

FBRプラントの経済性目標達成度の検討

－平成11年度成果－

2000年6月



核燃料サイクル開発機構

大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4-49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184

Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2000

2000年6月

FBR プラントの経済性目標達成度の検討

- 平成 11 年度成果 -

川崎 信史^{*1} 宇野 修^{*1} 三枝 利家^{*1}
 笠井 重夫^{*1} 此村 守^{*1} 一宮 正和^{*1}

要 旨

実用化戦略調査研究においては、FBR サイクルシステムの経済性目標 5 円／kWh（プラント耐用年数で原価償却）を達成することを目標に、各種の高速増殖炉プラントの革新的概念の検討が進められている。この目標を達成するために、FBR プラントの建設コストは、150 万 kW_e 級プラントで約 20 万円／kW_e 以下とすることが期待されている。

平成 11 年度の FBR プラントの経済性目標達成度の検討として、建設コスト削減シナリオの検討、ナトリウム冷却大型炉の建設コスト予測、建設コスト評価コード SCES-FBR によるナトリウム冷却炉の建設コスト評価、及びこれらに伴うプラント物量データのデータベース化を行った。

得られた主な成果は以下のとおりである。

- 各種の冷却材のプラントに対し、建設コスト低減のシナリオを検討し、適用可能なコスト低減技術を抽出した。
- 実証炉フェーズ I 設計とナトリウム大型炉事前検討の物量の比較、及び実証炉建設コストに基づくナトリウム大型炉の建設コスト予測の結果から、NSSS 主要機器の鋼材物量約 2,500 トン以下が、建設コスト目標（約 20 万円／kW_e 以下）を達成する目安となることを示した。
- SCES-FBR による平成 11 年度設計のナトリウム大型炉の建設コスト評価結果から、これらのプラントは建設コストの目標を達成するポテンシャルを有していることが示された。また、ツインプラント化やループ数削減の建設コスト低減効果は、ナトリウム大型炉の場合、それぞれ約 2.3 万円／kW_e 及び 0.6 万円／ループであると推定した。

* 1 : 大洗工学センター システム技術開発部 FBR システムグループ

本研究は、実用化戦略調査研究フェーズ 1 の一環として実施したものである。

本研究は、次の WBS 計画に基づき実施された。

- ・ 1-H ① FBR プラントの建設費及び操業費の比較・評価
- ・ 1-H ② 経済性評価用データベース構築

JNC TN9400 2000-085

June, 2000

Study of Fast Breeder Reactor Plant Construction Costs

- Results in JFY1999 -

Kawasaki Nobuchika^{*1}, Uno Osamu^{*1}, Saigusa Toshiie^{*1},
Kasai Shigeo^{*1}, Konomura Mamoru^{*1}, Ichimiya Masakazu^{*1}

Abstract

In the framework of feasibility studies on commercialized fast breeder reactor (FBR) system, advanced concepts of FBRs are being investigated aiming to achieve generation cost of 5 ¥/kWh for the FBR system in the future. In order to achieve this economic target, it is expected to reduce the construction cost for 1,500 MWe FBR power plants to below 200 k¥/kWe.

As a consideration of economics of FBR plants, the following studies were conducted in JFY1999: study on cost reduction scenarios, estimation of the construction costs of large scale sodium cooled FBR plants by the cost evaluation code SCES-FBR, and arrangement of plant commodity data base.

Principal results are as follows:

1. Cost reduction scenarios for FBRs with diverse coolants were studied and cost reduction technologies applicable to those plants were extracted.
2. Plant commodities were compared between the Demmonstration FBR (Phase I Design) and a large scale sodium cooled FBR plant (Preliminary design), and cost of the large scale plant was estimated as based on the construction cost of the Demmonstration FBR. Results of these studies showed that the total amount of 2,500 tons for structural materials of main components in NSSS will be a value to achieve the construction cost target in case of 1,500 MWe sodium cooled FBR power plant.
3. The several plant concepts which were studied in JFY1999 as a candidate for the 1,500 MWe sodium cooled FBR power plant were evaluated by SCES-FBR in respect to their construction cost. The results showed that they have a potential to achieve the construction cost target. Effects on the construction cost reduction by common use of facilities in a twin plant and by decrease of number of cooling loops were also estimated to be approximately 23 k¥/kWe and 6 k¥/loop, respectively.

*1: FBR System Engineering Group, OEC, JNC

This study was performed under the following programs for work breakdown structure of the feasibility studies on commercialized FBR system;

- 1-H-① Evaluation and Comparison of FBR plants in respect to their construction and operation costs
- 1-H-② Build up and compilation of plant data bases for the evaluation of generation costs by FBR system

目 次

要旨	i
Abstract	ii
表リスト	iv
図リスト	v
1. 緒言	1
2. 建設費の基本的考え方	3
2.1 建設費削減シナリオ	3
2.2 プラントの設計仕様及び物量	10
2.3 コスト見通し	18
3. SCES-FBR による建設コスト評価	23
3.1 経済性評価コード SCES-FBR の概要	23
3.2 SCES-FBR によるナトリウム大型炉概念の建設コスト概略評価	33
3.3 まとめ	47
4. FBR プラントの運転保守コスト評価法調査	66
4.1 調査文献	66
4.2 運転保守コスト評価法	66
4.3 原子力発電の運転保守コストの実績	68
4.4 まとめ	68
5. データベースの構築	75
6. まとめ	91
7. 参考文献	92

表リスト

表 2.2.1	ナトリウム冷却炉の仕様比較	11
表 2.2.2	ナトリウム冷却炉物量比較	12
表 2.2.3	ガス冷却炉の仕様比較	13
表 2.2.4	被覆粒子型燃料ヘリウムガス炉の物量	14
表 2.2.5	重金属冷却炉の仕様比較	15
表 2.2.6	重金属冷却炉物量比較	16
表 2.2.7	設備分類の例	17
表 2.3.1	実証炉とナトリウム大型炉の物量比較	19
表 2.3.2	スケール効果以外のコストダウンの推測（0.36乗則を適用した場合）	20
表 2.3.3	スケール効果以外のコストダウンの推測（0.7乗則を適用した場合）	21
表 3.1.1	SCES-FBR のコスト評価項目及び適用モデル	28
表 3.1.2	SCES-FBR の積算モデル例	29
表 3.1.3	SCES-FBR のスケール係数処理モデル例	30
表 3.1.4	「もんじゅ」主要機器製作・加工・組立費のFBR特性係数	31
表 3.2.1	材料単価のSUS304板材を基準とした各調査時点での倍率	49
表 3.2.2	ナトリウム冷却炉の物量入力データ	50
表 3.2.3	平成11年度ナトリウム冷却炉建設コスト一覧	53
表 4.2.1	運転保守コストのコスト構成項目	69
表 4.2.2	運転保守コストの勘定項目（除 燃料費）	71
表 4.2.3	オンラインサイト人員の構成	72
表 4.2.4	中規模（300～700MWe）新型原子炉プラントの原子力保険年間費用	73
表 4.2.5	OECD/NEAの運転保守コスト調査における日本の軽水炉の運転維持費予測	74
表 5.1	ナトリウム炉における仕様及び物量データベースの例	76
表 5.2	ヘリウムガス炉における仕様及び物量データベースの例	81
表 5.3	鉛炉における仕様及び物量データベースの例	86
表 5.3 別表	鉛炉における仕様及び物量データベースの例	88

図リスト

図 2.1.1 経済性目標達成シナリオ（建設費）ナトリウム冷却大型炉	5
図 2.1.2 経済性目標達成シナリオ（建設費）ナトリウム冷却中型炉	6
図 2.1.3 経済性目標達成シナリオ（建設費）炭酸ガス冷却炉	7
図 2.1.4 経済性目標達成シナリオ（建設費）ヘリウムガス冷却炉	8
図 2.1.5 経済性目標達成シナリオ（建設費）重金属炉	9
図 2.3.1 建設単価削減イメージの概略	22
図 3.1.1 コマンドコストコードと SCES-FBR の比較（実証炉級プラント）	32
図 3.2.1 ナトリウム冷却炉の建設コスト比較	56
図 3.2.2 ナトリウム冷却炉主要設備の建設コスト比較	57
図 3.2.3 ナトリウム冷却炉原子炉構造の物量及びコスト比較	58
図 3.2.4 ナトリウム冷却炉 1 次冷却系の物量及びコスト比較	59
図 3.2.5 ナトリウム冷却炉 2 次冷却系の物量及びコスト比較	60
図 3.2.6 ナトリウム冷却炉崩壊熱除去系の物量及びコスト比較	61
図 3.2.7 ループ数削減によるコスト低減効果	62
図 3.2.8 機器の大型化による物量削減	63
図 3.2.9 ループ型炉と 2 次系簡素化プラント建設コスト比較	64
図 3.2.10 二重伝熱管蒸気発生器の建設コスト低減効果	65

1. 緒言

本報告書は、核燃料サイクル開発機構の WBS 基本計画のうち、1.FBR システム技術開発、H.FBR プラントの達成度比較 という区分の 1 分野の報告である。1-H：FBR プラントの達成度比較は以下の 3 分野に分かれている。

- ・ 1-H ① FBR プラントの建設費及び操業費の比較・評価
- ・ 1-H ② 経済性評価用データベース構築
- ・ 1-H ③ 経済性評価手法の整備

このうち、①、②を大洗工学センターシステム技術開発部 FBR システムグループ（平成 11 年度内作）で担当した。本報告は①,②の分野に関する報告である。それぞれの実施計画を以下に示す。

① FBR プラントの建設費及び操業費の比較・評価

- ・ 建設コスト評価手法の整備

「FBR プラントシステム技術」の経済性評価に係る作業の把握を行うとともに、従来の評価手法をもとにナトリウム冷却炉の建設コスト評価手法の考え方を検討する。この結果により、次年度の経済性評価の入力用フォーマットを整備する。

ナトリウム冷却炉以外の炉概念に対する評価法について、ナトリウム冷却炉の評価手法をもとに、概念の相違などの評価上の差違を考慮し、評価手法を検討する。

平成 10 年度に実施した実用化戦略調査研究予備調査で検討した概念の代表例を既存の建設コスト評価コード（複数）を使用して評価し、相互比較を行う。

- ・ FBR プラント運転維持費評価法／評価基準検討

軽水炉プラントの運転維持費評価の動向等を調査し、運転維持費評価法及び評価基準を検討する。

② 経済性評価用データベースの構築

経済性評価用データベースの必要なデータと運用法を検討し、基本的な枠組みを構築する。

実証炉設計データ、実用化戦略調査研究の成果及び海外の S-PRISM、EPR のデータを入力し、運用を開始する。

本報告書では、以下 2 章で建設費の基本的考え方、3 章でサイクル機構の建設コスト評価コード SCES-FBR による建設コスト評価、4 章で FBR プラントの運転維持費評価法を

記述する。SCES-FBR は、JNC の開発した経済性評価コードであり、もんじゅ等先行ナトリウム冷却プラントのコスト実績に基づくナトリウム炉評価コードである。上記計画で既存の建設コスト評価コード(複数)による相互評価となっているのは、SCES-FBR と 1-H ③で用いる経済性評価コードという 2 種類のコードがナトリウム炉に関しては存在することを指している。実用化戦略調査研究調査の中では 1-H ③の中でコマンドコストコードと呼ばれる評価コードを用いて経済性評価をおこなうこととしているが、本報告書では、プラント設計及びもんじゅ等先行の実績の立場から、プラント物量からみた建設費の基本的考え方及びもんじゅのコストから推測するナトリウム炉のコストを検討した。また、プラント運転維持費については、実用炉ベースでの運転実績のある軽水炉での評価方法を調査したのでそれを報告する。経済性データベースは、今後の検討に資するため、これらの検討に用いたデータを保持しているものである、これについては、保持しているデータの種類を紹介する。

なお、経済性の評価に関しては、本報告のいくつかの箇所において、もんじゅでの実績のほかに、電力 9 社及び電源開発（株）並びに日本原子力発電（株）により実施された電力共通研究の中で検討された高速増殖実証炉フェーズ I 設計のデータを参考に設計の違いを考慮しながら使用している。

2. 建設費の基本的考え方

実用化戦略調査研究では、高速増殖炉システムの開発目標を設計要求事項という形でまとめており。その目標は、1) 安全性、2) 経済性、3) 資源の有効利用性、4) 環境負荷低減性、5) 核拡散抵抗性を有した高速炉システムの開発であり、この5項目に対する評価は、各プラントごとに行われている。特に経済性については、安全性を前提条件として最重要条件となっており、本報告書では、FBR プラント建設コストに関する検討結果を記述する。

実用化戦略調査研究における FBR サイクルシステムの経済性目標は、FBR の本格実用化段階で、発電単価 5 円/kWh (プラント耐用年数で原価償却)、FBR プラント建設単価 20 万円/kWe を達成できる見込みがあることである。これは、2030 年ごろに軽水炉と比肩しうる経済性を有するということから設定された目標である。

プラント設計の観点からは、プラントの物量及び機器仕様が建設費に関する設計データであり、建設費と運転維持費とが発電単価評価に必要なプラントデータである。そこでまず、実用化戦略調査研究で目指す建設費削減のねらいを示し、その上で設計作業の結果として得られた物量や機器仕様を示すこととする。また、これら物量の持つ意味合いをコスト見通しという形で検討する。この目的は、概念設計段階での設計データを用いて建設費の見通しを見るという考え方を示すことであり、詳細な経済性評価を行うことではない。

以下、2.1 節に建設費削減シナリオを、2.2 節にプラント物量を、2.3 節にコスト見通しを示す。

本調査研究では、多様な冷却材を用いたプラントを検討しているが、本検討では経済性に関するデータが豊富なナトリウム炉に関する検討を中心に進めている。全炉型横並びの評価は、平成 12 年度にある程度まで設計が進んだ段階で行う予定であり、平成 11 年度としては同一冷却材の中での優劣のめどが立ち、今後の設計の方向が見えることが重要である。その理由は、現状でナトリウム以外の冷却材を使用した炉の設計データに不明点があるので、これを推測の上評価することよりも、ナトリウム炉で十分考え方をまとめておき、それを各冷却材の炉に応用していく方が効率的であると考えたからである。

2.1 建設費削減シナリオ

平成 11 年度の調査研究開始時点で作成した建設費削減シナリオを図 2.1.1 から図 2.1.5 までに示す。本資料は、具体的な建設コストの評価を意味するわけではなく、我々が目標としている建設費 20 万円/kWe を達成するために、考えられる設計上の検討ポイントと安全上留意すべきポイントを記載したものである。

平成 11 年度は、このようなねらいをもとに、ナトリウム炉としてループ型炉 1 種類、タンク型 3 種類、中型モジュール炉 2 種類、2 次系簡素化概念 1 種類を検討した。設計進捗度合いのばらつき、一部設計情報の未入手等の要因により、本章で物量等のデータを検討したのは、ナトリウム大型ループ型炉 (1 次系機器合体・ループ数削減)、ナト

リウム大型タンク型炉（2次系機器合体・ループ数削減）、ナトリウム大型タンク型炉（機器合体・集中配置）、ナトリウム4S型中型モジュール炉、ナトリウム2次系簡素化炉の5種類である。

ガス炉に関しては、ピン型燃料炭酸ガス炉、ピン型燃料ヘリウムガス炉、被覆粒子型燃料ヘリウムガス炉の検討を進めたが、物量データが提示されたプラントである被覆粒子型燃料ヘリウムガス炉について記載する。

重金属炉については、大型ポンド式鉛冷却炉、大型ループ式鉛冷却炉、中型タンク式鉛冷却炉、中型鉛ビスマス冷却炉 SVBR 及び小型鉛ビスマス冷却4S型炉といった5種類のプラントの検討を行った。

水炉については、高転換比 BWR 型炉、高転換比 PWR 型炉、超臨界圧軽水冷却高速増殖炉（SCFBR）の3種類の検討を行っているが、水冷却方式のプラントは、軽水炉のコストダウン技術及びプラント技術が使用できるため、今年度は本報告の中では、検討対象にしなかった。

また、シナリオに記載のない概念として、溶融塩炉と多目的小型炉があるが、いずれも、経済性評価よりも概念構築が先であるという設計進捗の問題から、本検討からは外している。

なお、表中等で分かり易さとスペース上の制約から下記のような表現も使用している。

ナトリウム大型ループ型炉（1次系機器合体・ループ数削減）

→ループ型炉

ナトリウム大型タンク型炉（2次系機器合体・ループ数削減）

→ループ数削減タンク型炉

ナトリウム大型タンク型炉（機器合体・集中配置）

→集中配置タンク型炉

ナトリウム中型モジュール炉4S型炉

→4S(200MWe)

ナトリウム2次系簡素化概念

→1次系加圧炉

中型鉛ビスマス冷却炉 SVBR

→SVBR

中型鉛ビスマス冷却4S型炉

→4S(Pb-Bi)

高速炉 (Na炉)

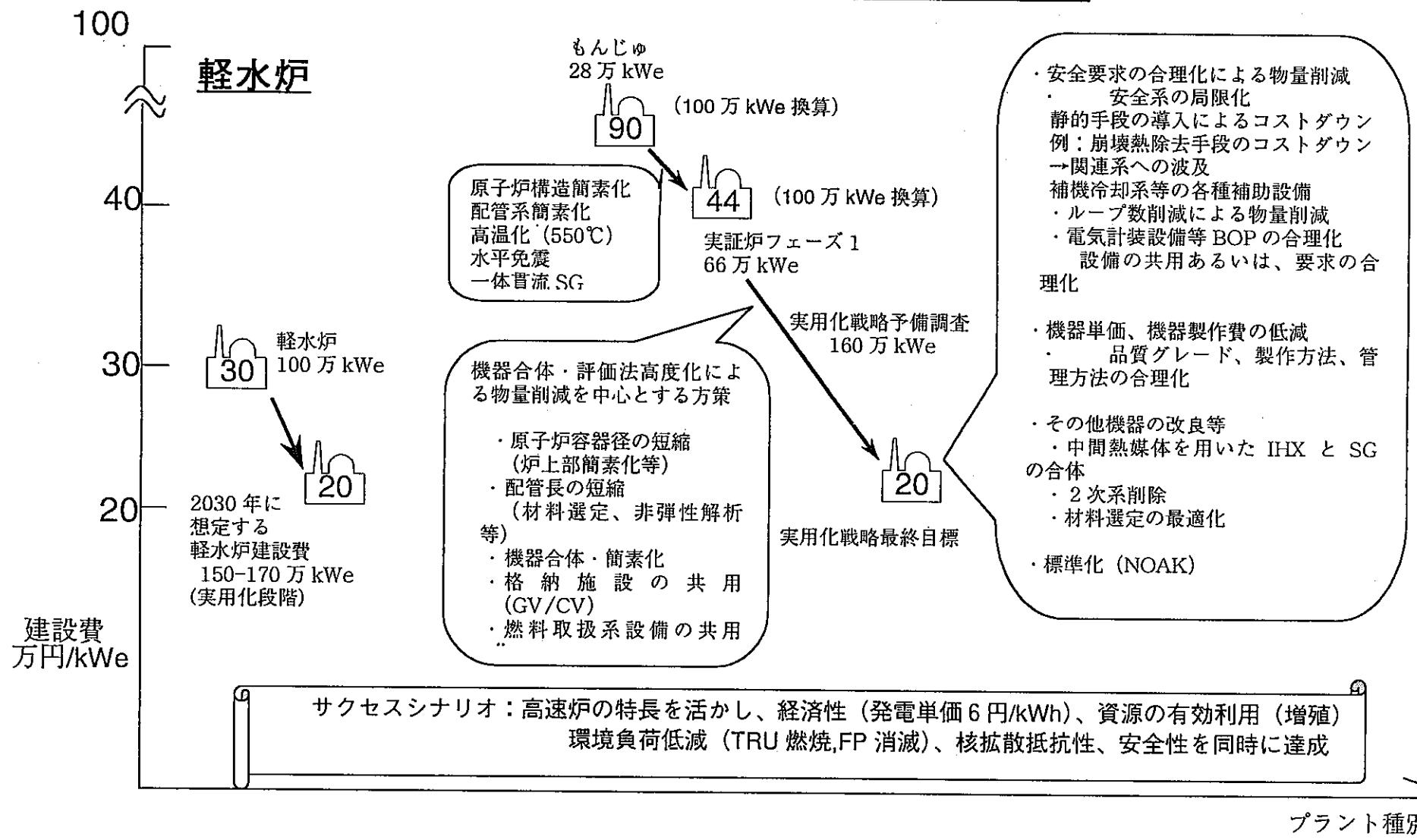
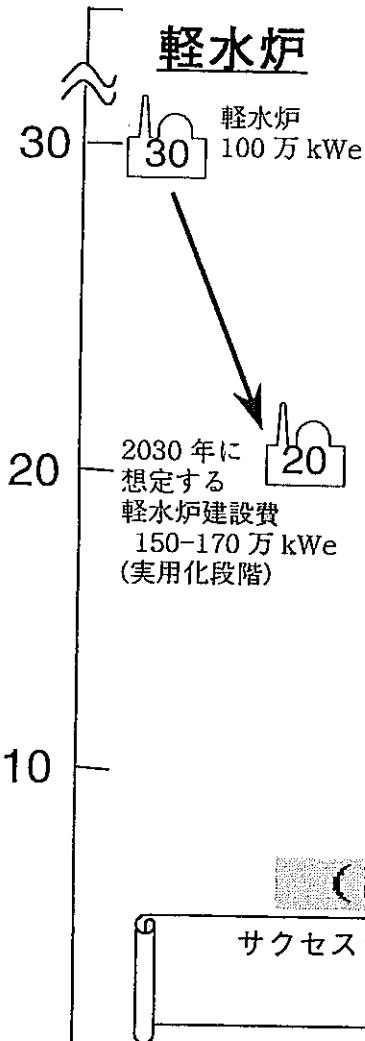


図 2.1.1 経済性目標達成シナリオ（建設費）ナトリウム冷却大型炉

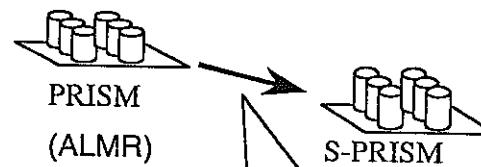


高速炉

(各種冷却材の検討を含む幅広い選択肢)
中小モジュール炉

- 経済的メリット
- ・小型モジュールの量産、安全系設備の最小化でコスト低減
 - ・静的な崩壊熱除去系を採用し、動的機器を削減
 - ・大型確証試験は省略し、初号機で実証試験

習熟・量産効果の早期取り入れ



- 経済性向上
- ・単基出力 UP (840MWe → 1000MWe)
 - ・3 モジュールから 2 モジュール
 - ・一体環流 SG の採用
 - ・高効率化

(PRISM→S-PRISM を例に取って検討)

サクセスシナリオ：高速炉の特長を活かし、経済性（発電単価 6 円/kWh）、資源の有効利用（増殖）
環境負荷低減（TRU 燃焼、FP 消滅）、核拡散抵抗性、安全性を同時に達成

プラント種別

図 2.1.2 経済性目標達成シナリオ（建設費）ナトリウム冷却中型炉

高速炉

(各種冷却材の検討を含む幅広い選択肢)

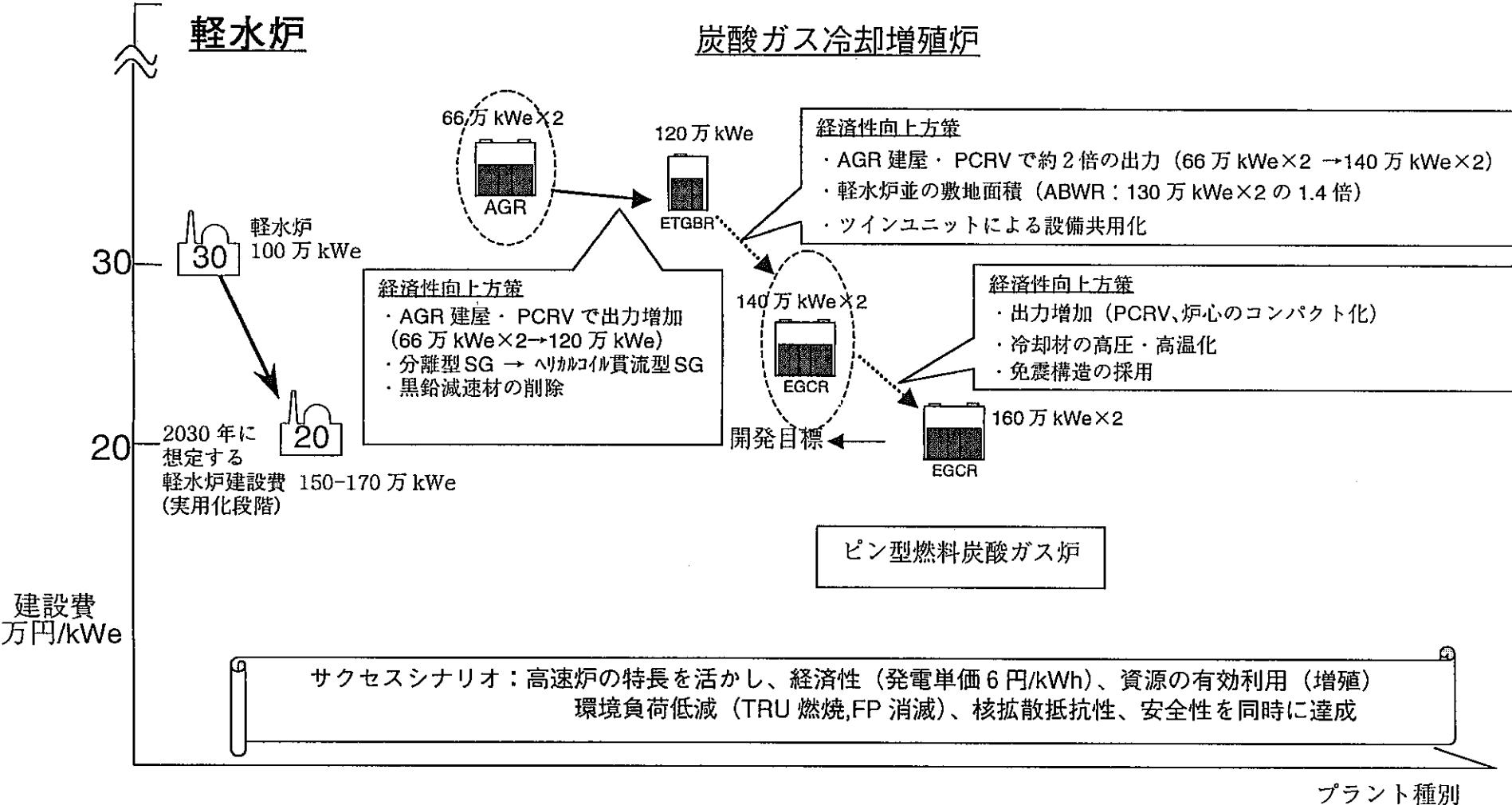


図 2.1.3 経済性目標達成シナリオ（建設費）炭酸ガス冷却炉

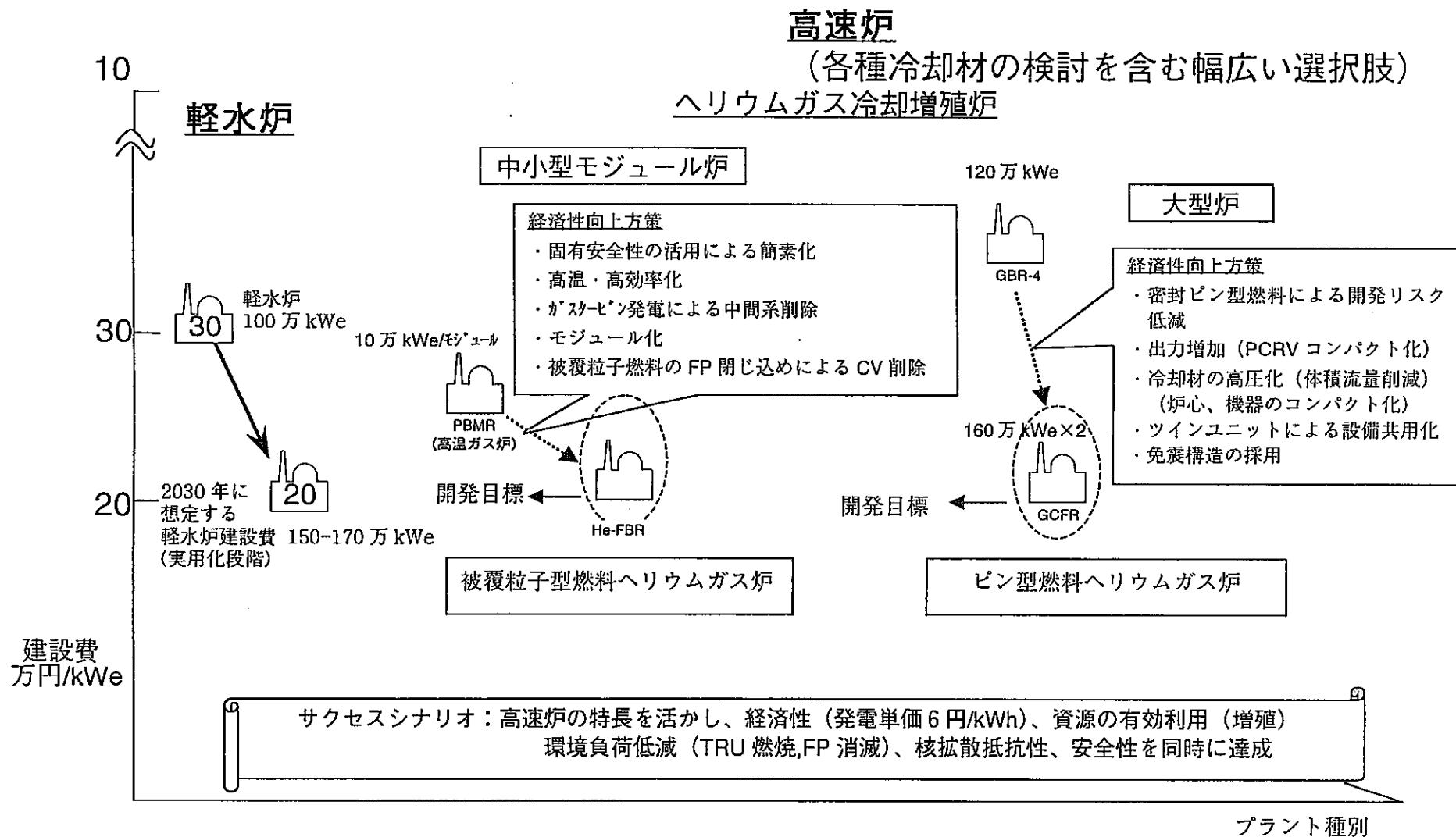


図 2.1.4 経済性目標達成シナリオ（建設費）ヘリウムガス冷却炉

高速炉

(各種冷却材の検討を含む幅広い選択肢)

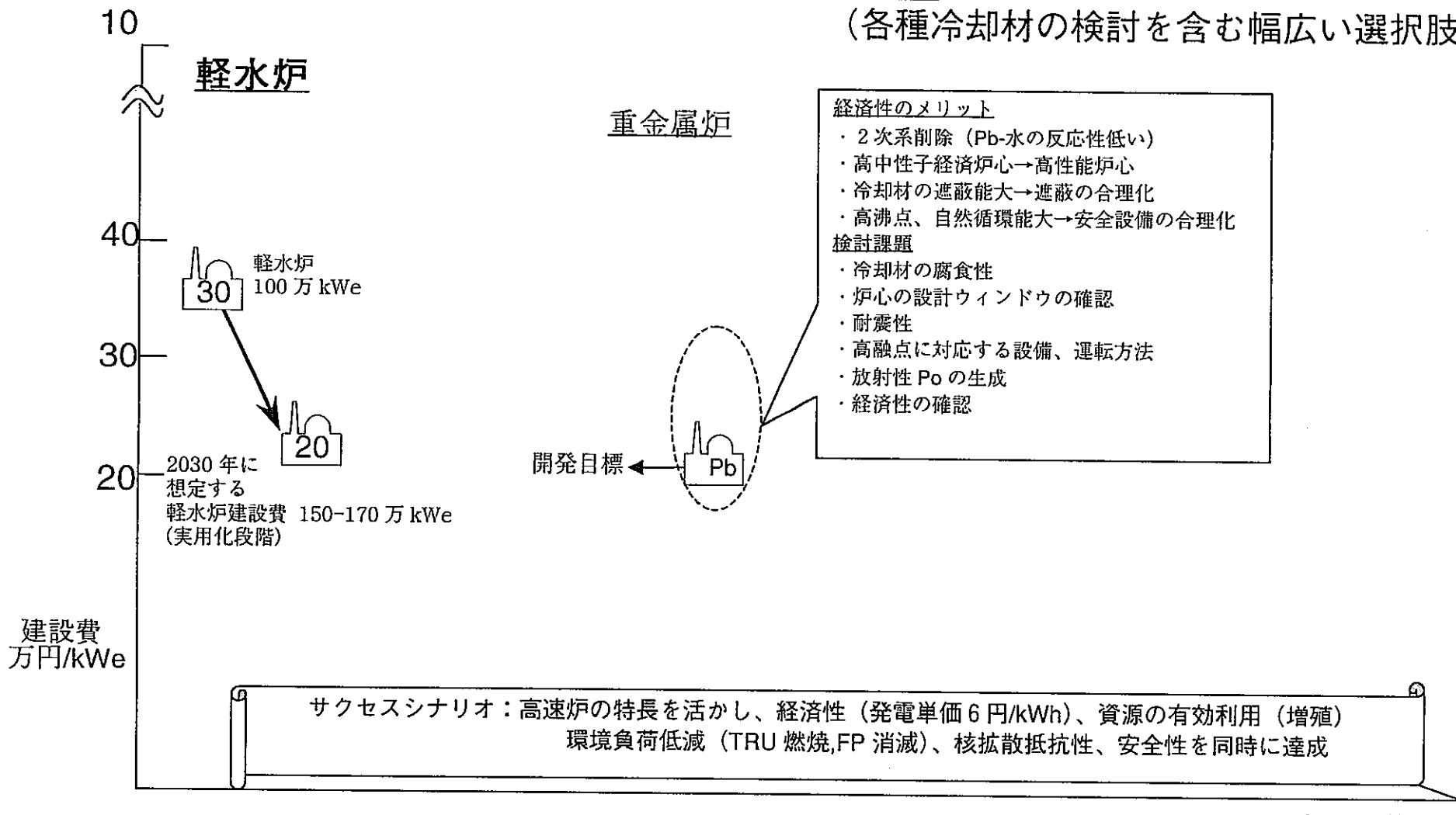


図 2.1.5 経済性目標達成シナリオ（建設費）重金属炉

2.2 プラントの設計仕様及び物量

2.1 で選定したプラントの設計仕様及び物量を示す。ナトリウム冷却炉について、設計仕様を表 2.2.1 に、物量一覧を表 2.2.2 に示している。同様に、ガス冷却炉の設計仕様を表 2.2.3 に、データが提示された被覆粒子型燃料ヘリウムガス炉の物量を表 2.2.4 に、重金属炉の設計仕様及び物量を表 2.2.5 及び表 2.2.6 に示す。これらの物量は、経済性評価が原子炉構造、冷却系（1 次冷却系及び 2 次冷却系）、燃料取扱い系、タービン発電機、電気・計装系、その他設備、建物・構築物、土木工事、間接費という設備分類に区別されていることから、それぞれの設備分野における代表的設備の物量を現状の設計進捗に合わせ記載したものである。これらの設備分類に含まれる機器設備の例を表 2.2.7 に示す。また、これらのデータは 5 章で示す経済性データベースとして構築している設計データ（物量）から抜粋したものである。

表2.2.1 ナトリウム冷却炉の仕様比較

プラント名 項 目	ループ型炉	ループ削減タンク型炉	集中配置タンク型炉	4S型炉	1次系加圧炉	実証炉フェーズI(参考)
一 般						
原子炉型式	1次系機器合体・ループ放熱減圧	2次系機器合体・ループ放熱減圧	機器合体・集中配置タンク型炉	タンク型中槽モジュール炉	1次系高圧化2次系簡素化炉	トップエントリー配管ループ型炉
定電出力(発電端)	1,500MW _e	1,500MW _e	約1,600MW _e	200MW _e (8基構成)、1,600MW _e	1,800MW _e	約160MW _e
熱出力	3,670MW _t	3,660MW _t	3,800MW _t	475MW _t (8基構成)、3,800MW _t	3,420MW _t	1,600MW _t
熱効率	約41%	約41%	約42%	約42%	38%	約41%
プラント稼働率	90%以上	90%以上	90%程度	90%程度	約85%以上	約85%以上
プラント寿命	40年	40年	40年	40年	40年	40年
炉心・燃料						
炉心型式	2領域均質炉心(回字型、低圧圧)	3領域均質炉心(K一定)	2領域均質炉心	7領域均質炉心	2領域均質炉心、アクリル燃料、長尺炉心	2領域均質炉心
燃料種類	混合酸化物燃料	混合酸化物燃料、ダクトレス	混合酸化物燃料	混合酸化物燃料	混合酸化物燃料	混合酸化物燃料
燃焼度	15万MW _t /h以上	約13万MW _t /h以上	15万MW _t /h以上(炉心取出平均)	15万MW _t /h以上(炉心取出平均)	15.3万MW _t /h以上(炉心取出平均)	15万MW _t /h以上(高燃焼度炉心)
増殖比	1.09(基準炉心)、1.15(増殖炉心)	1.01(基準炉心)、1.16(増殖炉心)	1.06~1.2	0.6~1.2	1.15	約1.2(アシカット有)
遮蔽体外接円径	約6,300mm(炉心直径)	5,910mm	5,800mm(炉心パルス径:6,000)		炉心直径:5,800mm	3,183mm
原子炉停止系	CRD:44体	CRD:27+GEM:22体	CRD:55体	反射作:6体、中性子吸收棒:1体	CRD:19体	CRD:30体+GEM:66体
炉心安全性	SASS 内臨界排除:内部ダクト付集合体	SASS+炉内GEM、Naブレナム付 内臨界排除:排出チャンネル付材	SASS等 内臨界排除:内部ダクト付集合体	ゼロボイド炉心、SASS等 内臨界排除:内部ダクト付集合体		SASS(後備系)+炉内GEM 内臨界排除:
原子炉構造						
原子炉容器寸法	9.6mID×17mL	15.2mID×17mL	11mID×19mL×25mm	3.85mID×22mL	6.8mID×22mL	10.4mID×16mL
炉心支持方式	下置方式	下置方式	円錐1枚板下部支持		頭部支持	頭部支持
炉壁保護構造	保護ライナー	なし	保護ライナー	炉壁側冷却材はコールド		低温ナトリウム循環
炉心上部構造	単回転プラグ+切欠UIS	単回転プラグ+切欠UIS	炉上部蓋1枚板構造+部分昇降式UIS	1枚板構造	ルーフデッキ、回転プラグ	ルーフデッキ、2面回転プラグ
Na漏えい対策	ガードベッセル	ガードベッセル	ガードベッセル	ガードベッセル	ガードベッセル	ガードベッセル
原子炉格納施設						
格納方式	附着ライナーコンクリート	ガードベッセル+トップドーム	ガードベッセル+トップドーム	ガードベッセル+トップドーム	鋼製ライナーコンクリート	鋼製ライナーコンクリート
ライナー面積/容積重量	3,900m ² (6mm)	トップドーム:70ton	トップドーム:60ton	トップドーム:24ton	3,300m ² (6mm)	4,610m ² (6mm)
1次主冷却系						
1次系Na温度	550/395°C	550/395°C	550/395°C	550/395°C	500/350°C(圧力:60kg/cm ²)	500/350°C
1次系Na流量	65,400t/h	67,200t/h	69,670t/h	8,710t/h		29,360t/h
1次系配管方式	上部流出入方式	—(タンク型)	—(タンク型)	—(タンク型)	出口:頭部、入口:下部	トップエントリー方式
1次系ループ数	2	—(タンク型)	—(タンク型)	—(タンク型)	3	3
中間熱交換器型式	横置缶筒直管型(ポンプ合体)	完全浸没管内1次方式	罐底ポンプ合体型	アニュラーラ型		横置斜行流式直管
中間熱交換器出力/基数	1,785MW×2基	1,220MW×3基	475MW×8基	475MW		534MW×3基
1次主循環ポンプ型式	機械式(単段片吸込)	機械式(二段片吸込)	電磁ポンプ	電磁ポンプ	機械式	機械式(单段)
Na漏えい対策	ガードベッセル+エンクロージャ	ガードベッセル	ガードベッセル	ガードベッセル	ガードベッセル、エンクロージャ	ガードベッセル、エンクロージャ
2次主冷却系						
2次系Na温度	335/520°C	335/520°C	335/520°C	335/520°C		335/520°C
2次系Na流量	27,300t/h×2ループ	18,600t/h×3ループ	14,535t/h×4ループ	14,500t/h(2モジュール)		24,456t/h
2次系ループ数	2	3	4	1(2モジュールでSGを共有)		3
蒸気発生器型式	一体貫流ヘリカルコイル型	電磁ポンプ合体ヘリカルコイル型	電磁ポンプ合体ヘリカルコイル型	電磁ポンプ合体ヘリカルコイル型	1重管ヘリカルコイル型	有波面ヘリカルコイル型
蒸気発生器出力/基数	1,785MW×2基	1,220MW×3基	950MW _t ×4基	475MW _t (2モジュール)	1,140MW _t ×3基	534MW×3基
2次主循環ポンプ型式	機械式	電磁ポンプ	電磁ポンプ	電磁ポンプ		機械式(单段)
Na漏えい対策	エンクロージャ	エンクロージャ	エンクロージャ	エンクロージャ		エンクロージャ
腐食熱除去系						
腐食熱除去方式	IRACS×2系統+DRACS×1系統	PRACS×3系統	IRACS×4系統+DRACS×2系統	PRACS×1系統+RVACS×1系統	PRACS×3系統	DRACS×4系統
腐熱量	IRACS:44MW _t +DRACS:30MW _t	PRACS:105MW _t	IRACS:96MW _t +DRACS:24MW _t	PRACS:13MW _t +RVACS:3MW _t	69MW _t	44MW _t
水・蒸気系						
水/蒸気温度	240/495°C	240/485°C	240/495°C	240/495°C	220/400°C	240/495°C
主蒸気圧力	169kg/cm ²	15.4MPa	175kg	175kg	50kg/cm ²	169kg/cm ²
給水流量	5,780ton/h		約9,500ton/h	約3,250ton/h(4モジュール)	5,819t/h	約2,516t/h
燃料取扱系						
運転サイクル	16ヶ月	18ヶ月	18ヶ月	12ヶ月	16ヶ月	15ヶ月(初期炉心)
燃料交換バッチ数	4バッチ	4バッチ	5バッチ	7バッチ	4バッチ	3バッチ
炉内燃料交換方式	単回転プラグ+アーム式FIM コラムUIS	単回転プラグ+アーム式FIM 引欠UIS	単回転プラグ+アーム式FIM 部分昇降UIS	燃料出入機+炉内中槽装置	UIS引抜き	2重回転プラグ+7-L&直動FIM
炉内外燃料移動	炉内中槽装置+燃料出入機	炉内中槽装置+燃料出入機	炉内中槽装置+燃料移動機	燃料出入機	単回転プラグ+アーム式FIM	炉内中槽装置+燃料出入機
燃料減衰貯蔵方式	直接取出し	直接取出し	炉内貯蔵方式:100体	炉外燃料貯蔵方式	直接取出し	炉外燃料貯蔵方式
燃料搬出貯蔵方式	水プール方式:4炉心分	水プール方式:760体分	水プール方式:4炉心分	水プール方式	本プール方式	本プール方式
原子炉建屋						
原子炉・補助建物容積	約12.2万m ³ (ツインプラント)	約14.8万m ³ (ツインプラント)	約12.5万m ³ (ツインプラント)	約9万m ³ (発電部分のみ)	約11万m ³ (ツインプラント)	約21.9万m ³
免震・耐震方式	建屋水平免震	3次元免震	3次元免震	建屋水平免震	建屋水平免震	建屋水平免震
プラント立地	ツインプラント	ツインプラント	ツインプラント	8モジュール	ツインプラント	シングルプラント

表2.2.2 ナトリウム冷却炉物量比較

プラント名称	単位	ナトリウム大型ループ型炉	ナトリウム大型タンク型炉 (2次系換器含体・トーピング部)	ナトリウム大型タンク型炉 (機器合体・集中配置)	ナトリウム中型モジュール 4S型炉	ナトリウム中型3ループ型炉 (実証炉設計)
プラント形式	MWe	大型2ループ型Na炉	大型3ループ型Na炉	大型4ループ型Na炉	中型2ループモジュールタイプ 200×8	中型3ループ型Na炉 660
電気出力		1,500	1,500	1,600		
ループ構成		炉心1:SG2:TG1	炉心1:SG3:TG1	炉心1:SG4:TG1	炉心8:SG4:TG2	炉心1:SG3:TG1
原子炉構造*	ton	798	1,420	1,454	1,472	1,556
炉容器	ton	145 $\varnothing 9.6m, H17m, t:30mm$	200 $\varnothing 15m, H19m, t:25mm$	248 $\varnothing 12m, H17m, t:25mm$	344 $\varnothing 3.9m, H21m, t:25mm$	355
ガードベッセル	ton	110	150	134	328	118
炉内構造物	ton	223	540	434	280	582
炉上部構造	ton	320	530	638	520	501
制御棒、反射体	本	42	27	43	56	30
遮蔽体	ton	306 SUS:96,B4C:102 ZrH:108	510 SUS:198,B4C:222 ZrH:90	210本+28ton ZrH+Hf:210本 固定遮蔽体28ton	2688 SUS:816,B4C:1872	522 SUS:324,B4C:198
格納施設	ton,m ²	185,3900	70,-	70,-	71,-	4,610
単位出力重量*	ton/MWe	0.53	0.95	0.91	0.92	2.36
冷却系*	ton	1,778	1,773	1,869	1,854	3,869
ポンプ	ton	110+140	110+220	67+39	160+39	316+96
配管	ton	62+154	60	42	未設計 仮に30とする	195+156
IHX+SG	ton	502+810	450+933	496+1225	400+1225	1171+1935
崩壊熱除去系	MWt	74	105	120	100(+24)	44
単位出力重量*	ton/MWt	1.12	1.13	1.17	1.16	5.89
NSSS代表物量*	ton	2,576	3193	3323	3326	5,425
NSSS単位出力重量*	ton/MWe	1.72	2.13	2.08	2.08	8.22
燃取系						
合計物量	ton	500(目標)	850	-	-	1,310
単位出力重量	ton/MWe	0.33	0.57			1.98
タービン						
主蒸気流量	ton/hr	5,750	5,940	6,500	6,500	2,586
電気・計装	計測点	4,300	-	-	-	8,300
その他						
冷却材インベントリ	ton	2,000	2,800	2,300	960+α	2,520
単位出力重量	ton/MWe	1.33	1.9	1.25	-	3.82
建物／土木工事						
建物容積(原子炉+補助)	m ³	11.5万	14.8万	11万	9万	21.9万
土木工事	m ³	—	—	12万	7万	9.83万

注：物量は代表機器物量であり、系統全物量ではない。

表2.2.3 ガス冷却炉の仕様比較

プラント名称 項目	炭酸ガス冷却炉EGCR (被覆管燃料)	ヘリウムガス冷却炉 (被覆粒子燃料)
一般		
原子炉型式	炭酸ガス冷却被覆管燃料型炉	Heガス冷却被覆粒子燃料ガスタービン型炉
電気出力(発電端)	1,440MWe	846MWe
熱出力	3,600MWt	1,800MWt
熱効率	約40%	約47%
プラント稼働率	90%以上	90%以上
プラント寿命	60年以上目標	40年
炉心・燃料		
炉心型式	2領域均質炉心	2領域均質炉心
燃料種類	混合酸化物燃料	混合酸化物燃料、被覆粒子燃料
燃焼度	約12万MWd/t	約10万MWd/t以上
増殖比	約1.05	約1.1
遮蔽体外接円径	約4.8m(炉心径)	約3.8m(炉心等価直径)
原子炉停止系	CRD:33体(SASS含)	CRD:19体
炉心安全性	ボイド反応度なし	動的炉停止系2系統
原子炉構造		
原子炉容器寸法	PCRV:21mID×24mH	鋼製:7.8mID×24.5mH
炉心支持方式	下置方式	下置方式
炉壁保護構造	断熱材+ライナー+水冷	断熱材
炉心上部構造	コンクリートデッキ	鏡板方式
Na漏えい対策	ガードベッセルなし	ガードベッセルなし
原子炉格納施設		
格納方式	コンクリート造	鋼製格納容器
ライナー面積/容器重量	- -	1,100 m ²
1次主冷却系		
1次冷却材温度	525/266°C	850/490°C
1次冷却材流量	44,000t/h	3,197t/h
1次冷却材圧力		6MPa
1次系配管方式	シングルキャビティ	二重配管
1次系ループ数	ガス循環機8基	3
1次主循環ポンプ型式	電動機駆動ガス循環機	
蒸気発生器型式	蛇行コイル型	直接サイクルガスタービン
蒸気発生器出力/基数	300MW×12基	600MW×3基
Na漏えい対策	ガードベッセルなし	ガードベッセルなし
崩壊熱除去系		
崩壊熱除去方式	メインボイラ+崩壊熱除去ボイラ	DRACS×4系統
除熱量	- -	DRACS:90MWt
水・蒸気系		
給水/主蒸気温度	115/490°C	
主蒸気圧力	189kg/cm ²	
給水流量	4,896ton/h	
燃料取扱系		
運転サイクル	334EFPD	16ヶ月
燃料交換バッチ数	5バッチ	6バッチ
炉内燃料交換方式	長尺マニプレータ式FHM UIS、回転プラグなし	燃料交換機 UIS、回転プラグなし
炉内外燃料移送	炉内中継装置+燃料出入機	炉内中継装置+燃料出入機
燃料減衰待貯蔵方式	直接取出し	直接取出し
燃料搬出待貯蔵方式	水プール方式:4炉心分	水プール方式:4炉心分
原子炉建屋		
原子炉・補助建物容積	約22万m ³	約20.5万m ³ (ツインプラント)
免震・耐震方式	耐震	水平免震
プラント立地	ツインプラント	ツインプラント

表2.2.4 被覆粒子型燃料ヘリウム冷却炉の物量

プラント名称	被覆粒子型燃料ヘリウムガス炉	
電気出力	MWe	850
ループ数		3
原子炉構造	ton	1,130
PCRVライナー重量	ton	
炉容器	ton	810
炉内構造	ton	320
炉上部構造	ton	0
格納施設	m2	1,100
単位出力重量	ton/MWe	1.329
冷却系		
ガス循環機流量	kg/sec	直接サイクルガスタービン
ガス循環機基數	基	
蒸気発生器重量	ton	
蒸気発生器基數	基	
配管	ton	83
単位出力重量	ton/MWe	0.098
崩壊熱除去系		
PRACS	MWt	22.5(4ループ)
単位出力除熱量	MWe/MWt	0.026
燃取系		
合計物量	ton	300(目標)
単位出力重量	ton/MWe	0.353
タービン		
ガスタービンユニット重量	ton	1,770
ガスタービンユニット基數	基	3
単位出力重量	ton/MWe	2.082
冷却材		
インベントリ	ton	16
単位出力容量	m3/MWe	0.019
建物／土木工事		
原子炉建物	m ³	205,000
原子炉補助建物	m ³	上記に含む
土壤掘削容積	m ³	-
岩盤掘削容積	m ³	38,000

表2.2.5 重金属冷却炉の仕様比較

プラント名称 項目	大型ループ式鉛冷却炉	大型ボンド式鉛冷却炉	中型タンク式鉛冷却炉	小型鉛-ビスマス冷却4S型炉
一般				
原子炉型式	大型ループ式鉛冷却炉	大型ボンド式鉛冷却炉	中型タンク式鉛冷却モジュール炉	原子炉冷却系一体化鉛-ビスマス冷却炉
電気出力(発電端)	1,500MW _e	1,500MW _e	400MW _e /モジュール	52MW _e
熱出力	3,660MW _t	3,500MW _t	1,000MW _t /モジュール	125MW _t
熱効率	約41%	約43%	約40%	約42%
プラント稼働率	90%以上	90%以上	90%以上	90%以上
プラント寿命	40年以上	40年以上	40年以上	30年
炉心・燃料				
炉心型式	2領域均質炉心	3領域均質炉心	2領域均質炉心	1領域均質炉心
燃料種類	混合酸化物燃料／空気化物燃料	空気化物燃料、ダクトレス集合体	混合酸化物燃料	混合酸化物燃料
燃焼度	約12MWd/t／約17MWd/t	約10MWd/t	約15MWd/t	約20MWd/t以上
増殖比	約1.15／約1.28	1.05	約0.9	0.5
遮蔽体外接円径	約5.0m(炉心直径)	7.0m	約3.0m(炉心等価直径)	約1.0m(炉心等価直径)
原子炉停止系	CRD:37体(SASS含)	CRD:8体(SASS含)	CRD:6体(SASS)	反射重力落下+中性子吸収棒1体
炉心安全性	SASS・他	SASS・他	SASS・他	SASS・他
原子炉構造				
原子炉容器寸法	8.2mID×19mH	10.0mID×20.5mH (R/V)	10.8m(球形部)×15.5mH (R/V)	4.0/2.6mID (上／下) × 13.5mH
炉心支持方式	側部支持方式	下部支持	下部支持	側部支持
炉壁保護構造	炉壁冷却	炉壁冷却+ライナ	-	炉壁保護ライナ
炉心上部構造	デッキ+回転プラグ	デッキ+二重回転プラグ	デッキ	銘板方式
冷却材漏えい対策	ガードベッセル	断熱材+ライナ	ライナ(レンガ)+ガードベッセル	ガードベッセル
原子炉構造施設				
格納方式	鉄筋コンクリート造ライナ付き	コンクリートライナ+上部ドーム	鉄筋コンクリート造ライナ付き	ガードベッセル+コンクリートライナ
ライナ一面積／容器重量	3700m ²			
1次主冷却系				
1次冷却材温度	540/420°C	540/420°C	550/395°C	550/395°C
1次冷却材流量	1,710,000t/h	656,000t/h	18,300t/h	20,700t/h
1次系配管方式	直管二重管方式	ボンド式	タンク式	原子炉・冷却系一体化
1次系ループ数	4	4	8	1
1次主循環ポンプ型式	機械式(SG内蔵型)	機械式	電磁ポンプ(SG内蔵型)	電磁ポンプ
蒸気発生器型式	一体貫流ヘリカルコイル型	一体貫流ヘリカルコイル型	一体貫流ヘリカルコイル型	組納式二重管ヘリカル型
蒸気発生器出力／基数	914MW×4基	426MW×8基	125MW×8基	125MW×1基
冷却材漏えい対策	ガードベッセル	断熱材+ライナ	ライナ(レンガ)+ガードベッセル	ガードベッセル
崩壊熱除去系				
崩壊熱除去方式	PRACS	RVACS	SGIHS	RVACS+SGIHS×2系統
除熱量	16MW×4系統	28MW _t	12MW×4系統	DRACS:1.5MW _t +SGIHS:3MW _t ×2
水・蒸気系				
給水／主蒸気温度	340/495°C	340/520°C	340/497°C	240/495°C
主蒸気圧力	169kg/cm ²	24.5MPa	175kg/cm ²	175kg/cm ²
給水流量	5,892ton/h	7,640t/h	6,400t/h	約202t/h
燃料取扱系				
運転サイクル	12ヶ月	12ヶ月	12ヶ月	30年
燃料交換バッチ数	5バッチ	4バッチ	20バッチ	30年燃料交換無交換
炉内燃料交換方式	回転プラグ+アーム式FIM コラム型UIS	二重回転プラグ+直動式FIM	アーム式FIM 回転プラグなし	
炉内外燃料移送	炉内中継装置+燃料出入機	シート+走行台車	炉内中継装置+燃料出入機	
燃料減衰待貯蔵方式	直接取出し	直接取出し	直接取出し	
燃料搬出待貯蔵方式	水プール方式:4炉心分	水プール方式	炉外燃料貯蔵方式	
原子炉建屋				
原子炉・補助建物容積	約11.4万m ³ (ツインプラント)	約21.5万m ³	約14.6万m ³	約0.5万m ³
免震・耐震方式	水平免震	岩盤埋め込み	水平免震	水平免震
プラント立地	ツインプラント	シングルプラント	シングルプラント	

表2.2.6 重金属冷却炉物量比較

プラント名称		大型ループ式鉛 冷却炉	大型ボンド式鉛 冷却炉	中型タンク式鉛 冷却炉	小型鉛ビスマス冷 却4S型炉	ナトリウム大型 ループ型炉	ナトリウム中型 ループ実証炉
プラント形式 電気出力	MWe	大型2重管ループ型炉 1,500	大型ボンド式炉 1,500	中型モジュール式炉 1600 (400~4)	小型反射体側鉛ビスマス炉 52	大型ループ型Na炉 1,500	中型ループNa炉 660
ループ構成		炉心1:SG4:TG1	炉心1:SG8:TG1	炉心4:SG3.5:TG2	炉心1:SG1:TG1	炉心1:SG2:TG1	炉心1:SG3:TG1
原子炉構造	ton	1,077	5,300	3,832	132	798	1,556
炉容器	ton	407 高さ: 8.2m, H15.2m, L50mm 炉心直径: 4.8m, 高さ: 8.0m	550 ステンレス鋼: 上部27m, 下部10m, H21m, L25mm	728 (182~4) 高さ: 内部5m, 総体10.8m H15.5m, L40mm	52 31.8FR: 上: 4.0m, 下: 2.6m, L13.5m, L40mm	145	355
ガードベッセル	ton	180	3000 ボンド方式 (西側材及びライナー)	1056 (265~4) 上部GVV下部レング レング80mm, 2層	20	110	118
炉内構造	ton	320 UIS(12G+40ton, 支持12G+210ton バッフル12G+30ton, 184ton)	600 内管: 380mm, 7m, H14.5m L40mm	1000 (250~4)	35 ライナ14ton, 支持柱: 9.5t, 21ton	223	582
炉上部構造	ton	170 デッキ70ton, 周囲板: 60ton 184ton, ブラック鋼板: 10mm	1150 デッキ: 周囲板: 60ton ポンプ: SG上部を含む花びら型 2重底板: ブラック鋼板: 12.5mm	1048 (370~4) デッキ: 13.2m 周囲板: ブラック鋼板: 12.5m	25 燃料立坑なし 周囲板: ブラックなし	320	501
格納施設	ton, m ²	ライナー 3700m ² (L:6mm)	上部ドーム 直径3.0m	ライナー 2500m ²	1000m ² (L:6mm)	185、3,900	4,610
単位出力重量	ton/MWe	0.72	3.53	2.40	2.50	0.53	2.36
冷却系	ton, MWe	2594, 24	4174, 35	1548.8, 192	75, 7.5	1680, 81	3869, 44
ポンプ	ton	164 272~4m ³ /min, 2550kw(4台)	164 254~4m ³ /min, 3000kw(4台)	384 (95~4) 35~8~40m ³ /min, 3500kw(8台~4台)	10 35m ³ /min, 840kw(1台)	110+140	316+96
配管	ton	410 2重管(3~4m, 1108, 40B, 140mm) GV112cm	10 内管: 0.25~4m, 40B, 130mm	なし SG、EMP合作のため	なし	62+88	195+156
SG (熱交換器)	ton	2020 14000m ² (4台)GV130t/a	4000 24000m ² (4台)	1164.8 (291.2~4) car ~4m ² (8台~4)	65 750m ² (1台)	470+810	1171+1935
崩壊熱除去系	MWe	24 PRAC3ループ	35 RVACS: 3050m ²	192 SGHR545~4	7.5 RVACS: 125m ² , SGHR525	81	44
単位出力除熱量	ton/MWe MWe/m ²	1.73, 0.016	2.78, 0.023	0.97, 0.12	1.44, 0.14	1.12, 0.054	5.89, 0.066
NSSS代表物量	ton	3671	9474	5380	207	2,515	5,425
NSSS単位出力重量	ton/MWe	2.45	6.32	3.36	3.98	1.68	8.22
燃取系							
合計物量	ton	500 (目標)	800	—	なし	500(目標)	1,310
単位出力重量	ton/MWe	0.33	0.53	—	なし	0.33	1.98
タービン							
主蒸気流量	ton/hr	6,900	7,640	6400×2	200	5,750	2,586
単位出力流量	(Vh)/MWe	4.6	5.1	8.0	3.8	3.833	3.92
電気・計装	計測点	4,800	—	3500×4	500	—	—
	点/MWe	3.2	—	8.8	9.6	—	—
その他							
冷却材インベントリ	ton	19,210	30,000	8000×4	640	2,000	2,520
単位出力重量	ton/MWe	12.8	20.0	20.0	12.3	1.33	3.82
建物／土木工事							
建物容積 (直字が十倍値)	m ³	11.4万	15万	14.6万	8千5百	11.5万	21.9万
土木工事	m ³	4.3万	10.5万+2.4万 (直字)	—	—	—	9.83万

表2.2.7 設備分類の例

直接費	修正NUS勘定項目
原子炉構造	221_11 炉容器、熱遮蔽板及び支持台 221_12 原子炉構造物 221_13 固定遮蔽体及び可動遮蔽体 221_14 炉上部構造 221_2 制御棒駆動機構 221_5 炉容器ガード・ペッセル及び保温材
1次冷却系	222_11 1次主循環ポンプ、駆動装置及びガート・ペッセル 222_13 中間熱交換器及びガート・ペッセル 222_14 1次主冷却配管及び支持装置 223_1 直接炉心冷却設備
燃料取扱系	225_1 燃料受入、貯蔵及び搬出設備 225_2 格納容器内燃料取扱設備
2次系/SG	222_31 2次主循環ポンプ及び駆動装置 222_32 2次主冷却配管、支持装置及び膨張タンク 222_41 蒸気発生器 222_42 水分子離器、配管、再循環設備、ナトリウム水反応生成物収納設備 226_2 予熱保温設備 226_3 冷却材受入、貯蔵、充填及び純化設備 226_5 冷却材純度監視設備 252_5 ナトリウム消火設備
タービン発電機	231_1 タービン発電機及び付属品 231_3 主及び補助蒸気設備 233 復水設備 234 給水加熱設備 235 その他のタービン設備機器

電気/計装	226_6 ナトリウム漏洩検出設備 227_11 炉内計装設備 227_12 主冷却系計測制御設備 227_13 蒸気発生器計測制御設備 227_14 プラント制御設備及び安全保護系 227_2 テーク処理及び表示設備 227_3 放射線監視設備 236 計測制御設備 241_1 発電機用開閉設備 241_2 所内給電用開閉設備 242_1 所内給電用及び起動用変圧設備 242_2 ニットワーステーション 242_3 补助電力設備 243_1 制御盤 243_2 补助電力及び信号盤 244 防護設備 245_1 地下配線用ダクト 245_2 ケーブルトレイ 245_3 コンベット 246_1 発電機回路用配線 246_2 所内給電用配線
-------	--

その他設備	212_2 建物のサービス設備 213_2 建物のサービス設備 214_2 建物のサービス設備 218_2 建物のサービス設備 224_1 液体廃棄物処理設備 224_2 気体廃棄物処理設備 224_3 固体廃棄物処理設備 226_1 不活性ガス受入及び処理設備 226_71 非常用冷却水設備 226_72 窒素霧団ガス冷却設備 226_81 保守・補修設備 226_82 ナトリウム除去及び除染装置 232 循環水設備 251_1 クレン及びオイット 251_2 その他の輸送設備 252_1 圧縮空気供給設備 252_2 プラントサービス水設備 252_3 通常消火設備 252_4 补助蒸気設備 253 通信設備 254 家具及び備品 261 1次冷却材 262 2次冷却材
建物・構築物	212_1 建物の基本構造物 213_1 建物の基本構造物 214_1 建物の基本構造物 218_1 建物の基本構造物 219 フラック 231_2 基礎
土木工事	201 土地及び土地権の取得 211 現地改良工事及び施設
間接費	94 所有者費用 95 建設期間中の利子

2.3 コスト見通し

本来プラントコストは、各機器の容量、物量から各機器のコストを算出し、これらを集計したものである。しかし、設計の初期の段階ではプラントコスト算定と設計改良を互いにフィードバックするのは難しい。そこで、2.2節に示したような物量及び先行炉のコスト計算例^{[1], [2]}から、建設費 20 万円/kWe を達成する物量の目安を算出し、設計の方向性を確認することとした。図 2.3.1 に建設費削減の考え方を示す。実証炉級から実用炉級プラントのコスト低減方策として、スケールアップ効果とプラント設計に依存する物量低減方策とが考えられる。

同一設計のスケールアップ（ダウン）の予測法として、プラントの簡易コスト計算には、しばしば、出力比とコスト比の関係を示す n 乗則が用いられる。出力とコスト（あるいは物量）の関係を定量的に表現する指標である n は本来各機器ごとに設定されるべきであるが、ここでは簡易的な見通しを得ることが目的であるため、一律同じ値を使用した。 $n = 0.36$ または 0.7 とした場合のスケール効果による建設コスト予測値が図 2.3.1 中に χ で示されている。

ナトリウム中型ループ炉である実証炉フェーズ I 設計（66 万 kWe）の積算物量、及びこれを基に n 乗則で 150 万 kWe にスケールアップした推定物量とナトリウム大型ループ型プラント事前設計例（150 万 kWe）の積算物量の比較を表 2.3.1 に示す。この表の外挿値 1、外挿値 2 に示される推定物量に相当するプラント建設単価が図 2.3.1 の χ である。

表 2.3.1 の外挿値 1、2 とナトリウム大型ループ型プラント事前設計例の物量との差異は、図 2.3.1 の物量削減方策を適用した結果と見ることができる。表 2.3.1 の物量の比率から大型ループ型プラント（事前設計例）の建設コストの見通しの検討を表 2.3.2 及び表 2.3.3 に示す。表 2.3.2 が $n = 0.36$ とした場合、表 2.3.3 が $n = 0.7$ とした場合である。これらより、物量削減方策による推定コスト低減は 16~25 万円/kWe となった。この推定のベースとなったナトリウム大型ループ型プラント事前設計例の NSSS 物量は、表 2.3.1 に示すように、約 2700 トンである。これは、66 万 kWe、NSSS:5000 トンクラス、57 万円/kWe のプラントの物量から 150 万 kWe、NSSS:2700 トンクラスのプラントがおおよそ 17~20 万円/kWe 程度と見通したことである。よって、コスト推定の不確かさ等を考慮し、NSSS の物量約 2500 トンを大型ナトリウム炉の一つの経済性の目標とした。実際に設計がある程度まで詳細化し、経済性評価コード (SCES-FBR) を用いて計算したプラントのコストは、150 万 kWe、NSSS:2500 トンクラスの類似プラントが 23.3 万円/kWe（初号機建設コスト：ツインプラントの 1/2 として評価）と評価されたことを考えると、概ね表 2.3.2 あるいは表 2.3.3 に近い形で結果として推移したことがわかる。設計の初期段階においては、この物量をもって 20 万円/kWe を下回るポテンシャルのある概念として推測できると言える。

表2.3.1 実証炉とナトリウム大型炉の物量比較

	実証炉フェーズ1 (66万kWe)			ナトリウム大型炉事前設計例 (150万kWe)	物量比率 [%]	
	物量 (設計値: 66万kWe)	物量 (外挿値1*: 150万kWe)	物量 (外挿値2*: 150万kWe)	物量 (設計値: 150万kWe)	物量 (設計値: 150万kWe) 物量 (外挿値1)	物量 (設計値: 150万kWe) 物量 (外挿値2)
原子炉構造 (下記機器物量で代表した。)	1868 ton	2503 ton	3325 ton	1010 ton	40%	30%
原子炉容器	230 ton	308 ton	409 ton	180 ton	58%	44%
炉内構造物	582 ton	780 ton	1036 ton	360 ton	46%	35%
炉上部構造	938 ton	1257 ton	1670 ton	360 ton	29%	22%
ガードベッセル (G/V)	118 ton	158 ton	210 ton	110 ton	70%	52%
制御棒駆動機構 (※、全物量に含めず)	30 本	40 本	53 本	36 本	90%	67%
1次/2次冷却系 (下記機器物量で代表した。)	3096 ton	4149 ton	5511 ton	1676 ton	40%	30%
1次系ポンプ	562.8 ton	754 ton	1002 ton	110 ton	15%	11%
中間熱交換器 (IHX)	1429.2 ton	1915 ton	2544 ton	470 ton	25%	18%
1次系配管 ³	195 ton	261 ton	347 ton	62 ton	24%	18%
2次系ポンプ	186 ton	249 ton	331 ton	140 ton	56%	42%
蒸気発生器 (SG)	645 ton	864 ton	1148 ton	806 ton	93%	70%
2次系配管 ⁴	78 ton	105 ton	139 ton	88 ton	84%	63%
Naインペントリ (※、全物量に含めず)	2520 ton	3377 ton	4486 ton	2330 ton	69%	52%
燃料取扱系 (全物量)	1309.5 ton	1755 ton	2331 ton	500 (目標) ton	28%	21%
タービン発電機 (主蒸気流量) ⁵	2586 ton/hr	3465 ton/hr	4603 ton/hr	5750 ton/hr	166%	125%
電気/計装 (ループ数)	3ループ	—	—	2ループ	67%	67%
建物・構築物/土木						
その他 (空調等) (原子炉建屋容積)	219000 m ³	293460 m ³	389820 m ³	138000 m ³	47%	35%
間接費 (建設工期)	60ヶ月	—	—	48ヶ月	80%	80%

NSSS物量約2700トン

注1: 66万kWeから150万kWeへ外挿は0.36乗則を用いた。 $(150/66)^{0.36} = 1.34$ 注2: 66万kWeから150万kWeへ外挿は0.7乗則を用いた。 $(150/66)^{0.7} = 1.78$

注5: 外挿値の意味することは、外挿したプラント物量で発生可能な主蒸気流量である。

注3: 実証炉配管長 1次系205.5m (外径955.2mm、板厚12.7mm,11.1mm) : 大型炉配管長 1次系116m (50B:外径1270mm, 32B:812.8mm)

注4: 実証炉配管長 2次系234m 外径711.2mm: 大型炉配管長 2次系42m 44B外径1117.6mm

表2.3.2 スケール効果以外のコストダウンの推測（0.36乗則を適用した場合^{*1}）

	実証炉フェーズ1 (66万kWe) のコスト コストA コスト割合		スケール効果以外の コストダウン技術	推定コスト ダウンB [万円/kWe]	コストダウン技術の効果 (スケール効果のみを用い66万kWeから150万kWeに外挿した プラントの物量またはコストを100%とする。)	コストダウンBの推定方法
	[万円/kWe]	[%]				
原子炉構造	8.7	15.2%	炉心のコンパクト化 炉内構造物の簡素化 単回転プラグによる炉容器径短縮	3.07	原子炉構造物量で代表できるとすると、 66万kWeプラントの原子炉構造物量 ^{*2} ：1868ton 左記の技術により設計される150万kWeプラントの物量 ^{*3} ：1010ton 33.8万円/kWeを仮定した0.36乗則 ^{*4} を容器物量にも該当すると仮定する と、 $1010 / (1868 \times 1.34) = 40.3\%$	33.8万円/kWeプラントの原子炉構造が40.3%にコストダウンしたとすると 33.8万円/kWe $\times 15.2\% \times (100 - 40.3)\% = 3.07$ 万円/kWe
1次/2次冷却系	12.1	21.1%	機器合体、新材料、2ループ化	4.27	ポンプ、IHX、SG、配管物量で代表できると仮定すると、 66万kWeプラントの物量 ^{*5} ：3096ton 150万kWeプラントの物量 ^{*6} ：1676ton 原子炉構造と同様に、 $1676 / (3096 \times 1.34) = 40.4\%$	40.4%にコストダウンしたとすると 33.8万円/kWe $\times 21.1\% \times (100 - 40.4)\% = 4.27$ 万円/kWe
燃料取扱系	2.6	4.5%	EVST削除、直接取出し等による 取出し工程の簡素化	1.09	燃料取扱系物量で代表できると仮定すると、 66万kWeプラントの物量 1309.5ton 150万kWeプラントの物量 500ton（目標） 原子炉構造と同様に、 $500 / (1309.5 \times 1.34) = 28.5\%$	28.5%にコストダウンしたとすると 33.8万円/kWe $\times 4.5\% \times (100 - 28.5)\% = 1.09$ 万円/kWe
タービン発電機	5.2	9.1%	—	0	スケール則のみが働くので効果なし	—
電気/計装	6.1	10.6%	ループ数の削減等による簡素化	1.19	3ループを2ループにすることで $2/3 = 66.7\%$ と仮定する	66.7%にコストダウンしたとすると 33.8万円/kWe $\times 10.6\% \times (100 - 66.7)\% = 1.19$ 万円/kWe
建物・構築物/土木 その他（空調等）	12.0	21.0%	上記効果すべてを反映した 建屋容積の縮小	3.76	原子炉建屋体積で代表できると仮定すると、 66万kWeプラントの建屋体積 219000m ³ 150万kWeプラントの建屋体積 138000m ³ 原子炉構造と同様に、 $138 / (219 \times 1.34) = 47.0\%$	47.0%にコストダウンしたとすると 33.8万円/kWe $\times 21.0\% \times (100 - 47.0)\% = 3.76$ 万円/kWe
間接費	10.5	18.3%	直接費の削減に比例した減少	3.00	上記直接費が計13.38万円/kWe低減したので、間接費もそれに比例し、 $13.38 \times 18.3 / 81.7 = 3.00$ 万円/kWe低減する。	
合計	57.4万円/kWe	100%		16.38		

注1：実証炉フェーズ1（66万kWe：対軽水炉比126.18pt：57.4万円/kWe）を150万kWeにスケールアップすると、0.36乗則を仮定したとき、プラントは、 $126.18 \times (150/66) 0.36 = 169.1$ pt : 33.8万円/kWeになる。

33.8万円/kWe（150万kWe）から実用化戦略調査研究で目標とする20万円/kWe（150万kWe）までのコストダウン13.8万円/kWeは、スケール効果によらない技術によって達成できると想定している。

注2：66万kWe原子炉構造物量、容器230ton、炉内構造物582ton、炉上部構造938ton、G/V118tonで代表

注3：150万kWe原子炉構造物量、容器180ton、炉内構造物360ton、炉上部構造360ton、G/V110tonで代表

注4：66万kWeから150万kWeへの0.36乗則： $(150/66)^{0.36} = 1.34$

注5：66万kWe、1次ポンプ3基（容器含む、GV遮蔽含まず）562.8ton、IHX3基（ポンプと同条件）1429.2ton、1次系配管195ton、2次ポンプ3基186ton、2次配管78ton、SG3基645ton

注6：150万kWe、1次ポンプ2基（容器含む、GV遮蔽含まず）110ton、IHX2基（ポンプと同条件）470ton、1次系配管62ton、2次ポンプ2基140ton、2次配管88ton、SG2基806ton

表2.3.3 スケール効果以外のコストダウンの推測（0.7乗則を適用した場合^{*1}）

	実証炉フェーズ1 (66万kWe) のコスト		スケール効果以外の コストダウン技術	推定コスト ダウンB [万円/kWe]	コストダウン技術の効果 (スケール効果のみを用い66万kWeから150万kWeに外挿したプラントの物量またはコストを100%とする。)	コストダウンBの推定方法
	コストA	コスト割合				
	[万円/kWe]	[%]				
原子炉構造	8.7	15.2%	炉心のコンパクト化 炉内構造物の簡素化 単回転プラグによる炉容器径短縮	4.75	原子炉構造物量で代表できるとすると、 66万kWeプラントの原子炉構造物量 ^{*2} ：1868ton 左記の技術により設計される150万kWeプラントの物量 ^{*3} ：1010ton 44.9万円/kWeを仮定した0.7乗則 ^{*4} が容器物量にも該当すると仮定すると、 $1010 / (1868 \times 1.78) = 30.4\%$	44.9万円/kWeプラントの原子炉構造が30.4%にコストダウンしたとすると 44.9万円/kWe $\times 15.2\% \times (100 - 30.4)\% = 4.75$ 万円/kWe
1次/2次冷却系	12.1	21.1%	機器合体、新材料、2ループ化	6.63	ポンプ、IHX、SG、配管物量で代表できると仮定すると、 66万kWeプラントの物量 ^{*5} ：3096ton 150万kWeプラントの物量 ^{*6} ：1676ton 原子炉構造と同様に、 $1676 / (3096 \times 1.78) = 30.4\%$	30.4%にコストダウンしたとすると 44.9万円/kWe $\times 21.1\% \times (100 - 30.4)\% = 6.63$ 万円/kWe
燃料取扱系	2.6	4.5%	EVST削除、直接取出し等による 取出し工程の簡素化	1.59	燃料取扱系物量で代表できると仮定すると、 66万kWeプラントの物量 1309.5ton 150万kWeプラントの物量 500ton (目標) 原子炉構造と同様に、 $500 / (1309.5 \times 1.78) = 21.5\%$	21.5%にコストダウンしたとすると 44.9万円/kWe $\times 4.5\% \times (100 - 21.5)\% = 1.59$ 万円/kWe
タービン発電機	5.2	9.1%	—	0	スケール則のみが働くので効果なし	—
電気/計装	6.1	10.6%	ループ数の削減等による簡素化	1.58	3ループを2ループにすることで $2/3 = 66.7\%$ と仮定する	66.7%にコストダウンしたとすると 44.9万円/kWe $\times 10.6\% \times (100 - 66.7)\% = 1.58$ 万円/kWe
建物・構築物/土木 その他(空調等)	12.0	21.0%	上記効果すべてを反映した 建屋容積の縮小	6.09	原子炉建屋体積で代表できると仮定すると、 66万kWeプラントの建屋体積 219000m ³ 150万kWeプラントの建屋体積 138000m ³ 原子炉構造と同様に、 $138 / (219 \times 1.78) = 35.4\%$	35.4%にコストダウンしたとすると 44.9万円/kWe $\times 21.0\% \times (100 - 35.4)\% = 6.09$ 万円/kWe
間接費	10.5	18.3%	直接費の削減に比例した減少	4.62	上記直接費が計20.64万円/kWe低減したので、間接費もそれに比例し、 $20.64 \times 18.3 / 81.7 = 4.62$ 万円/kWe低減する。	
合計	57.4万円/kWe	100%		25.26		

注1：実証炉フェーズ1 (66万kWe：対軽水炉比126.18pt : 57.4万円/kWe) を150万kWeにスケールアップすると、0.7乗則を仮定したとき、プラントは、 $126.18 \times (150/66) 0.7 = 224.6$ pt : 44.9万円/kWeになる。
44.9万円/kWe (150万kWe) から実用化戦略調査研究で目標とする20万円/kWe (150万kWe) までのコストダウン24.9万円/kWeは、スケール効果によらない技術によって達成できると想定している。

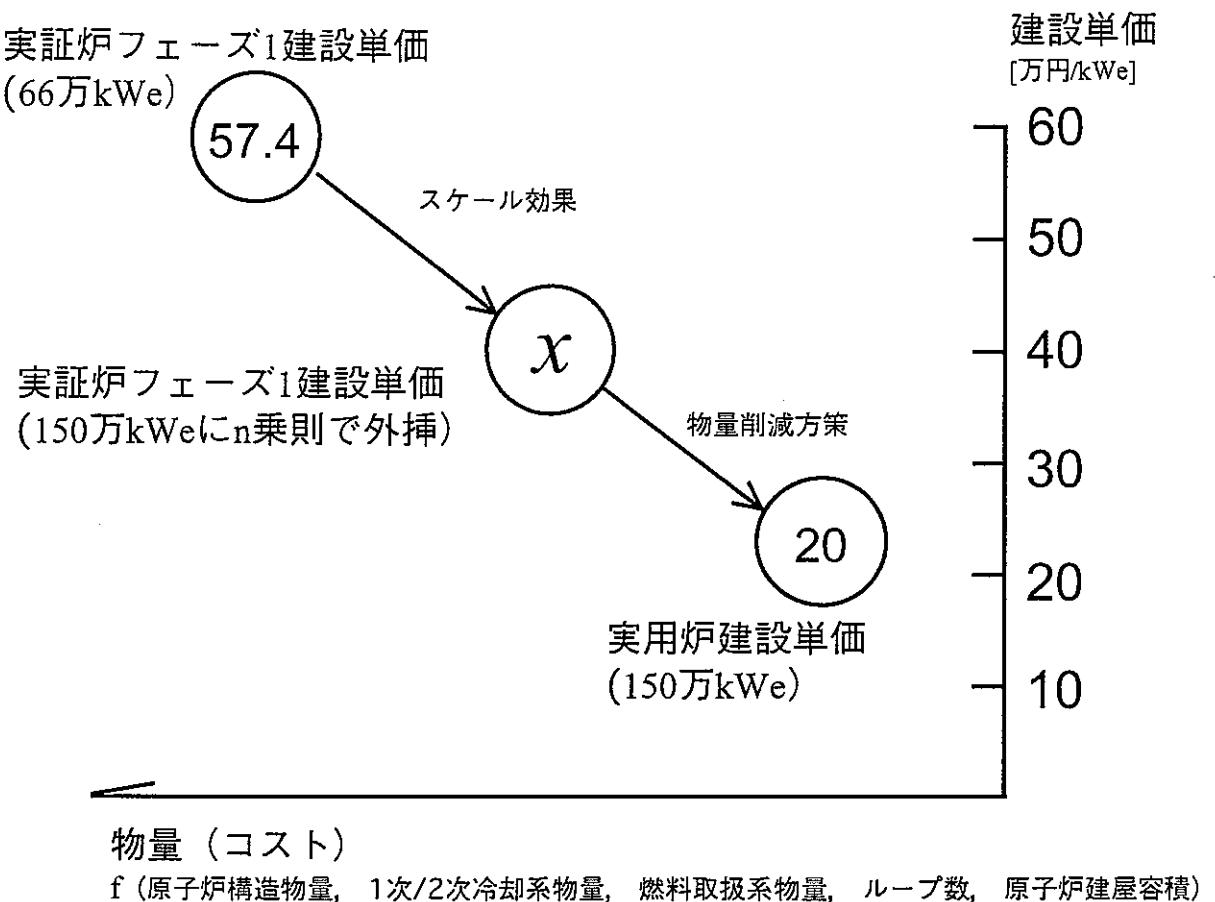
注2：66万kWe原子炉構造物量、容器230ton、炉内構造物582ton、炉上部構造938ton、G/V118tonで代表

注3：150万kWe原子炉構造物量、容器180ton、炉内構造物360ton、炉上部構造360ton、G/V110tonで代表

注4：66万kWeから150万kWeへの0.7乗則： $(150/66)^{0.7} = 1.78$

注5：66万kWe、1次ポンプ3基(容器含む、GV遮蔽含まず) 562.8ton、IHX3基(ポンプと同条件) 1429.2ton、1次系配管195ton、2次ポンプ3基186ton、2次配管78ton、SG3基645ton

注6：150万kWe、1次ポンプ2基(容器含む、GV遮蔽含まず) 110ton、IHX2基(ポンプと同条件) 470ton、1次系配管62ton、2次ポンプ2基140ton、2次配管88ton、SG2基808ton



$$x = \left(\frac{150\text{万kWe}}{66\text{万kWe}} \right)^n \times \frac{66\text{万kWe} \text{ プラントの建設費[万円]}}{150\text{万 [kWe]}}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{150\text{万kWe}}{66\text{万kWe}} \right)^1 = 2.27, & x = 57.4 \\ \left(\frac{150\text{万kWe}}{66\text{万kWe}} \right)^{0.7} = 1.78, & x = 44.9 \\ \left(\frac{150\text{万kWe}}{66\text{万kWe}} \right)^{0.36} = 1.34, & x = 33.8 \end{cases}$$

図2.3.1 建設単価削減の考え方

3. SCES-FBR による建設コスト評価

3.1 経済性評価コード SCES-FBR の概要

サイクル機構においては、経済性評価モデルとして、物量をもとにコストを算出する簡易モデル（SCES-FBR）^{[1], [2]}と、製作作業量等も考慮してコストを算出する詳細モデル（ARES-CC）^[3]とが開発されてきた。平成 11 年度の実用化戦略調査研究のナトリウム大型炉については、SCES-FBR で建設コストを概略評価した。以下に SCES-FBR の概要を述べる。

3.1.1 評価モデルの範囲

SCES-FBR(Simplified Cost Estimation System for FBR)が物量等を基にコストを算出する範囲は、プラント概念検討の結果が建設コストに直接的に影響する原子炉及び付属設備、機械装置、及び建物である。これらの設備以外については、土地代及び構築物コストは値を直接入力し、これと原子炉及び付属設備、機械装置、及び建物コストから間接費（諸経費、建設期間中利子）を算出し、全体を積算することで総建設コストを算出する。

3.1.2 評価モデル概要

SCES-FBR の評価モデルは、積算モデル、スケール係数モデルから構成される。原子炉及び付属設備、機械装置、及び建物の各系統・機器のコスト評価に適用するモデルの一覧を表 3.1.1 に示す。

(1) 積算モデル

FBR 独自のコスト評価が必要と考えられる機器・設備（主にナトリウム系）については、原則として材料費、製作・加工・組立費、機器据付費、設計費及び一般諸経費を積み上げるモデルとし、製作・加工・組立費、機器据付費、設計費に FBR 特性係数を設定している。FBR 特性係数は当初の積算モデルが軽水炉をベースにしていたため、軽水炉と FBR のコストの差を補正するために、「もんじゅ」のコストデータをもとに設定されている。（詳細は(3)参照）

積算モデルの例を表 3.1.2 に示す。

(2) スケール係数モデル

「もんじゅ」と同種の技術が採用されると考えられる機器・系統については「もんじゅ」を基準プラントとしたスケール係数モデルを採用している。この例を表 3.1.3 に示す。また、軽水炉とほぼ同一あるいは軽水炉から推定可能と考えられる機器・設備についても同様にスケール係数モデルを採用している。

スケール係数モデルは、一般に、設計の進捗が積算モデルを適用するための物量の算定等に至らない場合の機器・系統のコスト算出に適用されている。

(3) FBR 特性係数

FBR 独自のコスト評価が必要と考えられる機器・設備に対する積算モデルについて、軽水炉とのコスト差を補正するために、「もんじゅ」の主要機器の物量及びコストデータを用いて FBR 特性係数が設定されている。これは、「もんじゅ」の主要機器のコストは、物量に依存しているという考え方を前提としている。

「もんじゅ」の機器コストをこの型の機器の 1 号機コスト (FOAK コスト: FIRST OF A KIND) と考え、この場合の機器据付費、設計費に対する FBR 特性係数を 1.5 と暫定的に定め、製作・加工・組立費に対する FBR 特性係数が設定されている。

NOAK (N th OF A KIND) コストについても、FBR 主要機器は複数基建設による習熟効果によりコストが低減する割合が大きいと考え、この割合 (FOAK コストに対する NOAK コストの減少割合) を 30%あるいは 40%とした 2 通りのケースについて、同様な方法で FBR 特性係数を求めた。NOAK コストの場合、機器据付費、設計費に対する FBR 特性係数は 1.0 としてある。

主要機器の FBR 特性係数を表 3.1.4 に示す。

(4) 習熟効果

FBR 特有の機器・設備については、製作経験が少ないため、同型機器を複数基製作することにより経験が蓄積され、これを反映して、製作工程などの合理化がはかられ、コストが低減することが期待できる。(習熟効果)

「もんじゅ」機器・設備の製作経験が反映できると考えられる FBR 大型炉の機器・設備について、以下の方法により習熟効果が導入されている。

① 積算モデルに対する習熟効果

このモデルに対する習熟効果は製作・加工・組立費、機器据付費及び設計費に働くと考え、上記(3)項で求めた FBR 特性係数について、次の式により習熟効果を取り入れてある。

$$f = f_{NOAK} + (f_{FOAK} - f_{NOAK}) \times (1 - \alpha)^{(n-1)}$$

f : FBR 特性係数

f_{NOAK} : NOAK コストに対し求めた FBR 特性係数

f_{FOAK} : FOAK コストに対し求めた FBR 特性係数

α : 習熟効果係数

n : 「もんじゅ」から数えた基數

習熟効果係数は、上式の FBR 特性係数を使用した場合、機器コストと基數との関係が 90% 習熟効果曲線に近くなるよう、 $\alpha = 0.2$ に設定した。

② スケール係数モデルに対する習熟効果

スケール係数処理で費用を求める機器・設備の内、「もんじゅ」の製作経験が反映できると考えられる機器・設備について、FBR 特性係数を次の式により設定してある。

$$f = f_{NOAK} + (f_{FOAK} - f_{NOAK}) \times (1 - \alpha)^{(n-1)}$$

f : FBR 特性係数
 f_{NOAK} : NOAK コストに対する特性係数
 (1 - コスト低減割合 (40%))
 f_{FOAK} : FOAK コストに対する特性係数 (= 1)
 α : 習熟効果係数 (= 0.2)
 n : 「もんじゅ」から数えた基数

積算モデル、スケール係数モデルとも、習熟効果を取り入れたのは FBR 特有設備（ナトリウム系）のみであり、軽水炉や一般産業用の技術が採用されていると判断される機器・設備については習熟効果を取り入れていない。

3.1.3 コマンドコストコード評価結果との比較

コマンドコストコードと SCES-FBR の評価の差異を確認するため、実証炉級プラント（出力約 66 万 kW_e）についての建設コスト評価結果を比較した。

(1) 評価方法・条件

評価は、コマンドコストコードの入力データ^[1]をもとに、SCES-FBR を使用し行った。

各勘定項目ごとの主な評価方法及び条件を以下に示す。

① 土地代

費用入力で 40 億円とした。実証炉級プラントの原子炉及び補助建物容積は、実用化戦略調査研究予備調査（平成 10 年度、以下「予備調査」とする）の概念と同規模であるので、必要とするサイト面積も同規模と考えた。

② 構築物

予備調査の概念を評価した場合と同じ 105 億円とした。

③ 原子炉・付属設備、機械設備

物量による積算、またはスケール則により評価した。但し、プラント概念の相違により、従来の SCES-FBR で評価できない装置については、以下により評価

した。

(a) 炉心構成要素〔原子炉構造〕

炉心構成要素の内、GEM は、SUS 遮へい体と同じとして評価した。

(b) IHX 容器〔1 次主冷却系〕

IHX と 1 次主循環ポンプを収納する IHX 容器は、容器直径約 7.5 m、高さ約 10.5 m の大型容器である。このため、容器本体は原子炉容器、プラグは原子炉容器固定プラグのモデルを使用して評価した。(FBR 特性係数も同じ)

(c) 2 次系配管等エンクロージャ〔2 次主冷却系〕

重量物量しかわからぬいため、評価しなかった。

(d) 使用済燃料炉外貯蔵装置〔燃料取扱系〕

実証炉級プラントでは、使用済燃料の減衰待ち貯蔵にナトリウム冷却の炉外貯蔵装置を、搬出待ち貯蔵にプール方式の貯蔵装置を採用している。ナトリウム冷却の炉外貯蔵装置は、「もんじゅ」に対し貯蔵体数の増加、燃料取扱方式の変更があるが、貯蔵槽の容器径は「もんじゅ」より減少している。貯蔵体数の増加と容器径の減少がコストに与える影響は相殺されるとして、「もんじゅ」と同規模設備としてコストを算出した。

(e) 燃料移送設備、燃料洗浄設備、燃料缶詰装置〔燃料取扱系〕

物量が集計できなかつたため、評価しなかった。

(f) 材料単価

316FR 鋼、改良 9Cr 系鋼については、材料単価データがないため、それぞれ SUS304、2 1/4Cr-1Mo 鋼の材料単価を使用して評価した。

④ 諸経費

土地、建物、構築物、原子炉及び付属設備、機械設備のコスト合計の 20 %とした。

⑤ 建設期間中利子

工期 60 ヶ月、年利率は 4 %として建設期間中利子を評価した。

(2) 物量データ（入力データ）

SCES-FBR とコマンドコストコードとでは、入力データの集計方法が異なるため、コマンドコストコードの入力データ^[1]から SCES-FBR 用の入力データを作成した。

(3) 評価結果の比較

SCES-FBR とコマンドコストコードでは勘定項目が異なるため、SCES-FBR の

評価結果をコマンドコストコードの評価結果と比較できるように、コマンドコストコードの勘定項目で集計し、比較した結果を図 3.1.1 に示した。図 3.1.1 は、100 万 kW_e の軽水炉建設コストを 100 ポイントとし、その相対値（1985 年時点）で示してある。SCES-FBR の評価結果は、コマンドコストコードの評価結果に対し、約 6 ポイント少ない結果となった。

系統別の比較では、1 次冷却系と燃料取扱系については SCES-FBR の評価の方がコマンドコストコードに対して大きく、残りの系統は逆に SCES-FBR の評価の方がコマンドコストコードに対して小さい結果となった。

表 3.1.1 SCES-FBR のコスト評価項目及び適用モデル

費 目	適用モデル及び算出方法
1. 土地	費用入力
2. 建物	積算モデル ・新型転換炉経済性評価システムの建屋体積による積算モデルを適用
3. 構築物	費用入力
4. 原子炉及び付属機器	積算モデル
(1) 原子炉設備	積算モデル
(2) 原子炉格納設備	積算モデル
(3) 1次主冷却系設備	積算モデル
(4) 1次冷却系補助設備	スケール係数モデル
(5) 2次主冷却系設備	積算モデル
(6) 2次冷却系補助設備	スケール係数モデル
(7) 崩壊熱除去系	スケール係数モデル
(8) 原子炉補助設備	スケール係数モデル
(9) 燃料取扱及び貯蔵設備	積算モデル ・個々の機器に対する「もんじゅ」コストデータがないため FBR 特性係数は設定せず
(10) 放射性廃棄物処理設備	スケール係数モデル
(11) 換気空調設備	積算モデル・建屋体積による積算モデル
(12) 諸設備	スケール係数モデル
5. 機械装置	
(1) 蒸気タービン設備	スケール係数モデル
(2) 電気設備	スケール係数モデル

表 3.1.2 SCES-FBR の積算モデル例

経済性評価モデル（4. 原子炉及び付属設備）

(1) 原子炉設備

① 原子炉容器

もんじゅから数えた基数： 2 Ffoak: 4.29 Fnoak: 2.39

評価項目	コスト算出式	物量・単価・係数等		数値	コスト (k¥)	備 考
A1 原子炉容器材料費	$A1=f1*M1*W1*Fw$	f1	FBR特性係数	1	0	
		M1	素材単価 (K¥/ton)	984		
		W1	原子炉容器重量 (ton)	0		
		Fw	素材歩留り係数	1.3		
A2 その他付属品	$A2=f2*K*A1$	f2	FBR特性係数	1	0	
		K	付属品比率	0.15		
A3 同上製作、加工、組立費	$A3=f3*M2*(1+K)*W1$	f3	FBR特性係数	3.52	0	
		M2	製作、加工単価 (K¥/ton)	4140		
A4 機器据付費	$A4=f4*K1*sum(Ai), i=1..3$	f4	FBR特性係数	1.4	0	
		K1	機器据付比率	0.2		
A5 設計費	$A5=f5*K2*sum(Ai), i=1..4$	f5	FBR特性係数	1.4	0	
		K2	設計費の比率	0.1		
A6 一般諸経費等	$A6=K3*sum(Ai), i=1..4$	K3	一般諸経費等の比率	0.2	0	
		合 計		0		

表 3.1.3 SCES-FBR のスケール係数処理モデル例

経済性評価モデル (4. 原子炉及び付属設備)

(4) 1 次冷却系補助設備

② 1 次ナトリウム純化系

もんじゅから数えた基数： 2

Pfoak:

Fnoak:

評価項目		コスト算出式	物量・単価・係数等		数値	コスト (k¥)	備 考
A1	1 次ナトリウム 純化系	$A1=f1*(a+b(F1/F0)^c)$ $*M1*R1$	f1	FBR特性係数	0.92	0	M1はもんじゅベース (CT1基分、EMP等含) 不純物捕獲量はNa量 に比例するとして算出
			a	スケールアップ [°] 固定分	0.50		
			b	スケールアップ [°] 変動分	0.50		
			F1	不純物捕獲量 (KgO2/基)	0		
			F0	基準捕獲量 (KgO2/基)	70		
			c	スケールファクタ	0.67		
			M1	基準コスト (M¥/基)	1295.7		
			R1	コールドトラップ [°] 基数	1		
				合 計		0	

表 3.1.4 「もんじゅ」主要機器製作・加工・組立費の FBR 特性係数

機 器・装 置 名	FBR 特性係数 FOAK	FBR 特性係数 NOAK (ケース 1/ケース 2)
1. 原子炉設備		
(1) 原子炉容器設備	4.29	2.92/2.39
(2) 炉容器ガードベッセル	2.29	1.68/1.34
(3) 遮蔽プラグ設備	5.44	4.12/3.40
(4) 炉容器内構造物	1.27	0.95/0.78
2. 原子炉格納設備	1.39	1.08/0.91
3. 1 次主冷却系設備		
(1) 中間熱交換器設備	3.39	2.60/2.16
(2) IHX ガードベッセル	1.60	1.14/1.00
(3) 1 次主循環ポンプ	4.21	3.16/2.61
(4) ポンプガードベッセル	3.79	2.87/2.37
(5) 主配管設備	4.34	3.30/2.79
4. 2 次主冷却系設備		
(1) 蒸気発生器（蒸発器）	1.95	1.45/1.18
(2) 蒸気発生器（過熱器）	2.39	1.82/1.50
(3) 2 次主循環ポンプ	13.87	10.59/8.87
(4) 主配管設備	3.16	2.48/2.10

ケース 1：NOAK コストが FOAK コストに対し、30% 減少する場合

ケース 2：NOAK コストが FOAK コストに対し、40% 減少する場合

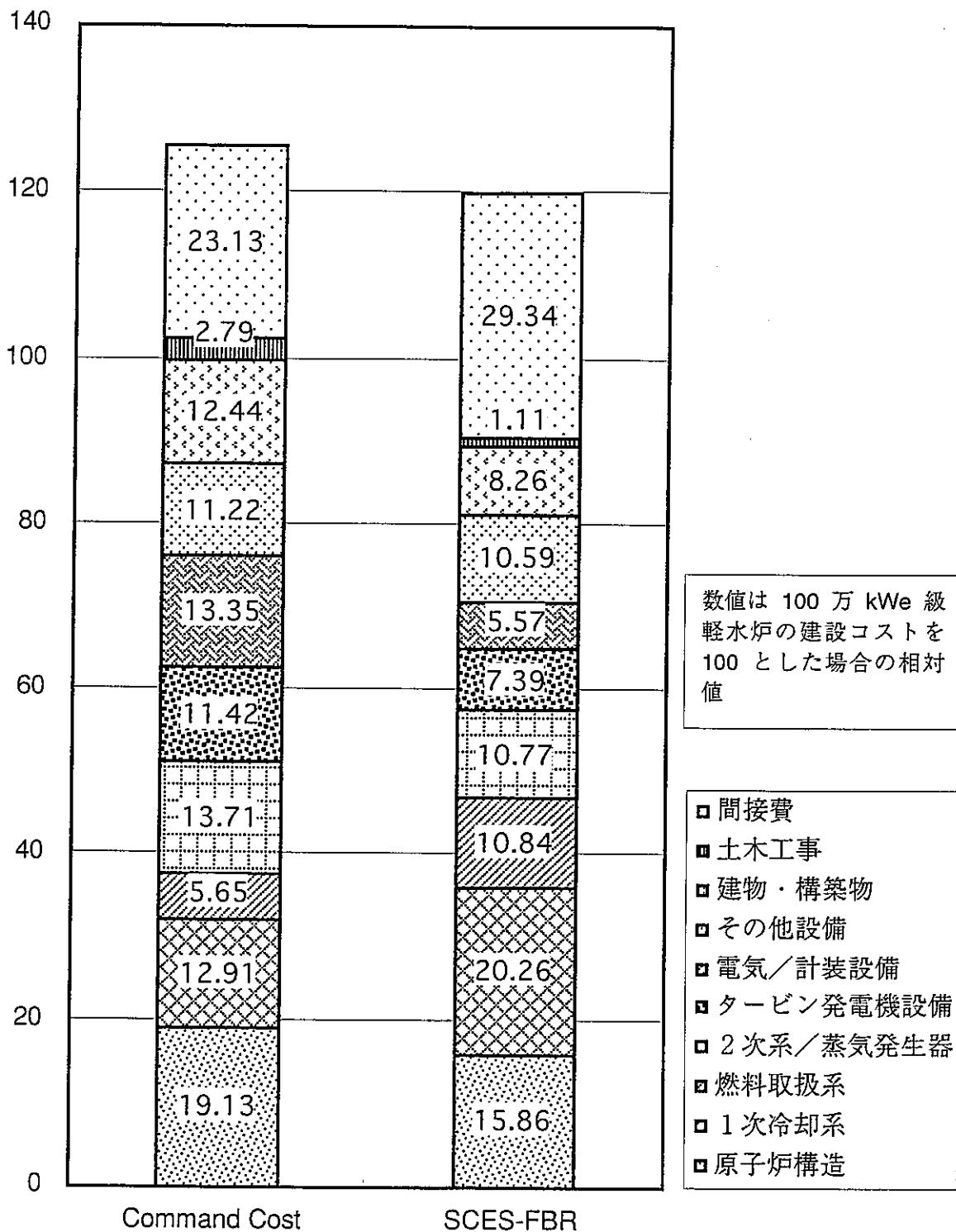


図 3.1.1 コマンドコストコードと SCES-FBR の比較
(実証炉級プラント)

3.2 SCES-FBR によるナトリウム大型炉概念の建設コスト概略評価

平成 11 年度に実施した実用化戦略調査研究のナトリウム大型炉概念について、SCES-FBR により建設コストを概略評価した。評価に先立ち、ナトリウム大型炉概念で提案されている 12Cr 系鋼などの材料単価を調査し、材料単価データの見直し及び関連する製作・加工・組立単価の見直し等を行った。

3.2.1 材料単価データの見直し

(1) 調査方法及び対象

- ① SCES-FBR の原子力用材料の材料単価データ（1985 年時点）から、SUS304 板材単価に対する各材料の比率を求めた。
- ② 平成 10 年度（1998 年）に実施した「経済性評価手法改良のためのコストデータ調査」により、「常陽」 MK-III 用 IHX の材料（316FR 鋼等）についての材料単価を調査し、この調査による SUS304 板材単価に対する比率を求めた。
- ③ プラントメーカーへの聞き取り調査により、12Cr 系鋼管材などの SUS304 管材に対する比率を求めた。（1999 年時点）

(2) 材料単価の設定

- ① 最新のデータを重視することとし、「常陽」 MK-III IHX の単価データはそのまま採用する。（SUS304、316FR 板材及び管材、鍛造材）
- ② 同じく、プラントメーカーへの聞き取り調査による管材の比率も採用する。これと「常陽」 MK-III IHX の単価データを組み合わせることにより、12Cr 系鋼管材等に対する単価を設定する。12Cr 系鋼板材については、聞き取り調査による管材の比率が板材に対しても保たれると仮定し、「常陽」 MK-III IHX の SUS304 板材単価を基準にして設定する。聞き取り調査による SUS304 と 316FR 管材の単価比率と「常陽」 MK-III IHX の同鋼種の板材単価比率がほぼ同じであることから、上の仮定は妥当と思われる。
- ③ 上記①と②で単価が設定できない鋼種については、1985 年時点の SUS304 板材に対する比率が現時点も保たれていると仮定し、「常陽」 MK-III IHX の SUS304 板材単価を基準にして設定する。
- ④ SUS316 については、財団法人経済調査会発行の「積算資料（1999 年 12 月号）」の SUS304 と SUS316 板材（一般材料）の比率から、「常陽」 MK-III IHX の SUS304 板材単価を基準にして設定する。また、コンクリートは、同資料の 1985 年からのコスト推移を基に設定する。

以上の考え方により設定した材料単価の SUS304 板材を基準にした単価倍率を表

3.2.1 に示す。因みに、SUS304 板材の単価に関し、「常陽」IHX の調査単価は 1985 年単価の約 65%である。「常陽」IHX コストデータは 1998 年に調査され、この SUS304 板材を基準に単価を設定したので、単価データは、1998 年時点と考えて良いと判断される。これに関連して、製品単価として基準単価が設定されている SUS 遮へい体などについても、基準単価を見直した。

3.2.2 製作・加工・組立単価

材料単価の見直しを行ったことに伴い、製作・加工・組立単価も 1998 年あるいはその近傍の年への見直しが必要となる。

SCES-FBR における製作・加工・組立単価は、モデルとなった機器（軽水炉機器）のコスト分析により、製作・加工・組立に要した費用を機器製品重量で除したものである。

製作・加工・組立に要した費用は、一般的に作業工数 (hr·人) × 作業単価 (¥/(hr·人)) で表すことができる。作業工数については労働生産性指数を、作業単価については名目賃金指数を使用して、1985 年単価から換算した。労働生産性指数と名目賃金指数は、第 48 回日本統計年鑑（総務庁統計局、平成 11 年版）のデータを使用した。日本統計年鑑平成 11 年版には、1997 年までのデータが示されている。

労働生産性指数は、産業総合で見た場合の 1995 年を 100 として、1985 年 73.8、1997 年 110.4 であり、作業工数当たりの生産性が 1985 年から 1997 年で $110.4/73.8$ 倍向上したことになる。したがって、同一の物を製作するのに要する作業工数は、1985 年に対し 1997 年では、 $73.8/110.4$ となる。

名目賃金指数は、産業別総数でみた場合、同様に 1997 年 103.6 に対して 1985 年 77.1 であり、作業単価は 1985 年から 1997 年で、 $103.6/77.1$ 倍に増加したことになる。

以上から、製作・加工・組立単価は、 $73.8/110.4 \times 103.6/77.1 = 0.90$ を乗ずることにより、1985 年単価から 1997 年単価に換算できることになる。

なお、SCES-FBR では、製作・加工・組立コストを算出する際に、「もんじゅ」のコストを基にした FBR 特性係数を使用しているが、これを見直すためのコストデータがないため変更していない。

3.2.3 スケール則により算出する機器・設備コスト

SCES-FBR では、上記材料単価と製作・加工・組立単価を使用する積算モデルの他に、スケール則を使用して機器設備コストを算出している。このコストの 1997 年への換算については、代表機器として原子炉容器を選び、この積算モデル（表 3.1.2）に対し製作・加工・組立単価の見直し前後の合計コストの比（0.92）をスケール則で算出された合計コストに掛けることにより行った。

3.2.4 ナトリウム大型炉概念の建設コスト概略評価結果

平成 11 年度実用化戦略調査研究で提案されたナトリウム冷却炉の 5 概念、

- ・ 1 次系機器合体・ループ数削減ループ型炉（以下、ループ型炉とする）
- ・ 2 次系機器合体・ループ数削減タンク型炉（以下、ループ数削減タンク型炉とする）
- ・ 機器合体・集中配置タンク型炉（以下、集中配置タンク型炉とする）
- ・ 4S 型中型モジュール炉（以下、4S 型炉とする）
- ・ 2 次系簡素化炉（以下、1 次系加圧炉とする）

について、以下の評価を実施した。

これらの概念は、いづれもツインプラントあるいはモジュールプラントとして、設備共用等による建設コスト低減をはかることが提案されている。

各プラントの仕様比較を表 2.2.1 に示した。

(1) 評価方法

① ツインプラント、モジュールプラントの評価法

ツインプラントは、1 号機→2 号機の順でシリーズに建設されると想定した。

ツインプラントによる建設コスト低減効果として、設備共用の他、同一設計による 2 号機の設計コスト低減、2 号機の習熟効果が考えられる。これらは、以下により評価した。ツインプラントの単位出力当たりの建設コストは、1、2 号機の平均値とした。4S 型中型モジュールプラント（4S 型炉）は、原子炉 2 モジュールで蒸気発生器を共有することから、原子炉 2 モジュール単位で建設されるし、このモジュール間では習熟効果が働かないとした（原子炉 2 モジュール／SG 1 基をプラント建設単位とした）。

(a) 共用設備

共用設備は、共用設備とすることによる設備容量の増加を入力物量で考慮し、原則として 1 号機側で評価した。

(b) 設計コスト

SCES-FBR では、積算モデルの場合、機器の設計コストを $\{(材料コスト + 製作・加工・組立コスト + 据付コスト) \times 設計コスト比率 (10\%) \times (設計コストの FBR 特性係数)\}$ で評価している。

現状で、ツインプラント化による設計コストの低減を定量的に把握できないため、設計コストの低減効果として設計コスト比率を 1/2 と暫定して評価した。これによる機器コストの低減効果は、FBR 特有機器の場合約 6% となる。したがって、FBR 特有機器でスケール則により評価されるものに対しては、機器コストに設計コスト削減分として係数 0.94 を乗じた値を評価コストとした。

同様に、設計コストの低減は、FBR特有設備以外でも考慮し、この場合の低減率はFBR特有機器の場合の1/2（係数0.97）とした。

4S型炉の場合、シリーズで2回目に建設されるモジュールに対しては上記と同様とし、これ以降のモジュールのFBR特有設備の設計費比率は0%として評価した。

(c) 習熟効果

ツインプラントの1号機から2号機へ習熟効果が働くとした。評価法は3.1.2(4)のとおりである。

4S型炉は、原子炉2モジュールで蒸気発生器を共有することから、原子炉2モジュール単位で建設されるとし、このモジュール間では習熟効果が働くないとした。

② 各勘定項目ごとの主な評価方法及び条件

(a) 土地代

費用入力で、19億円とした。平成11年度のナトリウム冷却炉（ツインプラント）の原子炉及び付属建屋の面積は、実証炉級プラントの原子炉及び補助建物面積と同規模であるため、必要とする土地面積も同規模と考えた。4S型炉は、8モジュールの原子炉および付属建屋の面積が、ナトリウム冷却炉（ツインプラント）と同規模であるため、土地代はツインプラントと同コストとした。

(b) 建物

大型炉の建物は、ツインプラントでそれぞれ評価した。4S型炉は、原子炉8モジュールが1つの原子炉建屋に収納され、ツインプラントとして評価する場合には、この原子炉建屋が2つ建設されるとして評価した。ツインプラントの2号機では設計費が低減されるとして評価した。

(c) 構築物コスト

構築物は、港湾施設、原水施設、復水器冷却用施設、廃棄スタッフ、その他から構成され、ツインプラントで共用可能な施設が大部分であるので、ツインプラント化によるコスト増20%と仮定して、105億円×120%を費用入力とした。105億円は平成10年度の予備調査の概念を評価した場合と同じ値である。

(d) 原子炉・付属設備、機械設備

・燃料取扱系

平成11年度の実用化戦略調査研究では、検討が燃料取扱系の物量にまで及ばなかったことにより、ナトリウム大型炉の燃料取扱系の物量がSCES-FBR用に集計できなかった。このため、平成10年度の予備調査で調査した側部流出入型プラントの燃取系物量を共通に使用して評価した。但し、使用済燃料貯蔵設備については、貯蔵方式、貯蔵容量に各プラント間の差違があるので、これを考慮した。燃取系の内、共用設備は1号機で評価した。

・廃棄物処理系

共用設備とし、ツインプラントの場合、容量は単基プラントの 130%として評価した。

・換気空調系

建物体積を物量として評価するため、建物の評価と同じく 1 号機で全コストを評価した。

(e) 建設期間中利子

年利率は 4% とし、工期は各メーカーの提案値で評価した。

(2) 入力データ

入力データ（物量データ）は、概念提案各メーカーから提出された物量調査表から集計した。各プラントの入力データを表 3.2.2 に示した。この物量データは平成 11 年度の設計検討の最終のものであり、物量データベースとして第 5 章に示されている。

(3) 評価結果

① 各プラントの単位出力当たりの建設コストの比較を図 3.2.1 に示した。各系統設備の建設コストの一覧を表 3.2.2 に示す。モジュール型炉である 4S 型炉を除く各プラントとも経済性の目標である建設単価 20 万円／kWe を達成するポテンシャルを有していると判断できる。

4S 型炉に関しては、SCES-FBR がモジュール化に伴う工場製作範囲の拡大によるコスト低減効果を考慮せず、他のプラントと同様に物量によるコストを算出しているため、150 万 kWe 級の単基プラントに対し相対的に物量の多い 4S 型炉はコスト高となった。工場製作範囲の拡大によるコスト低減効果を評価するためには、工場製作範囲の拡大による製作・加工・組立単価の低減を定量的に評価し、モジュール型炉用の製作・加工・組立単価を新しく設定する必要がある。このため、4S 型炉の評価結果は参考とする。

② 図 3.2.2 に各プラントの設計に依存して建設コストの差異が生じると考えられる主要設備のコスト比較を示した。これらの主要設備の詳細を以下に示す。

・ 原子炉設備コストの構成及び物量の比較を図 3.2.3 に示した。

原子炉設備コストに対し、相対的に大きな割合を占めているのは炉心構成要素である。これは制御棒及び遮へい体から構成され、炉心出力の増加に伴って物量が増加する。ループ型炉とループ数削減タンク型炉の比較では、ループ数削減タンク型炉の方が、原子炉容器内に中間熱交換器が収納され、この内部を流れる 2 次系ナトリウムの放射化制限のため、遮へいに対する要求が厳しい。これを反映して、遮へい体の数が増加していると考えられる。ループ数削減タンク型炉と集

中配置タンク型炉では、遮へいに対する要求は同等か集中配置タンク型炉の方が厳しい（炉内に電磁ポンプがあるため）と考えられるが、集中配置タンク型炉では、高性能遮へい体の数を増やすことにより、全体の遮へい体数を減らしていると判断される。ループ数削減タンク型炉と集中配置タンク型炉のそれぞれの構成による遮へい体の性能が同等とすれば、集中配置タンク型炉の方がコスト的には有利である。一方、4S 型炉は 8 炉モジュール構成であるが、1 モジュール当たりループ型炉より多い 336 体の遮へい体があるため、他の炉に比べてこのコストが大きい。この理由は、4S 型炉は炉室冷却に自然通風の空気冷却方式（崩壊熱除去系の RVACS 兼用）を採用しており、冷却空気が直接環境に排気されるので、放出放射能濃度制限の観点から空気（含不純物）の放射化を制限する必要があり、遮へいに対する要求が他に比べて一層厳しいためである。RVACS を採用した 4S 型炉の崩壊熱除去系コストは、他に比べて低くない（後出、図 3.2.6）ので、遮へい体数增加によるコストインパクトの方が大きい。中型モジュール型炉の検討項目の一つと考えられる。

原子炉容器、ガードベッセル、遮蔽プラグ、炉内構造物の合計コストについては、ループ型炉がループ数削減タンク型炉、集中配置タンク型炉より少ないが、これはループ型炉に対し、他はタンク型であり、原子炉容器の大型化とこれに伴う炉上部構造・炉内構造物の物量の増加により差が生じたものである。また、集中配置タンク型炉の遮蔽プラグコストがループ型炉、ループ数削減タンク型炉に比べて大きいのは、1 枚板構造の炉容器上部蓋構造を採用していることにより、重量が大きいためである。従来の遮へいプラグのリブ構造と 1 枚板構造とでは製作方法が異なり、これに則した評価が必要と考えられるが、1 枚板構造の製作・加工・組立単価が不明のため、従来の遮へいプラグの評価式を使用した。

- ・ 原子炉格納系コストの差は、ループ型炉がライナー方式で物量が大きいのに対し、他はトップドーム方式を採用していることによる。（図 3.2.2）
- ・ 1 次主冷却系コストの構成と物量の比較を図 3.2.4 に示した。

1 次系加圧炉を除く各プラントの中間熱交換器のコストは、物量がほぼ同じであるため差がない。1 次系加圧炉は、蒸気発生器伝熱管においてナトリウム系を水・蒸気系より高圧力側とし、伝熱管破損伝播がなく、ナトリウム・水反応物も基本的にナトリウム側に持ち込まれないという考え方により、2 次系を簡素化しているので中間熱交換器がない。

主循環ポンプは、集中配置タンク型炉と 4S 型炉が電磁ポンプである。集中配置タンク型炉のポンプコストは他に比べて小さいが、4S 型炉は同程度である。両炉とも 1 次ポンプは 8 基構成であるが、4S 型炉の 1 次ポンプのダクト径が集中配置タンク型炉より大きいことにより、物量増となっているためと推定される。

ループ型炉と 1 次系加圧炉はループ型に伴う主配管コストが発生している。1

次系加圧炉の配管物量が大きいのは、1次系が高圧であり、これに対応するためと推定される。

- ・ 2次主冷却系コストの構成と物量の比較を図3.2.5に示した。

1次系加圧炉は2次系簡素化型であるので、2次系ポンプと配管がない。

1次系加圧炉以外のプラントの蒸気発生器のコストは、物量に応じたものである。集中配置タンク型炉と4S型炉の物量は同じであるが、4S型炉はモジュールがシリーズに建設され習熟効果が働くとして評価したため、差が出ている。

主循環ポンプについては、ループ型炉が機械式ポンプで物量が大きくコストも大きい。他のプラントは電磁ポンプで、物量の小さい集中配置タンク型炉のコストが最も小さい。

配管については、物量にプラント間の差はあるが、配管コストが口径と物量の関数として算出されるため、コスト的には大きな差がない結果となった。

- ・ 2次系補助設備は、2次系ナトリウム量や配管物量に依存して差が生じている。

崩壊熱除去系のコストと物量の比較を図3.2.6に示した。

崩壊熱除去系は各プラントの設備容量（除熱量）と除熱方式により、コストに差が出る。ループ型炉、ループ数削減タンク型炉及び集中配置タンク型炉の間では、総除熱量は、ループ型炉が最も少なく、集中配置タンク型炉が最も大きく両者の差は約40MWtである。ループ数削減タンク型炉は、集中配置タンク型炉より約10MWt少ない。SCES-FBRでは、同一除熱量でも、IRACS方式よりもDRACS及びPRACS方式の方が、単位除熱量あたりのコストが高いためコスト高と評価される。SCES-FBRでは、DRACSの単価は、「もんじゅ」メンテナンス冷却系設備コストを基準に、IRACSは同じく補助炉心冷却系設備コストを基準に設定されている。「もんじゅ」のIRACSは、配管（2次系）及び空気冷却器で構成されるのに対し、DRACSは、1次系及び2次系配管、ナトリウム熱交換器、空気冷却器、1次・2次電磁ポンプから構成され、配管の格納容器貫通部を有していることから単位除熱量当たりのコストが高くなっていると考えられる。

- ・ 燃料取扱系のコストは主に水プール貯蔵設備の貯蔵容量により差が出ている。ループ型炉は4炉心分の容量としているのに対し、他は2炉心分としているため差が出た結果となった。これらの条件が同じであれば、プラント間の差は少ないと判断される。今後、燃料取扱系の設計検討に基づく物量データにより評価することが必要である。

③ ツインプラント化によるコスト低減効果

平成11年度実用化戦略調査研究で提案されたナトリウム大型炉4概念（ループ型炉、ループ数削減タンク型炉、集中配置タンク型炉、1次系加圧炉）は、いづれもツインプラントとして、設備共用等による建設コスト低減をはかることを提案している。ツインプラント化によるコスト低減としては、設備共用の他に、同一設計

による設計コストの低減、習熟効果によるコスト低減などがある。SCES-FBR によるループ型炉評価の場合、これらの効果のコスト低減への寄与は次に示すようになる。

- ・ 設備共用によるコスト低減

今回の評価では、建屋（体積の減少）、原子炉構造、1次冷却系及び2次冷却系の ISI・補修設備（完全共用）、Na 供給設備（完全共用）、放射性廃棄物処理設備（完全共用）、燃料取扱系（共通設備の共用）を設備共用によるコスト低減がある系統・設備として評価した。また、これらの低減の波及効果として、間接費（諸経費、建設期間中利子）の低減がある。

これらのコスト低減を、

$$\{(独立で 2 基建設した場合の設備コスト) - (ツインプラントの設備コスト)\} / (2 基分のプラント電気出力)$$

として算出すると、全体で約 1.1 万円／kWe となる。このうち、効果の大きい設備は、燃料取扱系（約 0.34 万円／kWe）、放射性廃棄物処理設備（約 0.35 万円／kWe）である。波及効果は約 0.26 万円／kWe となった。

- ・ 同一設計による設計コスト低減

ツインプラント 2 号機では、同一設計による設計コストの低減を考慮して評価した。このコスト低減を、

$$\{(2 号機の設計コスト比率 10%相当の設備コスト) - (2 号機の設計コスト比率 5%相当の設備コスト)\} / (2 基分のプラント電気出力)$$

として算出すると、全体で約 0.8 万円／kWe となる。主な内訳は原子炉及び付属設備で約 0.50 万円／kWe、間接費（波及効果）で約 0.1 万円／kWe である。

- ・ 習熟効果によるコスト低減

ツインプラント 1 号機から 2 号機への習熟効果によるコスト低減を、

$$\{(1 号機の設備コスト) - (1 号機と同一設備構成の 2 号機の習熟効果を考慮した設備コスト)\} / (2 基分のプラント電気出力)$$

として算出した。ここでは、設備共用なし、設計コスト比率 10%相当とした。

SCES-FBR では、習熟効果は FBR 特有設備（ナトリウム系設備）のみに働くとしており、個々の機器設備の製作・加工・組立コスト、据付コスト、設計コストが習熟効果を考慮して算定される。習熟効果によるコスト低減は、全体で約 0.4 万円／kWe、内訳は原子炉及び付属設備で約 0.3 万円／kWe、間接費（波及効果）で約 0.1 万円／kWe である。

以上の結果から、ツインプラント化によるコスト低減としては、ループ型炉の場合、上記各効果の合計である約 2.3 万円／kWe と見積もられ、これは、総建設コストで約 10%の低減となる。他のプラントについても、ループ型炉と同様に建設コ

ストが評価されているため（設備共用についてプラント間で差がない）、同様の結果になると考えられる。

④ ループ数削減の建設コスト低減効果

平成 11 年度の実用化戦略調査研究においては、建設コスト低減をはかるために、ループ数を削減したナトリウム冷却炉概念が提案された。これらの概念のコスト低減の効果を検討するために、ループ型炉及びタンク型炉の代表概念について、平成 10 年度実用化戦略調査研究予備調査において提案された概念と、平成 11 年度に提案された概念の建設コストを比較し、コスト低減の効果を検討した。

- ・ 比較対象プラント

建設コストを比較したプラントは、ループ型炉：4 ループプラント（平成 10 年度、ループ型-4 炉とする）とループ数削減ループ型炉（平成 11 年度、本項ではループ型-2 炉とする）、タンク型炉：4 ループプラント（平成 10 年度、本項ではタンク型-4 炉とする）とループ数削減タンク型炉（平成 11 年度、本項ではタンク型-3 炉とする）である。

ループ型-4 炉は、電気出力約 160 万 kW_e で、サイクル機構提示の熱出力約 380 万 kW_t の炉心を採用し、4 ループ構成の上部流出入 1 次系配管、機械式ポンプ（1 次系、2 次系）、中間熱交換器（無液面） - 1 次系ポンプ合体、蒸気発生器 - 2 次系ポンプ合体の概念を採用したプラントである。

タンク型-4 炉は、電気出力 160 万 kW_e で、4 ループのループ型炉と同じくサイクル機構提示の炉心を採用し、タンク式原子炉容器（1 次系 4 ループ構成）、1 次系機械式ポンプ、2 次系電磁ポンプ、蒸気発生器 - 2 次系ポンプ合体の概念を採用している。

- ・ 総建設コスト比較

比較対象プラントはツインプラント構成として評価した。ループ型-4 炉とタンク型-4 炉の燃料取扱系の物量は、燃料取扱系のコストがループ数に依存しないことから、ループ数削減の効果の比較を容易にするために、それぞれ平成 11 年度のループ型及びタンク型の建設コストを評価した時の燃料取扱系の物量を使用した。（ループ型炉間あるいはタンク型炉間で燃料取扱系コストの差がない）

上記 4 プラントのループ数削減の影響が出ると考えられる原子炉構造、1 次主冷却系、2 次主冷却系、崩壊熱除去系及び総建設コストの比較を図 3.2.7 に示した。ループ型、タンク型とも 4 ループに対して、2 ループあるいは 3 ループプラントは、総建設コストが低減されており、低減の幅はループ型で約 2.7 万円／kW_e、タンク型で約 2.1 万円／kW_e とループ型の方が大きい。この低減の大半は、図 3.2.7 に示されるように原子炉及び付属設備での低減である。原子炉及び付属設備での低減幅は、ループ型炉で約 2.1 万円／kW_e、タンク型炉で 1.4 万円／kW_e

である。

- ・ 原子炉構造設備コスト比較

原子炉構造設備の主要な物量及びコスト比較は図 3.8①に示される。

ループ型-4 炉に比べてループ型-2 炉は、原子炉容器、ガードベッセル、炉内構造物及び遮へいプラグで合計約 280 トンの物量削減（4 ループ炉原子炉構造の物量の約 25 %）をはかっている。これは、炉心設計の変更に伴う炉心径の縮小（約 6.7 m → 約 6.3 m）及び高性能遮へい体の採用による炉心径の増大抑制により、2 ループ化に伴う炉内配管径の増加（44B → 52B）による原子炉容器径増大を抑え、結果として炉心径の縮小に相当する原子炉容器径の縮小（10.0m → 9.6m）をはかったこと、及び原子炉容器板厚減少による物量削減をはかった結果と考えられる。建設コストの面からは、炉心上部機構下部へのインコネルの使用、及び高性能遮へい体の採用によるコスト増要因があり、単位出力あたりの建設コストでは、4 ループ炉と 2 ループ炉で同等である。

タンク型-4 炉とタンク型-3 炉に関しては、タンク型-4 炉に比べてタンク型-3 炉は、原子炉容器、ガードベッセル、炉内構造物及び遮へいプラグで合計約 520 トンの物量削減（タンク型-4 炉の原子炉構造の物量の約 27 %）をはかっている。一方、炉心構成要素は、SUS 遮へい体が約 100 体、高性能遮へい体（新規）が約 90 体増加している。重量物量の減少は、炉心設計の変更による炉心径の縮小（約 6.7 m → 約 5.9 m）、長円形の中間熱交換器の採用により、ループ数削減に伴う中間熱交換器径の増大を抑えたこと、及び原子炉容器板厚減少をはかった結果と考えられる。建設コストの面では、物量の削減による原子炉構造設備のコスト減少は 0.78 万円／kWe であるが、炉心構成要素のコスト増が 0.29 万円／kWe あり、結果として原子炉構造設備で約 0.5 万円／kWe のコスト低減となっている。この建設コスト低減は、ループ数削減の効果よりも、炉心径の縮小などによる物量低減の効果が大きいと判断される。

したがって、原子炉構造に関しては、ループ数削減による炉内配管径の増加（ループ型炉）や中間熱交換器径の増加（タンク型炉）による原子炉容器径の増大（コスト増要因）を、高性能遮へい体の採用や中間熱交換器形状の長円形化により防止したため、ループ型炉、タンク型炉ともループ数削減による建設コストの増加効果が相殺されたと考えることができる。

- ・ 1 次冷却系設備コスト比較

1 次冷却系設備の物量及びコスト比較は図 3.2.7②に示される。

ループ型-4 炉とループ型-2 炉の比較では、ループ型-2 炉の方が中間熱交換器、主ポンプ及び配管の物量で、ループ型-4 炉より約 540 トン（ループ型-4 炉物量の約 46 %）減少している。この物量削減は、主にループ数削減の効果と考えられる。建設コストでは、全体で約 1.9 万円／kWe のコスト低減となった。コス

ト低減の内訳は、中間熱交換器：約 0.6 万円／kWe、主ポンプ：約 0.1 万円／kWe、主配管：約 0.7 万円／kWe である。ただし、このコスト低減は、物量削減の他に材料の寄与が大きい。すなわち、ループ型-4 炉では、中間熱交換器（含伝熱管）、ポンプ及び主配管の全てに 316FR 鋼を使用している。これに対して、ループ型-2 炉は 316FR 鋼に変えて 12Cr 系鋼を使用している。これらの材料の単価は、板材で 316FR 鋼は 12Cr 系鋼の約 1.7 倍、伝熱管材で同じく約 1.5 倍の差がある。使用材料のコストへの影響をみるために、ループ型-4 炉の 1 次冷却系設備コストについて、物量は同じで材料をループ型-2 炉と同じとした場合のコストとループ型-2 炉のコスト比較と同じく図 3.2.7②（共に 12Cr 鋼にしたケース）に示した。ループ型 4 ループ炉の 1 次冷却系設備で、使用材料を 316FR 鋼から 12Cr 系鋼に変えたことによるコスト低減効果は約 0.8 万円／kWe である。これはループ型-4 炉の 1 次冷却系の場合、材料 1 トン当たり約 1 千万円のコスト削減となる。上記の材料変更の効果も含むコスト低減約 1.9 万円／kWe から材料の影響分約 0.8 万円／kWe を除いたものをループ数削減の効果とすれば、この効果は約 1.1 万円／kWe となる。（中間熱交換器：0.5、ポンプ：0.1、配管：0.3 万円／kWe）

タンク型-4 炉とタンク型-3 炉の比較では、タンク型-3 炉の方が中間熱交換器で約 150 トンの物量削減、主循環ポンプではタンク型-4 炉が電磁ポンプを採用していたのに対し、タンク型-3 炉が機械式ポンプとしたことにより約 20 トンの物量増となっている。建設コストでは、タンク型-4 炉に対してタンク型-3 炉では 1 次冷却系設備全体で約 0.4 万円／kWe のコスト低減となっている。この内訳は、中間熱交換器：約 0.2 万円／kWe、主循環ポンプ：約 0.1 万円などである。中間熱交換器はループ数削減による物量低減によるものである。物量の増加した主循環ポンプ設備でのコスト低減は、電磁ポンプのコイル電気容量と機械式ポンプ電動機容量の差によるものである。SCES-FBR の主循環ポンプのコスト評価では、機械式ポンプのポンプ本体と電磁ポンプのダクト部は同じ評価法をしている。したがって、同じ出力の電磁ポンプダクト部と機械式ポンプの比較では、重量物量の小さい電磁ポンプの方が有利である。一方、電磁ポンプコイルと機械式ポンプの駆動電動機では、電磁ポンプコイルが高温雰囲気で使用されること、製作法も電動機とは異なり特殊であると考えられること、フローコストダウン特性確保のための設備が必要になることにより、同容量の電動機に対して電磁ポンプコイルのコストは高くなると考えられる。現状では、電動機コストと電磁ポンプコイルコストの関係のデータがないため、暫定的に電磁ポンプコイルコストは電動機コストの 3 倍として評価した。このため、タンク型-4 炉の電磁ポンプからタンク型-3 炉の機械式ポンプへと変わった際に、電動機側のコスト低減が物量増によるコスト増より大きくなり、結果として約 0.1 万円／kWe のコスト減

となった。なお、同じポンプ出力に対してポンプ効率が電磁ポンプの方が悪いため、電磁ポンプコイルの容量が大きくなるという電磁ポンプに不利な側面もある。タンク型炉の1次冷却系設備の場合、ループ数削減によるコスト低減効果は、主配管がない分ループ型より小さくなり、0.2~0.3万円／kWeと考えられる。

- ・ 2次冷却系設備コスト比較

2次冷却系設備の物量及びコストの比較は図 3.2.7③に示される。2次冷却系設備に関しては、ループ型とタンク型の概念の違いによる差はないと考えられる。2次冷却系設備全体では、ループ型炉の場合が約 0.4 万円／kWe、タンク型炉の場合が約 0.3 万円／kWe の減少となった。

蒸気発生器については、ループ型-4 炉とタンク型-4 炉でほぼ同一物量であり、タンク型-3 炉で約 240 トン、ループ型-2 炉で約 400 トンの物量削減となっている。これに対応して、建設コストではループ型 2 ループ炉がループ型 4 ループ炉に対して約 0.4 万円／kWe、タンク型 3 ループ炉がタンク型 4 ループ炉に対して約 0.2 万円／kWe の低減となった。

主循環ポンプに関しては、ループ型炉は機械式ポンプ、タンク型炉は蒸気発生器と合体した電磁ポンプを使用している。ループ型炉の場合、ループ数削減によりポンプの重量物量、電動機容量とも増加している。タンク型では、重量物量が約 20 トン減少したが、電磁ポンプコイルの電気容量は増加している。これらにより、ループ型炉では約 0.2 万円／kWe のコスト増、タンク型炉では約 0.1 万円／kWe のコスト減となっている。

2次主配管については、ループ型炉の場合では微減、タンク型炉で約 0.1 万円／kWe 弱のコスト減である。2次主配管の物量は、蒸気発生器、ポンプ等の配置設計に依存しており、ループ数削減によるコスト低減効果は小さい。

- ・ 崩壊熱除去系コスト比較

各炉の崩壊熱除去系の除熱量と建設コストの比較は図 3.2.7④に示される。

ループ型炉の場合、4 ループから 2 ループにしたことにより除熱量が増加し、また IRACS 方式を IRACS+DRACS 方式としたことにより、建設コストは約 0.2 万円／kWe 増加した。IRACS 方式を IRACS+DRACS 方式に変更したことは、ループ数削減に伴うものと考えられるので、このコスト増はループ数削減の建設コストへの逆効果といえる。

一方、タンク型の場合、除熱方式の変更は原子炉容器内の配置のコンパクト化などの要求によるもので、ループ数削減に伴う必然性は小さいと考えられる。

以上の結果から、ループ数削減による建設コスト低減は、ループ型炉（4 ループ → 2 ループ）の場合、1次冷却系設備：約 1.1 万円／kWe（材料変更の効果は除く）、2次冷却系設備：約 0.4 万円／kWe で合計約 1.5 万円／kWe（2 ループ削減相当分）、

タンク型炉（4 ループ→3 ループ）の場合、1 次冷却系設備：約 0.3 万円／kWe、2 次冷却系設備：約 0.3 万円／kWe で合計約 0.6 万円／kWe（1 ループ削減相当分）程度と見積もられる。また、ループ型炉では、崩壊熱除熱方式を部分的に DRACS 方式にしたため、これによる崩壊熱除去系のコスト増（0.2 万円／kWe）が生じ、これを考慮するとループ数削減による建設コスト低減は、約 1.3 万円／kWe（2 ループ削減相当分）と評価される。したがって、これらの出力規模（電気出力 150 万 kWe）の炉では、ループ数削減のコスト低減効果は、ループ数削減による原子炉構造の物量増加効果がコスト増加を伴わない方法で抑えられるとして、約 0.6 万円／kWe／ループ程度といえる。

なお、現状では、316FR 鋼の材料単価が他の材料に比べて高いので、同材料を多用することはコスト増加をもたらす。316FR 鋼の使用は必要最小限にするなどの配慮が必要と考えられる。将来的に 316FR 鋼の規格化が進めば、316FR 鋼の材料単価は安くなると期待される。

⑤ 機器設備の大型化と物量低減

ループ数削減によるコスト低減の発想は、ループ数を削減することにより機器等を大型化し、大型化に伴うスケール効果を利用して機器物量の低減をはかり、建設コストを低減させるというものである。

この考え方の有効性を確認するために、平成 10 年度実用化戦略調査研究予備調査で提案されたプラント概念と今年度提案されたプラント概念の機器物量をもとに、熱交換器、主循環ポンプについて大型化と物量減少の傾向を調査した。機器の大型化の指標として、熱交換器については容量（出力）、主循環ポンプについては軸動力とし、物量は、単位出力当たりの重量、単位軸動力当たりの重量で表した。調査の結果を図 3.2.8 に示した。

- 熱交換器（中間熱交換器、蒸気発生器）は、容量の増加に対し単位重量が減少傾向にあるので、ループ数削減による大容量化でコスト削減の可能性がある。蒸気発生器（ヘリカルコイル型）の物量は、図 3.2.8 の結果から

$$y = 1.03 y_1 \times (x/x_1)^{0.53}$$

y ：出力 x (MWt) の蒸気発生器物量 (トン)

y_1 ：基準となる出力 x_1 (MWt) の蒸気発生器物量 (トン)

となり、スケール係数は 0.53 となった。中間熱交換器は、ループ型とタンク型で出力の増加に対する単位重量の減少の傾向が異なる。

- 機械式 1 次主循環ポンプも、軸動力の増加に対し単位重量が減少傾向にあるので、大容量化でコスト削減の可能性がある。機械式の 2 次主循環ポンプは、軸動力の増加に対し単位重量の減少が少なく、大容量化によるコスト削減は 1 次ポンプほど顕著ではない。

3.2.5 2次系簡素化プラントの建設コスト評価

ナトリウム大型炉の概念検討の一部として、ループ型炉の2次系簡素化プラントの検討も行われている。このため、このプラントの建設コストをナトリウム大型炉と同様に評価し、ループ型炉及び1次系加圧炉などの建設コストと比較した。比較のため、1次系加圧炉に二重伝熱管型の蒸気発生器を使用した場合の建設コストも算出し、比較した。（1次系加圧炉は単管の蒸気発生器を使用した2次系簡素化プラント）

(1) 2次系簡素化プラントの仕様及び物量

ループ型炉に二重伝熱管型蒸気発生器を採用し2次系を簡素化したプラントの元のループ型炉に対する仕様の相違は、蒸気発生器が二重管型になること、崩壊熱除去系の IRACS が PRACS になり、除熱容量が各系統当たり約 3MW 増加することで、これ以外の仕様はループ型炉と同一である。

また、1次系加圧炉に二重伝熱管型蒸気発生器を採用した場合は、蒸気発生器のみが変わるとした。これらの物量の比較を次表に示した。ループ型炉の場合、2次系を簡素化することで NSSS 系の物量が約 8% 減少する。

（単位：ton）

	ループ型炉	ループ型炉 (2次系簡素化)	1次系加圧炉	1次系加圧炉 (二重管 SG)
IHX	470	0	0	0
1次主ポンプ	110	110	171	171
1次系配管	110	110	95	95
蒸気発生器	810	1300	840	1516
2次主ポンプ	140	0	0	0
2次系配管	90	0	0	0

この表で1次系加圧炉（二重管 SG）の蒸気発生器物量は、ループ型炉→ループ型炉 2次系簡素化プラントの SG 物量増大の比率を用いて、1次系加圧炉の SG 物量から推定した。二重管蒸気発生器の伝熱管物量／総重量の比は、ループ型炉の単管型蒸気発生器の伝熱管重量／総重量の比の 1.5 倍と暫定した。

(2) 建設コスト評価結果

ループ型炉及び1次系加圧炉の物量と上表の物量から、上表の 4 プラントの建設コストを算出した。この結果を図 3.2.9 に示した。ループ型炉では、2次系を簡素化することで、総建設コストが約 4% 減少する結果となった。

2次系を簡素化したプラントでは、IHX、2次主ポンプ、2次系配管の他に、ナトリウム・水反応生成物収納設備を除く2次系補助設備のコストが削減される。一方、蒸気発生器物量の増加による蒸気発生器コスト増及び崩壊熱除去系の除熱容量増加によるコスト増があり、ループ型炉とループ型炉2次系簡素化プラントの総建設コスト比較では、ループ型炉2次系簡素化プラントの約0.8万円/kWeのコスト減となった。1次系加圧炉に二重管蒸気発生器を採用した場合では、蒸気発生器の物量増加により、約2.3万円/kWeのコスト増となった。

二重管蒸気発生器では、物量の増加以外に、二重伝熱管の材料単価の上昇及び伝熱管の溶接箇所の増加等による製作・加工・組立単価の上昇が懸念される。このため、二重伝熱管材料単価、製作・組立・加工単価の上昇による蒸気発生器コストの増加と蒸気発生器以外の系統の簡素化などによるコスト削減の差を2次系簡素化プラントのコスト低減効果（間接費への波及効果は除く）として図3.2.10に示した。ループ型炉→ループ型炉2次系簡素化プラントの場合、IHX、2次主ポンプ、2次系配管、2次系補助設備削減などによるコスト減が約2万円/kWeと評価される。従って、二重管蒸気発生器としたことによるコスト増がこの値を超なければ、2次系簡素化によるコスト低減効果があることになる。図3.2.10は、製作・加工・組立単価の倍率及び伝熱管材料単価倍率をパラメータとして、この関係を示しており、コスト低減の値が負側の範囲が2次系を有するループ型炉に対し、コスト的なメリットがあることになる。製作・加工・組立単価及び伝熱管材料単価倍率がそれぞれ1の場合では、ループ型炉→ループ型炉2次系簡素化プラントのコスト低減効果として、総建設コストで約10%程度の低減が見込めると推定される。図3.2.9のループ型炉2次系簡素化プラントの総建設コストは、二重管蒸気発生器を製作・加工・組立単価1.5倍、伝熱管材料単価1倍として評価した結果である。

3.3 まとめ

- (1) 既開発のSCES-FBRについて、「常陽」MK-III用中間熱交換器のコストデータにより材料単価を、及び日本統計年鑑平成11年版の労働生産性指数及び名目賃金指数により製作・加工・組立単価を見直した。従来のSCES-FBRは1985年時点の建設コストを算出していたが、この見直しにより、より新しい年代の1997~1998年時点の建設コストが算出できると判断される。
- (2) 上記見直し後のSCES-FBRにより、平成11年度実用化戦略調査研究で提案されたナトリウム冷却炉の5プラント概念の建設コストを概略評価した。この結果、4S型炉を除くプラントで、ツインプラントの場合建設コスト19~20万円/kWeとなり、平成11年度実用化戦略調査研究の経済性目標である約20万円/kWeを達成するポテンシャルを有していると判断される。4S型炉は、モジュール化によるコスト低減

効果を考慮しないコスト評価であるので、参考評価である。モジュール型炉のコスト評価に関しては、製作・加工・組立単価の定量的評価による新たな単価データの設定が必要である。

- (3) ナトリウム冷却大型炉についてツインプラント化によるコスト低減効果を検討した。この結果、ツインプラント化により、ナトリウム冷却大型炉の場合、総建設コストの約 10%が低減できると判断される。
- (4) ループ数削減による建設コスト低減効果を検討した。この効果は、1 次冷却系と 2 次冷却系に大きくあらわれ、150 万 kWe 級のプラントでは、ループ型、タンク型とも 1 ループ当たり約 0.6 万円／kWe 程度と判断される。
- (5) ループ型炉の場合、二重管蒸気発生器を使用し 2 次系簡素化とすることで NSSS 系物量の約 8%が減少し、総建設コストでは約 4%の削減が見込まれる。但し、二次系簡素化用蒸気発生器の物量、製作コストの増加によっては建設コスト低減幅はさらに縮小する可能性がある。

表 3.2.1 材料単価の SUS304 板材を基準とした各調査時点での倍率

鋼種	1985年調査	常陽IHX調査	その他調査	設定倍率	備考
ステンレス鋼板(SUS304) (基準)	1.00	1.00	—	1.00	常陽IHX調査単価
中常温圧力容器用炭素鋼鋼板(SGV-49)	0.23	—	—	0.23	85年比率
ボイラ・圧力容器用クロムモリブデン鋼鋼板(SCMV4)	0.93	—	—	0.93	85年比率
溶接構造用圧延鋼材(SM50)	0.13	—	—	0.13	85年比率
ステンレス鋼板(SUS316)	1.00	—	—	1.36	99年11月時点の単価比
ステンレス鋼板(316FR)	—	1.50	—	1.50	常陽IHX調査単価
改良9Cr-1Mo鋼鋼板	—	—	—	0.75	その他調査と同比率
12Cr鋼鋼板 (HCM12A) 鋼板	—	—	—	0.89	その他調査と同比率
ステンレス鋼管完成品(SUS PIPE)	3.38	—	—	3.38	85年比率
316FR鋼管完成品	—	10.86	—	10.86	常陽IHX調査単価
SUS304鍛造品 (製品重量50 kg以上)	2.35	6.50	—	6.50	常陽IHX調査単価
SUS304鍛造品 (製品重量50 kg以下)	2.35	2.19	—	2.19	常陽IHX調査単価
SUS316FR鍛造品 (製品重量50 kg以上)	—	15.00	—	15.00	常陽IHX調査単価
SUS316FR鍛造品 (製品重量50 kg以下)	—	2.19	—	2.19	常陽IHX調査単価
高温圧力容器用合金鋼鍛鋼品(SFVA)	1.39	—	—	1.39	99年11月時点の単価比
インコネル (鍛造材)	10.82	—	—	10.82	85年比率
ボイラ・熱交換器用ステンレス鋼鋼管(SUS304TB)	3.64	5.86	1.00	5.86	常陽IHX調査単価
ステンレス鋼管 (SUS316TB)	—	—	1.29	7.56	その他調査の比率
ボイラ・熱交換器用ステンレス鋼鋼管(316FRTB)	—	8.04	1.50	8.04	常陽IHX調査単価
改良9Cr-1Mo鋼鋼管	—	—	0.75	4.39	その他調査の比率
12Cr鋼鋼板 (HCM12A) 鋼管	—	—	0.89	5.21	その他調査の比率
ボイラ・熱交換器用合金鋼鋼管(STBA24)	2.18	—	0.36	2.11	その他調査の比率
重コンクリート	0.01	—	—	0.02	主要資材の価格推移

(原子力用) (原子力用)

表3.2.2 ナトリウム冷却炉の物量入力データ (1/3)

プラント名			ループ型炉		ループ削減タンク型炉		集中配置タンク型炉		4S型炉		1次系加圧炉	
項目	物量	材質	物量	材質	物量	材質	物量	材質	物量	材質	物量	材質
(1) 建物												
原子炉建物	体積 m3	115,000	--	148,000	--	110,000	--	90,000	--	110,000	--	
原子炉補助建物	体積 m3	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
燃料取扱建物	体積 m3	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
制御建物	体積 m3	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
タービン建物	体積 m3	200,000	--	210,000	--	200,000	--	206,000	--	200,000	--	
ディーゼル建物	体積 m3	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
メンテナンス建物	体積 m3	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
廃棄物処理建物	体積 m3	14,000	--	0	--	0	--	0	--	14,000	--	
(2) 原子炉設備												
原子炉容器設備												
原子炉容器	重量 ton	145	SUS316FR	200	SUS316FR	248	SUS316FR	43	SUS316FR	355	12Cr鋼	
原子炉容器ガート・ベッセル	重量 ton	110	SGV	150	SGV	134	SGV	41	SGV	80	SGV	
遮蔽・プラグ設備												
固定プラグ本体	重量 ton	215	SGV	450	SGV	534	SGV	57	SGV	100	SGV	
回転プラグ	重量 ton	105	SGV	80	SGV	104	SGV	0	--	0	SGV	
熱遮蔽体	重量 ton	35	SUS316FR	0	SUS304	104	SUS316FR	8	SUS304	30	SUS316FR	
重コンクリート	重量 ton	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
炉内構造物												
炉心上部機構(インコネル)	重量 ton	8	インコネル	-	--	-	--			5	インコネル	
炉心上部機構(SUS)	重量 ton	30	SUS316FR	↓	SUS304	30	SUS304	15	SUS304	20	SUS316FR	
炉内構造物(SUS)	重量 ton	135	SUS316	540	SUS304	404	SUS304	20	SUS304	190	SUS304	
炉内構造物(SUS)	重量 ton	50	SUS316FR	↑	--	-	--	0	--	0	SUS316FR	
炉心構成要素(除燃料)												
主炉停止棒集合体	体数 体	42	--	18	--	43	--	6	--	12	--	
後備炉停止棒集合体	体数 体	↑	--	9	--	↑	--	1	--	7	--	
中性子遮蔽体(SUS)	体数 体	97	--	198	--	0	--	102	--	72	--	
中性子遮蔽体(B4C)	体数 体	102	--	222	--	0	--	234	--	84	--	
中性子遮蔽体(ZrH)	体数 体	108	--	90	--	210	--	0	--	78	--	
中性子遮蔽体(Hf)	体数 体	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	
I V S	体数 体	0	--	0	--	113	--	0	--	0	--	
制御棒駆動機構												
主炉停止棒駆動機構	体数 体	42	--	18	--	43	--	6	--	12	--	
後備炉停止棒駆動機構	体数 体	↑	--	9	--	↑	--	1	--	7	--	
(3) 格納容器設備												
格納容器本体	重量 ton	185	炭素鋼	70	炭素鋼	60	SGV	9	SGV	156	炭素鋼	

表3.2.2 ナトリウム冷却炉の物量入力データ (2/3)

プラント名		ループ型炉		ループ削減タンク型炉		集中配置タンク型炉		4S型炉		1次系加圧炉	
項目	物量	材質	物量	材質	物量	材質	物量	材質	物量	材質	
(4) 1次主冷却系設備											
中間熱交換器 (1基分)											
中間熱交換器総重量	重量 ton	235	12Cr鋼	150	12Cr鋼	62	12Cr鋼	50	SUS304	0	--
伝熱管	重量 ton	37	12Cr鋼	30	12Cr鋼	10	12Cr鋼	32	SUS304	0	--
中間熱交換器基数	基数 基	2	--	3	--	8	--	1	--	0	--
1次主循環ポンプ (1基分)											
ポンプ本体 (機械式)	重量 ton	55	12Cr鋼	36.6	SUS304					50	12Cr鋼
駆動電動機出力 (機械式)	電力 kW	9,300	--	5,700	--					5,620	--
ダクト部 (EMP)	重量 ton		--		--	9	SUS316FR	15	SUS304		--
EMP電気入力 (EMP)	電力 kW		--		--	1,700	--	2,768	--		--
ポンプ基数	基数 基	2	--	3	--	8	--	1	--	3	--
弁・配管等 (全ループ分)											
逆止弁	口径 B	-	--	-	--	-	--	-	--	-	--
	個数 個	0	--	-	--	-	--	-	--	0	--
流量計	個数 個	2	--	-	--	-	--	-	--	3	--
配管 (ホットレグ*)	口径 B	50	12Cr鋼	-	--	-	--	-	--	36	12Cr鋼
	重量 ton	29	--	-	--	-	--	-	--	17	--
配管 (クロスオーバーレグ*)	口径 B	-	--	-	--	-	--	-	--	36	12Cr鋼
	重量 ton	0	--	-	--	-	--	-	--	24	--
配管 (コールドレグ*)	口径 B	32	12Cr鋼	42	12Cr鋼	-	--	-	--	36	12Cr鋼
	重量 ton	34	--	1	--	-	--	-	--	19	--
ペローズ	重量 ton	0	--	-	--	-	--	-	--	0	--
1次系装荷ナトリウム	重量 ton	1,200	--	1900	--	1,600	--	120	--	1,150	--
(5) 2次主冷却系設備											
蒸気発生器 (1基分)											
蒸気発生器総重量	重量 ton	405	HCM12A	347	12Cr鋼	306	Mod.9Cr鋼	306	Mod.9Cr鋼	280	12Cr鋼
伝熱管	重量 ton	205	HCM12A	143	12Cr鋼	155	Mod.9Cr鋼	155	Mod.9Cr鋼	120	12Cr鋼
蒸気発生器基数	基数 基	2	--	3	--	4	--	1	--	3	--
2次主循環ポンプ (1基分)											
ポンプ本体	重量 ton	70	12Cr鋼		--		--		--		--
駆動電動機出力	電力 kW	5,300	--		--		--		--		--
ダクト部	重量 ton		--	13	SUS	10	SUS	10	SUS304		--
EMP電気入力	電力 kW		--	4000	--	3,140	--	3,140	--		--
ポンプ基数	基数 基	2	--	3	--	4	--	1	--		--
弁・配管等 (全ループ分)											
電動弁等	口径 B	-	--	-	--	-	--	-	--	-	--
	個数 個	-	--	-	--	-	--	-	--	-	--

表3.2.2 ナトリウム冷却炉の物量入力データ (3/3)

プラント名			ループ型炉		ループ削減タンク型炉		集中配置タンク型炉		4S型炉		1次系加圧炉	
項目	物 量	材 質	物 量	材 質	物 量	材 質	物 量	材 質	物 量	材 質	物 量	材 質
(5) 2次主冷却系設備												
弁・配管等(全ループ分)												
流量計	個数	個	2	--	3	--	4	--	1	--	--	--
配管(ホットレグ)	口径	B	44	--	42	--	28	--	20	Mod.9Cr鋼	--	--
	重量	ton	35	12Cr鋼	37	12Cr鋼	21	--	4	--	--	--
配管(クロスオーバーレグ)	口径	B	44	--	↑	--	-	--	20	Mod.9Cr鋼	--	--
	重量	ton	14	12Cr鋼	↑	--	-	--	3	--	--	--
配管(コールドレグ)	口径	B	44	--	↑	--	28	--	20	Mod.9Cr鋼	--	--
	重量	ton	39	12Cr鋼	↑	--	21	--	1	--	--	--
ペローズ	重量	ton	-	--	-	--	-	--	0	--	--	--
2次系荷物ナトリウム	重量	ton	800	--	900	--	700	--	40	--	--	--
(6) 削損熱除去系設備												
DRACS設備	除热量	MW	27	--	--	--	12	--	--	--	--	--
	基数	基	1	--	--	--	2	--	--	--	--	--
PRACS設備	除热量	MW	--	--	35	--	--	--	13	--	23	--
	基数	基	--	--	3	--	--	--	1	--	3	--
IRACS設備	除热量	MW	27	--	--	--	24	--	3	--	--	--
	基数	基	2	--	--	--	4	--	1	--	--	--
RVACS設備	除热量	MW	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	基数	基	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
(7) 燃料取扱設備												
燃料交換設備												
燃料交換設備	重量	ton	15	SUS	15	SUS	10	SUS	0	--	15	SUS
燃料出入設備												
燃料出入機	重量	ton	25	炭素鋼	25	炭素鋼	177	炭素鋼	0	--	25	炭素鋼
炉内外中継装置	重量	ton	25	SUS	25	SUS	20	SUS	21	SUS	25	SUS
燃料移送設備												
移送機・台車	重量	ton	72	炭素鋼	72	炭素鋼	72	炭素鋼	143	--	72	炭素鋼
	重量	ton	72	SUS	72	SUS	72	SUS	130	--	72	SUS
使用済燃料貯蔵設備												
移送機・台車	重量	ton	50	炭素鋼	50	炭素鋼	50	炭素鋼	-	--	50	炭素鋼
	重量	ton	0	SUS	0	SUS	0	SUS	-	--	0	SUS
燃料貯蔵ラック	体致	本	2,736	--	1,000	--	1,134	--	-	--	2,736	--
新燃料受入貯蔵設備												
キャスク受台・貯蔵ラック	重量	ton	85	--	85	--	85	--	18	--	85	--
	重量	ton	-	--	-	--	-	--	--	--	-	--

表3.2.3 平成11年度ナトリウム冷却炉建設コスト一覧 (1/3)

(単位:百万円)

プラント名称	ループ型炉			ループ数削減タンク型炉			集中配置タンク型炉			4S型炉			1次系加圧炉			備考
	1号機	2号機	平均	1号機	2号機	平均	1号機	2号機	平均	17'ロット	27'ロット	平均	1号機	2号機	平均	
1. 土地	1,900	0	950	1,900	0	950	1,900	0	950	1,900	0	950	1,900	0	950	費用入力
区分小計	1,900	0	950	1,900	0	950	1,900	0	950	1,900	0	950	1,900	0	950	
2. 建物																0 体積による評価
(1)原子炉及び原子炉補助建屋	7,030	6,598	6,814	9,869	9,263	9,566	7,335	6,885	7,110	5,501	5,164	5,333	6,724	6,311	6,518	
(2)燃料取扱建物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(3)制御建物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(4)タービン建物	5,696	5,614	5,655	5,981	5,614	5,797	5,696	5,346	5,521	5,867	5,507	5,687	5,696	5,346	5,521	
(5)ディーゼル建物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(6)メンテナンス建物及び 廃棄物処理建物	555	521	538	0	0	0	0	0	0	0	0	0	555	521	538	
(7)塔建物	1,062	1,019	1,041	1,268	1,190	1,229	1,042	978	1,010	2,699	2,533	2,616	1,038	974	1,006	
区分小計	14,343	13,751	14,047	17,118	16,067	16,592	14,074	13,210	13,642	14,067	13,204	13,636	14,013	13,153	13,583	
3. 構築物	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	費用入力
区分小計	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	12,600	0	6,300	
4. 原子炉及び付属機器																積算モデル及びスケールアップ係数により評価
(1)原子炉設備																
①原子炉容器設備	4,202	3,605	3,904	5,796	4,973	5,384	7,187	6,166	6,677	8,039	6,298	7,168	9,917	8,485	9,201	
②ガードベッセル	1,776	1,525	1,651	2,422	2,079	2,251	2,164	1,857	2,011	4,218	3,296	3,757	1,292	1,109	1,200	
③遮蔽プラグ設備	4,973	4,306	4,640	6,199	5,364	5,782	8,886	7,702	8,294	6,162	4,955	5,559	2,225	1,928	2,077	
④原子炉容器内構造物	2,842	2,487	2,665	6,249	5,437	5,843	5,022	4,369	4,696	2,656	2,170	2,413	2,581	2,250	2,416	
⑤炉心構成要素	13,747	12,544	13,146	16,264	14,963	15,614	14,024	12,847	13,436	63,193	49,729	56,461	8,243	7,611	7,927	
⑥制御棒駆動機構	8,081	7,057	7,569	5,195	4,537	4,866	8,273	7,225	7,749	9,376	7,370	8,373	2,309	2,016	2,163	
⑦計測制御設備	1,069	946	1,007	1,264	1,121	1,192	1,367	1,205	1,286	2,809	2,215	2,512	797	702	750	
⑧原子炉容器 ISI 設備	4,020	0	2,010	4,020	0	2,010	4,020	0	2,010	4,020	2,999	3,510	4,020	0	2,010	
(1)原子炉設備小計	40,711	32,469	36,590	47,409	38,473	42,941	50,944	41,372	46,158	100,474	79,031	89,753	31,385	24,101	27,743	
(2)原子炉格納設備	1,056	921	988	400	348	374	342	299	321	335	275	305	890	776	833	
(2)原子炉格納設備小計	1,056	921	988	400	348	374	342	299	321	335	275	305	890	776	833	
(3)1次主冷却系設備																
①中間熱交換器設備	10,943	9,537	10,240	10,547	9,198	9,873	11,489	10,012	10,751	8,971	7,525	8,248	0	0	0	
②IHX ガードベッセル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
③主循環ポンプ設備	4,551	4,087	4,319	4,288	3,836	4,062	5,581	4,823	5,202	4,518	4,575	4,547	5,303	4,712	5,007	
④ガードベッセル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⑤弁及び主配管設備	4,312	3,871	4,091	74	64	69	0	0	0	0	0	0	8,376	7,264	7,820	
⑥計測制御設備	594	525	560	447	393	420	512	445	479	405	363	384	410	359	385	
⑦1次系荷物ナトリウム	1,800	1,800	1,800	2,850	2,850	2,850	2,400	2,400	2,400	1,440	1,440	1,440	1,725	1,725	1,725	
(3)1次主冷却系設備小計	22,199	19,820	21,010	18,206	16,341	17,274	19,982	17,681	18,831	15,334	13,902	14,618	15,815	14,061	14,938	

表3.2.3 平成11年度ナトリウム冷却炉建設コスト一覧 (2/3) (単位:百万円)

プラント名称	ループ型炉			ループ数削減タンク型炉			集中配置タンク型炉			4S型炉			1次系加圧炉			備考
	1号機	2号機	平均	1号機	2号機	平均	1号機	2号機	平均	17°ロット	27°ロット	平均	1号機	2号機	平均	
(4)1次冷却系補助設備																
①1次ナトリウム-バーナー系	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
②1次ナトリウム純化系	2,586	2,258	2,422	2,160	1,887	2,023	1,985	1,734	1,859	5,261	4,260	4,760	1,700	1,484	1,592	
③1次Na充填ドレン系	3,832	3,441	3,637	66	57	61	0	0	0	0	0	0	7,446	6,457	6,951	
④1次Arガス系	970	832	901	1,337	1,148	1,243	1,658	1,423	1,541	1,855	1,453	1,654	2,289	1,958	2,123	
⑤1次冷却系補修設備	366	0	183	366	0	183	366	0	183	366	273	319	366	0	183	
⑥計測制御設備	233	196	214	118	93	105	120	95	107	224	180	202	354	297	325	
(4)1次冷却系補助設備小計	7,986	6,727	7,357	4,047	3,184	3,615	4,129	3,251	3,690	7,706	6,166	6,936	12,154	10,197	11,179	
(5)2次主冷却系設備																
①蒸気発生器	14,416	12,637	13,526	17,899	15,661	16,780	20,892	18,272	19,582	17,712	14,297	16,005	14,532	12,719	13,625	
②主循環ポンプ設備	12,575	10,976	11,775	4,591	4,108	4,350	5,231	4,706	4,969	4,830	4,110	4,470	0	0	0	
③弁及び主配管設備	4,079	3,553	3,816	2,346	2,046	2,196	3,442	3,002	3,222	4,014	3,307	3,660	0	0	0	
④計測制御設備	932	815	874	745	654	700	887	779	833	797	651	724	436	382	409	
⑤2次系荷物ナトリウム	1,200	1,200	1,200	1,350	1,350	1,350	1,050	1,050	1,050	240	240	240	0	0	0	
(5)2次主冷却系設備小計	33,201	29,181	31,191	26,931	23,820	25,375	31,502	27,810	29,656	27,593	22,606	25,099	14,968	13,100	14,034	
(6)2次冷却系補助設備																
①2次ナトリウム-バーナー系	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
②2次ナトリウム純化系	1,148	1,003	1,076	1,876	1,638	1,757	1,737	1,517	1,627	2,809	2,216	2,512	0	0	0	
③2次Na充填ドレン系	2,447	2,132	2,290	1,407	1,228	1,318	2,065	1,801	1,933	1,305	1,019	1,162	0	0	0	
④2次Arガス系	680	592	636	391	341	366	574	500	537	435	340	387	0	0	0	
⑤Na-水反応物収納設備	1,462	1,277	1,370	2,924	2,554	2,739	2,924	2,554	2,739	2,611	1,943	2,277	0	0	0	
⑥2次冷却系補修設備	37	0	18	37	0	18	37	0	18	37	27	32	0	0	0	
⑦計測制御設備	173	150	162	199	173	186	220	191	206	216	166	191	0	0	0	
(6)2次冷却系補助設備小計	5,948	5,154	5,551	6,894	5,934	5,384	7,556	6,363	7,060	7,413	5,710	6,562	0	0	0	
(7)補助炉心冷却系設備																
①I R A C S設備	5,445	4,755	5,100	0	0	0	10,397	9,080	9,738	2,854	2,181	2,517	0	0	0	
②D R A C S設備	5,709	4,986	5,347	17,498	15,281	16,390	8,011	6,996	7,503	16,296	13,156	14,726	14,297	12,485	13,391	
(7)補助炉心冷却系設備小計	11,154	9,741	10,448	17,498	15,281	16,390	18,408	16,076	17,242	19,150	15,937	17,243	14,297	12,485	13,391	
(8)原子炉補助設備																
①原子炉補機冷却系	3,692	3,578	3,635	3,692	3,578	3,635	3,737	3,622	3,679	3,737	3,622	3,679	3,595	3,485	3,540	
②原子炉補機冷却海水系	3,692	3,578	3,635	3,692	3,578	3,635	3,737	3,622	3,679	3,737	3,622	3,679	3,595	3,485	3,540	
③1次系室漏洩Na処理設備	356	311	334	356	310	333	406	355	380	292	225	259	356	311	334	
④2次系室漏洩Na処理設備	445	389	417	444	388	416	507	443	475	1,353	1,094	1,223	0	0	0	
⑤制御用空気圧縮系設備	2,637	2,556	2,596	2,637	2,556	2,596	2,669	2,505	2,587	2,669	2,587	2,628	2,568	2,489	2,528	
⑥Arガス供給系	1,055	1,022	1,039	1,055	1,022	1,039	1,068	1,002	1,035	1,068	1,035	1,051	1,027	996	1,011	
⑦窒素ガス供給系	1,055	1,022	1,039	1,055	1,022	1,039	1,068	1,035	1,051	1,069	1,036	1,052	1,027	996	1,011	

表3.2.3 平成11年度ナトリウム冷却炉建設コスト一覧 (3/3) (単位:百万円)

プラント名称	ループ型炉			ループ数削減タンク型炉			集中配置タンク型炉			4S型炉			1次系加圧炉			備考
	1号機	2号機	平均	1号機	2号機	平均	1号機	2号機	平均	17'ロッド	27'ロッド	平均	1号機	2号機	平均	
(8)原子炉補助設備																
⑧Na供給設備	402	0	201	458	0	229	424	370	397	223	166	195	334	0	167	
⑨計測制御設備	400	374	387	402	374	388	408	389	399	424	402	413	375	353	364	
(8)原子炉補助設備小計	13,734	12,831	13,283	13,790	12,830	13,310	14,024	13,343	13,683	14,572	13,789	14,180	12,878	12,114	12,496	
(9)燃料取扱及び貯蔵設備																
①燃料交換設備	117	108	113	117	108	113	85	79	82	0	0	0	117	108	113	
②燃料出入設備	564	197	380	564	197	380	2,711	207	1,459	192	172	182	564	197	380	
③燃料移送設備	1,253	0	627	1,253	0	627	306	0	153	1,931	1,726	1,829	1,253	0	627	
④燃料検査設備	14	0	7	14	0	7	14	0	7	16	15	15	14	0	7	
⑤燃料洗浄設備	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
⑥燃料缶詰設備	164	0	82	164	0	82	164	0	82	8	7	7	164	0	82	
⑦使用済燃料貯蔵設備	7,695	0	3,848	2,941	0	1,470	3,308	0	1,654	0	0	0	7,695	0	3,848	
⑧新燃料受入貯蔵設備	522	0	261	522	0	261	522	0	261	148	141	145	522	0	261	
⑨計測制御設備	310	9	160	167	9	88	232	9	120	69	62	65	310	9	160	
(9)燃料取扱及び貯蔵設備小計	10,640	314	5,477	5,743	314	3,028	7,342	294	3,818	2,364	2,124	2,244	10,640	314	5,477	
(10)放射性廃棄物処理設備																
①気体廃棄物処理系	2,772	0	1,386	2,772	0	1,386	2,806	0	1,403	2,669	2,587	2,628	2,697	0	1,348	
②液体廃棄物処理系	8,315	0	4,157	8,315	0	4,157	8,419	0	4,209	8,007	7,761	7,884	8,090	0	4,045	
③固体廃棄物処理系	277	0	139	277	0	139	281	0	140	2,669	2,587	2,628	270	0	135	
④計測制御設備	341	0	170	341	0	170	345	0	173	400	388	394	332	0	166	
(10)放射性廃棄物処理設備小計	11,704	0	5,852	11,704	0	5,852	11,851	0	5,925	13,746	13,324	13,535	11,389	0	5,694	
(11)換気空調設備	7,361	6,481	6,921	8,161	7,911	8,036	7,173	7,173	7,173	9,209	8,926	9,067	7,292	6,844	7,068	
(11)換気空調設備小計	7,361	6,481	6,921	8,161	7,911	8,036	7,173	7,173	7,173	9,209	8,926	9,067	7,292	6,844	7,068	
(12)諸設備	5,875	5,694	5,784	5,875	5,694	5,784	5,976	5,793	5,884	5,976	5,793	5,884	5,658	5,485	5,571	
(12)諸設備小計	5,875	5,694	5,784	5,875	5,694	5,784	5,976	5,793	5,884	5,976	5,793	5,884	5,658	5,485	5,571	
区分小計	171,568	129,334	150,451	166,597	130,131	148,364	179,229	139,654	159,441	223,870	186,982	205,426	137,365	99,477	118,421	
5. 機械装置																スケール別
(1)タービン設備	47,123	45,676	46,399	47,123	45,676	46,399	49,620	48,096	48,858	56,998	55,248	56,123	42,025	40,735	41,380	
(1)タービン設備小計	47,123	45,676	46,399	47,123	45,676	46,399	49,620	48,096	48,858	56,998	55,248	56,123	42,025	40,735	41,380	
(2)圧気設備	17,945	17,394	17,670	17,945	17,394	17,670	18,415	17,849	18,132	27,912	27,055	27,483	16,947	16,427	16,687	
(2)圧気設備小計	17,945	17,394	17,670	17,945	17,394	17,670	18,415	17,849	18,132	27,912	27,055	27,483	16,947	16,427	16,687	
区分小計	65,068	63,070	64,069	65,068	63,070	64,069	68,034	65,946	66,990	84,909	82,303	83,606	58,973	57,162	58,067	
6. 諸経費	53,096	41,231	47,164	52,657	41,854	47,255	55,167	43,762	49,465	67,469	56,498	61,984	44,970	33,958	39,464	比率
区分小計	53,096	41,231	47,164	52,657	41,854	47,255	55,167	43,762	49,465	67,469	56,498	61,984	44,970	33,958	39,464	
7. 建設期間中利子	24,871	19,314	22,093	24,666	19,605	22,135	28,182	22,355	25,269	27,346	22,899	25,123	21,065	15,907	18,486	工期、利率
区分小計	24,871	19,314	22,093	24,666	19,605	22,135	28,182	22,355	25,269	27,346	22,899	25,123	21,065	15,907	18,486	
建設コスト総計	343,447	268,701	305,074	340,606	270,727	305,666	359,187	284,926	322,056	432,162	361,885	397,024	290,885	219,657	255,271	
建設単価(万円/kWe)	22.9	17.8	20.3	22.7	18.0	20.4	22.4	17.8	20.1	27.0	22.6	24.8	22.4	16.9	19.6	

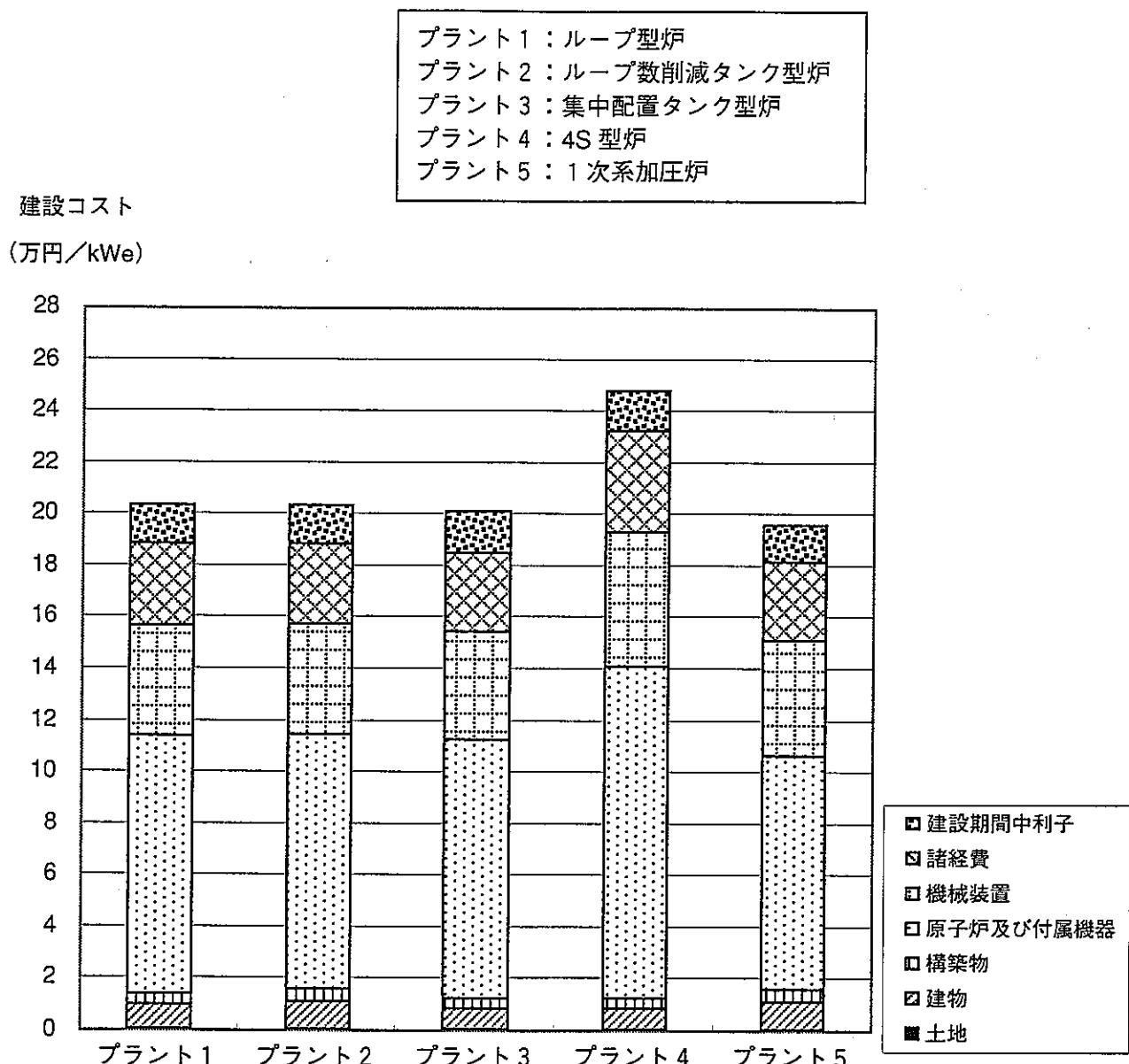


図 3.2.1 ナトリウム冷却炉の建設コスト比較

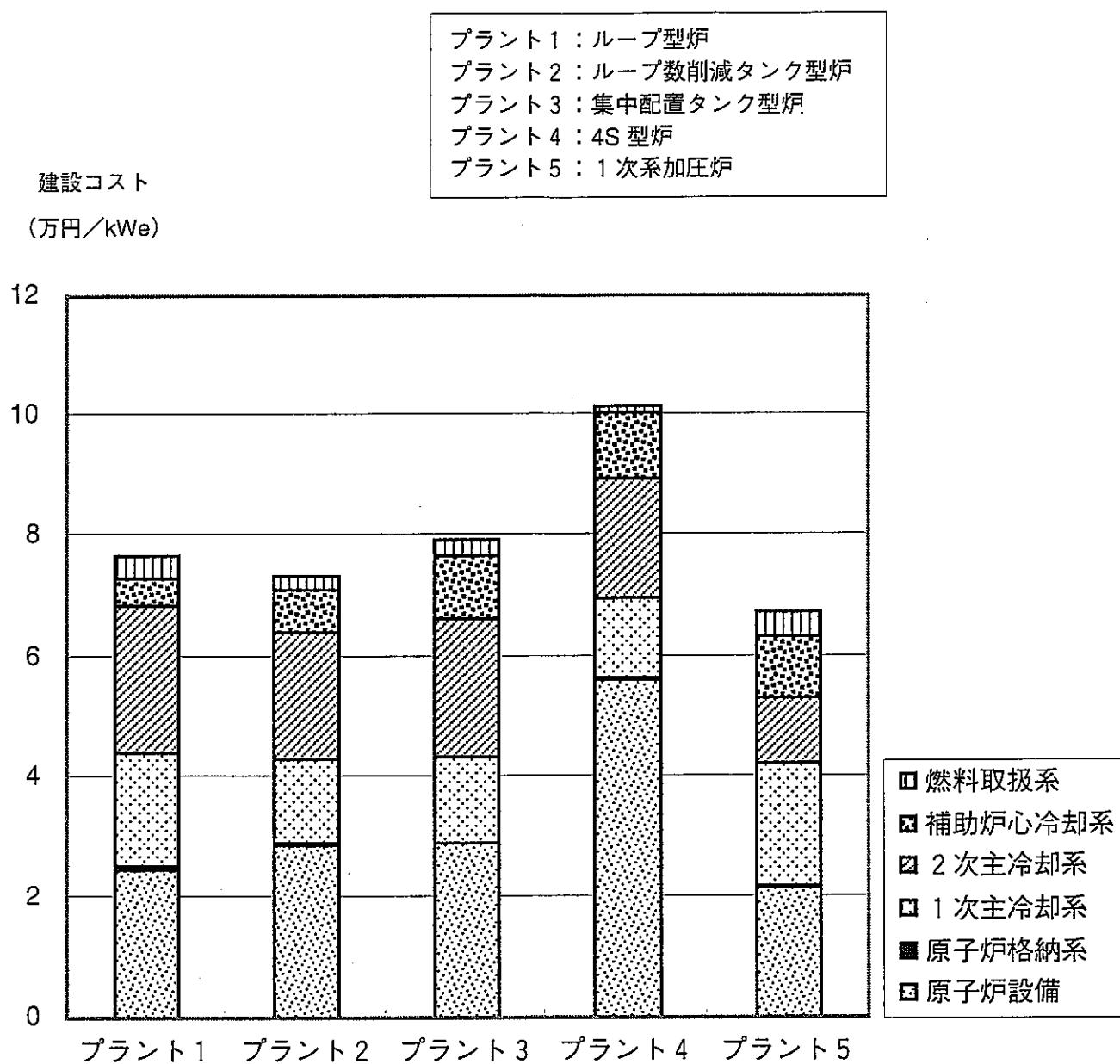


図 3.2.2 ナトリウム冷却炉主要設備の建設コスト比較

		プラント1	プラント2	プラント3	プラント4	プラント5
原子炉容器	ton	145	200	248	344	355
ガードベッセル	ton	110	150	134	328	80
遮蔽プラグ	ton	355	530	742	504	130
炉内構造物	ton	223	540	434	280	215
炉心構成要素						
主炉停止棒	本	42	18	43	48	12
後備炉停止棒	本	↑	9	↑	8	7
GEM	本		0	0	0	
SUS反射体	本	97	198	0	816	72
B4C反射体	本	108	222	0	1872	84
ZrH等反射体	本	102	90	210	0	78
IVSラック	体	0	0	113	0	0
制御棒駆動機構	体	42	27	43	56	19

プラント4の主炉停止棒は、反射体数を記載

↑は上欄の数値に含まれる意

(万円／kWe)

プラント1：ループ型炉
 プラント2：ループ数削減タンク型
 炉
 プラント3：集中配置タンク型炉
 プラント4：4S型炉

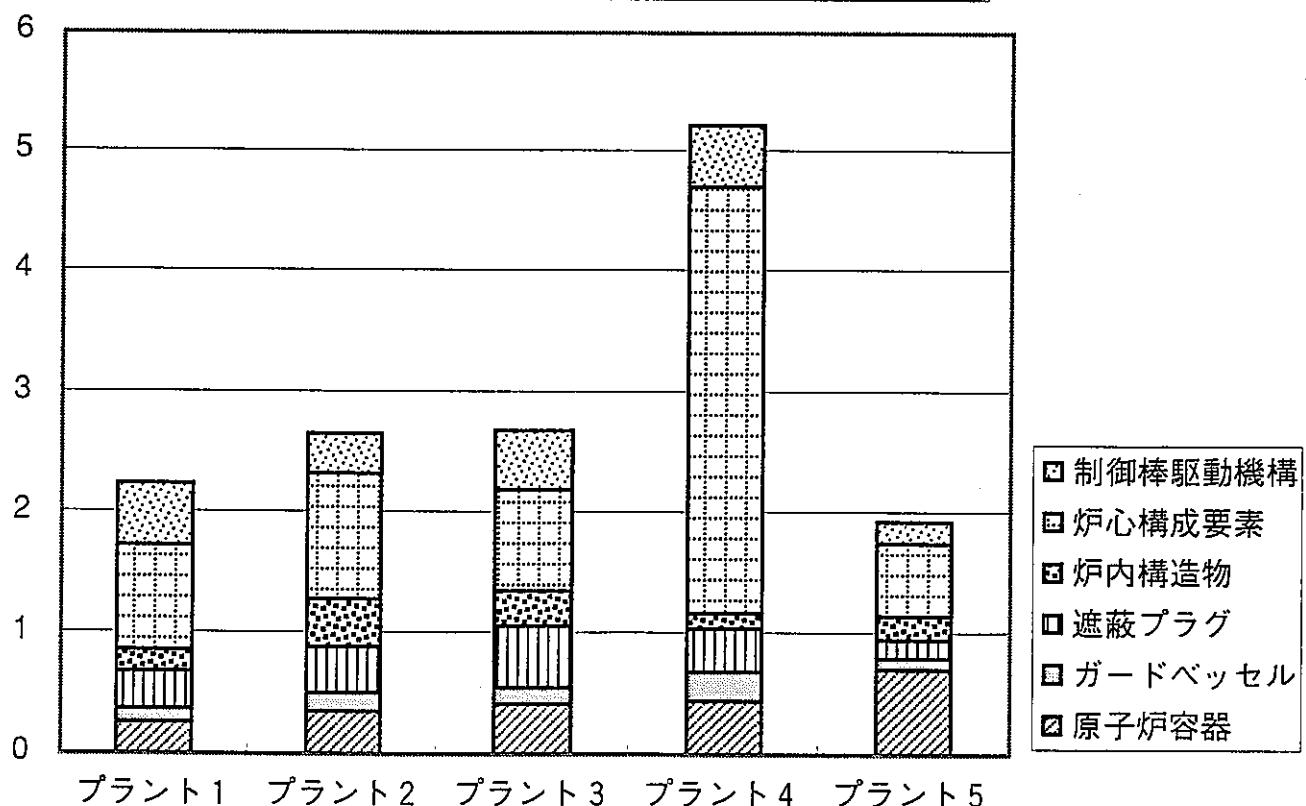


図 3.2.3 ナトリウム冷却炉原子炉構造の物量及びコスト比較

		プラント1	プラント2	プラント3	プラント4	プラント5
中間熱交換器	ton	470	450	496	400	0
主循環ポンプ						
ポンプ本体	ton	110	130	69	120	150
電動機等	kW	18600	17100	28463	19200	16860
主配管設備						
配管重量	ton	62	3	0	0	122

(万円／kWe)

プラント1：ループ型炉
 プラント2：ループ数削減タンク型
 炉
 プラント3：集中配置タンク型炉
 プラント4：4S型炉

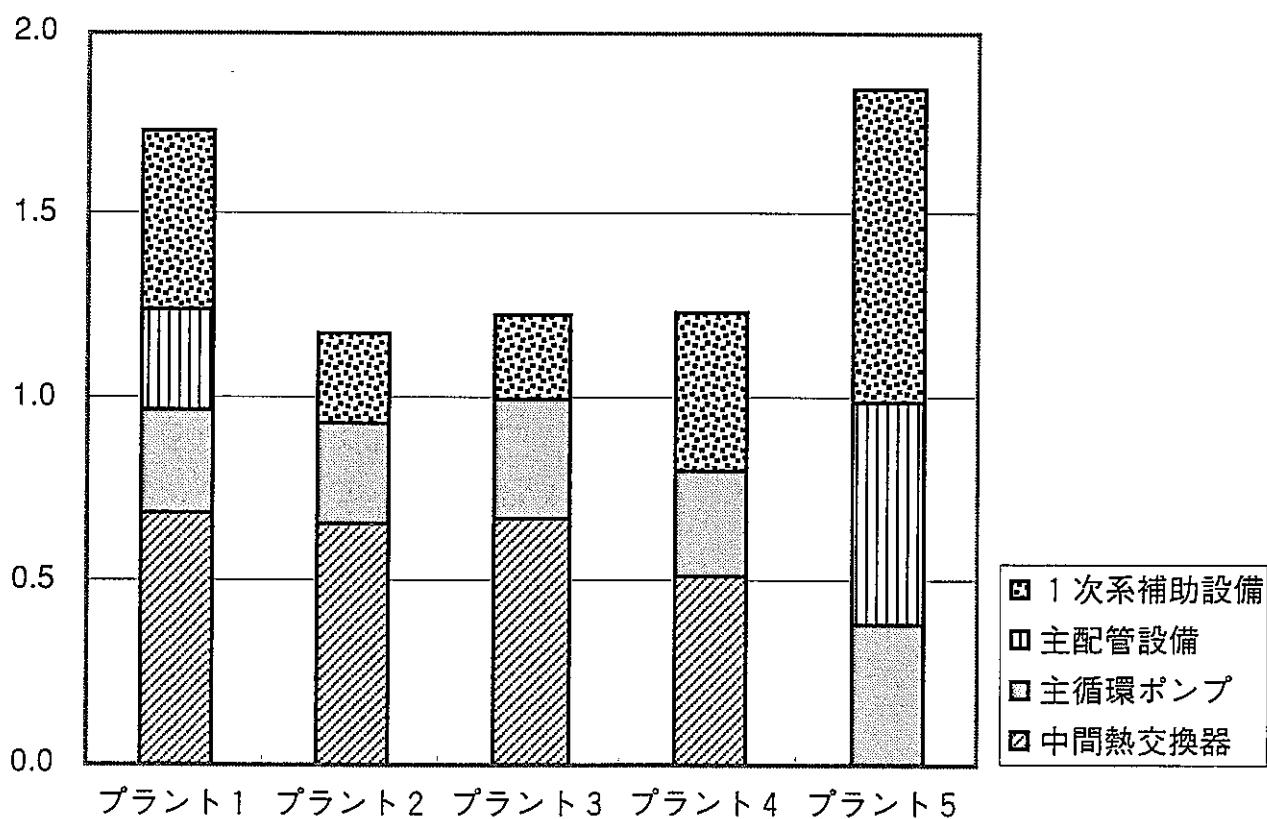


図 3.2.4 ナトリウム冷却炉 1 次冷却系の物量及びコスト比較

		プラント1	プラント2	プラント3	プラント4	プラント5
蒸気発生器	ton	810	1041	1224	1224	840
主循環ポンプ						
ポンプ本体	ton	140	55	39	39	0
電動機等	kW	10600	12000	15912	15912	0
主配管設備						
配管重量	ton	88	55	42	63	0

(万円／kWe)

プラント1：ループ型炉
 プラント2：ループ数削減タンク型炉
 プラント3：集中配置タンク型炉
 プラント4：4S型炉
 プラント5：1次系加圧炉

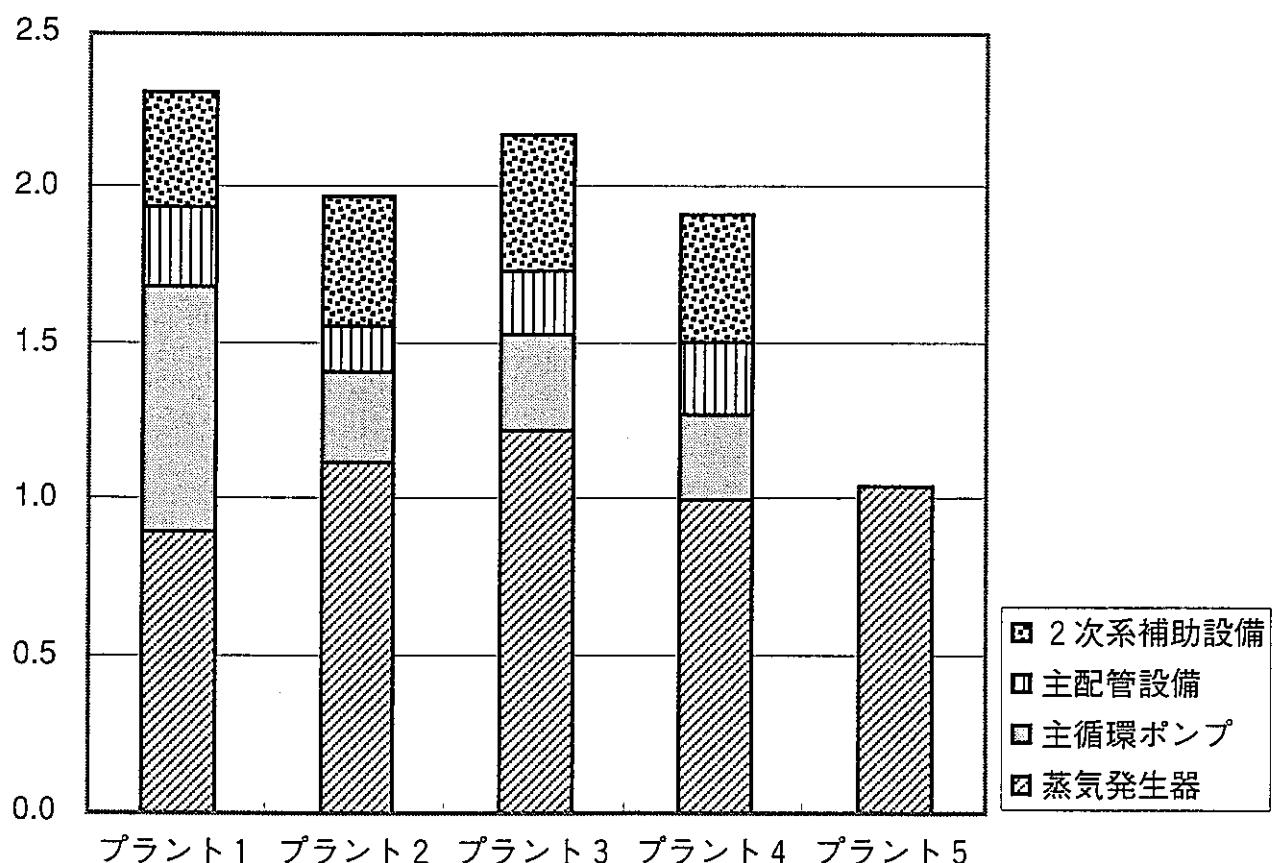


図 3.2.5 ナトリウム冷却炉 2 次冷却系の物量及びコスト比較

		プラント1	プラント2	プラント3	プラント4	プラント5
DRACS	MW	27		24		69
PRACS	MW		105		104	
IRACS	MW	54		96		
RVACS	MW				24	

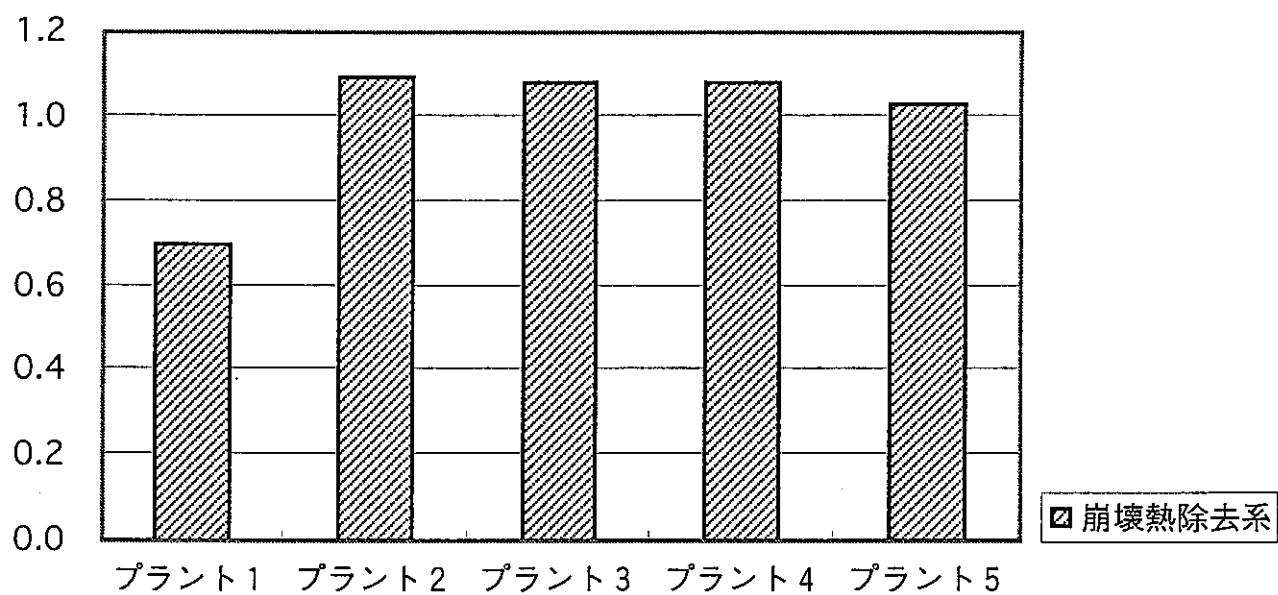
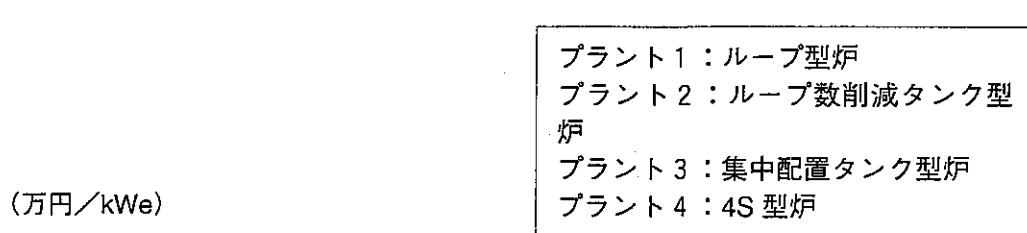
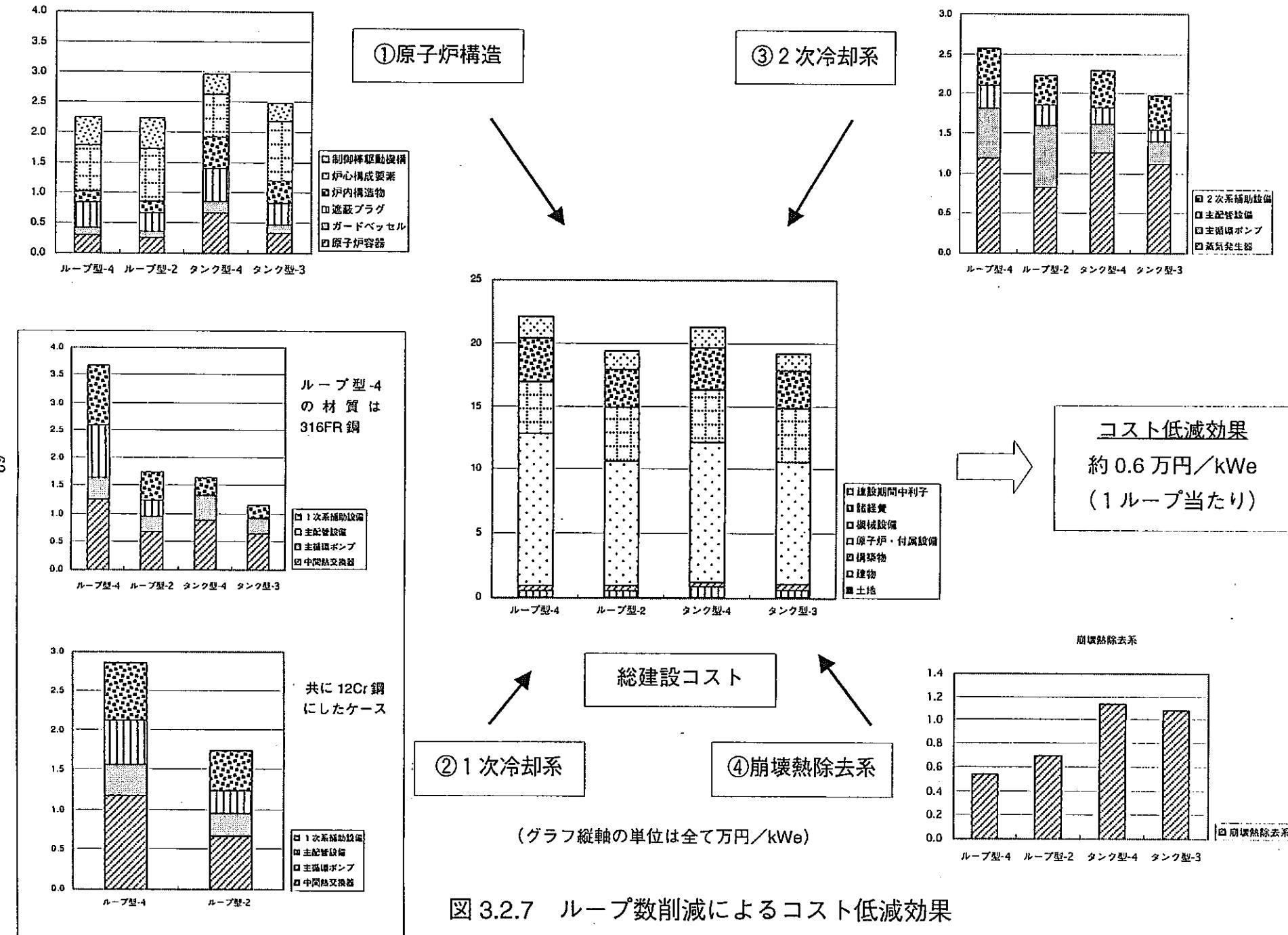
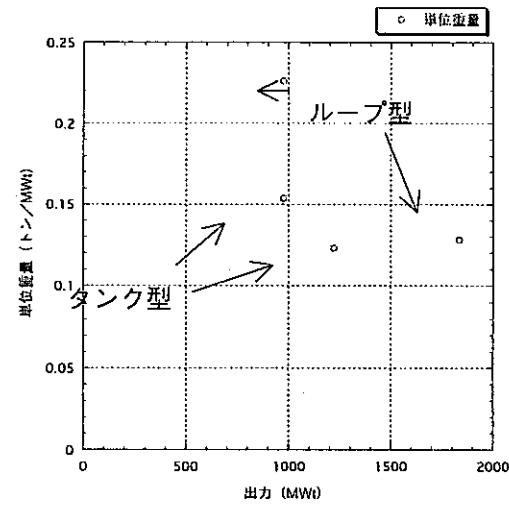


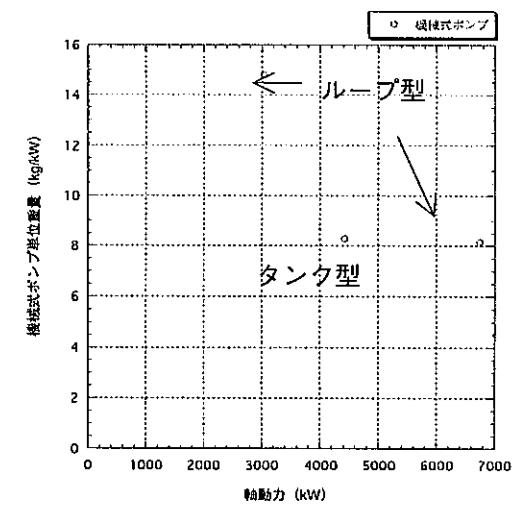
図 3.2.6 ナトリウム冷却炉崩壊熱除去系の物量とコスト比較



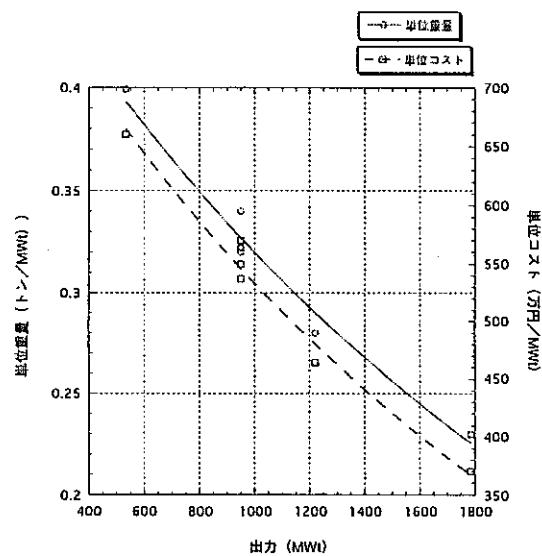
中間熱交換器



1次主ポンプ



蒸気発生器



2次主ポンプ

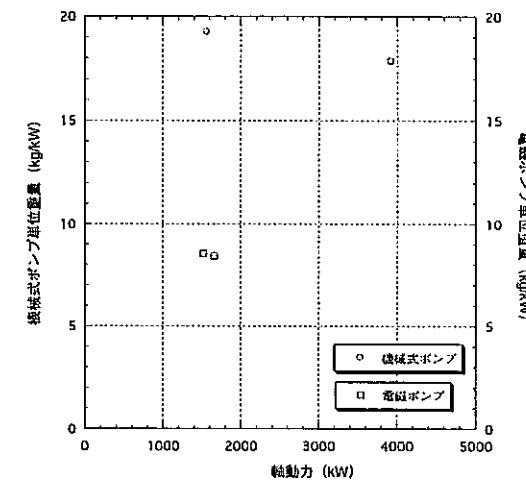


図 3.2.8 機器の大型化による物量削減

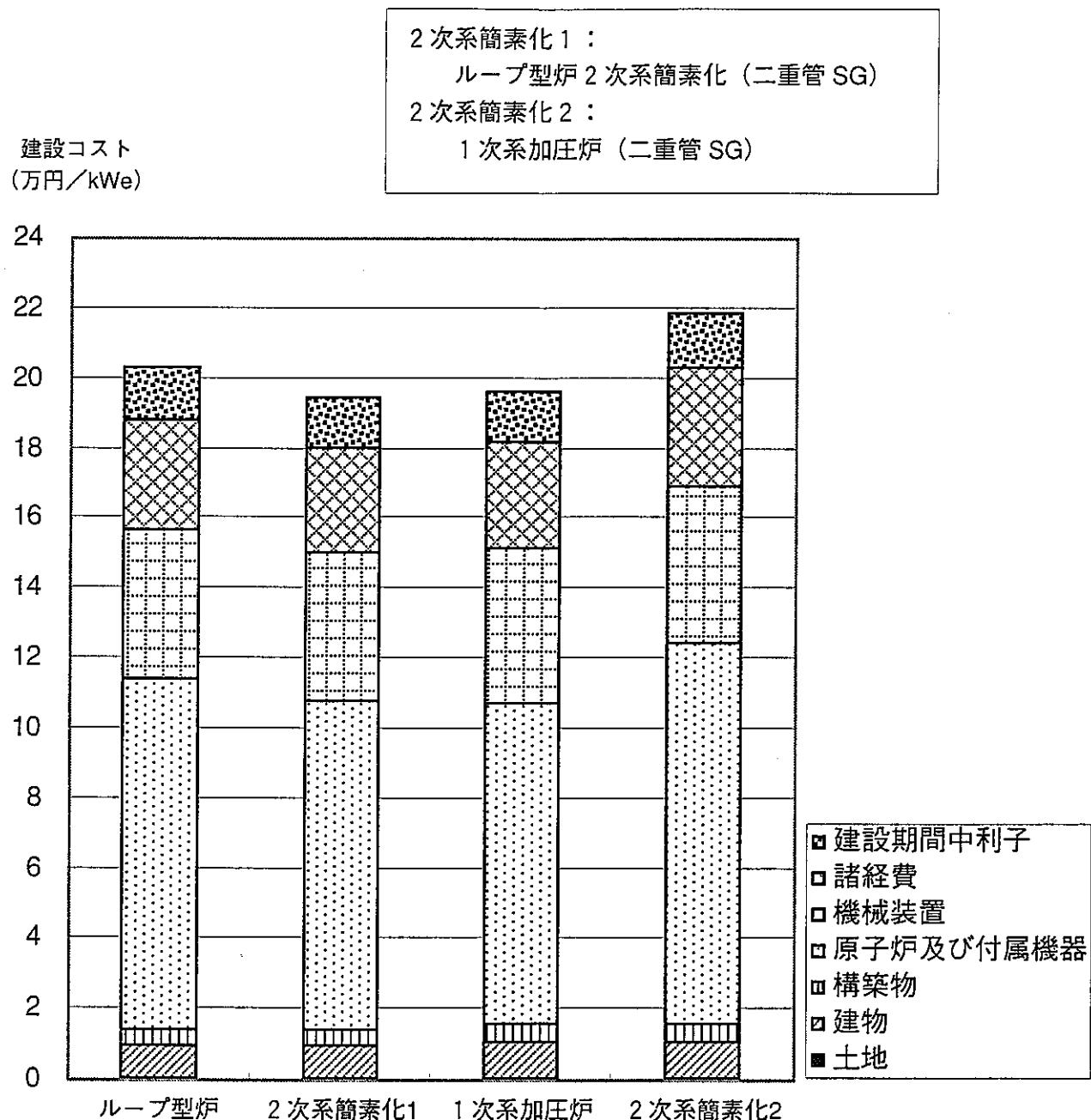


図 3.2.9 ループ型炉と 2 次系簡素化プラントの建設コスト比較

コスト低減効果
(万円／kWe)

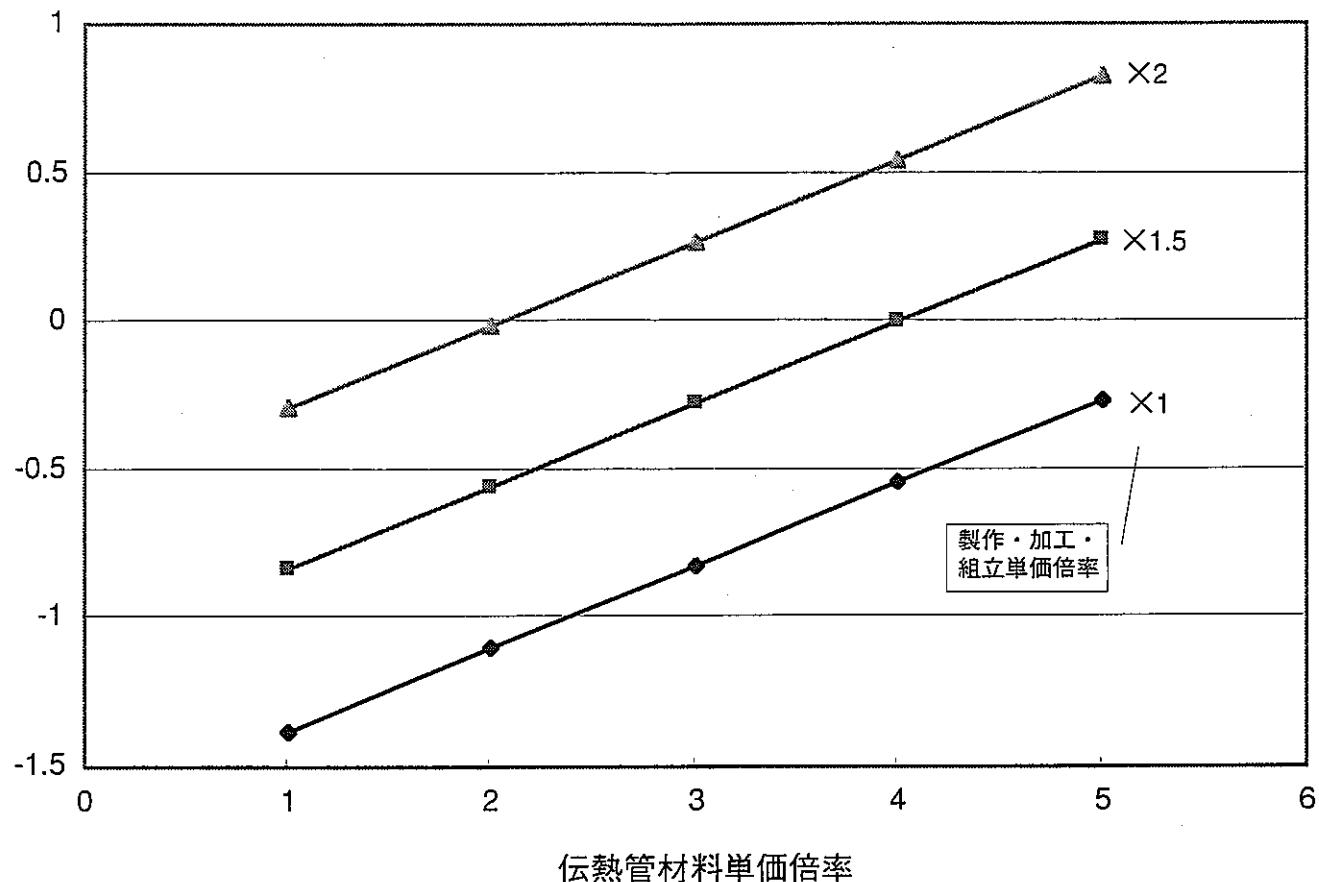


図 3.2.10 二重伝熱管蒸気発生器の建設コスト低減効果

4. FBR プラントの運転保守コスト評価法調査

実用化戦略調査研究における運転保守コスト評価法を検討するために、以下の文献における運転保守コスト評価法、コスト評価結果などを調査した。

4.1 調査文献

- (1) J. G. Delene, C. R. Hudson II; Cost Estimate Guidelines for Advanced Nuclear Power Technologies, ORNL/TM-10071/R3, May, 1993
- (2) 原子力発電所の運転・保守コスト予測;OECD/NEA、日本原子力産業会議、1995年10月
- (3) 國武 紀文；電力中央研究所報告「わが国における原子力発電のコスト構造分析－電力九社の財務諸表に基づく経済性評価－」、電力中央研究所、Y98003、平成 11 年 3 月
- (4) 國武 紀文、長野 浩司、鈴木 達治郎；電力中央研究所報告「わが国における原子力発電コスト構造の将来展望」、電力中央研究所、Y98019、平成 11 年 6 月

4.2 運転保守コスト評価法

米国 ORNL の新型原子力技術に対するコスト評価のガイドラインに示されている運転保守コスト評価法と OECD/NEA が 1992 年に実施した世界の原子力発電所における運転保守コスト調査に対し、日本から提出された運転保守コスト予測データの評価法を調査した。

(1) 運転保守コストの項目分類

文献(1)に運転保守コストの項目が分類されている。分類は、職務をベースにした方法と支出をベースにした方法とがある。文献(1)に示される各分類方法のコスト構成項目を表 4.2.1 に示した。

(2) 運転保守コスト評価法

運転保守コストの評価法も、運転保守コストの項目分類に従って、職務をベースにしたコスト分類に対する評価法と支出をベースにした分類に対する評価法がある。代表的な例として、文献(1)と(2)に示されている方法を示す。

① 米国 ORNL の新型原子力技術に対するコスト評価のガイドライン（文献(1)）

この運転保守コスト評価法は、職務をベースにしたコスト項目に基づくものである。評価法の概要を次に示す。単価などの金額は、1992 年の米国価格である。

- ・ 運転保守コストは、プラントの運転寿命期間中の商業運転により発生する。そのある部分（運転・保守資材、供給品など）は、発電電力量に依存して変化し、これを固定費用に加えることにより、運転・保守費用総額を算出する。
- ・ 運転保守コストの最低限の構成とそれぞれの定義を表 4.2.2 に示す。表 4.2.2 で人件費からオフサイト技術支援費用までが発電直接費用、残りが一般管理関連費用

とされる。

- ・ オンサイトの入件費の構成を表 4.2.3 に示す。この表の各スタッフの必要数を評価することにより算出される費用に、社会保険料及び失業保険料として 10%を加算した費用をオンサイトの入件費とする。
- ・ オフサイトの技術支援費は、平均年収 62,000\$／人（1992 年）を想定し、これに 70%を加算した額とする（10%は社会保険料及び失業保険料、60%は事務所ベース、共通設備及びその他に要する費用）。
- ・ 労働災害保険を含む年金及び共済金は、オンサイト及びオフサイトの入件費の合計の 25%として計算する。
- ・ 年間の規制関連費用は、商業炉初号機ではブロック（ユニット）当り、1992 年\$で 2.8M\$、NOAK プラントで 1.4M\$である。
- ・ 中規模（350 – 700 MWe）の新型原子力プラントの原子力保険は、表 4.2.4 のように見積もることができる。
- ・ 一般管理関連費用は、発電直接費用（オンサイト人件費、保守資材、供給品及び費用、オフサイト技術支援費用）の合計の 15%として算出する。

この方法は、基本的に運転保守コストを構成する各費用を積算する方式であり、評価法として詳細な評価の可能性は高いが、実用化戦略調査研究各概念の運転保守コストを評価するには、費用を積算するためのデータが不充分であるため、適用困難と考えられる。

② OECD/NEA の運転保守コスト調査に提示された日本の方法（文献(2)）

この方法は支出をベースにしたコスト項目に対するもので、その概要は表 5.2.5 に示される。表中、補修コストの内訳は資材費、契約価格とその他の料金から構成され、同じく人件費の内訳は給料・手当、福利厚生費、退職金引当金、訓練費用から、雑費は雑務手当、廃棄物処分コスト（放射性廃棄物除く）、衣服費、補償金、レンタル費、委任事業手数料、損害保険料、臨時費、諸税などから構成されている。

この方法は、運転保守コスト各費用項目を建設コストに対する比率を用いて評価するものである。

評価に使用された比率（r1～r4）は、モデル発電所に性能が近い既存発電所のコスト収集データの平均（建設コストと運転保守コストの比）から求められたものである。この方法により 2000 年運界の 1350MWe の BWR の運転維持費は 1.51 円／kWh と評価されている。（1992 年価値）この時の発電コストは、約 7.4 円／kWh である。

この方法は、職務をベースとしたコスト項目に対する評価法（積算法）より簡便な

方法であり、高速増殖炉の運転保守コストの評価に適用可能と考えられる。コスト項目に対する高速増殖炉と軽水炉の作業内容の比較を行うことにより、コストを評価するための比率を検討する必要がある。

4.3 原子力発電の運転保守コストの実績

参考文献(3)及び(4)には、日本の電力会社9社の財務諸表のデータの調査による、我が国の原子力発電全体の実績ベースの運転保守コストが評価されている。この結果によれば、1996年度実績として、発電コスト 6.96 円／kWh、内運転保守コスト 1.94 円／kWh（発電コストの 28%）、1997年度実績として発電コスト 6.74 円／kWh、内運転保守コスト 1.94 円／kWh（29%）と報告されている。これらの結果は、金利の低下による支払利息の伸びの鈍化と 1990 年以降の新規原子力発電所建設基数の減少による資本費の低下を反映したものと評価されている。また、これらの結果を基に文献(4)で 2010 年の発電コスト予測が行われ、新規の原子力発電所が平成 10 年度電力供給計画に示されるとおり建設される場合（新規建設の原子力発電所建設コスト平均 32.9 万円／kWe、建設予定基数 13 基）、原子力発電全体の発電コスト 6.24 円／kWh に占める運転保守コストは 38% という結果が示されている。これは、資本費は既存炉の原価償却が進み、支払利息も低下することによる低下要因と、炉の新規建設による増加要因を考慮した予測で発電コストに占める割合が減少するのに対し、運転管理費の大きな部分を占める修繕費は炉の経年とともに増加傾向にあることから、発電コストに占める相対的な割合が増加すると予測されたためである。また、同じ予測で運転保守コストの中で大きな割合（運転保守コストの約 60%）を占めている修繕費を 20% 低減させると、その効果は建設コストの 20% 減相当になりうると評価されている。

4.4 まとめ

運転保守コストの項目分類は、職務をベースにしたものと支出をベースにしたものとがある。運転保守コストの評価法は、この分類に従って 2 種類の方法がある。運転保守コストの評価法の内、職務をベースにした項目に対する評価法は費用を積算するためのデータが不十分であるため、高速増殖炉への適用は困難と判断される。一方、支出をベースにした項目について建設コストに対する比率を用いて評価する方法は、高速増殖炉用の比率を検討することにより適用可能と考えられる。

表 4.2.1 運転保守コストのコスト構成項目

運転保守コスト構成項目の分類は、OECD/NEA の "Methods of Projecting Operations and Maintenance Cost for Nuclear Power Plants" (1995 年版) では、以下の 2 つの方法により行われている。

職務をベースとした内訳分類

(1)	運転	
(2)	保守	①保守（矯正的／予防的） ②重大でない改修 ③監視／検査 ④その他
(3)	支援サービス	①燃料取扱い ②原子力発電所の操業に伴い発生する廃棄物の取扱いと除染 ③放射線防護 ④安全解析／許認可 ⑤品質保証／管理 ⑥化学 ⑦コンピュータサービス ⑧調査／研究開発 ⑨運転保守要員の訓練 ⑩物的安全保障 ⑪その他
(4)	発電所の管理	①備品 ②事務所管理 ③記録管理／文書管理 ④通勤／通信 ⑤広報／広告 ⑥賃借料 ⑦年金及び給付金 ⑧その他
(5)	雑費	①付加価値税などの税金 ②規制に要する支出／手数料 ③保険料（原子力責任保険その他） ④発電所サイト外での支援活動に要する諸経費 ⑤その他
(6)	その他の職務	①例外的に行われる大規模な保守作業 · 蒸気発生器交換 · 他の大型機器の交換 · 大掛かりな修理あるいは改修

支出をベースとした内訳分類

(1)	人員	電力会社自身の発電所サイト内の人件費のみ
(2)	資材費	
(3)	外部サービス	下請け業者のサービスに係るコストと電力会社自身による 発電所サイト外の支援サービスに係る人件費を含む
(4)	その他	

表 4.2.2 運転保守コストの勘定項目（除 燃料費）

勘定項目	内 容
人件費（オンサイト）	プラントサイトに割当てられた全ての人員の人件費。 人件費の分類は表 4.2.3 参照
保守用資材	固定費用及び変動費用 通常の保守活動に使用されるハードウェア費用で、建設費には含まれない費用で構成される。
供給品及び費用	固定費用及び変動費用 消耗品及びその他の再生不能な品目から構成される。 <ul style="list-style-type: none"> ・補給流体、薬品、ガス、潤滑材及び事務所・個人支給品、監視・記録用支給品 ・放射性及び非放射性廃棄物の管理費用 ・制御棒及び交換後の反射体／遮へい体の処分費用
技術支援費用 (オフサイト)	全労働時間をプラントサイトに割当てられていない人員の活動に要する費用：例えば安全評価、オフサイトの訓練、環境モニタリング、材料試験、発電計画、燃料検討、及びプラント所有者のプラント直接支援のためのその他のホームオフィスでの活動
年金及び共済金	年金及び共済関連費用、労働災害保険を含む。 オンサイト及びオフサイト人員に対するもの。
規制関連費用	ルーチン的な安全、環境及び保健物理的検査と同様に、NRC の規制関連で発生する年間費用
保険料	営業保険及び政府により課せられる保険、財産損害保険、代替電力保険
一般管理費	一般管理及び関連費用

表 4.2.3 オンサイト人員の構成

Category	Salary 1992 \$/yr.	Number of persons		
		1 Block	2 Blocks	Etc.
Plant manager	122,000			
<u>Administrative Division:</u>				
Manager	85,000			
Environmental control	54,000			
Emergency plant public relations	54,000			
Training	59,000			
Safety and fire protection	50,000			
Administrative services	32,400			
Health services	32,400			
Security	29,100			
Subtotal				
<u>Operations Division:</u>				
Manager	85,000			
Shift supervision	62,600			
Shift operators	52,500			
Results engineering	52,500			
Subtotal				
<u>Maintenance Division:</u>				
Manager	85,000			
Supervision	58,100			
Diagnostic engineering	52,500			
Crafts (Mech., Elect, I&C, ISI)	41,300			
Annualized peak maintenance	41,300			
Annualized refueling	44,700			
Radwaste	41,300			
Quality assurance	44,700			
Planing	44,700			
Grounds and housekeeping	29,500			
Warehouse	38,000			
Subtotal				
<u>Technical Division:</u>				
Manager	85,000			
Reactor engineering	62,600			
Radio chem. and water chem.	58,100			
Licensing and regulatory assurance	53,600			
Engineering	53,600			
Technicians	43,600			
Health physics	44,800			
Subtotal				
Total staff				

*Add 10% to salaries for social security and unemployment insurance premiums.

表 4.2.4 中規模 (300 - 700MWe) 新型原子炉プラントの原子力保険年間費用

	サイト当たりのブロック数			
	1	2	3	4
一般損害賠償責任保険				
Commercial (200M\$)	\$ 600,000	\$ 900,000	\$ 1,200,000	\$ 1,500,000
Self insurance	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
プラント財産損害保険				
1 次系 (500 M\$)	\$ 2,380,000	\$ 3,640,000	\$ 4,900,000	\$ 6,160,000
2 次系 (600 M\$)	\$ 1,200,000	\$ 1,400,000	\$ 1,600,000	\$ 1,800,000
合 計	\$ 4,180,000	\$ 5,940,000	\$ 7,700,000	\$ 9,460,000

表 4.2.5 OECD/NEA の運転保守コスト調査における日本の軽水炉の運転維持費予測

送電端出力当たりの運転維持コスト

プラント出力 (MW)	グロッソ	1350×4
プラント建設コスト (円／kWe)	ネット	285,000

項目	計算式	比率、数値			コスト (円／kWe)
A1 補修コスト	$A1=C*r1$	C	単位建設コスト (万円／kWe)	28.5	3,990
		r1	補修コスト比率 (%)	1.40	
A2 人件費	$A2=C*r2$	C	単位建設コスト (万円／kWe)	28.5	798
		r2	人件費比率 (%)	0.28	
A3 作業特別支払い額	$A3=(A1+A2+A4)*r3$	r3	作業特別支払い額比率 (%)	14.00	1,149
A4 雑費	$A4=C*r4$	C	単位建設コスト (万円／kWe)	28.5	3,420
		r4	雑費比率 (%)	1.20	
			合 計		9,357

発電電力当たりの運転維持コスト

項目	計算式	比率、数値			コスト (円／kWh)
B1 補修コスト	$B1=A1*y/h/(1-f)$	A1	出力当たり補修コスト (¥/kWe)	3990	0.643
		y	割引耐用年数 (年)	15.75	
		h	割引稼動時間 (hr)	101845	
		f	所内負荷率 (%)	4.00	
B2 人件費	$B2=A2*y/h/(1-f)$	A2	出力当たり人件費 (¥/kWe)	798	0.129
B3 作業特別支払い額	$B3=A3*y/h/(1-f)$	A3	出力当り作業特別支払額 (¥/kWe)	1149	0.185
B4 雑費	$B4=A4*y/h/(1-f)$	A4	出力当り雑費 (¥/kWe)	3434	0.553
			合 計		1.510

5. データベースの構築

経済性データは、プラント仕様データ、物量データ、コストデータから構成される。前者 2 種類は、設計作業により創出される設計データであるのに対し、コストデータは、コスト評価のさまざまな考え方に基づき前者のデータを用いながら計算されるデータである。平成 11 年度は、プラント仕様データ及び物量データをそれぞれ表 5.1 及び表 5.2 に示すようなフォーマットのなかに入れ込み、設計データとして保持している。ただし、設計が固まっておらず、物量データを現状でそろえることに意味がないプラントや、概念設計段階で、詳細な設計データが存在しない（未設計）場合は、データベース対象からはずすか、簡易的なフォーマットとした。表 5.3 に鉛炉に関する現状のデータベースを示す。鉛炉は、ナトリウム炉と比較し、詳細な設計データが得られないため、このようなデータとしてまとめた。（一部ナトリウム炉並のデータの得られた設計例もある。）なお、実用化戦略調査研究は、現在各プラントの設計を詳細化している段階であり、設計データの変更が多くなされている。これらのデータは既に最新でない可能性も高く、中間報告としてこのような形でデータベース化したことを報告するにとどめる。なお、これらのデータ（エクセルデータ）は、簡易的に相互にリンクを張ることで、簡易的なデータベースとしている。変更の多いデータを作りこんだデータベースとすることは、データベースの保持・変更自体大きな負荷がかかるため、簡易的なデータベース化を行った。今後 3 章で検討したようなコストデータも付加し、データの充実を図る予定としている。

表5.1 ナトリウム炉における仕様及び物量データベースの例 (1/5)

A	B	C	D	E	F
1	項目	単位	ナトリウム 大型ループ型炉	備考	
2 計算条件	場合項目				
3 電気出力	Mwe		1500		
4 三冷却系ループ数	ループ	2			
5 2次系ループ数	ループ	2			
6 放熱熱除去率	ループ	1			
7 高気発生器の2次系1ループあたり差数	%/ループ	2			
8 高気発生器の差数	%	2			
9 プロジェクト期間	月	46			
10 建設期間	月	4			
11 利子率	%				
12 20 土地及び土地権					
13 201 土地及び土地権の面積	m ²				
14 21 土地面積	m ²				
15 211 廃棄物及び土地改良工事					
16 2111 地改改良工事費の実績					
17 212 土壤掘削容積	m ³	40000	R/Bのみ 0(免課) (地盤構成シート連・鉛錠等付き)		
18 2121 岩盤掘削容積	m ³				
19 2122 塩分等削除容積					
20 213 建物体積	m ³	13700			
21 2131 建物トータル鋼材重量	ton				
22 2132 エクストラベ	m ³				
23 2133 直エクストラベ	m ³				
24 2134 施工鋼リブ表面積	m ²				
25 2135 バルブ銀行表面積	m ²				
26 2136 格納容器リブ表面積	m ²	3900	内寸幅さ6mm		
27 2137 ハチ数	個				
28 2138 機器搬出入プラグ数	m				
29 2139 機器搬出入プラグ数	個				
30 2140 鋼製遮蔽体重量	ton				
31 2141 空気導通孔穴合計	m ³				
32 2142 不活性界面孔穴合計	m ³				
33 2143 NII原子炉補助建物					
34 2144 建物体積	m ³	115000	水平充電室鉄筋シート		
35 2145 换気空洞設備重量	m ³ /h	101000	カバーラー効果を含む		
36 2146 ハセヒ屋根					
37 2147 建物体積	m ³	200000	地下鉄駅舎に付いた地上部構造物、煙突一体式支管構造物		
38 2148 ハセヒ屋根面積			カバーラー効果未検討		
39 2149 建物体積	m ³				
40 2150 放射性廃棄物建物					
41 2151 建物体積	m ³				
42 2152 NII原子炉補助建物					
43 2153 建物体積	m ³				
44 2154 その他の諸般建築物					
45 2155 建物体積	m ³				
46 2156 NII原子炉補助建物					
47 2157 エクストラベ	m ³				
48 2158 排気筒高さ	m				
49 2159 排気筒平均径	m				
50 2160 排気筒基數	基				
51 22 原子炉設備					
52 221 原子炉機器					
53 2211 原子炉容器及び炉底					
54 22111 底容器・熱遮蔽板及び支持板					
55 22112 炉容器重量	ton	145	316FR (φ9.6m, H17.0m, t:30mm)		
56 22113 热遮蔽板重量	ton	35	316FR		
57 22114 支持台重量	ton				
58 22117 原子炉機器					
59 22118 炉心上部機器 インターフェース重量	ton		8回転2分一体吊り下げ方式316FR		
60 22119 炉心上部機器 AP600鋼度量	ton		30 316FR		
61 22120 下部内部構造物 重量	ton				
62 22121 炉心支持機器 重量	ton				
63 22122 水平パッケージ構造物 重量	ton	135	SUS316		
64 22123 炉内貯蔵設備 重量	ton	50	316FR		
65 22124 内部構造物全重量	ton	320	炉心上部機器は炉上部構造に含める		
66 22113 固定遮蔽体及び可動遮蔽体					
67 22114 円周方向可動遮蔽体					
68 22115 固定遮蔽体重量	ton/体	0.62			
69 22116 固定遮蔽体本数	体	96			
70 22117 B4C遮蔽体重量	ton/体	0.36	SUS1層+ZRH1層+B4C1層		
71 22118 B4C遮蔽体数	体	102	(計276体)		
72 22119 ZRH遮蔽体重量	ton/体	0.36			
73 22120 ZRH遮蔽体数	体	108			
74 22121 T774遮蔽体重量	ton/体				
75 22122 T774遮蔽体数	体				
76 22123 中心反射体					
77 22124 重量	ton/体	0.62	SUS		
78 22125 本数	体	1			
79 22126 円周方向固定遮蔽体					
80 22127 固定遮蔽体重量	ton	0			
81 22128 非円筒型B4C遮蔽体重量	ton	0			
82 22129 非円筒型T774遮蔽体重量	ton	0			
83 22130 非円筒型ZRH遮蔽体重量	ton				
84 22131 固定遮蔽体 円筒型					
85 22132 B4C遮蔽体重量	ton				
86 22133 T774遮蔽体重量	ton				
87 22134 炉心構成要請全重量	ton	160			
88 22114 炉上部構造					
89 22115 上部デリゲート材重量	ton	215	熱遮蔽板(SUS)含む 本体は SGV		
90 22116 回転デリゲート材重量	ton	105	同上		
91 22117 回転デリゲート内径長	m	18	直径5.6m		

表5.1 ナトリウム炉における仕様及び物量データベースの例 (2/5)

A	B	C	D	E	F
	項 目		単 位	ナトリウム 大型ループ型炉	備 考
1					
92			ケーブル長さ	100m	
93			炉上部構造全重量	ton	
94 221.2	熱交換器構成		主炉停止棒駆動機構重量	250	ケーブル取扱機械で扱う全ケーブル長
95			後燃炉停止棒駆動機構重量	ton	炉心上部構造、ソールプレートを含む
96			体	42	
97 221.3	配管室内記述		体		
98			出口配管長	mm	
99			出口配管長	m	0
100			流入配管長	mm	0
101			流入配管長	m	0
102			バッフル管長	mm	GD
103			バッフル管長	m	なし
104			配管全长重	ton	0
105 221.5	炉蓋蓋板+ヘビ及び保温材		ガードケーブル重量	ton	
106			保温材表面積	m ²	SGV
107				480	
108 222	主冷却装置				
109 222.1	1次主冷却装置				
110 222.1.1	1次主冷却ポンプ、駆動機器及びドライバ				メカニカルポンプ (IHXと合流)
111			ポンプ構程	mNa	76
112			ポンプ流量	m ³ /min	840
113			駆動装置動力	kW	9300
114			ポンプ出口配管重量	ton	なし
116			ガードベッセル重量	ton	なし
117			ポンプ容積重量	ton	なし
118			ポンプ形状	系	2
119			ポンプ重量	ton	110 55×2本、12Cr鋼
120			モータ重量	ton	7
121 222.12	シットゲート止水		逆止弁口径	mm	なし
122					
123 222.13	中間熱交換器及びドライバ				
124			IHX伝熱面積	m ² /英	4350 12Cr鋼
125			IHX重量	ton	38 12Cr鋼
126			IHX駆動機器	ton	180 支持構造物含む 12Cr鋼
127			管板重量	ton	17 12Cr鋼
128			ガードベッセル重量	ton	0
129			IHX容器重量	ton	なし
130			IHX形状	系	2
131			IHX重量	ton	470 235×2本、径5.0、高さ15.5m
132			リカーブ重量	ton	32 16×2本
133 222.14	1次主冷却配管及び支持装置				
134			H/L配管長	日	50 12Cr鋼 炉内配管を含む
135			配管全長	m	36 18×2ループ
136			M/L配管長	日	なし
137			配管全長	m	
138			C/L配管長	日	34 12Cr鋼 ×2系統 炉内配管を含む
139			配管全長	m	66 33×2ループ
140			配管全重量	ton	52 31×2ループ
141			ヘッド・端子口径	mm	なし
142			ガード・配管全重量	ton	50 25×2ループ
143 222.3	2次主冷却装置				
144 222.3.1	2次主冷却ポンプ及び駆動装置				機械式ポンプ
145			ポンプ構程	mNa	53
146			ポンプ流量	m ³ /min	520
147			駆動装置動力	kW	5300
148			ポンプ形状	系	2
149			ポンプ全重量	ton	140
150 222.3.2	2次主冷却装置、支承装置及び膨張タンク				
151			H/L配管長	日	44 12Cr鋼
152			配管全長	m	32
153			M/L配管長	日	44 12Cr鋼
154			配管全長	m	15
155			C/L配管長	日	44 12Cr鋼
156			配管全長	m	42
157			ヘッド・端子全数	個	なし
158			配管全重量	ton	88 44×2ループ
159			リカーブ全重量	ton	66 33×2ループ
160			膨張タンク全重量	ton	0
161 222.4	漏れ発生装置				
162 222.4.1	蒸気発生装置				
163			型式		一括貫通型
164			伝熱面積	m ² /英	7680 12Cr鋼
165			基部	巻	2
166			SG全重量	ton	810 405×2巻
167			リカーブ重量	ton	40
168 222.4.2	漏れ分離器、船底、荷役構造、カリル水反応生成物収納設備				
169			蒸気ドラム重量+1孔水分离器重量	ton/4~7	
170			再沸騰装置重量	t/h/4~7	
171					860
172					全数
173					IRACS×2+DRACS×1
174					
175					
176					
177					
178					
179					
180 222.5	ナトリウム水反応生成物收納設備(SWRPS)容器、スクリューレーベンク重量				
181					
182					
183					
184					
185					
186					
187					
188 222.5.1	消防切替装置				
189 222.5.1.1	消防熱炉除去系(直接炉からの却炉停運)				
190			除熱容量(自然対流)	MWh	9
191			除熱容量(強制対流)	MWh	27
192			ケーブル数	#7"	3
193 222.5.2	給排水(冷却)装置				

表5.1 ナトリウム炉における仕様及び物量データベースの例 (3/5)

A	B	C	D	F
1	項目	場所	ナトリウム 大型ループ炉	備考
194	除熱容量(自然対流)	MWt	なし	
195	除熱容量(強制対流)	MWt	なし	
196	復水器伝熱面積	m ² /h ⁻¹	なし	
197	A ⁻¹ 段	A ⁻¹	なし	
198	補助給水ポンプ容量	m ³	なし	
199	循環全流量	ton	なし	
200	配管全流量	ton	なし	
201	放射性廃棄物処理設備			
202	液体廃棄物処理装置	系統数	1	
203		液体廃棄物処理量	0.9	
204		m ³ /h		
205	224.2 真体廃棄物処理装置	系統数	1	
206		真体廃棄物処理量	Nm ³ /h	0.7
207		ガス系配管径①	mm	
208		②	mm	
209		③	mm	
210		④	mm	
211		ガス系配管長①	m	
212		②	m	
213		③	m	
214	225.3 固体廃棄物処理装置	固体廃棄物処理量	m ³ /yr	2.3
215				
216	225.4 廉白灰渣及DIP灰渣装置			
217	225.5 燃料投入、貯蔵及び搬出装置	炉心熱出力	MWt	3570
218		燃料出入庫	基	堆定
219		グリッパ洗浄装置	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
220		燃料移送ゴンドラ	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
221		ドアバルブガス置換装置	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
222		炉外燃料炉底炉蓋装置	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
223		炉外燃料炉底炉蓋装置	基	なし
224		使用済み燃料ボルト	基	なし
225		新燃料受入用取扱装置	基	0.5 4炉心分
226		燃料搬出用取扱装置	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
227		燃料貯蔵設備	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
228		燃料貯蔵設備全重量	ton	500
229	225.2 放射性廃棄物収容装置	燃料交換装置	基	堆定
230		炉内中輻装置	基	0.5 ツインプラントで1セットを共用する
231				
232				
233	226.1 在用燃料子房(シルエット)			
234	226.1.1 不活性化燃料投入炉蓋装置	1次燃料ポンプ流量	Nm ³ /h	通常運転時
235	炉 ⁻¹ 流量	2次燃料ポンプ流量	Nm ³ /h	通常運転時
236		電源ガス流量	Nm ³ /h	
237				
238				
239				
240	226.2 炉蓋保護装置	予冷保護面積	m ²	
241				
242	226.3 合成燃料投入、貯蔵、充填及び精化装置	炉蓋冷却大栓流量	KW	17500
243				実は各プラント燃焼炉内を直結して共同供給し
244				
245				
246				
247				
248				
249				
250				
251				
252				
253				
254				
255				
256	226.4 炉蓋保護装置	炉蓋冷却大栓流量	KW	2000
257				
258				
259				
260				
261				
262				
263				
264		炉蓋冷却大栓流量	ton	41
265				
266				
267				
268				
269	226.5 小型炉蓋搬出装置	EVST冷却循環熱割合	%	
270		予冷保護面積(被覆容器面積)	m ²	
271	226.7 燃料炉蓋冷却炉板装置			
272	226.7.1 炉蓋用冷却炉板装置	炉蓋冷却大栓流量	KW	
273				
274	226.7.2 炉蓋冷却炉板装置			
275				
276				
277				
278				
279				
280				
281				
282				
283				
284				
285				
286				
287				
288				
289				
290				
291				
292				
293				
294				
295				
296				
297				
298				
299				
300				
301				
302				
303				
304				
305				
306				
307				
308				
309	227.1 真体廃棄物処理装置	法水槽容積	m ³	
310	227.1.1 ガス吐出し漏れ抑制装置			
311	227.1.2 パシフィック廃棄物及び安全保護系	制御操作室	体	36
312				
313	227.2 真体廃棄物処理装置	運転操作室	室	
314		7#OP 入力点数	点	
315		7#OP 出力点数	点	
316		データ入出力点数	点	4300
317				
318	227.3 放射性廃棄物処理装置	放射性廃棄物搬出部屋数	室	16
319				
320	231.1 ガンダム送信装置			
321	231.2 ガンダム装置			
322	231.3 ガンダム発電機及び応急装置	運転室	m ³	高気圧シリン、495°C、169ata
323				
324		発電量	MWe	1500
325	231.4 高橋			
326		絶縁炉台エリート作積	m ³	
327	231.5 安全防護遮断装置	主導氣流量	ton/hr	\$750
328				
329		主導氣配管		
330		配管径	mm	
331		配管長	m	
332	232.1 蒸気火鏡	建物体積	m ³	なし
333		西回水流量	m ³ /h	
334		配管長	m	
335				

表5.1 ナトリウム炉における仕様及び物量データベースの例 (4/5)

A	B	C	D	E	F
項目		単位	ナトリウム 大型ループ型炉	備考	
336 233	復水装置				
337	重量流量	ton/hr			
338	反応設置クランク付高層クリート体積	m3	Z7t		
339 234	給水加熱装置				
340	給水流量	ton/hr	S750		
341	給水配管				
342	配管径	mm			
343	配管長	m			
344 235	水の他のタービン設備関連				
345					
346					
347 24	外層電気設備				
348 241	周辺設施				
349 241.2	所内専用消防設備				
350	開閉器数	台			
351 242	所内給電用設備				
352 242.1	所内給電用及び起動用変圧器				
353	空圧器数	台			
354	基礎体積	m3			
355 242.2	主変圧器				
356	開閉器数	台			
357	変圧器数	台			
358 242.3	補助電力装置				
359	バッテリ設備(1)	系統			
360	(2)	系統	2		
361	バッテリ容量(1)	Ah/系統			
362	(2)	Ah/系統	1		
363	ディーゼル発電機設備(1)	系統			
364	(2)	系統	2		
365	ディーゼル発電設備容量(1)	kW/系統	10000		
366	(2)	kW/系統	0		
367	インバータ(1)	系統			
368	(2)	系統			
369	(3)	系統			
370	インバータ容量(1)	kVA/系統			
371	(2)	kVA/系統			
372	(4)	kVA/系統			
373 243	起電器				
374 243.1	所内専用				
375	盤数	m			
376 243.2	補助電力及び起動用				
377	盤数	m	2050	制御盤と駆動盤を含む	
378 244	配管設備				
379	放散数	式			
380 245	電気回路構造及び断面形状的特徴				
381 245.1	地下配管用配管				
382	ダクト長さ	m			
383 245.2	ケーブル				
384	レイ長さ	m			
385 245.3	ダクト				
386	ダクト長さ	m			
387 246	動力用及び制御用配管				
388 246.1	各種機器用配管				
389	発電機回路用母線長さ	m			
390 246.2	所内給電用配管				
391	所内給電用動力配管及				
392	母線長さ	km	390		
393	開閉及び計装用配管及				
394	格納容器貯蔵部屋	箇所			
395 25	充電用鉛酸池				
396 251	給送、貯存設備				
397 251.1	タンク及びパイント				
398	一般グレート・フレンジ(1)	ton			
399	(2)	ton			
400	(3)	ton			
401	一般グレート・フレンジ(2)	m			
402	(2)	m			
403	(3)	m			
404	耐震グレート・フレンジ(1)	ton			
405	(2)	ton			
406	(3)	ton			
407	耐震グレート・フレンジ(2)	m			
408	(2)	m			
409	(3)	m			
410	オイド重量(1)	ton			
411	(2)	ton			
412	(3)	ton			
413	シアカーン容量	ton			
414 252	空気・水・蒸気用給装置				
415 252.1	圧縮空気用給装置				
416	エンブレーキ数	台			
417	配管径	mm	3		
418	配管長	m			
419 252.2	エンジニアリング設備				
420	開閉器	台			
421	配管径(1)	mm			
422	(2)	mm			
423	配管長(1)	m			
424	(2)	m			
425 252.3	環状供給装置				

表5.1 ナトリウム炉における仕様及び物量データベースの例 (5/5)

A	B	C	D	E	F
	項 目		単 位	ナトリウム 大型ループ型炉	備 考
1					
426		機器数	台		
427		配管径①	mm		
428		②	mm		
429		③	mm		
430		配管長①	m		
431		②	m		
432		③	m		
433	252.4	補助蒸気設備			
434		機器数	台		
435		配管径①	mm		
436		②	mm		
437		③	mm		
438		配管長①	m		
439		②	m		
440		③	m		
441	252.5	冷却水消防装置			
442		2次主冷却設備及びSG設付蓋下室床面積	m ²		
443	26	特殊材料			
444	261	2次冷却材			
445		カリウム重量	ton		1200
446	262	2次冷却材			
447		カリウム重量	ton		800
448	263	その他の液体			
449		その他の液体の全重量	ton		なし

表5.2 ヘリウムガス炉における仕様及び物量データベースの例 (1/5)

	A	B	C	D	E
		項 目	単 位		備 考
1		総合項目		複数粒子型燃料ヘリウムガス炉	
2	計算条件			850	
3	電気出力	Mwe		3	
4	主冷却系ループ数	ループ		なし	
5	2次系ループ数	ループ		4	
6	列管熱除去系	ループ		なし	
7	高圧発生器の2次系1ループあたり蒸気	蒸気ループ		なし	
8	高圧発生器の基数	基		なし	4ストップン3基
9	プロジェクト期間	月		47	
10	建設期間	月		4	
11	利子率	%			
12	20 土地及び土地権				
13	201 土地及び土地権の面積	土地面積	m ²		
14					
15	21 構築機及び土地改良工事			36000	R/Bのみ O(免査)
16	211 現地改良工事及び施設	土壤掘削容積	m ³		鋼製結構定期
17				51000	
18		岩盤掘削容積	m ³		
19	212 建て物構築物				
20		建物体積	m ³		
21		鋼製トップドーム鋼板重量	ton		
22		エグレート体積	m ³		
23		重シリンダ体積	m ³		
24		燃素鋼引け面面積	m ²		
25		マルチ鋼引け面面積	m ²		
26		格納容器引け面面積	m ²	1100	
27		ルーフ数	個		
28		機器搬出入ブロック数	m		
29		機器搬出入ブロック数	m		
30		鋼製底座重量	ton		
31		空気受用部室容積	m ³		
32		不活性容器室容積	m ³		
33	213 NI原子炉補助建物	建物体積	m ³		水素発生装置等
34				205000	インバント効果を含む
35		換気空調設備容積	m ³ /h	710000	
36	214 チーピング建物	建物体積	m ³		地下貯蔵池等+地上貯蔵池等+堆積一時貯持構造等
37					NI原子炉補助建物に含む
38	215 射水や火災警報建物	建物体積	m ³		NI原子炉補助建物に含む
39					NI原子炉補助建物に含む
40	216 防射化廃棄物建物	建物体積	m ³		NI原子炉補助建物に含む
41					NI原子炉補助建物に含む
42	217 NI原子炉建物	建物体積	m ³		NI原子炉建物に含む
43					NI原子炉建物に含む
44	218 その他の施設建物	建物体積	m ³	14000	固废物貯蔵+焼却炉+淡水供給建屋
45					
46	219 ジック	エグレート表面体積	m ³		原子炉建屋に付属
47					
48		排気筒高さ	m		
49		排気筒平均径	m		
50		排氣筒基數	基		
51	22 原子炉設備				
52	221 原子炉建屋				
53	221.1 原子炉建屋及び付属品				
54	221.11 延長部、新造部及び改修部	炉空器運量	ton		高C鋼 (47.8m, H24.5m)
55		燃透設置運量	ton		
56		支持台運量	ton		
57				810	原子炉容器支持構造
58	221.12 原子炉構造物	炉心上部機構 Iコア718重量	ton		回転アーチ形吊り下げ方式コル型UIS
59				316P	
60		炉心上部機構 マルチスラスター	ton		
61		下部内壁機構運量	ton		
62		炉心支持機構運量	ton		
63		水平パッフル機構運量	ton		
64		炉内の吸収器運量	ton		
65		炉内構造物運量	ton		
66	221.13 固定遮蔽体及び可動遮蔽体				320 炉心上部機構は炉上部構造に含める
67	円周方向可動遮蔽体				
68		鋼製遮蔽体運量	ton/体		
69		鋼製遮蔽体本数	体		
70		B4C遮蔽体運量	ton/体		
71		B4C遮蔽体本数	体		
72		ZrH遮蔽体運量	ton/体		
73		ZrH遮蔽体本数	体		
74		ケラフィ特遮蔽体運量	ton/体		
75		ケラフィ特遮蔽体本数	体		
76	中心反射体				SUS
77		重量	ton/体		
78		本数	体		
79	円周方向固定遮蔽体				
80		鋼製遮蔽体運量	ton	0	
81		非円筒型B4C遮蔽体運量	ton	0	
82		非円筒型ZrH遮蔽体運量	ton	0	
83		非円筒型ケラフィ特遮蔽体運量	ton		
84	固定遮蔽体-円筒型	B4C遮蔽体運量	ton		
85		ケラフィ特遮蔽体運量	ton		
86		炉心構成要素全運量	ton		
87				160	
88	221.14 炉上部構造	上部ドット構造材運量	ton		
89		回転アーチ構造材運量	ton		
90		回転アーチ円周長	m		
91		ケーブル取扱機長さ	100m		ケーブル取扱機長さで扱う全ケーブル長
92					

表5.2 ヘリウムガス炉における仕様及び物量データベースの例 (2/5)

A	B	C	D	E
I	項目	単位	被覆粒子型燃料ヘリウムガス炉	備考
93	炉上部構造全重量	ton		
94 221.2	新開炉遮蔽機構			炉心上部機構を含む
95	主炉停止遮蔽動機構成数	体	30	
96	後備炉停止遮蔽動機構成数	体	6	
97 221.3	炉内配管			
98	出口配管径	mm	0	
99	出口配管長	m	0	1次系配管に含める
100	注入配管径	mm	0	
101	注入配管長	m	0	
102	バッフル配管	mm	なし	
103	バッフル管長	m	なし	
104	配管全重量	ton	0	
105 221.5	炉内遮蔽ガラス及び保護材			
106	ガラス及び保護材重量	ton	なし	
107	保護材表面積	m ²		
108 222	主冷却装置			
109 222.1	1次生命冷却装置			
110 222.1.1	1次主冷却炉、周辺装置及びポートベイ			
111	ポンプ揚程	mNa	なし	
112	ポンプ流量	m ³ /min	なし	
113	周勧装置動力	kW	なし	
114	ポンプ出口配管流量	ton	なし	
116	ガードベッセル重量	ton	なし	
117	ポンプ容器重量	ton	なし	
118	ポンプ効率	%	なし	
119	ポンプ重量	ton	なし	
120	モータ重量	ton	なし	
121 222.1.2	コントローラ上室			
122	吸止弁口径	mm	なし	
123 222.1.3	中间絶縁装置及びポートベイ			
124	IHX伝熱面積	m ² /基	なし	
125	IHX管重量	ton	なし	
126	IHX銅重量	ton	なし	
127	管板重量	ton	なし	
128	ガードベッセル重量	ton	なし	
129	IHX容器重量	ton	なし	
130	IHX各部	%	なし	
131	IHX全重量	ton	なし	
132	エコーグラム重量	ton	なし	
133 222.1.4	火主冷却装置及び支用装置			
134	H/L配管径	mm	1900	内容：炉内配管を含む 34-7'
135	配管全长	m	5	
136	M/L配管径	8	なし	
137	配管全長	m	なし	
138	C/L配管径	mm	2500	外壁：炉内配管を含む 34-7'
139	配管全長	m	なし	
140	配管全重量	ton	なし	
141	エコーグラム手口径	mm	83	
142	ケーブル配管全重量	ton	なし	
143 222.3	2次主冷却装置			
144 222.3.1	火主冷却装置及び周辺装置			
145	ポンプ揚程	mNa	なし	
146	ポンプ流量	m ³ /min	なし	
147	周勧装置動力	kVA	なし	
148	ポンプ効率	%	なし	
149	ポンプ全重量	ton	なし	
150 222.3.2	2次主冷却装置、支持構造及び拘束タック			
151	H/L配管径	8	なし	
152	配管全长	m	なし	
153	M/L配管径	8	なし	
154	配管全長	m	なし	
155	C/L配管径	8	なし	
156	配管全長	m	なし	
157	エコーグラム手口全長	mm	なし	
158	配管全重量	ton	なし	
159	エコーグラム全重量	ton	なし	
160	配管クランク全重量	ton	0	
161 222.4	水素発生器装置			
162 222.4.1	水素発生器			
163	型式		なし	
164	伝熱面積	m ² /基	なし	
165	管重量	ton	なし	
166	胴重量	ton	なし	
167	管板重量	ton	なし	
168	Na入口管/リングヘッド	ton	なし	
169	内外シュラウド	ton	なし	
170	伝熱管支持	ton	なし	
171	支持フランジ	ton	なし	
172	基盤	%	なし	
173	SG全重量	ton	なし	
174	エコーグラム重量	ton	なし	
175 222.4.2	水分子捕集器、解説、角膜球状膜、特に水反応生成物容纳装置			
176	高圧ドーム重量・水分子捕集器重量	ton/4-7'	なし	
185	再循环流量	m ³ /min/4-7'	なし	
186	水反応生成物吸納装置(SWRPS)容器、カット及びフレーティング重量	ton	なし	
195 223	結晶炉石冷却特機			

表5.2 ヘリウムガス炉における仕様及び物量データベースの例 (3/5)

	A	B	C	D	E
1		項目	単位	特種社子型発行ヘリウムガス炉	備考
196	223.1	周界熱路床深(壁際熱の冷却装置等)			
197		除熱容量(自然対流)	MWt	18	
198		除熱容量(強制対流)	MWt	22.5	
199		コイル伝熱面積	m ²		
200		トーピ数	トーピ	4	
201		DHA重量	ton		
202		ポンプ重量	ton		
203		配管全重量	ton		
204	223.2	補助給水冷却装置(PAC5)			
205		除熱容量(自然対流)	MWt	なし	
206		除熱容量(強制対流)	MWt	なし	
207		循水部伝熱面積	m ² /トーピ	なし	
208		トーピ数	トーピ	なし	
209		補助給水タンク容量	m ³	なし	
210		罐蓋全重量	ton	なし	
211		配管全重量	ton	なし	
212	224.	放射性廃棄物処理設備			
213	224.1	液体廃棄物処理設備			
214		系統数	系統	1	
215		液体廃棄物処理量	m ³ /h	0.6	
216	224.2	気体廃棄物処理設備			
217		系統数	系統	1	
218		気体廃棄物処理量	Nm ³ /h	0.7	
219		ガス系配管径(1)	mm		
220		(2)	mm		
221		(3)	mm		
222		ガス系配管長(1)	m		
223		(2)	m		
224		(3)	m		
225	225.1	固体廃棄物処理設備			
226		固体廃棄物処理量	m ³ /yr	1.2	
227	225.2	燃料取扱及/前処設施			
228	225.1	燃料受入、貯蔵及び排出設備			
229		炉心熱出力	MWt		
230		燃料出入口	本	7800	指定
231		グリッパ洗浄装置	基	0.5	ツインプラントで1セットを共用する
232		燃料移送ボット	基	なし	
233		ドアバルブガス置換装置	基	0.5	ツインプラントで1セットを共用する
234		炉外燃科貯蔵中絶装置	基	なし	
235		炉外燃料貯蔵中絶装置	基	なし	
236		使用済み燃料プール	基	0.5	4炉分
237		新燃料受入貯蔵設備	基	0.5	ツインプラントで1セットを共用する
238		燃料搬出荷場	基	0.5	ツインプラントで1セットを共用する
239		燃料取扱設備全重量	ton	300	目標
240	225.2	格納容器内燃料移動設備			
242		燃料交換機	基	0.5	
243		炉内中继装置	基	1	
244	226.	その他の炉内システム			
245	226.1	不活性ガス注入及び処理設備			
246		ガス流量			
247		1次フロンガス流量	Nm ³ /h	なし	
248		2次フロンガス流量	Nm ³ /h	なし	
249		空調ガス流量	Nm ³ /h	なし	
272	226.2	天然ガス装置			
273		予熱保温面積	m ²		予熱設備はなし
274	226.3	冷却材受入、貯蔵、充填及び純化設備			
275		プラントの冷却材量	ton	16	
276		冷却材充填装置		1600	
277		冷却材純化装置	kg/h		
278		CV内露因気置換装置			
279		EVST冷却塔(風除熱装置)	%		
280	226.5	冷却材循環ポンプ			
281		予熱保温面積(放電保安器面積)	m ²		なし
282	226.7	原子炉内備機合切装置			
283	226.7.1	非常用冷却水装置			
284		精膜冷却水流量	m ³ /h	6000	
291	226.7.2	異常警報及び冷却装置			
292					
317	226.8	保守・修理設備			
318	226.8.2	外物除去及び除油装置			
319		洗浄槽容積	m ³		なし
320	227.	分別粉砕設備			
321	227.1	J'95粉砕粉砕設備			
322	227.1.4	J'95粉砕粉砕及び粉砕設備			
323		制御操作部	体	36	
324	227.2	データ処理及び表示設備			
325		運転員操作室	室		
326		7102'入力点数	点		
327		7102'出力点数	点		
328		データ入出力点数	点	3700	
329	227.3	放射線監視設備			
330		放射線監視装置位置数	室	16	
331	23	ナビゲーション装置			
332	231	ナビゲーション装置			
333	231.1	ナビゲーション装置			
334		型式			シリアルナンバー、7℃、6MPa
335		発電量	MWh	850	
336	231.2	基底			
337		掘削開拓エリート作積	m ³		
338	231.3	去路辅助点検			

表5.2 ヘリウムガス炉における仕様及び物量データベースの例 (4/5)

A	B	C	D	E
	項目	単位	技術仕様書別ヘリウムガス炉	備考
339	空気流量	ton/hr	3430	
340	主空気配管	mm	なし	
341	配管径	m	なし	
342	配管長	m	なし	
343 233	導体容積	m ³	なし	
344	導体容積	m ³ /h	なし	
345	導体流量	m ³ /h	なし	
346	配管長	m	なし	
347 233	導水装置	ton/hr	なし	
348	重量流量	ton/hr	なし	
349	屋外位置シングル回転コントローラー	m ³	なし	
350 234	給水装置	ton/hr	なし	
351	給水装置	ton/hr	なし	
352	給水配管	mm	なし	
353	配管径	m	なし	
354	配管長	m	なし	
355 235	その他のターン開閉装置	kg/23セグメント数	なし	
356	重量	kg	3	
357	重量	ton/基	3	
358 24	荷重算定装置		なし	
359 241	開閉装置		なし	
360 241.2	所内給電用開閉装置		なし	
361	開閉器数	台	なし	
362 242	所内給電用化粧		なし	
363 242.1	所内給電用及外部給電用交換装置		なし	
364	変圧器数	台	なし	
365	系固体積	m ³	なし	
366 242.2	コンバータ		なし	
367	開閉器数	台	なし	
368	変圧器数	台	なし	
369 242.3	消防能力装置		なし	
370	バッテリ設備数(1)	系統	なし	
371	(2)	系統	なし	
372	バッテリ設備容量(1)	Ah/系統	なし	
373	(2)	Ah/系統	なし	
374	ディーゼル発電設備個数(1)	系統	2	
375	(2)	系統	0	
376	ディーゼル発電設備容量(1)	kW/系統	5500	
377	(2)	kW/系統	なし	
378	インバータ数(1)	系統	なし	
379	(2)	系統	なし	
380	(3)	系統	なし	
381	コンバータ容量(1)	kVA/系統	なし	
382	(2)	kVA/系統	なし	
383	(3)	kVA/系統	なし	
384 243	蓄電池		なし	
385 243.1	制御盤		なし	
386	端子数	m	なし	
387 243.2	運動能力及び保守性	端子数	なし	1600 制御盤と動力盤を含む
388	端子数	面	なし	
389 244	端子数	端子数	なし	
390	端子数	式	なし	
391 245	電気回路構成件及び配線回路装置		なし	
392 245.1	地上配線用ワイヤ		なし	
393	ケーブル長さ	m	なし	
394 245.2	ケーブル長さ	m	なし	
395	ケーブル長さ	m	なし	
396 245.3	ケーブル		なし	
397	ケーブル長さ	m	なし	
398 246	動力用及び制御用配線		なし	
399 246.1	蓄電池用配線		なし	
400	発電機回路用母線長さ	m	なし	
401 246.2	所内給電用配線	所内給電用動力配線長さ	なし	
402		田畠長さ	なし	
403		m	なし	
404		m	なし	
405		格納容器貯蔵部屋	なし	
406 25	荷重用吊り装置		なし	
407 251	吊法、荷重装置		なし	
408 251.1	カーフ及びブレット	一般カーレット・カーン容量(1)	ton	
409		(2)	ton	
410		(3)	ton	
411		(4)	ton	
412		一般カーレット・カーン&カーレット	m	
413		(2)	m	
414		(3)	m	
415		耐震カーレット・カーン容量(1)	ton	
416		(2)	ton	
417		(3)	ton	
418		耐震カーレット・カーン&カーレット	m	
419		(2)	m	
420		(3)	m	
421		モータ容量(1)	ton	
422		(2)	ton	
423		(3)	ton	
424		シニアターン容量	ton	
425 252	空気・水・高気供給装置		なし	
426 252.1	正規空氣供給装置	エアーレイ数	台	
427		配管径	mm	
428				3

表5.2 ヘリウムガス炉における仕様及び物量データベースの例 (5/5)

A	B	C	D	E
I	項目	単位	技術仕様ヘリウムガス炉	備考
429	配管長	m		
430 252.2	アクセサリ水設備			
431	機器数	台		
432	配管径①	mm		
433	②	mm		
434	配管長①	m		
435	②	m		
436 252.3	通常消防栓			
437	機器数	台		
438	配管径①	mm		
439	②	mm		
440	③	mm		
441	配管長①	m		
442	②	m		
443	③	m		
444 252.4	消防蒸気設備			
445	機器数	台		
446	配管径①	mm		
447	②	mm		
448	③	mm		
449	配管長①	m		
450	②	m		
451	③	m		
452 252.5	冷却噴火設備			
453	2次主冷却設備及びSG換熱器下室床面積	m ²		なし
454 26	特殊材料			
455 261	1次冷却材			16
456	1次冷却材	kg流量	ton	
457 262	2次冷却材	kg流量	ton	なし
458	2次冷却材	kg流量	ton	
459 263	その他の液体	その他の液体の全重量	ton	なし
460				

表5.3 鉛炉における簡易仕様及び物量データベースの例 (1/2)

メーカー設備分類	項目	入力内容	単位	入力欄(物量)	備考
中型タンク式鉛冷却炉					
一般	熱出力	出力	MW	1000	
	電気出力	出力	MW	400	
	冷却系ループ数	数	ループ	8	
	崩壊熱除去系ループ数	数	ループ	4	
	全プロジェクト期間	月	月	12	
	建設期間	月	月	12	
	利子率	率	%	4	
原子炉構造	原子炉構造全重量	重量	ton		
	炉容器	重量	ton	236	
	炉容器	仕様			別表
	炉内構造物	全重量	ton	250	
	炉内構造物	仕様			別表
	遮蔽体本数	全本数	本	138	
	遮蔽体仕様	仕様			別表
	炉上部構造(ふた)	重量	ton	370	
	炉上部構造(ふた)	回転プラグ円周長	m	12.6	
	炉上部構造(ふた)	仕様			別表
	制御棒駆動機構	主炉停止系本数	本	32	反射棒
	制御棒駆動機構	後炉停止系本数	本	6	炉停止棒
	ガードベッセル	重量	ton	84	
	その他断熱材	種別/重量	ton		
冷却系	冷却系全重量	重量	ton		
	ポンプ	仕様			別表
	ポンプ揚程	mPb		2.8	
	ポンプ流量	m³/min		35	
	駆動装置動力	kW		3500	
	ガードベッセル全重量	ton			なし
	ポンプ容器全重量	ton			なし
	ポンプ容器全高	m			なし
	ポンプ容器内径	m			なし
	ポンプ本数	基		8	
	ポンプ全重量	ton		64	全蒸気分/電気部品分は160t除く
	外管外径	mm			なし
	外管肉厚	mm			なし
	外管全長	m			なし
	外管全重量	ton			なし
	内管外径	mm			なし
	内管肉厚	mm			なし
	内管全長	m			なし
	内管全重量	ton			なし
	配管ループ数	数			なし
	ガード配管全重量	ton			なし
	その他配管	種別			なし
	仕様				別表
SG	伝熱面積	m²/基		681/8	
	管重量	ton		20	
	銅重量	ton		9.7	
	管板重量	ton		3.8	
	Na入口管/リングヘッド	ton		4.5	
	内外シラウド	ton		11	
	伝熱管支持	ton		5	
	支持フランジ	ton		1	
	基數	基		8	
	SG全重量	ton		440	全基分
	冷却管全重量	ton			全基分
	仕様				別表
崩壊熱除去系	除熱容量(自然対流)	MWt		12	
	除熱容量(強制対流)	MWt		48	12×4
	ループ数	ループ		4	
	熱交換伝熱面積	m²/ループ			
	機器全重量	ton			
	配管全重量	ton			
燃料取扱系	燃料取扱系全重量	重量	ton		
	各取扱機器基數	基數	基		
	各取扱機器重量	重量	ton		
	燃料交換機基數	基數	基	1	
	燃料交換機全重量	全重量	ton	20	
	燃料出入機基數	基數	基	1/4	
	燃料出入機全重量	全重量	ton	62	
タービン発電機	発電機仕様	仕様			別表
	主蒸気流量	流量	ton/hr	6400	
	補助電気設備	DG基數	基		
	補助電気設備	DG容量	kw/基		
	バッテリ設備	基數	基		
	バッテリ設備	容量	Ah/基		
電気/計装	計装点数	点数	点	3500	
	冷却材純度監視設備仕様	仕様			別表
	冷却材漏洩検出設備仕様	仕様			別表
その他設備	液体廃棄物種別	種別			

表5.3 鉛炉における簡易仕様及び物量データベースの例 (2/2)

液体廃棄物処理量	処理量	m ³ /h	0.9	
ガス廃棄物種別	種別			
ガス廃棄物処理量	処理量	Nm ³ /h	0.9	
固体廃棄物種別	種別			
固体廃棄物処理量	処理量	ton/yr	10	
各種ガス種別	種別			
冷却材カバーガス流量	流量	Nm ³ /h		種別：アルゴン、He 等
雰囲気置換ガス流量	流量	Nm ³ /h		種別：窒素等
機器冷却ガス流量	流量	Nm ³ /h		ガス種別/機器種別
搾機冷却水流量	流量	m ³ /h		機器種別
予熱設備仕様	仕様	別表		予熱方法
冷却材インベントリ	重量	ton	8000	
純化系仕様	仕様	別表		純化方法
保守・補修設備	仕様	別表		除染方法/除染槽等容積
建物・構築物/土木				
全敷地面積	面積	m ²		
土壤掘削容積	容積	m ³		
岩盤掘削容積	容積	m ³		
原子炉建屋容積	容積	m ³	146000	4基分
原子炉補助建屋容積	容積	m ³	19000	制御建屋
原子炉建屋仕様	仕様			
建屋種別	全建屋数	個	5	
建屋A	容積	m ³		建屋ごとに記載のこと
建屋B	容積	m ³		建屋ごとに記載のこと
スタック	個数	個		
スタック	高さ	m		
スタック	径	m		

表5.3 別表 鉛炉における簡易仕様例 (1/3)

A	B	C
中型タンク式鉛冷却炉		
1		項目
2 勘定項目番号	名称	
3 21. 構築物及び土地改良工事		土地及び護岸工事
4 211. 現地改良工事及び施設		
5 212. 原子炉格納施設		
6 212.1 建物の基本構造物		矩形鉄筋コンクリート造鋼製ライナー付ガードベッセル 容積 2500m3(一基)
7 212.2 建物のサービス設備		
8 213. NI原子炉補助建物		水平免震型(1次、水蒸気系、燃取系) 鉄筋コンクリート造 150000m3(4基)
9 213.1 建物の基本構造物		
10 213.2 建物のサービス設備		なし
11 214. タービン建物		
12 214.1 建物の基本構造物		地下部鉄筋コンクリート 地上部鉄骨造 容積206000m3
13 214.2 建物のサービス設備		あり
14 215. ディーゼル発電機建物		
15 215.1 建物の基本構造物		原子炉補助建屋 鉄筋コンクリート造 暫定価90000m3(8基)に含む
16 215.2 建物のサービス設備		原子炉補助建屋に含む
17 216. 放射性廃棄物建物		
18 216.1 建物の基本構造物		原子炉補助建屋に含む
19 216.2 建物のサービス設備		原子炉補助建屋に含む
20 217. NI保守・補修建物		
21 217.1 建物の基本構造物		原子炉補助建物に含む
22 217.2 建物のサービス設備		原子炉補助建物に含む
23 218. その他の諸設備建物		
24 218.1 建物の基本構造物		あり
25 218.2 建物のサービス設備		あり
26 219. スタック		あり
27 22. 原子炉設備		
28 221. 原子炉機器		
29 221.1 原子炉容器及び付属品 炉容器及び支持台		下記に示す 原子炉容器内径(円筒部) 5 m 原子炉容器直径(球体部) 10.8 m 肉厚 膜40/鏡板55 mm 全高 15.5 m 材質 高クロム鋼 スカート支柱構造 材質 Mod. 9Cr-1Mo
30 31	炉内構造物等 原子炉構造物 固定遮蔽体及び可動遮蔽体	固定しゃへい体 材質 SUS, B4C 138体
32	炉上部構造	上部デッキ 型式 単回転プラグ 支持方式 ベデスタイル固定方式 熱遮蔽方式 平板積層方式 最大径 13800 mm 全高 1000 mm 材質 鋼 主炉停止系 浮力による挿入 スプリングによる加速方式 6体 炉心制御 反射体制御方式 42体
33	221.2 制御棒駆動機構	
34	221.5 炉容器ガードベッセル及び保温材	下部鉢(レンガ方式) ライナー 6mm レンガ肉厚 60mm×2 内径 11180 mm 全高 4600 mm 上部ガードベッセル 肉厚 30 mm 内径 10380mm 全高 10400mm 材質 空心レンガ
35	222. 主冷却設備	
36 37 222.1 1次主冷却設備		あり

表5.3 別表 鉛炉における簡易仕様例 (2/3)

	A	B	C
1	勘定項目番号	名称	項目
			中型タンク式鉛冷却炉
38		1次循環ポンプ、駆動装置及びガードベッセル	型式 SG合体電磁ポンプ 基数 8 冷却材流量 35m ³ /min 定格揚程 2.8kg/cm ² 容量3500kVA ダブルステータEMP ステータ長 3800mm
39		コールドレグ逆止弁	なし
40		1次冷却系配管	なし
41		中間熱交換器及びガードベッセル	なし
42	222.3	2次主冷却設備	なし
43		2次主循環ポンプ及び駆動装置	なし
44		2次主冷却配管、支持装置及び膨張タンク	なし
45	222.4	蒸気発生器設備	あり
		蒸気発生器	型式 一体貫流ヘリカルコイル型 基数 8基 交換熱量 125MWt/基 伝熱管材質 Mod.9Cr-1Mo 本数 78本 コイル層数 7(9,10,11,11,12,12) 伝熱面積 681 m ²
46			
48	223.	補助炉心冷却設備	
49		直接炉心冷却設備	SGHRS: 基数 4基 除熱量 12MWt
50		完全共用方式補助炉心冷却設備	なし
51	224.	放射性廃棄物処理設備	
52		液体廃棄物処理設備	系統数 1 (共用設備) 処理方式 蒸発濃縮法
53		気体廃棄物処理設備	系統数 1 (共用設備) 処理方式 活性炭ホールドアップ方式
54		固体廃棄物処理設備	濃縮廃液貯蔵タンク 使用済樹脂貯蔵タンク 固化装置 液空装置
55	225.	燃料取扱及び貯蔵設備	
56		燃料受入、貯蔵及び搬出設備	燃料交換装置、グリッパ洗浄装置、燃料移送ポット、ドアバルブガス置換系、炉外燃料貯蔵設備、 使用済燃料プール 新燃料受入貯蔵設備 燃料搬出入設備
			共用化可能設備
57		燃料容器内燃料取扱設備	燃料交換機 炉内中経装置
58	226.	その他原子炉プラント設備	
59		不活性ガス受入及び処理設備	1次アルゴンガス系 2次アルゴンガス系 アルゴンガス供給系 窒素ガス供給系
60		予熱保温設備	
61		冷却材受入、貯蔵、充填及び純化設備	鉛純化系 鉛供給系
62		冷却材純度監視設備	あり
63		ナトリウム漏洩検出設備	あり
64		原子炉設備補助冷却設備	淡水系 熱輸送量 kcal/h 海水系 熱輸送量 kcal/h
65		保守・補修設備	保守・補修及び検査設備 鉛除去及び除染設備
66	227.	計測制御設備	
67		プロセス計測制御設備	炉内計装設備 主冷却系計測制御設備 蒸気発生器計測制御設備 プラント制御設備及び安全保護系
68		データ処理及び表示設備	あり
69		放射線監視設備	あり
70	23.	タービン発電機設備	
		タービン発電機	電気出力 80万kWe 主タービン TC4F-35 主送気流量 6.4×10 ⁶ kg/h
71			

表5.3 別表 鉛炉における簡易仕様例 (3/3)

A	B	C
勘定項目番号	名称	項目
1		中型タンク式鉛冷却炉
2		
72	循環水設備	あり
73	復水設備	あり
74	給水加熱設備	あり
75	その他のターピン設備機器	
76	計測制御設備	
77	供給空気設備	
78	開閉設備	あり
79	所内給電用設備	所内給電用及び起動用変圧設備 ユニットサブステーション 補助電力設備
80	所内給電用及び起動用変圧設備	あり
81	ユニットサブステーション	あり
82	補助電力設備	あり
83	配電盤	制御盤 補助電力及び信号盤
84	防護設備	あり
85	電気関係構築物及び配線収納設備	地下配線用ダクト ケーブルトレイ コンジット
86	動力用及び制御用配線	発電機回路用配線 所内給電用配線
87	発電用堆設備	
88	輸送・荷役設備	クレーン及びホイスト その他の輸送設備
89	空気・水・蒸気供給設備	
90	圧縮空氣設備	あり
91	プラントサービス水設備	あり
92	通常消化設備	あり
93	補助蒸気設備	あり
94	ナトリウム消化設備	
95	通信設備	あり
96	家具及び備品	あり
97	特殊材料	
98	1次冷却材	鉛
99	2次冷却材	水・蒸気系

6. まとめ

本報告書では経済性データに関し、中間報告として、各プラントの物量を示すとともに、物量と経済性の考え方を簡単に記述した。また、ナトリウム炉に関しては、物量をもとに簡易的にコスト評価する経済性コードS C E S - F B R を用いて経済性を評価した。これらのデータは順次データベース化される予定であるが、設計自体が現状進行中であり、最終的には平成12年度設計が完了した段階で、整合性の取れたデータベースとして整備する予定である。

7. 参考文献

- 1) 一宮 正和 他、60 万 kW_e 級プラントの設計研究成果報告書—経済性評価及び図面集一、PNC TN9410 92-353、1992 年 11 月
- 2) FBR リサイクル経済性評価ワーキンググループ、MOX 燃料サイクルの経済性評価—FBR リサイクル経済性評価ワーキンググループ報告書一、PNC ZN9410 96-267、1996 年 7 月
- 3) 米川 強 他、FBR 経済性評価システムの開発(Ⅱ)—建設費評価手法の検討一、PNC TN9410 88-177、1988 年