

# 도카이무라(東海村) 원자력 사고

## 1. 일반사항

- 소재지 : 일본 도카이무라
- 인명피해 : 49명 방사능 노출
- 사고일시 : 1999. 9. 30. 10:35
- 재산피해 : 조사중
- 사고장소 : 전환시험동 침전로
- 사고원인 : 임계반응 초과

## 2. 사고상황

우라늄을 가공 처리하는 민간업체인 JCO 도카이 사업소에서 우라늄의 불순물을 제거하기 위하여 초산용액으로 용해하는 과정에서 침전용 탱크에 규정보다 많은 양의 우라늄을 주입하여 연쇄 핵분열을 일으켰다.

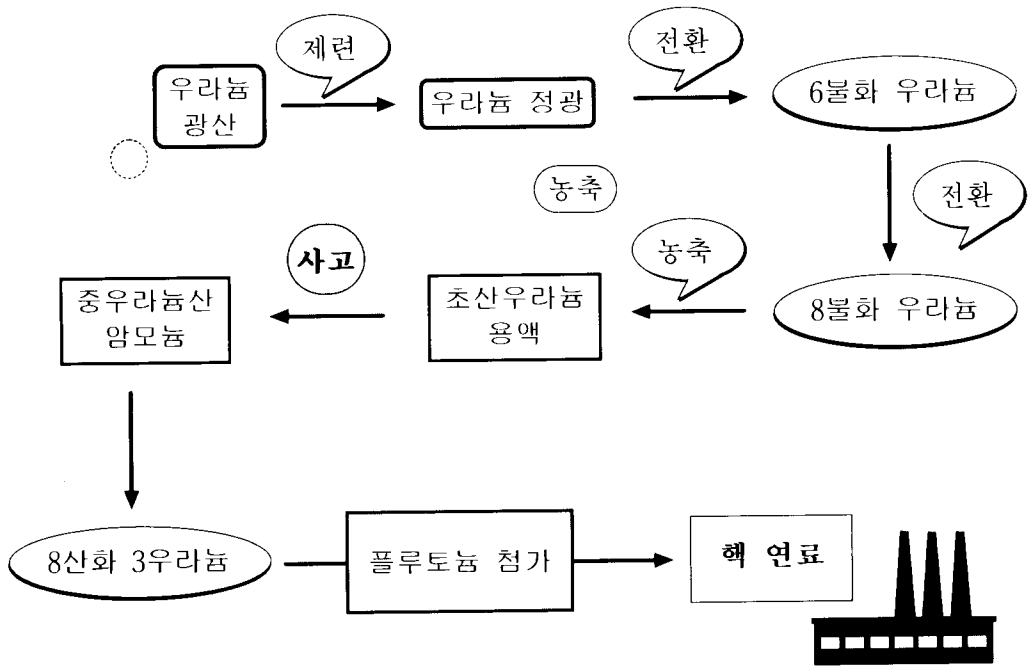
사고가 난 JCO 회사는 1979년 10월 Japan Nuclear Fuel Conversion Co.로 설립되어 1998년 8월 JCO Co. Ltd.로 개명하였으며 Sumimoto Metal Mining Co. Ltd의 자회사로서 동경전력 등 6개 원전회사에 BWR 핵연료(우라늄 농축도 4%)의 50% 정도를 제조 공급하고 있었다. JCO에서는 농도가 다른 우라늄을 가공, 혼합하여 핵연료인 이산화우라늄(UO<sub>2</sub>)을 제조하는 회사로 사고

가 발생한 장소는 JCO사 동해사업소의 “전환시험동”으로 프랑스에서 수입한 산화우라늄을 정제하여 고속증식실험로 “조요(常陽)”의 연료를 가공하는 곳이었다. 전환시험동의 “假燒還元室”로 불리우는 방에서 초산용액에 우라늄(농축도 18.8%)을 녹여 불순물을 침전시키는 공정을 수행하고 있었다. 핵연료인 이산화우라늄을 제조하는 공정은 그림1과 같다.

가공작업시 한번에 2.4kg을 주입하여 처리하여 왔으나 사고 당일에는 규정량의 7배에 가까운 16kg을 수동 조작하여 주입하는 바람에 핵분열이 연쇄적으로 일어나는 임계(臨界)현상이 발생하였다.

사고 다음날 오전 일본 정부는 오부치 총리 주재로 제2차 대책회의를 열고 안전이 최종 확인될 때까지 사고지점으로부터 반경 10km 이내 주민들에 대한 옥내피난 조치를 당분간 계속 유지하도록 하였다. 이에 따라 도카이무라 등 5개 지역에 살고 있는 주민들은 사고 당일 저녁부터 계속 창문을 봉쇄한 채 집안에 갇혀있었으며, 유치원을 포함한 모든 학교가 휴교하고 상가 등도 문을 닫는 등 일대는 순식간에 죽음의 도시로 변했다.

이바라키현은 이번 사고로 토양과 대기중으로 방출된 방사능 물질의 안전성이 확인될 때까지



【그림1】 핵 연료 제조 과정

농작물에 대한 수확을 중지토록 하는 한편, 수도 물 이외에는 마시지 말도록 당부하는 등의 조치를 취했다.

### 3. 피해상황

1971년 도카이 핵발전소 사고 이래 주요 사고로는 이번이 8번째 사고였다.

사고가 난 우라늄 가공처리 공장의 반경 10km 이내에 있는 5개시 주민 31만 명에 대해 옥내피난 명령이 내려졌음은 물론 모든 학교가 휴교하고 교통도 통제되는 등 도시기능이 전면 마비됐다.

사고 직후 공장 주변에 있던 21개 방사선 감지장치 중 적어도 두 곳에서 통상 측정치의 4천배가 넘는 0.84mSv의 방사능이 검출되었다. 원자력사고의 국제평가척도에 따라 사고 초기에는 레벨 4

(핵시설 외부에 큰 위험이 없는 수준)로 발표하였으나 10월 6일 레벨 5로 상향되었다. 1986년 옛 소련 체르노빌 사고는 레벨 7이었으며, 1979년 미국 스리마일섬 사고는 레벨 5에 해당하였다. 지금까지 일본에서의 원자력 사고는 레벨 3이 최고였다. IAEA에 의한 사고등급분류 기준은 표1과 같다.

이 사고로 현장 작업자 3명이 피폭되어 구토, 설사, 의식장애와 함께 타액선이 붓는 중증 장애를 보였으며, 회사내 직원 11명과 주변 건설현장에서 일하던 인부 7명도 방사능에 피폭되었다. 현장 작업자 3명은 시설감지장치의 경보설비를 보는 순간 정신을 잃고 쓰러졌다고 한다. 부상자의 몸에서는 통상 허용량의 150-200배에 달하는 방사능 물질이 검출되었다.

사고대책 본부에 따르면 방사능 피폭자는 JCO 직원 36명, 소방대원 3명, 기타 10명 등 모두 49명

**【표1】 국제원자력기구의 방사선 위험등급 분류 기준**

분류	등급	등급 기준	비고
사고	7	· 수십만 Ci 이상이 누출되는 사고(주변 국가에도 영향을 주는 사고)	구 소련 체르노빌 사고('86)
	6	· 수만 내지 수십만 Ci가 누출되는 사고	
	5	· 수천 내지 수만 Ci가 누출되는 사고(원자로 노심이 심하게 손상되는 사고)	미국 TMI사고('79) 일본 JCO사고('99)
	4	· 인근 주민이 연간 허용 제한치(500밀리렘)의 방사선을 받을 수 있는 사고 또는, · 원자로 노심의 일부가 손상(하나 이상의 연료 용융)되는 사고 또는, · 발전소 근무자가 치사량(50만 밀리렘)의 방사선을 받는 사고	
고장	3	· 인근 주민이 연간 허용 제한치의 10% 정도의 방사선을 받을 수 있는 사고 또는, · 발전소 근무자가 급성 장애(10만 밀리렘)를 받는 사고 또는, · 사고로 확대될 가능성이 있는 안전계통의 심각한 기능 상실 사건	스페인 반데로스 화재사건('89)
	2	· 발전소 종사자가 연간 허용 제한치(5천 밀리렘) 이상의 방사선을 받는 사고 또는, · 안전계통의 중요한 고장이 발생하였으나 심층방어 안전기능이 유지되어 사고로 확대될 가능성이 없는 사건	일본 미하마 원전 증기발생기 누설 사건('91)
	1	원전의 안전성에 영향을 미치지 않는 비정상 상태(기기 고장 등으로 발전소 안전계통 상태가 운전제한 조건을 벗어난 경우)	
경미한 고장	0	원전의 안전성에 전혀 영향이 없는 경미한 고장(정상 운전의 일부로 간주)	한국 월성발전소 사건('99)

으로 보고되었다.

지 않은 것으로 알려지고 있다.

#### 4. 조치사항

사고발생 후 초기 조치사항이 적절하게 수행되

사고 후 1시간이 지난 11:33분에 최초로 지자체인 이바라기현으로 방사능 누출사고가 보고되었다. 이바라기현은 원자력안전대책과 직원들을 파견하여 시설 주변의 방사선 양을 조사하는 한

편 사고진행 상황을 관련기관에 제공하였다. 사고 발생 후 약 2시간이 지난 다음 오부치 게이조(小淵惠三) 총리에게 “현장 직원이 가벼운 부상을 입은 정도”로 비교적 단순한 방사능 누출 사고로 보고됨으로써 초기 대응이 소홀하였다는 지적이 나왔다.

총리 비서실장 격인 노나가 관방장관에게 구체적 내용이 전해진 것은 15:00시였으며 긴급 대책 본부를 설치한 시점은 사고 발생후 11시간이 흐른 21:00시였다.

주무부서인 과학기술청 역시 사고 당일 오후 “더이상 피해확대는 없다.”는 상황종료를 발표하였으나 그 후 추가 피해자가 속속 확인되자 5시간이 지난 후에야 주민들에게 자택 대피령을 내렸다.

한편, 핵 방사능 관리 주체와 지방자치단체간 공동 위기관리도 늦었다. 1997년 도카이 핵사고 발생을 계기로 지자체와 핵관리 단체는 “사고 발생 즉시 지자체에 알린다”라는 안전협정을 맺었으나 사고 발생 1시간이 지난 뒤에서야 통보를 받았다.

오부치 게이조 총리를 본부장으로 한 사고대책 본부는 1일 새벽 JCO 공장의 사고시설 안으로 전문요원을 투입, 복구작업을 벌여 핵분열시 발생하는 중성자의 수치를 일단 정상 수준으로 돌려놓았다.

비상조치 요원들은 이날 03:00시부터 핵분열이 계속되고 있는 침전용 탱크로 연결된 배관을 파괴하여 냉각수를 제거한 뒤 봉산수를 주입하는 작업을 완료함으로써 핵분열을 종식시키는데 성공했다.

일본 원자력안전위원회는 이날 복구작업으로 사업소 부지 내외의 14개소에 설치된 중성자 검출 장치에서 수치가 모두 허용한도 이하로 떨어

져 사고 발생 20시간만에 수습단계로 들어갔다고 밝혔다.

## 5. 결론

사고예방을 위해서 하드웨어와 소프트웨어 측면에서 관리하게 되는데 이번 사고는 안전수칙을 준수하지 않아 발생한 인재(人災)였다. JCO 도카이 사업소에서 규정량보다 7배 정도 많은 16kg의 우라늄을 주입함으로써 연속 핵 분열이 발생하는 임계사고로 발전한 것이었다. 임계란 핵분열이 연속적으로 시작하는 한계를 의미하는데 임계상태를 넘으면 정밀한 통제가 어렵게 된다. 임계사고는 원자력기술 개발 초기에 미국과 구미의 몇몇 국가에서 발생하였던 사고로 이미 원인과 대책이 제시되었으며 1980년대 이후에는 보고되지 않았다. 그러나 사소한 실수로 최고의 안전을 자랑하는 선진국에서도 유사한 사고가 발생할 수 있으며, 이번 사고 역시 절차나 규정을 준수하지 않아 발생한 것으로 사전에 충분히 예방할 수 있었다.

국내에서도 1999년 10월 4일 월성발전소 원전 3호기에서 감속재 펌프 상부 모터 베어링 교체 작업 중 O-링이 파손되면서 약 45리터의 중수가 원자로 건물내로 누출되는 사건이 있었다. 비록 경미한 고장으로 발전소의 운전에 영향이 없었으며 종업원의 방사선 피폭 양도 소량(4.4mSv로 X-ray를 4회 정도 촬영하였을 때의 양)이었으나, 감속재 펌프와 같은 대형 펌프의 밀봉장치가 쉽게 파손되었다는 점과 개인보호장비를 갖추고 작업하도록 되어있는 규정이 제대로 지켜지지 않았다고 한다. 결국 피해를 방지할 수 있었다는 점과 규정을 제대로 이행할 수 있도록 하는 시스템이 미흡하였다는 점에서 반성이 필요하며, 이러한 사건

이 확대되어 대형사고가 될 수 있는 점에서 우려되는 것이다.

이번에 드러난 문제점 중에서 사고 당사자인 JCO는 물론 정부에서도 사고 내용을 축소·은폐하려고 했다는 의심을 받고 있으며, 관련기관의 초기대응이 잘못되었다는 지적이 있었다. 핵 물질에 대한 여론 악화를 우려한 이번 조치는 과거 일본 정부의 대응내용과 별다른 차이가 없었다. 따라서, 일단 사고가 발생하면 사전계획에 따른 주민 대피 등 신속한 조치와 함께 관련기관과의 긴밀한 공조체제로 피해확산을 방지하는 것이 중요하다.

원자력 발전소 및 취급 산업에서의 방사선 누출은 큰 재난을 가져올 수 있지만 사고가 발생할

가능성은 교통사고 및 화재사고 등 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 일반적인 사고보다 낮으며 절대적인 피해규모도 적은 것으로 보고되고 있다. 그럼에도 불구하고 방사능 피폭으로 인한 피해는 그 범위가 넓고 오랜 기간에 걸쳐 후유 장애가 발생한다는 점에서 많은 사람들이 위협을 느끼고 있는 것이 사실이다. 이제 우리 나라도 국제원자력기구(IAEA)의 상임이사국 진출을 눈앞에 두고 있는 시점에 걸맞게 원자력의 안전성을 기술적으로 보완하는 한편, 대국민 홍보와 함께 지역 주민들의 알권리를 충분히 보장하여야 할 것이다. ☉

— 정보센터 과장 김인태

## 『全訂 영한 방재용어사전』 발간 안내

한국화재보험협회는 지난 1997년 8월 국내 최초로 『영한 방재용어사전』을 발간한데 이어, 이번에 그 전면 개정판을 발간 하였습니다. 『全訂 영한 방재용어사전』은 NFPA 코드 등 해외 방재자료에서 발췌한 화재·폭발 중심의 영문 방재용어 5,200여 개를 우리말로 쉽게 해설하였고, 155개의 해외 방재 관련 기관 약어모음 및 한영 색인목록을 수록한 국판 650쪽 분량입니다.

- ◆ 발간시기 : 1999년 11월(초)
- ◆ 보급가격 : 20,000원
- ◆ 주요 참고문헌
  - ① 한국화재안전기준(KFS) 제1권 및 제2권
  - ② Fire Terms : Meaning & Use (NFPA 刊)
  - ③ NFC Code (1, 2, 3차 추록 포함)
  - ④ 소방용어사전(日本 全國加除法令出版社 刊)
  - ⑤ API Standards
  - ⑥ FM Loss Prevention Data Sheets
  - ⑦ HSB IRInformation