

第 2 章

2

研究のニーズと位置
づけ

第2章 研究のニーズと位置づけ 目次

地球工学研究所 重点課題責任者 研究参事 三枝 利有

2 - 1	原子力政策大綱と電気事業の動向	19
2 - 2	安全審査に係る技術要件（経済産業省 原子力・安全保安院）	20
2 - 3	安全設計及び検査基準（日本原子力学会）	20
2 - 4	構造規格（日本機械学会）	20
2 - 5	研究の位置づけ	24

三枝 利有（8ページに掲載）
（第2章執筆）

2 - 1 原子力政策大綱と電気事業の動向

原子力委員会は従来（平成12年11月）の原子力長計に代えて平成17年10月に原子力政策大綱を定めた。政府はこれを原子力政策に関する基本方針として尊重し、原子力の研究、開発及び利用を推進することとし、閣議決定した。

本原子力政策大綱によると、『使用済燃料は原子力発電後、再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本方針とする。さらに、使用済燃料は、当面は、利用可能になる再処理能力の範囲内で再処理を行うこととし、これを超えて発生するものは中間貯蔵する。中間貯蔵された使用済燃料及びプルサーマルに伴って発生する軽水炉使用済MOX燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理技術に関する研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る国際的な動向等を踏まえて、2010年頃から検討を開始する。この検討は、六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合う時期までに結論を得ることとする。』

『中間貯蔵は、使用済燃料が再処理されるまでの間の時間的な調整を行うことを可能にするので、核燃料サイクル全体の運営に柔軟性を付与する手段として重要とさ

れ、現在、事業者が操業に向け施設の立地を進めている。』

経済産業省原子力安全・保安院や原子力安全委員会においても、中間貯蔵の法令改正、政省令制定・改正、安全審査指針及び技術要件の策定を行っている。図2-1-1にわが国における使用済燃料の年間発生量と再処理計画の現状を示す。

青森県とむつ市、東京電力、日本原子力発電の4者は平成17年10月19日、むつ市に使用済燃料中間貯蔵施設を立地することで合意した。当所は、専門家として、むつ市の専門家会議及び青森県の安全性チェック検討委員会に協力してきた。わが国初めての中間貯蔵施設は2010年頃の操業開始を目指している。今後は、新会社による詳細立地調査及び許認可申請作業が進められる。当所は従来にも増して、合理的・科学的な中間貯蔵施設の実用化に向けて、電気事業及び国を支援していく。

なお、今後はむつ市以外の中間貯蔵施設や原子力発電所敷地内での貯蔵施設の計画が複数、具体化していくものと考えられ、個々のサイト条件に応じた貯蔵施設の実用化研究を推進していく。

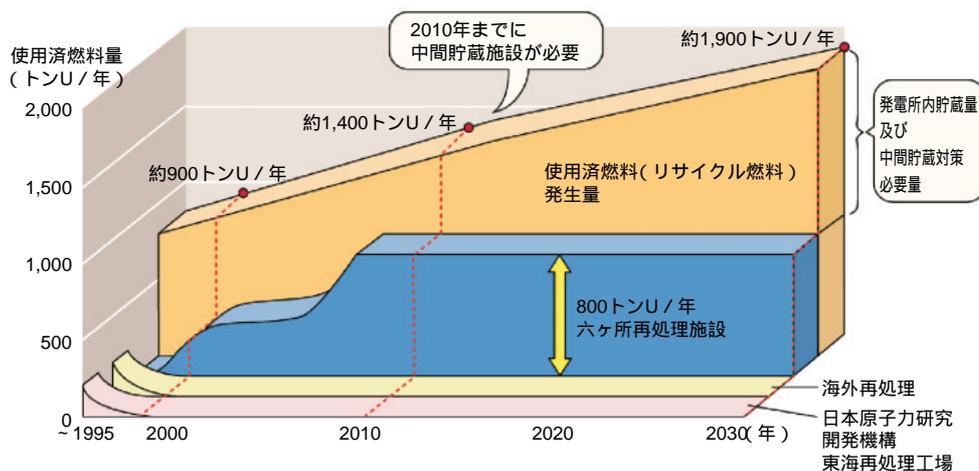


図2-1-1 使用済燃料貯蔵の需要（電事連）

2 - 2 安全審査に係る技術要件 (経済産業省 原子力・安全保安院)

総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 核燃料サイクル安全小委員会は、平成16年6月に「コンクリートキャスクを用いる使用済燃料貯蔵施設（中間貯蔵施設）に係る技術検討報告書」をとりまとめた。この報告書は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号）」第43条の4に定める「使用済燃料貯蔵施設」の安全審査に際して、技術的に重要と考える基本的事項（技術要件）安全審査において技術的に考慮すべき事項等について、とりまとめている。

検討には、「使用済燃料貯蔵施設（中間貯蔵施設）に係る技術検討報告書」（平成12年12月 資源エネルギー庁）「金属製乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵施設のための安全審査指針」（平成14年10月3日 原

子力安全委員会決定）及びその他の原子力安全委員会が定めた指針類等を参考にして入る。

本技術要件は、立地条件、基本的安全機能、放射線管理及び環境安全、その他の安全対策に係る技術要件を定めた。さらに、考慮すべき事項として、平常時・事故時条件、密封機能、遮へい機能、臨界防止機能、除熱機能、放射線業務従事者の被ばく管理、使用済燃料に関する考慮、キャニスタの内部空間の雰囲気に対する考慮、地震に対する考慮をまとめ、安全審査の際に活用されるべきものとしている。

当所は、経済産業省総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 核燃料サイクル安全小委員会中間貯蔵ワーキンググループ委員として、取りまとめに協力した。

2 - 3 安全設計及び検査基準 (日本原子力学会)

日本原子力学会は、「使用済燃料中間貯蔵施設用コンクリートキャスク及びキャニスタ詰替装置の安全設計及び検査基準：2005」（H17）を規定した。この標準は、燃料取替設備を設置しない使用済燃料中間貯蔵施設に用いるコンクリートキャスクキャスク及びキャニスタ詰替装置について、安全設計および検査の要求事項を規定している。安全設計では、基本的要求事項及び安全設計の

方法を規定している。検査では、検査を行う段階と検査項目、検査容量を規定している。

本標準で引用されている当所の研究成果は次のとおりである。

コンクリートキャスク熱流動解析コード検証に用いる実証試験データ一式⁽¹⁾

2 - 4 構造規格（日本機械学会）

日本機械学会は、「使用済燃料貯蔵施設規格 コンクリートキャスク及びキャニスタ詰替装置およびキャニスタ輸送キャスク構造規格」JSME SFB1-2003（H15）を規定した。

この規格は、使用済燃料中間貯蔵施設の設備のうち、コンクリートキャスクキャスク及びキャニスタ詰替装置、ならびにキャニスタ輸送キャスクに適用し、安全機能を確保する上で必要な構造上の要求に関連する、材料、設

計、製造、検査について規定している。本規格で引用されている当所の研究成果は次のとおりである。

鉄筋コンクリート製貯蔵容器規格内容及び温度制限値を超える場合のコンクリートの許容応力度(図2-4-4)²⁰³⁾

コンクリート充填鋼板製貯蔵容器規格内容⁽²⁾

キャニスタ材料に対する溶接継手効率評価結果⁽⁴⁾

図2-4-1にコンクリートキャスク貯蔵施設の設計概念例⁽⁵⁾、図2-4-2にキャニスタおよびコンクリートキャスクの運用態様例、図2-4-3に本規格対象機器の設計概念例を示す。

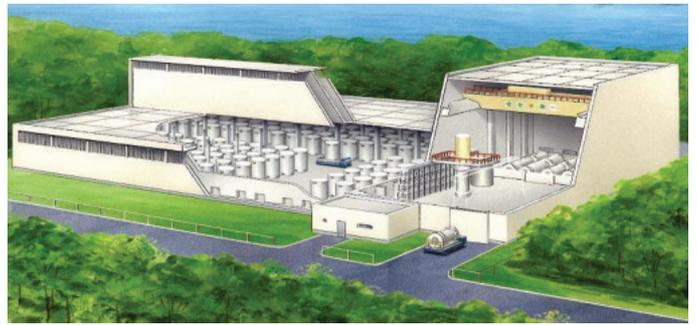


図2-4-1 コンクリートキャスク貯蔵施設の設計概念

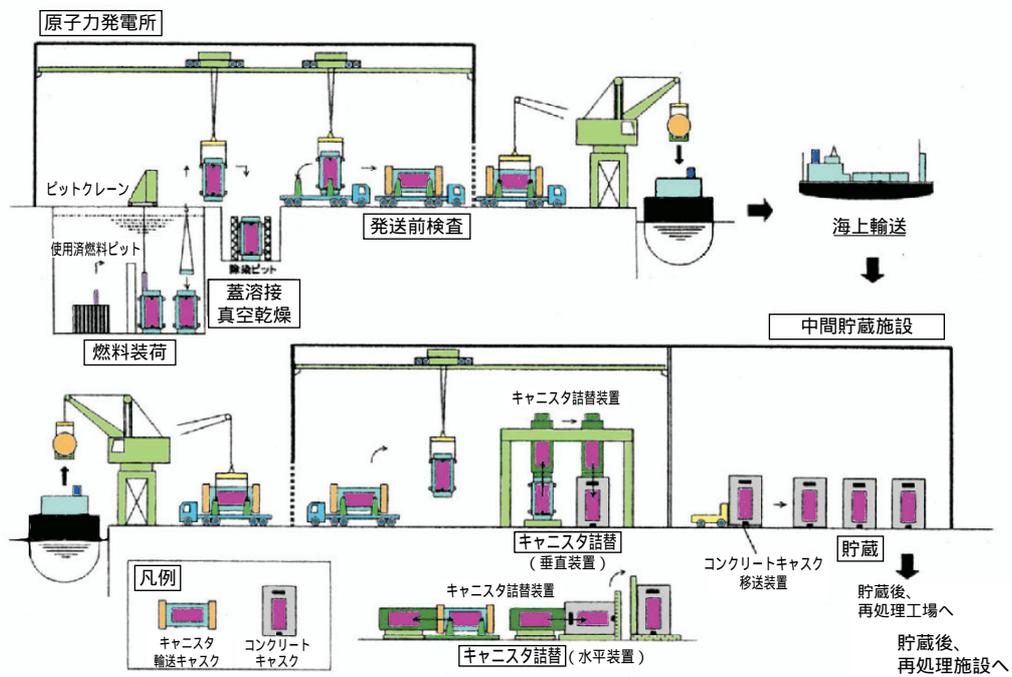


図2-4-2 キャニスタおよびコンクリートキャスクの運用態様例

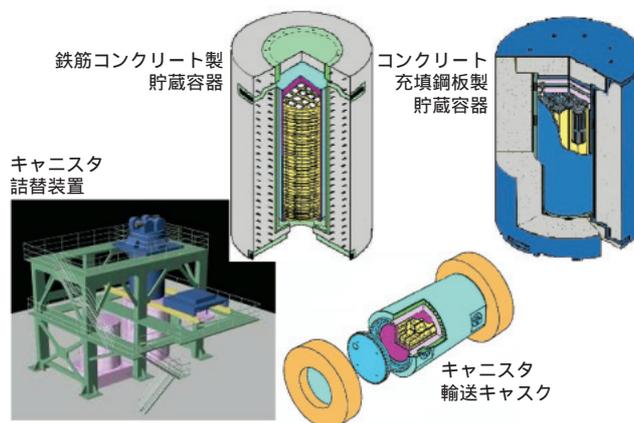


図2-4-3 コンクリートキャスク構造規格の対象機器の設計概念例

2-4-1 基本的考え方

(1) 考慮すべき事象

本規格で考慮すべき事象として、貯蔵時取り扱い時における設計事象、輸送時の各条件および試験状態を定めた。金属キャスク構造規格では地震時は設計事象に重ね合わせた⁶⁾が、ここでは設計事象として取り込んでいる。これらは、「コンクリートキャスク貯蔵方式を中心としたキャニスタ系使用済燃料中間貯蔵施設の安全設計・評価手法について」⁽⁶⁾(財)原子力安全研究協会)を参考にしている。

(2) 評価すべき状態と評価基準

コンクリートキャスクの圧力荷重、熱荷重およびその他の荷重により機器に加わる負荷状態が「供用状態 A」、「供用状態 B」、「供用状態 C」、「供用状態 D」に分類・定義された。上述の設計事象との対応は、設計仕様書で定めることとされた。設計仕様書は使用済燃料貯蔵事業者等が作成する。

(3) 各構成機器の安全機能と相当する分類

キャニスタ：使用済燃料の密封機能、遮へい機能、臨界防止機能および除熱機能を有しており、告示 501 号の第 4 種容器に相当する。しかしながら、図 2-4-2 に示す様々な運用の様態に応じ、圧力荷重のほか自重に働く慣性力、収納物の慣性力、熱応力を考慮する必要があることから、第 1 種容器相当の「解析による設計」手法を採用し、構造健全性を評価することとされた。

コンクリート製貯蔵容器：使用済燃料の遮へい機能および除熱機能を有するとともに、キャニスタを支持する機能を有する。現状、鉄筋コンクリート製貯蔵容器およびコンクリート充填鋼板製貯蔵容器の 2 種類を想定しており、前者は通商産業省告示第 452 号「コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準」等、後者は告示 501 号の第 1 種支持構造物等に相当するとした。

キャニスタ詰替装置：使用済燃料の遮へい機能、除熱機能およびキャニスタを支持する機能を有する。キャニスタ詰替装置の構造部分は告示 501 号の第 1 種支持構造物に相当し、機械部分はクレーン構造規格（平成

13 年厚生労働省告示第 41 号)を考慮して規定された。

キャニスタ輸送キャスク：使用済燃料を収納するバスケットを除き、従来の輸送キャスクと同じ機能を有し、告示 501 号の第 1 種容器に相当する。ただし、臨界防止機能はキャニスタが分担する。

(4) 耐震設計

キャニスタ

キャニスタの耐震重要度は A クラスに分類された。さらに、貯蔵中および取扱い中に耐震設計審査指針で規定する基準地震動 S_1 による地震力または静的地震力のいずれか大きいほう (S_1^* 地震力) に対して、基本的安全機能、燃料支持機能および燃料再取出し機能を有する部材が健全であることとされた。またさらに、貯蔵中に耐震設計審査指針で規定する基準地震動 S_2 による地震力に対して、また、取扱い中に S_1 による地震力に対して、貯蔵後輸送が可能ないように基本的安全機能、燃料支持機能および燃料再取出し機能を維持することとされた。

コンクリート製貯蔵容器

貯蔵時に B クラス機器に対して規定される静的地震力に対して、遮へい機能部材および除熱機能を有する部材が健全であることとされた。さらに貯蔵中の S_2 による地震力に対して貯蔵後輸送が可能ないようにキャニスタの基本的安全機能を阻害せず、キャニスタの支持機能および再取出し機能を維持し、遮へい機能を大きく失うことなく、転倒したり過度に滑ることなく、また地震後にコンクリートキャスク移送装置で移送できることとされた。

コンクリートキャスク支持構造物（使用する場合は貯蔵中の S_2 による地震力に対してコンクリートキャスクの支持機能を維持するとされた。

2-4-2 特記事項

(1) キャニスタの溶接密封構造・材料

キャニスタの接合部は溶接構造で、原子力発電所で使用済燃料を収納した後に現地で、蓋を溶接する。溶接後のキャニスタは薄肉であることおよび内部に使用済燃料を収納しているなどの理由で、残留応力除去の熱処理を行わない。わが国の場合、中間貯蔵施設は海岸に面した場所に立地すると考えられ、コンクリートキャスクの外気は潮風環境となる。コンクリートキャスク内部のキャ

ニスタの外表面には、外気（潮風）が流れ、直接塩分を含む空気が接触する、いわゆる外面からの応力腐食割れ（SCC）の条件に置かれるので注意が必要である。

キャニスタ蓋部の溶接時には内側から目視・アクセスできないことから片側部分溶け込み溶接になる。また、上述のように内部に使用済燃料を収納していることから溶接部の放射線透過試験ができず、代わりに多層浸透探傷試験または超音波探傷試験を行う。これらのことから、溶接部には仮想欠陥を想定し、応力評価時の許容値を割下げて評価する「溶接継手効率」が採用された。

（2）コンクリート製貯蔵容器の温度制限値

コンクリートの温度制限値には、告示452号の一般部規定が準用された。また、コンクリートの温度が長時間に亘り65℃を超える部位が生じる場合には、その部位の許容応力度を適切に補正する必要があるとされた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。その温度が90℃以下である場合に限り、次式によって算出される重量減少率 α （%）が5%以下となる調査であることをあらかじめ確認することとしている。

$$\alpha = \{1 - (W/W_0)\} \times 100$$

W：材令28日まで標準養生、以降91日まで温度20℃、湿度85% R.H.で養生した後に、想定される温度履歴を模擬した状態のコンクリートの質量（kg）

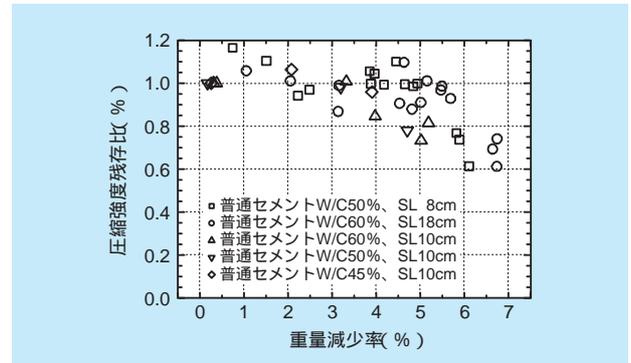


図2-4-4 コンクリートの重量（水分）減少による圧縮強度の低減⁽⁷⁾⁽⁸⁾

表2-4-1 65℃を超える部分(90℃以下)のコンクリート強度低減

種類	強度低減係数
許容圧縮応力度	0.8
許容せん断応力度	0.6
許容付着応力度	0.6

W₀：材令28日まで標準養生、以降91日まで温度20℃、湿度85% R.H.で養生したコンクリートの質量（kg）

図2-4-5に重量（水分）減少による圧縮強度の低減との関係を示す。表2-4-1に65℃を超える部分（90℃以下）のコンクリート強度低減係数を示す。

2 - 5 研究の位置づけ

当所の研究は、上述の国の政策や電気事業の動向を踏まえて、国や学会の技術要件・標準・規格に反映され、現実の許認可に役立ち、中間貯蔵の実用化に資することを目標にしている。

コンクリートキャスク貯蔵については、米国などで実

用化しているが、海岸近くに立地する可能性が高いことによる潮風環境、地震、狭い敷地面積など、わが国特有の条件に適合するための課題がある。図2-5-1はこれら課題と成果を位置づけたものである。次章以降に主な成果の概要を示す。

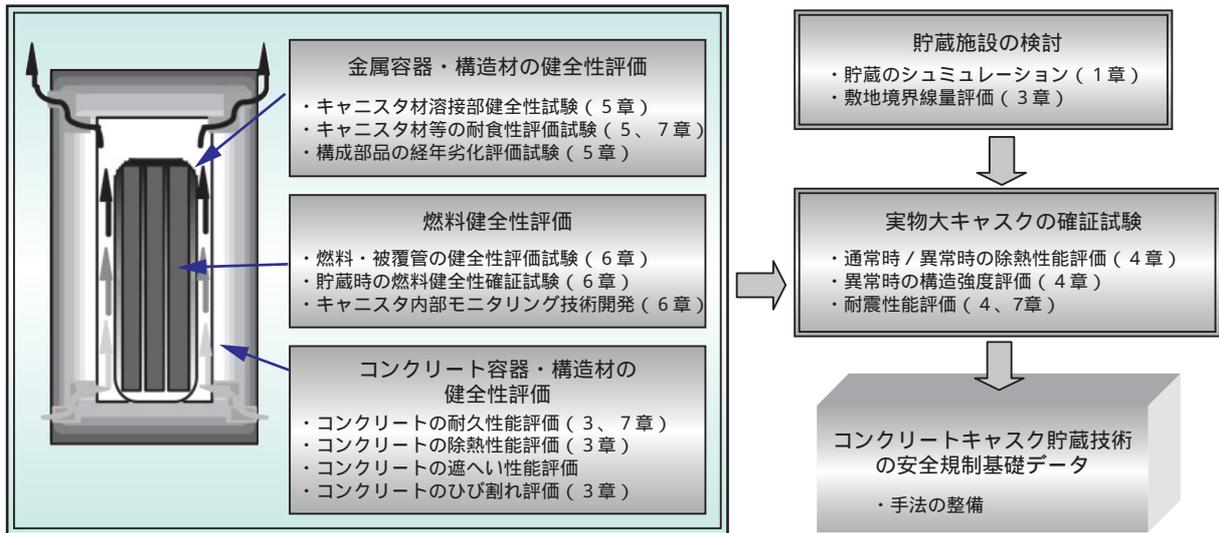


図2-5-1 コンクリートキャスク貯蔵の課題と本書における成果