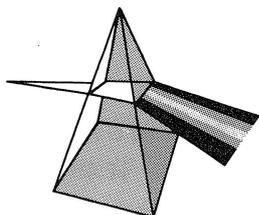


【技術報告】



オブジェクト型抽出工程シミュレーションコードの開発

加瀬 健 渡部 雅之 藤田 雄二
上田 吉徳^{注1)}

東海事業所 環境保全・研究開発センター
先進リサイクル研究開発部

資料番号：4-3

Development of the Object-oriented Extraction Process
Simulation Code

Takeshi KASE Masayuki WATANABE Yuji FUJITA
Yoshinori UEDA^{注1)}

Waste Management and Fuel Cycle Research Center
Advanced Fuel Recycle Technology Division, Tokai Works

先進リサイクル研究開発部では、先進核燃料リサイクルプラントの設計研究を効率的に進めていくためのツールとして、抽出工程シミュレーションコードの開発を行っている。設計研究のツールとしては、工程やプロセス機器の変更に応じたコードの改造等に柔軟かつ容易に対応することが要求される。そこで、この要求を満たすために、開発におけるオブジェクト指向型の化学プラント用解析ソフトウェアの利用を提案し、これを利用したプルトニウム分配工程モデルを作成した。本報告では、プルトニウム分配工程モデルの概略及び同モデルを利用した解析例について述べる。

In the advanced fuel recycle technology division, the simulation code of various PUREX extraction process has been developed to assist in the design study of advanced fuel recycle facilities. The simulation code for the design study requires easy and flexible modification corresponding to changes in the reprocessing components and process conditions. Development using an object-oriented software package for chemical plant analysis was proposed to satisfy the requirements. The model for the plutonium partitioning process using the object-oriented software package was developed. The outline of this model and an example of the analysis are mentioned in this paper.

キーワード

再処理、ピュレックス法、使用済燃料、プルトニウム分配工程、設計研究、シミュレーションコード、オブジェクト指向型ソフト、液流動異常

Reprocessing, Purex Extraction Process, Spent Fuel, Simulation Code, Plutonium Partitioning Process, Design Study, Object-oriented Software, Abnormal Hydraulic Behavior

1. はじめに

先進リサイクル研究開発部では、先進核燃料リサイクルプラントの設計研究を効率的に進めていくためのツールとして、湿式再処理プラントを模擬するプラントシミュレーションコード及びプラントを構成する各工程を模擬するプロセスシミュレーションコードの開発を進めている^{1)~3)}。「先進核燃料リサイクルプラントの設計研究を効率的に進めていくためのツール」としてのシミュレーションコードという観点から、固定したあるプロ

セスだけを対象とするのではなく、基礎から機器、工程レベルのR&Dからプラント概念の構築、設計研究等にいたるまでの範囲を対象とし、多様なケースについて解析することが必要となってくる。そのためには、機器の入れ替え、運転条件の変更等に対応してコードの改造等が容易に行えることが望ましい。そこで、従来からあったFORTRAN等のプログラミング用言語ではなく、オブジェクト指向型の化学プラント用解析ソフトウェア（以下、オブジェクト指向型ソフト）を利用して、抽出工程シミュレーションコードの開発を行ったので、ここに報告する。

注1) 現在：原子力発電技術機構
(Nuclear Power Engineering Corporation)

2. オブジェクト指向型ソフト利用の利点

再処理プラントを構成する各プロセスあるいはプラント全体をコード化しようとする試みは、従来から存在する。既存のプラントや比較的自由度の少ない限定されたプロセスを対象として、シミュレーションコードを作成する場合、従来から利用されてきたプログラミング用言語を開発に利用しても、大きな不都合は生じない。

しかし、大規模で機能の豊富なシミュレーションコードになるほど、新しい運転条件や機器の入替え等に応じたプログラムの改造を行うことが難しくなる。また、新たに必要とされた改造を行うほど、コードを構成する各プログラムが複雑に結びついてしまい、開発に当初から携わった者以外、コード全体を理解、把握することが困難になる可能性もでてくる。

そこで、このような課題を解決するため、オブジェクト指向型ソフトを利用して抽出工程シミュレーションコードの開発を行った。ここで、オブジェクト指向型とは、概略的にいえば、工程を構成する小さな事象ごとに分割した小規模なプログラム(要素モデル)群を組み合わせて、模擬対象の工程モデルを作成していくことを指している。その作成概念を図1に示す。通常、工程モデル作成にあたっては、各要素モデルを作成し、それらを示すコンピュータ画面のグラフィックイメージを組み合わせて、連結していくことで行う。要素モデルから解析する事象と工程に従って、コンピュータ画面上で工程全体のモデルを組み上げた後、操作条件、出力条件、積分方法を別ファイルで設定すれば、モデル全体の模擬計算が実行可能になる。

機器や計算ロジックの変更等に伴い改造する場合も、該当する要素モデルの組替え、入替え等に対応できるため、容易である。また、一度作成した要素モデルを他の工程モデルを作成する際に再利用するといったことも可能である。

ただし、オブジェクト指向型ソフトにも、取り扱える変数の数に限界がある等の課題も存在するので、モデル化する対象によっては、従来のプログラミング言語を利用するほうが望ましい場合もある。

オブジェクト指向型ソフトは、数種類が存在するが、本開発に利用するためには、以下の点を満たす必要がある。

化学プラントにおける汎用的な機器(バルブ、配管、基本的塔槽類等)の標準モデルが用意されている。

前記標準モデルをユーザーがカスタマイズ可能である。

方程式の解を求めるためのEquation solverを備えている。

パソコンで動作する。

オブジェクト指向型ソフトを利用した開発を計画した当初に調査を行った結果、以上の点を満たすソフトのなかから、ユーザーサポート等の点を考慮して、Object DPS⁴⁾を採用した。

図2に今回作成した再処理におけるプルトニウムの分配工程を模擬したモデルの構成図(要素モデルの内容については後述)を示す。図中の四角形が各要素モデルを、矢印のついた直線が物質の流出入を表している。図2は、作成中にコンピュータ画面上に示されるものと基本的に同一であ

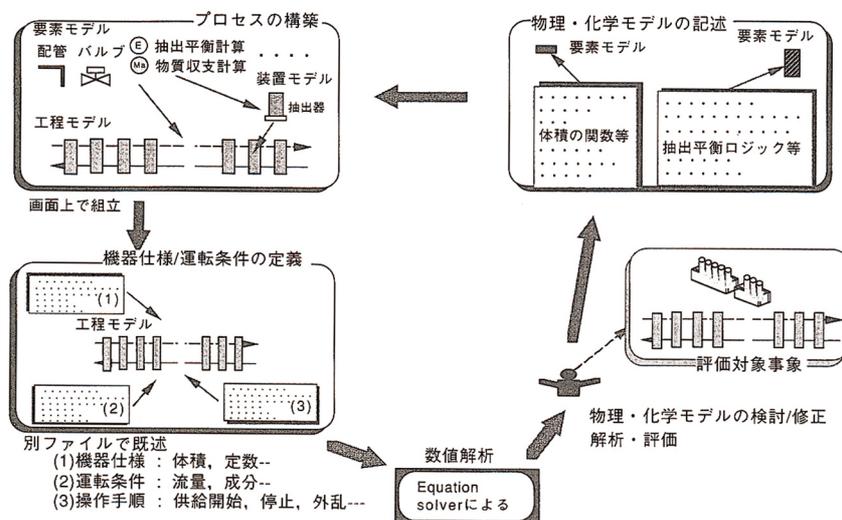
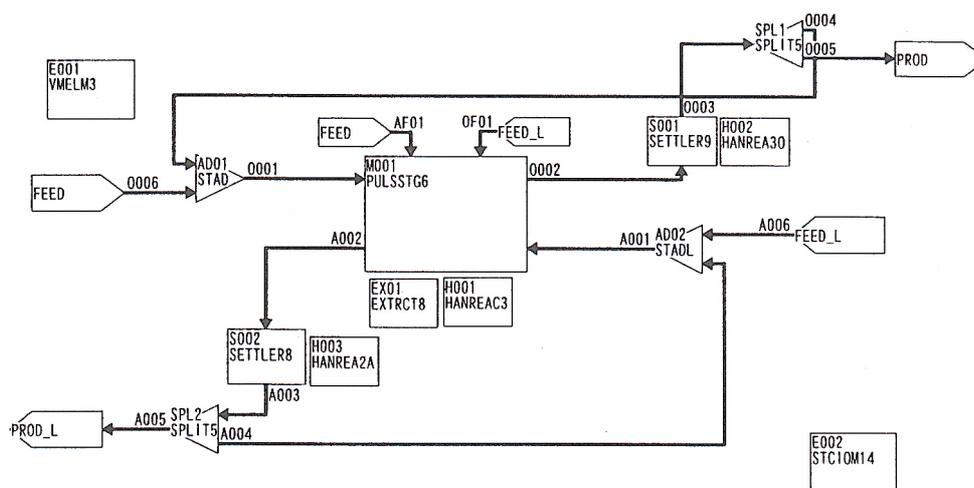


図1 オブジェクト指向型ソフトによる開発概念



ObjectDPS Model Flow Diagram (Model : HAN反応TBP)

図2 プルトニウム分配工程モデル構成

り、画面上でマウスを用いて、図中の要素モデルの組替え、入替え等を行うことでモデルを変更する。すなわち、コンピュータ画面上で図2を作成することが、模擬対象のモデルを作成することになる。

オブジェクト指向型ソフトを利用した開発では、どのような要素モデルを作成するかということが非常に重要になる。本開発にあたっては、要素モデルをできるだけ構造が単純かつ汎用性のあるものにするを考慮した。一つの要素モデルに多くの機能を持たせた場合、実行時の条件設定等の増加によるハンドリングの複雑化や他のモデルで再利用する際の汎用性の悪化等を招き、「単純な要素モデルを組み合わせて複雑なモデルを構成できる」というオブジェクト指向型ソフト本来の利点が損なわれてしまうからである。要素モデルを単純化することで、新たに他の工程モデルを模擬する際に、過去に作成した要素モデルの再利用が容易になる。なお、要素モデルに新たな機能を付加する場合には、もととなる要素モデルを複製し、改造することで対応する。

なお、標準的な機器(タンク、バルブ等)についてはObject DPSに標準モデルとして用意されているので、これらを直接あるいは一部変更して利用することとした。

3. プルトニウム分配工程モデルの内容

3.1 モデル化の基本方針

現在までに、オブジェクト指向型ソフト利用し

た抽出工程シミュレーションコード開発として、ウランの逆抽出工程を模擬したモデルの作成を実施してきた^{1)~3)}。本報告では、新たに平成9~10年度に開発を行ったプルトニウム分配工程を模擬したモデルの内容について報告する。

今回、プルトニウムの還元剤として硝酸ヒドロキシルアミン(以下、HAN)及びU()を利用する2種類のモデルの作成を行ったが、両者の間にはモデルの構造に大きな違いはなく、プルトニウムの還元反応を模擬するモデル部分の入替えだけでどちらも模擬することができる。そのため、以下でモデルの内容を説明するにあたり、還元剤としてHANを利用する場合を中心に報告を行うこととする。

モデル化は以下の方針で行った。

熱収支計算は無視する。

混合部の抽出平衡の取り扱いは、基本的には「Revised MIXSETコード」⁵⁾にもとづいて行い、Murphreeの段効率を考慮することもできるようにする。

混合部の水相並びに有機相の体積は一定または関数とし、混合部内では両相共に完全混合系を仮定する。

セトラ部は完全混合モデルとする。

HAN(またはU())を用いたPu()のPu()への還元反応を考慮する。

混合部、セトラ部、配管については集中定数系で表し、動的挙動を表現できるモデルとする。

リフラックス現象の模擬も可能とする。

また、モデル内で取り扱う物質は、工程への供給物質に工程内で生成する有機相中の錯体を加え、表1に示す18成分とした。これらのうち ~ は水相中の成分、 ~ は有機相中の成分である。なお、成分番号 ~ の両相間を移動する物質の占める体積は無視することとした。成分番号 ~ の錯体の各分子容は「(TBPの分子容)×(錯体分子のTBP配位数)」とする。有機相中のTBP/n-dodecaneのモル比は、常に純溶媒におけ

表1 プルトニウム分配工程モデルにおける対象物質

成分番号	物質	分子量	備考*
	HNO ₃	63.0	体積無視
	UO ₂ (NO ₃) ₂	394.0	体積無視
	Pu(NO ₃) ₄	487.0	体積無視
	Pu(NO ₃) ₃	425.0	体積無視
	U(NO ₃) ₄	486.0	体積無視
	HNO ₂	47.0	体積無視
	NH ₂ OH(NO ₃)	96.0	体積無視
	N ₂ H ₅ (NO ₃)	95.0	体積無視
	H ₂ O	18.0	
	HNO ₃ ・TBP	329.0	
	HNO ₃ ・2TBP	595.0	
	UO ₂ (NO ₃) ₂ ・2TBP	926.0	
	Pu(NO ₃) ₄ ・2TBP	1019.0	
	Pu(NO ₃) ₃ ・2TBP	957.0	
	U(NO ₃) ₄ ・2TBP	1018.0	
	HNO ₂	313.0	
	TBP	266.0	抽出剤
	n - dodecane	170.0	溶媒

* : 計算式の簡素化のため、~ (の8成分については体積を無視する。(3.1節参照))

る同モル比(一定値)に等しいものとした。以上も、「Revised MIXSETコード」の考え方を基本としている。

3.2 プルトニウム分配工程用モデルの構成

図2がプルトニウム分配工程用モデルである。ただし、これは装置1台分を模擬したモデルであり、多段工程の解析を行うにあたっては、これを20段に組み合わせたモデル(図3)を使用する。

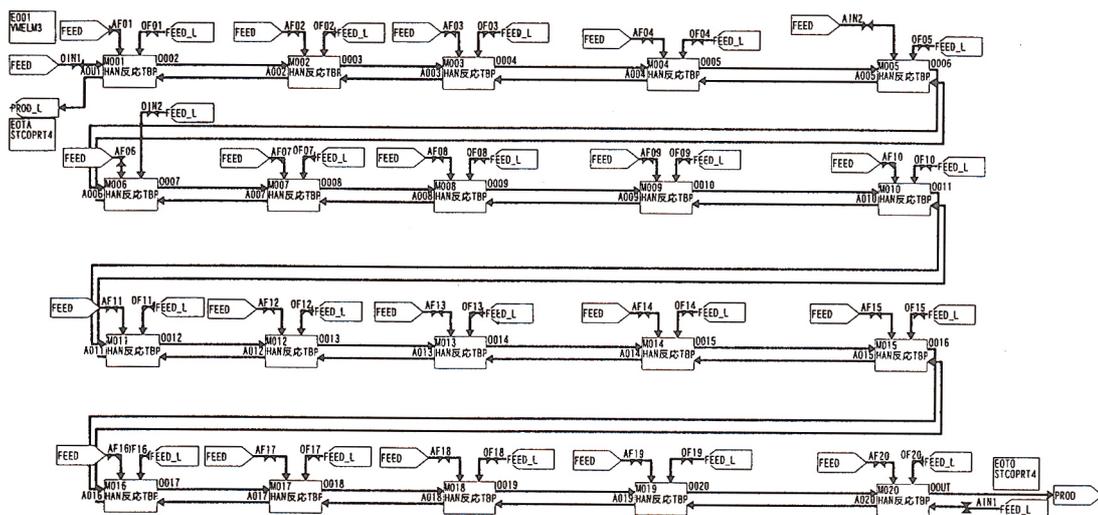
図2の各図形が、セトラ、分流器、合流器等機器の模擬や抽出平衡計算、物質収支計算の実行を担う要素モデルを表しており、矢印つきの直線が物質の流れを示している。以下にモデルを構成する各要素モデルの概略を述べる。なお、これらの要素モデルの大部分は、以前に作成したウランの逆抽出工程モデルで利用したものを改造したものであり、オブジェクト指向型ソフト利用における要素モデルの再利用及び組替えの好例となるものである。

PULSSTG6

PULSSTG6は、混合部本体を示す要素モデルである。ここでは、基本的な物質収支の計算を行う。物質収支については、化学反応による物質の増減も考慮して以下の式に基づいて計算を行っている。

ホールドアップ量の変化

$$= (\text{流入量}) - (\text{流出量}) + (\text{反応増分}) - (\text{反応減少})$$



ObjectDPS Model Flow Diagram (Model : HAN反応M20)

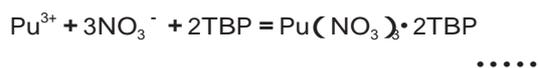
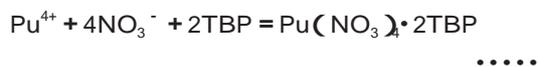
図3 プルトニウム分配工程モデル構成(20段)

定常状態では、
ホールドアップ量の変化 = 0
となる。

EXTRCT8

EXTRCT8は、抽出平衡計算を実行する要素モデルである。前述のPULSSTG6、Pu()の還元反応を模擬するHANREAC3を参照している。

平衡式としては水相中のイオン解離を考慮した「H⁺ - UO₂²⁺ - Pu⁴⁺ - Pu³⁺ - U⁴⁺ - NO₃⁻ - TBP」系の以下に示す6種類の平衡反応を考慮している。



また、これらの反応のみかけの平衡定数をK_i (式 ~ までの反応に対応してi = 1 ~ 6で区別) とすると、Richardsonら⁶⁾及び「Revised MIXSETコード」の近似式により、硝酸根濃度X₃を用いて以下のように示すことができる。

$$K_1 = (0.135Xa^{0.82} + 0.0052 Xa^{3.44})(1 - 0.54e^{-15F}) \quad \dots\dots$$

$$K_2 = K_1 \quad \dots\dots$$

$$K_3 = (3.7Xa^{1.57} + 1.4Xa^{3.9} + 0.011Xa^{7.3})(4F^{-0.17} - 3) \quad \dots\dots$$

$$K_4 = K_3 \cdot (0.2 + 0.55F^{1.25} + 0.0074Xa^2) \quad \dots\dots$$

$$K_5 = 0.04Xa^{1.8} + 0.000156F \cdot Xa^7 \quad \dots\dots$$

$$K_6 = \exp(-3.336 + 1.9336 \cdot Xa) \quad \dots\dots$$

$$F = T_0 / 3.6538 \quad \dots\dots$$

ここで、FはTBPの体積分率、T₀は純溶媒におけるTBPモル濃度を示す。

ここで、フリーのTBP濃度をT_fとすると、[H⁺] [UO₂²⁺] [Pu⁴⁺] [Pu³⁺] [U⁴⁺]の各成分の分配定数D_H、D_{UO2}、D_{Pu4}、D_{Pu3}、D_{U4}は以下のようになる。

$$D_H = K_1 \cdot T_f + K_2 \cdot T_f^2 \quad \dots\dots$$

$$D_{UO2} = K_3 \cdot T_f^2 \quad \dots\dots$$

$$D_{Pu4} = K_4 \cdot T_f^2 \quad \dots\dots$$

$$D_{Pu3} = K_5 \cdot T_f^2 \quad \dots\dots$$

$$D_{U4} = K_6 \cdot T_f^2 \quad \dots\dots$$

段効率の取り扱いとしては、定常計算におけるMurphreeの段効率を有機相濃度に対して適用することもできるようにしており、次式を用いている。なお、定数で与えることも可能である。

$$E_{Fi} = (Y_i - Y_{ini}) / (Y_{si} - Y_{ini}) \quad \dots\dots$$

ここで、E_{Fi}は抽出成分iのMurphreeの段効率、Y_{ini}は抽出成分iの有機相流入流体における平均濃度、Y_{si}は抽出成分iの有機相における平衡濃度である。

SETTLER8及び9

完全混合モデルで有機相及び水相のセトラを表す要素モデルである。セトラの体積については、定数で与えるが、遠心抽出機を考慮する場合は有機相あるいは水相の半径、界面半径を計算し、有機相あるいは水相の体積を求めることもできる。

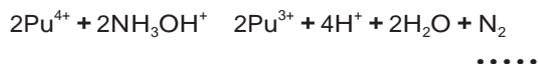
VMELM3

分配の模擬に用いる前述の18成分の分子容と分子量を与える要素モデルである(表1参照)

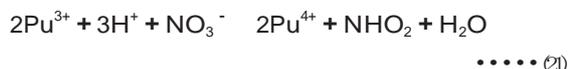
HANREAC3、HANREA30、HANREA2A

順に混合部、有機相セトラ、水相セトラにおけるHANよるPu()の還元反応の模擬を行う要素モデルである。ここでは、以下の化学反応について考慮している。なお、Pu()の再酸化反応以外は有機相では起こらない。

・Pu()の還元反応



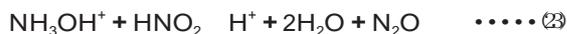
・Pu()の再酸化反応



・ HNO₂の分解反応



・ HANによるHNO₂の分解反応



上記の4反応についての反応速度、成分物質収支の取り扱いについては、「Revised MIXSETコード」と同様である。詳細については、参考文献5)を参照されたい。

STCIOM14、STPCPRT4

計算結果の表示用の単位変換を行う要素モデルである。表示の際にはHNO₃、HNO₂については [mol/l]、他の各成分については [g/l] に変換している。

SPLIT5、STADL

SPLIT5は分流器、STADLは合流器を表す要素モデルである。これらの要素モデルは、リフラックス現象が発生した場合の解析を行うために作成している。

正常な運転状態では、水相及び有機相は分離された両相の出口から排出されるが、リフラックス現象が発生すると、一部が混合部に再び戻ってしまう。よって、リフラックス現象等の液流動異常は、液の一部あるいはすべてが通常の流路とは別の経路を経ることで表現できる。これは、通常の流路から液の一部あるいはすべてが分流し、到達先で合流するか系外へ出ていくことである。到達先で合流する場合、同一相間では物質収支のみが保たれ、異相間では抽出反応を経たうえで物質収支が保たれる。また、分流する部分でも物質収支が保たれる。そこで、これら合流及び分流の機能を持つ要素モデルを導入すれば、リフラックス現象等の液流動異常を模擬することが可能である。

分流器を表現する要素モデルの基本機能は、分流比(0 分流比 1)を規定して2種類の出力ストリームに流量を単純に分配するものである。合流器を表現する要素モデルの機能も、複数の入力ストリームの流量を一つのストリームとして出力するという単純なものである。異相間の合流では抽出反応が起きるが、これには前述の平衡濃度及び物質収支計算用の要素モデルを適用することができる。本コードでは、各要素モデルを適切に組み合わせ、部分及び全体の物質収支をとることによって、このような液流動異常を模擬することもできる。

4. 解析例

プラントの設計研究では、機器の大きさや運転

条件等の仕様を設定する場合、既存プラントの設定値・実績値、実験結果及びシミュレーションコードによる解析結果等を総合的に評価し、決定している。特に、既存プラントの実績値や実験結果は安全評価上も重要なものとなっている。しかし、新たな機器やプロセスを採用するプラントの設計に関しては、実績値がなく、実験値も少ないため、仕様の設定では、可能な限り安全側に裕度を持たせている。そのため、安全にかかわる装置を多数設けたり、設備・機器が大型になってしまう。これら为了避免するため、シミュレーションコードを使用した解析・評価が重要となる。また、シミュレーションの結果を適切にR&Dへフィードバックすることや、さらに、シミュレーションコードにより種々の異常事象も模擬可能であれば、それをベースとした実験もでき、より効率的に研究開発とプラントの設計が進められる。このような観点から、オブジェクト型抽出工程シミュレーションコードの開発では、既存コードではできないリフラックスやオーバーフロー発生等の異常事象解析も容易に行うことができるコードを作成している。

ここでは、第3節で述べたプルトニウム分配工程モデルを用いて行った異常事象解析について示す。

4.1 解析対象プロセスの設定

再処理プラントの異常事象としては種々のケースが想定できるが、ここでは、シミュレーションに用いるモデルがプルトニウム分配工程であることから、4 価のプルトニウムを 3 価に還元するために供給する試薬であるHANの供給濃度が変化した場合にプルトニウムがどのような挙動を示すかを解析した。この解析により、プラント運転時のHAN濃度の調整範囲が予測できることから、プラント設計におけるHAN濃度の裕度が分かり、より現実的なHAN濃度の設定が可能となる。

4.2 解析条件

今回行った異常事象解析の計算条件のフローシートを図4に示す。パラメータとなるHAN濃度に関しては、第3節に示した式 ~ の反応式を参考に、プルトニウムの供給量に対して、0.5 ~ 約4倍(HANの基準量)までの変動範囲を想定した。計算条件として設定した各溶液の流量や成分濃度は、現在進めている先進核燃料リサイクルプラントの設計研究で用いている仕様を参考に決定した。また、計算上の運転時間について、これまでの実験結果から、反応容器の全体積の約3倍

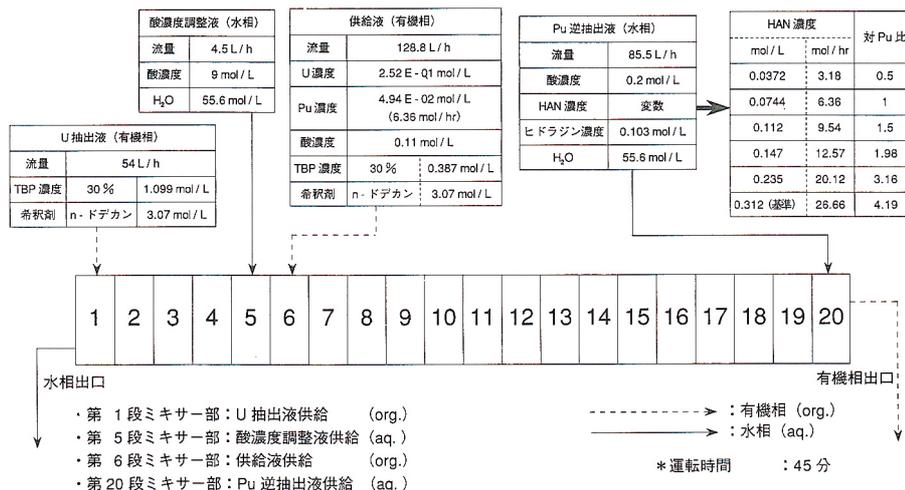


図4 Pu分配工程における異常事象解析計算条件
- HAN濃度異常の解析 -

の液量を供給すると反応がほぼ平衡に達するという知見をもとにすると、今回の計算条件では約15分で反応が平衡になるが、今回は、余裕を持ってその3倍時間の45分に設定した。

4.3 解析結果及び考察

各HAN濃度におけるウラン及びプルトニウムの物質収支結果を表2に示す。また、各段におけるプルトニウム濃度のHAN濃度依存性を図5に示す。

表2よりHAN濃度が小さい場合、物質収支が取れていないことが分かる。また、図5をみると、HAN濃度が小さい程、有機相中のプルトニウム濃度が大きくなっている。さらに、プルトニウム比で0.5倍量のHANの供給では、HANによるプルトニウムの還元反応(式参照)から考えると3価と4価のプルトニウムが同量程度で存在するものと考えられるが、そのような結果にはならなかった。これらの結果から、HANの供給量が少ない場合、今回の計算時間内では、系が平衡に達することなく、アキュムレーションが起こっていると考えられる。逆に、HAN濃度が大きくなるにつれ、物質収支が取れ、また、各段にお

表2 各HAN濃度におけるウラン及びプルトニウムの物質収支結果

HAN濃度 (mol/L)	0.0372	0.0744	0.112	0.147	0.235	0.312
対プルトニウム比	0.5	1	1.5	1.98	3.16	4.19
プルトニウム収支 (%)	89.5	95.97	98.28	99.22	99.95	99.91
ウラン収支 (%)	100.25	99.98	99.87	99.8	99.83	99.86

けるプルトニウムの分配挙動も同様の傾向を示し、プルトニウムが十分に還元され、水相側に回収されていることが分かる。なお、各相の出口における各成分濃度の時間変化の結果では、HAN

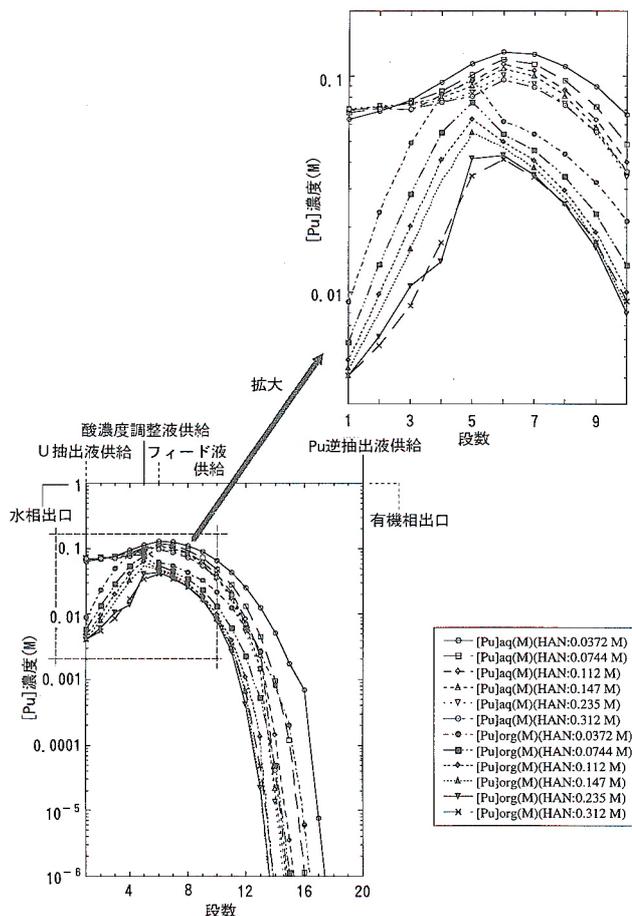


図5 各段におけるPu濃度のHAN濃度依存性

の濃度が大きい場合、数分から15分程度で反応が平衡に達しているが、HAN濃度が小さくなるにしたがい、20分、30分程度と徐々に平衡になるまで時間がかかり、HANの供給量がプルトニウム比で1倍及び0.5倍では、今回の計算時間内で平衡に達しないことを確認している。

還元剤の供給量が少ないとプルトニウムの還元、再酸化のバランス、つまり、プルトニウムの抽出逆抽出のバランスが悪くなり、アキュムレーションが生じると考えられる。今回の解析結果からも、HANの供給量が少ない場合にアキュムレーション現象が見られ、逆に、HAN濃度が大きくなるにつれ、その現象がなくなり、反応が平衡に達している。これらの結果から、本シミュレーションコードでの計算が基本的に機能しており、異常事象の解析においても使用可能と考えられる。

HANによるプルトニウムの還元反応は、1:1反応であることから、プルトニウムと同量のHANを供給すれば、基本的にはすべてのプルトニウムが還元されることになる。しかし、本反応系では、プルトニウムの再酸化反応(式 ~ 参照)も考慮して、HANの供給量を設定する必要がある。今回の解析結果から、他の条件(酸濃度、ヒドラジン濃度等)が同一である場合、プルトニウムの2倍以上のHANを供給すれば、プルトニウムの分配挙動にはほとんど影響がなく、先進核燃料リサイクルプラントの設計研究で設定している基準値に対し、その半分の量までHANを減少可能と考えられる。したがって、実際のプラントの運転を考えた場合、HAN濃度に関しては、現状の設計における基準値よりも低減が可能であり、廃棄物発生量の抑制等につながると考えられる。

なお、今回の想定異常事象がプルトニウム還元剤の濃度変化であることから、プルトニウムの分配挙動に着目しているが、ウランの抽出に関しても、HANの濃度変化により、硝酸根濃度が変化し、影響がでる可能性がある。しかし、今回の異常想定範囲では、その影響はなかった。

5. おわりに

シミュレーションの役割としては、設計やR&Dへのフィードバックが重要である。本開発では、それらが適切に、かつ、容易に行えるように、既存コードにはない機能を付加し、また、コードの改造等が簡単に行えるコードの作成を目的

に開発を進めてきている。

本報告で述べているシミュレーションコードには、既存コードにはないリフラックス発生等の新規機能が組み込まれているが、第4節で示した解析では、本コードの検証も兼ね、既存コードでも解析が可能な事象を想定した。

今回の解析により、本コードが正しく機能していることが分かった。今回はHAN濃度についてのみ解析を行っているが、今後は、以下のような本シミュレーションコードの機能を活かした解析や改造を実施することで、合理的なプラント設計や効率的なR&Dに寄与していくことが重要と考える。

液流動異常事象の解析や種々の異常事象を組み合わせた解析及びその結果の抽出器仕様への反映

過渡特性(反応系が安定するまでの挙動)の現実的な評価精度の見極めと解析

関数式の修正

プロセス制御機能付加の検討、等

以上にあたっては、ポイントとなるところでの実験データは不可欠となる。そのため、シミュレーションコードの開発やそれを利用した解析と実験とのバランスのとれた開発が必要である。すなわち、プラントの設計研究を進めていく上では、シミュレーションコードによる解析と実験によるデータ収集が必要であり、どちらか一方だけで完結するものではない。

また、プラントの設計研究という観点から、これまでに行ってきたようなウランの逆抽出工程やプルトニウムの分配工程の模擬といった比較的狭い範囲におけるプロセスシミュレーションコードの開発、利用だけでなく、再処理プラント全体の物質収支を評価できるようなプラントシミュレーションコードの開発も必要となってくる。現在、本報告のようなプロセスシミュレーションコードの開発と並行して、プラントシミュレーションコードに関しても、先進核燃料リサイクルプラントの設計研究に利用すべく鋭意、開発を進めているところである。

6. 謝辞

本開発を実施するにあたり、Object DPSの保守・管理やプルトニウム分配工程モデルを用いた解析等の業務において、多大なご協力をいただいた原子力システム株式会社の藤川克巳氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 上田吉徳, 五十嵐 幸: “核燃料再処理抽出プロセス計算コードへのObject DPSの適用(その1)”, ケミカルエンジニアリング, Vol.43, No.3, p.65 (1998).
- 2) 上田吉徳, 五十嵐 幸: “核燃料再処理抽出プロセス計算コードへのObject DPSの適用(その2)”, ケミカルエンジニアリング, Vol.43, No.4, p.52 (1998).
- 3) Y. Ueda, M. Igarashi, : “Computer Code for PUREX Flowsheet Simulation in Abnormal Hydraulic Behavior of Centrifugal Contactor”, Proc. The 5th International Nuclear Conference on Recycling, Conditioning and Disposal, Vol.3, p.798 (1998).
- 4) 矢島孝一, 宮下礼子: “ダイナミック・プロセス・シミュレーションObject DPS - 概説と例題 - ”, ケミカルエンジニアリング, Vol.43, No.1, p.61 (1998).
- 5) 権田浩三, 岡 紘一郎 他: “Purexプロセス計算コードRevised MIXET”, PNCT 841-79-26 (1979).
- 6) G. L. Richardson, J. L. Swanson, : “Plutonium Partitioning in the PUREX Process with Hydrazine-Stabilized Hydroxylamine Nitrate”, HEDL-TME-75-31 (1975).