

放射性ヨウ素を含む廃棄物

(1) 放射性ヨウ素を含む廃棄物の処理処分の検討状況について[†]藤原啓司^{††} 齋藤典之^{††}

再処理等廃棄物は、概略的な性能評価を行った結果によると、現状の基本概念に基づくセメント固化等を中心とした処理と地層処分によっても安全確保の見通しが得られるものと考えられる。しかし、一方で、ヨウ素廃棄物は被ばくへの影響が最も大きいという結果も得た。よって、サイト選定上の、もしくは設計上の合理化を図る上での裕度を上げる意味で、ヨウ素廃棄物の処理・処分の高度化技術の開発は意義あるものであると言える。

Keywords : 再処理等廃棄物, 処分, ヨウ素, 性能評価

As the result of preliminary safety assessments described in this paper, it is feasible to manage radioactive wastes from reprocessing plants and Mox fabrication plants, safely. However, on one side, the dose of radioactive iodine (I-129) is dominant of all other nuclides. Therefore, to enhance the confidence for the radioactive waste management, it is significant to the development of the advanced technologies of the disposal and the treatment of wastes containing I-129.

Keywords : radioactive waste from reprocessing plants and Mox fabrication plants, disposal, iodine, safety assessment

1 はじめに

放射性ヨウ素 (I-129) を含む廃棄物 (以下、「ヨウ素廃棄物」と記載) は、そのほとんどが廃銀吸着材中に含まれる。廃銀吸着材とは、再処理の過程において使用済み燃料から発生する気体状のヨウ素を吸着・除去するために設けられる設備に設置されるものであり、総発生量は約 270 m³ で再処理等廃棄物 (再処理施設及び MOX 加工施設の運転・解体に伴い発生する放射性廃棄物のうちガラス固化体以外のもの) の総発生量 (約 56,000 m³) の約 0.5 % である。また、I-129 は、半減期が 1.57×10^7 年と非常に長く、セメントやベントナイトあるいは天然バリアへ吸着しにくいという特徴をもっている。廃銀吸着材中においては、I-129 は主に AgI もしくは AgIO₃ の形で吸着しており、その量比は処理設備の系統によって異なるが、75 % 以上は酸化性雰囲気で安定な AgI の形態であると考えられる。

本論ではこのような特徴を持つ放射性ヨウ素を含む廃棄物の処理・処分に対し、現在どのような検討がされているかについて概観的に述べる。

2 処分概念

ヨウ素を含む再処理等廃棄物のうち、既存の低レベル放射性廃棄物の処分概念で処分可能と考えられるものを除いた残りの廃棄体については、長寿命の TRU 核種等を比較的多く含んでいる。ヨウ素廃棄物についてもこれら廃棄物に分類されるが、これらの廃棄物は、長期に亘る安全性の確保が求められるため、廃棄物と人間の接触を防ぐような処分、すなわち地層処分による永久処分を基

本的な検討ケースとし、「我が国の広い地域において安全な処分が可能であること」を示すことを目標に検討を行っている。

現在、廃棄体については現有技術の適用が容易かつ多くの核種に対し収着性能が期待できると考えられるセメント固化を中心に検討している。また、処分にあたっては、岩盤の特性によって差があるであろうが、廃棄体の発熱量がそれほど大きくないことから、比較的大きな空洞での集中処分が可能と思われる。廃棄物の格納施設は定置領域 (廃棄体+充填材)、構造材、緩衝材、埋め戻し材等の領域からなり、部材としてはセメント系材料あるいはベントナイト系材料などを中心に検討を進めている (Fig.1)。

3 安全確保の見通し

上記の基本的な処分概念に基づき、堆積岩、結晶質岩の各々について、現実を選びうると考えられる比較的安定な地質環境を設定し再処理等廃棄物処分の安全確保の見通しを得るために性能評価計算を行った。その結果の一例として、Fig.2 に堆積岩での結果例を、Fig.3 に結晶質

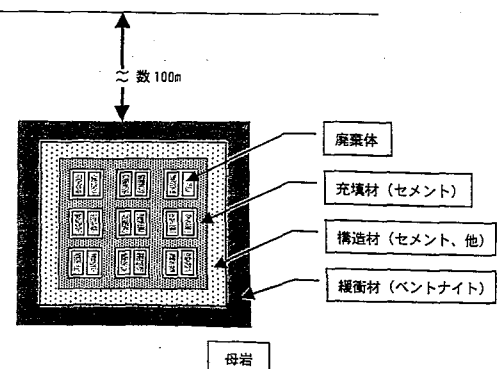


Fig.1 The basic concept of the disposal of radioactive wastes from reprocessing plants and Mox processing plants.

[†] Radioactive Iodine Waste (1) Current status of the management of I-129 included wastes, by Hiroshi Fujihara (t0578666@pmail.tepco.co.jp) and Noriyuki Saito.

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第 15 回夏期セミナーの講演内容に加筆したものである。

^{††} 東京電力(株) 原子力技術部 サイクル技術センター Nuclear Fuel Cycle Engineering Center, Nuclear Power Engineering Department, Tokyo Electric Power Company 〒100-0011 千代田区内幸町 1-1-3

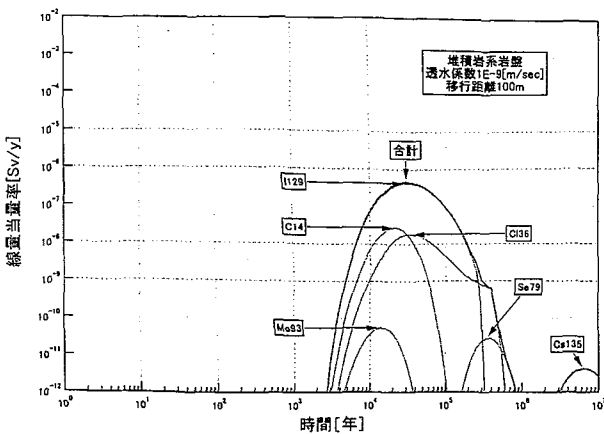


Fig.2 The result of primitive safety assessments (sedimentary rock case).

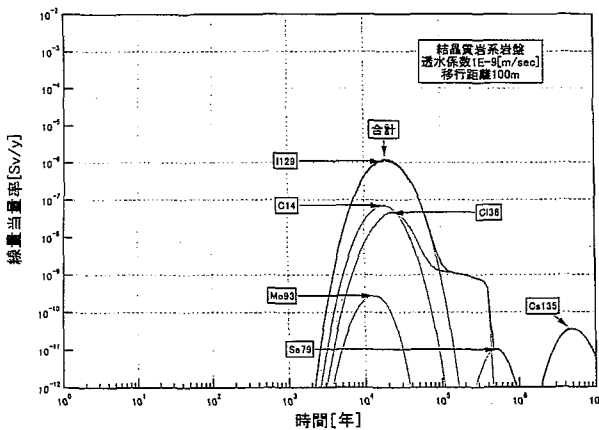


Fig.3 The result of primitive safety assessments (volcanic rock case).

岩での結果例を示す。これらを見ると、諸外国で提案されている基準(100~300 $\mu\text{Sv/y}$ [1])や天然の放射線レベル(世界各地において天然放射性核種地殻・土壌からうける被ばく線量の平均値: 230 $\mu\text{Sv/y}$ [2])を二桁程度下回っていることがわかり、現在想定している処分概念によっても、再処理等廃棄物の処分の安全を確保することは可能と考えられる。

しかし、一方で、ヨウ素廃棄物による被ばく線量が他の核種に較べて一桁以上高い値になっており、再処理等廃棄物の被ばく線量のほとんどはヨウ素廃棄物に依存している。よって、現状概念においても処分の安全を確保することが可能と考えられるが、ヨウ素廃棄物についてはサイト選定上の、もしくは設計上の合理化を図る上で、の裕度を上げる意味で、処理・処分の高度化技術の開発は意義あるものであると言えよう。

4 処理・処分の高度化技術

ヨウ素廃棄物が性能評価上、他の核種と比較してその被ばく線量が高くなる理由としては、現行概念に基づく

人工バリアに対し、あまり大きな性能を期待できないことが上げられる。これははじめに述べたように、セメント、ベントナイト等への吸着がほとんど期待できないことと、廃棄物中のヨウ素が、AgI(地層処分想定される還元環境では溶解度が高いことが予想される)の形態である割合が大きいことに起因している。これらのことを踏まえた上で、ヨウ素廃棄物の被ばく線量低減に対する方策を講じるならば、その方向性としては「地下水へのAgIの溶解度を低減させること」と「廃棄体からのヨウ素の放出を低減させること」が考えられるであろう。

地下水へのAgIの溶解度を低減させる方策としては、廃棄体の周辺環境が酸化性雰囲気となるような場所への処分、もしくは、人工的に廃棄体周辺に酸化剤を設けるなどが考えられよう。しかし、現時点においては具体的な検討が行われておらず、その成立性の可否について判断できる状況ではない。

また、廃棄体からのヨウ素の放出を低減させるための方策としては、現在、セメント固化に替わる新たな廃棄物処理技術として、いくつかの固化処理技術について基礎的な検討がなされているが、現在行われている性能評価の観点からは、それらを3つに分類することができる(Table 1)。一つ目は低浸出率のマトリックス中にヨウ素あるいはヨウ素化合物を閉じこめてヨウ素の放出期間を長くするという考え方にに基づき「浸出率モデル」で評価できるもの、二つ目は化合物中にヨウ素を構造的に取り込み溶解度を低減させるといった考え方にに基づき「溶解度制限モデル」で評価できるもの、そしてヨウ素をよく吸着させる材料を多く含む固化媒体中に閉じこめるといった考えにより「分配平衡モデル」で評価できるものである。これらのパラメータを変化させた感度解析結果をFig.4-6に示すが、それによると、何れのモデルを適用するにせよ、固化体の改善により被ばく低減が見込まれる

Table 1 Advanced solidified technologies of I-129 including wastes, classified by the view of the safety assessment.

性能評価モデル上の扱い方	該当する固化処理技術	被ばく低減の考え方
浸出率モデル	ガラス固化、銅マトリックス固化、HIP固化、ゼオライト固化	低浸出率のマトリックス中にヨウ素あるいはヨウ素化合物を閉じこめ、放出期間を長くする。
溶解度制限モデル	ソーダライト固化	溶解度の低い化合物中に、ヨウ素を取り込む。
分配平衡モデル	セメント固化	ヨウ素をよく吸着させる材料を多く含む固化媒体中に閉じこめる。

ことがわかる。なお、Table 1 に個別の固化処理技術が記すが、それらに関する具体的な内容については、本誌にて、別途、紹介されるのでそちらを参照されたい。

5 その他の対策

これまでヨウ素廃棄物の性状に基づく被ばく低減策について述べてきたが、これら以外にも以下のようにいくつかの方法が考えられる。

(1) ヨウ素の消滅処理

原子炉で中性子照射することにより核変換して短寿命化させる手法であり、量そのものを低減させるという意味で有効な手法であろう。しかし、I-129 の消滅処理技術については、現在、最適な処理条件を検討するための基礎実験を行っている段階であり、工学的な評価を行うためには、さらなる検討段階を踏む必要がある。

(2) 沿岸海洋底下処分

沿岸海洋底下では陸域に較べ地下水流速が小さいことが期待できるため、核種の移行が制限される。また、放射性核種が海洋に放出されると、海水による希釈効果を期待することができるため、被ばく低減が期待できると思われる。しかし、沿岸海底下における人工バリアの性能等、検討を要する部分が残されている。詳しくは別途、本誌にて紹介されるのでそちらを参照されたい。

(3) 分散定置

ヨウ素のセメントへの吸着は非線形性が存在することが知られており、液相のヨウ素濃度が低くければヨウ素の分配係数として大きな値を使用できる可能性がある。現状の処分概念においては、比較的コンパクトな施設設計となっているため、液相のヨウ素濃度を高く想定しており、ヨウ素の分配係数として小さな値を使用している。よって、現状概念よりもヨウ素廃棄物を分散して定置すれば、ヨウ素の分配係数としてより大きな値を適用できる可能性がある。しかし、分配係数の設定の妥当性や、その他の廃棄体との関係など概念の成立性に関する検討を行う必要がある。

6 まとめ

現在の、ヨウ素廃棄物の処理・処分の検討状況をまとめると以下ようになる。

- (1) 再処理等廃棄物のうち、既存の低レベル放射性廃棄物の処分概念で処分可能と考えられるものを除いた残りの廃棄体については、ヨウ素廃棄物を含め、セメント固化等を行い、地層処分することを基本ケースとして検討を行っている。
- (2) 概略的な性能評価を行った結果によると、再処理等廃棄物は現在想定している処分概念でも安全確保の見通しが得られるものと考えられる。
- (3) しかし、ヨウ素廃棄物による被ばく線量は他の核種に較べて一桁以上高い値になっており、再処理等廃棄物の被ばく線量のほとんどはヨウ素廃棄物に依存

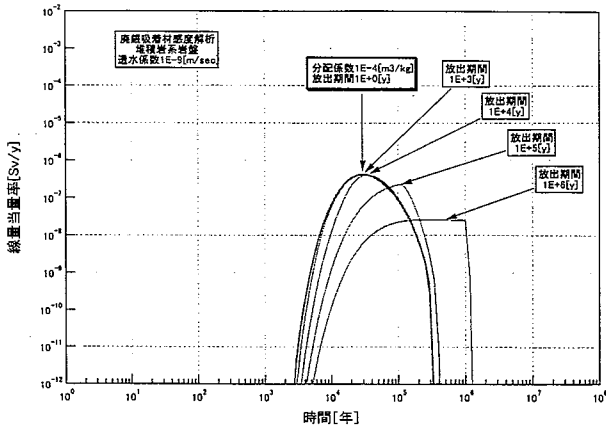


Fig.4 The sensitivity of the dose of I-129 including wastes to the release time indicator.

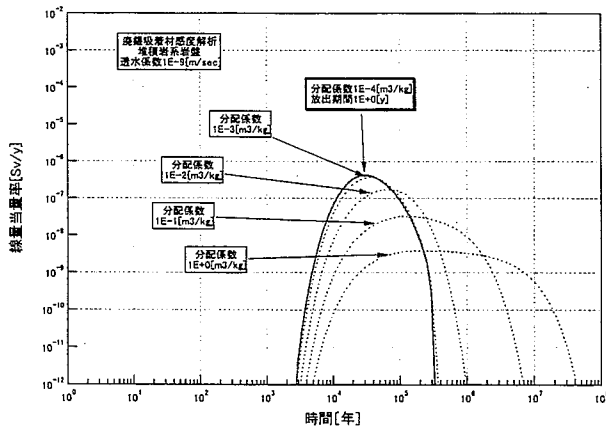


Fig.5 The sensitivity of the dose of I-129 including wastes to the distribution ratio indicator.

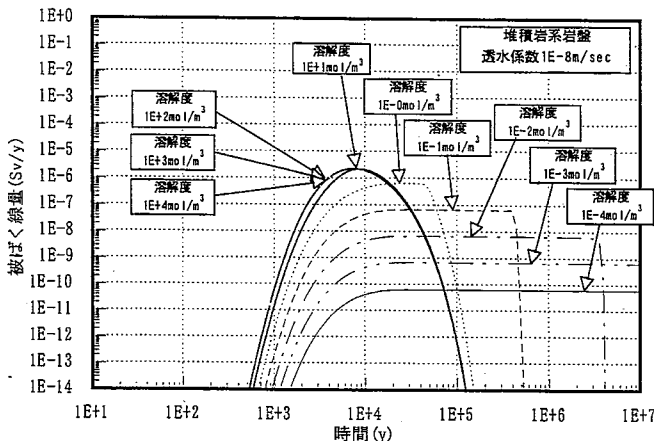


Fig.6 The sensitivity of the dose of I-129 including wastes to the dissolution indicator

している。

- (4) 被ばく低減のための処理・処分の高度化技術の開発は、サイト選定上の、もしくは設計上の合理化を図る上での裕度を上げる意味で、意義あるものである。
- (5) ヨウ素廃棄物による被ばく低減のための検討として、固化処理技術の高度化、消滅処理、処分・性能評価技術に関する検討などが行われている。

参考文献

- [1] 核燃料サイクル開発機構：地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト(1999)。
- [2] 原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について(1993)。
- [3] UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation, UNSCEAR 1993 Report to the assembly, with scientific annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1993)。