連載
講座

高速炉の変遷と現状

第9回 再処理関連の歴史と現状

日本原子力研究開発機構 船坂英之, 永井俊尚, 鷲谷忠博

Ⅰ. はじめに

高速増殖炉(FBR)サイクルを確立するために不可欠となるFBR燃料再処理技術の開発は、FBR開発に合わせて昭和50年から本格的に開始され、PUREX法をベースとした再処理技術については、プロセス・機器開発の成果に基づき、国内で試験施設を建設できる段階にまで仕上がった。その後、環境負荷低減、核不拡散性への配慮等、将来の社会の多様なニーズに対応できる技術の可能性を追求し、技術の選択の幅を広げていくことが重要視され、「アクチニドのリサイクルを行う先進的な核燃料リサイクル技術」の研究開発に取り組む必要性が謳われ、平成9年12月の原子力委員会「高速増殖炉懇談会」の報告等も踏まえ、開発は「FBRサイクル実用化戦略調査研究」(FS)に受け継がれ、現在の「FBRサイクル実用化研究開発」(FaCTプロジェクト)に至っている。以下においては、FBR燃料再処理技術開発の歴史と現状について述べる。

Ⅱ. 経緯の概要

1. FBR燃料再処理技術開発の始まり¹⁾

FBR燃料再処理技術開発の歴史は、昭和50年代に遡る。原子力委員会が策定した「動力炉・核燃料開発事業団の動力炉開発業務に関する第2次基本計画」(昭和50年3月31日)にFBR燃料再処理技術の研究業務が追加さ

れたのを受け、当時の動力炉・核燃料開発事業団(以下「動燃」という)は、昭和50年度から本格的に開発に着手した(当時の高速増殖原型炉「もんじゅ」の臨界は昭和60年代初頭に計画²⁾)。

FBR燃料は、軽水炉燃料と比較した場合、①集合体構造が異なる(ラッパ管の存在等)、②プルトニウム(Pu)含有率が高い、③燃焼度が高い、といった特徴を有している。動燃は、まず、当時すでに軽水炉燃料再処理で実績のある湿式法(PUREX法)と乾式法を主体とした他の方法を比較した結果、PUREX法を改良することで10年程度の短期間でFBR燃料再処理を完成させることが可能であると判断し、FBR燃料特有の課題解決を中心とした技術開発を進める方針を立てた。具体的には、化学プロセスおよび機械式(回転鋸)解体機、バッチ式溶解槽、パルスカラム等のプロセス機器の開発に取り組むとともに、「もんじゅ」等の使用済燃料処理を通じてFBR再処理技術のプラント規模での実証および経済性を見通しを得ることを目的としたFBR燃料リサイクル試験施設(パイロットプラント)の設計を進めた。また、動燃は、これらの開発を効率的に進めるために、実験室規模のホット試験施設である高レベル放射性物質研究施設(CPF)や、工学規模のコールドまたはウラン試験施設(応用試験棟、第2応用試験棟、実規模開発試験室)を茨城県の東海事業所内に順次建設した。

昭和57年に改訂された原子力開発利用長期計画³⁾(長計)では、FBR燃料再処理技術の確立とパイロット規模の再処理試験施設の計画推進が新たに盛り込まれた(この時の「もんじゅ」臨界は平成2年(1990年)頃に計画)。

さらに、原子力委員会・高速増殖炉開発懇談会の高速炉燃料再処理小委員会の報告(昭和59年2月)では、(1)自主開発により国内技術として確立する、(2)動燃の技術開発施設におけるR&Dおよび軽水炉燃料再処理の経験を生かし、再処理技術の実用化に向けて再処理試験施設を建設し、その運転経験を通じて技術の蓄積を図る、(3)自主技術を補完し、開発の効率化を図るため、国際協力の活用を図る、との基本的考え方が示された。

昭和59年9月に、動燃は、CPFで回収したPuを用いて再加工した燃料を高速実験炉「常陽」に再装荷し、小規模ながらFBRサイクルの輪を閉じた。

Fast Breeder Reactor: The Past, the Present and the Future
—(9)History and Current Status of Nuclear Fuel Reprocessing Technology: Hideyuki FUNASAKA, Toshihisa NAGAI, Tadahiro WASHIYA.

(2008年 2月5日 受理)

各回タイトル

第1回 高速炉の誕生

第2回 高速炉型式の変遷

第3回 米国の高速炉開発の歴史(Ⅰ)

第4回 米国の高速炉開発の歴史(Ⅱ)

第5回 欧州・アジアの高速炉開発の歴史

第6回 日本的高速炉開発の歴史(Ⅰ)

第7回 日本的高速炉開発の歴史(Ⅱ)

第8回 高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究の成果

2. 開発計画の見直し—RETF 計画への取組み⁴⁾

昭和60年代に入り、動燃は、技術開発の重点を連続溶解槽や遠心抽出器等の経済性の向上に向けた新型プロセス・機器の開発に移行させた。しかしながら、「もんじゅ」臨界時期がさらに遅れることが予想されたことから、動燃は、ホット工学試験施設(後のリサイクル機器試験施設(RETF))構想を提案した。これは、パイロットプラント建設の前のステップとして、プロセス・エンジニアリングの確立を図り、我が国の再処理技術の基盤の強化を図ることを目的としたものであった。この計画は、昭和62年に改訂された長計⁵⁾でも新たに盛り込まれた(この時の「もんじゅ」臨界は平成4年(1992年)頃に計画)。

その後、動燃は、「もんじゅ」等の実際の使用済燃料集合体を用いて工学規模のホット試験を行う RETF の設計を進めた。また、これまでに蓄積してきた新型プロセス・機器に関する知見をさらに向上させ、開発を加速させるために、昭和62年(1987)から平成6年(1994)まで「高速炉燃料再処理技術開発に関する日米共同研究」も実施し、レーザー解体機、連続溶解槽、遠心抽出器等について共同で開発を進め、これらの成果を RETF の設計に反映した。

RETF では、上記の新型プロセス・機器を採用した解体・せん断、溶解・清澄、抽出、溶媒洗浄の各工程を開発・試験対象とした。このうち、抽出工程については、FBR 燃料中の Pu 含有量が多く、Pu 分配用試薬として従来の硝酸ウラナスを用いた場合、その使用量が多くなることが考えられたため、硝酸ウラナスではなく硝酸ヒドロキシルアミン(HAN)を使用することとした。また、溶媒洗浄工程については、ナトリウムを含まないソルトフリー試薬を用いた洗浄法を採用する等、PUREX プロセスに対する改良を行った。また、RETF における試験の結果発生する Pu やウラン(U)の処理、廃棄物の処理・貯蔵は東海再処理工場(TRP)において行うこととした⁶⁾。

動燃は、平成4年1月に、RETF を TRP の「その他再処理設備の附属施設」の「主要な試験施設」として設置する「再処理施設設置変更承認申請」を行った。その後、国による安全審査が行われ、平成5年8月に承認を得た。さらに設計および工事の方法の認可を経た後、平成7年1月には建設工事に着手した。

その後の RETF の建設工事の計画は、平成7年12月の「もんじゅ」事故、平成9年3月のアスファルト固化処理施設の事故を受けて見直されることとなった。平成10年に動燃から改組した核燃料サイクル開発機構(以下「サイクル機構」という)が定めた中長期事業計画では、RETF については「(1)FBR 再処理の技術開発の進展を適切に反映するため、RETF 計画は柔軟に進める、(2)「実用化戦略調査研究」(後述)の結果と整合を取りつつ、その後の RETF 計画を作成する」ということとなり、平成

12年の第1期工事終了をもって工事を中断した⁷⁾。

以上のように、PUREX 法をベースとした FBR 燃料再処理技術については、プロセス・機器開発の成果に基づき、国内で、一からプロセス設計、機器設計を手掛け、許認可を経て、試験施設を建設できる段階にまで仕上がった。現在は、以下に述べるように、経済性や環境負荷低減および核不拡散性へ配慮した研究開発に取り組んでいる。

3. 「先進的核燃料リサイクル」への取組み

平成6年に改訂された長計⁸⁾で、環境負荷低減、核不拡散性への配慮等、将来の社会の多様なニーズに対応できる技術の可能性を追求し、技術の選択の幅を広げていくことが重要視され、「窒化物燃料、金属燃料等の新型燃料によるリサイクルやアクチニドのリサイクルを行う先進的な核燃料リサイクル技術」の研究開発に取り組むことが新たに盛り込まれた。

動燃は、平成8年までに、U/Pu およびネプツニウム(Np)を共抽出する「単サイクル抽出工程」を提案し、CPF における試験によりプロセスの成立性を確認した。合わせて、経済性向上に寄与できる可能性のある「晶析法」を提案した。

4. 「実用化戦略調査研究」フェーズ⁹⁾

平成11年度に、サイクル機構は電気事業者と「FBR サイクル実用化戦略調査研究」(FS)フェーズ1を開始した。核燃料サイクル技術の候補については、幅広く国内外からのアイデアを募集した。その結果、再処理については PUREX 法を含め合計27の技術が挙げられ、これらについてまず再処理システム全体の経済性評価が可能な提案か否か等を基準として1次スクリーニングを行い、10候補に絞った(湿式は7候補(①従来湿式法、②簡素化溶媒抽出法、③晶析+簡素化溶媒抽出法、④イオン交換法、⑤アミン抽出法、⑥超臨界直接抽出法、⑦パイプレスプラント(晶析+過酸化物沈殿法))、乾式は3候補(金属電解法、酸化物電解法、フッ化物揮発法))。

その後、これらの設計を行い、あらかじめ定めた設計要求に従って技術の比較を行った。その結果、主に経済性の観点から「晶析+簡素化溶媒抽出法」(先進湿式法)の検討を深めることとした。

5. 「実用化戦略調査研究」フェーズ²⁾^{10,11)}

平成13年度からフェーズ2を開始した。先進湿式法の MA 回収プロセスについては、経済性の観点から抽出クロマトグラフィー法を選定した。

最終的に、炉、燃料および再処理のシステムとしての観点から、フェーズ2が終了する平成17年度までにナトリウム炉-先進湿式法再処理-簡素化ペレット法燃料製造の組合せを主概念として選定した。

上記の結果は、文科省の委員会(科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 原子力分野の研究開発に関する委員会)にて審議され、主概念は上記の通りとし、さらに開発リスクを考慮して、今後集中的な研究開発を行うことなく革新的な技術を代替できると見込まれる技術(従来型 PUREX ベース技術:Co-Processing 法)を代替技術とした。

以上のような経緯を踏まえて、現状は FaCT プロジェクトの中で、先進湿式法の研究開発を進めているところである。

Ⅲ. 研究開発の歴史と現状¹²⁾

1. 解体・せん断技術^{13,14)}

燃料集合体からラッパ管やノズル部を切断除去する解体技術として、当初、機械式とレーザー式の両方を評価し、機械式では切断工具の損耗が激しいことからレーザー式を選定し技術開発を進めてきた。また、当時の動燃の開発実績を踏まえて米国との共同研究を実施し、炭酸ガスレーザーを用いた解体試験等によりレーザー解体機の基本性能を把握するとともに RETF 用解体機の基本構造を構築した(第1図)。しかし、一方ではレーザー発振部から切断箇所までの伝送系の遠隔調整の困難さ、ラッパ管切断時におけるラッパ管の直下にある燃料ピンの損傷、の課題も明確となった。前者の課題については、炭酸ガスレーザーを光ファイバーによる伝送が可能な YAG(Yttrium Aluminum Garnet)レーザーに変更することにより解決を図ったが、後者については現状のレーザー制御技術では完全に回避することは困難と考えられた。

一方、この間に機械式切断技術については、せん断工具の開発が進み、耐久性が飛躍的に優れた CBN(立方晶窒化ホウ素)等の切断工具が開発され、再び有力な候補技術として注目された(第2図)。また、燃料ピンの損傷を避ける方法としては、ラッパ管の軸方向の切断を削減したラッパ管引抜方式が開発された。

現在、機械式を主とした切断性能の把握試験を行うとともに、ラッパ管引抜方式を採用した解体機の構造検討

第2図 模擬ラッパ管の切断

を進め、燃料集合体の遠隔ハンドリング等を含めた解体システムとして成立させるべく工学規模での評価試験を計画している。

燃料ピン束のせん断技術については、軽水炉燃料再処理と同様の技術を活用することとしているが、軽水炉と高速炉での燃料ピンの違い(ピン径、ピン束の拘束等)によるせん断状況への影響把握等の試験を進めている。特に先進湿式法では、晶析工程で用いる高濃度溶解液を効率良く調整するため、せん断長さを短くし、せん断後の燃料粉化率を高めることが要求されている。

2. 溶解・清澄技術^{15,16)}

せん断燃料の溶解技術については、CPFにおいて常陽等の使用済燃料を用いたホット基礎試験を数多く実施し、Pu 富化度の高い高速炉燃料の溶解反応速度やその経時変化等のデータを蓄積している。現在は粉化率の高いせん断燃料の溶解挙動の把握を主目的に試験を実施している。

溶解槽の形式としては当初、バッチ式と連続式の比較評価を実施し、運転時のオフガス発生量の平坦化、臨界安全管理を考慮した装置の小型化等の観点から連続式を選定した。その後、様々な型式について検討を行った。米国との共同研究では円筒水平の回転ドラム型連続溶解槽を開発対象として選定し、工学規模の試験装置を用いたU試験により基本的性能を把握した(第3図)。その後、溶解槽内部でのせん断片(ハル、ワイヤ等)の移行挙動の把握、閉塞発生抑制のための内部構造の改良等を実施するとともに、RETF 連続溶解槽の基本構造を構築した。また、現在では処理能力の向上について検討を進

第1図 炭酸ガスレーザー解体試験機

第3図 回転ドラム型連続溶解槽試験装置

めている。

溶解液中の固形物(スラッジ)を除去する清澄技術については遠心法について開発を進めている。高速炉燃料の溶解液は軽水炉燃料と比べてPuやスラッジの量が多いこと、加えて、先進湿式法では後工程の晶析工程へのフィード液として高濃度溶解液を対象とすること等への対応が必要である。遠心清澄機については、遠隔保守を考慮した基本構造を構築し、模擬物質を用いた工学規模での清澄試験等により基本的性能を把握した。現在、上記の高濃度溶液に対応した改良について検討を進めている。

3. 晶析技術^{17, 18)}

晶析法は、温度制御のみにより目的物質を分離し試薬等の添加を必要としないという分離技術である。実用化戦略調査研究では、先進湿式法の革新的技術の一つとして、溶解液からのU粗回収技術として、この晶析技術を選択した。晶析技術は1980年代に西独でU、Pu精製工程の技術として検討された実績があるが、不純物を多く含む溶解液からのU回収法としての適用例は無く、革新性の高いプロセス技術である。溶解液に対して晶析技術を適用する場合の開発課題として、プロセス上の観点からU晶析へのPuやFP元素の同伴挙動の解明、また、装置上の観点から固体ハンドリングや冷却温度制御等が挙げられる。

晶析プロセスの開発としては、模擬FPを用いたU基礎試験により、晶析率、模擬FPのDF等のデータを取得するとともに、Pu試験やホット試験により、PuやFP元素の挙動把握を実施してきている。Puについては、原子価の制御によりU結晶への同伴を抑制できること、FP元素の中には複塩形成等により同伴する可能性が高いものがあること等を把握しており、現在、U結晶の除染係数の向上等の技術開発を進めている。

晶析装置としては様々な型式について比較評価を行った結果、連続処理、臨界管理、結晶のハンドリング等の観点からロータリーキルン型を最適な型式と選定し、その運転安定性等について試験を行い、基本的性能を把握した(第4図)。現在、非定常時の状況把握や冷却方式の

第4図 ロータリーキルン型連続晶析試験装置

第5図 CPF ホット基礎試験装置(小型遠心抽出器)

改良等の開発を進めている。

4. 抽出技術^{19, 20)}

溶媒抽出技術ではCPFにおいて常陽等の使用済燃料を用いたホット基礎試験を数多く実施し、PUREX法を用いた高速炉燃料のフローシート研究を進めてきた(第5図)。この中で、HANによる還元分配やU、Pu、Npの共回収技術を開発してきた。また、PUREX法をベースとしつつ、プロセスの簡素化や廃棄物発生量の低減などを目的として、晶析法、簡素化溶媒抽出法と抽出クロマトグラフィを組み合わせた先進湿式法を提案し、そのフローシートを検証するためのホット基礎試験を実施した。簡素化溶媒抽出法は、分配と精製の工程を廃した抽出—逆抽出のみの単一サイクル抽出工程であり、晶析工程であらかじめUを粗分離し、溶媒抽出工程でU、Puを共回収することでU逆抽出工程を省略するとともに、溶媒抽出設備で取扱う溶液量の最小化が図れる。

抽出器の開発については、当初、臨界安全性の観点からパルスカラムの開発を実施し、適用の見通しを得た。その後、機器の小型化、溶媒接触時間の短縮化、起動停止時間の短縮等の観点から遠心抽出器を選定し開発を行ってきた(第6図)。遠心抽出器のシステム開発では、当時の動燃の開発実績を踏まえて米国との共同研究を実施し、複数の遠心抽出器をつないだ工学規模(10 kg-HM/h)のシステム試験装置を用いてU試験を実施しシステム運転特性を把握した。また、駆動部の耐久性や耐放射線性を考慮した設計を進め、長時間運転試験等により、遠心抽出器の耐久性を把握している。また、大型化に向

第6図 遠心抽出器試験装置(工学規模試験用)

けた駆動部の高度化の一環として軸受けの非接触化を図った磁気軸受型遠心抽出器を開発中であり、現在、機械的な耐久性に加えて耐放射線性の評価を進めている。また、大型プラントへの適用性を高めるため、臨界安全性を維持した大型遠心抽出器構造として、ロータ内部に中性子吸収材を配置した中性子内包型遠心抽出器の開発を進めている。

5. MA 回収技術²¹⁾

MA 回収技術に関しては、米国において開発された溶媒抽出法である TRUEX 法 (TRansUranium EXtraction) をベースに原子力機構が開発した SETFICS 法 (Solvent Extraction for Trivalent-f-elements Intra-group separation in CMPO-complexant System) (CMPO; n-octyl(phenyl)-N, N-diisobutylcarbamoylmethyl-phosphine oxide) について、ホット試験等より、MA 元素の分離、回収性能を評価し、その基本性能に問題が無いことを確認した。一方、このような溶媒抽出を利用した MA 回収において問題となる廃液発生量の増大に対しては、これを大幅に改善する可能性を有している抽出クロマトグラフィに注目し、研究開発を開始した (第7図)。

吸着材の担体としては、安全性や処理性能等の点から優れた性能を有する $\text{SiO}_2\text{-P}$ 粒子 (多孔質の SiO_2 粒子にスチレン-ジビニルベンゼン高分子を被覆した粒子) を選定し、この担体に CMPO や HDEHP (Di-2-ethylhexyl phosphoric Acid) 等の各種抽出剤をそれぞれ担持させた吸着材を対象として、MA 等の分離性能評価、耐酸性や耐放射線性等の安全性評価、さらには使用後の吸着材の処理方法について検討を進めている。今後、これらの結果を踏まえ、抽出クロマトグラフィによる MA 回収フローシートの構築及び各抽出剤の相互比較評価を行い、最良のフローシートを選定する。

機器開発の面からは、分離塔内における水溶液や放射線分解ガス、吸着材等の流動性評価や、温度制御性評価、さらには繰返し運転時の性能評価を実施するとともに、通常運転時及び異常時における計装制御システムの構築

や吸着材交換時等の運転保守における遠隔操作性に関する検討を進めている。

今後は以上の研究成果を集約し、工学規模抽出クロマトグラフィ試験等により、分離性能、安全性、計装・制御及び遠隔運転保守に関わる基本性能を総合的に確認・評価していく。

6. その他関連技術²²⁾

再処理工程より発生する各種廃液を濃縮操作等により、ガラス固化する高レベル廃液と海洋放出可能な極低レベル廃液に2極化する廃液処理技術は、廃棄物全体の発生量を大幅に削減できる可能性を有している。このような廃液の2極化を達成するためには、廃液の濃縮効率を高めること、すなわち濃縮の妨害となる廃液中の金属塩濃度を低減させることが必要となる。この観点から、再処理工程における金属塩を含んだ試薬の使用を極力排除する、いわゆるソルトフリー化に関わる検討を進めている。

従来ナトリウム塩を使用していた溶媒洗浄工程については、新たに炭酸ヒドラジン等のソルトフリー試薬を採用し、その洗浄性能に問題がないことを各種コールド試験等により確認した。また、使用後のソルトフリー試薬を窒素、水等へ分解する手法として電気分解法を選定し、分解条件等の検討を行うとともに、工学規模電解装置についてその基本性能を確認した。現在、分解条件の最適化に資するため、DBP (リン酸ジブチル) 等の不純物の影響や分解副生成物の挙動に関する評価を進めている。

このほか、分析試薬等を含めた更なるソルトフリー化の可能性についても検討を進め、濃縮効率の向上による廃液2極化を図っていく。

IV. 今後の展開

FBR 燃料再処理技術開発は、実用化戦略調査研究にて主概念と選定された先進湿式再処理法について、炉や燃料開発と整合を図り、FBR サイクル実用化研究として進めていく計画である。FBR サイクルは2050年頃商業ベースでの導入を目指しており、再処理技術もこの長期にわたる開発も段階を区切ってチェックアンドレビュー (C&R) を行いつつ着実に進めていく必要がある¹¹⁾。

最初の C&R を2010年に設定しており、この時点で晶析技術や MA 回収技術を始めとする革新技術についてその採用の是非を判断することとしている。次の C&R は2015年に設定しており、採用を決めた技術について開発を進めるとともに、FBR 燃料再処理の実証施設、実用施設についての概念設計を行う計画としている。概念設計の実施により施設イメージが得られるとともに、技

第7図 CMPO/ $\text{SiO}_2\text{-P}$ による分離試験結果
(模擬高レベル廃液)

術開発への要求事項も一層明確化してくると考えており、これにより実用化までの研究開発計画をまとめ上げることができる。

再処理技術の実用化に向けては機器の信頼性をホットの環境下で確証することが重要なステップである。この工学規模ホット試験を積み重ねることにより、その後のサイクル実証施設を経てサイクル実用化に向け、着実に開発を進めていくことができると考えている。

再処理技術開発についてはさらに、第二再処理工場に係る2010年頃からの検討に向けた準備として、予備的調査・検討が我が国の関係機関の間で進められており、FBRサイクルの平衡期ばかりではなく、軽水炉サイクルからFBRサイクルへの移行期を念頭において今後の再処理技術のあり方を検討する必要があることが認識されている。軽水炉サイクルにおける再処理技術を含む今後の再処理技術のあり方についての調査・検討において原子力機構は中核機関と位置付けられており²³⁾、調査・検討結果を踏まえ再処理技術開発計画を検討していく必要があると考えている。

— 参 考 資 料 —

- 1) 動燃二十年史, (1988年10月)。
- 2) 原子力の研究, 開発および利用に関する長期計画, (昭和53年)。
- 3) 原子力の研究, 開発および利用に関する長期計画 (昭和57年)。
- 4) 動燃三十年史, (1998年7月)。
- 5) 原子力の研究, 開発および利用に関する長期計画, (昭和62年)。
- 6) リサイクル機器試験施設 (RETF) 計画について, 動燃技報 No.100, 1996年2月。
- 7) 核燃料サイクル開発機構 中長期事業計画, (平成11年3月, 平成13年7月改訂)。
- 8) 原子力の研究, 開発および利用に関する長期計画, (平成6年)。
- 9) 高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究; フェーズ I 報告書, JNC TN 1400 2001-006, (2001)。
- 10) 高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究; フェーズ II 最終報告書, JAEA-Evaluation 2006-002, (2006)。
- 12) 小島久雄“高速炉燃料の再処理技術開発”, 日本原子力学会誌, 36[10], 911(1994)。
- 13) 小泉 務, 他, “FBR 燃料再処理用解体機の開発”, 日本機械学会[No.00-11]第7回動力・エネルギー技術シンポジウム2000講演論文集, (2000)。
- 14) Y.Tooya, *et al.*, “Design Study of Mechanical Disassembly System for FBR Fuel Reprocessing”, *Proc. Int. Conf. ICONE-14*, Miami, July 17-20, 2006, 89374, (2006)。
- 15) Y. Sano, *et al.*, “Dissolution of Irradiated MOX Fuel for Highly Concentrated Solution”, *Proc. Int. Conf. GLOBAL 2005*, Tsukuba, Oct. 9-13, 2005, No.259 (2005)。
- 16) T. Washiya, *et al.*, “Structural Improvement on the Continuous Rotary Dissolver”, *Proc. Int. Conf. ICONE-8*, Baltimore, Apr., 2000, (2000)。
- 17) K. Yano, *et al.*, “Uranium Crystallization for Dissolver Solution of Irradiated FBR MOX Fuel”, *Proc. Int. Conf. GLOBAL 2005*, Tsukuba, Oct. 9-13, 2005, No.118 (2005)。
- 18) T.Washiya, *et al.*, “Development of Crystallizer for Advanced Aqueous Reprocessing Process”, *Proc. Int. Conf. ICONE-14*, Miami, Florida, July 17-20, 2006, 89292, (2006)。
- 19) M. Nakahara, *et al.*, “Actinides Recovery by Solvent Extraction in NEXT Process” *Proc. Int. Conf. GLOBAL 2005*, Tsukuba, Oct. 9-13, 2005, No.262, (2005)。
- 20) 鷲谷忠博, 他, “高速炉燃料再処理用遠心抽出器の開発”, サイクル技報, No.21, (2003)。
- 21) 駒 義和, “抽出クロマトグラフィ法によるマイナーアクチニド回収技術の開発”, 原子力 eye, 53[11], (2007)。
- 22) 鷲谷忠博, 他, “ソルトフリー電解酸化槽工学試験”, 動燃技報, No.83, (1992)。
- 23) 平成19年第50回原子力委員会資料第1号「第二再処理工場に係る2010年頃からの検討に向けた予備的な調査・検討について」, (平成19年12月)。

著 者 紹 介

船坂英之(ふなさか・ひでゆき)

日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)燃料サイクル, 再処理, 燃料製造

永井俊尚(ながい・としひさ)

日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)燃料再処理

鷲谷忠博(わしや・ただひろ)

日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)燃料再処理