

QUARTERLY MAGAZINE 위험과 보험

Risk & Insurance

2013 No.4 Vol. 110

Focus 아시아나 항공기사고와 항공보험

Special 기술적 평가와 방재활동을 고려한 미국의 국가홍수보험프로그램

Research & Analysis 지역별 종합재해경감대책을 활용한 풍수해보험 접근방안

Proposal 기후변화와 토사재해 관리방안

Project 국내 최대 연료전지사업장 건설프로젝트

KOREAN RE



얼마 전 엄마가 때렸다고 경찰에 신고를 한 9살짜리 초등학생이 언론에 보도되며 충격을 주었다. 그런 일은 머언나라 미국쯤에서나 경찰에 잡혀가는 부모를 바라보는 자녀가 생기는 줄 알았는데 어느새 우리사회에도 전염이 되어버린 것은 아닐까?

부모를 공경하고 부모님 말씀에 순종하며 형제를 사랑하고, 이웃에게 누를 끼치지 않으며 타에 모범이 되는 반듯한 삶을 살아야 한다는 가르침을 받았던 시절은 어느새 동화속 이야기가 되어버리고 그 자리엔 슬그머니 내가 불편하면, 나와 생각이 다르면 받아들일 수 없다는 생각들이 터를 잡아버린 것은 아닐까?

"부모와 자녀가 꼭 함께 읽어야할 시"는 이러한 시대와 맞닥뜨린 우리에게 부모는 자녀를 가르치려 하지말고 먼저 이해하고 거울이 되어야하며, 자녀에게는 부모는 도깨비방망이를 가진 슈퍼맨이 아니라 평범한 존재임을 알게하고, 인생의 넘어야할 산, 건너야할 물을 만났을 때, 세상의 부조리와 진리와 이상과 사랑과 추억에 대해 함께 생각해 볼 수 있도록 "부모가 자녀에게 주는 시" "자녀가 부모님께 드리는 시" "부모와 자녀가 함께 읽는 시"로 구성되어 있다.

이 책을 엮은 도종환 시인은 인생이 무엇인지에 대해 알고 싶어하는 아들딸에게, 젊은 날 사랑의 아픔 때문에 괴로워하는 자녀에게 마땅히 설명해줄 말이 떠오르지 않을 때 건네주어도 좋을 시들로 구성했다고 한다.

또한 자녀들이 남보다 훌륭한 사람이 되길 바란다면 부모가 먼저 남에게 존경받고 사랑받는 사람이 되어야 한다. 열을 가르치려는 욕심보다 하나를 바르게 가르치는 소박함을 가져야 한다. 아이에게 돈을 주기보다 시간과 관심과 사랑과 부모자신을 주어야 한다. "공부해서 훌륭한 사람이 되어라."라고 말하는 부모보다 "깊은 산속에 혼자 있어도 화안한 자작나무같이 되어라." 이렇게 말해줄 수 있는 부모가 되어야 한다고 시인은 말하고 있다.

CONTENTS

Focus 초점 4

아시아나 항공기사고와 항공보험

김종복 한국항공대학교 초빙교수(국제항공법)

Special 특집 10

기술적 평가와 방재활동을 고려한
미국의 국가홍수보험프로그램

강태욱 공학박사

이상호 부경대학교 토목공학과 교수

Research & Analysis 연구분석 20

지역별 종합재해경감대책을 활용한 풍수해보험 접근방안

장대원 Noaa Solution 사업관리본부장

Proposal 제언 26

기후변화와 토사재해 관리방안

김병식 국립강원대학교 소방방재학부 & 방재전문대학원 교수

Project 현장소개 34

국내 최대 연료전지사업장 건설프로젝트

강상혁 삼천리 ES 엔지니어링사업본부 팀장

Risk & Insurance

QUARTERLY MAGAZINE 위험과 보험

2013 No.4 Vol. 110

발행일 2013년 9월 30일(계간·비매품)

발행처 코리안리재보험주식회사 발행인 원종규 편집인 송영흡

주 소 서울시 종로구 종로5길 68(수송동) 02-3702-6000

편집디자인 이레커뮤니케이션 02-2267-7112 인쇄 영프로세스 02-2267-5931

※ 이 책에 실린 글은 필자의 의견이며 발행처의 견해와 다를 수 있습니다.



※ 위험과 보험 과월호는 당사 홈페이지(www.koreanre.co.kr)에서 다시 보실 수 있습니다

Focus

아시아나 항공기사고와 항공보험



김종복 교수
한국항공대학교 초빙교수(국제항공법)
전 항공우주법연구소장

1. 아시아나 항공기사고의 발생

지난 7월6일(현지시간) 승객과 승무원 307명을 태운 아시아나항공 여객기(OZ 214편)가 미국 샌프란시스코공항에 착륙하던 중 여객기 뒷부분이 활주로에 충돌해 중국인 승객 여학생 3명이 숨지고 180여명이 다치는 사고가 발생했다.

승객분포는 중국인이 141명으로 제일 많고, 우리나라 77명, 미국인 61명, 캐나다인 3명, 인도인 3명 등이며 승무원은 16명이 탑승하고 있었다. 사고기종은 B777-200ER로서, 현재 사고원인에 대해서는 미국의 국가교통안전위원회(NTSB)와 우리나라의 항공 · 철도사고조사위원회가 공동으로 조사하고 있지만 최종적으로 사고원인이 밝혀지기까지는 짧게는 수개월에서 길게는 2~3년 정도가 걸릴 것으로 보고 있다.

이 사고항공기는 배상책임의 경우 단일보상한도액(Combined Single Limit) 22억5천만달러(한화 2조6000억원)의 보험에 부보하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이 중 상당지분이 외국계 보험사에 재보험을 들고 있다고 한다. 이하 금번 아시아나 항공기사고 관련 일어날 수 있는 항공보험문제를 알아보기로 한다.

2. 항공위험과 항공보험

항공보험(Aviation Insurance)은 항공기 또는 항행과 관련하여 일어나는 일체의 항공위험(Aviation Risk)을 담보하는 보험을 말한다. 여기서의 '항공위험'이란 비행중의 위험 즉, 항공기가 이륙하여 착륙하기까지의 위험뿐만 아니라 이 · 착륙을 하기 위한 활주중의 위험과 지상에서의 제반위험을 말한다. 항공보험은 이러한 항공기와 관련된 제반위험을 담보하는 것이다. 따라서 항공보험은 항공위험에 노출된 항공기 자체의 물적손해 뿐만 아니라 여객 · 화물에 대한 손해배상책임과 항공기의 소유 · 관리 및 운영중 제3자의 재산이나 신체에 가한 손해에 대한 배상책임도 담보한다.

항공보험은 그 인수하는 위험이 거대하기 때문에 보험자로서는 위험을 분산 · 전가시킬 필요가 있다. 따라서 항공보험계약에 의해 보험금지급 기타의 지급책임을 부담하는 항공보험자(원수보험자, Primary Insurer)는 자기가 인수한 보험계약상의 책임의 전부 또는 일부를 다른 보험자, 즉 재보험자(Reinsurer)에게 다시 부보하는 재보험을 특징으로 한다.

보험자와 항공기 소유자 등과의 보험을 원수보험(Primary Insurance)이라 부르고, 보험자와 재보험자와의 계약은 재보험(Reinsurance)이라 한다. 재보험자가 다시 재재보험(Retrocession Agreement)을 드는 경우도 있다. 재보험은 그 인수할 위험의 정도가 크기 때문에 다수의 재보험자가 참여하는 공동인수방법이 국제적으로 행해진다. 이러한 국제적인 재보험망은 항공보험의 큰 특징 중의 하나이며 재보험계약을 하지 않고서는 항공보험이 성립할 수 없다고까지 말하고 있다.

이러한 재보험계약은 원수보험과는 별개의 계약이며 재보험자와 원수보험의 피보험자 사이에는 계약관계가 없다는 것이다. 재보험자는 원수보험자가 원수보험에 근거하여 지는 의무를 보상하는 책임만 진다.

3. 기체보험

금번 아시아나 항공기사고에서 제일 먼저 항공보험과 관련하여 관심사는 기체보험이 얼마정도 보전되느냐의 문제라고 본다. 아시아나항공은 금번 사고가 난 B777-200ER 항공기에 대하여 약 1억달러 규모의 기체보험에

들었다고 한다. 사고가 난 동형의 새 항공기 가격은 최대 2억3000만달러 정도라고 한다. 왜 이런 차이가 나는 것일까. 일반적으로 항공기 기체보험에서 보험가액의 한도를 정하는 기준으로서는 보험가액형(Insured Value)과 협정보험가액형(Agreed Value)이 있는데 보험가액형은 보험계약시에 보험자가 보상최고한도액을 결정하지만 피보험자는 손해발생일의 항공기의 시장가격을 기초로 하여 보험가액을 정하는 것을 말한다.

협정보험가액형은 계약체결시에 당사자가 손해발생시와 보험증권에 따라 지급되어야 할 항공기의 보험가액을 미리 합의해 두는 것을 말한다. 이 항공기는 운항한지 7년 정도 경과되었다고 하므로 사용연한의 경과에 따른 실질적인 시장가격을 반영하여 보험을 부보한 것으로 본다.

이러한 기체보험계약은 All Risk 담보계약이다. 보험자는 피보험항공기의 추락, 충돌, 전복, 화재, 폭발, 지진, 풍수해, 불시착 등 우연한 사고에 의해 입은 직접손해(Accidental loss or Damage)에 대하여 보험증권상의 면책사유에 해당하지 않는 한 담보책임을 진다. 보상금액은 보험금액의 범위 내에서 실제로 입은 손해액 전액을 지급하는 실손보상이 원칙이다.

따라서 전손(全損)의 경우에는 보험금 전액이 지급되나 분손(分損)의 경우에는 사고발생 직전의 상태로 회복하는데 필요한 일체의 수리비용이 지급된다. 금번 아시아나 항공기사고는 수리해서 사용하는 것이 거의 불가능하기 때문에 전손으로 볼 수 있어 기체보험금은 전액 지급될 것으로 본다. 손해방지비용이 있는 경우는 보험금액의 한도 내에서 지급될 수 있다. 그러나 사고로 인한 항공기의 사용불능에 의한 일실이익 등 간접손해(Consequential Damages)는 담보되지 않는다. 기체보험관련 특기사항으로는 기체보험에는 보험위부(Abandonment)[1] 가 인정되지 않으며 보험자의 동의없이 다른 보험자와 중복 보험계약이 체결되었다면 보험금을 지급하지 않는다.

잔존물과 관련하여서는 보험자가 항공기에 대한 보험금을 지급하였다면 보험자가 소유권을 가진다. 피보험자가 제3자에 대하여 배상청구권을 가지는 경우에는 보험자가 보험금의 지급을 이유로 그 배상청구권을 대위할 수 있다.

4. 승객배상책임보험

제일 문제가 되는 것은 아마 승객배상책임보험일 것이다. 승객배상책임보험은 피보험자가 승객의 사망 또는 신체상해와 승객소유의 재산에 생긴 손해에 관하여 법률상 지급해야 할 모든 배상금액을 보험자가 보상해주는 보험이다. 여기서 피보험자의 법률상 손해배상책임은 운송약관 또는 협약상의 책임을 말하며 승객이란 피보험항공기를 이용하여 비행할 목적을 가지고 탑승했던 탑승자 전원을 말한다.

승객배상책임보험계약도 All Risks 담보계약이고 피보험자가 법률상의 손해배상책임을 부담함으로써 입은 손해를 금전으로 보상한다. 보상의 대상이 되는 피보험자의 손해는 승객의 사망 또는 상해 및 수하물에 대한 손해이고, 피보험자가 부담한 실손해액 전부를 보상한다. 소송비용의 경우 보험자의 사전 동의를 얻어서 지불하였을 때에는 손해배상금과 합하여 보험금액을 초과하였을 때에도 보상된다.

1) 보험위부란 보험의 목적이 전부 멸실한 것과 동일시 할 수 있는 일정한 경우에 피보험자에게 보험금 전액을 청구할 수 있게 하고 피보험자가 가졌던 보험의 목적물에 대한 권리를 보험자가 취득하게 하는 제도를 말한다. 보험자대위와는 보험자대위가 법률의 규정에 의한 당연한 권리취득인데 반하여 보험위부는 피보험자의 의사표시에 따른 권리취득이란 점, 보험자대위는 보험금 지급을 요건으로 하는데 반하여 보험위부는 이를 요하지 않는 점 등에서 차이가 있다.



이번 아시아나 여객기사고는 국제선 운항중 일어난 사고이기 때문에 국제항공운송인의 책임에 관한 몬트리올협약이 적용된다. 아시아나항공 운송약관도 몬트리올협약을 채택하고 있고, 우리나라도 동 협약체결국이며 이번 사고 사망자의 국적국인 중국도 체결국이다. 1999년 제정된 이 협약은 2003년도에 발효되었다. 이 협약 이전에는 소위 바르샤바체제(Warsaw Regime)로 항공운송인(항공사)의 책임이 일정 한도로 제한되는 유한책임을 채택하고 있었는데 몬트리올협약에서는 손해가 난만큼(실손해)은 제한없이 배상해주는 무한책임을 채택하고 있다.

좀더 구체적으로는 항공운송인의 책임에 대해 2단계 책임제도를 채택하고 있다. 이것은 항공운송인이 책임지는 금액을 113,100SDR을 기준으로 하여 113,100SDR 이하는 항공사의 무과실항변권이 인정되지 않는 절대책임을 지며 113,100SDR 이상은 과실추정책임으로 항공운송인이 스스로 잘못하지 않았다는 것을 입증하지 못하면 무한책임을 지게 된다.

여기서 SDR이라는 것은 국제통화기금(IMF)의 통화단위로서 특별인출권(Special Drawing Right)을 의미하며 현재 1 SDR은 약 1.7 USD(약 2000원)이다. 따라서 본 사고로 사망한 사망자 3명은 각각 적어도 113,100SDR(한화 약 1억9000만원)은 무조건 받게 될 듯하다. 그 이상의 손해에 대해서는 항공사가 잘못하지 않았다는 것을 입증하지 못하면 제한없이 배상하여야 한다. 이러한 항공사의 배상책임은 항공사의 과실의 정도에 따라서는 달라지지 않는다.

부상자에 대해서는 일체의 치료비와 치료과정 동안의 소득에 대한 보상과 함께 정신적 고통에 대한 보상금이 지급될 것으로 보인다. 몬트리올협약에서는 신체상의 상해에 국한해 보상한다고 명문으로 규정하고 있기 때문에 협약조문 그대로 해석하면 정신적 고통은 보상이 되지 않는 것으로 해석된다.

하지만 최근 판례경향에 따르면 신체적 상해에 따르는

정신적 상해는 보상이 이루어지고 있다.

그외 위탁수하물에 대해서는 1,131SDR(약 190만원)까지 보상된다. 휴대수하물에 대해서는 무상운송이 원칙이므로 항공운송인의 과실이 있을 때에만 보상된다.

여기서 한 가지 고려할 사항은 항공사와 유족간에 원만한 합의가 이루어지지 않을 경우 소송으로 가게 되는데 소송을 어디에서 제기하느냐에 따라 배상액이 달라질 수 있다는 점이다. 몬트리올협약에서는 제5재판관할권을 채택하고 있으므로 사망자의 국적국인 중국에서 소송할 수 있다. 만약 사망자가 항공권을 중국에서 구입하였다면 이 경우는 중국이 계약체결지가 되어 중국에 재판관할권이 있다.

또한 도착지를 관할하는 법원에도 재판관할권이 있으므로 이번 사고는 미국에서도 소송을 제기할 수 있다. 미국은 손해배상의 인정범위가 넓어 다른 나라들보다 배상액이 상당히 높기 때문에 만약 사망자의 유족들이 소송을 제기한다면 미국에서 소송을 제기할 가능성이 높다. 이 경우에는 비록 판결금액이 높게 나오더라도 전액 보험으로 보전된다. 그러나 승객이 왕복항공권을 구입한 경우는 도착지는 미국이 아닌 한국 또는 중국이 됨에 따라 미국에 재판관할권이 없을 수 있으므로 미국에 주거소지가 없는 승객은 주의해야 한다.

관련문제로서 법적책임(Legal Liability)의 보상책임문제와 관련하여 징벌적 손해배상액(Punitive Damages)도 책임보험의 보상대상이 되는가하는 문제가 있다. 대부분의 항공보험증권은 징벌적 손해배상이 보험에 의해 보상이 될 수 있는지 여부에 대하여 명시하지 않고 있기 때문이다. 징벌적 손해배상은 피해자가 입은 손해를 보상하는 전보적 손해배상(Compensatory Damages)과 대비되는 것으로서 가해자를 징계하여 비난할 만한 행위의 재발을 방지하는 것을 목적으로 한다는 점에서 징벌적손해배상은 보험에 의하여 보상될 수 없다고 보는 것이 일반적이다. 미국의 연방법원의 판례도 징벌적 손해는 보험에 의해서 보상되지 않는다고 판시하고 있다.

그러나 몬트리올협약은 징벌적 손해배상 자체를 협약조문에서 배상의 대상이 되지 않는다고 규정하여 명시적으로 배제하고 있다. 따라서 유족이 항공운송인에 대하여 미국에서 소송을 제기하더라도 징벌적 손해배상은 인정되지 않는다. 그러나 항공기 제작회사라든지 공항당국에는 본 사고에 책임이 있는 것으로 밝혀진다면 징벌적 손해배상을 묻는 것이 가능하다

한편 아시아나 항공에서는 탑승객 전원에 대하여 선급금으로 10,000달러를 지급하기로 했다고 한다. 선급금 제도는 이번 몬트리올협약에서 정식으로 도입한 것으로 그 취지는 항공기사고로 가장이 사망한다든지 하는 경우 유족이 경제적으로 어려움에 처할 수 있어 당장에 닥친 경제적 곤란(Immediate Economic Needs)을 구제하기 위한 것으로 선급금을 지급한다고 하여 항공사가 항공기사고에 대하여 책임을 인정하는 것은 아니며 나중에 배상금 총액에서 공제된다. 물론 선급금 지급에 대해서는 보험사의 동의를 얻어야 한다.

5. 기타 항공보험문제

당해 항공기의 조종사, 승무원은 승객이 아니다. 따라서 승객배상책임보험으로 담보되지 않고 별도의 승무원상해보험에 의하여 보전을 받게 된다. 동 여객기에 화물이 실려있다면 kg당 19SDR이 보상된다. 그리고 만약 착륙과정 중의 사고로 공항시설에 피해를 입혔다면 이는 제3자 배상책임으로 담보된다. 그리고 항공기 제작자나 공항당국에 사고의 책임이 있는 것으로 밝혀지는 경우에는 보험사는 보험금지급을 이유로 피보험자를 대위하여 이들에 대해 구상권을 행사할 수 있다.

6. 과거 주요사고사례

국내 항공사가 해외에서 일으킨 사고로는 1997년 8월6일 발생한 대한항공의 괌사고가 있다. 괌 아가나국제공항 인근의 야산에 대한항공의 B747항공기가 추락한 사고로 228명이 사망하였다. 이 사고와 비교하면 이번 아시아나 항공기사고는 인명피해가 3명에 그친 점은 그나마 불행중 다행이라 할 것이다.

이 사고에 대하여 대한항공은 사망자에 대하여 1인당 2억5천만원을 지급하고 합의한 것으로 알려져 있다. 이 2억5천만원은 당시 대한항공 운송약관이나 항공운송인의 책임에 관한 국제협약상 어디에도 나와있지 않는 금액이다. 당시는 몬트리올협약도 제정되기 전이었고 다만 발효는 되지 않았지만 과테말라의정서에서 정하고 있는 10만SDR이 배상액으로는 가장 높은 금액이었다. 따라서 상기금액을 지급하기 위해서는 보험사로부터 반드시 동의를 받아야 지급이 가능하다. 동의를 받지 못하면 추가분은 항공사가 부담해야 한다.

한편 대한항공과 합의하지 않은 승객 대부분은 미국으로 소송을 가지고 갔는데 이들 승객은 미국에 재판관할권이 없었지만 항공기제작사인 보잉과 괌공항당국에도 소송을 제기하였고, 보잉과 괌공항당국이 대한항공을 상대로 제기한 소송이 살아있어 보상을 받을 수 있었다. 앞에서도 밝힌 바와 같이 미국에서 소송을 제기한 유족들은 훨씬 높은 보상금액(신문보도상은 3~10배)을 받은 것으로 알려져 있다. 이렇게 소송의 결과로 발생한 보상금액은 항공사의 법적책임이 인정된 것으로 전액 보험으로 담보된다.

7. 맺으며

이상에서 아시아나 항공기사고와 관련하여 있을 수 있는 항공보험사항을 전반적으로 살펴보았다. 제일 중요한 것은 사망자나 부상자에 대한 승객배상책임인데 그나마 다행인 것은 사망자가 3명에 그쳤다는 점이다. 이들에 대한 배상은 새로 제정된 몬트리올협약이 113,100 SDR 이상은 항공사가 과실이 없음을 입증하지 못하는 한 사실상 손해가 난만큼은 무한책임을 지게 되어 있으므로 소송으로 가더라도 배상액에 있어서는 크게 달라지는게 없다.

다만 소송지가 어디냐에 따라 각국의 국내법이 손해배상을 인정하는 범위가 같지않기 때문에 달라지는 문제는 있지만 보통 항공소송의 경우는 기간이 장기간에 걸치고(보통 7~8년) 비용이 많이 들기 때문에(미국의 경우 변호사비용이 총보상액의 25~30%) 항공사나 유족쌍방이 합의점을 찾아 조속한 해결책을 모색하여야 할 것으로 본다.



강 태 욱 공학박사

이 상 호 교수
부경대학교 토목공학과

Special

기술적 평가와 방재활동을 고려한 미국의 국가홍수보험프로그램

1. 머리말

자연재해에 따른 사유재산피해에 대한 정부지원은 과거 60년대 생계구호의 차원에서 시작하여 매년 지원대상과 규모가 확대되었다. 하지만 정부지원금액만으로는 피해복구가 어려워 피해주민은 지원수준에 만족하지 못하고, 정부도 지원수준의 지속적 확대요구로 재정운영의 어려움에 봉착하게 되었다(소방방재청, 2010). 이에 정부는 풍수해에 능동적으로 대처하고 자율적 방재체계 구축을 위해 풍수해보험법을 제정하였고, 소방방재청의 관장하에 풍수해보험제도를 운영하고 있다.

풍수해보험제도에서 다루고 있는 재해는 자연재해대책법 제2조 2항에 기술되어 있는 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설에 대한 재해이고, 과거 주택과 온실(비닐하우스 포함)에 대한 보험에서 현재는 건축법에 의한 모든 건축물과 온실 및 부수적으로 포함되는 동산으로 확대되었다(소방방재청, 2010).

미국에서도 홍수로 인한 피해복구비용을 줄이고, 홍수에 취약한 지역에 대한 개발을 억제하기 위해 1968년에 국가홍수보험법령(National Flood Insurance Act)을 제정하여 현재까지 국가홍수보험프로그램(National Flood Insurance Program ; NFIP)을 운영하고 있다. 그리고 홍수위험지역을 평가하고 합리적인 홍수보험요율의 결정을 위해 홍수보험률지도(Flood Insurance Rate Map ; FIRM)를 작성하고 있다.

우리나라와 미국 모두 홍수와 관련된 보험제도를 운영하고 있지만 두 보험제도는 홍수에 대한 기술적 접근방법에서 다소 차이가 있다. 예로서 우리나라의 풍수해에 대한 보상재난기준에서 호우는 '12시간 강우량이 80㎜ 이상'인 경우, 홍수의 경우 '태풍과 호우로 인해 산간, 하천, 호수 등의 물이 범람하여 통상의 물길이 아닌 곳에 이례적인 급격한 수위의 증가를 초래하는 경우'로 정의하고 있다(소방방재청, 2010). 그리고 보험가입금액도 시설별 복구비 기준액에 근거하여 책정되고 있다. 반면에 미국은 제방인증(Levee Certification)제도를 시행하여 100년 빈도 홍수에 대한 제내지의 홍수위험 또는 홍수방어능력을 종합적으로 평가하여 홍수에 대해 안전한 지역과 불안전한 지역을 구분하고 이를 홍수보험요율의 결정에 반영하고 있다.

이와 같이 미국의 홍수보험제도는 우리나라의 풍수해보험제도에 비해 홍수에 대한 기술적 평가를 보다 잘 반영하고 있다. 본 고에서는 미국의 국가홍수보험프로그램과 홍수에 대한 기술적 평가를 다루고 있는 제방인증제를 소개하여 우리나라의 보다 효과적인 방재체계구축과 풍수해보험제도의 운영방향을 제시하고자 한다.

2. 미국의 국가홍수보험 프로그램과 제방인증제

2.1 미국의 국가홍수보험프로그램

2.1.1 국가홍수보험프로그램의 개요

U.S. Army Corps of Engineers(2007)에 의하면 미국의 국토안보부(Department of Homeland Security) 예하의 연방재난관리국(Federal Emergency Management Agency; FEMA)은 국가홍수보험프로그램을 관장하고 있다. 그리고 국가홍수보험프로그램의 일부로서 홍수의 영향을 받을 수 있는 지역을 식별하고 홍수보험률을 결정하며, 효과적인 홍수터관리를 위해 홍수보험률 지도를 개발하고 있다.

미국의 국가홍수보험프로그램에서 가장 중요한 사항은 홍수다발지역의 홍수위험을 정확하게 평가하여 보험요율을 정의하는 것이다. 국가홍수보험프로그램의 초기에는 특별홍수위험지역(Special Flood Hazard Area;

SFHA)의 경계를 표시하는 홍수재해경계지도(Flood Hazard Boundary Map; FHBM)라는 개략적인 지도가 작성되었다. 초기의 홍수재해경계지도는 연방 · 주 · 지방정부에서 작성한 다양한 보고서가 활용되었고 특히 관련자료가 부족한 지역사회(Community)에서는 개략적인 수리, 수문학적 방법 또는 과거 홍수자료를 이용하였다. 이후 수문자료가 축적되면서 홍수위험지역을 설정하기 위한 전문적인 수리, 수문학적 방법을 이용한 홍수보험연구가 이루어졌다(김양수와 김창환, 2006). 그리고 1973년 홍수재난방어법(Flood Disaster Protection Act)의 공포이후 공식적인 홍수재해지도를 발간하게 되었다(최우정, 2000).

2.1.2 국가홍수보험프로그램의 현황

Federal Emergency Management Agency(2007)는 2007년 당시 19,000개 이상의 지역사회가 국가홍수프로그램에 가입하였던 것으로 제시하였다. 그리고 연방재난관리국의 홈페이지를 통해 2010년의 홍수보험 가입자 수가 약 570만 명인 것으로 조사되었다(그림 1). 그림 1.에서 홍수보험가입은 1990년부터 꾸준히 증가한 후 2000년을 기점으로 정체되었다가 2005년에 발생한 태풍 카트리나(Katrina) 이후에 크게 증가한 것을 볼 수 있다.

2.2 제방인증제

2.2.1 제방인증제의 개요

미국의 제방인증제는 100년 빈도 홍수에 대하여 제방시스템의 방어능력을 검토하는 제도이다. 여기서 제방시스템이란 제방, 홍수벽, 수문, 펌프시설, 암거, 내수배제시설 등 홍수로부터 제내지를 보호하기 위한 모든 시설을 포함한다. 그림 2.는 하나의 지류가 합류되는 주하천의 제방시스템을 구분한 예를 나타내는데 실선으로 표시된 것이 각각의 제방시스템을 의미한다.

이러한 제방인증제는 홍수보험프로그램과 동일하게 연방재난관리국에 의해 운영되고 있고, 1986년에 제정된 연방규정집(Code of Federal Regulation; CFR)의 44편 65.10절(44 CFR 65.10)에 근거하고 있다. 해당규정은 제방시스템에 의한 보호지역의 지도화(Mapping Areas Protected by Levee Systems)에 관한 규정으로서 이는 국가홍수보험프로그램을 위한 것으로 기술하고 있다.

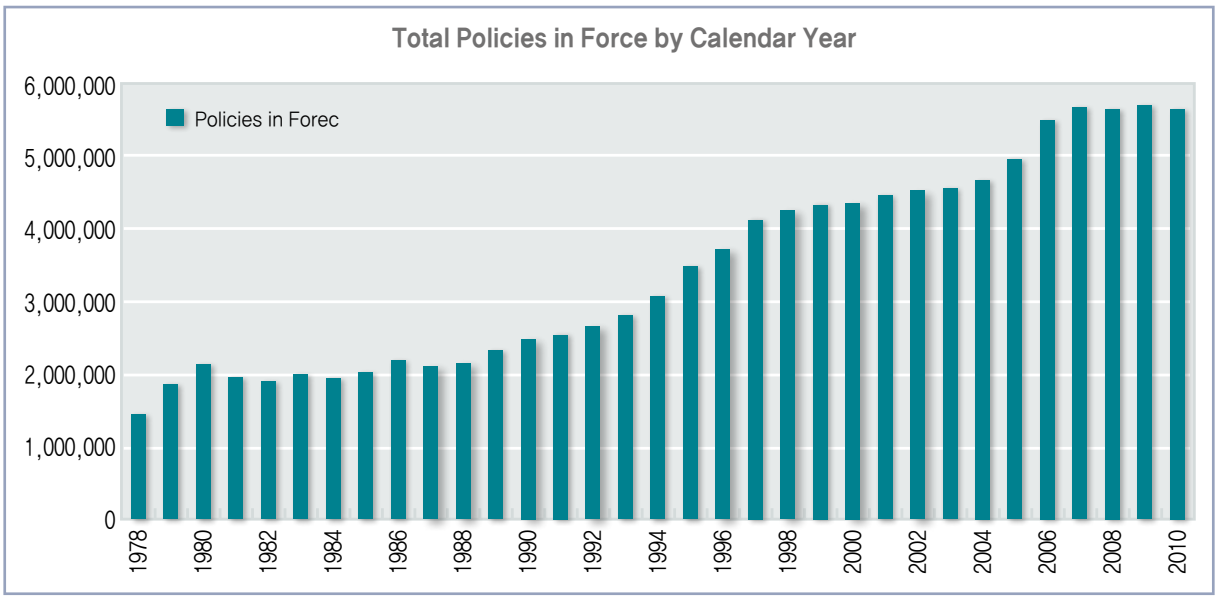


그림 1. 미국의 홍수보험가입자 수(1978~2010년)

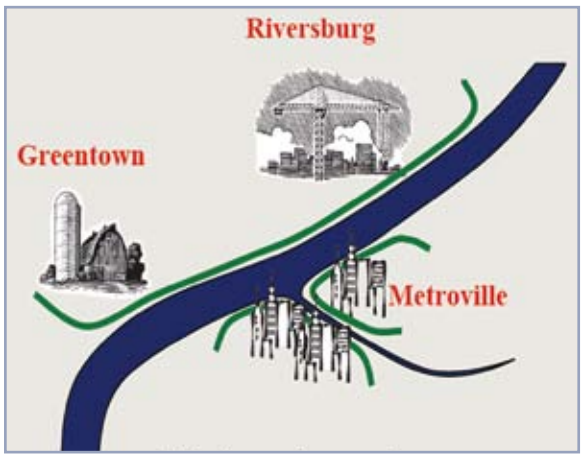


그림 2. 제방시스템구분의 예

2.2.2 인증을 위한 기술적 기준

연방규정집 44편 65.10절에는 제방인증에 요구되는 기술적 검토사항으로서 공학적 설계기준과 제방시스템의 운영과 유지관리에 요구되는 계획과 기준을 제시하고 있다. 즉, 제방인증을 받기 위해서는 해당기준을 충족시키는 자료들을 반드시 제시해야 한다.

표 1. 은 공학적 설계기준으로서 제방의 여유고, 수문, 호안, 제방과 기초의 안정성, 침하, 내수배제시설에 대한 분석 등 제방시스템을 구성하고 있는 모든 구조물에 대한 평가기준을 제시하고 있다. 해당 시설물에 대한 구체적인 평가기준과 평가방법은 미 공병단에서 발간한 기술설명서를 참고할 수 있다.

표 2.는 수문과 내수배제시설의 조작을 위한 홍수경보시스템과 운영계획, 주기적인 점검규정에 대한 요구사항이고, 표 3.은 제방시스템의 전체적인 유지관리에 관한 계획과 실제 업무수행결과에 관한 요구기준을 나타낸다. 이외에도 개별시설물의 설계문서, 과거홍수에 대한 운영결과 및 복구실적, 현장조사결과, 비상대처계획 등이 종합적으로 제시되어야 한다.

표 1. 미국 제방인증제의 공학적 설계기준

설 계 기 준	세 부 검 토 내 용
여유고 (Freeboard)	• 하천의 제방이 기본 홍수위보다 3ft 이상 되도록 설계해야 함 • 강에 구조물(교량, 암거)이 위치하거나 흐름이 축소되는 지점의 경우, 그 지점으로부터 100 ft구간 내에서는 1ft의 추가적인 여유고가 요구됨
수문 (Closures)	• 모든 수로는 수문장치를 가져야 함 • 수문장치는 공학적인 분석에 따라 설계 및 운영되고, 제방시스템의 구조적인 역할을 해야 함
호안 (Embankment protection)	• 호안은 기본 홍수에 대하여 침식이 발생해서는 안됨 • 예상되는 침식발생으로 인해 침투경로가 축소되고, 그에 따른 불안정으로 인해 호안과 기초가 파괴되지 않아야 함 • 예상되는 유속, 파랑의 작용, 얼음침적(ice loading), 잔해물의 영향, 비탈면 보호기법, 홍수의 지속시간과 속도, 호안과 기초의 재료, 제방의 정렬, 굽음, 변화, 제방의 측면경사에 대한 공학적인 분석이 요구됨
제방과 기초의 안정성 (Embankment and foundation stability)	• 기본 홍수발생시 예상되는 침투를 평가하고, 제방과 기초를 통한 침투가 안정성을 저해하지 않음을 기술해야 함 • 홍수의 깊이와 지속시간, 제방의 기하학적 구조와 침윤선의 경로, 제방과 기초의 재료, 제방의 다짐도, 침투에 영향을 주는 요소(배수층 등)와 제체와 기초의 안정성에 영향을 주는 요소에 대한 분석이 요구됨
침하 (Settlement)	• 침하에 따른 여유고의 손실 가능성을 평가하고, 최소한의 여유고가 유지될 것이라는 공학적인 분석이 요구됨 • 제방하중, 제방토의 압축성, 제방시스템의 사용연한, 건설시 사용된 다짐방법, 상세한 침하 분석자료가 요구됨
내수배제 (Interior drainage)	• 제내지에 대한 홍수의 원인과 양을 평가해야 함 • 제내지의 홍수를 배제하기 위해 제내지와 제외지의 홍수에 대한 확률을 조합하여 분석되어야 하고 배수관로, 펌프와 같은 시설의 용량이 검토되어야 함

표 2. 수문과 내수배제시설의 운영계획에 관한 기준

기 준	수 문	내수배제시설
홍수경보시스템 (Flood warning system)	• 연방(주)정부 또는 연방(주)법률에 의해 설립된 기관 또는 NFIP에 참여하고 있는 지역사회기관의 관할아래에서 긴급 운영될 수 있는 홍수경보시스템에 관한 문서 • 홍수시 제방시스템 내 시설물의 운영이 가능한 충분한 경보시간의 확보	
운영계획 (Plan of operation)	• 개별시설에 대한 구체적인 운영지침과 책임소재를 포함한 공식적인 계획	
주기적 운영과 점검 (Periodic operation and inspection)	• 검사와 훈련을 목적으로 수문시설에 대한 1년 단위 이하의 주기적인 운영에 관한 조항	• 검사와 훈련을 목적으로 하는 기계부분의 주기적 점검과 운영에 관한 조항 • 점검과 운영의 주기는 1년 이하로 함
수동백업 (Manual backup)	–	• 자동화시스템의 활성화를 위한 수동백업에 관한 조항

표 3. 유지관리계획에 관한 기준

기 준	세부내용
유지관리업무의 수행	• 연방(주)정부 또는 연방(주)법률에 의해 설립된 기관 또는 NFIP에 참여하고 있는 지역사회기관의 관할아래에서 운영되어야 함
유지관리계획의 문서화	• 유지관리 계획은 제방의 안정성 · 높이 · 전반적인 완전한 상태임을 보장할 수 있는 공식적인 절차를 포함하여 문서화되어야 함
유지관리계획의 명시	• 수행되는 유지관리 업무내용, 유지관리업무의 주기, 유지관리업무의 책임소재가 제시되어야 함

2.2.3 제방시스템의 인증조건

U.S Army Corps Engineers(2007)는 제방시스템의 부분인증과 조건부 인증 등 제한적 인증의 불가함에 대하여 기술하고 있다. 제방시스템은 하나의 완성된 종합시스템으로서 효과적인 홍수방어기능을 수행하는 구성요소의 집합체이다. 그리고 제방의 인증은 기본홍수의 발생에 대하여 제방시스템이 홍수에 대한 방어기능을 수행할 수 있는지를 기술적으로 평가하는 것이다.

따라서 제방시스템 내에 있는 일부시설에 대한 부분인증(Partial Certification)의 개념은 적절하지 않다. 이에 따라 미 공병단에서는 개별시설물에 대한 부분인증은 시행하지 않고 있다. 한편 조건부 인증(Conditional Certification)은 일부조건에서는 인증이 유효하나 전체조건에 대한 인증은 유효하지 않음을 의미한다. 예를 들어 현재의 수위에 대한 제방의 여유고는 인증요건을 만족하지만 미래의 수위상승 등에 의해서는 인증이 유효하지 않는 경우가 조건부 인증에 해당한다. 따라서 미 공병단은 조건부 인증도 허용하지 않는다.

미 공병단은 다수의 심의를 거쳐 제방인증의 최대유효기간을 10년으로 설정하였다. 따라서 미 공병단에 의해 발행되는 인증문서에는 인증기간이 10년을 초과할 수 없음을 기술하고 있다. 비록 제방인증의 최대유효기간은 10년으로 설정되었지만 인증된 제방시스템에 대한 검사와 평가는 지속된다. 또한 부적합한 제방시스템의 운영과 유지관리, 구조적 및 지반공학적인 변화, 수리 수문학적인 상태변화 등에 의해 제방시스템이 더 이상 인증기준에 부합하지 않는다고 판단될 경우 인증기간의 만료 전이라도 언제든지 인증은 철회될 수 있다.

표 4. 2006년 6월~2011년 1월의 인증통계

구 분	인증	임시인증		비인증		합 계
		최종인증	최종 비인증	44 CFR 65.10 불충족	과거인증 사례 전무	
제방시스템의 수	3,650	1,150	687	300	8,339	14,126

2.2.4 최근의 제방인증제와 시행현황

최근의 제방인증은 임시인증(Provisionally Accredited levee ; PAL)을 통해서도 이루어지고 있다. 임시인증은 지도 현대화사업에 따라 수치홍수보험률지도(Digital FIRM ; DFIRM)를 작성하기 위해 과거 인증되었던 제방중에서 당장 인증받기 어려운 제방에 대하여 임시로 인증된 것으로 지정하고, 최종인증확인을 받기 위하여 2년의 기간을 부여하는 인증형태이다.

표 4.는 Keegan(2011) 등에서 제시한 2006년 6월부터 2011년 1월의 인증통계를 나타낸 표이다. 해당기간 동안 일반적인 인증절차를 통해 인증된 제방시스템이 3,650개이고, 임시인증을 통해 인증된 제방시스템도 1,150개소로 상당수 존재하는 것을 확인할 수 있다.

3. 제방인증제와 홍수보험의 관련성

3.1 제방시스템의 인증과 인정

제방인증제와 관련된 기관은 인증신청기관, 인증기관, 인정(Accreditation)기관으로 구분된다. 제방인증은 제방을 관리하는 기관에서 신청한다. 미국의 경우 전체 제방의 약 85%를 지역기관에서 관리하고 있으므로 이들 지역기관이 주된 인증신청기관이다.

제방시스템의 인증이란 제방시스템의 인증에 필요한 기술적인 검토를 의미한다. 연방규정집 44편 65.10절에서는 등록된 기술자가 검정업무를 담당하는 것으로 제시하고 있고 U.S. Army Corps of Engineers(2006)는 제방의 설계와 시공능력을 갖춘 연방기관에서도 검정

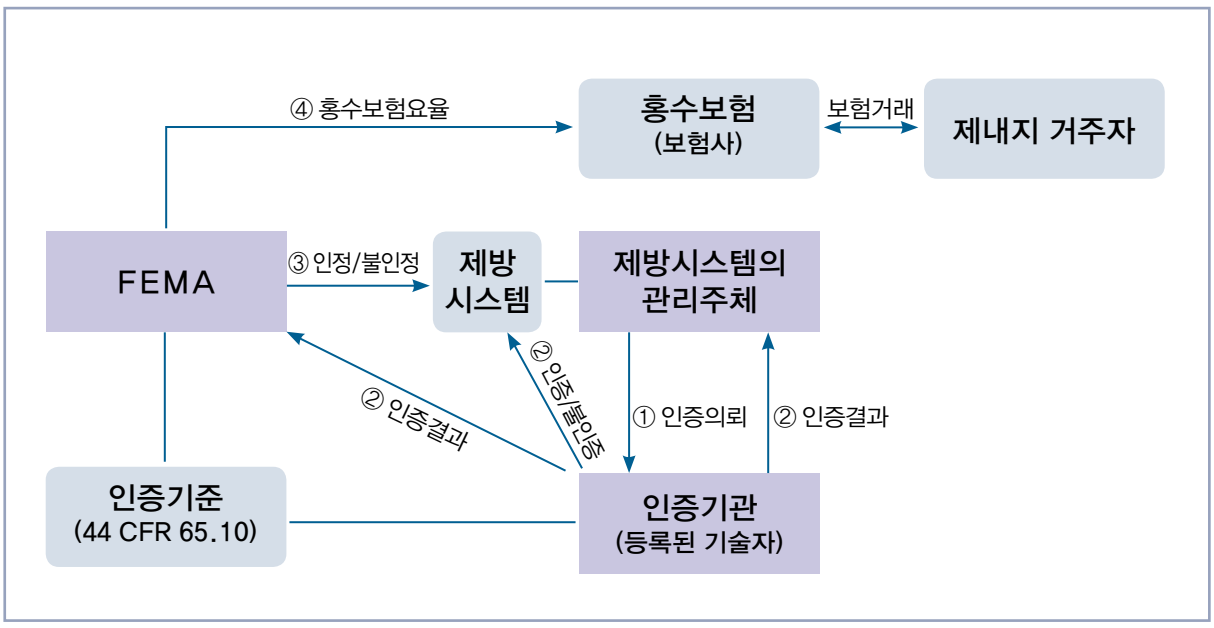


그림 3. 미국 제방인증제도의 운영체계

을 수행하는 것으로 기술하고 있다. 현재 미국에서 제방의 인증을 결정하는 대표적인 기관은 미 공병단이다. 미 공병단은 제방인증과 관련하여 연방재난관리국과 긴밀하게 협조하고 있고 제방의 인증과 관련한 각종 기술규정(Engineer Regulation ; ER), 기술설명서(Engineer Manual ; EM) 등을 발간하고 있다.

제방시스템의 인정은 국가홍수보험프로그램을 운영하는 연방재난관리국에서 수행한다. 연방재난관리국은 미 공병단 등 인증기관의 인증 또는 불인증결과를 토대로 해당지역을 인정/불인정하고, 이를 국가홍수보험프로그램에 반영한다.

그림 3.은 미국에서 시행하고 있는 제방인증제와 관련된 기관과 전체 운영모식도를 나타낸 것이다.

3.2 인정지역과 불인정 지역

미국의 제방인증제는 국가홍수보험프로그램의 운영을 위한 홍수보험률지도 작성에 활용되고 있다. 즉, 연방재난관리국은 제방인증제를 통해 결정된 인증결과를 이용하여 홍수에 대하여 안전한 지역 또는 불안전한 지역으로 인정하고 이를 홍수보험률 지도에 표기한다. 인정된 제방시스템의 제내지는 저 위험지역(Moderate-Risk Area)으로 구분하고 홍수보험률 지도상에 'zone X'로 표기된다. 반면에 불인정된 제방시스템의 제내지 영역은 특별홍수위험지역(Special Flood Hazard Area; SFHA)으로 설정되고 홍수보험률 지도상에 'zone A' 등으로 지정된다. 이와 관련하여 연방규정집 44편 64.3절에서는 홍수, 조석, 산사태 등의 다양한 재해원인과 위험의 정도에 따라 홍수보험률 지도가 작성될 수 있도록 규정하고 있다.

표 5.는 제방시스템의 인정여부에 따른 차이점을 나타낸 표이다. 제방시스템의 인정유무에 따라 홍수보험의 가입조건이 달라진다. 즉, 홍수보험률 지도상에서 홍수위험지역(불인정된 제방시스템)으로 구분된 지역의 거주자는 국가홍수보험프로그램의 홍수터 관리규정에 따라 홍수보험의 구매가 강제된다. 반대로 저위험지역(인정된 제방시스템) 내 거주자는 자율적으로 홍수보험을 구매할 수 있다.

연방재난관리국에서는 인정된 제방시스템 내 거주자라고 할지라도 잠재적인 제방의 파괴 또는 월류에 의한 홍수의 위험을 고려해서 홍수보험가입을 추천하고 있다(Federal Emergency Management Agency, 2012). 하지만 홍수 저위험지역 내 거주자의 홍수보험구매비용은 특별홍수위험지역 내 거주자의 홍수보험구매비용에 비해 매우 저렴하기 때문에 보험구매에 대한 부담이 적다(Federal Emergency Management Agency, 2007).

3.3 홍수보험률 지도

그림 4.와 그림 5.는 각각 하와이주 Maui 카운티와 플로리다주 Seminole 카운티의 홍수보험률 지도를 나타낸 것이다. 특히 그림 5.는 최근의 수치지형도에 영역이 표시된 수치홍수보험률 지도(digital FIRM ; DFIRM)를 나타낸다. 그림 4.와 그림 5.에 제시된 영역을 연방규정집 44편 64. 3절에서 규정하고 있는 영역기호에 따라 해석하면 zone X로 표시된 지역은 홍수로부터 안

표 5. 제방시스템의 인정여부에 따른 구분

인정 유무	홍수보험률 지도상의 표기	지역의 구분	홍수보험가입
인정된 제방시스템의 제내지	X	저위험지역	자율
불인정 제방시스템의 제내지	A, AE, VE 등 (원인, 정도에 따라)	특별홍수위험지역	법적의무



그림 4. 하와이주 Maui 카운티의 홍수보험률 지도

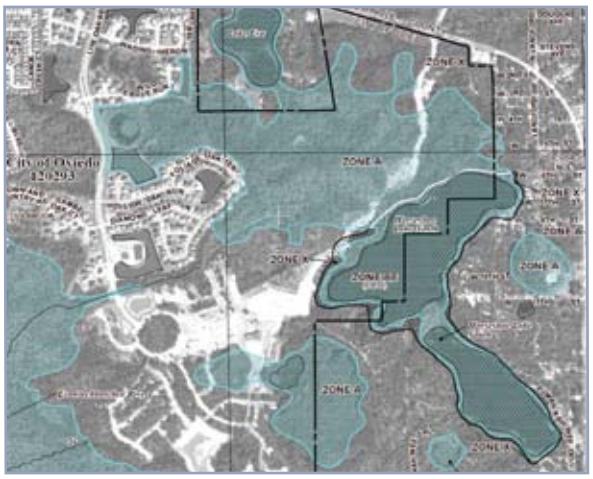


그림 5. 플로리다주 Seminole 카운티의 수치 홍수보험률 지도

전한 지역을 의미하고, zone A는 침수심이 제시되지 않은 홍수위험지역, zone AE는 침수심이 제시된 홍수위험지역을 의미한다. 그리고 zone VE는 홍수 및 해일위험지역을 나타낸다.

3.4 홍수보험의 요율결정

홍수보험의 요율은 국가홍수보험프로그램에서 운영하는 지역요율시스템(Community Rating System; CRS)에 따라 결정된다. 표 6.은 Federal Emergency Management Agency(2007)에서 제시하고 있는 보험할인율을 나타낸다. 홍수보험 할인율은 해당지역에 대한 특별홍수위험지역의 지정유무에 따라 구분되고, 지방자치단체의 방재활동에 따른 점수(Credit)에 따라 차등된다. 여기서 지방자치단체의 방재활동에는 홍수에 대한 피해 최소화 노력, 홍수대비, 홍수지도의 제작 및 홍수위험지역에 대한 개발규제, 공공에 대한 홍보 및

표 6. 홍수보험의 할인율 적용기준(Federal Emergency Management Agency, 2007)

구 분	점 수	할 인 율	
		특별홍수위험지역	비 특별홍수위험지역
1	4,500+	45%	10%
2	4,000~4,499	40%	10%
3	3,500~3,999	35%	10%
4	3,000~3,499	30%	10%
5	2,500~2,999	25%	10%
6	2,000~2,499	20%	10%
7	1,500~1,999	15%	5%
8	1,000~1,499	10%	5%
9	500~999	5%	5%
10	0~499	—	—

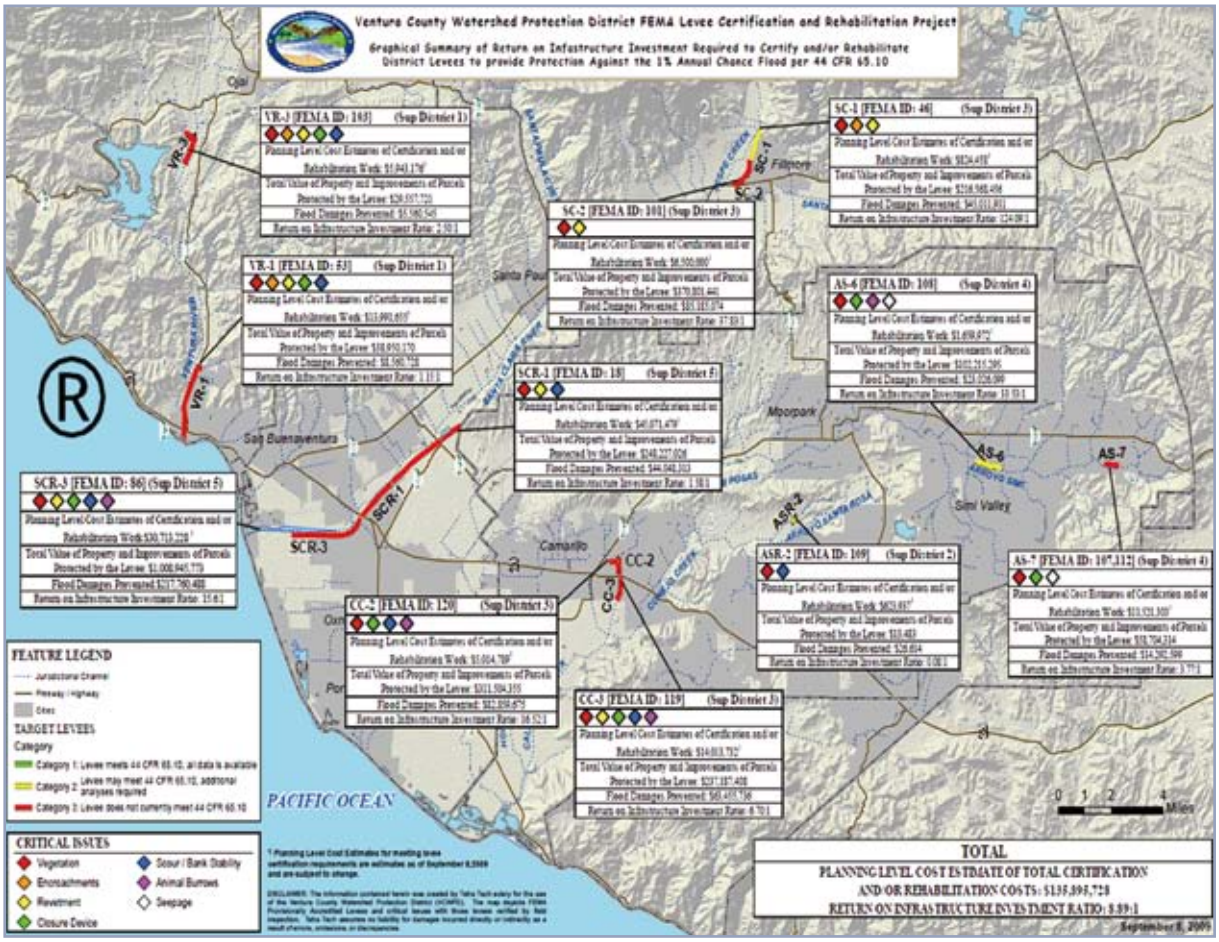


그림 6. 캘리포니아주의 Ventura 카운티의 제방인증과 홍수방재를 위한 활동

교육 등이 포함된다. 표 6.에서 저위험지역에 대한 보험할인율이 작은 것은 앞서 기술한 바와 같이 해당지역에서는 보험료 자체가 작기 때문이다. 즉 할인율 자체가 큰 의미를 가지지는 않는다.

이렇게 지방자치단체의 방재활동이 홍수보험률 결정에 반영되므로 지방자치단체들은 제방시스템의 인증을 위한 노력과 더불어 지역의 홍수방재를 위한 활동을 지속적으로 수행하고 있다. 그림 6.은 캘리포니아주 Ventura 카운티의 제방인증과 홍수방재를 위한 활동을 나타낸 그림이다. 그림에는 개별 제방시스템의 불안전 요소를 표시하고 있고 이를 개선하기 위한 비용과 편익 등을 자세하게 제시하고 있는 것을 볼 수 있다.

4. 맺음말

본 고에서는 미국에서 시행하고 있는 국가홍수보험프로그램과 홍수에 대한 안전을 평가하는 제방인증제도를 살펴보았다. 미국의 제방인증제는 국가홍수보험프로그램의 일환으로 수행되고 있고, 제내지를 보호하는 제방시스템이 100년 빈도 홍수에 대한 방어능력이 있는지를 기술적으로 검토하는 제도이다. 이러한 제방인증제를 통해 분석된 홍수위험지역은 홍수보험률 지도에 직접적으로 반영되어 홍수보험가입의 자율/강제여부와 홍수보험의 요율결정에 활용되고 있다. 그리고 홍수보험률의 결정에는 지방자체단체의 홍수방어활동이 중요한 역할

을 하는 것으로 나타났다.

우리나라의 풍수해보험법 제11조와 제25조에서는 과거의 풍수해 발생이력 및 향후 발생위험 등을 고려하여 풍수해보험관리지도를 작성하고, 이를 반영하여 지역별로 보험요율을 차등적용할 것을 명시하고 있다. 하지만 현재의 풍수해 보험제도는 정착 초기단계로서 풍수해보험관리지도의 구축이 미비한 실정이다. 또한 시범구축된 풍수해보험관리지도(소방방재청, 2008)에는 주로 과거에 분석된 침수심, 풍속, 적설심 등이 활용되고 있는 실정이다. 즉, 우리나라의 풍수해보험과 수재해대응은 미국의 국가홍수보험프로그램과 달리 풍수해의 저감노력보다는 단순히 보험요율의 결정과 사후복구에 초점이 맞춰져 있다. 따라서 풍수해에 의한 재난과 피해를 줄이고 보다 효과적으로 풍수해보험제도를 운영하기 위해서는 미국과 같이 홍수피해 저감노력이 반영될 수 있는 기술적 평가제도가 연계되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김양수, 김창환(2006). 홍수보험요율도 작성. 물과 미래, 한국수자원학회, Vol. 39, No. 11, pp. 45-48.
- 소방방재청(2008). 풍수해보험관리지도 작성방안 연구. 동부엔지니어링.
- 소방방재청(2010). 2010년도 풍수해보험 실무.
- 최우정(2000). 미국의 홍수재해지도 소개. 방재연구지, 국립방재교육연구원, 제2권, 제3호, pp. 46-51.

- *U.S. Army Corps of Engineers (2006). Levee Certification for the National Flood Insurance Program (NFIP). USACE Fact Sheet.*
- *U.S. Army Corps of Engineers (2007). Certification of Levee Systems for the National Flood Insurance Program (NFIP).*





Research & Analysis

지역별 종합재해경감대책을 활용한 풍수해보험 접근방안

장 대 원 사업관리본부장
Noaa Solution



1. 서론

우리나라는 지리적인 위치로 태풍과 호우에 의한 피해에 노출되어 있으며 지형적인 특성에 의해서 다양한 유형으로 지역별 피해특성이 상이하게 나타나는 특징이 있다. 2000년 이전에는 연평균 8,000억원 정도였던 피해규모가 2000년 이후에는 연평균 2조원을 상회하는 수준까지 커지고 있다(소방방재청 재해연보). 중앙정부 및 자치단체가 지속적으로 하천 및 재난예방사업비를 투자하고 있음에도 재해유형의 변화와 강우량의 증가속도를 따라가지 못하고 있는 실정이다. 우리나라에서는 다른 국가들과는 다르게 사유재산에 대한 피해지원을 60년대 생계구호의 차원에서 시작하여 현재까지 유지하고 있다.

그러나 지원금액만으로는 피해복구가 어려워 피해주민의 실질적인 요구수준에 만족되지 못하고 정부도 확대되는 지원금에 의해 재정운영에 부담이 되고 있는 실정이다. 또한 이러한 지원체계가 장기간 지속되다보니 피해가 발생하면 국가가 지원한다는 인식이 고착되어서 자율적인 방재체제구축 및 도덕적 해이현상이 심화되어 왔다. 이러한 문제점을 해소하고자 우리나라도 2000년 중반부터 풍수해보험제도를 시행하고 있다.

풍수해보험이란 소방방재청이 관장하고 민간보험사가 운영하는 정책보험으로서 보험계약자가 부담하여야 하는 보험료의 일부를 국가 및 지자체에서 보조함으로써 국민은 저렴한 보험료로 예기치 못한 풍수해(태풍, 홍수, 호우, 해일, 강풍, 풍랑, 대설)에 대해 능동적으로 대처할 수 있도록 하는 선진국형 재난관리제도이다. 이 제도는 사후복구비가 아닌 사전예방의 측면에서 비구조적 피해저감노력을 지역 또는 가입자가 자율적으로 시행한다는 측면에서 기존의 구조적 시설위주의 예방대책과는 차별성이 분명하다. 그러나 현행 풍수해보험제도는 이재민의 생활자립을 지원하기 위한 피해보상위주로 제도가 이루어지고 있어 지역주민 및 자치단체의 자율적 방재활동을 통한 재해예방 및 보험재정의 안정화에 한계가 있다. 따라서 풍수해보험제도의 안정적인 제도정착과 풍수해보험제도 시행목적에 맞는 실효성을 얻기 위해서는 「자연재해대책법」에서 제시한 각종 방재기준의 준수 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 등 토지이용의 규제 등과 같은 다양한 지역의 재해경감을 위한 종합대책과 연계가 필요하다. 본 고는 이러한 측면에서 보험제도가 장기간 시행되어 정착된 미국의 사례를 기반으로 우리나라에 적용 가능한 지역별 종합재해경감대책을 검토하고 이를 활용한 접근방안을 제시하고자 한다.

2. 미국의 지역방재정책과 결합된 홍수보험제도

미국의 홍수보험은 세계에서 유일하게 독립된 자연재해 보험상품으로 홍수, 폭풍 등으로 인한 손해를 담보하고 있다. 미국에서는 FEMA(Federal Emergency Management Agency)를 중심으로 1968년 통과된 국가홍수보험법(NFIA : National Flood Insurance Act)에 의해서 지방정부가 토지이용규제와 같은 홍수범람지 관리법규를 채택하고 운영되고 있는데 이를 통칭하여 국가홍수보험제도(NFIP : National Flood Insurace Program)라고 한다. 국가홍수보험제도에 대한 내용은 우리나라에도 많이 소개되어 있으므로 실제 보험요율의 산정절차에서 지역의 종합방재대책 또는 노력이 어떻게 보험요율에 반영되고 있는지를 살펴보면 그림 1.과 같다.

기본적인 홍수보험요율은 보험의 목적이 소재한 자치단체, 자치단체의 가입계획의 종류(비상계획 또는 정규계획), 정규계획의 경우 최초의 FIRM 발효일, 건물의 준공

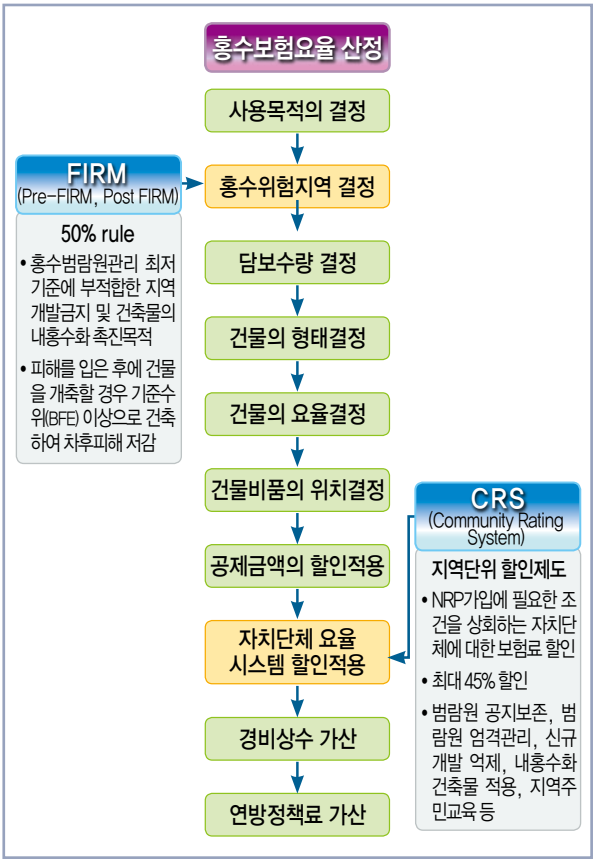


그림 1. 미국 홍수보험제도의 요율산정과정과 재해저감대책과의 관계도

일 등을 고려해서 그림 1.의 단계에 따라 산출된다. 그림 1.의 FIRM의 "50% rule"은 FIRM을 참조하여 건물이 소재한 지역이 홍수위험지역인지를 결정하여 적용하는데 (Pre-FIRM) 이 규칙을 적용하면 건물평가액의 50% 이상 피해를 입은 건물에 대해서는 요율지도개정 후의 요율(Post-FIRM)을 부과하게 된다. 이 요율의 산정기준은 기준홍수위(Base Flood Elevation : B.F.E) 기준요율이며 건물의 1개층이 수위 이하에 있는 경우는 높은 요율이 부과되고, 건물이 수위 이상으로 건축된 경우에는 요율지도 개정전에 비하여 낮은 요율을 부과하는 것이다. 따라서 피해를 입은 후에 건물을 개축할 경우에는 수위 이상으로 건축하게 됨으로써 건물의 내홍수화가 촉진되고 과거와 같은 동일 침수발생시 그 피해규모가 작아지는 효과를 얻을 수 있다.

자치단체 요율시스템(Community Rating System : CRS)은 NFIP에의 가입에 필요한 조건을 상회하는 우량한 조건을 갖춘 지방자치단체에 대하여 홍수보험료를 할인하는 것이다. CRS는 10등급으로 구분되며 등급별로 할인율은 5%씩 증가하여 1등급 평가를 받아 최고의 할인율이 적용되면 그 지방자치단체의 보험계약자는 홍수보험료의 45%를 할인받을 수 있다. 이 시스템은 NFIP에의 가입조건 이상의 범람원 관리시책의 실행을 장려하고 그 실행을 약속한 지방자치단체에 대하여 최고 45%의 보험료를 할인해주는 제도이다. 범람원의 보전, 범람원 관리에 대해 엄격한 법적기준 적용, 개발에 의한 유출증가를 고려한 신규개발 억제, 건축물의 내홍수화(Flood Wall, Flood Proofing) 등과 같은 피해저감을 위한 다양한 대책을 수립하는 지역에 대해서는 홍수보험요율의 할인이 적용된다. 이러한 지역의 다양한 노력을 실제비용과 관련있는 보험료 할인으로 보상하는 이유는 이러한 노력이 실질적인 사유재산의 보호에 더 효과가 있으며 발생할지 모를 침수에 대한 적극적인 방어, 회피, 저감 등의 효과로 나타나서 피해액을 감소해주기 때문이다.

3. 미국 홍수보험제도를 고려한 국내 풍수해보험 접근방안

풍수해보험의 효과를 극대화하기 위해서는 적절한 요율에 따른 보험료 부담과 정확한 보험금의 지급이 중요하다. 우리나라에서 시행하는 풍수해보험은 과거 풍수해경험에 의한 Loss Cost방식에 의하여 보험가입금액에 대한 손해액을 백분율(%)로 산출하는 순보험요율을 기본으로 하고 있다. 그러나 보험목적물의 위험을 고려하는 개별요율(Individual Rate) 체계가 아니라 전국 시 · 군 · 구를 하나의 위험단위(Exposure Unit)로 확정하여 보험료를 산출 · 적

용하는 등급요율(Class Rate) 체계를 이용하고 있어 같은 지자체안에서 재해위험성이 큰 지역의 보험가입률이 증대되는 반면에 재해가 없는 지역에서의 보험에 대한 수요가 거의 없는 역선택 문제로 이어질 수 있다.

현행 풍수해보험의 효과를 높이기 위해서는 과거 피해이력을 기반으로 하는 기본보험요율의 경험적 산출체계를 과거 피해이력과 더불어 향후 재해발생 가능지역의 위험도 정보 및 재해발생시 발생할 구조물별 피해정보 등이 포함된 풍수해보험관리지도를 기반으로 하는 요율 산출체계로의 변경이 필요하다. 이와 함께 개별요율 적용을 위한 보험목적물의 건축재료, 구조형식에 따른 피해 또는 위험정도를 반영할 수 있는 방안도 고려해야 한다. 또한 보험요율의 산출시 지방자치단체의 자발적 홍수피해 저감활동 및 홍수의 사전예방활동 등을 평가한 지역안전도지수를 기본보험요율의 할인계수로 활용하는 미국의 지역요율산출시스템(CRS: Community Rating System)과 같은 능동적 요율체계의 도입이 필요하다.

지역별 차등요율 적용을 위한 풍수해보험관리지도는 현재 소방방재청에서 R&D를 통해 연구가 진행되고 있으므로 향후 보험요율의 산정에 풍수해보험관리지도를 이용하여 지역별, 구조물별 위험정보와 위험특성 등을 복합적으로 고려한 보험요율의 산출이 가능할 것으로 판단된다.

현재 자치단체의 재난경감노력과 지역의 안전을 진단하는 제도는 소방방재청에서 매년 시행을 하고 있다. 이 중 지방자치단체의 풍수해저감을 위한 관리활동 및 예방활동 등에 대한 "지역안전도 진단제도"를 실시하고 있으므로 이러한 진단결과를 풍수해보험과 연계시켜 평가항목의 합리적 선정 및 객관적 가중치 부여를 통하여 보다 합리적이고 방재관리능력을 제고시킬 수 있는 할인계수로 활용할 수 있을 것이다. 이와 함께 적극적인 저감대책으로 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서 지정하는 방재지구를 고려하는 것도 필요하다. 방재지구로 설정되면 토지이용규제 등의 행위제한이 이루어지기 때문에 실제 미국의 FIRM의 범람원 관리와 같은 효과를 얻을 수 있다.

4. 우리나라의 풍수해보험제도의 개선방안

가. 지역안전도 진단제도활용

소방방재청에서는 2006년부터 지역의 재난에 대한 안전수준을 진단하기 위한 연구를 장기적인 추진방침을 세워 현재까지 진단제도를 시행하고 있다. 소방방재청의 지역안전도 진단은 지역에서 발생하는 재난의 위험환경과 취약성요소, 자치단체의 관리능력 등을 진단하여 이를 근거로 방재시스템 및 재난저감관련 종합적인 능력과 관심을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다. 진단제도는 지역의 정확한 안전도 진단을 위해 지속적으로 개선되어서 초기진단형태와 현재의 진단형태가 다르나 기본적인 진단의 목적과 진단프레임은 일관되게 유지하고 있다. 예를 들어 최근 기후변화에 따른 이상강우현상을 반영하기 위한 방재성능목표 등에 따른 지역대책 수립여부를 진단하는 것처럼 외부환경변화에 따라 대응하는 정책제도로 의미가 높다고 할 수 있다.

지역안전도 진단의 항목에는 최근 10년의 피해규모가 이용되고 있기 때문에 진단결과를 바로 적용시키기에는 현행 보험요율산정의 체계와 유사하므로 중복적용의 문제가 있다. 따라서 여러 항목 중 자치단체의 재난저감활동을 진단하는 부분에서 공통지표에 대한 부분만 활용하는 것이 타당할 것이다. 이는 진단항목의 시설물이 공공시설물로 실제 보험목적물인 사유시설과 부합되지 않기 때문이다. 공통지표는 자치단체의 재난관리업무와 관련된 부서 및 인력이 법적근거에 기반하여 얼마나 체계적

으로 계획, 점검, 진단, 조치 등을 수행하고 있는가를 점검하기 위한 것으로 자치단체의 재난행정능력을 반영할 수 있다는 측면에서 미국의 제도와 유사하다. 공통지표의 결과가 종합적인 지역안전도 진단결과를 왜곡하지 않고 일정수준의 상관성(7.2)을 보인다는 점도 풍수해보험 제도 개선방안으로 검토할 필요성을 제시한다.

나. 방재지구, 재해위험지구 등 토지이용규제 및 관리활동활용

국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서는 지구를 설정하여 토지이용규제 등을 통한 재해발생을 감소시키기 위한 방재지구를 설정하여 관리하도록 하고 있다. 이 법률은 지역을 4개 용도지역으로 구분하고 도시관리계획상 토지이용은 16개 용도지역, 12개 용도지구, 4개 용도구역으로 세분하여 토지를 계획적·체계적으로 이용토록 하고 있다. 이 중에 방재지구가 있으며 방재지구는 풍수해, 산사태, 지반의 붕괴 그밖의 재해를 예방하기 위하여 필요한 지구를 말한다. 그러나 실제 법률에 의하여 방재지구가 설정된 사례는 매우 적어서 이러한 측면에서 토지이용규제가 풍수해피해저감에 미치는 영향을 평가하기는 매우 어렵다.

최근 국토교통부에서 방재지구의 지정 및 관리의 필요성을 인식하고 이에 대한 명확한 기준과 활용방안에 대한 논의가 이루어지고 있으나 아직은 지정된 지구수가 적으므로 방재지구와 유사한 개념의 '재해위험지구'를 이용하는 방안이 필요하다. 재해위험지구는 풍수해 등 자연재해에 취약한 시설이나 지역을 특별관리하기 위해 시장·군수·구청장이 자연재해대책법에 따라 지정·고시한 지역을 말하는 것이다. 전국적으로 2008년 1월 기준, 756개소가 지정되어 있으며 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 '방재지구'에 비해 도시계획절차를 이행하지 않고 지구의 지정과 해제가 이루어지고, 재해위험성이 내재된 지역을 대상으로 지정이 가능하기 때문에 시장·군수·구청장의 자연재해의 예방의지를 엿볼 수 있다는 점에서 그 의미가 있다.

반면 재해위험지구는 방재지구에 비해 지정이나 해제가 비교적 쉽고, 예산을 지원받기 위한 방안으로 활용하기도 하여 재해위험지구가 진정한 위험지구인가에 대한 검토가 필요하다. 앞에서 언급한 756개소의 자연재해위험지구는 2008년 기준 지정되어 있는 개소수이며 실제 지정 후 정비가 완료되어 해소된 개소수까지 반영하면 1,180개소가 된다. 1,180개소의 면적은 총 3,046㎢로 경상북도가 170개소로 가장 많이 지정되었고, 경상남도(153), 전라북도(151) 순으로 지정되었다.

재해위험지구를 보험제도에 활용하려면 재해위험이 높아서 지정된 지역인지 단순 하천관리 등의 정비사업을

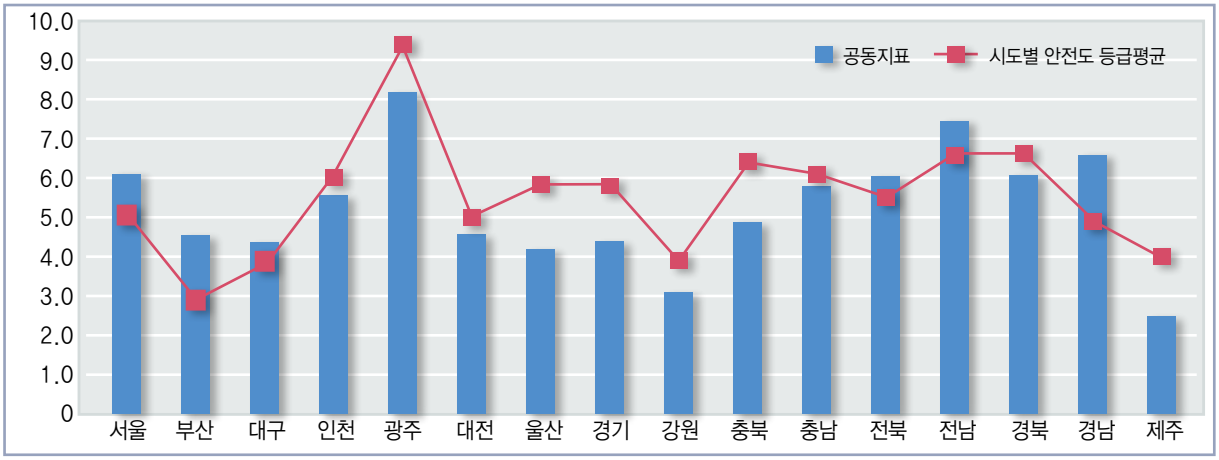


그림 2. 지역안전도 진단등급과 공통지표관계(소방방재청, 2008)

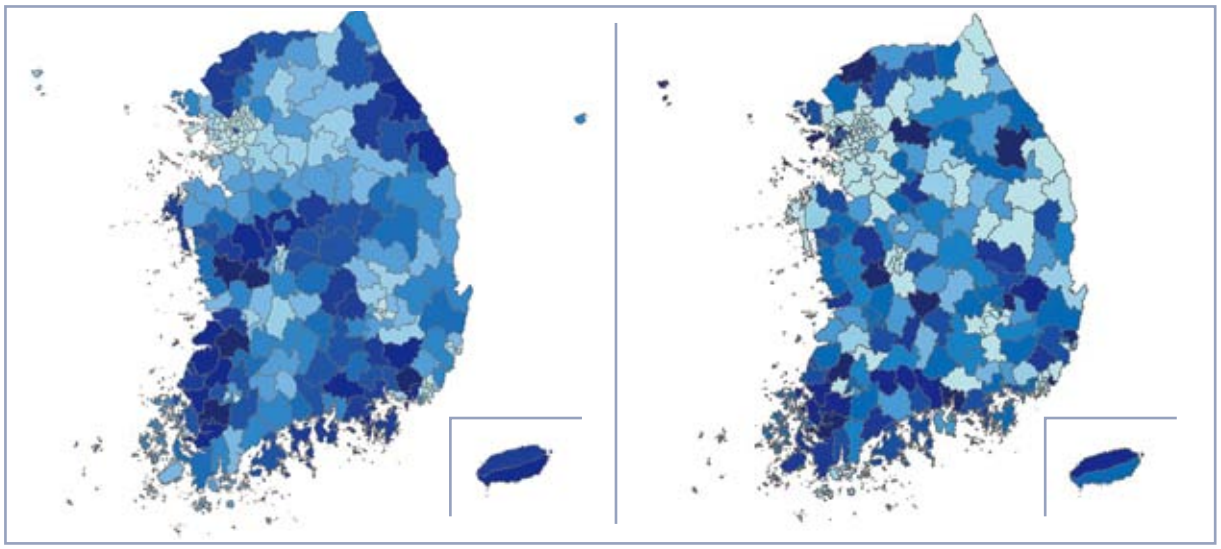


그림 3. 재해위험지구 정비율을 반영한 풍수해보험 목적물의 등급변화
(**좌** : 등급반영 전 주택, 온실의 피해정도, **우** : 정비율 반영결과)

위해 지정된 지역인지 확인이 필요하므로 지정된 지역에 대한 정비완료율을 고려한다면 재해위험지구에 대한 지역의 피해저감의지와 노력을 반영할 수 있다는 측면에서 이를 고려하는 것이 하나의 방안이 될 것이다.

5. 결언

풍수해는 그 강도와 규모가 점점 증가하고 있으며 지역별로 과거 피해를 발생시켰던 유형과는 다른 피해가 발생하는 등 예측이 어려워지고 있다. 전통적인 구조적 대책은 도시화 및 환경에 대한 관심증가 등 다양한 요소가 고려되면서 과거 개발위주의 시기와 같이 추진하기 어려워지고 있으며 최근 재해발생패턴 등의 변화를 고려할 때 그 효과도 재고해야 할 시점에 와있다.

풍수해보험은 비구조적 대책 중 국가, 자치단체, 개인이 모두 관여된 예방대책으로 제도가 합리적으로 정착되면 그 효과는 매우 크다고 할 수 있다. 이를 위해서는 체계적이고 합리적인 풍수해보험요율지도 작성, 그리고 이에 대한 홍보 또한 국민들의 높은 관심과 이에 호응하는 자치단체의 노력이 조화롭게 하나가 되어야 한다.

미국의 보험제도 정착과정을 보면 현재 진행되고 있는 소방방재청의 풍수해보험요율지도 제작연구는 그 한계가 명확하다. 국민을 이해시킬 수 있는 풍수해보험요율 산정이 가능해지면 자동차보험처럼 풍수해보험 가입도 활성화될 수 있으며, 이러한 상황에서 자치단체 및 개인의 지역재난저감 역량강화를 위한 노력은 풍수해보험제도를 정착시킬 수 있는 단초가 될 수 있다.

본 고는 풍수해보험요율지도가 제작되기 전에 자치단체의 보험에 대한 관심을 고취하기 위한 현재 보험요율제도의 개선방안을 제시한 것으로 중앙정부의 각 부처가 시행하는 다양한 법적제도가 안전한 지역을 만들 수 있다는 궁극적인 측면에서 계획되고 시행될 수 있도록 한 개 부처가 아닌 유관기관과 자치단체의 관심이 필요하다는 관점에서 기술하였다. 정부 3.0시대, Web 3.0시대로 변화하는 환경에서 기존의 재해경감종합대책을 어떻게 활용하고 융합하여 안전한 사회를 건설할지는 새로운 것을 만들어내는 것보다 온고지신(溫故知新)의 관점에서 만들고 제대로 이행되지 않거나 활용이 미비했던 부분부터 검토하는 것이 필요한 시점이다.

Proposal

기후변화와 토사재해 관리방안



김병식 교수
국립강원대학교 소방방재학부 &
방재전문대학원



1. 머리말

금년에는 유난히 많은 비가 내려 전국 곳곳에서 산사태가 발생되어 소중한 인명과 재산피해가 있었다. 도시화와 인구 · 산업의 집중화로 좁은 국토공간에서 산림과 가까운 곳에 주택이나 건물을 지으면서 산줄기를 무분별하게 잘라내고 방재시설을 제대로 갖추지 않아 절개지가 무너져내려 발생된 인명피해지도 적지 않았다.

지난 1990년대 말에는 생소하던 기후변화라는 말이 이제는 누구에게나 익숙한 단어가 되어버린 듯하다. 최근 기후변화로 인해 지구촌이 폭염과 폭우, 태풍 등 각종 재해로 몸살을 앓고 있다. 지난 6월에만 인도 북부지역에 기록적인 폭우로 5,700여명이 사망 또는 실종되고, 마을 4천여 곳이 산사태로 매몰된 끔찍한 사고에 이어 미국 애리조나에서는 40도가 넘는 폭염 속에 산불을 진화하던 소방관 19명이 목숨을 잃은 안타까운 소식이 있었다. 7월 중순에는 중국 서부에 있는 쓰촨성에 불과 나흘간 1,100㎜가 넘는 기록적인 폭우와 태풍 '솔릭'의 영향으로 사망 · 실종자 300여명, 이재민 730만명이 발생했다.

해마다 이맘 때쯤 큰 피해를 가져오는 산사태도 자연재해의 하나다. 우리나라도 여름철이면 태풍과 집중호우로 인한 산사태피해가 매년 되풀이되는데 최근 들어 그 피해가 점차 대형화되는 추세다. 산림청통계를 보면 1980년대에는 산사태피해가 연평균 231㏊ 정도였으나 2000년 이후에는 연평균 713㏊로 3배 이상 늘었다. 특히 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미에 의해 인명피해 377명, 재산피해 약 9조원 등으로 엄청난 피해를 입었고, 2011년에는 시간당 100㎜가 넘는 폭우로 서울 우면산에 산사태가 발생해 인명과 재산피해가 있었다.

우리나라에서 산사태와 토석류(土石流)에 대한 경각심이 급격히 높아지기 시작한 것은 104년만의 기록적인 폭우로 서울 서초구 방배동 우면산 자락에서 산사태가 발생, 18명이 숨지는 도심 산사태참사가 발생한 2011년 7월부터다. 급격한 기후변화로 산사태의 직접적인 원인이 되는 국지성 폭우 발생빈도가 갈수록 높아지고 있는 점도 산사태 등에 대한 관심을 촉발하는 계기가 됐다.

이에 본 고에서는 지금까지의 토사재해의 경향과 발생원인을 살펴보고 앞으로의 기후변화대응 토사재해예방에 대하여 언급하고자 한다.

2. 우리나라의 토사재해 변화경향

우리나라의 산사태 발생현황을 보면 지난 10년간(2003~2012년) 연평균 산사태 발생면적이 558㏊로 1980년대 231㏊보다 2.4배 증가했다. 1976~2012년 우리나라 산사태 발생면적추이를 보면 1980년대부터 우리나라 산사태 발생면적은 조금씩 증가하다 2000년대를 경계로 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다.

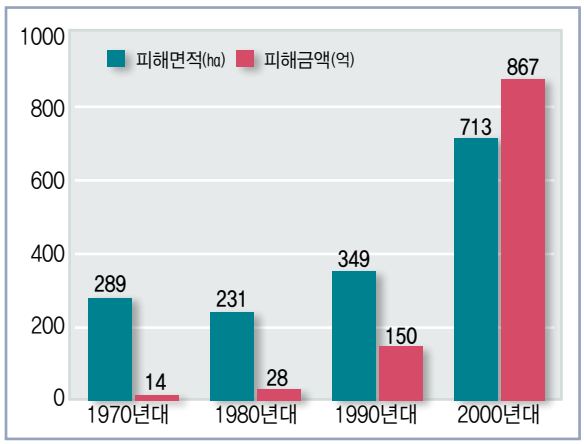


그림 1. 연도별 토사재해변화

최근 2008~2012년 5년간 산사태 발생면적은 1,873㏊로 2003~2007년 5년간 산사태 발생면적 3,702㏊에 비해서는 1,829㏊ 감소했다. 2003~2007년 산사태 발생면적이 컸던 이유는 2003년 태풍 '매미', 2004년 태풍 '디엔무', 2005년 태풍 '나비', 2006년 태풍

'에위니아' 등 매년 대형태풍의 피해를 받았기 때문이다. 하지만 같은 기간대비 인명피해는 28명에서 50명으로 오히려 22명 증가하였다. 즉 산사태 발생면적이 위험경향평가에 중요한 잣대가 되지만 피해의 집중도도 간과할 수 없는 잣대라 할 수 있으며 기후변화의 영향을 평가할 경우 이들 2가지를 동시에 평가하여 대비할 필요가 있다.

3. 토석류의 발생메커니즘과 원인

토석류(Debris flow)는 토사와 물의 혼합물이 중력작용을 받아서 일종의 연속유체처럼 유동하는 현상으로 입자간극이 물 또는 슬러리(Slurry)로 가득 채워져 있기 때문에 강한 유동성을 발휘한다. 구성물질은 모래, 실트 및 점토나 입경이 큰 바위에서 호박돌, 자갈 및 유목에 이르기까지 매우 다양하다. 오랫동안 풍화작용을 받은 흙과 암석은 폭우나 장마로 인해 물로 포화되어 중력에 의해 활동하려는 힘을 저항력이 지탱하지 못해 흘러내리게 되며 이를 토석류라고 한다. 이때 물을 포함하고 있은 함수율과 지형에 따라 산지계곡을 매우 빠른 속도로 흘러 내려오게 되며 이때 주변하상과 계곡측벽의 흙과 암편을 붕괴시키며 발달하기도 한다. 토석류 발생은 다음과 같은 네 가지 종류의 원인에 의해 구분될 수 있다.

① **대규모 산사태 원인형**(19%) : 주로 산허리, 계안에 발생된 대규모 산사태가 원인이 되는 것으로 규모가 크고 돌발성으로 피해도 큼.

② **소규모 산사태 원인형**(32%) : 소규모로 발생한 산사태가 원인이 되어 계류에 쌓인 토석을 휩쓸어서 양과 세력을 증가시켜 흘러내리는 것.

③ **다수의 소규모 산사태 원인형**(44%) : 유역 내 곳곳에서 발생된 산사태에 의한 토석이 계류에서 서로 합쳐져 토석류로 발전하는 것.

④ **계류에 퇴적된 토석 원인형**(5%) : 산사태가 아닌 다량의 물로 거의 포화상태의 계류의 토석 자체가 흘러내리거나 구곡침식(Gully Erosion)을 받아서 토석류로 발전하는 것.

일반적인 토석류의 발생조건은 ① 가파른 경사, ② 느슨한 암반과 흙, ③ 점토광물, ④ 포화토 ⑤ 강우 또는 녹은 눈 등에 의한 초기사면의 움직임을 유발시킬 수 있는 충분한 강도(Intensity)와 기간이다. 이창우(2010) 등의 선행연구에 의하면 국내에서 발생하는 토석류는 위에서 기술한 네 가지의 형태 중 ③에 해당되는 형태로 집중호우에 의한 얕은 소규모 산사태가 집중되어 발생하는 경우가 가장 많다고 언급하였다. 국내 산사태 토석류 발생의 주요원인은 집중호우이며 그 외에도 지하수위변화, 하부침식, 지진 및 건물건설에 의한 충격이나 진동, 사면위의 하중 등의 외부요인과 경사도, 모암, 토양특성, 산림 등의 내부요인도 작용한다. 표 1.은 기관별로 제시된 강우량에 따른 산사태 예보기준치를 나타낸 것으로 연속강우량 200㎜ 이상이거나 10㎜ 이상의 평균 시강우량이 24시간 이상 연속해서 오면 산사태가 발생할 위험이 높은 것으로 평가하고 있다.

그림 2.는 산사태의 유형을 나타낸 것으로 그림에서 표현한 것과 같이 슬럼프, 활동, 흐름, 낙하, 전도 및 급류 등으로 구분된다. 토사재해에서 산사태와 토석류는 그 형태

표 1. 기관별 산사태 예보기준치

기관	구분	산사태 주의보	산사태 경보
산림청 (1993)	연속강우량	100~200	200이상
	일강우량	80~150	150이상
	시우량	20~30	30이상
국토교통부 (일강우량 기준)	I지역	90	105
	II지역	75	90
	III지역	55	77

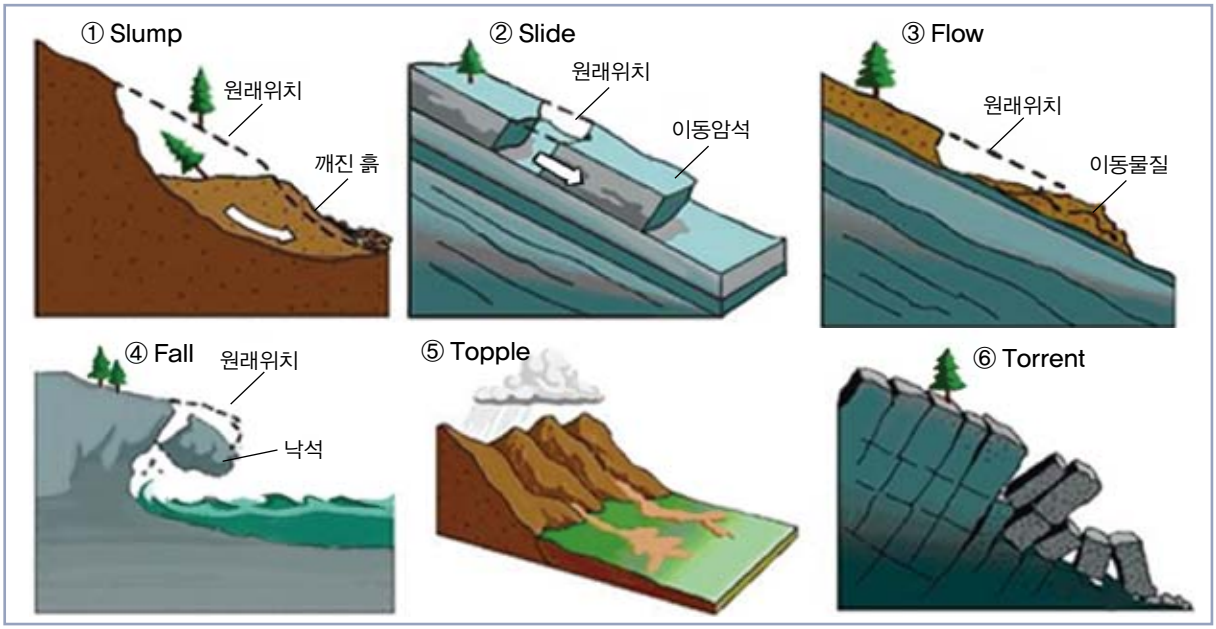


그림 2. 산사태의 유형

를 구분할 필요가 있다. 기존연구에서는 토석류를 산사태의 한 분류로 구분하여 해석하는 경우가 대부분이었지만 최근 토석류재해의 발생과 흐름 및 피해특성에 대해 연구가 이루어지면서 산사태와 구별된 연구수행의 필요성이 높아졌다. 그림 3.은 산사태와 토석류의 발생메커니즘을 비교하여 나타낸 것으로 토석류와 산사태를 명확히 구분하는 기준은 아직 불명확하지만 사태물질의 하류방향 이동거리와 속도가 일반적인 구분특징이라 할 수 있다.

토석류의 발생은 경사 25°이상에서 주로 발생하며 10° 이하의 경사에서 퇴적하는 것으로 알려져 있다. 이동과 침식은 그 사이에서 발생하는데 이와 같은 토석류의 흐름은 경사뿐만 아니라 하천의 특성, 수로의 구속력, 지질조건, 혼합재료 및 함수율과 같은 여러가지 요인에 의해 결정된다.

토석류는 토사이동현상에 따라 사면형 토석류(Open Slope Debris Flow)와 수로형 토석류(Channelized Debris Flow)으로 크게 구분할 수도 있으며, 사면형 토석류는 수로에서 발생하는 것이 아니라 사면의 파괴로



강우로 인해 토층과 암반경계면 위의 토사가 일시적으로 흘러내리는 재해



다수의 산사태로 발생한 다량의 토석 및 유목이 물과 함께 섞여 계곡하류에 피해를 미치는 재해

그림 3. 산사태 · 토석류 발생메커니즘 비교

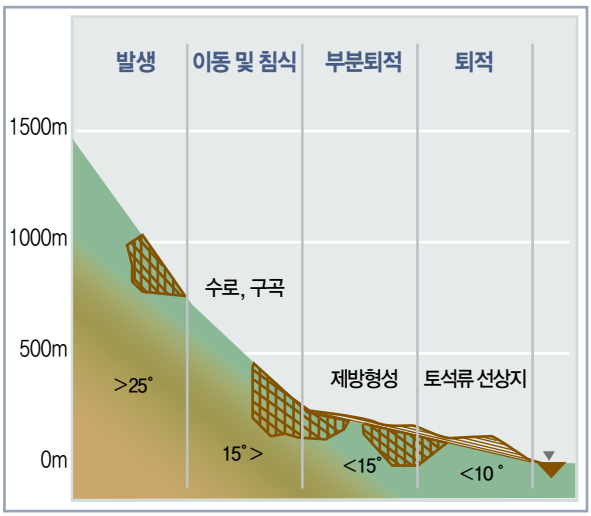


그림 4. 경사에 따른 토석류의 흐름특성

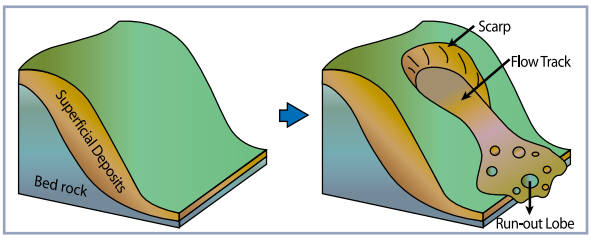


그림 5. 사면형 토석류

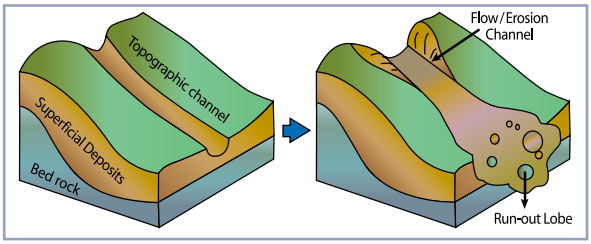


그림 6. 수로형 토석류

인해 사면 내에서 발생하며 이동거리가 짧다. 그림 5.와 6.은 사면형과 수로형 토석류에 대한 개념을 나타낸 것이다. 토석류는 발생지점에서 수십 내지 수백km까지 이동하며 물에 포화된 다양한 입경의 입자들이 빠른 속도로 경사면과 수로 및 협곡 등을 따라 유동한다.

4. 최근 국내에서의 토석류재해 발생사례

산지가 많은 국내여건에서는 산간지역의 주거 및 도로 개설의 확대와 보다 잦은 집중호우와 규모가 큰 태풍의 발달로 토석류재해에 보다 취약한 상황에 놓여있다. 실제로 최근 들어 대규모 토석류 발생으로 인한 인명과 재산의 피해가 늘어나고 있으며 앞으로도 발생할 가능성이 충분하다(그림 1. 참조). 그림 7.은 2002년 태풍 루사로 인한 강릉 사천지역의 토석류 발생전경이다. 산의 능선을 따라 다수의 산사태 및 토석류가 발생하여 피복이 소실된 모습을 확인할 수 있다.

그림 8.은 2006년 강원도에 발생한 집중호우로 영동고속도로가 토석루 피해를 입었다. 그림 9.는 한계령 정상부에 수 미터의 거대암석이 쌓여있는 모습은 토석류의 큰 파괴력을 확인할 수 있는 장면이다. 일반적으로 토석류는 선단에는 큰 암석이 존재며 후미부로 갈수록 입경이 작아지는 형태를 가지고 있다.

2011년 7월에는 각종 언론매체에서도 연일 보도가 된

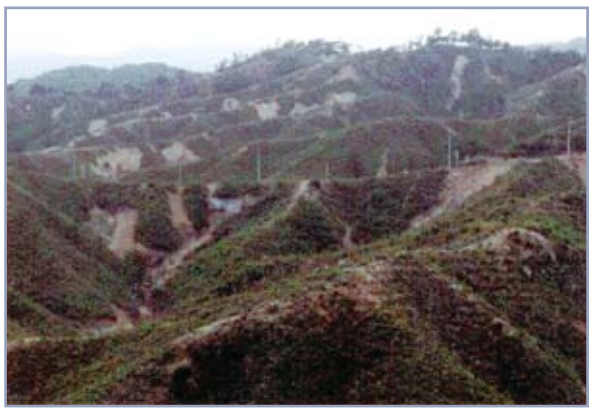


그림 7. 태풍 루사로 인한 강릉 사천지역의 토석류재해(서흥석, 2002)



그림 8. 2006년 집중호우로 인한 영동고속도로 토석류피해



그림 9. 2006년 집중호우로 인한 한계령 정상부근의 토석류피해



그림 10. 서울시 우면산 토석류피해(2011. 7. 27)



그림 11. 춘천시 신북읍 천전리 펜션 토석류피해(2011. 7. 27)

서울시 우면산 토석류와 천전리 펜션의 토석류 재해가 발생하였다. 서울연구원의 분석에 따르면 2011년 7월 26일부터 사흘간 서울에 평년 연 강수량의 41%인 595㎜의 비가 내렸고, 특히 산사태가 발생했던 27일 오전 7~10시 서초구의 강우량은 161㎜로 집계됐다. 그림 10.과 11.은 토석류 발생 후에 촬영한 전경사진이다.

5. 산사태와 강우특성

우리나라에서 발생되는 산사태의 대부분은 7월~9월 사이의 우기철에 집중되어 있고 자연적 요인인 강우와도 많은 관련이 있음은 알고 있는 바와 같다. 1904년 이후 80년간의 주요 재해통계에 의하면 일강우량이 80㎜ 이상될 때 총 호우발생의 80% 이상이 6~9월에 발생하고 있으며(김승, 1996), 산사태를 강우와 관련지어 연구한 결과(강위평, 1981; 홍원표 외, 1990; 김원영 외, 1998; 한중근, 2001)에서도 우리나라에서 발생된 산사태는 대부분 이 시기에 발생한 것으로 보고되었다.

즉, 지형적이나 토질적인 특성이 지역에 따라 다름에도 불구하고 이 시기에 대부분의 산사태가 발생되고 있어 강우가 산사태발생에 가장 중요한 요인으로 작용된다는 추측이 가능한데, 1일 80㎜ 이상이 되는 호우빈도는 거의 90% 정도가 6~9월에 발생하고, 특히 7~8월에 60% 정도가 발생(김영묵 · 장석완, 2000)하여 이 시기에 호우가 집중되고 있으며 산사태 발생시기 또한 일치하고 있음이 이를 단적으로 보여주고 있다.

이처럼 강우가 산사태를 야기하는 중요한 요인으로 작용한다는 사실은 이론의 여지가 없지만 누적강우량, 강우강도, 강우지속시간 및 선행강우량 등 실제로 강우를 지배하는 여러 요소들이 산사태에 어떻게 관련되는지는 명확하게 규명되어 있지 못하다. Nilson and Tumor(1975)는 캘리포니아 Contra Costa Country 지방에서 1959~1971년까지 25㎜ 이상의 집중호우시 강우량과 그 이전의 선행강우량과의 관계로부터 사면파괴 회수에 밀접한 관계가 있음을 규명하였다.

홍콩의 경우 강우와 산사태의 관계에 있어 과거에는 Lumb(1975)의 보고에서와 같이 강우로 인한 직접적인

침투가 파괴의 주요인으로 작용하고, 파괴당시의 일강우량 뿐만 아니라 선행강우량에 크게 영향을 받는다고 하는 선행강우량 개념의 해석이 지배적이었으나 그후 Brand(1985)는 짧은 시간에 내리는 집중호우는 지질이나 수문지질의 조건에 관계없이 대규모 산사태를 일으킬 수 있으며 산사태 발생당시의 강우강도가 산사태를 유발하는 지배적인 조건임을 밝혔다.

일본의 경우 Yagi and Yatabe(1987)는 7일간의 선행누적강우량이 클 때에는 적은 강우일지라도 사면이 붕괴될 수 있다고 보고하였다. 또한 Olivier et al.(1994)는 일강우량이 연평균강우량의 20%를 초과할 경우 대규모 산사태가 발생될 수 있다고 보고한 바 있다.

우리나라의 경우 홍원표 등(1990)에 의해 강우특성을 근거로 하여 우리나라를 강우특성별로 크게 3개 권역으로 구분하여 강우특성과 산사태 발생의 관계를 제시한 바 있다.

6. 기후변화에 따른 산지토사재해 예측 [1)]

이창우 등(2013)의 연구에 따르면 기후변화시나리오 자료를 활용하였을 경우 2013년의 중부지역에서 점차 외곽지역인 인천과 경기일부를 포함하여 주로 충북, 경북, 경남, 전남 등 남부지역에 집중되는 모습을 보이다가 2015년에는 충청남 · 북도, 경북 일부지역을 제외한 전 지역에서 골고루 위험지역이 분포하는 것으로 나타났다. 2015년 이전까지의 결과를 보면 산사태 위험도가 높은 곳이 나타나지 않았던 전주와 임실, 나주, 장성, 제주 등에 급격히 위험도가 증가하는 경향을 보인다. 이후 2100년까지 이러한 경향은 계속 유지되는 것으로 나타났다. 또한 단양, 제천, 청주, 금산과 포항, 경주, 부산, 대구, 울산에는 2100년까지도 위험지역이 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

그림 12.에 따르면 빈도의 변화양상을 보면 중부지역은 넓은 지역으로 분포하나 100회가 넘는 집중된 강우의 모습을 보이지는 않지만 남부지역들에서는 일부지역들에 집중하여 붉게 표시되며 높은 위험도를 보였다. 그리고 2100년에는 남부지역의 상당한 범위에서 위험도가 상승하는 모습을 나타낸다. 전반적으로 단기적으로는 전국에 걸쳐 골고루 산사태 위험지역이 분포하는 것으로 나타난 반면, 장기적으로는 남부지역에 집중적으로 산사태 위험지역이 분포하는 것을 알 수 있다.

7. 결언

앞에서 계속하여 언급했듯이 토석류의 발생이 눈에 띄게는 것은 2000년대 이후로서 토석류를 포함한 산사태의 연평균 발생면적이 1980년대에는 231㏊였으나, 2000년대 이후 713㏊로 급증했다. 이러한 주요원인 중의 하나는 최근 강우지속시간이 짧아지고 강우강도가 강해지는 강우특성의 변화이다.

우리나라는 국토의 60~70%가 산지로 구성되어 있어 상대적으로 토석류의 위험에 많이 노출되어 있고, 특히 산악지 중심으로 형성된 도시라면 훨씬 큰 위험요소를 갖고 있다고 볼 수 있다. 물론 강우량, 토사유형 등에 따라 그 위험도는 다를 수 있다. 앞절에서 계속하여 언급했듯이 최근에 두드러지게 나타난 기후변화 등으로 국지성 호우 규모나 빈도 등이 증가하고, 이의 예측 또한 더욱 어려워질 것이라는 전문가들의 우려를 생각하면 정부차원의 종합 대책마련을 서둘러야 할 시점이 아닌가 생각해 본다. 아직까지 다수의 정부 정책결정권자들이 "기후변화사실

1) 본 절의 내용은 산림정보지에 게재된 '기후변화와 산지토사재해 변화경향(June 2013)' 의 기사내용을 발취하여 사용하였음을 미리 밝히는 바임.

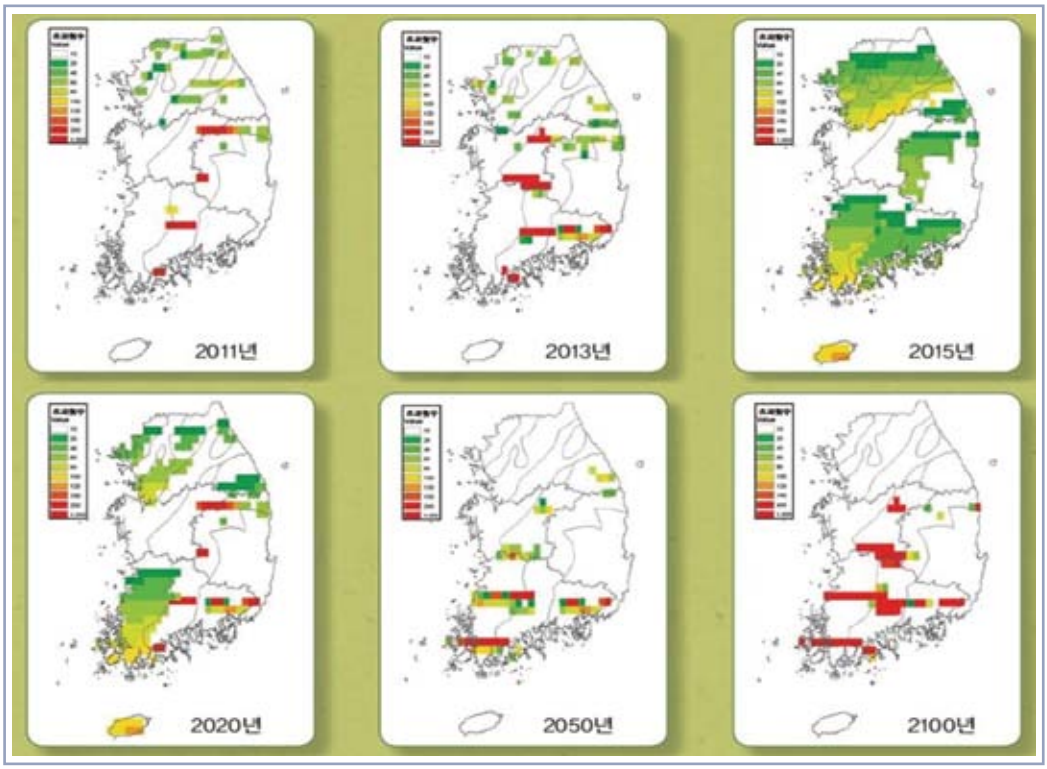


그림 12. 기후변화에 따른 산사태 위험도 변화

에 대한 부정적 견해" 및 시기상조, 결과에 대한 불확실성을 내세워 아직까지도 계획이나 설계에 반영하는 것을 꺼리고 있는 실정이다. 그러나 이제는 기후변화를 기정사실로 인정하고 정부에서는 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해 산사태로 인한 대규모 토석류에 대한 선제적 예방 장기대책, 연도별 대책, 대응행동매뉴얼 등을 제시해야 할 때이다. 본 저자는 본 고에서 다음을 발언하고 싶다.

"기후변화대응은 국가의 의무이며 정책이다."

만일 단 한 번의 기후변화로 인한 부정적 영향의 가능성이 조금이라도 있다면 정책적으로 대비해야 한다. 우리가 일상생활에서 들고 있는 자동차보험이나 생명보험을 한 예로 들어 강조하고 싶다. 우리 어느 누구도 자동차를 운행하면서 생명을 위협받는 사고가 나기를 바라지 않을 것이다. 그러나 단 한 번의 만약에 대비하여 이러한 보험을 드는 것이다. 조금 확대해석일 수도 있지만 국가적 차원에서 본다면 기후변화에 대한 정책적 대응은 바로 '보험' 과 같은 것이다.

만일 이러한 기후변화에 대한 대비를 경제적 최적화의 관점에서 평가한다면 비효율적일 수 있다. 이러한 의미에서 산사태 및 토석류 대응분야의 기후변화 대응전략 수립을 위한 연구관련 투자확대가 요구되는 시점이라고 하겠다. 이러한 노력을 통해서만이 우리나라도 선진국 같이 기후변화를 실제 산사태방지 구조물설계에 반영할 수 있는 기술을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 이창우(2013) "기후변화와 산지토사재해 변화 경향", 산림정보지
- 홍원표, 김윤일, 김상규, 한중근, 김마리아(1990), "강우로 기인되는 우리나라사면활동의 예측", 대한토질공학회지, Vol.6(2), pp.159-167.
- 환경부(2012), "기후변화 부문별 취약성 지도

Project

국내 최대 연료전지사업장 건설프로젝트



강상혁 팀장
삼천리 ES
엔지니어링사업본부

1. 머리말

정부의 RPS제도하에서 REC확보 및 전력SMP판매를 위하여 한수원, 포스코에너지, 삼천리그룹이 SPC를 설립하여 2012년11월4일 경기도신재생에너지개발을 위한 양해각서를 체결하였다.

동년 11월11일 경기연료전지발전(주)를 설립하고, 12월1일 발전사업허가 취득(지경부 전기위원회) 하였으며, 12월6일 공사계획인가 취득(지경부 전력산업과), 12월11일 세계최대 58.8MW 용융탄산염(MCFC) 연료전지발전소 착공을 하였다.(12월7일 경기그린에너지(주)로 사명변경)

포스코에너지측이 전기 및 제어계측공사, 삼천리ES측이 송전선로, 지역난방배관, 기계공사, 구국토건이 소내 부대토목공사를 진행하고 있으며 한수원측에서 사업관리(CM)를, 감리는 대명기술단 및 벽산엔지니어링에서 담당하고 있다.

2. 사업개요

본 사업은 경기그린에너지(주)가 경기도 화성시 향남읍 구문천리 발안산업단지 내에 2.8MW급 연료전지 21기로 구성된 총 58.8MW급의 연료전지발전소를 설치하여 전력거래소(KPX)에 전력을 판매하는 사업이다. 연료전지 발전사업은 신재생에너지로 분류되며 생산되는 전력은 전력거래소가 전량 SMP로 구매하게 된다. 2012년부터 시행된 이 사업은 RPS제도하에서 전력생산량에 따라 신재생에너지 공급인증서(REC, Renewable Energy Certificate)를 발급받게 되며 이를 한국수력원자력㈜에 판매할 예정이다.

전력생산시 발생하는 열 또한 버리지않고 회수하여 지역난방사업자인 (주)휴세스(삼천리계열사, 지분율 : 삼천리 51%, 한국지역난방공사 49%)에 전량 판매하기로 되어있다. 이 사업에는 한국수력원자력(주), 포스코에너지(주), (주)삼천리가 주주로 참여하고 있다.



그림 1. 경기그린에너지 조감도



그림 2. 사업구도

구 분	내 용		
회사명	경기그린에너지(주)		
사업참여자	한국수력원자력(주) 포스코에너지(주) (주)삼천리	(출자지분 62%) : REC매입 (출자지분 19%) : 주기기공급, LTSA, REC매입 (출자지분 19%) : 도시가스(LNG)공급	
사업지	경기도 화성시 구문천리 발안지방산업단지내		
명적	20,404.6 (6,174 평)		
설비규모	총 58.8MW (2.8MW급 연료전지 스텍(DFC3000) 21기		
주요배관 연결	구 분	길 이	공사주체
	가스관	약 0.5㎞	(주)삼천리
	송전선	약 1.7㎞	경기그린에너지(주)
	열배관	약 0.8㎞	경기그린에너지(주)
총투자비(E)	3,200억원(DSRA 적립액 제외)		
공사 및 운영기간	공사기간	2012.11.09 ~ 2013.12.31	
	운영기간	2013.07.01 ~ 2033.12.31(각 기별 20년)	
주기기공급	포스코에너지(주)		
설치공사	포스코에너지(주), (주)삼천리ES, (주)구국토건		
연료공급	(주)삼천리(도시가스)		
LTSA	포스코에너지(주)		
열구매자	(주)휴세스		
REC구매자	한국수력원자력(주)		

본 사업지가 위치한 발안지방산업단지는 총면적이 1,839천㎡이며 2006년에 입주가 시작되어 현재는 309개사가 입주(가동 282개사)하고 있는 산업단지이다. 국도 39호선에 연하고 있으며 인근에 국도 43호선, 지방선 309와 310호선이 지나고 있고, 서해안고속도로 발안IC가 5㎞안에 위치하고 있다.

2013년 8월 현재 본 발전소의 원료인 LNG 배관연결을 위해 300~400A 배관 449.7m에 대한 증설이 마무리되었으며, 열판매를 위한 열배관은 300A 구경2 열로 859m에 대한 증설이 완료되었다. 용수공급을 위한 상수배관 역시 발전소부지 내부까지 390m에 대한 증설이 완료되어 있다. 전력접속은 154kV급으로 인근 구문천 변전소로 접속하였고, 이를 위한 송전선로 1,708m에 대한 증설은 기 완료된 상태이다.

3. RPS제도

본 사업의 주체는 경기그린에너지(주) (이하 회사)로 한국수력원자력(주), (주)삼천리, 포스코에너지(주)가 주요주주로 참여하고 있고, 각 사별 지분율은 62.0%, 19.0%, 19.0%이다. 각 주주사별로 포스코에너지(주)는 연료전지발전소의 주기기를 공급하고 주기기에 대한 LTSA를 체결하여 발전소 주기기 유지 및 보수를 담당하며, (주)삼천리는 연료인 도시가스(LNG)를 공급하게 된다. 발전소에서 생산되는 전기는 전량 전력거래소가 SMP로 매입하게 되며 발전과정에서 발생하는 열은 지역난방공급사인 (주)휴세스에 판매할 예정이다. 그리고 2012년부터 실시된 RPS제도하에서 발전량에 따라 받는 REC(Renewable Energy Certificate, 신재생에너지 공급인증서)는 한국수력원자력(주)에 판매할 계획이다.

▣ 신재생에너지 공급의무화제도(RPS)

RPS는 신재생에너지의 이용·보급을 촉진하고 관련산업의 활성화를 위하여 지식경제부 장관이 대통령령으로 특정대상을 '공급의무자'로 정하여 발전량 중 일정량 이상을 의무적으로 신재생에너지를 이용하여 공급하게 하는 제도이다.

정부는 2003년 12월 제2차 신재생에너지 기본계획에서 RPS의 도입을 천명하였고, 연구를 거쳐 2008년 12월 신재생에너지법 개정안을 국회에 제출하였다. 이후 의무대상기관 및 사업자를 대상으로 설명회와 공청회를 진행하고 있으며 최근 2010년 3월 신재생에너지 개발이용보급촉진법 개정을 완료하였다. 정부는 2010년 9월 27일 동법의 시행령, 시행규칙을 개정하였고, 2010~11년 RPS모의운영실시 및 거래시스템 수정보완을 거쳐 2012년부터 시행되었다.

2012년 기준 의무대상자는 설비용량 500MW 이상의 11개 발전사업자와 한국수자원공사, 한국지역난방공사 등 총 13개사이다. 이들 기관은 2012년부터 전년도 발전량에서 대수력 등을 조정한 기준발전량에 당해년도 의무비율을 곱한 의무량을 신재생에너지로 충당해야 하는 의무를 가지게 되었다. 의무량은 연차별로 2012년 2.0%에서 2022년 10%까지 점차적으로 증가하게 되며, 의무량이 없는 의무자(수자원공사)의 Non-tradable 물량을 조정(차감)하게 되면 실질적인 의무량 비중은 이보다 낮은 수준이다(2012 년 1.63% 수준). "신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법시행령" 18조의 4 제2항에는 추가적으로 매 3년마다 비율을 재검토하는 안이 포함되어 있다.

▣ 신재생에너지에 의한 발전량 의무비율

구분	2012	2013	2014	2015	2016
의무량(%)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022
의무량(%)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0

의무대상기관은 신재생에너지설비를 직접 건설(내부조달)하거나 민간IPP(Independent Power Producer) 사

업자와 직거래 또는 인증서시장에서 REC구매를 통해 의무공급량을 달성하게 된다. 신재생전력에 대한 '교환·지불·저장·가치척도'의 수단으로 RPS대상 신재생에너지설비에서 생산된 전력임을 증명하는 증서인 REC의 기준은 다음과 같다.

구 분	내 용
발행단위	신재생발전전력 1MWh당 0.25~2REC (에너지원별 가중치 적용)
발행주기	월단위(신재생전력실적량 기초)
유효기간	(발급월로부터) 3년

▣ 연료전지의 REC가중치는 2.0

신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제12조의 7에 의하면 대통령령에 의해 실제공급량에 가중치를 곱한 양을 공급량으로 하는 공급인증서를 발급하도록 되어있으며, 가중치는 지식경제부 장관이 정하여 고시토록 되어있다. 연료전지의 REC 가중치는 2.0으로 적용되고 있다.

4. 연료전지의 개념 및 공정소개

연료전지는 수소와 산소가 가진 화학적 에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 전기화학적 장치로서 수소와 산소를 양극과 음극에 공급하여 연속적으로 전기를 생산하는 새로운 발전기술이다. 연료전지의 일반적인 특성은 연료가 전기화학적으로 반응하여 전기를 생산하는 과정에서 열도 발생하므로 총효율을 80% 이상으로 높이는 고효율 발전이 가능하며, 기존의 화력발전에 비해 효율이 높으므로 발전용 연료의 절감이 가능하고 열병합발전도 가능하다.

또한 Nox와 CO_2의 배출량이 석탄화력발전의 1/38과 1/3 정도이며, 소음도 매우 적어 공해배출요인이 거의 없는 무공해 에너지기술이다. 연료전지 발전설비는 정부의 신재생에너지 육성정책에 따라 2006년 발전차액지원제도에 편입되었으며, 2012년 RPS제도 시행에 따라 REC 가중치가 2로 가장 높은 수치를 부여받은 신에너지이다. 이와 더불어 모듈화에 의한 건설기간의 단축, 설비용량의 증감이 가능하고 입지선정이 용이하다.

표. 연료전지의 REC가중치

구 분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준		
		설치유형	지목유형	용량기준
태양광에너지	0.7	건축물 등 기존시설물을 이용하지 않는 경우	5개 지목 (전, 답, 과수원, 목장용지, 임야)	
	1		기타 23개 지목	30kW 초과
	1.2			30kW 이하
	1.5	건축물 등 기존시설물을 이용하는 경우 유지의 수면에 부유하여 설치하는 경우		
발행주기 유효기간	0.25	IGCC, 부생가스		
	0.5	폐기물, 매립지가스		
	1.0	수력, 육상풍력, 바이오에너지, RDF 전소발전, 폐기물 가스화발전, 조력(방조제 有)		
	1.5	목질계 바이오매스 전소발전, 해상풍력(연계거리 5㎞ 이하)		
	2.0	해상풍력(연계거리 5㎞ 초과), 조력(방조제 無), 연료전지		

따라서, 도심지역 또는 건물 내 설치가 가능하여 경제적으로 에너지를 공급할 수 있으며 천연가스, 도시가스, 나프타, 메탄올, 폐기물가스 등 다양한 연료를 사용할 수 있으므로 기존의 화력발전을 대체하고 분산전원용발전소, 열병합발전소, 무공해 자동차전원 등에 적용될 수 있다. 발전용으로 사용될 수 있는 연료전지로는 전극과 전해질의 종류에 따라 인산형 연료전지(PAFC), 융융탄산염 연료전지(MCFC), 고체산화물 연료전지(SOFC)가 있다. 본 사업은 그 가운데 융융탄산염(MCFC) 연료전지방식을 채택하고 있다. 미국의 FCE(Fuel Cell Energy)사에 의해 상용화된 융융탄산염(MCFC) 연료전지의 발전원리는 그림 3.과 같다.

▣ 융융탄산염 연료전지의 원리

연료전지의 기본구성은 연료층/전해질층/공기층으로 접합되어 있는 셀(Cell)이며 다수의 셀을 적층하여 스택을 구성함으로써 원하는 전압 및 전류를 얻을 수 있다. 전기를 발생시키는 원리는 연료의 수소가스가 연료층으로 공급되면 전극의 촉매층에서 수소이온과 전자로 산화되며, 공기층으로 산소 또는 공기가 공급되어 전해질을 통해 이동한 수소이온과 외부도선을 통해 이동한 전자와 함께 산소가 결합하여 물을 생성시키는 환원반응이 일어나게 된다. 이때 전자의 외부흐름이 전류를 형성하며 전기를 발생시킨다.

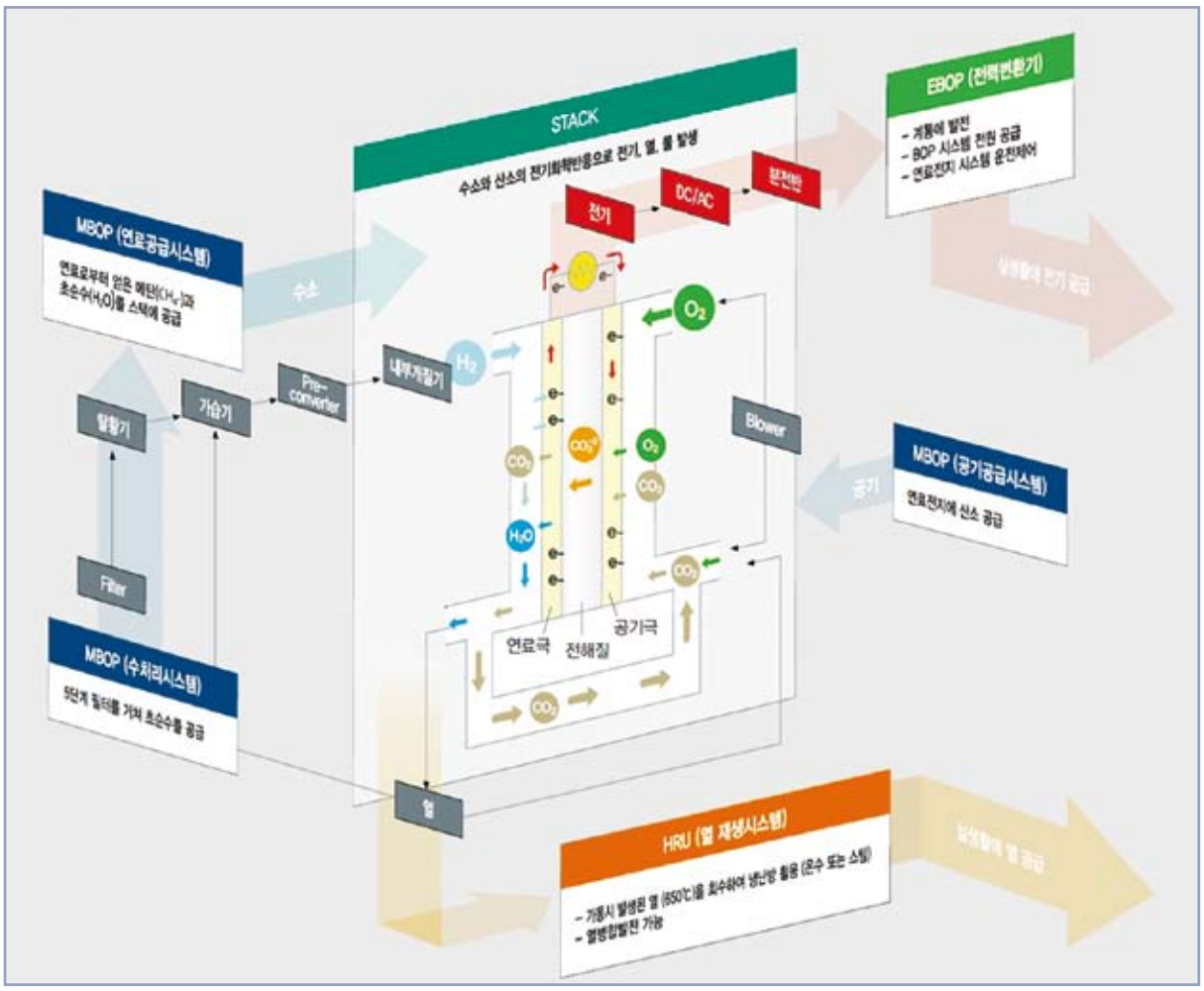


그림 3. 연료전지의 발전원리

▣ 연료전지발전의 장점

장 점	주 요 내 용
고효율	• 화학에너지를 기계에너지로 변환시키는 과정이 없음. • 약 40%의 전기효율과 40%의 열효율
저공해	• SOX 및 분진방출이 거의 없음 • 이산화탄소 방출량이 화력발전에 비해 약 40% 낮음
설치의 간편성	• 공장에서 양산 제품화하여 설치가 간편
연료의 다양성	• LNG, LPG, 메탄 등의 탄화수소계열 연료 모두 사용가능
부지선정 용이	•저공해, 저소음으로 도심지건설이 가능하고 타 발전방식 대비 소요면적이 적음
저소음, 저진동	• 기계에너지로의 변환이 없음.

5. 연료전지사업의 특징

연료전지발전은 LNG를 원료로 사용하는 발전으로 풍력이나 태양광발전 등 다른 신재생발전사업과 달리 외부조건의 영향을 받지않고 안정적인 출력으로 24시간 발전이 가능한 특징을 가지고 있다. 실제 기 설치된 연료전지발전소의 운영실적을 보면 연간 90%에 이르는 설비이용률을 보이며 안정적인 전력매출이 발생하고 있다. 연료전지발전은 LNG를 발전원료로 사용하며 이에 따라 LNG 가격변동이 사업의 매출이익 및 수익률 구조에 직접적인 영향을 주게 된다.

▣ 연료전지 및 기타 신재생에너지발전소 전력관련 매출구조

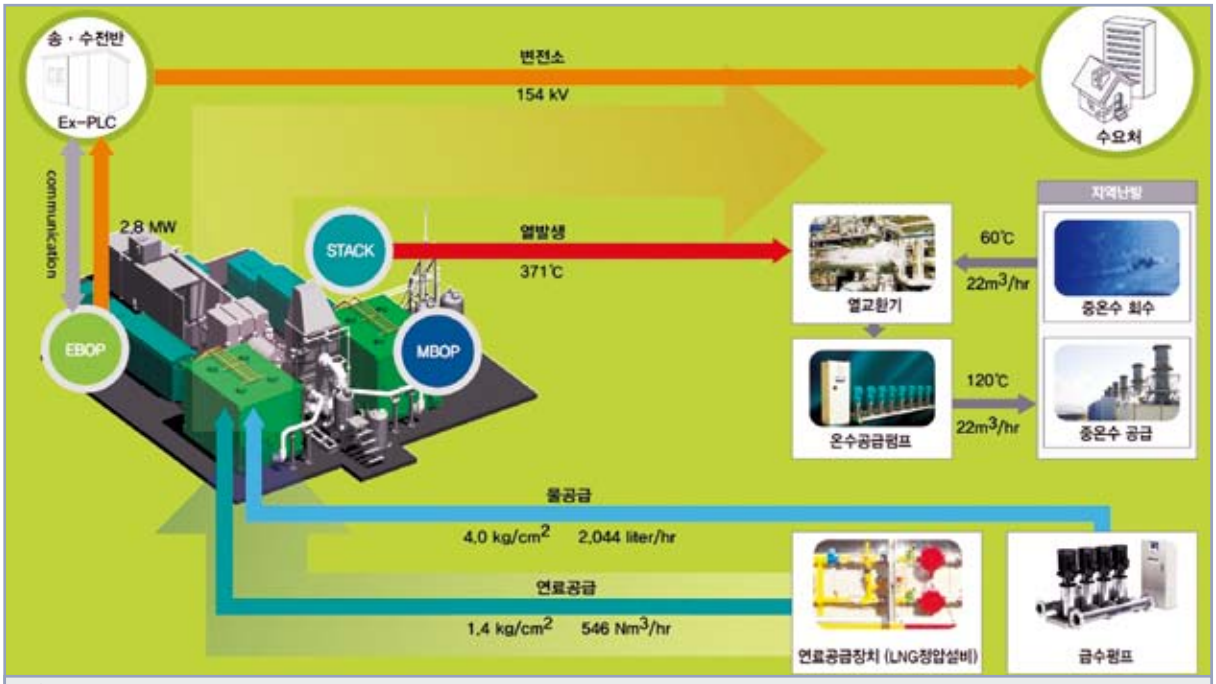
연료전지발전소 전력관련 매출이익 =
전력판매수입(SMP)+REC판매수입+열판매수입- 연료비(LNG)
기타 신재생에너지발전소 전력관련 매출이익 =
전력판매수입(SMP) + REC판매수입

특히 LNG 구입비용이 전체 운영비의 80% 이상을 차지하는데 LNG 가격은 계절적, 지정학적 요인 등에 따라 높은 변동성을 갖는 반면, 그 변화가 SMP와 REC가격에 적절히 반영되지 못함에 따라 영업이익의 변동 가능성은 매우 높은 편이다.

연료전지발전사업의 총투자비는 MW당 약 50~60억원 수준으로 LNG복합 등 기존 화력발전소 뿐 아니라 타 신재생에너지발전과 비교하였을 때 높은 수준이다. 이에 따라 금융조달 등을 위한 적정수준의 수익률 확보를 위해서는 타 신재생발전보다 높은 수준의 REC가격이 필요하다.

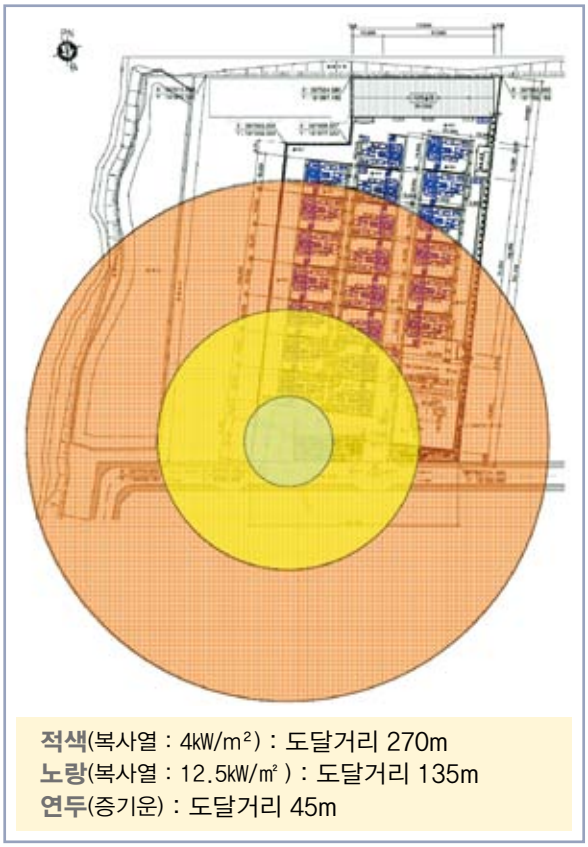


그림 4. 경기그린에너지 실제전경(남측 → 북측조망)



◈ System Diagram
Stack : 화학반응기(직류전기 생산), MBOP : 기계부분 보조기기, EBOP : 전기부분 보조기기

그림 5. 경기그린에너지의 시스템구성



적색(복사열 : 4kW/m²) : 도달거리 270m
노랑(복사열 : 12.5kW/m²) : 도달거리 135m
연두(증기운) : 도달거리 45m

그림 6. 가스압력배관(0.3Mpa) 폭발시 피해범위

6. 주요공정 및 주요위험요소

예상 가능한 위험요소는 LNG 압력배관의 가연성, 독성 증기의 확산 및 점화원에 의한 화재, 폭발의 위험이다. 그림 6.은 가스압력배관(0.3Mpa) 폭발시 나타나는 피해 범위에 따른 도면을 나타낸 것이다.

만약의 상황 발생시에는 다음과 같은 조치를 통하여 폭발성 가스 존재에 따른 긴급대응을 한다.

- 초기화재시 공급밸브 차단작업
- 인접 소화설비를 사용하여 초동 진화작업실시
- 주수설비에 의한 주변냉각
- 주변온도를 주시하며 2차폭발 등의 방호조치
- 개인보호구 착용 및 비상대비
- 소화약제 등 누출물의 적정용기 밀폐처리

또한 기타 위험공정은 그림 7.과 같다.

▣ 가스(NG)정압기(3kg ➡ 1.4kg)



▣ 탈황기(황성분제거)



▣ 가습기(고온에서 NG와 물혼합)



▣ 스텍(화학반응)



그림 7. 기타 위험공정

7. 결언

현재 연료전지는 전국 17개소, 21기가 설치되어 약 51.2㎿로 가동 중이며 경기그린에너지 준공 후 국내 연료전지 발전총량은 110㎿로 추정되며, 경기그린에너지 발전용량은 전체 연료전지발전량의 약 53.5%를 차지하게 된다. 이에 따라 높은 발전효율과 저공해 운전으로 인한 지구온난화, 대기환경오염방지에 매우 효과적이며 더불어 지역경제발전에 일조하게 된다.(특별정책지원금 지급 및 지자체 세액징수, 지역업체 공사수주 등 약 70억원 정도 직접지원금 발생)

전력생산법(발전방법)/전력변환 및 승압법/중온수 발생 및 제어법/온도Control 등 주요공정은 현재 공사가 진행중이고, 각사(삼천리ES, 포스코에너지, 한수원)의 특허 및 지적재산권 등과 연관되어 자세히 기술하지 못하였지만 상기 Diagram 등에서 개념은 충분히 소개하였다고 사료된다.

향후 대규모 연료전지발전의 Pilot Project가 될 경기그린에너지의 성공적 준공을 기원하면서 소개를 마친다.

고객서비스 부서안내

대표전화 02-3702-6000
팩스 02-739-3754
E-Mail service@koreanre.co.kr

화재보험부

재물1과
: 재물보험(특약)

- 화재
- 재산종합
- 동산종합

재물2과
: 재물보험(임의)

- 화재
- 재산종합
- 동산종합

기술팀
: 기술보험

- 건설공사
- 조립
- 기계, 전자기기

해상보험부

해상1과

- 항공보험
- 적하보험
- 운송보험

해상2과

- 선박보험

해상책임과

- 해상책임보험
- 신상품

특종보험부

일반 배상책임과

- 영업배상책임
- 생산물배상책임
- 시설소유자 배상책임보험 등

전문직 배상책임과

- 임원배상책임
- 의료과실배상책임
- 금융기관종합보험
- 회계사·변호사 배상책임 등

특종과

- 상해보험
- 근재보험
- 보증보험
- 기타 신종보험

사업개발부

- 신상품 연구 · 개발

상품수리부

- 가계성 신상품 개발
- 과학적 요율 연구 · 개발

손사위험부

- 종목별 손해사정 및 위험조사

해외영업 Network

싱가폴지점
Tel : (65) 6227-6411
Fax : (65) 6227-2778
singapore@koreanre.co.kr

뉴욕사무소
Tel : (1-212) 233-3252, 3
Fax : (1-212) 349-0210
newyork@koreanre.co.kr

런던사무소
Tel : (44-20) 7265-0031/2
Fax : (44-20) 7481-8412
london@koreanre.co.kr

두바이사무소
Tel : (971-4) 329-0898
Fax : (971-4) 331-2177
dubai@koreanre.co.kr

동경사무소
Tel : (81-3) 3201-1673
Fax : (81-3) 3215-5585
tokyo@koreanre.co.kr

북경사무소
Tel : (86-10) 6590-6276, 6277
Fax : (86-10) 6590-6278
beijing@koreanre.co.kr

홍콩현지법인 (Worldwide Insurance Services)
Tel : (852) 2877-3117, 3127
Fax : (852) 2877-2019
hk@koreanre.co.kr



히말라야 로체봉(8,516m) 앞에 선 코리안리 히말라야 원정대

대한민국 금융의 자존심, 코리안리재보험 더 높은 곳을 향하다!

아시아 1위 세계 10위의 재보험회사 코리안리가 히말라야의 설산에 올랐습니다.
고산병과 추위, 체력의 한계와 맞서며 오른 에베레스트 칼라파타르봉(5,550m).
코리안리는 멈추지 않고 더 높은 곳을 바라봅니다.
세계를 대표하는 World Class 재보험사로 우뚝 서겠습니다.

KOREAN RE

재보험은 빌딩, 공장, 항공, 선박, 인공위성, 배상책임 등의 거대한 위험을 분산하기 위해 '보험회사가 다시 가입하는 보험'입니다.

www.koreanre.co.kr