

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。

2001. 11. 30

[技術情報室]

高速増殖炉の技術・産業波及効果 に関する調査研究(II)



1986年3月

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

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料・サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

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

THIS DOCUMENT IS NOT INTENDED FOR PUBLICATION. NO PART OF THIS DOCUMENT
party should be made without prior written consent of Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation.

本資料についての問合せは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術管理部技術情報室

(管理箇所が東海事業所又は大洗工学センター技術管理室の場合はその住所とする)



PNCTJ 2295 86-001

1986年 3月15日

高速増殖炉の技術・産業波及効果に関する調査研究 (Ⅱ) ※

久保川俊彦 ※※ 辻 直志 ※※

要 旨

アンケート結果を、高速増殖炉技術者と一般原子力技術者でどのように評価が異なってくるかの観点から分析した。その結果次のことが判明した。

- (1) 全般に、高速増殖炉技術者の方が高速増殖炉の開発により高い意義を見出しているが、「原子力技術の高度化への寄与」については、一般原子力技術者の評価の方が高い。
- (2) 高速増殖炉の主要機器システム技術、実用化レベルについては、高速増殖炉技術者の方が高く評価しているが、共通基盤技術レベルについては、両者の評価の差異はあまりない。
- (3) 逆に、共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性は一般原子力技術者の方がより高く評価している。

次に、高速増殖炉導入の産業波及のネット効果をまとめると

- (1) 高速増殖炉の建設費が軽水炉の1.5倍の場合は(ケース(1)と(2))高速増殖炉の導入は、産業波及面から見た国民経済的観点からはマイナスの効果が大きい。
- (2) 高速増殖炉は軽水炉に対する建設費比率が1.2倍で稼働率90%の場合には、総合的な国民経済的観点からは、導入メリットの方が大きいと結論づけることができる。

※ 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 社会システム研究部

目 次

要約と結論	1
I. 高速増殖炉技術波及の特性分析	6
I.1 「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」アンケート	6
I.1.1 アンケートのねらい	6
I.1.2 アンケートの回答者	6
I.2 アンケートの回答者属性による分析	6
I.2.1 高速増殖炉開発の意義の重要度評価	6
I.2.2 高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度	9
I.2.3 高速増殖炉の主要機器システム技術の評価	10
I.2.4 高速増殖炉の共通基盤技術の評価	22
I.2.5 高速増殖炉技術の技術波及の可能性	31
II. 産業連関分析による高速増殖炉の特性分析	37
II.1 高速増殖炉の経済性の電力コストへのインパクト	37
II.1.1 高速増殖炉と軽水炉の発電コスト比較	37
II.1.2 高速増殖炉の電力料金へのインパクト	40
II.2 電力料金上昇の他産業への価格波及効果分析	41
II.2.1 価格波及	41
II.2.2 付加価値への影響	45
II.2.3 雇用への影響	50
II.2.4 パラメータ分析	53
II.3 高速増殖炉の産業波及効果のまとめ	53
II.3.1 生産誘発効果	53
II.3.2 付加価値	56
II.3.3 雇 用	57
II.3.4 まとめ	59
III. エネルギー収支分析による高速増殖炉の特性分析	60
III.1 エネルギー収支分析とエネルギー比率	60
III.1.1 エネルギー収支分析の意義と限界	60
III.1.2 エネルギー比率	60

Ⅲ.2 高速増殖炉のエネルギー収支分析	62
Ⅲ.2.1 軽水炉のエネルギー収支分析	62
Ⅲ.2.2 高速増殖炉のエネルギー収支分析	64
付録A 「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」アンケート	67
付録B 高速増殖炉技術の技術波及（可能性）事例	77
付録C 自由回答	89

要約と結論

1. 高速増殖炉技術波及

1.1 技術波及の特性

わが国の高速増殖炉技術者、原子力技術者を対象に、「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」アンケートを実施し、214名の回答を得た。アンケート分析結果から次のことが判明した。

(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たら、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。

1.2 高速増殖炉技術者と一般原子力技術者の評価の差異

アンケート結果を、高速増殖炉技術者と一般原子力技術者でどのように評価が異なってくるかの観点から分析した。その結果次のことが判明した。

(1) 全般に、高速増殖炉技術者の方が高速増殖炉の開発により高い意義を見出しているが、「原子力技術の高度化への寄与」については、一般原子力技術者の評価の方が高い。

(2) 実用化目標時期については、高速増殖炉技術者では「できるだけ早期」、「2010年代」とする意見が多数派であるが、一般原子力技術者においては約30%が「状況によって変えるべき」とする考え方を示している。

(3) 高速増殖炉の主要機器システム技術、実用化レベルについては、高速増殖炉技術者の方が高く評価しているが、共通基盤技術レベルについては、両者の評価差異はあまりない。

(4) 逆に、共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性は一般原子力技術者の方がより高く評価している。

(5) 技術波及の可能性についても両者の間に基本的な差異はほとんどない。

ただし、個々の技術については、若干の差異は認められる。

2. 高速増殖炉の産業波及の特性

産業連関分析を用いて、高速増殖炉と軽水炉の建設、運転に伴う産業波及効果を分析した。

2.1 高速増殖炉導入のプラス効果

(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。(単位設備能力当りで約7%、単位最終需要変化当りで約11%、高速増殖炉が高い。)

- 高速増殖炉建設による誘発雇用者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。

2.2 高速増殖炉導入のマイナス効果

高速増殖炉の経済性が軽水炉よりも劣る場合、高速増殖炉の導入は電力料金の上昇を招き、結果として国民経済にマイナス効果をもたらす。

(1) 生産額の減少

- 電力料金が6.6%上昇すると生産額は1兆1931億円減少する。

(2) 付加価値の減少

- 電力料金が6.6%上昇すると付加価値は5,369億円減少する。

(3) 雇用数の減少

- 電力料金が6.6%上昇すると雇用数は125,968人減少する。

2.3 高速増殖炉導入の産業波及のネット効果

以上の生産誘発、付加価値誘発、雇用誘発の各ネット効果をまとめると表Ⅳ-1のようになる。この表から次のことがいえる。

- (1) 高速増殖炉の建設費が軽水炉の1.5倍の場合は(ケース(1)と(2))高速増殖炉の導入は、産業波及面から見た国民経済的観点からはマイナスの効果が大きい。
- (2) 高速増殖炉の建設費が1.2倍の場合(ケース(3))には、生産誘発面からはプラスの効果がかなり出る。付加価値誘発の面では、高速増殖炉導入は軽水炉とほぼ同じ効果にとどまる。雇用誘発の面では、若干のマイナス効果がでる。
- (3) ケース(3)の場合、稼働率を70%から90%に上昇させれば、電力料金上昇率が1.24%にまで抑えることができる。この場合、プラスの効果は不変でマイナスの効果のみが減少し、雇用減少数が549,680人から378,668人となる。

したがって、ネットの効果としては、わずかではあるが約5万人の雇用増ということになる。

- (4) 以上をまとめると、高速増殖炉は軽水炉に対する建設費比率が1.2倍で稼働率90%の場合には、総合的な国民経済的観点からは、導入メリットの方が大きいと結論づけることができる。

表-1 高速増殖炉の産業波及効果のまとめ

ケース番号	(1)	(2)	(3)
高速増殖炉建設費比率	1.5倍	1.5倍	1.2倍
稼働率	70%	90%	70%
電力料金上昇率	6.6%	4.8%	1.8%
生産誘発ネット効果	△6兆6334億円	△1兆4271億円	+5兆7835億円
付加価値誘発ネット効果	△4兆1817億円	△1兆8389億円	+4304億円
雇用誘発ネット効果	△1,387,776人	△834,688人	△120,090人

3. エネルギー収支分析から見た高速増殖炉の特性

高速増殖炉のエネルギー収支分析によれば、そのエネルギー比率は、エネルギー比率の定義によって変動はあるが、少なくとも14.0以上の値となり、明確に正のエネルギー産出技術として位置づけることができる。また同様の分析を軽水炉について実施すると、エネルギー比率の定義にかかわらず、高速増殖炉のそれを下廻ること(対応比率11.2)が明らかとなった。したがって、エネルギー収支分析の理論枠組内においては高速増殖炉の方が、軽水炉よりもより効率的なエネルギー生産システムであるといえよう。

I. 高速増殖炉技術波及の特性分析

I.1 「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」アンケート

I.1.1 アンケートのねらい

昭和59年度調査において原子力技術者を対象に「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」アンケートを実施した。このアンケートのねらい、考え方、内容、および集計結果の分析は昭和59年度調査報告書に詳説してある。

本年度調査においては、同一のアンケートを高速増殖炉開発に直接関係している技術者を中心に実施し、昭和59年度調査における一般原子力技術者に対するアンケート結果と比較分析し、高速増殖炉開発との関係の深浅によって高速増殖炉技術に対する見方評価がどのように異ってくるかを明らかにする。

I.1.2 アンケート回答者

昭和59年度、昭和60年度両年にわたって実施したアンケートの回答者の属性をまとめると次のようになった。

表 I - 1 アンケート回答者の属性

アンケート発送数	約 900
有効回答数	214
(1) 高速増殖炉関係技術者	60人 (28%)
(2) 一般原子力技術者	109人 (51%)
(3) その他	41人 (19%)
(4) 不明	4人 (2%)

I.2 アンケートの回答者属性による分析

アンケートの回答者全体から見た集計結果は、昭和59年度調査報告書に詳述した結果と基本的には同じなので、以下では、表 I - 1 に示した回答者の属性の違いによる高速増殖炉技術に対する見方の差に焦点を絞って分析を行う。

I.2.1 高速増殖炉開発の意義の重要度評価

表 I - 2 の(a)、(b)、(c)に、高速増殖炉開発の重要度に関する高速増殖炉技術者、原子

力技術者、その他の3つの回答者群の評価結果を示した。高速増殖炉の開発意義として何を重要と見るかについては、全体的傾向はほぼ同じであるが、力点の置き方はそれぞれ異ってくる。属性による評価差をまとめると表I-3のようになる。

- (1) 全般的に見ると、当然のことであるが、高速増殖炉技術者が開発の意義の重要性を高く評価している。
- (2) 「プルトニウム利用炉として」「原子力技術の高度化」「産業技術レベルの向上」の3つの意義については、高速増殖炉及び原子力技術者以外が最も高く評価している。
- (3) 全般に高速増殖炉技術者が、いずれの意義についても一般原子力技術者よりも高い重要性を与えているが、「原子力技術の高度化への寄与」については、高速増殖炉技術者の評価が最も低くなっている。
- (4) 「炉型多様化の観点」は、いずれの技術者においても、最も低い位置づけしか与えられていない。
- (5) 「ウラン価格の上昇をおさえる効果」は原子力関係技術者では「重要」と評価されているが、その他では「ある程度重要」と評価されている。

表1-2(a) 高速増殖炉開発の意義（高速増殖炉技術者）

(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。	75	22	3	0	0	2.72
2. プルトニウムの利用炉として重要である。	32	57	8	3	0	2.18
3. 炉型多様化の観点から重要である。	8	25	35	30	2	1.11
4. 技術進歩により、将来発電コストが低くなる。	20	38	30	12	0	1.66
5. 実用化することがバーゲンパワーを高める。	12	35	43	5	5	1.57
6. 原子力技術先進国として不可欠な技術である。	22	42	27	8	2	1.79
7. 原子力技術の高度化に役立つ	12	38	38	8	3	1.56
8. 産業技術全般のレベル向上に役立つ	8	27	42	20	3	1.24
9. ウラン価格の上昇をおさえる	17	45	27	10	2	1.70

(*) 「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。

表 1 - 2 (b) 高速増殖炉開発の意義 (原子力技術者)

(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。	52	30	15	2	1	2.33
2. プルトニウムの利用炉として重要である。	32	49	13	4	3	2.11
3. 炉型多様化の観点から重要である。	4	20	49	26	2	1.02
4. 技術進歩により、将来発電コストが低くなる。	14	18	43	21	4	1.26
5. 実用化することがバーゲングパワーを高める。	11	28	47	8	6	1.45
6. 原子力技術先進国として不可欠な技術である。	18	38	30	12	2	1.63
7. 原子力技術の高度化に役立つ	16	41	31	10	2	1.64
8. 産業技術全般のレベル向上に役立つ	6	30	44	17	4	1.26
9. ウラン価格の上昇をおさえる	18	39	34	6	3	1.71

(*)「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。

表 1 - 2 (c) 高速増殖炉開発の意義 (その他技術者)

(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。	42	49	7	0	2	2.36
2. プルトニウムの利用炉として重要である。	51	39	10	0	0	2.41
3. 炉型多様化の観点から重要である。	0	22	49	27	2	0.95
4. 技術進歩により、将来発電コストが低くなる。	7	32	44	15	2	1.32
5. 実用化することがバーゲングパワーを高める。	2	37	49	12	0	1.29
6. 原子力技術先進国として不可欠な技術である。	22	37	27	15	0	1.65
7. 原子力技術の高度化に役立つ	29	42	24	5	0	1.95
8. 産業技術全般のレベル向上に役立つ	12	37	44	7	0	1.54
9. ウラン価格の上昇をおさえる	12	32	46	7	2	1.51

(*)「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。

表 I - 3 高速増殖炉開発の意義に対する属性による評価の差

高速増殖炉開発の意義	各意義を重視する順位
1. エネルギーセキュリティ上重要である。	高速炉技術者>原子力技術者~その他
2. プルトニウムの利用炉として重要である。	その他>高速炉技術者>原子力技術者
3. 炉型多様化の観点から重要である。	高速炉技術者>原子力技術者>その他
4. 技術進歩により、将来発電コストが低くなる。	高速炉技術者>その他>原子力技術者
5. 実用化することがバーゲニングパワーを高める。	高速炉技術者>原子力技術者>その他
6. 原子力技術先進国として不可欠な技術である。	高速炉技術者~その他~原子力技術者
7. 原子力技術の高度化に役立つ	その他>原子力技術者>高速炉技術者
8. 産業技術全般のレベル向上に役立つ	その他>高速炉技術者~原子力技術者
9. ウラン価格の上昇をおさえる。	高速炉技術者~原子力技術者>その他

1.2.2 高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度

表 I - 4 に高速増殖炉の実用化目標時期と実用化困難度に関する属性別の集計値を示した。これから次のことがいえよう。

- (1) 実用化目標時期については、高速増殖炉技術者、その他と一般原子力技術者とでは評価がはっきりと分かれた。前2者では「2010年代」又は「できるだけ早期」とする意見が多数派であるが、一般原子力技術者においては約30%が「状況によって変えるべき」とする考え方を示している。

また、「2020年代以降」とする見方は、各属性において20%弱程度あり、属性による差はあまりない。

- (2) 実用化の困難度については、全ての属性において共通して楽観派が多い。その中において色をつけるとすれば、一番楽観的なのは「その他」であり、一番厳しい見方をしているのは「一般原子力技術者」である。

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	合 計	高速増殖炉 (技術者)	原 子 力 (技術者)	そ の 他
1. できるだけ早期	26	33	23	27
2. 2010年代	34	40	28	37
3. 2020年代	12	8	13	15
4. 2030年代以降	5	7	5	5
5. 軽水炉技術やウラン資源状況等によって変えるべき	21	8	29	7
6. その他	1	2	1	0
7. 不 明	1	2	1	0

(2) 実用化困難度

実用化の困難度	合 計	高速増殖炉 (技術者)	原 子 力 (技術者)	そ の 他
1. 研究開発を確実にやれば達成できる。	60	60	55	71
2. かなり努力すれば達成できる。	29	28	31	24
3. かなり努力しても困難は大きい。	8	5	10	5
4. その他	1	2	1	0
5. 不 明	2	2	3	0

I.2.3 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

表 I - 5 (a)、(b)に、高速増殖炉の主要機器システム技術の現在のレベルに対する高速増殖炉技術者と一般原子力技術者の評価を示した。この表から次のことがいえる。

- (1) 全般的に、高速増殖炉技術者の方が一般原子力技術者よりも現在の技術者レベルの実用化度を高く評価している。
- (2) 「中間熱交換器」の実用化度については、高速増殖炉技術者の3分の2が実用化度は80%と評価しているが、一般原子力技術者では60%と評価するものがやや多くなっている。
- (3) また、「格納容器」については100%実用化レベルに達しているとの評価を高速増殖炉技術者の約半数がしている。

(4) 逆に、炉心材料については、高速増殖炉技術者の約半数が実用化度レベル 60 % と評価しており、一般原子力技術者の方がより高い評価をしている。ただし、平均化すると、ほぼ同じ評価となる。

(5) ナトリウム取扱い技術については、両者とも、実用化度 80 % と評価する回答が多いが、平均化してみると高速増殖炉技術者の方がより高い評価をしている。

表 1 - 5 (a) 主要機器システム技術の現在の技術レベル (高速増殖炉技術者)

(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	0	5	33	58 ^(*)	0	3	71
2. 炉容器	0	8	27	57	7	2	73
3. 中間熱交換器	2	0	27	65	3	3	74
4. 蒸気発生器	0	5	45	45	2	3	69
5. 配管系	0	3	22	55	17	3	78
6. ナトリウム機器	0	0	12	50	2	37	77
6.1 遮蔽プラグ	0	3	23	57	10	7	76
6.2 制御棒駆動機構	0	3	20	58	12	7	77
6.3 主循環ポンプ	0	2	25	63	3	7	74
6.4 計測機器	0	0	32	53	7	8	75
7. プラント冷却システム	0	3	25	55	8	8	75
8. ナトリウム取扱技術	0	0	8	42	13	37	82
8.1 ナトリウム純度管理	0	0	8	55	30	7	85
8.2 ナトリウム機器洗浄除染	0	5	22	52	13	8	76
9. 格納容器	0	2	12	37	45	5	86
10. 燃 料	0	2	47	48	2	2	70
11. 炉心材料 (集合体、被覆材料等)	0	3	50	38	5	3	69

(*) ○はその項目内で最も回答が多かったもの

表 1 - 5 (b) 主要機器システム技術の現在の技術レベル (原子力技術者)
(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	0	7	33	40 ^(*)	2	17	69
2. 炉容器	0	5	25	43	8	18	73
3. 中間熱交換器	1	6	36	35	3	19	68
4. 蒸気発生器	2	11	32	30	6	18	67
5. 配管系	1	3	25	44	9	18	74
6. ナトリウム機器	0	6	30	32	3	29	69
6.1 遮蔽プラグ	0	6	25	43	6	21	72
6.2 制御棒駆動機構	0	6	20	46	6	22	73
6.3 主循環ポンプ	0	5	30	39	6	21	72
6.4 計測機器	1	6	22	43	6	22	72
7. プラント冷却システム	0	6	24	35	13	23	74
8. ナトリウム取扱技術	0	8	24	28	6	34	70
8.1 ナトリウム純度管理	0	9	26	39	8	17	71
8.2 ナトリウム機器洗浄除染	1	11	35	28	5	20	66
9. 格納容器	0	4	9	40	28	18	83
10. 燃 料	2	10	24	40	6	18	69
11. 炉心材料 (集合体、被覆材料等)	0	14	28	34	6	19	69

(*) ○はその項目内で最も回答が多かったもの

2. 使用 (環境) 条件と開発上のターゲット項目

表 I - 6 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に対する高速増殖炉技術と一般原子力技術者の評価を示した。この表から次のことがいえる。

- (1) 「ナトリウム」と「温度」「中性子」については高速増殖炉技術の方が条件としてより多くあげているが、「腐食」については一般原子力技術者よりも少なくなっている。
- (2) 開発ターゲットについての評価の違いを見ると、
 - ・「炉心構造」の「強度」
 - ・「炉容器」の「精度」「大型化・小型化」「強度」

- 「中間熱交換器」の「大型化・小型化」、「強度」
- 「蒸気発生器」の「大型化・小型化」、「強度」
- 「ナトリウム機器」の「大型化・小型化」

すなわち、高速増殖炉技術開発のターゲットとして「大型化」と「強度」の重要性が一般原子力技術者において認識されていないということがいえよう。

(3) 開発ターゲットとして「信頼性」や「システム設計」の重要性については認識は共通しているといえる。

なお、表I-7に、アンケート回答者による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した。

表-6(a) 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（高速増殖炉技術者）

(回答者%)

	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	50	78	8	13	82	23	0	37	0	43	50	25
2. 炉容器	58	82	8	7	43	12	0	72	0	38	63	15
3. 中間熱交換器	63	80	10	8	7	7	0	53	2	55	53	20
4. 蒸気発生器	75	72	38	48	0	3	0	53	0	77	40	27
5. 配管系	60	80	12	18	2	3	0	35	0	38	43	40
6. ナトリウム機器	57	35	5	13	7	3	2	15	7	42	5	15
6.1 遮蔽プラグ	55	48	3	3	28	13	0	58	2	33	28	18
6.1 制御棒駆動機構	68	47	3	7	15	27	0	8	12	82	10	18
6.1 主循環ポンプ	80	68	8	12	3	12	2	55	3	68	17	15
6.1 燃料取扱機	73	38	3	5	10	12	2	20	25	57	7	40
6.1 計測機器	75	52	8	10	25	47	3	2	18	67	2	28
7. プラント冷却システム	65	60	12	23	7	2	2	15	7	33	10	62
8. ナトリウム取扱技術	53	17	0	15	3	3	22	3	20	15	0	12
8.1 ナトリウム純度管理	83	22	2	27	0	17	40	7	32	22	2	22
8.2 ナトリウム機器洗浄除染	83	20	3	28	7	2	15	12	45	17	2	32
9. 格納容器	18	22	22	2	3	3	2	30	2	13	27	25
10. 燃料	60	72	17	33	68	18	2	0	3	62	35	7
11. 炉心材料（集合体被覆材料等）	72	80	12	42	72	8	10	0	2	60	47	8

表-6(b) 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(原子力技術者)

(回答者%)

	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	51	48	6	34	60	24	1	29	1	45	17	28
2. 炉容器	39	49	7	34	38	40	1	35	35	15	6	28
3. 中間熱交換器	48	50	7	35	4	4	1	23	3	58	18	17
4. 蒸気発生器	43	38	17	58	2	3	1	23	2	61	19	18
5. 配管系	50	47	7	39	3	2	1	12	1	46	28	36
6. ナトリウム機器	50	27	5	27	8	5	6	11	6	38	7	16
6.1 遮蔽プラグ	39	24	3	15	28	18	1	19	8	42	14	15
6.1 制御棒駆動機構	41	28	2	14	13	20	0	2	20	60	6	17
6.1 主循環ポンプ	59	39	6	26	6	8	0	23	10	60	16	9
6.1 燃料取扱機	57	23	0	13	7	18	0	8	30	54	6	23
6.1 計測機器	55	39	4	20	32	38	1	7	22	63	4	24
7. プラント冷却システム	42	39	10	25	6	5	15	7	39	8	42	2
8. ナトリウム取扱技術	50	21	3	25	6	5	21	4	19	33	2	16
8.1 ナトリウム純度管理	62	19	1	30	6	11	45	3	20	32	0	17
8.2 ナトリウム機器洗浄除染	61	12	1	28	5	3	10	6	29	30	3	18
9. 格納容器	18	13	15	6	11	1	0	24	1	29	20	22
10. 燃料	44	51	11	33	57	17	15	3	6	56	23	11
11. 炉心材料(集合体被覆材料等)	52	51	13	49	55	24	9	3	4	52	42	6

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 - 8 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に関して、高速増殖炉技術者と一般原子力技術者の見方の差を示した。この表から次のことがいえよう。

- (1) 全般的に、高速増殖炉技術者の方が、一般原子力技術者よりも高速増殖炉技術者の先端性を高く評価している。
- (2) しかし、「燃料」と「炉心材料」については、一般原子力技術者の方が、高速増殖炉技術者の先端性を高く評価している。
- (3) 炉容器技術については、高速増殖炉技術者は高速増殖炉の方が軽水炉よりも先端性は「大きい」と評価しているのに対して、一般原子力技術者の方は「やや大きい」程度と評価し、大きな評価の食い違いを見せている。

主要機器システム技術	評価項目 確立すべき知識・開発項目
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）安全性を犠牲にしないで経済性を高めるためのシステム設計、ナトリウム
6.1 遮蔽ブラグ	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、しゃ蔽計算の精度向上、小型化・簡素化、サーモサイフォン、ナトリウム
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）、振動をおさえる技術、小型化・簡素化、挿入信頼性、ナトリウム
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）、小型化・簡素化、ナトリウム
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、新技術（ソフトウェア、新素材等）の導入による設計の合理化、自動化、小型化・簡素化、ナトリウム
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、ノイズ等を外部計装からひろって内部のローカル情報をうるシステム、炉内計装の開発、ナトリウム
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、冷却方法の抜本的な考え方（IHX, SGにも関連）、ナトリウム、2次系（IHX）削除確立
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、ナトリウム固有技術であり比較できない、ナトリウム
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）、ナトリウム固有技術であり比較できない、ナトリウム
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）、ナトリウム固有技術であり比較できない、ナトリウム
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、高燃焼度化、いわゆる格納容器はなくす方向、格納容器不必要ロジック

表 I - 7 確立すべき知識・開発項目

<p>評価項目</p> <p>主要機器システム技術</p>	<p>確立すべき知識、開発項目</p>
<p>1. 炉心構造</p>	<p>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、各種機器構造の単純化・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 Vibration [FIV]）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、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、低圧損、長寿命化、熱温源対策、炉心設計の最適化、ブランケット、炉心概念の確定、経済性、耐震、高温時の強度保証（信頼性）、高燃焼度化、システム設計技術、中性子遮蔽材の開発、流量配分、炉心群振動、高温強度設計と耐震設計</p>
<p>2. 炉容器</p>	<p>各種機器構造の単純化低廉化、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）、使用材料、熱温源対策、炉心管理、簡略化の限界、耐座屈設計基準、経済性、検査技術など建設費が全般的に高い、薄肉化流況、薄肉構造座屈挙動、高温強度設計と耐震設計</p>
<p>3. 中間熱交換器</p>	<p>各種機器構造の単純化低廉化、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、熱温源対策、タンク型とループ型との比度検討及びデジモンメイキング、メンテナンスの自動化ロボット化、要・不要の評価・決定、管板構造の強度評価、通産省 etc の基準の抜本的欠直し、伝熱流動、製造法、IHX 削除技術の開発</p>
<p>4. 蒸気発生器</p>	<p>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、各種機器構造の単純化低廉化、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、熱温源対策、比度検討及びデジモンメイキング、メンテナンスの自動化ロボット化、蒸気水による腐食の完全防止、管板構造の強度評価信頼性、蒸気-ナトリウム接点技術</p>
<p>5. 配管系</p>	<p>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、各種機器構造の単純化低廉化、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）、熱温源対策、メンテナンスの自動化ロボット化、LBB、経済性、コンパクト化、配管短縮化技術</p>

<p style="text-align: right;">評価項目</p> <p>主要機器システム技術</p>	<p>確立すべき知識・開発項目</p>
<p>10. 燃料</p>	<p>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、セラミックの鞘に金属燃料を入れる等全く新しいアイデア、再処理技術、高燃焼燃料の開発、高出力燃焼燃料の開発、照射実積、酸化物以外の燃料の性能評価、炉心材料の開発</p>
<p>11. 炉心材料(集合体、被覆材料、等)</p>	<p>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、CP対策、新材料データベース、高照射に耐える材料の開発、高速中性子照射Naとのかかわりあい、実積、中性子照射スウェリングが小さく高温強度のある材料の開発、新被覆材の開発→高燃焼度</p>
<p>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)</p>	<p>炉心溶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、Na中断熱材、再処理を行ない易いシステムの開発と集合体の設計、炉設計の単純化による安全性・経済性の向上</p>

表1-8(a) 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（高速増殖炉技術者）

(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							(*) (**)(***)
	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	平均点・記号
1. 炉心構造	0	10	(33)**	25	25	3	3	0.98 ○
2. 炉容器	2	13	23	(28)	27	3	3	0.98 ○
3. 中間熱交換器	0	8	13	(27)	20	27	5	1.08 ○
4. 蒸気発生器	0	8	12	(35)	32	8	5	1.21 ○
5. 配管系	3	12	(38)	25	13	2	7	0.74 △
6. ナトリウム機器	0	3	13	(17)	13	15	38	1.08 ○
6.1 遮蔽プラグ	0	5	17	27	8	(33)	10	0.90 -
6.2 制御棒駆動機構	0	25	(28)	20	12	7	8	0.68 △
6.3 主循環ポンプ	3	17	18	(32)	15	7	8	0.83 ○
6.4 燃料取扱機	0	7	(35)	27	17	7	8	0.91 ○
6.5 計測機器	0	22	28	(32)	5	3	10	0.64 △
7. プラント冷却システム	0	22	23	(27)	12	7	10	0.74 △
8. ナトリウム取扱技術	0	3	15	10	7	30	35	0.90 ○
8.1 ナトリウム純度管理	2	12	15	10	10	(42)	10	0.80 -
8.2 ナトリウム機器洗浄除染	0	8	17	15	10	(40)	10	0.87 -
9. 格納容器	13	(52)	10	5	5	3	12	0.08
10. 燃料	2	8	(30)	27	27	2	5	1.0 ○
11. 炉心材料(集合体、被覆材料等)	0	7	(35)	(35)	18	2	3	0.93 ○

(*) 「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

表1-8(b) 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(原子力技術者)

(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	13	19	28(**)	18	0	21	0.92 ○
2. 炉容器	6	22	27	15	8	0	23	0.49
3. 中間熱交換器	2	7	16	31	15	7	22	0.94 ○
4. 蒸気発生器	1	8	17	24	23	4	23	1.06 ○
5. 配管系	3	17	23	17	12	5	23	0.69 △
6. ナトリウム機器	0	2	15	14	16	18	36	1.14 ○
6.1 遮蔽プラグ	1	7	20	14	11	20	27	0.85 ○
6.2 制御棒駆動機構	1	12	23	20	8	10	26	0.73 △
6.3 主循環ポンプ	0	7	18	20	18	10	26	0.89 ○
6.4 燃料取扱機	0	11	23	18	11	11	26	0.82 ○
6.5 計測機器	0	8	22	20	15	8	27	0.78 ○
7. プラント冷却システム	1	16	25	19	9	6	25	0.62 △
8. ナトリウム取扱技術	0	2	12	12	13	26	36	1.13 -
8.1 ナトリウム純度管理	0	4	13	18	14	28	23	1.07 -
8.2 ナトリウム機器洗浄除染	2	5	12	16	13	28	25	0.96 -
9. 格納容器	7	40	15	8	4	2	24	0.22
10. 燃料	2	5	14	30	27	2	21	1.14 ○
11. 炉心材料(集合体、被覆材料等)	1	7	13	29	25	2	23	1.13 ○

(*) 「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 一印…該当せず

1.2.4 高速増殖炉の共通基盤技術の評価

1. 現在の技術レベル

表 I - 9 に、共通基盤技術の現在の技術レベルに関する高速増殖炉技術者と原子力技術者の評価の差を示した。この表から次のことがいえよう。

- (1) 高速増殖炉の共通基盤技術については、両技術者の評価の差はそれ程ない。ほぼ同じような評価が与えられている。
- (2) その中であって、高速増殖炉技術者の評価の方が高い基盤技術としては、次の4つがある。
 - ・安全性評価技術
 - ・炉心特性解析技術
 - ・プロセス技術
 - ・材料技術
- (3) 一方、一般原子力技術者の評価が高い基盤技術としては、
 - ・遮蔽設計技術
 - ・運転技術
 - ・建設・機器据えつけ技術
 - ・ロボット技術

表 I - 9(a) 共通基盤技術の現在の技術レベル (高速増殖炉技術者)

(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	2	10	77	8	3	79 ◎
2. 耐 震 設 計 技 術	0	3	30	57	7	3	74 ○
3. 高 温 構 造 設 計 技 術	0	5	47	45	0	3	68 △
4. 遮 蔽 設 計 技 術	0	2	18	73	5	2	77 ◎
5. 安 全 性 評 価 技 術	0	7	38	50	2	3	70 ○
6. 炉 心 特 性 解 析 技 術	0	3	13	77	5	2	77 ◎
7. 伝 熱 ・ 流 動 解 析 技 術	0	0	40	57	0	3	72 ○
8. 試 験	0	7	28	48	5	12	72 ○
9. デ ー タ 取 得 評 価 技 術	0	8	15	55	12	10	76 ◎
10. プ ロ セ ス 技 術	0	2	25	48	13	12	76 ◎
11. 製 造 加 工 技 術	2	2	27	57	7	7	74 ○
12. 材 料 技 術 (構 造 ・ 腐 食)	0	7	27	55	3	8	72 ○
13. 運 転 (制 御 ・ 自 動 化) 技 術	2	10	27	50	5	7	53 ×
14. 計 装 技 術 (核 ・ プ ロ セ ス)	0	2	30	57	5	7	74 ○
15. 検 査 (検 出) 技 術	0	5	40	42	7	7	71 ○
16. 保 守 ・ 補 修 技 術	0	18	53	17	5	7	62 ×
17. 溶 接 技 術	0	0	22	58	15	5	79 ◎
18. 建 設 ・ 機 器 据 え づ け 技 術	2	2	23	43	23	7	78 ◎
19. エ レ ク ト ロ ニ ク ス 技 術	2	2	17	62	12	7	77 ◎
20. ロ ボ ッ ト 技 術	7	32	40	17	0	5	54 ×
21. 大 型 化 (小 型 化) 技 術	2	7	57	23	3	8	64 ×
22. シ ス テ ム エ ン ジ ニ ア リ ン グ	0	10	40	42	5	3	69 △

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

表 I - 9(b) 共通基盤技術の現在の技術レベル (原子力技術者)

(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	2	18	47	13	20	78 ◎
2. 耐 震 設 計 技 術	0	6	20	39	14	20	75 ◎
3. 高 温 構 造 設 計 技 術	1	8	28	39	4	21	69 △
4. 遮 蔽 設 計 技 術	0	3	17	39	22	19	80 ◎
5. 安 全 性 評 価 技 術	0	12	33	34	2	19	66 △
6. 炉 心 特 性 解 析 技 術	1	4	25	43	6	21	72 ○
7. 伝 熱 ・ 流 動 解 析 技 術	1	4	28	41	6	20	72 ○
8. 試 験	0	5	34	31	6	25	70 ○
9. デ ー タ 取 得 評 価 技 術	0	5	24	37	13	22	75 ◎
10. プ ロ セ ス 技 術	0	7	19	43	6	24	73 ○
11. 製 造 加 工 技 術	0	6	25	41	6	21	72 ○
12. 材 料 技 術 (構 造 ・ 腐 食)	1	12	35	31	1	20	65 △
13. 運 転 (制 御 ・ 自 動 化) 技 術	0	5	28	39	7	21	72 ○
14. 計 装 技 術 (核 ・ プ ロ セ ス)	0	6	22	44	7	21	73 ○
15. 検 査 (検 出) 技 術	1	8	27	38	6	21	70 ○
16. 保 守 ・ 補 修 技 術	2	21	28	25	3	21	62 ×
17. 溶 接 技 術	0	5	14	47	13	22	77 ◎
18. 建 設 ・ 機 器 据 え つ け 技 術	0	3	10	39	26	22	83 ◎
19. エ レ ク ト ロ ニ ク ス 技 術	1	5	10	42	20	22	79 ◎
20. ロ ボ ッ ト 技 術	6	20	30	22	2	20	59 ×
21. 大 型 化 (小 型 化) 技 術	2	16	28	33	1	20	64 ×
22. シ ス テ ム エ ン ジ ニ ア リ ン グ	0	8	39	30	3	20	67 △

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

2. 共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性

表 I - 10 に、共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性に関する高速増殖炉技術者と原子力技術者の評価の差を示した。この表から次のことがいえる。

(1) 表 I - 9 に示したように、技術レベルに関する評価については両者に大差はなかったが、軽水炉技術に対する先端性に関しては、かなりの評価の差が見られる。しかも、一般原子力技術者の方が、高速増殖炉技術の軽水炉技術に対する先端性を高く評価している。

(2) 具体的に、一般原子力技術者の方が、より先端性を高く評価したものを列挙すると、

- ・核設計技術
- ・安全性評価技術
- ・試験
- ・データ取得
- ・プロセス技術
- ・材料技術
- ・運転技術
- ・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

(3) これに対して、高速増殖炉技術者の方が、より先端性を高く評価したものを列挙すると

- ・耐震設計技術
- ・高温構造設計技術
- ・遮蔽設計技術
- ・伝熱流動解析技術

表 I-10(a) 高速増殖炉共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性（高速増殖炉技術者）

(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	25	30	28	8	0	5	0.60 △
2. 耐震設計技術	0	32	27	25	15	0	2	0.69 △
3. 高温構造設計技術	0	0	8	28	60	0	3	1.58 ○
4. 遮蔽設計技術	0	27	40	20	10	0	3	0.62 △
5. 安全性評価技術	2	20	23	32	17	0	7	0.80 ○
6. 炉心特性解析技術	0	32	28	30	7	0	3	0.60 △
7. 伝熱・流動解析技術	0	8	27	37	27	0	2	1.06 ○
8. 試 験	2	40	25	8	10	2	13	0.45
9. データ取得技術	3	47	27	13	2	0	8	0.30
10. プロセス技術	2	57	20	10	3	0	8	0.26
11. 製造加工技術	0	28	47	12	5	2	7	0.49
12. 材料技術 (構造・腐食)	0	20	38	25	10	0	7	0.69 △
13. 運転 (制御・自動化)	5	53	18	12	5	0	7	0.28
14. 計装技術 (核・プロセス)	2	37	32	20	3	0	7	0.43
15. 検査 (検出) 技術	0	42	27	23	2	0	7	0.43
16. 保守・補修技術	7	17	28	28	13	0	7	0.51 △
17. 溶接技術	0	43	28	17	7	0	5	0.47
18. 建設・機器据えつけ技術	2	57	18	13	3	2	5	0.28
19. エレクトロニクス技術	2	60	22	10	0	0	7	0.20
20. ロボット技術	7	43	23	13	3	2	8	0.26
21. 大型化 (小型化) 技術	0	33	32	13	12	2	8	0.59 △
22. システムエンジニアリング	0	30	32	18	15	0	5	0.67 △

(*) ○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 1-10(b) 高速増殖炉共通基盤技術の軽水炉技術に対する先端性 (原子力技術者)

(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	22	25	11	1	19	0.69 △
2. 耐震設計技術	2	28	23	18	10	0	19	0.59 △
3. 高温構造設計技術	0	9	17	25	27	4	19	1.12 ○
4. 遮蔽設計技術	1	29	34	10	7	0	18	0.49
5. 安全性評価技術	2	10	25	19	22	2	20	0.94 ○
6. 炉心特性解析技術	2	17	31	18	11	0	21	0.68 △
7. 伝熱・流動解析技術	2	9	26	28	12	2	22	0.82 ○
8. 試験	3	17	25	17	11	2	26	0.66 △
9. データ取得技術	2	25	28	17	6	0	23	0.53 △
10. プロセス技術	1	24	27	19	6	0	24	0.56 △
11. 製造加工技術	0	24	24	19	11	0	22	0.68 △
12. 材料技術 (構造・腐食)	2	7	22	28	21	0	20	0.99 ○
13. 運転 (制御・自動化)	2	23	32	14	8	0	21	0.56 △
14. 計装技術 (核・プロセス)	0	17	32	19	10	1	20	0.71 △
15. 検査 (検出) 技術	2	18	29	19	9	1	21	0.64 △
16. 保守・補修技術	3	15	21	28	12	0	21	0.77 ○
17. 溶接技術	2	23	30	19	4	0	22	0.51 △
18. 建設・機器据えつけ技術	2	39	26	6	4	1	22	0.32
19. エレクトロニクス技術	1	41	20	11	3	0	24	0.34
20. ロボット技術	1	26	22	18	11	1	21	0.64 △
21. 大型化 (小型化) 技術	0	19	24	20	12	2	23	0.75 ○
22. システムエンジニアリング	2	20	23	17	14	1	23	0.72 △

(*) ○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)

3. 共通基盤技術の先端性の特徴

表 I - 11 に、共通基盤技術の先端性の特徴がどこにあるかについての評価結果を示した。基本的な特徴の把握は高速増殖炉技術者と一般原子力技術者の間に特に差異はない。ただし、その程度については、高速増殖炉技術者の方がより明確に認識しているといえよう。個別に見てみると、「ナトリウム」「温度」「中性子束」「強度」については高速増殖炉技術者の方がより多くあげており、逆に、「腐食性」「システム性」については原子力技術者の方が先端性の特徴として認識している率が高くなっている。

表 I-11(a) 共通基盤技術の先端性の特徴（高速増殖炉技術者）

(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. 信頼度	11. 強度	12. 高速性	13. 感度	14. システム	15. 不明
1. 核設計技術	42	27	2	0	55	32	0	8	2	27	5	17	7	12	18
2. 耐震設計技術	8	33	5	0	2	7	0	42	0	33	48	0	3	12	20
3. 高温構造設計技術	43	85	8	13	18	12	0	20	0	42	52	2	0	7	8
4. 遮蔽設計技術	22	8	0	2	63	27	0	3	2	18	0	7	5	15	17
5. 安全性評価技術	62	37	8	2	27	13	0	3	2	45	5	8	7	28	17
6. 炉心特性解析技術	40	37	2	0	45	30	0	8	0	23	2	8	10	12	23
7. 伝熱・流動解析技術	65	65	10	3	0	42	0	12	0	32	0	2	10	20	23
8. 試験	57	50	7	10	20	23	5	13	13	25	5	0	8	8	27
9. データ取得評価技術	35	28	7	5	13	22	5	5	27	27	3	17	12	12	30
10. プロセス技術	38	25	5	5	10	13	8	8	22	23	3	5	10	32	32
11. 製造加工技術	13	18	2	10	7	35	5	40	15	35	15	0	0	5	23
12. 材料技術（構造・腐食）	48	57	5	50	27	12	10	15	2	28	43	0	0	2	18
13. 運転（制御・自動化）技術	22	18	7	0	8	12	5	5	42	35	0	3	7	30	27
14. 計装技術（核・プロセス）	45	42	10	0	38	33	12	5	17	37	0	12	18	15	32
15. 検査（検出）技術	43	33	0	5	15	20	7	8	33	35	2	8	15	7	27
16. 保守・補修技術	53	37	2	13	17	7	3	12	37	25	2	5	2	10	25
17. 溶接技術	23	20	2	17	3	18	0	23	15	48	37	2	0	3	22
18. 建設・機器据えつけ技術	10	5	0	2	0	17	0	53	2	17	3	5	0	12	32
19. エレクトロニクス技術	12	15	2	0	13	17	2	0	33	43	0	7	7	25	30
20. ロボット技術	27	33	0	0	25	5	0	8	42	38	2	0	3	18	27
21. 大型化（小型化）技術	20	18	0	0	3	10	0	48	7	22	18	3	2	8	33
22. システムエンジニアリング	27	18	5	3	7	2	0	8	8	37	2	2	3	65	28

表 I-11(b) 共通基盤技術の先端性の特徴 (原子力技術者)

(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. 精製度	7. 純度	8. 大型・小型	9. 自動化	10. 信頼度	11. 強度	12. 高速性	13. 感度	14. システム	15. 不明
1. 核設計技術	35	26	6	7	52	23	5	7	2	29	3	11	4	17	17
2. 耐震設計技術	17	14	2	7	3	7	0	25	2	38	25	1	3	17	30
3. 高温構造設計技術	39	52	11	26	18	6	3	18	2	41	37	3	1	13	27
4. 遮蔽設計技術	10	6	1	1	52	19	0	11	1	26	3	3	2	16	31
5. 安全性評価技術	49	28	9	22	25	17	3	16	9	55	15	7	6	30	28
6. 炉心特性解析技術	42	32	6	4	39	22	0	8	2	35	1	11	5	19	28
7. 伝熱・流動解析技術	60	43	13	8	5	23	5	8	3	30	3	6	3	26	23
8. 試験	41	28	5	17	26	22	6	10	19	31	10	6	9	14	35
9. データ取得評価技術	31	20	4	11	23	26	5	6	14	42	5	12	10	13	29
10. プロセス技術	35	21	6	13	8	11	10	8	26	43	0	5	3	33	31
11. 製造加工技術	17	14	3	17	7	33	6	27	13	39	17	1	2	10	28
12. 材料技術(構造・腐食)	54	40	9	51	35	12	16	11	1	36	39	1	0	7	21
13. 運転(制御・自動化)技術	20	19	9	4	17	16	2	9	44	55	1	20	14	34	28
14. 計装技術(核・プロセス)	40	30	8	11	38	30	7	4	31	60	0	18	29	29	25
15. 検査(検出)技術	37	21	9	13	24	34	10	9	36	46	6	12	18	13	28
16. 保守・補修技術	42	21	6	17	24	6	4	12	40	39	6	11	4	13	29
17. 溶接技術	22	17	4	27	12	9	2	21	21	48	25	4	0	5	29
18. 建設・機器据えつけ技術	11	5	1	1	3	18	0	28	10	28	9	2	0	11	38
19. エレクトロニクス技術	11	13	3	4	14	20	1	7	27	45	2	15	20	23	37
20. ロボット技術	27	18	2	4	24	13	0	16	48	50	2	10	10	16	30
21. 大型化(小型化)技術	13	8	0	6	5	7	4	40	7	37	16	1	0	22	35
22. システムエンジニアリング	17	12	2	5	12	10	3	17	13	41	3	3	4	62	30

I.2.5 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 - 12 に、高速増殖炉技術の技術波及の可能性に関する評価結果を示した。

(1) 全般的に、高速増殖炉技術者と一般原子力技術者における評価の差はそれ程ない。

- ・耐震設計技術 ・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 ・ロボット技術

等が、技術波及の可能性が高いものと考えられている。

(2) あえて、両者の評価差を示すとすると次のようになる。

(A) 高速増殖炉技術者が高く評価する技術

- ・耐震設計技術 ・高温構造技術
- ・伝熱流動解析技術

(B) 一般原子力技術者が高く評価する技術

- ・核設計技術 ・安全性評価技術
- ・材料技術 ・溶接技術
- ・ロボット技術

表 I-12(a) 高速増殖炉技術の技術波及の可能性（高速増殖炉技術者）

(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	3	27	42	28	1.46
2. 耐震設計技術	38	32	17	13	2.24 ◎
3. 高温構造設計技術	53	33	0	13	2.62 ◎
4. 遮蔽設計技術	0	35	42	23	1.45
5. 安全性評価技術	13	30	37	20	1.70 △
6. 炉心特性解析技術	5	33	43	28	1.53
7. 伝熱・流動解析技術	40	30	13	17	2.33 ◎
8. 試験	5	22	28	45	1.58
9. データ取得評価技術	5	23	33	38	1.79 △
10. プロセス技術	7	17	38	38	1.50
11. 製造加工技術	13	37	27	23	1.82 △
12. 材料技術（構造・腐食）	20	48	13	28	2.09 ◎
13. 運転（制御・自動化）技術	5	25	42	28	1.49
14. 計装技術（核・プロセス）	2	30	35	33	1.51
15. 検査（検出）技術	12	40	22	27	1.86 △
16. 保守・補修技術	10	43	20	27	1.86 △
17. 溶接技術	13	27	33	27	1.73 △
18. 建設・機器据えつけ技術	3	28	40	28	1.48
19. エレクトロニクス技術	2	27	35	37	1.48
20. ロボット技術	7	43	22	28	1.79 △
21. 大型化（小型化）技術	10	37	20	33	1.85 △
22. システムエンジニアリング	17	35	20	28	1.96 ○

(*) 可能性大……3点 平均点 2点 以上……◎印 可能性……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

表 I-12(b) 高速増殖炉技術の技術波及の可能性 (原子力技術者)

(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 *点
	1. 大	2. 中	3. 小	4. 不明	
1. 核設計技術	8	30	35	27	1.63
2. 耐震設計技術	22	31	22	25	2.00 ◎
3. 高温構造設計技術	39	30	7	23	2.42 ◎
4. 遮蔽設計技術	7	35	35	23	1.64
5. 安全性評価技術	24	37	17	23	2.09 ◎
6. 炉心特性解析技術	10	28	35	27	1.66
7. 伝熱・流動解析技術	19	42	15	24	2.05 ◎
8. 試験	9	29	24	38	1.76 △
9. データ取得評価技術	7	27	32	34	1.62
10. プロセス技術	6	38	26	29	1.71 △
11. 製造加工技術	12	38	22	29	1.86 △
12. 材料技術(構造・腐食)	28	39	13	21	2.19 ◎
13. 運転(制御・自動化)技術	8	33	34	25	1.65
14. 計装技術(核・プロセス)	8	36	35	21	1.66
15. 検査(検出)技術	15	36	25	25	1.87 △
16. 保守・補修技術	15	34	25	27	1.86 △
17. 溶接技術	17	33	23	27	1.92 ○
18. 建設・機器据えつけ技術	5	29	37	29	1.55
19. エレクトロニクス技術	6	24	43	28	1.49
20. ロボット技術	21	35	21	23	2.00 ◎
21. 大型化(小型化)技術	15	20	31	34	1.76 △
22. システムエンジニアリング	16	32	24	29	1.89 △

(*) 可能性大……3点 平均点 2点 以上……◎印 可能性……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

2. インパクトを受ける産業分野

表 I - 13 に、インパクトを受ける産業分野についてのアンケート結果を示した。

- (1) 高速増殖炉技術者と一般原子力技術者による評価の差は基本的にはない。インパクトを受ける産業として、一位軽水炉技術、二位化学工業、三位機械製造までは全く同じである。その他についても若干の凸凹はあるが、基本的な認識は共通といってよいであろう。
- (2) 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
- (3) 技術全体について、インパクトを受ける産業をみても、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にあつて、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ろう。

表 I-13(a) 高速増殖炉技術の技術波及インパクトを受ける産業（高速増殖炉技術者）

(単位：回答者%)

インパクトを受ける産業	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
高速増殖炉共通基盤技術													
1. 核設計技術	68◎	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	5
2. 耐震設計技術	63◎	0	3	0	20△	3	25△	3	65◎	2	8	2	5
3. 高温構造設計技術	32○	2	5	23△	35○	27△	50◎	2	2	2	12	10	7
4. 遮蔽設計技術	67◎	0	0	8	0	0	0	0	2	2	0	2	5
5. 安全性評価技術	67◎	5	5	2	2	3	17	3	2	2	5	3	10
6. 炉心特性解析技術	80◎	3	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	5
7. 伝熱・流動解析技術	65◎	5	3	2	13	5	53◎	2	0	7	3	0	15
8. 試験	40◎	7	2	0	8	3	20△	2	5	2	12	0	3
9. データ取得評価技術	43◎	18	7	3	10	7	27△	5	5	2	12	0	2
10. プロセス技術	45◎	12	3	2	8	3	40◎	3	7	5	12	2	5
11. 製造加工技術	42◎	2	5	13	52◎	27△	32○	23△	12	10	8	12	5
12. 材料技術（構造・腐食）	40◎	2	0	42◎	35○	37○	42◎	12	5	2	5	25△	3
13. 運転（制御・自動化）技術	50◎	30○	15	2	3	3	35○	5	0	7	18	3	2
14. 計装技術（核・プロセス）	53◎	33○	2	0	5	3	28△	0	0	2	17	2	2
15. 検査（検出）技術	57◎	27△	20△	0	20△	12	35○	12	3	7	13	3	3
16. 保守・補修技術	62◎	10	33○	2	10	7	30○	17	8	10	13	2	2
17. 溶接技術	48◎	0	5	12	42◎	32○	35○	10	15	25△	8	8	3
18. 建設・機器据えつけ技術	50◎	0	2	0	22△	3	23△	2	52◎	7	3	3	3
19. エレクトロニクス技術	33○	57◎	15	2	3	2	17	8	0	8	25△	0	2
20. ロボット技術	50◎	32○	55◎	0	22△	13	25△	23△	8	10	18	3	2
21. 大型化（小型化）技術	40◎	5	5	8	33○	15	20△	7	15	13	15	2	7
22. システムエンジニアリング	58◎	13	5	0	17	8	38○	5	15	13	13	7	8
平均値	52	12	9	6	16	10	27	7	10	6	10	4	5
順位	1位	4位			3位	5位	2位		5位		5位		

(*) 40%以上……◎ 30%～39%……○ 20%～29%……△

表 I-13(b) 高速増殖炉技術の技術波及インパクトを受ける産業（原子力技術者）

(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. エレクトロクロス	3. メカトロロス	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
1. 核設計技術	64◎	1	3	6	2	2	2	0	1	1	2	1	5
2. 耐震設計技術	57◎	3	3	3	15	8	12	4	44◎	6	6	3	8
3. 高温構造設計技術	35◎	3	3	28△	22△	38◎	28△	3	3	2	5	16	8
4. 遮蔽設計技術	58◎	0	0	6	4	2	3	0	9	2	0	2	7
5. 安全性評価技術	66◎	5	4	2	9	6	20△	1	5	6	9	3	8
6. 炉心特性解析技術	63◎	4	1	2	3	2	3	0	0	0	1	0	3
7. 伝熱・流動解析技術	51◎	2	5	5	13	10	30◎	1	1	3	3	6	5
8. 試 験	43◎	14	13	6	13	11	14	6	5	5	11	4	4
9. データ取得評価技術	42◎	22△	15	3	6	8	17	6	1	4	10	2	8
10. プロセス技術	37◎	11	7	6	9	9	41◎	4	2	2	11	3	6
11. 製造加工技術	39◎	4	12	26△	40◎	25△	18	24△	7	9	11	16	10
12. 材料技術（構造・腐食）	43◎	2	7	45◎	23△	39◎	34◎	10	7	8	6	31◎	8
13. 運転（制御・自動化）技術	49◎	33◎	21△	1	9	10	25△	9	1	4	21△	3	9
14. 計装技術（核・プロセス）	52◎	37◎	16	7	4	5	17	7	1	2	14	3	7
15. 検査（検出）技術	51◎	22△	23△	8	19	12	23△	22△	6	13	19	7	9
16. 保守・補修技術	51◎	12	20△	4	14	8	21△	9	8	10	11	5	8
17. 溶接技術	47◎	1	9	11	32◎	33◎	21△	6	14	34◎	9	13	8
18. 建設・機器据えつけ技術	41◎	0	2	0	13	9	14	4	43◎	14	6	3	6
19. エレクトロニクス技術	30◎	62◎	25△	6	4	4	11	10	2	4	17	2	7
20. ロボット技術	50◎	29△	57◎	8	23△	15	24△	27△	7	11	25△	5	14
21. 大型化（小型化）技術	40◎	5	7	5	21△	12	12	6	18	15	6	2	6
22. システムエンジニアリング	49◎	11	16	3	17	12	33◎	5	10	10	12	4	11
平均 値	48	13	12	9	14	13	19	7	9	8	10	6	8
順 位	1位	4位	6位		3位	4位	2位						

(*) 40%以上……◎ 30%~39%……○ 20%~29%……△

II. 産業連関分析による高速増殖炉の特性分析

昭和59年度調査では、産業連関分析のうち産出高モデルを用いて、高速増殖炉の生産波及効果、雇用誘発効果等を軽水炉との比較で分析した。本章では、産業連関分析の中で産出高モデルと双対関係にある価格モデルによる価格波及効果を分析する。

昭和59年度調査で明らかにしたように、産出高モデルによって高速増殖炉が軽水炉に対して持っているプラスの面が明らかにされたわけであるが、一方、高速増殖炉は経済性の面で軽水炉よりも割高になる可能性があり、高速増殖炉導入の問題点として論議されている。そこで、本年度調査では、高速増殖炉の発電コストが軽水炉よりも高くなるとした場合に、そのマイナスの効果を価格モデルを用いて国民経済的観点から試算、評価し、昭和59年度調査で明らかにしたプラスの効果と合わせて総合化し、高速増殖炉の産業波及効果の面からの得失を明らかにする。

II.1 高速増殖炉の経済性の電力コストへのインパクト

II.1.1 高速増殖炉と軽水炉の発電コスト比較

図II-1に、高速増殖炉と軽水炉の初年度発電コスト試算モデルのフロー図を示した。表II-1～3には、試算の前提とした各種パラメータ数値を示した。高速増殖炉の核燃料サイクル単位コストは、軽水炉の核燃料サイクル単位コストをベースに燃焼度比例させて設定しており、高速増殖炉にやや有利な設定となっている。

試算結果を表II-4に示した。稼働率は50%から90%まで10%きざみで動かした。建設費は軽水炉については基準ケース(1.0倍)と10%減の2ケース、高速増殖炉については軽水炉の基準ケースの1.0倍、1.1倍、1.2倍、1.5倍の4ケースの試算を行った。数値は1985年運開価格である。

表II-4から分るように、軽水炉と高速増殖炉の経済性はKW当りの建設費と稼働率によってかなり変化するといえよう。まず、高速増殖炉の建設費が軽水炉の1.5倍の場合は、稼働率の如何にかかわらず、軽水炉と経済的に競合することは不可能といえる。しかし、1.2倍にまで高速増殖炉の建設費が低下してくれば、軽水炉との経済性の差はかなり改善される。例えば、稼働率が70%の時の経済性の差は1.25円/KWH(約9%高)になり、稼働率が90%の場合は0.76円/KWH(約6.5%高)にまで縮小する。このことから高速炉の経済性の改善には、建設費の低減と同時に、稼働率を上昇させることが重要であるといえよう。

図 II - 1 初年度発電コスト試算フロー

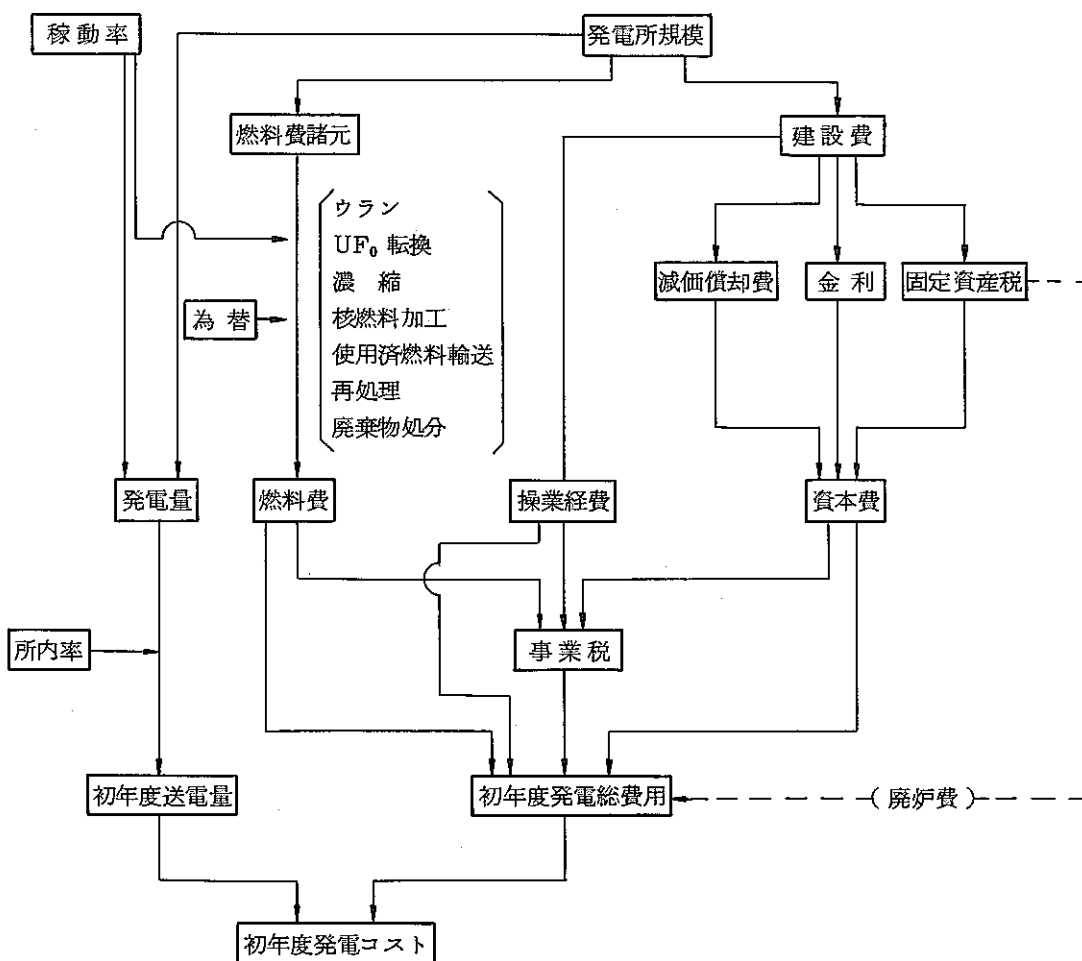


表 II - 1 発電コスト試算の基本前提条件

1. 為替レート	245円/ドル
2. 減価償却期間	原子力 16年
3. 残存価格率	10%
4. 金利	8%
5. 税	固定資産税 1.4%
	事業税 1.5%
6. 運転経費率	原子力 3.4%
7. 所内率	原子力 3%

(出所 NRI)

表Ⅱ-2 軽水炉発電コスト試算の前提条件

	1985年	実質年平均上昇率(%)		備 考
		2000年/1985年	2025年/2000年	
ウ ラ ン	35\$/lbU ₃ O ₈	1.0%	1.0%	国産化後も国際価格に準拠 2000年以後に技術革新
UF ₆ 転 換	8\$/kgU	0.0%	0.0%	
濃 縮	130\$/kgSWU	△1.0%	△2.0%	
核燃料加工	100,000円/kgU	0.0%	0.0%	
使用済燃料輸送	250\$/kg	0.0%	0.0%	
再 処 理 費	900\$/kg	1.0%	0.0%	} 国産化後も国際価格に準拠
廃 炉 費	建設費の10%	-	-	
高レベル放射性廃棄物処分費	70,000万円/kg	1.0%	1.0%	INFCEの評価を参考
原子力発電所建設費	33.1万円/kw	0.0%	0.0%	

表Ⅱ-3 高速炉発電コスト試算の前提条件

	1985年	実質年平均上昇率(%)		備 考
		2000年/1985年	2025年/2000年	
ウ ラ ン	35\$/lbU ₃ O ₈	1.0%	1.0%	3%上昇ケースも設定
U燃料加工	100,000円/kgU	0.0%	0.0%	
MOX燃料加工	300,000円/kgHM	0.0%	0.0%	
U使用済燃料輸送	250\$/kg	0.0%	0.0%	
MOX使用済燃料輸送	750\$/kg	0.0%	0.0%	
U燃料再処理費	900\$/kg	1.0%	0.0%	} 国産化後も国際価格に準拠
MOX燃料再処理費	2700\$/kgHM			
廃 炉 費	建設費の10%	-	-	
高レベル放射性廃棄物処分費	210,000円/kg	1.0%	1.0%	INFCEの評価を参考
高速炉建設費	39.7万円/kw	0.0%	0.0%	軽水炉の1.2倍

表Ⅱ-4 高速増殖炉と軽水炉の発電コストの比較
(円/KWH)

	建設費	稼働率				
		50%	60%	70%	80%	90%
軽水炉	0.9倍	17.15	14.81	13.14	11.88	10.90
	1.0倍	18.66	16.07	14.21	12.82	11.74
高速炉	1.0倍	17.77	15.17	13.31	11.91	10.83
	1.1倍	19.28	16.42	14.38	12.85	11.67
	1.2倍	20.79	17.68	15.46	13.80	12.50
	1.5倍	-	-	18.69	-	15.01

II.1.2 高速増殖炉の電力料金へのインパクト

前節で、高速増殖炉と軽水炉の経済性の差は建設費と稼働率によって変化することは示したが、いずれにせよ、全体的傾向としては高速増殖炉を導入すれば電力料金の上昇につながる可能性がある。もし電力料金の上昇が認められても、他産業の生産コスト増となり国民経済にはマイナスの効果をもたらすことになる。このマイナスの効果は、ほぼ電力料金の上昇幅に比例すると考えられる。そこで、高速増殖炉と軽水炉の一基単位の経済性比較でなく、電力供給システム全体の中で高速増殖炉導入の経済的インパクトを評価する必要がある。

分析のための仮想的ケースとして、昭和60年のわが国の電力供給システムにおいて、軽水炉が全て高速増殖炉に置き換ったとした場合を想定し、この時に電力料金がどの程度上昇することになるかを考える。昭和60年の原子力発電容量は24.52 Gweであり、原子力発電量は約1,431億KwHである。これは全発電量の約25%に相当する。したがって、24.52 Gwe が全て高速増殖炉に置き換えられたとした時の電力料金の上昇分は、軽水炉と高速増殖炉の発電コスト差の25%にとどまることになる。

表Ⅱ-5に、3つのケースについてそれぞれ電力料金の上昇分を示した。例えばケース(1)の場合、高速増殖炉と軽水炉の発電コスト差は4.48円/KwHもあるが、全発電量に平均化すると1.12円/KwHの上昇にとどまる。なお、表の電力料金上昇比率は、現行の大口電力（産業用電力）料金17円/KwHをベースに計算してある。表から分かるように、高速増殖炉の経済性が軽水炉よりもかなり悪い場合に、現状の軽水炉を全て高速増殖炉に置き換えると平均して電力料金は6.6%上昇する。高速増殖炉の建設費が軽水炉の1.2倍になる場合には、電力料金上昇率はわずか1.8%にとどまる。

表Ⅱ-5 高速増殖炉の電力料金へのインパクト

ケース番号	高速増殖炉 建設費比率	稼働率	高速増殖炉と 軽水炉の発電 コスト差(円/KwH)	電力料金 上昇分 (円/KwH)	電力料金 上昇比率 (%)
(1)	1.5倍	70%	4.48	1.12	6.6
(2)	1.5倍	90%	3.27	0.82	4.8
(3)	1.2倍	70%	1.25	0.31	1.8

II.2 電力料金上昇の他産業への価格波及効果分析

図II-2に、高速増殖炉導入に伴う電力料金上昇の他産業への価格波及効果分析のフロー図を示した。

II.2.1 価格波及

産業連関表および産業連関分析については昭和59年度調査報告書に詳説してあるのでここでは省略するが、59年度では産業連関表の行方向の各品目の需給のバランス式から導かれる産出高モデルを用いて分析を行った。逆に、産業連関表を列方向に見て各産業毎のバランス式をとると、これは各産業の費用構成を示すことになる。

第j部品の費目構成のバランス式をとると、

$$P_1 a_{1j} + P_2 a_{2j} + \dots + P_n a_{nj} + U_j = P_j$$

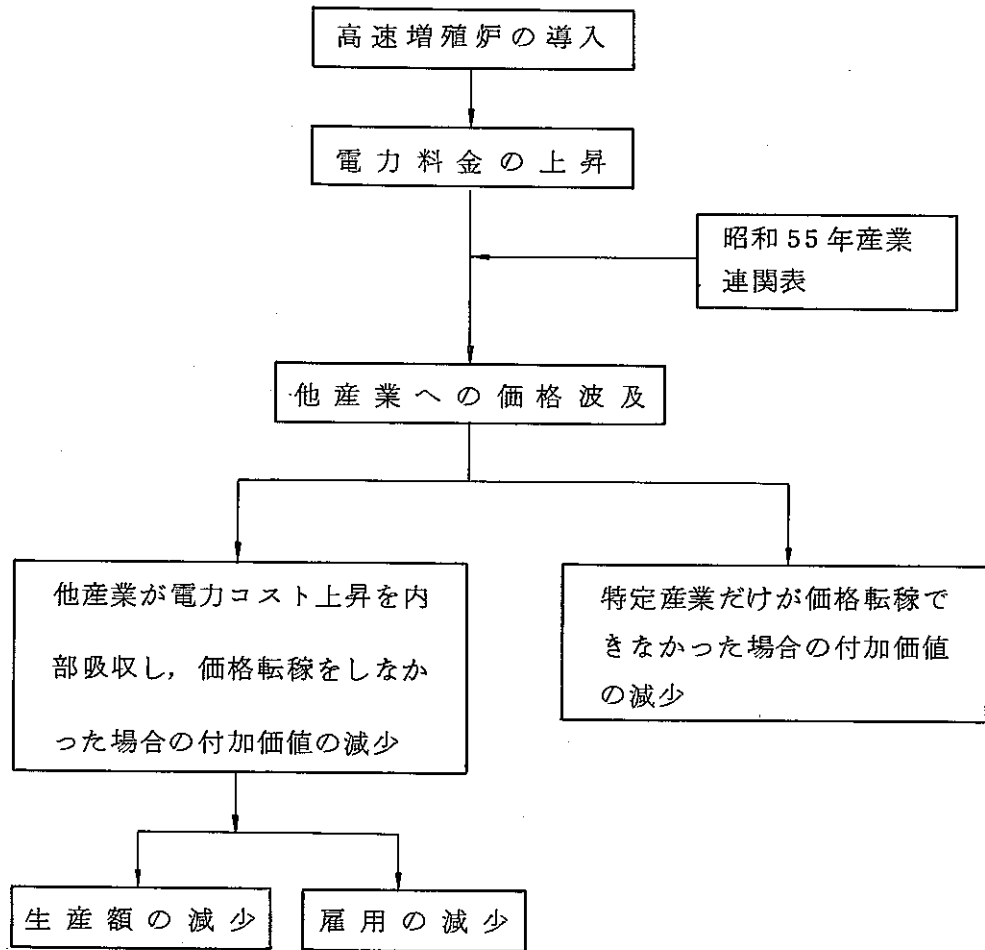
$$(j = 1, 2, \dots, n)$$

ここで a_{ij} は投入係数であり、 P_j は第j部門の価格、 U_j は付加価値（賃金、利潤、資本減耗費等）である。

いま、第n部門（例えば電力）の価格（電力料金） P_n が ΔP_n だけ変動した場合に、他に部門の価格がどの程度に上昇するかを計算する。上式で、第n部門だけを見れば、残りの P_1, P_2, \dots, P_{n-1} について解けば、

$$\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\begin{matrix} 1 & -a_{1n} & \dots & -a_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n-1,1} & \dots & 1 & -a_{n-1,n-1} \end{matrix} \right)^T \\ \times \begin{pmatrix} a_{n1} \\ \vdots \\ a_{n,n-1} \end{pmatrix} P_n + \begin{pmatrix} U_1 \\ \vdots \\ U_{n-1} \end{pmatrix} \end{bmatrix}$$

となる。



図Ⅱ-2 電力料金上昇の他産業への価格波及効果分析フロー

そこで、 $v_j (j = 1, 2, \dots, n-1)$ が Δp_n によって変化せず一定であるとすれば、(すなわち、第 n 部門品の価格上昇によるコスト増を全て価格に転嫁できるとすれば)、価格波及増分 $\Delta p_j (j = 1, 2, \dots, n-1)$ は、

$$\begin{pmatrix} \Delta p_1 \\ \vdots \\ \Delta p_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{n1} / b_{nn} \\ \vdots \\ b_{n,n-1} / b_{nn} \end{pmatrix} \Delta p_n$$

表Ⅱ-6 電力コストの6.6%上昇による他産業への価格波及効果

72 部門	波及効果(%)	72 部門	波及効果(%)
1 耕種農業	0.149	40 鑄鍛鋼品	0.600
2 畜産	0.242	41 非鉄金属地金	1.289
3 農業サービス	0.214	42 非鉄金属一次製品	0.882
4 林業	0.066	43 金属製品	0.485
5 漁業	0.163	44 一般機械	0.313
6 石炭	0.785	45 重電機器	0.365
7 金属鉱業	0.482	46 軽電機器	0.339
8 原油・天然ガス	0.625	47 自動車	0.319
9 非金属鉱業	0.231	48 その他の輸送機械	0.281
10 と殺・肉・酪農品	0.273	49 精密機械	0.287
11 水産食品	0.209	50 その他の製造業	0.391
12 精穀・製粉	0.204	51 建築	0.239
13 その他の食料品	0.269	52 建設補修	0.293
14 配合飼料	0.246	53 土木	0.285
15 飲料	0.206	54 電力	6.600
16 煙草	0.086	55 都市ガス(熱供給業を含む)	0.340
17 製糸・紡績	0.385	56 水道(廃棄物処理を含む)	0.568
18 織物	0.422	57 商業	0.134
19 ネット製品	0.339	58 金融・保険	0.091
20 その他の繊維製品	0.270	59 不動産業	0.045
21 身廻品	0.259	60 不動産賃貸料	0.047
22 製材・木製品	0.189	61 運輸(自家輸送を除く)	0.273
23 家具	0.249	62 自家輸送	0.364
24 パルプ・紙	0.967	63 通信	0.122
25 紙製品	0.443	64 公務	0.172
26 印刷・出版	0.353	65 教育	0.132
27 皮革・皮革製品	0.259	66 研究	0.742
28 ゴム製品	0.385	67 保健・社会保障機関	0.244
29 基礎化学製品	0.950	68 その他の公共サービス	0.143
30 石油化学基礎製品	0.604	69 その他のサービス	0.217
31 化学繊維原料	0.765	70 事務用品	0.360
32 合成樹脂	0.544	71 梱包	0.341
33 化学肥料・農薬	0.655	72 分類不明	0.550
34 最終化学製品	0.410		
35 石油製品	0.520		
36 石炭製品	0.567		
37 窯業・土石製品	0.576		
38 銑鉄・粗鋼	0.968		
39 鉄鋼圧延製品	0.799		

ただし、 $(I - A)^{-1} = (b_{ij})$ 、 A は投入係数行列

$(n-1)$ 部門行列の逆行列をわざわざ計算しなくても、逆行列があれば簡単にもとめることができる。

電力料金が6.6%上昇した場合(表Ⅱ-5)のケース(1)の場合)の他産業への価格波及の計算結果を表Ⅱ-6に示した。産業連関表は72部門統合表を用いた。電力料金上昇による価格波及効果の大きい部門としては、

	価 格 上 昇
・非鉄金属地金	(1.289%)
・銑鉄・粗鋼	(0.968%)
・パルプ、紙	(0.967%)
・基礎化学品	(0.950%)
・非鉄金属一次製品	(0.882%)
・鉄鋼圧延製品	(0.799%)
・石 炭	(0.785%)
・化学繊維原料	(0.765%)

があげられる。これらは、いずれもエネルギー多消費の素材産業である。逆に電力料金上昇の価格波及が小さい産業としては、不動産業、金融保険、教育、商業、通信等のサービス産業がある。

II. 2. 2 付加価値への影響

II. 2. 1 では、電力料金の上昇分を全ての産業が価格転稼した場合の価格波及効果を算定したが、逆に、全産業が電力コスト上昇分を価格転稼せず、部門内で吸収した場合を考えてみよう。この場合は、各部門の付加価値（賃金、利潤、資本減耗費等）が、電力コスト上昇分だけ減少することとなる。第 j 部門の付加価値減少額 ΔW_j は、

$$\Delta W_j = A_{nj} \cdot \alpha$$

で求められる。ここで n は電力部門、 α は電力料金上昇率、 A_{nj} は投入係数である。

$\alpha = 6.6\%$ の場合の計算結果を表 II - 7 に示した。付加価値減少の絶対額が大きい産業は、

	減少額	減少比率
・ その他サービス	(424 億円)	(0.196%)
・ 銑鉄・鋼	(407 億円)	(2.398%)
・ 商業	(366 億円)	(0.102%)
・ 運輸	(284 億円)	(0.258%)
・ 窯業土石製品	(277 億円)	(0.998%)
・ 鉄鋼圧延品	(234 億円)	(0.748%)
・ 非鉄金属地金	(214 億円)	(5.416%)
・ パルプ、紙	(206 億円)	(2.296%)
・ 基礎化学製品	(188 億円)	(1.944%)

これらの産業は2つに分けることができる。サービス、商業、運輸等は減少額は大きいですが、減少比率は小さく、電力コスト吸収は比較的容易に行うことができよう。逆に素材産業は減少額も減少比率も大きく、大きなマイナスインパクトを受けるといえよう。

各産業の付加価値減少額の合計をとると5,369億円となる。これは、昭和55年のわが国の総付加価値額250兆1,270億円の0.215%になる。したがって電力料金上昇に対するGNP減少率の弾性値は $0.215\% / 6.6\% = 0.0326$ となる。すなわち、電力料金が100%上昇(2倍になる)したとするとわが国のGNPは3%強減少することとなる。

次に、ほとんどの産業では価格転稼が行われたが一部門だけ価格転稼が行われなかった場合には、その部門に電力料金上昇のマイナス効果が集中して現われることとなる。このような状況は現実には可能性は低いですが、当該部門での需給バランスが崩れ、供給過剰が慢性化している産業部門の場合にはこれに近い状況は起こりうるといえよう。この場合の各部門の付加価値の減少額を表 II - 8 に示した。

表Ⅱ-7 全部門が電力コスト上昇を価格転嫁しなかった場合の
付加価値の減少額（電力料金6.6%上昇）

(1)

72 部門分類	付加価値 (昭和55年：億円)	付加価値 減少額(億円)	減少比率 (%)
1 耕種農業	52,169	18	0.035
2 畜産	7,732	23	0.294
3 農業サービス	2,363	4	0.153
4 林業	9,438	0	0.003
5 漁業	15,862	5	0.034
6 石炭	1,512	17	1.130
7 金属鉱業	855	5	0.567
8 原油・天然ガス	652	5	0.833
9 非金属鉱業	10,833	13	0.124
10 と殺・肉・酪農品	6,421	22	0.348
11 水産食品	5,903	14	0.229
12 精穀・製粉	- 5,369	10	-0.187
13 その他の食料品	30,752	84	0.272
14 配合飼料	1,240	7	0.535
15 飲料	23,405	24	0.103
16 煙草	18,041	6	0.034
17 製糸・紡績	3,383	19	0.558
18 織物	10,209	39	0.385
19 ニット製品	3,943	9	0.230
20 その他の繊維製品	6,174	11	0.174
21 身廻品	14,055	17	0.119
22 製材・木製品	12,215	42	0.346
23 家具	12,547	20	0.162
24 パルプ・紙	8,989	206	2.296
25 紙製品	10,485	8	0.075
26 印刷・出版	29,001	45	0.155
27 皮革・皮革製品	1,681	3	0.180
28 ゴム製品	9,748	28	0.287
29 基礎化学製品	9,657	188	1.944
30 石油化学基礎製品	4,298	56	1.309
31 化学繊維原料	3,620	46	1.283
32 合成樹脂	4,843	23	0.469
33 化学肥料・農薬	2,218	19	0.851
34 最終化学製品	28,166	100	0.355
35 石油製品	26,173	43	0.162
36 石炭製品	3,815	16	0.425
37 窯業・土石製品	27,749	277	0.998

72 部門分類	付加価値	付加価値	減少比率
	(昭和55年:億円)	減少額(億円)	(%)
38 銑鉄・粗鋼	16,953	407	2.398
39 鉄鋼圧延製品	31,277	234	0.748
40 鋳鍛鋼品	12,393	64	0.514
41 非鉄金属地金	3,949	214	5.416
42 非鉄金属一次製品	11,690	65	0.557
43 金属製品	41,546	151	0.364
44 一般機械	75,596	136	0.180
45 重電機器	12,580	17	0.137
46 軽電機器	66,152	118	0.179
47 自動車	59,922	121	0.203
48 その他の輸送機械	18,739	18	0.093
49 精密機械	14,494	20	0.140
50 その他の製造業	28,471	104	0.366
51 建築	124,632	92	0.074
52 建設補修	15,221	22	0.142
53 土木	93,632	110	0.117
54 電力	40,833	9	0.021
55 都市ガス(熱供給業を含む)	6,657	17	0.258
56 水道(廃棄物処理を含む)	21,291	152	0.715
57 商業	360,046	366	0.102
58 金融・保険	116,839	44	0.038
59 不動産業	188,198	19	0.010
60 不動産賃貸料	44,330	14	0.031
61 運輸(自家輸送を除く)	110,096	284	0.258
62 自家輸送	0	6	0.0
63 通信	38,819	29	0.075
64 公務	96,306	124	0.128
65 教育	96,593	91	0.094
66 研究	4,053	96	2.360
67 保健・社会保障機関	88,584	164	0.185
68 その他の公共サービス	20,252	12	0.061
69 その他のサービス	216,145	424	0.196
70 事務用品	0	0	0.0
71 梱包	6,152	10	0.162
72 分類不明	4,019	144	3.578
合計	2,501,270	5369	0.215

表Ⅱ－８ 一部門のみが電力コスト上昇分を価格転嫁できなかった
場合の付加価値減少額

(1)

72 部門分類	付加価値 (昭和55年:億円)	付加価値の 減少額(億円)	減少比率 (%)
1 耕種農業	52,169	117	0.224
2 蓄産	7,732	81	1.043
3 農業サービス	2,363	9	0.384
4 林業	9,438	12	0.128
5 漁業	15,862	44	0.277
6 石炭	1,512	20	1.321
7 金属鉱業	855	6	0.722
8 石油・天然ガス	652	6	0.958
9 非金属鉱業	10,833	49	0.453
10 と殺・肉・酪農品	6,421	107	1.673
11 水産食品	5,903	49	0.829
12 精穀・製粉	— 5,369	76	—1.417
13 その他の食料品	30,752	245	0.796
14 配合飼料	1,240	33	2.695
15 飲料	23,405	86	0.369
16 煙草	18,041	20	0.110
17 製糸・紡績	3,383	53	1.564
18 織物	10,209	163	1.593
19 ネット製品	3,943	44	1.123
20 その他の繊維製品	6,174	47	0.760
21 身廻品	14,055	105	0.744
22 製材・木製品	12,215	94	0.767
23 家具	12,547	81	0.643
24 パルプ・紙	8,989	378	4.203
25 紙製品	10,485	178	1.699
26 印刷・出版	29,001	224	0.773
27 皮革・皮革製品	1,681	13	0.771
28 ゴム製品	9,748	98	1.003
29 基礎化学製品	9,657	313	3.242
30 石油化学基礎製品	4,298	260	6.040
31 化学繊維原料	3,620	109	3.000
32 合成樹脂	4,843	143	2.946
33 化学肥料・農薬	2,218	61	2.750
34 最終化学製品	28,166	295	1.048
35 石油製品	26,173	802	3.066
36 石炭製品	3,815	140	3.668
37 窯業・土石製品	27,749	475	1.713

72 部門分類	付加価値 (昭和55年:億円)	付加価値の 減少額(億円)	減少比率 (%)
38 鉄鉄・粗鋼	16,953	1024	6.040
39 鉄鋼圧延製品	31,277	1158	3.702
40 鋳鍛鋼品	12,393	232	1.872
41 非鉄金属地金	3,949	312	7.892
42 非鉄金属一次製品	11,690	407	3.484
43 金属製品	41,546	505	1.216
44 一般機械	75,596	718	0.950
45 重電機器	12,580	127	1.013
46 軽電機器	66,152	647	0.978
47 自動車	59,922	650	1.085
48 その他の輸送機械	18,739	143	0.762
49 精密機械	14,494	98	0.678
50 その他の製造業	28,471	317	1.115
51 建築	124,632	714	0.573
52 建設補修	15,221	124	0.814
53 土木	93,632	604	0.645
54 電力	40,833	290	0.711
55 都市ガス(熱供給業を含む)	6,657	49	0.735
56 水道(廃棄物処理を含む)	21,291	179	0.841
57 商業	360,064	692	0.192
58 金融・保険	116,839	144	0.123
59 不動産業	188,198	97	0.052
60 不動産賃貸料	44,330	22	0.050
61 運輸(自家輸送を除く)	110,096	563	0.511
62 自家輸送	0	427	0.0
63 通信	38,819	60	0.154
64 公務	96,306	229	0.237
65 教育	96,593	153	0.158
66 研究	4,053	127	3.145
67 保健・社会保障機関	88,584	382	0.431
68 その他の公共サービス	20,252	50	0.247
69 その他のサービス	216,145	832	0.385
70 事務用品	0	38	0.0
71 梱包	6,152	99	1.605
72 分類不明	4,019	408	10.149

II.2.3 雇用への影響

付加価値の減少比率に応じて雇用も減少するとすれば、表II-9に示すような結果となる。昭和55年のわが国の従業員総数は5,859万人であるが、付加価値の減少(0.215%)比率に見合う雇用の減少数は125,968人となる。雇用減少数の大きい産業を列挙すると、

	減少数
・その他サービス	(15,719人)
・商業	(10,669人)
・運輸	(6,579人)
・窯業土石	(6,187人)
・蓄産	(4,292人)
・金属製品	(4,076人)
・保健・社会保障機関	(3,977人)
・土木	(3,264人)
・パルプ・紙	(2,984人)
・その他製造業	(2,854人)

表Ⅱ-9 電力料金上昇の雇用への影響
(6.6%上昇)

(1)

72 部門統合中分類	従業員総数 (万人)	減少比率 (%)	減少数 (人)
1 耕種農業	519	0.035	1816
2 畜産	146	0.294	4292
3 農業サービス	12	0.153	183
4 林業	23	0.003	6
5 漁業	47	0.034	159
6 石炭	3	1.130	339
7 金属鉱業	1	0.567	56
8 原油・天然ガス	0	0.833	0
9 非金属鉱業	11	0.124	136
10 と殺・肉・酪農品	11	0.348	382
11 水産食品	16	0.229	366
12 精穀・製粉	2	-0.187	-37
13 その他の食料品	76	0.272	2067
14 配合飼料	2	0.535	107
15 飲料	11	0.103	113
16 煙草	4	0.034	13
17 製糸・紡績	16	0.558	892
18 織物	46	0.385	1771
19 ネット製品	22	0.230	506
20 その他の繊維製品	25	0.174	435
21 身廻品	64	0.119	761
22 製材・木製品	44	0.346	1522
23 家具	46	0.162	745
24 パルプ・紙	13	0.296	2984
25 紙製品	27	0.075	202
26 印刷・出版	67	0.155	1038
27 皮革・皮革製品	10	0.180	180
28 ゴム製品	25	0.287	717
29 基礎化学製品	10	1.944	1944
30 石油化学基礎製品	4	1.309	523
31 化学繊維原料	5	1.283	641
32 合成樹脂	5	0.469	234
33 化学肥料・農薬	3	0.851	255
34 最終化学製品	35	0.355	1242
35 石油製品	3	0.162	48
36 石炭製品	2	0.425	85
37 窯業・土石製品	62	0.998	6187

72 部門統合中分類	従業員総数 (万人)	減少比率 (%)	減少数 (人)
38 銑鉄・粗鋼	10	2.398	2398
39 鉄鋼圧延製品	28	0.748	2094
40 鑄鉄非属一次製品	19	0.514	976
41 非鉄金属地金	3	5.416	1624
42 非鉄金属一次製品	14	0.557	779
43 金属製品	112	0.364	4076
44 一般機械	142	0.180	2556
45 重電機器	26	0.137	356
46 軽電機器	123	0.179	2201
47 自動車	116	0.203	2354
48 その他の輸送機械	34	0.093	316
49 精密機械	34	0.140	476
50 その他の製造業	78	0.366	2854
51 建築	296	0.074	2190
52 建設補修	30	0.142	426
53 土木	279	0.117	3264
54 電力	16	0.021	33
55 都市ガス(熱供給業を含む)	5	0.258	129
56 水道(廃棄物処理を含む)	36	0.715	2574
57 商業	1046	0.102	10669
58 金融・保険	161	0.038	611
59 不動産業	27	0.010	27
60 不動産賃貸料	12	0.031	37
61 運輸(自家運送を除く)	255	0.258	6579
62 自家輸送	0	0.0	0
63 通信	54	0.075	405
64 公務	210	0.128	2688
65 教育	183	0.094	1720
66 研究	10	2.360	2360
67 保健・社会保障機関	215	0.185	3977
68 その他の公共サービス	55	0.061	335
69 その他のサービス	802	0.196	15719
70 事務用品	0	0.0	0
71 梱包	12	0.162	194
72 分類不明	0	3.578	0
合計	5,859	0.215	125,968

II.2.4 パラメータ分析

II.2.2、II.2.3では、電力料金上昇率が6.6%の場合の波及効果だけを示したが、上昇率が4.8%と1.8%の場合の波及効果も同様の手法で算出してみると、表II-10に示すようになる。

付加価値減少額および雇用減少数は、電力料金上昇率に比例して変化するものである。

表II-10 電力料金上昇が6.6%、4.8%、1.8%の場合の影響比較

ケース	ケース(1)	ケース(2)	ケース(3)
建設費(高速炉/軽水炉)	1.5倍	1.5倍	1.2倍
稼働率	70%	90%	70%
電力コスト上昇	6.6%	4.8%	1.8%
付加価値(昭和55年:億円)	250.1270	250.1270	250.1270
付加価値減少額(億円)	5369	3905	1464
減少比率(%)	0.215	0.156	0.059
雇用減少数(人)	125,968	91,400	34,355

II.3 高速増殖炉の産業波及効果のまとめ

本節では昭和59年度調査で明らかにした高速増殖炉導入に伴うプラスの誘発効果と、II.2節で示した電力料金上昇に伴うマイナス効果を比較し、高速増殖炉の国民経済的観点からの総合的な産業波及効果を評価する。

II.3.1 生産誘発効果

1. プラスの効果

表II-11と12に、昭和59年度調査による生産誘発効果を示した。この表から、高速増殖炉と軽水炉の建設に伴う生産誘発効果の差は $723,000 - 424,000 = 299$ 千円/kwとなる。したがって24.52GWe分の誘発効果の差は $24.52 \times 10^6 \times 299$ 千円=7兆3315億円となる。一方、運転維持および核燃料サイクルによる生産誘発効果の差は、表から、 $104 \times 2.38 - 107 \times 2.118 = 20.9$ 万円/kw・30年分となる。従って、 $24.52 \times 10^6 \times 20.9$ 万円=5兆1247億円となり、原子炉建設と合計すると、

12兆4562億円となる。この金額が、24.52GWe分の高速増殖炉を建設し30年間運転した時に、軽水炉の場合を上廻って得られるプラス効果である。

以上の生産誘発効果は、高速増殖炉の建設費が軽水炉の1.5倍の場合である。建設費が1.2倍の時には、建設に伴う生産誘発効果は、3兆7859億円と推定できる。したがって、建設、運転、核燃料サイクル全体では8兆9106億円となる。

表Ⅱ-11 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)	1 8 1,0 0 0	2 9 9,0 0 0
国 内 生 産 増 (円/KW)	4 2 4,0 0 0	7 2 3,0 0 0
生 産 誘 発 係 数 (-)	2.3 4	2.4 2
(昭和50年産業連関表を用いた分析)	(2.1 9)	(2.2 4)
投 資 規 模 比 率 (-)	1.0 0	1.6 6 *
国 内 生 産 増 比 率	1.0 0	1.7 1
生 産 誘 発 係 数 比 率	1.0 0	1.0 3

* 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。

表Ⅱ-12 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。

2. マイナスの効果

Ⅱ.2で算定したように高速増殖炉の発電コストが軽水炉よりも高い場合には高速増殖炉を導入することにより電力料金が上昇し国民経済的なマイナス効果がでてくる。しかし、Ⅱ-2ではマイナス効果として付加価値減少額は算定したが、生産額の減少

分は算定していない。これは、産業連関表の分析の枠組内では価格上昇に伴う生産額の減少を直接的に計算することはできないためである。

そこで、第0次近似として、付加価値と生産額が比例するものとして生産高の減少額を推定してみることにする。昭和55年の産業連関表によれば、全産業の平均では付加価値/生産額=0.45である。したがって、電力料金上昇率6.6%の場合の付加価値減少額5,369億円に見合う生産額の減少額は $5,369 \text{ 億円} / 0.45 = 1 \text{ 兆} 1931 \text{ 億円}$ と推定することができる。

次に問題となるのは、この減少効果は原子炉寿命の30年間続くのか、減価償却期間の16年間続くのかということである。本調査で設定したパラメータの下では高速増殖炉と軽水炉の運転維持費及び核燃料サイクル費合計はほとんど差がない。(高速増殖炉104万円/KW・30年輕水炉104万円/KW・30年)。したがって、減価償却終了後の高速増殖炉と軽水炉の発電コストはほぼ同じであり、電力料金差は生じてこないといえよう。生産減少のマイナス効果は16年間続くとみるのが妥当であると結論することができる。 $1 \text{ 兆} 1931 \text{ 億} \times 16 \text{ 年} = 19 \text{ 兆} 896 \text{ 億円}$ となる。電力料金上昇率が4.8%、1.8%の時にもそれぞれの減少額に16年を乗ずればよい。

3. プラス・マイナス効果の総合

以上の試算を整理すると、表Ⅱ-13のようになる。これを見ると、ケース(1)の場合は、誘発生産額の面では高速増殖炉導入のマイナス効果の方がプラス効果よりも大きい。ケース(2)の場合は、プラス効果とマイナス効果がほぼ拮抗し、ケース(3)の場合には、高速増殖炉導入のプラス効果の方がマイナス効果の約1.7倍となる。

表Ⅱ-13 生産誘発効果の総合化

ケース番号	(1)	(2)	(3)
高速増殖炉 建設費比率	1.5倍	1.5倍	1.2倍
稼働率	70%	90%	70%
電力料金上昇率	6.6%	4.8%	1.8%
プラス効果			
生産誘発額	12兆4562億円	12兆4562億円	8兆9106億円
マイナス効果			
減少額	19兆896億円	13兆8833億円	5兆2064億円

II. 3. 2 付加価値

1. プラスの効果

表Ⅱ-14と15に、昭和59年度調査による誘発付加価値効果を示した。この表から、高速増殖炉と軽水炉の建設に伴う誘発付加価値の差は、 $0.842 \times 2990 - 0.828 \times 1810 + (3810 - 2990) - (2540 - 1810) = 1,107$ 億円/1GWeとなる。したがって24.52GWe分の誘発効果の差は $24.52 \times 1,107$ 億円 = 2兆7144億円となる。

一方、運転維持および核燃料サイクルによる誘発付加価値の差は、表から、 $0.8 \times 104 - 0.713 \times 107 = 6.91$ 万円/KW・30年分となる。従って、 $24.52 \times 10^6 \times 6.91$ 万円 = 1兆6943億円となり、原子炉建設と合計すると4兆4087億円となる。この金額が、24.52GWe分の高速増殖炉を建設し、運転した時に、軽水炉の場合を上廻って得られるプラスの誘発付加価値である。

高速増殖炉の建設費が1.2倍の時には同様の計算によって、2兆7732億円となる。

表Ⅱ-14 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）	（－）	8 4.2 (1.0 2)	8 0.0 (1.0 2)	5 4.0 (1.0 4)
雇 用 者 一 人 当 り （対軽水炉比率）	(100万円/人)	5.3 2 (1.0 1)	5.0 6 (1.0 1)	2.8 5 (1.0 3)
軽 水 炉				
単位投資額当り	（－）	8 2.8	7 8.6	4 3.4
雇 用 者 一 人 当 り	(100万円/人)	5.2 6	5.0 0	2.7 6

表Ⅱ-15 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				
対位投資額当り	（－/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

2. マイナスの効果

マイナスの効果としての付加価値の減少額は既に計算したように、電力料金が6.6%上昇した時には、5,369億円×16年＝8兆5,904億円となり、同様に、4.8%上昇、1.8%上昇の時には6兆2476億円、2兆3428億円となる。

3. プラス・マイナス効果の総合

以上の試算を整理すると、表Ⅱ-16のようになる。これを見ると、誘発付加価値の面からは、ケース(1)と(2)では高速増殖炉は不利であり、建設費を1.2倍に下げたケース(3)の場合にのみプラス・マイナスがほぼ均しくなる。

表Ⅱ-16 付加価値誘発効果の総合化

ケース番号	(1)	(2)	(3)
高速増殖炉 建設費比率	1.5倍	1.5倍	1.2倍
稼働率	70%	90%	70%
電力料金上昇率	6.6%	4.8%	1.8%
プラス効果 付加価値誘発額	4兆4087億円	4兆4087億円	2兆7732億円
マイナス効果 減少額	8兆5904億円	6兆2476億円	2兆3428億円

Ⅱ.3.3 雇 用

1. プラスの効果

表Ⅱ-17と18に、昭和59年度調査による誘発雇用効果を示した。この表から、高速増殖炉と軽水炉の建設に伴う誘発雇用数の差は、 $40,400 - 23,800 = 16,600$ 人/1GWeとなる。建設費比率が1.2倍の時には $40,400 \times 1.2 / 1.5 - 23,800 = 8,520$ 人/1GWeとなる。

運転維持及び核燃料サイクルに伴う誘発雇用数の差は、 $(4,100 - 3,800) \times 30$ 年＝9,000人/1GWe・30年となる。従って、24.52GWeに対応して、

建設費比率1.5倍…… $(16,600 + 9,000) \times 24.52 = 627,712$ 人

＃ 1.2倍…… $(8,520 + 9,000) \times 24.52 = 429,590$ 人

2. マイナスの効果

電力料金上昇比率6.6%…… $125,968 \times 16$ 年＝2,015,488人

＃ 4.8 = 1,462,400人

＃ 1.8 = 549,080人

となる。

3. プラス・マイナス効果の総合

以上の試算を整理すると、表Ⅱ-19 のようになる。この表から、雇用の面では、ケース(1)(2)(3)とも高速増殖炉は不利であり高速炉導入が軽水炉と同等になるためには、建設費比率を1.2倍から、もっと下げる必要があるといえよう。

表Ⅱ-17 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

表Ⅱ-18 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, 8 0 0	4, 1 0 0
比 率	1.0 0	1.0 7
単位消費額当り 総雇用者数 (人/1兆円)	1 0 9, 0 0 0	1 2 1, 0 0 0
比 率	1.0 0	1.1 1

表Ⅱ-19 雇用誘発効果の総合化

ケース番号	(1)	(2)	(3)
高速増殖炉建設比率	1.5 倍	1.5 倍	1.2 倍
稼働率	7 0 %	9 0 %	7 0 %
電力料金上昇率	6.6 %	4.8 %	1.8 %
プラス効果雇用誘発数	6 2 7, 7 1 2 人	6 2 7, 7 1 2 人	4 2 9, 1 5 9 人
マイナス効果雇用減少数	2, 0 1 5, 4 8 8 人	1, 4 6 2, 4 0 0 人	5 4 9, 6 8 0 人

Ⅱ.3.4 ま と め

以上の生産誘発、付加価値誘発、雇用誘発の各ネット効果をまとめると表Ⅱ-20のようになる。この表から次のことがいえる。

- (1) 高速増殖炉の建設費が軽水炉の1.5倍の場合は(ケース(1)と(2))高速増殖炉の導入は、産業波及面から見た国民経済的観点からはマイナスの効果が大きい。
- (2) 高速増殖炉の建設費が1.2倍の場合(ケース(3))には、生産誘発面からはプラスの効果がかなり出る。付加価値誘発の面では、高速増殖炉導入は軽水炉とほぼ同じ効果にとどまる。雇用誘発の面では、若干のマイナス効果がでる。
- (3) ケース(3)の場合、稼働率を70%から90%に上昇させれば、電力料金上昇率が1.24%にまで抑えることができる。この場合、プラスの効果は不変でマイナスの効果のみが減少し、雇用減少数が549,680人から378,668人となる。したがって、ネットの効果としては、わずかではあるが約5万人の雇用増ということになる。
- (4) 以上をまとめると、高速増殖炉は軽水炉に対する建設費比率が1.2倍で稼働率90%の場合には、総合的な国民経済的観点からは、導入メリットの方が大きいと結論づけることができる。

表Ⅱ-20 高速増殖炉の産業波及効果のまとめ

ケース番号	(1)	(2)	(3)
高速増殖炉建設費比率	1.5倍	1.5倍	1.2倍
稼働率	70%	90%	70%
電力料金上昇率	6.6%	4.8%	1.8%
生産誘発ネット効果	△6兆6334億円	△1兆4271億円	+3兆7042億円
付加価値誘発ネット効果	△4兆1817億円	△1兆8389億円	+4304億円
雇用誘発ネット効果	△1,387,776人	△834,688人	△120,090人

Ⅲ. エネルギー収支分析による高速増殖炉の特性分析

Ⅲ.1 エネルギー収支分析とエネルギー比率

Ⅲ.1.1 エネルギー収支分析の意義と限界

エネルギー収支分析は、イギリスのチャップマン等によって原子力発電に反対する立場から研究が始められたため、客観的な分析であるかどうか、また従来の経済学の分析の枠組みを越えるものであるかどうか、あるいは、新しいエネルギー政策の根拠を提供しうるに足る新規分析手法であるかどうかといった観点から、エネルギー政策分野で幅広く論議されてきた。この過程で様々な混乱もあったし、妥当性を欠いた結論が導かれた例もあったが、チャップマンの論文以来、10年強が経過し、エネルギー収支分析の意義と限界がほぼ明らかになってきたといえよう。これを要約すると次のようになる。

「エネルギー収支分析は、経済システムの中における直接間接のエネルギーのフローを通して、生産消費プロセスにおけるエネルギーの効率的な利用の可能性と限界を調べる一つの方法であって、エネルギーという一つの資源の側面からみている以上、従来から行われている経済的な分析など種々の方法の補助的手段であって、それ等を超えるものではない。すなわち、単独で代替的な技術や政策の評価、判断に利用すべきものではないといえよう。」（出所：エネルギーアナリシス 茅屋陽一他著、1980年、電力新報社）

本調査でもこのような立場から高速増殖炉と軽水炉についてエネルギー収支分析を行うが、たとえば、どちらのエネルギー比率が大きくなったからといって、その方がエネルギー生産システムとしてより効率的なものと断定することはできない。この結果は、各炉のひとつの特性を示しているに過ぎないと理解すべきである。

Ⅲ.1.2 エネルギー比率

エネルギー収支分析は普通、代替的なエネルギー生産システムについて、インプットエネルギーに対するアウトプットエネルギーの比率を定め、この比率の大小を分析する。しかしこのエネルギー比率は様々な形で定義することが可能である。ここでは発電システムに限定するとしても、次のような5つのエネルギー比率が定義可能である。

まず、 E_0 をある発電システムの電気エネルギーアウトプット、 E_i を電気エネルギーインプット、（このうち、設備の建設段階の電気エネルギーインプットを E_{i1} 、運転中に必要となる電気エネルギーを E_{i2} とする）、 T_i をエネルギーインプットの中の熱エネルギー量とする。ここで単位はすべてキロカロリー（Kcal）に統一する。この時1Kwh

は 860 Kcal とする。また、 α を化石燃料を用いて 1 Kwh の電気エネルギーを生産するのに直接間接に必要な燃料 (Kcal) とする。

エネルギー比率は、一般に分子にエネルギーアウトプット、分母にエネルギーインプットをおく。そうすると、

$$R_1 = E_o / (T_i + \alpha E_i)$$

$$R_2 = \alpha E_o / (T_i + \alpha E_i)$$

$$R_3 = E_o / (T_i + E_i)$$

$$R_4 = (E_o - E_i) / T_i$$

$$R_5 = (E_o - E_{i2}) / (T_i + \alpha E_{i1})$$

が定義可能である。

α は普通 $1/0.25 \sim 1/0.29$, すなわち 4 ~ 3.45 位の数値となるので、 R_2 は R_1 の 4 倍弱位になる。すなわち、エネルギー比率は定義によって数値が 4 倍位変化するものであり、安易に分析の枠組の異なるエネルギー比率の数値を比較することは危険であり、また、同じ分析の枠組みの中でも、相対的な比較にとどまるべきであろう。 R_5 は運転中に必要となる電気エネルギーは出力から差引くという考え方であり、やや人為的な考え方である。(チャップマンはこの比率を用いている) 多くの場合、 $R_2 \approx R_4 > R_3 > R_1$ の順序となる。

高速増殖炉と軽水炉のエネルギー比率を比較をする場合、E の $R_1 \sim R_5$ のどれが適切であろうか。アメリカの FEA による原子力発電所のエネルギー収支分析の例によれば、エネルギー比率の定義によって、代替案のエネルギー比率の大小が逆転する場合があるからである。表 III - 1 ~ 表 III - 4 に FEA の分析結果を示した。対象とした炉型は、BWR, PWR, HTGR, HWR の 4 炉型であり、また、核燃料サイクルのパラメータも変化させている。表 III - 2 から分るように、 $R_2 \approx R_4 > R_3 > R_1$ であるが、PWR, BWR,

表 III - 1 感度分析のためのパラメータ (FEA)

ウラン 鈾 品位	0.176 % (平均的鈾床) 0.006 % (Chattanooga)
廃棄濃度	0.3 %, 0.275 %, 0.2 %
リサイクルの有無	リサイクルなし、U-リサイクル、U-Pu-リサイクル
エネルギー比	R_1, R_2, R_3, R_4

HTGR では $R_2 < R_4$ であるが HWR は $R_2 > R_4$ となっている。また、 R_1 又は R_2 を指標にするとエネルギー比率は $HWR > HTGR > BWR > PWR$, R_3 を指標とすると $HTGR > HWR > BWR$, PWR , R_4 を指標とすると $HTGR > BWR > PWR > HWR$ となる。すなわち、 R_1 と R_2 を指標とすると HWR のエネルギー比率が 4 炉型中最も高く、 R_4 を

表Ⅲ-2 炉型によるエネルギー比の違い

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
PWR	4.60	15.35	9.63	17.23
BWR	4.89	16.35	10.03	17.35
HTGR	5.69	19.01	12.03	22.02
HWR	8.41	28.09	11.34	13.16

注) 廃棄濃度0.3% 平均的鉱床(0.176%)、リサイクルなし

表Ⅲ-3 廃棄濃度によるエネルギー比の違い

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
廃棄濃度0.3%	4.6	15.4	9.6	17.2
" 0.2%	4.0	13.3	8.9	17.8

注) PWR, リサイクルなし、平均的鉱床

表Ⅲ-4 鉱床とリサイクルの有無によるエネルギー比の違い

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
平均的鉱床 リサイクルなし	4.6	15.4	9.6	17.1
平均的鉱床 U-Puリサイクル	6.0	20.2	12.1	20.4
Chattanooga Shales リサイクルなし	2.2	7.3	3.4	4.1
Chattanooga Shales U-Puリサイクル	3.1	10.5	4.9	6.1

注) PWR, 廃棄濃度0.3%

指標とすると、HWRのエネルギー比率が最も低いという全く逆の結果となる。同様のことは表Ⅲ-3でもいえる。

現段階では、高速増殖炉と軽水炉の比較の場合にどの比率が適切であるか断定できないので、以下ではR₁~R₄の4つの比率を計算してみることにする。

Ⅲ.2 高速増殖炉のエネルギー収支分析

Ⅲ.2.1 軽水炉のエネルギー収支分析

高速増殖炉のエネルギー収支分析の比較対象として、アメリカのERDA(現在のDOEの前身)が行った軽水炉のエネルギー収支分析をベースに用いる。表Ⅲ-5にその結果

を示した。対象炉型はPWR, 耐用年数30年、稼働率を平均61%、濃縮はガス拡散法で廃棄濃度は0.2%である。再処理は行われず使用済燃料は貯蔵される。これを見ると、全エネルギー必要量の72%はウラン濃縮が占めることとなっている。この場合のエネルギー比率は、上に示した R_1 であり、3.8%とかなり低くなっている。

本調査では高速増殖炉の比較対象として軽水炉をあげており、高速増殖炉が実用化される2010年代以降の軽水炉の核燃料サイクルを対象とするのが妥当である。したがって、ウラン濃縮としてはガス拡散法でなく、遠心分離法によるエネルギー収支を考えるのが適当と判断される。遠心分離法のSWU当りの電力消費量はガス拡散法の20分の1以下との評価もある位であり、軽水炉のエネルギー比率を大幅に引き上げることになる。

本調査の軽水炉のエネルギー収支を表Ⅲ-6に示した。

この表は、表Ⅲ-5の直接電力をガス拡散法から遠心分離法への転換を反映させて20分の1と想定した。その他の投入エネルギーは、第0次近似としてガス拡散法と遠心分離法で大きな変化はないものとした。

この場合、 $R_1 \sim R_4$ を計算するために必要な投入エネルギー、産出エネルギーは次のようになる。

$$\begin{aligned}
 E_0 &= 10^6 \text{ KW} \times 30 \times 365 \times 24 \times 0.61 \\
 &= 1.603 \times 10^{11} \text{ KWh} \\
 &= 1.603 \times 10^{11} \times 860 \text{ Kcal} \\
 &= 1.3786 \times 10^{14} \text{ Kcal} = 1.3786 \times 10^5 \text{ Tcal} \\
 &= 137,860 \text{ Tcal}
 \end{aligned}$$

表Ⅲ-5 1,000MW原子力発電所(PWR)のエネルギー必要量(ERDA)

	単 位	電 力 MWh			熱 Gcal			合 計 Tcal
		直 接	材 料	建 設	直 接	材 料	建 設	
ウ ラ ン 採 掘	3,909MTU	47,760	22,050	6,210	253,260	156,618	111,258	740
精 錬	3,909MTU	67,430	16,140	2,780	330,120	156,618	30,542	765
転 換	3,909MTU	39,830	16,620	620	1,216,152	107,352	7,308	1,344
濃 縮	3,124 × 1,000 SWU	8,778,000	18,120	24,050	264,096	107,352	256,133	25,965
燃 料 加 工	683MTU	67,750	137,200	600	37,271	397,908	6,552	1,032
発電所建設と運転	30 年	0	256,000	205,000	95,256	2,061,108	2,414,916	5,897
燃 料 貯 蔵	683MTU	7,280	2,430	3,880	1,149	16,204	43,924	60
廃 棄 物 貯 蔵	30 年	130	4,560	320	524	39,866	5,783	100
輸 送 (天然ウラン燃料)	3,909MTU	0	410	0	8,039	6,166	0	15
	693MTU	0	1,546	0	30,316	23,257	0	58
合 計		9,008,000	475,600	243,460	2,236,183	3,072,449	2,876,416	35,976

注) MTUはウラン1トン。G(ギガ) = 10^9 , T(テラ) = 10^{12}

出典: ERDA

表Ⅲ-6 1,000 MW原子力発電所（PWR）のエネルギー必要量

	単 位	電 力 MWh			熱 Gcal			合 計 Tcal
		直 接	材 料	建 設	直 接	材 料	建 設	
ウ ラ ン 採 掘	3,909MTU	47,760	22,050	6,210	253,260	156,618	111,258	740
精 錬	3,909MTU	67,430	16,140	2,780	330,120	156,618	30,542	765
転 換	3,909MTU	39,830	16,620	620	1,216,152	107,352	7,308	1,344
濃 縮	3,124 × 1,000 SWU	438,900	18,120	24,050	264,096	107,352	256,133	2,256
燃 料 加 工	683MTU	67,750	137,200	600	37,271	397,908	6,552	1,032
発電所建設と運転	30 年	0	256,000	205,000	95,256	2,061,108	2,414,916	5,897
燃 料 貯 蔵	683MTU	7,280	2,430	3,880	1,149	16,204	43,924	60
廃 棄 物 貯 蔵	30 年	130	4,560	320	524	39,866	5,783	100
輸 送 { 天然ウラン 燃 料	3,909MTU	0	410	0	8,039	6,166	0	15
	693MTU	0	1,546	0	30,316	23,257	0	58
合 計		669,080	475,600	243,460	2,236,183	3,072,449	2,876,416	12,267

注) MTUはウラン1トン。G (ギガ) = 10⁹, T (テラ) = 10¹²

$$T_i = 8,184 \text{ Tcal}$$

$$\alpha = 2940 / 860 = 3.419$$

$$E_i = 1.194 \text{ Tcal}$$

したがって

$$R_1 = 137,860 / (8,184 + 3,419 \times 1,194) = 11.2$$

$$R_2 = 3419 \times 137,860 / (8,184 + 3,419 \times 1,194) = 38.3$$

$$R_3 = 137,860 / (8,184 + 1,194) = 14.7$$

$$R_4 = (137,860 - 1,194) / 8,184 = 16.7$$

ERDAの分析では、 $R_1 = 3.8$ であったが、本調査のように濃縮方法をガス拡散法から遠心分離法に変えると同ジエネルギー比率 R_1 は11.2となり、ERDAの約3倍となる。

Ⅲ.2.2 高速増殖炉のエネルギー収支分析

表Ⅲ-7に、高殖増殖炉（100万kw）の投入エネルギーを示した。この表において、高速増殖炉の建設に必要な投入エネルギーは、建設単価に比例するものとし、軽水炉の1.5倍とした。他の加工、再処理輸送については、表Ⅲ-6から、燃料1トン当りの投入エネルギーは不変とした。但し、再処理については、MOX燃料はUO₂燃料の3倍に相当すると想定した。

この表から、 E_o , T_i , E_i を求めると次のようになる。

$$E_o = 137,860 \text{ Tcal} \text{ (稼働率を軽水炉と同じ6\%とした)}$$

$$T_i = 7,302 \text{ Tcal}$$

$$E_i = 749 \text{ Tcal}$$

したがって

$$R_1 = 137,860 / (7,302 + 3,419 \times 749) = 14.0$$

$$R_2 = 3,419 \times 137,860 / (7,302 + 3,419 \times 749) = 47.8$$

$$R_3 = 137,860 / (7,302 + 749) = 17.1$$

$$R_4 = (137,860 - 749) / 7,302 = 18.8$$

この結果を軽水炉と比較すると表Ⅲ-8のようになる。エネルギー比率として、どのような指標をとっても、高速増殖炉の方が軽水炉よりもエネルギー比率が高い。表Ⅲ-7で高速増殖炉の建設・運転への投入エネルギーが建設費単価に比例するとしたが、もし、建設単価が軽水炉の1.2倍になったとすると、高速炉の有利性はさらに高くなる。

表Ⅲ-7 高速増殖炉(100万kw)のエネルギー必要量

	単 位	電 力 MWh			熱 Gcal			合 計 Tcal
		直 接	材 料	建 設	直 接	材 料	建 設	
燃料加工 { UO ₂ MOx	507MTHM	50,291	101,845	445	27,666	295,372	4,863	766
発電所建設と運転	30 年	0	384,000	307,500	142,884	3,091,662	3,622,374	8,845
再 処 理 { UO ₂ MOx	969MTHM	9,690	3,100	12,765	1,854	21,327	56,562	102
輸 送 { UO ₂ MOx	507	0	1,131	0	22,179	17,014	0	42
		59,981	490,076	320,710	194,583	3,425,375	3,683,799	9,755

表Ⅲ-8 高速増殖炉と軽水炉のエネルギー比率の比較

エネルギー比率	高速増殖炉	軽 水 炉
R ₁	14.0	11.2
R ₂	47.8	38.3
R ₃	17.1	14.7
R ₄	18.8	16.7

付録A

「高速増殖炉の技術波及の可能性と評価」
アンケート

付 録 A 「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ていけば達成できる。
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	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) %

Q4 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. 2 4 6 8 0 0 0 0 0 0 % % % % %	1. 2. 3. 4. 5. 6. ナ温圧腐中そ ト 性 の リ 子 ウ 度力蝕束他 ム	7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 精純大自信強シそ 度度化化性度計他 度度化化性度計他	1. 2. 3. 4. 5. 6. 小同や大か比 さ程や大きき較 い度いい大で ない	
主要機器システム技術					
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. ()	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	

Q5 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。

高速増殖炉共通基盤技術	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.						
	20%	40%	60%	80%	100%	小 さ い	同 程 度	や や 大 き い	大 き い	か な り 大	比 較 で き な い	小 さ い	同 程 度	や や 大 き い	大 き い	か な り 大	比 較 で き な い	ナ トリ ウム	温 度	圧 力	腐 蝕	中 子	精 度	純 度	大 型 小 型	自 動 化	信 頼 性	強 度	高 速 性	感 度	シ ス テ ム 設 計	そ の 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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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っ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 主要機器システム技術	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	高温構造設計技術	遮蔽設計技術	安全性評価技術	炉心特性解析技術	伝熱・流動解析技術	試験	データ取得評価技術	プロセス技術	製造加工技術	材料技術(構造・腐蝕)	運転(制御・自動化)技術	計装技術(核・プロセス)	検査(検出)技術	保守・補修技術	溶接技術	建設・機器据えつけ技術	エレクトロニクス技術	ロボット技術	大型化(小型化)技術	システムエンジニアリング	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				不 明	軽 水 炉 技 術	エ レ ク ト ロ ニ ク ス	メ カ ト ロ ニ ク ス	新 素 材	機 械 製 造	鉄 鋼	化 学 工 業	精 密 機 械	建 設 業	造 船	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 (製造・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。（Q 7 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>	

付録B

高速増殖炉技術の技術波及(可能性)事例

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"> ◦ 高転換炉燃料集合体の構造設計 ◦ 核データの整備・蓄積 → 軽水炉、核融合炉 高温構造設計 → 高温領域の分野一般 自動化 ISI 機器 ◦ FBR の仕事に従事していて一番重要なことは「軽水炉の実績の延長上にあるか」「軽水炉のどの技術の反映か」である。FBR 開発上のソフト的な成果は軽水炉に利用可能かもしれない。 FBR 技術開発は、どちらかという軽水炉技術、原子力以外の技術の総合的なエンジニアリングの集約による所が大きい。本質問のような逆別用は、かなり細かい分野に限定されるのではないか。 ◦ 耐震設計技術（低床応答建物、免震技術） 遮蔽設計技術 ◦ 現状では特に無い。HCLWR の開発研究には、大いに参考になっているように思う。 ◦ 高速炉心の三角格子構造が高転換 PWR でそのまま計算コードが解析に使える。 ◦ FBR で先行した研究されたステンレス鋼管の Leak Before Break 特性が軽水炉にも適用され設計条件が緩和される動きにある。 ◦ 軽水炉の炉内構造物の照射効果評価に、FBR 用に取得したデータが活用できる。 ◦ これまでの炉物理・炉設計の分野では余りないと思われる。しかし今後 Lwe の高度化が進み、LWR を高燃焼、高転換型にして行くと、必然的に高速炉と共通の問題が共鳴中性子領域の取扱いで生じてくるであろう。この場合相互に知見を応用することができる。 なお、今後、連続エネルギーモンテカルロ法による核計等手法と専用の計算機が開発されれば、これは共通に使用できる。 ◦ 高熱流動除熱技術 Na - 水反応等安全性概念の利用 Mox 燃料利用技術 宇宙動力利用 ◦ メカニカルスナバー 事故解析で、エアロゾルの挙動 ◦ PRA 核設計、しゃへい 流動解析 ◦ FBR の安全性評価における確率論的評価手法と信頼性 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 高温構造設計 → 高温領域の分野一般 ◦ 高温、苛酷な環境下での機器設計法は火力や化学プラントの一層の合理化設計に活用できそう。 ◦ FBR 技術開発は、どちらかという、軽水炉技術、原子力以外の技術の総合的なエンジニアリングの集約による所が大きい。本質問のような逆別用は、かなり細かい分野に限定されるのではないか。 あまり思いつかないが、検出技術（細かい点）や、建設工法（大きな所）他に利用できると思う。 ◦ 耐震設計技術（低床応答建物、免震技術） 高温構造設計技術 ◦ 他の大型プラントシステムの検査、保守技術の向上に役立つ可能性がある。 新素材の開発を促進する可能性がある。 鉄鋼化学プラントの運転保守技術とを向上させる可能性がある。 ◦ 強い放射線下での材料研究は医療設備にも使える。 ◦ 高速炉のために耐放射線性計装が開発されればその技術は宇宙用の計装にかなり応用されよう。 また、ロボット技術も同様であろう。 ◦ ヒートパイプ式の応用 高出力密度除熱技術 ◦ 他分野はよくわかりませんが、 「高温構造設計技術」は、プラントや宇宙開発にインパクトを与えうるものと考えます。 一般的に原子力は保守的で金がかかりすぎるため、般用性に欠ける様に思います。 ◦ ナトリウム技術 PRA ◦ 常陽回転プラグのケーブル処理 パラボラアンテナのケーブル処理 ◦ 3次元伝熱流動解析技術 ◦ 将来の核融合炉技術日の達成は高速炉技術の延長上による。 ◦ 炉容器材料にみられる材料の厚肉化と高温強度の改善。 燃料被覆管材料にみられる耐燃性の向上に関する材料開発プロセス。 ◦ 伝熱流動解析技術は多方面で利用されるであろう。 ◦ ペロ — 配管系 — プラントシステムコンパクト化

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>評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 将来の核融合炉技術日の達成は高速炉技術の延長上による。 ◦ 高速炉用核武装での高γ線下で計測できる起動系（パルス系）を開発したことがあるが、これが使用済燃料キャスクの安全性評価のための、使用済核から放出される中性子の測定に応用された。またこれは高レベル廃棄物のTRU測定に利用できる。 ◦ ISI 技術の中の超音波探傷、渦電流探傷技術は、軽水炉や核燃料サイクルの機器の探傷に利用できる。 ◦ D-9, HT-9材料の核融合炉第1壁、ダイバーター、ブランケットへの適用 ◦ 応用例ということではないが、高燃焼度のFBR燃料の再処理には、FBR用に特別な角処理技術の開発が必要とされる。 <p>最近プラチウム燃料の軽水炉への利用が検討されているが、これが実現すれば、FBR用に開発されたプラチウム燃料の加工技術等の軽水炉への応用例ということになるのでは。</p>	

軽水炉・核燃料サイクル技術分野への応用（可能性）事例

- 高いレベル廃棄物処理処分技術、燃料取扱い技術、プラント大形化（1体化）によるコスト低減
- 温度、放射線に関し、軽水炉より厳しい環境下を対象とする計測器、ケーブル等の（今後を含む）開発成果は、軽水炉内の同種機器の寿命延長、信頼性向上に役立つと思う。
- 耐高温センサ技術（流量計、レベル計、圧力計）
- ①遮蔽設計計算に最新の計算コードを駆使したことから、軽水炉の遮蔽設計計算も従来の計算法の使用から最新の計算コード適用に進歩発展させた。
- ②核データの処理方法や感度解析による核データの誤差の重要性を把握する手法がやはり軽水炉における核データの処理技術や感度解析法の導入をうながし核データの信頼性向上に大きな寄与をした。
- ③高速炉では100 Kevのオーダーの中性子エネルギー領域が重要であるので、この領域の中性子反応を測定する手法の開発が、軽水炉における同領域の中性子束測定を可能にした。
- ①高出力密度の炉心冷却方法（燃料の正三角形配列、六角形要素 他）
- ②高温センサ
- ③極細径温度センサ
- ④電算機の高速演算化
- 高温構造設計 エレクトロニクス ロボット
- 核融合炉冷却系（hi 利用）に対する熔融塩技術、材料技術の応用、高温ガス炉に対する高温設計、構造解析技術、材料技術の応用
- 可能性のある項目多いが具体例は少ない。
- 核燃サイクルの評価平等度をあげた実績はあるが直接 effective なことはないと思う。
- プロセス流体の漏洩の速流監視による、定期点検時の検査の合理化
- 機器内伝熱・流動解析 熱交換器管-管板溶接 免震構造
- 熱流動解析技術の他分野への利用（軽水炉、火力プラント、熱交換器等多数有）
非弾性解析技術の他分野への利用
- 軽水炉への Impact は今の所ほとんどないと云っても言い過ぎではない。
- プルトニウム取扱い・高放射性物質取扱いに関するロボット技術開発とそれによるコストダウン……これらの技術、

他分野技術への応用（可能性）事例

- ステンレス鋼の高温構造設計、及び基準は他の分野に広く利用可能で、一部は取り入れ始めている。
- 自動溶接技術、AEセンサーによる自動検査技術
新素材（高温、高クリープ）開発
- Na 機器洗浄除染作業を含む各種の保守、保修作業の自動化、ロボット化が研究中であるが、その成果は（実経験を含めて）他分野での自動保守、保修作業へ適用に役立つとう。（高速炉の分野の方が一般に厳しい条件下にある）
- 高温構造設計技術（各種高温機器の構造用金属材料へ）
- 高速炉材料の照射損傷研究が、核融合炉研究に生かされている。
高温構造設計基準が整備され一般高温機器に適用されつつある。
- ロボット エレクトロニクス
- 燃料電池、材料、構造解析、化学プラントに対する安全性評価
- 熱流動解析技術（既存の事例）
空調の性能評価
化学プラントの流れ解析
- 可能性のある項目多いが具体例は少ない。
- 未だ聞かない。
- ベローズ継手
- 熱流動解析技術の他分野への利用（軽水炉、火力プラント、熱交換器等多数有）
非弾性解析技術の他分野への利用
- 構造強度解析評価手法 流動解析技術
- 材料と構造の高温特性（クリープ領域）／解析技術は化学プラント等の高温化様にそのまま用いられる。
中間HX, SG等の特殊構造 → Hxのタイプの多様化。
// 冷却チューブ ↗ 高熱伝導率化。
- 耐震設計技術は高層建築物の設計に役立つ
（免震技術、低応答建物）
- 高温構造解析、評価 → 火力ボイラ設計
- クリープのひずみを考慮した高温構造設計技術の確定
- Na 利用技術（Na を使う熱交換器等）
高温技術
核融合炉とのハイブリッド炉
燃料交換不要炉心（宇宙用原子炉、燃料電池）
スーパーコンピュータ
並列計算機
知識工学

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>ノウハウは軽水炉への応用が考えられる。</p> <p style="text-align: center;">↙ 高燃焼度化</p> <p>合理的設計思想は既存工業技術へのバックフィットが考えられる。</p> <p>高温材料、高燃焼度材料の開発も同様</p> <ul style="list-style-type: none"> • FBRの炉心設計手法、燃料設計手法はHCPWRの開発に役立つ。 <p>耐震設計技術のうち、免震技術は軽水炉にも役立つ。</p> <p style="text-align: center;">// スロッシング解析技術は再処理（溶解槽）に役立つ。</p> <p>材料開発（高温雰囲気、耐スエリング、クリープ）はガス炉、核融合、再処理（F再）に役立つ。</p> <p>Na透過装置はFBR再処理に役立つ。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 核データ評価 核設計手法 遮蔽解析手法 臨界安全解析手法 プルトニウム取扱い技術 アクチノイド専燃炉 固有安全炉心概念 • 材料の開発は、材料そのものの使用実績および材料開発の過程でえられた知識・技術が軽水炉などの分野に応用がきわめて広い。 • 現時点で直接的に応用されたものはないが、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。 今後応用可能な技術としては下記が考えられる。 耐雪設計技術 高温構造設計技術 遮蔽設計技術 安全性評価技術 伝熱流動性解析技術 運転技術 合理化技術 システム技術 	<p>シミュレーション技術 システム設計技術</p> <ul style="list-style-type: none"> • 一般工業材料の研究・開発・実用化に密接に利用できる。 • 現時点で直接応用された列はないが下記技術については応用可能である。耐雪設計技術、高温構造技術・伝熱・流物解析技術 構造解析技術 ロボット技術 システム技術 • 液体金属（ナトリウム）取扱技術：核融合炉の基礎技術研究である。リチウム・ループの設計製作、運転に活用された。

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>きないため FBR 用に開発したものが軽水炉他へ利用されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 原子炉格納容器真空破壊弁：常陽で開発した低差圧真空破壊弁の技術が間接的に軽水炉へも応用されている。 • 液体金属（取扱）技術：核融合、スペースリアクタ、太陽熱発電の熱輸送媒体 • 高温用 AF センター • FBR用 CRD ……LWRの電動CRDに間接的に寄与 • LBB 概応FBR – LWR • 特殊技術なのであまり例がないように思う。むしろ、核燃料サイクルのために配慮した燃料集合体やそのための炉心設計などの開発が必要。 • 伝熱流動解析コードの応用 • 安全評価技術 • 再処理、燃料製造施設への具体的技術仕様の提供 • 耐食性技術 • 伝熱工学の分野 • 核燃料サイクルの提供 • 原子炉の小型化 	<ul style="list-style-type: none"> • 伝熱流動解析コードの応用 • 高温構造設計技術 • 破壊力学応用技術 • 免震設計技術 • Na 取扱技術 → Na 電池 • 耐食性技術 • 伝熱効率の向上

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"> ◦ FBRで得られた炉心建設技術は、現在、高転換型PWR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。 ◦ ATR（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、等にハイブリッド炉 ◦ 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ATRに適用されている） ④ 再処理技術……現在動燃のCPR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。 • 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適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。 	<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、FBR高温構造設計指針やFBR材料データが寄与している。 • FBR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PRA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。 <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 <ul style="list-style-type: none"> 高温伝熱媒体としてのナトリウム } ——— 高混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） • 核融合炉での液体金属冷却 • 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

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"> • ① ISI 機器～ATR，軽水炉用 ISI 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）。 • 高温設計の合理化。 • 建屋構造の合理化。 • 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。 • ATWS 解析。 • 湿式及び乾式用処理法。 • 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利用可能。 • ISI 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 	<p>ト条件としての耐震設計法に発展がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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。 • 液体金属 MHD 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（しつづめる）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 DN 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。

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、耐震性の実証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（ar 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 ・熔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、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。 ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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るう。 ・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 の挙動に係わるデータ ・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 ・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。 ・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 ・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 ・大型構造物の溶接技術 → 鉄構製品

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>ており、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。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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、スーパーレシジョンハイブリッドブリダーに直ちに應用される。 • 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 • UO_2 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ちどもないが、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。 	<ul style="list-style-type: none"> • 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） • ISI 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化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。

付録C

自由回答

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(1)

サンプル番号	自由回答	コメント
5	<p>FBRの実用化が世界的に少しおくれ気味な風潮ですが、エネルギーに弱い日本としては早期に実証炉を建設する必要があると思います。</p> <p>(経済性を軽水炉建設費の1.5倍目標とよく言われますが、2倍位でも実証炉の建設にふみ切るべきでしょう)。</p>	メーカー
25	<p>① エネルギーセキュリティ、石油の供給等を考えると、2030年頃を目途に商業化が必要と思われる。</p> <p>② 現在軽水炉より発電原価が高くなる(主として建設費による)と言われているが、これを軽水炉並みにするための技術開発が必要である。</p> <p>③ 他分野で開発された、あるいは現在急速に発展しつつある技術をFBRに導入し、FBRの建設費低減をはかるべきである。</p> <p>④ 上記の技術として、</p> <p>④a 計算機科学、ソフトウェア技術によりロボット技術、検査技術、運転制御技術、保守点検技術、等が格段に進歩しうることが期待される。これにより信頼性の向上、安全性の向上がはかられよう。これにより過剰設備の節減が期待できる。</p> <p>④b 新素材の開発研究が進んでいる。これを応用することにより、設備費の低減がはかり得る可能性がある。光ファイバーにより、格納容量ベネトレーションの減少、ケーブルの低減がはかれる可能性がある。セラミックス材料、セラミックコーティング配管耐食性の向上の可能性がある。</p> <p>④c ロボット技術、検査、保守、納期の短縮、経費節減の可能性はある。</p> <p>④d 上記さらに他の技術を総合して、システム設計の合理化が期待できる。</p> <p>⑤ 約20年の技術開発に対する時間的予備があるので、その内に新技術の開発、新技術の応用、軽水炉による実証試験等の積み重ねが大切であろう。</p>	大学
27	<p>National projectとして国機関中心でいくよりも民間中心の実用化研究を進める時期に到達してきていると思います。やはり他のエネルギー源との競合に耐えるような合理化を中心とする研究開発を官民一体となって推進すれば、実用化への道は自ずから招かれるものと思います。</p>	大学
34	<p>高速増殖炉の建設費が軽水炉にくらべ割高になると予想され、最近の開発のテンポがおくれてきているように感じられる。日本のような資源のない国は、国をあげて高速炉の開発に積極的に乗りだすべきと考えます。</p>	大学
39	<p>開発費調達に時間がかかり計画通りに進んでいない。早期予算化、早期推進を望む。</p>	メーカー
41	<p>資源に乏しいわが国は、世界の動向に先がけて経済的で安定したエネルギー供給システムを確立する必要がある。</p> <p>この観点から高速増殖炉は最も重要なものと考えています。高速増殖炉の開発に従事していて現状で必要なのは早期に実用化迄の段階を推進することと考えていま</p>	メーカー

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(2)

サンプル番号	自由回答	コメント
4 1	<p>す。実用化迄の道程は長いため現実的な評価データ（経済性～LWR×1.5倍以下の建設費）とエネルギーセキュリティの観点から情熱を持ってコンセンサスを得る活動を推進する人、又は組織が必要です。（この観点から今回のアンケートを発展させて頂きたいと思います。）</p>	
5 3	<p>FBRの技術開発はその実用化の目的を達成するためには、巨額の資金と国家レベルの努力が必要であり、国としての明確な開発するという意志が不可欠である。現在は世界的に見てそのような開発が許されないような社会的状況にたち至りつつあるように思われる。この意志があれば技術そのものの開発は他の技術開発に比らべ一つ一つは決してむつかしいものではないと考える。</p>	メーカー
6 2	<p>1. 高速増殖炉の開発は長期に渡るが技術開発は継続し進行させることが重要。開発の中断（例えば米国のやり方）は大きな損失である。 2. このような巨大なプロジェクトの開発には開発体制が重要である。 また、国際協力も不可欠である。</p>	エンジニアリング会社
6 6	<p>技術的な面からは、FBR開発は、その実用化が近い将来十分実現できる見通しをもてるころまで来ていると考える。しかし経済性の面からは、目先いどうしても水炉（LWR）が優利であるため、産業界が自ら開発投資をする状況には当分至らず各国とも長期的展望から国家プロジェクトとしてこれの開発を進めるのが精一杯であり、その場合でも世界経済情勢（エネルギー需給予測、セキュリティ、コスト評価等の総合判定）の動向をにらんで率先フライングをすることは控えているのが現状と思われる。このような見方からすればFBRの開発は、そのニーズが突出することが余り大きく期待できないため、長期展望から必要であるとの基本的理解はもたれながらも、実用化の時期は、2010年代から2020年代へジリジリ操下がる傾向が強まりつつあると思われる。</p> <p>純技術的観点から、FBRは冷却材にナトリウムを使うという特殊性をもつ故に、その面の研究開発が重点的に進められているが、又その特殊性なるが故に、そこで開発された技術は逆に応用範囲を狭めているというマイナス面を内包しており、金をかけても他産業へのインパクトが左程大きく表面に現われていないことも産業界を余り乗り気にさせていない理由ともとれる。</p> <p>現時点へ官民のFBRに対する感触は</p> <ul style="list-style-type: none"> ○開発にすごく金がかかる ○FBR技術開発に乗り遅れるのはいやだが、1人で走るのもいや <p>つまるところ国際協力に多くを期待したいというところであろう。</p>	メーカー
7 1	<p>原子力プラントの様な大型のプラント開発は長時間の組織立った開発努力が必要であり、しかもStep by Stepに進んでゆくものである。</p> <p>そのための技術力、資金、マンパワーの継続的投入が必要である。従って開発の必要性を見極めたら少々の外乱に左右されることなく着実に歩を進めてゆくべきである。そのためのコンセンサス、情熱がほしい。</p>	メーカー

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(3)

サンプル番号	自由回答	コメント
86	FBR発電システムが実用化され、市場が形成されるまでにまだ長年20～30年を要する見込み。国と民間が協力して開発を進める仕組み作りが望まれる。	メーカー
103	<p>1. 高速増殖炉の技術は関連分野が広く、また高度のものであり、技術開発に際しては長期的に確固たる方針に基いて実施することが必要である。</p> <p>2. 上記方針の策定に当っては高速増殖炉の開発が国家的要請に基くものであることを考慮して技術開発に対する国及び民間の役割の分担等を明確にする必要がある。</p> <p>3. 更に高速増殖炉の技術開発は長期にわたり、まま多大の資金、人員を要するところから国際的な技術協力についても十分配慮する必要がある。この場合国益等も考慮して自国での開発に重点を置く分野と国際協力により多くの成果を挙げ得る分野とを分けて考える必要がある。</p> <p>4. 長期にわたる開発であり一時的なブームや停滞等の波をつくることなく、ステップバイステップでの着実な進展が望まれる。</p> <p>5. なお高速増殖炉の技術開発については安全面等からの規制の動向により影響を受ける面が少なくない。技術開発と並行して基準等についても方向を定めて行くことが必要である。</p>	メーカー
117	長期的なエネルギー資源の安定供給確保の観点から、積極的な開発を行ってゆく必要がある。その際、軽水炉、火力等との建設コスト、発電コストの差をできるだけ切りつめる努力を行い、経済性の向上をはかることを追求する必要がある。	メーカー
124	「もんじゅ」を着実に建設することの重要性がまず第一。 実証炉計画の具体化推進が必要。(R&Dの実施を含めて)	メーカー
138	高速炉の技術開発はその国の技術レベルを顕示するものといっても過言ではない。ハイテクノロジー、新材料の技術の総合の上にそれが成立つからである。ヨーロッパで進んだ開発が先行しているとそちらに目が移りがちであるが、ハイテクノロジーでは日本が最も進んだ面を多々有するから、フェイルセーフシステムで特有のものを作るなど原子炉への信頼を社会にもたせることを第一にすべきである。そのためには装置一般の故障のデータベース、炉(他の型もすべて含む)経験のデータベース、材料の限界に関する物性データベースをフルに活用したフェイルソフトシステムの開発などは高速炉は最良の例となりうるのではないか。	大学
202	<p>軽水炉は各個別の改良はあるものの基本的には従来米国で開発されたシステム、設計を日本に移植したものである。FBRについても、この傾向は在り米国の基準をベースに日本の基準が作られたりしている。しかし、FBRは軽水炉よりは、自主開発への指向性が高かったので、もんじゅ等の設計でも、色々と試行錯誤をしながら能率は悪いながらも世界にユニークな炉を作ることになったと考える。</p> <p>FBRの開発から、従来は他分野への技術波及は少なかったと考える。むしろ、</p>	メーカー

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(4)

サンプル番号	自由回答	コメント
202	<p>FBRの設計への他分野の技術の反映を行なうのがせいっぱいと言った所ではなかったらうか。一部、構造解析とか、しゃへい解析とか、そのような意味での解析技術についての他分野への寄与はあったことと考える。このような事になる理由は、原子力プラントが基本的に極端な安全性重視すなわち、保守的に作るという思想に基づいて設計が進められたためであろう。しかし、これからのFBR開発にあたっては、システム設計とともに関連基礎技術の抜本的研究を推進する必要があると考える。この中で、基礎技術の開発にあたっては、エネルギーセキュリティ等の国家的観点から開発を進めるべきである。その一方で、他分野の新技術へのFBRプラント設計への反映を継続してより一層スピーディに行なう事も必要である。</p> <p>尚、今回のアンケートは、おもしろかったですが、また大変答えるのがむづかしい問題も多々ありました。その意味で、十分にお答えできているのか良くわかりませんが、よろしく願い致します。</p>	
203	<p>高速炉の技術開発は、ヨーロッパの例に見る如く既にあるレベルに到達し大型のプラント（120万kW）の建設が十分に可能な段階に達している。</p> <p>日本でも、もんに引続いてすぐにも100万kW級のFBRの建設が可能である。問題は誰がいくら予算で建設するかということであり、特にFBR開発者の課題はコスト低減にあると思われる。従ってFBR技術開発の問題も、本質的にはコストの低減化されたFBRを実現する為の技術開発という捉え方が正しいと考える。本アンケートの設問はFBRに固有の技術開発課題が未だ多く残っていると考えて設定されているように見えるが、我々の現に直面する課題は、より一層のコスト低減を実現する為の技術開発である。この点を十分御認識の上アンケートをお取扱い下されば幸いです。</p>	メーカー
204	<p>大局的な経済、政治情勢を明確に把握し一元的な開発体制をとることが不可欠である。（国際協力を含む）</p>	メーカー
206	<p>現在考えられる題案</p> <p>設計：高温構造設計の確立 合理化設計の推進 （ソフト、ハードともに）</p> <p>運転：運転自動化の推進をはかる 運転手順の整備、充実</p> <p>ISI手法の確立</p> <p>メンテナンス：CP対策を抜本的にやる （被曝低減対策） メンテナンス技術の確立必要</p>	メーカー
207	<p>エネルギー資源の有効活用は、人類の歴史の発展を100年単位のスケールで眺めると、必須のものであり、目先の需給バランス経済性のみ価値判断尺度とすると</p>	メーカー

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(5)

サンプル番号	自由回答	コメント
207	<p>将来を誤ると考える。</p> <p>高速増殖炉の技術開発はこのような視点のもとに、経済性向上を測りつつ、ウラン資源の有効利用を目指して、積極的に取り組むべきである。</p>	
214	<p>FBRの開発は我国では未経験の長期にわたるものである。開発計画をたてるに際して、ニーズから攻めたのでは将来の不確定要因が大きすぎて議論が収束しない。従って日本の産業界全体からみて、どの程度のマンパワー、資金が投入できるかといったシーズからの改め方が必要となろう。</p> <p>また、一時、非常に注目されたため、我も我もと口を出す人が多く、現状は明らかに「舟頭多くして舟山に登る」であろう。</p> <p>一時的にスローダウンすることはあっても、十分議論をつくしてコンセンサスを形成することが第一である。これに際して事情を非常に複雑にしている大きな要因の一つは、科技厅、通産省両省庁のなわ張り争いであり、国家百年の計の観点からぜひ解決してもらいたい問題である。</p>	電気事業
218	<ol style="list-style-type: none"> 1. エネルギー事状の好展、ウランコストの在定等により、軽水炉と競合しうるFBR開発に力が入られているが、無理する必要はない。FBRは軽水炉とは異質のものであり、その必要性が高まるまで軽水炉で欠けた基礎技術とR&Dに力(金)をそそぐべき。 2. 開発推進組織をより簡明にすべき、開発の実体を支えるのは民間(メーカ)であり、現状のPNC、電力2元組織に対処しうる余力は無い。 3. 国際協力の強化 情報交換ベースからより実質的なwork planベースへ 4. 廃棄物処理、燃料サイクル面の強化、および炉建設サイドとの交流の強化。 	メーカ
221	<p>本アンケートの感想</p> <p>回答者にとってもう少しAffvactiveな形式にして欲しい。</p>	メーカ
223	<p>経済性を向上させるため、薄肉軽量化をねらった技術開発が必要である。このような構造物を成立させる為には、地震応答を最少にする工夫が必要で、まずこの技術を確立する事が重要である。</p> <p>尚、本アンケートに対し、</p> <p>高速増殖炉、設計者の立場としては、他分野の先端技術を導入して、より信頼性の高い、かつ合理的なプラントを設計する事に努めています。よって、その結果が他分野へどの様に波及するかは、あまり考えた事はありませんし調査した事ありません。その点、回答が曖昧になった様に思われます。</p>	メーカ
233	<p>高速増殖炉の開発で重要なことは技術開発もさることながら国家的コンセンサスのもとに各界の協力を得られるような場をつくること。</p> <p>予算的にも充分なものを用意し、早く建設すること。実績をもつこと……フラン</p>	エンジニアリング会社

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(6)

サンプル番号	自由回答	コメント
233	<p>スのように前へ進むことが重要である。</p>	
234	<p>国家のエネルギー戦略に関連し、また、関連経費も多額になることから、社会的な各種の動きに影響されることは或程度やむを得ないことであるが、その範囲内で技術的には着実に進めて行く必要がある。</p>	エンジニアリング会社
247	<p>経済性の面から早期実用化はむずかしいが、蓄積された技術の管理、今後の有効な進歩のため開発が継続的に進められることが重要である。 開発計画は長期的視野に立って作成されねばならない。 開発資金の多くをメーカーに依存しすぎると十分な進歩が期待できない。国家の負担をもっと増加すべきである。</p>	メーカー
251	<p>原型炉“もんじゅ”の早期完成とその貴重な実績をベースにした日本国産の実用炉の早期実現を切に望む。</p>	エンジニアリング会社
252	<p>開発には多額の費用を要し国家プロジェクトとして開発推進が必要。</p>	メーカー
253	<p>FBRの関係技術の特徴は次の2点にある。 ① 冷却材C=Naを使用 ② 機器構造が高温にさらされる この2点に起因して安全設計 (Na 火災 etc)、構造設計 (高温設計)、熱流動設計、耐震設計が他プラントと異なり、技術の先端性がある。 一方、原子力プラントの特徴と思われるが新技術の利用にはかなりの実績が要求される。したがってこれらの新技術はFBR実用化以前に他種プラントでの実用化が不可欠と思われる。 したがって現段階で他プラントへの応用を考慮しておくことが関係者にとっては肝要と思われる。</p>	メーカー
255	<p>もんじゅの建設に一端ではあるが、関与している立場から (軽水炉の経験をふまえて) ① 高温構造/材料について、軽水炉では得られないKnow Howは得た。しかし本質的には、上記以外軽水炉の延長上にあって設計/製作、建設上の新技術はなく、特異性はない。(他分野へ与える影響も意外と小さい。) ② ただし使用する材料、構造上建設費が高くなる (軽水炉と比較して) ことが最大の問題。 ↳ 各社とも軽水炉のEng'r (経験者)を投入していないことも高コストの一因。また寄り合世帯的集団にみられる甘さがあることも一因。 (日本だけでなく、各国も同じ)</p>	
257	<p>現在電力では軽水炉の技術革新 (高度化利用) が順調に進んでおり、FBRを渴</p>	メーカー

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(7)

サンプル番号	自由回答	コメント
257	<p>望する状況にない。この事がFBRの実用化の時期を後へ後へと遅らせている最大の要因を考じる。</p> <p>電力は巷間いわれている軽水炉の1.5倍の建設費ではFBRを買うつもりは無いと思われ、1.0倍で始めて“Competitiveな炉”の資格が得られるものと思う。1.0倍にする為には相当なR&Dが必要となるが、これを国だけに頼っていたのでは、“効率面”でおぼつかず、これを実現する為には電力の「本格的」な参加無しには達成不可能と感じる。</p> <p>しかし上述した様に電力はFBRに対するIncentiveは薄く（現在調査の段階）ジレンマとなっている。</p> <p>ウラン価格、濃縮価格が低迷する現在、FBRのエネルギーセキュリティーの位置付けは薄れ、単なるPu-Burnerと電力はPu-ThermalやHCPWRの選択肢を選ぶであろう。</p>	
263	<p>高速増殖炉の開発は長期且つ多岐にわたるために一貫した方針の下に着実に進展を図ることが必要である。一時的なブームや停滞は結果的に開発の遅れ、開発費の増大に結びつく。</p> <p>そのためには、開発目標、高速増殖炉、位置付けの明確化等が必要となる。</p>	メーカー
264	<ol style="list-style-type: none"> 1. エネルギー資源のない日本にとって原子力は将来益々その重要性を増すものであり、FBRはウランの有効活用の点でエネルギー政策上開発すべきであろう。 2. 一方経済性の面で現状のままでは実用化はむづかしく、建設費の低減が今後の最大の課題となろう。 	メーカー
265	<p>この結果は、どのように使われるのか？ たとえば商売に使うのか？ その場合もうけは配分されるのか？</p>	電気事業
269	<p>S54来よりS58初の足かけ4年間、動力炉核燃料開発事業団に出向し、高速原型炉“もんじゅ”の設計、開発及び安全審査対応に従事し、その後メーカーに復社して後“もんじゅ”EVST廻りの設計を手がけている経験から言えることは、FBRといえどもプラントワイズでは基本的にはLWRの延長線上にあるということである。</p> <p>特有の技術といえば、Na技術、低圧高温技術、さらに薄肉構造物の耐震解析技術等である。（核特性等に関しては専門外なので言及し難い）</p> <p>従って技術的な面での広い産業分野への影響は意外に小さいのではないかと考えている。</p> <p>FBRの定着稼働はFBR独自の技術Developもさることながら核燃料サイクルの確立に大きく依存すると考えられる。</p>	
271	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高速炉の開発は「純国産エネルギー」の確保を主目的としてナショナルプロジェクトとして進めるべき。 	エンジニアリング会社

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(8)

サンプル番号	自由回答	コメント
271	<p>2. 技術の自主開発路線の上に立ち、部分的に国際協力により開発を効率化する。</p> <p>3. 動燃の開発した成果の技術移転では、人の移動をもう少し考慮した方が良い。</p>	
274	<p>高速炉技術は勿論高速炉独特の特殊技術をも含んでいるが大半は軽水炉、高温化学工業反応炉、ロボット技術等一般技術の延長上にある宇宙技術と同様にすそ野の広い技術である。このような技術を育てるには長期的展望と国家的視野を持って推進する必要がある。単に石油の価格だけを見て又は現今の電力事情のみ見て計画を変更するような近視眼的なことではなく長い目で見た開発計画にそってすすめることが大切である。</p>	メーカー
275	<p>① メーカー、国の機関を問わずエンジニア/サイエントコストがスムーズに開発業務を進行させる「金」の管理がうまくできない。例えば“A”というものの開発にBという費用が要するとしよう。この場合1/2Bしか予算しかなかったとしても開発グレードは1/2Aにとどまる訳でなくAに近くまで開発可能である。一方B全額あったとしても、必要な時に必要なものが購入できるような運用でなければAの達成はおろか1/10Aの開発も無理な事が多い。即ちエンジニアを管理する集団の教育が急務と思われる。</p> <div data-bbox="815 873 1238 1153" data-label="Figure"> </div> <p>② ①を踏まえた上でもう一つの問題となるのは1メーカーが開発する分野は限られ国の機関がメーカーの開発成果を有機的に関連付けて行く必要もある。重複する開発項目はメーカー自身にとってもフロンティア精神が発揮できず又ノウハウもしようとしがちだ。又企業は利益を出さねばならず開発とは必然的に相反する性質がある。一方国の機関における開発は経済性が無視されがちであり「産学一体」を管理するノウハウこそ今必要である。</p> <p>……とりとめなくなりましたが。</p>	メーカー
278	<p>軽水炉の順調な運転状況、ウラン燃料が安いこと、FBR建設費がまだかなり高いと予想されること等によりFBR商用炉の実現時期が先送りされているのは動燃への出向を含め常陽、もんじゅの開発に携さわった者として残念に思いますが着実な開発研究により少しでも安価なFBRを早期に実現できるよう努力したいと考えます。</p>	メーカー
279	<p>高速炉の開発は息が長く例えば「もんじゅ」の設計開始から臨界(予定)まで実に24年を要している。この間技術陣を確保、維持することは民間ファブリケータにとっては難問である。このような面でも国家プロジェクトとしての配慮が必要である。</p>	メーカー
281	<p>エネルギー需要の点でFBRの開発を急ぐ必要がないという見方が多いが、FBR</p>	メーカー

1. 高速増殖炉技術者、研究者、科学者

(9)

サンプル番号	自由回答	コメント
281	<p>は材料の開発、実証と実機の運転経験をつむこと、製造の実績をつむことが大切である。この点はSteadyは推進そしていく必要があり、実証炉を出来るだけ早く(経済性にとらわれすぎず)作って経験をつむことがCost低減につながる早道と考えている。FBRの開発はその意見ではまだ自立していないことを認めることになるか、軽水炉も～20年の積み重ねである。FBRは国産技術中心で推めていくことにより技術の高度化、Cost低減は軽水炉の～20年よりもずっと早く我々の手で達成出来るのではないかと考えている。</p>	
283	<p>FBR開発のスローダウンは環境条件の変化という事で許容できるが、世界各国で現在所有しているR&Q施設がそのうち老朽化し、使用不能となり必要な時新設しななければならないと考えるとやはりスローペースでも継続的プラント建設は必要だと考える。その時は一般的に言われているように 団や 連ではなく、ちゃんとした建設主体(会社)が明確になっている事が重要である。西と東で2つのプラントができ、担当メーカーも別個に集約し競争させればFBRでもLWRと同じコストで建設できるようになると見通している。</p>	メーカー
287	<p>核融合炉までの継ぎとしての高速炉の位置付けは変わらないと思う。しかし現在、世界の高速炉開発は低迷しているという時期こそ、我国としては遅れを取り戻すための好機とも考えられる。我々高速炉技術者としても高速炉の合理化等注力すべき点も多いが、私企業だけでなくもう少し国としての技術者確保を考えた金銭的助成が必要である。</p>	メーカー
291	<p>FBRはEnevy Independentの為に重要な技術開発事項であるLWRとCost的に競合出来るようになるにはまだ先のこともしれぬ(恐らく21世紀)が技術を絶やさぬよう施策が望まれる。</p>	メーカー
294	<p>高速炉の技術はコスト面を除けば確立された技術となっている。従って今後はコスト低減化技術の開発(過剰な安全設計基準の見直しを含めて)が今後の主題と考える。また現有の技術でも量産効果で軽水炉並のコスト(LWRの1.1倍)が実現できると言われている。日本においては経済上のみならずエネルギーセキュリティ上からもFBRの開発に積極的に取り組むべきと考える。(第3次、第4次オイルショックが何時起るともかぎらない)</p>	メーカー

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(1)

サンプル番号	自由回答	コメント
2	<p>このアンケートの趣旨とは反対かもしれませんが、FBRは21世紀までそれほど大きいインパクトを与えるとは考えられません。これはエネルギー需要の伸びの低下と関連していると思われます。</p> <p>FBRのR&Dにおける最大の問題は、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 開発担当者にコスト意識が薄いこと。 2) 実用炉の開発主体がはっきりしないこと、つまり軽水炉よりずっとコスト高のFBRを誰が買うのか。 3) FBRのコスト高は国民の税金 or 電力料金として転嫁させられようが、そのため十分説得力あるロジャクが成り立つのか？ 	メーカー
8	<p>長期間にわたる大規模な技術開発であるから、国家プロジェクトとして官民一体となって協力できる態勢を築く必要がある。メーカー側の一致協力態勢をもっと強力にする必要を感じる。また、将来のユーザーとしての電力と、国としての開発機関である動燃の役割を明確にする必要がある。</p> <p>また国際協力も重要であるが、国としてまとまって統一的に行うのが望ましい。</p>	メーカー
16	<p>日本のエネルギー問題を考える上で増殖炉の位置付けは非常に大きいと思う。post石油の代替エネルギー開発には少くとも半世紀はかかるから、その有力な一候補として着実な開発が望まれる。また本質的困難は殆どない。</p> <p>残念ながら、高速炉開発が、他の産業に及ぼす技術的インパクトはむしろ少ないが、経済的なそれは、莫大である。また、軍需産業との関連が極めて大きいので、むやみにこれらの要因について国民的合意がなされるまま、開発を急ぐのは好ましくないであろう。</p> <p>平和利用の原子力開発としての位置付けは、いくら強調しても、しすぎることはない。またその裏づけとなる国民的合意について、今一度確認する必要がある時もある。</p>	
17	<p>基礎からきっちりやるのがよい。PAにも努力すべきである。</p>	大学
18	<p>高速炉の技術開発は、国際協力のもとに、効率良く行うことが望ましい。最近国際協力が活発化されているようであり、望ましいと考えられる。一方、実証炉の炉型式の選定で「ループ型」or「タンク型」で結論が出ていないようであるが、早く決める必要があるのではなからうか。又、原型炉「もんじゅ」では「ブール型」を採用しており、実証炉で別タイプを選定するのでは原型炉建設の意義が薄れる感じがする。</p>	メーカー
19	<p>原子炉関係者ではないので詳しいことは分らないが、高速増殖炉の技術開発は実用の可能性と云う点から核融合より下にランクされるべきではないように思う。</p> <p>アンケートにも核融合の技術的開発との比較に関する大まかな問いかけがあってもよかったのではないか。</p>	大学

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(2)

サンプル番号	自由回答	コメント
23	今まで遮蔽、中性子輸送、 γ 線輸送一本の研究でしたが今後は更に、広い分野の勉強をするつもりです。まだ意見をのべる段階ではありません。	大 学
24	従来、高速増殖炉の設計ならびにこれに関わる技術開発については、燃料の増殖という点に焦点が置かれていたが、今後は、高速増殖炉を含む「原子力発電-燃料サイクル」システム全体を考え、高速増殖炉をそのシステムの一員としてとらえることが必要であろう。特に、そのシステム全体を見た時に果して経済性が成り立つものかどうか、またどうすれば経済性が向上するかを考えるべきである。徒らに高速増殖炉のみの効率を上げては仕方がないと思う。システム全体を、1つに偏らず、同じ重さで開発してゆくべきである。	大 学
25	<p>① エネルギーセキュリティ、石油の供給等を考えると、2030年頃を目途に商業化が必要と思われる。</p> <p>② 現在軽水炉より発電原価が高くなる。(主として建設費による)と云われているが、これを軽水炉並みにするための技術開発が必要である。</p> <p>③ 他分野で開発された、あるいは現在急速に発展しつつある技術を、FBRに導入し、FBRの建設費低減をはかるべきである。</p> <p>④ 上記の技術として</p> <p>a. 計算機械学、ソフトウェア技術によりロボット技術、検査技術、運転制御技術、保守点検技術、等が格段に進歩しうることが期待される。これにより、信頼性の向上、安全性の向上がはかられよう。これにより過剰設備の節減が期待できる。</p> <p>b. 新素材の開発研究が進んでいる。これを応用することにより、設備費の低減がはかり得る可能性がある。光ファイバーにより格納容量ペネトレーションの減少、ケーブルの低減がはかれる可能性がある。セラミックス材料、セラミックコーティング配管、耐食性の向上の可能性もある。</p> <p>c. ロボット技術、検査、保守期間の短縮、経費節減の可能性もある。</p> <p>d. 上記さらに他の技術と総合して、システム設計の合理化が期待できる。</p> <p>⑤ 約20年の技術開発に対する時間的予備があるので、その内に新技術の開発、新技術の応用、軽水炉による実証試験等の積み重ねが大切であろう。</p>	大 学
27	National project として国機関中心でいくよりも、民間中心の実用化研究を進める時期に到達してきていると思います。やはり、他のエネルギー源との競争に耐える様な合理化を中心とする研究開発を官民一体となって推進すれば、実用化への道は自ずから招かれるものと思います。	大 学
30	FBRの経済性も含めた実用化の時期(または目標)とわが国独自の核燃料サイクル政策との関連を十分考慮し、また開発分野相互間の波及効果も考えて計画的に技術開発を進めるべきであることは当然と思われませんが、具体的に10年ないし、それ以上先の見通しを立てることは容易なことではないでしょう。関係者相互の情	大 学

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(3)

サンプル番号	自由回答	コメント
30	<p>報、意見の交流が大切なことと思われま</p>	
33	<p>FBRの原子力平和利用のmain lineの頂点でしょう。現在のLWR (or HWR) はバイパスと位置付けられるもと考えます。 高い効率を求める前に確実な技術に育てるべきでしょう。それには、“装置工学”のセンスを十分取り入れることが肝要です。</p>	大 学
35	<p>高速炉技術 — 一応発電までの技術はできている。 今後は構造の簡単化による価格の低廉化 事故時の安全防護対策 に力を入れて軽水炉と競合できる価格にまで下げること。 炉のユニット化など新しいシステムの設計に力を入れて、安全の確保と低廉化の両方を同時に実現する必要がある。 またシステム設計ばかりでなく、製造コストダウンのため、標準化とメーカーの整理統合が必要。</p>	大 学
42	<p>エネルギー自立、環境汚染低減面から高速増殖炉の開発は、早期に進めるべきであるが、現在はコスト面から小型機を集中的に製作、運転し将来に備えるべきと考える。</p>	エンジニアリング 会社
44	<p>タンク型、レープ型の是非が論じられているが、何故今になって話題に出てきたのか疑問である。 実験炉、原型炉の炉型選択時に採り上げられるべきであった。</p>	エンジニアリング 会社
49	<p>“実用化”という定義が明確でない。商用炉と考えるならコスト条件が満足されなければならないし、その条件は、軽水炉、ウラン価格等、大きく変動する要因をもっている。 しかし、エネルギーセキュリティを主点に考えるなら、政策的、資源的判断で実用化が定義出来るのではと考える。 いずれにしても技術開発は必要で、かつその時点での確固たる戦略の下に着実に進めることが不可欠である。 現時点でコスト低減（必要なことだが）を余り強調すると将来に互って有効な技術成果が生れない危険性をもっている。 私の考えとして実用化 ≡ 商用化を2030年以降としたが、それまでに原型炉（もんじゅ）、実証炉の複数基の開発をある戦略と戦術を確立して、国家的なリーダーシップのもとで実行することにより技術的に早めることが可能ではないかと考える。 開発課題のキーポイントは素材、材料、加工技術を通してのコンポーネント機器（新設計）の信頼性の確立が地道に行なわれることと考えている。</p>	エンジニアリング 会社

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(4)

サンプル番号	自由回答	コメント
55	LMFBRを開発した時の他産業への波及効果は限定されて少ないと思う。HTGR系のFBRを開発した方が他産業、未来産業への波及効果は大であり、軽水炉の次の実用FBRは高温ガス炉系のFBRと考える。	エンジニアリング会社
59	高速増殖炉の技術開発においては当初から路線が略々一つにしぼられてきた。これは適当でなかったのではないかと考える。複数路線を追加してしぼる時期を見定めて欲しかった。軽水炉との競合がきびしすぎるので新しいbreak-throughが必要と考えている。	大学
60	ウラン資源の有効利用、日本でのエネルギー確保の安全性のために、なるべく早期に実用化することを望む。特に海外の動向に余り気にせず日本独自の立場から考えるときわめて重要である。核融合炉より実用性が高いので、官民協力で進めるべきである。	大学
63	トリチウムの処分、長期保管廃棄の実用化研究がかなりおこなわれている。	メーカー
66	<p>技術的な面からはFBR開発はその実用化に近い将来十分実現できる見通しをもてるまで来ていると考える。しかし経済性の面からは目先、どうしても水炉(LWR)が優利であるため、産業界が自ら開発投資をする状況には当分至らず各国とも長期的展望から国家プロジェクトとしてこれの開発を進めるのが精一杯であり、その場合でも世界経済情勢(エネルギー需給予測、セキュリティ、コスト評価等の総合判定)の動向をにらんで率先フライングをすることはひかえているのが現状と思われる。このような見方からすれば、FBRの開発はそのニーズが突出することが余り大きく期待できないため、長期展望から必要であるとの基本的理解はもたれながらも実用化の時期は2010年代から2020年代へシリジリ操下がる傾向が強まりつつあると思われる。純技術的視点からFBRは冷却機にナトリウムを使うという特殊性をもつ故にその面の研究開発が重点的に進められているが、又その特殊性なるが故に、そこで開発された技術は逆に応用範囲を狭めているというマイナス面を内包しており、金をかけても他産業へのインパクトが左程大きく表面に現われていないことも産業界を余り乗り気にさせていない理由ともとれる。現時点へ官民のFBRに対する感触は</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦開発にすごく金がかかる。 ◦FBR技術開発に乗り遅れるのはいやだが1人で走るのもいや。 <p>つまりところ国際協力に多くを期待したいというところであろう。</p>	メーカー
68	大型技術として開発が必要であると考えますが、商業用として成り立つためには、技術的課題、コスト政治的問題等の多くの問題を解決しなければならないと考える。	メーカー
69	安全性の見地から、ループ型をあきらめ、タンク型を主にすべきと考える。(ただし研究開発はループ型についても当分やっておいてもよい)	大学

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(5)

サンプル番号	自由回答	コメント
76	<p>ウラン資源の有効利用を図るため使用済燃料から回収されるプルトニウムやウランを国産エネルギー資源として扱い、原子力発電において対外依存度を低くする役目を果たすFBRではあるが技術開発及び建設コストが軽水炉や新型軽換炉に比べて高すぎるようでは開発の意味を持たない。従って技術開発の方向性は新しい炉型を開発するのが目的でなく、あくまで発電コストを下げる。又資源の有効利用の方向での開発が望まれる。プルトニウムを消費するだけならATR、プルスーマル計画でも対応できる。</p>	エンジニアリング会社
77	<p>高速炉の技術開発はほぼ終了していると思います。今後重要なことは経験を積み上げることでしょう。そのためにはまず実証炉を建設し逆転してみることです。高速炉の実用化は軽水炉との経済比較と燃料サイクルの2つの観点から検討を進められるでしょうが、実態として軽水炉より安価になるとは考えられませんが燃料サイクルの必要性に重点をおいて少数基でも実用化(実機)すべきと考えます。今後の技術開発のポイントは上記の観点から出来るだけ安くかつ高信頼度のプラントを実現するよう新技術(材料:エレクトロニクスはもとより解析評価の技術も含めて)を駆使し、合理的なシステムを作るシステムエンジニアリング充実が大切と考えます。</p>	メーカー
79	<p>コスト低減が可能であることを示さないと高速増殖炉の将来は明るくならないと思う。</p>	エンジニアリング会社
80	<p>燃料サイクル技術の確立と廃棄物貯蔵(廃却)に伴う諸問題の解決要。</p>	メーカー
81	<p>FBR技術は実験炉、原型炉と一応は順調に進んで来たと言えるが、実証炉さらには商業炉へのステップは、これまでの過程よりかなり大きなものが要求されると思われる(材料の大型化、炉型選定等)。</p> <p>また、FBRを完成させるための技術は宇宙開発技術のような一般産業への波及効果を殆んどもたらさないとと思われる。</p> <p>即ち、FBR技術の開発は多くの問題をFBR関連分野のみ問題として解決し乍ら推進することになる。</p> <p>エネルギー戦略上の必要性は大きいと思うが、一般産業へのインパクトが小さい関係上、開発投資等の面で国の方針とそれに伴う政策が大きな意味を持つ分野であると考え。</p>	メーカー
82	<p>高速増殖炉(商業発電炉として)は現時点で技術的には実現可能と考える。今後「もんじゅ」の完成、運転実績により更に技術確立がなされるものと考え。建設低減についても運転実績がない現在、安易な合理化(安全予裕の確保)は危険である。</p> <p>但し過大な安全設備(非現実的な事故対応)等は、後々の事を考慮しておくべきであろう。</p> <p>FBRの将来性を判断するうえからも「もんじゅ」の早期完成が重要。</p>	メーカー

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(6)

サンプル番号	自由回答	コメント
82	<p>我が国における高速増殖炉開発は自主開発として取りくんだ初の超大型プロジェクトであり、この成果と経験は他の分野に役立つものと思う。</p> <p>以上雑駁な回答で設問に対する回答として必ずしも的を得てない部分もありますがご容赦願います。</p>	
83	<p>エネルギーセキュリティ上FBRの開発は必要。</p> <p>各国と手分けして、実施項目に対する責任を取るとい形がのぞましい。</p>	メーカー
84	<p>技術的にはほぼ目途がついたとされるFBR開発の最大の問題点は建設費高騰、プルトニウム安全保障の問題である。</p> <p>建設費の問題はシステムエンジニアリングの駆便等による徹底した合理化・小型化を図ることが必要であり、国際協力を通して、モジュール化、標準化を目指すことが必要であろう。</p> <p>Pu問題は、核不拡散とからむ国際的な拡がりを持つものであり、核燃料サイクル完結エネルギーセキュリティの確保のため、世界的なコンセンサスを得るべく努力することが重要である。</p>	エンジニアリング会社
89	<p>National projectとして、又国際協力も加えて主として国ベースで行なわれているが、産業界への技術移転がよりシステムティックに行なわれることが実用化に際して必要であろう。</p>	メーカー
92	<p>「常陽」の成功と多分うまくゆくとと思われる「もんじゅ」の建設がプラントエンジニアリングとしては、導入技術に頼らず国産の技術のみで行ったことを高く評価すべきであると考ええる。</p> <p>高速炉の開発は大型技術に関して技術先進国への仲間入りを着実に果してきている。今後は単に我国のエネルギーセキュリティの観点だけでなく全入類のエネルギー問題の解決に貢献すべきであると考ええる。</p> <p>原子力の開発に先進国が多額の費用をかけ現在に至っているのと同様、我国は今後高速炉開発に或る程度の費用を払うべきと考ええる。</p> <p>実証炉の建設が余りにコストの問題で紛糾しそうであるが、国産技術で着実に進めるよう期待する。</p>	エンジニアリング会社
93	<p>現在FBR実証炉の建設が高地震帯、高硬質岩盤サイトに予定されており、従って地震応答が大きくなり、経済性の面での問題点の一つの原因になっていると考えられる。よって今後、低地震帯で軟質岩盤サイトに建設するようになれば、かなりのコストダウンが可能になるはずである。</p>	エンジニアリング会社
95	<p>高速炉の取扱いについては、種々意見のあつまりとありますが</p> <p>① 自主技術の確立(米、仏等と協同開発に踏みきったとしても)が第一と思う。</p> <p>② 個々の技術の波及効果は大小があり、全体として特殊なものとなる可能性を有</p>	エンジニアリング会社

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(7)

サンプル番号	自由回答	コメント
95	しているか、システム全体としてみたとき、十分に大きな価値あるものとする。	
96	<p>高速増殖炉の開発は長期間の技術蓄積を必要とし、特にその信頼性の確認はすべての分野で重要であると思う。</p> <p>これらの技術開発を継続するためには、企業ベースではかなり困難な面が多く、国家プロジェクトとしての推進力は強力であることが望ましいと思う。</p> <p>高速炉技術が他の分野に与えるインパクトについては今後の動向も含め、不明な点が多い。現在の技術者はある程度自分の目的達成のため、短距離競争的な開発指向を持っており、新しいアイデア、別の面からのアプローチ等についてはとぼしいのではないかと思う。</p> <p>このような意味でさらに多分野からこの開発に参画されんことを望みたい。</p>	メーカー
98	FBRに限ることではないが、炉の開発は燃料の処理方法の開発と balanceをとって進めるべきである。	大学
99	高速増殖炉の開発は、それと平行して核燃料の再処理の技術開発を進めなければ意味がない。後者に関しては例えば、環境放射能の問題から特に長寿命の超ウラン元素をいかに経済的に効率よく、放射性廃棄物から分離するかという技術を開発することが必要かと思います。	大学
100	<p>高速増殖炉の技術開発において安全性を過度に重視するあまり経済性無視の感ずらある。</p> <p>完成度の高い技術は経済的にも十分満足されるべきものである。</p> <p>これは安全性、信頼性の面において各構成要素毎にみるとアンバランスの状態にあるといえる。このことは軽水炉においては尚追求に欠ける面が多い。</p> <p>特に耐震設計に対する考え方は根本的に再検討すべきであろう。</p>	大学
102	高速増殖炉の問題は現時点で次の諸点にあると考える。重点的研究開発解決すべきであろう。1. 倍增時間が長すぎる。2. 建設価格が高すぎる。3. 中間系を取除くなど、どこまで簡素なシステムにできるか。4. 燃料サイクル技術の確立。5. 安全への実証（特にNG漏れなど機器の安全性）。	メーカー
105	高速炉技術の開発は、ほぼコスト低下及び核燃料の需給によって完成年代は決まる。ということは技術にはほぼ可能であり、必要性によって開発の進み具合は決まるということである。	大学
106	じっくりと技術開発を行ってほしい。経済な高速炉の開発を行ってほしい。	メーカー
114	現在高速炉燃料は酸化物を主体として開発が進められているが、ウラン+プルトニウムの組成比が低いため、増殖比が低く燃料容積が大きい。すなわち炉心は大き	大学

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(8)

サンプル番号	自 由 回 答	コ メ ン ト
114	<p>くダブリングタイムは長く経済性が悪い。開発当初金属燃料、炭化物系燃料が考えられていたが、金属燃料はエンリユフェルミー炉で腐蝕のため失敗し、現在も金属燃料の被霧官との両立性は解決されていない。炭化物系燃料は熱伝導度もよく被霧官との両立性もよい事が知られ、1970年代迄は基礎研究が進められているが、安定な一定組織の製品を工業的に製造する点で難があり、1980年代には開発を進めていたヨーロッパ各国もスローダウンすることになった。しかし1984年にはアメリカ、ヨーロッパ共に炭化物系の開発を再開している。製品の安定性については窒素雰囲気での製造取扱を行うことによって安定な一定組織の製品が製造できることが明らかになっており、最近印度は炭化物系炉心の高速炉を開発するという情報もある。わが国では1960年代、動燃原研各大学において研究されていたが、現在は原研と名古屋大学が研究を続けているにすぎない。炭化物系は照射実績が少く、スウェーリング、クリップ等高照領域で開発すべき問題がある。わが国も国際協力のもと炭化物系燃料の開発研究を再開し経済的な高速炉と燃料の開発をすべきと考えている。</p>	
115	<p>極めて大きな国際政治上の優位性をもたらすと考えられるから防衛予算拡張にみられると同様の政治家の協力をとりつけるべし、広義のいわば“国防予算”と考えるも良かったら良い。</p>	大 学
116	<p>高速増殖炉の開発はエネルギー資源として必要なものであるが、液体金属の使用など危険が技術より構成されており、安全性が強く要請される。コスト高は将来の解決課題として十分な安全性確保の技術の完成を優先させるべきと思う。</p>	大 学
119	<p>照射効果や腐蝕性といった基礎的情報をつみ重ねることにより、材料の安全性を確めることが極めて重要であると考ええる。</p>	大 学
121	<p>1. この様な大型プロジェクトの成否は、確固たる目標と明確なスケジュールの有無によって大きく左右される。 2. 我が国に於けるFBR開発の位置付けとし「エネルギーセキュリティ確保」が合意されるのであれば経済的環境条件、政治的環境条件の変化に対してその影響を緩和する開発の原理の確立が必要である。</p>	メーカ
122	<p>現在、わが国でも他の原子力先進諸国同様、独自にまた協力の下で高速炉技術開発が進められている。しかし炉自体の開発は完成してもこれを実用するには、高速炉系としてその核燃料サイクル、廃棄物処理処分全体を含めた技術の完成がなければならない。 大量のTRVの排出を伴う高速炉系において、特にその廃棄物の処理処分は軽水炉の場合と比較する上困難な場合が多いし、現在の軽水炉よりも制限は当然きびしくなると思われる。このような点から排出する廃棄物を対象とした炉のあり方についての研究が大切である。</p>	その他

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(9)

サンプル番号	自由回答	コメント
122	<p>今の開発体制はこの点が欠けている。トータルシステムとしての高速炉系における炉の性能を確立し、今後は平衡のとれた開発に進むべきである。</p> <p>このアンケートでもみられるように、高速炉系の場合は「炉」だけをとりあげるべきでなく、核燃料サイクルのトータルシステム（廃棄物の処理処分を含む）をとり上げなければならないことを特に強調しておきたい。</p> <p>例えば炉ができて運転されても、燃料燃焼度なども、その後につづく再処理や廃棄物の問題まで含めて安全性、経済性の面から追求すべきであると考ええる。</p>	
125	<p>合理化によるコスト・ダウンが必要で</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 安全性を確保しながら原型炉技術を基礎としていた連続的技術の合理化 2. 他分野で開発された技術導入による抜本的な技術革新 <p>の両面よりのR&Dが必要。</p>	大 学
126	<p>世界的なエネルギー需要の停滞もあって、高速増殖炉の実用化時期はだいぶ先に伸びたが、ウラン資源の有効利用とエネルギー安全供給確保の上で高速増殖炉は必須なので、国の資金を十分に投入して着実かつ積極的に技術開発を進めて行くべきである。</p>	メーカ
127	<p>高速増殖炉はプルトニウムの増殖によって238Vを燃料として利用することが出来るようにして、大量のエネルギー資源を人類にもたすための技術であるが、プルトニウムは核兵器としての利用も可能であくまで平和利用が行なわれることが大切である。</p> <p>もともと燃料の増殖のために開発されてきたものであるが高速中性子を利用するために、金属Na冷却材を用い、技術的には水原子炉と非常に違っている点が多い。そのために多方面での技術開発が必要で、開発された技術は、それぞれ他分野へも利用が可能であろう。</p> <p>しかしこれは大型プロジェクトの特徴であって、他のものに比べて程度の差と考えられる。</p> <p>超プルトニウムの生成量も多くなるので、その取扱い技術と処理、処分の問題も考える必要がある。</p>	大 学
128	<ol style="list-style-type: none"> 1. Naを大量に保有する原子炉という安全上のイメージがpublic acceptance 上どう受けとめられるかが将来最も問題となる。安全性実証または超安全炉の概念提案が実用化の最大課題と考える。 2. 経済性向上が重要。 3. 軽水炉での高転換炉が可能になると、FBRの位置付けが苦しくなる。性能上一つの飛躍が望まれる。 	メーカ
131	<p>特に高温度のNaを包蔵する機器の構成材料については現状から一段と飛躍したものの出現が望まれる。</p>	メーカ

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(10)

サンプル番号	自由回答	コメント
138	<p>高速炉の技術開発はその国の技術レベルを顕示するものといっても過言ではない。ハイテクノロジー、新材料の技術の総合の上にそれが成立つからである。ヨーロッパで進んだ開発が先行しているとそちらに目が移りがちであるが、ハイテクノロジーでは日本が最も進んだ面を多々有するから、フェイルセーフシステムで特有のものを作るなど原子炉への信頼を社会にもたせることを第一にすべきである。そのためには装置一般の故障のデータベース、炉（他の型もすべて含む）経験のデータベース、材料の限界に関する物性データベースをフルに活用したフェイルソフトシステムの開発などは高速炉は最良の例となりうるのではないか。</p>	大 学
209	<p>FBRは軽水炉時代が延長になって必ず必要となるものである。過度にあせらず、一定のスケジュールの下に整然と開発して行くべきだと考える。FBRからの使用済燃料再処理を含む核燃料サイクル確立も併せ考えて行くべきであると考え。Puの取り扱いについての国際的コンセンサスも時間をかけて作っていきたいものである。</p>	メーカ
210	<p>高速炉の技術開発は将来のエネルギー安定供給の観点より非常に重要である。但し、高速炉技術が実用化されるためには、高速炉が生産するものはエネルギー（電力）であることを考えれば、他の方法によるエネルギー生産と比較して、経済性の点ですぐれていることが必要条件である。</p> <p>現状では、ウラン価格の上昇や石油、石炭価格の上昇によってしか経済設計の合理化や一部の設備の省略により、軽水炉と経済性の点で競合できるくらい迄、技術開発することが望まれる。</p> <p>ウラン価格が上昇したり、石油が枯渇したときには、石炭火力との経済競争になると考えられるので、石油が枯渇したり、ウラン価格が上昇したら実用化できるだろうというあまい考えを持つべきではないと考える。石炭は資源的に豊富にあり、その液化、ガス化技術の開発が進められていることを忘れてはいけない。</p> <p>将来に対して、エネルギーのみにセキュリティを考えることは問題である。大切な食料に対するセキュリティは、現在ほとんど考えられていないからである。</p>	大 学
212	<p>現在、高速炉の商用時期が2010年より後にづれてゆくという予想が専らたてられているが、そのため、軽水炉の出すプルトニウムをどう燃やすかで、ATR、積極的に高速炉時代の需要につなぐよう、プルトニウムをHCPWRでつくり、かつ燃やしていく方法等議論されているが、これに対しては、日本独自の燃料サイクルの長期計画を検討し打出す必要があり、国のサポートは勿論のこと、電力業界の円高の余裕をその研究開発に投入すべきまさにそのタイミングと考える。</p> <p>高速炉の時期が後へづれる程、新素材として奇抜なものが現われるはずで、現在の外挿的な考え方ではその時期には役立たない。</p>	大 学
213	<p>日本の高速増殖炉（FBR）の開発は極めて無駄が多いと考えられる。実験炉「常陽」までは、ナショナルプロジェクトとして動燃（PNC）主体で進</p>	メーカ

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(11)

サンプル番号	自由回答	コメント
213	<p>めて来たのは良いが、原型炉「もんじゅ」の設計で費やした年月は莫大な時間と費用をムダ遣いしている。</p> <p>原型炉開発として国の資源を投じること、R&D（特に大型設備による）を4原子力グループがシェアを分け合ってやって来たことは、極めて非能率的なことになっている。確かに、初めからメインを決めれば三菱重工の指名が確定なので、他グループが必死に足を引張たのは極めて日本的であり、事情はわかるがFBRのような巨大システムを相変らず「全て自前」でやる主義は、いつまでも欧米の後塵を排するだけである。</p>	
215	<p>1. 現在は、FBRの導入を早くするとの観点から増殖比を特性にしてもコストダウンをしようとの考えもある。しかし、FBRの使命はどこまでもウランの究極の有効利用である。このためには高い増殖比を捨ててはならない。もしFBRがBreederでなくなれば、それは自らその発展の命運をつみとることとなる。</p> <p>導入への戦略として、一時的にコストダウンのため増殖比を下げるのはやむを得ぬかもしれぬが、長期的には根本を堅持する必要がある。</p> <p>2. FBRで本格的なPu経済社会に入るに際してはダウンストリームを含め、トータルな核燃料サイクルシステムを確立しておかなくてはならない。非常にむづかしいことではあるが、all roundにして、Completeなシステムをめざしておかないと、しぜん本格的導入は果せないと考えられる。</p>	国公立研究機関
216	<p>海外の開発状況、動向等を十分見きわめた上で、我が国としてのFBR開発戦略を確立すべきと考えます。</p>	メーカー
217	<p>Na技術の汎用化、簡素化が最大の課題、軽水炉と競合しては発電炉では当分入りこむ余地ない。</p> <p>現在は核燃料サイクルの緊急性がうすれ、R and Dは遅れがちであるが、長期的な見通しの上に立って経済性及効果をふくめ戦略の練り直しが必要。</p> <p>自国の開発のみでなく国際協力などをもっととり入れ、開発建設を低減すべきである。</p>	国公立研究機関
219	<p>FBRは良く知りませんので悪からず。</p> <p>アンケート対象者の選び方がおかしいですね。</p>	メーカー
220	<p>地道に開発を進めていくことが必要と思います。</p>	国公立研究機関
229	<p>高速炉開発は技術より実用経済性の検討段階に来ていると思う。経済性のめどがたたなければ、国として燃料政策上重要であっても、英国のSGHWRの2の舞となる心配がある。</p>	国公立研究機関
231	<p>着実な実証開発が必要。政治状況に大きく影響されないこと。</p>	メーカー

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(12)

サンプル番号	自由回答	コメント
241	<p>高速炉の実用化をあせらずに、基礎的な技術開発を十分に時間をかけて行い、安全性を確実なものにする。次に機器の製作量のコストダウンを現在の価格の1/2を目標として行う。</p> <p>実用化をあせって失敗したら、原子力船「むつ」の例を見てもわかるように永遠に高速炉は日芽をみないことになる。</p> <p>現在の計画は実用化をさし留めたものとしてとらえすぎている。軽水炉の安定稼働時期は予想外に長く続くと思われるので、これを競争するのは賢明ではない。再処理の実用化もそんなに早いものとは考えられない。案外、使用済燃料の中間貯蔵方式が日本でも採用されるのではないがこのようなことを念頭に置くと、あせりが最も悪いことが理解できる。絶対にあせらずにステップバイステップで長期間かけて技術開発を行うべきである。</p>	<p>国公立研究機関</p>
242	<p>国家百年の計は、目先の経済性、論議に惑わされてはならないと思う。</p>	<p>メーカー</p>
246	<p>エネルギーセキュリティーの面からの重要性が過少評価されていると思う。開発がややスローダウンしており技術力が落ちてしまうことが心配である。</p>	<p>メーカー</p>
248	<p>FBRは高価と云いますが、値段は需要と供給によって決まるものです。安価に造ろうと思えば可能です。</p> <p>早く造ることに意義ありと思います。その為には役所が実質的に不可能な規制をせめることです。真に安全に係ることのみ規制することです。</p> <p>米国のASMEは民間規程であり法律的Peuoltyはない。</p> <p>安全にかかわらぬ事故、故障故にプラントがストップしたら、それは電力、メーカーの損失になることで放っておいても、自らある故障率にControlされる。現在FBRが高いのは材料検査がひどくやかましく人手がかかるからです。人間ほど高価なものはありません。FBRは技術的には何日でも出来ます。</p>	<p>メーカー</p>
249	<p>コストダウンを目指した研究開発に注力し、2000年には実証炉を目指したい。</p>	<p>メーカー</p>
250	<p>核エネルギーの有効利用技術として開発に全力をあげるべきである。Cost upになりすぎるので、合理的な開発体制を考えるべきである。</p>	<p>メーカー</p>
251	<p>原子炉「もんじゅ」の早期完成と、その貴重な実績をベースにした日本国産の実用炉の早期実現を切に望む。</p>	<p>エンジニアリング会社</p>
253	<p>FBR関係技術の特徴は次の2点にある。</p> <p>① 冷却材C=Naを使用。</p> <p>② 機器構造が高温にさらされる。</p> <p>この2点に起因して安全設計(Na火災etc等)、構造設計(高温設計)、熱流動設計、耐震設計が他プラントと異なり、技術の先端性がある。</p>	<p>メーカー</p>

2. 原子力技術者、研究者、科学者

(13)

サンプル番号	自由回答	コメント
253	<p>一方原子力プラントの特徴と思われるが、新技術の利用にはかなりの実績が要求される。したがってこれらの新技術はFBR実用化以前に、他種プラントでの実用化が不可決と思われる。</p> <p>したがって現段階で他プラントへの応用を考慮しておくことが、関係者にとっては肝要と思われる。</p>	
255	<p>もんじゅの建設に一端ではあるが関与している立場から（軽水炉の経験をふまえて）</p> <p>① 高温構造/材料について、軽水炉では得られないKnow Howは得た。しかし本質的には上記以外軽水炉の延長上にあつて設計/製作、建設上の新技術はなく特異性はない。（他分野へ与える影響も意外と小さい。）</p> <p>② ただし使用する材料、構造上建設費が高くなる（軽水炉と比較して）ことが最大の問題。</p> <p>↳ 各社とも軽水炉のEng 4（経験者）を投入していないことも高コストの一因。また寄り合世帯的集団にみられる甘さがあることも一因。</p> <p>（日本だけではなく、各国も同じ）</p>	メーカー
256	<p>長い目で革新的技術を取り入れながら実用化してゆくことが重要と思われる。</p> <p>真に合理的な安全設計思想を構築することが重要と思われる。</p> <p>海外技術協力、国内開発体制、開発規模、時期についてコンセンサスを醸成してゆくことが必要である。</p>	電気事業
257	<p>現在電力では軽水炉の技術革新（高度化利用）が順調に進んでおり、FBRを渴望する状況にない。この事がFBRの実用化の時期を後へ後へと遅らせている最大の要因と考じる。</p> <p>電力は巷間言われている軽水炉の1.5倍の建設費ではFBRを買うつもりは無いと思われ、1.0倍で始めて“Competitiveな炉”の資格が得られるものと思う。1.0倍にする為には相当のR&Dが必要となるが、これを国だけに頼っていたのでは“効率面”でおぼつかず、これを実現する為には電力の「本格的」な参加なしには達成不可能と感じる。</p> <p>しかし上述した様に電力はFBRに対するIncentiveは薄く（現在調査の段階）ジレンマとなっている。</p> <p>ウラン価格、濃縮価格が低迷する現在、FBRのエネルギーセキュリティーの位置づけは薄れ、単なるPu-Burnerとしてならば電力は、Pu-ThermalやHCPWPの選択肢を選ぶであろう。</p>	メーカー
260	<p>(1) 長期ビジョンの確立</p> <p>原子力開発は、長時間、莫大な投資および多数の高レベルの技術者が必要である。確固とした長期ビジョンを立て、それに沿って計画的な開発を進めないかぎり、優秀な技術者を多数、長期間確保することは困難。</p>	メーカー

2. 原子力技術者、研究者、科学者

サンプル番号	自 由 回 答	コ メ ン ト
260	<p>(2) 国際協力の推進</p> <p>国内においても重複投資を避け、各研究機関で分担して効率よく研究を進めることが大切であるが、国際的にも協力して、むだの少ない開発体制を確立すべきである。</p> <p>(3) 開発方針の明確化</p> <p>上記(1)とも関連するが、経済動向、開発主体等の変動に伴って、FBRの開発目標が異なるので、実際の開発担当者に与える混乱が大きい。FBRの位置づけ、実証炉の開発方針を明確にし、それを開発するまでは方針の変更は考えないという確固たるものが必要。</p> <p>(4) システム技術者の育成</p> <p>各専門分野の深い知識と共に、原子力プラント全般にわたるシステム的な考え方が必要であり、今後の原子力学科の卒業生には、このような教育に力を入れることが望ましい。</p>	
261	<p>技術的にも金銭的にも壁があると思われるが、時間がかかっても確実に物にする必要がある。軽水炉の次は高速炉であり、核融合炉でエネルギーを利用できるのは遠い将来であろう。</p>	大 学
269	<p>S. 54年末よりS. 58年初の4年間、動力炉、核燃料開発事業団に出向し、高速原型炉“もんじゅ”の設計、開発及び安全審査対応に従事し、その後メーカーに復社して後“もんじゅ”EVST廻りの設計を手がけている経験から言えることは、FBRといえども、プラントワイズでは基本的には、LWRの延長線上にあるということである。</p> <p>特有の技術といえば、Na技術、低圧高温技術、さらに薄肉構造物の耐震解析技術等である。(核特性等に関しては、専門外なので言及しがたい)。</p> <p>従って、技術的な面での広い産業分野への影響は意外に小さいのではないかと考えている。</p> <p>FBRの定着稼働は、FBR独自の技術のDevelopもさることながら、核燃料サイクルの確立に大きく依存すると考えられる。</p>	メーカ-
276	<p>世界的なエネルギー需要の停滞もあって、高速増殖炉の実用化時期は先に延びているが、ウラン資源の有効利用とエネルギー安定供給確保の上で高速増殖炉は不可欠であり、また高速増殖炉技術者を将来に備えて確保しておくためにも、国の資金を十分かつ計画的に投入して着実かつ積極的に技術開発を進めて行くべきである。</p>	メーカ-
277	<p>国の長期計画にもとずき、とくに経済性を目指した開発を行うべきである。</p> <p>そのため、たとえば、新型燃料炉中心についても充分検討を加えておくべきであろう。</p>	メーカ-
282	<p>専門分野でないので、まと外れの回答が多く、御迷惑をかけることを懸念します。</p>	メーカ-

2. 原子力技術者、研究者、科学者

サンプル番号	自由回答	コメント
282	<p>御高配方願い上げます。</p> <p>1. 高速増殖炉の技術開発において、実用化に際し、安全性、信頼性をそこなわず、冗長性を減じ（セイ肉を落とす。）建設コストを低下させる、研究、努力が最も重要であると考えています。</p> <p>2. 他産業分野への技術波及、有効活用が重要と考えています。</p>	メーカー
286	<p>技術的な面よりも、軽水炉と経済的に競合しうるか否かで実用化の時期がきまると思う。</p>	国公立研究機関
293	<p>日本としての開発目標、体制を主体性をもって早期に確立すべきである。</p> <p>建設、R/D主体の協力、電力、動燃、メーカーの役割分担、等明確にすべきである。</p>	メーカー
296	<p>経済性を追及すべき。代替炉も検討すべき。</p>	メーカー

3. そ の 他

(1)

サンプル番号	自 由 回 答	コ メ ン ト
13	急がずに、着実に進めていくことが大切です。	大 学
23	今まで遮蔽、中性子輸送、 γ 線輸送一本の研究でしたが、今後は更に広い分野の勉強をするつもりです。また、意見を述べる段階ではありません。	大 学
37	FBR用弁について、試作はしたが、製造技術（薄肉弁）及び、耐震強度、軸のベローシール、フリーズシールなどについて、更に研究する必要がある。	メーカ-
40	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 高速炉はウラン資源の面から必要性が云々される炉型であり、この技術が他産業へのインパクトを与えるものは比較的小さい。 ◦ 本アンケートは、この波及効果に期待しているように見える。 ◦ 設問に若干の疑問をもつ。 ◦ FBRに従事していたのが、10年前で、解答の一部に不安がある。 	その他
45	主要ループにおける問題点はかなり文献等により明らかにされているが、軽水炉技術においても同じように補持系統で思いもしないトラブルが発生するものである。軽水炉技術がそのような細かい分野でどの程度応用され、総合的な信頼性向上に結びつくか、資料を得ることは難しいが、日本的な（事前に検討済まれた）完全なるFBRの完成を期待すると共に、その一助を担いたいと思っている。	メーカ-
56	高速増殖炉の技術開発を遂行する上で、特に考慮を要することは、従来の軽水炉の実用化までのプロセスとの差異を認識することを基本としなければならないと思う。その最大の特徴は、基本的にわが国の自主開発として位置づけられていることと思う。そしてそのためにはハードな部分もさることながら、ソフト（例えば安全性評価のベース）を開発することにも十分な努力が必要である。ハードは部分的な諸外国からの技術移入によってまかなえる所もあるが、ソフト開発は、わが国固有の国情を反映したものであるべきであるので、フィロソフィーから始まる十分な検討が要求される。ハード技術のみが先行してしまうことが、わが国の習性と思うので、この点にも力を注いで効率的な開発が望まれる。	エンジニアリング 会社
70	D-T反応を利用した核融合炉におけるトリチウム製造のためのブランケット材として液体金属リチウムがminorではあるが候補としてあげられている。又水蒸気を用いる場合よりはるかに効率が高いといわれているカリウム金属蒸気を用いるタービンなど、工学的に液体金属を用いる要望が出されている現在、高速炉におけるナトリウムに関する技術は、極めて大きな意義を持っていると考える。	大 学
73	<p>実証プラントを早く建設し、実プラント規模の技術的ノウハウを、得る必要がある。これを踏えて将来を見通す必要があると考えます。</p> <p>（小型のもの、実験室規模のものでは、本当の技術ノウハウはなかなか得られない。）</p>	メーカ-

3. そ の 他

(2)

サンプル番号	自由回答	コメント
75	<ul style="list-style-type: none"> ○ FBRの技術開発および実用化は資源小国である日本にとって絶対必要であり、官民一体となって推進すべきである。 ○ 安全性および廃棄物の処理に万全を期すべきである。 	メーカー
85	開発目標とスケジュールが明確にならないし、政府の都合で変わるので、基礎開発がしにくく、オリジナリティーのある研究ができない様に思う。	メーカー
90	申し訳ありませんが軽薄な知識しかもちあわせておりませんので、感じて評価しております。御主旨に添えたかどうか疑問ですが、一応返送いたします。	電気メーカー
108	<p>今後、原子力発電は、環境問題等の外圧が高くなり、安全性評価がますます厳しく問われる様になると考えられるため、FBRの実現はますます遅れることが予想される。これに伴ってコスト高ともなり、実現にはかなりの困難が予想される。</p> <p>Puの消費は、ATR等で行なわれることになる可能性もある。</p> <p>FBRの実現には、早期完成が望ましい。</p>	メーカー
120	<p>技術面のみでなく、核不拡散あるいはその他の政治的考慮が扱われるであろうし、そうあるべきである。</p> <p>アンケートについては、私が余り高速炉技術に知識がないからかもしれないが、かなりよく知っている人でないと答えられなかったり、人によって<u>ことば</u>の意味が異なるようなものが多いと思われる。</p> <p>例 Q1. バーゲニングパワー</p> <p>Q3. 基礎工学、ソフトウェア ノウハウ</p> <p>これは原子力関係者の落ち入りやすいところであろう。</p>	大学
228	<p>高速炉の技術開発を経済性に重点を置くべし、との意見が最近高まっているが、これは傾聴に値する。</p> <p>しかし安全性、信頼性を軽じた経済性重視であってはならない。したがって、十分な安全性、信頼性の確保のための基盤的研究を重点的に行うべきであり、そのための予算獲得に努力すべきである。</p>	国公立研究機関
255	<p>もんじゅの建設に一端ではあるが関与している立場から（軽水炉の経験をふまえて）。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高温構造/材料について、軽水炉では得られないKnow how は得た。しかし本質的には上記以外軽水炉の延長上にあつて設計/製作、建設上の新技術はなく、特異性はない（他分野へ与える影響も意外に小さい）。 2. ただし、使用する材料、構造上建設費が高くなる（軽水炉と比較して）ことが最大の問題。 <ul style="list-style-type: none"> ↳ 各社とも軽水炉のEng'r（経験者）を投入していないことも高コス 	メーカー

3. そ の 他

サンプル番号	自 由 回 答	コ メ ン ト
255	<p>トの一因。</p> <p>また、寄り合世帯的集団にみられる甘さがあることも一因（日本だけではなく各国とも同じ）。</p>	
257	<p>現在電力では軽水炉の技術革新（高度化利用）が順調に進んでおり、FBRを渴望する状況にない。この事がFBRの実用化の時期を後へ後へと遅らせている最大の要因と考じる。</p> <p>電力は巷間言われている軽水炉の1.5倍の建設費ではFBRを買うつもりは無いと思われ、1.0倍で始めて“Competitiveな炉”の資格が得られるものと思う。1.0倍にする為には相当のR&Dが必要となるが、これを国だけに頼っていたのでは“効率面”でおぼつかず、これを実現する為には電力の「本格的」な参加無しには達成不可能と感じる。</p> <p>しかし上述した様に電力はFBRに対するIncentiveは薄く（現在調査の段階）シレンマとなっている。</p> <p>ウラン価格、濃縮価格が低迷する現在、FBRのエネルギーセキュリティの位置付けは薄れ、単なるPu-Burnerとしてならば電力はPu-ThermalやHCPWRの選択肢を選ぶであろう。</p>	メーカー
267	<p>高速増殖炉の開発が、国家プロジェクトとして推進され常陽につづいて文珠へと時期はおくれながら着実な路線を歩んでいることは好ましい。我々も材料メーカーの一員として動燃を通じてFBRの開発に協力して来たこと、引いては自社技術力向上へのインパクトにもなって来たことに満足している。今回の質問にもあったように実用化という面で、FBRを把えると、経済性を含めあまりにも解決すべき問題が多いように思える。確かに技術的には世界に誇るものがあるかも知れないが、あまりにもレベルが高すぎて、実用化に程遠いものになってはしないかとの懸念もある。現在、民間への移管が行なわれつつあることは、その意味で観迎すべきであり、FBRが真の意味で技術の粋といわれるようになる日を望んでいる。</p>	メーカー
272	<p>日本のエネルギーセキュリティを考えた場合、国はもっと研究開発資金を出して早期にFBRを開発し、エネルギーの自立を図るべきである。FBR以外の新エネルギーの開発も必要ではあるが、日本はFBRに的を絞って資金投入を行ない早期に開発すべきである。</p>	メーカー
280	<p>高速増殖炉の技術開発スケジュールに関連することとして以下の問題点を指摘したい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 将来、高速炉増殖炉時代を迎えるとき、Pu燃料を供給するのに十分な再処理工場の設置が可能か。また、可能にするためには再処理技術の見直しが必要にならないか。 2. Pu燃料の製造における従事者のひばく低減技術の開発が必要。 3. 事故評価のモデルおよびパラメータを得るための研究 	その他

3. そ の 他

サンプル番号	自 由 回 答	コ メ ン ト
285	<p>日本にFBRが必要なことは今のところの状況では間違いないと思う。目先のウランや石油価格の低下にとらわれず、長い目で着実なP&Dとこれに対する国の財政援助が必要。(日本は従来2~3000億円、アメリカは10年前の金で、約1兆円、欧州は英・独・仏がやはり昔の金で数千億円投入して、しかも協力してやっている。但し、いたずらにあせったり目先のことだけ考えて、一般の完成済みの技術、例えば自動車の様なメーカーの競争、原理によるコストダウン(各部品製作は別として、プラントレベルで。)等狙わめこと。</p>	エンジニアリング 会社
295	<p>高速増殖炉の技術開発の焦点は高温ナトリウム中での腐食に耐える材料の開発であると思います。材料、製造、等の専門家による集中的な検討が大切と思います。現在その態勢が不十分と思います。</p>	大 学