

집수역 규모 기상위험 경보체계 구축

박주현 · 김성기 · 신용순* · 안문일 · 한용규
에피넷

(2014년 10월 8일 접수; 2014년 11월 3일 수정; 2014년 11월 4일 수락)

Implementation of a Weather Hazard Warning System at a Catchment Scale

Ju Hyun Park, Seong Kee Kim, Yong Soon Shin*, Mun Il Ahn and Yong Kyu Han

R&D Center, EPINET Co., Ltd, Anyang 431- 810, Korea

(Received October 8, 2014; Revised November 3, 2014; Accepted November 4, 2014)

ABSTRACT

This technical note describes about the base stages of technology implementation for establishing “Early Warning System for Weather Hazard Management in Climate-smart Agriculture” to national onsite service. First of all, a special weather report service at catchment was represented sequential risk of 810 units of catchment by spatial statistical methods to existing 150 counties units special weather report released in KMA. The second, chronic hazard alarm service based on daily data of 76 Synoptic stations was monitor about 810 Catchment of mid-long term lapse weather and represented as a relative risk index chronic hazard risk of this time in preparation for the climatological normal conditions in the same period. Finally, we establish the foundation for delivering individually calculated field specific in hazard risk about volunteer farmer of early warning service demonstration area in seomjin downstream watershed. These three types of information were built a near real-time map service on the VWORLD background map of Ministry of Land as superposed layers nationwide catchment and demonstration areas within the farm unit weather hazard.

Key words: Weather hazard warning, Catchment scale, Special weather report, Chronic weather risk

I. 서 론

최근 우리나라 농업은 지구온난화에 따른 집중호우, 가뭄 등 기상이변을 겪고 있으며, 경제적 손실이 증가하고 있다. 우리나라는 몬순기후지대로 연 강수량의 60~70% 가량이 여름철에 집중되어 있다. 최근 강우일수는 감소하였음에도 기후변화로 인하여 집중호우의 발생 빈도가 증가하여 농작물에 큰 피해를 주고 있다. 2014년도 보도자료에 의하면 4월 이상저온 및 5월 서리로 세종, 경기, 충남 등 7개 시도에서 사과, 배, 녹

차 등의 농작물 재배면적 3,571ha 가량 피해가 발생하였으며 5~6월 중 내린 급작스런 우박으로 인해 해당 지역의 농가에서 피해가 보고되었다(한국농촌경제연구원, 2014).

농업은 각종 이상기후 현상으로 인해 직접적인 영향을 크게 받는 산업이다. 농업지대의 기후 특성에 따라 지역에 알맞은 작물을 재배하더라도 고온이나 저온, 폭우, 일조부족, 가뭄 등의 뜻하지 않은 기상위험으로 인하여 농경지와 농작물이 피해를 입게 된다. 이러한 농업기상재해로부터 농작물을 과학적으로 관리하고 각



* Corresponding Author : Yong Soon Shin
(shinys@epinet.kr)

중 기상위험으로부터 대응 능력을 향상시켜 피해 영향을 완화시키기 위하여 농업현장에서는 동네예보나 기상특보 등의 기상정보를 적극 활용하고 있다. 기상청에서는 기상 현상으로 인해 재해 발생의 우려가 있을 때 이를 경고하기 위해 발표하는 기상정보로 기상 특보를 제공하고 있다. 기상청 특보는 전국 150개 시군과 특정 시군의 경우는 평지와 산간으로 구분되어 제공되고 있으나, 농업지대는 주로 분수계에 의해 구획되어 동일한 기후특성을 가지고 있는 집수역을 기준으로 구분 되어 있으며 남한지역은 840개 고유번호를 가지는 집수역으로 구성되어 있다. 따라서 본 연구는 시군 별 단위 특보를 집수역 단위 정보로 상세화하고 이를 특보강도와 시군 면적비율을 적용한 집수역 별 위험지수로 재설정하여 집수역 단위 특보로 제공하는 기상특보 서비스를 하고자 수행하였다.

또한 중장기적인 기상조건에 의한 지발성 냉해 또는 장기간의 일조부족 등의 기상위험은 장기적인 경과기상과 평년 기후의 평균과 표준편차를 이용하여 지발성 기상 위험지수를 산정하는 방법을 이용하였다. 76개의 정규 기상관측소에서 관측되는 매일의 실황자료에 대한 임의 기간의 경과기상과 기후학적 평년에 대비한 주 단위의 지발성 기상 위험지수를 공간분포로 표현하고 이를 집수역 단위로 공간평균값을 산출하여 남한 전역의 810개 집수역 별 기상위험분포를 상세화한 시스템을 구축하였다. 이러한 집수역 단위의 기상특보와 지발성 기상위험 발령은 Web GIS형태의 위험분포로 제공되며 영농속성으로 농장주소(재배작물과 필지지번)와 휴대폰 번호가 확보된 농가에 대하여는 문자서비스를 제공함으로써 필지 맞춤형 서비스(Yun *et al.*, 2013)를 제공할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

2.1. 집수역별 기상특보 서비스

2.1.1. 집수역 기상특보 위험지수 산출

기상특보는 요소 별로 위험도 발표 기준에 도달할 것이 예상될 때 해당 현상에 대한 주의보 및 경보가 발표된다(http://www.kma.go.kr). 2014년 현재 특보를 발표하게 되는 기상현상의 종류는 강풍, 풍랑, 호우, 대설, 건조, 해일, 한파, 태풍, 황사, 폭염 총 10가지 특보요소가 있으나 농업지대 또는 집수역과 관련성이 적은 풍랑, 해일을 제외한 8개 특보요소를 대상으로

하였다. 특보 구역은 전국 150개 시군과 특정 시군의 경우는 평지와 산간으로 구분되어 제공하고 있으며 특보 발령과 해제 시 특보구역별(시군 별)로 구분되는 특보문 파일이 생성되어 국가농림 기상센터로 전달된다. 기상 특보는 문자로 구성되어 있으며 이를 시군 단위 특보 구역에 따라 특보강도(주의보, 경보) 형태로 제공하고 있다. 국가농림기상센터로부터 발령 원문을 수신하고 특보 구역의 특보 요소 별 주의보, 경보 여부, 발령시간, 해제 시간 등을 읽어 들여 데이터베이스로 구성하였다. 집수역 특보 계산을 위하여 초기에 준비되어야 할 경계 자료로는 집수역 단위 벡터형 파일(분수계에 의해 구획되는 840개 소유역), 기상청 특보발령 영역 경계 벡터형 파일이 있다. 위 두 벡터형 셰이프 파일을 래스터 형태로 변환하고 집수역 별 시군 면적 비율을 계산하여 별도의 텍스트 파일로 저장하여 놓는다. 이 면적비율은 기상 특보가 발령된 시군이 속한 집수역 발령 면적을 계산하는데 사용하고 면적 집계 끝 위험도 발령 가중치에 적용되는 방식이다.

매 10분에 한번씩 자동화된 방법으로 특보 데이터베이스를 읽어 특보가 발령되거나 해제되면 특보 발령 구역과 840개 집수역 구역간의 면적 비율을 계산한다. 특보 발령 구역별 발령여부(발령은 0, 해제는 1)와 특

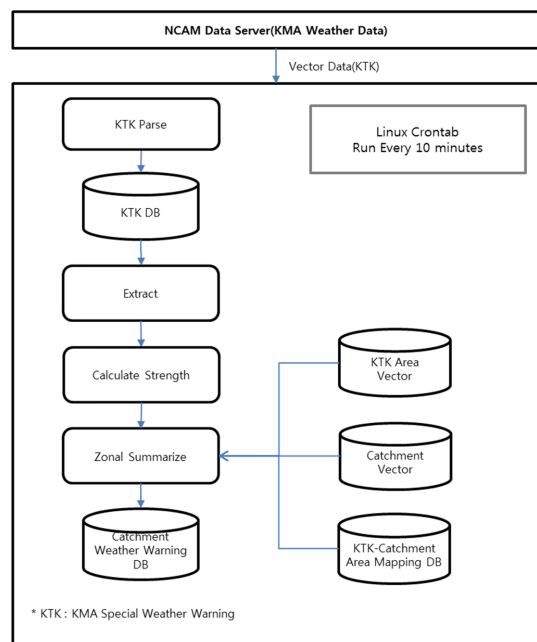


Fig. 1. Structure of Catchment Special Weather Warning Calculating.

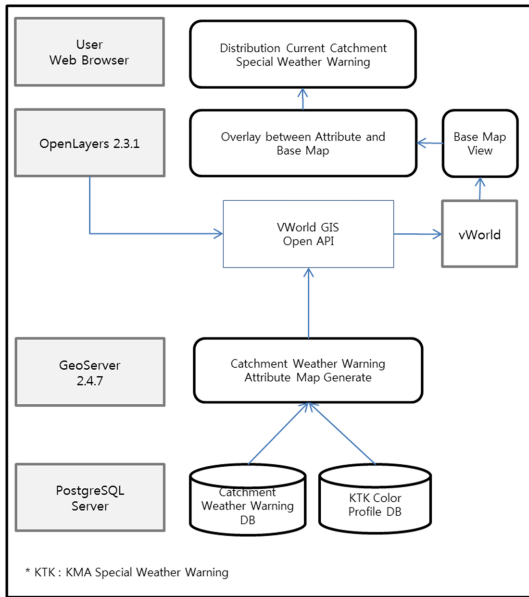


Fig. 2. Structure of Catchment Special Weather Warning Distribution GIS System interface with VWorld.

보 강도(주의보는 1, 경보는 2) 값을 곱하여 발령 가중치를 계산하고 앞에서 계산한 집수역 면적 비율에 따라 공간 집계를 0~10까지 정수로 표현하고 여기에 맞게 범례를 재설정함으로써 light-dark로 순차적인 위험도를 산정하여 집수역 단위 상세 기상특보 자료를 생성한다. 집수역 별 특보 결과는 발령 일자와 특보요소 그리고 집수역 코드 별로 데이터베이스에 저장한다

(Fig. 1).

2.1.2. 집수역 기상특보 발령

기상청 특보는 시군 단위 경계마다 주의보 경보형태의 특보 강도를 식별할 수 있도록 공간 분포 형태로 제공되고 있다(Fig. 3a). 본 과제에서는 집수역 별 기상 특보를 공간 분포 형태로 가시화하기 위하여 초기에 840개 집수역에 대한 Polygon 데이터를 Postgres SQL 데이터베이스 서버에 집수역 고유번호 별 Geo 데이터형식으로 저장하였다. 강풍, 호우, 한파, 건조, 태풍, 대설, 황사, 폭염 이상 8종의 특보 요소에 대하여 데이터베이스에 저장된 집수역별 특보 위험도를 집수역 상세 특보 발령 분포지도 형태로 그려내는 Web GIS 기술(Kim *et al.*, 2013)을 활용하였으며 GIS 도구로는 국토교통부 공간정보 유통 플랫폼인 VWorld의 GIS Open API를 활용하여 제공되는 국내 배경지도를 활용하였다(Oh *et al.*, 2013). 사용자의 요청시 GIS 클라이언트 라이브러리인 OpenLayers 2.13.1를 지도 표시 도구로 활용하였으며 보여질 집수역별 특보 위험분포지도는 오픈소스 GIS 서버인 Geo Server 2.4.7에 WFS(Web Feature Service)를 호출하여 GeoJson 방식으로 결과 자료를 받아 VWorld 배경지도에 중첩하여 표시하였다(Fig. 3b).

2.2. 집수역별 지발성 기상재해 서비스

관심연도의 장기적인 경과기상이 농작물 생육에 위

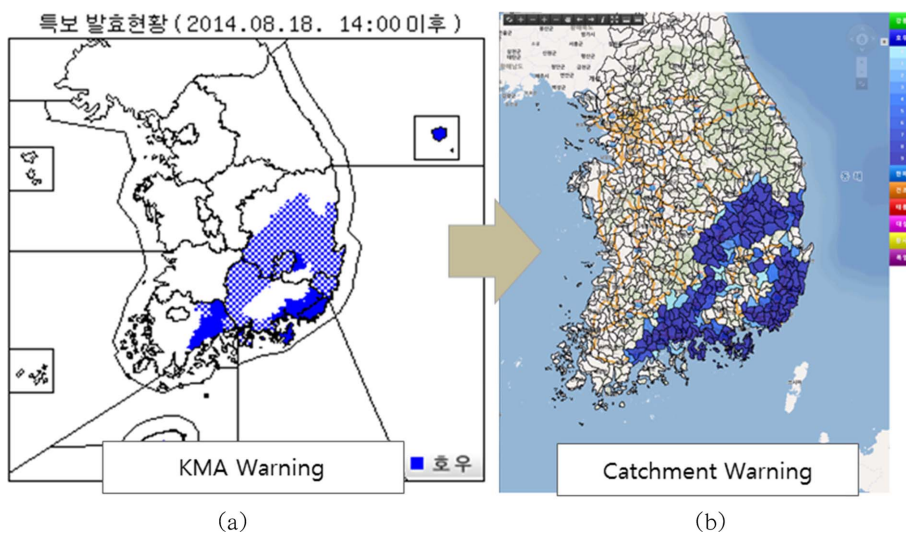


Fig. 3. Web User Interface of KMA Waring (a) and Catchment Waring (b).

험 수준이 되는지 여부는 과거 30년(1981-2010 평년)의 평균과 표준편차의 정규분포로부터 대체적으로 판정할 수 있다.

남한의 집수역에 대하여 임의시기의 기상위험지수는 그 시기의 기상조건이 해당 집수역의 평년기간의 평균치로부터 표준편차의 몇 배만큼 떨어졌는가에 따라 계산될 수 있다(Lee *et al.*, 2010).

표준화된 정규분포확률변수 Z 값으로 위험기상을 지수화하여 평년의 표준정규분포곡선 하의 현재 경과기상의 상대적 위치가 ± 1 구간을 벗어나는 경우부터 기상위험발령 기준으로 삼는다.

2.2.1. 집수역별 지발성 기상재해 산출

냉해위험을 계산하기 위한 집수역 단위의 입력자료는 기준온도 별(0, 10°C) 2종 * 적산기간별(4주, 8주) 2종으로 총 4종의 평년 GDD(Growth Degree Day)를 810개 집수역 별로 정리하여 텍스트 파일로 저장한다. 적산온도는 3월 1일부터 시작하여 적산기간 4주 세트는 총 40주차, 적산기간 8주 세트는 총 36주차의 집수역 평년 평균과 표준편차 자료로 되어 있다.

일조부족 위험을 계산하기 위한 입력자료는 적산기간별(4주, 8주) 총 2종의 평년 누적일조시수를 810개 집수역 별로 정리하여 텍스트 파일로 저장한다. 누적일조시수는 3월 1일부터 시작하여 적산기간 4주 세트는 총 40주차, 적산기간 8주 세트는 총 36주차의 집수역 평년 평균과 표준편차 자료로 되어 있다.

현재의 경과기상 계산을 위하여 76개 지점의 정규기상관측소의 관측자료를 데이터베이스로부터 읽어들이 Java 언어로 코딩된 역거리가중법 처리 프로그램을 이용하여 공간내삽된 매일의 일 최고기온과 일 최저기온 자료 배경기온 분포(Kim and Yun, 2010)와 일조시수 자료를 240m 공간해상도의 래스터(raster) 형식으로 저장한다. 전국 지발성 기상재해를 산출하기 위하여 810개 집수역 래스터 파일을 처리 대상 영역인 마스크 그리드(masking grid)로 읽어들이고 일 최고기온과 일 최저기온 자료, 일조시수의 28일간 및 56일간 래스터 파일을 읽어들이는다. 래스터 파일의 각 격자점의 적산온도와 누적일조시수를 계산한 뒤 이를 810개 집수역 별로 공간평균을 계산하여 집수역 별 실행값을 산출한다. 냉해와 일조부족에 대한 집수역 별 실행값을 평년 평균과 표준편차와 비교하여 정규분포확률변수 Z 값을 구함으로써 위험지수를 나타내었다. 위

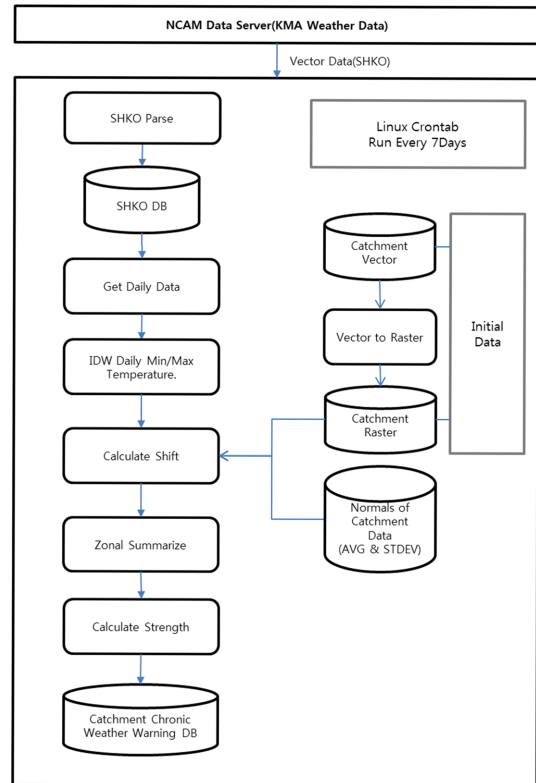


Fig. 4. Structure of Catchment Chronic Weather Warning Calculating.

험지수는 Z 값이 < -1 이면 안전, $-2 < Z \leq -1$ 이면 조금 위험, $-3 < Z \leq -2$ 이면 위험, $Z \leq -3$ 이면 매우 위험의 범례로 재설정하고 각각의 단계별 색상을 지정하여 이미지로 가시화하거나 텍스트 형태의 위험 발령을 위한 정보 전달 기준을 설정하였다(Fig. 4).

2.2.2. 집수역별 지발성 기상재해 발령

집수역 별 지발성 기상위험은 냉해, 일조부족에 대하여 적산기간 분류(28일, 56일)에 따른 공간 분포 형태로 가시화하기 위하여 앞서 기술된 집수역 기상특보와 같이 저장된 810개 집수역에 대한 Polygon 데이터를 활용하였다. 냉해 4종, 일조부족 2종의 지발성 기상위험에 대하여 현재 경과기상에 의거한 집수역 상세 냉해 및 일조부족 위험지수를 VWorld의 GIS Open API를 활용하여 국내 배경지도 위에 집수역 별 위험분포 지도형태로 중첩하여 표출하였다. 임의 집수역을 클릭할 시에는 해당 집수역의 평년대비 변이에 대한 속성값을 조회하고 지난 주간 기상위험지수의 변

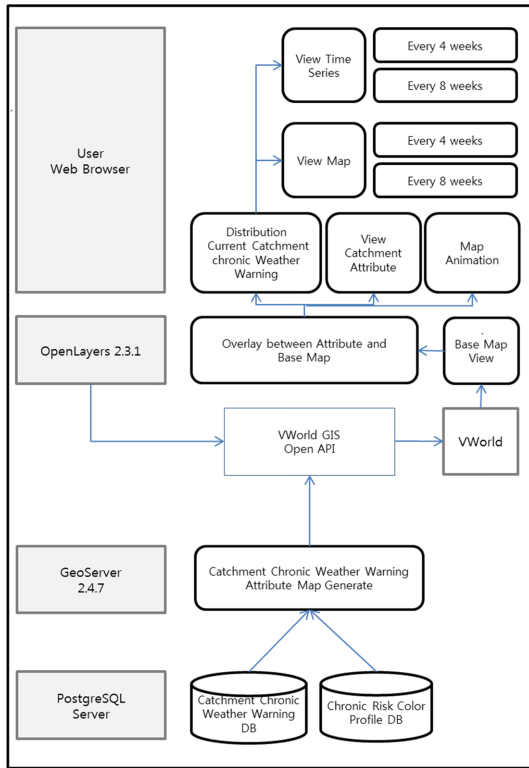


Fig. 5. Structure of Catchment Chronic Weather Warning Distribution GIS System interface with VWorld.

화를 시계열 그래프로 조회할 수 있도록 추가 정보를 제공한다(Jung *et al.*, 2013). 기상청의 레이다 영상 조회 기술과 같이 최근 몇 주간의 지발성 기상위험 변화를 분포지도 애니메이션 효과로 가시화하였다. 영농속성 중 필지 정보를 등록한 농가에 대하여 지적도상 필지 경계가 특보 발령 집수역 내에 존재한다면 지발성 기상위험 요소 별로 1주당 1회 SMS를 이용하여 문자 서비스를 제공하도록 하였다(Fig. 5).

III. 결과 및 고찰

3.1. 집수역 단위 기상특보 서비스 제공

기상청 특보를 집수역 단위로 공간 및 위험수준을 상세화하고 그 결과를 분포지도로 만들어 웹 GIS를 이용하여 표출하였다. 국토교통부에서 운영하고 있는 국가공간정보 유통시스템(<http://www.vworld.kr>)에서 제공하는 GIS용 API(Application Programming Interface)를 이용하여 배경지도를 활용하였으며 배경지도 위에 840개 집수역 경계를 표시하고 집수역 단위 특보위험

도를 색상으로 표출하였다. 기상청에서 제공하는 특보는 배경지도 없이 특보 구역 경계만을 표시하고 있는 것에 비하여 행정 구역 및 위성 영상을 포함하는 배경지도 위에 집수역 경계와 특보 상황을 표시함으로써 위험지역 식별이 용이한 장점을 가진다.

특보요소는 강풍, 호우, 대설, 건조, 한파, 태풍, 황사, 폭염으로 8개를 서비스하도록 구현되었다. 초기화면에서는 8개 특보요소 전체 분포를 표출하였으며 우측에 범례 이미지상에서 각각의 특보를 클릭하면 해당 특보의 분포가 표시되도록 하였다. 특보는 총 10단계의 위험도를 가지며 숫자가 낮을수록 안전한 상태, 높을수록 위험한 상태를 나타낸다. 특보 요소 별 기본색을 지정하고 세부적으로 0~9까지의 10단계를 그라데이션 색상표로 구성하여 위험도를 식별할 수 있게 하였다. 임의 집수역에 포함된 기상청 특보 시군의 특보 강도가 모두 경보인 상태라면 집수역 특보는 최고 등급인 9단계가 되는 방식이다. 기상청에서 발표되는 특보 발령/해제 상황과 일치되도록 집수역 특보를 동기화하였으며 기본적으로 현재 발효된 특보만을 서비스하고 특정 일시를 입력하여 그 시점의 과거 특보 분포를 조회할 수 있도록 하였다.

기상청에서 제공되고 있는 특보를 기준으로 집수역에 미치는 위험단계를 세분화함으로써 특보가 발령되지 않은 시군이 포함된 집수역안의 농지의 경우도 특

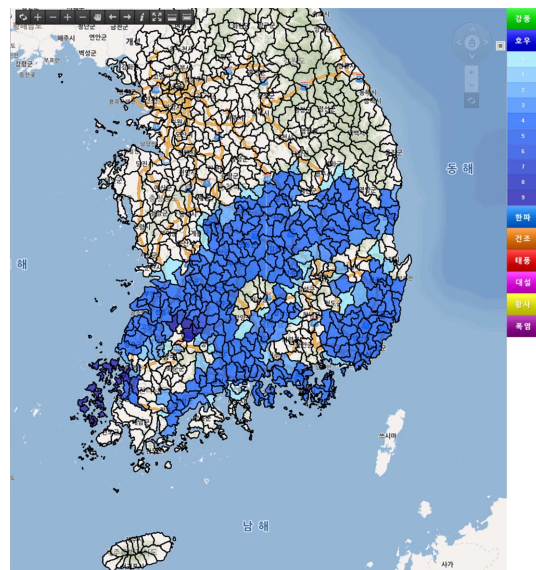


Fig. 6. Picture of Catchment Special Weather Warning Index GIS Service.

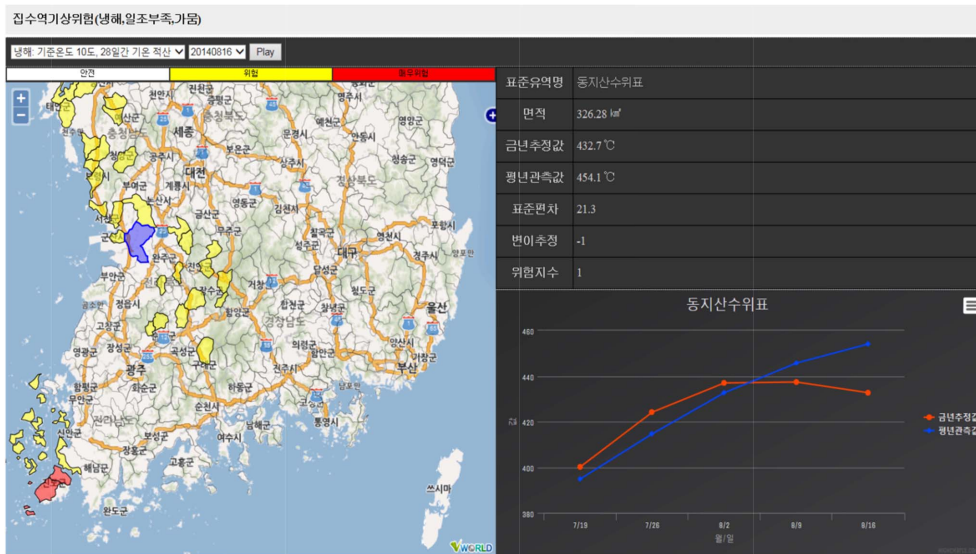


Fig. 7. Picture of Catchment Cold Damage GIS Service.

보의 강도에 따라 미치는 위험수준을 확인할 수 있게 되었다. 집수역 특보 데이터는 지리정보 형식으로 매일의 자료가 저장되고 있으므로 필지 지번이 등록된 농가에 대하여 지적도 상 필지 경계가 특보 발령 집수역 내에 존재한다면 필지 위치 맞춤 특보 서비스를 제공할 수 있다(Fig. 6).

3.2. 집수역 단위 지발성 기상재해 감시(냉해, 일조 부족)

기상청 76개 종관관측지점 일별 자료를 이용하여 810개 집수역별 지발성 기상위험을 계산하고 그 결과를 분포지도로 만들어 웹 GIS를 이용하여 표출하였다. 냉해는 기준온도 2수준(0, 10°C), 적산기간 2가지(4주, 8주)에 대하여 총 4개의 위험기상으로 분류하였고 일조부족은 적산기간 2가지(4주, 8주)에 대하여 총 2개의 위험기상으로 분류하였다. 정보 전달주기는 1주마다 매주 첫날에 발표되며 4주 적산기간의 위험정보를 기준으로 보았을 때 3월 29일부터 1주차의 냉해 또는 일조부족 위험정보를 분포도 형태로 서비스하게 된다.

전술한 3.2에서의 방법과 같이 국가공간정보 유통시스템인 VWorld의 GIS용 API 를 이용하여 국내 배경지도를 활용하고, 배경지도 위에 810개 집수역 경계를 GIS Server의 WFS(Web Feature Service)를 이용하여 표시한 뒤, 집수역별 냉해와 일조부족의 위험지수에 따라 색상으로 분포도를 표출하였다. 임의 기

간 기준일을 선택하면 해당일자의 지발성 기상위험지수 분포를 볼 수 있으며 분포도 상에서 임의의 집수역을 클릭하면 해당 표준유역명, 면적, 금년 추정값, 평년 관측값, 평년 표준편차, 정규분포확률변수값, 위험지수의 속성을 표시한다. 지발성 기상위험에 대한 임의의 집수역의 시계열 그래프는 선택된 년월일을 기준으로 과거 4주~8주 제공하며 해당년도와 경과기상의 적산값과 평년 평균값을 비교하여 라인 그래프로 제공한다. 해당 그래프는 프린터 출력이나 이미지 형태로 저장하여 내려받기를 할 수 있다. 또한 위험요소 선택 박스 오른쪽의 Play버튼을 클릭할 경우 선택일자부터 현재까지의 위험분포 지도를 애니메이션으로 제공한다. 시계열 그래프나 애니메이션 화면은 평년에 비해 현재의 기상이 어떤 수준으로 경과되어 왔으며 이로 인해 경과기상이 냉해나 일조부족 등의 기상위험에 도달하여 작물생육과 품질에 해를 끼치는 수준이 되었는지 추정할 수 있는 도구로 활용이 가능하다. 본 연구에서 개발된 집수역 단위 지발성 기상위험을 감시할 수 있는 체계를 활용하여 집수역 별 기후 특성을 토대로 집수역 규모보다 상세화된 필지 단위의 지발성 기상위험 감시 체계가 가능할 것으로 판단된다.

적 요

이 단보는 농업기상재해 조기경보시스템을 전국적인

현업서비스로 정착시키기 위한 초기단계 기술구현에 관해 설명한다. 먼저 집수역별 기상특보 서비스는 기상청에서 발표하는 기존 150개 시군단위 특보발생 여부를 공간통계기법에 의해 810개 집수역 단위의 순차적인 위험도로 표현하였다. 두번째로 집수역별 지발성 재해정보 서비스는 76개 정규기상관측소의 일별 자료를 토대로 810개 집수역의 중장기 경과기상을 주단위로 감시하여 같은 기간의 기후학적 평년기상에 대비한 현 시점의 만성적 재해위험을 상대지수로 표현하였다. 마지막으로 조기경보서비스 시범지역인 섬진강 하류 유역 내 자원농가에 대하여 재해위험을 필지별로 산출하여 개별적으로 전달하기 위한 기반을 마련하였다. 이들 세 종류의 정보를 국토교통부 공간정보 오픈 플랫폼 배경지도 위에 전국 집수역 및 시범지역 내 농장단위 재해위험 레이어로 중첩시켜 준실시간 지도 서비스를 구축하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 “기상이변 대응 농업기상재해 조기경보서비스 체계 구축(과제번호 : PJ01000706)” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

Yun, J. I., J. H. Kim, S. O. Kim, and D. J. Kim, 2013: User-specific agrometeorological service to local farming

community: A Case Study. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(4), 320-331. (in Korean with English abstract)

Lee, J. K., Y. J. Kim, and S. H. Jung, 2010: The climatological regional characteristics of the occurrence of extraordinary temperature events associated with crop cultivation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **12**(3), 157-172. (in Korean with English abstract)

Kim, S. O., and J. I. Yun, 2011: A quantification method for the cold pool effect on nocturnal temperature in a closed catchment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(4), 176-184. (in Korean with English abstract)

Jung, M. R., J. H. Kim, Y. E. Moon, and J. I. Yun, 2013: Implementation of a real-time data display system for a catchment scale automated weather observation network. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(4), 304-311. (in Korean with English abstract)

Kim, S. O., D. J. Kim, J. H. Kim, and J. I. Yun, 2013: Improving usage of the Korea Meteorological Administration's digital forecasts in agriculture: I. Correction for local temperature under the inversion condition. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(2), 76-84. (in Korean with English abstract)

Oh, M. W., H. J. Kim, and J. H. Koh, 2013: A study on the development of the tourism information service based on a service science - Focus on using VWORLD -. *Journal of Korea Spatial Information Society* **21**(1), 23-36. (in Korean with English abstract)

한국농촌경제연구원, 2014: 월간농정동향 6월호, 한국농촌경제연구원, 80p
<http://www.kma.go.kr> (2014.09.21).
<http://www.vworld.kr> (2014.09.22).