

# 原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1988.9.NO.8

## 目次

スイスにおける放射性廃棄物の処分.....●

## スイスにおける放射性廃棄物の処分

### 1. はじめに

スイスは風光明媚の国、そして工業国として知られているが、エネルギー資源に乏しく、唯一の資源である水力発電も、現在では利用の限界にきているので、原子力発電に依存するところが多い。総発電電力量に対する原子力発電の比率は、新規運開の原子力発電所がないので、1985年39.8%、1986年39.2%、1987年38.3%と若干減少気味ではあるが、およそ4割近くである。1986年の原子力発電電力量は213億kWhであったが、人口が650万人程度と少ないので、1人当りの年間原子力発電電力量は、約3,300kWhと我国の2倍以上である。

約10年前の1978年10月、連邦議会において、原子力発電所の運転許可は、放射性廃棄物の処分が可能であり、しかも処分後の安全性が保証されない限り、失効すると決められた。スリーマイルアイランド事故の前のことである。この決定は、翌年実施された国民投票によって支持され、原子力

発電事業者側は、期限とされた1985年末までに報告書でこのことが保証できるよう作業を開始した。Projekt Gewährと呼ばれるこの作業の報告書は、1985年1月連邦政府に提出された。その後3年半の審査を経て、本年(1988年)6月連邦内閣によって最終的に承認された。これによって、スイスの原子力発電所の全面的な閉鎖と言う事態は、避けられることとなった。

Projekt Gewähr(保証計画)で検討された処分は、高レベル廃棄物と一部のTRU廃棄物を対象とするC型処分場、低中レベル廃棄物を対象とするB型処分場とであり、前者は、いわゆる地層処分に、後者は空洞処分に、それぞれ属するものである。今後は、処分場候補地の調査、地下実験室で行われるものを含む原位置試験が進められる予定である。B型処分場の操業開始が、時期的には近く、優先度の高い目標とされている。

## 2. 経緯

スイスは、そのエネルギー事情から、早期に原子力発電に着目し、1969年のベズナウ発電所、1972年のミューレベルク発電所と、比較的初期に原子力発電を開始した。また1967年に経済協力開発機構の欧州原子力機関(OECD-ENEA、現在のOECD-NEA)が開始した北東大西洋での低レベル廃棄物海洋投棄作業に、1969年の第2回から毎回参加して、国土狭小な内陸国でありながら、放射性廃棄物の処分の途を確保したように見えた。海洋投棄は、連邦原子炉研究所(EIR、現在はPSI)の所掌で行われた。

一方、原子力発電所を所有操業しているか、建設を予定している6電力会社と、医療、産業、研究からの放射性廃棄物に責任を持つ連邦政府との7者は、1972年に放射性廃棄物貯蔵全国組合(ドイツ語でNAGRA、フランス語でCÈDRA、イタリア語でCISRA)を設立して、スイス全国土を対象にして、処分場の建設と操業の事前調査を行わせることとした。

しかし1970年代半ば以降、原子力発電と放射性廃棄物処分の安全性に対する不安が顕在化し、前記の議会決定や国民投票へとつながったのである。この結果、1959年原子力平和利用及び放射線防護法(略称「原子力法」)の1979年改正と、原子力法に関する連邦令の制定が行われて、

- i) 廃棄物発生者が、廃棄物の貯蔵と処分に責任を持つ。
- ii) 新規のエネルギー需要があり、また廃棄物の安全な処分が保証されない限り、新規原子力発電所の建設を認めない。
- iii) 既設の原子力発電所についても、廃棄物処分のための、実現性がある認容できる計画がなければ、運転許可の更新をしない。

という内容が導入された。

これより前、議会決定を受けて所掌官庁である連邦運輸通信エネルギー省は、NAGRAに対し、1985年12月31日までに、現在の技術水準で放射性廃棄物の処分は可能であり、処分後の安全性が保証できることを示す報告書の提出を求める通達を1978年に出していたので、この通達が法的に裏付けられたことになった。

NAGRAは、保証計画報告書の目次案を1979年

に作成し、内容を分割して各研究機関やコンサルタントに作業を委託した。主な委託先は、EIRや大学、国外(米国、スウェーデン、西ドイツ)の組織など約30の組織にわたっている。NAGRA自体はこれら委託先からの報告書の編集作業を主として行い、最終的にNGB 01~08としてまとめ、1985年1月24日に提出した。

連邦政府は、報告書を原子力施設安全委員会(KSA)、連邦運輸通信エネルギー省の連邦エネルギー局原子力施設安全本部(HSK)の2常設組織に審査させると共に、1978年2月15日に設けた放射性廃棄物処分に関する連邦省庁間ワーキンググループ(AGNEB)にも、米国、カナダ、英国、スウェーデンの学識経験者をも加えて強化した地質学者サブグループを特設して審査にあたらせた。これら3組織からのコメントが1986年秋に提出され、NAGRAはこれに対する追加検討や回答を1987年に行った。

1988年6月3日の保証計画承認に関する政府発表の要旨は以下のようである。

連邦内閣は、保証計画に関し、以下のよう<sup>②</sup>に決定した。

- イ. 処分の実現性と安全性は、原子力発電所の操業と廃止からの低中レベル廃棄物及び原子力発電以外から発生する低中レベル廃棄物に対して証明されている。
- ロ. 再処理からの高レベル及び長寿命アルファ含有廃棄物の処分の安全性も証明されている。これらの廃棄物の処分に要求される特性を持ち、十分に大きな規模の岩体のサイトが、スイス国内に存在することは未だ証明されていない。
- ハ. 土木工学の観点からは、処分場建設の実施可能性を、不確実とするものはない。

既設原子力発電所の操業許可は、処分場サイトの決定を連邦内閣が行う時点まで有効とする。

廃棄物発生者は、放射性廃棄物処分の分野における研究の支援を継続しなければならない。高レベル及び長寿命アルファ含有廃棄物の分野の調査研究は、非結晶質岩の岩種(例えば堆積岩)をも含むように拡張されるべきであり、現在まで調査して来た地域以外の地域も、計画に含めるべきである。

連邦運輸通信エネルギー省は、これらの研究を

管理監督し、また関連報告書を吟味する責任がある。またNAGRAが採るべき手順や処置に関する指令を出す権限も有している。

連邦運輸通信エネルギー省は、現在進捗中の作業、特に下記の作業に関する報告書の作成を規定する。

- ・ 現在までの調査の評価と地質集大成
- ・ 結晶質岩計画において採られる手順
- ・ 今後の調査サイト地域の選定と、結晶質岩以外の地域の選定
- ・ 実際の地質調査の結果

以上で、保証計画は終了したことになる。年間個人被ばく線量を10mrem以下とする安全目標値を1980年指針R-21として特設してもらって、処分の定量的な安全性を証明したこの計画は、画期的なものであり、世界の処分関係者の関心を集めたものであった。

### 3. 処分方針

#### 3.1. 処分対象廃棄物

保証計画では、スイス全体の放射性廃棄物を、発生源によって4区分としている。

##### イ. 再処理廃棄物(略称WA)

国外の再処理工場に再処理を委託しているので、実質的には返還廃棄物である。ホウケイ酸ガラス固化体キャニスタ(WA-1)、沈でん物と濃縮液のアスファルト固化体(WA-2)、イオン交換樹脂のセメント固化体(WA-3)、ハル(燃料ピン被覆材)とエンドピースのセメント固化体(WA-4)、低アルファ雑固体のセメント固化体(WA-5)、中アルファ雑固体のセメント固化体(WA-6)に細分類される。

##### ロ. 発電所操業廃棄物(BA)

PWRとBWRが設置されているので、軽水炉の一般的な細分類が適用されている。イオン交換樹脂のセメント及びプラスチック固化体(BA-1)、濃縮液とスラッジのセメント及びアスファルト固化体(BA-2)、フィルタカートリッジのセメント固化体(BA-3)、エアフィルタのセメント固化体(BA-4)、不燃性雑固体のセメント固化体(BA-5)、焼却灰のセメント固化体(BA-6)、燃料要素容器(BA-7)など。

##### ハ. 発電所廃止廃棄物(SA)

SA-1からSA-8までに細分類されている。

##### ニ. 医療、産業、研究からの廃棄物(MIF)

トリチウムを含まないベータ・ガンマ廃棄物(MIF-1)、トリチウムを含む廃棄物(MIF-2)、ラジウムを含まないアルファ廃棄物(MIF-3)、ラジウムを含む廃棄物(MIF-4)、アルファとベータ・ガンマとを含む廃棄物(MIF-5)に細分類されている。

処分対象量は、240GW年シナリオによれば、WA-1が $1,120\text{m}^3$ 、WA-4が $5,600\text{m}^3$ 、その他のWAが $47,000\text{m}^3$ 、BAが $44,000\text{m}^3$ 、SAが $97,000\text{m}^3$ 、MIFが $7,500\text{m}^3$ となっている。240GW年シナリオは、原子力発電設備容量6百万kWe、40年間の供用で、240GW年となるからで、他の条件としては、MIFの集荷期間を70年としている。現在の発電炉5基、設備容量3.08百万kWeを、8基、6GWeに拡大した仮定である。

#### 3.2. 処分計画

WA-1を主対象としたC型処分場は、地層処分場であり、1998年頃に候補サイトを一つにしぼって設計に入り、2010年頃に建設開始、2020年頃に処分開始と、NAGRAは考えている。WA-4も、多分この処分場に収納すると予想される。

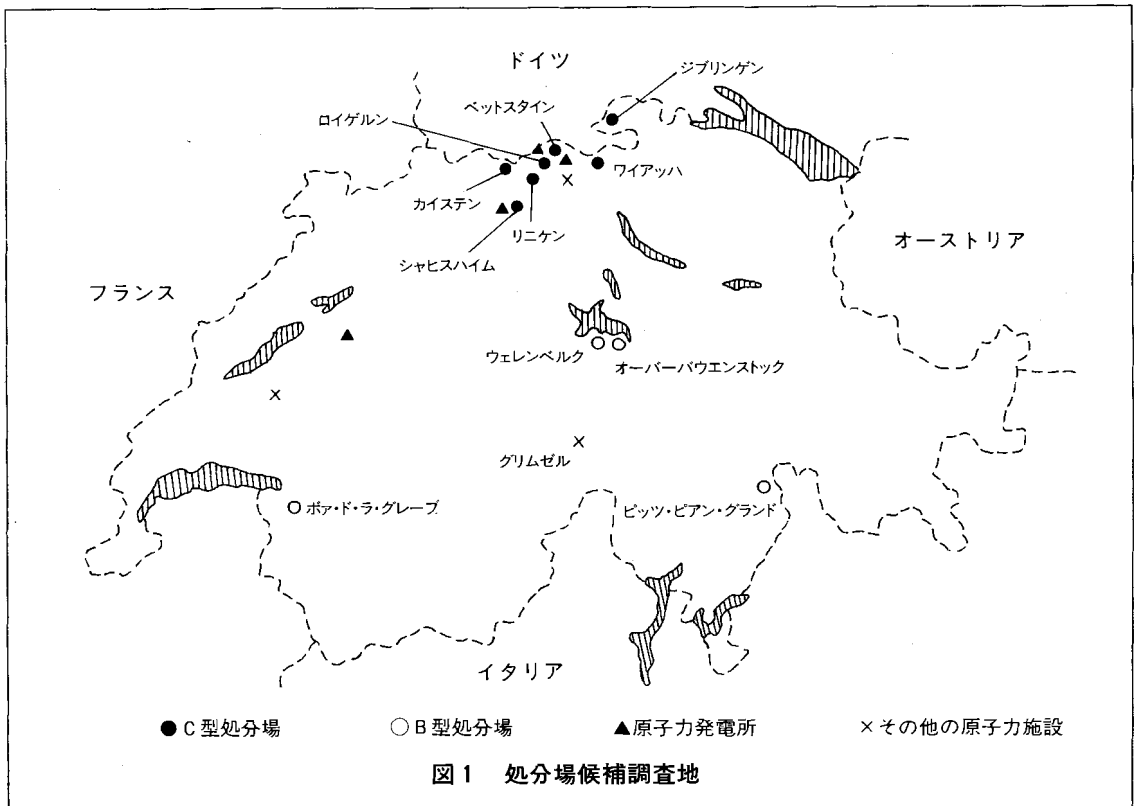
上記以外の廃棄物を対象とするB型処分場は、山腹に掘削した空洞内に処分する方式のもので、1998年頃には操業を開始したいと、NAGRAは考えているようである。

なお頭初NAGRAは、低レベル廃棄物処分用として、ごく地表に近い空洞への処分、または浅地埋設のようなA型処分場を設ける構想を持っていたが、表面的には処分場設置数の低減、実質的には安全性の面で公衆の理解を得る自信が持てないとして、A型処分場を設けないこととした。

#### 4. B型処分場

##### 4.1. 候補地(図1参照)

1979年10月、放射性廃棄物処分場設定準備諸措置令が制定され、処分場候補地の準備調査の内容、申請、認可手続、監督、権利の移譲などが規定された。これは処分場候補地の調査には、連邦内閣による認可を必要とすることであって、対象地域、調査期間、調査計画についての詳細資料の提出を求めるものである。ここで言う処分場には、中間



貯蔵所等も対象として含まれる。一見、調査を行い難くするもののように思われるが、認可されると申請者には連邦から土地収用権の移譲を受ける資格ができるなど、原子力発電所にも与えられていない保護助成の色彩の濃いものである。

1983年12月、NAGRAは、ポア・ド・ラ・グレーブ、オーバーバウエンストック、ピッツ・ピアン・グランドの3候補地について、認可を申請し、1985年9月に認可された。第4の候補地としてウエレンベルクの認可申請が1987年半ばに出されており、早ければ1988年にも認可される可能性がある。以上の4候補地の断面図を図2に示す。

イ. オーバーバウエンストック

ウィリアム・テルの話で有名なアルトドルフの街に近いウルネル湖の西岸にあるこの候補地は、ルツェルンに通じる高速道路のトンネルが通っているので調査が容易で、ボーリング調査、水文学的試験、地球物理的調査から成る第1フェーズを1987年に終了し、その結果を整理して、1988年春に次段階の申請を行った。この候補地を例として

保証計画のB型処分場の安全性が証明されている。

ロ. ピッツ・ピアン・グランド

標高2,065mのサン・ベルナルデノ峠の南方にあるこの候補地は、水力発電業務用の小断面トンネルがあるので、これも調査が容易で、ボーリング4本の掘削調査、広汎な地球物理的調査を1987年に終え、オーバーバウエンストックと同様に、次段階の認可申請がなされた。

ハ. ポア・ド・ラ・グレーブ

ロース川がレマン湖へ流入する直前、右岸の山裾に存在するこの候補地の調査は、地域の反対が強く、上記2候補地ほどは進捗していない。

ニ. ウエレンベルク

地質的にはオーバーバウエンストックに類似するが、アクセスがさらに容易で、しかも処分場の設計に自由度があると期待されている。ここでは標高530mレベルと230mレベルの二つに、水平坑道と岩石実験室とがそれぞれ設けられ、調査結果が良ければ、二つのレベルに処分空洞が設けられると考えられている。二つのレベルを用いる処分

図2 (a) (c) B型処分場候補地の断面

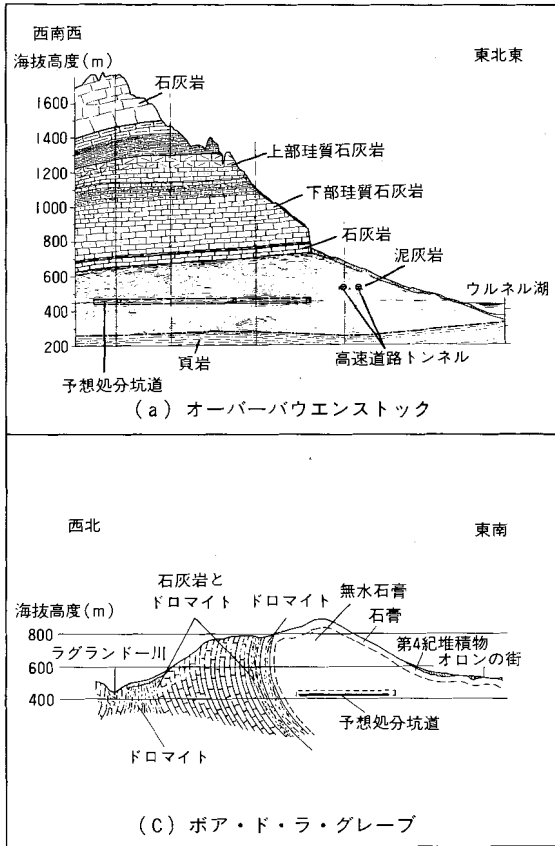
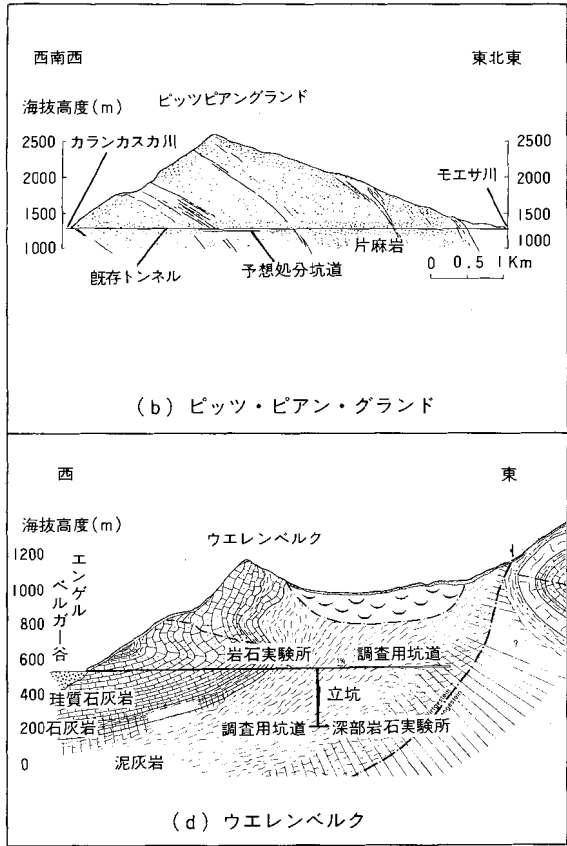


図2 (b) (d) B型処分場候補地の断面



概念では、530mレベルにBAとSAを収納し、隔離度の高い230mレベルには燃料サイクル廃棄物、すなわちWAと、アルファ含有長寿命中レベル廃棄物（MIF-3~5の一部など）を収納することを意図している。

#### 4.2. 処分の考え方

B型処分場の安全性は、ドラム缶等に固化した廃棄物数個を、一つの大型コンテナに収納して空隙をセメントで充填したものを、空洞内に積上げて周囲をセメントコンクリートで充填した工学バリア系と、数百mにおよぶ上部山体の天然バリア系とで隔離することによって達成される。

保証計画での解析評価結果では、閉塞後の処分場に起因する将来の人の個人被曝は、悲観的な仮定をした場合でも $10^{-2}$ mrem/年であり、現実的に考えればもっと低くなるとしている。

#### 5. C型処分場 (図3)

##### 5.1. 調査地 (図1参照)

NAGRAは、北部のアアルガウ州、チューリッヒ州、シャフハウゼン地方の地下1,200m程度に存在する花崗岩層が、C型処分場に適しているとして調査して来た。B型処分場候補地と同様に認可を受けて調査しているのは、次の6ヶ所である。

##### イ. ベットスタイン

試錐深さは1,501mであり、もっとも早く1984年にパッカーテストを開始した。地質調査、地下水の化学分析、地球物理的データの採取等から成る第1フェーズの調査を終え、深部地下水の長期観測の体勢に入っている。

##### ロ. ワイアッハ

試錐深さは2,482mで、最長である。進捗は上記イ.と同様である。

##### ハ. リニケン

試錐深さは1,801mで、進捗はイとロと同様。

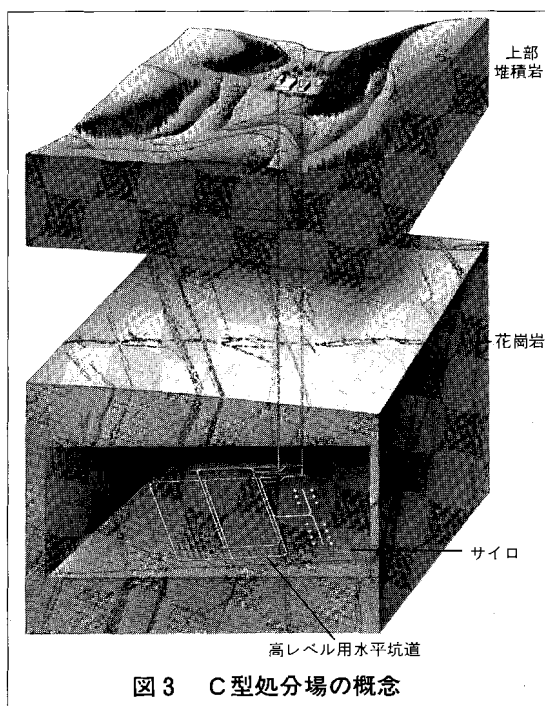


図3 C型処分場の概念

## ニ、カイステン

試錐深さは1306mで、進捗は上記とほぼ同様。

## ホ、シャヒスハイム

試錐深さは2007m、第1フェーズ終了後、上部堆積岩と結晶質岩とにわたって多重パッカーシステムを設置して、長期観測に入った。

## ヘ、ロイゲルン

試錐深さは1689m、第一フェーズ終了後、地下水の塩分濃度の変動測定、トレーサー希釈試験を行って、水文学的試験手順の簡略化の可能性が見出されている。

以上の6ヶ所の他に調査地とされていたジブリンゲンについては、試錐位置を変更して許可申請がなされており、1988年中の認可を想定して、調査試験計画が策定されている。

前記したように、堆積岩層等も候補に含めるよう連邦政府から指示されているので、今後の調査対象候補地は拡大されることになる。

## 5.2 処分の考え方

C型処分場での処分は、返還ホウケイ酸ガラス固化体充填キャニスター(WA-1)を、40年間貯蔵して減衰させた(発熱が582W/体以下)後、厚さ25cmの鉄製容器に封入した形で処分場に搬入する。

深さ約1200mに設けた水平坑道(断面積約60m<sup>2</sup>)に、周囲をベントナイトで取囲まれた形で水平に定置すると、保証計画では計画されている。鉄製容器は、処分作業者の被曝低減に役立ち、また処分においては、千年程度までの期間の地下水との接触防止、腐食性活性化学成分の発生抑制、より長期的には、還元性の周囲条件を実現するなどの期待で採用されたものである。

保証計画では、低中レベル廃棄物の中のハルトエンドピースのセメント固化体(WA-4)を、C型処分場に処分するとしている。WA-4はTRU廃棄物である上に、崩壊熱による発熱が比較的大きい(40年減衰後で2.82W/体)ことによるとされている。WA-4は、深さは同じであるが、サイロ(内径約10m、深さ約52m)の中に定置される。

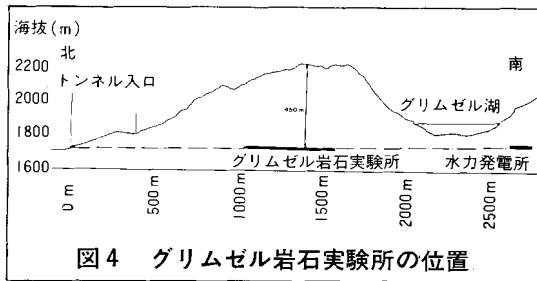
保証計画報告書における閉塞後の処分場から漏出する放射能による将来の人の被曝は、10mrem/年の100万分の1以下に相当する10<sup>-6</sup>mrem/年が最大であるとされており、現実的な推定では、10<sup>-9</sup>mrem/年程度になるとしている。

## 5.3 グリムゼル岩石実験所

現地でFLGと略称されるこの施設は、3つの峠の一つとして有名なグリムゼル峠の北側、グリムゼル湖とレテリッヒス・ボーデン湖の二つにまたがるオーバーハスリ電力会社の水力発電所の業務用トンネルを利用したものである。NAGRAは、1983年4月から1984年5月にかけて、既設トンネルの北側入口から1020mの地点と1570m地点との間に、直径3.5mの円形断面のトンネルを、トンネルボーリングマシンを用いて、総延長約1km掘削して原位置試験場とした。地質は、C型処分場の候補としている花崗岩層と同じである。標高は1730m、上部岩体厚さは450mである。ここも認可を得ており、期限は1992年11月末となっている。

新規トンネル掘削前の調査をも含む第1フェーズは、1980年から1987年までで、NAGRAを主とし、西ドイツの連邦地球科学資源研究所(BGR)と放射線環境研究所(GFS)との国際協力による一部分担によって行われた。1988年から1990年までの第2フェーズは、新たにNAGRAと米国エネルギー省(DOE)との共同研究による破砕帯調査と地震波観測の2項目や、B型処分場関連項目を加えているが、全体としては水力学的な面に重点が置

かれています。



## 6. 体制

スイスの放射性廃棄物処分の中核組織となっているNAGRAは、放射性廃棄物貯蔵全国組合の名称が示すようにスイスの組合法による団体であって、連邦政府の代表として連邦公共保健局(BAG)が出資しているが、他の出資6電力会社と同列であり、**非営利の民間団体**と言ってよい。出資には2種類があって、経常的な組合管理費用の負担は、出資者の均等負担であり、プロジェクト費用は、出資者の所有する建設許可を得た発電炉の熱出力に比例して負担することになっている。ただし連邦政府には換算熱出力が用いられる。1986年末までに出資者が負担した総額は、約2億8千万スイスフランと言われる。

NAGRAは、総員約60名、総務・法制(18名)、科学技術(37名)、処分場プロジェクト(2名)の組織を持つ。人員の2/3は専門家である。

1972年の設立当時は、海洋投棄を除く放射性廃棄物処分の事前調査を目的に設立され、処分の実施主体とは別の団体と考えられていたが、現在はこの考え方はうすれて来たように思われる。

## 7. 規制

連邦憲法により、原子力や放射線防護に関する規制は、連邦政府が行うことになっている。原子力法の下に1978年10月制定された**原子力法に関する連邦令**によって、放射性廃棄物処分場にも、建設許可や運転許可に先立つ**一般許可制度**が導入された(ただし連邦議会の個別承認を必要とする)。また費用負担に関しては、**廃棄物発生者は、安全な処分を保証し、その費用を負担しなければならない**と規定している。この連邦令の有効期限は、

当初1983年末か、新原子力法発効までかのどちらかとされていたが、その後1990年末まで延長されている。

前に述べた指針R-21は、KSAとASK(HSKの前身)の名前で出されたものである。表題は**放射性廃棄物の処分のための防護目標**で、要点は次のようなものである。

防護目標1:閉塞した処分場から漏出した放射性核種が生活圏に到達したとしても、**個人被曝が10mrem/年を超えないこと**。(10mrem/年は、スイスのバックグラウンド被曝の5%以下である。)

防護目標2:処分場は、いつでも、若干年の間に**閉塞できる**よう設計されていること。閉塞後は安全と監理の対策を必要としないものでなければならない。

原子力施設としての許可を受けていない施設からの放射性廃棄物は、**1976年放射線防護令**で規制される。集荷や包装等の技術的詳細は、1977年連邦内務省令に規定されており、集荷以降は連邦政府の所掌となる。

## 8. おわりに

人口、国土面積、原子力発電設備容量などが、すべて日本の1割程度か、それ以下のスイスは、固有の地質・水文データを基に処分概念を作り上げて性能評価を行う一方、処分場候補地における調査や地下実験での原位置試験を進めている。このような比較的順調な進捗は、山地の多い内陸国であってオプション選択の中が狭いからと言う理由もあろうが、科学的データを基礎に、国内の科学者、技術者の理解と支持を得ると共に、適時適切な制度的対策を断行したことによるものと思われる。原子力発電に対する不安や批判の中での進捗は、今後の我国にも参考となるところが多いと考えられる。

(阪田貞弘)

# センターのうごき

## 第25回理事会開催

第25回理事会が、昭和63年6月17日(金)に開催され、昭和62年度事業報告書、及び昭和62年度決算報告書が承認されました。

また、右のとおり、役員の新任、交替が行われました。

退任	監事	三田 勝茂
新任	専務理事	都 築 堯
	監事	青井 舒一

## 桧山義夫理事の逝去

当センター理事(非常勤)桧山義夫氏(東京大学名誉教授)は、去る昭和63年7月21日に逝去されました。ここに謹んで御悔やみ申し上げ、併せて永年の御功績に深甚の謝意を表す次第です。

## 昭和63年度調査研究受託状況

昭和63年度の事業として、科学技術庁、通商産業省などより、昭和63年4月1日以降8月末までの間に、次の調査研究の受託契約が行われました。

なお、電力共通研究については“陸地処分の安全評価手法に関する研究”他8件を前年度より継続実施中であります。

委託元	調査研究課題 ( )内: 契約日	備考
科学技術庁	●低レベル放射性廃棄物の貯蔵等に係る各種基準整備調査 (63.4.7)	各種技術基準の検討
	●低レベル放射性廃棄物最終貯蔵(陸地処分)環境放射能モニタリングに関する総合調査 (63.4.7)	地下水移行経路に係る環境モニタリングシステム
	●海洋処分の評価システムに関する調査研究 (63.5.23)	国際動向調査, 安全評価モデルの検討等
通商産業省	●高レベル放射性廃棄物等の処理処分に関するフィージビリティ調査 (63.6.20)	地層処分に係る各種検討
日本原子力研究所	●海洋底下処分技術の調査 (63.7.1)	海洋底下処分

編集発行

財団法人 原子力環境整備センター  
〒105 東京都港区虎ノ門2丁目8番10号 第15森ビル  
TEL 03-504-1081(代表) FAX 03-504-1297