

放射性物質輸送의 最近 動向

原子力先進國에서의 放射性物質, 특히 核燃料物質의 輸送이 활발화되고 있으며 輸送物의 종류도 核分裂性原料物質에서 輕水爐用 新燃料, 使用後 核燃料로 다양화되고 있어, 이에 對應한 輸送容器의 開發, 事故對策의 整備에 안전을 기하는 노력이 경주되고 있다. 그러나 앞으로는 新型 爐用 核燃料과 여러가지 廢棄物의 輸送이 加해될 것이므로 이를 위한 輸送시스템의 開發과 緊急時 對策檢討도 이루어져야 할 것이다.

放射性物質의 安全輸送·貯藏課題

앞으로 對象이 될 輸送物

輸送이란 放射性物質의 移動에 관련되는 輸送容器의 설계, 수송, 수송중의 보관 및 최종 목적지에서의 받아들임 등 모든 運用 및 狀態로 구성된다. 현재 주목받고 있는 경수로용 신연료나 사용후핵연료의 경우에는 收納物의 성질이 명백하기 때문에 수송용기, 수송물 의 설계가 용이하다. 그러나 앞으로 수송의 對象이 될 廢棄物의 경우는 그 방사능 레벨이 여러가지이므로 이들을 수납하는 容器 등에 대해서는 輸送指數를 고려한 수송이 가능한 크기, 중량 등을 결정해야 한다.

어떤 시스템의 解析結果에 의하면 수송이 폐기물 포장시설의 선정에 중요한 요소가 되는 것이 명백하다. 또 미국에서는 ASME 原子力코드 의 Section Ⅲ에 수송용기의 밀봉장치 구조에 대한 규칙을 Section Ⅲ Div.1의 Subsection에, 또 稼動中檢査(ISI)에 대해서는 Section XI에 새로운 Div.을 설치하기로 하고 있다.

앞으로 수송의 대상이 될 주된 것은 다음과 같다.

(1) 高速增殖爐(FBR)의 使用後核燃料

FBR의 사용후핵연료는 爐內 冷却期間에 의존하기는 하나 통상시 要件의 하나로 온도가 650℃ 이상이 되지 않도록, 또 外部容器로 캐니스터를 사용할 경우 그 크리프脆化를 피하기 위해 425℃ 이하가 되도록 固定베스키트나 캐니스터 및 캐스크 本體의 熱傳導特性, 캐스크外表面의 열전달특성을 고려하며 또 除熱能力喪失事故의 경우에 대해서도 설계상 배려를 해야 한다.

(2) 原子爐制御棒 등 爐內構造物

제어봉이나 爐內構造物은 爐心內에 삽입되어 중성자를 흡수하여 점점 負의 反應度價値가 劣化하여 결국은 교환해야 한다. 대표적인 BWR의 例에서는 각 연료교환시에 總數의 약 5%의 교환이 필요하다. 이와 같이 하여 꺼낸 제어봉은 높은 레벨의 방사능을 띠고 있으므로 현재는 發電所內의 使用後核燃料물 에 저장되고 있다. 그러나 이것도 곧 포화상태가 되므로 적당한 중간저장소 또는 최종 처분장으로 수송해야 할 것이다. 이 경우 制御棒 有効部의 길이는 연료와 같으므로 사용후핵연료용 캐스크내에 특별한 固

定배스키트를 준비하면 된다.

(3) Resin, Clad, Sludge類

原子力發電所에서 사용되는 여러가지의 樹脂는 그 사용장소에 따라 방사능레벨 및 종류가 다르며 또 수송규칙은 액체에 대해서 고체보다 엄격한 설계조건, 시험기준을 부과하고 있으므로 그 性狀을 올바르게 파악해서 대처해야 할 것이다. 또 樹脂를 固有的 放射性物質로 할 것인가, 表面汚染物質 SCO로 볼 것인가에 따라 취급이 달라지는 경우도 고려된다.

경수로 연료의 표면에 부착되어 있는 클래드, 증기발생기 2차측의 슬러지類 등 配管機器系統에 생기는 부식생성물은 그 생성과정에 따라 방사능레벨이 다르나 주로 鐵(Fe)系의 化合物로서 汚泥狀이며 輸送前의 처리방법은 경제성과 작업원의 방사선 피폭에 영향을 주며 수송형태가 다르므로 이와 같은 폐기물 수송용기의 별도 설계를 고려해야 할 것이다.

(4) 再處理 返還廢棄物

재처리폐기물은 앞에서의 수지, 클래드, 슬러지類 등 金屬裁斷片 및 기타 잡폐기물 등이다. 이것들은 일반적으로 글래스, 시멘트 및 아스팔트 固化體의 형태로 반환이 예상된다. 그러나 그 내용물은 대부분이 β/γ放射體와 소량의 α放射體이다. 또 低레벨부터 高레벨까지 이루어져 있으므로 輸送容器도 産業用 수송용기로 충족되는 것도 있으며, B형수송용기를 사용하지 않으면 안되는 것도 있어서 輸送物로 設計要件에 적합시키기 위해서는 충분한 배려와 면밀한 설계가 필요하다.

(5) Pu의 航空輸送容器

재처리에 의해서 수출된 Pu는 핵물질방호상 그 수송은 매우 엄중히 규제되어 있다. 따라서 그의 육상 및 해상수송에는 여러가지 제약이 있다. 그래서 歐美에서는 Pu의 航空輸送容器의 개발은 IAEA規則을 훨씬 초과하는 시험조건에서 추진되고 있다.

(6) 廢爐廢棄物

우리나라에서는 아직 원자로의 廢爐에 대해서 아직 심각한 문제로 대두되고 있지 않으나, 이웃나라인 일본에서는 원자력발전소의 廢爐技術研究가 추진되고 있다. 즉, 대형폐기물의 절삭기법 등에 대해 검토되고 있는 데 여기에 수급이 반드시 고려되고 있다고는 할 수 없다. 電氣出力 1,300MW級 輕水爐의 廢爐試算에 의하면 廢爐時 放射性核種의 인벤토리는,

- i. 爐容器, 爐部品 및 근접 구조물의 중성자 방사화로 유도된 방사능
- ii. 여러가지 部品內 및 外面에 沈着 또는 散된 방사성물질

로서 廢爐에 이은 수송이나 저장, 처분에 영향을 주는 가장 중요한 방사성 동위원소는 β/放射體인데 主로 Co-60(반감기 5.27년), Fe-59(2.6년), Ni-63(92.0년) 등이다. 수송규칙에 대응해서 폐기물을 比放射能 As에 따라서 분류하면 다음 세개의 카테고리로 나뉘어 진다.

- 카테고리 1 : $As > 3 \cdot 10^{-4} \text{Ci/g}$ (壓力容器, 配管構造物 등)
- 카테고리 2 : $3 \cdot 10^{-4} \text{Ci/g} > As > 10^{-8} \text{Ci/g}$ (放射性 汚染 構造部品)
- 카테고리 3 : $10^{-8} \text{Ci/g} > As$ (汚染部品)

이들 폐기물은 IAEA規則에 의하면 中레벨 이상의 방사성물질이거나 低比放射性物質 LSA-1이다. 따라서 이들을 收納하는 輸送容器는 B型容器이거나 産業用輸送容器(IP)가 될 것이다.

서독에서의 試算에 의하면 폐기물 전 중량의 95%는 比放射能이 10^{-8}Ci/g 이하인 低레벨방사성폐기물(LLW)에 상당한다. 이들 LLW의 대부분은 부피가 큰 콤포넌트이므로 보통 사용하고 있는 200ℓ 내지 400ℓ의 표준용기에서 부피대용량 상자형 컨테이너를 사용하는 것이 좋고 해서 歐洲에서는 大型컨테이너의 개발이 추진되고 있다. 그것은 廢爐作業員의 방사선피폭을 적게 하며 아울러 가격도 저감시킬 것으로

1대되기 때문이다. 또 수송용기의 크기 및 중량은 보통 輸送機器를 충분히 이용할 수 있도록 고려할 것이 필요하다.

수송기기에 대해서도 검토되고 있으며 목적이 멀 때에는 철도수송에 관심을 가지며 또 경제에 따라서는 兩사이트에 荷役設備가 갖추어져 있으면 海上輸送도 특히 주목할 만하다고 하고 있으나 도로수송은 그 크기 및 중량에 제약을 받으며 특별한 허가가 필요하므로 플랜트에서부터 수송기까지의 短距離에서만 사용해야 한다는 의견이 나오고 있다.

中間貯藏技術의 開發

(1) 必要性

輕水爐에서 나오는 사용후핵연료는 발전소부지내에 충분히 長期間동안 저장되었다가 再處理工場으로 운반되어 재처리된다. 그러나, 현재의 상황으로 보아 본격적인 재처리공장이 조속히 運開되지 않으면 가까운 장래에 現用敷地內貯藏물은 固化상태에 도달될 것으로 예상된다. 따라서 발전소 부지내에서 충분히 냉각된 사용후핵연료를 재처리공장으로 반입하기 전에 원자로부터 또는 부지밖에서 一時貯藏하는 시설을 설치하여 中間的으로 저장하는 것을 생각하지 않을 수 없게 되었다. 또한 폐기물에 대해서도 마찬가지이다.

(2) 貯藏方式

현재 개발되고 있는 저장방식에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 캐스크저장방식
- ② Vault (地下貯藏室) 저장방식
- ③ Silo방식 (地上圓筒型)
- ④ Pool 저장방식

(3) 輸送·貯藏兼용容器的 開發

歐美에서 개발되고 있는 예를 다음에 나타내었다.

① CASTOR 서독에서 개발. 重量은 63t 내지 125t이고 材料는 球狀黑鉛鑄鐵로 되며 열제거는 乾式方式

② TN 1300 프랑스에서 개발, 서독내에서 사용. 중량은 약110t이고 재료는 球狀黑鉛鑄鐵이며 열제거는 乾式

③ TN 2400 프랑스에서 개발, 미국내에서 사용. 중량은 약90t으로 재료는 鍛造炭素綱이며 열제거는 乾式

④ TN 12/Z 프랑스에서 개발. 중량은 약80t이고 재료는 鍛造炭素綱이며 열제거는 乾式

⑤ REA 2023 미국에서 개발. 중량은 71.9t이고 재료는 不銹綱·鉛遮蔽로 2重熔接. 열제거는 乾式(He)

⑥ Dry-Cap 미국에서 개발중. 중량은 약100t이고 재료는 高破壞強度炭素綱(A516 Grade 60)

⑦ CASTOR SPX 서독에서 개발, 프랑스 슈퍼피닉스에서부터의 사용후핵연료저장에 사용. 燃料裝填後의 중량은 약110t으로 재료는 球狀黑鉛鑄鐵이며 열제거는 乾式

(4) 使用後核燃料 中間貯藏方式의 問題點

1) 貯藏方式의 選擇

여러가지의 저장방식을 비교검토해서 가장 적합한 방식을 선정할 필요가 있다. 그러나 이 선택은 다음에 記述하는 각 문제점과 밀접한 관련성을 가지고 있으므로 단순히 저장방식의 우열만으로 결정하기는 어렵다.

2) 適用法令

原子力施設은 대개 원자로 규제법에 의해 규제되고 있으므로 입지조건에 구속받고 耐震性이 문제가 된다. 또한 부지경계의 방사선레벨이나 排水·排氣의 방사능레벨에도 엄격한 기준이 있다.

이에 대해 핵연료의 수송은 IAEA 安全輸送規程에 따른 일련의 수송 또는 운반관련법규에 의해 규제되고 있으며 수송용기 자체에 엄격한 설계요건 및 시험조건을 과하며 또한 허용누설량

나 表面線量率에 대해서도 通常時 및 사고시
에 대해서 규제되고 있다.

따라서, 중간저장사이트를 固定된 원자력시
클로 하는가, 수송도중의 한 통과점으로 하는
가에 따라서 저장사이트 그 자체 규제의 방향이
달라지게 된다. 中間貯藏方式의 선정을 위해서
는 「적용법령」의 문제를 먼저 해결하여야 한다.

3) 貯藏施設의 立地條件 및 境界에서의 線 量目標值

저장사이트를 어느 법령으로 규제하던 그 입
지조건이나 사이트경계에서의 선량목표치를 검
토, 결정해 두어야 한다.

4) 使用後核燃料 被覆管의 長期貯藏中 劣 化舉動의 把握

저장중 온도·압력 등의 조건은 爐內보다 완
화되나 냉각재(물, 공기, 불활성가스)와의 組合
條件으로 수십년 동안의 장기간에 있어서 피복
관의 健全성이 유지되는가를 확인하고 그 劣化
舉動을 파악해 두어야 한다.

5) 캐니스터(内部容器)의 開發

파손연료를 수송용기에 收納할 때라든가, 다
른 저장방식을 사용할 경우에 사용후핵연료나
폐기물을 수납하는 1次容器, 즉 캐니스터를 각
각의 사양에 맞추어서 개발해야 한다.

6) 캐스크貯藏의 問題點

현재 歐美 各國에서 많이 채택되고 있는 캐스
크저장방식을 선정하였을 경우에는 수송·저장
접용의 캐스크를 준비할 필요가 있다. 이를 위
해서는 다음 항목에 대해 검토해야 할 것이다.

① 캐스크의 경제성 장기간저장용으로 고정
장치시키기 위해서는 통상의 수송용기에 비해
값이 싸야 한다. 그를 위해서 現用의 수송용기
에서 흔히 볼 수 있는 鋼-鉛 또는 劣化우라늄
재의 수송용기에 대체하는 것이 필요하며 歐美
에서는 냉각재로 물을 내장하지 않은 乾式캐스
크가 사용되고 있다.

② 球狀黑鉛鑄鐵의 材料工學的 特性 앞에서

의 이유에 의해 歐美에서는 黑鉛鑄鐵캐스크가
개발되고 있는데, 이 球狀黑鉛鑄鐵 특히, 破壞
韌性に 관한 데이터를 확립해두어야 한다.

③ 乾式캐스크의 設計 및 輸送容器로의 試驗
乾式캐스크를 설계, 제작하여 규정되어 있는
일련의 시험(충격 I, II, 壓壞, 浸漬, 火災, 熱除
去, 密封, 放射性遮蔽性能)을 실시해야 한다.

특히, 熱除去性能에 대해서는 새로 연구개발
할 필요가 있다. 즉, 건식냉각법에서는 공기 또
는 불활성가스를 사용하는데, 고정된 재료의 열
전도 특성을 이용하여 붕괴열을 장기간에 걸쳐
서 제거하고 연료온도 및 캐스크表面溫度를 허
용 또는 규정되어 있는 值이하로 유지할 수 있는
가를 확인할 필요가 있다.

④ 輸送·貯藏兼用 캐스크의 설치위치에 따른
放熱性能의 確認 캐스크는 수송중에는 수평으
로 놓여지나 저장중에는 수직으로 고정되게 된
다. 이로 인해 수평, 수직 위치에 대한 放熱性
능을 확보해야 한다.

⑤ 乾式캐스크의 저장용기로서 장기간에 걸
친 밀봉건전성 유지능력의 확인 장기간보존을
위해 밀봉성능의 健全성은 방사능의 밀폐 및 냉
각성능유지능력에 의해서 보증된다. 이 밀봉방
법 및 장기간동안의 地震 또는 기타 異常事象에
서의 밀봉성능 劣化에 대해 충분한 연구 개발
을 필요로 한다.

⑥ 乾式캐스크用 收納建物の 耐震性 캐스크
저장의 경우 캐스크는 수송관련법규에 의해 충
격 등 기계적강도는 내진성의 견지에서 충분히
확보되고 있다고 생각되나 캐스크고정대, 결속
장치 및 그것들을 비바람에서 지키기 위한 건물
에 대해서 어느 정도의 내진성을 고려하는가를
미리 결정해 두어야 한다.

⑦ 收納建物の 通風冷却方法의 選定 저장중
의 캐스크는 그 속에 수납되어 있는 사용후핵연
료의 수량, 燃燒度 및 풀냉각기간에 대응해서
방열하고 있기 때문에 그 발생열을 건물밖으로

운반해 나가야 한다. 따라서 건물 내부의 통풍을 검토해서 효과적인 열제거를 행하여야 한다.

⑧ 輸送容器 使用許可의 更新手續 수송용기는 그 사용이 허가된 기간이 지나면 갱신수속을 하여야 한다. 만약, 수송저장겸용 용기로 乾式 캐스크를 사용할 때, 수십년후 최종처리장으로의 再輸送에 대비해서 저장기간중 허가된 기간마다 갱신을 할 것인가, 이때 내부검사를 어떻게 하는가 등의 문제 혹은 수십년 후에 재심사를 받아서 허가를 다시 신청하는가 등의 문제를 해결하여야 한다.

放射性物質 輸送事故事例의 緊急時 對策

최근에는 발전소의 트러블이 감소되어 원자력에 대한 관심이 原子力백엔드분야로 쏠리게 되었으며 특히, 방사성물질의 수송은 公衆에 가까운 公道 또는 航路를 사용함으로써 논의의 대상이 되고 있다. 그러나, 세계적으로 보아 年間 1,000만개에 가까운 방사성수송물의 수송이 실시되고 있음에도 불구하고 수송에 따른 큰 사고의 回數는 과거 15년동안 平均 年間 100件이 못된다.

그리고 그 대부분은 만일 그 内容物이 환경으로 나온다 해도 公衆에 영향을 주지 않을 정도의 量을 收納한 A형수송물이며, 核原料 및 燃料物質의 수송사고는 과거 15년동안에 불과 5건인데 그중에서 수납물의 누설을 수반한 사고는 3건이었고 이때도 사람에게 영향을 준 것은 하나도 없었다. 이 사실은 핵연료 및 연료물질의 수송은 대단히 안전하게 행해지고 있음을 나타내고 있으며 또한 IAEA의 安全輸送規則 1985年版 制定에 의한 기술적 향상과 그것이 重量物이라는 이유에서 엄격한 교통규제가 행해지는 것을 함께 생각하면 앞으로도 사고발생확률은 극히 낮아질 것으로 기대된다.

과거의 경험에 의하면 사고는 수송후 사이트

내에서 짐을 실을 때나 내릴때에 일어나기 다. 따라서 중요한 것은 수송도중에 짐을 바어 실는 것을 피해야 한다. 이것은 중간저장식의 선정과 중요한 관계가 있다.

IAEA의 수송규칙에 규정되어 있는 試驗基에 대해 고속도로에서의 충돌사고나 터널속에서의 화재는 그것을 넘는 사고가 될 것이므로 시험기준으로는 불충분하다는 의견이 있으나, 본에서 실시한 實証試驗結果에 의하면 현실의 캐스크는 이 시험판정기준에 대해 충분한 여유가 있다는 것이 확인되고 있으며 또 미국에는 實物캐스크를 사용한 高速度輸送車의 콘리트벽 충돌이나 철도건널목사고실험 및 화실험을 실시하여 내용물이 누설되지 않음을 인하고 있다. 프랑스에서도 장시간의 화재실험을 실시하여 같은 결과를 얻고 있다.

기준에서 말하는 800℃란 數미터사방의 공내 평균치로서 화재온도분포를 면밀히 측정하여시험결과에 의하면 자연 및 바람의 상태 따라서 局所的으로 1,200℃에도 달한다.

IAEA는 1982년 기술리포트(IAEA-TECDOC 262)에 의해서 모든 형태의 방사성물질 수송고에 對處하기 위한 緊急時對應組織이나 人의 배치, 활동순서에 대해 지침을 정해두고 있고 歐州 各國은 이것을 중심으로 하여 各國內的 제를 정비함과 함께 협력시스템을 구성하고 다. 또 미국에서는 1983년에 연방긴급관리청(EMA)이 國內用으로 「수송시에 대한 각 州 각 지방의 방사선학적 긴급시 대응계획과 防 계획제정을 위한 안내서」라는 제목의 문서, FI MA-REP-5를 발행하였다.

일본에서는 「원자력발전소 등 주변의 防災策에 관하여(1980년)」가 제정되어 있는데, 各 省廳에서 輸送事故 對應計劃을 정비중에 있다고 한다. 그러나, 방사성물질의 수송에는 科學技術省, 운수성, 해상보안청, 경찰청 및 防 방청 등 많은 관청이 관여하기 때문에 현재

정기적으로 연락조정회의를 가지며 또 각 省廳이나 관계기관이 정비중인 긴급시 대응매뉴얼에 대한 정보교환을 하여 統一體制의 확립에 노력하고 있다. 앞으로의 課題로는 이들의 긴급

시대응계획, 작업 매뉴얼을 각 省廳의 말단기관까지 올바르게 인식시킴과 동시에 수송로 주변 주민의 올바른 이해를 얻는데 노력하여야 할 것이라고 한다.

IAEA 放射性物質輸送規則改訂動向

IAEA(國際原子力機構) 放射性物質安全輸送規則이 10年만에 개정된다. 世界의 主要國에서 國內規則으로 받아들여졌던 1973년판이 개정되어 IAEA 理事會의 승인을 얻어 내년 봄에 1985년 규칙으로 公刊된다.

1973년 규칙은 1979년에 개정이 있었기 때문에 「改訂 1973年規則」이라고 하는데 그 개정이 근소했기 때문에 이번이 처음으로 본격적 개정이 된다.

IAEA의 輸送規則歷史는 1961년까지로 소급되는데 이번과 같은 종합적인 개정이 1964년, 1967년, 1973년에 있었다.

IAEA 輸送規則의 性格

IAEA수송규칙은 正式으로는 「放射性物質의 安全輸送規則」이란 타이틀로 IAEA의 安全시리즈 No.6이라고 하여 붉은머의 출판물로 公刊된다. 이 붉은머란 그 내용이 집행기관인 IAEA 理事會의 승인을 필요로 하는 것을 의미한다. 그러나 IAEA 自身이 행하는 기술원조활동 등은 이 규칙에 구속받지만, 加盟國에 대해서는 IAEA사무총장에게 加盟國 및 關係機關이 이 규칙을 對應하는 국내규칙의 기초로 받아들임과 함께 國際間輸送에 적용하도록 권고하는 권한을 주는 것에 불과하다.

日本은 1978년에 1973년판 IAEA규칙을 받아

들이고 있고, 歐洲의 여러나라들은 IAEA규칙이 歐洲大陸內 輸送規則이라는 評을 받을 만큼 전면적으로 받아 들이고 있다. 美國은 적극적인 참가자임에도 불구하고 작년에 비로소 1973년規則을 받아들였다.

다른 國際規則과의 關係

放射性物質에 관한 한 그 국제적규제는 국제기구로서는 일차적으로 IAEA의 권한에 속한다. 그러나 物質이라는 관점에서 보면 방사성물질은 많은 위험물중의 하나에 불과하다. 이 점에서 U N의 「危險物輸送規則」(正式으로는 전문가 권고)과 중복된다.

또 輸送모드와 관련하면 항공수송의 경우에는 國際航空輸送協會, 해상수송의 경우에는 IMO(國際海事機構)의 각각의 규제와 직접적인 관계가 생기게 된다. 만약, 우송된다면 국제우편연합의 규제와도 영향을 받게 된다.

그러나 방사성물질의 안전한 취급에 관한 專門의能力은 IAEA에 있다는 국제적 의론이 있어서 IAEA規則이 기본적 사고방법을 제시하는 역할을 맡고 있다.

改訂作業의 進歩

10년에 한번 대폭적인 改訂에서는 국제적 작

업이 어떻게 추진되고 있을까. 규칙에만 국한되지 않고 IAEA 輸送關係全般의 기본방침을 주는 것은 사무총장의 常設諮問機關인 「Standing Advisory Group on Safe Transport of Radioactive Materials」(略稱 SAGSTRAM)이다.

이번 개정은 1978년 10월에 열린 第1回 SAGSTRAM 會合에서 시작되었다. 이 會合에서는 어떤 개정점이 있는가를 지적한다. 마지막으로 금년 3월에 規制最終文案을 승인하기 까지 이 그룹은 4회의 會合을 갖었다. 한편, 세밀하게 개정을 종합적으로 정리하는 것은 「輸送規則改訂을 위한 종합적 검토자문 그룹」으로서 SAGSTRAM과 같이 주요 원자력관계국으로 구성되어 IAEA 사무총장의 자문기관이다.

여기서는 激論이 있었고 또 정책적 판단이 가해지는 것이 이 그룹의 會合이며 이번 개정을 위해서는 모두 3회 會合을 갖었다. 이 會合에서의 검토에 필요한 자료는 각 테마마다 수시 설치되는 技術委員會에서 작성된다. 취급되는 테마는 ① 放射線防護와 安全性, ② 臨界安全性, ③ 輸送容器試驗基準, ④ 品質保證, ⑤ 容器收納限度量算定시스템, ⑥ 放射線防護基本原則 등으로서 專門家會合이 열리고 있다. 이상을 모두 합하면 7년에 걸쳐 십수회의 회합이 있었으며 參加者는 先進國(소련, 동구권도 포함), 개발도상국, 국제기구에서 부터 약 160명이 동원되고 있다.

이동안 보다 高度의 정책적 검토가 IAEA와 는 독립하여 설치되어 있는 主要國政府當局者(동구권을 포함)의 모임인 「放射性輸送安全그룹」에 의해 행해졌으며 수시로 提言을 하였다.

이번 改訂의 特色

이번 개정에서는 지금까지 10년 동안에 이루어진 技術進步와 運用經驗이 반영되고 있다. 그것은 지금까지 수송규칙이 극히 高度의 安全水

準을 실현해 왔다는 실적이 뒷받침하였다. 自信에 찬 發展的 改訂이다. 즉, 세계의 새로운 要求에 적극적으로 對應해 나가는 자세이다.

〈整理된 記述〉

여러곳에 분산되어 있던 一般原則的 記述이 하나로 정리되었고 倍가까이 확충되어 第II章을 구성하고 있다. 종래 非핵분열성과 핵분열성으로 나뉘어서 記述되어 있던 것이 合體되었기 때문에 輸送量의 限度(第III章) 혹은 수송용기의 要件(第V章)이 운반되는 물질의 위험도에 따라서 순서대로 알 수 있도록 改善되었다.

수송중 또는 도중의 보관시 관리에 대해서 數章에 걸쳐있던 規定이 第IV章에 집약됨과 동시에 政府當局關係는 승인수속만이 第VII章에 집중되어 있다. 하나하나 個別具體的인 例로 規定되었던 수송량한도 또는 핵분열성물질의 취급이 하나의 원칙에 따라 정리할 수 있도록 되었기 때문에 이 관계의 기술이 대폭적으로 간결하게 되었다.

이들의 改善에 의해 새로운 규칙은 이론적 흐름이 일관되어 있다. 또 이결과 舊版의 卷末에 첨부되어 있던 要約(이것이 없으면 實務者에 있어서 규칙의 이해는 실제로 불가능에 가까웠다)이 불필요하다는 副次的 效果도 생기게 된다.

放射線防護의 重視

원래부터 방사성물질수송에서 安全이란 중사자 또는 一般公衆의 방사선피폭으로부터의 보호이므로 放射線防護가 수송규칙에서 重要하다는 것은 당연하다. 그러나 이번 개정에서는 이것이 보다 구체적이고 또한 앞으로의 發展을 고려한 여러가지 規定의 형태로 나타나고 있다. 序言의 前半은 형식적인 경위와 규칙성격의 설명이나, 새로 추가된 後半은 전적으로 放射線防護에 대해 記述하고 있다.

ICRP의 권고에 따라 작성된 IAEA의 「放射

線防護의 基本安全基準」은 1982년에 公刊되었으나, 새로운 사고방식을 받아들이기 위하여 金년 1월에 小委員會合이 비공식으로 열렸다. ICR-P가 제창하는 세가지 원칙중 「最適化」의 받아들임을 강화하기 위해 수정을 하는 것이 그 목적이다. 새로운 규칙의 序言後半은 이 小委員會에서 작성되어 그대로 채택되었다.

最適化의 적용에 있어서 日常的으로 수송을 경험하고 있는 미국, 영국, 프랑스, 일본 등 現實派와 순수이론 경향인 아르헨티나 및 서독과의견이 대립되어 그 결과 序言외에 第II章中에 「放射線防護를 위한 일반원칙」, 그중에서도 203項에서 205項까지 特徴的으로 나타내었다. 그 내용을 소개하면, 『203項(要旨) :當局은 (1)방사선피폭을 合理的으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지하며, (2)수송중사자 및 公衆의 構成員에 대한 線量制限體系를 지키기 위해서 수송에 의한 피폭선량의 평가가 필요에 따라 정기적으로 실시되도록 조치해야 한다.

204項(要旨) : 직업상 피폭되는 수송중사자 개인에 대해서는 피폭될 것으로 예상되는 선량에 따라 (a)그것이 年間 5mSv를 넘지 않을 경우에는 특별한 모니터링, 평가는 불필요, (b)年間 5mSv에서 15mSv 사이일 경우는 정기적인 환경모니터링 및 작업장소의 피폭레벨평가가 필요, (c)年間 15mSv에서 50mSv사이일 경우에는 個人모니터링 및 특별한 관리가 필요.

205項(要旨) : (a) 수송중사자에 대해서는 隔離距離 또는 작업구역에서의 線量率 決定에 있어서는 年間 5mSv의 선량레벨을 制限値로 사용하면서 數學的모델로 평가하는 것이 필요, (b) 公衆의 구성원에 대해서는 前項과 마찬가지로 1mSv를 넘지 않는 선량레벨을 제한치로 사용하며 또한 수송으로 부터의 實際線量은 이 値의 작은 부분만을 접하도록 하는 것이 필요하다. 어느 경우에도 制限値란 계산의 목적으로만 사용되는 것으로 규제상의 値는 아니다.』

要點은 203項에서는 政府當局의 책임으로 수송에 의한 중사자 및 公衆의 피폭평가가 정기적으로 행해져야 한다고 하고 있으나, 「필요에 따라」라고 限定되어 있으며 204項은 처음으로 線量에 따른 피폭평가 관리가 도입되어 있다.

205項은 規制値외에 모든 원자력활동에서의 「制限値」라는 개념을 도입하였으며 특히, (b)항에서 수송에서의 기여분이 다시 그 數分の 1이 되도록 하라고 示唆하고 있다. 이 규정의 스타일은 실제로 實現可能하다는 판단에 따라 작성되었으며 또 계산상에 사용되는 것이라고 첨언하고 있다.

이 규정에 의해서 다른 IAEA규칙에 앞서 새로운 輸送規則에 「發生源別上限」(source upper bound)의 개념이 채택되고 있다. 이 개념은 新規則을 기반으로 「IAEA 放射線防護의 基本安全基準」(IAEA理事會에 의해서 승인되고 있다)과는 전혀 별개의 技術指針인 「환경으로의 放射性物質 放出限度를 설정하기 위한 여러原則」(1978年), 그것도 1982년에 추가된 부록중에 처음으로 나타난 것이다. 이와 같이 어떤 의미에서는 最先端의 개념이 수송규칙에 먼저 채택된 것은 전적으로 이번 개정작업과 시기가 일치하였기 때문이다.

IAEA에서는 「기본안전기준의 선량제한 시스템으로의 적용」을 위한 指針의 작성작업이 시작되어서 學者, 研究者외에 電力業界와 爐製造 메이커도 참가하여 「發生源別上限」을 포함한 새로운 개념의 도입을 검토하고 있다. 수송규칙의 개정은 이 作業에 앞서서 試行하는 것이 될 것이다.

輸送物 收納量의 再檢討

歴史的으로 보면 1950年代 영국에서 의료용·공업용 방사성동위원소의 철도수송 경험에서 나온 「A형 輸送容器的 收納量限度」의 개념은 그

후 경험을 축적하여 1960年代의 컴퓨터에 의한 계산능력 획득에 의해 순조롭게 발전을 계속했다. 그 과정에서 「特別形」(密封線源)의 개념은 1964년 IAEA수송규칙에 처음으로 定式化되었으며 1973년판에는 프랑스의 제안에 따라 「A₁, A₂시스템」이 도입되고 있다.

이 개념은 輸送容器가 파손되더라도 그 결과 생기는 피폭은 허용량을 넘지않도록 收納量을 제한하는 원칙에 따르고 있다. 이 경우 피폭의 사양, 피폭경로 또는 허용량은 수송규칙 자체로 정하는 것이 아니고 ICRP가 제시하는 원칙에 따라야 한다. 이를 위해 ICRP의 권고가 새로 와지면 이 사고방식에 따라서 收納量의 재검토가 필요하게 된다.

이번 개정에서는 ICRP의 두개의 권고(publication 26 및 30)에 따라 새로운 계산 과정으로 「Q system」이 영국에 의해 정리되어 收納量의 一覽表가 개정되어 있다. 그 결과는 허용수납량이 늘은 核種도 있고, 줄은 것도 있어서 기본적으로 조정되었다.

S.I 單位의 全面的導入

새로운 규칙은 S.I(國際)單位를 전면적으로 도입하고 있다. 收納量은 Ci에서 Bq로, 피폭량은 rem에서 Sv로 변경되었다. 後者は 자리수의 變化이므로 문제가 없으나 前者는 3.7이라는 數字에 의한 곱, 나누기 환산을 하여야 하기 때문에 모든 數字를 有效數字 한자리로 표시하기 위해서는 조정이 필요하다. 「Q system」은 收納量이 Bq로 산출된다. 規制的 効力은 Bq表示의 數字에 대해서 주어진다. 다만, 지금까지의 익숙함도 무시할 수 없으므로 Ci 또는 rem表示를 () 내에 할 수 있다. 이 경우 Ci值表示는 Bq值가 나타내는 實際量을 넘을 수 없도록 환산해서 얻어지는 數字는 安全側으로 내려서 有效數字 1 자리로 한다.

(表) 1985年 規則作成參加國(國,機關)

〔나라〕 아르헨티나, 오스트레일리아, 오스트리아, 벨기에, 캐나다, 체코, 덴마크, 프랑스, 東獨, 西獨, 폴란드, 스페인, 헝가리, 인도, 이탈리아, 네덜란드, 스웨덴, 스위스, 英國, 소련, 美國, 日本
〔機關〕 歐洲共同体, IATA, ICHA, ICAO, IFAP-A, IMO, ISO, OECD-NEA, UPN, WHO

따라서 같은 수송용기에 대한 수납량도 Ci표시보다 상당히 작아진다(例: Ir190의 경우 A₁ = 0.7TBq로서, 이것은 정확한 계산에서는 약 19 Ci가 되나 아래자리를 버렸기 때문에 10Ci로, 半分이 된다). 國內規則으로 받아들일때 종래와 같이(아래자리의 메어버림 없이) Ci值로 表를 만들면 IAEA규칙과는 다른 數字의 表가 되므로 어떠한 조치가 필요한 것으로 고려된다.

品質保證의 重視

수송물의 安全性은 먼저 그 설계가 여러 요건을 만족시킬 것, 다음에 실제로 만들어지고 사용되는 것이 설계대로인가에 따라서 확보된다. 後者를 「品質保證」 및 「適合保證」이라고 하는데 모두가 第II章에서 正式으로 「一般規定」으로 취급되고 있다. 舊規則에서도 言及은 되어 있었지만 지금까지는 그 책임주체가 명백하지 않았던 것에 비해 새로운 규칙에서는 「政府當局의 승인이 필요로 할 경우에는 그 승인은 品質保證計劃이 충분한 것임을 조건으로 해야 한다」(209項 主文)라는 취지로 明文化되어 있다.

이에 따라서 當局이 발행하는 승인증명서중의 기재사항 「품질보증계획의 구체적내용」(729項(r))이 명시되게 되었다. 輸送容器製造中の 검사에 보다 중점을 두는 동시에 使用中의 것에 관해서도 「정기적으로 검사할 것」(209항(b))이 새로 추가되었다. 그외에 適合保證이 새로

규칙에서는 뚜렷하게 정부당국의 책임으로
어 있다(210項).

저레벨放射性輸送關係條項의 充實

저레벨방사성물질의 수송은 폐기물과의 관련
서 많은 사람들의 현실적 관심을 끄는 것이
概念上 低比放射能物質(自身이 放射化한다)
저레벨의 오염물질(방사성물질이 표면에 부
하고 있다)로 나뉘어져 있다. 방사능레벨이
기 때문에 관심의 소재는 수송의 安全性(또
위험성?)보다 그 量이 대량이라는 것에서
는 수송의 경제성에 있다. 안전하다면 되도
효율적으로 대량으로 운반하고자 한다.

舊規則에서도, 이미 低比放射性物質(Low S-
pecific Activity Material, LSA)과 저레벨고
방사성물질(Low Level Solid Radioactive
aterial, LLS)이라는 카테고리 가 설치되어 있
다. 이번 개정에서는 이들 LSA와 LLS를
쳐서 再配分하고 LSA와 새로운 개념인 표면
오염물질(Surface Contaminated Object, SCO)
분류하여 LSA는 I에서 III까지의 세종류로
류하며, SCO는 I과 II의 두종류로 다시 나
고 있다(第I章 定義).

이것만으로는 物質의 분류가 보다 세밀하게
것에 지나지 않는다. 그런데 실은 이에 대응
서 수송물의 분류에 있어서도 종래의「堅固한
業用輸送物」을 확대분류해서「産業用 輸送物」
Strong Industrial Package, IP)로 고치고 이
을 다시 IP-1型에서 3型까지 세종류로 나
고 있다. 운반할 수 있는 물질과 그것을 운반
는 수송물의 型과의 허용되는 組合을 규정하
있다(第IV章).

각 수송물(IP-1~3)에 따라 만족되어야할 要
의 정도에는 상세하게 차이가 붙어있으므로
第V章) 광범한 종류와 방대한 量이 예상되는
기물도 물질의 분류와 수송물의 型을 잘 선택

하면 종래에 비해 같은 安全性을 확보하면서도
경제적으로 過不足없이 수송할 수가 있을 것이
다(읍손으로 專用積載로 하느냐, 非전용적재로
하느냐에 따라 선택의 폭은 확대된다).

새로운 규칙에서는 종래부터 정의되어 있던
貨物콘테이너 외에 탱크콘테이너가 認知되어 조
건을 만족시킨다면 포장된 容器로 사용할 수
있도록 되어 있다. 이 개선도 잘 활용하면 새
로운 수송방법을 제공하게 될 것이다.

汚染에 관해서는 반드시 實用上의 효과는 없
을지 모르나 오염의 정의가 있다. 여기서 처음
으로「汚染이란 β 및 γ 放射体에 대해서는 0.4
Bq/cm² (10⁻⁵ μ Ci/cm²), α 放射体에 대해서는 0.04
Bq/cm² (10⁻⁶ μ Ci/cm²)의 量을 넘는 방사성물질
이 표면에 존재하는 것을 말한다」고 하고 있다
(第122項).

그 외의 새로운 技術基準

새로운 지식의 증가를 반영한 개정의 주된 例
로서 使用後核燃料輸送容器의 200m浸水試驗과
소형 수송물에 대한 壓潰試驗을 들 수 있다. 前者
는 일본의 제안이, 後者는 서독의 제안이 각각
채택된 결과이며 이것은 수송물이 다양화될 것
에 대비한 것이라고 할 수 있다.

다른 國際規則과의 相互交流

IAEA輸送規則이 먼저 정해지고 그것이 다른
국제규칙에 받아들여지는 것이 원칙의 형태로
되어 있다. 그러나, 수송이 광범하고 또한 활
발해지면서 이와 같은 질서가 지켜지지 않을 것
같으며 다양한 要求에 모두 대응하기 위해서는
각각의 분야에서 부터 제시되는 것에 따르는 것
이 효율적이며 바람직한 發展일 것이다.

이번 개정에서는 다른 國際規則이 일부 도입
또는 참조사항으로 언급되고 있다. 같은 IAEA

内の 규칙인 「방사선방호의 기본원칙」은 별도로 하더라도 容器的 시험방법에 ISO (國際標準機構) 基準의 직접인용이 이번에 도입되었으며 유엔의 「위험물 수송규칙」도 수송방법 및 용기 시험에 대해서 인용되고 있다. 항공수송 및 선박수송에 대해서는 이미 해당 국제기관(각각 I-ATA, IMO) 규칙의 몇개 항목이 그대로 모드별의 규제조항으로 가해지고 있다.

앞으로의 改訂輸送規則의 實施

개정규칙이 IAEA출판물로 나오는 것은 내년, 1985년이고 각국에서는 늦어도 5년내 즉, 1990년까지 新規則을 채택할 것이다. 그동안은 移行準備를 위한 과도기간이 되며 신규칙에는 구 규칙에는 없었던 경과조치 조항이 있다.

먼저, 경과조치에서는 1973년 규칙에서 승인된 輸送容器는 1990년까지 사용할 수 있도록 하며 또 그후에도 관계국 전원이 승인하면 계속 사용이 허가되고, 구규칙보다 앞선 1967년규칙에 의한 수송용기도 現存의 것에 대해서는 관계국 전원의 승인이 있으면 사용할 수 있도록 하였다. 이것은 미국이 1973년규칙을 작년 채택하였기 때문에 현존하는 美國關係容器的 대부분이 1967년형 이어서 경과조치를 고려할 필요가 있었기 때문이다. 이 最古의 型에 대해서는 신규제작은 곧 중단된다.

實施指針의 整備

新規則은 만족시켜야 할 要件이 제재된 일종의 기술기준이다. 이것을 구체적으로 실시에 옮기는데는 각종의 지침이 필요하다. 먼저, 條文의 이해를 촉진시키기 위해 그 역사적 배경, 필요성 등의 설명이 별도 「설명문서(속칭 Why문서)」로, 또 이들 요건의 적합을 판단하는데 필요한 측정방법, 解析方法 등의 參考例가 「助言文書

(속칭 How文書)」로 각국 전문가의 의견을 합하여 1986년까지 출판된다.

그 다음 이번에 대폭적으로 도입된 放射線護에 대해서 특히, 그 最適化를 어떻게 政府局이 실시하면 좋은가, 그 지침의 작성이 2에 걸쳐서 행해진다. 또한 정부당국의 책임 무거워진 품질보증에 대해서는 금년 11월에 門家會合이 개최되어 2년에 걸쳐 지침이 작되고 있다. 이들 지침이 어떤 형태로 되는가 實際에 미치는 영향이 크다. 따라서 광범한 견을 정리하여 國際的 協力을 반영시켜가는 이 앞으로 몇년간 매우 중요하다.



이달의 到着資料

- ◇ Nuclear News<美國> 10月, 11月號
- ◇ ATOM<英國> 8月, 9月, 10月, 11月號
- ◇ Nuclear Engineering International<英國> 10月, 11月, 12月號
- ◇ Nuclear Europe<스위스> 9月, 10月號
- ◇ ANS New<美國> 8月, 9月, 10月號
- ◇ Info<美國> 9月, 10月號
- ◇ 原子力産業新聞<日本> 1248號, 1249號, 1250號, 1251號, 1252號, 1253號, 1254號, 1255號, 1256號, 1257號, 1258號
- ◇ 原子力工業<日本> 9月, 10月, 11月, 12月號
- ◇ 原子力文化<日本> 9月, 10月, 11月號
- ◇ Atoms in Japan<日本> 9月, 10月, 11月號
- ◇ Safo<스웨덴> No. 2
- ◇ 原子爐廢止措置調查團報告書<日本原産>
- ◇ 原子力發電所一覽表(1984年 6月 30日 現在) <日本原産>
- ◇ 原子力年鑑(1984年度) <日本原産>
- ◇ 原子力포켓북(1984年度) <日本原産>
- ◇ 原子力安全性研究用語集(1984年 10月) <日原研>
- ◇ UKAEA Annual Report(1983-1984) <英國>