

PNC Ⅴ N1420 95-010

本資料は2002年 2月 25日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

フロンティア研究評価関連資料集-2

(フロンティア研究報告書、
フロンティア研究計画書)

1994年5月

フロンティア研究推進委員会

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

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松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)

目 次

9 3 B 基盤技術開発

9 3 B 1 人工知能

9 3 B 1 0 5 高次推論機構の研究	1
9 3 B 1 0 6 適応機構の研究	3
9 3 B 1 0 7 知的運転制御システムの開発	5

9 3 B 2 新材料・超電導

9 3 B 2 1 1 基盤原子力用材料データフリーウェイの開発	7
9 3 B 2 1 2 複合環境用マルチコンポジットマテリアルの開発	13

9 3 B 3 レーザー

9 3 B 3 0 6 自由電子レーザー用高性能鏡の開発	17
9 3 B 3 0 7 大電流・高品質ビーム入射器系の開発	19

9 3 B 4 知的支援

9 3 B 4 0 1 運転員の深い理解支援方策の研究	21
-----------------------------------	----

9 3 B 5 計算科学

9 3 B 5 0 1 計算科学的手法による流体-構造系の統合シミュレーション の研究	23
9 3 B 5 0 2 繰り返し有限要素法解析を用いた体系的評価法の開発	25
9 3 B 5 0 3 クリープ疲労損傷過程のコピーシミュレーション技術の開発	27
9 3 B 5 0 4 オブジェクト型汎用シミュレーション手法の開発	29
9 3 B 5 0 5 fチニド系化合物の5f電子挙動に関する量子化学的計算 手法の研究	31

9 3 B 6 ビーム

9 3 B 6 0 1 電子線形加速器による陽電子生成	33
-----------------------------------	----

課題名 高次推論の研究					新規			
課題番号	9	3	B	1	0	5	作成責任者	作成者
予算(項) 動力炉開発共通費 予算(目) 新型炉サイクル技術開発費					谷 賢	吉川 信治		
<p>1. 開発目標：原子力プラントの運転・保守に関わる知識ベースは、その対象と同じく複雑で大規模なものとならざるを得ない。またその知識ベースに基づいた知識処理システムには非常に広範な機能が要求される。この要求には単純なif-thenの連鎖による推論では応じることは不可能であり、より柔軟で高機能な推論技術を確立する必要がある。また、原子力プラントの運転のための知識処理システムには高い信頼性が要求されるので、知識ベースの中の局所的な不完全性に対して頑健な推論技術を構築する必要がある。本研究では、if-thenの連鎖によるものを越えた、帰納、類推、仮設推論等の推論手法の原子力プラントへの適用性を評価して、それらを総合的に利用することにより局所的な欠落や過誤が存在する知識ベースからでも正しい結論を導くことが可能な推論システムを開発する。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 原子力プラントの運転員が、プラントの監視、操作及び異常診断等において行なっているような、多様で複雑な思考・意志決定を自律化させるには、高次推論機構が不可欠で、ここでの開発成果を運転制御の自律化に有効に反映できる。また、柔軟、高機能でかつ知識の局所的な不完全性に対して頑健な高次推論システムは、また知識獲得のボトルネックの解消にも有用に反映できる。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 本研究の成果は、工学的施設一般の運転/管理のノウハウを知識処理システムに組み込んで利用する技術として利用できる。事業団が所有する、数々の施設において、運転員の意志決定を支援するために有効に利用させ、それらの安全性を高めるために利用可能と考えられる。</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等） 原子力分野における高次推論の研究としては、仮設推論の診断、設計、炉心運転管理への応用、類推の異常診断への応用等、適用タスクを特定した研究が行なわれている。原子力に特化しない形での高次推論の研究としては、推論（主に仮設推論）コストの低減のための研究が盛んに行なわれている。これらの個別の手法、適用領域に限定された研究の成果を参照しつつ、未だ例が少ない統合的な高次推論手法の研究に着手することは時宜を得た計画であると考えられる。</p>								
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 「常陽」運転訓練シミュレータを用いた運転員の挙動データの分析から、仮設推論を含んだ運転員による異常診断の過程がフローチャート化されている。従って、仮設推論についてはその機構を診断アルゴリズムへ組み込むノウハウが蓄えられていると考えられる。またこの開発のために収集した運転員の挙動データは、実際に運転員が行なっている高次推論の事例として本研究に利用できると考えられる。</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目： ①高次推論の事例調査②高次推論手法の要件の整理③高次推論システムの設計/試作④評価・検証</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： ①「常陽」における既存の運転・保守の記録及び運転員・保守員が有している経験から、異常診断を中心に、高次推論（仮設推論、帰納推論、類推）の適用が有効な事例及びその推論ツルギを抽出する。 ②①で抽出した事例を工学的に実現するために必要な技術課題を整理し、適用可能な知識処理手法や知識表現手法に基づいてその実現の見通しを立て、新たに開発すべき技術の研究を行なう。 ③高次推論システムに求められる各機能を設計、製作し、システムとして統合する。 ④①で抽出した事例に該当する知識を②で定めた表現法にそって知識ベース化し、各事例に対して本システムが正常に機能することを確認し、その有効性を評価する。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： ①内部実施 ②基本的には内部で実施するが、各個別の推論手法については、技術的に先行している人工知能の研究機関と共同で実施する。 ③基本的には内部で実施するが、基本的な知識処理以外のインターフェース部等は、必要に応じて外注で製作する。事例による検証作業は内部で実施する。 ④内部で実施する。</p> <p>(iv) 実施場所： 大洗工学センター先進技術開発室</p>								
								別紙（有、無）

7. 予算額 (百万円)						
	H 6 年度	H 7 年度	H 8 年度	H 9 年度	H 10 年度	
試験費	1 2	2 0	2 5	2 5	2 5	
その他						
合計	1 2	2 0	2 5	2 5	2 5	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)		
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	客員研究員数 (人・年)
H 6	1	0
H 7	1	1
H 8	1	1
H 9	1	1
H 10	1	1

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) : 事例調査については、実験炉部の協力が不可欠である。また、システム製作後の検証に当たっても、実験炉部の担当者が加わるべきである。仮設推論については、人工知能一般としての立場から専門的な研究を行なっている機関があるので、内部で基礎技術から蓄積を行なうよりも、この様な機関と共同研究を実施することが妥当であると考えられる。 別添 (有・無)

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) : 仮設推論においては、ゴールを説明できる仮設の組み合わせが、帰納推論においては、与えられた事例の共通点の組み合わせが、類推においては適用できる可能性を有する過去の事例が、それぞれ一般には複数存在することから、多大な計算コストがかかる。また、いずれの場合も、他の手段で推論結果を検証する必要がある。このため、現在でも推論コスト低減の研究が盛んに行なわれており、原子力プラントのような複雑な系を対象に信頼性の高い推論システムを構築するためには多くの困難が予想される。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 : 知識ベースの構築においても、規模が大きくなればなるほど、その完全性には問題が生じる。異常診断の領域に限定はしているが、この問題を乗り越え、柔軟な適応性を発揮できる高次推論手法を確立することができれば、原子力プラントへのAI技術の適用に拍車がかかり、その効果は大である。

印



12. 研究開発スケジュール (計画)

No	項目	年度	当該評価対象期間					
			右以前	H 6	H 7	H 8	H 9	H 10
	①高次推論の事例調査							
	②高次推論手法の要件の整理							
	③高次推論システムの設計/製作							
	④評価・検証							

△
C & R

課題名 適応機構の研究						新規		
課題番号	9	3	B	1	0	6	作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉技術開発共通費					谷賢	佐伯昭	
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費							
<p>1. 開発目標：</p> <p>(1)プラントで発生する多様な状況に柔軟に対応するため、診断、制御を実行するためのモデルベース推論で使用するモデルを適切に選択する機構、及び、推論処理系の構成を自律的に変化させる自己組織化機構の確立</p> <p>(2)プラント特性の変化を取り込んで、モデルを自律的に変更する自己改良機構の確立。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果）</p> <p>プラント運転員は、プラントに発生した現象やプラント特性の変化に応じて、プラント機能構成を変更したり、適切な運転戦略を選択している。このような状況に対して柔軟な対応を可能とする適応機構の開発は、プラントの自律化を進め、プラントの制御性能、運転効率を向上させることに資することができる。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果</p> <p>状況へのシステムの柔軟な対応を目的とした本研究の成果は、自律型運転制御システムにのみならず、原子炉施設、核燃料サイクル施設等の運転監視、制御、診断等に対し、幅広く応用できる。</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等）</p> <p>制御、診断法の高度化として知識ベース型の方式を適用する研究は、盛んに行われているが、原子炉プラントの運転制御において同一の対象に複数のモデルを用意し、状態変化に応じて適宜モデルを選択したり、モデルそのものを改良しようとする本開発のような試みは少ない。</p>								
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合）</p> <p>なし</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目：</p> <p>(1)モデル選択機構の研究</p> <p>(2)自己組織化機構の研究</p> <p>(3)自己改良機構の研究</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）：</p> <p>(1)モデル選択機構の研究</p> <p>人工知能ができる限り広い範囲の問題に対応できるようにするための手段として、熟練運転員がナレッジベースレベルの意志決定の際視点を巧みに切り替えていることを参考とし、対象システムの多面的なモデル化、及び、これを適宜切り替える機構の研究を行う。</p> <p>(2)自己組織化機構の研究</p> <p>故障等による一部のシステム構成要素の不全を他の要素により相互補完し、全体としての機能を維持する機構、限定された処理能力において実時間処理を維持するための負荷の平滑化を目的とする構成要素の分割統合化機構等の自己組織化方法論の研究を行う。</p> <p>(3)自己改良機構の研究</p> <p>プラントでは、運転条件、機器状態等が絶えず変化している。モデルベース推論では、このようなプラントの変化を随時モデルに反映しなければならない。定量モデル、定性モデル等モデルの種類に応じたモデル適応機構の方法論の研究を行う。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別</p> <p>内部</p> <p>(iv) 実施場所： 大洗工学センター先進技術開発室</p>								

7. 予算額 (百万円)						
	H 6 年度	H 7 年度	H 8 年度	H 9 年度	H10年度	H11年度
試験費						
その他	概念検討費 15.4	設計費 20	試作費 30	試作費 20	評価費 20	
合計	15.4	20	30	20	20	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役員、客員研究員等)		
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役員数 (人・年)
(1)モデル選択機構の研究	0.5	0
(2)自己組織化機構の研究	1	1
(3)自己改良機構の研究	0.5	1

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :
 モデル選択機構、自己組織化機構の研究については、この分野での基礎研究者と共同して方向性を探るのが適切である。

別添 (有・)

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :
 当該開発の成果は、知的運転制御システムの開発に適用することを第1の目的としている。従って、双方の研究結果を適宜反映できるように密接な研究協力体制、開発スケジュールを整える必要がある。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見:
 制御システムの自律化を実現するためには、プラントの事象変化 (機能構成のハード・ソフト変更等も含む) への柔軟な適応性を有する知能システムの実現が不可欠である。モデル形成 (or選択) 過程及び推論処理系に、柔軟な適応性を持たせることにより、本来の知的運転制御システムの目標を達成するよう努力したい。



12. 研究開発スケジュール (計画)		当該評価対象期間							
No	項目	年度	右以前						
			H 6	H 7	H 8	H 9	H10	H11	
(1)	モデル選択機構		概念検討	設計	設計・試作	試作	評価		
(2)	自己組織化機構		概念検討	設計	設計・試作	試作	評価		
(3)	自己改良機構		概念検討	設計	設計・試作	試作	評価		
					△ C & R				

課題名 知的運転制御システムの開発						新規		
課題番号	9	3	B	1	0	7	作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉技術開発共通費					谷賢	佐伯昭	
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費							
<p>1. 開発目標： 現在の原子力プラントにおいて運転員、保守員が行っている診断を実行する人工知能システム（知的運転制御システム）を開発し、その成立性を実地に検証する。当該開発の前段階の開発において構築した自律型プラントの概念に基づいて、原子力プラントの運転制御の自律化に必要な自律的協調機構、大規模実時間知識ベース技術、点検保守機能の試作・評価を行う。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 大規模システムの典型である原子力プラントを対象として想定した知的運転制御システムの開発で得られる成果は、多くの大規模システムの運転制御自律化に適用できる。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 実規模を想定した実時間知識ベース処理技術、運転と保守を統合した運転制御技術は、次世代炉の設計へ反映できる。</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等） 通産省補助事業として、マンマシンシステムの開発、知的保守作業システム等の開発が行われているが、これらは全て運転員、保守員等人間の作業を支援するためのシステムである。一方、当該開発は、人間の介在しないシステムを目指している。かつ、運転操作と保守作業を統合化したシステムであるため、他に例を見ない。</p>								
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 平成元年度から平成5年度まで実施した原子力用人工知能を具備した原子力施設のシステム評価研究では、自律型運転制御システムの概念を構築すると共に、それを実現するための機構として階層型マルチエージェントシステムを提案すると共に、運転制御システムを構築するためのインフラストラクチャの整備を行った。更に、これに基づいて事象を限定してシステムの試作を行った。</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目： (1)運転制御システムの設計・試作・評価 (2)大規模実時間知識ベースシステムの設計・試作・評価 (3)点検保守システムの設計・試作・評価</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： (1)運転制御システムの設計・試作・評価 原子力プラントの運転制御に必要な制御・診断を行う個別エージェントの開発と、それら複数のエージェント間の自律的協調機構を開発する。平成5年度までに開発した試作システムにこれらの機構を組み込み統合し、その評価を行う。 (2)大規模実時間知識ベースシステムの設計・試作・評価 大規模実時間処理を達成するために必要な知識整合性評価機能・実時間応答保証機能等の機能の分析、それに基づく概念設計を行う。これに基づくシステムの試作、評価を行う。 (3)点検保守システムの設計・試作・評価 異常が発生し機能しなくなった機器を系統から切り離れた後の異常原因の特定、補修作業の策定をロボットと共同で実現するためのシステムの概念設計を行う。これに基づく試作、評価を行う。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別 (1)運転制御システム：設計は内部実施、試作は内部と外部の分担、評価は内部実施。 (2)大規模実時間知識ベースシステム ：概念検討は内部、実装機構の設計は内部と外部の分担、試作は外注、評価は内部実施。 (3)点検保守システム：概念検討・設計は内部、試作は外注、評価は内部実施。</p> <p>(iv) 実施場所： 大洗工学センター先進技術開発室</p>								

別紙（有、無）

7. 予算額 (百万円)

	H 6 年度	H 7 年度	H 8 年度	H 9 年度	H10年度	H11年度
試験費						
その他	設計費 103	設計費 150	試作費 150	試作費 150	評価費 150	
合計	103	150	150	150	150	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)

実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
(1) 運転制御システムの設計・試作・評価	2	1
(2) 大規模実時間知識ベースシステム 設計・試作・評価	2	2
(3) 点検保守システムの設計・試作・評価	1	1

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

- ①本件は、クロスオーバ研究の一環として、開発を実施するものである。
- ②実規模を想定しているので、「常陽」、「もんじゅ」等の実プラントにおいて方式の評価を積極的に実施する必要がある。
- ③本開発は、通産省補助事業セーフティサポートシステム、知的保全システム開発等の他のプロジェクトの研究成果、動向に配慮しながら進める。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

運転員の役割の人工知能システムによる代替、大規模実時間知識ベース処理機構の実現には、今後解決しなければならない問題が多く、長期間に亘る取り組みが必要である。従って、当該開発では、難易度、開発期間等を考慮し、その過程を数段階に分け、各段階の達成目標を明確にし、取り組む必要がある。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :

知的運転制御システムとして求められる機能・機構の実現は、自律的協調機構ひとつを取り上げて、先進的な成果を期待できるものである。予算、人員の制約を排除したい所であるが、産学との共同研究、委託研究を通じて、可能な限りの課題解決を行い、基盤技術としての優れた最終評価につなげたい。

印



12. 研究開発スケジュール (計画)

No	項目	年度	当該評価対象期間					
			右以前	H 6	H 7	H 8	H 9	H10
(1)	運転制御システム		設計	設計	試作	試作	評価	
(2)	大規模実時間知識ベースシステム		概念検討	設計	設計・試作	試作	評価	
(3)	点検保守システム		概念検討	設計	設計・試作	試作	評価	

△
C & R

課題名							基盤原子力用材料データフリーウェイの開発		新規		
課題番号		9		3		B		2		1	
予算(項)		高速炉開発費		予算(目)		機器構造研究開発費		作成責任者		作成者	
								谷 賢		上野 文義	
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団及び社外への反映の見通しと実績との対比、情勢変化、問題点等概略記述： 62長計を受けて、昭和63～平成元年度の調査研究（委託研究）において検討された基盤原子力用材料データベースの基本概念に基づき、平成2年度から動燃・金材技研・原研が共同でデータフリーウェイシステムの開発・構築を行ってきた。 平成6年度末までに基本システムの構築を行い、7年度からの利用技術の開発、データ拡充、ネットワーク網の拡大につなげるのが目標である。基本システムの構築が完了すれば、3機関相互のデータ利用とそれによる効率的な新材料開発が可能となる。 担当機関の関係者による「共同研究協議会」において、システムの運営方法・利用方法、データベースの内容、システム高度化のための仕様、将来計画等の検討・調整・評価を行っている。また、これらの中、技術的項目については、「技術検討会」においてデータベース専門家や材料研究者と意見交換を行い、効率的な開発・構築に努めている。これにより、予定通りにシステム構築を進めている。 データ入力、作業に要する労力の確保が困難であり、予定よりも遅れている。動燃では、平成4年度からJICSTへ文献データの入力作業を依頼し、データ拡充に当たっている。一方、基盤原子力用材料研究の成果は、随時入力することとしている。 平成6年度から計量研、船舶研、JICSTが参画するため、システム構築・データ入力および利用に対する組織的な支援体制の確立が必要である。</p>											
<p>2. 当年次までの実施内容実績詳細記述：具体的な成果、結果としての技術水準 実績項目：</p>											
<p>(1)「基盤技術創製のための原子力材料データベース構想に関する調査研究委員会（委員長：岩田東大教授）」（昭和63～平成元年度）に対し、原子力用新材料開発のための分散型データベース概念に関する調査研究を委託し、データフリーウェイ（以下「DFW」）システムの基本概念を検討した。</p>											
<p>(2)基本概念に基づき、ネットワーク網やハードウェアの性能・構成、データを格納するための3階層のデータ構造、効率的に目的データを取得するための検索システムの概念設計を行なった。</p>											
<p>(3)金材技研及び原研と共同でプロトタイプDFWシステムを整備した。システムは各機関に設置したワークステーションを専用回線によるネットワーク網で接続し、データベース管理システムを用いて分散型データベースを構築できるよう整備した。これにより3機関で相互にデータを検索し、その結果を転送できるようになった。</p>											
<p>(4)平成3年度からDFWシステムの開発に関し、金材技研及び原研と共同研究契約を結び、システム開発及び整備、ユーザインターフェース開発等について検討を開始した。</p>											
<p>(5)データベースからデータを取得するための検索システムを3機関の共同で開発した。これと汎用のソフトウェアとを有機的に結び付けることにより、検索項目の選択及び条件設定が容易に行なえるユーザインターフェースを整備した。また検索した数値データ間の相関関係を検討するための作図プログラムやデータ解析・評価プログラムを起動できる環境を整備した。</p>											
<p>(6)数値データに付随する画像もデータベース化し、格納・検索ができる機能を開発した。入力データの信頼性向上及びデータ入力作業量低減を目的としたデータ入力支援システムの開発に着手した。</p>											
<p>(7)3機関における基盤原子力材料研究で得られたデータ及びそれらの参考となるデータを主体に約5400試験片分のデータを格納した。データ格納は今後も継続して実施していく。</p>											
<p>(8)DFWに格納したデータを用いて、代表的な原子炉構造材料であるステンレス鋼の照射後の機械的特性に関するデータの解析・評価を行い、①機械的特性に及ぼすTi等合金元素の影響、②中性子照射後の機械的性質に及ぼすはじき出し損傷量・He生成量の関係を定量的に示した。また、多くの機関からデータを収集することの利点を明らかにできた。</p>											
											別紙（有、無）

3. 予算額 (百万円) (対象期間の翌年度の概算要求額まで記入する)						
	H2年度	H3年度	H4年度	H5年度	H6年度	
システム構築費	21.63	16.50	8.50	4.50		
データ入力費	0.00	0.00	10.00	10.00		
実施額合計	21.63	16.50	18.50	14.50		

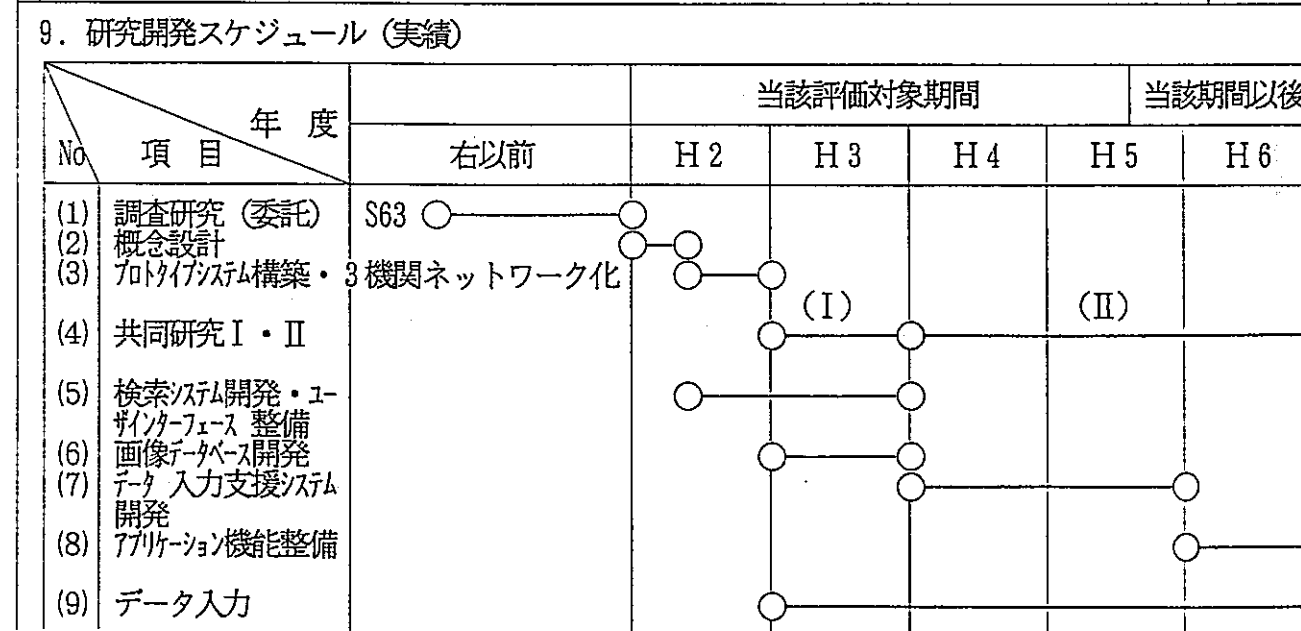
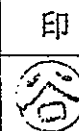
4. 人員計画 (上記2.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役員、客員研究員等)		
実施項目	PNC側人員数 (人・年)	役員数 (人・年)
(1)研究計画立案・総合評価	0.1	
(2)システム整備	0.3	
(3)データベース構築	0.3	
(4)システム運用	0.1	

5. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :
 金材技研および原研と平成3年度 (単年度) および平成4~6年度 (3年間) について、共同研究契約を結びシステムの共同開発を行なっている。(契約番号: 034F005, 044F010)
 3機関で共同研究協議会および技術検討会を組織し、効率的なシステムの構築に努めている。

4. 予期しない新知見、その他特記事項等:
 (1) 3機関がデータを持ち寄ることにより、1機関では把握できなかった材料特性の全体像が理解できることが明らかになった。
 (2) システムの品質を維持するためには、入力するデータの評価基準を設けることと、評価を組織的に行なうことが不可欠であり、第II期計画で対応する必要がある。
 (3) 現状のシステムはデータ構造等に改良の余地があるとともに、データ入力に多大の手間を要するので、今後改善する必要がある。
 (4) 今後、本システムを利用して新たな価値の生成や新しい知見を獲得するため、およびユーザを増やすためには、利用技術の開発、データ拡充、ネットワーク網の拡大が不可欠の課題である。

7. 成果物 (技術メモ・登録資料の作成、ソフトの作成とその権利、工業所有権出願、外部発表等) の各件数のみを記載し、別添リストを付ける:
 ①PNC報告書 3件、 ②論文発表 6件、 ③口頭発表 5件

8. 本報告書作成責任者 (大洗工学センター 先進室長) 総合所見:
 3機関の共同研究により、基本的なシステムが整備され、かなりのデータを入力することができた。本データベースの開発は原子力学会等でも高く評価されている。



成果物リスト 「基盤原子力用材料データフリーウェイの開発」

1) 原子力学会口頭発表

- ① 1991年春の年会 (平成3年3月30日) 資料登録有り
「データフリーウェイの設計概念；原子力用新材料の分散型データベース」
藤田・永川 (金材技研), 中島・横山 (原研), 野村・上野 (動燃), 岩田 (東大)
- ② 1991年秋の大会 (平成3年10月15日) PNC TN9410 91-181(7)
「原子力用材料データフリーウェイシステムの開発 (第2報) 試行システムの概要」
上野・野村 (動燃), 中島・横山 (原研), 藤田・栗原 (金材技研), 岩田 (東大)
- ③ 1991年秋の大会 (平成3年10月15日) PNC TJ9360 91-002
「原子力用材料データフリーウェイシステムの開発 (第3報) システム整備の現状とその課題」
中島・横山 (原研), 藤田・栗原 (金材技研), 上野・野村 (動燃), 岩田 (東大)
- ④ 1991年秋の大会 (平成3年10月15日) PNC TJ9360 91-003
「原子力用材料データフリーウェイシステムの開発 (第4報) 利用例について」
藤田・栗原 (金材技研), 上野・野村 (動燃), 中島・横山 (原研), 岩田 (東大)
- ⑤ 1993年秋の大会 (平成5年10月9日) PNC TN9410 93-113(10)
「原子力用材料データフリーウェイの開発 (第6報) データ入出力機能の整備とその利用例について」
上野・加納 (動燃), 藤田・栗原 (金材技研), 中島・横山 (原研), 岩田 (東大)

2) その他学協会, 委員会等での発表

- ① 日本学術振興会第122委員会 (平成3年1月25日) PNC TJ9360 91-001
「原子力材料データフリーウェイについて -原子力用新材料データベース-」
藤田・栗原 (金材技研), 中島・横山 (原研), 上野・野村 (動燃), 岩田 (東大)

3) 国際会議での発表

- ① The First International Conference on Computer Applications to Materials Science and Engineering (CAMSE'90) 平成2年8月28日 (東京) 資料登録有り
"Objective and Conceptual Design of Data-Free-Way System (Distributed Data Base for Advanced Nuclear Materials)"
M. FUJITA(NRIM), H. NAKAJIMA(JAERI), S. NOMURA(PNC) and S. IWATA(TOKYO UNIV.)
- ② International Symposium on Material Chemistry in Nuclear Environment (MC'92) 平成4年3月13日 (つくば市) PNC TN9410 92-045
"Present Status and Future Direction of "Data-Free-Way" (Distributed Database for Advanced Nuclear Materials)"
M. FUJITA(NRIM), Y. KURIHARA(NRIM), H. NAKAJIMA(JAERI), N. YOKOYAMA(JAERI), F. UENO(PNC), S. KANO(PNC) and S. IWATA(TOKYO UNIV.)

4) 雑誌への掲載

- ①日刊工業新聞社「原子力工業」1993年10月号 PNC TY9449 93-001
「データフリーウェイ (分散型原子力材料データベース)」
藤田 (金材技研), 中島 (原研), 上野 (動燃), 岩田 (東大)

5) 社内成果報告書

- ①平成元年3月 委託研究成果報告書 PNC SJ1360 89-001
「創造的基盤材料開発のデータベース概念の構築に関する調査研究」
(株) テクノバ
- ②平成2年3月 委託研究成果報告書 PNC SJ9360 90-001
「創造的基盤材料開発のデータベース概念の構築に関する調査研究 (II)」
(株) テクイバ
- ③平成3年3月 共同研究成果報告書 PNC ZY9449 92-001
「基盤原子力用材料データフリーウェイ・システムの開発 (開発計画の立案及び基本システムの構築)」
上野・加納 (動燃), 藤田・栗原 (金材技研), 中島・横山 (原研)

6) その他投稿論文等

- ①Journal of Nuclear Materials, 191-194(1992) pp.1046-1050
"System Design of Pilot Data-Free-Way (Disributed Database for Advanced Nuclear Materials)"
H. NAKAJIMA(JAERI), N. YOKOYAMA(JAERI), S. NOMURA(PNC), F. UENO(PNC), M. FUJITA(NRIM), Y. KURIHARA(NRIM) and S. IWATA(TOKYO UNIV.)
- ②Fourth International Symposium on Advanced Nuclear Energy Research Roles and Direction of Materials Science in Nuclear Technology
平成4年2月5日 (水戸市)
"Development of a Distributed Database for Advanced Nuclear Materials (Data-Free-Way System)"
M. FUJITA(NRIM), Y. KURIHARA(NRIM), H. NAKAJIMA(JAERI), N. YOKOYAMA(JAERI), F. UENO(PNC), S. KANO(PNC) and S. IWATA(TOKYO UNIV.)
- ③Sixth International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-6)
"Present Status of Data-Free-Way (Distributed Database for Advanced Nuclear Materials)"
H. NAKAJIMA(JAERI), N. YOKOYAMA(JAERI), S. KANO(PNC), F. UENO(PNC), M. FUJITA(NRIM), Y. KURIHARA(NRIM) and S. IWATA(TOKYO UNIV.)

課題名							新規	
基盤原子力用材料データフリーウェイの開発								
課題番号	9	3	B	2	1	1	作成責任者	作成者
予算(項)	高速炉研究開発費						谷 賢	上野 文義
予算(目)	機器構造材料研究開発費							
<p>1. 開発目標：</p> <p>①平成2年度末までに、データフリーウェイシステムの概念設計を行い、動燃・金材技研・原研の3機関を結ぶネットワーク管理装置を導入し、プロトタイプシステムを構築する。</p> <p>②平成4年度末までに、分散型の原子力用材料データベースを構築し、3機関相互でデータの検索・利用ができるようにする。</p> <p>③平成6年度末までに基本システムを構築し、利用者への支援を確立する</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果）</p> <p>①貴重な基盤原子力用材料データの散逸を防ぎ、一元的に管理することができる。</p> <p>②1機関だけでは得られない幅広い原子力用材料データを得ることができる。</p> <p>③異なる条件のデータが容易に集められ、相互に補完することができる。</p> <p>④データの有効な利用により、新たな知見の獲得やそれを用いた新しい材料設計・評価が可能となる</p> <p>⑤効率的に研究を遂行できる。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果</p> <p>事業団のみでは得られない幅広いデータの取得・利用が可能となるため、原子力プラントの安全性・健全性評価、設計データの信頼性向上、クリープ・疲労等の評価精度の向上、新材料の設計・開発等を効率的に実施でき、プラントの高性能化が期待できる。また、事業団の成果を利用してもらうことにより、事業団の技術水準の評価を受けることができ、定着させることができる。</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等）</p> <p>国内の原子力用材料のデータベースは、東大、金材技研、原研、動燃においてそれぞれ独自に整備が進められているが、統合化の計画はない。国外では、比較的完成度の高い材料のデータベースが約50件（うち2/3程度は米国が開発）あり、オンラインネットワーク網の実用化とともに日本からでも検索できるものがある。これらを統合化し、分散型データベース化するための検討にも着手されている。</p>								
<p>5. 前年次までの進捗状況（継続の場合）</p> <p>昭和62年度の長計において、基盤原子力用材料データベース（データフリーウェイ）システム構築の必要性が唱えられた。これを受けて、データフリーウェイシステム開発のための調査研究委員会（主査：岩田東大教授）を発足し、昭和63～平成元年度の2年間に調査研究を実施した。ここにおいて、データフリーウェイシステムの基本概念の検討を行なった。</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目、実施方法（手順・手段）、内部・外部実施の別、実施場所： 動燃・金材技研・原研の3機関が共同で実施する。</p> <p>①システムの概念設計：調査研究の結果から、データフリーウェイシステムの概念的な設計を行なう。</p> <p>②プロトタイプシステム構築：3機関を結ぶネットワーク網を整備し、ワークステーション上に分散型データベースを構築する。</p> <p>③検索システム開発・ユーザーインターフェース整備：容易でかつ思考支援となる様な知的検索が可能となるような検索システムを開発する。また、必要なユーザーインターフェースを整備する。</p> <p>④システム整備：画像処理機能、検索データのグラフ・解析処理機能等のデータ出力機能、容易なデータ入力機能等の周辺システムを整備する。</p> <p>⑤データ入力：基盤原子力用材料データを始めとする先端的材料データや、汎用性・専門性の高い文献等のデータを収集し入力する。</p> <p>⑥共同研究：3機関間の円滑なシステム開発・構築推進や、データの相互利用による成果の創出のため、共同研究契約を結ぶ。</p>								
								別紙（有、無）

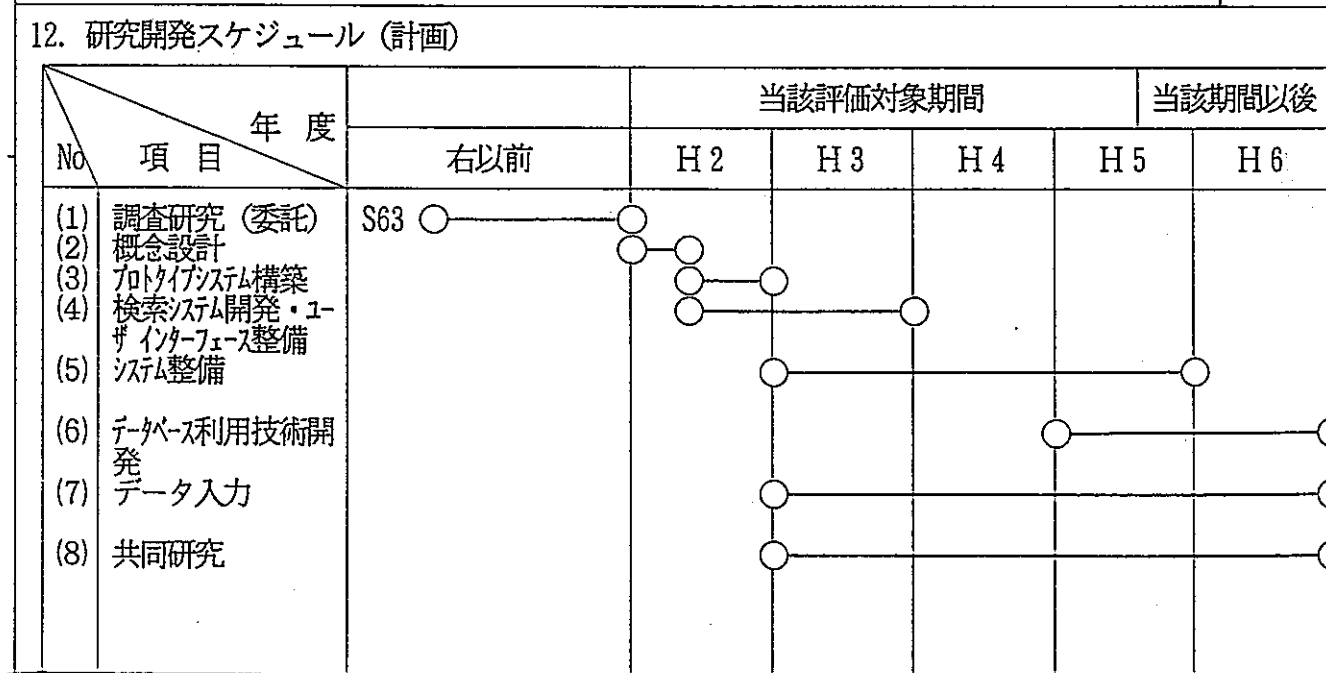
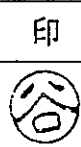
7. 予算額 (百万円)						
	H2年度	H3年度	H4年度	H5年度	H6年度	
システム構築費 (概算額)	21.63	21.63	27.94	27.94	27.94	
合計	21.63	21.63	27.94	27.94	27.94	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)			
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)	
(1)研究計画立案・総合評価	0.1		
(2)システム整備	0.3		
(3)データベース構築	0.3		
(3)システム運用	0.1		

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :
 動燃・金材技研・原研の3機関の共同でシステムの開発・構築を円滑に進め、データの相互利用を行なうために、共同研究を締結して効率的な推進を図る必要がある。また、基盤原子力用材料研究実施機関との調整を図る組織を設け、システム開発の課題抽出やその解決策の検討を行なう必要がある。
 別添 (有・無)

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :
 省庁間にまたがるシステム構築であるため、担当機関や関係省庁及び部署との緊密な連絡・調整が必要である。また、研究成果のデータの利用に当たっては、機関間において技術情報の管理方法や公開可能なデータの定義等取り決めておく必要がある。

11. 本計画書作成責任者 (大洗工学センター 先進室長) 総合所見:
 基本的なシステムは既に整備できたので、今後はデータ入力を容易にし、データを拡充するとともに、解析処理機能、画像処理機能等を整備し、さらに利用しやすいシステムとしていく計画である。



課題名	複合環境用セラミックス系マルチコンポジットマテリアルと表面改質技術の開発			新規					
課題番号	9	3	B	2	1	2	H	作成責任者	作成者
予算(項)	高速炉研究開発費 / 動力炉開発共通費							谷 賢	加納茂機
予算(目)	機器構造材料研究開発費 / 新型炉サイクル技術開発費								
<p>1. 開発目標： 新型プラントの高性能化（高温化、高耐食性化、耐放射線化、長寿命化、高機能化、高信頼化等）のため、複合環境（高温ナトリウム、高速中性子、中性子・γ線複合環境、放射線複合環境、核燃料、高熱応力場等）に適用可能な以下に述べるようなマルチコンポジットマテリアルの創製研究を行う。また、各種材料の高性能化のため、表面改質技術を開発する。併せて、創製した新素材および表面改質材の原子力複合環境への適用性を評価する。</p> <p>新型セラミックスコンポジットの創製：ナトリウムに対し粒界腐食を生ぜず、高温強度、破壊靱性耐放射線性に優れた新型セラミックスコンポジットの創製のため、腐食・強度・照射損傷評価と機構の解明、これらに基づく改良方策の探索・確立、新素材の材料設計および複合環境での適用性評価を行う。さらに、金属等との接合技術の開発を行う。</p> <p>新型傾斜組成コンポジットの創製：熱応力を飛躍的に緩和する傾斜組成コンポジットの創製のため計算機シミュレーションにより、新たな成分系のセラミックス系新素材の熱的・機械的材料特性最適化のための材料設計を行うとともに、傾斜化・ナノコンポジット化等の微細組織構造制御による複合化プロセスの開発、腐食・破損・照射損傷評価と機構の解明、これらに基づく改良方策の探索・確立と複合環境での適用性評価を行う。さらに、金属等との接合技術の開発を行う。</p> <p>遮蔽用透明コンポジットの創製：高次化Pu燃料およびTRU含有燃料の製造設備で不可欠となる、強力なγ線と中性子線を同時遮蔽し、透明度に優れた遮蔽用高性能透明コンポジットを創製するため材料設計、複合化プロセスの開発、基本特性評価、遮蔽特性評価と複合環境での適用性評価を行う。</p> <p>表面改質技術の開発：各種のセラミックス、ステンレス鋼、フェライト鋼、耐熱合金等の表面近傍への各種イオン、レーザー、電子線等の注入・照射と各種の表面処理・熱処理等との微細組織構造制御による表面改質技術を開発し、粒界等の不均質性の除去、欠陥等の消滅及び残留引張応力の低減又は圧縮応力の導入による、各種材料のナトリウムに対する耐食性の改善と強度・延性、破壊靱性、耐放射線性の大幅な向上を図る。また、材料表面物性の変化から期待される新機能の発現に関する研究を行う。</p>									
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果）</p> <p>(1) 新型コンポジットマテリアルの創製研究を通じ、学術的・科学的波及効果が期待できる。</p> <p>(2) 新型プラントの高性能化により、経済性を向上できる。</p> <p>(3) 新しい複合化技術、接合技術、表面改質技術等の開発は新型プラントのみならず、他産業分野への反映が期待できる。</p>									
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果</p> <p>(1) 高速炉の高温化、耐放射線化、高信頼化等の高性能化とこれらによる経済性の向上が期待できる。</p> <p>(2) 遮蔽用高性能透明コンポジットの創製により、高次化Pu燃料およびTRU含有燃料の製造を可能とするとともに、被ばくを低減できる。</p> <p>(3) 核燃料サイクル分野において、セラミックス系コンポジット、それらの複合化技術、接合技術、表面改質技術の新たな用途の拡大とその可能性が明らかになる。</p>									
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等）</p> <p>(1) 本研究のようなナトリウム環境で長時間使用に耐える構造部材としてのニューセラミックスの研究例はない。</p> <p>(2) 傾斜機能材研究で精力的に研究されているが、高速炉環境を対象とした研究は本研究を除いてない。</p> <p>(3) 高次化Pu燃料およびTRU含有燃料における強力な放射線複合環境を対象とした透明遮蔽材の研究例はない。</p> <p>(4) 表面改質技術については盛んに研究されているが、新型プラントへの適用を目的とした研究例はない</p>									
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合）</p> <p>(1) 第I期計画においてセラミックスのナトリウムに対する耐食性の改善方策を明らかにした。</p> <p>(2) 第I期計画において傾斜機能材のFINASによる最適材料設計手法を確立した。</p> <p>(3) 遮蔽用透明コンポジットおよび表面改質技術については研究例はない。</p>									

6. 計画実施内容(項目、実施手順(手順・手段)、内部実施・外部実施の別、実施場所)
 (i) 項目 (ii) 実施方法(手順・手段) (iii) 内部、外部実施の別 (iv) 実施場所の順に示す

新型セラミックスコンポジットの創製:

- (1)耐食性・強度特性・中性子照射特性試験評価/腐食・破損・損傷機構を解明する/内部・外部実施
- (2)セラミックスの改良方策の確立/諸特性試験評価結果を反映/内部実施
- (3)新型セラミックスの試作/改良方策を反映/外部実施
- (4)接合法/接合技術開発予備検討/内部・外部実施

新型傾斜組成コンポジットの創製:

- (1)耐食性・強度特性・中性子照射特性試験評価/腐食・破損・損傷機構を解明する/内部・外部実施
- (2)複合化プロセス開発/諸特性試験評価結果を反映/内部・外部実施
- (3)新型傾斜組成コンポジットの試作/開発した複合化プロセスを反映/外部実施
- (4)接合法/接合技術開発予備検討/内部・外部実施

遮蔽用透明コンポジットの創製:

- (1)透明コンポジットの成分設計/遮蔽計算による材料設計/内部実施
- (2)強度・遮蔽特性・透明度試験評価/破損機構・遮蔽性能・透光性能を評価する/内部・外部実施
- (3)複合化プロセス開発/諸特性試験評価結果を反映/内部・外部実施
- (4)遮蔽用透明コンポジットの試作/開発した複合化プロセスを反映/外部実施

表面改質技術の開発:

- (1)改質技術予備検討/ビーム注入条件の検討/内部・外部実施
- (2)耐食性・強度特性・中性子照射特性試験評価/改質による効果を評価する/内部・外部実施
- (3)改質技術開発/諸特性試験評価結果を反映/内部実施
- (4)新型改質材の試作/開発した改質技術を反映/外部実施

7. 予算額(百万円)

	H 6年度	H 7年度	H 8年度	H 9年度	H10年度	H11年度
試験費	70	80	80	100	100	
その他		50	60	50	50	
合計	70	130	140	150	150	

8. 人員計画(上記6.の業務に係わるPNC側(含む出向、業協者)人員及び役務員、客員研究員等)
 実施項目 PNC側人員数(人・年) 役務員数(人・年)

- (1)全体とりまとめ、クロスオーバー研究交流対応 1
- (2)試験・解析・評価 4
- (3)試験解析補助 2

9. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等):

- (1)本研究はクロスオーバー研究として、関係機関との研究交流を行いつつ進める。
- (2)ナトリウムによる腐食特性および強度特性の評価については材料室との共同作業を行う。
- (3)中性子照射試験評価は燃材部および実験炉部に依頼する。
- (4)セラミックス系コンポジットについては、無機材研、JFCCと共同研究を行う。
- (5)傾斜組成コンポジットについては、東北大、メーカと共同研究を行う。
- (6)遮蔽用透明コンポジットについては、東海事業所の関連部署およびメーカと共同研究を行う。
- (7)複合化技術、接合技術については、大学、国研、メーカと共同研究を行う。
- (8)表面改質技術については、原研TIARA、イオン工学センター等のイオン注入装置を利用する。

10. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等):

- (1)新型セラミックス系コンポジットの創製、それらの複合化技術、接合技術および表面改質技術の開発のためには、今後解決しなければならない課題が多く、長期間にわたる取り組みが必要である。そのため、難易度、研究期間等を考慮し、研究過程を数段階に分割して、それぞれの研究目標を明確にして取り組むことが肝要である。
- (2)新素材創製のための試験解析には、高温強度評価装置、高性能マイクロ物性解析装置および試作装置等の整備が不可欠である。

11. 本計画書作成責任者(事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見:

原子カプラントの高性能化に向けて、各種コンポジット材料の開発は重要である。また、表面改質技術の開発は従来のイメージで、中性子照射を積極的に利用しようという新しい試みである。そのために必要の実験装置を整備しつつ、材料設計、試作、評価等を進めていきたい。

印



12. 研究開発スケジュール(計画) 詳細を別紙に示す

1.2. 研究開発スケジュール（言十画）

複合環境用マルチコンポジット材料の開発 「複合環境用セラミックス系マルチコンポジット材料と表面改質技術の開発」

年度 項目		当該評価対象期間					
		第1期計画 元年度～5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度
セラミックス系マルチコンポジットの創製	新型セラミックスコンポジットの創製	従来材の耐食性評価、耐食性改良方策の探索、強度試験法確立	改良方策の抽出 → 新材料の試作、耐食性評価 → 短時間強度評価	改良方策の絞り込み → 新材料の試作、Na中試験 → 中性子照射試験	耐食性評価 → クリープ強度評価	改良方策確立 → 中性子照射損傷解析評価 → 接合法開発予備試験 → 接合法開発試験	複合環境での適用性評価 → 腐食・破壊・損傷機構検討
	新型傾斜組成コンポジットの創製	FINASによる熱応力・変形解析、最適材料設計手法の確立、製造プロセス予備検討	複合化プロセス改良方策の探索 → 傾斜複合化プロセス検討	改良方策の絞り込み → 傾斜複合化プロセス改良 → 耐食性・短時間強度評価 → 中性子照射試験	複合化プロセス確立 → クリープ特性評価 → 中性子照射損傷解析評価	接合法開発予備試験 → 接合法開発試験	複合環境での適用性評価 → 腐食・破壊・損傷機構検討
	遮蔽用透明コンポジットの創製	新規	複合化プロセス開発予備検討 → 透明遮蔽材の材料設計・試作	複合化プロセス開発改良方策の探索 → 試作材の基本特性評価	複合化プロセス確立改良方策の絞り込み → 試作材の基本特性評価	遮蔽性能評価・複合環境での適用性評価 → 中性子/γ線遮蔽実験	中間評価
表面改質技術による高性能新素材の創製	新規		ビーム種類・注入条件の予備検討 → 耐食性改善の予備検討	耐食性改善の見通し → 引張・破壊じん性予備検討	ビーム注入条件の改善 → 耐食性評価 → クリープ特性予備検討	ビーム注入条件の最適化 → 最適ビーム条件における耐食性評価 → 最適ビーム条件における引張・破壊じん性評価 → 最適ビーム条件におけるクリープ特性評価	表面改質技術基盤の確立 → 中性子照射試験

事前評価対象期間(H6年4月～H11年3月)

課題名：FEL用高性能鏡の開発						新規		
課題番号	9	3	B	3	0	6	作成責任者	作成者
予算(項) 燃料開発費 予算(目) 核燃料サイクル技術開発費						高橋武士	北谷文人	
1.開発目標 自由電子レーザを実用化する上で必要不可欠と考えられる高性能鏡の開発を短波長域で利用可能な誘電体多層膜鏡を主眼に置き開発を行う。 また必要に応じより短波長の光学素子としての斜入射光学系の開発の検討を行う。								
2.効果予想 FEL用に用いることのできるような高性能鏡は、その他の、極限的なレーザの実用化にも大きな貢献をされると考えられる。								
3.事業団のプロジェクト技術への反映効果 レーザ濃縮用の高繰り返し炭酸ガスレーザ用窓材のコーティングへの応用など高出力レーザへの反映が考えられる。								
4.国内外の現状レベル 日本国内では、FEL用の高性能鏡を作る技術は、まだまだ未熟であり現在、国内で稼働している可視域のFEL用鏡は、米国からの輸入である。海外の製作技術も、低損失という意味では、実用に耐えるが長時間の使用に耐えるような光耐性をもっていない。								
5.事前評価前の進捗状況 第1期では、紫外から可視域の短波長用の誘電体多層膜光学素子の弱点である高屈折率側の膜に利用するための新しい膜材として硬質炭素膜を考え、光学素子に用いることが可能な硬質炭素膜の合成を目指して試験を行った。この結果、紫外可視域で透明度が高く比較的光破壊強度の大きい硬質炭素膜を合成することができた。								
6.計画実施内容 (i) 項目 a. 高性能硬質炭素膜の開発 b. 高性能低屈折膜の開発 c. 多層化試験 (ii) 実施方法: a. 現状の試験手法を延長し大口径の均質膜を作る試験を実施する。 b. CVD法を用いた光学素子用酸化膜およびフッ化膜の作成を行う。 c. a.b.で得られた結果をもとに多層化を行い高性能鏡の基礎データの収集を行う。 (iii) 内部、外部実施の別：内部実施 (iv) 実施場所：東海事業所 第二検査棟ほか <div style="text-align: right;">別添(有、無)</div>								

7.予算額(百万円)						
	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H10年度	
試験費	13.0	28.0	28.0	28.0	48.0	
その他	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
合計	15.0	30.0	30.0	30.0	50.0	

8.人員計画

実施計画

PNC側人員数(人・年)

役務員数(人・年)

H6年度
H7年度
H8年度
H9年度
H10年度

1
1
1
1
1

0
0
0
0
0

9.関連事項

高性能な鏡および薄膜の開発状況や技術情報の収集のために電通大レーザー極限技術研究センターとの協力関係を第1期同様続ける。

10.特記事項

特になし

11.本計画書作成責任者総合所見

FEL用高性能鏡についての基礎的な研究開発については、本計画のスケジュール等は、妥当であると考えられるが、実用のためには、メーカ等の製作のための技術的協力が必要である。



12.研究開発スケジュール(計画)

	項目	当該評価対象期間						
		右以前	H6	H7	H8	H9	H10	H11
a	高性能硬質炭素膜の開発			○				
b	高性能低屈折率膜の開発		○	中間評価 ▼		○		
c	多層化試験					○	○	

課題名 大出力・高品質ビーム入射器系の開発			新規
課題番号	9 : 3 : B : 3 : 0 : 7	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)		谷 賢	野村 昌弘
<p>1. 開発目標： FEL発振に必要とされる大出力・高品質電子ビームを得るために、フォトカソード付きRF電子銃等の入射器系製作の見通しを得る。</p>			
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 近年要求が高まっている大強度、短波長の光を供給する事のできるFELの開発に大きな効果を与える。</p>			
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 事業団が現在開発している大強度電子線形加速器のビームの質、ミックスを良くする事ができる。</p>			
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等） 現在世界中でFELやリニアコライダ用の高輝度・低エミッタンスのビームを供給する事のできるRF電子銃の開発が行われている。すでにSLACで開発された熱陰極+RF銃は、エミッタンス$10\pi\text{mm mrad}$以下と言うビームを作り出している。これ以上の高輝度・低エミッタンスのビームを作り出す為には、光陰極を使用しなければならない。本開発は、この光陰極の問題点を解決するものである。</p>			
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 現在事業団で開発中の加速器では熱陰極を用いたDC型電子銃を使用し、エミッタンス$10\pi\text{mm mrad}$以下を目標に開発している。</p>			
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目： (1) 電子軌道解析コード整備 (2) RFキャビティの設計 (3) 最適なカソード材質及び形状の選定</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： (1) 電子軌道解析コード整備：電子軌道解析コードとして良く知られているPARMELAを改良しRF電子銃内での電子軌道解析を行う。 (2) RFキャビティの設計：MAFIA等を用いてRF電子銃内での電場の解析を行い、最適形状の設計を行う。 (3) 最適なカソード材質及び形状の選定：寿命及び量子効率を考慮し、カソードの材質及び形状の選定を行う。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別 上記(i)項については大学等との共同研究を進め、その他については内部実施とする。</p> <p>(iv) 実施場所： 大洗工学センター先進技術開発室 大洗工学センター 先進技術開発室</p>			
			別紙（有、無）

7. 予算額 (百万円)						
	H 6年度	H 7年度	H 8年度	H 9年度	H10年度	H11年度
試験費	コード整備 2	コード整備 5	設計及び試験費 2.5	設計及び試験費 2.5	試験費 1.5	
その他	客員 5	客員 5	客員 5	客員 5	客員 5	
合計	7	10	30	30	20	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)				
実施計画	PNC側人員数 (人・年)		客員	役務員数 (人・年)
(1) 電子軌道解析コード整備	2		1	1
(2) RFキャビティーの設計	2		1	1
(3) 最適なカソード材質及び形状の選定	2		1	1

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

- ・本件はクロスオーバー研究の一環として開発を実施する。
- ・共研先としては、本研究分野に実績があり、レーザー及び光学系等の実験設備の整っている研究機関 (電総研、レーザー総研、及び、阪大レーザー研等) を検討している。

別添 (有・無)


10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

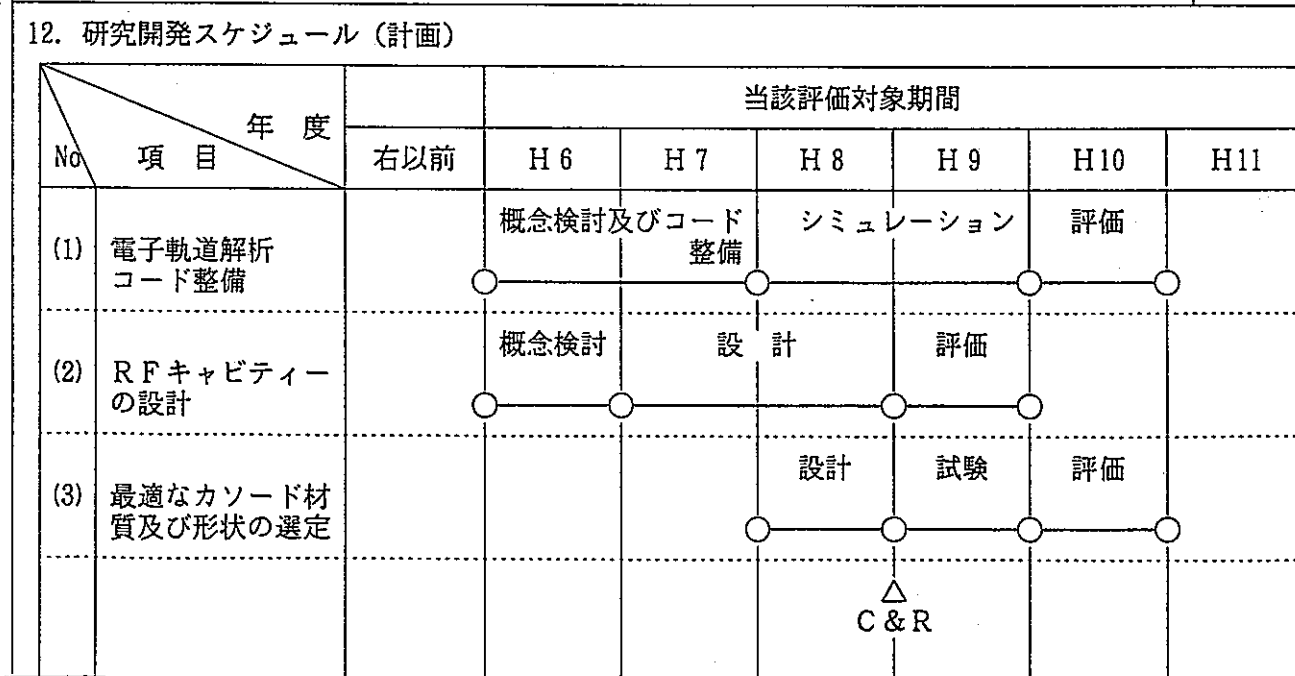
コード整備によって、詳細な解析を行うことを目標とするが、実験による確認は不可避であり、予算上の制約を考慮すると設備機器の整った機関との協力が必要である。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :

大出力かつ高品質という2つのベクトルを併せ持つ入射器系の開発は、その開発目標値を設定すること自体も困難な課題である。本研究は、他の先駆的研究機関の協力を得て実施したとしても、入射器系をシステムとして試作することは、当該研究機関の後になると考える。国内外との協力を活用し、着実な展開を期したい。

印





課題名 運転員の深い理解支援方策の研究			新規					
課題番号	9	3	B	4	0	1	作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉開発共通費						谷 賢	吉川 信治
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費							
<p>1. 開発目標： 原子力プラントの運転員が、非定型タスクの処理や未経験事象への対応を適切に行なうためには、プラントに対する深い理解と深い知識の形成が必要とされる。このため、人間の理解に関する認知科学的知見に基づいて原子力プラントに対する深い理解を支援する方策について研究し、その結果に基づいて深い理解の形成を支援するシステムを開発する。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 原子力プラントの運転員の質の確保・向上には、従来の、想定した個々の状況への対応を修得させる訓練のみでなく、プラントの機能構造に対する知識及び物理法則や工学的基礎的知識からその時に必要な操作を自然に導出できるようにすることが有効であり、本研究の成果によってこの教育を効果的に行なうことが可能になる。また、運転員の効果的な教育技術は、社会的な要請にも大いに応えるものである。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 事業団は原子炉を始め、燃料製造、濃縮、実験用の液体金属循環施設等、要求される安全性が非常に高い施設を数多く所有している。本研究を通じて開発される深い知識形成支援手法・システムをこれらの施設に適用することにより、従来よりも確実な運転員の教育を行なうことが可能となり、各施設の安全運転や、故障時の迅速・確実な原因同定・復旧にも貢献しうる。</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競合を必要とする理由等） 原子力における認知科学の応用研究として、運転員の診断過程の研究、生理心理指標に関する研究、人間と機械の役割分担に関する研究、共同作業における挙動の研究、それらのモデル化及びそのモデルを用いたシミュレーションに関する研究が行なわれている。これらの研究は人間がプラントの運転保守に「習熟」することを目的としており、運転員が基礎的普遍的知識からプラントの運転・保守に関わる個々の診断、操作法を導き出すための良好なメンタルモデルの形成を促進するための研究は数少ない</p>								
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 「常陽」運転訓練シミュレータを用いた異常診断・対応操作の際の運転員の挙動データの分析に基づいて、運転員思考モデルを開発し、これをシステム化している。この研究を通じて、運転員がプラントの状態を理解していく過程に関するデータベースをその挙動の観測結果から作成するノウハウや、モデル化された思考過程をシステム化する技術は蓄積されていると考えられる。</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目： ①メンタルモデル形成過程の分析法の開発②深い理解支援方策の策定③深い理解支援システムの開発</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： ①事業団が所有するプラントにおいて、メンタルモデル形成過程の分析を行なうための例題として通常時及び異常時の運転操作を行なう事象から典型的なものを複数選択する。そして、運転員がその現象を予測或いは説明する過程を分析し、それらを物理法則や工学的基礎知識及びプラントの機能構造等の基礎的普遍的知識から正しく説明するためのメンタルモデルを有しているか、それを如何に形成したかを調査する。その結果に基づいて運転員のメンタルモデルの獲得過程の分析手法を開発する。 ②①で開発した分析手法を用いて、複数の新人運転員の理解進展過程を記録する。この際、理解が進展した現象と、その進展をもたらしたメンタルモデルのエッセンス（物理法則、工学的基礎知識、対象プラントの機能構造及びそれらの関連等）を対比させて記録する。このようにして十分な事例を分析し、データベースを作成する。このデータベース中の望ましい例に基づいて、正しい理解をもたらすメンタルモデルを形成させるために有効な教育訓練の支援方策を見いだす。 ③②で得られた知見に基づいて、運転員が自身のプラントに対する深い理解即ちメンタルモデル形成を支援するシステムを構築する。</p> <p>(iii) 内部・外部実施の別 ①システムの製作は内部。メンタルモデル獲得のノウハウは心理学の研究機関との共同研究で取得 ②基本的には内部。教育訓練の支援は心理学の研究機関と共同で研究③内部実施。</p> <p>(iv) 実施場所：大洗工学センター技術開発部先進技術開発室 別紙（有、無）</p>								

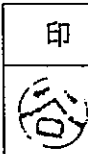
7. 予算額 (百万円)						
	H 6 年度	H 7 年度	H 8 年度	H 9 年度	H10年度	H11年度
試験費	1 0	2 0	2 0	2 0	3 0	
その他						
合計	1 0	2 0	2 0	2 0	3 0	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)			
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	客員研究員数 (人・年)	
H 6	1	1	
H 7	2	1	
H 8	2	2	
H 9	2	2	
H 1 0	2	1	

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :
 理解の進展 (メンタルモデル形成) の事例の収集に当たっては、実験炉部の運転員教育担当箇所の協力が不可欠である。また、事業団には、心理学を専門とする技術者が皆無に近いことから、心理学の立場で人間の学習・認知を研究している研究機関との共同研究を行なうことが妥当と考えられる。
 別添 (有・無)



10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :
 理解の進展 (メンタルモデル形成) の事例の収集のために、この研究に必要な情報の採取が可能な形での教育・訓練を新たに実施しなければならない。この場合、大きなマンパワーを先進室、実験炉部共に割く必要がある。また、観測・記録されているという運転員の認識が、データに影響しないような事例収集のノウハウを取得する必要がある。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :
 メンタルモデル形成過程の分析法の開発のみでも、広範囲な事例の分析を必要とするものと考えられる。マン・マシンインタフェースの研究等、運転員の思考過程、挙動に関する研究を実施している研究機関と共同で課題範囲の設定を行い、さらに心理学研究機関との共同研究に発展させたい。



12. 研究開発スケジュール (計画)		当該評価対象期間								
No	項目	年度	右以前	当該評価対象期間						
				H 6	H 7	H 8	H 9	H10	H11	
1	メンタルモデル形成過程の分析法の開発									
2	深い理解支援方策の策定									
3	深い理解支援システムの開発・評価									

△
C & R

課題名 計算科学的手法による流体-構造系の統合シミュレーションの研究				新規				
課題番号	9	3	B	5	0	1	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)								
<p>1. 開発目標： 熱流体力学や構造力学等の支配方程式で記述される現象が相互作用した複合事象を統合的にかつ高精度に解析する手法を確立し、従来は大規模実験に依存していたシステムの確証を計算科学的手法で代替することにより、高速炉の高性能化と安全性向上を同時に達成する。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） (1)大規模で、複雑な試験を計算機シミュレーションで代替することにより、設計のコストと時間を節約できる。また、試験で放射性物質や危険物を用いることのリスクを回避できる。(2)既存の計測装置では、その存在によって測定している場を乱してしまったり、現象によっては測定不可能であったりする。これらの問題を解決し、任意の場所で任意の物理量を知ることができる。現象の解明や新しい物理モデルの構築、基準類の合理化を図ることができる。(3)流体・構造系のシミュレーションは基盤技術であり、他産業分野への波及も期待できる。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 高速炉の実用化に向けて、大規模ナトリウム試験を計算機シミュレーションで代替できれば、システムの安全設計の手順を根本的に改善できる。安全評価の観点から、検証性が不十分な場合には、試験を行う必要があるが、その計画を最適化すべく計算機シミュレーションを活用できる。試験結果を解釈する上でも、データが不足している点を計算機で補うことにより分析が容易に行える。また、本技術は基盤技術であり、高速炉以外のプロジェクトでの活用も期待される。</p>								
<p>4. 国内外現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等） 原子炉工学室では、熱流動解析コードシステムの開発を実施しており、これを高速炉の安全評価に適用している。しかしながら、これらのコードは、いわゆる工学的モデルに基づいており、そのパラメータを設定するための基礎的実験と総合的な検証試験が必要であった。ここに述べた計算科学的手法を用いたブレークスルーを達成するためには、計算機システムの飛躍的な性能向上が必要である。通信速度の制限などによる計算機の性能向上の鈍化は、ベクトル化、パラレル化、ベクトルパラレル化などの新技術により、根本的に解決される可能性がある。関連技術は、気象、航空、宇宙などの分野で開発されつつある。</p>								
<p>5. 事前評価の進捗状況（先行した研究がある場合） 先行研究なし。</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i)項目：(1) 流体-構造相互作用シミュレーション (2) 複雑形状空間における熱流動シミュレーション (3) 核熱流動を統合したスーパーシステムシミュレーション (4) 数値解法アルゴリズムとコンピューターグラフィックスの開発</p> <p>(ii)実施方法（手順・手段） ・ハードウェアについては情報センターの計算機を活用する。また、手法開発用に、実施場所にフロントエンドプロセッサを設置する。 ・人員計画については、客員研究員を1～2名程度招聘し、研究の活性化を図る。 ・数値解法アルゴリズム開発や検証用基礎実験は共同研究や委託研究を積極的に実施する。</p> <p>(iii)内部、外部実施の別： (1)～(3)は主として内部実施、(4)は主として外部実施</p> <p>(iv)実施場所 大洗工学センター 原子炉工学室 別紙（有、<input checked="" type="radio"/>無）</p>								

7. 予算額 (百万円)						
	H 6 年度	H 7 年度	H 8 年度	H 9 年度	H10年度	H11年度
調査費	5	5	5	0	0	
プログラム費	15	20	20	30	30	
解析費	10	15	20	30	30	
レンタル費	20	20	20	25	25	
合計	50	60	65	85	85	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側(含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)		
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
(1) 流体-構造相互作用シミュレーション	1	2
(2) 複雑形状空間における熱流動シミュレーション	1	2
(3) 核熱流動を統合したスーパーシステムシミュレーション	1	1
(4) 数値解法アルゴリズムとコンピュータグラフィックスの開発	0.5	2

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

- ・大洗 情報センター
- ・共研 (外部実施)

特に、数値解法アルゴリズム、コンピュータグラフィックス
検証用基礎実験
ハード関係

別添 (有 無)


10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

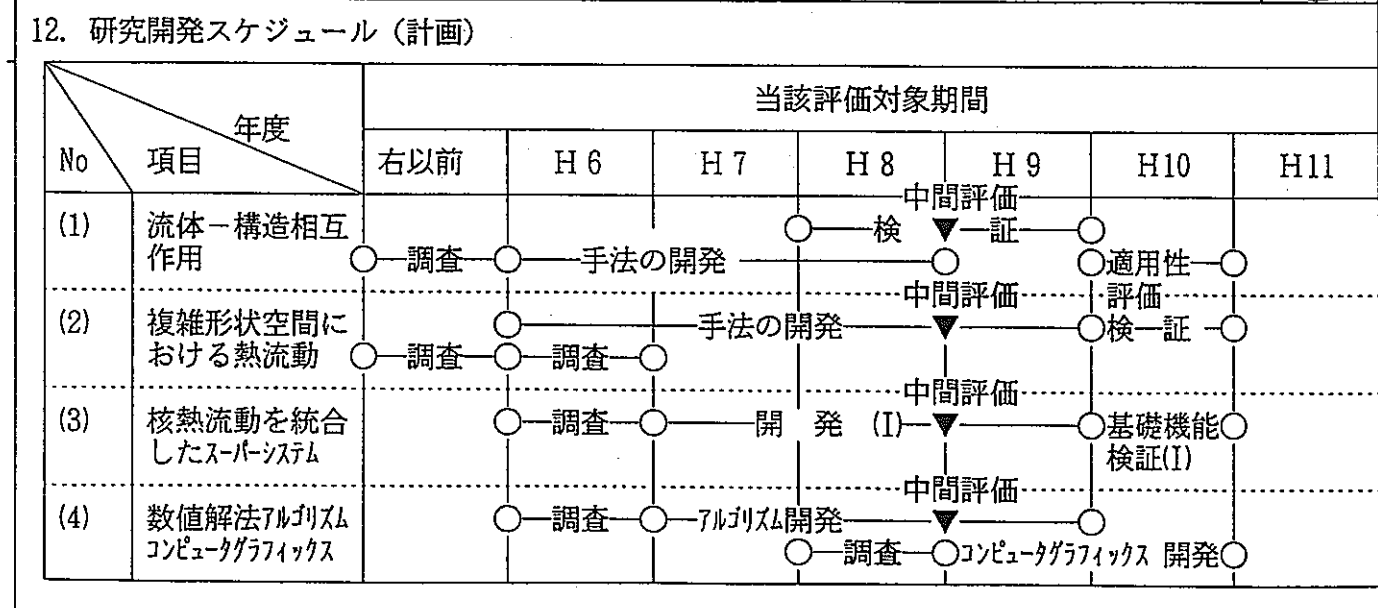
シミュレーション技術確立のための専門家の確保と専門計算機が不可欠である。また、最新技術情報の十分な調査が必要である。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :

複雑なプラント過渡現象を計算科学的アプローチで統合的にシミュレーションする技術開発を通して、原子炉の安全評価技術の高度化、基盤技術整備による研究体質の強化、技術移転による他の産業分野への貢献が期待できる。

印





課題名 繰返し有限要素法解析を用いた構造物非線形挙動の体系的評価法の開発				新規				
課題番号	9	3	B	5	0	2	作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉開発共通費					大洗 構造工学室	永田 敬	同. 左
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費							
<p>1. 開発目標： 有限要素法（FEM）シュミレーション解析繰返し等により、構造物の挙動（変形及び局部応力ひずみ挙動）と構造物の形状及び負荷（機械荷重及び冷却材温度変化等）との関係を簡明に表す関係式を、当該関係の統計的傾向の定量的評価方法開発を行いつつ策定する。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 設計等の作業に必要な応力解析・評価作業での試行錯誤の回数・量を大幅に軽減し、基本的特性を把握した上で、それを活用した合理的な解の導出を可能にする。研究成果は広い普遍性を持ち、一般産業用機器でも合理的な「解析による設計」が可能になる。</p>								
<p>3. 事業団プロジェクト技術への波及効果 高速炉・再処理・燃料製造等を含めPuリサイクルに係るプラントの系統/機器設計及びその運転保守の最適化（安全性・経済性・保守補修性等の調和）を定量的裏付けを得つつ効果的に遂行可能となる。</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競合を必要とする理由等） 構造物挙動又は強度の統計的傾向は、材料特性の統計的傾向が把握されつつある段階にあり、形状・負荷因子の統計的傾向は一部耐震PSAにその例を認める程度の段階である。このため設計基準又は応力評価基準は、統計的傾向の定量的分析を経ない工学的判断に拠る場合が多い。 一方、構造物挙動と形状及び負荷との関係式について、一部配管設計用に応力指数法が整備されているが、評価可能な形状及び負荷が限られている。FEMは任意条件の解を得る有効な方法であるが、個別条件での解が得られるに過ぎず、現象の表面的理解に止まりがちである。</p>								
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 形状・負荷因子の統計的傾向の分析は未着手。 弾性熱応力用簡易評価法については、厚さの異なる円筒接続構造を例として先行検討し、新たな評価法を構築可能との見通しを得た。（“Thermal Transient Stresses at Structural Discontinuities”, Post SMiRT Seminar, Aug., 1993）</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目：(1) 確率論的強度評価手法の開発 (2) 簡易挙動強度評価法の開発</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： (1) 形状・負荷因子の統計的傾向の分析と確率論に基づく当該傾向評価手法の開発 (2) 弾性・非弾性有限要素法パラメータ解析等に基づく簡易挙動強度評価法の開発 (2)にあっては熱応力評価法開発を主体とし、損傷評価法開発も合わせ行うものとする。）</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別 (1) 確率論的強度評価手法の開発は当面内部実施を主体に作業展開を図る。 (2) 簡易挙動強度評価法の開発は、国内にあっては高圧力技術協会・海外にあっては米国PVRCを活用した外部実施を主体に作業展開を図る。</p> <p>(iv) 実施場所 大洗工学センター構造工学室</p> <p style="text-align: right;">別紙（無し）</p>								

7. 予算額 (百万円)						
	H 6年度	H 7年度	H 8年度	H 9年度	H10年度	H11年度
試験費	0	0	0	0	0	
その他 (主に解析費)	42	(60)	(60)	(60)	(60)	
合計	42	(60)	(60)	(60)	(60)	

8. 人員計画 (上記6.の業務に関わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)		
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
(a)確率論的強度評価手法の開発	3人・年	1人・年
(b)簡易挙動強度評価法の開発	2人・年	4人・年

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等)
 「原子力用構造物の巨視的/微視的損傷の計算力学的解析法の開発とその応用」として動燃・原研・理研・金材研が協力して行うクロスオーバー研究として実施。
 簡易的挙動強度評価法の開発は、優れた技術者の膨大な作業が必要となり事業団内だけでは必要な人員の確保が困難である。一方米国・日本共に原子力機器用に開発された「解析による設計」を、簡易法の充実を図ることにより一般産業用機器でも使用可能なようにしたいとの要望が産業界にある。適切な方向で資金投入を図れば投資効果が著しく大きい活動を組織化できる。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :
 確率論的強度評価手法の実用化には、各影響因子の確率密度関数を製作法・系統特性・運転法等に基づき具体的に定める必要がある等克服すべき課題が多い。一方、小規模な資金投入による外部機関を用いた研究では研究開発方向が分散する恐れがある。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :
 確率論的強度評価手法の開発は、手法枠組みの整備を中心に作業を進め、本格的な定量的確率密度関数の策定は別途改めて計画を立案する必要がある。
 一方、簡易挙動強度評価法の開発では、実用的な評価法開発を成果とすべく作業の方向付けに特に注意して組織化を図る必要がある。

12. 研究開発スケジュール (計画)		当該評価対象期間							
No.	項目	年度	右以前	H 6	H 7	H 8	H 9	H10	H11
(a)	確率論的強度評価手法の開発			予備解析	形状因子定式化検討		負荷因子定式化検討		
(b)	簡易挙動強度評価法の開発			予備解析	弾塑性関係式の策定		クリープ域への拡張		
	(中間) 評価			▽		▽		▽	

事前評価対象期間（6年4月～ 11年3月）

課題名 クリープ疲労損傷過程のコンピュータシミュレーション技術の開発						新規		
課題番号	9	3	B	5	0	3	作成責任者	作成者
予算(項)						大洗・材料開発室	大洗・材料開発室	
予算(目)						和田	青砥/上野	
<p>1. 開発目標： 高速炉構造材料において防止すべき主要な破損形態であるクリープ疲労に対して、従来の破壊試験（あるいは構造でのマクロき裂発生）を基本に安全係数を乗じて評価する手法を大きく進めて、損傷の発生からき裂の貫通までの破壊過程をシミュレーション評価できる技術がこれから求められる。このため、結晶粒界に生じる局所の応力-ひずみの解析法の開発を基本に、損傷を支配する粒界すべり機構をマイクロの力学モデルから定量的に明らかにし、き裂発生および損傷部のき裂進展を評価する手法を開発する。</p>								
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） (1)材料の破損機構の解明という多くの研究者が目指す究極の技術へのおおきな前進 (2)許容損傷量（欠陥）を基本とする次世代型設計基準体系の構築 ⇒破壊に対する経験則安全係数型から許容欠陥寸法以下での成長確率に基づく信頼性評価型への発展 (3)供用プラントの経年損傷の定量的な診断法の開発 ⇒プラント寿命延伸技術への応用</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 (1)高速炉高温構造設計法の合理化/高速炉構造の信頼性評価手法の開発 (2)常陽、もんじゅの余寿命診断法開発 (3)超長寿命高速炉プラントの開発（プラントの余寿命診断技術の反映） (4)高性能構造材料開発への反映</p>								
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等） (1)火力でプラント寿命延伸に関する研究の一貫として、クリープ損傷機構の解明が進められているが、クリープ疲労に関しては動燃が先見性を発揮し、長時間試験をベースとした信頼性の高い新概念のマクロモデルを開発し国内外で最先端を進んでいる。マイクロモデル開発でも先駆的に進められる。 (2)現在、国際的に非常に関心が高まっている分野であり、一気に技術を発展・向上させる機会である。 (3)機械と金属の両方の専門家の学際的研究であり、動燃の組織は偏りがなく開発に適している。</p>								
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 構造材料の寿命・余寿命診断法の開発として、クリープ疲労試験を試験片が破断する以前の適当な時期に中止し、マクロの力学的な損傷量（例えば試験時間/寿命時間など）と実際の材料の組織変化を定量的に調べ、粒界での空孔成長の規則性を検討した。これによって、粒界すべりが大きな因子となる点と、粒界の局所応力評価技術および専用プログラム開発の必要性を明らかにした。</p>								
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目： (1)粒界局所応力-ひずみ解析法開発 (2)粒界すべり条件推定 (3)マクロのき裂発生と進展解析法開発</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： (1)解析プログラムの開発 (2)粒界すべり量の観察試験 (3)解析プログラムの開発 損傷材き裂進展試験</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： 解析プログラムの開発は外部実施 材料試験は内部実施</p> <p>(iv) 実施場所： ソフト会社 大洗・材料開発室</p> <p>別紙（有、無）</p>								

7. 予算額 (百万円)						
	H 6年度	H 7年度	H 8年度	H 9年度	H10年度	H11年度
(1)解析プログラムの開発	5	5	5	0	0	
(2)粒界すべり量観察試験	0	5	5	0	0	
(3)解析プログラムの開発	0	0	0	5	5	
損傷材き裂進展試験	0	0	0	5	5	
合計	5	10	10	10	10	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)		
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
(1)	2	0
(2)	1	0
(3)	1	0
	1	0


9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :
 協力部署なし
 共研なし
 外部実施は、解析プログラムのソフト会社への発注のみ

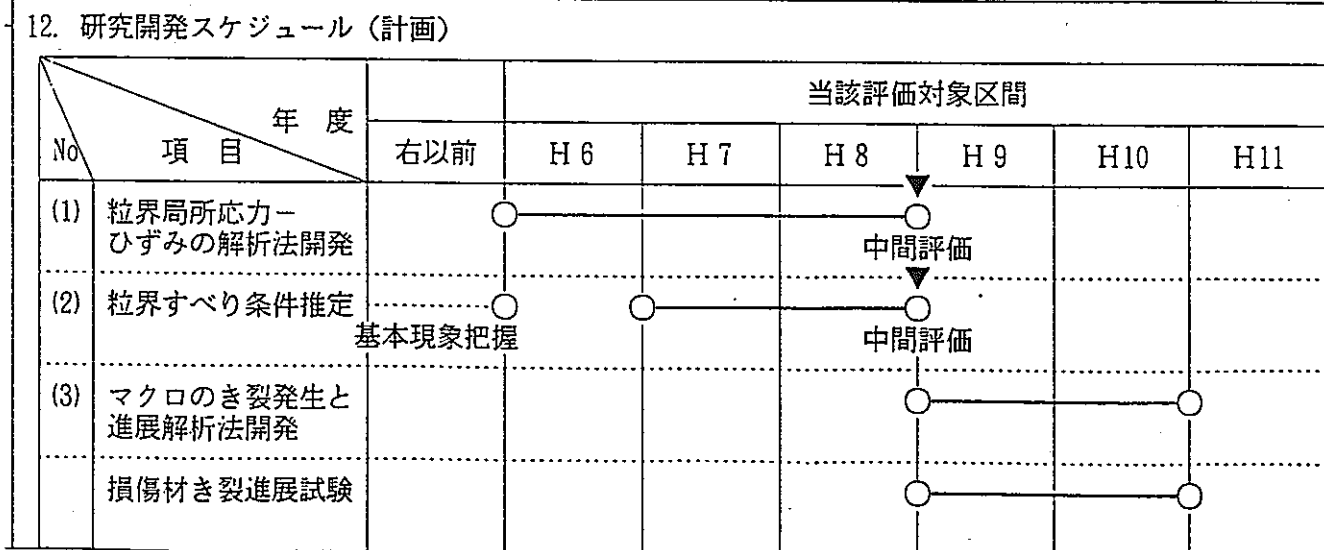
別紙 (有、無)

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :
 特になし

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :

ミクロの結晶マトリックスと結晶粒界の特性を考慮した非弾性解析の試みは既にいくつかなされているが、概念検討段階に留まっている。本モデルは、動燃事業団のこれまでのミクロ組織観察データベースを背景として定量的な評価に一步踏み込もうとするもので、破損機構解明の先進的な研究であり、成果の期待は完全には見通せないが価値の高い研究である。

印




7. 予算額 (百万円)						
	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H10年度	H11年度
試験費						
その他						
合計	5	20	30	50	50	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役務員、客員研究員等)		
実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
	2人・年	2人・年

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

情報センターに専用計算機及び通信用計算機を設置し、各共同研究機関をネットワークで接続する。


別添 (有・無)

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

○国内外の計算機ネットワークの整備・利用
○計算機環境の整備

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :

複合事象の解析が容易にできるようになると共に、ソフトウェア開発の生産性、信頼性の向上が図られるので、是非実用化レベルまで検討していきたい。

印


12. 研究開発スケジュール (計画)								
No	項目	年度	当該評価対象期間					
			右以前	H6	H7	H8	H9	H10
	調査		←→					
	プロトタイプ 検討			←→				
	プロトタイプ 作成・評価・改良					←→		

課題名 アクチニド系化合物の5f電子挙動に関する量子化学的計算方法		新規	
課題番号	9 3 B 5 0 5	作成責任者	作成者
予算(項) 動力炉開発共通費 予算(目) 新型炉サイクル技術開発費		高橋 武士	船坂 英之
<p>1. 開発目標： 今後事業団が進めようとしているアクチニド核種の分離・消滅には、分離用の新溶媒や多元素の状態図が必要であることは言うまでもない。しかしこれらの開発並びに作成をすべてを実験で補おうとするとは莫大な時間と資金を必要とするばかりでなく、アクチニド特有の取扱いにおける多くの制約と障害が存在することが考えられる。 そこで本件では、これらの開発並びに作成において量子化学的計算手法を導入することにより、開発の方向の決定や試験の効率的な実施を図ろうとするものである。</p>			
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術的ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 現在 量子化学的計算手法は一般産業界ではバイオ関係を中心に極めて進んでおり、その進展度は、原子力分野以上と言える。しかしそのほとんどが、C（炭素）H（水素）O（酸素）のs、p電子であり、d、f電子への取組はほとんどなされていない。 本件の実施により、原子力分野で開発された技術の一般産業界への波及が期待できる。</p>			
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 将来のアクチニド核種の分離・消滅のみならず、現行の再処理工程の解析など燃料全般に広く反映できるものと考えられる。</p>			
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競合を必要とする理由等）： 本分野に関しては、米国は相当進んでおり、アクチニドとランタニドの両元素群の分離用の新溶媒設計に一部計算化学を導入しているとの情報もある。 国内に関しては、バイオ関係とりわけ新薬、新触媒の設計に量子化学的計算法が導入されているが、s、p電子までであり、d、f電子への適用例はほとんどない。</p>			
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合） 本件に関しては、一部大阪大学で研究された例はあるものの、ほとんど手つかずの状態である。</p>			
<p>6. 当年度以降の計画実施内容（項目、実施方法（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）： (i) 項目： 液体関係 分子軌道計算法を用いた溶液中のf電子化合物の反応解析 固体関係 f電子化合物の状態図作成用計算法の構築 (ii) 実施方法（手順・手段）： 液体関係 将来的な目標としては、アクチニド核種の分離工程で使用する新しい抽出溶媒の設計に反映できることとするが、まずは既存の計算手法の調査から開始し、取得されている実験データとの比較等を行うことにより、f電子化合物への適用性の限界を見極めることから展開していきたい。 固体関係 まずは、平衡状態図の理論計算に最近使用されはじめた第一原理計算法等のf電子化合物への応用から始めることとする。 (iii) 内部、外部実施の別： 基本的には内部で実施することとするが、個別の計算手法については、先行している大学等との共同研究を含めて、事業団内の関係各所と協力しながら進めていきたい。 (iv) 実施場所： 東海事業所 先端技術開発室</p>			
			別紙（有、無）

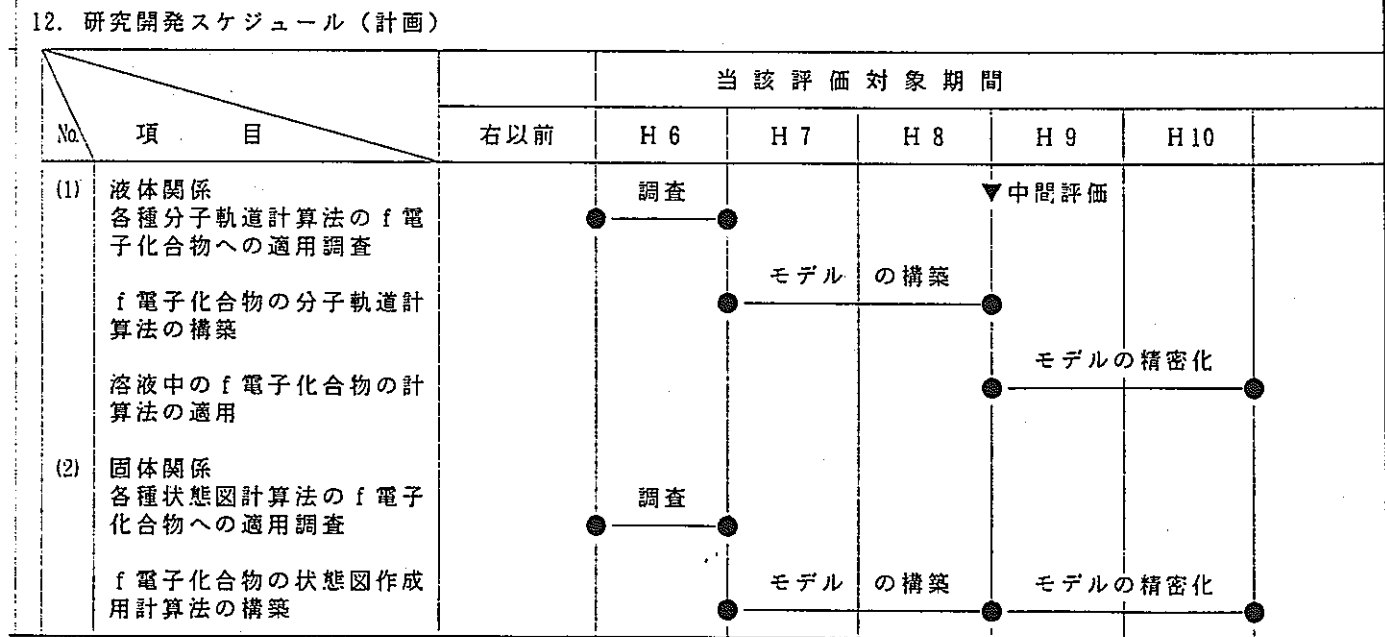
7. 予算額(百万円)					
	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H10年度
試験費	7.8	20	30	30	30
その他					
合計	7.8	20	30	30	30

8. 人員計画(上記6.の業務に係わるPNC側(含む出向,業協者)人員及び役員,客員研究員等):		
実施項目	PNC側人員数(人・年)	役員数(人・年)
(1) 分子軌道計算法を用いた溶液中のf電子化合物の反応解析	1 人・年	0 人・年
(2) f電子化合物の状態図作成用計算法の構築	1 人・年	0 人・年

9. 関連事項(協力部署,共研の有無,外部実施の理由等):
 下記の大学とは共同研究を実施したい
 大阪大学 基礎工学部 合成化学科 分子軌道計算法を用いた溶液中のf電子化合物の反応解析
 京都大学 工学部 材料工学科 " "
 北海道大学 工学部 金属工学科 f電子化合物の状態図作成用計算法の構築 別添(有,無)

10. 特記事項(研究開発推進上の制約,課題,問題点等):
 現在までのところ, f電子化合物の各種反応特性解析,物性解析に計算化学の手法が導入された例は,ほとんどなく手つかずの状態である。よって本件の実施にはかなりの困難が予想される。

11. 本計画書作成責任者(事業所 先端室長,先進室長,) 総合所見:
 溶液の化学特性を理論的に推測することは,現在の数値計算技術を駆使しても容易なことではないが大学等の協力を得て,理論の適用可能な範囲を明らかにしたいと考えている。



課題名 電子線形加速器による陽電子生成		新規	
課題番号	9 : 3 : B : 6 : 0 : 1	作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉技術開発共通費	谷 賢	武井 早憲
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費		
<p>1. 開発目標： 電子ビームによる陽電子ビームの生成・収束及び陽電子ビームの輸送に関する基礎的な研究を行う。 特に、大電流電子ビームによる大電流陽電子ビームを生成し、陽電子を損失なく輸送する技術を開発する。</p>			
<p>2. 効果予測：（社会的、経済的、技術ニーズとの関連、学術的・科学的波及効果） 大電流陽電子ビームを用いることにより光子（X線）や電子、中性子などの粒子ビームだけでは情報が得られなかった物質・材料の微視的構造・状態解析が短時間に行える。 また、DNA損傷機構の解明、反物質（反水素）生成等の基礎物理学、化学、生物学の新展開に多大の寄与が期待される。</p>			
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 大電流陽電子ビームを利用することにより材料の表面欠損・照射欠損等の精密な分析が可能になり、材料開発、照射挙動解析等を加速することができる。</p>			
<p>4. 国内外の現状レベル（本計画の技術水準、先見性、類似テーマの有無、競合を必要とする理由等） 現在、最大の陽電子発生装置は、米・スタンフォード線形加速器センターにあり、その入射電子ビーム電力は30kW程度である。国内では、文部省高エネルギー物理学研究所に5kW程度の陽電子源があり、平成5年から試験を開始した。国内外を含め、陽電子を加速している研究所は10カ所以下であり、その入射電子ビーム出力は数百ワット程度が殆どである。本計画では、40～400kWの範囲の陽電子源を目指しており、大電流陽電子源として注目できる。</p>			
<p>5. 事前評価前の進捗状況（先行した研究がある場合）</p>			
<p>6. 計画実施内容（項目、実施手順（手順・手段）、内部実施・外部実施の別、実施場所）</p> <p>(i) 項目： (1)陽電子標的の研究 (2)標的部収束系の研究 (3)陽電子輸送系の研究</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： (1)陽電子標的の研究 標的材料、形状、冷却構造、放射線汚染対策、超高真空系、安全システム等の検討に基づき、数kWの電子ビームを数mm²に絞って照射することが可能な重金属標的を設計し、その試作、試験を行う。 (2)標的部収束系の研究 大電流陽電子ビームを適当なエネルギー領域と数cm以内の大きさに形成することが可能な効率の良い収束系を設計し、その試作、試験を行う。 (3)陽電子輸送系の研究 形成された大電流陽電子ビームを損失なく数十メートル輸送するための高真空ビーム輸送系を設計し、その試作、試験を行う。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： 設計は内部実施、試作、試験は外部実施。</p> <p>(iv) 実施場所： 大洗工学センター先進技術開発室 文部省高エネルギー物理学研究所</p>			
			別紙（有、無）

7. 予算額 (百万円)						
	H 6年度	H 7年度	H 8年度	H 9年度	H10年度	H11年度
試験費	設計費 4		設計費 4	設計費 4		
その他	試作試験費 15	試作試験費 30	試作試験費 26	試作試験費 36	試験費 20	
合計	19	30	30	40	20	

8. 人員計画 (上記6.の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協者) 人員及び役員、客員研究員等)

実施計画	PNC側人員数 (人・年)	役員数 (人・年)
(1)陽電子標的の研究	2	0
(2)標的部収束系の研究	2	0
(3)陽電子輸送系の研究	2	0

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

現在、国内で最大の陽電子源を有するとともに、本計画に必要な電子ビーム発生装置を有する文部省高エネルギー研究所と共同で、試作、試験を実施する。同研究所では既に陽電子源の設計、製作実績があり、本計画が目指す大電流陽電子源を開発する能力を有する。

また、現在、先進技術開発室で開発を行っている加速器は、当該期間本計画に使用することが出来ないで、外部実施とした。 別紙 (有、無)

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

大電流陽電子ビームの生成、収束技術に関しては、大電流電子ビーム照射に伴う熱除去、放射線汚染対策等の諸問題が研究のポイントである。また、大電流陽電子ビームの形成、輸送技術に関しても世界的に未開発な分野であり、基礎的な研究が要求される。

11. 本計画書作成責任者 (事業所 先端室長、先進室長、) 総合所見 :

現在、開発中の大電流電子線形加速器の多角的利用の一つとして大電流陽電子源は有望である。また、標的、収束系、輸送系に関する技術は、電子と陽電子で共通する面が多く、加速器開発の経験を本計画に反映していきたい。

印



12. 研究開発スケジュール (計画)

No	項目	年度	当該評価対象期間							
			右以前	H 6	H 7	H 8	H 9	H10	H11	
(1)	陽電子標的の研究		設計・ 試作	○	○	○				
(2)	標的部収束系の研究					設計・ 試作	○	○	○	
(3)	陽電子輸送系の研究						設計・ 試作	○	○	○
							△			
							中間評価			