

기상기술정책



METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY



2013.

6

특집

국민의 행복 증진을 위한 "기상기후서비스 3.0"

칼럼 | 국민이 원하는 기상기후서비스 |

정책초점 | 기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향 |
| 지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언 |
| 기상기후서비스 혁신을 위한 기술경영 전략 |
| 자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화 |

논단 | 수요자 맞춤형 서비스를 위한 기상기술 고도화 방안 |

포커스 | 국민행복서비스 포럼 개최 후기 |



기상청

Korea
Meteorological
Administration

『기상기술정책』지는 범정부적인 기상·기후 분야의 정책 수요에 적극적으로 부응하고, 창의적인 기상기술 혁신을 위한 전문적인 연구 조사를 통해 기상·기후업무 관련 분야의 발전에 기여할 목적으로 발간 기획되었습니다.

본 『기상기술정책』지는 기상·기후 분야의 주요 정책적 이슈나 현안에 대하여 집중적으로 논의하고, 이와 관련된 해외 정책동향과 연구 자료를 신속하고 체계적으로 수집하여 제공함으로써 기상 정책입안과 연구개발 전략 수립에 기여하고자 정기적으로 발행되고 있습니다.

본지에 실린 내용은 집필자 자신의 개인 의견이며, 기상청의 공식의견이 아님을 밝힙니다. 본지에 게재된 내용은 출처와 저자를 밝히는 한 부분적으로 발췌 또는 인용될 수 있습니다.

원고모집

『기상기술정책』에서는 기상과 기후분야의 정책이나 기술 혁신과 관련된 원고를 모집하고 있습니다. 뜻있는 분들의 많은 참여를 부탁드립니다. 편집위원회의 심사를 통하여 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 지급하고 있습니다.

▶ 원고매수: A4 용지 10매 내외

▶ 원고마감: 수시접수

▶ 보내실 곳 및 문의사항은 발행처를 참고 바랍니다.

☞ 더 자세한 투고방법은 맨 뒷편의 투고요령을 참고바랍니다.

『기상기술정책』 편집위원회

발행인: 이일수

편집기획: 국립기상연구소 정책연구과

편집위원장: 남재철

편집위원: 김백조, 김금란, 임용한, 전영신,

배덕효, 이우성, 박중훈, 만기성

편집간사: 신진호, 김정윤, 박소연

발행처

주소: (156-720) 서울시 동작구 여의대방로16길 61 기상청

전화: 070-7850-6557 팩스: (02) 849-0668

E-mail: ni_pol@kma.go.kr

인쇄: 미래미디어

CONTENTS

특집 : 「국민의 행복 증진을 위한 "기상기후서비스 3.0"」

칼럼 03 _ 국민이 원하는 기상기후서비스 / 이일수

정책초점 06 _ 기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향 / 전종갑

15 _ 지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언 / 최호선

31 _ 기상기후서비스 혁신을 위한 기술경영 전략 / 박선영

48 _ 자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화 / 허종완·손홍민

논단 60 _ 수요자 맞춤형 서비스를 위한 기상기술 고도화 방안 / 김영준

포커스 73 _ 국민행복서비스 포럼 개최 후기 / 국립기상연구소 정책연구과

국민이 원하는 기상기후서비스



이일수
기상청장

국민행복, 경제부흥, 문화융성을 국정지표로 내건 새 정부가 출범하면서 우리 기상청도 정확한 기상예보서비스를 넘어 새 정부의 국정지표를 실현하는 기상기후서비스를 제공하는 데 역량을 모으고 있습니다. 현재 우리나라는 기상·기후 예측 능력을 세계 최고 수준으로 올리고 더 많은 맞춤형 기상서비스 개발이 필요한 때에 있습니다. 또한 기상·기후자료의 가치 제고와 기상기후 산업을 육성하는데 창조경제를 견인하고, 모두가 윤택한 여가 생활을 누릴 수 있도록 사회기반도 더욱 강화시켜야 할 때가 되었습니다.

지구온난화로 인한 급증하는 이상기상 현상으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고자 정확하고 신속한 기상예보서비스를 제공할 것입니다. 빈번해지는 국지적 위험기상에 대응하고자 초단기 예보능력을 24시간에서 36시간으로 연장하고, 재해 예방, 산업활동, 국민의 일상생활의 급증하는 수요를 대비고자 동네예보 예측시간을 48시간에서 72시간으로 연장 시켜 나갈 것입니다. 또한 산업 분야와 주말 야외 활동 등 생활 편의 증진을 위해 주간예보 대상 지역을 더욱 세분화되고, 예보 기간도 7일에서 10일로 확대하도록 하겠습니다.

지역별 맞춤 기상 서비스를 강화하여 기상재해로 인한 피해를 줄이고 나아가 가계 소득 증대까지 이어지는 선순환 구조를 열어야 합니다. 이를 위해 기상청은 작물 작황 예측서비스를 개발하여 고랭지 농업과 특용 작물 재배 농가에 제공하고, 어장·적조 관리에 필요한 해양환경변화정보 서비스를 개발하여 어장 수급 안정화를 돕도록 하겠습니다. 또한 재해현장 대응력 제고와 기상정보 전달 체계를 강화시키기 위해 지역기상담당관을 통한 유관기관과의 협력을 강화하고, 지자체 방재 담당자 전용 모바일서비스 제공도 강화해 나아가겠습니다.

기상기후 정보가치 생산을 위한 전남 갯벌지수(꼬막 산란시기, 고온·동사정보)와 제주 감귤지수(병충해 농약 살포시기, 기온·강수정보)를 개발하여 제공 중에 있습니다. 후자의 경우 농약 살포 횟수의 경감 등으로 연간 100억 원의 비용절감 효과와 더불어 영국의 우수농작물 인증을 받아 수출량이 2011년 500톤에서 2012년 1,550톤으로 무려 3배 이상 증가하는 성과를 올렸습니다. 또한 부산 연안의 미역생육지수인 고수온 예상 정보를 제공하여 양식장 수심조절을 도와 매년 11억 원의 경제적 효과를 내며, 장기적으로는 수온상승으로 인한 미역생육 가능기간 감소를 대비하여 대체 양식의 품종개량 계획 수립에 기여하고 있습니다. 덧붙여, 선진 장기예보 서비스 체계 구축을 통해 기온·강수량을 정량적으로 예보하고, 이상기후 조기경보가 가능해진 ‘확률장기예보’ 서비스를 통해 기상정보 이용자의 효과적인 의사결정을 효과적으로 지원하게 될 것입니다.

현재 기상장비의 전 세계 시장규모는 150억 달러 이상으로 평가 받고 있습니다. 따라서 기상청은 가용한 역량을 집중하여 국내 기상기후산업의 해외시장 진출을 촉진하고 관련 국산 기술 개발을 이끌도록 하겠습니다. 현재 중소기업청과 협력하여 시장·현천 관측시스템, 서리 이슬 센서 등 6건의 장비를 개발하고 있으며, 확보된 기술은 정부 R&D 기술이전·사업화를 통해 국내 기상관련 기업의 경쟁력 강화에 도움을 줄 것으로 기대하고 있습니다. 또한 기상산업기술 통합정보시스템을 구축·운영하고, 기상기업의 현장 애로사항을 적극적으로 해소하여 기상산업 지원 정책을 전략적으로 펼쳐나갈 것이며, 위성수신 시스템 공여, WMO 정보시스템 체계 구축, 항공기상업무 현대화 사업 지원 등 개도국 지원 사업을 통해 구축된 국제적 신뢰 관계를 기상기후산업의 경쟁력 강화와 기상영토 확장에 활용하도록 하겠습니다.

정책 초점

기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향

| 전종갑

지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언

| 최호선

기상기후서비스 혁신을 위한 기술경영 전략

| 박선영

자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화

| 허종완·손홍민

기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향

전종갑 서울대학교 명예교수 jgjhun@snu.ac.kr

- I. 기상기후 정보의 시대적 니즈
- II. 국민생활 편익 향상을 위한 기상기후 정보
- III. 맞춤형 기상기후 정보 생산을 위한 제언

오늘날 우리는 고도산업화와 정보화 시대에 경제적으로 풍요로운 환경 속에 살면서 보다 편리하고 안전한 생활을 염원하고 있다. 경제가 발전하면서 국민들의 생활 패턴은 많이 달라지고 있으며 다양한 형태의 여가 문화가 자리 잡아 가고 있다. 이와 같은 환경 변화에 따라 기상기후 정보에 대한 관심이 날로 높아 가고 있고, 보다 다양하고 정확한 기상기후 정보를 우리 사회는 요구하고 있다.

앞으로 계속될 기후변화가 다양한 산업에 미칠 영향은 엄청날 것이므로 이를 대비하기 위하여 총력을 기울여야 할 때가 도래하였다. 미래의 기후가 어떻게 달라질 것인지 파악하는 것도 중요하지만 이 같은 기후 변화가 산업 전 분야에 미칠 영향 평가 또한 소홀히 해서는 안 된다. 이를 위해서도 미래의 산업 사회에서 가장 적합한 기후 정보를 생산하여 수요자에게 맞춤형으로 제공해 주어야 한다. ■

“사회가 요구하는
기상기후정보 제공의
필요”

I. 기상기후 정보의 시대적 니즈

오늘날 우리는 고도산업화와 정보화 시대에 경제적으로 풍요로운 환경 속에 살면서 보다 편리하고 안전한 생활을 염원하고 있다. 경제가 발전하면서 국민들의 생활 패턴은 많이 달라지고 있으며 다양한 형태의 여가 문화가 자리 잡아 가고 있다. 이와 같은 환경 변화에 따라 기상기후 정보에 대한 관심이 날로 높아 가고 있고, 보다 다양하고 정확한 기상기후 정보를 우리 사회는 요구하고 있다. 정보통신 기술을 비롯한 첨단 과학기술이 급속히 발전하면서 이에 걸맞게 국민들은 고급 기상기후 정보를 원하는 추세이다.

지구 온난화가 지속되면서 전 지구적으로 위험 기상이 빈발하고 있으며 그 강도가 점점 강해지는 요즈음 우리나라도 이상기상이 시시 때때로 발생하여 많은 재해를 일으키고 있다. 최근 들어 각종 기상 기록들이 깨어지고 있고 앞으로 기상현상들이 더 격렬해질 것으로 예상되고 있어서 국민 생활에 더욱 큰 불편을 초래할 뿐만 아니라 국민의 생명과 재산에 위협이 가중될 것이 분명하다. 이와 같은 환경 속에서는 기상정보가 보다 정확해야 할 뿐만 아니라 신속히 국민들에게 전달되어야 한다.

앞으로 계속될 기후변화가 다양한 산업에 미칠 영향은 엄청날 것이므로 이를 대비하기 위하여 총력을 기울여야 할 때가 도래하였다. 미래의 기후가 어떻게 달라질 것인지 파악하는 것도 중요하지만 이 같은 기후변화가 산업 전 분야에 미칠 영향 평가 또한 소홀히 해서는 안 된다. 이를 위해서도 미래의 산업 사회에서 가장 적합한 기후 정보를 생산하여 수요자에게 맞춤형으로 제공해 주어야 한다.

전종갑 외 5인 (1999)¹⁾은 “기상청 기상기술 및 정책의 중·장기 발전 방안에 관한 연구”에서 2010년까지 기상업무에 영향을 줄 10대 주요 환경변화 요인을 제시하였다. 이 10대 요인은 1) 정보화시대의 도약, 2) 과학의 복합학문화, 3) 관측기기의 발달, 4) 수치시뮬레이션의 도약, 5) 국지 악기상에 대한 예측가능성 증가, 6) 기후문제의 부각, 7) 환경문제의 부각, 8) 기상정보의 상업화 문제, 9) 예보의 세계화 추세, 10) 기상정보의 부가가치 증대 등이다. 이 모든 요인은 결국 기상기후 정보의 필요성 증대와 연결되어 있고 앞으로도 이 10대 요인은 당분간 변하지 않을 것으로 예상된

“국민의 삶의 질 향상에
필수불가결한 요소인
기상기후 정보”

다. 아울러 이 연구에서는 미래 환경 전망도 제시하고 있는데 변화된 미래에서 기상기후 정보는 더욱 가치가 높아질 것이다. 이와 같은 차원에서 우리 사회의 현재 그리고 미래에 필요한 기상 및 기후 정보의 가치를 평가해 보는 것 또한 유익한 일일 것이다. 그러므로 이 시기에 모든 국민의 일상 생활에 안전과 편익을 주는 기상기후 정보의 필요성에 대하여 심도 있게 논의해 보는 것은 매우 의미 있는 일이라 생각된다.

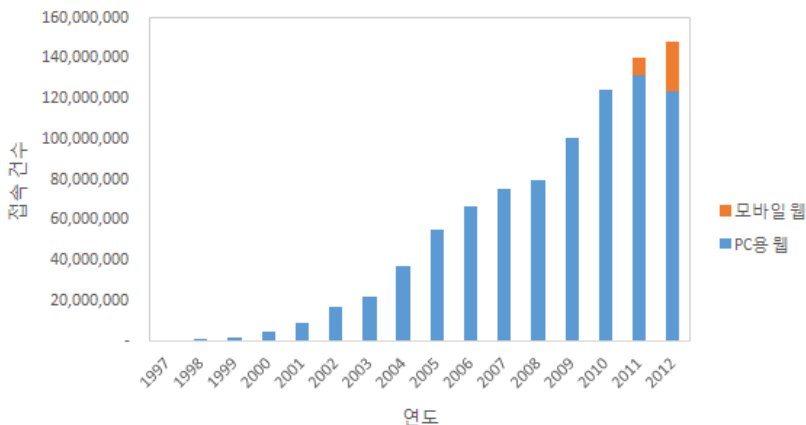
II. 국민생활 편익 향상을 위한 기상기후 정보

국민 생활이 보다 편해지고 국민에게 유익을 주는 국가 정책이야말로 최상의 정책일 것이다. 모든 정부 기관의 존재 이유가 국민을 위한 것임을 감안하면 기상청이 야말로 매일 매일의 일상 생활과 직결되어 국민과 직접적으로 원활히 소통해야 하는 국민을 위한 정부 기관임에 틀림없다. 국민 중 어느 한 사람들도 기상기후 정보 없이 안락한 삶을 누릴 수 있겠는가? 이제는 국민의 삶의 질 향상 차원에서도 기상기후 정보는 필수 불가결한 요소가 된 것이다.

그러면 요즈음 우리 국민은 기상기후 정보에 어느 정도 관심을 갖고 있을까? 이 관심도를 객관적으로 판단할 수 있는 자료는 기상청 대표 홈페이지(2)에 접속한 건

수일 것이다. 기상청이 제공한 대표 홈페이지 접속 건수는 연도별로 그림 1에 나타나 있다. 1997년부터 2012년까지 이 접속 건수는 기하급수적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 우리나라의 IT 기술이 급속히 발달한 영향을 받은 측면도 있겠지만 홈페이지 접속 건수는 최근 들어 급증하는 추세를 보이

[그림 1] 기상청 대표 홈페이지 연도별 접속 건수 (1997~2012).



“세밀하고 정확한 최적의
맞춤형 기상기후 정보
필요”

고 있다. 2010년 7월부터는 모바일 웹으로도 기상청 홈페이지에 접속할 수 있도록 하여 PC로 접속한 건수가 2012년에 감소하기는 했지만 모바일 웹으로 접속한 건수를 합치면 2012년도에도 2011년에 비하여 증가한 것이 뚜렷하다. 이처럼 기상기후 정보에 대한 국민의 관심이 높아져 왔으며 앞으로도 이 증가 추세는 계속 이어질 전망이다.

1. 기상기후 정보란?

여기서 잠시 기상 정보와 기후 정보를 나누어 생각해 보고자 한다. 기상 정보는 매일 매일 바뀌는 날씨 정보를 의미한다고 볼 수 있으며 기후 정보는 장기간의 날씨를 평균한 정보를 뜻한다고 말할 수 있다. 좀 더 구체적으로 말하면 기상청에서 발표하는 초단기예보부터 주간예보나 중기예보 정보를 포함하여 각종 특보에 대한 정보를 망라한 예측 정보가 기상 정보일 것이고, 계절예보를 비롯하여 이보다 더 긴 기간의 장기예보 정보는 적어도 3개월 이상의 평균 상태를 나타내는 정보이므로 기후 정보라 할 수 있다. 물론 기상청에서 발표하는 생활과 관련된 각종 기상 지수도 기상 정보임에 틀림없고, 과거 30년의 장기간 평균 상태를 나타내는 기후 값과 기후변화 시나리오에 의한 미래 기후 산출물도 기후 정보에 속할 것이다. 이처럼 기상 정보와 기후 정보로 나누어 볼 때 기상 정보는 현 기상 상황이나 가까운 미래 기상 상황에 대처하는 데 도움을 줄 것이고, 기후 정보는 보다 먼 미래의 기후에 적응하는 데 요긴하게 사용될 것이다. 따라서 대부분의 일반 국민들은 기상 정보를 필요로 하겠지만 국가적 또는 정부적으로 장기 기획을 수립할 때나 기업에서 기업 발전을 위해 장기 계획을 세울 때는 기후 정보가 필요불가결할 것이다.

2. 국민이 원하는 기상기후 정보

그러면 국민들이 원하는 기상 및 기후 정보는 어떤 것일까? 시대가 변하고 산업이 고도화·다양화하면서 원하는 기상 및 기후 정보도 변하여 왔고 앞으로도 이 정보는 계속 바뀔 것이다. 우리나라가 1차 산업에서 2차, 3차 산업을 거치며 점점 고

“재해 저감을 위한
위험기상 정보의
필요”

도화 되어 가는 상황에서 필요로 하는 기상기후 정보는 상당히 다양화되었는데 이것은 당연한 현상이라 여겨진다. 아울러 경제가 발전하면서 여가 선용이나 각종 스포츠 행사 등에도 기상 정보가 더욱 중요해졌다. 그동안 우리나라의 산업이 고도화되고 다양화되었을 뿐만 아니라 국민 경제 수준이 높아진 관계로 국민들은 보다 세밀하고 정확한 최적의 맞춤형 기상기후 정보를 필요로 하게 된 것이다. 앞으로 사회가 더 복잡해지고 산업이 더 다양화될 것이므로 이에 따라 보다 다양하고 정확한 기상기후 정보의 요구가 커질 것은 분명하다.

앞에서 언급한 모든 점들을 고려한다면 국민들이 필요로 하는 기상기후 정보는 다음과 같이 크게 4가지로 분류할 수 있다.

- (1) 재해 저감을 위한 위험기상 정보
- (2) 여가와 국민 건강을 비롯한 일상 생활을 위한 날씨 정보
- (3) 중장기 계획을 위한 계절예측 등 기후 정보
- (4) 기후변화 등 초장기 기획을 위한 미래 기후 정보

이 4가지 분류의 기상기후 정보를 하나씩 구체적으로 살펴보기로 한다. 이 중에서 가장 시급하고 국민들의 생명과 재산을 보호하는 차원에서 필요한 정보는 “재해 저감을 위한 위험기상 정보”일 것이다. 이 정보는 지구촌 곳곳에서 일어나고 있는 초대형 기상 재해가 날로 심각해지는 요즈음 절실히 필요한 정보이다. 우리나라의 4대 재해기상 현상인 태풍, 집중호우, 폭설 및 가뭄을 포함하여 황사, 벼락, 우박, 강풍, 해일, 한파 및 안개 등으로 입는 피해는 엄청나다. 따라서 기상지진기술개발사업단(2011)에서는 4대 재해기상 예측연구에 최우선 순위를 두고 있다. 여기서 언급한 위험기상 현상은 큰 재산 피해를 일으킬 뿐만 아니라 인간의 고귀한 생명까지도 빼앗아가기 때문에 위험기상 정보는 가능한 한 정확해야 하고 가급적 신속히 국민에게 전달되어야 한다. 현재 기상청에서는 11 종류의 기상 특보(주의보와 경보)를 발령하고 있다(표 1참고). 이 모든 기상 특보는 정확할수록 그리고 발령 선행시간이 길수록 더 가치 있는 정보가 된다. 앞으로 기상 특보에 대한 정보는 지역별과 산업별 등으로 더욱 세분화되어 이에 대한 상세 정보가 필요하게 될 것이다. 예

<표 1> 우리나라 기상청에서 발령하는 기상특보의 종류와 발령기준

종류	주의보	경보
강풍	육상에서 풍속 14m/s 이상 또는 순간풍속 20m/s 이상이 예상될 때. 다만, 산지는 풍속 17m/s 이상 또는 순간풍속 25m/s 이상이 예상될 때	육상에서 풍속 21m/s 이상 또는 순간풍속 26m/s 이상이 예상될 때. 다만, 산지는 풍속 24m/s 이상 또는 순간풍속 30m/s 이상이 예상될 때
풍랑	해상에서 풍속 14m/s 이상이 3시간 이상 지속 되거나 유의파고가 3m 이상이 예상될 때	해상에서 풍속 21m/s 이상이 3시간 이상 지속 되거나 유의파고가 5m 이상이 예상될 때
호우	6시간 강우량이 70mm 이상 예상되거나 12시간 강우량이 110mm 이상 예상될 때	6시간 강우량이 110mm 이상 예상되거나 12시간 강우량이 180mm 이상 예상될 때
대설	24시간 신적설이 5cm 이상 예상될 때	24시간 신적설이 20cm 이상 예상될 때. 다만, 산지는 24시간 신적설이 30cm 이상 예상될 때
건조	실효습도가 35% 이하로 2일 이상 계속될 것이 예상될 때	실효습도가 25% 이하로 2일 이상 계속될 것이 예상될 때
폭풍해일	천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정	천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정
지진해일	한반도 주변 해역(21N-45N, 110E- 145E) 등에서 규모 7.0 이상의 해저 지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일 파고 0.5~1.0m 미만의 지진 해일 내습이 예상될 때	한반도 주변 해역 (21N-45N, 110E- 145E) 등에서 규모 7.0 이상의 해저 지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일 파고 1.0m 이상의 지진 해일 내습이 예상될 때
한파	10월~4월에 다음 중 하나에 해당하는 경우 ① 아침 최저기온이 전날보다 10℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때 ② 아침 최저기온이 -12℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 ③ 급격한 저온현상으로 중대한 피해가 예상될 때	10월~4월에 다음 중 하나에 해당하는 경우 ① 아침 최저기온이 전날보다 15℃ 이상 하강하여 3℃ 이하이고 평년값보다 3℃가 낮을 것으로 예상될 때 ② 아침 최저기온이 -15℃ 이하가 2일 이상 지속될 것이 예상될 때 ③ 급격한 저온현상으로 광범위한 지역에서 중대한 피해가 예상될 때
태풍	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우, 폭풍해일 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것으로 예상될 때	태풍으로 인하여 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 ① 강풍 (또는 풍랑) 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 ② 총 강우량이 200mm 이상 예상될 때 ③ 폭풍해일 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때
황사	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM10) 농도 400 μ g/㎥이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지(PM10) 농도 800 μ g/㎥이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때
폭염	6월~9월에 일최고기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때	6월~9월에 일최고기온이 35℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때

“국민의 여가와 건강을
비롯한 일상생활을
위한 날씨정보와
중장기 계획을 위한
계절 예측 필요”

를 들면, 강풍이 예상될 때 특히 선박이나 항공기 운항 지역에, 그리고 과수원 및 비닐하우스 등이 위치한 지역에 지역별로 적절한 맞춤형 강풍 정보를 제공하는 것이 필요하다. 대설의 경우에도 차량 통행이 빈번한 고속도로나 겨울철 비닐하우스 밀집 지역에는 폭설에 대한 상세 정보가 다른 곳에 비하여 더 절실할 것이다. 이처럼 앞으로는 기상 특보 종류에 따라 지역별·산업별로 보다 상세한 기상정보로 특화시킬 필요가 있다.

두 번째로 분류된 “여가와 국민건강을 비롯한 일상 생활을 위한 날씨 정보”도 국민의 삶의 질 향상을 위해 꾸준히 그 수요가 늘어날 것으로 예상된다. 경제적으로 여유가 생기면서 여가를 즐기려는 사람들이 늘어나고 국민 수명 100세 시대에 접어들면서 많은 사람들이 건강에 관심이 높아져서 여가와 건강에 관련된 기상정보를 더 찾고 있는 것이 현실이다. 최근 들어 등산과 스포츠 인구가 급증하고 있는데, 이처럼 사람들이 많이 모이는 곳에서 안전하고 쾌적한 취미 생활을 즐길 수 있도록 이에 알맞은 기상 정보는 꼭 필요해 보인다. 그 밖에도 계절에 따라 여가 활용이 다양해져서 봄철에 꽃, 여름철에 해수욕, 가을철에 단풍, 겨울철에 스키나 스노보드 등을 즐기려는 사람들이 늘어나고 있는 추세이므로 이들을 위한 맞춤형 기상정보도 국민들의 행복 지수를 높이는 데 기여할 것이다. 더욱이 지금 기상청이 발표하고 있는 생활기상지수는 국민들의 건강에 도움을 주는 귀한 기상정보이다. 현재 기상청은 자외선지수, 식중독지수, 열지수, 부패지수, 불쾌지수, 체감온도, 동파가능지수, 동상가능지수 그리고 대기오염소산지수 등 9개의 생활기상지수를 서비스하고 있다. 이 밖에도 지방기상청에서는 그 지방에 필요한 생활기상지수를 개발하여 지역 주민을 위해 서비스하고 있다. 예를 들어 광주지방기상청에서는 개펄지수와 뱀멀미지수를 개발하여 주민을 위해 필요한 정보를 공급하고 있다. 앞으로 산업과 생활이 더 다양해질 수 있으므로 이에 적합한 생활기상지수가 더 개발되어 국민들에게 제공될 필요가 있다.

세 번째 부류인 “중장기 계획을 위한 계절예측, 6개월 예측 또는 1년 예측 같은 기후 정보”는 특히 기업 차원에서 꼭 필요한 정보이나 예측 자료의 신빙성이 현재로서

“기후변화 등 장기
계획을 위한 미래기후
정보 필요”

는 그리 높지 않아 개발할 여지가 많이 남아 있는 분야의 정보이다. 계절예측 기후 정보는 제조업 분야에서 제품 생산량 조절 및 판매에 필수 불가결한 것이므로 제조 업체는 보다 정확한 고급 정보를 꾸준히 요구하게 될 것이다. 따라서 계절예측을 비롯한 이보다 더 긴 장기예측의 정확성을 높여 국민들의 필요성을 채워 주어야 하는 것이 시급하다. 기상지진기술개발사업단(2012)에서도 이 점을 감안하여 연구의 우선 순위를 높여 이 분야의 시급성을 강조하고 있다.

마지막으로 국민들이 필요로 하는 기상기후 정보의 네 번째 부류인 “기후변화 등 장기 계획을 위한 미래 기후 정보”는 50년이나 100년 후 미래의 기후에 적응하며 국민이 편안하게 삶을 영위하기 위하여 필요한 정보이다. 과거 50년 내지 100년 전에 비하여 오늘날의 기후는 크게 변하여 산업 전반에 걸쳐 적지 않은 영향을 미쳐 왔다. 농업 분야를 비롯하여 수산업, 과수원업, 임업 등 그 변화 정도는 엄청나다. 앞으로 미래 50년, 100년 후의 변화된 각종 산업의 모습은 미래의 기후변화가 과거의 기후변화보다 더 클 것으로 예상되기 때문에 상상하기 어려울 정도이다. 그러므로 미래 기후를 가능한 한 잘 예측하고 좋은 정보를 제공함으로써 행복한 미래를 준비 하게 하는 것이 중요하다. 이와 같은 먼 미래의 기후정보는 국가 차원에서 지속적인 국민의 삶의 질 향상을 위한 장기 기획에 절대 필요하다. 지구 온난화로 인하여 위험기상이 더 자주 그리고 더 격렬하게 나타날 것으로 많은 기후 모델들은 예상하고 있다. 그러나 아직은 기후 모델들의 불확실성 때문에 예측 결과에 대한 모델 사이의 차이가 적지 않은 상황이다. 가까운 장래에 국가와 국민들이 미래에 대한 고급 기후정보를 요구할 것이 분명하므로 모델들의 불확실성을 속히 극복하여 행복한 미래를 위한 품질 좋은 초장기 예측 기후정보를 준비해야 할 것이다.

III. 맞춤형 기상기후 정보 생산을 위한 제언

시간이 갈수록 기상 현상은 전 지구적으로 점점 격렬해지고 있고 그로 인한 피해는 급증하고 있다. 특히 최근 들어 슈퍼 태풍과 초대형 토네이도뿐만 아니라 크고

“ 기상기후 정보의
사용빈도 추세
분석 및 예측이
필요하며 수요에
맞는 맞춤형
기상기후 정보의
생산 요구됨 ”

작은 지진이 지구촌 곳곳에서 빈번히 발생하여 많은 인명과 재산 피해를 입히고 있다. 지구 온난화와 같은 기후변화로 인하여 이와 같은 위험 기상은 더욱 자주 발생하고 강도 또한 증가할 것으로 예상되므로 국민의 안전을 위해서도 기상 및 기후 정보를 고급화할 필요가 있다. 한편 경제적으로 더욱 여유가 생겨서 여가 선용과 건강한 생활을 영위하기 위한 욕구가 앞으로 더 커질 것이므로 이에 대한 다양한 맞춤형 기상 정보의 필요성도 점증할 것이다. 아울러 산업 분야에서도 산업 발전을 위한 기후정보 또한 꾸준히 그 요구가 다양해지고 많아질 것이 분명하다. 우리 후손들이 살아가야 할 미래 시대에 편안한 삶을 영위하기 위해서도 기후변화에 따른 미래 기후의 고급 정보는 국가적으로 그 수요가 크게 증가할 것이다.

그러므로 미래의 국민 생활을 보다 더 편안하고 유익하게 만들기 위한 기상기후 정보의 요구가 크게 증가할 것으로 예상됨에 따라 다음과 같은 사업을 추진할 것을 제안한다.

- 1) 기상기후 정보는 지금까지 어떤 기상요소들이 어디에 활용되었는지 그리고 이 정보의 사용 빈도 추세는 어떠한지 철저한 분석을 하자.
- 2) 기상기후 정보가 앞으로 어느 분야에서 어떤 형태로 얼마나 많이 활용될 수 있을지 예측하자.
- 3) 미래의 국민들이 필요로 하는 맞춤형 기상기후 정보를 생산하자.
- 4) 이 모든 일을 성공적으로 수행하기 위하여 가칭 국가자료센터를 설립함으로써 국민을 행복하게 만들자.

참고문헌

- 기상지진기술개발사업단(2011), 기상기후지진기술개발사업 3단계 기획연구. 기상지진기술개발사업 연구보고서 CATER 2011-5319, 기상청, 332pp.
- 기상청, <http://www.kma.go.kr/>
- 전종갑 외(1999), 기상청 기술개발 및 정책의 중·장기 발전 방안에 관한 연구. 과학기술정책연구원 정책연구 99-16, 172pp.

지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언

최호선 한국원자력안전기술원 선임연구원 k497chs@kins.re.kr

- I. 한반도에 맞는 지진 대비는 어떻게
- II. 지진통보와 조기경보 방향
- III. 지진조기경보 역량 강화를 위한 제언

지진에 대한 정보를 신속하게 전달하기 위해서는 한반도 지진특성에 대한 기초 연구와 이 정보를 효율적으로 전달할 수 있는 기술을 개발하는 ‘전문 분야’와 국민들에게 관련 정보나 교육, 훈련 등의 서비스를 제공하는 ‘일반 분야’로 나누어 생각할 수 있다. 지진에 대해 아무리 많은 연구를 수행하고, 전달기술을 향상시켰다 하더라도, 국민들이 이해하기 어려운 언어로 전달하고 이를 실생활에서 실천할 수 없다면 지진에 대한 대비는 허공을 향한 허무한 외침소리에 지나지 않을 것이다. 따라서 본고에서는 효과적인 지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언을 제시하겠다. ■

“한반도 지진 과연 안전한가?”

I. 한반도에 맞는 지진 대비는 어떻게

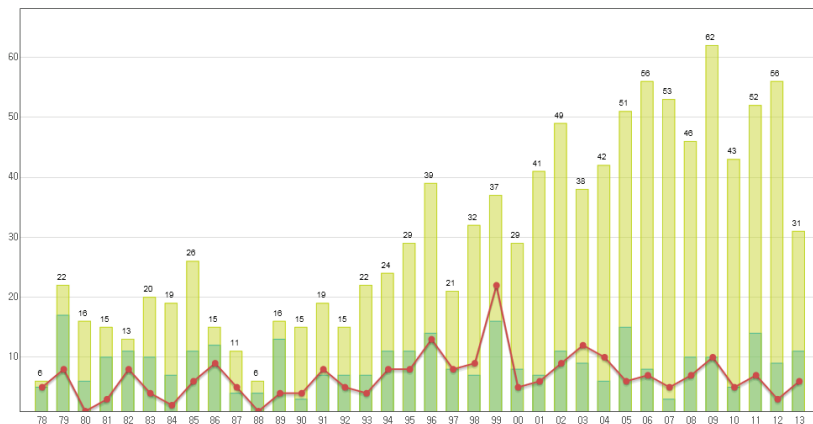
한반도는 지진에 대해 비교적 안전한 곳이라고 알려져 왔다. 전 세계적으로 지진으로 인해 숨은 인명 및 재산피해가 속출하고 있지만, 근래 한반도에서 태풍, 홍수, 폭설 등 다른 자연재해에 비해 지진에 의한 별다른 피해가 없었다는 점이 이를 뒷받침한다. 지진발생과 관련한 통계에서도 이런 점을 확인할 수 있다. 기상청에 따르면, 규모 3.0 이상 지진은 1년에 약 10회, 규모 4.0 이상 지진은 1년에 약 1회, 한반도 전역에서 흔들림을 느낄 수 있을 정도인 규모 5.0 이상 지진은 1년에 약 0.1회 정도 발생한다(그림 1 참고).

일본에서는 규모 4.0 이상 지진이 1년에 약 370회 정도 발생하고, 규모 5.0 이상 지진이 1년에 약 50회 발생한다. 일본 국민들은 우리 국민들이 1년에 한 번 체험하는 지진에 의한 흔들림을 매일 체험하고 있으며, 10년에 한 번 체험하는 흔들림을 한 달에 네 번 이상 체험하고 있다는 것을 의미한다. 일본에 방문했던 우리 국민들이 지진발생 후 당황하고 어쩔 줄 몰라 할 때, 일본 국민들은 대단히 침착하고 태

연하더라는 것이 이해되는 대목이다.

우리나라에서 규모 4.0~5.0 사이 중규모 지진이 발생하면 뉴스의 첫머리를 장식할 때가 종종 있는데, 2013년 4월 21일 전남 신안군 흑산면 북서쪽 해역에서 발생한 규모 4.9 지진과 2013년 5월 18일 인천 백령도 남쪽 해역에서 발생한 규모 4.9 지진 등이 그 예이다. 이런 뉴스에서 항상 다루는 것은 ‘한반도 과연 안전

[그림 1] 기상청이 발표한 연도별 지진발생횟수(1978년 8월~2013년 5월). 녹색 및 연두색 막대그래프는 규모 3.0 이상 및 총 지진발생횟수를 의미하며, 붉은 점선은 유감지진 횟수를 의미한다. 총 지진발생횟수는 규모 2.0 이상 지진을 기준으로 한다. 엄격하게 말하면 지진이 발생했지만 관측하지 못했을 경우도 있을 것이므로 지진발생횟수보다는 지진관측횟수가 올바른 표현이라고 생각된다. 그림은 국가지진종합정보시스템에서 발췌하였다.



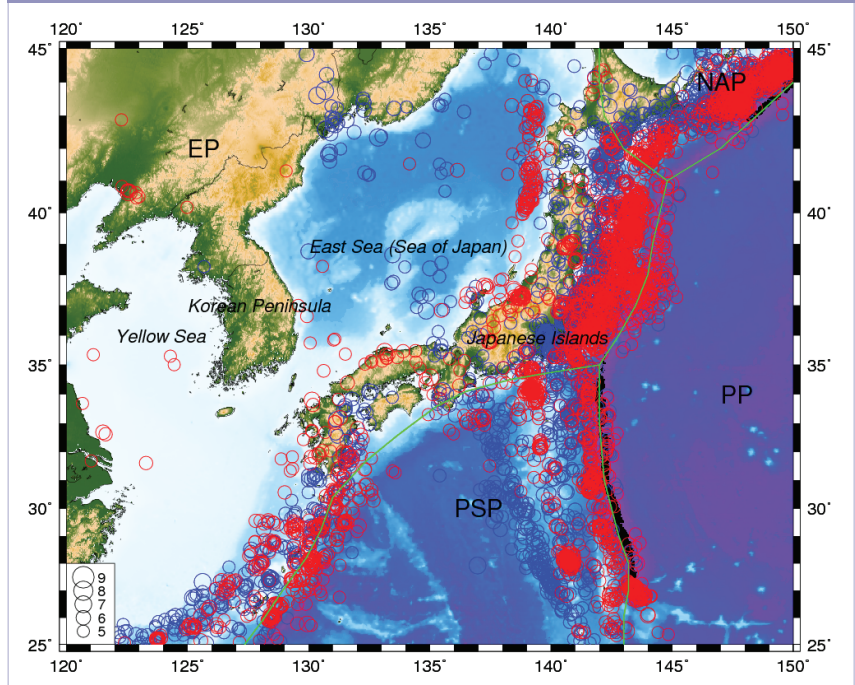
“ 자연은 항상 불확실한 특성이 있어 과학이 미처 지진에 대해 밝힐 수 없는 점들도 부지기수 ”

한가?’, ‘국내 주요시설 지진에 무방비’ 등의 기사이다. 이에 대해 국민을 안심시키기 위한 답변으로 ‘지진이 많이 발생하는 판과 판 경계부에 위치하는 일본과는 달리 한반도는 이런 판 경계부로부터 수 백 km 이상 떨어져 있고, 판 내부에 위치하고 있기 때문에 안전하다.’(그림 2 참조), ‘주요시설의 내진설계 보강에 필요한 예산을 확보하여 꾸준히 반영할 것이다.’ 등의 기사들이 뒤따라 나온다.

위와 같은 통계나 기사를 보면 지진에 대해 어느 수준으로 대비할 것인지를 자문하지 않을 수 없다. 지진이 많이 발생하는 판과 판 경계부로부터 수 백 km 이상 떨어져 있는 판 내부에 위치하고, 발생하는 지진의 규모도 그리 크지 않으며, 시간적으로나 공간적으로 불규칙하게 지진이 발생하는 한반도의 경우 무작정 일본과 같은 수준의 대비를 하는 것은 너무 과하다는 지적이 있다. 그렇다고 무작정 손을 놓고 있기에 전 세계적으로 발생하는 지진에 의한 인명 및 재산 피해 규모가 막대하다. 또한 다양한 매체를 통해 관련 정보를 접하게 되는 국민들의 불안감이 가중되기도 한다.

전술한 것처럼 한반도는 판 내부에 위치하기 때문에 지진에 대한 안전지대라고 얘기할 수도 있지만, 반대로 지진에 대한 안전지대라는 곳에서 심심치 않게 중소규모 지진이 발생하고 있고, 자연은 항상 불확실한 특성이 있어 과학이 미

[그림 2] USGS (U.S. Geological Survey)에서 발표한 한반도 및 인근에서 발생한 규모 5.0 이상 지진의 분포도(1973년 1월~2013년 5월). 붉은 원은 깊이 35 km 이하 지진, 파란 원은 깊이 35 km 초과 지진, 녹색 선은 판 경계를 의미한다. EP는 유라시아판, PSP는 필리핀해판, PP는 태평양판, NAP는 북아메리카판을 각각 의미한다. 한반도는 가장 가까운 판 경계로부터 수 백 km 이상 떨어져 있으며, 한반도에서의 지진 분포는 기상청이 발표한 지진 분포와 다를 수 있다.



“ 지진 발생시 관련 정보를 신속하게 전달, 튼튼한 시설을 지어 인명 및 재산피해를 최소화 ”

처 지진에 대해 밝힐 수 없는 점들도 부지기수이다. 또한 우리 국민들이 지진에 대한 경험이 거의 없어, 지진발생 시 무방비 상태로 노출되면 사회적인 혼란이 야기될 수 있고, 유례없이 큰 규모의 지진이 갑자기 발생하면 국가의 흥망을 장담할 수도 없다는 점을 이해한다면 지진에 대한 대비는 아무리 철저해도 지나치지 않을 것이라는 결론을 얻게 된다.

지진에 대한 대비는 ① 지진이 발생했을 때 관련 정보를 신속하게 전달하여 위험한 지점이나 시설에서 대피하거나, 위해인자를 사전에 차단하여 인명 및 재산피해를 최소화하는 것과 ② 지진이 발생했을 때 끄덕도 하지 않는 튼튼한 시설을 지어 인명 및 재산피해를 최소화하는 것 등으로 구분할 수 있겠다. 기상청은 국민들에게 지진에 대한 정보를 신속하게 전달하는 임무를 수행하므로, 앞 문장에서 첫 번째 역할을 한다고 볼 수 있다. 여기에서는 ‘지진에 대한 정보를 신속하게 전달하여 알리는 것’을 ‘지진조기경보’라고 정의하기로 한다. 지진에 대한 정보를 신속하게 전달하기 위해서는 한반도 지진특성에 대한 기초 연구와 이 정보를 효율적으로 전달할 수 있는 기술을 개발하는 ‘전문 분야’와 국민들에게 관련 정보나 교육, 훈련 등의 서비스를 제공하는 ‘일반 분야’로 나누어 생각할 수 있다. 지진에 대해 아무리 많은 연구를 수행하고, 전달기술을 향상시켰다 하더라도, 국민들이 이해하기 어려운 언어로 전달하고 이를 실생활에서 실천할 수 없다면 지진에 대한 대비는 허공을 향한 허무한 외침소리에 지나지 않을 것이다.

II. 지진통보와 조기경보 방향

1. 국내외 지진통보 및 지진조기경보

우리나라에서는 지진조기경보가 어떻게 활용되고 있을까? 한국철도공사에서는 KTX가 운행하는 철로에 거리별로 지진계를 설치하여 실시간으로 지진동을 감시하고 있으며, 지진이 발생했을 경우 지진조기경보에 따른 정보를 진양지 인근에서

운행하는 열차에 신속히 전달하여 열차를 정지 혹은 서행하게 할 수 있게 하는 시스템을 운영 중이다. 한국가스공사, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 등은, 운영하고 있는 주요시설에 지진계를 설치하여 실시간으로 지진동을 감시하고 있으며, 지진이 발생할 경우 밸브를 차단하여 대형화재를 막는다거나 지진에 의한 댐의 피해를 최소화하는 조치를 취할 수 있는 체계를 마련하고 있다. 원자력발전소의 경우도 주요시설에 위치별로 지진계를 설치하여 실시간으로 지진동을 감시하고 있으며, 지진조기경보 정보를 예의 주시하여 필요시 조치를 취할 수 있도록 하고 있다. 앞에 나열한 시설들은 지진에 의한 파괴시 막대한 피해를 줄 수 있기 때문에, 시설 자체에 지진계가 설치되어 있어 지진조기경보 없이도 일정 수준 이상의 지진동이 감지되면 수동 또는 자동으로 시설의 피해를 최소화할 수 있도록 하는 시스템이 구축되어 있으며, 내진설계가 되어 있다.

하지만 일반 국민들이 살고 있는 주거지역이나 지진에 취약한 일반시설 등의 경우 자체적으로 지진계를 설치할 수 있는 것도 아니고, 당장 내진설계로 보강할 수 있는 것도 아니기 때문에 지진조기경보는 상당히 중요한 역할을 할 수 있다. 진앙지 인근에서는 대비를 위한 시간적 여유가 없기 때문에 어느 정도 피해를 막을 수는 없지만, 보다 먼 지역에서는 지진조기경보를 지진대비에 이용할 수 있다. 즉, 취약한 시설에서 빠져나와 안전한 곳으로 대피하거나, 거주지에 가스가 누출되어 화재가 발생하지 않도록 밸브를 잠글 수 있는 시간적 여유를 제공할 수 있다는 것이다. 객관적이고 정확한 지진조기경보는 일반 국민들로 하여금 침착하게 행동할 수 있도록 기준을 제시할 수 있고, 방재를 담당하는 기관은 이 정보를 이용하여 신속한 방재계획을 수립할 수 있다.

주요 국가별로는 지진조기경보가 어떻게 활용되고 있을까? 일본에서는 고속철도 신간선에 적용하기 위해 UrEDAS (Urgent Earthquake Detection and Alarm System)을 개발하여 운영하고 있다. 이 시스템은 지진파를 이용하여 빠르게 지진의 규모와 위치를 예측한 후, 반경 200 km 이내에서 지진에 의해 영향을 받을 수 있는 지점에 비상 신호를 보내 열차의 정지나 서행을 유도한다. 미국에서는 REIS

“ 객관적이고 정확한 지진조기경보는 일반 국민들에게 침착한 행동기준 제시, 방재 담당 기관은 신속한 방재계획 수립 가능 ”

“ 해외 다수의
국가에서 자국의
지진특성을 고려한
지진 조기경보
시스템을 개발·
운영 중 ”

(New Madrid Rapid Earthquake Information System)와 ElarmS (Earthquake Alarm System)가 눈에 띄는데, 지역적 특성에 맞게 개발되었다는 것을 제외하고는 원리적으로 비슷하다. 지진파를 이용하여 신속하게 지진의 규모와 위치를 예측한 후, 이 지진으로 인해 큰 지진동이 유발될 수 있는 지역을 다시 예측하여 경보를 보낸다. REIS의 경우 규모 및 위치 예측은 대략 수 십초 이내, 공공기관이나 산업시설로의 정보 전달은 수 분 이내, 연구자나 대중을 위한 지진자료나 공공게시물은 수 시간 또는 수 일 정도 소요되는 것으로 알려져 있으나, 지속적인 연구와 개발로 소요시간을 줄여가고 있다. 멕시코에서는 SAS (Seismic Alert System)라는 시스템을 운영하고 있다. 멕시코시티로부터 남서쪽으로 약 280 km 떨어진 지점에 Gurrero Gap이라는 지진공백역이 위치하고 있는데, 이 지진원에 대한 지진조기경보를 위해 SAS가 개발되었다. 이 지진원에서 지진이 발생한 후 멕시코시티에 큰 지진동이 유발되기까지 S파의 속도를 3 km/s로 가정하면 대략 90초 정도 소요된다. 이 시스템은 규모 6.0 이상 지진의 경우 60초 이내에 지진조기경보를 발령하는 것을 목표로 하고 있으므로, 30초 정도 대비시간이 있다. 1995년 9월 14일 규모 7.3의 Copala 지진이 발생했을 때, 이 시스템은 큰 지진동이 유발되기 72초 전에 라디오 방송을 통해 경보를 발령한 사례가 있었으며, 꾸준한 대응조치훈련을 통해 효율성을 높여가고 있다. 대만에서는 TREIRS (Taiwan Rapid Earthquake Information Release System)라는 시스템을 운영하고 있다. 1999년 대만 치치 지진으로 지진관측소의 통신선이나 전력공급이 끊기는 등 문제가 발생함에 교훈을 얻어, 무정전전원장치, 통신선 이중화 및 인공위성 통신선 등이 보강되었다. 현재 대만철도청에서도 이 시스템을 활용하고 있으며, 지진의 규모와 위치를 예측하는데 평균 22초 정도 소요되는 것으로 알려져 있다. 기타 여러 나라에서 자국의 지진특성을 고려한 지진조기경보 시스템을 개발하여 운영하고 있다.

그렇다면 우리나라에서 지진조기경보는 어떤 기관에서 발령하고 있을까? 우리나라에서 공식적인 지진발표 임무를 가지고 있는 기관은 기상청이다. 기상청은 일정 규모 이상의 지진이 발생했을 경우 지진속보를 발표하고 있는데, 이는 지진조기경보

와 거의 동일한 개념이며, 다음 절에서 구체적으로 살펴볼 것이다.

“진앙지부근 일정 크기 이상 지진시 2분 이내 속보, 5분 이내 통보 체계 구축 중”

2. 기상청의 지진통보 및 지진속보

전술한 것처럼 우리나라에서 공식적으로 지진을 발표하고 관련 정보를 제공하는 기관은 기상청이다. 기상청은 전국적으로 120개소 이상의 지진관측소를 운영하고 있으며, 본청에서 실시간으로 지진자료를 수신하고 분석하고 있다. 지진관측소는 가속도계만 운영하거나, 가속도계와 속도계를 같이 운영하거나, 형태별로 센서가 지표에 위치하거나 시추공에 위치하는 등 다양하게 구성되어 있다. 속도계는 단주기 속도계를 운영하거나 광대역 속도계를 운영하는 등 각 지진관측소마다 구성이 조금씩 다르다. 기상청의 지진관측망은 지진관측망 운영기관의 자료를 공유하고 있는 통합지진관측망과 연계되어 있어 한국지질자원연구원, 한국수력원자력(주) 중앙연구원, 한국원자력안전기술원 등의 지진자료를 실시간으로 수신할 수 있다(그림 3 참조). 실시간으로 수신되는 지진자료를 바탕으로 기상청은 진앙지 인근에서 일정 크기 이상의 지진이라고 판단되면 2분 이내에 지진속보를 발령하고, 5분 이내에 지진통보를 발령하는 체계를 구축하고 있다. 지진속보와 지진통보는 예측된 지진의 규모와 장소에 따라 구분된다. 지진속보는 예측된 규모 3.5 이상 내륙 지진이나 4.0 이상 해역지진이 대상이며, 지진통보는 규모 2.0 이상 내륙이나 해역 지진이 대상이다.

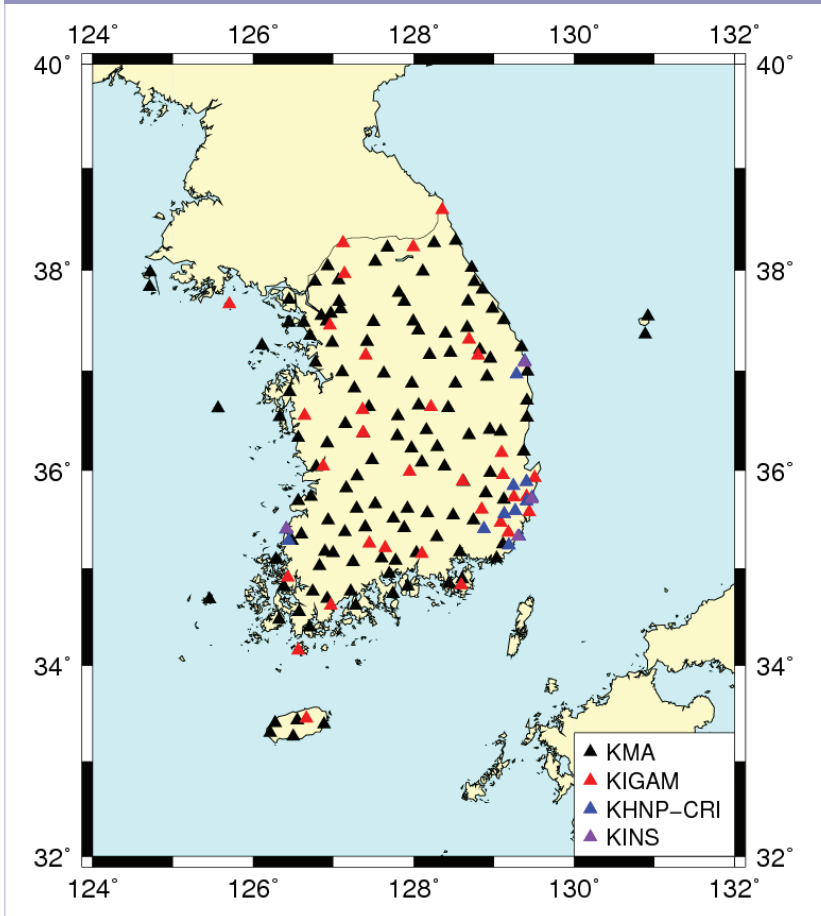
지진이 빈발하고 있는 일본 기상청의 경우는 어떨까? 일본 기상청은 지진발생 직후 즉시 규모, 위치 등에 대한 예측을 자동으로 계산할 수 있도록 지진활동 종합 감시시스템인 EPOS (Earthquake Phenomena Observation System)를 운영하고 있다. 지진발생 약 1분 30초 이내에 진도 3 이상을 관측한 지역명과 진도 발생시간을 진도속보로 발표하고 있으며, 일정 시간이 더 흐른 후 지진의 위치와 규모를 발표하고 있다. 지진의 위치와 규모를 발표하는 체계는 국내 기상청의 지진통보와 비슷하나, 소요시간에 차이가 있다. 이와 함께 일본 기상청은 긴급 지진속보를 발령하고 있는데, 그 조건은 보통 2개소 이상 지진관측소에서 관측된 지진동의 최대진도가

“ 긴급 지진속보는
보통 몇 초~1분
정도 사이에 5~10
회 발령, 대략 1분
이상 지나면 정보의
정확성이 높아지고
안정화 됨 ”

약 5 이상인 경우이며, 그 내용은 지진 발생시간 및 위치, 위치의 진앙지명을 포함한다. 이와 함께 선행적으로 활용할 수 있는 분야에 제공하는 고급사용자를 위한 긴급 지진속보도 제공하며, 일반 국민을 위한 긴급 지진속보에서 취급하는 조건과 내용이 약간 상이하다. 긴급 지진속보는 보통 몇 초~1분 정도 사이에 몇 차례(5~10회) 발령되며, 대략 1분 이상 지나면 정보의 정확성이 높아지고 안정화된다. 이는

국내 기상청의 지진속보와 비슷한 개념이라고 할 수 있으나, 마찬가지로 시간적인 차이가 있다.

[그림 3] 국내에서 운영되고 있는 지진관측소 분포 현황. 기상청(KMA), 한국지질자원연구원(KIGAM), 한국수력원자력(주) 중앙연구원(KHNP-CRI), 한국원자력안전기술원(KINS) 지진관측소를 도시하였다. 각 지진관측소별 특성은 구별하지 않았다.



3. 지진조기경보의 체계와 한계

국내 기상청의 지진속보나 일본 기상청의 긴급 지진속보는 지진조기경보 개념을 근간으로 한다. 지진발생 직후 인근 지진관측소에서 관측된 지진파를 분석하여 타 지점에서의 강한 지진동과 도달시간 그리고 지진의 규모를 예측하여 가능한 신속하게 알리는 것이 지진조기경보의 핵심이다(그림 4 참조). 지진조기경보에 대한 정보는 강한 지진동에서 자신을 몸을 지키거나 열차 속도를 줄이거나 또는 공장 등에서 기계 제어를 실시하는 등에 활용된다.

그렇다면 지진조기경보는 어떤 체계로 구성되어 있을까? 전술한 것처럼 지진조기 경보는 지진특성에 대한 기초 연구와 정보 전달기술과 관련한 ‘전문 분야’와 일반 국민들에게 정보, 훈련, 서비스 등을 제공하는 ‘대중 분야’로 나눌 수 있다고 하였다. 우선 ‘전문 분야’를 살펴보자. 지진이 발생하면 진원에서 지진파가 지하매질을

통해 전파된다. 일반적으로

지진파는 P파와 S파, 그리고 이후 표면파의 순으로 전파되는데, 주로 인명 및 재산피해를 야기하는 강한 지진동은 S파와 표면파에서 비롯한다. 이와 같은 지진파의 전파속도 차이를 이용하여 먼저 전파된 P파를 감지한 단계에서 S파가 오

기 전에 위험을 신속히 알리는 것이 지진조기경보이다. 기상청은 자체 운영하고 있는 지진관측망과 유관기관의 지진관측망 지진자료를 활용하여 지진이 발생한 것을 빠르게 확인하고, 이를 이용하여 지진속보를 발령할 수 있다. 지진조기경보는 적은 지진관측소의 지진자료에서 규모와 위치를 신속하고 정밀하게 예측해야 한다. 지진파의 전파속도는 대략 수 km/s 정도이나, 정보를 전파하기 위해 사용되는 유무선 전기신호는 원리적으로 빛의 속도로 전해지기 때문에 매우 짧은 시간에 원거리에 정보를 전달할 수 있다. 지진조기경보는 이렇게 지진파와 전기신호가 전해지는 속도의 차이를 이용하는 것이다.

그렇다면 일반 국민들은 어떻게 지진조기경보 서비스를 받고, 어떻게 실생활에서 활용할 수 있을까? ‘대중 분야’를 살펴보자. 우선 방송국을 통해 텔레비전과 라디오로 지진속보나 지진통보를 접할 수 있고, 기상청 홈페이지에 접속하면 관련 정보를 확인할 수 있다. 이외에 일반 국민들은 스마트폰을 통해 조금 더 적극적으로

“ 지진파의 전파속도 차이를 이용하여 먼저 전파된 P파를 감지한 단계에서 S파가 오기 전에 위험을 신속히 알리는 것이 지진조기경보 ”

[그림 4] 지진조기경보의 체계



“사전에 지진조기경보
발령 시 행동요령
등과 같은 평상
시 교육과 훈련이
뒷받침되어야...”

관련 정보를 입수할 수 있고, 지자체나 백화점 등 시설에서는 안내 방송을 내보낼 수도 있다. 주요시설을 운영하는 기관에는 이메일, 팩스, 휴대전화 등을 통해 별도로 정보를 제공할 수 있다. 이러한 지진조기경보 서비스는 실생활에서 활용되고 실천되었을 때 빛을 발할 수 있다. 지진에 의한 흔들림으로부터 자신을 보호하기 위해서는 그 장소나 상황에 따라 당황하지 않고 행동해야 하기 때문에, 사전에 지진조기경보 발령 시 행동요령 등과 같은 평상 시 교육과 훈련이 뒷받침되어야 한다. 당황하지 않고 자신에 대한 보호조치를 취하기 위해서는 그 자리 그 시간에 맞추어 어떤 조치를 취할 것인가를 미리 알고, 이를 기초로 실제로 행동에 옮기고 경험하는 것이 중요하다.

다만, 지진조기경보는 이용 시 유의할 점이 있다. 지진조기경보를 발표한 후 강한 지진동이 도달할 때까지 걸리는 시간은 길어도 수 초에서 수십 초로 매우 짧고, 진앙지 인근에서는 지진속보가 큰 의미가 없을 수 있다. 또한 충분하지 못한 초기 지진자료만을 사용하여 지진속보를 발령하기 때문에 예측된 규모나 위치에 오차를 수반할 수 있다. 다음은 일본 기상청이 긴급 지진속보를 발령하면서 경험한 몇 가지 지진조기경보의 한계에 대해 언급한 것이다.

① 분석 및 전달에 일정 시간(몇 초 정도)이 소요되므로 내륙의 얕은 곳에서 지진이 발생했을 경우 진앙지 인근 지역에 제공되는 긴급 지진속보가 지진동보다 늦게 전달될 수도 있다.

② 지진관측망에서 100 km 정도 벗어나는 곳에서 발생하는 지진은 예측된 규모와 위치의 오차가 커질 가능성이 있다.

③ 규모가 클수록 지진단층면의 파괴 시작부터 종료까지 걸리는 시간이 길어지므로 일반적으로 규모를 정밀하게 추정하기 위해서는 규모가 클수록 긴 시간이 필요하다. 긴급 지진속보의 경우 지진단층면의 파괴 시작 초기 단계에서 얻어진 자료로부터 정밀하게 진도를 구하기 위한 예측식을 이용하고 있으나, 예측의 정확도에 한계가 있고 규모가 큰 지진일수록 오차가 커질 가능성이 있다.

④ 적은 수의 지진관측소에서의 짧은 지진자료로부터 지진의 규모나 위치를 추

“수십년의 노하우와 관련 인프라 구축이 철저한 일본의 경우도 지진조기경보 발령에 여러가지 한계 존재”

정하고 각 지점에서의 진도를 예측할 때, 그 진도는 ± 1 계급 정도의 오차를 수반하는 등 정확도가 충분하지 않을 수가 있다. 또한 이러한 오차에 의해 긴급 지진속보가 발표되지 않을 수도 있다.

⑤ 심발지진은 침강판을 따라 지진파가 전해지기 쉬운 성질이 현저하게 나타날 수 있는데, 진앙지보다 이곳에서 멀리 떨어진 장소에서 큰 지진동이 나타날 수 있다. 또한 현재 진도 추정에 이용하고 있는 경험식은 심발지진에 적용하면 실제보다 크게 계산되는 등의 문제가 있으므로, 심발지진에 의한 정확한 진도 추정이 어렵다. 또한 하나 또는 두 개소의 지진관측소 지진자료를 사용하는 단계에서는 심발지진도 지진의 깊이를 10 km로 가정하여 진도를 추정하기 때문에 이 경우에 진도 추정에 큰 오차가 발생할 수 있다.

⑥ 여러 지진이 일정 시간이나 거리의 차이를 두고 발생하는 경우 각 지진을 인식하지 못하고 정확한 정보를 발표하지 못할 수도 있다.

⑦ 하나의 지진관측소 지진자료를 사용하는 단계에서는 지진 이외의 흔들림(사고, 낙뢰 등) 및 장비 오류로 인해 잘못된 정보를 발표할 가능성이 있다.

⑧ 긴급 지진속보는 시간에 따라 정확도가 올라가거나, 예측 진도 등도 변하기 때문에 상황에 따라 발표가 늦는 경우가 있다.

지진이 빈발하고 대규모 지진도 종종 발생하여 관련 인프라를 철저히 구축하고 수십 년의 노하우를 축적하고 있는 일본 기상청의 경우에도 지진조기경보 발령에 분명히 여러 가지 한계가 존재한다. 그렇다면 상기 내용 외에 우리나라 지진조기경보의 문제점은 무엇이고 어떠한 개선 방향이 필요하다.

4. 현 지진속보의 문제점과 개선 방향

국내는 1978년부터 본격적으로 지진관측소를 운영한 이후, 1990년 후반부터 지속적으로 지진관측망을 확대하고 있으며, 미국으로부터 도입한 지진분석시스템(Antelope)을 통해 실시간으로 지진자료를 수집 및 분석하고 있으며, 이를 통해 지진속보 및 지진통보 시간을 단축하고 있다. 그러나 현행 지진분석시스템의 경우

“ 지진관측소 간의
이격거리를 단축하여
최적화된 고밀도
지진관측망을 구성
필요 ”

일정 개수의 지진관측소의 지진자료 확보가 필수적이며, 지진분석 완료 후에 담당자의 내용 확인 단계에서 일정 시간 지연이 발생한다. 초동 P파로부터 규모 및 위치를 신속히 산출하여 이를 통해 예측되는 지진동(또는 진도) 분포도를 제공해야 하나 현재 분석 체계로는 규모 및 진앙지를 계산한 후 단 시간 이내에 지진속보를 발표하는 것이 어렵다. P파와 S파의 속도를 각각 6 km/s와 3 km/s로 가정하면 지진이 발생한 후 2분 이상 경과될 때 P파의 전파거리는 720 km, S파의 전파거리는 360 km로 한반도 전역을 대부분 통과하게 되므로, 지진속보는 최소한 2분 이내에는 발령해야 한다. 지진속보로 발표되는 내용 역시 ‘00시 00분경에 00 지역에서 지진동이 감지되었습니다.’와 같은 개략적인 지진정보만을 제공하므로 초기 대응에 혼선을 유발할 수 있다. 예를 들면 2013년 5월 18일 7시 2분경에 인천 백령도 남쪽 해역에서 지진이 발생했을 때, 기상청이 지진속보와 지진통보를 발령한 시간은 각각 7시 3분과 7시 4분, 필자가 기상청의 지진속보와 지진통보를 메시지로 받은 시간은 각각 7시 4분과 7시 7분이었다. 이 때 지진속보로 받은 메시지는 ‘05-18 07:02 인천일대 지진이 관측되었습니다.’ 정도의 내용이었다. 이전에 비하면 지진속보를 발령하는데 소요되는 시간은 상당히 개선되었다고 할 수 있으나, 몇 초~1분 정도 사이에 몇 차례(5~10회)에 걸쳐 지진발생 시간 및 위치, 진앙지명 등을 같이 발령하는 일본의 긴급 지진속보와 비교하면 개선의 여지가 많다. 그렇다면 개선이 가능한 요소와 이를 극복할 수 있는 방향을 살펴보자.

우선 지진파 관측 단계에서 지진발생 위치와 지진관측소 사이의 거리 차이에 의한 지연시간을 들 수 있다. 즉 지진관측소 간 거리를 감소시켜 지진관측시간을 단축할 수 있는데, 이럴 때에는 지진관측소 간의 이격거리를 단축하여 최적화된 고밀도 지진관측망을 구성할 필요가 있다. 현재 기상청은 자체 지진관측망과 함께 통합지진관측망 지진자료도 동시에 수신하고 있으며, 꾸준히 지진관측망을 보강하고 있으므로 지연시간은 줄어들 여지가 많다. 둘째, 지진자료를 수신하고 저장하는 단계에서 현재 지진관측소에 상당 수 설치되어 있는 지진기록계는 패킷 단위로 지진자료를 저장 및 송신하고 있어 이 때 수 초간의 지연시간이 발생한다. 이럴 경우 지연

“지진조기경보에 보다 정확한 정보를 담기 위해, 인프라 구축 및 선행 연구 반드시 요구됨.”

시간 등이 개선된 지진기록계를 도입하여 기존 장비와 교체할 필요성이 있다. 셋째, 지진자료 분석 단계에서는 발생한 지진의 규모, 위치, 시간 계산에 일정 수 이상의 지진자료가 관측될 때까지 대기가 필요하므로 이와 관련한 지연시간이 발생할 수 있다. 이때에는 최소의 지진자료를 이용하여 분석할 수 있는 기술 개발이 반드시 필요하다. 넷째, 통보 단계에서는 자동분석 결과에 의해 생성된 통보문의 내용을 담당자가 확인할 필요가 있기 때문에 이로부터 지연시간이 발생할 수 있으므로, 분석 결과의 자동통보 체계를 구성할 필요가 있다. 이러한 지연시간으로 인해 전국적으로 지진동이 감지된 이후 지진속보가 발표되는 사례가 많이 있었다. 이와 함께 발령된 지진속보의 내용이 너무 간략하여 혼란을 줄 수 있는 여지가 많으므로 정보를 받아들이는 기관이나 일반 국민들의 입장에서 관심 있는 정보(지진의 규모, 위치, 내가 살고 있는 지역에 어느 정도 지진동이 언제 올 것인지 등)를 제공할 수 있어야 한다. 이와 같은 개선 방향에 따라 지진조기경보 역량 강화를 위해 필요한 제언을 다음 절에서 다루고자 한다.

III. 지진조기경보 역량 강화를 위한 제언

지진조기경보는 단어 그대로 지진이 발생했을 때 그 정보를 신속하게 알리는 것을 목적으로 한다. 그러나 그 정보가 신속성에 묻힌 나머지 불확실성이 많은 자료를 전달해서는 실효성에 문제가 있다. 지진조기경보에 보다 정확한 정보를 담기 위해서는 인프라 구축 및 선행 연구가 당연히 뒷받침되어야 한다. 여기에서는 한반도 지진특성에 대한 기초 연구와 이 정보를 효율적으로 전달할 수 있는 기술을 개발하는 ‘전문 분야’와 국민들에게 관련 서비스를 제공하고 비상시를 대비하여 훈련을 실시하는 ‘대중 분야’로 나누어서 지진조기경보 역량 강화를 위해 몇 가지 제언을 하고자 한다.

우선 ‘전문 분야’이다. 지진조기경보에 필수적으로 제공되어야 하는 내용은 지진의 규모, 위치 그리고 이 지진에 의한 지진동(또는 진도) 분포도이다. 지진의 위치를

“ 지진조기경보를
전달할 수 있는
스마트폰 전용
애플리케이션을
개발하여 배포하면,
국민들의 신속한
지진조기경보
가능 ”

신속하게 정하기 위해서는 고밀도의 지진관측망이 필요하며, 한반도를 가능한 작은 구역으로 나누어 첫 지진동이 감지된 지역 이름을 지진발생 위치로 정할 필요가 있으며, 몇 차례 수정을 거쳐 발생위치가 정해진다면 계산된 위도 및 경도에 해당하는 지역 이름으로 수정하여야 한다. 이는 현재 일본 기상청이 수행하는 방식이다. 지진의 규모는 초동 P파를 이용하여 규모를 예측할 수 있도록 다양한 연구가 이루어져야 한다. 이런 연구를 위해서는 기존 지진자료를 이용해서 초동 P파와 규모와의 상관관계를 분석한 경험적인 예측식이 제시되어야 한다. 물론 지진자료는 계속적으로 축적될 것이므로 예측식은 지속적인 업데이트가 필요하다. 지진동 분포도의 경우 정해진 진앙지에서 방향별 감쇄식과 전파시간 등이 계산되어 신속하게 제공되어야 한다. 즉 지진동 감쇄식과 지각속도구조를 적용, 진앙지로부터 어느 정도 떨어진 지점에서 얼마 후에 어느 정도 지진동이 발생할 수 있을지 예측되어야 하며, 이러한 계산은 즉각적으로 이루어져야 한다. 물론 전국적으로 설치된 실제 지진자료에 의한 지진동 분포도와 비교하여 감쇄식과 지각속도구조를 업데이트를 하는 것은 필수적인 후속 연구이다. 다음은 정보 전파기술이다. 우리나라는 다른 나라보다도 통신 인프라가 잘 구축되어 있다. 인터넷, 유무선 전화, 라디오, 텔레비전 등 지진조기경보를 전달할 수 있는 시설 등이 그것이다. 현재 주목할 만한 통신 수단은 단연 스마트폰일 것이다. 지진조기경보를 전달할 수 있는 전용 애플리케이션을 개발하여 배포하면, 일반 국민들이 조금이라도 신속하게 지진조기경보를 접할 수 있을 것이다. 텔레비전이나 라디오, 컴퓨터 등의 전원이 꺼져 있으면 지진조기경보를 수신할 수 없으나, 휴대전화나 스마트폰은 상시 켜져 있는 경우가 많기 때문이다. 이러한 다양한 정보 전달기술에도 불구하고 관련 정보를 접하지 못하는 국민들을 위하여 지자체나 대형시설들은 안내 방송이나 비상 방송을 내보내야 할 것이다. 물론 평상시 기상청은 방송사, 지자체나 대형시설들과 지진조기경보를 위한 지속적인 협조 관계를 유지해야 할 것이다.

다음은 ‘대중 분야’이다. 일반 국민들의 입장에서는 전문 분야에서 제공하는 정보를 접해야만 그 이후의 행동조치를 취할 수 있다. 전문 분야에서 제공하는 정보

“전문분야와 대중분야로
나눈 지진조기경보의
체계적 구축 필요”

는 합리적 수준에서 상세하여야 하나 일반 국민들이 알아듣기 쉬운 용어를 사용해야 한다. 아울러 일반 국민들의 지진조기경보에 대한 이해를 높일 수 있도록 교육과 홍보가 뒷받침되어야 한다. 평상시 지진속보와 관련한 행동조치요령 등을 담은 지침서를 배포하는 것도 좋을 것이다. 또한 국가나 지자체 차원에서 지진과 관련한 훈련을 정기적으로 실시하여 일반 국민들이 실생활에서 몸소 접하게 하는 기회를 주는 것도 필요하다. 다만 앞 절에서 언급한 것처럼 진앙지 인근 지역은 지진속보가 지진동 감지보다 늦을 수 있고, 예측된 지진의 규모나 위치, 타 지점에서의 지진동 크기 및 전파시간 등 예측에는 오차를 수반할 수 밖에 없는 기술적인 한계가 있으므로, 이를 일반 국민에게 충분히 이해시키는 것도 중요하다고 생각된다.

국내 기상청은 2020년까지 지진관측망 내 5 km 이내, 지진관측망 외 10 km 이내, 규모는 0.5 이내, 계기진도는 1 이내의 정확성으로 지진관측 후 10초 이내에 지진정보를 발표할 수 있는 국가지진조기경보체제 구축 목표를 수립하였다. 이러한 신속성과 정확성이면 현재 일본 기상청이 발표하는 긴급 지진속보 수준 이상일 것이며, 실제적인 지진대비에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 전망된다. 그러나 지진조기경보의 ‘전문 분야’와 ‘대중 분야’를 사전에 체계적으로 준비하지 않는다면 목표한 수준의 지진조기경보체제를 구축하는 것은 어려울 것이다.

우리나라는 지진에 대해 비교적 안전한 지대라고 생각되어 왔다. 그러나 전 세계적으로 지진에 의한 피해 규모가 대형화 추세이고, 국내에서도 신안 앞바다 지진이나 백령도 앞바다 지진 같은 중규모 지진이 종종 발생함에 따라 일반 국민들의 불안감이 가중되고 있다. 지진에 대한 대비책은 정확하고 신속한 지진정보 전달과 큰 지진동에도 끄떡없는 내진설계를 적용하는 것이다.

기상청의 임무는 국내에서 발생하는 지진에 대해 정확하고 신속하게 전달하는 것으로, 특히 인명 및 재산피해를 최소화하기 위해 정확하고 신속한 지진정보 전달을 위한 시스템, 즉 지진조기경보 시스템을 구축에 많은 노력을 기울여야 한다. 지진조기경보는 지진발생 후 강한 지진동이 전파되기 이전에 지진에 대한 대비를 가능하게 하여 인명 및 재산피해의 최소화에 이바지할 수 있다. 이렇듯 지진조기경보는

대규모 지진피해 대응을 위한 현실적인 대비책일 될 수 있으므로, 적극적인 준비와 기술개발을 통해 우리나라 지진피해 저감에 기여할 수 있도록 해야 한다.

참고문헌

기상청(2009), 국가지진 대응체계 고도화 기본계획(안)-지진조기경보 체제 구축 중심.

기상청, <http://www.kma.go.kr>.

박정호 외(2011), 국가통합지진관측망(KISS)을 이용한 지진조기경보시스템(K-SEIS) 시험운영, 한국지진공학회 워크숍 및 대학원생 학술발표, 9.30, 한국지질자원연구원, 대전.

일본 기상청, <http://www.jma.go.jp>.

최호선(2005), 지진 분석과 통보에 대한 외국의 사례, 지진관측망 운영기관 협의회, 5.12-5.13, 경주 한화리조트, 경주.

기상기후서비스 혁신을 위한 기술경영 전략

박선영 건국대학교 경영대학 기술경영학과 교수 sunpark.korea@gmail.com

- I. 기상기후서비스와 서비스 혁신의 필요성
- II. 기상기후서비스 혁신 전략
- III. 기상기후서비스 혁신 성과 달성을 위한 제언

기상기후서비스에 대한 중요성의 제고와 패러다임 전환의 필요성이 대두됨에도 불구하고, 이를 서비스 혁신(Service Innovation)과 연계한 논의는 매우 부족한 실정이다. 서비스 혁신은 서비스의 개발, 운영, 혁신을 위한 과학적 방법론과 관련된 응용기술을 연구하는 학문분야로서, 기존의 제품 혁신(Product Innovation)과 공정 혁신(Process Innovation) 중심으로 논의되던 혁신의 패러다임의 확장이며, 고도성장 시대의 새로운 성장 동력이라고 할 수 있다. 서비스 혁신의 프레임워크 내에서 기상기후 서비스의 혁신 방안을 이해하고 모색하는 것은, 세계 수준의 기상서비스 시스템 구축에 있어서 가장 우선시되는 선행과제라고 사료되며, 거시적 측면의 기상정보 서비스 기술의 로드맵을 구축하기 위한 선결조건이라고 판단된다. ■

“ 종합 기상정보
서비스
프로바이더로서의
역량과 역할을
요구 ”

I. 기상기후서비스와 서비스 혁신의 필요성

기상기후 서비스가 국내 경제 및 국민 생활에 미치는 영향은 매우 크며, 산업과 기술이 고도화되는 추세에 따라 그 가치는 더욱 증가하고 있다. 특히 기상정보는 영토 내에서 경제 활동을 영위하는 모든 국민에게 직·간접적인 영향을 미친다는 점에서 공공재의 성격을 지니며, 그에 따라 기상청의 업무도 단순한 관측, 예측, 예보의 패러다임에서 벗어나, 종합 기상정보 서비스 프로바이더로서의 역량과 역할을 요구받고 있다. 실제로 기상청은 지난 2009년 『기상선진화를 위한 10대 우선 과제 실행』을 계획함에 있어서, 그 목표를 “세계 수준의 기상서비스 실현”으로 설정한바 있다(기상청, 2009).

대규모의 자연재난 및 기후변화, 그리고 경제적 의사결정에 효과적이고 민첩하게 대응하기 위한 기상기후 정보 및 서비스의 가치는 매우 크며, 일례로 미국의 경우, GDP의 39.1%가 기후의 영향을 받는 것으로 파악되고 있다(Dutton, 2002). 반면 우리나라는 기상이 사회경제에 미치는 영향에 있어서, 직접적으로는 GDP의 10% 규모인 약 50조원(과학기술정책연구원, 2003), 보다 폭넓은 관점에서는 42%에 미친 영향에 비해, 국내 산업이 다른 나라에 비하여 기상의 영향을 상대적으로 많이 받는 구조라는 연구결과가 있다(양영민 외, 2004). 또한 세계기상기구(WMO)의 발표에 따르면, 기상정보의 경제적 가치가 투자 대비 10배에 달하는 것으로 나타났다(WMO, 2000). 심지어 단순히 정보 자체가 지니는 사회적, 경제적 영향뿐만 아니라 간접적인 파급효과까지 감안할 경우, 세계경제의 80%에 이르는 수준까지 기상정보의 영향이 작용하고 있다는 주장이 나오기도 한다(F. Schwarz, 2005; 박광준, 2012에서 재인용).

이처럼 기상기후 서비스에 대한 중요성의 제고와 패러다임 전환의 필요성이 대두됨에도 불구하고, 이를 서비스 혁신(Service Innovation)과 연계한 논의는 매우 부족한 실정이다. 서비스 혁신은 서비스의 개발, 운영, 혁신을 위한 과학적 방법론과 관련된 응용기술을 연구하는 학문분야로서, 기존의 제품 혁신(Product Innovation)과 공정 혁신(Product Innovation) 중심으로 논의되던 혁신의 패러

“기상기후 서비스는 공공정보 획득 및 활용 측면에서 이해가 요구됨”

다임의 확장이며, 고도성장 시대의 새로운 성장 동력이라고 할 수 있다. 서비스 혁신의 프레임워크 내에서 기상기후 서비스의 혁신 방안을 이해하고 모색하는 것은, 세계 수준의 기상서비스 시스템 구축에 있어서 가장 우선시되는 선행과제라고 사료되며, 거시적 측면의 기상정보 서비스 기술의 로드맵을 구축하기 위한 선결조건이라고 판단된다.

따라서 본고에서는, 기술경영 측면에서 기상기후서비스의 특성에 따른 서비스 혁신의 방안을 모색하고자 한다.

II. 기상기후서비스 혁신 전략

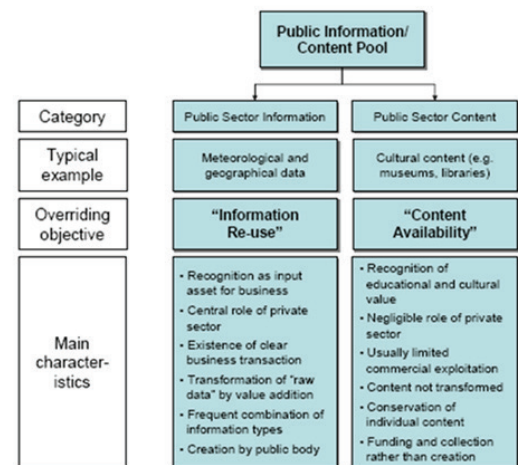
1. 기상기후서비스 개념 및 특징

1) 기상기후서비스 개념

기상기후서비스는 고도의 관측기술과 데이터 수집·축적·해석과 이를 토대로 정교한 예측·예보 역량을 기반으로 구현되기 때문에 민간부문에서 직접적으로 시도하는 것은 매우 어려우며, 공공정보의 획득 및 활용 측면에서 이해하여야 한다. 즉, 기술력과 정보처리 능력을 갖춘 중앙행정기구(기상청)에 의해 거시적 차원의 정보 수집 및 가공을 거쳐 민간부문의 기업, 기관 및 개인에게 해당 정보를 제공하는 것이 국가적 자원 효율성과 정보의 신뢰성 및 안정성 측면에서 타당하며, 거의 대부분의 국가에서 이와 같은 형태로 운영되고 있다.

아래 [그림 1], [그림 2]에서 보는 바와 같이, 공공정보 자체는 국가의 공공 기관 및 단체가 수집 또는 생산

[그림 1] 공공정보 및 콘텐츠의 유형과 특징



OECD(2006)

“ 기상 및 기후 현상과
관련한 모든 정보를
국가의 발전에
기여할 수 있도록
개인 및 조직에 제공

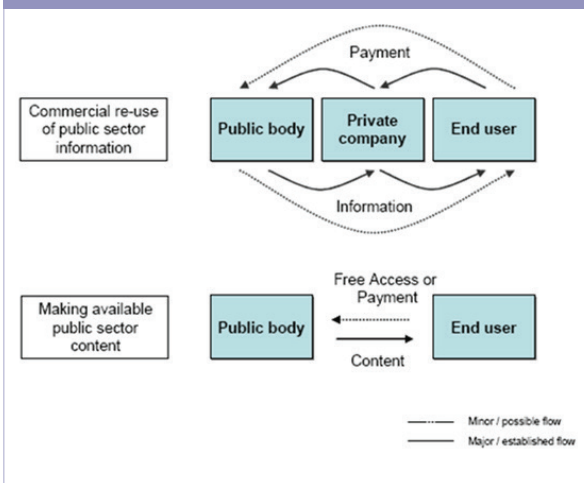
한 모든 정보를 총칭하는 것이지만, 이 정보를 민간 기업이나 최종 수용자가 상업
적 또는 공익적 수단을 바탕으로 활용할 때, 비로소 진정한 가치를 지닌다고 볼 수

있다. 이와 같은 공공정보의 활용 메커니즘을 바탕으
로, 기상기후 서비스는 기상 및 기후 현상과 관련한 모
든 정보를 국가의 발전에 기여할 수 있도록 개인 및 조
직에 제공하는 일련의 노력과 행위를 포괄하는 개념으
로 이해할 수 있다.

2) 우리나라 기상기후 서비스 특징

우리나라의 기상기후 관련 정보의 생산과 활용에 관
련된 주체는 서비스 제공 주체와 활용 주체로 나눌 수
있으며, 이중 제공 주체는 다시 중앙행정기관, 지방자치

[그림 2] 공공정보 및 콘텐츠의 상업적 유통 메커니즘



<표 1> 우리나라의 기상기후 서비스 제공 및 활용 주체

〈기상기후 서비스 제공 주체〉		〈기상기후 서비스 활용 주체〉	
구분	세부주체	구분	활용사례
중앙행정기관	- 기상청 - 환경부 - 건설교통부 - 해양수산부 - 해양경찰청 - 농촌진흥청 - 산림청	산업부문	- 농업 (농작물 관리 등) - 에너지 (가스 및 전기 수급 계획 등) - 항공/운송 (비행패턴 적정화 등) - 관광/레저 (스키장 수요 예측 대비 등) - 제조업 (음식료품 수요 예측 등)
	지방자치단체		- 서울특별시 등 16개 지방자치단체
공기업	- 한국도로공사 - 한국농촌공사 - 국립공원관리공단 - 한국수자원공사 - 한국수력원자력 - 한국철도공사 - 한국석유공사 - 한국에너지기술연구원 - 대한석탄공사 - 한국가스공사 - 에너지관리공단	공공부문	- 공공자원관리 - 긴급보호프로그램 관리 - 재난 및 긴급사태 관리 - 긴급대피 효율성 제고 - 행정비용 감소 - 국방 운영 능력 향상 및 안전성 제고
		국민 (개인)	- 안전성 제고 - 다양한 일상생활의 의사결정 - 삶의 질 개선 - 사망률 감소

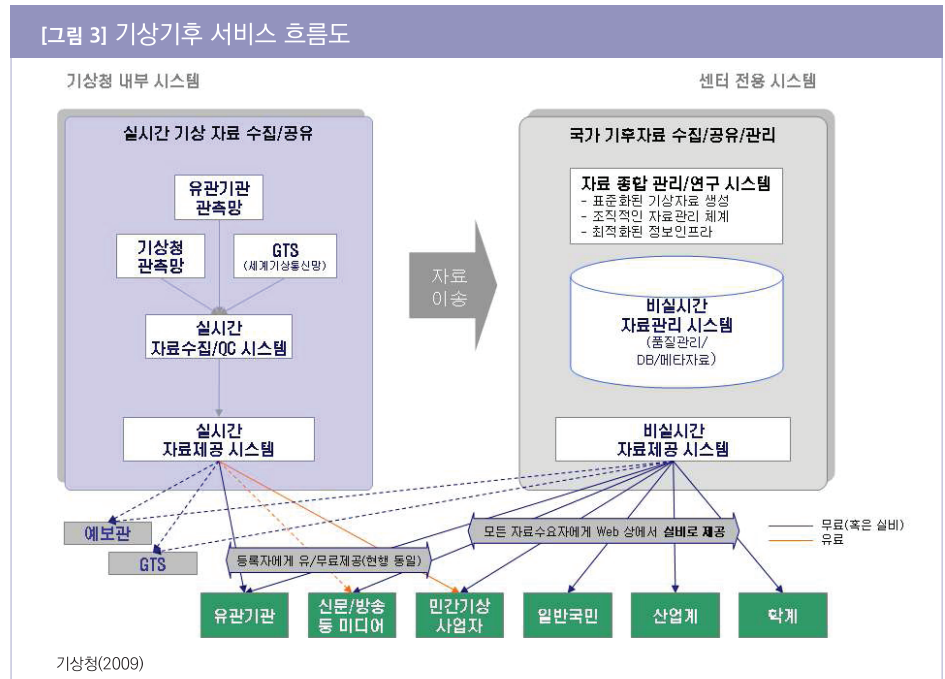
노상환 외(2012) 참조 및 재수정

“향후 특화기술,
융합기술 시대로 나갈
기상 R&D”

단체, 공기업으로, 활용 주체는 산업, 공공, 개인 부문으로 나눌 수 있다. <표 1>은 이러한 기상기후 서비스 주체를 정리한 것이다.

정보 제공 주체 중 기상청은 국내의 기상 정보 관련 최고 책임 기관으로서 모든 다른 주체들과 협력 및 조정하는데 있어서 주도적인 역할을 수행하고 있다. 기상청의 기상기후 서비스 흐름은 [그림 3]과 같다.

기상청은 급증하는 기상자료를 보다 체계적이고 효율적으로 서비스하기 위해 2013



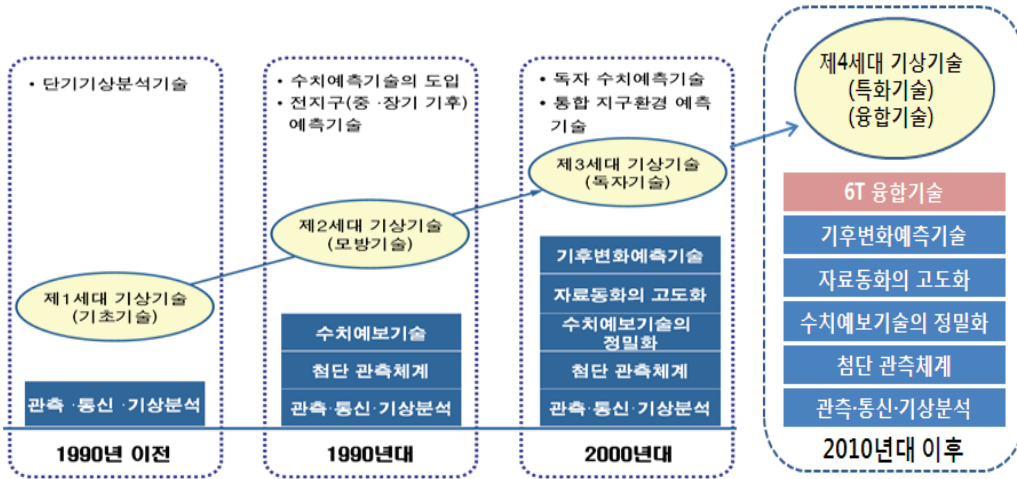
년 3월 국가기후자료센터를 신설하였으며, 이를 통해 자료의 통합관리, 즉, 품질관리, 자료관리, 서비스 개발 등을 주도하고 있다. 이러한 노력으로 기상기후 산업은 점차 성장하고 있는데, 2012년 국내의 기상기후 산업 시장규모는 전년 대비 44% 성장한 3,216억 원을 기록하였으며, 특히 이중 연구개발 관련 매출액은 581억 원을 기록하여 목표 대비 102.7%를 달성하였다(기상청, 2013). 이는 2003년 137억 원 규모였던 것을 감안할 때, 10년 만에 324% 성장을 이룬 것이다.

[그림 4]에서 보는 바와 같이, 우리나라의 기상 R&D는 1990년 이전 기초기술 개발을 시작으로, 1990년대 외국의 선진 기술을 적극 학습하는 모방기술 시대로 진입하였으며, 2000년대에는 u-IT 389 정책과 같은 국가적 차원의 기술역량 강화와 맞물려 독자기술 개발 단계에 이르렀다. 향후 기상 R&D의 양상은 특화기술

“첨단 기술 기반의
고부가가치 산업
영역으로 그
가치가 재조명 될
것으로 예상”

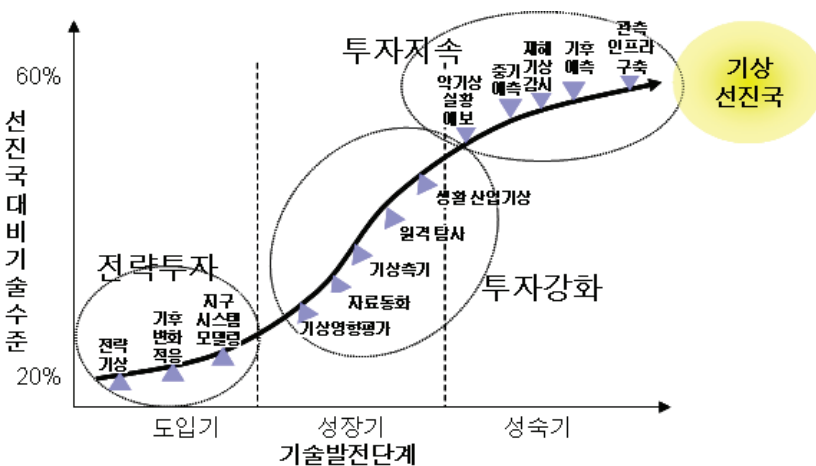
(Specialized Technology), 융합기술(Convergence Technology)의 시대로 나아갈 것으로 예측되며, 6T(IT, BT, NT, CT, ST, ET)의 분야별로 연계된 첨단 기술 기반의 고부가가치 산업 영역으로 그 가치가 재조명 될 것으로 예상된다.

[그림 4] 우리나라 기상 R&D 발전 과정



기상청(2007)에서 인용 및 내용추가

[그림 5] 선진국 대비 기상기술 수준평가



기상청(2007)

기상기후 서비스는 해당 국가의 기상기술력의 수준에 매우 큰 영향을 받는다. 2006년 조사된 선진국 대비 기상기술 수준 평가에서 우리나라의 미국 대비 기상기술 수준은 78.1% 수준이며, 특히 예보분야에서는 최고 수준에 근접해 가고 있는 것으로 나타났다. 하지만 관측분야와 자료 프로세싱 분야 등에서는

“ 국가의 산업
고도화 수준을
가늠하는 척도인
서비스 산업 ”

기상기술 선진국인 미국과 일본에 비하여 미미한 수준이다(한국과학기술기획평가원, 2006).

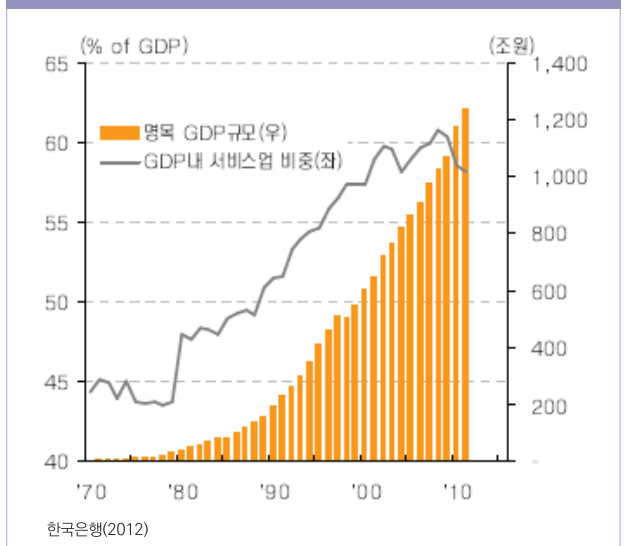
2. 서비스 혁신(Service Innovation)

선진국의 경우, 제조업 중심의 고도성장이 임계점에 도달할 때, 서비스 산업에 대한 재조명이 이루어졌다. 국가의 소득수준이 높아질수록 서비스 산업에 대한 수요가 증대되고, 요구 속성이 다양화·복잡화된다는 점에서 서비스 산업은 해당 국가의 산업 고도화 수준을 가늠하는 척도로도 볼 수 있다.

우리나라의 경우도 GDP 중 서비스 산업의 비중은 1970년 44.3%에서 2011년 현재 58.1% 까지 상승했다(한국은행, 2012). 하지만 2010년 기준 OECD 국가 중 서비스 산업이 GDP에서 차지하는 비중은 32위에 불과해 선진국 및 신흥국과 비교할 때 상대적으로 낮은 수준인 것을 알 수 있다. 이와 같은 상황 속에서 저성장의 한계를 극복하고 국제 경제에서 상대적 우위를 점할 수 있는 동인으로서의 서비스 혁신과 서비스 사이언스(Services Science)에 대한 관심과 가치가 학계 및 재계의 관심을 받고 있다.

서비스 혁신은 새로운 서비스 및 비즈니스 모델을 개발하거나, 기존의 과학적이고 체계적인 방법 및 응용기술을 통하여 서비스의 본질적인 특성, 기술적 성능, 고객 친화성 및 기타 기능적 용도 측면의 완전히 새로운 서비스 또는 크게 개선된 서비스를 도입한 것을 말한다. 혁신에 대한 표준화된 정의와 측정 체계를 제시하고 있는 Oslo Manual(2005)은 4대 혁신으로서 제품 혁신(Product Innovation), 공정 혁신(Process Innovation), 조직 혁신(Organizational Innovation), 마케팅 혁신(Marketing Innovation)을 제시하고 있는 바, 서비스 혁신은 제품 혁신과 동

[그림 6] 국내 GDP 규모 및 서비스업 비중



“서비스 혁신을 체계적으로 달성시키려는 노력속에서 서비스 사이언스 태동”

일 선상에서, 즉 제품의 또 다른 유형으로서 설명되고 있다. 이와 같은 견해는 서비스가 제품과 구별되는 속성으로서 무형성(intangibility), 이질성(heterogeneity or variability), 소멸성(perishability), 비분리성(inseparability or simultaneity)을 가지고 있다고 보는 기존의 서비스 연구의 결과들과 동일선상에 있다고 볼 수 있는데(McDermott et al. 2001), 최근에는 이러한 서비스에 대한 관점이 ‘제품과 다른 그 무엇’이라는 측면에서 확장되어, 오히려 제품을 아우르는 통합적인 상품 및 시스템으로의 개념 확장이 모색되고 있다(Howells, 2003).

서비스 사이언스는 서비스 혁신을 체계적으로 연구하고, 과학적으로 달성시키기 위한 노력을 기반으로 태동하였다(IBM, 2006). 즉, 서비스 사이언스는 서비스의 개발·운영·혁신을 위하여 과학적 방법론 및 응용기술을 연구하는 학제적 학문 분야로 정의할 수 있다(서비스사이언스연구회, 2008). 서비스 사이언스는 유형화, 정형화, 측정 등이 어려운 서비스 혁신을 고찰하기 위한 시스템적 프레임を提供한다는 점에서 중요하며, 이를 통해 제품 중심 사고에서 벗어나 독자적인 연구 분야로서 서비스 혁신 방안의 모색이 가능하다. 서비스 사이언스는 다음의 세 가지 주요 연구의제를 다룬다(Chesbrough & Spohrer, 2006).

첫째, 서비스 가치를 창출하기 위하여 조직이 다양한 지식을 수용 및 결합할 방안
둘째, 새롭고 가치 있는 서비스를 제공하고, 서비스 문제를 해결하기 위한 통합적 방안

셋째, 서비스 내에 보이지 않는 지식을 교환하고 이를 통해 가치로 구현시킬 방안
서비스 사이언스에 대한 인식 제고로 서비스 혁신 모델과 관련한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 그 구성요소로서 아래 [표 2]과 같은 내용들이 대표적으로 제시되고 있다. 서비스 혁신의 모델을 구성하는 아래의 요소들이 경영자의 전략적 의도와 기획 아래 서로 긴밀하게 상호작용할 때, 진정한 혁신의 성과가 나타난다는 것이다.

아래 [그림 7]은 서비스 혁신의 메커니즘을 도식한 것이다.

위 그림에서 알 수 있듯, 서비스 혁신은 서비스 개발, 서비스 운영, 서비스 개선

“성과의 선순환 구조
구축을 위한 노력
요구”

의 일련의 과정을 거치며, 이러한 혁신의 과정에는 기초과학 또는 응용기술의 지원 및 기반기술의 확보가 필수적이다. 또한 제품 혁신과 마찬가지로 서비스 혁신의 동인으로서 서비스 R&D도 중요하며, 이를 통해 지식과 기술의 창출을 관리하고, R&D 성과가 R&D 재투자자로 환원될 수 있는, 이른바 성과의 선순환 구조 구축을 위해 노력해야 한다.

3. 기상기후 서비스와 기술경영 전략

기상기후 서비스는 공공정보의 서비스를 바탕으로 민간 기업 및 국민 개개인의 정보 수요를 충족시킨다는 점에서, 서비스 혁신, 공공혁신의 관점에서 기상기후 서비스의 개선 및 발전의 방향을 모색해야 한다. 그러므로 기상기후 서비스의 혁신을 기술경영의 전략적 관점에서 아래와 같이 제안하고자 한다.

1) 기상 R&D 고도화

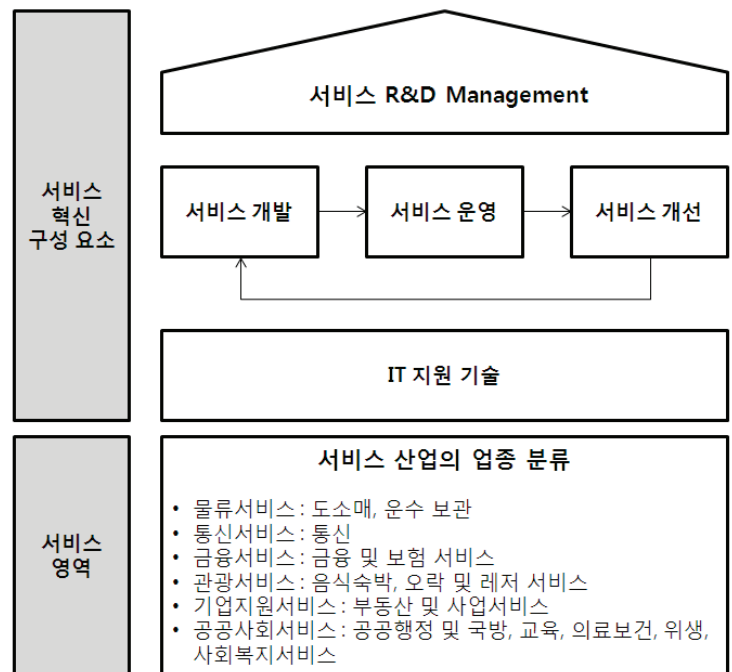
기상기후 서비스의 핵심은 정보 처리, 즉 획득과 전달 과정에 있기 때문에 정확하고 신뢰할 수 있는 정보를 적시에 전달하기 위한 기술력이 뒷받침되어야 한다. 그런 의미에서 기상기후 서비스 혁신을 위해 기상 R&D의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다.

<표 2> 서비스 혁신 모델 구성요소

연구자	서비스 혁신 모델 구성요소
Hertog(2000)	서비스 개념, 사용자 인터페이스, 생산/전달, 기술옵션
Gallouj(2002)	서비스 특성, 서비스 제공자의 역량, 고객의 특성, 기술적 특성
정선양 외(2010)	전략적 의도, 기술혁신, 조직혁신

정선양 외(2010)에서 재인용 및 재수정

[그림 7] 서비스 혁신의 메커니즘



김광재 외(2009)에서 인용 및 재수정

“ 서비스 혁신 모델
구축의 관점에서
R&D 투자 계획을
재고려 ”

2012년 우리나라의 기상 R&D 연구비가 818억 원으로 지난 10년 간 500%이상 증대된 규모이긴 하나(기상청, 2012), 여전히 기상기술 선진국에 비하면 미미한 수준이다. 2006년 기상기술력수준 종합평가에서 우리나라는 최고 기술력 보유 국가 대비, 관측 80.7%, 자료프로세싱 39.1%, 예보 95.0%, 기후 79.0% 등의 수준에 해당하는 것으로 나타났다(한국과학기술기획평가원, 2006).

우리나라의 GDP 대비 R&D 투자비 비중은 4.03%로 세계 2위에 해당할 정도로 매우 높다(한국과학기술기획평가원, 2012). 하지만 기술개발에 몰두하는 노력과 시간, 비용의 경제적 투자 수준에 비하여, 실제 상품화되어 시장 내에서 부가가치를 창출하는 기술은 매우 적은 것으로 알려졌다. 특히 전체 연구개발비 중 서비스업의 연구개발비 비중은 8.9%로, 미국(29.5%), 영국(24.1%), 프랑스(12.3%), 일본(11.2%), 독일(10.3%) 등 선진국에 비하여 낮은 수준이다.

기상기후 서비스도 서비스 혁신의 관점에서 R&D 투자를 아끼지 않을 필요가 있다. 즉, 단순한 양적 투자 확대에 그치지 말고 서비스 혁신 모델 구축의 관점에서 R&D 투자 계획을 재고려해야 한다. 투자의 우선순위에 있어서 관측위성의 개발·도입·운영이나 고성능 슈퍼컴퓨팅 기술 개발 및 개선 등에 집중하는 것도 중요하지만, 서비스 오퍼레이션 및 딜리버리 측면에서 수요자 중심의 효율성, 효용성, 적시성을 배가시킬 수 있는 관점의 변화가 필요하다. 기초과학과 응용기술의 개발 및 개선이 서비스 혁신 메커니즘의 필수 선결조건인 것은 사실이나, 유저 인터페이스 최적화와 서비스 품질 보장이 뒷받침되지 않으면, 불필요한 기술과잉(Technology Overload) 현상이 초래 될 뿐이라는 것을 명심해야 한다.

또한 점진적 혁신(Incremental Innovation)과 파괴적 혁신(Disruptive Innovation)을 동일선상에서 염두에 두고 양손잡이 조직(Ambidextrous Organization)의 형태를 지향하며 연구개발에 임해야 한다. 단기적으로 눈에 보이는 성과에 급급하여 점진적 혁신에만 초점을 맞출 경우, 충분한 경제적·시간적 투자가 뒷받침되어 급진적 혁신이 일어나는 선진국과의 기술격차에 대응하기 어려우며, 기하급수적인 속도로 발전하는 ICT 기술의 발달에 기민하게 협력 및 적응하지 못하여 시시각각으로

“ 서비스 공급 주체와
수용 주체에 대한
이원화된 조사가
필요 ”

변동성을 갖는 기상기후 서비스 수요자들의 니즈를 충족시키지 못할 수 있다. 따라서 현재 기술의 점진적인 개선 노력을 지속함과 동시에 기초과학에 대한 끊임없는 관심과 기술 로드맵에 대한 심도 있는 고찰, 그리고 민간 및 공공 부문의 경계가 없는 개방형 혁신(Open Innovation)을 바탕으로 파괴적·급진적 혁신을 성공적으로 적용시킬 수 있는 기상기후 서비스 공급 주체가 되어야 한다.

2) 서비스 평가 척도 및 시스템 개발

경영학의 기본 원리 중 “측정 없이 개선 없다(no measurement, no management)”라는 오랜 명제가 있다. 이는 정량적·정성적 측정을 통한 개량적 피드백 지식이 경영 전략 수립 및 의사결정 과정에 적극적으로 투입될 때, 진정한 의미에서 개선, 즉 혁신이 이루어 질 수 있다는 말이다. 하지만 전통적으로 서비스의 속성이라고 받아들여지는 무형성, 이질성, 소멸성, 비분리성의 정의에 따라, 제품 혁신에 비하여 서비스 혁신에 대한 평가 척도의 개발과 과학적인 측정 시스템 구축은 다소 경시되었던 것이 사실이다. 하지만 기상기후 서비스 혁신을 위해서는 자체적인 평가 척도 개발과 시스템화된 조사의 실행으로 서비스 혁신 메커니즘 상의 문제점을 도출하고, 평가할 필요가 있다.

서비스 혁신을 위한 평가 척도 개발은 서비스 공급 주체와 수용 주체에 대한 이원화된 조사가 필요하다. 일례로 Oslo Manual을 폭넓게 적용하여 한국형으로 개선한 과학기술정책연구원(STEPI)의 혁신활동조사표는 서비스 산업의 특성을 고려하여 제조업과 구별되는 별도의 조사표를 만들어 서비스 기업의 3개년 간 혁신 요인 및 성과를 분석한다는 측면에서 매우 긍정적인 의미가 있지만, 기업의 경영층을 조사의 대상으로 한다는 점에서 분명한 한계를 지니고 있다. 서비스는 제품에 비하여 감성적 속성과 관계적 효능이 더욱 크게 작용하기 때문에 수요자 측면의 서비스 품질 및 혁신 성과 조사가 필요하며, 이러한 조사 결과가 서비스 공급 주체의 혁신 도입 지표와 연계될 때 진정한 의미에서 혁신 평가 척도로 인정될 수 있다.

기상기후 서비스 공급에 있어서 중추적인 역할을 담당하는 기상청은 국내외 기

“ 급격하게 변화하는
글로벌 시장 및
기술 환경 속에서
공공부문 조직의
경직성 우려로
마케팅 혁신의
필요성이 요구 ”

상과학 전문가, 기술자 그리고 조사 및 통계분석 전문가로 구성된 평가 척도 개발팀을 구성하여 서비스 개발·운영·개선에 이르는 전과정과 이를 뒷받침하는 기반기술에 대한 연구개발 및 활용성과를 면밀하게 분석할 필요가 있다. 이러한 분석 결과를 장기적 관점에서 기술 로드맵 및 선진국의 기술 현황과 연계하여 고찰하고, 조직 내의 문제점과 미비점을 객관화·표면화시켜 개선을 위한 기초 자료로서 활용하여야 한다. 또한 내부의 기술 및 서비스 분석에 그치지 않고 사용자 관점의 서비스 효용성을 검증하기 위하여 주요 협력 대상인 공공기관, 민간기업, 교육기관, 연구기관은 물론 개인 수요자에 이르기까지 폭넓은 서비스 조사를 통해 혁신 성과의 가치 창출과 확산의 측면에서 광범위한 논의를 전개해 나가야 한다.

3) 마케팅 혁신의 노력 경주

마케팅 혁신(Marketing Innovation)은 다양한 연구자에 의해 정의되고 있지만, 일반적으로 기존의 마케팅 방법론에서 비약적인 발전이 있거나, 새로운 마케팅 방법론을 의미한다(OECD, 2005). 마케팅 혁신은 시장 혁신(Market Innovation)으로 정의되기도 하며, 이는 마케팅 혁신이 더 좋은 새로운 잠재 시장, 혹은 새롭게 재규명된 기존 시장을 타겟으로 삼고, 이에 접근하는 최적의 새로운 방법을 찾는 것이라는 점을 함의한다(Johne, 1999).

기상정보 서비스를 제공하는 핵심 주체는 대부분 공공부문의 조직으로서, 조직의 운영에 있어 이익추구가 궁극적인 목표가 아닌바, 4대 혁신 중 마케팅 혁신의 노력에 대하여 간과하게 될 가능성이 높다. 하지만 급격하게 변화하는 글로벌 시장 및 기술 환경 속에서 점차 비대해지는 공공부문의 조직에 대하여 국가 경제 전반의 경직성으로 이어질 수 있다는 우려의 목소리가 제기되고 있으며, 이에 따라 마케팅 혁신의 필요성이 요구되고 있다.

마케팅 혁신에 대한 측정 지표를 제공하고 있는 Oslo Manual 에서는 이른바 4P로 잘 알려진 제품, 유통, 촉진, 가격 전략의 4대 요소 각각에 대한 측정을 통해 마케팅 혁신의 영향요소 및 성과를 측정할 수 있도록 제안하고 있다. 이러한 관점에

“ 부가가치 있는 정보
창출과 빅데이터 업계의
주도자 및 허브 역할
수행 필요 ”

서 기상기후 서비스 혁신에 있어서도 수요자 지향적인 세부 서비스 기획, 서비스 UX(User Experience) 개선, 서비스 제공 비용에 대한 절감 노력, 정보 제공 플랫폼 및 디바이스 다각화를 통한 유비쿼터스(Ubiquitous) 정보 네트워크 구축 등의 다양한 혁신활동을 전개해야 한다.

특히 시장지향성의 측면에서 고객 접점을 체계적으로 관리하려는 노력이 필요하다. 기상청의 경우 방송 매체와 소프트웨어 등을 통한 B2C 서비스는 활성화되어 있고, 관련 민간 사업체와의 연계도 활발히 진행되고 있는 것으로 판단되나, 국가 산업에 지대한 영향을 미치는 기업 및 공공 부문과의 연계 서비스, 즉 B2B, B2G 부문에 대한 서비스 혁신은 더욱 활성화 시킬 필요가 있다. 다양한 기업의 규모별, 업종별, 입지별로 다각화된 기상기후 정보의 수요를 세부적으로 파악하여 개별 기업에 대해 1:1로 맞춤형 정보를 제공하고, 단순히 획득된 정보를 제공하는 것에서 벗어나, 종합 기상기후 컨설팅 서비스로서 경영 과정의 의사결정에 필요한 핵심적인 단서들을 제공할 수 있는 토탈 솔루션이 마련되어야 한다. 이를 위해서 필요하다면 경영 전문가, 즉 경영학 관련 연구자 및 컨설턴트 그룹과의 연계 연구와 이론적 프레임 개발에 적극 참여해야 한다.

최근 이슈가 되고 있는 빅데이터(Big Data) 관련 연구 또한 기상기후 서비스의 마케팅 혁신에 있어서 큰 동인으로 작용될 수 있다. 기상청은 고도의 기술이 집약된 슈퍼컴퓨팅 시스템을 활용하여 방대한 양의 기상 정보를 축적하고 있으나, 이 정보를 가공하여 부가가치를 창출하는 측면에서는 다소 부족했던 것이 사실이다. 빅데이터 연구가 본격적으로 논의된 시점이 최근 4~5년 정도 밖에 지나지 않았고, 그 실체와 파급력에 대하여 이론이 분분한 것이 사실이지만, 이와 같은 상황 속에서 방대한 양의 정보를 가지고 있고, 또한 그것을 운용하는 것이 서비스의 본질인 기상청의 입장에서, 명확한 결론들이 도출될 때까지 기다리는 것은 바람직하지 않다. 즉, 집단지성 및 군집창의성(Swarm Creativity)의 관점에서 관련 연구자들과 끊임 없이 소통하여 더욱 부가가치 있는 정보를 창출하고, 빅데이터 업계의 주도자 및 허브 역할을 수행하는 것이 더욱 바람직하다고 판단된다.

“ 장기적 관점의 비전과
그에 상응하는 전략을
제시 ”

4) 기업가 정신 함양을 통한 조직 혁신

혁신에 있어서 기업가 정신이 미치는 영향은 매우 크다. 경제학의 거장 슈페터(Joseph A. Schumpeter)가 1942년 그의 저서에서 창조적 파괴(Creative Destruction)의 개념을 제시하여, 기업가의 창조적 파괴 행위가 자본주의의 역동성과 경제 발전을 가져올 수 있는 핵심 동인이라는 점을 역설한 이후, 기업가 정신은 혁신의 필수 요건으로서 받아들여졌고, 최근에는 단순히 최고경영자 뿐만 아니라 전 조직 구성원의 기업가 정신 함양에 대한 관심으로까지 확대되고 있다.

혁신을 가능하게 하는 다양한 기업가 정신의 요소 중에서도 명확한 비전제시, 전략 수립 과정에의 적극적인 참여, 의사결정능력, 혁신에 대한 몰입과 긍정적인 태도 등은 다양한 연구들에서 공통적으로 나타나는 혁신 성과의 결정요인이다. 최고경영자뿐만 아니라 조직 구성원 모두가 이러한 의식을 바탕으로 조직 혁신 및 서비스 혁신에 관심을 기울일 때, 고객 가치 및 조직 이익 극대화가 이루어 질 수 있다.

기상기후 서비스의 핵심 주체로서 기상청은 1948년 국립중앙관상대로 출발하여 현재에 이르기까지, 어려운 국내 환경 속에서도 끊임없는 혁신 노력으로 인하여 세계적인 수준의 기상정보 제공이 가능한 공공기관으로 발전해왔다. 하지만, 정부 공공기관의 특성상 정권 및 정책의 변화에 따른 잦은 행정 소속 개편과 최고경영층 교체로 인해, 기업가 정신 측면에서 서비스 혁신을 위한 최적의 조건을 갖추고 있다고 보기에는 어려운 것이 사실이다.

기상청장을 필두로 한 최고경영층은 조직 혁신의 주체로서 스스로의 역할과 책임이 막중함을 자각하고, 혁신을 위한 최선의 노력을 강구하여야 한다. 최고의 서비스 혁신을 이룬 기업들에 대한 사례조사에서, 경영자 스스로가 자사 서비스의 근간을 이루고 있는 핵심 및 원천 기술에 대한 확고한 지식과 가치관이 정립되어 있을 때, 더욱 가치 있고 장기적인 안목의 서비스 혁신 이루어졌다는 사실이 확인되었다(정선양 외, 2010). 따라서 경영자는 기상기후 서비스의 개발, 운영, 개선에 필요한 기초 및 응용 기술에 대한 폭넓은 이해를 바탕으로, R&D 과정에 적극 참여하여 장기적 관점의 비전과 그에 상응하는 전략을 제시하여야 하며, 이러한 가치관을

공유하는 조직 구성원들의 역량을 결집시켜 조직 혁신의 성과로 이어질 수 있도록 노력을 경주하여야 한다.

“ 거시적 측면에서의
서비스 혁신 메카니즘의
구현을 위한 노력과
투자가 병행 ”

III. 기상기후서비스 혁신 성과 달성을 위한 제언

본고에서는 기상기후 서비스의 개념 및 특징에 대하여 논하고, 이를 서비스 혁신과 서비스 사이언스의 측면에 접목하여, 기술경영 관점에서 서비스 혁신 성과를 달성하기 위한 전략적 제언들을 제시하고자 하였다.

범지구적 규모의 기상이변과 재난·재해가 속출하여, 세계적으로 연간 2,120억 달러의 피해액이 발생하고 있는 것으로 추정되고 있는 가운데(삼성지구환경연구소, 2006), 우리나라의 기상기후 서비스에 대한 논의는 기상기술 논의에 비하여 부족한 것으로 생각된다. 관측 및 예보기술이 아무리 발전하더라도 최적의 정보 공급 및 품질 보장을 가능하게 하는 서비스 관점의 체계 정립이 되어 있지 않다면, 기술 활용도 측면에서 국가적인 규모의 투자 대비 손실이 발생할 수밖에 없는 만큼, 기상기후 서비스 혁신에 대한 논의가 이제부터라도 활발히 전개되어야 한다고 판단된다.

앞서 언급한 바와 같이 기상기후 서비스의 핵심 주체로서의 기상청은 1948년 국립중앙관상대로 출발하여 현재에 이르기까지, 기초기술 및 모방기술의 개발로 출발하여 현재는 독자기술을 개발 가능한 수준으로 지속적인 역량 강화가 이루어져 왔다. 이미 세계 7번째 기상위성과 289억에 달하는 슈퍼컴퓨터를 바탕으로 92%의 강수 유무 정확도를 자랑하고 있는 만큼, 그 위상에 대하여 자긍심을 가져도 될법하다(헤럴드경제, 2013). 하지만 앞으로 특화기술, 융합기술의 시대로 나아가기 위해서는 단순히 기술개발에 대한 몰입과 비용 투자 보다는, 거시적 측면에서의 서비스 혁신 메카니즘의 구현을 위한 노력과 투자가 병행되어야 한다.

기상기후 R&D의 고도화를 통한 수요자 중심의 기술개발, 서비스 평가 척도 및 시스템 개발을 통한 피드백 메카니즘 구축, 고객지향성 및 빅데이터 분석을 통한 마케팅 혁신, 그리고 이 모든 것을 포기하지 않고 지속적으로 구현 가능하게 하는 혁신

신적 기업가 정신의 전사적 공유를 통해 세계 기상기후 서비스 혁신의 중심국가로 거듭나는 대한민국을 기대한다.

참고문헌

- 과학기술정책연구원(2003), 기상지진기술개발사업 10개년 계획 수립 연구
- 기상청(2007), 국가기상기술로드맵(안)
- _____ (2009), 기상선진화를 위한 10대 우선 과제 실행 계획(안)
- _____ (2012), 기상 R&D 5개년 기본계획(안)
- _____ (2013), 2012년도 기상기후산업 시장규모 조사
- 김광재 외(2009), 서비스 혁신 연구: 프레임워크와 연구이슈, *Journal of the Korean Institution of Industrial Engineers*, 35(4), pp. 226-247.
- 노상환 외(2012), 기상기후정보의 활용 극대화 방안, APCC 용역 최종보고회 자료
- 박광준(2012), 한국의 기상기후 산업 현황, 기상·기후 예측 정보의 산업적 활용 및 이익 창출 워크숍 발표자료, 한국기상산업진흥원
- 삼성지구환경연구소(2006), 날씨정보 돈 된다: 날씨경영, 이렇게 실천하라, 2006-134-07
- 서비스사이언스연구회(2008), <http://fvortal.cimerr.net/ssme/service-science>
- 양영민 외(2004), 기상정보가 사회 경제에 미치는 영향과 효과분석, *한국기상학회지*, 40(2), pp. 159-175.
- 정선양 외(2010), 서비스 산업에서의 과학기술의 역할과 새로운 서비스 혁신 모델의 모색: 월마트와 인천국제공항공사의 사례를 중심으로, *기술혁신학회지*, 13(3), pp. 471-493.
- 한국과학기술기획평가원(2006), 기상기술력수준 종합평가
- _____ (2012), 우리나라와 주요국의 연구개발투자 현황 비교, KISTEP 통계 브리프, 29
- 한국기상산업진흥원(2013), 산업분야 연구개발 동향: 기상산업 R&D 추진 현황, R&D브리프 2013-01
- 한국은행(2012), 신흥국 경제의 서비스화 현황 및 여건 평가
- 헤럴드경제(2013), 기상청=오보청은 오해... '강수 유무 정확도' 92%, 2013-06-07
- Callouj, F.(2002), *Innovation in the Service Economy: The New Wealth of Nation*, UK: Edward Elgar.
- Chesbrough, H. and J. Spohrer(2006), A Research Manifesto for Services Science, *Communication of the ACM*, 49(7), pp. 35-40.
- Dutton, J. A.(2002), Opportunities and priorities in a new era for weather and climate services, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, pp. 1303-1311.
- Hertog, P.(2000), Knowledge-Intensive Business Services as Co-Producers of Innovation, *International Journal of Innovation Management*, 4(4), pp. 491-528.

- Howells, J.(2003), Innovation and Services: The Combinatorial Role of Services in the Knowledge-based Economy, *International Conference on New Trends and Challenges of Science and Technological Innovation in a Critical Era*.
- IBM(2006), *Service Science, Management, Engineering(SSME): A Next Frontier in Education and Economic Growth*
- Johne, A.(1999), *Successful Market Innovation*, *Journal of Innovation Management*, 2(1), pp. 6-11.
- McDermott, C. M., Kang, H., and Walsh, S.(2001), A Framework for Technology Management in Services, *IEEE Transaction on Engineering Management*, 48(3), pp. 333-341.
- OECD(2005), *Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*, A joint publication of OECD and Eurostat, third Edition
- _____(2006), *Digital Broadband Content: Public Sector Information and Content*
- Schumpeter, J. A.(1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Routledge; New Ed edition(August 28, 2006)
- WMO(2000), *WMO Looks Forward : Fifth WMO Long-term Plan 2000-2009 : Summary for Decision Makers*, Geneva, Switzerland : World Meteorological Organization

자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화

허종완 인천대학교 도시과학대학 건설환경공학전공 교수 jongp24@incheon.ac.kr
손홍민 現) 인천방재연구센터 연구원, 前) 한국과학기술기획 평가원 연구원 bluekaris@nate.com

- I. 자연재난 현황
- II. 자연재난 정의 및 분류
- III. 자연재난 대응체계
- IV. 자연재해 대응 서비스 기술
- V. 자연재해 대응 정책 및 변화

국내의 자연재난 발생 현황으로 살펴볼 때 태풍, 홍수, 호우 및 산사태를 포함한 풍수해의 피해가 가장 빈번하며, 1961년부터 2004년까지의 자연재해의 유형별 발생빈도를 보면 호우(홍수 및 산사태)가 453건으로 전체 발생재난 중에서 가장 많은 46%를 차지하고 있고, 그 다음으로는 태풍 189건(20%), 폭풍 159건(17%) 등이 뒤를 따르고 있다. 전 세계적으로도 홍수와 태풍이 2001년부터 2010년 사이에 발생한 자연재난 중 81%(경제손실 72%, 사망자 3%)를 차지하였으며 지진에 의한 사망이 전체 사망자 중 약 63%를 차지한다.

이와같은 현황 속에서 국민의 자연재난에 대한 두려움이 증가하고, 그 대응책에 관심이 고조되어 정부의 재난관리 정책 및 전략 수립에 대한 요구가 증대되었다. 한국도 미국, 유럽, 일본과 같이 국가 차원에서 자연재난에 대비하여 전략을 마련하고, 대응 시스템을 체계화하여 피해를 최소화하는 노력이 더욱 필요하다. ■

“ 국가 차원의 자연재난
대비 전략 및
대응시스템의 체계화
필요 ”

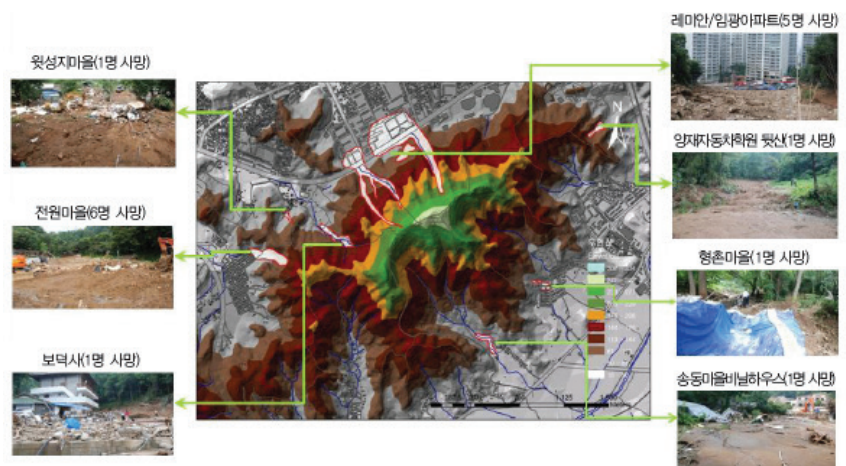
I. 자연재난 현황

무분별한 자연훼손에 의해 발생하는 전 지구적인 온난화로 인해 예기치 않은 자연재난의 발생빈도가 높아졌으며, 이로 인한 인적·경제적 손실은 전 세계적으로 지속적인 증가 추세이다. 전 세계적으로 자연재난은 '91년~'00년 2,665건에서 '01~'10년에 3,968건으로 1.5배 증가하였으며 자연재난으로 인한 사망자는 '91년~'00년 74만명에서 '01년~'10년 사이에 122만 명으로 1.6배 증가하였다. 한국도 경제성장과 도시화, 지구온난화로 인한 기후변화로 자연재난에 의한 재산피해가 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 최근 10년('99~'08)동안, 태풍/ 집중호우 등 자연재난으로 총 795명의 인명 피해와 18조 1,800여억원의 재산피해가 발생하였다. 집중호우로 인해 발생한 우면산 산사태('11.07)를 포함해 '11년 6월부터 8월까지 호우에 의한 산사태만으로도 국내 총 사망자 수는 53명에 이르고 있다.

따라서, 국민의 자연재난에 대한 두려움이 증가하고, 그 대응책에 관심이 고조되어 정부의 재난관리 정책 및 전략 수립에 대한 요구가 증대되었다. 한국도 미국, 유럽, 일본과 같이 국가 차원에서 자연재난에 대비하여 전략을 마련하고, 대응 시스템을 체계화하여 피해를 최소화하는 노력이 더욱 필요하다.

한편, 국내의 자연재난 발생 현황으로 살펴볼 때 태풍, 홍수, 호우 및 산사태를 포함한 풍수해의 피해가 가장 빈번하며, 1961년부터 2004년까지의 자연재해의 유형별 발생빈도

[그림 1] 우면산 산사태 평면도 및 GIS 활용

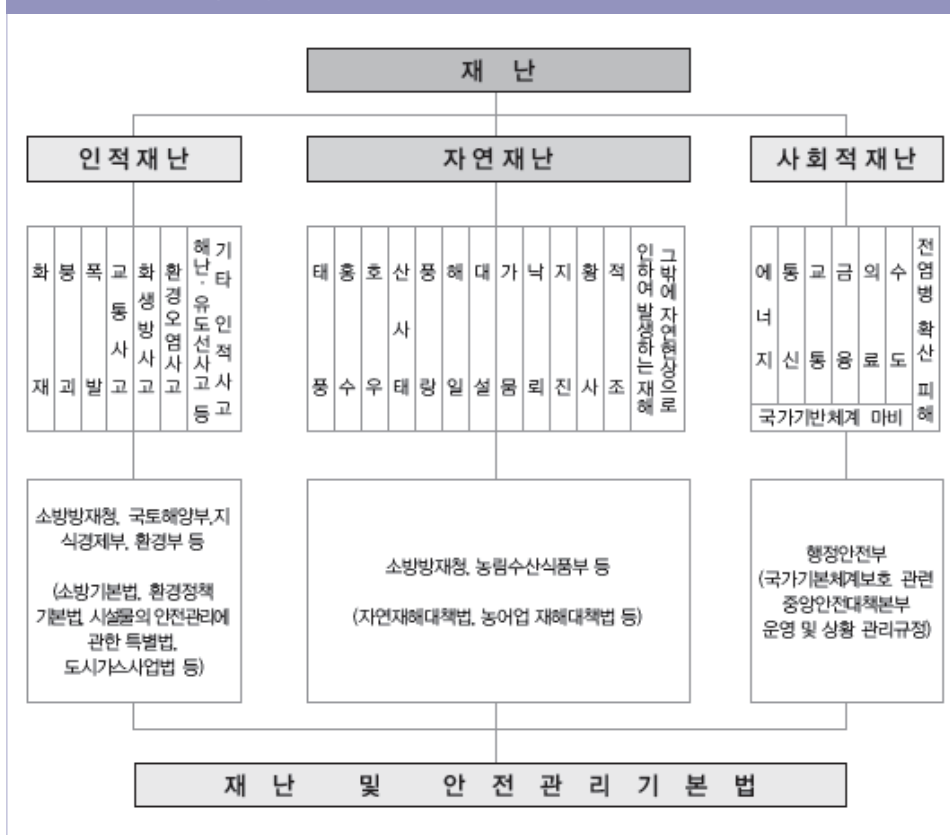


“ 최근 10년간
전세계적으로 홍수와
태풍이 자연재난의
81% 차지 ”

를 보면 호우(홍수 및 산사태)가 453건으로 전체 발생재난 중에서 가장 많은 46%를 차지하고 있고, 그 다음으로는 태풍 189건(20%), 폭풍 159건(17%) 등이 뒤를 따르고 있다. 전 세계적으로도 홍수와 태풍이 2001년부터 2010년 사이에 발생한 자연재난 중 81%(경제손실 72%, 사망자 3%)를 차지하였으며 지진에 의한 사망이 전체 사망자 중 약 63%를 차지한다. 본 정책초점에서 우리나라에서 가장 빈번하게 발생하여 인명과 재산에 피해를 주는 주요 자연재난의 종류 및 대응 서비스 기술을 알아보고 어떠한 정책적 변화점이 있는지 살펴보았다.

II. 자연재난 정의 및 분류

[그림 2] 재난의 유형별 종류 및 관련법



재난은 유형별로 인적재난, 자연재난 및 사회적 재난으로 구분하고, 그 중 자연재난은 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설, 가뭄, 지진 및 지진해일, 황사 그리고 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 일컫는다. 자연현상이 지형, 지반, 해수에 영향을 주면서 홍수, 사면붕

“ 현재 하향식
중앙통제를 위한
이원화된 재난 대응
체계 운영 ”

괴, 지진해일, 지진반동 등의 현상을 일으키고, 이는 인명, 재산, 시설 등에 1차 피해를 주는 것에 이어 사회 및 경제 시스템 상의 혼란 야기 등 2차 피해를 야기하는 재난이 된다.

III. 자연재난 대응체계

1. 국가 대응체계

1) 국내 재난 대응 체계

재난 및 안전관리 기본법에 근거하여 지역특성을 고려한 하향식 중앙통제를 위해 중앙과 지역에 이원화된 안전관리위원회를 운영하고 있다.

2) 일본 지진방재 대응체계

각종 지리정보 시스템을 활용하여 재해 상황의 조기파악과 관련기관 응급복구시의 신속하고 정확한 의사결정을 지원 하는 것을 목적으로 지진방재 정보시스템 DIS를 개발, 현재 내각부에

<표 1> 국내 재난 대응체계

구분	재난	
대상	• 인적재난: 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화생방사고, 환경오염사고 등 • 자연재난: 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설, 가뭄, 낙뢰, 지진, 황사, 적조 등	
근거법	• 재난 및 안전관리 기본법	
대응체제	• 중앙안전관리위원회(위원장: 국무총리) • 중앙재난안전대책본부(본부장: 행정안전부장관) - 중앙사고수습본부(본부장: 주무부처장관) - 중앙긴급구조통제단(단장: 소방방재청장) ↓ • 지역안전관리위원회(위원장: 시·도지사, 시·군·구청장) • 지역재난안전대책본부(본부장: 시·도지사, 시·군·구청장) • 지역긴급구조통제단(단장: 소방본부장, 소방서장)	
복구책임	인적재난	자연재난
	피해 원인자 (보상 및 배상)	• 방재책임자 - 국가시설: 국가 - 지방시설: 지방자치단체 - 개인시설: 개인 * “재해구호 및 재해복구비용 부담 기준 등에 관한 규정”에 따라 국가 일부 보조 및 지원
대규모 재난 발생시	• 재난사태 선포(재난 및 안전관리기본법 제36) - 대통령령이 정하는 재난이 발생하거나 발생할 우려로 인하여 사람의 생명·신체 및 재산에 미치는 중대한 영향 또는 피해를 경감하기 위하여 긴급한 조치가 필요하다고 인정되는 경우 선포 * 선포대상지역 3개 시·도 이상 : 선포 → 국무총리 - 선포대상지역 2개 시·도 이하 : 선포 → 중앙재난안전대책본부장 • 특별재난지역 선포(재난 및 안전관리 기본법 제59조 내지 제60조) - 대통령령이 정하는 재난의 발생으로 인하여 국가의 안녕 및 사회질서의 유지에 중대한 영향을 미치거나 당해 재난으로 인한 피해의 효과적인 수습 및 복구를 위하여 특별한 조치가 필요하다고 인정되는 경우 선포 * 선포 : 대통령	

“홍수 및 집중호우에
대응 가능한 통합 기술
개발 시급”

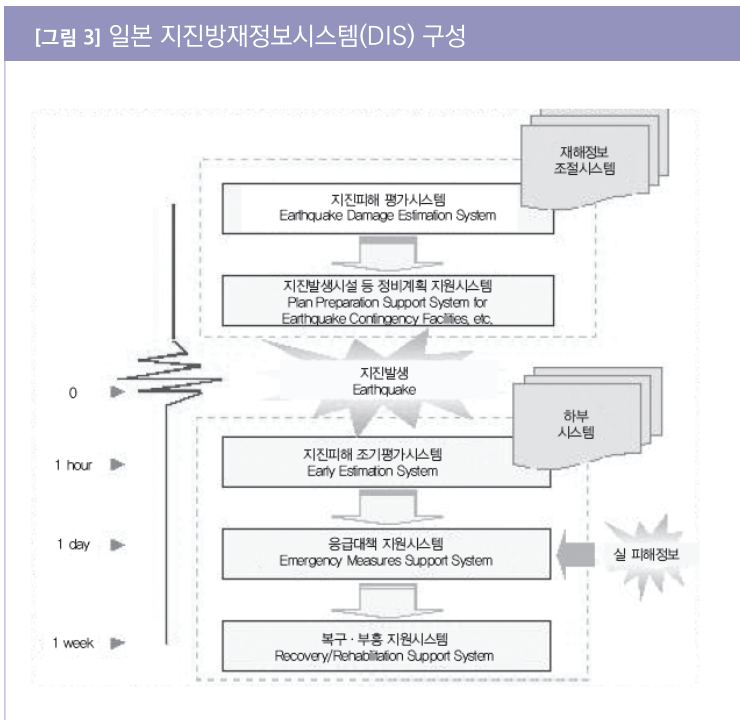
서 관리·운영하고 있다.

지진발생 직후 정보가 한정된 상황에서 피해규모의 개요를 단시간에 예측할 수 있도록 지진피해 조기 평가시스템을 구축하고 있다. 지진피해 조기평가 시스템에서는 지형, 지반, 건축물, 인구 등에 관하여 일본 전국의 데이터 베이스를 정비하고 있고, 기상청으로부터의 지진 정보를 받으며 격자(mesh) 진도분포, 건축물 피해 및 이에 수반한 인적피해를 예측하고 있다. 또한 지진피해 예측 후 이를 바탕으로 피해 규모 및 넓이 등을 고려하여 파견해야 할 구조대의 규모, 장비, 의료진 등 긴급히 필요한 지원의 규모를 결정하여 제공하고 있다.

평상시에 도로, 공항, 항만 등의 긴급수송 관련 시설과 소방서, 학교, 물자비축장소 등 방재관련 시설을 지리정보 시스템(GIS) 데이터베이스로서 정비해 두고, 재해시 피해정보를 분석·정리하여 응급대책에 활용할 수 있도록 하고 있다.

2. 홍수관련 자연재난 시스템

[그림 3] 일본 지진방재정보시스템(DIS) 구성



1) 국내

홍수재해통합관리와 관련된 자료의 구축은 미진한 상태이며, 한반도 설정에 맞는 홍수유출 및 홍수범람모형의 개발, 집중호우에 대응하는 중소규모 댐 운영 기술의 도입 등을 통합한 기술개발이 시급하다. 국가안전관리 GIS 시스템은 기상정보, 방재자원정보, 재난피해상황관리 등의 기능을 가지고 있고, 주로 재난 발생 후 신속한 대응이 주목적으로 홍수재해 등의 사전방재를 위한 기술적 정보나 자료 제공은 다루고 있지 않

“수치모델 결과
등과 연계된
홍수피해지역조사
및 홍수지도 제작
필요”

다. 또한 2002년까지 국립방재연구소에서는 우수유출저감시설의 설치기법에 관한 연구를 5차 년도에 걸쳐 수행한 바 있으나, 예산 및 인력부족으로 다양한 저감시설 중 일부 시설과 지역에 대해서만 실시간 관측 및 분석이 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 홍수 피해지역 지도화와 관련한 연구들은 현재까지는 실시 조사에 기초한 연구들이었고, 수치모의 결과 등과 연계된 의사결정지원을 위한 홍수피해지역 조사 및 홍수지도 제작이 추가로 필요하다.

2) 해외

미국지질조사국(USGS)의 경우 1980년대 초에 관측망의 평가지침을 마련하고, 이를 통해 관측망의 최적화를 꾀하고 있으며, 최근에는 원격탐사방법의 적극적 활용을 위한 지상관측망의 연계운영에 많은 재원을 투자하고 있다. 일본은 건설성을 중심으로 홍수나 토사재해, 지진해일 등의 자연재난에 의한 피해를 최소화하고 주민의 방재의식을 고취시키기 위한 홍수침수실적도와 홍수범람위험 구역도, 토사재해위험구역도 등의 지도를 제작·활용하고 있으며, 유럽의 경우 2005년 이후 FLOODsite, EFAS, CRUE, EXCIFF 등과 같은 EU Action Program on Flood Risk Management가 시행중이며 이를 통해 홍수 위험도 매핑, 홍수관리방안 및 향후 유역단위 홍수계획 수립 등이 이루어지고 있다.

IV. 자연재해 대응 서비스 기술

국내의 자연재해 대응 서비스 기술로는 휴대폰과 스마트폰을 이용한 재난 예·경보 시스템, IT를 활용한 국가재난예방시스템, 재난대응 119 신고체계 구축 등이 있다. 재난 예·경보 시스템은 예측되는 재난재해 정보를 알려 국민들이 대처할 수 있도록 하는 것을 말하며, 2005년 휴대폰의 CBS 기능을 이용하여 이동통신사의 통신망과 기지국을 통해 긴급 재난 문자를 전달하는 기능을 개발하여 보급하였다. 또한, 스마트폰용 앱 ‘국가재난안전센터’를 개발해 재난재해 문자 수신 및 각종 시

“ 재난전조
정보관리시스템
구축 및
통합상황관리시스템
운영 ”

설물 정보, 지역별 CCTV 영상정보, 국민행동요령 등의 정보를 찾아볼 수 있게 하였으며, 2012년 2월 재난 및 안전관리 기본법을 개정하여 휴대폰에 CBS 기능 탑재를 의무화하였다. 2009년부터는 내비게이션이 꺼져 있거나 길 안내방송 중에도 재난 문자가 자동 팝업이 되도록 하는 DMB 재난경보방송 자동화 시스템을 구축하였다. 2010년 12월 행정안전부가 다양한 IT 기술을 이용한 재난재해 정보시스템을 구축하여 선제적인 재난재해 예방이 가능하도록 하였다. 폭우·화재 등의 재난재해 징후를 사전에 포착하여 ‘재난전조 정보관리시스템’이 구축되었고, 20개 기관의 31개 시스템이 연계되는 재난위기 통합 상황관리 시스템도 운영되고 있다.

1. 재난안전무선통신망

재난안전무선통신망은 네트워크망 구성 혹은 기술에 관계없이 재난 복구활동을 위해 최소한의 시간 내에 최소한의 장비로 간편하게 통신 연결성 확보가 가능하며, 미국, 영국 등 선진국들은 재난 현장의 통신소통 체계를 확립하기 위해 광범위한 재난안전무선통신망을 보유하고 있다. 대표 기술로는 디지털 TRS 기반의 TETRA와 iDEN이 사용되고 있다. TETRA는 재난안전무선통신을 위한 공통된 주파수와 기술표준을 완성하기 위한 범 유럽적 노력의 일환으로 ‘유럽전기통신표준기구(European Telecommunication Standard Institute : ETIS)’에 RES-6(Radio Equipment and System group number 6) 위원회를 1990년에 설치하였고, 이를 통해 공식적으로 기술개발 및 표준화를 진행하여 TETRA 표준규격이 완성되었다. 타 기술에 비해 재난대응 목적으로 가장 적합하며, 영국, 독일, 프랑스, 스웨덴 등 유럽 국가를 중심으로 적용되고 있다. 하지만 유럽의 지지를 받고는 있으나 특정 제조사의 독점 문제 해소가 어렵고, 표준화 성숙도가 높지 않아 이기종 제조사 간 시스템 인터페이스의 연동이 곤란한 단점이 있다. 국내에서는 2006년 재난안전무선통신망 구축 1단계 시행 시 서울/ 경기 지역에 TETRA 망이 구축되었다.

iDEN-TRS는 모토로라가 자체 개발한 비개방형 표준기술로서 공공안전을 위한 기관과 물류·유통 분야 시장을 위주로 발전한 공중 무선망용 디지털 TRS 기술로

“ 다양한 재난유형에
대응할수 있는 CCTV
자동 영상 감지
알고리즘 개발 계획 ”

아날로그 지령 시스템에서 제공하는 서비스를 셀룰러의 상호접속 시스템과 결합하여 데이터, 단문 문자 메시지, 전화통화까지 서비스를 확장시킨 무선통신 시스템이다. 2011년 현재 전 세계 22개국에서 1,700만 명의 가입자를 확보하였고, 미국(일부 기관), 캐나다, 이스라엘 등 사업자망 TRS가 활성화된 국가들을 중심으로 재난안전 무선통신망 서비스가 제공되고 있다. GSM에 기반을 두어 평시에는 업무용으로 사용되고, 재난 시에는 재난안전 지휘통제용으로 활용 가능하여 경제성 확보 면에서 TETRA보다 유리하지만 안정성, 재난대응성, 보안성 측면에서는 불리하다. 국내에서는 택시, 화물 등 운수업체에서 사용되며, 국내 서비스는 KT파워텔이 제공하고 있다.

2. CCTV를 이용한 모니터링 서비스

CCTV(Closed Circuit Tele-Vision) 모니터링 서비스는 재해·재난 관리 객체에 센서를 부착하여 현황정보를 수집하고, 사전에 정의된 상황기준과 비교하여 조건에 맞을 경우 상황정보를 알려 재해·재난을 사전에 예방하는 서비스를 말한다. 산불, 하천 범람, 지진, 해일 등 자연재해의 현황정보는 주로 저속의 센서정보를 통해 수집하였으나 최근에는 치안·방범에 주로 사용되던 HD(High Definition)급 CCTV 기술을 재난관리에 활용하는 서비스들이 점차 증가하고 있다.

소방방재청은 ‘수위 상승 자동 감지 기술’에 대한 특허를 2011년 8월에 등록 완료하고 현장에 적용하기 위한 시범사업과 고도화를 2012년까지 추진하였으며, 산불, 산사태, 해일, 너울성 파도, 적설 등 다양한 재난유형에 대응할 수 있는 ‘CCTV 자동 영상 감지 알고리즘’을 추가로 개발할 계획이다. 담당자가 직접 영상정보를 지켜보면서 위험수준을 넘는지의 여부를 육안으로 확인하는 소극적인 관제에서 재난 변화 상황을 자동으로 감지해내 이상상황을 담당자들에게 경보하는 적극적인 관제로 개선하는 효과를 거둘 수 있다.

“ LTE 단말기를 위용한
예·경보 서비스 제공
및 컴퓨팅을 활용한
재난·재해 예측시스템
도입 ”

3. 모바일을 이용한 예·경보 서비스

모바일 GPS를 이용한 피해예측 서비스는 효율적인 재해재난의 응급대응을 위하여 자연현상, 상황변화, 피해발생에 대한 예측정보를 분석하여 제공하는 서비스로 피해예측 시뮬레이션을 활용하여 피해를 최소화할 수 있다. 피해예측 서비스가 활성화되기 위해서는 모바일 단말기, 무선 측위 기술, 공간정보서버와 단말기 간 메시지를 주고받기 위한 무선통신 기술이 필요하다. LTE단말을 이용한 예·경보 서비스를 재해재난발생 시 국민들을 대상으로 재해재난의 상황정보를 제공하는 서비스로 일반적으로 단방향 푸시 형태를 갖고 있으며, 모니터링 서비스와 연계되어 예·경보를 국민들에게 자동으로 제공한다.

4. 컴퓨팅을 이용한 재난·재해 예측

컴퓨팅을 이용한 재난재해 예측에는 슈퍼컴퓨팅을 이용한 재난재해 예측과 클라우드 컴퓨팅을 활용한 재난 예·경보 시스템이 있다. 2011년 3월 발생한 일본 동북부 대지진 같은 재난은 발생 15분 안에 쓰나미의 이동 경로를 예측할 수 있고, 그만큼 대피안내를 빠르게 전달 할 수 있다. 미국과 일본 등에서 이미 도입해 활용 중인 슈퍼컴퓨팅을 촉진하기 위해 우리나라도 슈퍼컴퓨터 육성법으로 불리는 ‘국가 초고성능 컴퓨터 활용과 육성에 관한 법률’이 2011년 말 발효되었다. 2011년 9월 인텔은 샌프란시스코에서 개최된 ‘인텔개발자포럼(IDF) 2011’에서 클라우드 컴퓨팅을 활용한 3D 재난 시뮬레이터를 소개했는데 수천 명이 동시에 접속해 실제와 같은 상황에서 재난대비 훈련을 할 수 있다. 재난발생 예측에는 센서와 이를 분석하는 컴퓨팅이 큰 역할을 하고, RFID를 활용한 실시간 교통 관리 시스템을 통해서도 재난 지역에서 가장 빨리 탈출하는 방법을 찾아낼 수 있으며, 화재발생의 경우 화재발원 지역을 찾아내 소방대원의 스마트폰으로 바로 연결할 수 있다.

“부처 간 협력을
통한 재해평가 및
예측기술의 공동 개발
노력이 부족”

V. 자연재해 대응 정책 및 변화

1. 연구부분

재해유형별로 각 부처에서 개발된 독자적인 단위기술에 있어 부처 간 협력을 통한 재해평가 및 예측기술의 공동 개발 노력이 부족하다. 방재 관련 연구기관 간 협력 연구는 거의 전무한 실정이고, 상호 간의 지식 및 정보의 교류가 없어 국내 방재 분야 R&D 시스템 상의 문제점을 노출하고 있다. 또한, 재난재해예방이 목적인 사업 간의 연계가 부족하고 국가차원에서의 체계적 기획 및 종합조정 기능이 부족하여 중복투자 혹은 특정 연구 분야가 누락될 가능성이 높다. 이러한 문제점을 해결하고 위한 노력의 일환으로 국가과학기술위원회에서 재난재해 분야에 대한 제도개선, 정책수립 및 다부처 공동기획을 위하여 ‘재난재해특별위원회’를 설치하였다. 따라서 각 부처별로 산발적, 부분별 추진되던 재난 및 안전기술관련 연구개발활동을 통합 조정하여 국가의 재난저감의 목적에 맞게 협력·연계 추진이 필요하다.

2. 대응체계부분

중앙과 지방에 이원화된 정부의 재난재해 사후 대응체계는 지역특성을 고려한 하향식 중앙통제라는 관점에서 효율적으로 판단된다. 설계빈도를 초과하는 집중호우로 인한 피해가 매년 되풀이되므로 도심에 충분한 배수시설 확보 및 강화된 방재시설 기준 확립이 시급하다. 급경사지 유지관리에서도 국토해양부(국도), 한국도로공사(고속도로), 산림청 및 철도청 등 국내 기관별로 상이한 급경사지 유지관리 시스템을 구축하고 있으며, 인명피해가 아닌 시설물, 국유림 보호 중심으로 운영하고 있는 실정이다.

3. 정책변화 부분

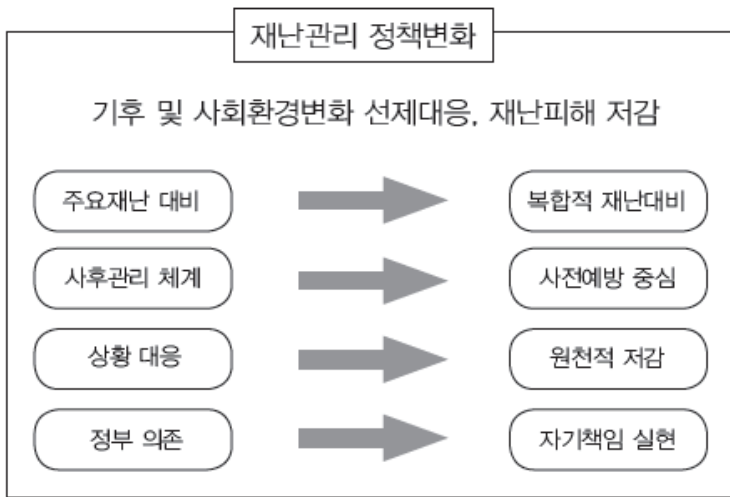
기존의 주요 자연재난을 포함하여 백두산 폭발, 지진, 지진해일 등 새로운 신존

“ 백두산 폭발,
지진, 지진해일 등
새로운 신종 재난과
복합재난에 대한
대비가 필요한
시점 ”

재난과 복합재난에 대한 대비가 필요한 시점이다. 일본 대지진에 이은 해일·화재·원전폭발 등 대규모 복합재난에 관심과 우려가 고조되고 있으며 사후 복구 위주의 재난관리의 한계를 극복하고 첨단 과학기술을 활용한 사전예방 중심의 과학적

방재의 필요성이 증대 되고 있다. 미국의 경우 1달러를 재해예방에 투자하면 사회 전체적으로 4달러의 비용을 절감할 수 있다는 연방재난관리청의 보고도 있다. 따라서 피해 상황이 발생한 후 대응이 아닌, 재난의 원인 분석 및 제거를 통해 재산과 인명 피해를 원천적으로 저감을 위한 재난재해의 원인을 분석하고 재난요소를 사전에 제거하는 재난예측 프로파일링 기술에 대한 연구자들의 요구 증대가 요구된다.

[그림 4] 재난관리 정책 및 패러다임의 변화



참고문헌

- 국가과학기술위원회(2011), 2011년도 재난 및 안전관리기술개발 시행계획(안)
- 건설교통부(2006), 물관련 연구개발 공동활용체계구축
- 과학기술부(2001), 국가 9대 자연재난·안전관리 대응기술개발사업 기획연구
- 국립방재연구원(2008), 강우자료를 활용한 예·경보시스템 국내 적용성 연구
- 국토해양부(2008), 차세대 홍수방어기술 기획연구
- 소방방재청(2007), 자연재해저감기술개발사업 중장기 추진계획연구
- 소방방재청(2007), 소방방재청 국가개발사업 중장기 기획연구보고서
- 소방방재청(2009), 산사태재해 예측 및 저감기술 개발
- 소방방재청(2010), 첨단 소방방재 녹색기술개발사업 자연재해분야 R&D 기획연구
- 한국과학기술기획평가원(2011), 우리나라 주요 자연재난 대응 동향
- ETRI(2013), 재난·재해 대응형 IT 기술
- 국립기상연구소, <http://www.nimr.go.kr>
- 미국국립해양대기관리처, <http://www.noaa.gov>
- 소방방재청, <http://www.nema.go.kr>

수요자 맞춤형 서비스를 위한 기상기술 고도화 방안

김영준 한국형수치예보모델개발사업단장 yj.krm@kiaps.org

- I. 수치예보모델 기술
- II. 맞춤형 서비스 기술개발의 필요성
- III. 국내외 기술개발 동향 분석
- IV. 기상기술 고도화를 위한 연구개발
- V. 한국형 독자기술개발 추진 체계
- VI. 맞춤형 서비스 효과 및 활용
- VII. 맺음말

I. 수치예보모델 기술

일기예보 정확도의 향상 및 이를 통한 기상서비스의 제공은, 재해 예방은 물론 국민생활과 산업 전반에 많은 영향을 주는 국가적으로 중요한 사업이다. 따라서 해외 기상선진국들은 경쟁적으로 좀 더 정확한 기상예보 시스템을 구축하고자 노력을 하고 있다. 우리나라도 이러한 의미에서 한국형수치예보모델 개발을 통해 좀 더 정확한 기상예보를 하려는 노력을 기울이고 있다.

2013년은 우리 (재)한국형수치예보모델개발사업단 (영문명: Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems or KIAPS)에게는 아주 중요한 해이다. 바로, 우리나라가 기상선진국, 더 나아가 과학선진국으로 발돋움하기 위한 노력의 일환으로 추진 중인 한국형수치예보모델개발의 1단계 사업을 마무리하는 시점이기 때문이다. 어찌면 우리 사업의 성공여부는 이번 1단계 원천기술 확보에 달려 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 모든 사업들

이 다 마찬가지겠지만 불확실성이 많은 우리 사업과 같은 연구개발에서는 특히나 기초를 튼튼히 다져야만 그 성공의 확률이 높아진다고 하겠다.

한국의 기상학 수준은 나날이 향상되고 있는데, 특히 기후모사와 예측분야는 세계기상기구(WMO)가 인정할 정도의 수준에 도달해 있으며, 많은 기상학자들이 이 분야에 종사하고 있다. 하지만, 수치예보분야의 경우 물리과정 모수화의 일부분야는 세계적인 수준에 올라와 있지만, 전체적으로 봤을 때 기상 선진국들의 수준과는 상당한 격차를 보이고 있는 것이 현실이다.

이처럼, 한국의 기상학 수준이 전반적으로 꾸준히 발전해 왔음에도 불구하고, 수치예보기술은 상대적으로 그 발전 속도가 늦은 편이다. 그 이유는 우선 수치예보모델링분야의 연구비 규모가 상대적으로 작고, 수치예보기술이 필요한 기상청의 전문인력이 절대적으로 부족했다. 반면에, 연구인력이 주로 분포되어있는 대학이나 연구소에는 기상청처럼 수치예보기술을 실습할 현업환경(슈퍼컴퓨터 뿐 아니라 수치모델을 구성하는 각종 컴퓨터코드, 그 수치모델에 실시간으로 제공되는 각종 관측자료들과 이를 분석하는 기술과 기상인력인프라를 포함)의 미비로, 상대적으로 독립적인 연구가 가능한 기후분야 연구에 많이 편중되어 왔던 것이 현실이다. 이런 문제점들을 해결하기 위해 (재)한국형수치예보모델개발사업단이 설립되었다. 사업단은 수치예보모델링 전문인력을 한곳에 모아서 체계적인 연구개발을 수행하게 하는 인프라 구축의 첫 단계로서 중요한 역할을 담당하게 됐다.

기상선진국들이 많은 인력을 동원해서 짧게는 10여 년 길게는 수십 년에 걸쳐서 개발에 성공한 수치예보모델을 실질적으로 8년여의 짧은 기간 안에 필요한 인력을 확보해가면서 추진하기 위해서는 발상의 전환이 필요하고 그간의 관례를 벗어난 혁신적인 방법을 찾아야 한다. 연구·개발 전 과정에 걸쳐 집중적이고 체계적인 노선을 걸어야 성공할 확률이 높아질 것이다. 처음에는 어렵더라도 최대한 한국 고유의 기술을 습득하도록 모든 노력을 기울여야 할 것이다. 이를 통한 기상기술력 확보 및 기술고도화는 기상서비스 도약을 위한 실질적인 초석이 될 것이다.



II. 맞춤형 서비스 기술개발의 필요성

1. 기술적 측면

일기예보의 정확도는 국민 개개인 및 단체들의 실생활과 직결되므로 예보업무는 기상업무 중 최우선적으로 고려되어야 한다. 그 중에서도 수치예보모델의 중요성은 이미 널리 알려진 바 있다. 현대의 복잡한 예보기술과 방대한 기상자료를 체계적으로 종합하여 예보를 내리기 위해서는 수치예보모델을 이용하지 않고는 불가능하다. 기상청의 『예보역량진단을 통한 기술력 평가에 관한 연구』에 따르면 수치예보모델의 비중이 현대 일기예보의 40%를 차지하고, 관측자료의 질과 양이 32%, 예보관의 능력이 28%를 차지한다고 조사되었는데(박선기, 2007: 그림 1 참조), 예보관들이 수치예보자료를 참조하고, 또 관측자료의 질을 향상시키는데 수치모델이 사용되므로, 실제로는 그 비중이 훨씬 더 크다고 보는 것이 타당할 것이다.

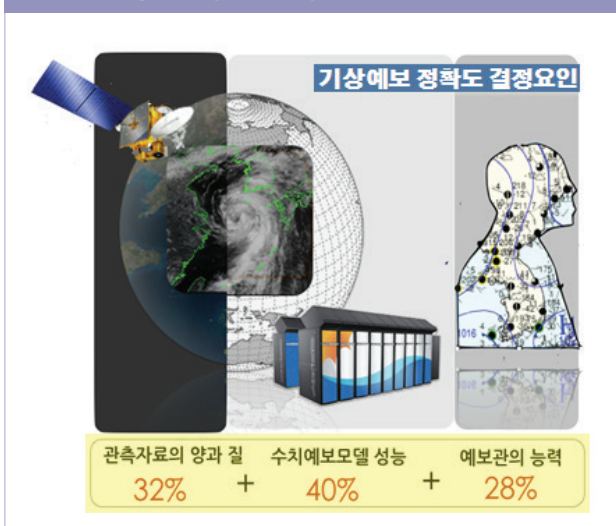
더구나, 현대의 기후 및 기상 시스템이 기존에 알려진 “정상”의 범위를 벗어나 “이상”의 상태로 이미 접어들었기 때문에 기존에 비교적 잘 적용되던 예보관들의 종관적인 지식과 경험적인 직관이, 시간이 갈수록 적용되기 어려워질 것임이 예상된다. 따라서 대기를 지배하는 법

칙이 인간이 가진 지식과 기술을 토대로 최대한 구현되어있는 수치예보모델을 보다 정교하고 정확하게 개선시켜서 더 큰 비중으로 예보에 활용할 수밖에 없는 시대에 접어들고 있다.

2. 경제적 측면

현대사회는 날씨에 민감하다. 특히 사회 전반적으로 미래를 대비하고 계획을 수립하기 위해서는 날씨 정보가 필수이다. 이것은 민·관·군 모두에 해당된다. 날씨정보 생산을 위해 수립된 예산의 규모에 비해 그 정보의 오차에 따른 손실은 막대하다. 중앙재

[그림 1] 기상예보 정확도 결정요인



난안전대책본부의 통계자료에 따르면 우리나라의 경우 최근 10년간(2000년~2009년) 기상재해로 인한 재산 피해액은 약 17조원, 피해 복구액은 약 28조원으로 기상재해로 인한 경제적손실은 총 45조원이다. 또한, 지난 2002년 발생한 태풍 루사에 의한 피해액은 약 6조 1,529억 원으로 이는 GDP 대비 0.9%에 해당한다. 이처럼 한국에서 정기적으로 빈번하게 발생하는 일기관련 자연재해를 효과적으로 대비하는데 있어서도 일기예보기술개선이 당연히 중요하므로 한국형수치예보모델 개발의 책임은 실로 막중하다고 할 수 있다. KDI (한국개발연구원)의 조사에 의하면 기상예보 정확도의 향상으로 인한 직접적, 간접적 경제효과는 각각 6천여억 원, 6조5천여억 원까지 추정된다(그림 2).

[그림 2] 기상예보 정확도 향상으로 인한 이익



III. 국내외 기술개발 동향 분석

1. 관련 기술의 국내 · 외 동향

우선, 현재 독자 현업수치예보모델을 보유한 세계 각국의 현업수치기관들의 기술순위를 매기면 표 1과 같다. 현재 한국은 독자적으로 개발된 현업일기예보용 전지구 모델을 보유하고 있지 못하고 영국으로부터 통합모델 (Unified Model or UM: 전지구·지역 예보 겸용)을 들여와 2011년부터 현업에 사용하고 있다. 독자여부를 떠나 단순 순위를 산정하면 한국은 약 6~7 위권으로 볼 수 있으며 현업예보의 관점에서 도입모델이 성공적으로 운영되고 있기는 하지만, 기술개발과 기술습득의 제한성 및 종속성 등 여러 제약요인으로 인해, 우리만의 독자모델의 개발이 절실한 실정이다. 사업단은 한반도 주변의 기상상황을 고려하고 한국이 보유한 인공위성, 레이더, 재래 관측망 등을 통해 수집되는 각종 관측 자료들을 보다 효율적으로 이용하



기 위한 “한국형”수치예보모델을 개발하는 것이 그 주목표이다.

과거에 국내 학계에서 물리과정과 역학체계를 어느 정도 갖춘 전지구 대기모델이 개발되었으나 기상청 현업화에 실패하였었는데, 그 주된 이유 중의 하나는 그 모델과 연동되는 자체 자료동화시스템을 같이 개발하지 못한 데에 있었다고 본다. 이와 같이 현대의 수치예보모델은 일차적으로 자료동화시스템의 구축이 현실적으로 가장 큰 어려움으로 여겨지며, 설사 자료동화시스템이 개발되었더라도 다른 2가지의 모델요소들인 역학체계와 물리과정과 체계적이고 조화롭게 연결(커플링)시키는 현업화 작업의 성공여부에 따라 예보모델의 성능이 크게 좌우된다고 할 수 있다.

필자가 다년간 현업환경에서 모델개발을 한 경험에 의하면, 수치예보모델개발은 과학(science)에서 출발하지만, 공학(engineering)적인 요소가 많이 들어가고, 나아가서는 예술(art)적인 접근도 필요하다. 현재 우리나라의 상황은 물리과정의 기술은 일부 분야의 경우 상당히 개발되어 있고, 역학과정도 어느 정도 국내 기술이 개발되기 시작하는 상황인데 반해, 자료동화는 실제로 필요한 이론과 현업을 포괄하는 완성 기술이 더 개발되어야 하는 실정이다.

외국의 경우, 기상선진국의 우수한 현업기관들은 앞에서 기술한 자료동화 부문의 이론 및 현업 포괄기술을 자체적으로 보유하고 있고, 학계나 연구소에서도 활발한 관련연구가 이루어지고 있으며 그 연구결과가 현업에 체계적으로 접목되고 있다. 하지만, 국내에는 자료동화와 현업화 분야에 지극히 적은 인원만이 분포되어있기 때문에 인력양성이 절실하고 시급한 실정이다. 자료동화와 현업화 분야가 인기가 없었던 가장 큰 이유는 지금까지 국내에서 기술의 수요가 적었기 때문이다. 그렇지만, 사업단이 설립된 현재는 그 필요성과 수요가 늘어나고 현업 실습 환경도 좋아져서 앞으로 많은 한인 대기과학자들이 자료동화와 현업화 분야의 전공을 택하게 될 것으로 예상된다.

2. 선진국 수준과의 비교

세계기상기구 189개 회원국 중 전지구수치예보모델을 자체 개발한 나라는 오직 9개국이며, 전지구수치예보모델을 운영하는 나라는 한국을 포함하여 13개국이다. 유럽연합, 영국, 미국, 일본, 캐나다, 독일, 프랑스 등 기상선진국들은 독자모델을 오래전부터 보유하고 있다. 현

업 수치예보모델의 경우, 실생활과 관련된 지표면 근처의 예보기술을 잘 설명해주는 지표면 기압의 예보 오차를 비교하면 2009년 여름을 기준으로 유럽연합, 영국, 일본, 미국, 프랑스, 캐나다, 인도, 독일 (중국은 순위에 포함되지 않았지만 독일과 비슷함)에 이어 한국은 9위를 기록했다. 한국보다 순위가 앞서는 국가들은 모두 독자모델을

보유하고 있는데, 특히 중국은 최근에 독자모델의 개발을 완료하고 현업화 작업을 마무리하고 있다. 한국은 한국형수치예보모델개발사업을 통해 9년 내에 세계 5위에 해당하는 수치예보모델을 개발하는 것이 목표이다 (표 1 참조).

각국의 수치예보기술 수준을 분석해보면 기술이 높은 국가는 전반적인 기상학의 수준도 높음을 알 수 있다. 다시 말해서 일반적으로 전반적인 기상학의 수준을 높이다보면 수치예보기술력도 높아진다고 할 수 있다. 하지만, 한국의 경우는 전반적인 기상학의 수준은 급격히 높아지고 있는 반면 수치예보기술은 상대적으로 그 발전이 느린 실정이다. 그 이유는 앞에서 언급한 바와 같이, 수치예보모델개발과 관련된 투자가 상대적으로 적었었고 또 현업환경을 제공하는 기상청과 연구를 제공하는 학계와의 협력이 부족했었기 때문이라고 할 수 있다. 그래서 우수 인력이 기후연구 등에 심하게 편중되는 기현상이 벌어졌다. 본 사업단은 이러한 불균형을 해소하는데 큰 역할을 담당하게 되리라 본다. 그러기 위해서는 연구개발을 담당할 사업단과 현업환경을 제공할 기상청과의 긴밀한 협력이 필수적이며, 또 그렇게 사업이 진행되고 있다.

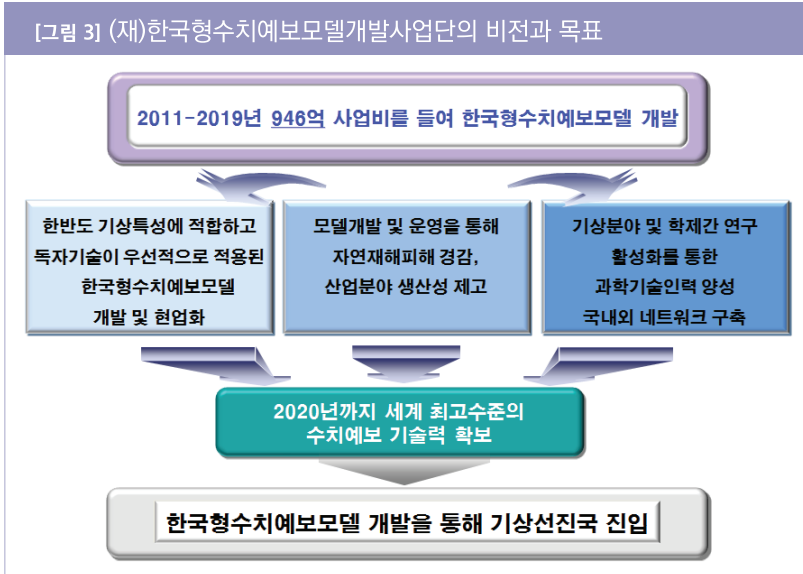
현재 기상청은 세계 2위 수준의 영국 기상청 통합모델 (UM)을 들여와서 현업에 활용하고 있는데 기존에 비해 예보오차가 크게 줄어들었다. 이것은 아주 고무적인 현상으로서 앞으로 독자모델 개발시 훌륭한 비교기준(benchmark)이 될 것으로 보인다. 자동차 산업과 같은 한국의 다른 성공적인 분야의 경우처럼 수치예보기술도 부품 국산화의 개념으로 선진기

<표 1> 우수 수치예보모델 보유기간들의 모델 개발 기간 및 소요인력

구 분	유럽중기 예보센터	영국기상청	일본기상청	한국 KIAPS
초기 개발 기간	15년 (1976~1990)	12년 (1980~1991)	30년 (1959~1988)	9년 (2011~2019)
개선 기간	20년 (1991~현재)	20년 (1992~현재)	20년 (1989~현재)	-
개발 인원	300명	250명	75명	58명
초기 예산	180억원 (연간)	300억원 (연간)	354억원 (연간)	100억원 (연간)
예측 성능	세계 1위	세계 2위	세계 3위	세계 5위 (목표)



[그림 3] (재)한국형수치예보모델개발사업단의 비전과 목표



술을 복제함과 동시에 그 경험을 기초삼아 새로운 독자기술개발에 힘쓰다면, 그리고 사업을 합리적이고 계획대로 운영한다면 쉽지는 않겠지만 사업단이 목표로 하는 세계 5위의 기상 선진국 진입은 충분히 이룰 수 있는 목표라고 본다(그림 3).

IV. 기상기술 고도화를 위한 연구개발

본 사업의 목표는 크게 두 가지로 정리할 수 있다. 첫째는 자체 수치예보모델링기술의 습득이며, 둘째는 한국형수치예보모델의 개발이다. 물론 기상청에서 활용할 현업모델 개발이 최종적인 목표가 되겠지만, 이와 더불어 첫째 목표인 수치예보모델링 분야의 인력양성도 중요한 사안이라 할 수 있다. 기상선진국의 예를 봐서도 자명하지만 수치예보모델은 모델이식 및 유지·보수의 한계를 넘어서 독자개발능력의 보유가 중요하다. 즉, 첫째 목표가 둘째 목표의 선행조건이 되어야 한다. 본 사업에서 정의한 “한국형”의 개념은 국내외에서 한인이 개발한 기술이 없을 경우 국외에서 개발된 기술의 채택(플러그인)을 허용하고 있다. 이는 물론 경우에 따라 불가피한 선택이 되겠지만, 이 상황에서 중요한 것은 그 수입품(가령, 모듈이나 스킴)의 내용을 이해하고 개선시킨 후 궁극적으로는 국산화(독자화)시킬 수 있는 능력을 가진 기술(인력)을 사업단 내에 확보해야한다는 점이다.

또한, 보통 사업단하면 외부의 연구기관에 예산을 분배하고 연구 용역을 통해 그 결과를 거두어들이는 개념이 들어가는데, 본 사업은 그 특성상 가급적이면 유능한 연구인력을 최대한 자체 확보하고, 만약 당장 필요한 연구 인력이 없을 경우, 공동연구, 연수, 파견, 유학 등 여러 가지 방법을 통해 필요한 인력을 확보해야할 것이다. 따라서 본 사업의 첫째 목표는 인력양성

과도 밀접한 관계가 있다. 결론적으로 본사업의 목표를 한마디로 정리하면 “수치예보모델링 인력양성이 수반된 한국형수치예보모델개발”이라고 할 수 있다.

V. 한국형 독자기술개발 추진 체계

1. 단계별/연차별 추진전략

한국형수치예보모델개발사업은 총 9년간 3년씩 3단계로 개발을 추진할 계획이다 (표 2 참조).

먼저 1단계는 기본적으로 한국형수치예보모델을 개발하기 위한 기반을 다지는 단계라고 할 수 있다. 사업단을 설립하고 연구개발을 위한 각종 전산 시스템 등을 구축하고, 무엇보다 중요한 연구인력을 확보하여 차질 없이 연구가 진행되게 준비하는 단계이다. 또

한, 연구의 방향을 잡아 줄 기본연구개발계획을 수립하고, 기상 선진국들의 각 모델들을 비교 분석하는 등 성공적으로 사업을 마무리 짓기 위한 초석을 놓는 단계라 하겠다.

2단계는 본격적으로 모듈들의 개발에 들어가기 위한 단계로서 탐색했던 기술 중 한국형모델에 적합한 기술을 선택해서 스킴들이 조합된 시험용 모듈들을 개발한다. 또한, 개발된 모듈들을 하나의 모델로 결합하고 검증을 통해 문제점을 해소해 나가고 성능을 향상시킨다. 이 작업을 통해 시험모델을 개발하며 필요시 개선 및 추가 개발 작업이 진행된다.

끝으로 3단계에는 개발된 시험모델을 현업환경에서 가동시키면서 생기는 문제점을 해소하고 현업모델과의 집중비교를 통해 성능을 향상시킨다. 일단 현업모델인 UM의 성능에 필적하는 예보성능을 확보하기 위해 노력하고 나아가서 집중적인 보정 및 개선작업을 통해 문제점

<표 2> 단계별 사업 추진전략

단계	년도	목표	주요내용
1 단계	2011~2013	기반구축 및 원천 기술 개발	- 한국형수치예보모델개발을 위한 사업단 설립 및 연구개발체계 구축 - 역학코어, 물리모수화, 자료동화 분야의 원천기술 개발
2 단계	2014~2016	시험 모델 개발	- 개발된 역학코어, 물리모수화, 자료동화 모듈완성 - 모델 구성요소 모듈 커플링을 통한 시험예측시스템 개발 - 한국형수치모델 시험예측시스템 시험운영 및 현업 수치모델과의 실시간 상호 비교 수행
3 단계	2017~2019	현업 모델 개발	- 한국형수치모델 ver.0.9 검증 및 개선을 바탕으로 한국형수치모델 ver. 1.0 개발완료 - 한국형수치모델의 효율적인 사용 및 응용 프로그램 개발을 위한 후처리과정 개발

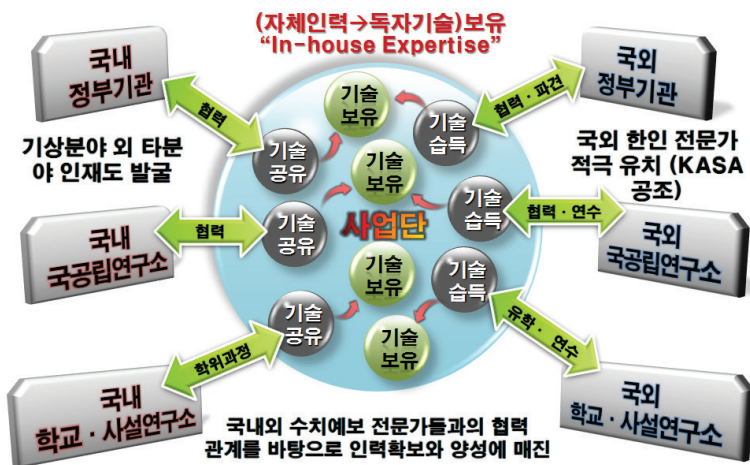


을 파악하여 개선하고 성능을 향상 시킨다.

2. 목표 달성에 필요한 핵심기술의 확보방안

사업목표 달성의 핵심은 핵심기술의 확보이며, 이는 곧 핵심개발 인력의 확보와 직결된다. 따라서 핵심 인력의 확보가 목표달성에 가장 큰 관건이다. 만일 인력확보 없이 기술만 도입 한다면 결국 개발된 모델만 남고 기술은 남지 않는 결과가 초래될 수 있다. 기술 확보의 방안 으로 국내외 기관과 연구협력을 하는 것은 물론 필수적이나 그 협력의 형태가 일방적인 기술 지원을 바라는 위탁연구의 형태가 되어서는 안 될 것이다. 국내의 경우 학계에 존재하는 우수 전문 연구그룹을 선정하고 해당 그룹의 필요 기술을 보유한 인력을 고용, 연수, 공동연구 등의 형태를 통해 사업단 내로 끌어들이는 것이 바람직하다. 국내에서의 인재확보가 어려울

[그림 4] (재)한국형수치예보모델개발사업단의 인력 및 기술 확보 방안



경우, 해당 기술을 보유한 국외의 그룹에 소속된 한인을 대상으로 고용을 유도하거나, 사업단내의 인력을 단기유학, 연수, 방문 등을 통해서 그 그룹의 기술을 습득하게 한 후 사업단으로 다시 흡수하는 방안을 검토 할 수 있다. 목표는 자체전문기술(In-house Expertise)을 확보하는 것이다 (그림 4).

VI. 맞춤형 서비스 효과 및 활용

1. 기술적 측면

수치예보모델링기술은 기상학의 첨단 주요 분야들이 집약되어 있기 때문에 한 국가의 기상

학 기술수준을 가늠하게 한다. 또한, 수치예보모델링기술에는 기상학뿐만 아니라 물리, 화학, 생물학, 해양학, 통계학, 전산학, IT 등 다양한 과학분야의 기술이 포함되어있으며, 이런 과학 분야를 접목시키거나 역으로 개발된 기술을 다른 과학분야로 전파할 수 있기 때문에 그 파급효과가 전방위적이라고 할 수 있다. 현재 한국을 비롯하여 독자수치예보모델을 보유하지 못한 국가들은 기상 선진국들의 수치예보모델을 그들의 기상예보에 활용함으로써 기술적으로 종속관계에 놓여 있다고 하겠다. 현대는 너무나도 변화무쌍한 기상으로 인해 과거의 기후자료나 잘 숙련된 예보관의 지식과 경험이 예전처럼 잘 활용되지 못하고 있다. 이 같이 점점 심해지고 있는 이상 기상 및 기후에 대처하게 도와주는 독자적인 수치예보모델이 없을 경우 앞으로 다가올 기상정보의 유료화 및 무기화 대응에서 불리한 입장에 설 수밖에 없다. 이는 분단국가인 한반도의 안보환경에도 아주 중요한 영향을 미친다 하겠다.

또한 한국형수치예보모델개발을 전담할 연구개발센터(사업단)를 보유함으로써 기술 개발에 필요한 전문가의 수요가 늘어나 고급 일자리가 창출되고 수치예보모델링분야가 활성화되어 일차적으로는 기후예보 등을 포함한 기상학 전반, 더 나아가서는 과학기술계 전체의 발전을 이루게 될 것이다. 그리고, 독자모델을 개발·보유함으로써 궁극적으로는 국내 기상기술의 고도화를 이룩함으로써 수요자 중심의 맞춤형 서비스의 질을 크게 향상시킬 수 있는 기술환경을 제공할 것이다.

2. 산업 · 경제적 측면

해마다 기상재해로 인한 피해액은 엄청나다. 기상재해를 막기는 힘들지만 적시의 예측을 통해서 그 피해를 크게 줄일 수 있는데, 독자모델을 개발하여 한반도에 더 적합한 예보를 생산함으로써 줄일 수 있는 피해액은 기상청의 조사에 의하면 연간 최소 2,000여억원 최대 6,000여억원으로 추산된다. 또한 일반 국민들뿐만 아니라 농업, 수산업, 건설업, 제조업, 관광·레저·서비스업, 교통업, 유통업, 보험업, 마케팅 등 산업계 전반에 걸쳐 일기예보에 의존하고 있는데 향상된 일기예보에 의해 발생하는 이익은 최근 기준으로 연간 약 2조원이라고 한다. 또한, 현재 기상청은 영국기상청의 현업모델을 도입해서 쓰고 있는데, 독자모델개발에



성공할 경우 외국모델 도입에 드는 직·간접적인 경비 일체를 없앨 수 있고, 영국의 예에서 볼 수 있듯이 한국도 기상후진국에 모델을 수출할 수 있게 되면 직접적인 수익도 발생하게 될 것이다.

현재 독자모델을 보유하고 있는 국가가 극히 제한적인 면을 감안한다면 독자모델개발에 성공할 경우 그 시장성은 크다고 볼 수 있다. 또한, 기상과 기후의 격변으로 인해 가까운 미래에 수치예보모델의 결과를 가공해서 만드는 고급정보의 가치가 급상승하고 수치예보모델을 빌려 쓸 경우 지불해야하는 로열티가 급증가할 가능성도 다분하다. 그렇게 되면 기상청의 전지구 수치예보 자료를 원자료(Raw Data)로 이용할 수밖에 없는 관련 기상산업계 전체가 영향을 받을 것이다. 우수한 성능의 독자모델을 보유하는 것만이 이 모든 문제점에서 자유로워지는 유일한 해결책일 것이다.

3. 기술이전 및 실용화 · 사업화 전략

본 사업의 연구는 스킴개발, 스킴들을 조합한 모듈개발, 모듈들을 조합한 모델개발의 순서로 진행이 된다. 이 각각의 과정에서 개발된 스킴들, 모듈들, 또는 모델은 기상청의 관리 하에 특히, 저작권, 양해각서, 이해각서 등의 적절한 법적절차를 밟은 후 필요로 하는 기관에 이전될 수 있을 것이다. 예를 들어 개발된 스킴을 실용화한 후 국내·외 연구소에 기술이전 시킬 수 있고, 개발된 모듈 역시 국내·외 연구소나 현업기관에 기술이전이 가능하며, 나아가서는 개발된 모델을 기상후진국에 대여 내지는 판매할 수 있을 것이다.

성공적으로 개발된 전지구수치예보로부터 나오는 향상된 질의 1차 정보는 기상산업계에서 가공되어 나오는 2차 정보의 질을 향상시킴으로써, 기상서비스의 효과성 향상을 통해 기상산업을 진흥시키는 효과가 있을 것이다. 아울러 일기예보 뿐 아니라 다른 분야의 예측에도 본 사업을 통해서 개발된 수치예보 기술이나 모델이 응용될 가능성도 있다.

4. 맞춤형 기상 서비스의 도약

현대사회는 어느덧 기상정보와 아주 밀접한 관계를 이루는 사회로 발전했다. 많은 사회활

동이 기상정보의 직접적인 영향을 받고 있는데, 상당수의 국민들이 단지 아침에 일기예보를 한번 보고 그날의 계획을 수립하는 단계에서 벗어나 실시간으로 기상정보를 접하며 활동 계획을 수정하는 등 좀 더 적극적으로 기상정보를 활용하고 있다. 그 한 예로 기상청의 정보를 바탕으로 최근에 도입된 Weavigation (Weather + Navigation) 서비스를 들 수가 있다. 차량 운전시에 교통정보와 함께 실시간 날씨정보(nowcating)가 동시에 제공되는 이런 서비스는 기상정보를 활용한 맞춤형 서비스의 좋은 예라고 볼 수 있다. 기상청은 수년전부터 동네예보를 실시하고 있는데, 이것도 일종의 지역적 맞춤형 서비스라고 볼 수 있을 것이다. 또한, 스마트폰의 위치추적 기능을 이용한 실시간 기상정보는 아주 높은 공간 및 시간적인 해상도의 기상정보를 필요로 한다.

앞으로는 이러한 다양한 수요에 의해서 기상정보의 맞춤형 서비스가 필요할텐데, 그 선결 조건은 조밀한 관측망의 구성과 더불어 한반도의 지형이나 기상상황에 특화된 뛰어난 성능의 수치예보모델의 개발임은 두말할 나위가 없다고 하겠다. 성능이 보장되지 않는 수치예보 모델을 이용해서 고해상도의 기상정보를 추출한다면 “더 자세하게 틀린” 기상정보를 생산할 수 밖에 없게 되므로 맞춤형 기상정보 서비스의 선결조건을 충족시키기 위해서 한국형수치예보모델개발 사업은 지속적으로 추진되어야만 한다.

VII. 맺음말

금년은 한국기상학회가 창립된 지 50년이 된 해이다. 우리 기상학계는 그간 끊임없는 노력과 개선을 통해 기상선진국으로 발돋움하기위한 좋은 여건을 갖추어가고 있다. 기상청을 중심으로 기상연구소, 기상레이더센터, 국가위성센터, 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 그리고 기상관측선에 이르기까지, 질 좋은 일기예보자료를 생산하기 위한 조건을 하나씩 체계적으로 갖추

[그림 5] 웨비게이션 사용 예



출처: 기상청



어 나가고 있다 (그림 6). 한국형수치예보모델개발사업은 이런 일련의 노력의 화룡점정을 이루는 한국 기상학 역사에 한 획을 긋는 사건이다.

[그림 6] 기상청의 수치예보 자립 노력



본 사업은 한국의 일기예보기술, 특히 수치예보모델 개발능력의 자립화라는 중대한 임무를 가진 사업으로서 한국이 기상선진국, 더 나아가서는 과학기술선진국의 대열에 합류하기 위한 기본 조건을 충족시키는 국가적인 사업이다. 성공적인 한국형수치예보모델개발을 위해서 국가적인 역량을 결집시킬 수 있는 효율적인 인력발굴양성

시스템을 개발하고 자체수치예보모델개발이라는 목표를 향해 일관성 있게 정진해야한다고 생각한다. 우리나라 고유의 예보 기술 확보는 국가안보 및 재난재해 방지 등 국민 개개인의 실생활과 직접 연계되는 문제이다. 기상예보기술의 선진화를 통해서만이 진정한 의미의 기상서비스가 이룩될 수 있다고 생각하는 바이다.

현재 기상청은 대국민 맞춤형 서비스를 시행하는 여러 프로그램을 추진하고 있고 많은 성공을 거두고 있다. (재)한국형수치예보모델개발사업단은 한국형수치예보모델개발을 통한 기술자립으로 대한민국의 완전한 기상주권 확립과 기상기술 고도화에 일조하는 중이다. 본 사업이 끝난 후 우리나라는 한국 고유의 수치예보모델을 보유한 기상선진국으로서, 양질의 기상정보 제공을 통해 우리나라 전 국민이 그 풍성한 혜택을 누리게 할 수 있을 것이다.

국민의 행복, 복지, 안전 증진을 위한 국민행복서비스 포럼 개최 후기



국립기상연구소 정책연구과

- I. 서론
- II. 포럼 주요내용
- III. 맺음말

I. 서론

20세기 들어 엘니뇨가 대기운동에 많은 영향을 미쳐 전 세계적으로 이상기상을 초래하면서 우리나라 역시 최근 10년 동안 많은 기상재해가 발생하였다(박관영, 2008). 기상재해 및 기후변화는 인간의 삶과 수반되는 여러 가지 활동에 영향을 미쳐 개인과 기업 뿐 만아니라 사회시스템 전체에 다양한 영향을 미치고 있다. 이와 같이 전 지구적인 기후변화로 인해 인간의 삶에 많은 어려움이 예상되는 가운데, 2013년 새롭게 시작된 박근혜 정부는 국정 비전으로 국민의 행복과 복지, 안전을 바탕으로 한 새로운 로드맵을 마련하여 재난·재해로부터 예방과 체계적 관리를 강조하였다. 따라서 국민의 행복, 복지, 안전을 위한 기상예측과 기상재해 저감 등 융·복합 시대에 맞는 다양한 기상기후 서비스 개발이 요구되고 있다.

이에 기상청은 새로운 국정 비전으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 선진 기상기후서비스 및 산업 융합 비즈니스 모델 개발에 관한 전문가 정책 토론의 장을 마련하였다(그림 1).

[그림 1] 국민행복서비스 포럼 주요 참석자(좌) 및 패널토론(우)



II. 포럼 주요내용

『국민행복 서비스포럼』 2013년 4월 25일 “국민 행복은 기상기후서비스로 시작된다”라는 주제로 국내 산·학·연·관 전문가 80여명이 참석하여 성장과 함께하는 지속가능한 한국형 복지 전략¹⁾과 국민과 함께하는 기상기후서비스²⁾를 주제로 2개의 발표가 있었고, 국민 행복을 위한 기상기후 서비스에 관한 패널 토론 순으로 진행되었다.

1. 주제발표

안상훈 교수(서울대학교)는 지식경제, 서비스경제 시대에서 현금급여보다 사회서비스를 강화하는 전략으로 경제적, 사회적, 정치적 효과가 뛰어난 한국형 복지 전략 조건에 공정성(fairness)과 사회서비스(social service) 정책을 강조하였다. 그 세부 항목으로 먼저, 맞춤형 고용복지를 위한 일자리 창출형 사회서비스 제공에 민관협력이 필요하며 다음으로 노후생활의 보장과 건강보험의 보장성 강화를 들었다. 그리고 탈빈곤정책의 패러다임 전환을 강조하며 이에 창조적 사회경제(자활기업, 마을기업, 사회적 기업 등) 활성화로 민간분야에서의 취약계층 일자리 확충되어야 함을 설명하였다. 또한 지자체 중심 복지전달체계의 개혁과 지속가능한 재원마련을 위한 공정복지에 관한 대타협, 국민인식 제고를 위한 민·관의 협력적 공론화가 필요하다는 의견을 제시하였다.

1 · 안상훈 교수(서울대학교)

2 · 엄원근 국장(기상청)



엄원근 국장(기상청)은 세계적인 경제위기와 더불어 지구환경 변화의 심화로 산업 및 국가 경쟁력 향상이 필요하며, 이를 위해 기상기후 인자와 사회경제적 비기상 인자의 연계를 고려한 고부가가치의 융합서비스 제공으로 국민복지 향상에 기여하겠다는 정책을 제시하였다. 또한, 전지구적 환경·기상재해에 선제적으로 대응하기 위한 국제협력 강화로 군사안보 개념 안보(테러, 질병, 환경, 재난)를 인간중심의 안보개념으로 다원화시켜 지구환경재해에 대한 공동대처에 적극적으로 지원할 것을 강조하였다. 이와 더불어 기후변화로 인한 대규모 기상재해 빈발로 날씨가 국민 행복 증진의 장애요인이 될 가능성이 상존되고 있어, 상대적으로 기상재해에 취약한 서민 중심의 기상서비스 강화와 기반시설 밀집지역에 대한 재해 대응 의사결정 지원서비스 제공과 사회구조 및 생활양식 변화에 따른 융합 기상기술 수요급증 및 에너지 자원의 해외 의존도 심화를 극복하는 신성장 동력으로 기상기후산업을 육성하고 일자리 창출로 연계하는 방안도 제시하였다. 이와 관련된 세부 사항은 아래와 같다.

- ㉠ 기상기후정보 활용을 통한 재해예방 강화: 예보, 특보 생산체계 고도화, 수치예보모델 성능 향상, 위험기상 탐지 및 관측자료 활용도 확대로 위험기상 대응력을 강화시키고 국민생활 중심의 기상서비스 제공
- ㉡ 기상기후정보를 활용한 기상기후산업 육성: 기상정보 빅데이터 플랫폼 구축으로 스마트 교통정보, 에너지 감축 스마트웨더 등 기관별 최적화된 open API 형태의 기상정보 제공과 생활 밀착형 Mash-up 서비스 개발을 통하여 기상과 교통, 기상과 의료보건/질병, 기상과 에너지 부분에 활용할 수 있는 기상기후산업 육성
- ㉢ 상세·맞춤형 스마트 기상정보서비스 확대: 스마트 고객접점 맞춤형 서비스를 위한 방안으로 범국가적 기후자료 통합 품질관리 및 서비스 창구 일원화, 전지구정보시스템을 통한 전세계 기상기후자료 서비스 제공 및 국가기후자료센터 설립·운영, 정보 활용 취약계층을 위한 기상콜센터 부가서비스 및 휴대폰 문자서비스 확대, 지역산업 맞춤형 기상기후서비스 확대

[그림 2] 기상기후서비스의 필요성 및 향후 전략



2. 패널토의

김명자 회장(한국여성과학기술단체총연합회)은 아주 기초적인 인프라로서 복지를 향상시킬 수 있는 것 중 가장 중요한 것이 환경 인프라이며, 그 중심이 기상기후라는 점을 설명하고 이와 같은 측면에서 기상기후정보는 가장 중요한 기초자산을 언급하여 이날 토론에 대한 필요성을 제기하였다. 또한, 기후변화시대의 중요하게 떠오르고 있는 에너지 측면에서도 기상청이 바람, 태양 등의 기상자원에 대한 데이터 정리를 해 줄 것을 요구하였다.

김경섭 부원장(한국정보화진흥원)은 창조경제란 과학기술이라는 씨앗이 정보통신기술이라는 토양에서 다양한 열매를 맺는 것이며, 이는 기상기후 데이터라는 씨앗이 다양한 서비스를 맺는 것과 같은 이치라고 설명하였다. 이에 정부는 자료에 대한 오픈 플랫폼 역할을 해야 하며, 기상기후 융합서비스는 모범답안이 될 것이라 하였다.

조항희 부원장(과학기술정책연구원)은 기상서비스는 국민 뿐 아니라 기업에도 상당히 중요함 따라 국가 기상기후정보의 전략적 활용방법을 모색하고 이를 활용하여 부가가치를 창출해야 함을 강조하였다. 일본 같은 경우, 이상기상과 일본경제 영향에 관한 보고서가 많이 발간되지만 우리나라는 관련 자료가 거의 없어 이에 대한 통계자료가 요구된다고 하였다. 또한 기상은 기초과학과 가장 밀접하며, 기초과학이 발달할수록 예보가 정확하고 관련 산업이 발달할 수 있음을 말하였으며, 그 예로 미국의 NOAA에서 다양한 분야의 관련 학자들에게 필요한 정보를 서비스 하는 정책을 소개함으로써 우리도 기초과학과 기상을 연결할 필요성에 대하여 설명하였다. 이



외에도 일본에서 극한 기상에 대비하여 인재를 양성하고 이스라엘에서는 기상정보를 산업과 연결하여 센서, 시스템 등의 관련 기업을 육성하는 사례를 소개하였으며, 이와 관련하여 국내에서의 관련 정책의 필요성을 제안하였다.

박선영 교수(건국대학교)는 기술경영에서 가장 중요하게 생각하는 것이 혁신이며, 4대 혁신에서 가장 중요한 키워드가 제조공정혁신, 두 번째가 제품서비스혁신, 세 번째가 마케팅혁신, 네 번째가 조직혁신이라고 설명하였다. 기상청의 기상기후서비스만큼 생활에 밀접한 서비스는 없으며, 국민의 질적인 복지를 향상시키기 위해 과학기술의 창의성, 조직의 혁신, 마케팅혁신 등 4대 혁신이 고려되어야 한다고 하였다. 전 조직이 창의적 혁신을 이루어 나가는 측면에서 기상청은 제품서비스 혁신으로 기상기후서비스가 그 자체이며, 2013년, 이루어져야 할 서비스는 대국민 서비스, 각 가정 서비스를 뛰어넘어 산업형, 지역형 융합서비스로 나가야 할 것임을 주문하였다.

정상만 회장(한국방재학회)은 방재 분야 중 기상청의 기상기후서비스와 가장 관련 있는 분야가 방재재난 부분이며, 기상청은 예방, 대비, 대응의 단계를 포함한 상황전달시스템이 필요하다고 하였다. 공급자중심에서 수요자 중심으로 변화되어야 하며, 여러 정보를 각 수요자가 사용할 수 있도록 서비스가 제공되어 국민이 필요한 자료를 사용할 때 국민이 행복을 느끼는 복지가 될 것이라고 하였다.

신영석 부원장(한국보건사회연구원)은 OECD 국가 중 복지에 대한 투자가 GDP 대비 22%를 사회복지에 지출하고 있으나 우리나라는 9.5% 수준에 머무르고 있음을 언급하며, 지속가능한 한국형 복지전략을 위해 기본이 되는 복지에 인프라가 뒷받침 되어야 함을 설명하였다. 또한, 21세기 시대적 문제인 기상이변에 관한 충격에 어떻게 대응해야할지를 연결하여 선제적 대응전략을 마련할 것을 요구하였다.

이철호 논설위원(중앙일보)은 우리사회에 빠른 속도로 기상정보에 대한 수요가 늘어나고 있어, 일기예보가 매우 중요한 위치에 있음을 상기시켰다. 이러한 상황에서 기상예보와 예측에 있어 사회적 신뢰와 공감대가 향후 더 요구될 것이라고 하였다. 또한, 기상분야의 전문가적 힘을 키워 잘못된 정보에 사회가 혼란을 격지 않도록 노력이 필요하며, 전문가적인 힘으로 사회를 이끌어야함을 언급하였다.

III. 맺는말

21세기 인간 모두에게 직면해 있는 기후변화의 위기로부터 국민의 삶과 경제를 안전하게 보호하고, 행복을 증진시킬 기상기후서비스가 필요한 이 시점에서, 이번 포럼은 매우 시의적절한 토론의 장이 되었다.

또한, 참여한 전문가들은 기후변화시대에 국민의 행복과 복지를 위해 가장 기본이 되는 서비스가 기상청의 역할이며, 융·복합형의 맞춤형 기상기후서비스 제공에 있어 중요한 시점임을 한 목소리로 말하였다. 이는 기상청의 다양한 서비스가 국민의 행복과 안전 복지 증진에 기여하는 바가 크다는 것을 의미한다.

향후, 국민 복지 향상을 위한 다양한 창의적 콘텐츠 개발과 양질의 기상기후정보 생산 및 활용 촉진을 통해 기상기후 3.0 시대가 달성될 것이라 생각하며, 더불어 사회적 공감대와 신뢰 강화로 국민 행복서비스 시대에 기여하는 선진 기상기후서비스를 기대한다.

기상기술정책지 발간 목록

창간호, 제1권 제1호(통권 창간호), 2008년 3월

칼 럼	·기후변화 대응을 위한 기상청의 역할	권원태	3-11
정책초점	·기후변화감시 발전 방향	김진석	12-18
	·미국의 기상위성 개발현황과 향후전망	안명환	19-38
	·기상산업의 위상과 성장가능성	김준모	39-45
	·최적 일사 관측망 구축방안	이규태	46-57
	·국가기상기술로드맵 수립의 배경과 의의	김백조, 김경립	58-61
논 단	·A New Generation of Heat Health Warning Systems for Seoul and Other Major Korean Cities	L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, Y.C. Au	62-68
해외기술동향	·프랑스의 에어로솔 기후효과 관측 기술	김상우	69-79
	·일본의 우주기상 기술	김지영, 신승숙	80-84

기상산업의 현황과 전략, 제1권 제2호(통권 제2호), 2008년 6월

칼 럼	·기후변화시대, 기상산업 발전상	봉종현	1-3
정책초점	·기상산업의 중요성과 전략적 위치	이종우	5-13
	·기후변화가 산업에 미치는 경제적 영향과 적응대책	한기주	14-22
	·기후경제학의 대두와 대응 전략	임상수	23-33
	·기후변화와 신재생에너지 산업	구영덕	34-45
	·기상산업 육성을 위한 정책대안 모색	김준모, 이기식	46-54
	·미국 남동부의 응용기상산업 현황	임영권	55-64
	·최근 황사의 특성 및 산업에 미치는 영향	김지영	65-70
	·A brief introduction to the European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST)	Radan Huth	71-81
논 단	·우주환경의 현황과 전망	안병호	82-92
해외기술동향	·유럽의 기후변화 시나리오 불확실성 평가 : EU(유럽연합) 기후변화 프로젝트를 중심으로	임은순	93-103
	·미국 NOAA의 지구 감시 현황	전영신	104-107

항공기 관측과 활용, 제1권 제3호(통권 제3호), 2008년 9월

칼 럼	·기상 관측 · 연구용 항공기 도입과 활용	정순갑	1-4
정책초점	·무인항공기 개발 현황 및 응용 방안	오수훈, 구삼옥	6-18
	·해외 기상관측용 항공기 운영 및 활용 실태	김금란, 장기호	19-34
	·항공기를 이용한 대기물리 관측 체계 수립 방안	오성남	35-45
	·효과적인 항공기 유지 관리 방안	김영철	46-56
	·공군에서의 항공관측 현황과 전망	김종석	57-66
	·항공기를 이용한 대기환경 감시	김정수	67-74
	·항공/위성 정보를 활용한 재해 피해 조사	최우정, 심재현	75-84
	·유/무인항공기를 이용한 기후변화 감시	윤순창, 김지영	85-93
해외기술동향	·미국의 첨단 기상관측 항공기(HIAPER) 운영 현황	김지영, 박소연	94-99
	·미국의 탄소 추적자 시스템 개발 현황 및 전략	조천호	100-108
	·미국의 우주기상 예보와 발전 방향	곽영실	109-117
뉴스 포커스	·한국, IPCC 부의장국에 진출	허 은	118-119

기상기술정책지 발간 목록

전지구관측시스템 구축과 활용, 제1권 제4호(통권 제4호), 2008년 12월

칼 럼	· 전지구관측시스템(GEOSS) 구축과 이행의 중요성	정순갑	1-4
정책초점	· GEO/GEOSS 현황과 추진 계획	엄원근	6-21
	· GEOSS 구축을 위한 전략적 접근 방안	김병수	22-31
	· GEO 집행위원회에서의 리더십 강화 방안	허 은	32-39
	· 국내의 분야별 GEOSS 구축과 발전 방안	신동철	40-41
	- 재해 분야	박덕근	42-44
	- 보건 분야	이희일	45-47
	- 에너지자원 분야	황재홍, 이사로	48-50
	- 기상 및 기후 분야	이병렬	51-53
	- 수문 및 수자원 분야	조효섭	54-56
	- 생태계와 생물다양성 분야	장임석	57-58
	- 농업 분야	이정택	59-62
	- 해양 분야	김태동	63-67
	- 우주 분야	김용승, 박종욱	68-71
논 단	· Taking GEOSS to the nest level	José Achache	72-75
해외기술동향	· GEOSS 공동 인프라(GCI) 구축 동향	강용성	76-83
	· 최근 주요 선진국의 GEO 구축 현황	이경미	84-95
뉴스 포커스	· 한국, GEO 집행 이사국 진출	이용섭	96-97

기상장비의 녹색산업화 전략, 제2권 제1호(통권 제5호), 2009년 3월

칼 럼	· 녹색산업으로서의 기상장비 산업 육성 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	· 기상장비의 산업여건과 국산화 전략	김상조	4-13
	· 기상장비 수출 산업화를 위한 성공전략	이종국	14-21
	· 기상레이더 국산화 추진 방안	장기호, 석미경, 김정희	22-29
	· 기상레이더의 상용화 현황과 육성 방안	조성주	30-41
	· 기상장비의 시장성 확보 전략 및 방향	이부용	42-51
논 단	· 외국의 기상레이더 개발 동향과 제언	이규원	52-72
해외기술동향	· 유럽의 기상장비 산업 현황: 핀란드 바이살라를 중심으로	방기석	73-80
	· 세계의 기상장비 및 신기술 동향	김지영, 박소연	81-89

기후변화와 수문기상, 제2권 제2호(통권 제6호), 2009년 6월

칼 럼	· 기후변화에 따른 수문기상 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	· 기후변화와 물환경정책	김영훈	4-15
	· 기후변화에 따른 물 관리 정책 방향	노재화	16-27
	· 기후변화에 따른 하천 설계빈도의 적정성 고찰	김문모, 정창삼, 여운광, 심재현	28-37
	· 수문기상정보를 활용한 확률강우량 산정 방안	문영일, 오태석	38-50
	· 수문기상학적 기후변화 추세	강부식	51-64
	· 기상정보 활용을 통한 미래의 물관리 정책	배덕호	65-77
	· 이상가뭄에 대응한 댐 운영 방안	차기욱	78-89
논 단	· 기후변화의 불확실성 해소를 위한 대응방안	양용석	90-110
해외기술동향	· 미국의 기상-수자원 연계기술 동향	정창삼	111-121
	· NOAA의 수문기상 서비스 및 연구개발 현황	김지영 · 박소연	122-131
	· 제5차 세계 물포럼(World Water Forum) 참관기	김용상	132-140

기상기술정책지 발간 목록

기상 · 기후변화와 경제, 제2권 제3호(통권 제7호), 2009년 9월

칼 럼	· 기상정보의 경제적 가치 제고를 위한 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	· 기후변화에 따른 에너지정책	박현중	4-18
	· 기후변화 대응이 경제에 미치는 영향	박종현	19-29
	· 기후변화가 농업경제에 미치는 영향	김창길	30-42
	· 기상 재난에 따른 경제적 비용 손실 추정	김정인	43-52
	· 기상산업 활성화와 과제	이만기	53-59
	· 날씨 경영과 기상산업 활성화를 위한 정책 제언	김동식	60-69
논 단	· 기후변화와 새로운 시장	이명균	70-78
해외기술동향	· 기상정보의 사회 · 경제적 가치와 편익 추정	김지영	79-85
	· 강수의 경제적 가치 평가 방법론	유승훈	86-96
뉴스 포커스	· 기상정보의 경제적 가치 평가 워크숍 개최 후기	이영곤	97-103

날씨 · 기후 공감, 제2권 제4호(통권 제8호), 2009년 12월

칼 럼	· 날씨공감포럼의 의의와 발전방향	전병성	1-2
정책초점	· [건강] 지구온난화가 건강에 미치는 영향	고상백	4-19
	· [해양] 기후변화에 있어서 해양의 중요성과 정책방향	이재학	20-29
	· [산림] 기후변화에 따른 산림의 영향과 정책방안	차두송	30-41
	· [관광] 기후변화 시대의 관광 활성화 정책방향	김의근	42-50
	· [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조윤원, 김성재	51-60
	· [에너지] 태양에너지 소개와 보급의 필요성	김정배	61-72
	· [디자인] 생활디자인과 기후 · 기상과의 연계방안	김명주	73-88
논 단	· 국민과의 '소통' - 어떻게 할 것인가?	김연중	89-97
뉴스 포커스	· 날씨공감포럼 발전을 위한 정책 워크숍 개최 후기	김정윤	98-101

기후변화와 산업, 제3권 제1호(통권 제9호), 2010년 3월

칼 럼	· 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책	박광준	1-2
정책초점	· 기상이변의 경제학	이지훈	4-11
	· 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고	한기주	12-21
	· 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언	이종인	22-32
	· 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향	이상현, 정상기, 이상훈	33-45
	· 기후변화와 건설 산업	강운산	46-56
	· 코펜하겐 어코드와 탄소시장	노종환	57-66
	· 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영	이서원	67-77
	· 이산화탄소(CO ₂) 저감기술 개발동향: DME 제조기술	조원준	78-84
논 단	· 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로	양용석	85-99
	· 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임	김창섭	100-109
뉴스 포커스	· 기후변화미래포럼 개최 후기	김정윤	110-115

기상기술정책지 발간 목록

국가 기후정보 제공 및 활용 방안, 제3권 제2호(통권 제10호), 2010년 6월

칼 럼		케 크로포드	1-2
정책초점	· 국가기후자료 관리의 중요성		
	· 기후변화통합영향평가에 대한 국가기후정보의 역할	전성우	4-11
	· 친환경 도시 관리를 위한 기후 정보 구축 방안	권영아	12-22
	· 기상정보의 농업적 활용과 전망	심교문	23-32
	· 기상자료 활용에 의한 산불위험예보 실시간 웹서비스	원명수	33-45
	· 경기도의 기상 · 기후정보 활용	김동영	46-57
	· 국가기본풍속지도의 필요성	권순덕	58-62
	· 국가기후자료센터 구축과 기상산업 활성화	김병선	63-74
	· 국가기후자료센터 설립과 민간의 역할 분담	나성준	75-83
	· 가치있는 기후정보	김윤태, 정도준	84-99
논 단	· 기상청 기후자료 활용 증대 방안에 관한 제언	최영은	100-110
뉴스 포커스	· 국가기후자료센터의 역할	임용한	111-119

장기예보 정보의 사회경제적 가치와 활용, 제3권 제3호(통권 제11호), 2010년 9월

칼 럼		박정규	1-2
정책초점	· 장기예보 투자 확대해야		
	· 전력계통 운영 분야의 기상정보 활용	정응수	4-15
	· 기상 장기예보에 대한 소고	박창선	16-23
	· 패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용	손미영	24-33
	· 장기예보의 사회 · 경제적 가치와 서비스 활성화 방안	김동식	34-43
	· 기상 장기예보의 농업적 가치와 활용	한점화	44-53
	· 장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용	우수민, 김태국	54-64
	· 기상예보와 재해관리	박종윤, 신영섭	65-81
	· 장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래	김지영, 이현수	82-89
해외기술동향	· 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후 영향에 관한 서비스 현황	조경숙	90-101
	· WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO LC-LRFMME)	윤원태	102-106
뉴스 포커스	· 영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결	이예숙	107-109

사회가 요구하는 미래기상서비스의 모습, 제3권 제4호(통권 제12호), 2010년 12월

칼 럼		권원태	1-3
정책초점	· 시대의 요구에 부응하는 기상 · 기후서비스		
	· 기상학의 역사	윤일희	6-16
	· 지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래	이용일	17-29
	· 예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈	변희룡	30-44
	· 전쟁과 기상	반기성	45-55
	· 날씨와 선거	유현종	56-64
	· 기후변화와 문학	신문수	65-74
	· 기후변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로)	오성남	75-87
	· 비타민 D의 새로운 조명	김상완	88-96
	· G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할	이선제	97-105
논 단	· 기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출	김영신	106-115
	· 날씨의 심리학	최창호	116-122
해외기술동향	기상정보의 사회 · 경제적 평가에 관한 해외동향	김정윤, 김인겸	123-130

기상기술정책지 발간 목록

신규 시장 창출을 통한 기상산업 육성 방안, 제4권 제1호(통권 제13호), 2011년 6월

발 간 사	· G20 국가에 걸맞는 기상산업 발전 방향	조석준	1-3
칼 럼	· 대학과 공공연구소의 기상기술 이전 활성화 및 사업화 촉진을 위한 기술이전센터(TLO) 발전 방안	박종복	4-13
	· 새로운 기상산업 시장창출과 연계된 금융시장 활성화에 대한 소고 - 보험산업의 입장에서	조재린, 황진태	14-23
정책초점	· 신규 기상시장 창출을 통한 기상산업 육성 방안 연구	국립기상연구소 정책연구과	26-63

도시기상관측 선진화방안, 제4권 제2호(통권 제14호), 2011년 12월

발 간 사	· 도시기상 선진화, 미래의 약속입니다.	조석준	1-3
칼 럼	· 도시기후 연구의 과거, 현재, 미래	최광용	6-18
	· 기후변화로 인한 도시 재해기상의 특성 변화 및 기상관측 선진화 방안	박민규, 이석민	19-30
	· 도시열섬의 환경평가와 도시기상관측시스템 구축방안	김해동	31-42
	· 수치모델을 이용한 도시기상 연구의 현재와 한계	이순환	43-50
	· 도시 기상 관측 연구 현황	박영산	51-62
정책초점	· 도시기상 관측 선진화 방안 연구	이영곤	64-73

원격탐측기술(레이더, 위성, 고층) 융합정책 실용화 방안, 제5권 제1호(통권 제15호), 2012년 6월

칼 럼	· 원격탐측의 융합정책과 기상자원 가치 확산	Kenneth Crawford	3-8
정책초점	· 레이더-위성 융합 강수정보 생산 기술	신동빈	10-18
	· 위성과 첨단기술 융합을 통한 미래 기상서비스 발전 방향	은종원	19-27
	· 라이더 관측기술 활용 방안	김덕현	28-41
	· 위성기술을 이용한 수문분야의 융합 정책	배덕효, 이병주	42-53
	· 위성자료의 해양 환경감시 활용	황재동	54-65
논 단	· 우리나라의 융합기술발전 정책 방향	이상현	66-72
해외기술동향	· 일본의 원격탐사 활용 및 융합정책	윤보열, 장희욱, 임호숙	73-85
포 커 스	· 레이더 융합행정 포럼 : 레이더운영과	송원화	86-93

해양기상서비스의 현황 및 전망, 제5권 제2호(통권 제16호), 2012년 12월

칼 럼	· 해양기상서비스의 의미 및 가치 확산	박관영	3-7
정책초점	· 해양기상 융합서비스의 필요성	김민수	10-20
	· 수자원 변동에 따른 해양기상서비스의 강화	김희용	21-29
	· 해양기상정보 관리의 선진화 방안	정일영	30-39
	· 해양기상 · 기후변화 대응을 위한 정책제언	양홍근	40-47
	· 해양기상서비스 현황과 정책 방향	김유근	48-57
해외기술동향	· 선진 해양기상기술 동향	우승범	58-67
포 커 스	· 제4차 WMO/IOC 해양학 및 해양기상 합동기술위원회(JCOMM) 총회	해양기상과	68-73

기상기술정책지 발간 목록

국민의 행복 증진을 위한 "기상기후서비스 3.0", 제6권 제1호(통권 제17호), 2013년 6월

칼 럼	·국민이 원하는 기상기후서비스	이일수	3-4
정책초점	·기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향	전종갑	6-14
	·지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언	최호선	15-30
	·기상기후 서비스 혁신을 위한 기술경영 전략	박선영	31-47
	·자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화	허종완, 손홍민	48-59
논 단	·수요자 맞춤형 서비스를 위한 기상기술 고도화 방안	김영준	60-72
포 커 스	·국민행복서비스 포럼 개최 후기	국립기상연구소 정책연구과	73-78

『기상기술정책』 투고 안내

투고방법

1. 본 정책지는 기상기술 분야와 관련된 정책적 이슈나 최신 기술정보 동향을 다룬 글을 게재하며, 다른 간행물이나 단행본에서 발표되지 않은 것이어야 한다.
2. 원고의 특성에 따라 다음과 같은 5종류로 분류된다.
(1) 칼럼 (2) 정책초점 (3) 논단 (4) 해외기술동향 (5) 뉴스 포커스
3. 본 정책지는 연 2회(6월, 12월) 발간되며, 원고는 수시로 접수한다.
4. 원고를 투고할 때는 투고신청서, 인쇄된 원고 2부, 그림과 표를 포함한 원본의 내용이 담긴 파일(hwp 또는 doc)을 제출하며, 일단 제출된 원고는 반환하지 않는다. 원고접수는 E-mail을 통해서도 가능하다.

원고심사

1. 원고는 편집위원회의 검토를 통하여 게재여부를 결정한다.

원고작성 요령

1. 원고의 분량은 A4용지 10매 내외(단, 칼럼은 A4용지 3~5매 분량)로 다음의 양식에 따라 작성한다.
 - 1) 워드프로세서는 ‘아래한글’ 또는 ‘MS Word’ 사용
 - 2) 글꼴 : 신명조, 글자크기 : 본문 11pt, 표·그림 10pt
 - 3) 줄간격 : 160%
2. 원고는 국문 또는 영문으로 작성하되, 인명, 지명, 잡지명과 같이 어의가 혼동되기 쉬운 명칭은 영문 또는 한자를 혼용할 수 있다. 학술용어 및 물질명은 가능한 한 국문으로 표기한 후, 영문 또는 한문으로 삽입하여 표기한다. 숫자 및 단위의 표기는 SI규정에 따르며, 복합단위의 경우는 윗 첨자로 표시한다.
3. 원고 첫 페이지에 제목, 저자명, 소속, 직위, E-mail등을 명기하고, 저자가 다수일 경우 제1저자를 맨 위에 기입하고, 나머지 저자는 그 아래에 순서대로 표시한다.
4. 원고의 제창을 나타내는 단락의 기호체계는 I, 1, 1), (1), ①의 순서를 따른다.
5. 표와 그림은 본문의 삽입위치에 기재한다. 표와 그림의 제목은 각각 원고 전편을 통하여 일련번호를 매겨 그림은 아래쪽, 표는 위쪽에 표기하며, 자료의 출처는 아랫부분에 밝힌다.
예) [표 1] [표 2]...[그림 1] [그림 2]
6. 참고문헌
 - 1) 참고문헌 표기 양식
 - 참고문헌(reference)은 본문의 말미에 첨부하되 국내문헌(가나다 순), 외국문헌(알파벳 순)의 순서로 정리한다.
 - 저자가 3인 이상일 경우, ‘등’ 또는 ‘et al.’을 사용한다.
 - 제1 저자가 반복되는 경우 밑줄(_)로 표시하여 작성한다.
 - 2) 참고문헌 작성 양식
 - 단행본 : 저자, 출판년도: 서명(영문은 이탤릭체). 출판사, 총 페이지 수.
 - 학술논문 : 저자, 출판년도: 논문명. 게재지(영문은 이탤릭체), 권(호), 수록면.
 - 학술회의(또는 세미나) 발표논문 : 저자, 발표년도: 논문명, 프로시딩명(영문은 이탤릭체), 수록면.
 - 인터넷자료 : 웹 페이지 주소

METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY

A large, abstract graphic consisting of several overlapping, flowing, wavy bands in shades of light blue and white, creating a sense of movement and depth across the entire page.

Volume 6, Number 1

61, Yeouidaebang-ro 16-gil, Dongjak-gu, Seoul, 156-720, Korea
TEL. 070-7850-6557 | FAX. 02)849-0668
<http://www.kma.go.kr>