한국위기관리논집 제7권 제5호 2011. 10 55~78쪽

방사능사고 주민보호체제의 발전 방안

- 일본 후쿠시마 원전사고의 대피 및 소개 사례를 중심으로 -

은종화

현대 재난의 특징은 자연재난과 인적재난이 혼합되어 발생하는 복합 재난현상이라는 점이다. 따라서 그 피해가 급격히 증가하는 파멸적인 대재앙(Catastrophic)의 성격을 지니게 되는데, 동일본 대지진과 후쿠시마 원전 사고가 현대 재난의 전형적인 특성을 보여주고 있다. 원전 사고와 관련하여 국민적 관점에서 중요한 것은 주민의 피폭방지와 생존성을 보장해 줄 수 있는 방사능 사고 주민보호체제이다. 일본 후쿠시마 원전 사고의 교훈을 통해 한국의 주민보호체제가 가지고 있는 취약성을 최우선적으로 보완할 필요가 있다. 금번의 일본 원전 사고가 주는 교훈으로는 첫째, 정부의 주민 비상대피통제수단에 관한 모든 정보는 고도의 신뢰성이 있어야 하며, 둘째, 적시에 주민(국민)에게 제공되어야 한다는 점이다. 주민이 정부가 제공하는 정보에 대해 불신할 경우 재난 극복에 장애가 될 수밖에 없다. 따라서 정부의 방사능 비상대응 계획은 많은 준비를 거친 후 고도의 실현성 및 높은 신뢰도를 기반으로 하는 수요자(국민, 주민)중심의 계획이 되어야 한다. 현재의 초기단계 위주 및 지침 성격의 방사능 방재계획은 일본 원전사고의 교훈을 기초로 전 단계(초기-중기-복구)를 포함한 현실성 있고 구현 가능한 계획으로 발전되어야 하며, 그 실행 능력이 구축되어야 한다. 또한 부서별 고유 기능에 의한 방사능 재난 극복을 위해 정부 차원에서 임무와 역할분담, 능력의 확보와 합의된 비상대응계획의 준비가 필요하다.

주제어: 방사능 사고 주민보호체제, 주민보호조치, 비상계획구역, 방사능 방재계획

Ⅰ. 서론

2011년 3월 11일 14: 46분, 지진규모 9.0의 동일본 대지진이 일본의 동북부 해상에서 발생하였다. 이 지진은 강력한 쓰나미(Tsunami)를 발생시켜 일본 해안 지방을 강타하였고, 많은 인명과 재산피해를 가져왔다. 그런데 동일본 대지진과 더불어 발생한 또 다른 재난은 그 피해조차 예측하기 어렵다는 점에서 지금 일본을 더욱 힘들게 하고 있는데, 바로 쓰나미로 인해 발생한 후쿠시마 제1 원자력 발전소(이하 원전으로 표기)의 방사능 누출사고이다.

현대 재난의 특징은 자연재난과 인적재난이 혼합되어 복합적으로 발생하기 때문에 그 피해가 급격히 증가하는 이른바 '파멸적인 대재앙(Catastrophic)' 현상이 나타난다는 점이다. 바로 후쿠시마 원전 사고가 이 현대 재난의 특성을 대표적으로 보여 주고 있다. 지진으로 쓰나미가 발생하여 해안에 있는

www.kci.go.kr

원전을 덮친 것은 분명 자연재난이지만, 이로 인한 전원상실 사고에 대응하지 못하고 원자로의 냉각 기능을 상실하게 하여 원자로 건물의 폭발과 화재를 통해 방사성 물질을 주변 광 지역으로 확산시킨 것은 인적재난이기 때문이다[1].

이와 같은 동일본 대지진의 복합적 재난 속에서 많은 사람들의 관심은 현재 원전사고로 인해 발생한 방사선 피해의 보이지 않는 확산에 집중되어 있다. 일본 정부는 이러한 방사선 피해를 막기 위해 원전지역 주민을 대상으로 반경 30km 까지 비상 소개령을 지시했고, 사고 후 3개월이 지난 현재(6월 12일) 9만 여 명의 주민이 원전지역의 거주지를 떠나 소개한 것으로 집계되고 있다.

한국의 경우도 일본과 마찬가지로 운전 중인 21기의 원전이 대부분 해안지역에 집중되어 있다. 따라서 금번 일본 사태를 접하면서, 만약 한국 원전에서 방사능 누출사고가 발생한다면 우리의 주민보호를 위한 방사능 방재계획은 적절히 시행될 수 있을 것인가? 원전지역 주민에게 충분한 방호를 제공해 줄 수 있는 현실성을 가지고 있는가? 하는 의문에 제일 먼저 봉착하게 된다.

이 분야에 대한 선행연구는 이병수(한국원자력 안전기술원, 2010)의 "현장중심의 국가방사능 방재체제완비"와 이관엽 외(한국원자력 연구원, 2011)의 "후쿠시마 원전사고 교훈에 따른 국가 방사능 방재 개선전략"이 있다. 이들 연구는 원전 사업자의 관점에서 방사능 방재체제의 개선을 다루고 있다. 그러나 방사선 피해의 주체인 국민의 입장에서 가장 중요한 주민보호체제(조치) 중에서 주민의 소개 및 대피 체제에 관한 연구는 제한적이어서 취약성을 가지고 있다.

본 연구는 후쿠시마 원전사고에서 가장 큰 혼란 발생과 문제점이 된 주민의 소개 및 대피 체제에 대하여 중점을 두고 현재 우리의 원전지역의 주민보호계획의 취약성 개선을 위하여 주민을 위한 방사능 방재계획의 적절성을 검토하고, 실질적이고 현실적인 대안을 제시하고자 한다.

이를 위해 먼저 일본 후쿠시마 원전의 방사선사고 사례를 분석하여 일본이 시행한 주민보호체제의 사안별 교훈을 도출하고, 이를 한국의 지자체가 보유하고 있는 주민보호계획[2]과 비교하여 현재 한국 원전이 구축하고 있는 주민보호체제 중에서 주민의 소개 및 대피 체제의 문제점을 분석해 보고자 한다. 또한 이렇게 도출된 문제점을 보완/해결하기 위하여 과거 원전사고(TMI 원전사고: 1979.3.28/ 핵연료 노출, 노심손상 사고) 대응경험을 가지고 있으며 사고의 교훈을 바탕으로 발전시켜 온 미국의 주민보호체제 모델을 기반으로 우리가 나아가야 할 대안을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 일본 후쿠시마 원전 사고 개관

1. 사고 원전의 개요

1) 동일본대지진과 원전사고로 인한 인명피해는 사망15,401명, 실종8,146명, 부상5,314명, 대피(이재민) 91,500명 등 총114,000명이 발생했음(일본 NPA발표, 6.10 현재).

2) 참고한 한국원전의 주민보호계획은「울진군 방사능 방재계획.2009」임.

www.kci.go.kr

후쿠시마 사고 원전은 일본 동경으로부터 북동쪽으로 200km에 위치한 후쿠시마 현의 태평양쪽 해안에 위치한 원전으로서 10기의 원자로를 보유하고 있다. 이 원전은 일본 도쿄 전력(주)(TEPCO) 소속으로 후쿠시마Ⅰ,Ⅱ의 2개 원전시설이 10km 간격으로 이격되어 있으며, 사고원전이었던 제Ⅰ원전에는 6기의 원자로(수령:32년-40년)가, 제 Ⅱ 원전에는 4기의 원자로(수령:24년-29년)가 설치되어 있다. 원자로의 형태는 비등경수로(BWR)형으로서 미국 제너널 일렉트릭사의 초기 원자로 모델을 포함하고 있다.

사고 당시 후쿠시마 제Ⅰ원전에서는 1, 2, 3호기가 가동상태에 있었으며, 4, 5, 6호기는 정비를 위한 운영 중지 상태에 있었다.

2. 원전의 주민보호 체제

일본 정부는 원전의 방사능 사고에 대비하여 전력회사뿐만 아니라 지자체에서 원전 주변 지역인 비상계획구역(EPZ)에 설치된 방사능 측정 장비를 통하여 자동 방사능 측정 system인 실시간 환경방사선 감시시스템을 구축하였다. 이를 통하여 기준치이상의 방사선 준위가 감지되면 주민에게 방사선 준위를 경보하도록 하는 통합 Network를 구축하고 있다.

또한 원전 사고가 방사성 물질 누출사고로 확대될 시에는 실시간에 가시적으로 안전한 주민대피를 유도하기 위하여 일본 원자력 안전기술센터(NUSTEC)가 개발한 방사능 오염 대기확산 예측 프로그램(SPEEDI)[3]을 연계하여 운용하도록 하고 있다. 원전지역 주민의 실제적인 방사능 오염을 확인하기 위한 방호조치로서 55대의 방사능 측정기가 후쿠시마 원전 주변 지역에서 운영되고 있었으며, 원전시설에는 300여대의 시설 방사능 측정기가 운용되고 있다. 또한 주민대피를 위한 비상계획으로서 반경 8-10 km의 비상계획지역(EPZ: Emergency Planning Zone)개념을 적용한 주민보호계획이 설정되어 있다.

3. 사고의 원인과 결과

후쿠시마 원전의 방사능 사고 원인은 2가지로 구분될 수 있다. 첫째는 동일본 대지진으로 발생한 쓰나미에 의한 자연적 요인이며, 둘째는 쓰나미로 인해 발생한 전력 중단 사고(전원완전상실:SBO: Station Blackout)에 대한 대응 수단의 부재 및 대응 실패로 인한 인적 요인이다.

1) 자연적 요인

3) SPEEDI(방사능 환경정보예측시스템): System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information 미국TMI 원전사고 후에 일본이 개발한 방사능 대기확산 예측 프로그램.

www.kci.go.kr

동일본 지진으로 발생한 쓰나미는 후쿠시마 제 Ⅰ원전 지역 해안에 구축되어 있던 약 5.7m 규모의 방파제를 넘어서는 약 11-15m 높이로 몰려와 해안선과 병렬로 건축된 원자로 건물 및 발전시설을 덮쳤다. 이 지진으로 인하여 송전탑이 일차로 파괴되어 단전이 되는 최초 사고가 발생하였으며, 이 전원 완전상실 사고를 해소하기 위해 2차 전력공급수단인 비상 디젤 발전기를 가동시켰으나 곧이어 발전시설 건물이 침수되면서 한 시간도 못되어 발전기 가동이 중지되고 말았다.

사고 발생 원자로인 2-3호기 쪽에 가장 높은 14-15m 규모의 쓰나미가 덮쳤으나, 쓰나미 발생 당시 5, 6호기는 정비를 위해 가동을 중지한 상태였고 지형적으로도 1-4호기 쪽보다 지표가 더 높은 곳에 위치해 있었기 때문에 피해 발생이 최소화될 수 있었다.

2) 인적 요인

후쿠시마 원전 방사능 사고의 가장 큰 원인은 첫째, 원자로 내의 핵연료에서 발생되는 열을 막기 위해 운용되는 노심냉각장치를 가동상태로 유지하지 못했다는 데 있다. 냉각장치를 유지하기 위해서는 냉각수를 순환시키기 위한 펌프가 끊임없이 가동되어야 하는데 이를 위한 전력공급이 차단되었던 것이다.

통상적으로 원전은 1차 송전선에 의한 전력공급이 차단되는 것에 대비하여 2차 예비 전력공급 장치로서 비상 디젤 발전기를 준비하고 있다. 문제는 후쿠시마 원전의 경우 이러한 예비 전력공급 수단인 비상 디젤 발전기가 침수가 용이한 해안가 저층(1층) 건물에 위치하고 있었다는 점이다. 이처럼 사전에 예측 및 대응을 하지 못한 인적요인으로 인해 발전기가 짧은 시간에 손쉽게 침수되었고, 발전기능이 상실됨에 따라 복구가 불가능하게 된 것이다.

둘째, 또 다른 중요한 인적 요인은 그 이후에 추가적인 전력공급 대책[4]과 신속한 전력복구 능력이 준비되어 있지 않았다는 점이다. 이는 원자로 노심냉각장치의 기능을 유지하는 데 결정적인 실패 원인으로서 작용하였다. 즉 원전 사고의 최악 조건을 상정한 대응책이 준비되어 있지 않았던 것이다.

셋째, 일본 정부의 위기관리 및 현장대응 능력의 실패 역시 중요한 원인으로 작용하였다. 과거 원전 사고에 대응해 본 경험이 있고 방사능 사고 대응 능력을 보유하고 있는 미국은 초기 후쿠시마 원전 사고가 방사능 사고로 이어질 징후를 보이자 일본 정부에 원자로 냉각기술에 대한 지원을 적극적으로 제의(3. 11)하였다. 그러나 일본은 이 지원제의를 거절[5]하였으며, 이로 인해 신속한 현장대응 능력을 보유하지 못하게 됨으로써 냉각기능 회복을 통한 노심파손 및 용융을 막는 초기 대응에 실패하게 되었고, 이는 결국 방사능 누출사고로 확대되게 되었다.

---

4) 후쿠시마 원전은 실제로 3차 전력공급 수단으로 베터리에 의한 전력공급을 준비하고 운용했으나 8시간의 제한적인 공급능력시간 내에 교류전력 복구를 실패했음.

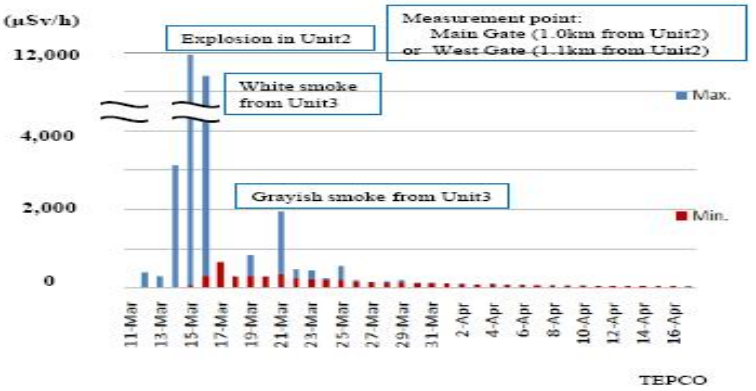
5) 실제적으로 미국의 에너지부(DoE)의 국가핵안보처(NNSA)소속, 사후관리대응팀(CMRT):5명이 일본에 도착한 것은 사고 발생3일이 지고 원전 1-4호기가 모두 폭발과 화재가 발생한 3.15일 이었음.

www.kci.go.kr

3) 사고의 결과

원자로의 냉각기능이 상실됨에 따라 원자로 내의 압력과 온도가 상승하였으며, 이로 인해 발생한 수소이온[6]에 의해 원자로 격실의 외부건물 상층부가 폭발, 인접 건물에 화재로 이어졌다. 원자로 격실건물의 수소 폭발은 1호기(3월 12일), 3호기(3월 14일), 2호기(3월 15일)에서 연이어 발생하였으며, 4호기의 경우 인접 3호기에서 방출된 수소에 의해서 화재(3월 15일)가 발생하였다.

문제는 <그림1>에서 보는바와 같이 이 수소 폭발과 화재로 인해 원자로 격실의 외부건물이 파괴되면서 고농도의 방사성 물질이 외부로 누출되었고, 이는 원전주변의 지역을 오염시키는 주요 오염방사선원(Source)이 되었다는 점이다.



<그림 1>후쿠시마 원전의 고농도 방사능 오염방출 현황

※ 자료: 일본 동경전력(TEPCO) 원전사고 보고서

도쿄전력(TEPCO)이 발표한 자료를 보면, 후쿠시마 원전의 사고 초기 1주간 동안 4회의 중요한 고농도 방사성 물질 누출이 있었음을 알 수 있다. 방사선원(Source)의 수, 방사능 물질 누출량, 누출회수, 누출기간(시간)및 기상상태(풍향, 풍속, 대기안정도, 강우량)는 방사능 구름의 이동(확산)거리에 영향을 미치는 주요한 요소로서, 주민 보호계획의 출발점이자 대피규모를 결정짓는 요인으로 작용한다. 금번 일본 정부가 취한 후쿠시마 원전의 주민 보호 조치의 근거는 바로 이러한 방사성 물질 누출 정보에 근거한 것이었다.

한편, 또 다른 사고 결과로는 원자로 격실 내 핵연료의 불안정 증가를 들 수 있다. 원전사고에 있어서 가장 중요한 것은 원자로 격실 내에 있는 핵연료의 안정성을 확보하는 것이다. 그러나 사고 후 2개월 만에 파악된 후쿠시마 원전 핵연료의 경우 사고 원자로 중에서 4호기를 제외한 1-3호기 모두 녹아내린 용융상태(Melt down)[7]였던 것으로 확인되었다. 핵연료의 불안정 상태가 해소되지 않을 경우

6) 핵연료봉의 피복재 원료인 Zr(제리코늄)이 고온의 물과 반응하여 수소이온을 발생시킴.
7) 원자로 냉각기능 종료: 지진 후 5시간/ 용융(Melt down)시간:1호기(15-18시간:3.12.22:00경), 3호기 (60시

www.kci.go.kr

1차 방사능 방출과는 비교도 할 수 없는 심각한 2차 방사능 사고로 확대될 위험성을 가지고 있기 때문에, 이는 잠재적으로 진행형인 재난 요인이라고 볼 수 있다.

Ⅲ. 일본의 주민 보호 조치 시행실태

1. 주민 보호조치 결과

1) 방사선 주민보호 전략(지침)

일반적으로 원전사고의 단계는 초기, 중기, 그리고 후기(복구) 단계로 분류(WHO. 2002)되는데, 미국은 이러한 사고 단계를 기초로 원전사고에 대한 방호 및 대응기준을 규정하고 있다 (FEMA, 2002 / DHS, 2006). 원전 사고는 방사능의 고유한 특성 상 장기간에 걸쳐 인간에게 영향을 미치게 된다. 따라서 사고 이후 시간의 경과에 따라 방사능 보호전략도 달라져야 한다. 미국 환경청(EPA)는 <표 1>과 같이 방사능 사고의 전체 단계별로 일반인에 대한 구체적인 보호조치지침(PAG: Protective Action Guide)을 제시하고 있다.

일본 후쿠시마 원전사고를 <표 1>의 사고 단계별 대응지침과 비교해 보면, 6.12일 기준 현재 초기 단계를 지나 중기 단계와 후기인 복구 단계에 진입해 있음을 알 수 있다. 따라서 이 지침을 기준으로 하여 일본이 시행한 주민 보호체제를 분석해 보고자 한다.

<표 1> 방사능 사고 비상 단계별 대응전략(방호지침)

<table>
<tr><th rowspan="2">피폭
경로</th><th colspan="2">외부 방사선</th><th rowspan="2">흡입
(공기)</th><th rowspan="2">오염
(피부/피복)</th><th rowspan="2">오염
(지표면
축적물)</th><th rowspan="2">오염
(음식, 음료
섭취)</th><th rowspan="2">흡입
(부유물)</th></tr>
<tr><th>시설</th><th>방사능
구름</th></tr>
<tr><th rowspan="3">대응
단계</th><td colspan="5">초 기 단 계(발생→수시간)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="4">중 기 단 계(수시간→1-2일)</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td colspan="3">후기(복구)단계(수주→수년)</td></tr>
<tr><th rowspan="2">보호
조치</th><td colspan="2" rowspan="2">소개(Evacuation)
옥내대피
(Sheltering)
출입통제(Control)</td><td>소개, 옥내대피
출입통제</td><td>소개,
옥내대피</td><td>소개,
일시이주</td><td rowspan="2">섭취제한
(음식음료)</td><td>일시/
영구이주</td></tr>
<tr><td>KI(복용)</td><td>제염(인원)</td><td>제염
(지역. 시설)</td><td>제염
(지역, 시설)</td></tr>
</table>

※ 자료: U.S, EPA, Manual of Protective Action Guides And Protective Actions For Nuclear Incidents. 1992.

후쿠시마 원전사고가 발생한지 3개월(6. 12 현재)이 지난 시점을 기준으로 일본이 실시한 원전 주민 보호조치 시행 실태를 종합해 보면 <표 2>와 같다. 후쿠시마 원전에 방사능 누출위험이 발생하자 지

간:3.14.02:00경), 2호기(101시간:3.15.15:00경)

www.kci.go.kr

진발생 5시간 후인 3월 11일 19시 03분에 총리가 「원자력 비상사태」를 선포하자, 후쿠시마 현은 이를 근거로 방사능 주민 보호조치를 시행하였다.

<표 2> 후쿠시마 원전 주민 비상대피 시행 통제 결과

(기간: 2011. 3. 12 ~ 6. 12)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th colspan="3">비상계획지역(내부): 공기</th><th>비상계획지역(외부): 섭취. 토양</th></tr>
<tr><th>지대</th><th>경보발령</th><th>3km</th><th>10km</th><th>20km</th><th>20-30km</th></tr>
<tr><td rowspan="4">통제
내용</td><td>3.11.21:23</td><td>소개
(21시간 전)</td><td>옥내대피</td><td></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>3.12.05:44</td><td rowspan="3"></td><td>소개
(13시간 전)</td><td>옥내대피</td></tr>
<tr><td>3.12.18:25</td><td rowspan="2"></td><td>소개
(폭발 후
3시간)</td></tr>
<tr><td>3.15.11:14</td><td></td><td>옥내대피</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">비 고</td><td colspan="3">•원자력 긴급사태 발령(3.11.19:03)
•원전1호기 수소폭발(3.12. 15:36)
•1개월 소개구역/출입통제지역결정(4.11)
•20km 지역 "경계구역"설정 출입제한 (4.22)
•경계구역주민 1차 방문 허용(4.25)
•경계구역 내 가축 살 처분 결정(5.15)</td><td>•자발적 소개 권고 (3.25)
•계획적 소개구역 전환(4.22)
•경계구역조정/ 확대 (5.15)</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 30km이내 지역 수돗물 사용금지 결정(3.21)
• 30km이내 지역 주민(15만 명) 방사능검사 실시 결정(4.21)
• 20km경계구역 내 식물재배금지 결정(4.23)</td></tr>
</table>

※ 자료: KINS: 일본 후쿠시마 원전 사고 상황일지 요약.

2) 초기 및 중기 단계

후쿠시마 원전 사고의 경우 3월 12일에서 15일까지 4회에 걸쳐 방사능이 방출되었기 때문에 초기 및 중기 단계를 명확히 정의하는 것이 쉽지 않다. 그러나 잠정적으로 규정해보고자 한다면 2호기의 폭발과 4호기의 화재가 발생한 15일까지의 상황을 초기단계로, 그리고 1차 방출이 끝나고 방사능 누출이 감소되면서 소강상태로 접어든 18일까지의 상황을 중기 단계로 볼 수 있을 것이다.

이 기간 동안 이루어진 주민보호조치와 관련된 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 1단계 보호조치로서 지진 발생 7시간 후인 3월 11일 20시50분에 후쿠시마 지사는 원전인근(2km)지역 주민 소개를 지시하고 21시 23분(비상사태 선포 2시간 후) 총리는 원전지역 반경 3km와 10km내의 지역 주민에게 각각 소개(Evacuation) 및 옥내대피(Sheltering) 명령이 지시되었다.

(2) 2단계 조치로서 지진 15시간 후인 3월 12일 05시 44분(비상사태 선포 10시간 30분 후)에 1단계에서 옥내대피 했던 반경 10km의 주민 및 새로이 반경 20km 지역 내 주민에게 각각 소개 및 옥내대피명령이 지시되었다.

www.kci.go.kr

(3) 원전 1호기의 외부 건물이 3월 12일 15시36분에 수소 폭발로 인하여 방사능이 대량 방출됨에 따라, 3단계 조치로서 3월 12일 18시 25분에 옥내 대피했던 반경 20km 내 주민에게 소개 명령이 지시되었다.

(4) 3월 14일에 3호기, 15일에 2호기가 연이어 폭발하고 15일 09시 38분에 4호기에서 폭발과 화재가 발생하여 고농도의 방사능 방출이 증가됨에 따라, 3월 15일 11시 14분에 반경 20-30km내의 주민에게 옥내 대피 명령이 지시되었다.

일본 후쿠시마 원전사고의 초기 단계를 분석해 보면 <표 1>에서 제시하고 있는 사고 초기 단계의 보호조치지침(PAG) 중점인 '소개(Evacuation)', '옥내대피(Sheltering)', '출입통제(Control)' 및 '갑상선 방호약품(KI)지급' 등에 충실했음을 알 수 있는데, 이는 미국 원자력 규제위원회(NRC)의 평가에서도 나타나고 있다 (US, NRC, 2011.3.12). 즉, NRC는 일본의 초기 단계 대응을 핵연료 용융 이전에 주민 피해를 최소화하기 위한「예방적 조치」로서 규정짓고 이에 대해 긍정적 평가를 하고 있음을 알 수 있다.

일본은 방사능 방호행동 지침(PAG)을 이행하기 위하여 기존의 8-10km 비상계획구역을 확대하여 2개의 비상계획구역(EPZ:20km/30km)[8]을 설정하였고, 내부의 EPZ인 20km구역을 다시 원전지역을 중심으로 3km-10km의 2개 긴급보호조치구역으로 세분화시켰다. 그리고 이들 EPZ지역에서 3단계에 걸친 주민보호조치를 실시하였다.

먼저 예방적 조기 조치로서, 주민의 조기 소개 및 대피를 통한 피폭(Exposure) 최소화를 위해 최초 1호기의 수소 폭발로 방사능물질이 방출되기 21시간 전에 3km 지역 내의 주민 소개를 완료하였다. 그 후 2단계 조치로서 방출 13시간 전에 10km 지역 내의 주민 소개를 완료하였다. 마지막으로 3단계 조치로서 1호기 수소 폭발 후 EPZ의 20-30km 내 지역 주민을 소개시켰으며, EPZ의 권외 지역(30km)에 대하여서도 자발적 소개를 권고하여 초기 단계의 보호지침을 긍정적으로 수행하였다.

3) 후기(복구)단계

후기(복구)단계는 중기단계와 복합적으로 중복되어 진행되는 특징이 있다. 후쿠시마 원전 사고의 경우, 방사능 오염에 의한 음료수 통제로 수돗물 사용금지가 발표된 3월 12일과 방사능 오염강도의 차이에 따른 EPZ 통제선의 조정(이주: Relocation) 필요성이 제기된 18일 이후를 후기 단계로서 잠정적으로 규정해 볼 수 있다.

이 기간 동안 이루어진 주민 보호조치에 관련된 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(1) EPZ 지역 내 식수에서 방사능이 검출되자 3월 21일 수돗물 사용금지 조치가 발령되었다.

(2) 방사능 오염 대기확산 예측프로그램인 SPEEDI가 재가동되어 일본 원자력 안전기술원이 그동안

8) 비상계획구역(EPZ: Emergency Planning Zone):방사능 비상사태 시에 공공보건 및 안전을 보호 할 수 있도록 효과적인 행동을 요구를 계획하는 지역(US,NRC, Development of E.T.E Studies for NPP. 2005. p4)

www.kci.go.kr

누적되었던 후쿠시마 지역의 누적 오염 선량 예측도를 3월 24일 1차로 발표함에 따라, 3월 25일에 반경 20-30km지역 주민에게 발령되었던 옥내 대피 명령을 자발적 소개하도록 지역 전환이 권고되었다.

(3) 원전사고가 1개월 이후로 장기화되고 SPEEDI의 2차 예측 보고가 4월 11일에 발표됨에 따라, 임시개념으로 소개되었던 EPZ 지역이 4월 11일 1개월 소개구역인 출입통제지역으로 조정되었다.

(4) EPZ의 통제선 출입을 제한하기 위해 4월 20일 20km의 EPZ지역이 법적 통제권이 있는 경계지역으로 재 선포되었고, 4월 22일 20-30km지역이 계획적 소개지역으로 전환되어 1주일 내에 주민 전원을 소개시키도록 지시되었다.

(5) EPZ 지역 내 농산물 재배금지 조치가 4월 23일 발표되었으며, EPZ 지역이 임시 소개에서 장기 소개개념으로 전환됨에 따라 발생하는 주민불편 해소를 위하여 4월 25일 EPZ 내 주민에 대한 1차 방문이 허용되었다.

(6) 미국의 NNSA의 AMS팀에 의해 공중 및 지상의 방사능 측정이 시행되고 정확한 방사능 오염지역의 지도가 발표(4월 29일)됨에 따라, 일본 정부는 5월 15일 기존의 원형 EPZ 통제선을 선형 EPZ 통제선으로 전환하고 경계지역과 계획적 소개지역을 최종적으로 조정, 발표하였다.

(7) 후쿠시마 현 주민(210만 명)에 대한 전 주민 방사능 검진 계획 및 EPZ 지역 내 주민에 대한 향후 30년 간의 추적 검사 실시가 발표되었다.

일본 후쿠시마 원전 사고의 후기(복구) 단계를 분석해 보면, <표 1>에서 제시하고 있는 사고 후기 단계의 보호조치지침(PAG) 중점인 '소개(Evacuation)', '출입통제(Control)', 및 '이주(Relocation)'가 충실히 실행되고 있음을 알 수 있다.

즉, 방사능 측정 수단에 의해 정확한 오염지역 파악이 점차 가능해짐에 따라 EPZ 통제선의 개념이 일방적인 원형 통제에서 선형 통제로 전환되었고, 방사능 강도에 따른 주민 생활의 불편을 최소화하기 위하여 통제지역 조정(이주)이 이루어졌다. 또한 섭취(Ingestion) 영향에 대한 보호조치통제로 음료수, 음식물 및 수산물에 대한 통제 조치가 시행되었으며, 주민의 방사능 제염(제독: Decontamination)에 대한 건강검진 등이 시행되었다.

Ⅳ. 일본 후쿠시마 원전 사고의 교훈

1. 사고 초기 비상계획구역 통제선에 대한 주민신뢰도 문제 대두

원전 사고로 인한 방사선 피해를 최소화하기 위해 실시된 주민보호조치 이행 과정에서 제일 먼저 발생한 문제점은 일본 정부가 주민보호통제수단으로 발표한 비상계획구역 경계(통제)선에 대한 주민의 불만이 고조된 점이었다. 이러한 문제는 원형 통제방법을 적용한 EPZ의 내부 통제선상(반경 20km 지역)과 외부 통제선상(반경 20-30km)의 지역 주민에게 옥내대피 및 소개 명령이 지시된 지 1주일 만

www.kci.go.kr

인 3월 18일에 발생하였다.

EPZ의 외부 통제선은 섭취 영향 피폭통로지역(IEP: Ingestion Exposure Pathway)으로서, 이 지역 밖은 방사능 안전지역에 속하는 곳이다. 그런데 후쿠시마 원전으로부터 북서쪽 40km에 위치해 IEP 지역 밖에 위치한 이다테 촌에서 고농도의 공기/토양오염이 측정된 것으로 나타났다.[9] 또한 반대로 EPZ의 내부 통제선은 방사능구름피폭통로지역(PEP: Plume Exposure Pathway)으로서, 이 지역 안은 방사능 물질의 핵심오염 지대로 분류되는 곳이다. 그런데 후쿠시마 남서쪽 20-30km 내의 PEP지역인 토미노카 촌에서는 저 농도의 안전수준 방사능이 측정되었다. 이와 같이 통제선의 요건에 맞지 않는 방사능 검출 결과가 나타남에 따라 정부의 부정확한 통제에 대해 주민의 불안과 불편이 가중될 수밖에 없었다.

1) 원인

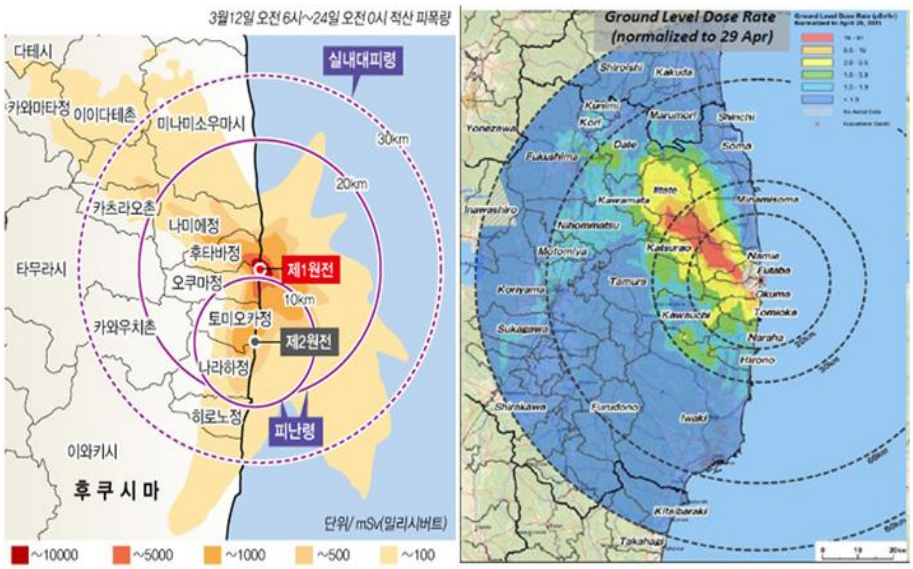
이와 같은 대피 통제선에 대한 신뢰도 문제의 발생원인은 다음과 같다. 첫째, 방사능 물질 누출 원과 기상을 적용한 오염 예측도를 대피후송통제에 적용한 것이 아닌, 일방적인 원형 통제를 실시했기 때문이다. 일본은 일본 원자력 안전위원회가 운용하는 SPEEDI 프로그램을 보유하고 있었으나, 지진의 쓰나미로 인해 전원완전상실(SBO)이 발생하여 3월 24일(12일간)까지 이를 운용할 수 없었다. 따라서 각 지역의 지자체에 배치된 방사능 측정기[10]만을 이용할 수밖에 없었고, 수동 측정에 의해 불규칙한 결과가 도출됨에 따라 정확한 오염지역에 대한 확인과 정보 제공이 불가능해지게 되었던 것이다. 이는 방사능에 대한 불안 및 정부통제에 대한 불신 증가의 원인이 되었다.

둘째, 축적된 지역 기상자료를 이용한 세부 EPZ의 사전 통제 대책(계획)이 준비되어 있지 않았다. 원형 통제의 EPZ 반경 내에서 각기 다른 방사능 수준이 측정되는 것은 지역 기상의 특성 상 당연한 것이다. 따라서 사전에 지역과 계절적인 기상 특성을 고려한 주민보호계획이 설정되어 있어야 했으나 이에 대한 준비가 없었던 것이다.

9) 문화일보, 2011. 3. 29

10) 동아일보, 2011. 5. 1. 각지자체에 지급된 방사능 측정기는 특별한 지침이 없어 각각의 설치높이가 1-21m로 상이하여 더욱 정확한 측정값에 대한 신뢰를 저하시키는 원인이 되었음,

www.kci.go.kr



<그림 2> 일본 SPEEDI운용(3.24) 및 미국의 AMS 측정(4.29) 결과

※ 자료: US.DoE. 2011. Radiological Assessment of Effects from Fukushima NPP (동아일보. 2011. 5. 9).

후쿠시마 원전 지역은 해안 지방이며, 이러한 해안 지방의 주요 기상의 특성은 해륙풍 현상이다. <그림 2>에서 일본이 SPEEDI를 재가동해 1차로 발표(3월 24일)한 오염도를 보면 전형적인 해륙풍 현상이 방사능 오염 확산에 영향을 끼쳤음을 알 수 있는데, 원전을 중심으로 해륙풍의 영향을 받아 오염 지역이 북서-남서-남동지역으로 확산되었음을 확인해 볼 수 있다.

셋째, 통제의 정확도 및 신뢰성을 높이기 위해서는 고농도 방사능 오염지역을 정확하게 확인하는 것이 필요한데, 일본의 경우 이를 수행하기 위한 광 지역 공중 방사능 측정체제(AMS: Air Monitoring System)가 준비되어 있지 않았으며, 이를 해소하기 위한 노력 또한 적극적으로 이루어지지 않았다. 미국의 지원을 초기에 거절하여 실제 방사능 오염지역을 조기 확인하는 것이 지연되었고 이는 정부 통제에 대한 신뢰도 저하에 한 요인으로서 작용하였다. 이후 미국 에너지부(DoE)의 AMS 지원은 3월 16일에, 실제 가동은 4월 16일-29일 (12일 간)에 이루어졌으며, 최종적인 통제선의 조정은 5월 15일에 이루어져 불안과 불신을 해소하는데 2개월이 소요되기에 이르렀다.

2) 교훈(문제점)

비상 계획구역 통제선의 신뢰도가 주는 교훈은 다음과 같다. 첫째, 주민 통제의 신뢰도를 높일 수 있는 단계적/과학적인 방법을 적용하여 통제선 조정 작업이 신속하게, 그리고 적절한 시간 간격으로 진행되도록 해야 한다. 또한 실시간 통제 수단은 변수가 많으므로 가능하면 모형화를 통해 계획 단계에 반영함으로써 시간과 노력을 단축하는 것이 필요하다.

www.kci.go.kr

둘째, 비상대피에 있어서 주민의 가장 큰 문제는 주거지를 강제로 떠나 생활에 불편이 초래되는 것이므로, 조기에 이러한 불편 요인을 제거하려는 노력이 필요하다. 초기 단계 주민보호조치 통제의 핵심은 신속한 방사능 오염지역의 확인에 있으며, 이를 위한 수단의 확보로 방사능 정밀측정체제(지상. 공중)가 구축되어야 한다.

위의 사례를 한국 원전 지역의 지자체가 보유한 방사능 방재계획과 비교해 보면 다음과 같은 문제점을 도출해볼 수 있다. 우선, 한국의 경우도 일본과 마찬가지로 주민보호계획의 주 통제개념이 초기 단계의 원형통제 개념에 멈추어져 있기 때문에 통제선 신뢰도에 대한 문제가 발생할 것으로 예상된다. 한국원자력 안전기술원(KINS)이 '방사능 오염 대기확산 예측 프로그램(Atom-CARE -FADAS)'를 보유하고 있으나, 지자체 방재계획에는 이를 접목시킨 대피계획이 설정되어 있지 않고 실시간 적용하도록 되어 있기 때문에 프로그램 운용 제한 상황이 발생할 경우에는 일본과 동일한 현상이 발생할 것이다.

둘째, 최종적인 방사능의 고농도 오염지역을 확인하기 위한 '공중 방사능 측정능력(AMS)'은 한국도 아직 보유하지 못한 상태이며, AMS의 취약한 능력을 보완하기 위한 미국의 해외 재난발생 지원 System인 '해외 WMD- CM (Consequence Management: 사후관리) 지원 체제' 와의 연계 역시 불명확하기 때문에 초기 단계 말에 신뢰도에 대한 혼란이 발생할 것으로 예상된다.

2. 주민 비상 계획구역(EPZ)적용 타당성 문제 대두

후쿠시마 원전 지역의 주민 보호조치 과정에서 두 번째로 대두된 문제점은 EPZ 통제선 적용의 타당성에 관한 것이었다. 미국(NRC)은 사고 초기 EPZ의 외부 통제선(IEP:음식물섭취제한)을 50 마일(80km)까지 확장할 것을 조언하였으나, 일본은 이를 수용하지 않고 원전으로부터 반경 8-10 km에 해당하는 기존(계획) 범위를 20-30km로 협소하게 확대 설정하는 데 그쳤다.

이에 미국은 일본 내 사고 원전 지역에 위치한 자국민에 대하여 미국의 EPZ 규정에 따라 반경 50 마일(80km)밖으로 대피토록 권고하였고(NRC, 3월18일), 한국도 미국의 방침을 동일하게 적용하였다.

EPZ의 내부 통제선(PEP:공기오염)의 경우, <표 3>에서 보는 바와 같이 미국과 일본의 설정 범위가 비슷하였으나(일본:20km /미국:16km), 이다테 촌의 고강도 토양 방사능 오염 지역은 실제로 EPZ 지역 경계선을 벗어난 40km 지점에서 발견됨으로써 EPZ 통제선의 설정에 문제가 있음이 도출되었고 불안이 증폭되었다.

<표 3> 인접국가 원전지역 적용 비상계획구역 범위 비교

구 분		일본	미국	한국
EPZ(공기)	범위	20km(계획:8-10km)	16km	8-10km
	지대(3)	3-10-20km	3.2-8-16km	2-5-10km
EPZ(음식물)	영향지역	30km	80km	미 설정

www.kci.go.kr

1) 원인

EPZ 외부 통제선의 잘못된 설정 원인은 첫째, 후쿠시마 원전 지역의 기상특성을 정확하게 반영하지 못했기 때문이다. 후쿠시마 원전은 해안 지역에 위치해 있으므로, 앞서 언급한 해안 지방의 기상특성인 해륙풍 현상의 강한 영향을 받는다. 따라서 해풍(주간)의 영향 범위인 내륙 50km까지가 영향권으로 설정되는 것이 당연하며, 이는 EPZ의 외부 통제선이 미국처럼 확장되어야 했음을 보여준다. 그러나 일본은 미국 통제선의 약 1/6 (10km/64km) 수준으로 범위를 설정하는 데 그쳤다.

2) 교훈(문제점)

일본의 원전 사고에서 EPZ 설정과 운용과정을 통해 얻을 수 있는 교훈은, 우선 최소한의 EPZ 외부 통제선은 해당 지역의 기상과 지형 및 방사능의 특성이 충분히 반영된 영향 거리를 기반으로 설정되어야 한다는 점이다. 그러나 한국의 경우, 기상(풍향)을 적용하지 않고 비상계획구역으로 지정된 반경 10km 내 전 지역을 대피 및 소개 대상으로 계획하고 있는데, 이러한 현 지자체의 원전 지역 비상계획구역 운영절차는 미국의 NRC(원자력규제위원회)가 제시하고 있는 비상계획구역 운영절차와 다소 상이함을 알 수 있다.

또한 한국 원전의 비상계획구역(EPZ) 설정은 8-10km의 내부 통제선만 규정화되어 있을 뿐 외부 통제선에 관한 거리 규정이 없는 실정이다. 따라서 일본과 같은 규모의 사고가 발생할 경우 40-50km의 공백 구간이 발생하여 방사능 비상대피 통제에 있어서 급격한 소요 증가로 인한 공황이 발생될 것으로 예상된다. 또한 EPZ의 내부 통제선(PEP: 공기오염)도 일본과 미국 기준의 50 % 수준인 8-10km로서 대단히 협소하게 설정되어 있기 때문에, 초기 대응에 있어서 빈번한 보호조치(PAG)요구로 오히려 주민에 대한 불필요한 통제가 증가하여 혼란이 초래될 가능성이 높다.

3. 주민 보호조치 명령 발령체제의 신속성 문제

후쿠시마 원전 사고의 경우, 주민보호조치 발령 체제는 급박한 위기상황 속에서도 메뉴얼 규정대로 정상적으로 이루어졌다고 평가된다. 최소 1호기의 수소 폭발 21시간 전에 옥내대피 및 소개명령이 지시되어 주민의 방사선 피폭에 대한 안전시간[11]을 충분히 보장함으로써 방사능 방호의 원칙인 '합리적 최소 피폭(ALARA) 원칙'을 달성했다고 할 수 있기 때문이다. 이는 원전 사업자가 명령 발령권자에게 15분 내에 보고하는 규정을 준수하였고, 원전 지역 지자체장이 주민 보호조치 권한을 행사할 수 있는 근거가 되는 원자력 비상사태 선포가 총리에 의해 신속하게 발령(지진발생 4시간 후)된 덕분이었다.

11) EPZ 안전대피 최소 소요시간: 최소 주민을 안전하게 비상발령 인지-준비-이동-소개까지에 걸리는 소요시간으로 EPZ내 긴급보호조치지역은 3시간임(NRC/FEMA, NURGE-0654/FEMA-REP-1, 2008. 9).

www.kci.go.kr

1) 교훈(문제점)

일본 정부가 신속하게 원자력 비상사태를 선포하고 원전 지역 주민을 대피 및 소개시킴으로써 방사선 피폭을 최소화할 수 있었던 이유는 첫째, 발령권자에 대한 신속한 보고 체제를 갖추었기 때문이다. 또한 둘째로, 공개되지는 않았지만 예방적 조치 개념에 맞는 비상발령 조건에 관한 방아쇠(Trigger)지침[12]을 준비했기 때문이라고 판단된다.

<표 4>에서 보는 바와 같이, 한국의 경우 미국과 일본처럼 방사능 사고 징후가 발생했을 때 발령권자에게 15분 내에 보고하는 것과 같은 신속 보고 규정이 존재하지 않고, EPZ 내의 긴급 보호조치 구역에 대한 자동적인 계획대피(Staged Evacuation)[13]개념 역시 명확하지 않은 상태이다. 또한 주민 보호조치 명령도 원전 지역의 원전 사업체와 관련 지자체로 구성되는 합동방재대책협의회에서 원전 본부장과 지자체장의 합의에 의해 발령되도록 하는 '합의제 발령 체제'로 설정되어 있다.[14]

따라서 이러한 합의제 의사결정 체제로 인해 방사능 사고 초기 단계에서 신속한 의사결정이 지연될 것으로 예상되며, 방호행동의 조기 시행 역시 제한되어 주민의 피폭 위험성이 증가될 것으로 보인다.

<표 4> 주민 보호조치 명령 발령 체제

구 분		일본	미국	한국
권한	대피명령	지자체장	지자체장	원전본부장+지자체장
초기적용	방법	계획대피(자동)	계획대피(자동)	계획대피(불명확)
	범위(km)	3-10-20	3.2-8-16	2-5-8
특징	신속성	원전방출이전	원전방출이전(15분 내)	원전방출이전(합의)

4. 비상대피기간 장기화에 따른 주민 생활지원 문제

방사능 사고의 초기 단계에서 주민 보호 개념은 1주일 이내의 단기적 임시 소개 개념이므로[15] 간단한 휴대품만 휴대하도록 권고하고 있다. 그러나 후쿠시마 원전 사고의 경우, 조기에 복구되지 않은 상태로 장기화됨에 따라 일본 정부의 소개 및 대피 정책 역시 장기 개념으로 전환되어 주민의 생활 지속과 유지에 많은 문제가 발생하였다.

1) 원인

12) ICRP Publication 109, 2007. 35. 87항. 국제방사선 방호 위원회는 방사능 사고 시 보호조치(전략)을 개시하는 구체적이고 세밀한 방아쇠(Trigger: 예/ 개입준위)개발을 권고하고 있음.

13) 계획대피(Staged evacuation): EPZ내의 원전시설이 위치한 주변 근접지역으로 거리상 신속한 방호조치가 요구되는 지역(긴급보호조치지역: 미국: 3.2km-8km/ 한국: 2km-5km)에 방사능 사고 시에 자동적으로 소개 - 대피가 명령되는 보호조치개념.

14) 과학 기술부.「방사능 방재 매뉴얼」, 2004. 1-16. 1.5.4-1항.

15) ICRP Publication 109. 2007. 46.

www.kci.go.kr

가. 초기 단계에서 대규모의 주민대피 소요가 발생하여 대피소 부족에 따른 혼란이 초래되었다.

자연 재난인 지진과 겹쳤기 때문이기도 했지만 방사능 사고 초기 1주간 동안 관련 지역(미야기, 이와테, 후쿠시마: 3개 현/ 572만 명)에서 발생한 총 대피 인원은 최대 440,000명(8%)에 달했으며, 이후 점차 감소하여 12주 후인 6월 10일 현재 91,500명을 기록하고 있다. 이들은 총 533개의 대피소에 분산 수용되었는데, 이는 대피소 소요 예측 시 방사능 사고가 장기화될 경우 EPZ 지역이 확대됨에 따라 대피 인원이 증가될 것이라는 점과 EPZ 선상 및 외곽 지역에서 발생하는 그림자 대피(Shadow Evacuation)현상[16]을 사전에 충분히 반영하지 않은 결과였다.

나. 장기 대피에 따른 생필품 부족, 대량실업자 발생, 대규모 의무지원 소요가 발생하였다.

비상대피 기간 1주일이 지나자 대피소 내에서 생필품 부족 현상이 나타나기 시작하였는데, 이러한 현상의 결정적인 이유 중 하나는 유통회사들이 방사능 오염에 대한 공포 때문에 오염 지역 주민들의 생필품 보급을 기피하는 현상이 발생했기 때문이었다. 특히 문제가 된 것은 동절기에 따른 난방유의 보급 및 식수 공급이었다.

또한 일본 정부가 발표한 자료에 따르면, 재난이 발생한 미야기, 이와테, 후쿠시마의 3개 현에서 106,451명의 실업자가 발생(5월 19일 현재)한 것으로 집계되어 새로운 사회적 문제로 대두되기에 이르렀다. 이 외에도 비상대피 이후 대피소 생활이 차츰 안정되자 주민들 사이에서 방사능 오염에 대한 안전 여부를 확인하고자 하는 욕구가 급격하게 증가한 것으로 나타났다. 이에 따라 방사능 검사체제가 준비되지 않은 후쿠시마 지자체에서는 80개의 임시 방사능 검사팀을 편성하여 3월 15일부터 533개의 대피소를 순회하며 주민에 대한 방사능 검사를 실시하도록 하였다.

1) 교훈(문제점)

방사능 사고로 인한 장기 대피에 따른 교훈은 다음과 같다. 첫째, 주민 보호계획은 장기화될 경우 문제 발생의 소요와 범위가 더 커지기 때문에 초기의 긴급 대피에 대한 대응 계획뿐만 아니라 장기화에 따른 대응책 준비가 종합적으로 고려되어야 한다. 둘째, 대피소의 소요를 판단할 때는 EPZ를 충분히 판단하고 EPZ 선 밖의 그림자대피 인원까지를 고려해야 하며, 생필품 보급 및 의무지원 소요를 연계시켜야 한다.

한국 원전의 경우, 원전 지역의 지자체가 설정하고 있는 방사능 비상방재계획에는 미국이 TMI 원전 사고의 교훈으로 발전시킨 그림자대피 인원 소요가 반영되어 있지 않고, 일본과 동일하게 EPZ 내의 긴급보호조치 지역 내 주민 소요만을 대피소 소요에 반영하고 있는 문제점이 있다. 또한 계획 자체가 사고 초기 단계 대응위주로 작성되어 있고, 장기 개념의 주민보호계획은 미흡하여 사고가 장기화될 경우 일본과 같은 초기 혼란이 발생할 것으로 예상된다.

16) 그림자 대피현상(Shadow Evacuation): 소개후송이 명령되었을 때 EPZ외부지역에서 추가적으로 발생하는 대피현상으로 후송시간판단(ETE)시에 소요를 포함해서 판단해야 한다.

www.kci.go.kr

5. 주민 보호 비상계획구역(EPZ)내의 안전 통제 문제 대두

후쿠시마 원전 사고가 1주일을 지나 2주째에 접어들자 EPZ 지역에서 안전 통제와 관련된 문제가 발생하기 시작하였는데, 이는 농촌 및 해안 지방인 후쿠시마의 지역적 특성에서 기인한 것이었다.

1) 원인

가. 원전 지역의 EPZ 내에서 사육 중인 가축에 대한 살. 처분 문제가 대두되었다.

EPZ 로 선포된 후쿠시마 현에는 66만 마리의 가축(소:3,400, 돼지:315,000, 닭:330,000 등)및 애완동물이 사육되고 있었는데, 거주민들의 비상 대피기간이 장기화됨에 따라 가축과 애완동물들이 방기된 채로 아사하기에 이르렀다. 2개월이 지난 5월 13일 현재 99% 이상이 아사하고 1,500 여 마리만 생존하고 있는 것으로 보고되었다. 문제는 죽은 가축이 주민이 없는 EPZ 내에서 매몰 또는 소각처리와 같은 살. 처분을 거치지 않고 방치됨으로써 새로운 질병이 발생할 위험이 높아졌다는 점이다.

나. 원전 지역 EPZ 통제선의 기능이 약화되는 문제점이 나타났다.

일본 정부가 선포한 EPZ 선은 구금, 벌금, 체포와 같은 강제적인 법적 효력을 지닌 통제선이 아니다. 이에 따라 방기된 애완동물들을 구호하기 위해 동물보호단체들이 소개 및 대피 지시로 공동화된 EPZ 내에 불법으로 출입하는 현상이 나타났고, 축산 농가의 주민들이 가축에 사료를 주기 위해 소개된 대피소에서 EPZ 내로 무단출입하는 문제가 급증하였다.

또한 정부의 소개 및 대피 지시에도 불구하고 EPZ 지역 내에 잔류한 인원이 20,100 여명(4월 1일 현재)에 이르는 등, 피폭 방지를 위한 EPZ 선의 본래 기능이 제한되는 문제점이 나타났다. 이에 따라 EPZ 관련 지역 8개 지자체장들이 법적 효력을 갖는 경계구역으로 지정할 것을 정부에 건의하였고, 그 결과 4월 22일(11일 소요) EPZ선이 경계구역으로 지정되어 출입통제가 강화되었다.

1) 교훈(문제점)

EPZ 지역의 안전통제 문제로부터 얻을 수 있는 교훈은 다음과 같다. 첫째, 강한 방사능 오염 지역인 EPZ 지역 내에서 불필요한 피폭을 방지하기 위해서는 EPZ 선에 대한 법적 통제장치가 확실히 부여되어야 한다.

둘째, 주민의 소개 및 대피 이후에도 EPZ 지역에 잔류할 주민들을 대상으로 지리적 특성이 고려된 사후 통제 대책이 준비되어야 한다.

한국의 경우, 일본과 마찬가지로 원전 지역의 방재 계획 속에 EPZ 내부에 대한 세부 통제 계획이 정립되어 있지 않다. 일례로, 농촌 지역인 울진군의 경우 가축 현황은 파악되어 있으나 사고가 발생할 시 이들 가축에 대한 처리 계획은 설정되어 있지 않은 상태이다. 또한 잔류 주민(대피 및 소개 거부)

www.kci.go.kr

에 대한 사후 통제 대책 역시 강구되어 있지 않다. 미국은 대상 주민의 10% 정도가 잔류할 것을 예상하고 있고 (주민 90%가 대피하는 경우를 목표로 하고 있음) 일본 후쿠시마의 경우에서도 대상 주민의 10%가 잔류한 것으로 나타났으므로, 이 정도 규모의 인원에 대한 사후 통제 대책이 마련되어야 한다. 오염 통제선 내에서 통제규정은 현행 재난안전관리기본법에 재난구역에 대한 강제퇴거 명령 권한을 행정기관에 부여하고 있으나 구제역 파동 시와 같은 강력한 원형 통제의 효과가 원전사고 시에도 가능할지를 검토해 보아야 한다.

Ⅴ. 발전방안

1. 방사능 주민보호 체제(방재계획)의 종합적 재검토

1) EPZ 개념의 재정립 및 확대 적용 필요

미국의 에너지부(DoE)와 FEMA의 방사능 비상대피 판단지침(2010/2002) 은 EPZ 지역을 지리적, 행정구역과 방사능의 특성을 고려하여 설정하도록 하며, 그림자 대피지역(Shadow Evacuation Zone)을 15마일 (24km)로 선정하여 인구의 20%를 반영하도록 규정하고 있다.

따라서 일본 원전 사고의 교훈과 미국의 지침을 고려해 볼 때 한국 원전 지역의 EPZ는 IEP(음식물 섭취제한)의 EPZ 외부선이 추가적으로 반영되고 그림자 대피 인원 통제를 위한 SEZ(그림자 대피지역)가 추가로 설정될 필요가 있을 것이다.

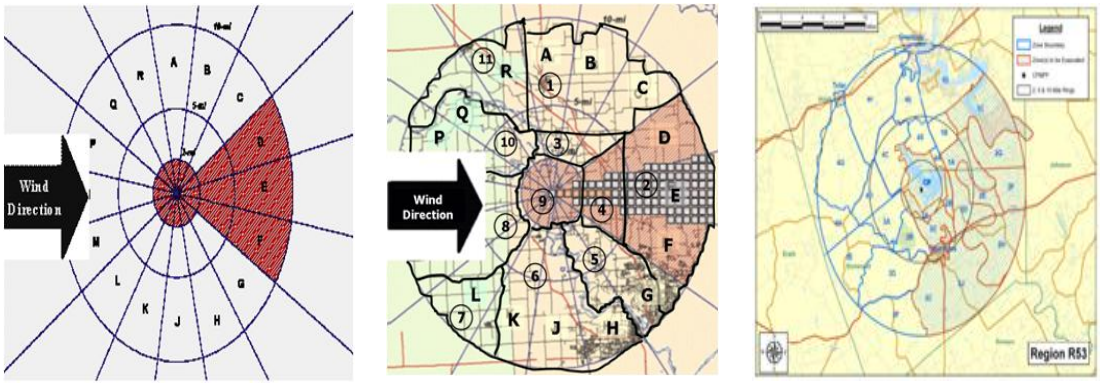
문제는 협소한 범위의 EPZ으로 인한 소요판단이 주민보호조치과정에 큰 혼란을 가져옴으로 적절한 범위의 사전 선정이 재검토되어야 한다는 데에 있다. 따라서 EPZ(공기오염)의 범위를 현재의 8-10km 에서 20km 이상으로, EPZ(섭취오염)의 범위를 현재의 미 설정 상태에서 최소 50-80km 이상으로, 그리고 SEZ(그림자 대피)는 24-30km 이상으로 확대하는 것을 검토해야할 필요성이 있다. 또한 대피인원 소요 판단에 있어서 SEZ 내 주민 수의 10-20% 에 해당하는 인원을 추가로 반영하여야 하며, 대피소 소요 판단에도 반영해야 한다.

2) EPZ 내 기상을 고려한 비상대피 모델 적용 및 세부 모형개발 필요

미국의 에너지부(DoE)는 EPZ 지역에서의 비상대피모델을 <그림 3>과 같이 제시하고 있으며, EPZ 내를 360도 방향으로 16등분(22.5도)하여 16개의 대피방향을 설정하고 최소 3개 권역(D, E, F지역: 그림의 적색부분) 및 EPZ의 10마일까지를 포함하되 원전지역(긴급보호조치지역: 반경 3.2km/2마일)은 100% 포함하도록 규정하고 있다. 이는 불필요하거나 과도한 통제를 방지하고, 주민의 이동을 최소화

www.kci.go.kr

하며, 행정의 비효율성과 낭비를 최소화함으로써 비상대응능력을 확보하는 데 그 목적이 있다.



<그림 3> 미국의 비상 대피모델 / 모형 예

※ 자료: D, Schneck. R, Sillivan, Development of Evacuaution Time Estimate Study for Nuclear Power Plants, US, NRC. NSIR. 2005.

또한 미국은 원전 지역별로 방사능 오염 대기확산 모델(RASCAL)을 적용한 10개(여름: 3, 겨울: 3, 야간:2, 특수조건: 2)의 세부 비상대피모형을 개발, 발전시켜 계획 단계에 적용하도록 하고 있다.

이러한 점들을 한국의 원전 주민보호계획에 적용하기 위해서는, 우선 KINS가 개발한 방사능 오염 예측 프로그램인 Atom CARE-FADASm 를 적용하여 원전 지역에 맞는 계절별 비상대피모형을 10 - 12개 정도 개발, 발전시켜야 하며, 비상대피모델을 적용하도록 지침화해야 할 것이다.

3) 방사능 정밀 측정체제(지상. 공중) 구축 필요

방사능 사고 시 주민이 소개 및 대피하는 EPZ 지역은 사고의 전 과정을 거치면서 2 단계로 조정되게 된다. 1단계에서는 사고 초기 주민 피폭을 예방하고 신속한 대피를 유도하기 위해 사전 준비된 비상대피모형에 의한 계획대피(Staged Evacuation)를 실시하게 된다. 그리고 2단계로서 방사능 측정수단(지상, 공중, 샘플링)을 통해 실제 오염지역을 확인하여 EPZ 지역을 수정하고, 주민의 소개 및 대피를 최종적으로 조정(이주: Relocation)하게 된다.

따라서 1단계에서는 원형의 통제가, 2단계에서는 비선형의 EPZ 통제가 이루어지게 된다. 그런데 문제는 이러한 과정에서 많은 시간 및 인력, 전문적인 장비가 소요된다는 점이다. <표 4>에서 확인할 수 있듯이, 일본 후쿠시마 현의 정밀 방사능 오염지도를 만들기 위해서 미국 에너지부(DoE)의 국가핵 안보처 소속 공중 방사능 팀과 사후관리 대응 팀(NNSA-AMS/CMRT)의 전문가 33명 및 특수 장비가 참여하였고, 14일의 시간이 소요되었다.

www.kci.go.kr

<표 4> 미국의 일본 원전사고 방사능 정밀 측정지원 결과

기 간	공 중			지 상	분 석
4.6-4.29	42회 507시간	 Bell-412	 B-20	측정 269,500개소	실험소
비 고	샘플514개			샘플263개	미본토

※ 자료: US. DoE. 2011. Radiological Assessment of Effects from Fukushima NPS.PPT.

일본과 마찬가지로 한국도 공중 방사능 정밀측정능력을 보유하고 있지 않으므로, 국내 원전 사고 발생 시 신속한 지원을 받을 수 있도록 핵 사고 및 사건의 사후관리조직인 NNSA- CMRT와 같은 미국의 해외 WMD-CM(사후관리:Consequence Management)체제와의 연계 구축이 조기에 이루어져야 한다.[17]

4) 대피후송시간판단(ETE)기법(지침)의 개발 및 적용

방사능 사고 시 대규모 주민의 소개 및 대피 상황에서는 기상, 교통망, 수송 능력, 주민의 구성, 인구 밀도, 대피소 능력, 경보 능력, 의무 지원, 생존 지원 등 혼란을 줄 수 있는 많은 변수가 존재하게 된다. 따라서 미국은 이들 요소들을 원전 지역의 특성 및 조건과 결부시켜 각각의 지역에 부합한 대피후송시간 판단서를 매년 작성하고 있으며, 이를 바탕으로 원전 지역의 방사능 방재계획을 수정하도록 하고 미국의 NRC가 개발한 기본 작성 지침서를 원전 지역 지자체에 제공하고 있다.

한국도 각 원전 지역의 지자체들이 통일되고 세부적인 방사능 방재계획을 작성할 수 있도록 구체적인 지침서를 만들어 제공해야만 한다. 이를 위해서는 특별히 행정 권역별, 차량, 공공대피소, 도로 사용권의 지정 등이 포함된 사전 대피후송 명령서가 준비되어야 한다.

2. 주민 보호조치 명령 체제의 개선

미국과 국제기구의 방사능 비상피폭방호지침(ICRP96/109, 2007/ IAEA, 2002/ DoE, 2010)은 EPZ 내에서의 비상대피를 위하여 신속한 주민보호지침(PAG)이 시행될 수 있도록 방아쇠 징후 (Trigger Indicator)의 개발, 개입준위의 정당성을 확보, 발령권자에 15분 이내에 보고, EPZ 내에 2단계의 계획대피(Staged Evacuation)를 실시, Keyhole 대피개념의 적용 등을 기록하고 있다.

한국 원전의 방사능 방재계획 발전을 위해서는 현재의 합의제 보호조치 명령 발령체제가 아닌 단일

17) 은종화. 2010. 미국의 사후관리체제의 한국수용방안. 한국위기관리논집. 6(2): 31-50.

www.kci.go.kr

명령권체제가 검토될 필요가 있으며, 국내 원전의 특성에 맞는 신속한 대피명령(경보)를 위한 구체적인 방아쇠 지침이 개발되어야 한다. 또한 계획대피체제의 자동시행 개념을 발전시켜야 한다.

3. 주민 보호 비상계획구역(EPZ)의 통제대책 강구

미국의 EPZ 지역 통제지침(NRC, NUREG-0654 / FEMA,REP-1, 2008)은 EPZ 지역의 통제 책임 부분에 대해서 기술적 사항은 원전 사업자가, EPZ 지역과 EPZ 지역 외부를 포함한 지역에 대한 책임은 FEMA가 담당하도록 명시하고 있다.

따라서 원전 지역의 효과적인 통제를 위해서는 정부 재난통제기관(예: 방재청)의 적극적인 개입과 통제 범위의 확대가 요구된다. 또한 현재의 초기 단계 위주로 발전되어 있는 통제계획을 중기 및 복구 단계까지 총괄하는 사고 전단계의 통제 개념으로 확대, 발전시켜야 한다.

EPZ 내의 안전보장을 위해서는 잔류 주민 및 무단 진입자에 대하여 강제 구인, 퇴거 및 출입 통제 권한을 행사할 수 있도록 대피 통제선에 대한 추가적인 법적 강제권 부여가 검토되어야 한다. 또한 농어촌 지역의 축산 및 양식업으로 인해 발생하는 가축과 수산자원의 처리, 노령인구 및 환자의 처리, 그리고 관광지의 유동인구 통제와 같이 원전 지역의 특성이 반영된 통제대책을 구체화할 필요가 있다.

EPZ 지역의 예외적 출입에 대한 통제 대책도 필요한데, 이는 임시 소개에서 장기 이주로 전환될 경우 일상생활 영위를 위한 가사정리에 가장 필요하다. 이를 위해 구체적인 통제시간, 방법, 절차 등이 발전되어 방재계획에 반영되어야 한다.

4. 주민보호조치의 장기화에 따른 주민 생활지원/ 보상 대책 강구

미국과 국제기구의 방사능 비상 사고 단계별 보호지침(FEMA, REP / WHO, RER,2002)은 초기 단계에서는 소개, 옥내대피, 출입통제에, 중기 단계에서는 이주, 제염에, 그리고 복구 단계에서는 음식, 음료수 섭취제한 등, 건강에 중점을 두고 있다. 따라서 소개가 장기화 될 경우에는 모든 단계에 '주민보호'를 중점적으로 반영한 주민생활 지원 및 보장 대책이 강구되어야 한다.

이를 위해 먼저 대피소 운용체제의 검토, 발전이 필요하다. 소개 및 대피의 혼란을 막기 위해서 우선적으로 정확한 수용 인원의 소요가 판단되어야 하며, 대피소는 반드시 임시 및 영구(장기) 수용 대피소로 구분되어야 한다. 또한 EPZ 내의 방사능 대피소의 정비(능력과 방호도 개선)가 요구되며, 대피소 소요 생필품의 단기(1-2주) 및 장기(1개월 이상)보급/확보 계획이 수립되어야 한다.

또한 장기 이주로 전환될 시를 대비하여 보상 및 생계 대책이 강구되어야 하는데, 이 대책에는 주거, 재산피해(축산, 농수산물, 대량실업)등이 포함되어야 한다. 마지막으로 대피 주민 전원에 대하여 방사능 오염검사를 실시할 수 있도록 준비하고 이에 따르는 대책을 마련해야 한다.

www.kci.go.kr

5. 정부기관의 방사능 비상 대응기능의 분권화 체제 구축 필요

원전의 방사능 사고는 특수한 인적 재난에 속한다. 따라서 평상시에는 방사능 방재에 대한 소요가 극히 미약하지만, 일단 사고가 발생하면 정치, 경제, 사회, 의식주 등 국민생활 전반에 걸쳐 방사능 방호에 대한 소요가 급증하게 된다. 이와 같은 소요에 효과적으로 대응하고 긴급한 방사능 사고에 집중적으로 대응하기 위해서는 정부기관의 분야별 고유 임무에 맞는 방사능 비상 대응 기능의 분권화가 필요하다.

일례로 항만과 공항의 국내 출입인에 대한 방사능 감시는 공항만청의 고유 기능이다. 그러나 이 기능의 수행을 위해 만약 KINS나 원자력 연구소의 전문 인력이 파견된다면, 실제 원전사고 발생 시에는 대응에 필요한 KINS나 원자력 연구소의 능력이 분산되어 기관의 고유기능을 역행하는 결과가 초래되고, 이는 더 큰 재난으로 이어질 수 있다.

그러나 현재는 환경부의 환경방사능 감시, 국토해양부의 해양/해수/토양의 방사능 오염 감시, 농수산부의 농축산물의 방사능 오염 검사, 보건복지부의 방사능피폭환자의 처리, 행자부(방재청)의 방사능 재난 통제 등 각 기관만의 역할로 자리매김할 수 있는 부분들이 교과부에 집중된 방사능 방재 임무와 혼재되어 해당 기관의 고유한 기능으로 정립되지 못하고 있는 상태이다.

더욱이 인접 국가의 방사능 사고로 인해 국내 피해가 우려되는 상황에서는 피해 지역이 광범위해지기 때문에 방사능 방재 및 방호의 비상대응기능에 대한 정부 기관의 분권화가 더욱 요구된다. 이러한 기능과 임무, 역할의 조정과 통제, 그리고 제도적 장치의 보완과 신뢰도 높은 주민 보호조치를 위해서는 새로이 신설되는 원자력 안전 위원회에서 안전규제 규정(조치. 지침)에 검토 반영되어야만 한다.

VI. 결론(정책제언)

지금까지 후쿠시마 원전 사고에 대한 일본 정부의 대응을 통해서 우리가 타산지석으로 삼아야 할 교훈들을 검토해 보았다. 일본 원전 사고를 통하여 비상 또는 재난 시 주민(국민) 통제의 성공 여부는 정부가 제공하는 통제수단에 대한 주민(국민)의 신뢰 정도에 달려있음을 알 수 있었는데, 이는 결국 정부의 통제 정보에 고도의 신뢰성이 담겨 있어야 한다는 점을 의미한다. 주민보호계획은 이러한 신뢰도를 충족시킬 수 있는 실행력을 가져야 하며, 행정 중심과 원전 사업자 중심이 아닌 주민(국민) 수요자 중심으로의 시각 전환이 이루어져야만 실효성을 발휘할 수 있다.

성공적인 주민보호계획을 위해서는 첫째, 지자체의 방사능 방재계획의 종합적 보완이 요구된다. 특히 비상방재계획이 주민의 방사선 피폭 최소화를 위한 우선적이고도 1차적인 노력임을 고려할 때, 이 계획의 현실성과 실현성, 그리고 수용 가능성이 충분히 보장되어야만 한다. 이를 위하여 현장 방재 대

www.kci.go.kr

응부서인 소방 방재청 주관 아래 국내의 모든 원전 지역에서 적용, 시행할 수 있는 「방사능 방재 표준 지침서」를 작성하여야 한다. 이 지침서에는 금번 일본 원전 사고의 교훈, 미NRC의 지침, 국내원전지역의 사회적 특성, 정부의 비상대응계획과 연구 개발된 과학적 대피후송방법(기법)이 모두 적용되어야 한다.

둘째, 정부의 종합적인 「방사능 방재 계획」이 준비되어야 한다. 비상대응계획은 기본적으로 재난관리표준체계(NFPA1600)를 적용하여 예방-준비-대응-복구의 모든 단계가 포함되어야 한다. 특히 방사능 방호의 기술적 지침(원전 포함) 부분과 재난통제 부분이 구분되어야 하며, 기술적 지침(원전 포함)은 미국 NRC와 같은 (가칭)한국원자력위원회가, 재난통제는 미국의 FEMA와 같은 소방방재청과의 상호합의(MOU)하에 작성하여야 할 것이다. 주민대피와 방호와 관련된 정부기관의 명확한 임무, 역할, 통제 책임 역시 합의되어야 한다.

셋째, 방사능 비상대응 국제지원체제의 구축이 필요하다. 방사능 비상대응에 필요한 능력 중 한국이 취약한 부분을 점검하여 관련 능력을 보유한 국제기구(IAEA, WHO), 미국(해외 WMD-CM체제), 주변국(일본, 중국, 싱가포르)과 연계체제를 구축하고 즉각 활용할 수 있는 준비가 되어 있어야 한다. 여기에 관련된 분야는 주민대피, 방호, 안전, 구난, 광지역 측정 시스템 등이다.

넷째, 국내 방사능 비상대응체제(능력) 구축 및 확보가 요구된다. 이를 위해서는 먼저 방사능 재난통제를 위한 인력 구조의 개선이 필요하다. 한국의 경우, 평시에는 정밀한 계획과 훈련, 관리 임무를 맡으며, 비상시에는 대규모 인원의 소개와 대피 통제까지 담당할 인력이 현재 서울과 부산을 제외하고는 방재청으로 부터 원전지역 지자체까지 관련기관별 통틀어 2-4명뿐이다.

더욱 심각한 문제는 이들이 담당하는 업무가 일반인이 처리할 수 없는 화학, 생물, 방사능의 특수한 전문 영역이라는 데 있다. 행정을 위한 최소 인원이 아닌, 재난 통제의 피해 최소화를 위한 최적 전문 인원의 확보가 필요하다. 아울러 원전 지역 방사능 대피시설의 정비(능력, 방호기준)가 필요하며, 인명구조대의 보다 높은 방호 강도와 전문장비 및 기술 확보, 방사능 의료 지원 체제, 공중방사능 측정체제(AMS)구축이 요구된다.

참고문헌

교과부. 2004. 방사능 방재 종합 매뉴얼.
소방방재청. 2008. 원전 안전분야(방사능 누출) 위기대응실무 매뉴얼.
한국원자력 안전 기술원. 2011. 일본 후쿠시마 원전 사고 상황일지.
행정안전부・교육과학기술부・지식경제부. 2011. 원자력 안전 분야 위기관리 표준 매뉴얼.
울진군. 2011. 2011 방사능 비상방재계획.
이관엽 외. 2011. 후쿠시마 원전사고 교훈에 따른 국가 방사능 방재 개선전략. 국가위기관리학회하계

www.kci.go.kr

학술논문집. 141-152.

은종화. 2010. 미국의 사후관리체제의 한국 수용방안: WMDCM을 중심으로. 한국위기관리논집. 6(2): 31-50.

이병수. 2010. 현장중심의 국가방사능 방재체제의 완비. 한국원자력산업회의.

IAEA. 2011. *Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency.*

ICRP. 2007. *ICRP Publication.*

ICRP. 2008. *ICRP Publication.*

Japan. METI. 2011. *Great East Earthquake and Seismic Damage to the NPS, NISA.* PPT.

Japan. NERH. 2011. *Report of JG to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety.* The Accident at TEPCO's NPS. PPT.

Japan. NISA/JNES. 2011. *The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Pacific Earthquake and the Seismic Damage to the NPPS.* PPT.

Japan. TEPCO. 2011. *The Great East Japan Earthquake and Current Status of NPS.* PPT.

US. DHS. 2006. *National Response Plan*/Framework.

US. DHS. 2008. *Federal Register.*

US. DoE. 2011. *Radiological Assessment of Effects from Fukushima NPP.*

US. EPA. 1992. *Manual of Protective Action Guide & Protective Actions for Nuclear Incidents.*

US. EPA. 1991. *Implementation of Protective Actions for Radiological Incidents at Other than Nuclear Power Reactions.*

US. FEMA. 2011. During a Nuclear Power Plant Emergency. http://www.fema.gov/hazard/nuclear/nu-during. shtm.

US. FEMA. 2008. *NRF: Nuclear Radiological Incident Annex.*

US. NRC. 2011. *Presentation on Fukushima.* PPT.

US. NRC. 2005. NUREG-0728, Rev4.

US. NRC. 2011. *NRC NEWS.* No 11-050.

US, NRC/ FEMA. 2008. *Criteria for Preparation & Evaluation of Radiological Emergency Response Plan and Preparedness in Support of NPP.* NUREG-0654/FEMA-REP-1.

WHO. 2002. *Radiation Emergency Response. Internal Guidance.*

WHO. 2011. *SITREP* No 32./ No 33. Western Pacific Region.

D, Schneck, R, Sillivan, 2005. *Development of Evacuation Time Estimate Study for Nuclear Power Plants. US, NRC.* NSIR.

www.kci.go.kr

殷鐘華: 충남대 국방연구소 연구위원이며 소방방재청 방사능안전 자문위원이다. 경기대 정치전문대학원에서 국제정치학 박사학위(논문: 북 핵문제 분석을 통한 한국의 WMD 대응방안; 핵 포기 압박의 성공 및 실패사례 비교분석, 2009) 취득했다. 주요 관심분야는 WMD의 방호 및 대응전략, 대테러 및 재난관리 분야이며, 최근 발표한 논문으로는 "국내 화학테러의 초기대응체제 발전방향"(2009), "사후관리(CM)개념의 한국수용방안"(2010), "대도시건물의 화생테러대응책 고찰"(2010), "WMD제거개념의 한국수용방안"(2011) 등이 있다(eunjeon0626@hanmail.net).

투 고 일: 2011년 07월 27일
수 정 일: 2011년 08월 16일
게재확정일: 2011년 08월 23일

www.kci.go.kr

Study of Radiological Emergency Evacuation System

- Based on NPP Accident of Fukushima, Japan -

Chong Hwa Eun

The characteristics of the modern disaster are the complex phenomenon caused by a mixture of natural disasters and manmade disasters, so it has the nature of increasing destructive damage. The cases of earthquake in eastern Japan and nuclear power plant accidents in Fukushima show the typical characteristics of modern disasters. The most important things in nuclear accidents in terms of citizens' perspectives are the systems for radiological emergency evacuation which can ensure protection and survivability of residents. Therefore, it is needed to compensate the vulnerabilities of Korea's emergency evacuation system with the highest priority through the lessons from Japan's radiation evacuation control cases. The lessons of current Japanese nuclear accidents are like these; First of all, all government information related with the control measures of inhabitants' evacuation should have high reliability. Secondly, that information should be provided to residents in time. It shows that distrust of residents for information provided by the government becomes the failure to overcome disasters. Therefore, the government's response planning for radiation emergency should be demander-driven plans which include high feasibility with preparation and high reliability. Based on those lessons, current radiological prevention plans which are focusing on initial phases and instructions should be developed as realistic plans which have practical capacity and affect whole phases. In addition, the government should guarantee each department's unique functions related to anti-radiation disaster, and prepare the contingency plan with all departments' cooperation.

Key words: radiological protection action, emergency planning zone, prevention plan

www.kci.go.kr