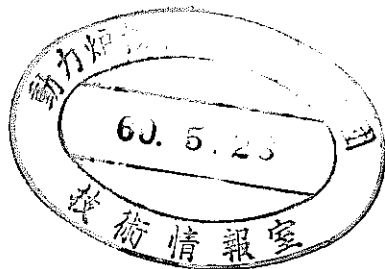


PNC[△] J299 85-09

高速増殖炉の技術・産業波及効果 に関する調査研究(Ⅰ)



1985年 3月

株式会社 野村総合研究所

高速増殖炉の技術・産業波及効果に関する調査研究(I)[※]久保川俊彦^{※※} 辻 直志^{※※}

要 旨

本調査研究は、高速増殖炉開発によって達成される新技術が他分野技術の向上や産業構造の高度化にどのような寄与をするかを検討したものである。検討手法としては専門家アンケートと産業連関分析を用いた。

まず、専門家アンケートによって次のことが明らかとなった。

- ・高速増殖炉技術は、広義のソフトウェア技術（設計、解析、システム化等）への依存度が、ハードウェア技術への依存度よりも大きい。
- ・技術によって実用化進展度に差はあるが、実用化レベルを100%とした場合、80%程度と評価する回答者が最も多い。
- ・先端性の大きい技術としては、高温構造設計技術、材料技術、伝熱流動解析技術、安全性評価技術がある。
- ・技術波及の可能性の大きい技術は、高温構造設計技術、材料技術、伝熱・流動解析技術であり、次いで、安全性評価技術、ロボット技術、耐震設計技術である。化学工業、機械製造、鉄鋼等のいわゆる重厚長大産業が受ける技術波及インパクトが最も大きい。

次に高速増殖炉開発が我が国産業の高度化に対して与える影響は次のようになると考えられる。

- ・高速増殖炉建設による生産誘発係数は2.42と軽水炉の2.32に比較して高い。
- ・運転維持・核燃料サイクルの場合も高速増殖炉の生産誘発係数は2.38、軽水炉は2.12で高速増殖炉が高い。この場合は天然ウランの輸入による影響が大きい。
- ・原子炉建設、運転維持・核燃料サイクルいずれの場合も、高速増殖炉の方が軽水炉に比較して単位最終需要変化当りの付加価値誘発額は約2%高い。
- ・誘発雇用者数は100万KW級原子炉を1基建設する場合、高速増殖炉では約4万人、軽水炉では約2万4千人と高速増殖炉の方が約70%大きい。
- ・高速増殖炉建設により我が国の産業構造はより製造業にシフトすることになる。

※ 本報告書は、株式会社 野村総合研究所が、動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

※※ 株式会社 野村総合研究所 エネルギー研究部

Study of Technology Diffusion and Industrial Impact
of Fast Breeder Reactor Development (I)*

Toshihiko Kubokawa**, Tadashi Tsuji**

Abstract

The purpose of the study reported here is analyzing technology diffusion and industrial impact of construction, operation and maintenance and fuel cycle services of fast breeder reactor(FBR). And these analyses are done with inquire survey and input-output analysis technique.

First of all, the following results are obtained with inquiry survey.

- Software technology (design, analysis, system construction, etc.) are important on the development of FBR, compared to Hardware technology.
- The progress level of FBR technology has already reached about 80% satisfied.
- High temperature structure designing technology, material technology and hydrological heat transfer analyzing technology and safety assessment technology are the most progressive technology.
- High temperature structure designing technology, material technology and hydrological heat transfer have the highest potentiality of technology diffusion. And safety assessment technology, robot technology and earthquake-proof technology have higher potentiality than any other technology.
- Technology diffusion is more effective on heavy industries.

Secondly, the following results have been obtained with input-output analysis.

- Induced coefficient of construction of FBR is 2.42, and that of light water reactor(LWR) case is 2.32.
- Induced coefficient of operation and maintenance and fuel cycle services of FBR is 2.38, and that of LWR case is 2.12. The effect of natural uranium import lowers that coefficient in LWR case.
- Derived added value per unit demand by construction, operation and maintenance and fuel cycle services of FBR is 2% higher than LWR case.
- Derived employees by construction of a unit FBR(1,000,000kw) are 40,000, and those of LWR case are 24,000.
- Construction of FBR may give heavy economic impact to manufacturers industry than others.

* Work performed by Nomura Research Institute under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

** Energy Research Dept., Nomura Research Institute

目 次

I. 高速増殖炉技術波及の可能性と評価	1
I. 1 基本的考え方	1
I. 2 アンケートの作成	2
I. 2. 1 アンケートの設計	2
I. 2. 2 アンケートの内容	5
I. 3 アンケート集計結果の分析	6
I. 3. 1 高速増殖炉開発の意義と目標	6
I. 3. 2 高速増殖炉の主要機器システム技術の評価	10
I. 3. 3 高速増殖炉の共通基盤技術の評価	17
I. 3. 4 高速増殖炉技術の技術波及の可能性	24
I. 3. 5 アンケート分析のまとめ	37
II. 高速増殖炉建設に関する産業連関分析	46
II. 1 産業連関分析の枠組み	46
II. 1. 1 産業連関分析の特性	46
II. 1. 2 産業連関分析の手順	50
II. 1. 4 既存の産業連関分析	54
II. 2 産業別最終需要の算出	56
II. 2. 1 軽水炉投資コンバータ	56
II. 2. 2 高速増殖炉投資コンバータ	64
II. 2. 3 核燃料サイクルと運転維持費の最終需要変化	68
II. 3 産業波及効果の分析	69
II. 3. 1 レオンチェフ逆行列とその特性	69
II. 3. 2 産業波及効果	74
II. 4 産業高度化の分析	85
II. 4. 1 付加価値率の変化	86
II. 4. 2 雇用構造変化	89
II. 4. 3 産業構造変化	94
II. 4. 4 まとめと今後の課題	95

目 次

図Ⅱ－1	産業連関表（商品×商品）の構造	47
図Ⅱ－2	産業連関分析の手順	50
図Ⅱ－3	投資コンバータ作成手順（1）	56
図Ⅱ－4	投資コンバータ用コストデータ作成手順	59
図Ⅱ－5	デフレータの作成方法	60
図Ⅱ－6	投資コンバータ作成手順（2）	62
図Ⅱ－7	高速増殖炉投資コンバータ作成手順	64
図Ⅱ－8	影響力係数の高い部門	71
図Ⅱ－9	感応度係数の高い部門	73
図Ⅱ－10	原子炉建設投資における上位15部門の機能特性	73
図Ⅱ－11	生産誘発効果の比較（原子炉建設，単位設備容量当り）	76
図Ⅱ－12	生産誘発効果の比較（原子炉建設，投資額100万円当り）	77
図Ⅱ－13	生産誘発額の比率（原子炉建設，単位投資額当り）	77
図Ⅱ－14	生産誘発効果の比較（運転維持・核燃料サイクル， 単位設備容量当り）	79
図Ⅱ－15	生産誘発効果の比較（運転維持・核燃料サイクル， 投資額100万円当り）	79
図Ⅱ－16	誘発雇用数（原子炉建設，単位設備容量当り）	81
図Ⅱ－17	誘発雇用効果の高い部門	81
図Ⅱ－18	誘発雇用数（運転維持・核燃料サイクル，単位設備容量当り）	82
図Ⅱ－19	誘発輸入額（原子炉建設，単位設備容量当り）	84
図Ⅱ－20	輸入誘発効果の高い部門（投資額100万円当り）	84
図Ⅱ－21	誘発輸入額（運転維持・核燃料サイクル，単位設備容量当り）	85
図Ⅱ－22	誘発粗付加価値（原子炉建設，投資額100万円当り）	87
図Ⅱ－23	誘発税引後粗付加価値（原子炉建設，投資額100万円当り）	88
図Ⅱ－24	誘発雇用者所得（原子炉建設，投資額100万円当り）	88
図Ⅱ－25	誘発粗付加価値（運転維持・核燃料サイクル， 投資額100万円当り）	90
図Ⅱ－26	誘発税引後粗付加価値（運転維持・核燃料サイクル， 投資額100万円当り）	90
図Ⅱ－27	誘発雇用者所得（運転維持・核燃料サイクル， 投資額100万円当り）	91

図Ⅱ-28	誘発雇用の多い職種（原子炉建設，単位設備容量当り）	91
図Ⅱ-29	誘発雇用の多い職種（運転維持・核燃料サイクル， 単位設備容量当り）	92
図Ⅱ-30	職種別誘発雇用数（原子炉建設，単位設備容量当り）	93
図Ⅱ-31	職種別誘発雇用数（運転維持・核燃料サイクル， 単位設備容量当り）	93
図Ⅱ-32	職種別誘発雇用構成比（原子炉建設）	93
図Ⅱ-33	職種別誘発雇用構成比（運転維持・核燃料サイクル）	93
図Ⅱ-34	生産誘発効果（原子炉建設，単位設備容量当り）	94
図Ⅱ-35	生産誘発効果（核燃料サイクル，単位設備容量当り）	94
図Ⅱ-36	生産誘発構成比（原子炉建設）	95
図Ⅱ-37	生産誘発構成比（運転維持・核燃料サイクル）	95

表 目 次

表Ⅰ-1	高速増殖炉の主要機器・システム技術	4
表Ⅰ-2	高速増殖炉共通基盤技術の体系	4
表Ⅰ-3	高速増殖炉開発の意義	7
表Ⅰ-4	高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度	9
表Ⅰ-5	高速増殖炉技術の要素技術構成比	10
表Ⅰ-6	主要機器システム技術の現在の技術レベル	11
表Ⅰ-7	主要機器システム技術の使用（環境）条件と開発上の ターゲット項目	12
表Ⅰ-8	確立すべき知識・開発項目	13
表Ⅰ-9	高速増殖炉機器システム技術の軽水炉技術に対する先端性	16
表Ⅰ-10	共通基盤技術の現在の技術レベル	18
表Ⅰ-11	高速増殖炉共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性	21
表Ⅰ-12	共通基盤技術の先端性と実用化進展度の関係	22
表Ⅰ-13	共通基盤技術の軽水炉及び他分野先端産業技術に対する 先端性の関係	23
表Ⅰ-14	共通基盤技術の先端性の特徴	25
表Ⅰ-15	高速増殖炉技術の技術波及の可能性	26

表 I - 1 6	高速増殖炉技術の先端性と技術波及の可能性	28
表 I - 1 7	高速増殖炉技術の技術波及インパクトを受ける産業	29
表 I - 1 8	技術波及の形態	30
表 I - 1 9	技術波及の効果	31
表 I - 2 0	高速増殖炉技術の技術波及（可能性）の事例	32
表 II - 1	過去の産業連関分析例	55
表 II - 2	原子力と火力発電所建設の生産誘発係数の比較	55
表 II - 3	軽水炉コンポーネント（基礎データ）	58
表 II - 4	想定原子力発電所建設費比率	61
表 II - 5	間接費の割りつけ	61
表 II - 6	デフレータ作成データ	62
表 II - 7	投資コンバータ作成に利用した投入係数表	63
表 II - 8	想定建設費	63
表 II - 9	スーパーフェニックスの建設費	64
表 II - 1 0	米国における高速増殖炉建設コストの試算例	65
表 II - 1 1	想定建設費 F B R	67
表 II - 1 2	高速増殖炉建設費内訳の比較	67
表 II - 1 3	核燃料サイクル費	68
表 II - 1 4	運転維持費の内訳	69
表 II - 1 5	影響力係数表	71
表 II - 1 6	感応度係数表	72
表 II - 1 7	原子炉建設による生産誘発効果	74
表 II - 1 8	運転維持および核燃料サイクルによる生産誘発効果	76
表 II - 1 9	原子炉建設による誘発雇用者数	78
表 II - 2 0	運転維持及び核燃料サイクル関連誘発雇用数	80
表 II - 2 1	原子炉建設による誘発輸入額	82
表 II - 2 2	運転維持および核燃料サイクルによる誘発輸入額	83
表 II - 2 3	誘発総付加価値（原子炉建設）	86
表 II - 2 4	誘発総付加価値（運転維持・核燃料サイクル）	89

I. 高速増殖炉技術波及の可能性と評価

I. 1 基本的考え方

我が国の場合、高速増殖炉開発の必要性はエネルギー安全保障等の観点から揺るぎないものと考えられるが、世界の原子力開発の情勢の変化を受けて、高速増殖炉開発の緊要性の認識が一部において薄れ、高速増殖炉開発の遂行に不透明感がでつつある。従って、現時点において高速増殖炉開発の意義づけについて多方面から再検討しておくことが重要となる。

このような課題のひとつとして高速増殖炉開発の他産業への技術波及効果の検討がある。高速増殖炉開発は、21世紀に実用化を目指した未来技術であり、他の産業技術にも大きなインパクトを与えるポテンシャルを秘めている。すなわち、高速増殖炉技術は、大型技術かつシステム技術であり、このため、耐振等の設計技術、コンピュータ利用や大型機器の高信頼度化、メカトロニクス化、新機能素材の開発等幅広い産業に影響を与える。また、資本集約的技術であるため、他の発電技術以上に、国内の産業技術に与えるインパクトが大きくなる。

高速増殖炉開発の技術波及効果を考える場合にまず重要なことは、高速増殖炉技術の先端性を明確に把握することである。高速増殖炉技術全体は、既存技術と先端技術を組み合わせたものであり、全てが先端技術というわけではない。したがって先端技術の開発と既存技術の応用を区別する必要がある。また、高速増殖炉の先端技術の中にも、比較的、高速増殖炉独自のものと、他の産業技術と共通の性格をもつものがあると考えられる。本調査研究では、後者の共通の性格をもつ先端技術の応用の可能性に重点を置いた検討を行う必要がある。

本来、技術波及における波及の形について考える場合、直接的（一次的）波及と、間接的（二次的）波及、および新規の応用分野の発生まで含めて考える必要がある。しかし、間接的および新規の応用分野については方法論的な困難が大きいため、直接的波及効果を中心に検討せざるをえない。一方、技術波及の内容については、できるだけ、個別、具体的レベルに下りて分析し、それを総合化することが、高速増殖炉開発の技術波及効果の全体像を明らかにする上で不可欠であるといえよう。

本調査研究は、以上の考え方の下に高速増殖炉開発によって達成される新技術、性能、知識、ノウハウ等が、他の分野の技術の向上や新しい分野の発展にどのように寄与しうるか、そのポテンシャルを把握することにより、高速増殖炉開発の政策的意義づけに資することを主たる目的とするものである。

具体的な調査研究の方法・手段としては、原子力関係の技術者・専門家に対する技術評価

アンケートを用いることとした。アンケート対象者としては、高速増殖炉技術者に限定せず、原子力技術者全般とした。この理由は、高速増殖炉の客観的な技術評価であれば高速増殖炉開発に直接携わっている技術者のみを対象とする方がより精度の高い評価ができることは明らかであるが、上述の目的からすると、より広い技術者層が抱く高速増殖炉技術に対するイメージをまず把握しておくことが重要であるという考え方である。

I. 2 アンケートの作成

I.2.1 アンケートの設計

1. 高速増殖炉技術開発の現状と課題

アンケートにおいては、まず高速増殖炉技術の先端性および技術波及を検討するためのベースとして、これまでの我が国の高速増殖炉技術開発の現状と課題をまとめることとした。

まとめ方の内容としては、次のような項目についてのまとめと評価を含むことにする。

- (i) 技術名
- (ii) 使用条件
- (iii) 現在の技術レベル
- (iv) 研究開発項目
- (v) 確立すべき知識内容

技術の現状は、できるだけ、個別的具体的なレベルにまで下りてまとめる必要がある。また、技術開発の現状のまとめの見通しをよくするために、いくつかの軸に沿って開発技術を体系的に把えるようにする。

ただし、高速増殖炉技術全体を体系化すること自体が直接的な目的ではなく、高速増殖炉技術の先端的部分を明確にすることが目的であるので、重点的な把握をする必要がある。このため、現在の開発課題のうち、重点的に開発されている技術の周辺は詳しく、そうでない技術については簡潔にまとめるようにする。

ここでは、機器・システム技術の観点と、共通基盤技術の観点の両者から把えることとした。表I-1と2にアンケートで採用した各機器・システムと共通基盤技術の分類を示した。

尚、以上のフォーマットによるアンケート調査結果から、現状の技術レベルを総括的に評価するが、その際には、次のような要素技術毎の評価についてもアンケート評価を行うこととする。

- (i) 設計技術
- (ii) 生産技術
- (iii) システム技術
- (iv) 素材技術
- (v) ソフトウェア
- (vi) ノウハウ
- (M) 基礎工学

このようなまとめによって、高速増殖炉開発課題がどの面に集中しているか、又は逆に分散しているかが把握でき、高速増殖炉技術の総括的な位置づけの理解に役立つものと考えられる。

2. 高速増殖炉技術の先端性

高速増殖炉技術波及の核となるのは、技術の先端性である。一般的には、先端性が大きいければ大きい程、そのインパクトの拡がりや深さ、時間的長さも大きいといえるからである。

アンケート項目1の技術開発の現状と課題をベースに、高速増殖炉開発で達成しようとしている技術が、従来の産業技術レベルを具体的にどの点でどの程度上回るのか、あるいは、どの点が新規性をもつのか、すなわち、その技術の先端性はどこにあるのかを明確にしていく必要がある。

先端性を捉えるキーワードとしては、次のようなものが考えられる。すなわち、

- (a) 超自動化
- (b) 超精密
- (c) 超高温、低温
- (d) 超高压、真空
- (e) 超強力、硬質
- (f) 超大型、小型
- (g) 超高純度
- (h) 超高密度
- (i) 超高速
- (j) 超高感度

以上の結果をまとめることにより、高速増殖炉技術の先端性の特徴がどの点にあるかが、明らかになってくると考えられる。特に他の産業から見て、興味のある新規性、先端性を明らかにすることが重要といえよう。

表 I - 1 高速増殖炉の主要機器・システム技術

1. 炉心構造	7. プラント冷却システム
2. 炉容器	8. ナトリウム取扱技術
3. 中間熱交換器	8.1 ナトリウム純度管理
4. 蒸気発生器	8.2 ナトリウム機器洗浄・除染
5. 配管系	9. 格納容器
6. ナトリウム機器	10. 燃料
6.1 遮蔽プラグ	11. 炉心材料(集合体, 被覆材, 制御棒材)
6.2 制御棒駆動機構	
6.3 主循環ポンプ	
6.4 燃料取扱機	
6.5 計測機器	

表 I - 2 高速増殖炉共通基盤技術の体系

1. 核設計技術	12. 材料技術(構造・腐食)
2. 耐震設計技術	13. 運転(制御・自動化)技術
3. 高温構造設計技術	14. 計装技術
4. 遮蔽設計技術	15. 検査(検出)技術
5. 安全性評価技術	16. 保守・補修技術
6. 炉心特性解析技術	17. 溶接技術
7. 伝熱・流動解析技術	18. 建設・機器据つけ技術
8. 試験	19. エレクトロニクス技術
9. データ取得評価技術	20. ロボット技術
10. プロセス技術	21. 大型化(小型化)技術
11. 製造加工技術	22. システム化・エンジニアリング技術

3. 高速増殖炉技術波及の可能性と内容

前項で把握した先端技術毎に、その技術が開発された時には、他の産業のどのような技術の向上に結びついていくか、個別かつ具体的に検討する。

(1) 関連する産業技術としてはどのようなものがあるか。

この時、当該技術の技術連関範囲に十分留意する。

(2) 技術波及の具体的内容

具体的に、当該技術が、どのような形で波及効果を発揮するのかを明らかにする。この時、一次的な波及効果を中心に検討するが、二次的波及効果についても留意する。

(i) 改良型（部分的，全面的）

(ii) 新規性と応用分野

(iii) 効果の形態 (a) 性能向上……処理量，効率，精度

(b) コスト低下

(c) 新製品

4. 高速増殖炉技術波及効果アンケートのまとめ方

(1) 技術波及の有望分野

3項では、技術波及の可能性（ポテンシャル）を中心に幅広く検討するわけであるが、ここでは、専門家アンケートにおける自由記入方式により、これらの技術波及の可能性の中から、技術波及の重要性、実現性等の観点から有望と考えられる技術波及を明らかにする。

(2) 産業へのインパクト

高速増殖炉技術の波及効果を、インパクトを受ける産業毎にまとめ評価する。産業の分類としては、通常の業種分類をベースとし、これに原子力産業（軽水炉産業）も加える。また、いわゆる先端産業へのインパクトについてもまとめることにより、21世紀の産業技術における高速増殖炉技術の位置づけを明らかにすることができる。

5. アンケート対象者

我が国の原子力開発及び原子力産業の第一線にいる有識者・専門家約415名をアンケート対象者とした。有効回収数は120を上廻った。

I.2.2 アンケートの内容

I.2.1に示した考え方の下に、付論に示すようなアンケートを作成した。アンケートは大きくは全部で11の設問からなっているが、設問によってはいくつかの小設問が設けられており実質上は24の設問からなっている。さらにアイテム数は300を超える大規模なアンケートとなった。アンケートの主要内容は次のとおりである。

Q1 我が国での高速増殖炉開発の意義の重要度評価

Q2 高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度の評価

Q3 高速増殖炉技術の要素技術構成比

- Q 4 高速増殖炉の主要機器システム技術の評価
 - 1. 現在の技術レベル
 - 2. 使用（環境）条件の特徴
 - 3. 開発上のターゲット
 - 4. 軽水炉技術に対する先端性
 - 5. 確立すべき知識，開発項目
- Q 5 高速増殖炉の共通基盤技術の評価
 - 1. 現在の技術レベル
 - 2. 軽水炉技術に対する先端性
 - 3. 他分野先端産業に対する先端性
 - 4. 高速増殖炉技術の先端性の特徴
- Q 6 主要機器システム技術と共通基盤技術の相互関連
- Q 7 高速増殖炉技術の技術波及の可能性評価
 - 1. 技術波及の可能性
 - 2. インパクトを受ける産業分野
 - 3. 技術波及の具体例
 - 4. 波及の形態
 - 5. 波及の効果
- Q 8 技術波及の事例
 - 1. 軽水炉・核燃料サイクル技術への波及事例
 - 2. 原子力以外の他分野技術への波及事例
- Q 9 回答者の職業
- Q10 回答者の専門技術分野
- Q11 高速増殖炉技術開発への意見・感想

I. 3 アンケート集計結果の分析

I.3.1 高速増殖炉開発の意義と目標

1. 高速増殖炉開発の意義の重要度評価（アンケート設問Q1）

表I-3に、我が国での高速増殖炉開発の意義の重要度の評価結果を示した。意義としては9項目があげられた。この表の最右欄に、「極めて重要」を3点、「重要」を2点、「ある程度重要」を1点と評価した時の平均点を示してある。この結果から、高速

表I-3 高速増殖炉開発の意義

(単位：回答者%)

高速増殖炉開発の意義	極めて重要	重要	ある程度重要	重要でない	不明	平均点 ^(*)
1. エネルギーセキュリティ上重要である。	<u>5 0</u>	3 4	1 4	1	2	2.3 5 (◎)
2. プルトニウムの利用炉として重要である。	3 3	<u>5 0</u>	1 1	3	3	2.1 6 (◎)
3. 炉型多様化の観点から重要である。	4	2 0	<u>4 4</u>	2 9	3	0.9 9 (△)
4. 技術進歩により、将来発電コストが低くなる。	1 4	2 5	<u>4 2</u>	1 7	3	1.3 6 (△)
5. 実用化することがバーゲニングパワーを高める。	1 0	2 6	<u>5 0</u>	8	6	1.4 1 (△)
6. 原子力技術先進国として不可欠な技術である。	2 0	<u>3 6</u>	2 9	1 4	2	1.6 3 (○)
7. 原子力技術の高度化に役立つ。	1 4	<u>4 1</u>	3 5	9	3	1.6 1 (○)
8. 産業技術全般のレベル向上に役立つ。	7	2 6	<u>4 6</u>	1 8	3	1.2 3 (△)
9. ウラン価格の上昇をおさえる。	1 8	<u>3 6</u>	<u>3 5</u>	9	3	1.6 5 (○)

(*) 「極めて重要」を3点、「重要」を2点、「ある程度重要」を1点と評価した時の平均点である。

増殖炉開発意義に関して大方のコンセンサスとして次のことが得られているといえよう。

(1) 極めて重要な要因(ないし、これに次ぐ要因)(表I-3で◎印)

- ・エネルギーセキュリティ上重要である。
- ・プルトニウム利用炉として重要である。

(2) 重要な要因(表I-3で○印)

- ・ウラン価格の上昇を抑える。
- ・原子力技術先進国として不可欠な技術である。
- ・原子力技術の高度化に役立つ。

(3) ある程度重要な要因(表I-3で△印)

- ・実用化することがバーゲニングパワーを高める。
- ・技術進歩により将来発電コストが低くなる。
- ・産業技術全般のレベル向上に役立つ。
- ・炉型多様化の観点から重要である。

この結果を要約すると、我が国での高速増殖炉開発の意義は、高度の技術力で資源的な海外依存という脆弱性をカバーしていくことであるといえよう。なお、将来の技術進歩により、発電コストが低くなることに重要な意義を認めた回答が約4割に達することも注目されるところである。

2. 高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度(アンケート設問Q2)

表I-4に、本項目に関する集計結果を示してある。実用化目標時期としては回答者の3分の1が「2010年代」としている。次いで「できるだけ早期」を目標とすべきとした回答が約30%を占め、「2010年代」と合わせて、約6割の回答者が「2010年代以前」の実用化を目標とすべきと考え積極的開発を主張している。

一方、「2020年代」又は「軽水炉技術やウラン資源状況等によって変える」としたある意味で慎重派といえる回答者も約3分の1に達した。

実用化の困難度については、56%の過半数の回答者が「研究開発を確実にやっていけば達成できる」という意見で高速増殖炉の実用化を楽観視しているが、約3分の1の回答者は「かなりの努力をすれば達成できる」としており、今後も、開発資金等の面での継続的な努力の必要性を示している。

以上をまとめると、約6割の回答者が「研究開発を確実にやっていけば、2010年代には実用化はできる」と考えているが、一方、約3分の1の回答者は、「かなりの開発努力を必要とし、実用化時期も2010年代よりも遅れる可能性がある」と考えているといえよう。

表 I - 4 高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度

(1) 実用化目標時期	
実 用 化 目 標 時 期	割 合 (%)
1. できるだけ早期	29
2. 2010年代	33
3. 2020年代	11
4. 2030年代以降	3
5. 軽水炉技術やウラン資源状況等によって変えるべき。	22
6. その他	0
7. 不明	2

(2) 実用化の困難度	
実 用 化 の 困 難 度	割 合 (%)
1. 研究開発を確実にやっていけば達成できる。	56
2. かなりの努力をすれば達成できる。	32
3. かなりの努力をしても困難は大きい。	9
4. その他	1
5. 不明	3

(*) まるめているため合計値は100%とならない。

3. 高速増殖炉技術の要素技術構成比(アンケート設問Q3)

表 I - 5 に高速増殖炉技術がどのような要素技術から構成されているかを示した。アンケートでは表に示すように7つの要素技術分野を示したが、集計結果から次のことがいえよう。

- (1) 特定の要素技術分野に集中することなく、多少の差はあっても各要素技術全体にわたっており、高速増殖炉技術の体系が幅広い技術スペクトルに支えられていることが分かる。
- (2) 構成比の大小で区分すると各要素技術は3つのグループに分けられる。
 - (i) 最も構成比の大きい要素技術は、設計技術と素材・材料技術である。(各々約20%)
 - (ii) 次いで生産加工技術、システム化技術、ソフトウェア(解析)技術が約15%を占める。

iii) 最後にノウハウ(10%), 基礎工学(7%)となっている。

(3) 広い意味でハードウェア技術(生産・加工技術, 素材・材料技術)とソフトウェア技術(設計技術, システム化技術, 解析技術)に分けると, 33%対50%となり広義のソフトウェア技術への依存度が高い。

表1-5 高速増殖炉技術の要素技術構成比

要素技術分野	割合(平均値)%	標準偏差(%)	範囲(%)
(a) 設計技術	20	10	10~30
(b) 生産・加工技術	14	6	8~20
(c) システム化技術	15	6	9~21
(d) 素材・材料技術	19	11	7~31
(e) ソフトウェア(解析)技術	15	6	9~21
(f) ノウハウ	10	5	5~15
(g) 基礎工学	7	5	2~12
(h) その他	1	3	0~4

I.3.2 高速増殖炉の主要機器システム技術の評価(アンケート設問Q4)

1. 現在の技術レベル

表I-6に, 高速増殖炉の主要機器システム技術のレベルについて実用化を100%とした場合, 現在どの程度にあるかという評価結果を示した。表から分かるように, 全ての主要機器システム技術について, 現在は80%程度の開発レベルにあるとする評価が最も多い。次に多いのは60%程度とするものである。60%以下および100%とする評価はかなり低くなっている。従って平均値をとってみると, 実用化到達レベルは, ほぼ70%前後に集中するようになっている。ただし, 格納容器については, ほぼ100%に達していると評価している回答者が約4分の1おり, 平均値をとっても, 他の機器システム技術よりも10%程度高い評価を得ている。

2. 使用(環境)条件と開発上のターゲット項目

表I-7に, 主要機器システム技術の使用(環境)条件の特徴と開発上のターゲット項目を示した。まず使用(環境)条件の特徴としては, まず, 当然のことながらほとんどの機器システム技術でナトリウムを使用することがあげられる。次いで温度条件と腐

表I-6 主要機器システム技術の現在の技術レベル

(単位：回答者%)

主要機器システム技術	実 用 化 度						平均値
	20%	40%	60%	80%	100%	不明	
1. 炉心構造	1	7	31	38 ^(*)	1	22	68%
2. 炉容器	1	8	20	43	7	21	72%
3. 中間熱交換器	0	7	25	43	3	22	71%
4. 蒸気発生器	1	9	27	37	4	21	69%
5. 配管系	1	4	18	46	10	21	75%
6. ナトリウム機器	1	4	27	31	3	34	69%
6・1 遮蔽プラグ	2	3	24	42	7	23	73%
6・2 制御棒駆動機構	0	3	23	42	8	25	74%
6・3 主循環ポンプ	0	3	29	39	7	22	73%
6・4 燃料取扱器	0	8	24	40	5	24	71%
6・5 計測機器	1	5	25	38	8	24	72%
7. プラント冷却システム	0	3	23	37	14	24	76%
8. ナトリウム取扱技術	0	9	20	35	5	31	71%
8・1 ナトリウム純度管理	0	9	23	42	7	20	72%
8・2 ナトリウム機器洗浄除染	1	14	26	32	4	23	67%
9. 格納容器	1	4	7	42	24	22	82%
10. 燃料	1	10	27	37	3	21	68%
11. 炉心材料(集合体, 被覆材料, 等)	3	11	30	31	6	20	67%

(*) ○は、その項目内で最も回答の多かったもの。

表I-7 主要機器システム技術の使用（環境）条件と開発上のターゲット項目

	使用（環境）条件					開発ターゲット						
	ナトリウム	温度	圧力	腐蝕	中性子束	精度	純度	大型・小型化	自動化	信頼性	強度	システム設計
1. 炉心構造	○	◎		△	◎	△		△		○	△	△
2. 炉容器	○	○		△	○			○		○	○	
3. 中間熱交換器	◎	◎		△						◎	△	
4. 蒸気発生器	○	○		◎						◎	△	
5. 配管系	◎	○		○						○	△	△
6. ナトリウム機器	○	△		△						○		
6・1 遮蔽プラグ	○	△			△					○		
6・1 制御棒駆動機構	○	△						△		◎		
6・1 主循環ポンプ	◎	○		△				△		◎		
6・1 燃料取扱機	◎	△						△		◎		△
6・1 計測機器	○	○			△	○		△		◎		△
7. プラント冷却システム	○	○		△						○		○
8. ナトリウム取扱技術	◎			△				△		○		
8・1 ナトリウム純度管理	◎			△				○		△		
8・2 ナトリウム機器洗浄除染	◎			△				○		△		
9. 格納容器								△		△	△	
10. 燃料	○	○		△	◎	△				◎	△	
11. 炉心材料（集合体，被覆材， 料等）	◎	◎		○	◎	△				◎	○	

食環境が特徴となる機器システムが多い。中性子束が問題となる機器システムとしては炉心まわりの機器システムが6個あげられている。一方、圧力条件は高速増殖炉機器システムではほとんど問題とされない。

次に、開発上のターゲット項目としては全ての機器システムについて、「信頼性」があげられる。特に、中間熱交換器、蒸気発生器、制御棒駆動機構、主循環ポンプ、燃料取扱機、計測機器、燃料、炉心材料については、高い信頼性を確保することが開発上の重要なターゲットとなっている。この外、強度、自動化を開発上のターゲットとする機器システムもかなりあり、次いでシステム設計、大型化/小型化、精度を開発上のターゲットとする機器システムが各々4～5個あげられている。

機器システム技術毎に○印及び◎印がつけられたターゲットを列挙すると次のようになる。

特に重要な開発上のターゲット

1. 炉心構造	信頼性
2. 炉容器	信頼性, 大型化, 強度
3. 中間熱交換器	信頼性
4. 蒸気発生器	信頼性
5. 配管系	信頼性
6. ナトリウム機器	信頼性, 精度
7. プラント冷却システム	信頼性, システム設計
8. ナトリウム取扱技術	純度, 信頼性, 自動化
9. 格納容器	(なし)
10. 燃料	信頼性
11. 炉心材料	信頼性, 強度

なお、表I-8に、アンケート回答者によって自由回答として得られた機器システム技術開発の今後の開発項目および確立すべき知識の一覧を参考資料として示す。

表I-8 確立すべき知識・開発項目

(1)

評価項目	確立すべき知識, 開発項目
主要機器システム技術	
1. 炉心構造	熱流動特性, 再処理, 非物質炉心の評価, 耐震・高温構造の強度, 炉心性能の向上, 各種機器構造の簡単化・低廉化, Na以外の冷却, 高温による変形, 方式の施計, 流動振動現象(Flow Induced Vibrat[FIV])による破損防止, 非弾性解析法, 熱応力

評価項目 主要機器システム技術	確立すべき知識，開発項目
	緩和対策，耐震入力緩和策，高温構造設計法，タンク型炉開発，炭化物系燃料炉心，タンク型（プール型），熱と耐震の両立性
2. 炉容器	各種機器構造の簡単化低廉化，廃棄物処理，高温構造設計法，非弾性解析法，熱応力緩和対策，耐震入力緩和策，タンク型炉開発，大径の炉容器部材の製造方法，TK型・プール型の選択（モジュールも含む），炭化物系燃料炉心，タンク型（プール型）
3. 中間熱交換器	各種機器構造の簡単化低廉化，環境，流動振動現象による破損防止，非弾性解析法，熱応力緩和対策，耐震入力緩和策，高温構造設計法，炭化物系燃料炉心，タンク型（プール型），薄肉構造の信頼性
4. 蒸気発生器	伝熱管リーク対応，コストダウン，信頼性のある蒸気発生器，各種機器構造の簡単化低廉化，周辺，高温構造設計法，流動振動現象による破損防止，非弾性解析法，熱応力緩和対策，耐震入力緩和策，構造安全性の実証，低圧システムでの設計条件確立
5. 配管系	配管系へのベローズ採用，リーク検出／クラック検出，ベローズの健全性，ベローズの研究，各種機器構造の簡単化低廉化，非弾性解析法，熱応力緩和対策，耐震入力緩和策，ナトリウム，高温構造設計法，ISI方法（被曝低減対策含む）
6. ナトリウム機器	ナトリウムリークの防止技術，各種機器構造の簡単化低廉化，高温材料特性，機器の寿命実証（劣化の時間変化）
6・1 遮蔽プラグ	ナトリウムリーク防止技術，各種機器構造の簡単化低廉化，機器の寿命実証（劣化の時間変化），遮蔽試験データと解析，事故時（高温＞650℃）での融着解消
6・2 制御棒駆動機構	ナトリウムリークの防止技術，各種機器構造の簡単化低廉化，環境条件適応性，機器の寿命実証（劣化の時間変化），燃料（中性子束による材料データ）
6・3 主循環ポンプ	各種機器構造の簡単化低廉化，電磁ポンプ化，ナトリウムリークの防止技術，大型化・その中で寸法小型化，機器の寿命実証（劣化の時間変化），

評価項目 主要機器システム技術	確立すべき知識・開発項目
6・4 燃料取扱機	各種機器構造の簡単化低廉化，ナトリウムリークの防止技術，
6・5 計測機器	各種機器構造の簡単化低廉化，ナトリウムリークの防止技術， 環境条件適応性，中性子束検出器の長寿命化，
7. プラント冷却システム	各種機器構造の簡単化低廉化，コストダウン，Liquid Na 中の 不純物の Real time Monitor，仮想事故（暴走）時の冷却シス テム
8. ナトリウム取扱技術	Liquid Na 中の不純物の Real time Monitor，各種機器構造 の簡単化低廉化，
8・1 ナトリウム純度管 理	Liquid Na 中の不純物の Real time Monitor，各種機器構造 の簡単化低廉化，ナトリウム純度モニターの開発（2～3種以 上）
8・2 ナトリウム機器洗 浄除染	各種機器構造の簡単化低廉化，ナトリウム純度モニターの開発 （2～3種以上，特に炭素汁）
9. 格納容器	各種機器構造の簡単化低廉化，FBRの特長による格納容器の 必要性の見直し（簡単化），削除，遮蔽研究による小型化
10. 燃 料	各種機器構造の簡単化低廉化，より寿命の長い燃料，高燃焼度 化に伴なり材料強度），経済性向上，炭化物燃料の開発，燃料 挙動，FPガス吸着材の開発，被覆材料の開発，材料特性
11. 炉心材料（集合体，被 覆材料，等）	各種機器構造の簡単化低廉化，高燃焼度，新材料の可能性，被 覆材料の開発，FPガス吸着材の開発
12. その他（プラント，原 子炉建屋，供用中検査 技術，再処理，廃棄物 処理，プルトニウムの 消滅処理）	炉心熔融事故防止システム，発電プラントとしてのシステム設 計の最適化，新しい技術の導入による設計の簡略化・信頼性安 全性の向上・経済性の向上（例：計算機技術，新素材，ロボッ ト技術，制御技術），ダウンストリーム技術，薄肉ステンレス の溶接とその変形，遠隔操作，材料特性，当面再処理

3. 高速増殖炉機器システム技術の軽水炉技術に対する先端性

表I-9に，高速増殖炉機器システム技術毎の対応する又は類似の軽水炉技術に対す
る先端性の評価結果を示した。対応する又は類似の機器システムが軽水炉技術にないも
のについては「比較はできない」とした。表の結果を平均的先端性の程度によって類型
化し要約すると次のようになる。

表I-9 高速増殖炉機器システム技術の軽水炉技術に対する先端性

(単位：回答者%)

主要機器システム技術	軽水炉技術に対する先端性							平均点 ^(*) 記号 ^(***)
	1. 小さい	2. 同程度	3. やや大きい	4. 大きい	5. かなり大	6. 比較できない	7. 不明	
1. 炉心構造	1	1 1	2 1	2 6 ^(**)	1 7	2	2 2	0.92 ○
2. 炉容器	3	1 5	2 6	2 4	6	3	2 3	0.61 △
3. 中間熱交換器	2	9	1 5	3 2	1 2	8	2 3	0.89 ○
4. 蒸気発生器	1	1 2	1 7	2 5	1 9	3	2 3	0.95 ○
5. 配管系	2	1 7	2 5	2 2	9	3	2 2	0.69 △
6. ナトリウム機器	0	3	1 3	1 6	1 7	1 7	3 4	1.15 -
6・1 遮蔽プラグ	0	9	1 8	1 7	1 0	2 2	2 5	0.87 -
6・2 制御棒駆動機構	0	1 5	2 0	1 9	9	1 4	2 5	0.73 △
6・3 主循環ポンプ	0	1 3	1 4	2 2	1 5	1 3	2 4	0.93 ○
6・4 燃料取扱機	0	1 0	2 5	1 8	1 0	1 3	2 5	0.80 ○
6・5 計測機器	0	1 3	2 1	1 8	1 4	9	2 5	0.87 ○
7. プラント冷却システム	1	1 7	2 4	2 0	9	7	2 3	0.70 △
8. ナトリウム取扱技術	1	3	1 2	1 3	1 4	2 5	3 2	1.06 -
8・1 ナトリウム純度管理	2	5	9	1 7	1 4	3 0	2 4	1.01 -
8・2 ナトリウム機器洗浄除染	1	5	1 2	1 8	1 2	2 8	2 5	0.98 -
9. 格納容器	8	3 6	1 3	1 4	3	3	2 4	0.26
10. 燃料	2	8	1 8	2 9	2 0	3	2 1	1.01 ○
11. 炉心材料(集合体, 被覆材料, 等)	1	7	1 8	2 8	2 2	3	2 2	1.06 ○

(*) 「小さい」…1点, 「同程度」…0点, 「やや大きい」…0.5点, 「大きい」…1点, 「かなり大きい」…2点として評価。

(**) 回答者%が最大となるものに○印をつけた。

(***) ○印…0.76以上, △印…0.5~0.75点, 無印…0.5以下, -印…該当せず

(1) 軽水炉技術よりも先端性が「大きい」機器システム技術（記号○印）

- ・炉心構造 (68%……表I-6の実用化レベル)
- ・中間熱交換器 (71%)
- ・蒸気発生器 (69%)
- ・主循環ポンプ (73%)
- ・燃料取扱機 (71%)
- ・計測機器 (72%)
- ・燃料 (68%)
- ・炉心材料 (67%) (平均化して, 70%)

(2) 軽水炉技術よりも先端性が「やや大きい」機器システム技術（△印）

- ・炉容器 (72%)
- ・配管系 (75%)
- ・制御棒駆動機構 (74%)
- ・プラント冷却システム (76%) (平均化して, 74%)

(3) 軽水炉技術と先端性が「同程度」と考えられる機器システム（無印）

- ・格納容器 (82%)

なお、上には表I-6に示した各技術の現在の技術レベルを実用化を100%として評価したものを示してある。一般的に言えば、先端性が高い技術ほど、開発に時間がかかり、現在の技術レベルも低くなると考えられ、逆に先端性が小さい技術ほど、開発のレベルは高くなっていると考えられるが、このことは上に示したことにより裏づけられたといえよう。

I.3.3 高速増殖炉の共通基盤技術の評価（アンケート設問Q5）

1. 現在の技術レベル

表I-2にあげた22個の高速増殖炉共通基盤の現在の技術レベルの評価結果を表I-10に示した。この場合も表I-6の機器システム技術の場合と同様に70%台にほぼ集中しており、技術により極端な差はでていない。ただし、傾向としては、機器システム技術の場合よりも幅のある評価となっているので、共通基盤技術を便宜上、次のように5つの実用化進展度に分けてみた。

(1) 実用化進展度 80%以上 (表I-10での記号◎印)

- ・建設・機器据えつけ技術

(2) 実用化進展度 75%～79% (◎印)

表I-10 共通基盤技術の現在の技術レベル

(単位：回答者%)

高速増殖炉共通基盤技術	実 用 化 度						平均値(%)
	20%	40%	60%	80%	100%	不 明	
1. 核設計技術	0	3	14	<u>51</u>	11	21	78◎
2. 耐震設計技術	0	4	20	<u>39</u>	19	19	78◎
3. 高温構造設計技術	0	4	31	<u>42</u>	3	20	71○
4. 遮蔽設計技術	0	3	17	<u>43</u>	17	20	79◎
5. 安全性評価技術	8	12	31	<u>33</u>	3	21	66△
6. 炉心特性解析技術	0	4	24	<u>43</u>	5	24	73○
7. 伝熱・流動解析技術	0	4	28	<u>42</u>	5	21	72○
8. 試 験	0	6	29	<u>36</u>	5	25	71○
9. データ取得評価技術	0	4	19	<u>40</u>	12	25	76◎
10. プロセス技術	0	5	19	<u>46</u>	5	25	74○
11. 製造加工技術	1	6	17	<u>48</u>	7	21	74○
12. 材料技術(構造・腐蝕)	1	9	31	<u>36</u>	1	24	67△
13. 運転(制御・自動化)技術	1	6	22	<u>41</u>	5	25	72○
14. 計装技術(核・プロセス)	0	7	16	<u>46</u>	6	25	74○
15. 検査(検出)技術	1	10	23	<u>35</u>	7	25	70○
16. 保守・補修技術	2	21	<u>27</u>	<u>21</u>	4	25	61×
17. 溶接技術	1	4	9	<u>48</u>	14	24	78◎
18. 建設・機器据えつけ技術	1	3	8	<u>40</u>	25	25	82◎
19. エレクトロニクス技術	2	3	9	<u>46</u>	16	25	79◎
20. ロボット技術	6	21	<u>27</u>	<u>21</u>	2	23	58×
21. 大型化(小型化)技術	2	14	24	<u>35</u>	3	24	66△
22. システムエンジニアリング	1	9	27	<u>36</u>	3	25	69△

(*) ◎印…80%以上, ◎印…75~79%, ○印…70~74%, △印…65~69%, ×印…64%以下

- ・遮蔽設計技術
- ・核設計技術
- ・溶接技術
- ・エレクトロニクス技術
- ・耐震設計技術
- ・データ取得評価技術

(3) 実用化進展度 70%～74% (○印)

- ・プロセス技術
- ・計装技術
- ・伝熱・流動解析技術
- ・高温構造設計技術
- ・検査技術
- ・製造加工技術
- ・炉心特性解析技術
- ・運転技術
- ・試験

(4) 実用化進展度 65%～69% (△印)

- ・システムエンジニアリング
- ・安全性評価技術
- ・材料技術
- ・大型化(小型化)技術

(5) 実用化進展度 64%以下 (×印)

- ・保守・補修技術
- ・ロボット技術

グループ(1), (2)に含まれる7つの共通基盤技術は、高速増殖炉技術開発の中で比較的開発が順調に進んでいる技術と考えられ、グループ(3)に属する9つの共通基盤技術は平均的な進展を示している技術と考えることができる。これに対してグループ(4), (5)に属する6つの共通基盤技術の実用化進展度は低く、今後一層の研究開発が必要な技術分野であるといえることができる。

2. 共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性

表I-11に高速増殖炉共通基盤技術の対応する軽水炉技術に対する先端性の評価結果を示した。表中の22個の共通基盤技術を平均的な先端性の程度によって類型化しグループ分けしてみると次のようになる。

(1) 軽水炉技術よりも先端性が「大きい」共通基盤技術 (○印)

- ・高温構造設計技術
- ・伝熱流動解析技術
- ・核設計技術
- ・安全性評価技術

(2) 軽水炉技術よりも先端性が「やや大きい」共通基盤技術 (△印)

- ・炉心特性解析技術
- ・保守・補修技術
- ・試験
- ・大型化技術
- ・システムエンジニアリング
- ・核設計技術
- ・製造加工技術
- ・計装技術
- ・検査技術
- ・ロボット技術

- ・プロセス技術

(3) 軽水炉技術と先端性が「同程度」と考えられる共通基盤技術（無印）

- ・耐震設計技術
- ・データ取得評価技術
- ・溶接技術
- ・エレクトロニクス技術
- ・遮蔽設計技術
- ・運転技術
- ・建設・機械据えつけ技術

ここで、1項で示した現在の技術レベルと本節で示した先端性によって共通基盤技術を位置づけると表I-12のようになる。前にも述べたように、一般に技術の先端性が大きければ、開発に伴う困難も大きくなるから実用化進展度は低くなる。従って、表I-12では各技術は右上から左下の欄に位置づけられる傾向をもつことになるが、実際、表ではそのようになっている。この対角線よりも、より左上方の欄に入っている技術は、その技術の先端性（又は困難度）にかかわらず開発のテンポが早いと判断でき、それだけ開発努力がなされてきたと見ることができる。表では核設計技術、伝熱流動解析技術、高温構造設計技術がこの例である。逆に、対角線よりも右下方の欄に入っている技術は、その技術の先端性（又は困難度）に比して開発のテンポが遅いということで、その分開発努力が不足していると見ることができる。表では、システムエンジニアリング技術、大型化技術、保守・補修技術、ロボット技術がこれに相当する。

一方、材料技術と安全性評価技術は、実用化進展度は低い、その先端性が大きいことから判断すると開発努力が不足しているということとはできない。

表 I - 1 1 高速増殖炉共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性

(単位：回答者%)

高速増殖炉共通基盤技術	軽水炉技術に対する先端性							平均点(記号) [*]
	1. 小さい	2. 同程度	3. やや大きい	4. 大きい	5. かなり大きい	6. 比較できない	7. 不明	
1. 核設計技術	3	19	23	<u>24</u>	9	1	22	0.66△
2. 耐震設計技術	3	<u>36</u>	20	18	4	0	19	0.42
3. 高温構造設計技術	0	10	14	25	<u>(31)</u>	1	20	1.17○
4. 遮蔽設計技術	1	<u>31</u>	27	12	7	0	22	0.49
5. 安全性評価技術	3	16	23	17	15	1	25	0.76○
6. 炉心特性解析技術	2	15	25	20	12	0	26	0.74△
7. 伝熱・流動解析技術	1	9	23	<u>29</u>	14	0	24	0.89○
8. 試験	2	23	21	16	9	2	27	0.61△
9. データ取得評価技術	3	25	25	15	4	1	27	0.47
10. プロセス技術	1	<u>(27)</u>	25	14	6	0	27	0.52△
11. 製造加工技術	0	<u>(25)</u>	<u>(26)</u>	17	9	0	24	0.62△
12. 材料技術(構造・腐蝕)	2	10	22	<u>(25)</u>	18	0	24	0.91○
13. 運転(制御・自動化)技術	3	25	<u>(31)</u>	11	5	0	26	0.46
14. 計装技術(核・プロセス)	1	20	<u>(29)</u>	16	8	1	25	0.61△
15. 検査(検出)技術	2	24	<u>(25)</u>	16	9	0	25	0.59△
16. 保守・補修技術	4	16	20	<u>(25)</u>	9	0	25	0.66△
17. 溶接技術	2	<u>(30)</u>	28	13	4	0	24	0.44
18. 建設・機器据えつけ技術	2	<u>(41)</u>	19	9	4	2	25	0.33
19. エレクトロニクス技術	2	<u>(36)</u>	22	10	4	0	26	0.38
20. ロボット技術	3	<u>(25)</u>	20	18	9	0	25	0.57△
21. 大型化(小型化)技術	0	24	<u>(25)</u>	18	7	1	26	0.60△
22. システムエンジニアリング	2	<u>(25)</u>	21	14	9	1	27	0.58△

(*) ○印…大きい(0.75点以上) △印…「やや大きい」(0.5~0.75点) 無印…同程度(0.5以下)

表 I - 1 2 共通基盤技術の先端性と実用化進展度の関係

		軽水炉技術に対する先端性		
		大きい	やや大きい	同程度
実 用 化 進 展 度	(1) 80%以上			・建設・機器据え付け技術
	(2) 75%~79%		・核設計技術	・遮蔽設計技術 ・エレクトロニクス技術 ・耐震設計技術 ・溶接技術 ・データ取得評価技術
	(3) 70%~74%	・伝熱・流動解析技術 ・高温構造設計技術	・プロセス技術 ・製造加工技術 ・計装技術 ・炉心特性解析技術 ・試験 ・検査技術	・運転技術
	(4) 65%~69%	・材料技術 ・安全性評価技術	・システムエンジニアリング ・大型化技術	
	(5) 64%以下		・保守補修技術 ・ロボット技術	

3. 共通基盤技術の他分野先端産業技術に対する先端性

共通基盤技術の他分野先端産業技術に対する先端性を，対軽水炉技術の場合と同じような考え方で評価を行った。その結果を表I-13に示した。結論としていえることは，大半の技術については，軽水炉技術に対する先端性と他分野先端産業技術に対する先端性は基本的に同じであるが，全般的に他分野技術に対する先端性の方が大きくなる。特に表に示すように，耐震設計技術，運転技術，溶接技術等は，軽水炉技術との比較では，同程度の先端性であるが，他分野に対しては先端性は大きくなる。

表I-13 共通基盤技術の軽水炉及び他分野先端産業技術に対する先端性の関係

		軽水炉技術に対する先端性		
		大きい	やや大きい	同程度
他分野先端産業技術に対する先端性	大きい	<ul style="list-style-type: none"> ・高温構造設計技術 ・安全性評価技術 ・伝熱・流動解析技術 ・材料技術 		<ul style="list-style-type: none"> ・耐震設計技術
	やや大きい		<ul style="list-style-type: none"> ・試験 ・プロセス技術 ・製造加工技術 ・計装技術 ・検査技術 ・保守・補修技術 ・ロボット技術 ・大型化技術 ・システムエンジニアリング 	<ul style="list-style-type: none"> ・データ取得評価技術 ・運転技術 ・溶接技術
	同程度			<ul style="list-style-type: none"> ・建設・機器据えつけ技術 ・エレクトロニクス技術
	比較できない		<ul style="list-style-type: none"> ・核設計技術 ・炉心特性解析技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・遮蔽設計技術

4. 共通基盤技術の先端性の特徴

表 I - 1 4 に共通基盤技術の先端性の特徴を示した。個別技術毎の先端性の特徴は表から読みとることができるが、22個の技術全部について触れるのは冗長であるので省略する。そこで2節で述べた、先端性の大きい4つの技術（高温構造設計技術，材料技術，伝熱流動解析技術，安全性評価技術）に関する先端性の特徴のみを記すと、

- ・ナトリウム環境条件
- ・腐食条件
- ・精度
- ・強度
- ・温度条件
- ・高中性子束
- ・高信頼性
- ・システム設計

の8項目の特徴があげられる。22個の共通基盤技術全体として見ても、この8項目に自動化と大型化を加えた10項目が高速増殖炉の共通基盤技術の先端性の特徴といえよう。なお、10項目の中では、高信頼性，ナトリウム環境条件，温度条件，システム設計，高中性子束，精度，自動化の7項目がこの順に重要である。

I. 3. 4 高速増殖炉技術の技術波及の可能性

1. 技術波及の可能性

表 I - 1 5 に高速増殖炉技術の技術波及の可能性の評価結果を示した。可能性大を3点，可能性中を2点，可能性小を1点として計算した平均評価点を最右欄に示してある。この平均点の大小によって共通基盤技術をグループ化してみると次のように分類することができる。

- (1) 技術波及の可能性が大きい共通基盤技術（表 I - 1 5 で平均点2点以上，記号◎）
 - ・高温構造設計技術
 - ・材料技術
 - ・伝熱・流動解析技術
- (2) 産業波及の可能性が中程度の共通基盤技術（平均点1.9～2点，記号○）
 - ・安全性評価技術
 - ・ロボット技術
 - ・耐震設計技術
- (3) 技術波及の可能性が中～小の共通基盤技術（平均点1.7～1.9点，記号△）
 - ・試験
 - ・製造加工技術
 - ・検査技術
 - ・保守・補修技術
 - ・溶接技術
 - ・システムエンジニアリング
- (4) 技術波及の可能性が小さい共通基盤技術（平均点1.7点以下，記号なし）
 - ・その他の技術

表 I - 1 4 共通基盤技術の先端性の特徴

(単位：回答者%)

高速増殖炉 共通基盤技術	高速増殖炉技術の先端性の特徴														
	1. ナ ト リ ウ ム	2. 温 度	3. 圧 力	4. 腐 食	5. 中 性 子 束	6. 精 度	7. 純 度	8. 大 型 ・ 小 型	9. 自 動 化	10. 信 頼 性	11. 強 度	12. 高 速 性	13. 感 度	14. シ ス テ ム 設 計	15. 不 明
1. 核設計技術	41◎	26△	7	10	48◎	15△	6	7	2	34○	5	10	4	19△	26
2. 耐震設計技術	14	16△	1	7	2	5	0	20△	1	42◎	29△	0	3	14	26
3. 高温構造設計技術	36○	53◎	9	26△	19△	2	2	9	2	41◎	36○	2	0	11	25
4. 遮蔽設計技術	12	3	0	2	48◎	12	0	4	1	25△	2	4	3	13	31
5. 安全性評価技術	47◎	25△	8	16△	20△	10	3	7	9	48◎	14	6	3	25△	31
6. 炉心特性解析技術	38○	30○	8	5	36○	20△	2	7	3	31○	1	10	5	18△	31
7. 伝熱・流動解析技術	54◎	42◎	10	9	5	20△	5	6	2	28△	2	4	3	22△	26
8. 試験	37○	25△	8	15△	20△	20△	3	7	16△	34○	8	6	9	13	36
9. データ取得評価技術	27△	20△	6	9	14	23△	3	3	10	42◎	3	13	9	10	36
10. プロセス技術	36○	20△	6	13	9	9	9	3	19△	38○	1	5	2	30○	37
11. 製造加工技術	17△	11	0	16△	6	29△	6	18△	14	36○	11	1	2	8	35
12. 材料技術(構造・腐食)	45◎	35○	7	53◎	23△	12	14	8	1	31○	35○	1	0	5	27
13. 運転(制御・自動化)技術	20△	13	6	2	14	11	1	6	36○	45◎	1	14	9	36○	35
14. 計装技術(核・プロセス)	33○	22△	6	8	28△	22△	4	3	26△	50◎	1	17△	21△	29△	32
15. 検査(検出)技術	29△	16△	6	13	14	27△	9	3	25△	43◎	3	8	15△	9	35
16. 保守・補修技術	36○	19△	4	15△	15△	4	4	7	32○	38○	6	7	3	9	37
17. 溶接技術	17△	14	2	23△	9	9	1	10	14	44◎	25△	2	0	3	31
18. 建設・機器据えつけ技術	13	6	1	2	3	18△	0	25△	6	27△	7	3	1	9	40
19. エレクトロニクス技術	11	10	3	3	14	17△	1	5	25△	42◎	1	14	13	25△	37
20. ロボット技術	25△	18△	2	3	24△	10	0	9	37○	42◎	2	6	11	15△	33
21. 大型化(小型化)技術	14	8	1	5	5	9	3	36○	7	35○	15△	1	1	17△	36
22. システムエンジニアリング	15△	11	3	4	10	9	3	10	12	38○	0	5	4	54◎	38
平均値	27△	19△	5	11	16△	14	4	9	13	36○	9	6	5	17△	

(注) 回答者%, 40%以上……◎印, 30%~39%……○印, 15%~29%……△印

以上からグループ(1)~(3)に属する12個の共通基盤技術が高速増殖炉技術の技術波及の観点からは重要であるといえることができる。

さて、一般的な考え方として、先端性の高い技術程、他分野への技術波及の可能性が高くなるといえることができると思われるが、高速増殖炉技術の場合どうであるか検討してみよう。表I-16に、他分野産業技術に対する先端性の評価と技術波及の可能性の評価の2つの視点から共通基盤技術を位置づけたものを示した。上述の仮説が正しければ、各技術は、右下方への対角線の位置にくる筈である。表から、大勢としてはそのような傾向があるのは明らかで、先端性と技術波及の可能性は基本的に比例するといえよう。ただし、データ取得評価技術やプロセス技術等は、先端性はロボット技術等と同じ

表I-15 高速増殖炉技術の技術波及の可能性

(単位:回答者%)

高速増殖炉共通基盤技術	技術波及の可能性				平均点*
	1. 大	2. 中	3. 小	4. 不明	
1. 核設計技術	8	27	32	33	1.63
2. 耐震設計技術	22	28	27	23	1.93○
3. 高温構造設計技術	41	26	9	25	2.43◎
4. 遮蔽設計技術	6	32	37	25	1.58
5. 安全性評価技術	19	32	20	30	1.99○
6. 炉心特性解析技術	9	27	31	32	1.67
7. 伝熱・流動解析技術	21	38	14	27	2.10◎
8. 試験	9	25	24	43	1.73△
9. データ取得評価技術	4	25	30	42	1.57
10. プロセス技術	5	32	27	36	1.66
11. 製造加工技術	8	35	25	33	1.75○
12. 材料技術(構造・腐食)	21	42	12	25	2.12◎
13. 運転(制御・自動化)技術	7	28	31	34	1.63
14. 計装技術(核・プロセス)	4	32	32	31	1.59
13. 検査(検出)技術	7	36	24	34	1.74△
16. 保守・補修技術	8	37	24	31	1.77△
17. 溶接技術	9	33	24	35	1.77△
18. 建設・機器据えつけ技術	3	24	36	37	1.49
19. エレクトロニクス技術	3	22	41	35	1.42
20. ロボット技術	14	36	19	31	1.94○
21. 大型化(小型化)技術	6	25	31	38	1.60
22. システムエンジニアリング	6	36	24	34	1.73△

(*) 可能性大……3点 平均点2点以上……◎印 可能性中……2点 平均点1.9~2点……○印
 可能性小……1点 平均点1.7~1.9点……△印

く「やや大きい」と評価されているのに技術波及の可能性が小さく評価されているのは、これらの技術が比較的高速増殖炉技術に特有な性格が強く、一般性が低いと考えられているものとみることができる。

2. インパクトを受ける産業分野

それでは、どのような産業分野が、高速増殖炉技術の技術波及のインパクトを受けるであろうか。表 I - 17 にインパクトを受ける産業分野についてのアンケート評価結果を示した。当然のことながら、技術によってインパクトを与える産業は異なってくる。各技術毎のインパクト対象産業の詳細は表から読みとることとして、ここでは、1 項で技術波及の可能性が高いと評価された 6 つの技術について、インパクトを受ける産業を列挙しておく。

- (1) 高温構造設計技術……………軽水炉技術，鉄鋼，化学工業，新素材，機械製造
- (2) 材料技術……………新素材，鉄鋼，化学工業，軽水炉技術，非鉄金属，機械製造
- (3) 伝熱・流動解析技術……………軽水炉技術，化学工業
- (4) 安全性評価技術……………軽水炉技術，化学工業
- (5) ロボット技術……………軽水炉技術，メカトロニクス，精密機械，エレクトロニクス，機械製造，電気機器
- (6) 耐震設計技術……………軽水炉技術，建設業

技術全体について、インパクトを受ける産業をみると、軽水炉技術が一番大きな影響を受けるが、これはある意味で当然のことである。次いで、化学工業，機械製造，エレクトロニクス，鉄鋼，メカトロニクスとなっている。化学工業，機械製造，鉄鋼等のいわゆる重厚長大型の産業へのインパクトが大きいというのが高速増殖炉技術の技術波及の特徴であると言えよう。従って、いわゆる軽薄短小化を中心に進行している我が国産業技術のハイテク化の中であって、既存の重厚長大型産業はやや取り残される傾向にあるが、高速増殖炉技術はこれらの既存産業の技術革新のシーズを提供する技術として位置づけられ、この観点から、我が国の産業技術の高度化に果たす高速増殖炉技術開発の役割を把えていく必要がある。

3. 技術波及の形態と効果

表 I - 18 と 19 に技術波及の形態と効果に関するアンケート集計結果を示した。まず技術波及の形態であるが、全ての技術について、「部分的な改良」という形態をとる場合が圧倒的に多い。「全面的改良」や「新規分野」のような大きな技術波及の形態を

表 I - 1 6 高速増殖炉技術の先端性と技術波及の可能性

		他分野産業技術に対する先端性		
		大きい	やや大きい	同程度
技術 波 及 の 可 能 性	(1) 大きい (2点以上)	<ul style="list-style-type: none"> ・高温構造設計技術 ・伝熱流動解析技術 ・材料技術 		
	(2) 中程度 (1.9~2点)	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性評価技術 ・耐震設計技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット技術 	
	(3) 中~小 (1.7~1.9点)		<ul style="list-style-type: none"> ・試験 ・製造加工技術 ・検査技術 ・保守・補修技術 ・溶接技術 ・システムエンジニアリング 	
	(4) 小 (1.7以下)		<ul style="list-style-type: none"> (・核設計技術)* (・炉心特性解析技術)* ・データ取得評価技術 ・プロセス技術 ・運転技術 ・計装技術 ・大型化技術 	<ul style="list-style-type: none"> (・遮蔽設計技術)* ・建設・機器据えつけ技術 ・エレクトロニクス技術

(*) 軽水炉技術に対する先端性評価で位置づけた。

とることは全般に少ないが、その中であって、高温構造設計技術、材料技術、ロボット技術の3者については、比較的大きな技術波及の可能性がある。

次に表 I - 1 9 に示した技術波及の効果であるが、全ての技術について、「性能向上」といった効果をもたらすことが基本的であるといえる。「コスト低下」といった効果をもたらす技術としては、製造加工技術、材料技術、耐震設計技術、建設・機器据え付け技術、システムエンジニアリング等が主要なものであり、次いで、溶接技術、高温構造設計技術、検査技術等があげられる。「新製品」に結びつくような技術波及効果を与える技術の可能性は小さいが、材料技術、ロボット技術、高温構造設計技術の3技術が、可能性が比較的に高い。

表 1-17 高速増殖炉技術の技術波及インパクトを受ける産業

(単位：回答者%)

インパクトを受ける産業 高速増殖炉 共通基盤技術	1. 軽水炉技術	2. エレクトロニクス	3. メカトロニクス	4. 新素材	5. 機械製造	6. 鉄鋼	7. 化学工業	8. 精密機械	9. 建設業	10. 造船	11. 電気機器	12. 非鉄金属	13. その他産業	平均値
1. 核設計技術	61◎	1	4	8	3	3	1	1	1	3	2	1	3	7
2. 耐震設計技術	53◎	2	2	3	14	7	14	3	42◎	3	7	3	6	12
3. 高温構造設計技術	34○	2	4	28	21△	32○	31○	3	6	3	3	16	7	15
4. 遮蔽設計技術	56◎	0	0	3△	3	3	3	1	11	1	0	4	4	7
5. 安全性評価技術	59◎	8	6	3	8	5	20△	3	6	5	10	1	5	11
6. 炉心特性解析技術	59◎	4	3	2	3	1	1	0	0	0	2	0	2	6
7. 伝熱・流動解析技術	49◎	4	5	3	13	7	31○	1	1	1	3	4	5	10
8. 試験	41◎	14	12	4	12	9	13	9	5	3	9	3	3	11
9. データ取得評価技術	36○	20△	17	4	9	5	14	8	2	1	8	3	5	10
10. プロセス技術	36○	13	8	6	9	8	36○	3	3	2	9	3	7	10
11. 製造加工技術	37○	6	8	19	40◎	20△	17	24△	6	7	8	14	9	17
12. 材料技術(構造・腐食)	36○	1	4	43◎	22△	38○	37○	11	7	6	4	28△	9	19
13. 運転(制御・自動化)技術	45◎	28△	19	2	7	6	20△	10	1	1	19	3	6	13
14. 計装技術(核・プロセス)	48◎	34○	10	4	5	4	18	4	1	1	14	3	5	12
15. 検査(検出)技術	46◎	15	18	3	21△	9	24△	17	3	6	18	5	7	15
16. 保守・補修技術	48◎	7	15	2	14	8	20△	8	5	7	9	3	7	12
17. 溶接技術	42◎	1	6	9	36○	30○	24△	6	14	30○	7	11	8	17
18. 建設・機械据えつけ技術	37○	0	1	0	13	8	14	2	43◎	9	5	4	3	11
19. エレクトロニクス技術	32○	56◎	22△	4	8	4	12	11	3	5	17	3	4	14
20. ロボット技術	49◎	25△	44◎	7	25△	14	16	26△	9	9	25△	4	10	20
21. 大型化(小型化)技術	37○	3	7	5	25△	10	11	9	15	14	8	2	5	12
22. システムエンジニアリング	49◎	14	16	3	19	10	30○	8	10	8	12	5	6	15
平均値	43	11	10	7	14	11	18	7	8	5	9	5	6	
順位	1位	4位	6位		3位	4位	2位							

(*) 40%以上.....◎ 30%~39%.....○ 20~29%.....△

4. 技術波及（可能性）の具体的事例

表 I - 20 に高速増殖炉技術の技術波及（可能性）について、アンケート回答者によってあげられた具体的事例の一覧を示した。軽水炉・核燃料サイクル技術分野への応用（可能性）事例と、原子力以外の他分野技術への応用（可能性）事例の両者が示されている。表の内容は、回答者の表現をそのまま用いた。したがって、同じ表現や類似の表現があるが、回答者の生の声を重視するという観点から、あえて表現の統一は行っていない。

具体的事例としてあげられた技術分野は、本アンケートに示した 22 個の共通基盤技術のほとんどの技術分野があげられている。さらに、核融合炉技術への波及の可能性を指摘する回答も多い。

表 I - 18 技術波及の形態

（単位：回答者％）

高速増殖炉共通基盤技術	1. 部分的改良	2. 全面的改良	3. 新規分野	4. 不明
1. 核設計技術	48	7	7	39
2. 耐震設計技術	60	6	3	31
3. 高温構造設計技術	48	13	9	30
4. 遮蔽設計技術	55	4	4	36
5. 安全性評価技術	49	6	5	40
6. 炉心特性解析技術	50	3	3	43
7. 伝熱・流動解析技術	57	5	3	35
8. 試験	45	3	3	50
9. データ取得評価技術	46	1	4	49
10. プロセス技術	49	3	1	48
11. 製造加工技術	50	4	6	40
12. 材料技術（構造・腐食）	48	10	12	31
13. 運転（制御・自動化）技術	51	4	3	42
14. 計装技術（核・プロセス）	53	4	3	41
15. 検査（検出）技術	52	3	6	40
16. 保守・補修技術	47	6	7	41
17. 溶接技術	50	5	3	42
18. 建設・機器据えつけ技術	52	3	2	44
19. エレクトロニクス技術	52	4	2	42
20. ロボット技術	45	10	9	36
21. 大型化（小型化）技術	45	8	2	46
22. システムエンジニアリング	48	6	7	39

表 1 - 1 9 技術波及の効果

(単位：回答者%)

技術波及の効果	1. 性能向上	2. コスト低下	3. 新製品	4. 不明
高速増殖炉共通基盤技術				
1. 核設計技術	52	8	3	40
2. 耐震設計技術	49	21	1	32
3. 高温構造設計技術	49	17	13	30
4. 遮蔽設計技術	50	12	3	39
5. 安全性評価技術	45	14	1	42
6. 炉心特性解析技術	47	9	2	47
7. 伝熱・流動解析技術	53	14	4	37
8. 試験	40	10	1	52
9. データ取得評価技術	43	7	3	52
10. プロセス技術	40	14	2	48
11. 製造加工技術	40	22	6	39
12. 材料技術(構造・腐食)	41	23	20	35
13. 運転(制御・自動化)技術	50	9	4	42
14. 計装技術(核・プロセス)	50	9	3	41
15. 検査(検出)技術	42	17	7	42
16. 保守・補修技術	41	14	6	43
17. 溶接技術	45	18	3	42
18. 建設・機器据えつけ技術	33	21	1	47
19. エレクトロニクス技術	49	10	4	44
20. ロボット技術	44	15	14	39
21. 大型化(小型化)技術	36	16	3	48
22. システムエンジニアリング	43	20	3	40

表 I - 20 高速増殖炉技術の技術波及（可能性）の事例

(1)

軽水炉・核燃料サイクル技術分野への応用（可能性）事例	他分野技術への応用（可能性）事例
<ul style="list-style-type: none"> • F B R で得られた炉心建設技術は、現在、高転換型 P W R の開発に有効に適用されている。 • 遮蔽設計技術における、評価手法（例えばストリーミング評価手法等）は、軽水炉・核融合、核燃料サイクル技術等に適用できる。 • A T R（新型転換炉）や軽水炉で Pu を使用する場合に高速炉の技術が有用だろう。 • 高耐放射線ケーブル → 軽水炉等の高放射線下への応用の可能性あり。 • 核融合炉用液体ブランケット技術 • 核融合炉、特にハイブリッド炉 • 私の専門とする原子炉遮蔽の分野では高速増殖炉は熱中性子炉の延長線上にあります。例えば、核データファイル、中性子輸送計算コードなど高速増殖炉を目標とするものでも熱中性子炉に使用され、核融合炉ブランケット、遮蔽の中性子工学（ニュートロニクス）計算には同様の手法の計算コードを使用しています。 • 応用される可能性のあるもの <ul style="list-style-type: none"> ① ロボット技術、特にマニピュレーター ② 材料技術 たとえば、スエリングの小さい鉄鋼材料の開発 ③ 燃料製造技術……混合酸化物の製造（一部ではすでに A T R に応用されている） ④ 再処理技術………現在動燃の C P F で行われているもので、将来の軽水炉燃料再処理に重要な知見を提供するとみられる。 • システムエンジニアリング 	<ul style="list-style-type: none"> • 高温配管設計 • 火力発電装置（タービン、ボイラ）や高温化学装置の寿命・余寿命評価に対し、F B R 高温構造設計指針や F B R 材料データが寄与している。 • F B R で開発された高温構造設計指針の手法は 500℃程度のプロセスをもつ一般産業の構造健全性の設計手法にとりいれられつつある。 • 安全性評価における考え方の体系、特に P R A 技術は、他分野の安全性評価に大いに役立つと思う。現在の高速炉技術の内、最も波及効果が広く大きいのは、この点ではないだろうか？（効果が表われるのはかなり先のことになるであろうが） • 核データの蓄積、Na のハンドリング技術の向上が、核融合等高度技術における技術的背景のすそを広くしている。 • ナトリウム使用施設に対しての安全性評価技術 • 加速器増殖炉の除熱部にナトリウム冷却を用いる例 • 品質管理 • 材 料 • 加工技術 • 材料の耐放射線技術 • 二層流伝熱流動技術 • Na 技術 • システムエンジニアリング • 極限状態の下で用いるための新技術の開発等間接的波及効果の可能性がある。 • 国家的規模の極大型プロジェクトの運営方法のあり方

軽水炉・核燃料サイクル技術 分野への応用（可能性）事例	他分野技術への応用（可能性）事例
<ul style="list-style-type: none"> • 現在の高速増殖炉技術は軽水炉等の技術を基礎として成立しており、その様な点から、軽水炉等（熱中性子炉）の技術、核燃料技術とは不可分であり、高速増殖炉の開発課程で得られた成果の多くは、軽水炉・核燃料技術に直ちにフィードバックされるものと思う。 特に、高温ガス炉等の技術に応用される可能性の高い項目が多いと考える。（燃料製造、核計装等） • 高速中性子に関し、計測技術、遮蔽技術、照射されたものの物性変化、等 • 軽水炉に比べて、例えばタンク型FBRの場合、 高温＋大型＋低圧 の相乗効果が構造設計へ与える影響 • 高転換炉の設計 高精度の核計算手法が適用できる。 • 高速炉の燃料 - 軽水炉燃料の稠密化、高濃縮化、高転換化 • ① I S I 機器～A T R、軽水炉用 I S I との相互技術交換 ② ステンレス加工技術～比較的薄肉の製品を精度よく加工する技術 • プルトニウム・リサイクル……軽水炉等の熱中性子炉へ • 再処理技術 • アクチニド処理 • 耐震設計技術は軽水炉開発についても応用できる。 • 保守・補修技術についても応用できる。 • 施設のコンパクト化（縮小化） • 高温設計法の合理化 • 建屋構造の合理化 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ R & D のあり方 ◦ 官民協力体制 等 • ナトリウム取扱い技術 高温伝熱媒体としてのナトリウム } _____ 高温化学工業の熱媒体としてのナトリウム利用 ① ナトリウムの取扱い～熱媒体、触媒 ② 高温設計手法～高温データの整備、設計手法、電算化によるシステム化、化工機分野 • 核融合炉の核設計（高エネルギー中性子） • “ ” での液体金属冷却 • 実現化の為に技術開発要素として免震構造の研究が進められている。これらの成果は、今後高度化（耐震、防震性）が求められる施設に広く活用される。 • 地震動の調査、検討が進み段階的ではあるが、インプット条件としての耐震設計法に発展がある。 • プロセス技術の高度化（装置設計法とその総合化技術） • ナトリウム取扱い技術 • システムエンジニアリング • 極限下に耐える材料の開発 • もし耐熱材料が経済性を含め実用化できれば、エネルギー経済上のインパクトは大きい。 • 現状では見るべきものなし。 • 耐高中性子束照射機の開発を誘発（鉄及び非鉄合金） • 高中性子束、高γ線照射域での耐高温構造材料及び部品→セラミック機開発 • 一般エネルギー工学 • 高純度ナトリウム製造技術 • 高温構造物の熱衝撃解析

軽水炉・核燃料サイクル技術 分野への応用（可能性）事例	他分野技術への応用（可能性）事例
<ul style="list-style-type: none"> • 入力条件及び機器耐震設計法 • 燃料構造の自動化 • 高速炉の燃料燃焼度は高いので、燃料性能評価技術は、軽水炉燃料の燃焼度の向上（現在高性能燃料として開発中）に役立つ。 • もし、耐熱材料が経済性を含め実用化できれば、エネルギー経済上のインパクトは大きい。 • 現状では見るべきものなし。 • 長寿命燃料（炉心）設計の可能性 • プル・サーマル燃料 • 核融合炉ブランケットの液体金属冷却 • A T W S 解析 • 湿式及び乾式再処理法 • セラミック燃料 • トリウム、サイクル燃料炉 • 遮蔽設計………高速中性子のストリーミング等 • 核計算手法………三角核子体形 ハイコンバージョン LWR に利用可能 • I S I 技術 • 免震技術………今後 • 耐震技術（入力低減技術又はコンセンサス） • 三次元流動解析技術 • 高温コンクリート技術 • 座屈評価 • 非弾性解析技術 • ステンレス鋼の利用技術（材料成分、溶接法、欠陥検査法、例えば、電磁超音波探傷技術） • 燃料取扱系の自動化技術 • 高転換型軽水炉燃料及び、炉心設計技術 • Pu 混合燃料技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 液体金属 M H D 発電 • 構造設計解析手法の研究開発 • 汎用非線形構造解析プログラムの開発（熱伝導解析、他） • 構造材料の研究開発 • 極悪環境下でのオーステナイト系ステンレス鋼の開発 • 高速炉プラントのような大きなシステムを自主開発した（しつつある）という経験、そしてやれば出来るのだという自信を得た点は、無形のものとして今後の何かに役立つのではなからうか。 • ナトリウムループ等の高温構造および運転技術は、金属工業、化学工業等の装置産業へインパクトを与えるものとする。 • 汚染機器の遠隔得修技術 • 計算機応用技術 • 耐放射線性有機絶縁毛線等の開発が進行し、近い将来、従来無機材使用の領域にまで応用可能となり、cost 低減及び取扱いが容易となる。 • タンク型炉型の開発実体が進み、耐震性の実確された大型機器の設計が容易となる。 • 配管系（特に一次系）の熱応力除去方法に新しい解析手法（or 機器）が導入されて、cost D N 及び安全性の向上を催走する。 • 大型構造物の設計、建設等（耐震設計等） • 液体金属応用技術分野 • ナトリウムを媒体とする伝熱技術の開発（可能性） • 不可視対象物（ナトリウム浸漬）の検査、リモートコントロール、データ収集技術の発展。 • 液体金属ポンプ、流量計の鉄鋼等素材産業への応用の可能性

軽水炉・核燃料サイクル技術 分野への応用（可能性）事例	他分野技術への応用（可能性）事例
<ul style="list-style-type: none"> • ハイコンバージョンLWRの炉心設計，燃料設計 • 耐震設計 • 配管設計 • 免震原子炉建屋 • 耐放射線性有機絶縁毛線等の開発が進行し，近い将来従来無機材使用の領域にまで応用可能となり，cost 低減及び取扱いが容易となる。 • タンク型炉型の実体が進み，耐震性の実確された大型機器の設計が容易となる。 • 配管系（特に一次系）の熱応力除去法に新しい解析手法（or 機器）が導入されて，cost DN及び安全性の向上を催足する。 • 高温構造設計，熱過渡解析手法の応用 • 耐高中性子照射材料の利用（核融合炉材料等の開発） • 高速中性子工学技術の発展 - 核融合，新素材，宇宙産業への波及 • 溶融金属による熱輸送技術 - 高効率熱伝達システム • ナトリウム管理技術 - 放射化金属の分離技術 • FBRの燃料技術は，軽水炉のPu-Thermalに役立った。また，Naの技術及び高温技術は原子力以外でも役立つ可能性がある。 • 例えば，ブールサーマルの核解析の基礎を与えた。 • 材料開発に新しい展開を与えた。 • 現時点で直接的に応用されるものはない。（間接的には共通技術として相互に影響を与えているものは多い。） • 今後応用される可能性の高い分野としては， 	<ul style="list-style-type: none"> • 液体金属の取扱い技術の核融合炉への応用 • Na等のシール技術は，Bio-Engrverry等に役立つと思われる。 • 液体金属応用技術，例えばMHD，核融合炉ブランケット材のhiに技術的な転用を可能にする。 • 高温（500℃前後）の各種センサーの開発を促進した。（例えば，ストリンゲージなど） • 具体例として遮蔽設計技術の石油資源探査への応用について，検討された例がある。 • 今後応用される可能性の高い分野としては，耐震設計技術，高温構造設計技術，伝熱，流動解析技術，運転技術，保守，補修技術，ロボット技術，システムエンジニアリングなどが考えられるが，応用に当っては軽水炉技術と複合された形になろう。 • 消化法（ナトリウム火災に対して） • R&D企画，とりまとめ技術（ビッグ・プロジェクトに対して） • Naの挙動に係れるデータ • ロボット化技術 • 新材料開発（配管材料等） • 各種プラントの安全性評価技術 • 各種プラントの信頼性評価技術 • 高温技術 • ナトリウム製造，循環ポンプ，および取扱技術，安全管理技術は金属ナトリウムの製造およびナトリウムによる金属チタン製造工業の発展にとり入れられている。金属リチウムを用いる珪素製造にも取入れられるであろう。 • 蒸気発生機の技術（ナトリウムと水との伝熱）は今後多くの応用が考えられる。またナトリウム技術によってナトリウムのヒートパイプも製造される。

軽水炉・核燃料サイクル技術 分野への応用（可能性）事例	他分野技術への応用（可能性）事例
<p>耐震設計技術，高温構造設計技術，* 遮蔽設計技術，* 安全性評価技術，* 伝熱流動解析技術，* 運転技術，システムエンジニアリングなどが考えられる。特に，* 印を付した分野については，高速炉技術開発が軽水炉技術より高度化されつつある分野であり応用度が高い。また，核燃料サイクル技術については，軽水炉技術と新型炉技術とが複合された形で応用されることになろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> • LWRで稠密格子炉などの設計 • 核融合炉の開発 • 高転換炉 • 信頼性の高い計測・制御技術 • 耐照射損傷被覆管素材等の開発は，他炉型および核融合炉材の開発に波及する。 • 高速炉燃料製造設備（グローブボックスシステム及び計装システム）は高速炉燃料再処理の開発に取り入れられたおり，また，トリウムサイクルが実用化になった場合直ちに取り入れられる。 • 高速炉燃料再処理に使用される耐放射線ロボット技術は，軽水炉燃料再処理にフィードバックされよう。 • また，将来軽水炉廃炉ロボット，核融合用ロボット技術に応用されよう。 • 炉心特性解析技術は，スーパーレシオンハイブリッドブリーダーに直ちに応用される。 • 材料の耐放射線特性の向上 • 液体金属冷却技術は核融合炉における冷却系について，有用な技術情報を与える。 • 材料の再処理のニーズは，軽水炉燃料の再処理に対しても有用な知見と技術情報を与える。 • 照射効果 	<ul style="list-style-type: none"> • 巨大装置の低コスト設計 • 燃料被覆管の製造と検査技術は，他分野で細管の製造・珪素技術の開発に資する。 • 伝熱・流動解析技術 → ボイラー火炉内燃焼ガス挙動 • 高温構造設計技術 → 化学プラント • 伝熱管供用期間中検査技術 → ボイラー • 耐震設計技術 → 鉄構，建築構造物の大型製品 • 大型構造物の溶接技術 → 鉄構製品 • 液体Naあるいは，Na合金の諸性質の解明 • 鉄鋼中微量成分の制御 • 高温構造設計手法（非弾性解析，評価） • 耐熱鋼の開発（9w鋼改良材 → 火力プラント） • I S I 機器（細管内探傷検査装置） • 熱流動解析手法（ → 衛生工学） • 例えば素材，材料の開発ではきびしい複合環境下でのすぐれた性能を有するものができれば，その応用は，非常に広範にわたるであろう。かつその開発のプロセスは他の工，鉱業における材料開発にも資するだけ大であろう。

軽水炉・核燃料サイクル技術 分野への応用（可能性）事例	他分野技術への応用（可能性）事例
<ul style="list-style-type: none"> • UO₂燃料の高燃焼度化 • プルトニウム燃料再処理への技術展開 • 軽水炉高燃焼度化への経験の適用 • 軽水炉高転換炉開発への技術展開の可能性 • 高速炉技術ということばの定義は私なりに高速炉系実用化のトータルシステム技術と解釈する。炉そのものの大切なことはいふ迄もないが、炉だけができて、再処理、廃棄物処分を含めた、また将来のデコミ、解体も含めたトータルシステムが完成しないと高速炉系は実用化されないからである。従って、これが完成に到るには、まず現在の軽水炉についての核燃料サイクルトータルシステム技術は完成している筈であるが、高速炉系技術の完成は軽水炉系の安全性について全般的にいい効果をもたらすであろう。 	

I.3.5 アンケート分析のまとめ

(1) 高速増殖炉開発の意義

高速増殖炉開発の意義としては、エネルギーセキュリティとプルトニウム利用炉としての位置づけが特に重要であり、次いで、ウラン価格の抑制、技術先進国として不可欠な技術という観点が重要である。

(2) 実用化目標時期と実用化困難度

約6割の回答者が「研究開発を確実にやっていけば、2010年代には実用化できる」と考えているが、一方、約3割の回答者は「かなりの開発努力を必要とし、実用化時期も2010年代よりも遅れる可能性がある」と考えている。

(3) 高速増殖炉技術の要素技術構成比

高速増殖炉技術は、広義のソフトウェア技術（設計、解析、システム化等）への依存度が、ハードウェア技術への依存度よりも大きい。

- (4) 主要機器システム技術の技術レベル
技術によって実用化進展度に差はあるが、実用化レベルを100%とした場合、80%程度と評価する回答者が最も多い。
- (5) 使用（環境）条件と開発ターゲット
ナトリウム、温度、腐食、高中性子束が代表的な使用（環境）条件である。開発のターゲットとしては信頼性が最重視される。
- (6) 主要機器システム技術の軽水炉技術に対する先端性
先端性の大きい機器システム技術としては、炉心構造、中間熱交換器、蒸気発生器、主循環ポンプ、燃料取扱機、計測機器、燃料、炉心材料があげられる。
- (7) 共通基盤技術の技術レベル
実用化進展度が高いのは、建設・機器据えつけ技術、遮蔽設計技術等であり、逆に、保守・補修技術、ロボット技術は遅れている。全体としては、70～74%（実用化を100%とした時）のレベルに達している。
- (8) 共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性
先端性の大きい技術としては、高温構造設計技術、材料技術、伝熱流動解析技術、安全性評価技術がある。先端性が大きい技術ほど実用化進展度は低くなる傾向にある。
- (9) 共通基盤技術の他分野先端産業技術に対する先端性
基本的傾向は(8)と同じである。ただし、追加的に耐震設計、運転、溶接技術等の先端性が大きくなる。
- (10) 先端性の特徴
高信頼性、ナトリウム環境条件、温度条件、システム設計、高中性子束、精度、自動化が先端性の特徴としてあげられる。
- (11) 技術波及の可能性
技術波及の可能性の大きい技術は、高温構造設計技術、材料技術、伝熱・流動解析技術であり、次いで、安全性評価技術、ロボット技術、耐震設計技術である。
- (12) インパクトを受ける産業
化学工業、機械製造、鉄鋼等のいわゆる重厚長大型産業が受ける技術波及インパクトが最も大きい。
- (13) 技術波及の形態と効果
技術波及は「部分的な改良」の形をとることが多い。「性能向上」が主たる効果であるが、技術によっては「コスト低下」効果をもつものもある。「新製品」に結びつく技術としては材料、ロボット、高温構造設計技術に限られる。

付 録 「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」アンケート

Q 1 我が国での高速増殖炉開発の意義としては、いくつかの要因をあげることができます。各々の重要度について評価して下さい。

意 義	重 要 度			
	1 極めて重要	2 重要	3 ある程度重要	4 重要でない
a. エネルギーセキュリティ上重要である。	1	2	3	4
b. プルトニウムの利用炉として重要である。	1	2	3	4
c. 炉型多様化の観点から重要である。	1	2	3	4
d. 技術進歩により、将来、発電コストが低くなる。	1	2	3	4
e. 実用化することがバーゲニングパワーを高める。	1	2	3	4
f. 原子力技術先進国として不可欠な技術である。	1	2	3	4
g. 原子力技術の高度化に役立つ。	1	2	3	4
h. 産業技術全般のレベル向上に役立つ。	1	2	3	4
i. ウラン価格の上昇をおさえる。	1	2	3	4
j. ()	1	2	3	4

Q 2 高速増殖炉の実用化は、いつ頃を目標にして開発していくべきでしょうか。その時の実用化の困難度はどう評価できるでしょうか。

実 用 化 目 標 時 期	実 用 化 の 困 難 度
1. できるだけ早期	1. 研究開発を確実にやっければ達成できる。
2. 2010年代	2. かなりの努力をすれば達成できる。
3. 2020年代	3. かなりの努力をしても困難は大きい。
4. 2030年代以降	4. その他
5. 軽水炉技術やウラン資源状況等によって変えるべき。	
6. その他	

Q 3 高速増殖炉の技術開発課題は、次にあげる要素技術分野にどのように分散しているでしょうか。回答例にならって御記入下さい。

要素技術分野	(回 答 例)	回 答
(a) 設計技術	(20) %	() %
(b) 生産・加工技術	(15) %	() %
(c) システム化技術	(15) %	() %
(d) 素材・材料技術	(15) %	() %
(e) ソフトウェア (解析)技術	(20) %	() %
(f) ノウハウ	(10) %	() %
(g) 基礎工学	(5) %	() %
(h) ()	(0) %	() %
合 計	(100) %	(100) %

Q 4 高速増殖炉の主要機器・システムの開発の現状に関し、次の表の項目について評価して下さい。

評価項目	現在技術のレベル (実用化技術を100%)					開発上の使用(環境)条件の特徴 (いくつでも)						その他開発上のネック、ターゲット項目 (いくつでも)						軽水炉技術と比較して 高速炉技術の先端性は						確立すべき知識、 開発項目 (自由記入欄)						
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	1.	2.	3.	4.		5.	6.				
主要機器システム技術						ナ	温	圧	腐	中	そ	精	純	大	自	信	強	シ	そ	小	同	や	大	か	比					
	1	2	3	4	5	ト					性	度	度	型	化	性	度	設	他	さ	程	大	き	り	き					
	0	0	0	0	0	ウ					の	小	動	頼	テ	の				い	度	い	い	大	い					
	%	%	%	%	%	ム	度	力	触	束	他	化								い	度	い	い	大	い					
1. 炉心構造	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
2. 炉容器	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
3. 中間熱交換器	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
4. 蒸気発生器	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
5. 配管系	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
6. ナトリウム機器	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
6・1 遮蔽プラグ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
6・2 制御棒駆動機構	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
6・3 主循環ポンプ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
6・4 燃料取扱機	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
6・5 計測機器	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
7. プラント冷却システム	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
8. ナトリウム取扱技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
8・1 ナトリウム純度管理	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
8・2 ナトリウム機器洗浄除染	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
9. 格納容器	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
10. 燃料	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
11. 炉心材料(集合体、被覆材料、等)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					
12. その他()	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6()	7	8	9	10	11	12	13	14()	1	2	3	4	5	6					

Q 5 高速増殖炉の技術は、機器システムの面だけでなく、下表に示すような共通基盤技術としても捉えることができます。各技術について、次の項目に関する評価をして下さい。

	現在技術のレベル (実用化技術を100%)					軽水炉技術と比較して 高速炉技術の先端性は						他分野先端産業と比較して 高速炉技術の先端性は						高速炉技術の先端性の特徴 (いくつでも)															
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	
高速増殖炉共通基盤技術					1	小	同	や	大	か	比	小	同	や	大	か	比	ナ	温	圧	腐	中	精	純	大	自	信	強	高	感	シ	そ	
	2	4	6	8	0	さ	程	や	き	な	較	さ	程	や	き	な	較	ト				性			・	動	類	速	ス	テ	ム	の	
	0	0	0	0	0	い	度	大	い	り	で	い	度	大	い	り	で	リ				子			小	型	化	性	度	性	度	計	他
	%	%	%	%	%			い		大	い			い		大	い	ウ	度	力	蝕	束	度	度	型	化	性	度	性	度	計	他	
1. 核設計技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
2. 耐震設計技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
3. 高温構造設計技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
4. 遮蔽設計技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
5. 安全性評価技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
6. 炉心特性解析技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
7. 伝熱・流動解析技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
8. 試験	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
9. データ取得評価技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
10. プロセス技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
11. 製造加工技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
12. 材料技術(構造・腐蝕)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
13. 運転(制御・自動化)技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
14. 計装技術(核・プロセス)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
15. 検査(検出)技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
16. 保守・補修技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
17. 溶接技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
18. 建設・機器据えつけ技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
19. エレクトロニクス技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
20. ロボット技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
21. 大型化(小型化)技術	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
22. システム・エンジニアリング	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	
23. その他()	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15()	

Q 6 高速増殖炉の機器システム技術と共通基盤技術は相互に関連しています。そこで、各機器システム技術にとって重要な関連をもつと考えられる共通基盤技術を選んで下さい。
 (いくつでも)。重要なものに○印を、特に重要なものには◎印をつけて下さい。

共通基盤技術	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
	核 設 計 技 術	耐 震 設 計 技 術	高 温 構 造 設 計	遮 蔽 設 計 技 術	安 全 性 評 価 技 術	炉 心 特 性 解 析	伝 熱 ・ 流 動 解 析	試 験	デ テ ィ ル 取 得 評 価	プ ロ セ ス 技 術	製 造 加 工 技 術	材 料 ・ 腐 蝕 ・ 構 造	運 転 ・ 制 御 技 術	計 装 ・ 口 術 ・ ス ・ 核	検 査 ・ 検 出 ・ 修 繕	保 守 ・ 補 修 技 術	溶 接 ・ 機 器 据	建 設 ・ 機 器 据	工 ク レ ス ト ニ	ロ ボ ッ ト 技 術	大 化 型 ・ 小 型	シ ジ ス ニ テ ア ム リ ・ エ ン グ	そ の 他 ・)
1. 炉 心 構 造	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2. 炉 容 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3. 中 間 熱 交 換 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
4. 蒸 気 発 生 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
5. 配 管 系	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6. ナ ト リ ウ ム 機 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6.1 遮 蔽 プ ラ グ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6.2 制 御 棒 駆 動 機 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6.3 主 循 環 ポ ン プ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6.4 燃 料 取 扱 機	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6.5 計 測 機 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
7. プ ラ ン ト 冷 却 シ ス テ ム	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8. ナ ト リ ウ ム 取 扱 技 術	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8.1 ナ ト リ ウ ム 純 度 管 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
8.2 ナ ト リ ウ ム 機 器 洗 浄 除 染	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
9. 格 納 容 器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
10. 燃 料	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11. 炉 心 材 料 (集 合 体 ・ 被 覆 材 ・ 等)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12. そ の 他 ()	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Q 7 高速増殖炉技術が実用化された時又は開発時においても他分野の技術に大きなインパクトを与えることが考えられます。技術波及の可能性と分野について評価して下さい。

	技術波及の可能性				インパクトを受ける分野（いくつでも）													技術波及の具体例 (自由記入)	波及の形態			波及の効果		
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.		1.	2.	3.	1.	2.	3.
高速増殖炉共通基盤技術	大	中	小	明	軽水炉技術	エネルギー	メカニクス	新材料	機械製造	鉄鋼	化学工業	精密機械	建設業	造船業	電気機器	非鉄金属	その他産業	部分的改良	全面的改良	新規分野	性能向上	コスト低下	新製品	
1. 核設計技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
2. 耐震設計技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
3. 高温構造設計技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
4. 遮蔽設計技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
5. 安全性評価技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
6. 炉心特性解析技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
7. 伝熱・流動解析技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
8. 試験	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
9. データ取得評価技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
10. プロセス技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
11. 製造加工技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
12. 材料技術（構造・腐蝕）	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
13. 運転（制御・自動化）技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
14. 計装技術（核・プロセス）	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
15. 検査（検出）技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
16. 保守・補修技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
17. 溶接技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
18. 建設・機器据えつけ技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
19. エレクトロニクス技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
20. ロボット技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
21. 大型化（小型化）技術	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
22. システム・エンジニアリング	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3
23. その他（ ）	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	()	1	2	3	1	2	3

Q 8 高速増殖炉技術開発の他分野への応用の事例（又は応用の可能性事例）について、具体的なアイデアや事例がございましたらお答え下さい。
 （Q7等の技術分類は無視して下さい。）

	事 例 （又はアイデア、可能性）
<p>高速増殖炉技術開発の過程で得られた研究成果や技術で、軽水炉や核燃料サイクル技術分野に応用された（又は応用される可能性のある）事例</p>	
<p>原子力以外の他分野の技術にインパクトを与えた（又は与える可能性のある）事例</p>	

Q 9 あなたの御職業の分野をお知らせ下さい。

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者
2. 原子力技術者、研究者、科学者
3. その他 ()

Q 10 あなたの御専門分野又は興味をもっている分野は次のどれに近いでしょうか。いくつでも選んで下さい。

- | | |
|-----------------|-------------------|
| 1. 核設計技術 | 13. 運転（制御・自動化）技術 |
| 2. 耐震設計技術 | 14. 計装技術（核・プロセス） |
| 3. 高温構造設計技術 | 15. 検査（検出）技術 |
| 4. 遮蔽設計技術 | 16. 保守・補修技術 |
| 5. 安全性評価技術 | 17. 溶接技術 |
| 6. 炉心特性解析技術 | 18. 建設・機器据えつけ技術 |
| 7. 伝熱、流動解析技術 | 19. エレクトロニクス技術 |
| 8. 試験 | 20. ロボット技術 |
| 9. データ取得評価技術 | 21. 大型化（小型化）技術 |
| 10. プロセス技術 | 22. システム・エンジニアリング |
| 11. 製造加工技術 | 23. その他 () |
| 12. 材料技術（構造・腐蝕） | |

Q 11 最後に、高速増殖炉の技術開発について、御意見・御感想がございましたらどのようなことでも結構ですから御記入下さい。

以上で終了です。長時間御協力くださりまして誠にありがとうございました。

II. 高速増殖炉建設に関する産業連関分析

本章では高速増殖炉建設による生産誘発効果、雇用誘発効果などの産業波及効果を、産業連関表を用いて分析する。この分析においては、軽水炉建設と高速増殖炉建設の産業波及効果の違いを明らかにすることを目的とする。

II.1 産業連関分析の枠組み

II.1.1 産業連関分析の特性

1. 産業連関表の構造

産業連関表は図 II-1 に示すような構造を持つ表であり、中間需要×中間投入のマトリクスは、各部門で、どの部門で産出される財貨・サービスをどれだけ消費し、どの部門に投入される財貨・サービスをどれだけ生産したかをマトリクス化したものである。この表では、

$$\sum_j x_{ij} + \sum_j y_{ij} = X_i \quad \dots\dots (1)$$

(中間需要) + (最終需要) = (国内生産額)

…… 表の横方向のバランス

- (中間需要) 国内のある部門の売り手側が、その部門から各生産部門(中間需要部門)に対してどれだけ販売したのか、その額を示したもの。財貨・サービスの生産部門別に表示される。
- (最終需要) 財貨・サービスの生産部門で生産された財貨・サービスであって最終的に他の財貨・サービスの生産以外の目的に用いられた財貨・サービスの額を示したもの。基本的には、消費、投資、輸出で構成されている(輸入は後出)。
- (国内生産) 中間需要と最終需要を合計すると、重複しない国内の総需要が出る。現実にはこれは国内の財貨・サービスの生産に輸入を加えたものによってまかなわれているはずである。そこでこれは、輸入を除けば国内生産額と一致することになる。

および

		内生部門				外生部門	
買い手	売り手	中間需要				最終需要	国内生産額 X
		(生産される財貨・サービスの種類)			 Y	
内生部門	中間投入	↓ 列 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 原材料等の内訳 (投入)				生産物の販路構成 (産出) <input type="checkbox"/> y_{ij} <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> X_i
	粗付加価値	<input type="checkbox"/> v_{ij} <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
外生部門	国内生産額 X	<input type="checkbox"/> X_i					

図 II - 1 産業連関表 (商品 × 商品) の構造

$$\sum_i x_{ij} + \sum_i v_{ij} = X_j \quad \dots\dots\dots (2)$$

(中間投入) + (粗付加価値) = (国内生産額)

…… 表の縦方向のバランス

- (中間投入) その部門の財貨・サービスを生産するために各部門から原材料、燃料などの財貨・サービスをどれだけ購入したか、その額が示されている。
- (粗付加価値) その部門が財貨・サービスを生産するために、雇用者所得、資本減耗、営業余剰としてどれだけ計上したか、その額が示されている。
- (国内生産額) ある部門において、生産に必要な財貨・サービスの購入費用と、この生産のために計上した粗付加価値を加えると、これは、その部門が生産した財貨・サービスの販売額になり、すなわちこれは、国内生産額を意味する。

の2つのバランス式が成立している。実際には横方向のバランス式には、輸入の項が必要となり、

$$(中間需要) + (最終需要) + (輸出) = (国内生産額) + (輸入)$$

$$\sum_j x_{ij} + \sum_j y_{ij}^{\Delta} + y_i^E = X_i + M_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

y_{ij}^{Δ} : 国内最終需要

y_i^E : 輸出

M_i : 輸入

となつて、横方向バランス式と縦方向バランス式中の、国内生産額が一致する。これらのマトリクス、ベクトルの各要素を全て生産者価格で示したものを生産者価格表と言い、一般の産業連関分析ではこの生産者価格表が用いられる。

2. 投入係数

いま、第 j 部門における第 i 商品の投入比率を

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i} \quad \dots\dots\dots (4)$$

と計算すると、これは第 j 産業において1単位の生産を行うのに必要な第 i 商品の量と解釈できる係数である。この a_{ij} は投入係数とよばれるが、「投入係数は安定的な定数である」という仮定が産業連関分析の出発点となる。

3. 産業波及効果の分析

投入係数を用いて(1)式を書き直すと、

$$A \cdot X + Y = X \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\begin{pmatrix} A = (a_{ij}) \\ X = (X_i) \\ Y = (\sum_j y_{ij}) \end{pmatrix}$$

$$(I - A)^{-1} Y = X \quad \dots\dots\dots (7)$$

という式を得る。このモデルを均衡産出高モデルと呼ぶ。

ここで、消費の伸び、投資などの最終需要変化を ΔY とすると、

$$(I - A)^{-1} \Delta Y = \Delta X \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。これが産業波及効果に関する産業連関分析である。すなわち、最終需要の ΔY の変化に対して国内総生産がどれだけ変化することになるのかをこの手法により分析することが可能となる。

尚、このような分析により得られた ΔX を用い、これに付加価値係数、投入係数、雇用係数等に乗ずることにより、付加価値、輸入、雇用誘発の分析を行うこともできる。

4. 輸入の取扱い

前節のモデルでは、簡単化のために輸入は考慮していなかったが、現実には国内需要の一部は輸入でまかなわれており、最終需要の生産に対する波及効果が輸入分だけ弱められる。したがって輸入を無視するのは現実的とはいえない。

いま、第*i*部門の輸入額を M_i で表すことにすると、この M_i は通常は国内総需要に比例しているものと想定される。この比例定数を輸入係数 m_i とよぶとすれば、輸入係数は実際の産業連関表から次のように求められる。

$$m_i = M_i / (\sum_j x_{ij} + y_i^D) \quad \dots\dots\dots (9)$$

輸入係数 m_i を対角成分とする $n \times n$ の対角行列を \bar{M} と書くと、(9)式を用いて(3)式は次のように書き改められる。

$$Ax + y^D + y^E = x + \bar{M} (Ax + y^D) \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここで、 x は生産額の n 次元ベクトル、 y^D と y^E はそれぞれ国内最終需要額と輸出を表す n 次元ベクトルである。この式を x について解けば、次のモデル式が得られる。

$$x = (I - (I - \bar{M})A)^{-1} [(I - \bar{M})y^D + y^E] \quad \dots\dots\dots (11)$$

我が国のように輸入依存度の高い国では、前節の $(I - A)^{-1}$ という型よりも、この

$(I - (I - \bar{M})A)^{-1}$ という型の逆行列が多く用いられる。

この逆行列において $(I - \bar{M})A$ は、投入係数 A から輸入による部分を除いた、国産分の投入係数と解釈することができる。また、 $(I - \bar{M})y^D$ も輸入を除いた、国産品への最終需要と考えることができる。このように解釈すれば、(10)式は前節のモデルと本質的には同じものであることが理解されよう。本分析においてはこのモデルを用いる。

II.1.2 産業連関分析の手順

産業連関分析は産業連関表を取扱い易いように変形し、必要となるデータをそろえて実施されるが、本分析で用いた産業連関分析の手順を以下にまとめる。

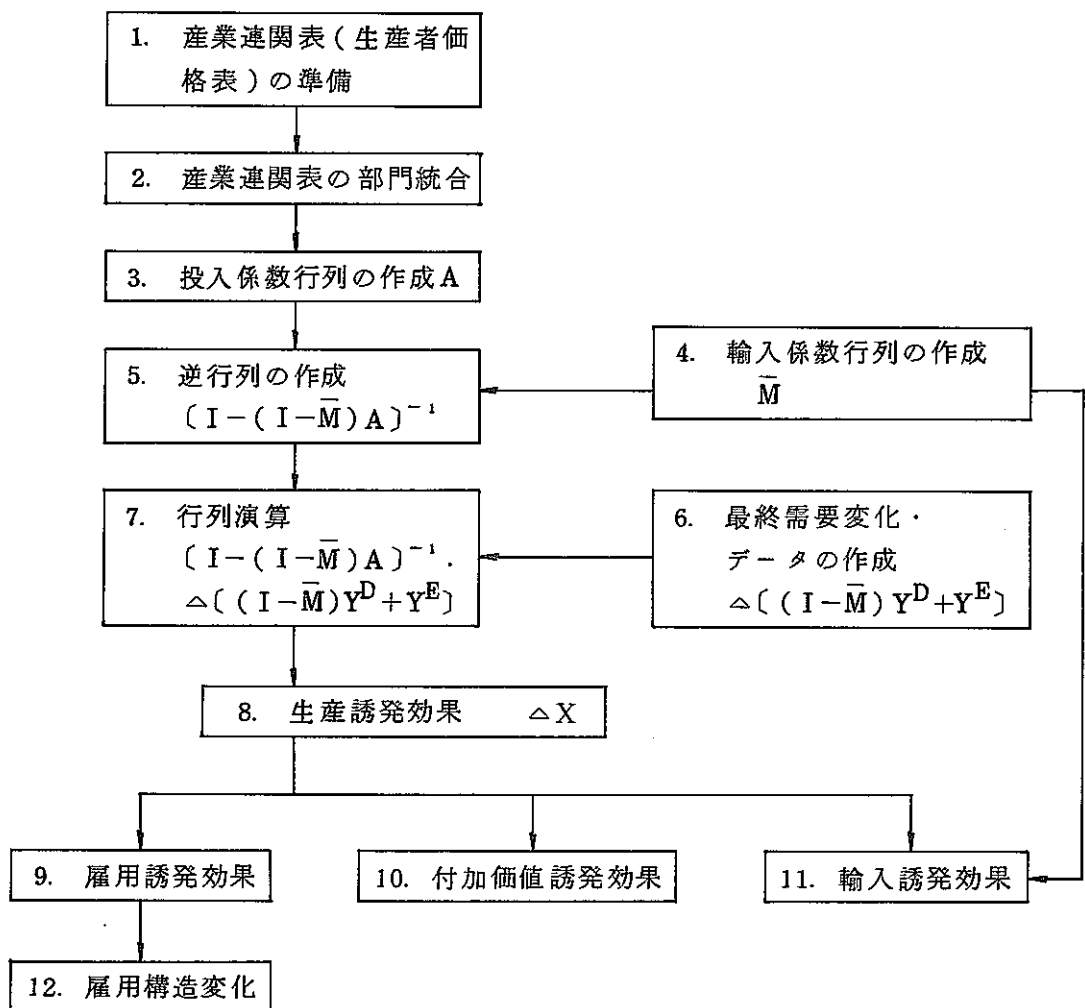


図 II - 2 産業連関分析の手順

1. 産業連関表の準備

- ・小部門統合分類表をコンピュータの記憶装置に読み込む。
- ・部門分類コードと行・列番号との対応をつける。

2. 産業連関表の部門統合

原子力産業に密接に関連する部門である以下の部門については、統合小分類上の164部門分類を用いている。

コード	部門名	コード	部門名
08	窯業・土石製品	19	金融・保険 (以上28部門分類ベース)
09	金属一次製品		
10	金属製品		
11	一般機械		
12	電気機械		
14	精密機械		
15	その他の製造業		
16	建設		

また以下に示すその他の部門に関しては28部門分類を用い、全部で58部門に部門統合している。

コード	部門名	コード	部門名
01	農林水産業	22	サービス業
02	鉱業	23	廃棄物・下水道
03	食料品	24	教育・研究・医療・保健
04	繊維製品	25	公務
05	パルプ・紙・木製品	26	事務用品
06	化学製品	27	こん包
07	石油・石炭製品	28	分類不明
13	輸送機械		
17	電気・ガス・上水道		
18	商業		
20	不動産		
21	運輸・通信		

産業連関表の部門統合は生産者価格表で行う。前に述べた通り、産業連関表の部門統合においては、投入構造の類似性が重要であるが、ここでは原子力に密接に関連する部

門での投入構造を重視した部門統合を行っている。部門統合の実際の作業は、統合された部門間の生産額をたし合わせ、統合された生産額とするものである。

3. 投入係数表の作成

部門統合した各生産額を列ごとに国内総生産額で割る。

すなわち、

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$$

を求める。このときくず鉄などの中間投入・需要が負の値を持つ仮需要については、この部門の実質取引がないと見るなどの対策が必要となる。

4. 輸入係数行列の作成

輸入係数は、

$$m_i = \frac{M_i}{Y_i^D + Y_i^E}$$

で定義される。これを求め、

$$\bar{m}_{ii} = m_i$$

となる係数行列を作成する。

5. 逆行列の作成

4で求めた \bar{M} を用い、 $[I - (I - \bar{M})A]$ の逆行列を求める。この逆行列は産業波及効果の構造を示すものであり、影響力係数、感応度係数などの分析により、部門別の産業波及効果の特性を分析することができる。

6. 最終需要変化データの作成

最終需要変化として何を与えるかは、いわば産業連関分析のインプットと言える。最終需要変化は、

$$\Delta[(I - \bar{M})Y^D + Y^E]$$

という形で表現するが、本分析では、原子炉建設に関しては最終需要変化は純粋に国産の財貨・サービスのみによりまかなわれると仮定しており、

$$\Delta Y^D$$

を用いている。もちろん輸出も考慮しない。原子炉建設においては、この仮定は満足されるが、モデルの整合性に若干の問題点がある。このように、最終需要変化に対する輸

入高を無視することにより輸入誘発効果が実際より高めに出的ことになる。すなわち、最終需要変化として $[(I-\bar{M})\Delta Y]$ と ΔY を用いた場合には、 $-\bar{M}\Delta Y$ だけ生産額に差が出る。これに対し、輸入誘発効果は誘発された全生産に対して、各部門毎と同様の輸入比率を仮定しているため、最終需要変化分のみで輸入比率がかかることになる。そこで、最終需要変化分内に現れる輸入分が余分となるわけである。すなわち輸入変化分は、 $\Delta Y \bar{M}$ だけ高く出ることになる。

7. 行列演算

$(I - (I - \bar{M})A)^{-1} \cdot \Delta Y$ の行列演算を実行し、生産額変化 ΔX を得る。

8. 生産誘発効果の分析

最終需要項目別生産誘発額を、それぞれの最終需要額で割った値を、その最終需要の生産誘発係数と呼ぶ。たとえば最終需要変化として ΔY^I の投資が行われたとすると、投資部門の生産誘発額 ΔX^I が、

$$(I - A)\Delta Y^I = \Delta X^I$$

により得られる。このときの

$$\Sigma \Delta X^I / \Sigma \Delta Y^I$$

を投資による生産誘発係数と呼び、ある部門別の投資構造を持った投資がその何倍の生産を誘発し得るかを知ることができる。またこのとき、

$$\Delta X_j^I / \Sigma \Delta Y^I$$

を求めることにより、各産業部門にどれだけの生産誘発効果があるかをも求めることができる。

9. 雇用誘発効果

各産業部門の単位生産額当りの雇用者数は、その産業部門の総雇用者数をその総生産額で割ることにより得られる。この値が安定であるとの仮定にたつと、このベクトルと、 ΔX の内積

$$L \cdot \Delta X / \Sigma \Delta Y_i$$

をとることにより、単位最終需要変化当りの誘発雇用者数が得られる。すなわち、例えば年間 ΔY_i の投資がなされたとすると、年間 $L \cdot \Delta X$ の雇用が誘発されることになる。

10. 輸入誘発効果

各産業部門の国内生産額に占める輸入額が、各々安定であるという仮定に立つと、部

門ごとのこの比率のベクトル M^* と ΔX の内積、

$$M^* \cdot \Delta X / \sum \Delta Y_i$$

により、投資当りの輸入増加額を推定することができる。

11. 付加価値誘発効果

各産業部門の国内生産額に占める粗付加価値の割合が安定であるという仮定に立って、この比率のベクトル \bar{V} と ΔX の内積を、

$$\bar{V} \cdot \Delta X / \sum \Delta Y_i$$

により、単位最終需要変化当りの総粗付加価値の変化を求めることができる。

さらに、付加価値部門のうち、雇用者所得や、粗付加価値から間接税を引いた付加価値についても同様の分析が可能となる。

12. 雇用構造変化

産業連関表の付帯表に雇用マトリクスがある。これは、統合中部門分類（72部門）の産業部門ごとに（4部門は雇用者なしのため実際には68部門）、どのような職種の雇用者が何人いるのかという職業別雇用者数を示したものである。このマトリクスの要素を、対応する部門の国内生産額で割ると、単位生産額当りの職業別雇用者数のマトリクス、職業投入係数マトリクス S' が得られる。そこで、

$$S' \times \Delta X$$

を求めることにより、最終需要変化による職業別雇用者数が得られ、ある最終需要変化に対応する雇用構造変化を分析することができる。

II.1.3 既存の産業連関分析

原子炉建設の産業波及効果については、従来より解析がなされてきているが、その主なものを表II-1にまとめて示す。

表Ⅱ-1 過去の産業連関分析例

No.	機 関	発表年月	用いた産業連関表	原子力発電所の誘発係数
1	電力中央研究所	S.5 3. 3月	S 5 0 延長表 2 8 × 2 8 部門	2. 2 3
2	三菱総合研究所	S.5 5. 9月	S 5 0 基本表 2 8 × 2 8 部門	2. 1 9
3	日本興業銀行	S.5 6. 3月	S 5 0 基本表 2 8 × 2 8 部門	2. 2
4	三菱総合研究所	S.5 6. 4月	S 5 0 6 1 × 6 1 部門	2. 2 5
5	日本開発銀行	S.5 8.	S 5 5 延長表 2 3 × 2 3 部門	2. 2 1
6	日本エネルギー 経済研究所	S.5 9.	S 5 5 延長表 7 6 × 7 6 部門	2. 2 8
7	未来工学研究所	S.5 9. 3月	S 5 5 基本表 $((I-A)^{-1}$ 型逆行列を用いて いる	2. 6 0

これらの分析においては、軽水炉発電所と火力発電所との比較を中心としたものが多く、高速増殖炉と軽水炉を比較した例は見あたらない。原子力発電所と火力発電所の生産誘発係数を比較すると、表Ⅱ-2に示すごとくになる。

表Ⅱ-2 原子力と火力発電所建設の生産誘発係数の比較

	原 子 力	火 力
1.	2. 2 3	2. 2 2
2.	2. 1 9	2. 1 9
4.	2. 5 5	2. 5 2
6.	2. 2 8	2. 2 2

いずれの場合にも、原子炉と火力を比較した場合、原子力の方が生産誘発係数は若干高いが、その差はそれ程大きくないとの結論を得ている。

産業連関分析の場合、産業連関表の投入構造は安定であるため、特に原子力のように内生化されていない産業の場合、(昭和50年の産業連関表と昭和55年の産業連関表では当然差があるが、同一のものを用いる限り安定といえる)部門統合の度合い、最終需要データの違いによって初めて生産波及効果の違いが生れている。しかし、原子力発電所の場合、データは公表されておらず、推計にたよっているため、結果に違いが出るものといえる。

II.2 産業別最終需要の算出

産業連関表の最終需要は、基本的には

1. 消費
2. 投資
3. 輸出

の3つに分かれている。ここで原子炉の建設を主に考えると、原子炉建設による最終需要変化は、投資の変化だと言ってよい。そこで原子炉建設においては、各部門においてどれだけの投資が必要となるかを表す投資コンバータを作成する必要がある。そしてこの投資コンバータが産業連関分析のインプットとなる。

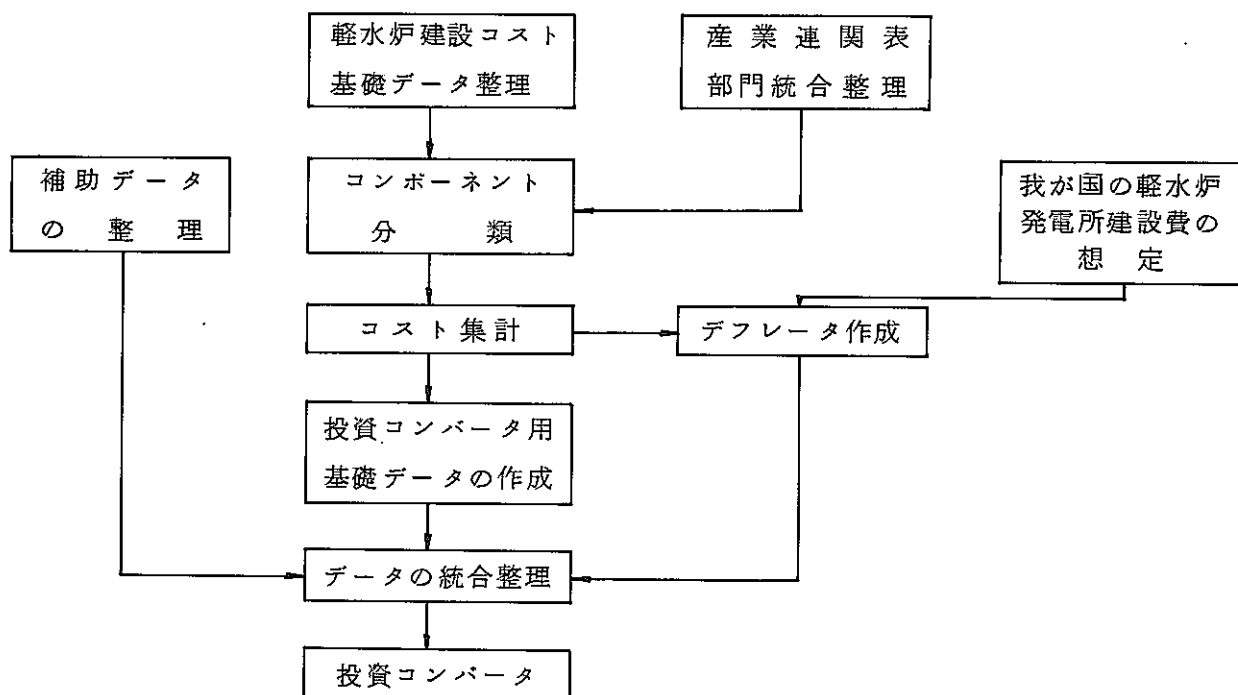
現在、商業用大型高速増殖炉の産業部門別投資構造は十分明らかとなっていないので、まず軽水炉について投資コンバータを作成し、これをもとに高速増殖炉の投資コンバータを作成する。

また、原子炉の運転・核燃料サイクルを考えた場合は、むしろサービスの消費としてこれをとらえることができる。核燃料サイクルの場合、投資の与える生産誘発効果も大きいですが、投資規模は100万KW級原子炉1基当たり、原子炉建設投資の10%程度と小さく、本解析では消費として核燃料サイクルサービスを取扱っている。

II.2.1 軽水炉投資コンバータ

1. 投資コンバータ作成手順

投資コンバータは図II-3に示す手順で作成することとする。



図II-3 投資コンバータ作成手順(1)

2. 基礎データの特徴

- ・基礎データとしては、NUREG-0245 1977 USAを用いる。
- ・NUREG-0245は、原子力発電所・石炭火力発電所の建設コストを推定するために、それぞれ機器レベルまで分類しコスト推定を行った報告書である。
- ・コストデータは、
 - ①工場からの機器出荷額
 - ②サイトでの人件費
 - ③サイトでの材料費によって構成されている。
- ・コストデータは、1976年7月1日価格(\$)であり、デフレーターを作成し、1985年現在の価格(円)に変換する必要がある。
- ・軽水炉の設計そのものも、1977年当時のアメリカと日本ではいくぶん異なる。
- ・1977年当時に設計を終了した原子炉は、ほぼ1985年前後に運開するものと考えられる。
- ・分析されている軽水炉は
 - A. 1139 MWe PWR初号基
 - B. 1190 MWe BWR初号基の2種類であるが、ここではAを基礎データとする。

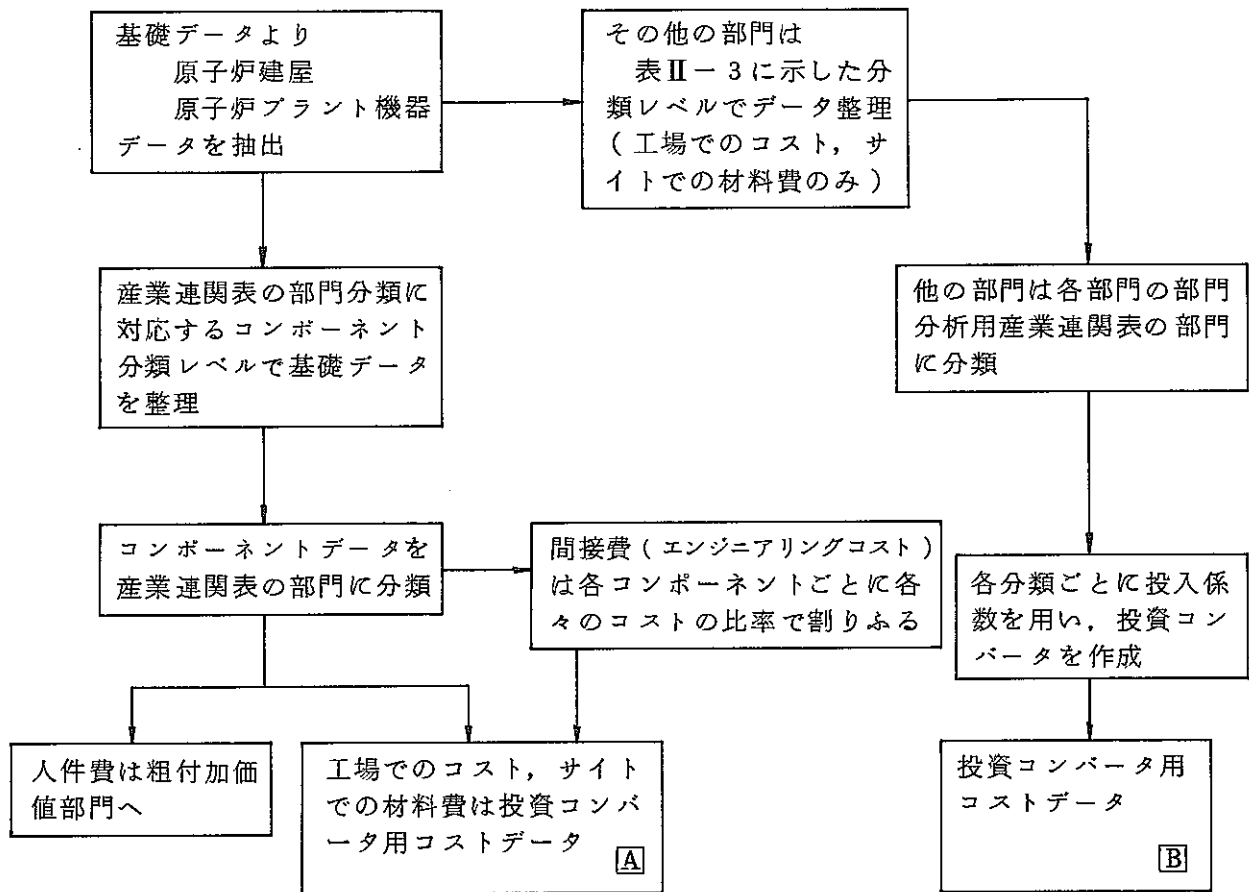
3. 投資コンバータ用基礎データの作成

- ・軽水炉発電所建設の産業波及効果の他産業に較べた特性を把握するため、軽水炉発電所建設の特性が現れる部分の投資コンバータに特に留意する。
- ・軽水炉を構成するコンポーネントは基礎データ上では、ほぼ表Ⅱ-3のように分けられる。
- ・これらのうち、軽水炉発電所で特徴的なのは、
 - ・原子炉建屋
 - ・原子炉プラント機器の2つであろうと考えられる。
- ・この2部門で全建設費の約30%を占める。
- ・そこで、これらの項目については、基礎データよりコンポーネントレベルで分析し、データ作成を行い、その他の部分に関しては、建設部門および機器部門分析用投入額を用いてデータ作成を行う。
- ・データ作成作業の手順を図Ⅱ-4に示す。

- ・原子炉建屋，原子炉プラント機器コストは，機器製作等にかかる工場でのコストとサイトでの人件費，材料費に分けられる。
- ・人件費は粗付加価値部門に分類され，工場でのコストとサイトでの材料費が投資額として分類される。
- ・ここでは，表Ⅱ－３に示した各分類項目ごとの投資コンバータ用コストデータが得られる。

表Ⅱ－３ 軽水炉コンポーネント（基礎データ）

コード	名 称	コ ス ト		
		1976年%	1976年\$/1基	1976年\$/KW
20.	土地	0.4	2,000,000	0.6
21.	建屋・構築物	17.8	101,375,757	89.0
212	（原子炉建屋）	（6.3）	（35,674,135）	（31.3）
213～8	（その他）	（11.5）	（65,701,622）	（57.6）
22.	原子炉プラント機器	23.5	133,480,455	117.2
220	（NSSS）	（11.4）	（65,000,000）	（57.1）
221～8	（その他）	（12.1）	（68,480,455）	（60.1）
23.	タービンプラント機器	19.6	111,280,986	97.7
231	（タービンジェネレータ）	（10.8）	（61,356,198）	（53.9）
232～7	（その他）	（8.8）	（49,924,788）	（43.8）
24.	電気プラント機器	6.9	39,428,236	34.6
25.	その他機器	5.9	33,391,587	29.4
2.	直接費計	74.0	420,957,011	369.6
91.	建設サービス	12.3	70,033,000	61.5
92.	エンジニアリングサービス	8.7	49,220,000	43.2
93.	現場サービス	5.0	28,621,000	25.1
9.	間接費計	26.0	147,874,000	129.8
	総 計	100.0	568,831,011	499.4



図Ⅱ-4 投資コンバータ用コストデータ作成手順

4. デフレータの作成

- ・我が国の原子力発電所建設費に関する詳細データは、現在のところ公開されていない。
- ・そこで1.の基礎データを用いて、これにデフレータを乗ずることにより、軽水炉を構成するコンポーネントの現在価格を推定することとする。
- ・デフレータは以下のように作成する。

① 1984年運転原子力発電所における

- ・建物 } (A₁)
- ・構築物 }
- ・設備機器 (A₂)
- ・土地 (A₃)
- ・建中利子・その他費用 (A₄)

の現在価格換算費用A_iを想定する(設備容量単位KW当りのコスト)。

② 基礎データより、同様の項目の1976年価格換算費用B_iを求める。

③①, ②で得られた A_i, B_i により次式を用いて, 各部門ごとのデフレーター P_i を求める。

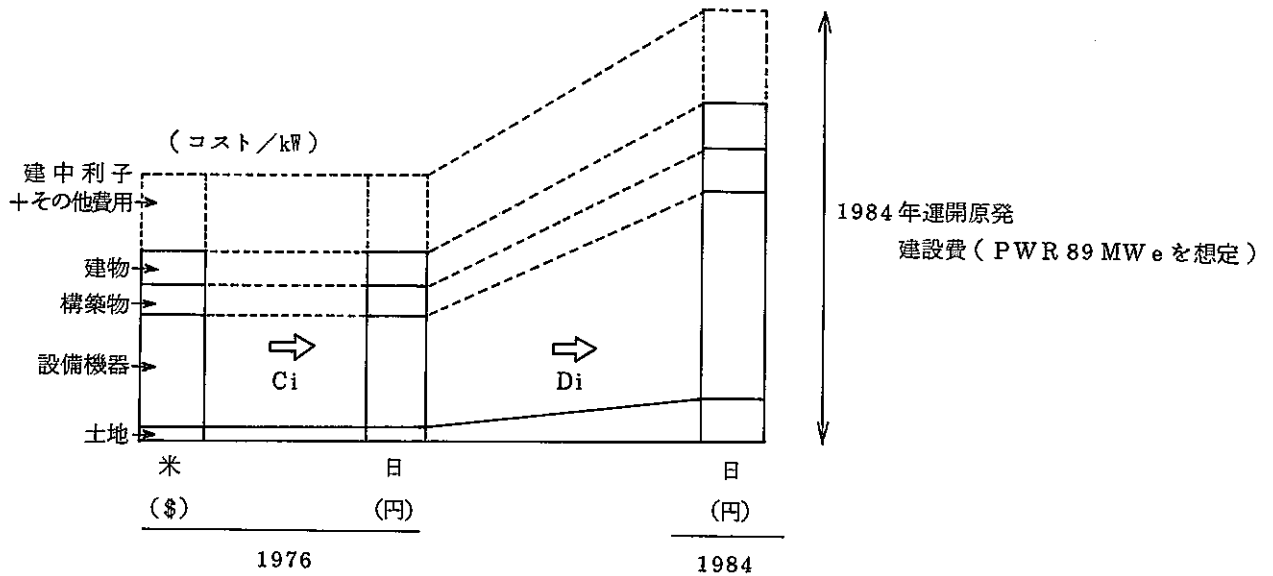
$$P_i = \frac{A_i}{B_i}$$

- ・ 実際には, 1976年価格でドルを円に換算し, デフレーターを作成することもできるが(図Ⅱ-5), ここでは図に示した C_i, D_i を算定せず,

$$P_i = C_i D_i$$

を直接求めることとする。

- ・ 各コンポーネントの現在価格を求める場合には, それが含まれている項目のデフレーターを用いることとする。
- ・ 表Ⅱ-4に我が国の原子力発電所の想定コスト構成を示す。
- ・ 尚, 建設費に含まれるエンジニアリングコストは, 各コンポーネントの費用に従い, 各部門へ割りふることとする。投資コンバータ作成時には, これらの費用は建設, 機器のメインコントラクターが分類されている産業部門への投資額として計上する。間接費の割り付けを表Ⅱ-5に示す。
- ・ 以上の手順で作成したデフレーターを表Ⅱ-6に示す。



* 1984年運開原発建設費データおよび基礎データをもとにし, 建物, 構築物, 設備機器, 土地各々の近似的デフレーター $C_i * D_i$ を作成

図Ⅱ-5 デフレーターの作成方法

表Ⅱ - 4 想定原子力発電所建設費比率

発電所	PWR 87万KWe			
想定コスト構成	土地		3%	
	建物	}	14%	
	構築物			
	原子炉および附属設備	}	63%	
	機械装置			
	(原子炉および附属設備を除く)			
	諸装置	}	9%	
	備品			
	総係費		}	11%
	予備費			
分担関連費				
	建設中利子			
単位建設費	33万円/KW			

表Ⅱ - 5 間接費の割りつけ

項目	費用 (100万\$/基)	費用 (\$/KW)	比率 (%)			
間接費*	建屋・構築物 (24%)	原子炉建屋(8.5%)	10.4	9.2	8.5	
		その他(15.5%)	19.2	16.7	15.5	
	設備機器 (76%)	原子炉プラント機器 (31.9%)	NSSS	19.0	16.7	15.5
			その他	20.3	17.7	16.5
		タービンプラント機器 (26.6%)	タービン ジェネレータ	18.1	15.8	14.7
			その他	14.7	12.9	12.0
		電気プラント機器	11.5	10.1	9.4	
		その他機器	9.8	8.6	8.0	
	計	122,794,000	107.8	100.0		

*その他費用として税金等は除く。

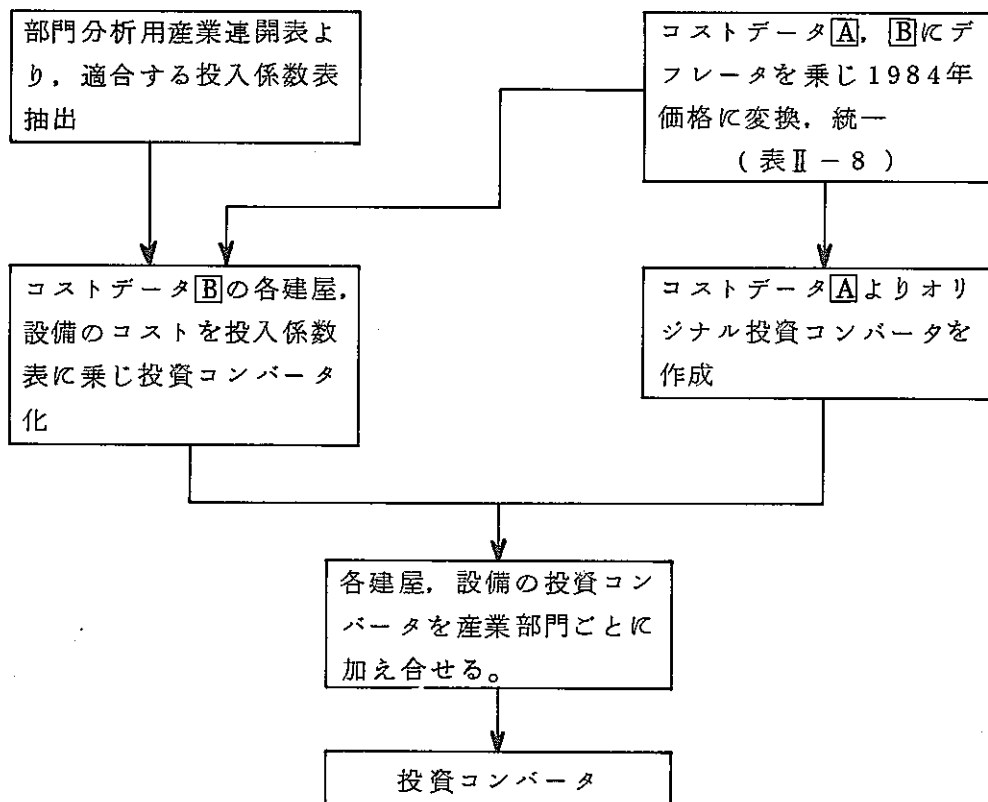
表Ⅱ-6 デフレーター作成データ

項目	データ1(1976) (基礎データ)	データ2(1984) (我が国の原子力発電所)	デフレーター
土地	0.6 (\$/KW)	10,000 (円/KW)	-
建屋・構築物	114.9*(28,725円) 250円/\$換算	46,000	400.3 1984円 (16) / 1976\$
機器設備	360.7*(90,175円) 250円/\$換算	208,000	576.6 (2.3)
その他費用	22.0	30,000	- (粗付加価値)
建中利子	-	36,000	-
計	49.9.4\$/KW	330,000円/KW	

* 間接費を設備費の割合に従ってわりふっている。

5. 投資コンバータの作成

ここまで作成してきた、コストデータ[A], [B], デフレーターを用いて投資コンバータを作成するが、このとき表Ⅱ-7に示すような投入件数表を用いる。この時の投資コンバータ作成手順を図Ⅱ-6に示す。



図Ⅱ-6 投資コンバータ作成手順(2)

表Ⅱ-7 投資コンバータ作成に利用した投入係数表

項 目	利用した投入係数表	
建屋、構築物		
原子炉建屋 オリジナル投入係数表作成	
その他 一般分類建設部門投入係数表	57 電力施設
原子炉プラント機器		
N S S S オリジナル投入係数表作成	
その他 "	
タービンプラント機器		
タービンジェネレータ	} 産業連関表 (K S K 9 3 部門)	49 発電機器
その他		
電気プラント機器 "	50 送配電機器
その他 "	52 その他産業用重電機器

表Ⅱ-8 想定建設費

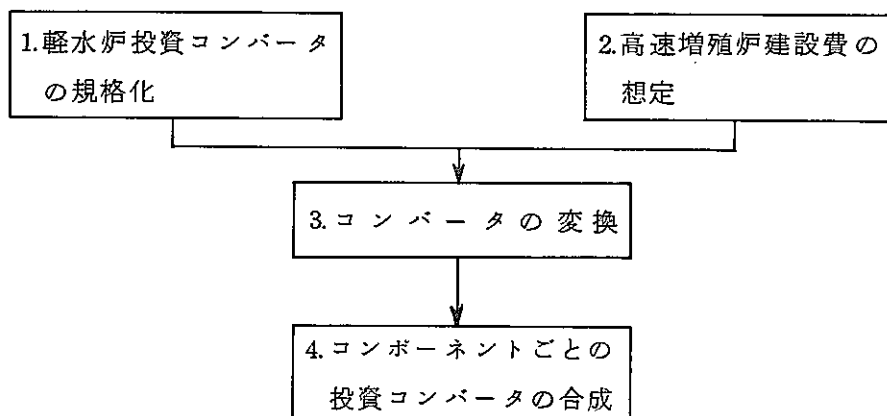
名 称	コ ス ト		
	1976年価格 (\$/KW)	1984年価格(万円/KW)	1984年投資比率(%)
土 地	0.6	1.0	3.0
建屋、構築物	114.9	4.6	13.9
(原子炉建屋)	(40.5)	(1.6)	(4.8)
(その他)	(74.3)	(3.0)	(9.1)
原子炉プラント機器	151.6	8.7	26.4
(N S S S)	(73.8)	(4.3)	(13.0)
(その他)	(77.8)	(4.5)	(13.6)
タービンプラント機器	126.4	7.3	22.1
(タービンジェネレータ)	(69.7)	(4.0)	(12.1)
(その他)	(56.7)	(3.3)	(10.0)
電気プラント機器	44.7	2.6	7.9
その他機器	38.0	2.2	6.7
その他費用	-	3.0	9.1
建中利子	-	3.6	10.9
計		33.0	100%

II.2.2 高速増殖炉投資コンバータ

高速増殖炉の建設費および、建屋、構築物、原子炉機器、タービン機器、電気設備機、その他機器等の個々の建設費については数々の試算例があるがその例として、フランスおよびアメリカにおける試算表を、表Ⅱ-9、10に示す。これを見ると高速増殖炉の建設費は、軽水炉の1.24～1.53倍程度であり、その中心を占めるのは原子炉部門およびエンジニアリング部門であることがわかる。

本分析ではⅡ2.1で述べたようにエンジニアリングを、直接費の配分に応じて各コンポーネントの費用に割りふっているため、高速増殖炉においても同様の手法を用いる。また想定建設費は商用高速増殖炉の初期導入炉を分析の対象とするため、軽水炉の1.5倍と高めに想定することにした。

また、各設備建屋個々の投資コンバータの構造は変化しないものとし（サイトにおける労働者賃金については別）、各建屋・設備のうち、原子炉建屋、原子炉機器のみ、軽水炉に較べ高価格であり、他は軽水炉なみであるものとした。図Ⅱ-7に高速増殖炉投資コンバータの作成手順をまとめて示す。



図Ⅱ-7 高速増殖炉投資コンバータ作成手順

表Ⅱ-9 スーパーフェニックスの建設費

(1977年フランスフラン)

原子炉による蒸気供給系	3,540 (百万フラン)
上記以外のプラント設備	1,870
予備費	290
エンジニアリングおよび運転準備費	600
燃料費	1,200
合計	7,500

表Ⅱ-10 米国における高速増殖炉建設コストの試算例

(単位：百万ドル)

	A I (1977)	G E (1977)	W (1978)	C~E (1978)
直接費				
建屋関係	162.5	169.5	134	146.7
原子炉	468.9	309.6	539	370.4
タービン発電機	110.1	124.1	94	143.6
電気設備	75.7	62.9	54	56.4
その他	17.1	15.6		17.3
合計	834.3	680.7	831	734.4
間接費				
建設用機器サービス	150	142.6	140	91
エンジニアリング・ マネージメント		169.2		136.9
その他、予備費		161.6	34	37.7
合計	150	473.4	174.0	265.0
総合計	984.3	1,154.1	1,005	999.4
総合計(調整後)	1,006.3	1,176.1	1,057	1,041
LWRの対応コスト	811	770	852	620
LMFBRとLWRの比	1.24	1.53	1.24	1.42
LMFBRとLWRの差	195.3	406.1	105.0	263.1

A I : アトミックインターナショナル社

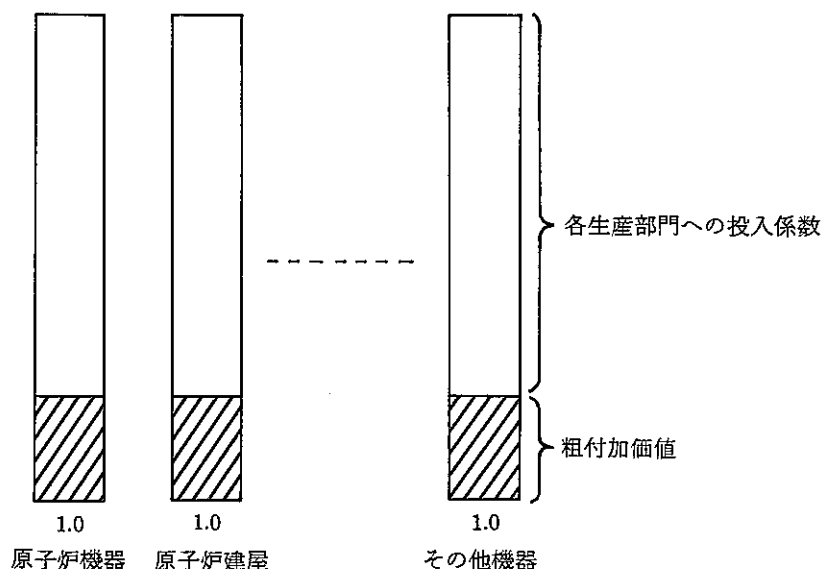
G E : ジェネラルエレクトリック社

W : ウェスチングハウス社

C~E : コンパッションエンジニアリング社

1. 軽水炉投資コンバータの規格化

Ⅱ.2.1 で得られた軽水炉各建屋設備の投資コンバータの要素を、各々の建屋建設費で割り、規格化する。規格化されたコンバータは以下のような構造となる。



2. 高速増殖炉建設費内訳の想定

高速増殖炉建設費および内訳想定時の仮定は以下の2点である。

- 1) 高速増殖炉建設費のうち、土地、その他の費用、建中利子を除いた費用、すなわち建屋、構築物、原子炉プラント機器、タービンプラント機器、電気プラント機器、その他機器の費用合計が軽水炉の1.5倍となる。
- 2) 軽水炉と高速増殖炉で建設費の異なる建屋・設備は、原子炉建屋、および原子炉プラント機器のみである。

従って、原子炉建屋および原子炉プラント機器の建設費は2.23倍となる。

このようにして得た高速増殖炉建設費の内訳を表Ⅱ-11に示す。また、この建設費の構成比率を表Ⅱ-10の試算例と比較したものを表Ⅱ-12に示す。これを見ると、その他機器の費用が若干高めである以外は比較的良好一致を示している。

3. コンバータの変換

1.で作成した各建屋・設備の投資コンバータに、2.で求めた各々の費用を乗じ、高速増殖炉の投資コンバータを得る。ただし、原子炉プラント機器費用のうち、サイトにおける労働コストはエスカレーションしないものとしたため、この投資コンバータに限り規格化したものの数値が変わっている。

4. 投資コンバータの合成

3.で得た各建屋・設備の投資コンバータを産業部門ごとにたし合わせ、最終的な高速増殖炉の投資コンバータを得る。

表Ⅱ-11 想定建設費 FBR

土 地	LWR (万円/KW)		FBR (万円/KW)		LWR/FBR 比率	
	1.0		1.0		1.0	
建屋・構築物	4.6	}	6.6 ^{*1}	}	1.43	}
(原子炉建屋)	(1.6)		(3.6 ^{*1})		(2.23)	
(その他)	(3.0)		(3.0)		(1.0)	
原子炉プラント機器	8.7	} 25.4	19.4 ^{*1}	} 38.1 ^{*1}	2.23	} 1.5 ^{*3}
(NSSS)	(4.3)		(9.5 ^{*1})		(2.23)	
(その他)	(4.5)		(9.9 ^{*1})		(2.23)	
タービンプラント機器	7.3	}	7.3	}	1.0	}
(タービンジェネレータ)	(4.0)		(4.0)		(1.0)	
(その他)	(3.3)		(3.3)		(1.0)	
電気プラント機器	2.6	}	2.6	}	1.0	}
その他機器	2.2		2.2		(1.0)	
その他費用	3.0	} 6.6	3.0	} 8.2	(1.0)	} 1.2
建中利子	3.6		5.2 ^{*2}		(1.43)	
計	33.0		47.3		1.43	

*1 エスカレーションさせた値

*2 建設費+土地+その他費用に比例

*3 建設費は土地、建中利子、その他費用を除き、LWRの1.5倍としている。

表Ⅱ-12 高速増殖炉建設費内訳の比較(%)

	1.	2.	3.	4.	1~4平均	本試算
	AI	GE	W	C~E		
建屋関係	19.5	24.9	16.1	20.0	20.1	17.3
原子炉	56.2	45.5	14.9	50.4	54.3	50.9
タービン発電機	13.2	18.2	11.3	19.6	15.6	19.1
電気設備	9.0	9.2	6.5	7.7	8.1	6.8
その他	2.0	2.3	-	2.4	2.2	5.2
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	-	100.0

II.2.3 核燃料サイクルと運転維持費の最終需要変化

1. 核燃料サイクルの最終需要変化

表Ⅱ-13に示すように核燃料サイクル費用を想定し、同表に示すように、投入構造が類似であると考えられる産業部門における消費の増大という形で最終需要変化を与えた。

2. 運転維持費の最終需要変化

運転維持費は日本原子力産業会議の第25回原子力産業実態調査を基礎データとして算出した。(表Ⅱ-14)尚、修繕費については、機械装置関連部門に、投資額に比例するよう割りふった。

表Ⅱ-13 核燃料サイクル費

費用	単位コスト		LWR		FBR		産業部門
	円	\$	数量	コスト (円/KW年)	数量	コスト (円/KW年)	
(1)天然ウラン	22,750円/KgU	\$ 91/KgU	181.3 t	4,125	13.8 t	314	
(2)転換	2,000円/Kg	\$ 81/Kg	180.4 t	360	—	—	化学製品
(3)濃縮 (151kWh/SWU)	33,750円/Kg	\$ 35/KgSWU	120.2tSWU	4,058	—	—	一般機械 電力 (14円/kWh) 非鉄金属一次 製品
(4)加工 (FBR CORE)	100,000円/Kg 300,000円/kg	\$ 400/Kg 3倍	27 t	2,700	9.2 t 7.7 t	920 2,310	
(5)輸送 (FBR CORE)	55,000円/Kg 165,000円/Kg	\$ 220/Kg 3倍	27 t	1,485	9.2 t 7.7 t	506 1,270	運輸通信
(6)貯蔵 (FBR CORE)	90,000円/Kg 270,000円/Kg	\$ 360/Kg 3倍	—	—	—	—	
(7)再処理 (FBR CORE)	218,750円/Kg 656,250円/Kg	\$ 875/Kg 3倍	27 t	5,906	9.2 t 7.7 t	2,012 5,053	化学製品
(8)処分 (FBR CORE)	56,500円/Kg 169,500円/Kg	\$ 226/Kg 3倍	27 t	1,525	9.2 t 7.7 t	520 1,566	土木
TOTAL				20,159 円/KW年		14,471 円/KW年	

1ドル=250円で計算

表Ⅱ-14 運転維持費の内訳

	LWR		FBR		産業部門
	円/KW年	%	円/KW年	%	
修繕費	7,170	37.7	9,460	37.8	*
入件費	1,580	8.3	2,090	8.3	粗付加価値
保険料	340	1.8	450	1.8	保険
諸税	1,920	10.1	2,530	10.1	粗付加価値
その他(廃棄物)	7,960	41.9	10,510	42.0	化学製品
計	19,010	100.0	25,040	100.0	

		LWR	FBR
* 修繕費…主要機械関係投資分へ配合	27. 原動機・ボイラー	35,910 (43.4)	85,534 (47.0)
	29. 産業機械	100 (0.1)	248 (0.1)
	30. 一般産業機械および装置	5,950 (7.2)	12,687 (7.0)
	32. その他一般機械	7,807 (9.4)	14,750 (8.1)
	33. 重電機器	27,520 (33.3)	57,885 (31.8)
	35. 電子計算機同付属装置	1,027 (1.2)	2,532 (1.4)
	36. その他の軽電機器	4,286 (5.2)	8,439 (4.6)
	計	82,600 (100.0)	182,075 (100.0)

Ⅱ.3 産業波及効果の分析

Ⅱ.3.1 レオンチェフ逆行列とその特性

本分析ではレオンチェフ行列については、輸出入の多い我が国の事情に合わせ、Ⅱ.1.2で述べたように、競争輸入型の逆行列すなわち

$$(I - (I - \bar{M})A)^{-1}$$

の形式のものを用いている。またⅡ.2.1で述べたとおり、本分析では原子力に特に関連する産業部門については特に詳細にモデル化しつつ、関連のうすい産業部門については大まかな部門分類とすることにより、比較的簡便なモデルで原子炉建設および核燃料サイクルによる産業波及効果の特性を十分出せるよう配慮している。

逆行列表は我が国における部門ごとの最終需要の変化に対して、やはり部門ごとの生産がどれだけ変化するかを表理したマトリクスであるが、この逆行列表の特性を分析する場合には

1. 影響力係数

2. 感応度係数

が用いられる。n × n の逆行列マトリクスの要素を b_{ij} とおいた場合、

$$\text{影響力係数 } \alpha_j = \sum_i b_{ij} / (\sum_j \sum_i b_{ij} / n)$$

$$\text{感応度係数 } \beta_i = \sum_j b_{ij} / (\sum_i \sum_j b_{ij} / n)$$

で与えられる係数であり、各々の次の意味をもつ。

影響力係数：どの列部門に対する最終需要があったとき、産業全体に対して最も強い生産誘発効果をもたらすかの相対的影響力を表す指標。

感応度係数：各列部門に1単位の最終需要があったときに、どの行部門が相対的にもっとも強い影響を受けることとなるかを表す指標。

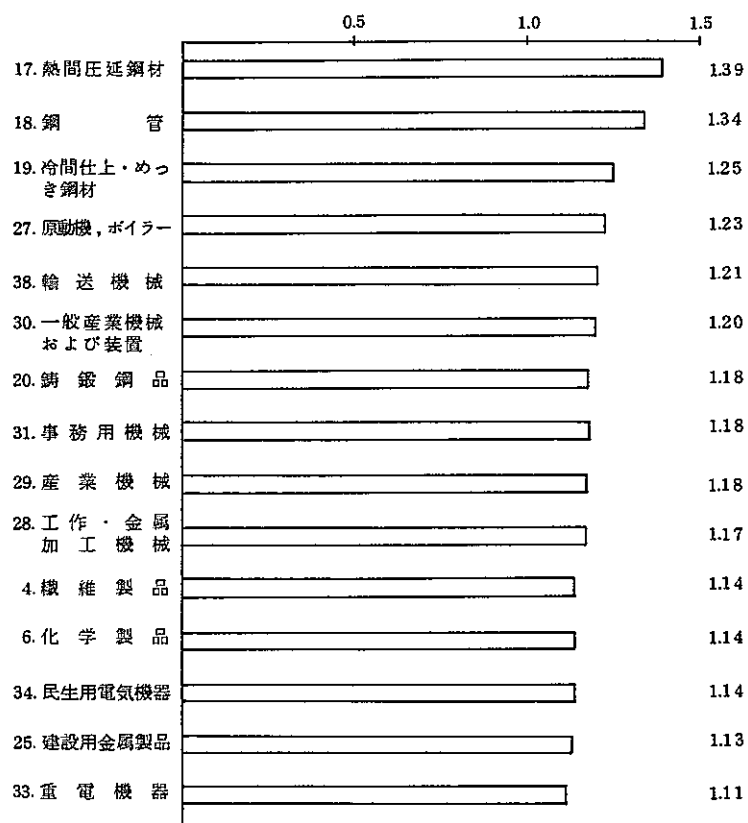
そこで、この2つの係数を用いて本分析で用いている逆行列表の特性を明らかにしておくこととする。

1. 影響力係数

図Ⅱ-8に本分析で用いた逆行列において、影響力係数の高い方から15部門を取り出して整理したものを示す。これを見ると金属一次製品のうちでも鋼管などや、一般機械等原子炉建設において主要な役割を示す部門が高い影響力を持つことがわかる。従来の産業連関分析でも同様の傾向がでており、これは昭和45年産業連関表以来変わっていない。尚、昭和45年～55年の28部門産業連関表の影響力係数の推移を表Ⅱ-15に示す。本分析においては、これら影響力係数の高い部門をより詳細に部門分類して取り扱っており、これら部門の最終需要変化に対する生産誘発効果をより精度よく表わすことができる。

2. 感応度係数

図Ⅱ-9に本分析で用いた逆行列表の感応度係数のうち高い方から15部門を取り出して整理したものを示す。原子炉の建設において重要な位置を占める産業部門はこの図にはほとんど現われていない。また、図Ⅱ-10に示すように、原子炉建設に関連する部門はだいたい感応度係数が低いことがわかる。すなわち、原子炉建設において大きな役割をはたす部門は、産業全体に対する平均的な投資増ではあまり生産を誘発されることがなく、これらの部門に直接的に投資がなされなければ、生産額の高い増加は望めない部門であると言えることができる。表Ⅱ-16には、昭和45年から55年までの28部門産業連関表の感応度係数の推移を示す。いずれの表でも金属一次製品、パルプ・紙・木製品、商業、運輸・通信、石油・石炭製品などが相対的に感応度係数が大きくなってい



図Ⅱ-8 影響力係数の高い部門

表Ⅱ-15 影響力係数表

	影 響 力 係 数		
	昭和45年	昭和50年	昭和55年
農 林 水 産 費	0.8088	0.8253	0.8699
鉱 業	0.7948	0.8973	0.8782
食 料 費	1.0662	1.0955	1.0476
機 維 製 品	1.2442	1.2107	1.1592
パルプ・紙・木製品	1.1793	1.1591	1.1557
化 学 製 品	1.0900	1.1553	1.1599
石 油 ・ 石 炭 製 品	0.7330	0.7003	0.6636
窯 業 ・ 土 石 製 品	0.9455	0.9382	0.9522
金 属 一 次 製 品	1.3738	1.3621	1.2826
金 属 製 品	1.1776	1.1038	1.1232
一 般 機 械	1.2075	1.1542	1.1918
電 気 機 械	1.1947	1.1243	1.1610
輸 送 機 械	1.2369	1.2021	1.2253
精 密 機 械	1.0865	0.9922	1.0419
そ の 他 の 製 造 業	1.1530	1.0878	1.0874
建 設	1.1174	1.0321	1.0223
電 気 ・ ガ ス ・ 上 水 道	0.7455	0.0810	0.7905
商 業	0.7376	0.7134	0.7232
金 融 ・ 保 険	0.6529	0.6797	0.7042
不 動 産	0.6546	0.6813	0.5926
運 輸 ・ 通 信	0.7606	0.9808	0.9743
サ ー ビ ス	0.9197	0.8566	0.8514
廃 棄 物 処 理 ・ 下 水 道	0.7345	0.7400	0.7399
教 育 ・ 研 究 ・ 医 療 ・ 保 健	0.7973	0.7768	0.8033

(注) 28部門表による。

表Ⅱ-16 感応度係数表

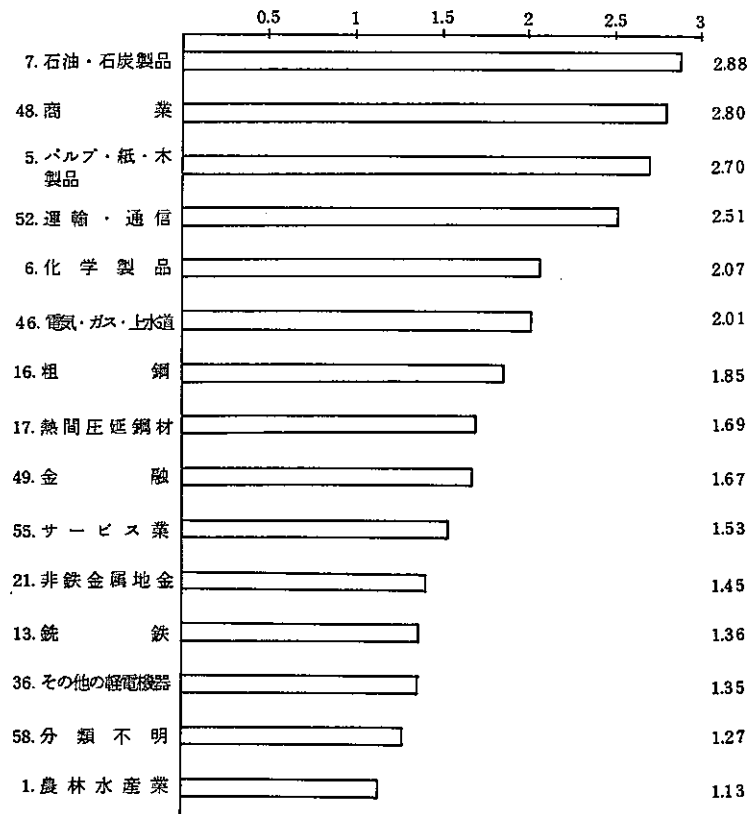
	感 応 度 係 数		
	昭和45年	昭和50年	昭和55年
農 林 水 産 業	1.3339	1.2025	1.0895
鉱 業	0.7458	0.6906	0.6724
食 料 品	0.8523	0.8035	0.7702
織 維 製 品	1.0876	0.9356	0.8660
パルプ・紙・木製品	1.9549	1.8011	1.7488
化 学 製 品	1.4269	1.3861	1.5200
石油・石炭製品	1.0776	1.4045	1.5050
窯業・土石製品	0.7411	0.7139	0.7110
金属一次製品	2.6512	2.2484	2.3410
金属製品	0.8125	0.7473	0.7233
一般機械	0.9453	1.0075	1.0080
電気機械	0.8499	0.8114	0.8460
輸送機械	0.8732	0.9663	0.9146
精密機械	0.6472	0.5901	0.5721
その他の製造業	1.3606	1.1918	1.2125
建設	0.7052	0.6445	0.6423
電気・ガス・上水道	0.8354	0.9095	1.0244
商 業	1.5876	1.6171	1.6949
金融・保険	0.9905	1.2411	1.1354
不動産	0.6947	0.8086	0.7153
運輸・通信	1.1352	1.7016	1.5908
サービス	0.8648	0.9357	1.0470
廃棄物処理・下水道	0.5062	0.5046	0.5179
教育・研究・医療・保健	0.5250	0.6152	0.6457

(注) 28部門表による。

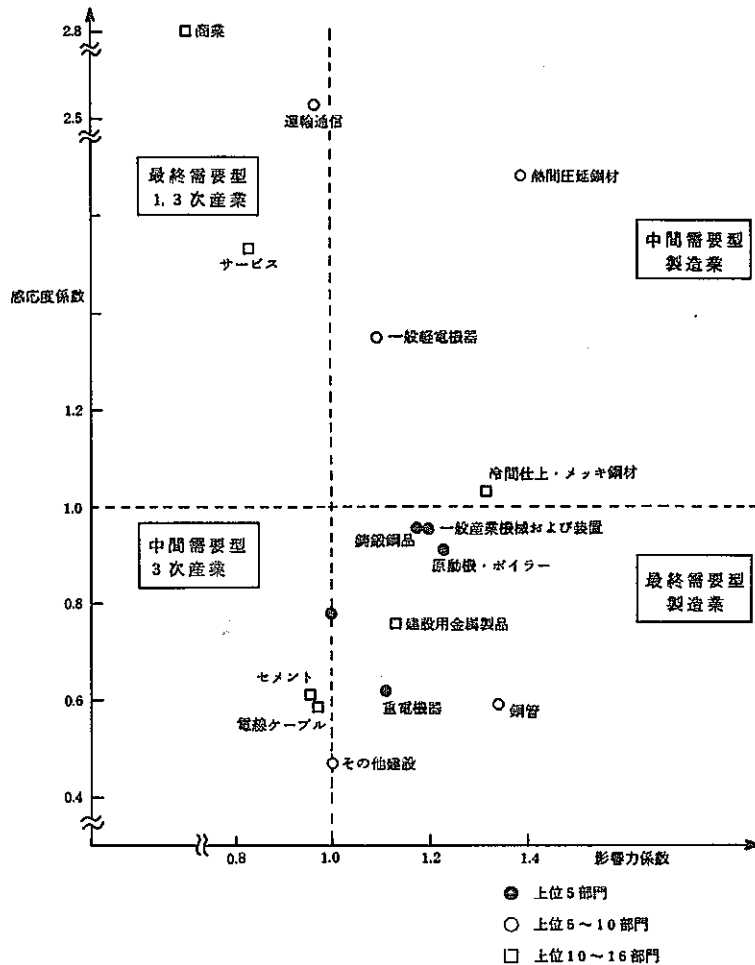
る。これらのうち金属一次製品は原子炉建設と密接な関りを持っているが、しかし、金属一次製品の中でも特に原子炉建設に関連する鋼管の感応度係数は粗鋼、熱間圧延鋼材等の金属一次製品に比較して極めて低いことがわかる。

3. 影響力係数と感応度係数による機能分析

前に述べたとおり原子炉建設に関連する産業部門には、一般的に言って影響力係数の高い部門は多く含まれるが、逆に感応度係数の高い部門はほとんど含まれないという特性を持っている。そこで、原子炉建設において投資需要の大きい産業部門より取り出し、その影響力係数を横軸に、感応度係数を縦軸にプロットすると図Ⅱ-10のようになる。これを見るとよくわかるように原子炉建設における投資額の多い部門は、ほとんどが影響力係数が高く(1.0以上)で、感応度係数が低い(1.0以下)最終需要型製造業の領域に入っている。特に投資額の上位5部門は全て、また投資額が5~15位の部門のうち、サービス・商業・運輸業等を除く原子炉建設に特徴的な部門はやはり同様の領域もしくはその周辺部分に分布している。ただ一例、熱間圧延鋼材が感応度係数も高く、影



図Ⅱ-9 感応度係数の高い部門



図Ⅱ-10 原子炉建設投資における上位15部門の機能特性

響力係数も高いが、これは熱間圧延鋼材が非常に広範な分野で利用される中間需要型製造業であることによる。

また、軽水炉と高速増殖炉の産業部門別投資額を比較すると、高速増殖炉の場合、先に述べた原子炉建設に特徴的な最終需要型製造部門の投資額が大きく、軽水路に較べより最終需要型製造業としての性格が強くなることがわかる。

II.3.2 産業波及効果

以上、II.3.1で述べてきた特性を持つ59部門の逆行列表と、II.2で述べた軽水炉および高速増殖炉建設の部門別投資額データおよび運転維持・核燃料サイクル費を用い、各々の原子炉建設・運転による産業波及効果を、生産誘発額、雇用誘発効果、輸入額変化の3つの視点から比較・分析する。

1. 生産誘発効果

1) 原子炉建設

軽水炉建設と、高速増殖炉建設投資による生産誘発効果は、表II-17に示すようなものとなる。

表II-17 原子炉建設による生産誘発効果

項 目	軽 水 炉	高 速 炉
投 資 額 (円/KW)	181,000	299,000
国内生産増 (円/KW)	424,000	723,000
生産誘発係数 (-)	2.34	2.42
(昭和50年産業連関表を用いた分析)	(2.19)	(2.24)
投資規模比率 (-)	1.00	1.66*
国内生産増比率	1.00	1.71
生産誘発係数比率	1.00	1.03

* 労働力分が粗付加価値分に計上されているため、単純に仮定建設費の比率(1.5)になっていない。

II.1.3で述べた既存の分析による軽水炉の生産誘発係数は、28部門表を基本とするもので、だいたい2.2前後、またより詳細な部門分類を行った産業連関表を用いたもので2.28もしくは、2.55、2.60という値が得られている。本分析で得られた軽水炉の生産誘発係数は2.34と従来の検討よりは若干大きい値を示すが、(2.6近くになるものには、非競争輸入型、すなわち(I-A)⁻¹型の逆行列を用いた分析が含まれてい

る)これは、本分析では特に原子炉建設投資が多く影響力係数の大きい部門を詳細に部門分類し、投資コンバータもより詳細なものを用いていること、産業連関表に新しい昭和55年表を用いていることによるものと考えられる。

本解析で作成した投資コンバータと、昭和50年産業連関表を用いて解析した結果、軽水炉の生産誘発係数は2.19、高速増殖炉の生産誘発係数は2.24という値を得ている。軽水炉の生産誘発係数は既存の分析とはほぼ同様の値となっている。これに対して昭和50年の投入算出構造でも、高速増殖炉の方が約2.5%産業波及効果が高くなっており、昭和55年では、さらにその差は大きくなっている。(尚、非競争輸入型逆行列を用いると一般に生産誘発係数は高くなる。本分析においても非競争輸入型マトリクスを用いた場合には、2.6以上の値を得ている。)

高速炉の生産誘発係数は、2.42と軽水炉の誘発係数に較べ、約3%強高い値となるが、これは100万KW級原子炉1基建設(建設費3,340億円)に換算すると約130億円の差となる。(直接投資分のみの産業波及効果の差)

産業部門別の1単位設費容量当りの生産誘発額の大きい部門、上位15部門を図Ⅱ-11に示した。

次に図Ⅱ-12に単位投資額当り生産波及効果の大きいものについて上位から15部門抽出し、軽水炉と高速増殖炉をまとめて比較した。原動機・ボイラー、重電機器部門では高速増殖炉の産業波及効果が大きく、他部門では、ほぼ両者拮抗しているのがわかる。ここでは、高速炉は軽水炉に較べ上位部門への生産波及効果のシフトが大きいことがわかる。この上位部門はいずれも、電気機械もしくは金属製品であり(商業、サービス等は除く)高速増殖炉の場合は軽水炉に較べて、これらの部門への生産誘発効果が大きくなり、逆に、他の一般産業への波及効果は小さくなるものと言えよう。また図-13の単位投資額当りの軽水炉と高速増殖炉の生産波及効果の比率を取ったものを見ると、軽・重電気機械類、鋼管、原動機ボイラー等が上位に示されている。

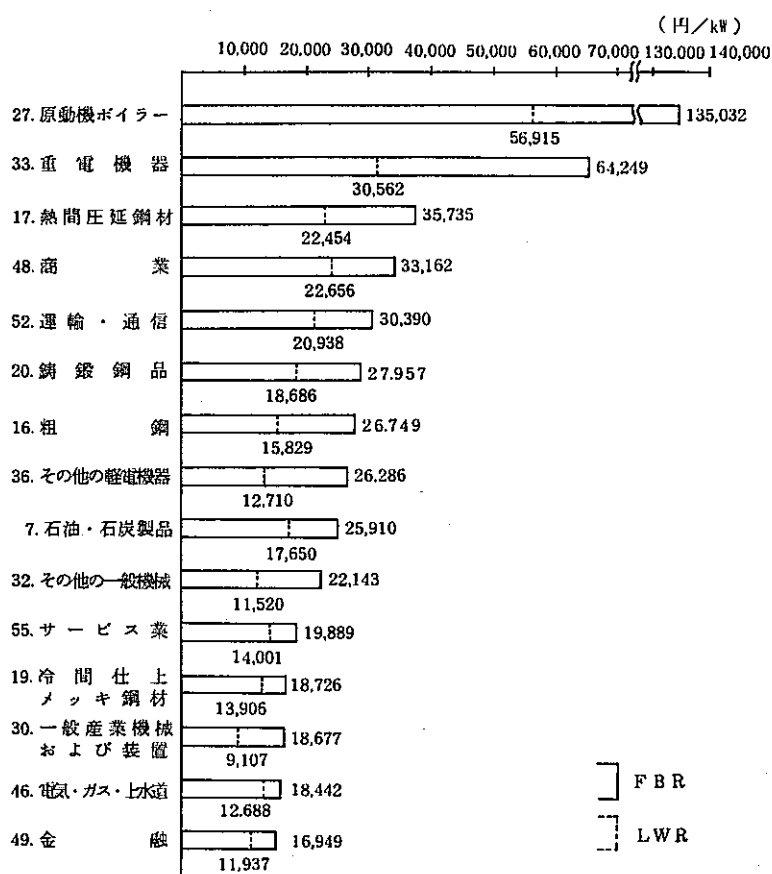
2) 運転維持および核燃料サイクル

運転維持および核燃料サイクルにおける消費による原子炉寿命中の生産誘発効果は、表Ⅱ-18に示すようなものとなる。

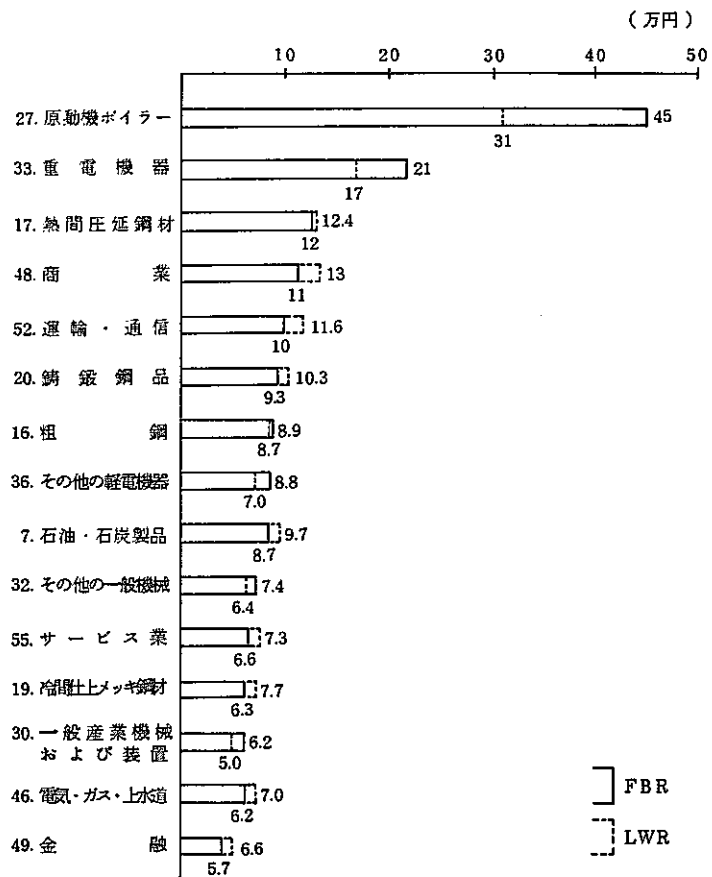
表Ⅱ-18 運転維持および核燃料サイクルによる生産誘発効果

項 目	軽 水 炉	高 速 炉
消 費 額 (万円/KW)	1 0 7	1 0 4
〔 運転維持費 〕	〔 4 7 〕	〔 6 1 〕
〔 核燃料サイクル費 〕	〔 6 0 〕	〔 4 3 〕
生産誘発係数	2.1 1 8	2.3 8
消費規模比率	1.0 0	0.9 7
〔 運転維持費 〕	〔 1.0 0 〕	〔 1.3 0 〕
〔 核燃料サイクル費 〕	〔 1.0 0 〕	〔 0.7 2 〕
国内生産増比率	1.0 0	1.0 9
生産誘発係数比率	1.0 0	1.1 2

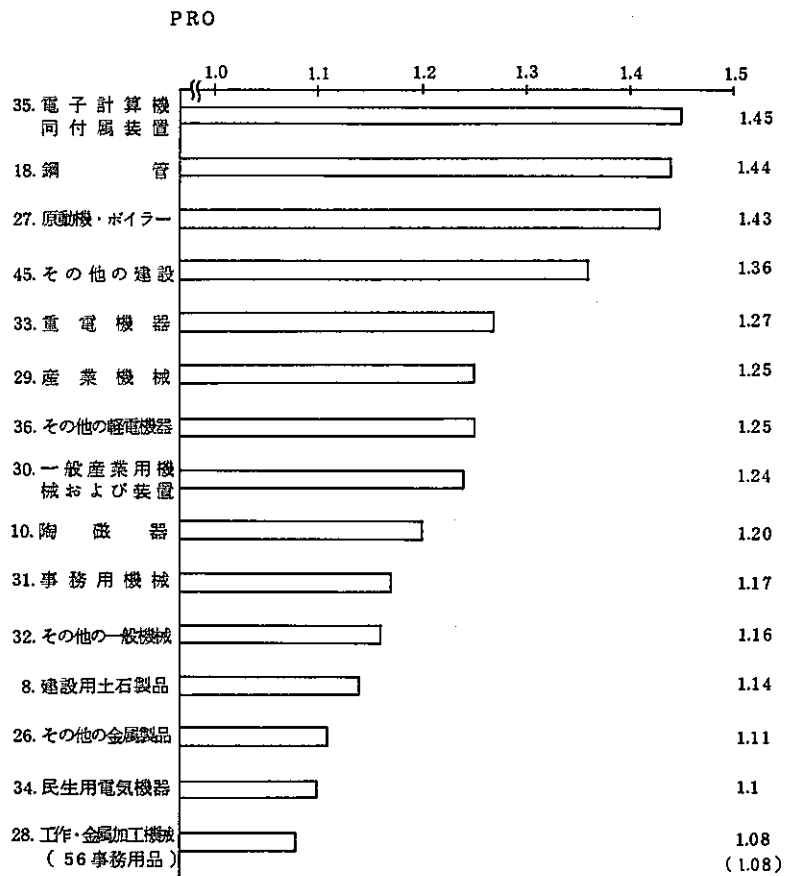
(注) 原子炉寿命は30年と仮定した。



図Ⅱ-11 生産誘発効果の比較 (原子炉建設, 単位設備容量当り)



図Ⅱ-12 生産誘発効果の比較(原子炉建設, 投資額100万円当り)



図Ⅱ-13 生産誘発額の比率(原子炉建設, 単位投資額当り)

生産誘発係数は高速増殖炉に比べ、軽水炉の場合約10%小さくなっている。これは軽水炉の場合、天然ウラン輸入への依存度が高く、消費の多くが輸入需要となってしまうことによる。運転維持および核燃料サイクルに関連する消費額、波及生産額についても、30年間の合計を考えると発電プラント建設投資の数倍にのぼる額となり、この面では高速増殖炉の方が総消費額は少く、生産波及効果は大きいというように、我が国産業にとって好ましい性格を持つと言える。原子炉本体建設費と、炉寿命中の運転維持・核燃料サイクル費とを同次元で議論することは、対象となる期間等の関連で問題があるが、本分析の条件下では大まかにいって、運転維持・核燃料サイクル費と建設費を加え合せれば、軽水炉と高速増殖炉でそれほど大きな差はないものと言える。尚、運転維持・核燃料サイクル需要増による生産波及効果の高い産業部門を図Ⅱ-14（単位設備容量当り）、図Ⅱ-15（単位需要額当り）に示す。一般産業機械および装置の部門で、高速増殖炉に比べ軽水炉が極端に大きくなっているのは、ウラン濃縮の遠心分離機製造需要が大きくなることによる。

運転維持・核燃料サイクルにおいては、廃棄物処理および再処理に対する需要額が大きく、これを含む化学製品部門に極めて大きな波及効果がある他は特徴がない、原動機ボイラー、重電機器が上位に現れているのは主に補修需要による。

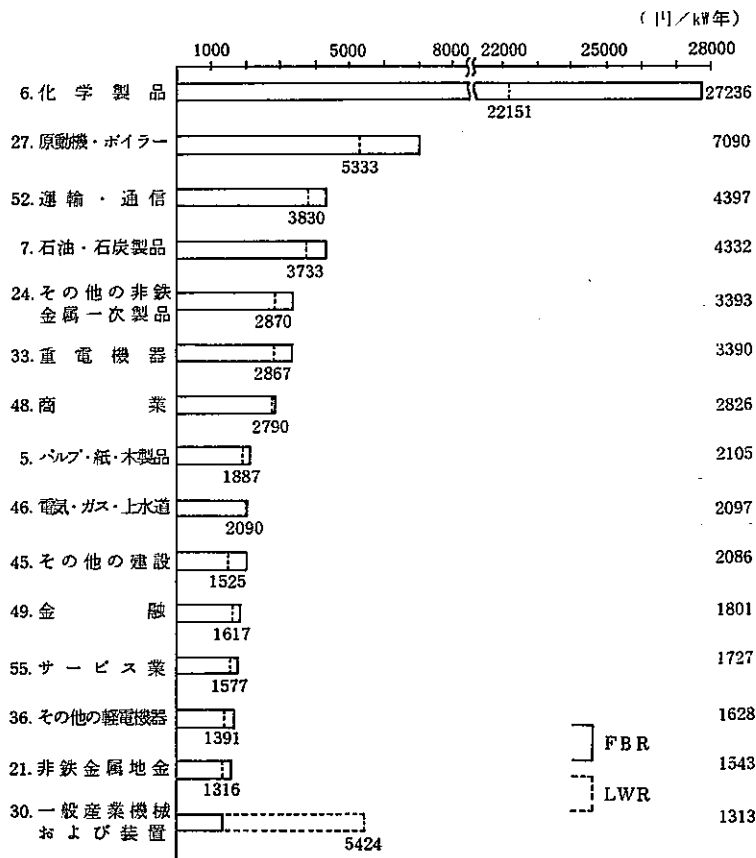
2. 雇用誘発効果

1) 原子炉建設

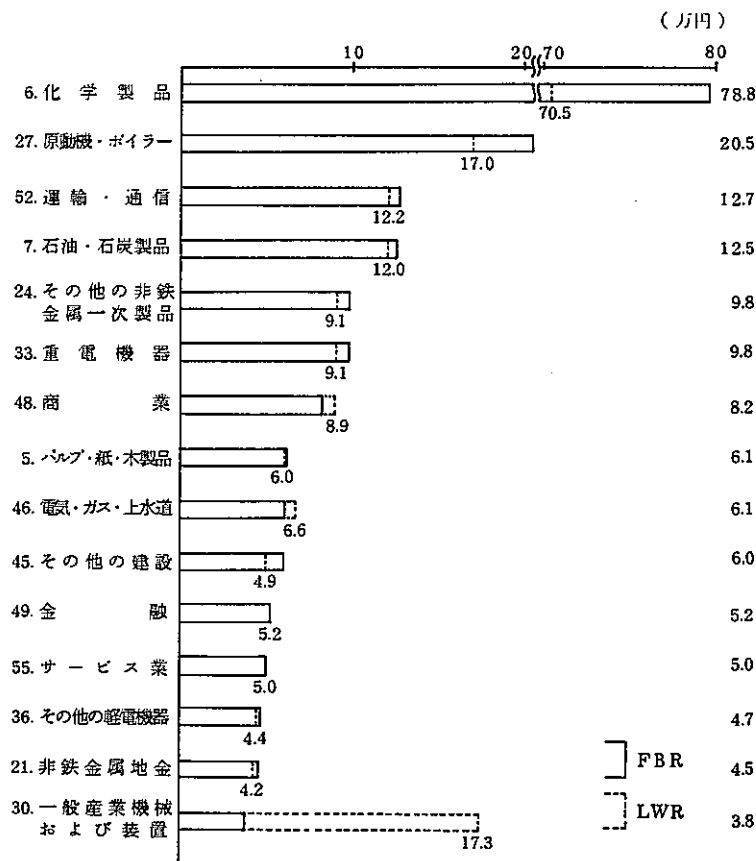
軽水炉および高速増殖炉建設により誘発される雇用数は表Ⅱ-19に示すものとなっている。

表Ⅱ-19 原子炉建設による誘発雇用者数

項 目	軽 水 炉	高 速 増 殖 炉
単位設備容量当り		
総誘発雇用者数 (人/100万KW)	2 3 8 0 0	4 0, 4 0 0
比 率	1.0 0	1.6 9
単位投資額当り		
総雇用者数 (人/1兆円)	1 3 2, 0 0 0	1 3 5, 0 0 0
比 率	1.0 0	1.0 2



図Ⅱ-14 生産誘発効果の比較 (運転維持・核燃料サイクル, 単位設備容量当り)



図Ⅱ-15 生産誘発効果の比較 (運転維持・核燃料サイクル, 投資額100万円当り)

このように軽水炉と高速増殖炉を比較した場合、単位出力当りの誘発雇用数は高速増殖炉の方が多く、また単位投資額当りの誘発雇用数を比較しても、若干高速増殖炉の方が誘発効果は大きい。しかしその差はごくわずかである。

誘発雇用数を産業部門別に見ると、単位出力当りの雇用の絶対数では図Ⅱ-16のようになり、原動機・ボイラー部門での誘発雇用数の違いが顕著である。また、雇用誘発効果の高い部門を図Ⅱ-17に示す。

これを見ると原子炉建設に関連する分野では、需要増当りの直接の雇用誘発効果は相対的にあまり高くないと言える。

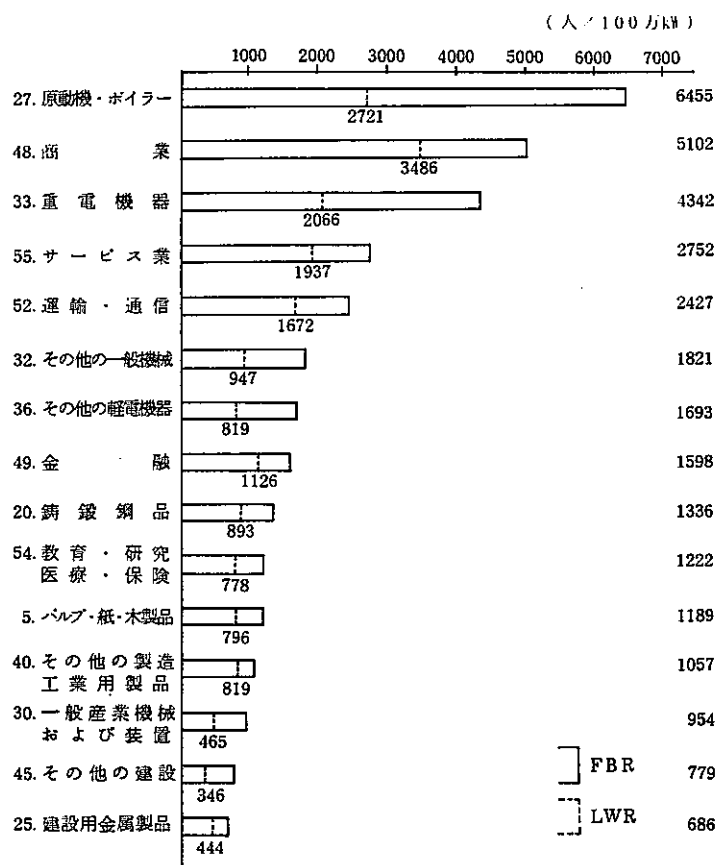
2) 運転維持および核燃料サイクル

単年毎の運転維持および核燃料サイクルに関連して誘発される雇用数は、表Ⅱ-20に示すものとなる。

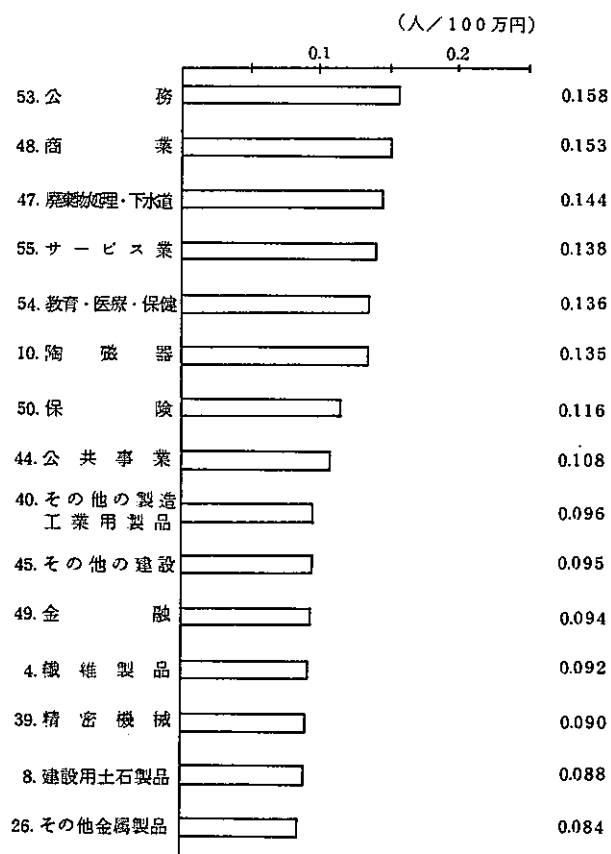
表Ⅱ-20 運転維持および核燃料サイクル関連誘発雇用数

項 目	軽 水 炉	高 速 増 殖 炉
単位設備容量当り 総誘発雇用者数 (人/100万KW)	3,800	4,100
比 率	1.00	1.07
単位消費額当り 総雇用者数 (人/1兆円)	109,000	121,000
比 率	1.00	1.11

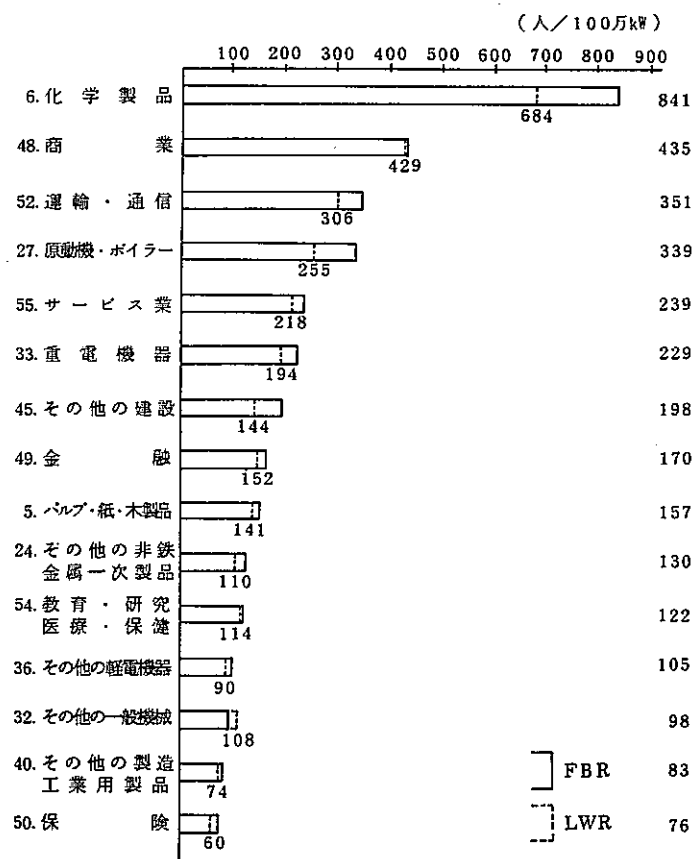
また誘発雇用数の多い部門上位15位を、図Ⅱ-18に示す。やはり原子炉建設の場合と同様、生産波及効果の場合に近い構成となっている。ただ、商業等のサービス産業は雇用誘発効果が相対的に高く、より上位になっている。



図Ⅱ-16 誘発雇用数(原子炉建設, 単位設備容量当り)



図Ⅱ-17 誘発雇用効果の高い部門



図Ⅱ-18 誘発雇用数(運転維持・核燃料サイクル, 単位設備容量当り)

3. 輸入への影響

1) 原子炉建設

軽水炉および高速増殖炉の建設が輸入に与える影響をまとめたものを表Ⅱ-21に示す。

表Ⅱ-21 原子炉建設による誘発輸入額

項目	軽水炉	高速増殖炉
単位出力当り総輸入増分(円/KW)	4 3,4 0 0	6 5,9 0 0
比率	1.0 0	1.5 2
単位投資額当り総輸入増分(—)	0.2 4	0.2 2
比率	1.0 0	0.9 2

このように軽水炉と高速増殖炉を比較した場合、単位出力当りでは輸入増分は、軽水炉に較べ高速増殖炉建設の場合の方が大きい、単位投資額当りでは高速増殖炉の建設による輸入増分は軽水炉建設による輸入増分よりも少ないという結果を得ている。本分析ではⅡ.1で示したようにこの輸入分と各産業部門の総生産額の比率が一定であるという仮定を用いている。高速増殖炉建設の場合、軽水炉に較べてこの値が小さいということは、この間接需要部分で輸入依存度の低い産業に相対的に大きな需要を喚起していくことを意味する。誘発輸入額の軽水炉と高速増殖炉の比較を、図Ⅱ-19に、また輸入誘発効果の高い部門を図Ⅱ-20に示す。鉱業において、輸入誘発が大きいのは、石油輸入がこの部門に加っているからである。軽水炉と高速増殖炉では、単位設備容量当りでは約13,000円程度の鉱業部門における輸入の誘発額の差があるが、このうち80%を原油が占めるとすると、その輸入相当量は約1.5バレル/KWとなり(原油の調達価格は\$28/バレルとしている)、原子炉1基当り150万バレル、プラント寿命を30年とすると約140バレル/日となる。

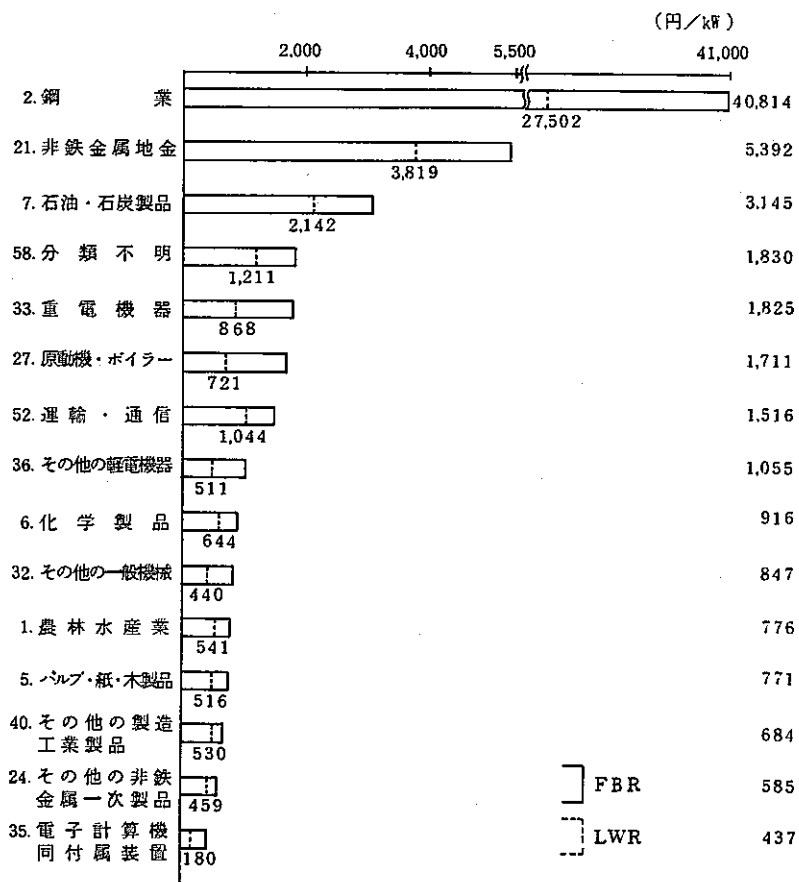
2) 運転維持および核燃料サイクル

運転維持および核燃料サイクルによる誘発輸入をまとめたものを、表Ⅱ-22に示す。

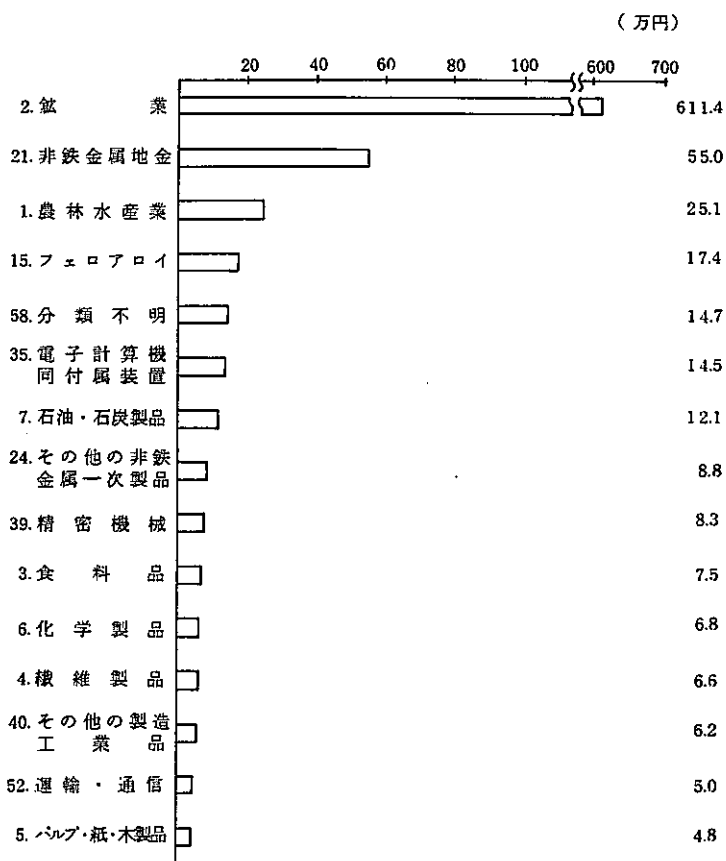
表Ⅱ-22 運転維持および核燃料サイクルによる誘発輸入額

項 目	軽 水 炉	高 速 増 殖 炉
単位設備容量当り総輸入増分 (円/KW年)	12,000	9,100
比 率	1.00	0.76
単位消費額当り総輸入増分 (円/100万円)	339,000	264,000
比 率	1.00	0.78

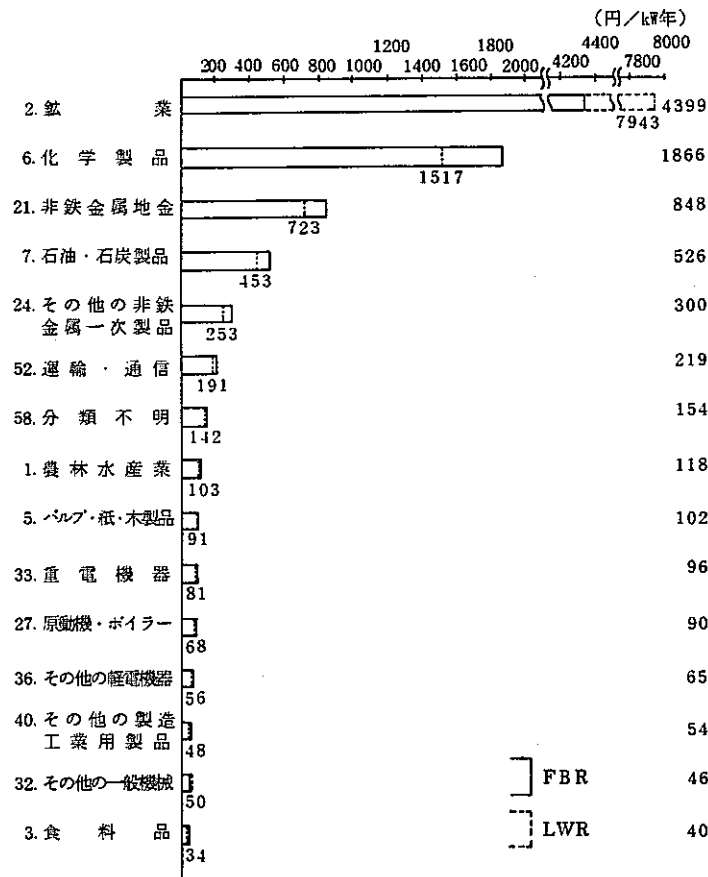
また輸入誘発額の低い15部門を取り出し、図Ⅱ-21に示した。鉱業以外の分野では高速増殖炉の方が輸入を多く誘発するが、鉱業では軽水炉の輸入誘発額が極めて大きくなっている。これは天然ウランの輸入の影響である。単位設備容量当りの誘発輸入額から天然ウラン分を除くと、軽水炉の場合約3,800円/KW年、高速増殖炉の場合約4,300円/KW年となっており、若干高速増殖炉の方が大きくなっている。この値を1日当りの原油量に換算すると、約160バレル/日となる。便宜的に、原子炉建設の際の原油輸入量と加え合わせると、高速増殖炉では軽水炉に較べ、300バレル/日程度原油の輸入誘発が多いということになる。



図Ⅱ-19 誘発輸入額（原子炉建設，単位設備容量当り）



図Ⅱ-20 輸入誘発効果の高い部門（投資額100万円当り）



図Ⅱ-21 誘発輸入額（運転維持・核燃料サイクル，単位設備容量当り）

しかし、100万KWの原子力発電所を1基建設すると、3万バレル/日以上原油の輸入を抑制することができるのに比較すれば、この値はほぼ無視できる差だと言えよう。また、高速増殖炉の炉寿命中の総計で考えると、建設で約500バレル/日、また運転維持・核燃料サイクルで約1,400バレル/日、合計1,900バレル/日程度の原油の輸入を誘発するが、これらは国内の生産活動を通じて誘発されるものであり、火力発電のように直接的に誘発されるものとは性格が異なるものと言える。

Ⅱ. 4. 産業高度化の分析

我が国の国民総生産も300兆円を超え、その規模はますます拡大している。そしてその経済活動を支える各産業も、規模的拡大を続けるとともに質的にも変化しつつある。その1つの方向が謂るサービス産業の拡大であり、そしてもう1つが製造業等、実際に物を生産・建設する物的産業におけるサービス産業依存度の増加、高付加価値化の方向である。サービス産業規模の急速な拡大、そして物的産業のサービス産業への依存度の上昇は、いずれも経済のサービス化という言葉で表現されている現象であるが、本調査ではむしろこの経済全体

のサービス化というよりは、物的産業としての原子力産業もしくは原子炉建設・運転維持・核燃料サイクルにおける高付加価値化の視点から、我が国産業の高度化に対する、高速増殖炉開発の位置づけを明確化することをその目的とする。また、高付加価値化と関連して産業における雇用構造変化へのインパクトについても、分析を行う。

高速増殖炉建設は現在、1基当り6,000億円とも1兆円とも言われており、これに運転維持・核燃料サイクル需要を含めた場合、高速増殖炉の建設が本格化し年間100万KWの設備増設を考えると、ゆりに年間1兆円以上の需要を創出することとなる。これは、製造業関連固定資本形成の数パーセント近くを占める巨大なものであり、高速増殖炉建設が製造業を中心とする物的産業に与える影響は極めて大きく、高速増殖炉建設および、これに誘発される生産の構造が我が国の産業の将来像に大きく寄与することとなる。

II.4.1 付加価値率の変化

産業連関表上の付加価値部門は基本的には、

- ・ 家計外消費支出
 - ・ 雇用者所得
 - ・ 営業余剰
 - ・ 資本減耗引当
 - ・ 間接税
 - ・ 補助金
- } 純付加価値

から構成されている。これら全部を合計したものを粗付加価値と呼んでいる。

1) 原子炉建設

原子炉建設により、誘発された総付加価値を単位投資当りおよび雇用者一人当りで示し、表II-23に整理する。

表II-23 誘発総付加価値（原子炉建設）

	単 位	粗付加価値	税 引 後 粗付加価値	雇 用 者 所 得
高速増殖炉				
単位投資額当り (対軽水炉比率)	(-)	84.2 (1.02)	80.0 (1.02)	54.0 (1.04)
雇用者一人当り (対軽水炉比率)	(100万円/人)	5.32 (1.01)	5.06 (1.01)	2.85 (1.03)
軽水炉				
単位投資額当り	(-)	82.8	78.6	43.4
雇用者一人当り	(100万円/人)	5.26	5.00	2.76

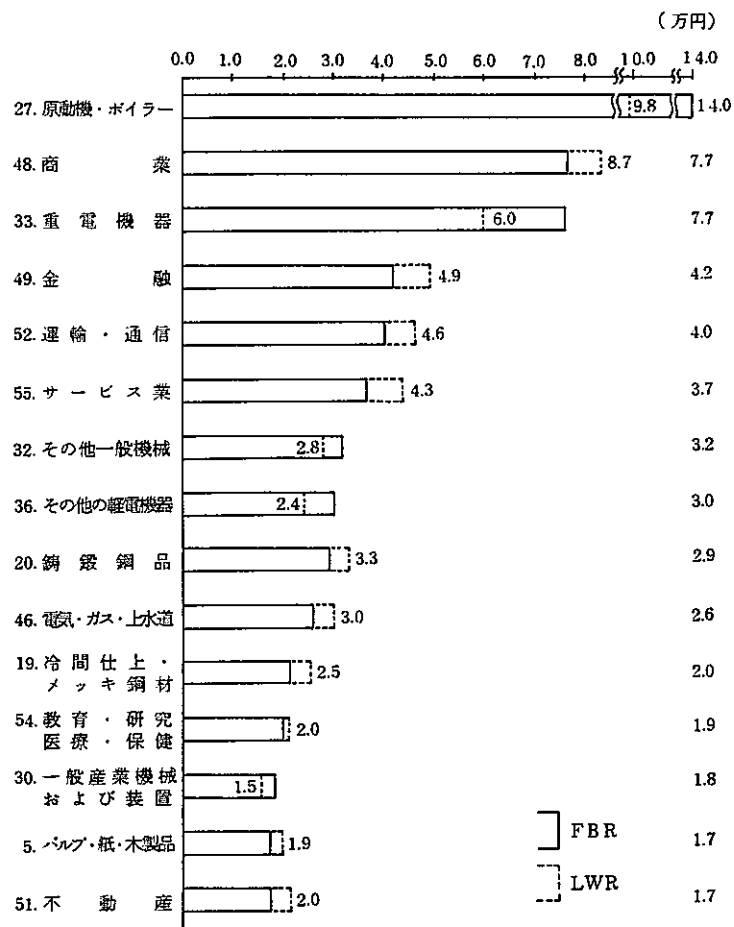
また、図Ⅱ-22～24に単位投資額当りの粗付加価値、粗付加価値から間接税を引いたもの（純付加価値に資本減耗引当を加えたもの）、雇用者所得誘発額の多い部門を取り出して、高速増殖炉と軽水炉で比較して示している。

これを見ると、高速増殖炉の方が軽水炉に比較して単位投資額当りの付加価値誘発額が大きくなっており、特に雇用者所得の誘発効果が大きくなっている。これは後にも述べるように、高速増殖炉建設においては、産業全般の中でもより高い専門性、特殊能力を要求される機械関連の産業部門への生産波及が大きいことによる。尚、商業、金融等のサービス産業が上位に見られるのは、元来これらの付加価値率が極めて高いことによる。また、高速増殖炉の場合は、相対的にこれらのサービス業に対する付加価値誘発効果は小さくなっている。

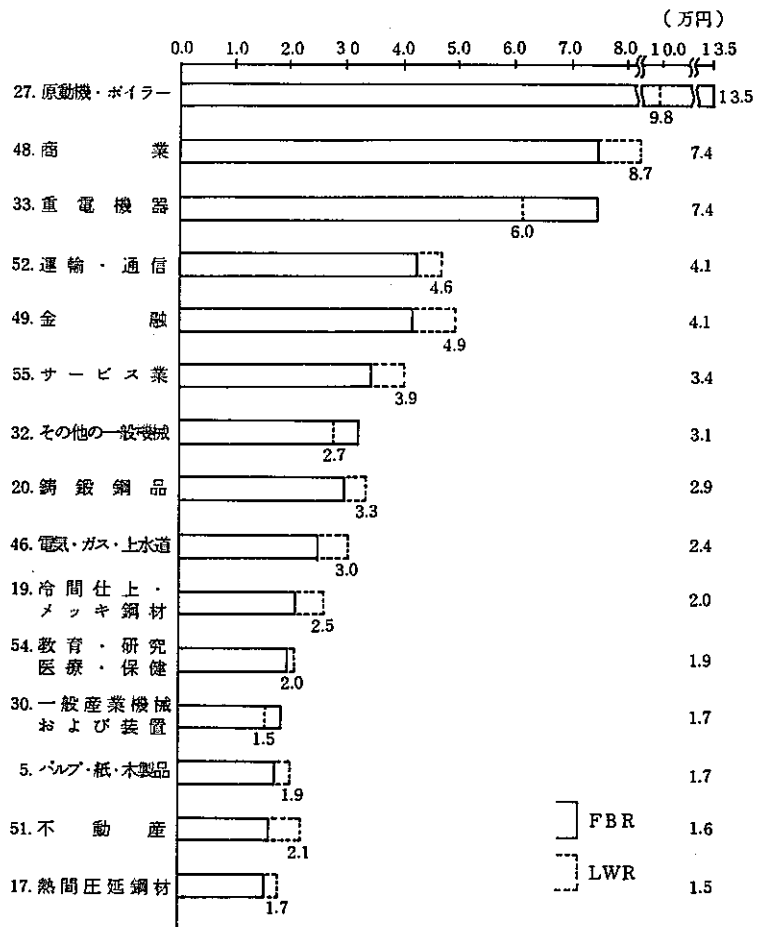
2) 運転維持および核燃料サイクル

単位投資額および誘発雇用者1人当り誘発される付加価値を、表Ⅱ-24に示す。

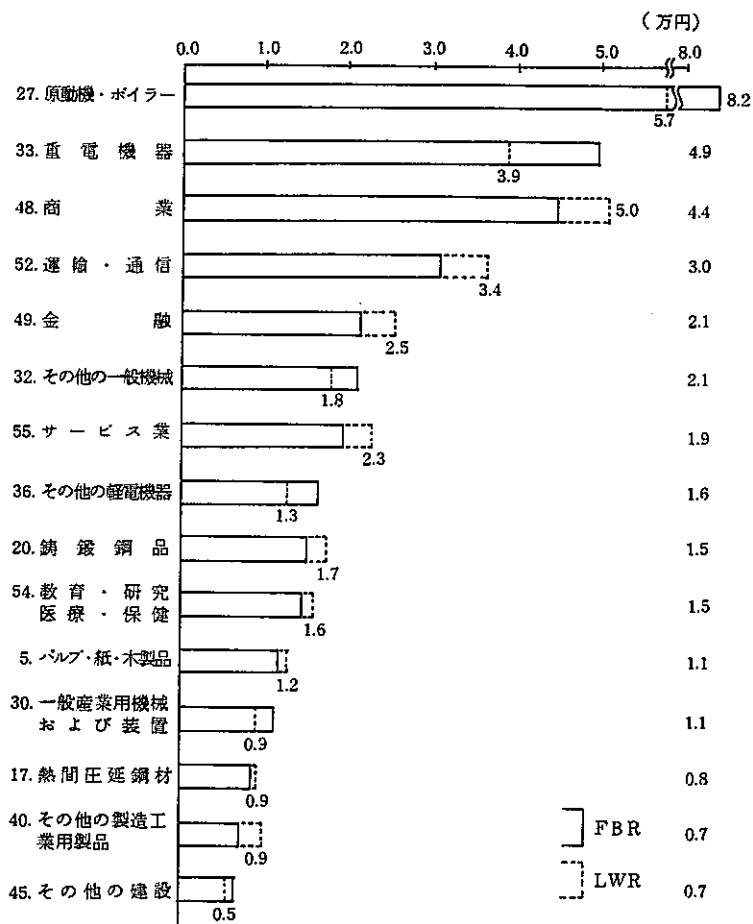
単位投資額当りの誘発付加価値は、軽水炉に較べ高速増殖炉の方が大きくなっているが、これは核燃料サイクルにおけるウラン輸入分により国内付加価値誘発が小さくなることによる。雇用者一人当りの誘発付加価値は、高速増殖炉と軽水炉ではほぼ同じで、若干高速増殖炉が高い程度である。



図Ⅱ-22 誘発粗付加価値（原子炉建設、投資額100万円当り）



図Ⅱ-23 誘発税引後粗付加価値（原子炉建設，投資額100万円当り）



図Ⅱ-24 誘発雇用者所得（原子炉建設，投資額100万円当り）

表Ⅱ－２４ 誘発総付加価値（運転維持・核燃料サイクル）

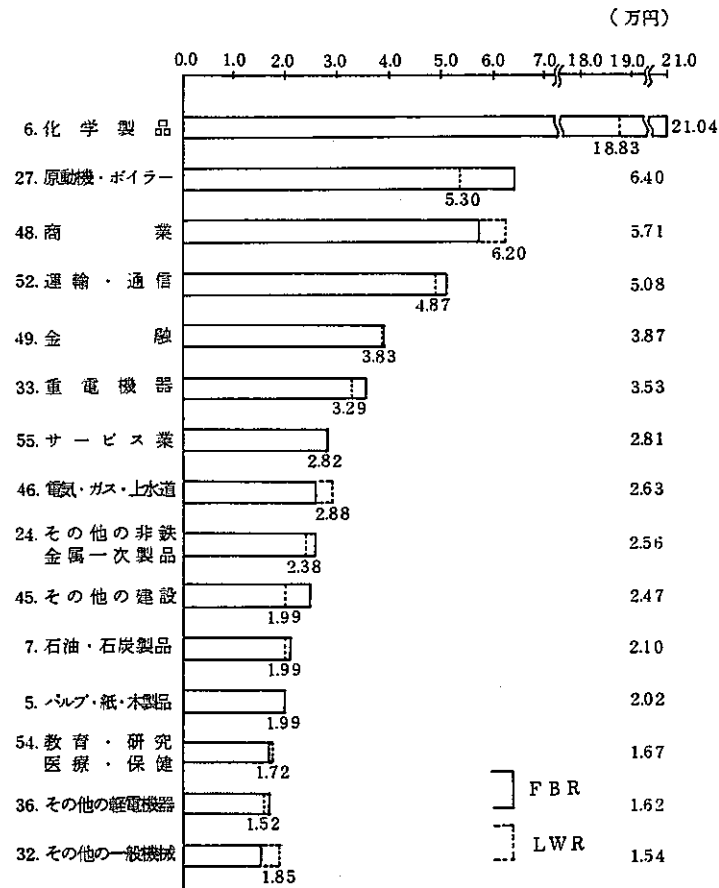
	単 位	粗付加価値	税 引 後 粗付加価値	雇 用 者 所 得
高速増殖炉				
単位投資額当り （対軽水炉比率）	（－／年）	8 0. 0 （ 1. 1 4 ）	7 5. 6 （ 1. 1 2 ）	4 0. 7 （ 1. 1 1 ）
雇 用 者 一 人 当 り （対軽水炉比率）	（100万円／人年）	6. 6 2 （ 1. 0 2 ）	6. 2 6 （ 1. 0 1 ）	3. 3 7 （ 1. 0 ）
軽 水 炉				
単位投資額当り	（－／年）	7 1. 3	6 7. 5	3 6. 7
雇 用 者 一 人 当 り	（100万円／人年）	6. 5 0	6. 1 9	3 3. 7

次に、誘発される付加価値が多い産業部門から順に並べたものを、図Ⅱ－２５～２７に示す。軽水炉と高速増殖炉ではほとんど差がない。粗付加価値ベースではサービス産業が上位に入っているが、雇 用 者 所 得 ベースでは相対的に順位が下がっている。

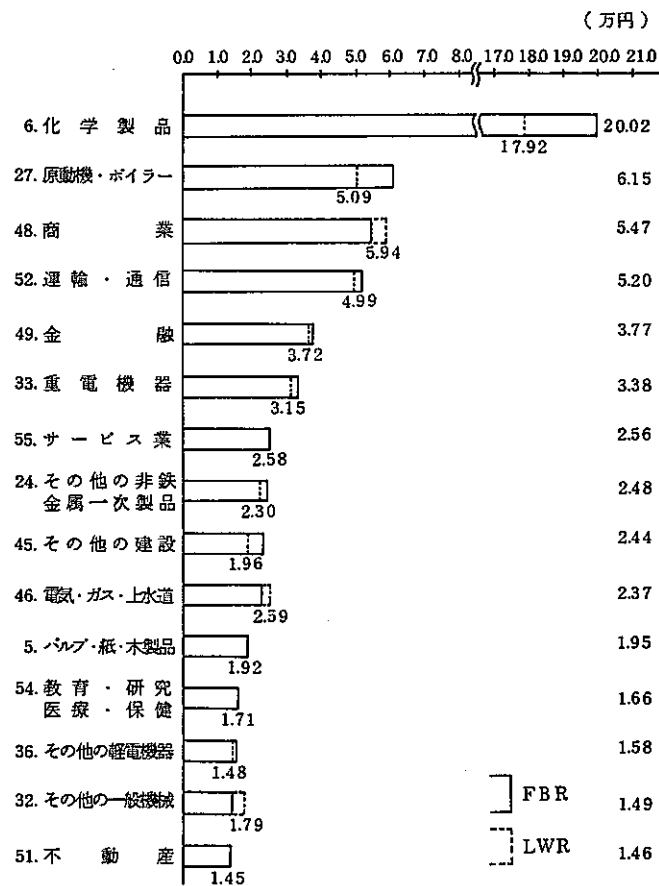
Ⅱ. 4. 2 雇用構造変化

産業連関表と、職業別産業別雇 用 者 数 をマトリクス化した雇用マトリクスを用いて、原子炉建設および、運転維持・核燃料サイクルにおける雇用構造変化の分析を行った。分析に当て用いた産業部門は68部門、職種は57である。

原子炉1基（100万KW）建設する場合に誘発雇用の大きい職種上位15職種を図Ⅱ－28に示す。また、運転維持・核燃料サイクルにおける誘発雇用の大きい職種を図Ⅱ－29に示す。いずれの場合も一般事務従事者の誘発雇用が最も多いが、いかなる産業部門においても一般事務従事者数が極めて多いことを考えればこれは当然と言える。むしろ一般事務従事者に続く、金属加工、一般機械、電気機械等の（運転維持・核燃料サイクルでは、化学製品製造者を含む）技能的職業従事者の誘発雇用が多いことが原子力の特徴であると言えよう。これをもう少し粗い職種分類で見直したものを、図Ⅱ－30、31に示す。また、図Ⅱ－32、33には職種毎の誘発雇用構成比を示した。運転維持・核燃料サイクルではそれ程顕著に現れていないが、原子炉建設では、高速増殖炉においては誘発雇用の多い職種が軽水炉の場合より、専門的・技能的職種にシフトしているのがわかる。また全産業の雇 用 者 構 成 比 に 較 べ、いずれの場合も技能的職業従事者の比率が高く、サービスその他職業および農林水産・採掘作業者の割合が小さくなっている。専門的職業には教員・医療従事者・法務関係者等が含まれており、誘発雇用の構成比率は低い。



図Ⅱ-25 誘発粗付加価値（運転維持・核燃料サイクル，投資額100万円当り）



図Ⅱ-26 誘発税引後粗付加価値（運転維持・核燃料サイクル，投資額100万円当り）

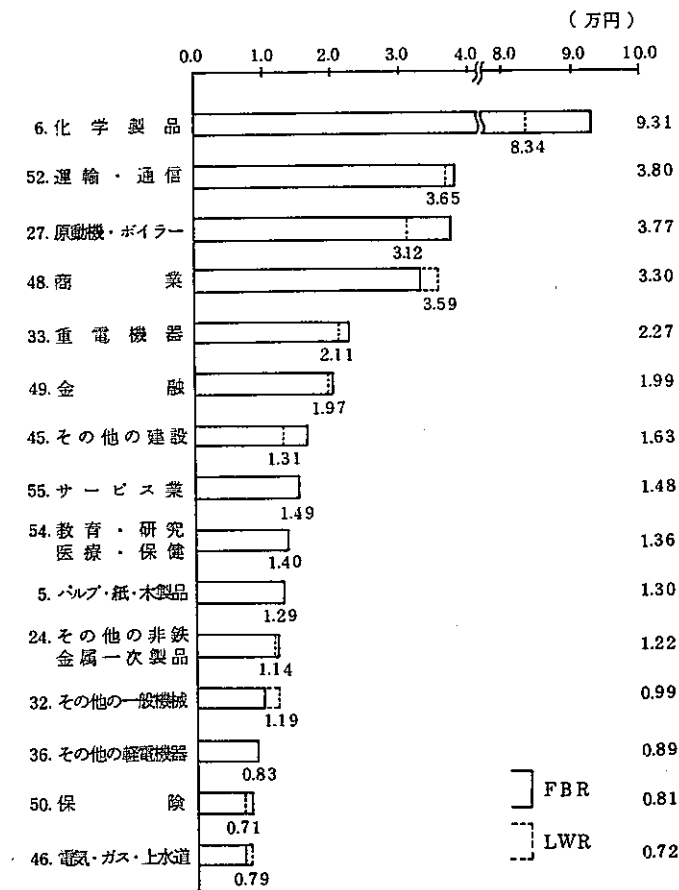


図 II - 27 誘発雇用者所得 (運転維持・核燃料サイクル, 投資額 100 万円当り)

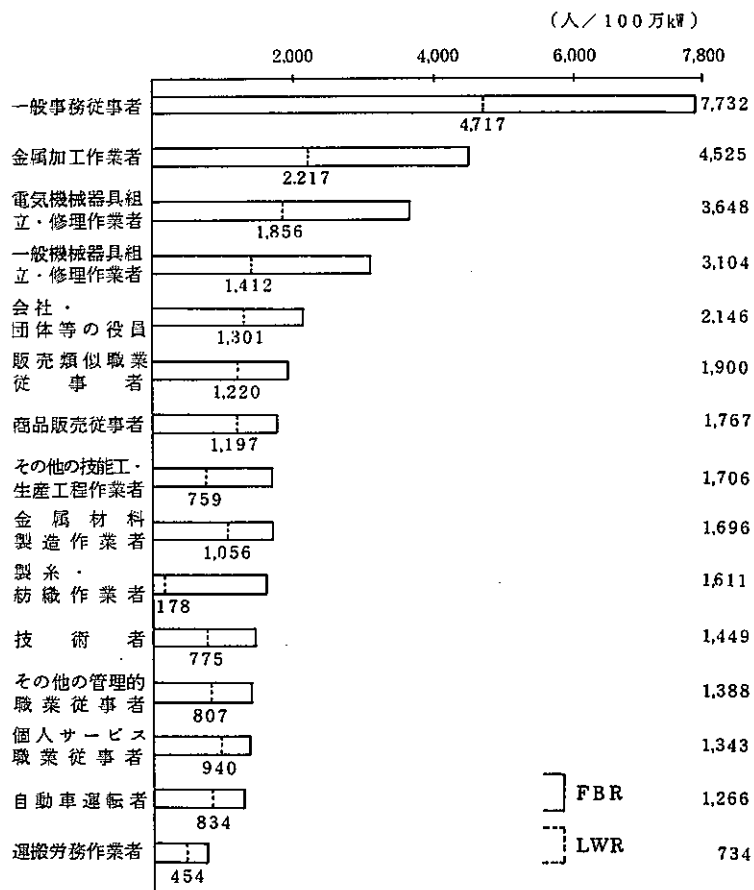


図 II - 28 誘発雇用の多い職種 (原子炉建設, 単位設備容量当り)

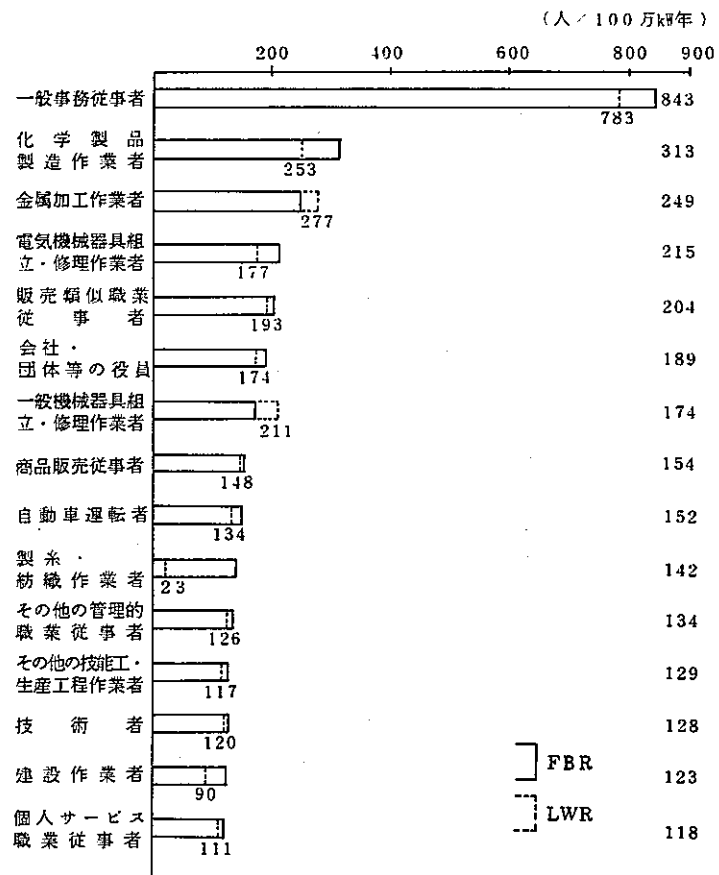


図 II - 2 9 誘発雇用の多い職種 (運転維持・核燃料サイクル, 単位設備容量当り)

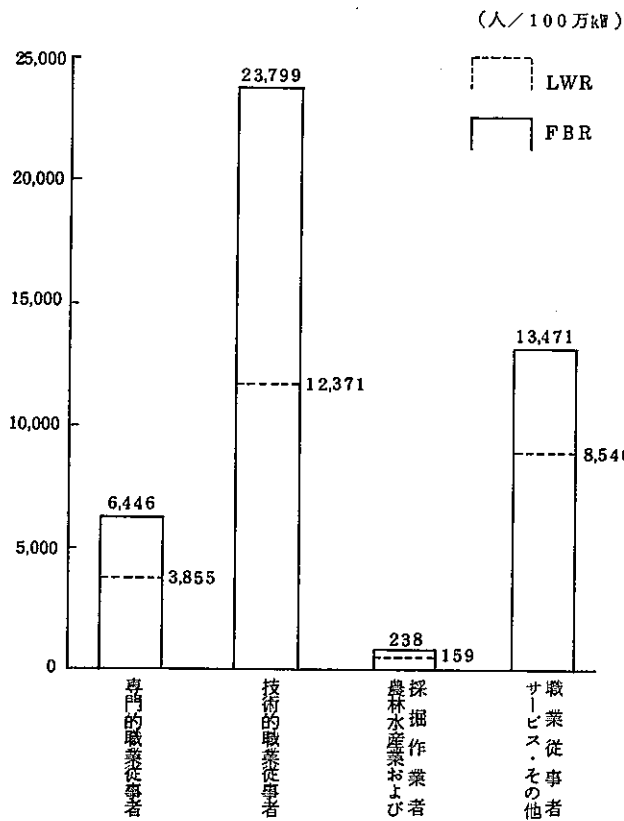


図 II - 3 0 職種別誘発雇用数
(原子炉建設, 単位設備容量当り)

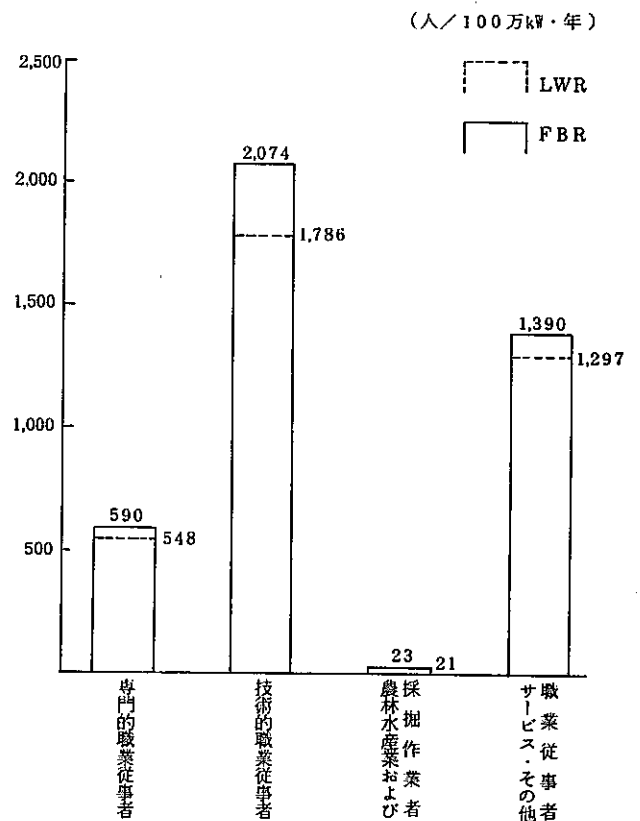


図 II - 3 1 職種別誘発雇用数
(運転維持・核燃料サイクル, 単位設備容量当り)

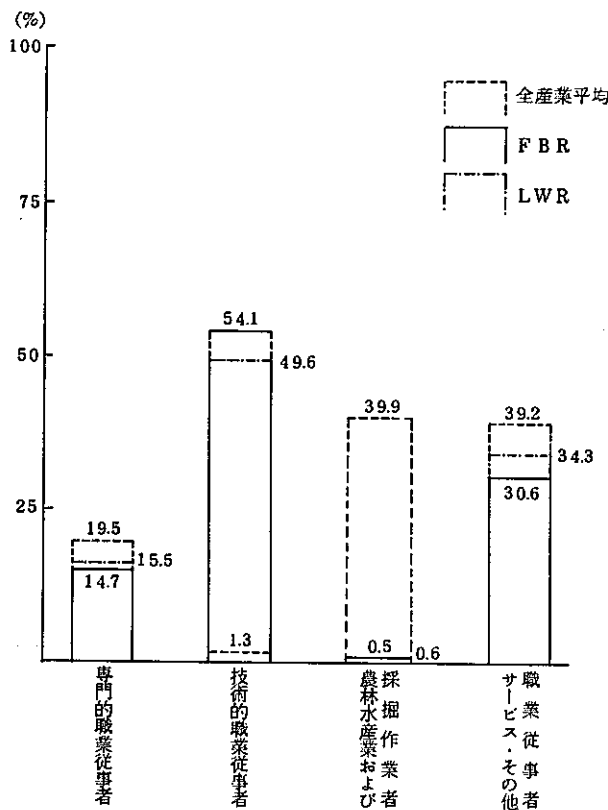


図 II - 3 2 職種別誘発雇用構成比
(原子炉建設)

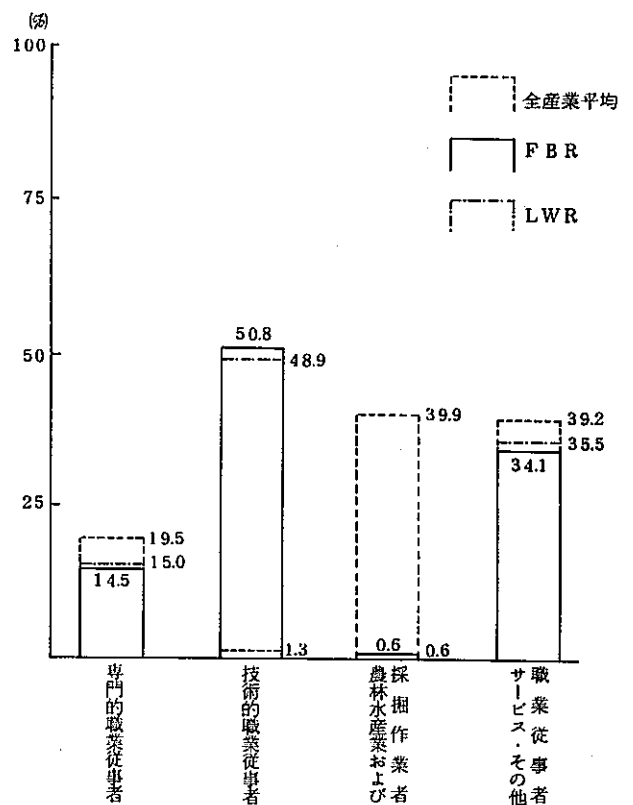
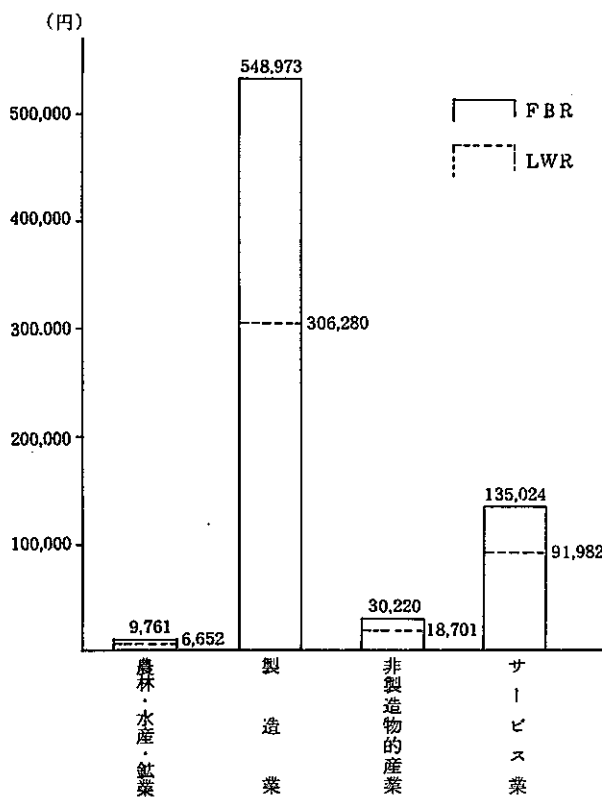


図 II - 3 3 職種別誘発雇用構成比
(運転維持・核燃料サイクル)

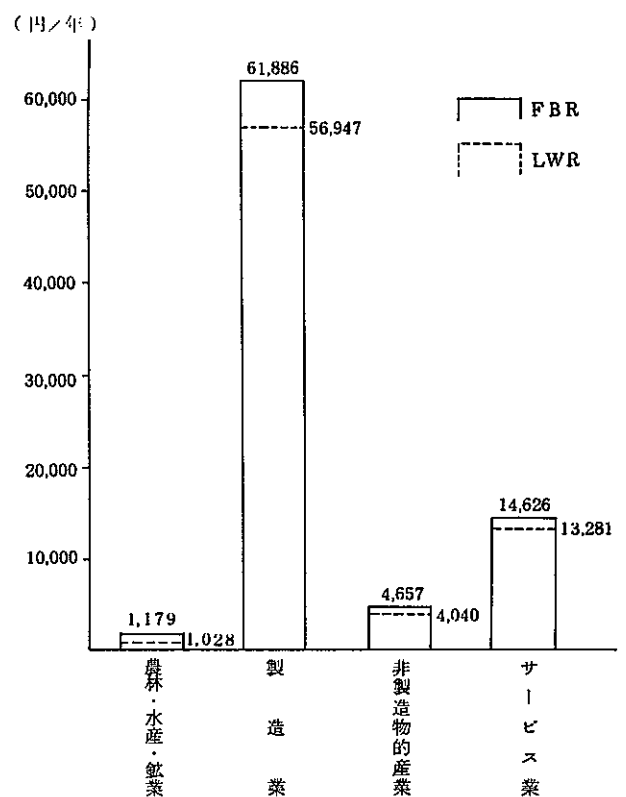
II.4.3 産業構造変化

図Ⅱ-34, 35に原子炉建設, 運転維持・核燃料サイクルによる生産誘発額を, 4部門の産業分類で示した。さらにこの生産誘発額の構成比を, 全産業の現在の生産額の構成比と比較して示したのが, 図Ⅱ-36, 37である。原子炉建設, 運転維持・核燃料サイクル, いずれの場合も, 製造業に極めて大きな比重がかかっており, 原子炉建設の場合はその傾向が高速増殖炉の場合より顕著に現れる。ただし運転維持・核燃料サイクルでは, その差はほとんどないと言える。

高速増殖炉の建設は製造業, 特に原動機・ボイラー, 重電機器, 鉄鋼等我が国の基幹的産業に大きな生産波及効果をもたらす。そしてここで誘発される生産は, 第Ⅰ章での検討に見るように, システム技術, ソフトウェア技術等を要する極めて高度な内容のものである。現在我が国においても産業のソフト化, サービス化が進んでいるが, これはサービス産業の成長だけではなく, こうした製造業等の物的産業におけるサービス化, ソフト化の動きをも意味しており, こういった面から, 高速増殖炉の建設による生産波及は, 我が国産業のサービス化, ソフト化の方向と一致したものと見えよう。すなわち, 高速増殖炉の建設は我が国基幹産業の高度化をおし進めることにより我が国産業全体の高度化を推進する効果を持っていると言える。



図Ⅱ-34 生産誘発効果(原子炉建設, 単位設備容量当り)



図Ⅱ-35 生産誘発効果(核燃料サイクル, 単位設備容量当り)

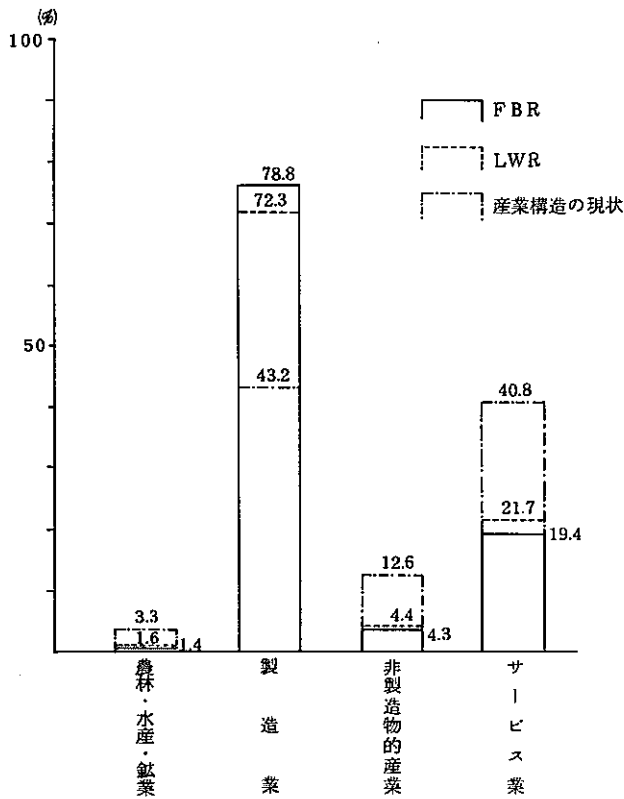


図 II - 3 6 生産誘発構成比 (原子炉建設)

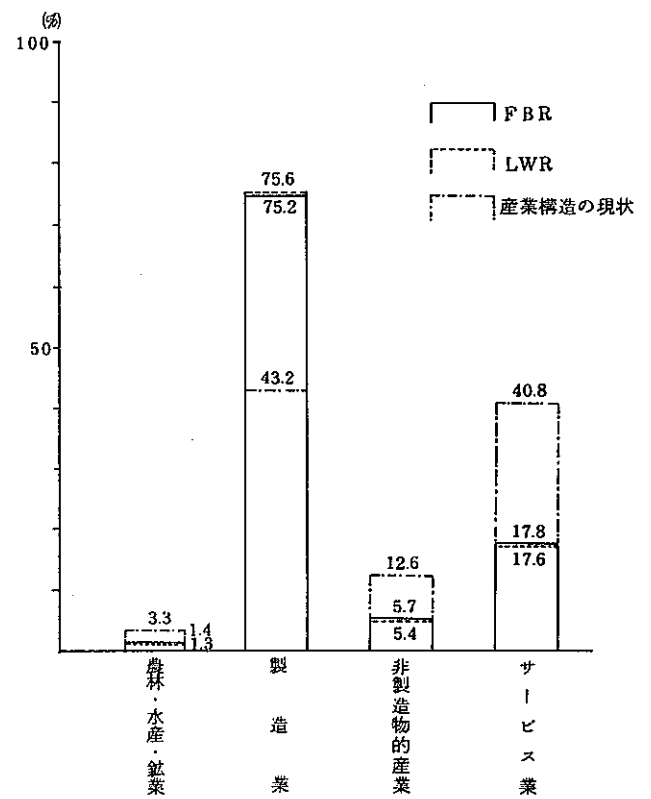


図 II - 3 7 生産誘発構成比 (運転維持・核燃料サイクル)

II. 4. 4 まとめと今後の課題

高速増殖炉開発が我が国産業の高度化に対して与える影響に関するここまでの分析を以下にまとめる。

(1) 生産波及効果

- ・ 高速増殖炉建設による生産誘発係数は 2.42 と軽水炉の 2.32 に比較して高い。軽水炉建設の生産誘発係数は、昭和50年の投入構造で 2.19 であったものが昭和55年には 2.34 に上昇しており、高速増殖炉の建設はこの産業構造変化の傾向をさらにおし進める効果を持つものと考えられる。
- ・ 運転維持・核燃料サイクルの場合も高速増殖炉の場合の方が生産誘発効果は高い (高速増殖炉の生産誘発係数は 2.38, 軽水炉は 2.12) が、この場合は天然ウランの輸入による影響が大きい。

(2) 輸入

- ・ 単位投資額当りの輸入誘発は高速増殖炉建設の方が約 8% 低い。このとき誘発される輸入額のうち約 5 割を原油が占める。(高速増殖炉では約 500 バレル/日)

- ・ 運転維持・核燃料サイクル関連では高速増殖炉の場合、輸入額を約22%減ずることができる。ただしこれは天然ウラン輸入分であり、原油の輸入額は両者ともほぼ同じである。(高速増殖炉では約1900バレル/日)
- ・ 100万KW級原子炉を1基建設した場合の石油輸入量は高速増殖炉の場合、運転維持・核燃料サイクルを含めて、軽水炉に較べ約300バレル/日程度高いものとなる。しかしこれは原子力発電所建設による原油輸入抑制効果が約3万バレル/日程度であるのに比較すれば十分小さい差であると言える。

(3) 付加価値

- ・ 原子炉建設、運転維持・核燃料サイクルいずれの場合も、高速増殖炉の方が軽水炉に比較して単位最終需要変化当りの付加価値誘発額は約2%高い。
- ・ 特に高速増殖炉の場合、軽水炉に比較して製造業部門における付加価値誘発効果が高く、サービス業部門では相対的に付加価値誘発効果が低い。
- ・ 雇用人一人当りの付加価値誘発額についても同様に、高速増殖炉の方が約1%誘発効果が大きくなっている。

(4) 雇 用

- ・ 誘発雇用人数は100万KW級原子炉を1基建設する場合、高速増殖炉では約4万人、軽水炉では約2万4千人と高速増殖炉の方が約70%大きい。また単位投資額当たりでも約2%高速増殖炉の雇用誘発係数が大きくなっている。運転維持・核燃料サイクルでも同様である。(単位設備能力当たりで約7%、単位最終需要変化当たりで約11%、高速増殖炉が高い。)
- ・ 高速増殖炉建設による誘発雇用人の職種構成は軽水炉建設の場合に比較し、より専門的・技術的職種にシフトしている。

(5) 産業構造

- ・ 高速増殖炉の建設により我が国の産業構造はより製造業にシフトすることになる。逆に、非製造物的産業、サービス業への生産波及効果が小さくなっている。
- ・ この傾向は軽水炉よりも高速増殖炉の場合に強くなっている。

今後は本研究で確立した産業連関分析手法をベースに高速増殖炉がより直接的に我が国の産業構造に対して与えるインパクトを分析するため、産業連関表を用い価格分析を行うことにより、石油価格の上下動に対する高速増殖炉と軽水炉の相対的優位性の変化を分析する。