

美國의 低·中準位 放射性廢棄物 管理現況

1. 序 論

美國에서는 에너지省(DOE) 소유의 시설에서 발생하는 저준위 방사성폐기물 관리에 대해서는 DOE가 모든 책임을 맡고 있으며, 민간기업(상업용 폐기물)에서 발생하는 저준위 폐기물은 직접적으로 규제하든가, 또는 원자력규제 위원회(NRC)의 위임에 의해 규제하고 있다.

최근 상업용 및 DOE의 저준위 폐기물 관리를 감독하는 정책이 현저히 변화했다. 그 결과 지역베이스에 의한 상업용 저준위 폐기물의 관리와 처분에 대해 각 주간의 구성을 형성중이며, 저준위 폐기물 처분에 관한 신규지점과 처분기술이 개발되고 있다. 또 연방정부는 지표면 가까이에 저준위 폐기물의 일상적인 처분으로 방사성 핵종이 제한치를 넘는 경우에 상업용 저준위 폐기물의 처분에 대해 책임을 갖게 되었으며, DOE가 그 저준위 폐기물의 관리방법을 재검토하고 있다.

2. 商業用 低準位廢棄物의 新規處分 施設 開發

상업용에서 발생하는 저준위 폐기물의 처분을 위해 1962년부터 1971년 사이에 미국에서

는 6개소의 사이트가 개발되었다. 1978년까지 이 지점 중 3개소가 폐쇄되었고, 나머지 3개소 처분지점의 주지사는 이런 래시설은 국가 전체를 위해 사용되어야 한다고 발표하기 시작했다.

1980년 12월 미국의회는 이와 같은 상황에 부응하여 저준위 방사성폐기물정책법을 통과시켰다. 이에 따라 각주에서 발생한 상업용 저준위 폐기물은 그 주내에서 처분할 책임을 갖는다는 연방정책법을 제정했다. 이 법률에 의하면 상업용 저준위 폐기물은 지역베이스에서 가장 안전하고 효율적인 관리를 할 수 있다고 되어 있으며, 州間 협정을 체결하여 지역처분시설의 개발과 운영을 할 수 있도록 하였다.

저준위 폐기물의 관리를 위한 협정 형성을 장려하기 위해 1980년 법률은 협정지역 이외에서의 어떠한 폐기물도 지역내 처분을 금지하는 협정을 인정했다.

1985년의 저준위 방사성폐기물정책수정법(1985년의 법률)은 1980년 법률에 규정된 정책의 반복이다. 그러나 이 법률은 州와 州間 협정 지역이 A, B, C 등급의 저준위 폐기물을 처분하는 책임을 충족시키도록 하기 위해 이정표, 자국 그리고 별척에 대해 언급하고 있다. 그리고 A, B, C 등급은 미국 연방규제법 10CFR Part 61에 정의되어 있다.

1985년의 법률에 의하면 운영중인 상업용 저준위 폐기물처분시설을 갖지 않은 각주 또는 협정지역에 있는 저준위 폐기물 발생자는 기존 3개소의 상업용 저준위 폐기물처분시설을 이용할 수 있도록 하였는데, 이 이용은 처분장을 갖지 않은 주 또는 지역이 신규 처분시설을 개발할 수 없는 경우 1993년 1월 1일까지 이 3개 시설의 이용을 보증하고 있다.

52個州(1985년 법률에 의해 콜롬비아지역과 푸에로토리코는 주로서 취급된다)는 각각 상업용 저준위 폐기물에 대한 처분용량을 준비해야 한다. 41個州는 저준위 폐기물 처분에 대해 9개소의 협정지역이 있다. 협정멤버가 아닌 6個州는 각주 독자의 처분장을 개발할 계획을 갖고 있으며, 2개주는 폐기물 처분시설 운영에 대해 협정지역에 관한 계약을 1989년까지 체결하고 있다.

저준위 방사성폐기물 처분시설의 지점에 대해서는 기술적, 경제적, 제도상, 환경문제 등 많은 복잡한 문제가 있다. 그 결과 신규 처분장의 개발에는 예상 이상의 장기간이 필요하다. 1971년 이후 미국에서 신규 상업용 저준위 폐기물 처분시설의 지점은 없고, 10CFR 61의 필요조건을 충족시키는 처분지점의 신청도 없었다. 1983년에 발표된 10CFR61은 방사성폐기물의 육지처분에 대한 인허가 필요조건을 포함하고 있으며, 州와 지역의 발전에 영향을 주는 주된 항목으로서 다음과 같은 항목이 있다. 즉 지점 개발비, 처분기술의 선택, 협정지역의 안전성, 책임, 저준위 폐기물 처분시설의 입지에 대한 일반대중과 정치적 반대, 州와 협정지역에서 이용 가능한 토지의 제한 등이 있다.

미국은 현재 상업용 저준위 폐기물을 A, B, C로 구분하여, 이에 대해 15개소의 신규 폐기물 처분장을 개발할 전망이다. 신규지점 1개소의 평균 개발비용은 3,000만 \$로 예상되고 있어서 정부는 신규 저준위 폐기물 처분시설(複數)에 대한 경비를 4억5억만 \$이 될 가능성이

있다고 보고 있다. 그러나 이 액수는 지점수에 의해 증가될 것이다. 최근 저준위 폐기물의 容積減少와 관련하여 제안되고 있는 몇개 신규 지점의 경제적 실행 가능성의 의심받기 시작했다.

미국에서 현재까지 개발중인 6개소의 저준위 폐기물 처분지점은 처분기술로서 모두 淩層埋設을 선택하고 있다. 이를 지점이 선택될 당시에는 지역 선택과 운영에 대해 일정한 규칙이 없었다. 운영문제, 특히 물의 오염에 대해서는 몇군데의 처분지점에서 경험하여 6개소의 지점 중 3개소는 현재 폐쇄되었다. 이런 지점에서 방출에 의한 일반대중의 건강영향문제는 확인되지 않았다. 그러나 일반적으로 수용가능한 처분방법으로서 淩層埋設이 대중의 신뢰를 약화시키고 있음이 확인되었다. 대부분의 정책제안자와 시민은 과거에 몇가지 기술적인 문제를 경험한 淩層매설과 같은 신규 淩層매설의 건설에 대해 의문을 갖고 있다. 때문에 몇몇 협정지역과 州는 신규 저준위 폐기물 처분장의 淩層매설 사용을 금지했다.

미국이 당면하고 있는 다른 주된 문제는 협정지역에서의 장기간에 걸친 안정성이다. 협정지역의 법률당국은 저준위 폐기물의 수출입을 금지하고 있으며, 이 지역은 폐기물 발생자, 브로커, 처리업자, 수송업자, 그리고 처분시설 운영자에게 영향을 미치고 있다. 즉, 협정지역은 다른 협정지역에 있는 처리시설에서의 처분에 앞선 전처리를 위한 폐기물의 수출을 금지하는데, 이 수출입금지의 영향에 관해 의문이 일고 있다.

신규 처분시설은 시설과 관련된 리스크를 수용가능한 기준 이하로 유지하기 위해 州와 연방의 엄격한 규제를 받는다. 그래도 얼마간의 리스크가 있다. 이 리스크는 작은 것이기는 하나 이에 관련된 잠재적 책임이 있음이 밝혀졌다. 따라서 A, B, C등급 저준위 폐기물의 신규 상업용 처분시설에서는 많은 중대한 책임항목

을 고려하여 해결한 필요가 있다. 정부당국자와 일반대중은 처분지점을 폐쇄한후의 배려에 대한 기금의 이용과 모니터링에 대해서 질문하고 있다.

환경오염의 가능성을 염두에 두어야 하고, 또 당사자는 장래의 환경개선도 확실히 정의해 두어야 한다. 이런 종류의 책임에 대한 보험적 용 범위는 현재 미국에 있는 원자력시설의 운전자가 이용할 수 없고, 또 지금까지도 이용하지 못했다. 따라서 환경적, 개인적 보증을 하는 전통적이 아닌 방법을 조사중이다.

3. C等級보다 높은 商業用 低準位 廢棄物의 管理

미국의 연방규제에 의하면 C등급 폐기물에 대한 10CFR Part61의 제한치를 초과하는 상업용 폐기물과 NRC당국에 의해 규제되는 상업용 폐기물은 정상적으로 地盤의 깊이 30m 이상으로 처분할 수 없다. 현재 C등급 보다 높은 상업용 저준위 폐기물(GTCC : Greater-than-Class C)의 처분을 수용할 수 있고, 또 1985년의 법률(저준위 방사성폐기물정책수정법)의 요구사항에 합치되는 미국의 시설은 없다.

1985년의 법률은 연방정부가 상업용 GTCC 저준위 폐기물 처분의 책임에 대해 서명했다. 그리고 1985년의 법률은 GTCC 저준위 폐기물에 대한 비연방처분의 옵션을 DOE가 정의할 것을 요구했다. 또 폐기물 발생활동에 의해 이익을 얻는 자가 처분에 대한 정당한 비용을 지불하는 보증을 했다.

DOE가 1986년에 미국의 상업용 GTCC 폐기물 발생자에 대해 조사한 바에 의하면 매년 극소량의 GTCC가 발생하고 있으며, 이것들은 발생한 장소에 저장되고 있다. 1986년부터 2020년에 걸쳐 매년 평균 8.6m^3 의 GTCC 저준위 폐기물이 시설의 운전에 의해 발생한다고 예상되고 있다. 1985년말에 발생장소의 저장량은 130m^3

로 평가되고 있다.

21세기 초부터 원자력발전소의 폐기조치가 시작되면, 이에 따라 대량의 GTCC 저준위 폐기물이 발생할 것으로 예상된다. 현재의 원자로폐기조치계획이 실행된다면, 2020년까지 방사화된 금속이 $5,600\text{m}^3$ 발생한다. 그러나 잠재적으로 존재하는 GTCC의 방사화금속폐기물의 현재량과 예상량이 특성과 분류에는 불확실한 점이 많다.

GTCC 저준위 폐기물 중 약 60~75%는 폐기물을 수납한 콘테이너표면의 방사성 준위가 200mR/h 보다 높으므로 원격조작이 필요하다고 예상되고 있다. 이型의 폐기물은 주로 원자력발전소에서 발생한다. 원격조작이 필요한 GTCC 저준위 폐기물은 노심부분에서 방사화된 금속이 주요한 것이다. 이와 같이 방사화된 금속은 지표면 가까이 폐기할 수 있는 폐기물 용 폐키지의 Ni-59, Ni-63, C-14 그리고 Nb-94의 규제농도를 초과하는 경우가 있다.

원격조작이 필요한 다른 GTCC 저준위 폐기물로는 연료시험시설에서 照射중인 원자로연료의 샘플 또는 노심부분에 있는 계측기를 포함하고 있으며, 여기에는 원자로의 汚染净化系統에 있는 이온교환수지, 사용후핵연료 저장풀에서 나오는 슬러지가 있다. 이런 폐기물은 Sr-90, Tc-99, I-129, Cs-137 그리고 반감기가 5년 이상인 α 선을 내는 超우라늄 방사성 핵종의 농도가 C등급의 규제농도를 초과하는 경우가 있다.

GTCC 저준위 폐기물의 25~40%는 폐키지는 超우라늄元素密封線源과 超우라늄 폐기물을 포함하고 있다. 이 초우라늄 폐기물은 제조한 밀봉선원과 지금까지 개발한 우라늄-플루토늄 혼합핵연료에서 발생하며, Cs-137을 수납한 차폐할 수 있는 콘테이너도 포함될 수 있다. 이런 것에는 밀봉선원을 제조했을 때의 폐기물과 사용이 끝난 밀봉선원이 포함된다.

제조시에 나오는 고화된 액체와 트레이서로 C-14를 사용한 물질도 직접 취급할 수 있다.

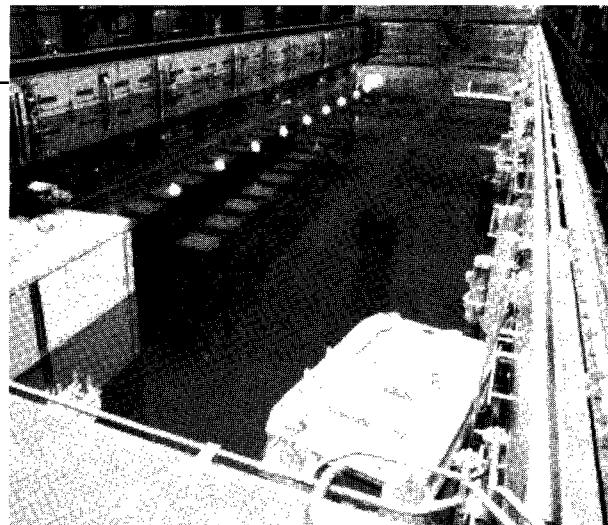
GTCC 저준위 폐기물로 나오는 밀봉선원 폐기물 그대로의 체적은 2020년까지 $1m^3$ 이하로 예상된다. 그러나 밀봉선원의 개수는 1,000의 규모로 처분을 위해 패키지한 용적보다도 많다.

비교적 용량이 적은 GTCC 저준위 폐기물이 신규 처분용량의 개발에 있어서 옵션이 될 수도 있다. GTCC 저준위 폐기물의 폐기에 대한 또 하나의 가능한 대체처분안으로 NRC가 인가한 연방의 고준위 폐기물(HLW) 처분장이 있다. DOE도 작년에 GTCC 저준위 폐기물의 처분을 위해 중간 깊이의 시추홀과 지하처분장의 기술조사를 시작하였다. 이 두종류의 방법으로 폐기물의 전부 또는 일부를 처분할 경우 작업자와 일반대중에 대한 피폭의 가능성에 대해 예비평가를 할 예정이다.

1985년의 법률은 DOE가 처분에 대해 非연방옵션의 확인을 필요로 하고 있다. 이것을 달성하여 GTCC 저준위 폐기물관리에 대한 코스트와 자금조달을 용이하게 하기 위해 DOE는 GTCC 저준위 폐기물의 발생, 관리 그리고 규제를 포함한 연방, 주 및 민간기업의 대표로 구성되는 협력작업그룹을 편성중이다. 이 그룹은 폐기물의 특성을 밝히고, 폐기물 관리옵션의 정의, 개발, 평가 등에 대한 활동을 할 것이다.

상업용 GTCC 저준위 폐기물의 처분용량 개발은 NRC가 제안한 고준위 폐기물의 규제가 최종 결정될 때까지 연기되고 있다. 고준위 폐기물의 정의에 변경이 생기면, 현재 GTCC로 고려되고 있는 폐기물의 종류와 양에 크게 영향을 줄 것이다.

GTCC 저준위 폐기물의 처분용량이 개발될 때까지 DOE는 중간에 상업용 GTCC 폐기물을 1989년 초까지 수용할 것을 제안했다. 폐기물의 수용에는 수용기준에 합치할 것과 필요경비의 지불조건이 따르게 된다. DOE는 처분옵션이 이용가능할 때까지 폐기물을 관리한다. 관



리에는 처분에 앞서 저장, 필요한 처리, 패키지 및 수송을 포함한다.

4. 美에너지省의 低準位廢棄物管理

DOE는 1940년 이래 DOE가 소유하는 저준위 폐기물(주로 방위에 관한 폐기물)을 그 시설내에 淺層埋設로 처분했다. 그러나 DOE는 안전에 대한 관심이 증가하여 보다 높은 신뢰성의 처분작업이 필요한 점과 일반대중에 대한 신뢰를 높이기 위한 DOE의 폐기물 관리개선, 저준위 폐기물 관리의 장기 코스트 증가가 있었기 때문에 저준위 폐기물을 어떻게 관리해야 좋은지를 검토하고 있다.

신규 처분용량 개발에 대한 노력, 기존 처분시설의 운영개선 그리고 장기 코스트의 확실한 증가에 관한 DOE의 노력은 폐기물 발생원의 감소, 폐기물 처리, 공학적 처분기술의 개선에 쏠려 있다.

DOE의 저준위 폐기물 관리에 관한 목표는 다음과 같다.

- DOE의 저준위 폐기물은 물리적, 화학적 특성에 보다 특징지워 처분된다. 인간에 대한 피폭과 환경으로의 방출을 합리적으로 낮추어 실행평가를 통해 평가한다.

- 저준위 폐기물은 폐기물 발생량을 감소시키는 편성과 처리·처분기술을 가장 알맞게 편성함으로써 계통적으로 관리된다. 따라서 방사

능은 함유되어 있으나 시스템 전체의 코스트효과는 최대가 될 것이다.

DOE는 저준위 폐기물 관리목표를 확실히 충족시키기 위해 다음과 같은 세가지 주요한 활동을 실행하고 있다.

그 첫째의 활동은 DOE의 저준위 폐기물 발생과 관리시스템에 대한 제한치와 필요조건이다.

두번째 활동은 지하오염방호와 같은 문제점에 대처하기 위한 전략을 장려하는 전략계획의 개발이다. 이 전략계획은 만약 그것이 대책을 제안하지 않았을 때에 저준위 폐기물 관리에 마이너스의 영향을 주지 않는 중대되는 문제점과 우려를 식별하는 것이다. 이 전략계획은 이런 문제점을 해결하는 전략이나 또는 그 반대로 어떻게 대처할 것인지를 제안하는 것이다.

세번째 활동은 DOE의 저준위 폐기물 관리에 대한 장기 마스터플랜을 작성하는 것이다. 이 계획은 설비와 지점의 저준위 폐기물 계획을 종합정리하여 시스템 전체의 요구사항, 코스트를 나타내고, 타당한 우선순위 확립을 돋도록 일정을 세워 중복을 최소한으로 하는 것이다.

현재까지 DOE의 저준위 폐기물에 관한 개정후의 관리에 대한 각종 요구사항은 최종적인 것으로 되어 있고, 당초의 전략계획이 진전하여 최초의 장기 마스터플랜이 만들어졌다. DOE의 수정 저준위 폐기물 관리요구사항의 이행에는 수년이 소요될 것이다. 최초의 적용은 폐기물 발생량을 저감시킴으로써 폐기물코스트를 최소로 하여 비방사성 또는 “규제의 대상이 되지 않는 값(值)이하”의 폐기물 분리 또 나머지 저준위 폐기물의 특성 설정을 명확히 하는 것이 적당한지에 대해 목표를 정하고 있다.

전략계획에는 다음 몇가지 항목이 있다. 지하수의 오염방호, 장래 최대의 저준위 폐기물의 관리 및 몇가지 특수한 폐기물의 관리이다.

DOE의 개정 저준위 폐기물 관리요구사항의 이행에 대한 코스트와 일정은 검토중이며, 장

기 마스터플랜에 반영할 예정이다. 코스트와 일정은 시설에 따라 변화되며, 폐기물의 특성, 체적 그리고 처분장과 그 환경의 자연특성에 의존할 것이다.

5. 結論

1985년의 저준위 방사성폐기물정책수정법 본래의 목적은 1993년까지 상업용 등급 A, B, C의 저준위 폐기물에 대한 수납가능한 국가 규모 시스템의 개발을 보증하는 것이었으며, 이 목적에 부합되는 상당히 많은 진보가 있었다. 그러나 아직도 많은 장애가 남아 있다. 이런 장애를 극복하려면 창조적이고 혁신적인 어프로치가 필요하겠다.

1985년의 법률은 10CFR Part 16 Class C의 제한치를 넘는 상업용 저준위 폐기물의 처분에 대한 연방정부의 책임에 대해 규정하고 있다. DOE는 2020년까지 발생이 예상되는 이런 폐기물량을 6,000m³ 이상이라고 예상하고 있다. 그러나 NRC가 새로이 정의한 고준위 폐기물의 발생량은 매우 불명확하다. 이 정의는 현재 정의되고 있는 GTCC(C등급 보다 높은) 저준위 폐기물의型과量에 따라 변할 수 있다. GTCC 저준위 폐기물의 처분계획은 고준위 폐기물의 정의가 완성되기 전에 실시될 것으로 예상된다. 그 동안 일반적인 사이트에 저장할 수 없는 DOE의 잠재적인 상업용 GTCC 저준위 폐기물의 수용과 관리에 관한 계획이 추진된다.

DOE는 어떻게 하면 일반대중의 건강과 환경을 DOE의 저준위 폐기물로 부터 충분한 보호를 보증할 수 있는지에 대해 검토중이다. 통합된 “태어나면서부터 죽을때까지”的 어프로치가 폐기물 관리의 영향을 최소로 하기 위해 추구되고 있다. 전략적인 문제점을 식별하는 가운데서 폐기물 관리가 문제가 되기 전에 발견된 문제점을 해결하도록 전략계획을 현재 검토중이다.