

FBR 研究開発の投資対効果評価システムの詳細検討

(核燃料サイクル開発機構 研究委託内容報告書)

2000 年 1 月



株式会社三菱総合研究所

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, Ibaragi 319-1184, Japan



核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2000

FBR研究開発の投資対効果評価システムの詳細検討 (核燃料サイクル開発機構 研究委託内容報告書)

芝剛史*、亀崎洋*、湯山智教*、鈴木敦士*

要　旨

FBR開発を進めるにあたっては、研究開発によりもたらされる効果に見合う適切な研究開発投資規模を把握する必要がある。本研究の目的は、上記のいわゆる投資対効果を評価するシステムの開発であり、平成10年度に構築した投資対効果評価システム概念をもとに、システムのプロトタイプを作成した。同時に、試計算に用いる入力項目の調査および妥当性の検討を行い、その結果を踏まえて試計算を行った。

本システムにおける効果把握は、発電単価の差による経済的メリット（発電メリット）のほかに、環境便益やエネルギーセキュリティーへの貢献、安全性向上、資源輸入削減、さらに、資源節約により価格が抑制される効果をそれぞれ算出することにより行われる。

試計算ではいくつかのケースについて、2030年からFBRを本格的に導入するものとして、1999年から2100年までの102年間における投資対効果を算出した。また、同様に、いくつかのパラメータについて感度分析を行ったところ、割引率が小さい（すなわち将来により価値を置く）社会、また、環境負荷低減を重視する社会においてFBRの効果がより大きく享受されるという、想定されたメカニズムに従った結果が得られ、本システムが正しく運用され得ることが確認された。

本報告書は、株式会社三菱総合研究所が核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究の成果に関するものである。

機構担当部課室：
大洗工学センター システム技術開発部 FBRサイクル解析Gr

*株式会社三菱総合研究所 産業戦略研究センター 産業技術戦略部

Study of the Cost-Benefit Analysis System for FBR Research and Development

Tsuyoshi Shiba*, Hiroshi Kamezaki*,
Tomonori Yuyama*, Atsushi Suzuki*

Abstract

In order to promote the FBR development, it is necessary to grasp an adequate R&D investment scale which corresponds with the benefit brought by the research and development. In this study, we aimed to develop the Cost-Benefit Analysis System. The prototype of the system was made based on the concept that had been constructed by the authors in 1998. Simultaneously, a trial calculation was performed based on research of the input items and examination of their validity.

The benefit of the FBR development is obtained from calculations of the effects such as environmental benefit and contribution to energy security, safety improvement, reduction in resource import and restraint of price by resource conservation as well as merit brought by the gap of the unit cost of the power generation (generation merit).

As some trial calculations, the cost benefit analyses in 102 years, from 1999 to 2100, was performed assuming that would start generation by FBR in 2030. The results of the sensitivity analysis for some parameters showed that FBR would be more beneficial in the society where the discount rate is small, (i.e. a higher value is put in the future.) and conservation of the environment has importance. Such inevitable results confirmed the validity of this system.

Work performed by Mitsubishi Research Institute, Inc., under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute

JNC Liaison: Technology Management Division, O-Arai Engineering Center

* Techno-Economic Strategy Department, Mitsubishi Research Institute, Inc.

目 次

1. はじめに	7
1.1 目的	7
1.2 検討内容	7
1.3 検討のフロー	9
1.4 検討結果の概要	10
2. システムの詳細検討	11
2.1 システムの基本的構造の決定	12
2.1.1 出力指標の再検討	12
2.1.2 感度分析の実施	13
2.1.3 総括表の作成	14
2.2 効果の把握範囲の再検討	15
2.2.1 平成 10 年度プロジェクトにおける検討結果	15
2.2.2 計測項目と非計測項目の再整理	15
2.2.3 効果の再検討	21
2.2.4 本システムで取り上げない重要な効果	24
2.3 効果の把握手法	25
2.3.1 効果の把握項目	25
2.3.2 効果の把握手法	25
3. プロトタイプの作成	27
3.1 システムの概要	27
3.2 シナリオ作成	32
3.3 各種値の設定	33
4. 入力データの検討	39
4.1 基本的指標の検討	40
4.1.1 計測期間	40
4.1.2 社会的割引率の検討	41
4.2 シナリオデータの検討	45
4.2.1 経済成長シナリオ	46
4.2.2 総電力需要シナリオ	47
4.2.3 原子力・FBR シナリオ	50
4.2.4 代替電源シナリオ	51

4.2.5 エネルギー価格シナリオ	56
4.3 各種パラメータの検討	57
4.3.1 発電コスト算出のためのパラメータ	57
4.3.2 石油備蓄コスト算出のためのパラメータ	64
4.3.3 資源枯渇抑制効果算出のためのパラメータ	65
4.3.4 環境便益関連のパラメータ	68
4.3.5 エネルギーセキュリティ関連のパラメータ	73
4.3.6 安全便益算出のためのパラメータ	75
5. 試計算用シナリオの作成	79
5.1 試計算用シナリオ	79
5.1.1 FBR 導入シナリオ	79
5.1.2 FBR 代替電源シナリオ	80
5.1.3 燃料価格シナリオ	80
5.1.4 その他のパラメータ	81
5.2 試計算用シナリオにおける運用結果	82
5.2.1 運用結果	82
5.2.2 試計算用シナリオにおける総括表	85
5.3 感度分析の実施	87
5.3.1 基本的指標	87
5.3.2 シナリオ分析	91
6. おわりに	94

参考文献

卷末資料（1） FBR 投資対効果の算出結果一覧

卷末資料（2） FBR 研究開発の投資対効果評価システム・プログラム

図 目次

図 1-1 検討のフロー	9
図 2-1 システムの詳細検討	11
図 2-2 経済的内部収益率のイメージ	13
図 2-3 FBR 導入に伴う資源抑制（需給緩和）による効果	21
図 2-4 資源の枯渇抑制（需給緩和）に伴うメリット	22
図 2-5 発電メリットの相殺イメージ	22
図 2-6 資源枯渇抑制（燃料需給緩和）に伴うメリットのイメージ	26
図 3-1 システムのフロー	27
図 3-2 FBR 導入シナリオ例	28
図 3-3 Main Menu	29
図 3-4 他電源導入量シナリオ選択画面	29
図 3-5 シナリオ成就確率設定画面	30
図 3-6 設定完了後の Main Menu	30
図 3-7 結果表示画面	31
図 3-8 グラフ表示画面（各年の開発投資額と効果額）	31
図 3-9 シナリオ名の決定	32
図 3-10 各年データの入力	32
図 3-11 シナリオの削除	33
図 3-12 各種設定画面	33
図 4-1 シナリオ設定のフロー	45
図 4-2 総電力需要の位置付け	47
図 4-3 総エネルギー需要シナリオ	48
図 4-4 電力化率の過去の推移と今後の想定	49
図 4-5 電力需要シナリオ	49
図 4-6 原子力・FBR 設置容量シナリオ（中位シナリオ）	50
図 4-7 電源シナリオを設定する目的のイメージ	51
図 4-8 FBR 代替電源を設定するイメージ	51
図 4-9 過去 20 年間における各電源の利用率の推移	55
図 4-10 発電効率の想定	60
図 4-11 ウラン燃料所要量	62
図 4-12 原油価格の推移	73
図 5-1 FBR 導入シナリオ（設備容量）	79
図 5-2 各年の研究開発費と効果額（ケース 5 の場合）	83

図 5-3 研究開発費と効果額の累積値（ケース 5 の場合）	84
図 5-4 研究開発効果の内訳（ケース 5 の場合）	84
図 5-5 環境重視ケースにおける効果額内訳（各年毎のフロー）	88
図 5-6 総費用を 1.5 倍にした場合の費用額・効果額の累積値	90
図 5-7 開発期間を 20 年延長した場合の費用額・効果額の累積値	90
図 5-8 資源制約現実化ケースにおける効果額内訳	92
図 5-9 環境制約強化ケースにおける効果額内訳	92
図 5-10 軽水炉長期利用可能ケースにおける効果額内訳	93

表 目次

表 2-1 感度分析の対象変数	13
表 2-2 投資対効果評価結果総括表のイメージ	14
表 2-3 「効果における計測項目と非計測項目」表への記載	16
表 2-4 効果における計測項目と非計測項目（1）	17
表 2-5 効果における計測項目と非計測項目（2）	18
表 2-6 効果における計測項目と非計測項目（3）	19
表 2-7 効果における計測項目と非計測項目（4）	20
表 3-1 設定するシナリオ値（※1）	28
表 3-2 シナリオ入力に必要な変数一覧	34
表 3-3 年次データとして入力する変数一覧（1）	35
表 3-4 年次データとして入力する変数一覧（2）	36
表 3-5 年次データとして入力する変数一覧（3）	37
表 3-6 「各種値の設定」において入力する変数一覧	38
表 4-1 社会的割引率の採用事例（国内）	41
表 4-2 全国銀行約定平均金利（実質）	42
表 4-3 海外諸国における社会的割引率採用事例	42
表 4-4 各年次の価値 100 を異なる割引率で割り引いた場合の現在価値	43
表 4-5 超長期シミュレーションにおける割引率の設定事例	43
表 4-6 国内諸機関の経済成長率の前提	46
表 4-7 本システムの試計算における経済成長率シナリオ	46
表 4-8 国内諸機関の最終エネルギー需要シナリオ	48
表 4-9 FBR 導入量シナリオ	50
表 4-10 産業技術審議会における自然エネルギーポテンシャル推計	52
表 4-11 代替電源シナリオの概要	53
表 4-12 代替電源構成シナリオの想定値	54
表 4-13 積働率の設定事例（原研）	55
表 4-14 試計算実施時の稼働率設定値	55
表 4-15 総合エネルギー調査会によるエネルギー価格想定	56
表 4-16 プラント建設単価の調査事例	58
表 4-17 9 電力会社平均の発電効率（96 年）	58
表 4-18 年経費率設定のための想定値	58
表 4-19 発電効率の想定フロー	59
表 4-20 発電効率（最高値）の想定	59

表 4-21 火力発電所熱効率想定値	60
表 4-22 各燃料の単位あたり発熱量	63
表 4-23 世界における燃料使用量シナリオ	66
表 4-24 発電プラントのCO ₂ 排出原単位	68
表 4-25 SO _x 、NO _x 排出原単位	69
表 4-26 SO _x 、NO _x 排出原単位	69
表 4-27 CO ₂ 外部性価値の範囲	70
表 4-28 NO _x 被害の研究例	71
表 4-29 鉄道プロジェクトにおけるNO _x 評価原単位	71
表 4-30 諸外国におけるSO _x の削減価値	72
表 4-31 過去のエネルギー・ショック時の原油価格上昇率	74
表 4-32 発電による死亡リスク（人数/GW年）	75
表 4-33 各電源による死亡リスク（1GW年あたり）	76
表 4-34 試計算で採用する死亡リスク	76
表 4-35 死傷者一人当たり人身損失額の比較	77
表 5-1 試計算用シナリオにおける各代替電源シナリオの確率	80
表 5-2 燃料価格シナリオ（試計算用シナリオ）	80
表 5-3 その他の基本的指標（試計算用シナリオ）	81
表 5-4 試計算用シナリオにおける運用結果	82
表 5-5 各ケースごとの投資回収年	83
表 5-6 感度分析の結果まとめ	87
表 5-7 環境プレミアムに対する感度分析結果	88
表 5-8 費用増加、期間延長に対する感度分析結果	89
表 5-9 シナリオ分析結果	91

1. はじめに

1.1 目的

核燃料サイクル機構が行う FBR 開発を進めるにあたっては、研究開発によりもたらされる効果に見合う適切な研究開発投資規模を把握する必要がある。

本件は、上記のいわゆる投資対効果を評価するシステムを開発するものであり、平成 10 年度に構築した投資対効果評価システム概念を基に、計算ロジックの詳細検討を行い、システムのプロトタイプを作成する。同時に、入力項目の調査及び妥当性の検討、基準すべき評価例の検討を実施する。

1.2 検討内容

(1) システムの詳細検討

平成 10 年度に実施した「FBR 研究開発に関する投資対効果評価システム概念の構築」におけるシステムの概念検討結果に沿って、システムの詳細計画を実施する。実施にあたっては、将来得られる便益として挙げられた各指標（コスト削減効果、環境負荷低減効果、安全性向上効果、エネルギーセキュリティー向上効果等）を経済価値に換算するロジックが説得力を持つように、妥当性を検討した上で詳細な計算式を作成する。

同時に、上記指標以外の便益として考慮に入れるべき指標（例えば資源の有効利用性や技術的実現性（開発リスク）等）の有無を調査し、必要に応じて他の指標と同様の検討を行い、システムに組み入れるものとする。

また、計算式及びシステム構成は極力単純化すると共に、上記の各指標の定量化及び経済価値への換算部分は独立したサブルーチンとし、容易に新たな指標の追加及び計算式の修正ができるようなシステム構成とする。

(2) プロトタイプの作成

システムのプログラム仕様及び各サブルーチンにおける計算式を明確にした上でプロトタイプを作成する。なお、作成したプログラムは、巻末に資料として示す。

(3) 入力データの検討

投資対効果の評価を行う上で、計算ロジックの妥当性と共に入力データの妥当性が重要視される。特に、将来のエネルギー供給シナリオや研究開発効果を算定するための各指標

毎の入力設定、評価の信憑性に直接影響を与えることから、評価の客観性が確保されるように、裏付けとなる情報の調査及び評価への適用の妥当性の検討を実施する。入力設定の妥当性の検討は、「FBR 研究開発に関する投資対効果評価システム概念」(参考文献[4]) に示されている入力項目の内、FBR 関連以外の項目を中心として行い、詳細設計により付加する項目がある場合には同様に検討する。

(4) 試計算用シナリオの作成

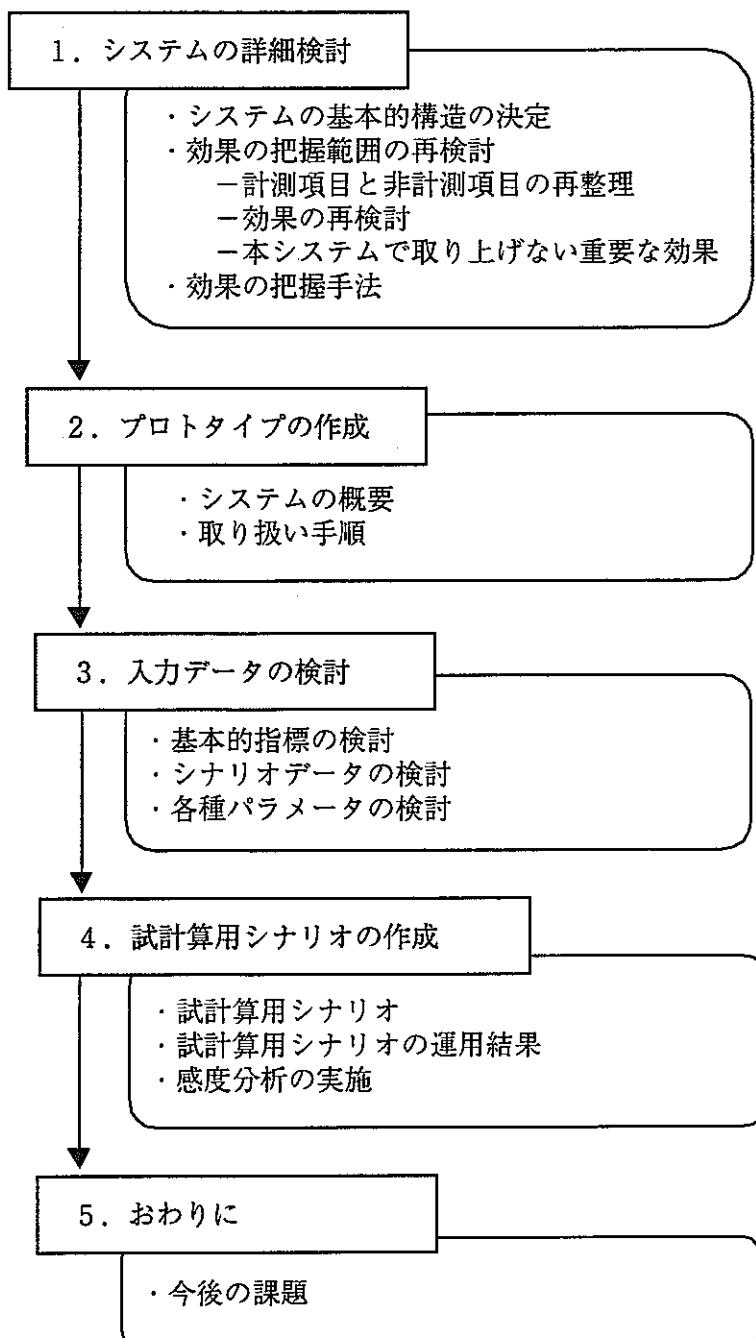
上記の入力データの検討結果を踏まえ、試計算のためのいくつかの将来のエネルギー供給シナリオや各入力値の設定及び出力結果一式を作成する。これにより、プロトタイプにおける計算ロジックや各入力値の妥当性の検証を兼ねる。

また、各種パラメーターや基礎的指標についての感度分析を行い、FBR が成立する社会とはいかなる世界であるのか検討するとともに、今後のシステム改良余地を検討する。

1.3 検討のフロー

本調査研究における検討のフローを以下に示す。

図 1-1 検討のフロー



1.4 検討結果の概要

本システムにおける効果把握は、平成 10 年度プロジェクトの成果（参考文献[4]）に従い、発電単価の差による経済的メリット（発電メリット）、環境便益、エネルギーセキュリティへの貢献、安全性向上、資源輸入削減、を計算する。また、今年度、再度、効果の把握範囲について追加的な検討を行った結果、さらに、資源節約により価格が抑制される効果をも加えて算出することとなった。また、投資対効果を示す出力指標として、①利益指数（効果／費用）に加えて、②純経済価値、③内部收益率、を算出することとした。これらは、民間企業における投資機会の決定などの際に用いられている指標を、追加的に検討した結果である。（→以上、第 2 章）

上記の概念に基いて、VBA により投資対効果評価システムのプロトタイプ構築を行った。システム自体は、今後の追加的な効果算入やパラメーターの感度解析、シナリオ変更などに柔軟に対応できるようにサブルーチン化したものである。（→以上、第 3 章）

また、上記システムが正常に稼動することを確認するために試計算を行うための入力データの検討も行った。入力データは、基本的指標（計測期間、社会的割引率、など）、シナリオデータ（主に時系列で設定されるデータであり、エネルギー需給シナリオ、価格シナリオ、など）、各種パラメータ（環境価値、コスト、など）にわけて過去の調査事例などを元に設定したものである。なお、このデータはあくまでも試計算用のものであり正式な計算に用いるものではないことを明記しておく。（→以上、第 4 章）

試計算では、2030 年から FBR を本格的に導入するものとして、1999 年から 2100 年までの 102 年間における投資対効果を算出した。いくつかのパラメータについて感度分析を行ったところ、割引率が小さい（すなわち将来により価値を置く）社会、また、環境負荷低減を重視する社会において FBR の効果がより大きく享受されるという、いわば当然の結果が得られ、本システムが正しく運用され得ることが確認された。投資対効果をより的確に把握するためには、入力パラメータに対するさらなる検討が必要である。（→以上、第 5 章）

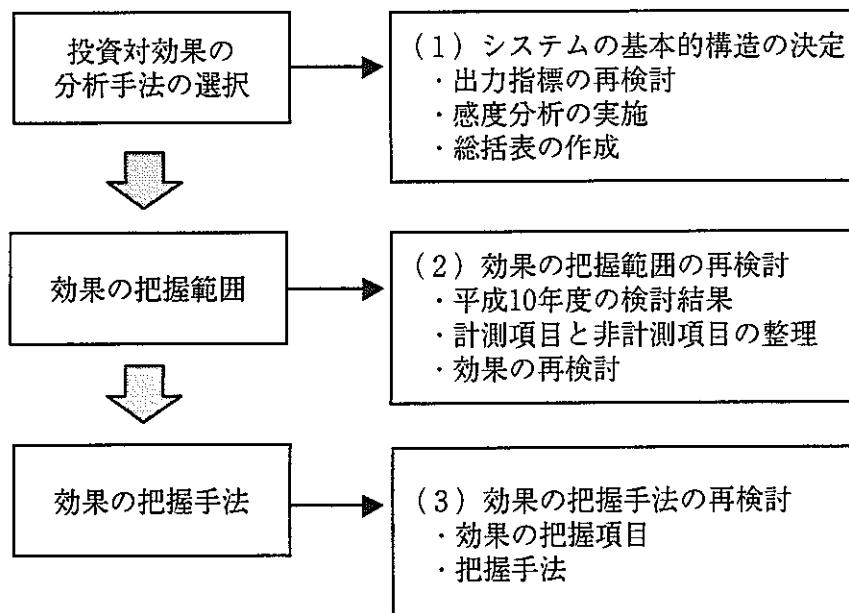
2. システムの詳細検討

平成 10 年度「FBR 研究開発に関する投資対効果評価システム概念の構築」(以下、平成 10 年度プロジェクト：参考文献[4]) では以下にあげる項目について、おおまかな概念構築を行った。

- 1) 研究開発費用の把握
- 2) 投資対効果の分析手法の選択
- 3) 費用と便益の計測期間の設定
- 4) 割引率の選択
- 5) 効果の把握範囲
- 6) 効果の把握手法
- 7) 将来社会シナリオの設定項目（ケース、確率）

本章では、本システムが実際にうまく稼動するよう、上記項目のうち 2)、5)、6)、についてさらに詳細な検討及び概念の整理を行うものとする。シナリオやデータ設定を中心とした 1)、3)、4)、7) の項目は、4 章にて検討を行うものとする。

図 2-1 システムの詳細検討



2.1 システムの基本的構造の決定

平成 10 年度プロジェクトで決定した基本的構造に加えて、以下の項目について再検討を加える。

- 1) 投資対効果を示す指標（出力指標）
- 2) 感度分析の実施項目
- 3) 総括表の作成

2.1.1 出力指標の再検討

投資対効果の是非を示す指標として、平成 10 年度報告書（参考文献[4]）では確率を考慮した「利益指数」が適当であるとした。これは、「効果／費用」を示したものである。しかしながら、他の費用対効果分析事例を見てみると、この「利益指数」（費用便益比ともいう）に加え、

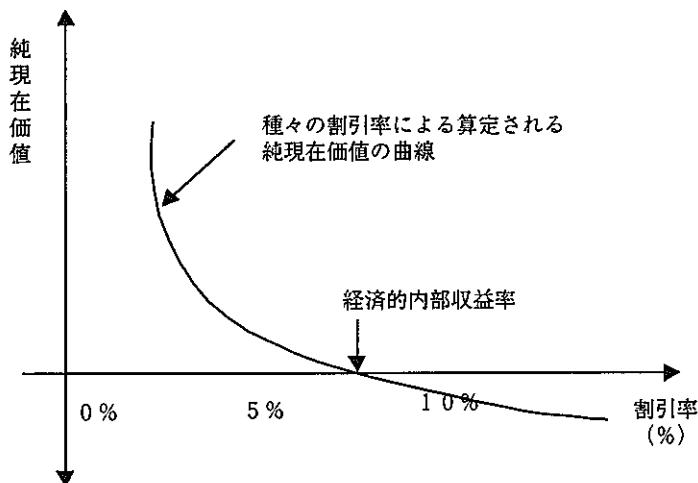
- | | |
|-----------|---|
| ・純現在価値 | → 便益から費用を引いたものであり、この数値が正であれば効率的な事業とみなされる。 |
| ・経済的内部收益率 | → 純現在価値がゼロとなる利率であり、この値が設定している社会的割引率よりも高ければ社会経済的に見て効率的な事業とみなされる。 |

の 2 つの指標をも算出している例が多い。そこで、本システムにおいても利益指数に加えて、これらの 2 つの指標も算出することとする。特に、経済的内部收益率は、民間における事業収支シミュレーションでも最近は重視されている。

＜出力結果＞

- | | |
|--------------|-----------------|
| ・利益指数（費用便益比） | → 1 以上ならば良い |
| ・純経済価値 | → 正の値ならば良い |
| ・経済的内部收益率 | → 社会的割引率以上ならば良い |

図 2-2 経済的内部收益率のイメージ



2.1.2 感度分析の実施

社会的割引率などのいくつかの基本的な指標については、感度分析を実施することが有効である。そのためには、具体的な感度分析の実施対象をあらかじめ決めておき、システム自体も感度分析に対応可能な形式とすることが有効である。感度分析の視点としては、表 2-1に示す指標を考慮してシステム設計を行うものとする。

表 2-1 感度分析の対象変数

感度分析 対象変数	初期設定 (試計算用ケース)	設定例 1	設定例 2
社会的割引率	4%	3%	1.5%
環境プレミアム (環境価値割引率 のみ変更)	0 %	社会的割引率と同値	社会的割引率と同値 + 2 %
期間	想定期間	研究開発期間 1.5 倍	発電開始時期 2030 年
総費用	初期想定総費用	総費用 × 1.5	総費用 × 0.7
代替電源シナリオ	試計算用ケース	軽水炉全部	石炭重視

2.1.3 総括表の作成

FBR 研究開発の投資対効果を評価した結果は、一定の形式の総括表にまとめて、シナリオ別や感度分析結果の比較が容易に行えるようにすることが望ましい。表 2-2は、鉄道プロジェクト（参考文献[3]）における総括表をもととして必要とされる項目を示したものである。おおむね、このような内容を示す総括表にまとめることが適当であると思われる。

表 2-2 投資対効果評価結果総括表のイメージ

<対象プロジェクト名>

(1) 基本的指標に関する前提

- ・評価年
- ・発電開始年、終了年
- ・研究開発開始年、終了年
- ・社会的割引率
- ・FBR 研究開発投資額

(2) シナリオデータに関する前提

- ・FBR 導入量
- ・代替電源シナリオ
- ・エネルギー価格シナリオ

(3) 各種パラメータの関する前提

- ・発電コスト算出にかかるパラメータ
- ・石油備蓄コスト算出のためのパラメータ
- ・資源枯渇抑制効果算出のためのパラメータ
- ・環境便益関連のパラメータ
- ・エネルギーセキュリティ関連のパラメータ
- ・安全便益算出のためのパラメータ

(4) 投資対効果評価結果

- ・投資対効果評価結果
 - 費用、効果総額、効果内訳
- ・評価指標の提示
 - 利益指数、純現在価値、内部収益率

2.2 効果の把握範囲の再検討

2.2.1 平成 10 年度プロジェクトにおける検討結果

平成 10 年度のプロジェクトでは、FBR 研究開発から得られるものと考えられる便益としては以下の 5 つを挙げ、それぞれの項目について、効果の把握手法の概念を示した（表 2-4において「検討状況」欄に○印がついている項目が検討済みであることを示す）。

- ・発電メリット
- ・燃料輸入減少によるメリット
- ・環境便益
- ・安全便益
- ・エネルギーセキュリティへの貢献効果

2.2.2 計測項目と非計測項目の再整理

(1) 項目の列挙

しかしながら、FBR 研究開発においては上記項目以外にも、効果として取り上げることが望ましい項目がある可能性があり、現状の計測区分よりもさらに細分化して効果を計測した方が望ましい項目もある可能性がある。また、効果として取り上げるべきではあるが、定量化が困難であるため、効果の計測が不可能となる項目もあると考えられる。

これらを明確にするために、FBR 研究開発に係る効果と費用の双方について、投資対効果を考える上で考慮する必要があると思われる項目を表 2-4において網羅的に再度列挙し、挙げられた項目について計測項目と非計測項目とに分類・整理するものとする。

(2) 計測項目と非計測項目を区分する基準

交通プロジェクトや港湾プロジェクトなどの評価における、計測項目と非計測項目を区分する基準は、一般的に「計測するための確立された手法があるか」ということを基準として用いることが多い。

また、効果として計測すべき範囲に含まれているかという点もまた重要である。例えば、国費による投資の効果が、仮に国内ではなく海外に発生する場合、それを効果として取り込むことが適当かという問題である。国民による投資である以上、便益の帰着先は投資者である国民と考えるのが適当だからである。

本検討では、表 2-4にある一覧表の「手法有無」「計測是非」欄に、列挙された項目のそれぞれについて、以下の基準に基づき以下のように整理した。

<計測・非計測の区分基準>

- 1) 計測するための確立された手法があるか
- 2) 効果として計測すべき範囲に含まれているか
- 3) 計測する手法があっても、データ等の問題により計測困難かどうか

表 2-3 「効果における計測項目と非計測項目」表への記載

欄		計測方法の有無
効果	+	プラスの効果の場合
	-	マイナスの効果の場合
検討	済	平成 10 年度プロジェクトにおいて検討済みの項目
	未	未検討の項目
手法	○	確立された効果の計測手法が存在するもの
	×	計測手法が存在しないもの
範囲	○	効果として範囲に含めるべき項目（公共投資という観点、直接効果のみ取り上げるという観点、から）
	×	効果としての範囲に含めるべきではない項目（公共投資という観点、直接効果のみ取り上げるという観点、から）
データ状況	○	データの収集が可能である項目
	△	データの収集は困難だが、想定などを行うことにより可能となる可能性のある項目
	×	データの収集が困難な項目
結論	○	平成 10 年度プロジェクトで検討済みであり、基本的に計測するべきである項目
	△	計測するべきか否かは本年度に検討する項目
	×	効果として計測するべきではない、または困難と考えられる項目

表 2-4 効果における計測項目と非計測項目（1）

大項目	小項目	効果	検討	手法	把握範囲	データ状況	結論	備考
発電 メリット	既存発電システムとの効率性の差	+	済	○	○	○	○	
	FBR 発電収入	+	済	○	×	○	×	研究開発の効果としては不適と考えられる。
燃料輸入 減少メリット	燃料輸入減少	+	済	○	○	○	○	
	燃料輸出国の輸出減少	-	未	○	×	○	×	海外で発生する効果は考えない。
エネルギーセキュリティへの貢献効果	急激な価格上昇回避効果	+	済	○	○	△	○	過去のデータ等をもとに想定する。
	備蓄費用削減	+	済	○	○	○	○	
	国民の不安抑制効果	+	未	○	○	×	×	手法があることはあるが、定量化および被害の経済価値化が非常に困難。
	石油依存度の減少	+	未	○	○	○	×	燃料輸入減少と重複。
	資源の枯渇抑制の効果	+	未	○	○	△	△	「価格の需要弾力性」を想定する。

表 2-5 効果における計測項目と非計測項目（2）

大項目	小項目	効果	検討	手法	把握範囲	データ状況	結論	備考
環境効果	CO ₂ 削減	+	済	○	○	○	○	
	NO _x 削減	+	済	○	○	○	○	
	SO _x 削減	+	済	○	○	○	○	
	高レベル廃棄物排出	-	済	○	○	○	○	
	高レベル廃棄物処理費用	-	未	○	○	○	△	発電コスに計上済み
安全効果	個々の投資による安全性向上	+	済	○	○	△	○	事故率などデータは想定する。
	FBR発電に伴う潜在的な人的被害	-	済	○	○	△	○	統計的生命の価値は、他事例を参考に収集する。
	同 土地被害	-	済	○	○	△	○	土地被害範囲、土地価値は想定する。
	プルトニウム輸送時の盗難リスク	-	未	×	○	×	×	定量化および被害の経済価値化が困難。
	プルトニウム輸送費用	-	未	○	○	○	△	発電コスに計上済み

表 2-6 効果における計測項目と非計測項目（3）

大項目	小項目	効果	検討	手法	把握範囲	データ状況	結論	備考
核不拡散効果	国内プルトニウムバランス維持	+	未	○	○	×	△	プルトニウムバランスをどう経済価値化するかが問題となる。
	核兵器開発疑惑の回避	+	未	×	×	×	×	国内プルトニウムバランス維持と同じ
技術輸出効果	技術輸出収入	+	未	○	×	△	×	
	他国における発電メリット向上	+	未	○	×	△	×	海外で発生する効果は考えない。
	他国の環境効果	+	未	○	×	△	×	海外で発生する効果は考えない。
	他国の安全効果	+	未	○	×	△	×	海外で発生する効果は考えない。
	他国のエネルギーセキュリティ向上	+	未	○	×	△	×	海外で発生する効果は考えない。
	他国の燃料輸入減少	+	未	○	×	△	×	海外で発生する効果は考えない。
	燃料輸出国の輸出減少	-	未	○	×	△	×	海外で発生する効果は考えない。
	他国の核兵器開発への流用リスク	-	未	×	×	×	×	間接効果は考えない。

表 2-7 効果における計測項目と非計測項目（4）

大項目	小項目	効果	検討	手法	把握範囲	データ状況	結論	備考
原子力産業育成	原子力関連の技術維持・向上	+	未	×	×	×	×	間接効果は考えない。
	原子力関連産業従事者の雇用維持	+	未	×	×	×	×	間接効果は考えない。
	原子力関連の人材育成	+	未	×	×	×	×	間接効果は考えない。
上記以外の経済的波及効果		+	済	○	×	×	×	間接効果は考えない。

2.2.3 効果の再検討

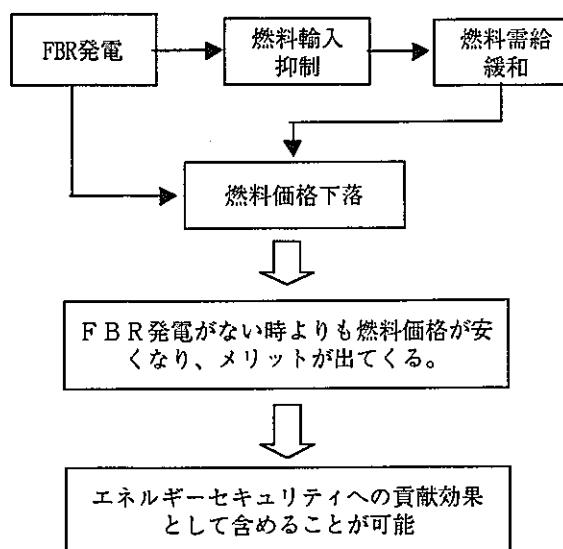
表 2-4の「計測是非」欄において△（計測するべきか否かは本年度に検討する項目）とされた項目は以下の4つである。そこで、以下の項目について計測するべきか否か検討を行う。

- 1) 資源の枯渇抑制の効果
- 2) 高レベル廃棄物処理費用
- 3) プルトニウム輸送費用
- 4) 国内プルトニウムバランス維持

(1) 資源の枯渇抑制の効果

FBR発電を行うことに伴い、化石燃料の使用量が減少するため、資源の枯渇抑制の効果が出てくる。これは、同時に化石燃料の需給バランスを変化させて燃料価格を下落させることになり、燃料を安く調達することが可能となる。すなわち、図 2-3に示すメカニズムにより国内的にも FBR発電に伴う効果が出てくる。このイメージを図に示すと図 2-4となる。しかし、燃料価格下落は、当然、FBR発電メリット（対火力発電、軽水炉）をなくす方向にも働く。既に検討した FBR発電メリットは、「火力・軽水炉発電価格 - FBR発電価格」で定義されるからである。この意味で FBR導入を促進すればするほど需給緩和に伴う燃料価格低下を招き、発電メリットを低下させるという自己矛盾に陥る¹（→図 2-5）。

図 2-3 FBR導入に伴う資源抑制（需給緩和）による効果



¹ このように考えると、80年代以降に原油価格が低迷したのは、まさに原子力大量導入に伴い、原油に対する需給緩和が起こったことも要因として考えられる可能性もある。これにより、電気代が下がったり石油製品の価格低下が起こったのは原子力導入の効果として捕らえることも可能かもしれない。

図 2-4 資源の枯渇抑制（需給緩和）に伴うメリット

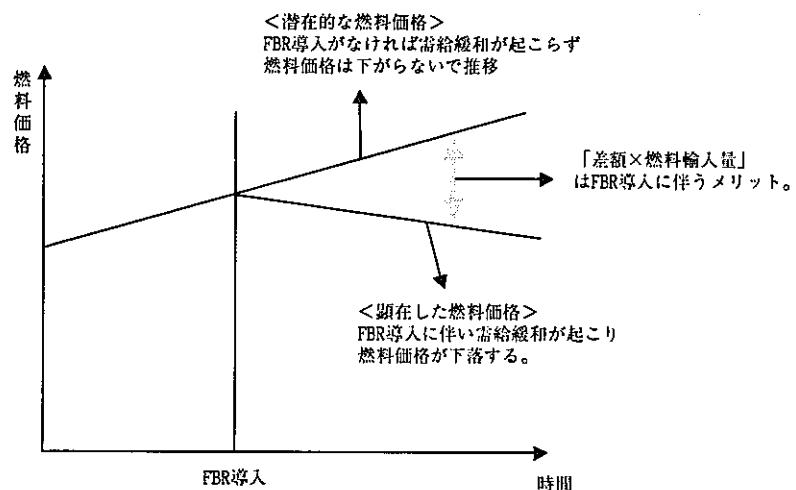
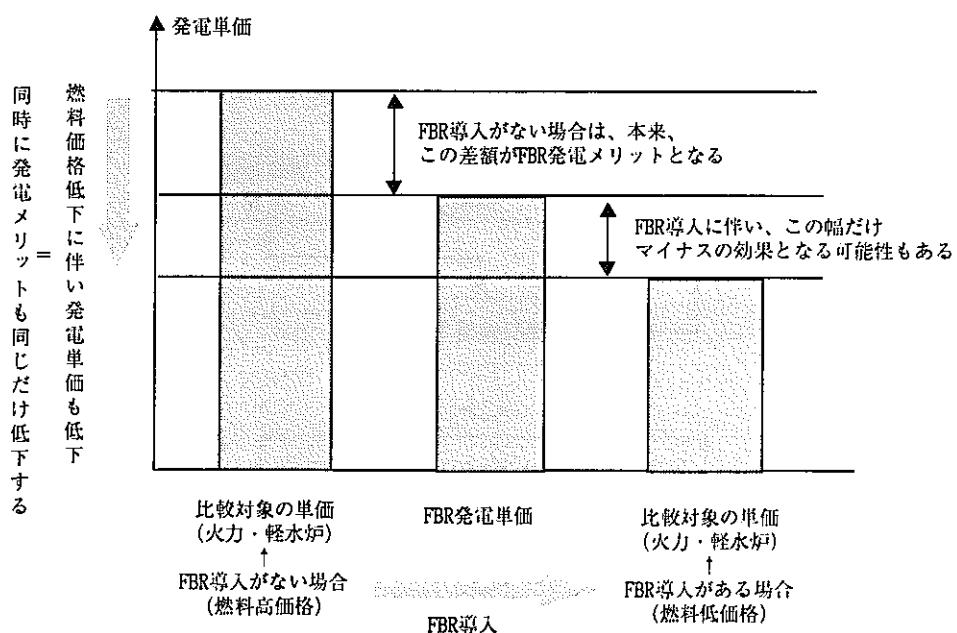


図 2-5 発電メリットの相殺イメージ



(2) 高レベル廃棄物処理費用

高レベル廃棄物処理費用は、FBR や軽水炉についてはマイナスの費用として考えられる。しかしながら、この費用については発電メリットに含まれていると考えられる。現に、廃棄物処理費用は電気料金に上乗せするという案もあり、あえて別立てしてマイナスメリットを計上するという必要性もないと考えられる。

実際には廃棄物処理費用が発電コストに上乗せされているため、発電メリット計上の際に含まれるため、あえてコストとして計上すると二重計算となりかねない。このため、今回は、あえて取り上げないこととする。

(3) プルトニウム輸送費用

FBR 発電のためにプルトニウムを輸送するためにコストがかかり、まさに輸送費用そのものとなる。この費用については、マイナスのコストとして考える必要がある可能性がある。しかしながら、このコストは FBR 発電の燃料費（変動費）として計上されていると考えられるため、発電メリットに組み込まれることとなる。このため、新たに計上する必要性は少ないため、今回はあえて計上しないこととする。

(4) 国内プルトニウムバランス維持

日本におけるプルトニウムバランスを維持しないと、他国からの核開発疑惑にさらされる可能性もあり、軽水炉で発生したプルトニウムは使う必要性がある。現在は「もんじゅ」の事故により FBR 計画が後退したため、MOX 燃料として使用することとなっている。

しかし、MOX 燃料を軽水炉で燃やして発電するのは、軽水炉による発電よりもコストが高くつく。FBR によってプルトニウムが消費されることに伴い、このコスト高分が、解消されれば、それも FBR 導入に伴うメリットとして換算することができる可能性がある。他のメリットとのダブルカウントの可能性も考えられず、メリットとして計上できる可能性が高いといえる。

もっとも、近隣アジア諸国からは、なぜ日本は国内でプルトニウムを消費するのかという別の懸念も生ずる可能性がある。プルトニウムに関する項目をメリットとして取り込むべきどうかは議論が分かれるところであるが、今年度構築するシステムでは、一応、計算できるような仕組みを構築するものとする。

2.2.4 本システムで取り上げない重要な効果

本システムでは、定量化が困難であったり、把握手法が確立されていなかったり、等の理由により、FBR 投資対効果としては重要な効果ではありながら、取り上げることが困難である効果もある。例えば、

- ・国民のエネルギーセキュリティに対する不安抑制効果
- ・プルトニウム輸送時の盗難リスク
- ・国内プルトニウムバランス維持

などが挙げられる。

これらは、非常に重要な効果ではあるものの、「公共投資」という金額で示される費用項目の有効な利用がされているかどうかを計測する以上は、「効果」部分も金額で示されなければ「投資」と「効果」を比較することは困難である²。投資の効果を計測するのではなく、実施が決まっているプロジェクトについて、その選択肢を比較するのならば総合評価（効用関数、評点法、AHP、など）を行うことにより金額換算しないことも考えられるが、費用便益分析という観点からは、やはり金額換算した方が分かりやすい。

上記の効果は、非常に重要な効果ではあることを明記し、今後の定性的な評価を行う際に効果として取り込みを図ることとするのが適当であると考えられる。

² 費用部分と効果部分を両方とも「効用関数」として評価するという手法もあるが、効用関数設定に問題が出てくる。

2.3 効果の把握手法

2.3.1 効果の把握項目

2.2で検討した結果、新たに効果として把握することが適當と考えられる項目について、その効果の把握手法を以下で検討する。具体的には、以下の項目となる。

- ・資源枯渇抑制の効果
- ・国内プルトニウムバランス維持

2.3.2 効果の把握手法

(1) 資源枯渇抑制に伴うメリット

資源枯渇抑制に伴うメリットの計測は、以下の式で可能である。これを図で示すと図2-6のようになる。燃料輸入額のうち、すでに燃料輸入削減メリットに伴って計上した部分もあることに注意する必要がある。

＜資源枯渇抑制（燃料需給緩和）に伴うメリット＞

$$\text{資源枯渇抑制（燃料需給緩和）に伴うメリット} = [(A - B)] \times C$$

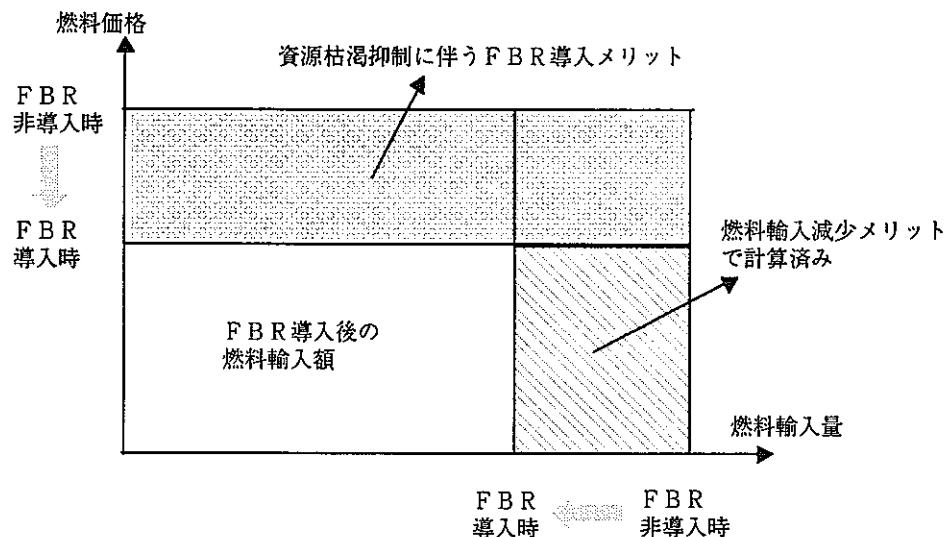
A : FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格

B : FBR 導入に伴う燃料価格

C : FBR 導入時における燃料輸入量

この効果を算出する際の問題点は、いかにして納得感のあるデータを収集できるかにあるといえる。手法については、ある程度の納得感を得られると考えられるものの、データの問題が解決できない限り難しいといえる。

図 2-6 資源枯渇抑制（燃料需給緩和）に伴うメリットのイメージ



(2) 国内プルトニウムバランス維持

国内プルトニウムバランス維持に伴うメリットの計算は以下の式で計測可能である。ただし、以下ではFBRによる発電をすべてMOX燃料による発電で代替すると仮定している。

<国内プルトニウムバランス維持に伴うメリット>

$$\text{国内プルトニウムバランス維持に伴うメリット} = (A - B) \times C$$

A : MOX燃料による発電コスト

B : FBRによる発電コスト

C : FBR発電量

3. プロトタイプの作成

本章では、別途作成した「FBR 研究開発に関する投資対効果評価システム」のプロトタイプについて解説する。本システムは、Visual Basic for Applications (VBA)によって作成されており、WINDOWS95 又は WINDOWS98 を OS として持つパソコンで容易に推計が行えるように設定されている。

3.1 システムの概要

本システムの動作は以下のよう構成になっている。まず、システムを起動すると「main menu 画面」となり、その画面から、FBR 導入量等のシナリオ作成や、FBR 研究開発費や導入時期など各種値の設定を行う。作成されたシナリオの中から、計算に用いるシナリオの選択と各シナリオの確率を設定し（シナリオ設定）、計算を行う。

計算結果については、費用および効果の経年変化がグラフによって出力される。次節以降で、本システムの操作手順を具体的な例を用いて解説する。ここで行う計算の条件（ただし、動作確認用）を表 3-1に示す。

図 3-1 システムのフロー

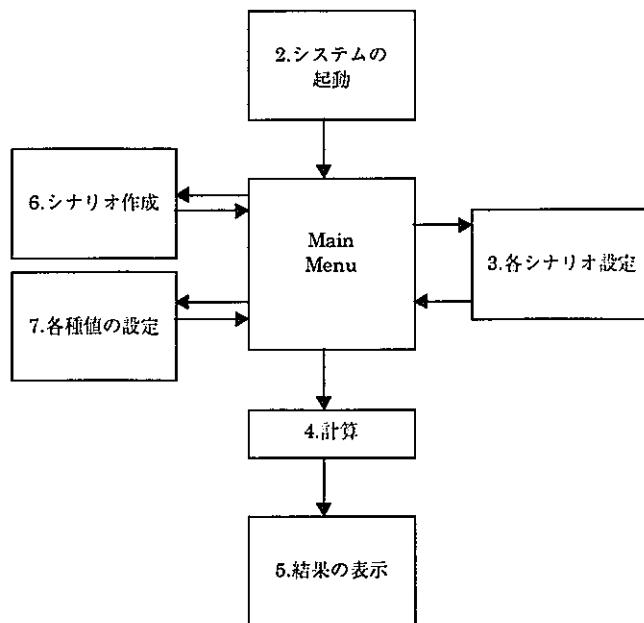


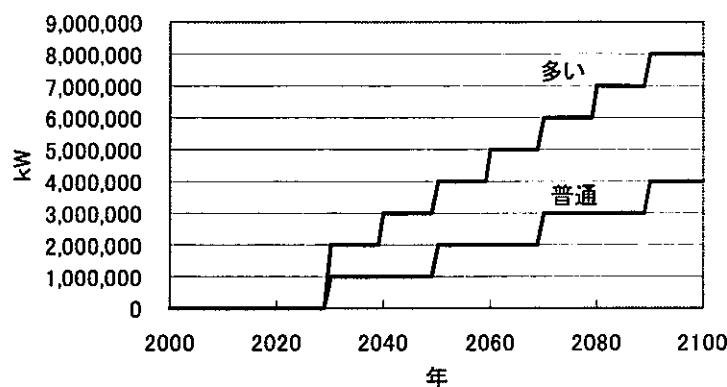
表 3-1 設定するシナリオ値（※1）

		設定例	
シナリオ値	FBR シナリオ （※2）	普通（60%）	2030 年に 100 万 kW、以後 20 年ごとに 100 万 kW ずつ増加。利用率を 70% と仮定。
		多い（40%）	2030 年に 200 万 kW、以後 10 年ごとに 100 万 kW ずつ増加。利用率を 70% と仮定。
	他電源 シナリオ	その 1 (20%)	2008 年までは日本電力調査委員会による需給予測に基づく。それ以後は伸びが鈍化すると仮定。
		その 2 (30%)	増加する電力需要を主に LNG 火力の増設でまかなうと仮定。他の電源についてはほぼ横ばいとする。
		その 3 (50%)	石油火力を減少させていくと仮定。他の電源については「その 1」と同様にする。
	燃料価格 シナリオ	その 1 (100%)	1999 年の石油価格を \$24/bbl とし、2100 年までに約 2 割価格が上昇すると仮定。
各種値	研究開発費		300 億円/年
	投資開始時期		1999 年
	運転開始時期		2030 年
	社会的割引率		0.03

※1 設定されたシナリオ値はプログラムの動作確認が目的であるため、根拠なく設定されている。

※2 FBR シナリオについては図 3-2 を参照のこと。

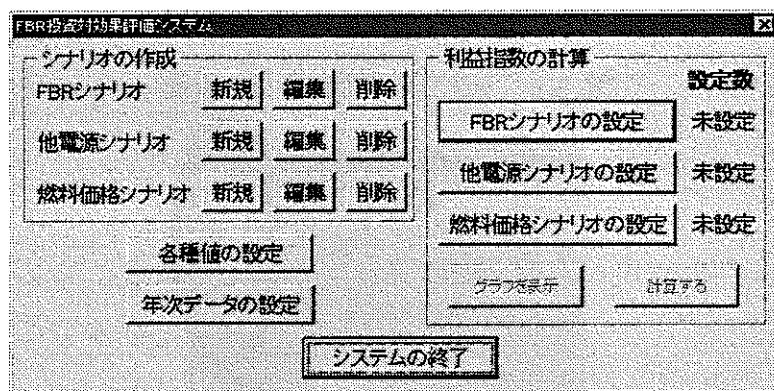
図 3-2 FBR 導入シナリオ例



(1) システムの起動

ファイル“main”をオープンし、「マクロを有効にする」をクリックすると図3-3のようなMain Menu画面が現れ、システムが起動する。

図 3-3 Main Menu

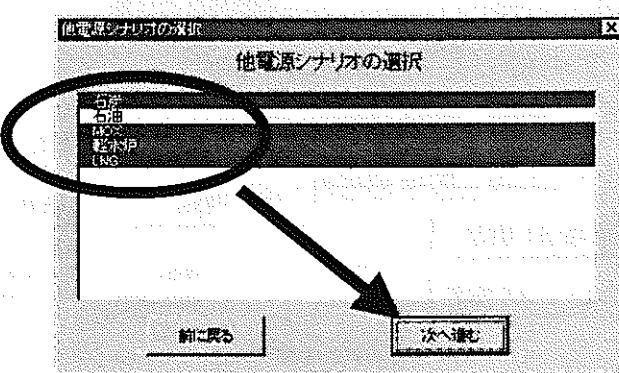


(2) 各シナリオの設定

1) シナリオの選択

計算を行うにあたって、シナリオを選択し、各シナリオについてその成就確率を設定する必要がある。まず、他電源導入量のシナリオを設定する。「他電源シナリオの設定」をクリックすると、図3-4のような画面が現れ、他電源導入量シナリオ一覧が表示される。今回は、「石炭」、「石油」、「MOX」、「軽水炉」、「LNG」という5種類のシナリオが用意されており、そのうち、「石炭」、「MOX」、「軽水炉」、「LNG」を選択して「次へ進む」をクリックする。ここに表示された以外のシナリオを用いる場合は、「シナリオの作成」によって新規に作成する。

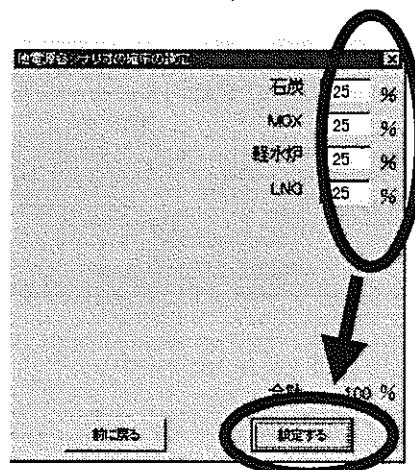
図 3-4 他電源導入量シナリオ選択画面



2) 成就確率の設定

次に、選択された各シナリオの成就確率を設定する。ここでは、例として選択されたそれぞれの項目の成就確率をすべて 25%とする。合計が 100%になっていることを確認し、「設定する」をクリックする。これで、他電源導入シナリオについての設定が完了し、画面は main menu に戻る。「他電源シナリオの設定」の設定数が“4”（これがシナリオ数を示す）となっていることを確認する。

図 3-5 シナリオ成就確率設定画面

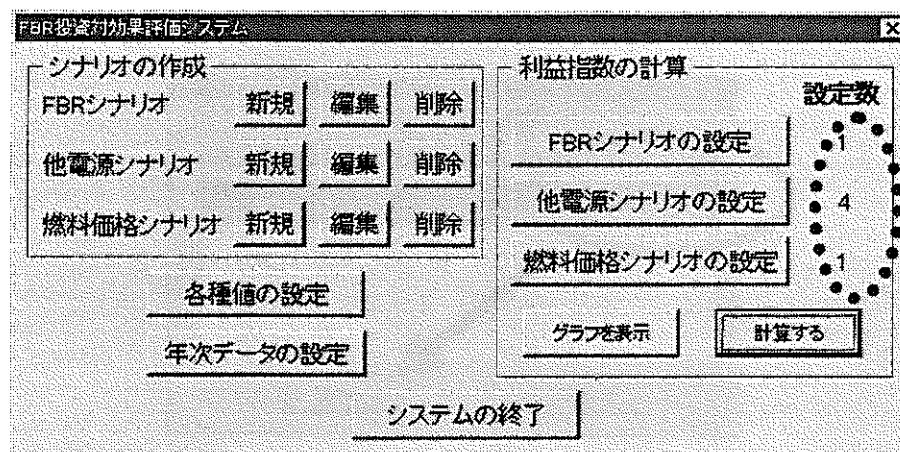


同様に、「FBR シナリオの設定」および「燃料価格シナリオの設定」についても同じ手順でシナリオ選択と成就確率設定を行う。

- ・ FBR シナリオ : FBR シナリオ 1 (100%)
- ・ 燃料価格シナリオ : 燃料価格シナリオ 1 (100%)

設定が完了すると、画面は下図のような main menu になっている。設定数が表示されていることを確認する。

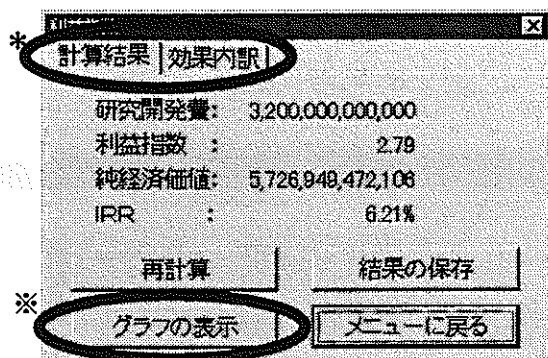
図 3-6 設定完了後の Main Menu



(3) 計算

シナリオの設定が完了したら、「計算する」をクリックする(図3-6)。「再計算」ボタンをクリック(図3-7)すると“計算中”と表示された後、結果が出力される(図3-7)。

図3-7 結果表示画面

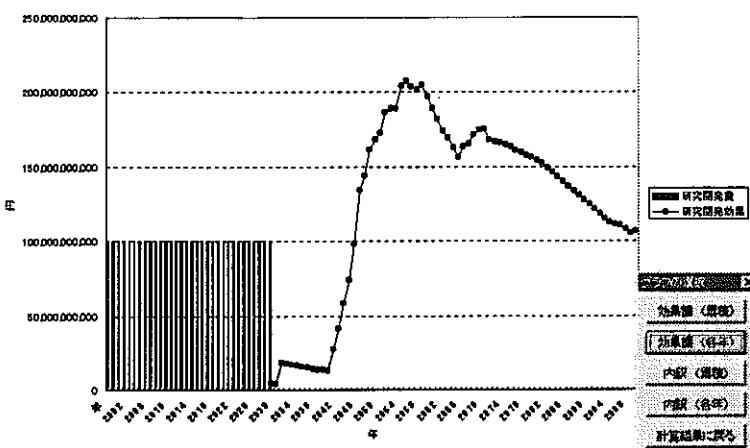


ここで、「効果内訳」(図3-7中の*)をクリックすると効果総額、及び、その内訳が表示される。計算結果をクリックすることで、また、図3-6に戻る。

(4) グラフによる結果の表示

「グラフの表示」(図3-7中の※)をクリックすると、図3-8のような画面が表示される。2100年までの、毎年の投資額と効果額(累積・各年)、及び効果額の内訳(累積・各年)の四種類のグラフが、右下のウインドウのボタンをクリックする事で表示される。一番下の「計算結果に戻る」をクリックすることで図3-7の計算結果画面が表示される。

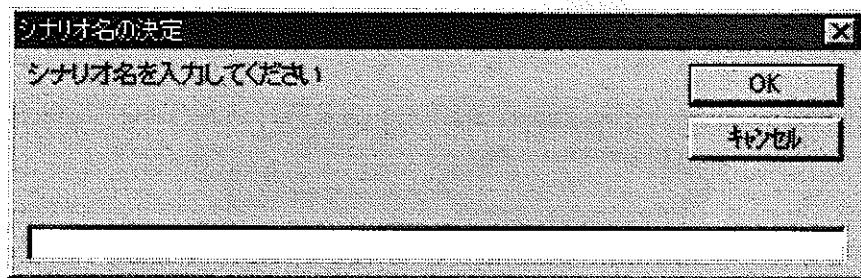
図3-8 グラフ表示画面(各年の開発投資額と効果額)



3.2 シナリオ作成

新規シナリオを作成する場合は、図 3-3Main Menu のシナリオ作成ボタン（FBR シナリオの「新規」、他電源シナリオの「新規」、または燃料価格シナリオの「新規」）をクリックする。シナリオ名の決定ウインドウが表われ、シナリオ名を入力し、「OK」をクリックすると、年次データの入力画面へ移行する。各シナリオ設定に必要な入力パラメータは表 3-2に一覧表として示した。

図 3-9 シナリオ名の決定



各年データの入力画面（図 3-10）では、各年ごとにデータを入力していく。また、メニューに戻る、をクリックすることで、メニュー画面（図 3-3）に行くことができる。

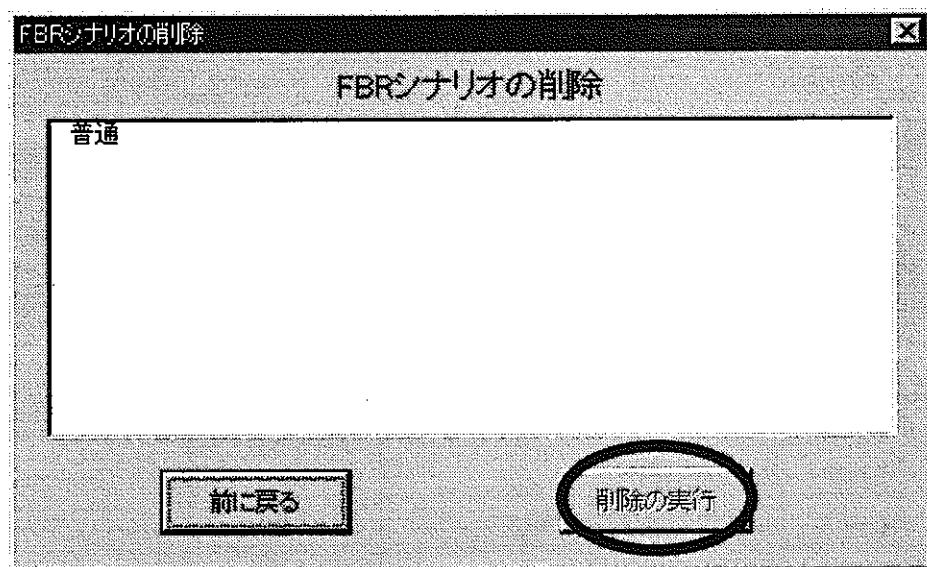
図 3-10 各年データの入力

	1	2	3
1	メニューに 戻る	POW_FBR.F	
2	PA_FBR.FBR導 入量(KWhベース)	BR導入量 (KWベース)	
3	年		
4	1998	0	0
5	2000	0	0
6	2001	0	0
7	2002	0	0
8	2003	0	0
9	2004	0	0
10	2005	0	0
11	2006	0	0
12	2007	0	0
13	2008	0	0

シナリオを削除する場合は、メニュー画面（図 3-3）のシナリオ削除ボタン（FBR シナリオの「削除」、他電源シナリオの「削除」、または燃料価格シナリオの「削除」）をクリックする。

シナリオの削除の画面（図 3-11）が出るので、対象となるシナリオを選び「削除の実行」をクリックすると確認ウインドウが表示され、「はい」をクリックすることでシナリオは削除される。

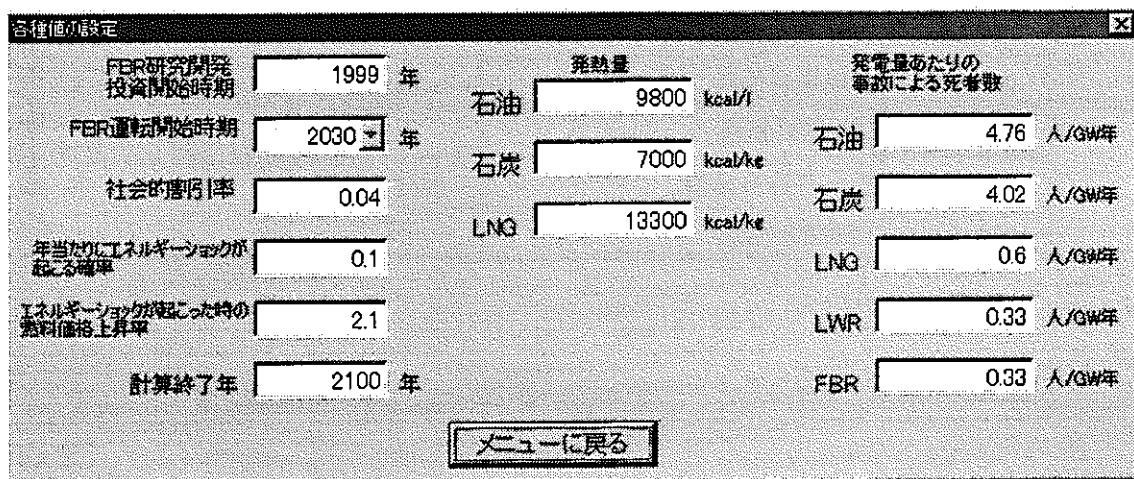
図 3-11 シナリオの削除



3.3 各種値の設定

シナリオ値以外の値（FBR 開発投資額、運転導入時期、等）を設定するときは、「各種値の設定」をクリックし、該当項目に設定値を入力する。入力変数一覧は表 3-3に示す通りである。

図 3-12 各種設定画面



また、「年次データの設定」をクリックし、時系列で記入されるデータを設定する。ここで設定される項目の一覧表を表 3-6に示す。

表 3-2 シナリオ入力に必要な変数一覧

変数名	説明	単位	シナリオ名
PA_FBR	FBR 導入量	kWh	FBRシナリオ
POW_FBR	FBR 導入量	kW	
PA_col	石炭火力導入量	kWh	
PA_lng	LNG 火力導入量	kWh	
PA_lwr	原子力導入量	kWh	
PA_mox	MOX 導入量	kWh	
PA_oil	石油火力導入量(kWh ベース)	kWh	
POW_col	石炭火力導入量	kW	
POW_lng	LNG 火力導入量	kW	
POW_lwr	原子力導入量	kW	
POW_mox	MOX 導入量	kW	他電源シナリオ
POW_oil	石油火力導入量	kW	
rw_coal	石炭火力稼働率		
rw_lng	LNG 火力稼働率		
rw_lwr	原子力稼働率		
rw_mox	MOX 稼働率		
rw_oil	石油火力稼働率		
pfn_col	石炭燃料価格	円/kg	燃料価格シナリオ
pfn_lng	LNG 燃料価格	円/kg	
pfn_lwr	原子力燃料価格	円/t · UO2	
pfn_oil	石油燃料価格	円/l	

表 3-3 年次データとして入力する変数一覧（1）

変数名	説明	単位
crt	FBR 研究開発費	円
ddmd_col	国内石炭需要	kcal/年
ddmd_lng	国内 LNG 需要	kcal/年
ddmd_lwr	国内 LWR 需要	kcal/年
ddmd_oil	国内石油需要	kcal/年
e_a	高レベル廃棄物環境プレミアム上昇割合	
e_c	二酸化炭素環境プレミアム上昇割合	
e_n	NOx 環境プレミアム上昇割合	
e_s	SOx 環境プレミアム上昇割合	
elas_col	石炭弾性値	
elas_lng	LNG 弹性値	
elas_lwr	LWR 弹性値	
elas_oil	石油弾性値	
eta_col	石炭火力発電効率	
eta_fbr	FBR 発電効率	
eta_lng	LNG 火力発電効率	
eta_lwr	原子力発電効率	
eta_oil	石油火力発電効率	
fbr_cost	FBR 発電コスト	円/kWh
mg_a_col	石炭火力・高レベル廃棄物排出量	t/kWh
mg_a_fbr	FBR・高レベル廃棄物排出量	t/kWh
mg_a_lng	LNG 火力・高レベル廃棄物排出量	t/kWh
mg_a_lwr	原子力・高レベル廃棄物排出量	t/kWh
mg_a_oil	石油火力・高レベル廃棄物排出量	t/kWh
mg_c_col	石炭火力・二酸化炭素排出量	t/kWh
mg_c_fbr	FBR・二酸化炭素排出量	t/kWh
mg_c_lng	LNG 火力・二酸化炭素排出量	t/kWh
mg_c_lwr	原子力・二酸化炭素排出量	t/kWh
mg_c_oil	石油火力・二酸化炭素排出量	t/kWh
mg_n_col	石炭火力・NOx 排出量	t/kWh
mg_n_fbr	FBR・NOx 排出量	t/kWh
mg_n_lng	LNG火力・NOx排出量	t/kWh
mg_n_lwr	原子力・NOx排出量	t/kWh
mg_n_oil	石油火力・NOx排出量	t/kWh

表 3-4 年次データとして入力する変数一覧（2）

変数名	説明	単位
mg_s_col	石炭火力・SOx 排出量	t/kWh
mg_s_fbr	FBR・SOx 排出量	t/kWh
mg_s_lng	LNG 火力・SOx 排出量	t/kWh
mg_s_lwr	原子力・SOx 排出量	t/kWh
mg_s_oil	石油火力・SOx 排出量	t/kWh
PCW_col	石炭火力プラント建設単価	円/kW
PCW_FBR	FBR プラント建設単価	円/kW
PCW_lng	LNG 火力プラント建設単価	円/kW
PCW_lwr	原子力プラント建設単価	円/kW
PCW_oil	石油火力プラント建設単価	円/kW
pdgn_a	高レベル廃棄物削減価値	円/t
pdgn_c	二酸化炭素削減価値	円/t
pdgn_n	NOx 削減価値	円/t
pdgn_s	SOx 削減価値	円/t
pland	土地の価値	円/km ²
pman	人の価値	円/人
PROC_col	石炭火力燃料加工費	円/kWh
PROC_fbr	FBR 燃料加工費	円/kWh
PROC_lng	LNG 火力燃料加工費	円/kWh
PROC_lwr	原子力燃料加工費	円/kWh
PROC_mox	MOX 燃料加工費	円/kWh
PROC_oil	石油火力燃料加工費	円/kWh
q_fbr	FBR の燃焼度	kWd/t
q_lwr	原子力燃焼度	kWd/t

表 3-5 年次データとして入力する変数一覧（3）

変数名	説明	単位
ROS	石油備蓄割合	
rp_col	石炭火力燃料価格の上昇率	
rp_fbr	FBR 燃料価格の上昇率	
rp_lng	LNG 火力燃料価格の上昇率	
rp_lwr	原子力燃料価格の上昇率	
rp_oil	石油火力燃料価格の上昇率	
SC	石油備蓄コスト	円/t・年
wdmd_col	世界の石炭需要	kcal/年
wdmd_lng	世界の LNG 需要	kcal/年
wdmd_lwr	世界の LWR 需要	kcal/年
wdmd_oil	世界の石油需要	kcal/年
YC_col	石炭火力・年経費率	
YC_fbr	FBR・年経費率	
YC_lng	LNG 火力・年経費率	
YC_lwr	原子力・年経費率	
YC_oil	石油火力・年経費率	

表 3-6 「各種値の設定」において入力する変数一覧

変数名	説明	単位
end_nen	計算終了年	年
fstart	FBR 運転開始時期	年
K	社会的割引率	
prb_ded_col	石炭燃料による発電量あたりの事故による死者数	人/GW 年
prb_ded_fbr	FBR による発電量あたりの事故による死者数	人/GW 年
prb_ded_lng	LNG 燃料による発電量あたりの事故による死者数	人/GW 年
prb_ded_lwr	LWR による発電量あたりの事故による死者数	人/GW 年
prb_ded_oil	石油燃料による発電量あたりの事故による死者数	人/GW 年
prb_es	エネルギーショックが起こる確率	
prb_sc	研究開発成功率	
q_col	q_col 発熱量	kcal/kg
q_lng	q_lng 発熱量	kcal/kg
q_oil	q_oil 発熱量	kcal/l
rp_es	エネルギーショックが起こった場合の燃料価格上昇率	
rstart	FBR 研究開発投資開始時期	年

4. 入力データの検討

平成 10 年度報告書「FBR 研究開発に関する投資対効果評価システム概念の構築」(参考文献[4])においては、入力データにより投資対効果として推計される結果が大きく異なることを指摘した。以下において、本システムの試計算を行う際に必要となる入力データを 3 つに分類して、それぞれ検討することとする。

(1) システム構成上の基本的指標

投資対効果の推計結果に大きな影響を及ぼし、投資対効果の結果を公表する上でも公開することが求められると考えられる指標とする。他の費用便益分析事例なども参考とすれば、いくつかのケースにわけて感度分析を行うことが適当と考えられる指標である。

- ・計測期間 (FBR 発電開始時期、終了時期)
- ・社会的割引率

(2) シナリオとして定義される指標

経済成長率、エネルギー需要、価格などの時系列で必要とされる将来社会シナリオをいい、費用対効果を把握する上で重要な前提項目として定義される。

- ・経済成長シナリオ
- ・エネルギー需給シナリオ
- ・エネルギー価格シナリオ

(3) パラメータとして設定される指標

人命の価値、環境の価値などのように通常は貨幣換算が困難であるが、多くの先行研究などにより経済価値換算化の手法が確立されている。しかしながら、信憑性の高い納得の得られるデータとする必要がある。なお、時系列で整備する必要があるものも多い。

- ・発電コスト算出のためのパラメータ (プラント単価、発電効率、年経費率、など)
- ・石油備蓄コスト算出のためのパラメータ
- ・環境便益 (CO₂、NO_x、SO_x などの削減価値) 関連のパラメータ
- ・エネルギーセキュリティ関連のパラメータ
- ・安全便益算出のためのパラメータ (事故発生確率、統計的生命の価値、土地の価値)

4.1 基本的指標の検討

平成 10 年度プロジェクトにおける検討結果を踏まえて、FBR 投資対効果評価システム構築における基本的指標について再確認、及び必要に応じて再検討を行う。(詳細については参考文献[4]に示す平成 10 年度報告書を参照)

4.1.1 計測期間

システム上は、どの時点からでも計測可能なような柔軟な形式とすることが有効であるが、費用・効果の計測期間は重要な指標であり、感度分析を行うにあたってもケースは設定しておく必要がある。

(1) 費用の計測期間

基本的に過去の支出に遡って費用を計上することが望ましいため、費用の計測期間としては FBR 研究開発の開始時点から研究開発支出が終了した時点とする。

<備考>

- ・FBR 運転以降の FBR プラント建設コスト（商用炉）や、FBR 運転費用は、費用としては計上しない。これは FBR 発電収入によってまかなわれるものであり、研究開発費用としては適当とはいえない。
- ・安全コストの計測開始時期としては、安全に関するコストが発生した時期とすることが適当である。それが FBR 発電開始時期よりも早まる可能性も考えられる。

(2) 効果の計測期間

効果の計測時期は、FBR 導入シナリオに基づき、2030 年、2050 年の 2 ケースとするが試計算用ケースは 2030 年開始とする。また、終了時期は 2100 年とする。

4.1.2 社会的割引率の検討

社会的割引率とは、将来の価値が現在どれだけの価値に相当するかを（＝現在価値）計算するときに適用される利子率をいう。その際の考え方は、平成10年度報告書（参考文献[4]）に示したとおりであるが、この値の設定によって投資対効果の計測結果は大きな影響を受ける。今回は、実際に投資対効果を計測する際に、公開したとしても皆の納得のいく社会的割引率はどの程度なのかを検討するために、国内、海外諸国におけるプロジェクトで採用されている社会的割引率の事例を検討する。

（1）国内プロジェクトにおける社会的割引率の設定事例

表4-1に、日本国内でいくつかの実際に行われたプロジェクト評価事例において用いられた割引率を示す。いずれも30～50年くらいの期間にわたるプロジェクトであるが、実質でみた市場金利³を反映してか割引率として4%を用いていることが多い。

表4-1 社会的割引率の採用事例（国内）

評価事例	社会的割引率	設定根拠
鉄道プロジェクト (期間30～50年)	4%	平成3年～7年の国債（10年もの）名目利回り平均=4.09%，同実質利回り平均=3.91%。計算期間は、建設期間+30～50年としている。運輸省「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99」（参考文献[3]）より。
道路プロジェクト (期間40年)	4%	全国銀行約定平均金利の平均（実質値）が4%程度であるため（→表4-2を参照）。「道路投資の評価に関する指針（案）」（参考文献[23]）より。
社会资本整備全般 (建設省)	4%	平成3年度以降の国債（10年もの）、地方債（10年もの）、の利回り平均がそれぞれ4.5%、4.61%であり、消費者物価上昇率0.62%を考慮すると実質利回りは国債が3.88%、地方債が3.99%となるため。建設省「社会资本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針（案）」（参考文献[7]）より。

³ 実質金利は、「名目金利-期待物価上昇率」で示されるが、通常は期待物価上昇率は分からため実績の物価上昇率で代替することが多い。

表 4-2 全国銀行約定平均金利（実質）

年数	期間	平均金利
20 年平均	76 年～95 年	3.61%
15 年平均	81 年～95 年	4.22%
10 年平均	86 年～95 年	4.08%
5 年平均	91 年～95 年	3.72%

(出展) 日本銀行統計 (参考文献[26]) より加工

(2) 海外プロジェクトにおける社会的割引率の設定

海外諸国では、日本と比較して実質金利水準が高い国が多いこともあり、比較的高い社会的割引率が適用されている。しかし、ドイツのように日本と同様の低金利国においては3%の割引率も適用されている。

また、インドネシアなどのように高い経済成長が見込まれるために、割引率が12%と高く設定されている例もある。

社会的割引率は、将来に対する時間選好率も意味しており、この値が高いと将来に対する不確実性が高いとみなされる。この考え方によると、インドネシアや米国、英国では将来社会の不確実性が高いということになる。一方、ドイツや日本は比較的確実性をもって将来社会がみなされていることになる。

表 4-3 海外諸国における社会的割引率採用事例

国名	割引率	期間	出典
ドイツ	3%	耐用年数平均	RAS-W(連邦交通省指針)
イギリス	6%	-	英国環境省
	8%	30 年	COBA10 (交通省プログラム)
フランス	8%	20 年	LOT1 (国内交通基本法政令)
アメリカ	7%	20 年	連邦道路庁
インドネシア	12%	-	政府

(出展) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編、「道路投資の評価に関する指針（案）」(参考文献[23]) より

(※) 環境の費用・便益は他のものと同様に割り引かれるべきであるとの認識。だが、環境資源価値が時間とともに増加することが期待できるなどの理由（いわゆる環境プレミアム）により、別の割引率をケースバイケースで調整して適用することはあるとのことである。

(3) 超長期割引率の設定事例

最近の国内プロジェクトにおける費用便益分析で用いられている4%という社会的割引率は、FBR研究開発のような超長期プロジェクトとして考えると若干高すぎるくらいがある(→表4-4を参照)。そこで、地球温暖化シミュレーションなどの超長期分析では、割引率は3%、1.5%、または0%などを用いているケースもあるが、多くのシミュレーションでは感度分析を行うことによって割引率を固定させてしまうことに伴う批判を回避している。(詳しくは平成10年度報告書を参照のこと)

表4-4 各年次の価値100を異なる割引率で割り引いた場合の現在価値

	1.50%	3%	4%	6%	8%
30年目	63.55	40.10	29.39	15.63	8.20
50年目	46.97	21.81	12.99	4.53	1.55
70年目	34.72	11.86	5.74	1.32	0.29
100年目	22.06	4.76	1.69	0.21	0.02

表4-5 超長期シミュレーションにおける割引率の設定事例

シミュレーション	長期割引率の設定方式
Nordhaus Model	3%
Peck and Teisberg Model	3%
Cline Model	2.4%
Tol Model	3%

(備考) 上記モデルでも、多くは感度分析を実施している。

(4) 試計算における社会的割引率の設定

国内の公共投資という側面から考えると、他の国内公共投資プロジェクトで用いられている4%の社会的割引率を用いるのが適当であろう。制限のある資金を、同じ条件で比較してより投資対効果の高い分野に優先的に投資をしてゆくことが、本来、求められる姿だからである。

しかしながら、超長期で考えると4%という社会的割引率は高すぎるという指摘も妥当性がある。割引率が3%から4%に増えるだけで、100年後の価値が $1/3$ に減少してしまうためである。このため、平成10年度報告書では、社会的割引率を

- ・他の長期の費用便益分析において事例を考慮して 3%
- ・クライインによる研究事例に基づて 1.5%
- ・環境重視の研究者の主張に基づき 0%

の3ケースとするとしたが、これに国内プロジェクトの事例で多い（比較的、市場金利に則している）4%を加えることが妥当であると考える。また、最近の総合エネルギー調査会原子力部会などにおける試算には3%という割引率が使われている。

このうち、環境重視の研究者の主張にもとづいて0%とする案は、別途環境プレミアムを設定して対応することとし、割引率設定には用いない。すなわち、環境価値のみが他価値よりも相対的に実質価値が増加してゆくと設定する（→4.3.4で検討）。

上記検討に基き、本システムの試計算で用いる社会的割引率としては以下のように設定するものとする。

＜本システムの試計算で用いる社会的割引率＞

以下の3ケースで試計算を実施するものとする。

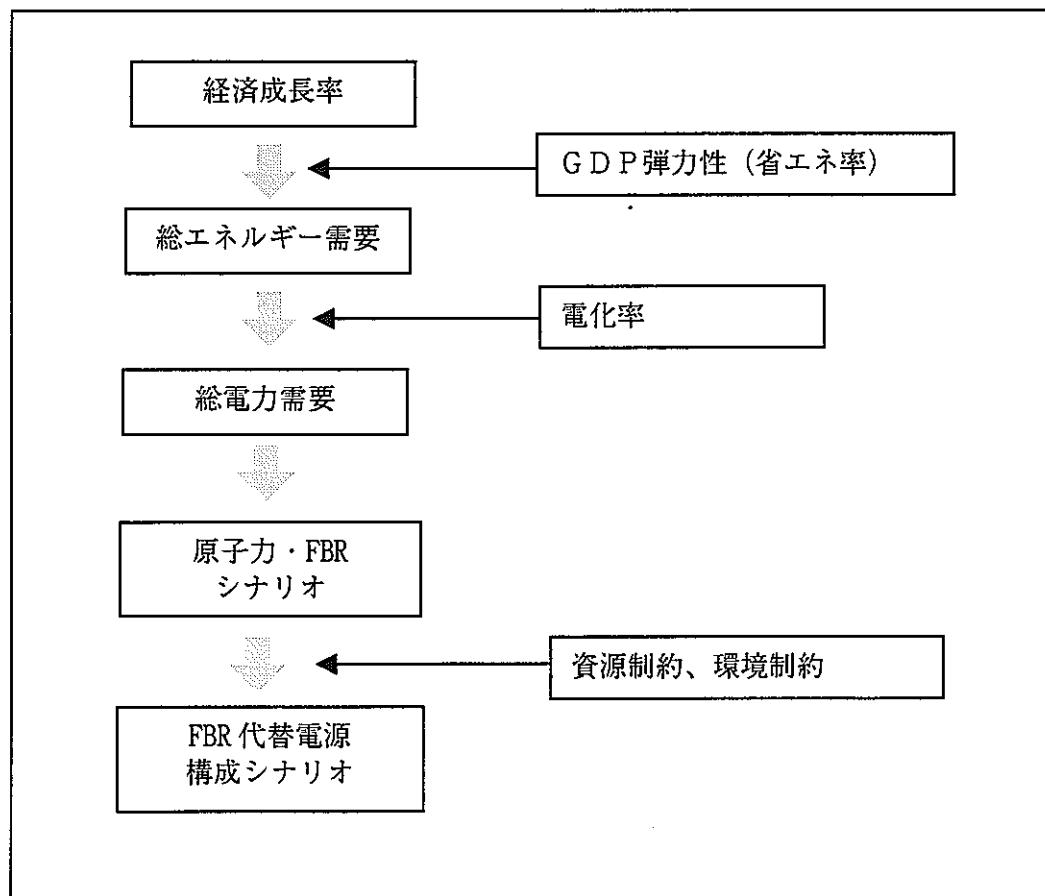
1) 国内プロジェクトの事例を考慮して	4%
2) 他の長期の費用便益分析や総合エネルギー調査会原子力部会における事例を考慮して	3%
3) クライインによる研究事例に基づいて	1.5%

4.2 シナリオデータの検討

本節では、経済成長率、エネルギー需要、価格などの時系列で必要とされる将来社会シナリオについて検討する。シナリオ設定のフローは図 4-1の通りである。

- ・経済成長シナリオ
- ・総エネルギー需要シナリオ
- ・総電力需要シナリオ
- ・電力供給シナリオ
- ・エネルギー価格シナリオ

図 4-1 シナリオ設定のフロー



4.2.1 経済成長シナリオ

国内他機関における経済成長率のシナリオは表 4-6に示す通り、各機関別に異なっているが、2010 年までは政府経済審議会が 2%の潜在成長率を達成するという見通しを行っている（同様に総合エネルギー調査会も 2%としている。参考文献[16]）。このため、本システムにおける試計算においても、2%を基本成長シナリオとして高成長シナリオ（3%）、低成長シナリオ（1%）を描くこととする。2010 年以降については、若干成熟化経済に達するものと考えて 1%を基本成長シナリオとして、同様に高成長シナリオ（1.5%）、低成長シナリオ（0.5%）とすることとする。

表 4-6 国内諸機関の経済成長率の前提

機関	年	ケース	2001/2010	2010/2020	2020/2030	2000/2030	2030/2050
総合エネルギー調査会	96年	前提	3.0%	2.0%	1.5%	-	-
	98年	前提	2.0%	-	-	-	-
日本エネルギー経済研究所	98年	現状維持ケース	1.3%	0.6%	-	-	-
		構造改革ケース	1.0%	2.0%	-	-	-
経済審議会	98年	見通し	2.0%	-	-	-	-
日本原子力研究所	99年	前提	2.5%	2.0%	1.5%	-	1.2%
電力中央研究所	98年	基準ケース	1.8%	-	-	-	-
		財政拡大ケース	2.5%	-	-	-	-
	84年	成長志向型	2.5%	-	-	2.4%	-
		日本型福祉社会	2.5%	-	-	1.8%	-
		停滞型社会	2.5%	-	-	0.8%	-

表 4-7 本システムの試計算における経済成長率シナリオ

	2000～2010 年	2010 年～
基本成長シナリオ	2 %	1 %
高成長シナリオ	3 %	1.5 %
低成長シナリオ	1 %	0.5 %

4.2.2 総電力需要シナリオ

98年度の総合エネルギー調査会需給部会では、経済成長率が2%という前提のもとで2010年における最終エネルギー需要が

- ・基準ケース → 1.1% 増加 → すなわち、GDP 弹性値は 0.55
- ・対策強化ケース 0.2% 増加 → すなわち、GDP 弹性値は 0.1

というシナリオを描いている（→表4-8を参照）。なお、対策強化ケースはかなりの省エネ努力を強いられることが予想される。本システムにおいては、総合エネルギー調査会におけるシナリオを参考として、GDP 弹性値で基本シナリオ 0.55%、省エネシナリオで 0.1%とするものとする。 上記のシナリオによって求められた総エネルギー需要シナリオを図4-3に示す。

実際には、総エネルギー需要に占める電力需要量の割合（電力化率）を定めて、総電力需要を求ることとなる。電力化率については、社会が成熟化して電化製品が増えてゆくにつれて上昇していく傾向にあり、現在の日本で約21%くらいであり、最近10年で約2%向上したことになる。今後はさらにデジタル化も進展し、電力化が進むと考えると10年で2%向上ペースはおおむね妥当であると考えられる。このため、試計算における電力化率シナリオは図4-4に示すように、10年で2%ずつ向上していくものとする（ただし、2050年以降は社会が成熟化し終えたと見なし1%増ずつとする。）。

以上のようなプロセスによって求めた総電力需要シナリオは、具体的には4.2.4で検討するFBR設備容量シナリオやFBR代替電源シナリオに影響を与えることとなる。しかしながら、本システム内において総電力需要に連動してFBR導入量シナリオや代替電源シナリオが変化するように設定することは複雑なシステムとなりかねないため、今回においてはシステム外におくものとし、FBR導入量シナリオや代替電源シナリオにおける各ケースの確率設定の際の参考とするものとする。

図4-2 総電力需要の位置付け

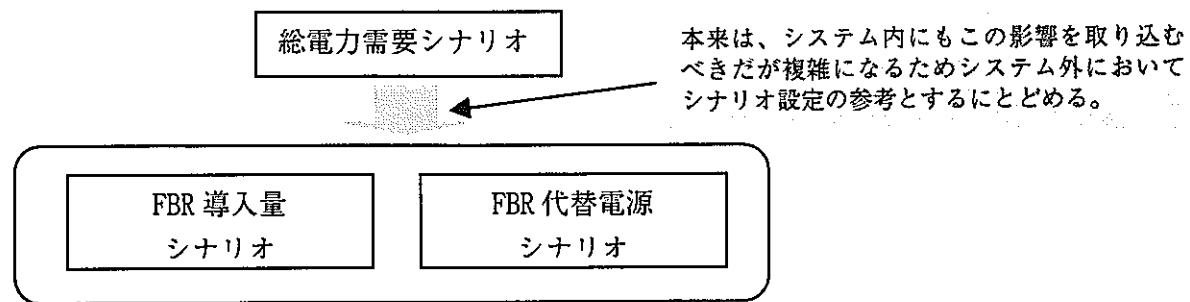


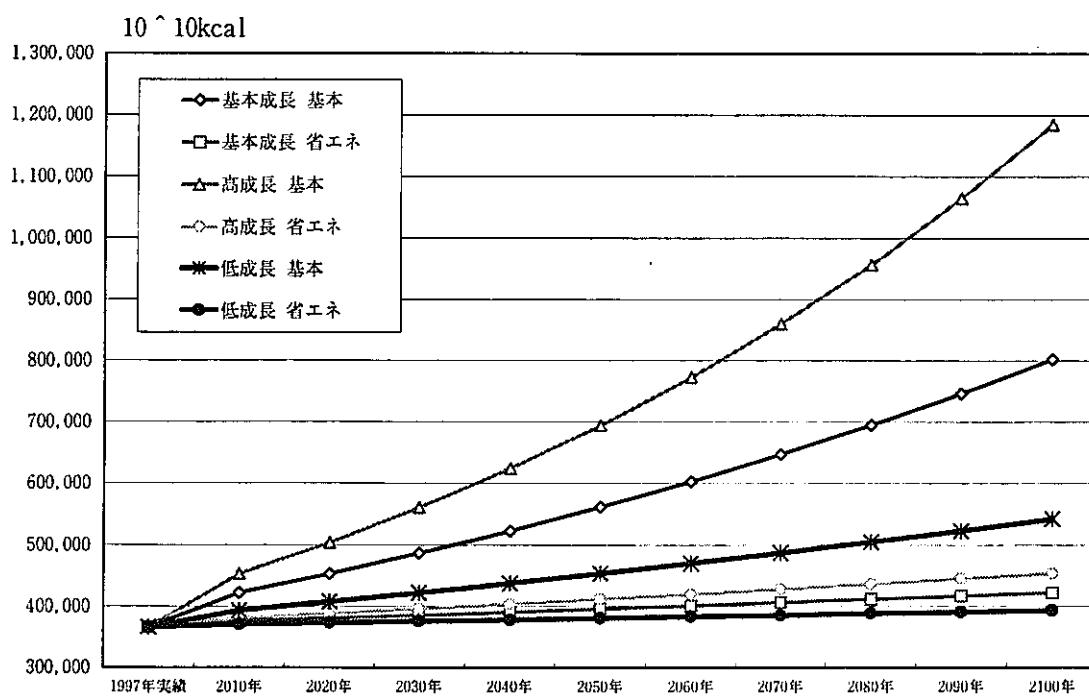
表 4-8 国内諸機関の最終エネルギー需要シナリオ

機関	年	ケース	~2010	2010/2020	~2020	2000/2030	2000/2005	2005/2010
総合エネルギー調査会	98年	基準ケース	1.10%	-	-	-	-	-
		対策ケース	0.10%	-	-	-	-	-
	96年	省エネ・新エネ現行施策推進シナリオ	-	-	-	1.0%	-	-
		省エネ・新エネ施策最大限強化シナリオ	-	-	-	0.7%	-	-
日本エネルギー経済研究所	98年	現状維持ケース	0.8%	0.2%	0.5%	-	-	-
		構造改革ケース	0.4%	0.6%	0.5%	-	-	-
電力中央研究所	84年	標準ケース	-	-	-	0.9%	-	-
	98年	基準ケース	0.6%	-	-	-	0.8%	0.2%
		財政拡大ケース	1.2%	-	-	-	1.3%	0.8%

(備考) 1. 日本エネルギー経済研究所の開始年は1997年～を示す。

2. 電力中央研究所の開始年は1995年～を示す。

図 4-3 総エネルギー需要シナリオ



(備考) 凡例内の左が経済成長シナリオ、右が省エネシナリオを示す。

図 4-4 電力化率の過去の推移と今後の想定

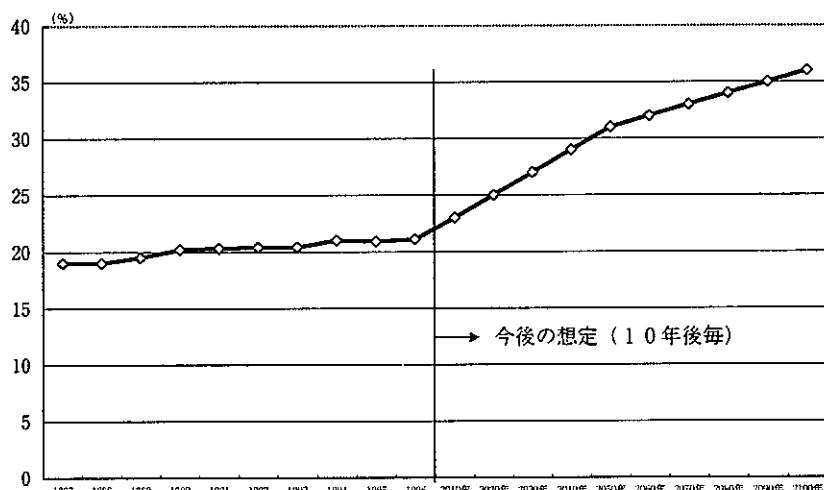
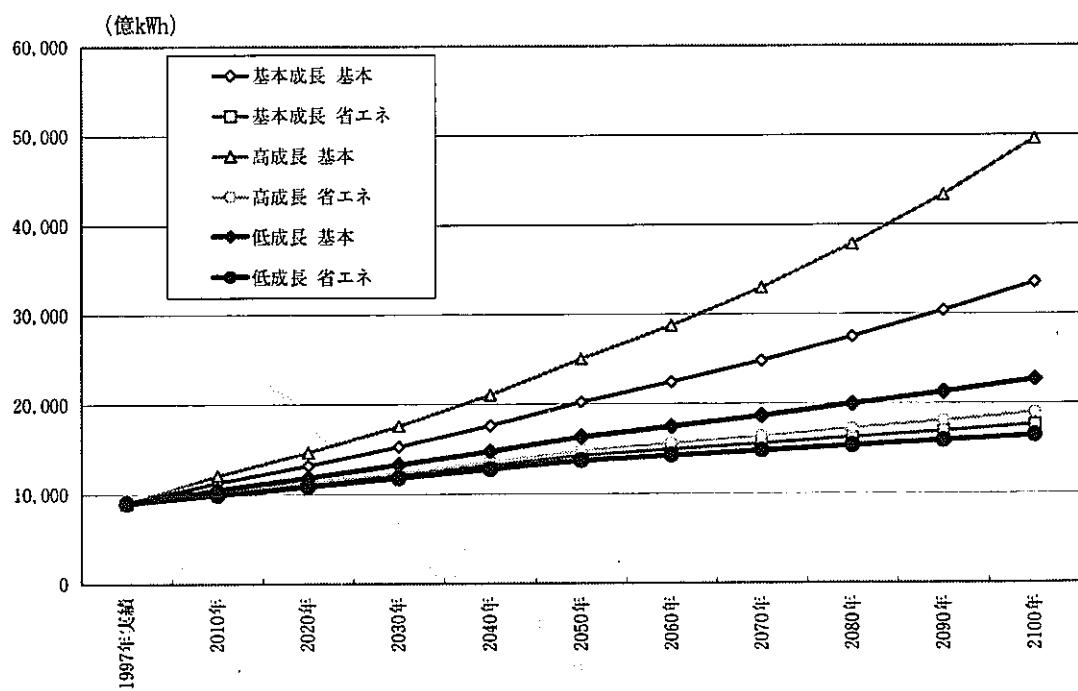


図 4-5 電力需要シナリオ



(備考) 凡例内の左が経済成長シナリオ、右が省エネシナリオを示す。

4.2.3 原子力・FBR シナリオ

試計算においては、原子力・FBR 導入シナリオとしては、核燃料サイクル開発機構のシナリオを「中位シナリオ」として適用する。図 4-6が核燃料サイクル開発機構の原子力・FBR 導入シナリオである。このシナリオを中位シナリオとして、上位シナリオ・下位シナリオを作り、各シナリオごとの確率を設定する。この確率設定の際に考慮すべき要因は、

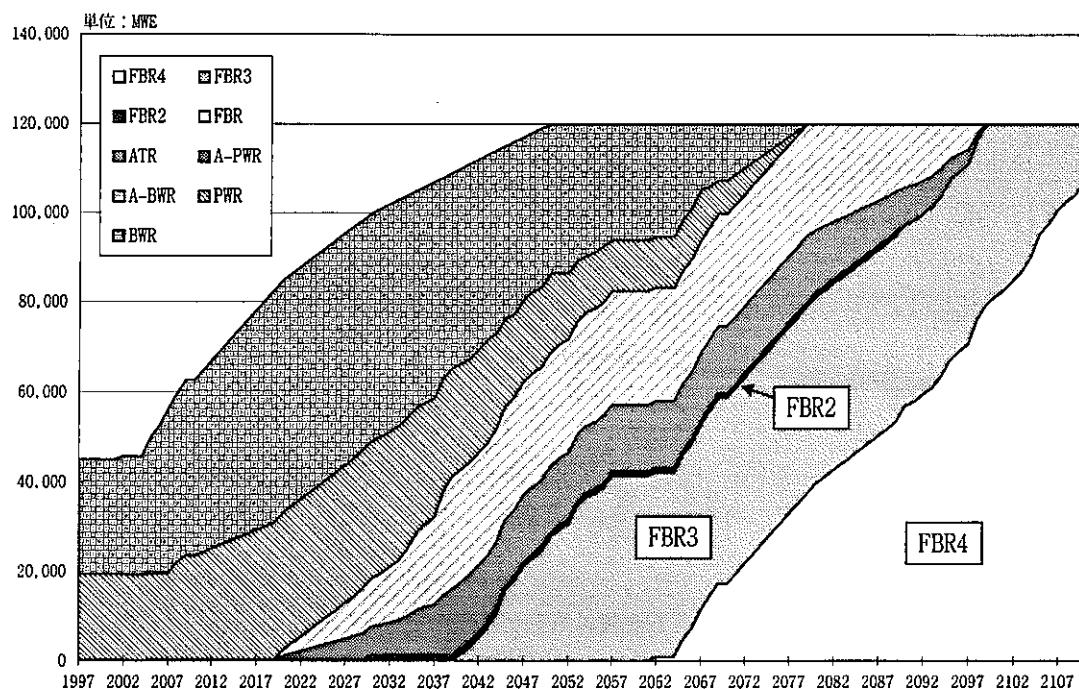
- ・総電力需要（高ければ上位シナリオとなる可能性が高い）
- ・技術的可能性

が挙げられる。

表 4-9 FBR 導入量シナリオ

	概 要	確率設定（試計算シナリオ）
中位シナリオ	核燃料サイクル開発機構作成	50%
上位シナリオ	中位シナリオよりも 1.5 倍の導入が可能となった場合。	25%
下位シナリオ	中位シナリオの半分しか導入ができなかった可場合。	25%

図 4-6 原子力・FBR 設置容量シナリオ（中位シナリオ）



4.2.4 代替電源シナリオ

(1) 代替電源のイメージ

FBR 研究開発の投資対効果は、FBR が代替する電源との比較を通じて、研究開発効果を把握するというものである。すなわち、全電力需要をどのようにまかなってゆくかというよりは「FBR がなかりせば」との比較が重要であり、FBR 代替電源を特定するために電源構成シナリオを作成する必要がある。おそらく、FBR が導入されなければ図 4-8に示す FBR 発電部分を新エネルギー、軽水炉、火力（石炭、LNG）などの他の電源が代替するものと考えられる。

図 4-7 電源シナリオを設定する目的のイメージ

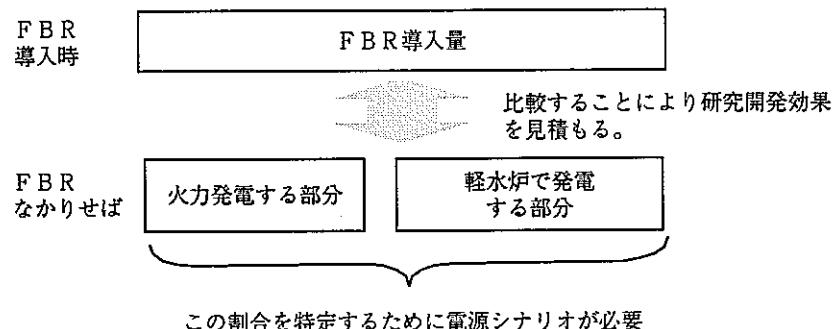
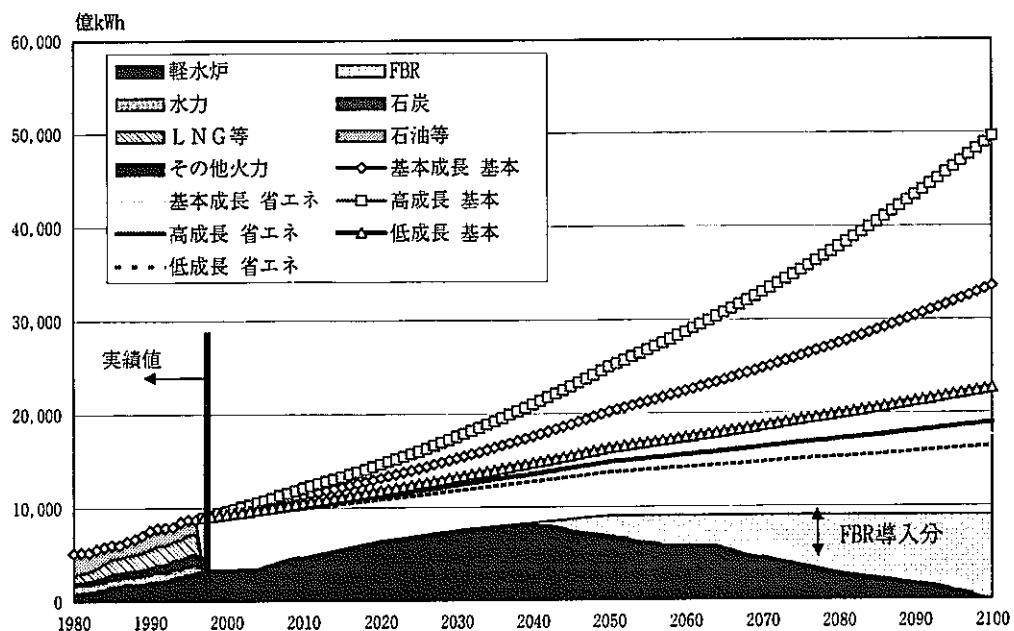


図 4-8 FBR 代替電源を設定するイメージ



しかしながら、FBR 発電部分を、仮に FBR 導入がない時に、どの電源が代替してゆくかというシナリオ策定は、技術的にも経済的にも多くの不確実性要素を含むため非常に困難である。このため、いくつかの案を示し、各案について確率を設定して、その確率を感度分析変数として用いることにより柔軟性のある分析が可能な仕組みとする。

(2) 代替電源の優先度

エネルギー源の導入優先度としては、資源論的観点、環境制約、などから考えて以下の順位で決められるものと考える。MOX 燃料の使用可能性など、まだ論点があるもののおおむね以下の優先度を考える。

- 1) 新エネルギー
- 2) 軽水炉
- 3) MOX 燃料（プルサーマル）
- 4) LNG
- 5) 石炭

ただし、全発電量に占める FBR 発電を除いた部分（例えば 2100 年における電力需要がもっとも低い「基本成長、省エネ」シナリオの場合で 7000 億 kWh）に新エネルギーの総発電量が達する見込みは低いため、実質的には軽水炉、MOX 燃料、LNG、石炭などによる代替可能性が高い。例えば、産業技術審議会による自然エネルギーのポテンシャル⁴は以下のように示されているが、最大でも全電力需要の 2 割いかないと推察され、FBR 発電以外のすべての発電を新エネルギーで発電することは不可能である。

表 4-10 産業技術審議会における自然エネルギーポテンシャル推計

	供給ポтенシャル	利用率	発電量	総電力需要に占める割合（※）
太陽光発電	7000 万 kW	12%	735.84 億 kWh	—
地熱発電	2100 万 kW	90%	1655.64 億 kWh	—
風力発電	140 万 kW	15%	18.396 億 kWh	—
合計	8240 万 kW	—	2409 億 kWh	17.6%

（※）総電力需要は、2050 年における最低ケース（経済成長基本、省エネ）の 13700 億 kWh とする。

⁴ 試算自体は、2030 年くらいを想定しているものと考えられるが、現実的にはかなり困難なものと推察される。

(3) 代替電源シナリオ

上記の制約のもと、試計算用の代替電源シナリオを以下のように策定した。なお、各シナリオの確率は、試計算用シナリオにおける確率であり、感度分析時には変動させることができある⁵。現在の資源制約が本当に正しいものとするならば、もっとも可能性の高いのは石炭重視シナリオであろう。だが、ウラン枯渇の可能性が低いのならば、軽水炉・プルサーマルシナリオも可能性が高くなる。また、環境・非原発という意識が高まるのならば LNG 重視シナリオとなるだろう。今後、どのシナリオが優勢となるかはまったく不確実性のなかにあり断定できない。

表 4-11 代替電源シナリオの概要

シナリオ名	概 要	実現の際の制約	試計算用 シナリオ における確率
①軽水炉シナリオ	軽水炉をさらに活用していくシナリオ	ウラン資源量	25%
②プルサーマル シナリオ	プルサーマルによる発電メインでまかなうシナリオ	ウラン資源量	25%
③LNG 重視 シナリオ	火力、特に LNG による代替をメインとするシナリオ	天然ガス資源量	25%
④石炭重視シナリオ	火力、特に石炭による代替をメインとするシナリオ	環境制約	25%

(備考) 石油は、基本的に調整電源として用いるため、石油重視シナリオは作らない。

(4) 代替電源としての設備容量シナリオ

試計算用に各シナリオにおいて電源構成を想定した結果を表 4-12に示す。システム上は、これらのシナリオの構成割合はいくらでも柔軟に変更可能なものとなっているため、あらためて詳細な代替電源シナリオを作成した際には、そのシナリオを用いることが可能である。

実際には、代替電源シナリオは、総電力需要と密接に関係することとなる。すなわち、総電力需要があまりに大きい場合には、石炭を多く用いる必要があり、総電力需要が少ない場合には、軽水炉または LNG のみで可能となる可能性もある。

⁵ 逆にいうと、代替電源シナリオの確率を変動させることにより、将来的に FBR 導入が成立する社会の姿を描くことが可能となる。

表 4-12 代替電源構成シナリオの想定値

	代替電源構成割合 (%)				
	軽水炉	MOX	LNG	石炭	石油
①軽水炉シナリオ	100%	0%	0%	0%	0%
②プルサーマルシナリオ	50%	50%	0%	0%	0%
③LNG 重視シナリオ	10%	0%	80%	10%	0%
④石炭重視シナリオ	10%	0%	10%	80%	0%

(備考) 1. システム上は、石油火力代替も可能だが、現実的にはベース電源である FBR を石油火力が代替することは考えにくいためゼロとした。
 2. 上記は、電源容量 (kW) の構成割合シナリオである。

(5) 稼働率

上記の電源構成シナリオをもとに、以下の手順で発電量を求めて行くこととする。

設備容量 → 稼働率 → 発電電力量

というプロセスで考えることとする。代替電源導入シナリオにおいて、発電電力量 (PA) は、発電容量 POW と稼働率 rw を用いて次のように設定することになる。

$$PA = POW \times rw \times 8760$$

過去 20 年間における各電源の利用率の推移を図 4-9 に示す。ベース供給として稼働している LWR と石炭火力は 70~80% となっている。石炭については、IGCC などの普及により、ミドル供給力として運転される可能性も考えられる。LNG 火力は、ミドル供給力として稼働しており、その利用率はほぼ 55% 程度で横ばいである。ピーク供給を行っている石油火力の利用率は年毎の変化が比較的大きいことがわかる。また、日本原子力研究所報告（参考文献[10]）によれば、2050 年における各電源の稼働率の上限として、表 4-13 のような想定を行っている。

このように稼働率についての設定値を定めるためにも、いろいろなケースが考えられるが、試計算においては各電源について表 4-14 のように設定するものとする。

図 4-9 過去 20 年間における各電源の利用率の推移

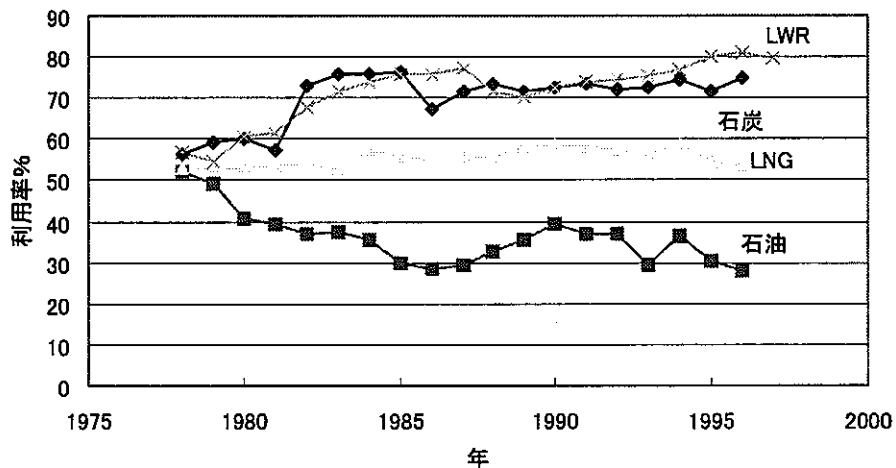


表 4-13 稼働率の設定事例（原研）

	LWR	石炭火力	LNG 火力	石油火力
稼働率上限	80%	70%	65%	50%

表 4-14 試計算実施時の稼働率設定値

電源	想定	備考
FBR	$90\% \times 0.96$	核燃料サイクル開発機構シナリオ
LWR	80%で推移する。	ベース供給力として、可能な限り利用率が上昇する。
石炭火力	2020 年までに 65% に低下し、その後は一定とする。	2020 年頃に IGCC 等の複合発電が普及し、ミドル供給力として稼動すると仮定。
LNG 火力	55%（現在の水準）で推移する。	
石油火力	35%で推移する。	POW が設定されていれば、以上の想定値から算出することも可能。

4.2.5 エネルギー価格シナリオ

1998 年における実績値と、総合エネルギー調査会による 2010 年の想定値は以下のようになっている（参考文献[16]）。エネルギー価格シナリオとしては、以下の 2 ケースを考えることとする。

シナリオ名	概要
中価格シナリオ	2010 年までは、総合エネルギー調査会シナリオにしたがって上昇し、後は一定
高価格シナリオ	2010 年以降も、総合エネルギー調査会シナリオにしたがって上昇してゆくケース

表 4-15 総合エネルギー調査会によるエネルギー価格想定

	1998 年	～2010 年
石油	18.9 \$ /bbl	2.2%で増加
石炭	44.4 \$ /t	2.2%で増加
LNG	192.9 \$ /t	2.4%で増加

また、ウラン価格については、約 10 ドル/ポンド (U203) で推移すると考える。単位を円/kgU に換算すると、1 ドル=120 円として、約 3,000 円/kgU となる。

4.3 各種パラメータの検討

本節では、以下の各パラメータについて、本システムにおける試計算で用いるためのデータとして適当な値を検討する。

- ・発電コスト算出のためのパラメータ（プラント単価、発電効率、年経費率、など）
- ・石油備蓄コスト算出のためのパラメータ
- ・資源枯渇抑制効果算出のためのパラメータ
- ・環境便益（CO₂、NO_x、SO_xなどの削減価値）関連のパラメータ
- ・エネルギーセキュリティ関連のパラメータ
- ・安全便益算出のためのパラメータ（事故発生確率、統計的生命の価値、土地の価値）

4.3.1 発電コスト算出のためのパラメータ

発電コスト算出にかかるパラメータとしては、以下の項目を設定する必要がある。

- 1) プラント建設単価
- 2) 発電効率
- 3) 年経費率
- 4) 燃料費
- 5) 燃料単位あたりの発熱量

これらの項目に適当な値を以下において検討する。

(1) プラント建設単価

下記の文献などに、現在のプラント建設単価、およびその将来動向について論じられている。下記文献①～③では、1990年代の建設単価として下表のような値を示している。試計算では、これらのうちで最も新しいデータである文献③の数値を用いることとする。

- 文献① 湯浅俊昭（1992）－日本エネルギー経済研究所－
 文献② 小松崎均（1995）－日本エネルギー経済研究所－
 文献③ 佐藤治、他（1999）－日本原子力研究所報告－

（備考）上記の詳細は、巻末の参考文献[8][10][38]を参考のこと。

表 4-16 プラント建設単価の調査事例

文献	石油火力	石炭火力	LNG 火力	LWR
①	20 万円/kW	30 万円/kW	28 万円/kW	31 万円/kW
②	-	31 万円/kW	27 万円/kW	34 万円/kW
③	20 万円/kW	31 万円/kW	26 万円/kW	33 万円/kW

(備考) 網掛け部分が、本システムで用いるプラント建設単価

(2) 発電効率

1997 年度「電力需給の概要」(参考文献[19])によれば、発電効率の 1996 年度実績値は 9 電力会社平均で以下のようになる。

表 4-17 9 電力会社平均の発電効率 (96 年)

燃料	石油	石炭	LNG
発電端熱効率	37.90%	39.60%	39.99%

なお、原子力発電所については PWR・BWR ともにほぼ 33~34% である。今後もこの水準で推移すると考える。

火力発電においては発電効率向上の努力がなされており、今後の向上を考慮して発電効率を設定することが適当であると考えられる。複合発電の導入等によって、発電効率が今後上昇していくことを考慮した想定としては、表 4-19 に示す手法が考えられる。実際に、この手順で計算した発電効率の推移は表 4-21 に示す通りであり、試計算でもこの値を用いることとする。

(3) 年経費率

試計算に用いる年経費率については、日本の既存電力会社における事例なども参考として、表 4-18 のように 年 15% として設定する。なお、表中には、減価償却費、O&M 費、投資利益の想定値も示している。

表 4-18 年経費率設定のための想定値

減価償却費	O&M 費	投資利益	年経費率
6%	4%	5%	15%

表 4-19 発電効率の想定フロー

1. T年度に新設によって導入された発電量分については、T年度における最高効率の発電設備を用いているものとする。
2. 運転開始から40年経過した発電所による発電量分については、T年度における最高効率の発電設備に置きかえる。
3. T年度における最高効率の想定として、表4-20のように設定する。

日本原子力研究所（佐藤他、参考文献[10]）によれば、2050年における主要な発電技術の発電効率として、次のような値を想定している。

電源	発電効率	
石油	42.0%	
石炭	在来型	40.0%
	IGCC	49.0%
LNG	在来型	43.0%
	複合サイクル	61.1%

「火力原子力発電」（参考文献[29]～[36]）において、複合発電に関する解説がなされている。近い将来、LNG焚き1500℃級ガスタービンによる複合発電では54%程度、石炭ガス化複合発電では50%近い効率が達成されると見とおしている。

表 4-20 発電効率（最高値）の想定

年度	～2020年（※1）	2021～2050年（※2）	2051年～（※2）
石油	39.7%	41.0%	42.0%
石炭	40.8%	45.0%	49.0%
LNG	47.5%	59.0%	61.0%

(備考) ※1 1997年実績における最高値

※2 「火力原子力発電」（参考文献[29]～[36]）日本原子力研究所報告（参考文献[10]）等より

図 4-10 発電効率の想定

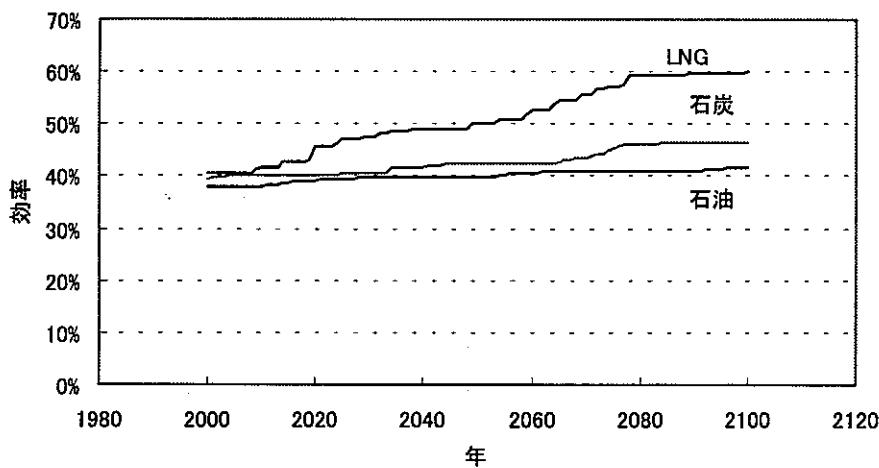


表 4-21 火力発電所熱効率想定値

年	石油	石炭	LNG	年	石油	石炭	LNG	年	石油	石炭	LNG
2001	38.0%	39.7%	40.5%	2031	39.7%	40.6%	47.5%	2061	40.7%	42.4%	52.8%
2002	38.0%	39.7%	40.5%	2032	39.7%	40.7%	48.4%	2062	40.8%	42.4%	52.8%
2003	38.0%	40.0%	40.5%	2033	39.7%	40.7%	48.4%	2063	40.8%	42.5%	52.8%
2004	38.0%	40.0%	40.5%	2034	39.7%	41.7%	48.5%	2064	40.8%	42.5%	53.7%
2005	38.0%	40.1%	40.5%	2035	39.7%	41.7%	48.5%	2065	40.8%	42.7%	54.6%
2006	38.0%	40.1%	40.5%	2036	39.7%	41.7%	48.5%	2066	40.9%	43.2%	54.6%
2007	38.0%	40.1%	40.5%	2037	39.7%	41.8%	48.6%	2067	40.9%	43.2%	54.6%
2008	38.0%	40.1%	40.5%	2038	39.7%	41.8%	48.9%	2068	41.0%	43.6%	54.6%
2009	38.0%	40.1%	41.4%	2039	39.7%	41.8%	48.9%	2069	41.0%	43.6%	55.5%
2010	38.0%	40.1%	41.5%	2040	39.7%	41.8%	49.0%	2070	41.0%	43.6%	55.5%
2011	38.2%	40.2%	41.5%	2041	39.7%	41.9%	49.0%	2071	41.0%	43.9%	55.5%
2012	38.3%	40.2%	41.5%	2042	39.7%	41.9%	49.0%	2072	41.0%	44.1%	56.7%
2013	38.4%	40.2%	41.5%	2043	39.7%	42.1%	49.0%	2073	41.0%	44.1%	56.7%
2014	38.5%	40.2%	42.6%	2044	39.7%	42.3%	49.0%	2074	41.0%	44.9%	57.1%
2015	38.7%	40.2%	42.6%	2045	39.7%	42.3%	49.0%	2075	41.0%	45.4%	57.1%
2016	38.9%	40.2%	42.6%	2046	39.7%	42.3%	49.0%	2076	41.0%	45.6%	57.1%
2017	39.0%	40.2%	42.6%	2047	39.7%	42.3%	49.0%	2077	41.0%	45.9%	57.6%
2018	39.0%	40.2%	42.6%	2048	39.7%	42.3%	49.0%	2078	41.0%	45.9%	59.3%
2019	39.0%	40.2%	43.3%	2049	39.7%	42.3%	50.0%	2079	41.0%	45.9%	59.3%
2020	39.1%	40.2%	45.5%	2050	39.7%	42.3%	50.1%	2080	41.0%	45.9%	59.3%
2021	39.3%	40.2%	45.5%	2051	39.8%	42.4%	50.1%	2081	41.0%	46.0%	59.3%
2022	39.5%	40.2%	45.5%	2052	39.9%	42.4%	50.1%	2082	41.0%	46.0%	59.3%
2023	39.5%	40.2%	45.5%	2053	39.9%	42.4%	50.1%	2083	41.0%	46.2%	59.3%
2024	39.5%	40.2%	46.3%	2054	40.0%	42.4%	51.0%	2084	41.0%	46.3%	59.3%
2025	39.5%	40.4%	47.0%	2055	40.2%	42.4%	51.0%	2085	41.0%	46.4%	59.3%
2026	39.6%	40.5%	47.0%	2056	40.4%	42.4%	51.0%	2086	41.0%	46.4%	59.3%
2027	39.6%	40.5%	47.0%	2057	40.5%	42.4%	51.0%	2087	41.0%	46.4%	59.3%
2028	39.7%	40.6%	47.0%	2058	40.5%	42.4%	51.0%	2088	41.0%	46.4%	59.3%
2029	39.7%	40.6%	47.5%	2059	40.5%	42.4%	51.8%	2089	41.0%	46.4%	59.5%
2030	39.7%	40.6%	47.5%	2060	40.6%	42.4%	52.8%	2090	41.0%	46.4%	59.5%
								2091	41.1%	46.5%	59.5%
								2092	41.1%	46.5%	59.5%
								2093	41.2%	46.5%	59.5%
								2094	41.2%	46.5%	59.7%
								2095	41.4%	46.5%	59.7%
								2096	41.5%	46.5%	59.7%
								2097	41.6%	46.5%	59.7%
								2098	41.7%	46.5%	59.7%
								2099	41.7%	46.5%	59.8%
								2100	41.7%	46.5%	60.0%

(4) 燃料費

LNG 火力および原子力に関しては、燃料価格シナリオにおいて設定された燃料価格（LNG、ウラン精鉱）に、加工費を上乗せする必要がある。これをもって燃料費と考えることとする。

1) LWR 燃料費

日本エネルギー経済研究所の小松崎（参考文献[8]）により、ウラン燃料のフロントエンドからバックエンドまでの各ステージ毎について以下のような価格が示されている。ここで、為替レートとして1ドル=110円を用いた。

転換：6.5 \$ /kgU = 720 円/kgU
濃縮：95 \$ /kgU = 10,000 円/kgU
燃料加工：88,000 円/kgU
使用済み燃料輸送：20,000 円/kgU
使用済み燃料再処理：248,000 円/kgU

また、高レベル廃棄物処分費用に関しては、高木（参考文献[18]）によって、次の価格が想定されている。

使用済み燃料 1kg あたり、97,000 円

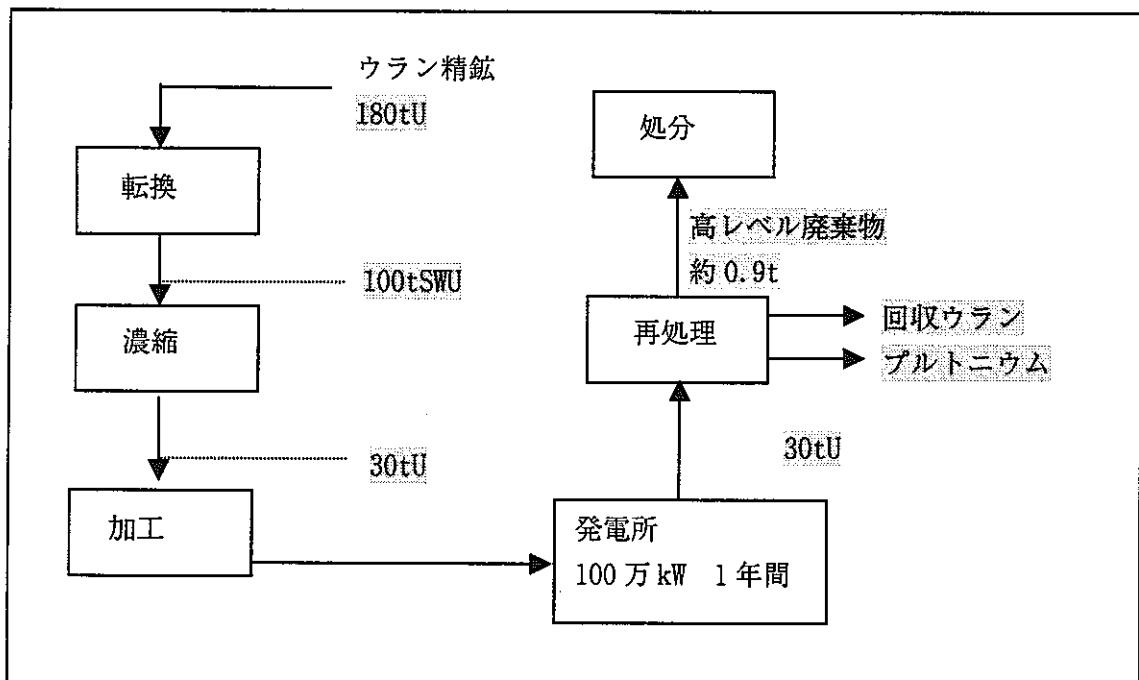
100 万 kW 級原子力発電所におけるウラン所要量として、東京大学の鈴木（参考文献[13]）により報告されている次の数値を用いる。ここで、SWU は、分離作業単位（Separative Work Units）を表す。これらの数値を用いると、単位発電量あたりの燃料加工費は次のように、2.26 円/kWh となる。設備利用率は 75% を仮定している。

転換：	720 円/kgU	×	180tU	=	1.3 億円
濃縮：	10,000 円/kgU	×	100tSWU	=	10 億円
加工：	88,000 円/kgU	×	30tU	=	26 億円
輸送：	20,000 円/kgU	×	30tU	=	6 億円
再処理：	248,000 円/kgU	×	30tU	=	74 億円
処分：	97,000 円/kgU	×	30tU (※)	=	29 億円
					合計：146.3 億円

$$\text{加工費} = 146.3 \text{ 億円} / (100 \text{ 万 kW} \times 8760 \text{ h} \times 0.75) = 2.26 \text{ 円} / \text{kWh}$$

(※) 処分費用は、使用済み燃料 1kg あたりとする。

図 4-11 ウラン燃料所要量



(備考) 鈴木（参考文献[13]）、高木（参考文献[18]）等より三菱総研作成

2) MOX 燃料加工費

IMA プロジェクト最終報告において高木（参考文献[18]）らは、海外での MOX 燃料加工費を紹介した上でわが国における MOX 燃料取得費用を試算している。炉心の 1/3 を MOX 燃料とする場合の燃料加工費は、設備利用率を 75% として 1.6~1.9 円/kWh であるとしている。試計算では、MOX 燃料加工費として、1.6 円/kWh を用いる。

3) LNG 火力燃料加工費

LNG のコストの要素としては、次のものが考えられる。

- ①ガスコスト
- ②液化コスト
- ③タンカーフレイト（運航費、保険料を含む）
- ④再ガス化コスト

このうち、①~③は、燃料価格シナリオで設定されている CIF コストに含まれるものであり、ここでは④再ガス化コストを燃料加工費として加算する必要がある。「LNG 事業概

説」(参考文献[14])によれば、再ガス化コストは百万 Btuあたり 40~50 セントであり、当時のレートで計算すると、1m³あたり約 6 円となる。

比較的最近の報告としては、昇(参考文献[37])による都市ガス料金の試算がある。ここでは、大手ガス会社への取材から総合的に判断し、再ガス化コスト(文献中ではガス製造費と呼んでいる)は約 10 円/m³であるとしている。

本システムにおける試計算では、1m³あたり 10 円、すなわち 1kg あたり 7.1 円とする(1m³=1.4kg)。発電効率を 40% とすれば、1kWhあたり約 1.1 円となる。

(5) 燃料単位あたりの発熱量

石油、石炭、LNG の単位あたり発熱量は、以下の値を用いる。

表 4-22 各燃料の単位あたり発熱量

石油(C重油)	石炭	LNG
9,800kcal/l	7,000kcal/kg	13,300kcal/kg

原子力については、燃料の全てが燃えるわけではないため、発熱量という概念は余り用いられず、燃焼度で評価されることが多い。

BWR では、取り出し平均燃焼度で 33GWD/t、39.5GWD/t と、ステップを踏んで高燃焼度化が進められてきており、現在は、45GWD/t へ向けて準備が進められている(原子力年鑑、参考文献[27])。また、PWR では、1986 年には多くの炉で 40GWD/t を超える燃焼度を持つ燃焼が装荷されており(原子力ポケットブック、参考文献[28])、さらに 55GWD/t まで上げるための準備が進められている(原子力年鑑、参考文献[27])。試計算では、LWR 全体として平均で 50GWD/t 程度の燃焼度になるものと考えて計算を行うこととする。

4.3.2 石油備蓄コスト算出のためのパラメータ

石油備蓄コスト削減効果を算出するために、

- ・石油輸入量に占める石油備蓄割合
- ・T年度の備蓄コスト

についてパラメータを設定する必要がある。

(1) 石油備蓄割合の設定

石油備蓄割合を、石油備蓄日数を用いて以下のように考えるものとする。

$$\text{石油備蓄割合 (ROS)} = \text{石油備蓄日数} / 365$$

ここで、石油の備蓄は、国家備蓄 5000 万 kL (約 85 日)、民間備蓄 70 日という目標のもとに整備されてきており、平成 10 年にその目標が達成されている。平成 11 年 4 月現在の石油備蓄量は 163 日である。今後の備蓄日数はこの値で推移すると考え、試計算における石油備蓄割合 (ROS) の想定値は、 $163/365 = 0.446$ が適当であると考える。

(2) 石油備蓄コスト

石油備蓄コストは、「備蓄タンク設備費 + OM 費」と考えることが適当である。「日本の石油備蓄の経済効果」(石油の開発と備蓄、参考文献[25])によれば、

タンク設備費 + 維持管理費 : 3,700 円
石油備蓄に関わる金利 : $19 \$/\text{bb}\ell \times 110 \text{ 円}/\$ \times 6.29 \text{ bb}\ell/\text{kL} \times 4.5\%$
合計 4,292 円/kL・年 (1994 年)

と想定している。また、「水力発電の経済性評価」(参考文献[12])によると、

5 万 kL タンク建設費 : 1,000 百万円
OM 費等 : 488 円/kL
耐用年間均等化年間備蓄コスト <u>6,040 円/kL・年</u> (1999 年)

としている。試計算に用いる石油備蓄コストとしては、比較的新しいデータである後者の想定値を使用し、備蓄コスト SCt として 6,040 円/kL・年を用いることが適当であると考える。

4.3.3 資源枯渇抑制効果算出のためのパラメータ

先に検討した資源枯渇抑制効果を算出するためには、以下の項目を設定する必要がある。

- ・FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格
- ・FBR 導入に伴う燃料価格
- ・FBR 導入時における燃料輸入量

上記項目のうち、「FBR 導入に伴う燃料価格」と「FBR 導入時における燃料輸入量」は、他の効果算出の際にも用いるため、ここで設定する必要はない。問題は、「FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格」である。

<再掲>

$$\text{資源枯渇抑制 (燃料需給緩和) に伴うメリット} = [(A - B)] \times C$$

A : FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格

B : FBR 導入に伴う燃料価格

C : FBR 導入時における燃料輸入量

「FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格」を求めるためには、FBR 導入がなかった場合の燃料使用量増加率（世界ベース）と、燃料価格の需要弾力性（需要の価格弾力性の逆数：需要が 1 % 減少した場合に、価格が何 % 増加するかを示した値）を用いることによって可能である。すなわち、

<FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格の算出法>

$$A = A_1 \times A_2$$

A : FBR 導入がない時の潜在的な燃料価格

A₁ : FBR 導入がなかった場合の燃料使用量増加率（世界ベース）

A₂ : 燃料価格の需要弾力性

となる。では、A₁ と A₂ として具体的にどのようなパラメータを設定する必要があるか検討する。

A 1 (FBR 導入がなかった場合の燃料使用量増加率（世界ベース）) については、

<FBR 導入がなかった場合の燃料使用量増加率（世界ベース）>

FBR 導入量に伴う燃料削減量（※）

$$A_1 = \frac{\text{全世界での燃料使用量} + \text{FBR 導入量に伴う燃料削減量（※）}}{\text{FBR 導入量に伴う燃料削減量（※）}}$$

(※) 燃料輸入削減効果により算出済み。ただし、軽水炉用ウランについては別途設定が必要。

で求めることができる。すなわち、全世界の各燃料使用量の今後の推移を設定すればよいわけである。これについては、シナリオを設定することも考えられるが、システムが複雑となるため単一シナリオとして以下の IIASA/WEC による B シナリオ（標準ケース）を用いるものとする。

表 4-23 世界における燃料使用量シナリオ

単位：Mtoe

	石炭	天然ガス	原子力	原油	合計
2000	2,438	1,935	522	3,454	9,445
2010	2,881	2,598	687	3,629	10,927
2020	3,394	3,181	904	3,783	12,472
2030	3,628	3,975	1,381	3,819	13,979
2040	3,834	4,589	1,965	3,595	15,340
2050	4,136	4,499	2,738	4,040	16,949
2060	4,555	4,596	3,673	3,967	18,618
2070	5,498	4,482	4,430	3,776	20,664
2080	6,627	4,526	5,407	3,425	22,873
2090	7,491	4,905	6,412	2,906	25,100
2100	7,486	4,883	8,277	2,642	26,568

(備考) IPCC データベースより収集。

A 2 (燃料価格の需要弾力性) については、いわゆる「需要の価格弾力性」の逆数として考えることができる。すなわち、

需要の変化率 (ΔD)

$$\text{需要の価格弾力性} = \frac{\text{需要の変化率} (\Delta D)}{\text{価格の変化率} (\Delta P)}$$

と定義される需要の価格弾力性の逆数をとって、

$$\text{価格の需要弾力性} = \frac{\text{価格の変化率 } (\Delta P)}{\text{需要の変化率 } (\Delta D)}$$

とするわけである。エネルギー需要の価格弾力性については、過去にもいくつかの推計例がある。省エネ機運の有無や価格上昇局面、下降局面、長期と短期、電力と非電力、産業部門別、代替エネルギーの設定、など細かな議論をすれば多々の論点に及ぶ。例えば、電力中央研究所では日本における需要の価格弾力性として

- ・長期の価格弾力性 → -0.45
- ・短期の価格弾力性 → -0.21

と推計している⁶。また、一般的なエネルギー需要モデルでは、よく価格弹性値として-0.4が用いられているようである⁷。

本システムにおける試計算でも、価格弾力性として「-0.4」を用いることとし、この逆数をとることによって価格の需要弾力性を求めると

$$\text{価格の需要弾力性} = -2.5$$

となる。すなわち、需要が10%減少したとしたならば、価格は25%下落するものと考えるわけである。FBR導入に伴って、例えば全世界における石油需要が5%減少するのなら、FBR導入に伴って石油価格が12.5%下落したことになる。つまり、FBR導入がなければ潜在的には、導入時よりも12.5%だけ高い価格となっているはずであるとみなすわけである。

⁶ 電力中央研究所「エネルギー電力需要の長期展望」（参考文献[20]）を参照。

⁷ 価格弾力性に関する議論は、最近は特に炭素税の有効性との関係で重要になってきている。モデルを作成して炭素税の有効性をシミュレーションする際には、必ず価格弾力性の設定が必要であり、シミュレーション結果もこの設定値によって大きな影響を受けるためである。

4.3.4 環境便益関連のパラメータ

環境便益の計測のためには、以下のパラメータを設定する必要がある。

- ・排出原単位
- ・汚染物質の削減価値
- ・環境プレミアム

(1) 排出原単位

1) CO₂ 排出原単位

CO₂ 排出原単位については、電力中央研究所（参考文献[2]）により、各発電プラントからの排出量をライフサイクルで評価した結果が以下のように報告されている。各プラントの寿命を 30 年として、その間に発生する CO₂ 量を発電電力量で割ることにより算出している。ここでは、発電時の燃料燃料による排出だけでなく、プラント建設に要する設備エネルギーに関わる CO₂ 排出量も含んでいる。

表 4-24 の結果は、CO₂ 排出や地球温暖化を議論した多数の文献で引用されており（例えば参考文献[22]など）、本研究においても上記数値を CO₂ 排出原単位として用いることとする。

表 4-24 発電プラントの CO₂ 排出原単位

石油火力	石炭火力	LNG 火力	原子力
200	270	178	5.7

（備考）単位：g - 炭素／kWh

2) SO_x、NO_x 排出原単位

硫黄酸化物、窒素酸化物排出量については、火力発電平均として電力会社により示されているが、燃料別の値は公表されていない。そこで、各燃料からの SO_x、NO_x 発生量（抑制対策を施さない場合に排出される量）と発電電力量比率から、燃料別の排出原単位を想定する。使用する数値は、以下の通りである。

表 4-25 SOx、NOx 排出原単位

	石炭	石油	LNG
SOx 排出原単位 (g/kWh, 1997 年) ※1	0.24 (火力発電所平均)		
NOx 排出原単位 (g/kWh, 1997 年) ※1	0.33 (火力発電所平均)		
SOx 発生量 (石炭を 100 とする) ※2	100	65	0
NOx 発生量 (石炭を 100 とする) ※2	100	75	45
電力量 (億 kWh, 1997 年) ※3	1,962	1,873	2,114

※1 東京電力「環境行動レポート」(参考文献[21]) より抜粋

※2 OECD 「EMISSION CONTROLS」(参考文献[41]) より作成

※3 OECD 「ENERGY BALANCES」(参考文献[42])、「数表で見る東京電力」(参考文献[22]) より作成

排出原単位は、燃料やプラントの仕様により異なるが、ここでは以下のように仮定して算出する。すなわち、石炭、石油、LNG による SOx 排出原単位 (mg_s_{col} , mg_s_{oil} , mg_s_{lng}) と各発電電力量 (PA_{col} , PA_{oil} , PA_{lng}) は次の関係を満たすとする。

$$PA_{col} \cdot mg_s_{col} + PA_{col} \cdot mg_s_{oil} + PA_{col} \cdot mg_s_{lng} = 0.24 / (PA_{col} + PA_{oil} + PA_{lng})$$

$$mg_s_{col} : mg_s_{oil} : mg_s_{lng} = 100 : 65 : 0$$

同様に、NOx 排出原単位については、次の式が成り立つとする。

$$PA_{col} \cdot mg_n_{col} + PA_{col} \cdot mg_n_{oil} + PA_{col} \cdot mg_n_{lng} = 0.33 / (PA_{col} + PA_{oil} + PA_{lng})$$

$$mg_n_{col} : mg_n_{oil} : mg_n_{lng} = 100 : 75 : 45$$

以上から、排出原単位が表 4-26 のように求まる。電力会社による SOx および NOx の排出原単位の将来目標は、現在の水準を維持する程度の数値となっており(東京電力「環境行動レポート」、参考文献[21])、表 4-26 の値が今後大きく改善される可能性は小さいと考えられる。以上の考察より、試計算では、全ての計算対象年にわたって、表 4-26 の値を用いることとする。

表 4-26 SOx、NOx 排出原単位

	石炭	石油	LNG
SOx 排出原単位 (g/kWh)	0.45	0.29	0.0
NOx 排出原単位 (g/kWh)	0.46	0.34	0.20

(2) 汚染物質の削減価値

以下では、CO₂、NO_x、SO_x の各環境汚染物質に関する排出削減価値について検討する。

1) CO₂ の削減価値

表 4-27は、CO₂ の外部性価値についての設定事例、調査事例を一覧としたものである。これをみると、各作成元ごとに幅のある様々な値が用いられていることが分かる。また、日本における公共事業を扱っている鉄道や道路のプロジェクトでは、1トンあたり 2300 円という値が用いられている。

FBR 研究開発投資における効果の把握の際にも、同じ国家予算を使うプロジェクトとして他の公共投資ケースとの整合性を図ることが適当であると考えられることから、試計算では CO₂ 削減価値として 1 トンあたり 2300 円を用いることとする。この値は、米国における評価事例からみても、適当な水準であると考えられる。

表 4-27 CO₂ 外部性価値の範囲

(炭素換算トンあたり)

作成元	価値
ノードハウス（50%の削減に対して）	50 ドル
オレゴン州公益事業委員会／米国エネルギー省 1991 年の調査 (範囲の最高値)	40 ドル
ノードハウス（30%の削減に対して）	25 ドル
Citizens for a better environment in advance plan 6	23 ドル
マサチューセッツ州・公益事業委員会	23 ドル
ネバタ州・公益事業委員会	23 ドル
ノードハウス（25%の削減に対して）	15 ドル
ウイスコンシン州公益事業委員会決定	15 ドル
オレゴン州公益事業委員会／米国エネルギー省範囲の最低値	10 ドル
カリフォルニア州エネルギー委員会と公共事業委員会 1991	7.50 ドル
ニューヨーク州公益サービス委員会	1 ドル
道路投資の評価に関する指針（建設省道路局）※	2,300 円
鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99（運輸省鉄道局）※	2,300 円

(※) 国内プロジェクトの 2300 円は諸外国の事例の平均として 20 ドル/トンを基としており、これを平成 8 年度為替レートで換算したものである。

(出展) 参考文献[3][23][39]より作成。

2) NO_x の削減価値

NO_x の被害費用の研究例としては多数あるが、研究者によっては桁が 2 桁くらい異なることもある。「道路投資の評価に関する指針」(参考文献[23])では、これらの値を参考として 5000 ドル／トンとしており、これに平成 8 年度為替レート(115.98 ドル／円)で換算して 580,000 円／トンを国内における大気汚染の貨幣評価原単位としている。また、同じく運輸省鉄道局(参考文献[3])でも、建設省の同指針を参考として表 4-29 のような値を設定している。

本システムにおける NO_x 削減価値は、発電所に起因するものであるから、市街地における NO_x 排出を基準とする運輸省や建設省における値よりは下がると考えられる。しかし、同じ公共投資という観点を重視して試計算においても 580,000 円／トンを国内における NO_x 評価原単位とすることが適当であると考える。

表 4-28 NO_x 被害の研究例

研究事例	対象国	ドル／トン
Pearce(1994)	イギリス	124
Pearce(1994)	欧州	490
Alfsen(1992)	ノルウェー	1,600～31,400
Otinger(1990)	米国	2,000
Hashen&Hautes(1993)	米国	14,483
Scheraga&Leary(1994)	米国	100
Small&Kazimi(1995)	米国	10,670

(出展)「道路投資の評価に関する指針」(参考文献[23])より作成

表 4-29 鉄道プロジェクトにおける NO_x 評価原単位

周辺状況	人口集中地区	その他 市街部	非市街地	
			平地部	山地部
原単位 (万円／トン)	292	58	20	1

(出展)「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99」(参考文献[3])より作成

3) SO_x の削減価値

SO_x 削減価値については、国内の道路や鉄道プロジェクトでは考慮されていない。諸外国における事例をみてみると、表 4-30に示す通りである。これらの 6 ケースの平均値をとると 1581 ドル／トンであるが、約 1600 ドル／トンとみなして、平成 8 年度為替レート（115.98 ドル／円）で換算すると約 185,000 円／トンとなる。試計算では、この値を用いて、SO_x 削減価値を約 185,000 円／トンとして算出するものとする。

表 4-30 諸外国における SO_x の削減価値

州	評価価値 (ドル／トン)
カリフォルニア	4,486 ドル
マサチューセッツ	1,700 ドル
ミネソタ	150 ドル
ネバダ	1,716 ドル
ニューヨーク	1,437 ドル
オレゴン	0 ドル

(出展) 「Electricity Generation and Environmental Externalities: Case Studies」(参考文献[39]) より抜粋

(3) 環境プレミアム

環境の価値は、今後は更に重要となることが予想されるため、他の価値と比較して実質価値が今後は更に増加してゆくという観点から、環境価値のみに毎年プレミアムをつけて上昇させるという考え方がある。特に環境重視研究者などによって主張されている。この考え方には、環境の割引率をゼロとするべきだという議論にも当てはまる。

具体的な環境プレミアムの値としては、上記の“環境割引率をゼロにすべき”という議論を参考として、社会的割引率に等しくするということが有効であろう。つまり、「環境プレミアム=社会的割引率」とすることによって、環境の価値については割引が実質的にゼロとなり、また、他財価格と比較して実質相対価値もまたその分だけ増加してゆくということである。

本システムにおける試計算では、

- ・試計算用シナリオ → 環境プレミアムはゼロとして通常の費用便益分析を実施
- ・環境重視ケース → 「環境プレミアム=社会的割引率」として環境割引はゼロとするケースを設定して感度分析を行うことが有効ではないかと考えられる。

4.3.5 エネルギーセキュリティ関連のパラメータ

エネルギーセキュリティ関連のパラメータとしては、

- ・エネルギーショックの起こる確率
- ・エネルギーショック発生時の燃料価格上昇率

について設定する必要がある。これらのパラメータは設定が困難であり、過去の燃料価格の動きなどから判断して、ある程度の大胆な仮定を置いて想定せざるを得ない。本システムにおける試計算では「当たらずしも遠からず」との考えに基づいて設定を行う。

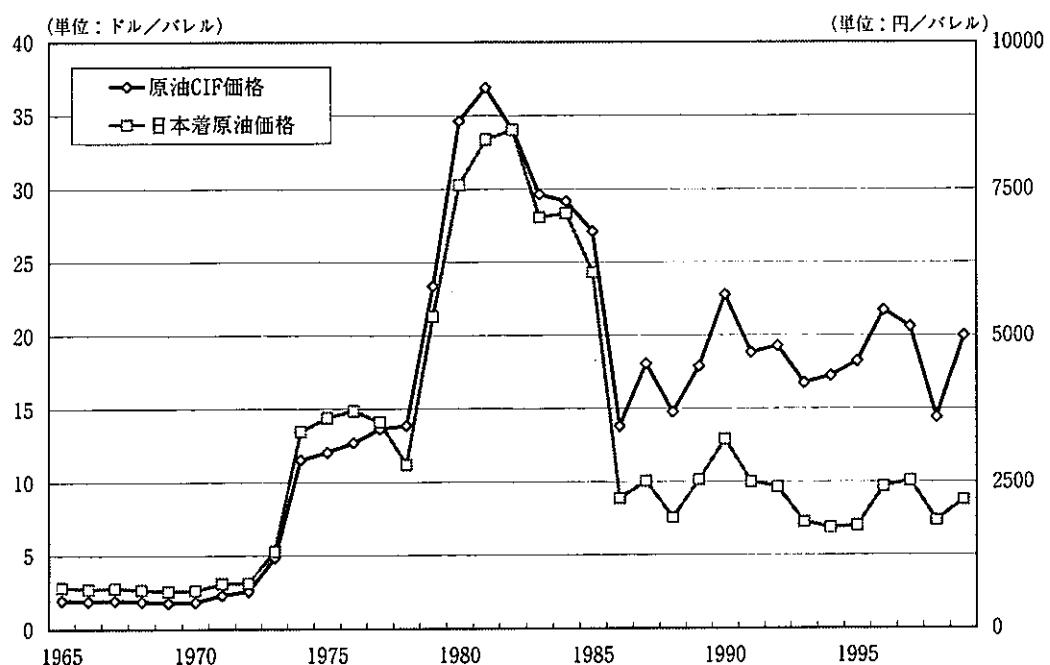
(1) エネルギーショックの起こる確率

原油価格の推移を過去30年について概観すると、CIF価格で毎年平均8~9%程度は上昇していることになる。しかし、この上昇分はほとんどが

- ・第一次オイルショック（72~74年）
- ・第二次オイルショック（79~80年）
- ・湾岸戦争（90年）

による「ジャンプロセス」によって説明される。つまり、大胆に想定するとおおむね10年に1回の割合でエネルギーショックに相当する事象が起きていることとなる。そこで、試計算においてはエネルギーショックの発生確率は10%とすることとする。

図 4-12 原油価格の推移



(2) エネルギーショック発生時の燃料価格上昇率

過去のエネルギー・ショック時の原油価格上昇率は、おおむね以下のように示される。平均で 210% 上昇していると考えられるので、ここでも大胆な想定を行い、試計算においてはエネルギー・ショック発生時の燃料価格上昇率は 210% とする。

表 4-31 過去のエネルギー・ショック時の原油価格上昇率

事象	おおまかな上昇幅	上昇率
第一次オイルショック (72~74 年)	4 ドル→12 ドル	300%
第二次オイルショック (79~80 年)	12 ドル→36 ドル	300%
湾岸戦争 (90 年) ※	17 ドル→22 ドル	30%

(※) 年平均でみた上昇率を示す。

4.3.6 安全便益算出のためのパラメータ

安全便益は、各電源によって、職業人ならびに公衆が死亡するリスク（単位電力量あたりの人数）に入ひとりの価値を乗ずることによって算出する。ここでは、以下のパラメータを設定する必要がある。

- ・死亡リスク（事故発生確率）
- ・統計的生命の価値
- ・土地の価値
- ・1事故あたりの被害範囲

について設定する必要がある。

(1) 事故発生確率

ウィリアム・D・ノードハウスは、「原子力と環境の経済学」(参考文献[1])の中で、各電源における安全性に関する外部コストを見積もる上で、A.F.Fritzsche 氏の試算結果を紹介している。石炭火力、石油火力、LNG 火力、および LWR による死亡リスクは表 4-32 のようになる。ここでは、発電量 1GW 年あたりの死者数で表されており、燃料の採取・輸送から発電所運転までのサイクルで試算している。

表 4-32 発電による死亡リスク（人数／GW 年）

電源	就業上の危険	用地外での危険 (公衆の危険)
石炭火力	0.2 – 4.3	2.1 – 7.0
石油火力	0.2 – 1.4	2.0 – 6.1
LNG 火力	0.1 – 1.0	0.2 – 0.4
LWR	0.1 – 0.9	0.006 – 0.2

(備考) 「原子力と環境の経済学」(参考文献[1]) より

また、1GW 年あたりの各電源による死亡リスクは、Inhaber によっても試算されており、その結果は表 4-33 のようになる (Inhaber による推計は近藤：参考文献[9]に記載)。この計算は、次のような手順で行われている。

1. 対象とする電源について、原材料、燃料の生産・輸送からプラントの運転保守までの各過程における労働量を分析する。
2. 労働災害統計表より各労働の単位量あたりの災害発生件数を求める。
3. 放出物による公衆リスクを加えて総合リスクとする。

表 4-33 各電源による死亡リスク (1 GW 年あたり)

電源	職業人の死者数	公衆の死者数
石炭火力	2 – 10	3 – 100
石油火力	0.2 – 2	1 – 100
LNG 火力	0.4	-
LWR	0.2 – 1.5	0.03 – 0.3

(備考) : 近藤駿介 (参考文献[9]) より作成

本システムにおける試計算では、上記 2 例のうち、比較的新しいデータである表 4-32 の値を用いることとする。不確かさの範囲が非常に大きいため、表 4-32 の値の対数平均をとり、職業上の死亡リスクと公衆の死亡リスクを合計して、各電源による死亡リスクとする (表 4-34)。

表 4-34 試計算で採用する死亡リスク

電源	職業人の死者数 ①	公衆の死者数 ②	死亡リスク ①+②
石炭火力	0.93	3.83	4.76
石油火力	0.53	3.49	4.02
LNG 火力	0.32	0.28	0.60
LWR	0.30	0.03	0.33

(2) 統計的生命の価値

統計的生命の価値の算出は、アンケートによる手法（支払い意思額）などが良く使われる。また、国内での交通事故、飛行機事故などの際の補償金としては、ホフマン係数⁸を用いて計算される「得べかりし利益（逸失利益）」が用いられている。

⁸ 残された就労可能年数と逸失利益との関係を示した設定されている係数。

<得べかりし利益（逸失利益）の計算事例>

年収 700 万円、被扶養者 1 名の場合

- ・残された就労可能年数 12 年とするとホフマン係数 9.215
- ・生活費は、扶養者 1 名の場合は収入の 35%

$$(700 - 700 \times 0.35) \times 9.215 = 4,192 \text{ 万円}$$

なお、人身損失額については、各国の様々な機関による算定値、設定値があり表 4-35に示す。評価額は、各国でかなり異なっており生命価値自体の推計・設定がたいへん困難であることを示している。なお、総務庁資料による一人あたり 31,553 千円を用いて計算すると⁹、日本国民全体（約 1 億 3000 万人）の価値は約 4100 兆円と計算されることになる。

表 4-35 死傷者一人当たり人身損失額の比較

	死亡	重症 (後遺障害)	軽症 (障害)
総務庁資料	31,553	9,374	644
日本損害保険協会	29,430	10,390	630
ドイツ (EWS)	116,800	5,100	511
イギリス (C O B A)	231,000	2,406	196
アメリカ	87,800	7,360	—
オーストラリア	55,810	8,400	880
ニュージーランド	240,000	—	—

(備考) 1. 単位：千円

2. 「道路投資の評価に関する指針（案）」（参考文献[23]）より抜粋

3. C O B A、EWS ともに当該国における交通関連の指針を示す。

統計的生命の価値を設定することについて国内ではまだ異論もあるものの、本システムを稼動させる上では必要である。そのため、本システムにおける試計算では、総務庁資料に基づいて一人当たり 3,155 万円をもって統計的生命の価値とすることとする。

⁹ この数字は、基本的には交通事故時の逸失利益にもとづいて計算されている。総務庁長官官房交通安全対策室「交通事故の発生と人身障害及び社会的・経済的損失に係る総合的分析に関する調査研究報告書」（参考文献[17]）より抜粋。

(3) 土地の価値

土地の価値は、地価で代替することが考えられる。地価は、地域によって異なるため、FBR 設置の場所を想定することが必要となる。しかしながら、現状では FBR 立地地点までも想定することは困難である。そこで、日本の平均の土地価格を用いる。

また、土地の価格には、土地の価値以外にも実物資産や金融資産もある。このため、日本の総資産から日本における 1 km²あたりの平均資産（価値）を求めて算出することとする。

<土地の価値¹⁰>

○97年末の日本の総資産 → 7,422兆円

うち、実物資産 18.7%、土地等¹¹ 23.3%、金融資産 58%であるため、金融資産を除いたものを土地・建物等の価値を考えると合計で 3,117兆円

○日本の国土面積 377,829.41 km²

○上記より、日本における 1 km²あたりの価値（資産）は約 82 億円となる。

↓

土地 1 km²あたりの価値は 82 億円として計算するものとする。

(4) 事故あたりの被害範囲

本システムにおいて土地被害を計算するためには、1 事故あたりの想定事故範囲を設定する必要がある。しかしながら、当該パラメータの想定は非常に困難であり、実績データもない状態である。また、想定したとしてもかなりの大幅な誤差を含むことは必至である。

このため、今回の試計算用シナリオでは、さしあたり土地被害額は含めないこととし、計算システムのみ構築する。

¹⁰ データは経済企画庁「平成 11 年経済白書」（参考文献[6]）より収集

¹¹ 土地等には、土地、森林、地下資源、漁場を含む。

5. 試計算用シナリオの作成

5.1 試計算用シナリオ

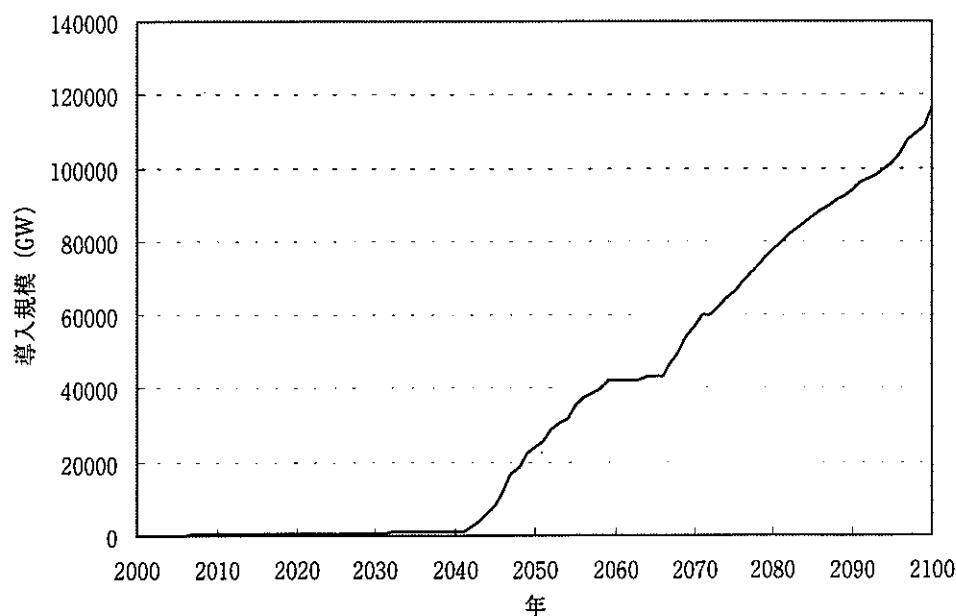
以下において、試計算用シナリオを作成し投資対効果システムの試計算用シナリオにおける運用を行う。試計算用シナリオは以下のように設定する。

5.1.1 FBR 導入シナリオ

FBR 導入シナリオは、核燃料サイクル開発機構側により設定された導入設備容量シナリオを用いた（図 5-1）。発電電力量 PA_fbr は、FBR 設備容量を POW_fbr として以下の式で設定した。

$$PA_{fbr} = POW_{fbr} \times 8760 \text{ h} \times 0.90 \times 0.96$$

図 5-1 FBR 導入シナリオ（設備容量）



5.1.2 FBR 代替電源シナリオ

FBR 代替電源シナリオとしては、4.2.4で検討したものを用い、各シナリオがそれぞれ均等（25%）の確率で発生するものとする。なお、感度分析では、軽水炉代替の可能性が高くなった場合、石炭代替の可能性が高くなった場合、などについても計算する。

表 5-1 試計算用シナリオにおける各代替電源シナリオの確率

シナリオ名	試計算用シナリオにおける確率
①軽水炉シナリオ	25%
②プルサーマルシナリオ	25%
③LNG 重視シナリオ	25%
④石炭重視シナリオ	25%

5.1.3 燃料価格シナリオ

1998 年における実績値と、総合エネルギー調査会による 2010 年の想定値をもとに年増加率を決定した。また、2010 年以後は一定で推移するものとした。

表 5-2 燃料価格シナリオ（試計算用シナリオ）

	1998 年	～2010 年	2010 年～
石油	18.9 \$ /bbl	2.2%で増加	一定
石炭	44.4 \$ /t	2.2%で増加	
LNG	192.9 \$ /t	2.4%で増加	

5.1.4 その他のパラメータ

基本的な指標の設定値は、表 5-3のように設定した。また、各種パラメータについては、4.3で検討した値をそのまま用いるものとする。FBR 研究開発投資については、300 億円/年及び 500 億円/年の 2 ケースを想定した。なお、研究開発費は現在価値換算（つまり実質値）での値とする。

この結果、社会的割引率が 3 ケース、FBR 研究開発費用が 2 ケースとなるので、 2×3 の合計 6 ケースについて試計算を行うこととなる。

表 5-3 その他の基本的指標（試計算用シナリオ）

項目	設定値
社会的割引率 (3 ケース)	4%
	3%
	1.5%
FBR 研究開発投資 (2 ケース)	300 億円／年(現在価値)※
	500 億円／年(現在価値)※
FBR 運転開始時期	2030 年
計算対象年	2000 年～2100 年

5.2 試計算用シナリオにおける運用結果

5.2.1 運用結果

上記の数値を用いて、本研究で作成した投資対効果システムを運用した結果、以下のように結果が得られた。研究開発費と社会的割引率を複数設定したので 6 ケースとなる。

表 5-4 試計算用シナリオにおける運用結果

ケース	開発費 (円/年)	社会的割引率 (%)	研究開発費※1 (百万円)	効果※2 (百万円)	利益指數	純経済価値※2 (百万円)	内部収益率 (%)
①	300	1.5	9,600億円	53兆7471億円	56.0	52兆7871億円	9.14%
②	300	3	9,600億円	17兆8839億円	18.6	16兆9239億円	8.80%
③	300	4	9,600億円	8兆9269億円	9.3	7兆9669億円	8.56%
④	500	1.5	1兆6千億円	53兆7471億円	33.6	52兆1471億円	8.11%
⑤	500	3	1兆6千億円	17兆8839億円	11.2	16兆2839億円	7.82%
⑥	500	4	1兆6千億円	8兆9269億円	5.6	7兆3269億円	7.63%

(※1) 研究開発費用は現在価値換算した値を示す。

(※2) 100 億円以下を四捨五入した概算値。

効果については、社会的割引率による差が大きく、1.5%のときは 53 兆円となるが 4% となると 9 兆円弱と約五分の 1 に縮小する。効果の出現時期がほとんど 2050 年以降となるため、割引率の影響が大きく出ることに起因するものと考えられる。これに伴い、利益指數、純経済価値、内部収益率も社会的割引率による差が大きく出ている。研究開発投資の場合は、コストの 7~8 倍程度以上の効果が見込まれるようならば、成功確率による効果減少分をある程度は考慮しても実施価値があるとの見方も一部にあるが、この基準に照らすとおおむね FBR 投資が正当化されることになる。(もっとも今回の計算は、あくまでもシステムが正常に稼動するかを確認するための試計算であるため、この出力指標に特に意味があるわけではなく、今後、各種データを再吟味する必要があることは言うまでもない。)

また、参考までに、ケース⑤(研究開発費 500 億円/年、社会的割引率 3% のケース)における年毎の研究開発費と効果額を図 5-2 に示す。他の 5 ケースでもおおむね同様の傾向が見られる。FBR 導入量が増え始める 2040 年頃から効果額が急増し、2055 年頃から社会的割引率の効果が顕著に現れるようになる様子が示されている。

また、その研究開発費と効果額の累積値を図 5-3 に示す。2049 年頃 (FBR 導入量が増えはじめた時から約 10 年後) に効果額累積値が約 1 兆 6 千万円となり、研究開発費用が効果として回収されるという結果になっている。今回の試計算における、各ケースごとの投資回収年は以下のとおりである。

表 5-5 各ケースごとの投資回収年

ケース (年間費用、割引率)	投資回収年
ケース 1 (300 億円、1.5%)	2044 年
ケース 2 (300 億円、3%)	2047 年
ケース 3 (300 億円、4%)	2049 年
ケース 4 (500 億円、1.5%)	2044 年
ケース 5 (500 億円、3%)	2049 年
ケース 6 (500 億円、4%)	2052 年

計算された効果額の内訳（発電メリット、環境便益、輸入減少効果、エネルギーセキュリティー、安全便益）を図 5-4に示す。発電メリットが最も大きく、次いで、輸入減少効果、エネルギーセキュリティーとなっている。この傾向は、他の 5 ケースについても同様である。資源枯渇抑制効果は、FBR での代替による資源節約量が、世界全体の資源需要量と比較すると小さい（1%以下）ため、効果として大きな値は得られていない。

図 5-2 各年の研究開発費と効果額（ケース 5 の場合）

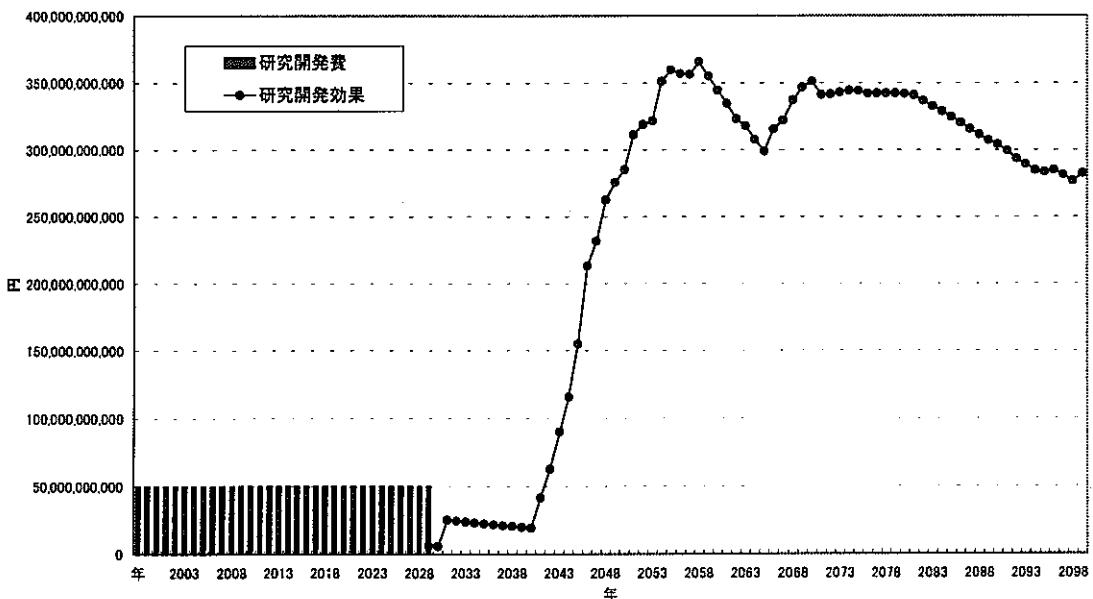


図 5-3 研究開発費と効果額の累積値（ケース 5 の場合）

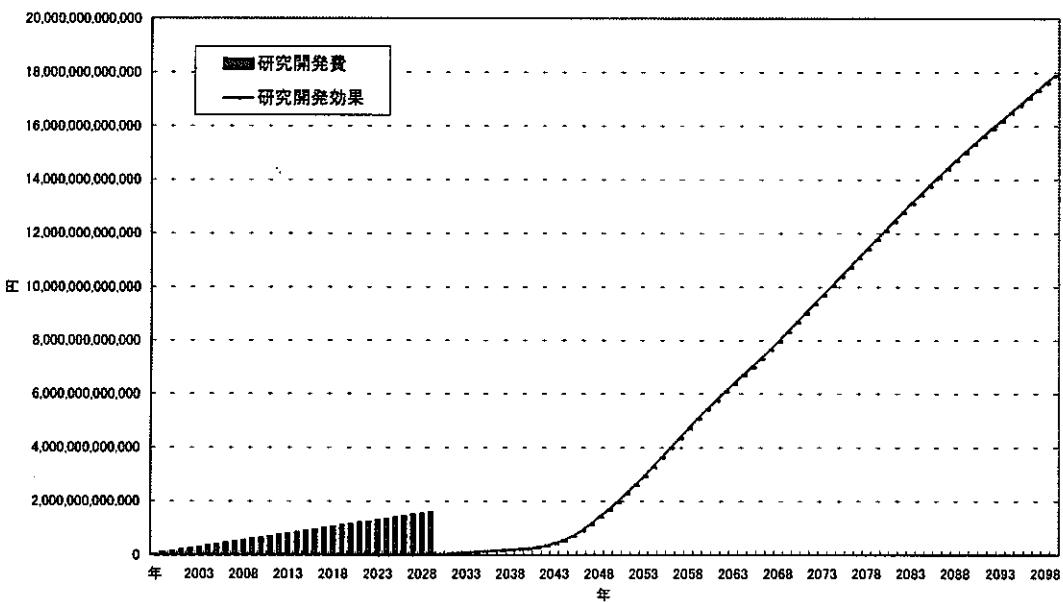
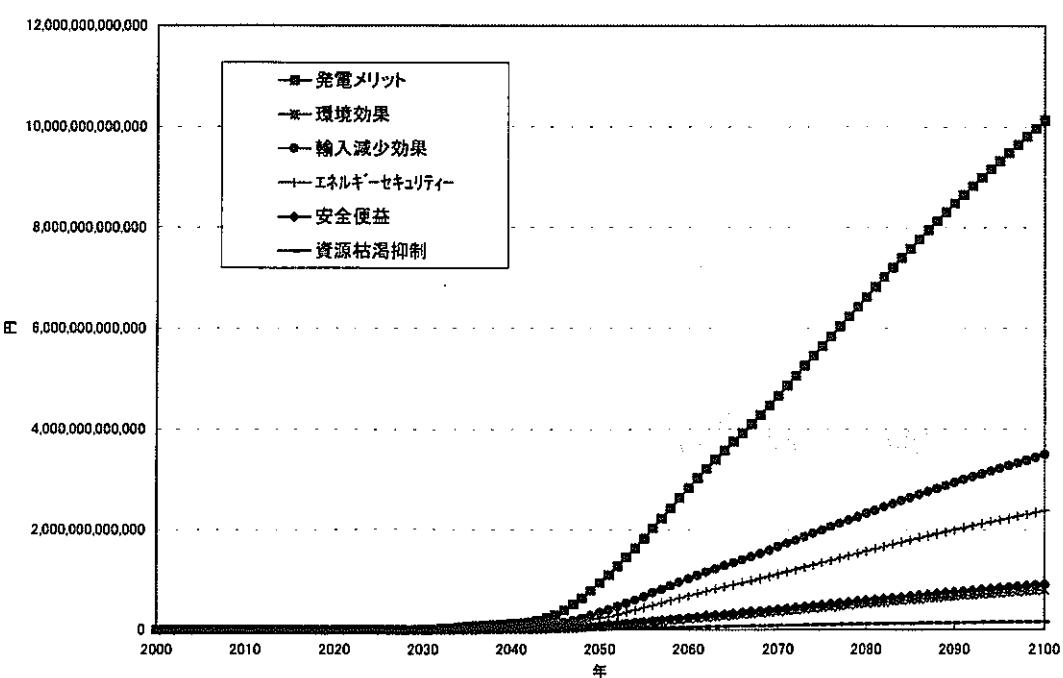


図 5-4 研究開発効果の内訳（ケース 5 の場合）



5.2.2 試計算用シナリオにおける総括表

試計算用シナリオにおける運用結果について、2.1.3で検討したような総括表を作成した。ここでは、例としてケース5（年間投資額500億円、社会的割引率3%）を用いている。

試計算用シナリオの総括表

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999年
発電開始	2030年
発電終了	2100年
研究開発開始	1999年
研究開発終了	2030年
社会的割引率	3%
FBR研究開発投資額	500億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	ブルサーマルシナリオ	25%
	LNG重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータに関する前提

※前章にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）	
研究開発費総額	1兆6千億円	
効果総額	17兆7883億円	
効 果 内 訳	発電メリット	10兆1327億円
	輸入減少効果	3兆4933億円
	エネルギーセキュリティ	2兆3827億円
	資源枯渇抑制効果	1601億円
	環境便益	8022億円
	安全便益	9127億円

2) 評価指標

利益指数	11.2
純経済価値	16兆2千億円
内部收益率	7.8%

以上、試計算用シナリオ5における評価結果の総括表

5.3 感度分析の実施

割引率や総費用などの基本的指標、各種シナリオ、および重要と考えられるパラメータについて、感度分析を実施した。なお、その際のレファレンスケース（元となる比較対象ケース）としては、試計算におけるケース5（FBR研究開発投資500億円/年、社会的割引率3%）を利用した。個々では、2.1.2で検討した感度分析対象項目について実施した結果を表5-6に示す。

<感度分析対象変数>

- ・社会的割引率
- ・環境プレミアム
- ・期間
- ・総費用
- ・代替電源シナリオ

表 5-6 感度分析の結果まとめ

分析ケース	研究開発費※1 (百万円)	効果※2 (百万円)	利益指数	純経済価値※2 (百万円)	内部収益率 (%)
環境プレミアム3%	1兆6千億円	24兆9503億円	15.59	23兆3503億円	8.30%
総費用1.5倍	2兆4千億円	17兆8839億円	7.45	15兆4839億円	6.98%
期間20年延長	2兆6千億円	6兆2689億円	2.41	3兆6689億円	5.26%
資源制約現実化	1兆6千億円	22兆9726億円	14.36	21兆3726億円	8.11%
環境対策強化	1兆6千億円	18兆3696億円	11.48	16兆7696億円	7.82%
軽水炉長期利用可能	1兆6千億円	9兆455億円	5.65	7兆4455億円	6.41%

5.3.1 基本的指標

(1) 社会的割引率

社会的割引率に対する感度は5.2.1の運用結果における表5-4でも示したように、とても大きいといえる。この理由は、

- ・計算対象期間が100年と長いこと、
- ・年が経つほどFBR導入量が増加し効果が増すこと

による。利益指数の社会的割引率に対する感度は大きくなっている。現在よりも、50~60年後以降に効果が顕著になるFBR導入の恩恵は、社会的割引率が小さい、将来社会により価値を置く社会ほど大きく享受されることが示されている。

(2) 環境プレミアム

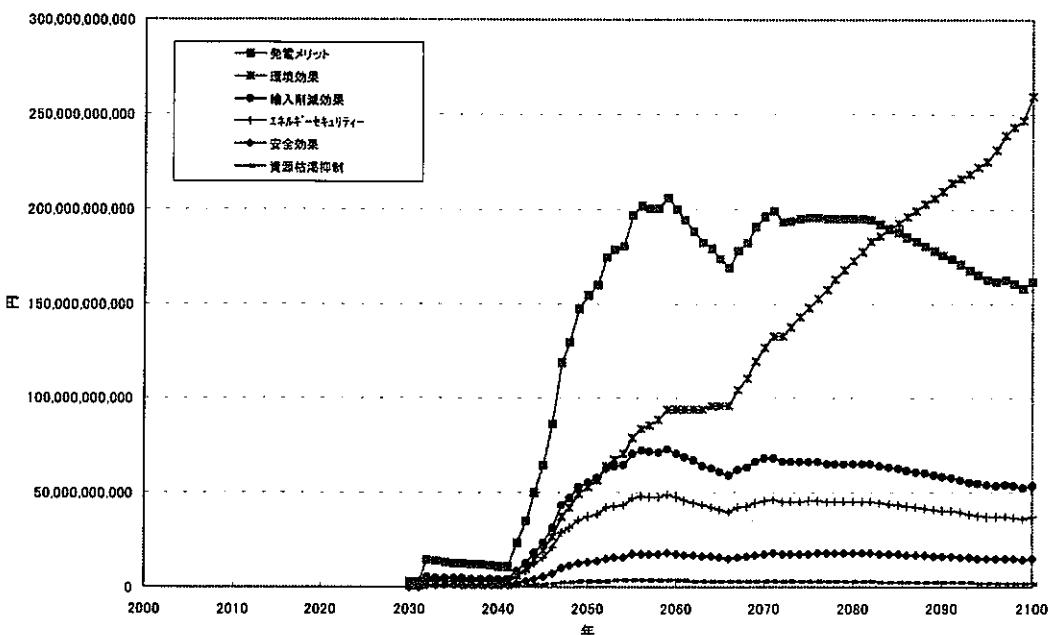
環境負荷低減の効果が重要視されるようになると、表 5-7に示したように利益指数は大きく増加する。図 5-5に、効果額の内訳（各年毎のフロー）を示す。環境の価値が高くなることにより、その効果は他のメリットを大きく上回る様子が表れている。

ただし、社会的割引率に対する感度と同様に、計算期間が長い（100 年）ことが大きな効果を算出する要因となっている。費用／効果の累積額（付属資料参照）を見ると、費用が効果として回収される時期は、環境重視ケースでも 2049 年であり、試計算用ケース（2049 年）とほとんど変わらない。これも環境の価値の効果が 2050 年以降に大きく表れるためである。環境負荷低減に対する価値が、50～60 年後以降の社会においてどのように変化していくかにより、FBR 導入効果の大きさが左右される。

表 5-7 環境プレミアムに対する感度分析結果

ケース名	設定値	利益指数	純経済価値	内部收益率	費用回収年
レファレンス	0%	11.2	16兆2千億円	7.8%	2049年
環境重視ケース	3%	15.6	23兆3千億円	8.3%	2049年

図 5-5 環境重視ケースにおける効果額内訳（各年毎のフロー）



(3) 総費用・期間

総費用を増加させたケースと開発期間を延長したケースでの投資対効果計算結果を表5-8で比較する。

総費用については、1.5倍に増加させたとしても、1より大きい利益指数が得られることがわかる。費用を回収できるのは、図5-6によれば2052年である。試計算用ケースでは2049年であったから、3年ほど回収が遅れることになる。

開発期間を延長した場合の費用額・効果額の累積値を図5-7に示す。ここでは、FBR導入時期も延長期間分だけ遅れるとして計算している。期間の延長は、それに伴って費用が増加する上、効果の出現が遅れるため、利益指数に及ぼす影響が大きい。FBR導入開始から費用回収までに29年を要することとなる。

社会的割引率に対する感度分析においても見られたように、効果が顕著になるのは50～60年後以降であり、なるべく早めに導入したほうが大きな効果を得られる。ここでも、開発期間延長よりも費用増加による早めの導入のほうが望ましいことが示されている。

表5-8 費用増加、期間延長に対する感度分析結果

ケース名	設定値	利益指数	純経済価値	内部收益率	費用回収年数
レファレンス	—	11.2	16兆2千億円	7.8%	19年
費用増加ケース	総費用 1.5倍	7.45	15兆4千億円	6.98%	22年
期間延長ケース	研究開発期間 20年延長	2.41	4兆7千億円	5.26%	29年

図 5-6 総費用を 1.5 倍にした場合の費用額・効果額の累積値

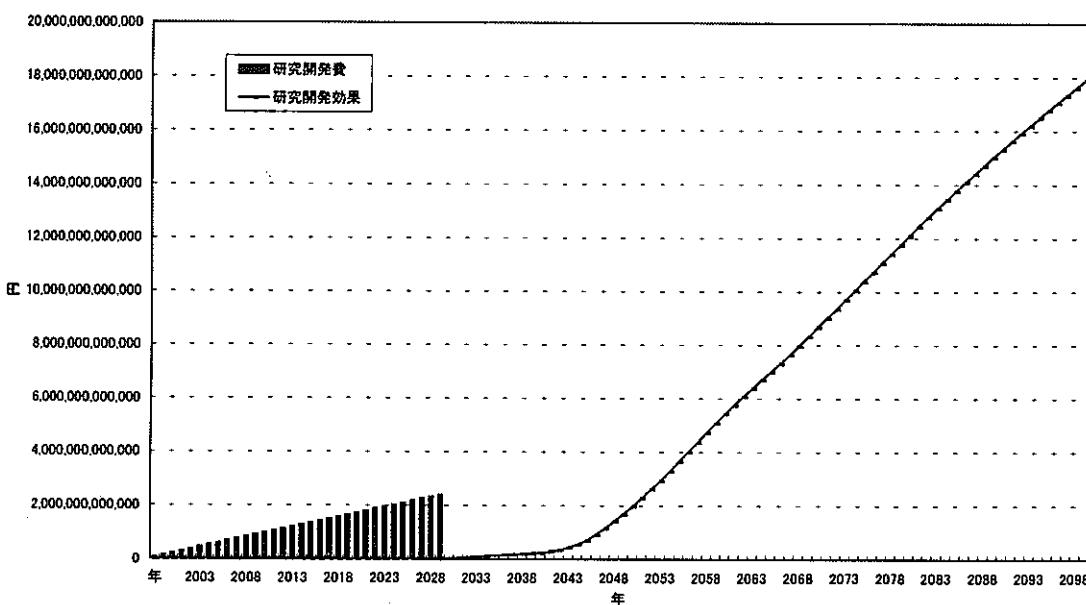
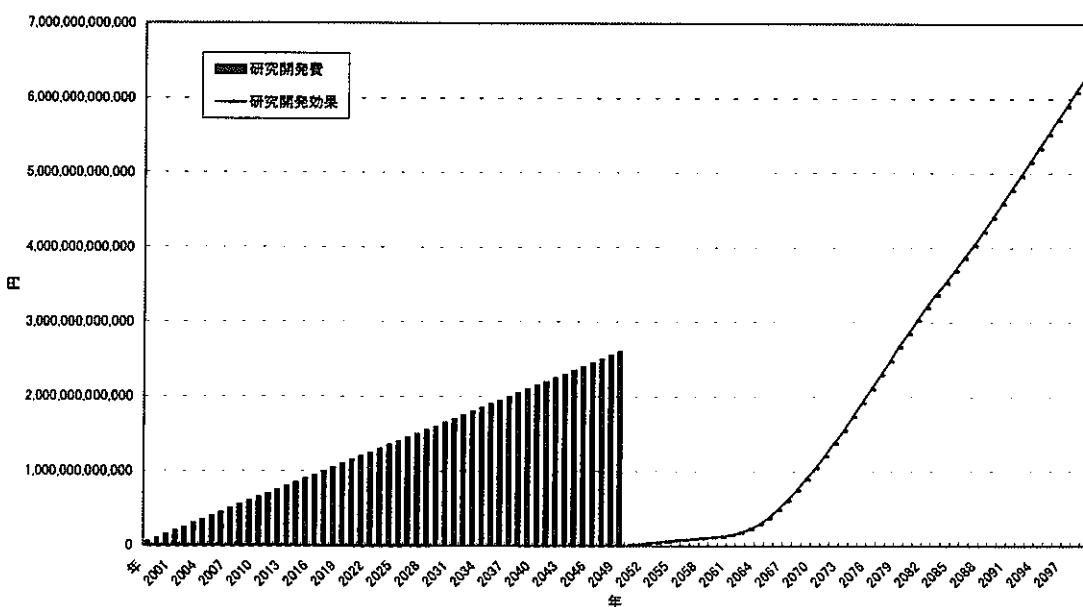


図 5-7 開発期間を 20 年延長した場合の費用額・効果額の累積値



5.3.2 シナリオ分析

試計算用シナリオにおいては、FBR 代替電源シナリオ（4 種）は均等の確率で起こり得るとして計算している。ここでは、(1)各種資源量の制約が現実のものとなってしまい、比較的資源量が豊富な石炭に頼らざるを得なくなるとするシナリオ（資源制約現実化ケース）、(2)環境制約がさらに強化され、LNG と原子力が主流になるとするシナリオ（環境制約強化ケース）、(3)化石燃料枯渇が大きな問題となり、原子力の寄与分が大きくなるとするシナリオ（軽水炉長期利用可能ケース）、について計算し、感度分析を実施した（表 5-9）。

主に石炭火力を代替する“資源制約現実化ケース”（図 5-8）では、全ての項目において試計算用シナリオよりも効果が大きくなっている。特に、環境負荷低減に関しては 2 倍程度の効果が算出されている。それに対し、LNG 火力と原子力を主に代替する“環境制約強化ケース”（図 5-9）では、効果の内訳にも試計算用ケースと大きな差は見られない。“軽水炉長期利用可能ケース”では、全ての項目で試計算用シナリオよりも小さな効果となっている。

表 5-9 シナリオ分析結果

ケース名	設定値	利益指標	純経済価値	内部収益率	費用回収年
レファレンス	各シナリオ 25%	11.2	16兆2千億円	7.8%	2049 年
資源制約現実化 ケース	①10% (LWR) ②10% (MOX) ③10% (LNG) ④70% (石炭)	14.36	21兆4千億円	8.11%	2048 年
環境制約強化 ケース	①40% (LWR) ②10% (MOX) ③40% (LNG) ④10% (石炭)	11.48	16兆7千億円	7.82%	2049 年
軽水炉長期利用 可能ケース	①90% (LWR) ③10% (LNG)	5.65	7兆4千億円	6.41%	2054 年

図 5-8 資源制約現実化ケースにおける効果額内訳

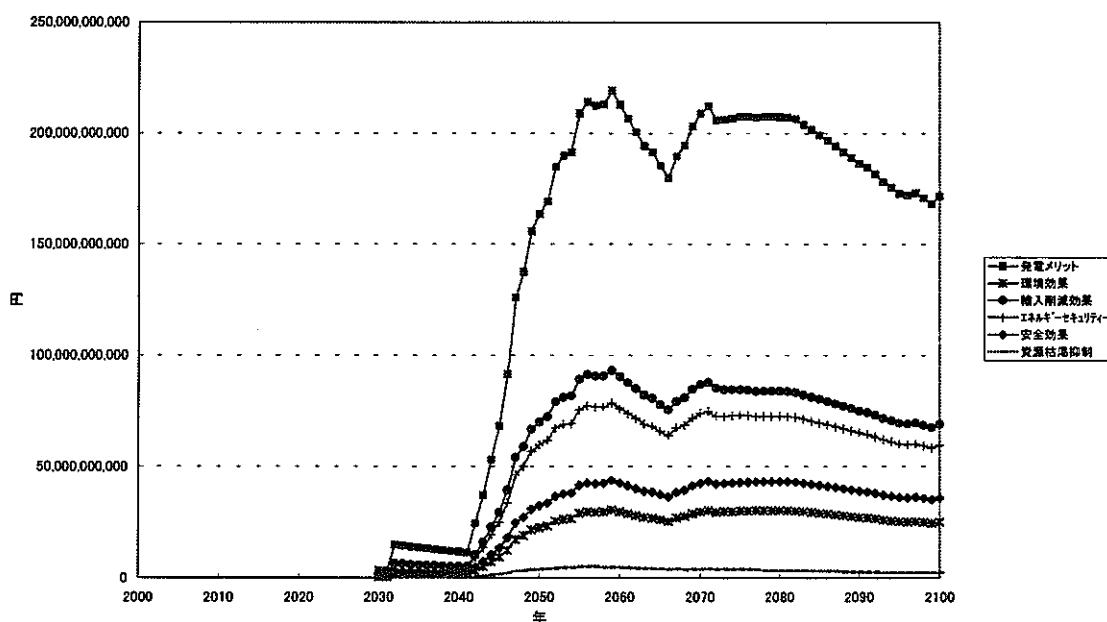


図 5-9 環境制約強化ケースにおける効果額内訳

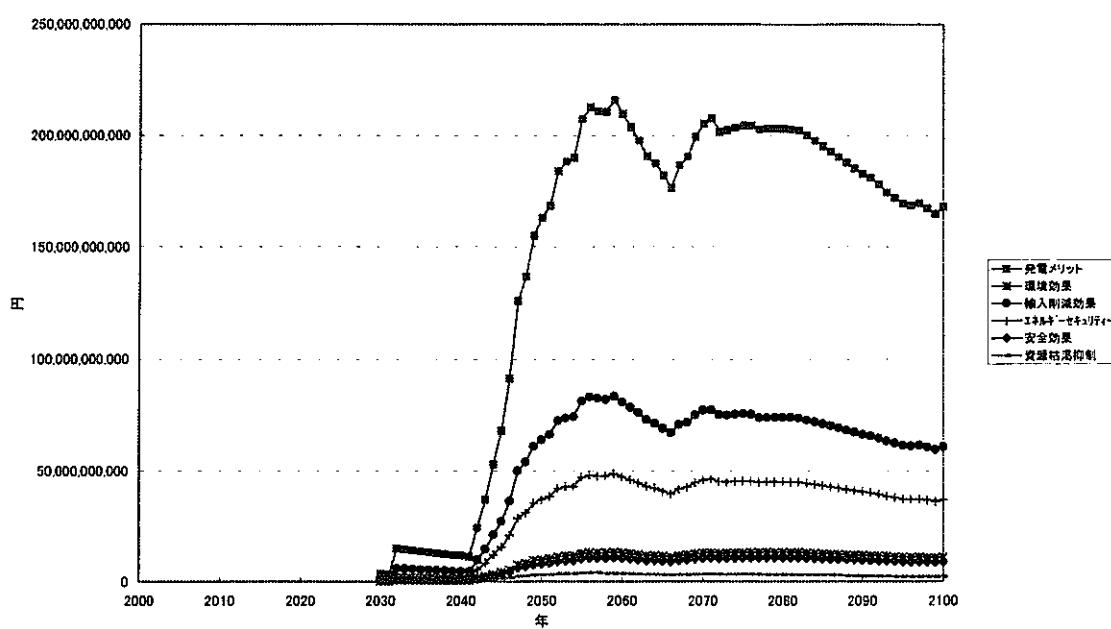
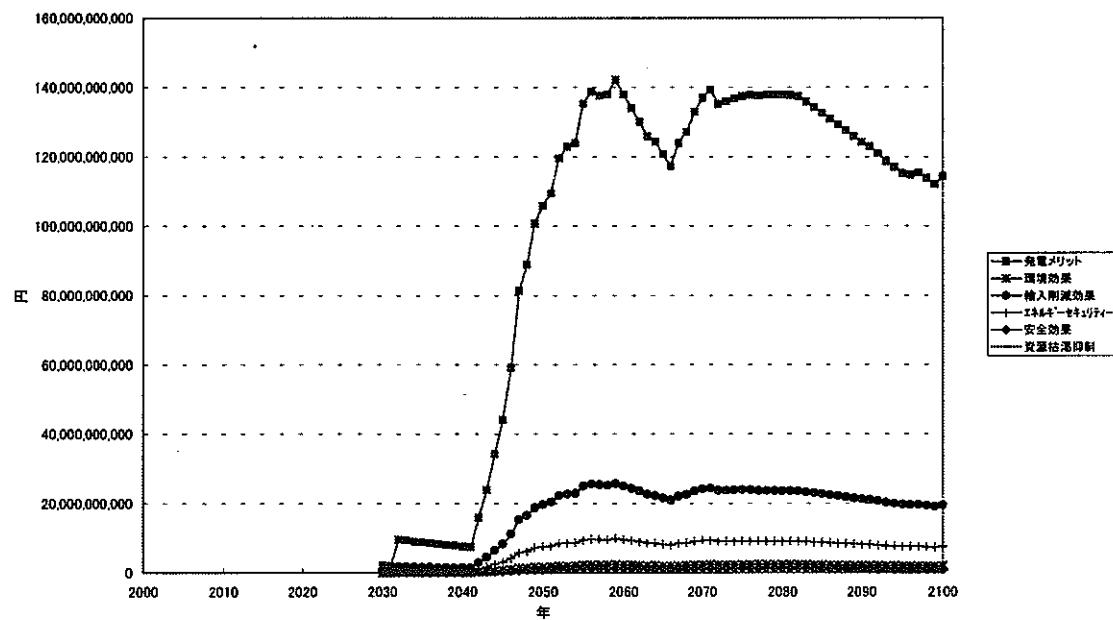


図 5-10 軽水炉長期利用可能ケースにおける効果額内訳



6. おわりに

以上の結果、本システムが正常に作動することが確認され、FBR 投資対効果を計測することが可能なことが確認された。

なお、以下の項目に関してより詳細なシナリオを設定することにより、より的確な投資対効果を算出することが可能となる。

- ・代替電源シナリオなどの将来社会の見通し
- ・事故リスクや発電コストに関する見通し
- ・土地被害範囲などの安全性に関連するデータ

また、システム自体をより操作し易いように改良することにより、より広範な分析を行うことが可能である。

以上

参考文献

- [1] ウィリアム・D・ノードハウス「原子力と環境の経済学」電力新報社（1998）
- [2] 内山洋司「発電システムのライフサイクル分析」電力中央研究所報告（1995）
- [3] 運輸省鉄道局監修「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル 99」財団法人運輸政策研究機構（1999）
- [4] 株式会社三菱総合研究所「FBR 研究開発に関する投資対効果評価システム概念の構築」（核燃料サイクル開発機構委託研究成果報告書 JNC TJ9440 99-006）（1999）
- [5] 株式会社三菱総合研究所「日本のエネルギー需給構造および経済性の将来予測に関する調査」（核燃料サイクル開発機構委託研究成果報告書 JNC TJ9440 2000-001）（1999）
- [6] 経済企画庁編「平成 11 年 経済白書」大蔵省印刷局（1999）
- [7] 建設省「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針（案）」の策定について：建設省（1998）
- [8] 小松崎均「わが国電気事業のコスト構造分析と今後の課題」、エネルギー経済 1995 年 9 月号、日本エネルギー経済研究所（1995）
- [9] 近藤駿介「エネルギー・システムのリスク評価—その方法と課題—」、エネルギー・資源 Vol.10. No.3（1989）
- [10] 佐藤治、下田誠、立松研二、田所啓弘、「我が国における二酸化炭素削減戦略と原子力の役割」日本原子力研究所報告（1999）
- [11] 社団法人日本損害保険協会「交通事故による経済的損失・受傷状況に関する研究—「交通統計データと自動車保険データの統合データ」による交通事故発生防止・被害軽減対策に関する分析」（1999）
- [12] 鈴木巧「水力発電の経済性評価（応用編その 1）」日刊電気通信社（1999）
- [13] 鈴木篤之「原子力の燃料サイクル」電力新報社（1985）
- [14] 「LNG 事業概説」石油の開発、8 月号（1977）
- [15] 政策評価研究会：通商産業省大臣官房政策評価広報課、「政策評価の現状と課題～政策評価研究会中間報告～」通商産業省（1998）
- [16] 総合エネルギー調査会需給部会「21 世紀、地球環境時代のエネルギー戦略—成長と環境の対峙を超える『価値ある選択』」（1998）
- [17] 総務庁長官官房交通安全対策室「交通事故の発生と人身障害及び社会的・経済的損失に係る総合的分析に関する調査研究報告書」（1997）
- [18] 高木仁三郎他「MOX 総合評価—I MA（国際 MOX 燃料評価）プロジェクト最終報告—」七つ森書館（1998）
- [19] 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部編「平成 9 年度 電力需給の概要」（1998）
- [20] 電力中央研究所「エネルギー・電力需給の長期展望」電力中央研究所（1984）
- [21] 東京電力「環境行動レポート 1999 年版」東京電力（1999）
- [22] 東京電力広報部「数表でみる東京電力」（1999）

- [23] 道路投資の評価に関する指針検討委員会編「道路投資の評価に関する指針（案）」：財団法人日本総合研究所（1998）
- [24] 日本エネルギー経済研究所「原子力発電の将来展望に関する調査」（1991）
- [25] 「日本の石油備蓄の経済効果」,石油の開発と備蓄,6月号（1994）
- [26] 日本銀行調査統計局「経済統計年報」日本銀行（1999年）
- [27] 日本原子力産業会議「原子力年鑑」日本原子力産業会議、（1997）
- [28] 日本原子力産業会議「原子力ポケットブック」日本原子力産業会議、（1999）
- [29] 二宮敏,「[複合発電]開講にあたって」火力原子力発電、48.4（1997）
- [30] 「複合発電プラントの概要（その1）」火力原子力発電、48.5（1997）
- [31] 「複合発電プラントの概要（その2）」火力原子力発電、48.6（1997）
- [32] 「複合発電プラントの機器-ガスタービン-」火力原子力発電、48.7（1997）
- [33] 「複合発電プラントの機器-排熱回収ボイラ-」火力原子力発電、49.8（1997）
- [34] 「複合発電プラントの機器-蒸気タービン-」火力原子力発電 48.9（1997）
- [35] 「複合発電プラントの制御」火力原子力発電、48.11（1997）
- [36] 「複合発電プラントの保守」火力原子力発電、48.12（1997）
- [37] 昇昭三「隠れたる成長産業 都市ガス」東洋経済新報社（1996）
- [38] 湯浅俊昭「電源別発電コストの将来動向」エネルギー経済 11月号（1992）
- [39] “Electricity Generation and Environmental Externalities:Case Studies” ,Energy Information Administration ,US Department of Energy、（1995）
- [40] “Electricity Supply; Consideration of Environmental Costs in Selecting Fuel Sources ” ,US General Accounting Office (GAO), (1995)
- [41] OECD, "EMISSION CONTROLS" (1998)
- [42] OECD, "ENERGY BALANCES" (1998)

<巻末資料1>

投資対効果の算出結果一覧

1. 試計算ケース	2
2. 社会的割引率 3 %	6
3. 社会的割引率 1.5%	10
4. 環境重視ケース（環境プレミアム 4%）	14
5. 総費用 1.5 倍	18
6. 研究期間 20 年延長	22
7. 資源制約現実化シナリオ	26
8. 環境制約強化シナリオ	30
9. 原子力重視ケース	34

1. 試計算ケース

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999年
発電開始	2030年
発電終了	2100年
研究開発開始	1999年
研究開発終了	2030年
社会的割引率	4%
FBR研究開発投資額	1000億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	プルサーマルシナリオ	25%
	LNG重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みであるため省略する。

(4) 評価結果

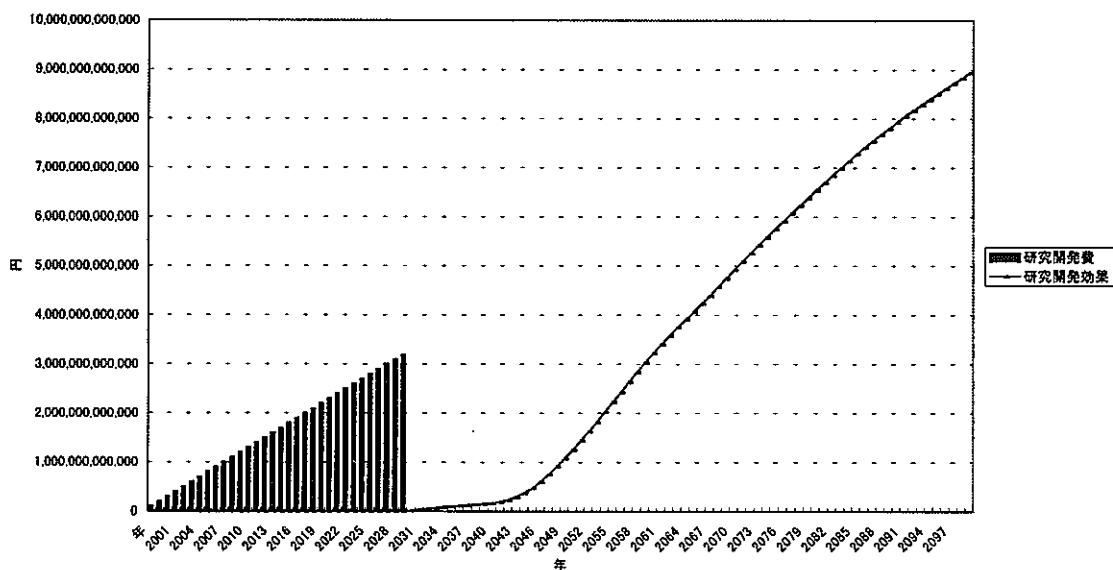
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）	
研究開発費総額	3兆2000億円	
効果総額	8兆9269億円	
効 果 内 訳	発電メリット	5兆519億円
	輸入減少効果	1兆7502億円
	エネルギーセキュリティ	1兆1909億円
	資源枯渇抑制効果	817億円
	環境便益	3986億円
	安全便益	4535億円

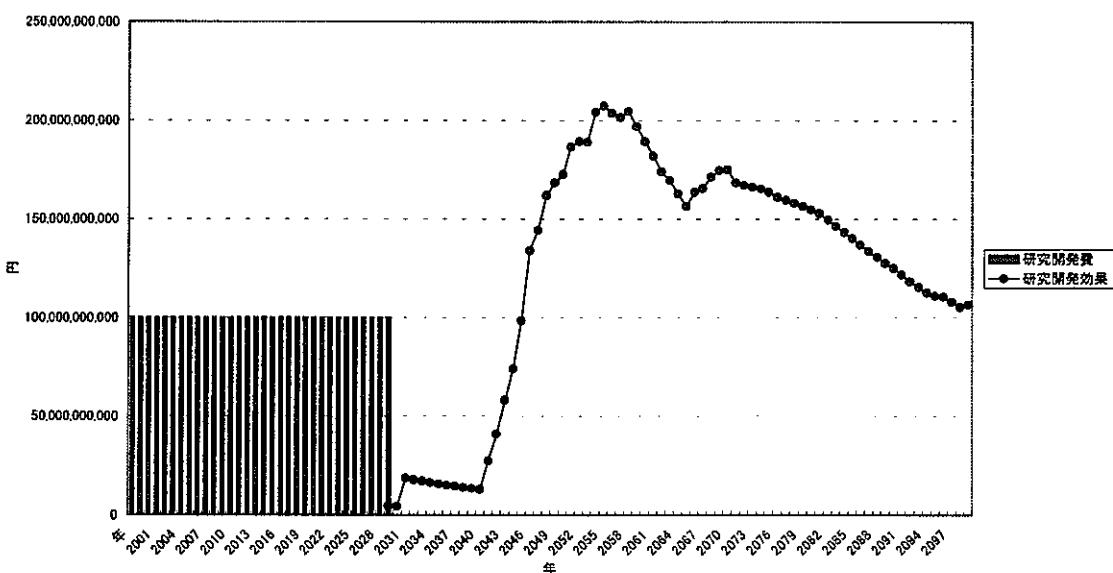
2) 評価指標

利益指數	2.79
純経済価値	5兆7269億円
内部収益率	6.2%

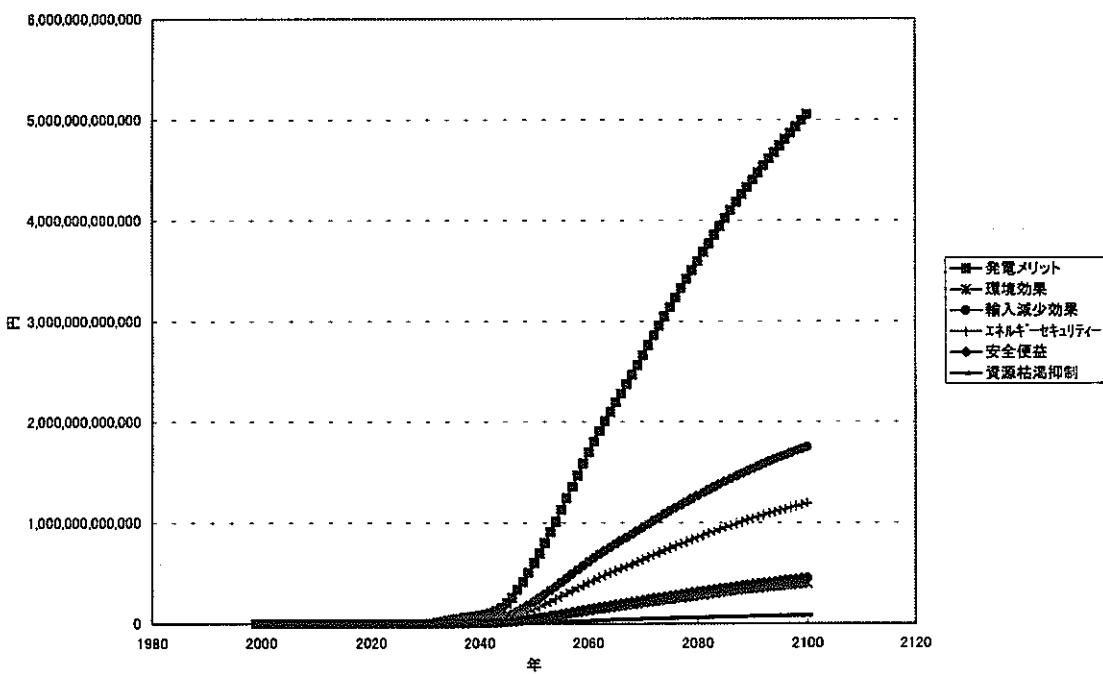
3) 費用/効果の累積額



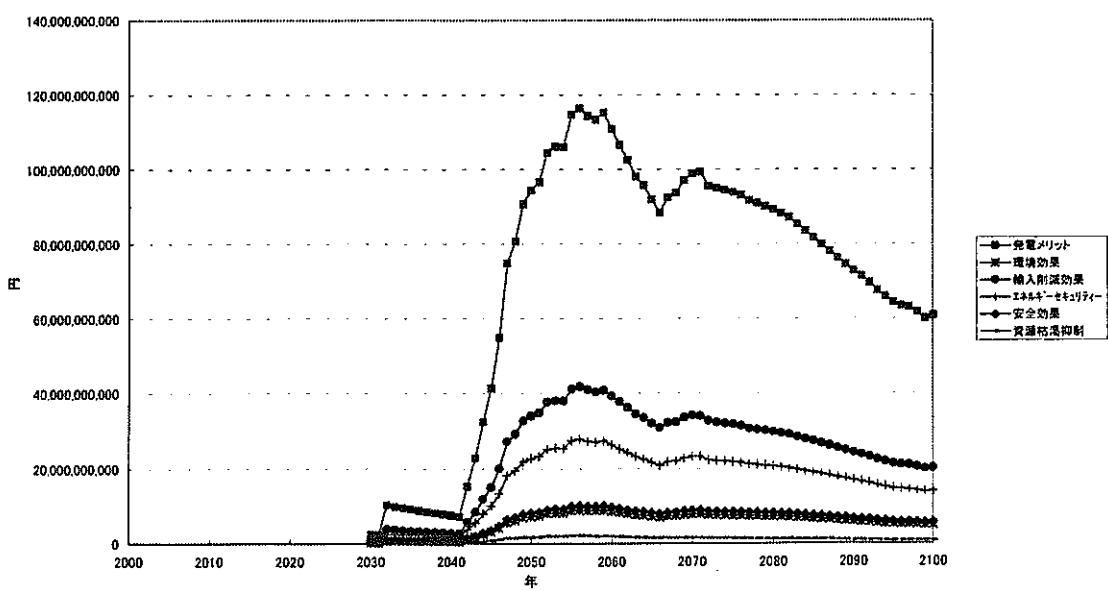
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



2. 社会的割引率 3%

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999 年
発電開始	2030 年
発電終了	2100 年
研究開発開始	1999 年
研究開発終了	2030 年
社会的割引率	3%
FBR 研究開発投資額	1000 億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR 導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	プルサーマルシナリオ	25%
	LNG 重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格 シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

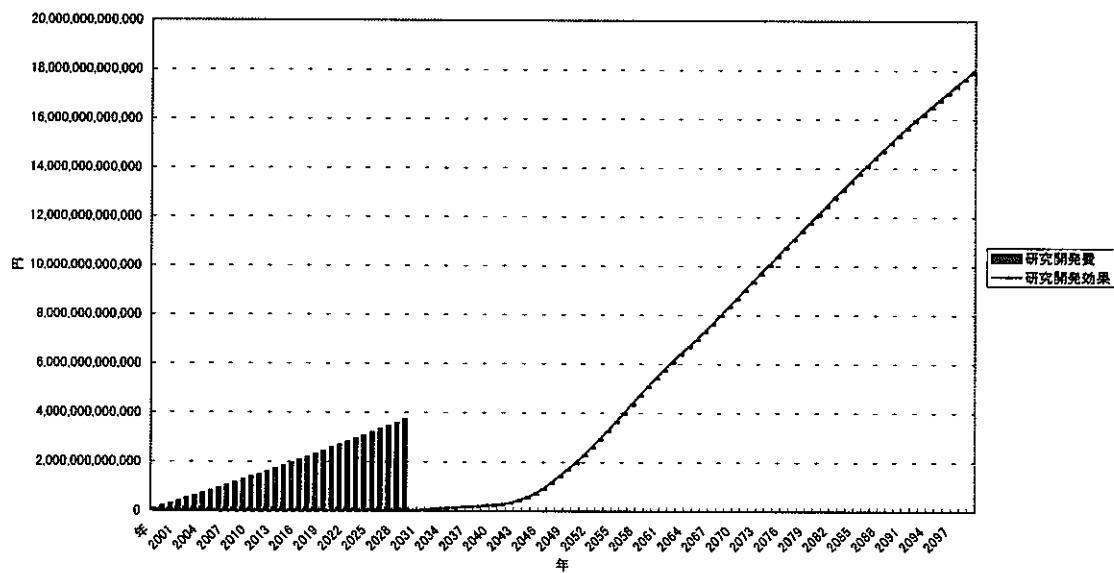
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	3兆7318億円
効果総額	17兆8839億円
効果内訳	発電メリット
	10兆1328億円
	輸入減少効果
	3兆4933億円
	エネルギーセキュリティ
	2兆3827億円
資源枯渇抑制効果	1602億円
環境便益	8022億円
安全便益	9127億円

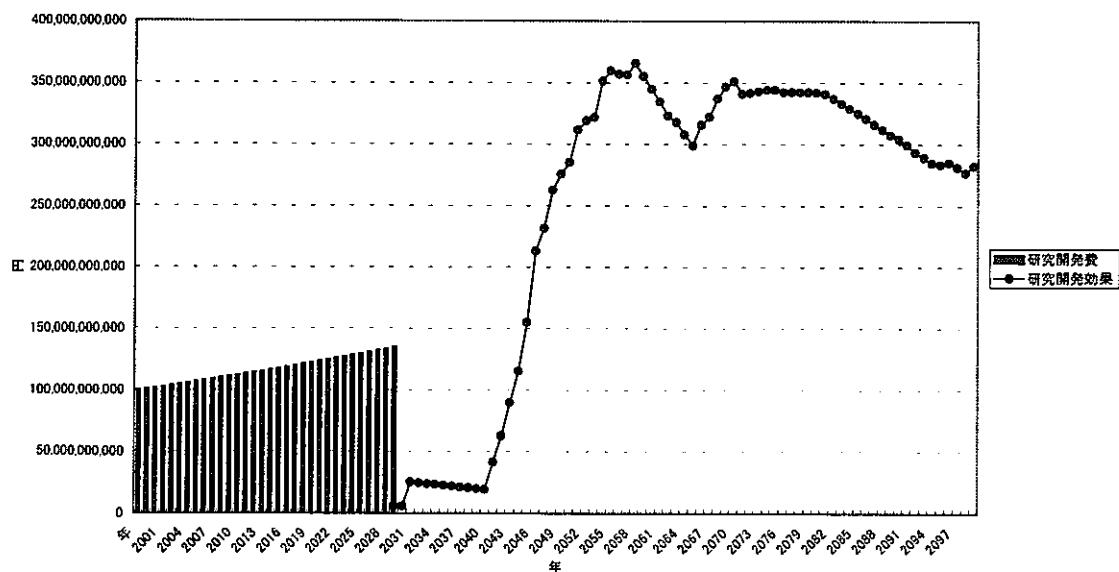
2) 評価指標

利益指數	4.8
純経済価値	14兆1522億円
内部收益率	6.2%

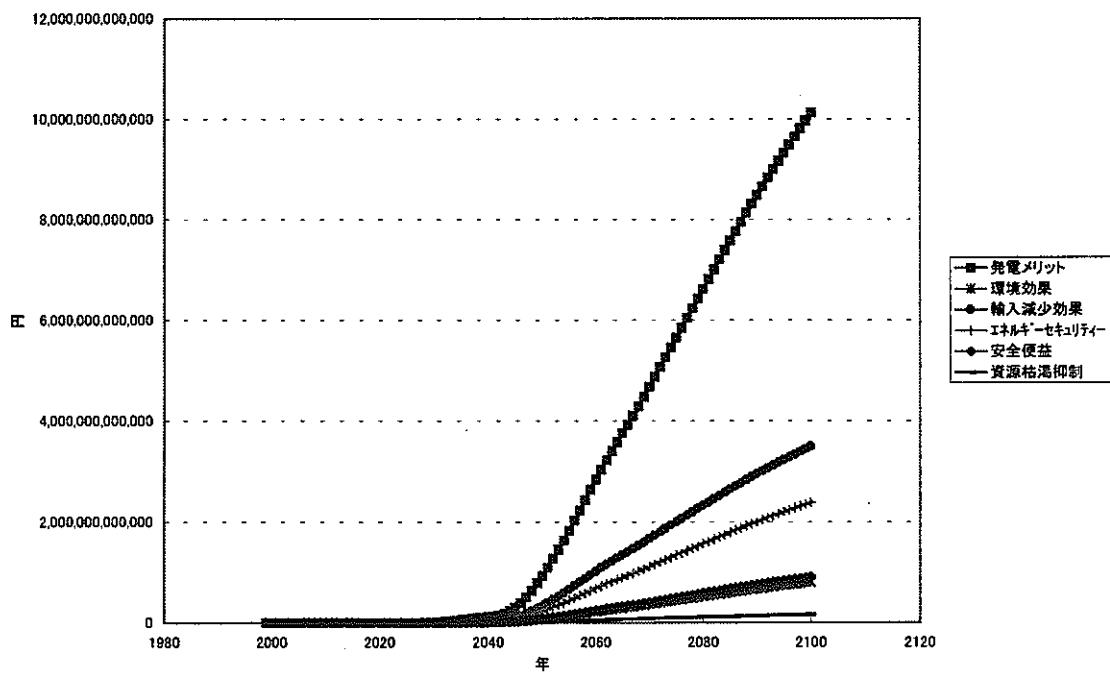
3) 費用/効果の累積額



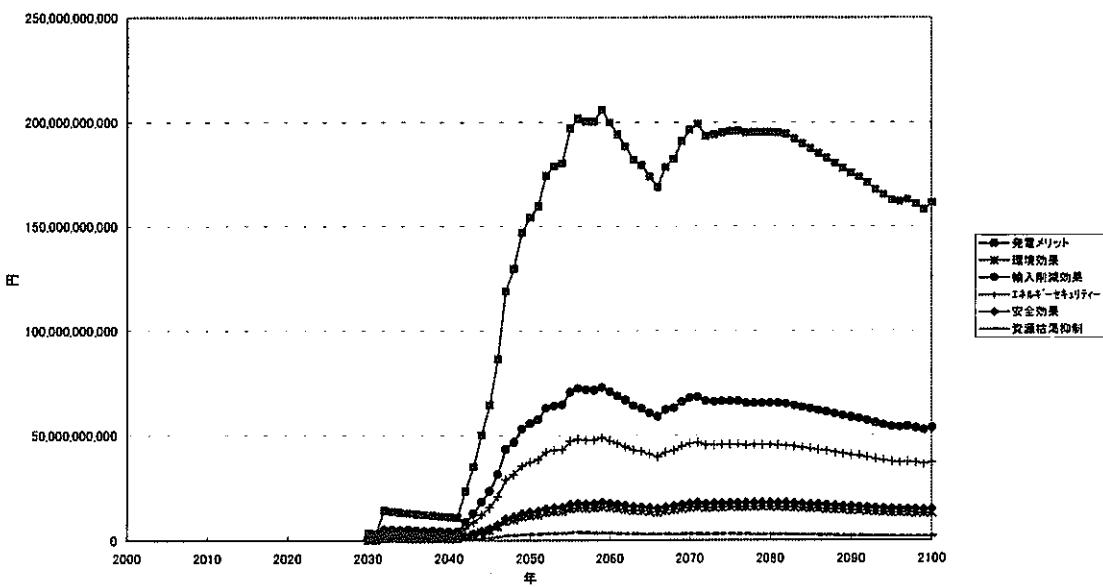
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



3. 社会的割引率 1.5%

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999 年
発電開始	2030 年
発電終了	2100 年
研究開発開始	1999 年
研究開発終了	2030 年
社会的割引率	1.5%
FBR 研究開発投資額	1000 億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR 導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	プルサーマルシナリオ	25%
	LNG 重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

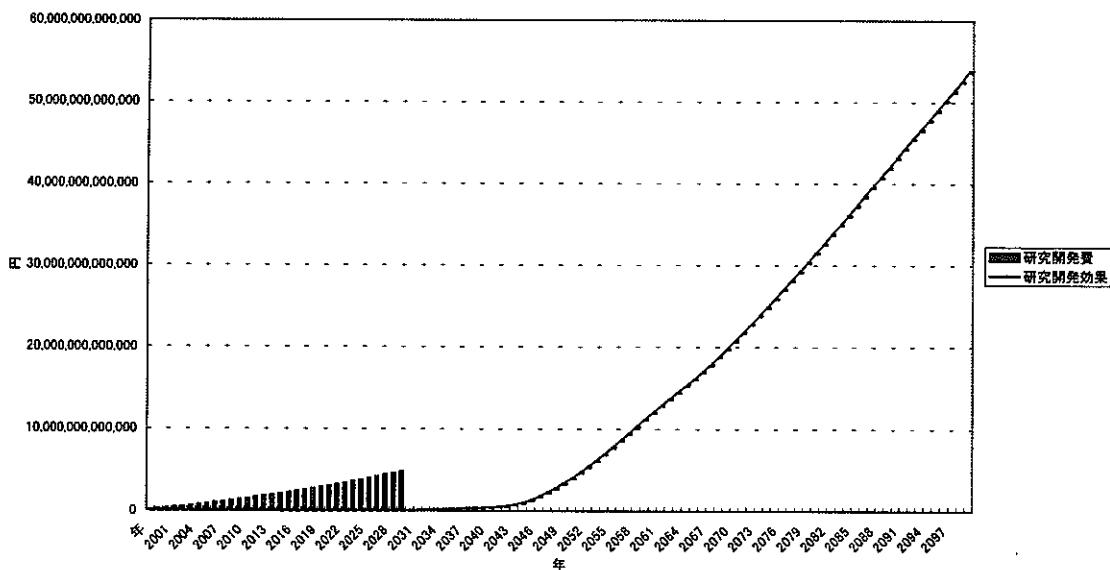
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	4兆7846億円
効果総額	53兆7471億円
効果内訳	発電メリット
	10兆4420億円
	エネルギーセキュリティ
	資源枯渇抑制効果
	環境便益
	安全便益

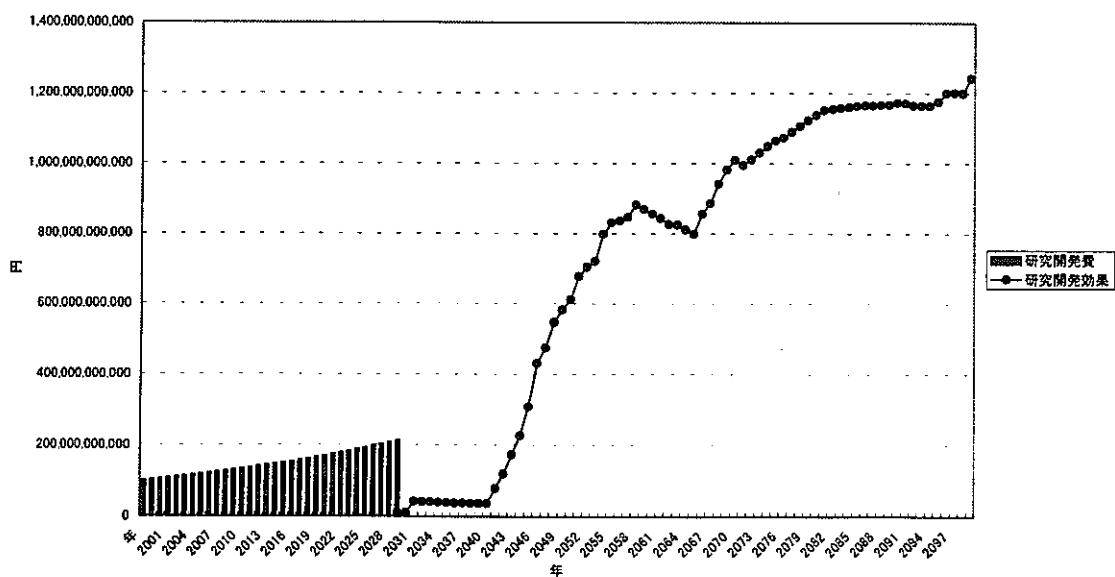
2) 評価指標

利益指数	11.23
純経済価値	48兆9625億円
内部収益率	6.1%

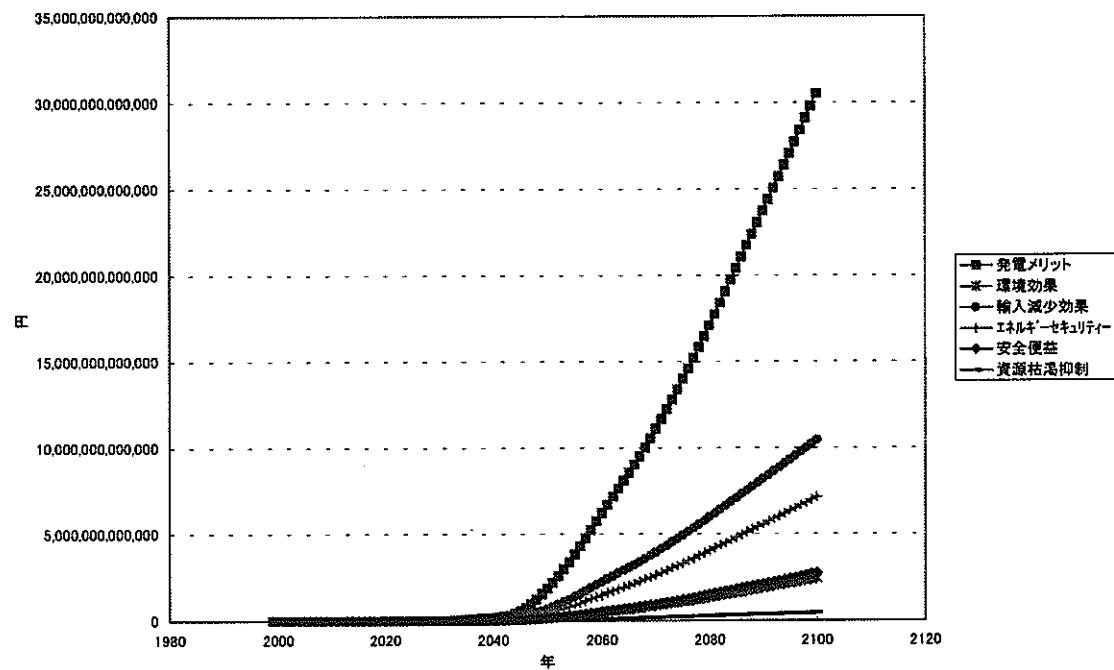
3) 費用/効果の累積額



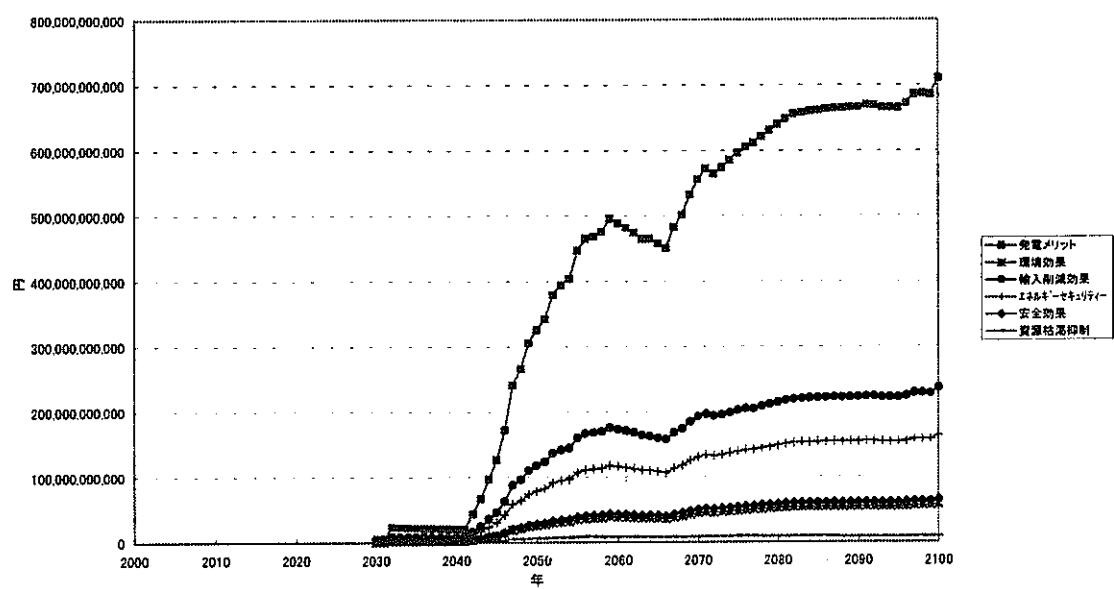
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



4. 環境重視ケース（環境プレミアム 4%）

（1） 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999 年
発電開始	2030 年
発電終了	2100 年
研究開発開始	1999 年
研究開発終了	2030 年
社会的割引率	4 %
FBR 研究開発投資額	1000 億円／年

（2） シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR 導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	プルサーマルシナリオ	25%
	LNG 重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

（3） 各種パラメータのに関する前提

環境プレミアムを 4% とする。他は、本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

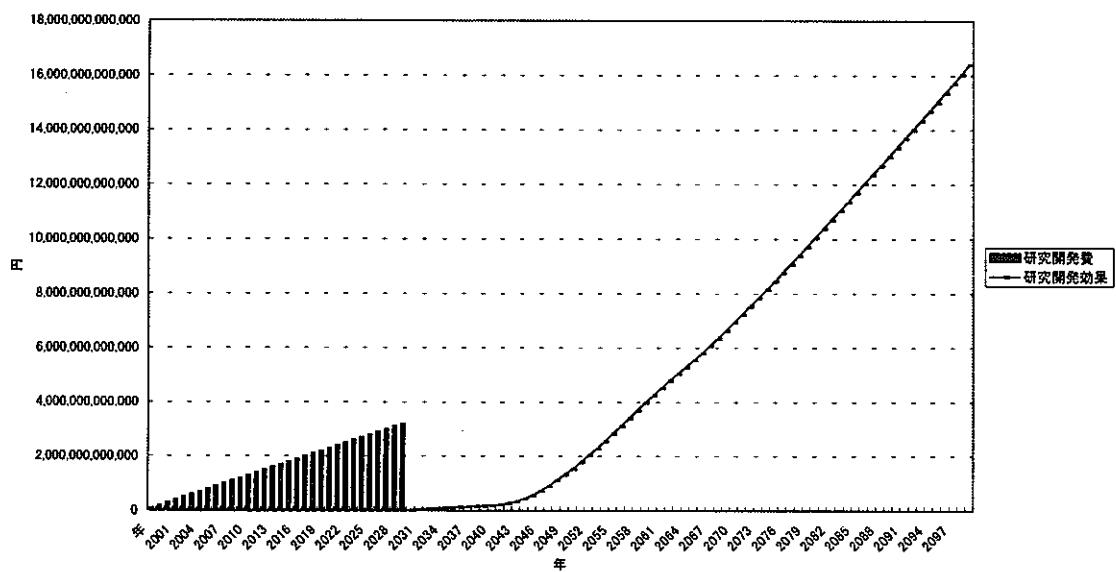
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	3兆2000億円
効果総額	16兆3969億円
効果内訳	発電メリット
	5兆519億円
	輸入減少効果
	1兆7502億円
	エネルギーセキュリティ
	1兆1909億円
資源枯渇抑制効果	817億円
環境便益	7兆8686億円
安全便益	4535億円

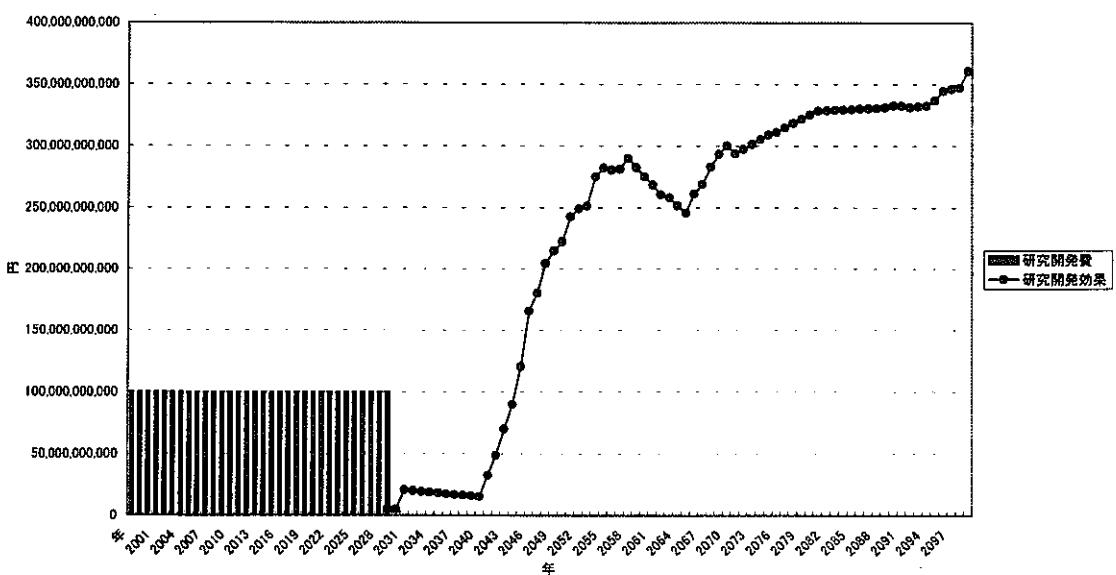
2) 評価指標

利益指數	5.12
純経済価値	13兆1969億円
内部收益率	7.2%

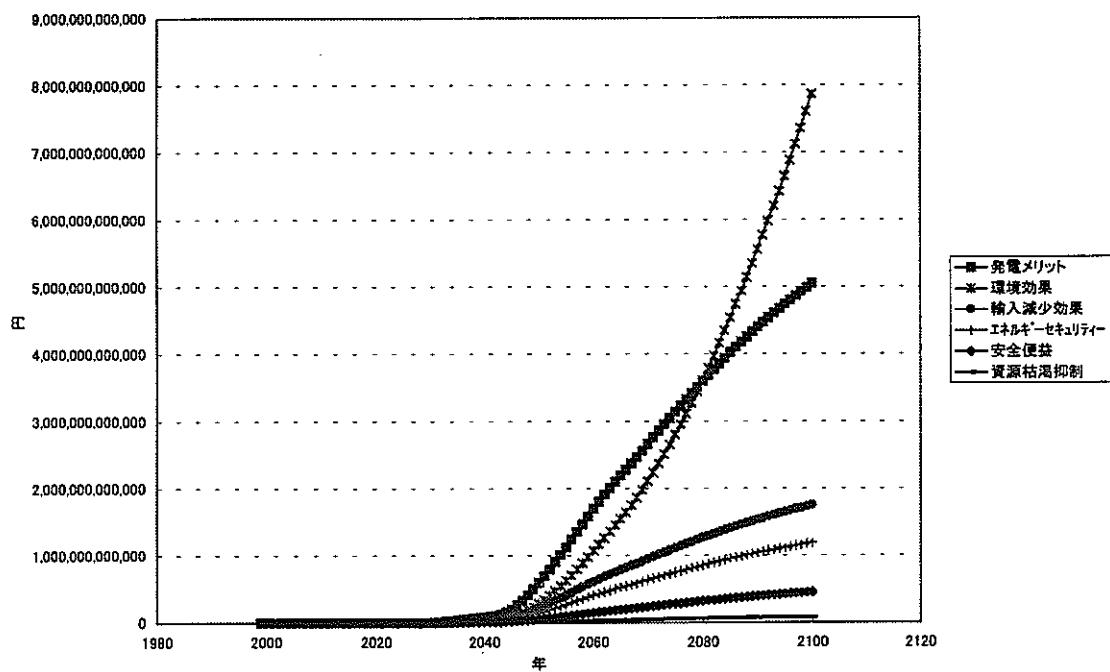
3) 費用/効果の累積額



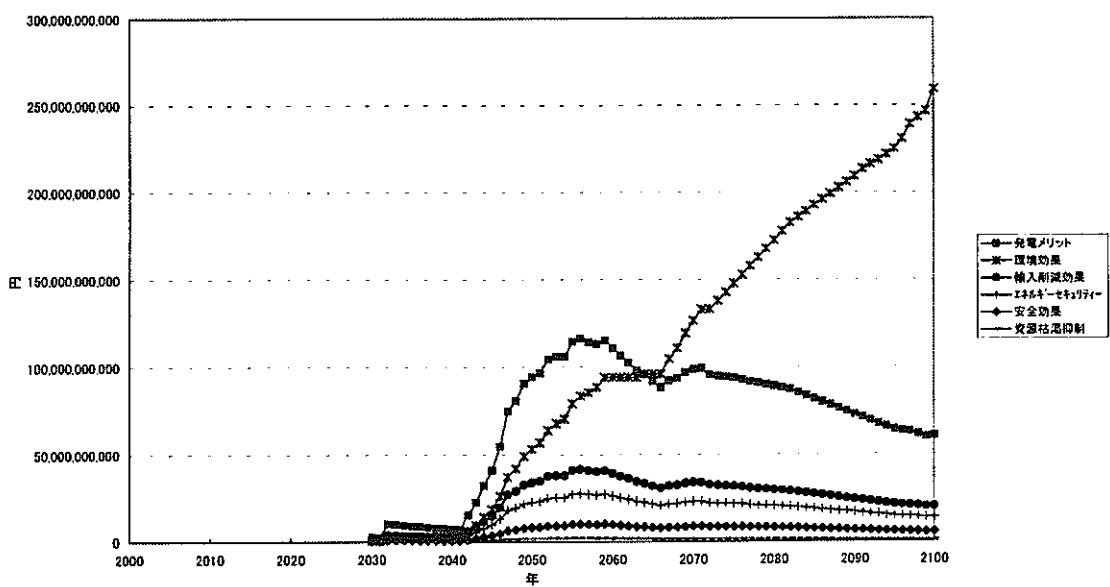
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



5. 総費用 1.5 倍

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999 年
発電開始	2030 年
発電終了	2100 年
研究開発開始	1999 年
研究開発終了	2030 年
社会的割引率	4 %
FBR 研究開発投資額	1500 億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR 導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	プルサーマルシナリオ	25%
	LNG 重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格 シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

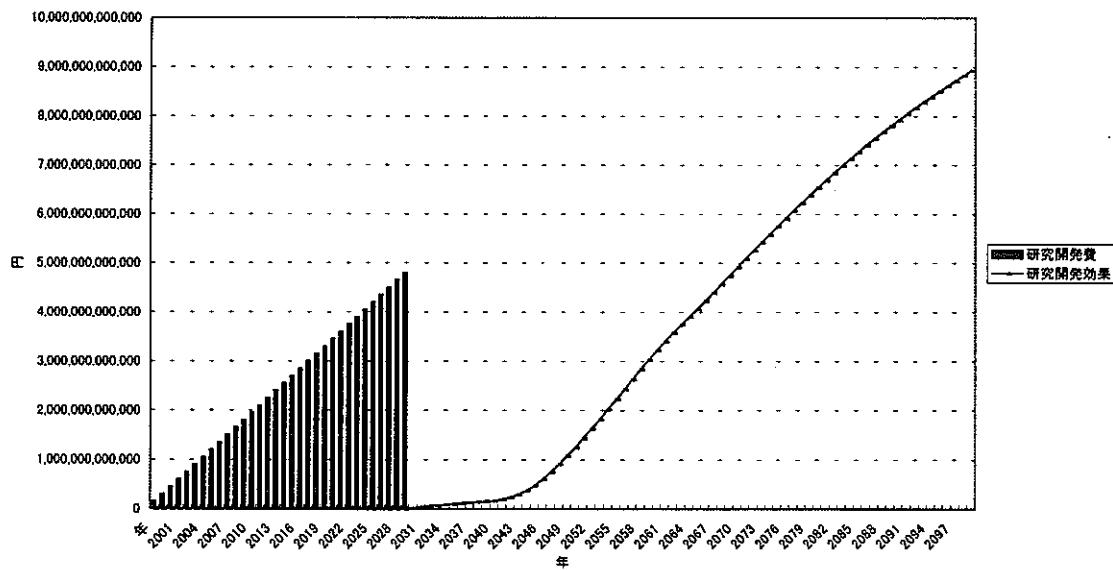
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	4兆8000億円
効果総額	8兆9269億円
効果内訳	発電メリット
	5兆519億円
	輸入減少効果
	1兆7502億円
	エネルギーセキュリティ
	1兆1909億円
資源枯渇抑制効果	817億円
環境便益	3986億円
安全便益	4535億円

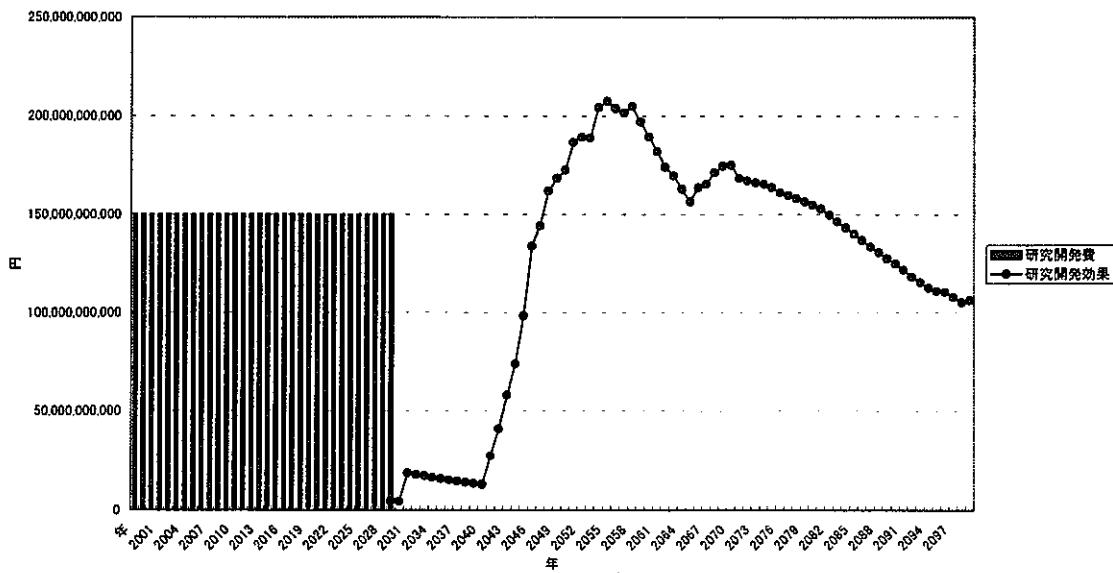
2) 評価指標

利益指数	1.86
純経済価値	4兆1270億円
内部收益率	5.4%

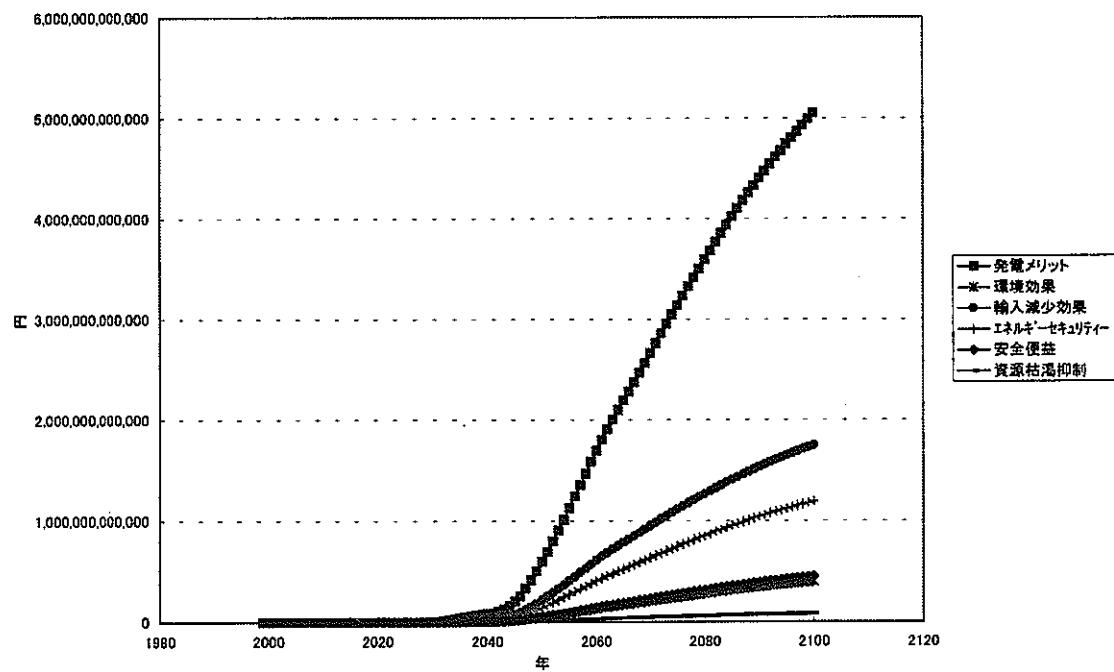
3) 費用/効果の累積額



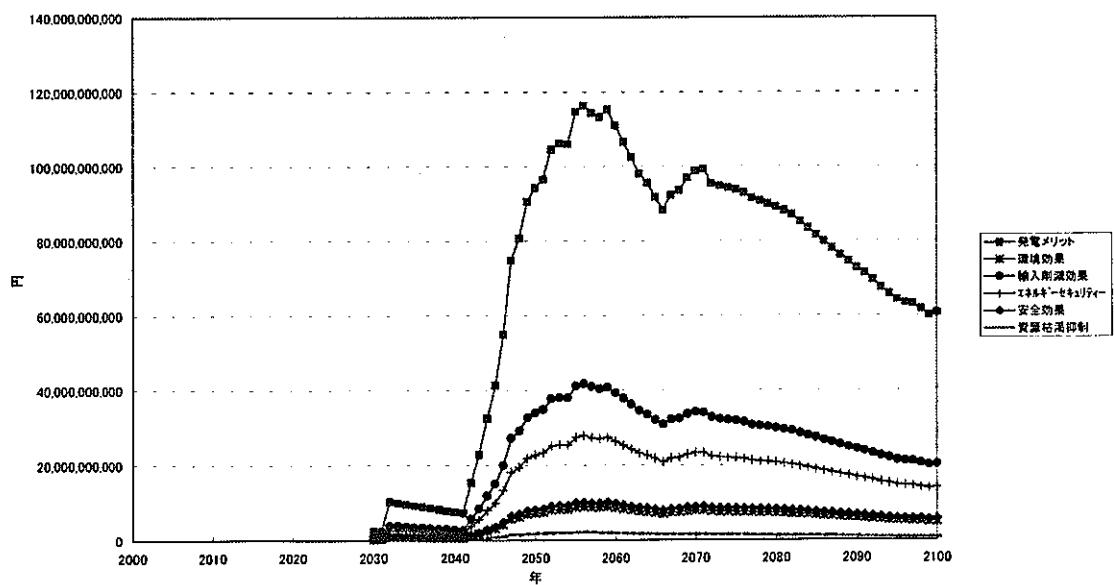
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



6. 研究期間 20 年延長

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999 年
発電開始	2050 年
発電終了	2100 年
研究開発開始	1999 年
研究開発終了	2050 年
社会的割引率	4 %
FBR 研究開発投資額	1000 億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR 導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	25%
	プルサーマルシナリオ	25%
	LNG 重視シナリオ	25%
	石炭重視シナリオ	25%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

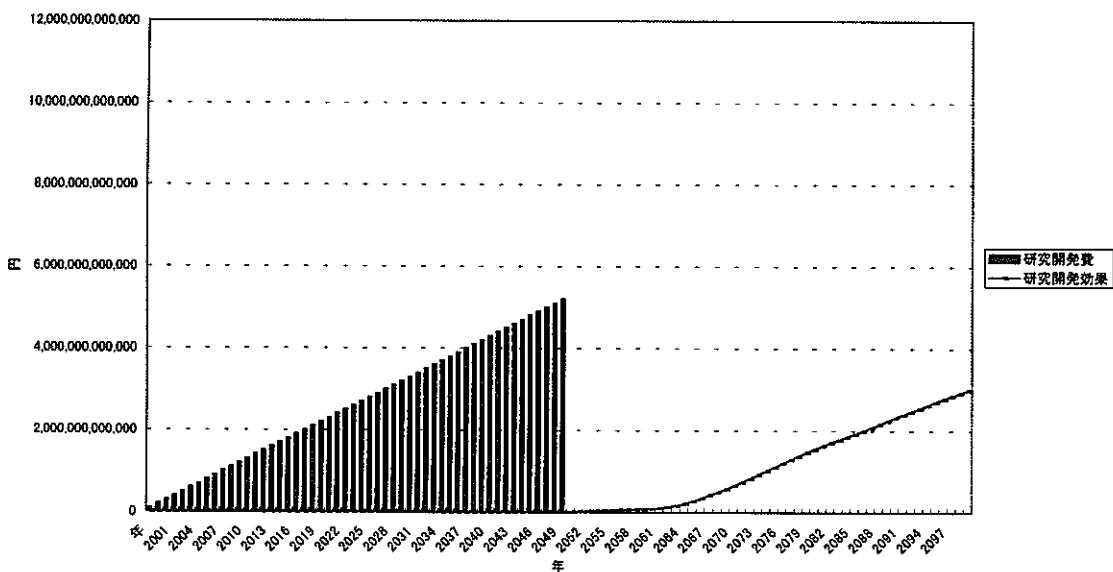
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	5兆2000億円
効果総額	2兆9876億円
効果内訳	発電メリット
	5747億円
	エネルギーセキュリティ
	資源枯渇抑制効果
	環境便益
	安全便益

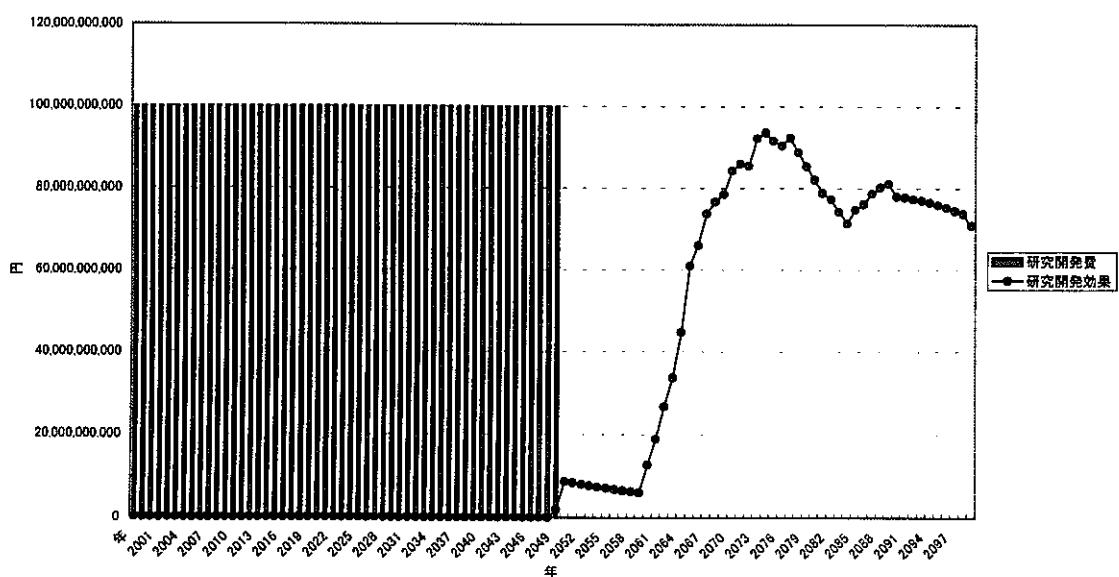
2) 評価指標

利益指数	0.57
純経済価値	-2兆2124億円
内部收益率	2.2%

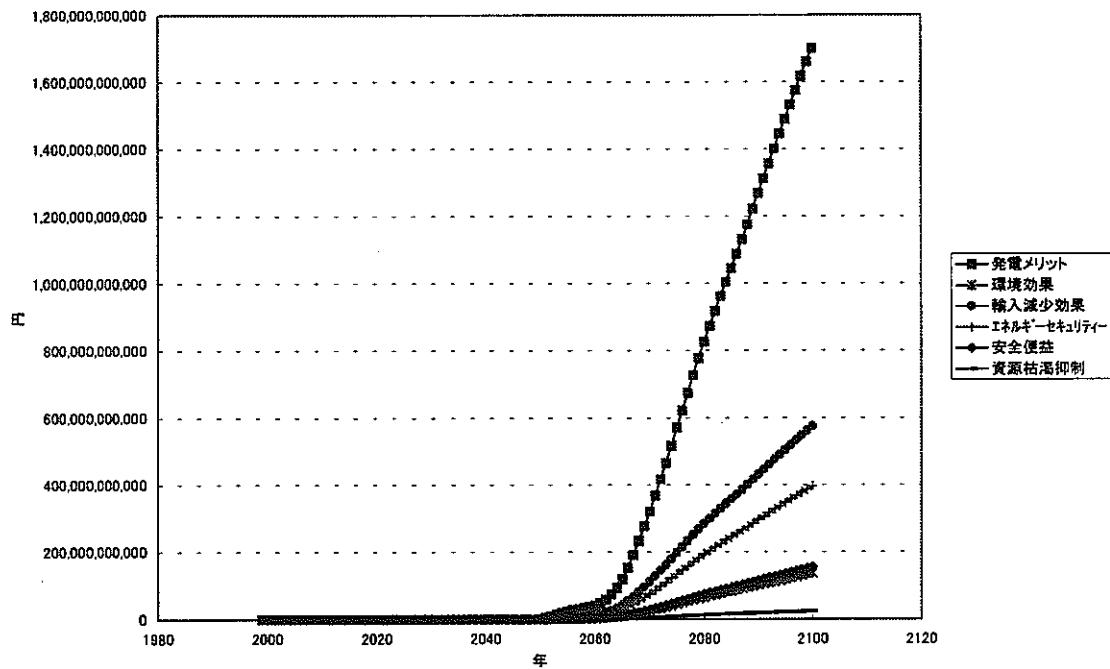
3) 費用/効果の累積額



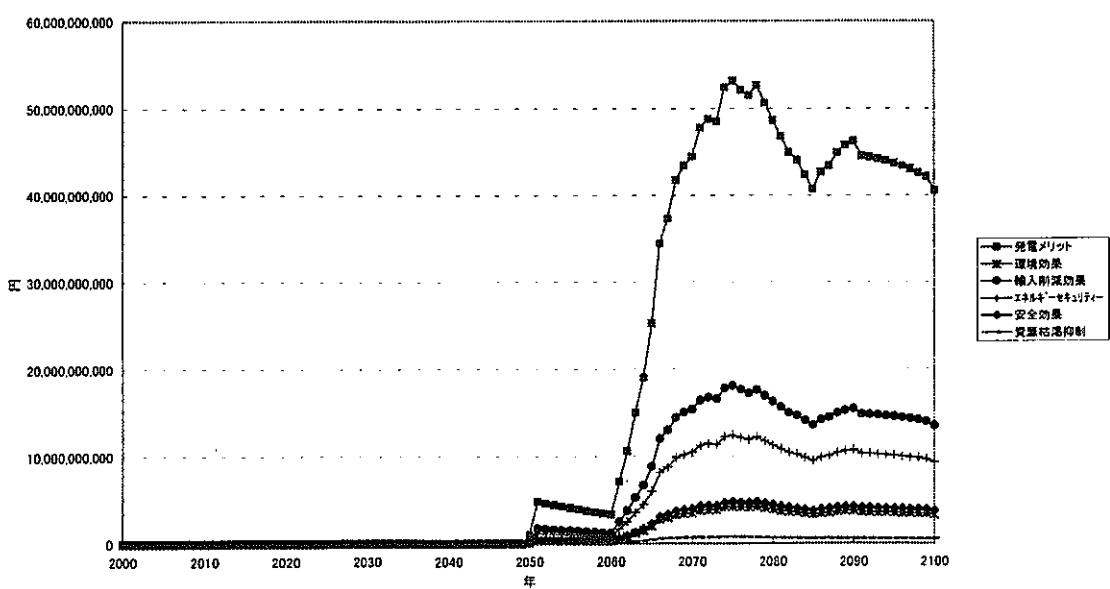
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



7. 資源制約現実化シナリオ

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999年
発電開始	2030年
発電終了	2100年
研究開発開始	1999年
研究開発終了	2030年
社会的割引率	4%
FBR 研究開発投資額	1000億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	10%
	プルサーマルシナリオ	10%
	LNG重視シナリオ	10%
	石炭重視シナリオ	70%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

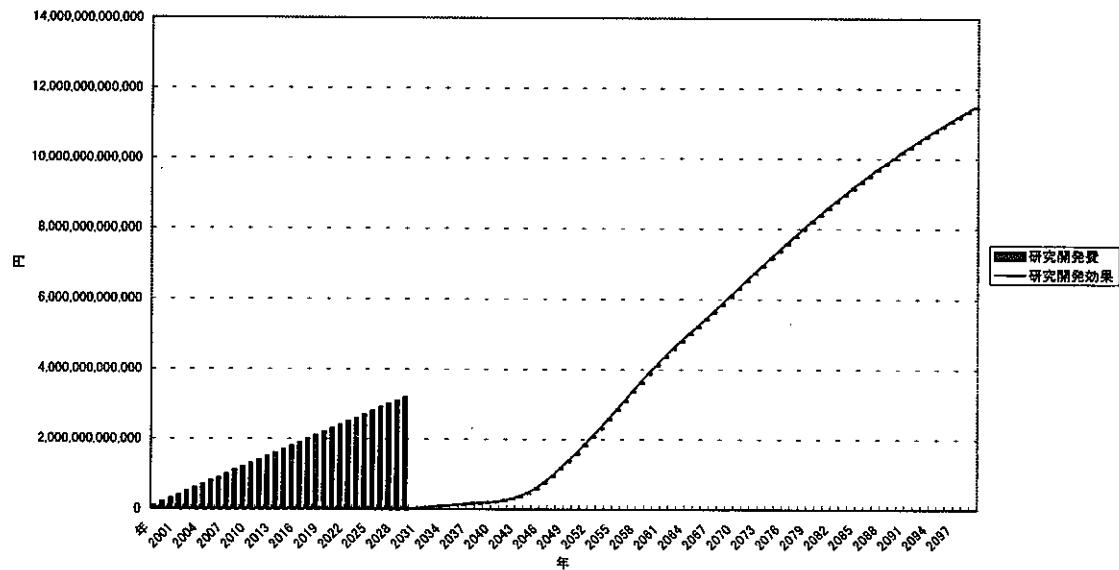
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	3兆2000億円
効果総額	11兆4631億円
効果内訳	発電メリット
	5兆3677億円
	輸入減少効果
	2兆2280億円
	エネルギーセキュリティ
	1兆9054億円
資源枯渇抑制効果	1075億円
環境便益	7631億円
安全便益	1兆912億円

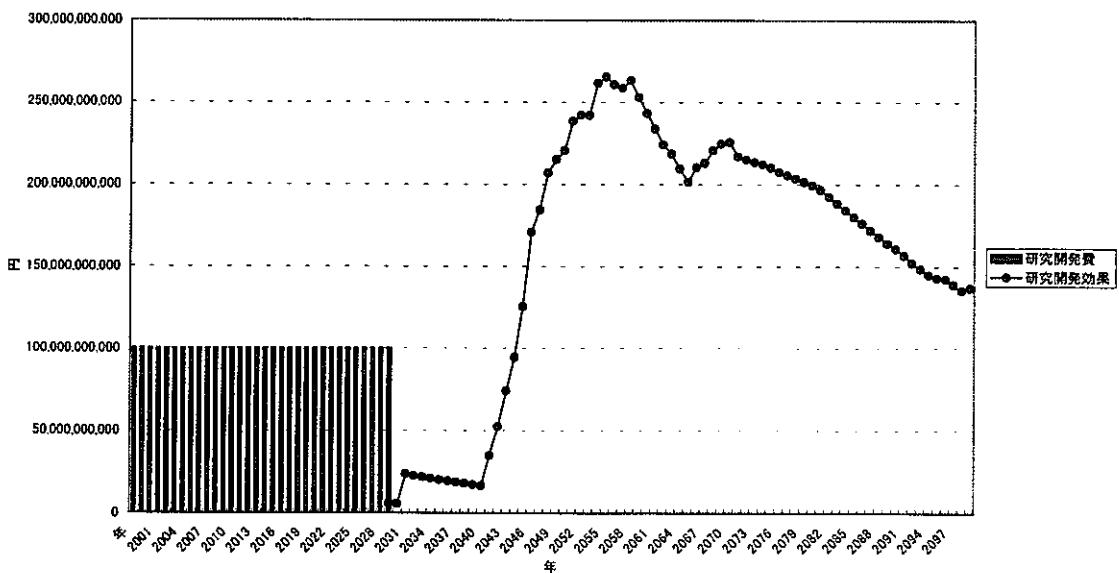
2) 評価指標

利益指數	3.58
純経済価値	8兆2631億円
内部收益率	6.7%

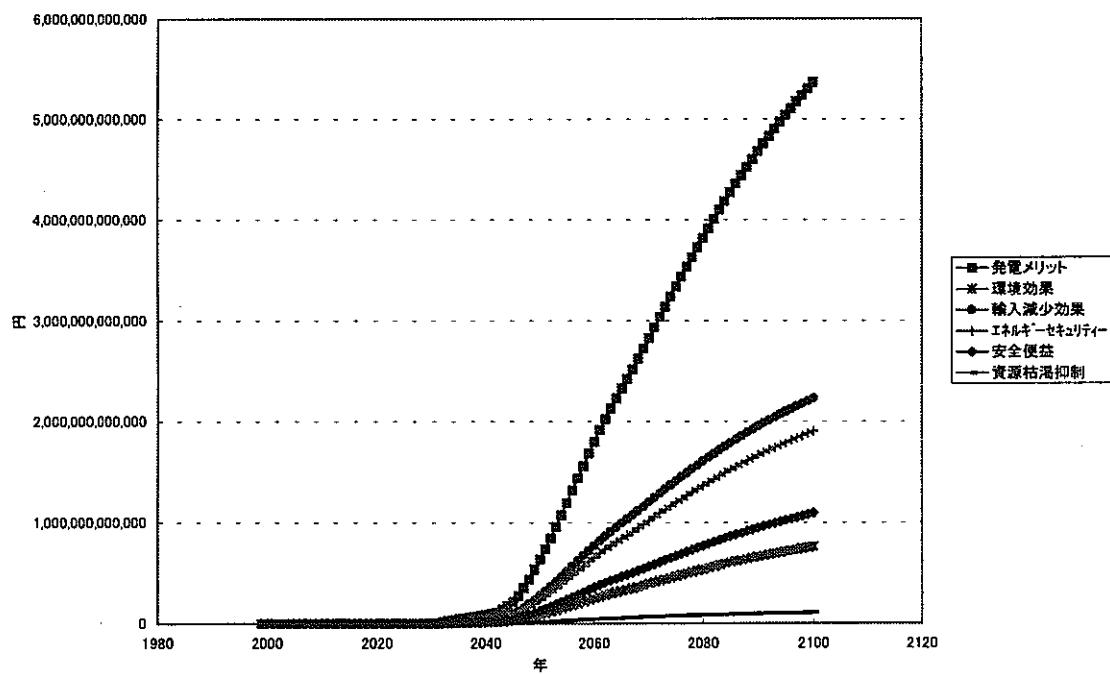
3) 費用/効果の累積額



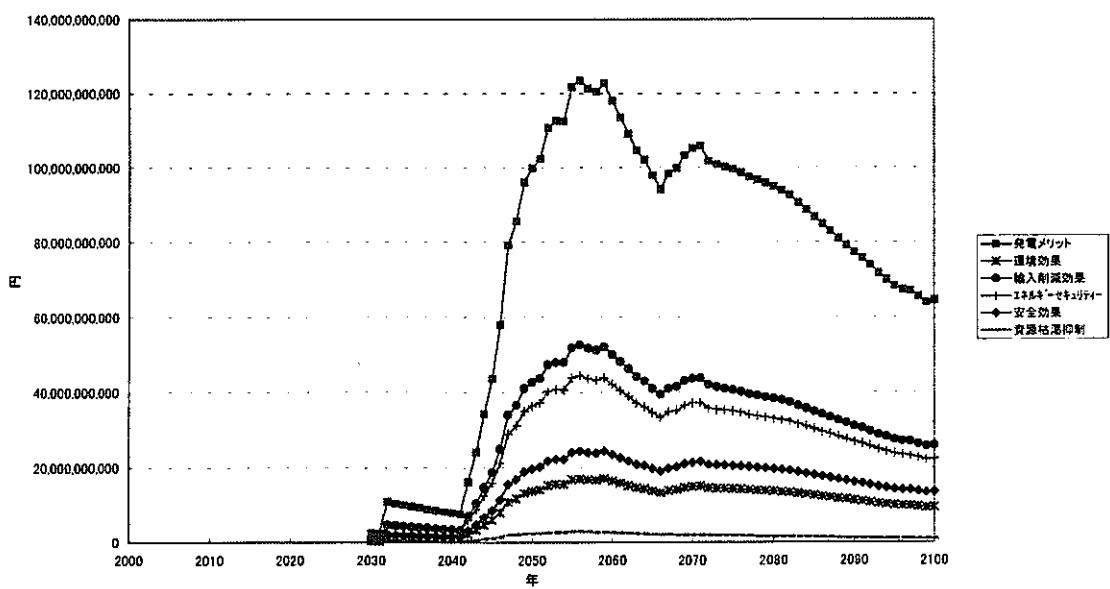
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



8. 環境制約強化シナリオ

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999年
発電開始	2030年
発電終了	2100年
研究開発開始	1999年
研究開発終了	2030年
社会的割引率	4%
FBR研究開発投資額	1000億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	40%
	プルサーマルシナリオ	10%
	LNG重視シナリオ	40%
	石炭重視シナリオ	10%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

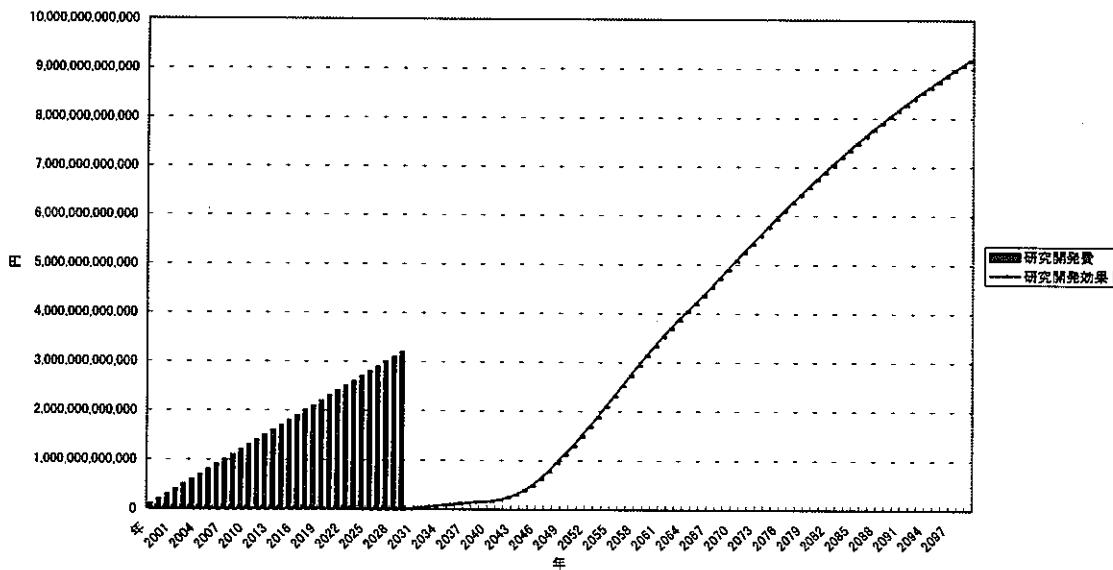
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）	
研究開発費総額	3兆2000億円	
効果総額	9兆1765億円	
効 果 内 訳	発電メリット	5兆2879億円
	輸入減少効果	2兆5億円
	エネルギーセキュリティ	1兆1909億円
	資源枯渇抑制効果	908億円
	環境便益	3357億円
	安全便益	2707億円

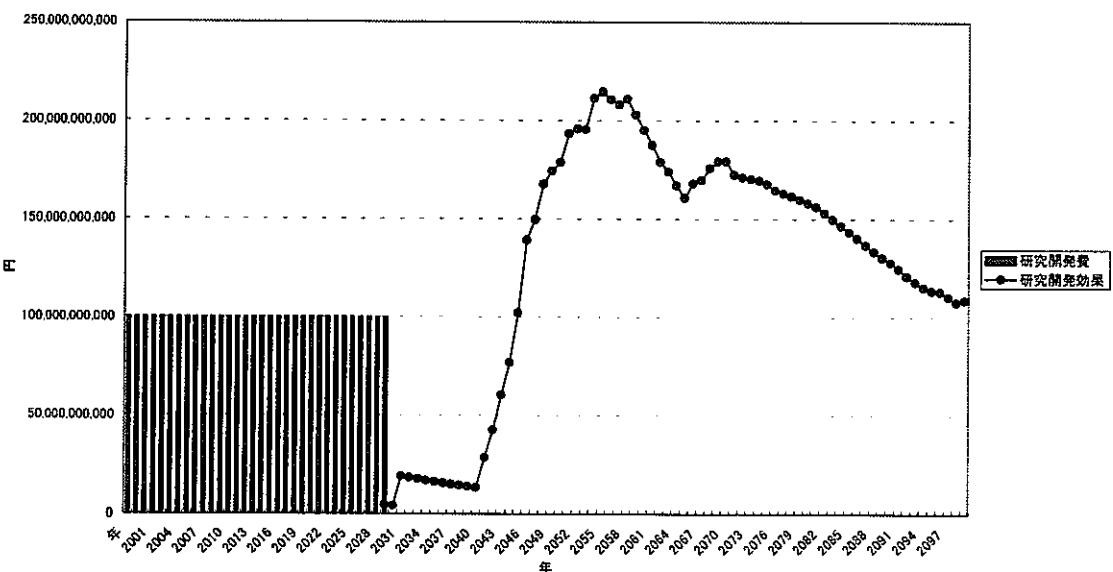
2) 評価指標

利益指數	2.87
純経済価値	5兆9765億円
内部收益率	6.3%

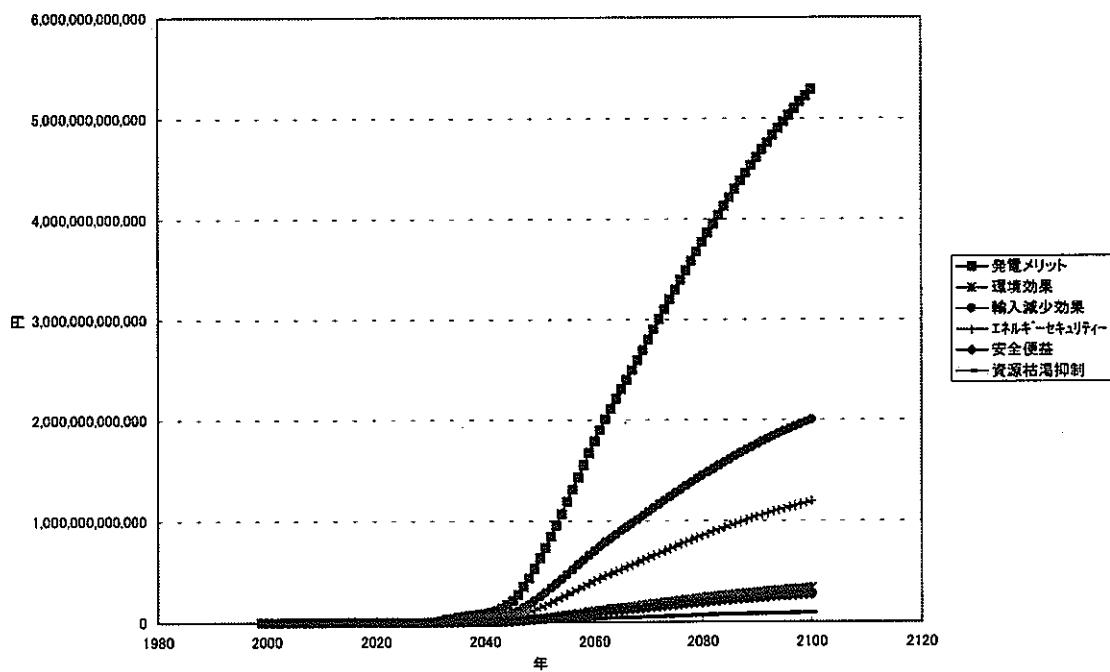
3) 費用/効果の累積額



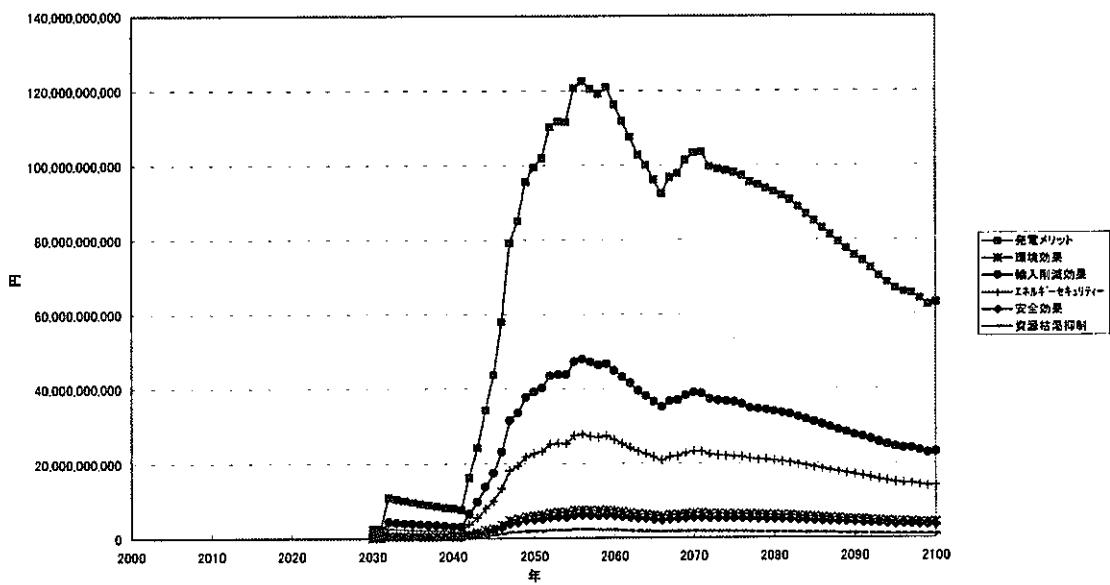
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



9. 原子力重視ケース

(1) 基本的指標に関する前提

項目	設定値
評価年	1999年
発電開始	2030年
発電終了	2100年
研究開発開始	1999年
研究開発終了	2030年
社会的割引率	4%
FBR 研究開発投資額	1000億円／年

(2) シナリオデータに関する前提

シナリオ項目	シナリオ	設定確率
FBR導入量	中位シナリオ（核燃料サイクル開発機構作成）	50%
	上位シナリオ（中位シナリオ×1.5）	25%
	下位シナリオ（中位シナリオ×0.5）	25%
代替電源シナリオ	軽水炉シナリオ	90%
	プルサーマルシナリオ	0%
	LNG重視シナリオ	10%
	石炭重視シナリオ	0%
エネルギー価格シナリオ	中価格シナリオ	100%
	高価格シナリオ	0%

(3) 各種パラメータの関する前提

本文にて解説済みのため省略する。

(4) 評価結果

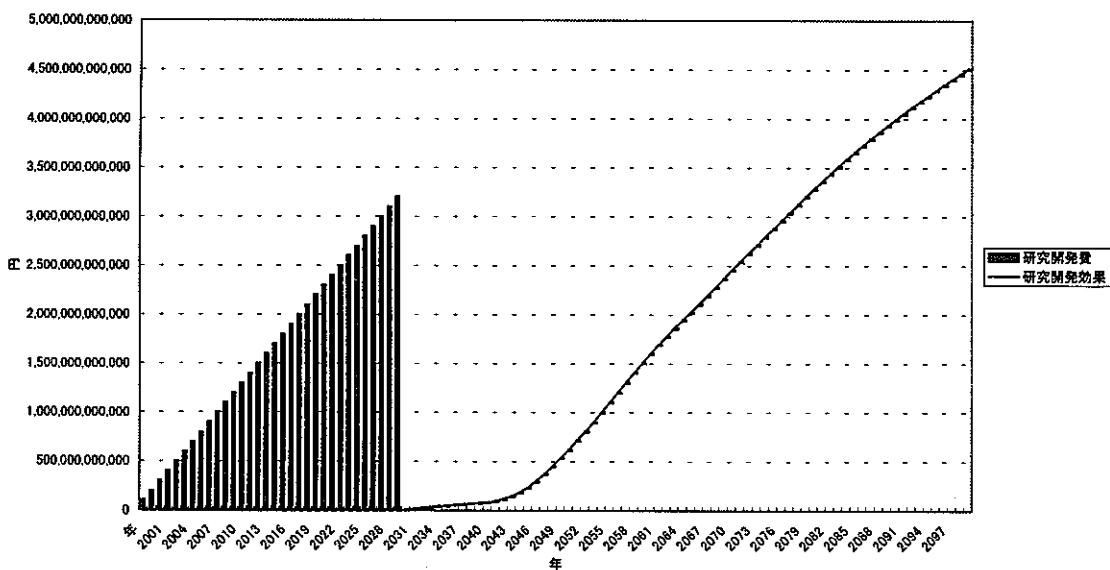
1) 投資対効果評価結果

項目	金額（現在価値換算）
研究開発費総額	3兆2000億円
効果総額	4兆5063億円
効果内訳	発電メリット
	6252億円
	エネルギーセキュリティ
	資源枯渇抑制効果
	環境便益
	安全便益

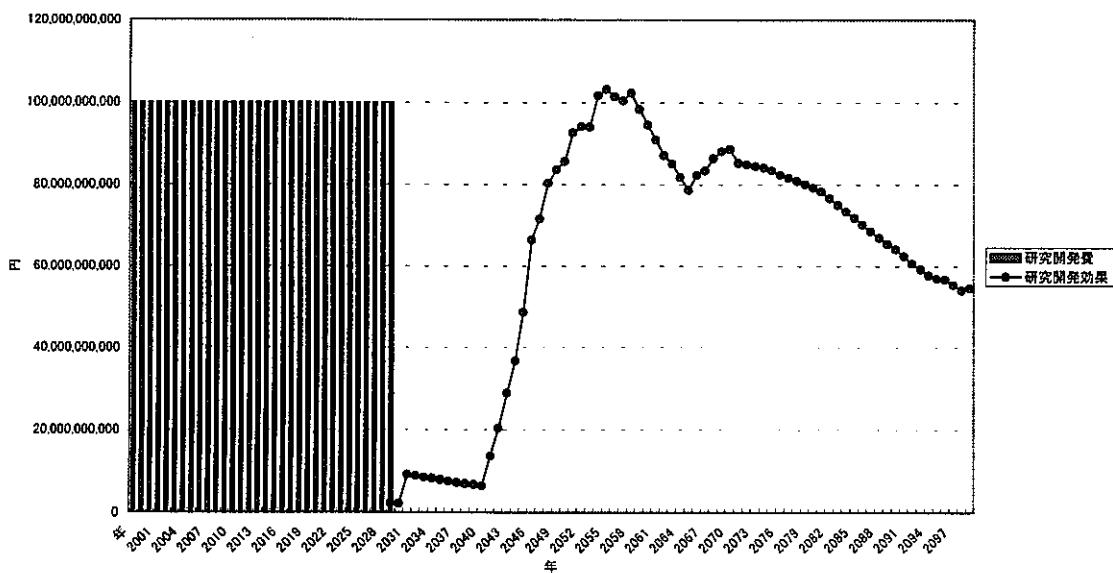
2) 評価指標

利益指数	1.41
純経済価値	1兆3063億円
内部收益率	4.9%

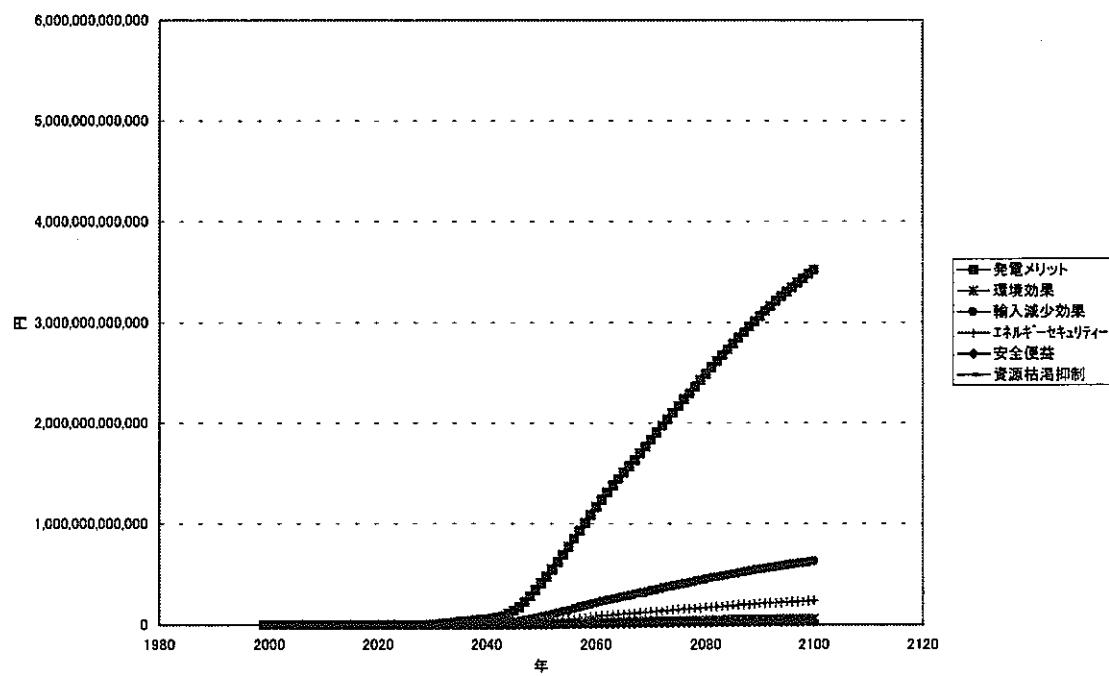
3) 費用/効果の累積額



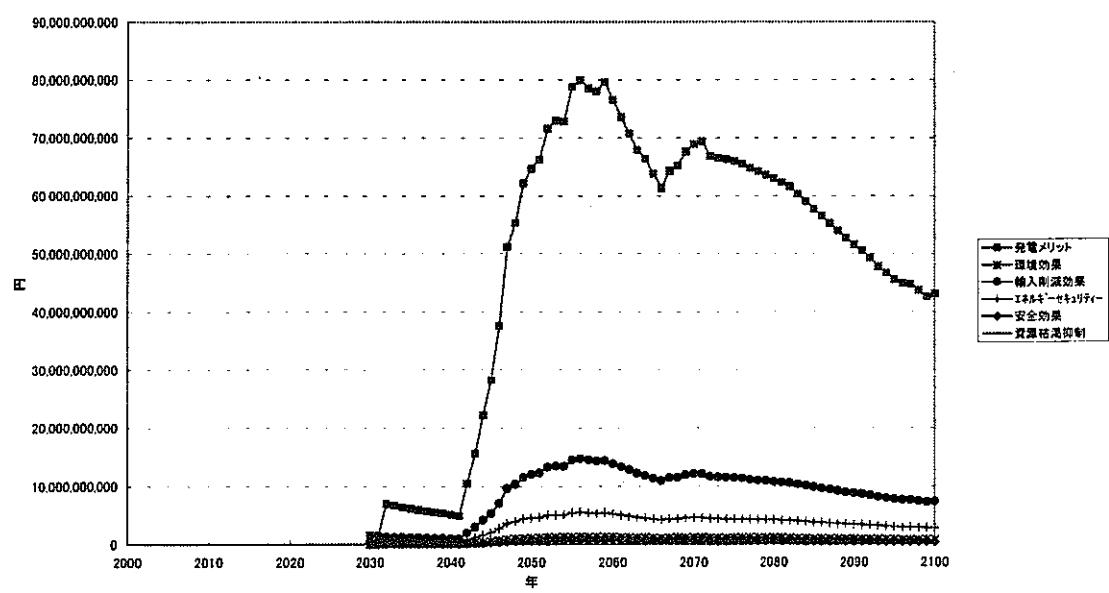
4) 各年の費用/効果



5) 効果額累積値の内訳



6) 各年の効果額内訳



以上

＜巻末資料2＞

F B R研究開発の投資対効果評価システム
プログラム

フォーム一覧

名称	説明
d_e	編集および削除するシナリオの選択
den_form	他電源シナリオ選択
den_r	他電源シナリオ成就確率を設定
factor_form	各種値の設定
fbr_form	F B R シナリオ選択
fbr_r	F B R シナリオ成就確率を設定
graph	表示するグラフを選択
kekka	結果の計算、および出力
MainForm	メインフォーム
nk_form	燃料価格シナリオ選択
nk_r	燃料価格シナリオ成就確率を設定

プログラム

```
'+++++++++++++++++++++++++++++++++
'
' 編集および削除フォーム
' (d_e.frm)
'
'+++++++++++++++++++++++++++++++++
Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub btnRename_Click()
    Dim strRename As String
    Dim sn As Integer
    Dim namae As String
    Dim i As Integer
    namae = Sheets("main").Cells(15, 2).Value
    sn = Me.mainLst.ListIndex
    If sn = -1 Then
        MsgBox "項目が選択されていません。", , "実行エラー"
    Else
        strRename = Sheets(namae & "_main").Cells(2 + sn, 2).Value
        strRename = InputBox("新しい名前を入力してください", "シナリオ名の変更", strRename)
        If strRename <> "" Then
            Sheets(namae & "_main").Cells(2 + sn, 2).Value = strRename
            Me.mainLst.Clear
            i = 2
            Do While Sheets(Sheets("main").Cells(15, 2) & "_main").Cells(i, 2).Value <> ""
                Me.mainLst.AddItem (Sheets(Sheets("main").Cells(15, 2) & "_main").Cells(i, 2).Value)
                i = i + 1
            Loop
            Me.btnRename.Enabled = False
            Me.nextBtn.Enabled = False
        End If
    End If
End Sub

Private Sub mainLst_Change()
```

```

Me.nextBtn.Enabled = True
Me.btnRename.Enabled = True
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Dim sn As Integer
    Dim namee As String
    namee = Sheets("main").Cells(15, 2).Value
    sn = Me.mainLst.ListIndex
    If sn = -1 Then
        MsgBox "項目が選択されていません。", , "実行エラー"
    Else
        If Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "d" Then
            If MsgBox("シナリオを削除します。" & Chr$(13) & Chr$(10) & "よろしいですか?", vbYesNo, "シナリオ削除") Then
                Sheets(namee & "_main").Cells(2 + sn, 2).Delete (xlShiftUp)
                Sheets(snt(namee)).Range(Sheets(snt(namee)).Cells(2 + sn * 102, 1),
                Sheets(snt(namee)).Cells(103 + sn * 102, Sheets("main").Cells(17, 2).Value)).Delete (xlShiftUp)
                Sheets(namee & "_main").Cells(1 + Me.mainLst.ListCount, 1).Value = ""
                Call UserForm_Activate
            End If
        Else
            Me.Hide
            Sheets("kaki").Activate
            Sheets("main").Cells(16, 2).Value = sn
            Sheets("main").Cells(17, 2).Value = Application.CountA(Sheets(snt(namee)).Rows(1))
            Sheets(snt(namee)).Range(Sheets(snt(namee)).Cells(1, 1), Sheets(snt(namee)).Cells(1,
            Sheets("main").Cells(17, 2).Value)).Copy
            Sheets("kaki").Cells(1, 2).PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
            Selection.Interior.ColorIndex = 8
            Sheets(snt(namee)).Range(Sheets(snt(namee)).Cells(2 + sn * 102, 1),
            Sheets(snt(namee)).Cells(103 + sn * 102, Sheets("main").Cells(17, 2).Value)).Copy
            Sheets("kaki").Cells(2, 2).PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
            Selection.Interior.ColorIndex = 8
        End If
    End If
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    Dim i As Integer
    Me.nextBtn.Enabled = False
    If Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "e" Then
        Me.Caption = "の編集"
        Me.nextBtn.Caption = "編集する"
        Me.btnRename.Visible = True
    Else
        Me.Caption = "の削除"
        Me.nextBtn.Caption = "削除の実行"
        Me.btnRename.Visible = False
    End If
    Select Case Sheets("main").Cells(15, 2).Value
        Case "fbr"
            Me.Caption = "FBR シナリオ" & Me.Caption
        Case "den"
            Me.Caption = "他電源シナリオ" & Me.Caption
        Case Else
            Me.Caption = "燃料価格シナリオ" & Me.Caption
    End Select
    Me.titleLbl.Caption = Me.Caption

```

```
Me.mainLst.Clear
i = 2
Do While Sheets(Sheets("main").Cells(15, 2) & "_main").Cells(i, 2).Value <> ""
    Me.mainLst.AddItem (Sheets(Sheets("main").Cells(15, 2) & "_main").Cells(i, 2).Value)
    i = i + 1
Loop
End Sub

Private Function snt(namae As String) As String
    snt = nome & "_dat"
End Function

'+++++++++++++++++++++++++++++++++
'
' 他電源シナリオ選択フォーム
' (den_form.frm)
'
'+++++++++++++++++++++++++++++++++

Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub main_list_Change()
    Dim i As Integer
    Me.nextBtn.Enabled = False
    For i = 1 To Me.main_list.ListCount
        If Me.main_list.Selected(i - 1) Then
            Me.nextBtn.Enabled = True
            Exit Sub
        End If
    Next
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Dim i As Integer
    Dim kazu As Integer
    kazu = 0
    For i = 1 To Me.main_list.ListCount
        If Me.main_list.Selected(i - 1) Then
            kazu = kazu + 1
        End If
    Next
    Select Case kazu
        Case 0
            MsgBox "一つ以上の項目が選択されていません", vbInformation, "入力エラー"
        Case 1 To 9
            Me.Hide
            den_r.Show
        Case Else
            MsgBox "選択項目が多すぎます。" & Chr$(13) & "選択項目は最大 9 個までです",
            vbInformation, "入力エラー"
    End Select
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    Dim i As Integer
```

```

Me.main_list.Clear
i = 2
Do While Sheets("den_main").Cells(i, 2).Value <> ""
    Me.main_list.AddItem Sheets("den_main").Cells(i, 2).Value
    i = i + 1
Loop
Me.kazuTBX.Value = i - 2
End Sub

'+++++++++++++++++++++++++++++++++
'
' 他電源シナリオ成就確率設定フォーム
'(den_r.frm)
'
'+++++++++++++++++++++++++++++++++

Private Sub sum_all()
    Dim i As Integer
    Dim s As Integer
    s = 0
    For i = 1 To Me.kazuTBX
        s = s + Me.Controls("TextBox" & CStr(i))
    Next
    Me.Gk.Caption = s
    If s = 100 Then
        Me.nextBtn.Enabled = True
    Else
        Me.nextBtn.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    den_form.Show
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.den_kazu.Caption = Me.kazuTBX.Value
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub TextBox1_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox1.Value) Then
        If Me.TextBox1.Value < 1 Or Me.TextBox1.Value > 100 Then
            MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
            Cancel = True
        End If
        Me.TextBox1.Value = Int(Me.TextBox1.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox2_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox2.Value) Then

```

```
If Me.TextBox2.Value < 1 Or Me.TextBox2.Value > 100 Then
    MsgBox "値の範囲は 1 ~ 100 です", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
Me.TextBox2.Value = Int(Me.TextBox2.Value)
Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox3_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox3.Value) Then
    If Me.TextBox3.Value < 1 Or Me.TextBox3.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は 1 ~ 100 です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox3.Value = Int(Me.TextBox3.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox4_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox4.Value) Then
    If Me.TextBox4.Value < 1 Or Me.TextBox4.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は 1 ~ 100 です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox4.Value = Int(Me.TextBox4.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox5_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox5.Value) Then
    If Me.TextBox5.Value < 1 Or Me.TextBox5.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は 1 ~ 100 です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox5.Value = Int(Me.TextBox5.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox6_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox6.Value) Then
    If Me.TextBox6.Value < 1 Or Me.TextBox6.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は 1 ~ 100 です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End If
```

```

Me.TextBox6.Value = Int(Me.TextBox6.Value)
Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox7_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox7.Value) Then
    If Me.TextBox7.Value < 1 Or Me.TextBox7.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox7.Value = Int(Me.TextBox7.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox8_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox8.Value) Then
    If Me.TextBox8.Value < 1 Or Me.TextBox8.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox8.Value = Int(Me.TextBox8.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox9_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox9.Value) Then
    If Me.TextBox9.Value < 1 Or Me.TextBox9.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox9.Value = Int(Me.TextBox9.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
Dim i As Integer
Dim c As Integer
Dim j As Integer
c = 0
For i = 1 To den_form.kazuTBX.Value
    If den_form.main_list.Selected(i - 1) Then
        c = c + 1
        Me.Controls("Label" & CStr(c)).Caption = den_form.main_list.List(i - 1, 0)
        Me.Controls("snTBX" & CStr(c)).Value = i - 1
    End If
Next i
End Sub

```

```

        End If
    Next
    For i = 1 To 9
        Select Case i
            Case Is < c
                Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Value = Int(100 / c)
            Case c
                Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value = 100
                For j = 1 To c - 1
                    Me.Controls("Label" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("Label1" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value = Me.Controls("TextBox" &
CStr(c)).Value - Me.Controls("TextBox" & CStr(j)).Value
                Next
            Case Else
                Me.Controls("Label" & CStr(i)).Visible = False
                Me.Controls("Label1" & CStr(i)).Visible = False
                Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Visible = False
        End Select
    Next
    Me.kazuTBX.Value = c
    Me.Gk.Caption = 100
    Me.nextBtn.Enabled = True
End Sub

```

```

'+++++
' 各種値設定フォーム
' (factorForm frm)
'+++++

```

Option Base 1

```

Private Sub end_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.end_Tbx.Value) Or Me.end_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(3, 2).Value = Me.end_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.end_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(3, 2).Value
    End If
End Sub

```

```

Private Sub fstart_Cbx_Change()
    If Me.fstart_Cbx.Value <> 2030 And Me.fstart_Cbx.Value <> 2050 Then
        MsgBox "入力できるのは 2030 か 2050 のどちらかのみです", vbInformation, "入力エラー"
        Me.fstart_Cbx.Value = Sheets("main").Cells(2, 2).Value
    Else
        Sheets("main").Cells(2, 2).Value = Me.fstart_Cbx.Value
    End If
End Sub

```

```

Private Sub k_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.k_Tbx.Value) Or Me.k_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(4, 2).Value = Me.k_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    End If
End Sub

```

```

        Me.k_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(4, 2).Value
    End If
End Sub

Private Sub menuBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub prb_es_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.prb_es_Tbx.Value) Or Me.prb_es_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(10, 2).Value = Me.prb_es_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.prb_es_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(10, 2).Value
    End If
End Sub

Private Sub prb_sc_Change()
    If IsNumeric(Me.prb_sc.Value) Or Me.prb_sc.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(12, 2).Value = prb_sc.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.prb_sc.Value = Sheets("main").Cells(12, 2).Value
    End If
End Sub

Private Sub q_col_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.q_col_Tbx.Value) Or Me.q_col_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(6, 2).Value = q_col_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.q_col_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(6, 2).Value
    End If
End Sub

Private Sub q_lng_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.q_lng_Tbx.Value) Or Me.q_lng_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(7, 2).Value = q_lng_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.q_lng_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(7, 2).Value
    End If
End Sub

Private Sub q_oil_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.q_oil_Tbx.Value) Or Me.q_oil_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(5, 2).Value = q_oil_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.q_oil_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(5, 2).Value
    End If
End Sub

Private Sub rp_es_Tbx_Change()
    If IsNumeric(Me.rp_es_Tbx.Value) Or Me.rp_es_Tbx.Value = "" Then
        Sheets("main").Cells(11, 2).Value = Me.rp_es_Tbx.Value
    Else
        MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
        Me.rp_es_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(11, 2).Value
    End If
End Sub

```

```
End If
End Sub

Private Sub rstart_Tbx_Change()
If IsNumeric(Me.rstart_Tbx.Value) Or Me.rstart_Tbx.Value = "" Then
    Sheets("main").Cells(1, 2).Value = Me.rstart_Tbx.Value
Else
    MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    Me.rstart_Tbx.Value = Sheets("main").Cells(1, 2).Value
End If
End Sub

Private Sub tbxprb_ded_col_Change()
If IsNumeric(Me.tbxprb_ded_col.Value) Or Me.tbxprb_ded_col.Value = "" Then
    Sheets("main").Cells(21, 2).Value = tbxprb_ded_col.Value
Else
    MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    Me.tbxprb_ded_col.Value = Sheets("main").Cells(21, 2).Value
End If
End Sub

Private Sub tbxprb_ded_fbr_Change()
If IsNumeric(Me.tbxprb_ded_fbr.Value) Or Me.tbxprb_ded_fbr.Value = "" Then
    Sheets("main").Cells(24, 2).Value = tbxprb_ded_fbr.Value
Else
    MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    Me.tbxprb_ded_fbr.Value = Sheets("main").Cells(24, 2).Value
End If
End Sub

Private Sub tbxprb_ded_lng_Change()
If IsNumeric(Me.tbxprb_ded_lng.Value) Or Me.tbxprb_ded_lng.Value = "" Then
    Sheets("main").Cells(22, 2).Value = tbxprb_ded_lng.Value
Else
    MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    Me.tbxprb_ded_lng.Value = Sheets("main").Cells(22, 2).Value
End If
End Sub

Private Sub tbxprb_ded_lwr_Change()
If IsNumeric(Me.tbxprb_ded_lwr.Value) Or Me.tbxprb_ded_lwr.Value = "" Then
    Sheets("main").Cells(23, 2).Value = tbxprb_ded_lwr.Value
Else
    MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    Me.tbxprb_ded_lwr.Value = Sheets("main").Cells(23, 2).Value
End If
End Sub

Private Sub tbxprb_ded_oil_Change()
If IsNumeric(Me.tbxprb_ded_oil.Value) Or Me.tbxprb_ded_oil.Value = "" Then
    Sheets("main").Cells(20, 2).Value = tbxprb_ded_oil.Value
Else
    MsgBox "入力された値が不正です", vbInformation, "入力エラー"
    Me.tbxprb_ded_oil.Value = Sheets("main").Cells(20, 2).Value
End If
End Sub

Private Sub UserForm_Initialize()
Dim sh As Worksheet
Dim shu As Integer
```

```

Dim shu_str
shu_str = Array("oil", "col", "lng", "lwr", "fbr")
Set sh = Sheets("main")
Me.fstart_Cbx.AddItem ("2030")
Me.fstart_Cbx.AddItem ("2050")
With sh
    Me.rstart_Tbx.Value = .Cells(1, 2).Value
    Me.fstart_Cbx.Value = .Cells(2, 2).Value
    Me.end_Tbx.Value = .Cells(3, 2).Value
    Me.k_Tbx.Value = .Cells(4, 2).Value
    Me.prb_es_Tbx.Value = .Cells(10, 2).Value
    Me.rp_es_Tbx.Value = .Cells(11, 2).Value
    Me.tbxprb_ded_oil.Value = .Cells(20, 2).Value
    Me.tbxprb_ded_col.Value = .Cells(21, 2).Value
    Me.tbxprb_ded_lng.Value = .Cells(22, 2).Value
    Me.tbxprb_ded_lwr.Value = .Cells(23, 2).Value
    Me.tbxprb_ded_fbr.Value = .Cells(24, 2).Value
    Me.prb_sc.Value = .Cells(12, 2).Value
    For shu = 1 To 3
        Me.Controls("q_" & shu_str(shu) & "_Tbx").Value = .Cells(4 + shu, 2).Value
    Next
End With
End Sub

'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++
' FBR シナリオ選択フォーム
' (fbr_form frm)
'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub main_list_Change()
    Dim i As Integer
    Me.nextBtn.Enabled = False
    For i = 1 To Me.main_list.ListCount
        If Me.main_list.Selected(i - 1) Then
            Me.nextBtn.Enabled = True
            Exit Sub
        End If
    Next
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Dim i As Integer
    Dim kazu As Integer
    kazu = 0
    For i = 1 To Me.main_list.ListCount
        If Me.main_list.Selected(i - 1) Then
            kazu = kazu + 1
        End If
    Next
    Select Case kazu
        Case 0
            MsgBox "一つ以上の項目が選択されていなければなりません", vbInformation, "入力エラー"
        Case 1 To 9

```

```
        Me.Hide
        fbr_r.Show
    Case Else
        MsgBox "選択項目が多すぎます。" & Chr$(13) & "選択項目は最大 9 個までです",
vbInformation, "入力エラー"
    End Select
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    Dim i As Integer
    Me.main_list.Clear
    i = 2
    Do While Sheets("fbr_main").Cells(i, 2).Value <> ""
        Me.main_list.AddItem (Sheets("fbr_main").Cells(i, 2).Value)
        i = i + 1
    Loop
    Me.kazuTBX.Value = i - 2
End Sub

'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++
'
' FBR シナリオ成就確率設定フォーム
' (fbr_r frm)
'
'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Private Sub sum_all()
    Dim i As Integer
    Dim s As Integer
    s = 0
    For i = 1 To Me.kazuTBX
        s = s + Me.Controls("TextBox" & CStr(i))
    Next
    Me.Gk.Caption = s
    If s = 100 Then
        Me.nextBtn.Enabled = True
    Else
        Me.nextBtn.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    fbr_form.Show
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.fbr_kazu.Caption = Me.kazuTBX.Value
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub TextBox1_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox1.Value) Then
        If Me.TextBox1.Value < 1 Or Me.TextBox1.Value > 100 Then
            MsgBox "値の範囲は 1 ~ 100 です", vbInformation, "入力エラー"
            Cancel = True
        End If
    End If

```

```

        Me.TextBox1.Value = Int(Me.TextBox1.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox2_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox2.Value) Then
    If Me.TextBox2.Value < 1 Or Me.TextBox2.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox2.Value = Int(Me.TextBox2.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox3_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox3.Value) Then
    If Me.TextBox3.Value < 1 Or Me.TextBox3.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox3.Value = Int(Me.TextBox3.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox4_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox4.Value) Then
    If Me.TextBox4.Value < 1 Or Me.TextBox4.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox4.Value = Int(Me.TextBox4.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox5_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox5.Value) Then
    If Me.TextBox5.Value < 1 Or Me.TextBox5.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox5.Value = Int(Me.TextBox5.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
End If

```

```
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox6_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox6.Value) Then
    If Me.TextBox6.Value < 1 Or Me.TextBox6.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox6.Value = Int(Me.TextBox6.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox7_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox7.Value) Then
    If Me.TextBox7.Value < 1 Or Me.TextBox7.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox7.Value = Int(Me.TextBox7.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox8_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox8.Value) Then
    If Me.TextBox8.Value < 1 Or Me.TextBox8.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox8.Value = Int(Me.TextBox8.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub

Private Sub TextBox9_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
If IsNumeric(Me.TextBox9.Value) Then
    If Me.TextBox9.Value < 1 Or Me.TextBox9.Value > 100 Then
        MsgBox "値の範囲は1～100です", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
    Me.TextBox9.Value = Int(Me.TextBox9.Value)
    Call sum_all
Else
    MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
    Cancel = True
End If
End Sub
```

```

Private Sub UserForm_Activate()
    Dim i As Integer
    Dim c As Integer
    Dim j As Integer
    c = 0
    For i = 1 To fbr_form.kazuTBX.Value
        If fbr_form.main_list.Selected(i - 1) Then
            c = c + 1
            Me.Controls("Label" & CStr(c)).Caption = fbr_form.main_list.List(i - 1, 0)
            Me.Controls("snTBX" & CStr(c)).Value = i - 1
        End If
    Next
    For i = 1 To 9
        Select Case i
            Case Is < c
                Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Value = Int(100 / c)
            Case c
                Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value = 100
                For j = 1 To c - 1
                    Me.Controls("Label" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("Label1" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value = Me.Controls("TextBox" &
CStr(c)).Value * Me.Controls("TextBox" & CStr(j)).Value
                Next
            Case Else
                Me.Controls("Label" & CStr(i)).Visible = False
                Me.Controls("Label1" & CStr(i)).Visible = False
                Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Visible = False
        End Select
    Next
    Me.kazuTBX.Value = c
    Me.Gk.Caption = 100
    Me.nextBtn.Enabled = True
End Sub

```

```

'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++
'
' 表示グラフ選択フォーム
' (graph frm)
'
'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++

```

```

Private Sub CommandButton1_Click()
    Sheets("Graph(intgrtd)").Activate
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
    Sheets("Graph(flow)").Activate
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
    Sheets("Graph2").Activate
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
    Sheets("Graph1").Activate
End Sub

```

```
Private Sub CommandButton5_Click()
    Me.Hide
    kekka.Show
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    Me.Top = Application.Top + Application.Height - Me.Height
    Me.Left = Application.Left + Application.Width - Me.Width
End Sub

'+++++++++++++++++++++++++++++++++
'
' 計算および計算結果出力 フォーム
' (kekka.frm)
'
'+++++++++++++++++++++++++++++++++

Option Explicit

Private Sub btnK3_Click()
    Dim kouakei As Double
    Me.btnAdd.Visible = False
    Me.btnSave.Visible = False
    Me.nextBtn.Visible = False
    Me.ecoGraBtn.Visible = False
    Me.lblK3Waku.Visible = True
    Me.lblK3Chu.Visible = True
    Me.lblK3Nen.Visible = True
    Me.lblK3Lbl.Visible = True
    Me.mdrLbl.Visible = False
    Me.Label2.Visible = False
    Me.Label4.Visible = False
    Me.Label5.Visible = False
    Me.Label6.Visible = False
    Me.Label7.Visible = False
    Me.Label8.Visible = False
    Me.crLbl.Visible = False
    Application.Calculation = xlCalculationManual
    Me.Repaint
    Sheets("main").Cells(26, 2).Value = cr0
    Sheets("main").Cells(27, 2).Value = md_all0
    Application.Calculate
    Me.crLbl.Caption = Format(Sheets("main").Cells(26, 2).Value, "###,###,###,##0")
    Me.mdrLbl.Caption = Format(Sheets("main").Cells(27, 2).Value / Sheets("main").Cells(26, 2).Value, "###0.00")
    Me.Label6.Caption = Format(Sheets("main").Cells(103, 26).Value, "###,###,###,##0")
    Me.Label8.Caption = Format(Sheets("main").Cells(103, 30).Value, "#0.00%")
    kouakei = Sheets("main").Cells(103, 6).Value
    Me.lblKoukaAll.Caption = Format(Int(kouakei), "###,###,###,##0")
    Me.lblGen.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 16).Value), "###,###,###,##0") & "
    (" Me.lblEco.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 17).Value), "###,###,###,##0") & "
    (" Me.lblPro.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 18).Value), "###,###,###,##0") & "
    (" Me.lblEne.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 19).Value), "###,###,###,##0") & "
    ("
```

```

        Me.lblAcc.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 20).Value), "###,###,###,###,##0") & "
        "
        Me.lblExt.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 28).Value), "###,###,###,###,##0") & "
        "
        Me.lblGenP.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 16).Value * 10000 / kouakei) / 100,
        "#0.00") & "%"
        Me.lblEcoP.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 17).Value * 10000 / kouakei) / 100,
        "#0.00") & "%"
        Me.lblProP.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 18).Value * 10000 / kouakei) / 100,
        "#0.00") & "%"
        Me.lblEneP.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 19).Value * 10000 / kouakei) / 100,
        "#0.00") & "%"
        Me.lblAccP.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 20).Value * 10000 / kouakei) / 100,
        "#0.00") & "%"
        Me.lblExtP.Caption = Format(Int(Sheets("main").Cells(103, 28).Value * 10000 / kouakei) / 100,
        "#0.00") & "%"

        Me.lblK3Waku.Visible = False
        Me.lblK3Chu.Visible = False
        Me.lblK3Nen.Visible = False
        Me.lblK3Lbl.Visible = False
        Me.mdrLbl.Visible = True
        Me.Label2.Visible = True
        Me.Label4.Visible = True
        Me.Label5.Visible = True
        Me.Label6.Visible = True
        Me.Label7.Visible = True
        Me.Label8.Visible = True
        Me.btnK3.Visible = True
        Me.saveBtn.Visible = True
        Me.nextBtn.Visible = True
        Me.ecoGraBtn.Visible = True
        Me.crLbl.Visible = True
    End Sub

    Private Sub ecoGraBtn_Click()
        Me.Hide
        graph.Show
    End Sub

    Private Sub kkfGraBtn_Click()
        Me.Hide
        Sheets("Graph(flow)").Activate
    End Sub

    Private Sub kkrGraBtn_Click()
        Me.Hide
        Sheets("Graph(intgrtd)").Activate
    End Sub

    Private Sub nextBtn_Click()
        Me.Hide
        MainForm.Show
    End Sub

    '●開発投資額を計算
    Private Function cr0 As Double
        Dim crt As Double
        Dim nen As Integer
        cr = 0
        For nen = rstart() To fstart()

```

```
crt = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 8).Value
cr = cr + genzai_kati(crt, nen)
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 12).Value = genzai_kati(crt, nen)
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 5).Value = cr
Me.lblK3Nen.Caption = nen
Me.Repaint
Next
For nen = fstart0 + 1 To end_nen()
    Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 5).Value = 0
Next
End Function

'●現在価値に換算
Private Function genzai_kati(kati As Double, nen As Integer)
    genzai_kati = kati * (1 + k0) ^ (rstart0 - nen)
End Function

'●計算開始年を読み込
Private Function rstart0 As Integer
    rstart = Sheets("main").Cells(1, 2).Value
End Function

'●F B R導入開始年を読み込
Private Function fstart0 As Integer
    fstart = Sheets("main").Cells(2, 2).Value
End Function

'●計算終了年を読み込
Private Function end_nen0 As Integer
    end_nen = Sheets("main").Cells(3, 2).Value
End Function

'●割引率を読み込
Private Function k0 As Double
    k = Sheets("main").Cells(4, 2).Value
End Function

'●人間一人の価値を読み込
Private Function pman(nen As Integer) As Double
    pman = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 9).Value
End Function

'●土地の値段を読み込
Private Function pland(nen As Integer) As Double
    pland = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 10).Value
End Function

'●燃料の発熱量を読み込
Private Function q(shu As Integer, nen As Integer) As Double
    Select Case shu
        Case 3
            q = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 19).Value
        Case 4
            q = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 19).Value
        Case 5
            q = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 11).Value
        Case Else
            q = Sheets("main").Cells(5 + shu, 2).Value
    End Select
End Function
```

'●燃料加工費を読み込

```
Private Function proc(shu As Integer, nen As Integer) As Double
    Select Case shu
        Case 4
            proc = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 62).Value
        Case Else
            proc = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 52 + shu).Value
    End Select
End Function
```

'●発電効率を読み込

```
Private Function eta(shu As Integer, nen As Integer, den_sn As Integer) As Double
    eta = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 20 + shu).Value
End Function
```

'●エネルギーショックが起こる確率を読み込

```
Private Function prb_es0 As Double
    prb_es = Sheets("main").Cells(10, 2).Value
End Function
```

'●エネルギーショック時の燃料価格上昇率

```
Private Function rp_es0 As Double
    rp_es = Sheets("main").Cells(11, 2).Value
End Function
```

'●石油備蓄割合を読み込

```
Private Function ros(nen As Integer) As Double
    ros = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 7).Value
End Function
```

'●石油備蓄コストを読み込

```
Private Function sc(nen As Integer) As Double
    sc = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 1).Value
End Function
```

'●プラント建設単価を読み込

```
Private Function pcw(shu As Integer, nen As Integer, nk_sn As Integer) As Double
    pcw = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 48 + shu).Value
End Function
```

'●年経费率を読み込

```
Private Function yc(shu As Integer, nen As Integer) As Double
    yc = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 2 + shu).Value
End Function
```

'●FBRの排出物量を読み込

```
Private Function mg_fbr(csna As Integer, nen As Integer, fbr_sn As Integer) As Double
    mg_fbr = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 15 + csna).Value
End Function
```

'●(FBR以外について) 排出物量を読み込

```
Private Function mg(csna As Integer, shu As Integer, nen As Integer, den_sn As Integer) As Double
    mg = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 32 + csna * 4 + shu).Value
End Function
```

'●環境プレミアム上昇率割合を読み込

```
Private Function e(csna As Integer, nen As Integer, den_sn As Integer) As Double
    e = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, csna + 24).Value / 100
```

End Function

'●廃棄物 1 トンあたりの削減価値を読み込

```
Private Function pdg(csna As Integer, nen As Integer, den_sn As Integer) As Double
    pdg = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 28 + csna).Value _
        * (1 + e(csna, nen, den_sn)) ^ (nen - rstart0)
```

End Function

'●あるシナリオについて、T年度の効果額を算出

```
Private Function md_k3(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As Integer) As Double
```

```
    Dim md_dev As Double
    Dim m_gen As Double
    Dim m_eco As Double
    Dim m_pro As Double
    Dim m_ene As Double
    Dim m_acc As Double
    Dim m_ext As Double
    m_gen = m_gen_sn_nen(fbr_sn, den_sn, nk_sn, nen)
    m_eco = m_eco_sn_nen(fbr_sn, den_sn, nk_sn, nen)
    m_pro = m_pro_sn_nen(fbr_sn, den_sn, nk_sn, nen)
    m_ene = m_ene_sn_nen(fbr_sn, den_sn, nk_sn, nen)
    m_acc = m_acc_sn_nen(fbr_sn, den_sn, nk_sn, nen)
    m_ext = exbst(fbr_sn, den_sn, nk_sn, nen)
    md_k3 = m_pro + m_eco + m_gen + m_ene + m_acc + m_ext
End Function
```

'●シナリオの確率に従って、効果額を重み付けして合計

```
Private Function md_all0 As Double
```

```
    Dim fbr_c As Integer
    Dim den_c As Integer
    Dim nk_c As Integer
    Dim sn(3) As Integer
    Dim nen As Integer
    Dim md_allf As Double
    Dim m_gen_allf As Double
    Dim m_eco_allf As Double
    Dim m_pro_allf As Double
    Dim m_ene_allf As Double
    Dim m_acc_allf As Double
    Dim m_ext_allf As Double
    Dim m_gen_all As Double
    Dim m_eco_all As Double
    Dim m_pro_all As Double
    Dim m_ene_all As Double
    Dim m_acc_all As Double
    Dim m_ext_all As Double
    md_all = 0
    m_gen_all = 0
    m_eco_all = 0
    m_pro_all = 0
    m_ene_all = 0
    m_acc_all = 0
    m_ext_all = 0
    For nen = fstart0 To end_nen0
        md_allf = 0
        m_gen_allf = 0
        m_eco_allf = 0
        m_pro_allf = 0
        m_ene_allf = 0
```

```

m_acc_allf = 0
m_ext_allf = 0
For fbr_c = 1 To fbr_r.kazuTBX.Value
    For den_c = 1 To den_r.kazuTBX.Value
        For nk_c = 1 To nk_r.kazuTBX.Value
            sn(1) = fbr_r.Controls("snTBX" & CStr(fbr_c)).Value
            sn(2) = den_r.Controls("snTBX" & CStr(den_c)).Value
            sn(3) = nk_r.Controls("snTBX" & CStr(nk_c)).Value
            md_allf = md_allf + md_k3(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * fbr_r.Controls("TextBox" &
CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
            m_gen_allf = m_gen_allf + m_gen_sn_nen(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * *
fbr_r.Controls("TextBox" & CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
            m_eco_allf = m_eco_allf + m_eco_sn_nen(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * *
fbr_r.Controls("TextBox" & CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
            m_pro_allf = m_pro_allf + m_pro_sn_nen(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * *
fbr_r.Controls("TextBox" & CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
            m_ene_allf = m_ene_allf + m_ene_sn_nen(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * *
fbr_r.Controls("TextBox" & CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
            m_acc_allf = m_acc_allf + m_acc_sn_nen(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * *
fbr_r.Controls("TextBox" & CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
            m_ext_allf = m_ext_allf + exhst(sn(1), sn(2), sn(3), nen) * *
fbr_r.Controls("TextBox" & CStr(fbr_c)).Value * _
den_r.Controls("TextBox" & CStr(den_c)).Value * nk_r.Controls("TextBox" &
CStr(nk_c)).Value / 1000000
        Next
    Next
    Next
    md_allf = genzai_kati(md_allf, nen) * prb_sc0
    md_all = md_all + md_allf
    m_gen_allf = genzai_kati(m_gen_allf, nen) * prb_sc0
    m_eco_allf = genzai_kati(m_eco_allf, nen) * prb_sc0
    m_pro_allf = genzai_kati(m_pro_allf, nen) * prb_sc0
    m_ene_allf = genzai_kati(m_ene_allf, nen) * prb_sc0
    m_acc_allf = genzai_kati(m_acc_allf, nen) * prb_sc0
    m_ext_allf = genzai_kati(m_ext_allf, nen) * prb_sc0
    m_gen_all = m_gen_all + m_gen_allf
    m_eco_all = m_eco_all + m_eco_allf
    m_pro_all = m_pro_all + m_pro_allf
    m_ene_all = m_ene_all + m_ene_allf
    m_acc_all = m_acc_all + m_acc_allf
    m_ext_all = m_ext_all + m_ext_allf
    Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 6).Value = md_all
    Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 13).Value = md_allf
    Me.lblK3Nen.Caption = nen
    Me.Repaint
    Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 7).Value = m_gen_allf
    Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 8).Value = m_eco_allf
    Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 9).Value = m_pro_allf

```

```

Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 10).Value = m_ene_allf
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 11).Value = m_acc_allf
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 27).Value = m_ext_allf
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 16).Value = m_gen_all
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 17).Value = m_eco_all
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 18).Value = m_pro_all
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 19).Value = m_ene_all
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 20).Value = m_acc_all
Sheets("main").Cells(nen - rstart0 + 2, 28).Value = m_ext_all
Next
Sheets("graph(flow)").Activate
End Function

```

'●発電メリットを算出

```

Private Function m_gen_sn_nen(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    Dim proc_oil
    m_gen_sn_nen = (x_th2(
        pcf(0, nen, den_sn, nk_sn) + pcv(0, nen, nk_sn, den_sn) + proc(0, nen), _
        pcf(1, nen, den_sn, nk_sn) + pcv(1, nen, nk_sn, den_sn) + proc(1, nen), _
        pcf(2, nen, den_sn, nk_sn) + pcv(2, nen, nk_sn, den_sn) + proc(2, nen), _
        pcf(3, nen, den_sn, nk_sn) + pcv(3, nen, nk_sn, den_sn) + proc(3, nen), _
        pcf(3, nen, den_sn, nk_sn) + pcv(3, nen, nk_sn, den_sn) + proc(4, nen), den_sn, nen) _ 
        * pa_fbr(fbr_sn)) _ 
        * pa_fbr(fbr_sn, nen)
End Function

```

'●環境便益を算出

```

Private Function m_eco_sn_nen(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    Dim i As Integer
    m_eco_sn_nen = 0
    For i = 0 To 3
        m_eco_sn_nen = m_eco_sn_nen + pa_fbr(fbr_sn, nen) * (x_th2(mg(i, 0, nen, den_sn), _
            mg(i, 1, nen, den_sn), mg(i, 2, nen, den_sn), mg(i, 3, nen, den_sn), mg(i, 3, nen, den_sn), _
            den_sn, nen) _ 
            * mg_fbr(i, nen, fbr_sn)) * pdg(i, nen, den_sn)
    Next
End Function

```

'●輸入減少効果を算出

```

Private Function m_pro_sn_nen(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    Dim m_pro_oil As Double
    Dim m_pro_col As Double
    Dim m_pro_lng As Double
    Dim m_pro_lwr As Double
    Dim m_pro_mox As Double
    m_pro_oil = pa_fbr(fbr_sn, nen) * pa(0, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + 
    pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen)) _ 
    / q(0, nen) / eta(0, nen, den_sn) * 860 * pf(0, nk_sn, nen)
    m_pro_col = pa_fbr(fbr_sn, nen) * pa(1, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + 
    pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen)) _ 
    / q(1, nen) / eta(1, nen, den_sn) * 860 * pf(1, nk_sn, nen)
    m_pro_lng = pa_fbr(fbr_sn, nen) * pa(2, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + 
    pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen)) _ 
    / q(2, nen) / eta(2, nen, den_sn) * 860 * pf(2, nk_sn, nen)
    m_pro_lwr = pa_fbr(fbr_sn, nen) * pa(3, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + 
    pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen)) _ 
    / q(3, nen) / eta(3, nen, den_sn) * 860 * pf(3, nk_sn, nen)

```

```

    m_pro_mox = pa_fbr(fbr_sn, nen) * pa(4, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) +
    pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen)) -
    / q(3, nen) / eta(3, nen, den_sn) * 860 * 0
    m_pro_sn_nen = m_pro_oil + m_pro_col + m_pro_lng + m_pro_lwr
End Function

```

'●エネルギーセキュリティに関する効果を算出

```

Private Function m_ene_sn_nen(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As
Integer) As Double
    m_ene_sn_nen = rp_es0 * (pcv(0, nen, nk_sn, den_sn) + pcv(1, nen, nk_sn, den_sn) +_
        pcv(2, nen, nk_sn, den_sn)) * (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + pa(2, den_sn, nen)) -_
        / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen)) * prb_es0
    * pa_fbr(fbr_sn, nen) + pa_fbr(fbr_sn, nen) * -
        pa(0, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + pa(2, den_sn, nen) + pa(3,
den_sn, nen)) * -
        ros(nen) / q(0, nen) / eta(0, nen, den_sn) * sc(nen)
End Function

```

'●安全効果を算出

```

Private Function m_acc_sn_nen(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As
Integer) As Double
    m_acc_sn_nen = (x_th2(prb_ded(0), prb_ded(1), prb_ded(2), prb_ded(3), prb_ded(3), den_sn, nen) -
    prb_ded(4)) * pa_fbr(fbr_sn, nen) * pman(nen) / 1000000 / 24 / 365
    ' m_acc_sn_nen = m_acc_sn_nen * prb_ded(4) * pa_fbr(fbr_sn, nen) * pman(nen) / 1000000 / 24 / 365
End Function

```

'●FBRの固定費を算出

```

Private Function pcf_fbr(nen As Integer, fbr_sn As Integer) As Double
    Dim pcw_fbr As Double
    Dim pow_fbr As Double
    pcw_fbr = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 12).Value
    pow_fbr = Sheets("fbr_dat").Cells(fbr_sn * 102 + 2 + nen - rstart0, 2).Value
    pcf_fbr = pcw_fbr / pa_fbr(fbr_sn, nen) * pow_fbr * yc(4, nen)
    Sheets("Sheet2").Cells(nen - rstart0 + 1, 2).Value = pcf_fbr
End Function

```

'●FBR以外の固定費を算出

```

Private Function pcf(shu As Integer, nen As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer) As Double
    pcf = pcw(shu, nen, nk_sn) / (8760 * rw(shu, den_sn, nen)) * yc(shu, nen)
    Sheets("Sheet2").Cells(nen - rstart0 + 1, 2 * (shu + 1) + 2).Value = pcf
End Function

```

'●FBRの変動費を算出

```

Private Function pcv_fbr(nen As Integer, nk_sn As Integer, fbr_sn As Integer) As Double
    Dim pf_fbr As Double
    Dim q_fbr As Double
    Dim eta_fbr As Double
    Dim proc_fbr As Double
    proc_fbr = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 13).Value
    pf_fbr = pf(4, nk_sn, nen)
    q_fbr = q(4, nen)
    eta_fbr = Sheets("gir_dat").Cells(2 + nen - rstart0, 14).Value
    pcv_fbr = pf_fbr / q_fbr / eta_fbr * 860 + proc_fbr
    Sheets("Sheet2").Cells(nen - rstart0 + 1, 1).Value = pcv_fbr
End Function

```

'●FBR以外の変動費を算出, (*860) は kcal·kWh 換算

```

Private Function pcv(shu As Integer, nen As Integer, nk_sn As Integer, den_sn As Integer) As Double
    pcv = pf(shu, nk_sn, nen) / q(shu, nen) / eta(shu, nen, den_sn) * 860
    Sheets("Sheet2").Cells(nen - rstart0 + 1, 2 * (shu + 1) + 1).Value = pcv

```

End Function

'●燃料価格の読み込み

```
Private Function pf(shu As Integer, nk_sn As Integer, nen As Integer)
    pf = Sheets("nk_dat").Cells(nk_sn * 102 + 2 + nen - rstart0, 1 + shu).Value
End Function
```

'●FBR導入量(kWhベース)を読み込み

```
Private Function pa_fbr(fbr_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    pa_fbr = Sheets("fbr_dat").Cells(fbr_sn * 102 + 2 + nen - rstart0, 1).Value
End Function
```

'●FBR以外の電源の導入量(kWhベース)を読み込み

```
Private Function pa(shu As Integer, den_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    pa = Sheets("den_dat").Cells(den_sn * 102 + 2 + nen - rstart0, shu + 1).Value
End Function
```

'●FBR以外の電源の導入量(kWベース)を読み込み

```
Private Function pow(shu As Integer, den_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    pow = Sheets("den_dat").Cells(nen - rstart0 + 2 + den_sn * 102, shu + 6).Value
End Function
```

'●稼働率の読み込み

```
Private Function rw(shu As Integer, den_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    rw = Sheets("den_dat").Cells(nen - rstart0 + 2 + den_sn * 102, shu + 11).Value
End Function
```

'●FBR発電コスト読み込み

```
Private Function p_fbr(nen As Integer) As Double
    p_fbr = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 61).Value
End Function
```

```
Private Function prb_ded(shu As Integer) As Double
    prb_ded = Sheets("main").Cells(shu + 20, 2).Value
End Function
```

'●事故発生時の被害範囲を読み込み

```
Private Function a(acc_sn As Integer) As Double
    a = Sheets("acc_main").Cells(acc_sn + 1, 3).Value
End Function
```

'●被害範囲内的人口密度を読み込み

```
Private Function s(acc_sn As Integer) As Double
    s = Sheets("acc_main").Cells(acc_sn + 1, 5).Value
End Function
```

'●代替電源平均(kWhベース)を算出

```
Private Function x_th2(x_oil As Double, x_col As Double, x_lng As Double, x_lwr As Double, x_mox As Double, den_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    x_th2 = (pa(0, den_sn, nen) * x_oil + pa(1, den_sn, nen) * x_col + pa(2, den_sn, nen) * x_lng + pa(3, den_sn, nen) * x_lwr + pa(4, den_sn, nen) * x_mox) /_
        (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + pa(2, den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen))
End Function
```

'●資源枯渇抑制効果

```
Private Function exbst(fbr_sn As Integer, den_sn As Integer, nk_sn As Integer, nen As Integer) As Double
    Dim i As Integer
```

```

Dim dexhst As Double
exhst = 0
For i = 0 To 3
    dexhst = pa_fbr(fbr_sn, nen) * pa(i, den_sn, nen) / (pa(0, den_sn, nen) + pa(1, den_sn, nen) + pa(2,
den_sn, nen) + pa(3, den_sn, nen) + pa(4, den_sn, nen)) -
        / q(i, nen) / eta(i, nen, den_sn) * 860 / wdmd(i, nen) * elas(i, nen) * ddmd(i, nen) * pf(i, nk_sn,
nen)
    exhst = exhst + dexhst
    Sheets("Sheet2").Cells(nen - rstart0 + 1, 15 + i).Value = dexhst
Next
End Function

```

'●燃料価格の需要弹性値を読み込み

```

Private Function elas(shu As Integer, nen As Integer) As Double
    elas = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 63 + shu).Value
End Function

```

'●世界の燃料需要量を読み込み

```

Private Function wdmd(shu As Integer, nen As Integer) As Double
    wdmd = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 67 + shu).Value
End Function

```

'●日本の燃料需要量を読み込み

```

Private Function ddmd(shu As Integer, nen As Integer) As Double
    ddmd = Sheets("gir_dat").Cells(nen - rstart0 + 2, 71 + shu).Value
End Function

```

'●成功確率の読み込み

```

Private Function prb_sc() As Double
    prb_sc = Sheets("main").Cells(12, 2).Value
End Function

```

Private Sub saveBtn_Click()

```

    Dim wbn As String
    wbn = Application.ThisWorkbook.Name
    Sheets("main").Range(Sheets("main").Cells(1, 14), Sheets("main").Cells(103, 22)).Copy
    Workbooks.Add
    Cells(1, 1).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
    Application.Dialogs(xlDialogSaveWorkbook).Show
    Workbooks(wbn).Activate
End Sub

```

```
'+++++-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
' メインフォーム
' (MainForm.frm)
```

```
'+++++-----+-----+-----+-----+-----+
```

Private Sub CommandButton1_Click()

```

    Me.Hide
    graph.Show
End Sub

```

Private Sub dd_Btn_Click()

```

    Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "d"
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = "den"

```

```
    Me.Hide
    d_e.Show
End Sub

Private Sub de.Btn_Click()
    Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "e"
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = "den"
    Me.Hide
    d_e.Show
End Sub

Private Sub denBtn_Click()
    Me.Hide
    den_form.Show
End Sub

Private Sub dn.Btn_Click()
    Me.Hide
    Call new_sn("den")
End Sub

Private Sub endBtn_Click()
    With Application
        .DisplayAlerts = False
        .ActiveWorkbook.Save
        .Quit
    End With
End Sub

Private Sub factorBtn_Click()
    Me.Hide
    factorForm.Show
End Sub

Private Sub fbrBtn_Click()
    Me.Hide
    fbr_form.Show
End Sub

Private Sub fd.Btn_Click()
    Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "d"
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = "fbr"
    Me.Hide
    d_e.Show
End Sub

Private Sub fe.Btn_Click()
    Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "e"
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = "fbr"
    Me.Hide
    d_e.Show
End Sub

Private Sub fn.Btn_Click()
    Me.Hide
    Call new_sn("fbr")
End Sub

Private Sub k3Btn_Click()
    Me.Hide
```

```

    kekka.Show
End Sub

Private Sub nd_Btn_Click()
    Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "d"
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = "nk"
    Me.Hide
    d_e.Show
End Sub

Private Sub ne_Btn_Click()
    Sheets("main").Cells(14, 2).Value = "e"
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = "nk"
    Me.Hide
    d_e.Show
End Sub

Private Sub nen_Btn_Click()
    Me.Hide
    Call edit_sn("gir", 0)
End Sub

Private Sub nkBtn_Click()
    Me.Hide
    nk_form.Show
End Sub

Private Sub nn_Btn_Click()
    Me.Hide
    Call new_sn("nk")
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    If IsNumeric(Me.fbr_kazu) And IsNumeric(Me.den_kazu) And IsNumeric(Me.nk_kazu) Then
        Me.k3Btn.Enabled = True
        Me.CommandButton1.Enabled = True
    End If
End Sub

Private Sub edit_sn(namae As String, sn As Integer)
    Me.Hide
    Sheets("kaki").Activate
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = name
    Sheets("main").Cells(16, 2).Value = sn
    Sheets("main").Cells(17, 2).Value = Application.CountA(Sheets(snt(namae)).Rows(1))
    Sheets(snt(namae)).Range(Sheets(snt(namae)).Cells(1, 1), Sheets(snt(namae)) _
        .Cells(1, Sheets("main").Cells(17, 2).Value)).Copy
    Sheets("kaki").Cells(1, 2).PasteSpecial Paste:=xlPasteValues
    Selection.Interior.ColorIndex = 8
    Sheets(snt(namae)).Range(Sheets(snt(namae)).Cells(2 + sn * 102, 1), _
        Sheets(snt(namae)).Cells(103 + sn * 102, Sheets("main").Cells(17, 2). _
            Value)).Copy
    Sheets("kaki").Cells(2, 2).PasteSpecial
    Selection.Interior.ColorIndex = 8
End Sub

Private Function snt(namae As String) As String
    snt = name & "_dat"
End Function

```

```

Private Sub new_sn(namae As String)
    Dim sn As Integer
    Dim s As String
    Sheets("main").Cells(15, 2).Value = namae
    sn = Application.CountA(Sheets(namae & "_main").Columns(1)) - 1
    Sheets("main").Cells(16, 2).Value = sn
    s = InputBox("シナリオ名を入力してください", "シナリオ名の決定")
    If s <> "" Then
        Sheets(namae & "_main").Cells(sn + 2, 2).Value = s
        Sheets(namae & "_main").Cells(sn + 2, 1).Value = sn
        Sheets("main").Cells(17, 2).Value = Application.CountA(Sheets(snt(namae)).Rows(1))
        Sheets(snt(namae)).Range(Sheets(snt(namae)).Cells(2) + sn * 102, Sheets(snt(namae)).Cells(103 + sn * 102, Sheets("main").Cells(17, 2).Value)).Value = 0
        Call edit_sn(namae, sn)
    Else
        MainForm.Show
    End If
End Sub

'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++
' 燃料価格シナリオ選択フォーム
' (nk_form frm)
'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub main_list_Change()
    Dim i As Integer
    Me.nextBtn.Enabled = False
    For i = 1 To Me.main_list.ListCount
        If Me.main_list.Selected(i - 1) Then
            Me.nextBtn.Enabled = True
            Exit Sub
        End If
    Next
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Dim i As Integer
    Dim kazu As Integer
    kazu = 0
    For i = 1 To Me.main_list.ListCount
        If Me.main_list.Selected(i - 1) Then
            kazu = kazu + 1
        End If
    Next
    Select Case kazu
        Case 0
            MsgBox "一つ以上の項目が選択されていません", vbInformation, "入力エラー"
        Case 1 To 9
            Me.Hide
            nk_r.Show
        Case Else
    End Select
End Sub

```

```

        MsgBox "選択項目が多すぎます。" & Chr$(13) & "選択項目は最大 9 個までです",
vbInformation, "入力エラー"
    End Select
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    Dim i As Integer
    Me.main_list.Clear
    i = 2
    Do While Sheets("nk_main").Cells(i, 2).Value <> ""
        Me.main_list.AddItem (Sheets("nk_main").Cells(i, 2).Value)
        i = i + 1
    Loop
    Me.kazuTBX.Value = i - 2
End Sub

'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++
' 燃料価格シナリオ成就確率設定フォーム
' (nk_r.frm)
'+++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Private Sub sum_all()
    Dim i As Integer
    Dim s As Integer
    s = 0
    For i = 1 To Me.kazuTBX
        s = s + Me.Controls("TextBox" & CStr(i))
    Next
    Me.Gk.Caption = s
    If s = 100 Then
        Me.nextBtn.Enabled = True
    Else
        Me.nextBtn.Enabled = False
    End If
End Sub

Private Sub beforeBtn_Click()
    Me.Hide
    nk_form.Show
End Sub

Private Sub nextBtn_Click()
    Me.Hide
    MainForm.nk_kazu.Caption = Me.kazuTBX.Value
    MainForm.Show
End Sub

Private Sub TextBox1_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox1.Value) Then
        Me.TextBox1.Value = Int(Me.TextBox1.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

```

```
Private Sub TextBox2_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox2.Value) Then
        Me.TextBox2.Value = Int(Me.TextBox2.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox3_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox3.Value) Then
        Me.TextBox3.Value = Int(Me.TextBox3.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox4_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox4.Value) Then
        Me.TextBox4.Value = Int(Me.TextBox4.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox5_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox5.Value) Then
        Me.TextBox5.Value = Int(Me.TextBox5.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox6_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox6.Value) Then
        Me.TextBox6.Value = Int(Me.TextBox6.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox7_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox7.Value) Then
        Me.TextBox7.Value = Int(Me.TextBox7.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub
```

```

Private Sub TextBox8_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox8.Value) Then
        Me.TextBox8.Value = Int(Me.TextBox8.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub TextBox9_BeforeUpdate(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
    If IsNumeric(Me.TextBox9.Value) Then
        Me.TextBox9.Value = Int(Me.TextBox9.Value)
        Call sum_all
    Else
        MsgBox "数字を入力してください", vbInformation, "入力エラー"
        Cancel = True
    End If
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
    Dim i As Integer
    Dim c As Integer
    Dim j As Integer
    c = 0
    For i = 1 To nk_form.kazuTBX.Value
        If nk_form.main_list.Selected(i - 1) Then
            c = c + 1
            Me.Controls("Label" & CStr(c)).Caption = nk_form.main_list.List(i - 1, 0)
            Me.Controls("snTBX" & CStr(c)).Value = i - 1
        End If
    Next
    For i = 1 To 9
        Select Case i
            Case Is < c
                Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Value = Int(100 / c)
            Case c
                Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value = 100
                For j = 1 To c - 1
                    Me.Controls("Label" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("Label1" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Visible = True
                    Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value = Me.Controls("TextBox" & CStr(c)).Value - Me.Controls("TextBox" & CStr(j)).Value
                Next
            Case Else
                Me.Controls("Label" & CStr(i)).Visible = False
                Me.Controls("Label1" & CStr(i)).Visible = False
                Me.Controls("TextBox" & CStr(i)).Visible = False
        End Select
    Next
    Me.kazuTBX.Value = c
    Me.Gk.Caption = 100
    Me.nextBtn.Enabled = True
End Sub

```