

原子力發電과 環境安全



(10)

韓國電力公社 原子力安全室 제공

III. 環境放射能 管理

1. 概 要

우리들의 생활환경에는 어디에나 放射能(線)이 존재하고 있는데 이들 방사선을 發生源別로 살펴보면 자연방사선으로는 우주에서 오는 우주선과 우주선으로 생성된 방사성물질로부터의 방사선, 천연적으로 지각 및 대기중에 존재하는 방사성물질로부터의 방사선 등이 있고, 인공방사선으로는 핵실험에 의한 방사성 강하물로부터의 방사선과 원자력·방사성물질 등의 이용에 수반되는 방사선이 있다.

원자력발전소의 환경방사능관리는 이와 같은 환경방사선중에서 원자력의 이용에 수반되는 방사선으로부터 국민의 건강과 안전을 지키기 위한 것이다.

따라서 원자력발전소 운영에 따른 일반공중의 방사선량이 제한치를 충분히 밑돌고 있음을 확인하고, 주변환경에서의 방사성물질 축적경향 및 방사성물질의 방출에 의한 주변환경의 오염이 없음을 확인하기 위한 수단으로 철저한 환경방사능감시를 수행하고 있다.

2. 環境放射能管理 現況

가. 環境放射能 管理

원자력발전소 주변의 환경방사능조사는 원자력법 및 관련규정에 따라 실시하고 있으며 환경방사능 기초자료 확보를 위하여 운영전부터 조사가 되고 있다.

환경방사능검사는 과학기술처고시 제85-5호 “원자력발전소 주변 환경조사 지침”에 규정된 바에 따라 주변환경의 각종 환경방사능시료를 채취하여 방사능을 분석하며 환경방사선감시기를 설치하여 주변지역의 공간방사선량을 연속 감시하고 열형광선량계를 설치하여 매분기마다 공간집적선량을 조사하고 있다.

환경방사선감시기는 원전 부지별로 10개소 이상에 설치·운영하고 있는데 발전소 중앙제어실과 환경방사능실험실에서 수시로 확인할 수 있으며 주민이 직접 감시기의 지시치를 확인할 수 있도록 숫자로 나타나는 외부표시판을 추가로 설치하였다.

열형광선량계(TLD) 역시 원전 주변의 방사선량을 감시할 수 있도록 부지별로 40개소 이상의 지점에서 공간방사선량을 조사해 오고 있

면 원자력발전소 가동이 주민에 미치는 영향은 무시할 정도임을 알 수 있다.

원자력발전소의 환경방사능조사 결과는 분기마다 정부에 보고하고 있으며 1년마다 종합하여 연보로 발간하고 있다.

또한 원자력발전소 주변 주민의 원전에 대한 불안감을 해소하기 위해 1989년부터 주민이 참여하는 환경방사능 조사를 실시하고 있으며 주민대표와 함께 환경시료를 채취하여 주민이 분석을 의뢰하며, 분석결과는 분석기관에서 직접 주민에게 알려주도록 하고 있으며 이에 소요되는 비용은 한전에서 부담하고 있다.

환경방사능분석기술 향상을 위한 연구과제가 한전기술연구원과 한국표준연구소 공동연구로 진행되고 있으며 1991년부터는 원자력발전소의 환경방사능 조사에 인근 지방대학을 참여시키는 등 환경방사능 감시의 신뢰성 향상을 위한 노력을 지속적으로 경주하고 있다.

IV. 溫排水 管理

1. 概 要

원자력발전소의 원자로내에서 核燃料가 핵분열할 때 발생한 열은 증기발생기에서 고압수증기로 바뀌어 터빈을 돌리고 난 다음 복수기에서 열교환을 통해 海水로 전달되는데, 이때 터빈을

돌리고 난 증기를 복수기에서 냉각시킨 바닷물은 취수 때의 온도보다 약 7°C 정도 높아져서 바다로 내보내게 된다.

원자력발전소에서 사용하는 해수는 원자로 주변을 직접 통과한 것이 아니고 복수기 튜브를 통해 단지 열만 회수하기 때문에 原子爐內의 물이나 터빈을 돌리는 수증기와 섞이지 않는다.

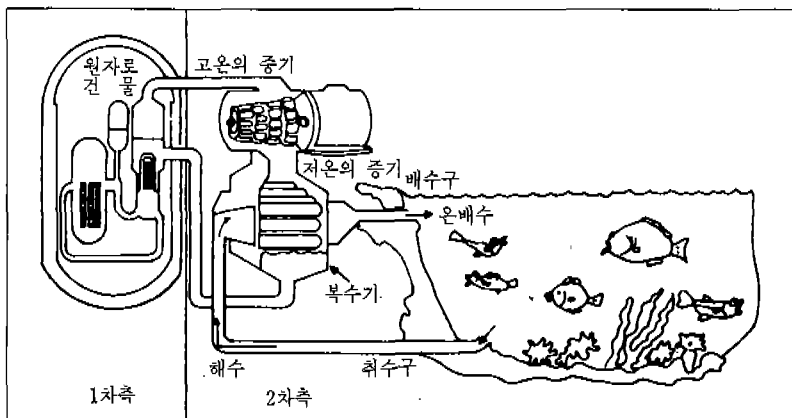
국내에서 운전중인 모든 원자력발전소는 냉각수로 해수를 사용하며 100만 킬로와트의 원자력발전소 1기에서 사용하는 해수의 양은 1초당 약 60~70톤 정도이다.

이러한 溫水는 원자력발전소뿐만 아니라 火力發電이나 일반산업 시설에서도 배출되고 있다.

2. 原電周邊海域의 環境調查

원자력발전소 주변 해역에 대한 조사는 원자력법과 과학기술처고시 제85-5호 “원자력발전소 주변 환경조사 지침”에 따라 실시하고 있는데, 물리학적 조사로 수온, 염분, 투명도, 해류의 변화 등을 조사하고 화학적 조사로 영양염류, 수소이온농도(pH), 부유물질, 총용존물질, 용존산소, 기타 특정유해물질 등을 조사하며, 생물학적 조사로는 플랑크톤, 저서생물, 해조류, 어류에 대하여 계절별로 실시하고 있다.

원자력발전소 운영중에 정기적으로 해양조사



<그림 1·13> 原子力發電所 溫水循環圖

를 하는 이외에도 부지선정, 건설 및 운영허가 단계에서 냉각수의 취수 및 온수 방출로 인한 해양 생태계의 영향을 평가하고 있으며, 부지선정시 어류의 양식장, 산란장, 생육장 및 주요 어종의 회유경로 등을 피하는 등 환경영향을 최소화하도록 하고 있다.

원자력발전소 온수는 환경보전법에서 정하고 있는 규제치 40°C 이하이며 고리, 월성, 울진원자력 주변의 水質은 환경 보전법 시행규칙에서 정한 해역별 수질기준 I 등급에 해당하며, 영광 원자력은 가동전·후가 비슷하고 일반적인 서해안 수질등급인 해역별 수질기준 II 등급에 해당하고 있다.

특히 부산수산대학에서 1987년 3월부터 1989년 8월까지 고리원자력발전소의 온수에 의해 주변 해역의 영향을 평가한 결과 온수의 확산범위는 2°C 상승범위가 주로 배수구를 중심으로 반경 2km 이내의 표층에서 수심 5m 정도이다. 생물학적 영향평가 결과로는 해양생태계의 변화나 생산력의 변동을 초래하는 직접적인 영향은 확인되지 않았으며, 고리해역에 분포되어 있는 어류는 총 130여종에 달하고 있는 것으로 조사되어 일반해역의 100여종과 비교할 때 그 분포 유형이 양호한 것으로 나타났다.

3. 溫水 影響

자연 속의 바다는 항상 변하고 있으며 日照時間, 태풍일수 등 자연적인 현상에도 영향을 받고 산업 및 생활폐수, 濫獲 등도 영향을 미치고 있으므로 원전 주변 해역에서의 온수 영향을 명확하게 결론짓는 데는 상당히 어려움이 있다.

우리나라 연안에서의 어패류 집단폐사나 해조류 양식 피해는 자주 보도되고 있으며 기상이나 질병 등 자연현상에 따른 경우도 많은 부분을 차지하고 있는 실정이다.

발전소의 온수는 배수구 근처에서만 다른 해수보다 수온이 조금 높을 뿐 곧 주위의 해수와 같아져 별다른 영향이 일어나지 않으며 발전소의 온수에 상관 없이 바다의 생물이나 물고기는

그들 나름대로 서식에 알맞는 깊이의 바다에서 서식에 알맞는 적정온도를 찾아 움직이며 먹이를 얻고 성장해 간다. 다시 말해서 찬물이 좋으면 찬 곳으로 옮기고 온수가 좋으면 따뜻한 곳으로 이동한다.

다만 배수구 부근의 수심이 낮은 온수 영향권에 있는 해조류 등이 계절에 따라 조금씩 바뀌는 것은 예상된다.

원자력발전소의 온수 영향중 또다른 관심사항은 온수에 放射能이 섞여 있지 않나 하는 것이다. 그러나 앞에서 설명한 바와 같이 일반 화력발전소에서와 똑같이 증기를 냉각시키기 위해 복수기튜브를 통과하여 방출되므로 방사능을 띤 원자로계통과는 전혀 별개로 운전되므로 방사능의 오염은 문제가 되지 않는다.

현재까지의 조사에 의하면 원자력발전소 주변의 해수는 원자력 발전소가 들어서기 전이나 지금이나 조금도 달라진 것이 없으며 해수의 방사선량도 자연방사선 범위를 넘어서지 않는 것으로 확인되고 있다.

4. 溫水 利用

선진각국에서 1950년대부터 발전소 온수를 이용한 魚類 養殖 기술을 개발하여 현재 일본을 비롯한 미국, 프랑스, 독일, 영국 등 20여개국에서 산업화를 하였거나 그 단계에 이르고 있다.

미국은 22개의 발전소에서 연구사업을 꾸준히 진행하고 있으며 새우, 바다가재, 메기 및 굴을 상업적으로 생산하고 있는데 22개의 발전소에는 2개의 원자력발전소가 포함되어 있다.

서독은 6개의 발전소에서 농어류의 대량생산에 성공하였으며 프랑스도 맵장어, 잉어, 틸라피아 등 담수어의 대량생산에 성공하였다. 이 분야의 선진국인 일본은 원자력발전소 7개소, 화력 발전소 13개소에서 기업규모의 양식사업을 시행하고 있는데 매년 수천만마리의 종묘를 생산하고 있다.

우리나라의 경우 지역어민의 소득증대 목적

<표1·16> 發電所 溫水 利用 養殖 現況

| 국명 | 발전소 | 주요 어종 | 비고 |
|-----|-------|---|----------------------|
| 일본 | 20(7) | 넙치, 참돔, 복어, 보리새우, 성게, 전복, 꽃게, 뱀장어 | 전종목 기업화 및 방류사업 |
| 영국 | 5(4) | 방어, 흑돔, 가자미, 넙치, 송어, 뱀장어, 농어 | 뱀장어 기업화, 송어, 방류어 양성 |
| 프랑스 | 4(2) | 뱀장어, 잉어, 송어, 농어, 틸라피아, 참돔 | 뱀장어 양식시험, 방류어 육성 |
| 미국 | 22(2) | 전갱이, 새우, 송어, 굴, 뱀장어, 아사리, 틸라피아, 대합, 가라비, 메기 | 굴, 메기 기업화 기타 시험양식 |
| 서독 | 11 | 메기, 잉어, 송어, 농어, 뱀장어, 틸라피아 | 6개소 기업화 농어류 160만톤 생산 |
| 동독 | 5 | 잉어, 초어 | 종묘생산 및 기업화 |
| 소련 | 6 | 뱀장어, 송어, 잉어, 메기 | 양식시험 |
| 캐나다 | 4(2) | 송어 | 양식시험 |
| 중국 | 7 | 뱀장어, 틸라피아 | 양식시험 |
| 기타 | 13(1) | 잉어, 뱀장어, 송어, 메기, 틸라피아 | 시험개발중 |

* ()내의 숫자는 원자력발전소

으로 1988년 4월부터 2년여에 걸쳐 “발전소 온수이용 고급어류 양식기술 개발에 관한 연구”를 하였으며 그 결과 종묘생산기술을 확립하게 되었다.

따라서 머지않은 장래에 본격적인 원자력발전소 온수이용 양식사업이 이루어질 전망이다.

V. 原子力發電所 廢止

1. 概 要

제3의 불이라고 일컬어지고 있는 원자력에너지가 전력생산에 이용된 지도 겨우 30년 정도밖에 되지 않았지만 현재 원자력발전은 제일

중요한 에너지공급원의 하나로 자리잡고 있다. 그러나 값싸고 풍부한 에너지를 공급하고 있는 원자력발전소도 다른 산업시설과 마찬가지로 제한된 運轉壽命이 되면 궁극적으로 일반 대중과 자연환경을 보호하기 위해 철거되어야 한다. 여기서 철거란 원자력 발전소의 운전종료후 취하는 각종 조치로서 작업종사자와 일반대중의 안전과 보건, 그리고 환경을 보호하기 위해 시행되는 모든 종류의 행위로서 이를 廢止措置라고 한다.

원자력발전소는 우라늄과 같은 核分裂物質을 연료로 사용하므로 원자로는 강한 방사능을 띠게 되고 원자로로부터 나오는 막대한 열을 전달하는 流體系統과 周邊構造物도 방사능에 오염이 될 것이므로 운전종료후에도 원자력발전소에는 다량의 방사능이 남아 있게 된다. 따라서 일반대중뿐만 아니라 원자력종사자들의 관심은 원자력 발전소를 일반대중과 주변환경에 영향을 주지 않고 안전하게 폐지할 수 있는나 하는 것이다. 또한 사회 일부에서는 폐지에 소요되는 비용이 원자력발전소 건설비용과 맞먹거나 오히려 더 많기 때문에 원자력발전의 경제성은 없다고 주장한다.

2. 廢止方法的 概要

원자력발전소의 폐지방법은 나라별로 용어 및 개념이 약간씩 다른데 원자력분야의 최고기관인 國際原子力機構(IAEA)의 분류방식 및 용어에 따르면 다음의 3가지 방식으로 구분된다.

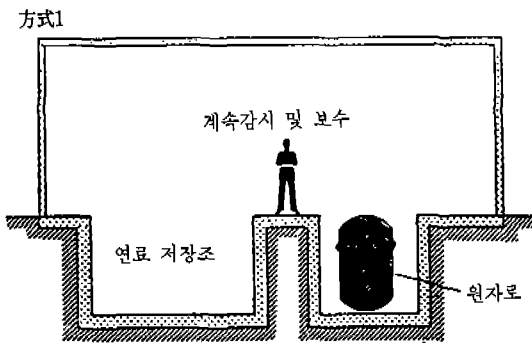
가. 方式 1. (STAGE 1; 密閉管理)

가장 소극적인 폐지조치방법으로서 방사능이 많이 들어 있는 原子爐冷却系統 등 주요설비를 밀폐시키고 최소한의 작업으로 방사선관리를 가장 쉽게 해서 시설을 당분간 보관하는 방식이다. 의견상으로는 발전소 형태에 변화가 거의 없다. 그러나 이 방법은 궁극적인 폐지조치가 되지 못하며 발전소내의 방사능을 自然崩壞시켜 약화되는데 필요한 시간을 확보하는데 주목

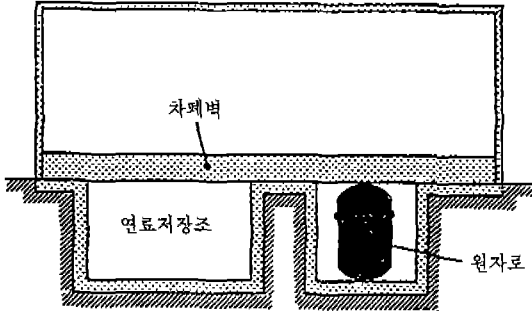
적이 있다.

나. 方式 2.(STAGE 2 ; 遮蔽隔離)

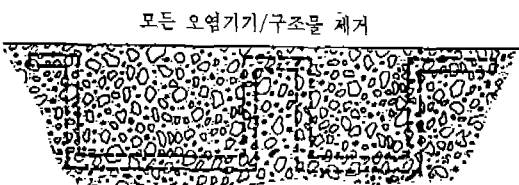
방식 1보다는 적극적인 폐지조치 방법이다. 비교적 철거가 쉬운 시설들을 철거하고 방사능이 다량 포함된 原子爐 및 冷却系統에 방사선 遮蔽材를 추가로 설치하여 격리한다. 외견상으로는 발전소의 대부분이 없어진 상태이다. 방식 1에 비하여 방사선 감시요건이 대폭 완화될 수 있는 장점이 있다.



方式2



方式3



<그림 1·14> 原子力發電所 廢止段階

다. 方式 3.(STAGE 3 ; 解體撤去)

궁극적으로 부지를 건설 이전의 자연상태로 돌려 놓는 것이다. 원자로를 비롯한 모든 설비를 완전히 해체하여 방사성폐기물 영구처분장으로 보낸다. 부지에 대해 더 이상의 방사선감시도 필요 없다. 일반적으로 방식1, 2에 비해 소요기간도 길고 작업인력도 많이 필요하며 비용도 가장 많이 소요된다.

3. 廢止技術 水準

방식1, 2, 3으로 폐지된 원자로의 수는 적지 않다. 그러나 이들은 모두 小規模 實驗爐, 訓練用 原子爐 등 전력생산 가능성을 입증하기 위한 소규모 원자로들이다. 전기출력 10만kW인 미국의 쉬핑포트(Shippingport) 발전소와 전기출력 1.2만kW인 일본의 動力實驗爐(JPDR)가 가장 최근에 진행중인 폐지사례로 방식 3을 채택하였다.

대형 원자력발전소를 폐지조치한 사례는 없는데 이는 기술이 없어서가 아니라 아직 수명이 다한 원전이 없기 때문이며 1990년대 중반부터는 중·대형 발전소의 폐지조치가 이루어질 것이다.

지금까지 경험에 의하면 소형 원자로를 폐지하는데 사용되었던 기술들을 중·대형 원자로의 폐지에 적용하는데 문제가 없다고 전망된다. 그럼에도 불구하고 선진국에서는 가까운 장래에 있을 중·대형 원자로의 폐지에 대비해 최신 기술을 확보하고자 노력하고 있다.

즉, 현재의 기술수준으로도 폐지 조치에는 충분하지만 작업종사자의 放射線피폭을 줄이고 폐기물발생량을 감소시키며 폐지비용을 절감할 목적으로 몇몇 특정분야에 대한 첨단 기술개발이 진행중이다.

대표적인 사례로는 플라즈마 또는 레이저를 이용한 원자로 등 대형 철구조물의 절단기술, 방사선구역내에서 작업할 로봇 개발 등 원격유도 제어 기술, 고열을 이용한 콘크리트 파쇄기술, 방사능 오염 금속의 고온 용융처리 기술,

방사능 오염물질 분리기술, 폐기물감소를 위한 초고압 압축 기술 등을 들 수 있다.

<표1·17> 解體撤去費用 比較

(단위: 백만불)

| 국 명 | 캐 나 다 | | 서 독 | | 스 웨 덴 | | 미 국 | |
|------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|--|
| | CANDU | PWR | BWR | PWR | BWR | PWR | BWR | |
| 원자로형 | | | | | | | | |
| 소요비용 | 145 | 119 | 173 | 107 | 140 | 97 | 113 | |

4. 廢止措置 所要費用

원자력발전소에는 다량의 방사능 물질이 존재하고 또한 원자력 발전소는 강력한 地震에도 견딜 수 있도록 견고하게 건설되어 있으므로 원자력발전소의 폐지에는 다른 산업시설에 비해 훨씬 많은 비용이 소요될 것이다. 폐지비용을 정확히 산출하는 것은 보다 완벽한 폐지조치계획을 수립할 수 있게 하며 동시에 소요되는 비용의 확보에도 매우 중요한 일이다.

그러나 대형 원자력발전소의 폐지조치경험이 전세계적으로 아직 없으며 폐지조치 기술과 폐지방법이 완전하게 정립되어 있지 못하므로 소요비용을 정확히 산출하는 것은 현재로서는 무리이다. 다만 과거 소규모 원자로의 폐지경험, 짧은 기간이나마 운전 실적을 가졌던 드리마일 섬 발전소에서의 경험, 현재 폐지조치가 진행중인 설비, 그리고 연구기관 등에서 수행한 연구결과를 참고로 비용을 추산할 수밖에 없다.

선진국을 중심으로 한 經濟協力開發機構의 原子力機關(OECD/NEA)이 작성한 보고서에 따르면 캐나다, 서독, 스웨덴, 미국 등에서의 폐지조치 비용은 방식 3의 完全解體撤去의 경우에 표1·17과 같이 예측된다.

다만, 비용비교를 위해 원자력발전소는 모두 130만kW급으로 통일하였고 화폐가치는 1984년 1월 기준으로 통일하였다.

예측결과가 서로 차이가 나는 것은 原子爐型, 구체적인 철거방법, 폐기물처리대책, 인건비 등에 적용된 수치가 나라마다 다르기 때문이다.

현재 해체·철거가 진행중인 미국 쉬핑포트 발전소의 소요비용은 약 9,830만불 정도이다. 1957년에 준공된 이 발전소의 당시 건설비용이 약 1억불 수준이었다. 사회일부에서는 이 두 숫자를 근거로 원자력 발전소의 폐지비용이 건설비와 같거나 더 크다고 주장하였다.

그러나 두 숫자를 비교하려면 지난 33년 사

이의 달러가치변화 등을 고려하여야 한다. 특히 쉬핑포트 폐지비용에는 상당액의 신기술개발 비용이 포함되어 있음을 감안하여야 한다.

日本の 通商産業省 傘下 페로조치 소위원회가 계산한 결과에 따르면 110만kW급 加壓輕水爐를 5년간 보존후 해체철거하는 경우에 약 300억엔(1984년 1월 가격)이 소요된다고 한다. 이 금액은 1984년 운전을 개시한 같은 규모의 원자력발전소 건설비의 약 10%에 해당된다.

5. 우리나라의 廢止對策

우리나라에서 최초로 1978년 운전을 개시한 고리1호기는 解體撤去段階까지 짧게 계산하여도 십수년이라는 시간이 남아 있어 많은 시간이 있다고 볼 수도 있겠으나 선진외국에 비해 우리나라의 원자력개발 역사가 짧고 또 우리의 기술 수준을 고려할 때 다양한 기술이 요구되는 해체 철거에 대비하여 지금부터 대책을 준비하는 것이 결코 이르다고 볼 수는 없다. 이와 관련하여 원자력발전소의 해체·철거를 위한 기술개발이 한전과 한국원자력연구소 등을 중심으로 착실하게 이루어지고 있으므로 고리원자력 1호기의 폐지는 국내기술에 의해 수행될 수 있을 것으로 예상된다.

폐지조치에 사용될 비용은 한전에서 原電事 後處理 充當金이라고 하여 별도로 확보하고 있다. 비용산정은 불확실성을 감안하여 가장 보수적인 폐지비용인 일본의 300억엔(1984년 1월 기준)을 기준으로 하여 원자력 발전소의 經濟壽命期間인 25년간 균등하게 나누어 매년 적립하고 있다. 1989년말 현재 누계금액은 1,282억6백만원이다.

☞ 다음 호에 계속