

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1988.12. NO.9

目次

カナダにおける放射性廃棄物の管理.....	①
センターのうごき.....	⑧

カナダにおける放射性廃棄物の管理

1. カナダの原子力開発

カナダは豊富な水力・石炭・石油・天然ガスおよびウラン資源をもつエネルギー資源国であるが、それらが人口の少ない地方に偏在しているため、需要の大きい東部のオンタリオ州・ケベック州などにおいて、原子力発電の開発利用がすすめられている。

ウランの確認埋蔵量（130ドル/kg以下のもの）は21万トンで世界第4位であるが、近年は年1万トン強の世界第1位の生産を続けており、わが国への主要なウラン供給国ともなっている。

カナダの原子力開発は戦時中にはじまっていて、1946年には基本となる原子力規制法が定められている。それによって連邦政府の規制機関として原子力規制庁（あるいは原子力管理庁, AECSB）が、連邦の中心的原子力開発事業体としてカナダ原子

力会社(AECL)が、また同じく中心的なウラン採鉱製錬事業体としてエルドラド資源会社(ERL)が設立されている。連邦政府ではエネルギー・鉱山・資源省(EMR Canada)がこれらの監督にあたっている(図1)。

カナダ原子力会社が中心となって独自に開発した天然ウラン重水減速冷却型原子炉(CANDU炉)が、1968年以来主としてオンタリオ州(およびケベック州、ニューブランズウィック州)に建設され発電を続けている。現在18基、1286万kWが運転中で、ほかに建設中のものが4基、352万kWある。総発電量の2/3が水力発電により供給されるなかであって、1987年には15.1%が原子力発電により供給された。

2. 放射性廃棄物の発生

カナダにおける放射性廃棄物問題の特色の一つはウランの採鉱製錬からの廃棄物問題の大きいことであり、いま一つは早くから一貫して再処理を行わない燃料の使いすて路線をとってきていることである。いずれもカナダが豊富なウラン資源をもつ大生産国であることにかかわっている。

ウラン鉱滓は簡単な処理をして坑跡、湖沼等に堆積されており、これまでの蓄積量はオンタリオ州で1.1億トン、サスカチワン州で0.2億トンに達し、このために7 km²の土地が使われている。その発生量はウラン1 kgあたり0.5~2トンであり、現在年間750万トンづつふえ続けている。ラジウム・ラドン等のウラン崩壊生成物の約85%がこの鉱滓に含まれており、極低レベル廃棄物に属する。

低レベル廃棄物のこんご40年間の推定発生量と単純平均年間発生量を表1に示す。単に圧縮した

表1 カナダの低レベル廃棄物発生予測

発生源	単純平均年間発生量	
	1985~2025年の推定発生量 (m ³)	(m ³ /年) (2001ドラム本/年)
原子力発電	157,000	3,930
核燃料製造	15,000	375
原子力研究とR1製造	61,000	1,530
R1利用	13,000	325
小計	246,000	6,150
ウラン製錬	65,000	1,630
雑ウラン産業*	57,000	1,430
計	368,000	9,200

*リン酸肥料製造、研磨材製造、マグネシウム・トリウム合金利用等に関するもの

だけの量であるので、わが国の約1/2の原子力発電容量の国としては大きな値となっている。またカナダ原子力会社がコバルト-60線源を大規模に製造供給し、R1等使用者が5400と多いことも影響しているとみられる。

使用済燃料の再処理は当面行わず、MW年の単位発電量あたり140kg(U) だされる使用済燃料はすべてプール貯蔵され、全体で1万トン近くになっている。2000年には貯蔵量が約5万トンに達すると推定されている。

3. 放射性廃棄物管理の方針と規制

放射性廃棄物管理の一次責任は、処分の責任も含めて、廃棄物発生者の負うべきものとされ、ただその責任を負うべき事業者が存在しない場合には政府が残存責任を負うことができるものとされている。

そのような場合として、過去のラジウム生産からの廃棄物の除去と処分、自前の処分施設をつくれない小事業者の廃棄物の処分、事業から撤退したウラン鉱山会社等の廃棄物の処分と復旧作業、規制条項に従って閉鎖された処分施設の長期的管理などがあげられる。

これらの問題を検討するため、1982年政府はカナダ原子力会社本社内(オタワ)に低レベル放射性廃棄物管理室をつくらせた。そこでは先ずエルドラド資源会社のポートホープ(オンタリオ州)に堆積されているラジウム生産廃棄物の処分をとりあげ、1987年には長期貯蔵の報告をまとめ、近く

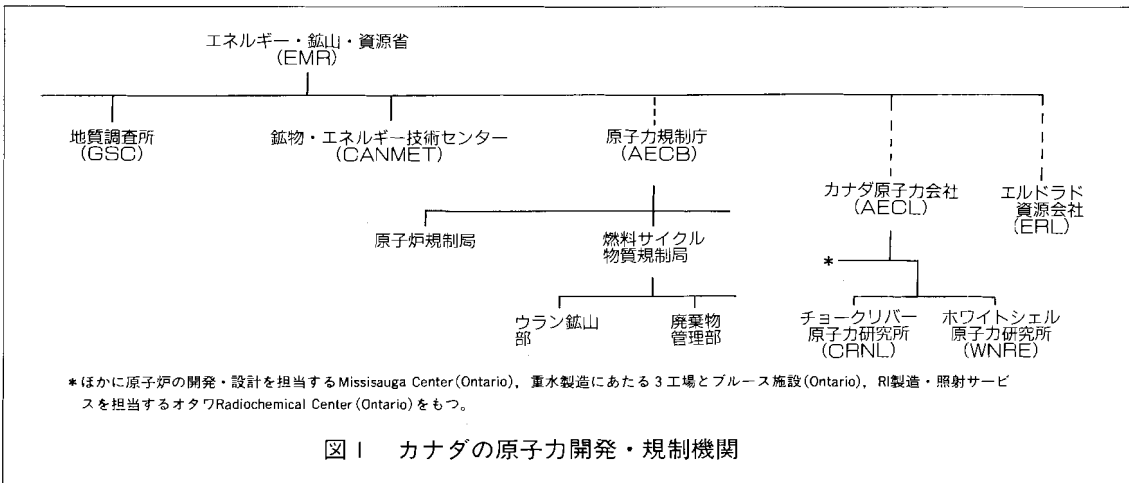


図1 カナダの原子力開発・規制機関

施設建設の見通しとなった。管理室の諮問勧告の性格をさらにすすめて実務を行う**廃棄物管理系ビジネスセンター**が原子力会社の**チョークリバー研究所**に1988年設けられ、チョークリバーへもちこまれる低レベル廃棄物（発電・採鉱製錬以外の大半）の処分の実務にあたることとなった。

原子力規制の法律（1946年）と関連規則（1947年、改正1985年）は比較的簡単であって、具体的な規制方針および指針は原子力規制庁の参考資料として出されることになっている。廃棄物に関しては4つの規制資料が、1985年に1件、1987年に3件と出されている。

基本となる規制資料R-104“長期的にみた放射性廃棄物の処分についての規制の目的、要件および指針”（1987年）は、先ず1985年に協議資料C-104として出され、コメントを求めて修正を加えたうえで規制資料として公表され発効となった。それでは、**処分施設からの放射能の漏洩に対し評価期間1万年について放射線による個人の死亡リスクをモデル計算により求め、 10^{-6} /年以下であれば処分してよいとされている。**

規制資料 R-71“核燃料廃棄物の深地層処分の背景情報と規制要件”（1985年）が早く出され、それに続く規制資料R-72“高レベル放射性廃棄物の地下処分場の立地における地質学的考察—規制指針”は2年後の1987年に出された。これらにより**先ず処分の概念が公聴会において認められることが必要であり、その後で具体的なサイト選定の作業がはじめられるという手順が示されている。**原子力会社が地層処分の安全評価を一般的な場合について行った結果については、1981～85年にわたってエネルギー・鉱山資源省、環境省、およびオンタリオ州環境局より成る省庁間レビュー委員会で検討されたが、公聴会は1991年以降と予定されており、後に述べる地層研究も一般的研究のためのものである。

規制資料R-85“放射性物質の処分に関する認可免除のための要件”（1987年）は、放射性物質の取扱による個人の死亡リスクが 10^{-6} /年以下であり、その放射線影響が小人口に限られるならば、処分にあたり特別の認可を免除されるというもので、**デミニミス（裾切り）方針とも**言われている。

4. 放射性廃棄物処理処分に関する研究開発

中心的な原子力の研究および重水・RIの生産機関としてカナダ原子力会社（AECL）がつくられており、研究所としては会社よりも1年早く1945年に設立された**チョークリバー原子力研究所（CRNL）**と1962年に設立された**ホワイトシエル原子力研究所（WNRE）**の2つをもっている。

4-1 チョークリバー原子力研究所（CRNL）

この研究所は首府オタワの西北約200kmにあり、2つの研究炉を中心にして約2400名の職員がはたっている。CANDU炉開発の中心となっているが、初期にはカナダにおける廃棄物研究の中心でもあった。しかし第2のホワイトシエル研究所の設立後は多くの人員と経費を要する高レベル関係はそちらへゆずり、研究所自身のものだけでなく**産業界・大学等からもちこまれる低レベル廃棄物の処理処分の研究と実務にも力を注いでいる。**

固体廃棄物の処理は一般に圧縮梱包が主体であるが、研究所には1100kgバッチの熱分解焼却炉も備えられていて、大学等から集荷されたシンチレーション溶媒の焼却も行われている。焼却灰はアスファルト固化される。現在、低レベル廃液は20,000 m³/年ほどだされており、最大許容濃度以下なのは分析確認の後オタワ河に放流されている。1974年には**廃棄物処理センター（WTC）**が所内につくられ、圧縮梱包装置、焼却炉、アスファルト固化装置のほか、廃液用に蒸発缶（30,000 m³/年容量）、逆浸透膜装置を備えている。廃液は逆浸透処理のち蒸発濃縮されアスファルト固化されるが、現在は逆浸透装置が不調のため定常運転はされていない。またカナダ特有の問題としてCANDU炉の重水中に生成するトリチウムに対しては、チタンに吸着固定させ除去する技術が開発され、そのため**の小プラントもつくられている。**

廃液処理施設の稼動しない時には、放流レベル以下の化学廃液は所内の浸透池に放出され、**土壤の吸着保持作用により捕捉されるように**されている。1952年のNRX炉の事故の際にも放射能レベルの高い廃液が緊急措置として所内の地中に放出されたことがあり、含まれていた放射性核種について地下水による地中移行の状況が追跡調査されており、その移行がきわめて遅いことが確められて

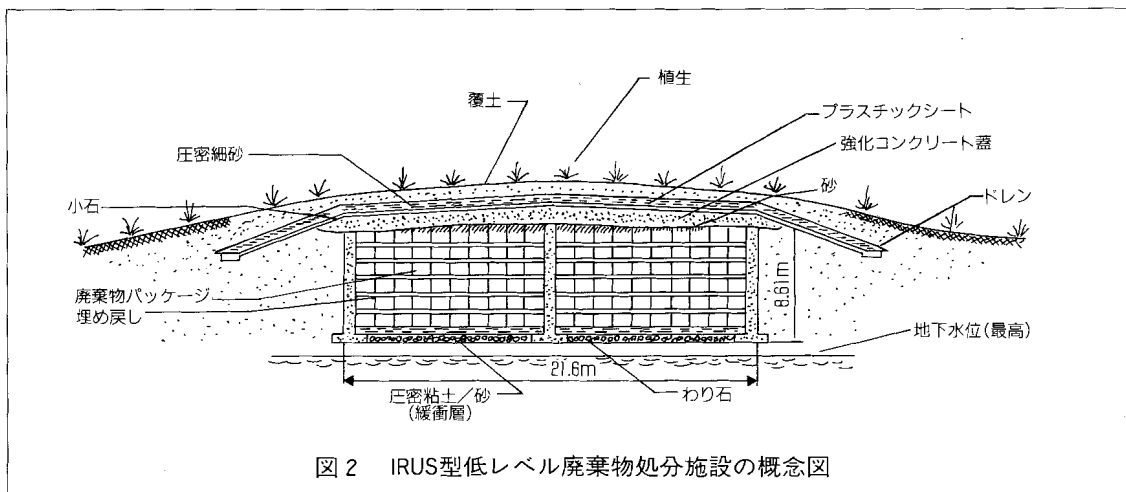


図2 IRUS型低レベル廃棄物処分施設の概念図

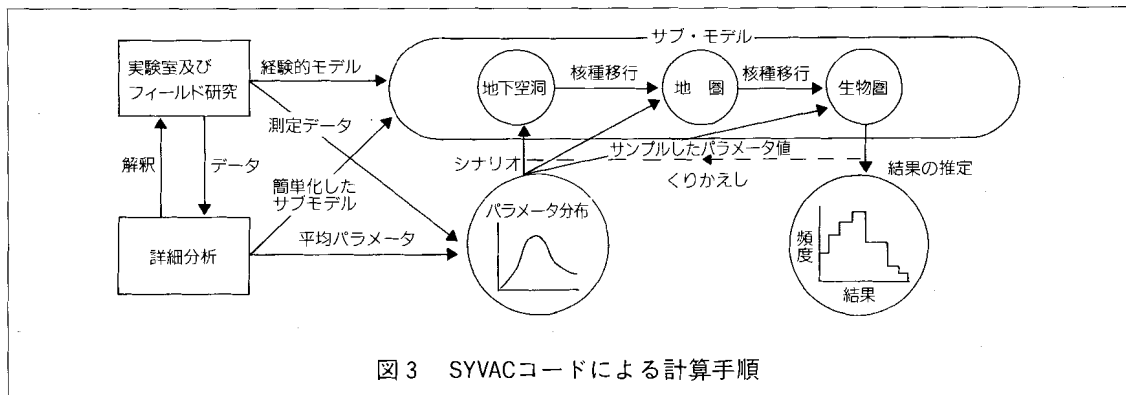


図3 SYVACコードによる計算手順

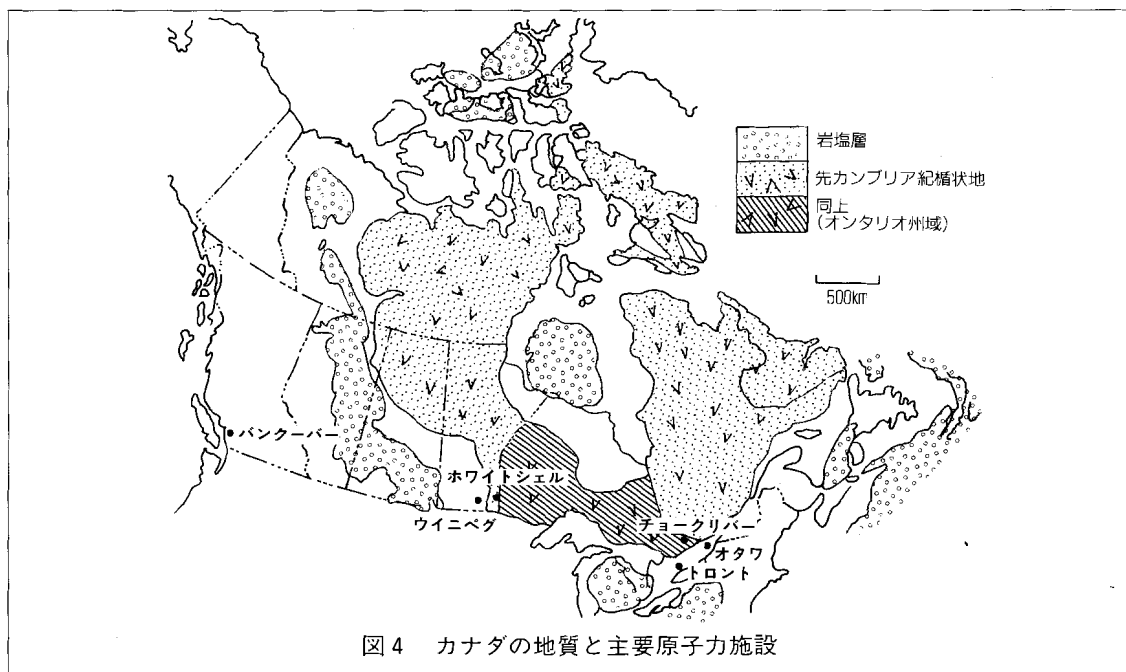


図4 カナダの地質と主要原子力施設

いる。

低レベル固体廃棄物は1946年から所内に浅地埋設されており、その施設にはトレンチ（埋戻し粘土覆い）、コンクリート壁をもつトレンチ（埋戻し粘土覆い）、コンクリートバンカー（廃棄物ドラム缶を収納し埋戻し粘土覆い）などあるが、次第に放射能の隔離貯蔵性が高められてきている。管理下の貯蔵であり地下水のモニタリングが行われている。廃液の地中浸透調査とならんで、1960年には核分裂生成物を溶かしこんだネフェリン閃長岩質ガラス塊25個が地中に埋設され、それからのセシウムおよびストロンチウムの地下水による浸出移行が追跡調査されている。

さらに有害寿命が500年以下の廃棄物について現在の貯蔵方式を処分にきりかえていく計画が1985年から検討され、現在、原型処分施設の設計がすすめられている。これは放射能の危険性がなくなるまで隔離を続けるもので、耐浸入地下構造(IRUS)といわれる地下の耐久性コンクリート壕を地下水位の1m以上うえの砂層中につくったものである(図2)。壕の底には吸着性の緩衝材(砂、イライト粘土、斜プチロル沸石の混合物)を1mの厚さにして透水性を高め、廃棄物が数100年間ほとんど水に接することなく、また構造物(蓋厚1m、壁厚0.6m)は500年以上健全性を保って人や植物の根などが浸入することを防ぐようにしている。

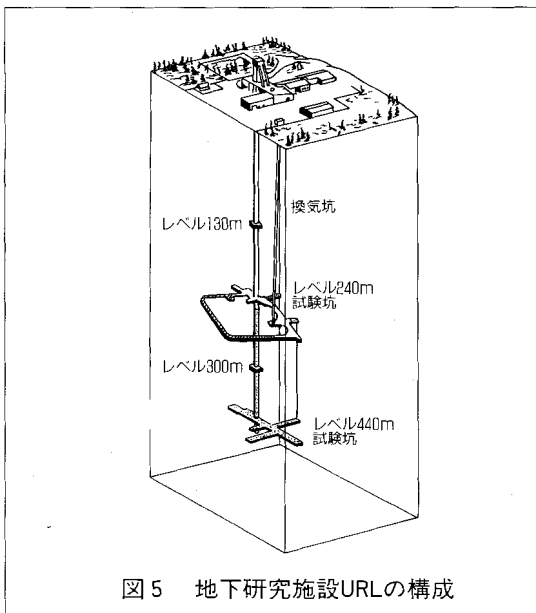


図5 地下研究施設URLの構成

現在は関連する各種の工学試験が平行してすすめられており、この原型施設の建設は1989年、使用は1991年からと予定されている。いずれその実証データをふまえて、オンタリオ州南部のどこかにカナダの国立低レベル廃棄物処分場がつくられることになる。

4-2 ホワイトシエル原子力研究所 (WNRE)

カナダ原子力会社の第2の研究所で、マニトバ州の首都ウイニペグの東北104kmに所在する。有機材減速研究炉を中心に約1000人の職員がはたらいており、約50%の人員と予算が廃棄物管理の研究開発にあてられている。

ここでの重点は高レベル廃棄物の処分研究におかれてはいるが、低レベル廃棄物の圧縮装置、研究炉からの廃有機材用の焼却炉、廃液の蒸発装置、濃縮廃液のプラスチック固化装置、貯蔵施設(地下水位が高いため地表コンクリートバンカー)等も備えている。ただそれらの研究面でのウエイトは小さい。

カナダはウラン資源に恵まれ、プルトニウムを回収して利用する必要はなく、一部で基礎的な再処理研究は行っているものの、一貫して使い捨て路線を歩んできた。そしてこの高レベルの使用済燃料(または再処理高レベル廃棄物固化体)の処分にそなえて、1976年には連邦政府(エネルギー・鉱山・資源省)とオンタリオ州政府との間でカナダ核燃料廃棄物管理計画(CNFWMP)に関する政府間協力協定が結ばれ、原子力会社が使用済燃料の放射能固定と最終処分の技術開発を、またオンタリオ hidro 電力会社(OH)が使用済燃料の一時貯蔵と輸送の技術開発をそれぞれ担当して行うこととされた。1981年にはこの計画に関する処分地を特定しない10年研究計画が政府により認められ国家プロジェクトとしてその推進がはかれることになった。毎年プロジェクト情報会議が開かれ、またプロジェクト年報も原子力会社から出されている。さらに1979年にはこのための技術諮問委員会(TAC)が学識経験者によってつくられ、TAC年報も出されている。

この国家プロジェクトの原子力会社側の研究の本據がホワイトシエル研究所におかれ、チョークリバー研究所では低レベル廃棄物の処理処分研究と実務の仕事がすすめられている。ホワイトシエ

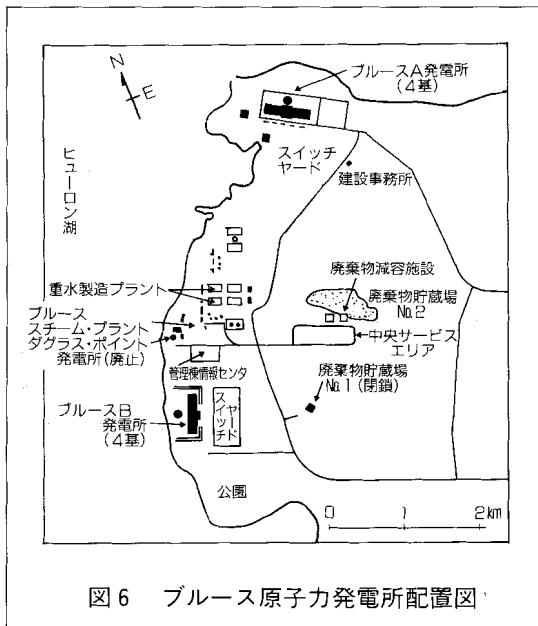


図6 ブルース原子力発電所配置図

ルでは高レベル廃棄物の地層処分に関する基礎研究として廃棄物固定化の研究，地球科学的研究，および環境安全評価の研究がすすめられている。それらの成果を内外に広く知らせ国際協力を促進するために，従来のプロジェクト情報会議のほかに，1982年からはカナダ原子力学会主催の放射性廃棄物管理国際会議がウイニペグにおいて4年毎に開催されるようになった。

固定化研究では使用済燃料の特性測定，ガラス固化法等と固化体容器の開発，処分施設のシーリングの研究などが行われている。環境安全評価研究では地中（輸送）経路と大気中経路の研究，処分施設の閉鎖前安全評価と閉鎖後安全評価が行われている。ホワイトシェル研究所が力を注いでいる閉鎖後の安全評価では，処分場から放射性物質が地圏および生物圏をとって人間と環境におよぼす影響の解析がすすめられている。このための

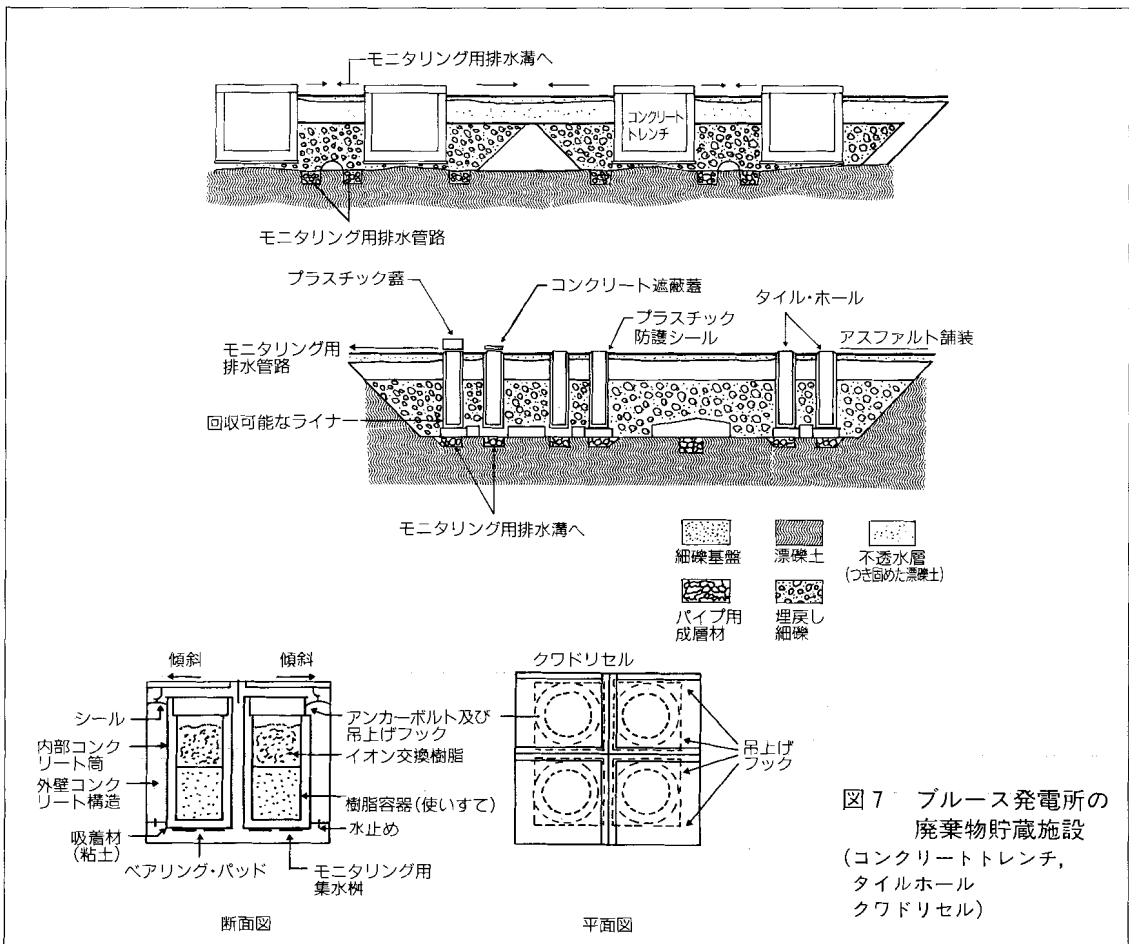


図7 ブルース発電所の廃棄物貯蔵施設 (コンクリートトレンチ，タイルホール，クワドリセル)

確率論的評価コードとしてSYVAC (図3) その他のコードが開発され、とくに変数をふやした SYVAC 改良コードについては国際的にも高い評価があたえられている。これでは入力パラメータは単純な数値でなく、分布関数であたえられ、確率計算により被ばく線量が棒グラフ形式で求められる。

地球科学研究ではカナダ楕状地の花崗岩質の深成岩中に考えられている処分場の土質力学的研究、水文地質学的研究、候補地層の地質学的研究、放射性物質の地中移行の予測計算などが行われている。カナダでははじめ岩塩層への処分も検討されたが、国土の東北部の大半をおおう先カンブリア紀のカナダ楕状地が注目され (図4), その中へマグマがふきだして深部で固化した深成岩体への地層処分が考えられ、必要な用地をもとめて広範な予備調査とボーリング調査が行われた。オンタリオ州だけで、約1400の深成岩体が調べられ、数地区のボーリング調査の結果、ホワイトシエル研究所から14kmはなれたラクデュボネット地区の380haの州有地が選ばれた。1980年から詳細な調査が行われ、地層処分に関わる原位置試験を行う地下研究施設 (URL, 図5) の建設が1983年から始められ、現在地下440mに及ぶ URL がほぼ完成している。ただこれはサイトを特定しない一般研究の場であり、実際の処分用地選定はこんごの課題と

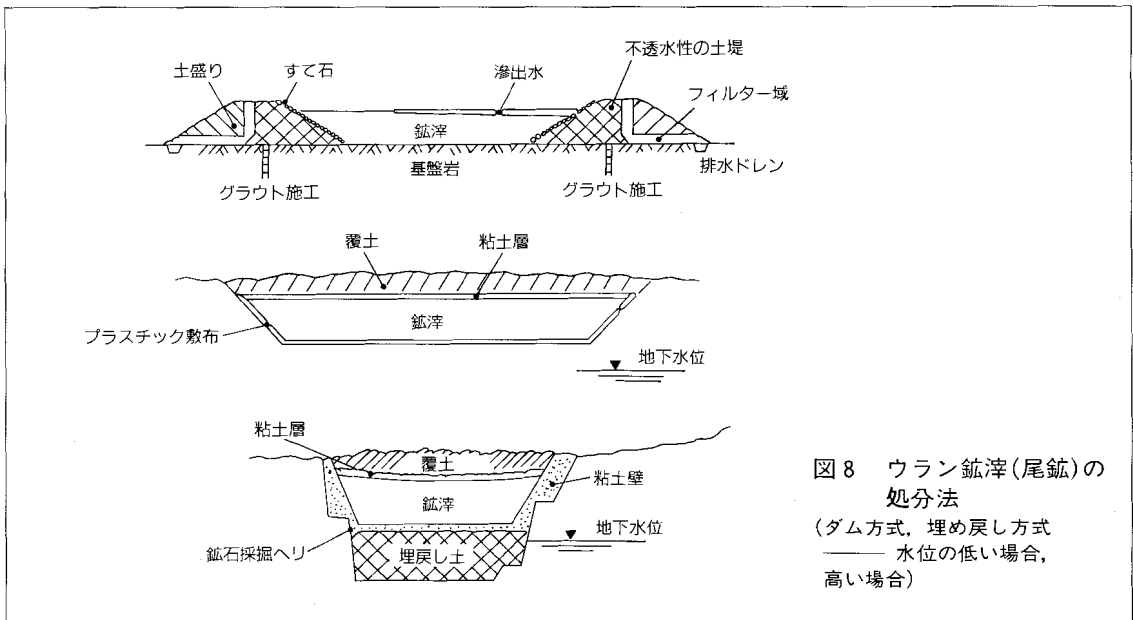
なっている。このURLでは欧州諸国とわが国による国際協力研究がはじめられている。

5. 原子力発電所の放射性廃棄物管理

カナダの原子力発電所はすべてCANDU炉であり、原型炉ダグラスポイント21万kWが運転をはじめたのは1968年である (1985年廃止)。それまではチョークリバーの研究炉をつかって原子炉廃棄物の処理技術の研究開発がすすめられた。

オンタリオ州内の2つの原子力発電所 (8基412万kWのピッカリング, および8基643万kWのブルース), および建設中のダーリントン発電所 (4基352万kW) からの低レベル廃棄物は、それぞれ各サイトで、固体は圧縮梱包処理され、液体は氾過イオン交換処理され、一時貯蔵の後、すべてブルースの放射性廃棄物貯蔵場へ運ばれ集中貯蔵されることになっている。0.6haの第1貯蔵場は満杯で、現在は16haの第2貯蔵場がつかわれている (図6)。原子炉1基から平均100m³/年の廃棄物が運ばれてきている。

この貯蔵サイトには廃棄物減容処理施設 (RWVRF) が付設されており、圧縮梱包装置と3000m³/年の焼却炉を備えている。貯蔵施設 (図7) にはコンクリートトレンチ、地中筒状のタイルホール、放射能レベルの高いイオン交換樹脂用の角型コンク



リート箱のクワドリセル、コンクリート倉庫などがある。最近照射炉心コンポーネントを地表で貯蔵するため175トンのコンクリート容器も開発された。

ケベック州のジェンティリ発電所、ニューブランズウィック州のポイントルブロー発電所の廃棄物も前処理後、サイト内に貯蔵されている。ブルースの貯蔵廃棄物を含めこれらはすべて、将来オンタリオ州南部につくられる国の処分施設(IRUS型)へ移送されることになっている。

現在オンタリオハイドロ社を中心として、さらに切断、溶融、シンタリング、混式酸化、生物学的消化等の新しい技術を組みあわせ、固体廃棄物の減容をはかるための技術開発、キャスクによる使用済燃料の地表貯蔵試験等が行われている。なお使用済燃料は現在は各原子炉のプール中に貯蔵され続けている。

6. ウラン鉱滓の処理処分

ウランの採鉱製錬からだされる微量のウラン、その崩壊生成物であるラジウム等を含んだ鉱石粉末・製錬残渣はウラン鉱滓あるいは尾鉱とよばれ、次第に注目をあびるようになってきた。かつては他の金属の場合と同じように鉱山周辺の不用のくぼ地、坑跡、あるいは湖沼に堆積され、残存ウラン濃度が低く特に放射性残渣とみなす必要のないものとされていた。それが近年の調査により、ラジウム等による長期間の放射線リスクが意外に大きいことがわかり、真剣に対策が考えられるようになった。

しかしその蓄積量は1.3億トンに達しており、この大量を安価確実に処置する対策には苦慮している。図8のように低レベル廃棄物の浅地埋設に準じた方法が考えられ、一次責任を問い得ない初期の鉱滓については残存責任は国が負って必要な処分経費を支出する方向で対策が検討されている。

センターのうごき

昭和63年度調査研究受託状況

昭和63年9月以降昭和63年11月30日までの間に、次の受託契約が行われました。

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陸地処分(浅地中処分)に関する調査研究 (63.10.12)	原子炉施設以外の原子力施設廃棄物を対象
通商産業省	●低レベル放射性廃棄物施設貯蔵安全性実証試験 (63.9.26)	検査機器機能確認試験等
	●海外再処理返還固化体受入システム開発調査 (63.9.26)	返還TRU廃棄物受入システム等
	●放射性廃棄物処理最適化調査 (63.9.26)	放射性廃棄物処理システムの最適化調査
	●原子炉廃止措置廃棄物処理処分方法調査 (63.9.26)	原子炉廃止措置に伴う特有廃棄物の処分方式の検討等
	●放射性廃棄物処分高度化システム確認試験 (63.11.19)	改良止水システムの開発等
	●放射性廃棄物処理処分経済性調査 (63.11.19)	処理処分算用の算定、経済性評価システムの整備等
	●放射性廃棄物有効利用システム開発調査 (63.11.19)	金属等廃棄物の有効利用システム検討、技術確認試験等
	●ウラン廃棄物処理処分システム開発調査 (63.11.19)	ウラン廃棄物の処理処分方策検討、技術確認試験等

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