

「もんじゅ」の目的、意義と今後の計画

平成 9 年 8 月 27 日

動力炉・核燃料開発事業団

目 次

1. はじめに	1
2. 「もんじゅ」の役割と目的	3
3. 当面の「もんじゅ」の運転と期待される成果	3
3. 1 「もんじゅ」の安定運転と信頼性の確立	3
3. 2 原型炉技術の集約と展開	4
(1)設計技術の実機測定データによる確認	4
(2)運転経験に基づく運転・保守・点検技術体系の確立	4
(3)燃料・炉心特性の確認	4
(4)実用化に向けた研究開発への反映	5
4. その後の「もんじゅ」の運転と期待される成果	5
4. 1 「もんじゅ」高性能炉心への移行	5
(1)発電プラントとしての稼働率の向上	5
(2)高燃焼度燃料の開発	5
(3)燃料製造コストの低減	5
4. 2 「もんじゅ」を用いた炉心・燃料の研究開発	6
(1)燃料・材料照射	6
(2)受動的安全性に係る研究開発	6
(3)MA 燃焼、FP 消滅技術に係る研究開発	6
(4)柔軟性のある炉心特性に関する研究開発	6
4. 3 高速増殖炉プラント管理技術の実用化	7
(1)プラント保守技術	7
(2)検査診断技術	7
(3)プラント監視および運転支援技術	7
5. 国際貢献	8
6. 「もんじゅ」における開発の進め方	8
7. 運営に当たっての考え方	9
7. 1 信頼される運転をめざして	9
7. 2 開かれた運営	9
8. まとめ	10

「もんじゅ」の目的、意義と今後の計画

1. はじめに

平成7年12月8日に発生しました高速増殖原型炉「もんじゅ」(以下、「もんじゅ」とします。)の事故及び虚偽報告は、動燃事業団の管理運営面の不十分さから生じた問題であり、その結果、国民、地元の皆様に多大なご迷惑をおかけし、我が国原子力開発の根幹を揺るがす事態となりました。

動燃事業団と致しましては、責任の大きさを強く受けとめ、このような事態を繰り返すことがないように、役職員一人一人の意識を改革する努力を続け、安全確保をさらに強化し、また、広く情報を公開することによって、社会に開かれ安心して頂けるように信頼回復に務めております。

高速増殖炉につきましては、原子力開発長期計画に基づき、ナショナルプロジェクトとして動燃事業団が中核となって開発を進めてきたものですが、国民の皆様の中からは、①プルトニウムを燃料とすることによるその毒性への不安と核兵器転用への懸念、②高速中性子の核反応を主体とした炉心が核暴走を生ずるのではないかとの懸念、③冷却材としてナトリウムを取扱うことに伴う技術的な困難性、④技術的な障壁が高く、将来ともコストが高くなるのではという投資対効果、経済性への懸念、⑤主要先進国の多くが実用化活動を中断している中で我が国が開発を進めているとの突出感などを理由とした反対意見が出ております。

これらにつきましては、動燃事業団と致しましても、これまで対話集会や討論集会に出席して多くの方々からお考えを伺うと共に、意見を率直に述べさせて頂いたり、また、モニター制度により意見を伺ったり、一万人見学会を行うなどして、お互いの理解の深化に努めて参ったところであります。情報公開と相俟って、こうした努力は今後も重ねていく所存であり、こうした努力を通じて我が国の原子力開発が安全且つ健全に進められていくことは国民合意という点で大切なことであると認識しております。

念のため、こうしたご意見に対して、開発を進めてきた立場から、以下の通り考えを述べておきます。

- ①プルトニウムは、その性質を良く理解し、細心の注意を払って取り扱うことによって、現在、十分に安全に利用できる技術が備わっています。余剰プルトニウムを持たない原則を堅持するには、高速炉の柔軟な炉心特性を活用し、プルトニウムの需給状況に応じて炉心構成を変えて増殖特性を変化させることにより(場合によっては転換率を0.7程度まで下げて)プルトニウム在庫量を調整することで可能

となります。さらに、軽水炉との併用期間においてこれを補完するうえで、プルトニウムの組成を軽水炉で使いやすいものに変えたり、現在は高レベル放射性廃棄物^{*)1}として処分されることになっているマイナーアクチニド^{*)2}の燃焼といった特性を有するのも高速増殖炉の特長の一つです。

- ②原子炉の制御は、軽水炉と同じく遅発中性子（核分裂の後、暫く遅れて発生する中性子）を利用して行っており、制御特性において軽水炉と本質的な差は有りません。また、考えうる最大量の気泡が炉心中央部を通過すると想定したとしても、核暴走はもとより燃料が破損することもないことを確認しています。
- ③ナトリウムは、冷却材としての優れた特徴を持っていますが、化学的に活性で水や空気と反応するなどの短所も併せ持っています。このため、ナトリウムを漏らさないための技術、万一漏れた場合の対策に関する技術開発を進めてきており、冷却材として使いこなせるものであると考えています。しかしながら、先頃の事故の反省を踏まえ、今後とも幅広い研究と経験を積み重ね、より一層の充実に図って参ります。
- ④経済性は、現段階では十分なものではありませんが、原型炉から実証炉へと目標を定めて着実に研究開発を進めることにより、実用化目標に到達することが出来るとの技術的見通しが得られています。また、経済性に関する軽水炉や他エネルギーとの相対比較でも、高速増殖炉は十分射程範囲にあります。
- ⑤高速増殖炉の開発を進めてきた欧米諸国は、フランスとロシアを除いて、政治・経済上の理由、あるいはエネルギー事情を勘案した結果として、高速増殖炉の実用化活動を中断しています。しかしながら、人類が核燃料資源を主要なエネルギー資源の一つとして長期に亘って利用していくとすれば、21世紀中葉から高速増殖炉を順次実用に供していくことが必要であるといえます。高速増殖炉は、その増殖特性、高い熱効率により軽水炉に比べて格段に高い核燃料利用効率を実現できるので、人類が長きにわたって燃料資源制約に直面することなく原子力を利用することを可能にします。エネルギー資源に恵まれず、エネルギー需要の約10%を原子力発電に依存している我が国としては、将来におけるこの技術の実用化の要請に応えられるよう、その技術基盤の整備を引き続き着実に進めていくべきと考えます。

「もんじゅ」は、この技術基盤整備の要として研究開発されてきたものであり、これを運転し、これを利用して高速増殖炉技術基盤の整備を行うことは、以下に述べるように、技術を着実に積み重ねていく一つのステップとして重要な役割を担っております。

*1) 原子炉の使用済燃料などに含まれる高い放射能や半減期の長い放射性物質をいい、地層処分の対象としている物質。

*2) マイナーアクチニドとは、原子炉内でウランやプルトニウムが中性子を吸収してできる人工の放射性核種のうち、ネプチウム、アメリシウム、キュリウムなど長半減期の放射性物質の総称。

2. 「もんじゅ」の役割と目的

我が国の高速増殖炉の開発は、これまで、国による実験炉「常陽」及び原型炉「もんじゅ」の建設・運転、その後の引き続き電気事業者による「実証炉」の建設・運転を経て、実用化を目指す計画に基づき進められてきました。

「もんじゅ」は、我が国最初の発電用高速増殖炉として、その性能、信頼性及び安全性を実証するとともに、得られた成果を実証炉の設計を始めとした実用化に向けた開発に反映することなどがその主たる目的であり、また、高レベル廃棄物処分負荷の軽減の観点からのマイナーアクチニド照射試験研究も利用計画の一部として検討を進めております。

「もんじゅ」の運転の目的は、次のように考えています。

- ①発電用の高速増殖炉としてシステムインテグレーションを行ったプラントであり、その妥当性の確認を行うことによって、基盤技術を個別的にも総合的にも検証し、併せて実用化に向けての課題の抽出を行います。
- ②実用化へ向けての課題への対応策を試験し、さらに実証炉あるいは実用炉の設計研究等から抽出されている課題に対して応えるべく、技術開発用試験施設あるいはその妥当性の検証の場として使います。

3. 当面の「もんじゅ」の運転と期待される成果

「もんじゅ」は、発電設備を備えた我が国初の高速増殖炉であり、将来の実用炉の主要な系統を全て有しています。そこで、先ず運転を通じて約40%と高い熱効率を有する高速増殖発電プラントについて安全性・安定性を実証し、高速増殖炉技術の信頼性を確立します。同時に、設計から運転・保守に亘る「もんじゅ」技術の確認・評価を行い、実用化に繋ぐべく「もんじゅ」技術を集約します。

[図1. 「もんじゅ」のしくみとプラント構成、12頁]

[図2. 原型炉としての「もんじゅ」の役割、13頁]

[図3. 「もんじゅ」の運転と期待される成果、14頁]

3. 1 「もんじゅ」の安定運転と信頼性の確立

「もんじゅ」の出力は「常陽」の約7倍あり、炉心、ナトリウム系統など容量・規模が大型化されています。更に、「常陽」での運転経験を踏まえ改良を図った主循環ポンプ、ナトリウム純化系、燃料洗浄設備などの設備や研究開発を重ねた上で実用に供した蒸気発生器のような設備があります。

運転を通し、これら機器・設備の運転特性、性能の確認を行い、プラントが安全且つ安定で高い信頼性を持っていることを実証します。また、各種照射後試験を通じて燃料の照射挙動を把握し、高性能燃料の開発に資することとします。

劣化、故障、補修等の経験を通して機器・設備及び運転操作の改善を行うと共に、運転技術とそれを支える保守・点検技術の改良と定着を図ります。

現在、国内で約50基の発電用軽水炉が、諸外国と比べてトップレベルの水準で良好な運転を続けていますが、これも昭和45年から運転を開始した初期段階炉(敦賀1号炉、美浜1号炉、福島第1—1号炉等)での故障時の対応、補修等の経験に基づく改善努力がその礎を築いたと言えますが、「もんじゅ」は、高速増殖炉発電炉におけるこうした役割りを課されていると考えています。

3. 2 原型炉技術の集約と展開

設計段階から運転段階まで取り組んできました「もんじゅ」技術について、実際の運転、保守・点検等を通じて蓄積されたデータに基づいて評価、集約を行い、高速増殖炉の実用化技術への展開を図ることとします。

(1)設計技術の実機測定データによる確認

「もんじゅ」の設計は、「常陽」等の経験を踏まえながら、基準類の整備、大型模擬試験、手法の開発等の研究開発を行いながら進めてきました。

これら設計技術を「もんじゅ」運転データに基づいて再評価し、その妥当性を確認します。また、改良すべき課題等を抽出し、データの分析・評価を通じて、実用化に向け経済性・安全性・信頼性を一層向上させる検討を行います。

(2)運転経験に基づく運転・保守・点検技術体系の確立

運転・保守・点検の経験を踏まえ、運転・保守のマニュアル、各種基準類を整備して行きます。

運転については、ナトリウム系と水・蒸気系を併せ持ち、約40%と高い熱効率を有するし、廃熱の少ない発電用高速増殖炉プラントとしての運転技術体系を確立します。

保守・点検実績を踏まえ、保守・点検の内容とそれらの頻度について見直し、実用的な定期点検計画として整備します。

(3)燃料・炉心特性の確認

「もんじゅ」の炉心は「常陽」の約10倍大きく、燃料も濃縮ウランを用いない将来の実用炉に近い炉心であり、制御棒の効果や燃料の燃え方など炉心の特性を実機データとして測定し、炉心特性の評価手法の確認を行います。また、高速炉炉心の主要特性の一つである増殖性能を「もんじゅ」で実証することも重要であり、平成6年に実施した炉物理試験データで評価を行った結果、増殖比が約1.18であることを確認しました^{*3)}。今後、燃料を燃やした後の燃料組成の分析を行っていく計画です。

^{*3)} 反応率測定値に基づく増殖比の予備的評価、日本原子力学会、秋の大会、1995年10月

(4) 実用化に向けた研究開発への反映

試運転段階より実施しているプラント性能・機能の確認及び研究開発の視点を持った運転、保守・点検活動を行い、データの系統的な蓄積と分析を実施し、今後の研究開発課題を抽出します。また、試験、運転等を通じて、炉心特性、プラントの運転・制御特性を把握し、大型試験研究施設としての「もんじゅ」の性能を明らかにし、今後の「もんじゅ」利用活用計画の具体化に繋げて行きます。

4. その後の「もんじゅ」の運転と期待される成果

「もんじゅ」は、実用化炉心に近い長さ、特性を有し、「常陽」に較べ中性子照射量が大きくとれることから、実用化に向け高性能炉心を開発する場として位置づけ、燃料材料の照射場として活用して行くこととします。また、「もんじゅ」への適用研究を通じて、プラント管理技術についても、実用化を図って行きます。

4. 1 「もんじゅ」高性能炉心への移行

燃料・炉心特性を確認した後は、高性能炉心への変更を行い、発電運転を行いながら実用化に向けた革新的炉心技術開発を実施して行きます。

このため、燃料材料等の照射・燃焼を行うための機能を持たせることとします。

(1) 発電プラントとしての稼働率の向上

安定運転を前提に、運転サイクル期間の延長によって、運転稼働率を向上させ、運転コストの低減と照射性能の向上を図ります(148日/サイクル→半年～1年/サイクル)。

(2) 高燃焼度燃料の開発

高速炉燃料は、すでに燃料ペレットの最高で、BOR-60(ロシア)で約27万MWd/ton、FFTF(米国)で約23万MWd/ton、PFR(英国)で約20万MWd/tonの燃焼度を達成し、軽水炉燃料に比べて大幅に燃焼度を高くとれることが示されています。

高速増殖炉の実用化には、高い燃焼度を実現して、燃料サイクルコストを低減することが重要であるとされています。そこで、現在、「常陽」等を用いて高燃焼度燃料材料の開発が行われていますが、「もんじゅ」では、この成果を踏まえ製造された高燃焼度燃料の実証を行います(～20万MWd/ton)。

[図4.「もんじゅ」高性能炉心の目標、15頁]

(3) 燃料製造コストの低減

「もんじゅ」の運転で得られる燃料照射データ及び燃料製造実績データの分析・評価結果を集約して、燃料仕様を見直し、燃料製造コストの低減を図ります。

4. 2 「もんじゅ」を用いた炉心・燃料の研究開発

炉心技術に関する研究開発の場として、実用化に向けた燃料材料の照射等を実施し、高性能炉心を開発するための研究を推進して行きます。

(1) 燃料・材料照射

燃料コストを低減し、稼働率向上を図る上で、燃料の高燃焼度化が重要ですが、高速炉燃料ではそのため、以下に示す燃料、材料及び炉心構成要素に対する照射試験を「もんじゅ」を用いて行い、照射に伴う物性データや燃料挙動の変化、長期信頼性等を把握します。特に、「もんじゅ」では、集合体単位での照射が可能なことから、実用化炉心を念頭に置いた燃料要素群の全体挙動に注目した研究も行います。

- ①高燃焼度燃料ペレットの開発照射(～30万MWd/ton)
- ②高燃焼度用被覆材の開発照射(～ 5×10^{23} n/cm²)
- ③新型燃料(充填型混合酸化物燃料、窒化物燃料、金属燃料)の開発照射
- ④新型制御材の開発照射(B₄C/BN複合材など)
- ⑤構造材料の照射(316FR材料など)

(2) 受動的安全性に係る研究開発

異常時において、外部動力を使わず自然現象に基づき原子炉の安全性を確保していくこと(受動的安全性)は、より高い安全性と経済性を両立する観点で魅力的です。そのため、自然現象を取り入れた原子炉の停止装置などを「もんじゅ」炉心に装荷し、有効性を実証する試験についても検討を進めていく計画です。

(3) MA 燃焼、FP 消滅技術に係る研究開発

高速増殖炉の炉心では、核分裂反応で発生した中性子を利用して、ネプツニウムやアメリシウムなど、現在は高レベル廃棄物としているマイナーアクチニド(以下、MAと略する。)を効率的に燃焼し、また、沃素-129など長半減期の核分裂生成物(以下、FPと略する。)を消滅させることが出来る特長を有しています。こうした「もんじゅ」炉心の特長を活かし、燃料ピンまたは燃料集合体の単位でMA燃焼やFP消滅に関する照射を行い特性を把握し、実用化技術として開発して行きます。

[図5. MA 燃焼・FP 消滅、16頁]

(4) 柔軟性のある炉心特性に関する研究開発

プルトニウム燃料の同位体組成は、特に軽水炉で使用した場合、燃料の燃焼度により大きく変動します。高速炉の炉心は、これらの変動に対し柔軟に対応できる特長を有していますが、プルトニウムの需給状況に応じ燃料の増殖・消費の調整ができることを実プラントで実証することは重要と考えています。そこで、プル

トリウム高富化度燃料、ウランなし燃料等について、燃料ビンまたは燃料集合体単位での燃焼試験を「もんじゅ」を用いて行い、基礎的な燃焼データを収集する計画を検討して行きます。

4. 3 高速増殖炉プラント管理技術の実用化

高速増殖炉においても軽水炉と同様に、(1)プラント保守技術、(2)検査診断技術、(3)プラント監視および運転支援技術が重要であり、安全性、信頼性及び経済性の向上を目的として、「もんじゅ」を用いてこれらの技術の実用化を図って行きます。

[図6. プラント管理技術の実用化、17頁]

(1)プラント保守技術

従事者被ばくの低減には、放射線源となる腐食生成物(CP)などについて、その発生量を低減し、または除去すること、設備を遠隔で操作することなどが有効です。このため、ロボティクス技術を駆使した遠隔点検・保守システムの開発等を進め、「もんじゅ」に適用して実用化技術として整備します。高速炉安全性、ナトリウム技術など高速増殖炉の特有の技術の確立と併せ、事故・故障の発生を回避し、安定なプラント運転を実現する予防保全技術を確立すべく、「もんじゅ」の運転・保守データを基に保守基準の見直し整備を図ります。

(2)検査診断技術

3次元の欠陥画像識別装置を開発し、欠陥の認識精度を向上することによって、構造物の健全性診断がより一層確実となります。

また、光学方式ではナトリウムの透視は不可能ですが、超音波技術とロボット技術を用いた透視検査装置を開発することによって、原子炉容器内の構造物の健全性診断がより一層確実になります。

これらの技術は、高速増殖炉技術の信頼性確保にとって重要であることから、「もんじゅ」プラントに適用、確認し、実用化技術として整備することとします。

(3)プラント監視および運転支援技術

中性子検出器、温度計、流量計、圧力計などで測定したプロセス量を監視することによってプラントの運転状態は把握されます。これらプロセス量を人工知能技術や知識工学を応用して総合的に分析し、警報設定点に到達する前の兆候ベースの段階で異常を捕らえ、運転員に知らせる監視・支援システムを開発し、「もんじゅ」でその適用性を確認します。

「もんじゅ」に確率的安全性評価(リビングPSA)手法を適用し、リスクベースの合理的な運転管理技術の適用性を確認し、実用化技術として整備します。

5. 国際貢献

これまで見てきたように、高速増殖炉は将来に亘る高レベル放射性廃棄物の処分負荷の低減に寄与するMA燃焼、FP消滅やウラン資源の有効活用が可能であるという特長を有しています。従って、我が国が「もんじゅ」の開発を進め、高速増殖炉開発の国際的な中核拠点としての役割りを果たしつつ、国際公共財としての高速増殖炉の実用化技術の確立を推進することは、我が国のみの利益に留まらず国際的にも大きな貢献を果たすこととなります。

高速増殖炉については、欧米先進国の中でも、政治、経済、エネルギー事情などの理由から、開発を中断している国が有りますが、フランス、ロシアなどでは開発を継続しておりますので、当面はそれら2国に加えてイギリス、カザフスタン等の国々と、共同研究、情報交換、技術者交流など国際協力、技術協力を進めながら、高速増殖炉の効率的・効果的開発を推進することとします。将来は、電力需要を急増させているアジア各国に対してもこうした協力・貢献が期待されます。

「もんじゅ」には、国際特別研究員制度や国際協力協定により既に平成7年度から通算してアメリカ、イギリス、ドイツ、フランスなどの計17名の海外研究者、技術者が研究開発に携わってきています。このように海外研究者、技術者が、我が国原子力開発の進め方、実績を目の当たりにすることにより、平和利用に徹している事実が広く海外に伝わることになり、我が国の原子力開発の状況が国際的に透明性を増していくことも期待されます。

6. 「もんじゅ」における開発の進め方

「もんじゅ」は、安定・安全運転を第一とし、当面の役割並びに高速増殖炉の実用化に向けたその後の役割を果たすため、次のように研究開発を進めて行きます。

①当面の運転期間

- ・燃料・炉心特性の確認
- ・プラントとしての信頼性の実証
- ・原型炉技術の集約と展開

当面約5年間の運転を通して燃料並びに発電プラントとしての性能確認を行い、プラントが安全且つ安定で高い信頼性を持っていることを実証することとします。なお、燃料・炉心特性を確認するためには4～5サイクルの運転期間を経た燃料を取り出し、確認していくことが必要です。

また、この期間には定期検査（約5回）や燃料交換（9回程度）の実績を積み重ねることができ、運転・保守技術の体系化、実機データに基づく設計技術の評価確認などを行うことにより、原型炉技術の集約を実施します。

②その後の運転期間

- ・「もんじゅ」高性能炉心への移行
- ・「もんじゅ」を用いた炉心・燃料の研究開発
- ・プラント管理技術の実用化

高性能炉心への変更により、運転性能と経済性の向上を図り、プラント管理技術の実用化を図ります。また、大型照射試験施設として、改良型燃料・材料の照射、MA燃焼・長半減期FP消滅など高速増殖炉の実用化に向けた研究開発を行う場として「もんじゅ」を活用して行きます。

以上に述べた各段階において得られる成果は、電気事業者において進められている実証炉或いは実用炉の設計・建設・運転に適宜、反映していくと共に、外部評価等を受け、その後の研究開発の進め方等の見直しに反映していくこととします。

なお、運転に伴い発生する電力については売電し、その収入をプラントの維持・運転経費に充当^{*4)}することにより、研究開発の効率的な運用が可能と考えています。

^{*4)} 概略運転経費約230億円/年に対し、約130～190億円/年の売電収入が見込まれる。

7. 運営に当たっての考え方

7. 1 信頼される運転をめざして

「もんじゅ」は研究開発段階にある原子炉であり、その運転そのものが研究開発の一環であるという性格を有しております。大規模且つ長期に亘る高速増殖炉という研究開発の一段階を占め、前段階において得られた経験や技術を現段階に継承し、さらに発展させて次段階に継承するという役目を担っております。こうした観点に立ち、先般のナトリウム漏えい事故の発生に係る数多くの教訓を踏まえて、高いセーフティ・カルチャーを持つ職場風土を醸成し、事故の発生防止と影響緩和のための管理体制の確立に努めることが重要と考えております。

「もんじゅ」が試験研究を行う研究開発段階炉であることの認識を徹底し、単なる商業用の発電炉とは異なるプラントとして、慎重な運転管理を行うことにより、安全確保に万全を期すこととします。

また、現在実施している安全総点検の結果を踏まえ、プラントの改善方策の検討、運転手順書等の整備等を進めると共に、運転員に対する教育・訓練施設の充実を図り、組織を強化して、運転員の教育・訓練に万全を期すよう努力します。

7. 2 開かれた運営

「もんじゅ」の運転管理に電気事業者の優れた運転管理能力を活かし、万全な安全確保を図ることとします。このため、電気事業者との積極的な人事交流を行うと共に、電気事業者の持つ貴重な経験を反映し、安全管理と危機管理の徹底した実践的な教育・訓練を実施し、それらの結果を安全確保のための体制、マニュアル、その後の教育・訓練等に反映すること致します。

また、「もんじゅ」を用いた研究開発の遂行に当たっては、これが時代の要請に適合した適切なものとなるよう、電気事業者、一般産業界との交流を密にし、国民の負託に関する高い感受性を持ち続けるよう努めます。

「もんじゅ」は、国内外へ開かれた研究施設として大学や研究機関、産業界に門戸を開放するとともに、研究者の積極的受入れ、共同研究などを推進して国内外の原子力開発に貢献する運営に努めます。

運転・保守或いは研究開発の中で得られる技術情報の積極的な公開を進めるとともに、電気事業者、産業界や大学・他の研究機関の専門家と技術的議論を深める仕組みを検討します。

国内外の先行炉の事故・故障経験や最新の技術的知見を継続的に分析・評価し、「もんじゅ」へ反映出来る仕組みを作ります。

原子力施設の立地している地方自治体、地域住民等の理解、支援を得なければ、関連事業の遂行が不可能であることを十分に認識し、地域社会との共生に努めます。具体的には、事業所施設を積極的に地域住民に公開すると共に、各種団体の研修等への施設利用を推進し、成果の一般向け報告会を開催して、ナトリウム技術や「もんじゅ」技術に対する地域の皆様の理解を頂く機会を積極的に設けます。また、

社会に開かれた事業展開を図るために、地元研究機関を始めとする各機関との協力を積極的に進めていきます。

これらを通して、地域から誇りと信頼をもって語れる存在となることを目指します。

[図7.「もんじゅ」の開かれた運営、18頁]

8. まとめ

高速増殖炉の開発は柔軟なプルトニウム燃料利用、高レベル廃棄物処分負荷の軽減、将来のエネルギー確保などの観点から、将来における基幹エネルギー源の候補として、その実用化に向けた技術基盤の整備を引き続き着実に進めていくべきと考えます。

「もんじゅ」は、将来の実用発電炉の主要な系統を全て備えている高い熱効率を有する環境に優しい発電プラントです。そこで、「もんじゅ」の安全・安定な運転を通じて、

高速増殖炉技術の信頼性を確立し、「もんじゅ」技術を集約して実用化技術へと発展させることとします。さらに、実用化へ向けて、各種の試験研究を着実に実施し、得られた成果を国内外の関係者と共有することによって、高速増殖炉の開発研究を促進して行くことと致します。

既に述べましたように、「もんじゅ」は実用化炉心に近い炉心特性を有し、燃料・材料の照射場としても優れております。従って、これを活用して、実用化に向けた炉心技術の研究開発を進めていき、例えば、最高燃焼度20万MWd/tonをクリアする高性能燃料集合体を実用化していくことが重要と考えております。さらに、「もんじゅ」炉心を利用して、現在は高レベル放射性廃棄物として処分されることになっているMAの燃焼やヨウ素-129等の長半減期FPの消滅研究を進め、実用化技術として開発していくことが重要と考えております。

こうした意味からも、安全確保に万全を期し、且つ、地元の皆様のご理解を得た上で、性能試験を再開できることを望んでおります。

「もんじゅ」の運営にあたっては、徹底した情報公開と共に、国内外に開かれた研究施設として運営し、地域にも、国際的にも評価される貢献を目指すことが肝要と考えております。

「もんじゅ」は現在、停止状態にあります。運転段階に入れば売電収入が得られますので、これを運営費に充当することによって、費用対効果にも配慮した研究開発の実施が可能となります。所要経費の削減に努めつつ時代の要請に適合した研究開発を進めることによって、最大限の技術的成果が得られるよう努めてまいります。

図1.「もんじゅ」のしくみとプラント構成

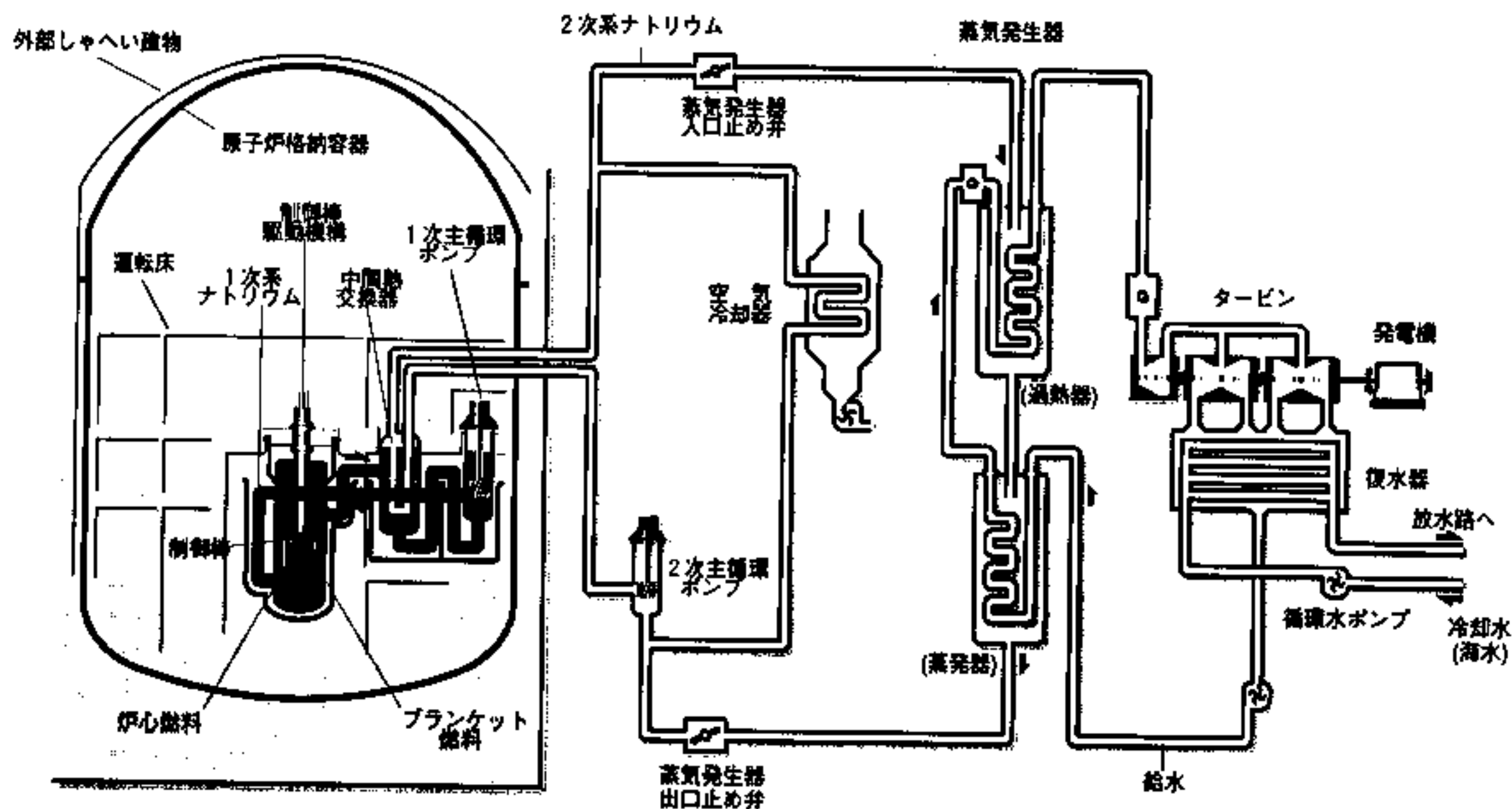


図2. 原型炉としての「もんじゅ」の役割

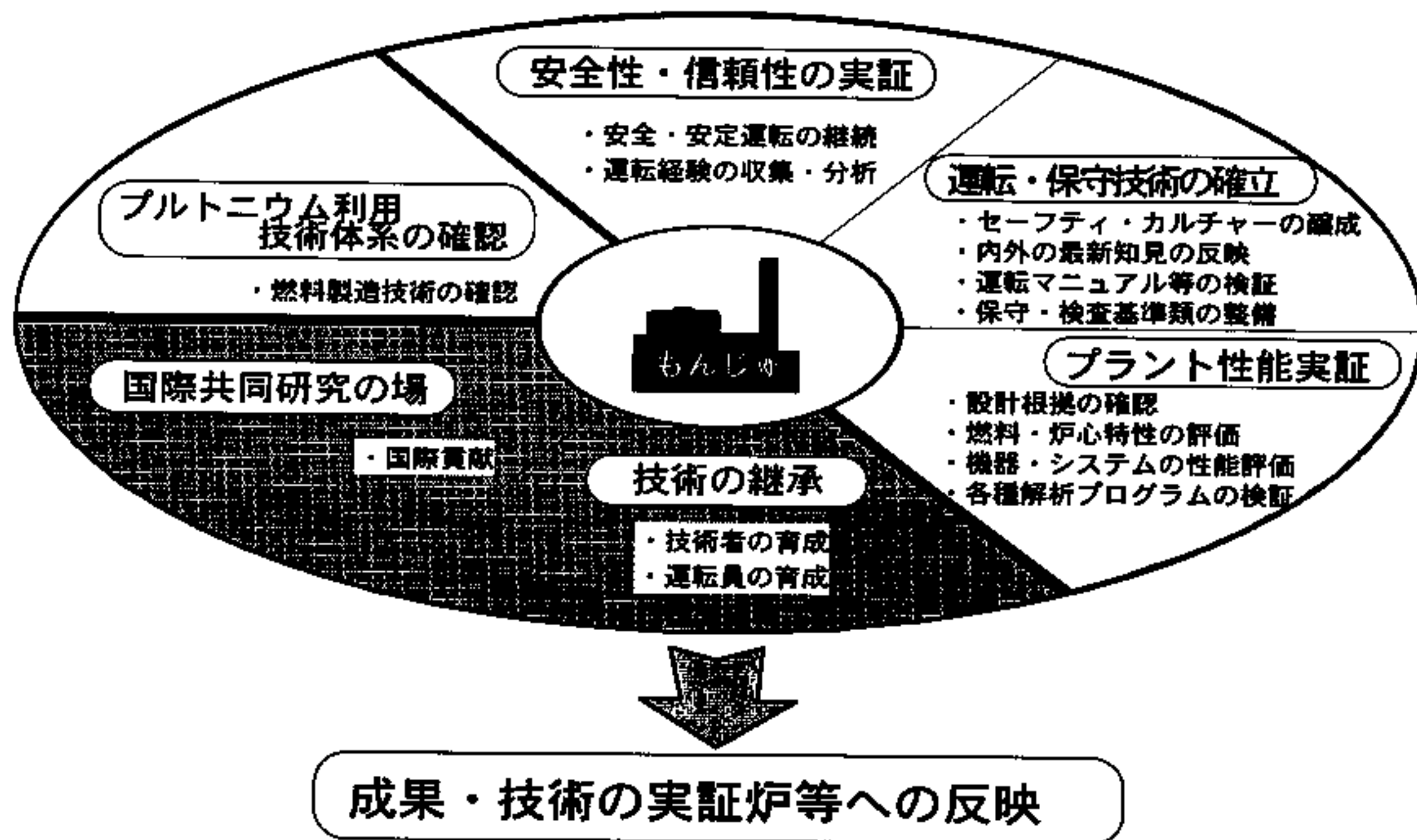


図3. 「もんじゅ」の運転と期待される成果

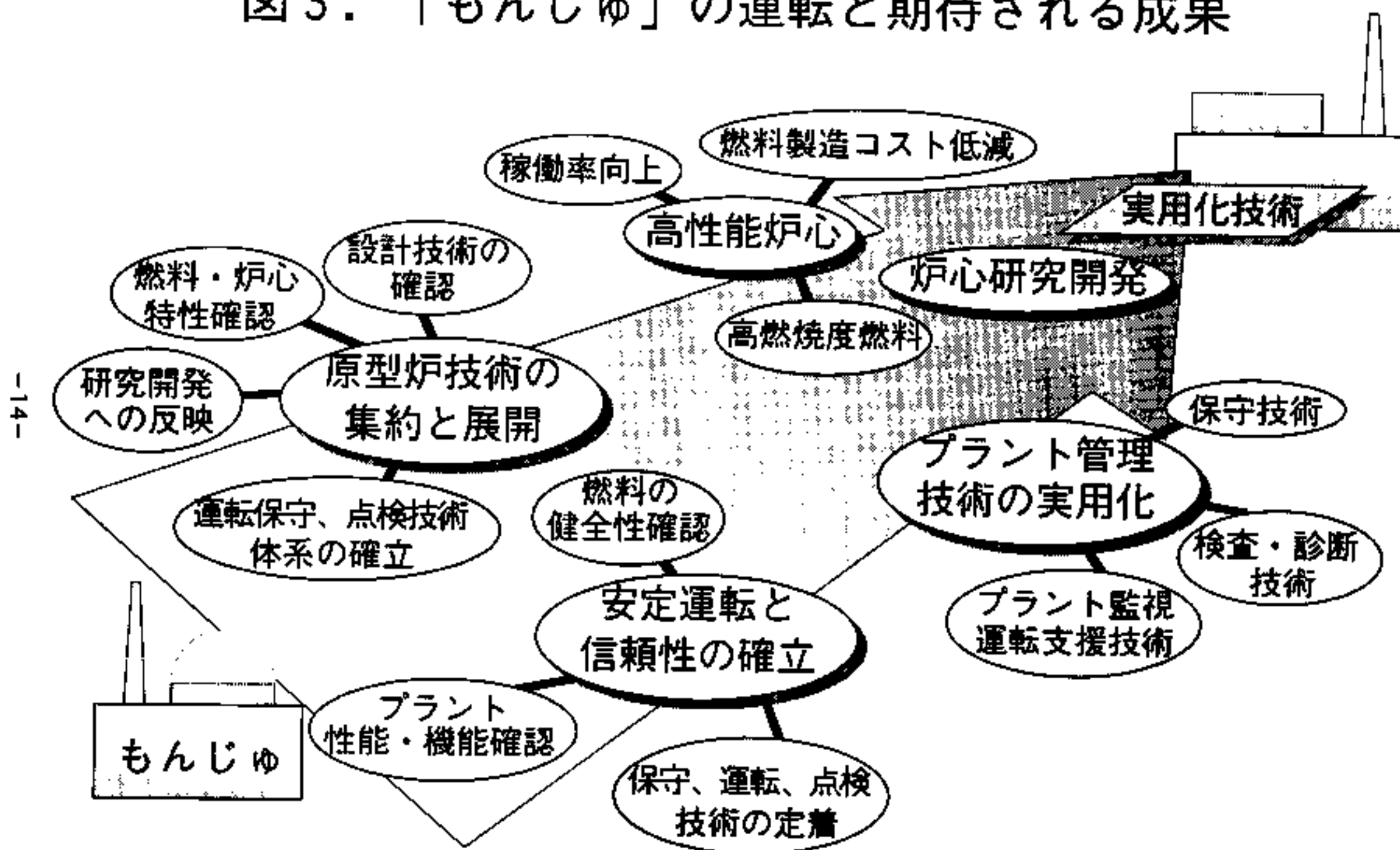
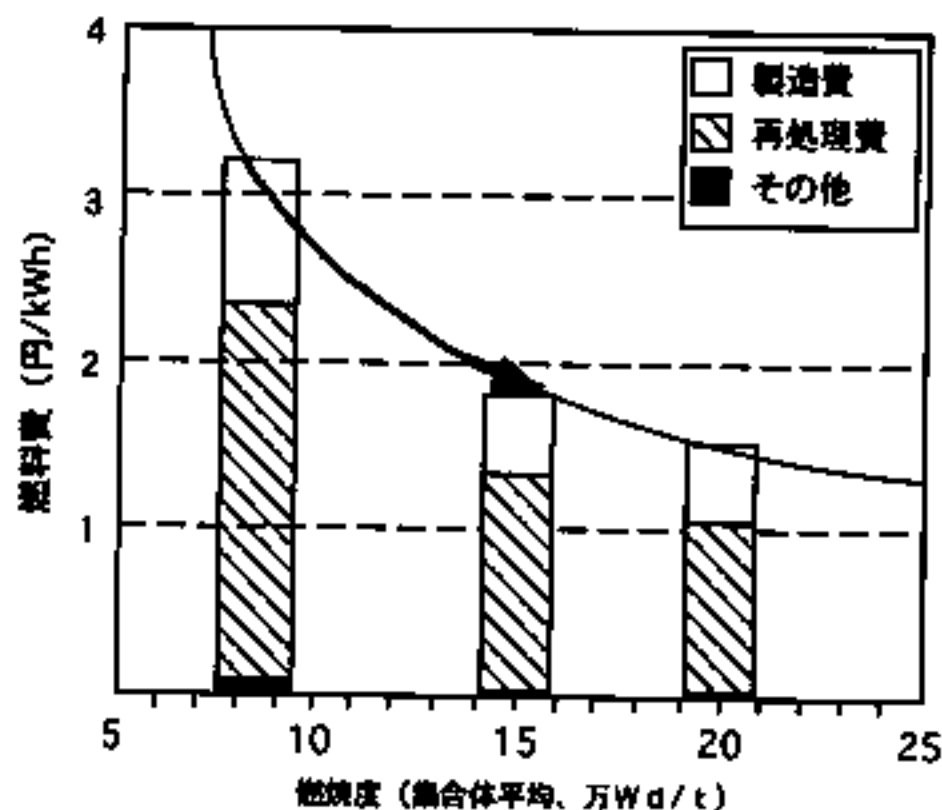


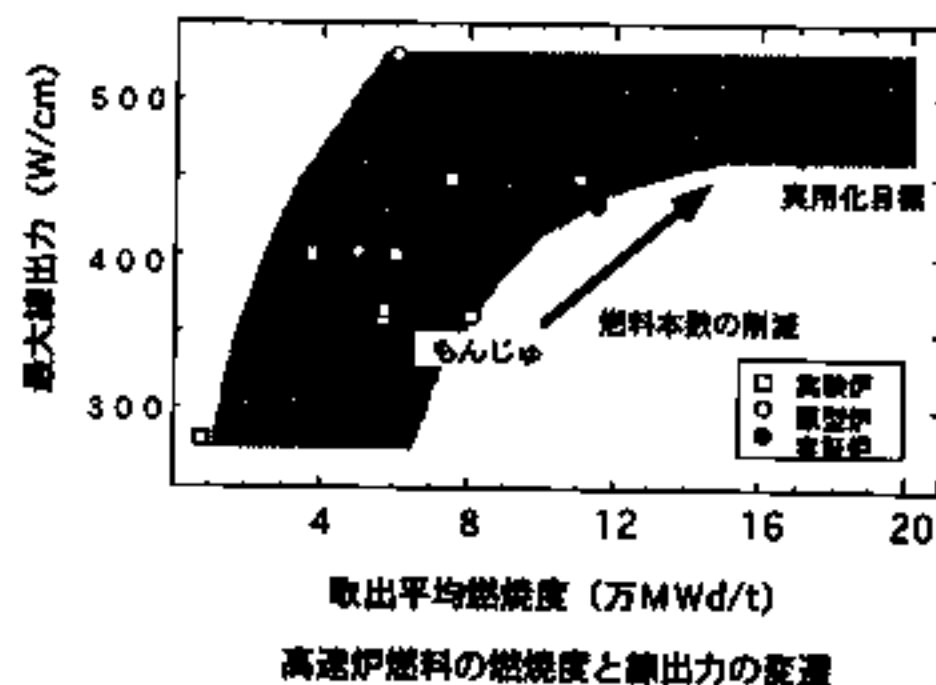
図4. 「もんじゅ」高性能炉心の目標

経済性が高い高速炉燃料の実証

- ・ 高燃焼度 → 取出平均燃焼度 15 万 MWd / t on 以上
- ・ 稼働率の向上 → サイクル当たりの運転期間の延長
- ・ 製造性の向上 → 公差等の緩和
- ・ 高線出力 → MOX燃料、中空ペレット燃料、鹽化物燃料



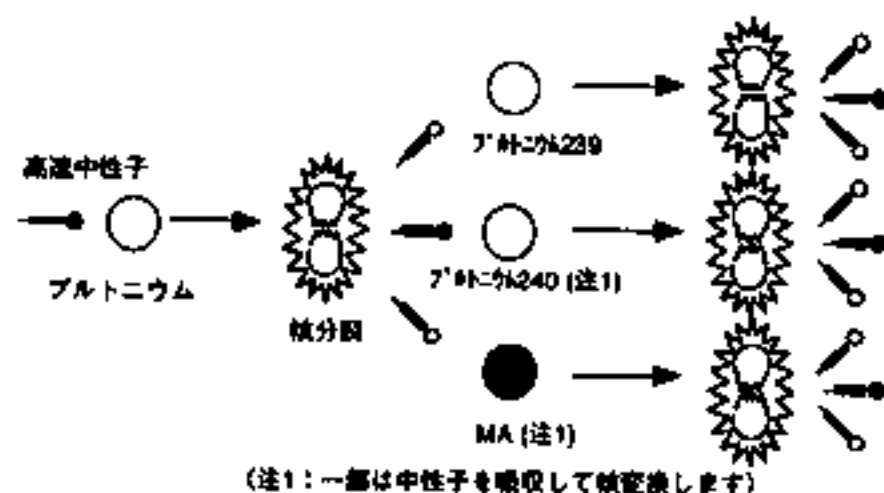
燃焼度と燃料費の関係



高速炉燃料の燃焼度と線出力の変遷

図5. MA 燃焼・FP 消滅

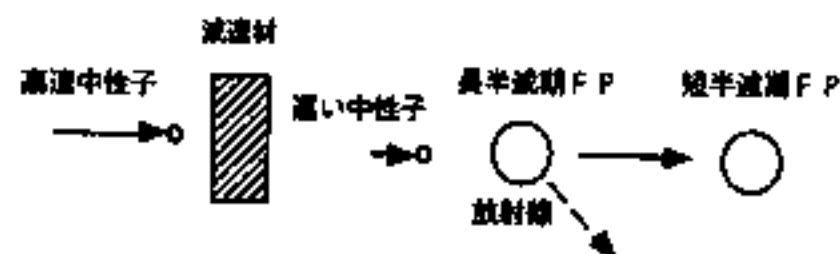
MAの燃焼



- 中性子のスピードが速いのでMAを核分裂しやすい。
- 中性子の数が多いので、燃焼効率が高い。

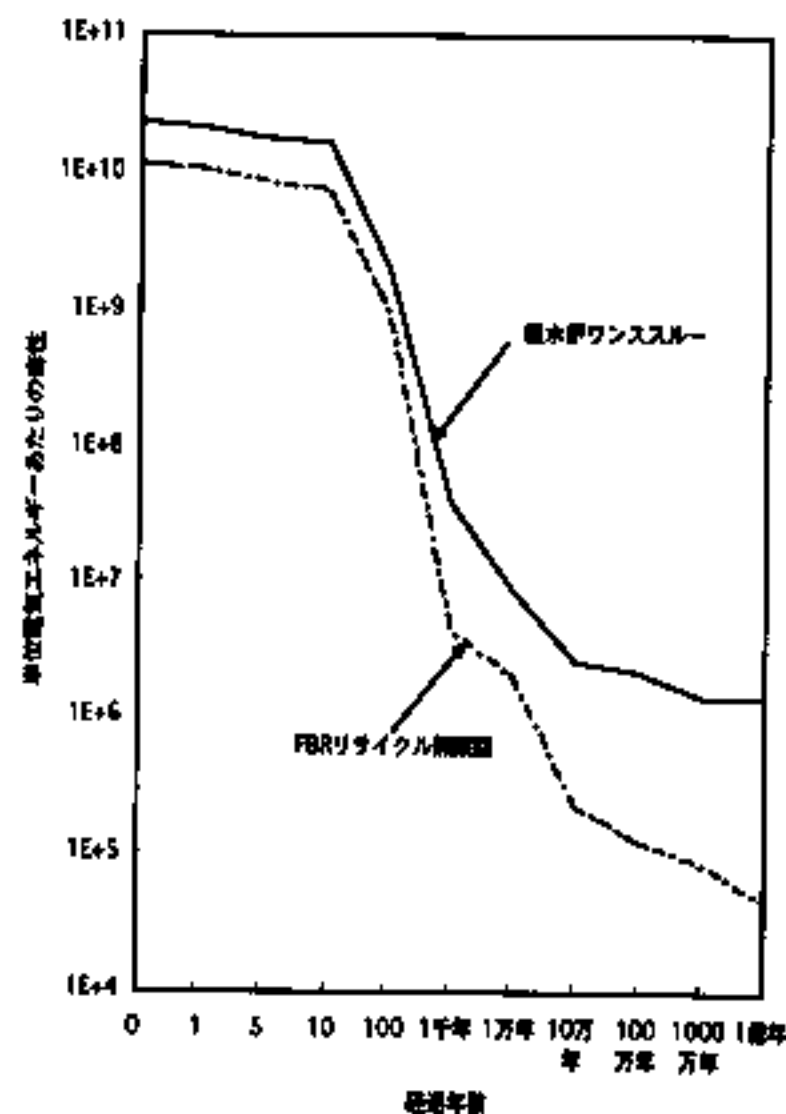
100万kWe高速炉1基で
100万kWe軽水炉6基分から
取り出されるMAを燃焼できる。
半減期の長いMAの生成が少ない。

FPの消滅



- 余った中性子を炉心の外（ブランケット等）で減速させて長半減期FPを消滅できる。
- 中性子の数が多いので消滅効率が高い。

100万kWe高速炉1基で
100万kWe軽水炉3基分から
取り出される長半減期FP(ヨウ素-129の場合)を消滅できる。



各サイクルから発生する主な放射性物質の
単位電気エネルギー当りの放射性の比較

(解説) マイナーアクチニド (MA): 原子炉内でウランやプルトニウムが中性子を吸収してできる人工の放射性核種のうち、ネプツニウム、アメリシウム、キュウリウムなど長半減期の放射性物質の総称。

図6. プラント管理技術の高度化

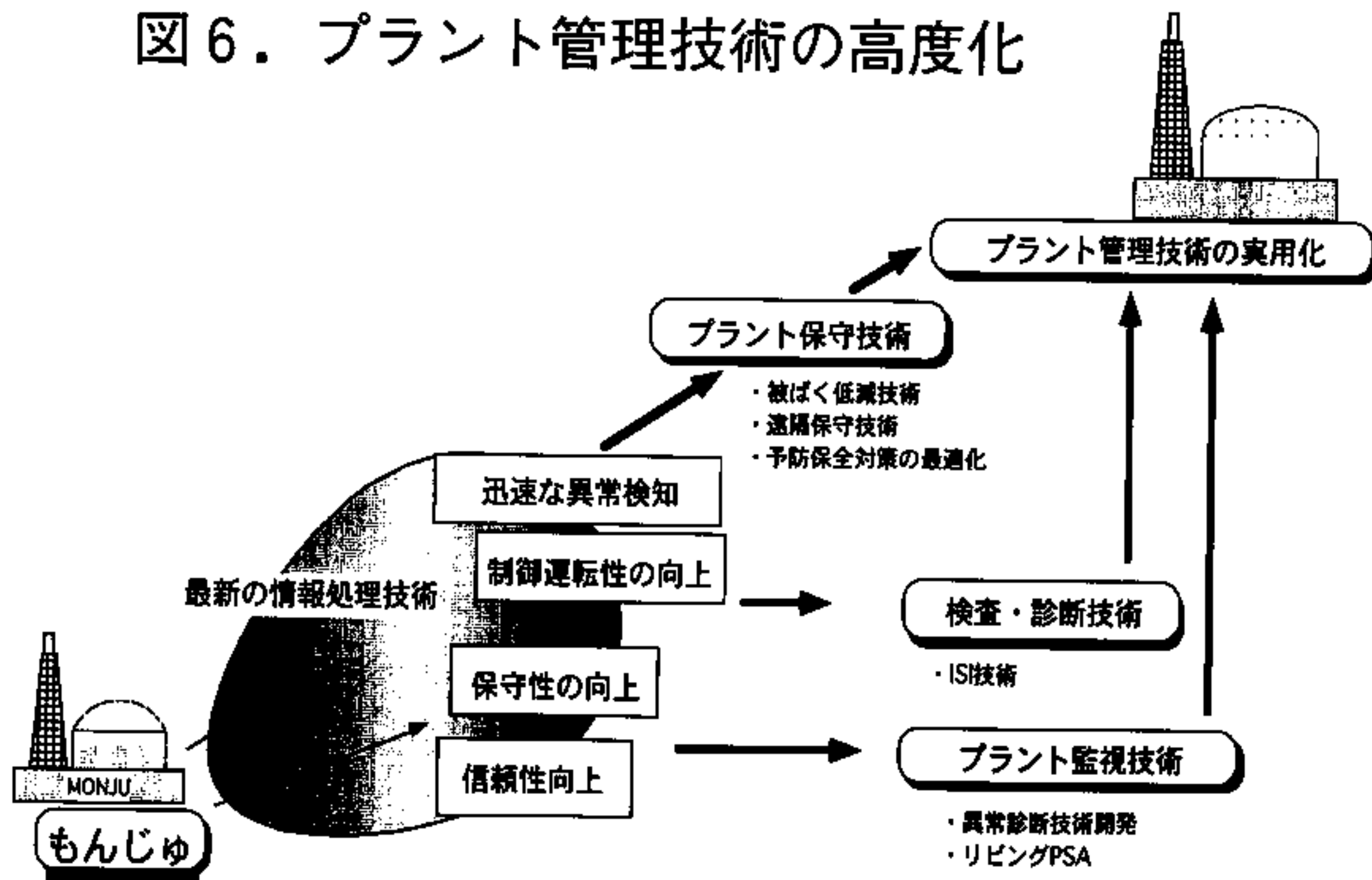
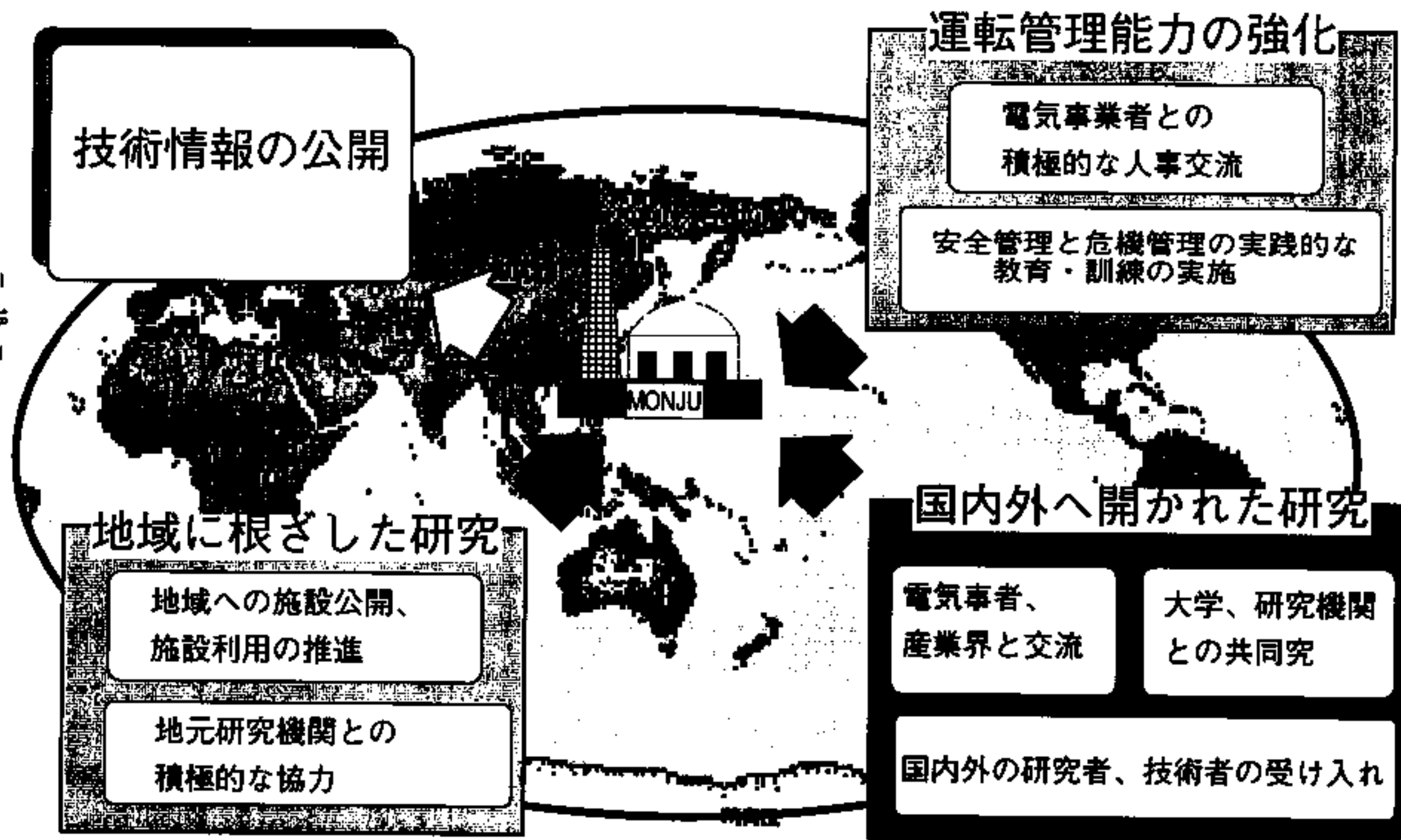


図7. 「もんじゅ」の開かれた運営



「もんじゅ」の経緯と現状

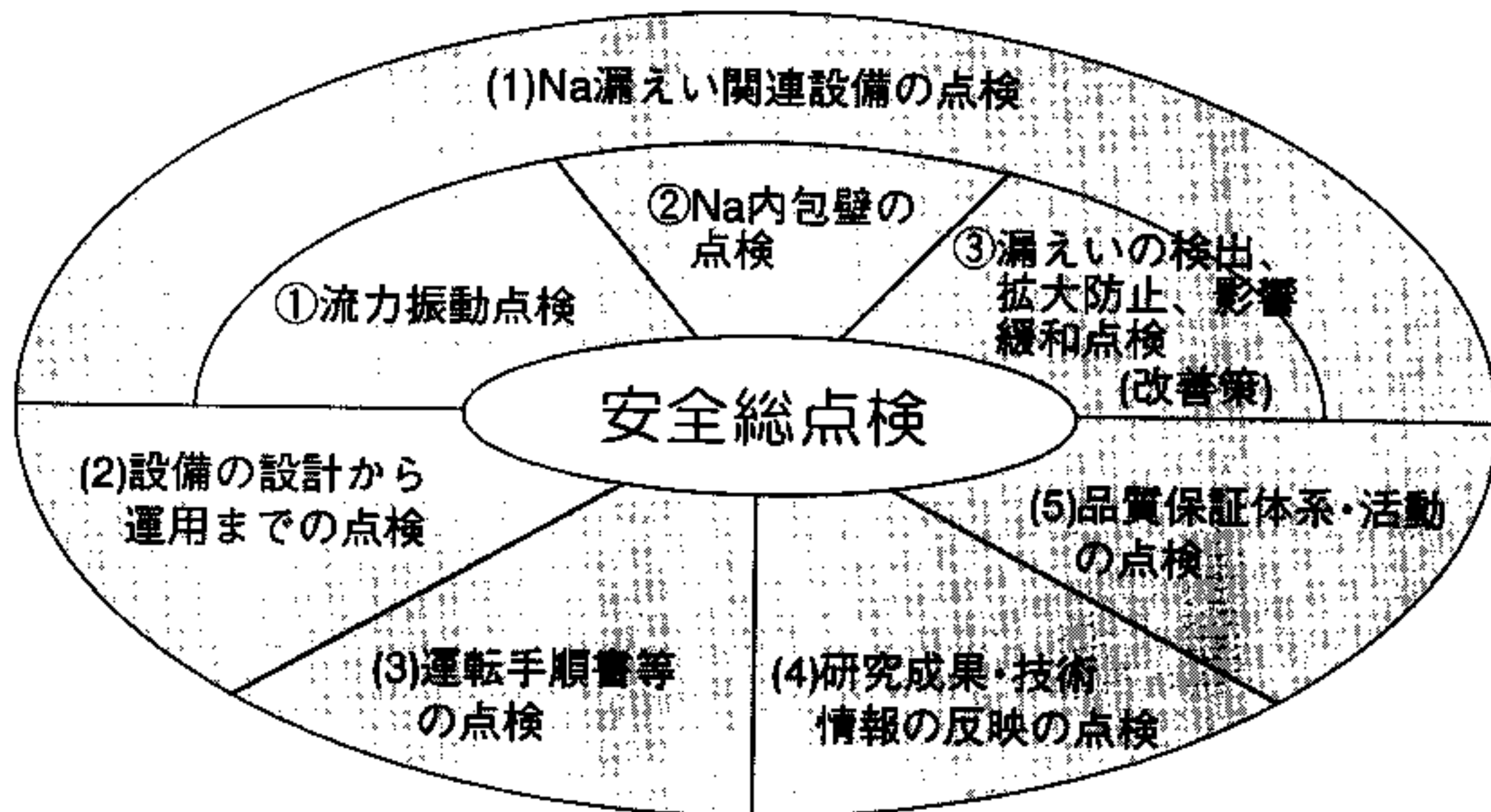
「もんじゅ」は、昭和58年5月に原子炉設置許可を得て、昭和60年10月、建設工事に着手しました。平成6年4月の初臨界以降、性能試験を継続し、平成7年10月には電気出力40%を達成しました。同年12月8日に2次主冷却系配管温度計さやからのナトリウム漏えい事故が発生して以降、プラントは停止された状態に維持されております。

科学技術庁は平成9年2月に2回目の事故報告書を、また、原子力安全委員会原子炉安全専門審査会は、平成9年8月7日に2回目の調査報告書(案)を公表しております。動燃事業団は、平成9年3月21日、原因究明の最終報告書に相当する「第5報報告書」を公表しております。

平成9年8月現在、動燃事業団は、「もんじゅ」の安全性、信頼性の向上、さらには技術的信頼の回復を目的として、「もんじゅ」の安全総点検を実施中です。実施状況に関する資料は、7月30日に開催された第7回高速増殖炉懇談会に資料として提出しています。動燃事業団としてのプラントの改善策を含めた安全総点検の最終報告書については、平成9年9月に纏める計画です。

〔図.「もんじゅ」における安全総点検活動〕

図A.1 「もんじゅ」における安全総点検活動



「常陽」と「もんじゅ」との違い

「もんじゅ」は28万キロワットの電力を発電しますが、「常陽」は発電せず、蒸気発生器や発電設備を持っていません。「もんじゅ」の炉心の大きさは「常陽」の約10倍で、炉心特性は大型炉のそれに近いものです。照射機能に着目した場合、発電炉である「もんじゅ」は集合体単位で定常照射に適しますが、「常陽」は実験炉としての運転の自由度を活かし燃料の限界特性の把握を目的とした、燃料部分溶融試験 (PTM, Power To Melt)、破損燃料継続試験(RBCB, Run Beyond Cladding Breach)および燃料の過渡照射が可能です。

「常陽」は、昭和53年7月に5万キロワットに、昭和58年3月以降は、熱出力10万キロワットの照射用炉心へ移行し、順調な運転を行ってきました。平成9年7月までの累積運転時間は約53,000時間であり、積算出力は約43億キロワット時に及び得られた経験は「もんじゅ」の設計、建設、運転に反映されてきています。「常陽」では、照射場としての利用拡大を目的としたMK-III炉心への移行準備が進められています。

「常陽」と「もんじゅ」の主要目を下表に記します。

「常陽」と「もんじゅ」の主要目の比較

項目	「常陽」	「もんじゅ」
熱出力、MWt	100 ^{*1)}	714
プルトニウム富化度、w/o	約20	約16/21 ^{*2)}
ウラン濃縮度、w/o	約18	—
最高燃焼度、MWd/ton	75,000	94,000
線出力、W/cm	400	360
炉心寸法(高さ×直径)、cm	55×73	93×180
高速中性子束、n/cm ² ・sec	3.6×10^{15} ^{*1)}	3.7×10^{15}
同照射線量、n/cm ² /μA	2.1×10^{22} ^{*1)}	4.7×10^{22}
平均中性子エネルギー、keV	約500	約400
原子炉容器出入口温度、℃	370/500	397/529

*1)MK-III計画(出力、中性子束増加)では、出力140 MWt、高速中性子束 4.1×10^{15} n/cm²・sec、同照射線量 2.1×10^{22} n/cm²/μAになる。

*2)内側炉心/外側炉心での値を示す。

「もんじゅ」の目的、意義と今後の計画

動力炉・核燃料開発事業団
副理事長 須田 忠義

平成9年8月27日

FBRの特長

○ 増殖特性、高い熱効率 ➡ 高い核燃料利用効率

○ FBRの柔軟な炉心特性 ➡ Pu在庫量を調整可能

○ 軽水炉との併用期間：

Puの組成を軽水炉で使いやすいものに

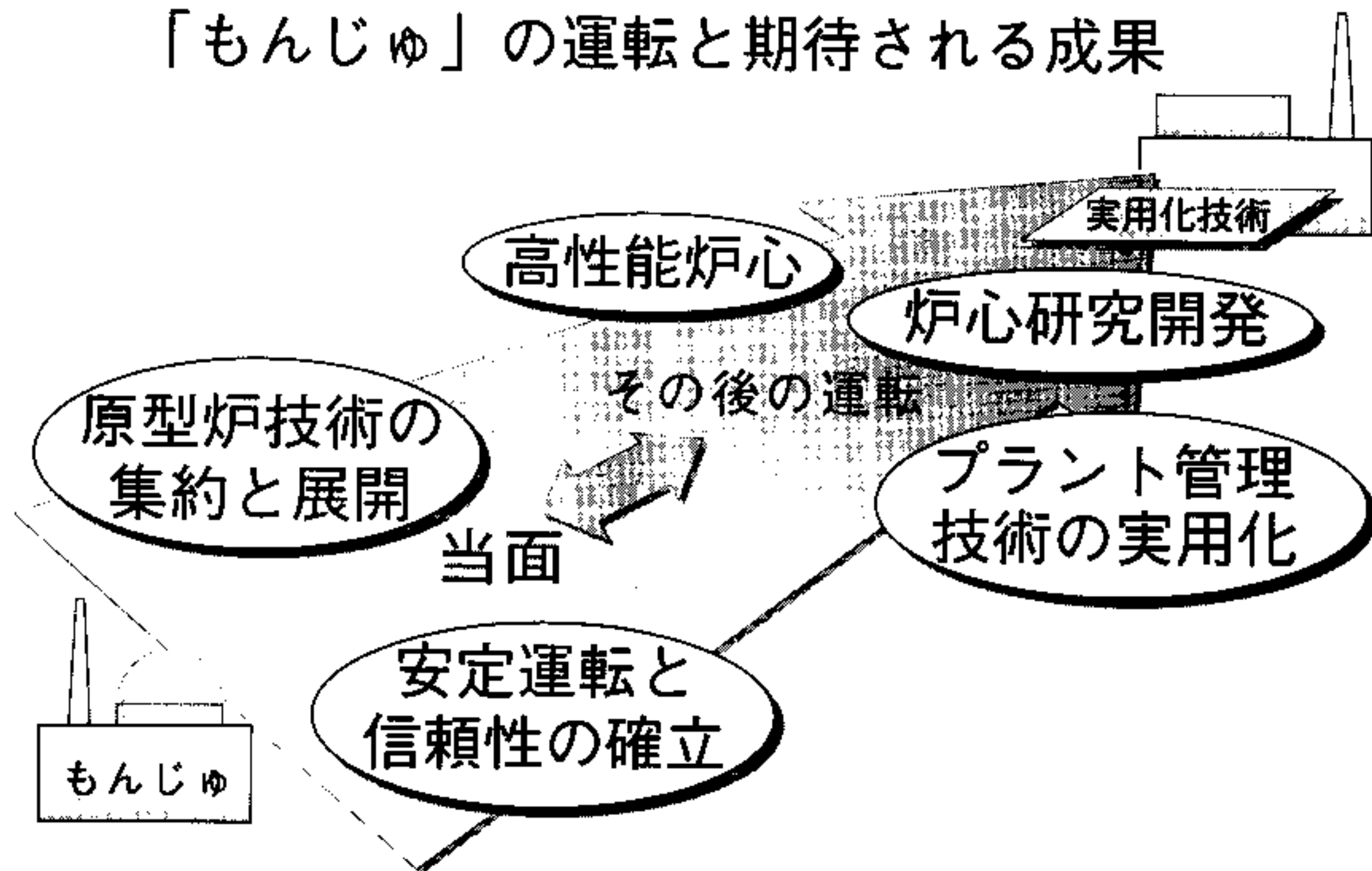
○ MAの燃焼、FPの消滅が可能

「もんじゅ」 ➡ 我が国最初の 発電 用FBR

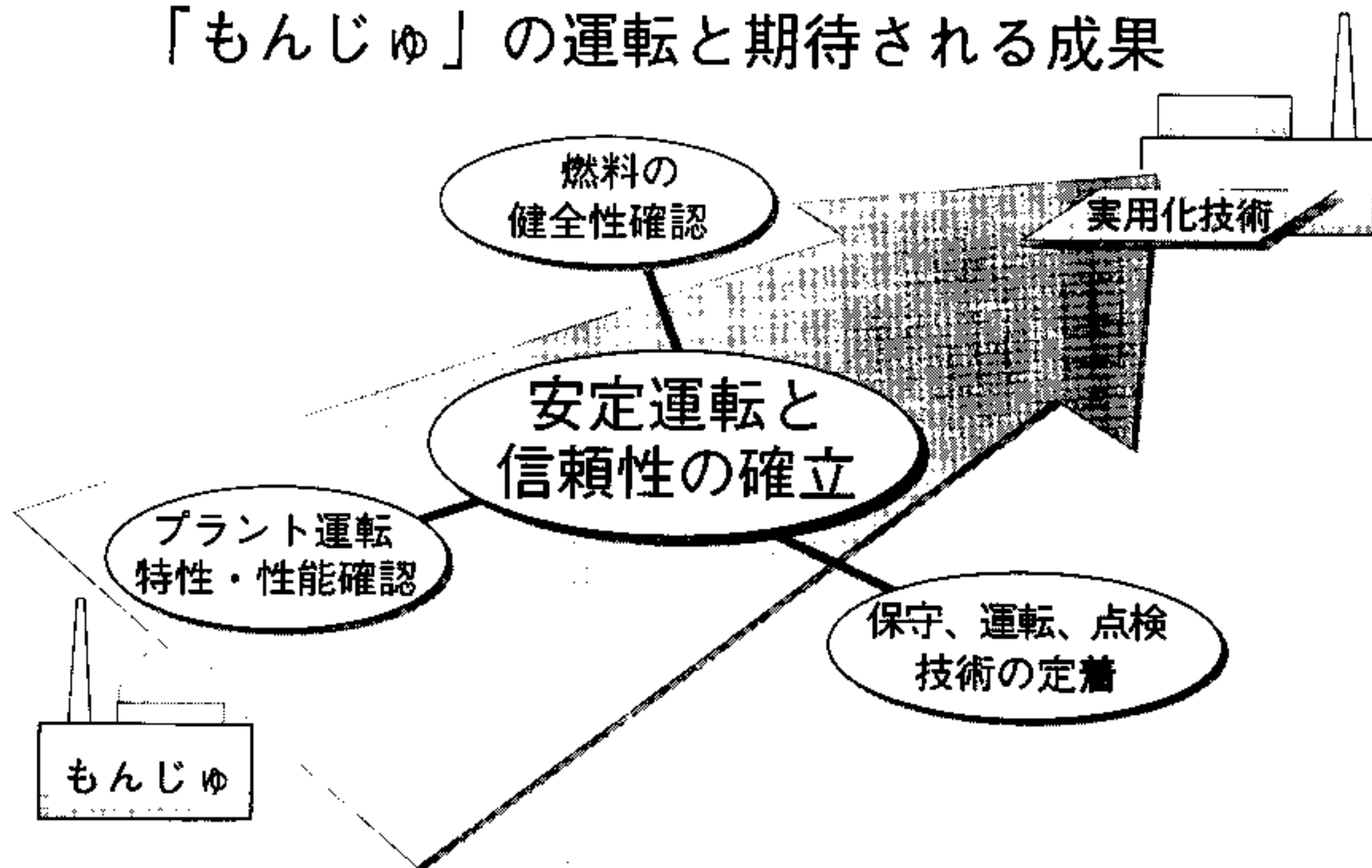
運転の目的

- 発電用FBRとしてシステムインテグレーションを行ったプラント
 - ・ その妥当性の確認 ➡ 基盤技術を個別的にも総合的にも検証
 - ・ 実用化に向けての課題の抽出
- 実用化へ向けての課題への対応策を試験
 - ・ 技術開発用試験施設、対応策の妥当性の検証の場
 - ↳ 実証炉、実用炉の設計研究等から抽出されている課題に対して応える

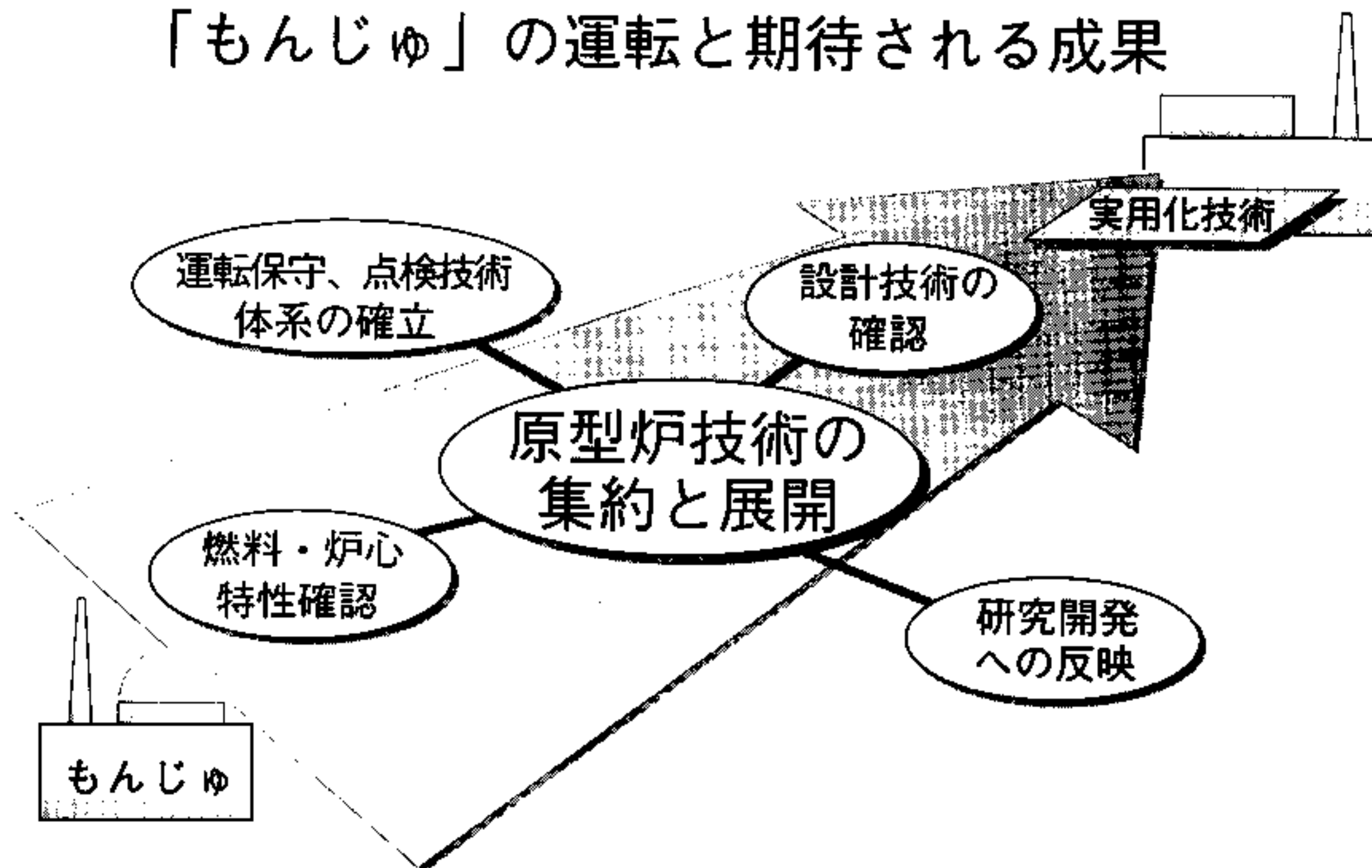
「もんじゅ」の運転と期待される成果



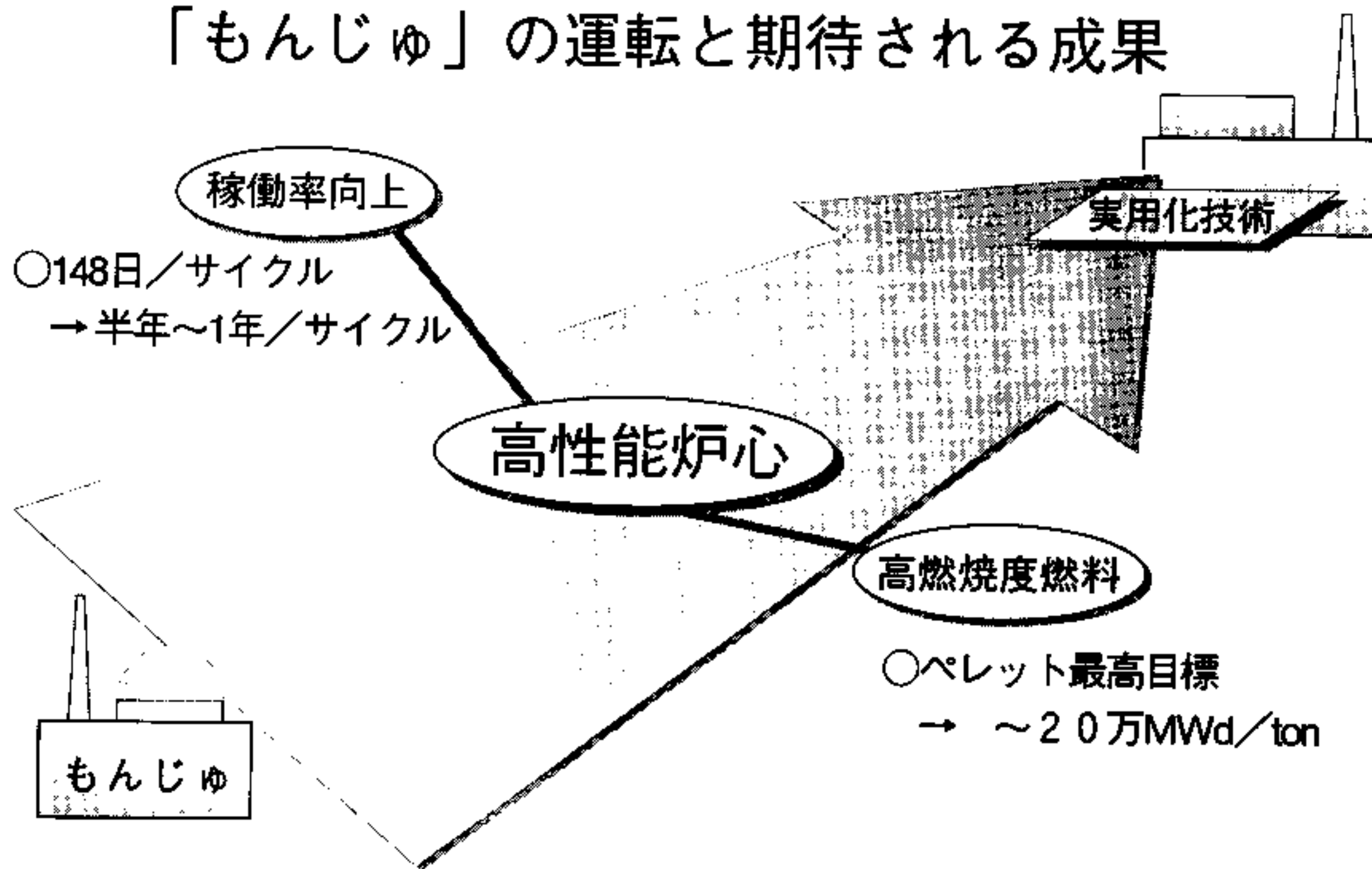
「もんじゅ」の運転と期待される成果



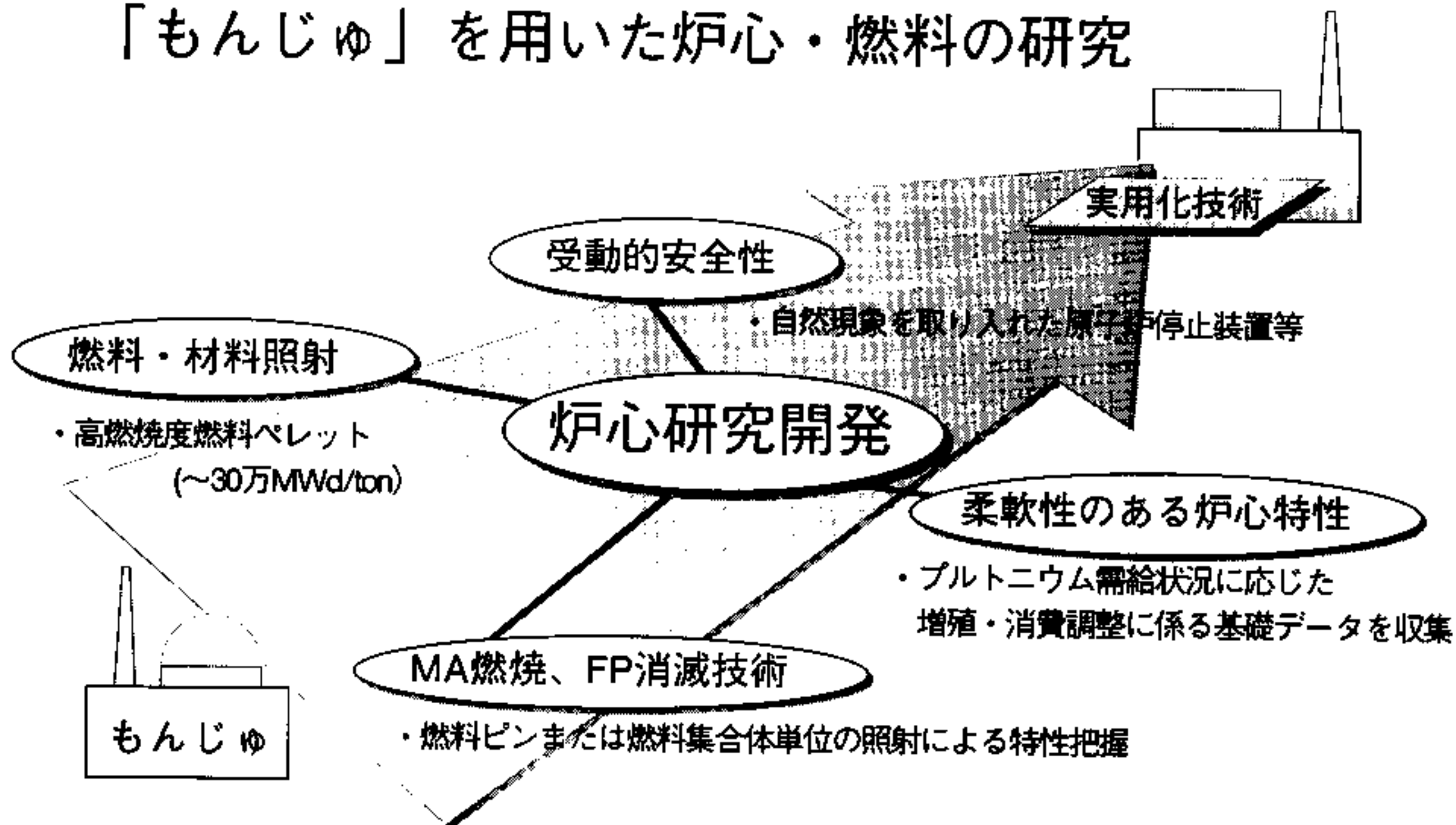
「もんじゅ」の運転と期待される成果



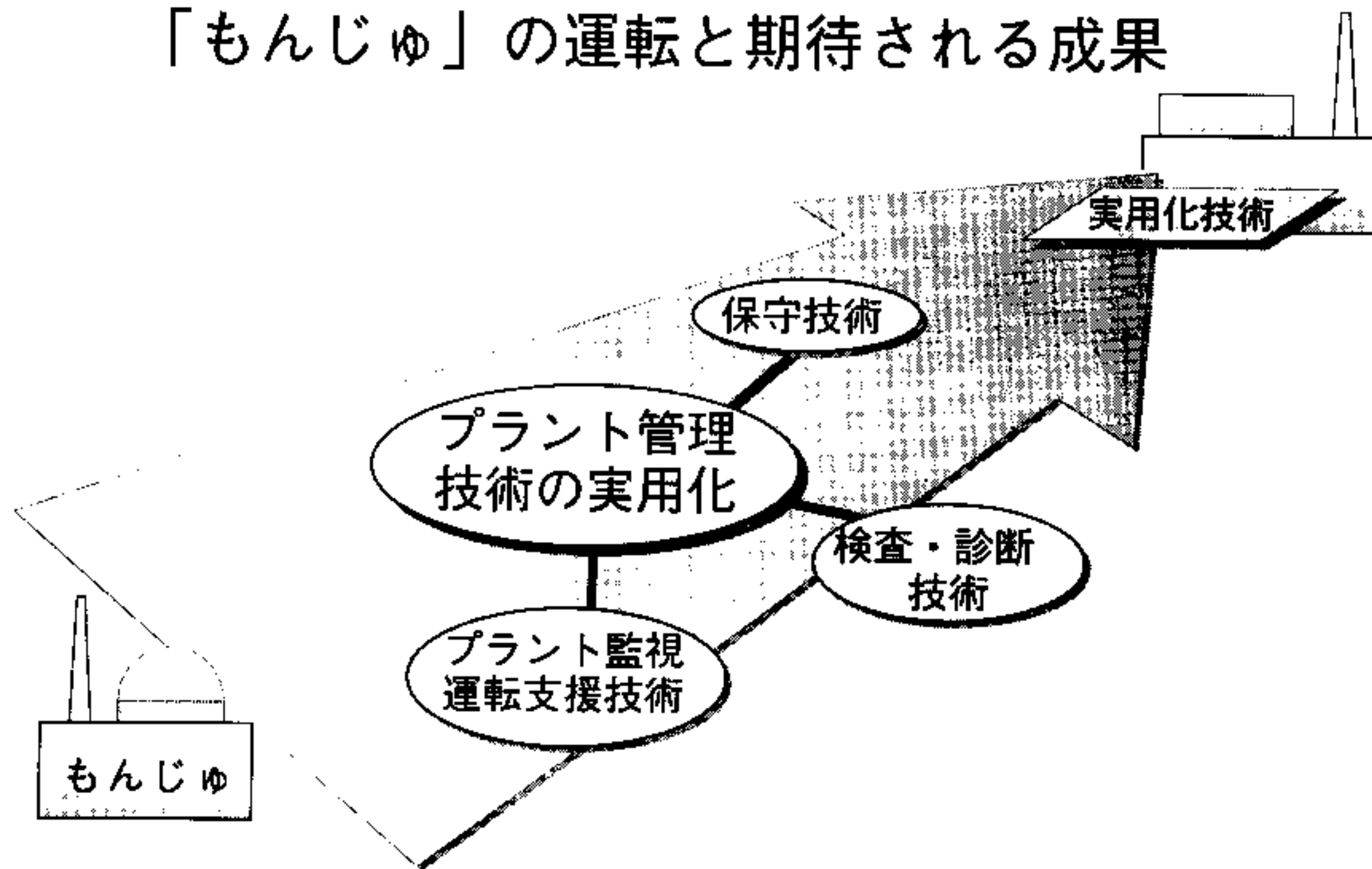
「もんじゅ」の運転と期待される成果



「もんじゅ」を用いた炉心・燃料の研究



「もんじゅ」の運転と期待される成果



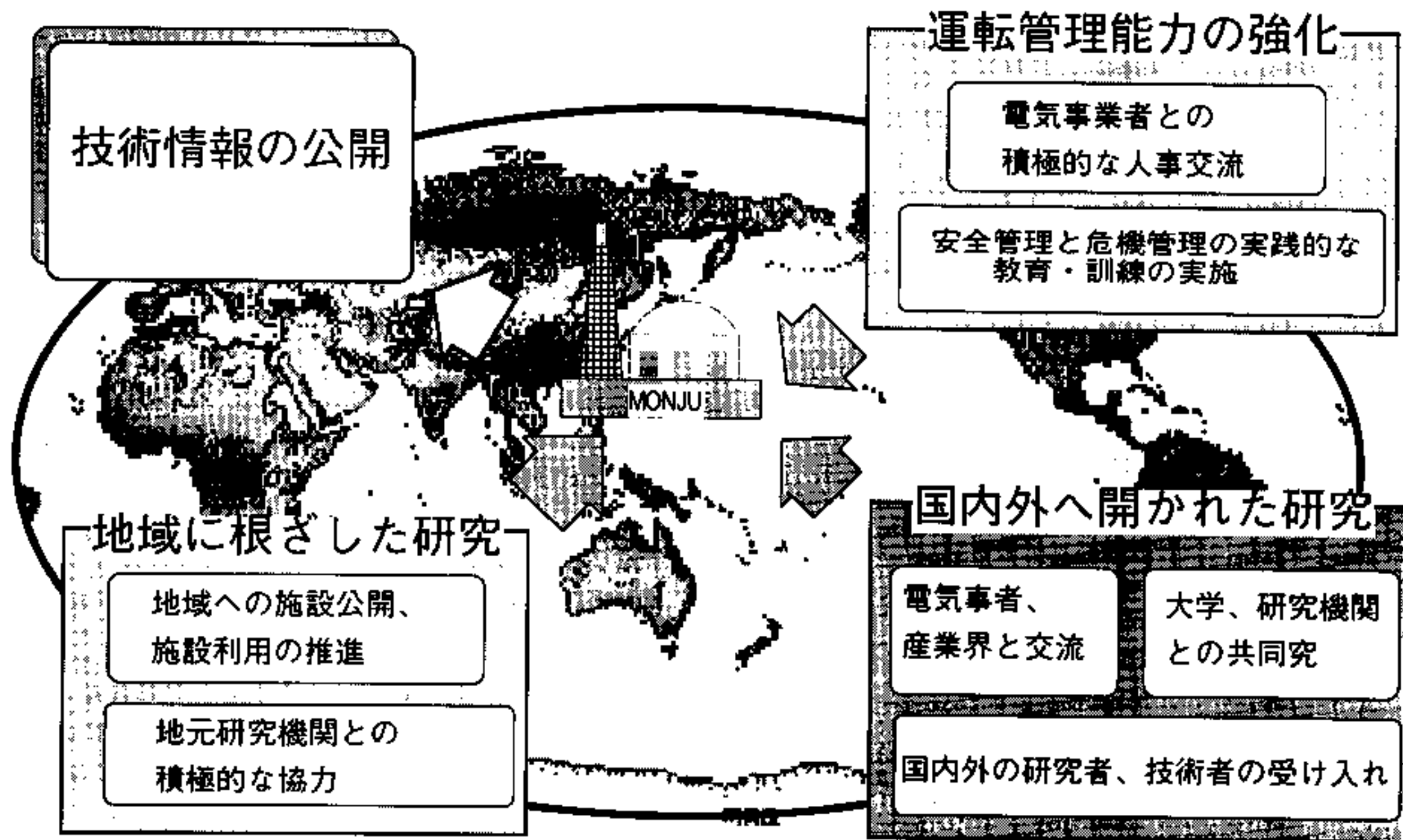
運営に当たっての考え方

(1) 信頼される運転を目指して

- 高いセイフティ・カルチャーを持つ職場風土の醸成
- 『「もんじゅ」＝研究開発段階の炉（商業用炉と異なる）』を再認識
 ↓
 慎重な運転管理
- 実施中の安全総点検結果を踏まえた、安全性の向上

(2) 開かれた運営

「もんじゅ」の開かれた運営



まとめ (1)

- 柔軟なPu燃料利用
高レベル廃棄物処分負荷の軽減
将来のエネルギー確保 など
 └ FBR = 将来における基幹エネルギー源の候補
- 「もんじゅ」の安全・安定運転
 └ FBR技術の信頼性を確立
 「もんじゅ」技術を集約して実用化技術へと発展
- 実用化へ向け各種の試験研究を着実に実施
 - ◎特に炉心技術の実用化研究
 - ・マイナーアクチニドの燃焼研究など

まとめ (2)

- 安全確保に万全を期し、
地元の皆様のご理解を得た上で、
 └▶ 性能試験を再開できることを望んでおります。
- 所要経費の削減に努め、
時代の要請に適合する研究開発を進め、
 └▶ 最大限の技術的成果が得られるよう努めます。
- 「もんじゅ」の運営
 - ・ 徹底した情報公開と共に、
 - ・ 国内外に開かれた研究施設として運営し、
 - ・ 地域にも、国際的にも評価される貢献を目指します。

「もんじゅ」における開発の概略スケジュール

