

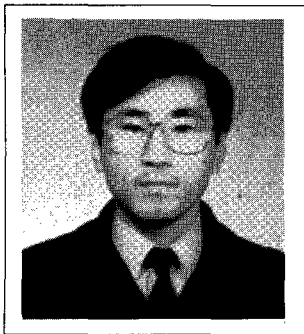
95년도 방사성폐기물회의

미국 아리조나대학 개최 1995. 2. 26~3. 2

방사성폐기물관련 연구 및 사업의 현황과 전망

정진엽

한국전력기술(주) 원자력기술처 과장



방 사성폐기물회의(Waste Management)는 매년 2월말경에 미국 아리조나주 Tucson에서 개최하고 있는데, 전세계의 방사성폐기물 관련연구 및 사업의 주요 현황과 결과, 향후전망 등을 토론하는 국제학술대회이다.

이 학술대회(이하 학회)는 폐기물의 유해성으로부터 대중과 환경을 지속적으로 보호하고, 방사성물질의 평화적 이용을 추구하자는 목표하에 설립된 비영리회사인 Waste Management Symposia, Inc.가 주관하고

있다.

미국 아리조나대학에서 주최하는 이 학회는 미국원자력학회, 에너지성, 뉴멕시코 주립대학, 폐기물관리 교육 및 연구연구소(WERC) 및 미국기계기술자학회에서 후원하며, 국제원자력기구에서도 개최를 지원하고 있다.

이 학회에서는 고준위·중저준위·초우라늄 및 혼합 폐기물 등을 대상으로 방사성폐기물 처리·저장·처분·환경복구사업 및 이들 분야에서의 대중의 참석 및 기술개발 등 방사성폐기물에 대한 전문야를 다루는 논문들이 발표된다.

방사성폐기물에 관한 안전성 기타 현안 문제들을 다루는 학회는 전세계적으로 많이 있지만, 이 학회는 방사성폐기물에 관한 단일 학회로는 가장 규모가 큰 학회이기 때문에 각국의 방사성폐기물 전문가들에게는 중요한 정보교환의 장이 되는 학회이다.

비교적 이른 시기에 각국의 전문가

들이 대거 참석하기 때문에 폐기물에 관한 관련 학회의 준비모임이 이 학회에서 이뤄지기도 한다.

올해에도 학회기간중 점심시간이나 논문발표 시간을 피하여 25회 이상의 별도의 전문가 모임과 관련학회준비모임이 열렸다.

특히 이 학회에서는 미국 에너지성의 방사성폐기물 관련정책과 현황이 매년 주요 발표주제로 다뤄지고 있고, 미국 외의 다른 국가에서도 큰 관심을 갖고 많은 사람들이 참가하기 때문에 해외 동향을 파악하는 데에 큰 도움을 주고 있다.

또한 이와 같이 빠른 정보를 얻을 수 있는 학회이기 때문에, 미국의 경우 에너지성이 발주하는 사업을 수주하는 데에 도움을 주기도 한다.

주요내용

올해 개최된 WM '95는 지난 2월 26일부터 3월 2일까지 5일간 개최되

었다.

이번 학회는 그간의 학회에 비해 규모가 훨씬 커졌는데, 전세계 30개국에서 정식으로 등록한 참가자만 2,348명이었고, 학회중 전시회 참가업체 168개, 발표논문은 62개 분과에서 총 500편을 훨씬 넘는 기록적인 수치였다.

예년에 비해 50%나 늘었다는 전시회장은 학회내내 항상 관람인파로 붐볐다.

이는 21년전에 참가자 100명으로 출발한 것에 비해 놀랄만한 성장을 보인 학회 규모의 한 단면을 나타낸다고 볼 수 있다.

이번 학회에는 우리나라에서 한국 전력기술(주), 한국과학기술원, 한국 원자력연구소, 한양대학교 등의 기관에서 5명이 참가하였고, 논문은 3편을 발표하였다.

이 학회의 프로그램 자문위원으로 한국과학기술원의 교수 한 분이 포함되어 있다.

학회 공식 프로그램에 앞서 "How clean is clean?", "Tools and techniques for interactive public meetings workshop", "Utility roundtable", "Teacher's workshop" 등 4개의 워크숍 프로그램이 진행되었다.

또한, 학회의 공식 일정이 끝난 다음날부터는 미리 신청한 참가자에 한하여 유카산과 뉴멕시코의 Carlsbad에 위치한 WIPP시설을 견학할 수 있

는 기회가 있었으나 우리 일행은 아쉽게도 견학을 하지 못했다.

2월 27일 아침부터는 아리조나 공대 Ernest Smerdon 학장, 미국원자력학회 Alan E. Waltar 회장, 미국기계기술자학회 방사성폐기물 위원회 Michael M. Thomas 위원장의 환영사를 시작으로 하여 논문발표가 시작되었다.

총 62개의 분과중에서 포스터로 발표하는 분과는 5개였고, 나머지 57개 분과는 구두로 발표하는 분과였다.

각 분과를 논문주제별로 나누어 정리하면 <표 1>과 같다.

주제별로 각 분과에서 발표된 논문들의 주요내용을 요약하면 다음과 같다.

<표 1> 논문 주제별 분과 및 발표 논문수

| 주 제 | 분 과 | 발표 논문수 |
|--------------------------|---------------------------------------|--------|
| 1. Plenary | 1 | 4 |
| 2. DOE 정책 및 사업현황 | 2, 8, 10, 21, 26*, 30, 36, 47; 48, 52 | 39 |
| 3. 국제사업 현황 | 19 | 8 |
| 4. 고준위/TRU폐기물 관리 | 5, 17, 18, 35, 58 | 61 |
| 5. 중저준위폐기물 관리 | 7, 11, 14, 22, 34, 45, 62 | 93 |
| 6. 혼합폐기물 관리 | 14, 15, 24, 37, 41, 46, 50 | 135 |
| 7. 안전성 평가 | 44, 53 | 11 |
| 8. 로봇트 및 원격기술 | 12 | 6 |
| 9. 포장 및 수송 | 13 | 7 |
| 10. 제염·해체 | 42, 51 | 13 |
| 11. 폐기물 재순환 및 재활용 | 25, 32 | 15 |
| 12. 경제성 평가 | 3, | 3 |
| 13. 규제기준·기술개발 및 이전 | 9, 29, 33, 43, 59 | 33 |
| 14. 오염방지·복구/폐기물 최소화 | 23, 40, 54, 57, 61 | 35 |
| 15. Public Communication | 16, 20, 27, 39, 49, 56 | 84 |
| 16. 기 타 | 6, 28, 38, 55, 60 | 28 |
| 계 | 62 | 575 |

주) * 표시 분과는 취소됨

1. Plenary

환영사에 이어 본회의장에서 계속된 이 발표에서는 옛소련 우크라이나에서 발생한 체르노빌 사고 이후 건설된 첫번째 대피장소(Ukritiye)를 폐쇄시키고, 90년대에 초에 우크라이나 정부가 추가로 계획하고 있는 두번째 대피장소의 건설("Kiev 92계획"으로 명명)을 지원하기 위한 유럽의 노력이 소개되었다.

또한 폐기물관리사업을 위한 국제적 협력 및 조직, 미국 에너지성의 고준위폐기물 정책 및 사업현황과 환경관리프로그램 등이 발표되었다.

2. DOE 정책 및 사업현황

이 학회에서는 매년 미국 에너지성

부지중의 하나를 중점적으로 다루는데 작년에는 Rocky Flats를 다루었고, 내년에는 Savannah River를 다룰 예정이다.

올해에는 페르날드 부지를 다루는 특별분과를 두었는데, 대중의 참여과정·결과 및 경험에 관한 8개의 논문이 발표되었다.

또한 군사용 폐기물, 미국 에너지성이 소유하고 있는 사용후연료와 여러 국가에 공급된 미국산 연구용 원자로 연료 등에 관한 정책과 안정화 기술도 언급되었다.

사용후연료 건식저장용기에 관한 미국 정부와 전력회사의 의견도 발표되었으며, 사용후연료의 회수가능 감시저장시설(MRS)에 관한 사항도 발표되었다.

이들 주제들은 모두 열띤 토론의 대상이 되기도 하였다.

유카산은 널리 알려진 바와 같이 네바다주 라스베가스의 북서쪽으로 약 175km 떨어진 곳에 위치하는 산으로, 미국 의회가 미국 에너지성으로 하여금 7만톤의 방사성폐기물 처분여부를 결정하기 위해 필요한 부지특성 조사를 하도록 지정한 곳이며, 처분폐기물은 약 63,000톤의 사용후연료와 약 7,000톤의 고준위폐기물로 구성된다.

초기에 미국 에너지성은 98년부터 사용후연료를 인수하기로 하였으나, 부지특성조사 결과 부지가 처분장 부지로 적합한 것으로 밝혀져도 2010년

까지는 실제 처분에 착수하기 어려울 것으로 판단된다.

현재, 기술적 부지적합성(Technical Site Suitability)에 대한 결정은 98년까지로 계획되어 있다.

이외에도 92년 10월 고체폐기물 처분에 관한 법을 개정하여 제정된 「연방시설 준수에 관한 법(FFCA)」에서의 혼합폐기물 관리에 관한 내용이 발표되었다.

FFCA는 미국 에너지성이나 기타 관련 연방정부 기관이 「자원재생 및 회수에 관한 법(RCRA)」에 부합되도록 혼합폐기물을 관리하는데 필요한 조건들을 규정하고 있는 법이다.

이 법에 의하면 에너지성은 혼합폐기물의 처리를, 부지가 속해 있는 주가 환경보호국 지역사무소에 의해 규제받도록 되어 있다.

이 법은 미국 22개주에 있는 49개 부지에 관련된 법이기 때문에 이에 관련된 분과는 많은 청중들로 성황을 이루었다.

학회기간중 계속된 전시회에서는 미국 에너지성의 정책과 사업현황을 알리는 전시장소만도 무려 13개에 달했는데, WIPP나 유카산과 같은 시설 및 사업의 현황을 비교적 상세히 소개하고 있다.

이 주제와 관련된 분과들중에서 관심을 끌었던 것은 미국 정부의 군사시설(핵무기 관련)에 대한 부지복구문제였다.

미국에서도 70년대에는 유해폐기

물매립장 관련사고가 잇따라 발생했는데, 77년에는 40년에 후커화학회사가 버린 유해폐기물이 주민들에게 심각한 유전적 결함과 건강상의 문제를 야기한 사례가 있었다.

이 사고수습에 총 3천만달러 이상이 소요되었는데, 이로 인해 80년에는 미국 의회에서 「사용종료 유해폐기물 매립장 처리에 관한 법률(CERCLA)」을 제정·시행하게 되었다고 한다.

이번 학회에서는 CERCLA와 관련하여 미국의 National Priorities(Superfund) 리스트에 올라있는 Fernald 부지의 복구현황 및 성공사례 등을 폭넓게 언급하고 있어서, 현재 산업폐기물이나 폐광문제로 고민하고 있는 우리나라에도 참고할 바가 큰 것으로 생각되었다.

페르날드는 미국 오하이오주 페르날드 인근에 있는 에너지성 시설로 미국 군사 프로그램을 지원하기 위해 52년부터 89년까지 고품위 천연 우라늄광을 고순도 우라늄금속으로 처리·정련 및 가공하기 위해 운영된 시설이다.

현재 동 부지를 복구하기 위한 프로그램으로 페르날드환경관리사업(FEMP)이 성공적으로 진행되고 있다.

이 부지에서 발생하는 대량의 폐기물 저장 및 처분은 앞에서 언급한 바와 같이 National Priorities(Superfund) 리스트에 올라있으며, 3백만 입방야드 이상의 오염물질과 우라

냄으로 오염된 지하수를 관리하고 있다.

에너지성의 J. Phillip Hamric씨는 이 사업의 경험을 통해 얻은 중요한 교훈은 "어떤 사업이 성공하기 위해서는 먼저 성공으로 인하여 무엇이 달라질 것인가에 대해 대중들 사이에 합의를 갖게끔 하는 것"이라는 것을 밝히고 있다.

3. 국제사업 현황

미국을 비롯한 8개 국가의 사업현황이 발표되었다.

참석자는 모두 현재 진행중인 우리나라의 폐기물사업에 대해 큰 관심을 표명했으나 이에 관한 논문발표는 없었다.

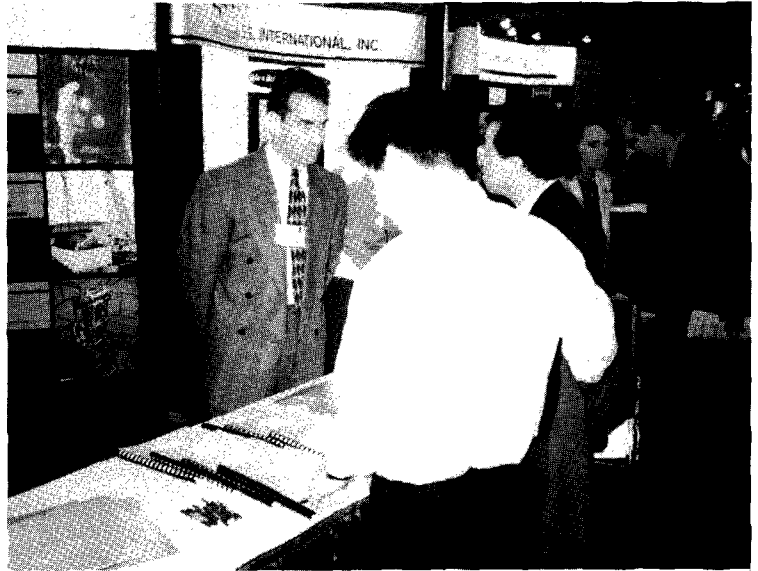
대신에 사용후연료 소내 저장능력을 확장하기 위해 최근 우리나라에서 완료되었거나 진행중인 사용후연료 조밀저장대사업에 관한 논문이 발표되었다.

이외에도 독일·이탈리아·영국·미국·헝가리·루마니아·유고슬라비아 등에서의 고준위 또는 저준위폐기물 관리현황이 발표되었다.

4. 고준위/TRU 폐기물 관리

△ 미국 네바다주 유가산 지하처분장의 개념설계 △ 영국 심층처분장에서의 다중인공방벽의 최적화에 관한 논문발표가 있었다.

또한 △ 사용후연료의 건식저장기술 △ 고준위폐기물의 취급·처리 및



95 방사성폐기물회의의 전시회장

처분기술 △ 각종 전산코드를 이용한 해석결과 등이 발표되었고 △ Handford 부지의 고준위폐기물 저장탱크의 안전성 문제 △ 군사용 플루토늄 및 고농축 우라늄의 활용 및 처리방법에 관한 논문들이 다수 발표되었다.

5. 중저준위 폐기물 관리

동 주제에 대해서는 여러 국가의 산업 및 연구기관에서 지하수 처리방법을 비롯한 다양한 내용의 논문을 발표하였다.

주로 중저준위폐기물의 처리계통 및 방법에 대한 운영결과와 문제점들에 대한 논문과 처리 신기술에 대한 논문이 많이 발표되었고, 관련설비의 제작업체가 자사의 설비에 대한 성능을 발표한 논문이 많이 있었다.

유리화를 비롯한 안정화 기술과 소각방법에 대한 대안 검토를 다룬 논문도 다수 있었으며, 일반 산업기관 및 병원 등에서 사용하는 동위원소에 대한 취급방법도 발표되었다.

우리나라는 현재 운영중이거나 건설 및 설계중인 발전소의 폐기물처리계통의 성능개선에 관한 논문발표를 하였다.

6. 혼합폐기물 관리

방사성폐기물과 유독폐기물이 혼합된 혼합폐기물에 대한 관심은 매우 컸다.

혼합폐기물에 대한 특성연구에서부터 시멘트고화 및 유리화기술 등의 안정화 기술과 처분시의 수리적 특성 및 지화학적 특성규명에 대한 논문발

표가 있었다.

특히 플라즈마를 이용한 유리화와 이에 대한 실증시험에 관한 논문이 다수 있었으며, 혼합폐기물의 최소화 및 처리방법에 대해서도 많은 발표가 있었다.

7. 안전성 평가

처분장의 안전성 평가에 관한 논문은 여러 분과에 분산되어 있었으나, 주로 2개 분과에서 집중적으로 발표되었다.

이들 중에는 안전성 평가에서의 불확실성과 방사성핵종의 누출 시나리오를 다루는 논문들이 발표되었다.

발표된 논문들중에서 WIPP에 대한 미해결 안전성 현안에 관한 논문이 큰 관심을 끌었다.

우리나라는 마코프 모델을 이용한 처분장의 안전성 평가결과에 대해 발표하였다.

8. 로봇 및 원격기술

△ 매립된 초우라늄폐기물을 원격으로 회수하기 위한 원격 굴착기 및 로봇 이용과 제어장비 △ 이동식 로봇을 이용한 토양의 정화 △ Hanford의 이중벽 폐기물저장탱크 검사장비 △ 저장폐기물 자동검사장치 △ 지하저장탱크의 평가를 위한 장비 개발 등에 관한 논문이 발표되었다.

9. 포장 및 수송

△ 사용후연료의 관리 및 수송에 관

련된 문제 △ 페르날드에서 발생한 폐기물의 철도수송 △ 미국 에너지성의 수송 및 포장에 관한 장기계획 평가 △ 중저준위폐기물의 최적포장법 개발 △ RADTRAN 5 코드의 개발 등에 대한 발표가 있었다.

또한 △ 미국이 다른 나라에 공급한 연구용 원자로 연료를 미국으로 회수할 경우의 수송 위험도 평가 △ 소량의 방사성물질을 고속도로로 수송할 경우 수송경로 선정방법론에 관한 논문 등이 발표되었다.

10. 제염·해체

2개 분과에서 이 주제를 다루었는데 주로 미국 에너지성의 유틸 시설에 대한 해체현황이 많이 발표되었다. 또한 영국·일본·루마니아 등지에서 관련논문이 발표되었다.

11. 폐기물 재순환 및 재활용

△ 미국의 재순환 프로그램 △ 스테인리스강의 재활용 가능성 및 실증시험 △ 폐기물의 재활용을 위한 제염기술 △ 구조물 재활용을 위한 시나리오 평가 △ 규제기술기준 연구 및 기타 관련현안 등이 발표되었다.

12. 경제성 평가

△ 폐기물 관리시설에 대한 계통비용 평가 및 최적화 △ 혼합폐기물 관리를 위한 수명주기비용 평가 △ 혼합폐기물의 농축을 위한 증발기 및 Hanford 부지와 CERCLA 적용시설의 비

용 절감방안 등이 논의되었다.

13. 규제기준·기술개발 및 이전

△ 폐기물 지중처분의 기본개발을 위한 IAEA의 역할

△ 방사성폐기물 처분장의 허용기준

△ 40 CFR 191에 대한 준수기준

△ 자원재생 및 회수에 관한 법(RCRA)의 적용에 필요한 조건

△ 방사능 오염지역의 정화를 위한 단일 기준에 관한 미국 환경보호국의 법안

△ 플루토늄 금속, 잔류물 및 초우라늄 폐기물의 유리화

△ 폐기물 감소를 위한 가속기내에서의 사용후연료 재생 등이 발표되었다.

14. 오염방지·복구/폐기물최소화

△ 미국 에너지성 사업을 위한 상용화 원격기술

△ 성공적인 기술이전에 대한 전망

△ 신기술의 실증을 위한 계획

△ 우라늄 광산지대에서의 지하수 정화사업

△ 토양 처리방법의 평가

△ 폐기물 최소화 및 오염방지를 위한 수단 등이 발표되었다.

15. Public Communication

지난 10여년간에 걸쳐 Waste Management 학회에서는 방사성폐기물 관련현안에 개입하거나 영향을 미칠 수 있는 이해당사자 및 제3자에 대

한 분과를 다수 두어 특별한 관심을 보여왔는데, 이 문제를 보조적인 문제가 아니라 방사성폐기물 분야에서의 주류로 인식을 하고 있다.

올해에도 관련분과가 6개나 되었고, 일부 다른 분과에도 관련논문이 상당히 발표되었으며, 논문발표 전날인 일요일에도 관련 워크숍이 포함되어 있으므로 이와 같은 경향은 관례화될 것으로 보인다.

올해에 발표된 논문들은 모두 의사결정과정에 개입하는 사람들의 동반자적 관계 형성에 목표를 두고 있다.

이 주제와 관련된 분과에서는 대중들과의 의사교환 방법론 및 이에 관한 사례 등을 폭넓게 언급하고 있으며, 미국 뿐만 아니라 스페인·프랑스·독일 및 영국에서의 경험도 언급하고 있다.

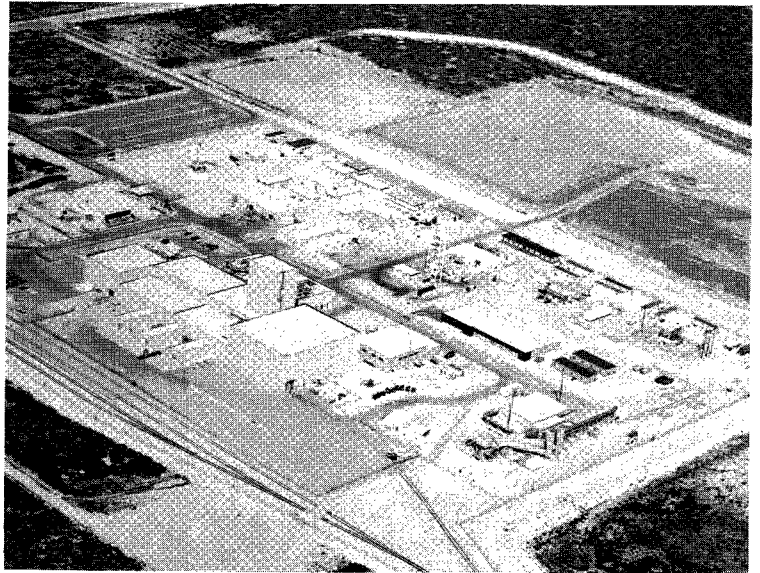
또한 언론을 친구나 적으로 볼 것이 아니라 대중과의 원활한 의사소통을 위하여 교사나 음브즈맨을 활용하는 것도 효과적인 방법중의 하나임을 밝히고 있다.

16. 기 타

이상과 같은 내용 외에도 C-14 및 전세계 군사용 핵물질의 현황 등을 다룬 논문들이 발표되었다.

C-14에 관한 문제는 92년 미국 에너지정책법과 미국 NAS(National Academy of Sciences)가 수행한 「유카산 처분장에서의 보건기준에 관한 연구」에서 거론되기 시작하였다.

「유카산에서의 주민보건 및 안전 표



미국 뉴멕시코에 있는 WIPP시설 전경

준과 C-14에 대한 영향」이라는 논문에서는 불포화지역에 위치한 지중 처분장에 대해 예비성능평가를 수행한 결과, C-14 방출 및 방출률이 미국 EPA가 설정한 제한치보다 높게 나타나기는 했으나, 처분장 주변주민에 대한 보건상 위해도는 무시할만한 것으로 평가된다고 밝혔다.

이에 대한 관련 조항으로는 EPA 규정 40 CFR Part 191로 누적 방출 제한치가 규정되어 있으며, 현재 유카산 처분장에서의 새로운 보건 기준을 마련하기 위하여 NAS 위원회, EPA, 및 기타 관련기관이 연구중에 있다.

WM '96 학회는 원자력의 안전한 이용과 방사성물질에 의한 환경오염방지를 목표로 하는 미국 원자력법 제정 50주년을 기념하여 특별강연과 관련 프로그램들이 준비될 예정으로 있다.

또한 West Valley와 Savannah River에서의 유리화시설 운영경험과 저준위폐기물 안전성 평가, 폐기물 최소화, 플루토늄의 처리문제와 같이 국제적으로 관심이 증대되고 있는 분과들이 마련될 전망이고, 올해와 같이 약 60개의 분과로 구성될 것으로 예상된다.

이와 함께 올해 마련된 「How clean is clean」 워크숍과 「소내 사용후연료 및 저준위폐기물 저장」과 같은 전력회사 원탁회의(Utility Roundtable)도 개최될 예정이다. ☉

WM '96

내년 2월 마지막 주에 개최되는