

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 - 1

(フロンティア研究報告書、フロンティア研究計画書)

1992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 2 A 新概念創出に係る研究開発

### 9 2 A 1 新概念高速炉

- 9 2 A 1 0 1 水素製造高速炉 1
- 9 2 A 1 0 2 宇宙用高速炉 3
- 9 2 A 1 0 3 高速炉ガスタービンシステム 5

### 9 2 A 2 核種分離

- 9 2 A 2 0 1 湿式核種分離 7
- 9 2 A 2 0 2 有用金属回収（鉛抽出） 9
- 9 2 A 2 0 3 超高温処理 11
- 9 2 A 2 0 4 ルテニウム電解回収 13
- 9 2 A 2 0 5 フッ化揮発法（電気泳動法を含む） 14
- 9 2 A 2 0 6 有用金属利用 15

### 9 2 A 3 消滅処理

- 9 2 A 3 0 1 FBRによる消滅処理（炉心特性） 17
- 9 2 A 3 0 2 FBRによる消滅処理（燃料物性・製造等） 19
- 9 2 A 3 0 3 加速器による消滅処理（消滅理論） 21
- 9 2 A 3 0 4 加速器による消滅処理（加速器開発） 23

## 9 2 B 基盤技術開発

### 9 2 B 1 人工知能

- 9 2 B 1 0 1 運転員思考モデル 25
- 9 2 B 1 0 2 ニューラルネット 27
- 9 2 B 1 0 3 知識獲得手法 29
- 9 2 B 1 0 4 運転制御システム, シミュレータ 31

9 2 B 2 新材料・超電導

9 2 B 2 0 1	シミュレーション照射技術の高度化	3 5
9 2 B 2 0 2	傾斜機能材料	3 7
9 2 B 2 0 3	耐熱合金	3 9
9 2 B 2 0 4	エンジニアリングセラミックス	4 1
9 2 B 2 0 5	高性能制御材	4 3
9 2 B 2 0 6	高性能放射線遮蔽材	4 5
9 2 B 2 0 7	セラミックスの超微細化	4 7
9 2 B 2 0 8	超電導体の合成	4 8
9 2 B 2 0 9	フラーレン	5 0
9 2 B 2 1 0	磁気分離	5 2

9 2 B 3 レーザー

9 2 B 3 0 1	レーザー同位体分離	5 4
9 2 B 3 0 2	オフガス分離	5 6
9 2 B 3 0 3	レーザー溶液化学	5 8
9 2 B 3 0 4	化学レーザーの開発	6 0
9 2 B 3 0 5	FELの光学系の開発	6 2

9 2 B 4 産業用レーザー

9 2 B 4 0 1	産業用レーザー	6 3
9 2 B 4 0 2	産業用レーザー	6 4
9 2 B 4 0 3	産業用レーザー	6 5
9 2 B 4 0 4	産業用レーザー	6 6
9 2 B 4 0 5	産業用レーザー	6 7

課題名 (高温高速炉)		(新規) 継続 施設計画中	
課題番号	9 2 A 1 0 1	作成責任者	作成者
予算(項) 高速増殖炉開発費 予算(目) システム研究開発費		姫野 嘉昭	大坪 章
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団内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：</p> <p>1) 高温高速炉・・・水素製造及びガスタービン発電に使用可能な高速炉の概念検討を行う。</p> <p>2) 水素製造・・・高温高速炉を用いて可能な水素製造法を調査検討し、システムの概念検討を行う。</p> <p>3) 高温高速炉ーガスタービン発電システム・・・僻地での使用に適した、使用しやすい高速炉のコジェネシステムの概念を検討する。</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) 高温高速炉・・・熱出力360MWt、炉容器出口冷却材温度770℃を想定した高速炉の概念検討を行った。(添付資料1参照)</p> <p>ポイド反応度解析を行い300-400MWtでは炉心高さ/炉心直径=約1/3の体系で、全炉心ポイド反応度を負とすることが可能な見通しを得た。又、計測系の検討を行い、現状技術でほぼ可能という見通しを得た。</p> <p>2) 水素製造・・・水素製造法の調査検討を行い、熱化学法ではUT-3プロセス(図1参照)が温度的に比較的低温であり、高温高速炉と組み合わせたシステムが組めるという見通しを得た。</p> <p>高温高速炉ーUT-3プロセスシステムの概念検討を行った。(図2参照) このシステムが完成したときの水素製造コスト試算を行い、高温ガス炉の場合に発表されているコストよりも安くなるという結果を得た。(図2参照)</p> <p>3) 高温高速炉ーガスタービン発電システム・・・予備検討を行い、炉容器出口冷却材温度を650℃とすれば、熱効率(発電効率)が22%となり、排気ガス温度が224℃となる結果を得た。よって、本システムはコジェネシステムとして可能性があるという感触を得た。</p>			
別添 (有) 無)			

//  
年 月 日)

作成  
日付 3 年 12 月 9 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 (累積 1.7 (百万円)) 試験費	4. 平成 5 年度概算要求提出額 <del>試験費</del>
その他 2	その他 8
合計 1.9 (百万円)	合計 8 (百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :

実施項目	PNC 側人員数 (人・員)	役務員数 (人・年)
高温高速炉 水素製造法	1	0
高温高速炉ーガスタービン発電システム		

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

別添 (有、)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :

UT-3 プロセスによる水素製造は、原研が高温ガス炉建設の主目的としたのであるが、UT-3 プロセスには材料問題等難題が多く、調査検討を進める過程で、動燃の将来のプロジェクトとはなり得ないとの結論に到った。

8. 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) の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :

動燃報告書 8 件、外部発表 6 件 (添付資料 2)

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見 :

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次	
		10	9	10	1	4	7	10
	高温高速炉	概念検討		○				
	イ) 水素製造法	熱化学法 (UT-3 プロセス) 検討					○	固体電解質法検討
	ロ) 高温高速炉ーガスター ビン発電システム					○	概念検討	

課題名 (高温高速炉)		新規 継続 施設計画 中	
課題番号	9 2 A 1 0 1 H	作成責任者	作成者
予算(項) 高速増殖炉開発費 予算(目) システム研究開発費		姫野 嘉昭	大坪 章
1. 開発目標： 通常の高速炉より冷却材温度を100-200℃上昇させ、新たな高速炉の利用法を開発する。 具体的な利用法としては、水素製造及びコジェネによる地域暖房を考える。			
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) 水素は将来のクリーンエネルギーとして期待されている。水素製造は夜間電力の有効利用法としての使用も可能である。地域暖房を行うコジェネシステムは、北海道及びロシアのシベリヤ地方等で将来需要が見込まれる。			
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果  高温化技術の開発は、大型炉プロジェクトに反映できる。			
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)：  高速炉による水素製造及びコジェネは動燃以外特に計画無し。本計画は、現時点ではプロジェクト化の見通しを立てるのは困難である。後、約二年机上での検討が必要である。			
5. 前年次までの進捗状況(継続の場合)：			
6. 当年次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：  高温高速炉    イ) 水素製造法    ロ) 高温高速炉-ガスタービン発電システム			
(ii) 実施方法(手順・手段)：  イ) 高温固体電解質水蒸気電解法の検討    ロ) システムの概念検討			
(iii) 内部、外部実施の別：		(iv) 実施場所：	
内部		大洗工学センター フロンティア室 別紙(有) <input checked="" type="checkbox"/>	

11  
年 月 日

作成  
日付

3 年 12 月 9 日

7. 平成 2 年度実施決算額 一 試験費  その他 17 百万円	8. 平成 3 年度実施予算額 (百万円)  2	9. 平成 4 年度実施予算要求 予定額 (百万円)  8	10. 平成 5 年次概算要求 希望額 (百万円)  試験費  その他 8
合計 17 (百万円)	2	8	8

11. 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)
高温高速炉		
イ) 水素製造法	1	0
ロ) 高温高速炉-ガスター ビン発電システム		

12. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

特に無し

別添 (有、 無)

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

別途実施している深海用高速炉システムもガスタービンシステムであるので、本計画といっしょに行うのが望ましい。

14. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長、フロンティア室長) 総合所見 :

15. 研究開発スケジュール (計画)

No.	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
	高温高速炉				○				
	イ) 水素製造法							○	○
	ロ) 高温高速炉-ガスター ビン発電システム						○		○



課題名				宇宙用高速炉		新規, 継続 施設計画中	
課題番号		9 2 A 1 0 2		作成責任者		作成者	
予算(項)		高速増殖炉開発費		姫野 嘉昭		羽賀 一男	
予算(目)		システム研究開発費					
<p>1. 当年次までの目標, 手段, 効果予測, 事業団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:</p> <p>高速増殖炉技術の延長上にある宇宙炉がどのようなものであるか, その概念を具体的に示し, またそれが技術開発を進めることによって, 実現可能であることを明らかにする。 仕様としては, 将来の月面有人活動で必要になる月面炉とし, その出力は内挿, 外挿が容易な300kWを設定した。 原子炉, システムの基本構成を選定し, その技術的成立性を評価した。その中で一部要素の検討などは専門メーカーに発注した。 窒化物燃料, 自律型炉, 超高温耐熱材等新素材, 高濃縮燃料, コンポーネント(液体金属タービン, ヒートパイプ等)研究に一つの目標を与える。</p> <p>「原子力衛星規制に関する国会決議」により概算要求に本研究費を盛り込む事が困難な現状では, この項目で研究を継続するのは難しい。</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] 300kW月面炉の概念設計</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計条件 ① 国産H-IIロケットで一体ものとして打ち上げ可能な, 形状と重量(長さ9m, 直径4.5m以内, 総重量10ton以内), ② 制御系の1/3の正常作動で炉停止, ③ 安全棒1本の挿入で炉停止, ④ 定格連続10年運転, ⑤ 打ち上げ失敗による再臨界なし, ⑥ システム構成 LMFBRの外挿と液体金属技術の利用, ⑦ ウォークアウェイセイフティ, ⑧ 現存の材料で製作可能, ⑨ 遮蔽材を持ち込まずとも, 環境の放射線レベルの増加が10%以下。</li> <li>・次のものから成るシステムが, 一部を除き上記の条件を満足することを安全評価も含めて確認。</li> <li>① <u>プラント条件</u> 原子炉出口温度: 1100°C, 放熱板温度: 600°C, 熱効率: 15%(原子炉出力2MW)</li> <li>② <u>炉心</u> 内側炉心: 半径13cm, 濃縮度80%, 外側炉心: 半径8.5cm, 濃縮度97%, 高さ40cm, 高濃縮ウラン(186kg), リチウム冷却, 被覆管・構造材材質: Mo-Re合金, 体積比: 燃料/冷却材/構造材=47/35/18, 径方向反射体直径77cm, 初期実効増倍率 1.032</li> <li>③ <u>発電系</u> 圧力と, 入口温度1040°C, 入口圧力3.8ata, 出口圧力0.9, 熱効率14.7%のナトリウムタービン</li> <li>④ <u>遮蔽</u> 地中に埋め込むことによる, 土壌の遮蔽効果に期待。原子炉から径方向に漏れる放射線にはそれで充分であるが, 垂直地表面のプラント部で生じる二次放射線による影響は無視できなかった。そのため, 何らかの遮蔽を付けておかねばならない見通し。</li> <li>⑤ <u>放熱系</u> カリウム凝縮器(2基), ヒートパイプ(142本), 放熱板: 約70m<sup>2</sup>。</li> <li>⑥ <u>補助冷却系</u> 炉停止後の崩壊熱を除去する独立した自然循環, 熱電気発電系。</li> <li>⑦ <u>予熱系</u> 炉心は核熱による溶解, 一次, 二次系は約5kWの予熱ヒーター。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地での施工法を検討し, 約1週間で設置から定格運転に入れると推定。</li> <li>・地球上からの無線運転システムを検討し, 技術的に大きな課題は無いとの結論。</li> <li>・研究開発(案)を作成。</li> </ul> <p>[2] 3MW月面炉の概念創出 300kWシステムをベースに, ブロックで搬送・現地組立のプラント構想をまとめた。</p> <p>[3] 原子炉を主要なエネルギー源とする月面基地におけるコジェネレーションシステムの検討 メタンガスの分解による熱移送を前提とし, 電力だけを利用する方式との比較をシステムの総重量で比較したところ, 1MW以上のシステムではコジェネレーション利用のメリットが出ると評価した。</p> <p>[4] 原子力発電電気推進宇宙船の検討 プラズマアークジェット推進方式の宇宙船の概念図を作成した。またこの方式で1MWeを動力源とすると, 地球軌道と月軌道間を約1年で往復できることが判った。</p>							
						別添(有, 無)	

3. 平成 3年度実施予算決定額 試験費 (研究計画書 参照) その他	(百万円)	4. 平成 年度概算要求提出額 試験費 その他	(百万円)
合計	0 (百万円)	合計	(百万円)

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・員) 役務員数 (人・年)

1

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

委員として参加した (財) 未来工学研究所主催「月基地と月資源開発研究会」のエネルギー部会ではこの300kW炉を初期月面基地の主要エネルギー源として提案し、それが研究会案として採用された。  
別添 (有, 無)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

本研究に着手してから、初めて次の事が判った。①国会決議というものがあり、国連でも宇宙炉の規制を巡って延々と討議がされていること、②プルトニウム燃料の打ち上げは認められないこと。このように、宇宙での原子力利用については特に社会的受容の問題が重要である。いずれIAEAなどの場でも論じられることになろうと思うが、その時国の機関として意見を適切に述べられるよう動燃は用意しておかねばならない。そのためにも、ある程度設計を行い経験を積んでいないと、何も言えないであろう。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける:  
登録資料 14、 作成・整備したソフト 2、 工業所有権出願 2、 外部発表 7

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

原子力の新分野開拓では、対象とするシステムの技術的成立性と共に安全性を含む社会的な受容性が重要となる。前者については、システムについては、システムの概念構築と技術評価を短期間に行い、成果が国内外の専門家会議で注目を集めたことは評価に値する。後者については、IAEAでの議論など障害が初めて明らかになったが、本研究のように技術論からこのような障害に挑戦し続けること、それによって初めて宇宙炉を含めた新概念炉のフルスケールの可能性が高まることを見逃すべきではない。原子力先進国として海外の宇宙炉開発とその動向を評価し得るポテンシャルを得たことにも本研究の大きな意義。

印



姫野

10. 研究開発スケジュール (実績)

No. 項目	平成 2年次		当 年 次				平成 4年次	
	4	3	4	7	10	12	4	3
概念設計		実施	実施		報告書作成			
炉心設計		実施	報告書作成					
浮遊翼タービン			概念設計		報告書作成			
ジェネレーションシステム		実施	報告書			文献調査		
電気推進		実施	報告書					

課題名		宇宙用高速炉		新規、継続 施設計画中	
課題番号	9 2 A 1 0 2	作成責任者	作成者		
予算(項) 予算(目)	高速増殖炉開発費 システム研究開発費	姫野 嘉昭	羽賀 一男		
1. 開発目標：					
<p>宇宙でのエネルギー源として用いる炉の概念設計を行い、本件に関して事業団に国等から問い合わせがあった場合、直ちに提示できるものを準備しておく。</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)					
<p>活動の分野が将来増々広がる宇宙関係と結び付くことにより、事業団の社会的役割を強める。宇宙分野で米国が日本に協力を求めてくることは必定であるが、それには宇宙炉も含まれる可能性があり、その場合の受け皿となる。 LMFBR開発の延長上に夢を与えることにより、リクルート活動の一助となる。</p>					
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果					
<p>① 窒化物燃料、自律型炉、超高温材料の研究開発に1つのゴールを与える。 ② この炉では人形峠で行われている微濃縮ウランを越える濃縮が必要になるので、その技術の研究開発に目的を与える。(深海調査動力源と共通) ③ 事業団が得意とする液体金属技術の利用分野を拡める。熱源を太陽光に求めれば、通産省が推進している発電衛星の1候補として仕事がでよう。</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)：					
<p>① ソ連 …… 熱中性子炉内熱電子発電炉10kW等を2基以上打ち上げている。 ② 米国 …… リチウム冷却熱電気発電炉100 kWの地上試験を準備中。最近の関心は原子力宇宙船。 ③ 仏国 …… リチウム冷却のブレイトン発電炉(～200 kW)の設計研究中。 ④ 原研 …… 粒子燃料を用いた数種類の炉(リチウム冷却も含む)の概念を日本原子力学会等で発表。</p>					
5. 前回C&Rまでの進捗状況(継続の場合)：					
<p>動燃内での研究実績はなく、新分野検討作業部会の中で宇宙における原子炉の利用も調査を行い、高速炉活用の有望な分野であると報告されているのみである。</p>					
6. 今回C&R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：					
<p>宇宙用高速炉に的を絞った研究は、新原子動力の人員に余裕が無い面もあり、海外動向の文献調査以外実施しない。深海調査動力源を含めた可搬型炉研究の中で、共通な分野については技術的蓄積を図っていく。</p>					
(ii) 実施方法(手順・手段)： 調査					
(iii) 内部、外部実施の別：内部					
(iv) 実施場所：フロンティア室					
別添(有、無)					

作成  
日付 3年 12月 17日

7. 平成2年度まで実施決算額	8. 平成3年度実施予算額 (百万円)	9. 平成4年度実施予算要求予定額 (百万円)	10. 平成5年度概算要求希望額 (百万円)
試験費	0	0	試験費 0
その他 パソコン、ソフト 5百万円 設計、計算費 35百万円	0	0	0
合計 40 (百万円)	0	0	0

11. 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・員）	役務員数（人・年）
文献調査	0.2	--

12. 関連事項（協力部署、共研の有無、外部実施の理由等）：

- ・宇宙用高速炉の研究開発が実施できる環境作りをするのを第1とする。
- ・宇宙開発事業団と共研が可能であれば、実施するのが望ましい。原研ではそのような提案をしているようであるが、受入られていないようである。
- ・中立的機関（未来工研等）主催専門委員会に事業団から委員派遣の要請があれば受けることが良い。
- ・太陽発電衛星ワーキンググループ（宇宙科学研究所）に参加すると情報入手、新たな活動の場合を得るという面でメリットが多いと思われる。

別添（有、無）

13. 特記事項（研究開発推進上の成約、課題、問題点等）：

月面炉は軌道から落下する恐れは無いから取扱いは異なってくると思うが、「原子力衛星規制に関する国会決議」がある現状では、国際的な協力要請がないとプロジェクトとするのは難しいであろう。従ってそれまでは技術的に共通項目の多い深海調査動力源や、可搬型炉の研究開発による技術の蓄積を図っていく必要ありと思う。ただし、液体金属冷却高速炉の宇宙開発における有効さ、及び事業団の能力を社会的に認識させ、国際協力要請があった場合、実施機関に事業団が指名されるようにするには、原子炉と直接関連のない部分を中心に、宇宙関係等を含む学会、シンポジウム等で適宜研究成果を発表していく必要がある。

1989年7月にNASAの代表が態々動燃本社を訪ね、動燃の宇宙炉研究を聞いたのはその典型的な例である。

14. 本計画書作成責任者（~~事業所先端室長~~ フロンティア室長）総合所見：

本研究以前は宇宙炉に関する知見はPNCのみならず国内でも非常に乏しかったが、それらの技術的な検討詳細によって国際レベルに近づいたと考える。よって今後は調査活動に主眼を置いてフォローを続けることは適切な判断と考える。

10. 研究開発スケジュール（実績）

No. 項目	平成 2 年次		当 年 次				平成 4 年次	
	4	3	4	7	10	12	4	3
概念設計		実施	実施		○	報告書作成		○
炉心設計	○	○	報告書作成					
浮遊翼タービン	○		概念設計		○	報告書作成		○
電気推進/ 無線伝送システム	○	実施	報告書作成					
コジェネレーションシステム	○	実施	報告書作成			文献調査		○

課題名		( 深海用高速炉 )		新規・継続 施設計画	
課題番号	9   2   A   1   0   3	作成責任者	作成者		
予算(項)	高速増殖炉開発費	姫野 嘉昭	大坪 章		
予算(目)	システム研究開発費				
1. 開発目標 :					
<p>深海調査用 ( 深海調査船用及び海底基地用 ) に使用可能な高速炉システムを開発する。</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 )					
<p>深海調査の専門家の間では、深海で長期間* 使用可能な動力源が強く求められており、この開発が終了したときの効果は大きい。* 潜水調査船・・・1 週間程度、海底基地・・・数年</p>					
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果					
<p>本研究をプロジェクト化すれば、2010年頃に実用化が可能と予測される。従ってより遅い時期での実用化時期を想定している大型FBR 開発に刺激を与える事が出来る。</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>原研では軽水炉型の潜水調査船用の原子炉の設計研究を行っている。しかし海底で長期間使用する無人基地用の炉は、軽水炉型では水処理の必要があり不可能である。又潜水調査船でも、10-20kWeの小型のものは難しいと思われる。</p>					
5. 前年次までの進捗状況 ( 継続の場合 ) :					
6. 当年次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 :					
<p>深海用高速炉</p>					
( ii ) 実施方法 ( 手順・手段 ) :					
<p>平成5年度に炉外試験装置を制作し、平成6年度より炉外試験を実施し ( 図1参照 )、次々期長計でプロジェクト化を目指す。このプロジェクトでは図2のような模擬無人基地を動燃敷地内に設置する。</p>					
( iii ) 内部, 外部実施の別 :			( iv ) 実施場所 :		
<p>内部及外部</p>			<p>大洗工務センター 別紙 ( 有 ) 無 )</p>		

11  
9月)

作成  
日付

3 年12月9日

7. 平成2年度実施決算額	8. 平成3年度実施予算額 (百万円)	9. 平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円)	10. 平成4年次概算要求 希望額 (百万円)
試験費 0	0	0	試験費
その他 2	8	20	550
合計 2 (百万円)	8	20	550

11. 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)

深海用高速炉 5 3

(炉外試験及びシステム概念設計)

12. 関連事項 (協力部署, 共研の有無, 外部実施の理由等) :

海洋科学技術センター或いは大学 (海洋関係) と共研が可能となれば, 実施するのが望ましい。

別添 (有, )

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

本システムの発電装置としては, 米国NASAが開発した密閉ブレイトンサイクルを予定している。 深海調査は国際的なものであるため, 米国DOEとの協力が望ましい。  
熱電気発電等の他の発電方法については, 平行して調査するものとする。

14. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長, フロンティア室長) 総合所見 :

15. 研究開発スケジュール (計画)

No.	項目	平成2年次		当 年 次			平成4年次	
		10	9	10	1	4	7	10
	深海高速炉		概念検討			システム設計コード開発		
								炉外試験装置制作

課題名		( 深海用高速炉 )		新規 継続 施設計画中	
課題番号	9 2 A 1 0 3	作成責任者	作成者		
予算(項)	高速増殖炉開発費	姫野 嘉昭	大坪 章		
予算(目)	システム研究開発費				
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>目標としては、炉容器出口冷却材温度を650-720 °Cと高温にし、2次系にガスタービンを用いた深海用高速炉システムの開発である。開発に成功すれば、5-10kWe は無人基地用、10-20kWeは潜水調査船用、200-400kWeは有人基地用として使用される。</p> <p>経済性が要求される分野でなく、7.で述べるように現在の高速炉技術レベルで開発可能と考えられるので、事業団でプロジェクトとするのが望ましい。</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)深海用高速炉システムの技術的本質は、厚さ5-10cmの耐圧殻中にシステム全体を格納する事である。このときシステムよりの排熱可能性が一番問題である。一次系を液体金属冷却高速炉、二次系を密閉ブレイトンサイクルとしたシステムについて、ラジエータ(冷却器)を考案し、熱伝達解析をしたところ、十分可能性があるのが分かったので、特許出願をした。</p> <p>2)とりあえず、比較的関連データの豊富な200kWeシステムについて概念検討を行った。その結果、1)のアイデアで概念検討図を作成する事が出来た。( 図3 参照)</p> <p>3)深海用高速炉システムの需要等について、海洋科学技術センターの研究者のコメントを頂きながら検討を行った。2)の成果については、東大海洋研で開催された「海中海底工学フォーラム」で発表し、海洋関係者に理解してもらった。</p> <p>4)需要が最も早く有ると思われる10kWe システムにつき概念検討図を作成した。海洋科学技術センターの研究者の好意的なご意見を頂いた。( 図4 参照)</p> <p>5)現在20kWe システム、400kWeシステムの概念検討を実施中である。</p> <p>6)後に7.で述べるように、本システムは炉容器出口温度が550 °Cでも成立するので、現在の高速炉技術で十分開発が可能なものである。</p> <p>7)システム重量も10-20kWeでは10トン以下となり、無人基地のみならず潜水調査船用にも使用可能である。</p>					
別添 (有) (無)					

//  
年 9 月)

作成  
日付 3 年 12 月 9 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 〔累積 2 (百万円)〕 試験費 0 その他 8 合計 10 (百万円)	4. 平成 5 年度概算要求提出額 試験費 530 (百万円) その他 20 合計 550 (百万円)
--	--

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC 側人員数 (人・員) 役務員数 (人・年)

深海用高速炉 5 3

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

将来海洋科学技術センター或いは大学 (海洋関係) との共研を実施する。

別添 (有,  無)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

本システムは二次系にガスタービンを使用するので、一次系冷却材の原子炉容器出口温度を 650 °C 程度にする必要があらうと当初は考えていたが、概念検討の結果 550 °C で設計可能な事が分かった。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

動燃報告書 7 件、外部発表 7 件 (口頭) 1 件 (論文投稿中)、工業所有権出願 1 件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロントニア室長) 総合所見 :

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
	深海高速炉			概念検討		システム設計コード開発			
								炉外試験装置制作	



課題名 湿式核種分離研究		新規、継続 施設設計画中	
整理番号 9 2 A 2 0 1	作成責任者 河田 東海夫 小沢 正基		作成者 根本 慎一
予算(項) 再処理開発費	河田 東海夫		小沢 正基
予算(目) 高速炉燃料再処理研究開発費	根本 慎一		
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：                  再処理高レベル廃液中に含まれるアクチニド元素の分離研究として、米国のANLで開発されたTRUEXプロセスを取上げ、その成立性に対する評価を与えることを目指して、1990年度後半より実施してきた。本プロセスをFBR燃料再処理試験で得られた高レベルラフィネートを用いたホット試験に採用した結果、CMPOはアクチニドに対して優れた抽出性を示し、高レベル廃液から直接抽出分離でき、non-αに近いHLLWとすることが可能であることが判った。一方、Pu(IV)の逆抽出に課題を提供すると共に、共存する希土類元素とAm, Cmの分離技術の必要性、またFPの中でも特異な挙動を示したRuについて、錯体化学を含めた挙動研究についての必要性などが明らかになった。</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</p> <p><u>実施内容</u>                  CMPOによる高レベル廃液中のアクチニド湿式分離フローシートの操作条件決定に反映できる基礎データをバッチ抽出法で採取すると共に、作成した連続フローシートの評価試験をCPF小型ミキサセトラを用いてF再高レベルラフィネートを対象に実施した。</p> <p><u>実績項目</u>                  (1)第3相生成領域の把握                  CMPO/TBP/n-dodecane 抽出剤は、ある濃度以上の金属イオンを抽出すると第3相を生成し、安定な抽出操作条件の維持に支障をきたす。この生成条件は金属の種類、系の温度、共存TBP濃度、硝酸濃度によって異なり、1MのTBPが共存する0.2M-CMPO系([HNO<sub>3</sub>]aq ≈ 3N)では、抽出反応から求められる理論濃度の約1/3で第3相が生ずる。また1.4M-TBP共存系では、ほぼ理論値に近い濃度で生ずることを確認した。従って、フローシート条件の決定には対象液中の被抽出元素濃度、流量条件等を慎重に考慮する必要がある。</p> <p>(2)抽出及び逆抽出                  ・CMPOは、硝酸溶液(0.5~6M-HNO<sub>3</sub>)中に存在する3価、4価及び6価のアクチニドに対して優れた抽出性を示すことを確認した。またFPとして共存する希土類元素に対してもAm(III)等と同じ挙動をとる。一方、他のFP(CsやSb等)に対しては10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup>オーダーの低分配比を示し、ほとんど水相に留めておくことが可能である。Ruについては、0.2~10の分配比を示し、特に抽出されたRuの洗浄は非常に難しくアクチニドから分離するにはRu錯体の化学形の調整に関する開発が必要であることが明らかになった。                  ・逆抽出については、3価のアクチニド(Am, Cm)及び希土類元素は系の硝酸濃度を低くすることにより逆抽出可能なレベルまで分配比が低くなるのに対し、Np(IV), Pu(IV), U(VI)については高い分配比を維持しており、逆抽出性が悪い。本研究の中では、Npの選択的分離を目指してNp(VI)として抽出し、HANによる逆抽出還元法を応用した結果、有機相中のNp(VI)は約1.5分の半減期で逆抽出し、Np(V)に落ち着くことが確認できた。一方、Pu(IV)についてもPu(III)への還元は考えられるが、Pu(III)の分配比が高く、Npを水相に、Puを有機相に分配可能と判った。</p> <p>(3)連続抽出ホット試験                  ・抽出-洗浄特性                  -F再高レベルラフィネート中に含むAm, Cm及びPuを直接抽出分離でき、10<sup>3</sup>以上のDFを確認した。                  -共存する希土類元素もAm, Cmと同じ挙動をとり、同伴する。                  -Cs及びSbは抽出されずに水相に留まり、10<sup>4</sup>以上のDFでAm等から分離できる。                  -Ruについては洗浄部の硝酸濃度を変えたシングル及びダブルスクラブにおいても大きな洗浄効果は期待できず、結果としてフィード液中の10~15%のRuがAm側へ同伴する。                  ・逆抽出特性                  -希硝酸による逆抽出はAm, Cmに対して効果的で、他のアクチニドを含む有機相から選択的に逆抽出できる。                  -Pu及びRuは希硝酸条件下でも十分に高い分配比を示し、逆抽出性が悪い。</p> <p>(4)溶媒洗浄、劣化                  劣化は10<sup>5</sup>Rを越える線量で顕著になること、溶媒中に硝酸が無い状態では劣化は進行しないことが判った。劣化物はアルカリ洗浄で容易に除去されることも判明した。                  以上の試験により、抽出剤としてCMPO/TBP/n-dodecaneを用いることにより高レベル廃液中のアクチニドを直接除去可能であることが判った。しかしながら、抽出された核種のうち、PuやUの逆抽出、希土類/Am Cmの分離技術、更にはRuのDF向上のための化学形調整に関する課題点も明らかとなった。別添(有、無)</p>			

年 月)

作成  
日付 平成 年 月 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 (累積 71.3 (百万円))	4. 平成 4 年度概算要求提出額 (百万円)
試験費 23.8	試験費 28.2
その他 36.2	その他 25.3
合計 60.0 (百万円)	合計 53.5 (百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :

実施項目	PNC 側人員数 (人・員)	役務員数 (人・年)
(1) ~ (3)	4.2	3.5
	{ CMS : 2 PAS : 2 TRP : 0.2 }	{ CMS : 1 PAS : 2 TRP : 0.5 }

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

(1)~(3) : 内部実施  
(4) : 備日立製作所  
その他 (新溶媒の合成、抽出メカニズム) : 大学共研 (阪大、静岡大、群馬大) 別添 (有、無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :

これまでの研究では高レベル廃液中に含まれるアクチニド元素の除去を行い、non- $\alpha$  の HLLW を得ることを主眼としてきたが、本研究を通してアクチニド元素の選択的分離が可能であることが判ってきた。よって、アクチニド元素の利用、リサイクルを考慮した分離回収プロセスへの発展が見込まれる。又、第 3 相に関する試験では、系の温度 (室温 ~ 60℃ 程度) と TBP 濃度 (1.0 ~ 1.4 M) を適切に設定することにより、第 3 相を生成することなく抽出操作が行えることが判った。これにより、従来、有機相中の金属イオン濃度を重視していた第 3 相発生防止策に対して、より幅広い操作条件を満足させる防止策が採れる見通しを得た。

8. 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、別添リストをつける :

- ・技術報告書 : 6 件
- ・外部発表 : 14 件

9. 本報告書作成責任者 (フロンティア室長) 総合所見 :

コールド及び実高レベル廃液を用いたホット試験を通じ、TRUEX プロセスを利用するアクチニド核種分離プロセスに関して基礎的知見が得られた。特に実液を用いた向流抽出試験は世界に先駆けて行われたものであり、バッチ試験では得られない貴重なデータが蓄積された。これにより、TRUEX プロセスに関する課題の抽出及び成立性を見通しを得るといふ初期の目的はほぼ達成されるに至った。

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No. 項目	年次		平成 2 年次				当 年 次				平成 4 年次	
	10	9	10	1	4	7	10	9				
(1) 第 3 相生成												
(2) 抽出、逆抽出												
(3) 連続抽出試験	▼		▼			▼		▼				
(4) 溶媒洗浄劣化												
(5) その他												

課題名 湿式核種分離研究				新規, 継続 施設計画中				
整理番号	9	2	A	2	0	1	作成責任者	作成者
予算(項)	再処理開発費			河田 東海夫	小沢 正基	根本 慎一		
予算(目)	高速炉燃料再処理研究開発費							
<p>1. 開発目標： CMPPOを抽出剤とする湿式分離プロセスを成立させるため、高レベル廃液中のNp及びRuの原子価調整及びAm, Cm/希土類元素の相互分離技術に関する開発を行う。また、シミュレーションコード作成に必要なデータの収集、第3相生成領域の把握とその制御に関する基礎試験を継続する。</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) 本研究は高レベル廃液中に含まれる数多くの元素のうちアクチニドを対象とした分離研究であるが、一般産業界でも重視されている希土類元素や白金族元素等有益な元素も含まれている。本研究を通して一般産業界で利用可能な分離技術や有効利用元素の提供が期待できると共に、現再処理プロセスに代わる新概念の分離プロセスの達成が期待できる。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 現再処理プロセスでは回収対象とされていないNpを製品側へ回収する技術の応用が期待される。また、高レベル廃液中のアクチニド除去と高速炉におけるTRU完全リサイクル(消滅)技術の基礎データとしてプロセス設計に反映できる。将来的には現行のピューレックスプロセスに代わる新プロセスもしくは改良型ピューレックスプロセス開発の核となる技術として反映可能となる。</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)： 国内においては、いくつかのメーカー及び大学, 研究所等で同種の基礎研究が進められている。また、海外においても仏, 米国を中心に進められているものの、コールド基礎から実液によるホット連続試験まで幅広く試験研究に取り組んでいる研究機関は少ない。</p>								
<p>5. 前年次までの進捗状況(継続の場合)： ミキサセトラを用いた連続ホット試験により、アクチニド, 共存FPの抽出挙動について調べてきた。その結果、高レベル廃液からアクチニドを十分なDFで除去できることが判った反面、Am, Cm/希土類元素の相互分離の必要性, Ruの一部がその複雑な化学形によりAm側へ同伴すること及びIV価, VI価のアクチニドの逆抽出性が悪いことが明らかになった。また、第3相生成領域についてNdを用いた系で調べ、フローシート条件決定に参考となるデータを採取した。</p>								
<p>6. 当年次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： (1)Am, Cm/希土類元素分離連続試験 (2)Np, Ru原子価調整実証ホット試験 (3)遠心抽出器による湿式分離試験 (4)模擬HAWに対する第3相生成試験 (5)非リン系抽出剤によるアクチニド分離試験</p> <p>(ii) 実施方法(手順・手段)： (1)トレーサを用いたバッチ法, 小型ミキサセトラによる連続ホット試験の実施。 (2)高レベルラフィネート及び高レベル濃縮廃液中のNp, Ruを対象とした調整試験及び連続抽出試験での確認。 (3)小型遠心抽出器によるフローシートの総合試験(コールド/トレーサレベル)の実施。 (4)ローディング率をパラメータとした連続試験の実施。 (5)アミド系抽出剤の合成及びコールド/トレーサを用いたバッチ抽出法による基礎試験の実施。</p> <p>(iii) 内部, 外部実施の別： 上記は全て内部実施。 上記以外で新抽出剤の合成, 溶媒劣化に関する研究は、大学及びメーカー等外部実施。</p> <p>(iv) 実施場所： 内部実施分 東海事業所 再開部, 再処理工場 (EDF-1, B棟, CPF, TRP) 別添(有, 無)</p>								

年 月)

作成  
日付 平成 年 月 日

7.平成 2年度実施決算額 試験費 11.3 その他 0	8.平成 3年度実施予算額 (百万円) 23.8 36.2	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 28.2 25.3	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円) 試験費 43 70
合計 11.3 (百万円)	60.0	53.5	113

11. 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), (2)	2	2
(3) ~ (5)	2	1

12. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :
- ・核燃料技術開発部先端技術開発室の所有する核磁気共鳴測定装置を共用する予定。
  - ・新抽出剤の合成基礎研究は大学委託。
  - ・コールド試験の一部は、開発効率化のためメーカー委託。
  - ・TRPの協力を得て進める予定。

別添 (有,  無)

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :
- 現段階は基礎研究レベルであり、実験室規模のバッチ抽出装置や小型ミキサセトラを主要設備として分配データの採取に当たっている。しかしながら、今後必要とされる工学規模データの採取には試験設備のスケールアップが必要であり、それに応じた施設の増改築等も考慮しなければならない。

14. 本計画書作成責任者 (フロンティア室長) 総合所見 :

15. 研究開発スケジュール (計画)

No.	年次 項目	平成3年次		当 年 次			平成5年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
(1)	Am, Cm/希土類分離試験								
(2)	Np, Ru原子価調整試験								
(3)	遠心抽出器による試験								
(4)	第3相生成試験								
(5)	非リン系抽出剤分離試験								
(6)	その他								

課題名 <b>有用金属回収・利用技術研究 乾式核種分離～鉛抽出～</b>			新規、継続 施設計画 中	
課題番号	9 2 A 2 0 2	作成責任者	作成者	
予算(項)	環境技術開発費	和田 幸男	岡田 浩	
予算(目)	核種分離・消滅処理研究開発費		川瀬 啓一	
1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団内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： <p>有用金属回収、精製技術の開発には広範囲に亘る技術検討が必要である。そのため、産・学・官よりなる技術研究会を主催し、開発項目の策定、基礎試験、技術評価を行ってきた。その中で、特に再処理工程より発生してくる不溶解残渣から白金族元素 (Ru、Rh、Pd) 等の有用元素を回収する方法として、鉛抽出法による乾式分離の研究を行い、コールド試験、ホット基礎試験を実施してきた。その結果、鉛抽出法の有効性が確認された。</p> <p>また、鉛抽出法を中心として工程フローの検討を行い、それぞれの技術についての調査、基礎試験を行ってきた。その中で、比放射能の高いRuの分離技術としてオゾン酸化揮発法による分離試験を実施しRuの粗分離技術として有効である事が確認された。</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： <ul style="list-style-type: none"> <li>① 回収技術開発                     <p>不溶解残渣からの白金族を主とする有用金属の回収方法として、鉛抽出法の検討・試験を実施している。</p> <p>コールド試験においては、Ru、Rh、Pdの回収率がそれぞれ91%、99%、100%であると言う結果が得られ、この方法の有効性が確認された。更に、Uを添加した試験においてはDFが200以上である事が確認された。更に、実際のCPFで発生した不溶解残渣を用いた試験においては、コールド試験と同じ結果が得られている。また、TcについてはRuとほぼ同様の挙動を示すことが確認された。しかし、回収率、除染係数の評価は現在分析中であり確認できていない。</p> </li> <li>② 粗分離・精製技術開発                     <p>鉛抽出法により鉛相に回収された白金族元素の中で、比放射能の高いRuを選択的に分離・回収して、残りのRh、Pdの扱いを容易にする為にオゾン酸化揮発分離法の検討・基礎試験を実施してきた。その結果、鉛相を硝酸溶解した溶液に対して<math>10^5</math>の分離係数が得られることが確認された。</p> <p>また、Ruを取り除いた後のRh、Pdの分離・精製技術についても検討を行った。</p> </li> <li>③ 有用金属回収利用技術研究会                     <p>有用金属回収技術の開発には幅広い分野での専門的な知識・経験が必要である。そのため、産・学・官のメンバーからなる技術研究会を昭和62年度より開催して、研究項目及び計画の策定・分担、基礎試験の実施、評価を行ってきた。その結果をもとに、全体の工程フローの案の作成を行った。</p> </li> </ul>				
別添 (有、無)				

年 )

作成  
日付平成3年12月 19日

3. 平成 試験費	3年度実施予算決定額 〔累積 38.2 (百万円)〕	4. 平成 試験費	4年度概算要求提出額 27.7 (百万円)
その他		その他	
合計	38.2 (百万円)	合計	27.7 (百万円)

5. 人員実績（上記2の業務に係わるPNC側（含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等））：

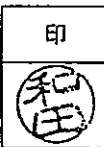
実施項目	PNC側人員数（人・員）	役務員数（人・年）
① 回収技術研究	2	1
② 粗分離・精製技術研究	(2)	0
③ 有用金属回収・利用 技術研究会	6	0

6. 関連事項（協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等）：  
鉛抽出法においては、CPFのB系列及びA系列の分析等の協力を得て実施してきた。  
粗分離・精製技術の調査・基礎試験については研究会のメンバーであるメーカー等に委託して実施してきた。  
その他、基礎的な研究項目については大学に委託して調査・研究を行ってくる。 別添（有、無）

7. 予期しない新知見、その他特記事項等：  
自然界には存在しないTcの鉛抽出挙動は、Ruの抽出挙動とほとんど同じであることが確認された。また、溶液中に溶解しているRu及び、固体中のRu金属のオゾン酸化揮発分離が除染効率として10<sup>5</sup>以上あることが確認され、Ruの選択的分離に有効であることが分かった。

8. 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）の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける：  
・外部発表 5件  
・報告書 5件  
・登録資料 18件

9. 本報告書作成責任者（事業所先端室長orフロンティア室長）総合所見：  
鉛抽出法及びオゾン酸化揮発Ru分離法の有効性が確認されたが、今後は  
工程技術化への課題もできり流し出し、現状の再処理工程及び処理処分技術  
研究との整合を図ってゆきたい。



10. 研究開発スケジュール（実績）

No.	項目	平成 2年次		当 年 次				平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10	9
1	回収技術研究				ホット基礎試験				
2	粗分離・精製				基礎試験				
3	研究会		3回開催		3回開催				

課題名		有用金属回収 - 利用技術研究 乾式核種分離 - 鉛抽出 -		新規、継続 施設計画	
課題番号	9	2	A	2	0
作成責任者		和田 幸男		作成者	
予算(項)		環境技術開発費		岡田 浩	
予算(目)		核種分離・消滅処理研究開発費		川瀬 啓一	
<p>1. 開発目標： 再処理工程で発生する不溶解残渣等の高レベル放射性廃棄物から、白金族元素等の有用な元素を回収する技術としての鉛抽出法の原理実証と、回収白金族元素の物理的・化学的データを取得する。</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） 従来は放射性廃棄物として処理されていたものの中から、自然界ではあまり存在しない白金族等の稀少有用元素を回収し利用する事は、原子力の高度化及び一般社会への容認性を増すための一つの大きな手段となる。</p>					
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 再処理技術の高度化、及び高レベル放射性廃棄物の低減化技術及び処理・処分プロジェクトへの負担軽減化等への波及効果が期待される。</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）： 海外においては、白金族回収を目的とした研究は、まだ盛んではない。しかし、白金族資源を持たず、触媒・電子工業分野での需要の多い我が国においては、白金族元素の安定供給源の開発が必要である。国内においても白金族元素回収のためのホット試験は、動燃でしか実施されていない。</p>					
<p>5. 前年次までの進捗状況（継続の場合）： 鉛抽出法によるコールド試験を実施し、その有効性を確認した。また、その結果をもとに C P F で回収された実際の不溶解残渣を用いたホット回収基礎試験を 2 ラン実施した。ホット試験においても、この方法の有効性が確認された。 また、鉛抽出法により鉛中に回収される白金族元素の相互分離・精製技術についても検討を行っている。 これらの技術開発は、幅広い分野にわたるため、産・学・官からなる研究会を主催し現在までに 19 回の会合を開き、技術開発のための調査・基礎試験・評価を行っている。</p>					
<p>6. 当年次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）：</p> <p>(i) 項目： ① 回収技術開発 ② 粗分離技術開発 ③ 相互分離・精製技術開発</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）： ① C P F での鉛抽出法ホット基礎試験の実施 ② オゾン酸化による Ru の揮発分離試験の実施、ホット試験準備 ③ Pd、Rh の高純度精製技術についての調査・基礎試験</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： ① 内部 ② 外部 ③ 外部</p> <p>(iv) 実施場所： C P F、メーカー及び大学</p> <p style="text-align: right;">別紙（有、無）</p>					

作成  
日付

3年12月19日

7.平成 年度実施決算額 試験費	8.平成3年度実施予算額 (百万円) 試験費 27.9 その他 2.5 (会議開催費等)	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 試験費 24.0 その他 2.5	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円) 試験費 50.0
合計 (百万円)	30.4	26.5	50.0

11. 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 回収技術開発	2	1
② 粗分離技術開発	(2)	0
③ 相互分離・精製技術開発	(2)	0

12. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :  
現在実施している鉛抽出法によるホット回収試験は、CPFでの実施であり、B系列 (環開部GIS) 及びA系列の分析 (再開部PAS) 等の協力が必要である。  
鉛相中に回収された白金族元素の粗分離・精製技術については、事業団では経験が少ないために、経験の豊富な外部機関に於いて実施することが得策と考える。

別添 (有、無)

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :  
ホット回収試験に必要な不溶解残渣の量が絶対的に不足している。また、試験実施場所、評価装置のマシントイム不足等の問題がある。

14. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長、フロンティア室長) 総合所見:

当年度までに鉛抽出法による不溶解残渣からの白金族元素回収技術の見直し確認を完了。  
今後の目標の第一は、実試料からの単離までの技術的原理実証と、各元素の化学的純度、放射化学的純度等が重要と考えらる。第二は、準工学規模での回収試験となる。

15. 研究開発スケジュール (計画)

No	年次 項目	平成 3年次		当 年 次			平成 5年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
1	回収技術研究				ホット基礎試験				
2	粗分離技術開発				基礎試験				
3	相互分離・精製	調査・検討			基礎試験				



課題名 超高温分離処理研究開発					新規、継続 施設計画 中			
課題番号	9	2	A	2	0	3	作成責任者	作成者
予算(項)	環境技術開発費					堀江 水明		堀江 水明
予算(目)	核種分離・消滅処理研究開発費							
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>1) 目標：高発熱核種Csの気化分離、白金族元素回収、高減容固化体の製作の可能性の原理実証。                  2) 手段：基礎実験1、模擬FP, TRUを用いた10g規模での基礎的実験                  基礎実験2、模擬FP, TRUを用いた1kg規模での定量的原理実証                  3) 効果予測：FP, TRU管理の合理化 (FPの有効利用、管理施設縮小によるコスト低減)                  4) 事業団プロジェクトへの反映の見通しと実績との対比：                  (1) ミットが明確であり、原理的に可能性が解明されており、事業団プロジェクト化の可能性がある。                  (2) 事業団が進めてきたFP, TRU管理技術の開発において、次世代技術への実現の可能性が出てきた。                  (3) 近未来技術としてのFP, TRU管理技術の方針を提出したことにより主導性を取り得る可能性がある                  5) 情勢変化：本研究の概念が理解されてきている。研究実施の環境に変化があった。                  6) 問題点：技術的には、耐高温材料・溶融金属/溶融分離方法が課題である。                  業務的には、実施体制を整備する必要がある。</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) 本研究のプロセスは次である。</p> <div style="text-align: center;"> <pre>                     Cs      白金族元素回収                     ↑      ↑                 FP, TRU → 仮焼 → 気化処理 → 溶融処理 → TRU分離                     ↓      ↓                     高減容固化                 </pre> </div> <p>2) 成果</p> <p>上記のプロセスに関し、気化分離、白金族元素回収、高減容固化について、成果を得ている。</p> <p>Cs気化分離工程については、Cs, Rbが、気化し分離可能であることを確認した。注目核種Csは、900℃で2h、または1000℃で1hの処理で90%以上分離する。従って、FP, TRUの発熱量は30-40%小となる。これは、単位使用済み燃料あたりの固化体発生量の低減、固化体貯蔵期間の短縮、処分場の広さ縮小のいずれかを可能とする。</p> <p>白金族元素回収工程については、1500-1800℃、アルゴンガス雰囲気下、少量の窒化物との加熱により、白金族元素を含む遷移金属 (Zrを除く) が還元され塊状金属としてそれ以外の酸化物から分離する事を発見した。Ru, Rh, Pd, Moの分離は90%台である。湿式方法による回収方法が見いだされたとしても、高温加熱精錬工程が必要であるから、本方法の簡便さ、利点は大きい。なお、この工程で、Reは、遷移金属と同様の挙動を示す。これは、本方法により、超長寿命核種Tc-99の分離可能性を示唆する。</p> <p>高減容固化工程については、白金族元素回収工程での残物 (希土類元素、アルカリ土類元素, Zr, (アクチノイド) 酸化物) が、使用する窒化物として、BNを用いた場合は、セラミックス (結晶性物質)、Si3N4では、シリコニア結晶が分散したガラス固化体、BN-(Si-B-O)では、ガラス固化体として得られることを見いだした。窒化物等の添加量は、残存酸化物量に対し20-200%である。これは、従来のガラス固化体に比し、TRU管理固化体の観点において、高減容固化体の可能性の現出を意味する。</p> <p>3) 結果としての技術水準</p> <p>(1) 全般</p> <p>FP, TRU管理は、処理、貯蔵、処分システムとして検討されるべきこと、管理において、2次廃棄物を発生させぬ技術が要求されること、有用元素回収は自己目的でない技術が必要なことを主張し、認められつつある。</p> <p>(2) 個別</p> <p>Cs分離、白金族元素回収、高減容固化とも世界的に本研究レベルには達していなく、当面、高水準は維持される。                  別添 (有、無)</p>								

年 9 月)

作成  
日付 3 年 1 2 月 1 0 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 試験費 1 8 百万円 〔累積 7 0 〕 (百万円)	4. 平成 4 年度概算要求提出額 試験費 2 4 百万円 (百万円)
その他	その他
合計 1 8 (百万円)	合計 2 4 (百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向、業協人員及び役員、客員研究員等) :

実施項目	PNC 側人員数 (人・年)	役員数 (人・年)
基礎実験 1	H 1 2・1 H 2 3・1 H 3 1・1	2・1 4・1 0

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

協力部署: 特になし (今後は CPF, OTL 担当部署)  
 共同研究: 大阪大学 原子力工学科 (三宅研究室)  
 外部実施上の課題: 予算  
 問題点等: 技術上は耐高温材料、業務上は実施体制 別添 (有, 無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等:

開始当初は、FP, TRU の超高温での熔融による高減容固化体製造のみが目的であった。しかし、実験途上、Cs の気化分離、Tc (Re) の分離、白金族元素分離が生じることを発見した。また、高温での窒化物の還元作用を見だし、これの応用として、希土類元素化合物等による還元反応を検討しつつある。

8. 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) の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける:

特許出願 5 件 (内、2 件は外国特許出願)  
 外部発表 日本原子力学会 5 報、国際会議 ENG ('90), ANS ('90), AIChE ('91), 核が会議 ('90)

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロントニア室長) 総合所見:

本研究は、FP, TRU 管理の日本独自の方法として案出され、高減容固化までの原理実証が進み一部ではあるが、その概念が国の内外から関心をもたれて評価されている。  
 本格化するのは、中実実験、工学実験を待つことになるが、小グループでの実施体制を作り鋭意研究を行うべきである。

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	年次 項目	昭和 6 4 年度		平成 1 年度		平成 2 年度		平成 3 年度			
		4	3	4	9	1	0	3	4	1	2
1	基礎実験 1	計画検討装置準備		Cs 分離		白金族元		素回収		高減容固 化 TRU 分離検討	
2	基礎実験 2					装置 準備					

課題名 超高温分離処理研究開発						新規, 継続 施設計画		
課題番号	9	2	A	2	0	3	作成責任者 堀江 水明	作成者 堀江 水明
予算(項) 予算(目)	環境技術開発費 核種分離・消滅処理研究開発費					堀江 水明		堀江 水明
<p>1、開発目標：                  FP, TRUの管理について、次の研究により合理化(管理コスト低減・2次廃棄物発生抑制)を行う。                  1) 高発熱核種Cs, Srの分離・有効利用                  2) 白金族元素の回収・有効利用                  3) 高減容固化体の製作(高減容ガラス固化体 and/or 超長寿命のFPの管理)                  4) TRU分離・核燃料利用</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)                  社会的：FP, TRUの管理施設、貯蔵施設、処分施設の規模低減により、多大の合理化が可能。                  経済的：FP, TRUの処理の次の世代の研究として要求されているFP, TRUの個別分離・有効利用。                  技術的：ガラス固化の最もシブナルなプロセスを実現する。                  学術的：核燃料化の波及効果：この技術の研究の達成により、1) 半ば懐疑的に行われてきたFP, TRU有効利用、核燃料化研究が具体性を帯びる。2) 耐超高温材料研究が、メリットが明確になり活性化する。3) 超高温での燃料(O, N, C)中のFP挙動が実験的に解明される。</p>								
<p>3、事業団のプロジェクト技術への反映効果                  事業団の特質からして、プロジェクト技術は、未来学的巨大研究よりも、近未来的巨大技術研究が適当である。また、原子力の特質である高放射性物質そのものを扱う技術研究が要求される。本研究は、この立脚点での、次の反映効果を持つ。                  1) メリットが明確であり、原理的に可能性が説明されており、事業団プロジェクトの候補と成り得る。                  2) 事業団が進めてきたFP, TRU管理技術の開発において、その次世代技術の端緒を付けたことで開発者としての責任を果たすこととなる。                  3) 近未来技術としてのFP, TRU管理技術の方針を提出したことにより主導的立場を構築できる。</p>								
<p>4、国内外の現状(本計画の技術水準、先見、類似テーマの有無、競争を必要とする理由等)                  1) 技術水準：米・仏・独・豪の専門家、国内の若手研究者は、動燃の創造した独自の研究として関心・興味を持っている。                  2) 先見性：本研究のキポイントである2次廃棄物非発生が、群分離研究において重要であることが認識されてきた等、数年先行しているといえる。                  3) 類似テーマ：類似テーマはまだ発生していない。FP, TRU管理を処理だけでなく、処分も含めた管理全体像として合技術は動いている。FP, TRU管理技術の完成は、世界的合意が必要である。本研究と同じ概念での競争技術が出てくることが望まれる。</p>								
<p>5、前年次までの進捗状況(継続の場合)：                  本研究のプロセスは次であり、白金族元素回収・高減容固化までのプロセスを10g規模の模擬FPを使用した実験により、原理的に本法が可能であることを実証した。</p> <div style="text-align: center;"> <pre>                     Cs分離      白金族元素回収                     ↑          ↑                 FP, TRU → 仮焼 → 気化処理 → 溶解 → 処理 → TRU分離                     ↓                     高減容固化                 </pre> </div>								
<p>6、当年次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)</p> <p>1) 項目：                  基礎実験1 模擬FP, TRUで本方法の原理実証を行う。                  基礎実験2 1kg規模で模擬FP, TRUを用い、定量的原理実証を行う。                  基礎実験3 ウランを使用し、TRU分離の原理実証を行う。                  基礎実験4 ホット基礎実験を行う。                  基礎実験5 工学装置開発のため、装置の原理的使用可能性を確認する。                  工学実験1 100kg規模で工学装置による模擬FP, TRUを用いた装置開発を行う。                  工学実験2 ウランを用いたTRU分離工学実験を行う。                  2) 実施方法                  工学実験1は、継続実施する。                  基礎実験2, 3, 5は、平行して実施する。                  基礎実験4は、基礎実験3の後、実施する。                  工学実験は、1, 2の順に実施する。                  工学実験1は、溶解炉の開発が主である。数基の試作が必要と考えられる。</p> <p>(3)内部、外部実施の別：基本的に内部実施。 (4)実施場所：核燃料技術開発部</p>								

別紙(有・無)

作成  
日付 3年12月7日

7.平成2年度実施決算額	8.平成3年度実施予算額 (百万円)	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円)	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円)
試験費 約30百万円	18百万円	24百万円	試験費 60百万円
その他 約20百万円			役務費 40百万円
合計 約50百万円	18百万円	24百万円	100百万円

11. 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)

基礎実験1	模擬FP, TRU、原理実証	2・2	2・2	
基礎実験2	1kg規模で模擬FP, TRU	2・2	4・2	
基礎実験3	ウラン使用、TRU分離実証	2・3	2・3	
基礎実験4	ネット基礎実験	2・3	2・3	
基礎実験5	工学装置開発小型実験	2・4	2・4	
工学実験1	100kg規模、工学装置	3・5	5・5	交代勤務体制は別途考慮
工学実験2	ウラン使用TRU分離工学実験	3・2	3・2	交代勤務体制は別途考慮

12. 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：CPF、OTL担当部門  
共同研究：大学と対等な共同研究を行う。  
外部実施：装置等の関係で一部委託あるも基本的に内部実施。

13. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等)：

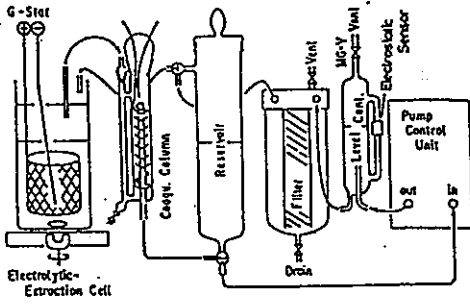
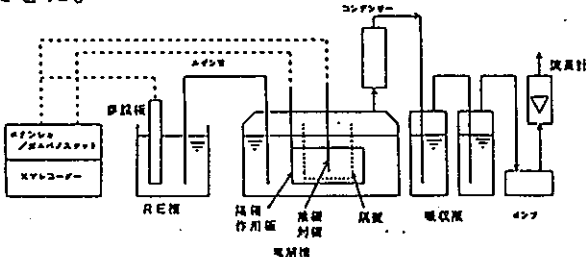
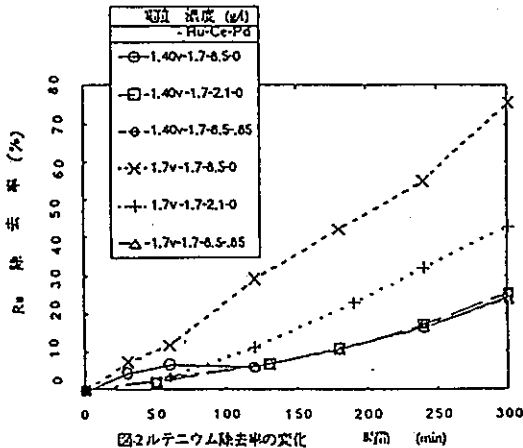
- 4項で述べたように、外国との共同研究・競合研究を行う必要がある。
- 本研究は、多様な技術要素からなり、どのステップの技術内容を、どの時点で実用化するか判断が必要である。

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見：

本研究は、FP, TRU管理の日本独自の方法として案出され、高減容固化までの原理実証が進んでいる。また、一部ではあるが、その概念が国の内外から関心をもたれて評価されている。  
プロジェクト化するのは、ネット実験、工学実験を待つことになるが、小グループでの実施体制を作り研究を鋭意進めるべきである。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No	項目	平成3年度		平成4年度			平成5年度			平成6年度		
				4	9	10	3	4	9	10	9	4
	基礎実験1	TRU分離検討		同継続		反応過程の		熱力学・速度論的解析				
	基礎実験2							装置準備		定量実験		同継続
	基礎実験3			装置準備		定性実験		定量実験		解析実験		同継続
	基礎実験4					許認可		装置準備		定性実験		半定量実験
	基礎実験5	高周波加熱方式		予備実験		100g規模		熔融実験				同継続
	工学実験1			調整				認可予算		要求		装置準備
	工学実験2											認可予算要求

課題名 <b>電解法による高レベル廃液からのルテニウム除去試験</b>				新規、継続 施設計画中															
課題番号 <b>9 2 A 2 0 4</b>		作成責任者		作成者															
予算(項) 環境技術開発費 予算(目) 核種分離・消滅処理研究開発費				米谷 雅之															
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団内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：</p> <p style="text-align: center;">使用済燃料の再処理工程から発生する高レベル廃液中に存在するルテニウムは、高レベル廃棄物処理工程で、その特異な化学的物理的性質から注目されている。このルテニウムを除去することにより、ガラス固化工程の運転の安定性は向上する。ピーカスケールでの模擬廃液からの回収試験の実施および工学規模化の検討を今後の開発目標とする。</p> <p style="text-align: center;">本技術をガラス固化技術開発施設に適用すれば、ガラス溶融炉の運転の安定性が向上するとともに、ガラス固化体発生量の低減の可能性が生まれる。</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) 前年度の実施内容</p> <p>模擬廃液を希釈し、ルテニウムの回収条件を把握する基礎試験を実施した。試験装置の概略図を以下に示す。模擬液を使用し、定電流電解にてルテニウムを回収することができた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>模擬廃液：Ru 300mg, Ce 300mgを 3N 硝酸 3ℓ に 添加</p> <p>電流条件：1, 2, 3, 5 A に対し、</p> <p>模擬液中のRuが 1 ppm となるのに要する時間は、</p> <p>上記条件に対し、各々 9, 6, 6, 5.5 hrであった。</p> </div> </div> <p>2) 当年度の実施内容</p> <p>以下に示す装置にて、定電位条件でルテニウムの回収を行った。電位とセリウム、パラジウム濃度のルテニウム除去に対する影響を定量的に把握することができた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;">  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>電位 濃度 (μM)</th> <th>記号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-1.40V-1.7-8.5-0</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>-1.40V-1.7-2.1-0</td> <td>□</td> </tr> <tr> <td>-1.40V-1.7-8.5-8.5</td> <td>◇</td> </tr> <tr> <td>-1.7V-1.7-8.5-0</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>-1.7V-1.7-2.1-0</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>-1.7V-1.7-8.5-8.5</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">別添 (有, ○無)</p> </div> </div>						電位 濃度 (μM)	記号	-1.40V-1.7-8.5-0	○	-1.40V-1.7-2.1-0	□	-1.40V-1.7-8.5-8.5	◇	-1.7V-1.7-8.5-0	×	-1.7V-1.7-2.1-0	+	-1.7V-1.7-8.5-8.5	△
電位 濃度 (μM)	記号																		
-1.40V-1.7-8.5-0	○																		
-1.40V-1.7-2.1-0	□																		
-1.40V-1.7-8.5-8.5	◇																		
-1.7V-1.7-8.5-0	×																		
-1.7V-1.7-2.1-0	+																		
-1.7V-1.7-8.5-8.5	△																		

年 9 月)

作成 別添 1 - 3  
日付平成 3 年 12 月 19 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 〔累積 20 (百万円)〕 試験費 9,203 千円 (東海 核開部と環開部の予算分担後の費用)	4. 平成 4 年度概算要求提出額 (百万円) 試験費 0 百万円 (再処理開発費 高レベル廃棄物処理貯蔵技術 開発費として要求)
その他	その他
合計 9,203 (百万円)	合計 0 (百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC 側人員数 (人・員) 役務員数 (人・年)

1 1

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

電解試験の一部を備化研の本島氏に委託し、平成元年度 2 年度実施した。

別添 (有, ○無)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

多成分系元素の挙動を理論的に説明することは、廃液組成を対象とする限り難しい。  
溶液系での電解は、共存元素の影響を受けやすく、元素毎の理論電解電圧が変動する。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

化研 本島氏との共同研究として、以下の発表を行った。  
平成元, 2 年原子力学会発表  
スペクトラム'90 発表

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見 :

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
①	予備試験・	○	○						
	事前検討								
②	模擬廃液から		○			○		○	
	の回収試験		装置組み 廃液調整			パトリック試験の 実施		まとめ	

課題名 ふっ化揮発法基礎試験		新規、 <u>継続</u> 施設計画中	
課題番号	9 2 A 2 0 5	作成責任者	作成者
予算(項)再処理開発費 予算(目)高速炉燃料再処理研究開発費		安田 二郎	岡本 正文 村西 誠一郎
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団内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：</p> <p>高レベル放射性廃液（HLW）の処分の効率化と資源化のための有用元素分離回収技術開発を目的として、当初、従来技術（湿式法、ふっ化揮発法）と新技術（電気泳動法、膜、磁場）の調査、試験に着手した。</p> <p>平成2年度にプロジェクト分担の見直しで、ふっ化揮発法及び電気泳動法により開発を進めてきた。フッ化揮発法では、蒸気圧による3群分離、電気泳動法ではCs、Sr等長半減期核種の選択的分離や希土類元素の相互分離と連続化の可能性が見いだされ再処理技術開発推進の一助と期待している。特に、電気泳動法は、分離方法そのものの成立性が期待出来ることから、現在の基礎的試験を更に進め成立性の確認と経済性、安全性等を含めプロセスとしての実現性の評価が重要である。</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</p> <p>実績項目：</p> <p>(1) HLW組成評価、模擬HLWの作成、湿式法による分離予察試験（昭和63年度実施） 計算コードによりFP組成を推定し、長半減期核種及び白金属、希土類等の有用核種を分離対象とした。FP組成に再処理混入成分（SUS、Na等）を加え模擬HLWを作成した。模擬HLWに対し溶媒抽出、沈殿法、イオン交換法による5段階処理6群分別により、TRU、希土類、Cs、Sr、白金属等を90%以上の収率で回収できることを確認した。東海事業所より入手した模擬HLW（SW-11）についても同様の分離回収結果を得た。</p> <p>(2) フッ化揮発法（平成元年度実施） フッ化物物性データの収集から、HLW構成元素は蒸気圧・温度で、高揮発（～200℃）、低揮発（200～1000℃）、不揮発（1000℃以上）成分の3群に分別できる。さらに、高揮発成分は吸着剤としてアルカリ金属フッ化物やアルカリ土類金属フッ化物を利用して相互分離できる。 〔結果〕プロセスとしては、耐高温、耐フッ素材料の面から500～600℃が現在の限界である。</p> <p>(3) 電気泳動法（平成2～3年度実施） 等速電気泳動法による模擬HLW（SW-11）の分離試験の結果は以下の通りである。 ①平成2年度は、細管内の（1次元、バッチ）分離で、カチオン、アニオン及び中性（非イオン、コロイド）成分に分離され、カチオン成分ではCs、Sr、希土類各元素等が、中性成分では白金属元素等が1回の分離操作で分離回収できることが確認された。 ②平成3年度は、2次元泳動装置による分離で、平成3年12月現在では、1次元分離装置でのカチオン及び中性成分の連続泳動分離が出来ることを確認した。 また、TRU核種については口紙泳動法により移動度測定中で、これら基礎的データは連続分離に適用していく。 〔結果〕2次元等速電気泳動法により連続的にHLWをカチオン、アニオン、中性成分の3群に分離でき、さらにCs、Sr、希土類元素等の群が単元素までの分離が容易である。電解液組成等の泳動条件により、分離対象（群、元素）の制御が可能である。 この結果を、イオン交換等他分離法と比較すると、他法では、HLW中の目的の群又は元素を分離する場合、数段階のプロセスを経て目的物を抽出分離しており、ともすれば、非目的核種の処理や再分離回収にはさらに多くのプロセスを必要とする。一方、等速電気泳動によれば、1回の分離プロセスでHLWから複数の群へ、さらに細分して元素まで同時分離全量回収ができ、非目的核種についても同様のレベルで分離されており、処理や再分離回収は容易である。 等速電気泳動法については、他分離法と同様の分離の簡潔性を生かすため分離回収あるいは除去対象核種のニーズ又は優先度が決定されるならば、本分離法の成立性は大きいと考える。 またプロセス化については、他分離法と同様での実現性や経済性の評価が重要課題となる 現有する2次元泳動装置では、泳動距離が10cmで十分な分離能が得られず、泳動距離の大きな装置での試験が望まれる。</p>			
別添（有、 <u>細</u> ）			

3. 平成 3年度実施予算決定額 〔累積 (百万円)〕	4. 平成 4年度概算要求提出額 (百万円)
試験費 ① 2次元電気泳動装置 8.24 ② 委託研究費 3.00 ③ 試薬、消耗器材費 .18  その他 ①経費 .26  合計 11.68 (百万円)	試験費 ① 電気泳動槽製作費 3.00 ② 委託研究費 3.00 ③ 解析費 2.00  その他 ①経費 1.00  合計 9.00 (百万円)

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) ;  
実施項目 PNC側人員数 (人・年) 役務員数 (人・年)

(1) H L W組成評価 模擬H L Wの作成 湿式法による分離予察試験	1	1
(2) フッ化揮発法	1.5	
(3) 電気泳動法	1.5	

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

電気泳動法による分離基礎試験は広島大学工学部応用理化学木曾研究室に委託。  
同研究室ではウラン、TRU等放射性核種を含む模擬H L Wの試験は出来ない。

別添 (有、)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :


特になし

8. 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)

登録資料 2件	PNC PN 6410 91-047 PNC PJ 6624 91-001	核種分離技術開発-1 電気泳動プロセスによる高レベル廃液からの 有用元素回収に関する基礎的研究
---------	--	---

9. 本報告書作成責任者 (事業所 転換技術開発課長) 総合所見 :

フッ化揮発法及び電気泳動法は、まだ基礎的段階であるが、それぞれ単一のプロセスにより部分分離あるいは単一元素分離が可能と考えられる。  
特に、電気泳動法は他分離法に比べ分離効率が良く、本法の適用が期待できる。  
更にプロセスの成立性、実現性について、装置開発や耐放射性等を含め、今後、総合的な検討が必要である。

印  
  


10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	項目	平成 2年次		当 年 次			平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10
1	湿式法	元年度で中断						
2	フッ化揮発法							
3	電気泳動法							



課題名 <b>有用金属回収・利用技術研究</b> ～利用技術研究～			新規、継続 施設計画申		
課題番号	9 : 2 : A : 2 : 0 : 6	作成責任者	作成者		
予算(項) 予算(目)	環境技術開発費 核種分離・消滅処理研究開発費	和田 幸男	明珍宗孝 岡田 浩 川瀬啓一		
1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団内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：					
<p>再処理工程より発生してくる高レベル放射性廃棄物を新資源として利用するために、その中に含まれる元素としての利用、並びに放射線の利用についての新しい分野での応用技術の研究開発を目標として、調査・検討を行っている。その中で、放射性白金族元素の利用技術として、光触媒を応用した放射線触媒による水分解の原理実証試験を行っている。しかし、現在までのところ放射線触媒に適した物質(半導体微粒子等)の選定等が確認できず、まだ水分解が起きているとゆう結果は得られていない。</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：					
① 放射線触媒による水分解試験 技術的調査・検討に基づき、放射性白金族を利用するための技術として原理実証試験を行うこととし、基礎試験装置の設計・製作を行った。その装置を用いて予備実験を行ったが、照射線量が、既存の線源を利用していたために充分得られなかった。そのため、安全管理部の校正室で照射を依頼して試験を行ったが、今度は照射効率が悪く、水分解の起きているとゆう結果は得られていない。そこで、現在照射セルの改造、線源及び使用する半導体の種類等の見直しを行っている。 この技術に関しては、東京工業大学の資源化学研究所の堂免助教授を客員研究員として招聘して技術開発を実施している。					
② 放射線利用技術研究 放射線触媒以外の分野での放射線利用の可能性についての調査・検討を開始した。また、可能性のある項目については予備実験を行ってゆく。					
別添 ( 有 , 無 )					

年 )

作成  
日付 3 年 12 月 19 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 試験費 6. 2 その他 0. 8 合計 7. 0 (百万円)	4. 平成 4 年度概算要求提出額 試験費 11. 3 その他 0. 8 合計 12. 1 (百万円)
---	---

5. 人員実績(上記2の業務に係わるPNC側(含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等):
- |             |              |           |
|-------------|--------------|-----------|
| 実施項目        | PNC側人員数(人・員) | 役務員数(人・年) |
| ① 放射線触媒研究   | 2            |           |
| ② 放射線利用技術研究 | 2            |           |

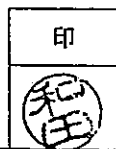
6. 関連事項(協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等):  
放射線触媒研究では東工大から客員研究員を招聘し、光触媒研究との関連で実験的な技術に対する協力を得る。  
また、放射線エネルギーの利用技術については、必要に応じて大学、研究所との共同研究を実施する。

7. 予期しない新知見, その他特記事項等:  
半導体と放射線エネルギーを利用した利用技術は、酸化・還元触媒, 光・電気変換等の従来にはない応用技術が考えられる。新たな放射線, 放射性元素利用技術として重要と考えられる。

8. 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)の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける:  
特許申請: 「放射線触媒及びそれを用いた酸化還元方法と装置」  
特願昭63-248755

9. 本報告書作成責任者(事業所先端室長orフロンティア室長)総合所見:

新しい放射線エネルギー及び放射性白金元素の利用概念のいくつかを創出した。  
今後はこの概念の原理実証を示すと共に、他の利用技術の幅広の検討, 適応性  
評価試験を実施してゆくことが重要と考える。



10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次	
		10	9	10	1	4	7	10
1	放射線 触媒研究	調査・装置製作		○			原理実証	
2	放射線 利用技術			○			調査・検討	

課題名			有用金属回収 - 利用技術研究 ～ 利用技術研究 ～			新規、継続 施設計画中	
課題番号		9 2 A 2 0 6		作成責任者		作成者	
予算(項)		環境技術開発費		和田 幸男		明珍宗孝 岡田 浩	
予算(目)		核種分離・消滅処理研究開発費				川瀬啓一	
<p>1. 開発目標：  <math>^{106}\text{Ru}</math>, <math>^{137}\text{Cs}</math>, <math>^{90}\text{Sr}</math>のような高放射性白金族及び高放射性元素の利用技術の研究並びに、放射線を利用した新しい利用技術概念の研究開発を行う。</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）          回収貴金属、放射線、及び高放射性元素を有効利用することにより、高レベル放射性廃棄物の新資源化を図ることができ、原子力開発にとって新たな展開ができると共に、その波及効果は原子力分野以外にも水素製造によるクリーンエネルギー源への応用、環境保全技術への応用等が考えられる。</p>							
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果          放射線触媒の技術のプロジェクト技術への反映効果としては、再処理工程より発生してくる廃溶媒の分解による減容化、また、高レベル放射性廃棄物を放射線源として利用する等の効果が期待される。          また、廃棄物処理・処分プロジェクト技術への放射線量等の負担の軽減が図られる。</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）：          放射性元素の新たな利用概念の一つの“放射線触媒”技術については勲燃独自のアイディアによるものであり、特許も取得している。太陽光を利用する“光触媒”技術の研究が現在一般の大学、研究所等で実施されており、その技術と本研究は深く関連している。</p>							
<p>5. 前年次までの進捗状況（継続の場合）：          高レベル放射性廃棄物から回収される放射性白金族元素の利用技術についての調査・検討を実施し、光触媒を利用した放射線触媒の研究を行うこととした。その上で、原理実証のための基礎試験装置を製作し、予備試験を行った。</p>							
<p>6. 当年次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）：</p> <p>(i) 項目：</p> <p>① 放射線触媒研究</p> <p>② 放射線利用技術研究</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）：</p> <p>① 基礎試験装置を用いた原理実証試験を実施してゆく。</p> <p>② 放射線利用の可能性のある技術についての調査を行い、有望なものについては基礎試験を実施してゆく。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別：</p> <p>① 内部</p> <p>② 内部</p> <p>(iv) 実施場所：</p> <p>B 棟他</p>							
別紙（有、無）							

作成  
日付

3年12月19日

7.平成 年度実施決算額	8.平成3年度実施予算額 (百万円)	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円)	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円)
試験費	試験費 6.2	試験費 11.3	試験費 14.0
その他	その他 0.8	その他 0.8	その他 1.0
合計 (百万円)	7.0	12.1	15.0

11. 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 放射線触媒研究	2	1
② 放射線利用技術研究	2	0

12. 関連事項（協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等）：

放射線触媒研究では東工大から客員研究員を招聘し、光触媒研究との関連で実験的な技術に対する協力を得る。

また、放射線エネルギーの利用技術については、必要に応じて大学、研究所との共同研究を実施する。

別添（有、無）

13. 特記事項（研究開発推進上の制約、課題、問題点等）：

大線量照射実験では、動燃内外の照射実験設備の利用が必要となってくる。

動燃内では放射線機器校正室、CPFのB系列セル、動燃外では原研の高崎研等

14. 本計画書作成責任者（事業所先端室長、フロンティア室長）総合所見：

利用の方法の確立は、回収研究目的に大きく寄与するため、非常に重要と考える。

従来の技術概念に捉われない創造的な利用方法の確立をこの研究の一つの大きな目標としていきたい。

15. 研究開発スケジュール（計画）

No	項目	平成 3年次		当 年 次			平成 5年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
1	放射線触媒研究	○	—		原理実証				
2	放射線利用技術	○	—		調査・検討				
				/					

課題名		FBRによる消滅処理(炉心特性関係)		新規、 <b>継続</b> 施設計画中
課題番号	9 2 A 3 0 1	作成責任者	作成者	
予算(項)	高速増殖炉開発費			
予算(目)	システム設計研究費			
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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:</p> <p>FBRによるTRU消滅処理技術の確立を図るために以下の研究を実施した。</p> <p>(1) FBRによるTRU消滅特性評価(炉心特性、消滅特性、燃料製造や取扱上の影響等の評価、核データの評価等)</p> <p>(2) TRU燃料を利用した高性能炉心の検討</p> <p>その結果、FBRは軽水炉に比べてTRU消滅処理特性が優れており、長期的なTRU蓄積量低減にも有効であることが分かり、FBR利用の幅が広がった。</p> <p>今まではソフト中心の検討であったが、TRU消滅処理技術確立には物性データ等基礎的データに加えて、「常陽」を活用した照射試験データが必要であり、今後その方面に力を注いで行く必要がある。</p>				
<p>2. 当年次までの実績内容実績詳細記述:具体的な成果、結果としての技術水準</p> <p>実績項目:</p> <p>(1) 炉心特性・消滅特性評価</p> <p>① FBRへのTRU装荷方法の検討</p> <p>FBRにおけるTRU消滅処理特性を評価するため、i)均質装荷、ii)非均質装荷(ターゲット燃料集合体)、iii)燃料ピン装荷、iv)径ブランケットへの装荷、v)非均質炉心への装荷、vi)新型燃料炉心への装荷等 TRU装荷法の比較検討を行った。主な結果をまとめると以下ようになる。均質装荷の場合、TRUを5%程度添加すれば核熱特性に大きな影響を与えずに軽水炉6基から取り出されるTRUを消滅できる。非均質装荷の場合、消滅率、核特性上は均質炉心と大きな差はないが、熱的に厳しくなり、線出力の低減が必要となる。径ブランケットにTRUを装荷した場合、TRU消滅率は炉心装荷に比べて小さくなるが炉心特性上問題はない。</p> <p>② TRU燃料を利用した高性能炉心の検討</p> <p>TRU燃料装荷により燃焼反応度を低減できるという炉心特性上の特長を活用して、TRUを単に消滅するだけでなく、運転サイクル延長や燃焼度向上が図れる高性能FBR炉心の可能性を検討した。2領域炉心の内側と外側のTRU添加率をそれぞれ7.5%、15%に調整することにより、30年間燃料交換無しに核熱特性の観点から運転できる可能性を示した。</p>				

別添 **有**、無)

3. 平成3年度実施予算決定額 〔累積 28 (百万円)〕	4. 平成 年度概算要求提出額 (百万円)
(1) TRU炉心特性、消滅特性計算 8	試験費
(2) TRU核種の基礎データ評価と集成 2	その他
合計 10 (百万円)	合計 (百万円)

5. 人員実績(上記2の業務に係わるPNC側(含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :

実施項目	PNC側人員数(人・員)	役務員数(人・年)
(1) 炉心特性評価	0.2 人・年	0.2 人・年
(2) 核データ評価	0.2 人・年	0.2 人・年

6. 関連事項(協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

協力部署 : (大洗)プラント工学室、AGS、照射課、技術課、新型炉サイクル室

別添(有,無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :

なし

8. 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)の各権数のみ記載し、別添資料リストをつける :

(1) 炉心特性・消滅特性評価 ..... 成果報告書3件、外部発表10件

9. 本報告書作成責任者(事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見 :

印

10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	年次 項目	平成元年次		平成2年次		平成3年次			
		10	9	10	9	10	1	4	7
(1)	炉心特性評価	TRU装荷法の検討		TRU装荷法、取扱いに関する検討		高性能炉心の検討			
(2)	核データの評価			情報収集、データ評価		核データ不確かさの感度解析、 <sup>237</sup> Npデータ予備解析			

課題名				FBRによる消滅処理(炉心特性関係)		新規、 <u>継続</u> 施設計画中	
課題番号	9	2	A	3	0	1	
作成責任者							作成者
予算(項)	高速増殖炉開発費						
予算(目)	システム設計研究費						
1. 開発目標： FBRによるTRU消滅処理技術を確立する。							
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) (1) TRU核種の低減により地層処分の問題の潜在的難しさの軽減が可能となり原子力発電の社会的受容性を高めることができる。 (2) また、TRUを燃料として有効に利用できる可能性がある。							
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 (1) TRU核種の核データ精度確立により、FBRの高燃焼度炉心の核設計精度向上に資することができる。 (2) TRU核種の微量分析(質量分析)技術を確立することにより、分析技術の高度化に資することができる。							
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)： 我が国の他機関のTRU消滅処理研究に関してはソフトの検討が主である。PNCはソフトの検討に加えて、「常陽」等での照射試験データを用いて、精度よい評価を加えることができる。海外ではPNCより進んでいる研究項目があるので、情報交換を有効に活用する必要がある							
5. 前年次までの進捗状況(継続の場合)： 炉心特性・消滅特性評価に関しては、FBRによる消滅処理基本特性の評価、超長寿命炉心の検討等を実施した。核データ評価に関しては、核データ不確かさの炉心特性への影響、照射済Np試料を用いた消滅率の予備評価を実施した。							
6. 当年次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：							
① 炉心特性・消滅特性評価 ..... (イ)希土類元素の影響評価、(ロ)専焼炉の評価 (ハ)「もんじゅ」装荷の検討等							
② 核データ評価 ..... (イ)照射済 <sup>237</sup> Npデータによる消滅率等評価 (ロ)「常陽」でのサンプル照射の準備、照射試験、測定、解析評価 (ハ)東大弥生炉でのTRU核種核断面積の測定、評価							
(ii) 実施方法(手順・手段)：							
① 炉心特性・消滅特性評価 ..... 設計研究の一貫として解析評価を行う。							
② 核データ評価							
(イ)照射済Npの評価 ..... AGSにおいて照射済 <sup>237</sup> Npの質量分析を行い、 <sup>237</sup> Npの消滅率を求める。解析値と比較検討する。							
(ロ)サンプル照射 ..... <sup>237</sup> Np, <sup>241</sup> Am, <sup>241</sup> Am等サンプルの照射を行い、放射線測定により消滅率、変換率を求め、解析評価により核データの精度を確立する。							
(ハ)東大弥生炉での実験 ..... バック・ツー・バック・フィッシュンチェンバーを製作し、TRU核種と標準 <sup>235</sup> Uの核分裂生成物の比を求め核断面積を評価する。							
(iii) 内部、外部実施の別：							
① 計算作業の一部はメーカーに実施させる。評価は職員が行う。							
② 東大弥生炉を用いて核断面積の測定を行う。							
(iv) 実施場所：プラント工学室、AGS、照射課、技術課							
							別紙(有、無)

7. 平成 3年度実施決算額 (百万円)	8. 平成 4年度実施予算額 (百万円)	9. 平成 4年度実施予算要求 予定額 (百万円)	10. 平成 5年度概算要求 希望額 (百万円)
(1) TRU消滅処理計算 10	(1) 炉心特性等評価 5		(1) TRU消滅炉解析 10
(2) ターゲット集合体計算 5	(2) TRU照射データ解析 1 (3) 断面積測定装置の製作 2		(2) TRU照射データ解析 5 (3) 断面積測定装置製作 10
合 計 15 (百万円)	8 (百万円)		25 (百万円)

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

実績項目	PNC側人員数(人・員)	役員数(人・年)
(1) 炉心特性評価	0.2 人・年	0.2 人・年
(2) 核データ評価	0.2 人・年	0.2 人・年

12. 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 : (大洗)プラント工学室、AGS、照射課、技術課、新型炉サイクル室

外部実施 : 東大弥生炉 ( $^{237}\text{Np}$ 等核断面積の測定にはゼロ出力でTRU装荷炉心のスペクトルが模擬できる弥生炉で実験する必要がある。)

別添 (有, 無)

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

東大弥生炉での核断面積の測定に必要な測定器の製作数が、予算上平成4年度は制約された。

14. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長、フロンティア室長) 総合所見 :

15. 研究開発スケジュール (計画)

No.	年 次 項 目	平成4年次				平成5年次		平成6年次	
		10	1	4	7	10	9	10	9
(1)	炉心特性評価	希土類の影響評価				専焼炉の評価		概念設計	
(2)	核データの評価	① $^{237}\text{Np}$ データ解析				解析評価			
		② サンプル照射試料入手				「常陽」でのサンプル照射試験		放射線測定、質量分析	
		③ 弥生炉における核断面積測定装置の製作				弥生炉での予備実験及び測定器製作		実験及び解析	



課題名 高速炉によるTRU消滅処理研究		— 燃料物性・製造・照射 —		新規、継続 施設計画	
課題番号 9   2   A   3   0   2		作成責任者 野村茂雄		作成者 野村茂雄	
予算(項) 高速増殖炉開発費		野村茂雄		野村茂雄	
予算(目) 燃料材料研究開発費、他、					
1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団以外への反映の見通しと実績との対比、情報変化、問題点等概略記述：					
1) 目標： TRU核種 (Am, Np, Cm) を含むMOX燃料の製造計画を立案するとともに、基本的物性データを収集し、高速炉照射により消滅挙動を評価するための試験に着手する。					
2) 内容： 物性評価 : 諸外国の文献データの収集と課題の整理 燃料製造計画 : AGFホットラボを利用したTRUミニサイクル構想の立案 照射試験計画 : Phase-I 核データ取得のためのTRUサンプル照射試験 少量のAmを含有するMOX燃料の照射試験 II TRU含有MOX燃料の照射試験 分析技術開発 : TRU標準試料を用いた分析方法の確立					
3) 効果予測： 高速炉を利用した効果的なTRU消滅法の確立 FBRサイクルシステム実用化のための基礎的データの提供					
4) 事業団プロジェクトへの反映 (1) 将来的な低DF高速炉燃料製造のためのプロジェクト化の可能性はある。 (2) FBRオンサイト自己サイクル構想のひながたとなる。 (3) TRU消滅の最適プロセスとして「常陽」利用が本格化する可能性がある。					
5) 問題点： 物性試験を実施するにはTRU原料の入手、TRU燃料製造を先行させる必要があり、当面自前データは期待できない。 実施体制、予算が十分でなく、計画が遅延する傾向にある。					
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：					
1) 物性研究 「常陽」でのTRU添加MOX燃料照射のための許認可上必要な燃料物性データは国内になく、ヨーロッパのTUI研のデータを中心に収集した。現状Am, Np入り燃料の公開物性データは極めて少なく、燃料設計は保守的にならざるを得ない状況にある。					
2) 燃料製造計画 AGFホットラボを改造し、TRU燃料製造のためのミニサイクル施設とするための改造上の課題と概略規模を検討した。遠隔操作性、セル構造案を考慮した詳細な検討を今後進めるとともに、将来的な経済性を加味した革新的製造プロセスとするためのR&Dが必要であることがわかった。					
3) 照射試験計画 Amを約0.8%含有するMOX燃料ペレットを使用した「常陽」照射試験、TRUサンプル (Am, Np, Cm) 照射試験をそれぞれ25サイクル、28サイクルより開始することで諸準備を進めている。TRUサンプルについては、仏からの入手が技術的理由により遅れている。これらの照射試験は、「常陽」設置変更申請を行うことなく比較的容易に実施でき、基礎的照射データを取得する観点から重要である。					
4) 分析技術開発 AGFをRI使用施設に改造するとともに、仏よりTRU標準核種 ( $^{237}\text{Np}$ , $^{243}\text{Am}$ , $^{244}\text{Cm}$ ) を入手した。 質量分析装置の分析プログラム、分析器具の準備の他、放射線分析装置の購入準備を行った。標準核種、照射済MOX燃料等を用いた実際の分析は平成4年度より開始する予定である。					
技術水準： TRU物性、燃料製造、分析技術等については、まだ本格的に開始しておらず、技術水準を評価できるレベルに至っていない。					
別添 ( 有 ・ (無) )					

年 9 月)

作成  
日付 4 年 3 月 16 日

3. 平成 3 年度実施予算決定額 (累積 31 (百万円))	4. 平成 4 年度概算要求提出額 (百万円)
TRU分析技術開発 (分析資材購入) 3	TRU分析技術の開発 (放射性分析装置の購入) 23 TRU燃料製造施設の整備 (乾式ミニサイクル詳細検討) 11
合計 3 (百万円)	合計 34 (百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC 側人員数 (人・年) 役務員数 (人・年)

- 1) 物性研究 0.5
- 2) 燃料製造計画 0.5
- 3) 照射試験計画 3
- 4) 分析技術開発 0.2

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 部外実施上の課題, 問題点等) :

燃料製造計画については, 平成 2 年度施設改造調査研究をベスコに業務委託した。  
照射試験計画のうち Am 含有燃料照射試験については, 実験炉部照射課, 東海 Pu 開室が主体となって  
試験準備を実施している。

別添 ( 有 ・ (無) )

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

8. 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  
数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

社内検討報告書物性メモ 1 件, 施設改造調査 2 件, 照射試験関連 2 件, 分析技術開発メモ 1 件

9. 本報告書作成責任者総合所見 :

本計画の推進のためには, 東海・大洗の協力, 実施段階での諸手続き, TRU原料の  
確保, 予算と要員の確保等多くの課題を順次解決していく必要があり, 特に本社サイド  
での強力な方針の設定が不可避である。現場サイドでは当面 Np ドシメータ, MOX 照射  
済燃料等既存資源有効活用を図ることによって TRU 関連の照射データを取得すること  
を優先する。

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No	項目	平成 2 年次		当 年 次				平成 4 年次	
		10	9	10	1	4	7	10	9
1	物性研究				○メモ				
2	燃料製造計画			○施設改造調査					
3	照射試験計画			○設工認等		○リグ製作・組立		○照射	○PIE
4	分析技術開発				○計画	○Npドシメータ分析評価		○MK-IIフライバー分析評価	

課題名		高速炉によるTRU消滅処理研究	— 燃料物性・製造・照射 —	新規、継続 施設計画中
課題番号	9	2	A	3
予算(項)	高速増殖炉開発費, 燃料開発費			作成責任者
予算(目)	燃料材料研究開発費, Pu燃料研究費			作成者
		野村茂雄		
1. 開発目標:				
TRU核種(Am, Np, Cm)を含むMOX燃料を製造し, 基礎的物性データを取得するとともに, 高速炉照射試験により消滅挙動を評価する。				
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)				
1. Pu利用サイクルにおけるFBRの可能性を効果的なTRU消滅法の確立によりさらに追求できる。				
2. TRU燃料のミニサイクル施設の完成により, 工程の簡素化, 経済性向上の可能性が検討できる。				
3. FBRサイクルシステム実用化のための基礎データが提供できる。				
3. 事業団プロジェクト技術への反映効果				
将来的には低DF高次化Puを含むMOX燃料の遠隔製造設備計画に結びつけられる。				
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):				
諸外国では仏, 英においてTRU燃料製造技術開発, 照射試験によるTRU消滅評価を実施しており一部データも公開している。 実施研究の観点からは諸外国の現状と比較し自前のデータが全く不足しており, 技術水準を議論できる段階でない。				
5. 前年次までの進捗(継続の場合):				
物性評価 : 諸外国の文献データの収集を完了した。				
燃料製造計画 : AGF施設改造調査研究を実施した。				
照射試験計画 : TRUサンプル照射試験, 少量Am含有MOX燃料照射試験の準備を進めた。				
分技術開発 : TRU標準試料の入手が完了し, 分析装置の購入準備を開始した。				
6. 当年次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):				
1)物性評価 1)文献調査 : TUI年報を中心とした文献調査を行い, 平成5年度までに物性データ集としてまとめる。(AGS, Pu開室)				
2)物性測定技術の高度化 : 照射済MOX燃料物性測定試験のための装置の整備と信頼性向上を実施する。(AGS, Pu開室)				
2)物性製造計画 1)TRU ミニサイクル概念検討 : AGSホットセルを利用したTRUミニサイクルの詳細を検討する。(AGS)				
2)セル改造・装置製作 : 既存セルの改造, 整備とともにTRUペレット製造のための装置を製作する。(AGS, 外部)				
3)据付, 試運転 : 燃料製造装置のセルへの据付と試運転を実施する。(AGS)				
3)照射試験計画 1)照射開始 : TRUサンプル照射を「常陽」CMIR, SMIRで, 少量Am含有MOX燃料照射をB型特燃で開始する。(照射課)				
2)TRUピン照射 : 照射試験パラメータを設定し, TRU燃料製造計画へ反映する。(AGS, ADS, Pu開室)				
4)分析技術開発 1)基礎試験 : Am, Np, Cmの標準試験を用い, 湿式分析による定量化手法を確立する。(AGS)				
2)応用試験 : Npドシメータ, MOX燃料を用いTRU核種の定量化を行う。(AGS)				
別添(有・無)				

年 9 月)

作成  
日付

4 年 3 月 1 6 日

7. 平成 2 年度実施予算額 (百万円)	8. 平成 3 年度実施予算額 (百万円)	9. 平成 4 年度実施予算要求 (百万円)	10. 平成 5~7 年次概算 希望額 (百万円)
TRU 等施設改造設計費 15 TRU ドシメータ及び 標準試料購入 13	TRU 分析技術開発 3 セル等施設改造 設計費 当初 16 (本予算は湾岸戦争追加 拠出分として提供)	TRU 分析技術開発 23 TRU 燃料製造施設 の整備 11 (乾式ミニサイクル詳細検討)	TRU 燃料製造施設の整備 平成 5 年度 詳細設計, 整備 145 平成 6 年度 セル改造, 装置製作 435 平成 7 年度 装置設置, 試運転 160
合 計 28	3	34	740

11. 人員実績 (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) 物性研究	1	2
2) 燃料製造計画	5	5
3) 照射試験計画	1	2
4) 分析技術開発	1	1

12. 関連事項 (協力部署, 共研の有無, 外部実施の理由等) :

- 1) 物性評価については, 海外の研究機関との共同研究によるデータ入手が望まれる。
- 2) TRU ミニサイクル構想については, 外部委託も一部実施し, 幅広く検討する。
- 3) 分析技術開発については, 4 年度の客員研究員を招聘する。

別添 ( 有 ・ 無 )

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

- 1) TRU 燃料ペレットの製作は Am, Np 原料粉の調達が不可欠であるが, 現状必ずしも入手経路が明確でない。
- 2) TRU に関する試験研究は, 広く大洗, 東海, 本社で基本計画にそった実施内容を十分調整した上で, 集中的な予算対応で実施すべきである。

14. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長, フロンティア室長) 総合所見 :

15. 研究開発スケジュール (実績)

No	項目	平成 3 年次		当 年 次			平成 5 年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
1	物性研究		○メモ		物性データ収集評価				○
2	燃料製造計画			調査検討		○	設計, 設備改造,	装置製作	
3	照射試験計画	リグ製作・組立		ドシメータ, 燃料照射				PIE, 評価	
			○	TRU 燃料照射基本計画				○	

課題名 (核変換技術開発) <b>加速器による消滅処理 (消滅理論)</b>					新規、 <input checked="" type="checkbox"/> 継続 施設計画 中			
課題番号	9	2	A	3	0	3	作成責任者	作成者
予算(項)	環境技術開発費						小無健司	高下浩文、加瀬 健
予算(目)	核種分離・消滅処理研究開発費							野村昌弘 原田 秀郎
1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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： 放射性廃棄物の処分の効率化を目的として、放射性廃棄物の消滅処理の基礎研究を行った。具体的には消滅エネルギー（対象核種を1核種消滅するために必要なエネルギー）、実効半減期、消滅量について計算機シミュレーションによる定量評価を行った。 放射性廃棄物に含まれる長寿命核種を消滅処理することができれば、放射能のリスクを低減することが可能であり、地層処分のための用地も小さくすることができる。PA上の効果も期待できる。また、学術的には消滅処理に関連する新しい核変換方法の提案を行っている。 しかしながら、現状はまだ基礎研究、概念設計の段階である。								
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： 核反応等を利用した、高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核種の消滅処理法について次のような研究を行った。 ①調査：これまでの消滅処理研究をレビューし、FPの消滅処理研究について問題点の整理を行った。 ②コード整備：粒子（光子、電子、中性子、陽子）輸送コード等の計算コードの整備を行った。 ③データ整備：消滅処理の評価に必要な $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ の $(n, \gamma)$ 反応断面積、 $(\gamma, n)$ 反応断面積の測定を行った。 ④評価：消滅炉の概念設計や加速器を利用した消滅処理法の比較研究等を行った。 ⑤提案：従来提案されたことのなかった新方式の消滅処理方法として、Moving Target法を利用した消滅処理方法と中性核融合反応を利用した消滅処理方法を提案した。 以上の成果に関しては項目8に示す国際会議、学会等で発表を行っている。また、技術メモ、事業団資料、雑誌投稿も合わせて行っている。 現在は装置の概念設計や核設計あるいは基礎となる核データの整備等の初期解析、基礎研究の段階で研究はまだ継続中である。 詳しい研究内容は別添の資料を参照されたい。								
								別添 <input checked="" type="checkbox"/> (有) <input type="checkbox"/> (無)

3. 平成 3年度実施予算決定額 (百万円)		4. 平成 4年度概算要求提出額 (百万円)	
消滅理論研究	14	消滅理論研究	48
照射系の研究開発	12	高粒子線束の研究	12
ターゲット系の開発	4	核変換試験	7
核変換試験	6	海外研究協力	49
核変換技術の適応性評価	11		
合計	47 (百万円)	合計	116 (百万円)

5. 人員計画 (上記2の業務に係わるPNC側(含む出向、業協人員及び、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)
消滅処理理論研究	3.75 (客員研究員1, BNL派遣1)	1
装置化研究	1.75 (客員研究員1)	1
基礎データの整備	0.75	
適応性の評価	0.75	1

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

基礎データの整備に関連し、委託研究として<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Csの(γ, n)反応断面積、<sup>235</sup>U、<sup>238</sup>U、<sup>237</sup>Np、<sup>239</sup>Pu、<sup>241</sup>Amの(γ, f)反応断面積の測定を実施した。<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Csの(n, γ)反応の測定を共同研究として実施した。また、BNLと共同研究でFPの消滅処理の理論研究を実施している。

別添 (有) 無)

7. 予期しない知見、その他特記事項等 :

平成4年度は適応性評価を含めた今までの研究のチェック&レビューを行う。

8. 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) の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :

外部発表 28件 (投稿論文 4件、国際会議 5件、研究会発表 5件、学会発表 14件)  
特許 2件、登録資料 9件

9. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長、フロンティア室長) 総合所見 :

平成3年度までに1線、2線、陽子線等を利用した<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Csの核変換理論及び加速器、炉等の設備概念、要素技術等の設計研究を実施し、論文にまとめ学会発表等の実績も上げてきた。FP削減の基礎を築いた。

10. 研究開発スケジュール (実績)

No	年次 項目	平成 2年次					当 年 次			平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10	9		
	消滅処理理論研究	計算コード整備		予	備	解	析			評価、検討	
	装置化研究	計算コード整備		予	備	解	析			評価、検討	
	基礎データの整備	断面積測定		測	定	実	験			評価、検討	
	適応性評価			文	献	調	査			評価、検討	

フロンティア研究計画書

平成 4 年次 ( 3 年 10 月 ~ 4 年

課題名 (核変換技術開発) <u>加速器による消滅処理 (消滅理論)</u>				新規、 <input checked="" type="checkbox"/> 継続 施設計画 中				
課題番号	<u>9</u>	<u>2</u>	<u>A</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>3</u>	作成責任者	作成者
予算(項)	環境技術開発費						小無健司	高下浩文、加瀬 健
予算(目)	核種分離・消滅処理研究開発費							野村昌弘 原田 秀郎
1. 開発目標 放射性廃棄物の処分の効率化を目的として、放射性廃棄物の消滅処理を研究する。								
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) 放射性廃棄物に含まれる長寿命核種を消滅処理することができれば、放射能のリスクを低減することが可能であり、地層処分のための用地も小さくすることができる。また、PA上の効果も期待できる。学術的には多量の核変換処理研究という新しい分野が開ける可能性がある。								
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果： 現在はさまざまな消滅処理概念のレビューを行い、新しい核変換方法の提案をしている段階であり、基礎研究的な色彩が強い。そのため、プロジェクト化もしくは既存のプロジェクト(地層処分)との競合が問題となる段階ではない。しかしながら、高エネルギー粒子輸送コードや新しい $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ の断面積データは高エネルギー加速器の遮蔽設計や原子炉の燃焼計算など他の分野でも有用である。								
4. 国内外の現状レベル(本計画の技術水準、先見性、類似のテーマの有無、競合を必要とする理由等)： 現在は種々の消滅特性、すなわち、実効半減期、消滅エネルギー(対象核種を1核種消滅するために必要なエネルギー)等を理論式または計算コードで評価している。このようなFPを主な消滅処理の対象として研究を行っているのは海外では米国のロスアラモス国立研究所等、少数存在するが、日本では事業団のみである。TRUについては原研、電中研等でも原子炉を利用した消滅処理を研究している。								
5. 前年時までの進捗状況(継続の場合)： ①FP消滅処理用原子炉の概念設計を行い、その核特性を評価し、消滅量等を見積もった。 ②加速器を利用した4種類の消滅処理法を消滅エネルギーと実効半減期の点で評価を行った。 ③ $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ の(n, $\gamma$ )反応断面積、( $\gamma$ , n)反応断面積及び $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{237}\text{Np}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Am}$ の( $\gamma$ , f)反応断面積の測定を実施した ④新方式の消滅処理方法として、Moving Target法を利用した消滅処理方法及び、慣性核融合反応を利用した消滅処理方法を提案した。								
6. 当年次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)： (1)項目： ①理論研究：従来法(原子炉、加速器)及び事業団で提案している新方式の消滅処理(Moving Target法及び、慣性核融合反応を利用した消滅処理方法)の研究を行う。 ②装置化研究：消滅炉及び、Moving Target法を利用した消滅装置の概念設計を行う。 ③核データの整備：実験データのない核データの計算による評価を行う。 ④適応性評価：消滅処理によるリスクの低減度を主とした核燃料サイクルへの適応性評価を行う。 (2)実施方法(手順・手段)： 文献調査等による新技術の調査、研究会等による専門家との議論により情報収集を行う。理論的手法、すなわち、解析的なアプローチ及び、計算機によるシミュレーション手法を利用して、上記項目の研究を行う。 (3)内部実施・外部実施の別： 理論研究と核データの整備の一部を共同研究として実施する。他は、内部実施である。 (4)実施場所： 東海事業所 核燃料技術開発部 先端技術開発室								
								別紙 <input checked="" type="checkbox"/> (有) <input type="checkbox"/> (無)

7.平成 年度実施決算額 試験費	8.平成3年度実施予算額 (百万円) 消滅理論研究 14 照射系の研究開発 12 ターゲット系の開発 4 核変換試験 6	9.平成 年度実施予算要求 予定額 (百万円)	10.平成4年度概算要求 希望額 (百万円) 消滅処理理論研究 48 高粒子線束の研究 12 核変換試験 7 海外研究協力 49
その他	核変換技術の 適応性評価 11		
合 計 (百万円)	47		116

11. 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)
消滅処理理論研究	3.75(客員研究員1,BNL派遣1)	1
装置化研究	1.75(客員研究員1)	1
基礎データの整備	0.75	
適応性の評価	0.75	1

12. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等):  
 基礎データの整備に関連し、FPの核反応断面積の評価を東北大学と共同研究で継続して行う。また、BNLと共同研究でFPの消滅処理の理論研究を継続して実施する。  
 両機関とも上記の研究課題に対して多くの実績と経験を有しており、かつ研究のための設備、計算コード等も完備しているため、共同で研究にあたるものである。

別添 (有) (無)

13. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等):  
 平成4年度は適応性評価を含めた今までの研究のチェック&レビューを行う。

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見:  
 新しい理論展開により、核変換消滅に係る多くの可能性を評価することは、今後の研究の中心課題となる。国内外の協力関係も今後更に重要となる。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	平成 3年次		当 年 次			平成 5年次	
		10	9 10	1	4	7	10	9
	消滅処理理論研究	予備解析	解	析	検討	評価	評価、検討、まとめ	
	装置化研究	予備解析	解	析	検討	評価	評価、検討、まとめ	
	基礎データの整備	断面積測定	理論値の	評価	検討	評価	評価、検討、まとめ	
	適応性評価	基礎研究	文献	調査	検討	評価	評価、検討、まとめ	



課題名		加速器開発		新規, 継続 施設計画中	
課題番号	9	2	A	3	04
作成責任者	姫野 嘉昭		作成者		
予算(項)	環境技術開発費		羽賀一男、王元林、		
予算(目)	核種分離・消滅処理研究開発費		遠山伸一		
<p>1. 当該評価対象期間までの目標, 手段, 効果予測, 事業団プロジェクト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:</p> <p>目標 : CW大電流加速器の要素開発                  手段 : 外部専門機関との共研による設計とメーカ発注による要素機器の試作とその評価                  効果予測: 基礎的・基盤的技術開発による加速器の大電流化に向けたブレークスルー                  プロジェクトへの反映: プロジェクトの観点からは評価するにはその段階には至っていないが、加速器開発の観点からは加速管、クライストロン共に概ね順調に大電流化に向けた技術開発が進んでいる。                  情勢変化: 該当事項無し。                  問題点等: 産業界がここまで蓄積して来た技術の上に当該技術を開花させることになるが、各メーカとも機器レベルの技術しか持っておらず、システムインテグレーションのできるメーカを早急に育てる必要性が生じている。</p>					
<p>2. 当該評価対象期間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) システム基本概念の構築</p> <p>加速器基本性能を定め、それを満足させるための技術仕様を決定した。                  基本性能: 最大エネルギー 10MeV、最大ビーム電流 100mA、平均ビーム電流 100mA、パルス幅 4ms、繰り返し数 50Hz、デューティー 20%、ビーム出力 200kW                  仕様: 加速周波数 1249MHz、加速モード <math>2\pi/3</math>、加速管ユニット数 8、クライストロン出力 1.2MW、クライストロン 2基</p> <p>(2) 加速管</p> <p>1号試作モデルでは、加速管の基本特性を把握し、製作上の未知事項の把握を行った。                  全長 1.2 m の加速管および還流部導波管 1 ユニットをモデル 2 号機として設計                  特徴: 高出力 1.2MW、Lバンド 1.249GHz、高効率 &gt;65%                  概略形状: 2a 約 50mm、2b 約 200mm                  平成 3 年 9 月現在、工場で作成中</p> <p>(3) クライストロンおよびその電源</p> <p>クライストロンのモデル 1 号機で製作上の未知事項の把握及び基本特性の把握を行い、以下の仕様の 2 号機を製作し、現在、その大電力試験の準備を進めている。                  仕様: 効率 65%以上、出力 1MW(1.2MW)以上</p> <p>電源については、応答性の高い電源回路の開発に向けたシュミレーション計算とそれに基づく試設計を行った。</p> <p>(4) 加速器開発施設建屋の設計、建設 掘削が終了し、建屋本体の工事を開始した。</p> <p>(6) その他 クライストロンの出力窓について出力と温度上昇との関係を求め、この温度上昇に耐え得るセラミック材などを検討した。</p>					
別添 (有, 無)					

3年9月)

作成  
日付 平成4年3月13日

3. 実施予算決定額(百万円)					4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費			88	350	30
建屋建設					438
その他		90	195	180	251
合計		90	283	530	719
累積		90	373	903	1,622

5. 人員実績(上記2.の業務に関わる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(人・年) 役員・客員研究員数(人・年)

要素開発	6	0.5
建屋設計・建設	1.5	1.5

6. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等)：

消滅処理に関する解析研究及び実験計画 → 東海事業所/先端技術開発室で実施

加速器の要素開発 → 高エネルギー物理学研究所との共研

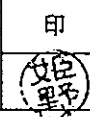
別添(有, 無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等：

8. 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)の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける：  
 登録資料 3件、 外部発表 5件

9. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見：

開発に従事しているのは加速器開発経験の浅い研究者が多いが、開発途上で発生する障害を専門家の指導を受けながら克服しつつ、加速器管及びクライストロンを試作機を試験できるまでに至った。  
 ただ、大電流化自体が新しい開発課題であるため、今後とも慎重かつ着実な開発を行うこととしている。



10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	項目	年度	右以前	当該評価対象期間			当該期間以降		
				H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	H6年
	システム基本概念の構築		○	○					
	加速管		○	設計	モデル試作	モデル試作			
	クライストロンおよびその電源		○	設計	(低電力試験)モデル試作	性能試験、製作			
	施設建家			○	設計	建設			

課題名		加速器開発		新規、継続 施設計画	
課題番号	9	2	A	3	04
作成責任者	姫野 嘉昭		作成者		
予算(項)	環境技術開発費		羽賀一男、王元林、		
予算(目)	核種分離・消滅処理研究開発費		遠山伸一		
1. 開発目標：					
放射線廃棄物の消滅などの原子力技術のブレークスルーを目指した前例の無いCW大電流電子線形加速器の開発を進めているが、その第1段階として、最大エネルギー10MeV、平均E-L電流20mAの電子線形加速器の要素開発を行う。					
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)					
大電流化に必要な基礎・基盤技術が開発され、その成果は電子線形加速器のみならず他の粒子の加速器の大電流化にも応用でき、従来の理学研究から工学規模への加速器利用技術の新たな利用分野の開拓に寄与できる。					
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果：					
放射性物質の消滅処理など原子力技術ブレークスルーに必要な大電流加速器技術が得られる。					
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)：					
〔技術水準〕電子線加速器の電流はこれまでは主に数マイクロアンペアが主流で、本研究のような数百mAのCWを狙った開発例は無い。					
〔先見性〕廃棄物の消滅処理は原子力開発政策上の超長期の課題ではあるが、来世紀に向けてその着実な技術開発が必要な研究であり、本研究はそのための第一歩となる。					
〔類似テーマ〕消滅処理を最終目的とした陽子線形加速器の要素開発が原研で開始されているが、開発のポイントが異なる。					
〔競争を必要とする理由〕本研究と原研の陽子線形加速器の開発は、相互補完しながら進められるべき性格のもので、個々が単独で進めるだけでは達成でにないほど難度は高い。					
5. 当該評価対象期間以前の進捗状況(継続の場合)：					
なし					
6. 当該評価対象期間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)(平成3年度下期～平成5年度末)					
	方法・手段	内部・外部実施の別	実施場所		
①システム基本概念の構築	共研で大電力試験、入射試験を計画している。	外部・内部	KEK 動燃大洗工学センター		
②加速管の開発	大電力試験結果に基づく設計改良と製作	外部・内部	メーカ、KEK, 動燃大洗工学センター		
③クライスロトン開発	同上	外部	同上		
④立体回路、ビーム診断系等	H4年度から設計試作を開始。	外部	動燃大洗工学センター		
⑤施設建屋、内部設備	建屋はH4年に完成。その後内部設備の設計等	外部	動燃大洗工学センター		

7. 予算額(百万円)

	昭和63年度実施	H1年度実施	H2年度実施	H3年度実施	H4年度	H5年度
試験費					30	100
建屋建設			88	350	438	
その他		90	195	180	251	1,080
合計		90	283	530	719	1,180

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

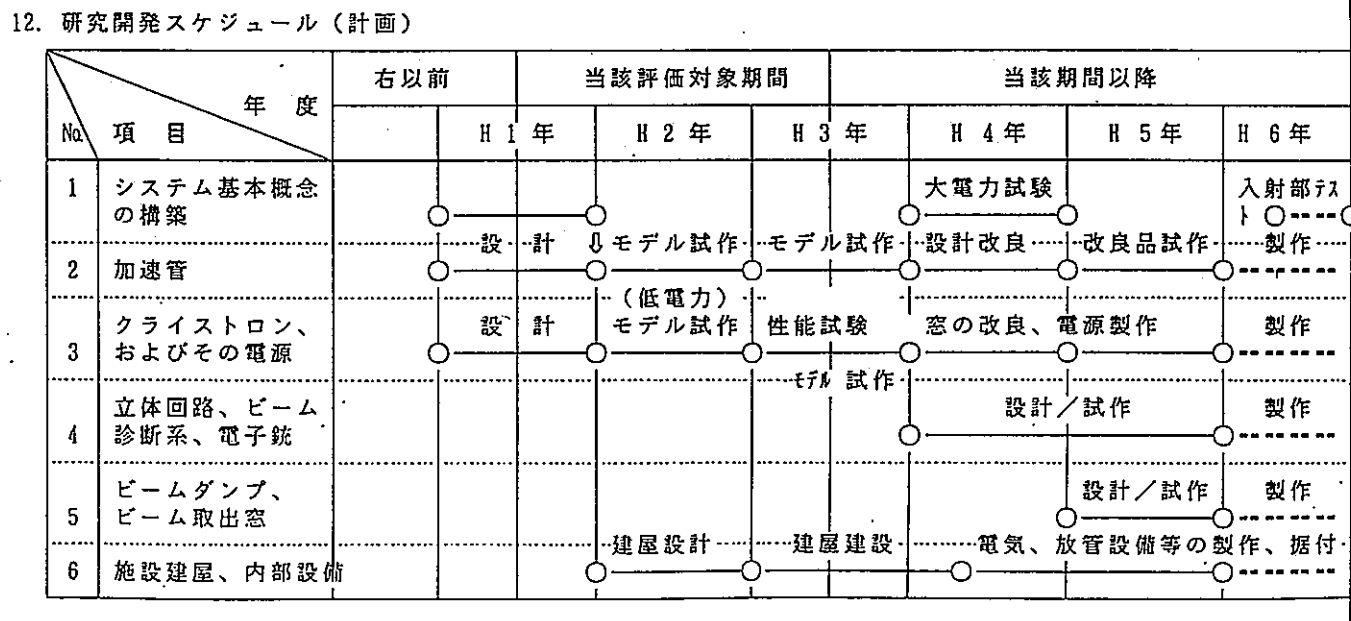
実施項目	PNC側人員(人・年)	役員・客員研究員数(人・年)
試作品による性能確認試験	5	1
要素の設計製作	6	2
施設整備	4.5	2

9. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :  
 加速器開発は動燃にとって初めてで、社内の技術的蓄積と研究設備が無い。このため、これらが整備されているKEKとの共研で進める。  
 機器の製作設計、製作はメーカーでないと実施できないので当方の仕様に基づく外部発注とする。  
 開発は、社内に組織し、外部の専門家で構成された「加速器研究会」の意見を聞きながら進める。

10. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :  
 研究開発に携わる人材の育成から始めなければならない。  
 第一段階の大電流加速器を完成させるには次年度以降も多大な投資が必要であり、予算確保に向けた努力が引き続き必要である。

11. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見 :

内部に加速器開発に関する人的・物的資源はないが、原子力利用技術のブレークスルーを目指して外部専門機関の強力を得ながら着実に進めたい。



課題名					新規	
運転員思考モデル						
課題番号	9	2	B	1	0	1
作成責任者					作成者	
予算(項) 動力炉技術開発共通費 予算(目) 新型炉サイクル技術開発費					姫野 嘉昭 三木 哲志	
1. 当該評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団内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：						
<p>運転訓練シミュレータを用いて運転員の思考過程データを収集・分析する方法を、まず、開発した。次に、これを用いて、知識ベースレベルにおける運転員の思考過程に重点を置いて運転員思考モデルを構築した。さらに、このモデルに基づいて運転制御システムの重要なサブシステムである応急操作決定システムを試作し、応急操作の決定を自律的に行えることを確認した。これにより、構築した運転員思考モデルは運転制御システムに適用可能であることが実証できた。今後は応急操作決定システムを運転制御システムに組み込み、他のサブシステムとうまく協調して動作するかどうか検証する予定である。</p>						
2. 当該評価対象期間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：						
(1) 運転員思考過程データの収集・分析方法の開発						
<p>運転訓練シミュレータを用いて異常発生時における運転員のプロトコルや挙動の時系列データを収集し、それを所定のフォーマットに整理して系統的に分析する方法を開発した。（別添資料1，2参照）</p>						
(2) 運転員思考モデルの構築						
<p>上記方法に従って運転員思考モデルを構築した。これによると、運転員は運転目標とそれを達成するための手段との関係を表したメンタルモデルを心に描きながら、現在のプラント状態についての仮説をまず立てる。次に、その確信を深めるために能動的な情報収集を繰り返し、最後に、仮説の確信度とプラントの緊急度に基づいて次に取るべき行動を決定する。本モデルは知識ベースレベルにおける運転員の思考過程を従来のモデルよりの確に表現しており、運転制御システムに組み込まれる知識ベースと推論機構の枠組みの決定に資することができる。（別添資料1，2参照）</p>						
(3) 応急操作決定システムの構築						
<p>上記モデルに基づいて応急操作決定システムをC言語を使用してSUN-4上に試作した。本システムはプラントの緊急状態に対応する操作を操作量も含めて自律的に決定するためのエキスパートシステムである。プラントの状況を把握したり、応急操作を決定するために、運転目標とそれを達成するための手段との関係を階層的に表現した運転目標ネットワークと称する知識ベースを採用している。「常陽」の主冷却器入口ベーンの開固着を対象として、試験運用したところ、応急操作の決定を自律的に行えることが確認できた。これによりエキスパートシステムの構築に思考モデルが有効であることがわかった。（別添資料3,4参照）</p>						
別添 (有) (無)						

3年9月)

作成  
日付 平成4年 2月19日

	実施予算決定額(百万円)				4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費					
その他	データの収集・整理 14.0	データの収集・整理 14.0	システム設計 10.0	プログラム作成 5.5	プログラム作成 4.0
合計	14.0	14.0	10.0	5.5	4.0
累積	14.0	28.0	38.0	43.5	47.5

5. 人員実績(上記2の業務に係わるPNC側(含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等):  
実施項目 PNC側人員数(人・年) 役務員数(人・年)

(1) 運転員思考過程データの 収集・分析方法の開発	0.5	0.0
(2) 運転員思考モデルの構築	1.5	0.0
(3) 応急操作決定システムの構築	1.5	0.0

6. 関連事項(協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等):

運転員思考モデルを構築するために、実験炉第一課のサポートを受け、「常陽」の運転訓練シミュレータを用いて運転員の思考過程データを収集した。

別添(有,  無)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等:

8. 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)の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける:

登録資料 1, 作成したソフト 1, 外部発表 5

9. 本報告書作成責任者(事業所先端室長, フロンティア室長)総合所見:

限定された範囲ではあるが人間の思考過程をモデル化し、マシン上でその過程を走るまでに仕上げた意義は高い。

印



10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	年度 項目	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
1	運転員思考過程データの収集・分析方法の開発		○	○				
2	運転員思考モデルの構築			○	○			
3	応急操作決定システムの構築				○	○		

課題名		運転員思考モデル		新規
課題番号	9 2 B 1 0 1	作成責任者	作成者	
予算(項)	動力炉技術開発共通費	姫野 嘉昭	三木 哲志	
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費			
1. 開発目標：				
(1)運転員の思考過程データを収集・分析する方法の確立。 (2)運転制御システムに適用可能な運転員思考モデルの構築。 (3)運転制御システムの重要なサブシステムである応急操作決定システムの同上モデルに基づく構築。				
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）				
運転員は原子力プラントの安全性・信頼性を左右する最大の不確定要因であり、そのモデルは運転員の役割を代替するエキスパートシステムの構築，マンマシンインタフェースの最適設計，ヒューマンエラーの分析等多方面に応用可能である。				
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果				
(1)自律型プラント用運転制御システムに組み込まれる知識ベースと推論機構の枠組みの決定に資することができる。 (2)原子力プラント運転員を支援するマンマシンシステムの設計・改良に応用できる。				
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）：				
知識ベースレベルにおける運転員の思考過程に焦点を合わせ、それを的確に表現した思考モデルの必要性は指摘されていたが、今まで、十分な研究は行われておらず、運転制御システムに適用するのは困難であった。本研究は上記条件を満足するモデルの構築を目指した先端的研究と位置付けられる。				
5. 当該評価対象期間以前の進捗状況（継続の場合）：				
なし				
6. 当該評価対象期間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）（平成3年度下期～平成5年度末）				
(i) 項目：				
応急操作決定システムの運転制御システムへの組み込みと検証				
(ii) 実施方法（手順・手段）：				
構築した応急操作決定システムをベースにして知識ベースの拡充を計り、運転制御システムへ組み込む。次に、組込んだシステムが他のサブシステムとうまく協調して動作するかどうか検証する。				
(iii) 内部，外部実施の別：			(iv) 実施場所：	
内部			大洗工学センター フロンティア室	
別紙（有， <input checked="" type="radio"/> 無）				

7. 予算額(百万円)						
	昭和63年度実施	H1年度実施	H2年度実施	H3年度実施	H4年度	H5年度
試験費						
その他	データの 収集・整理	データの 収集・整理	システム設計	プログラム 作成	プログラム 作成	調整
	14.0	14.0	10.0	5.5	4.0	4.0
合計	14.0	14.0	10.0	5.5	4.0	4.0

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

① 運転員思考過程データの収集・分析法の開発	0.5	0.0
② 運転員思考モデルの構築	1.5	0.0
③ 応急操作決定システムの構築	1.5	0.0
④ 運転制御システム組込み	1.0	0.0

9. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等):

運転員思考モデルを構築するためには運転員の思考過程データが不可欠である。そこで、実験炉第一課のサポートを受け、「常陽」の運転訓練シミュレータを用いて上記データを収集する必要がある。

別添(有、無)  無

10. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等):

11. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見:

より高い原子力プラントの安全性を追求する目的でプラントの信頼性を総合的かつ定量的に評価する努力が国内外で払われている。機械系-人間系の内、機械系の信頼性はこれ迄の研究で着実に定量化されつつあるが、人間系のそれは課題が多い。本研究は、この人間系又は人間-機械系のモデル化を目指すものである。

印



12. 研究開発スケジュール(計画)

No.	年度 項目	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
1	運転員思考過程データの収集・分析法の開発		○—○					
2	運転員思考モデルの構築			○—○				
3	応急操作決定システムの構築				○—○			
4	応急操作決定システムの運転制御システムへの組み込みと検証					○—○		



課題名				ニューラルネット技術の応用研究		新規、継続 施設計画	
課題番号	9	2	B	1	0	2	—
作成責任者		作成者					
予算(項)	動力炉技術開発共通費		姫野 嘉昭		渡辺 兼秀		
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費						
<p>1. 当該評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>新型炉の運転制御技術の高度化を目指した異常診断については、ほぼ計画通りに研究を進行させ、一部の成果を実機に適用するところまで行った。 また、自律型プラント運転制御システムにおける利用についても、そのシステムの概念設計のなかで検討を進めた。</p>							
<p>2. 当該評価対象期間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>階層型ニューラルネットワークを利用して、〔1〕原子炉冷却水量低下と〔2〕回転機器に関する異常診断法に関する研究を行った。</p> <p>〔1〕原子炉冷却水量低下の異常診断 新型転換炉の原子炉冷却水量低下（蒸気ドラム水位低下）を対象に、中央制御室のなかの警報が発生する前の兆候段階で、その原因を特定する手法を研究した。</p> <p>(1)学習パターンの作成 まず最初に、フォルトツリー解析によって、蒸気ドラム水位低下を起こす原因が①反応度低下、②給水流量低下、③給水温度低下、④主蒸気流量増大、⑤蒸気ドラム圧力増大であることを明らかにした。次に、これらの状態変化が100間秒続いた場合のプラント状態量に及ぼす影響を動特性解析コードPATRACを用いて解析し、中央制御室で観測できる9つの重要な状態量（中性子束、再循環流量、主蒸気流量、蒸気ドラム圧力等）に変化が生ずることを明らかにした。 そして、これら9つの重要な状態量の変化の相互の相関関係を示すコヒーレンス関数を自己回帰モデルを用いて作成し、これらの関数（540種類）のなかからファジィ意思決定手法を用いて、学習に用いる75種類のコヒーレンス関数（パターン）を選定した。</p> <p>(2)検証 新型転換炉で実際に観測した、制御棒反応度測定試験時におけるプラント状態量を用いて、この反応度低下の事象を他の4つの事象から、誤りなく識別することができた。</p> <p>〔2〕回転機器の異常診断 (1)学習パターンの作成 文献から調べた回転機器の異常の種類とそのスペクトル変化の関係、さらには実機の周波数スペクトルを利用して学習のパターンを作成した。パターンの種類は、①正常、②接触、③軸クラック、④アンバランス、⑤羽根振動、⑥その他の異常である。これらのパターンをニューラルネットワークに入力する時には、ポンプ回転数、その2倍、3倍、4倍の成分と、回転数とポンプの羽根枚数の積の周波数及び軸1次危険速度の周波数において、それらの波高の平均値とこの値に3σを加えた値の間で波高を正規化した値（平均値以下の値を0、平均値+3σ以上の値を1）を用いた。</p> <p>(2)検証 「常陽」（熱出力100MW）の異常診断システム“MEDUSA”にシミュレーションで学習させたニューラルネットワークを接続し、運転中の2次主循環ポンプが正常であることを確認した。従来のポンプの異常診断では、各周波数における波高の大きさを1つのしきい値で正常か異常か判断するものが殆どであるが、ニューラルネットワークを用いる事により、波高の大きさがしきい値以下であっても、その大きさがしきい値に近い値ならば、異常の徴候として検出できる事を確かめた。</p>							
別添（有、 <input checked="" type="radio"/> 無）							

3年9月)

作成  
日付 平成4年 2月19日

3. 実施予算決定額 (百万円)					4.
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度実施
試験費		0	0	0	0
その他	13.5 ・プログラム作成 ・解析	4.2	4.8	3	3
合計	13.5	4.2	4.8	3	3
累計	13.5	17.7	22.5	25.5	28.5

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・員) 役員数 (人・年)

プログラムの作成 1人・年 2人・年  
解析評価 2人・年

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

プラント運転部門との協力

別添 (有, 無)  有

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

登録資料 3、 作成・整備したソフト2、 工業所有権2、 外部発表 5

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

原子力への応用として2例の可能性を明らかにした。これらの研究例から、他にも多くの適用可能な箇所がある。今後は、原子力で求められる高い信頼性を確保する上での課題とその方法の研究が必要と判断する。

印

姫野

10. 研究開発スケジュール (実績)

No	年次 項目	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
1	原子炉冷却水 量低下	○		研究		報告書作成	○	
2	回転機器異常診断			○	研究	報告書作成	○	実機適用
3	制御器の特性 改善					○	研究	○
4	シグナルバリデーション					○	研究	○
5	自律型プラント運 転制御システム設計			○	概念検討	○	適用研究	○

課題名		ニューラルネット技術の応用研究		新規、継続 施設計画中	
課題番号	9	2	B	1	02
作成責任者	姫野 嘉昭		作成者		
予算(項)	動力炉技術開発共通費		渡辺 兼秀		
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費				
<p>1. 開発目標：                  新型炉の異常診断にニューラルネットワーク技術を利用する方法を研究し、これらの炉の運転制御技術の高度化に資するとともに、運転員の役割を人工知能におきかえた自律型プラント運転制御システムにおけるその利用法を明らかにする。</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）                  人間が行うパターン認識を工学的に容易に実現できる技術であり、プラント運転制御等で運転員が行っているパターン認識の機能を数多く代替できる可能性がある。</p>					
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果                  (1) 新型炉の運転・制御技術の高度化                  (2) 自律型プラントの運転制御システムの設計</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）：                  米国・・・回転機器の異常診断、炉雑音解析、シグナルバリデーション等に使われている。                  原研・・・ナトリウム沸騰検知の応用研究に使われている。                  メーカー・・・燃料集合体出力分布（ウラン濃縮度と局所出力分布係数の関係）の設計、副次的な警報の発生抑制、プラント建設の工程管理の向上に使われている。</p>					
<p>5. 当該評価対象期間までの進捗状況（継続の場合）：                  なし</p>					
<p>6. 当該評価対象期間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）：（平成3年度下期～平成5年度）</p> <p>(i) 項目：                  (1) 回転機器異常診断の実機評価                  (2) 制御器の特性改善                  (3) シグナルバリデーション                  (4) 自律型プラント運転制御システムの設計</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段）：                  (1) 回転機器異常診断の実機運用                  「常陽」回転機器異常診断システム“MEDUSA” (MEchanical fault Diagnosis Using Spectrum Analysis)の診断部にインストールしたニューラルネットワークシステムを運用していく。                  (2) 制御器の特性改善                  「常陽」を対象に、冷却材温度の制御特性を改善するために、ファジィ制御を導入し、ニューラルネットワークを用いてそのメンバー関数を定めることができるようにする。                  (3) シグナルバリデーション                  原子炉出力等の主要パラメータの変化を制御棒位置、冷却材循環量等の複数のプラント状態量の時間変化から推測できるようにする。                  (4) 自律型プラント運転制御システムの設計                  (1)、(2)等の研究実績に基づいて、自律型プラント運転制御システムのなかでのその技術の利用方法を決めていく。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別：内部</p> <p>(iv) 実施場所：フロンティア（(1)、(2)、(3)、(4)）、「常陽」（(2)、(3)）</p>					
別紙（有、無）					

7. 予算額(百万円)					
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度
試験費		0	0	0	0
その他	13.5 ・プログラム作成 ・解析	4.2	4.8	3	3
合計	13.5	17.7	22.5	25.5	28.5

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

回転機器異常診断の実機評価	0.2人・年	0.2人・年
制御器の特性改善	0.6人・年	0.3人・年
シグナルバリデーション	0.4人・年	
自律型プラント運転制御システムの設計	0.2人・年	

9. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等):

協力部署として、プラント運転部門がある。これらの部門からは、異常診断部を設計・製作するのに必要なデータ等を提供してもらい、さらにこれらの異常診断部を実機で運用していくための協力を得る。

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):

ニューラルネットワークを用いる診断は比較的簡単に実現でき、応用の対象も数多く存在する。しかも、診断に限ればプラントの信号を受けるだけで、実際のプラントで検証評価ができる。このため、これらの検証評価をできるように今後、プラント運転部門と協議していきたい。

11. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見:

ニューラルネットワークは近年多くの産業分野で利用され始めているが、原子力分野では少ない。その特徴を生かして原子力分野で活躍できる場所と方法を明らかにし、更にそのプラントへの適用可能性を探りたい。

印



12. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	年次	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
				S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
1	原子炉冷却水量低下				研究		報告書作成		
2	回転機器異常診断				研究	報告書作成		実機適用	
3	制御器の特性改善						研究	実機適用	
4	シグナルバリデーション						研究	実機適用	
5	自律型プラント 運転制御システム の設計				概念設計	適用研究		プロトタイプ製作	

課題名 自律型プラント用知識ベース構築のための知識獲得手法の開発			新規	
課題番号	9 2 B 1 0 3		作成責任者	作成者
予算(項) 動力炉技術開発共通費 予算(目) 新型炉サイクル技術開発費			姫野 嘉昭	吉川 信治
1. 当該評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：				
<p>システムを構成するコンポーネントの動的振る舞いを定性的に記述した知識とコンポーネント間の接続関係を記述した知識を組み合わせてシステム全体の動的振る舞いを推論し、異常診断知識を導出する知識コンパイラ“KC2-DST”を、原子炉輸送系簡易定性モデルに適用して、診断知識生成を試験的に行った。その結果、矛盾発生等の問題により、このコンパイラの原子力プラントへの適用は、当初の予想よりも困難である事がわかった。</p>				
2. 当該評価対象期間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：				
①定性モデル作成				
<p>高速実験炉「常陽」のシステム構成を参考に、原子炉、中間熱交換器、空気冷却器からなる1ループの熱輸送系モデルを定性化し、大阪大学が開発した知識コンパイラ“KC2-DST”上にこれらのモデルを構築した。</p>				
②知識生成試験・問題点抽出				
<p>作成したデータを“KC2-DST”に与えて、「原子炉入口温度高」等の兆候に関する診断知識の生成を行わせた。その結果、矛盾の発生により、診断ルールが獲得できない場合が多く発生した。</p> <p>(例：1次主循環流量高 → 原子炉出口温度低 → IHX1次入口温度低 →                  IHX1次出口温度低 → 原子炉入口温度低                  1次主循環流量高 → IHX1次出口温度高 → 原子炉入口温度高)</p> <p>この原因が①KC2-DSTの推論では、部品内のあるパラメータから他のパラメータへの変化伝播を評価する際に、同じ部品内の他のパラメータ全ての定性値を0と仮定している事、及び②原子炉主冷却系は、熱源と2つの熱交換器が冷却材循環ループで結合されており、多数の変化伝播経路を有している事、にあることを明確にした。知識コンパイラと将来開発されるべき矛盾解消モジュールあるいは専門家とのインタビューモジュールとのインタフェース機能の開発を行った。</p> <p>つまり、矛盾が発生した時点で、互いに矛盾する推論ノードを共に含む最小の推論木部分を表示してユーザーに正しい推論ノードを選択させる機能、及びその選択を記憶して、次回の知識コンパイル以降同様の推論矛盾が発生した場合に必要な応じてその選択を参照する機能の追加を行った。</p> <p>また、パラメータ間の変化伝播を評価するために、定性式内に現れる他のパラメータの定性値を考慮し、その上パラメータ間の依存関係に基づいて推論を行う手法の設計を行った。</p>				
③複雑なシステムへの適用性評価				
<p>この項目のために、「常陽」の2ループモデルをKC2-DST上に構築した。③で検討中の手法を計算機上に実現してからこのモデルを用いて知識生成試験を行う。</p>				
				別添 (有) <input checked="" type="radio"/> 無

3年9月)

作成  
日付 平成4年 2月19日

3. 実施予算決定額(百万円)					4. 平成4年度 要求提出額 2
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費			4	3	2
その他			0	0	0
合計			4	3	2
累積			4	7	9

5. 人員実績(上記2.の業務に関わるPNC側(含む出向、業協者)人員及び役員員、客員研究員等) :

実施項目	PNC側人員(人・年)	役員員数(人・年)
定性モデル構築	0.1	
問題点抽出	0.1	
試験システム作成	0.3	

6. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

大学は、定性推論による知識獲得という技術全般に共通する原理や法則を得る事を主な目的とし、原子力プラントのみに有効な手法を採用する等、いわばシステムを「不純」にする事を避ける傾向があるので、事業団は、理論的な純粋さや学術的な高度さもさることながら、原子力に貢献しうる具体的な成果を上げる事を第一目的としている事を理解してもらう必要がある。双方に有益な範囲を常に確認しつつ研究を進める必要がある。

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :

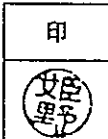
- ① 一般に、方程式群で記述されるシステム内で、あるパラメータの変化が他のパラメータに伝播する感度は、各方程式を線形化してマトリックスに表現して、2つの行列式の比で表現できる。従ってその感度の符号は、この2つの行列式の符号の異同から決定できる。この考えに沿って、マトリックスの各要素を、(符号、絶対値の独立変数に対する導関数の符号、導関数のID、独立変数名)というリストで表現して、行列式を数式の形で求め、可能な場合に因数分解を行う事で、多くの場合に定性推論の矛盾解消モジュールとして使用できるソフトウェアを作成した。
- ② また、あるパラメータから他のパラメータへの変化を評価する際に、その両者が含まれる方程式に現れる他のパラメータの定性値も併せて考慮できる方法として、定性連立方程式を解く手法を考案した。局所的に背理法を適用して順次問題を縮小していくアルゴリズムを解決し、小規模な記憶容量でも効率良く定性解を求めるソフトウェアを開発した。

8. 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)の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :

技術メモ 3、 ソフトウェア作成 3、 登録資料 2、 外部発表 1

9. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見 :

簡易な機械系を対象にした既存の知識獲得手法の限界を明らかにすることが出来た。これをもとに原子力プラントに使える手法を開発することがこれからの課題。



10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	項目	右以前		当該評価対象期間		当該期間以降		
		S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	H6年
	原子炉定性モデル				○			
	知識生成試験及び問題点抽出・改良			問題点抽出	○	報告書		
	複雑なシステムへの適用性評価							

課題名 自律型プラント用知識ベース構築のための知識獲得手法の開発			新規、継続 施設計画 中	
課題番号	9 2 B 1 0 3		作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉技術開発共通費		姫野 嘉昭	吉川 信治
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費			
1. 開発目標： 一般的な物理知識やプラントの設計情報から原子力プラントの異常診断に必要な知識を獲得する手法を研究する。このための第1歩として、機械系故障診断用に開発された既存の知識コンパイラKCⅡ-DSTの原子力プラントへの適用の可能性を明らかにする。				
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) 知識獲得は人工知能研究の主要テーマの1つであり、原子力プラントという複雑な対象について知識獲得法が確立されれば、一般の産業分野に対してもこの技術の適用可能となり、波及効果が大きいと考えられる。				
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果： 「常陽」、「もんじゅ」等の原子炉施設や再処理工場等の核燃料サイクル施設の運転における異常診断技術の開発に広く応用が可能である。 また、複雑な工学系の挙動の概要を柔軟に短時間で導出することができるので、解析業務にも資する所が大きいと考えられる。				
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)： 本研究は、実際の原子力プラントに対する診断知識獲得を定性推論により行おうとするものである。これまでドメインの専門家に対するインタビューにより行われ、知識ベースシステム構築のボトルネックとされている知識を物理原理やシステムの機能構造に基づいて導出する研究は、大学や企業の研究所で行われているが、大規模、複雑なシステムの典型である原子力プラントの異常診断に用いる知識を導出できる段階には未だ至っていない。				
5. 当該評価対象期間の進捗状況(継続の場合)：なし				
6. 当該評価対象期間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)(平成3年度下期～平成5年度末) (i) 項目 ① 更に大規模・複雑なシステムの定性モデル構築手法の確立 ② ①のモデルを使用しての知識生成試験・問題点摘出・改良 ③ 大規模・複雑な対象への適用性評価 (ii) 実施方法(手順・手段) ① 主冷却系各機器のモデルを定性的に詳細に構築する。 ② その時点までの知見が盛り込まれた知識コンパイラプロトタイプによって診断知識生成の試験を行い、実際に受容されている診断知識との比較により問題点を整理する。その上で、人間の判断手順との比較等により、定性推論を補完する手法を考案し、基本ソフトを作る。 ③ 詳細な定性モデルへ試験的に適用する。 (iii) 内部、外部実施の別 ① - 内部、 ② - 共同 ③ - 内部 (iv) 実施場所 ① フロンティア技術開発室 ②、③ 動燃大洗、未定				
				別添(有、無)

3年9月)

作成  
日付 平成4年 2月19日

7. 予算額(百万円)						
	昭和63年度実施	H1年度実施	H2年度実施	H3年度実施	H4年度	H5年度
試験費						
その他			計算機使用費 4	計算機使用費 3	計算機使用費 2	計算機使用費 1
合計			4	3	2	1

8. 人員計画(上記6.の業務に関わるPNC側(含む出向,業協者)人員及び役員,客員研究員等):  
実施項目 PNC側人員(人・年) 役員数(人・年)

- ① 大規模原子炉定性モデル 0.1
- ② 知識生成試験・問題点抽出・改良 0.1
- ③ 複雑なシステムへの適用性評価 0.3

9. 関連事項(協力部署,共研の有無,外部実施の理由等):

本研究は、知識獲得の研究では指導的な立場にある大阪大学産業科学研究所溝口研究室と共同で行う。知識獲得の理論やシステム製作のノウハウに精通した同研究室と、種々の複雑な実プラントでの異常診断のニーズとその豊富な経験を有する事業団が共同で本研究を推進する事は、双方にとって益するところが大であると考えられる。

10. 特記事項(研究開発推進上の制約,課題,問題点等):

11. 本計画書作成責任者(事業所先端室長,フロンティア室長)総合所見:

巨大プラントに特有な複雑なシステムと多数の知識を対象にした知識獲得の方法論を研究する手段として、まず既存の知識コンパイラとその原子力プラントへの適用の可能性を研究することとした。

印



12. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	右以前		当該評価対象期間		当該期間以降		
		S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	H6年
①	原子炉定性モデル							
②	知識生成試験及び問題点抽出・改良			問題点抽出	○報告書	改良	報告書	
③	複雑なシステムへの適用性評価						○	



課題名			人工知能システム評価 (運転制御システム開発)		新規、継続 施設計画中			
課題番号	9	2	B	1	04	1	作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉技術開発共通費						姫野 嘉昭	遠藤 昭
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費							
<p>1. 当該評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>現在の原子力プラントの運転において人間が行っている監視、判断、運転操作等の業務を運転員に代わって実施する人工知能システム(自律型運転制御システム)に必要な機能、構成及び要素技術等について検討し、システム基本概念を構築した。 次に、この結果に基づいて開発計画を策定し、FBRを対象とした運転制御プロトタイプシステムの仕様を定めた。現在これに基づいてプロトタイプシステムの設計を行っている。来年度は製作に着手する予定である。 開発は、概ね当初の計画通り進行している。</p>								
<p>2. 当該評価対象期間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)システム基本概念の構築 現在の原子力プラントの運転において人間の果たしている役割を分析し、自律型運転制御システムの自律の規範を定めた。(別添1参照)また、機能構成を明らかにし、必要とされる要素技術を抽出した。(別添2, 3参照)</p> <p>(2)開発計画策定 要素技術の開発の難易度、周辺技術の成熟の見通し等を考慮し、開発目標を3段階に設定し、スケジュールを定めた。(別添4参照)当面、平成5年度末を目処に、通常運転時の制御性能向上及び異常発生時の人工知能による運転操作を、事象を限定して実現するべく人工知能・人間協調型運転制御システムのプロトタイプシステムを開発することにした。</p> <p>(3)プロトタイプシステム設計 システム基本概念及び開発計画に基づき、プロトタイプシステムのシステム構成を決定し(別添5参照)、設計仕様を以下に示すように定めた。</p> <p>①対象プラント プラント種別：ループタイプFBR</p> <p>②対象系統 原子炉系、主冷却系及び崩壊熱除去系、主蒸気系、タービン発電機系</p> <p>③対象事象 通常起動及び停止、トリップ後処理、大きな負荷変動、原子炉出力の大きな変動、冷却材流量の大きな変動等</p> <p>④主たる機能 異常診断、制御及び操作</p> <p>⑤プラントレベル診断機能 安全性の確保、運転継続性の観点からのプラント状態の診断、プラント機能モデルに基づく診断</p> <p>⑥プラントレベル運転制御機能 プラント全体の運用方策決定、指示、サブシステム間協調方策決定、指示、運転手順決定</p> <p>⑦ローカルレベル診断機能 プラントサブシステム、構成機器の診断、定置モデルによる異常検知、定性モデルによる原因同定と影響範囲推定</p> <p>⑧ローカルレベル制御機能 具体的な制御、操作の実施、ルールベース制御、ファジィ制御、モデルベース予測制御</p> <p>⑨現場制御盤レベル機能 シグナルバリデーション</p> <p>⑩マンマシンインタフェース機能 100インチ大型スクリーン、音声理解・応答装置</p> <p>この設計仕様に基づき、現在プロトタイプ運転制御システムの設計を進めている。</p>								
								別添 (有) 無)

3. 実施予算決定額(百万円)				4. 平成4年度 要求提出額	
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施		平成3年度実施
試験費					
その他		委託費 20	委託費 20	設計費 37	製作費 50
合計		20	20	37	50
累積		20	40	77	127

5. 人員実績(上記2.の業務に関わる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(人・年)	役員数(人・年)
システム基本概念検討	0.5	
開発計画策定:	0.5	0
プロトタイプシステム設計	1	0
プロトタイプシステム製作	0.5	0

6. 関連事項(協力部署,共研の有無,外部実施の理由等):

「常陽」MK-III計画および「もんじゅ」運転計画策定作業の中で必要性が認識され、協力要請のあった「常陽」冷却材温度制御系の制御能力向上および「もんじゅ」運転支援システムの開発への本開発の成果の適用を提案し、今後協力していくことになった。

別添(有,  無)

7. 予期しない新知見,その他特記事項等:

8. 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)の各件数のみ記載し,別添資料リストをつける:  
登録資料 7件、外部発表 7件

9. 本計画書作成責任者(事業所先端室長, フロンティア室長)総合所見:

システムの原型の設計及び製作仕様を固めるところまで順調に進んできた。ただlong rangeの研究であるため、現状は研究手段の製作にやっと入った段階にすぎず、今後によく残されているが計画通り進めることとしたい。

印



10. 研究開発スケジュール(実績)

No. 項目	年度	右以前	当該評価対象期間			当該期間以降		
			H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	H6年
システム基本概念の構築			○	○				
開発計画策定				○	○			
プロトタイプシステム設計					○	○		
プロトタイプシステム製作					○	○		
プロトタイプシステム評価・改良								

課題名		システム評価（運転制御システム開発）		新規、継続 施設設計画中	
課題番号	9	2	B	1	04
作成責任者	姫野 嘉昭		作成者		
予算(項)	動力炉技術開発共通費		遠藤 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の運転において人間が行っている監視、判断、運転操作等の業務を運転員に代わって実施する人工知能システム（自律型運転制御システム）を開発し、その適用性を評価する。その第1段階として通常運転時の制御能力向上、および異常時の人工知能による運転操作を、事象を限定して実現する。</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） 大規模複雑システムの典型である原子力プラントを対象とした研究開発の成果は、高度安全知的自動化システムの開発へ幅広く適用可能と考えられる。</p>					
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果： 現在の原子力プラントにおけるトラブルの大半を占める人的過誤に起因するそれらを排除することにより、原子力プラント運転の信頼性及び安全性の向上に寄与できる。 開発成果は、原子炉施設、核燃料サイクル施設及び加速器等の運転監視、診断、運転制御、操作の自動化に対し、幅広い応用が可能である。</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）： 国内では、通産省補助事業による軽水炉を対象としたマンマシンシステムの開発、また米国ORNLのACTO、加国AECLのオペレータ・コンパニオン開発等、運転支援システムの開発が行われているが、これらのシステムはいずれも運転員の判断を支援するシステムで、プラントの運転操作は運転員によって行われる。一方、ここで開発する自律型運転制御システムは、最終的な運転操作まで人工知能システムに行わせようとするものであり、他に例がない。</p>					
<p>5. 当該評価対象期間以前の進捗状況（継続の場合）： なし</p>					
<p>6. 当該評価対象期間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）（平成3年度下期～平成5年度末）</p> <p>(i) 項目： プロトタイプシステム設計 プロトタイプシステム製作 プロトタイプシステム評価改良</p> <p>(ii) 実施方法（手順・手段） プロトタイプシステム設計：システム基本概念の検討結果及び開発計画に基づきプロトタイプシステムの設計仕様を定め、設計を行う。 プロトタイプシステム製作：システム設計の結果に基づき、プロトタイプシステムの製作を行う。 プロトタイプシステム評価改良：別途製作するプラントシミュレータを用いて、製作したプロトタイプシステムの評価検証を行い改良する。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： プロトタイプシステム設計：企画、立案及び設計仕様の策定は内部実施、詳細設計は外注。 プロトタイプシステム製作：プログラミング製作を外注。 プロトタイプシステム評価改良：評価及び改良計画の立案は内部実施、改良作業は外注。</p> <p>(IV) 実施場所：フロンティア室</p>					
別添（有、 <input checked="" type="radio"/> 無）					

7. 予算額(百万円)						
	昭和63年度実施	H1年度実施	H2年度実施	H3年度実施	H4年度	H5年度
試験費						
その他		委託費 20	委託費 20	設計費 37	製作費 50	製作・改良 50
合計		20	20	37	50	50

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)：  
実施項目 PNC側人員(人・年) 役務員数(人・年)

プロトタイプシステム設計	1	0
プロトタイプシステム製作	0.5	0
プロトタイプシステム評価・改良	2	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本開発は、通産省補助事業マンマシンシステム開発等の他プロジェクトの研究結果、動向に配慮しながら進める。  
 ③必要に応じ「常陽」、「もんじゅ」等の実プラントでの検証及び成果のそれら実プラントへの適用実用化を考慮する。

10. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等)：

運転員がこれまで果たしていた役割をAIシステムに代替させるには、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、自律型運転制御システムの開発では、難易度、開発期間等を考慮し、その過程を数段階に分割して、各段階の達成目標を明確にし、これに取り組むことが肝要である。

11. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見：

昨今の原子力プラントのトラブルの多くがhuman factorに起因していることから、これを可能な限り排除するためのシステムとその機能を本研究で追求する。



12. 研究開発スケジュール(計画)

No. 項目	年度	右以前	当該評価対象期間			当該期間以降		
			H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	H6年
システム基本概念の構築			○	○				
開発計画策定				○	○			
プロトタイプシステム設計					○	○		
プロトタイプシステム製作					○	○	○	
プロトタイプシステム評価・改良							○	○

課題名						新規、継続 施設計画中	
システム評価（シミュレータの開発）							
課題番号	9	2	B	1	04	—	2
作成責任者	姫野 嘉昭					作成者	
予算（項）	動力炉技術開発共通費					遠藤 昭	
予算（目）	新型炉サイクル技術開発費						
<p>1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>自律型運転制御システムやそれに必要な人工知能要素技術の開発、検証に用いるため、プラントの構成要素に対応した図形要素をCRT画面上で対話形式で組み合わせることにより模擬すべきプラントの構成が容易に構築できるビルディングブロック型FBRプラントシミュレータの開発を計画し、その設計を行った。また、部分試作を行い、ビルディングブロック概念の成立性を確認した。</p> <p>現在、この結果に基づいてビルディングブロック型FBRプラントシミュレータの製作を進めており、今年度末までにそれを完了する予定である。来年度は原型炉の設計データに基づいて入力データセットを準備し、総合調整を行う。</p> <p>開発は概ね順調に進行しており、当初の計画を変更する要因は見い出されていない。</p>							
<p>2. 該当評価対象期間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)設計 本シミュレータの設計では、シミュレーションの精度を損なうことなく、プラント構成の変更柔軟に対応できるようにするため、動特性モデルのうちNa及び水蒸気系の流動特性解析モデルとして、保存則に基づいて物理系を正確に模擬解析できるノードジャンクション(NJ)モデルを採用し、单相流及び2相流を扱うことが可能とした。また原子炉核特性、タービン発電機、ポンプなどの動特性は、機器モデルとしてモジュール化し、流動特性解析モデルと結合して解くようにした。</p> <p>本シミュレータは、オフライン構築系とオンラインの運用系から成り（別添1参照）以下の機能を有する。</p> <p>①プラントモデル構築 動特性モデルの構成要素に対応した図形要素をCRT画面上で組み合わせるビルディングブロック方式により、プラントの多様な構成に対応できる。構成要素は、ノードジャンクション法の最小要素に対応したノード及びジャンクションと、これらを組み合わせた機器要素、機器モデルに対応した要素からなる。</p> <p>②シミュレーション 停止から出力運転までの範囲で、任意の初期状態から設備機器の多重故障を含む運転特性を実時間またはスローモーションで模擬でき、かつフリーズ、ステップバックやリプレイの機能を有する。</p> <p>③監視 任意のパラメータの経時変化が、端末からの指定により、CRT等に容易に出力できる。また、プラントモデル構築機能で作成した画面をユーザインタフェースとしても使用可能である。</p> <p>④インターフェイス 運転制御システム等とのインターフェイスの設定が、端末からの会話方式により容易に行え、運転制御システムからの指令に反応してプラントのふるまいが模擬できる。</p> <p>(2)部分試作 2次冷却系Na流動を模擬する部分の試作の結果、プラントモデル構築機能を用いて作成したプラント構成データから、動特性解析モデルへの入力データの生成（解析プログラムへの入力データ、プログラム間のインターフェイスデータ、運転制御システムとのインターフェイスデータなど）がなされること、またプラント構成を示す画面がユーザインタフェースとして使用できることを確認した。これにより、プラント構成の変更が図形イメージで容易にできることが確かめられた。</p> <p>以上の結果に基づいて、現在ビルディングブロック型シミュレータの製作を進めている。</p>							
						別添 (有) (無)	

2年4月～平成3年9月)

作成  
日付 平成4年2月18日

3. 実施予算決定額 (百万円)					4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費					
その他			設計費 24	製作費 67	調整費 60
合計			24	67	60
累計			24	91	151

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向、業協人員及び役員、客員研究員等) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・員) 役員数 (人・年)

設計	1	0
部分試作	0.5	0
製作	0.5	0
総合調整	0.5	0
評価改良	2	0

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

別添 (有、 無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :

8. 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) の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :

登録資料 2件、 外部発表 1件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

開発途中で、結果を評価するまでには時間が必要であるが、ほぼ順調に進展しているものと考え  
る。

印

田中  
豊

10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	年度 項目	右以前		当該評価対象期間		当該期間以降		
		S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	H6年
	設計			○	○			
	部分試作			○	○			
	製作			○	○			
	総合調整							
	評価、改良							

課題名		システム評価（シミュレータの開発）		新規。
課題番号	9	2	B	1
	0	4		2
作成責任者		作成者		
予算（項）	動力炉技術開発費		姫野 嘉昭	
予算（目）	新型炉サイクル技術開発費		遠藤 昭	
1. 開発目標：				
<p>原子力用人工知能要素技術及び自律型運転制御システムの開発、検証、評価に用いるため、実プラントに代わってその動的ふるまいを模擬できるプラントシミュレータを開発する。ここで開発するシミュレータは、多様なプラント構成に対応できるように、プラントの構成要素に対応した図形要素をCRT画面上で対話形式で組み合わせることにより、模擬すべきプラントの構成が容易に構築できるようにした。また、CRT上に作成したプラント構成を示す画面は、データ入力やシミュレーション結果の表示のためのユーザインターフェースに用いることができるようにする。</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）				
<p>プラントの動特性解析においては、解析すべきプラントの構造が変わった時には計算コードの修正に、また同一プラント構造の場合でも初期条件等の入力データ作成作業、出力データの整理作業にこれまで多大の労力を費やしていた。これらがCRT画面上で会話形式でできれば、大幅な労力の軽減が可能で、プラント動特性解析に対する寄与は絶大である。</p>				
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果				
<p>系統構成および機器仕様の変更に伴ってプラント動特性の解析が繰り返し必要となるFBRプラントのシステム設計に有効に活用できる。</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>近年、解析対象に応じてプラント構成が変えられる動特性解析コードの開発が進められているが、プラント全系を対象に、プラントの構成要素に対応した図形要素をCRT画面上で接続することにより模擬すべきプラントが組み立てられるものはまだ存在しない。</p>				
5. 当該評価対象期間以前の進捗状況（継続の場合）：				
なし				
6. 当該評価対象期間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）（平成3年度下期～平成5年度末）				
(i) 項目：				
製作				
総合調整				
評価改良				
(ii) 実施方法（手順・方法）：				
製作：設計及び部分試作の結果に基づいてEWS上に、ビルディングブロック型FBRシミュレータを製作する。				
総合調整：原型炉の設計データに基づいて入力データセットを作成し、それを入力して総合調整を行う。				
評価改良：シミュレーション結果を実プラントのふるまいや運転訓練シミュレータの模擬結果と比較評価し、必要に応じ改良を行う。				
(iii) 内部、外部実施の別：				
製作：外部実施				
総合調整：外部実施				
評価改良：評価は内部実施、改良は外部実施				
(iv) 実施場所：				
フロンティア室				

別紙（有、無）

7. 予算額 (百万円)

	S 63 年度実施	H 1 年度実施	H 2 年度実施	H 3 年度実施	H 4 年度	H 5 年度
試験費						
その他			設計費 2 4	製作費 6 7	調整費 6 0	評価・改良 3 0
合計			2 4	6 7	6 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) :  
実施項目 PNC 側人員数 (人・年) 役務員数 (人・年)

製 作	0. 5	0
総合調整	0. 5	0
評価改良	2	0

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

本シミュレータの評価、改良は、もんじゅプラントを対象に、先ずもんじゅ運転訓練シミュレータによる模擬結果との比較により行う。さらに、もんじゅが運転を開始した後に観測される実プラントのふるまいと比較し、必要があれば再度改良を行うことにする。このため、もんじゅ側の協力が得られるようにする。


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) :

FBRプラントシミュレータとしては、既に「常陽」及び「もんじゅ」の運転訓練用シミュレータがあるが、自律型運転制御システムの検証は、多様なプラント体系に対して行われなければならないのに対し、これらは「常陽」「もんじゅ」のプラント体系しか模擬できない。また、これらを運転制御システムと接続するにはインターフェースの大幅な改造を要することなどから、新たにビルディングブロック型シミュレータを開発することにした。

11. 本計画書作成責任者 (~~事業所先端室長~~ フロンティア室長) 総合所見:

研究を効率的に進めるための道具として、このシミュレータの開発を進める。完成すれば、単に道具としてだけでなく、波及効果も期待できる。

印  


12. 研究開発スケジュール (計画)

No.	項目	右以前		当該評価対象期間		当該期間以降		
		S63 年	H 1 年	H 2 年	H 3 年	H 4 年	H 5 年	H 6 年
	設 計			○	○			
	部分試作			○	○			
	製 作				○	○		
	総合調整					○	○	
	評価、改良						○	○



課題名 シミュレーション照射技術の高度化			新規、継続 施設計画中	
課題番号	9 : 2 : B : 2 : 0 : 1		作成責任者	作成者
予算(項)	動力炉開発共通費			柴原 格
予算(目)	新型炉サイクル技術開発費			
<p>1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団加計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：</p> <p>(目標) 中性子重照射下や、多様な中性子スペクトル、温度および応力変動下での材料挙動をシミュレーション手段を用いて予測する技術を高度化する。</p> <p>(効果) 照射環境の厳しい核融合材料技術開発にとっては、高速炉以上に必要性が高い。高速炉環境での挙動予測が核融合炉での予測の第一ステップとなる。</p> <p>(特記) 原子炉構造材料については、スペクトル効果や加速照射効果にともなう健全性評価の問題点が指摘されており、評価手法の検討が必要になってきている。</p>				
<p>2. 該当評価対象期間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) シミュレーション照射技術高度化のための戦略と実施体制の設定（平成2年度） シミュレーション手段としては、イオン照射等の加速照射による挙動評価結果を、簡単な相関則に基づき中性子照射結果に変換できることが望ましいが、実際には両者の間の基本的な損傷プロセスの違いが、マクロな現象の差として大きく現れてくることから、個々の損傷要素過程の機構論的なモデルを介して、両者を関連づける必要がある。また、材料挙動を決定づける基本的な物性値についても、必ずしも確定した値が得られていない現状では、それらを基礎照射実験によって求める必要がある。これらを系統的に進める第一歩として、まずは、比較的単純な材料を対象としてラウンドロビン研究を開始し、実用化への方法論を固めることとした。対象とする現象は、実験が比較的容易で、かつ必要性の高いスエリング挙動とした。 研究の実施は、照射損傷評価WGにて全体計画と評価を行い、要素過程にかかわる実験/解析は各大学の特徴を生かして分担し、総合評価モデルへの統合は事業団が中心で行うこととした。（別添1）</p> <p>2) 照射損傷組織発達のモデルの評価（平成2～3年度） スエリング挙動をモデル化するためのたたき台として、ORNLのStollerのモデルを選定し、現状での課題を抽出するとともに、計算コードとして使用できるよう整備を行い、各種パラメーターの感度解析を開始した。（別添2）</p> <p>3) He生成量およびはじき出し損傷量(dpa)計算コードの整備（平成3年度） 各種中性子スペクトルにおける、He生成量とdpaを計算するコードを作成し、He生成量については照射材料のHe分析により検証した。本コードを用いてスペクトル効果関連照射試験を計画した。</p> <p>4) 中性子照射基礎材料の組織観察（平成3年度） 「常陽」CMIR-2で照射したFe, Cr, Ni系の単純合金について、照射損傷組織観察を行い、現在組織の定量評価を実施中である。なお、これらの材料は電子線およびNiイオン照射に供し、平成4年度にかけて評価を実施する。</p> <p>5) シミュレーション基礎照射試験（平成2～3年度） イオン照射とフォワード後方散乱による分析によって、カスケード損傷効率の実験的評価を行い、一次ノックオン原子のエネルギーに依存した損傷効率の変化を認めた。 その他、電子線照射(He同時照射を含む)ではオーステナイト合金の照射による転位ループの発達の解析から格子間原子の移動エネルギーや、Heと点欠陥の相互作用エネルギーが求められた。これらの基礎物性値は損傷組織発達モデルの基本データとしてシミュレーション照射ラウンドロビンの解析に用いる。</p> <p>なお、平成3年度の研究は現在進行中であり、3月中旬の照射損傷評価WGでレビューを行い、平成4年度の実施計画に反映する計画となっている。</p>				
別添 (有) 無)				

4月～ 4年2月)

作成  
日付 4年 2月 17日

3. 実施予算決定額 (百万円)					4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費	6	7	12	6	9
その他	4	3	3	9	9
合計	10	10	15	15	18
累計	10	20	35	50	68

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・員) 役務員数 (人・年)

中性子照射試験 2 1  
モデル開発 2 (内、非常勤客員研究員1)

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

協力部署: 実験炉部照射課、燃材部  
共同研究: 金属材料技術研究所  
外部実施: 北大、東北大、東大、名大、姫工大、九大  
(基礎研究およびシミュレーション照射のため)

別添 (有, 無)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等:

中性子照射試験を行う上で、照射温度の不確定さは致命的である。  
材料照射用温度制御型リグの実用化が待たれる。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける:

登録資料: 1件 計算コード: 3件  
技術メモ: 14件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見:

10. 研究開発スケジュール (実績)

No	年度 項目	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年度
1	中性子照射試験 I		←				→ 継続
2	シミュレーション基礎試験				←		→ 継続
3	解析手段の作成		←				→ 継続

課題名 シミュレーション照射技術の高度化				新規, 継続	
課題番号	9	2	B	2	0
作成責任者			作成者 柴原 格		
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				
1. 開発目標： 中性子重照射下や、多様な中性子スペクトル、温度および応力変動下での材料挙動をシミュレーション手段を用いて予測する技術を高度化する。					
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） 1) 本技術は材料の照射損傷プロセスの理解に基づき、これらを総合的に評価し工学的に応用できる技術レベルまでに高度化することを目的とすることから、従来の基礎研究をより効果的に推進するイニシアチブを与えるとともに、実用技術の高度化を図ることができる。 2) 照射環境の厳しい核融合材料技術開発にとっては、高速炉以上に必要性が高い。					
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 1) 高速炉燃料の長寿命化の決め手となる、炉心材料の重照射挙動評価および炉心材料開発のターンラウンドの加速。 2) 高速炉構造材料への中性子スペクトル効果、加速照射効果を考慮した、健全性評価の信頼性向上と構造設計の合理化。					
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) 照射損傷研究は、核融合開発の活発化により、実用化にむけての研究の必要性が一層高まってきているが、現状では基礎研究がほとんど個別に行われているのみで、積極的に実用化を目指したシステムティックな研究体制が組まれていない。 2) 本研究は、事業団の有する中性子照射手段と大学等の有するシミュレーション照射手段を活用するとともに、大学等で行われている基礎研究成果を総合的に評価して実用技術に集約する。					
5. 当該評価対象期間以前進捗状況（継続の場合）： 1) 「常陽」CMIRを利用してマイクロ組織解析用基本材料の照射を開始した。 2) 平成2年度に事業団のFBR燃料技術専門委員会のもとに、国内の大学を中心とする関連分野の先生方をメンバーとした照射損傷評価WGを組織し、基礎研究の集約と実用化にむけての開発研究を推進することとした。					
6. 当該評価対象期間以降の計画実施内容 (i) 項目： ①現状レビューと基礎照射試験 ②照射損傷評価の実用化への方法論のチェック&レビュー（平成5年度） ③照射手段の検討  (ii) 実施方法（手順・方法）： ①中性子照射、シミュレーション照射実験 ②照射損傷照射挙動モデル開発  (iii) 内部、外部実施の別： ①内部実施：「常陽」照射試験、基礎研究の集約 ②外部実施：シミュレーション照射基礎試験、照射損傷基礎過程の研究  (iv) 実施場所： 照射材料試験室 北大、東北大、東大、名大、姫工大、九大 別紙 (有) 無					

7. 予算額 (百万円)					
	昭和63年度実施	平成1 年度実施	平成2 年度実施	平成3 年度実施	平成4 年度
試験費	6	7	12	6	9
その他	4	3	3	9	9
	10	10	16	15	18

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)

中性子照射試験	2	2
モデル開発	2 (内客員研究員1)	

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: 実験炉部照射課、燃材部  
 共同研究: 金属材料技術研究所  
 外部実施: 北大、東北大、東大、名大、姫工大、九大  
 (基礎研究およびシミュレーション照射のため)

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) :

11. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長, フロンティア室長) 総合所見:

印

12. 研究開発スケジュール (計画)

No.	年度 項目	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降
			S63 年	H 1 年	H 2 年	H 3 年	
1	中性子照射試験1		←				→ チェック &
2	シミュレーション基礎試験				←		→ レビュー
3	解析手段の作成		←				→

課題名 傾斜機能材料の開発					新規,	
課題番号		9 2 B 2 0 2			作成責任者	
予算(項)		高速炉開発費			作成者	
予算(目)		機器構造材料開発費			原田 誠 丸山 忠司	
<p>1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>(1)材料設計法の確立：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>汎用有限要素法解析コード「FINAS」の改良、科技厅振興調整費によるFGMプロジェクトへの参画等により三次元FGM構造体の非定常・弾塑性応力解析が可能となった。</li> <li>解析体系の確立のためには、各種FGMの物性データの拡充と、比較・検証のための評価試験の充実が課題である。</li> </ul> <p>(2)材料創製法の検討：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>粉末の混合/成型法としてメカニカルアロイング(MA)/HIP法またはMA/真空プラズマ焼結法を採用した粉末積層法により、円盤状PSZ/ODS系FGMの試作が可能となった。</li> <li>FSR用構造材、または超長寿命被覆管材へのFGMの適用のためには、大型化および積層方法の検討とともに、試作材の特性評価法の確立が必要である。</li> </ul> <p>(3)特性評価：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>材料創製は試作段階にあり、特性評価まで行なうレベルに至っていない。</li> </ul>						
<p>2. 該当評価対象期間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</p> <p>実績項目：</p> <p>(1)材料設計法：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>汎用有限要素法解析コード「FINAS」を、物性値を位置の関数として組み込めるように改造し、FGMの熱・応力解析を可能とした。</li> <li>無傾斜機能材(NFGM)の物性データを基に、PSZ/SUS系FGMの各種物性値を組成および温度の関数として定式化し、簡易平板状FGMの<math>\Delta T = 1000\text{K}</math>の高温度落差場における非定常・弾塑性解析を実施した。</li> <li>NFGMのデータ(MSP試験)から降伏応力、加工硬化係数を求め、冷却溝を有するFGM(PSZ/SUS)、NFGM(INCO617)構造体の高熱流束環境下における非定常・弾塑性解析を実施した。これらより、以下のことが明らかになった。</li> <li>高温度落差場においては、遮熱性重視型FGMが、高熱流束環境下においては熱伝達性能重視型FGMが熱応力緩和の点で有利であることを明らかにした。</li> <li>実試験結果(航技研実施)と解析結果との比較により、冷却溝上部に形成されたNFGM層の凹凸冷却サイクル時に発生するFGM層の亀裂が解析により評価可能であることが確認された。</li> <li>冷却溝を含む基本要素モデルから実寸大モデルまでの解析が可能となり、入熱分布の影響、構造体の変形による応力緩和の評価が可能となった。</li> </ul> <p>(2)材料創製法の検討：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>粉末積層法(MA/HIP法)によるPSZ/SUS系円筒状FGMの試作を行なった結果、粉末積層法では形状・寸法制御が困難であり、円筒状FGMの製造には適していないことが明らかとなった。</li> <li>粉末積層法(MA/HIP法)によるPSZ/SUS系円筒状FGMの試作を行なった結果、MA/HIP法ではセラミックス成分リッチ層の界面間強度が弱く、キャセル除去時に亀裂が生じること、各層界面の平坦化および肉厚制御が困難であること等が明らかにされた。</li> <li>MA/真空プラズマ焼結法により円盤状PSZ/SUS系FGMの試作が可能となった。</li> <li>混合粉末の均一化のためには、組成の違いによるMA条件および焼結条件の最適化が必要であり、健全なFGMの製造のためには多重焼結処理が必要であることが明らかとなった。</li> </ul> <p>(3)特性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>材料創製は試作段階にあり、まだ特性評価を行なうことのできる段階ではない。</li> </ul>						

	3. 実施予算決定額 (百万円)				4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費		9.3	10	11	6.5
その他			装置 6		
合計		9.3	16	11	6.5
累計		9.3	25.3	36.3	42.8

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :

実施項目	PNC側人員数 (人・員)	役務員数 (人・年)
①材料設計	0.2	1
②材料創製	0.1	0
③特性評価	0	0

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

(1)協力部署 : 燃材部ADS  
(2)共研 : FGMプロジェクト (科技厅)

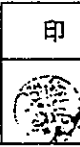
7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

8. 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) の各数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

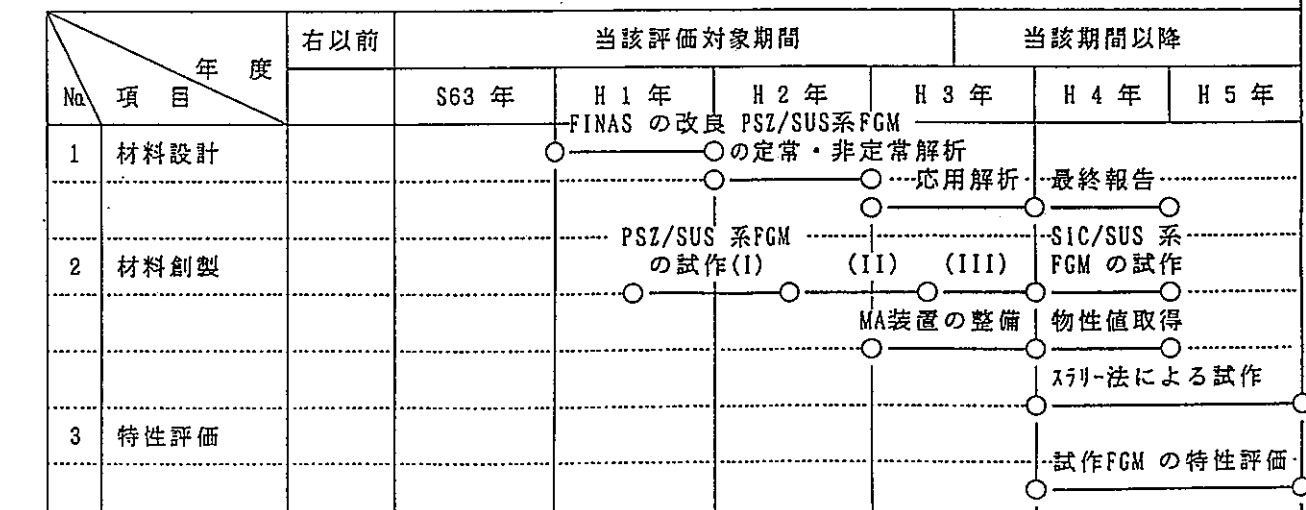
(1)PNC報告書 : 4件 (2)外部発表 : 論文9件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

内部では材料設計に主力を注ぎ, 材料創製は外部に依存することとしたが, 今後は自前で材料創製も手がけることとする。  
前者の材料設計を通してFGMの基本特性と今後の課題を明らかに出来た事は, 中間評価段階までの大きな成果と考えている。



10. 研究開発スケジュール (実績)



課題名 傾斜機能材料の開発						新規		
課題番号	9	2	B	2	0	2	作成責任者	作成者
予算(項)	高速炉開発費					姫野嘉昭		丸山忠司
予算(目)	機器構造材料開発費							
<p>1. 開発目標： 耐放射線性、耐ナトリウム性および耐熱性に優れる新素材開発に関する基盤技術を確立することを目標に、高性能熱応力緩和材および革新的炉心材としての創製を行なう。 具体的には、①使用環境に応じた傾斜機能材料の最適設計法の確立 ②最適組成傾斜機能材の創製 ③傾斜機能材料の特性評価を行なう。</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） 航空・宇宙および原子力分野においては、高温かつ急激な温度勾配下および高放射線場等、過酷な環境下での使用に耐える材料の開発が望まれている。 また、一般の産業分野においても、温度勾配下のみならず各種の急激な傾斜ポテンシャル場において使用される材料や、材料自身に傾斜機能をもたせた材料などの開発が強く要望されており、使用環境に最適な傾斜機能材料（FGM）の設計、製造手法の確立により、広い分野へのFGMの応用が期待される。</p>								
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 FBR環境下では、たとえば原子炉容器のナトリウム液面近傍熱応力緩和材、耐サーマルスライディング材、また超長寿命燃料被覆管の開発に適用され、この技術が確立されることによりFBRの開発に大きな進歩をもたらす。</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） 傾斜機能材料（FGM）は日本で提案された新しい複合材料の概念で、我が国では諸外国に先駆けて開発に取り組んでいるものである。科技厅では宇宙往還機用熱応力緩和材の開発を目的とした研究プロジェクトを推進しており、国内メーカー、大学が参加して研究が進められている。研究は緒についたばかりであり、今後数年以内で技術基盤が固まってくるものと思われる。原子力分野では、核融合炉への適用でいくつかの研究例があるが、実用にいたっていない。外国ではこれから積極的に研究を進める機運になりつつある。</p>								
<p>5. 当該評価対象期間以前進捗状況（継続の場合）： なし</p>								
<p>6. 当該評価対象期間以降の計画実施内容（3年度下期～5年度まで）</p> <p>(i) 項目： ① FGMの材料設計：熱機械的物性値の拡充・整備 ② FGMの創製：複雑、大型形状のFGMの創製 ③ FGMの特性評価：熱疲労、熱応力緩和性能、高温相安定性、中性子照射挙動</p> <p>(ii) 実施方法（手順・方法）： ① FINASコードを利用した非線形・弾塑性解析を試作予定FGMについて適用、MA/HIP法によるNFGM材の作製と物性評価 ② 粉末積層法・スリ-ディビング法による、Zr/Ni / SUS およびTi / SUS / MO系FGMの試作 ③ 熱・機械的特性ならびに化学的耐食性の評価、中性子照射試験</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： ①は内部で実施、 ②と③は外部機関との共同研究を含む</p> <p>(iv) 実施場所： 大洗工学センター</p>								

7. 予算額 (百万円)					
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度
試験費		9.3	1.6	1.1	6.5
その他					
合計		9.3	1.6	1.1	6.5

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) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・年) 役務員数 (人・年)

① FINASによる材料設計	0.2	1
② FGMの試作	0.1	0
③ FGMの特性評価	0	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: 燃材部ADS

- ・共研に関しては、平成4年度から東北大学と実施する方向で検討中。東北大学はFGMの研究に関して国内外で指導的役割を果たしており、新材料の創製について共同で進めることにより研究が大幅に進む。
- ・試作に関しては、動燃の設計に基づいて住金に委託している。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

FGM開発はまだ緒についたばかりであり、材料設計評価に必要な基礎データが不足している。また、複雑形状のFGMを得ることが非常に難しく、一步一步基礎的なところからデータ取得を行っていく必要がある。特性評価を行なうための装置類は不足している。

11. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長, フロンティア室長) 総合所見:

傾斜機能材は多くの可能性を持っていることから、原子力分野でのシーズ研究として成果が期待される。

印



12. 研究開発スケジュール (計画)

No	項目	年度	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
				S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
1	材料設計			○	○	○	○	○	○
				FINASの改良	PSZ/SUS系FGMの定常・非定常解析	PSZ/SUS系FGMの試作	応用解析	最終報告	
2	材料創製			○	○	○	○	○	○
				PSZ/SUS系FGMの試作	粉末調整装置の整備	MAKによる粉末試作	SiC/SUS系の試作	物性値取得	
3	特性評価							○	○
								スリ-法による試作	特性評価法の検討



課題名 耐熱合金に関する研究			新規
課題番号	9 2 B 2 0 3	作成責任者	作成者
予算(項) 高速炉研究開発費 予算(目) 機器構造材料研究開発費		姫野嘉昭	加納茂機
1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：			
<p>d 電子合金理論のNb基及びMo基合金への適用性を見通しを得るとともに、4 年度の最適成分材の一次選定に向けて必要となる腐食・強度の簡易評価法の検討着手、Li及びK 技術調査、高温Li及びK 中腐食試験装置の整備等の研究目標について、ほぼ計画通り研究が進行しており、本研究の効果、プロジェクトへの効果等について当初の見通しを修正する要因は現在のところ見いだされていない。但し、今後は以下の課題を解決しつつ、研究を行う必要がある。</p> <p>(1) 1, 0 0 0 °C以上の耐熱合金の創製のためには、今後解決しなければならない課題が多く、長期間に渡る取り組みが必要である。従って、難易度・研究期間等を考慮し、その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、これに取り組むことが肝要である。</p> <p>(2) 研究対象であるNb基、Mo基合金の試験解析には、高温液体金属試験装置、高温強度評価装置等の整備が不可欠である。</p>			
2. 該当評価対象期間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>(1) 最高1, 200 °Cに対する耐熱性の観点から高融点金属を、また比強度を高める観点から高融点金属の内、基本成分として、Nb及びMoを選定した。</p> <p>(2) d 電子合金理論による設計パラメータである結合次数 (B<sub>0</sub>) 及びd 軌道エネルギーレベル (M<sub>d</sub>) に基づき計算した結果、融点を上げるためにはNb基にはTaが、Mo基にはW が有効元素であることが明らかとなった。また、詳細検討の結果、Nb-Ta-W-Zr-Hf(又はRe or Mo) 並びにMo-W-Ta(又はNb)-Zr-Re 系を選定し、ボタン溶解材を試作した。</p> <p>(3) 試作材について、高温硬さを評価した結果、比較材( 実用合金) と同等かそれ以上の強度を有すること及び1, 200 °C、1, 000 時間の熱時効試験の結果、優れた熱的相安定性を示すことがわかり、Nb基及びMo基合金系へのd 電子合金理論の適用性が明らかとなった。</p> <p>(4) 3 元系のNb基及びMo基合金( 元素添加量を変化させたもの) の高温硬さの測定を行い、硬さが成分元素間の原子半径差及びヤング率差に 依存すること及び引張強度が高温硬さと相関関係を示すことより、簡易的強度評価法開発の見通しを得た。</p> <p>(5) 高温アルカリ金属に対する腐食特性をd 電子合金理論等により、理論的かつ簡易的に計算評価する手法の検討に着手した。</p> <p>(6) ボタン溶解材について、550 &amp; 650 °C、1, 000 時間のNa中腐食試験を行い、Mo基合金が優れた耐食性を示し、これは酸化物の生成自由エネルギーで説明できることを明らかにした。</p> <p>(7) 米国G E社に依頼し、高温Li及びK 技術の調査を行った。</p> <p>(8) 高温Li及びK 中での耐熱合金の腐食特性を評価するキャプセル方式の試験装置を導入・整備している。装置は自動TIG 溶接機を内蔵した高純度アルゴン雰囲気グローブボックスとアルゴン雰囲気高温電気炉からなる。</p>			
5. 人員実績( 上記2 の業務に係わるP N C側( 含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :			
実施項目	P N C 側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)	
(1) 研究計画・研究方法立案	0. 1		
(2) 材料設計・特性評価仕様立案	0. 1		
(3) Na中腐食試験	0. 1	0. 1 (直員を除く)	
(4) 試験・解析結果の評価	0. 1		
(5) 高温Li及びK 中腐食試験装置の導入・整備	1. 0	0. 8	

3. 実施予算決定額 (百万円)					4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費	—	2.5	4.5	3.5	2.5
その他	—	—	—	装置 11.8	装置 12.7
合計	—	2.5	4.5	15.3	15.2
累計	—	2.5	7.0	22.3	37.5

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

- (1) 試験・解析において、必要に応じて大洗・材料室との共同作業を行った。
- (2) 豊橋技術科学大学との共同研究：本研究で採用している最先端の材料設計手法であるd電子合金理論の開発機関である豊橋技術科学大学と共同研究を行った。
- (3) 高温Li及びK技術に関する経験を有する米国GE社に調査を依頼した。

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

- (1) Nb基及びMo基合金にもd電子合金理論が適用できることが初めて明らかとなった。
- (2) 元素間の物性値の差 (原子半径差及びヤング率差) 及び高温硬さより、材料強度を簡易的に評価できることが明らかとなった。
- (3) 従来のトライ&エラー方式 (錬金術) による方法と比べ、計算機シミュレーションによる材料設計手法は、新材料の創製において無駄をなくす合理的なものであるとの感触を得た。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

- (1) PNC 報告書 6件 (2) 外部発表 ①口頭発表 4件

本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

これまでの研究から、材料の基本成分の選定及びこれらへのd電子合金理論の適用性の見通しを得た。今後は、4年度の最適成分材料の一次選定に向けた耐食性及び強度の簡易評価法の開発及び最適材料のLiやKに対する腐食特性の評価結果及び高温強度特性の評価結果が待たれる。また、本研究で開発される耐熱合金は高温LiやK中の各種の試験に不可欠な試験装置用構造材料となるばかりでなく、他分野における耐熱合金に対するニーズにも対応できると期待される。



10. 研究開発スケジュール (実績)

No	項目	年度	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	
(1)	d電子合金理論のNb基・Mo基合金への適用性検討			○—○					
(2)	簡易的耐食性・強度評価手法の開発及び溶製材の基本特性評価			○	○—○	○			
(3)	高温腐食試験装置整備					○—○	○		
(4)	最適成分材の一次選定						○—○	○	
(5)	一次選定材の詳細特性評価							○—○	○

課題名 耐熱合金に関する研究		新規	
課題番号	9 2 B 2 0 3	作成責任者	作成者
予算(項) 高速炉研究開発費 予算(目) 機器構造材料研究開発費		姫野嘉昭	加納茂機
1. 研究目標： 最高1, 200℃の液体リチウム及びカリウム中で腐食、相変態等の変化を生じず、機械的強度、耐中性子照射損傷性、比強度、溶接性、加工性に優れた耐熱合金を創製することを最終目標として、3年度上期までに (1) d電子合金理論の適用性の検討 (2) 簡易的耐食性・強度評価手法の開発 (3) 高温腐食試験装置の整備 を行う。			
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） (1) 高温液体金属技術のフロンティア領域を開拓できる。 (2) 耐熱合金の研究開発に新たな展開が期待でき、学術的・科学的波及効果と他産業分野への反映が可能となる。 (3) リチウム冷却高速炉技術及びカリウムタービン技術に反映できる。			
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 (1) 事業団が得意とする液体金属技術の発展と新たな利用分野が開拓できる。 (2) 高温化によって開かれる高速炉の新たな用途とその可能性が明らかとなる。 (3) 核燃料サイクル分野を含めた事業団プロジェクトで必要となる耐熱合金に対するニーズに適應できる			
4. 国内外の現状レベル（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）： (1) 計算機による材料設計手法に基づく、Nb基及びMo基の新素材の創製に関する研究は世界に例がない。 (2) 1, 000℃以上のリチウム及びカリウム技術については国内に研究実績がない。 (3) 20年前まで米国で原子力・航空・宇宙分野への適用をめざした研究が行われたが、中断された。現在、GE社及びフランスで小規模な研究が行われているのみである。			
5. 当該評価対象期間以前進捗状況（継続の場合）： なし			
6. 当該評価対象期間以降の計画実施内容（3年度下期～5年度まで） (i) 項目 / 実施方法（手順・方法） / 内部、外部実施の別 (1) d電子合金理論の適用性検討 終了 (2) 耐食性・強度の簡易評価法の開発及び溶製材の基本特性評価 / d電子合金理論に基づく計算機シミュレーション及び各種元素の物性値等による簡易評価法の開発及び溶製材の基本特性評価 / 内部実施・外部実施 (3) 最適成分材の一次選定 / 上記(2)の評価結果に基づく最適成分材の一次選定 / 内部実施・外部実施 (4) 一次選定材の耐食性・強度・中性子照射損傷・相安定性等の詳細評価着手 / 高温リチウム・カリウム中の耐食性評価、引張・クリープ等の強度評価、「常陽」による照射特性評価準備 / 内部実施・外部実施 (5) 高温試験装置類の導入・整備 (ii) 実施場所：フロンティア技開室、材料室、実験炉部、燃材部、豊橋技術科学大学			

7. 予算額 (百万円)					
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度
試験費	—	2.5	4.5	3.5	2.5
その他	—	—	—	装置 11.8	装置 12.7
合計	—	2.5	4.5	15.3	15.2

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)耐食性・強度の簡易評価法の開発	0.1	0.1
(2)溶製材の基本特性評価	0.1	0.1
(3)最適成分材の一次選定	0.1	
(4)一次選定材の耐食性・強度・中性子照射損傷・相安定性等	3.0	0.5
(5)高温試験装置類の導入・整備	1.0	0.8

9. 関連事項 (協力部署, 共研の有無, 外部実施の理由等) :

- (1)試験・解析において、必要に応じて大洗・材料室との共同作業を行う。また、中性子照射特性評価は実験炉部、燃材部に作業を依頼する。
- (2)豊橋技術科学大学との共同研究：本研究で採用している最先端の材料設計手法であるd電子合金理論の開発機関である豊橋技術科学大学と共同研究を行う。
- (3)必要に応じて米国GE社と情報交換を行う。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

- (1)1,000℃以上の耐熱合金の創製のためには、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。従って、難易度・研究期間等を考慮し、その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、これに取り組むことが肝要である。
- (2)研究対象であるNb基、Mo基合金の試験解析には、高温液体金属試験装置、高温強度評価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, フロンティア室長) 総合所見 :

短時間を除くと液体Naの使用可能上限温度は650℃であり、これ以上での材料に関する研究は極めて少なく限られている。まして、他の液体金属であるLiやKに対して高温領域で耐食性を有する材料の研究は非常に少ないことから、液体金属利用可能領域を拡大する観点から本研究を進めている。

印



12. 研究開発スケジュール (計画)

No.	項目	年度	右以前	当該評価対象期間			当該期間以降	
				S63年	H1年	H2年	H3年	H4年
(1)	d電子合金理論のNb基・Mo基合金への適用性検討				○—○			
(2)	簡易的耐食性・強度評価手法の開発及び溶製材の基本特性評価				○—	—○		
(3)	高温腐食試験装置整備					○—	○	
(4)	最適成分材の一次選定						○—○	
(5)	一次選定材の詳細特性評価							○—

課題名 エンジニアリングセラミックスに関する研究			新規
課題番号	9 2 B 2 0 4	作成責任者	作成者
予算(項) 高速炉研究開発費 予算(目) 機器構造材料研究開発費	姫野嘉昭	吉田英一 加納茂機	
<p>1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団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：                  既存エンジニアリングセラミックスのNaによる腐食の挙動・機構の検討、耐食性の改良方策の探索、強度試験技術の整備・検討、照射試験の準備等、当初の計画通り研究が進行しており、本研究の効果、プロジェクトへの反映等について、当初の見通しを修正する要因は現在のところ見いだされていない。但し、今後は以下の課題を解決しつつ、研究を行う必要がある。</p> <p>(1) 新型セラミックスの創製のためには、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。従って、難易度・研究期間等を考慮し、その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、これにこれに取り組むことが肝要である。</p> <p>(2) 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等の整備が不可欠である。</p>			
<p>2. 該当評価対象期間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) Na腐食の挙動・機構の検討及び既存セラミックスの改良方策の探索</p> <p>① 焼結法による既存のエンジニアリングセラミックス5種(<math>Al_2O_3</math>, <math>ZrO_2</math>, <math>SiC</math>, <math>Si_3N_4</math>, Sialon)を対象に550℃および650℃で最長4,000時間のNa中腐食試験を実施し、Naに対する耐食性を評価した。現在までに1,000時間の解析評価が終了した。4,000時間は材料解析を実施中である。</p> <p>② また、腐食損傷の機構を明らかにするため、単結晶およびCVD法によるセラミックスについても同様な試験を実施し、比較検討した。評価解析については一部無機材研との共同研究および大学への委託試験等により進めた。</p> <p>③ 各セラミックスについて温度、時間と腐食量との関係を明らかにした。また、全般的な傾向をみると腐食量は酸化物系よりも非酸化物系の方が大きくなることを示した。</p> <p>④ <math>Al_2O_3</math>については92～99.9%の範囲で純度の影響を評価した。高純度側ほど良好なNaに対する耐食性を示し、95%以下では粒界アタックやこれによる割れ等が認められた。単結晶<math>Al_2O_3</math>を用いた評価試験においては<math>Al_2O_3</math>単体は良好な共存性を示していることから、低い純度の焼結<math>Al_2O_3</math>の場合には不純物として存在する<math>SiO_2</math>等が耐食性に関与していることを示した。</p> <p>⑤ <math>ZrO_2</math>はいずれも腐食試験後において重量増加を示した。これは内部へのNaの侵入と表面上の腐食生成物の沈着の影響であることがわかった。腐食生成物の同定は現在実施中であり、明らかでない。また安定化添加元素<math>MgO</math>と<math>Y_2O_3</math>の腐食特性への顕著な差異がないことがわかった。</p> <p>⑥ 非酸化物系の<math>SiC</math>, <math>Si_3N_4</math>, Sialonについては、Na接液表面近傍において選択的な粒界での腐食を示した。これらのセラミックスは焼結過程で粒界にガラス相<math>SiO_2</math>が存在し易いこと、粒界でNaが検出されていることから、粒界に存在する<math>SiO_2</math>がNa中の<math>NaO_2</math>との反応によりケイ酸ガラスを生成し、優先的に粒界の腐食が進行することを明かにした。</p> <p>⑦ このようなことから、耐腐食性を向上させるためには粒界の組織・構造制御が不可欠であることを明かにした。</p> <p>⑧ Naに対する耐食性の向上を図るため、上記の成果を踏まえて粒界の結晶化や<math>SiO_2</math>の排除、原料の高純度化等の改良を図った新型セラミックス素材を試作した。本材については平成3年下期より試験を開始した。</p> <p>(2) 機械的強度評価試験技術の確立のための検討</p> <p>① 本研究に関しては現在準備の段階である。</p> <p>② セラミックス用高温引張試験治具(最高1,600℃)の製作・据え付けを行い、試験技術検討のため室温での予備試験を実施した。また、高温側での試験技術の整備・検討を実施した。</p> <p>③ 引張特性に及ぼすナトリウムの影響を把握することを目的に、試験片の作成およびナトリウム中浸漬試験を開始した。</p> <p>④ 破壊靱性用の試験治具の購入、曲げ試験治具の手配を行った。</p> <p>(3) 中性子照射試験準備</p> <p>① 「常陽」での照射損傷評価のため、試験片及び照射キャプセルの製作等の照射準備を行った。照射開始は4年4月の予定。</p>			

3. 実施予算決定額 (百万円)					4. 平成 4 年度 要求提出額
	昭和 63 年度実施	平成 1 年度実施	平成 2 年度実施	平成 3 年度実施	
試験費	8.0	8.5	3.5	7.8	9.5
その他	切断器 2.0	—	高温引張治具 10.0	曲げ治具 1.5 破壊靱性治具 1.2	
合計	10.0	8.5	13.5	10.5	9.5
累計	10.0	18.5	32.0	42.5	52.0

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :

実施項目	PNC 側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
(1) 試験準備および試験	0.7	0.3 (運転員除く)
(2) 解析評価	0.6	0.2

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

- (1) Na 装置及び解析装置を有している材料開発室と共同作業を行った。
- (2) 無機材研との共研: セラミックスの専門家があり, 単結晶等の Na 腐食特性を共同評価した。
- (3) 東北大学との共研: CVD セラミックスの専門家があり, CVD 材等の Na 腐食特性を共同評価した。
- (4) 名大との委託研究: セラミックスの高分解能透過型電子顕微鏡観察評価の専門家があり, Na 腐食の機構解明のための解析を依頼した。

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

- (1) 予想以上に Na の粒界内部への拡散侵入及び粒界との反応による粒界腐食が顕著であった。今後は粒界の組織・構造制御が新型セラミックス創製の重要課題である。
- (2) メーカーによる供試材製作の場合, 製造プロセスや化学成分等に関する詳細情報の入手が困難な場合があり, 当初から予期していたとは言え, 評価する上で問題が残った。今後, この点に留意して研究を進める必要がある。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

(1) PNC 報告書 10 件 (2) 外部発表 ①論文 6 件 ②口頭発表 2 件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見 :

セラミックスの Na に対する耐食性を向上するための具体的方策が明らかになりつつある。今後, 強度特性とこの改良方策との突き合わせが重要性を持つてくるものと考えます。

印



10. 研究開発スケジュール (実績)

年度 Na 項目	右以前	当該評価対象期間					当該期間以降	
		S63 年	H 1 年	H 2 年	H 3 年	H 4 年	H 5 年	
(1) Na 腐食の挙動・機構の検討		○	○ 市販材 1000h	○ 4000h	○ 新型材	○ 1000h	○ 新型材	○
(2) 既存セラミックスの改良方策の探索			○ Na 中腐食試験	○	○ (1)	○ (2)	○ (3)	○
(3) 機械的強度評価試験技術の確立のための検討				○		○ 強度試験整備	○ 試験技術確立	○ 強度試験・解析
(4) 中性子照射試験					○ 準備	○ 照射試験	○ 評価	○

課題名	エンジニアリングセラミックスに関する研究		新規
課題番号	9 2 B 2 0 4	作成責任者	作成者
予算(項) 高速炉研究開発費 予算(目) 機器構造材料研究開発費	姫野嘉昭		加納茂機
<p>1. 研究目標： 高速炉の高性能化（高温化・耐放射線化・高機能化・高信頼化等）のため、高速炉環境（高温ナトリウム、高速中性子等）用新型セラミックスを創製することを最終目標にして、3年度上期までに、          (1)Na腐食の挙動・機構の検討 (2)既存セラミックスの改良方策の探索          (3)機械的強度評価試験技術の確立のための検討 (4)中性子照射試験準備を行う。</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）          (1)新型セラミックスの創製研究を通じ、学術的・科学的波及効果及び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          (1)高速炉の高温化・耐放射線化・高機能化・高信頼化等の高性能化が期待できる。          (2)高温化による高熱効率化により、高速炉の経済性を向上できる。          (3)核燃料サイクル分野においても、セラミックスの新たな用途の拡大とその可能性が明らかとなる。          適用箇所（候補）：熱応力緩和用ライナー、機器接触摺動部材、原子炉容器－ガードベッセル間詰物サポート部遮熱材、各種炉内構造部材 等</p>			
<p>4. 国内外の現状レベル（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）          (1)国内ではNa漏洩時対策としてのライナーの開発実績があるが、本研究のような長時間使用に耐える構造部材としてのセラミックスの研究例は見当たらない。          (2)15年前まで米国で古典的なセラミックスを対象にしたNa腐食に関する研究例があるが、10年前より開発が進められている、いわゆるニューセラミックス（原料・性状・製造プロセス等が改善された）に関する研究例はない。          (3)セラミックスの強度評価法については確立したものはなく、現在研究段階である。          (4)高速中性子による損傷評価例は数少ない。</p>			
<p>5. 当該評価対象期間以前進捗状況（継続の場合）： なし。</p>			
<p>6. 当該評価対象期間以降の計画実施内容（3年度下期～5年度まで）</p> <p>(i) 項目 / 実施方法（手順・方法） / 内部、外部実施の別          (1)Na腐食の挙動・機構の解明 / セラミックスのNa中腐食試験及びマイクロ解析等により腐食の挙動・機構の詳細を解明する / 内部実施・外部実施          (2)機械的強度評価試験技術の確立及び破壊機構の検討 / セラミックスの引張・クリープ・疲労・破壊靱性試験等を行い試験技術の確立及び破壊機構の解明を行う / 内部実施          (3)中性子照射損傷の挙動・機構の検討 / 「常陽」で照射試験を行い照射損傷の挙動・機構の解明を行う / 内部実施          (4)既存セラミックスの改良方策の探索 / 上記(1)、(2)、(3)の解析結果に基づき、耐食性・機械的強度・耐照射性に優れた新型セラミックス創製のための改良方策（化学組成・組織・構造・製造プロセス等）を明らかにする / 内部実施・外部実施          (5)新型材の試作・試験評価 / 上記④の方策に基づく新型材を試作し、①、②、③の試験評価を行う / 内部実施・外部実施          (6)試験・解析装置の導入・整備 / 上記①、②、③の試験評価に不可欠なセラミックス専用の強度・マイクロ解析評価装置を導入・整備する / 内部実施</p> <p>(ii) 実施場所：フロンティア技開室、材料室、無機材研、東北大学、名大</p>			

7. 予算額 (百万円)					
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度
試験費	8.0	8.5	3.5 高温引張治具	7.8 曲げ治具	9.5
その他	2.0 研磨器	—	10.0	1.5 破壊靱性治具 1.2	—
合計	10.0	8.5	13.5	10.5	9.5

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

実施項目	(人・年)	PNC側人員数	役員数
(1)Na腐食の挙動・機構の解明のための試験・評価		0.7	0.3
(2)機械的強度評価試験技術の確立及び破壊機構の解明のための試験・評価		0.6	0.2
(3)中性子照射損傷の挙動・機構の解明のための試験・評価		3.0	0.5
(4)既存セラミックスの改良方策の探索		0.2	
(5)新型材の試作・試験評価		5.0	1.0
(6)試験・解析装置の導入・整備		0.5	0.5

9. 関連事項 (協力部署, 共研の有無, 外部実施の理由等) :

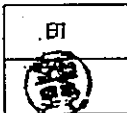
- (1)本研究はクロスオーバー研究の一環として、関係機関との研究交流を行いつつ進めるものである。
- (2)Naとの腐食特性及び強度の試験評価については材料室との共同作業を行う。
- (3)中性子照射試験評価は燃材部・実験炉部に依頼する。
- (4)無機材研との共研：セラミックスの専門家があり、単結晶等のNa腐食特性を共同評価する。
- (5)東北大学との共研：CVDセラミックスの専門家があり、CVD材等のNa腐食特性を共同評価する。
- (6)名大との委託研究：セラミックスの高分解能透過型電子顕微鏡観察評価の専門家があり、Na腐食の機構解明のため、マイクロ解析を依頼する。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

- (1)新型セラミックスの創製のためには、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。従って、難易度・研究期間等を考慮し、その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、これに取り組むことが肝要である。
- (2)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, フロンティア室長) 総合所見 :

セラミックスは金属材料には無い優れた特性を有しているが、これまでにこれらのNa中での特性が必ずしも明らかでなかったため、高速炉での使用実績がなかった。このため、高速炉での新たな用途を開拓するため本研究を推進している。



12. 研究開発スケジュール (計画)

No	年度 項目	当該評価対象期間			当該期間以降		
		S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
(1)	Na腐食の挙動・機構の検討	市販材○	1,000h ○	4,000h ○	1,000h ○	○	○
			Na中腐食試験○	(1)	(2)	(3)	
(2)	既存セラミックスの改良方策の探索		解析・評価○		装置整備等○		
(3)	機械的強度評価試験技術の確立のための検討				強度試験技術の確立○		
						強度試験・評価○	
(4)	中性子照射試験				準備○	照射試験○	評価○



課題名 高性能制御材の開発		新規、 <u>継続</u> 施設計画中	
課題番号	9 2 B 2 0 5	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)	高速炉開発費 機器構造材料研究開発費	姫野 嘉昭	木村 好男 丸山 忠司
<p>1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団加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：</p> <p>高速炉用制御棒の長寿命化を目的として耐ペレットクラック性に優れた材料を開発するため、次の3つの方策に従って候補材料の選定、試作、炉外評価をおこなった。</p> <p>(1) B<sub>2</sub>Cと金属の複合化によるサーメットの開発                  (2) B<sub>2</sub>C以外のホウ素化合物の探索                  (3) B<sub>2</sub>Cのセラミックウイスキー(短繊維)強化材の開発</p> <p>その結果、(1)についてはB<sub>2</sub>C/Cu-Niサーメットを開発し、その耐ペレットクラック性(炉外)の優秀性を確認することができた。また、サーメット構造は得られなかったが、耐ペレットクラック性がB<sub>2</sub>Cに勝る複合材も見出すことができた。(2)、(3)についてはいくつかの候補材料のペレット製造に関するノウハウを取得することができた。</p>			
<p>2. 該当評価対象期間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>B<sub>2</sub>Cと金属との複合材(サーメット)、ホウ素化合物、B<sub>2</sub>C/SiCウイスキー(短繊維)の試作と炉外性能評価をおこない、ペレットクラック改良効果を評価した。</p> <p>①試作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ B<sub>2</sub>C/Ni複合材</li> <li>・ B<sub>2</sub>C/Zr複合材</li> <li>・ B<sub>2</sub>C/Mo複合材</li> <li>・ B<sub>2</sub>C/Cu-Ni複合材</li> <li>・ EuB<sub>6</sub></li> <li>・ SiB<sub>6</sub></li> <li>・ TiB<sub>2</sub></li> <li>・ B<sub>2</sub>C/SiCウイスキー複合材</li> </ul> <p>②炉外評価試験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 硬さ測定</li> <li>・ 熱伝導率測定</li> <li>・ 耐熱衝撃性評価試験</li> </ul> <p>— 材料の延性と強度の評価。                  — 熱応力低減効果の評価。                  — ペレットクラック低減効果の相対比較。</p> <p>その結果以下の成果が得られた。</p> <p>(1)各候補材に対して原料仕様、製造プロセスおよび製造条件の最適化をおこない、ペレットを得ることができた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ B<sub>2</sub>C/Cu-Ni複合材については、高温成形時には成型型からの溶出が起り、低温成形時にはペレット密度の低下が起こるといった問題点を解決するために、配合・原料・成形温度・成形圧力等の検討をおこない、最高密度を得るための条件を把握した。</li> <li>・ その他EuB<sub>6</sub>、SiB<sub>6</sub>、SiCウイスキー複合材については原料仕様の変更をおこない、SiCウイスキー複合材についてはさらに原料混合プロセスの改良をおこなうことでペレットを製造できた。</li> </ul> <p>(2)複合材の組織観察の結果、B<sub>2</sub>C/金属複合材の中でB<sub>2</sub>C/Cu-Ni系のみがB<sub>2</sub>C-金属間の反応を起こさず、サーメットを形成していることが判明した。他のB<sub>2</sub>C/金属複合材ではB<sub>2</sub>Cと金属がほぼ完全に反応してホウ素化合物を生成していた。</p> <p>(3)炉外試験において延性(硬さ)、熱伝導率、耐熱衝撃性を評価した結果、ペレットクラック改善効果の最も高いものとして次の材料が評価・選定できた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① B<sub>2</sub>C/Cu-Ni 配合比50 : 50 vol%, 密度 配合密度の90%</li> <li>② B<sub>2</sub>C/Mo 配合比60 : 40 vol%, 密度 "</li> <li>③ B<sub>2</sub>C/Zr 配合比60 : 40 vol%, 密度 "</li> </ul> <p>特に①のB<sub>2</sub>C/Cu-Ni系は延性、熱伝導率、耐熱衝撃性の全てにおいて大きな特性向上を示しており、B<sub>2</sub>CにCuの金属としての多くの特長を付与することができたことが判った。耐クラック性に優れた制御材ペレットとなることが期待できる。</p> <p>(4)その他の候補材については、今回の評価では優位な点は見出せなかったが、さらに評価試験を続け、制御材としての適用性を検討・評価してゆくべきであると考えられる。</p>			

3.	実施予算決定額 (百万円)				4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費	1.9	6.8	9.0	2.1	1.5
その他	3.5	3.1			
合計	5.4	9.9	9.0	2.1	
累計	5.4	15.3	24.3	26.4	

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役員, 客員研究員等) ;  
 実施項目 PNC側人員数 (人・年) 役員数 (人・年)

(1)(3) B <sub>4</sub> C/金属, SiC複合材	試作 1.4	評価 0.9	0
(2) 新規ホウ素化合物	試作 0.4	評価 0.3	0

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

本研究は電気化学工業(株)と共同で協議・検討し、実施したものである。動燃の企画・立案した候補材に対して電気化学工業の持つ成形および物性評価に関するノウハウを適用して研究を進めていった。ただし一般契約の範囲内でおこなったものであるため、メーカーに対する改良検討の依頼や原料物性の開示等について各種の制限があった。(別添無し)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等:

- ・ B<sub>4</sub>Cと金属との反応性は予想以上に高く、通常のホットプレス成形法でZr, Mo等とのサーメットを製造することは不可能であることが判った。ただし、今回試作したB<sub>4</sub>C/Zr, B<sub>4</sub>C/Mo複合材はB<sub>4</sub>Cに比べて良好な性能を示しており、制御材として検討する価値があることが判った。
- ・ SiB<sub>6</sub>が成形時の加熱により不均化反応を起こし、SiとSiB<sub>6</sub>に変化するという現象が観られた
- ・ フランスにおいても制御棒寿命延長のために本研究とほぼ同様の内容についての検討が進められていることが最近明らかになっており、本研究の必要性が再確認された。

8. 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) の件数のみ記載し、別添資料リストをつける:

- ・ PNC報告書 6件
- ・ 外部発表論文 6件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見:

結果から制御材として研究継続に値する材料が明らかになったのは大きな成果と考えている。海外でも同様な研究努力が払われている事から、材料は異なるかもしれないが、目標到達度を比較するためにも競争しながら進めたい。



10. 研究開発スケジュール (実績)

No	年度 項目	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	
(1) (3)	B <sub>4</sub> C/金属, SiC複合材の 試作・評価		候補材選定		炉外評価試験			AMIR-7,9 照射試験
			第一次試作 第二次試作		第三次試作		H4.12~	
(2)	新規ホウ素 化合物の 試作・評価		候補材調査		炉外評価試験			AMIR-7,9 照射試験
			第一次試作 第二次試作				H4.12~	

課題名 高性能制御材の開発		新規	
課題番号	9 2 B 2 0 5	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)	高速炉開発費 機器構造材料開発費	姫野 嘉昭	丸山 忠司
<p>1. 開発目標： 高速炉制御棒の長寿命化を目的として、炉内での制御棒ペレットのクラックを防止するため、高靱性、高熱伝導度を有する制御棒材料を開発する。そのために (1) B<sub>4</sub>Cと金属との複合材ならびに (2) B<sub>4</sub>C以外のホウ素化合物の探索と物性評価を行う。</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） セラミックスの高度利用のためには現在、靱性の向上ということが一つの課題になっており、具体的には、繊維強化セラミックスならびに金属との複合材料（サーメット化）の研究が広く行われている。本研究は、この点でセラミック材料技術の向上に寄与する。</p>			
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 高速炉の制御棒の中性子吸収材は現在 B<sub>4</sub>C が用いられているが、照射に伴う被覆管との相互作用のため、制御棒ピン寿命が非常に短く、問題となっている。 高性能中性子吸収材が開発されることにより高速炉の経済性、運転信頼性に大きく寄与する。</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） 国内外において、高速炉用制御棒材として B<sub>4</sub>C が使用されておりそれに代わるものとして E u B<sub>6</sub>、E u<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などの研究が過去に米国、ヨーロッパで研究が行われた。 フランスでは B-C 系化合物、B<sub>4</sub>C 金属サーメットなどの基礎的研究を進めている。</p>			
<p>5. 当該評価対象期間以前進捗状況（継続の場合）： なし</p>			
<p>6. 当該評価対象期間以降の計画実施内容（3年度下期～4年度まで）</p> <p>(i) 項目：                      (1) B<sub>4</sub>C / Cu-Ni サーメット及び金属ホウ化物の改良試作と炉外評価試験                      (2) B<sub>4</sub>C / SiC ウィスカーの試作と炉外評価試験                      (3) B<sub>4</sub>C の超微粒化、超塑性の調査                      (4) 有力候補材の中性子照射試験</p> <p>(ii) 実施方法（手順・方法）：                      第1次から第2次試作までの結果、B<sub>4</sub>C / Cu-Ni サーメットと金属ホウ化物及び B<sub>4</sub>C / SiC ウィスカー複合材について更に試作を行い特性評価を継続する。                      「常陽」AMI R-7、9 での中性子照射試験を行い、制御材としての適用性の評価を行う。                      B<sub>4</sub>C の超微粒化については、文献調査を中心に進める。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別：                      (1) 材料試作 メーカーに依頼                      (2) 中性子照射試験は内部実施</p> <p>(iv) 実施場所：大洗工学センター                      フロンティア技術開発室                      燃材部</p>			

7. 予算額 (百万円)					
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度
試験費	4.9	6.5	17.9	3	1.5
その他					
合計	4.9	6.5	17.9	3	1.5

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

実施項目	PNC側人員数 (人・年)	役員数 (人・年)
(1) 材料試作	0.2	0
(2) 特性評価	0.2	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: 燃材部MMSに委託して実施
- ・材料の試作研究に関しては、メーカーに委託して行う。メーカーとして、B,Cの製造に関して豊富な経験を有するので電気化学工業に委託する。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

材料の熱・機械的特性の評価に加え、中性子吸収材としての核的価値、及び炉内での使用最高程度との関連が重要になる。B,Cサーメットの場合、材料の共用最高温度が低くなるのでこの点の評価が課題となる。また、有力候補材については、中性子照射試験が不可欠となる。

11. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長, フロンティア室長) 総合所見 :

制御棒の長寿命化と言うプロジェクト上からも、靱性及び熱伝導度の向上と言うセラミックスの物性改良の上からも成果が期待される研究と考える。



12. 研究開発スケジュール (計画)

No.	項目	年度	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降	
				S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年
1	B,C/金属の複合材		材料選定とプロセスの開発	第1次試作	第2次試作	炉外特性評価	照射試験		
2	ホウ素化合物			材料選定	第1次試作	炉外特性評価	照射試験		

課題名	高性能放射線遮蔽材に関する研究 (金属水素化物及び複合材料)		新規
課題番号	9 2 B 2 0 6	作成責任者	作成者
予算(項) 高速炉研究開発費 予算(目) 機器構造材料研究開発費	姫野 嘉昭		井上 賢紀 加納 茂機
<p>1. 該当評価対象期間までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>(1) 金属水素化物： 候補金属系の選定、ペレット製造プロセスの検討、基本特性評価等、当初の計画通り研究を実施したが、以下の課題を残した。但し、本研究の効果、プロジェクトへの反映等については当初の見通しを修正する要因は現在のところない。</p> <p>① 金属水素化物の一体成形時に粉末化を抑制出来ないため、この粉末を一体成形するプロセスの開発及び高温での水素の解離による水素損失の防止を目的とした金属水素化物粉末への水素難透過性材料（水素バリアー材）の開発を行う必要性が生じた。</p> <p>② 40年の寿命期間中の遮蔽性能を維持するに足る水素保持機能を有する遮蔽体開発のためには、金属水素化物用収納材表面にも水素バリアー材を開発・適用する必要性が生じた。</p> <p>(2) 複合材料： 高速中性子遮蔽、熱中性子遮蔽、中性子線とγ線の同時遮蔽に有効な遮蔽材料の成分組合せ及び配合比に関する遮蔽計算コードによる材料設計、粉末法による製造プロセスの開発及び試作材の基本特性評価等、当初の計画通り研究を実施した。但し、C-B<sub>4</sub>C-Gd系複合材については、製造プロセスに課題を残した。本研究の効果、プロジェクトへの反映等については当初の見通しを修正する必要性は現在のところない。</p>			
<p>2. 該当評価対象期間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) 金属水素化物： ① FBR炉内遮蔽材用金属水素化物として12種類の金属系を選定し、それらの水素解離挙動、水素密度および核断面積による遮蔽性能、経済性に関する評価を行い、有望な金属系としてZr、Ti、Y、Gd、Hfの5種類を選定した。</p> <p>② 選定した5種類の金属系に対して直接水素化法、粉末のセラミック系接着材による固化、延性金属の被覆およびプレス成形の3種類の方式によるペレット製造プロセスの検討を行い、直接水素化法は粉末化が避けられないこと、接着法は密度に課題が残された。</p> <p>③ 製造プロセスの検討に関する知見から水素損失の防止を目的とした金属水素化物粉末への水素難透過性材料（水素バリアー材）の表面被覆処理を考案した。直径200μmの球状の金属水素化物粉末を製造し、その表面に水素透過の防止に有効な酸化物被膜を形成するアルミニウム酸化物超微粉末の被覆処理試験を行い、現在水素保持能力を測定中である。</p> <p>④ 40年の寿命期間中の遮蔽性能を維持するに足る水素保持機能を有する遮蔽体開発のためには、金属水素化物用被覆材料の水素透過による水素損失を防止する必要がある、被覆材料表面への水素バリアー材の被覆処理方法の検討を行った。現在、被覆処理に関する試作を実施している。</p> <p>⑥ 独国の直接水素化法によるZrH<sub>x</sub>サンプル及びその基本特性・KNK炉での使用実績に関する情報を入手し、現在評価中である。また、原子力船「むつ」で使用したZrH<sub>x</sub>ブロックの物性値の取得を行った。これらのデータは、大型高速炉の遮蔽体設計に使用することができ、金属水素化物の炉内使用に関する評価資料となるものである。</p> <p>(2) 複合材料： ① 特許および文献による遮蔽体の開発動向を調査した。</p> <p>② 耐熱性、中性子線あるいはγ線遮蔽特性に優れる候補材料の選定を行った。</p> <p>③ 遮蔽材料の使用環境として高速中性子遮蔽、熱中性子遮蔽、中性子線とγ線の同時遮蔽の必要な放射線環境を想定し、候補材料の中から各々の環境に対して有効な成分の組合せを選定した。</p> <p>④ 選定した各遮蔽材料成分とバインダー材の配合比を選定するために計算コードによる遮蔽計算を行い、最も有効な遮蔽材料成分とバインダー材の組合せ並びに配合比に関する材料設計を、耐熱性の確保に留意して行った。</p> <p>⑤ 放射線の種類、強度、エネルギーに応じ、自在に遮蔽材の成分を変化させるためには粉末冶金法による一体成形プロセスの開発が不可欠である。そこで、材料設計でもとめた成分系についてプロセス条件の検討・最適化を行い、試作材の物性データ、強度評価、耐熱性評価を行った。</p> <p>⑥ 製造プロセスの開発にあたっては、原料成分相互の反応の抑制、真密度化による材料特性および遮蔽性能の向上が必要であることが見出された。そこで、高温ホットプレス・CIPの適用を試み、改善を行った。</p> <p>⑦ 耐熱性の一層の向上を図るため、成形材の耐酸化性に有効な表面被覆処理、成分相互の反応防止のための原料粉末表面への被覆処理方式の検討を行った。</p>			

	3. 実施予算決定額 (百万円)				4. 平成4年度 要求提出額
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	
試験費 その他	4.7	11.3	15.0	10.6	6.9
合計	4.7	11.3	15.0	10.6	6.9
累計	4.7	16.0	31.0	41.6	48.5

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :

実施項目	PNC側人員数 (人・年)	役務員数 (人・年)
(1)材料設計	0.3	0.2
(2)解析・評価	0.3	0.1

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

- (1)本研究はクロスオーバー研究の一環として、関係機関との研究交流を行いつつ進めている。
- (2)試験・評価についてはADSと共同作業を行った。
- (3)製造プロセスの開発・試作等に関しては、動燃のスペックに基づき、メーカーに依頼した。
- (4)独国よりZrH<sub>x</sub>のサンプル及び情報を入手し、研究のレファレンスとしていく。

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

- (1)将来の新型燃料及びTRU含有燃料の製造施設では複合した放射線環境となり、かつ被曝量の上昇が予想されるので、現状のグローブボックスよりも高性能な透明遮蔽材を創製する新たな研究ニーズがある。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

- |             |             |               |      |
|-------------|-------------|---------------|------|
| (1) 特許 (国内) | : 6件        | (3) 外部発表 (論文) | : 8件 |
| (海外)        | : 2ヶ国 (米、仏) | (口頭)          | : 2件 |
| (2) PNC報告書  | : 8件        |               |      |

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

金属水素化物にはZrH<sub>x</sub>を選定したが、水素バリアー材の開発を含めた製造プロセスを確立するまでには、解決すべき課題が残されている。  
 複合材料は材料設計、一体成形プロセスの開発及び試作材の基本特性評価が一部を除きほぼ終了したことから、今後は適用研究を期待できるところまで来たと考えられる。

印

10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	項目	年度	当該評価対象期間					当該期間以降	
			S63年	H1年	H2年	H3年	H4年	H5年	
(1)	金属水素化物		○	○	○	○	○	○	
(2)	複合材料		○	○	○	○	○	○	
(3)	照射試験							○	

課題名	高性能放射線遮蔽材に関する研究 (金属水素化物及び複合材料)		新規
課題番号	9	2	B 2 0 6
作成責任者	姫野 嘉昭		作成者
予算(項)	高速炉研究開発費		
予算(目)	機器構造材料研究開発費		加納 茂機
1. 研究目標	<p>各種放射線環境（熱中性子、高速中性子及びこれらの複合環境）に応じ、かつ耐熱性に優れた高性能放射線遮蔽材（金属水素化物及び複合材料）を創製することを最終目標として、3年度上期までに、</p> <p>金属水素化物については、(1)化学的安定性の評価 (2)有望成分の選定 (3)製造プロセスの開発 (4)水素バリアー材被覆処理法の検討等を、</p> <p>複合材料については、(1)遮蔽性能の観点からの材料設計 (2)粉末冶金法による一体成形プロセスの開発 (3)試作材の基本特性評価等を行う。</p>		
2. 効果予測	<p>（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）</p> <p>(1)遮蔽体成分の最適化を図るための材料設計手法の確立及び粉末冶金法による一体成形製造プロセスの開発を通じ、学術的・科学的波及効果及び他分野への反映が期待できる。</p>		
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果	<p>(1)遮蔽体の合理化（軽量・コンパクト化）、耐熱性の向上（安全性向上）、</p> <p>(2)各種放射線環境への適用性の拡大</p> <p>(3)FBR原子炉容器内径方向中性子遮蔽体層の合理化による原子炉容器径の縮小と建設コストの低減</p> <p>適用箇所（候補）：原子炉容器内、上部流入配管部、使用済燃料輸送容器、ホットラボ、グローブボックス、各種核燃料サイクル施設、医療分野</p>		
4. 国内外の現状レベル（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）	<p>(1)Zr金属の水素化により製造するZrH<sub>x</sub>は、日本で開発実績とKNK炉における減速材、反射体としての使用実績があるが、高温での解離により発生する水素のバリアー材の開発は行われていない。</p> <p>(2)大型高速炉の寿命期間（40年）中無交換とする金属水素化物中性子遮蔽体の開発は、世界的にも例がない。</p> <p>(3)800℃までの耐熱性を有する遮蔽材の研究例はない。</p> <p>(4)各種放射線環境（放射線の種類・強度・エネルギー）に応じ、優れた遮蔽性能を有する成分系を粉末法により一体成形する製造プロセスに関する遮蔽材の研究例はない。</p>		
5. 当該評価対象期間以前進捗状況（継続の場合）	なし		
6. 当該評価対象期間以降の計画実施内容（3年度下期～4年度まで）	<p>(i) 項目／実施方法（手順・方法）／内部、外部実施の別</p> <p>(1)金属水素化物の高温化学的安定性の評価、水素バリアー材の開発及びその基本特性評価／高速炉の異常時等で考えられる高温での水素解離圧等の化学的安定性を評価、水素透過性水素バリアー材の開発及び試作材の基本特性の評価を行う／内部実施・外部実施</p> <p>(2)複合材（C-B<sub>4</sub>C-Gd系）の製造プロセスの開発及びその基本特性評価／粉末法により耐熱性を有した一体成形プロセスの開発及び試作材の基本特性の評価を行う／内部実施・外部実施</p> <p>(ii) 実施場所： 燃料材料技術開発室</p>		

7. 予算額 (百万円)					
	昭和63年度実施	平成1年度実施	平成2年度実施	平成3年度実施	平成4年度
試験費	4.7	11.3	15.0	10.6	6.9
その他					
合計	4.7	11.3	15.0	10.6	6.9

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) 複合材 (C-B,C-Gd系) の製造プロセスの開発	0.1	0.1
(2) 水素バリア材の開発	0.1	0.1
(3) 金属水素化物の高温化学的安定性の評価	0.1	0.1
(4) 試作材の基本特性評価	0.1	0.1

9. 関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

- (1) 本研究はクロスオーバー研究の一環として、関係機関との研究交流を行いつつ進めるものである。
- (2) 試験・評価についてはADSと共同作業を行う。
- (3) 製造プロセスの開発・試作等の物作りに関しては、動燃のスペックに基づき、メーカーで実施する。
- (4) 独国よりZrH<sub>x</sub>のサンプル及び情報を入手し、研究のレファレンスとする。

10. 特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

なし。

11. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長、フロンティア室長) 総合所見 :

対象とする放射線環境に合った、かつ従来よりも厳しい環境で使用できる遮蔽材に対するニーズ高まりつつある。そのため、設計合理化のみならず、原子力施設の高度化の観点からも成果を期待すべく、本研究を推進している。



12. 研究開発スケジュール (計画)

No	項目	年度	右以前	当該評価対象期間				当該期間以降
				S63年	H1年	H2年	H3年	H4年
(1)	金属水素化物			○	○	○	○	○
(2)	複合材料		○				○	○
(3)	照射試験							○



課題名 セラミックスの超微細化による機能材料の創成に関する研究			新規、継続 施設計画中	
課題番号 9: 2: B 2: 0: 7-	作成責任者 和田 幸男		作成者 船坂 英之	
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				
1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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： 原子力における材料研究は、原子力技術の高度化のみならず、他分野への波及展開を目指した独創的な原子力フロンティア創出のための基盤技術として位置づけられる。とりわけ動燃での材料研究開発は既存の核燃料サイクル技術の概念をブレイクスルーする基盤技術として、経済性、安全性、信頼性向上の観点から重要である。 動燃における材料研究の今後の展開としては、以下に示す3項目が考えられる。 (1) 既知の元素や化合物の物理的状態を変化させる。(クラスター、超微粒子化、非平衡状態) (2) 未知の元素や化合物を利用する。(アクチニド元素、Tc等の利用) (3) (1)、(2)を組み合わせる。 (2)、(3)の研究は、動燃以外では実施することができない。 そこで まずセラミックスの超微細化に着目し、それにより発現の期待される様々な特異的性質(低温焼結性、超塑性化等)を核燃料サイクルに利用する研究を行う。				
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：  セラミックスの超微細化に関して下記の調査並びに試験を実施した。  (1) UO <sub>2</sub> 超塑性体に関する調査、研究 サブミクロンオーダーの超微粒子を使用して製造したUO <sub>2</sub> が、超塑性現象を示す可能性について内外の文献を調査した。その結果一部可能性を示唆するものもあったが、結論としては実験以外に確認する手法がないことがわかった。 さらにUO <sub>2</sub> が、超塑性体となった時の核燃料製造技術への適用性についても検討した。  (2) 模擬粉体による製造技術の確立 超微粒子製造に関する調査を実施し、製造効率、製造粒径等を考慮し、アーク加熱法が最も本試験に適していることを見いだした。 これに基づいて、超微粒子製造装置を設計・試作した。この装置を用いてUO <sub>2</sub> の模擬物質として、ZrO <sub>2</sub> を製造し、その粒径を測定した。 平均粒径は、約0.03μm 誤差0.005 μmであり、十分に本試験条件を満足することがわかった  (3) 成型装置の整備(熱間等方性加圧装置(HIP)の据付・調整) 製造した超微粒子の粉体を成型し、機械的性質を評価するため熱間等方性加圧装置(HIP)を搬入した。				
別添(有、無)				

3. 平成 3 年度実施予算決定額 〔累積 (百万円)〕 試験費 6. 6 1 その他	4. 平成 4 年度概算要求提出額 (百万円) 試験費 7. 6 その他
合 計 6. 6 1 (百万円)	合 計 7. 6 (百万円)

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・員) 役務員数 (人・年)

セラミックス製造基礎試験	1 人	1 人・年
物性研究	1 人	1 人・年

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :  
特になし

別添 (有, 無)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

現在の装置では, 超微粉体の製造時にかなりの飛散がみられ, その制御は非常に困難である。  
ウランの超微粉体製造, 加工には大きな課題と考えられる。

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  
数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

技術資料	1 件
外部発表	1 件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長orフロンティア室長) 総合所見 :

コールド試験を実施してきたが, ウランを使用した試験には, 相当大きな実験装置, 施設が  
必要となり, その後の研究については中断状態にある。

本研究に対するマンパワーは, 現在フラーレン研究に注入している。

印



10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	年次 項 目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
	超微細化技術								
	“ ZrO <sub>2</sub>					○			
	“ UO <sub>2</sub>								
	特性評価					○			
	構造制御					○			

課題名 超電導技術の核燃料サイクルへの適用に関する研究 (超電導合成研究)			新規, 継続 施設計画中	
課題番号	9. 2 B. 2. 0 8	作成責任者	作成者	
予算(項)	燃料開発費	和田 幸男	加藤 正人	
予算(目)	核燃料サイクル技術開発費			
<p>1. 当年度までの目標, 手段, 効果予測, 事業団プロジェクト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:</p> <p>高温酸化物超電導体の発見により, 超電導技術の信頼性と核燃料サイクルへの適用の可能性が高まった。また, 室温超電導体への期待も膨らみ, アクチニド元素もその研究対象とされた。PNCにおいても利用目的の少ないアクチニド元素の応用先の一つの可能性を探るため高温超電導体の合成試験を行ってきた。アクチニド元素を扱うことのできる数少ない研究機関の一つとしてPNCでアクチニド系の高温超電導体の合成試験を行うことの社会的意義は大きい。</p> <p>また, 昨年4月にカーボンクラスタ<math>C_{60}</math>にアルカリ金属をドープして, 新しいタイプの高温超電導体が発見された。これにより, 超電導研究は新たな曲面を迎えた。臨界温度もさらに高まることが期待される実験結果も報告されている。今後も数年間は目のはせない研究分野である。</p>				
<p>2. 当年度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</p> <p>実績項目:</p> <p>新しい高温超電導体の開発のアプローチとして以下に示す実験を行い, 各結果を得た。</p> <p>(1) 酸化物超電導体の合成法研究 既存のPNCの技術を利用し, 酸化物超電導体の材料化に向けて, 高均質な原料を得るための合成研究を行い, マイクロ波加熱分解法としょう酸エステル加水分解法を確立した。</p> <p>(2) 酸化物超電導体のウラン置換 既存の超電導体, Y系, Bi系, Nd系, La系へのU置換を行ったが, いずれの系もUが置換された単相試料を合成することはできなかった。しかし, 価数調整により, ある程度の置換ができることがわかった。また, Uは+4~+6価で存在し, ランタノイド元素の中ではGd, Smとも置換しやすいことなどがわかった。</p> <p>(3) ウラン系ペロブスカイト構造の探索 上記(2)の実験で得られた知見を基に, 新しい層状ペロブスカイト構造の探索を行った。その結果, これまで報告されていない化合物 <math>Ba_4UCuO_7</math> を見いだした。この化合物にLaをドープし, Ar中で焼成することにより臨界温度90~30Kの超電導体になることがわかった。しかし, 複数の相が混在しているため, 新物質の判断をすためには単相試料を合成し構造解析を行うことが今後の課題である。</p> <p>(4) バナジウム系超電導体の合成 V系の酸化物において160Kで抵抗異常が報告され超電導体であることが示唆された。我々もV系酸化物で合成試験を行った。V-U-M-O系 (M: Sr, Ca, La) の酸化物を合成したがいずれも絶縁体であった。LaVO<sub>3</sub>にCuをドープした試料で160Kから抵抗が急激に減少する試料が得られた。しかし, マイスナー効果は確認できなかった。</p> <p>(5) C<sub>60</sub>系超電導体の合成 昨年4月にカーボンクラスタ<math>C_{60}</math>にアルカリ金属をドープすることにより超電導体が合成された。我々も既存の装置を用いて追試験をおこない, K<sub>3</sub>C<sub>60</sub>, Rb<sub>3</sub>C<sub>60</sub>, Cs<sub>2</sub>Rb<sub>1</sub>C<sub>60</sub>の超電導体を得た。臨界温度はそれぞれ19K, 29K, 33Kであった。さらに, 合成方法を変えることにより臨界温度を上昇させることに成功した。CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>から結晶化させたC<sub>60</sub>にアルカリ金属をドープし超電導体を合成し, K<sub>3</sub>C<sub>60</sub>, Rb<sub>3</sub>C<sub>60</sub>, Cs<sub>2</sub>Rb<sub>1</sub>C<sub>60</sub>でそれぞれ19.3K, 30.6K, 33.4Kの臨界温度を得た。これらの臨界温度は, 各系で最高の値である。</p>				
別添 (有, 無)				

年 9 月)

作成  
日付 4 年 2 月 7 日

3. 平成 試験費	3 年度実施予算決定額 〔累積〕 24.0 (百万円)	4. 平成 試験費	4 年度概算要求提出額 9.0 (百万円)
その他		その他	
合 計	(百万円)	合 計	(百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :

実施項目	PNC 側人員数 (人・員)	役務員数 (人・年)
合成研究	1 人	1 人
物性研究	1 人	1 人

6. 関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :  
核燃料サイクルへの適用性研究として、再処理工程への磁気分離技術を現在は実施している。

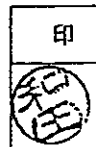
別添 (有、無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :  
平成 3 年度の 1 年間でカーボンクラスター関連の超電導体合成が我々の研究でも可能となった。

8. 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) の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :

技術資料	5 件
外部発表	7 件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見 :  
アクチニド添加の酸化物超電導体合成研究は、平成 2 年度までに一応の研究成果が得られた。今後は、新材料物質としてのカーボンクラスター超電導体へのアクチニド元素利用及びその物質の応用研究へ展開してゆきたい。



10. 研究開発スケジュール (実績)

No.	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次	
		10	9	10	1	4	7	10
	合成研究							
	物性研究							

課題名 超電導技術の核燃料サイクルへの適用に関する研究 (超電導体合成研究)				新規, 継続 施設計画 中			
課題番号	9	2	B	2	08	作成責任者	作成者
予算(項)	燃料開発費					和田 幸男	加藤 正人
予算(目)	核燃料サイクル技術開発費						
1. 開発目標: アクチニド元素を含んだ高温超電導体など新化合物の開発を行う。							
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) 高温超電導体の開発は, 超電導技術の低コスト化, 信頼性の向上, 新技術への応用など技術革新にとっては欠かすことのできない開発目標の一つである。民間の研究機関で扱うことのできないアクチニド元素による超電導体の研究開発を PNC で行うことは社会的意義も大きく, 発見できればメカニズム解明への寄与など科学的波及効果は大きい。							
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 これまで利用目的のなかった劣化ウランなどアクチニド元素の有効な利用法の一つの可能性として期待される。 また, 新材料の超電導物質と核燃料サイクル技術との関連も今後期待される。							
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): 高温超電導体の合成研究は, 世界各国の研究機関で行われており, アクチニド元素と電子状態が良く似ているランタノイド元素を含む高温超電導体が数多く発見されている。アクチニド元素を含む物質は Th を含む臨界温度 23 K の物質が報告されている。 また, 新超電導体, フラーレン系の研究は, 国内外ともに始められたばかりであるが, その中で我々の研究レベルは高い位置にあり先導的立場で研究を進めている。							
5. 前年次までの進捗状況 (継続の場合): これまで発見された高温超電導体である酸化物系とフラーレン系について合成試験を行った。 ・ウランを含んだ新しい複合酸化物 $Ba_2U_2CuO_8$ を発見した。この化合物にキャリアのドーピング試験を行った結果, 90 ~ 30 K の超電導転移を観察した。複数の相が混在するため単相化の試験を継続中である。 ・フラーレン系の超電導体の合成試験を行い, 合成方法を変えることにより臨界温度を上昇させることができた。 $Rb_2C_{60}$ , $Cs_2Rb_1C_{60}$ で, それぞれ 30.6, 33.4 K の臨界温度を得たこれらの値は, 各系での最高の臨界温度である。							
6. 当年次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: ・アクチニド系新化合物 (クラスター) の合成試験を行う。 ・上記物質の磁氣的, 電氣的, 結晶学的な立場からの物性測定をおこなう。 (ii) 実施方法 (手順・手段): これまでの超電導研究で得られた知見を基に, クラスター系の新化合物の合成と物性評価研究を行う。 (iii) 内部, 外部実施の別: 内部実施 (iv) 実施場所: A 棟 別紙 (有, 無)							

7.平成2年度実施決算額 試験費 27.7 その他	8.平成3年度実施予算額 (百万円) 24.0	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 25.0	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円) 試験費 25.0
合 計 (百万円)			

11. 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)	
合成試験	1人	5年	1人	5年
物性評価	1人	5年	1人	5年

12. 関連事項(協力部署,共研の有無,外部実施の理由等):  
現在は,まだ共研等の外部との協体制は整えてないが,今後関連する相互の研究に有用な部署が現れたら,協力関係を結んでいく予定である。

別添(有,無)

13. 特記事項(研究開発推進上の制約,課題,問題点等):  
アクチニド元素を含んだ試料の物性測定,質量,組成分析等の測定装置,設置場所等の確保が必要不可欠である

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長,フロンティア室長)総合所見:  
カーボンクラスター等の新材料研究とアクチニド元素を含む超電導合成,物性研究は,基礎物性研究と原子力を結び付ける将来にとって予測しがたい成果もありえると考えます。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	平成 2 年次		当 年 次			平成 4 年次	
		10	9	10	1	4	7	10
	新化合物の合成							
	物性評価							

課題名 フラーレンに関する研究 (新材料研究)				新規, 継続 施設計画中			
課題番号	9	2	B	2	09	作成責任者	作成者
予算 (項)					和田 幸男	船坂 英之	
予算 (目)							
<p>1. 当年次までの目標, 手段, 効果予測, 事業団から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:</p> <p>フラーレンと呼ばれる炭素原子が60個以上集まったものは, 既存の材料では得ることができない優れた特性を有することが予想されていたが実証できなかった。一昨年9月, アメリカで大盃合成法が発見されて初めてその構造が確認された。</p> <p>当室では, かねてよりクラスター等の新材料研究を押し進めてきたが,</p> <p>(1) バルク材料とは異なる優れた特性を有するクラスター材料をグラムオーダー/日製造, 回収でき 新機能材料として, 試験・評価できること</p> <p>(2) 原子力分野においては, フラーレンの中に核分裂生成物, アクチニド元素をドープすることにより熱電変換, 光電変換材料, 医薬品, 燃料等への応用が考えられること またこの分野は, 動燃事業団以外実施することができないこと</p> <p>(3) 当室で蓄積した技術を活用できること, また既設の装置を使用, 或いは改良することにより, 製造 分離精製, 分析確認にいたるまで独自で実施できること</p> <p>以上の観点から昨年2月より本研究を開始した。</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) 既設の装置を使用, あるいは改良することにより, C<sub>60</sub>等フラーレンの製造, 抽出, 分離及び分析といったほとんどの領域の技術は確立した。 現在フラーレンの製造は, 約1g/日であり, C<sub>60</sub>pure (99.8%以上) 約0.5g/日である。 またC<sub>70</sub>, C<sub>76</sub>, C<sub>78</sub>, C<sub>84</sub> の分離精製も完了している。</p> <p>(2) 生成したフラーレンは, ~C<sub>124</sub> ぐらいまでのものが含まれていることを確認した。</p> <p>(3) るつば抵抗加熱法を改良し, 添加金属を変化させることにより, 生成フラーレンを制御できること, さらに抽出溶媒を選択することにより, C<sub>60</sub>誘導体を合成できることを確認している。</p> <p>(4) 分離精製したC<sub>60</sub>, C<sub>70</sub> についてのNMR (核磁気共鳴), HRTEM (高分解能透過型電子顕微鏡) 測定を実施し, それぞれの構造の対称性, 緩和時間またその大きさ (~0.7 nm) に関する知見を得た。</p> <p>(5) アルカリ金属とフラーレンの超電導体の合成試験を実施し, 原料としてのC<sub>60</sub>の構造を変化させると臨界温度も変化することがわかった。さらにRb<sub>3</sub>C<sub>60</sub>, Cs<sub>2</sub>Rb<sub>1</sub>C<sub>60</sub>でそれぞれ30.6 K, 33.6 Kの臨界温度を得た。これらの値は, 各系での最高の臨界温度である。</p> <p>上記の結果は, 国内の研究機関と比較しても, 遜色なく, 一部の領域では一歩リードしているのが, 現状である。</p>							
別添 (有, 無)							

3. 平成 試験費 その他 合計	3年度実施予算決定額 〔累積 20 (室内の内部努力) 20 (百万円)	4. 平成 試験費 その他 合計	4年度概算要求提出額 (百万円) (百万円)
---------------------------	--	---------------------------	------------------------------

5. 人員実績(上記2の業務に係わるPNC側(含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :

実施項目	PNC側人員数(人・員)	役務員数(人・年)
製造技術の開発	1人	1人・年
物性評価	1人	1人・年
超電導特性の評価	(1人)	(1人・年)

6. 関連事項(協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :

東京大学 理学部 小間研究室(薄膜製造・評価)  
 日立製作所 那珂工場 (HRTM測定)  
 ニューリンスツルメント(株) (ICR測定)  
 以上の研究機関と情報交換、試料測定依頼等の協力関係がある。 別添(有、無)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :

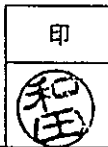
既存の超微粒子製造装置及び酸素・窒素分析装置の抵抗加熱部を利用することによりフラーレンを大量に製造できることが見出された。

8. 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)の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :

特許	2件
外部発表	9件
報文・論文	2報

9. 本報告書作成責任者(事業所先端室長orフロンティア室長)総合所見 :

カーボンクラスターを利用した核燃料サイクル技術への全く新しい応用展開及び広い意味でのエネルギー変換技術への応用等、21世紀への原子力に向けた新材料研究となろう。  
 またこの成果は一般社会へのスピノフの可能性も非常に強い。



10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	年次 項・目	平成 2年次		当 年 次			平成 4年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
	製造技術開発								
	物性評価								
	超電導特性								



課題名 フラーレン研究 (新材料研究)				(新規) 継続 施設計画			
課題番号	9	2	B	2	09	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)					和田 幸男	船坂 英之	
<p>1. 開発目標：本研究の開発目標としては、下記の3項目が考えられる。                  (1) かごの中に他の元素を取り込んだ、いわゆるドーピーボールの生成と反応の研究                  (2) C<sub>70</sub>以上の大きなフラーレンの抽出単離とそれらの構造、物性及び反応性の研究                  (3) C<sub>60</sub>を中心とするフラーレンの生成機構の解明                  原子力分野における応用の広さを考慮して、(1)を中心に展開していきたい。</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)                  ドーピーボールについては、フラーレンの存在が確認された1985年にすでにその生成の検討が開始されるくらい早くから関心もたれていた。                  応用に関しては、フラーレンよりもはるかに広いと考えられる。そのため世界各国でその大量生成法と単離の開発が進められているが、現在までのところアメリカで微量の生成に成功した程度である。</p>							
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果                  C<sub>60</sub>等の内部に他の原子を取り込み、あたかも超原子のようにふるまうことがわかってきている。                  多種多様な展開が考えられるが、とりわけアクチニド、FP元素を取り込んだものは、そのかごの部分に有機的修飾を施すことにより格段に取扱い易くなり、医薬品としての利用が考えられる。                  またウランを取り込んだものを炭化物燃料としての可能性を検討したい。</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)：                  アメリカでは、ライス大学、カリフォルニア大学、IBM、AT&amp;T等が先頭グループを形成し、ほぼ横一線の状態である。                  一方国内では、民間メーカーの進展具合がはっきりしないが、都立大学、三重大学、NECが進んでいるものと思われる。しかし当室のレベルも上記の研究機関と遜色なく、一部の領域では一歩リードしているのが現状である。</p>							
<p>5. 前年次までの進捗状況(継続の場合)：                  (1) フラーレンの製造、抽出、分離、及び分析といった製造に関するほとんどの領域のキャッチアップは終了した。フラーレンの製造は、約1g/日であり、C<sub>60</sub>のpure(99.8%以上)は、約0.4g/日である。                  またC<sub>70</sub>、C<sub>76</sub>、C<sub>78</sub>、C<sub>84</sub>の分離精製も完了した。                  (2) りんぼ抵抗加熱法を改良することにより、C<sub>60</sub>の誘導体の生成に成功した。                  (3) アルカリ金属C<sub>60</sub>超電導体を作製し、Rb<sub>3</sub>C<sub>60</sub>、Cs<sub>2</sub>Rb<sub>1</sub>C<sub>60</sub>でそれぞれ30.6K、33.4Kの臨界温度をえた。</p>							
<p>6. 当年次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)：</p> <p>(i) 項目：                  ・ かごの中に他の元素を取り込んだドーピーボール等を含む誘導体の生成と反応の研究                  ・ C<sub>70</sub>以上の大きなフラーレンの抽出単離とそれらの構造、物性及び反応性の研究                  ・ C<sub>60</sub>を中心とするフラーレンの生成機構の解明                  ・ フラーレン超電導体の合成、評価試験研究</p> <p>(ii) 実施方法(手順・手段)：                  既設の装置を改良するとともに、当室で蓄積した技術(超電導体の合成、評価技術、物性測定技術等)を利用する。                  製造においては、レーザーを有効に利用するとともに、新たな測定技術(ICRイオンサイクロトロン共鳴測定装置)等の導入を検討していく。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： 内部実施 (iv) 実施場所： 新クリープ室                  第一応用試験棟</p>							
別紙(有、 <input checked="" type="checkbox"/> 無)							

年 月)

作成

日付

4年 2月12日

7.平成 年度実施決算額 試験費  その他	8.平成3年度実施予算額 (百万円)  20 (室内の内部努力)	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円)  7.6 (室内の内部努力)	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円)  試験費 120
合 計 (百万円)	20	7.6	120

11. 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)
誘導体等の合成・分取	1 人	1 人・年
物性測定・機構解明	1 人	1 人・年
(超電導の合成・評価)	1 人	1 人・年

12. 関連事項(協力部署,共研の有無,外部実施の理由等):

東京大学 理学部 小間研究室

日立製作所 那珂工場

ニューリーインストルメント(株)

以上の研究機関と今後協力関係を保持していく。

別添(有,  無)

13. 特記事項(研究開発推進上の制約,課題,問題点等):

試験費等(ICR購入)の手当を含めて予算額の大幅な増額が必要である。

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長,フロンティア室長)総合所見:

今後の展開として,ウランを含んだフラレンの合成の実現が,PNCの位置づけとして大きな課題である。ぜひ早い時期に,他の研究機関より先に達成したい。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	平成 2年次		当 年 次			平成 4年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
	・基礎研究								
	ハイヤーフラレン								
	生成機構解明								
	・応用研究								
	誘導体の生成反応								
	超電導合成評価								

課題名 超電導技術の核燃料サイクルへの適用に関する研究開発 磁気分離研究					新規, (継続) 施設計画中	
課題番号 9 2 B 2 1 0			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			和田 幸 男		山 本 和 典	
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：          核燃料サイクルで取り扱うFP元素や有用な元素・化合物等を、それらの磁化率の差を利用して分離することがどこまで可能かを調べる。利用する技術は、急激な進歩を遂げつつある超電導応用技術のひとつである超電導磁気分離技術である。この可能性を調べるため、核燃料サイクル中に現れる超微粒子や化学種の種類と、その磁化率等の性質を調べる。現在及び将来に可能となる磁気分離技術によって、経済的にも見合ったコストで分離が可能かどうかを、実験やシミュレーションを通して明らかにする。さらに、磁気分離技術が持つ長所と短所を、核燃料サイクルで使われていたり使用する候補となっている技術との比較から明らかにする。</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) 模擬不溶解残渣等の対象試料の基礎的な物性・化学特性の検討          様々の方法で調製した模擬不溶解残渣について、その平均粒径や組成、磁化率等の基礎物性を測定した。また、いくつかの試料について実機を模擬するため硝酸中での物性変化を調べた。</p> <p>(2) 超電導磁気分離システムの検討          (1)で洗い出された物性をもとに磁気分離技術による核燃料再処理工程中に発生する不溶解残渣の分離回収の可能性を調べた。その結果、不溶解残渣の分離に関しては、従来のパルスフィルターや遠心清澄機による方法では分離が困難な大きさの微小粒子も、磁気分離法により効率よく分離できることが明らかになった。模擬試料によるこの実測データと従来型フィルターに要求されている処理容量(速度)をもとに、磁気分離用のフィルター形状とサイズ、あるいは初期回収性能及び回収性能の時間変化などを計算から具体的に求め、超電導マグネット磁気分離システムの概念設計を行った。検討の結果、不溶解残渣の分離について、超電導磁気分離を応用することにより、放射性廃棄物を減じつつ従来の方法では分離が困難な微小径の粒子まで含め効率よく分離を行うことができることがわかった。しかも不溶解残渣の逆洗浄が簡便で、システムのコストも妥当な範囲に収まること示された。但し、運転コストについては、まだ十分な検討は行われていない。以上のことから、今後の技術開発の進展によっては、超電導磁気分離法は従来技術の重要な代替技術となり得ることが明らかになった。</p> <p>(3) 磁気分離基礎試験装置の設計          超電導磁石に関して、耐放射線性を考慮したマグネットの構成材料を選定し、さらに保守性・運転性まで考慮して概念設計を行った。</p>						
別添(有) (無)						

3. 平成 3年度実施予算決定額 〔累積 30.0 (百万円)〕	4. 平成 4年度実施要求提出額 (百万円)
調査研究費 10.0	調査研究費 10.2 基礎試験装置の設計製作費 12.7
その他	その他
合計 10.0 (百万円)	合計 22.9 (百万円)

5. 人員実績(上記2の業務に係わるPNC側(含む出向、業協人員及び役務員、客員研究員等) :  
 実施項目 PNC側人員数(人・員) 役務員数(人・年)  
 調査研究WGへ参加 2人×1年 0人

6. 関連事項(協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :  
 未踏科学技術協会へ委託研究(WG形式の調査研究作業)  
 大阪大学 原子力工学科 三宅千枝教授

別添(有、~~無~~)

7. 予期しない新知見、その他特記事項等 :  
 粒径が1μm以下の白金膜模擬不溶解残渣の磁化率が、その構成元素から予想される値より10倍程度大きな場合があることか判明した。これは、表面酸化物の影響と思われる。

8. 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)の各件数のみ記載し、別添資料リストをつける :  
 委託研究成果報告書 3  
 外部発表 1

9. 本報告書作成責任者(事業所先端室長orフロンティア室長)総合所見 :  
 本研究は科学技術庁が主催する「エネルギーシステムへの超電導技術応用動向調査」マルチコアプロジェクトの一環である。その核燃料サイクルへの応用として、磁気フィルター分離研究が具体化され、その効果が大きいと期待されるものになった。今後は実験研究を実施し、原理実証を示してゆくことが重要と考える。

印  
和用

10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	年次 項・目	平成2年次		当 年 次				平成4年次	
		4	3	4	7	10	1	4	3
	磁場利用技術に関する調査研究								
	磁気分離基礎試験装置の製作								
	磁気分離基礎試験(Cold, Hot)								

課題名 超電導技術の核燃料サイクルへの適用に関する研究 磁気分離研究				新規, (継続) 施設計画中	
課題番号	9	2	B	2	10
予 算 (項) 燃料開発費 予 算 (目) 核燃料サイクル技術開発費				作成責任者 和田 幸 男	作 成 者 山 本 和 典
<p>1. 開発目標： 超電導磁石の高磁場により、核燃料サイクルで取り扱うFP元素や有用元素・化合物等の磁化率の差を利用して、目的元素や粒子を回収する。そのため、超電導磁気分離基礎試験装置を試作し、試験を行う。</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) 磁気分離技術の原子力分野への応用は、世界的にみても初の試みであり、実用化された場合の波及効果は大きいと考えられる。特に、放射性廃棄物の量的低減化に寄与する可能性がある。</p>					
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 使用済み核燃料再処理工程中での不溶解残渣の分離に現在使用されている方法(パルスフィルター)では10<math>\mu</math>m以下の微粒子の回収が困難なうえ、放射性廃棄物として焼結フィルターが多量に出るという問題点がある。超電導磁気分離技術はこれらの問題を解決する可能性が高い。すなわち0.1<math>\mu</math>m程度までの粒径の不溶解残渣を95%以上回収でき、しかもフィルター部分は廃棄物とはならない。</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)： 核燃料サイクルへの磁気分離技術の適用は、国内外ともない。</p>					
<p>5. 前年次までの進捗状況(継続の場合)：(未踏科学技術協会への委託研究) 不溶解残渣の模擬試料を用いてそこに含まれる微粒子の磁気特性等の物理・化学的性質を測定するとともに、磁気分離法による予備的な回収実験を行った。微粒子の磁気データに基づく回収率の解析結果は、予備実験の結果とも良く一致し、従来のパルスフィルターや遠心清澄機による方法では分離が困難な径の微粒子も、磁気分離法により効率よくまた低コストで回収分離できることが明らかになった。またフィルター部に回収された残渣物質の回収は、磁場発生電源のON-OFF操作と少量の逆洗浄液の使用のみで可能となり、工程操作の大幅な簡略化が可能となる。</p>					
<p>6. 当年次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)：</p> <p>(i) 項 目：</p> <p>① 超電導磁場利用技術の検討と核燃料サイクルへの適用調査 ② 超電導磁石による高勾配強磁場を用いた物質分離技術の開発</p> <p>(ii) 実施方法(手順・手段)：</p> <p>① 外部へ調査検討の委託を行う ② 超電導磁石を備えた基礎試験装置を製作し、模擬不溶解残渣を用いた回収試験を行う。結果の解析と検討をもとに装置の改良を行い、回収効率・コスト等の実証を行う。</p> <p>(iii) 内部、外部実施の別： ① 外部へ委託 ② 内部実施</p> <p>(iv) 実施場所： ① 未踏科学技術協会 ② 東海・先端室</p> <p style="text-align: right;">別紙 ( 有, (無)</p>					

月)

作成  
日付

4年 2月12日

7.平成2年度実施決算額 (百万円) 調査研究委託費 10.0	8.平成3年度実施予算額 (百万円) 調査研究委託費 0.0	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 調査研究委託費 10.2 基礎試験装置製作費 12.7	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円) 試験費 20.0
合計 10.0	0.0	22.9	20.0

11. 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)

試験装置製作 2人×1年 1人×1年

12. 関連事項(協力部署, 共研の有無, 外部実施の理由等):

大阪大学 原子力工学科 三宅千枝教授との共同研究を動燃側の実験研究と並行して実施する。未踏科学技術協会への委託は、科学技術庁との関係から必要であり、研究の進捗状況に応じた委託研究テーマを設定する。

別紙(有, 紙)

13. 特記事項(研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等):

実不溶解残渣を用いたHOT試験を行う実験室の確保が困難である。

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長, フロンティア室長)総合所見:

本研究は再処理工程技術へ適用が実現されると、廃棄物発生量の低減化、工程の効率化、簡略化及び有用金属回収プロジェクトに必要な白金族元素の不溶解残渣が効果的に回収できる等の多くの利点を有している。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	平成 3年次		当 年 次				平成 5年次	
		4	3	4	7	10	1	4	3
	磁場利用技術に関する調査検討								
	磁気分離基礎試験装置の製作								
	磁気分離基礎試験(Cold, Hot)								

課題名 白金族元素のレーザー同位体分離技術開発			新規, 継続 施設設計画中
課題番号	9 2 B 3 0 1	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)	環境技術開発費 核種分離・消滅処理研究開発費	岸木 洋一郎	山口 大英
<p>1. 当年次までの目標, 手段, 効果予測, 事業団プロジェクト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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当年次までの目標: 天然パラジウムを用いたコールド試験によって, パラジウムのレーザー同位体分離法の原理実証を行う。</li> <li>・本研究はオメガ計画の核種分離・消滅処理研究の一環として実施しており, 有用金属の回収技術及び利用技術の開発との連携が不可欠である。</li> <li>・レーザー装置の設置環境に問題があるため故障等の発生頻度が高く, 試験に支障をきたしている。将来的にはレーザー応用技術開発施設のような専用施設が必要となる。</li> </ul>			
<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) 試験装置の設計製作とその諸特性の測定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本試験に使用する装置(電子銃を設置した真空チャンバー, レーザーシステム, 光イオン, 蛍光測定システムより構成される。)を設計した。</li> <li>・電子ビーム加熱により, 同位体分離に必要なパラジウムの原子蒸気圧が得られることを確認した。(本試験装置では, 最大3時間の連続発生が可能である。)</li> <li>・設計, 製作したレーザーシステムによって分離に必要な波長(276.3nm, 521.0nm)の光の発生と高効率な円偏光への変換が可能であることを確認した。</li> <li>・光イオン測定システムにより, 熱電離イオンの影響を除いて高感度にパラジウムイオンを検出できることを確認した。</li> </ul> <p>(2) パラジウムの光吸収特性の測定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パラジウムの二光子イオン化のしきい値を測定した。</li> <li>・オプトガバナニック効果を利用した分光法により, パラジウムのスペクトルを測定した。(レーザーの発振線幅とドップラー効果のため超微細構造は測定できなかった。)</li> <li>・分離に用いる光の波長(三波長三段階の励起電離方式)を決定した。(276.3nm, 521.0nm, 552.6nm)</li> </ul> <p>(3) 三波長三段階の光イオン化方式による天然パラジウム中の <math>^{105}\text{Pd}</math> の分離試験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・三波長三段階の励起電離方式により頭部分離係数 9.6 を得た。(22% <math>\Rightarrow</math> 73%)</li> <li>・核スピンの有無とレーザー光の偏光を組み合わせることにより同位体選択性を得るレーザー同位体分離法の原理実証を行った。</li> </ul> <p>(4) 回収されたパラジウムから <math>^{107}\text{Pd}</math> だけを分離する(本手法では <math>^{105}\text{Pd}</math> も <math>^{107}\text{Pd}</math> と同じ挙動をとる。)技術を考察した。</p>			
			別添(有, 無)

年 9 月)

作成  
日付 平成 3 年 1 2 月 1 0 日

3. 平成 試験費	2 年度実施予算決定額 〔累積 1 9 (百万円)〕	4. 平成 試験費	3 年度概算要求提出額 2 6 (百万円)
その他		その他	
合 計	1 9 (百万円)	合 計	2 6 (百万円)

5. 人員実績 (上記 2 の業務に係わる PNC 側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC 側人員数 (人・年) 役務員数 (人・年)

- |  |   |       |                               |
|--|---|-------|-------------------------------|
| (1) 試験装置の設計製作とその諸特性の測定                                 | } | 1 人・年 | 2 人・年<br>(新型濃縮技術開発室<br>業務協力員) |
| (2) バラジウムの光吸収特性の測定                                     |   |       |                               |
| (3) 三波長三段階の光イオン化方式による天然バラジウム中の <sup>103</sup> Pd の分離試験 |   |       |                               |

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

核燃料技術開発部 新型濃縮技術開発室

別添 (有, 無)

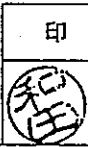
7. 予期しない新知見, その他特記事項等 :

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける :

登録資料 1 件, 特許出願 (日本国内, 米国, 英国, 仏国, 独国各 1 件), 外部発表 7 件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見 :

角運動量規則に基づいたレーザ同位体分離研究はあまり例がなく, この技術の応用面は他の元素にも適用が可能と考える。今後はその経済性も含めた応用研究を更に広く展開してゆきたい。



10. 研究開発スケジュール (実績)

No	項目	平成 元年次		当 年 次			平成 3 年次	
		10	9	10	1	4	7	10
(2)	光吸収特性		●					
(3)	分離試験	○						●



課題名 白金族元素のレーザー同位体分離技術開発				新規, 継続 施設計画中	
課題番号	9	2	B	3	0 / 1
作成責任者	岸本 洋一郎		作成者 山口 大英		
予算(項) 予算(目)	環境技術開発費 核種分離・消滅処理研究開発費				
<p>1. 開発目標: 再処理不溶解残渣中の白金族元素を回収し, 利用するにあたって, これを非放射性化する手段としてのレーザー同位体分離技術を開発する。 (<math>^{107}\text{Pd}</math>を核スピンの有無とレーザー光の偏光を組み合わせることにより同位体選択性を得るレーザー同位体分離法により, 分離除去できることを原理実証する。)</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) ウラン等の分離のために研究開発されているレーザー同位体分離法では分離が不可能な同位体シフトが小さい元素や超微細構造により複雑な吸収スペクトルを持つ元素が同位体分離可能となる。 特定の同位体に関して, 高感度, 非接触分析または検出技術への応用が期待される。</p>					
<p>3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果</p> <p>ウラン濃縮(レーザー法)への応用</p> <p>プルトニウムの高感度, 非接触分析または検出技術への応用</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>円偏光のレーザーを用いた同位体分離は, 現在まで報告された例はない。</p> <p>ガドリニウムの分離のために直線偏光のレーザー光を重ね合わせて分離する技術の開発が実施されている。(米国, 仏国, 日本(大阪大学))</p>					
<p>5. 前年次までの進捗状況(継続の場合):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験装置(バリジウムの原子蒸気発生用チャンバー, 分離試験用レーザーシステム, 光イオン測定システム)の設計, 製作を行い, 諸特性の測定試験を実施した。</li> <li>・分離のために必要な光学的パラメーターの測定試験の一部を実施した。</li> <li>・三波長三段階の光イオン化方式により, 天然のバリジウム中の<math>^{107}\text{Pd}</math>の分離試験を実施し, 分離係数9.6を得た。</li> </ul>					
<p>6. 当年次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):</p> <p>(i) 項目: (1) 同位体分離の効率を高めるための諸パラメーターのサーベイ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 波長, 出力の最適化</li> <li>2. 吸収及び電離断面積, 励起寿命の測定</li> <li>3. 自動電離レベルと電荷交換断面積の測定</li> </ol> <p>(2) <math>^{105}\text{Pd}</math>と<math>^{107}\text{Pd}</math>の相互分離技術の開発</p> <p>(ii) 実施方法(手順・手段):</p> <p>現在の試験装置と新規に開発する高精度レーザー分光システムを組み合わせることによって測定を行う。</p> <p>(iii) 内部, 外部実施の別: 内部実施</p> <p>(iv) 実施場所: ウラン濃縮施設 H棟</p> <p style="text-align: right;">別紙(有, 無)</p>					

9月)

作成  
日付 平成 3年12月10日

7.平成2年度実施決算額 試験費 7 その他	8.平成3年度実施予算額 (百万円) 10	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 10	10.平成5年次概算要求 希望額 (百万円) 試験費 5.0
合計 7 (百万円)	10	10	5.0

11. 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) 同位体分離の効率を高めるための諸パラメーターのサーベイ } 1人・年 1人・年
- (2)  $^{105}\text{Pd}$ と $^{107}\text{Pd}$ の相互分離法の開発

12. 関連事項 (協力部署, 共研の有無, 外部実施の理由等) :

核燃料技術開発部 新型濃縮技術開発室

共研 なし

外部実施 なし

別添 (有, 無)

13. 特記事項 (研究開発推進上の制約, 課題, 問題点等) :

- ・ホット試験を実施するにあたっては, 施設が必要となる。
- ・試験を実施するための要員が必要となる。

14. 本計画書作成責任者 (事業所先端室長, フロンティア室長) 総合所見:

原理実証の次のステップとしては, 分離後の回収方法に大きな課題がある。分離元素の利用にたじた回収技術を考察してゆく必要がある。

15. 研究開発スケジュール (計画)

No.	項目	平成 2年次		当 年 次			平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10
0	分離試験	●						
1	パラメーターのサーベイ							
①	波長, 出力		○	●				
②	断面積, 寿命				○	●		
③	自動電離, 電荷交換の断面積						○	
2	相互分離試験						○	

課題名 オフガス中の放射性核種分離回収技術開発				新規、 <u>継続</u> 施設計画 中	
課題番号 9 2 B 3 0 2		作成責任者 和田 幸男		作成者 鈴木 政浩	
予算(項) 燃料開発費 予算(目) 核燃料サイクル技術開発費		和田 幸男		鈴木 政浩	
1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクトへの反映の見通しと実績との対比、増勢変化、問題点等概略記述： <p style="margin-left: 40px;">再処理オフガス中の放射性核種 ( <math>^3\text{H}</math>, <math>^{14}\text{C}</math>, <math>^{85}\text{Kr}</math>, <math>^{129}\text{I}</math> 等 ) を効率的に分離回収する事を目的とし、作業物質を介したレーザー法を有効的に活用しながら、同位体分離の基礎特性を把握する。</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： <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在までに、レーザー同位体分離試験を実施できる装置整備を行った。</li> <li>・炭素同位体分離に有効な作業物質 ( フロン 2 2 ) を使用し、解離基礎試験を実施した。</li> <li>* 解離基礎試験とし、フロン 2 2 ( <math>\text{CF}_2\text{HCl}</math> ) のレーザー照射波長による解離しきい値測定を行った。また、レーザー照射エネルギーによる反応生成物の解離量及びに分離係数の測定を行った。</li> <li>・内部実施以前に、東大工学部 鈴木教授の研究室への委託研究で「レーザーによる長半減期気体廃棄物の同位体分離に関する研究」のテーマにて、文献調査と分離基礎試験を行った。</li> </ul>					
別添 ( 有、 <u>無</u> )					

3年9月)

作成  
日付

4年 2月 7日

3. 平成 試験費	3年度実施予算決定額 (累積 22.2 (百万円))	4. 平成 試験費	4年度概算要求提出額 (百万円) 22.6
その他		その他	10
合計	22.2 (百万円)	合計	32.6 (百万円)

5. 人員実績(上記2の業務に係わるPNC側(含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等):  
実施項目 PNC側人員数(人・員) 役務員数(人・年)

・レーザー分離基礎試験 1 0

6. 関連事項(協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等):

東大工学部原子工学科原子力化学工学研究室への委託研究(1987~1990)

別添(有, ㊟)

7. 予期しない新知見, その他特記事項等:

特になし。

8. 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)の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける:

委託研究報告書 4件

9. 本報告書作成責任者(事業所先端室長orフロンティア室長)総合所見:



放射性元素の同位体分離は, 廃棄物の減容, 放出低減化及びその利用の効率化等に反映でき, また, 目的の安定元素のみの利用に関連した同位体分離にもその応用が期待できる。

印



10. 研究開発スケジュール(実績)

No.	項目	平成 2年次		当 年 次			平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10
1	実験室整備	←						
2	試験装置整備			←				
3	レーザー基礎				←			
4	分離基礎試験						←	

課題名 オフガス中の放射性核種分離回収技術開発					新規、  施設計画			
課題番号	9	2	B	3	0	2	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					和田 幸男		鈴木 政浩	
1. 開発目標： 再処理オフガス中の長半減期核種を分離回収する事で、気体廃棄物の低減化及びに利用価値の高い同位体元素の回収を目的とし、効率的なレーザー法を利用して同位体分離プロセスの確立とその最適化を行う。								
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） 再処理工程から発生する気体廃棄物の放出を低減化させる事が原理的に可能となり、また、自然科学分野関連に利用価値の高い同位体を本来、気体廃棄物であったものから分離回収する事は、社会的、経済的にも意義のある事と考える。								
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 今後、再処理の処理量が増加するに伴い、特に長半減期の気体廃棄物の処理処分等に関する問題が、さらにクローズアップされてくると予想される。また、窒化物燃料を利用する際にも、 <sup>14</sup> C等の問題が考えられる。本研究成果は、再処理工程の高度化へ反映されると考えられる。								
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）： レーザー法による同位体分離は、あらゆる元素が適用可能となるが、現在、主に研究されている軽元素（H、C、N、O等）では、天然存在比の物質からの濃縮である。本技術開発テーマは、再処理工程からの放射性同位体元素を分離回収する技術であり、あまり研究実績のないテーマである。								
5. 前年次までの進捗状況（継続の場合）： 試験装置の整備を進め、炭素同位体分離に有効な作業物質（フロン22）を使用し、解離基礎特性試験を実施した。								
6. 当年次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： ・レーザー同位体分離条件の最適化 ・試料合成装置の開発 （オフガス中に存在する化学形態から、レーザー法に有効な作業物質への置換プロセスの確立） (ii) 実施方法（手順・手段）： 炭素同位体分離に有効な作業物質（フロン22）を使用し、それに適する炭酸ガスレーザーを照射する。反応生成物の定量分析にガスクロマトグラフと四重極質量分析計を使用する。 (iii) 内部、外部実施の別： 内部実施 (iv) 実施場所： 検査第2レーザー試験室 別紙（有、  ）								

7.平成2年度実施決算額 試験費 23.2 その他	8.平成3年度実施予算額 (百万円) 22.2	9.平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 14.1	10.平成 年次概算要求 希望額 (百万円) 試験費
合計23.2(百万円)	22.2	14.1	

11. 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)

レーザー分離試験 1 0

12. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :

特に現在、共同研究等の計画はない。今後、実験の成果に従って関連する研究機関との協力関係を  
考えていく。

別添(有、無)

13. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :

現在は、コールド施設であるため、安定同位体を使用する試験のみである。  
今後、実際の放射性核種を使用した試験を実施するためには、ホット施設が必要となる。

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見 :

実工程へ適用するためには、今後多くの課題を解決してゆかなければならない。そのため、着実な基礎  
研究を積み重ねてゆく。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	平成 2年次		当 年 次				平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10	9
1	分離基礎試験								
2	分離基礎試験								

課題名						新規、継続 施設計画中	
レーザー利用技術開発						レーザー溶液化学技術の開発	
課題番号	9	2	B	3	0	3	
作成責任者						和田 幸男	
作成者						和田 光二	
予算(項)	研究開発費						
予算(目)	核燃料サイクル						
<p>1. 当年次までの目標、手段、効果予測、事業団プロジェクト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：</p> <p>PuとNpの相互分離を目的とした光原子価制御技術の適用性基礎研究を実施した。 平成元年から平成2年頃までに、<math>1 \times 10^{-4}</math> mol/l程度のうすい溶液でのPu、Npの基本的な光照射挙動試験を実施した。 その結果水銀ランプ光での硝酸溶液中でのPu(IV)、Np(V)への原子価制御が可能であることの見通しを得た。 平成3年度からは実再処理工程に近い濃度条件における光原子価制御確認試験を行い、実工程へ導入できる可能性を見いだした。 また、これらの光原子価制御反応メカニズムの理論検討も実施した。</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>原子価分析法： 通常使われている分光光度法などによる原子価分析では、検出限界が高く、本試験では使用できない。そのため、抽出クロマトー放射能分析法を検討し、Pu、Npの原子価分析を確立した。この方法により、各原子価濃度でそれぞれ Pu <math>2 \times 10^{-7}</math> mol/l、Np <math>3 \times 10^{-5}</math> mol/lの検出限界が得られた。</p> <p>光照射試験： Pu、Npの単体及び混合系で、硝酸溶液中における光励起による、原子価調整試験を実施した。照射光には超高圧水銀ランプを使い、照射容器には分光光度用セルを使った。照射条件は、Pu濃度 <math>1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}</math> mol/l、Np濃度 <math>1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}</math> mol/l、硝酸濃度0.17～8N、照射強度0.015～1.5W/cm<sup>2</sup>、照射時間0～150分、溶液容量2ℓ、溶液温度30℃で行った。</p> <p>その結果、以下のような知見が得られた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pu(III)は、光照射によってPu(IV)を経てPu(VI)まで酸化される。</li> <li>• Pu(III)は、光照射において硝酸濃度が濃い方がPu(IV)にはなり易く、Pu(VI)になり難い。</li> <li>• Npは、光照射する事によってNp(V)へ調整できる。</li> </ul> <p>以上の試験から、Pu <math>1 \times 10^{-2}</math> mol/l、Np <math>1 \times 10^{-3}</math> mol/lの実工程に近い濃度においても、最適な照射条件でPu(IV)、Np(V)に調整でき、溶媒抽出によりPuを有機相側へ、Npを水相側へ分離できる事が解った。また、この時の硝酸3NにおけるPu(III)からPu(IV)へ変化させる量子収率は約15%であった。この量子収率であれば、今後より効率の高い装置に改良する事により、実用化の可能性がある。</p> <p>• Pu、Npの光酸化還元挙動メカニズム研究においては、この研究に関連する文献のほとんどが述べている、硝酸の光分解生成物の亜硝酸による酸化還元反応だけが基本的な反応ではないことが解った。 それは各原子価の光吸収励起種及び硝酸イオンの光吸収励起種の励起による標準電極電位の変化によるギブスの自由エネルギー差の増大が、酸化還元反応に大きく寄与していると考察した。</p>							
別添 (有、 <u>Ⅲ</u> )							

3. 平成 3年度実施予算決定額 試験費 (累積) (百万円)	4. 平成 4年度概算要求提出額 試験費 (百万円)
27	37
その他	その他
合計 27 (百万円)	合計 37 (百万円)

5. 人員実績 (上記2の業務に係わるPNC側 (含む出向, 業協人員及び役務員, 客員研究員等) :  
実施項目 PNC側人員数 (人・員) 役務員数 (人・年)

光照射ホット試験	1	1
反応理論解析	1	

6. 関連事項 (協力部署, 共研, 外部実施上の課題, 問題点等) :

外部委託 東京大学  
レーザー熱レンズ法による低濃度アクチニド分析技術の開発  
Pu, Np等の原子価分析の検出限界を下げる方法として, 熱レンズ分析法の検討を実施した。ウランを使った分析では, 硝酸溶液中で  $1 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$  が得られた。別添 (有, (無))

7. 予期しない新知見, その他特記事項等:

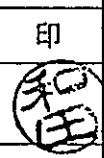
従来の研究では亜硝酸の酸化還元反応のみを考え, 研究しているところがほとんどであったが, 共存するイオン種すべての光吸収励起種の電極電位への変化を考察した光溶液化学研究へ展開できた。

8. 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) の各件数のみ記載し, 別添資料リストをつける:

外部発表 6件 特許 1件

9. 本報告書作成責任者 (事業所先端室長 or フロンティア室長) 総合所見:

従来の国内外での光溶液化学研究では, 光分解生成物と目的分子種の酸化還元反応に重点を置いた基礎研究が多かった。本研究では直接的な光励起種と共存する分子種の酸化還元反応に重点を置いた解析評価を試みている。



10. 研究開発スケジュール (実績)

No. 項目	平成 元年次		当 年				平成 3年次	
	10	9	10	1	4	7	10	9
1 分析法検討								
2 光照射試験 (Pu, Np挙動)								



課題名 レーザー利用技術開発 レーザー溶液化学技術の開発			新規、継続 施設計画中					
課題番号	9	2	B	3	0	3	作成責任者	作成者
予算(項) 予算(目)	研究開発費 核燃料サイクル基盤技術開発費					和田 幸男	和田 光二	
1. 開発目標： 光照射による硝酸溶液中の Pu, Np の原子価調整を再処理実工程の濃度レベルで実施し、光溶液化学法の再処理工程への実用化の可能性を調べる。								
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) 本技術を再処理工程技術に導入することにより、今まで原子価調整に必要としていた試薬を低減化でき、そのことにより廃棄物の発生量を減らすことができる。また、工程における元素の分離係数を向上させることにより、アクチノイド元素及び長寿命核種の廃棄物からの分離が可能であり、廃棄物の処理処分の負担を軽減できる。これらの効果として、工程の簡略化、経費の削減が期待できる。								
3. 事業団のプロジェクト技術への反映効果 光照射による Pu, Np の原子価調整法が確立すれば、最初の効果として現再処理工場の Pu 精製工程の原子価調整に利用できる。Pu (III) から Pu (IV) への酸化反応を試薬を全く使わず、実施できる、また Np (V) に調整できることから、Pu と Np の分離が可能となる。								
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)： 光溶液化学の核燃料再処理技術への適用性研究は、アルコール及び過酸化水素等の添加による U (VI) → U (IV) への還元と Pu (III) → Pu (IV) への酸化を組み合わせただけで、本研究のような、酸化還元試薬は何も使用せずに、実工程に利用できる可能性を示したものは無い。また光酸化還元メカニズムを光励起種の電気化学的な面から考察したものは国内外共にない。								
5. 前年次までの進捗状況(継続の場合)： Pu, Np 混合溶液系での光照射試験を実施した。Pu, Np 混合硝酸溶液へ光を照射する事により Pu (III) を Pu (IV) へ酸化させ、Np は Np (V) へ調整できる知見を得た。この時の照射条件は、濃度が Pu $1 \times 10^{-2}$ mol/l、Np $1 \times 10^{-3}$ mol/l であり、実工程に近い濃度で照射試験を実施し、Pu (III)、Np (V) に 100% 近く調整する事ができた。このことにより、Pu と Np を溶媒抽出により、Pu を有機相側へ、Np を水相側へ分離でき、高分配が期待できる。								
6. 当年次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：								
1) Np (V) の近赤外光照射による不均化反応試験 2) Pu, U, Np 混合溶液照射抽出分離試験 3) 光照射酸化還元反応速度定数の決定と最適光照射シュミレーションコードの開発 4) 微量分析法の検討								
(II) 実施方法(手順・手段)：								
1) Np (V) の吸収波長約 980 nm 光を用いた光励起不均化挙動を調べる。 2) 照射条件として、照射波長、溶液温度をパラメータとした試験を継続する。 3) グローブボックス内の Pu, Np 微量分析法として、レーザー熱レンズ法の検討を行う。 4) Pu (III) → Pu (IV)、Pu (IV) → Pu (VI)、Pu (VI) → Pu (IV) への速度定数を実験的に求める。								
(III) 内部、外部実施の別：								
(IV) 実施場所：								
上記内容は、すべて内部実施で行う。						東海事業所 B棟 管理区域 別紙 (有、 <u>無</u> )		

作成  
日付

平成 2年 2月10日

7. 平成2年度実施決算額 試験費 37  その他	8. 平成3年度実施予算額 (百万円) 68	9. 平成4年度実施予算要求 予定額 (百万円) 37	10. 平成5年次概算要求 希望額 (百万円) 30 試験費
合計37(百万円)	68	37	30

11. 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)

光照射ホット試験	1	1
解析、評価	1	

12. 関連事項(協力部署、共研の有無、外部実施の理由等)：

共同研究 東京工業大学  
・アクチニド元素の光溶液化学反応過程の基礎研究  
本研究で実施している硝酸溶液での光化学反応過程、硝酸及び亜硝酸とアクチニド元素の光励起時における反応メカニズムについては、よく知られていない。そのため、ウラン等の原子価反応の測定、解析を行っており、専用の測定機器も揃っている東京工業大学と共同で研究を実施する。

別紙 (有, )

13. 特記事項(研究開発推進上の制約、課題、問題点等)：

今後、新たな装置を必要とする試験及び実用化のためのスケールアップした試験を実施するためには、現在の設備では、実施が難しい。

14. 本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見：

光溶液化学研究は、その基本的な基礎研究を実施しそこから核燃料サイクル技術への適用性を評価してゆくことが重要と考える。

15. 研究開発スケジュール(計画)

No.	項目	平成 2年次		当 年			平成 4年次	
		10	9	10	1	4	7	10
1	Np(V)不均化							
2	Pu, U, Np 光照射							
3	反応速度定数試験							
4	微量分析法の検討							

課題名 化学レーザーの開発(化学励起ヨウ素レーザーの開発)				新規・ <del>継続</del> 施設計画 <del>中</del>				
課題番号	9	2	B	3	10	4	作成責任者	作成者
予算(項)	燃料開発費						北谷 文人	北谷 文人
予算(目)	核燃料サイクル技術開発費							
1. 当年次までの目的、手段、効果予測、事業団プロジェクトへの反映の見通しと実績との対比、情勢の変化、問題点等概略記述： <p>高効率、高出力のレーザーとして期待される化学レーザーのなかで純粋な化学反応のみで光を発生し発生する光が石英ファイバーを用いてパワー伝送可能であると言う特長を持つ化学励起ヨウ素レーザーの高効率動作を目標として研究を行う。</p> <p>当年次までにレーザー動作の試験を行う試験室の整備を行い、出力100W級の試作機の設計製作を行った。</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 <p>実績項目：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 試験室の整備 東海事業所検査技術第二開発室に出力100W級の試作機のための試験室を設定し試験用備品、測定装置等の準備をほぼ終了。</li> <li>2) 出力100W級の試作機の設計製作 出力100W級の試作機の設計製作を行い、動作試験として励起酸素の発生試験を開始した。</li> </ol>								
								別添 <del>(有)</del> (無)

作成日付 4年 2月 15日

3.平成3年度実施決定額 [累積 50 (百万円)]		4.平成4年度概算予算要要求提出額 (百万円)							
試験費 11		試験費 20							
その他 0		その他 0							
合計 (百万円) 11		合計 (百万円) 20							
5.人員計画 (上記2 の業務に係わるPNC側の人員および役員、客員研究員等) :									
実施項目	PNC側の人員数(人.年)	役務人数(人.年)							
1) - 2)	1 (人.年)	0 (人.年)							
6.関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :									
開始年度に工業開発研究所(現 産業創造研究所)に調査等を依頼									
別添 (X) (無)									
7.予期しない新知見、その他特記事項等 :									
特になし									
8.成果物 :									
依頼研究資料 1 外部発表 1									
9.本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見 :									
実質1人で装置の設計、製作、調整、動作試験等をこなしているなのでその努力は大変である。今後出来るだけ早くレーザを発振させ、この光を用いた応用(同位体分離等)の研究に発展させたい。			印						
			(印)						
10.研究開発スケジュール (計画)									
No.	年次 項目	平成2年次		当 年 次			平成4年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
1)	試験室の整備		○						
2)	動作試験		○						


課題名 化学レーザーの開発(化学励起ヨウ素レーザーの開発)				新規・ <b>継続</b> 施設計画中				
課題番号	9	2	B	3	0	4	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				北谷 文人		北谷 文人		
1.開発目的： 高効率、高出力レーザー光源としての化学励起ヨウ素レーザーの開発								
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) YAG、CO、CO2 レーザに代わるレーザー光源となりうる。								
3.事業団のプロジェクト技術への反映効果 ファイバーでのエネルギー伝送可能なパワーレーザーとしてセル内での加工、ラッパ管の切断などに利用できる。								
4.国内外の現状のレベル：(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) 川崎重工業で1KW実験機が動作中で、民生用としては、世界で唯一と思われる。 競合相手は、少ない。								
5.前年度までの進捗状況： 出力100W級の試作機を設計、製作し動作試験を開始した。								
6.当年次以降の計画実施内容： (i) 項目： 1) 動作試験 2) パルス化試験  (ii) 実施方法： 100W試作機の動作試験を行い装置のパラメータを収集し最適動作条件を探る。  (iii) 内部、外部実施の別： 内部  (iv) 実施場所： 東海先端室								
別添 <b>㊦</b> <b>㊧</b>								

作成日付 4年 2月 15日

7.平成2年度実施決算額 (百万円)		8.平成3年度実施予算額 (百万円)		9.平成4年度実施予算要求 (百万円)		10.平成5年度概算要求 希望額 (百万円)		
試験費	15	試験費	11	試験費	8	試験費	20	
その他	0	その他	0	その他	0	その他	0	
合計 (百万円)		11		8		20		
11.人員計画 (上記6. の業務に係わるPNC側の人員および役員、客員研究員等) :								
実施項目		PNC側の人員数(人・年)			役員人数(人・年)			
1) - 2)		1 (人・年)			0 (人・年)			
12.関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等) :								
共研等特になし。								
別添 (株) (株)								
13.特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等) :								
特になし。								
14.本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見 :								
大出力、高効率レーザとしての利用価値は、高いと思われる。 今後は、この光を利用した具体的な核燃料サイクル技術への応用研究も軌道に乗せて 行きたい。								
15.研究開発スケジュール (計画)								
No.	項目	平成3年次		当 年			平成5年次	
		10	9	10	1	4	7	10
1)	動作試験							
2)	パルス化試験				○			

課題名 FELの開発(FELの光学系の開発)				新規・ <del>継続</del> 施設計画 中	
課題番号 9 2 B 2 10 5		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		北谷 文人		北谷 文人	
1. 当年次までの目的、手段、効果予測、事業団プロジェクトへの反映の見通しと実績との対比、情勢の変化、問題点等概略記述： <p style="margin-left: 40px;">                     原子力用新レーザーの開発(クロスオーバー研究)の一環として動燃は、周辺技術の開発を担当                      FEL用の高性能光学系の開発を進めている。                      現在、FEL用の高性能鏡のコーティング材として炭素膜(ダイヤモンド膜)を考え光学用炭素膜                      の製作のための基礎的試験を実施している。                      また、国内外のFELの開発状況および高性能鏡の開発状況の調査を行っている。                 </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 <p style="margin-left: 40px;">                     実績項目：                 </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 光学用ダイヤモンド膜の製作                      FEL用高性能光学系のためのコーティング材としてダイヤモンドを考え光学用ダイヤモンド                      薄膜製作のためのイオン化蒸着装置の作製を行った。</li> <li>2) 国内外のFELの開発状況および高性能鏡の開発状況の調査                      電気通信大学レーザー極限技術研究センター 植田憲一教授に国内外のFELの開発状況                      および高性能鏡の開発状況の調査を依頼した。</li> </ol>					
別添 <del>①</del> ②					

作成日付 4年 2月 15日

<p>3.平成3年度実施決定額 [累積 20 (百万円)]</p> <p>試験費 5 その他 5</p>	<p>4.平成4年度概算予算要要求提出額 (百万円)</p> <p>試験費 10 その他 3</p>																																																					
<p>合計 (百万円) 10</p>	<p>合計 (百万円) 13</p>																																																					
<p>5.人員計画 (上記2 の業務に係わるPNC側の人員および役員、客員研究員等) :</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">実施項目</td> <td style="width:40%;">PNC側の人員数(人.年)</td> <td style="width:40%;">役務人数(人.年)</td> </tr> <tr> <td>1) - 2)</td> <td>1 (人.年)</td> <td>0 (人.年)</td> </tr> </table>		実施項目	PNC側の人員数(人.年)	役務人数(人.年)	1) - 2)	1 (人.年)	0 (人.年)																																															
実施項目	PNC側の人員数(人.年)	役務人数(人.年)																																																				
1) - 2)	1 (人.年)	0 (人.年)																																																				
<p>6.関連事項 (協力部署、共研、外部実施上の課題、問題点等) :</p> <p>原子力用新レーザの開発(クロスオーバー研究)の一環として実施 電気通信大学 レーザ極限技術研究センター植田研究室へ調査研究を依頼 別添 (株) (無)</p>																																																						
<p>7.予期しない新知見、その他特記事項等 :</p> <p>特になし</p>																																																						
<p>8.成果物 :</p> <p>依託研究資料 2</p>																																																						
<p>9.本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見 :</p> <p>本研究は、クロスオーバー研究の一環としてFEL研究の1部のテーマについて実施しているものであり、動燃のレーザ光源研究に係わる対外的な窓口の要素もあるテーマである。この研究開発の成果については、FEL分野だけでなく広い応用が期待できる。</p>																																																						
<p>印</p> 																																																						
<p>10.研究開発スケジュール (計画)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">年次 項目</th> <th colspan="2">平成2年次</th> <th colspan="3">当 年</th> <th colspan="2">平成4年次</th> </tr> <tr> <th>10</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>1</th> <th>4</th> <th>7</th> <th>10</th> <th>9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1)</td> <td>ダイヤ膜合成</td> <td></td> <td>⊕</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2)</td> <td>状況調査</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		No.	年次 項目	平成2年次		当 年			平成4年次		10	9	10	1	4	7	10	9	1)	ダイヤ膜合成		⊕						2)	状況調査																									
No.	年次 項目			平成2年次		当 年			平成4年次																																													
		10	9	10	1	4	7	10	9																																													
1)	ダイヤ膜合成		⊕																																																			
2)	状況調査																																																					



課題名 FELの開発(FELの光学系の開発)				新規・ <del>継続</del> 施設計画中			
課題番号	9	2	B	3	105	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				北谷 文人		北谷 文人	
1.開発目的： 高反射率、高光耐力を持つFEL用高性能鏡の開発							
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) 極限的なレーザー技術(FEL、レーザー核融合、重力波の検出など)に大きな効果が期待できる。							
3.事業団のプロジェクト技術への反映効果 直接的には、ない。 ただし、極限的なレーザーを用いるプロジェクト技術があれば利用可能である。							
4.国内外の現状のレベル：(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) 日本国内ではFELなどの極限的なレーザーに用いる事の出来る高性能光学系の開発は、着手されたばかりであり、海外においてもこのような研究は、数少ない。							
5.前年度までの進捗状況： FEL用高性能光学系のためのコーティング材としてダイヤモンドを考え光学用ダイヤモンド薄膜製作のためのイオン化蒸着装置の作製を行った。							
6.当年次以降の計画実施内容： (i) 項目： 1) 光学用ダイヤモンド膜の製作 2) 高品位アルミナ膜との多層化 3) 光耐性試験 (ii) 実施方法： イオン化蒸着法によって光学精度を持ったダイヤモンド薄膜を製作し、その光学的性能を試験する。 (iii) 内部、外部実施の別： 内部 (iv) 実施場所： 東海先端室							
別添 <del>(株)</del> <del>(無)</del>							

作成日付 4年 2月 15日

7.平成2年度実施決算額 (百万円)	8.平成3年度実施予算額 (百万円)	9.平成4年度実施予算要求 (百万円)	10.平成5年度概算要求 希望額 (百万円)						
試験費 5	試験費 6	試験費 8	試験費 20						
その他 5	その他 5	その他 3	その他 5						
合計 (百万円)	11	11	25						
11.人員計画 (上記6. の業務に係わるPNC側の人員および役員、客員研究員等):									
実施項目	PNC側の人員数(人・年)	役員人数(人・年)							
1) - 3)	1(人・年)	0(人・年)							
12.関連事項 (協力部署、共研の有無、外部実施の理由等):									
原子力クロスオーバー研究会 電気通信大学 レーザー極限技術研究センター 高性能光学薄膜研究会									
別添 <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>									
13.特記事項 (研究開発推進上の制約、課題、問題点等):									
特になし									
14.本計画書作成責任者(事業所先端室長、フロンティア室長)総合所見:									
レーザの光源および光学系の研究については分子レーザ濃縮研究とも関係する部分 もあり動燃のレーザ利用研究の3から5年先を展望した展開を考えておく必要がある。									
15.研究開発スケジュール (計画)									
No.	年次 項目	平成3年次		当 年			平成5年次		
		10	9	10	1	4	7	10	9
1)	ダイヤモンド膜合成								
2)	多層化							○	
3)	光耐性試験					○			