

原子力研究バックエンド推進センター
海外調査団（欧州）報告概要

原子力施設のデコミッショニング技術と放射性
廃棄物の処理・処分技術に関する情報収集

期間：2001 年 9 月 29 日～10 月 13 日

2001 年 10 月 23 日

（財）原子力研究バックエンド推進センター
（RANDEC）

常務理事 石黒 秀治

1. 出張目的

RANDEC 賛助会員を中心に募集した団員をもって海外調査団を結成し、ASME (米国機械学会)、TIRFSE (王立ベルギー機械技術研究所)、BNS (ベルギー原子力学会) が主催する「ICEM'01」(The 8th International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation) に出席し、原子力施設のデコミッショニング技術及び放射性廃棄物処理・処分技術に関する情報収集を行うと共に、ICEM'01 主催のテクニカルツアーに参加する。

また、解体中の原子力発電所及び放射性廃棄物処分場を訪問し、原子炉解体と廃棄物処分を実見し、これらの技術情報を収集するとともに、解体計画及び廃棄物処分計画を調査する。

2. 出張日程

平成 13 年	9 月 29 日 (土)	成田発→ブラッセル着	
	9 月 30 日 (日)	ブラッセル発→ブルージュ着	} ICEM'01 参加
	10 月 1 日 (月)		
	10 月 2 日 (火)		
	10 月 3 日 (水)		
	10 月 4 日 (木)		
	10 月 5 日 (金)	ブラッセル泊	} 会議主催のテクニカルツアー参加
	10 月 6 日 (土)	ブラッセル発→マドリード着	
	10 月 7 日 (日)	マドリード発→コルドバ着	
	10 月 8 日 (月)	エルカブリル処分場調査 (スペイン)	
	10 月 9 日 (火)	コルドバ発→バルセロナ着	
	10 月 10 日 (水)	バンデロス 1 原子力発電所調査 (スペイン)、 バルセロナ発→ハノーバー着	
	10 月 11 日 (木)	ヴィルガッセン原子力発電所調査 (ドイツ)	
	10 月 12 日 (金)	ハノーバー発	
	10 月 13 日 (土)	成田着	

3. 調査団員の構成

調査団は、当初 19 名より構成されるメンバーであったが、米国のテロ事件発生後 6 名が参加を取り止めたため、最終的に 13 名となった。

なお、調査団長は、(財)原子力研究バックエンド推進センター 石黒秀治常務理事が務めた。

4. 調査内容

4.1 ICEN'01 について

(1)会議の期間：2001 年 9 月 30 日（日） 10 月 4 日（木）

(2)場所：ベルギー ブルージェ

(3)目的：本国際会議は、放射性廃棄物管理と環境修復に関して、2 年毎に行われる ASME（米国機械学会）が組織する国際会議である。本会議は、放射性廃棄物管理と環境修復に関する技術、活動、管理アプローチ、経済性、政策について、世界的に広く情報交換を行うことを目的としている。本会議は、各国から集まった専門家たちが、成熟した環境管理プログラム及び顕在化している問題を持ち寄って、相互協力を促進するための機会を提供するものである。なお、第 1 回会議は、1987 年に香港で開催され、前回は 1999 年に名古屋で行われ、今回が第 8 回目である。

(4)プログラムの主な分類及びプログラム概要

プログラムは大きく分けて次のように分類される。

- ① 低及び中レベル放射性廃棄物の管理
- ② 施設の汚染除去及びデコミッショニング
- ③ 東欧、ロシア、ウクライナにおける環境修復に関する特別強化プログラム
- ④ 環境管理における主な技術的課題

これらを更に細分類して発表日時、発表件数を記載したものを表 1 に示す。
当調査団の主たる聴講は、

- ① 各国、各機関のデコミッショニング政策、状況
- ② 除染及びデコミッショニング技術
- ③ 各国のクリアランスレベル取組みの現状
- ④ 各国の廃棄物の再使用、再利用状況

に関して行うこととした。

会議参加者は当初 536 名登録されたが、テロ事件でかなり不参加となり（10 20%？）、主催者側も正確な参加者数は会議終了まで把握できなかったと思われる。発表取り止めもかなりあり、事前に配付されたプログラム、毎日配付されるプログラム及び発表会場にはり出されるプログラムもそれぞれ対応しない状態であった。会議主催者も大変な御苦勞であったと思われる。

会議内容については、調査団報告書で紹介する。

4.2 テクニカル ツアー

テクニカルツアーは以下に示す 5 施設のいずれかを選択して、有料で参加できる方式がとられた。このうち、ツアーCのみ 10 月 4 日（木）、5 日（金）に行われ、これ以外は 10 月 5 日（金）の 1 日ツアーであった。各施設の概要も合わせて以下に示す。

①ツアーA：COVRA 放射性廃棄物貯蔵施設（オランダ）

COVRA は、オランダにおける放射性廃棄物の中央組織であり、全ての廃棄物の収集、処理及び貯蔵の責任を有している。処理及び貯蔵施設は Borsele にある。低及び中レベル放射性廃棄物の処理施設及び処理した廃棄物の貯蔵センターを訪問した。

②ツアーB：ゴアレーベン（Gorleben）放射性廃棄物処分場（ドイツ）

ゴアレーベンサイトは開発中であり、現在進めている探査坑道を訪問した。ゴアレーベンは、高レベル放射性廃棄物を含むあらゆる放射性廃棄物を受け入れることを目的とし、米国ユッカ・マウンテン（Yucca Mountain）とともに、このカテゴリーの廃棄物の最終処分場として世界を代表するものである。

③ツアーC：COGEMA-ラアグ（La Hague）使用済燃料再処理施設（フランス）

COGEMA-ラアグはフランスにおけるこの種の唯一の工業コンプレックスである。740 エーカーの面積を有し、COGEMA 従業員 3000 人を含めてフルタイム従業員 6000 人が勤務している。COGEMA-ラアグ・プラントは 1966 年に使用済燃料の再処理を開始した世界最大の再処理施設である。

④ツアーD：オウブ（l'Aube）放射性廃棄物処分場（フランス）

この施設は放射性廃棄物管理機関（ANDRA）によって建設、運転されている。この施設の全廃棄物処分容量は約 100 万 m^3 であり、これはフランスで発生する短半減期の低及び中レベル放射性廃棄物を少なくとも 30 年間分を処分できる容

量である。オウプセンターは、1969 年以来、低及び中レベル放射性廃棄物を 50 万 m³ 処分してきたマルクールセンターにとって変わるものである。

⑤ ツアー E：ベルゴプロセス (Belgoprocess) 及び SCK-CEN 原子力センター（ベルギー）

ベルゴプロセスは、1984 年に設立され、ベルギーの放射性廃棄物政策の責任を担うベルギー放射性廃棄物及び使用済燃料機関 (NIRAS/ONDRAF) の傘下にある。ベルゴプロセスは現在、核燃料サイクルから発生する放射性廃棄物及び医療、工業用 RI の全ての放射性廃棄物を処理している。本サイト内の停止した再処理施設は現在解体中である。

ベルギー原子力研究センター (SCK-CEN) は、エネルギーを担当するベルギー連邦省の管轄下にある公的研究所である。600 人以上の研究者や技術者が研究を行っている。

5. 施設訪問

施設調査は、スペインのエルカブリル処分場、同じく安全貯蔵工事進行中のバンデロス 1 原子力発電所及び解体中のドイツのヴィルガッセン原子力発電所について行った。調査内容の詳細については調査団報告書で紹介するが、以下に各施設の概要を述べる。

(1) エルカブリル (El Cabril) 放射性廃棄物処分場（スペイン）

訪問日：10 月 8 日（月）

エルカブリル処分場は、スペイン南部アンダルシア地方のコルドバの北西約 60km に位置し、病院、工場、研究所等から発生する放射性廃棄物及び原子力発電所の運転中に発生する放射性廃棄物の処分を行っている。運営主体は、ENRESA（全国放射性廃棄物公社）である。処分方法は、セル内にコンクリート容器を定置し、間隙を砂利で充填後、上部コンクリートスラブで封入し、上部を難透水覆土等で覆う計画である。エルカブリル処分場を写真-1 に示す。

エルカブリル放射性廃棄物処分場はスペインの廃棄物公社 ENRESA が運営している処分場であるが、現在順調に事業を進めている処分場である。施設サイト内にはコンクリートピットタイプの埋設場の他、処分体を作る施設、保守

施設等がある。

ENRESA は 100% 国営の廃棄物公社でマドリッド本社に 120 人、エルカブリルに 120 人、バンデロスサイトに 25 人合計 300 人弱の組織である。

処分体約 2m 角コンクリートコンテナー(約 25 トン)が基本単位でピット内に埋設される。

処分体の品質管理のため年間 16 本の試験用サンプルが採取されており 460 日にわたる分析試験が行われている。処理処分に必要な資金は電力料金の 0.8% がプールされている。現在は入金の方が大きい、最終的にはゼロとなる。この制度は 84 年より開始され、現在 2200 億ペスタの基金である。



写真 1 エルカブリル放射性廃棄物処分場

(2) バンデロス 1 号 (Vandellos 1) 原子力発電炉 (スペイン)

訪問日: 10 月 10 日 (水)

バンデロス 1 号炉は、バルセロナから南西約 120km に立地している。電気出力 470MW (熱出力 1670MW) の GCR (ガス冷却炉) であり、1972 年に運転を開始したが、1989 年にタービン室から火災が発生し、このため運転停止となり、1990 年にデコミッションングが決定された。現在は、PCRVR を 20~30 年間遮へい隔離するための作業が行われているところである。隔離工事は、原子炉建屋と原子炉本体の間に、六角柱形状の建屋を建設し、建設後原子炉建屋を解体撤去する。この作業は来年夏には完了予定とのことである。バンデロス 1 号炉全景を写真-2 に示す。

バンデロス原子力発電所は、現在デコミッションングがかなり進んでおり、現在補助建屋はじめ周辺施設の解体はほぼ終了し、原子炉本体のみが残り新たに

炉本体の周りに縮小した原子炉建屋が完成していた。外壁が緑と青に塗装されリゾート地としての環境に配慮していた。全体スケジュールの進捗率は75%であった。

解体廃棄物の処理処分については、リサイクルされる割合は96%であり残りが処分される。リサイクルされるものの内90%以上が、サイト内でリサイクルされるコンクリートである。

バンデロス発電所の解体は、ENRESAが一元的に実施しており、発電所の所有権は電力会社から

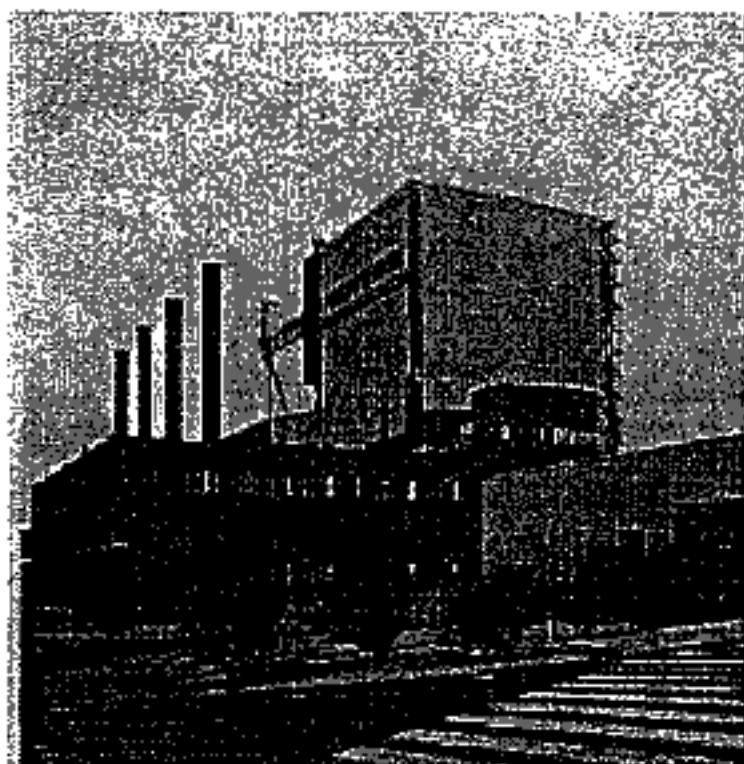


写真2 バンデロス1号炉全景

1998年にENRESAに移管された。

特に目新しい解体技術の開発成果の話はなかった。

(3) ヴィルガッセン(Wurgassen)原子力発電所（ドイツ）

訪問日：10月11日（木）

ヴィルガッセン原子力発電所は、ハノーバの南西100kmに位置し、プロイセン/ケルンクラフト社が、電気出力670MW（熱出力1912MW）のBWR型原子炉を有している。1972年に営業運転を開始し、1994年に炉心シュラウド等にひび割れが発見されたため、1995年に発電所廃止が決定された。現在は、格納容器及び炉内構造物を解体するフェーズ3を行っているところである。ヴィルガッセン原子力発電所の外観を写真-3に示す。

この施設訪問について、スペインに滞在中、ヴィルガッセンからe-mailにより、米軍のアフガニスタン攻撃開始のため、ドイツの全原子力発電所は見学者を受け入れないことになったとの一報が入り、インフォメーションセンターでのみ説明及び質疑を行うこととなった。



写真3 ヴィルガッセン原子力発電所

ヴィルガッセン原子力発電所は商業炉の解体を実施している代表的プラントとして知られており、解体工事は法にもとずき、6段階（Phase）に分割して実施されており、現在第3段階途中である。第3段階までで建屋の80%が解体される。

許認可申請は各段階毎に行われ、それぞれ1～3年要する。またサイト内に廃棄物中間貯蔵施設を計画し申請している。

解体工事は現在約450人で行われ、社員は120人程度である。技術全体を鳥瞰的視野を持ってマネージする職が極めて重要との話であった。

ドイツではクリアランスレベルの適応が進んでいるときいていたが、リサイクルとして原子力関係への再利用は少なく、一般社会への流入、再利用が多いとの話であった。地中埋設へ割合は放射性と産廃合わせて全体の8%であった。

金属廃棄物はスエーデンのSTUDSVIC社約2000トン送り、溶解減容処理しているとの話であった。

また、解体工事に要する総コストは約12億マルクと推定している。

ヴィルガッセンの解体は全体として計画的、体系的に実施されているとの印象をもった。

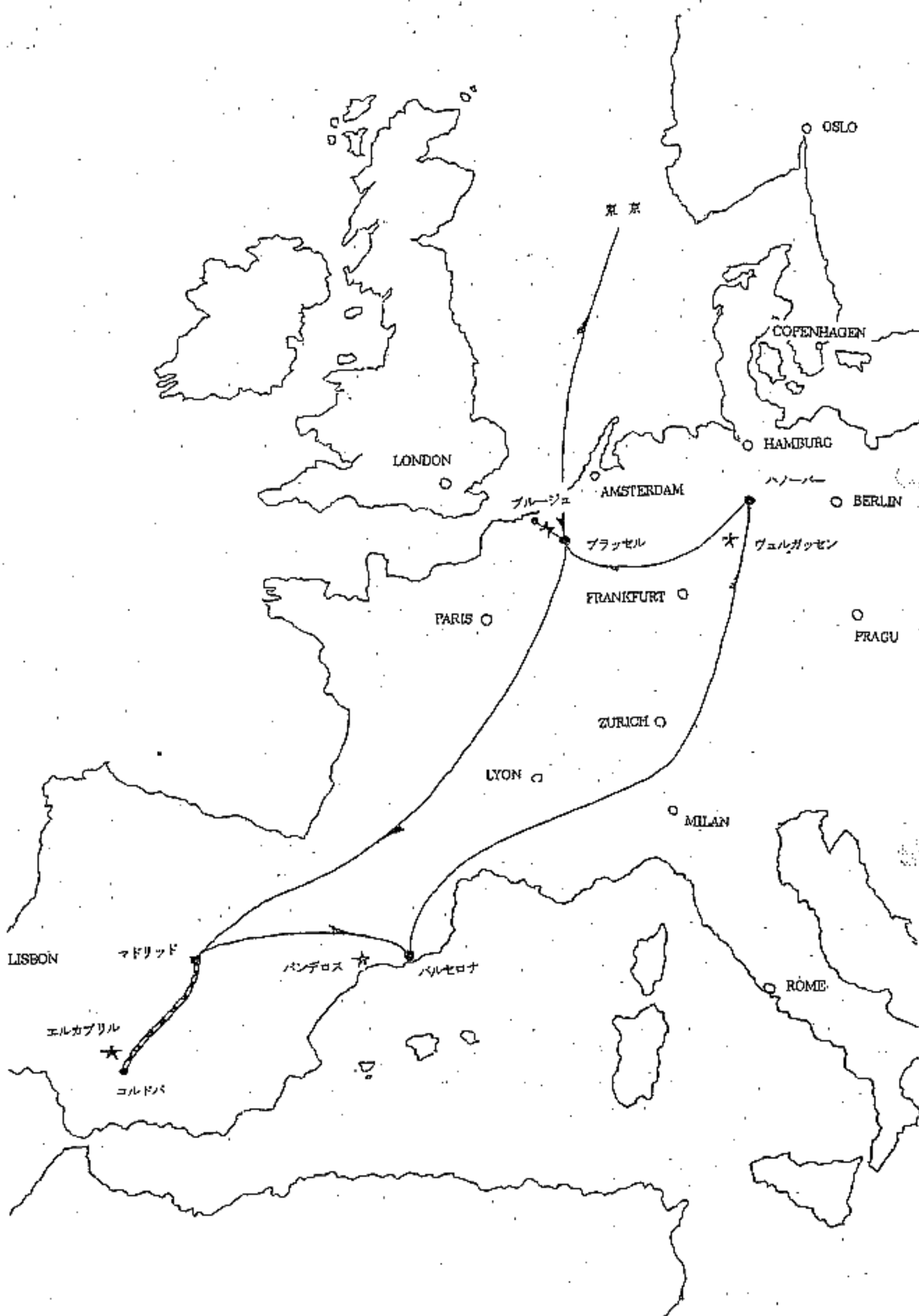


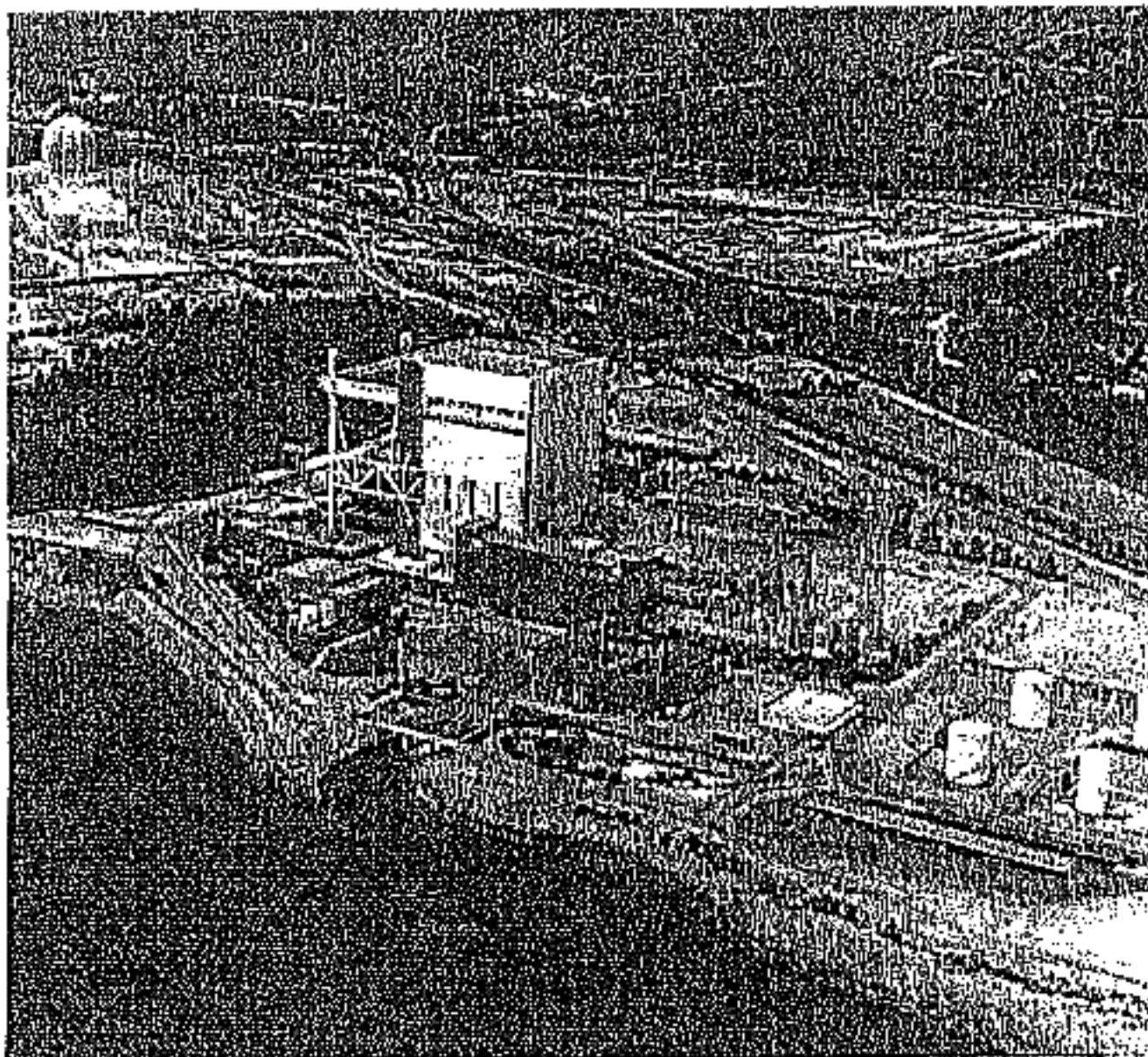
表 1 ICEM'01 のプログラム

- 主催：ASME（米国機械学会）、TIRFSE（王立ベルギー機械技術研究所）
BNS（ベルギー原子力学会）
- 期間：2001 年 9 月 30 日（日）～10 月 4 日（木）
- 場所：ベルギー ブルージュ

月日	開始時刻	Session No.	Program	発表件数
10/01	09:30	01	Opening Session	6
	14:00	02	National and International Environmental Management	8
	14:00	03	Programs and Strategies for Central and Eastern Europe	7
	14:00	04	National and International Programs for HLW and Spent Fuel	7
	14:00	05	Management Approaches and Planning Tools for Environmental Remediation Project	8
	14:00	06	D&D Management Systems Planning Tools	8
	14:00	07	Fuel Cladding Long Term Evolution	6
	14:00	08	Characterization of LL/TLW	8
	14:00	09	A Final Disposal Site Selection and Underground Research Laboratories	7
	14:00	10	Fuel Pellets Long Term Evolution	7
10/02	09:00	11	National and international Environmental Remediation Programs	7
	09:00	12	Management of Low and International Level Waste	7
	09:00	13	Remembering the Worker-Policies Integrating Worker Protection into the Design and Use of New Technologies	7
	09:00	14	Release and Clearance Standards	7
	09:00	15	Transmutation of Long Lived waste	3
	11:00	16	Separation Techniques for Transmutation	4
	09:00	17	Solid Waste Volume Reduction and Treatment Developments	4
	09:00	18	Disposal Site Characterization	5
	09:00	19	Prediction of Contaminant Migration and Related Doses	7
	14:00	20	Poster	35
	14:00	21	Remediation of Uranium Mining and Milling Sites	8
	14:00	22	Management of Low and intermediate Level Waste	8
	14:00	23	Evolution in Presence of Water	7
	14:00	24	Life Cycle Economics and Analyses for Waste management	7
	14:00	25	Radiological Characterization and Application of Release Criteria	8
	14:00	26	Panel Session:Waste Isolation Pilot Plant	2
	14:00	27	Solid Waste Reduction and Treatment-Experience	8
	14:00	28	Current Activities in Central Eastern Europe	8

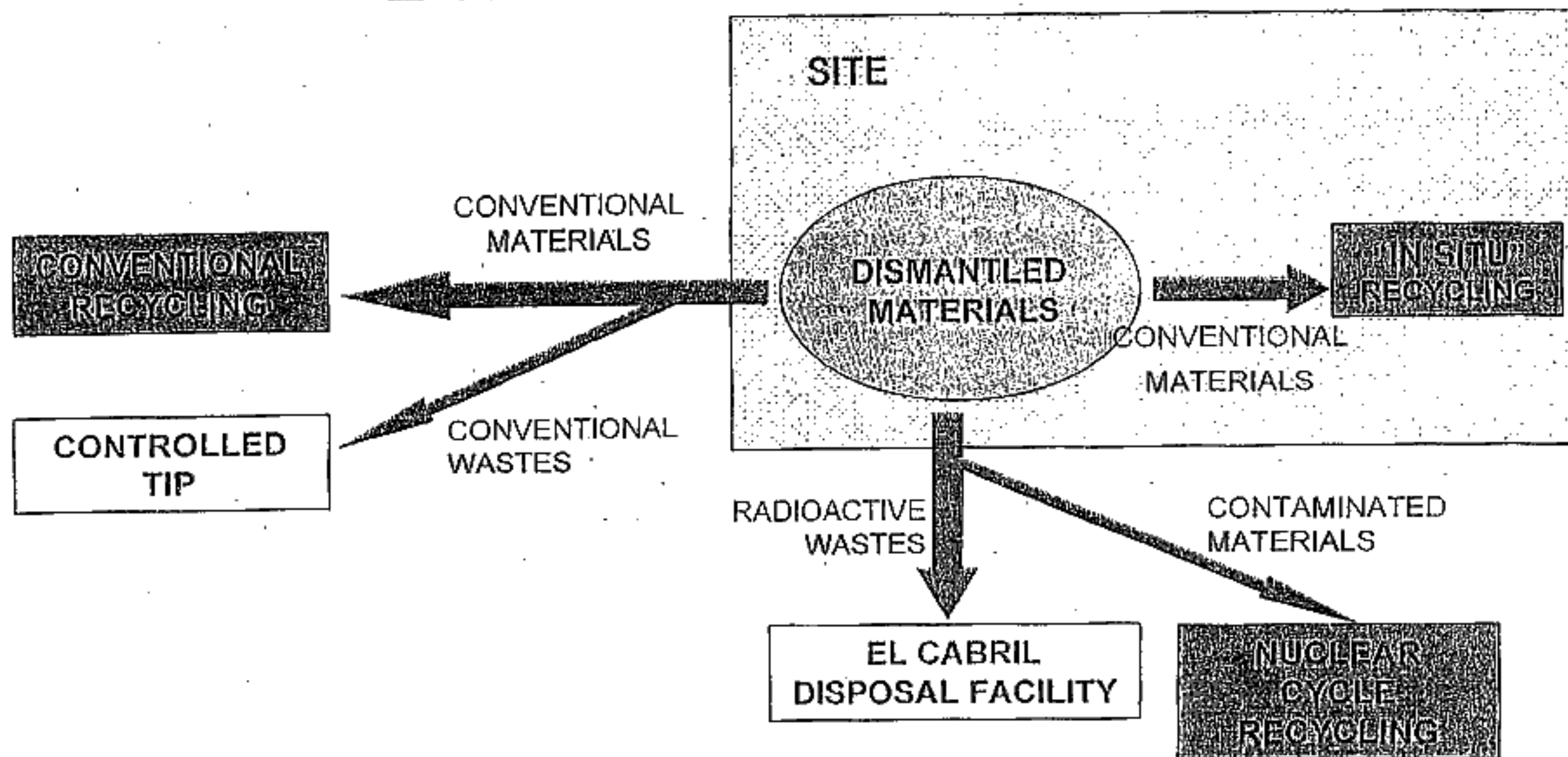
月日	開始時刻	Session No.	Program	発表件数
10/03	09:00	29	Recent Developments in Environmental Remediation Technology -Part 1	7
	09:00	30	Characterization of LL/ILW	6
	09:00	31	Designing of HLW and Spent Fuel Industrial Storage	6
	09:00	32	The Ongoing Program Around Chernobyl	6
	09:00	33	Panel Discussion on Current Issues in Radioactive Waste Disposal	1
	09:00	34	Management Treatment and Recycle of D&D Waste	8
	09:00	35	Performance Assessment	6
	09:00	36	MOX and Spent UOX Fuel Post Irradiation and Characterization	6
	09:00	37	Panel Session: Opportunities for International Leveraging of Safety and Health Initiatives for Technology Design and use	1
	14:00	38	Recent Development in Environmental Remediation Technologies -Part 2	7
	14:00	39	Spent Fuel Conditioning and Packaging	8
	14:00	40	Design of Industrial Spent Fuel and HLW Storage	7
	14:00	41	D&D of Nuclear Reactors	8
	14:00	42	Decommissioning of Other Nuclear Facilities	4
	16:00	43	Hazardous Waste	4
	16:00	44	Characterization of Engineered and geological Barriers in Disposal Systems	7
	16:00	45	Advanced L/ILW Conditioning Technologies	3
	15:40	46	Radioactive Waste from Research Institutes and General Industries	3
	14:00	47	Risk Performance assessment Related to Spent Fuel or HLW Disposal	7
	14:00	48	Public Involvement and Strategies for Environmental Management	7
	14:00	49	Panel Session:Preparing for Membership of the EU:Issues Facing the Applicant Countries	1
	16:00	50	Environmental Remediation Site Characterization and Monitoring	4
10/04	09:00	51	Remediation of Uranium Mining and Milling Sites	6
	09:00	52	Characterization LL/ILW	3
	16:00	53	Clearance/Exemption Levels	4
	09:00	54	Management of Fissile Material Including Surplus Military Pu Policy Analysis	5
	09:00	55	HLW Characterization and Recent Advances in HLW Treatment System	4
	09:00	56	Dismantling Technologies and Experience	8
	09:00	57	Development and Characterization of HLW Confinement Matrix	6
	09:00	58	Design Status of Reversible and Irreversible Concepts	6
	09:00	59	Waste Avoidance and minimization	7
	14:00	60	Decontamination Technologies and Experience	8
	14:00	61	Liquid Waste Treatment	7
	14:00	62	Management of Fissile Material Including Military PU Policy Analysis	6
	14:00	63	Radioactive Waste Processing	3
	16:00	64	Panel Session: Long Term Strategies for Spent Fuel	1
	16:00	65	Transport of Spent Fuel and HLW	1
	14:00	66	Development and characterization of Solid HLW Confinement Matrices	1
	14:00	67	QA/QC	6
	14:00	68	Panel Session: Natural Attenuation in Uranium Mine and Mill Remediation	1

Key dates



- 28-01-98. Approval of Decommissioning and Dismantling Plan.
- 04-02-98. Transfer of plant ownership
- March 1998. Initiation of preparatory phase.
- 26-01-99. Completion of testing of new systems implemented.
- 17-03-99. CSN authorisation for dismantling in radiological zones
- 07-04-99. Initiation of dismantling work in radiological zones.
- April 2000. Isolation of reactor box and leak test performance.
- July 2001. Approval of overall materials declassification process.

Diagram of recycling at Vandellós I



Estimated quantification of Vandellós I recycling policy

- **TOTAL MATERIALS: 310,000 t**
- **RECYCLED MATERIALS: 298,000 t**

Concrete recycled "in situ": 277,000 t

Conventional materials recycled externally: 20,800 t

- Scrap: 16,500 t

- Other materials: 4,300 t

Contaminated materials recycled in nuclear cycle: 200 t

PERCENTAGE RECYCLED: 96%