재)에 연결하여 인증을 요청하게 되며 SSO 연동 인증 컨테이너에서는 사용자의 IP 주소 기반의 유효성을 점검하고 등록된 IP인지 인증을 실시하게 된다. 해당 IP가 허용된 IP인 경우에 한해서 사용자 혹은 시스템에서 전송된 패스워드를 데이터베이스 테이블에 있는 암호와 대조한다. 이때 전송된 사용자 ID와 패스워드 조합은 암호화되어 있으므로 복호화하여 사용자 정보를 검색하게 되며 이에 대한 인증 성공/실패를 반환하는 구조를 가질 수 있도록 한다.

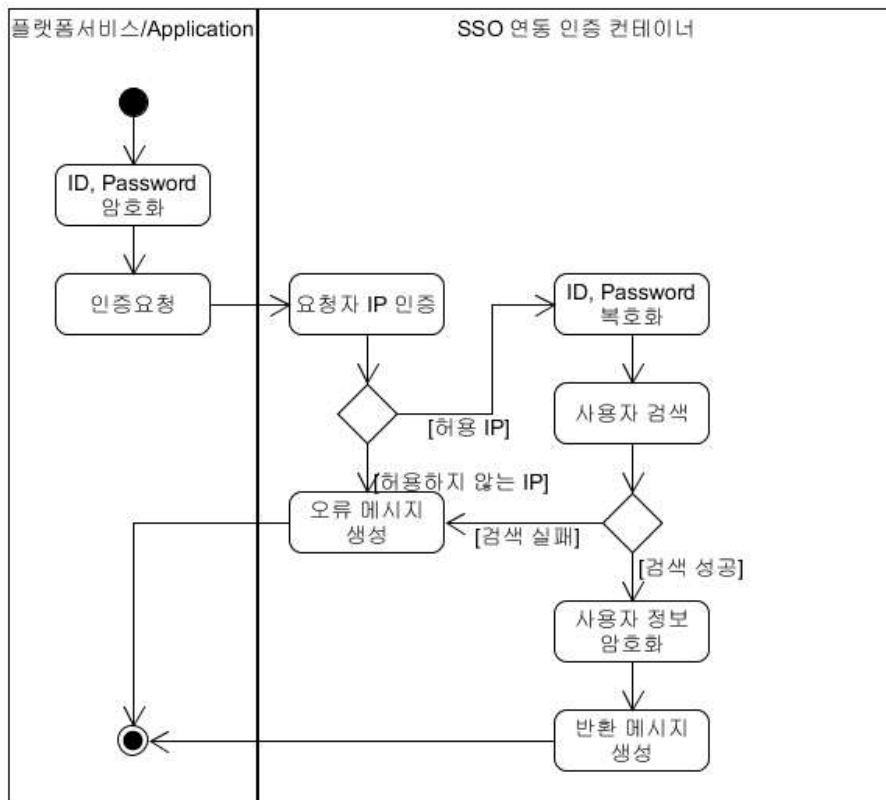


Figure 48. Authentication activity diagram using id, password

## ② API Key 인증

사용자나 응용에서 API를 활용하기 위해서는 무분별한 API 호출을 방지할 수 있는 방안이 필요하며 API Key를 통한 인증으로 이를 방지할 수 있다. 일반적으로 사용자는 자신의 ID당 하나의 API 인증키를 발부받아 사용할 수 있으며, 이 인증키는 특정 유효기한을 가지고 갱신되어야 한다. 아래의 그림은 해당 API 키를 발급 받아오는 과정에 대한 순서도를 나타내며, 아이디, 패스워드를 이용한 인증과 유사한 인증 과정을 거쳐 기존에 발급된 Key가 있는지 검색을 통해 살펴보고 검색되었을 경우 해당 정보를 반환하게 되고 없을 경우 API key의 발급과정을 통해 신규 API 키를 발급하게 된다.

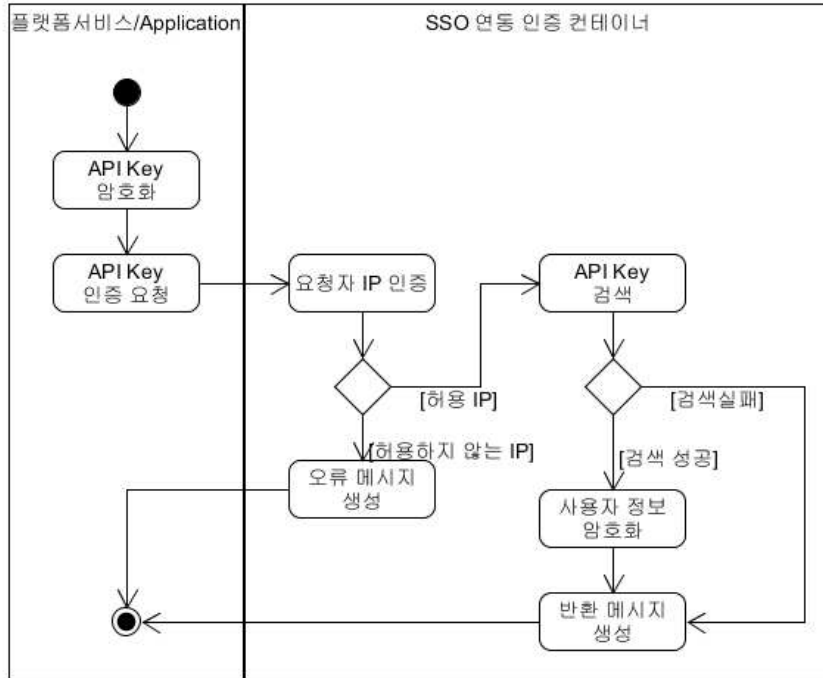


Figure 49. Authentication activity diagram using API key

### ③ API Key 발급

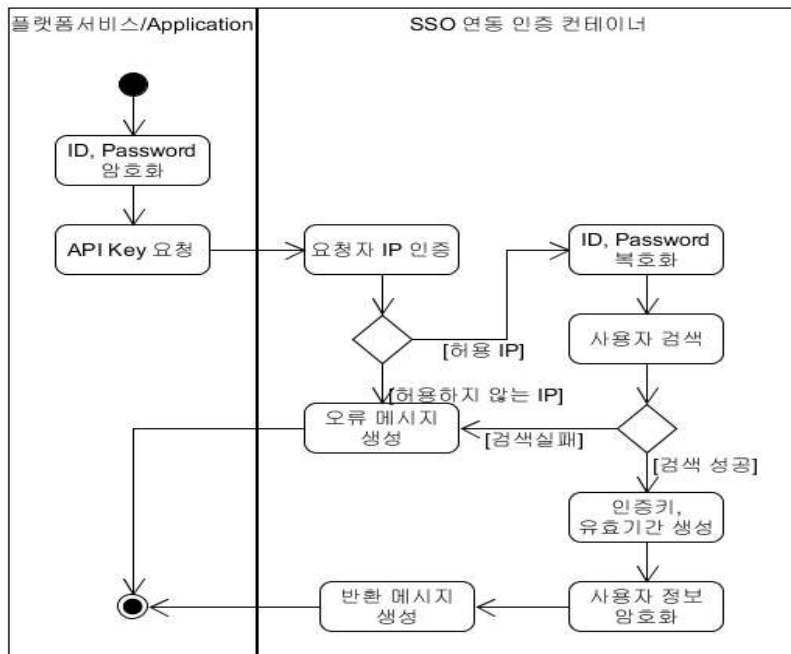


Figure 50. Activity diagram getting API key

Figure 50에서 나타난 것처럼 사용자가 API Key를 요청했을 때 SSO 연동 인증 컨테이너에서는 ID Password를 이용한 사용자 인증 과정을 우선 실행하게 되고 인증에 성공하면 사용자에게 대응되는 인증키와 유효기간을 생성하여 반환하는 구조를 가진다.

(라) 인증시스템 명세

① 서비스개요

Table 10. Specification of authentication service for Single Sign On

서비스 정보	서비스명	SSO 연동 인증 서비스 Authentication Service for Single Sign On
	서비스 설명	APCC SSO(Single Sign On) 사용자 계정 인증, API Key 관리
서비스 보안	서비스 인증/권한	[O] 서비스 Key [O] Basic (ID/PW) [ ] 없음
	메시지 레벨 암호화	[ ] 전자서명 [O] 암호화 [ ] 없음
	전송 레벨 암호화	[O] SSL [ ] 없음
적용 기술	인터페이스	[ ] SOAP [O] REST(GET, POST) [ ] 기타
	교환 데이터	[ ] XML [O] JSON [ ] MIME [ ] MTOM
서비스 URL	ID/Password 인증	https://sso.apcc21.org/ssoagent/auth
	Key 인증	https://sso.apcc21.org/ssoagent/key
	Key 발급	https://sso.apcc21.org/ssoagent/newkey
배포 정보		1.0
제약 사항		APCC 내부에서만 사용 가능

② API 목록

ID/Password 인증 - Request 명세

URL: <https://sso.apcc21.org/ssoagent/auth>, POST

Table 11. Specification of SSO authentication request using ID, password

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
encstring	필수	N/A	[사용자 ID] \$ \$ [Password] \$ \$ [인증요청 시간: seconds] AES 256 암호화 후 전송

ID/Password 인증 - Response 명세

- 인증 성공

Table 12. Specification of SSO authentication: Success response

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
status	필수	200	HTTP Response 코드(2.2.1.2.3 참조)
message	필수	success	HTTP Response 메시지
data	필수		상세 정보

sso_id	필수		사용자 ID(AES256 암호화)
sso_fname	필수		사용자 이름(AES256 암호화)
sso_lname	필수		사용자 성(AES256 암호화)
sso_email	필수		사용자 이메일 주소(AES256 암호화)
sso_api_key	옵션		사용자 API Key(AES256 암호화)
expired	옵션	1605336640000	API Key 유효기간 종료시각

### ID/Password 인증 - 인증 실패

Table 13. Specification of SSO authentication: Failure response

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
status	필수	401	HTTP Response 코드(2.2.1.2.3 참조)
message	필수	unauthorized	HTTP Response 메시지
data	필수		상세 정보
info	옵션	Cannot find your key or your key is invalid.	상세 안내 정보

### ID/Password 인증 - HTTP Response 코드

Table 14. Specification of SSO authentication: HTTP response code

HTTP Response 코드	HTTP Response 메시지	설명
200	success	성공
400	bad request	Request 명세에 맞지 않는 parameter 입력
401	unauthorized	사용자 인증 실패
403	forbidden	서비스에 접근할 권리가 없음
404	not found	요청한 서비스를 찾을 수 없음
405	method not allowed	제공하지 않는 HTTP Method
500	internal server error	시스템 내부 오류 발생

### ID/Password 인증 - 응답 예제

Table 15. Sample of response of SSO authentication service

성공
<pre>{   "status":200,   "message":"success",   "data":   {     "sso_id":"xOhMlt8Nht5v6uSyjbsNSA%3D%3D",</pre>

<pre> "sso_fname": "No8kEtkXGbCRsSWdcSTThg%3D%3D", "sso_lname": "czo3PEGhZK6nNIKQluVL7A%3D%3D", "sso_email": "VRFNsAYIEXIIwSoJI%2FuPrI2jo%2BEWsYT3LqmHpo75HMs%3D" } </pre>
<b>실패</b>
<pre> {   "status": 401,   "message": "unauthorized",   "data": {     "info": "Can not find your ID or your password is invalid."   } } </pre>

### Key 인증 - Request 명세

URL: <https://sso.apcc21.org/ssoagent/key>, POST

Table 16. Specification of SSO authentication request using API key

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
encstring	필수	N/A	[API Key] § § [인증요청 시간: seconds] AES 256 암호화 후 전송

### Key 인증 - Response 명세

ID/Password 인증과 동일함

### Key 인증 - 응답 예제

Table 17. Sample of response of SSO authentication service

<b>성공</b>
<pre> {   "status": 200,   "message": "success",   "data": {     "sso_id": "xOhMlt8Nht5v6uSyjbsNSA%3D%3D",     "sso_fname": "No8kEtkXGbCRsSWdcSTThg%3D%3D",     "sso_lname": "czo3PEGhZK6nNIKQluVL7A%3D%3D",     "sso_email": "VRFNsAYIEXIIwSoJI%2FuPrI2jo%2BEWsYT3LqmHpo75HMs%3D", </pre>

<pre> “sso_api_key“:“kzaaGuRbRVRXfe4DY%2BGtJ8Q0%2ByUqoeaUV4EN07QlFzidboEbUJd gPRqvf9US%2BL“, “expired“:1605336640000 } } </pre>
<b>실패</b>
<pre> { “status“:401, “message“:“unauthorized“, “data“: { “info“:“Can not find your key is invalid.“ } } } </pre>

### Key 요청 - Request 명세

URL: <https://sso.apcc21.org/ssoagent/newkey>, POST

Table 18. Specification of request to get API key

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
encstring	필수	N/A	[사용자 ID] § § [Password] § § [인증요청 시간: seconds] AES 256 암호화 후 전송

### Key 요청 - Response 명세

ID/Password 인증과 동일함

### Key 요청 - 응답 예제

Table 19. Sample of response to get API key

<b>성공</b>
<pre> { “status“:200, “message“:“success“, “data“: { “sso_id“:“xOhMlt8Nht5v6uSyjbsNSA%3D%3D“, “sso_fname“:“No8kEtkXGbCRsSWdcSTThg%3D%3D“, “sso_lname“:“czo3PEGhZK6nNIKQuVL7A%3D%3D“, “sso_email“:“VRFNsAYIEXllwSoJI%2FuPri2jo%2BEW’sYT3LqmHpo75HMs%3D“ } } </pre>

<pre> "sso_api_key": "kzaaGuRbRVRXfe4DY%2BGtJ8Q0%2ByUqoeaUV4EN07QIFzidboEbUJJdq gPRqvf9US%2BL", "expired": 1605336640000 } } </pre>
<b>실패</b>
<pre> {   "status": 401,   "message": "unauthorized",   "data": {     "info": "Can not find your ID or your password is invalid."   } } </pre>

## (2) 공개 응용프로그래밍 인터페이스(Open API) 인증 체계 구축

### (가) 시스템 개요

APCC에서 제공하고 있는 개별 모델 기후자료는 모델 제공기관들 간의 합의를 통해 사용 조건을 가지고 있으며, 해당하는 사용조건을 만족하는 인가된 사용자에게만 제공 중이다. 따라서 해당 자료에 대한 서비스를 Open API를 통해 제공하기 위해서는 사용자 인증 과정을 거쳐야 한다.

### (나) 시스템 요구사항

Open API 사용자 인증체계의 요구사항을 정의하고 및 분석하였다. 해당 요구사항은 플랫폼 기반 기후자료 웹 서비스에서 사용자가 회원가입, 로그인, API 키 요청, API 키 인증 등 사용자 인증 전반에 걸친 과정을 포함한다.

Table 20. Requirements of Open API authentication

요구사항 ID	요구사항 정의
RQ_PF_API_001	OpenAPI Portal은 회원가입 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_002	OpenAPI Portal은 사용자 로그인 및 로그아웃 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_003	OpenAPI Portal은 사용자 정보 수정 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_004	OpenAPI Portal은 API Key 발급/재발급 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_005	OpenAPI Portal은 API Key 발급/재발급 요청 시 보안을 위해 사용자로부터 패스워드를 재입력 받아야 한다.
RQ_PF_API_006	OpenAPI Portal은 APCC SSO 연동 인증 컨테이너를 통하여 API Key 발급/재발급 기능을 제공해야 한다.
RQ_PF_API_007	OpenAPI Portal은 회원가입, 로그인/로그아웃, 사용자 정보수정을 위하여

	APCC SSO와 연동한다.
RQ_PF_API_008	OpenAPI Portal은 회원 정보를 저장, 관리하지 않는다.
RQ_PF_API_009	OpenAPI Portal은 회원가입, 로그인, 로그아웃, 사용자 정보 수정 기능을 제공하기 위해 APCC SSO를 연동해야 한다.
RQ_PF_API_010	사용자 인증 Open API는 API Key를 이용한 비 로그인 방식의 사용자 인증 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_011	사용자 인증 Open API는 POST, GET method 형식 모두를 제공해야 한다.
RQ_PF_API_012	사용자 인증 Open API는 사용자 정보와 관련된 요청을 처리하기 위해 APCC SSO 연동 인증 컨테이너를 사용해야 하며, 모든 사용자 관련 정보를 APCC SSO 암호화 모듈을 이용하여 암호화, 복호화 해야 한다.
RQ_PF_API_013	보안을 위하여 사용자 인증 OpenAPI는 APCC가 제공하는 기후서비스 및 API 를 통해서만 호출하여 사용할 수 있도록 한다.

(다) 요구사항 분석

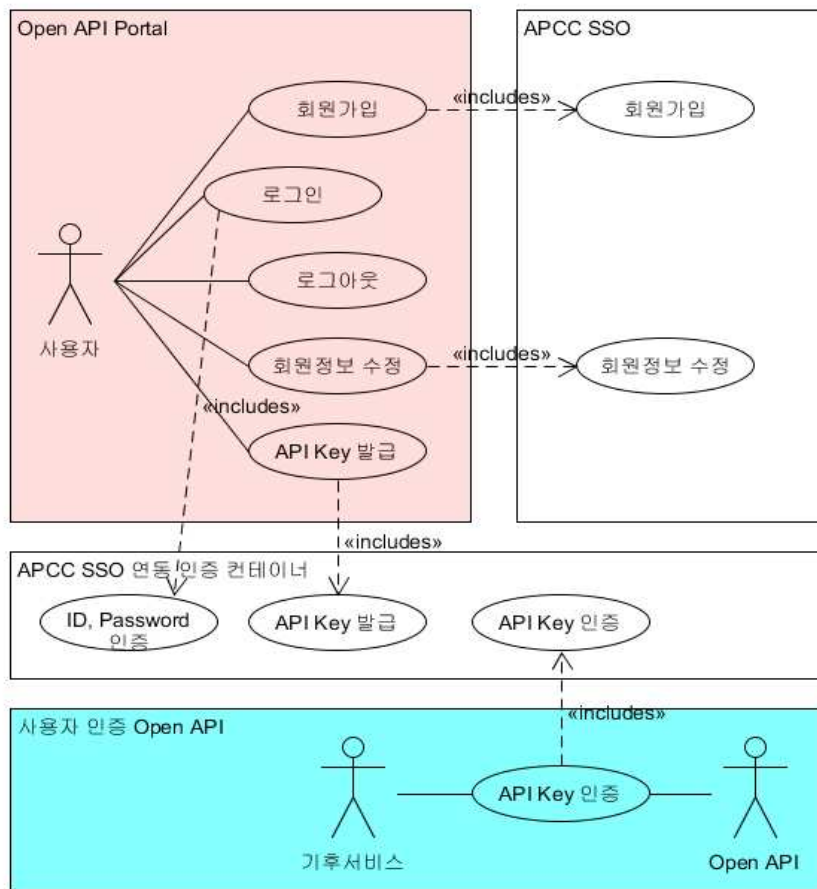


Figure 51. Usecase diagram of Open API authentication

사용자가 기후자료 서비스 웹 포털을 통해 인증을 위한 요구사항에 대한 전체 모식도는

Figure 51와 같다. 사용자는 서비스를 이용하기 위해 회원가입, 로그인, 로그아웃, 회원정보 수정, API 키 발급 기능 요구사항을 가지고 있고 이에 대하여 대부분의 요구사항은 APCC 통합인증에서 기능을 연동하여 사용할 수 있고 API 키 발급은 통합인증 연동 컨테이너를 통해 키의 발급 및 관리를 수행하게 되는 구조이다.

### ① 기후자료 웹 서비스 포털

#### - 회원가입

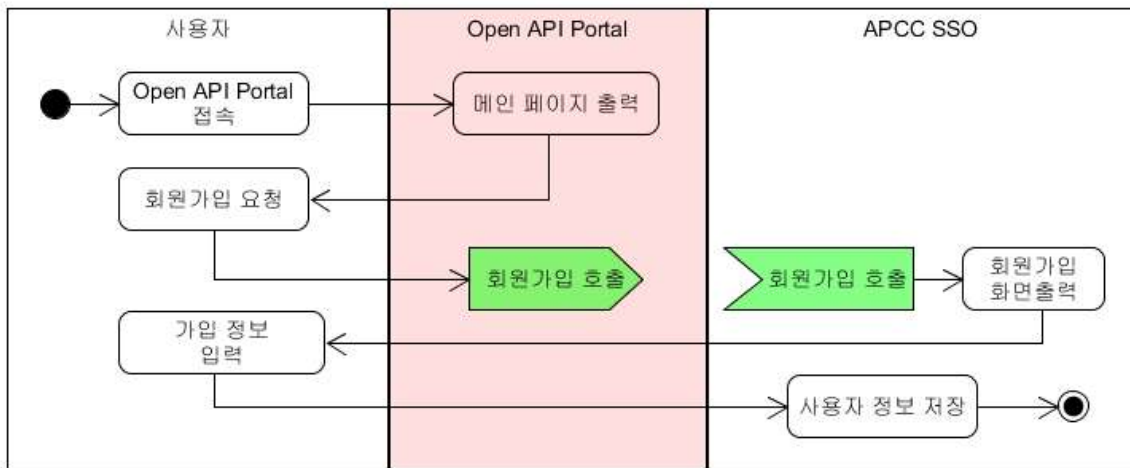


Figure 52. Activity diagram of member registration

사용자는 웹 브라우저를 통해 기후자료 웹 서비스 포털에 접속을 하고, 회원가입 요청 및 그에 해당하는 가입 정보를 입력하여 서비스를 이용하는데 필요한 요구사항을 모두 충족하게 된다. 기후자료 웹 서비스는 APCC SSO와 연동하여 회원가입 기능을 호출하고 해당 사용자의 정보는 기존 통합인증체계 하에서 관리되게 된다.

#### - 로그인

사용자의 로그인에 대한 기능 요구사항을 상세히 살펴보면 웹 서비스를 제공하는 포털에서 사용자에게 로그인 페이지를 출력해주고 사용자가 ID와 패스워드를 입력하였을 때 해당 정보들을 암호화 하고 인증 모듈을 호출하게 된다. 이때 APCC SSO와 연동되어 있는 인증 컨테이너를 통해 사용자 아이디 패스워드를 복호화 하여 실제 등록되어 있는 사용자인지 데이터베이스 테이블에서 확인하게 된다. 이때 인증을 성공하면 해당 사용자 정보를 암호화 하여 결과 전송을 준비하게 되고, 인증을 실패하면 로그인 실패를 안내하는 문자열을 준비하게 된다. 해당 정보가 웹 브라우저로 전송이 되면 전송받은 정보를 복호화하고 연결을 위한 세션 설정 및 로그인 완료 메시지를 사용자 브라우저에 표출하여 전체 인증이 끝나고 자료서비스에 액세스 할 준비가 완료되었음을 알린다.

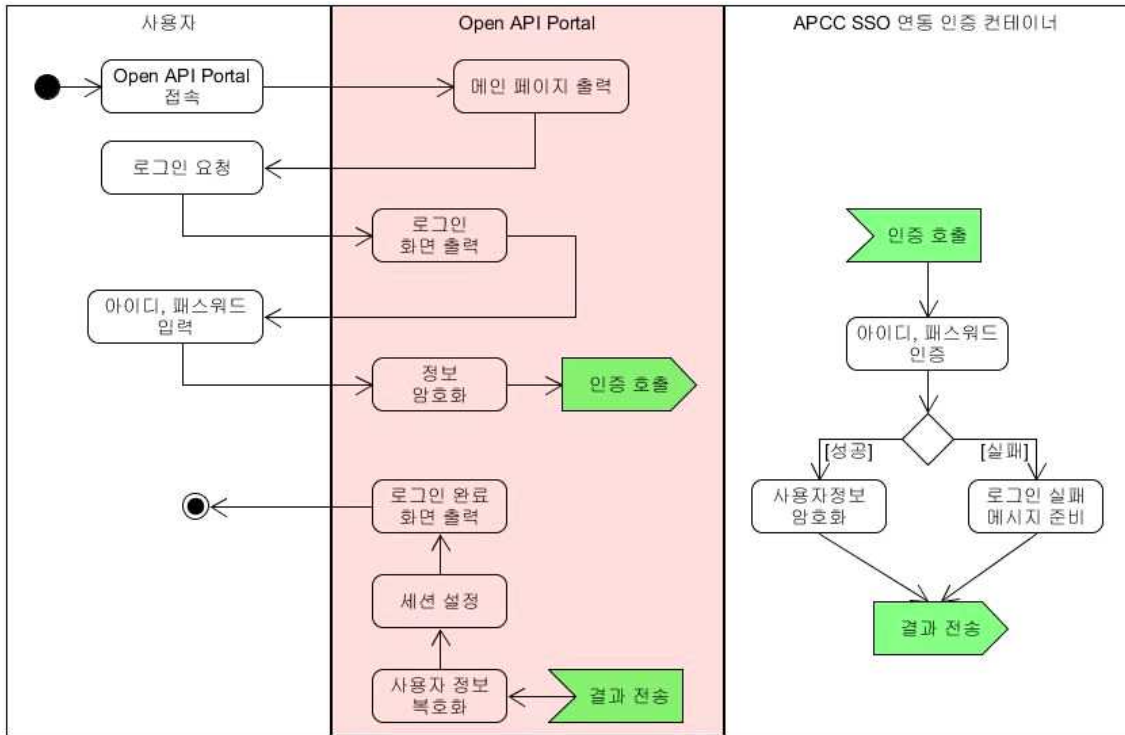


Figure 53. Activity diagram of log in

- 로그아웃

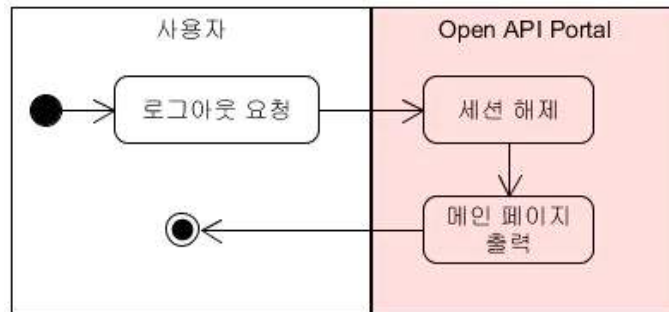


Figure 54. Activity diagram of log out

로그아웃에 대한 요구사항은 로그아웃을 사용자 브라우저에서 요청시 해당 기능을 웹 서비스 포털에서 APCC 통합인증과 연결시켜 주고 실제 로그아웃이 이루어졌을 때 세션이 해제 되는 상황까지를 포함한다.

- API Key 발급

API 키는 사용자가 기후자료 웹 서비스에 접속하여 키를 발급 받아 본인의 응용 프로그램 등에서 해당 키를 활용하여 직접 자료를 다운 받을 수 있게 하는 기능 요구사항이다. 해당 API 키 발급은 사용자 인증과 연동되어 있으며, 키 관리는 키 생성, 유지, 폐기만을 다루고 이력관리는 본 과제 수행을 위한 요구사항에서는 제외한다. 사용자는 API 키 발급을 요청하게 되고 SSO와 연동된 인증 컨테이너에서 사용자의 ID와 패스워드를 받고 해당 정보를 통해 사용자를 한번 더 인증하여 키 생성 및 해당 키의 유효기간을 설정한 후 해당 키를 암호화하여 사용자

에게 그 키를 제공해 주는 구조이며 이에 대한 절차는 Figure 55와 같다.

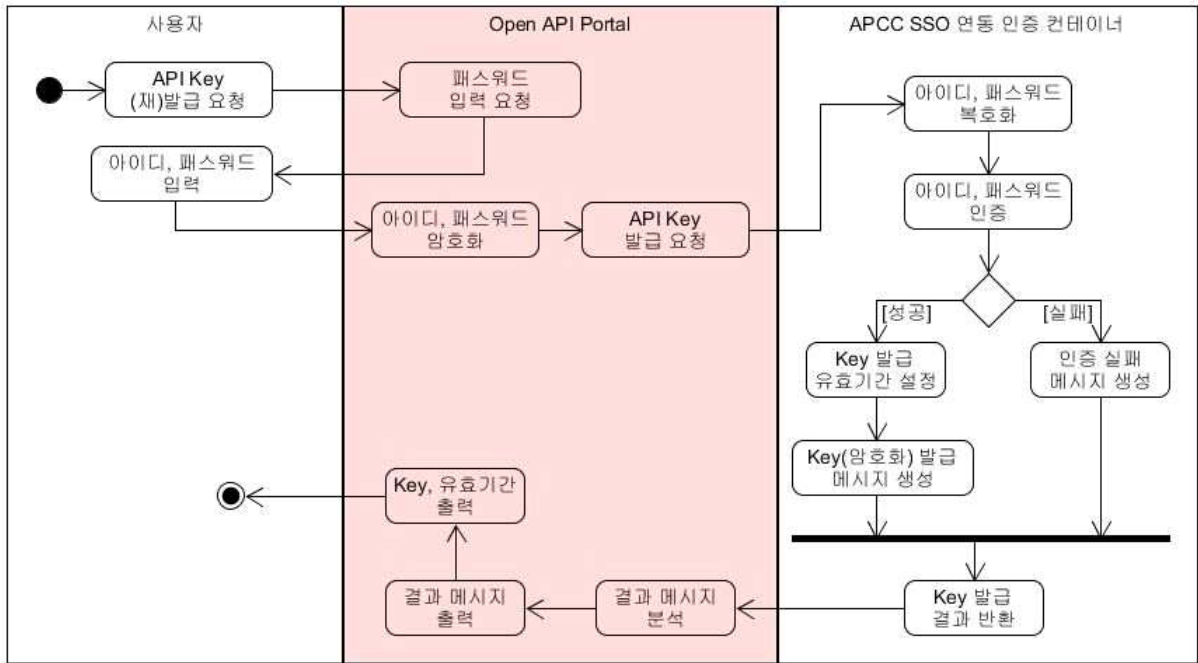


Figure 55. Activity diagram of getting API key

## ② 사용자 인증 Open API

### - API Key 인증 요청

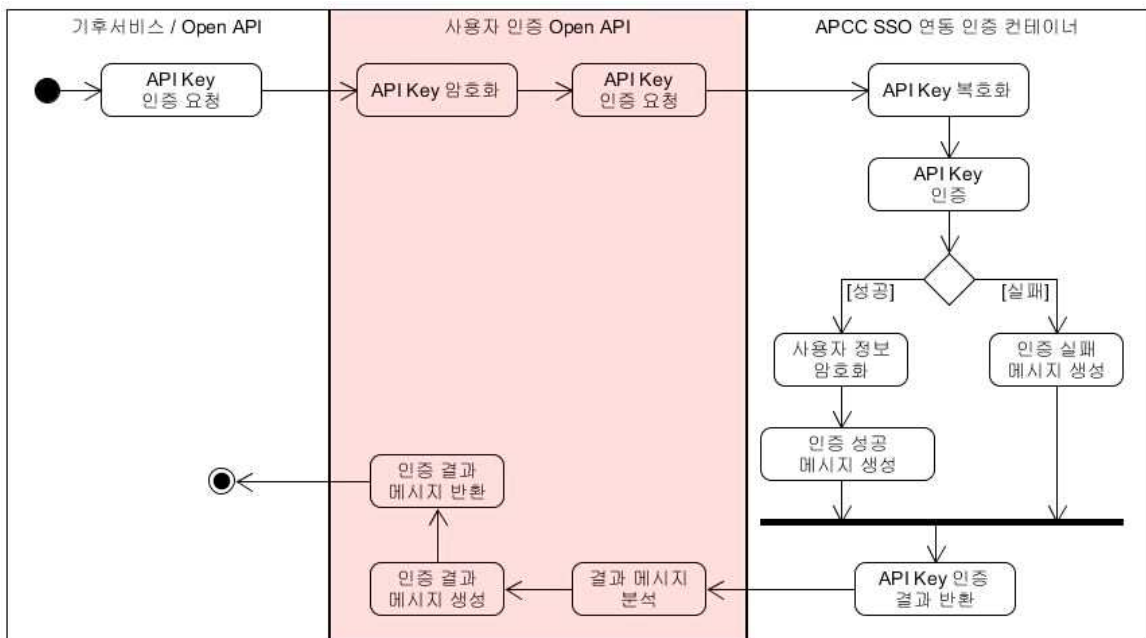


Figure 56. Activity diagram of authentication using API key

사용자가 API 키를 요청할 때는 통상 사용자 인증을 다시 거친 뒤 그 결과를 반환하고, 해당 키의 갱신이 필요할 경우 사용자는 갱신된 키를 다시 받을 수 있다. 해당 갱신은 이력관리

를 하지 않고 신규 키의 생성 및 기존 키 폐기의 기능 요구사항을 가진다.

(라) 인증시스템 분석 및 설계

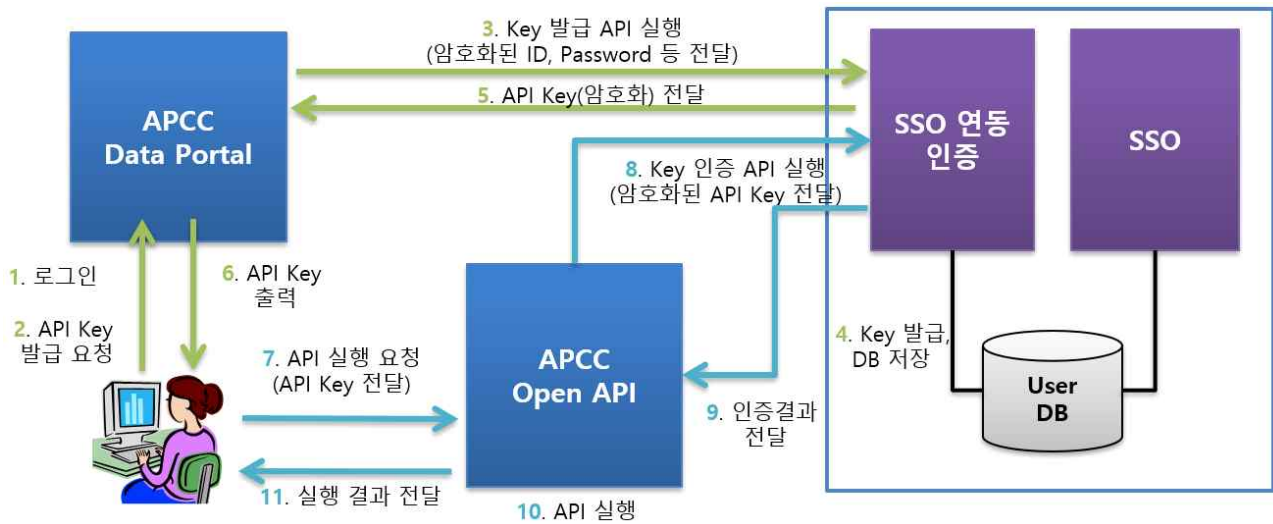


Figure 57. Analysis and design of authentication

SSO 연동 인증 기능은 APCC SSO에서 실행되는 Open API로 보안을 위하여 지정된 클라이언트(데이터 서비스 포털, APCC Open API 등)에서만 사용이 가능하다. 사용자 인증을 위한 API key, ID/Password 및 인증 실행 후 전달하는 정보는 모두 AES256 암호화 기법을 이용하여 암호화 된다. API 실행을 위한 key는 UUID 5 형식을 따른다. 인증을 위한 Open API는 웹 페이지 없이 단독 호출로 실행이 가능하여 일반적인 웹 프로그램이나 PC 응용 프로그램에서 사용할 수 있도록 구성하였다. 이에 대한 상세한 내용은 다음 인증시스템 명세에서 기술하도록 한다.

① 인증 시스템 명세

Table 21. Specification of authentication service for Open API

서비스 정보	서비스명	APCC 사용자 인증 Open API 서비스 APCC Authentication Open API Service
	서비스 설명	Open API 실행을 위한 사용자 인증 수행, 사용자 Key 관리
서비스 보안	서비스 인증/권한	[O] 서비스 Key [O] Basic (ID/PW) [ ] 없음
	메시지 레벨 암호화	[ ] 전자서명 [ ] 암호화 [O] 없음 <sup>4)</sup>
	전송 레벨 암호화	[O] SSL [ ] 없음
적용 기술	인터페이스	[ ] SOAP [O] REST(GET, POST) [ ] 기타
	교환 데이터	[ ] XML [O] JSON [ ] MIME [ ] MTOM
서비스 URL	ID/Password 인증	auth.apcc21.org/auth

	Key 인증	auth.apcc21.org/key
	Key 발급	auth.apcc21.org/newkey
배포 정보		1.0
계약 사항		

② API 목록

ID/Password 인증 - Request 명세

URL: [auth.apcc21.org/auth](http://auth.apcc21.org/auth), POST

Table 22. Specification of authentication request using ID, password

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
userid	필수		사용자 아이디
password	필수		사용자 패스워드

ID/Password 인증 - Response 명세 (인증성공)

Table 23. Specification of Open API authentication: Success response

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
status	필수	200	HTTP Response 코드(2.2.1.2.3 참조)
message	필수	success	HTTP Response 메시지
data	필수		상세 정보
sso_id	필수		사용자 ID
sso_fname	필수		사용자 이름
sso_lname	필수		사용자 성
sso_email	필수		사용자 이메일 주소
sso_api_key	옵션		사용자 API Key
expired	옵션	2020-10-13T05:53:35.000+0000	API Key 유효기간 종료시각

ID/Password 인증 - Response 명세 (인증실패)

Table 24. Specification of Open API authentication: Failure response

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
status	필수	401	HTTP Response 코드(2.2.1.2.3 참조)
message	필수	unauthorized	HTTP Response 메시지
data	필수		상세 정보
info	옵션	Cannot find your key or	상세 안내 정보

4) 서비스 보안은 기본적으로 사이트 간의 HTTPS의 TLS를 이용하는 것을 가정하고 메시지 레벨 암호화에 대한 부분을 평문으로 처리하였으나, 해당 부분에 대한 지원이 안 될 경우는 자체적인 메시지 레벨의 암호화를 지원할 필요가 있음.

		your key is invalid.	
--	--	----------------------	--

### ID/Password 인증 - HTTP Response 코드

Table 25. Specification of Open API authentication: HTTP response code

HTTP Response 코드	HTTP Response 메시지	설명
200	success	성공
400	bad request	Request 명세에 맞지 않는 parameter 입력
401	unauthorized	사용자 인증 실패
403	forbidden	서비스에 접근할 권리가 없음
404	not found	요청한 서비스를 찾을 수 없음
405	method not allowed	제공하지 않는 HTTP Method
500	internal server error	시스템 내부 오류 발생

### ID/Password 인증 - 응답 예제

Table 26. Sample of response: Open API authentication using ID, password

성공
<pre>{   "status":200,   "message": "success",   "data":   {     "sso_id": "userid",     "sso_fname": "First name",     "sso_lname": "Last name",     "sso_email": "userid@domain",     "sso_api_key": "userkey",     "expired": "2020-10-13T05:53:35.000+0000"   } }</pre>
실패
<pre>{   "status":401,   "message": "unauthorized",   "data":   {     "info": "Can not find your ID or your password is invalid."   } }</pre>

```
}

```

### Key 인증 - Request 명세

URL: [auth.apcc21.org /key](http://auth.apcc21.org/key), POST

Table 27. Specification of authentication request using API key

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
key	필수		사용자에게 발급된 API Key

### Key 인증 - Response 명세

ID/Password 인증과 동일함

### Key 인증 - 응답 예제

Table 28. Sample of response: Open API authentication using API key

성공
<pre>{   "status":200,   "message":"success",   "data":   {     "sso_id":"userid",     "sso_fname":"First name",     "sso_lname":"Last name",     "sso_email":"userid@domain",     "sso_api_key":"userkey",     "expired":"2020-10-13T05:53:35.000+0000"   } }</pre>
실패
<pre>{   "status":401,   "message":"unauthorized",   "data":   {     "info":"Can not find your key."   } }</pre>

## Key 요청 - Request 명세

URL: [auth.apcc21.org/newkey](http://auth.apcc21.org/newkey), POST

ID/Password 인증과 동일함

## Key 요청 - Response 명세

ID/Password 인증과 동일함

### (3) 기후자료 검색 및 다운로드 API 개발

#### (가) 서비스 개요

플랫폼 기반의 기후자료 서비스에서는 서비스 제공의 유연함을 위해 Open API를 활용하고 있으며 사용자 인증, 자료의 검색 및 다운로드 요청 처리에 걸친 전 과정에서 해당 기술을 적용한 API를 개발하고자 한다.

#### (나) 서비스 요구사항

기후자료 서비스 지원을 위한 기후자료 검색 및 다운로드를 위한 API의 요구사항을 정의 및 분석에 대하여 기술한다.

Table 29. Requirements of Open API for data service

요구사항 ID	요구사항 정의
RQ_PF_API_001	Open API는 API Key를 이용한 비 로그인 방식의 사용자 인증 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_002	Open API는 사용자 ID, Password를 이용한 비 로그인 방식의 사용자 인증 기능을 제공한다.
RQ_PF_API_003	Open API는 POST, GET method 형식을 제공하고 PUSH, DELETE method 형식은 제공하지 않는다(기상청 웹 보안 지침).
RQ_PF_API_004	사용자 인증을 위한 Open API는 사용자 정보와 관련된 요청을 처리하기 위해 APCC SSO 연동 인증 컨테이너를 사용해야 하며, 모든 사용자 관련 정보를 APCC SSO 암호화 모듈을 이용하여 암호화, 복호화 해야 한다.
RQ_PF_API_005	기후데이터 서비스 Open API의 클라이언트는 웹 브라우저(사용자 직접 요청), Open API 클라이언트 프로그램, 기후데이터 서비스 포털, Open API 자체 등을 포함한다.
RQ_PF_API_006	기후데이터 서비스는 APCC의 MME, 개별 모델 자료와 Clipped CMIP5 자료 제공을 기본으로 한다.
RQ_PF_API_007	기후데이터 서비스를 위하여 플랫폼 용 data storage가 구축되어야 한다.

RQ_PF_API_008	기후데이터 서비스를 위하여 data storage에 저장하는 자료에 대한 메타 데이터, 기후데이터 요청 request 등을 저장하기 위한 데이터베이스를 구축해야 한다.
RQ_PF_API_009	데이터베이스는 기후데이터의 메타데이터, 클라이언트 request 및 처리과정에 발생하는 모든 정보 등을 효과적으로 저장할 수 있도록 설계되어야 한다.
RQ_PF_API_010	Object Oriented Data를 효과적으로 관리할 수 있는 DBMS를 사용해야 하며 무료로 사용 가능해야 한다.
RQ_PF_API_011	데이터베이스는 주기적으로 백업하여 문제가 발생했을 때 대응할 수 있어야 한다.
RQ_PF_API_012	기후데이터 서비스 API는 모든 클라이언트 request에 사용자 인증 key를 받아 사용자 인증을 수행해야 한다.
RQ_PF_API_013	기후데이터 서비스 API는 클라이언트 request에 대한 처리 결과를 반환할 때 결과 status 번호, 결과 메시지, 상세 결과 정보 등을 포함하여 json object 형태로 반환해야 한다.
RQ_PF_API_014	기후데이터 서비스 포털이 요구하는 기능은 Java library 및 Open API 형태로 개발되어 제공해야 한다.
RQ_PF_API_015	기후데이터 서비스 Open API는 데이터 검색, 데이터 다운로드 기능을 제공하기 위한 과정을 세분하여 Open API로 제공할 수 있어야 한다.
RQ_PF_API_016	데이터 검색 Open API는 각 자료의 특성에 맞는 request 옵션을 지원해야 한다.
RQ_PF_API_017	기후데이터 검색 결과는 다량의 자료를 포함할 수 있으므로 자료 검색을 위한 Open API는 일반적인 검색 포털의 페이징과 유사한 기능을 제공해야 한다.
RQ_PF_API_018	데이터 검색 Open API는 자료 검색을 위하여 검색 옵션, 검색결과 반환 방식 등을 클라이언트로부터 받을 수 있어야 한다.
RQ_PF_API_019	데이터 검색 Open API는 검색결과 반환 방식으로 전체 검색 결과 개수 혹은 페이지당 출력 결과 개수/원하는 페이지 번호 등을 제공해야 한다.
RQ_PF_API_020	데이터 검색 결과는 일반적인 데이터의 메타데이터 외 데이터 ID를 포함해야 한다.
RQ_PF_API_021	클라이언트의 데이터 다운로드 요청을 지원하기 위하여 Open API는 데이터 ID, 데이터 검색 옵션 등을 이용하여 데이터 다운로드 기능을 제공해야 한다.
RQ_PF_API_022	데이터 다운로드 Open API는 처리 결과로 자료를 다운로드 받을 수 있는 링크(웹 URL) 형태로 결과를 반환한다.
RQ_PF_API_023	클라이언트가 자료 다운로드 링크를 이용하여 자료를 다운로드 할 수 있도록 지원해야 한다.
RQ_PF_API_024	클라이언트는 검색결과와 데이터 ID를 이용하여 특정 자료의 데이터 다운로드를 요청할 수 있어야 한다.

RQ_PF_API_025	데이터 다운로드 Open API는 클라이언트 request에 검색 옵션이 포함되어 있을 경우 검색 옵션에 해당하는 자료를 한번에 다운로드 받을 수 있도록 파일을 묶어 압축한 후 링크를 제공해야 한다.
RQ_PF_API_026	다운로드를 위한 파일의 크기가 지정된 크기보다 큰 경우에는 오류 처리한다.
RQ_PF_API_027	원본 data storage와 다운로드용 자료를 저장하기 위한 storage는 분리하여 관리되어야 한다.
RQ_PF_API_028	다운로드용 자료를 저장하기 위한 storage는 지정된 기간이 지난 후에는 자동으로 삭제되어야 한다.
RQ_PF_API_029	데이터 다운로드 Open API는 클라이언트의 request 개수, request 결과 다운로드 자료 준비에 필요한 시간 등의 시스템 상황에 따라 대기지연이 발생할 수 있으므로 queue를 이용하여 클라이언트 request를 관리해야 한다.
RQ_PF_API_030	클라이언트의 request를 입력 받으면 데이터베이스에 입력하고 queue에 등록한 후 request id를 클라이언트에 반환해야 한다.
RQ_PF_API_031	클라이언트는 request id를 이용하여 request의 진행상황, 처리 결과 메시지 등을 확인할 수 있어야 한다.
RQ_PF_API_032	Queue에 등록된 request를 실행, 관리하기 위한 Queue 관리 모듈을 개발해야 한다.
RQ_PF_API_033	Queue 관리 모듈은 시스템 상황에 따라 queue에 등록된 request를 분석하여 적절한 처리 모듈에 넘겨 실행할 수 있어야 한다.
RQ_PF_API_034	각 처리 모듈은 처리 진행 상황 및 로그를 request 데이터베이스에 업데이트해야 한다.

#### (다) 요구사항 분석

기후자료 서비스 플랫폼에서 사용되는 전반적인 Open API에 대한 기능 요구사항은 Figure 58에 잘 나타나 있다. 이중 사용자 인증 및 API 인증 요구사항 분석서에서 다루고 있는 내용을 제외하고 데이터 검색, 다운로드, 진행 상황 확인 등의 기능 요구사항에 대하여 분석할 수 있도록 한다.

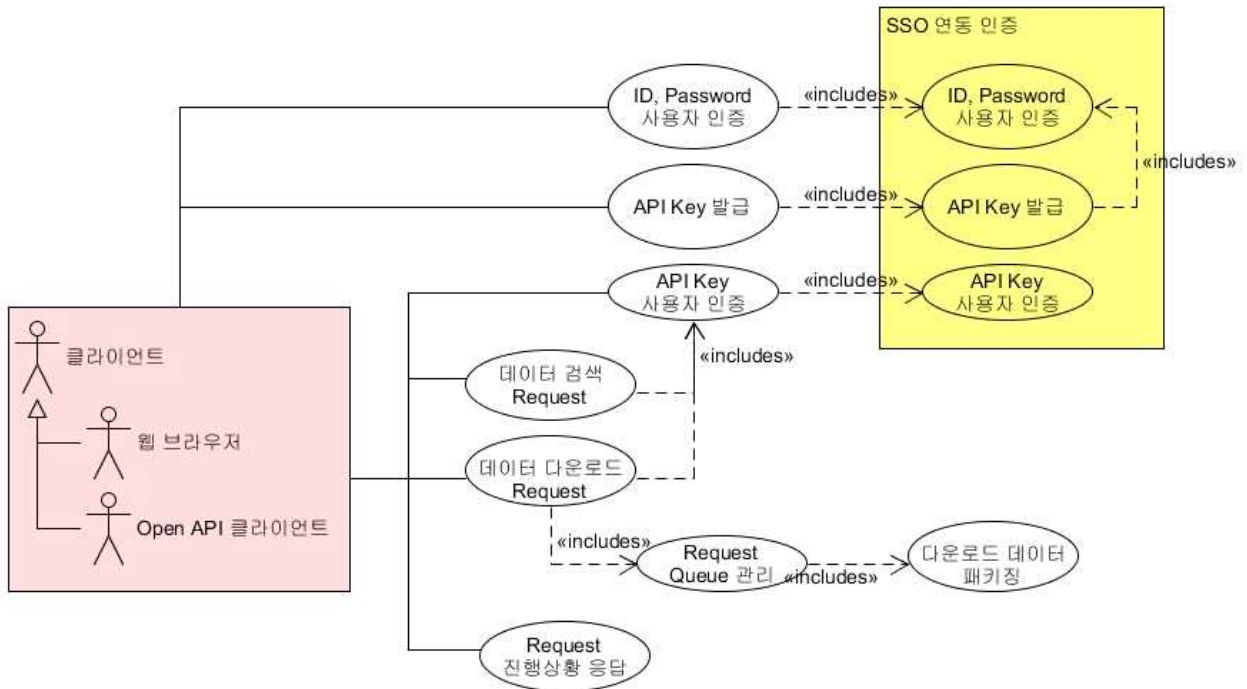


Figure 58. Usecase diagram of Open API for data service

① 데이터 다운로드 Request, Request 진행상황 응답

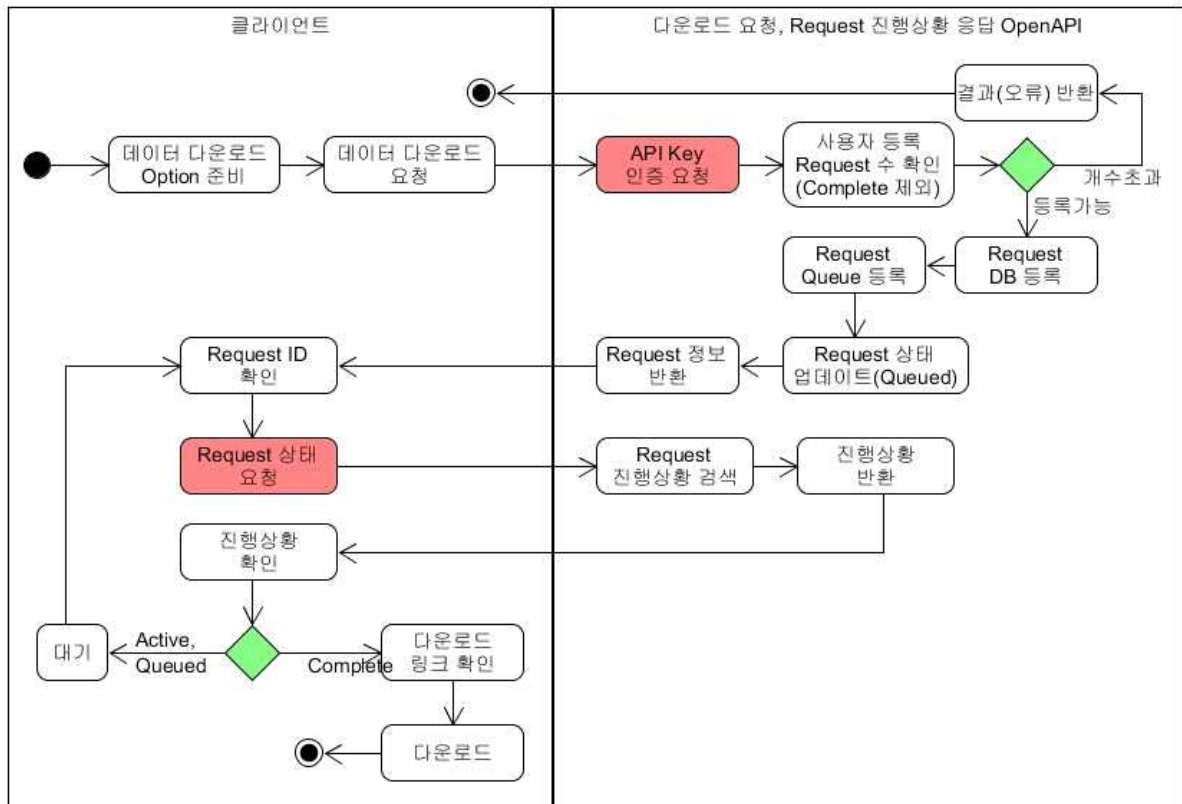


Figure 59. Activity diagram of data request

데이터 다운로드 요청 및 요청에 대한 진행상황 응답 기능 요구사항도 검색 요청과 마찬가지로 API를 사용하기 위한 인증 요청을 거치고, 사용자가 등록한 요청, 메시지 큐, 요청 사

항 데이터베이스에 기록 등 데이터 다운로드 API 작업의 핵심적인 기능 요구사항을 담고 있으며, 각 사용자들의 요청 고유번호를 관리하여 개별 서비스가 가능한 형태로 구성한다.

### ② Request Queue 관리

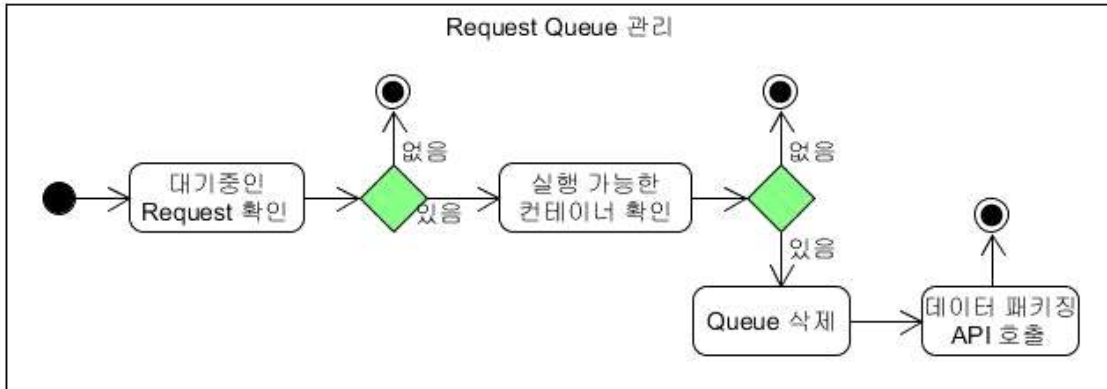


Figure 60. Activity diagram of request queue management

자료 요청에 대한 메시지 큐의 기능 요구사항에 대한 전체적인 모식도는 위의 Figure 60와 같이 구성되며, 현재 대기 중인 요청 확인 (MQ Check), 후 실행 가능한 컨테이너 확인, 컨테이너가 존재하는 경우 메시지 큐에서 해당 Job을 Pop하여 데이터 패키징 API를 호출하는 단계로 넘어간다. 큐 관리에 대한 기능 요구사항은 향후 PaaS의 Auto Scaling 요구사항과 맞물리게 설계하여 최대한 사용자가 자신의 자료 전송업무에 대한 대기가 없도록 구성하는 방안으로 실 설계를 한다.

### ③ 다운로드 데이터 패키징

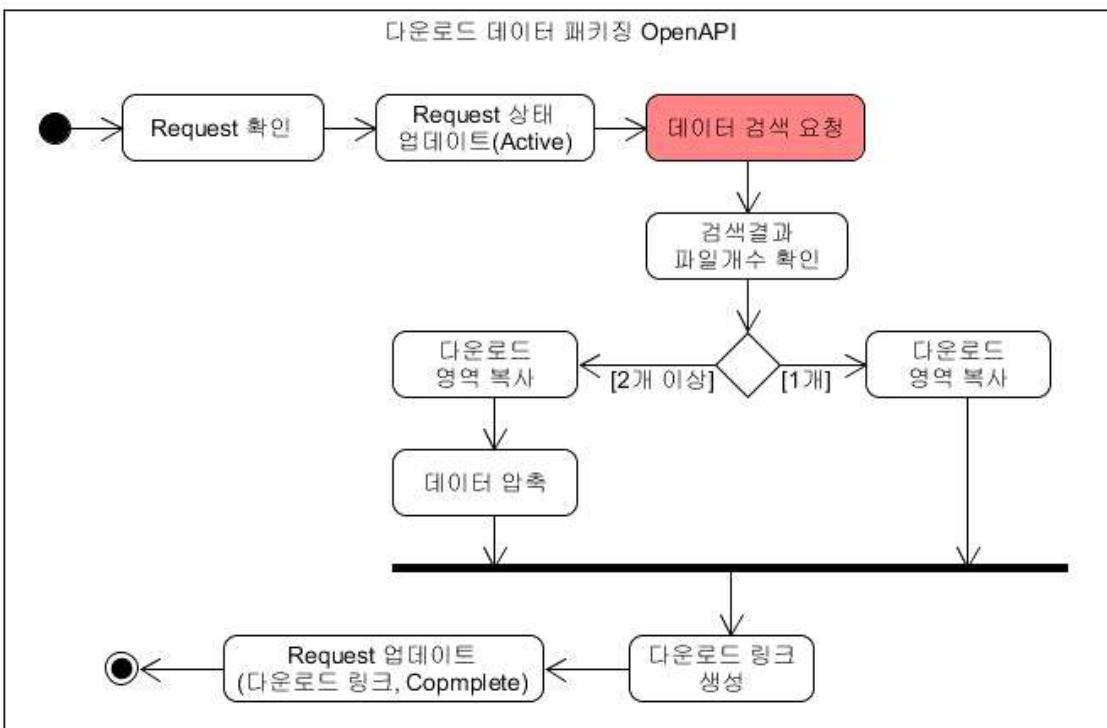


Figure 61. Activity diagram of data package for download

Figure 61에서 나타난 구조처럼 자료의 다운로드를 위한 자료의 패키징은 압축을 활용한 기능 요구사항으로 정리되어 있으며, 추후 확장 가능하도록 한다.

(라) 데이터 요청 및 다운로드 서비스 구성

① Client API 제공

사용자는 웹 브라우저를 이용하여 APCC Climate Data Service(ACDS)에 접속하여 자료를 다운로드할 수 있지만 직접 Open API를 이용하여 자료를 다운로드 받은 후 자유롭게 기후 자료를 처리할 수도 있다. 사용자가 쉽게 기후자료를 요청할 수 있도록 파이썬, 자바 언어를 이용한 Client API 라이브러리를 제작하였다. Table 30에 Client API의 사용 예제를 나타내었다. 추후 사용자의 요구사항에 따라 추가 언어 라이브러리를 제공할 수 있다.

Table 30. Sample of using client API

<p>파이썬 API 실행 예제</p>	<pre>#!/usr/bin/env python import apccapi  c = apccapi.Client() c.retrieve( {     'datatype': 'MME',     'dataset': 'MME_3MONTH',     'type': 'FORECAST',     'method': ['SCM'],     'variable': ['prec', 't2m'],     'period': ['Monthly mean'],     'yearmonth': ['201909'] }, 'mme.zip')</pre>
<p>자바 API 실행 예제</p>	<pre>package my.package;  import org.apcc.api.client.APIClient; import org.apcc.api.jobdetails.Dataset; import org.apcc.api.jobdetails.JobDetailsCMIP5; import org.apcc.api.jobdetails.JobDetailsMME; import org.apcc.api.jobdetails.JobDetailsModel;  public class ClientTest {</pre>

```

public static void main(String[] args)
{
    try
    {
        APIClient client = new APIClient();

        JobDetailsModel model = new JobDetailsModel();
        model.setDataset(Dataset.DATASET_MME_3MON.datasetName);
        model.setType("FORECAST");
        model.addModel("APCC");
        model.addYearmonth("201908");
        model.addYearmonth("201909");
        model.addVariable("prec");
        model.addVariable("t2m");
        client.run(model, "test.zip");
    }
    catch(Exception ex)
    {
        ex.printStackTrace();
    }
}
}

```

② 데이터 요청 및 다운로드 서비스 구성

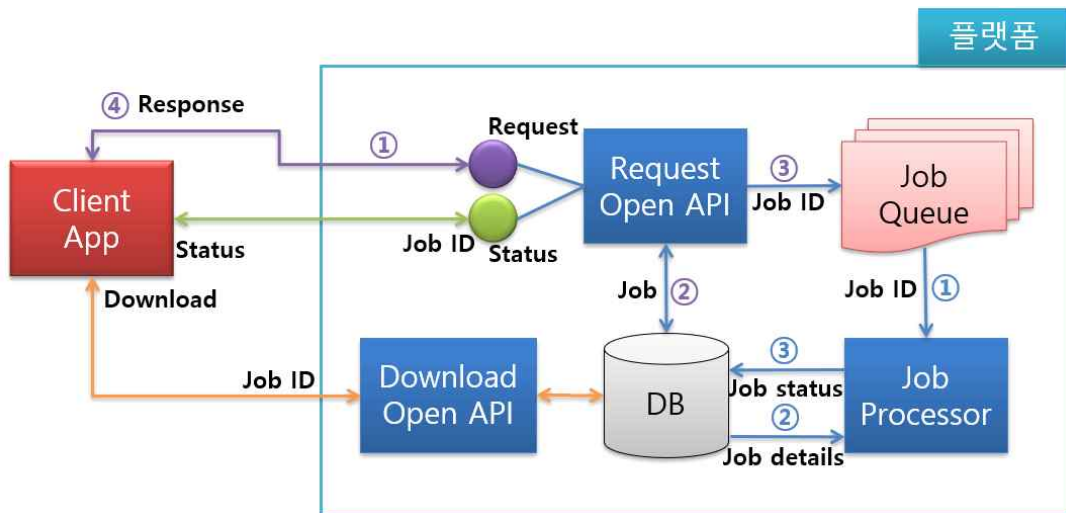


Figure 62. Architecture of data download service

기후자료 다운로드 요청으로부터 다운로드 실행까지의 서비스 구성은 Figure 62과 같다. Client App은 Client API 혹은 Open API를 직접 사용하여 플랫폼을 이용하여 웹 브라우저 이용

없이 자료를 다운로드 받아 처리할 수 있다. Request Open API, Job Processor, Download Open API는 사용자 이용 현황에 따라 scaling 하여 접속 현황에 따라 대처할 수 있다.

(마) 데이터 요청 및 다운로드 서비스 명세

① 서비스 개요

Table 31. Specification of Open API for data download service

서비스 정보	서비스명	APCC 자료 다운로드 Open API 서비스 APCC Data Download Open API Service
	서비스 설명	자료 요청, 자료 요청 상태 조회, 자료 다운로드 기능 수행
서비스 보안	서비스 인증/권한	[O] 서비스 Key [ ] Basic (ID/PW) [ ] 없음
	메시지 레벨 암호화	[ ] 전자서명 [ ] 암호화 [O] 없음
	전송 레벨 암호화	[O] SSL [ ] 없음
적용 기술	인터페이스	[ ] SOAP [O] REST(GET, POST) [ ] 기타
	교환 데이터	[ ] XML [O] JSON [ ] MIME [ ] MTOM
서비스 URL	자료 요청	request.apcc21.org/apccdata
	요청 상태조회	request.apcc21.org/status
	자료 다운로드	10.200.8.207:8080/download <sup>5)</sup>
배포 정보		0.5
제약 사항		

② API 목록

- MME 자료 요청

URL: request.apcc21.org/apccdata, POST

Table 32. Specification of MME download request

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
key	필수		사용자 key
details	필수		상세 정보
datatype	필수	MME	자료 종류(MME, MODEL, CMIP5)
dataset	필수	MME_3MONTH	Dataset 종류(MME_3MONTH, MME_6MONTH)
type	필수	FORECAST	FORECAST, HINDCAST

5) 추후 변경 예정

method	필수	SCM	MME 기법 (1개 이상, GAUS, SCM)
variable	필수	prec	요구하는 변수 명(1개 이상, olr, prec, slp, sst, t2m, t850, ts, u200, u850, u925, v200, v850, v925, z500)
period	필수	Monthly mean	Monthly mean, Seasonal mean(1개 이상)
yearmonth	옵션	201910	요청하는 년월(1개 이상)

Table 33. Sample of MME download request

MME 자료 요청 예제	
<pre>{   'key': 'a8029dd-7318-5bf5-9e04-420bc18b7b8',   'details':   {     'datatype': 'MME',     'dataset': 'MME_3MONTH',     'type': 'FORECAST',     'method': ['SCM'],     'variable': ['prec', 't2m'],     'period': ['Monthly mean'],     'yearmonth': ['201909']   } }</pre>	

- Model 자료 요청

URL: [request.apcc21.org/apccdata](http://request.apcc21.org/apccdata), POST

Table 34. Specification of Model download request

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
key	필수		사용자 key
details	필수		상세 정보
datatype	필수	MME	자료 종류(MME, MODEL, CMIP5)
dataset	필수	MME_3MONTH	Dataset 종류(MODEL_3MONTH, MODEL_6MONTH)
type	필수	FORECAST	FORECAST, HINDCAST
hindcast_year	필수	2019	Hindcast 자료 생성 일자
model	필수	APCC	모델 명 (1개 이상, APCC, BCCV2, CMCC, CWB, CWB_GFST119, GLOSEA5, HMC, MGO, MSC, MSC_CANSIPSV2, NASA, NCEP, PNU,

			POAMA, UKMO)
variable	필수	prec	요구하는 변수 명(1개 이상, olr, prec, slp, sst, t2m, t850, ts, u200, u850, u925, v200, v850, v925, z500)
yearmonth	옵션	201910	요청하는 년월(1개 이상)

Table 35. Sample of Model download request

MODEL 자료 요청 예제	
<pre>{   'key': 'a8029dd-7318-5bf5-9e04-420bc1f8b7b8',   'details':   {     'datatype': 'MODEL',     'dataset': 'MODEL_3MONTH',     'type': 'FORECAST',     'model': ['APCC'],     'variable': ['prec', 't2m'],     'yearmonth': ['201909']   } }</pre>	

- Clipped CMIP5 자료 요청

URL: [request.apcc21.org/apccdata](http://request.apcc21.org/apccdata), POST

Table 36. Specification of clipped CMIP5 download request

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
key	필수		사용자 key
details	필수		상세 정보
datatype	필수	CMIP5	자료 종류(CMIP5)
dataset	필수	CMIP5	Dataset 종류(CMIP5)
code	필수	AD	국가 및 지역 코드(별첨 참고)

Table 37. Sample of Clipped download request

Clipped CMIP5 자료 요청 예제	
<pre>{   'key': 'a8029dd-7318-5bf5-9e04-42s0bc18b7b8',   'details':   {     'datatype': 'CMIP5',</pre>	

```

    'dataset': 'CMIP5',
    'code': 'KR'
  }
}

```

(바) 자료 요청 상태 조회 명세

URL: [request.apcc21.org/status/\[JobID\]](http://request.apcc21.org/status/[JobID]), GET

Table 38. Specification of getting request status

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
JobID	필수	5dd23f8bb5e281000f0926b0	요청 ID

(사) 자료 다운로드 요청 명세

URL: [10.200.8.207:8080/download/\[JobID\]](http://10.200.8.207:8080/download/[JobID]), GET

Table 39. Specification of data download

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
JobID	필수	5dd23f8bb5e281000f0926b0	요청 ID

(아) 자료 요청 및 상태조회 Response 명세

- 자료요청 성공

Table 40. Specification of data request: Success response

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
status	필수	202	HTTP Response 코드(2.2.4.3 참조)
message	필수	accepted	HTTP Response 메시지
data	필수		상세 정보
id	필수	5dd2401bb5e281000f0926b1	Job ID
status	필수	Queued	Job의 처리 상태(Queued, Running, Failed, Complete)
userid	필수		요청한 사용자의 ID
download_url	옵션		자료 다운로드 url
inputed	필수		자료 요청 시각
modified	옵션		자료 요청 Job 처리 상태 변경 시각
ended	옵션		자료 요청 처리 완료 시각
message	옵션	2020-10-13T05:53:35.000+000	자료 처리 마지막 로그

		0	
--	--	---	--

- 자료요청 실패

Table 41. Specification of data request: Failure response

항목명	구분	샘플 데이터	항목설명
status	필수	401	HTTP Response 코드(2.2.4.3 참조)
message	필수	unauthorized	HTTP Response 메시지
data	필수		
info	옵션	Cannot find your key or your key is invalid.	상세 안내 정보

- HTTP Response 코드

Table 42. Specification of data request: HTTP response code

HTTP Response 코드	HTTP Response 메시지	설명
200	success	성공
202	accepted	자료요청 입력 완료
400	bad request	Request 명세에 맞지 않는 parameter 입력
401	unauthorized	사용자 인증 실패
403	forbidden	서비스에 접근할 권리가 없음
404	not found	요청한 서비스를 찾을 수 없음
405	method not allowed	제공하지 않는 HTTP Method
429	too many requests	사용자 동시 입력 요청 개수 초과
500	internal server error	시스템 내부 오류 발생

- 응답 예제

Table 43. Sample of data request response

성공
<pre>{   'status': 200,   'message': 'success',   'data':   {     'id': '5dd2401bb5e281000f0926b1',     'status': 'Complete',     'userid': 'userid',     'download_url': 'http://10.200.8.207:8080/download/5dd2401bb5e281000f0926b1',   } }</pre>

```

    'inputed': '2019-11-18T06:54:19.500+0000',
    'modified': '2019-11-18T06:54:28.730+0000',
    'ended': '2019-11-18T06:54:28.730+0000',
    'message': '[2019-11-18 15:54:28.730] [INFO] Request is completed.'
  }
}

```

### 실패

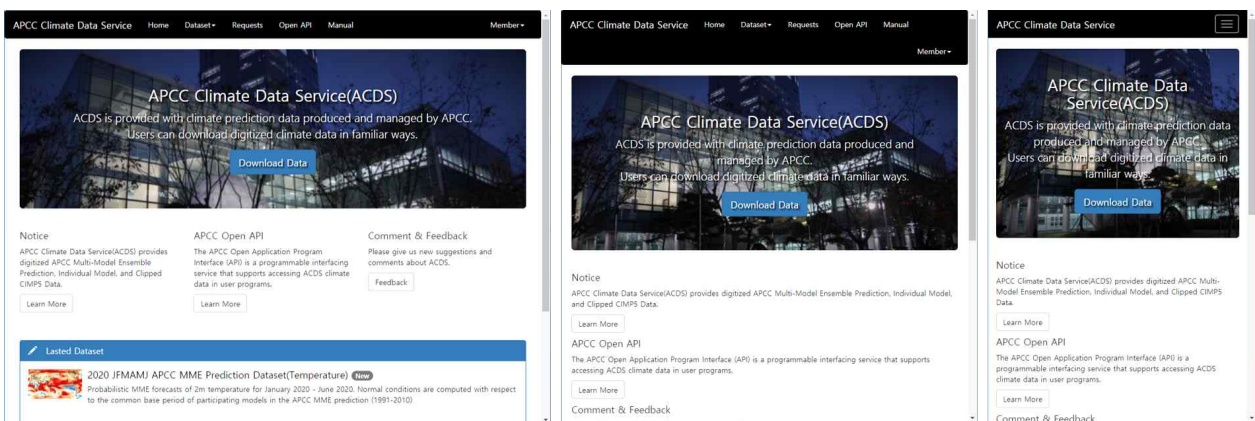
```

{
  "status":401,
  "message":"unauthorized",
  "data":
  {
    "info":"Can not find your ID or your password is invalid."
  }
}
{
  "status":400,
  "message":"bad request",
  "data":
  {
    "info":"Wrong request parameters. Please check your request."
  }
}
}

```

## 다. 기후자료 서비스 포털 구축

### (1) 반응형 웹 인터페이스 개발



PC 최적화  
1920 X 1080

테블릿 최적화  
1024 X 768

모바일 최적화  
960 X 640

Figure 63. Web interface optimized for user browser

기후자료 서비스 포털은 Figure 63과 같이 사용자의 브라우저 환경에 따라 최적화하여 사용자 인터페이스를 출력할 수 있도록 개발되었다.

## (2) 멤버 로그인, 멤버 정보 확인

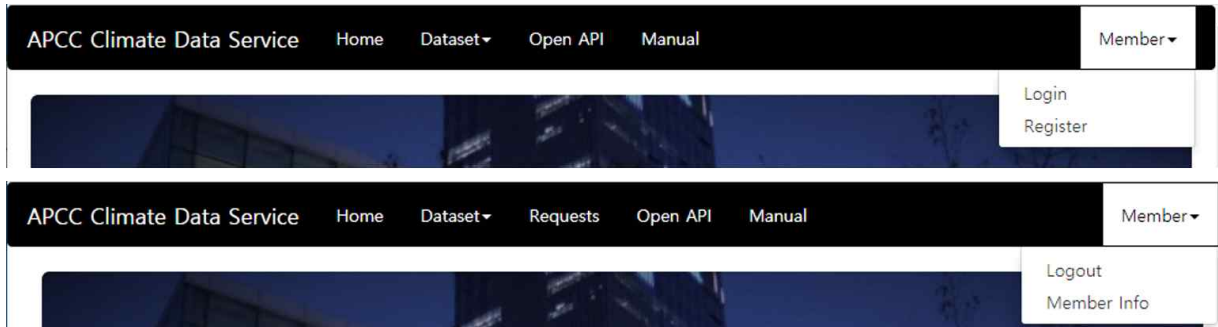


Figure 64. Member menu

멤버를 위한 메뉴는 Figure 64과 같다. Register를 선택하면 APCC Single-Sign-On의 멤버 가입을 위한 페이지가 출력되어 가입 신청을 할 수 있다. 사용자 가입을 완료한 후 Login을 선택하면 Figure 65와 같은 로그인 화면에서 사용자 ID, Password를 입력하고 로그인한다.

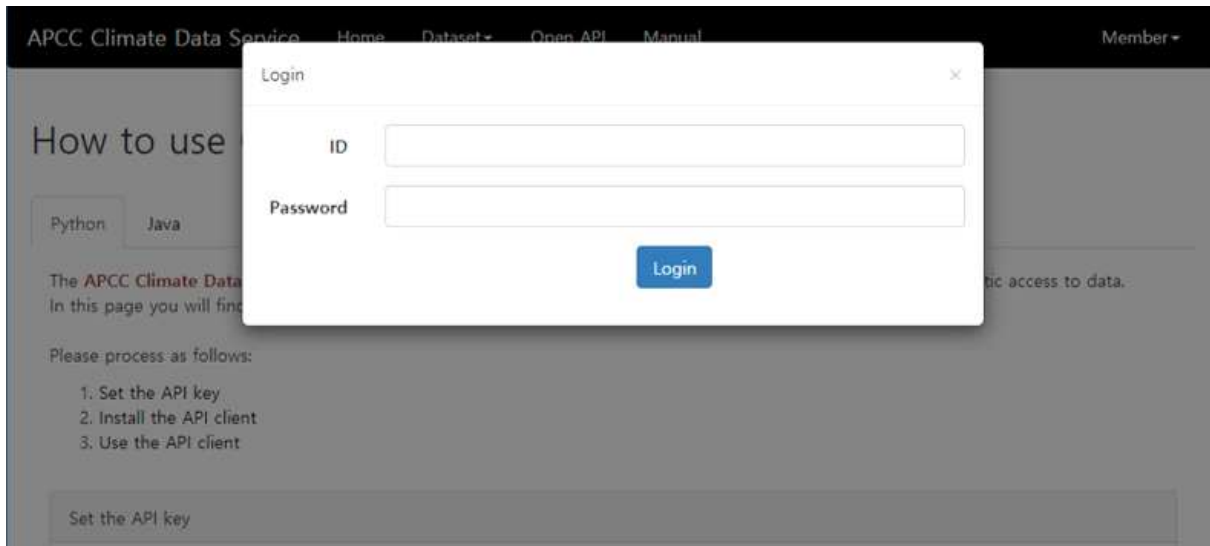


Figure 65. Member login

멤버 정보를 확인은 Figure 64의 Member Info 메뉴를 통하여 가능하다. Member Info 메뉴를 선택하면 Figure 66과 같이 이름, 전자메일, API Key를 확인할 수 있다. 만일 API Key가 발급되지 않은 경우 “Get Key “ 버튼을 선택하여 유효기간이 있는 신규 Key를 발급받을 수 있다.

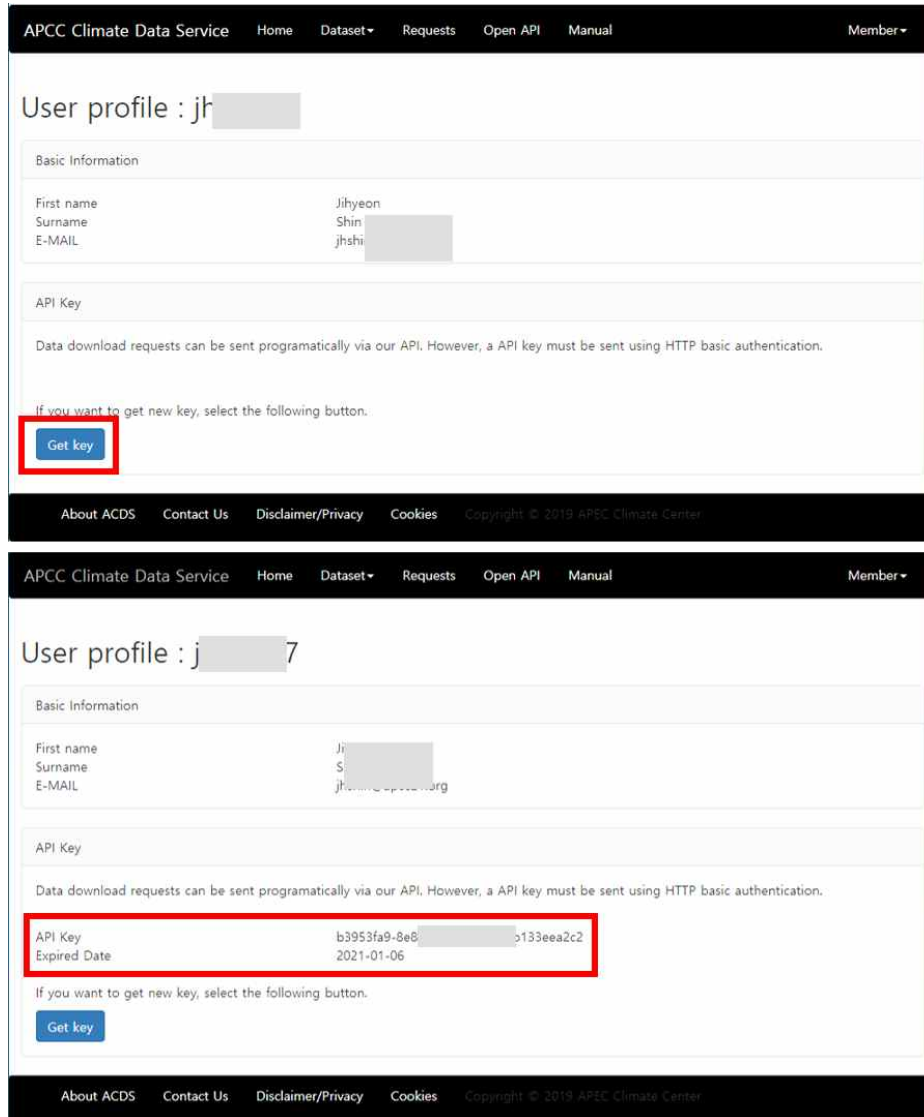


Figure 66. Member info

### (3) 기후자료 다운로드 신청

현재 다운로드할 수 있는 데이터는 MME, 개별모델, 국가 혹은 주 단위로 잘라진 Clipped CMIP5이다. 자료 다운로드는 Figure 67의 Dataset 메뉴를 통하여 가능하다.

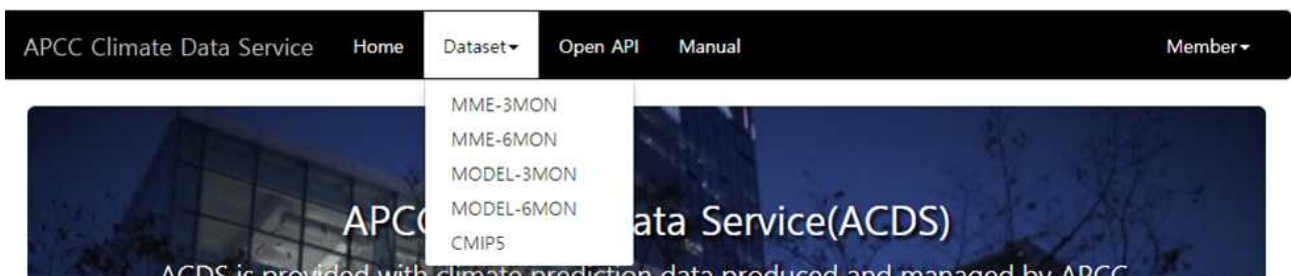


Figure 67. Dataset menu

(가) MME 다운로드 신청

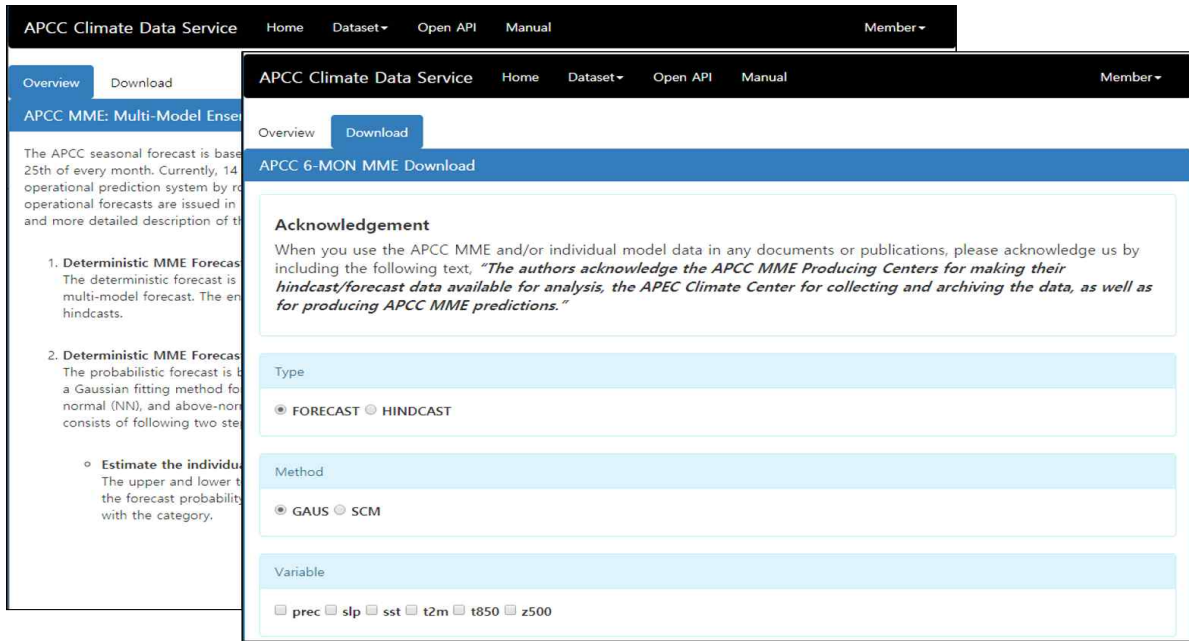


Figure 68. Dataset: MME-6MON

Figure 67의 Dataset 메뉴 중 MME-6MON을 선택하면 Figure 68와 같이 6개월 MME 예측자료 페이지가 출력된다. Overview 탭에서는 MME 자료에 대한 설명을 확인할 수 있다. Download 탭에서 사용자는 Forecast/Hindcast, MME method, 변수, 제공 기간 등의 원하는 옵션을 선택하여 다운로드를 신청할 수 있다. MME-3MON, MODEL-3MON, MODEL-6MON 메뉴 또한 3개월 다중모델앙상블 계절예측, 3개월 개별 기후모델, 6개월 개별 기후모델에 해당하는 자료를 유사하게 다운로드 받을 수 있도록 하였다.

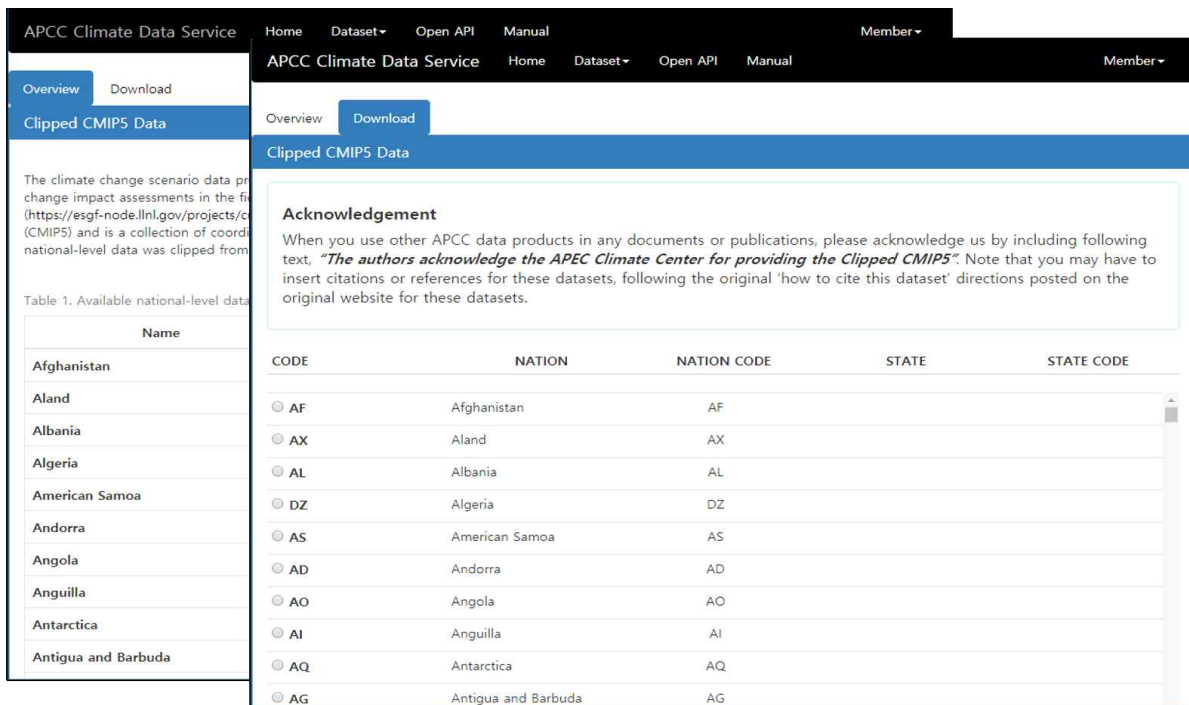


Figure 69. Dataset: CMIP5

## (나) Clipped CMIP5 다운로드 신청

Figure 67의 Dataset 메뉴 중 CMIP5를 선택하면 Figure 69과 같은 Clipped CMIP5 페이지가 출력된다. Overview 탭에서 CMIP5를 자르는 기준인 국가 및 주의 정보 등을 확인할 수 있다. Download 탭의 테이블에서 다운로드를 원하는 지역의 코드를 선택하여 자료 다운로드를 요청할 수 있다. 지역 구분은 부록 A를 참고한다.

## (다) 기후자료 다운로드 신청 내용 확인 및 다운로드

자료 다운로드를 요청하며 즉시 요청에 대한 처리 정보를 확인할 수 있다. 요청 정보에 오류가 있거나 시스템 상의 문제가 발생하여 자료 요청이 입력되지 않은 경우 오류 메시지를 출력한다. 정상적으로 요청이 입력된 경우에는 요청에 대한 Job ID를 출력하여 사용자에게 알린다.

사용자가 요청한 다운로드 작업의 진행상황은 Figure 70의 메뉴에서 Request를 선택하여 확인할 수 있다. 해당 그림에서 표기된 것과 같이 모든 작업은 전체보기(All), 대기중(Queued), 실행중(Running), 실패(Failed), 완료(Complete)으로 나누어 확인할 수 있다. 요청 목록에서 원하는 항목을 선택하면 상세 요청내용을 확인할 수 있다. 완료된 요청의 경우 Download 버튼을 선택하면 자료를 다운로드할 수 있다.

Dataset	Submission date	End date	Status
MODEL_6MONTH	2020-01-06 16:46:34		Running
MME_3MONTH	2020-01-03 16:23:52	2020-01-03 16:23:53	Download

Request ID: 5e0eec089a922a0009ffd12b  
Dataset: MME\_3MONTH  
Type: FORECAST  
Methods: GAUS  
Variables: prec  
Period: Monthly mean  
Date: 202001

Figure 70. Request menu

### 3. 기후자료 처리 및 재가공 서비스 구축

#### 가. 기후변화 상세화 서비스 응용소프트웨어(AIMS) 고도화

##### (1) 기후변화 상세화 서비스 응용소프트웨어(AIMS) 인터페이스 고도화

AIMS는 기후정보 사용자와 생산자의 자발적인 참여를 전제로 한 플랫폼으로써 기후변화 시나리오 상세화를 중심으로 개발되어 활용되고 있다. AIMS의 기후변화 시나리오 상세화 서비스는 국가별 CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)자료의 확대 생산 및 ADSS (APEC Climate Center Data Service System)를 통한 자료제공을 통해 기후정보 사용자의 참여를 높여가고 있다. 2017년 개발되어 지속적인 국내 및 국외 사용자 교육을 통하여 다양한 피드백을 받아 지속적으로 개선되고 있다. 2018년도에 진행된 국내와 국외의 교육프로그램을 통하여 사용자들의 피드백을 정리하여 UI (User Interface)와 관련된 개선을 진행하였고, 사용자들에게 편의성을 증대하고자 하였다. AIMS UI는 React를 기반으로 만들어졌고, react는 JavaScript 라이브러리이다. 노트스퀘어에서 개발되고 개선되어 오던 내용을 APCC가 인계하여 AIMS UI 개선을 진행하였다.

AIMS의 사용자의 피드백을 바탕으로 UI의 개선을 진행하였고 새롭게 개선된 UI의 내용은 아래와 같다.

##### (가) Objective 카드 선택방법 변경

사용자의 Objective를 중심으로 어떠한 연구를 하는지 자료를 수집하는 목적을 가진 카드로, 다중 선택의 형태는 명확한 분류가 어렵기 때문에 단일선택 방법으로 변경하였다. Figure 71은 변경된 UI결과이다.

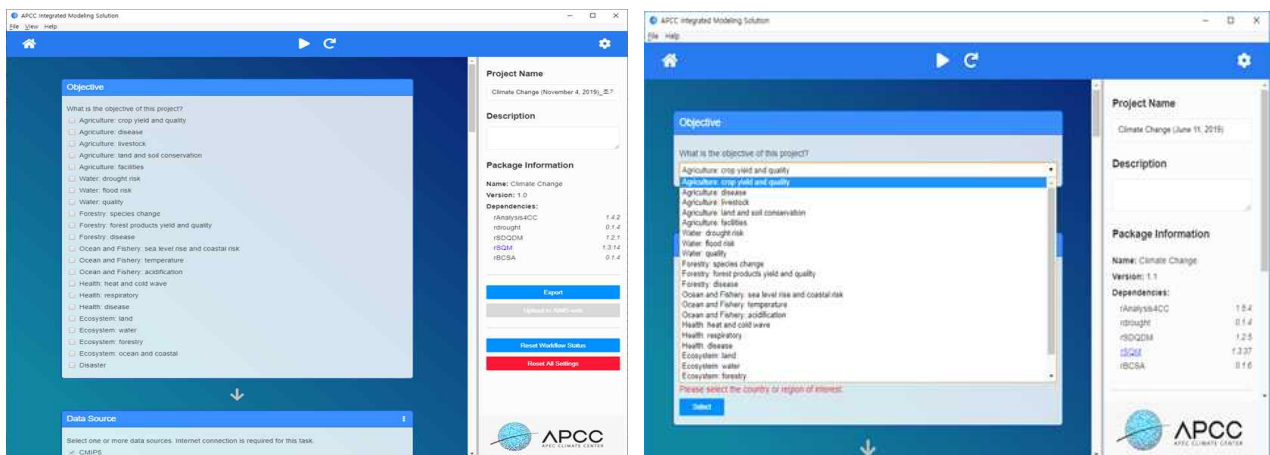


Figure 71 Improved objective card selection method (left)before (right)after

##### (나) AIMS에서 제공하는 CMIP5 국가 확대

기존에 AIMS에서 제공하는 CMIP5는 AIMS Training Program에 참가 했던 국가를 대상으로만 하여 35개국의 CMIP5를 제공하였으나, AIMS의 사용자 확대를 위해 CMIP5 제공 국가를

243개국으로 확대하였다.

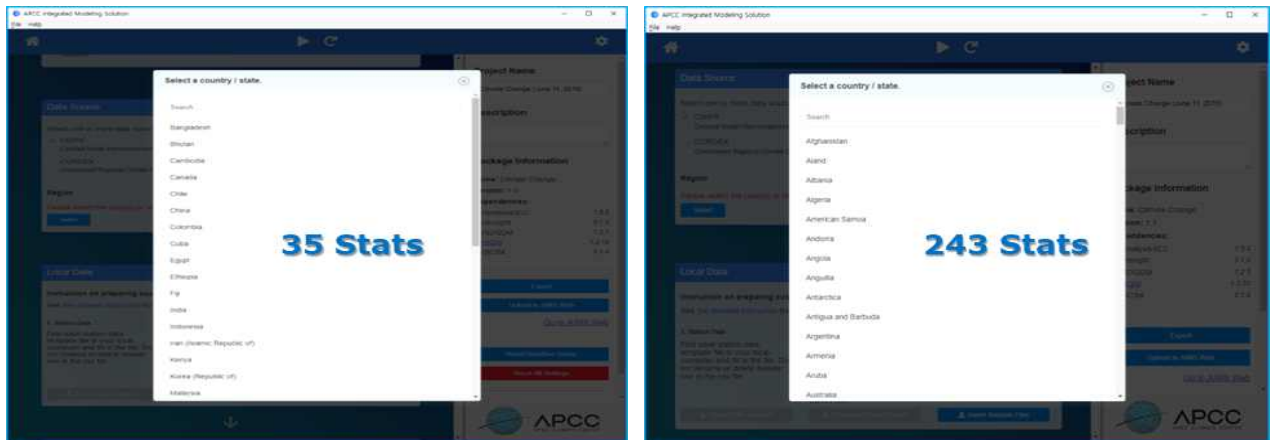


Figure 72 Expand countries for CMIP5 service in AIMS (left)before (right)after

(다) Evaluate Observed Data 카드에서 기본적인 관측데이터 QC 기능 추가

개도국 및 교육 참가들의 관측자료는 결측값이 많고, 위경도 값의 부적합, 이상치의 처리 기능 부재 등으로 AIMS 기후변화 상세화를 바로 적용하기에 문제가 있는 관측자료들이 다수 발견되어, 이를 처리할 수 있는 QC (Quality Control)를 3단계를 통해 처리할 수 있도록 기능을 추가하였다.

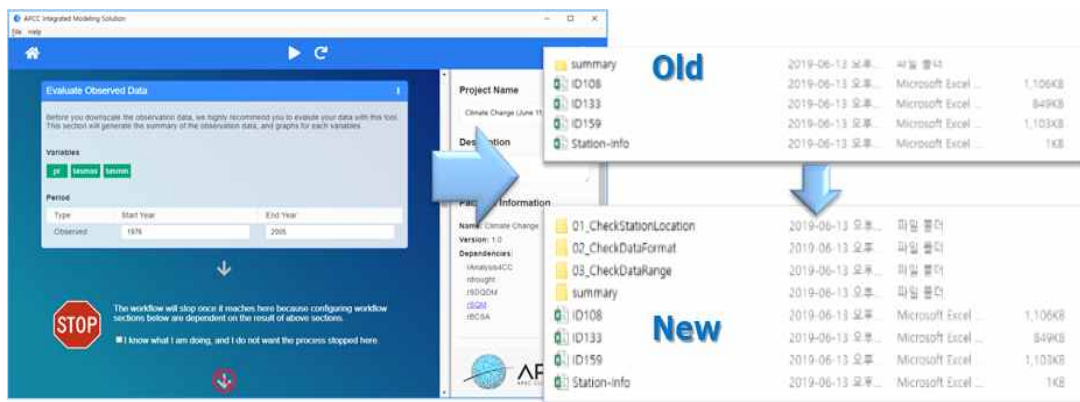


Figure 73 Quality control addition to Evaluate Observed Data card

(라) 변수에 대한 설명 추가

기존의 AIMS에서 사용하던 변수명은 내부 R패키지를 구동하기 위한 Argument의 변수명을 그대로 사용하였으나, 사용자의 명확한 이해를 돕기 위해서 자세한 설명을 추가한 공식적인 변수명으로 변경하였다.

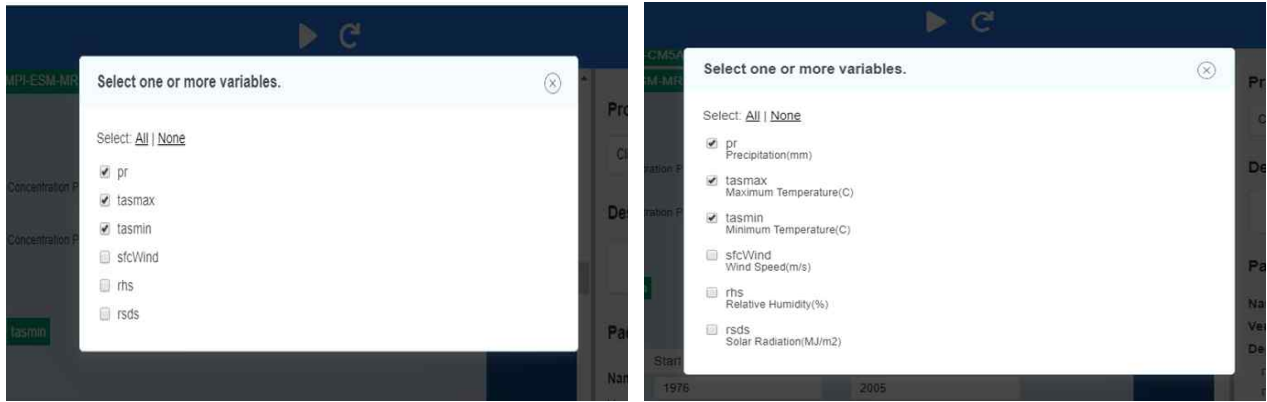


Figure 74 Add a detailed description of the variable (left)before (right)after

(마) 카드 순서 변경

관측데이터와 원시 GCM과의 공간적, 시간적 상관관계를 통해 대상 지역에 적합한 기후모델을 선정한 후, 선택된 GCM을 사용하여 상세화 하는 것이 합리적인 AIMS의 상세화 절차이다. 하지만 기존 AIMS UI 구조는 계산의 효율성을 위해 상세화를 수행하고 이로 생성된 파일을 이용하여 원시 GCM 평가를 수행함으로써 사용자의 혼돈을 야기하게 되었다. 이를 개선을 통해 원시 GCM 평가 카드에서 자체적으로 자료 추출 및 평가결과를 생산하도록 변경하였다.

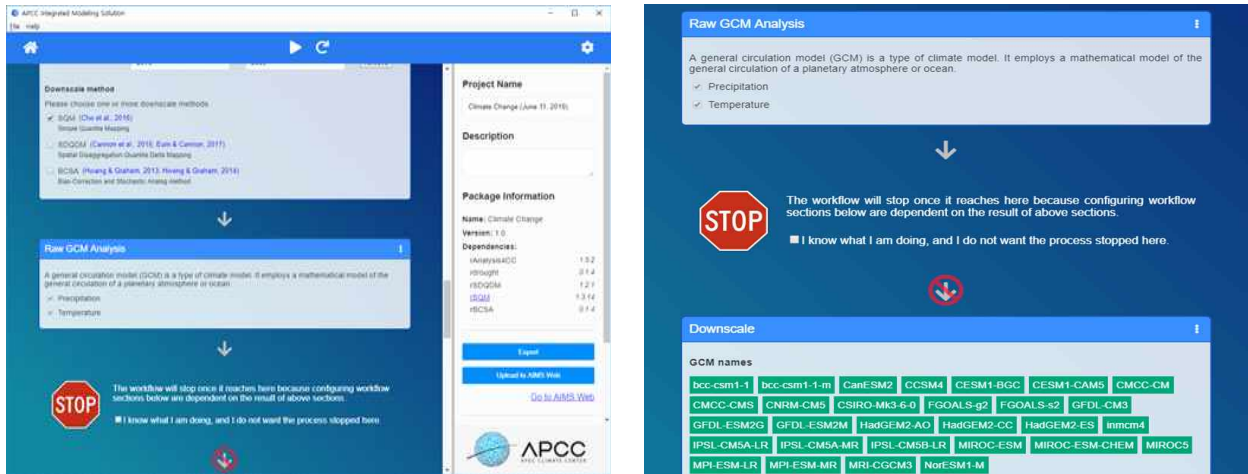


Figure 75 Change card position and add STOP sign (left)before (right)after

(바) Climate Change Index 카드 이름 변경

기존의 AIMS에서 Climate Extreme Index를 생산하는 카드의 이름이 ‘Climate Change Index’ 로 표현되어 있었다. 명확한 AIMS제작 의도를 위해 카드의 이름을 ‘Climate Extreme Index Calculation’ 으로 변경하였다.

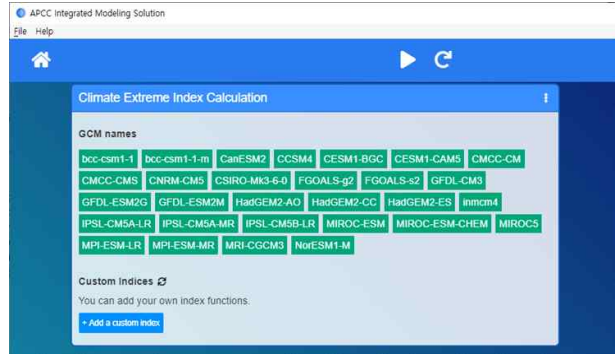
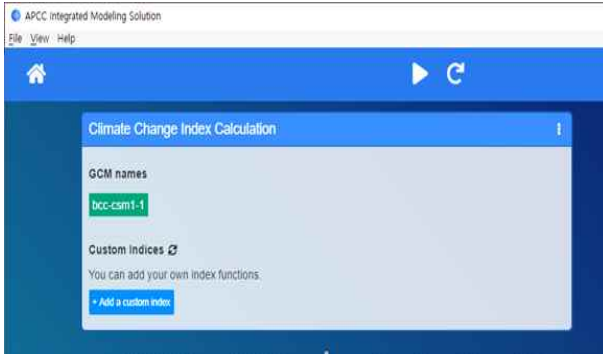


Figure 76 Change Climate Change Index card name (left)before (right)after

(사) Downscale 카드에 Overwrite 기능 추가

3가지의 상세화 방법과, 2가지의 RCP (Representative Concentration Pathways) 시나리오, 3가지의 미래기간의 경우를 29개 GCM에 대해 사용자가 입력한 관측자료의 수로 상세화를 하는 일련의 과정을 AIMS에서 제공하고 있다. 상세화 카드는 기존에는 GCM이 하나라도 추가되면 모든 기존의 자료를 다시 생산하는 모듈을 사용하였으나, 비효율적인 계산시간의 문제로 새롭게 추가되는 변수에 대해서만 계산하도록 기능을 추가하였다.

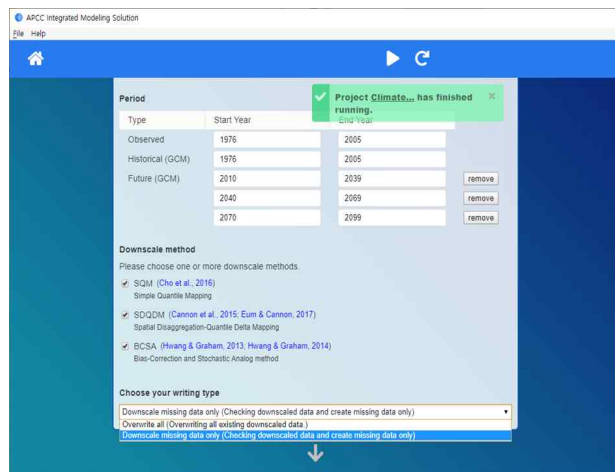
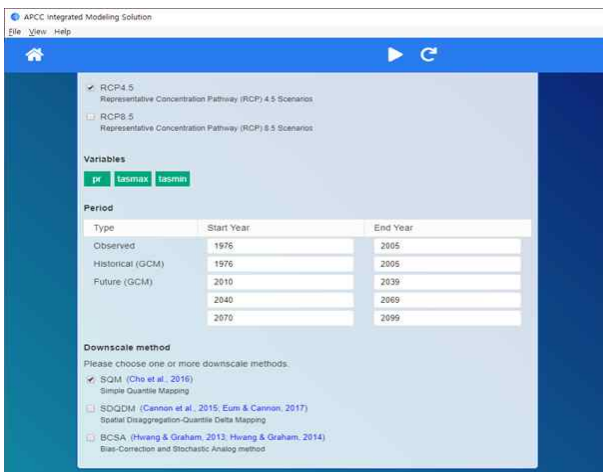


Figure 77 Added overwriting capability to the Downscale card (left)before (right)after

(아) STOP sign 추가

STOP sign은 AIMS에서 흐름에 맞추어 결과를 확인 한 후 다음의 카드를 설정하도록 의도하여 제공하는 기능이다. AIMS에서 제공하는 기후변화 상세화 방법은 각각의 특성을 가지고 있다. 관측자료로 상세화 방법별로 상세화 된 자료를 사용자가 직접 본인의 연구에 맞는 방법을 선택하여 WeightFactor를 계산하는 AIMS의 특성을 적용하여 STOP sign을 추가하여 결과확인 후 설정할 수 있도록 하였다.

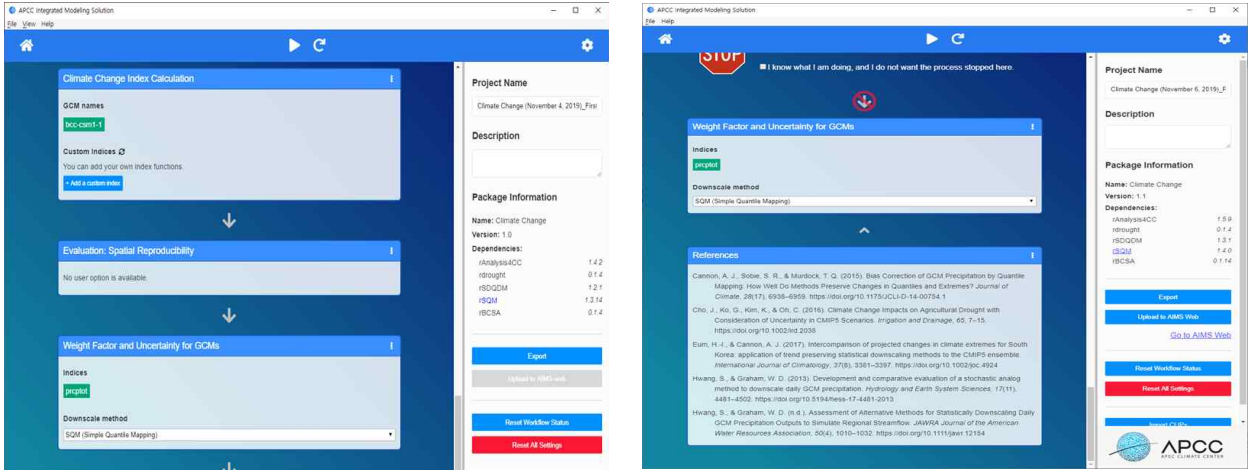


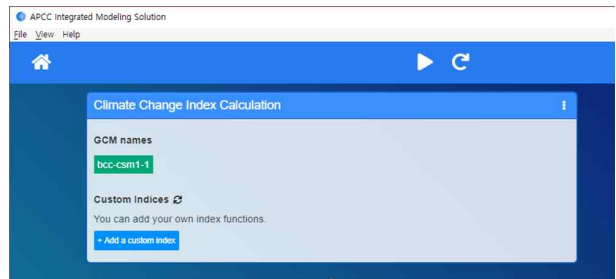
Figure 78 Added STOP sign before WeightFactor and Uncertainty for GCMs card (left)before (right)after

(자) GCM 모델 기본값 변경

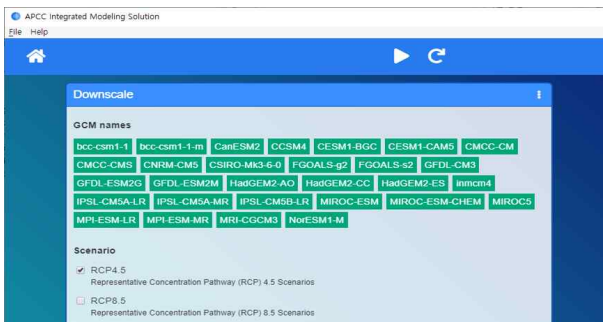
기존의 초기화면에 GCM은 신속한 결과확인을 위하여 하나의 모델을 제공하였으나, 처음부터 사용가능한 모든 GCM을 보여주는 것이 사용자가 쉽게 선택할 수 있는 방법이라는 요청에 따라 모든 GCM을 초기화면에 표출하도록 적용하였다(Downscale, Climate Extreme Index Calculation 카드에 각각 적용).



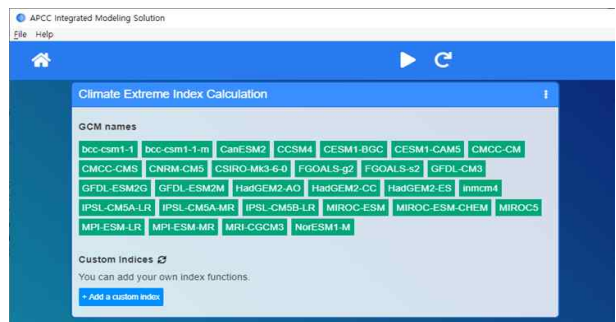
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 79 Change default GCM model names (up)before (down)after

(차) 다운로드 체계 변경 테스트

APCC는 ADSS를 통계 기후자료 서비스를 시행하고 있다. 2021년부터는 ADSS가 아닌 API를 통한 서비스를 제공하게 될 계획이다. ADSS의 기후자료 서비스를 이용하여 서비스를 제공하는 AIMS는 이러한 변경에 발맞추어 API를 통한 다운로드 체계 구축 테스트를 실시하였다.

## (카) 기타 처리 사항

### ① ADSS 다운로드 경로 변경

정보보안의 목적으로 ADSS에서 받아오는 CMIP5자료의 경로가 변경되어 새로운 경로를 Javascript에 적용하여 AIMS에서 새로운 경로를 통해 다운로드 하는 기능을 활용가능 하도록 하였다.

### ② Require 코멘트 개선

AIMS의 각 카드들은 사용자가 선택한 변수가 바뀌면 다시 구동을 할 수 있도록 Require 코멘트를 제시하고 바뀐 카드부터 다시 실행하도록 설계되어있다. 하지만 기존의 AIMS에서 전혀 연관이 없는 카드에 Require 코멘트가 뜨면서 다시 구동하는 현상이 발생하여 이를 처리하였다.

## (2) 기후변화 상세화 서비스 응용 소프트웨어(AIMS) R 패키지 고도화

기후변화 기나리오 통계적 상세화를 위해 독립적으로 사용이 가능한 R기반 패키지 4개 또한 개선이 사용자 교육과 사용자들의 피드백은 반영하여, 추가적인 개선이 이루어졌다. AIMS에서는 Simple Quantile Mapping (SQM) (Cho et al., 2018) 및 Spatial Disaggregation with Quantile Delta Mapping (SDQDM) (Eum and Cannon, 2017) 기법과 함께 BCSA (Bias-Correction and Stochastic Analog) (Hwang and Graham, 2013) 기법을 포함한 3가지 통계적 상세화 기법을 제공한다. SQM 방법은 공간적으로는 특정 관측지점에 해당되는 GCM (Global Climate Model) 격자의 값을 바로 사용하며 시간적으로는 관측자료와 원시 GCM의 값을 경험적 분위사상법 (Empirical Quantile Mapping)을 이용하여 일단위 GCM 자료에 포함되어 있는 GCM 별 시스템 오차(bias)를 월별로 보정하는 방법이다. SDQDM 방법은 편의보정을 수행하기 전에 주위 GCM의 격자 값들을 이용하여 역거리가중법(Inverse Distance Weighted, IDW)을 수행하여 내삽을 진행한 후, 자료의 Quantile 별로 원시 GCM에서 전망된 미래기간에 대한 변화율을 유지시키며 편의보정을 하는 통계적 방법이다. 두 방법은 모두 대상 기후변수별, 관측소별로 독립적으로 편의보정을 수행하는 방법으로 공간변동성이 큰 기상요소에 대한 공간분포와 공간변동성의 재현이 부족할 수 있다. 공간 다양성이 큰 한반도와 같은 지역에서의 강우량의 경우 일반적인 보간법을 적용한 공간상세화 기법 적용은 제한적으로 이루어져야 하며 실제적인 공간분포 및 특성을 재현하는 공간상세화 기법의 개발 및 적용이 필요하다(Hwang and Graham, 2014). BCSA 방법은 공분산 베리오그램을 기반으로 하는 방법으로서, 과거 공간 변동성을 재현하는 공간분포를 추계적으로 생산하여 replicates library를 구축하고 편의보정 된 일 단위 GCM 산출물에 부합하는 replicate을 추출하여 목적으로 하는 공간해상도의 자료를 생산하는 방법이다. BCSA 방법을 통한 상세화 된 고해상도 자료의 일 단위 천이확률에 대한 고려가 미흡하고 높은 해상도의 관측자료를 적용할 때 계산시간이 다소 소요되며 기후요서 간 상관을 고려하지 못하는

단점 등은 보완해야 할 점으로 지속적인 보완이 필요하다. AIMS에서 기존에 제공한 통계적 상세화 방법은 GCM의 변화가 있을 때마다 기존에 생산한 자료도 모두 새로 생산하는 형태의 자료제공방식을 택하였지만, 계산시간의 효율성이 제고되는 시점에서 적합하지 않음을 파악하고 Overwrite 기능을 추가하여 제공하였다.

1차년도와 2차년도를 통해 지속적으로 개선되어 오던 rAnalysis4CC 패키지는 상세화 된 자료를 이용하여 상세화 기법의 비교평가를 위해서 필요한 극한기후지수 (Extreme Team on Climate Change Detection and Indices ETCCDI)를 생산하고, 생산 된 극한기후지수를 기반으로 한 과거 재현성 평가, 비해 기간에 대한 시그널 왜곡도 평가, GCM별 가중치 선정 및 불확실성 결과 생산과 관련된 일련의 기능을 포함하고 있다. AIMS에서 사용하는 27개 극한기후지수는 Table 44과 같다. 사용자들의 지속적인 피드백을 중심으로 사용자들이 쉽게 볼 수 있도록 그래프의 형태를 개선하고, 그래프를 직접 제작할 수 있도록 정리된 자료를 함께 제공하는 등 대상 지역에서의 기후변화 시나리오자료를 쉽게 활용할 수 있도록 하였다.

Table 44 Extreme Team on Climate Change Detection and Indices

ID	Variable	Description	Unit
SU		Annual count of days when TMAX > 25°C	Days
ID		Annual count of days when TMAX < 0°C	Days
TXn	TMAX	Annual minimum value of TMAX	°C
TXx		Annual maximum value of TMAX	°C
TX10p		Percentage of days when TX < 10 <sup>th</sup> percentile	Days
TX90p		Percentage of days when TX > 90 <sup>th</sup> percentile	Days
WSDI		Annual count of days with at least 6 consecutive days when TMAX > 90th percentile	Days
FD		Annual count of days when TMIN < 0°C	Days
TR		Annual count of days when TMIN > 20°C	Days
TNn	TMIN	Annual minimum value of TMIN	°C
TNx		Annual maximum value of TMIN	°C
TN10p		Percentage of days when TN < 10 <sup>th</sup> percentile	Days
TN90p		Percentage of days when TN > 90 <sup>th</sup> percentile	Days
CSDI		Annual count of days with at least 6 consecutive days when TMIN < 10th percentile	Days
DTR	TMAX & TMIN	Annual mean difference between daily maximum temperature TMAX and TMIN	°C
GSL	TAVG	Annual count between first span of at least 6 days with daily mean temperature TG>5°C and first span of 6 days with TG<5°C .	Days
CDD	PRCP	Maximum number of consecutive days with daily PRCP < 1mm	Days
CWD		Maximum number of consecutive days with daily PRCP ≥	Days

	1mm	
PRCPTOT	Annual total PRCP in wet days (daily PRCP $\geq$ 1mm)	mm
R95pTOT	Annual total PRCP when PR > 95p	mm
R99pTOT	Annual total PRCP when PR > 99p	mm
Rx1day	Annual maximum 1-day precipitation	mm
Rx5day	Annual maximum 5-day precipitation (PRCP)	mm
SDII	Annual precipitation divided by the number of wet days	mm/day
R10mm	Annual count of days when PRCP $\geq$ 10mm	Days
R20mm	Annual count of days when PRCP $\geq$ 20mm	Days
Rnnmm	Annual count of days when PRCP $\geq$ nnmm, nn is a user defined threshold (default threshold is 1)	Das

AIMS의 사용자의 피드백을 바탕으로 UI의 개선을 진행하였고 새롭게 개선된 UI의 내용은 아래와 같다.

#### (가) 관측자료 QC 기능 추가

개도국 및 교육 참가들의 관측자료는 결측값이 많고, 위경도 값의 부적합, 이상치의 처리 기능 부재 등으로 AIMS 기후변화 상세화를 바로 적용하기에 문제가 있는 관측자료들이 다수 발견되었다는 것을 앞장에서 이야기 한바 있다. 이를 처리할 수 있는 QC (Quality Control)를 3 단계를 통해 처리할 수 있도록 기능을 추가하였다. 첫 번째는 관측자료의 위경도 값의 부적합을 확인하는 과정으로 국가별로 Clipping 된 CMIP5를 사용하는 AIMS에서 사용자가 선택한 국가의 위경도 값과 무관한 위경도의 값이 입력된다면 메시지를 주는 역할을 할 수 있도록 하였다. 두 번째는 강수량과 최대, 최저기온의 값에 숫자가 아닌 특수문자 및 문자가 입력된 경우를 파악하고 결측값으로 처리하는 역할을 한다. 세 번째는 앞서 두 과정을 통해 정리된 관측자료의 값이 실현가능한 값인지를 파악하여 이상치를 검증하는 과정이다. 이상치의 정의는 기상청의 보고서를 참고하였다. 강수량은 음수인 경우가 정상적이지 않은 자료로 판단하여 결측 처리 하였고 기온의 경우 최저  $-89.4^{\circ}\text{C}$  보다 낮거나 최고  $57.8^{\circ}\text{C}$  를 넘는 경우 결측값으로 처리하는 방법을 사용하였다.

#### (나) 상세화 패키지 Overwrite 기능 추가

AIMS의 통계적 상세화는 3가지의 방법과, 2가지의 RCP 시나리오, 3가지의 미래기간의 경우를 29개 GCM을 사용자가 입력한 관측자료의 수로 상세화를 하는 방법이다. 기존에는 GCM이 하나라도 추가되면 모든 기존의 자료를 다시 생산하는 모듈을 사용하였으나, 비효율적인 계산시간의 문제로 새롭게 추가되는 변수를 파악하고 해당되는 부분만 산출하도록 변경되었다. OWrite라는 Argument를 추가하여 3가지의 통계적 상세화 패키지 모두 적용하였고 OWrite는 R언어의 논리함수로 정의되며 ‘TRUE’ 인 경우 기존의 파일을 검사하지 않고 모두 새로 상세화를 진행하게 된다. 반대의 경우인 ‘FALSE’ 를 선택하면 사용자가 UI에서 선택한 모든 경우의 수를 파일을 열어 확인을 하고 일치하면 다시 상세화를 하지 않고 일치하지 않는다면 다시 상세화를 실시하는 방법을 사용하였다.

#### (다) rSQM 패키지 추가 개선

기존의 개발 되었던 rSQM패키지에서 사용되던 미 사용폴더 삭제하는 방식이 다른 코드에서 사용되는 자료를 고려하지 않고 삭제하는 형태임을 확인하고, 폴더를 삭제하지 않고, 기존의 구동되던 모든 절차가 진행되도록 수정되었다. 또한 원시 GCM의 평가가 AIMS의 흐름에 맞게 순서가 상세화 이전으로 변경됨에 따라, 독립적인 원시 GCM을 추출하는 함수가 필요하게 되었다. 과거기간에 대해 원시 GCM평가에 사용되는 자료를 추출하는 역할을 rSQM 패키지에 원시 GCM을 추출하는 함수를 새로 정의하였다.

#### (라) rSDQDM 패키지 추가 개선

초기 rSDQDM은 한반도를 기준으로 수집된 ASOS (Automated Surface Observing System) 관측자료를 활용하는 Full Data set의 연구용 코드였다. 이를 개도국의 관측데이터 적용함으로써 결측값과 이상치에 대한 문제를 전혀 고려하지 않음이 문제가 되었다. 이상치의 문제는 앞서 QC를 통하여 기본적인 처리는 완료가 되었지만 결측치를 전혀 고려하지 않은 연구용 코드가 문제가 되었다. 이에 모든 부분에서 결측값을 고려하여 절차를 진행하도록 전면 개선되었다. 또한 기존의 일부 과정이 rSQM의 결과를 활용하는 부분이 존재하였으나 모든 부분이 독립적으로 진행하도록 개선되었다. 기존의 rSDQDM은 R Studio를 통하여 구동을 하도록 설계가 되어있었고, 통계적 상세화를 위한 시간이 많이 필요한 패키지이다. 따라서 진행상황을 쉽게 파악하기 위해서 Progressive bar를 통하여 진행과정을 확인하였으나 AIMS에 구동되면서 불필요한 Log파일의 용량을 차지하는 상황이 되어 기능을 제거하여 정확한 Log파악을 목표로 하였다.

#### (마) rBCSA 패키지 추가 개선

rSDQDM과 마찬가지로 한반도를 대상으로 제작되었던 초기의 모델에서 개도국의 관측자료의 입력이 여러 문제점을 일으킨다는 점을 파악하여, 결측값에도 문제없이 구동이 가능하도록 추가적인 개선이 이루어졌다. 또한 Stochastic analog의 특징을 가지고 있는 rBCSA는 구동시간이 오래 걸려 Progressive bar를 설계하였으나 오류를 확인하기 위한 Log파일에 의미가 없는 정보를 쌓이게 하는 결과를 만들었다. 따라서 rBCSA에서도 rSDQDM과 마찬가지로 Progressive bar의 기능을 제거하여 명확한 파악을 하기 쉽도록 개선되었다.

#### (바) 극한 기후지수의 과거 재현성 평가 출력물 변경

기존의 극한 기후지수의 과거 재현성 평가를 위한 출력물은 기본적인 비교평가를 위해 AIMS제작자들이 고안한 기초 그림으로서 논문에 직접적으로 사용하기 힘든 수준의 그래프 출력물을 보여주었다. 사용자 중심의 플랫폼 서비스인 AIMS의 취지에 맞도록 제공하는 과거 재현성 평가 출력물을 그대로 재현할 수 있도록 데이터를 정리한 CSV파일을 모든 극한 기후지수에 대하여 제공하도록 개선하였다. 또한 기존의 컬러 출력물을 흑백으로도 구분이 충분히 가능하도록 변경하였고 Outlier의 처리를 명확한 구분을 위해 기존에 ‘.’에서 ‘\*’로 변경하였다. 출력물은 SQM, SDQDM, BCSA를 이용하여 60개 기상관측소에 대해 상세화한 자료를 이용하여 27개 극한기후 지수에 대한 과거 재현성을 평가한 결과를 보여준다. CSV파일의 제공은

Figure 80과 같고 변경된 출력물은 Figure 81이다.

cdd_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB				
csdi_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	67KB				
cwd_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	65KB	1	Value	Downscale	GCMNAMES
dtr_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	26	1317.97	OBS	OBS
fd_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	69KB	27	1051.98	OBS	OBS
gsl_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	70KB	28	1532.14	OBS	OBS
id_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	67KB	29	1899.58	OBS	OBS
prcptot_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	73KB	30	1473.91	OBS	OBS
r10mm_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	31	1302.37	OBS	OBS
r20mm_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	32	1863.22	SQM	CESM1-CAM5
r95ptot_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	71KB	33	1389.61	SQM	CESM1-CAM5
r99ptot_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	34	1620.54	SQM	CESM1-CAM5
rnmm_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	35	2118.52	SQM	CESM1-CAM5
rx1day_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	70KB	36	1246.35	SQM	CESM1-CAM5
rx5day_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	71KB	37	1387.2	SQM	CESM1-CAM5
sdi_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	38	1729.19	SQM	CESM1-CAM5
su_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	69KB	39	1361.94	SQM	CESM1-CAM5
tn10p_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	40	837.59	SQM	CESM1-CAM5
tn90p_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	65KB	41	972.59	SQM	CESM1-CAM5
tnn_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	71KB	42	1204.42	SQM	CESM1-CAM5
tnx_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	43	978.79	SQM	CESM1-CAM5
tr_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	44	1325.92	SQM	CESM1-CAM5
tx10p_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	45	926.85	SQM	CESM1-CAM5
tx90p_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	65KB	46	1475.33	SQM	CESM1-CAM5
txn_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	47	1162.08	SQM	CESM1-CAM5
txo_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	68KB	48	993.79	SQM	CESM1-CAM5
wsdi_Historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	59KB	49	1421.03	SQM	CESM1-CAM5
				50	1379.87	SQM	CESM1-CAM5
				51	1037.37	SQM	CESM1-CAM5

(a) Boxplot Summary Data

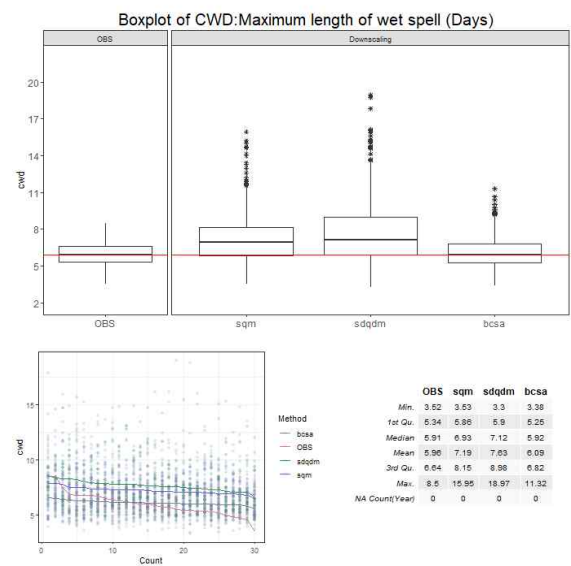
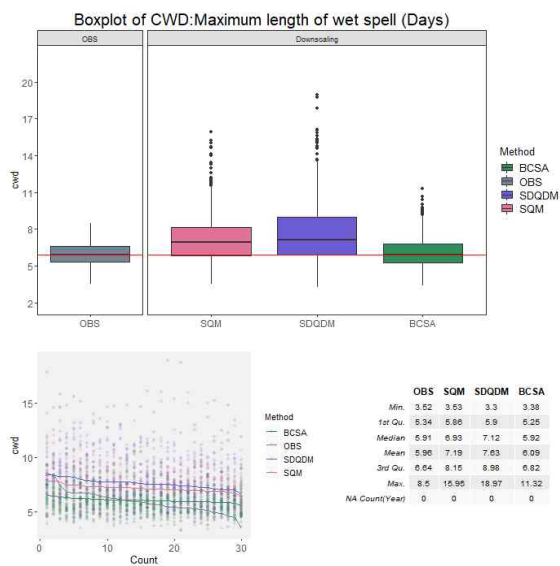
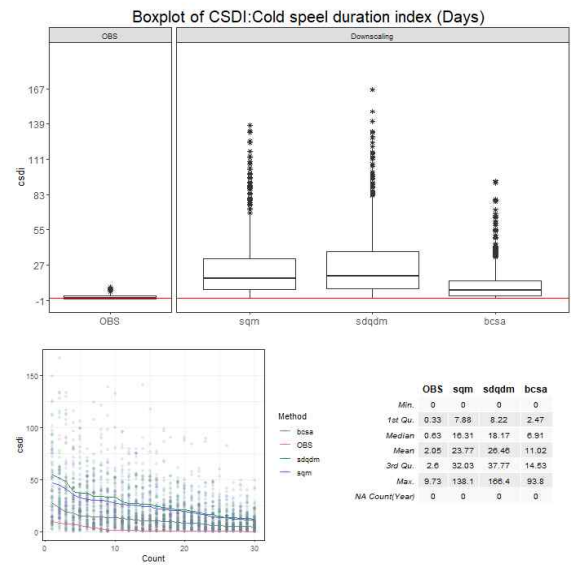
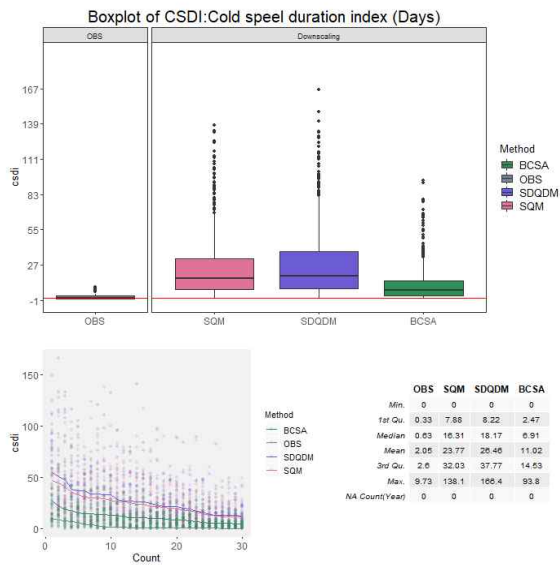
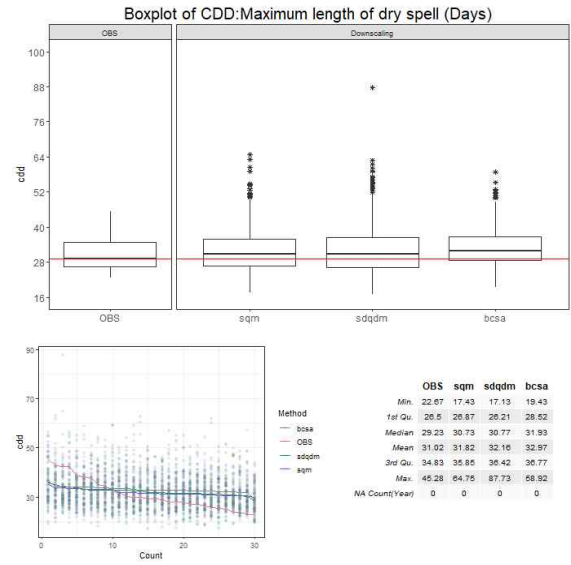
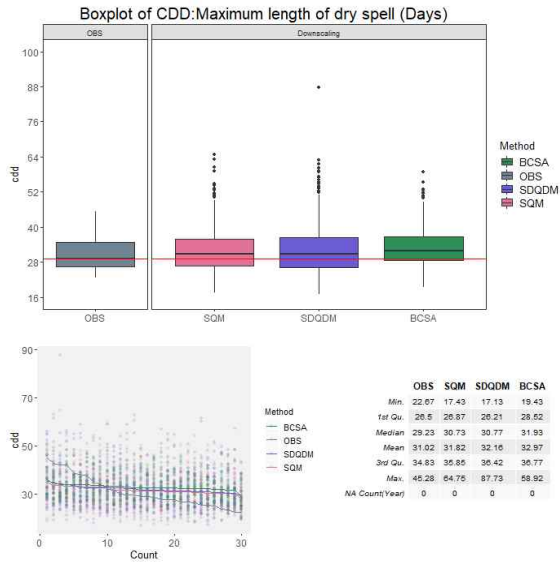
cdd_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
csdi_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
cwd_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
dtr_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
fd_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
gsl_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
id_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
prcptot_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
r10mm_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
r20mm_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
r95ptot_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
r99ptot_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
rnmm_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
rx1day_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
rx5day_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
sdi_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
su_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tn10p_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tn90p_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tnn_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tnx_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tr_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tx10p_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
tx90p_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
txn_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
txo_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				
wsdi_historical.csv	2019-11-06 오후...	Microsoft Excel ...	1KB				

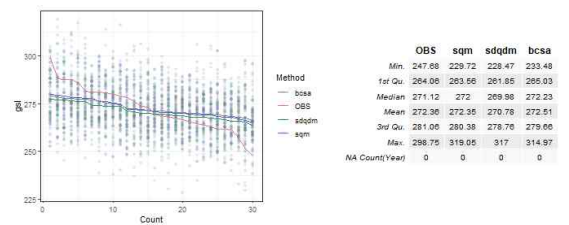
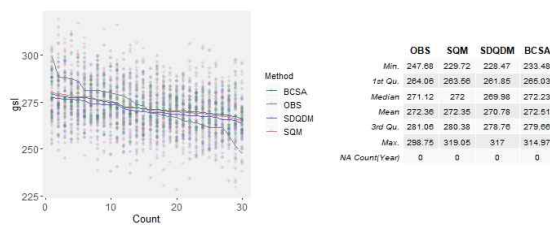
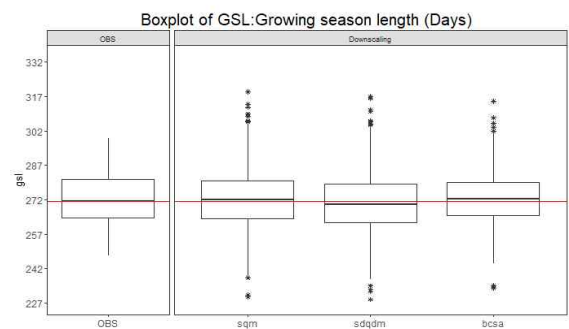
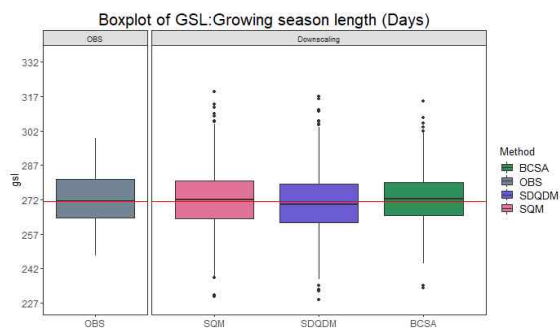
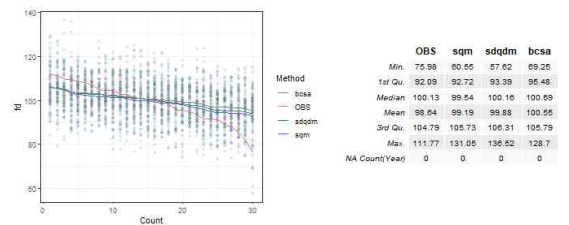
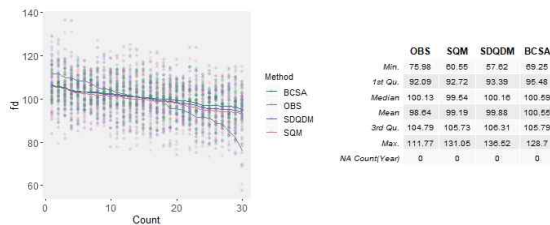
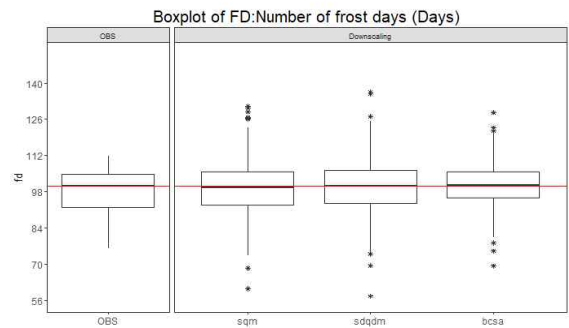
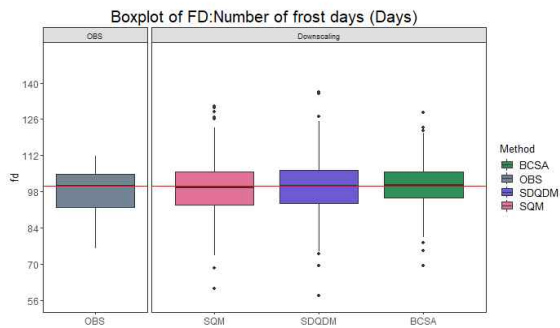
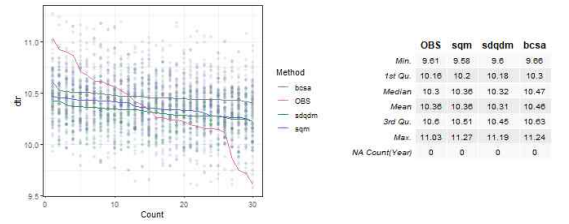
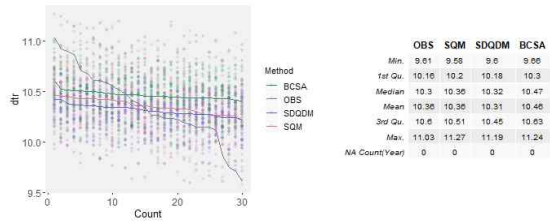
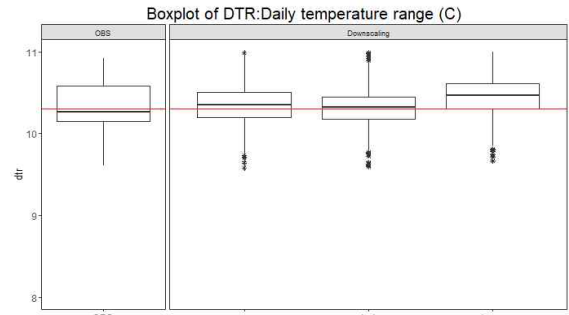
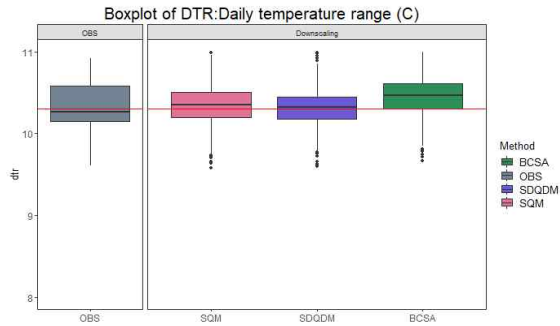
  

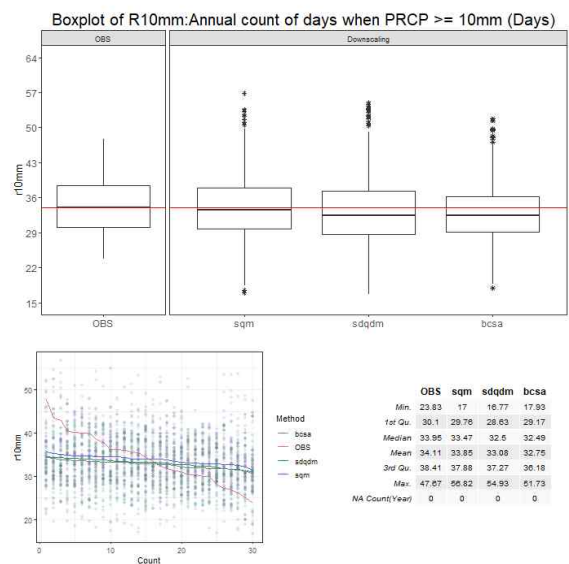
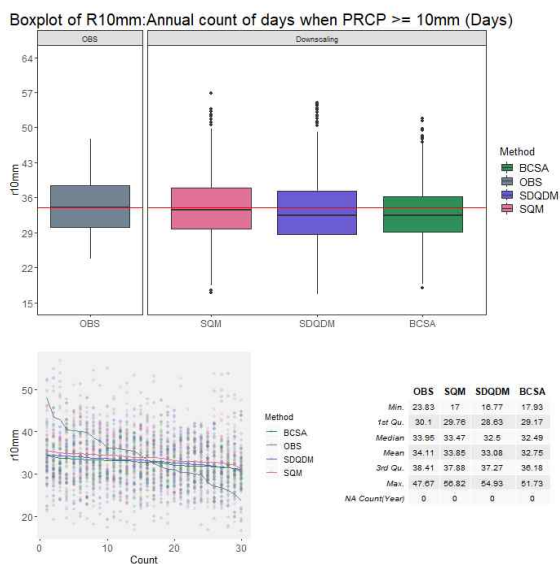
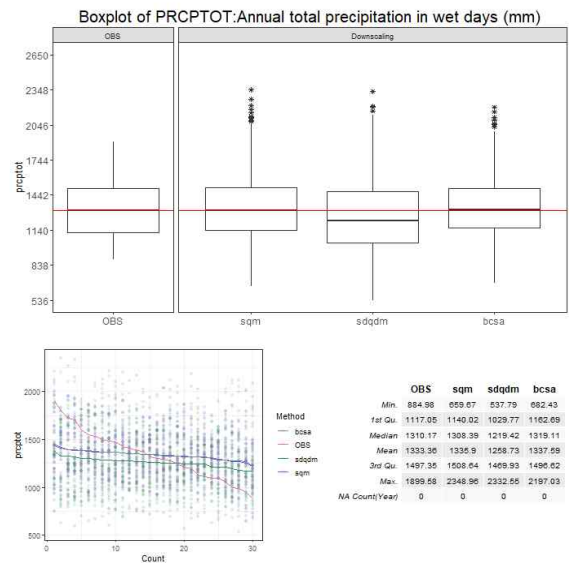
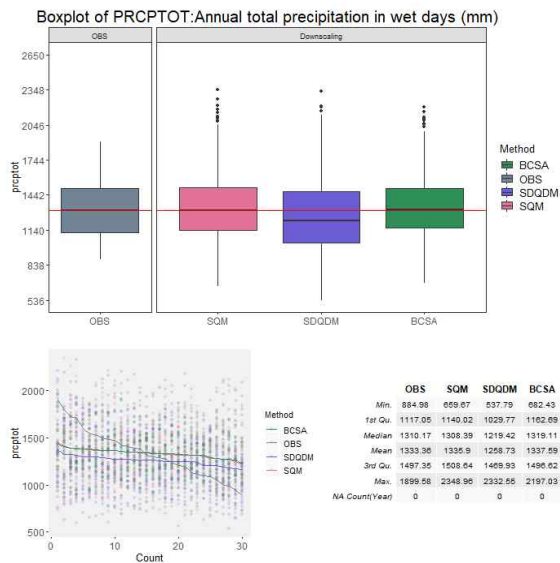
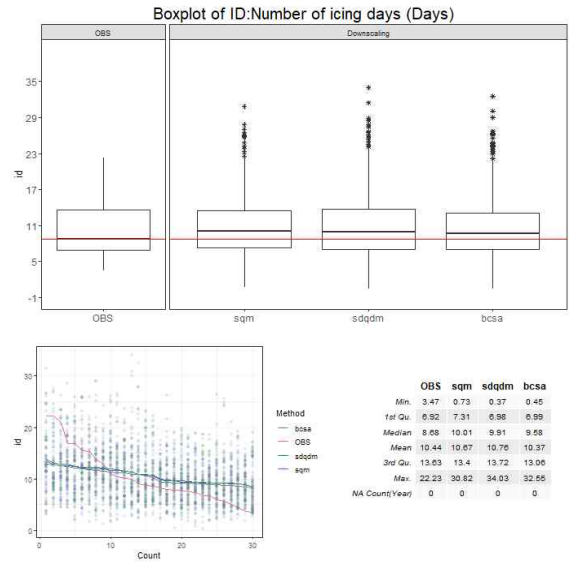
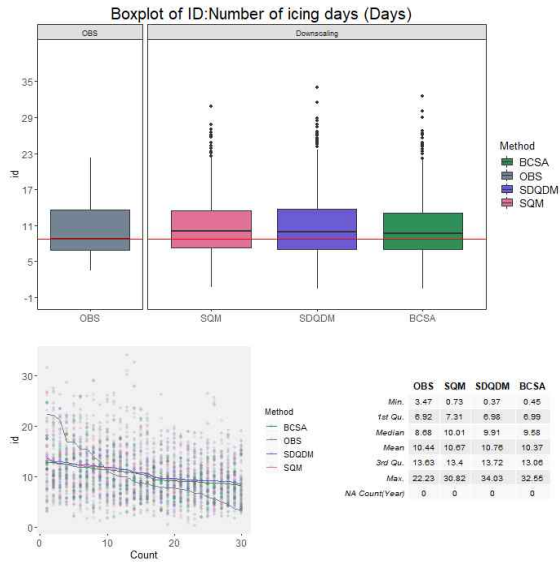
	A	B	C	D	E
1		OBS	SQM	SDQDM	BCSA
2	Min.	884.98	659.67	506.57	682.43
3	1st Qu.	1117.05	1140.02	846.81	1162.69
4	Median	1310.17	1308.39	967.3	1319.11
5	Mean	1333.36	1335.9	985.93	1337.59
6	3rd Qu.	1497.35	1508.64	1111.84	1496.62
7	Max.	1899.58	2348.96	1640.42	2197.03
8	NA Count	0	2	0	2

(b) Total Summary Table Data

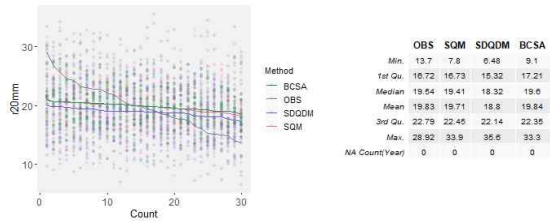
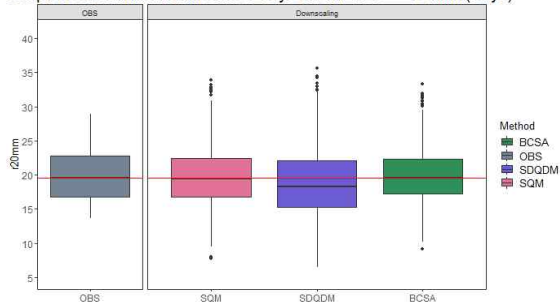
Figure 80 Provide SCV file for historical reproducibility evaluation



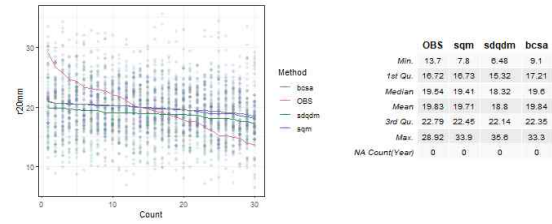
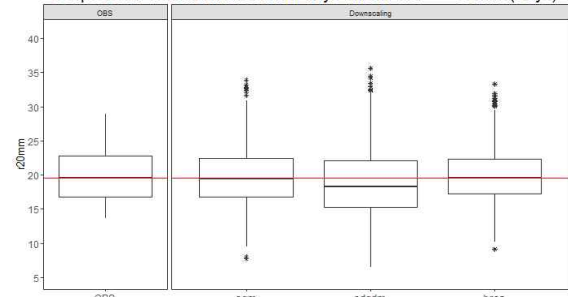




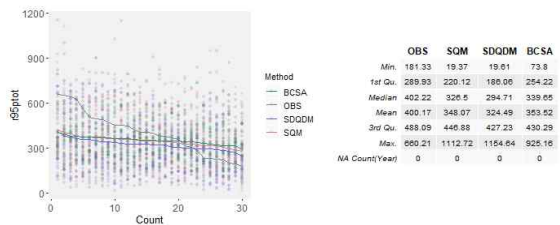
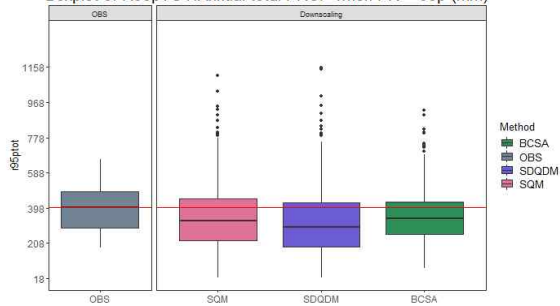
Boxplot of R20mm:Annual count of days when PRCP >= 20mm (Days)



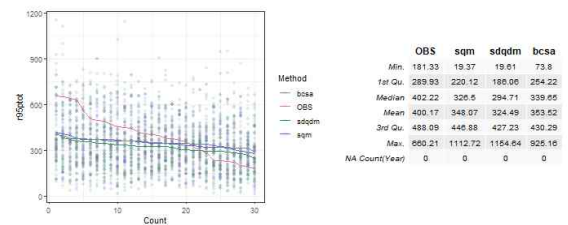
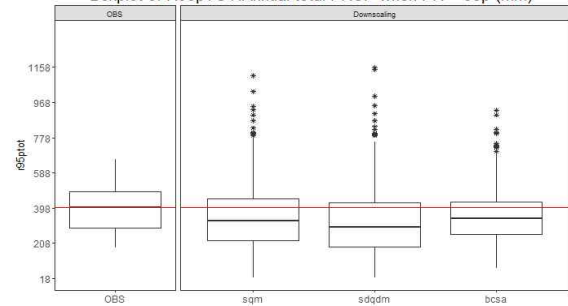
Boxplot of R20mm:Annual count of days when PRCP >= 20mm (Days)



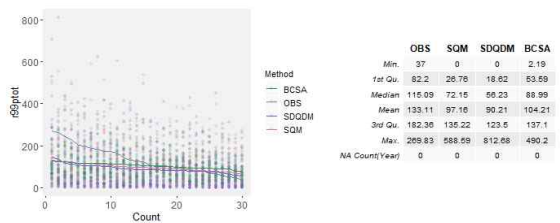
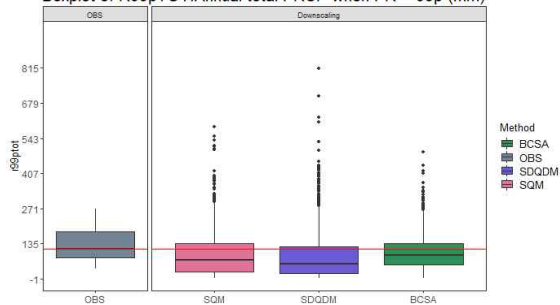
Boxplot of R95pTOT:Annual total PRCP when PR > 95p (mm)



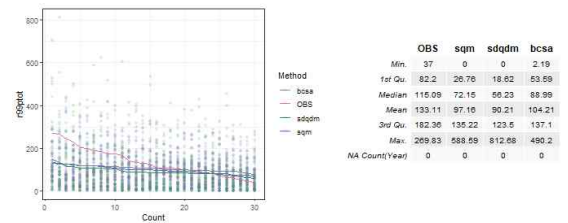
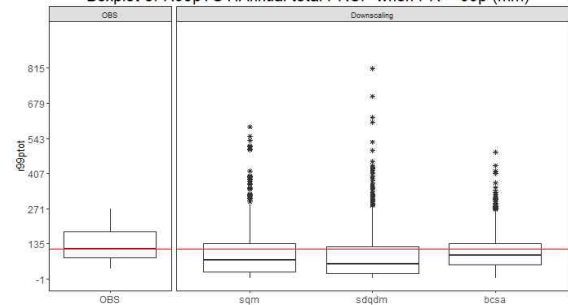
Boxplot of R95pTOT:Annual total PRCP when PR > 95p (mm)



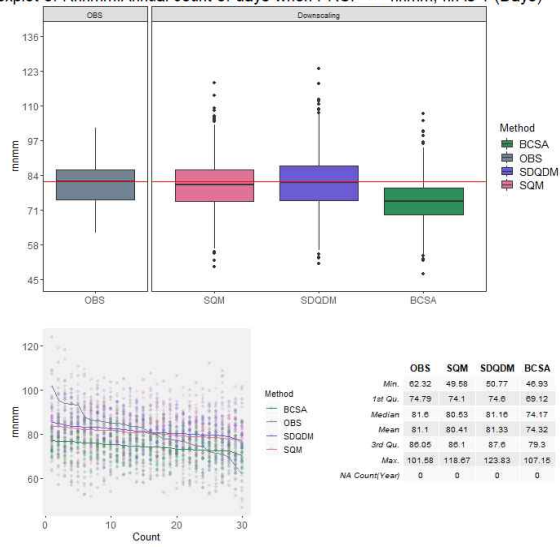
Boxplot of R99pTOT:Annual total PRCP when PR > 99p (mm)



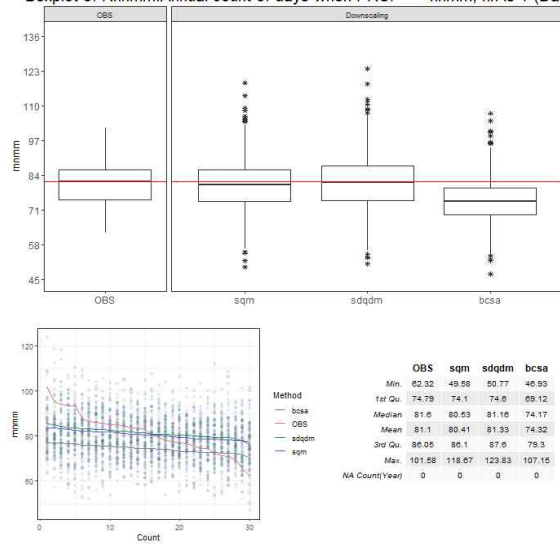
Boxplot of R99pTOT:Annual total PRCP when PR > 99p (mm)



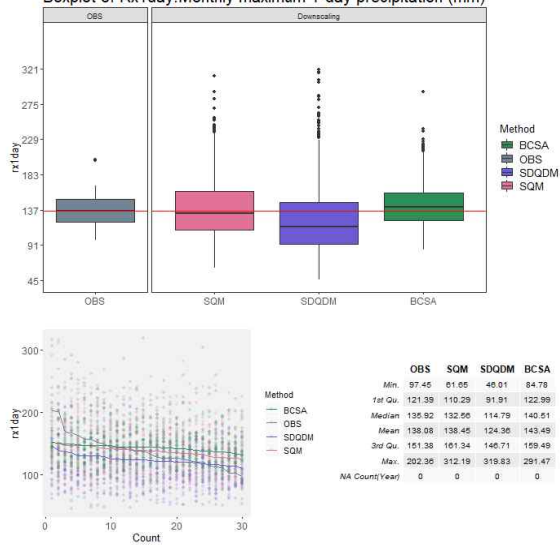
Boxplot of Rnmm:Annual count of days when PRCP >= nmm, nn is 1 (Days)



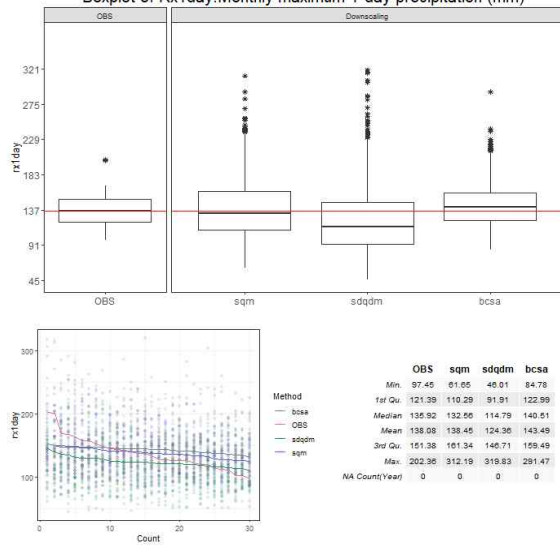
Boxplot of Rnmm:Annual count of days when PRCP >= nmm, nn is 1 (Days)



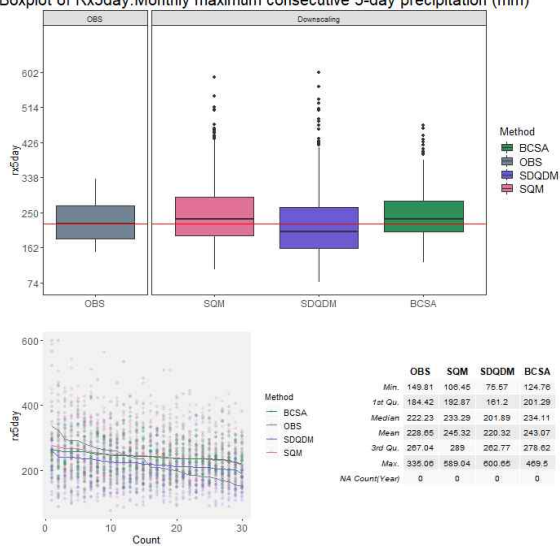
Boxplot of Rx1day:Monthly maximum 1-day precipitation (mm)



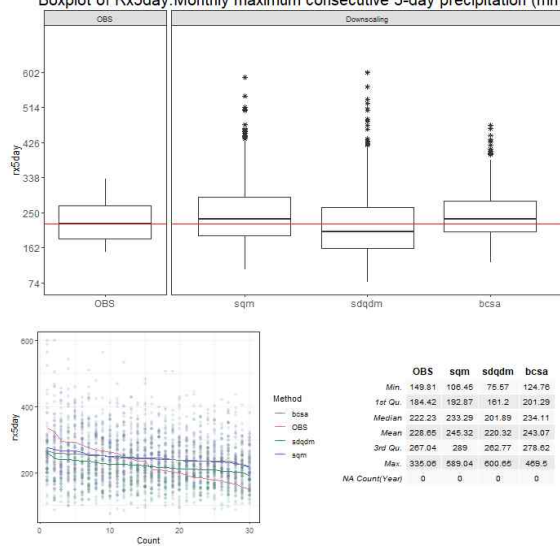
Boxplot of Rx1day:Monthly maximum 1-day precipitation (mm)

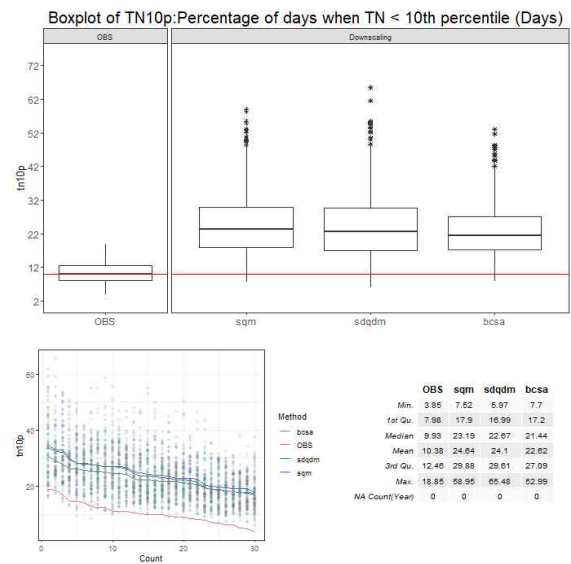
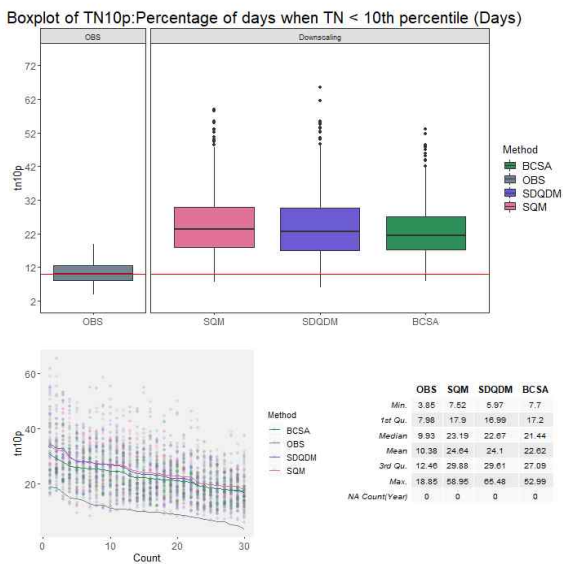
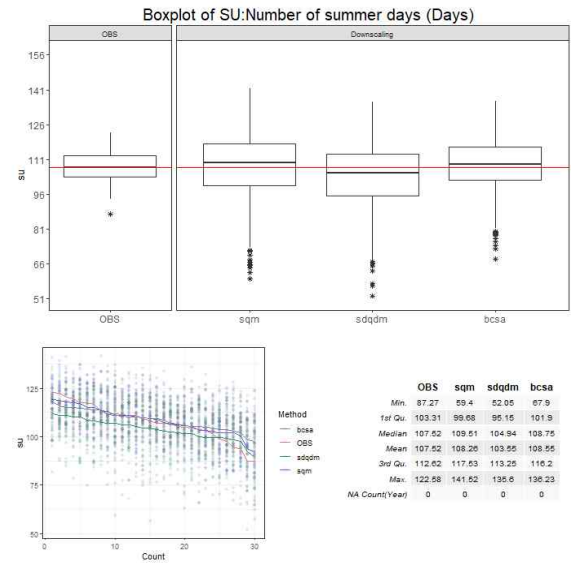
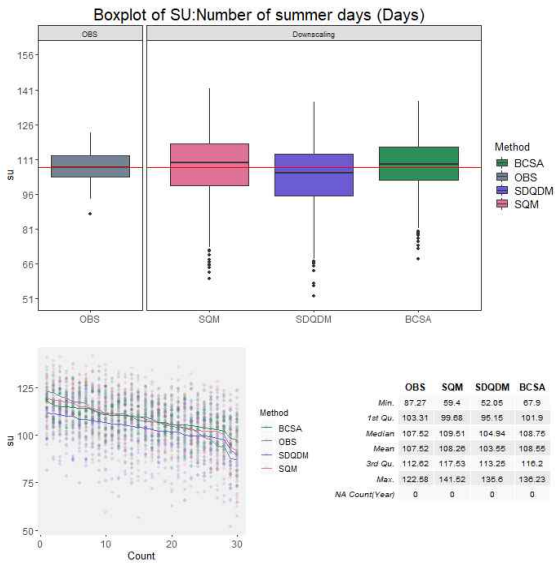
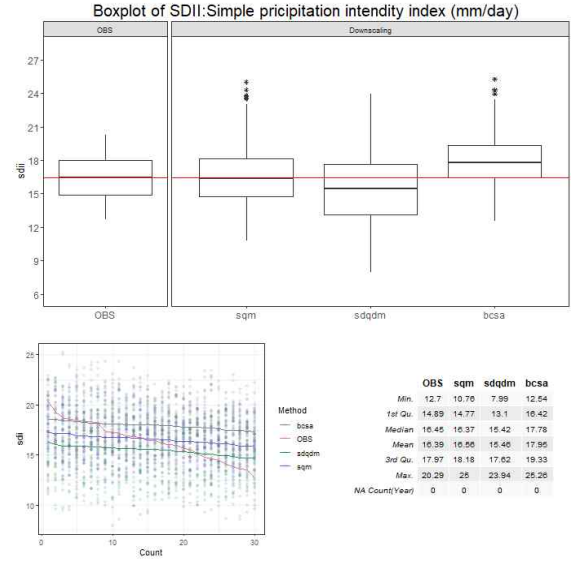
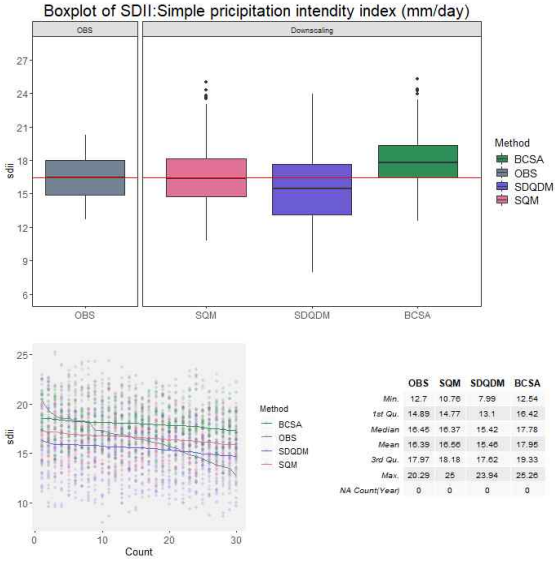


Boxplot of Rx5day:Monthly maximum consecutive 5-day precipitation (mm)

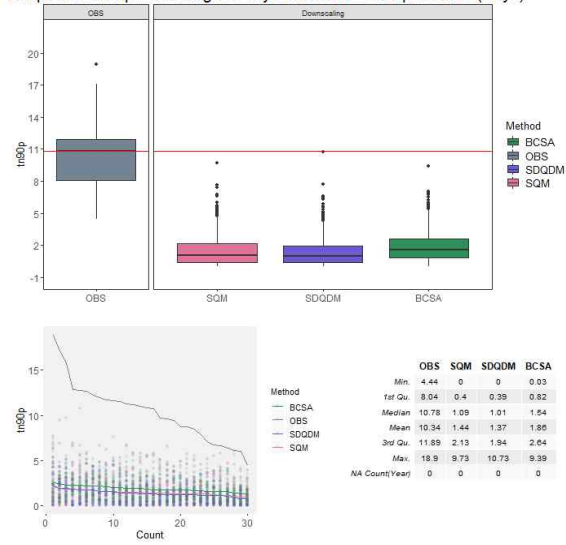


Boxplot of Rx5day:Monthly maximum consecutive 5-day precipitation (mm)

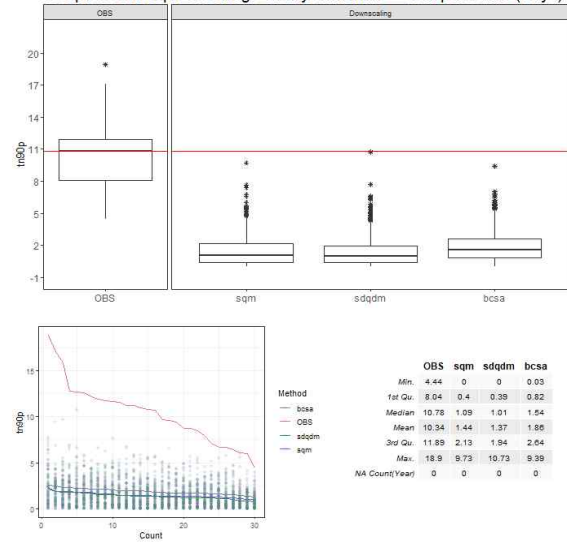




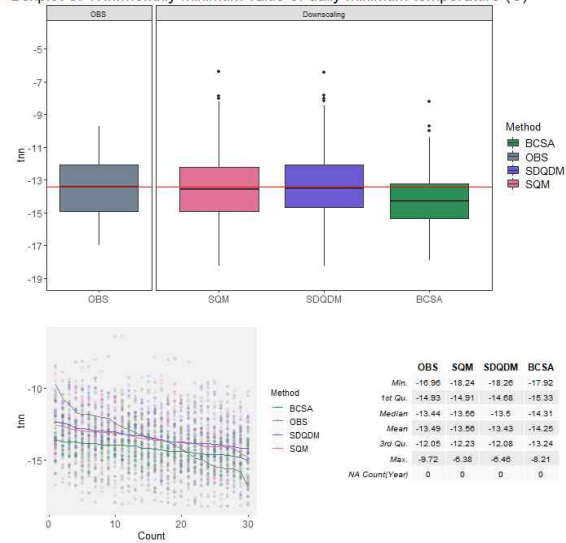
Boxplot of TN90p:Percentage of days when TN > 90th percentile (Days)



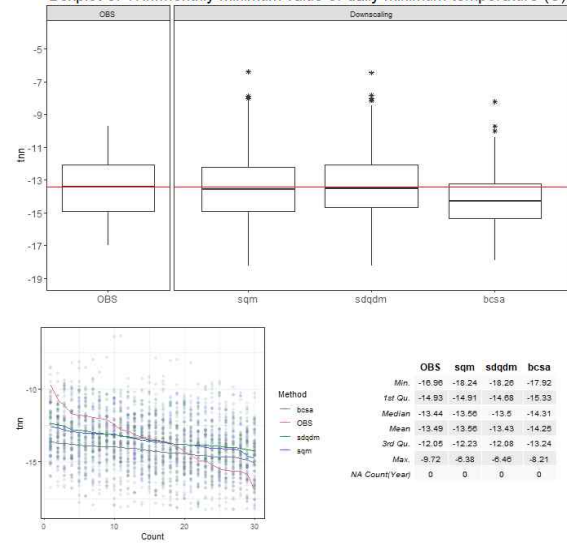
Boxplot of TN90p:Percentage of days when TN > 90th percentile (Days)



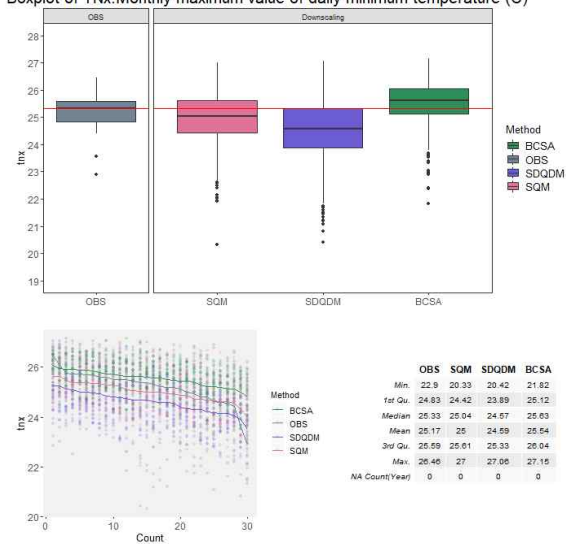
Boxplot of TNn:Monthly minimum value of daily minimum temperature (C)



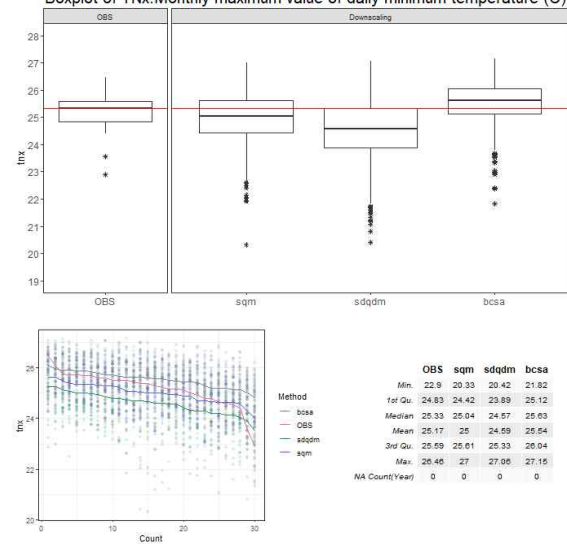
Boxplot of TNn:Monthly minimum value of daily minimum temperature (C)

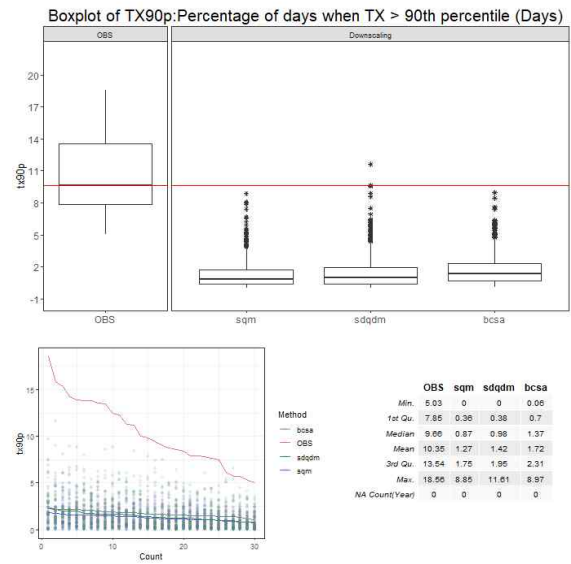
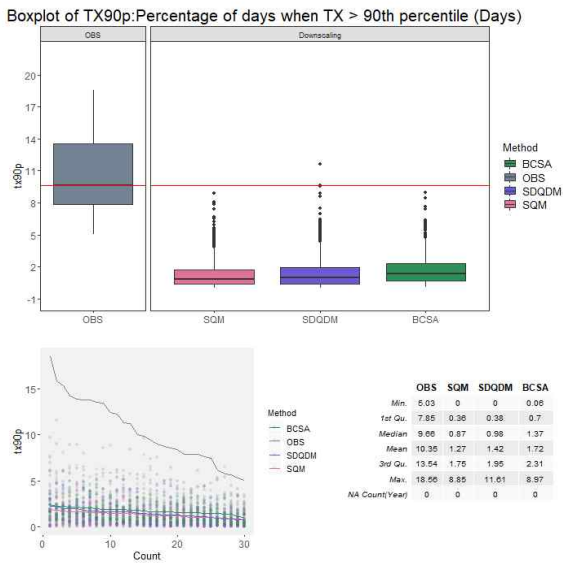
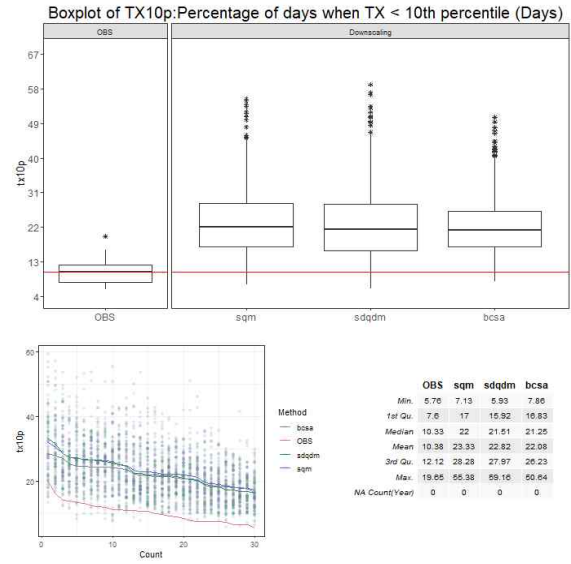
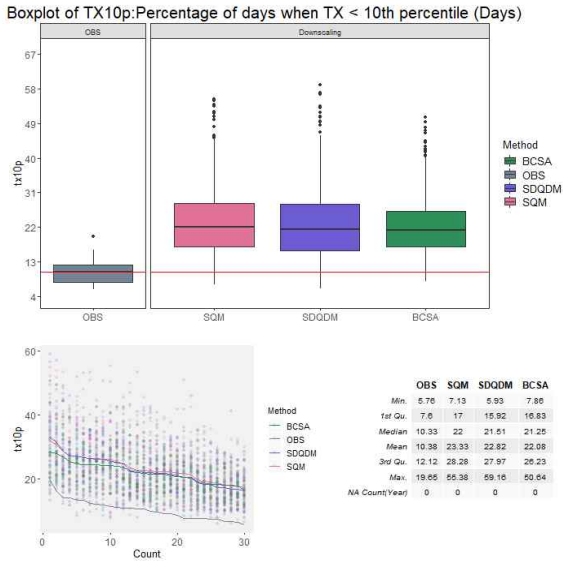
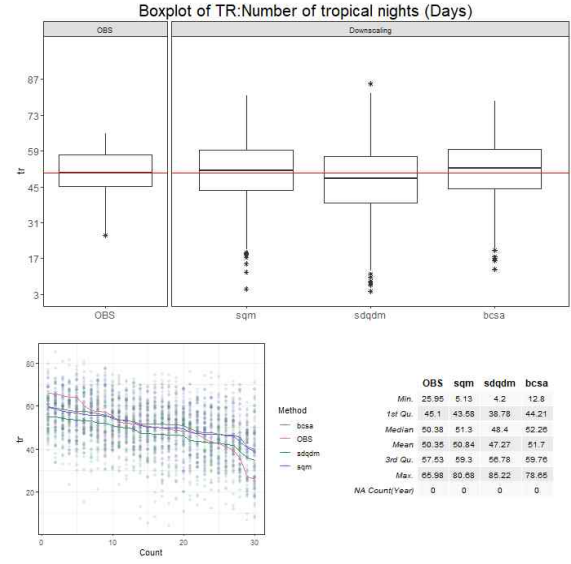
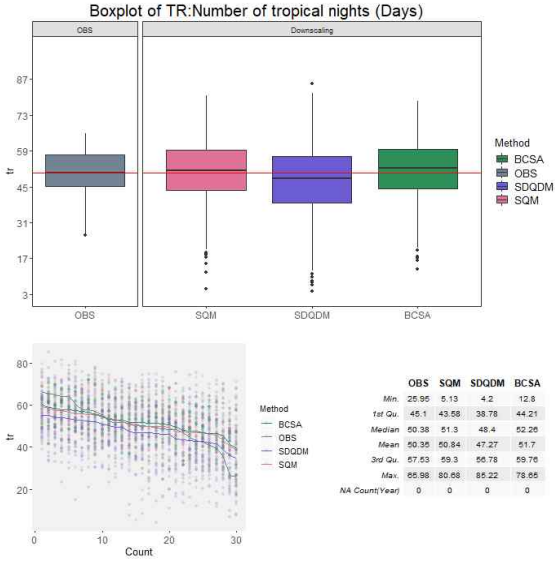


Boxplot of TNx:Monthly maximum value of daily minimum temperature (C)

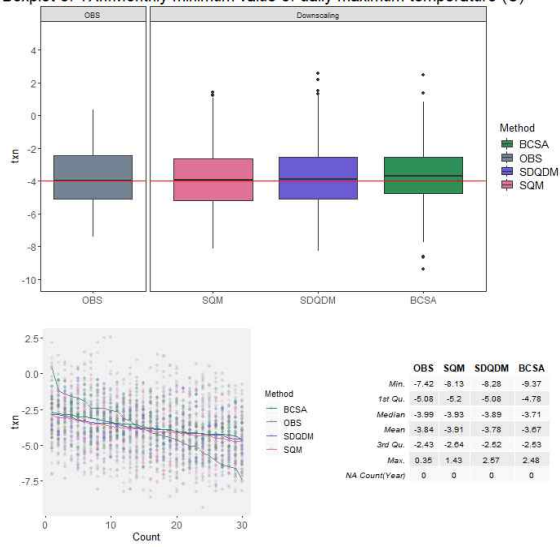


Boxplot of TNx:Monthly maximum value of daily minimum temperature (C)

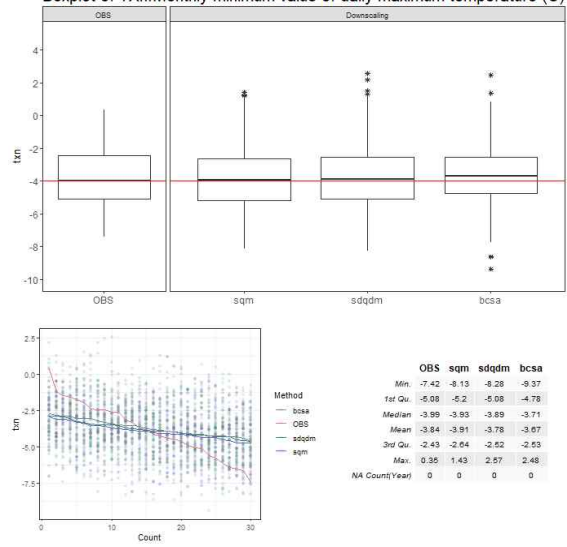




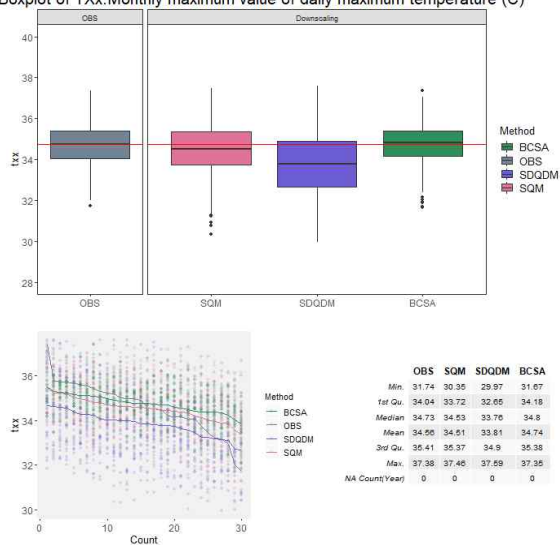
Boxplot of TXn:Monthly minimum value of daily maximum temperature (C)



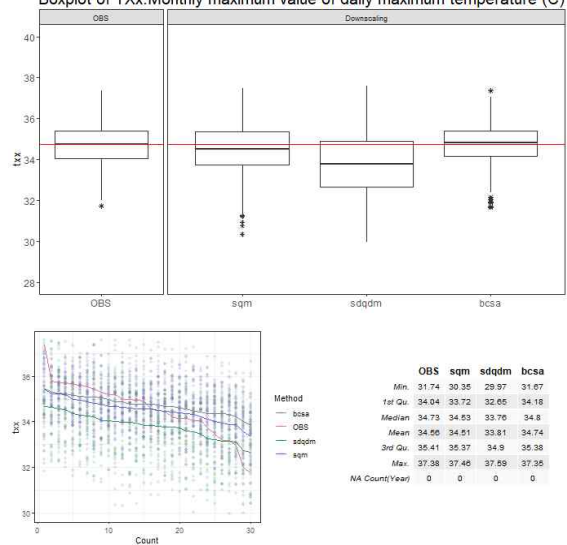
Boxplot of TXn:Monthly minimum value of daily maximum temperature (C)



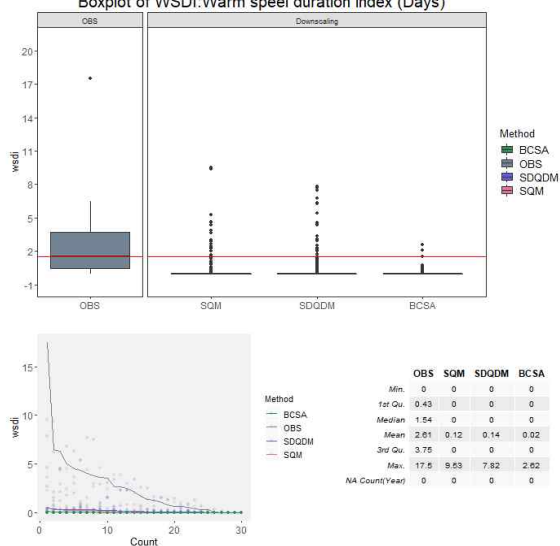
Boxplot of TXx:Monthly maximum value of daily maximum temperature (C)



Boxplot of TXx:Monthly maximum value of daily maximum temperature (C)



Boxplot of WSDI:Warm speel duration index (Days)



Boxplot of WSDI:Warm speel duration index (Days)

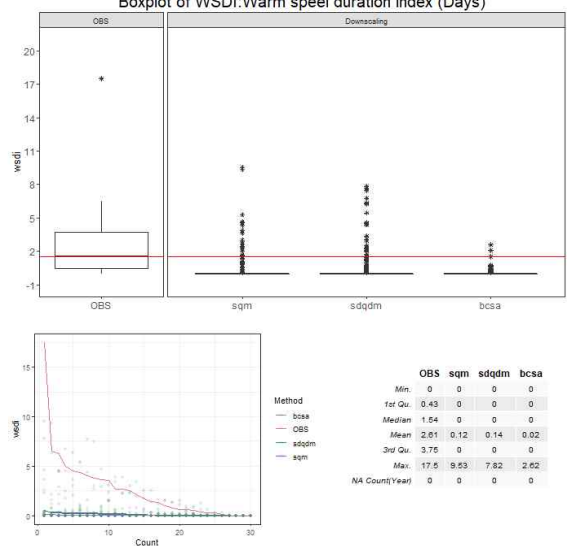


Figure 81 Graphic change to historical reproducibility

(사) 극한 기후지수의 미래기간 평가 출력물 변경

기존의 극한 기후지수의 미래 시그널 왜곡도 평가를 위한 출력물은 과거 재현성 평가와 마찬가지로 기본적인 비교평가를 위해 고안한 기초 그림으로서 논문에 직접적으로 사용하기 힘든 수준의 그래프 출력물을 보여주었다. 미래기간 평가 출력물 역시 사용자 중심의 플랫폼 서비스인 AIMS의 취지에 맞도록 제공하는 과거 재현성 평가 출력물을 그대로 재현할 수 있도록 데이터를 정리한 CSV파일을 제공하도록 개선하였다. 또한 기존의 컬러 출력물을 흑백으로도 구분이 충분히 가능하도록 변경하였고 Outlier의 처리를 명확한 구분을 위해 기존에 ‘.’에서 ‘\*’로 변경하였다. 출력물은 SQM, SDQDM, BCSA를 이용하여 60개 기상관측소에 대해 상세화한 자료를 이용하여 27개 극한기후 지수에 대한 과거 재현성을 평가한 결과를 보여준다. CSV파일의 제공은 Figure 82과 같고 변경된 출력물은 Figure 83이다.

cdd_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	34KB
csdi_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
cwd_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
dtr_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
fd_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	34KB
gsl_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	34KB
id_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	34KB
prcptot_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
r10mm_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
r20mm_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
r95ptot_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
r99ptot_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
mnmf_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
rx1day_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
rx5day_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
sdi_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
su_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	33KB
tn10p_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
tn90p_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
tnn_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
tnx_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
tr_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	33KB
tx10p_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
tx90p_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	36KB
ton_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
tox_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB
wsdi_future.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	35KB

	A	B	C	D	E	F
1	Error	Downscal	GCMNam	RCP	Future	Index
2	-1.13611	SQM	CESM1-C	rcp45	S1:2010-2	cdd
3	0.678889	SQM	CESM1-C	rcp45	S2:2040-2	cdd
4	-0.39056	SQM	CESM1-C	rcp45	S3:2070-2	cdd
5	-0.86389	SQM	CESM1-C	rcp85	S1:2010-2	cdd
6	-0.60611	SQM	CESM1-C	rcp85	S2:2040-2	cdd
7	-0.27889	SQM	CESM1-C	rcp85	S3:2070-2	cdd
8	0.245556	SQM	CMCC-CN	rcp45	S1:2010-2	cdd
9	-3.04833	SQM	CMCC-CN	rcp45	S2:2040-2	cdd
10	-2.30889	SQM	CMCC-CN	rcp45	S3:2070-2	cdd
11	-0.43167	SQM	CMCC-CN	rcp85	S1:2010-2	cdd
12	-2.36833	SQM	CMCC-CN	rcp85	S2:2040-2	cdd
13	-0.72	SQM	CMCC-CN	rcp85	S3:2070-2	cdd
14	1.39569	SQM	HadGEM2	rcp45	S1:2010-2	cdd
15	1.803467	SQM	HadGEM2	rcp45	S2:2040-2	cdd
16	0.541801	SQM	HadGEM2	rcp45	S3:2070-2	cdd
17	0.404579	SQM	HadGEM2	rcp85	S1:2010-2	cdd
18	1.674023	SQM	HadGEM2	rcp85	S2:2040-2	cdd
19	1.031245	SQM	HadGEM2	rcp85	S3:2070-2	cdd
20	-0.72667	SQM	CESM1-B	rcp45	S1:2010-2	cdd
21	-0.335	SQM	CESM1-B	rcp45	S2:2040-2	cdd
22	0.335556	SQM	CESM1-B	rcp45	S3:2070-2	cdd
23	0.216111	SQM	CESM1-B	rcp85	S1:2010-2	cdd
24	0.267222	SQM	CESM1-B	rcp85	S2:2040-2	cdd
25	0.787778	SQM	CESM1-B	rcp85	S3:2070-2	cdd
26	-0.11444	SQM	MPI-ESM-	rcp45	S1:2010-2	cdd
27	-2.56444	SQM	MPI-ESM-	rcp45	S2:2040-2	cdd
28	-0.77833	SQM	MPI-ESM-	rcp45	S3:2070-2	cdd
29	0.535	SQM	MPI-ESM-	rcp85	S1:2010-2	cdd
30	-1.32611	SQM	MPI-ESM-	rcp85	S2:2040-2	cdd
31	-1.54	SQM	MPI-ESM-	rcp85	S3:2070-2	cdd
32	-1.55778	SQM	CMCC-CN	rcp45	S1:2010-2	cdd

(a) Boxplot Summary Data

cdd_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
cdd_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
csdi_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
csdi_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
cwd_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
cwd_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
dtr_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
dtr_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
fd_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
fd_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
gsl_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
gsl_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
id_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
id_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
prcptot_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
prcptot_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r10mm_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r10mm_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r20mm_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r20mm_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r95ptot_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r95ptot_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r99ptot_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
r99ptot_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
mnmf_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
mnmf_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
rx1day_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
rx1day_future_rcp85.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB
rx5day_future_rcp45.csv	2020-01-07 오후...	Microsoft Excel ...	1KB

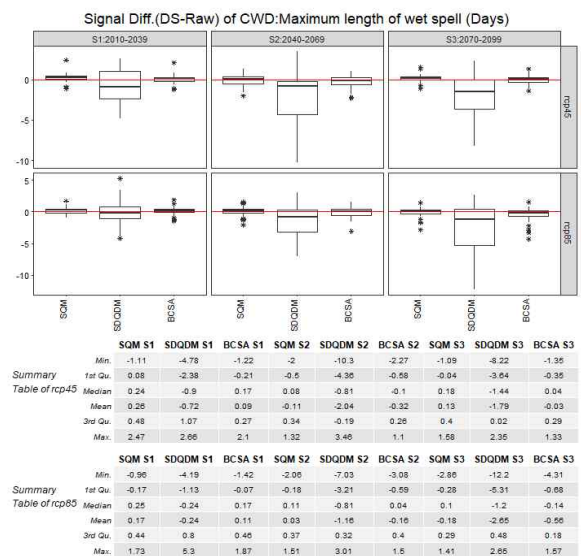
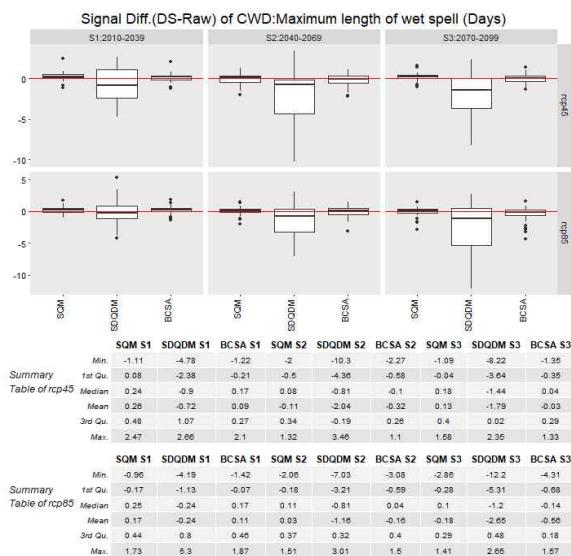
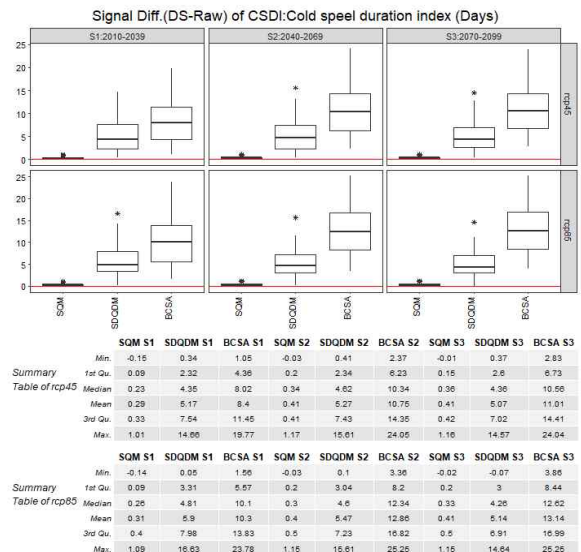
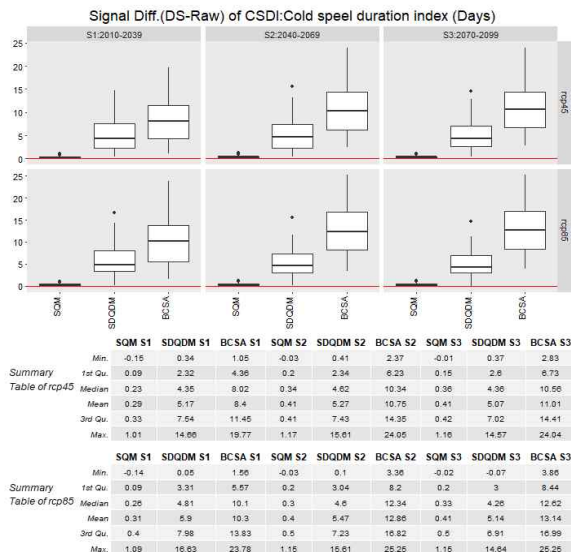
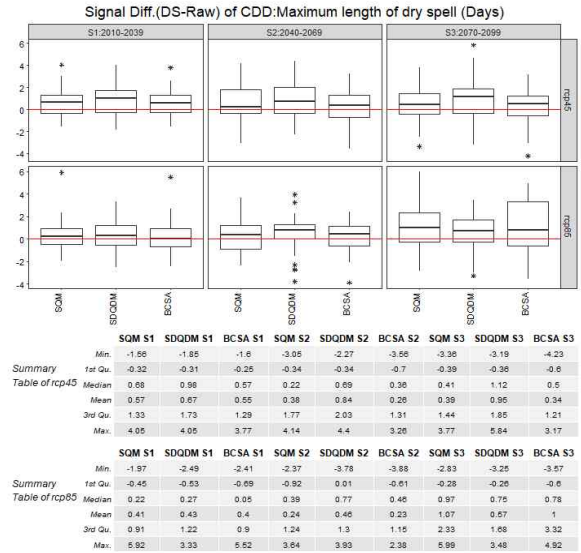
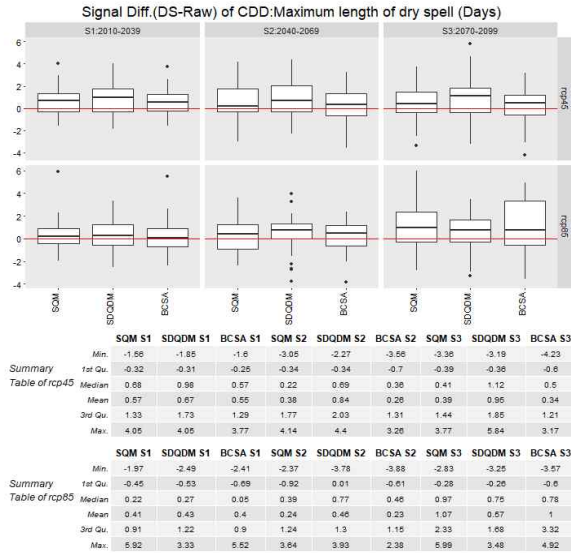
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		SQM S1	SDQDM S	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S	BCSA S3
2	Min.	-1.56	-1.85	-1.6	-3.05	-2.27	-3.56	-3.36	-3.19	-4.23
3	1st Qu.	-0.32	-0.31	-0.25	-0.34	-0.34	-0.7	-0.39	-0.36	-0.6
4	Median	0.68	0.98	0.57	0.22	0.69	0.36	0.41	1.12	0.5
5	Mean	0.57	0.67	0.55	0.38	0.84	0.26	0.39	0.95	0.34
6	3rd Qu.	1.33	1.73	1.29	1.77	2.03	1.31	1.44	1.85	1.21
7	Max.	4.05	4.05	3.77	4.14	4.4	3.26	3.77	5.84	3.17

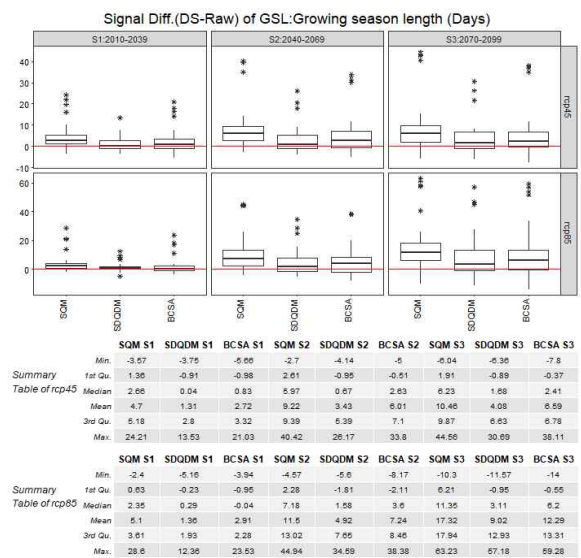
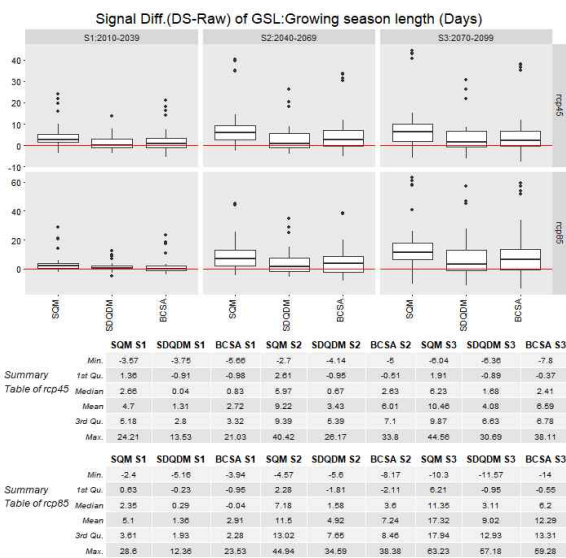
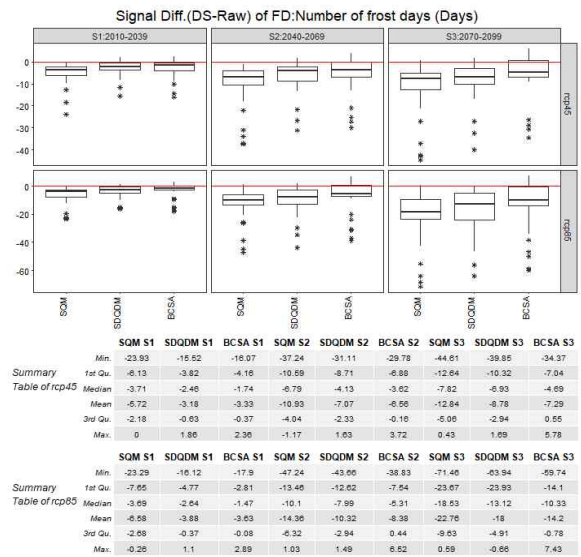
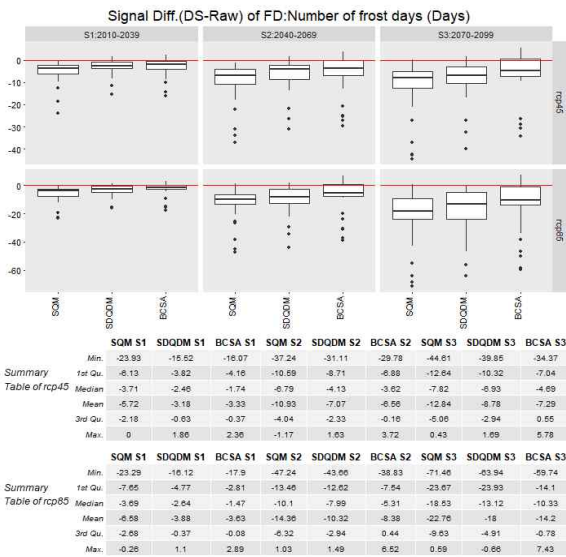
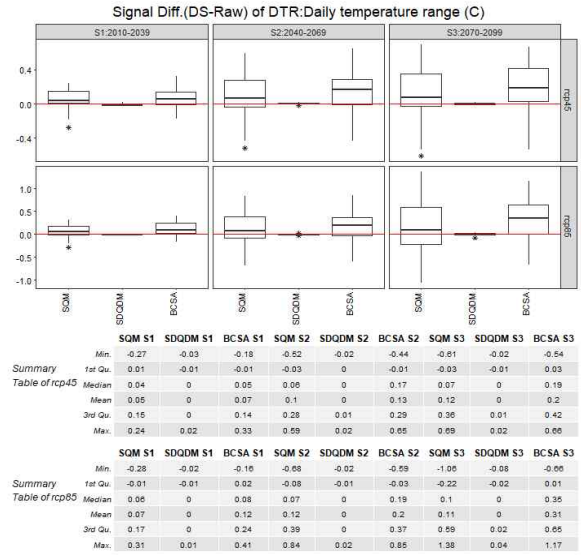
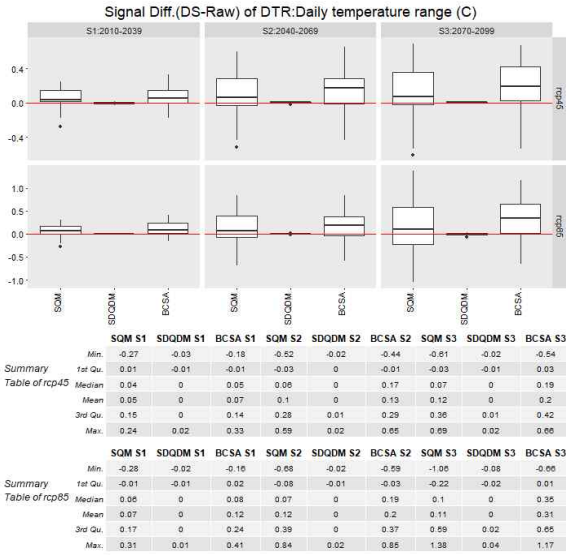
(b) Total Summary Table Data

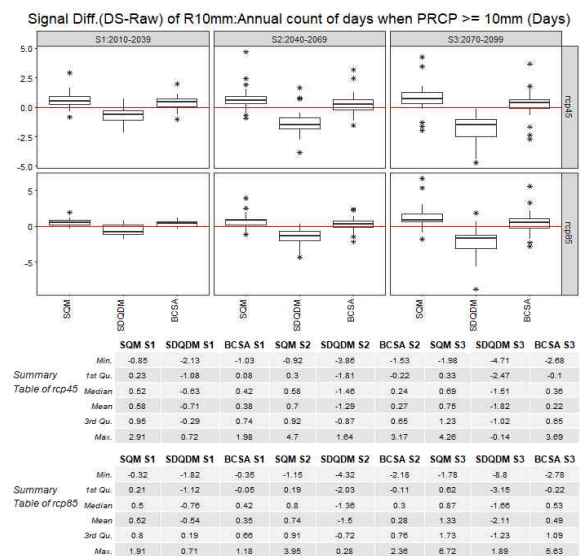
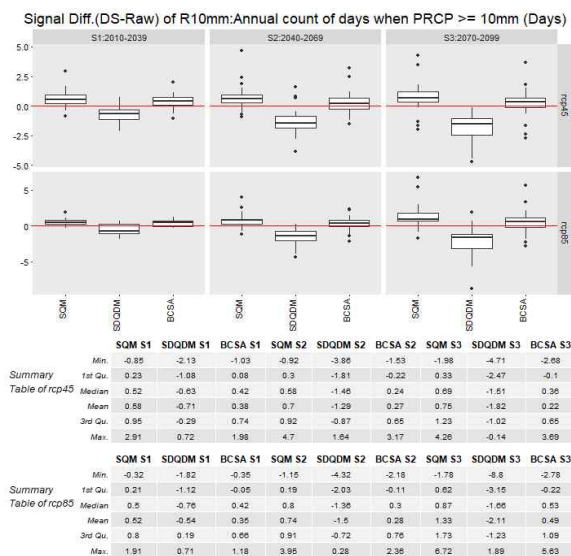
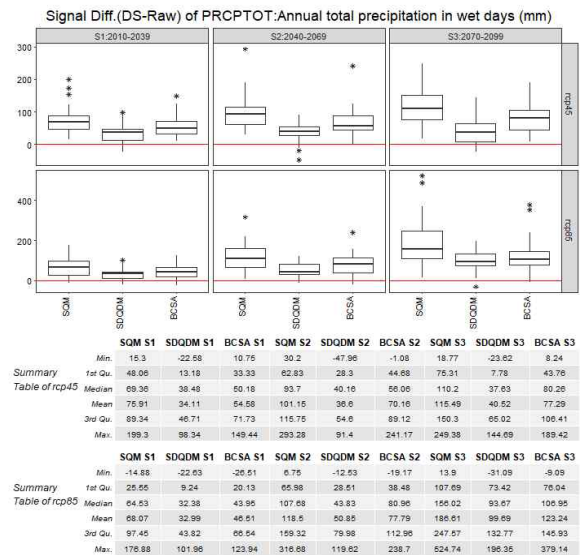
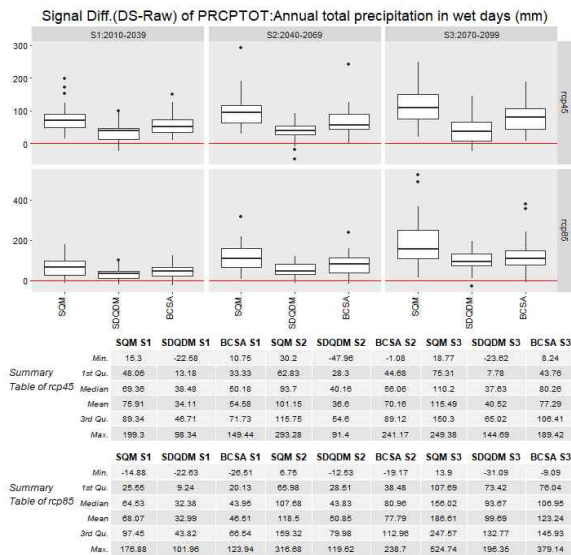
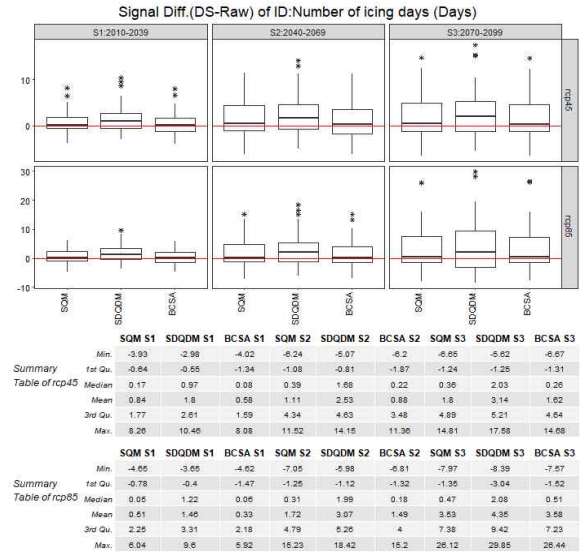
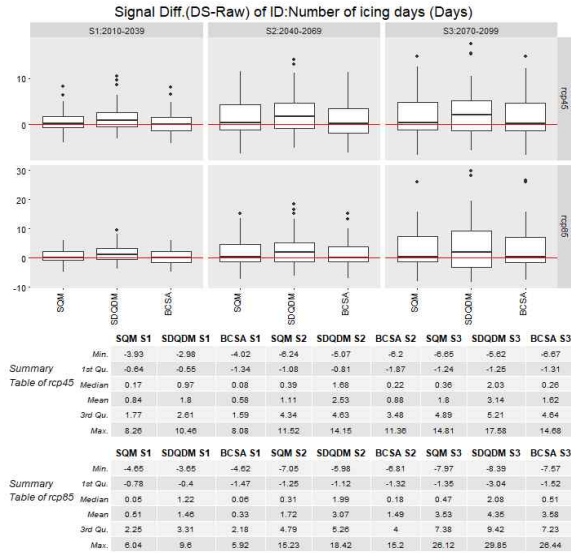
Figure 82 Provide SCV file for future extreme index evaluation

**(아) 공간상관성 평가 출력물 개선**

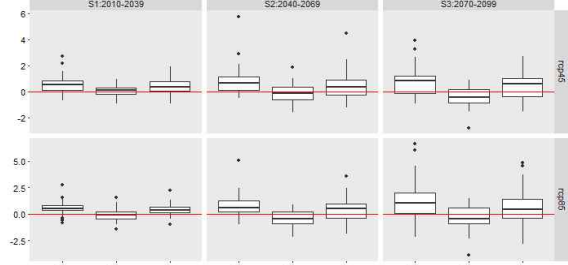
기존의 공간상관성 평가를 위한 출력물인 베리오그램은 너무 많은 관측지점이 입력될 경우 모든 거리에 대해서 표현을 함으로서 가독성이 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 많은 관측자료가 입력될 경우 5km단위로 정리를 한 출력물을 제시하여 가독성을 향상하고자 하였다. 또한 Legend의 순서가 알파벳 순서로 출력하면서 입력되는 상세화가 바뀔에 따라 색상이 계속 변화가 되어 사용자에게 혼동을 일으킬 여지가 있음을 확인하고 “OBS”, “SQM”, “SDQDM”, “BCSA”의 순서가 유지되도록 개선되었다. Figure 84는 과거의 베리오그램과 가독성이 향상된 현재의 베리오그램을 보여준다.







Signal Diff.(DS-Row) of R20mm:Annual count of days when PRCP >= 20mm (Days)



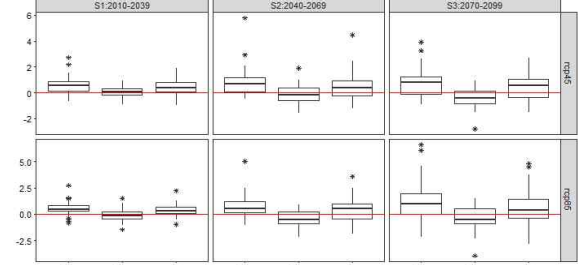
Summary Table of rcp45

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-0.88	-0.91	-0.95	-0.48	-1.61	-1.22	-0.91	-2.82	-1.52
1st Qu.	0.11	-0.21	0.04	0.08	-0.63	-0.27	-0.15	-0.87	-0.37
Median	0.56	0.08	0.36	0.66	-0.16	0.37	0.8	-0.44	0.56
Mean	0.58	0.07	0.39	0.83	-0.11	0.51	0.76	-0.43	0.43
3rd Qu.	0.84	0.28	0.8	1.13	0.35	0.92	1.2	0.14	1.03
Max.	2.72	0.93	1.92	5.78	1.89	4.48	3.91	0.92	2.72

Summary Table of rcp85

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-0.82	-1.47	-0.99	-1.03	-2.2	-1.9	-2.2	-3.95	-2.85
1st Qu.	0.33	-0.46	0.09	0.16	-0.93	-0.43	0.01	-0.94	-0.41
Median	0.46	-0.13	0.32	0.54	-0.5	0.52	0.98	-0.51	0.4
Mean	0.53	-0.05	0.36	0.73	-0.4	0.37	1.29	-0.42	0.65
3rd Qu.	0.79	0.2	0.65	1.23	0.18	0.97	1.96	0.56	1.4
Max.	2.73	1.53	2.22	5.04	0.88	3.58	6.62	1.49	4.82

Signal Diff.(DS-Row) of R20mm:Annual count of days when PRCP >= 20mm (Days)



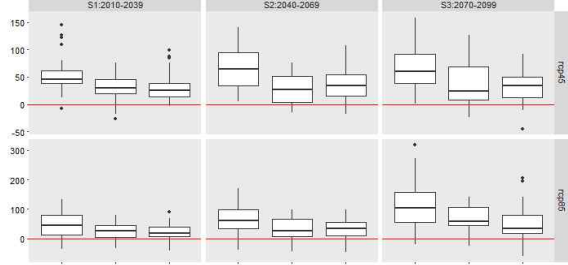
Summary Table of rcp45

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-0.88	-0.91	-0.95	-0.48	-1.61	-1.22	-0.91	-2.82	-1.52
1st Qu.	0.11	-0.21	0.04	0.08	-0.63	-0.27	-0.15	-0.87	-0.37
Median	0.56	0.08	0.36	0.66	-0.16	0.37	0.8	-0.44	0.56
Mean	0.58	0.07	0.39	0.83	-0.11	0.51	0.76	-0.43	0.43
3rd Qu.	0.84	0.28	0.8	1.13	0.35	0.92	1.2	0.14	1.03
Max.	2.72	0.93	1.92	5.78	1.89	4.48	3.91	0.92	2.72

Summary Table of rcp85

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-0.82	-1.47	-0.99	-1.03	-2.2	-1.9	-2.2	-3.95	-2.85
1st Qu.	0.33	-0.46	0.09	0.16	-0.93	-0.43	0.01	-0.94	-0.41
Median	0.46	-0.13	0.32	0.54	-0.5	0.52	0.98	-0.51	0.4
Mean	0.53	-0.05	0.36	0.73	-0.4	0.37	1.29	-0.42	0.65
3rd Qu.	0.79	0.2	0.65	1.23	0.18	0.97	1.96	0.56	1.4
Max.	2.73	1.53	2.22	5.04	0.88	3.58	6.62	1.49	4.82

Signal Diff.(DS-Row) of R95pTOT:Annual total PRCP when PR > 95p (mm)



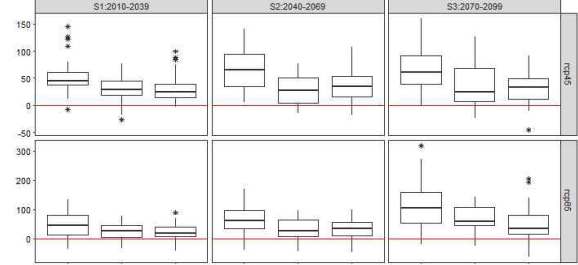
Summary Table of rcp45

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-7.67	-26.22	-3.97	4.98	-14.61	-17.88	0.27	-24	-45.83
1st Qu.	37.84	19.11	14.34	34.67	3.9	16.8	39	7.45	12
Median	45.03	29.34	25.04	64.64	27.22	34.03	60.63	23.98	33.46
Mean	54.06	28.02	33.05	64.23	26.81	36.54	69.05	32.63	31.29
3rd Qu.	60.93	44.93	39.07	94.76	50.8	53.58	91.96	68.09	49.85
Max.	145.1	76.19	99.42	140.96	76.08	107.42	159.21	126.05	91.8

Summary Table of rcp85

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-36.61	-33.26	-40.74	-37.96	-42.98	-47.5	-19.45	-24.99	-51.12
1st Qu.	12.1	5.5	7.15	34.08	7.91	10.66	54.92	44.68	17.18
Median	45	27.37	17.62	60.78	25.84	34.34	104.1	58.64	34.47
Mean	48.21	23.17	23.66	71.37	32.13	32.62	108.3	66.38	49.85
3rd Qu.	79.4	44.91	39.37	97.63	65.32	65.29	158.29	106.96	80.3
Max.	134.41	78.57	88.9	170.69	97.73	98.61	318.95	142.4	205

Signal Diff.(DS-Row) of R95pTOT:Annual total PRCP when PR > 95p (mm)



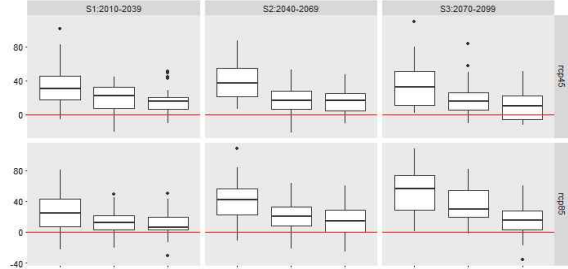
Summary Table of rcp45

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-7.67	-26.22	-3.97	4.98	-14.61	-17.88	0.27	-24	-45.83
1st Qu.	37.84	19.11	14.34	34.67	3.9	16.8	39	7.45	12
Median	45.03	29.34	25.04	64.64	27.22	34.03	60.63	23.98	33.46
Mean	54.06	28.02	33.05	64.23	26.81	36.54	69.05	32.63	31.29
3rd Qu.	60.93	44.93	39.07	94.76	50.8	53.58	91.96	68.09	49.85
Max.	145.1	76.19	99.42	140.96	76.08	107.42	159.21	126.05	91.8

Summary Table of rcp85

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-36.61	-33.26	-40.74	-37.96	-42.98	-47.5	-19.45	-24.99	-51.12
1st Qu.	12.1	5.5	7.15	34.08	7.91	10.66	54.92	44.68	17.18
Median	45	27.37	17.62	60.78	25.84	34.34	104.1	58.64	34.47
Mean	48.21	23.17	23.66	71.37	32.13	32.62	108.3	66.38	49.85
3rd Qu.	79.4	44.91	39.37	97.63	65.32	65.29	158.29	106.96	80.3
Max.	134.41	78.57	88.9	170.69	97.73	98.61	318.95	142.4	205

Signal Diff.(DS-Row) of R99pTOT:Annual total PRCP when PR > 99p (mm)



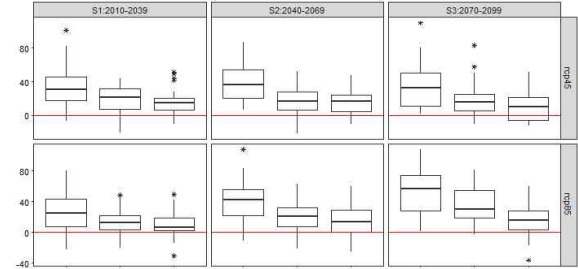
Summary Table of rcp45

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-5.18	-20.39	-10.65	6.56	-21.74	-10.41	1.4	-10.26	-12.36
1st Qu.	17.34	7.22	6.18	20.78	6.59	4.61	11.04	5.62	-6.07
Median	30.63	21.69	15.34	36.64	16.91	16.39	32.53	15.62	9.94
Mean	34.03	18.47	16.79	39.77	18.45	16.4	36.47	18.72	11.94
3rd Qu.	45.41	31.91	20.84	54.42	28.08	24.87	50.53	25.33	21.68
Max.	101.21	44.04	51.14	88.7	52.34	47.53	109.77	83.05	51.13

Summary Table of rcp85

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-22.08	-20.79	-30.63	-11.44	-21.32	-25.63	0.88	-2.41	-36.27
1st Qu.	7.21	3.5	2.68	21.97	7.75	0.32	28.34	19.08	3.43
Median	24.74	12.05	6.16	41.84	20.41	13.83	56.36	29.65	15.42
Mean	25.64	12.67	10	39.76	19.11	14.66	55.24	36.94	14.43
3rd Qu.	43.1	21.4	19.04	55.64	32.13	28.93	73.73	54.28	27.52
Max.	80.6	48.5	49.61	107.81	63.34	59.84	108.3	81.61	59.78

Signal Diff.(DS-Row) of R99pTOT:Annual total PRCP when PR > 99p (mm)



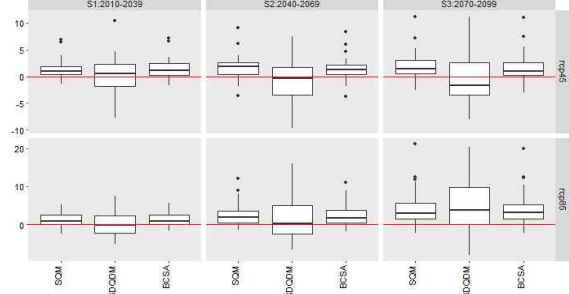
Summary Table of rcp45

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-5.18	-20.39	-10.65	6.56	-21.74	-10.41	1.4	-10.26	-12.36
1st Qu.	17.34	7.22	6.18	20.78	6.59	4.61	11.04	5.62	-6.07
Median	30.63	21.69	15.34	36.64	16.91	16.39	32.53	15.62	9.94
Mean	34.03	18.47	16.79	39.77	18.45	16.4	36.47	18.72	11.94
3rd Qu.	45.41	31.91	20.84	54.42	28.08	24.87	50.53	25.33	21.68
Max.	101.21	44.04	51.14	88.7	52.34	47.53	109.77	83.05	51.13

Summary Table of rcp85

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-22.08	-20.79	-30.63	-11.44	-21.32	-25.63	0.88	-2.41	-36.27
1st Qu.	7.21	3.5	2.68	21.97	7.75	0.32	28.34	19.08	3.43
Median	24.74	12.05	6.16	41.84	20.41	13.83	56.36	29.65	15.42
Mean	25.64	12.67	10	39.76	19.11	14.66	55.24	36.94	14.43
3rd Qu.	43.1	21.4	19.04	55.64	32.13	28.93	73.73	54.28	27.52
Max.	80.6	48.5	49.61	107.81	63.34	59.84	108.3	81.61	59.78

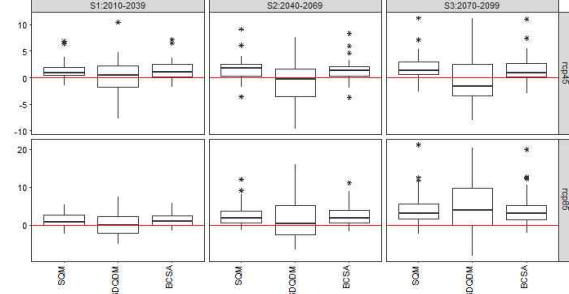
Signal Diff.(DS-Row) of Rnnmm:Annual count of days when PRCP >= nmm, nn is 1 (Days)



	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-1.41	-7.79	-1.74	-3.61	-8.7	-3.74	-2.82	-8.08	-2.98
1st Qu.	0.42	-1.8	0.21	0.36	-3.5	0.36	0.58	-3.48	0.2
Median	0.93	0.5	1.1	1.79	-0.32	1.33	1.41	-1.88	0.95
Mean	1.41	0.33	1.43	1.68	-0.79	1.46	1.99	-0.78	1.72
3rd Qu.	1.92	2.23	2.49	2.68	1.66	2.08	3.04	2.59	2.65
Max.	6.86	10.48	7.13	9.16	7.54	8.35	11.25	11.11	11.05

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-2.4	-5.16	-1.53	-1.34	-6.59	-1.81	-2.32	-8.14	-2.14
1st Qu.	-0.01	-2.23	-0.02	0.49	-2.52	0.5	1.49	-0.01	1.46
Median	0.83	-0.09	0.89	1.87	0.31	1.79	2.92	3.87	3.12
Mean	1.26	0.26	1.27	2.68	1.63	2.52	4.5	5.07	4.32
3rd Qu.	2.53	2.28	2.43	3.6	5.02	3.87	5.99	6.69	5.21
Max.	5.29	7.47	5.88	12.09	16.89	11.08	21.21	20.3	19.94

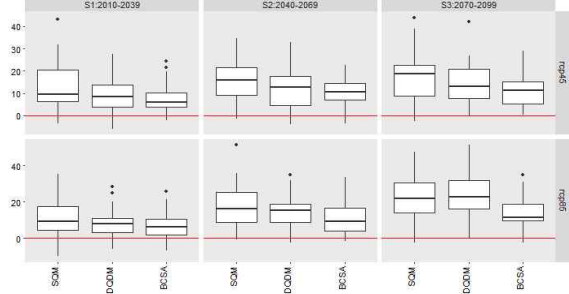
Signal Diff.(DS-Row) of Rnnmm:Annual count of days when PRCP >= nmm, nn is 1 (Days)



	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-1.41	-7.79	-1.74	-3.61	-8.7	-3.74	-2.82	-8.08	-2.98
1st Qu.	0.42	-1.8	0.21	0.36	-3.5	0.36	0.58	-3.48	0.2
Median	0.93	0.5	1.1	1.79	-0.32	1.33	1.41	-1.88	0.95
Mean	1.41	0.33	1.43	1.68	-0.79	1.46	1.99	-0.78	1.72
3rd Qu.	1.92	2.23	2.49	2.68	1.66	2.08	3.04	2.59	2.65
Max.	6.86	10.48	7.13	9.16	7.54	8.35	11.25	11.11	11.05

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-2.4	-5.16	-1.53	-1.34	-6.59	-1.81	-2.32	-8.14	-2.14
1st Qu.	-0.01	-2.23	-0.02	0.49	-2.52	0.5	1.49	-0.01	1.46
Median	0.83	-0.09	0.89	1.87	0.31	1.79	2.92	3.87	3.12
Mean	1.26	0.26	1.27	2.68	1.63	2.52	4.5	5.07	4.32
3rd Qu.	2.53	2.28	2.43	3.6	5.02	3.87	5.99	6.69	5.21
Max.	5.29	7.47	5.88	12.09	16.89	11.08	21.21	20.3	19.94

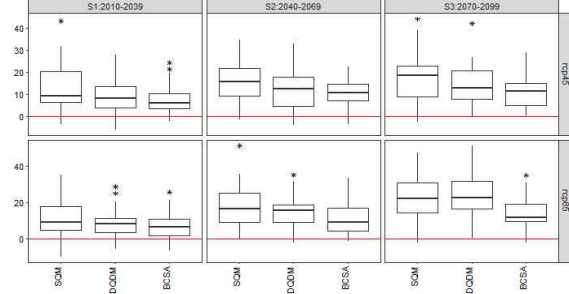
Signal Diff.(DS-Row) of Rx1day:Monthly maximum 1-day precipitation (mm)



	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-3.78	-6.17	-2.32	-1.46	-4	-3.58	-2.46	-0.21	0.4
1st Qu.	6.39	3.76	3.68	9.31	4.68	6.95	8.74	7.67	5.08
Median	9.4	8.29	6.01	16.71	12.83	10.59	18.54	12.96	11.36
Mean	12.55	8.76	7.98	16.58	12.12	10.43	17.4	14.43	11.18
3rd Qu.	20.36	13.61	10.21	21.71	17.72	14.61	22.7	20.48	15.06
Max.	43.09	27.73	24.35	34.6	32.77	22.6	44.07	41.95	28.98

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-10	-5.78	-6.66	-0.74	-2.67	-1.97	-2.26	0.25	-2.36
1st Qu.	4.7	3.31	1.7	9.01	8.83	3.99	14.05	16.39	9.83
Median	9.66	8.03	6.29	16.19	15.43	9.08	21.96	22.95	11.58
Mean	10.76	7.64	6.62	16.31	14.71	10.69	23.67	23.69	14.07
3rd Qu.	17.71	11.05	10.72	25.18	18.78	16.83	30.72	31.8	19
Max.	35.28	28.62	25.71	61.35	35.02	33.48	47.36	61.38	34.92

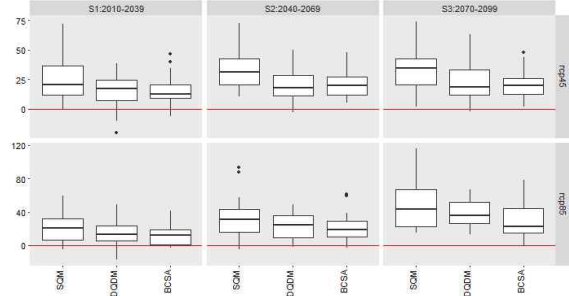
Signal Diff.(DS-Row) of Rx1day:Monthly maximum 1-day precipitation (mm)



	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-3.78	-6.17	-2.32	-1.46	-4	-3.58	-2.46	-0.21	0.4
1st Qu.	6.39	3.76	3.68	9.31	4.68	6.95	8.74	7.67	5.08
Median	9.4	8.29	6.01	16.71	12.83	10.59	18.54	12.96	11.36
Mean	12.55	8.76	7.98	16.58	12.12	10.43	17.4	14.43	11.18
3rd Qu.	20.36	13.61	10.21	21.71	17.72	14.61	22.7	20.48	15.06
Max.	43.09	27.73	24.35	34.6	32.77	22.6	44.07	41.95	28.98

	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-10	-5.78	-6.66	-0.74	-2.67	-1.97	-2.26	0.25	-2.36
1st Qu.	4.7	3.31	1.7	9.01	8.83	3.99	14.05	16.39	9.83
Median	9.66	8.03	6.29	16.19	15.43	9.08	21.96	22.95	11.58
Mean	10.76	7.64	6.62	16.31	14.71	10.69	23.67	23.69	14.07
3rd Qu.	17.71	11.05	10.72	25.18	18.78	16.83	30.72	31.8	19
Max.	35.28	28.62	25.71	61.35	35.02	33.48	47.36	61.38	34.92

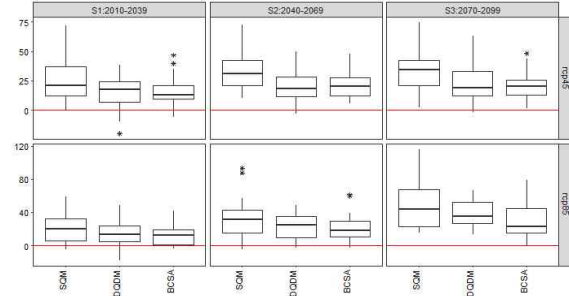
Signal Diff.(DS-Row) of Rx5day:Monthly maximum consecutive 5-day precipitation (mm)



	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-0.16	-20.12	-6.15	10.41	-2.98	5.25	2.01	-1.91	1.67
1st Qu.	12.08	7.02	9.48	20.93	11.44	12.01	20.61	11.93	12.58
Median	20.74	17.5	12.66	31.15	18	20.05	34.46	18.61	20.19
Mean	24.43	15.72	15.58	32.52	20.21	21.97	32.87	22.97	21.39
3rd Qu.	36.75	24.39	20.73	42.32	28.43	27.67	42.68	33.19	25.66
Max.	71.67	38.53	46.7	72.66	49.73	47.9	74.18	62.87	46.12

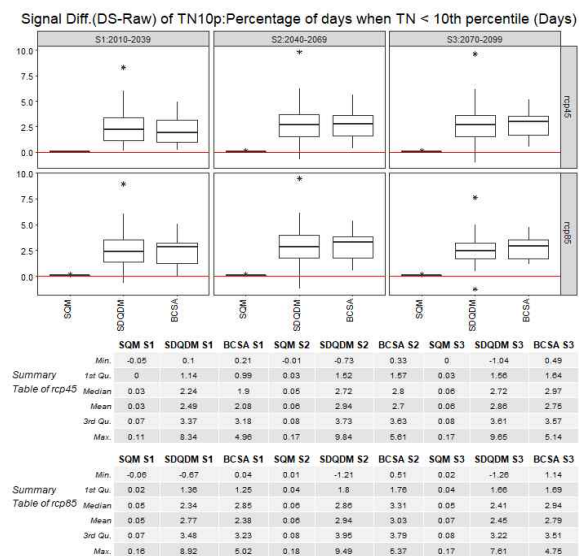
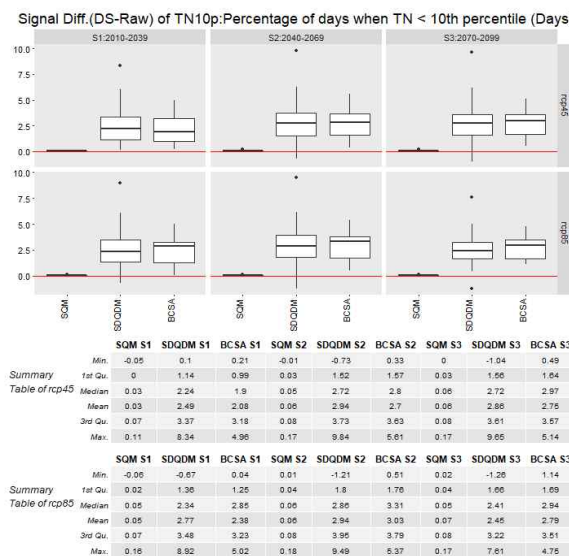
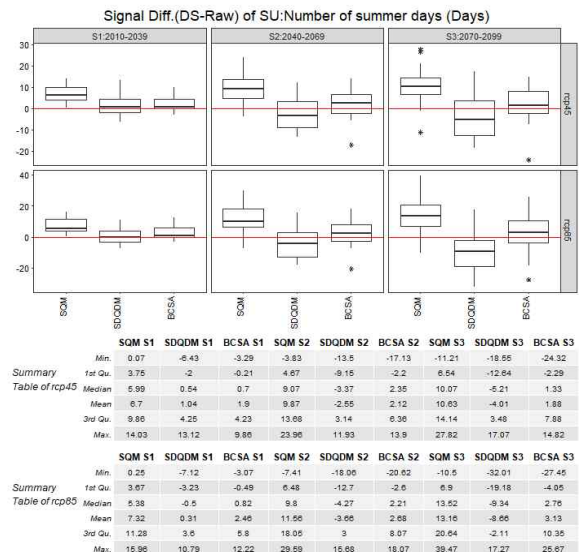
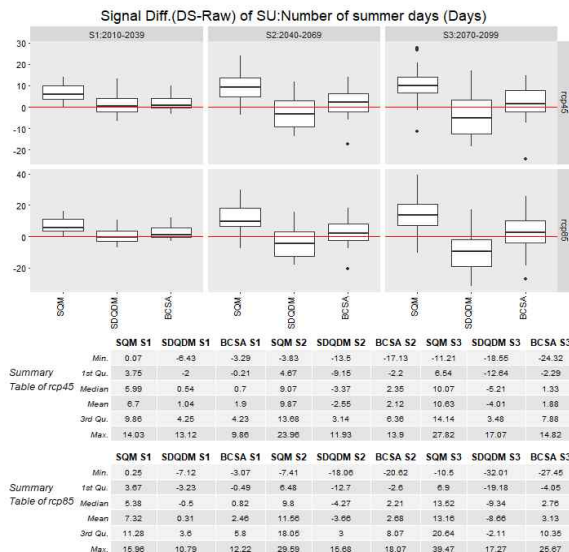
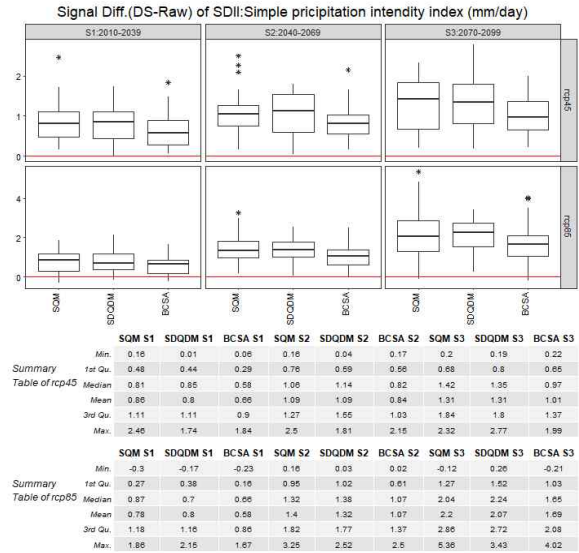
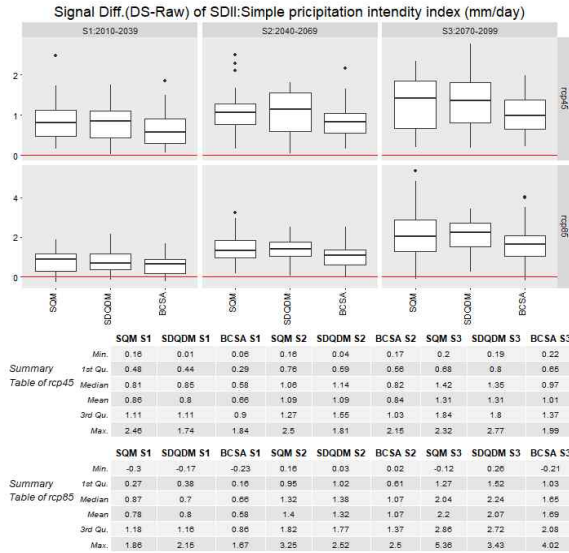
	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-4.72	-17.46	-3.31	-6.63	-2.39	-2.89	15.2	13.63	-0.29
1st Qu.	6.2	5.23	1.26	15.59	9.75	10.56	23.01	28.24	15.39
Median	20.32	13.59	12.05	31.03	24.36	18.53	43.47	35.44	22.8
Mean	20.88	14.1	12.64	33.71	22.29	21.48	48.3	38.46	30.06
3rd Qu.	32.38	23.85	18.93	43.04	35.47	29.18	67.33	51.99	44.64
Max.	69.14	48.89	41.67	93.12	48.81	61.33	116.68	66.95	78.42

Signal Diff.(DS-Row) of Rx5day:Monthly maximum consecutive 5-day precipitation (mm)

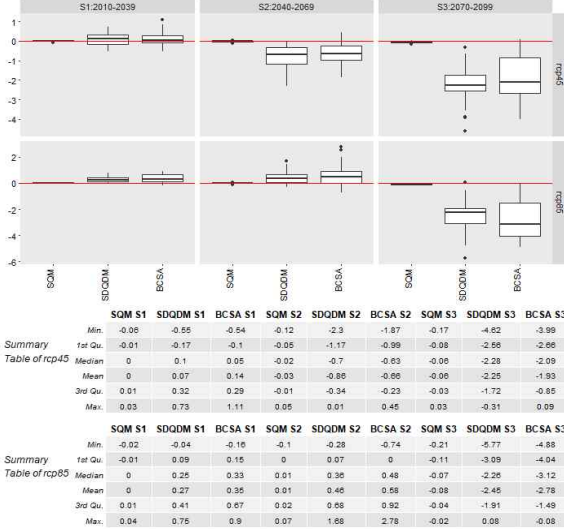


	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-0.16	-20.12	-6.15	10.41	-2.98	5.25	2.01	-1.91	1.67
1st Qu.	12.08	7.02	9.48	20.93	11.44	12.01	20.61	11.93	12.58
Median	20.74	17.5	12.66	31.15	18	20.05	34.46	18.61	20.19
Mean	24.43	15.72	15.58	32.52	20.21	21.97	32.87	22.97	21.39
3rd Qu.	36.75	24.39	20.73	42.32	28.43	27.67	42.68	33.19	25.66
Max.	71.67	38.53	46.7	72.66	49.73	47.9	74.18	62.87	46.12

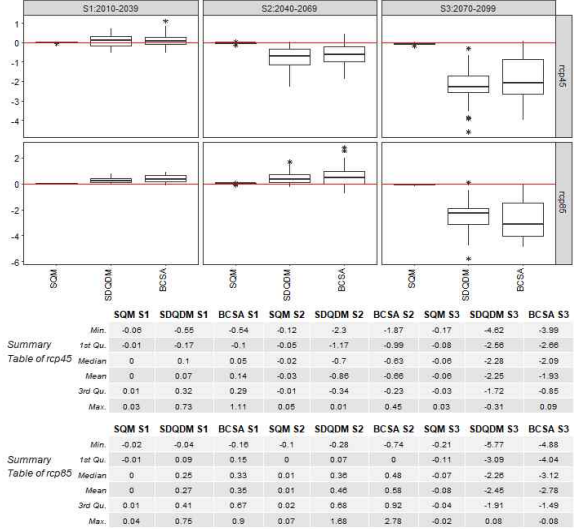
	SQM S1	SDQDM S1	BCSA S1	SQM S2	SDQDM S2	BCSA S2	SQM S3	SDQDM S3	BCSA S3
Min.	-4.72	-17.46	-3.31	-6.63	-2.39	-2.89	15.2	13.63	-0.29
1st Qu.	6.2	5.23	1.26	15.59	9.75	10.56	23.01	28.24	15.39
Median	20.32	13.59	12.05	31.03	24.36	18.53	43.47	35.44	22.8
Mean	20.88	14.1	12.64	33.71	22.29	21.48	48.3	38.46	30.06
3rd Qu.	32.38	23.85	18.93	43.04	35.47	29.18	67.33	51.99	44.64
Max.	69.14	48.89	41.67	93.12	48.81	61.33	116.68	66.95	78.42



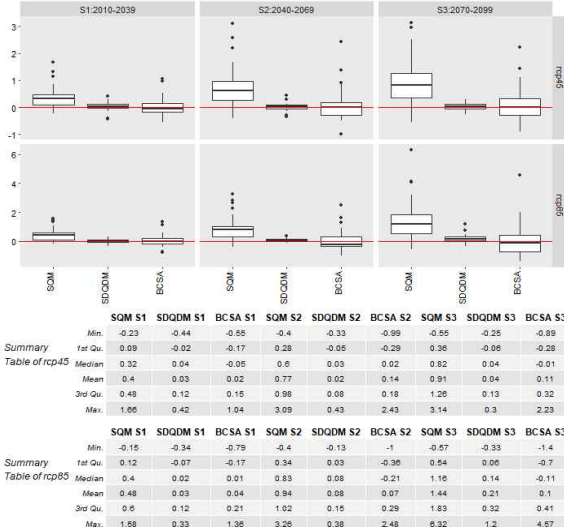
Signal Diff.(DS-Row) of TN90p:Percentage of days when TN > 90th percentile (Days)



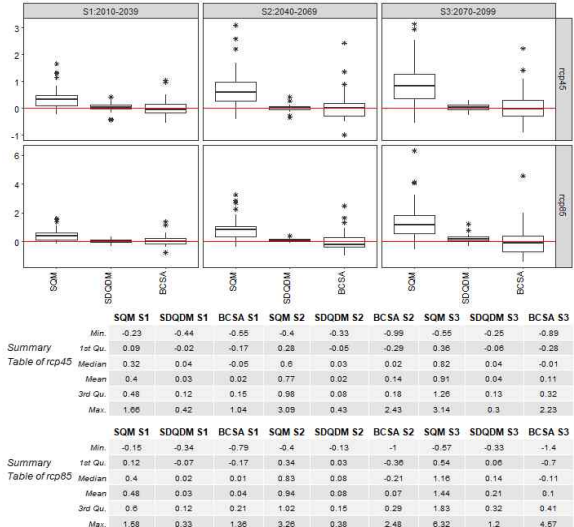
Signal Diff.(DS-Row) of TN90p:Percentage of days when TN > 90th percentile (Days)



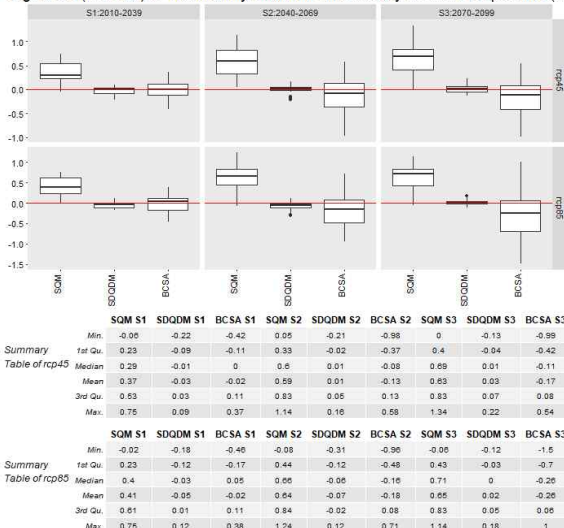
Signal Diff.(DS-Row) of TNn:Monthly minimum value of daily minimum temperature (C)



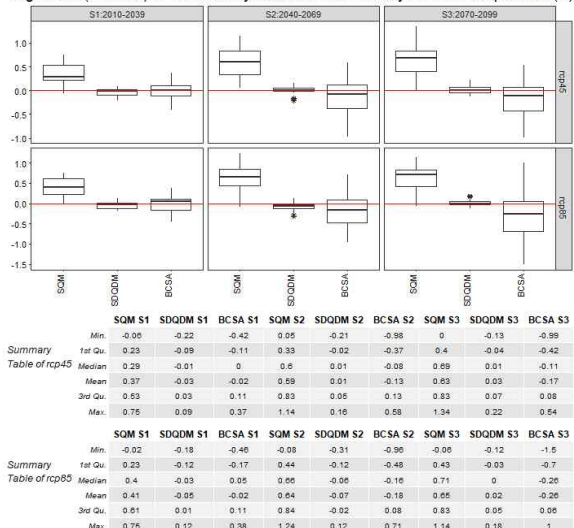
Signal Diff.(DS-Row) of TNn:Monthly minimum value of daily minimum temperature (C)

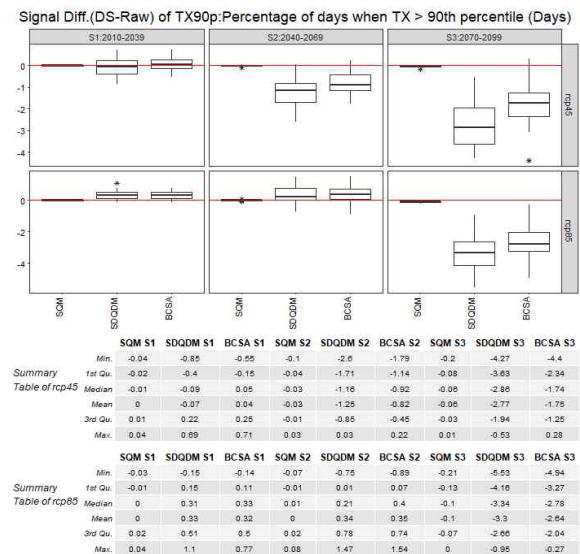
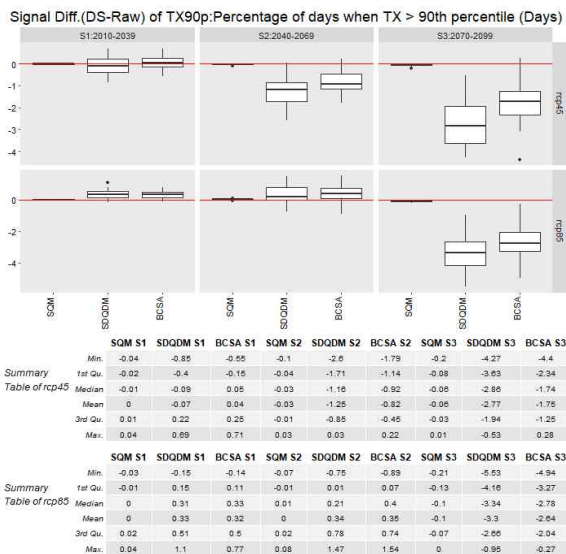
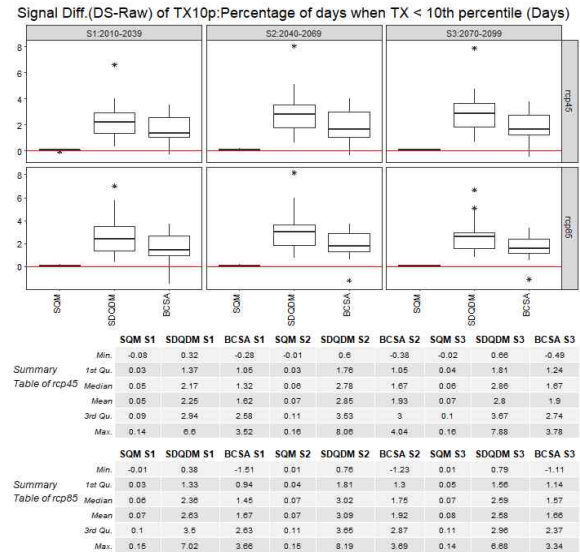
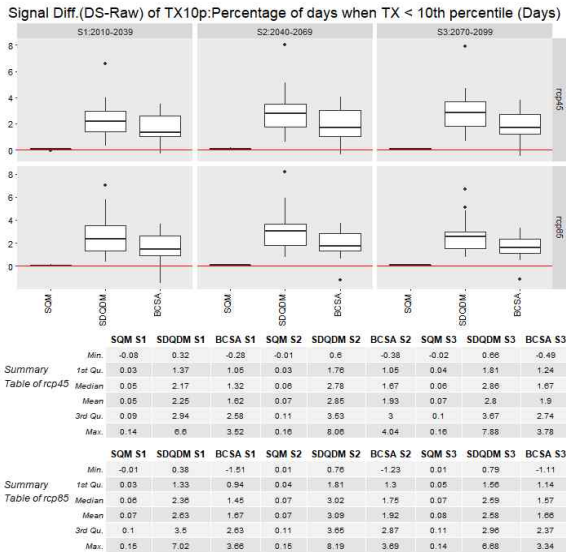
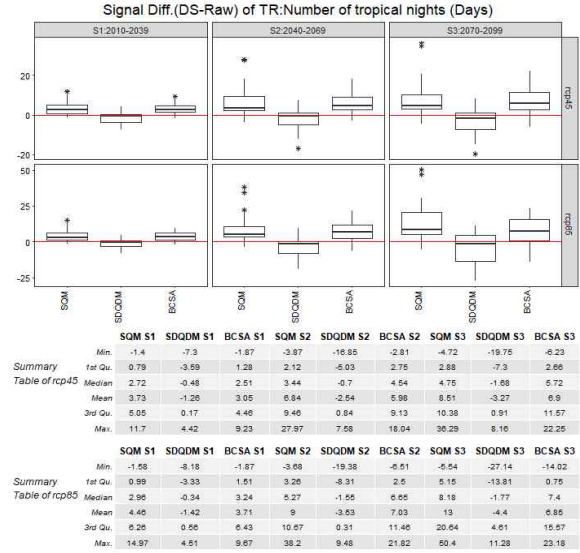
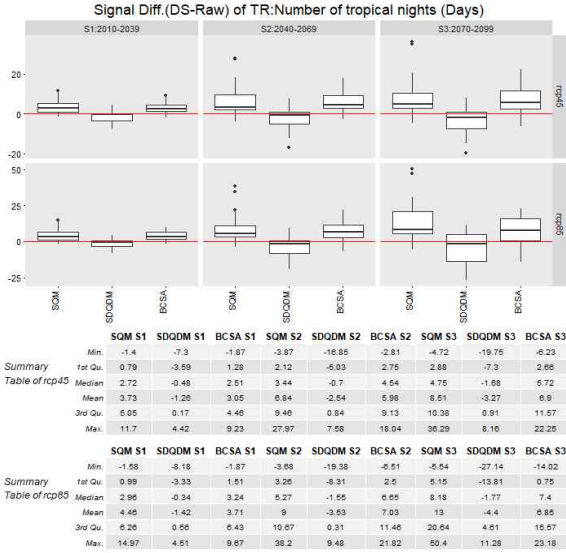


Signal Diff.(DS-Row) of TNx:Monthly maximum value of daily minimum temperature (C)

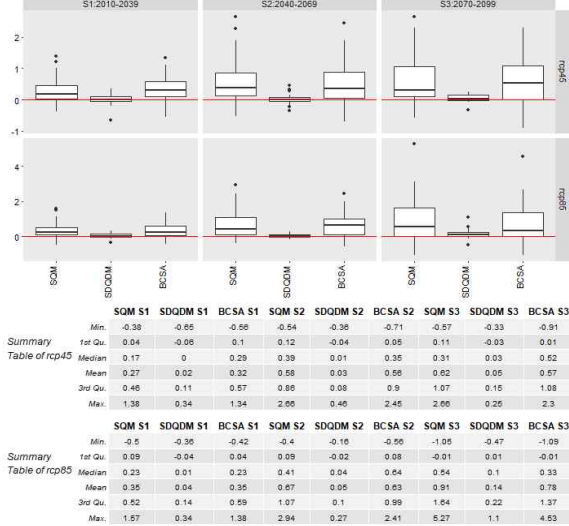


Signal Diff.(DS-Row) of TNx:Monthly maximum value of daily minimum temperature (C)

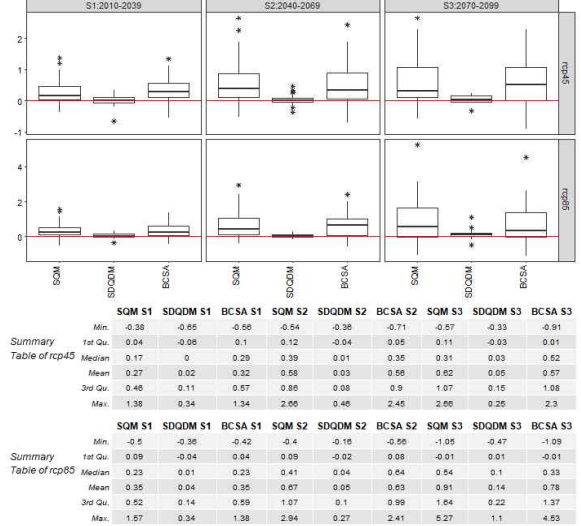




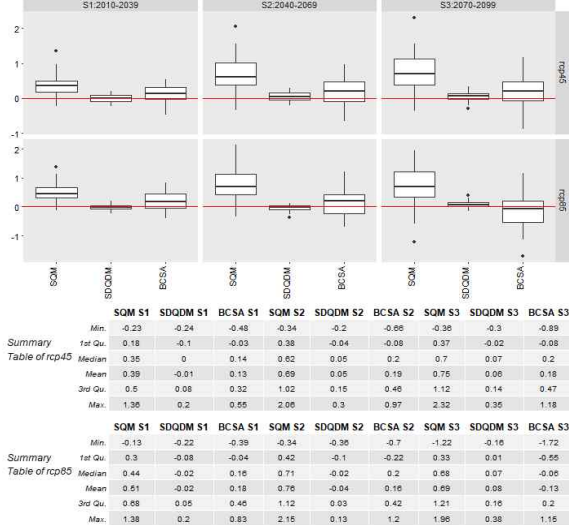
Signal Diff.(DS-Row) of TXn:Monthly minimum value of daily maximum temperature (C)



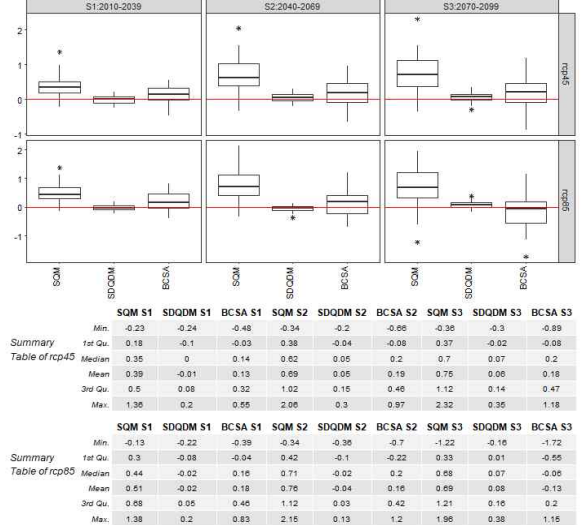
Signal Diff.(DS-Row) of TXn:Monthly minimum value of daily maximum temperature (C)



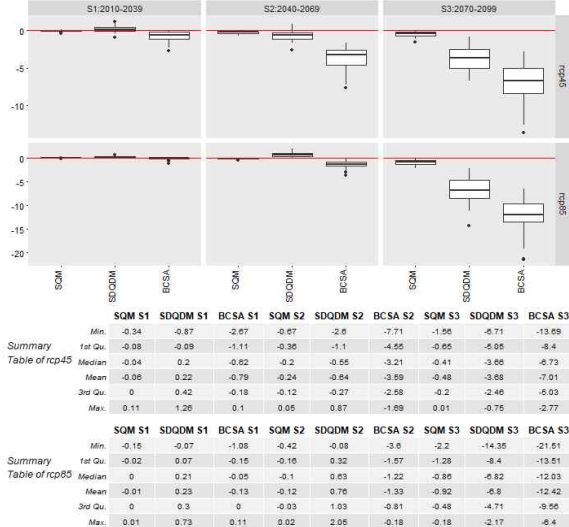
Signal Diff.(DS-Row) of TXx:Monthly maximum value of daily maximum temperature (C)



Signal Diff.(DS-Row) of TXx:Monthly maximum value of daily maximum temperature (C)



Signal Diff.(DS-Row) of WSDI:Warm spell duration index (Days)



Signal Diff.(DS-Row) of WSDI:Warm spell duration index (Days)

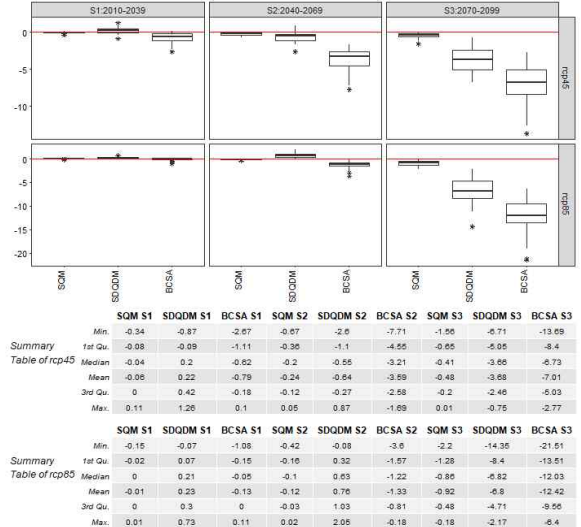


Figure 83 Graphic change to future extreme index

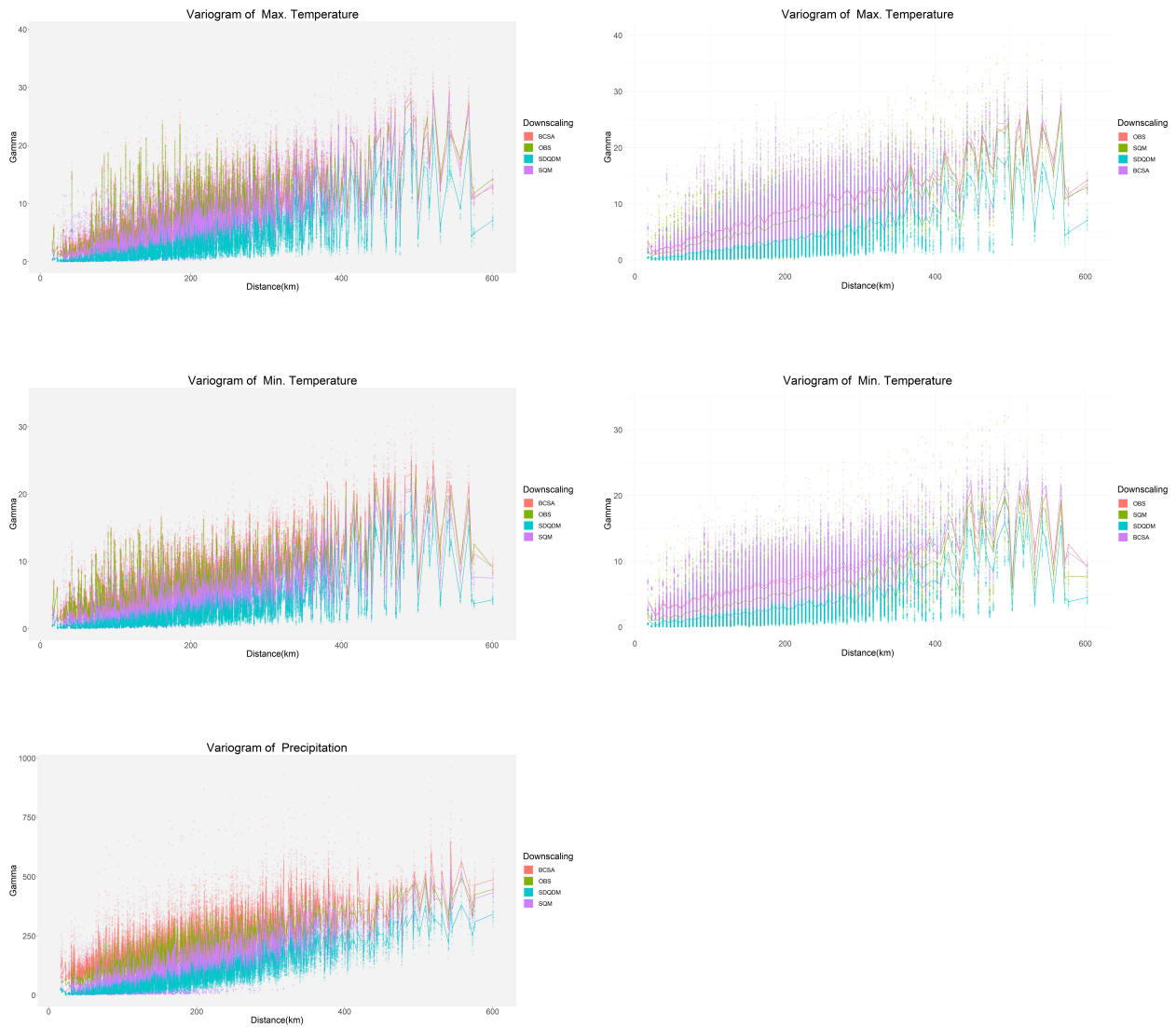


Figure 84 Change variogram outputs (left)before (right)after

#### (자) 관측데이터 강수량 평가 출력물 개선

관측데이터의 특징을 파악하기 위한 출력물인 관측데이터 평가 출력물 결과에서 강수량의 출력물이 월별 평균 강수량으로 출력이 되어 사용자들에게 명확한 정보제공이 되지 않는다는 피드백은 반영하여 이해하기 쉽도록 월별 총강수량으로 개선되었다. Figure 85은 강수량의 결과물이 월별 평균이 아닌 월별 총 강수량으로 제공되는 그림을 비교한 것이다.

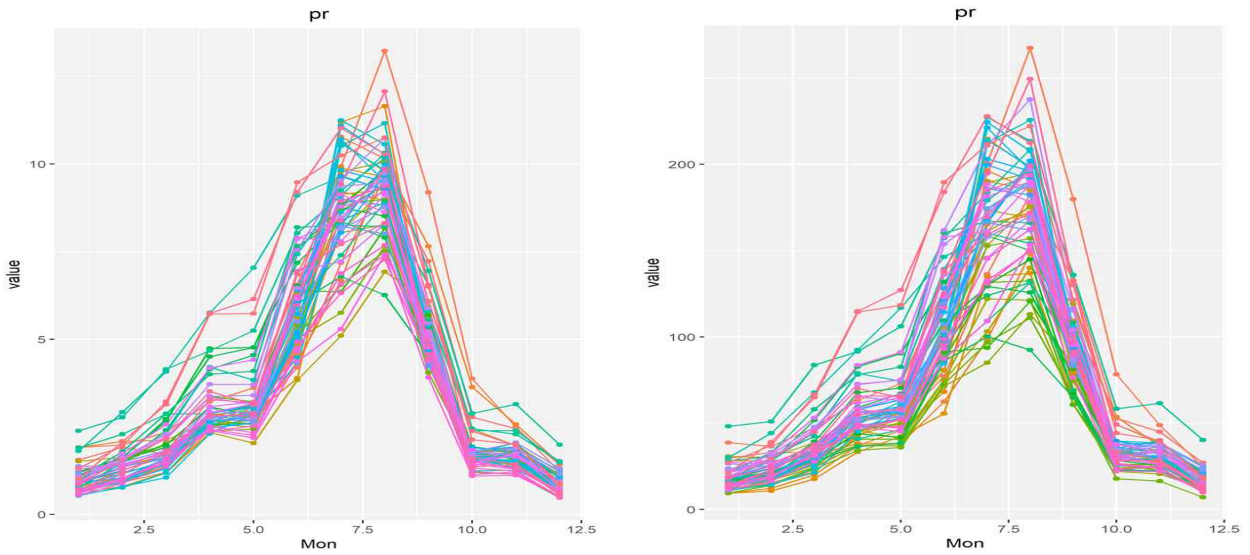


Figure 85 Change evaluation of observed precipitation (left)before (right)after  
(차) 원시 GCM 평가방법 출력물 변경

기존의 원시 GCM 평가방법의 출력물의 배경이 회색으로 GCM의 명칭이 가독성이 떨어졌다. 또한 관측데이터의 기간의 표시가 없어 사용자들에게 명확한 비교결과를 제공하는데 문제가 있음을 확인하였다. Figure 86은 그래프의 배경을 개선하고, 관측데이터의 기간을 그래프 제목에 함께 표시함으로써 직관적인 이해를 돕기 위한 결과이다.

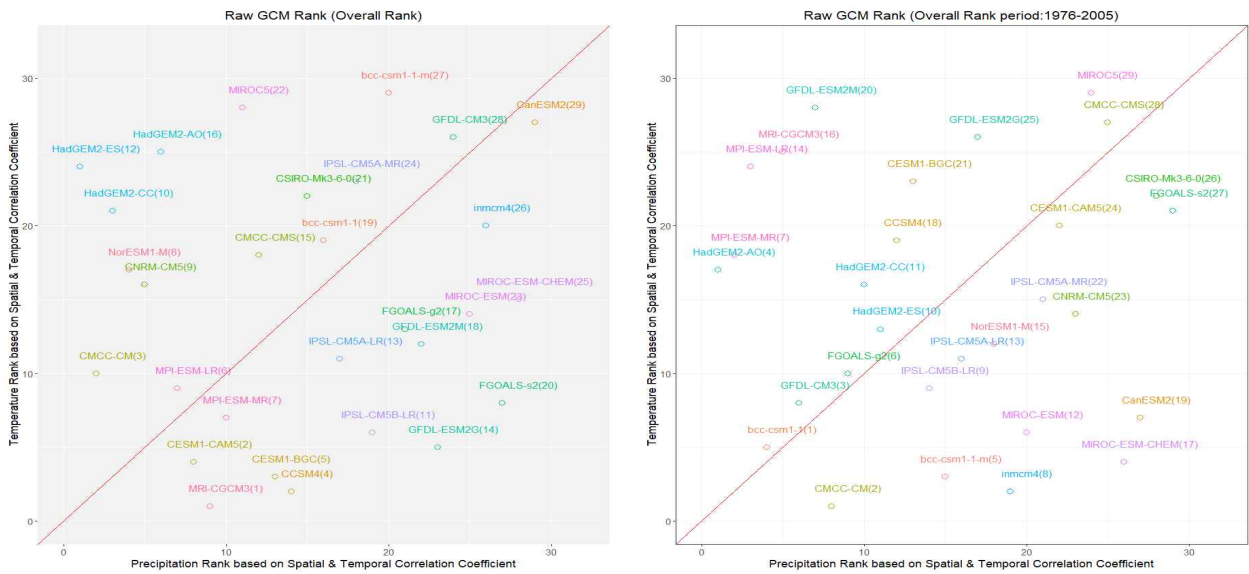
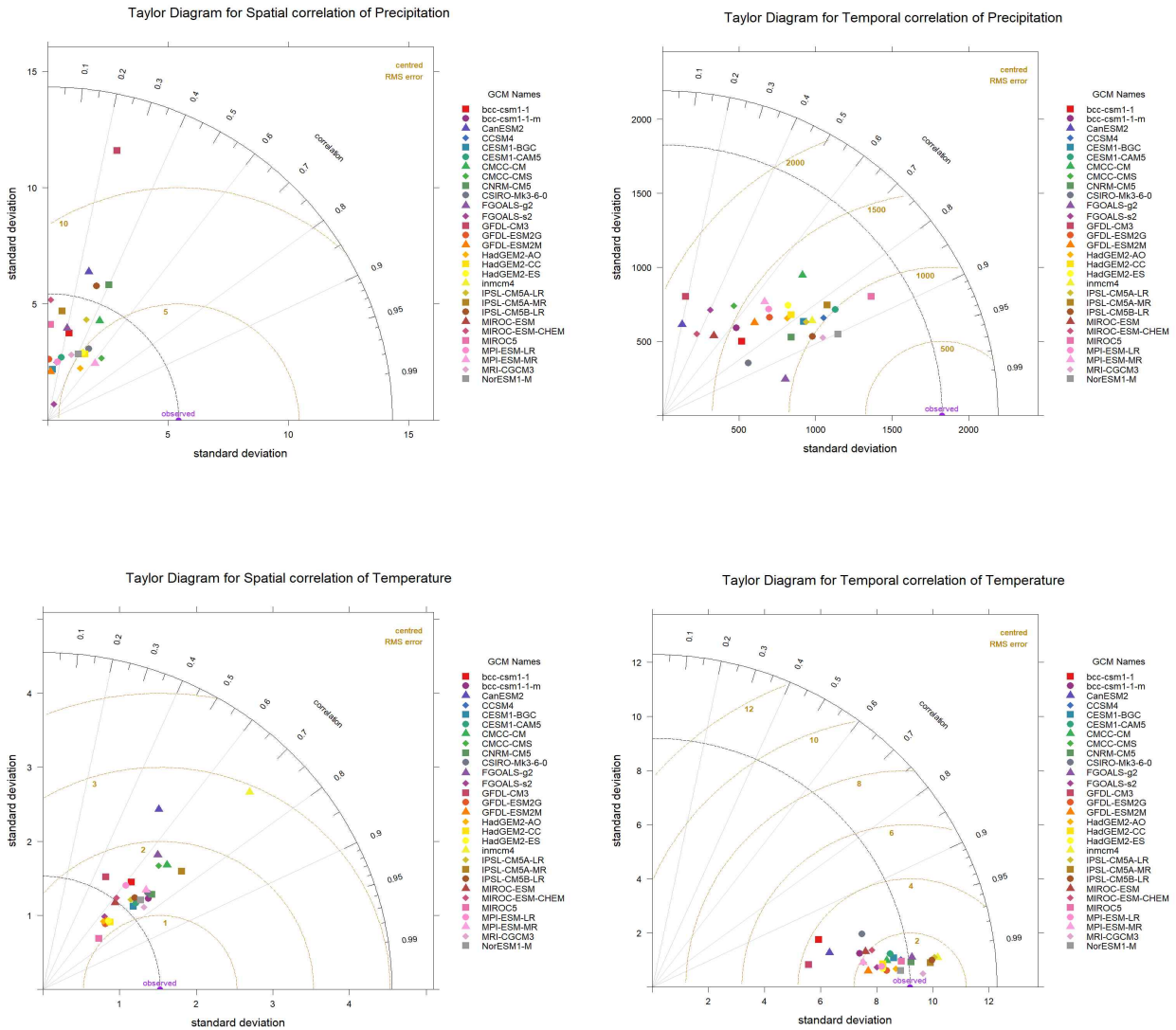


Figure 86 Change raw GCM evaluation graphic (left)before (right)after

(카) 원시 GCM 평가방법에 Taylor Diagram 추가

기존의 원시 GCM을 평가한 방법은 AIMS 개발자들이 제공한 방법으로 관측데이터와 원시 GCM간의 시-공간적인 상관성을 이용하여 결과물을 생산하고 제공하였다. 하지만 기존의 방법만 제공하기에는 교육을 받은 사용자들 이외에는 그래프가 포함하고 있는 의미를 이해하기가 어려워 추가적인 정보제공을 위하여 Taylor Diagram을 추가 제공하기로 하였다. Figure 87은 추가적인 Taylor Diagram을 표시한 것으로 사용자들이 결과를 이해하는데 도움을 주고자 함.



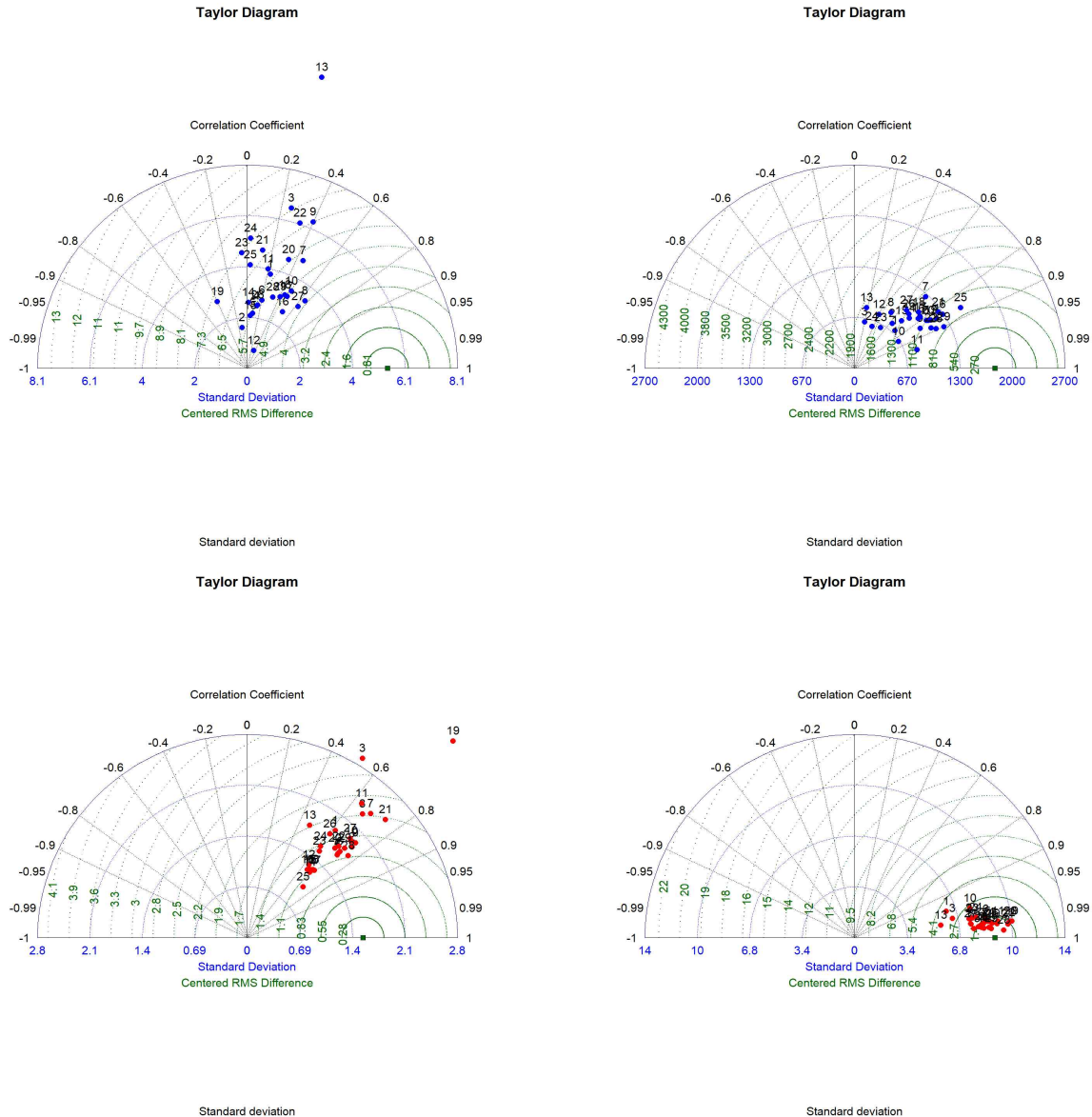


Figure 87 Added taylor diagram for evaluate raw GCM

**(타) 원시 GCM 평가방법 기능 개선**

기존의 AIMS의 UI구조의 형태가 통계적 상세화를 진행한 후 원시 GCM평가를 실시하였는데, 이는 AIMS가 의도한 방향인 관측데이터와 원시 GCM을 비교한 후 적절한 GCM을 고르는 절차에 맞지 않는 형태이다. 따라서 UI를 원시 GCM평가를 실시 한 후 통계적 상세화를 진행하도록 변경함에 따라 상세화 된 결과와 함께 제공되는 원시 GCM정보를 통하여 평가를 하던 기존의 방법과는 다르게 독립적인 방법을 이용하여 원시 GCM을 추출하고 평가하도록 개선되었다.

**(파) API 다운로드 체계 검증 결과**

현재의 AIMS는 ADSS를 통해 CMIP5와 PMME자료를 다운로드 하고 있다. 하지만 APCC에

서 데이터서비스를 ADSS가 아닌 API (Application Programming Interface)체계를 통한 다운로드를 구축하고 설계하고 있음에 발맞추어 AIMS에서도 API를 통하여 다운로드 할 수 있도록 다운로드방법에 대한 변경이 필요하다. 현재 제공 된 API경로를 통하여 AIMS와 연동하는 체계를 시운영할 수 있도록 새롭게 변경 된 내부 체계를 통하여 연동체계를 검증하였다. Figure 88은 기존에 사용 중인 ADSS를 통한 AIMS의 다운로드 내부코드와 API를 통한 다운로드를 활용하기 위한 코드를 비교한 그림이다.

```

D:\DataSources> cd DEFAULT_DATA
1 import _ from 'lodash'
2 import slash from 'slash'
3 import React from 'react'
4 import { basePropTypes, Container, CheckBoxLayout, SingleSelection } from './components'
5
6 const getScripts = (param, projectPath, appPathData) => {
7   const handlebars = require('../scripts/datasource.js.tpl')
8
9   const regionCode = _get(param, ['sourceRegionCode'], '')
10  const databasePath = _get(appPathData, ['databasePath'], '')
11  const appLibPath = _get(appPathData, ['appLibPath'], '')
12  const url = _get(_find(DEFAULT_DATA['regions'], { value: regionCode }), ['cmipURL'])
13
14  const script = handlebars({
15    url,
16    outputPath: slash(databasePath),
17    appLibPath: slash(appLibPath)
18  })
19  return [
20    { type: 'javascript', script }
21  ]
22 }
23
D:\AIMS> cd DataSourceAPI
1 import _ from 'lodash'
2 import slash from 'slash'
3 import React from 'react'
4 import { basePropTypes, Container, CheckBoxLayout, SingleSelection } from './components'
5
6 const getScripts = (param, projectPath, appPathData) => {
7   const handlebars = require('../scripts/datasource.R.tpl')
8
9   const regionCode = _get(param, ['sourceRegionCode'], '')
10  const databasePath = _get(appPathData, ['databasePath'], '')
11  const appLibPath = _get(appPathData, ['appLibPath'], '')
12  const url = _get(_find(DEFAULT_DATA['regions'], { value: regionCode }), ['cmipURL'])
13
14  const script = handlebars({
15    url,
16    outputPath: slash(databasePath),
17    appLibPath: slash(appLibPath)
18  })
19  return [
20    { type: 'R', script }
21  ]
22 }
23
  
```

Figure 88 Validate API download system in AIMS

#### (하) 기타 오류 및 추가요청사항

현재 운영되고 있는 AIMS는 여러 테스트를 거쳐 공개가 되었고 운영이 되고 있지만 예상치 못한 오류들이 발생하여 사용자들에게 여러 피드백은 받아 개선되고 있다. 다음의 내용은 결과물을 출력하여 볼 수 없는 오류 및 추가적인 사용자들의 요청사항들을 나열한 것이다. 강수량 베리오그램의 결과물의 그래프를 특정 Event (Ex: 1mm이상 강우)에 대해서도 비교평가가 필요하다가 요청을 받아들여 기존의 베리오그램에 Event값을 추가할 경우 원하는 형태의 출력물을 생산할 수 있도록 변경하였다. 미래기간에 대해 기후 극한지수 비교평가를 위한 미래기간의 시나리오수가 1개인 경우 정상 작동하지 않아 모든 경우에 대하여 정상 작동하도록 개선되었다. 적은수의 관측데이터를 이용하여 통계적 상세화를 통해 생산된 GCM의 수가 너무 적은 경우 WeightFactor의 계산이 불가능한 경우가 발생하여 이를 오류메시지를 주도록 처리되었다. WeightFactor 카드의 계산시간이 수초임에도 불구하고 극한기후지수를 바꾸게 되면서 수차례 반복수행할 경우 모든 자료가 누적이 되어 새로 만든 결과를 쉽게 찾기가 힘들기 때문에 과거의 자료를 삭제하고 새롭게 작성되도록 개선되었다. Evaluate Observed Data 카드에서 사용하기 위한 관측데이터 QC 코드의 추가적인 오류처리가 시행되었다.

### (3) 지점기반 기상발생기를 이용한 계절예측 상세화 기법 추가

최근 기후변화 적응 관점에서 예측자료에 대한 수요가 점차적으로 증가함에 따라 센터 내에서 연구목적으로 개발되어 온 지점기반 기상발생기(Weather Generator, WG) 기반 계절예측 상세화 기법을 AIMS 플랫폼에 추가함으로써 APCC 확률계절예측(Probabilistic Multi-Model Ensemble, PMME)자료를 활용한 시, 공간적 상세화 자료 제공을 위한 신규서비스를 개발하고자 하였다. WG 기반 계절예측 상세화 기법은 rACID 패키지를 통하여 모듈화를 진행하였고, 다음의 4가지 사용자 인터페이스 모듈을 통하여 연동, 구동된다.

- 계절예측 상세화를 위한 관측자료 입력모듈
- Weather Generator Modeling 계산 모듈
- APCC 확률계절예측 자료 다운로드 모듈
- 상세화 결과 자료 표출 모듈

APCC 확률계절예측을 기반으로 하는 상세화 자료 생산을 위한 플랫폼 기반 서비스를 다양한 사용자에게 제공함으로써 APCC의 계절예측 자료에 대한 활용도를 증대하고 생산된 상세화 자료를 다양한 분야에 활용함으로써 국민이 보다 체감할 수 있는 기후변화 대응 방안 제기에 기여하고자 하였다.

AIMS는 기후정보 사용자와 생산자의 자발적인 참여를 전제로 한 플랫폼으로써 기후변화 시나리오 상세화를 중심으로 기능이 개발되어 활용되고 있음을 여러 번 강조한 바 있다. 하지만 최근 기후변화 적응관점에서 예측자료에 대한 수요가 점차적으로 증가함에 따라 센터 내에서 연구목적으로 개발되어 온 WG (Weather Generator)기반 상세화 기법을 AIMS 플랫폼에 추가함으로써 APCC 계절예측자료를 활용한 시·공간적 상세화 자료 제공을 위한 신규서비스를 개발하고자 하였다. 계절예측 상세화 기법을 이용한 UI개발을 위해서 WG 기반 APCC의 계절예측 상세화 기법의 R 기반 패키지 모듈화가 이루어졌고 만들어진 R 패키지인 rACID의 기능들을 수행하기 위한 4가지 모듈을 연동하는 UI가 구축되었다. Figure 89은 WG 기반 계절예측 상세화 사용자 인터페이스를 사용하기 위한 AIMS의 초기화면을 나타내고 이를 구동하기 위한 각 모듈은 아래와 같다.

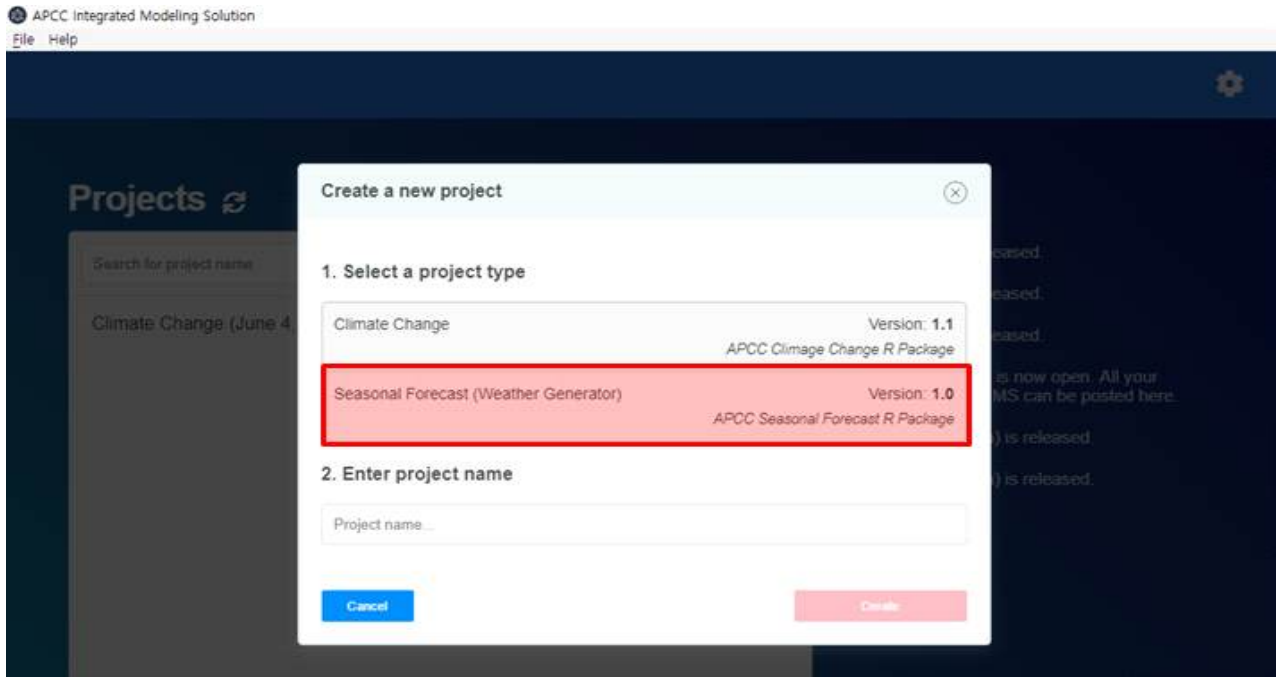


Figure 89 Initial screen for AIMS with the addition of seasonal forecast method

#### (가) 계절예측 상세화를 위한 관측자료 입력 모듈

사용자가 APCC 확률계절예측 정보를 이용하여 WG 계절예측 상세화를 위해 원하는 위치의 관측자료를 입력하는 모듈을 개발하였다. 사용자들의 편의를 위해 기존의 기후변화 시나리오 통계적 상세화를 위해 사용하던 방식과 같은 방식을 사용하였고 AIMS에서 사용하는 표준포맷을 입력하여 사용할 수 있다. 관측자료의 사용기간은 Start Year와 End Year의 메시지 박스를 통하여 조절 할 수 있도록 하였고, 키보드 및 마우스를 통한 입력이 모두 가능하다. AIMS에서 기 사용되던 관측자료의 표준포맷은 ‘Station-Info.csv’ 파일과 함께 Station-Info파일에 입력된 ID에 해당하는 관측자료를 입력하여 사용한다. 표준포맷은 Figure 90과 같고 개발된 모듈의 UI는 Figure 91과 같다.

#### (나) Weather Generator Modeling 계산 모듈

입력받은 관측자료를 이용하여 Weather Generator Modeling을 실시하는 명령을 받는 카드를 구성하였다. 관측데이터의 기간은 관측자료를 입력받는 모듈에서 설정하므로 추가적인 설정은 필요하지 않고 바로 실행 가능하도록 제작되었다. Figure 92는 구성한 모듈의 UI이다.

	A	B	C	D	E	F
1	Lon	Lat	Elev	ID	Ename	SYear
2	128.55	38.25	18.1	ID090	Sokcho	1968
3	128.7167	37.6667	772.6	ID100	Daegwally	1972
4	127.7333	37.9	77.7	ID101	Chuncheo	1966
5	128.8833	37.75	26	ID105	Gangneur	1912
6	126.95	37.5667	85.8	ID108	Seoul	1908
7	126.6167	37.4667	68.2	ID112	Incheon	1949
8	127.9333	37.3333	148.6	ID114	Wonju	1973
9	126.9833	37.2667	34.1	ID119	Suwon	1964
10	127.95	36.9667	115.1	ID127	Chungju	1973
11	126.4833	36.7667	28.9	ID129	Seosan	1968
12	129.4	36.9833	50	ID130	Uljin	1972
13	127.4333	36.6333	57.2	ID131	Cheongju	1967
14	127.3667	36.3667	68.9	ID133	Daejeon	1969
15	127.9833	36.2167	244.7	ID135	Chupungr	1949
16	129.3667	36.0167	2.3	ID138	Pohang	1949

	A	B	C	D	E	F
1	Year	Mon	Day	Pcp(mm)	Tmax(c)	Tmin(c)
2	1968	1	1	0	2.5	-4.8
3	1968	1	2	0	6.1	-1.9
4	1968	1	3	0	3.6	-3.3
5	1968	1	4	0	7.2	-1.5
6	1968	1	5	0	11.4	1.5
7	1968	1	6	0	7.8	1.3
8	1968	1	7	0	4.5	-3.4
9	1968	1	8	0	0.6	-5.7
10	1968	1	9	0	5	-4.6
11	1968	1	10	0	7.3	1.5
12	1968	1	11	0	6.9	-2.5
13	1968	1	12	0	8.4	-1.6
14	1968	1	13	0	5.4	-4.3
15	1968	1	14	0	-2.8	-10.6
16	1968	1	15	0	-4.3	-11.4

Figure 90 Standard format of observation data for AIMS

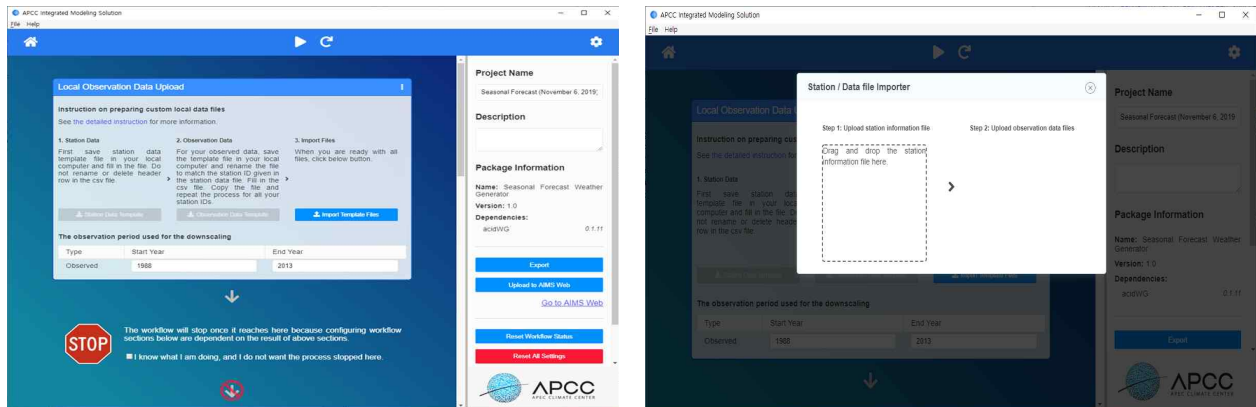


Figure 91 Observation data input module in AIMS seasonal forecast

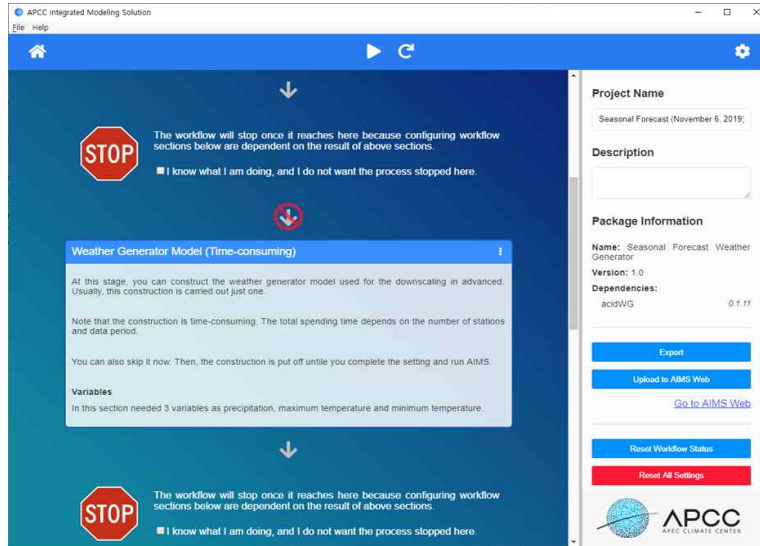


Figure 92 Weather Generator Modeling calculation module

(다) APCC 확률계절예측 자료 다운로드 모듈

APCC에서 ADSS를 통해 제공하는 확률계절예측 자료를 UI를 통하여 다운로드 받을 수 있도록 구현한 모듈이다. APCC에서 제공하는 확률계절예측 자료는 매월 3개월과 6개월 예측정보를 제공하고 있기 때문에 사용자가 원하는 정보를 직접 UI를 통하여 선택하면 해당 자료를 다운로드 할 수 있도록 설계가 되었다. 기본적인 화면의 년도와 월은 사용자의 컴퓨터의 현재시간을 파악하여 자동 입력되도록 구성되었고, 6개월 자료를 기본 선택하도록 하였다. Figure 93은 APCC 확률계절예측 자료 다운로드 모듈을 구현한 UI이다.

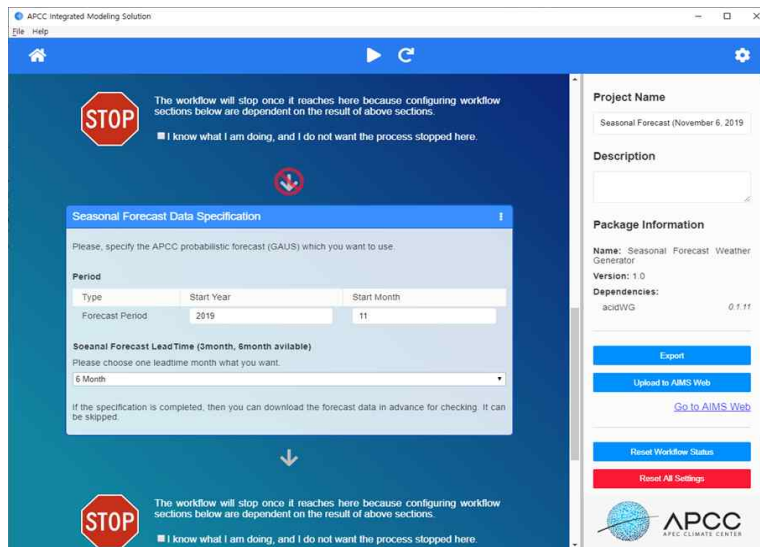


Figure 93 PMME download module

(라) 상세화 결과 자료 표출 모듈

상세화 결과 자료 표출모듈은 사용자가 Target으로 하는 년도와 월에 대해 Target period

를 입력하면 해당하는 기간의 자료를 WG기법을 이용하여 강수와 최대기온, 최저기온에 대해 1000개 시나리오를 생산하는 모듈이다. Figure 94은 해당 모듈은 UI로 만든 결과이다.

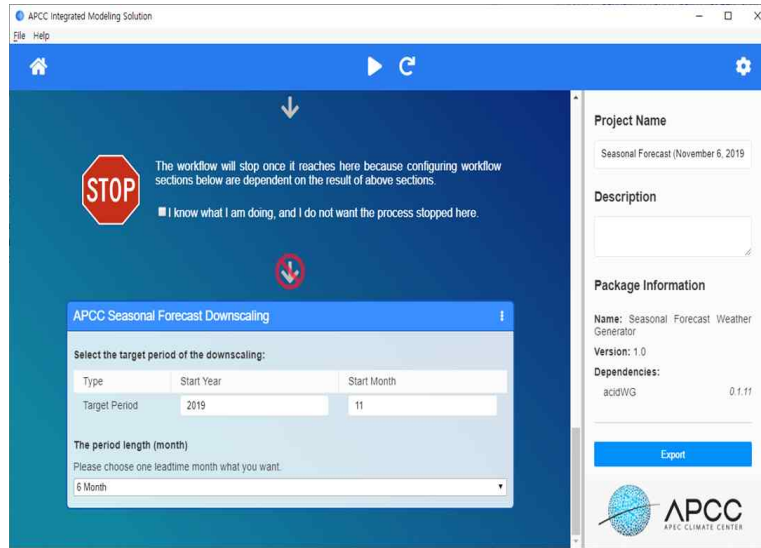


Figure 94 APCC seasonal forecast downscaling module

#### (마) 상세화 결과 자료 비교 검증

AIMS를 통하여 생성된 지점기반 기상발생기를 이용한 계절예측 상세화 기법의 생산결과 의 검증을 위하여 R 패키지의 생산결과와 비교하였다. WG의 특성상 무작위로 1000개의 시나 리오결과를 생산하는데 정확한 값의 비교보다는 같은 시나리오를 대상으로 생산한 결과의 범 위가 얼마나 차이가 있는지 검증하였다. 대상지역은 다양한 활용성 평가를 위하여 북한의 관측 자료를 활용하여 장진과 평양 그리고 선봉의 데이터를 이용하여 계절예측 상세화 한 1000개의 시나리오의 범위를 비교하였다.

### 가. 상세화 사용자 교육

#### (1) 상세화 사용자 교육 (국내)

- 주 제 : 사용자 중심의 기후변화 시나리오 통계적 상세화
- 기 간 : 2019. 8. 9(금)
- 장 소 : APCC 2층 국제회의장
- 참 가 자 : 국내 유관기관 기후정보 활용 연구자
- 강의내용

시간	강의내용
09:30-10:00	인사 및 APCC 소개발표 (대외협력과)

10:00-10:30	기후변화 적응을 위한 기후서비스 체계
10:30-10:45	Coffee Break
10:45-12:00	AIMS를 이용한 사용자 중심의 기후변화 시나리오 상세화 및 적용사례 (AIMS: APCC Integrated Modeling Solution)
12:00-13:00	중식
13:00-14:45	기후변화시나리오 상세화 자료 생산 (실습)
14:45-15:00	Coffee Break
15:00-17:00	기후변화시나리오 상세화 자료 생산 (실습)
17:00-17:30	Q&A, 설문조사

APCC는 자체 개발, 운영하고 있는 기후정보 상세화 플랫폼을 활용하여 기후정보 사용자로 하여금 기후정보의 국가별 또는 지역별 상세화 자료 생산을 지원하고자 “국내 유관기관 대상 통계적 상세화 플랫폼 활용 교육 워크숍”을 2017년과 2018년에 개최해왔다. 이는 기후변화 적응을 위한 지역 상세화 기후정보 상세화 툴의 활용성을 높이고 국내 유관기관과의 협력 네트워크를 공고히 하고자, 다양한 국내 유관기관을 대상으로 기후변화 시나리오 지역 상세화 정보를 활용할 수 있게 지원하는 2019년도 제 3차 교육 워크숍을 2019. 8. 9에 개최하였다. 참가자들은 APCC 자체개발 상세화 플랫폼인 AIMS를 통해 R 패키지 기반의 관측자료 QC절차를 포함하여 기후변화 시나리오 상세화 자료 생산 과정의 실습 중심의 교육이 진행되었다. R 언어를 처음 사용하는 참가자들의 경우 사용자 편의성이 고려된 AIMS의 GUI환경과 비교하여 패키지의 구동 환경 설정과 관련하여 어려워하는 경향이 보인다. 매년 상세화 교육에서 반복되는 상황으로써 자료 처리를 위해 장시간이 요구되며, 과정의 순차적인 연계성이 중요한 점을 고려할 때 제한된 시간에서 자료의 자체 생산 실습이 가능하도록 개선이 필요하다. 본 교육은 6개의 연구기관 11개의 대학에서 34인이 참가하였다. Figure 96은 참가자 정보에 대한 파이차트이다.

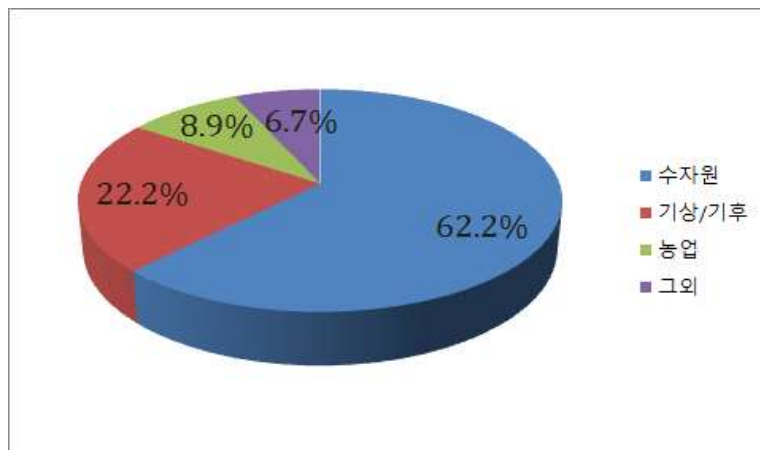


Figure 95 Participant information

참가자 대다수인 90%가 습득한 교육 내용을 업무 및 연구, 그리고 소속 기관에서 활용할 수 있다고 응답하였다. 특히, 수자원 예측 및 관련기반시설 설계 시 활용 또는 농업분야의 활

용, 해수면 상승 예측 등에 활용할 수 있다고 답하였다. 참가자 대다수가 교육내용의 분량 및 교육범위, 교육내용과 주제와 연관성에 크게 만족하였으며, 전반적인 만족도 또한 우수하였다. 본 워크숍의 주위 동료 추천도 또한 95%로 우수한 것으로 나타났다. Figure 96은 본 워크숍의 만족도 조사 결과이다.

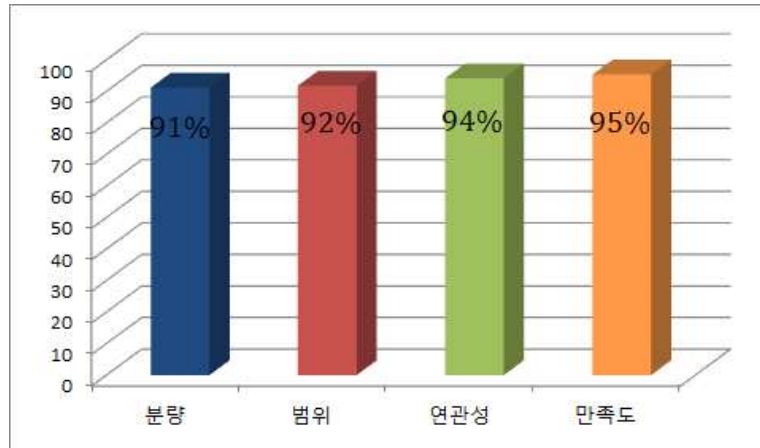


Figure 96 Workshop satisfaction result

후속 요청 사항 및 건의 사항은 다음과 같다. 모든 참가자가 AIMS 업데이트 소식을 지속적으로 받고 최신 연구 동향을 반영한 교육의 장례화를 희망하였다. 또한 97%의 대부분의 참가자가 계절예측 상세화에 관심을 가졌다. 그 외에는 ENSO와 계절예측과 관련된 추가교육을 원하는 참가자가 있었고, 해양 및 수산 분야 등 타 분야 활용과 관련된 교육을 요청하였다. AIMS의 자체적 활용을 위한 상세한 매뉴얼 제공과 교육기간의 연장, 기후정보를 활용하는 연구자들에게 더 많은 교육기회 제공등을 건의 하였다. 이러한 요청 및 건의사항을 조치하기 위해서 교육 워크숍 참가자 그룹을 별도로 관리하여 AIMS 소식을 지속적으로 제공하여 지속적인 네트워크 관리가 필요하다. 추가적으로 수신 동의한 참가자를 대상으로 APCC 뉴스레터 및 기후전망 리스트에 추가하여 지속적인 APCC 소식을 전달할 필요가 있음으로 판단된다.

워크숍을 통한 주요성과로는 기후정보의 통계적 상세화 개념 및 중요성을 참가자에게 전달함과 동시에, 참가자 소속기관 및 분야에서 상세화 기법의 활용가능성을 타진할 수 있는 기회를 제공하였다. 또한 통계적 상세화를 이용한 분야별(농업, 수자원, 해양, 수산 등) 기후정보 활용에 대한 잠재적 수요를 확인하였다. 마지막으로 AIMS 및 APCC 기후정보 서비스에 대한 국내 인지도 제고 및 국내 기후정보 서비스 활용 활성화에 기여하였다.

## (2) 상세화 사용자 교육 (국외)

- 주 제 : AIMS는 기후
- 기 간 : 2019. 7. 8(월) - 2019. 7. 10(수)
- 장 소 : Hive Hotel & Convention Place
- 참 가 자 : 22 participants include PAGASA and FAO

○ 강의내용

시간	강의내용
Day 1, Monday 8 <sup>th</sup> July	
08:30-09:45	Registration and Opening Ceremony
09:45-10:00	Photo Session and Coffee break
10:00-12:00	· Overview of PAGASA Climate Service Information System(PAGASA) · Overview of APCC
12:00-13:30	Lunch Break
13:30-15:15	· Seamless Climate Information for Post-2020 · Use of Seamless Climate Information on Water Resources Management
15:15-15:30	Coffee Break
15:30-17:00	· Introduction to User-oriented Downscaling and APCC Integrated Modeling solution (AIMS) · Setup of participant' s PC/laptop
Day 2, Tuesday 9 <sup>th</sup> July	
08:30-09:00	Registration and Recap
09:00-10:30	· Introduction to Theory of Statistical Downscaling
10:30-10:45	Coffee Break
10:45-12:00	· Statistical Stochastic Approaches in AIMS
12:00-13:30	Lunch Break
15:30-17:00	· Hands-on : Downscaling of Climate Change Scenario using AIMS
Day 3, Wednesday 10 <sup>th</sup> July	
08:30-09:00	Registration and Recap
09:00-12:00	· Hands-on : Downscaling of Climate Change Scenario using AIMS
12:00-13:30	Lunch Break
13:30-14:45	· Participant' s presentations
14:45-15:00	Coffee Break
15:00-16:00	· Technical Discussions and Wwap up
16:00-16:30	· Closing Ceremony

PAGASA 기후 예측 컴퓨팅 시스템의 공급, 배송, 설치, 테스트, 감독, 교육 및 시운전에 따른 협업활동으로 2019.7.8.-2019.7.10. 3일간 필리핀 마닐라 Hive호텔에서 AIMS Hands-on 워크숍을 개최하였다. 본 워크숍의 목적은 기후정보가 다른 분야에서 다양하게 활용될 수 있도록 소개하고, 기후변화 시나리오를 상세화 할 수 능력을 통해 PAGASA 및 관련 부분 이해 관계자

의 역량을 강화하고자 하였다. 교육은 강의 및 실습으로 구성되어 AIMS의 통계적 상세화 및 활용과 관련하여 참가자의 기후변화 시나리오 통계적 상세화에 대한 역량을 향상시키고자 하였다. 본 교육의 기후분야에서 수년간의 경력을 가진 참가자들로 구성되어 있었고, 평균 9.25년이지만 9년 미만의 참가자가 더 많았다. Figure 98은 참가자들의 경력을 보여준다.

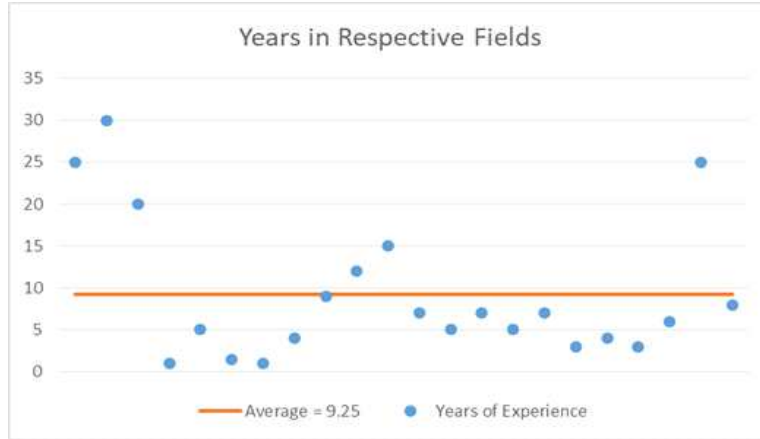


Figure 97 Years of experience in the climate field

교육 프로그램의 유용성과 교육기간 동안 얻은 지식의 양 측면에서 조사한 바는 다음과 같다. 워크숍 이전에 통계적 상세화 지식에 대해서 참가자들이 2.45에 비해 워크숍 이후 4.09로 효과적으로 상승하였다. 워크숍이 참가자들의 기술과 지식에 대한 도움이 되었는가에 대해서는 4.45로 높게 나타났다. Figure 98은 본 워크숍 참가자들의 설문 결과이다.

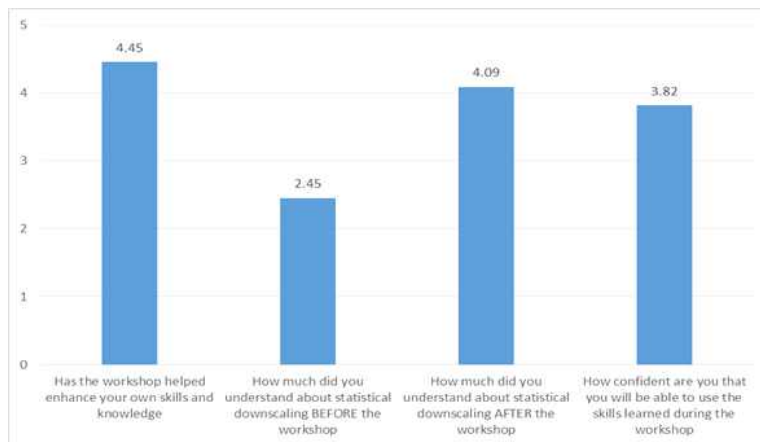


Figure 98 Workshop satisfaction result

본 워크숍을 통해 많은 참가자들이 현업에 통계적 상세화를 활용할 가능성을 확인 할 수 있는 성과를 얻었다. AIMS에서 계절예측 상세화를 할 수 있었으면 좋겠다는 의견과 오류들에 대한 수정들이 빠르게 이루어졌으면 좋겠다는 의견이 있었다. 현재 AIMS는 3.0.3버전이 배포되었고 계절예측 상세화를 추가한 서비스를 제공하고 있으며 PAGASA 교육을 통해 얻은 피드백 내용을 모두 반영하여 배포된 최신버전이다. 본 워크숍을 통해 PAGASA와 APCC가 지속적인 현업 활동에 대한 지속적인 협업이 이루어졌으면 한다.

## 4. 결론 및 향후 과제

기후예측정보 활용 기술개발을 통해 축적된 기술과 산출물을 기후서비스에 효과적으로 활용하기 위해서 APEC기후센터에서는 목적에 맞는 개별 기후정보서비스를 통해 기후예측자료의 생산, 가공, 제공 서비스를 실시하고 있다. 하지만, 다양한 사용자의 요구를 반영하기 위한 기후서비스를 개발하기 위해서는 해당 정보서비스들의 통합적인 활용이 필요하며 이를 반영한 체계가 필요하다. 즉, 다중모델 기반의 기후예측자료 제공, 해당 자료의 표출 및 가공을 포함하는 일련의 서비스가 연계되어 구성된 클라우드 기술 기반의 기후서비스 플랫폼이 체계적으로 구축되어야 한다. 해당 과제를 통해서 APCC의 기후정보서비스의 점진적인 통합을 위한 기후자료 서비스 플랫폼 및 기반이 되는 서비스를 구축하였다. 해당 서비스에서 공급 중인 자료는 APCC 다중모델 앙상블을 통해 생산된 결정론적/확률론적 기후예측자료와 기후변화 시나리오 자료를 각 지역별로 가공한 Clipped CMIP5 자료이며, 이런 기후자료를 중심으로 한 기후자료서비스 플랫폼을 구축하고 해당 플랫폼을 통한 웹 서비스를 시작하였다. 또한 기후자료 처리 및 재가공 목적의 APCC 통합모델링솔루션(APCC Integrated Modeling Solution, AIMS) 응용 소프트웨어 고도화와 그 고도화 결과를 바탕으로 기후특성 분석을 위한 AIMS 사용자 워크숍을 개최하여 사용자 피드백 강화를 달성하였다.

해당 과제를 통해 기존 기후자료제공서비스인 ADSS를 대체할 기후자료 중심의 서비스 플랫폼의 단계적 통합을 위해 향후에는 온라인 기후정보응용도구(CLIK)의 사용자 맞춤형 계절예측 및 검증정보생산 서비스 및 기후자료 처리서비스를 포함한 기후자료 제공서비스 플랫폼을 확장 구축하는 것이 필요하다. 이는 기존의 목적 지향적 기후정보서비스 시스템을 구축하는 과제들과는 달리 시스템 자원 운영 효율성을 높이고 예산절감 효과를 거둘 수 있는 혁신적인 방안이며, 또한 산재해 있는 APCC 기후정보서비스의 점진적인 통합을 이루어 증가하는 기후정보 수요에 대응할 수 있는 방안이다. 또한 기후정보서비스 접속통계 및 만족도 조사 자료에 근거하여 중장기적 관점에서의 APCC 기후서비스 개발 방향 및 계획 또한 면밀히 수립할 필요가 있다.

## 사사

이 연구는 APCC의 지원을 통해 수행 되었습니다.

## References

- Peter Mell and Timoth Grance, The NIST definition of cloud computing, January 2011, Communications of ACM 53(6)
- PaaS-TA 플랫폼서비스, 한국정보화진흥원, <https://paas-ta.kr/>, 2020.1.
- 플랫폼 컨테이너 오케스트레이션 웹 사이트, <https://kubernetes.io/>, 2020.1
- Docker-java support & open source GitHub, <https://github.com/docker-java/docker-java/>, 2020.1.
- Web UI support & reference web site, <http://getbootstrap.com/>, 2020.1.
- APCC Climate Data Service Platform web site, <https://acds.apcc21.org/>, 2020.1.
- Taudes, A. 1998. "Software Growth Options," Journal of Management Information Systems (15:1), pp.165-185.
- Tiwana, A. 2015. "Evolutionary Competition in Platform Ecosystems," Information Systems Research (26:2), pp. 266-281.
- Parker, G., Van Alstyne, M., & Choudary, S. (2016). Platform Revolution.
- Venuti, F, 2017. "The future of Data Services" Workshop on Open data week 2017.
- Cho, J., Ko, G., Kim, K., Oh, C., 2016: Climate Change Impacts on Agricultural Drought with Consideration of Uncertainty in CMIP5 Scenarios. Irrigation and Drainage, 65, 7-5, <https://doi.org/10.1002/ird.2035>
- Eum, H.-I., Cannon, A. J., 2017: Intercomparison of projected changes in climate extremes for South Korea: application of trend preserving statistical downscaling methods to the CMIP5 ensemble. International Journal of Climatology, 37(8), 3381-3397, <https://doi.org/10.1002/joc.4924>
- Hwang, S., Graham, W. D., 2013: Development and comparative evaluation of a stochastic analog method to downscale daily GCM precipitation. Hydrology and Earth System Sciences, 17(11), 4481-4502, <https://doi.org/10.5194/hess-17-4481-2013>
- Hwang, S., Graham, W. D., 2014: Assessment of Alternative Methods for Statistically Downscaling Daily GCM Precipitation Outputs to Simulate Regional Streamflow. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 50(4), 1010-1032, <https://doi.org/10.1111/jawr.12154>

## 부록 A. Clipped CMIP5 국가 및 지역 목록

o 국가단위

국가명	코드	최소 위도	최소 경도	최대 위도	최대 경도
Andorra	AD	1.422111	42.43508	1.780389	42.6587
United Arab Emirates	AE	51.50764	22.63407	56.37508	26.07886
Afghanistan	AF	60.47844	29.37747	74.87945	38.48342
Antigua and Barbuda	AG	-62.3524	16.92722	-61.6591	17.72939
Anguilla	AI	-63.4349	18.16681	-62.932	18.61279
Albania	AL	19.27561	39.64448	21.05728	42.66108
Armenia	AM	43.44978	38.83053	46.63003	41.30183
Angola	AO	11.67922	-18.0421	24.08212	-4.37683
Antarctica	AQ	0	-90	360	-60
Argentina	AR	-73.583	-55.0613	-53.5918	-21.7813
American Samoa	AS	-171.092	-14.3825	-169.416	-11.0497
Austria	AT	9.535916	46.37803	17.16272	49.01706
Australia	AU	112.9111	-54.7783	159.1113	-9.18214
Aruba	AW	-70.0611	12.40609	-69.8669	12.63062
Aland	AX	19.29072	59.83476	21.13369	60.657
Azerbaijan	AZ	44.77192	38.39706	50.60783	41.90564
Bosnia Herzegovina	BA	15.71894	42.56022	19.62193	45.23919
Barbados	BB	-59.6489	13.03984	-59.4204	13.32726
Bangladesh	BD	88.03	20.59	92.67	26.63
Belgium	BE	2.546944	49.49361	6.403861	51.50544
Burkina Faso	BF	-5.51892	9.401108	2.405395	15.08259
Bulgaria	BG	22.35692	41.24208	28.61217	44.21545
Bahrain	BH	50.38586	25.54225	50.82869	26.28258
Burundi	BI	28.99306	-4.46571	30.84773	-2.31012
Benin	BJ	0.774575	6.225748	3.851701	12.41835
Saint Bartheemy	BL	-62.8764	17.88394	-62.7924	17.93269
Bermuda	BM	-64.896	32.24664	-64.652	32.39383
Brunei Darussalam	BN	114.0714	4.003083	115.3594	5.047167
Bolivia	BO	-69.6408	-22.8961	-57.4581	-9.68057
Bonaire	BQ	-68.4165	12.01715	-62.9437	17.6561
Brazil	BR	-73.9828	-33.7507	-28.8391	5.264877
Bahamas	BS	-80.4992	20.91607	-72.7116	27.23203
Bhutan	BT	88.76	26.71	92.13	28.32
Bouvet Island	BV	3.335499	-54.4624	3.487976	-54.4003
Botswana	BW	19.99953	-26.9072	29.36078	-17.7808
Belarus	BY	23.17689	51.25642	32.77081	56.16581
Belize	BZ	-89.2248	15.8893	-87.4681	18.49656

Cocos (Keeling) Islands	CC	96.82128	-12.1854	96.93608	-11.8039
Congo (Democratic Republic of the)	CD	12.20414	-13.4557	31.30591	5.386098
Central African Republic	CF	14.4201	2.220514	27.46342	11.00757
Congo	CG	11.20501	-5.02722	18.64984	3.703082
Switzerland	CH	5.957472	45.8257	10.49147	47.80533
Cote D'ivoire	CI	-8.5993	4.357067	-2.4949	10.73664
Cook Islands	CK	-165.858	-21.9442	-157.312	-8.94403
Chile	CL	-109.46	-55.98	-66.42	-17.51
Cameroon	CM	8.494763	1.652548	16.19212	13.07806
Colombia	CO	-81.73	-4.23	-66.87	13.39
Clipperton Island	CP	-109.233	10.28207	-109.199	10.31345
Costa Rica	CR	-87.09	5.5	-82.56	11.22
Cuba	CU	-84.96	19.83	-74.13	23.59
Cape Verde	CV	-25.3587	14.80221	-22.6694	17.19718
Curacao	CW	-69.1572	11.9732	-68.6393	12.38567
Christmas Island	CX	105.5389	-10.5759	105.7196	-10.4158
Cyprus	CY	32.27308	34.6315	34.59792	35.70153
Czech Republic	CZ	12.09619	48.54292	18.86011	51.05889
Germany	DE	5.865639	47.27578	15.03989	55.05564
Djibouti	DJ	41.77345	10.90992	43.41697	12.70683
Denmark	DK	8.075611	54.56239	15.15883	57.74842
Dominica	DM	-61.4841	15.20169	-61.2442	15.63181
Dominican Republic	DO	-72.0035	17.47009	-68.32	19.92986
Algeria	DZ	-8.67387	18.96003	11.97955	37.09372
Ecuador	EC	-92.0108	-4.99882	-75.1846	1.664773
Estonia	EE	21.77345	57.51619	28.20997	59.68795
Egypt	EG	24.7	21.73	36.24	31.67
Western Sahara	EH	-17.1032	20.77416	-8.67028	27.66967
Eritrea	ER	36.43878	12.35956	43.14864	18.00308
Spain	ES	-18.1696	27.63882	4.315389	43.79172
Ethiopia	ET	32.99994	3.402422	47.98618	14.89375
Finland	FI	20.55694	59.76758	31.58094	70.09605
Republic of Fiji	FJ	-180	-20.68	180	-12.48
Falkland Islands (Islas Malvinas)	FK	-61.3452	-52.9006	-57.7125	-51.0149
Federated States of Micronesia	FM	138.05	5.26	163.03	11.68
Faroe Islands	FO	-7.68125	61.39494	-6.25861	62.40075
France	FR	-5.14222	41.33878	9.561556	51.0928
Gabon	GA	8.695471	-3.97881	14.50235	2.322612
United Kingdom	GB	-8.65067	34.5635	33.91769	60.84581
Grenada	GD	-61.8	11.99237	-61.3764	12.52921
Georgia	GE	40.01014	41.0532	46.72597	43.5865
French Guiana	GF	-54.5425	2.127094	-51.6139	5.776496

Guernsey	GG	-2.68247	49.41278	-2.35128	49.51469
Ghana	GH	-3.25542	4.736723	1.191781	11.1733
Gibraltar	GI	-5.35725	36.11242	-5.33964	36.15981
Greenland	GL	-73.2635	59.77727	-11.3123	83.62742
Gambia	GM	-16.8251	13.06425	-13.7978	13.82657
Guinea	GN	-15.0863	7.193553	-7.64107	12.67622
Guadeloupe	GP	-61.8072	15.83097	-61	16.51685
Equatorial Guinea	GQ	5.602367	-1.45995	11.33572	3.78598
Greece	GR	19.37444	34.80964	29.64708	41.75742
South Georgia and the South Sandwich Isla	GS	-41.8161	-59.4843	-26.2293	-53.6469
Guatemala	GT	-92.2415	13.7373	-88.2232	17.8174
Guam	GU	144.6192	13.24061	144.954	13.65233
Guinea-Bissau	GW	-16.7175	10.85997	-13.6365	12.68079
Guyana	GY	-61.3848	1.17508	-56.4803	8.557567
Hong Kong	HK	113.8378	22.15325	114.4348	22.56195
Heard Island and McDonald Islands	HM	72.59653	-53.192	73.85915	-52.9094
Honduras	HN	-89.3508	12.98241	-83.1554	17.42363
Croatia	HR	13.49322	42.1302	19.44912	46.53875
Haiti	HT	-74.4786	18.02103	-71.6134	20.08782
Hungary	HU	16.11189	45.74361	22.906	48.58567
Indonesia	ID	95.01	-11	141.02	5.9
Ireland	IE	-10.6181	51.42456	-6.00239	55.4365
Israel	IL	34.26595	17.2247	43.23508	33.33374
Isle of Man	IM	-4.83019	54.04464	-4.3115	54.41972
India	IN	68.16	6.75	97.4	35.5
British Indian Ocean Territory	IO	71.25997	-7.43803	72.49316	-5.22717
Iraq	IQ	38.78962	29.06121	48.57592	37.38093
Iran	IR	44.05	25.06	63.32	39.78
Iceland	IS	-24.5465	63.28675	-13.4958	66.56377
Italy	IT	6.614889	35.4922	18.51344	47.0952
Jersey	JE	-2.26003	49.16983	-2.02208	49.26506
Jamaica	JM	-78.3666	17.70355	-76.1803	18.52698
Jordan	JO	34.95798	29.18504	39.3012	33.37125
Japan	JP	122.9385	24.03647	153.9852	45.52314
Kenya	KE	33.91	-4.68	41.9	4.63
Kyrgyzstan	KG	69.27661	39.17283	80.28316	43.23822
Cambodia	KH	102.34	9.91	107.63	14.69
Comoros	KM	43.21579	-12.4138	44.53822	-11.3624
Saint Kitts and Nevis	KN	-62.8696	17.09534	-62.5433	17.42012
North Korea	KP	124.1886	37.59731	130.6749	43.01159
South Korea	KR	124.61	33.11	130.92	38.61
Kuwait	KW	46.55646	28.52461	48.43147	30.1037

Cayman Islands	KY	-81.4328	19.26303	-79.7273	19.7617
Kazakhstan	KZ	46.49186	40.93633	87.31267	55.45119
Laos	LA	100.0931	13.91003	107.697	22.50039
Lebanon	LB	35.11428	33.05457	36.62536	34.68486
Saint Lucia	LC	-61.0742	13.70478	-60.8742	14.10324
Liechtenstein	LI	9.477805	47.05586	9.632195	47.27353
Sri Lanka	LK	79.65292	5.916833	81.88128	9.831361
Liberia	LR	-11.4921	4.353057	-7.36511	8.551791
Lesotho	LS	27.02907	-30.669	29.46576	-28.5721
Lithuania	LT	20.94153	53.90131	26.87194	56.44692
Luxembourg	LU	5.734556	49.44658	6.528472	50.18494
Latvia	LV	20.97428	55.66886	28.24117	58.08231
Libya	LY	9.38702	19.50805	25.15061	33.169
Morocco	MA	-13.1686	27.66212	-0.99175	35.92803
Monaco	MC	7.39575	43.73197	7.452278	43.76953
Moldova	MD	26.61889	45.46688	30.13544	48.49017
Montenegro	ME	18.43398	41.85313	20.35819	43.55874
Saint Martin	MF	-63.1528	18.05223	-62.9728	18.1307
Madagascar	MG	43.19138	-25.609	50.48378	-11.9454
Marshall Islands	MH	165.26	4.57	172.16	14.66
Macedonia	MK	20.45242	40.8542	23.03409	42.37448
Mali	ML	-12.2426	10.15951	4.244968	25
Republic of the Union of Myanmar(Burma)	MM	92.19	9.6	101.18	28.54
Mongolia	MN	87.75	41.57	119.92	52.15
Macau	MO	113.5289	22.11067	113.591	22.22233
Northern Mariana Islands	MP	144.8861	14.10736	146.0812	20.5428
Martinique	MQ	-61.2301	14.39226	-60.8155	14.87882
Mauritania	MR	-17.0665	14.71555	-4.82767	27.29807
Montserrat	MS	-62.2426	16.67101	-62.1464	16.81733
Malta	MT	14.19158	35.81028	14.57764	36.08203
Mauritius	MU	56.51272	-20.5257	63.50018	-10.3193
Maldives	MV	72.68389	-0.69269	73.70617	7.098361
Malawi	MW	32.67395	-17.125	35.91682	-9.36754
Mexico	MX	-118.454	14.53455	-86.7034	32.71676
Malaysia	MY	98.94	0.86	119.27	7.36
Mozambique	MZ	30.21732	-26.8687	40.84447	-10.4719
Namibia	NA	11.71563	-28.9714	25.2567	-16.9599
New Caledonia	NC	158.1976	-22.7146	172.0614	-19.1038
Niger	NE	0.16625	11.69697	15.99564	23.52503
Norfolk Island	NF	167.9164	-29.1194	168.0001	-28.9924
Nigeria	NG	2.668432	4.277144	14.68007	13.89201
Nicaragua	NI	-87.6903	10.70754	-82.5921	15.02591

Netherlands	NL	3.362556	50.75392	7.227944	53.55514
Norway	NO	4.650167	57.96658	31.1382	79.68931
Nepal	NP	80.06	26.36	88.2	30.43
Nauru	NR	166.899	-0.55233	166.9453	-0.50431
Niue	NU	-169.951	-19.1522	-169.775	-18.9511
New Zealand	NZ	166.4386	-52.6076	-175.829	-29.2411
Oman	OM	52	16.6544	59.83658	26.38797
Panama	PA	-83.0514	7.197906	-77.1741	9.644431
Peru	PE	-81.3267	-18.3497	-68.678	-0.01298
French Polynesia	PF	-154.688	-27.6536	-134.878	-7.82825
Papua New Guinea	PG	140.84	-11.66	159.48	-0.88
Philippines	PH	116.93	4.61	126.6	21.12
Pakistan	PK	60.88	23.69	77.84	37.1
Poland	PL	14.123	49.00636	24.15075	54.83914
Saint Pierre and Miquelon	PM	-56.4207	46.75327	-56.1574	47.14629
Pitcairn Islands	PN	-130.746	-25.0775	-124.773	-23.9173
Puerto Rico	PR	-67.9427	17.88305	-65.22	18.52017
Palestine	PS	34.22039	31.22229	35.57546	32.55157
Portugal	PT	-31.2658	30.13889	-6.18269	42.14564
Palau	PW	131.1692	3.001139	134.7237	8.092916
Paraguay	PY	-62.6471	-27.6087	-54.2594	-19.294
Qatar	QA	50.75722	24.47333	52.42758	26.17758
Reunion	RE	55.21909	-21.3722	55.84504	-20.8569
Romania	RO	20.26439	43.6273	29.69106	48.26527
Serbia	RS	18.85095	41.85235	23.00527	46.18945
Rwanda	RW	28.85679	-2.84068	30.89596	-1.05348
Saudi Arabia	SA	34.49569	15.61425	55.6667	32.15432
Solomon Islands	SB	155.5086	-12.2919	168.8435	-5.07831
Seychelles	SC	46.1992	-10.1937	56.27951	-3.71152
Sudan	SD	21.83895	3.48639	38.58003	23.14689
Sweden	SE	10.98672	55.33711	24.16328	69.0625
Singapore	SG	103.6383	1.164028	104.0901	1.471278
Saint Helena	SH	-14.4212	-40.3671	-5.63875	-7.88782
Slovenia	SI	13.38308	45.41314	16.566	46.87792
Svalbard and Jan Mayen	SJ	-9.07989	70.82737	36.81528	80.83405
Slovakia	SK	16.84775	47.72811	22.57044	49.60317
Sierra Leone	SL	-13.3076	6.928689	-10.2842	10
San Marino	SM	12.40186	43.89791	12.51556	43.99981
Senegal	SN	-17.5352	12.30727	-11.3559	16.69163
Somalia	SO	40.98863	-1.66205	51.41303	11.98519
Suriname	SR	-58.0866	1.831145	-53.9775	6.004546
Sao Tome and Principe	ST	6.47017	-0.014	7.466374	1.701323

El Salvador	SV	-90.1287	13.14868	-87.6922	14.44507
Sint Maarten	SX	-63.144	18.01169	-63.013	18.07025
Syria	SY	35.72722	32.31619	42.37538	37.31914
Swaziland	SZ	30.79411	-27.3171	32.13726	-25.7196
Turks and Caicas Islands	TC	-72.4839	21.17004	-71.0803	21.97361
Chad	TD	13.47348	7.441068	24.00266	23.45037
Togo	TG	-0.14732	6.104417	1.806693	11.13898
Thailand	TH	97.35	5.61	105.64	20.46
Tajikistan	TJ	67.38714	36.67414	75.13722	41.04225
Tokelau	TK	-172.5	-9.38111	-171.211	-8.55361
Timor-Leste	TL	124.04	-9.5	127.34	-8.13
Turkmenistan	TM	52.44144	35.14108	66.6843	42.79556
Tunisia	TN	7.524833	30.24042	11.59828	37.54391
Tonga	TO	-176.21	-22.35	-173.7	-15.56
Turkey	TR	25.6685	35.81542	44.835	42.10761
Trinidad and Tobago	TT	-61.9238	10.03611	-60.4896	11.33834
Tuvalu	TV	176.0649	-9.43619	179.8634	-5.64197
Taiwan	TW	116.7067	20.6975	122.0004	26.39206
Tanzania	TZ	29.33	-11.75	40.44	-0.99
Ukraine	UA	22.12889	44.39042	40.20739	52.36936
Uganda	UG	29.57325	-1.48405	35.03605	4.214427
Uruguay	UY	-58.4427	-35.0479	-53.0739	-30.0822
Uzbekistan	UZ	55.99664	37.18433	73.13228	45.59968
Vatican City	VA	12.44375	41.90067	12.458	41.90839
Saint Vincent and the Grenadines	VC	-61.4593	12.53017	-61.1139	13.37783
Venezuela	VE	-73.3541	0.626311	-59.8038	12.2019
British Virgin Islands	VG	-64.8318	18.31274	-64.2688	18.75722
Virgin Islands	VI	-65.0863	17.68172	-64.5652	18.41187
Vietnam	VN	102.15	8.41	109.46	23.39
Vanuatu	VU	166.525	-20.2489	170.2348	-13.0734
Wallis and Futuna	WF	-178.207	-14.3878	-176.129	-13.2143
Samoa	WS	-172.8	-14.06	-171.41	-13.43
Yemen	YE	41.81606	12.11108	54.53053	19.00233
Mayotte	YT	45.01462	-13.0001	45.29295	-12.6338
South Africa	ZA	16.45802	-46.9789	38.00047	-22.1266
Zambia	ZM	22	-18.08	33.71	-8.22
Zimbabwe	ZW	25.23703	-22.4177	33.0563	-15.6088

o 주 단위

국가 이름	주 이름	국가 코드	주 코드	코드	최소 위도	최소 경도	최대 위도	최대 경도
U n i t e d	Alabama	US	AL	USAL	-88.472	30.21725	-84.8935	35.00888

States								
U n i t e d States	Alaska	US	AK	USAK	-179.151	51.20972	179.7734	71.33542
U n i t e d States	Alaska	US	AK	USAK	-168.124	54.76392	-129.994	72.6875
U n i t e d States	Arizona	US	AZ	USAZ	-114.815	31.32917	-109.045	37.00459
U n i t e d States	Arkansas	US	AR	USAR	-94.6182	33.00453	-89.6444	36.49966
U n i t e d States	California	US	CA	USCA	-124.416	32.53088	-114.129	42.00983
U n i t e d States	Colorado	US	CO	USCO	-109.061	36.99223	-102.042	41.00561
U n i t e d States	Connecticut	US	CT	USCT	-73.7297	40.98001	-71.7882	42.04973
U n i t e d States	Delaware	US	DE	USDE	-75.7881	38.42724	-75.0497	39.84058
U n i t e d States	District of Columbia	US	DC	USDC	-77.1205	38.80917	-76.9097	38.99506
U n i t e d States	Florida	US	FL	USFL	-87.6372	24.52042	-79.7226	31.00211
U n i t e d States	Georgia	US	GA	USGA	-85.6055	30.35713	-80.8409	35.00204
U n i t e d States	Hawaii	US	HI	USHI	-164.706	18.90986	-154.806	23.57972
U n i t e d States	Idaho	US	ID	USID	-117.24	41.98984	-111.044	49.00152
U n i t e d States	Illinois	US	IL	USIL	-91.5126	36.97112	-87.0181	42.50948
U n i t e d States	Indiana	US	IN	USIN	-88.0897	37.77305	-84.7877	41.76232
U n i t e d States	Iowa	US	IA	USIA	-96.6357	40.37454	-90.1393	43.50465
U n i t e d States	Kansas	US	KS	USKS	-102.049	36.99222	-94.5927	40.00451
U n i t e d States	Kentucky	US	KY	USKY	-89.5737	36.49672	-81.9642	39.14723
U n i t e d States	Louisiana	US	LA	USLA	-94.0458	28.92833	-88.8181	33.0206
U n i t e d States	Maine	US	ME	USME	-71.0818	43.06167	-66.9489	47.45764
U n i t e d States	Maryland	US	MD	USMD	-79.4872	37.89222	-75.05	39.72401
U n i t e d States	Massachusetts	US	MA	USMA	-73.5084	41.23833	-69.9275	42.88666
U n i t e d States	Michigan	US	MI	USMI	-90.4187	41.6958	-82.1229	48.30425
U n i t e d States	Minnesota	US	MN	USMN	-97.239	43.5021	-89.4878	49.3833
U n i t e d States	Mississippi	US	MS	USMS	-91.6543	30.17444	-88.098	34.99832
U n i t e d States	Missouri	US	MO	USMO	-95.7744	35.99509	-89.1006	40.61403
U n i t e d States	Montana	US	MT	USMT	-116.051	44.35769	-104.04	49.00146
U n i t e d States	Nebraska	US	NE	USNE	-104.053	39.99989	-95.308	43.0028
U n i t e d States	Nevada	US	NV	USNV	-120.005	35.00208	-114.039	42.00031
U n i t e d States	New Hampshire	US	NH	USNH	-72.5564	42.69778	-70.6007	45.30873
U n i t e d States	New Jersey	US	NJ	USNJ	-75.5676	38.92998	-73.8936	41.35764
U n i t e d States	New Mexico	US	NM	USNM	-109.05	31.3319	-103.001	36.99942
U n i t e d States	New York	US	NY	USNY	-79.7633	40.49617	-71.8564	45.01583
U n i t e d States	North Carolina	US	NC	USNC	-84.321	33.84167	-75.4611	36.58901
U n i t e d States	North Dakota	US	ND	USND	-104.05	45.93505	-96.5552	49.00122
U n i t e d States	Ohio	US	OH	USOH	-84.8199	38.4025	-78.853	42.96163

States								
United States	Oklahoma	US	OK	USOK	-103.001	33.61525	-94.4307	37.00093
United States	Oregon	US	OR	USOR	-124.567	41.99246	-116.462	46.29218
United States	Pennsylvania	US	PA	USPA	-80.5196	39.71943	-74.69	42.26788
United States	Rhode Island	US	RI	USRI	-71.887	41.14688	-71.1206	42.0191
United States	South Carolina	US	SC	USSC	-83.3544	32.04921	-78.5467	35.21611
United States	South Dakota	US	SD	USSD	-104.057	42.48111	-96.4366	45.94436
United States	Tennessee	US	TN	USTN	-90.3108	34.9839	-81.6475	36.67925
United States	Texas	US	TX	USTX	-106.646	25.83808	-93.5087	36.50344
United States	Utah	US	UT	USUT	-114.054	36.99863	-109.041	42.0042
United States	Vermont	US	VT	USVT	-73.4434	42.72761	-71.4677	45.01626
United States	Virginia	US	VA	USVA	-83.6748	36.53914	-75.2425	39.46658
United States	Washington	US	WA	USWA	-124.763	45.55311	-116.913	49.00359
United States	West Virginia	US	WV	USWV	-82.6408	37.20276	-77.7197	40.63855
United States	Wisconsin	US	WI	USWI	-92.8854	42.4947	-86.2496	47.30253
United States	Wyoming	US	WY	USWY	-111.055	40.99627	-104.052	45.0042
Russia	Adygey	RU	AD	RUAD	39.98716	45	40.81531	45.1819
Russia	Altay	RU	AL	RUAL	82.59977	53	87.11548	54.4181
Russia	Amur	RU	AM	RUAM	119.6844	48.84742	134.931	57.06207
Russia	Arkhangel'sk	RU	AR	RUAR	35.57454	60.6331	69.07448	81.85625
Russia	Astrakhan'	RU	AS	RUAS	47.33741	47	49.231	48.85713
Russia	Bashkortostan	RU	BK	RUBK	56.5283	54	59.92645	56.55827
Russia	Belgorod	RU	BL	RUBL	37.54531	51	39.37429	51.42618
Russia	Bryansk	RU	BR	RUBR	33.40628	53	35.28292	54.02044
Russia	Buryat	RU	BU	RUBU	98.66939	49.97516	116.9503	57.23717
Russia	Chechnya	RU	CN	RUCN	45.79918	43	46.61854	43.99496
Russia	Chelyabinsk	RU	CL	RUCL	57.13211	51.99345	63.37808	56.4087
Russia	Chukot	RU	CK	RUCK	157.8285	61.81045	-168.997	76.16666
Russia	Chuvash	RU	CV	RUCV	47.10248	56	48.45091	56.34806
Russia	City of St. Petersburg	RU	SP	RUSP	30.18247	60	30.77482	60.26621
Russia	Dagestan	RU	DA	RUDA	46.87387	43	48.50511	45.0157
Russia	Gorno-Altay	RU	GA	RUGA	87.0147	51	89.86594	52.64592
Russia	Ingush	RU	IN	RUIN	44.9588	43	45.31081	43.5749
Russia	Irkutsk	RU	IK	RUIK	95.67981	51.13745	119.1423	64.38344
Russia	Ivanovo	RU	IV	RUIV	41.72664	57	43.87276	57.71243
Russia	Kabardin-Balkar	RU	KB	RUKB	43.52665	43	44.53472	43.9494
Russia	Kaliningrad	RU	KN	RUKN	21.45331	55	22.89281	55.29071
Russia	Kalmyk	RU	KL	RUKL	41.65788	44.7819	47.59436	48.25111
Russia	Kaluga	RU	KG	RUKG	35.46502	54	37.2382	55.30994
Russia	Kamchatka	RU	KQ	RUKQ	155.3683	50.87292	174.4967	64.91432

Russia	Karachay-Cherkess	RU	KC	RUKC	41.84571	44	42.87969	44.47462
Russia	Karelia	RU	KI	RUKI	33.14798	64	37.9558	66.65115
Russia	Kemerovo	RU	KE	RUKE	87.20999	55	89.43916	56.87194
Russia	Khabarovsk	RU	KH	RUKH	130.6404	46.63047	147.2791	62.52625
Russia	Khakass	RU	KK	RUKK	89.85417	53	91.84639	55.42476
Russia	Khanty-Mansiy	RU	KM	RUKM	59.4976	58.56961	85.9711	65.71573
Russia	Kirov	RU	KV	RUKV	49.846	59	53.89553	61.07433
Russia	Komi	RU	KO	RUKO	45.53928	59.20636	66.26655	68.41089
Russia	Kostroma	RU	KT	RUKT	40.4334	57.27734	47.64773	59.61568
Russia	Krasnodar	RU	KD	RUKD	39.49617	45	41.8698	46.87986
Russia	Krasnoyarsk	RU	KX	RUKX	79.05438	51.81126	113.9202	81.285
Russia	Kurgan	RU	KU	RUKU	64.81634	55	68.67294	56.86603
Russia	Kursk	RU	KS	RUKS	36.12733	52	38.64569	52.4799
Russia	Leningrad	RU	LN	RULN	31.73995	60	35.71302	61.34615
Russia	Lipetsk	RU	LP	RULP	39.18718	53	40.81923	53.57239
Russia	Maga Buryatdan	RU	MG	RUMG	144.7434	58.83747	163.4712	66.32999
Russia	Mariy-El	RU	ME	RUME	47.94295	57	50.21301	57.34076
Russia	Mordovia	RU	MR	RUMR	44.47779	54	46.71314	55.17668
Russia	Moscow City	RU	MC	RUMC	37.61497	56	37.98471	56.00751
Russia	Moskva	RU	MS	RUMS	37.66731	56	40.24649	56.94193
Russia	Murmansk	RU	MM	RUMM	28.4731	66.0482	41.40989	70
Russia	Nenets	RU	NN	RUNN	43.26161	65.82341	65.71117	70.4625
Russia	Nizhegorod	RU	NZ	RUNZ	44.64575	56	47.77844	58.07998
Russia	North Ossetia	RU	NO	RUNO	44.32528	43	44.9804	43.75986
Russia	Novgorod	RU	NG	RUNG	32.55662	58	36.47199	59.40626
Russia	Novosibirsk	RU	NS	RUNS	75.11982	53.31324	85.11879	57.22952
Russia	Omsk	RU	OM	RUOM	73.3625	56	76.29849	58.57165
Russia	Orel	RU	OL	RUOL	36.48484	53	38.09113	53.63833
Russia	Orenburg	RU	OB	RUOB	55.63323	52	61.67635	54.38675
Russia	Penza	RU	PZ	RUPZ	44.65981	53	46.98454	54.01023
Russia	Perm'	RU	PE	RUPE	56.24063	59	59.50327	61.6983
Russia	Primor'ye	RU	PR	RUPR	134.7606	45	139.0524	48.45351
Russia	Pskov	RU	PS	RUPS	29.25882	57	31.5607	59.00039
Russia	Rostov	RU	RO	RURO	41.33969	48	44.38322	50.18685
Russia	Ryazan'	RU	RZ	RURZ	40.65443	54	42.73572	55.32587
Russia	Sakhalin	RU	SL	RUSL	141.2159	43.3604	156.5145	54.42515
Russia	Sakha	RU	SK	RUSK	105.8802	55.48731	162.773	76.76417
Russia	Samara	RU	SA	RUSA	50.47094	53	52.55949	54.6826
Russia	Saratov	RU	SR	RUSR	46.83063	52	50.86278	52.83379
Russia	Smolensk	RU	SM	RUSM	33.01268	55	35.41311	56.03981
Russia	Stavropol'	RU	ST	RUST	43.40009	45	45.70946	46.22586
Russia	Sverdlovsk	RU	SV	RUSV	57.25185	56.05931	66.17309	61.93131

Russia	Tambov	RU	TB	RUTB	41.63719	53	43.29721	53.79139
Russia	Tatarstan	RU	TT	RUTT	50.93665	55	54.20525	56.70815
Russia	Tomsk	RU	TO	RUTO	82.13438	58	89.38503	61.01522
Russia	Tula	RU	TL	RUTL	37.58404	54	39.00706	54.83136
Russia	Tuva	RU	TU	RUTU	94.79304	52	99.22062	53.75337
Russia	Tver'	RU	TV	RUTV	34.74855	57	38.37488	58.84276
Russia	Tyumen'	RU	TY	RUTY	69.16751	58	75.2059	59.95569
Russia	Udmurt	RU	UD	RUUD	52.81132	57	54.43482	58.54398
Russia	Ul'yanovsk	RU	UL	RUUL	47.96307	54	50.26553	54.90311
Russia	Vladimir	RU	VL	RUVL	40.69196	56	42.93355	56.80787
Russia	Volgograd	RU	VG	RUVG	44.18468	50	47.43362	51.2534
Russia	Vologda	RU	VO	RUVO	34.73989	58.48522	47.16401	61.63054
Russia	Voronezh	RU	VR	RUVR	40.30996	51	42.95465	52.10144
Russia	Yamal-Nenets	RU	YN	RUYN	62.0521	62.21038	86.00291	73.53084
Russia	Yaroslavl'	RU	YS	RUYS	37.32725	56.54425	41.21762	58.96016
Russia	Yevrey	RU	YV	RUYV	132.2385	49	134.9063	49.48933
Russia	Zabaykal'ye	RU	ZB	RUZB	107.7758	49.16374	122.098	58.4292
China	Anhui	CN	AH	CNAH	117.2262	31.82579	119.6444	34.65511
China	Beijing	CN	BJ	CNBJ	116.4107	40.18491	117.4992	41.05928
China	Chongqing	CN	CQ	CNCQ	107.8748	30.05865	110.1911	32.21204
China	Fujian	CN	FJ	CNFJ	117.9899	26.08106	120.8376	28.31261
China	Gansu	CN	GS	CNGS	100.9339	37.82079	108.7154	42.77393
China	Guangdong	CN	GD	CNGD	113.4153	23.3352	117.3107	25.5203
China	Guangxi	CN	GX	CNGX	108.7872	23.82741	112.0569	26.38757
China	Guizhou	CN	GZ	CNGZ	106.8741	26.81518	109.5862	29.21916
China	Hainan	CN	HA	CNHA	109.7458	19.19553	111.2724	20.16264
China	Hebei	CN	HB	CNHB	116.1301	39.54574	119.8483	42.61761
China	Heilongjiang	CN	HL	CNHL	127.7824	47.84154	134.7739	53.56086
China	Henan	CN	HE	CNHE	113.6136	33.88259	116.647	36.37418
China	Hubei	CN	HU	CNHU	112.2691	30.97599	116.1297	33.27755
China	Hunan	CN	HN	CNHN	111.7085	27.60698	114.2544	30.12812
China	Jiangsu	CN	JS	CNJS	119.4557	32.97339	121.9293	35.12635
China	Jiangxi	CN	JX	CNJX	115.7208	27.61366	118.481	30.08064
China	Jilin	CN	JL	CNJL	126.194	43.66441	131.3084	46.30137
China	Liaoning	CN	LN	CNLN	122.6077	41.29892	125.916	43.49064
China	Nei Mongol	CN	NM	CNNM	97.19769	37.44211	126.0762	53.389
China	Ningxia Hui	CN	NX	CNNX	106.1649	37.27093	107.6518	39.38088
China	Qinghai	CN	QH	CNQH	89.60876	31.55351	103.0612	39.3396
China	Shaanxi	CN	SA	CNSA	108.8706	35.19517	111.2468	39.58234
China	Shandong	CN	SD	CNSD	118.1509	36.352	122.7063	38.40014
China	Shanghai	CN	SH	CNSH	121.4546	31.1966	122.8346	31.86931
China	Shanxi	CN	SX	CNSX	112.292	37.5759	114.5454	40.73576

China	Sichuan	CN	SC	CNSC	102.71	30.61575	108.5342	34.3166
China	Tianjin	CN	TJ	CNTJ	117.333	39.3104	118.0675	40.24478
China	Xinjiang Uygur	CN	XJ	CNXJ	85.20363	41.11196	96.36517	49.17501
China	Xizang	CN	XZ	CNXZ	78.41688	27.32093	99.11231	36.48351
China	Yunnan	CN	YN	CNYN	101.4894	24.976	106.1942	29.25112
China	Zhejiang	CN	ZJ	CNZJ	120.0888	29.17951	122.9424	31.18273
Canada	Alberta	CA	AB	CAAB	-119.991	48.99711	-110	60.00006
Canada	British Columbia	CA	BC	CABC	-139.058	48.27577	-114.054	60.00007
Canada	Manitoba	CA	MB	CAMB	-101.991	49.00127	-88.9672	60.00208
Canada	New Brunswick	CA	NB	CANB	-66.3794	46.61491	-63.7711	48.0728
Canada	Newfoundland and Labrador	CA	NF	CANF	-67.8197	46.60288	-52.6189	62.49166
Canada	Northwest Territories	CA	NT	CANT	-136.464	59.99974	-102	78.82568
Canada	Nova Scotia	CA	NS	CANS	-63.3316	45.14583	-59.6425	47.22745
Canada	Nunavut	CA	NU	CANU	-120.968	51.64139	-61.1225	83.22367
Canada	Ontario	CA	ON	CAON	-95.1552	41.67777	-74.319	56.87072
Canada	Prince Edward Island	CA	PE	CAPE	-63.2462	46.39118	-61.9714	47.05878
Canada	Qubec	CA	QC	CAQC	-79.5876	45.00267	-57.1055	63.69792
Canada	Saskatchewan	CA	SK	CASK	-110	48.99509	-101.352	60.00486
Canada	Yukon	CA	YT	CAYT	-135.509	63.62795	-123.789	71.07708