

分置

本資料は2001年7月31日付で
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

フロンティア材料研究基本計画書

1988年11月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター
フロンティア材料研究グループ

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。従って、その取扱いには十分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。



目 次

1. まえがき	1
2. フロンティア材料研究グループ人員構成	4
3. 研究の実施方策及び分担	4
4. フロンティア材料研究基本計画	5
I 耐ナトリウム性、耐放射線性新素材の開発	6
II FBR 構造材料の寿命・余寿命診断法の開発	10
III トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性材料の開発	15
IV 原子炉内計装用材料の開発	18
V 高性能遮蔽材の開発－金属水素化物等の開発	23
VI 高性能制御材の開発	27
VII 基盤材料データベース開発に関する調査研究	30
付 録	
1. 基盤技術開発の推進	34
2. フロンティア材料研究の概要	35

1. ま え が き

科学技術会議第11号答申では、従来のプロジェクト指向（ニーズ指向）の材料開発に加えて、シーズ探索型及びシーズ育成型と呼ばれる材料開発により、材料開発の基盤を強化し、ブレークスルーや創造的技術を生み出しやすい研究開発への転換を図ることを基本方針として打ち出している。

さらに、先般策定された「原子力開発利用長期計画」（昭和62年6月原子力委員会）において、これからの研究開発は、技術の芽の探索、体系的な研究開発の積み重ね等により大きな技術革新を引き起こし、ひいては科学技術全般への波及効果が期待される原子力のフロンティア領域といわれる創造的・革新的領域を重視し、基礎研究と研究開発プロジェクトとを結びつける基盤技術を推進するとの方針が示されている。その中で、共通基盤性の強い技術領域として、原子力用材料技術、原子力用人工知能技術、原子力用レーザー技術、及び放射線リスク評価・低減化技術を取り上げ、これらの技術開発を産学官の連携の下で効率的・計画的に推進することとしている。

このような新たな情勢に対応するため、原子力委員会基盤推進専門部会、材料分科会において、基盤材料技術開発の基本的考え方、視点、概念、研究課題、目標時期、効率的推進法、研究環境の整備等について審議され、報告（昭和63年7月）されている。ここでは、短期的に実現できる技術課題よりも21世紀の原子力技術体系にインパクトを与え、ひいては他の分野の材料技術開発への波及効果も期待できるものが積極的に取り入れられている。

従来のプロジェクト型から研究開発型への脱皮を中長期的に目指す動機にとって、上述の第11号答申並びに新原子力開発利用長期計画に対する対応を図ることは緊急課題である。そこで、昭和62年8月に社内に材料技術検討作業部会が組織され、材料シーズの開発、材料ニーズの発掘、材料解析評価技術の高度化並びに基盤材料データベースの整備を柱に、重要研究課題（ニーズ/シーズ）の抽出が行なわれた。審議結果は社内のフロンティア研究推進委員会に答申され、昭和63年3月に了承された。

本基本計画書は材料技術検討作業部会により抽出された重要研究課題の内、昭和63年度実施予算により実施が認められている研究課題7件について、昭和63年7月1日付で発足した大洗工学センターの「フロンティア材料研究グループ*」が作成したものである。本基本計画書に基づき、今後研究実施担当課室により実施計画書が作成され、各研究課題は実施に移される。

昭和63年度から実施予定の研究課題7件は以下のとおりである。

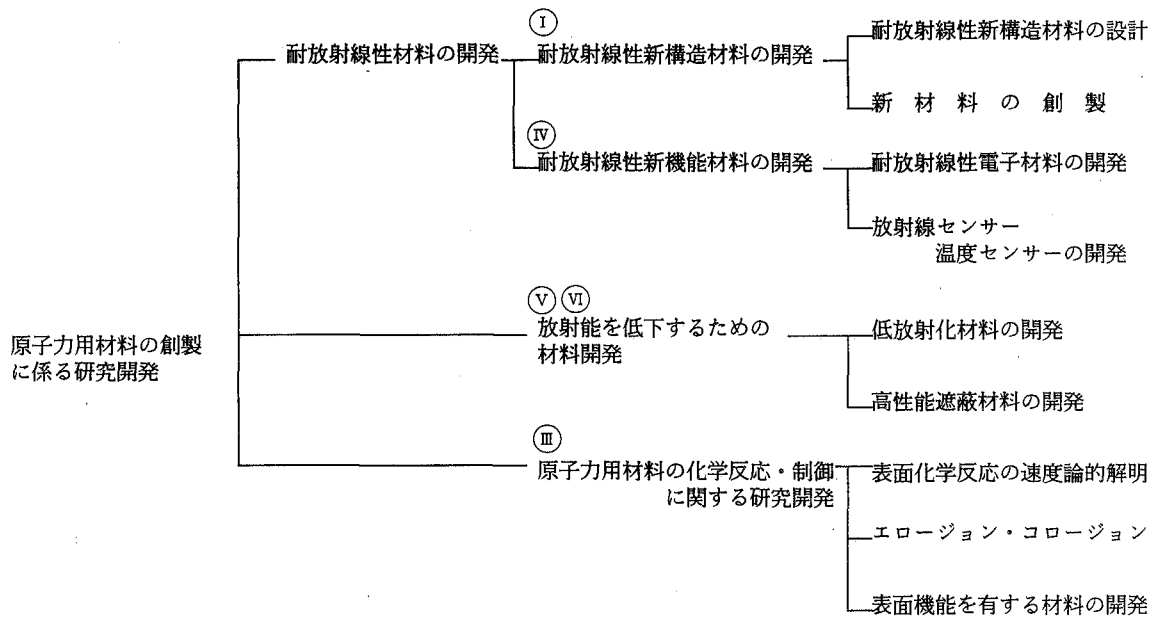
- I 耐ナトリウム性、耐放射線性新素材の開発
- II FBR構造材料の寿命・余寿命診断の開発
- III トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性材料の開発
- IV 原子炉内計装材料の開発
- V 高性能遮蔽材の開発－金属水素化物等の開発
- VI 高性能制御材の開発

*「フロンティア研究グループ（新材料研究担当）」を運用上「フロンティア材料研究グループ」とする。

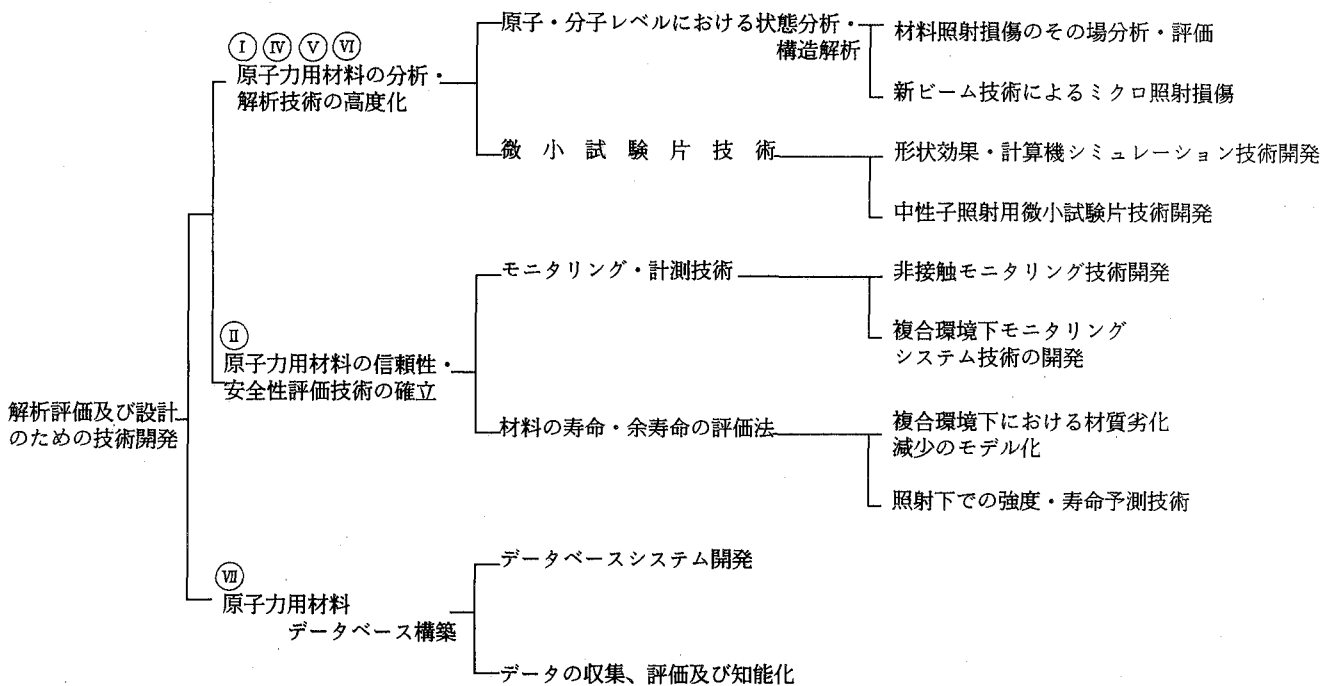
Ⅶ 基盤材料データベース開発に関する調査研究

図1には原子力開発利用長期計画で示されている原子力用材料技術についての重要研究課題の分類を示す。本図には大洗工学センターで着手する上記7件の研究課題が対応する分類箇所を番号で示した。

なお、本基本計画書は中長期的観点に立って推進しようとするものであり、実施期間は最長10年を想定したが、各年度における研究の進展及び2～3年単位のチェック&レビュー段階での研究の進展に伴って適宜見直すことが必要である。また、平成元年度以降新たに実施される研究課題については別途基本計画を作成する予定である。



原子力用材料開発の分類



新材料の開発を支える解析評価技術等

図1 原子力開発利用長期計画で示されている原子力用材料技術についての重要研究課題の分類

4. フロントィア材料研究基本計画

I. 耐ナトリウム性、耐放射線性新素材の開発

1. 研究目的：

本研究は、相安定性、高温強度、耐ナトリウム性、耐放射線性に優れた新素材開発の技術基盤の確立を図るとともに、FBR使用環境に最適な構造材料および機能材料（炉心材料を除く）として用いられる新素材を創製することを目的とする。材料解析にあたっては、マイクロ解析手段等により、ナトリウムによる表面科学反応ならびに γ 線、中性子線による放射線励起表面化学反応の素過程についてのメカニズムの解明を行い、新素材設計・創製に役立てる。

2. 研究目標：構造材料および機能材料用の新素材の開発目標を以下のように設定する。

- (1) 最高600℃の流動ナトリウム中で腐食および相変態等の化学的および金属組織学的変化が生じないこと。
- (2) 最高 $1 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ の中性子照射環境、または最高 $1 \times 10^{10} \text{ rad}$ の γ 線照射環境に耐えること。（照射前後で照射損傷による化学的性質の劣化、金属組織学的変化、寸法変化および機械的性質等の物性に変化が生じないこと。）
- (3) 最高600℃において十分な機械的性質および機能を有すること。
- (4) その他のFBR使用環境（例えば、ナトリウムリーク時に生じるアルカリ環境、運転に伴うプラントの振動、ナトリウム液面振動等）に耐えること。

なお、上記(1)～(4)に上げた項目のいずれかを満足する素材でも、FBRの特定部分の環境に適した性質を持つ素材は研究対象とする。

3. 背景及び効果

従来のFBRに用いられている構造材料は、他産業界で実績のあるものがベースとなっている。また、機能材料に関しては、ほとんど開発および使用実績がない。現状では、FBR用に開発された材料は、おもに火力ボイラおよび軽水炉等で開発された従来材をFBR使用環境に適するよう改良したもので、評価試験の実施が主体となっている。従って、FBRの安全性、信頼性および経済性は、使用する材料に支配されており、これらの性能の向上は、極言すれば、評価方法の高度化によってのみ可能となると言える。この方法では、FBRの性能を根本から改善し、かつ飛躍的に向上させることはできない。これを達成するためには、FBR使用環境に最適な新素材の創製が最も重要な解決方策の一つである。また、将来の原子力開発に資するため、新素材を創製するだけでなく、新素材開発の技術基盤を確立する必要がある。

一方、現在、産業界においては、新素材（例えば、セラミックス、複合材料、形状記憶合金、水素吸蔵合金、アモルファス合金、磁性材料、ポリマ、ハイブリッド材料、半導体材料、傾斜材料等）の創製が盛んに行われている。これらの新素材は、従来の材料にない優れた性質を有することから、様々な産業分野において、これを用いることにより、飛躍的な高性能化、高効率化および高信頼化が実現できると期待されている。

4. 研究課題：

(1) 新素材に関する調査

①新素材開発状況についての継続的情報収集

②本研究への適用性についての検討

(2) ナトリウム中および放射線照射下材料スクリーニング試験ならびに結果の評価

①第1次スクリーニング試験ならびに結果の評価

②第2次スクリーニング試験ならびに結果の評価

相安定性、耐食性、高温強度、ナトリウムによる表面化学反応ならびに γ 線、中性子線による照射励起表面化学反応の素過程についてのメカニズム解明

(3) 材料設計および新素材の創製

(2)、(3)を繰り返し、素材を絞り込む。

(4) 実用化検討

5. 想定している研究方法：

(1) 新素材に関する調査

①新素材開発状況についての継続的情報収集

現在さまざまな新素材が開発され一部市販されているが、その化学的組成、物理的性状、微視的構造、原子・分子結合状態、製造方法、加工方法、接合方法および適用例についてはまだ研究中のものがほとんどである。従って、これらの情報を常に調査し収集することが必要である。また、材料設計手法についても調査する。

②本研究への適用性についての検討

調査した情報、または簡単な試験（簡易スクリーニング試験）をもとに、適用性を検討する。これは、これらの試験の危険性（例えば、ナトリウムと激しく反応する場合等）、有意性（例えば、プラスチックは耐放射線性が悪いことは既知であり、照射試験は無意味であると判断できる場合等）、装置への影響（例えば、ナトリウム浸漬により、著しくナトリウム純度が低下し、ナトリウム精製装置の運転に支障をきたす場合等）を確認するためである。

(2) ナトリウム中および放射線照射下材料スクリーニング試験ならびに結果の評価

①第1次スクリーニング試験ならびに結果の評価

FBR用新素材として可能性のあるものを選択するため、第1次スクリーニング試験を行う。実施にあたっては、材料開発室で実施中のセラミックス等のナトリウム腐食予備試験の成果ならびにプラント安全工学室にて実施中のセラミックスライナ材開発試験の成果を参考としながら検討する。耐ナトリウム性については、材料に含まれる水分量を調査するとともに、ナトリウムとの反応性を簡単な浸漬試験で検討する。また、耐放射線性については、プラスチックが劣化する 10^6 rad程度の γ 線源を用いた簡単な照射試験を行って検討する。

②第2次スクリーニング試験ならびに結果の評価

FBR使用環境に近い条件もしくは実使用環境中でナトリウム浸漬試験および中性子

照射試験を行い、新素材の特性を評価する。また、新素材の設計に必要なデータを取得する。

同時に、相安定性、耐食性、高温強度、ナトリウムによる表面化学反応ならびに γ 線、中性子線による照射励起表面化学反応の素過程についてのメカニズム解明を行う。

なお、必要に応じて新規に材料試験装置および材料解析評価装置の導入を図る。

(3) 材料設計および新素材の創製

スクリーニング試験の評価結果から、目標値を達成できる構造材料および機能材料を設計し、新素材を創製する。

(2)、(3) を繰り返し、素材を絞り込む。

なお、新素材の創製に際しては、必要に応じて新規に試作用装置類の導入を図る。

(4) 実用化検討

FBR使用環境中で、または模擬された状態で試験を行い、実用化について検討する。

なお、本研究は科学技術庁が推進する原子力基盤クロスオーバー研究についての「原子力極限環境材料の開発に関する研究－中性子照射下、新素材の腐食現象に関する研究」の一環として他機関との研究交流を含め推進する。

6. 研究スケジュール：

項目	年度											
	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
新素材に関する調査	新素材の開発状況に関する継続的情報収集											
	適用性の検討											
	基礎試験											
スクリーニング試験	第1次スクリーニング試験 (耐Na性、耐γ線性試験)											
材料設計及び創製	第2次スクリーニング試験 (耐Na性、耐中性子線性試験)											
	材料設計及び創製											
	スクリーニング試験											
実用化検討	材料設計及び創製											
	スクリーニング試験											
	実用化検討											
チェック&レビュー		△ 1次		△ 2次				△ 3次		△ 4次		

チェック&レビュー：それまでに得られる研究成果をもとに、その後の研究実施の是非、研究内容、スケジュール等を判断する。

7. 依頼元及び担当者：

フロンティア材料研究グループ 加納茂機、森川 智、○上野文義
(○印：主担当)

8. 実施希望課室：材料開発室（耐ナトリウム性試験）

燃料材料開発部（照射試験および照射後試験）

実験炉部（「常陽」での照射試験）

9. 予算項目及び金額（単位千円）：

昭和63年度実施予算 10,000

II. FBR 構造材料の寿命・余寿命診断法の開発

1. 研究目的：

本研究は、FBR 使用環境における構造材料の寿命・余寿命診断法の技術基盤の確立を図るとともに、FBR の合理的運転・保守管理計画に反映することを目的とする。

2. 研究目標：

平成 10 年度までに FBR 構造材料の寿命・余寿命診断技術（劣化度データ整備、モニタリング・計測技術、欠陥評価技術、解析技術等）を実用化の見通しを示し、「常陽」および「もんじゅ」の運転・保守管理計画に反映することを目標とする。研究対象となる材料は、FBR 実機模擬材、「常陽」の実機材、「常陽」および「もんじゅ」のサーベイランス材、「常陽」で照射される「もんじゅ」サーベイランスバックアップ材および実証炉 R & D 材とする。

3. 背景及び効果：

火力および原子力（軽水炉）発電プラント等の高温高圧環境にある機器の寿命・余寿命診断技術に関する研究開発は、構造材料の信頼性評価技術の中で、近年特に世界的な関心事となっている。これは、これらの機器の予期せぬ破損事故が、人命および社会に多大な損失を与えかねないためだけでなく、寿命・余寿命を的確に把握して機器の安全性、信頼性および経済性の維持・向上を図ることが今日の社会的・経済的環境の中で重要かつ緊急の課題となっているためである。

また、1990 年代には、設計寿命を迎える発電プラントが出はじめ、それ以後増加の一途にあることは周知の事実であることから、寿命・余寿命診断は不可避の命題であると言える。

新型動力炉においては、FBR 実験炉「常陽」（設計寿命 15 年）が最初に設計寿命を迎えるため、この時期には運転継続の是非を判断するため、寿命・余寿命診断を行う必要がある。また、FBR 原型炉「もんじゅ」が平成 4 年度に臨界達成後発電運転される予定であり、運転効率の向上を図る上で、合理的な運転・保守管理計画（プラントの点検頻度の合理化、機器部品類の交換頻度の合理化および適性化、補修時期の判定、定検期間の短縮、プラントの機器部品の長寿命化等）の作成が必要となる。

4. 研究課題：

研究開発にあたっては、プラント運転、材料、計測、構造解析、システム設計等の技術者が有機的に組織化されることが必要である。

- (1) 現状技術調査
- (2) 上記調査結果の FBR への適用性の検討
- (3) クリティカル機器・設備の選出・分類
- (4) 長時間使用機器・材料の劣化度データの整備
- (5) 非破壊モニタリング、計測技術の開発および検出精度の向上
- (6) 欠陥評価法の開発

- (7) 解析技術の高度化
- (8) FBR使用環境における構造材料の寿命・余寿命診断法の確立

5. 想定している研究方法：

(1) 現状技術調査

現在火力プラントおよび軽水炉等で実施されている研究開発の現状を外部機関との交流等を通じて調査する。

(2) 上記調査結果のFBRへの適用性の検討

FBR特有の運転条件に起因する機器・材料の劣化特性（クリープ、疲労、クリープ疲労、熱時効による鋭敏化、金属間化合物等の析出、ナトリウム腐食、質量移行、中性子照射損傷、摩擦・摩耗等）を考慮し、現状技術のFBRへの適用性を調査・検討する。

(3) クリティカル機器・設備の選出・分類

「常陽」の構造材料を対象に、供用年数、機器部品の交換の容易性、交換期間、定検期間、作業員の被ばく線量等により分類し、寿命・余寿命診断上重要となる機器・設備を選出・分類する。

(4) 長時間使用機器・材料の劣化度データ（プラント機器の劣化・故障データ、プラント運転による材料劣化のデータ等）の整備

火力プラントおよび軽水炉等で得られた劣化データおよび故障データ、さらに、FBR研究開発用模擬材を使用したデータ、「常陽」および「もんじゅ」に装荷されるサーベイランス材、「常陽」で照射される「もんじゅ」サーベイランスバックアップ材および実証炉R&D材による中性子照射損傷等のデータを収集し整備する。

なお、必要に応じて、新規に材料解析評価装置類の導入を図る。

(5) 非破壊モニタリング、計測技術の開発および検出精度の向上

機器・材料の劣化（鋭敏化および析出物の生成等の金属組織学的変化、クリープポイドの生成、欠陥の有無、照射損傷等）の程度を定量化する非破壊モニタリングおよび計測技術のうち、FBR使用環境に適した技術を開発するとともに、精度の向上を図る。実施にあたっては、現在火力プラントおよび軽水炉等を対象に研究開発が進められている、レプリカ法、電位差法、渦電流法、硬さ法、AE法、結晶粒形状変化による方法等を参考とする。同時に、実機プラントへの適用の容易性、および「もんじゅ」用のISI手法開発試験の成果の利用を考慮する。

(6) 欠陥評価法の開発

製作段階または使用中に発生した機器・材料中の欠陥の成長挙動を評価する方法を開発する。現在、FBR大型炉プロジェクトに関連して、材料室および構造室で実施中の試験・解析により得られる成果を利用する。

(7) 解析技術の高度化

応力・ひずみ履歴解析、き裂進展解析、中性子照射損傷解析等を高度化し、機器・材料の寿命予測精度を向上させるとともに、設計時の余裕度の適性化を達成する。現在、FBR大型炉プロジェクトに関連して、材料室および構造室で実施中の解析技術の高度化

作業により得られる成果を利用する。

(8) FBR使用環境における構造材料の寿命・余寿命診断法の確立

開発された各技術を有機的に結合させ、寿命・余寿命診断法として確立させる。

図1に開発試験の全体フローを示す。

6.研究スケジュール：

項目 \ 年度	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
材料劣化度データ整備	← 長時間仕様機器・材料の劣化度データ整備 →											
診断法の調査	← 現状技術調査 →		← FBRへの適用性検討 →		← クリティカル機器・設備の選出・分類 →							
スクリーニング試験			↑ 手法の1次選定									
選定された診断法の フィージビリティスタディ			← 非破壊モニタリング・計測技術の開発、検出制度の向上 →									
			← 欠陥評価法の開発 →									
			← 解析技術の高度化 →				↑ 手法の2次選定					
実用化研究								← FBR使用環境における構造材料の 寿命・余寿命診断法の確立 →				
チェック&レビュー			△ 1次	△ 2次			△ 3次	△ 4次				

チェック&レビュー：それまでに得られる研究成果をもとに、その後の研究実施の是非、研究内容、スケジュール等を判断する。

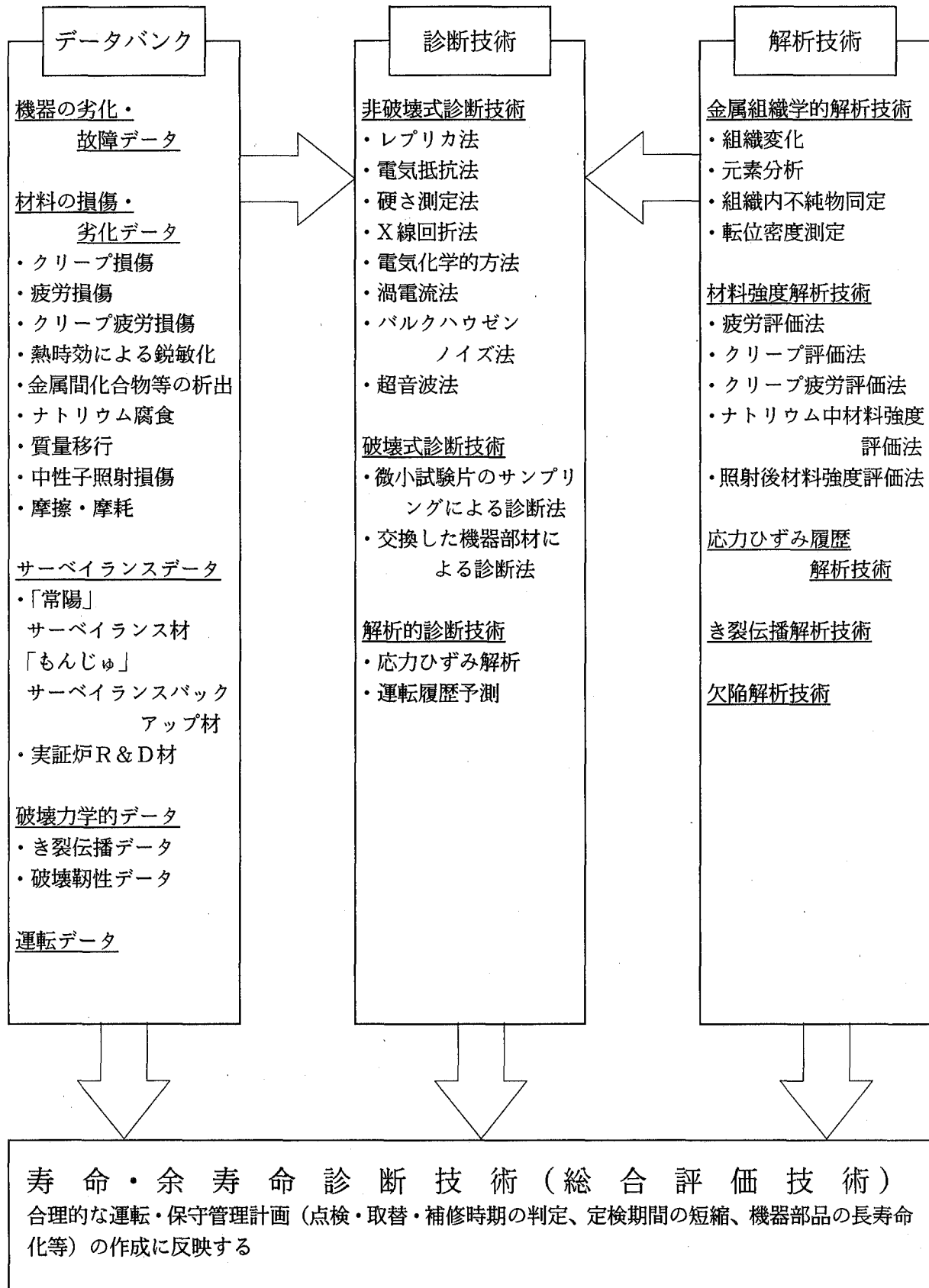


図1 開発試験の全体フロー

7. 依頼元及び担当者：フロンティア材料研究グループ

加納茂機、小山真弘、○上野文義（○印：主担当）

8. 実施希望課室：材料開発室、燃料材料開発部および実験炉部

9. 予算項目及び金額（単位千円）：

昭和63年度実施予算

10,000

Ⅲ. トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性材料の開発

1. 研究目的：

本研究では①水素、トリチウムの化学的特性を活して、水素同位体を単独で分別できる捕獲貯蔵材、並びに ②ナトリウム及び高温水・蒸気中で、水素の発生が少なく、高い耐食性を有し、水素・トリチウムに対し非透過性の構造材料、又は長期間の廃棄物容器壁の開発を、現在発展しつつある新材料、高度複合技術を駆使して進める。

2. 研究目標：材料創製の目標を以下のように設定する。

- (1) 高温ナトリウム中及び高温水・蒸気中で腐食、水素発生及び相変態等が生じないこと
- (2) 高温ナトリウム中から高効率、高容量でトリチウム、水素を捕獲貯蔵できること
- (3) 高温ナトリウムと高温水・蒸気中で水素、トリチウムに対し優れた非透過性を有すること
- (4) 放射性廃棄物を極力少なくできること

3. 背景及び効果：

核分裂炉、核融合炉において発生するトリチウムは水素の同位体で、容易に鋼材中を拡散・透過するので、プラント全領域及び環境の汚染を引起す可能性がある。高速増殖発電炉の場合トリチウムは、蒸気発生器の水側腐食で発生し、伝熱管壁を拡散してナトリウム冷却材中に移行する発生期の拡散性水素と密接に関連した挙動を示し、水素と共にコールドトラップに蓄積する。このためコールドトラップの運転寿命は水素化物の蓄積により決定され（「もんじゅ」の場合、約3年で交換する必要があるとされている）、しかもこれは長半減期の放射能であるトリチウムにより汚染されているので、大量の放射性廃棄物の発生をもたらすことになる。

本研究はこうした背景に鑑み実施するものであり、トリチウム・水素捕獲貯蔵材並びに水素非透過性材料の開発はシステム並びにバリアでのトリチウム、水素挙動現象の解明に基づきながら進める必要がある。これ等の研究開発により、トリチウム汚染拡大防止とコールドラップ寿命を飛躍的に延ばし、運転安全性の向上とコスト低減をもたらすことができる。

なお、本研究は核融合炉等におけるトリチウム制御及び汚染防止にも役立つ基盤技術としての波及効果が期待できる。

4. 研究課題：

- (1) トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性新素材及び捕獲貯蔵法の調査
- (2) システムとバリアでのトリチウム、水素挙動の解明及び解析コードの整備
- (3) 低濃度トリチウムオンライン測定システムの開発
- (4) ナトリウムと高温水・蒸気中材料スクリーニング試験（素材の成立性）
共存性、捕獲貯蔵メカニズムの解明、捕獲貯蔵効率、非透過率等
- (5) 新素材設計及び新素材の創製
(4)、(5)を繰返し、素材をしぼり込む

(6) 捕獲貯蔵並びに非透過システムの設計検討

(7) 実用化検討

素材の長時間安定性、捕獲効率、貯蔵容量

貯蔵システムの検証（性能と効果、運転性、安全性）

5. 想定している研究方法：

(1) トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性新素材及び捕獲貯蔵法の調査

外部機関（国研、大学、素材メーカー等）との交流を含めた調査研究を行う。

(2) システムとバリアでのトリチウム、水素挙動の解明及び解析コードの整備

システムとバリアでの挙動解明のために必要とされる調査、試験をプラント、試験装置を利用して実施するとともに、計算機ソフト会社の協力も得て解析コードを整備する。必要に応じて、装置の新設・改造を行う。

(3) 低濃度トリチウムオンライン測定システムの開発

上記（2）の試験とリンクさせながら測定技術を開発、確立する。

(4) ナトリウムと高温水・蒸気中材料スクリーニング試験

既存の素材（例えば、水素吸蔵合金としての希土類合金、Ti合金、Mg合金、及びアモルファス合金、無機化合物等－（5）の2次スクリーニング試験以降は新素材）について、ナトリウム中及び高温水・蒸気中における材料試験を行い、共存性、相安定性の評価、捕獲貯蔵メカニズムの解明、捕獲貯蔵率及び容量特性並びに非透過率等の測定を行う。これらの成果にもとずき、トリチウム、水素捕獲貯蔵並びに非透過性材料の最適成分及び最適構造系についての知見を得る。なお、必要に応じて装置の新設・改造を行う。

(5) 新材料設計及び新素材の創製

上記、スクリーニング試験により得られた知見をもとに新素材を設計、製作し、ナトリウム中スクリーニング試験を行う。以下4）及び5）を繰り返すことにより最適素材のしぼり込みを行う。

(6) 捕獲貯蔵並びに非透過システムの設計検討

外部機関（国研、大学、素材メーカー等）との交流を含めた設計検討を行う。

候補となる捕獲貯蔵システムとしてはトリチウム、水素のゲッター材（吸収材）の単一系、あるいは分離隔壁を有する貯蔵材の複合系が考えられる。分離隔壁としては拡散分離金属膜、プロント伝導材を用いた電気化学的ケミカルポンプとして働く隔壁等が考えられ、これらの可能性について設計検討を行う。

また、抑制システムとしては耐食性が高く発生期水素を根本的に低減でき、表面にトリチウム、水素の拡散障壁あるいは抽出分離機能を複合して組込んだシステム等の設計検討を行う。

なお、必要に応じて、システムの設計、試作とともにフィージビリティスタディを行う。

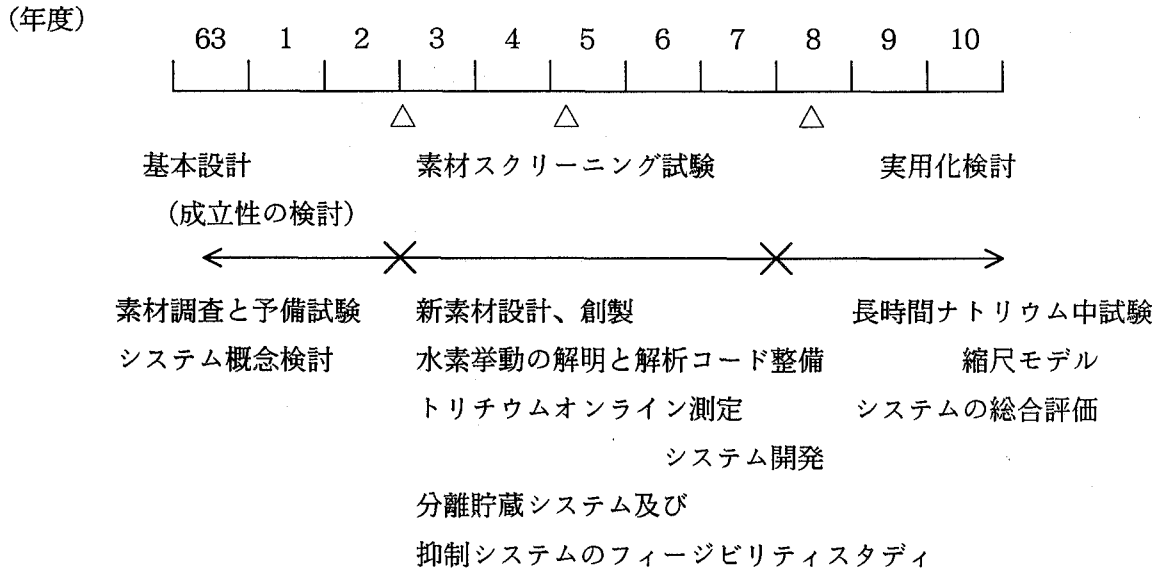
(7) 実用化検討

上記（5）によりしぼりこんだ素材を包含し、上記6）で検討した捕獲貯蔵システム及び抑制システムについて、試験を通じ、素材の長時間の安定性、捕獲効率・貯蔵容量の把握並

びに性能と効果、運転性、安全性の検証を行ない、総合評価することにより、実用的システムとして確立する。

なお、試験に際しては、実機規模へのシミュレーションが可能な縮尺モデルを設計、製作すべきものと思われる。

6. 研究スケジュール：



△ チェックアンドレビュー：それまでに得られる研究成果をもとに、その後の研究実施の是非、研究内容、スケジュール等を判断する。

7. 依頼元及び担当者：

フロンティア材料研究グループ、○加納茂機、上野文義（○印：担当者）

8. 実施希望課室： 機器構造開発部 材料開発室

9. 予算項目及び金額（単位千円）：

昭和63年度実施予算 10,695

IV 原子炉内計装用材料の開発

1. 研究目的：

本研究では高速炉内においても長期間、計装材料としての性能が劣化しない（あるいはその性状が向上する）計装材料の開発を行う。

開発対象とする原子炉内計装材料としては以下のものを挙げる。

- (1) 歪測定差動トランス
- (2) 超高温用熱電対
- (3) オフライン温度モニター
- (4) 中性子束測定用センサー
- (5) オフライン荷重センサー

2. 研究目標：

開発目標を以下のように設定する。

- (1) 歪測定差動トランス
 - ①中性子照射、高温ナトリウム環境および長時間使用におけるドリフトを5%以内とする。
 - ②直径10mm φ、長さ100mm以下の小型化を目指す。
- (2) 超高温用熱電対
 - ①精度は±1%以内とする。
 - ②使用温度は2000～2700℃とする。
 - ③使用時間は200時間以上とする。
- (3) 形状記憶合金オフライン温度モニター
 - ①精度は±5%以内とする。
 - ②使用温度は370～700℃とする。
- (4) 中性子束測定用センサー
 - ①中性子エネルギー 10^{-9} ～ 10^2 MeVの範囲を測定対象とする。
 - ②中性子照射量 3×10^{23} n/cm²を測定可能とする。
- (5) オフライン荷重センサー
 - ①炉内での環境における精度は±10%以内とする。
 - ②使用温度は370～700℃とする。

3. 背景及び効果：

高速実験炉「常陽」のように将来炉の燃料・材料を照射する原子炉において、炉内の状況を正確に把握することは、運転、試験、保守、設計および余寿命評価等の面からも、安全性の面からも重要なことである。

炉内の状況を把握するには、高性能の計装材料（センサー材料）の利用が必要であるが、高速炉内は高速中性子束、高温、ナトリウムという過酷な条件下となるため、その性状（測定精

度、感度、耐久性、機能等)を長期間保持する計装材料は現在のところ無い。本研究は、このような問題点を解決するため、高性能計装材料の開発を行うものである。

(1) の歪測定材については、照射リグ内における試験材の炉内クリープ歪を測定するための差動トランスの開発を行う。

(2) の超高温用熱電対については、高速炉燃料の照射挙動を明らかにするため、中性子照射下において、2000~2700℃の高温かつ長時間の使用に耐えることのできる熱電対を開発する。

(3) のオフライン温度モニター材は、燃料材料開発のための照射ベットとして最も重要な照射温度を精度よく測定するものである。従来の温度モニターは信頼性、取り扱い性および経済性について解決すべき課題が多く、これらの課題はいずれもモニター材本来の性質に由来するもので、解決できる見通しは今のところ立っていない。そこで、新たに温度モニターを開発する必要があり、温度モニター材の国内外の開発状況を調査した結果、温度変化に敏感でかつ高温で形状記憶効果を示す形状記憶合金を応用した温度モニター材の開発を行うこととする。

(4) の中性子束測定用センサー材は高速炉燃料や構造材料の長期照射挙動を評価する上で重要な中性子照射量を精度良く測定するものである。従来、照射量の測定は放射化箔法を採用してきた。しかし、照射中の飽和の補正等で多くの核データを使用するため評価上の誤差が大きくなる点や放射化物の取扱い上に問題が生じている。そこで、新手法として中性子照射による(n、 α)核反応に着目し、本反応に敏感な材料を開発・選定し、照射中に生成するHeガスを捕捉集積して定量分析した後、核データの内、反応断面積だけを用いて照射量に換算するHe集積型中性子束測定法を開発して照射試験の精度向上を図る。

(5) オフライン荷重センサー材については、高中性子束、高 γ 線レベル、高温ナトリウム環境にある高速炉炉心内の荷重をオフラインで測定する荷重測定素子を開発するものである。その測定原理は、弾性域が殆ど存在せず、且つ、荷重と塑性変形量に関し線形関係にある超塑性特性を利用し、測定素子の塑性変形量から素子に作用した荷重を得るものである。本センサーの材料には、上記特性を有するとされているオーステナイト系ステンレス鋼の焼結体金属を使用する。

4. 研究課題：

開発課題として以下のようなものがある。

(1) 歪測定差動トランス

- ①中性子照射下での材料特性変化の把握およびその改良
- ②使用温度の高温化および長寿命化
- ③小型化

(2) 超高温用熱電対

- ①充填材の高温における絶縁性の改善
- ②保護管の製管性、耐熱性の向上
- ③熱電対の製線性の改善

(3) 形状記憶合金温度モニター

- ①中性子照射下での材料特性変化の把握および耐中性子照射特性の改善

- ②加工・成型性の改善
- ③変態機構等金属組織学的な解明
- (4) 中性子束測定用センサー
 - ①中性子ドジメータ及び生成He捕捉キャプセルの開発・選定
 - ②集積捕捉Heガスの全量放出装置の開発
 - ③放出Heガスの絶対量分析装置の開発
- (5) オフライン荷重センサー
 - ①超塑性変形特性の把握
 - ②加工、成型性の改善
 - ③中性子照射下での材料特性変化の把握

5. 想定している研究方法：

(1) 歪測定差動トランス

既存の歪測定差動トランスの内、高速炉内で使用の可能性のあるものを調査、選定し、炉外評価試験を行う。その結果、使用可能と考えられるものの照射試験を行い、炉内で使用可能かどうか判断する。さらに、得られた試験結果に基づき、損傷メカニズム等を解明し、差動トランスの改良を行う。

(2) 超高温用熱電対

まず、充填材および保護管の材質調査、また、熱電対も含めて試作および炉外評価試験を行う。次に照射試験を行い、最終的な評価を行う。

(3) 形状記憶合金温度モニター

国内外で研究されている高温で変態が発生する形状記憶合金を調査し、その研究者との交流を通じて予備試験を実施する。その後炉外評価試験、照射試験を行い、最終的に温度モニターとして使用可能かどうかの判断を行う。

(4) 中性子束測定用センサー

中性子束測定用センサーは (n, α) 反応断面積が大で放射化量が小、かつ広いエネルギー範囲を包含できる材料の組合せとする。現在Al、Be、B及びこれらの化合物等が有力な候補材である。キャプセル材は反応断面積、放射化量及びHeの透過率が小さく、成形加工性に優れ炉内照射場で健全な材料を開発・選定する。また生成したHeガスの定量分析に必要な装置を開発する。分析の前処理としてドジメータ封入キャプセル中の集積捕捉Heガスを全量放出させる装置が必要であり、レーザーあるいは誘導加熱法を用いキャプセル毎瞬時に溶融する方法を検討する。放出した微量Heガスを精度良く分析できる測定システムを開発する。センサー材及び測定システムの特性を把握し、最終的には炉内の中性子照射量を評価する。

(5) オフライン荷重センサー

炉内荷重測定素子としての成立性を確認するため、超塑性変形特性を有するといわれているオーステナイト系ステンレス鋼の焼結体金属を利用し、焼結体金属（パッドとして使用）の粒度、大きさ、形状をパラメータとした荷重一変位特性試験を実施する。また、照射

試験を行い、材料特性の評価を行う。これらの結果に基づき、焼結体パッド付き炉心構成要素の設計、製作を行い「常陽」の炉内試験により、最終的な評価を行う。

6. 研究スケジュール：

	63	1	2	3	4	5
歪測定差動トランス	調査・選定	炉外評価試験	照射試験	照射後試験	C & R	炉内使用
			▲ C & R			▲
超高温用熱電対	材質調査	試作	炉外評価試験	照射試験	照射後試験	C & R
				▲ C & R		▲
形状記憶合金モニター	調査予備試験	炉外評価試験	照射試験	照射後試験	C & R	炉内使用
			▲ C & R		▲	
中性子束測定用センサー	センサー、キャプセル 選定・試作	照射試験	照射試験 特性試験	照射試験	照射試験 特性試験	炉内使用
	He分析装置 の試作	He分析装置 の試作		▲ C & R	測定システム 製作	▲ C & R
オフライン荷重センサー	調査、選定	焼結体パッド の設計、製作	焼結体パッド 付き炉心構成 要素の設計	焼結体パッド 付き炉心構成 要素の製作	炉内試験	炉内試験の 評価
		↓ 荷重-変位 特性試験 ↓ 材料照射試験	↓ 材料照射後 試験、評価			

C & R：チェック&レビュー

それまでに得られた研究成果をもとに、その後の研究実施の是非、研究内容スケジュール等を判断する。

7. 依頼元及び担当者：

フロンティア材料研究グループ ○小山 真弘、森川 智 (○印：主担当)

8. 実施希望課室：

実験炉部、照射課、技術課

燃料材料開発部、燃料材料技術開発室、照射材料試験室

機器構造開発部、材料開発室

9. 予算項目及び金額：

(1) 歪測定差動トランス

昭和63年度実施予算 0 0

(2) 超高温用熱電対

昭和63年度実施予算 10,090千円

(3) 形状記憶合金温度モニター

昭和63年度実施予算 10,500千円

(4) 中性子束測定用センサー

昭和63年度実施予算 3,000千円*1)

*1)：ドジメータ購入費（定常経費）で実施。

(5) オフライン荷重センサー

昭和63年度実施予算 1,000千円

V 高性能遮蔽材の開発—金属水素化物等の開発—

1. 研究目的：

本研究では、高温で安定な革新的金属水素化物及びそれらを包むバリアー材等を創製し、大型炉や各種新型原子炉の遮蔽体に適用することを目的とする。

2. 研究目標：

創製すべき金属水素化物は、次の条件で使用可能なものを目標とする。

- ・最高使用温度 700℃
- ・最大中性子照射量 10^{23}n/cm^2 (全エネルギー)
- ・最高使用期間 30年

このために要求される性能としては、以下の項目がある。

- ・高温において水素解離圧が十分低いこと。
- ・寿命末期まで安定(耐照射損傷性、耐ナトリウム性等)であり、信頼性が高いこと。
- ・安全評価(事故時等)に十分耐えられる物質構造であること。
- ・実用化が期待でき、経済的に成立可能であること。

3. 背景及び効果：

従来原子炉容器内炉心周りの遮蔽体として、ステンレス系遮蔽体が用いられているが、炉心のコンパクト化、設計の合理化を図りFBRの経済性を飛躍的に向上させるためには、遮蔽性能に優れた遮蔽体材料の開発が必要である。

中性子散乱断面積が大きく、中性子減速材として優れた核特性を示す物質として金属系水素化物があげられる。水素を多量に吸蔵した金属系水素化物は従来材である B_4C 、黒鉛よりも高速中性子に対し優れた中性子減速性能を有するため、中性子吸収面積の大きい B_4C と組み合わせることにより、大幅な炉心のコンパクト化が期待できる。

4. 研究課題：

(1) 金属系水素化物の開発

- ・材料調査と選定
- ・遮蔽核特性評価
- ・合金設計、試作
- ・炉外特性評価

(2) バリアー材の開発

- ・材料調査と選定
- ・合金設計、試作
- ・炉外特性評価(耐水素透過性試験、ナトリウム共存性試験、金属水素化物との共存性試験)

(3) 革新的セラミック複合系金属水素化物の開発

- ・ニューセラミックス系複合化材料の調査
- ・複合金属水素化物の設計・試作
- ・炉外特性評価（耐水素透過性試験、ナトリウム共存性試験）

(4) 照射試験、評価

(5) 総合評価と実用化検討

5. 想定している研究方法：

(1) 金属系水素化物の開発

遮蔽核特性上有望と推定される各種金属系水素化物 Zr-H系、Ti-H系、希土類-H系及びそれらの合金系について広範囲にサーベイし、試作するとともに、水素の解離圧測定を主とした炉外評価試験を実施する。試作を繰り返すことにより約700℃で安定な金属水素化物を開発する。

(2) バリヤー材の開発

一般に金属系水素化物は常に水素の解離圧と平衡しているため、水素を冷却材中に放出しないためのバリヤー材の開発が金属系水素化物の開発とともに重要となる。

そこで、水素を透過しにくい黒鉛系、金属系等の材料調査を行うとともに、候補材の炉外試験により水素透過速度の測定、表面化学反応を含めた環境効果確認試験等を実施し、改良試作を繰り返すことにより高性能バリヤー材を開発する。

(3) 革新的セラミックス複合系金属水素化物の開発

高性能金属水素化物としてニューセラミックス複合系金属水素化物ペレットの試作を実施する。試作では最先端コーティング技術、成形加工技術（CIP、HIP）等を利用する。

試作材は多層バリヤーとし、Naとの表面化学反応を検討するとともに、水素化物系以外の遮蔽材との複合化も試みる。なお、本研究は科技庁が推進する原子力基盤クロスオーバー研究についての「原子力極限環境材料の開発に関する研究—中性子照射下、新素材の腐食現象に関する研究」の一環として他機関との研究交流を含め検討する。

(4) 照射試験、評価

上記（1）～（3）にて試作開発された有望材料は「常陽」にて照射し、照射下での挙動を調べ、照射励起表面化学反応の素過程を把握するとともに、健全性を評価する。必要に応じて各種装置の導入を検討する。

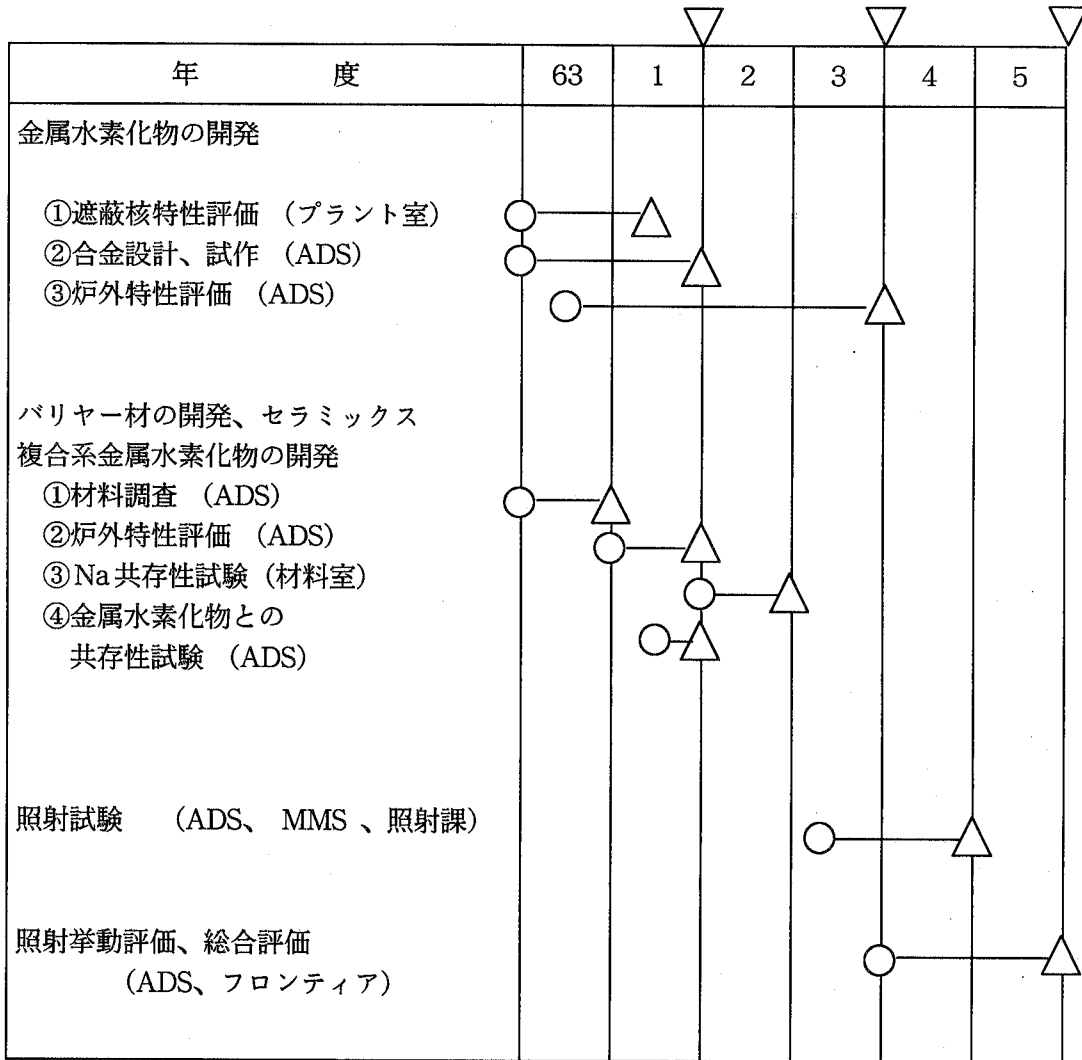
(5) 総合評価と実用化検討

照射下での性能が確認できた開発材について、プラント設計側からの評価を加え、実用化のための検討を実施する。各開発材について各種特性評価、経済性評価等を実施し、ブレークスルーが可能な革新的水素化物等については実用化に備えるものとする。

6. 研究スケジュール：

燃料材料開発部を開発実施主体とし、遮蔽核特性評価はプラント工学室が行うものとする。
Naとの共存性試験は材料室が、照射試験は照射課が担当するものとする。
開発スケジュール等を表1に示す。

表1 実施スケジュール



▽チェック&レビュー：それまでに得られる研究成果をもとに、その後の
研究実施の是非、研究内容、スケジュール等を判断する。

7. 依頼元及び担当者：フロンティア材料研究グループ 小山真弘、○野村茂雄 (○：主担当者)

8. 実施希望課室：燃料材料開発部 燃料材料技術開発室 照射材料試験室
技術開発部 プラント工学室
機器構造開発部 材料開発室
実験炉部 照射課

9. 予算項目及び金額（単位千円）：

昭和63年度実施予算

7,745（含む開発予備費3,000）

VI 高性能制御材の開発

1. 研究目的：

本研究では照射励起反応の素過程についてのメカニズムの解析を通じ、従来のB₄C制御材の改良を行うとともに、希土類元素及びその化合物等の新しい高性能制御材の開発を実施する。

2. 研究目標：

高速炉の高性能制御材は、以下の条件を満たすものを目標とする。

- ・速中性子吸収断面積が現用B₄C程度に大きいこと。
- ・反応度値の低下が少なく、長寿命化が期待できること。
- ・炉内条件下において寸法変動等が少なく、長期間安定（耐スエリング性、高靱性等）であること。
- ・熱伝導率がよく、溶融等に対する裕度が十分あること。
- ・被覆材及びNaとの両立性が良いこと。
- ・安全評価に十分耐えられること。
- ・実用化が期待でき、経済的に成立可能なこと。

これら諸条件を満足できる革新的制御材を創製することにより、高速炉、特に制御棒の寿命を大幅に延長することを目指す。当面、クリアすべき照射条件は大型炉の条件が考えられ、中性子照射量： $2.3 \times 10^{23} \text{n/cm}^2$ 、被覆管温度：約650℃、使用期間：約4年を想定する。

3. 背景及び効果：

高速増殖炉の制御棒の寿命は、B₄C制御材（吸収材）のスエリング及び制御棒要素内圧の増加により制限され、現状約1年と短い。制御棒の大幅な寿命延長を図り、高速炉の経済性を飛躍的に向上させるためには、新しいタイプの制御材を創製する必要がある。

4. 研究課題：

- (1) B₄Cペレットの高性能化
 - ・改良型B₄Cペレット（微粒化B₄C、ソフト化B₄C等）の設計、試作
 - ・炉外特性評価
- (2) 新型制御材の開発
 - ・材料調査と核特性評価
 - ・新型制御材の設計、試作
 - ・炉外特性評価
- (3) 照射試験、評価
- (4) 総合評価と実用化検討

5. 想定している研究方法：

- (1) B₄Cペレットの高性能化

現用 B_4C ペレットは、スエリング発生に起因する ACMI (Absorber Cladding Mechanical Interaction) により寿命が制限されている。そこで ACMI 改善のため微粒化 B_4C 、メタル基 B_4C 等サーメット系のソフト化 B_4C 等を開発し、スエリングが発生してもペレットのクリープ現象によって ACMI 応力が容易に緩和できるようにする。

改良型 B_4C ペレットの設計、試作、さらには、特性評価のため炉外試験を繰り返すことにより、実用化のための課題を摘出する。

(2) 新型制御材の開発

希土類元素とその化合物、Ta、Hf、さらにはこれらの複合体等有望と考えられる新型制御材について、文献調査、核特性予備解析を行い、候補となり得る制御材を選定し、ペレット設計試作、炉外特性評価試験を行う。Eu はこれまで制御材として評価試験を実施した時期があった。最近、制御棒の長寿命化から Eu と遮蔽材とを組合せ、ワースを保ち、寿命を長くすることができることから Eu 等従来材も改めて見直すこととする。

現用 B_4C ペレット、さらには改良型 B_4C ペレットを上回る優れた特性を示す制御材をスクリーニング試験により絞り込み、革新的な高性能制御材実用化への道を探る。なお、本研究は科技庁が推進する原子力基盤クロスオーバー研究についての「原子力極限環境材料の開発に関する研究—中性子照射下、新素材の腐食現象に関する研究」の一環として、他機関との研究交流を含め検討する。

(3) 照射試験、評価

上記 1)、2) によって選定された有望試作材については、「常陽」における材料照射試験を実施し、スエリング、照射クリープ、さらには照射励起表面化学反応の素過程のメカニズム解明や照射下の安定性を現用 B_4C ペレットと比較検討する。必要に応じて各種装置の導入を検討する。

(4) 総合評価と実用化検討

照射試験結果を含めた総合評価を実施し、中性子照射環境と Na 環境が重畳した条件における挙動を明らかにし、高性能制御材の実用化のための各種特性評価、経済性評価等を行う。

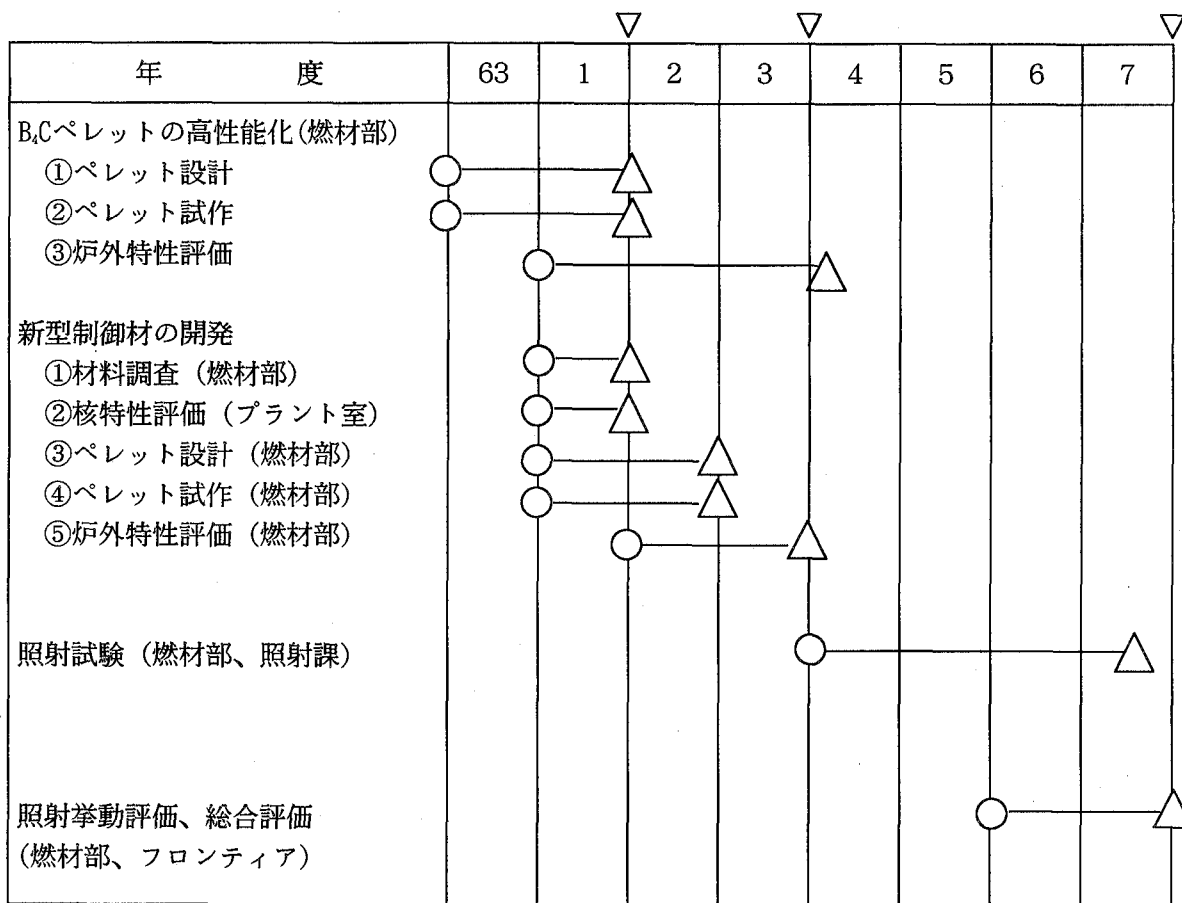
6. 研究スケジュール

燃料材料開発部を開発実施主体とし、炉内核特性の評価はプラント工学室が行うものとする。

また、照射は照射課が担当するものとする。

開発スケジュール等を表 1 に示す。

表1 実施内容、実施体制とスケジュール



▽チェック&レビュー：それまでに得られる研究成果をもとに、その後の研究実施の是非、研究内容、スケジュール等を判断する。

7. 依頼元及び担当者：フロンティア材料研究グループ 小山真弘、森川智、○野村茂雄
(○：主担当)

8. 実施希望課室：燃料材料開発部 照射材料試験室、燃料材料技術開発室
技術開発部 プラント工学室
実験炉部 照射課

9. 予算項目及び金額(単位千円)：
昭和63年度実施予算 4,935

VII 基盤材料データベース開発に関する調査研究

1. 研究目的：

原子力用材料は、広く原子力の各分野に使用され、原子力施設の性能向上にブレークスルーを起こすことが期待されるとともに、宇宙用等極限状況における利用への適用も期待される。

国の研究機関においては、原子力分野における材料研究成果が幅広く蓄積されてきている。これら研究成果を新材料設計等材料基盤技術の効率的推進に役立てるとともに、成果の幅広い普及のためには、データベースの構築が不可欠である。このデータベースは、検索を対象とするばかりでなく、検索後の付加価値生成をはかり、外挿を中心にした推論に適用できることが望まれる。これらデータベースの基本概念を構築し、今後の整備の方向性を明らかにすることが本研究における目的である。

2. 調査研究項目：

(1) 対象とするデータの調査

蓄積対象とするデータ及び知識の範囲をまず規定する。その中心対象としては、照射下特性、原子力用途の材料及び原子力基盤技術における新技術に関する材料データ等のように原子力材料として特色を強く有するものとする。ASTMなどの検討結果を参照し、ファクト・データを中心に、数値データ、パターン表現、画像及びシナリオを対象とする。

(2) データベースのデータモデルの検討

対象とするデータの範囲に対応して、関連技術項目を抽出し、関連項目間の関係を定義し、データの階層化、体系化をはかるフレームワークを構築する。

データには実験データ、理論解析を含むもの、スーパーコンピュータを利用した成果等々あり、これらデータの意味的記述を中心として、知識と推論をインプリットに含むデータ概念モデルとする。

これらデータの体系化においては、材料の試験法、評価法、標準化を考慮したものにする必要がある。

(3) データベースの活用による付加価値生成の検討

データベースはそのファクト・データを中心に新たな付加価値生成と論理構築に寄与し、更には新たな研究開発の方向性を指摘しうるものにするのが望まれる。

そこで、

- ・データベースの統合法－ネットワーク利用
- ・帰納と知識獲得
- ・モデル形成
- ・このためのワークステーション設計

等々が行いうるようなデータベースは何か、そして付加価値生成の方法は何かを検討する。

(4) 今後の開発上の課題の明確化

上記の基本概念形成にもとずき、システムを構築し、データを収集、体系化し、システムを運用する上での基本課題を明らかにし、今後の開発の方向性を明らかにする。

3. 依頼元及び担当者： フロンティア材料研究グループ ○加納 茂機
 技術管理室 森田 進 (○印：主担当)

4. 実施機関： (株) テクノバへの委託
 調査研究委員会にて審議

5. 調査研究のスケジュール：

	889月	10月	11月	12月	891月	2月	3月
1.データの範囲	←→						
2.モデル検討		←→					
3.付加価値生成					←→		
4.今後の課題						←→	
5.報告書作成							←→

6. 調査研究メンバー：

主査	岩田 修一	東京大学工学部原子力工学科助教授
委員	関村 直人	東京大学工学部総合試験所
	菊池 俊一	日本科学技術情報センター技術管理室主管
	菊池 正夫	新日鉄株第二技研主任研究員
	藤田 充苗	金属材料技術研究所力学特性研究部主任研究官
	永川 城正	金属材料技術研究所第二研究グループ
	大野 英雄	日本原子力研究所東海研究所燃料・材料工学部 材料設計研究室主任研究員
	中島 甫	日本原子力研究所東海研究所燃料・材料工学部 材料応用工学研究室長
	加納 茂機	動燃・大洗工学センター・技術開発部 フロンティア材料研究グループ主任研究員
	森田 進	動燃・大洗工学センター・技術開発部 技術管理室主査
オブザーバー	平岡 裕	科学技術庁原子力局技術振興課
研究担当	竹下 寿英	株式会社テクノバ取締役第一調査研究部長
	成松 千秋	株式会社テクノバ第一調査研究部

7. 調査研究報告書の作成：

調査研究をまとめて報告書とする。

8. 期 限：

昭和64年3月末日

9. 特記事項：

本資料には昭和63年度の計画を示す。

付 録

1. 基礎技術開発の推進

1. 原子力開発利用長期計画における位置づけ
- ・ 原子力開発利用の基本目標

1. 基軸エネルギーとしての確立

2. 創造的科学技术の育成

3. 国際社会への貢献

- ・ 「キャッチアップ型」から「創造型」へ

(1) 基礎研究の充実

(2) 基礎技術開発の重点的推進

(3) 先導的プロジェクト等の効率的推進

・ 我が国の原子力研究開発は、原子力発電の早期実現化を目指すことに重点をおいて進められてきたため、既存技術のブレークスルーや創造型技術の創出に必要な幅広い技術基盤が十分確立されているとは言えない状態。

・ 今後は、原子力の各分野にわたる長期的なニーズを踏まえ、これに弾力的に対応し、かつ新しい技術を創出し、ひいては、原子力技術体系のブレークスルーを引き起こす可能性のある基礎技術を産・学・官の連携の下で効率的・効果的に推進。

2. 重点的に推進すべき基盤技術開発

①原子力用材料技術開発

- ・ 耐放射線材料の開発
- ・ 放射能を低減化するための材料開発
- ・ 原子力用材料の解析・評価、及び設計のための技術開発

②原子力用人工知能技術開発

- ・ 知識ベース・システム技術開発
- ・ 情報収集・処理技術開発
- ・ ロボット技術開発
- ・ シミュレーション技術開発
- ・ マン・マシン・インタフェース技術開発

③原子力用レーザー技術開発

- ・ 原子力用レーザー技術開発
- ・ 原子力に必要なレーザー技術開発
- ・ 原子力に新たな利用の可能性を与えるレーザー技術開発

④放射能リスク評価

- ・ 被ばく線量評価技術開発
- ・ 放射能リスク評価技術開発
- ・ 放射能リスク低減化技術開発

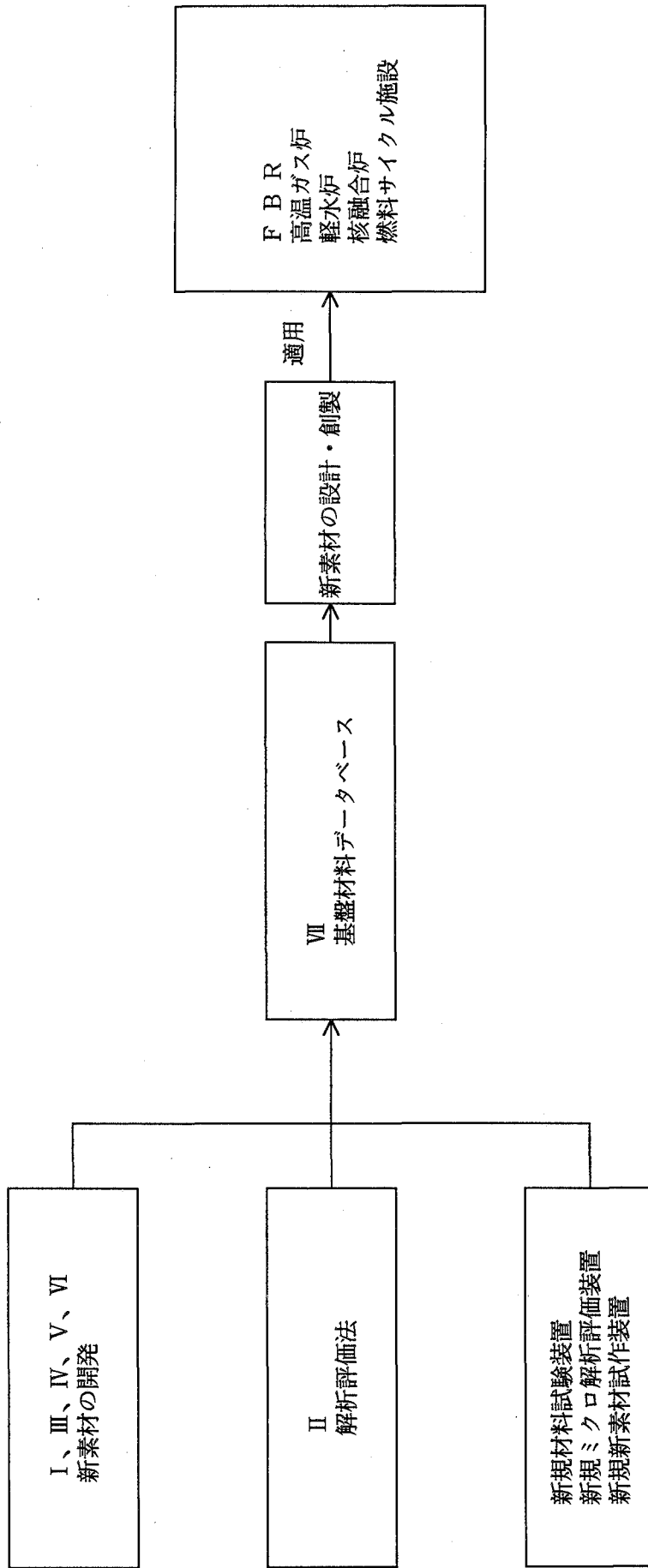
2. フロントエリア材料研究の概要

研究テーマ	開発目的	対象材料	担当課室
I 耐ナトリウム性、耐放射線性新素材の開発	構造材料、機能材料	セラミックス、複合材等	○材料室、照射課、ADS、MMS
II FBR 構造材料の寿命・余寿命診断法の開発	寿命診断法	従来材	○材料室、技術課、ADS、MMS
III トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性材料の開発	捕獲材、非透過材	水素吸蔵合金等	○材料室
IV 原子炉内計装用材料の開発	センサー材料	形状記憶合金等	○照射課、技術課、ADS、MMS 材料室
V 高性能遮蔽材の開発 - 金属水素化物等の開発	遮蔽材	金属水素化物等	○ADS、MMS、材料室、照射課
VI 高性能制御材の開発	制御材	ソフト化B ₄ C, Eu 複合体等	○MMS、ADS、プラント室 照射課
VII 基盤材料データベース開発に関する調査研究	材料データベース	_____	_____ (○印：担当)

I、III、IV、V、VI : 新素材の開発、適用
 II、 : 解析評価法
 VII : 材料データベース ←

材料データベースのバンキング

フロンティア材料研究のフロー図



63年度 実施予算—フロンティア材料研究関連

No.	関連課室	テ—マ	予算額 (千円)	予算 (目) 及び (節)
I	材料室	耐ナトリウム性・耐放射線性新素材の開発	10,000	構造材料研究開発 10節
II	材料室	FBR 構造材料の寿命・余寿命診断法の開発	10,000	構造材料研究開発 10節
III	材料室	トリチウム、水素の分離・貯蔵並びに非透過性材料の開発	10,695	構造材料研究開発 11節
IV	照射課	原子炉内計装用材料開発	18,031	運転管理 3節
V	A D S	高性能遮蔽材の開発—金属水素化物等の開発	4,745	燃料材料研究開発 5節
VI	M M S	高性能制御材の開発	4,745	燃料材料研究開発 5節
VII	—	基盤材料データベース開発に関する調査研究	3,000	支援諸費 11節

フロンティア材料研究概要表

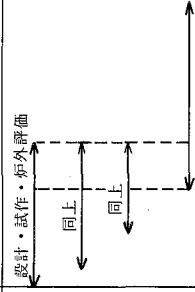
研究課題 I. 耐ナトリウム性、耐放射線性新素材の開発		研究依頼担当者(○印:主担当) 加納茂機, 桑川 智, ○上野文義	
研究の目標領域 (科技庁による分類)		(1-1) (耐放射線性構造材料) (3) (原子力材料化学) (4-1) 分析・解析技術 (4-2) 信頼性・安全性評価技術	
研究分野		① (金属系) ② (無機物質系) ③ (非晶体系) ④ (有機・高分子系) ⑤ (その他、中性子照射試験, 照射後試験)	
研究希望課室 材料開発室, 金属材料開発部, 実験炉部		昭和63年度 10,000千円	
研究目的(現状, 必要性) FBRの性能を根本から改善し, 飛躍的に向上させるためには, FBR使用環境に最適な新素材の創製が最も重要な解決方策の1つである。また, 将来の原子力開発に資するため, 新素材を創製するだけでなく, 新素材開発の技術基盤を確立する必要がある。 本研究は, 相安定性, 高温強度, 耐ナトリウム性, 耐放射線性に優れた新素材開発の技術基盤の確立を図るとともに, FBR使用環境に最適な構造材料及び機能材料として用いられる新素材を創製することを目的とする。		想定している研究方法 (1) 新素材に関する調査 ① 新素材開発状況についての継続的情報収集 ② 本研究への適用性についての検討 (2) ナトリウム中及び放射線照射下材料スクリーニング試験並びに結果の評価 ① 第1次スクリーニング試験並びに結果の評価 ② 第2次スクリーニング試験並びに結果の評価 (3) 材料設計及び新素材の創製 (2), (3)を繰り返し, 素材をしぼり込む。 (4) 実用化検討	
研究目標 (1) 最高600℃の流動ナトリウム中で腐食及び相変態等の化学的及び金属組織学的変化が生じないこと。 (2) 最高 1×10^{23} n/cdの中性子照射環境または, 最高 1×10^{19} radのγ線照射環境に耐えること。 (3) 最高600℃において, 十分な機械的性質及び機能を有すること。 (4) その他のFBR使用環境に耐えること。		研究スケジュール(年度) 63 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 新素材の開発状況に関する継続的情報収集 適用性の検討 第1次スクリーニング試験 材料設計・創製 スクリーニング試験 材料設計・創製 スクリーニング試験 実用化検討 実用化検討	
研究対象材料 セラミックス, 複合材料, 形状記憶合金, 水素吸蔵合金, アモルファス合金, 磁性材料等		△: チェック&レビュー	

フロンティア材料研究概要表

研究課題		研究依頼担当者(○印: 主担当)		○加納茂機, 上野文義		
研究の目標領域 (科技術による分類)		(1-1) 耐放射線構造材料 (4-1) 分析・解析技術	(1-2) 耐放射線機能材料 (4-2) 信頼性・安全性評価技術	(2) 放射線低減化材料 (4-3) データベース	(3) (原子力材料化学)	
研究分野		① (金属系)	② (無機物質系)	③ 半導体系	④ 有機・高分子系	⑤ その他, 中性子照射試験, 照射後試験
研究希望研究室		材料開発室				
研究目的(現状, 必要性)		<p>核分裂炉, 核融合炉において発生するトリチウムは水素の同位体で, 容易に鋼材中を拡散・透過するので, プラント全領域及び環境の汚染を引起す可能性がある。高速増殖炉の場合は, 蒸気発生器の水側腐食で発生し, 伝熱管壁を拡散してナトリウム冷却材中に移行する放射性水素と密接に関連した挙動を示し, 水素と共にコーールドラップに蓄積する。このためコーールドラップの運転寿命は水素化物の蓄積により決定され(「もんじゅ」の場合, 約3年で交換する必要があるとされている), しかもこれは長半減期の放射能である。そこで, ①水素, トリチウムの化学的特性を活用して, 大量の放射性廃棄物の発生をもたらしつづけるナトリウム及び高温水・蒸気中で, 水素の発生が少なく, 高い耐食性を有し, 水素・トリチウムに対し非透過性の構造材料, 又は長期間の廃棄物容器壁を, 現在発展しつつある新材料, 高度複合技術を駆使して開発を進める必要がある。これらはシステム並びにベリアアでのトリチウム, 水素挙動現象の解明に基づきながら進める必要がある。なお, 本研究は核融合炉等におけるトリチウム制御及び汚染防止にも役立つ基礎技術としての波及効果が期待できる。</p>				
研究目標		<p>(1) 高温ナトリウム中及び高温水・蒸気中で腐食, 水素発生及び相変態等が生じないこと。 (2) 高温ナトリウム中から高効率, 高容量でトリチウム, 水素を捕獲貯蔵できること。 (3) 高温ナトリウムと高温水・蒸気中で水素, トリチウムに対し優れた非透過性を有すること。 (4) 放射性廃棄物を極力少なくできること。</p>				
研究スケジュール(年度)		63 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11				
基本設計		<p>← 素材調査 予備試験 システム概念設計</p>				
素材スクリーニング試験		<p>← 水素挙動の解明と解析コード 整備 ナトリウム・蒸気システム開発 新素材設計・創製 捕獲貯蔵及び抑制システムの ファイナジヒリティスタディ</p>				
実用化検討		<p>← 長時間試験 システムの総合 評価 (縮尺モデル)</p>				
研究対象材料		水素吸蔵合金等				

フロンティア材料研究概要表

研究課題	V. 高性能遮蔽材の開発 - 金属水素化合物等の開発		研究依頼担当者(○印：主担当)	小山真弘, ○野村茂雄									
研究の目標領域 (科枝庁による分類)	(1-1) 耐放射線性構造材料 (4-1) 分析・解析技術	(1-2) (新発射線性遮蔽材) (4-2) 信頼性・安全性評価技術	(2) 放射線低減化材料 (4-3) テータベース	(3) 原子力材料化学									
研究分野	① 金属系	② (無機物質系)	③ 半導体系	④ 有機・高分子系	⑤ その他, 中性子照射試験, 照射後試験								
研究希望講座	燃料部ADS, 枝開部プラント工学室, 開発部材料開発室, 実験炉部照射線												
研究規模(予算)	63年度 10,000千円(照射リブ開発を含む)												
研究目的(現状, 必要性)	<p>想定している研究方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 金属系水素化合物の開発 各種金属系水素化合物Zr-H, Ti-H, 希土類-H系及びそれらの合金系について, 水素の解離圧を主体にサーベイし, 有望な水素化合物についてはベレットを試作し, 炉外評価試験を実施する。 バリアー材の開発 解離水素の冷却材への放出を防止するため, 黒鉛, 金属, セラミックス系のバリアー材を調査すると共に, 候補材の水素透過試験等により, 高性能バリアー材を開発する。 革新的セラミックス複合系金属水素化合物の開発 水素の多層バリアー材を含むニューセラミックス複合系金属水素化合物等の設計, 試作, 炉外評価を行い, 高温で超安定な高性能水素化合物系遮蔽材を開発する。 上記1~3にて試作開発された有望材料は, 「常陽」にて性能を評価し, 実用化をめざす。 												
研究目標	<p>創製すべき金属水素化合物等は, 次の条件で使用可能なものを目標とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 最高使用温度 700℃ 最大中性子照射量 10²³ n/cm² (全エネルギー) 最高使用期間 30年 												
研究対象材料	各種金属系水素化合物, セラミックス複合系水素化合物												
研究スケジュール(年度)	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. 金属系水素化合物の開発													
2. バリアー材の開発													
3. 革新的セラミックス複合系金属水素化合物等の開発													
4. 照射試験, 総合評価													

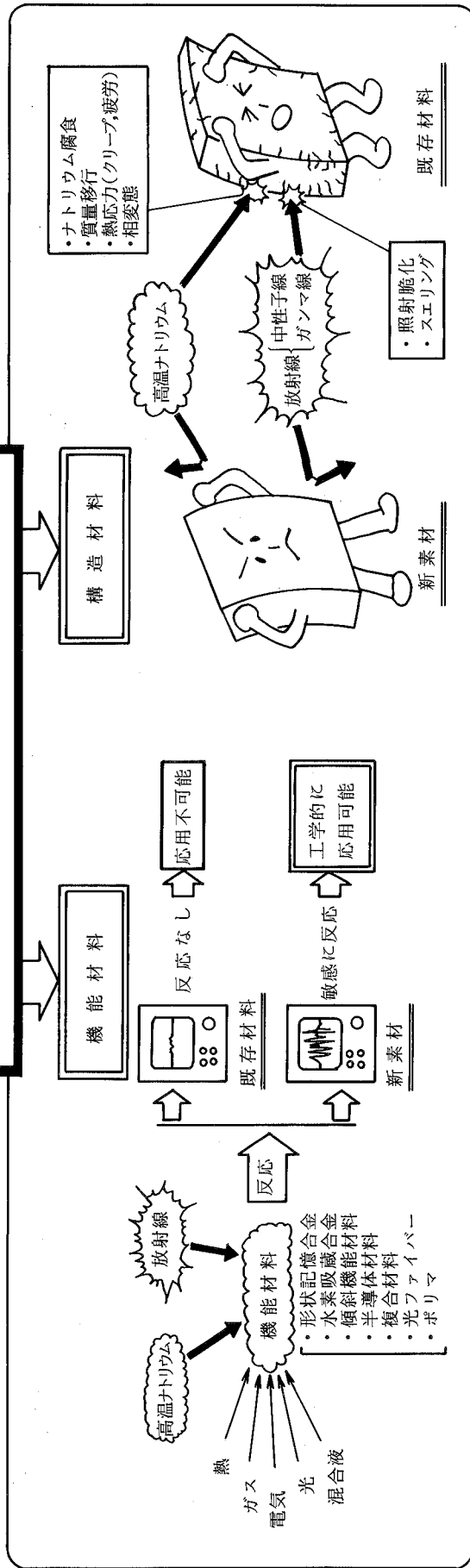


フロンティア材料研究概要表

研究課題		VII. 基礎材料データベース開発に関する調査研究		研究依頼担当者(○印:主担当)		○加納茂機, 森田 進(技術管理室)																			
研究の目標領域 (科技術による分類)		(1-1) 耐放射線性構造材料 (4-1) 分析・解析技術		(1-2) 耐放射線性機能材料 (4-2) 信頼性・安全性評価技術		(3) 原子力材料化学 (データベース)																			
研究分野		① 金属系		② 無機物質系		③ 半導体系		④ 有機・高分子系		⑤ その他, 中性子照射試験, 照射後試験															
研究希望調査室		(株)テクノバへの委託											研究規模(予算)		63年度 3,000千円										
研究目的(現状, 必要性)		<p>原子力用材料は、広く原子力の各分野に使用され、原子力施設の性能向上にプレクスループを起すことが期待されるところにも、宇宙用等極限状況における利用への適用も期待される。</p> <p>国の研究機関においては、原子力分野における材料研究成果が幅広く蓄積されてきている。これらの研究成果を新材料設計等材料基盤技術の効率的推進に役立てるとともに、成果の幅広い普及のためには、データベースの構築が不可欠である。このデータベースは、検索を対象とするばかりでなく、検索後の付加価値生成をはかり、外押を中心とした推論に適用できることが望まれる。これらデータベースの基本概念を構築し、今後の整備の方向性を明らかにすることが本研究における目的である。</p>											想定している研究方法		<p>(株)テクノバへの委託(2年間)により委員会を構成し、データベースの基本概念を構築する。引続いて基本概念に基づきデータベースシステムを整備する。</p> <p>委員会構成</p> <p>主査 岩田東大助教授 メンバ 原研, 金材技研, 日本科学技術情報センター, 東大, 新日鉄, 動燃 オブザーバ 科技術技振課 事務局 (株)テクノバ</p> <p>研究項目: 対象とするデータの調査 データベースのデータモデルの検討 データベースの活用による付加価値生成の検討 今後の開発上の課題の明確化</p>										
研究目標		フロンティア材料研究課題により得られた成果をデータベース化し、新材料設計等材料基盤技術の効率的推進に役立てるため、データベースの基本概念を委員会で構築する。																							
研究対象材料													研究スケジュール(年度)		63 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11										
													基本概念的構築, 整備の方向性		委員会										
													データベースシステムの整備		→										

革新的新素材の創製

- ・ナトリウムによる表面化学反応の素過程のメカニズムの解明
- ・中性子による照射起表面化学反応の素過程のメカニズムの解明



I. 耐ナトリウム・耐放射線性新素材の開発

環境移行なし

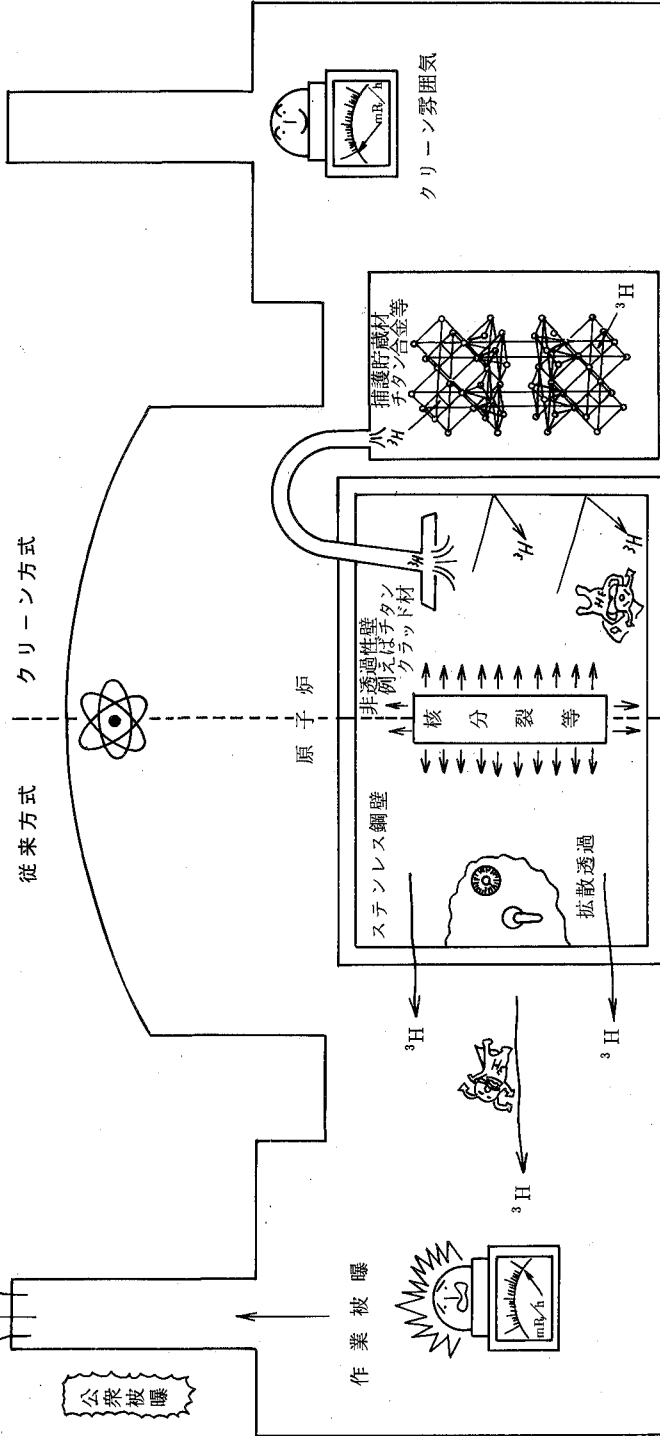
従来方式
クリーン方式

環境移行

公衆被曝

作業被曝

クリーン雰囲気



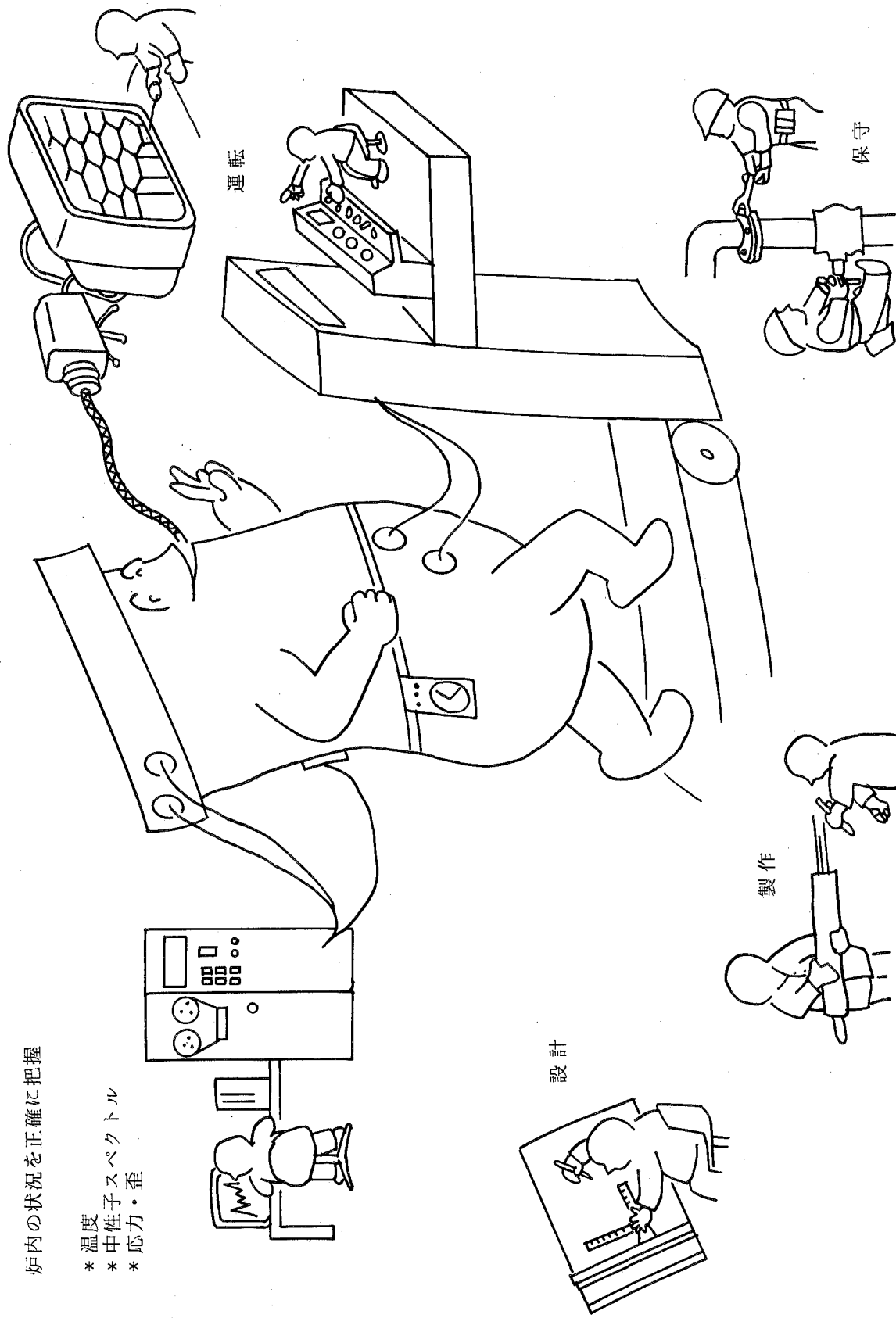
元素周期表

1	H	2	He
3	Li	4	Be
5	B	6	C
7	N	8	O
9	F	10	Ne
11	Na	12	Mg
13	Al	14	Si
15	P	16	S
17	Cl	18	Ar
19	K	20	Ca
21	Sc	22	Ti
23	V	24	Cr
25	Mn	26	Fe
27	Co	28	Ni
29	Cu	30	Zn
31	Ga	32	Ge
33	As	34	Se
35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr
39	Y	40	Zr
41	Nb	42	Mo
43	Tc	44	Ru
45	Rh	46	Pd
47	Pt	48	Ag
49	Au	50	Cd
51	Hg	52	In
53	Tl	54	Pb
55	Bi	56	Po
57	La	58	Ce
59	Pr	60	Nd
61	Pm	62	Sm
63	Eu	64	Gd
65	Tb	66	Dy
67	Ho	68	Er
69	Tm	70	Yb
71	Lu	72	Hf
73	Ta	74	W
75	Re	76	Os
77	Ir	78	Pt
79	Au	80	Hg
81	Tl	82	Pb
83	Bi	84	Po
85	At	86	Rn
87	Fr	88	Ra
89	Ac	90	Th
91	Pa	92	U
93	Np	94	Pu
95	Am	96	Cm
97	Bk	98	Cf
99	Es	100	Fm
101	Md	102	No
103	Lr	104	Rf
105	Db	106	Sg
107	Bh	108	Hs
109	Mt	110	Ds
111	Rg	112	Cn

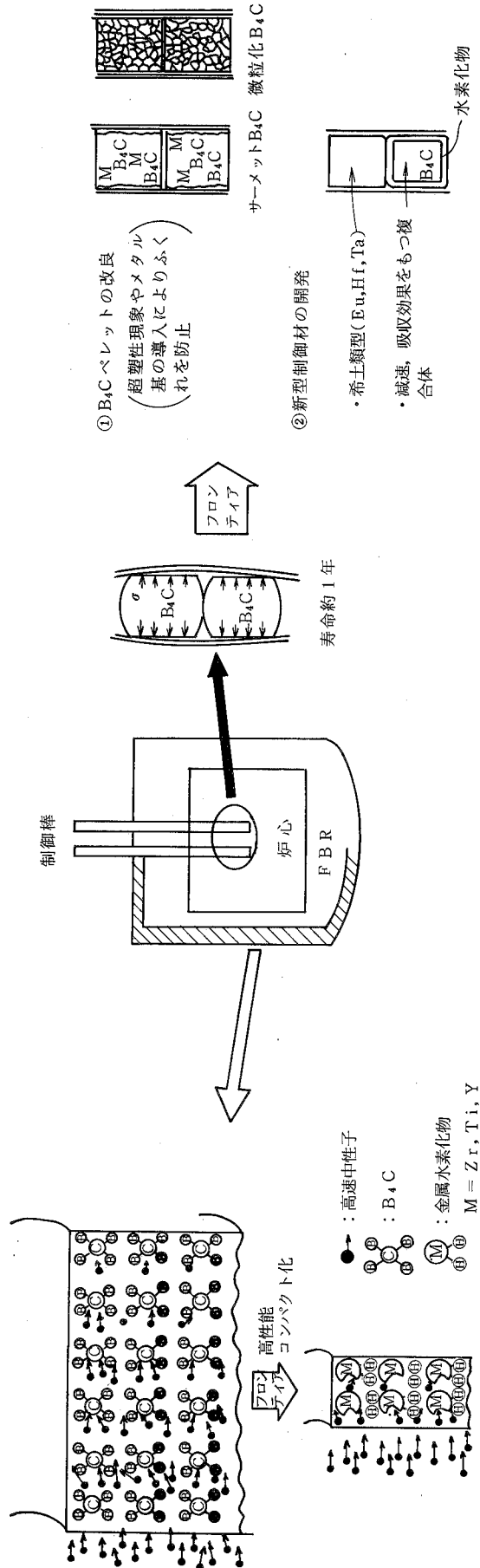
III. トリチウム・水素捕獲貯蔵並びに非透過性材料の開発

炉内の状況を正確に把握

- * 温度
- * 中性子スペクトル
- * 応力・歪

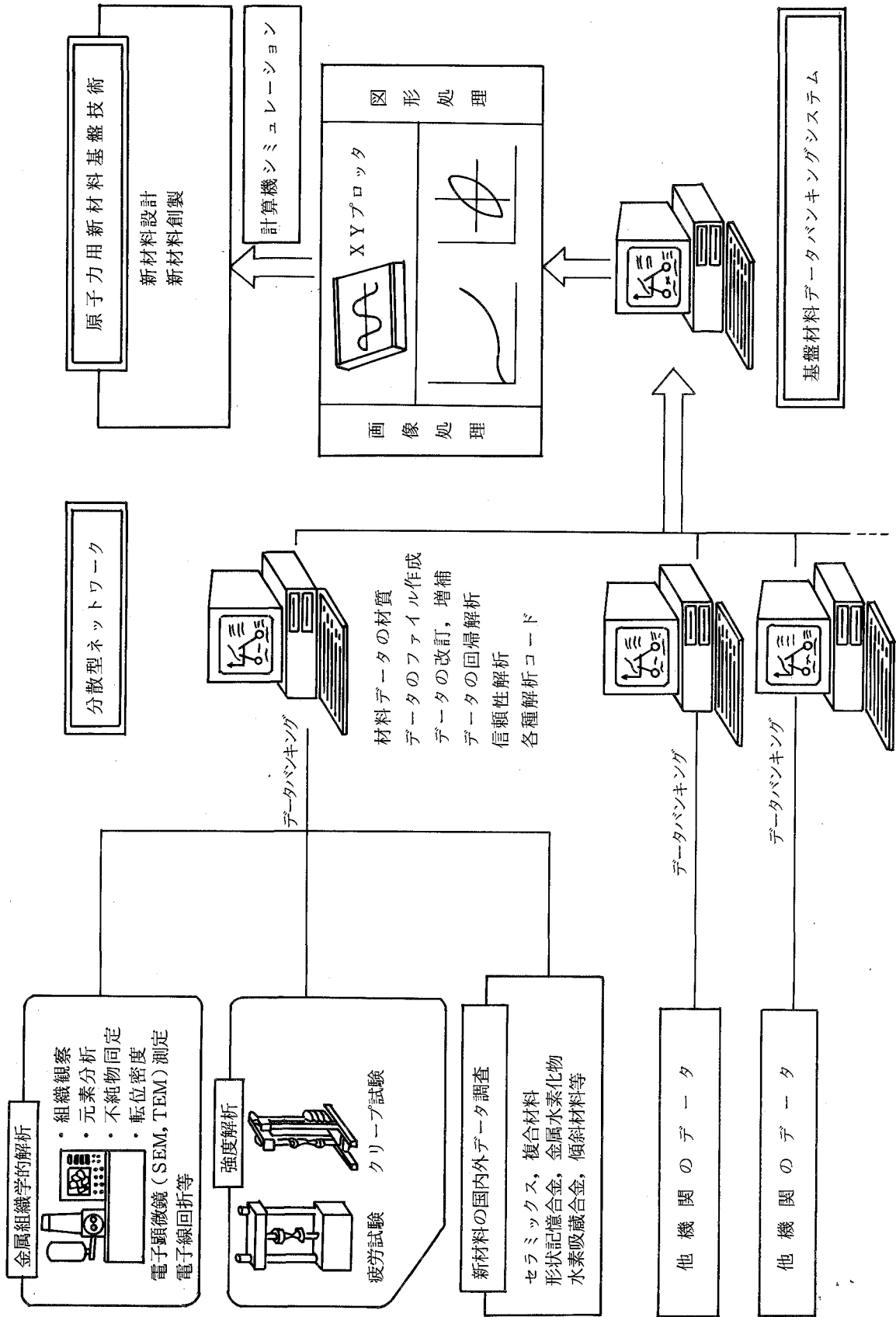


IV. 原子炉内計装用材料の開発



V. 高性能遮蔽材の開発

VI. 高性能制御材の開発



VII. 基盤材料データベース開発に関する調査研究