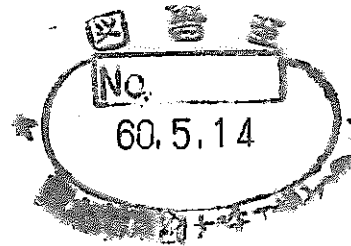


| 区 分 変 更 | |
|---------|-----------------|
| 変更後資料番号 | 1111 |
| 決裁年月日 | 平成13年11月30日 |

高速増殖炉建設費低減の段階的アプローチの検討



1985年3月

動力炉・核燃料開発事業団
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番地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)



社 内 一 般

PNC/TN942 85-02

1985年3月

高速増殖炉建設費低減の段階的アプローチの検討

* *
奈良義彦, 土屋毎雄

要 旨

高速増殖炉技術開発に関する長期展望の検討の一環として建設費低減の段階的アプローチについて検討を試みた。実用炉に続いて2段階の実用移行炉を設定し、各段階において適用すべき技術項目を検討した。

検討の主な内容は以上の通りである。

- (1) 実用化への3つの段階の想定
- (2) 原子炉建屋の概念
- (3) 耐震概念とプラント温度条件
- (4) 3つの段階のプラント概念

この構想案は、その後開発調整室を中心に作成されたFBR本部高速増殖炉中長期計画全体構想の検討資料のひとつとして利用された。

目 次

| | |
|---------------------------|---|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 実用化への3つの段階の想定 | 2 |
| 3. 原子炉建家の概念 | 2 |
| 4. 耐震概念とプラント温度条件 | 2 |
| 5. 3つの段階のプラント概念(原案) | 3 |
| 6. 3つの段階のプラント概念の修正案 | 3 |
| 7. あとがき | 4 |

参考文献

- 添付資料 (1) 建設費低減の段階目標(59.8.24 堀, 開発調整室メモ)
- (2) 高速増殖炉研究開発中長期計画(PNC 1201 84-01, 59.12)
—全体構想B, 高速増殖炉実用化のビジョン
- (3) 同, 別添2, FBR建設費低減目標と段階的アプローチ

1 . はじめに

高速増殖炉（FBR）実用化の長期ビジョンの作成に関連して、開発調整室からFBR技術開発構想に関する検討の依頼があり、それまでの検討資料をもとにFBR建設費低減の段階的目標の構想案をとりまとめた。この構想案はその後開発調整室を中心に検討され、FBR本部としての中長期計画案の中に、FBR実用のビジョンとして組入れられている。

本報告は、初期の構想案（第2～5節）および修正案（第6節）をまとめたものである。

2. 実用化への3つの段階の想定

まず、開発調整室の構想（添付資料-1）に沿って、ターゲットプラントの設定と、それに到る段階的建設費低減プロセスを想定し、それぞれの段階のプラントをD₁、D₂、D₃と定義した。

各段階における建設費（軽水炉との相対コスト）を、もんじゅ経験を踏まえて、段階的に低減させることとし、それぞれの出力規模と工程を想定した。

その結果を図1に示す。

3. 原子炉建家の概念

前節の想定目標（図1）を実現するために、まず、建設費の目安となる原子炉建家の概念を描いた（表1）。

基本寸法は、軽水炉をベースに、建設費が建家容積に比例するという単純な仮定のもとに算出した（付録1）。

第3段階のD₃プラントでは少なくとも、過度の仮想的事故は回避できると想定し、技術的条件を緩和させ、角型建家のコンファインメント構造が可能とした。

4. 耐震概念とプラント温度条件

FBR機器の建設費低減には、耐震条件の緩和が重要であると判断し、一例として、原子炉容器据付面における床応答を0.5g程度に抑えることとして、建家免震の利用を想定した（表2の(a)）。

プラント温度条件については、もんじゅ及びそれ以降の技術動向の推移を勘案し、プラント効率向上によるコスト低減効果を利用することとし、主蒸気温度を高めにとることを想定した（表2の(b)）。

5. 3つの段階のプラント概念（原案）

上述の大枠の想定のもとに、これまでの検討蓄積を利用して、各段階でのプラント概念の想定を行なった。結果を表3に示す。

最後に、第3段階のD₃プラントの（2次系削除ハイブリッド型）のプロットプランを作成した。

ここで利用した、これまでの検討蓄積は次の通りである。

- (1) 長期FBR技術開発の展望⁽²⁾（付表A.2）
- (2) ハイブリッド型LMFBRの概念⁽³⁾（付図A.1, A.2）
- (3) 2次系削除概念の検討⁽⁴⁾
- (4) 日本の実用化戦略⁽⁵⁾（付図A.3）
- (5) 実用化小委員会提出資料⁽⁶⁾（動燃図作成, 1983.2）（付表A.3）

6. 3つの段階のプラント概念の修正案

第2～5節で構築した原案および開発調整室作成の構想案（添付資料-1）をもとに、検討し（注1）、表3の各段階のプラント概念の修正案（表4）を作成した。

表3からの主な変更点は、D₁からD₂への技術のレベルアップに関するものである。このステップでコストを1.8×LWRから1.3×LWRとするためには、D₂において原案以上の技術のレベルアップが必要と判断し、この段階から建家免震、コンファインメント型角形コンクリート製原子炉建家、ハイブリッド型原子炉構成を導入することとした。

（注1）堀，土屋，飯田，小杉で検討。（1984.8.25）

7. あとがき

本検討の成果であるFBR実用化のための段階的アプローチ等は、その後、開発調整室のFBR長期計画製作作業において実用化ビジョンの一部として、本社、大洗の関係者を含めて検討され、中長期計画のFBR本部案⁽¹⁾に組み入れられている。

中長期計画案の実用化ビジョンとしてまとめられた中から、本検討が関係した部分を添付資料-3に示す。

なお添付資料の1部は本報告書作成段階で作成者からの連絡により修正されている。本検討はFBR本部開発調整室堀室長の御指導と大型炉グループメンバーの御協力を得て行われたものである、ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 高速増殖炉開発本部，高速増殖炉研究開発中長期計画，PNC 1201 84-01
- (2) 野本昭二，高速増殖炉開発の現と動向について，第4章長期開発の展望，日本機械学会講習会資料（1982.12）
- (3) 神戸満，ハイブリッド型LMFBRへの概念の推移，部内資料PD83-004（1983.2）
- (4) 土屋毎雄他，2次系削除高速増殖炉概念の検討，PNC SN941 84-169（1984.12）
- (5) 飯田正明，日本工業新聞連載講座，高速増殖炉技術No.41日本の実用化戦略（1984.12）
- (6) 高速増殖炉実用化小委員会 中間報告書 - 高速増殖炉開発の基本戦略 - 総合エネルギー調査会原子力部会基本政策小委員会・専門委員会 高速増殖炉実用化小委員会（1983.4.25）

表1. 3つの段階の原子炉建家の概念

| ステップアップ | 原子炉建家構造 | | 技術的条件 | | | | | | |
|---|---|--|--|------|----------|-----------|------|------------|-----|
| <p>Step-1 1.8 D₁</p> <p>Step-2 1.3 D₂</p> <p>Step-3 1.0 D₃</p> | <p>51φ×77 H</p> <p>50φ×75 H</p> <p>43□×73 H</p> | <p>鋼製円筒 (Containment)</p> <p>角型PSコンクリート製 (Confinement)</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1599 404 1704 431">最大内圧</th> <th data-bbox="1778 404 1980 431">コンクリート温度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1659 514 1877 540">0.3 MPa ×</td> <td data-bbox="1823 514 1877 540">150℃</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1659 796 1877 823">0.01 MPa ×</td> <td data-bbox="1823 796 1877 823">70℃</td> </tr> </tbody> </table> | 最大内圧 | コンクリート温度 | 0.3 MPa × | 150℃ | 0.01 MPa × | 70℃ |
| 最大内圧 | コンクリート温度 | | | | | | | | |
| 0.3 MPa × | 150℃ | | | | | | | | |
| 0.01 MPa × | 70℃ | | | | | | | | |

表 2 . 3つの段階の耐震概念とプラント温度条件

(a) 耐震概念

| (R V 据付価) 床応答 | | |
|-----------------|-------|--------------|
| D ₁ | 接合型建家 | 2 g at 10Hz |
| D ₂ | | |
| D ₃ | 建家免震 | 0.5g at 10Hz |

(b) プラント温度条件

| | 原子炉出口温度 | 主蒸気温度 |
|----------------|-------------|-------------|
| D ₁ | 530 ℃ | 483 ℃ |
| D ₂ | 540 ℃ | 495 ℃ |
| D ₃ | 540 ~ 520 ℃ | 495 ℃ |

表 3 . 3つの段階のプラント概念 (原案)

1984. 8. 24

| D ₁ 1000 M W e | D ₂ 1300 M W e | D ₃ 1500 M W e |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 線出力 430 W / cm ・ 燃焼度 8万 M W d / t ・ 大型集合体 271本 / Assembly ・ (E V S T) ・ 水中裸貯蔵 ・ 斜シュート出入機 ・ 2次系 9Cr - Mo機 (配管 S G) ・ 一体貫流型 S G ・ 直接炉心冷却系 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 線出力 470 W / cm ・ 燃焼度 12万 M W d / t ・ 大型集合体 397本 ・ 2重管 S G ・ 機器免震 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 線出力 500 W / cm ・ 燃焼度 15万 M W d / t ・ 大型集合体 469本 / Assembly ・ I V S T ・ 空気中水キャスク貯蔵 ・ 2重管 S G (1次系 S G) ・ 建家免震 ・ コンファインメント (角型) ・ ハイブリッド型 ・ 高温サイクル (495℃ / 170ata) ・ 1.5年運転 + 2ヶ月定検 |

表4. 3つの段階のプラント概念(修正案)

1984. 8. 25

| 段階 | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------|---|---|--|
| 炉 | 実証炉 1000 M W e | 実移炉No.1 1300 M W e | 実移炉No.2 1300 M W e |
| 主要新 改 良 技 術 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 一次系, 二次系主配管ベローズ継手またはレズルレス構造 ・ 一体貫流高クロム鋼蒸気発生器 ・ 高温化設計(炉出口 540 ° 蒸気 495 ° / 170 ata) ・ 直接炉心冷却系 ・ 新型炉停止機構 ・ Aフレーム燃料出入機 ・ 燃料水中裸貯蔵 ・ 大型燃料集合体 (271本) * ・ 燃料線出力 430 W / cm ・ 燃料燃焼度 8万 M W d / t * | <ul style="list-style-type: none"> ・ ハイブリッド型構成(炉・ポンプ一体化) ・ 建屋免震 ・ コンファインメント型角形コンクリート製原子炉建家 ・ 二重管蒸気発生器(一体貫流高クロム鋼) ・ 大型燃料集合体 (397本) * ・ 燃料線出力 470 W / cm ・ 燃料燃焼度 12万 M W d / t * | <ul style="list-style-type: none"> ・ 二次系削除(一次系蒸気発生器) ・ 大型燃料集合体 (469本) * ・ 燃料線出力 500 W / cm ・ 燃料燃焼度 15万 M W d / t * |
| 低減係数 | | 0.8 | 0.8 |

* 運転費, 燃料費低減のためのもの

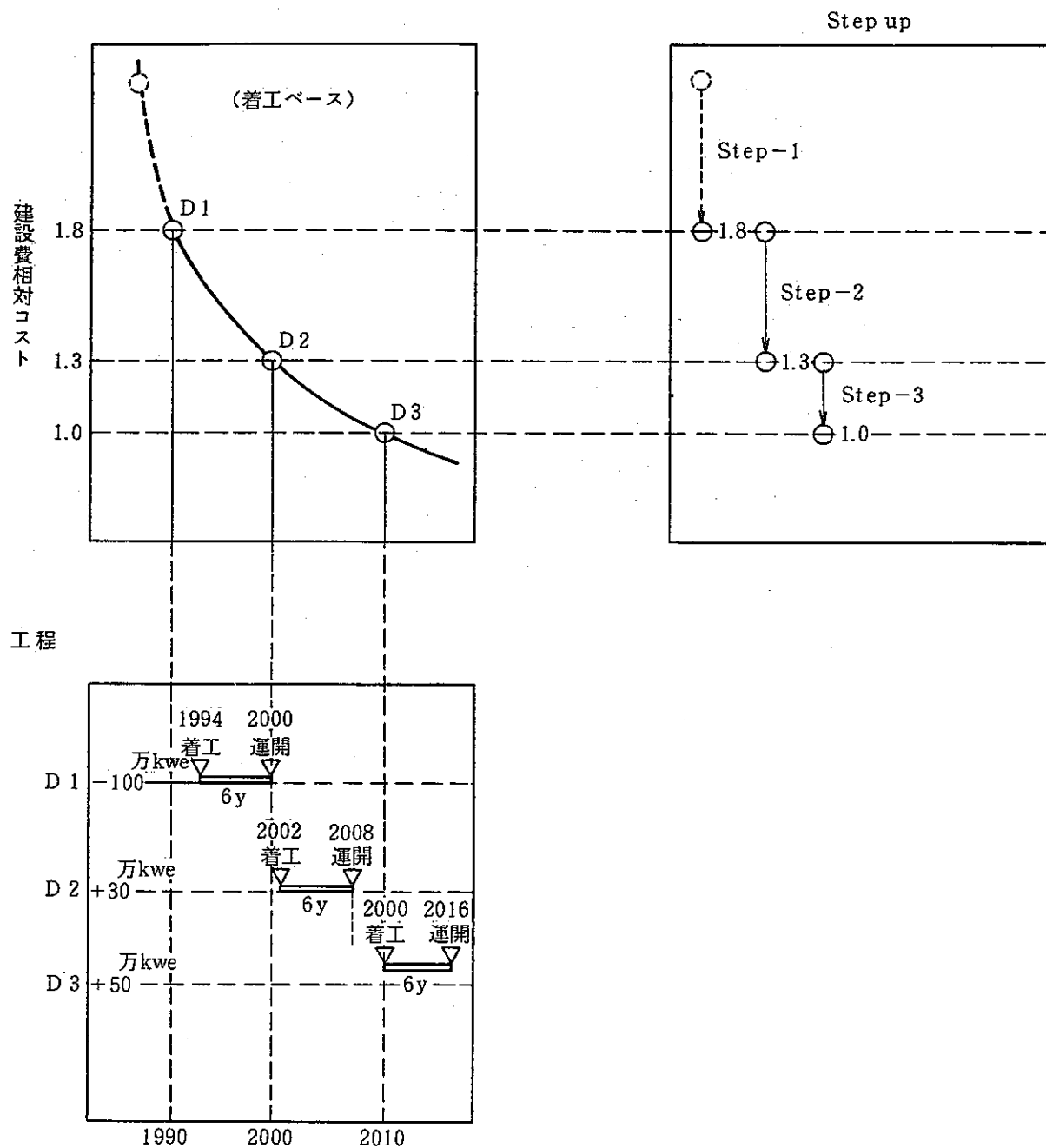


図1. 実用化への3つの段階の想定目標

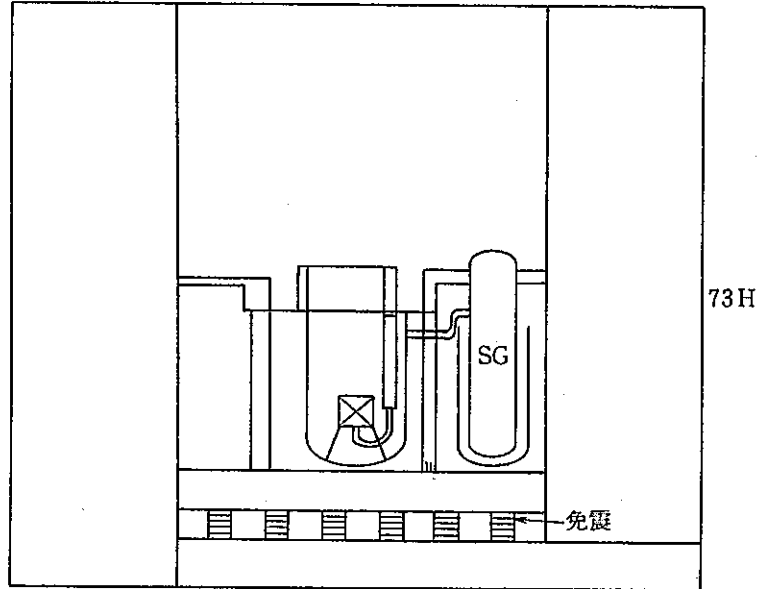
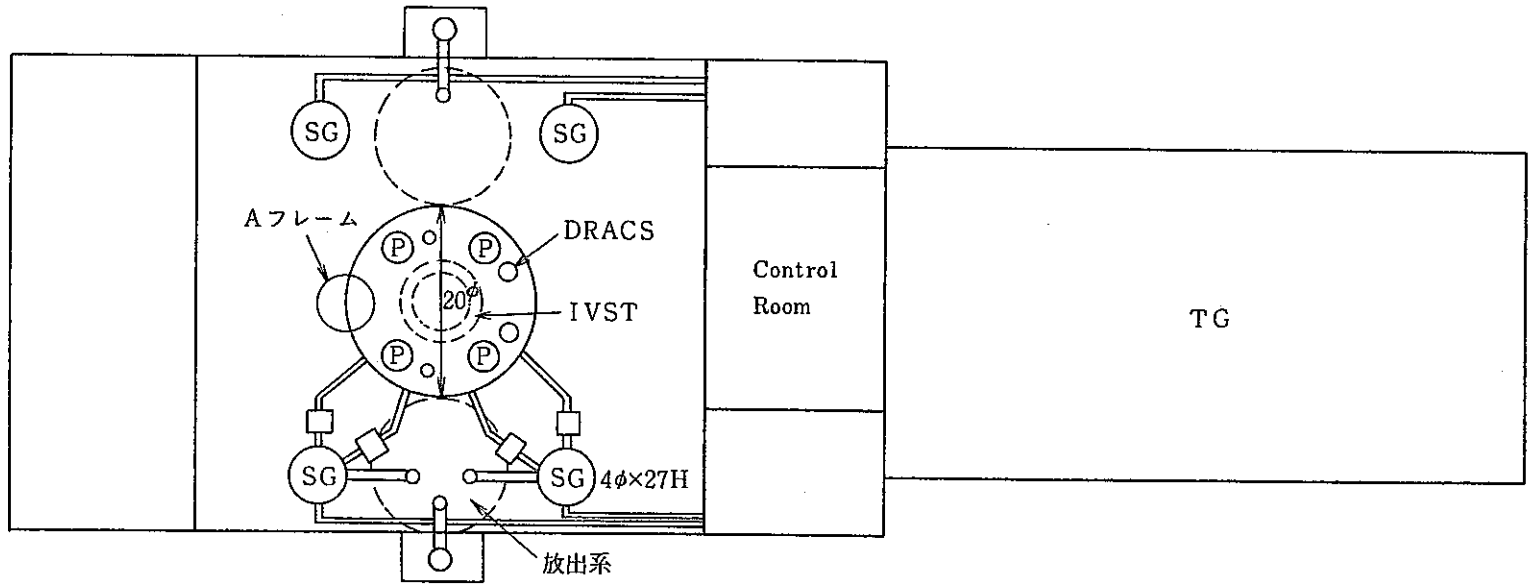


図2. D₃ プラント概念図

(付録1) 建家寸法の計算

1. 方 法

各段階の建設費目標を実現し得る建家の目標寸法を、軽水炉（ここではPWR）の建家寸法をもとに、一定の仮定（下記）のもとで、単純な比例計算により、算出する。

2. 仮 定

- (1) 建設費は建家容積に比例すると仮定する。

すなわち、

$$\text{コスト} \propto \text{物量} \propto \text{容積} \propto (\text{長さ})^3$$

- (2) 容積は出力に比例すると仮定する。

すなわち、

$$\text{容積} \propto \text{正味電気出力}$$

これは、タービン効率、所内電力比などの軽水炉との相異及びFBRでの改良を省略していることになる。

- (3) ベースとする軽水炉は原電敦賀2号炉（PWR, 1160MW_e）とする。

3. 計 算

建設費をC、電気出力をP、寸法をXとすると上記仮定(1)及び(2)から

$$\frac{C}{C_0} = \left(\frac{X}{X_0} \right)^3$$

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{X}{X_0} \right)^3$$

ただし、添字0は基準を表わす。

計算表を表A.1に示す。

付表 A.1 建家寸法計算表

| プラント 略号 | P [万 kWe] | $\sqrt[3]{\frac{P}{100}}$ | C/C ₀ | $\sqrt[3]{\frac{C}{C_0}}$ | D [m] H [m] | 備 考 |
|----------------------|-----------|---------------------------|------------------|---------------------------|-------------|--|
| (1) LWR | 110 | 1.03 | 1.0 | — | 43 φ 65 H | |
| (2) LWR' | 100 | 1.0 | 1.0 | — | 42 φ 63 | $X=X_1 \times \sqrt[3]{\frac{100}{110}}$ |
| (3) D ₁ | 100 | — | 1.8 | 1.216 | 51 φ 77 | $X=X_2 \times \sqrt[3]{1.8}$ |
| (4) D ₂ ' | 130 | 1.091 | 1.0 | — | 45.5 φ 69 | $X=X_2 \times \sqrt[3]{\frac{130}{100}}$ |
| (5) D ₂ | 130 | — | 1.3 | 1.091 | 50 φ 75 | $X=X_4 \times \sqrt[3]{1.3}$ |
| (6) D ₃ ' | 150 | 1.145 | 1.0 | — | 48 φ 72 | $X=X_2 \times \sqrt[3]{\frac{150}{100}}$ |
| (7) D ₃ | 150 | — | 1.0 | — | 43 □ 72 | $D = \sqrt{\frac{\pi}{4} D_6^2}$ |

(注) 1. 備考欄の計算式中の X の添字は、プラント略号欄の番号を示す。

野本昭二，高速増殖炉開発の現状と動向について⁽²⁾，第4章 長期開発の展望，日本機械学会講習会資料（「最近の原子力プラント技術における進歩と動向について」の一部），（1982年12月）から引用

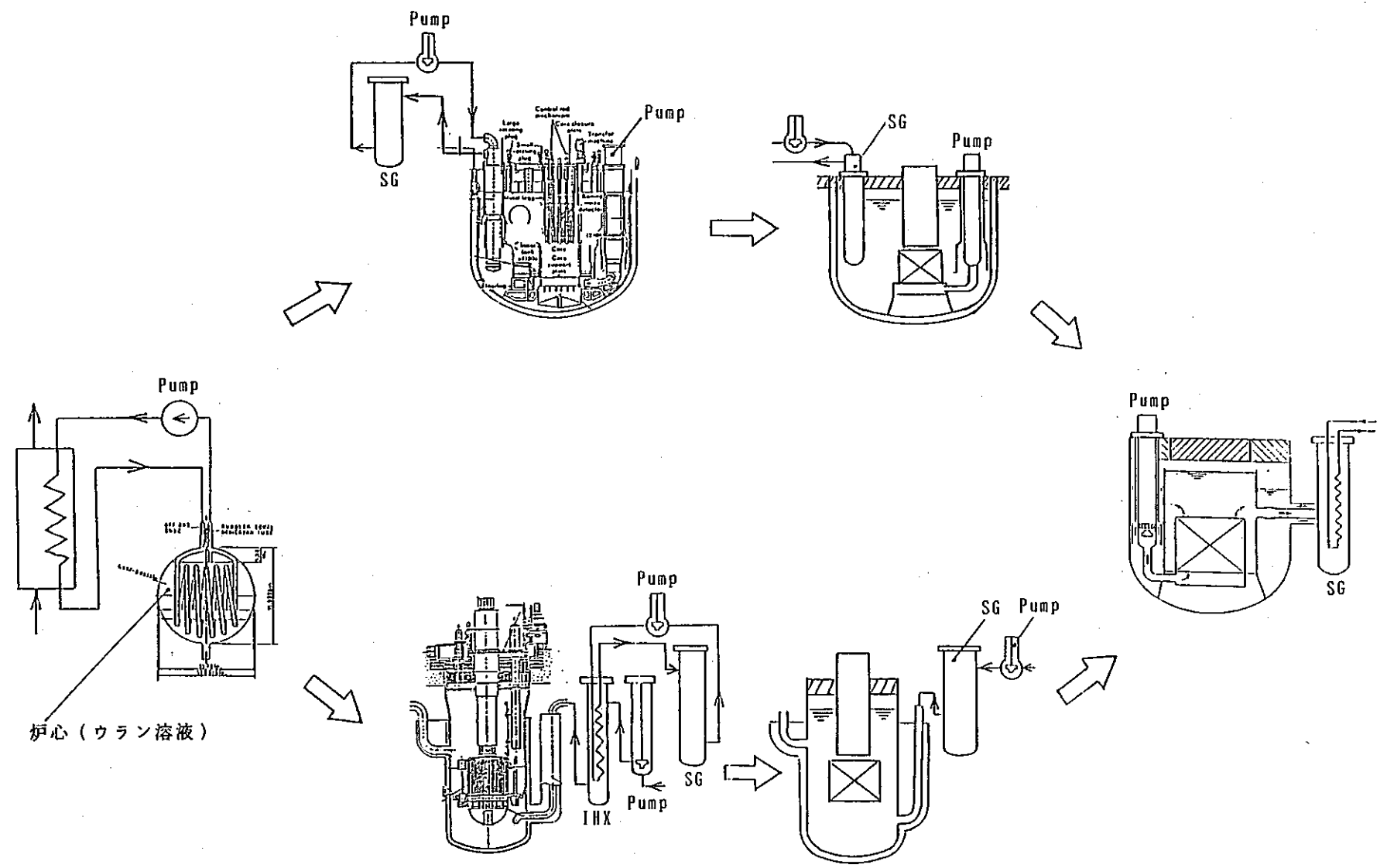
付表A.2 長期FBR技術開発の展望

| | 実験炉段階 | 原型炉段階 | 実証化段階 | | 本格的実用化段階 | |
|--|--|--|---|--|--|--|
| | Stage - 1 | Stage - 2 | Stage - 3 | Stage - 4 | Stage - 5 | Stage - 6 |
| 各発展段階 の 基本課題 | F B R 技術 実証の時代 | F B R 発電炉 実証の時代 | 実用規模 発電炉成立性 実証の時代 | 建設費低減化の時代 ・改良標準化 | 出力規模多様化の時代 (30～150万KWe) 炉概念の多様化 | 増殖性能多様化の時代 (BR 1.1～1.3DT 15～30y) |
| 発展段階で 必要となる 特徴的な主 要技術 (10項目 以内) | ・高速中性子物理 ・Na技術 ・MOX技術 ・材料サーベランス ・FFD | ・高温構造 ・ISI装置 ・高燃焼度 ・USV ・FFDL ・マルチフレクサー | ・破損燃料処理 ・汚染プラントの 運転 ・定検期間短縮 ・炉内検査装置 ・配管ベローズ ・免震概念 | ・FBR解体技術 ・稼働率向上 ・建設費低減材料 ・2重管SG | ・コンパクトプラント (輸出用・ヘキ地用含 む) ・海上プラント ・FBRサイクルセン ター ・出力密度増加 ・2次系省略 | ・炭化物燃料等 ・非均質炉心 ・高崩壊熱SF輸送 |

付表 A. 3 コスト低減，経済性向上のための検討すべて主な技術開発項目例

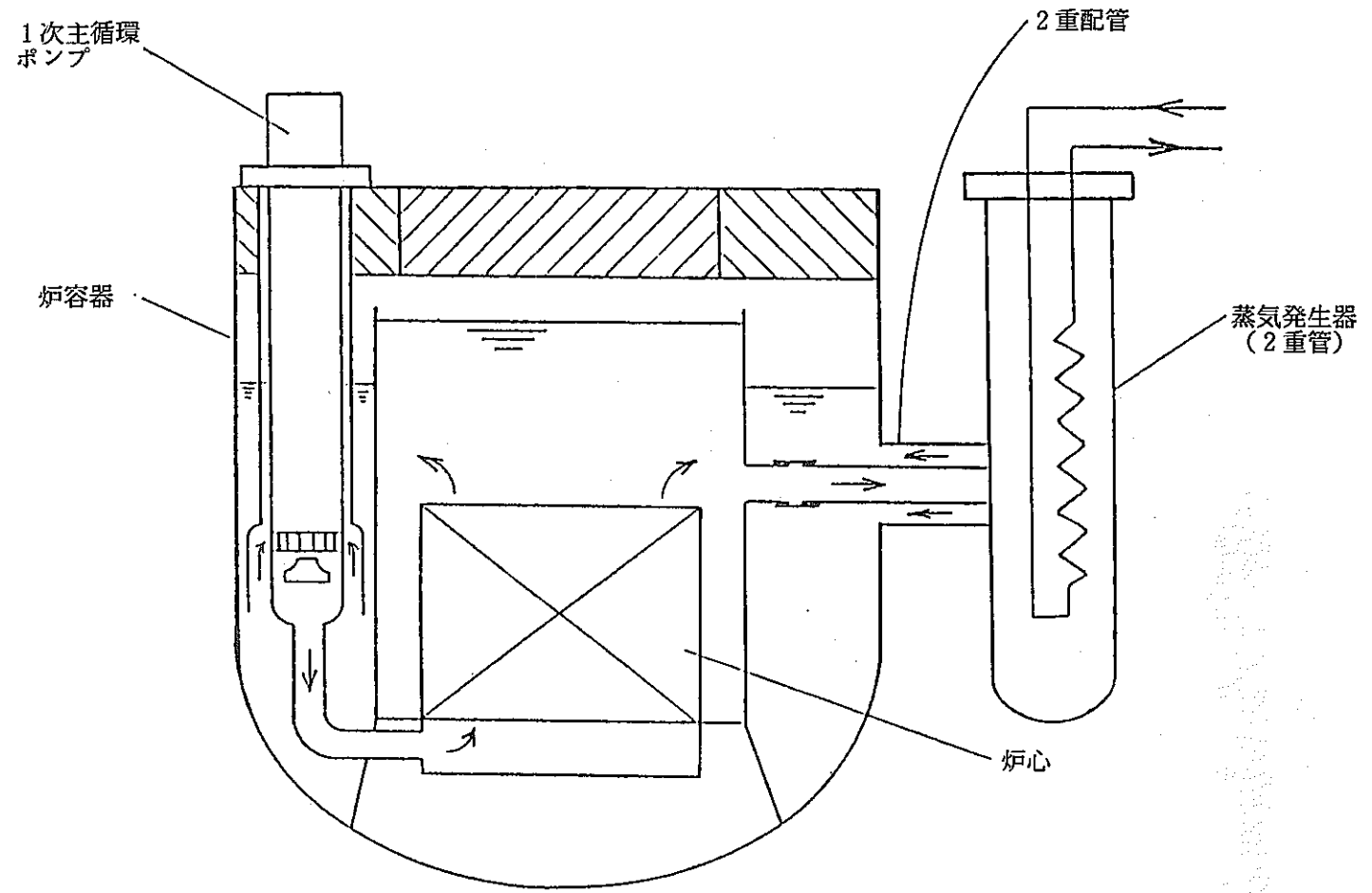
| 適用見込時期 経済効果 | 実証炉用 | 初期実用炉用 | |
|----------------|--|---|---|
| 大 | <ul style="list-style-type: none"> 設計基準等の整備（安全設計基準、安全評価基準、高温構造設計基準、耐震設計基準、検査基準等） ループ容量増大 耐震設計の合理化 使用済燃料炉内貯蔵（IVST） 機器システムの小型化、合理化 出力密度の向上（高線出力） | <ul style="list-style-type: none"> 1次系配管短縮（ベローズ他） IHX、SG据付レベル低位置化 使用済燃料水中裸貯蔵 格納容器削除（ボラークレーン削除、セル型格納施設採用） | <ul style="list-style-type: none"> 2重管SGによる2次系削除 ポンプ、IHXのガードベッセル削除（サイフォンブレーカ使用） |
| 中 | <ul style="list-style-type: none"> コード開発（HCDA解析、燃料挙動解析、構造強度解析、熱流解析、PRA等） データバンク（燃料・構造材、核熱流力及び遮蔽、機器部品信頼性等） 2次系配管短縮（ベローズ他） Na 漏洩火災対策合理化 断熱サポート 予熱、保温の合理化 太径、大型燃料集合体 制御棒本数削減（新型炉停止装置使用） 遮蔽精度向上 | <ul style="list-style-type: none"> 炉容器ガードベッセル削除（ピットライナー） 高流速配管機器 改良構造材（高クロムフェライト鋼） 非均質炉心 SGの原子炉建家内配置 | <ul style="list-style-type: none"> 冷却材配管炉容器上蓋貫通方式 改良燃料（炭化物燃料） |

| 適用見込時期 経済効果 | 実証炉用 | 初期実用炉用 | |
|----------------|--|--|---|
| 小 | <ul style="list-style-type: none"> 仕様ガイド（機器システム標準仕様、運転保守等） Na-水反応生成物タンクとドレンタンク共用 多重伝送及び光ファイバー 斜シュート出入機 ブランケット燃料削減 コールドドラップの合理化 中温式遮蔽プラグ ホットレグポンプ（1次系） 炉内断熱構造 通常除熱+直接炉心冷却系（DRACS） | <ul style="list-style-type: none"> 角型原子炉建屋 炉心上部機構の簡素化（キーン構造） Na-水反応生成物タンク削除（2重管SG） 改良被覆材（改良ステンレス鋼） | <ul style="list-style-type: none"> 高崩壊熱燃料輸送 一体貫流型SG |



付図A.1 ハイブリッドタイプLMFBRへの概念の推移

(PD 83-004 から)⁽³⁾



付図A.2 ハイブリッドタイプ LMFBR (PD 83-004 から) (3)

59.8.24

開発調整室メモ（堀）

（添付資料 - 1）

建設費低減の段階目標

実証炉およびそれに続く実用化移行段階の炉を連続的、効果的に投入することにより、建設費を実用化完成時点の軽水炉と競合出来る程度に下げること考える。

1. 規定スケジュール

本検討では2010年頃に運転開始し、実用化を実施的ターゲットプラントおよび下記例に示す炉の基数およびスケジュールを想定して、各段階における建設費低減の目標を設定する。

| | <u>着 工</u> | <u>運 開</u> |
|-----------|------------|------------|
| 実証炉 | 1994年 | 2001年 |
| 実移炉 No. 1 | 1998 | 2005 |
| “ No. 2 | 2002 | 2009 |
| “ No. 3 | 2003 | 2010 |

2. 建設費低減手段

建設費低減の手段としては

- ① 新技術・新概念の採用・技術の改良
- ② 設計余裕度，安全係数，基準の見なおしなどによる設計合理化
- ③ 単基容量の増大によるスケールメリット
- ④ 製造，建設面での習熟による低減効果
- ⑤ 複数基発注，コロケーションなどの量産効果

などが考えられる。

ここでは①，②をまとめた「新/改良技術」，③「スケールメリット」，④「習熟効果」がFBRの実用化過程では支配的因子であると考えて，各因子の効果とそれらの総合効果を定量的に算出することを試みた。

建設費低減段階目標の例

第1図に結果を示す。

この例では実証炉から実移炉No.3の過程で建設費は0.48倍に下げられ、2010年の時点で現在の軽水炉の建設単価の0.95倍の値になる。

2010年までに軽水炉も合理化により建設費低減が行われると考えられるが、軽水炉の「1.1倍以下」の建設単価というFBR実用化の目標は達成されると言える。

3. 建設費低減効果の検討

(1) スケール・メリット

建設費は規模（発電容量）の2/3乗に比例する……………“2/3乗則”

$$Y = Y_0 \left(\frac{W_0^{2/3}}{W} \right) \quad \frac{Y W}{Y_0 W_0} = \left(\frac{W}{W_0} \right)^{2/3}$$

Y : 建設単価

W : 規模

| <u>W</u> | <u>Y / Y₀</u> | |
|----------|--------------------------|-------------------|
| 100万KW | 1.000 | 実証炉および実移炉No.1 |
| 130万KW | 0.916 | 実移炉No.2および実移炉No.3 |

(2) 習熟効果

建設費は下式に示される習熟効果により低減する。……………航空機生産での経験（川島ブロックリーダによる）

$$Y_n = Y_1(n)^{-0.152} \quad \text{（標準化，繰り返し生産，製造慣れなど）}$$

Y_n : (n番目)プラントの建設単価

n : n番目のプラント

| <u>n</u> | <u>Y_n / Y₁</u> |
|----------|--------------------------------------|
| 1 | 1.000 |
| 2 | 0.900 |
| 3 | 0.846 |
| 4 | 0.810 |

(注) FBR実用化移行段階では，仕様，メーカーが各段階で変わることが考えられるが，経験の効率的交流により習熟効果を最大限に活用する。

(3) 新/改良技術

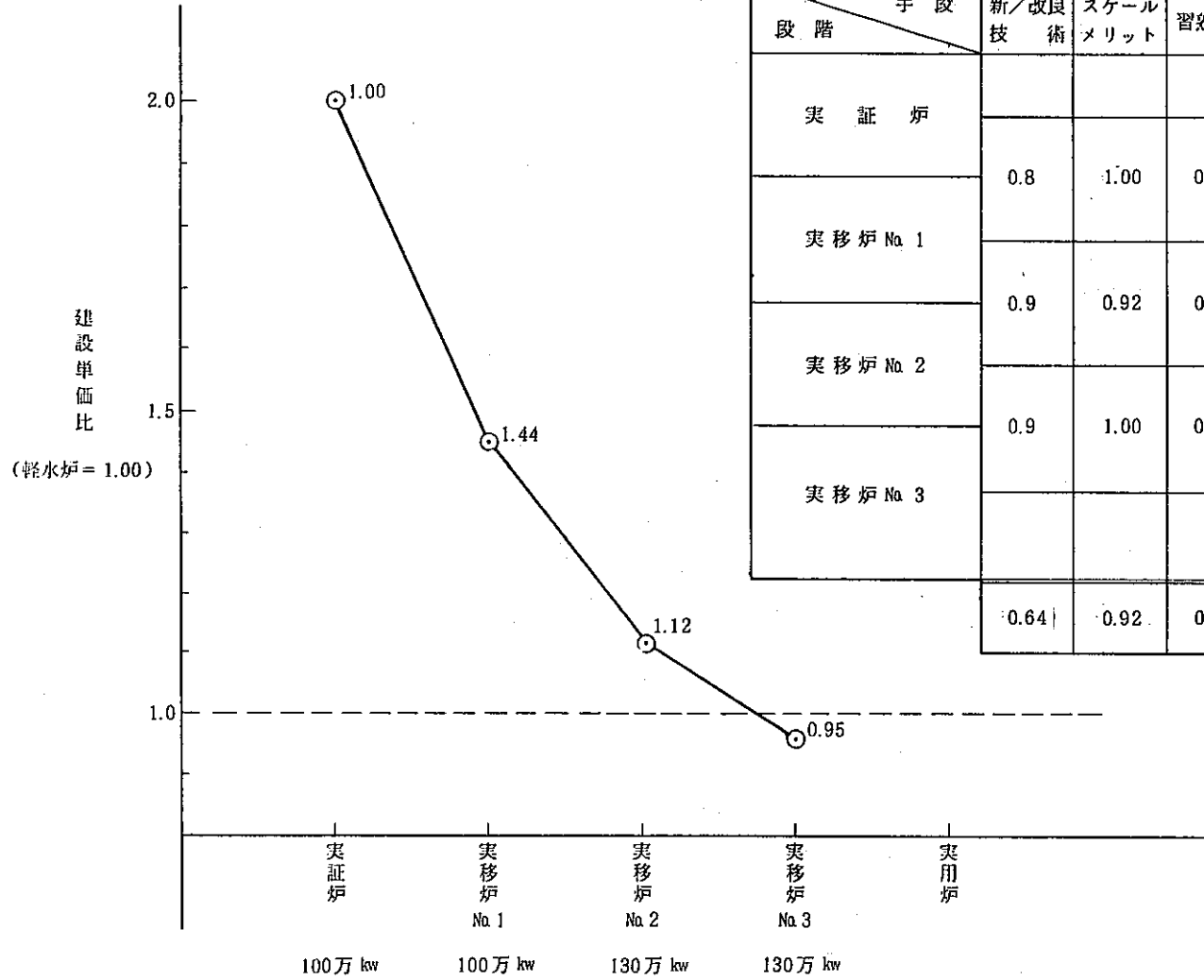
実証炉ブロック，大洗大型炉グループとの打合せにより内容をつめる。

(8/29まで第1段階実施)

(添付資料-1) 第1図 建設費低減段階目標(例)

低減効果内訳(例)

| 段階 | 手段 | 新/改良 技術 | スケール メリット | 習熟効果 | 総合 | 建設 単価比 |
|----------|----|------------|--------------|------|------|-----------|
| 実証炉 | | | | | | 2.00 |
| 実移炉 No.1 | | 0.8 | 1.00 | 0.90 | 0.72 | 1.44 |
| 実移炉 No.2 | | 0.9 | 0.92 | 0.94 | 0.78 | 1.12 |
| 実移炉 No.3 | | 0.9 | 1.00 | 0.96 | 0.86 | 0.95 |
| | | 0.64 | 0.92 | 0.81 | 0.48 | |



(添付資料 - 2)

(PNC I201 84-01から) (1)

B. 高速増殖炉実用化のビジョン

I. 目 標

1. FBR実用化の目的

我が国の将来にわたるエネルギー供給の安定自立の確保のため

2. 実用化目標

実用発電プラントとして妥当な発電単価に至らせる→軽水炉と経済的に競合出来るプラントの完成(運転開始)

3. 実用化目標時期

2010年頃

[参 考]

我が国の長期ウラン必要量(2050年まで試算) ;

◎ FBR導入の場合 46万トン

(2010年実用化)

◎ FBR導入なしの場合 124万トン

・2020年実用化では62万トン必要

・自由世界ウラン確認および推定埋蔵量: 500万トン

(\$ 130 / kg 以下)

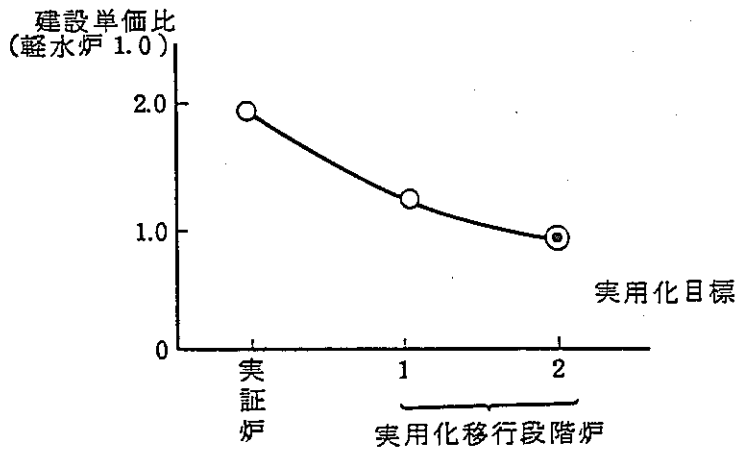
2050年の原子力発電による電力需要の10倍がその後平均して続くと仮定しても、FBR導入によりこの時点までに使用したウラン(46万トン)の劣化/減損分のみによって、その間約300年の電力需要をまかない得る。

Ⅱ. 方 策

1. 建設費低減方策

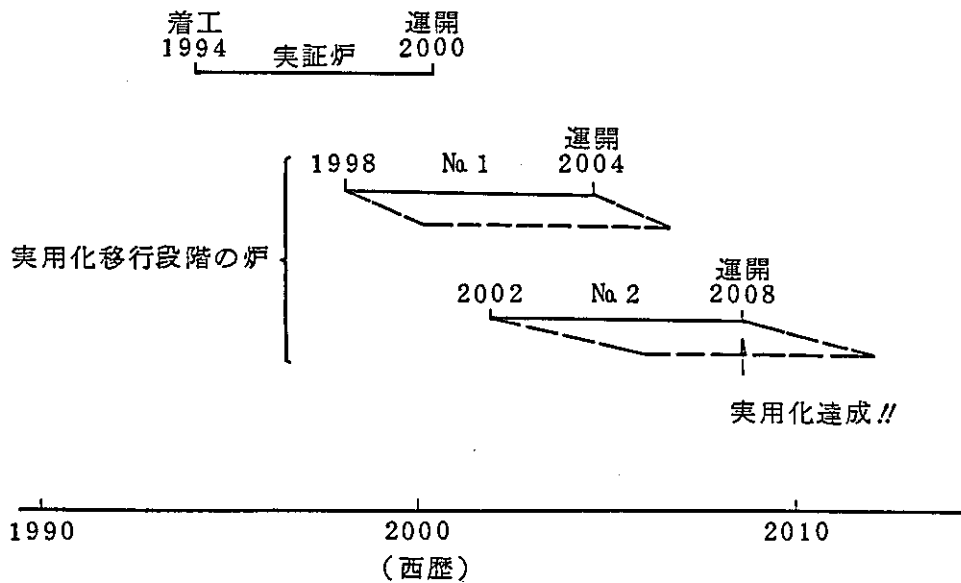
① 建設費低減の段階目標

実証炉およびそれに続く実用化移行段階の炉を連続的、効果的に投入して実用化目標に到達する。



② スケジュール

実証炉およびそれに続く実用化移行段階の炉の建設スケジュールは次の通り。



〔参 考〕 実用化移行段階についての今までの委員会等の考え方は別添 1 参照。

(註；参考文献(1)参照)

③ 建設コスト低減手段

実験炉，原型炉の実績・経験をもとに実証炉およびそれに続く実用化移行段階において，設計上の指針・基準等の整備，機器システムの小型化・合理化などの改良，新技術の採用などの技術開発によって段階的にコスト低減を行う。

段階的アプローチの案を別添2（添付資料-3）に示す。

④ 建設リスク低減手段

(i) 効果的確性試験の実施

(ii) 事業主体による開発リスクの吸収

別添 2 FBR 建設費低減目標と段階的アプローチ

実証炉およびそれに続く実用化移行段階の炉を連続的、効果的に投入してFBR開発を強力に推進することにより、FBRの建設費をその時点の軽水炉と競合出来るまで低減させることをFBR実用化の目標とする。

本検討では2010年頃に運転開始し、実用化を実証するターゲット・プランとして第1表に示す技術的特長を有するプラントを想定し、これに至る段階的目標設定による開発アプローチ案を示す。

実用化移行の炉（以下実移炉）の基数と建設スケジュールは別に行った考察から下記を想定する。

| | 着 工 | 運 開 |
|--------------------|-------|-------|
| 実証炉 (1000MWe) | 1994年 | 2000年 |
| 実移炉 No.1 (1300MWe) | 1998 | 2004 |
| 実移炉 No.2 (1300MWe) | 2002 | 2008 |

原子炉プラントの建設費低減の手段としては

- ① 新技術・新概念の採用の改良
- ② 単基容量の増大によるスケールメリット
- ③ 製造、建設面での習熟による低減効果
- ④ 設計余裕度、安全係数、基準の見なおしなどによる設計合理化
- ⑤ 複数基発注、コロケーションなどの量産効果
- ⑥ 工期短縮その他

などが考えられる。

ここでは①、②、③がFBR実用化過程における特徴的因子と考えて各因子の効果とそれらの総合効果を定量的に検討した。

第1図に結果を示す。

実証炉から実移炉No.2の過程で建設単価は約 $\frac{1}{2}$ に下げられ、軽水炉に対する建設単価の比では実証炉の1.8(1100MWe 軽水炉基準)から実移炉No.2では同規模の軽水炉の

0.95まで低減する。

FBR実用化の時期までに軽水炉も合理化により建設費低減が行われると考えられるが、FBRにおいても、上記④の設計合理化の努力を並行して行っていくので実用化目標は達成されるものとする。

付；建設費低減手段とその効果

1. 新/改良技術

第1表のターゲットプラントへの新/改良技術開発採用の段階的アプローチとして第2表を想定する。

2. スケール・メリット

建設費は規模（発電容量）の2/3乗に比例する……………“2/3乗則”

$$Y = \frac{Y W}{Y_0 W_0} = \left(\frac{W}{W_0} \right)^{2/3}$$

Y：プラントの建設単価

W：プラントの規模

| <u>W</u> | <u>Y / Y₀</u> | |
|----------|--------------------------|-----|
| 100万KW | 1.000 | 実証炉 |
| 110万KW | 0.969 | |
| 130万KW | 0.916 | |

3. 習熟効果

建設費は下式に示される習熟効果により低減する。……………航空機生産での経験（標準化，繰り返し生産製造慣れなど）

$$Y_n = Y_1(n)^{-0.152}$$

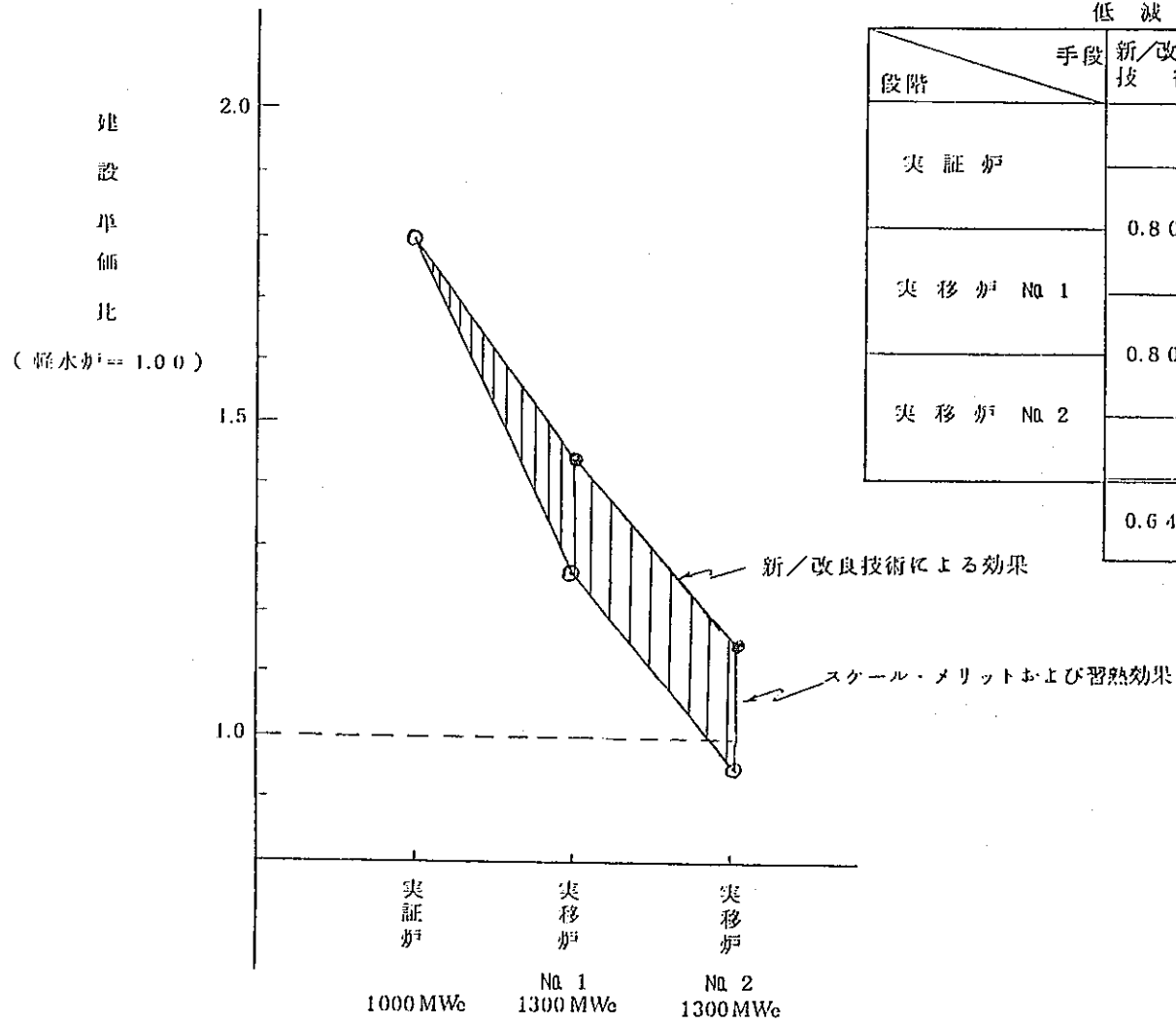
Y_n : (n番目)プラントの建設単価

n : n番目のプラント

| <u>n</u> | <u>Y_n / Y_1</u> |
|----------|-------------------------------|
| 1 | 1.000 |
| 2 | 0.900 |
| 3 | 0.846 |
| 4 | 0.810 |

(注) FBR 実用化移行段階では，仕様，メーカーが各段階で変ることが考えられるが，適切な指導のもと経験の効率的交流により習熟効果を最大限に活用する。

(添付資料 - 3) 第1図 建設比低減段階目標



| 低減効果内訳 | | | | | | |
|-----------|----|--------|----------|------|------|-------|
| 段階 | 手段 | 新/改良技術 | スケールメリット | 習熟効果 | 総合 | 建設単価比 |
| 実証炉 | | | | | | 1.80 |
| 実移炉 No. 1 | | 0.80 | 0.97 | 0.90 | 0.70 | 1.26 |
| 実移炉 No. 2 | | 0.80 | 1.00 | 0.94 | 0.75 | 0.95 |
| | | 0.64 | 0.97 | 0.85 | 0.53 | |

(添付資料-3) 第1表 実用化ターゲットプラントの技術的特徴

- ・ハイブリット型構成
- ・二次系削除
- ・建屋免震
- ・コンファインメント型格納施設
- ・主配管ベローズ継手またはフリーエンドパイプ構造等
- ・直接炉心冷却系 (DRACS) ・新型炉停止機構
- ・斜シュート燃料出入機
- ・大型燃料集合体
- ・線出力 500 W / cm
- ・燃焼度 15万 MW d / ton (集合体最高)
- ・水中裸貯蔵
- ・ 1.5年運転 + 2ヶ月定検

・数値は目標値 (概略)

(添付資料-3) 第2表 新/改良技術の段階的アプローチ

| 段階 | 1 | 2 | 3 |
|---------|--|--|--|
| 炉 | 実証炉 1000 M W e | 実移炉No.1 1300 M W e | 実移炉No.2 1300 M W e |
| 主要新改良技術 | <ul style="list-style-type: none"> 一次系/二次系主配管ベローズ継手またはフリーエンドパイプ構造または二次系高クロムモリブデン網 コンファインメント型格納 一体貫流高クロムモリブデン網蒸気発生器 直接炉心冷却系 新型炉停止機構 斜シュート燃料出入機 燃料水中裸貯蔵 大型燃料集合体 (271本) 燃料線出力 430 W / cm 燃料燃焼度 9.4万 M W D / t | <ul style="list-style-type: none"> ハイブリッド型構成 建屋免震 コンクリート製原子炉建屋 一次系, 高クロムモリブデン網 二重管蒸気発生器 (一体貫流高クロムモリブデン網) 大型燃料集合体 (397本) 燃料線出力 470 W / cm 燃料燃焼度 12万 M W D / t | <ul style="list-style-type: none"> 二次系削除 大型燃料集合体 (469本) 燃料線出力 500 W / cm 燃料燃焼度 15万 M W D / t |
| 低減係数 | | 0.8 | 0.8 |

・数値は目標値(概略)