

# 原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT CENTER TOPICS

1994.12.NO.31

## 目次

- 放射性廃棄物処分の課題についての国際的取組み－ OECD/NEA －活動概要と原子力のコスト評価 .....①  
〈RADWASS Safety Series 紹介〉「放射性廃棄物の区分」及び「地層処分施設のサイト選定」 .....⑥  
センターの動き .....⑧

## 放射性廃棄物処分の課題についての国際的取組み－ OECD/NEA －

－活動概要と原子力のコスト評価－

### 1. 活動の概要

OECD/NEA (Organization for Economic Cooperation and Development 経済協力開発機構/Nuclear Energy Agency 原子力局) は最初加盟国をヨーロッパに限定した機関として発足した。1972年に日本が正式メンバーとなって以来米国、カナダ、オーストラリア等が加盟し、現在25ヶ国がメンバーとなっている。従って、現在は自由世界の主な技術先進国の原子力に関する国際組織である。

放射性廃棄物処理処分に関しては、図1に示すように、**放射性廃棄物管理委員会 (RWMC)** が上部組織となり、その下に常設組織として**廃棄物処分システム性能評価諮問グループ (PAAG)** と**サイト評価－原位置試験調整グループ (SEDE)** が組織され図に示す点線の枠で囲った項目についての活動を行っている。主に情報交換であるが、項目によっては資金をプールして共同実験も行っている。

RWMCには放射線防護公共保険委員会

(CRPPH)、原子力科学委員会 (NSC) 及び原子力開発核燃料サイクル委員会 (NDC) が種々の形態で協力して、両者に共通する課題に取り組んでいる。ここで着目したいのは、わが国ではしばしば廃棄物処理処分の究極のオプションであるかのごとく論じられる**群分離－消滅処理の研究は廃棄物問題を担当するRWMCではなく核燃料サイクル問題を担当するNDCの下にあり**、RWMCはその報告を受ける程度の関与の仕方をしている点である。NEAはこの立場で取り組んでいることを知って置く必要がある。

RWMCの会合は毎年開催され各国の現状が紹介されるとともにNEAのグループ活動状況が紹介される。この会合には常時IAEA及びCECの代表が出席し、それぞれの機関の関連活動状況が報告される。ここに報告された内容の主な点は出席者から資料を入手し、本トピックスでも紹介することになっている。また、毎年7月頃にBulletinが発行されるのでさらに整理された情報が入手できる。

これらの定期的な会合や出版物の他、廃棄物関係者に関心の高い事項や計画についてワークショップが開かれた場合は出版物にまとめられる。最近のそれらの出版物の例としては、ストリップ計画の最終レポートやNear FieldのモデルについてのワークショップのProceedingがあげられる。前者は地下岩盤中での原位置試験で得られる情報の限界を知る上でよい資料であり、後者は処分環境が変化しなければ、容器等人工バリアが相当長期間にわたり健全性が保たれることを知る上でよい資料である。

OECD/NEAは技術先進国の会合であることから、原子力政策の基本的考え方についての検討も行われる。例えば、地層処分について

「処分予定地からの十分な情報と相まって、安全評価手法を適切に使用することにより、どの処分仕様が現在と将来の世代に対し満足できるレベルの安全性を提供できるか判断する技術的な根拠を与えることができる。」

との集約的意見 (Collective Opinion) が1991年にまとめられている。その後、放射性廃棄物の処分も、一般産業の有害廃棄物の処分と共通の思想に基づくべきであるとの考え方から、世代間の倫理的問題を中心に地層処分の思想について検討が進められている。この結果は今回のRWMCの会合で検討され、「Collective Opinion」の形でまとめられる予定である。

例えば、長半減期の放射性核種を含む廃棄物の

処分問題について、

・将来世代に恩恵を及ぼす行為であれば、それが原因で将来世代にリスクや責任を残すことも許されるのか？もし許されるならどの程度か？

・将来世代になれば、安全概念、技術開発の程度、資源の価値が現代とは変わる可能性が十分あり得る。それでも、将来世代がオプションの選択をすることができないようなことをしてよいのか？等が検討されているようである。

最近の刊行物で廃棄物処理処分の総合戦略を考える上で重要なものとして、核燃料サイクル、施設解体、高レベル廃棄物処分及び発電のコスト評価のレポートがある。次にその内容を簡単に紹介する。

## 2. 原子力のコスト

### 1) 核燃料サイクルのコスト

(OECD/NEA: The economics of the nuclear fuel cycle(1993))

OECD/NEAではこれまでも原子力に関連していろいろなコスト評価を行っており、本レポートは1985年に刊行された核燃料サイクルコストの評価の見直しである。再処理オプションと使用済燃料の直接処分オプションについて標準ケースを設定し、対比する形式で評価している。

標準ケースとしては、再処理オプションはフランスでの実績データ、直接処分オプションはスウ

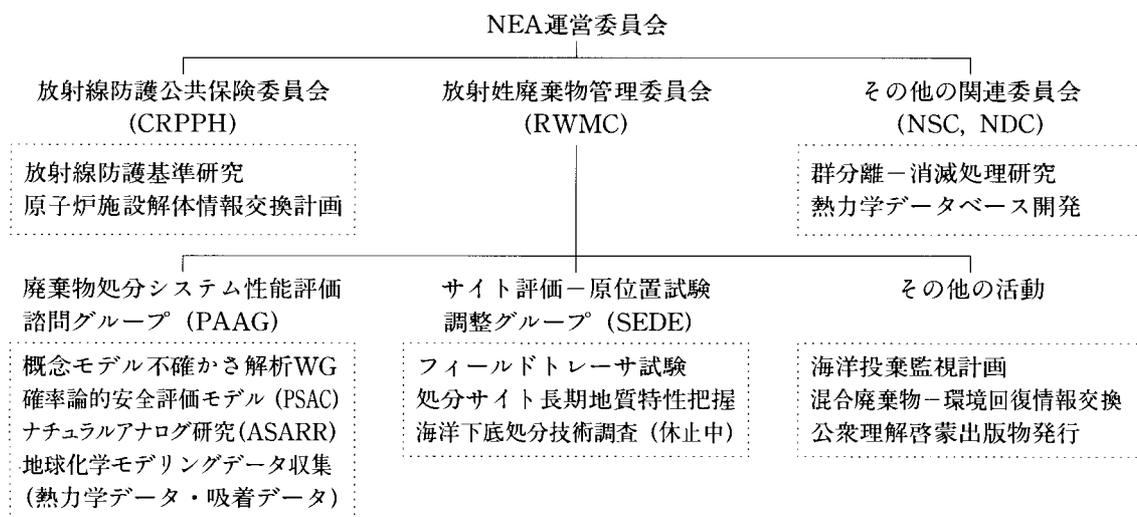


図1 OECD/NEA RWMC関連組織

エーデンでの評価のデータをもとに設定している。ウラン鉱石の採掘から廃棄物の処分までは通常50～100年と長い期間にわたるので評価時点と割引率（利率－インフレ率）で評価価値が違ってくる。ここでは2000年に運転を開始するPWRの燃料を想定し、割引率5%を標準値としている。評価結果は発電当りのコストで示している。

時間の経過に沿った金銭の流れは図2に示すようになる。再処理オプションではプルトニウム及びウランが回収されるので、その価格だけ収入になり、コストを軽減することになる。

評価された結果は発電量当たり表1の値が示されている。この値に標準偏差の2倍幅を見込むと、再処理オプションでは5.17～7.06mill/kWh、直接処分オプションでは4.28～6.30mill/kWhの範囲であるとしている。明らかに再処理オプションの方がコスト高である。原子力発電原価は約30mill/kWhとすると、核燃料サイクルコストの占

める割合は約20%程度であるとの結果である。

核燃料サイクルのうち、再処理については実績があるが、高レベル放射性廃棄物の地層処分についてはどの国も経験がない。従って、国によってこの関係のコストの見積もりには大きな開きが出ると考えられる。次にその点について、OECD/NEAで検討したレポートを紹介する。

## 2) 高レベル放射性廃棄物の地層処分コスト

(OECD/NEA: The cost of high-level waste disposal in geological repositories (1993))

OECD/NEAに加盟している11ヶ国の12の処分概念について評価した結果で検討されている。その値を表2に示す。

いずれの国も実際に処分するのは数十年先を予定している。従って、極めて予備的評価である。

地層処分には多額の研究開発コストが必要と考えられるし、サイト選定にも多額の費用が必要と思われる。これらのコストは政治的社会的状

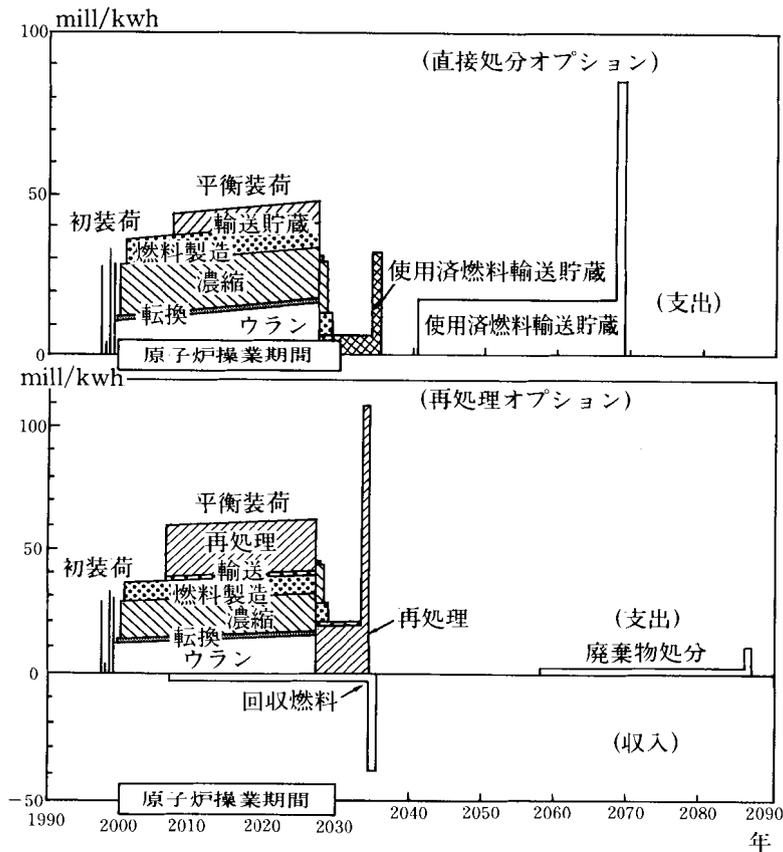


図2 PWR核燃料サイクルでの金銭の流れ

況で大きく異なってくるので、ここでの評価は処分場の設計、建設、操業、閉鎖のコストの合計であり研究開発費は含まれていない。また、前項のような割引率の考えは適用されていない。各国が研究開発にどの程度を見込んでいるかは、表2の右端の欄に示す値が記載されている。国によって大きく異なることがわかる。米国では処分経費の0.77を見込んでいる。処分コストの絶対額をみると発電原価の数%である。従って、地層処分の研究開発費は発電単価に大きな影響を与えないと思われる。

この他に未だ実施経験が少ないため評価が国によって異なるものとして、廃炉の解体処分コストがある。次にその評価についてみる。

### 3) 解体コスト

(OECD/NEA: Decommissioning of nuclear facilities(1991))

加盟国からの多くの型の原子炉の解体コストの評価結果をもとに、何が評価結果に違いを生じさ

表1 PWRの核燃料サイクルのコスト  
(標準ケース mill/kWh)

構成	初装荷	平衡装荷	合計
<b>フロントエンド</b>			
ウラン	0.17	1.47	1.64
転換	0.03	0.18	0.12
濃縮	0.18	1.67	1.85
燃料製造	0.19	0.81	1.00
①支出小計	0.57	4.13	4.70
<b>再処理オプション</b>			
使用済燃料の輸送	0.02	0.09	0.11
再処理・ガラス固定	0.32	1.34	1.66
廃棄物処分	0.003	0.02	0.02
②支出小計	0.34	1.45	1.79
回収ウラン	0.01	0.17	0.18
回収プルトニウム	0.01	0.07	0.08
③収入小計	0.02	0.24	0.26
コスト=①+②-③	0.89	5.34	6.23
<b>直接処分オプション</b>			
使用済燃料貯蔵輸送	0.10	0.41	0.51
使用済燃料梱包処分	0.05	0.20	0.25
④支出小計	0.15	0.61	0.76
コスト=①+④	0.72	0.74	5.46

せるか検討されている。表3に示す値は軽水炉についての値である。

解体Stageによって解体コストが変わる。表3に示す値は原子炉を完全に撤去してさらに地にするStage3まで解体するケースの値である。同じStage3であっても国によって解体の仕方には大きな違いがある。その原因は廃棄物処分、特に放射性廃棄物と一般廃棄物との区分基準や処分基準が国によって違うからである。また、解体コストに大きな影響を及ぼす因子は廃棄物の量と解体作業に必要な人件費であるが、これも国の安全基準に大きく影響を受ける。しかし、既に多くの国で小型の原子炉の解体経験を持ち、個々の解体技術は原子力以外の産業で経験が積まれているので、解体コストは合理的に評価できると考えられている。

発電コストへの影響をわかり易くするため、解体コスト総額を表3の下に記した条件で発電量当たりに換算して示した。1 mill/kWh程度で発電コストの数%である。

### 4) 発電コスト

(OECD/NEA: Projected cost of generated electricity - update 1992(1993))

OECDは1983年以来定期的に発電コストの評価をしており、1992年の評価はその4番目のものである。OECD加盟16ヶ国及び非加盟6ヶ国の報告

表2 高レベル廃棄物処分コスト評価例

国名	コスト B\$	発電当り mill/kWh	研究開発費 処分費
<b>再処理・ガラス固化体処分</b>			
ベルギー	0.8	0.69	0.22
フランス	6.3	0.25	0.08
ドイツ	4.6	0.55	0.20
オランダ	0.46	0.73	
スイス	1.4	1.65	0.46
英国	1.7	0.40	0.19
<b>使用済燃料直接処分</b>			
カナダ	8.7	0.80	0.09
フィンランド	0.76	1.8	0.16
ドイツ	4.6	0.55	0.20
スペイン(岩塩)	2.4	1.3	0.42-0.50
(花崗岩)	2.0	1.1	
スウェーデン	3.2	1.6	0.20
米国	10.0	0.43	0.77

値がまとめられている。この評価には廃棄物処分コストや解体コストも含まれている。評価時点は、**2000年もしくは2000年代当初に商業利用を開始することができる発電所を対象にしている。**

多くの条件での報告書をもとに検討されているが、ここでは報告値が多い評価条件、耐用年数30年、設備利用率75%、割引率5%で評価し発電量当たりで表した値を表4に示す。

エネルギー源別にみると、原子力発電に関するデータをよせてきたOECD加盟5ヶ国の内3ヶ国とOECD/NEA非加盟6ヶ国のうち4ヶ国では各国独自の基準を用いているにもかかわらずほとんどの国で**基幹エネルギー源としては原子力発電が最も低コストである。**

再生可能エネルギーである水力発電、地熱発電、風力発電、ゴミ焼却処理発電などについて報告している国は少ない。未だ開発段階であり、多くの国で政府の助成や補助を受けているので、助成を受けない場合の発電コストはこれまでの大規模基幹エネルギーのコストをかなり上回ると予測される。孤立した地域や離島などでは既に経済的地位を確保しているものの、**再生可能エネルギー全体への寄与という点で見れば、これらのエネルギーは小規模で、しかも燃料及び動力の入手度を考えた場合、ほとんどの国で利用範囲に限界がある。**

以上は2000年時点での評価であるが、50年後、100年後を考えてみる。この頃を考えると、燃料価格は世界の埋蔵量/生産量 (R/P) 比に大きく支配されると思われる。4) に示すレポートには、

表3 軽水炉の解体コストの評価例

国名	発電容量 MWe	コスト 1990. M\$	発電当り* mill/kWh
<b>PWR</b>			
フィンランド	2×468	237	1.3
ドイツ	1204	212	0.9
日本	1160	225	0.9
スウェーデン	920	130	0.7
英国	1155	418	1.8
米国	1175	120	0.5
<b>BWR</b>			
フィンランド	2×735	198	0.7
日本	1100	234	1.1
スウェーデン	780	152	1.0

\*稼働率75%、30年間操業として筆者が換算した値

それぞれの燃料のR/Pについて天然ガス58.7年、石油43.4年、石炭239年、ウラン約100年（高速炉増殖炉が導入された場合約5000年）という値が整理されている。

地球環境の保護の立場から化石燃料を使う場合炭酸ガス税で制限したり、国際的約束で制限されることが予測される。これらを配慮すると再処理で回収されるプルトニウムやウランの価値が高まり、50年後、100年後の時点では事情は全く異なってくると考えられる。それまで研究開発用以外の使用済燃料は、石油の地下備蓄のような手間のかからない方法で、次の世代のために備蓄しておくのも一つの考え方はなかろうか。

(中村治人)

表4 発電コストの評価例  
(1991, US mill/kWh)

国名	原子力	石炭火力	ガス火力
ベルギー	35.9	39.4	40.8
カナダ	34.2	32.5	40.5
デンマーク		35.0	36.1
フィンランド	30.1	35.0	35.3
フランス	32.8	53.6	54.8
ドイツ	53.1	67.4	
イタリア		48.4	58.6
日本	53.7	63.0	77.3
オランダ		41.3	52.4
ポルトガル		47.5	44.0
スペイン		68.0	56.7
スウェーデン		48.8	
英国	50.0	49.2	45.2
米国	42.8	43.8	49.3
中国	30.7	35.7	
チェコスロバキア	28.9	33.1	36.3
ハンガリー	30.3	41.3	38.4
インド	36.1	42.1	
韓国	33.3	42.5	

耐用年数30年、設備利用率75%、割引率5%、報告値が複数の国は平均値、但し、ガス火力の耐用年数、利用率はそろっていない。

# 「放射性廃棄物の区分」及び「地層処分施設のサイト選定」

IAEAでは1991年放射性廃棄物安全基準策定計画 (RADWASS) が開始された。全体計画は本トピックスNo. 27で紹介した。その中の安全指針「放射性廃棄物の区分」及び「地層処分施設のサイト選定」が出版されたので簡単に紹介する。

## 1. 放射性廃棄物の区分

(Safety series No. 111-G-1.1 Classification of radioactive waste (1994))

この指針の目的は、放射性廃棄物の区分を簡単にし、廃棄物処理処分の種々の計画を立てるとき議論のベースを同じにし食い違いがないようにすることにある。特に国際間で放射性廃棄物が移動したり、規制除外された物質の貿易が現実的になった現状からこのことは重要である。ここに示された値は目安であって、実施の際は各国の法規制の枠組みを適用して改めて決める必要がある。

固体廃棄物の処分の仕方を中心に書かれている。基本的な廃棄物分類方法が表1のように示されている。廃棄物区分は大きく図1に示すように整理されている。

放射性核種が含まれていることに配慮する必要がなく、一般ゴミと同じように処分したり、資源として再利用できる廃棄物中の放射能濃度 (規制除外濃度) と浅地中に処分することができる濃度

(浅地中処分の濃度限度) は一般に関心の高い値である。表1からわかるように、 $10\mu\text{Sv/y}$ の値が前者のベースに使われている値であり、後者のベースには長寿命アルファ線放射核種の濃度 $4000\text{Bq/g}$ が使われている。これらの値はこれまでの各国の実施状況を踏まえて大略のコンセンサスとして示されたものと考えてよい。

実際に処分できる数値がここで示されている数値と桁数で異なるようであれば、基準、評価シナリオ、評価データ等に国際的にみて不自然な点があるためと考えるべきである。

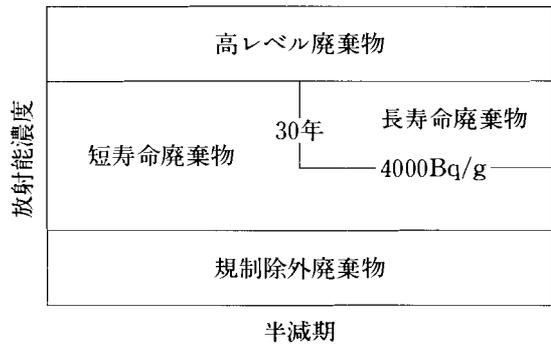


図1 固体廃棄物の分類

表1 基本的な廃棄物分類方法

廃棄物のクラス	典型的な特性	処分
1. 規制除外廃棄物	廃棄物を処分することによる、公衆の構成員に対する年間線量当量 $10\mu\text{Sv}$ をもとに決められた Clearanceレベル (規制対象から除く) と同等またはそれ以下	放射線学的な規制なし
2. 低・中レベル廃棄物	Clearanceレベルを超えるもの及び発熱量が $2\text{kW/m}^3$ 以下のもの。	
2.1 短寿命廃棄物	長寿命アルファ線放射核種の濃度が個々のパッケージについて $4000\text{Bq/g}$ 、平均 $400\text{Bq/g}$ まで。	浅地中処分または地層処分
2.2 長寿命廃棄物	長寿命アルファ線放射核種の濃度が短寿命廃棄物の濃度の限界を超えるもの。	地層処分
3. 高レベル廃棄物	発熱量が概ね $2\text{kW/m}^3$ を超え、長寿命放射性核種の濃度が短寿命廃棄物の濃度を超えるもの。	地層処分

## 2. 地層処分施設のサイト選定

(Safety series No. 111-G-4.1 Siting of Geological disposal facilities(1994))

この指針の目的は、放射性廃棄物の地層処分に適したサイトを見付け、選んでいくときの指針を示すことにある。

選定段階を次の4段階に分けてそれぞれの段階で行うべきことが整理されている。

- (a) 概念設計段階
- (b) 地域調査段階
- (c) サイト特性調査段階
- (d) サイト確認段階

また、サイト調査についての指針と調査して得なければならない科学的データとして、地質学的特性、自然変化の未来予測、地下水理、地球化学的特性、人間侵入に起因する事象、建設工事条件、廃棄物の輸送、土地使用及び社会的影響に関する指針とデータがあげられている。そして、それぞれについて必要性と詳細な項目が整理されている。

全体として科学技術的な面からの記述がほとんどを占めているのは当然のことであるが、**サイト選定上しばしば問題になるのは、社会経済的な面、環境問題及び政治的な問題である。**紙面の関係もあり、ここではそれらに関連すると思われる記述のみを紹介する。

まず、適性サイトの見つけ方である。

「もし、あらかじめ制限がなければ、大きな領域から、特別のサイトを系統的に絞り込んで、それらのサイトが適切であることを確認できる。最初に、サイトになる可能性が強いところがあることもある。」としており、常識的に言われているような、広域調査で絞り込む方式のみでなく、最初に特定のサイトを決め、そこが適切であるかどうかを調べていく方式もあることを示している。

「どのような方法で選ぶとしても、ベストのサイトを選ぶのではなく、安全上及び環境上の要求にあった場所であればよい。」としており、必ずしもベストである必要はないことを示している。

そして、「最終的にサイトを定めるには、社会経済的な面、環境問題及び政治的な問題についての考慮に基づく判断を含むであろう。」として、

科学的判断のみで決まらないことを述べている。

サイトを選定するときのガイドライン及び必要なデータについて述べている箇所では次のような記述がある。

放射性廃棄物の輸送について「処分場への廃棄物の輸送もまた処分場の場所についての公衆の合意を得るのに重要な要因である。

場合によっては、新たなルートを造ったり、既存のものを改良する必要が生じる。」としており**輸送が地元との話し合いで重要な項目であることを指摘している。**

環境保護については次の項目があげられている。

- 「(a) 坑道掘削やその他の建設工事での環境破壊
- (b) 地域住民に重要な価値を持っている区域への影響
- (c) 水源の破壊
- (d) 植物・動物への影響、特に危険に晒されている種について」

土地使用については「適切なサイトの選定に当たっては、将来の開発やその地域での計画との関連で、土地利用や所有権について考慮する必要がある。」との指針を示した上で、「土地の管轄権や所有権は、経済性や公衆の合意を得ることに関連して、多くの国で重要な原因である。実施主体または国に土地の所有権があればサイト計画や労力を見積もるのが簡単になり、別の用途で土地を使用しているのを上げさせることに伴う問題を少なくする。」とし、国有地あるいは実施主体の所有する土地が公衆の合意を得る上で有利であることを述べている。

最後に社会的効果の項があり「サイトはどのような場合でもその地域に処分場を決めることによる利益が増進されるべきであり、負の社会的効果は最小になるようにすべきである」とし、「一般論として、高人口密度の地域から離れたサイトに特恵が与えられるべきである。しかし、社会基盤が変化しないようにし、労働力が得られる必要がある。」として、**地域社会での生活が破壊されないよう十分な配慮が必要であることを述べている。**

(中村治人)

# センターのうごき

## 平成6年度調査研究受託状況

平成6年9月1日以降11月末までの間に次の受託契約が行われました。

委託者	調査研究課題	契約年月日
科学技術庁	・放射性廃棄物埋設施設の確率論的安全評価手法に係る調査研究	6. 9. 1
	・海洋処分の規制免除に関する調査研究	6. 9. 1
	・返還廃棄物の輸入確認手法調査	6. 9. 1
	・アルファ廃棄物処分基準整備調査	6. 9. 1
通商産業省	・TRU廃棄物処理貯蔵対策調査	6. 9. 14
	・低レベル放射性廃棄物施設貯蔵安全性実証試験	6. 9. 26
電力各社等	・次期埋設廃棄物の放射性評価に関する研究（その2）	6. 9. 8
	・各種バリア性能への影響要因評価に関する研究（その2）	6. 10. 21
	・埋設施設における発生ガスの移行に関する研究	6. 10. 21
高レベル事業 推進準備会	・HLW処分費用の確保方策に関する研究	6. 10. 20

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 03-3504-1081（代表） FAX 03-3504-1297