

放射性廃物処理プロセスの評価検討

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2000年7月

住友金属鉱山株式会社

この資料は、サイクル機構社内における検討を目的とする社内資料です。ついては複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒708-06

岡山県苫田郡上斎原村1550

核燃料サイクル開発機構

人形峠環境技術センター

環境保全技術開発部 環境保全課

放射性廃物処理プロセスの評価検討

柴山 治雄*、小野 嘉信**
吉田 友之*、鶴田 保博*

要旨

核燃料サイクル機構人形峠環境技術センターで発生するウランを含むフッ化カルシウム廃物からウランを除去し、フッ素を安定化させるプロセスについて、塩酸系処理プロセス及び硝酸系処理プロセスにおける物質収支、建設費及び操業費の比較検討を行った。

物質収支について、2 次廃棄物の発生量を比較すると、硝酸系処理プロセス工程-3 が最も少なく、次いで塩酸系処理プロセス、硝酸系処理プロセス工程-2、同工程-1 の順であった。建設費は、塩酸系処理プロセスが最も安く、次いで硝酸系処理プロセス工程-3、同工程-2、同工程-1 の順であった。操業費は、硝酸系処理プロセス工程-3、塩酸系処理プロセス、硝酸系処理プロセス工程-2、同工程-1 の順であった。

さらに、廃物を直接乾燥し、減容化するプロセスについても同様の評価を行った。直接乾燥・減容化処理プロセスは、低コストで減容できるという利点があるが、ウランを分離していないため、将来その必要性が発生した際には、ウラン分離費用が新たに必要となる。

本報告書は、住友金属鉱山株式会社が核燃料サイクル開発機構殿との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：

サイクル機構殿担当部課室：環境保全技術開発部 環境保全課（瀧 富弘殿）

* 住友金属鉱山株式会社 エネルギー・環境事業部 技術センター

** 住友金属鉱山株式会社 エネルギー・環境事業部 原子力・エネルギー部

A evaluation study in radioactive precipitation processing

Haruo Shibayama*, Yoshiyuki Ono**
Tomoyuki Yoshida*, Yasuhiro Tsuruta*

Abstract

It have made comparative study of the mass balance, the construction costs and operating expense in the hydrochloric acid dissolution process and the nitric acid dissolution process for removal of the uranium and stabilization of fluorine in calcium fluoride in the calcium fluoride precipitation including the uranium generated from Ningyo Toge Works.

Comparison of mass balance had been carried out by the amounts of generation of secondary waste. As a result, the amounts of generation of secondary waste of the nitric acid dissolution process-3 had been the least, and it had increased in order of the hydrochloric acid dissolution process, the nitric acid dissolution process-2, and the nitric acid dissolution process-1. The construction cost of the hydrochloric acid dissolution process was the cheapest, and it became expensive in the order of the nitric acid dissolution process-3, the nitric acid dissolution process-2, and the nitric acid dissolution process-1. About operation expense, the nitric acid dissolution process-3 was the cheapest, and became high in the order of the hydrochloric acid dissolution process, the nitric acid dissolution process-2, and the nitric acid dissolution process-1.

In addition, a similar evaluation had been performed with the process, which reduces volume by drying the precipitation directly. The process, which dries the precipitation directly and reduces volume, has the advantage that the volume of the precipitation can be reduced at low cost. However, when the separation of the uranium will be needed in the future since the uranium in the precipitation is not separated, the uranium separation expense is newly needed.

Worked performed by Sumitomo Metal Mining Co. under contact with Japan Nuclear Cycle Development Institute

JNC Liaison : Environmental Research and Development Division (Tomohiro Taki)

* Research & Development Center, Energy & Environment Business Division

** Energy & Nuclear Power Department

目 次

1. 緒 言	1
2. 概 要	2
3. 殿物処理プロセスの評価	7
3.1 硝酸系処理プロセスの適応性と課題	7
3.1.1 硝酸系処理プロセスの適用性の検討	7
3.1.2 硝酸系処理プロセスの課題	11
3.1.3 まとめ	11
3.2 塩酸系及び硝酸系処理プロセスの経済性比較評価	12
3.2.1 塩酸系及び硝酸系処理プロセスの PFD	12
3.2.2 塩酸系及び硝酸系処理プロセスの物質収支	17
3.2.3 塩酸系及び硝酸系処理プロセスによる殿物処理設備の建設費概算	23
3.2.4 塩酸系及び硝酸系処理プロセスによる殿物処理設備の操業費概算	36
3.3 殿物の直接乾燥・減容化処理プロセスの評価	45
3.3.1 直接乾燥・減容化処理プロセスの PFD	45
3.3.2 直接乾燥・減容化処理プロセスの物質収支	45
3.3.3 直接乾燥・減容化処理プロセスによる殿物処理設備の建設費概算	45
3.3.4 直接乾燥・減容化処理プロセスによる殿物処理設備の操業費概算	45
3.3.5 まとめ	48
4. まとめ	48
5. 今後の課題	50
5.1 塩酸系処理プロセス	50
5.2 硝酸系処理プロセス	50
6. 謝 辞	51
7. 参考文献	52

表 目 次

表 3.1	廃棄物所蔵庫に保管されている天然ウラン量	7
表 3.2(1)	物質収支表（塩酸系）	19
表 3.2(2)	物質収支表（塩酸系）	20
表 3.3(1)	物質収支表（硝酸系工程-1）	24
表 3.4(1)	物質収支表（硝酸系工程-2）	26
表 3.5(1)	物質収支表（硝酸系工程-3）	28
表 3.3(2)	物質収支表（硝酸系工程-1）	29
表 3.4(2)	物質収支表（硝酸系工程-2）	31
表 3.5(2)	物質収支表（硝酸系工程-3）	33
表 3.6	プロセス工程毎の概算建設費	35
表 3.7(1)	塩酸系処理プロセスの概算操業費	41
表 3.7(2)	塩酸系処理プロセスの概算操業費	41
表 3.8(1)	硝酸系処理プロセスの概算操業費	42
表 3.8(2)	硝酸系処理プロセスの概算操業費	43
表 3.9(1)	物質収支表（直接乾燥・減容化処理プロセス）	47
表 3.9(2)	物質収支表（直接乾燥・減容化処理プロセス）	47
表 3.10	直接乾燥・減容化処理プロセスの概算操業費	49

図 目 次

図 2.1	塩酸系処理プロセスの工程図	3
図 2.2	硝酸系処理プロセスの工程図-1	4
図 2.3	硝酸系処理プロセスの工程図-2	5
図 2.4	硝酸系処理プロセスの工程図-3	6
図 3.1	塩酸系処理プロセス PFD	13
図 3.2	硝酸系処理プロセス工程-1PFD	14
図 3.3	硝酸系処理プロセス工程-2PFD	15
図 3.4	硝酸系処理プロセス工程-3PFD	16
図 3.5	塩酸系処理プロセスのタイムチャート	37
図 3.6	硝酸系処理プロセス-1 のタイムチャート	38
図 3.7	硝酸系処理プロセス-2 のタイムチャート	39
図 3.8	硝酸系処理プロセス-3 のタイムチャート	40
図 3.9	直接乾燥・減容化処理プロセス PFD	46
図 3.10	直接乾燥・減容化処理プロセスのタイムチャート	49

添付資料目次

添付資料－ 1	塩酸系処理プロセス PFD	53
添付資料－ 2	塩酸系処理プロセス配置図	54
添付資料－ 3	塩酸系処理プロセス設備機器リスト	55
添付資料－ 4	硝酸系処理プロセス工程-1PFD	57
添付資料－ 5	硝酸系処理プロセス工程-1 配置図	58
添付資料－ 6	硝酸系処理プロセス工程-1 設備機器リスト	59
添付資料－ 7	硝酸系処理プロセス工程-2PFD	63
添付資料－ 8	硝酸系処理プロセス工程-2 配置図	64
添付資料－ 9	硝酸系処理プロセス工程-2 設備機器リスト	65
添付資料－ 10	硝酸系処理プロセス工程-3PFD	68
添付資料－ 11	硝酸系処理プロセス工程-3 配置図	69
添付資料－ 12	硝酸系処理プロセス工程-3 設備機器リスト	70
添付資料－ 13(1)	塩酸系廃物処理プロセスによる物質収支フロー図	73
添付資料－ 13(2)	塩酸系廃物処理プロセスによる物質収支フロー図	74
添付資料－ 14(1)	硝酸系廃物処理プロセス（工程 1）による物質収支フロー図	75
添付資料－ 14(2)	硝酸系廃物処理プロセス（工程 1）による物質収支フロー図	77
添付資料－ 15(1)	硝酸系廃物処理プロセス（工程 2）による物質収支フロー図	79
添付資料－ 15(2)	硝酸系廃物処理プロセス（工程 2）による物質収支フロー図	81
添付資料－ 16(1)	硝酸系廃物処理プロセス（工程 3）による物質収支フロー図	83
添付資料－ 16(2)	硝酸系廃物処理プロセス（工程 3）による物質収支フロー図	84
添付資料－ 17	塩酸系処理プロセスの機器毎の機器製作・調達費	85
添付資料－ 18	硝酸系処理プロセス工程-1 の機器毎の機器製作・調達費	89
添付資料－ 19	硝酸系処理プロセス工程-2 の機器毎の機器製作・調達費	94
添付資料－ 20	硝酸系処理プロセス工程-3 の機器毎の機器製作・調達費	98
添付資料－ 21	直接乾燥・減容化処理プロセス PFD	102
添付資料－ 22	直接乾燥・減容化処理プロセス配置図	103
添付資料－ 23	直接乾燥・減容化処理プロセス設備機器リスト	104
添付資料－ 24	直接乾燥・減容化処理プロセスの機器毎の機器製作・調達費	105

1. 緒言

廃物処理は、貯蔵庫負担の軽減と貯蔵及び将来性の処分時の安全向上の観点から、放射性廃棄物量の低減化と処理済廃棄物の化学的安定化を図ることを基本としている。

その基本を踏まえて、核燃料サイクル開発機構人形峠環境技術センター殿（以下サイクル機構殿と略す）では、放射性廃棄物貯蔵庫に保管されているフッ素を含む放射性廃物から、ウランはイエローケーキとして回収し、フッ素は安定化して保管するプロセスの検討を行っている。

本調査では、処理プロセスの一つである硝酸に廃物を溶解した場合のウラン除去、ウラン除去後の廃液中のフッ素除去及び硝酸の回収等に関するプロセスの成り立ちについて評価を行った。

また、サイクル機構殿が行っている塩酸系処理プロセス及び本調査で検討した硝酸系処理プロセスの経済性の評価を行った。

2. 概要

殿物中のウラン濃度が比較的高い場合の塩酸系処理プロセスの概要を図 2.1 に、硝酸系処理プロセスの概要を図 2.2～2.4 に示す。

塩酸系処理プロセスでは、殿物を塩酸に溶解した後、ウランを過酸化水素と反応させることにより、イエローケーキとして回収する。さらに、溶解度レベルにまで低下したウランは、次工程のイオン交換により回収する。一方、ウランが除去された塩酸系廃液中のカルシウムは、水酸化ナトリウムの中和処理によりフッ化カルシウム殿物として回収する。

また、硝酸系処理プロセス（工程-1）では、殿物を硝酸に溶解した後、TBPを用いた溶媒抽出法によりウランと不純物（Ca、F 等）を分離する。溶媒抽出により精製されたウランは、塩酸法と同様に過酸化水素処理を行い、イエローケーキとして回収する。一方、ウラン除去後の硝酸系廃液中のフッ素及びカルシウムは、水酸化カルシウムを用いた中和処理によりフッ化カルシウム殿物として回収する。フッ化カルシウム除去後の廃液からは、カルシウム及び硝酸が回収され、リサイクルされる。

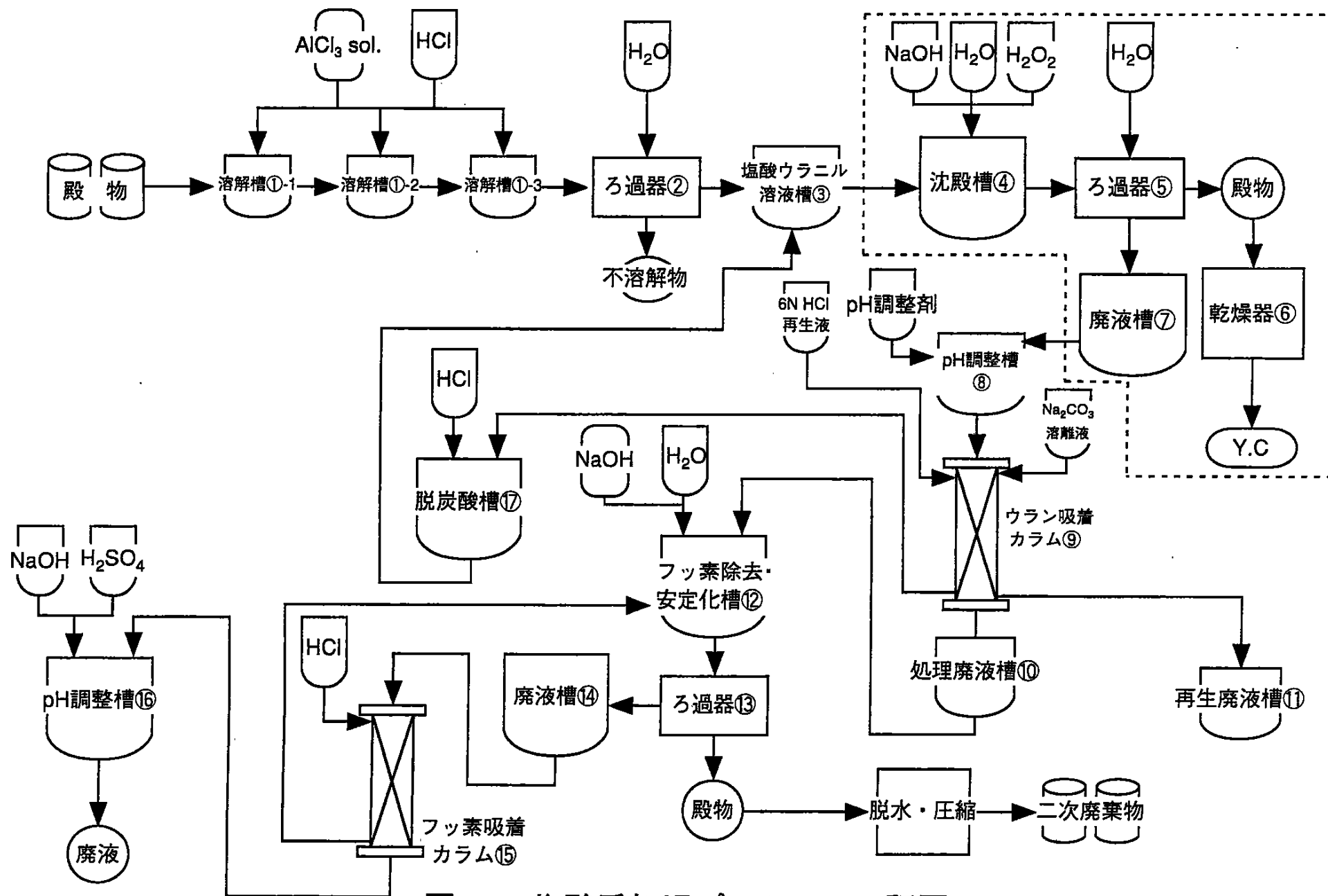


図2.1 塩酸系処理プロセスの工程図

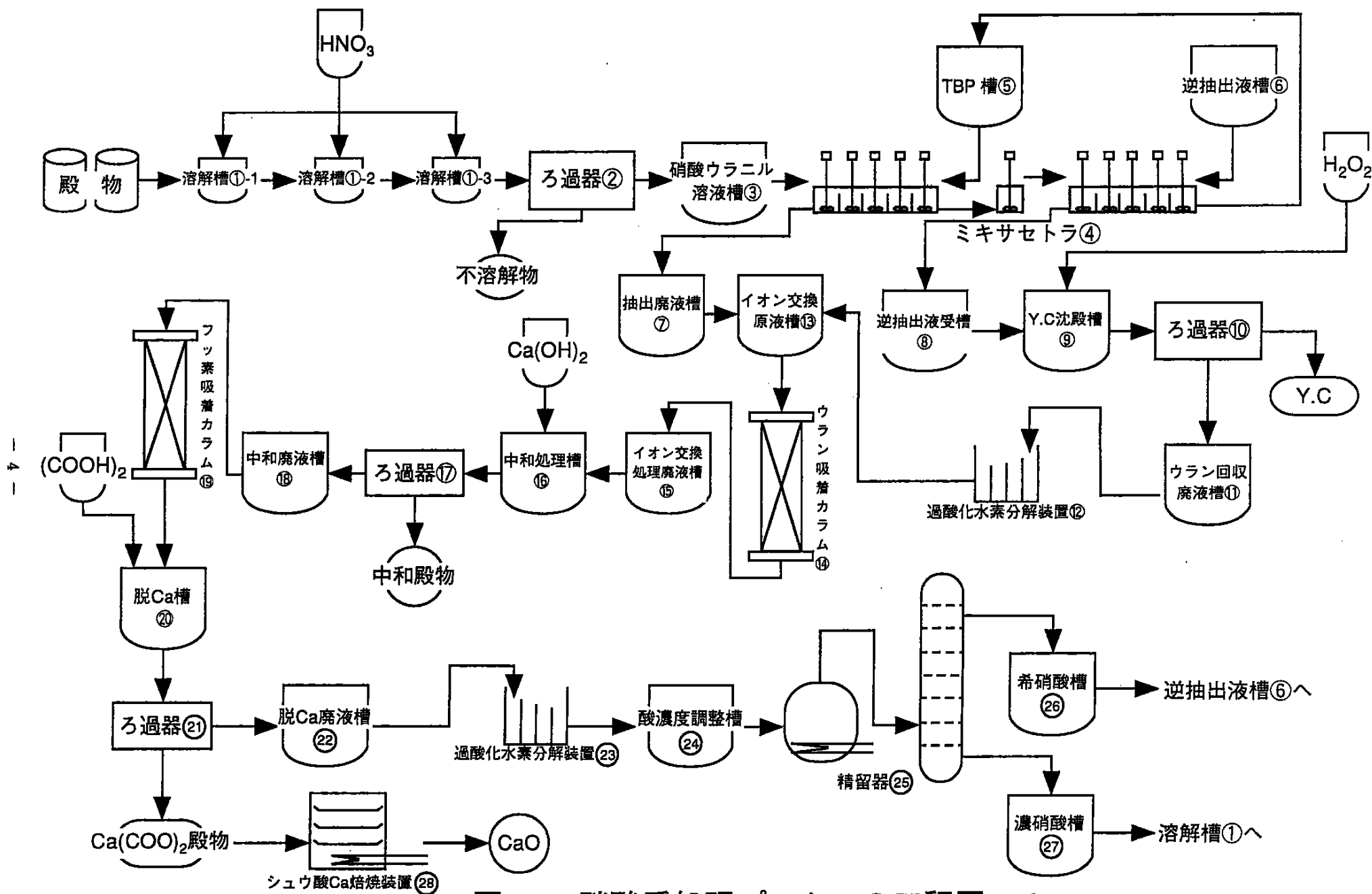


図2.2 硝酸系処理プロセスの工程図－1

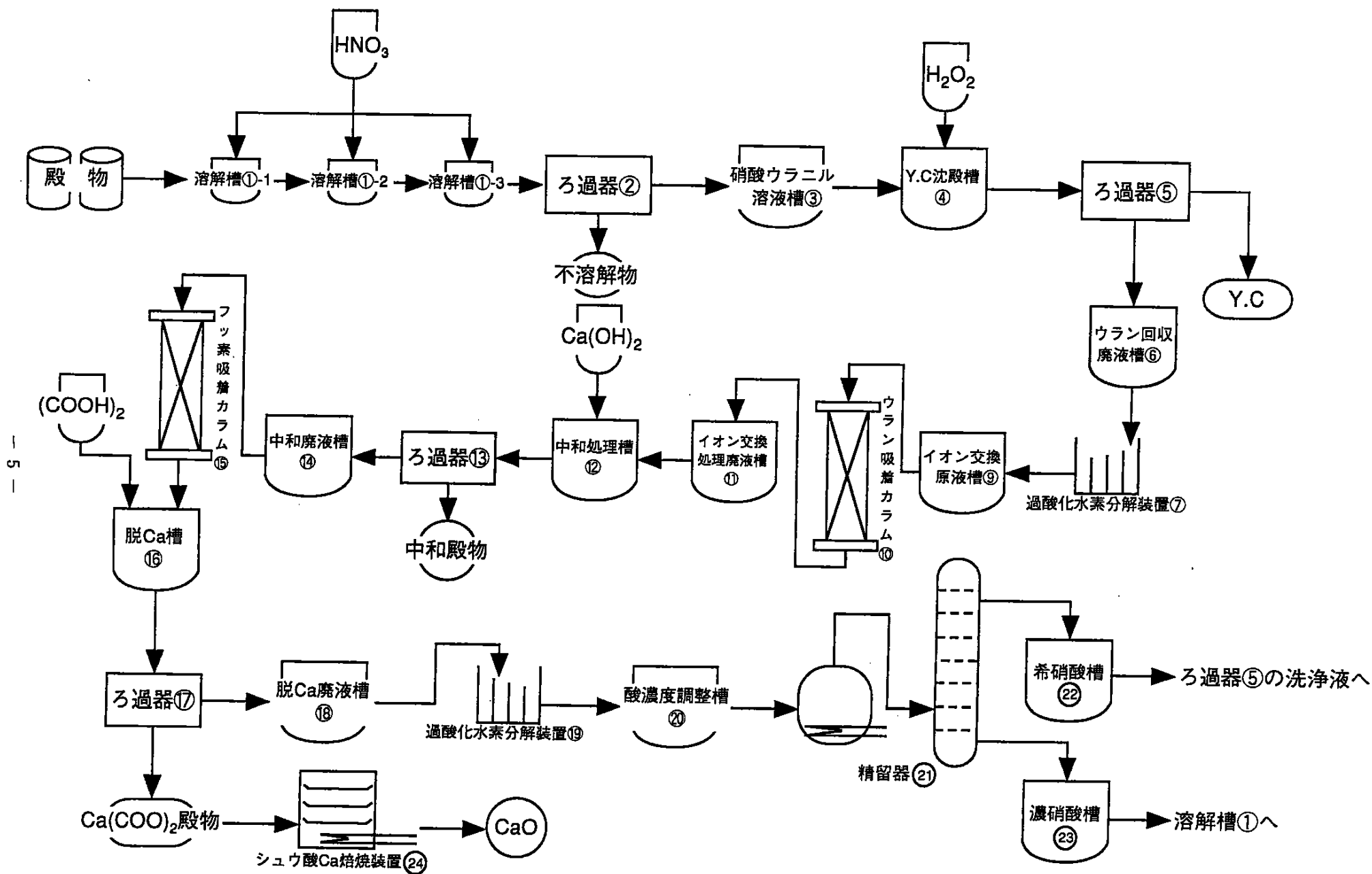


図2.3 硝酸系処理プロセスの工程図-2

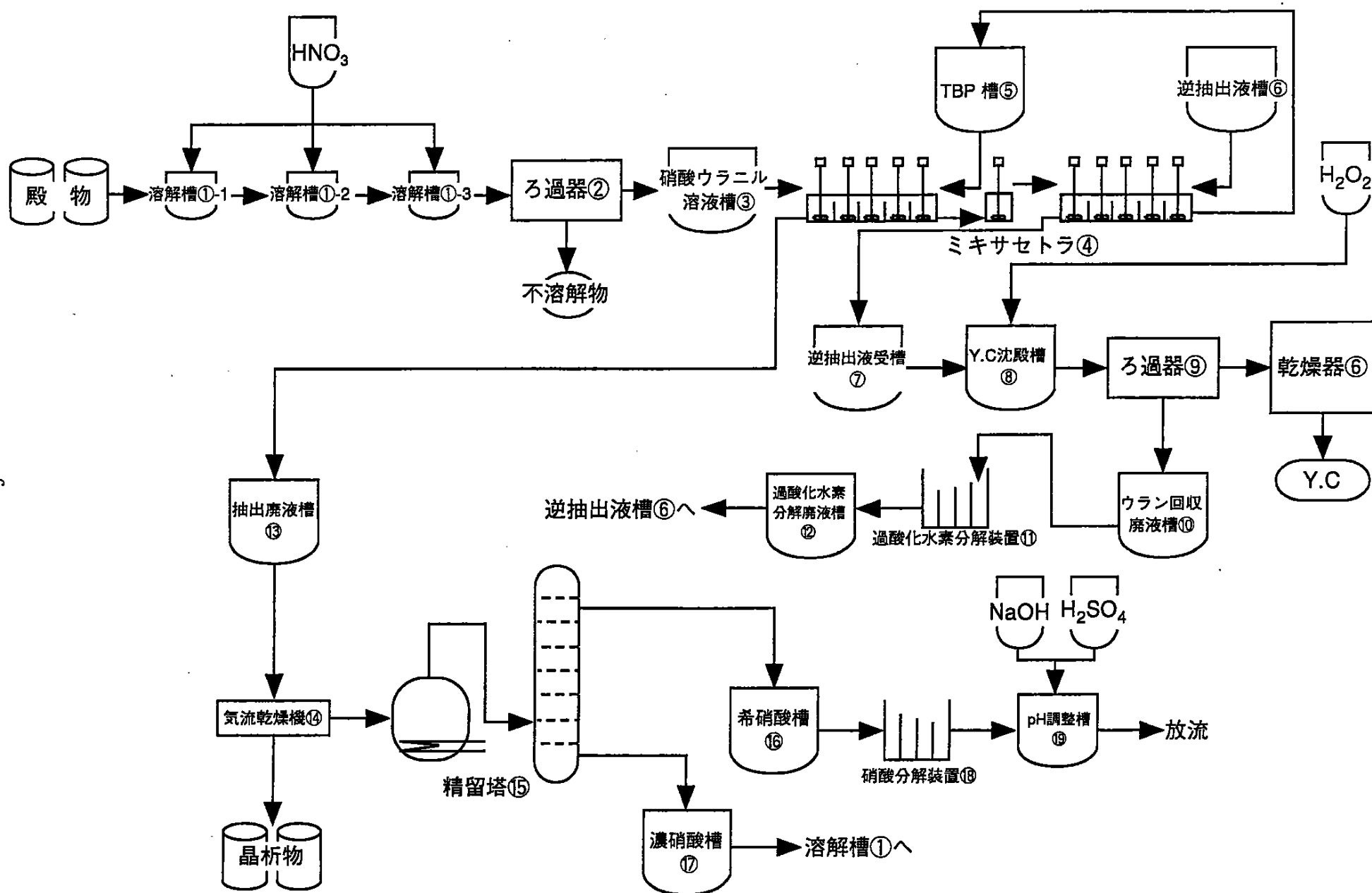


図2.4 硝酸系処理プロセスの工程図-3

3. 殿物処理プロセスの評価

昨年度までの「ウラン廃棄物処理法の調査・検討」では、対象殿物を硝酸で処理する際に想定されるプロセスについて、各処理の条件・効率等について検討を行った。

本年度は、それらの結果を踏まえて硝酸系処理プロセスの成立性について評価を行った。

さらに、サイクル機構殿が行っている塩酸系処理プロセス及び本調査で検討した硝酸系処理プロセスの経済性の評価を行った。

3.1 硝酸系処理プロセスの適応性と課題

平成 8～10 年度の調査結果を踏まえて、技術的な観点から硝酸系処理プロセスの適用性と課題を総括した。

3.1.1 硝酸系処理プロセスの適用性の検討

(1) 処理対象殿物の種類・組成

処理対象殿物は約 4600 本あり、殿物中にはウラン、フッ素、硫酸及びカルシウム等が含まれる。その含有量は、殿物により大きくばらつくが、大別すると以下のような傾向にある。

- ・処理対象殿物には、白沈殿とイエローケーキがある。
- ・白沈殿は、ウラン含有率が低く、硫酸イオン含有率が高い。
- ・イエローケーキウランは、含有率が比較的高く、硫酸イオン含有率が低い。

表 3.1 に、廃棄物保管庫に保管されている天然ウラン量を示す。

表 3.1 廃棄物貯蔵庫に保管されている天然ウラン量(平成 11 年 3 月 31 日現在)

ウラン含有量 (wt%)	ドラム缶本数 (本)	殿物重量 (t)	ウラン量 (t)	総ウラン量に対する割合 (%)
<0.1%	2231	366.0	0.22	1.41
0.1～0.5%	742	133.7	0.36	2.32
0.5～1.0%	256	46.9	0.32	2.03
1.0～10%	1153	200.0	10.80	68.97
10%<	208	33.6	3.90	25.27
合 計	4590	780.2	15.6	100.0

(2) 硝酸系処理プロセスの概要

このプロセスでは、処理対象殿物を一旦溶解し、ウラン及びフッ素を

分離した後、ウランはイエローケーキとして、フッ素はフッ化カルシウムとして回収する。殿物中のウラン含有率はバラツキが大きいいため、処理プロセスはウラン含有量のバラツキに対応できることが必要である。殿物溶解液から分離されたウランは、過酸化化物として回収する。また、ウラン除去後の廃液からのフッ素除去は、中和あるいは濃縮乾固により行う。

殿物処理プロセスは、次の工程より構成される。

- ①殿物の溶解工程
- ②殿物溶解液中のウラン除去工程
- ③ウラン除去後廃液中からのフッ素除去工程
(フッ化カルシウム殿物生成工程)
- ④過酸化水素によるイエローケーキ沈殿工程
- ⑤硝酸回収工程

(3) 各工程の適用性

①溶解工程

殿物は白殿物・イエローケーキともに溶解性が高く、室温で硝酸に溶解可能である。このことから、硝酸系処理プロセスでは、溶解工程での問題は、特に無いと考えられる。

②殿物溶解液中のウラン除去工程

殿物溶解液からのウランの除去技術としては、下記の 3 種類の方法を想定している。

- a. 溶媒抽出及びイオン交換による方法 (工程-1)
- b. 過酸化水素によるイエローケーキ沈殿及びイオン交換による方法 (工程-2)
- c. 溶媒抽出法 (工程-3)

次に各方法について、簡単に記載する。

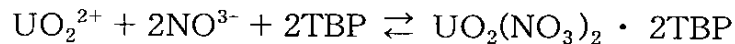
a. 溶媒抽出及びイオン交換による方法

まず、殿物溶解液中のウランを TBP 溶媒抽出法により抽出し、さらに抽出廃液中のウラン濃度を、イオン交換法により徹底的に低減化する方法である。

・溶媒抽出工程

殿物溶解液中のウランを溶媒抽出により分離・回収し、液中の残留ウランを目標濃度 (1mg/L) まで低減させる工程である。ウ

ランの抽出には、TBP を用いる。



・イオン交換工程

溶液中のウランをイオン交換樹脂に吸着させ、処理液中のウラン濃度を極力低減化させる工程である。イオン交換樹脂としては、官能基がリン酸型の樹脂を想定している。この樹脂は、強酸性溶液中からでも、ウランを良好に吸着させる能力がある¹⁾。

b. 過酸化水素によるイエローケーキ沈殿及びイオン交換による方法

まず、殿物溶解液中のウランを過酸化水素によりイエローケーキとして沈殿させ、さらにろ液中のウラン濃度を、イオン交換法により徹底的に低減化する方法である。

・イエローケーキ沈殿工程

過酸化水素を添加することにより、ウラン殿物を生成させ、残存ウラン濃度を一定値以下に抑える工程である。



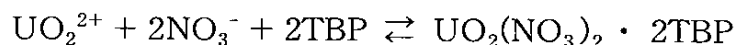
この工程を行うことにより、殿物溶解液中ウラン濃度のばらつきを 300mg/L 以下の範囲に揃えることができる。その結果として、イオン交換工程への負荷を低減することが可能である²⁾。

・イオン交換工程

a. 溶媒抽出及びイオン交換による方法のイオン交換工程と同様の目的で、同じ樹脂を用いる。

c. 溶媒抽出法

殿物溶解液中のウランを、溶媒抽出法により目標濃度まで低減させる工程である。ウランの抽出には TBP を用いる。



抽出廃液中のウラン濃度は、抽出段 5 段でサイクル機構殿の管理区域からのウランに係る排出基準を満足すると想定している。

上記 3 種類のウラン除去方法は、いずれもサイクル機構殿の管理区域からのウランに係る排出基準を満足すると考えられる。

上記 a～c の 3 方法の比較

殿物溶解液からできる限りウランを除去するのであれば、a. 溶媒抽出及びイオン交換による方法、及び b. 過酸化水素によるイエローケ

ーキ沈殿及びイオン交換による方法が望ましい。逆に工程をシンプルにするのであれば、c. 溶媒抽出法が望ましい。

一方、殿物溶解液中から除去したウランの品位の観点では、a. 溶媒抽出及びイオン交換による方法、及び c. 溶媒抽出法が適当である。b. 過酸化水素によるイエローケーキ沈殿及びイオン交換による方法では、殿物溶解液中からのウラン回収時に、不純物が固相に移行する可能性が考えられる。

③ウラン除去後廃液中からのフッ素除去工程

ウラン除去後の廃液からフッ素を除去する方法は、以下の 2 種類の方法を想定している。

a. ウラン除去後廃液の中和処理及びろ液のイオン交換処理

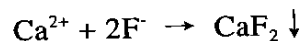
b. ウラン除去後廃液の濃縮乾固（硝酸の回収を兼ねる）

以下に、各方法について簡単に記載する。

a. ウラン除去後の廃液の中和処理及びろ液のイオン交換処理

・中和工程

ウラン除去工程の廃液を石灰等で中和することにより、フッ化カルシウム殿物を生成させる。



この工程で液中のフッ素は、固相に移行し、ろ液中のフッ素は 10mg/L 以下に低減することが可能である²⁾。

・イオン交換工程

中和工程で発生したろ液中のフッ素イオンを、イオン交換樹脂に吸着させる工程である。サイクル機構殿のデータでは、この工程での処理液中のフッ素濃度は、1mg/L 以下になると想定している。

b. ウラン除去後の廃液の濃縮乾固（硝酸の回収を兼ねる）

抽出廃液を蒸発乾固させることにより、廃液中の殿物成分を回収する。フッ素は、カルシウムと結合しているため、釜残として回収可能である。

以上のことからフッ素除去に関し、2 種類の方法はいずれもサイクル機構殿の敷地外への排水基準を満足すると考えられる。

3.1.2 硝酸系処理プロセスの課題

硝酸系処理プロセスの課題として、以下のものが挙げられる。

- ・イオン交換樹脂に吸着したウランの溶離方法の検討
- ・水バランスの確認

これらについて、以下に詳細に記載する。

（１）イオン交換樹脂に吸着したウランの溶離方法の検討

イオン交換樹脂に吸着したウランの樹脂からの溶離は、通常の鉱酸では溶離することができない。そのため、炭酸アルカリ等のウラニルイオンと強く錯形成する薬品で溶離する必要がある。しかし、炭酸アルカリでウランを樹脂から溶離する場合、樹脂層内部で気泡が発生し、処理液が樹脂表面に十分接触できなくなる可能性がある。そのため、ウラン溶離時の気泡発生に対する機械的考慮等が必要になると考えられる。

（２）水バランスの確認

硝酸系処理プロセスでは、サイクル機構殿の環境技術センター外への排水中の窒素濃度に係る基準の関係で、硝酸は再利用すると想定している。しかし、実際には水バランス上、系外への排水は必要であると考えられる。水バランスをとるための水の出口としては、蒸留により回収した希硝酸の一部を抜き取り、液中の窒素を除去した後、排水する事が適当であると考えられる。

3.1.3 まとめ

平成 8～10 年度に行った放射性廃物の硝酸系処理プロセスの技術適用性及び課題を総括した。処理対象廃物は、ウラン及びプット素を含み、その含有率にはバラツキがあるが、ウラン除去方法として

- （１）溶媒抽出及びイオン交換による方法
- （２）過酸化水素によるイエローケーキ沈殿及びイオン交換による方法
- （３）溶媒抽出法

プット素除去方法として

- （１）ウラン除去後廃液の中和処理及びろ液のイオン交換処理
- （２）ウラン除去後廃液の濃縮乾固（硝酸の回収を兼ねる）

が適用可能である。また、硝酸系処理プロセスの課題は、

- （１）イオン交換樹脂に吸着したウランの溶離方法の検討
- （２）水バランスの確認

であり、今後の検討が必要と考えられる。

3.2 塩酸系及び硝酸系処理プロセスの経済性比較評価

3.2.1 塩酸系及び硝酸系処理プロセスの PFD

(1) 塩酸系処理プロセスの PFD

図 2.1 に基づき、作成した塩酸系処理プロセスの PFD を、図 3.1 に示し、さらに添付資料-1 として添付した。また、それらの機器の配置図を添付資料-2 に、機器リストを添付資料-3 に添付した。

殿物を塩酸に溶解し、不溶解残渣を除去した後、溶解液中のウランを過酸化水素と反応させ、イエローケーキとして回収する。この工程で回収しきれなかった少量のウランは、次工程のイオン交換により回収する。イオン交換カラムに捕集したウランは、イオン交換樹脂が破かした時点で溶離し、イエローケーキ生成工程へと送られる。

一方、ウラン除去後の塩酸系廃液中のフッ素及びカルシウムは、水酸化ナトリウムの中和処理によりフッ化カルシウム殿物として回収する。フッ化カルシウム除去後の廃液は、残存する微量フッ素を排水規制値以下に除去し、排出する。

また、殿物中のウラン濃度が低い場合には、イエローケーキ生成工程（図 2.1 の点線内）が省略され、直接イオン交換工程を行うことになる。

(2) 硝酸系処理プロセスの PFD

図 2.2～2.4 に基づき、作成した硝酸系処理プロセスの PFD を、図 3.2～3.4 に示し、さらに添付資料-4、7、10 として添付した。また、それらの機器の配置図を添付資料-5、8、11 に、機器リストを添付資料-6、9、12 に添付した。

工程-1（図 3.2）では、殿物を硝酸に溶解した後、TBP を用いた溶媒抽出法によりウランと不純物（Ca、F 等）を分離する。溶媒抽出により精製されたウランは、塩酸法と同様に過酸化水素処理を行い、イエローケーキとして回収する。さらに、溶解度レベルにまで低下したウランは、過酸化水素を分解した後、次工程のイオン交換により回収する。また、溶媒抽出後の抽出廃液中のウランも同様に、イオン交換で回収する。ウラン除去後の硝酸系廃液中のフッ素及びカルシウムは、水酸化カルシウムを用いた中和処理によりフッ化カルシウム殿物として回収する。フッ化カルシウム除去後の廃液中に残存するフッ素及びカルシウムは、まずフッ素をフッ素吸着カラムで除去する。続いて、カルシウムをシュウ酸カルシウムとして分離する。そのシュウ酸カルシウムは、焙焼後、再利用する。シュウ酸カルシウム除去後の廃液は、シュウ酸を分解し、精留後、硝酸を再利用する。

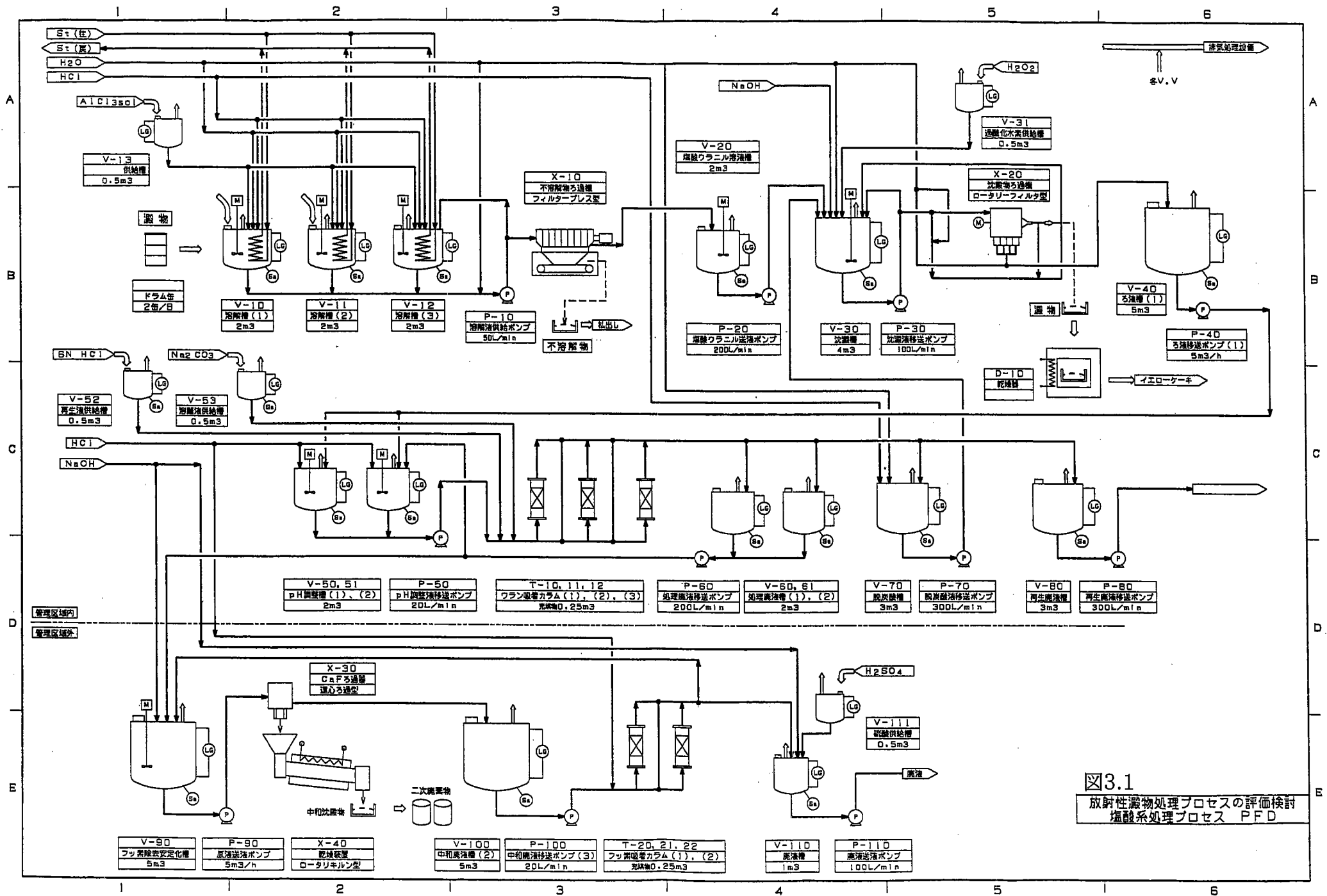


図3.1
放射性廃物処理プロセスの評価検討
硫酸系処理プロセス PFD

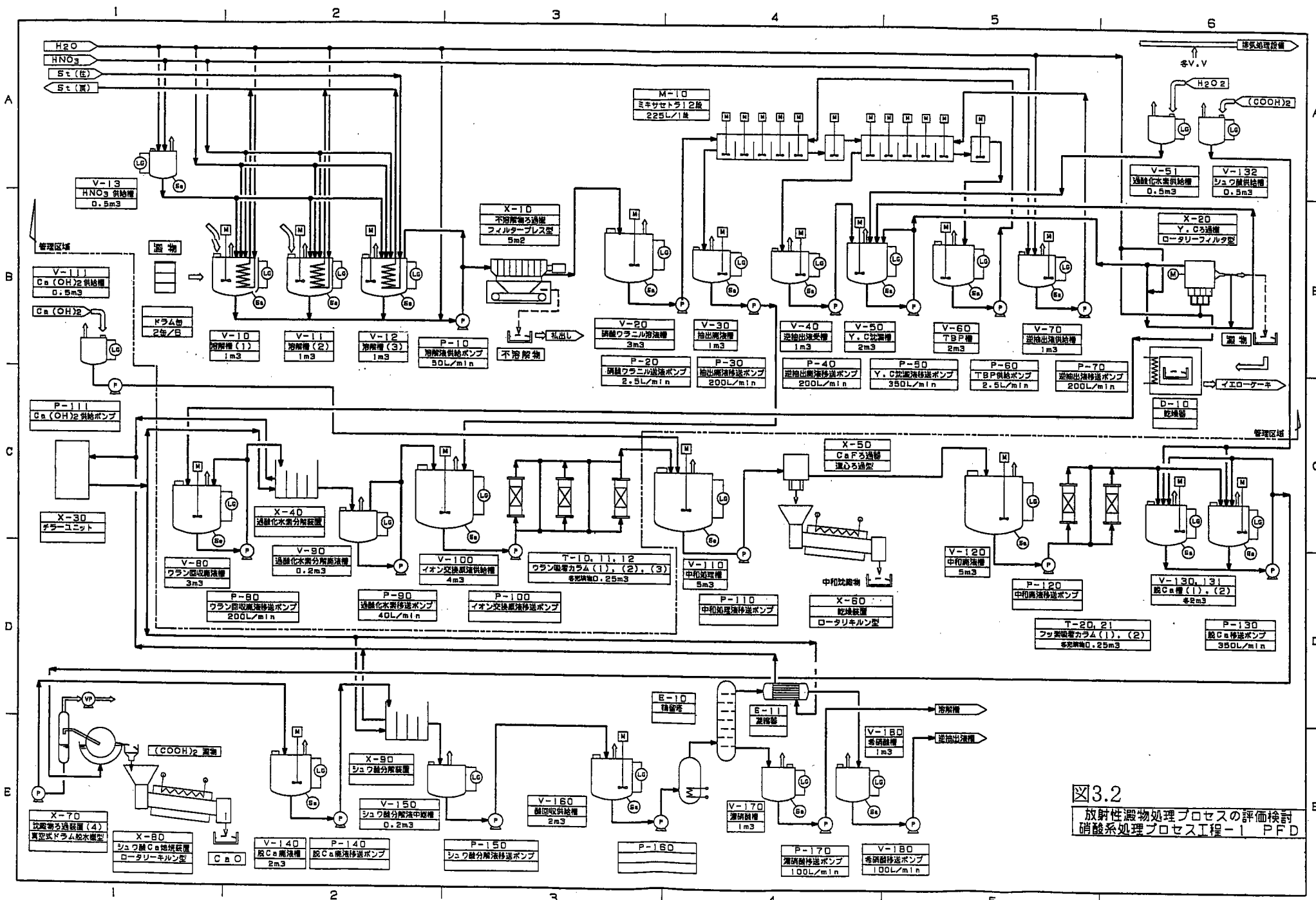


図3.2
放射性廃物処理プロセスの評価検討
硝酸系処理プロセス工程-1 PFD

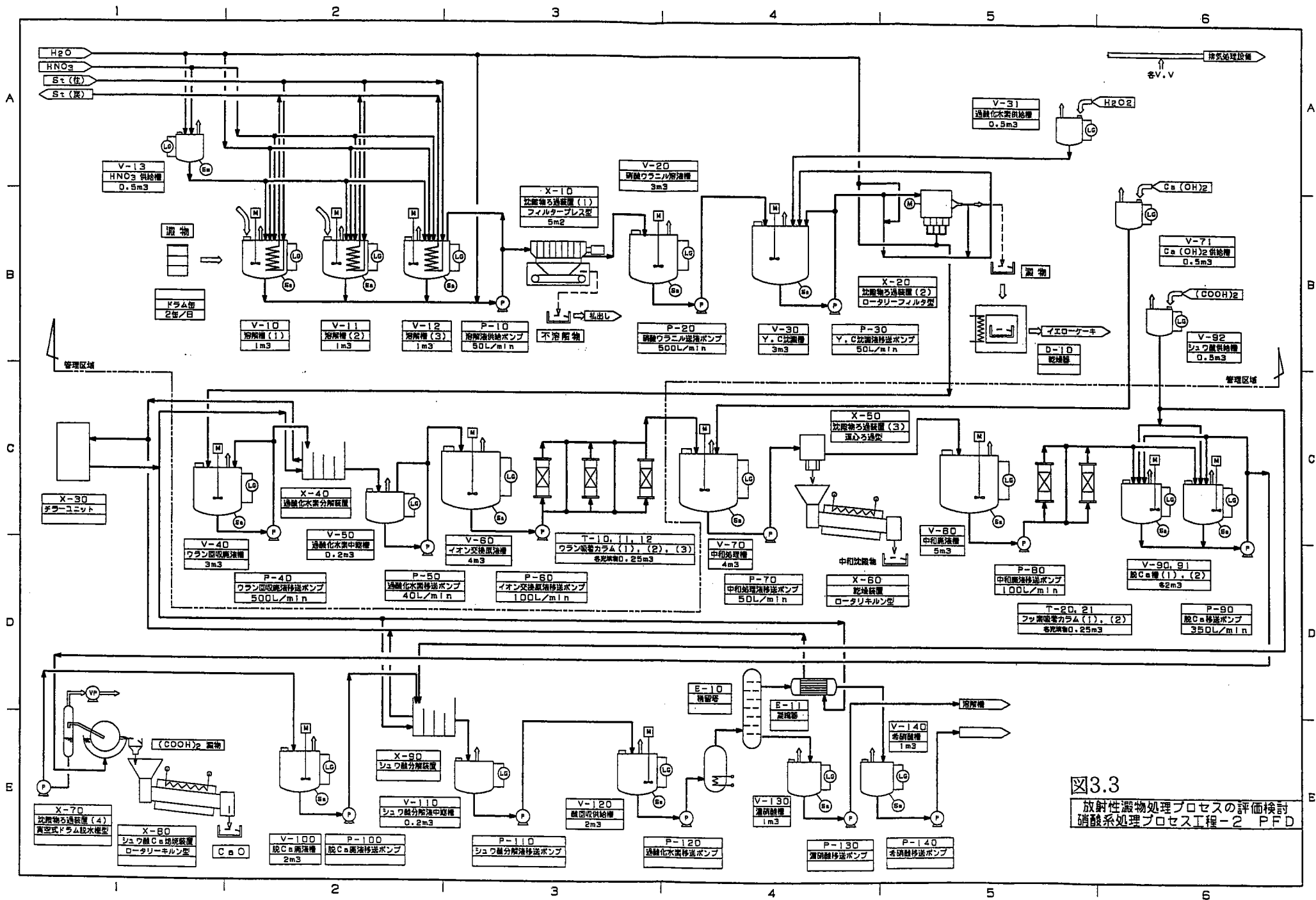


図3.3
放射性廃物処理プロセスの評価検討
硝酸系処理プロセス工程-2 PFD

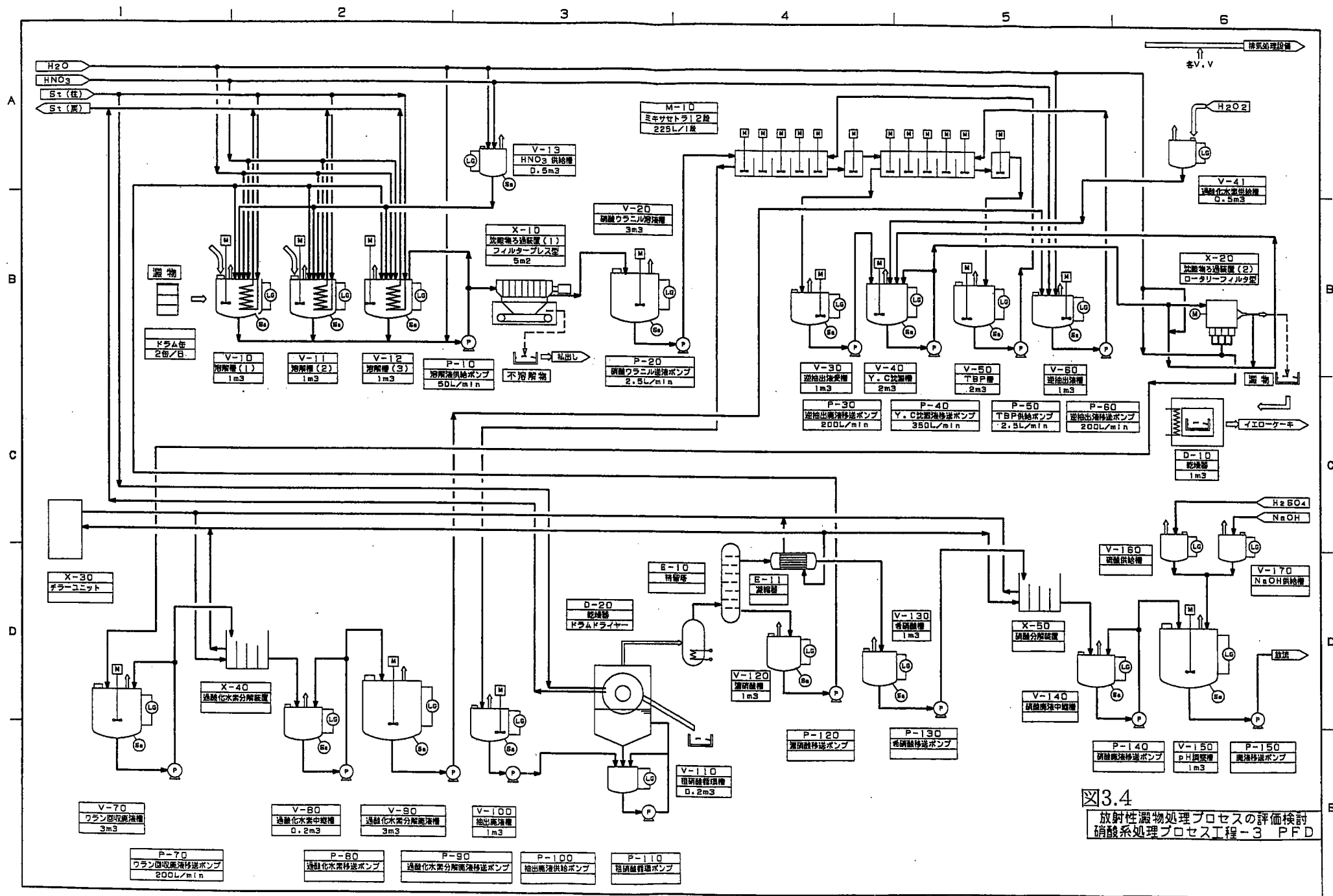


図3.4
 放射性濃物処理プロセスの評価検討
 硝酸系処理プロセス工程-3 PFD

工程-2（図 3.3）は、殿物を硝酸溶解後に溶媒抽出を行わず、直接イエローケーキを生成する方法である。イエローケーキ生成工程後は、工程-1 と全く同様の操作を行う。

工程-3（図 3.4）は、工程-1 からイオン交換工程、中和工程（フッ化カルシウム生成工程）及びシュウ酸添加工程等を除いた方法である。基本的操作は、殿物を硝酸に溶解した後、溶媒抽出を行う。ただし、工程-3 では後段に、イオン交換工程がないため、ほとんどのウランを溶媒抽出工程で除去する必要がある。そのため、工程-1 とは異なった運転条件（溶媒再生工程が入る）で抽出を行う必要がある。溶媒抽出により精製されたウランは、他の工程と同様に、過酸化水素処理を行い、イエローケーキとして回収する。ウラン除去後の廃液は、過酸化水素分解を行い、逆抽出液として再利用する。一方、抽出廃液中に含まれるフッ素及びカルシウムは、乾燥処理を行い、フッ化カルシウム殿物として回収する。さらに、フッ化カルシウム除去後精留し、濃硝酸を回収・再利用する。精留によって得られた希硝酸は、分解後、排出する。

3.2.2 塩酸系及び硝酸系処理プロセスの物質収支

物質収支を算出する際に、塩酸系及び硝酸系の両プロセスに共通して用いた前提条件を以下に記す。

- ・ 殿物組成

処理対象殿物は、ウラン含有量の比較的多いイエローケーキと、ウラン含有量の少ない白沈殿に分けられる。そこで、2 ケースの殿物組成を以下のように想定した。

- ケース 1

カルシウム	: 125mg/g-wet
フッ素	: 50mg/g-wet
ウラン	: 75mg/g-wet
その他成分	: 250mg/g-wet

- ケース 2

カルシウム	: 207mg/g-wet
フッ素	: 124mg/g-wet
ウラン	: 2.3mg/g-wet
その他成分	: 167mg/g-wet

- ・ 水分率

殿物中の水分率は、50%とした。

- ・ 処理量

上記各ケースについて、ドラム缶 年間 480 本処理すると想定した。

(1) 塩酸系処理プロセスの物質収支

図 3.1 の PFD を基に、塩酸系処理プロセスの物質収支を算出し、表 3.2 に示した。ここで、表中の(1)及び(2)は、上記前提条件のケース 1 及びケース 2 に相当する。また、添付資料-13 に、塩酸系処理プロセスの物質収支のフロー図を添付した。算出するに際して、用いた前提条件を以下に示す。

・ 殿物溶解工程

殿物の不溶解物量は、原料の 0.3%とした。

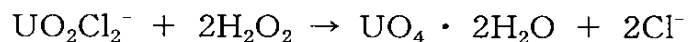
殿物溶解時の塩酸濃度は、5M とした。

添加する塩化アルミニウムの量は、殿物中フッ素濃度 (mol) の 0.64 倍とした。

・ イエローケーキ沈殿工程 (脱ウラン工程)

この工程から発生するろ液中のウラン濃度は、5mg/L とし、殿物に移行するウラン量を求めた。

添加する過酸化水素のモル数は、塩酸ウラニル溶液中のウランのモル数に 3.0 を乗じたものとし、過剰分の過酸化水素は、全てろ液に移行するものとした。



・ イオン交換工程 (脱ウラン工程)

イオン交換処理廃液中のウラン濃度は、0.01mg/L とし、それ以外のウランは、樹脂に吸着するものとした。

・ 中和工程

中和廃液中のフッ素濃度は、10mg/L とした。

・ イオン交換工程 (脱フッ素工程)

フッ素のみが吸着するものとし、処理後の廃液中のフッ素濃度は、1mg/L とした。

ケース 1 では、表 3.2(1)に示したように、殿物の年間処理量が 96t に対して、イエローケーキが 19t 回収され、フッ化カルシウム殿物が、約 76t 発生することになる。

一方、ウラン含有量の少ないケース 2 では、殿物溶解液は、過酸化水素処理を行わず、直接イオン交換工程へと送られる。また、ケース 2 では、表 3.2(2)に示したように、フッ素及びカルシウム量が多いため、フッ化カルシウム殿物が 102t 発生することになる。

表 3.2(1) 物質収支表 (塩酸系)

殿物中成分濃度 (wet : 50%)	
Ca	125 mg/g-wet
F	50 mg/g-wet
U	75 mg/g-wet
その他成分	250 mg/g-wet

物質名	工程・装置名	原料 (wet)	殿物溶解			YC沈澱		pH調整
			溶解液	ろ液	不溶解殿物	ろ液	YC	
Ca	kg	12000		11964	36	11964	0	11964
F	kg	4800		4786	14	4786	0	4786
U	kg	7200		7178	22	9.6	7169	9.6
その他成分	kg	24000		23928	72	23928	0	23928
Al	kg		4365	4365	0	4365	0	4365
NaOH	kg			0	0	175734	175734	0
塩酸	kg		175200	175200	0	175200	0	175898
過酸化水素	kg			0	0	3076	1015	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	960 m ³	960 m ³	288 kg	960 m ³	1911 m ³	19278 kg

物質名	工程・装置名	IX (脱ウラン)		中和処理			IX (脱フッ素)		pH調整槽
		吸着量	IX処理液	IX廃液	ろ液	中和殿物	吸着量	IX処理液	
Ca	kg	0	11964	11964	6946	5018	0	6946	6946
F	kg	0	4786	4786	19	4767	17	1.9	1.9
U	kg	9.5	0.019	0.019	0.019	0	0	0.019	0.019
その他成分	kg	0	23928	23928	0	23928	0	0	0
Al	kg	0	4365	4365	0	4365	0	0	0
NaOH	kg	0	175734	177534	177534	0	0	177534	177534
塩酸	kg	0	175898	175898	175898	0	0	175898	175898
過酸化水素	kg	0	1015	1015	1015	0	0	1015	1015
液量・物量 (単位)			1911 m ³	1911 m ³	1873 m ³	76156 kg		1873 m ³	1873 m ³

表 3.2(2) 物質収支表（塩酸系）

殿物中成分濃度 (wet : 50%)	
Ca	207 mg/g-wet
F	124 mg/g-wet
U	2.3 mg/g-wet
その他成分	167 mg/g-wet

物質名	工程・装置名	原料 (wet)	殿物溶解			pH調整用 苛性ソーダ	IX (脱ウラン)		YC
			溶解液	ろ液	不溶解殿物		吸着量	IX処理液	
Ca	kg	19872		19812	60		0	19812	0
F	kg	11904		11868	36		0	11868	0
U	kg	221		220	0.66		220	0.019	220
その他成分	kg	16032		15984	48		0	15984	0
Al	kg		10826	10826	0		0	10826	0
NaOH	kg			0	0	177287	0	177287	0
塩酸	kg		175200	175200	0		0	175200	0
過酸化水素	kg			0	0		0	0	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	960 m ³	960 m ³	288 kg			1920 m ³	592 kg

物質名	工程・装置名	中和処理			IX (脱フッ素)		pH調整槽
		IX廃液	ろ液	中和殿物	吸着量	IX処理液	
Ca	kg	19812	7339	12473	0	7339	7339
F	kg	11868	19	11850	17	1.9	1.9
U	kg	0.019	0.019	0	0	0.019	0.019
その他成分	kg	15984	0	15984	0	0	0
Al	kg	10826	0	10826	0	0	0
NaOH	kg	177287	177287	0	0	177287	177287
塩酸	kg	175200	175200	0	0	175200	175200
過酸化水素	kg	0	0	0	0	0	0
液量・物量 (単位)		1920 m ³	1869 m ³	102266 kg		1869 m ³	1869 m ³

(2) 硝酸系処理プロセスの物質収支

図 3.2～3.4 の PFD を基に、硝酸系処理プロセスの物質収支を算出した。結果を表 3.3～3.5 に示す。ここで、表中の(1)及び(2)は、上記前提条件のケース 1 及びケース 2 に相当する。また、添付資料-14～16 に硝酸系処理プロセスの物質収支のフロー図を添付した。なお、物質収支は、以下に示す前提条件下で算出した。

・ 殿物溶解工程

殿物の不溶解物量は、原料の 0.3%とした。

殿物溶解時の硝酸濃度は、工程-1 及び工程-3 が 3.7M、工程-2 が 3.0M とした。

・ 溶媒抽出工程

5 段向流、30%TBP/n-DD、相比(O/A)=1/1

ウラン以外は、有機相に分配しないものとした。

工程-1 と工程-3 では、すでに第 3.2.1(2)項で述べたように、ミキサセトラの運転条件を異なったものとした。

この計算では、ウラン抽出の際のシュウ酸の影響を考慮に入れないものとした。

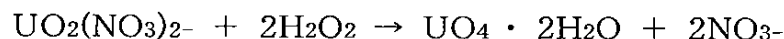
抽出廃液中のウラン濃度は、工程-1 では、1mg/L とし、工程-3 では、0.1mg/L とした。

・ イエローケーキ沈殿工程（脱ウラン工程）

逆抽廃液中のウランは、過酸化水素で沈殿分離するものとした。

この工程から発生するろ液中のウラン濃度は、5mg/L とし、殿物に移行するウラン量を求めた。

過酸化水素のモル数は、逆抽廃液中のウランのモル数に 2.2 を乗じたものとし、過剰分の過酸化水素は、全てろ液へ移行するものとした。



・ イオン交換工程（脱ウラン工程）

イオン交換処理廃液中のウラン濃度は、0.01mg/L とし、それ以外のウランは、樹脂に吸着するものとした。

・ 中和工程

中和廃液中のフッ素濃度は、10mg/L とした。

水酸化カルシウムは、溶解度が低いため、粉末を添加するものとした。

・ イオン交換工程（脱フッ素工程）

フッ素のみが吸着するものとし、処理後の廃液中のフッ素濃度は、1mg/L とした。

- ・脱カルシウム工程

脱カルシウム廃液中のカルシウム濃度を 12.1g/L とし、殿物に移行するカルシウムを求めた。

添加するシュウ酸のモル数は、カルシウムのモル数に 1.1 を乗じたものとした。

脱カルシウム廃液中シュウ酸は、シュウ酸カルシウムとしての溶解分とした。

- ・シュウ酸分解工程

シュウ酸分解廃液中のシュウ酸濃度は、2mg/L とした。

添加する過酸化水素のモル数は、脱カルシウム廃液中のシュウ酸のモル数に 1.1 を乗じたものとし、過剰分の過酸化水素は、全てろ液へ移行するものとした。

- ・過酸化水素分解工程（ウラン回収後及びシュウ酸分解後）

過酸化水素分解廃液中の過酸化水素濃度は、2mg/L とした。

- ・酸濃度調整工程

蒸留により酸濃度を調整することを想定した。

留出液へは、

希硝酸溶液中の硝酸濃度 0.01M となるよう精留する

濃硝酸溶液中の硝酸濃度 6M となるよう精留する

ものとした。

- ・焙焼工程

シュウ酸カルシウムは、焙焼により分解して、酸化カルシウムになるものとした。

- ・その他

殿物が生成する工程では、殿物中の水分率を 50wt% とした。

イオンの殿物への吸着現象は起きないものとした。

- ・ケース-1

工程-1 では、表 3.3(1)に示したように、殿物の年間処理量が 96t に対して、イエローケーキが約 19t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 67t 発生し、釜残が 65t 発生することになる。工程-2 では、表 3.4(1)に示したように、同量の年間処理量に対して、イエローケーキが約 19t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 67t 発生し、釜残が 18t 発生することになる。また、工程-3 では、表 3.5(1)に示したように、イエローケーキが約 19t 回収され、釜残としてのフッ化カルシウム殿物が約 62t 発生することになる。

・ケース 2

工程-1 では、表 3.3(2)に示したように、ウラン量が少なく、フッ素及びカルシウム量が多いため、イエローケーキが約 0.6t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 81t 発生し、釜残が約 65t 発生することになる。工程-2 では、表 3.4(2)に示したように、イエローケーキが約 0.6t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 81t 発生し、釜残が約 18t 発生することになる。また、工程-3 では、表 3.5(2)に示したように、イエローケーキが約 0.6t 回収され、釜残としてのフッ化カルシウム殿物が約 71t 発生することになる。

(3) まとめ

塩酸系処理プロセスの物質収支計算を行い、以下の結果を得た。

- ・ケース 1 では、殿物の年間処理量が 96t に対して、イエローケーキが 19t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 76t 発生する。
- ・ケース 2 では、フッ化カルシウム殿物が 102t 発生する。

また、硝酸系処理プロセスの物質収支計算から、以下の結果を得た。

①ケース 1

- ・工程-1 では、殿物の年間処理量が 96t に対して、イエローケーキが約 19t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 67t 発生し、釜残が 65t 発生する。
- ・工程-2 では、同量の年間処理量に対して、イエローケーキが約 19t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 67t 発生し、釜残が 18t 発生する。
- ・工程-3 では、イエローケーキが約 19t 回収され、釜残としてのフッ化カルシウム殿物が約 62t 発生する。

②ケース 2

- ・工程-1 では、イエローケーキが約 0.6t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 81t 発生し、釜残が約 65t 発生する。
- ・工程-2 では、イエローケーキが約 0.6t 回収され、フッ化カルシウム殿物が約 81t 発生し、釜残が約 18t 発生する。
- ・工程-3 では、イエローケーキが約 0.6t 回収され、釜残としてのフッ化カルシウム殿物が約 71t 発生する。

3.2.3 塩酸系及び硝酸系処理プロセスによる殿物処理設備の建設費概算

(1) 建設費の前提条件

本件の建設費の概算は、以下の項目を考えた。

表 3.3(1) 物質収支表（硝酸系工程-1）

殿物中成分濃度（wet：50%）	
Ca	125 mg/g-wet
F	50 mg/g-wet
U	75 mg/g-wet
その他成分	250 mg/g-wet

工程・装置名 物質名		原料 (wet)	殿物溶解			溶媒抽出			YC沈澱		
			溶解液	ろ液	不溶解殿物	スクラビング液	抽出廃液	逆抽出液	過酸化水素	ろ液	YC
Ca	kg	12000		11964	36		11964	0		0	0
F	kg	4800		4786	14		4786	0		0	0
U	kg	7200		7178	22		0.72	7177		3.6	7173
その他成分	kg	24000		23928	72		23928	0		0	0
硝酸	kg		113280	113280	0	24000	137280	0		0	0
過酸化水素	kg			0	0		0	0	2256	226	0
シュウ酸	kg			0	0		0	0		0	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	480 m ³	480 m ³	288 kg	240 m ³	720 m ³	720 m ³		711 m ³	19289 kg

工程・装置名 物質名		過酸化水素 分解	IX（脱ウラン）			中和処理			IX（脱フッ素）	
			IX原液	吸着量	IX処理液	CaO	ろ液	中和殿物	吸着量	IX処理液
Ca	kg	0	11964	0	11964	36654	43596	5023	0	43596
F	kg	0	4786	0	4786		14	4772	13	1.4
U	kg	3.6	4.3	4.3	0.014		0.014	0	0	0.014
その他成分	kg	0	23928	0	23928		0	23928	0	0
硝酸	kg	0	137280	0	137280		137280	0	0	137280
過酸化水素	kg	1.4	1.4	0	1.4		1.4	0	0	0
シュウ酸	kg	0	0	0	0		0	0	0	0
液量・物量 (単位)		711 m ³	1431 m ³		1431 m ³		1397 m ³	67445 kg		1397 m ³

工程・装置名 物質名		脱Ca		Ca(COO) ₂ 焙焼	シュウ酸分解		過酸化水素 分解	酸濃度調整
		シュウ酸	ろ液		過酸化水素	分解廃液		
Ca	kg		15849	27746		15849	15849	15849
F	kg		1.4	0		1.4	1.4	1.4
U	kg		0.014	0		0.014	0.014	0.014
その他成分	kg		0	0		0	0	0
硝酸	kg		137280	0		137280	137280	137280
過酸化水素	kg		0	0	18895	1718	2.6	2.6
シュウ酸	kg	107899	45470	62429		2.6	2.6	2.6
液量・物量 (単位)			1310 m ³	180351 kg	38845 kg(dry)	1310 m ³	1310 m ³	1310 m ³

工程・装置名 物質名		精留		
		留出液1	留出液2	釜残
Ca	kg	0	0	15849
F	kg	0	0	1.4
U	kg	0	0	0.014
その他成分	kg	0	0	0
硝酸	kg	87569	578	49133
過酸化水素	kg	0	2.6	0
シュウ酸	kg	0	0	2.6
液量・物量 (単位)		393 m ³	917 m ³	64987 kg(dry)

表 3.4(1) 物質収支表（硝酸系工程-2）

殿物中成分濃度（wet：50％）	
Ca	125 mg/g-wet
F	50 mg/g-wet
U	75 mg/g-wet
その他成分	250 mg/g-wet

物質名	工程・装置名	原料 (wet)	殿物溶解			YC沈澱			過酸化水素 分解
			溶解液	ろ液	不溶解殿物	過酸化水素	ろ液	YC	
Ca	kg	12000		11964	36		11964	0	11964
F	kg	4800		4786	14		4786	0	4786
U	kg	7200		7178	22		2.4	7176	2.4
その他成分	kg	24000		23928	72		23928	0	23928
硝酸	kg		90720	90720	0		90720	0	90720
過酸化水素	kg			0	0	2256	226	0	0.94
シュウ酸	kg			0	0		0	0	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	480 m ³	480 m ³	288 kg		471 m ³	19297 kg	471 m ³

物質名	工程・装置名	IX（脱ウラン）			中和処理			IX（脱フッ素）		脱Ca シュウ酸
		IX原液	吸着量	IX処理液	CaO	ろ液	中和殿物	吸着量	IX処理液	
Ca	kg	11964	0	11964	21873	28805	5033	0	28805	
F	kg	4786	0	4786		4.4	4781	3.9	0.44	
U	kg	2.4	2.4	0.0047		0.0047	0	0	0.0047	
その他成分	kg	23928	0	23928		0	23928	0	0	
硝酸	kg	90720	0	90720		90720	0	0	90720	
過酸化水素	kg	0.94	0	0.94		0.94	0	0	0.94	
シュウ酸	kg	0	0	0		0	0	0	0	71291
液量・物量 (単位)		471 m ³		471 m ³		437 m ³	67484 kg		437 m ³	

工程・装置名 物質名		脱Ca		Ca(COO) ₂ 焙焼	シュウ酸分解		過酸化水素 分解	酸濃度調整	精留		
		ろ液	殿物		過酸化水素	分解廃液			留出液1	留出液2	釜残
Ca	kg	4332	24473	24473		4332	4332	4332	0	0	4332
F	kg	0.44	0	0		0.44	0.44	0.44	0	0	0.44
U	kg	0.0047	0	0		0.0047	0.0047	0.0047	0	0	0.0047
その他成分	kg	0	0	0		0	0	0	0	0	0
硝酸	kg	90720	0	0		90720	90720	90720	76944	131	13645
過酸化水素	kg	0.94	0	0	6743	613	0.76	0.76	0	0.76	0
シュウ酸	kg	16228	55064	0		0.76	0.76	0.76	0	0	0
液量・物量 (単位)		358 m ³	159050 kg	34262 kg(dry)		378 m ³	378 m ³	378 m ³	170 m ³	208 m ³	17977 kg(dry)

表 3.5(1) 物質収支表 (硝酸系工程-3)

殿物中成分濃度 (wet : 50%)	
Ca	125 mg/g-wet
F	50 mg/g-wet
U	75 mg/g-wet
その他成分	250 mg/g-wet

物質名	工程・装置名	原料 (wet)	殿物溶解			溶媒抽出			YC沈澱		
			溶解液	ろ液	不溶解殿物	スクラビング液	抽出廃液	逆抽出液	過酸化水素	ろ液	YC
Ca	kg	12000		11964	36		11964	0		0	0
F	kg	4800		4786	14		4786	0		0	0
U	kg	7200		7178	22		0.072	7178		3.6	7175
その他成分	kg	24000		23928	72		23928	0		0	0
硝酸	kg		113280	113280	0	22800	136080	0		0	0
過酸化水素	kg			0	0		0	0	2256	226	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	480 m³	480 m³	288 kg	240 m³	720 m³	720 m³		711 m³	19294 kg

物質名	工程・装置名	過酸化水素 分解	精留			
			原液	留出液1	留出液2	釜残
Ca	kg	0	11964	0	0	11964
F	kg	0	4786	0	0	4786
U	kg	3.6	0.072	0	0	0.072
その他成分	kg	0	23928	0	0	23928
硝酸	kg	0	136080	114012	249	21819
過酸化水素	kg	1.4	0	0	0	0
液量・物量 (単位)		711 m³	720 m³	324 m³	396 m³	62497 kg(dry)

表 3.3(2) 物質収支表（硝酸系工程-1）

賡物中成分濃度 (wet : 50%)	
Ca	207 mg/g-wet
F	124 mg/g-wet
U	2.3 mg/g-wet
その他成分	167 mg/g-wet

物質名	工程・装置名	原料 (wet)	賡物溶解			溶媒抽出			YC沈澱		
			溶解液	ろ液	不溶解賡物	スクラビング液	抽出廃液	逆抽出液	過酸化水素	ろ液	YC
Ca	kg	19872		19812	60		19812	0		0	0
F	kg	11904		11868	36		11868	0		0	0
U	kg	221		220	0.66		0.72	219		3.6	216
その他成分	kg	16032		15984	48		15984	0		0	0
硝酸	kg		113280	113280	0	24000	137280	0		0	0
過酸化水素	kg			0	0		0	0	69	6.3	0
シュウ酸	kg			0	0		0	0		0	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	480 m ³	480 m ³	288 kg	240 m ³	720 m ³	720 m ³		720 m ³	580 kg

物質名	工程・装置名	過酸化水素 分解	IX (脱ウラン)			中和処理			IX (脱フッ素)	
			IX原液	吸着量	IX処理液	CaO	ろ液	中和賡物	吸着量	IX処理液
Ca	kg	0	19812	0	19812	36262	43596	12478	0	43596
F	kg	0	11868	0	11868		14	11854	13	1.4
U	kg	3.6	4.3	4.3	0.014		0.014	0	0	0.014
その他成分	kg	0	15984	0	15984		0	15984	0	0
硝酸	kg	0	137280	0	137280		137280	0	0	137280
過酸化水素	kg	1.4	1.4	0	1.4		1.4	0	0	0
シュウ酸	kg	0	0	0	0		0	0	0	0
液量・物量 (単位)		720 m ³	1440 m ³		1440 m ³		1400 m ³	80634 kg		1400 m ³

工程・装置名 物質名		脱Ca		Ca(COO) ₂ 焙焼	シュウ酸分解		過酸化水素 分解	酸濃度調整
		シュウ酸	ろ液 殿物		過酸化水素	分解廃液		
Ca	kg	15887	27708	27708		15887	15887	15887
F	kg	1.4	0	0		1.4	1.4	1.4
U	kg	0.014	0	0		0.014	0.014	0.014
その他成分	kg	0	0	0		0	0	0
硝酸	kg	137280	0	0		137280	137280	137280
過酸化水素	kg		0	0	18931	1721	2.6	2.6
シュウ酸	kg	107899	45556	62344		2.6	2.6	2.6
液量・物量 (単位)		1313 m ³	180104 kg	38792 kg(dry)		1314 m ³	1314 m ³	1314 m ³

工程・装置名 物質名		精留		
		留出液1	留出液2	釜残
Ca	kg	0	0	15887
F	kg	0	0	1.4
U	kg	0	0	0.014
その他成分	kg	0	0	0
硝酸	kg	87450	579	49251
過酸化水素	kg	0	2.6	0
シュウ酸	kg	0	0	2.6
液量・物量 (単位)		394 m ³	919 m ³	65142 kg(dry)

表 3.4(2) 物質収支表（硝酸系工程-2）

廃物中成分濃度 (wet : 50%)	
Ca	207 mg/g-wet
F	124 mg/g-wet
U	2.3 mg/g-wet
その他成分	167 mg/g-wet

工程・装置名 物質名		原料 (wet)	廃物溶解			IX (脱ウラン)			YC沈澱	
			溶解液	ろ液	不溶解廃物	IX原液	吸着量	IX処理液	過酸化水素	YC
Ca	kg	19872		19812	60	19812	0	19812		0
F	kg	11904		11868	36	11868	0	11868		0
U	kg	221		220	0.66	220	220	0.0048		220
その他成分	kg	16032		15984	48	15984	0	15984		0
硝酸	kg		90720	90720	0	90720	0	90720		0
過酸化水素	kg			0	0	0	0	0	69	0
シュウ酸	kg			0	0	0	0	0		0
液量・物量 (単位)		96000 kg	480 m ³	480 m ³	288 kg	480 m ³		480 m ³		592 kg

工程・装置名 物質名		中和処理			IX (脱フッ素)		脱Ca			Ca(COO) ₂ 焙焼
		CaO	ろ液	中和廃物	吸着量	IX処理液	シュウ酸	ろ液	廃物	
Ca	kg	21481	28805	12488	0	28805		4404	24400	24400
F	kg		4.4	11864	4.0	0.44		0.44	0	0
U	kg		0.0048	0	0	0.0048		0.0048	0	0
その他成分	kg		0	15984	0	0		0	0	0
硝酸	kg		90720	0	0	90720		90720	0	0
過酸化水素	kg		0	0	0	0		0	0	0
シュウ酸	kg		0	0	0	0	71291	16391	54901	0
液量・物量 (単位)			440 m ³	80672 kg		440 m ³		364 m ³	158602 kg	34160 kg(dry)

工程・装置名 物質名		シュウ酸分解		過酸化水素 分解	酸濃度調整	精留		
		過酸化水素	分解廃液			留出液1	留出液2	釜残
Ca	kg		4404	4404	4404	0	0	4404
F	kg		0.44	0.44	0.44	0	0	0.44
U	kg		0.0048	0.0048	0.0048	0	0	0.0048
その他成分	kg		0	0	0	0	0	0
硝酸	kg		90720	90720	90720	76713	133	13874
過酸化水素	kg	6811	619	0.77	0.77	0	0.77	0
シュウ酸	kg		0.77	0.77	0.77	0	0	0
液量・物量 (単位)			384 m ³	384 m ³	384 m ³	173 m ³	211 m ³	18278 kg(dry)

表 3.5(2) 物質収支表 (硝酸系工程-3)

殿物中成分濃度 (wet : 50%)	
Ca	207 mg/g-wet
F	124 mg/g-wet
U	2.3 mg/g-wet
その他成分	167 mg/g-wet

工程・装置名 物質名		原料 (wet)	殿物溶解			溶媒抽出			YC沈澱		
			溶解液	ろ液	不溶解殿物	スクラビング液	抽出廃液	逆抽出液	過酸化水素	ろ液	YC
Ca	kg	19872		19812	60		19812	0		0	0
F	kg	11904		11868	36		11868	0		0	0
U	kg	221		220	0.66		0.072	220		3.6	217
その他成分	kg	16032		15984	48		15984	0		0	0
硝酸	kg		113280	113280	0	22800	136080	0		0	0
過酸化水素	kg			0	0		0	0	69	6.3	0
液量・物量 (単位)		96000 kg	480 m³	480 m³	288 kg	240 m³	720 m³	720 m³		720 m³	582 kg

工程・装置名 物質名		過酸化水素 分解	精留			
			原液	留出液1	留出液2	釜残
Ca	kg	0	19812	0	0	19812
F	kg	0	11868	0	0	11868
U	kg	3.6	0.072	0	0	0.072
その他成分	kg	0	15984	0	0	15984
硝酸	kg	0	136080	112774	249	23056
過酸化水素	kg	1.4	0	0	0	0
液量・物量 (単位)		720 m³	720 m³	324 m³	396 m³	70720 kg(dry)

- ①設計費
- ②機器製作・調達費
- ③据付・配管工事費
- ④電気・計装工事費
- ⑤経費

上記概算費算出に際しては、全てのプロセスについて、以下の前提条件を用いた。

- ①設計費については、上記機器製作・調達費、据付・配管工事費及び電気・計装工事費の合計の 10%とした。
- ②機器製作・調達費については、機器リストをベースに単体機器の積算を実施した。なお、機器費の 10%を計器・盤費用として、調達費に加算した。
- ③据付・配管工事費については、上記機器製作・調達費の 30%とした。
- ④電気・計装工事費については、上記機器製作・調達費の 20%とした。
- ⑤経費は、上記①～④の合計の 10%とした。

なお、既設設備の撤去は、本建設費には、考慮しないものとした。

(2) 工程区分

塩酸系処理プロセス及び硝酸系処理プロセス工程-1～3 の 4 プロセスは、溶解工程、精製工程、ウラン回収工程、フッ化カルシウム回収工程、酸回収工程及び廃水処理工程のいずれかを組み合わせた複数工程で構成される。各工程の定義について、以下にまとめた。

①溶解工程

殿物を受け入れて、酸に溶解し、塩酸ウラニルあるいは硝酸ウラニルとして、次工程に移送するまでの工程を溶解工程とした。

②精製工程（硝酸系処理プロセス工程-1 及び工程-2）

硝酸ウラニルを受け入れ、抽出操作で硝酸ウラニルを精製し、精製硝酸ウラニル及び抽出廃液を次工程に移送するまでの工程を精製工程とした。

③ウラン回収工程

塩酸ウラニルあるいは硝酸ウラニル（精製硝酸ウラニル）を受け入れ、沈殿操作でウランを回収し、イエローケーキとする工程及びろ液を次工程に移送するまでの工程をウラン回収工程とした。

④フッ化カルシウム回収工程

イオン交換廃液や抽出廃液を受け入れて、中和処理等でフッ化カルシウムを回収し、フッ化カルシウム回収廃液を次工程に移送するまで

の工程をフッ化カルシウム回収工程とした。ただし、硝酸系処理プロセス工程-1 及び工程-2 における脱カルシウム工程、シュウ酸分解工程及び脱カルシウム廃液の過酸化水素分解工程も、本フッ化カルシウム回収工程に含むものとした。

⑤酸回収工程（硝酸系処理プロセス）

フッ化カルシウム回収廃液を受け入れ、精留操作で硝酸を回収し、濃硝酸及び希硝酸を次工程に移送するまでの工程を酸回収工程とした。

⑥廃水処理工程（塩酸系処理プロセス及び硝酸系処理プロセス工程-3）

フッ化カルシウム回収廃液もしくは希硝酸を受け入れ、吸着処理等で処理を行い、廃水を系外へ移送するまでの工程を廃水処理工程とした。

(3) 塩酸系及び硝酸系処理プロセスによる殿物処理設備の建設費概算

塩酸系及び硝酸系の4プロセスの工程毎の概算建設費（第3.2.3(1)項①～⑤の総計）表3.6に示す。また、各機器毎の概算機器製作・調達費（第3.2.3(1)項②）を添付資料-17～20に添付した。

表3.6 プロセス工程毎の概算建設費（単位：百万円）

	塩酸系処理 プロセス	硝酸系処理 プロセス-1	硝酸系処理 プロセス-1	硝酸系処理 プロセス-3
(1)溶解工程	102	108	108	108
(2)精製工程		145		129
(3)U回収工程	110	90	83	83
(4)CaF ₂ 回収工程	261	438	467	144
(5)酸回収工程		165	167	156
(6)廃水処理工程	67			82
合 計	540	947	825	702

(4) まとめ

塩酸系処理プロセスによる殿物処理設備の概算を行ったところ、建設費は、540百万円と見積もられた。

また、硝酸系処理プロセスの建設費は、工程-1が947百万円、工程-2が825百万円、工程-3が702百万円と見積もられた。

3.2.4 塩酸系及び硝酸系処理プロセスによる廢物処理設備の操業費概算

以下に示した前提条件下で、塩酸系及び硝酸系処理プロセスの総業費概算を行った。

- ・年間処理量

ドラム缶 480 本

- ・年間操業日数

240 日

- ・1日当たりの処理量

ドラム缶 2 本

- ・勤番

日勤のみ

- ・廢物組成

第 3.2.2 項で検討した 2 種類（ケース 1 及びケース 2）の組成について、検討した。

- ・副原料等単価

以下の市販工業用薬品等の単価を用いた。

塩 酸	25 円/kg (35% ローリー、合成品)
硝 酸	45 円/kg (67.5% 工業用)
酸化カルシウム	22 円/kg (工業用)
水酸化ナトリウム	30 円/kg (48.5% ローリー)
シュウ酸（2 水和物）	420 円/kg (紙袋 1 トン)
過酸化水素	90 円/kg (35% ローリー)
TBP	1,400 円/kg (比重 0.978)
n-ドデカン	562 円/kg (比重 0.75)
電力	11 円/kWh

- ・労務費

単価 作業員 6,000 千円/年

- ・工数

工数は、各プロセスのタイムチャート（図 3.5～3.8）に基づき、以下のように想定し、運転員のみで計算した。

硝酸系工程－1	2 工	×	4 日	=8 工
硝酸系工程－2	2 工	×	5 日	=10 工
硝酸系工程－3	2 工	×	2 日	=4 工
塩酸系	2 工	×	2 日	=4 工

- ・その他

TBP 及び n-ドデカンは 1 年間に約 10%補充するものとした。

図3.5 塩酸系処理プロセスのタイムチャート

No.	工程名	所要時間 (h)	1日目	2日目
1	殿物溶解	2	—	
2	ろ過	0.5	—	
3	YC沈殿	4	—	
4	ろ過	0.5	—	
5	イオン交換（脱ウラン）	2		—
6	中和	2		—
7	ろ過	0.5		—
8	イオン交換（脱フッ素）	2		—
9	pH調整			
10	燥	3		—
合 計		16.5		

図3.6 硝酸系処理プロセス-1のタイムチャート

No.	工程名	所要時間 (h)	1日目	2日目	3日目	4日目
1	殿物溶解	1	—			
2	ろ過	0.5	—			
3	溶媒抽出	4	—			
4	イオン交換（脱ウラン）	2		—		
5	中和処理	2		—		
6	ろ過	0.5		—		
7	イオン交換（脱フッ素）	2		—		
8	脱カルシウム	3		—		
9	ろ過	0.5			—	
10	シュウ酸分解	3			—	
11	過酸化水素分解	3			—	
12	酸濃度調整	3				—
13	逆抽出	4	—			
14	YC沈澱	4		—		
15	ろ過	0.5		—		
16	シュウ酸カルシウム焙焼	3			—	
合 計		36				

図3.7 硝酸系処理プロセス-2のタイムチャート

No.	工程名	所要時間 (h)	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
1	殿物溶解	1	—				
2	ろ過	0.5	—				
3	YC沈澱	4	—				
4	ろ過	0.5		—			
5	過酸化水素分解	3		—			
6	イオン交換（脱ウラン）	2		—			
7	中和処理	2		—			
8	ろ過	0.5			—		
9	イオン交換（脱フッ素）	2			—		
10	脱カルシウム	3			—		
11	ろ過	0.5			—		
12	シュウ酸分解	3				—	
13	過酸化水素分解	3				—	
14	酸濃度調整	3					—
15	シュウ酸カルシウム焙焼	3				—	
合 計		31					

図3.8 硝酸系処理プロセス-3のタイムチャート

No.	工程名	所要時間 (h)	1日目	2日目
1	殿物溶解	1	—	
2	ろ過	0.5	—	
3	溶媒抽出	4	—	
4	蒸留	3		—
5	逆抽出		—	
6	YC沈澱	4		—
7	ろ過	0.5		—
8	過酸化水素分解	3		—
合 計		16		

表3.7(1) 塩酸系処理プロセスの概算操業費

殿物：ケース1

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
塩酸	工業用、67.5%	殿物溶解	472 t/年	25 円/kg	11,800
塩化アルミ	10%(Al ₂ O ₃)	フッ素マスキング	80 t/年	28 円/kg	2,240
苛性ソーダ	ローリー、48%	pH調整	549 t/年	30 円/kg	16,470
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	9 t/年	90 円/kg	810
小計					31,320
労務費	作業員		4 工/年	6,000 千円/工	24,000
光熱費					
電力			229,000 kwh/年	17 円/KWh	3,893
合計					59,213

表3.7(2) 塩酸系処理プロセスの概算操業費

殿物：ケース2

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
塩酸	工業用、67.5%	殿物溶解	472 t/年	25 円/kg	11,800
塩化アルミ	10%(Al ₂ O ₃)	フッ素マスキング	200 t/年	28 円/kg	5,600
苛性ソーダ	ローリー、48%	pH調整	554 t/年	30 円/kg	16,620
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	0.30 t/年	90 円/kg	27
小計					34,047
労務費	作業員		4 工/年	6,000 千円/工	24,000
光熱費					
電力			229,000 kwh/年	17 円/KWh	3,893
合計					61,940

表3.8(1) 硝酸系処理プロセスの概算操業費

殿物：ケース1

工程-1

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
硝酸	工業用、67.5%	殿物溶解	75 t/年	45 円/kg	3,375
生石灰	工業用	フッ素安定化・中和	12 t/年	28 円/kg	336
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	54 t/年	90 円/kg	4,860
シュウ酸	2水和物、紙袋	硝酸回収	113 t/年	420 円/kg	47,460
TBP		ウラン抽出	0.09 t/年	1,400 円/kg	126
n-ドデカン		ウラン抽出	0.2 t/年	560 円/kg	112
スチーム*	A重油	酸濃度調整	1,440 t/年 (年間処理量)	3,000 円/t	4,320
小計					60,589
労務費	作業員		8 工/年	6,000 千円/工	48,000
光熱費					
電力			487,000 kwh/年	17 円/KWh	8,279
合計					116,868

*：弊社での実績ベースで計算 水1 t 蒸発させるための金額；3,000円

工程-2

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
硝酸	工業用、67.5%	殿物溶解	24 t/年	45 円/kg	1,080
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	22 t/年	90 円/kg	1,980
シュウ酸	2水和物、紙袋	硝酸回収	91 t/年	420 円/kg	38,220
スチーム*	A重油	酸濃度調整	480 t/年 (年間処理量)	3,000 円/t	1,440
小計					42,720
労務費	作業員		10 工/年	6,000 千円/工	60,000
光熱費					
電力			370,000 kwh/年	17 円/KWh	6,290
合計					109,010

*：弊社での実績ベースで計算 水1 t 蒸発させるための金額；3,000円

工程-3

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
硝酸	工業用、67.5%	殿物溶解	29 t/年	45 円/kg	1,305
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	6.6 t/年	90 円/kg	594
TBP		ウラン抽出	0.09 t/年	1,400 円/kg	126
n-ドデカン		ウラン抽出	0.2 t/年	560 円/kg	112
スチーム*	A重油	酸濃度調整	720 t/年 (年間処理量)	3,000 円/t	2,160
小計					4,297
労務費	作業員		4 工/年	6,000 千円/工	24,000
光熱費					
電力			278,000 kwh/年	17 円/KWh	4,726
合計					33,023

*：弊社での実績ベースで計算 水1 t 蒸発させるための金額；3,000円

表3.8(2) 硝酸系処理プロセスの概算操業費

殷物：ケース2

工程-1

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
硝酸	工業用、67.5%	殷物溶解	78 t/年	45 円/kg	3,510
生石灰	工業用	フッ素安定化・中和	12 t/年	28 円/kg	336
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	56 t/年	90 円/kg	5,040
シュウ酸	2水和物、紙袋	硝酸回収	151 t/年	420 円/kg	63,420
TBP		ウラン抽出	0.09 t/年	1,400 円/kg	126
n-ドデカン		ウラン抽出	0.2 t/年	560 円/kg	112
スチーム*	A重油	酸濃度調整	1,440 t/年 (年間処理量)	3,000 円/t	4,320
小計					76,864
労務費	作業員		8 工/年	6,000 千円/工	48,000
光熱費					
電力			487,000 kwh/年	17 円/KWh	8,279
合計					133,143

*：弊社での実績ベースで計算 水1 t 蒸発させるための金額；3,000円

工程-2

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
硝酸	工業用、67.5%	殷物溶解	24 t/年	45 円/kg	1,080
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	20 t/年	90 円/kg	1,800
シュウ酸	2水和物、紙袋	硝酸回収	100 t/年	420 円/kg	42,000
スチーム*	A重油	酸濃度調整	480 t/年 (年間処理量)	3,000 円/t	1,440
小計					46,320
労務費	作業員		10 工/年	6,000 千円/工	60,000
光熱費					
電力			370,000 kwh/年	17 円/KWh	6,290
合計					112,610

*：弊社での実績ベースで計算 水1 t 蒸発させるための金額；3,000円

工程-3

名称	仕様	工程・用途	使用量	単価	千円/年
副原料費					
硝酸	工業用、67.5%	殷物溶解	37 t/年	45 円/kg	1,665
過酸化水素	ローリー、35%	イエローケーキ沈澱	0.2 t/年	90 円/kg	18
TBP		ウラン抽出	0.09 t/年	1,400 円/kg	126
n-ドデカン		ウラン抽出	0.2 t/年	560 円/kg	112
スチーム*	A重油	酸濃度調整	720 t/年 (年間処理量)	3,000 円/t	2,160
小計					4,081
労務費	作業員		4 工/年	6,000 千円/工	24,000
光熱費					
電力			278,000 kwh/年	17 円/KWh	4,726
合計					32,807

*：弊社での実績ベースで計算 水1 t 蒸発させるための金額；3,000円

(1) 塩酸系処理プロセスによる殿物処理設備の操業費概算

塩酸系処理設備の操業費概算結果を表 3.7 に示す。

塩酸系処理プロセスの操業費は、約 60 百万円/年と見積もられ、その内訳は、塩酸等の副原料費が約 34 百万円、労務費が 24 百万円である。塩酸系処理プロセスは、ワンスルー方式で薬品を使用し、廃水を中和後放流するため、副原料費のうち塩酸及び苛性ソーダの占める割合が大きい。

(2) 硝酸系処理プロセスによる殿物処理設備の操業費概算

硝酸系処理設備の操業費概算結果を表 3.8 に示す。

硝酸系処理プロセスの操業費は、

工程-1 130 百万円/年

工程-2 110 百万円/年

工程-3 33 百万円/年

と見積もられ、工程-3 の操業費が最も安い。その内訳は、

	副原料費	労務費
工程-1	77	48
工程-2	46	60
工程-3	4	24

(単位：百万円/年)

となっており、工程-1 及び 2 では、硝酸回収に用いるシュウ酸のコストが副原料費増大に大きく寄与している。また、労務費は工程の長さがそのまま労務費の差となっている。

以上のことから、硝酸系処理プロセスにおける操業費の比較では、工程-3 が最も安く、工程-2、1 の順となっている。

(3) まとめ

塩酸系処理プロセス及び硝酸系処理プロセスの操業費概算を行い、以下の結果を得た。

・塩酸系処理プロセスの操業費は、約 60 百万円/年で、その内訳は、副原料費 34 百万円/年、労務費 24 百万円/年である。

・硝酸系処理プロセスの総業費は、工程-3 が最も安く 33 百万円/年で、

次いで工程-2 の 110 百万円/年、工程-1 の 130 百万円/年である。工程-1 及び 2 は、硝酸回収のためのシュウ酸のコスト及び労務費の影響が大きい。

3.3 殿物の直接乾燥・減容化処理プロセスの評価

3.3.1 直接乾燥・減容化処理プロセスの PFD

殿物の直接乾燥・減容化処理プロセスの PFD を図 3.9 に示すとともに、添付資料-21 として添付した。また、添付資料-22 にそれらの機器の配置図を、添付資料-23 に機器リストを添付した。

殿物は、直接乾燥した後、減容化し、廃棄物として保管される。また、乾燥によって除去された水分は、中和し、放流される。

3.3.2 直接乾燥・減容化処理プロセスの物質収支

表 3.9 に、図 3.9 の PFD から算出した直接乾燥・減容化処理プロセスの物質収支を示した。

殿物の組成は、第 3.2.2 項で検討した 2 種類のケースについて検討し、殿物中の水分率は、50%として計算した。

殿物の直接乾燥・減容化処理プロセスでは、基本的に水分が除去されるのみであるので、年間処理量 96t の殿物に対して、48t の廃棄物が発生することになる。

3.3.3 直接乾燥・減容化処理プロセスによる殿物処理設備の建設費概算

直接乾燥・減容化処理プロセスの建設費の概算は、第 3.2.3(1)項と同様の前提条件下で行った。その結果、建設費は、93 百万円と見積もられた。概算に際して、用いた各機器毎の概算機器製作・調達費（第 3.2.3(1)項②）を添付資料-24 に添付した。

3.3.4 直接乾燥・減容化処理プロセスによる殿物処理設備の操業費概算

直接乾燥・減容化処理プロセスの操業費概算を行うに当たり、下記の前提条件を採用した。

- ・年間処理量

ドラム缶 480 本

- ・年間操業日数

240 日

- ・1日当たりの処理量

ドラム缶 2 本

A

B

C

D

B

C

D

E

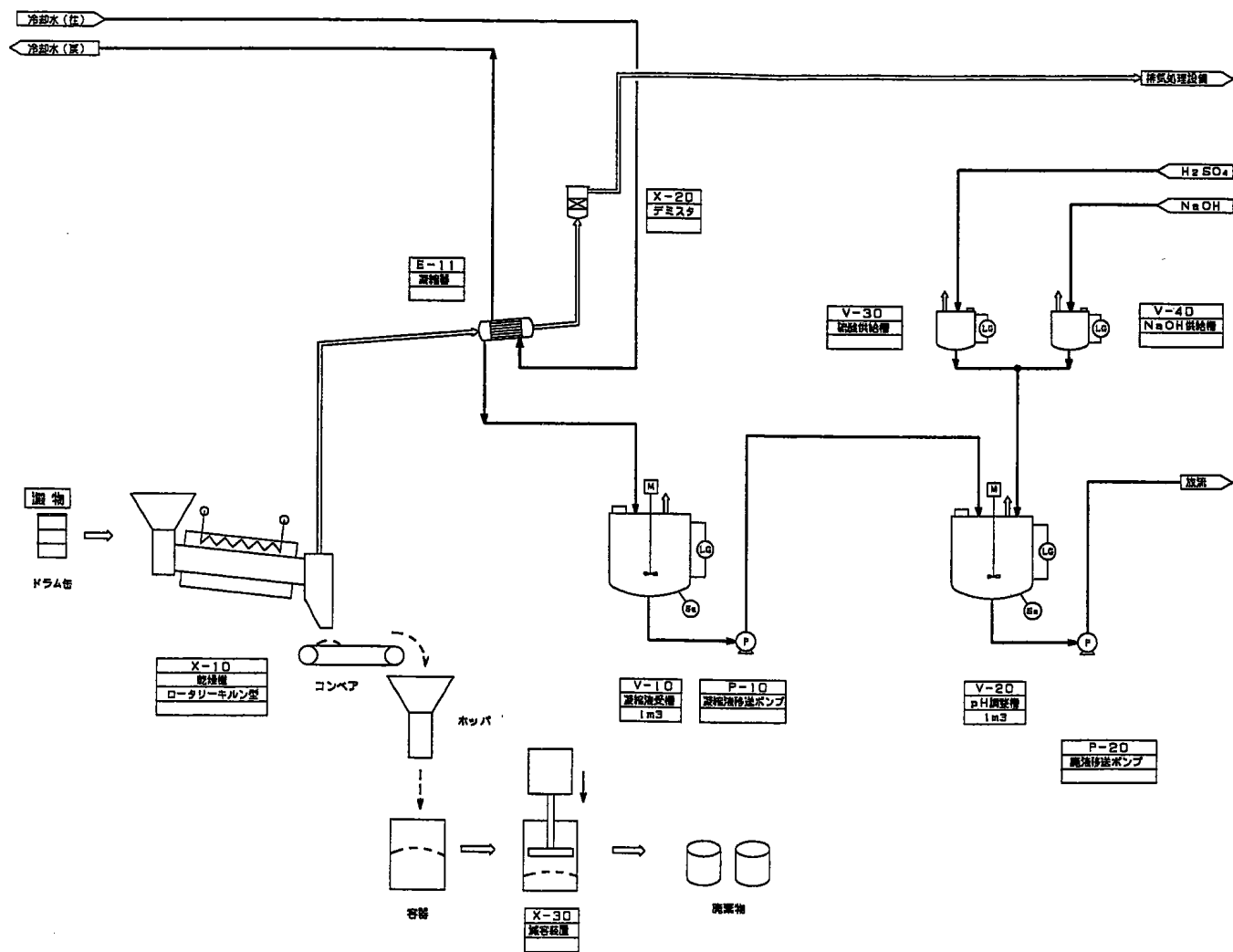


図3.9

放射性廃物処理プロセスの評価検討
直接乾燥・減容化処理プロセス PFD

表 3.9(1) 物質収支表（直接乾燥・減容化処理プロセス）

殿物中成分濃度(wet : 50%)	
Ca	125 mg/g-wet
F	50 mg/g-wet
U	75 mg/g-wet
その他成分	250 mg/g-wet

工程・装置名 物質名	原料 (wet)	乾燥	
		凝縮液	乾燥殿物
Ca kg	12000	0	12000
F kg	4800	0	4800
U kg	7200	0	7200
その他成分 kg	24000	0	24000
液量・物量 (単位)	96000 kg	48 m ³	48000 kg

表 3.9(2) 物質収支表（直接乾燥・減容化処理プロセス）

殿物中成分濃度(wet : 50%)	
Ca	207 mg/g-wet
F	124 mg/g-wet
U	2.3 mg/g-wet
その他成分	167 mg/g-wet

工程・装置名 物質名	原料 (wet)	乾燥	
		凝縮液	乾燥殿物
Ca kg	19872	0	19872
F kg	11904	0	11904
U kg	221	0	221
その他成分 kg	16032	0	16003
液量・物量 (単位)	96000 kg	48 m ³	48000 kg

- ・ 勤番

日勤のみ

- ・ 殿物組成

本プロセスは、基本的に乾燥のみであるので、殿物組成については、特に考慮しなかった。

- ・ 副原料等単価

電力 11 円/kWh

- ・ 労務費

単価 作業員 6,000 千円/年

- ・ 工数

工数は、図 3.10 のプロセスのタイムチャートに基づき、2 工(2 工×1 日)に想定した。

表 3.10 に示したように、直接乾燥・減容化処理プロセスの総業費は、12 百万円と見積もられた。

3.3.5 まとめ

直接乾燥・減容化処理プロセスの評価を行い、以下の結果を得た。

- ・ 殿物の年間処理量を 96t と想定すると、年間 48t の廃棄物が発生する。
- ・ 本殿物処理設備を建設した場合の建設費は、93 百万円と見積もられる。
- ・ 本殿物処理設備の総業費は、12 百万円と見積もられる。

4. まとめ

ウランを含む CaF_2 殿物からウラン除去し、フッ素を安定化させるプロセスについて、塩酸系処理プロセス及び硝酸系処理プロセスの物質収支、建設費及び操業費の比較検討を行った。

物質収支において、特に CaF_2 を含む 2 次廃棄物の発生量を比較すると、硝酸系処理プロセス工程-3 が最も少なく、次いで塩酸系処理プロセス、硝酸系処理プロセス工程-2、同工程-1 の順であった。塩酸系処理プロセスでは、原料殿物中のフッ素含有量に応じて、殿物溶解工程でアルミニウムを投入するため、2 次廃棄物量が増大する。

建設費は、塩酸系処理プロセスが最も安く、次いで硝酸系処理プロセス工程-3、同工程-2、同工程-1 の順であった。

操業費は、硝酸系処理プロセス工程-3、塩酸系処理プロセス、硝酸系処理プロセス工程-2、同工程-1 の順であった。

原料殿物（ドラム缶約 4800 本）を 10 年で処理すると想定した場合、ドラム缶 1 本当たりの処理費用は、塩酸系処理プロセスが約 240 千円、硝酸系処理プロセス工程-1 が約 470 千円、同工程-2 が約 410 千円、同工程-3 が約 220 千円

図3.10 直接乾燥・減容化処理プロセスのタイムチャート

No.	工程名	所要時間 (h)	1日目
1	穀物乾燥減容	3	
	合 計	3	

表3.10 直接乾燥・減容化処理プロセスの概算操業費

名 称	仕 様	工程・用途	使用量	単 価	千円/年
労務費	作業員		2 工/年	6,000 千円/工	12,000
光熱費					
電力			17,280 kwh/年	17 円/KWh	294
合計					12,294

となる。

以上の結果から、2 次廃棄物量及び原料・廃物処理費用の点で塩酸系処理プロセス及び硝酸系処理プロセス工程-3 のどちらかを選択するのが適当であると考えられる。

また、直接乾燥・減容化処理プロセスは、低コストで減容できるという利点があるが、ウランを分離していないため、将来その必要性が発生した際には、ウラン分離費用が新たに必要となる。

5. 今後の課題

5.1 塩酸系処理プロセス

塩酸系処理プロセスを実用化する際の主な技術的課題、留意点を以下にまとめた。

- ・ウラン吸着カラムに用いるイオン交換樹脂の耐久性評価
- ・イオン交換樹脂に対する過酸化水素の影響
- ・イオン交換樹脂再生時に発生する 6M 塩酸廃液の処理
- ・中和処理により生じるフッ化カルシウム・燐物の有効利用法の検討
- ・異なる成分組成の廃物に対するプロセス評価

5.2 硝酸系処理プロセス

硝酸系処理プロセスの実用化へ向けた主な技術的課題、留意点を以下にまとめた。ただし、塩酸系処理プロセスと同様の課題については割愛した。

- ・溶媒連続使用によるウラン抽出率への影響
- ・残留過酸化水素の分解条件の検討
- ・シュウ酸の添加量及び分解条件の検討
- ・シュウ酸カルシウムの焙焼条件の検討
- ・実際の廃物を用いたプロセス評価
- ・イオン交換樹脂に吸着したウランの溶離方法の検討
- ・水バランスの確認

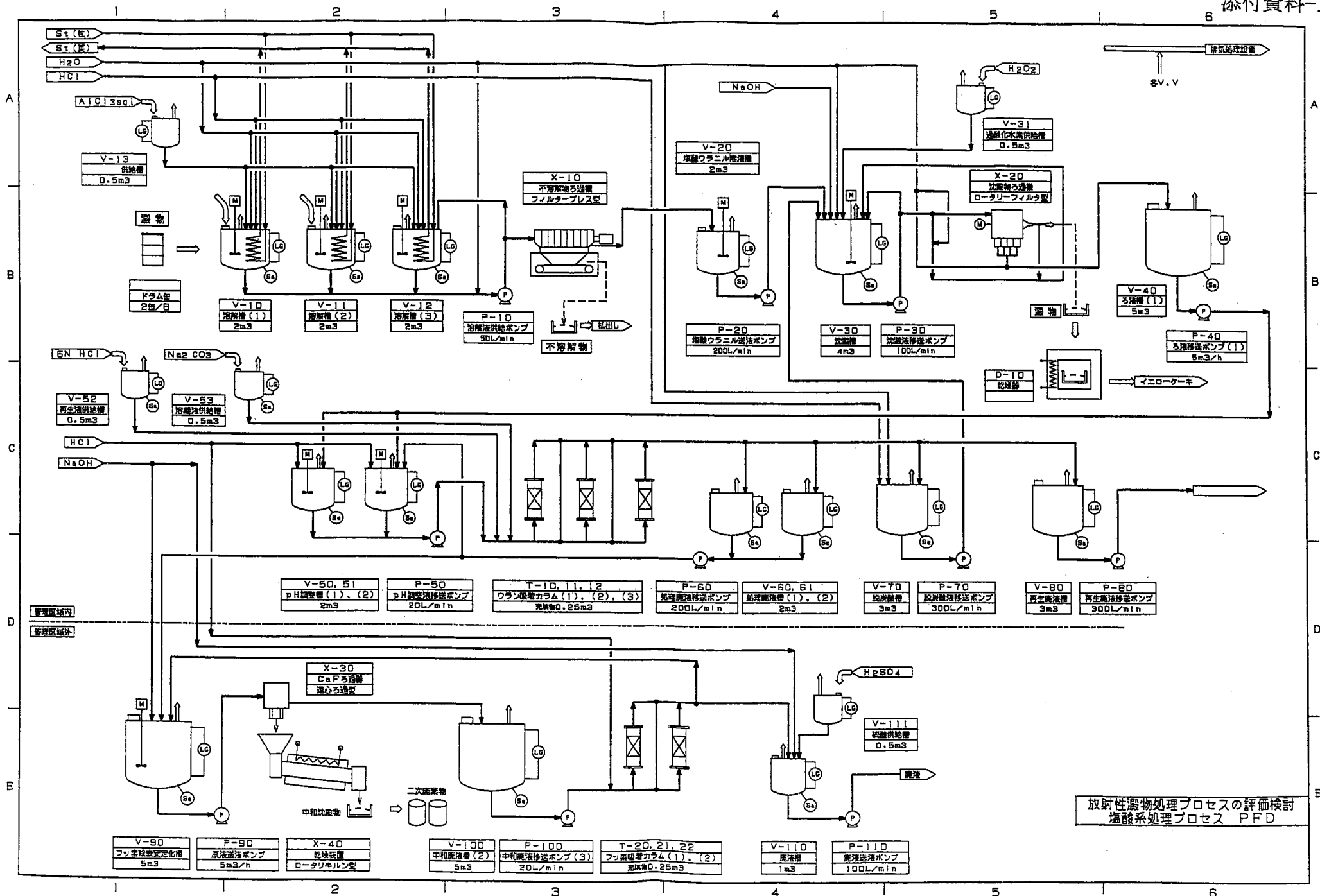
6. 謝辞

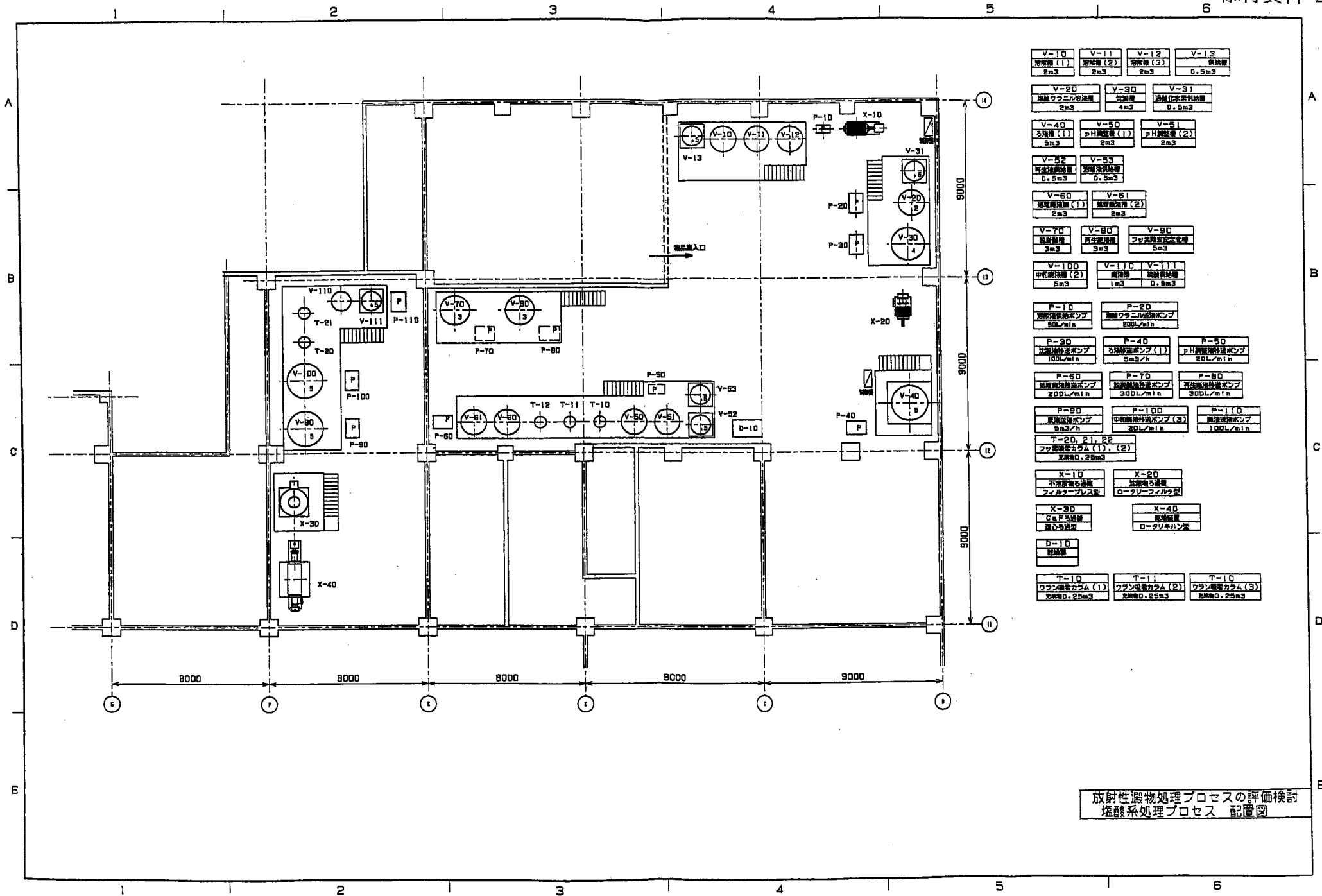
本検討を実施するにあたり、核燃料サイクル開発機構人形峠環境技術センター環境保全技術開発部・環境保全課の方々には、有意義なご指導及び多大なる協力を頂いた。ここに厚くお礼申し上げます。

7. 参考文献

- 1) A. Jyo, "Metal Ion Selectivity of A Macroreticular Styrene-Divinylbenzene Copolymer-Based Methylenephosphonic Acid Resin", Separation Science and Technology, Vol.32, No.6, 1099-1105 (1997)
- 2) 鳥谷部圭治、ウラン系廃棄物処理法の調査検討、動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書(1998)

添 付 資 料

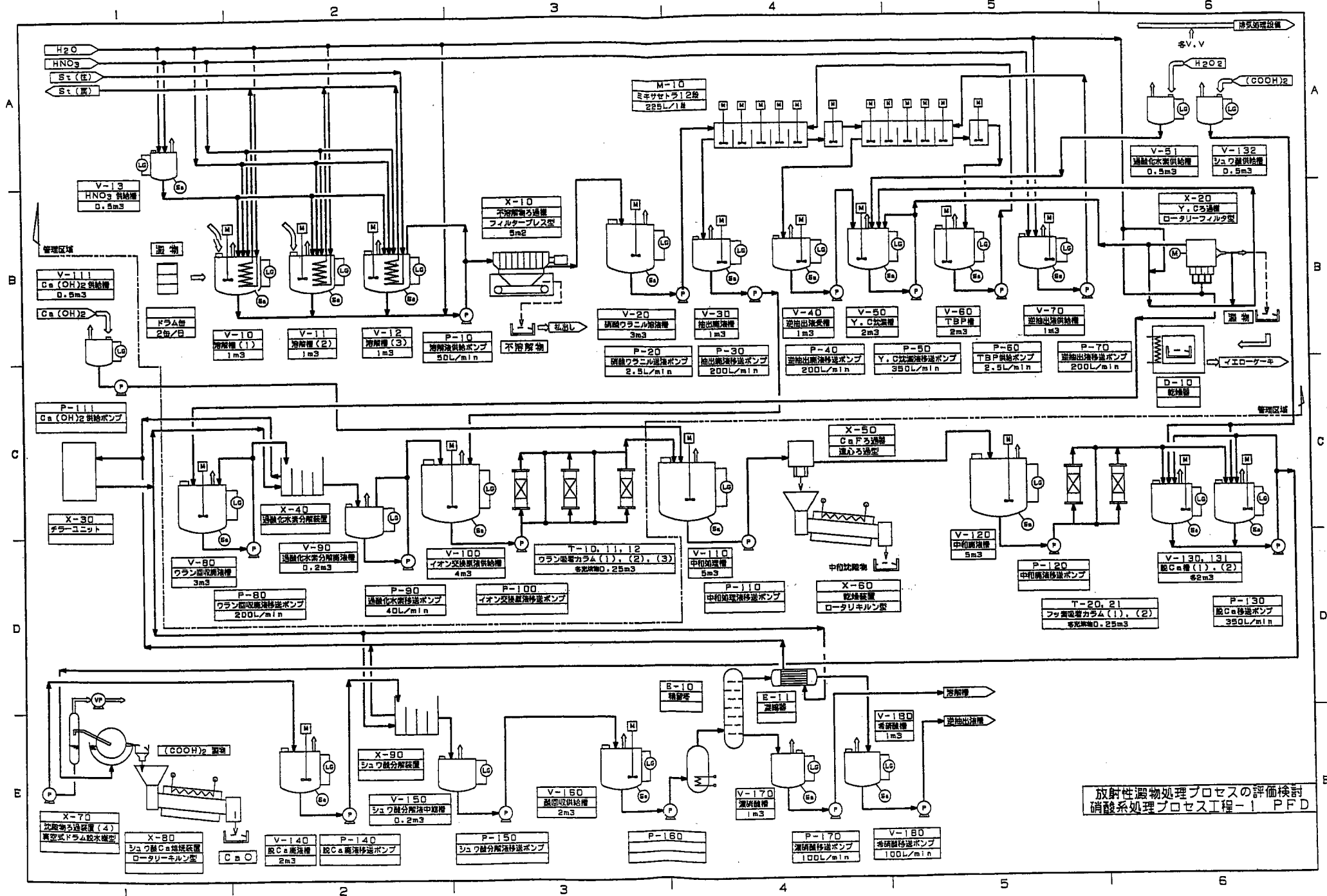


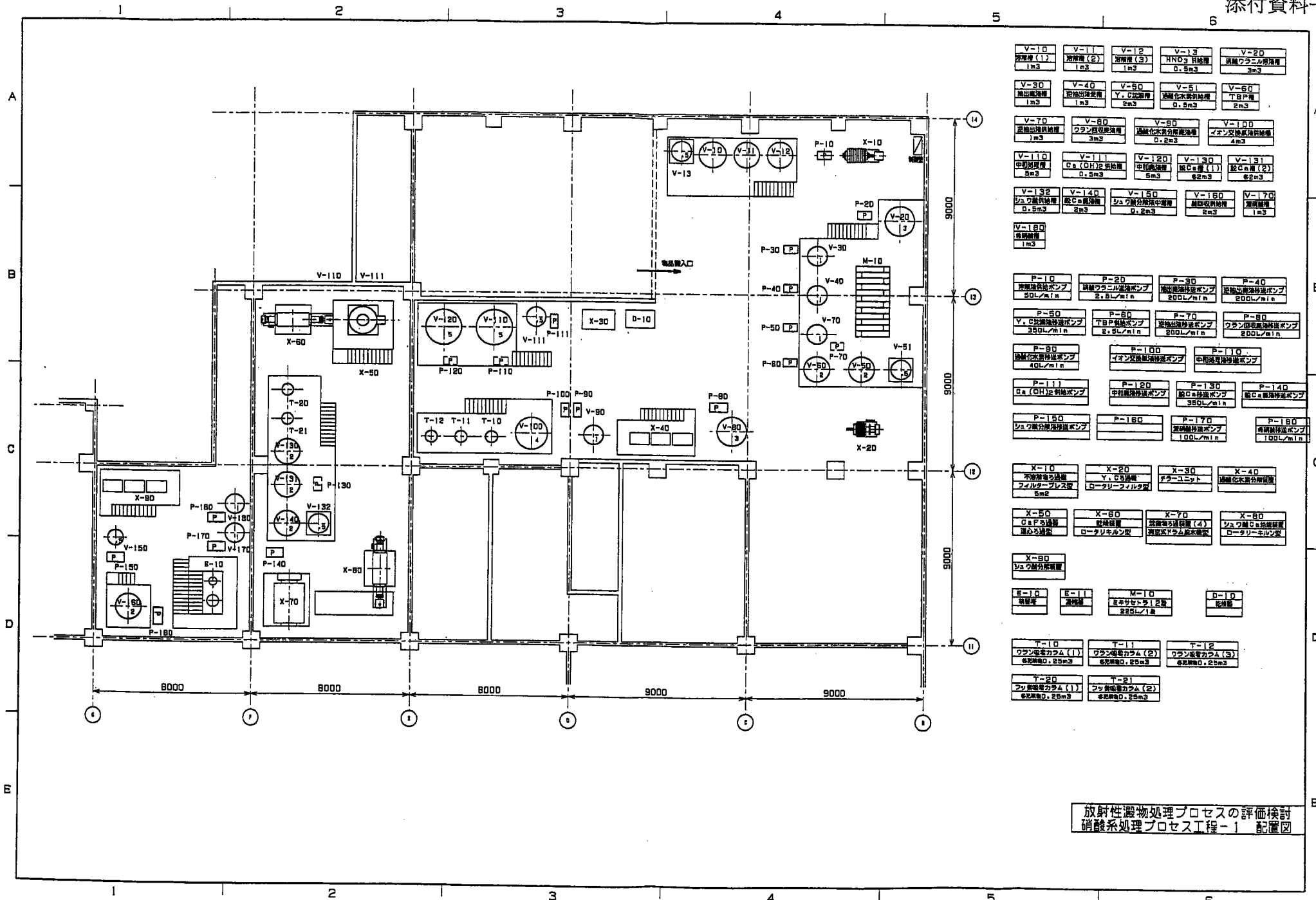


添付資料-3 塩酸系処理プロセス設備機器リスト

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-10,11,12	溶解槽	3 基	SS+R/L	2m ³ 円筒鍍底 加熱用蛇管	
P-10	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 50 L/min	
A-10,11,12	同上用攪拌機	3 基	SS+R/L		
V-13	塩化アルミ供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-10	不溶解物ろ過器	1 基		フィルタープレス (手動) 濾過面積 5m ²	
V-20	塩酸ウラニル溶液槽	1 基	SS+R/L	2m ³ 円筒鍍底	
P-20	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 200 L/min	
A-20	同上用攪拌機	1 基	SS+R/L		
V-30	沈殿槽	1 基	SS+R/L	4m ³ 円筒鍍底	
P-30	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 100 L/min	
A-30	同上用攪拌機	1 基	SS+R/L		
V-31	過酸化水素供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-20	沈殿物ろ過器	1 基	SUS304	ロータリーフィルター	
V-40	ろ液槽	1 基	SS+R/L	5m ³ 円筒鍍底	
P-40	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 500 L/min	
D-10	乾燥器	1 基			
V-50,51	pH調整槽	2 基	SS+R/L	2m ³ 円筒鍍底	
P-50	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 20 L/min	
A-50	同上用攪拌機	2 基	SS+R/L		
V-51	再生液供給槽	1 基	SS+R/L	0.5m ³ 円筒鍍底	

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-52,53	溶離液供給槽	2 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
T-10,11,12	ウラン吸着カラム	3 基	SS+R/L	充填層 0.25m ³	
V-60,61	処理廃液槽	2 基	SS+R/L	2m ³ 円筒鍍底	
P-60	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 200 L/min	
V-70	脱炭酸槽	1 基	SS+R/L	3m ³ 円筒鍍底	
P-70	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 300 L/min	
V-80	再生廃液槽	1 基	SS+R/L	3m ³ 円筒鍍底	
P-80	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 300 L/min	
V-90	フッ素除去安定化槽	1 基	SS+R/L	5m ³ 円筒鍍底	
P-90	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 500 L/min	
A-90	同上用攪拌機	1 基	SS+R/L		
X-30	ろ過器	1 基	SS+R/L	タンクフィルター	
V-100	中和廃液槽	1 基	SS+R/L	5m ³ 円筒鍍底	
P-100	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 500 L/min	
X-60,61	フッ素吸着カラム	2 基		充填層 0.25m ³	
V-110	廃液槽	1 基	SS+R/L	1m ³ 円筒鍍底	
P-110	同上用ポンプ	1 基	SS+R/L	ワーマン 100 L/min	
V-111	硫酸供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	





V-10 汚泥槽 (1) 1m3	V-11 汚泥槽 (2) 1m3	V-12 汚泥槽 (3) 1m3	V-13 HNO3 供給槽 0.5m3	V-20 濃縮ウラン処理槽 3m3
V-30 抽出液槽 1m3	V-40 抽出液槽 1m3	V-50 抽出液槽 2m3	V-51 抽出液槽 0.5m3	V-60 T自P槽 2m3
V-70 蒸餾液供給槽 1m3	V-80 ウラン抽出液供給槽 3m3	V-90 濃縮ウラン供給槽 0.2m3	V-100 イオン交換液供給槽 4m3	
V-110 中和液槽 5m3	V-111 Ca(OH)2 供給槽 0.5m3	V-120 中和液槽 5m3	V-130 脱色槽 (1) 5m3	V-131 脱色槽 (2) 5m3
V-132 脱色槽 0.5m3	V-140 脱色槽 5m3	V-150 脱色槽 0.2m3	V-160 脱色槽 2m3	V-170 脱色槽 1m3
V-180 濃縮液槽 1m3				
P-10 汚泥供給ポンプ 50L/min	P-20 濃縮ウラン供給ポンプ 2.5L/min	P-30 抽出液供給ポンプ 200L/min	P-40 抽出液供給ポンプ 200L/min	
P-50 Y,C抽出液供給ポンプ 350L/min	P-60 T自P供給ポンプ 2.5L/min	P-70 抽出液供給ポンプ 200L/min	P-80 ウラン抽出液供給ポンプ 200L/min	
P-90 濃縮ウラン供給ポンプ 40L/min	P-100 イオン交換液供給ポンプ	P-110 中和液供給ポンプ		
P-111 Ca(OH)2 供給ポンプ	P-120 中和液供給ポンプ	P-130 脱色ポンプ 350L/min	P-140 脱色ポンプ	
P-150 脱色ポンプ	P-160 脱色ポンプ	P-170 脱色ポンプ 100L/min	P-180 脱色ポンプ 100L/min	
X-10 汚泥槽から抽出 フィルターレス型 5m2	X-20 Y,C抽出機 ロータリーフィルタ型	X-30 ダクトユニット	X-40 濃縮ウラン供給機	
X-50 CaF2 供給機 遠心分離型	X-60 脱色機 ロータリーキルン型	X-70 濃縮ウラン供給機 (4) 真空式ドラム脱水機	X-80 脱色機 ロータリーキルン型	
X-90 脱色機				
E-10 脱色機	E-11 脱色機	M-10 真空ポンプ (2) 225L/min	D-10 脱色機	
T-10 ウラン抽出カラム (1) φ300mm, 2.5m3	T-11 ウラン抽出カラム (2) φ300mm, 2.5m3	T-12 ウラン抽出カラム (3) φ300mm, 2.5m3		
T-20 脱色カラム (1) φ300mm, 2.5m3	T-21 脱色カラム (2) φ300mm, 2.5m3			

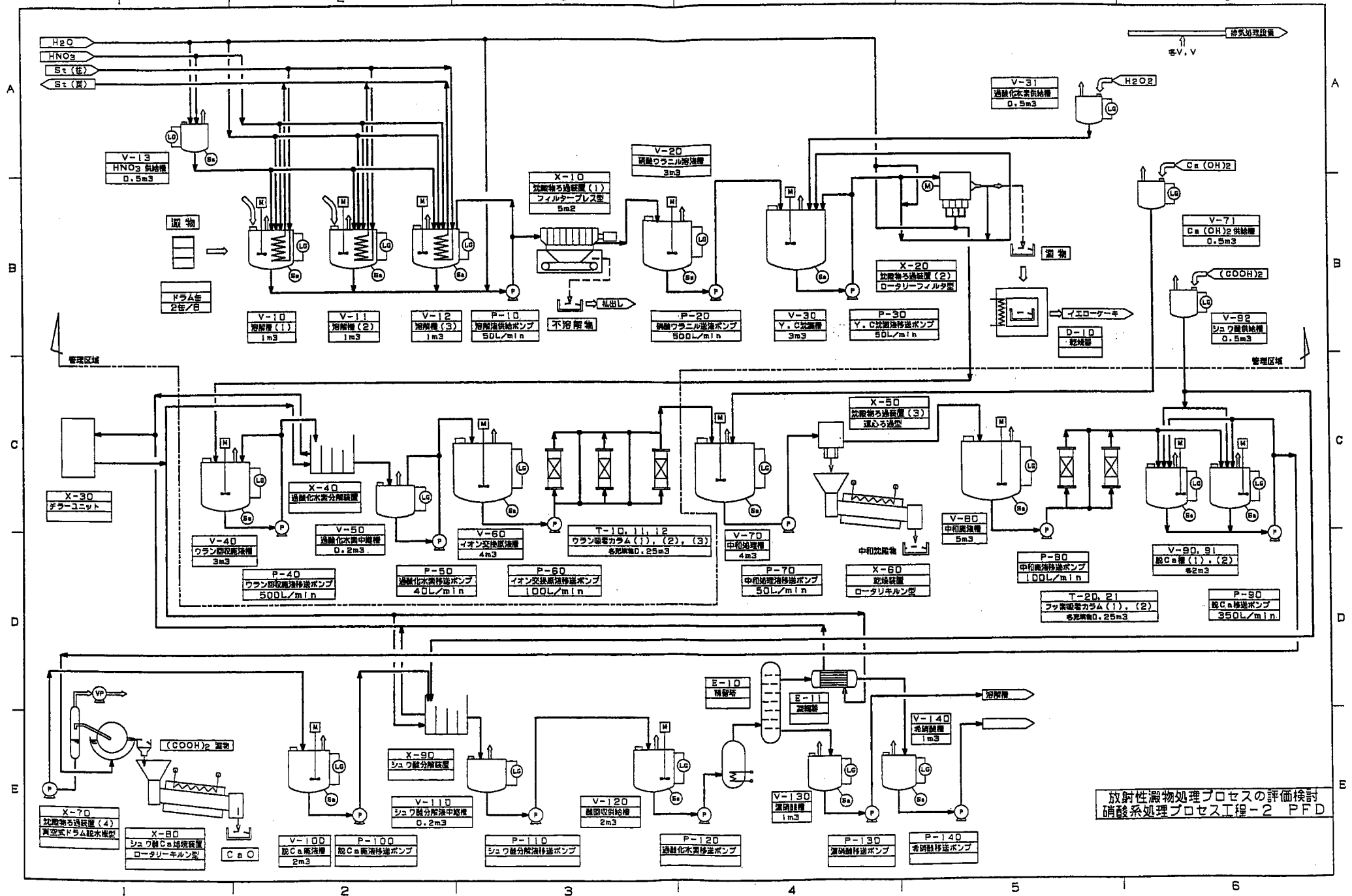
放射性廃物処理プロセスの評価検討
硝酸系処理プロセス工程-1 配置図

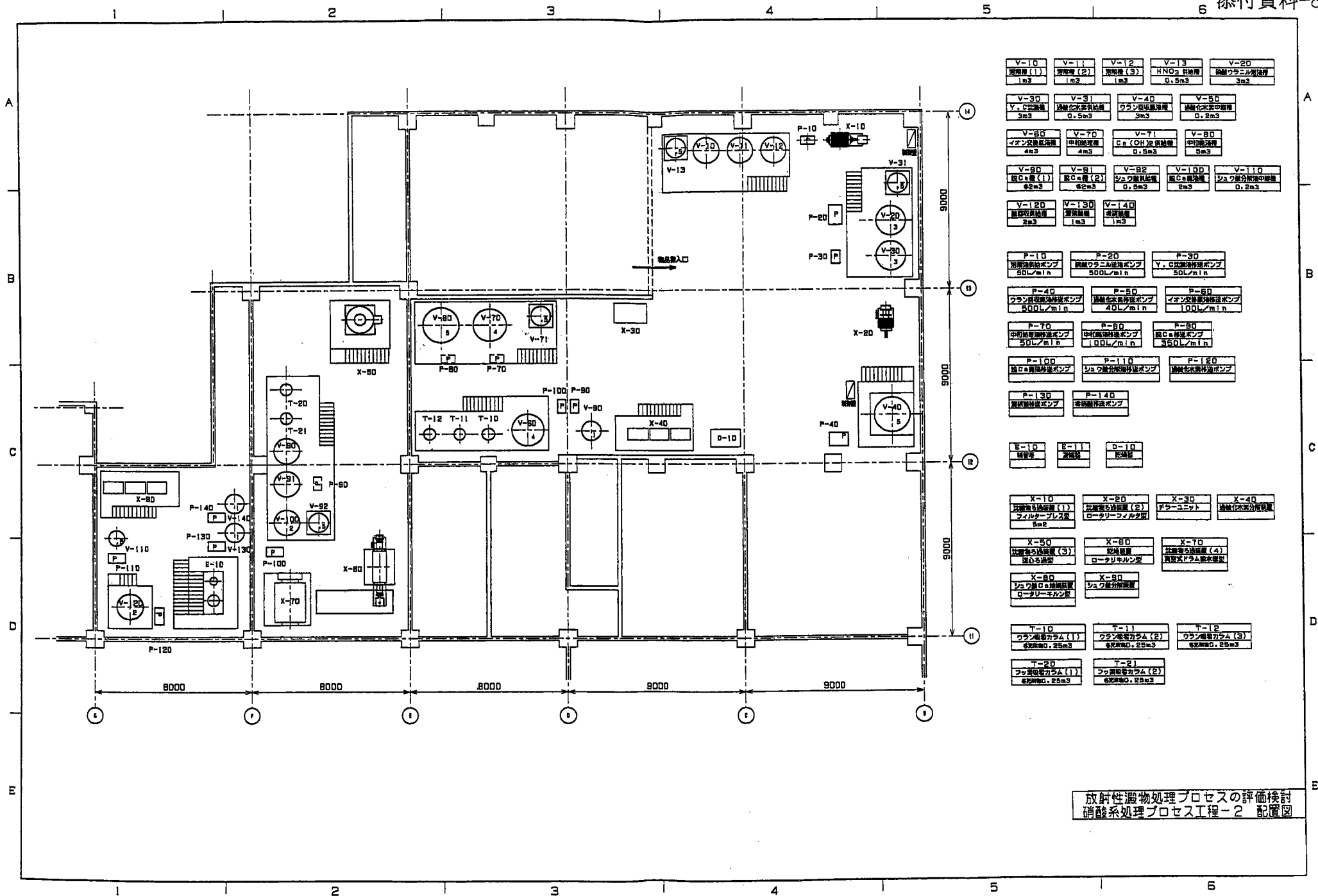
添付資料-6 硝酸系処理プロセス工程-1 設備機器リスト

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-10,11,12	溶解槽	3 基	SUS316L	1m ³ 円筒鍍底 加熱用蛇管付	
P-10	同上用ポンプ	1 基	SUS316L	50 L/min	
A-10	同上用攪拌機	3 基	SUS316L		
V-13	HNO ₃ 供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-10	不溶解物ろ過器	1 基	SUS304	フィルタープレス (手動) 濾過面積 5m ²	
V-20	硝酸ウラニル溶液槽	1 基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-20	同上用ポンプ	1 基	SUS304	500 L/min	
M-10	ミキサセトラ	12 段	SUS304	200 l/1段	
V-30	抽出廃液槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
	同上用ポンプ	1 基	SUS304	200 L/min	
	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
V-40	逆抽出液受槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
	同上用ポンプ	1 基	SUS304	200 L/min	
	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
V-50	YC沈殿槽	1 基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
	同上用ポンプ	1 基	SUS304	350 L/min	
	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
V-51	H ₂ O ₂ 供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
V-60	TBP槽	1 基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
	同上用ポンプ	1 基	SUS304	350 L/min	
	同上用攪拌機	1 基	SUS304		

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-70	逆抽出液供給槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
	同上用ポンプ	1 基	SUS304	200 L/min	
	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
X-20	YCろ過器	1 基	SUS304	フィルタープレス (手動) 濾過面積 5m ³	
D-10	乾燥器	1 基	SUS304		
X-30	チラーユニット	1 基	SUS304		
V-80	ウラン回収廃液槽	1 基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-80	同上用ポンプ	1 基	SUS304	500 L/min	
X-40	No.1過酸化水素分解装置	1 基	SUS304		
V-90	過酸化水素分解廃液槽	1 基	SUS304	0.2m ³ 円筒鍍底	
P-90	同上用ポンプ	1 基	SUS304	40 L/min	
V-100	イオン交換供給槽	1 基	SUS304	4m ³ 円筒鍍底	
P-100	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
A-100	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
T-10,11,12	ウラン吸着カラム	3 基	SUS304	充填層 0.25m ³	
V-110	中和処理槽	1 基	SUS304	5m ³ 円筒鍍底	
P-110	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
A-110	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
V-111	Ca(OH) ₂ 供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
P-111	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
X-50	中和澱ろ過器	1 基	SUS304	リーフフィルター	
X-60	乾燥装置	1 基	SUS304	ロータリーキルン型	

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-120	中和廃液槽	1 基	SUS304	5m ³ 円筒鍍底	
P-120	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
A-120	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
T-20,21	フッ素吸着カラム	2 基		充填層 0.25m ³	
V-130,131	脱Ca槽	2 基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
P-130	同上用ポンプ	1 基	SUS304	350 L/min	
A-130,131	同上用攪拌機	2 基	SUS304		
X-60	シュウ酸Ca澱物ろ過器	1 基	SUS304		
X-70	シュウ酸Ca澱物ばい焼装置	1 基	SUS304		
V-140	脱Ca廃液槽	1 基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
P-140	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
X-80	シュウ酸分解装置	1 基	SUS304		
V-150	シュウ酸分解液中継槽	1 基	SUS304	0.2m ³ 円筒鍍底	
P-150	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
X-90	過酸化水素分解装置	1 基	SUS304		
V-160	酸回収供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
P-160	同上用ポンプ	1 基	SUS304		
A-160	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
E-10	酸回収蒸留装置	1 基	SUS316L		





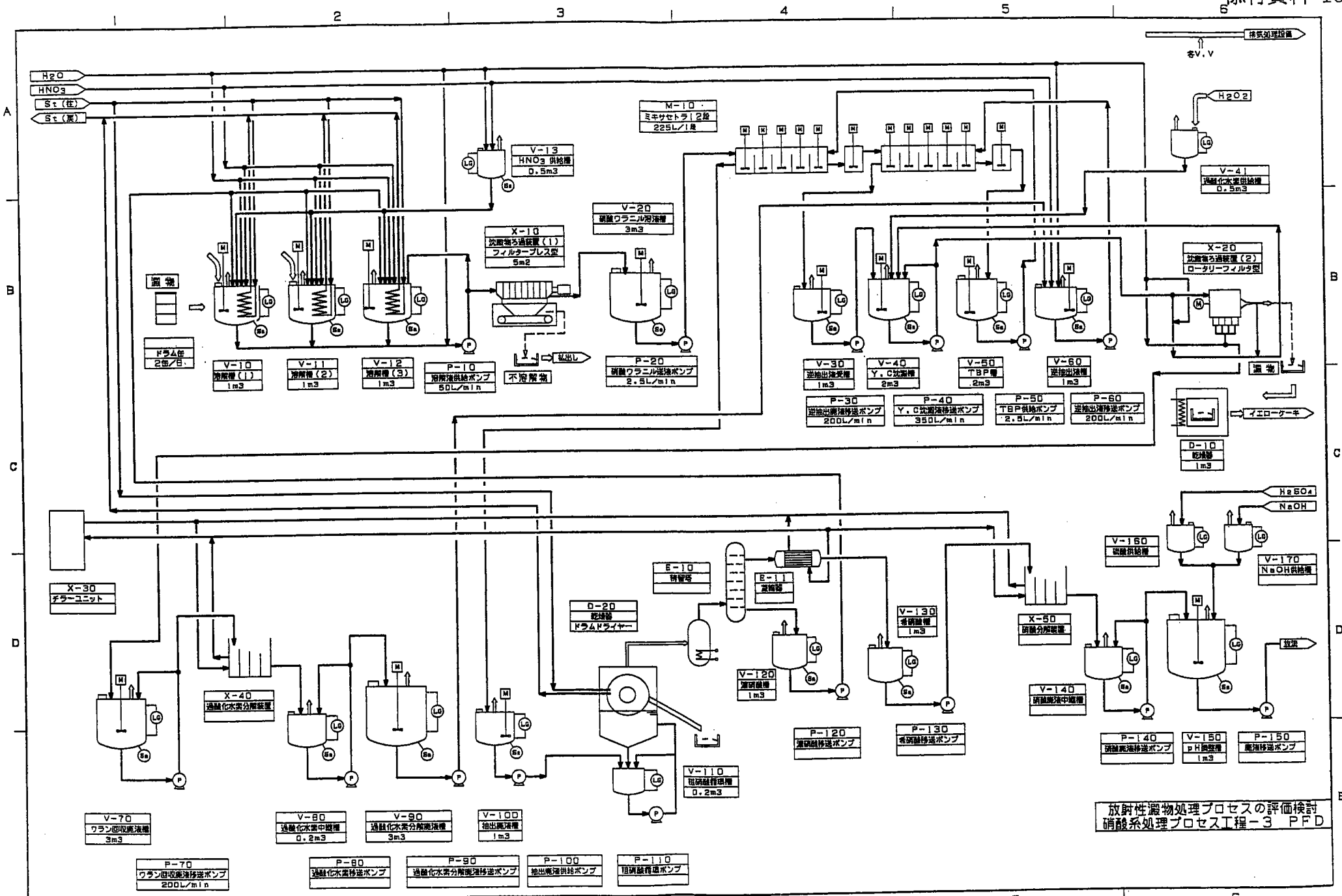
放射性廃物処理プロセスの評価検討
硝酸系処理プロセス工程-2 配置図

添付資料-9 硝酸系処理プロセス工程-2設備機器リスト

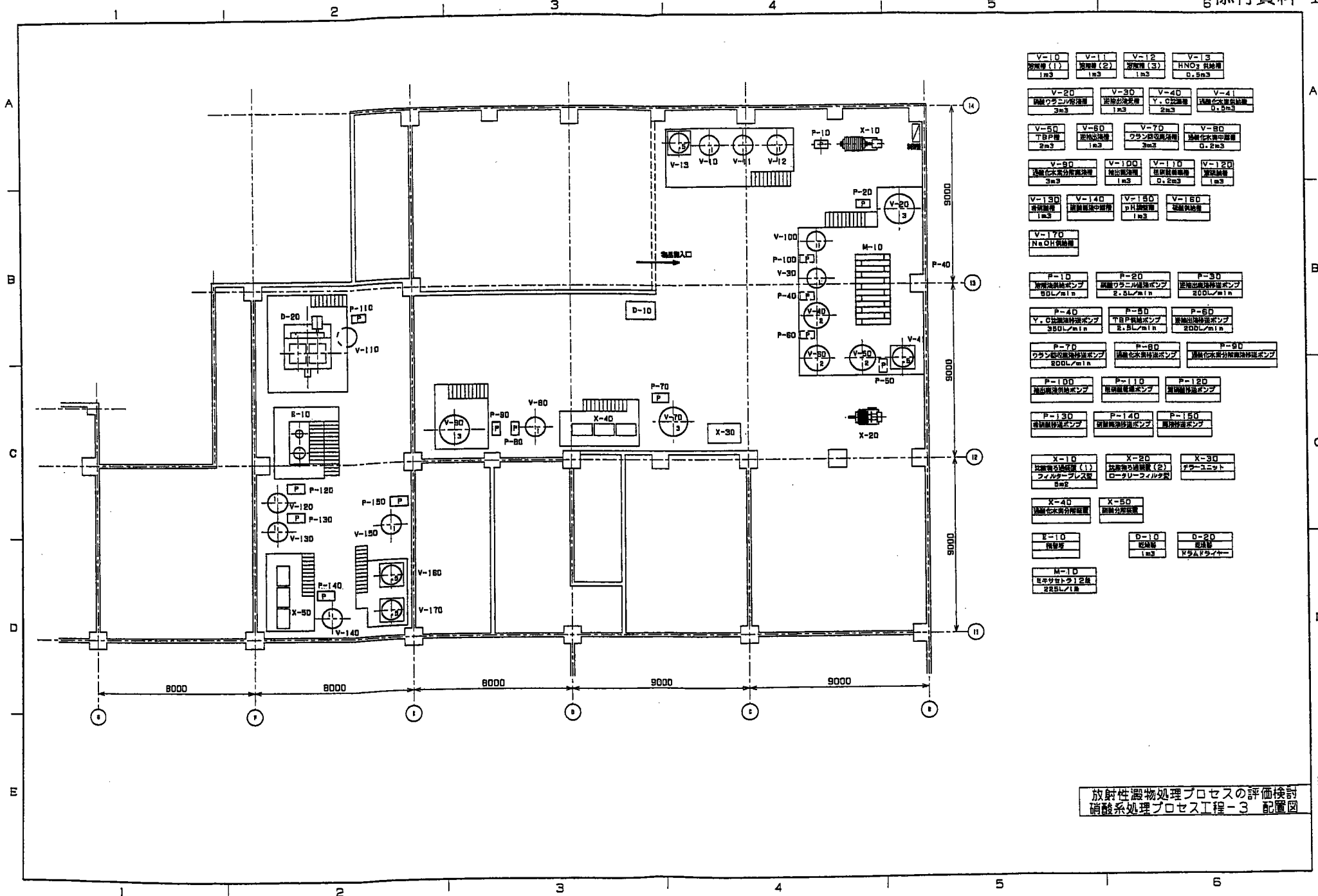
機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-10,11,12	溶解槽	1基	SUS316L	1m ³ 円筒鍍底 加熱用蛇管付	
P-10	同上用ポンプ	1基	SUS316L	50 L/min	
A-10	同上用攪拌機	1基	SUS316L		
V-13	HNO ₃ 供給槽	1基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-10	不溶解物ろ過器	1基	SUS304	フィルタープレス (手動) 濾過面積 5m ²	
V-20	硝酸ウラニル溶液槽	1基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-20	同上用ポンプ	1基	SUS304	500 L/min	
V-30	YC沈殿槽	1基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-30	同上用ポンプ	1基	SUS304	50 L/min	
A-30	同上用攪拌機	1基	SUS304		
V-31	H ₂ O ₂ 供給槽	1基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-20	YCろ過器	1基	SUS304	ロータリーフィルター	
D-10	乾燥器	1基	SUS304		
V-40	ウラン回収廃液槽	1基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-40	同上用ポンプ	1基	SUS304	500 L/min	
X-40	No.1過酸化水素分解装置	1基	SUS304		
V-50	過酸化水素分解廃液槽	1基	SUS304	0.2m ³ 円筒鍍底	
P-50	同上用ポンプ	1基	SUS304	40 L/min	

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-60	イオン交換原液槽	1 基	SUS304	4m ³ 円筒鏡底	
P-60	同上用ポンプ	1 基	SUS304	100 L/min	
A-60	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
T-10,11,12	ウラン吸着カラム	3 基	SUS304	充填層 0.25m ³	
V-70	中和処理槽	1 基	SUS304	4m ³ 円筒鏡底	
P-70	同上用ポンプ	1 基	SUS304	100 L/min	
A-70	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
X-30	チラーユニット	1 基	SUS304		
V-71	Ca(OH) ₂ 供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鏡底	
X-50	中和沈殿物ろ過器	1 基	SUS304	リーフフィルター	
V-80	中和廃液槽	1 基	SUS304	5m ³ 円筒鏡底	
P-80	同上用ポンプ	1 基	SUS304	100 L/min	
A-80	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
T-20,21	フッ素吸着カラム	2 基		充填層 0.25m ³	
V-90,91	脱Ca槽	2 基	SUS304	2m ³ 円筒鏡底	
P-90	同上用ポンプ	1 基	SUS304	350 L/min	
V-92	(COOH) ₂ 供給槽	1 基	SUS304	0.5m ³ 円筒鏡底	
X-60	シュウ酸沈殿物ろ過器	1 基	SUS304	真空式ドラム脱水機	
X-70	シュウ酸Caばい焼装置	1 基	SUS304	ロータリーキルン	
V-100	脱Ca廃液槽	1 基	SUS304	2m ³ 円筒鏡底	
P-100	同上用ポンプ	1 基	SUS304	50 L/min	

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
X-80	シュウ酸分解装置	1 基	SUS304		
X-90	過酸化水素分解装置	1 基	SUS304		
V-110	シュウ酸分解液中継槽	1 基	SUS304	0.2m ³ 円筒鍍底	
P-110	同上用ポンプ	1 基	SUS304	50 L/min	
V-120	酸回収供給槽	1 基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
P-120	同上用ポンプ	1 基	SUS304	10 L/min	
A-120	同上用攪拌機	1 基	SUS304		
E-10	酸回収蒸留装置	1 基	SUS316L		
V-130	濃硝酸槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-130	同上用ポンプ	1 基	SUS304	350 L/min	
V-140	希硝酸槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-140	同上用ポンプ	1 基	SUS304	350 L/min	



放射性廃物処理プロセスの評価検討
硝酸系処理プロセス工程-3 PFD

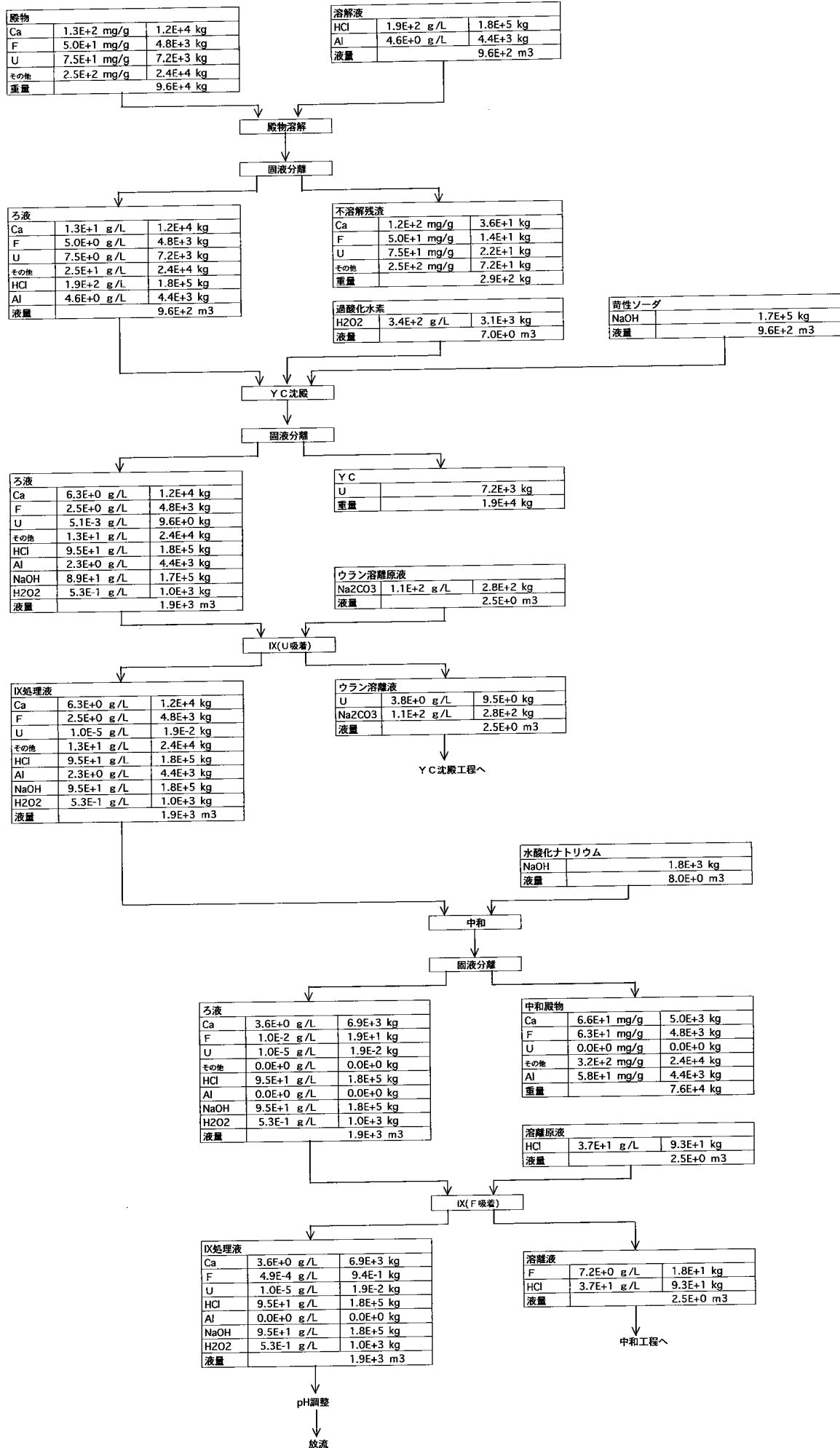


放射性廃物処理プロセスの評価検討
硝酸系処理プロセス工程-3 配置図

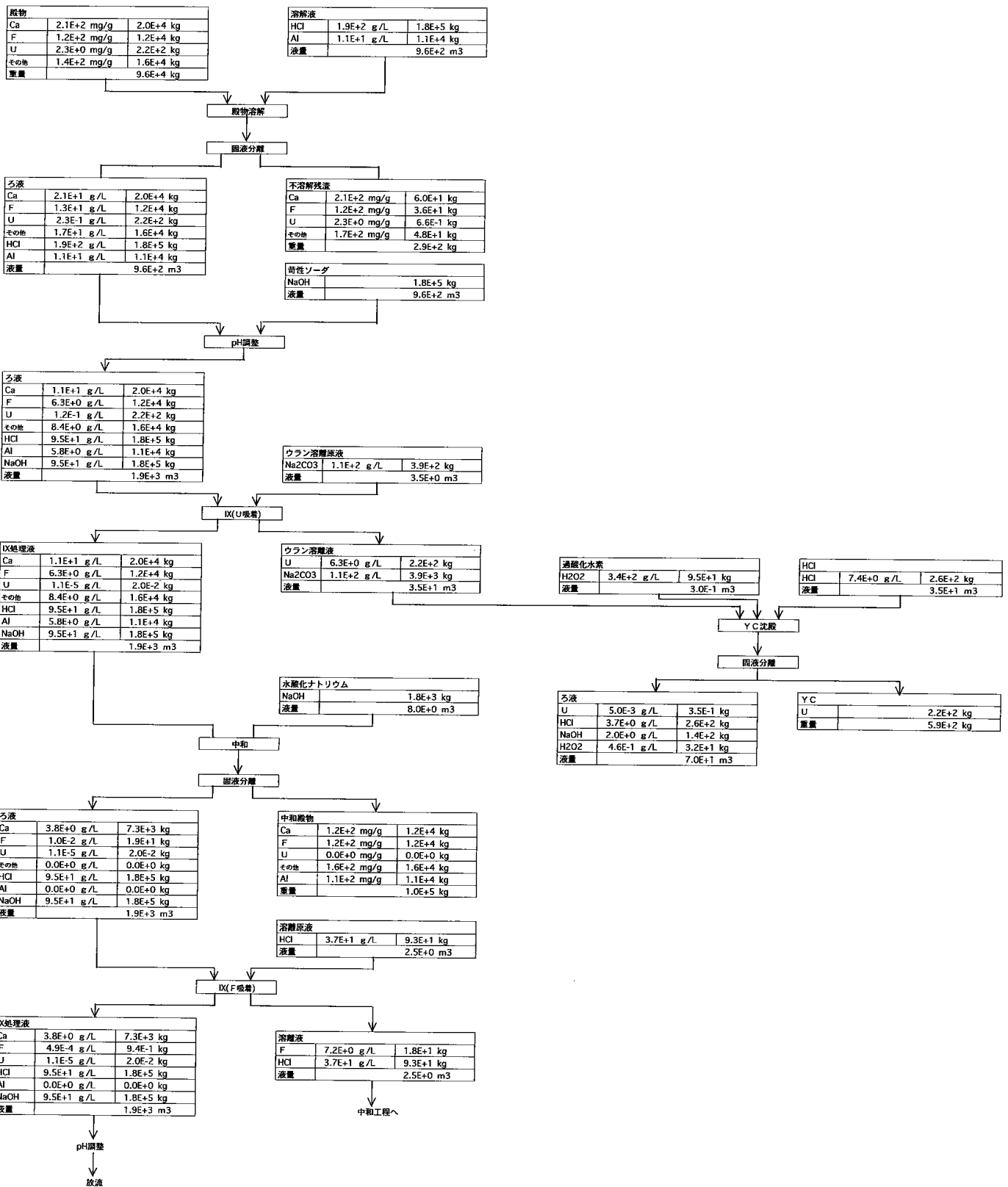
添付資料-12 硝酸系処理プロセス工程-3設備機器リスト

機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
V-10,11,12	溶解槽	3基	SUS316L	1m ³ 円筒鍍底 加熱用蛇管付	
P-10	同上用ポンプ	1基	SUS316L	50 L/min	
A-10	同上用攪拌機	3基	SUS316L		
V-13	HNO ₃ 供給槽	1基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-10	不溶解物ろ過器	1基	SUS304	フィルタープレス (手動) 濾過面積 5m ²	
V-20	硝酸ウラニル溶液槽	1基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-20	同上用ポンプ	1基	SUS304	500 L/min	
A-20	同上用攪拌機	1基	SUS304		
M-10	ミキサセトラ	12段	SUS304	200 l/1段	
V-30	逆抽出廃液槽	1基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-30	同上用ポンプ	1基	SUS304	200 L/min	
V-40	YC沈殿槽	1基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
P-40	同上用ポンプ	1基	SUS304	350 L/min	
A-40	同上用攪拌機	1基	SUS304		
V-50	TBP槽	1基	SUS304	2m ³ 円筒鍍底	
P-50	同上用ポンプ	1基	SUS304	350 L/min	
V-60	逆抽出液供給槽	1基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-60	同上用ポンプ	1基	SUS304	200 L/min	
V-41	H ₂ O ₂ 供給槽	1基	SUS304	0.5m ³ 円筒鍍底	
X-20	YCろ過器	1基	SUS304		

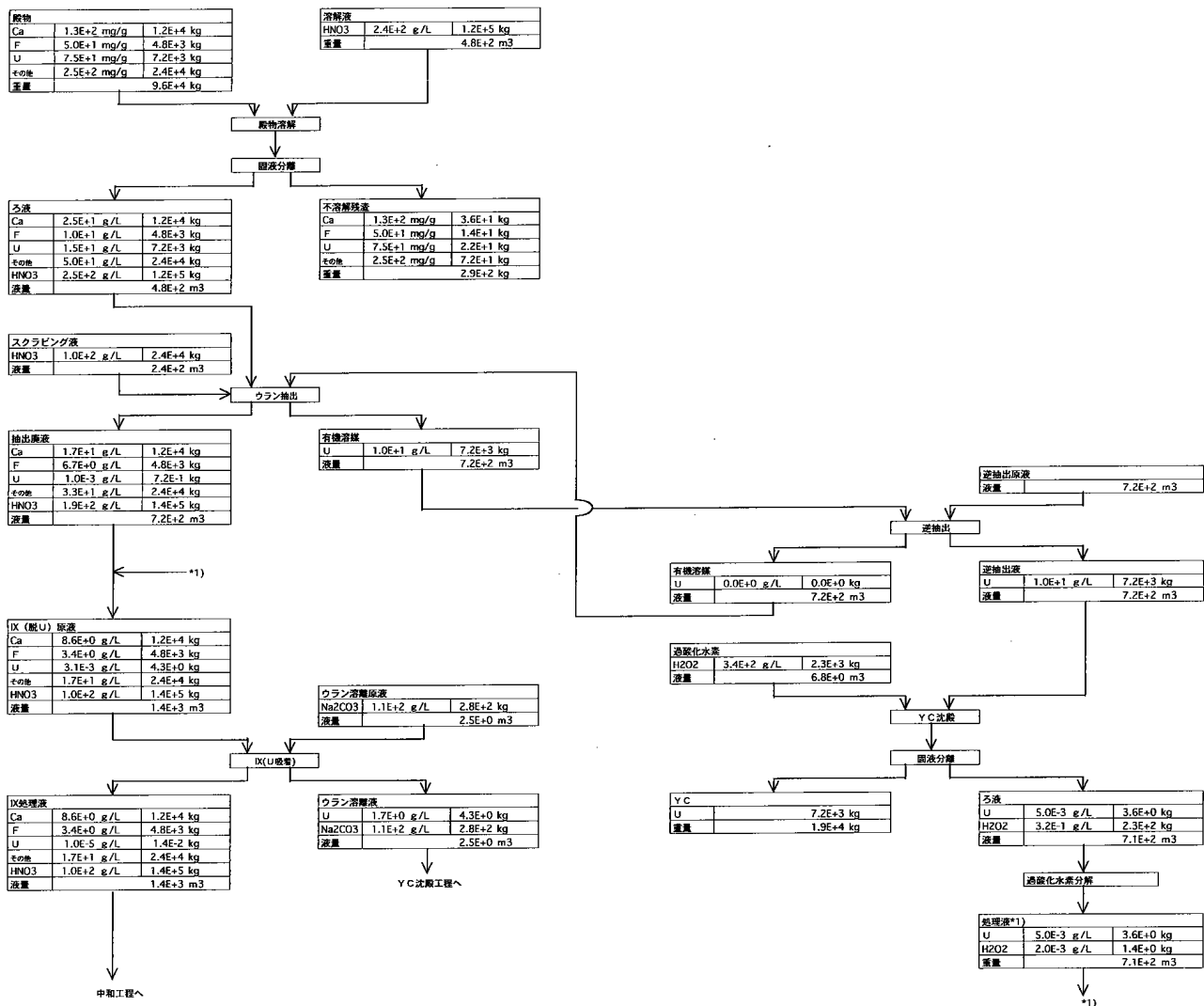
機器番号	名称	数量	材質	仕様	備考
D-10	乾燥器		SUS304		
V-70	ウラン回収廃液槽	1 基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-70	同上用ポンプ	1 基	SUS304	500 L/min	
X-40	過酸化水素分解装置	1 基	SUS304		
V-80	過酸化水素分解廃液中継槽	1 基	SUS304	0.2m ³ 円筒鍍底	
P-80	同上用ポンプ	1 基	SUS304	40 L/min	
V-90	過酸化水素分解廃液槽	1 基	SUS304	3m ³ 円筒鍍底	
P-90	同上用ポンプ	1 基	SUS304	500 L/min	
V-100	抽出廃液槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-100	同上用ポンプ	1 基	SUS304	100 L/min	
D-20	乾燥装置	1 基	SUS304	ディスクドライヤー	
E-10	酸回収蒸留装置	1 基	SUS316L		
V-110	粗硝酸循環槽	1 基	SUS304	0.2m ³ 円筒鍍底	
P-110	同上用ポンプ	1 基	SUS304	20 L/min	
V-120	濃硝酸槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-120	同上用ポンプ	1 基	SUS304	200 L/min	
V-130	希硝酸槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-130	同上用ポンプ	1 基	SUS304	200 L/min	
X-50	硝酸分解装置	1 基	SUS304		
V-140	硝酸廃液中継槽	1 基	SUS304	1m ³ 円筒鍍底	
P-140	同上用ポンプ	1 基	SUS304	200 L/min	



添付資料13(1) 塩酸系廃物処理プロセスによる物質収支フロー図

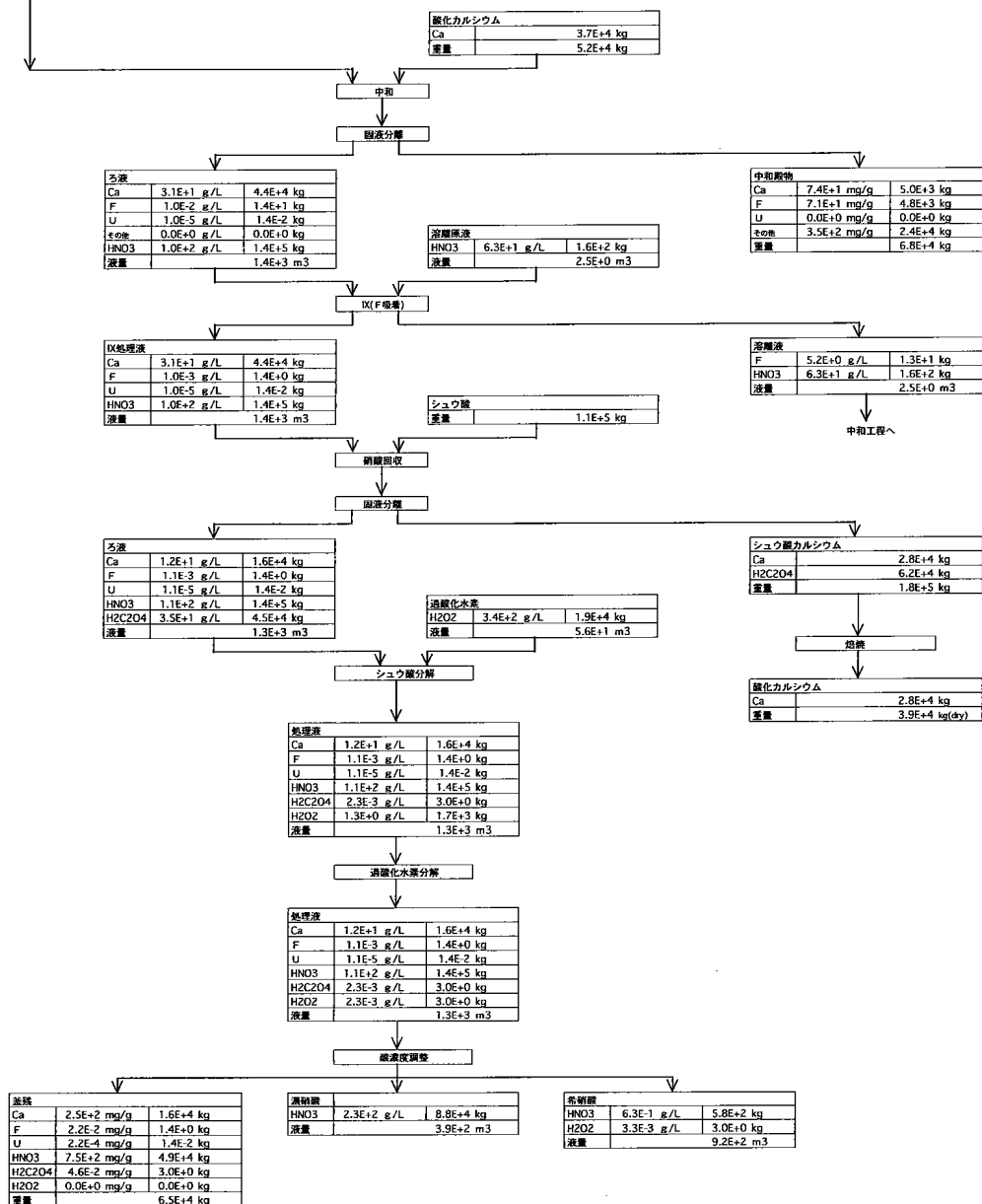


添付資料13(2) 塩酸系廃物処理プロセスによる物質収支フロー図

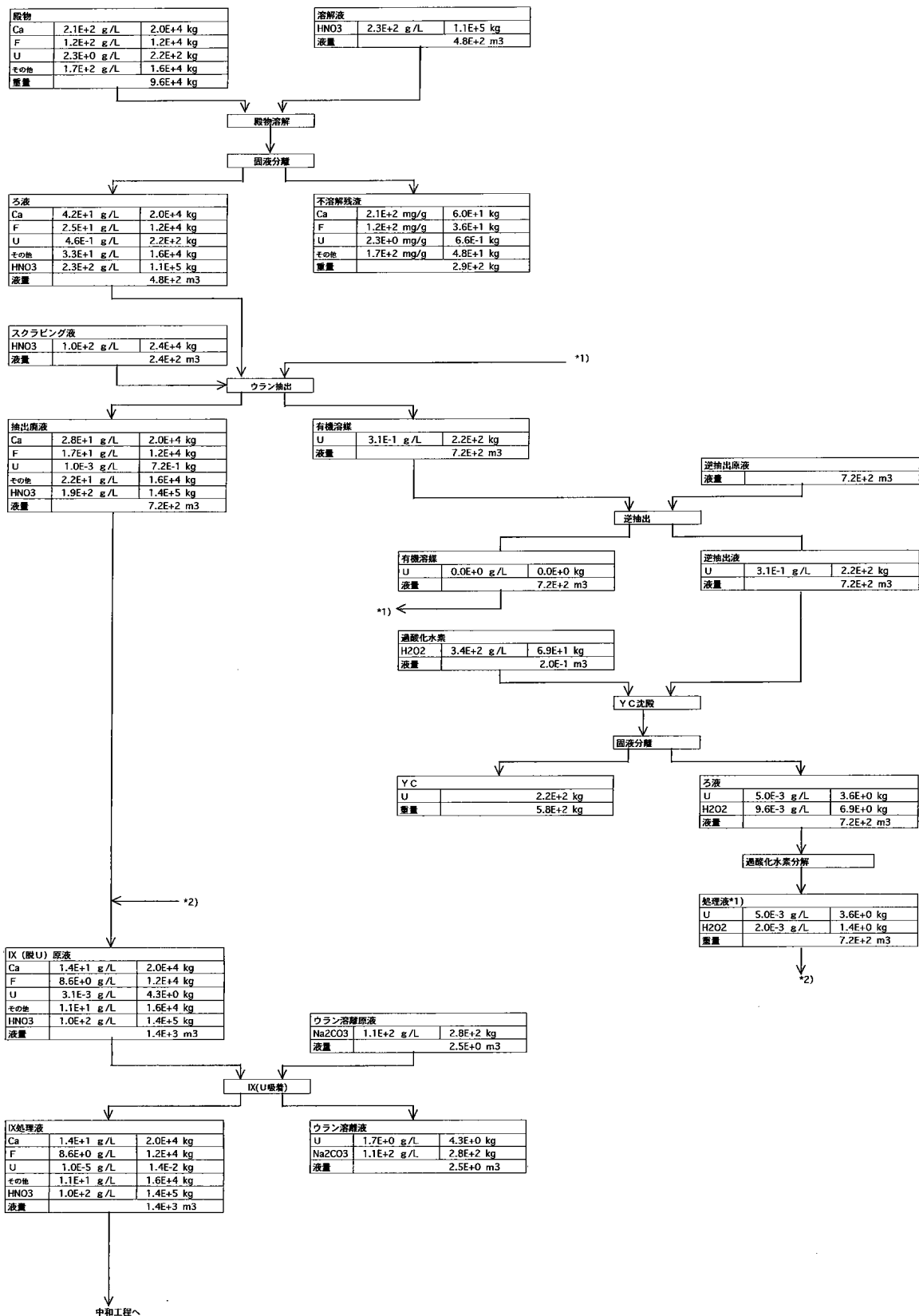


添付資料14(1) 硝酸系廃物処理プロセス（工程1）による物質収支フロー図

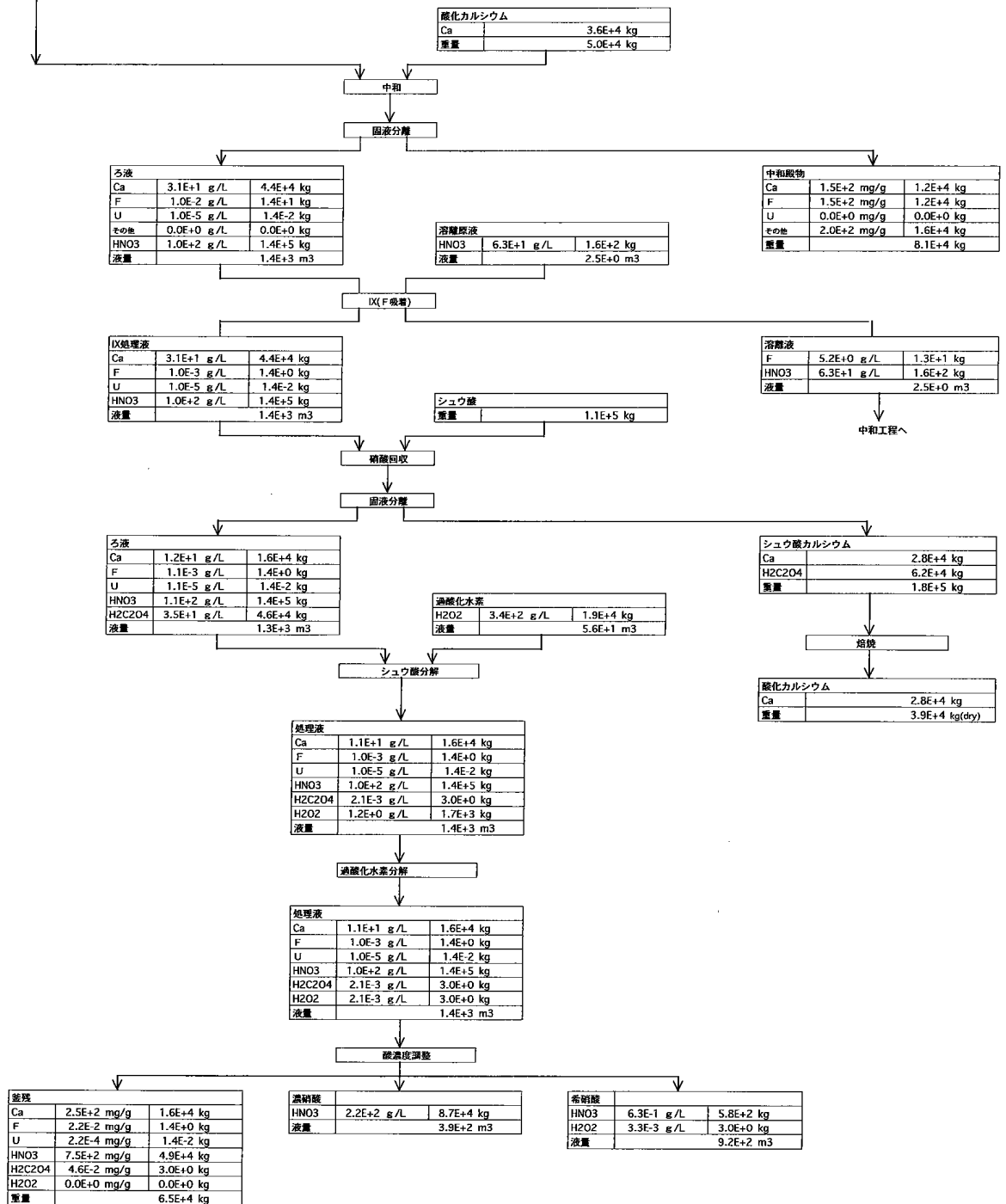
IX (ウラン吸着) 工程



添付資料14(1) 硝酸系廃物処理プロセス (工程1) による物質収支フロー図

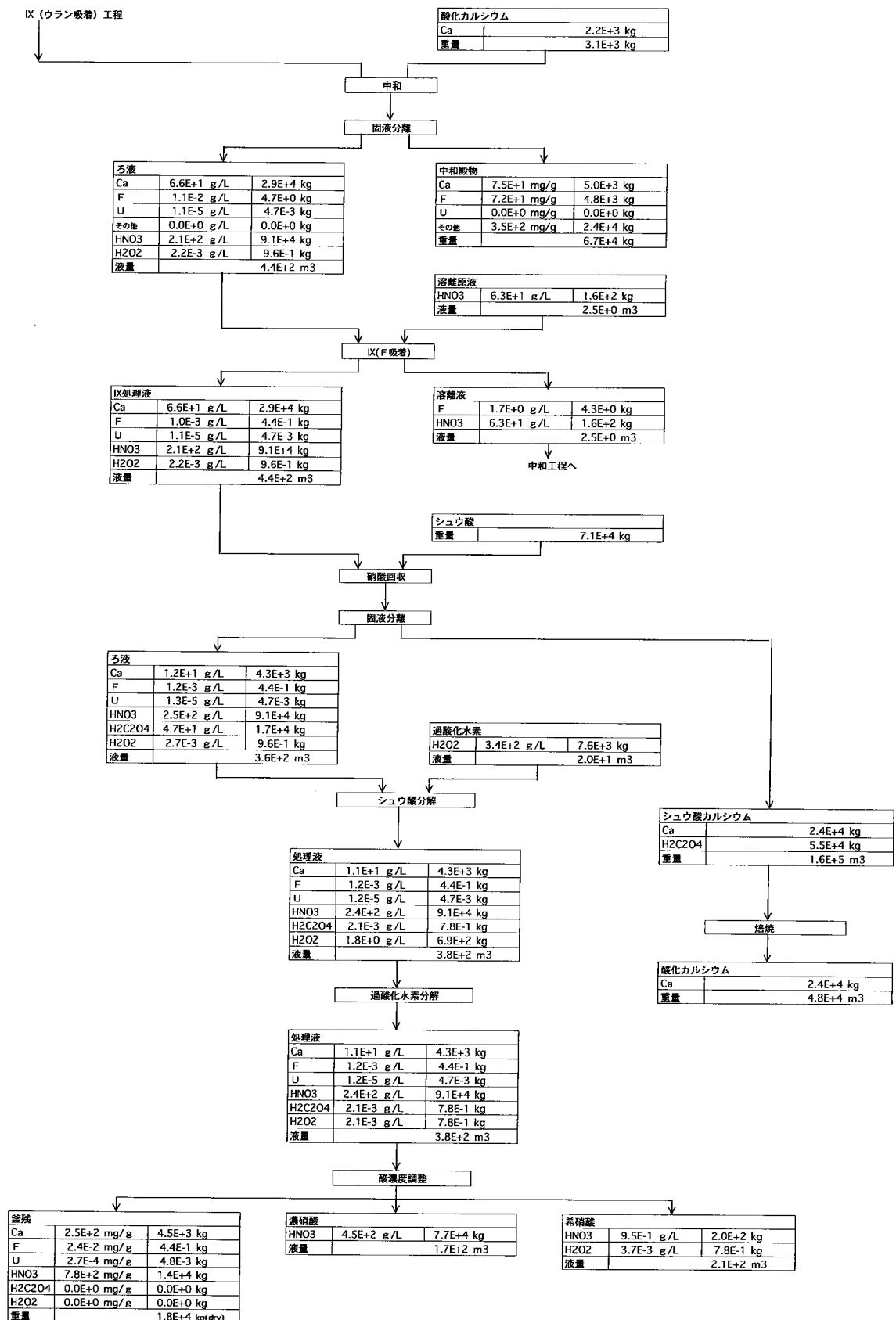


添付資料14(2) 硝酸系廃物処理プロセス（工程1）による物質収支フロー図

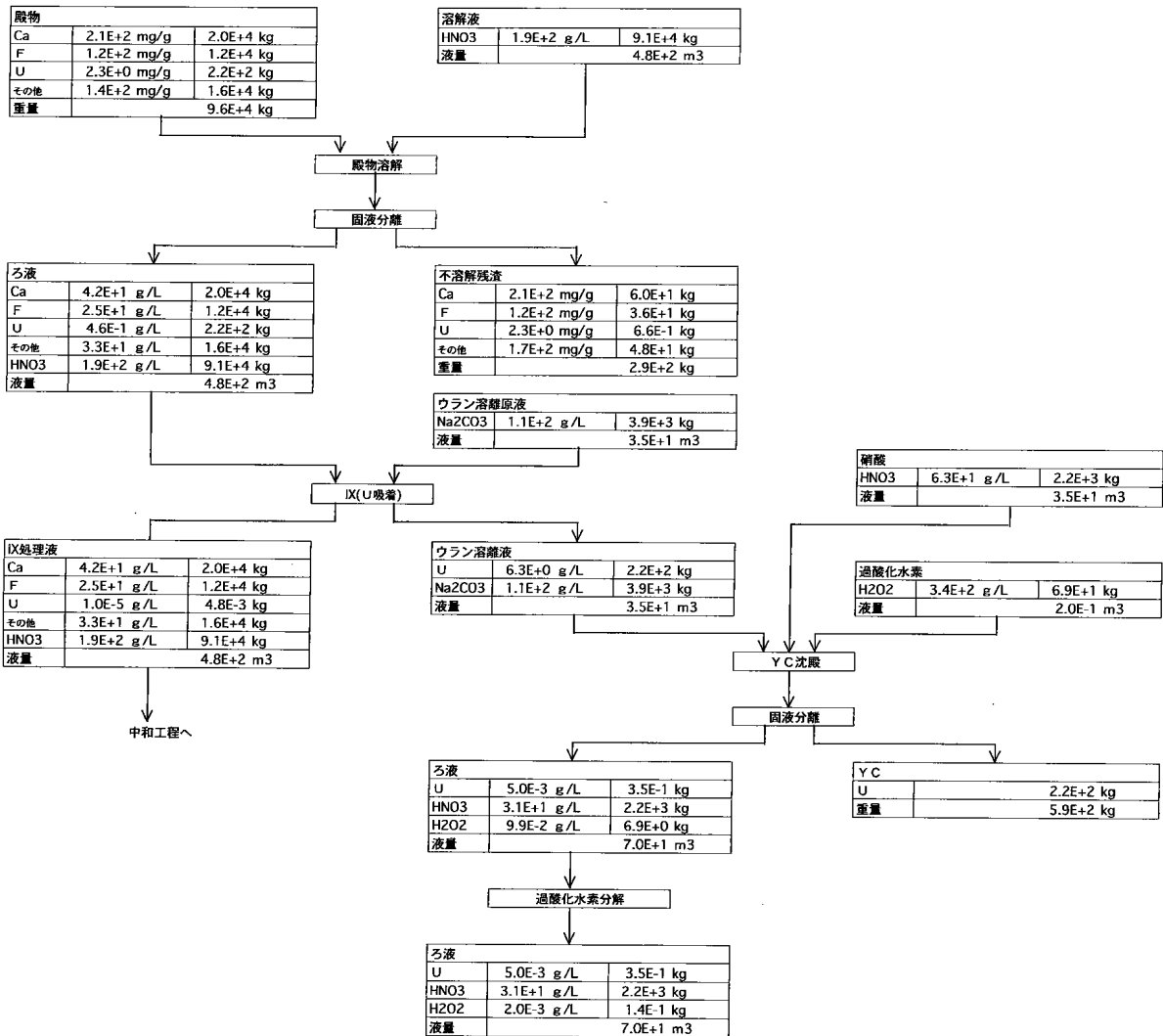




添付資料15(1) 硝酸系廃物処理プロセス（工程2）による物質収支フロー図



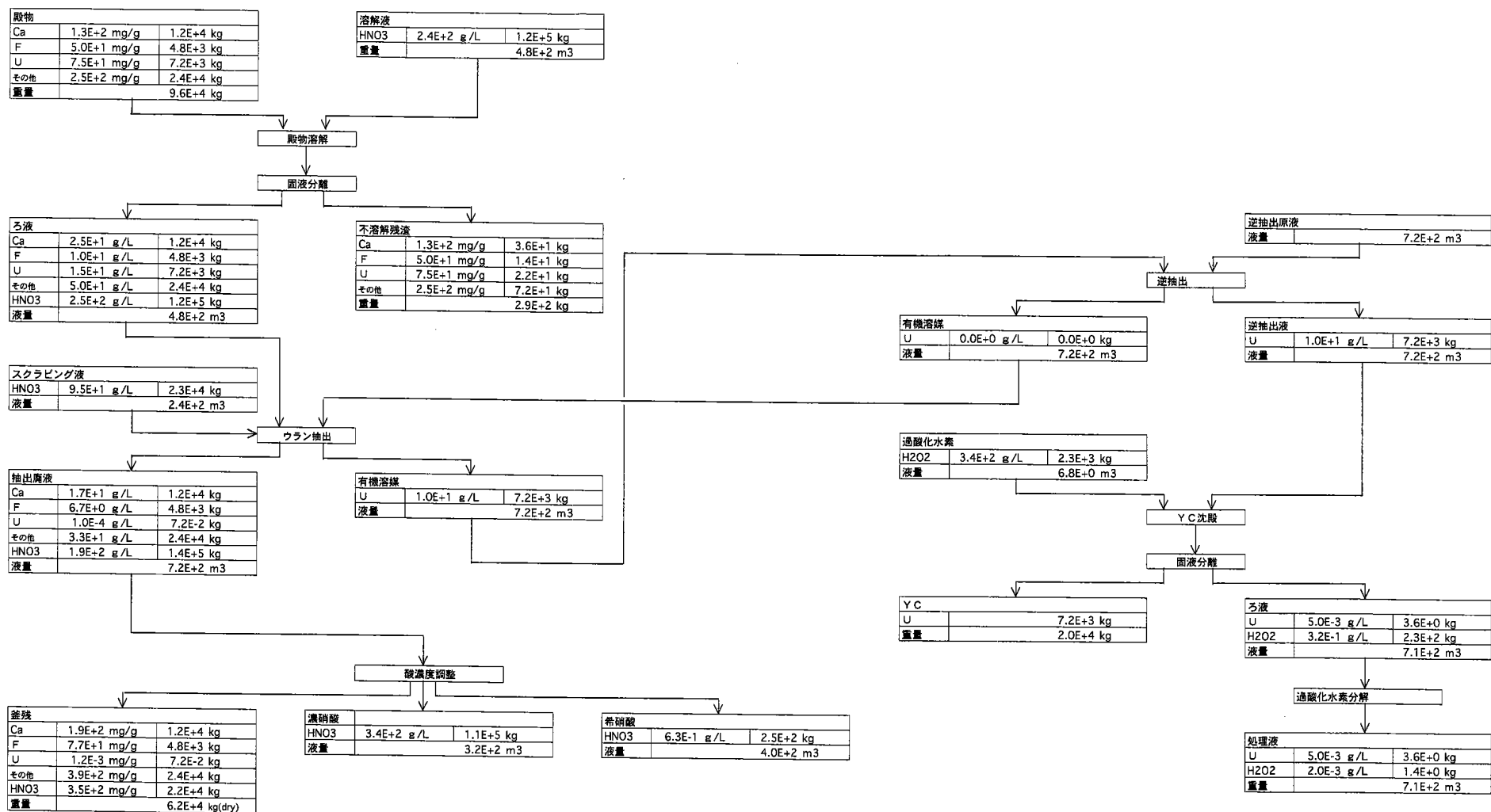
添付資料15(1) 硝酸系廃物処理プロセス（工程2）による物質収支フロー図



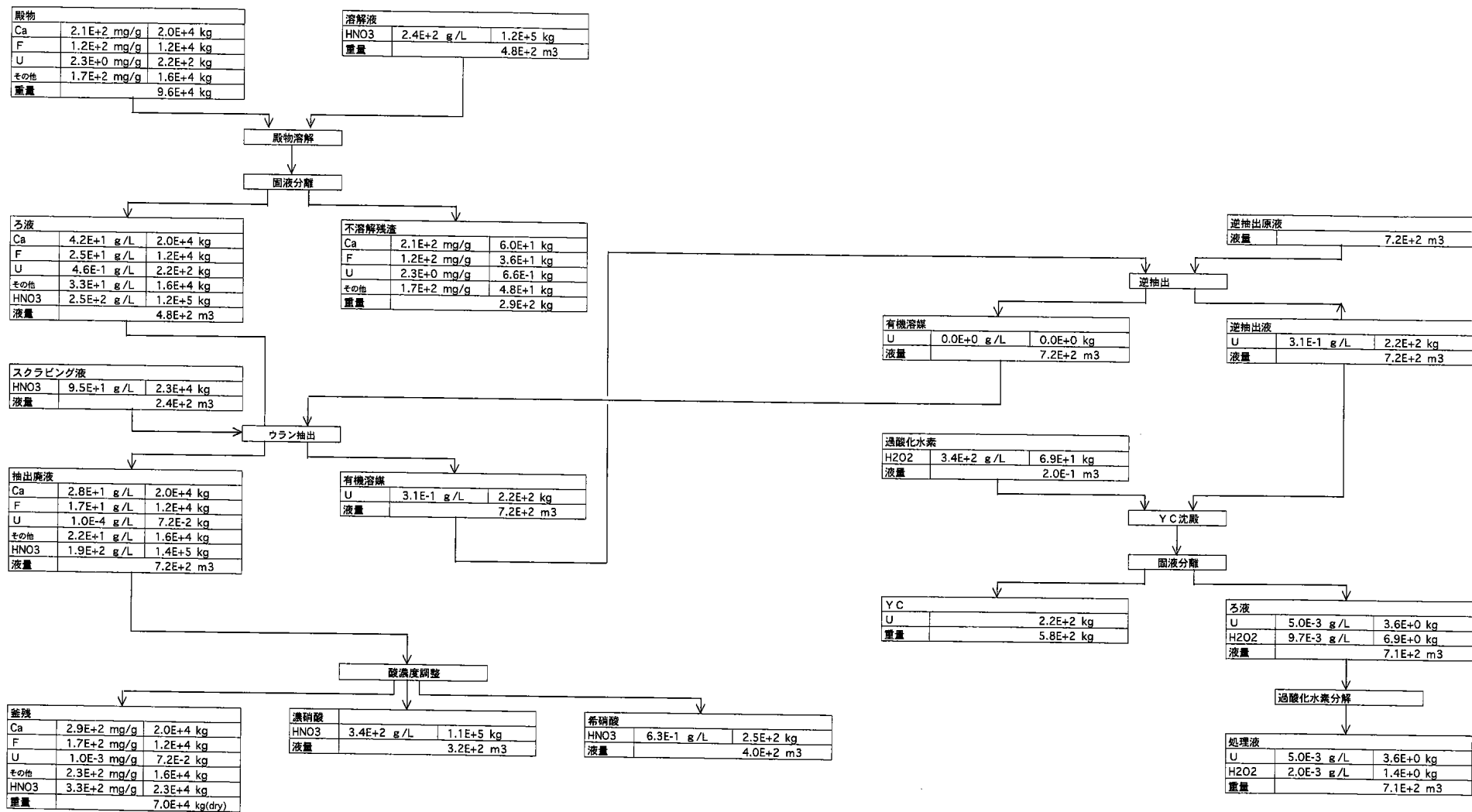
添付資料15(2) 硝酸系廃物処理プロセス（工程2）による物質収支フロー図



添付資料15(2) 硝酸系廃物処理プロセス (工程2) による物質収支フロー図



添付資料16(1) 硝酸系取物処理プロセス（工程3）による物質収支フロー図



添付資料16(2) 硝酸系脱物処理プロセス（工程3）による物質収支フロー図

添付資料-17(1) 塩酸系処理プロセスの機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-17(2) 塩酸系処理プロセスの機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-17(3) 塩酸系処理プロセスの機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-17(4) 塩酸系処理プロセスの機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-18(1) 硝酸系処理プロセス工程-1の機器毎の機器製作・調達費

金 額…………… 947,339 千円							
内 訳		項 目		見 積			
番 号		名 称	仕 様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)
1		溶解工程		1	式		107,951
	1	設計費		1	式		8,922
	2	機器製作・調達費		1	式		59,477
	3	据付・配管工事費		1	式		17,843
	4	電気・計装工事費		1	式		11,895
	5	経費		1	式		9,814
2		精製工程		1	式		145,481
	1	設計費		1	式		12,023
	2	機器製作・調達費		1	式		80,155
	3	据付・配管工事費		1	式		24,046
	4	電気・計装工事費		1	式		16,031
	5	経費		1	式		13,226
3		ウラン回収工程		1	式		83,434
	1	設計費		1	式		6,895
	2	機器製作・調達費		1	式		45,969
	3	据付・配管工事費		1	式		13,791
	4	電気・計装工事費		1	式		9,194
	5	経費		1	式		7,585
4		CaF ₂ 回収工程		1	式		437,884
	1	設計費		1	式		36,189
	2	機器製作・調達費		1	式		241,259
	3	据付・配管工事費		1	式		72,378
	4	電気・計装工事費		1	式		48,252
	5	経費		1	式		39,808
5		酸回収工程		1	式		172,589
	1	設計費		1	式		14,264
	2	機器製作・調達費		1	式		95,091
	3	据付・配管工事費		1	式		28,527
	4	電気・計装工事費		1	式		19,018
	5	経費		1	式		15,690
			合 計				947,339

添付資料-18(2) 硝酸系処理プロセス工程-1の機器毎の機器製作・調達費

金 額…………… 441,800 千円							
内 訳		項 目		見 積			
番 号		名 称	仕 様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)
1		溶解工程		1	式		47,300
		溶解槽	1m ³ SUS316L	3	基	8,600	25,800
		硝酸供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
		不溶解物ろ過器	フィルタープレス	1	基		8,000
		硝酸ウラニル溶液槽	3m ³ SUS304	1	基		10,000
2		精製工程		1	式		67,500
		ミキサセトラ	12段 SUS304	1	式		40,000
		抽出廃液槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
		逆抽出液受槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
		TBP槽	2m ³ SUS304	1	基		8,000
		逆抽出液供給槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
3		ウラン回収工程		1	式		40,000
		YC沈殿槽	2m ³ SUS304	1	基		8,000
		過酸化水素供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
		YCろ過器	ロータリーフィルター	1	基		18,500
		乾燥器	SUS304	1	基		10,000
4		CaF ₂ 回収工程		1	式		203,000
		チラーユニット		1	基		4,000
		ウラン回収廃液槽	3m ³ SUS304	1	基		1,000
		過酸化水素分解装置	SUS304	1	基		20,000
		過酸化水素分解廃液槽	0.2m ³ SUS304	1	基		1,000
		イオン交換供給槽	4m ³ SUS304	1	基		12,000
		ウラン吸着カラム	0.5m ³ SUS304	3	基	3,500	10,500
		中和処理槽	5m ³ SUS304	1	基		15,000
		Ca(OH) ₂ 供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
		中和澱物ろ過器	遠心ろ過	1	基		15,000
		乾燥装置	ロータリーキルン	1	基		12,000
		中和廃液槽	5m ³ SUS304	2	基	15,000	30,000
		フッ素吸着カラム	0.5m ³ SUS304	2	基	3,500	7,000
		脱Ca槽	2m ³ SUS304	2	基	8,000	16,000
		シュウ酸Ca澱物ろ過器	真空ドラムフィルター	1	基		15,000
		シュウ酸Ca澱物焙焼装置	ロータリーキルン	1	基		12,000
		脱Ca廃液槽	2m ³ SUS304	1	基		8,000
		シュウ酸分解装置		1	基		20,000
		シュウ酸分解液中継槽	0.2m ³ SUS304	1	基		1,000

添付資料-18(3) 硝酸系処理プロセス工程-1の機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-18(4) 硝酸系処理プロセス工程-1の機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-18(5) 硝酸系処理プロセス工程-1の機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-19(1) 硝酸系処理プロセス工程-2の機器毎の機器製作・調達費

金 額…………… 825,118 千円							
内 訳		項 目		見 積			
番 号		名 称	仕 様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)
1		溶解工程		1	式		108,071
	1	設計費		1	式		8,931
	2	機器製作・調達費		1	式		59,543
	3	据付・配管工事費		1	式		17,863
	4	電気・計装工事費		1	式		11,909
	5	経費		1	式		9,825
2		ウラン回収工程		1	式		83,434
	1	設計費		1	式		6,895
	2	機器製作・調達費		1	式		45,969
	3	据付・配管工事費		1	式		13,791
	4	電気・計装工事費		1	式		9,194
	5	経費		1	式		7,585
3		CaF ₂ 工程		1	式		460,026
	1	設計費		1	式		38,019
	2	機器製作・調達費		1	式		253,458
	3	据付・配管工事費		1	式		76,037
	4	電気・計装工事費		1	式		50,692
	5	経費		1	式		41,821
4		酸回収工程		1	式		173,588
	1	設計費		1	式		14,346
	2	機器製作・調達費		1	式		95,641
	3	据付・配管工事費		1	式		28,692
	4	電気・計装工事費		1	式		19,128
	5	経費		1	式		15,781
			合 計				825,118

添付資料-19(2) 硝酸系処理プロセス工程-2の機器毎の機器製作・調達費

金 額…………… 385,800 千円							
内 訳							
		項 目		見 積			
番 号		名 称		数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)
1		溶解工程		1	式		47,300
		溶解槽	1m³ SUS316L	3	基	8,600	25,800
		硝酸供給槽	0.5m³ SUS304	1	基		3,500
		不溶解物ろ過器	フィルタープレス	1	基		8,000
		硝酸ウラニル溶液槽	3m³ SUS304	1	基		10,000
2		ウラン回収工程		1	式		40,000
		YC沈殿槽	2m³ SUS304	1	基		8,000
		過酸化水素供給槽	0.5m³ SUS304	1	基		3,500
		YCろ過器	ロータリーフィルター	1	基		18,500
		乾燥器	SUS304	1	基		10,000
3		CaF₂回収工程		1	式		214,000
		チラーユニット		1	基		4,000
		ウラン回収廃液槽	3m³ SUS304	1	基		10,000
		過酸化水素分解装置	SUS304	1	基		20,000
		過酸化水素分解廃液槽	0.2m³ SUS304	1	基		1,000
		イオン交換供給槽	4m³ SUS304	1	基		12,000
		ウラン吸着カラム	0.5m³ SUS304	3	基	4,000	12,000
		中和処理槽	5m³ SUS304	1	基		15,000
		Ca(OH)₂供給槽	0.5m³ SUS304	1	基		3,500
		中和澱物ろ過器	遠心ろ過	1	基		15,000
		乾燥装置	ロータリーキルン	1	基		12,000
		中和廃液槽	5m³ SUS304	2	基	15,000	30,000
		フッ素吸着カラム	0.5m³ SUS304	2	基	3,500	7,000
		脱Ca槽	2m³ SUS304	2	基	8,000	16,000
		シュウ酸Ca澱物ろ過器	真空ドラムフィルター	1	基		15,000
		シュウ酸Ca澱物焙焼装置	ロータリーキルン	1	基		12,000
		脱Ca廃液槽	2m³ SUS304	1	基		8,000
		シュウ酸分解装置		1	基		20,000
		シュウ酸分解液中継槽	0.2m³ SUS304	1	基		1,500
4		酸回収工程		1	式		84,500
		酸回収供給槽	0.5m³ SUS304	1	基		4,000
		酸回収蒸留装置	SUS304	1	基		70,000
		濃硝酸槽	0.5m³ SUS304	1	基		3,500
		希硝酸槽	0.5m³ SUS304	1	基		3,500
		(COOH)₂供給槽	0.5m³ SUS304	1	基		3,500

添付資料-19(3) 硝酸系処理プロセス工程-2の機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-19(4) 硝酸系処理プロセス工程-2の機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-20(1) 硝酸系処理プロセス工程-3の機器毎の機器製作・調達費

金 額…………… 702,333 千円							
内 訳		項 目		見 積			
番 号		名 称	仕 様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)
1		溶解工程		1	式		107,951
	1	設計費		1	式		8,922
	2	機器製作・調達費		1	式		59,477
	3	据付・配管工事費		1	式		17,843
	4	電気・計装工事費		1	式		11,895
	5	経費		1	式		9,814
2		精製工程		1	式		128,387
	1	設計費		1	式		10,610
	2	機器製作・調達費		1	式		70,737
	3	据付・配管工事費		1	式		21,221
	4	電気・計装工事費		1	式		14,147
	5	経費		1	式		11,672
3		ウラン回収工程		1	式		83,434
	1	設計費		1	式		6,895
	2	機器製作・調達費		1	式		45,969
	3	据付・配管工事費		1	式		13,791
	4	電気・計装工事費		1	式		9,194
	5	経費		1	式		7,585
4		CaF ₂ 回収工程		1	式		144,004
	1	設計費		1	式		11,901
	2	機器製作・調達費		1	式		79,341
	3	据付・配管工事費		1	式		23,802
	4	電気・計装工事費		1	式		15,868
	5	経費		1	式		13,091
5		酸回収工程		1	式		156,214
	1	設計費		1	式		12,910
	2	機器製作・調達費		1	式		86,068
	3	据付・配管工事費		1	式		25,821
	4	電気・計装工事費		1	式		17,214
	5	経費		1	式		14,201
6		廃水処理工程		1	式		82,344
	1	設計費		1	式		6,805
	2	機器製作・調達費		1	式		45,368
	3	据付・配管工事費		1	式		13,611
	4	電気・計装工事費		1	式		9,074
	5	経費		1	式		7,486
			合 計				702,333

添付資料-20(2) 硝酸系処理プロセス工程-3の機器毎の機器製作・調達費

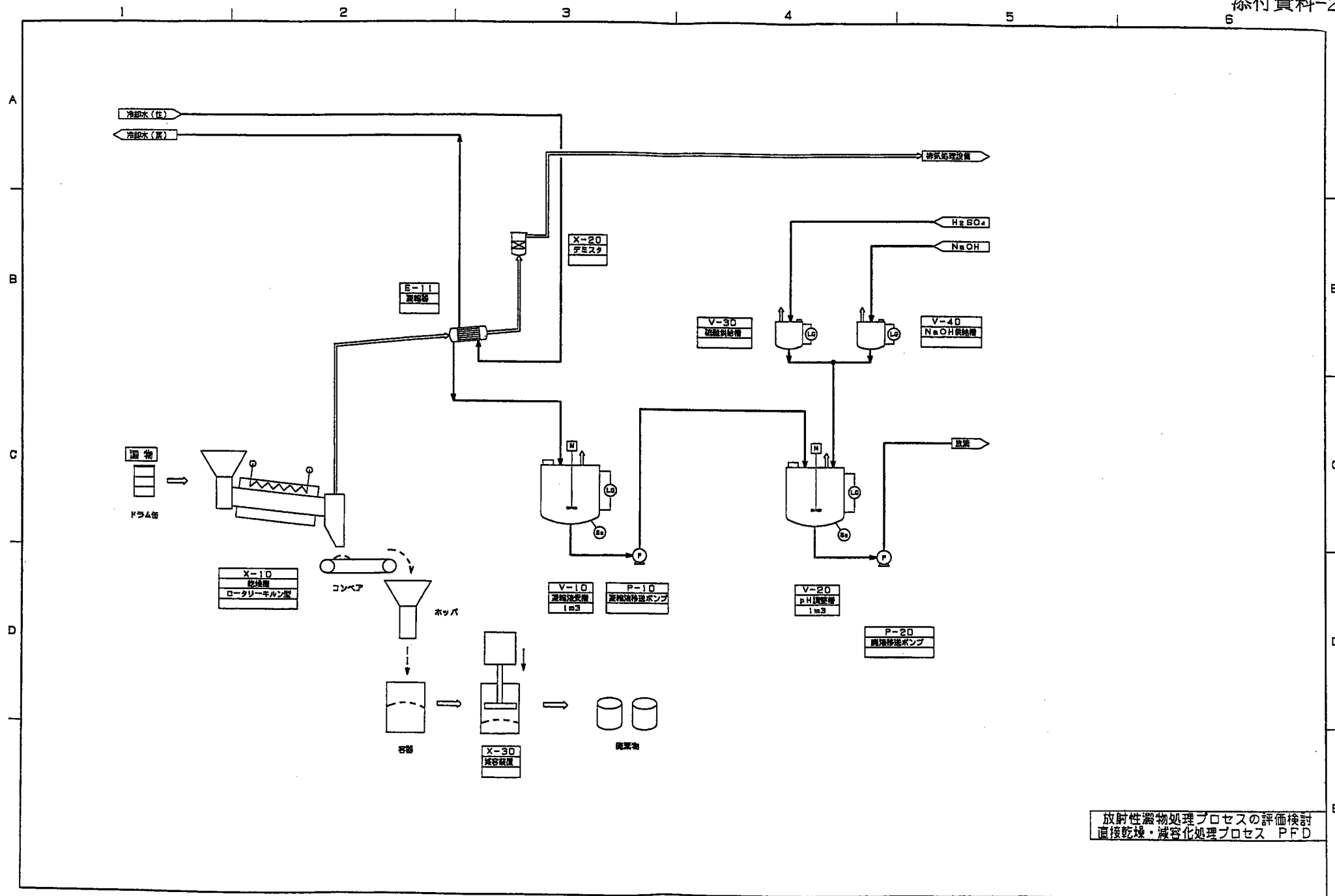
金 額…………… 333,800 千円						
内 訳	項 目		見 積			
番 号	名 称	仕 様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)
1	溶解工程		1	式		47,300
	溶解槽	1m ³ SUS316L	3	基	8,600	25,800
	硝酸供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
	不溶解物ろ過器	フィルタープレス	1	基		8,000
	硝酸ウラニル溶液槽	3m ³ SUS304	1	基		10,000
2	精製工程		1	式		61,000
	ミキサセトラ	12段 SUS304	1	式		40,000
	逆抽出廃液槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
	TBP槽	2m ³ SUS304	1	基		8,000
	逆抽出液供給槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
3	ウラン回収工程		1	式		40,000
	YC沈殿槽	2m ³ SUS304	1	基		8,000
	過酸化水素供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
	YCろ過器	ロータリーフィルター	1	基		18,500
	乾燥器	SUS304	1	基		10,000
4	CaF ₂ 回収工程		1	式		68,500
	チラーユニット		1	基		4,000
	ウラン回収廃液槽	3m ³ SUS304	1	基		10,000
	過酸化水素分解装置	SUS304	1	基		20,000
	過酸化水素分解廃液中継槽	0.2m ³ SUS304	1	基		1,000
	過酸化水素分解廃液槽	3m ³ SUS304	1	基		10,000
	抽出廃液槽	1m ³ SUS304	1	基		8,000
	乾燥装置	ドラムドライヤー	1	基		14,500
		0.2m ³ SUS304	1	基		1,000
5	酸回収工程		1	式		77,000
	酸回収蒸留装置	SUS304	1	基		70,000
	濃硝酸槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
	希硝酸槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
6	廃水処理工程		1	式		40,000
	硝酸分解装置		1	基		20,000
	硝酸廃液中継槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
	pH調整槽	1m ³ SUS304	1	基		6,500
	硝酸供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500
	NaOH供給槽	0.5m ³ SUS304	1	基		3,500

添付資料-20(3) 硝酸系処理プロセス工程-3の機器毎の機器製作・調達費

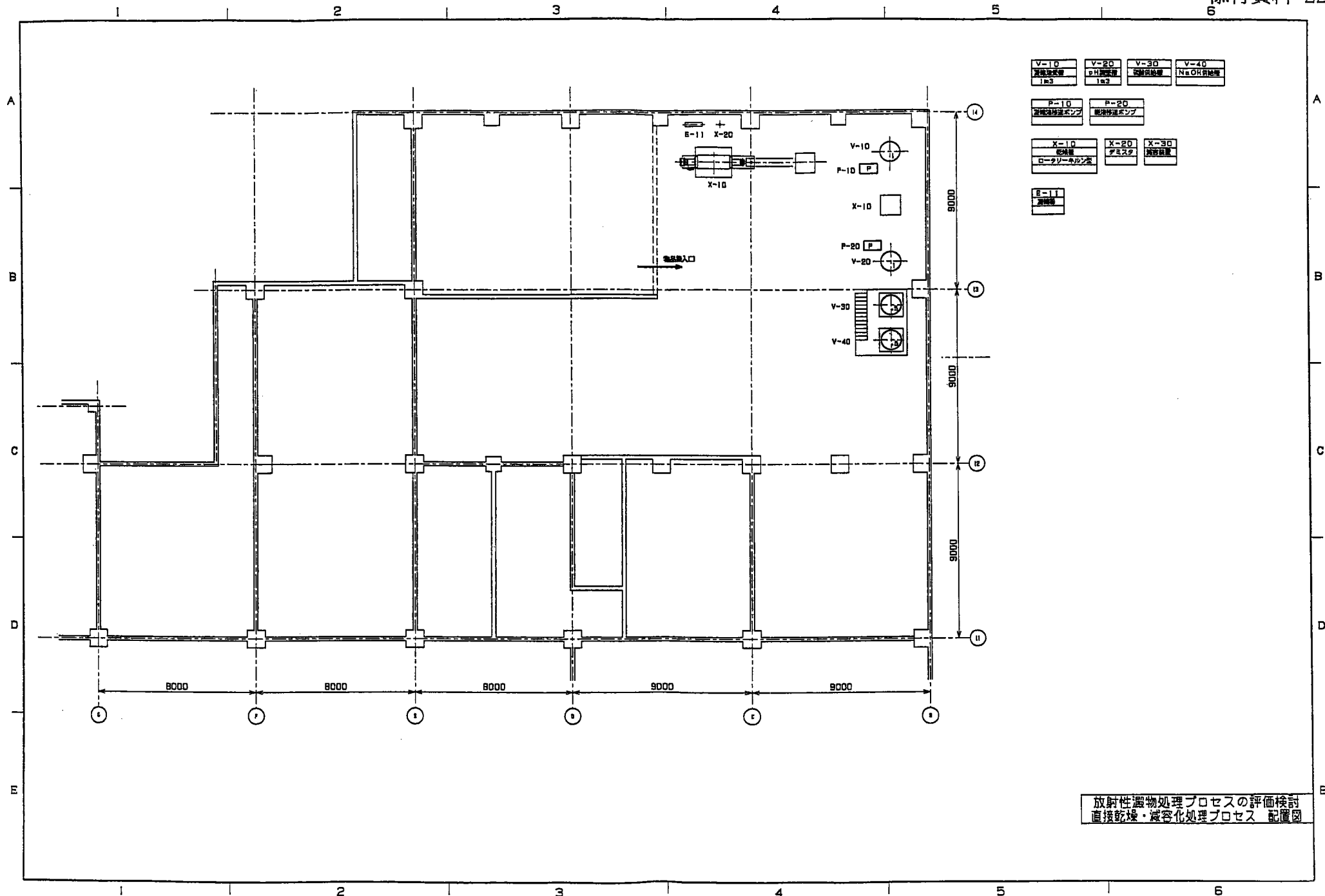
[illegible]

添付資料-20(4) 硝酸系処理プロセス工程-3の機器毎の機器製作・調達費

[illegible]



放射性廃物処理プロセスの評価検討
直接乾燥・減容化処理プロセス PFD



放射性廃物処理プロセスの評価検討
直接乾燥・減容化処理プロセス 配置図

添付資料-23 直接乾燥・減容化処理プロセス設備機器リスト

[illegible]

添付資料-24(1) 直接乾燥・減容化プロセスの機器毎の機器製作・調達費

[illegible]

添付資料-24(2) 直接乾燥・減容化プロセスの機器毎の機器製作・調達費

[illegible]