

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2001. 6. 20

[技術情報室]

長寿命放射性核種の分離：

PNC/CEA技術協力の総括と今後

Partitioning research on Long-Lived Radionuclides

in the frame of PNC/CEA collaboration:

— Results in the period of 1991-1998 and Prospects —

1998年6月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

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

複製, 転載,
い。また今

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001



「長寿命放射性核種の分離；PNC/CEA 技術協力の総括と今後」

Partitioning research on Long-Lived Radionuclides in the frame of PNC/CEA collaboration;
Results in the period of 1991 - 1998 and Prospects -

小沢 正基

要 旨

高レベル放射性廃液中の長寿命核種の分離に関する本協力は、フランス原子力庁(CEA)との間で1991年に調印された「先進技術に関する協力協定(Advanced Technology Agreement)」に基づいている。協定の有効期間は当初1991年6月14日～1996年6月13日であったが、1996年に更に5年延長され、現在に至っている。

「核種分離」は本協定のうちの「燃料サイクルの廃棄物に関連する革新技术」のカテゴリーに属し、カバーする技術的範囲は、マイナーアクチニド(MA)や長寿命核分裂生成物(LLFPs)の分離・消滅にまつわる戦略的研究、新抽出剤によるMA/FPs分離、MA/Ln分離及びLLFPsの分離に関する互いの研究情報の交換及び共同研究である。研究情報の交換は専門家会議を通して行った。具体的な情報交換の項目と件数は次の通りであった。

情報交換のテーマ	PNC	CEA	PNC/CEA
全体研究計画、戦略的研究	18	12	
技術報告	38	45	3
TRUEX 法*a, DIAMEX法*b	9	9	
CMPO*a, DIAMIDE *b	7	6	
Macrocycles(新抽出剤)	3	4	
Np制御技術	3	3	
MA/Ln 分離	6	11	3
基礎化学(分子設計等)	7	8	
高温冶金、Non-SX	3	4	
注)*a: PNC, *b: CEA	56	57	3

本協力では、「分離」における基礎化学から再処理システムまで、幅広く議論している。過去7回の専門家会議においては双方から、質の高い最新の情報が提供され、互いの研究開発に大きな刺激となった。また本協力を通して、4人の研究員の相互派遣による共同研究が実現し、著しい成果を挙げる事ができた。

本報告は「動燃」におけるCEAとの分離技術に関する協力を総括し、「核燃料サイクル開発機構」移行後の協力を展望するものである。

目 次

1. 経緯-----	1
2. 協力の概要-----	2
(1) 情報交換-----	2
(2) 共同研究-----	4
3. 本協力の成果-----	6
(1) 技術評価-----	6
(2) CEAの研究戦略-----	11
4. まとめと今後の協力-----	14
5. 別添-----	16
5-1.抽出分離技術の比較-----	17
5-2. 専門家会議-----	22
5-3. プレゼンテーションのタイトル、報告者-----	23
5-4. 研究員の相互派遣-----	29
5-5. 報告書-----	30
5-6. 外部発表-----	33
5-7.フランスのバックエンド政策（第31回原産年次大会講演）-----	34
ヤニック・デスカタ；フランス原子力庁長官	
クロード・マンディル；フランス産業省エネルギー・資源総局長	
5-8. CEAの主要分離研究者リスト-----	38

1. 経緯

動燃事業団（PNC）は1991年（平成3年）6月14日にフランス原子力庁（CEA）との間で『先進技術に関する協力協定(Advanced Technology Agreement)』を調印した。本協定が包括する分野は、高速増殖炉の先進技術と燃料サイクルにおける廃棄物処理処分に関連した革新・基盤技術である。「核種分離」は「核種変換」と共に廃棄物処理処分関係の革新技術のカテゴリーに属す。基盤技術には「放射性核種の地球化学」、「廃棄物固化体の長期挙動」、「廃棄物処理」及び「施設の解体」がある。本協定の有効期間は、

1991年 6月14日～2001年 6月13日（10年間）

第Iフェーズ：～1996年 6月13日（5年間）

第IIフェーズ：～2001年 6月13日（5年間）

で、この間情報の交換、専門家の派遣、研究員の交換による共同研究を行うと取決めた。協定の覚書では「核種分離」における協力の技術的範囲は大まかに次のように規定している。

マイナーアクチニドの分離・消滅にまつわる戦略的研究
新しい抽出剤によるマイナーアクチニドの抽出プロセス

情報交換は専門家による会合（専門家会議）により行うこととし、1991年の11月の第1回会議から、毎年1回、相互の施設にて交互に開催することで合意した。具体的な情報交換のテーマについては、適宜見直すこととし、コーディネータ間の合意事項として専門家会議の公式会議議事録に残すものとした。PNC 及びCEA の技術コーディネータ（TC）を以下に示す。

(PNC) 岡本弘信(前再開室長) 1991～1993 (CEA) C.MADIC(Marcoule) 1991～現在
小沢正基(再開部担当役) 1994～現在

本報告は、動燃におけるCEAとの「核種分離」分野での協力を総括し、新法人移行後の協力を展望するものである。

これらについては、評価項目も含め、今後の情報交換でさらに充実させていく必要がある。また、本年から始まる原研との共同研究においても、同様の比較が予定されている。

アルカリ、アルカリ土類系の長寿命FPカチオンの分離については、双方がそれぞれ基礎的研究を行っており、イオンサイズの認識性のある大環状化合物が有望と認識していたことから、1993年より情報交換の項目に追加することとした。これに関連し1994年からは計算化学も追加した。このアプローチは、系統的に異なった分子構造の抽出剤と金属イオンとの錯体のエネルギーを計算で求め、それらと実抽出データとの間の相関性を検討して、静電的あるいは立体障害性等の点で規則性を見い出すことによって、最終的には新分子の設計指針を得ようとする原子力の分野では新しい試みである。

一方、1995年の会議ではPNCから高温冶金法による再処理の研究を提案し協力が始まった。1998年の第7回会議ではCEA側から再度これに関する追認提案があり、今後議論が本格化することが期待される。第7回会議終了時において確定している協力研究項目は次の通りである。

CMPO-TRUEX(PNC), DIAMIDE-DIAMEX(CEA)法によるMA分離*a
 高度化PUREX(PNC)/PURETEX(CEA)によるNp抽出強化*b
 大環状化合物による長寿命FP核種の分離*b
 錯化剤あるいは抽出剤によるMA/Ln分離*c
 溶媒抽出あるいは酸化還元法によるAm/Cm分離*c
 新抽出剤の分子モデリング及び分子設計*c
 高温冶金法*d
 新溶媒抽出法あるいは非溶媒抽出法*e

注) *a: 第1,2回会議で決定、*b: 第3回会議以降追加、*c: 第4回会議以降追加
 *d: 第5回会議以降追加、*e: 第7回会議以降追加

専門家会議の経緯を別添5-2に示す。1991年以降フランスで4回、東海事業所で3回、それぞれ約1週間の日程で会議を開催している。また会議期間中、CPF、TRP、「常陽」(PNC)、ATALANTE、「PHENIX」(CEA)等、双方の主要研究施設の見学が行われている。

会議において発表された技術報告を別添5-3に纏める。当初の技術報告は、それぞれの研究姿勢を反映して、PNCは既存の抽出剤及び錯化剤を用いた応用研究に、CEAは抽出剤分子構造の改良、新しいMA/Ln分離配位子の探索、計算化学による分子モデリング等の基礎化学に片寄っていたが、昨今の会議では双方ともバランスがとれてきている。

科学技術上の課題については、日本は伝統的に"improvement"で対処し、欧米は"innovation"に挑戦する傾向があるといわれているが、その例が双方のMA、MA/Ln分離法の開発に表われている。CEAの場合2006年というゴールは決まっており、このスパンで技術開発を見た場合、まだ選択肢を広げる時期という判断もあるものと思われる。

一件当たりの発表に与えられた時間は平均45分で、通常の国際学会に比べれば遥かに

情報交換のテーマ	PNC	CEA	PNC/CEA
全体研究計画、戦略的研究報告	18	12	
技術報告	38	45	3
TRUEX 法*a, DIAMEX法*b	9	9	
CMPO*a, DIAMIDE *b	7	6	
Macrocycles(新抽出剤)	3	4	
Np制御技術	3	3	
MA/Ln 分離	6	11	3
基礎化学(計算化学等)	7	8	
高温冶金、Non-SX	3	4	
注) * a : PNC, * b : CEA	56	57	3

充実している。また実際の研究者からの報告も魅力のある点である。

ジャンル別の発表件数は上表の通りで、戦略的研究(PNC:18件、CEA:12件)及び技術研究(PNC:38件、CEA:45件、PNC/CEA共研:3件)とも、件数的にはほぼバランスしている。経時的に見ると、MA分離抽出剤・法については万遍ない報告が双方よりなされているが、後半の会議からは最大の課題であるMA/Ln分離法に関する報告件数が著しく増加している。第2次派遣研究員による共同研究のテーマもこれに沿ったものである。

ところで、第Iフェーズ後半当たりからのCEAの分離研究の充実振りには目を見張るものがある。CEAの研究体制の強化及び全ヨーロッパを巻き込む研究戦略は、日本(PNC等)のそれを遙かに凌駕している。しかしながらPNCは、実高レベル放射性廃液からのMA分離を、多段向流抽出法によって世界に先駆けて実証しており、その結果、二次廃棄物の発生を抑制しうるユニークなMA抽出フローシートを提示している。また最近、マイルドな電解析出条件による白金族FP・Re (Tc) イオンの定量分離も見い出ししており、今後の研究の進展によっては、PUREX及びTRUEX (DIAMEX) 法を抜本的に改良する可能性や高レベル放射性廃液中の長寿命FP (Pd-107, Tc-99, Se-79) の分離の可能性も示唆している。

PNCはDIAMEX法に対抗するTRUEXの開発者というポジションの他に、"Salt-Free"の理念に基づき、いくつかの研究項目において他者へのオリジナリティーを維持しているものと自己評価できる。

(2)共同研究

別添5-4に派遣研究員による共同研究を示す。第1次派遣研究員の任期は6ヶ月間であったが、海外で短期間に成果を挙げるのは困難との反省から、第2次以降は1年間に延長されている。共同研究は主に派遣側の技術コーディネータが共通性(互惠平等)、緊急性及びオリジナリティー等を勘案して複数のテーマを提案し、両組織の合意によりその

うちの一つを研究に移している。

なお第3次の研究員については、新法人から1998年度内に派遣し、CEAからは1999年度に受け入れることが決まっている。

共同研究の成果はそれぞれ報告書に纏められている(別添5-5)。外部発表は日本原子力学会での口頭発表4件、Global'97及びActinides'97でそれぞれ1件となっている(別添5-6)。

3. 本協力の成果

専門家会議で提供された技術データ及び論文はOHP集の形で印刷製本し、社内登録した。本協力に纏わり作成した報告書リストを別添5-5に示す。登録した技術資料は計15編（及び未登録3編）である。個々の技術はそれぞれの成果物中に纏められているが、全体を通しては以下の様に総括される。

(1)技術評価

○PNCとCEAは、対象を高レベル放射性廃液に限定せず、PUREX工程の改良を含んだ再処理システム全体の高度化を視野に入れた分離研究の戦略をとる。即ち、各アクチニドやFP元素の溶液化学に応じて、PUREX工程での分離を強化するか、あるいは新抽出剤による新しい分離工程で分離するかを合理的に決める。CEAの要素技術開発の成果は2005年のプロセス統合設計に集約される。

Fig. 1にPNCの高度化再処理の概念を、Fig. 2にCEAのSPIN（分離）の概念を示す。

○交換された情報は、両抽出剤の抽出能、安定性、安全性、抽出フローシートの性能等の項目から整理された。それぞれの未確認項目、研究開発課題が明示できた。

*DIAMIDEは製造コストが安い、完全に燃焼できる点でCMPOより優れる。一方、CMPO/TBP混合溶媒は抽出能及び溶媒安定性において優れる。TRUEX法はPUREX法とのinterfaceが良く、抽出フローシートの柔軟性等の点で優れるが、多価元素イオンの逆抽出性や抽出剤の処分法に課題がある。

○両者は高レベル放射性廃液中のMAの分離に関して、Reference Flowsheetを構築した。両抽出剤とも、暫定的なMA分離目標、 $\geq 10^3$ 、を満足する抽出フローシートの設計は可能と判断される。

*PNCの開発したフローシートAD・TRUEX/PNC Salt-Free VersionをFig. 3に示す。このフローシートはアクチニドの原子価に応じた分別的回収と廃液及びプロダクト液の完全Salt-Freeを可能とする。CEAのDIAMEXフローシートをFig. 4に示す。両者とも多価遷移元素の制御法を改良する必要がある（AD・TRUEXではRu及びPuのリテンションはほぼ解決されたが、Tc、Mo及びZrの制御について改良を図る必要がある。DIAMEXでは逆抽出時の安定エマルジョン生成の問題は解決されたが、Feの制御を改良する必要がある）。

*両フローシートに共通する最大の課題はMA/Ln分離機能を持たないことである。高速炉でのアクチニド消滅のためには、分離能の高い、洗練された抽出剤あるいは錯化剤の創生及びMA分離フローシートへの組み込みがポイントである。

○PUREX工程でのNp分離については、CEAはNpの単離を指向し、PNCは核不拡散抵抗性増大への期待からPu/Np/Uの共回収を指向している。化学試薬を使用せず、温度及び硝酸濃度によってNpの原子価を調整し、抽出性を強化する技法は両者に共通している。抽出実験、プロセスシミュレーションともほぼ同じレベルにあると判断される。

○新技術の開発における基本理念として、"Salt-Free"（PNC）及び"CHON"（CEA）が定着しつつある。Salt-FreeはPUREX及びTRUEXの双方をカバーし、両プロセスからの放射性含塩廃液の徹底した抑制を図る。一方、CHONは抽出剤、化学試薬の分子をC、H、O、Nで設計することにより、放射性有機廃棄物の完全燃焼処分の実現を図る。

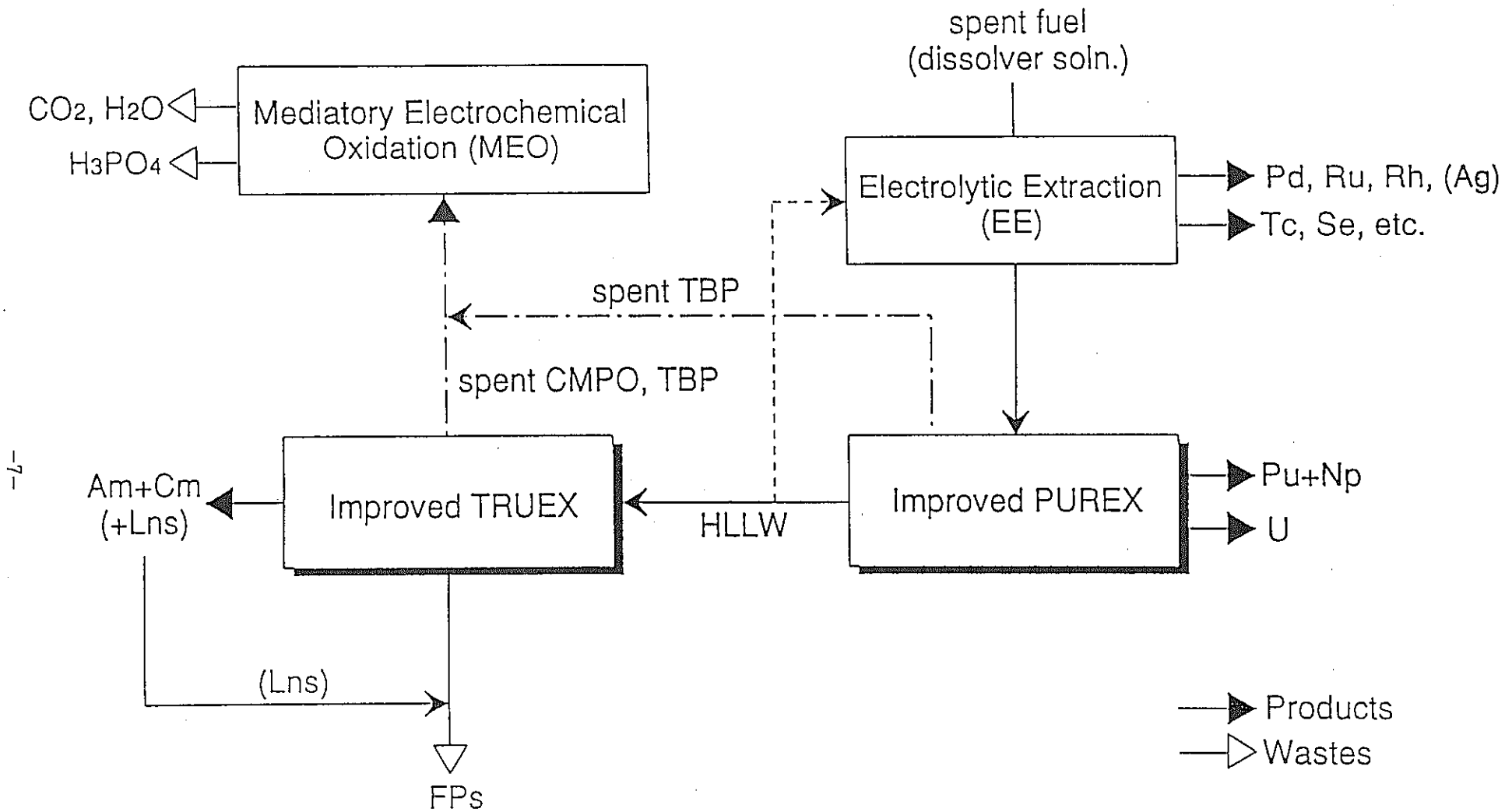


Fig. 1 PNCの高度化再処理の概念

-7-

SPIN : REFERENCE FLOWSHEET

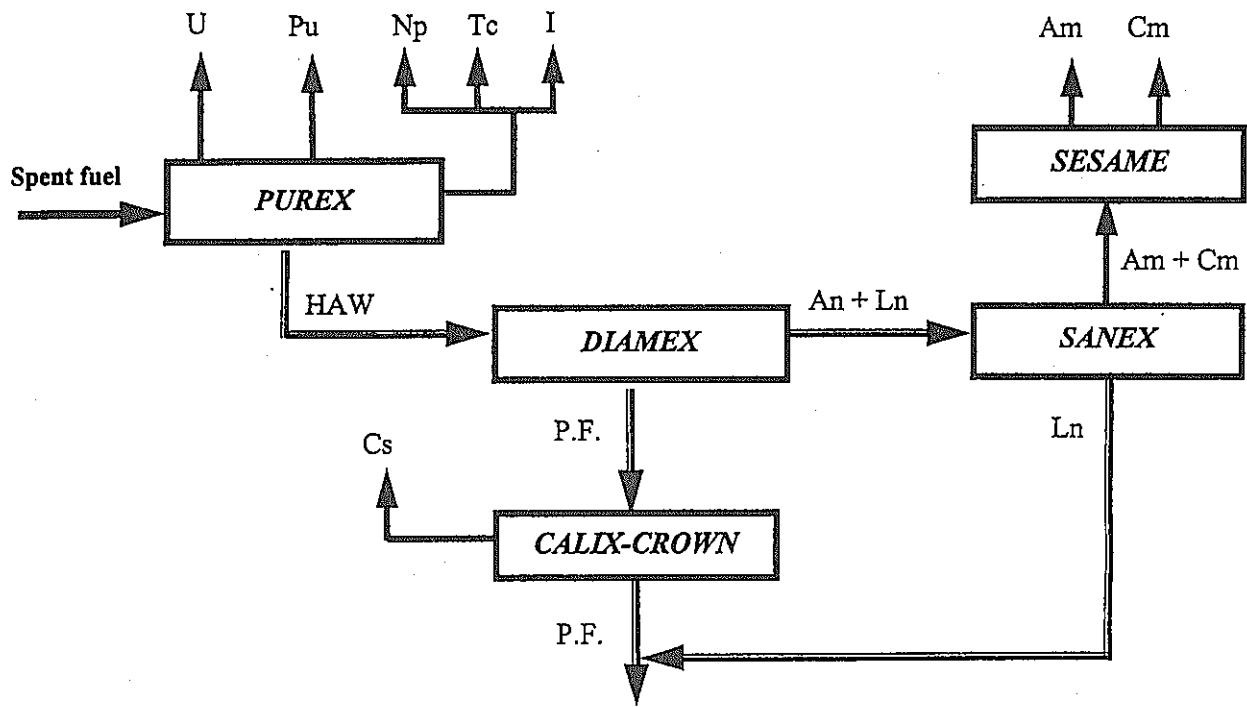


Fig. 2 SPIN計画における分離の概念

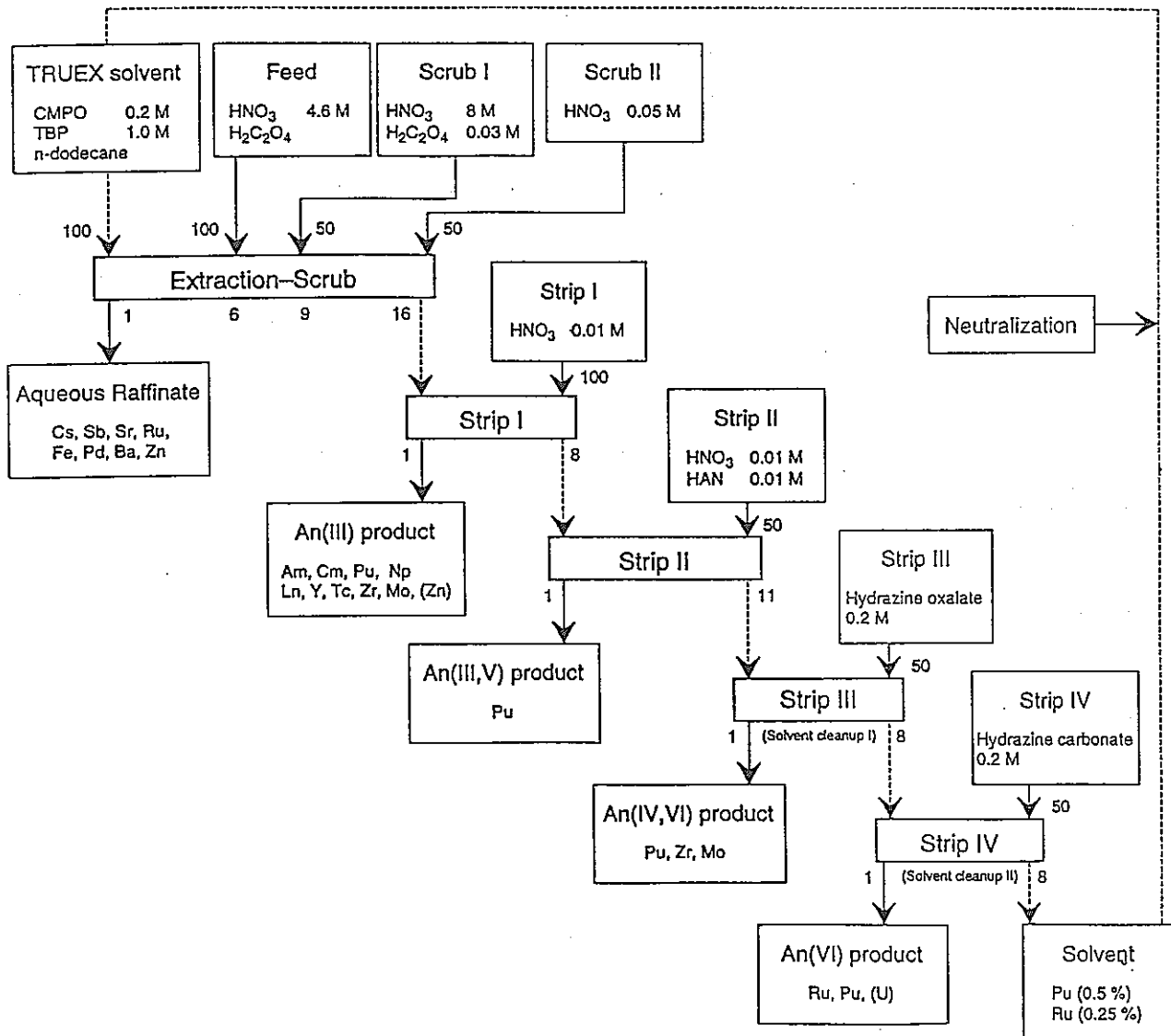


Fig. 3 AD · TRUEX Flowsheet / PNC Salt-Free Version

STATE OF PROGRESS OF THE DIAMEX PROCESS

Pascal Baron, Laurence Berthon, Marie-Christine Charbonnel, Christine Nicol
 Commissariat à l'Energie Atomique
 BP 171, 30206 Bagnols-sur-Cèze Cédex, France
 Tel : 33 4 66 79 16 06 FAX : 33 4 66 79 16 49 E-mail : baron@amandin.cea.fr

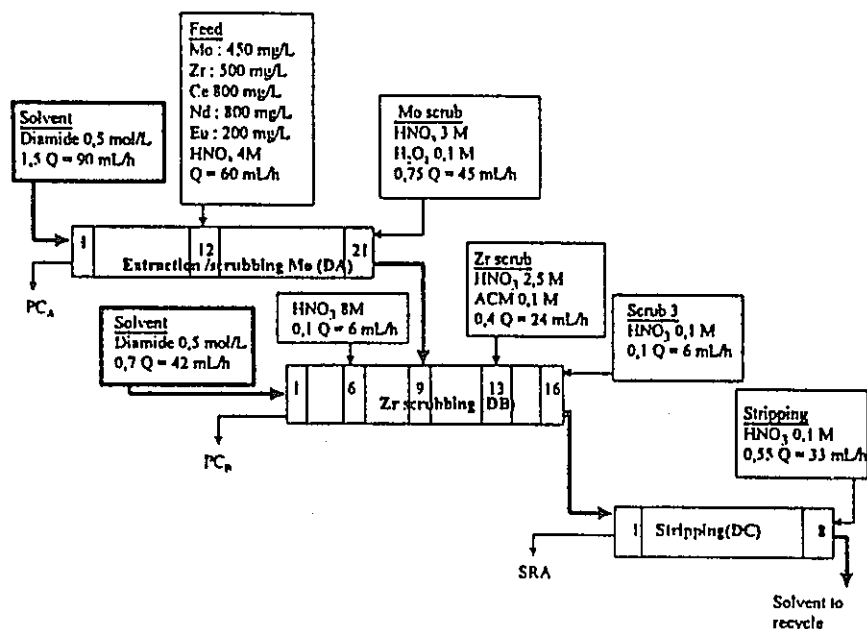


Figure : DIAMEX flowsheet applied in cold tests with H₂O₂ and KMA to prevent Mo and Zr extraction respectively.

Fig. 4 DIAMEX Flowsheet

(2)CEAの研究戦略

○フランスの各研究機関は、「長寿命放射性廃棄物の処理に関する1991年12月30日の法」に基づいて、「長寿命放射性核種の分離消滅」(SPIN)、「地層処分」及び「中間貯蔵」の三つのカテゴリーについて、それぞれ2006年まで研究を継続することを義務づけられている。SPIN計画はCEAが担当し、毎年その成果を国家評価委員会に提出し、評価を受けなければならない(フランスのバックエンド政策について、デスカタ/フランス原子力庁長官及びマンディル/フランス産業省エネルギー・資源総局長の第31回原産年次大会での講演内容を別添5-7に添付する)。

○SPIN計画におけるCEAの研究開発の戦略(1998年の時点)は、

- PUREX法のAdvantageを最大限利用する(Tc, Np分離)
- 湿式冶金法(溶媒抽出法)を主要分離技術とする(ラ・アークの経験)
- 高温冶金法についてはパノラミックリサーチ的に調査を開始する

で、各要素技術は「性能」、「コスト」、「安全性」、「信頼性」及び「二次廃棄物」の各観点から選定するとしている。

○2006年の議会評価に向けて、分離研究は、

- 1999年ホット試験(ATALANTE施設)
- 2001年コンセプト評価、工業規模設計
- 2005年プロセス統合設計

のスケジュールを進める。一方、PHENIX炉における消滅処理研究のマイルストーンは、

- 1996~2004年消滅実験
- 2000~2005年検証・評価

である。

○CEAにおける分離研究は、構成テーマと研究員の配置(人数、質)から、大略の戦略・方針が理解できる(Table 1に研究項目、主要研究者名、研究のポイントを示す)。

*1990年の第1回会議から第7回会議までの報告に、CEAにおける基礎化学重視の姿勢が表われている。Scienceに対する伝統的な姿勢に加え、原子力のどの分野においても常に優位を保とうとする、フランスの国家としての戦略がある。

*ほとんど全ての分野で、実抽出試験⇔計算化学(エネルギー計算、分子モデリング)⇔メカニズム追及⇔新分子の設計・改良、の"iteration"がなされている。これが本来の目標であるSPIN計画の推進、評価のために有効に機能しているほか、「科学知識の習得」という二次目的にも合致している。

*CEAはフランス国内外の大学、研究機関との連携を強化している。特に、新抽出剤・配位子の開発(分子設計、合成)のような基礎化学が重要なウエイトを占める分野では、大学や外部の基礎研究機関との協力が重要である。

別添5-8に分離研究に係る研究者とその所属を示す。

Table 1 CEAにおける分離研究の概要

研究テーマ	MA分離	MA/Ln分離, Am/Cm分離				Np (PURETEX)
方法	DIAMEX法開発	TPTZ法開発	CYANEX法開発	DTPA法開発	SESAME法開発	Np抽出分離
研究目的	高レベル廃液中のアクチニドの分離	アクチノイド/ランタノイドの分離	アクチノイド/ランタノイドの分離	アクチノイド/ランタノイドの分離	Am及びRuの分離	PurexにおけるNp抽出促進
研究者 (主研究者 [○])	C. Nicol [○] M.C. Charbonnel L. Berthon B. Cames C. Bertillon D. Amarragi	P. Y. Cordier [○] N. Francois	C. Hill [○]	X. Heres [○]	L. Donnet [○] P. Bross N. Faure J. Lacquement C. Maillard	B. Dinh [○]
主な実施場所	Marcoule/ ATALANTE, G1	Marcoule/ ATALANTE, G1	Marcoule/ ATALANTE	Marcoule/ ATALANTE	Marcoule/ ATALANTE	Marcoule/ ATALANTE, et al.
研究のレベル	実液試験 (MS) シミュレーションコード 劣化物の同定	Am/Euトレーサー試験 “試験管”レベル		Amトレーサー試験 実液ハッチ試験	Amトレーサー試験 実液ハッチ試験	U, Np, Pu試験 (PC) シミュレーションコード (PAREX)
主要な研究 項目と成果	フローシート研究 ・妨害核種の制御 (Zr, Mo, Tc, Ru) ・錯化剤による効果 (KMA, H ₂ O ₂ , etc.) ・劣化物同定 分析 ・NMR ・EXAFS	・誘導体の合成 ・親油性の向上 ・カルキ系試薬の 協同効果 ・DF _{AmEu} ≒ 10を確認 ・協同試薬の親油性 向上が課題	・PNCとの交換研究 テーマ ・驚異的な分離能	・DTPAに代表される アミノポリ酢酸系錯 化剤を用いた分離 ・分離メカニズム等、 基礎化学的研究が主 ・次回情報交換会議で 報告される予定。	・Ag ²⁺ メタエーターによる Amの電解酸化 ・PWの存在 ・Amの酸化を確認 ・[Ag], [PW] _{free} 重要 ・Ru酸化→揮発除去 ・酸化メカニズムおよび条件 最適化、酸化後の 分離法が課題	・“PAREX”コード開発 ・亜硝酸添加の効果 ・井上ら(東北大)の データが有効 ・Uを含む系及び高温 条件下に課題
関係する大学等		U. of Leaning				

研究テーマ	分子モデル, 分子設計		長寿命FP分離		乾式分離
方法	計 算 化 学		電解法によるPUREX ラフィネートからの回収	calix-crownによる 液膜分離法	高温冶金法
研究目的	amideによる 硝酸ウランの抽出	crown架橋型calix(4)areneの 抽出特性の把握	Tc回収	Cs分離	高レベル廃棄物処理
研究者 (主研究者 [○])	C. Rabbe [○]	N. Simon V. Lamare	M. Masson A. Maslennikov	N. Simon V. Lamare	R. Piccinato M. Germain
主な実施場所	Marcoule / ATALANTE	Cadarache	Marcoule	Cadarache	Marcoule
研究のレベル	-アプローチ ・量子化学 ・分子構造 (力場)	-アプローチ ・分子構造 (力場) ・自由エネルギーと選択性	基礎試験	大環状化合物の合成 S.L.Mを用いた基礎試験	基礎試験 模擬材コールド試験
主要な研究 項目と成果	<ul style="list-style-type: none"> ・Uの分配比に対して, 親油性及び立体障害が重要なパラメータ ・力場のパラメータ設定 →計算結果≒実験結果 ・今後は溶液系のマリング及びTPTZへの展開を予定 	<ul style="list-style-type: none"> ・各種FPの配位構造を計算 ・自由エネルギーを用いた元素選択性の計算評価方法を検討 ・課題はまだ多いが, 一部は計算結果と実験結果一致 	<ul style="list-style-type: none"> ・4M HNO₃からのTc回収 ・ギ酸塩の利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・計算化学との連動 ・crownのみならず, CMPO型calix等も検討 ・合成量の問題でS.L.Mを用いているが, 装置の安定性, 輸送速度, 親油性について要改良 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾式再処理プロセスの調査 ・反応装置としてのクルーシブルの適用性試験 ・熔融塩/熔融金属反応による元素抽出試験 (Zn, Mgを用いたフッ化物からの抽出)
関係する大学等		U. of Strasbourg			

4. まとめと今後の協力

CEAとの分離技術に関する8年間（1991年～1998年）の協力とその成果は、PNC側からは以下のように評価される。

- (1)PNC/CEA双方のバックエンド関連の分離化学研究のほぼ全般（基礎化学～プロジェクト研究）について、7回の情報交換会議で約90時間の討議（発表時間の合計）を行い、価値の高い情報を得た。一分野での討議にこのような長時間を割けたのも有意義であった。
- (2)CEAの組織、研究体制を概ね把握できた。CEAの研究者とは0次レベルの情報が交換できる程、相互理解が進んだ。
- (3)PNCにおける研究・評価の進展の要因の一つに、年一回の情報交換会議自体が「指標」になった点も否定できない。英語によるかなり長いプレゼンテーションはPNC若手研究員の良い訓練にもなり、国際会議慣れできた。
- (4)MAの分離化学については、双方の研究コンセプト、手法、レベルがほぼ一致していたことが、本協力の意義を深めた要因の一つと考えられる。基礎研究フェーズのテーマは、よりCEAに学ぶところが多かった。
- (5)若手研究者の長期派遣によって、相互理解がさらに進展した。CEA側派遣研究員の日頃の研究姿勢、あるいはPNC研究者のCEA滞在経験は、PNC研究者の「研究」に対する意識改革に影響を及ぼした。
- (6)共同研究により、PNCがやや苦手とする基礎化学分野での共通テーマに挑戦できた。成果の一部は日本原子力学会（4件）や、国際会議（2件）で報告し、外部から高い評価を得た。

CEA側からの評価として、1995年の第5回の分離専門家会議の終了時、CEA側の代表実施責任者であるノエル・カマルカ燃料サイクル局長から、上記とほぼ同様な評価が表明された。その際、研究員の相互派遣の継続と滞在期間の延長の提案がCEA側から出され、その後正式合意されて現在に至っている。これも本分野の協力の継続に対するCEAの一層の期待の顕れと理解される。

現在、国策として高レベル放射性廃液中の核種分離の研究開発を実施しているのはフランス（SPIN計画）と日本（OMEGA計画）のみである。なかでもPNCとCEAは共に再処理システム全体の高度化をターゲットに置き、類似した構造の新抽出剤、新溶媒抽出法を選定し、実際に実廃液を用いての多段向流抽出試験によるアクチニド分離研究まで踏み込んでいる。この二機関が今後とも協力し、競争的に研究開発を進め、定常的に信頼性の高いデータを提供し続けることは双方の技術の向上や、世界を巻き込んで展開中のオメガ計画の進展に有益である。また、動燃が独自に進めている「先進的核燃料リサイクル」計画や、さらに高度な分離技術の要求される「ゼロリリース」構想にも有益な情報を提供できるものと考えられる。PNCとCEAは多くの点で同じモチベーションを有

することから、本協力はこれまで以上に発展させる必要があると考えられる。

分離技術の将来認識として、高レベル放射性廃液中のMA分離については双方が基礎実証の段階をほぼ終了し、今後再処理システムの経済性向上を視野においた、システム評価へ移行するものと予測される。一方MA/Ln、Am/Cm及びLLFP分離については、それを実現するための、より性能の良い抽出剤あるいは錯化剤の探索のための基礎的、創造的研究のレベルにしばらく留まらざるを得ないものと判断される。このような状況を踏まえて、PNC/CEA協力の第IIフェーズの後半は、工学的色彩の強いシステム研究・評価の比重が徐々に高まる一方、MA/Ln、Am/Cm分離等の精密分離については、計算化学等を駆使する基礎化学研究が必要とされる。また、Non-PUREXの分野で高温冶金法の検討が強化され、さらに幅の広い協力になる。社会的な環境浄化意識の高まりに応じて、今まで双方とも研究レベルの低かったLLFP (Tc-99、I-129、Pd-107及びSe-79等) の分離に関しても、今後、研究協力を強化していくことになるものと考えられる。

5. 別添

- 5-1.抽出分離技術の比較
- 5-2. 専門家会議
- 5-3. プレゼンテーションのタイトル、報告者
- 5-4. 研究員の相互派遣
- 5-5. 報告書
- 5-6. 外部発表
- 5-7.フランスのバックエンド政策（第31回原産年次大会講演）
 - (i)フランスの原子力発電の将来；ヤニック・デスカタ／フランス原子力庁長官
 - (ii)核燃料サイクルのバックエンド-フランスの現状-；クロード・マンディル／フランス産業省エネルギー・資源総局長
- 5-8. CEAの主要分離研究者リスト

5-1.抽出分離技術の比較

資料 -1 Claude Musikas, Trends in the Separation Chemistry for the Nuclear Fuels Reprocessing, pp.12-19, NUCAR 95, 1995

Table 5-1-i Comparison of the TRU EX Solvent and the Diamides for the Treatment of TRU Wastes According to Laboratory Results.

Point of comparison	CMPO + TBP	Diamides
Synthesis and purification	Difficult	Easy
Price \$/ton-1	3 to 5 x 10 ⁵	# 4 x 10 ⁴
Actinides extraction	Strong extractant Backextraction at low acidity	Moderate extractant Backextraction possible at low acidity
Zr extraction	Avoided by oxalate but extraction of Pu and Am depleted	Avoided by oxalate Pu and Am extraction still easy
Fe extraction	Low	Higher but avoided by oxalate
Radiolysis	G # 4	G # 4
Hydrolysis	Stable	Less stable, but can be destroyed by humid thermolysis
Diluent	1.2 M TBP in order to use aliphatic hydrocarbons	aliphatic hydrocarbons.

資料-3 小沢、高レベル廃液の核種分離に関するPNC/CEA技術協力-第一フェーズ
 (1991-1995年)における協力の総括と今後-、PNC PN8440 96-003
 PNC/CEA(FC)-P010、1996

Table 5-1-ii

評価項目 \ プロセス	TRUEX (PNC)	DIAMEX (CEA/FAR)
<p><u>抽出剤</u></p> <p>合成 ; -合成法 -精製法 -コスト: 混合溶媒</p> <p>安定性¹⁾ ; -耐放射線性 -加水分解性</p> <p>溶解性 ; -水相への溶解度 (C_H: 0.01 ~ 3M) -有機相への(水)の溶解度</p> <p>相分離性 ; (混合溶媒として)</p> <p>毒性 ; -急性経口毒性(LD₅₀) (被験動物: 雄マウス) -急性経皮毒性(LD₅₀) (被験動物: 雄マウス) -変異原性 ・遺伝子突然変異誘起性²⁾ ・DNA 損傷性²⁾</p>	<p>CMPO/TBP混合</p> <p>難 難</p> <p>500\$/kg=約4.5万円/ℓ 照射線量: <10⁷Rであれば安定(CMPO) (調査中) ≤10ppm(CMPO) (参考 TBP: ≤300ppm)</p> <p>良好; 1分以内で終了</p> <p>>3000mg/kg(CMPO) (参考 TBP: 3000mg/kg) >2000mg/kg(CMPO)</p> <p>陰性(CMPO) 陰性(CMPO)</p>	<p>DMDBDMA</p> <p>容易¹⁾ 容易(>99%)¹⁾ 40\$/kg=約4千円 G:4 →5¹⁾ CMPO>DIAMIDE¹⁾</p> <p>安定エマルジョンの生成/ 対希硝酸</p>

評価項目 \ プロセス	TRUEX	DIAMEX
抽出特性 ; -除染係数 (FP/An) -洗浄法: -易抽出性妨害核種 -物質移行速度 (抽出平衡時間) $C_H : 3M$ 第三相生成; -構成元素 (単味での生成を確認) -限界濃度 $M_{MAX.} (0.2M)$ CMPO/1.2MTBP/nDD, $C_H 3 \sim 6M, 25^\circ C$ ・ 1.0MTBP の場合	$>10^3$ ダブルスクラブ法 Ln, Mo, Zr, Tc, (Ru) Nd(5min 以内) $< Ru < Zr$ $H^+, Ln^{3+}, Fe^{3+}, U^{6+}$ 他 Nd ³⁺ : 0.04 ~ 0.045 Pu ⁴⁺ : 0.03 U ⁶⁺ : 0.025 ~ 0.03 Nd ³⁺ : 0.02, U ⁶⁺ : 0.012	$10^2 \sim 10^3$ シングルスクラブ法、錯化剤 ⁷⁾ 等 Ln, Fe, Mo, Zr, Ru 同左
逆抽出特性; -分離係数 (Am/Cs) (Am/Ln) -物質移行速度 (逆抽出平衡) $C_H : 0.2M$ -選択的逆抽出法: ・ 希硝酸 ・ 還元剤 ・ 錯化剤 ・ 高-pH 錯化剤	$>10^4$ 分離せず Nd(5min 以内) $< Ru, Zr$ HNO ₃ : 0.01M $\Rightarrow An^{3+}, Ln^{3+}, Tc, Zr, Mo$ HAN: 0.01M $\Rightarrow Pu^{4+}$ (N ₂ H ₅) ₂ C ₂ O ₄ : 0.2 ~ 0.5M $\Rightarrow Pu^{4+}, Zr, Mo, Ru$ (N ₂ H ₅) ₂ CO ₃ : 0.2 ~ 0.5M $\Rightarrow Pu^{4+}, U^{6+}, Ru$	分離せず 0.5MHNO ₃ , Ca(NO ₃) ₂ $\Rightarrow An^{3+}, Ln^{3+}, Fe, Mo$

評価項目	プロセス	TRUEX	DIAMEX
熱化学的安定性;-引火点		243.6 °C (CMPO) (参考 0. 2MCMPO/1.4M TBP/C ₁₂ -C ₁₄ 混合溶媒: 114 °C ⁴⁾ , TBP:146 °C)	
-熱分解温度(発熱反応)		272.3 ~313.2 °C (CMPO) (参考 CRUD (CMPO/TBP/Ru/etc :259.6 ~300.7 °C, UNH/TBP/DBP 錯体: >190 °C ⁵⁾)	
焼却性 (処分法) ;		困難; 検討中	容易 ¹⁾
<u>分離フローシート</u>			
溶媒 ;		0.2 M CMPO/1.0~1.4 M TBP 混合溶媒	0.5M DMDBDTMA
希釈剤 ;		n-dodecane	TPH ⁶⁾
対象高レベル廃液;		HAR, HLLW(但し、第3相生成回避の為のパラメータ選定が必要)	HAR
給液調整 ;		≥5M HNO ₃ , Inhibitor の添加が必要	4~5M HNO ₃ , Inhibitorの添加が必要
フローシートの柔軟性;		良好	

評価項目	プロセス	TRUEX	DIAMEX
<u>周辺技術</u>			
劣化溶媒洗浄挙動；		FP 及びDBP 以外は除去が困難；固体吸着材による洗浄を検討中	
-物質移行速度(洗浄平衡)、照射済溶媒			
R _{HYD. OXAL.} :0.5M		Nd(1min) < Zr, Ru(20min)	
R _{SOD. CARB.} :0.5M		Nd(1min) < Zr, Ru(10min)	
界面クラッド；		溶媒洗浄条件下で生成；非晶質構造、Amide 基、n-Butyl 基、OH基及び金属カチオンが主な構成物	
水相中の溶解CMPO, TBPの回収；		n-dodecaneによる希釈剤洗浄が適用可能	
抽出数学モデル、シミュレーションコード ；		硝酸分配モデルを構築；金属イオンについても順次実施予定	

- 1) N. Condamines, The 2nd PNC/CEA Meeting
- 2) Ames test
- 3) "Rec" assay
- 4) ANL-84-45
- 5) Kfk3983
- 6) Hydrogenatedtetrapropylene: 工業製品級分枝ドデカン混合物
- 7) Ketomalonic acid, H₂O₂等

5-2. 専門家会議

第1回；1991年(平成3年)11月25日～29日

出張者：金子洋光、岡本弘信、小沢正基、根本慎一

出張先：CEN Fontenay-Aux-Roses(11/25、27)

施設見学：ATALANTE/CEN Marcoule(11/26)、CEC-JRC-ISPRA(11/29)

第2回；1992年(平成4年)5月20日～22日

出張者：G.Baudin、C.Madic、N.Condamines、J.Bourges、P.Falten

開催：東海事業所(5/20、21、22)

施設見学：東海再処理工場、CPF(5/20)、大洗工学センター(5/22)

第3回；1993年(平成5年)7月7日～9日

出張者：金子洋光、岡本弘信、小沢正基、駒義和

出張先：CEN Fontenay-Aux-Roses(7/7、9)

施設見学：Cadarashe(7/8)

第4回；1994年(平成6年)6月1日～3日

出張者：G.Baudin、C.Madic、P.Baron、J.F.Dozol

開催：東海事業所(6/1、2)

施設見学：ENTRY、CPF(A/B)(6/3)

第5回；1995年(平成7年)6月12日～15日

出張者：山村修、小沢正基、野村和則、塩月正雄、五十嵐幸

出張先：Avignon(CEA)(6/12、13、14、15)、CEA本部(Paris)(6/16)

施設見学：MELOX(Marcoule)(6/15)、CNAM(Paris)(6/16) 討議

第6回；1996年(平成8年)7月8日～10日

出張者：C.Madic、B.Dinh、M-C.Charbonnel、J-M.Adnet、V.Lamare、F.Grout
(COGEMA-JAPON)

開催：東海事業所(7/8、9)

施設見学：CPF、RETF(Construction site)、Pu燃料第3開発室(7/10)

第7回；1998年(平成10年)3月9日～12日

出張者：小沢正基、駒義和、小田好博、藤田雄二

現地参加者：金子洋光(パリ事務所長)、野村和則(CEA駐在)、M.Tarnero
(COGEMA)

出張先：Avignon(CEA)(3/9、10、12)

施設見学：PHENIX、ATALANTE(Marcoule)(3/11)、キュリー研究所(3/13)

5-3. プレゼンテーションのタイトル, 報告者

[全体研究計画、プロジェクト開発、その他]

General strategy for actinide partitioning	Leucet	1991
General strategy for actinide partitioning	岡本弘信	1991
General review of each activity on partitioning	岡本弘信	1992
The bill on radioactive waste management becomes a law on december 30,1991	Baudin	1992
Overview of the studies carried out at the CEA related to the ACTINEX programe	Madic	1993
Overview of the French strategies in separation and transmutation	Baudin	1993
Current status of high level waste management and OMEGA	金子洋光	1993
Outline of actinide partitioning program in PNC	岡本弘信	1993
General review of activity on PNC's advanced reprocessing program in 1992 and planned activities in 1993	小沢正基	1993
Present status of nuclear fuel cycle in PNC	河田東海夫	1994
Present French situation in nuclear energy:from the reactors to the management of the wastes	Baudin	1994
General review of activity on PNC's advanced reprocessing program in 1993 and it's decadal research plan	小沢正基	1994
Partitioning:status of development of the CEA's SPIN (ACTINEX) research program	Madic	1994
General view on the fuel cycle advancement in PNC	山村 修	1995
General overview of the research carried out during the past year in the frame of the SPIN programme.Introduction to the 5th CEA/PNC meeting on partitioning	Madic	1995
PNC's status on the advanced recycling technology	山村 修	1995
PNC partitioning research-The state-of-the-art and activity in 1994-1995	小沢正基	1995
Potentialities and costs of the P&T of long-lived radionuclides	Lelievre	1995
Approaches for the reduction of the radiotoxicity	Salvatores	1995
Experimental programme for transmutation	Prunier	1995
Evaluation of actinides recycling pattern for environmental aspect and technical issue	塩月正雄	1995
Present situation of reprocessing technology in PNC	鹿倉 栄	1996
General view on the advanced fuel cycle system in PNC	中島一郎	1996
Advancement of partitioning technology in PNC during 1995-1996	小沢正基	1996

Future R&D programme related to CPF modification plan	小山智造	1996
Summary of partitioning research in the period of 1991-1997 and its outlook in new organization	小沢正基	1998
Overview of the SPIN programme	Boullis	1998
Overview of ATALANTE construction and programmes	Courtois	1998
Bituminization accident at TRP	藤田雄二	1998
Present situation of PNC, and role/organization of new corporation	藤田雄二	1998
[TRUEX法]		
Research status of actinide partitioning by the TRUEX	小沢正基	1991
Studies on the partitioning of TRU elements in HAW at PNC	根本慎一	1991
Recent results of Actinides partitioning using TRUEX process focusing on extractant degradation/regeneration/decomposition	小沢正基	1992
Selective actinides stripping process in an improved TRUEX flowsheet	根本慎一	1992
Improvement of TRUEX and additional processes	小沢正基	1993
Simulation of nitric acid extraction by TRUEX solvent	駒 義和	1993
TRUEX:regeneration with salt-free reagents and electrolytic decomposition	小泉健治	1994
Applicability of TRUEX process for concentrated HLLW	駒 義和	1994
Improvement of PUREX-TRUEX processes(PNC Salt-free version)	小沢正基	1995
[CMPO]		
Fundamental batchwise distribution studies on TRUEX partitioning method	久野祐輔	1992
Neptunium redox behaviors in CMPO/TBP/n-dodecane/HNO ₃	野村和則	1992
Behavior of third phase formation and elimination in TRUEX solvent	駒 義和	1992
Stripping of U(IV) from CMPO mixed solvent	駒 義和	1993
Third phase formation in TRUEX solvent	駒 義和	1993
Fundamental studies for CMPO and amide ligands	平野弘康	1993
TRUEX:analysis of CMPO and degradation products	塩浦隆夫	1994
[DIAMIDE]		
New results related to actinides partitioning using diamide extractants	Cuillardier	1991
Extractives properties of N,N,N',N'-dimethyldibutyl2-	Condamines	1992

alkyl-3propane diamides		
DIAMEX:recent fundamental results obtained	Condamines	1993
DIAMEX:optimization of the formula of the diamide(malonamide) extraction	Madic	1994
DIAMEX development of analytical procedures for the characterization of the solvent and for the study of its degradation	Berthon	1995
DIAMEX process development; degradation and kinetics studies	Charbonnel/Nicol(P)	1998
[DIAMEX]		
Actinide partitioning using diamides:status of research	Musikas	1991
Project of minor actinides extraction from HAW raffinate with a selected diamide molecule	Bourges	1992
Determination of the experimental conditions for an active test	Nicol	1993
First active run of the DIAMEX process	Masson	1993
Treatment of a MOx type HLLW	Hequet	1993
Future work in the field of actinide partitioning	Madic	1993
DIAMEX:main conclusions of the hot tests of the process and prospects for future process development	Baron	1994
DIAMEX development of the process:definition of scrubbing flowsheets for Zr and Mo removal	Nicol	1995
State of advancement of the DIAMEX process	Charbonnel	1996
[Macrocycles]		
Separation of long-lived elements	Dozol(Lamare)	1993
Recent development of macrocyclic compounds for nuclides partitioning	野村和則	1994
Extraction and transport of cesium from radioactive liquid waste with functionalized calixarenes	Dozol	1994
Cesium extraction from a HLLW using various calixarenes	Lamare	1995
Summary of the fundamental study for macrocyclic compounds including PNC's experiments	野村和則	1995
Confirmatory experiments on crown compounds as a new extraction in nitric acid medium	野村和則	1996
Calixarenes; latest experimental results	Lamare	1996
[Np 制御;Improved PUREX, PURETEX]		

PUREX:modelisation of the behavior of neptunium in the 1CUPu possible ways to enhance its extraction	Dinh	1993
Chemical behavior of Np in plutonium nitrate solution	根本慎一	1994
Demonstration of U/PU/Np recovery at CPF	友広淳也	1994
Separation of the neptunium at the 1stUPu cycle of the PUREX process. Development of the PAREX code and presentation of recent experimental results	Dinh	1995
Np-Pu coextraction behavior in PUREX flowsheet	榊原哲朗	1996
Neptunium separation	Dinh	1996
[MA/Ln分離]		
High level liquid wastes partitioning:Separation Ac(III)/Ln(III) from SCN^-/NO_3^- aqueous solutions using diamide extraction	Madic	1992
Development of An(III)/Ln(III)separation process by ion exchange and solvent extraction	渡部雅之	1994
New molecules for the separation of actinides:the picolinamides	Madic	1994
The results of 5th TRUEX counter-current run and preliminary results of trivalent f-elements separation	野村和則	1995
An(III)/Ln(III) separation using tripyridyltriazine derivatives	Cordier	1995
SESAME basic study of the oxidation of americium	Donnet	1995
SESAME results of the first hot test of the process	Adnet	1995
Solvent extraction for trivalent f-elements intra-group separation in CMPO-complexant system	駒 義和	1996
An(III)/Ln(III) separation studies	Madic	1996
Preliminary study on carbonate precipitation of Am(V)	駒 義和	1996
State of advancement of the SESAME process	Adnet	1996
Discussion of MA/Ln separation by Cyanex derivatives and Diphenyldiphosphoric acid(1996PNC/CEA collaboration study)	Madic、野村和則	1996
Basic principles of Am(III)/Ln(III) separation	Madic	1998
Separation of lanthanides in SETFICS system	駒 義和	1998
An(III)/Ln(III) separation : status of progress	Cordier	1998
An(III)Ln(III) separation by extraction from aqueous buffered solutions	野村和則	1998
An(III)Ln(III) separation using organothiophosphinic acid extractants	Hill	1998

Am(V) carbonate precipitation method for Am recovery	駒 義和	1998
Study of electrochemical oxidation of Americium with lacunar heteropolyanion and silver nitrate	Adnet	1998
SESAME process development; recent advances	Faure	1998
[基礎化学、分子構造・設計、計算化学]		
Recent results of photochemical valency adjustment of actinides	和田幸男	1992
NMR conformational studies of actinide nitrate solvates with amidic extractants	Berthon	1993
Photochemical valency adjustment of Pu and Np in nitric acid solution for separation and co-extraction	和田幸男	1994
Molecular modelling of the extraction of U(VI) nitrate by monoamides	Rabbe	1995
Molecular modelling of the extraction of cesium ion by calixarenes	Lamare	1995
Study of lanthanide(III) nitrate complexes in CMPO/TBP system by nuclear magnetic resonance	佐野雄一	1996
Molecular modelling and the solvent extraction of actinides	Madic	1996
Molecular modeling study on TBP-U ^{IV} system	小田好博	1996
Calixarenes; Molecular modelling	Lamare	1996
The ligand bond distance estimation of UO ₂ (NO ₃) ₂ L ₂ (with L= H ₂ O, TBP, TtBP) with DV-DS MO method	小田好博	1998
Molecular dynamics simulation of Polypyridines	Guilbaud/Rabbe(P)	1998
The structure and stability of Pu(III), Pu(IV) and Pu(VI) in nitrate solutions with DV-DS MO method	小田好博	1998
Molecular dynamic studies and selectivity calculations on Calixcrown alkali complexes	Lamare	1998
Using Multiple Scattering Path Analysis for structural determination in the liquid phases	Den auwer/Madic(P)	1998
Study of extracted complexes in TRUEX process	佐野雄一/小田好博 (P)	1998
[高温冶金、Non-PUREX、電気化学]		
Literature review of pyrochemic process for reprocessing	Bourges	1995
Pyrochemical process development in the field of high level waste treatment	Piccinato	1995
Pyroprocess program in PNC. Overall status and direction	五十嵐 幸	1995

and some thought on non-PUREX process

Pyrochemical separation study for reprocessing;

-outline of a development plan for the pyroprocess at PNC

-Recent topics on the laboratory scale experiment

Project in pyrochemical separation at Marcoule

Electrolytic extraction and destruction in PUREX-TRUEX system

Technetium recovery from additional raffinate of PUREX first
cycle solution

五十嵐 幸 1996

瀬下拓也

北脇慎一

Adnet 1996

小沢正基 1998

Masson 1998

5-4. 研究員の相互派遣

第1次；○ P.-Y.CORDIER

1994年7月20日～1995年1月19日（6ヶ月間）

東海事業所再処理技術開発部プロセス分析開発室

「Basic studies about CMPO/DIAMIDE comparison; Properties of Ln(III) extraction and behavior of third phase formation」

○ 平野弘康

1994年11月10日～1995年5月9日（6ヶ月間）

Fontenay-Aux-Roses

「DIAMEX プロセスにおけるAn(III)/Ruの分離性能の向上」

第2次；○ C.HILL

1996年7月21日～1997年7月20日（1年間）

東海事業所再処理技術開発部プロセス分析開発室

「Trivalent Minor Actinide(Am)/Lanthanides Separation, using Organothiophosphinic Acid」

○ 野村和則

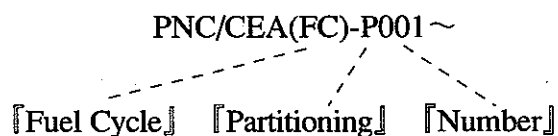
1997年3月15日～1998年3月14日（1年間）

Marcoule/ATALANTE

「Study on Am/Eu extraction and separation with TPTZ」

5-5. 報告書

本協力にまつわり作成した資料についてはPNC 社内登録番号の他、PNC/CEA 協力を示す番号を併記している。



[会議報告書]

「高レベル廃液中のアクチニド元素の湿式分離に関するPNC/CEA 技術協力(第1回専門家会議)」 PNC ZN8600 92-002、PNC/CEA(FC)-P001

金子洋光、岡本弘信、小沢正基、根本慎一

1992年1月

「高レベル廃液中のアクチニド元素の湿式分離に関するPNC/CEA 技術協力(第2回専門家会議)」 PNC ZN8100 92-012、PNC/CEA(FC)-P002

金子洋光、岡本弘信、小泉 務、小沢正基、根本慎一、野村和則、駒 義和

1992年6月

「高レベル廃液中のアクチニド元素の湿式分離に関するPNC/CEA 技術協力(第3回専門家会議)」 PNC ZNR600 93-802X、PNC/CEA(FC)-P003

金子洋光、岡本弘信、小沢正基、駒 義和

1993年7月

「The 3rd CEA/PNC Technical Meeting on Actinide Partitioning」

PNC PF0222 93-005、PNC/CEA(FC)-P004 (CEA編集)

Jul.1993

「高レベル廃液中のアクチニド元素の湿式分離に関するPNC/CEA 技術協力(第4回専門家会議)」 PNC ZNR100 94-801X、PNC/CEA(FC)-P005

金子洋光、小沢正基、根本慎一、柴田淳広

1994年8月

「The 5th CEA/PNC Technical Meeting on Partitioning」

PNC PF0224 95-001、PNC/CEA(FC)-P008(CEA編集)

Jun.1995

「高レベル廃液中のアクチニド元素の湿式分離に関するPNC/CEA 技術協力(第5回専門家会議)」 PNC ZNR600 95-805X、PNC/CEA(FC)-P009

山村 修、小沢正基、野村和則、塩月正雄、五十嵐 幸

1995年7月

「高レベル廃液の核種分離に関するPNC/CEA 技術協力-第一フェーズ (1991年~1995年) における協力の総括と今後」

PNC PN8440 96-003、PNC/CEA(FC)-P010

小沢正基

1996年2月

「アクチニド及びFP核種の分離に関するPNC/CEA 技術協力(第6回専門家会議)」

PNC ZNR100 96-801X、PNC/CEA(FC)-P011

小沢正基、小山智造、野村和則、駒 義和、佐野雄一、田中康正、中島一郎

1996年8月

「The 7th CEA/PNC Information Exchange Meeting on Partitioning of Long-Lived Radionuclides」

PNC/CEA(FC)-P013(CEA編集) 未登録

Mar. 1998

「アクチニド及びFP核種の分離に関するPNC/CEA 技術協力(第7回専門家会議)」

(作成中) PNC/CEA(FC)-P014

小沢正基、駒 義和、小田好博、藤田雄二

1998年3月

[共同研究報告]

「CMPO、DIAMIDEの比較評価基礎研究-Ln(III)抽出特性及び第三相生成挙動-」

PNC ZN8410 95-112、PNC/CEA(FC)-P006

柴田淳広、P.-Y.Cordier、稲田達夫、根本慎一、小沢正基、岡本文敏、田中康正

1995年5月

「Some Basic Studies about CMPO/DIAMIDE Comparison

(同上)

P.-Y.Cordier、A.shibata、S.Nemoto and M.Ozawa

「DIAMEX プロセスにおけるAn(III)/Ruの分離性の向上」

PNC ZNR600 95-804X、PNC/CEA(FC)-P007

平野弘康

1995年6月

「Trivalent Minor Actinides(Am)/Lanthanides Separation, Using Organothiophosphinic Acids」

PNC ZF0226 97-001、PNC/CEA(FC)-P012

C.Hill

Sep. 1997

[翻訳資料]

「高レベル廃液からのアクチニドの選択的抽出－アクチニドの酸化還元特性による分離技術の研究－」 PNC PN8510 94-001

星野忠也、渡部雅之、小沢正基、富樫昭夫

1994年10月

(原著)"Extraction Selective Des Actinides Des Effluents De Haute Activite - Etude Des Possibilites Offertes Par Les Proprietes Redox Des Actinides - " CEA-R-5615

J.M.Adnet

Dec.1992

「燃料の再処理」 未登録

(原著)"Retraitement du combustible " Techniques de l'ingenieur, Orite Mecanique et Chaleur B 3650

M.Bourgeois

Nov.1994

「照射燃料再処理時のルテニウムの挙動」 未登録

(原著)"Comportement du ruthenium lors du traitement des combustibles irradies"

CEA-R-4813

J.J.DIANA

Feb.1977

5-6. 外部発表

「Trivalent Minor Actinides(Am, Cm)/Lanthanides Separation, Using Organothiophosphinic Acids」 C.Hill^o、 C.Madic、 P.Baron、 M.Ozawa、 Y.Tanaka、 日本原子力学会1997年(第35回)春の年会、 J47、 Vol.III、 pp473(1997)

「有機チオホスフィン酸による3価マイナーアクチニド及びランタニドの分離(II) -中性の有機配位子による抽出協同効果-」 小沢正基^o、 C.Hill、 C.Madic、 日本原子力学会1998年(第36回)春の年会、 K54、 Vol.III、 pp579(1998)

「有機チオホスフィン酸による3価マイナーアクチニド及びランタニドの分離(III) -Cyanex301の安定性とAm/Eu分離に及ぼす効果-」 小沢正基^o、 C.Hill、 C.Madic、 日本原子力学会1998年秋の大会(予定)(1998)

「酸性抽出剤とTPTZを用いたAm/Eu抽出分離に関する研究」 野村和則^o、 小沢正基、 田中康正、 P.Baron、 C.Madic、 日本原子力学会1998年秋の大会(予定)(1998)

「Americium(III)/Trivalent lanthanides separation using organothiophosphinic acids」 C.Hill^o、 C.Madic、 P.Baron、 M.Ozawa、 Y.Tanaka、 Global'97、 Proc.Vol.2、 pp1490-1494(1997)

「Trivalent minor actinides/lanthanides separation, using organothiophosphinic acids」 C.Hill^o、 C.Madic、 P.Baron、 M.Ozawa、 Y.Tanaka、 Actinides'97(1997)

5-7. フランスのバックエンド政策（第31回原産年次大会講演より転用）

フランスの原子力発電の将来

フランス原子力庁（CEA）長官

ヤニック・デスカタ

（1）フランスで進められている原子力発電所の集中的な建設は、今や N4 型原子炉の運転開始をもって頂点を極めている。この期間を経て、フランスの原子力発電システムは成熟の域に達した。フランスの現有の原子力発電設備は少なくとも 2020 年まで現状のまま運転可能である。京都会議の公約（温室効果ガスに関連する諸問題）やエネルギー政策に関する政府の方針に沿って国内のエネルギー需要を満たすには、たぶん 2020 年の段階でこの原子力発電所を更新する必要がある。少なくともベースロード電源の需要を満たすにはそうするしかないであろう。

（2）それゆえ、「将来の方向へ正しい見込みある選択を準備する」という観点から研究を進める絶好の機会が到来している。この研究は基本的に、政界、産業界、そして公衆から出されている、当を得た疑問に答えることをねらいとする。つまり、「原子力発電に競争力があるのか」という疑問のみならず、原子炉の安全性や放射性廃棄物の管理をめぐる疑問にも答えを出していかなければならない。燃料サイクルのバックエンドに関しては 2006 年に、また原子力発電設備の更新に関しては 2010 年ごろ、決定が下されることになっている。フランス原子力庁（CEA）の使命は、これらの決定を行うための準備をする上で重要な役割を果たすことにある。政府はこの使命を重ねて明快に断言している。CEA は、考えられるさまざまな解決策を積極的かつ客観的に調査するとともに、しかるべき時に多種多様な代替策をすべての範囲にわたり提案する任務を負っている。

（3）以上に関連する CEA の責任は、原子力発電設備の更新に決定的な影響を及ぼす少なくとも次の 7 つの目標に取り組むことである。

- ①次世代原子炉の開発。他のエネルギー源と余裕をもって競争でき、かつドイツと共同で作成している安全要件を満たすもの。
- ②同位体分離と高性能燃料をめぐる新たな解決策。直接あるいは再処理後にウランに含まれるエネルギーを最大限、燃焼させ得る燃料。
- ③放射性廃棄物の管理に有効な広範な技術的オプション
- ④解体撤去技術をマスターしたことの実証
- ⑤安全性に関する研究
- ⑥放射線生物学に関する研究
- ⑦長期的な見地からの制御核融合に関する研究

(4) これらの目標やそれへの取り組みは、挑戦の大きさに見合った野心的プログラムへの展望をCEAに与えるものである。これらすべての研究テーマに関して、CEAは自身の専門的知見や試験施設をフル稼働させる必要があり、したがって、さまざまな活動部門を可能なかぎり共同して働かせ、最大の利益を引き出さなければならない。数多くの研究テーマに関して、CEAはさらに、協力を通じフランス内外の科学技術界全体とのきずなを強める必要がある。特に、日本にいる原子力パートナーとの協力が欠かせない。安全性や長寿命放射性廃棄物の管理といった技術的、政治的な利害関係を幅広く共有する研究領域に属するすべての原子力関係者が動員されるなら、必ずや成功に導かれるにちがいない。

核燃料サイクルのバックエンド：フランスの現状

フランス産業省エネルギー・資源総局長

クロード・マンディル

核燃料サイクルのバックエンドに関するフランスの政策は現在、ひとつの大きな段階に達している。大規模な産業設備投資がなされ、設備が運転中である一方で、将来に備え、とりわけ長寿命放射性廃棄物の管理に関して 2006 年に下される決定に備えて研究プログラムが実施されている。

1. 高実績かつ首尾一貫した産業ツール

フランスの原子力発電所のネットワークは 57 基の運転中の原子炉から構成されている。フランスは再処理／リサイクル方式を選択しており、それに応じ次のような産業的能力を備えている。

- ・ラアグの再処理プラント；このサイトはさらに、日本、ドイツ、ベルギー、オランダ、スイスの電力会社の要請に応えるべく稼働している。
- ・混合酸化物 (MOX) 燃料を生産する MELOX プラント；このサイトは国内市場向けだけでなく、輸出市場向けの製品も供給している。新たに投資すれば、沸騰水型原子炉用 MOX 燃料の製造も可能になる。
- ・フランスの MOX 燃焼炉の数は増加しており、数年後には 28 基に達するであろう。

2. 将来に備える研究プログラム

原子力政策に民主的かつ透明なプロセスを導入することをうたった 1991 年 12 月 30 日の法律に沿って、フランスは次の主要 3 分野で、高レベル放射性廃棄物管理に関する研究を精力的な研究を実施してきた。

- ①核種分離と消滅処理
- ②深地層への地下処分研究、特に地下研究の開設による研究
- ③浅地層処理用と貯蔵

本研究のねらいは、この廃棄物を将来どうするかについて議会在が 2006 年に決定を下せるようにすることにある。

政府は最近、この 3 主要分野の研究を継続する公約を再確認した (フランス産業省が 1998 年 2 月 2 日に行った記者会見を参照のこと)。

関心の集まる第 1 分野に関しては、高速増殖炉スーパーフェニックスの恒久閉鎖決定にもかかわらず、消滅処理研究は継続される。これはわけてもフェニックス炉の運転再開と国際協力によるものである。

地層処分研究に関しては、地下研究所を建設するため 3 つの候補サイトが特定された。政府は今後 2、3 週間内に、どのサイト (最低 2 カ所) を選定するかを決定する予定であ

る。

最後の3つ目の分野の研究は増額が図られる。プログラムに計上される予算は1998年に15%増加し、1999年には再度20%増える予定になっている。これらの研究プログラム全般にわたってフランスは、国際協力、とりわけ日本とのプログラムを有効に推し進めていくことができる。

3. 柔軟な戦略

フランス政府は、燃料サイクルのバックエンドに関してすでにとられてきた決定が十分守られることを望んでおり、私とフランス環境省のヴェスロン局長に、さまざまな原子炉運転者の実施している戦略が結果的に手詰まりに直面しないよう万全を尽くすよう要請した。

使用済み燃料の直接処分から最も技術的に高度な再処理・焼却処分といったシナリオにいたる2050年までに実現する可能性のある約10のシナリオが調整された。取り返しのつかない決定（それはとりもなおさず、ひとつのシナリオを特定してしまう決定のことである）を2006年までに下してはならない、と我々には感じられた。そこで私とヴェスロン局長は2006年まで引き続き現行の柔軟な戦略を進めるよう助言した。つまり、1991年法で明示された3つの主要分野に関する研究を継続するとともに、産業的観点からは使用済み燃料の大半を再処理／リサイクルする戦略を推し進めるよう助言したわけである。

その中間報告書は現在、議会科学技術選択評価局の手で検討されている。

5-8. CEAの主要分離研究者リスト

- | | | |
|-------|------------|--|
| B. | SICARD | International Affairs Manager, Responsible of the CEA/PNC Collaboration
Fuel Cycle Division (DCC)
Tel : 33.4.66.79.66.24, Fax : 33.4.66.79.61.46 |
| B. | BOULLIS | Responsible of the SPIN Programme
Fuel Cycle Division (DCC) |
| C. | MADIC | Director of Research Technical Coordinator of the CEA/PNC Collaboration
Reprocessing and Vitrification Research Department (DRRV)
Tel : 33.4.66.79.69.85, Fax : 33.4.66.79.69.80 or 33.4.66.79.61.63
E-Mail : MADIC@Amandin. CEA.Fr |
| F. | JOSSO | Head
High Activity Process Service (SPHA) |
| M. | LECOMTE | Head
Process Studies and Modeling Service (SEMP) |
| J.-M. | ADNET | Head
Actinide Chemistry Laboratory (SPHA) |
| P. | BARON | Deputy
New Extractants Laboratory (SEMP) |
| P. | BROSSARD | Deputy Head
High Activity Process Service (SPHA) |
| J.Ch. | BROUDIC | Head
Waste Chemistry Laboratory (SPHA) |
| M.-C. | CHARBONNEL | Head
New Extractants Laboratory (SEMP) |
| P.-Y. | CORDIER | Research Scientist
New Extractants Laboratory (SEMP)
Tel : 33.4.66.79.16.10, Fax : 33.4.66.79.16.49
E-Mail : CORDIER@Amandin. CEA.Fr |
| C. | DEN AUWER | Research Scientist
Structural and Theoretical Chemistry Laboratory (SEMP) |
| L. | DONNET | Research Scientist
Actinide Chemistry Laboratory (SPHA) |
| N. | FAURE | Research Scientist
Actinide Chemistry Laboratory (SPHA) |

V. FEDERICI Research Scientist
Waste Treatment process Laboratory (SEP)

N. FRANCOIS Research Scientist
(SEMP)

P. GUILBAUD Research Scientist
Structural and Theoretical Chemistry Laboratory

D. GUILLANEUX Research Scientist
New Extractants Laboratory (SEMP)

X. HERES Engineer
New Extractants Laboratory (SEMP)

C. HILL Research Scientist
New Extractants Laboratory (SEMP)
Tel : 33.4.66.79.16.10, Fax : 33.4.66.79.16.49
E-Mail : HILL@Amandin. CEA.Fr

V. LAMARE Research Scientist
Waste Treatment process Laboratory (SEP)

M. MASSON Head
Reprocessing Studies Laboratory (SPHA)

D. MEYER Research Scientist
Reprocessing Studies Laboratory (SPHA)

C. NICOL Research Scientist
New Extractants Laboratory (SEMP)

C. RABBE Research Scientist
New Extractants Laboratory (SEMP)

N. SIMON Research Scientist
Waste treatment Process Laboratory (LPTE)

Ch. SOREL Research Scientist
New Extractants Laboratory (SEMP)