

第三回 東海再処理施設技術報告会

(技術報告)

2001年5月

核燃料サイクル開発機構

東 海 事 業 所

本資料の全部または一部を複写・複製・転写する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

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

第三回東海再処理施設技術報告会 報告書 (技術報告)

発表者

山内 孝道*1 横 彰 *2
佐本 寛孝*3 田口 克也*4
佐藤 武彦*5 清水 亮 *6
庄司 賢二*7 中山 治郎*8
村山 保美*9

事務局

野尻 一郎*10 松田 昇 *10
助川 博文*10 石田 倫彦*10
目黒 友行*10 富岡健一郎*11
沢井 英男*12 古谷野宏之*12

要 旨

本資料は、平成13年3月14日に日本原燃（株）六ヶ所事務所にて開催した「第三回東海再処理施設技術報告会」の予稿集、OHP、アンケート結果を報告会資料としてまとめたものである。

東海再処理施設技術報告会は、これまでに2回開催されており、第一回は「東海再処理施設の現状、今後の計画」について、第二回は「東海再処理施設の安全性確認作業」について、東海再処理施設においてこれまでに得られた技術・知見等を紹介してきた。

今回第三回は、「東海再処理施設の腐食・ISIに関する実績と今後の計画」について東海再処理施設においてこれまでに得られた技術・知見等の報告を行ったものである。

本報告会は、再処理センター 技術部 技術開発課が事務局として実施したものである。

- * 1 再処理センター センター長
- * 2 再処理センター 技術主幹
- * 3 再処理センター 技術部 品質保証室
- * 4 再処理センター 処理部 化学処理第一課
- * 5 再処理センター 処理部 化学処理第二課
- * 6 再処理センター 処理部 化学処理第三課
- * 7 再処理センター 環境保全部 処理第一課
- * 8 再処理センター 環境保全部 処理第三課
- * 9 再処理センター 環境保全部 処理第二課
- * 10 再処理センター 技術部 技術開発課
- * 11 原子力技術株式会社 (再処理センター 技術部 技術開発課)
- * 12 六ヶ所事務所

The 3rd technological meeting of Tokai Reprocessing plant

Presenter

Yamanouchi Takamichi * 1	Maki Akira * 2
Samoto Hirotaka * 3	Taguchi Katsuya * 4
Satoh Takehiko * 5	Simizu Ryo * 6
Syouji Kenji * 7	Nakayama Giro * 8
Murayama Yasumi * 9	

Secretariat

Nojiri Ichiro * 10	Matsuda Noboru * 10
Sukegawa Hirofumi * 10	Ishida Michihiko * 10
Meguro Tomoyuki * 10	Tomioka Kenichiro * 11
Sawai Hideo * 12	Koyano Hiroyuki * 12

ABSTRACT

"The third technological meeting of Tokai Reprocessing plant(TRP) " was held in JNFL Rokkasyo site on March 14th, 2001.

The technical meetings have been held in the past two times. The first one was about the present status and future plan of the TRP and second one was about safety evaluation work on the TRP. At this time, the meeting focussed on the corrosion experrience, in-service inspection technology and future maintenance plan. The report contains the proceedings, transparancies and questionnaires of the meeting are contained.

The Technology Development Section Technology Co-ordination Division Tokai Reprocessing Center carried out this report meeting as a secretariat.

- * 1 Tokai Reprocessing Center Director
- * 2 Tokai Reprocessing Center Senior Engineer
- * 3 Quality Assurance Section Technology Co-ordination
- * 4 Dissolution and Clarification Section Reprocessing Operation Division
- * 5 Extraction and Plutonium Treatment Section Reprocessing Operation Division
- * 6 Evaporation and Uranium Treatment Section Reprocessing Operation Division
- * 7 Aqueous Waste Treatment Section Waste Management Division
- * 8 Vitrification Technology Section Waste Management Division
- * 9 Waste Conditioning Section Waste Management Division
- * 10 Technology Development Section Technology Co-ordination Division
- * 11 Nuclear Technology And Fuel Engineering Co. LTD
- * 12 Rokkasyo Office

目 次

はじめに	1
1. 報告概要	2
2. 講評	2
添付-1 アンケート調査結果	4
添付-2 質疑応答集	7
添付-3 発表資料	29
開会挨拶	
1 定期検査における ISI	
2 東海再処理施設における腐食事例と腐食に関する R&D	
3 実機の腐食評価	
(1) 実機の腐食状況 (溶解槽)	
(2) 実機の腐食評価 - プルトニウム溶液蒸発缶 -	
(3) 酸回収工程機器の定期的な点検について	
(4) 低放射性廃液取り扱い機器の点検と腐食評価	
(5) TVF における腐食評価	
(6) 高放射性廃液貯槽及びリン酸廃液蒸発缶における点検装置 の開発について	

はじめに

サイクル機構の東海再処理施設は、我が国初の再処理工場として昭和 52 年以来、国内再処理需要の一部を賄うとともに再処理技術の国内定着を図ってきました。

一方、六ヶ所再処理工場は、我が国初の本格的な大型再処理施設として、日本原燃(株)殿により平成 17 年の操業開始を目指して着々と建設が進められています。

六ヶ所再処理工場は、我が国の原子力開発・利用を推進する上で極めて重要な位置付けにありますが、再処理施設が世界的にも数少ない現状にあっては、東海再処理施設で得られた再処理の技術・知見を適切に六ヶ所再処理工場へ反映し、当工場の円滑な立ち上げに資することが肝要と考えられます。

サイクル機構では、従来から日本原燃(株)殿との技術協力基本協定に基づき、コンサルティング、技術者の派遣、共同研究、受託研究等を通じて東海再処理施設技術移転を図ってきたところですが、今後は、東海再処理施設の運営については研究開発に重点を移し、いっそうの技術移転を進めることとしました。

本報告会はこれまでに 2 回開催されており、第一回は「東海再処理施設の現状、今後の計画」について、第二回は「東海再処理施設の安全性確認作業」について、東海再処理施設においてこれまでに得られた技術・知見等を紹介してきました。今回第三回は、「東海再処理施設の腐食・ ISI に関する実績と今後の計画」について東海再処理施設においてこれまでに得られた技術・知見等を報告するものであり、東海再処理施設の技術・知見等が六ヶ所再処理工場の建設・運転に僅かなりとも資することを望みます。併せて日本原燃(株)殿とサイクル機構との技術者レベルにおける緊密な連携の一助となれば幸いと考えます。

1. 報告概要

サイクル機構再処理センター技術部技術開発課が事務局となり、日本原燃(株)六ヶ所事務本館にて第三回東海再処理施設技術報告会を開催した。

報告会は、日本原燃(株)再処理建設所副所長 大塔容弘氏の開会挨拶から始まり、続いてサイクル機構再処理センター長山内孝道氏が「東海再処理施設の現状」についてトラブル事例を中心として挨拶された。以後、報告会プログラム発表テーマに従って、定期検査における ISI、東海再処理施設における腐食事例と腐食に関する R&D 及び実機の腐食評価等、について各担当者による報告が行われた。

聴講者は約 120 名程度であった。

各報告とも質問、意見が多く、活発な意見交換が行われた。質疑内容等については添付-2 に示す。

また、当日行ったアンケート結果を添付-1、報告会で使用した発表資料 OHP 集を添付-3 に示す。

2. 講評

第三回東海再処理施設技術報告会の最後に、日本原燃(株)再処理事業所所長代理 峰松昭義氏より、「貴重な経験を元にこのような発表をして頂き感謝致します。資料の完成度が高く、説明も分かりやすいものであった。今後ともこのような報告会の場、JNC・JNFL との意見交換の場をもうけて頂きたい。特に ISI に関しては今後とも、情報交換を密にすることを望む。このような報告会は JNFL、メーカーだけでなく電力の方々も参加できるようなものにしたい。」との講評を頂いた。

第三回 再処理技術報告会プログラム

～ 午前の部 (10:00 ~) ~

開会挨拶

再処理建設所 副所長 大塔 容弘
東海再処理センター センター長 山内 孝道

発 表

1. 定期検査における ISI

技術部 品質保証室 佐本 寛孝

2. 東海再処理施設における腐食事例と腐食に関する R&D

東海再処理センター 技術主幹 植 彰

～ 昼食 (12:00~13:00) ~

～ 午後の部 (13:00 ~) ~

3. 実機の腐食評価

(1) 実機の腐食状況 (溶解槽)

処理部 化学処理第一課 田口 克也

(2) 実機の腐食評価 - プルトニウム溶液蒸発缶 -

処理部 化学処理第二課 佐藤 武彦

(3) 酸回収工程機器の定期的な点検について

処理部 化学処理第三課 清水 亮

(4) 低放射性廃液取り扱い機器の点検と腐食評価

環境保全部 処理第一課 庄司 賢二

～ 休憩 (15:00 ~ 15:15) ~

(5) TVF における腐食評価

環境保全部 処理第三課 中山 治郎

(6) 高放射性廃液貯槽及びリン酸廃液蒸発缶における点検装置の開発について

処理部 化学処理第三課 清水 亮

環境保全部 処理第二課 村山 保美

講 評

再処理事業所 所長代理 峰松 昭義

閉会挨拶

東海再処理センター センター長 山内 孝道

添付-1

アンケート調査結果

東海再処理施設技術報告会終了後、報告会参加者に今回の報告会に対する感想及び今後の報告会テーマの要望についてアンケート調査を実施した。アンケート結果は以下のとおりである。

(1) 東海再処理施設技術報告会に対する感想

報告会の感想は、「大変分かりやすくまとめられており参考になった」、「今後もこのような報告会の場を設けて欲しい」など、今回の報告会が好評であったと感じられる意見が多くかった。

しかし、「質疑応答の時間が短かった」、「発表件数を減らし詳細な説明をして欲しい」など、今後の報告会開催にあたって検討すべき意見もあった。以下に主なアンケートの感想を掲載する。

- 大変貴重な知見が整理された形で提供されたので有意義な報告会でした。とくに六ヶ所再処理建設にとってタイミングの良いテーマであったことも適切であったと思います。
今後も、継続していただけるとありがたいと思います。
- 東海再処理施設は、我が国唯一の貴重な経験であり、今後の六ヶ所施設のメンテナンスの手本となるので、今後も情報提供をお願いします。
- 大変分かりやすい図表を用いての丁寧なプレゼンテーションありがとうございました。実機ベースの腐食速度はとくに参考になりました。また、ISI の実施について、その考え方を東海工場、六ヶ所工場とともに整合を図る必要がありますので今後ともご協力の程を。
- このような意見交換会の場を数多く開催されることを希望します。準備が大変と察しますが、非常に有効な催しであると思います。
- ぜひ、今後とも継続されるよう希望しております。
- 許認可関連の情報については、別途情報連絡会等を密に（定期的に）行うべきと感じた。情報交換が不足していると感じた。
- もう少し発表件数を減らして、詳細な話にしても良いかも知れないと思う。
- 説明時間をもっと増やした方がよい。
(テーマ、発表数を減らす。または、報告会の回数を増やす。)

(2) 東海再処理施設技術報告会のテーマに対する今後の要望

1. 運転等に係わる実績

- 耐圧・通水試験
- 試運転状況
- 運転・保守管理
- 運転経験（マニュアル改訂経験など）

2. 設備保全に関する実績

- 各種機器・計装品の点検・補修状況
- 不具合対応関係
- 改造工事（許認可手続含む）
- 保守点検関係（電気設備、ユーティリティー関係、ロボット）
- 点検保守、遠隔交換技術
- セル内機器の保修作業（直接・遠隔）
- メンテナンス全般
- 設備改善事例

3. 保障措置に関する実績

- 保障措置業務及び技術開発に関する実績
- 査察業務
- 保障措置（PIT等）の方法及び実績

4. 法定点検等に関する実績

- ISIを行うこととなった経緯
- 自主点検のメニューと内容
- ISI以外の点検等
- 定期検査、保修の方法事例
- 各塔槽類の点検結果
- 設備の点検頻度

5. 各種トラブル事例

- 異常時対応マニュアルと使用実績
- 運転トラブル、保守方法
- トラブル発生後の外部も含めた処置
(現場対応、幹部対応、支援部所対応、役所等対外対応、地域対応)
- 汚染トラブル発生時の処理実績と今後の対策（方法・手順）

6. その他の実績

- 遠隔保守治具の開発
- 保修業務
- 分析業務
- 品質保証

添付-2

質疑応答集

1. 定期検査における ISI

質問 1-1

定期検査を再度組み入れた理由について教えて欲しい。また、外観検査は機器の外側から行っているのか、内側から行っているのか？

回答 1-1

定期検査項目の見直しが行われた際に、設置承認申請書に記載のある主要な工程機器などについては何らからの形で検査を行うという方針が示されました。検査の内容としては健全性に係わるものであったので、ISIとして行なうことが適切だと判断されました。それに加え、原子炉施設においてもISIが実施されていることが考慮されたとともに、ISIについては、以前から事業者主体で実施していたこと也有って、国の方針に沿う形で再度ISIが定期検査として位置づけられました。

外観検査は主に外側から実施しており、保温材などで確認できない場合は、内部から実施している。

質問 1-2

設置承認申請書の変更申請に伴い、安重の概念を導入しているようであるが、安重施設を考慮したISIの実施については議論されているか？

回答 1-2

設置変更承認申請は昨年末に実施していますが、現在ヒアリング中であり、選定した安重についても、承認を頂いているものではない。また、申請した内容については、機器安重を含むようなものではないので、ISIの実施対象を安重機器に限定しるようなものではない。

安重の選定も含め、今後ヒアリングを重ねる中で役所と議論していくことになる。

質問 1-3

核的制限値を持つ機器の肉厚測定は継続して行っていくのか？

回答 1-3

役所との協議はまだ始まっていないが、健全性確認検査そのものの位置づけも含め、これを継続するか否かは議論する必要がある。

肉厚測定試験は、健全性確認検査として実施されたが、その主旨は臨界安全性の確認にあったことを考慮すれば、臨界の防止能力として位置づけなくてはならないのかもしれないが、いずれにせよ、施設定期検査として実施するには、検査の位置づけを明確にする必要があるものと考えられる。

質問 1-4

安重機器に絞って検査を実施することを検討して、ISIの範囲を狭める議論も行って欲しい。

回答 1-4

現時点での設置変更承認申請では、機器安重を定めるものではないが、今後役所とのヒアリングを重ねる中で、そのような議論がなされれば、検討することになるものと考えられる。

質問 1-5

1-13のシートで、「臨界安全上の裕度の確認及び閉じこめ機能に関する機器の健全性を確認するため」とあるが、「及び閉じこめ機能」という表現にすると、臨界とは関係ないHAW蒸発缶や酸回収蒸発缶なども含まれてしまうのでは？

回答 1-5

閉込め機能に関しては、HAW蒸発缶や酸回収蒸発缶はセル内塔槽類として受検している。この場合、外観検査が実施できない場合には、ドリップトレイやドリップトレイの送液装置の作動確認を行っている。

また、肉厚測定試験は、そもそも形状管理機器が対象であるので、HAW 蒸発缶や酸回収蒸発缶は含まれることはない。

ただし、この部分の表現は、原子力安全委員会に対する国の定期検査報告書の中から引用したものであるが、先ほどから申し上げている ISI の位置づけが明確になってないことをあらわしている部分であるとも考えられる。

質問 1-6

肉厚測定に伴って、機器の強度や耐圧に関する評価を実施しているのか？

回答 1-6

そういう観点での議論は実施していない。

質問 1-7

判定基準で制作上のプラス公差を腐食代に考慮して良いかどうかは議論されたか？

回答 1-7

定期検査において肉厚測定を行った時の判定基準には、製作公差は考慮ていません。製作公差を考慮したのは、核的制限値を新たに設定する段階です（設工認における腐食代の 2 倍に製作公差を考慮）。今回実施した肉厚検査の判定基準には製作公差を考慮していないため、厳しい判定基準になっていますが、実際に六ヶ所で行う時には十分に議論すべきと考えます。東海では、既に実績がありこの判定基準でも問題ない見通しのもとに、判定基準を設定しました。

また、今回の肉厚測定は、臨界の防止の項目ではなく、その他の性能の項目で受検していることから、核的制限値を判定基準の中には考慮していません。しかし、臨界の防止の項目で受検することが妥当かどうかも十分議論をすべきことかと思います。

質問 1-8

貯槽関係が肉厚測定試験の対象となっている理由は?

回答 1-8

肉厚測定試験では、形状管理機器が検査対象であり、貯槽についてもこれに含まれる。また、実際に検査を行う代表機器は、温度に対する腐食影響を考慮し、加熱機器か常温機器かの分類を設けて整理されている。御質問の貯槽は、常温機器の代表として検査を受検した。

質問 1-9

定期検査における ISI で、肉厚測定時の判定値は、官庁との合意が得られていると考えて良いのでしょうか。

回答 1-9

報告会における説明では、①我々が自主的に実施している ISI と②国に確認を受ける定期検査での ISI の区別が必ずしも充分な説明ができていなかつたことを申し訳なく思っております。

従って、①の ISI においては、国との合意のもとに判定基準を定めているものではありません。②の ISI については、報告会において説明しました ISI の内、臨界管理における核的制限値の変更を行った時に実施した肉厚測定（核物質を内包する機器のみが対象）が対象であり、その判定基準については、国との合意が得られているものです。

質問 1-10

グローブボックスの ISI はどのように実施されているのでしょうか。

回答 1-10

東海再処理施設では、コンテインメントの観点からプルトニウム粉末を扱うグローブボックスを ISI の対象として扱っており、外観目視*により、有害な傷及び変形等の異常の有無を確認しています。

* 観察できる範囲が限られる場合は、観察範囲を検査対象図に明記しています。

2. 東海再処理施設における腐食事例と腐食に関するR&D

質問 2-1

質問第2代酸回収蒸発缶の腐食形態は?

回答 2-1

材質寿命を最後まで使い切った結果であるとも言えるが、その後の分析で、加工フロー腐食とも考えられる腐食が認められたことや、材料中の不純物が確認されたことを考慮すると品質管理に原因があったのではないかと考えられる。

質問 2-2

I S I の発表の中で、肉厚測定の結果、機器の減肉の程度の判定は良であったが、実際に腐食が進んでいるものはないのか?

回答 2-2

肉厚測定試験の結果、濃縮ウラン溶解槽については、腐食の進行が確認されている。

質問 2-3

2-17の図で、いろいろ元素が並んでいるが、マイナーアクチニドに関してはどう考えているか?

回答 2-3

酸化電位が Cr,Ru に近い N p に関しては影響があると思うが、それ以外の元素に関しては、大きな影響はないと考えられる。

質問 2-4

酸化性イオンの価数を制御して防食することは考えられているか。

回答 2-4

それに関しては再処理工程内の実液を用いた Cr₆ 価イオン等の挙動調査を行なうことが重要と考えている。工程内溶液の分析については一部コンサルティングの方でも紹介する予定である。

質問 2-5

単位について、g/m²·hr と mm/year はどのように使い分けているのか？

回答 2-5

特に使い分けているものではなく、どちらも腐食速度を表しているが、前者に対し後者は、材質密度で割り戻して材料厚さの変化を示している。

質問 2-6

酸回収蒸発缶で TiO₂ が析出しデミスタ等の詰まりが起こるようなことはないか？

回答 2-6

点検の結果、TiO₂ の析出はほとんどなかった。また、デミスタに関してはそこで洗うことも可能と思われる。TiO₂ の析出に関しては、保温材の有無により違いが生じることが確認されているが、酸回収蒸発缶はセル内に保温材をつけない状態で設置されているため析出はないものと思われる。

質問 2-7

腐食評価した結果を用いて用途別に材料を使い分けるようなことはしているか？

回答 2-7

使い分けはできると考えている。

質問 2-8

熱流束の影響は何か検討しているか？

回答 2-8

はつきりはわからないが、熱流束の影響と言うよりも、所々で2層流になっているところがあるため、こうした部分での温度勾配による影響が大きいということは考えられる。

質問 2-9

2-19の表で実液中にはこれだけしか元素は含まれていないのか？

回答 2-9

分析した項目を記載しているだけで、他にも元素は含まれている。分析項目を増やせば他にもでてくる。

質問 2-10

2-13のHAW蒸発缶の肉厚測定装置の機械の測定誤差はどれくらいか？

回答 2-10

機械の精度は 0.1mm である。

質問 2-1-1

腐食速度を設定する際の、設定方法（概念）を教えて下さい。

回答 2-1-1

報告会当日も、回答しましたように、機器の腐食代については、SGN から提出された機器の設計図書の中に記載されていたもので、なぜその値となっているかまでは情報が入手できていませんでした。

現在の知見で腐食速度を設定するとしたら、対象とする機器の材質、及び環境条件（温度（伝熱面を有するか否かも含めて）、硝酸濃度、腐食加速性イオンの有無（例えば Pu の濃度など）を考慮して腐食試験を行い、或いは、同一条件の腐食試験データが存在しなければ安全側のデータを用いる（材質の観点では、SUS304L のデータを SUS304ULC のデータとして用いる。環境条件では、常温の腐食速度を沸点の条件で考える。Pu を含まない環境で、Pu の腐食試験で得られたデータで代用するなど）。こうして評価した腐食速度を設計上の腐食速度とする。この値を基に、機器の使用時間（耐用年数）を乗じて腐食代を求めるが、この際に安全裕度を十分に見込むこととなる。

質問 2-1-2

腐食を腐食速度（率）でとらえておられるようですが、隙間腐食や特殊金属、クラッドのプレートアウト濃縮気水界面などは考慮されているのでしょうか。

回答 2-1-2

機器の腐食代を設定するためのもとなるのが腐食速度（率）です。他の腐食形態については、設計によって回避することが基本となります。例えば、隙間腐食は環境条件としては塩素の混入を防ぐことや、腐食環境が厳しい箇所ではフランジ継ぎ手は使用しないなど。特殊金属の場合には、異種金属とステンレス鋼の電気的な導通が生じるとガルバニック腐食が生じるために、溶接継ぎ手ではなく、フランジ継ぎ手とするが、ボルトについては電気的な導通が生じないようにパッキンの配置を考慮することと合

わせて点検できるようにバルジ内に継ぎ手部を配置するなど。クラッドについても、その組成によりますが、パルセーターを設置して懸濁条件を維持できる設計とするなど。

以上のように、局部腐食はその腐食速度が一義的に決定できない（ガルバニック腐食の場合には、アノードとカソードとなる面積の比率によって腐食速度がまったく異なる）ため、機器設計において要因を排除することが必要となります。

2. 実機の腐食評価

(1) 実機の腐食状況（溶解槽）

質問 3 - (1) - 1

肉厚と腐食代を教えて欲しい。

回答 3 - (1) - 1

板厚は 12mm、腐食代は 5mm である。

質問 3 - (1) - 2

すでに 4mm 腐食しているが、腐食代を超えた場合はどうするのか？

回答 3 - (1) - 2

部分的な腐食のため強度的な影響は小さいと思うが、腐食代を超えて機器を使用する場合、設工認対応の中で機器の強度評価が必要になると考えられる。

質問 3 - (1) - 3

R11 バレル A サイド以外については測定していないのか？

回答 3 - (1) - 3

溶解部は全部で 6 本あるが、各溶解部で実施している。

質問 3 - (1) - 4

測定の再現性はどのように確保しているのか？

回答 3 - (1) - 4

縦方向に関しては、溶接線を目印にして微調整を行っているが、若干のズレは生じる。

質問 3 - (1) - 5

昭和 57 年の溶接線腐食形態は何か？応力腐食割れか？

回答 3 - (1) - 5

溶接の施工不良に起因するピンホール腐食と考えられる。ピンホールの大きさはおよそ 0.1mm である。

質問 3 - (1) - 6

運転モードを変更しているようであるが、それに伴うリスク評価は実施したのか？

回答 3 - (1) - 6

リスクとしては溶解不良が考えられたが、これについては段階的な試験を実施した。また、査察の結果からも溶解槽に U,Pu の溶け残りがないことも確認されている。

質問 3 - (1) - 7

3-1-8 ページの減肉量グラフの角度変化（濃縮ウラン溶解槽の腐食速度の減少）の原因について、先の説明では蒸気流量の変化と供給硝酸量の低減としていたが、熱流速の影響によるものではないのか？

回答 3 - (1) - 7

運転モードの変更に関しては、蒸気流量と硝酸供給量以外には着目していない。グラフにもあるように、運転モードを変更した結果 1 バッチ当たりの加熱時間が短くなったことが腐食速度に大きく影響していると考える。

質問 3 - (1) - 8

溶解槽運転モードの変更について、どのような変更を行ったのか（具体的に変更前後）、また、どのように検証したか教えて下さい。

回答 3 - (1) - 8

1. 変更内容について

腐食緩和のため、以下の変更を行っている。

(1)硝酸供給量の低減

変更前：6600mol、変更後：6000mol（現在では更に5500molに低減）

(2)蒸気による加熱時間の短縮

NOxガス（溶解に伴い発生）が腐食を緩和するとの知見から、溶解終点の判断基準を見直し、NOxの発生が無い状態での加熱を極力行わないようにした。

変更前：約10時間、変更後：約6～8時間

(3)加熱蒸気流量の低減

変更前：140kg/hr（下部加熱ジャケット）、240kg/hr（中部加熱ジャケット）

変更後：80kg/hr（下部加熱ジャケット）、180（現在200）kg/hr（中部加熱ジャケット）

尚、本変更により加熱蒸気温度は約10°C低下した（蒸気供給配管のセルに入る直前のポイントでの測定値）。

2. 検証について

ご質問が「減肉速度の低下の検証」の意とも「溶解が確実に行われていること（未溶解分がないこと）の検証」の意ともとれるのですが、

(1)減肉速度の低下の検証

原則として年1回超音波試験により溶解槽溶解部の加熱ジャケットに覆われた部分の肉厚測定を実施し、減肉速度を確認している。

(2)溶解が確実に行われていることの検証

通常の運転において以下の確認等を実施しており、モードの変更に伴う特別な検証は行っていない。

- ・溶解率により溶解終点の判断を行っていること
- ・Kr モニタにより反応が収束していることが確認できること
- ・溶解終了後に洗浄運転（約 5mol/l の硝酸を用い、沸点で 1 時間洗浄（溶解率 95%以下の場合は 2 時間））を行っていること
- ・バッチ単位で後工程の調整槽で U,Pu の計量を行っていること
- ・キャンペーン単位で受扱間差異（装荷量と溶解槽より後工程の調整槽で計量した U,Pu 量の差）を確認していること

(2) 実機の腐食評価 一プルトニウム溶液蒸発缶一

質問3-(2)-1

以前ピンホール腐食があったと聞いているが、今回の超音波測定方法でピンホールも探せるのか？

回答3-(2)-1

ピンホールを探すのは難しい。しかし、蒸発缶の材質をSUSからTiへ変更していることからピンホール腐食よりはむしろ全面腐食の方を考慮すべきと考えている。

質問3-(2)-2

外観検査は外側から実施しているのか？

回答3-(2)-2

外側から実施している。

質問3-(2)-3

TiはPuのような酸化性イオンの影響を受けるか？また、材質がZrの場合、蒸発缶気相部の腐食は考慮すべきか？

回答3-(2)-3

TiはPuのような酸化性イオンがあるとむしろ耐食性が良くなり、SUSは逆に腐食が進行する。Zrについてはそうした影響をほとんど受けない。

質問 3 - (2) - 4

異材継手は工程図のどの部分に取り付けられているのか？

回答 3 - (2) - 4

蒸発缶に法兰接続で設置されている。

質問 3 - (2) - 5

Ti の初期腐食の原因は何か？

回答 3 - (2) - 5

使用開始後の初期においては酸化被膜が全面に形成されるまでの間に、腐食が進行するため。

質問 3 - (2) - 6

当初 SUS 304 L を用い、後になって Ti - 5 Ta を用いた理由は？

回答 3 - (2) - 6

Ti は、蒸発缶気相部への使用は適さないことがフランスの経験からも分かっていたため、はじめは SUS を使用した。その後、Ti に 5% Ta を添加し Ti の特性を保つつつ、耐食性を向上させた材料へと変更した。

(3) 酸回収工程機器の定期的な点検について

質問 3 - (3) - 1

酸回収精留塔と酸回収蒸発缶の伝熱管の腐食速度に差があるようであるが
これは何に起因するのか？

回答 3 - (3) - 1

金属イオンの存在があるかどうかによる。T_i - 5 T_a は金属イオンが存
在すると腐食は進まない。

質問 3 - (3) - 2

渦流探傷試験の測定精度は？

回答 3 - (3) - 2

公称精度は 0.1mm である。パイプ状のテストピースで校正を行った。

質問 3 - (3) - 3

ISI の肉厚測定では厚さを計測しているのに対し、ここでは減肉量を評
価しているが、整合がとれていないのでは？

回答 3 - (3) - 3

書き表し方の問題で、両者とも評価方法としては同じである。

(4) 低放射性廃液取り扱い機器の点検と腐食評価

質問 3 - (4) - 1

点検頻度がU321とU326で異なる理由は?

回答 3 - (4) - 1

ISI計画に基づき検査頻度を設定している。

質問 3 - (4) - 2

トリップトレの点検目的は?

回答 3 - (4) - 2

ISIの点検方法に基づいており、機器本体の健全性が確認できない場合は、ドリップトレの健全性を確認することとなっている。

(5) TVFにおける腐食評価

質問3-(5)-1

I S Iの考え方の適用はTVFも同様か?

回答3-(5)-1

同様である。

質問3-(5)-2

ここではFPの影響の観点から腐食評価を行っているようであるが、役所に対しI S Iのやり方として今後こういう考え方も認めてもらうのか?

回答3-(5)-2

施設定期検査においては、セル内機器のI S Iについては外観検査を基本とし、それが出来ない場合にはドリップトレの健全性を確認し、それも出来ない場合には送液装置を確認するというI S Iの考え方に基づき実施しており、その点に関しては変更はない。

質問3-(5)-3

腐食代=腐食速度×時間で求められると考えるが、腐食速度をどのように求めているのかを教えて欲しい。

回答3-(5)-3

S G N仕様の輸入品については、腐食評価試験に基づくデータというものはない。

質問 3 - (5) - 4

国産技術で製作した機器の場合はどうか？

回答 3 - (5) - 4

TVFにおいては、模擬廃液によるR & D試験等の結果を用いて腐食代を求めた。

質問 3 - (5) - 5

ガラス溶融炉の電極と流下ノズルの各々で材質が同じであるにも係わらず腐食速度の設定が異なるが、これはR & Dの結果に基づくものか？

回答 3 - (5) - 5

電極の腐食速度については、R & Dで用いた模擬溶融炉の解体後、電極を取り出して寸法を測定した結果と模擬溶融炉の直接通電運転実績から設定されている。

一方の流下ノズルの腐食速度については、溶融ガラスの流下の際に流下ノズル内壁に発生するせん断応力による磨耗を模擬するため、溶融ガラス内で円柱状の試験試料を回転させる試験を行い、その結果に基づいて設定されている。

従って、電極と流下ノズルの腐食速度の相違は、それぞれの試験条件の相違によるものである。この試験条件については、下記に基づいている。

電極については、ガラス溶融運転中は常時 1150～1200°Cの溶融ガラスと接触することに加えて、電極を通じて溶融ガラスへの通電を行っている。なお、電極表面における電流密度が上昇すると、電極の浸食も増加する傾向を示す。

流下ノズルについては、流下運転（TVFでは約3時間）に際して溶融ガラスと接触し、かつ流下に伴い発生するせん断応力により磨耗が生じる。ただし、フリーズバルブ方式を採用しているため、流下運転時以外は流下ノズル内のガラスは固化しており、腐食には関与しない。

(6) 高放射性廃液貯槽及びリン酸廃液蒸発缶における点検装置の開発について

質問 3 - (6) - 1

リン酸廃液蒸発缶の管板部分の CCD による観測を考えられているが、予想される欠陥の大きさによっては、確認することができないのではないか？

回答 3 - (6) - 1

使用環境を考えるとおそらく欠陥の発生はないと思われるが、念のため実施する。PT 検査等については観察結果を見てから対処する。

質問 3 - (6) - 2

I S I における肉厚測定では腐食環境がより厳しいものを対象にしているはずだが、なぜHAW貯槽を検査対象にしようとしているのか？

回答 3 - (6) - 2

HAW 貯槽については、現状に関する知見がない。

著しい腐食が考えられるものではないが、腐食していないことを確かめることも重要。HAW 貯槽のように、低温、長時間の使用環境に置かれた SUS の腐食データは他にあるものではなく、定量評価を行うことで長期的な影響に関する貴重なデータを得ることができ、技術的側面からも有益であると考えている。

質問 3 - (6) - 3

冷却水コイルの肉厚を測定対象とした理由は？

回答 3 - (6) - 3

HAW の閉込め境界を検査対象とした。溶液が接触しているのは外壁と内部の冷却水コイルであるので、内部コイルの肉厚も測定するという考え方である。

質問 3 - (6) - 4

肉厚測定中にコイルに装置が詰まって、回収できなくなった場合の措置は？

回答 3 - (6) - 4

コイルの最下部まで測定することは容易であり、回収についてはモックアップ施設等での実績から問題ないと考える。

質問 3 - (6) - 5

UTプローブはどのくらいの線量まで耐えられるのか？

回答 3 - (6) - 5

これまでに HAW 蒸発缶の加熱コイルの肉厚測定を実施した経緯があることから、耐放性に関しては問題ないものと考えている。また、対象セルの線量当量率はインターベーションチューブ出口で約 10Sv/h 程度である。

添付- 3

発表 OHP 集

開会挨拶

東海再処理施設の現状について

サイクル
機構

東海再処理施設の現状について

1

サイクル
機構

運転結果等の概要

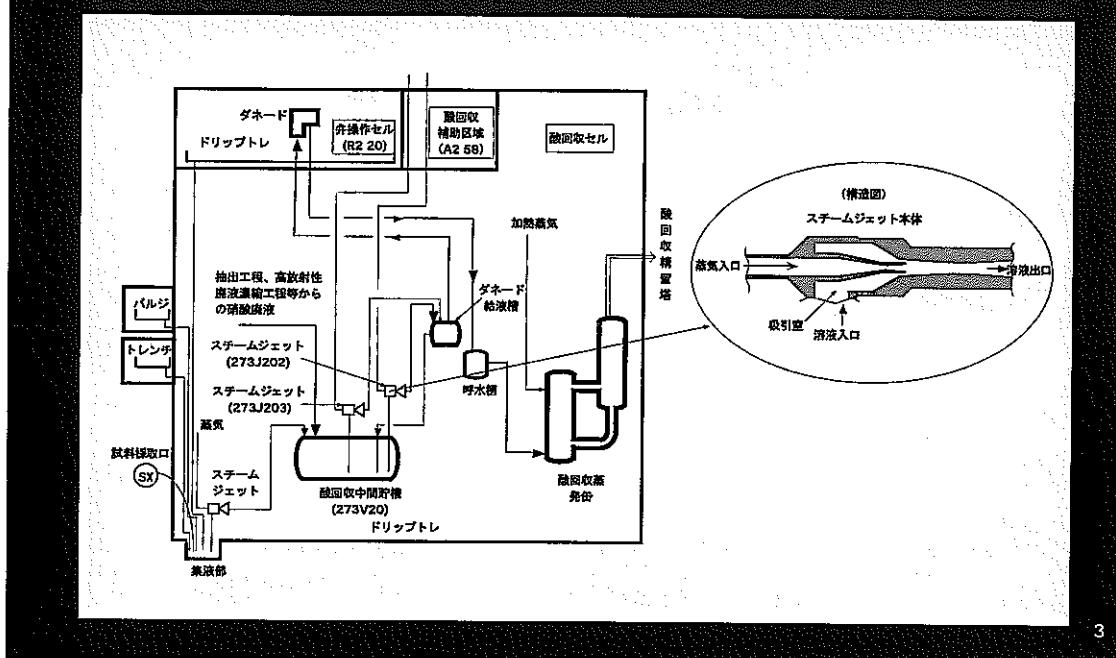
項目	年月		平成12年	平成13年
	11月	12月		
地元了解	10 ▽			
JCOウラン溶液の処理	20	29		
ふげん燃料の処理	27	15		
使用済燃料の受入		4 ▽		
ガラス固化施設の運転	22	25		
機器、設備の点検・整備				

- JCO溶液処理 : 約0.02トン
- 使用済燃料処理量 : ふげん燃料18体、約2.8トン
- 使用済燃料受入 : ふげん燃料34体、約5.2トン
- ガラス固化体製造数 : 15本

2

サイクル
機構

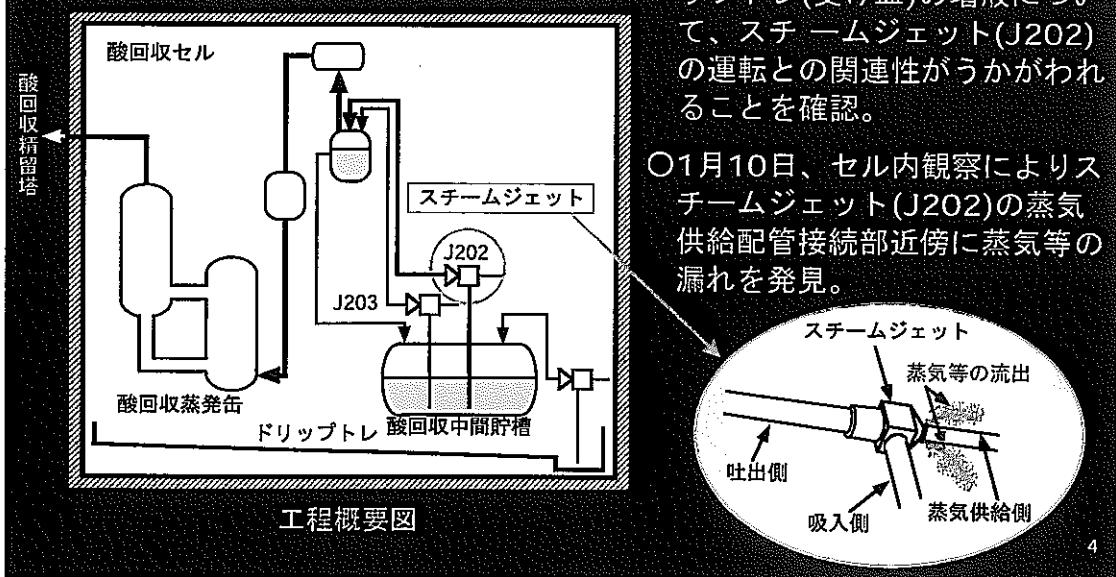
酸回収蒸発缶供給液系概要図

サイクル
機構

酸回収セルのドリップトレの増液

○12月22日、酸回収セルのドリップトレ(受け皿)の増液について、スチームジェット(J202)の運転との関連性がうかがわれるることを確認。

○1月10日、セル内観察によりスチームジェット(J202)の蒸気供給配管接続部近傍に蒸気等の漏れを発見。



サイクル
機構

スチームジェット故障原因と対策

[原 因]

- ・長年の使用(約59000時間)による経年変化であり、腐食の進行等によるものと考えられる。

[対 策]

- ・当該系統は故障等に備えて予め2系統(J202及びJ203)設置されている。
- ・再処理施設の運転については、予備のスチームジェット(J203; 約2000時間使用)を使用して行う。
- ・故障したスチームジェット(J202)は本年夏の定期検査期間中に交換し詳細に調査する予定。なお、スチームジェット(J203)についても比較評価のため交換する予定。

5

サイクル
機構

運転終了後の不具合

- 酸回収工程のスチームジェットの故障 (1/10)
- ウラン脱硝施設の換気系の一時的な停止 (1/10)
- 廃棄物処理場ポンプ室漏洩検知装置の作動 (1/19)
- 弁操作セルの漏えい検知装置の点灯 (2/2)
- 廃棄物処理場における火災警報の吹鳴 (2/5)
- 高放射性廃液蒸発缶オフガス系排風機の不具合 (3/1)
- ウラン脱硝塔への供給ノズルの閉塞 (3/6)
- 分離第2サイクル工程抽出器のスターラ交換 (3/7)

いずれの不具合も安全上の問題はなく
軽微事象にもあたらない事象

6

サイクル
機構

ウラン脱硝施設の換気系の一時的な停止

概要図

[概要]
1月10日、空気圧縮機が停止したため、約7分間、建家の換気プロワが停止。貯槽換気系は問題なし。

[原因]
冷凍機1台運転時の長期的な冷却水流量の変動により、空気圧縮機が停止。

[対策]
十分な冷却水流量の確保
(冷凍機2台使用)

7

サイクル
機構

廃棄物処理場ポンプ室漏洩検知装置の作動

概要図

[概要]
1月19日、ポンプ室漏洩検知装置が作動。但し、ポンプ停止中。

[原因]
1月15日、ファンネル（詰まり気味）から水が溢れ、フロードレン配管へ流入。この水がフロードレン配管内の堆積物により徐々に流れ、1月19日、漏洩検知装置が作動。

[対策]
○ファンネルの洗浄及び点検頻度を変更
○フロードレン配管の内部状況を確認及び配管の清掃

8

サイクル
機構

弁操作セルの漏えい検知装置の点灯

分離精製工場

概要図

[概要] 2月2日、弁操作セルの漏えい検知装置が点灯。監視カメラにより床面に液体漏れを確認。環境への影響はなし。

[原因] 作業員がセル内に立ち入り、点検を行った結果、前日操作した弁の締手部に液滴を確認。

[対策] 締手部の増締めを行い、漏れのないことを確認。

9

サイクル
機構

廃棄物処理場における火災警報の吹鳴

2F 予備室(W242)

1F 低放射性固体廃棄物受入処理室(A143)

概要 2月5日、2階にて床貫通配管撤去のための溶断作業中、火災警報が吹鳴。1階の作業員が火災と誤認し、緊急連絡通報した。

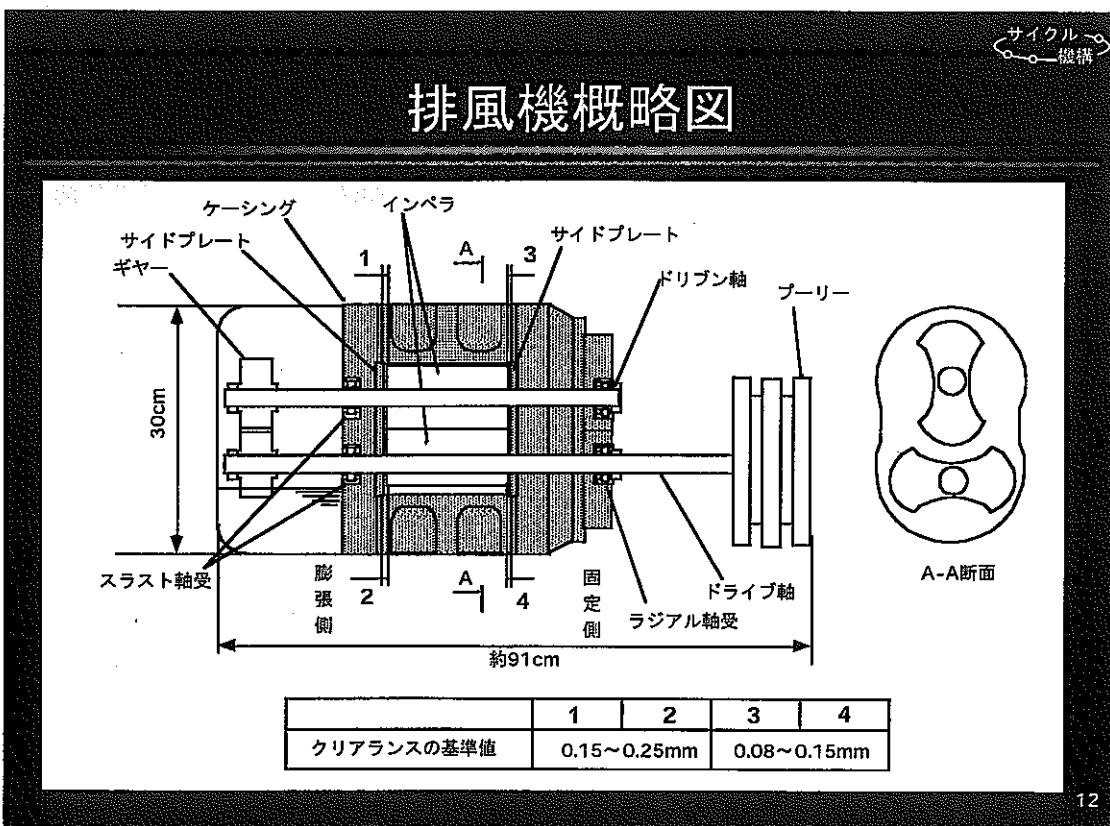
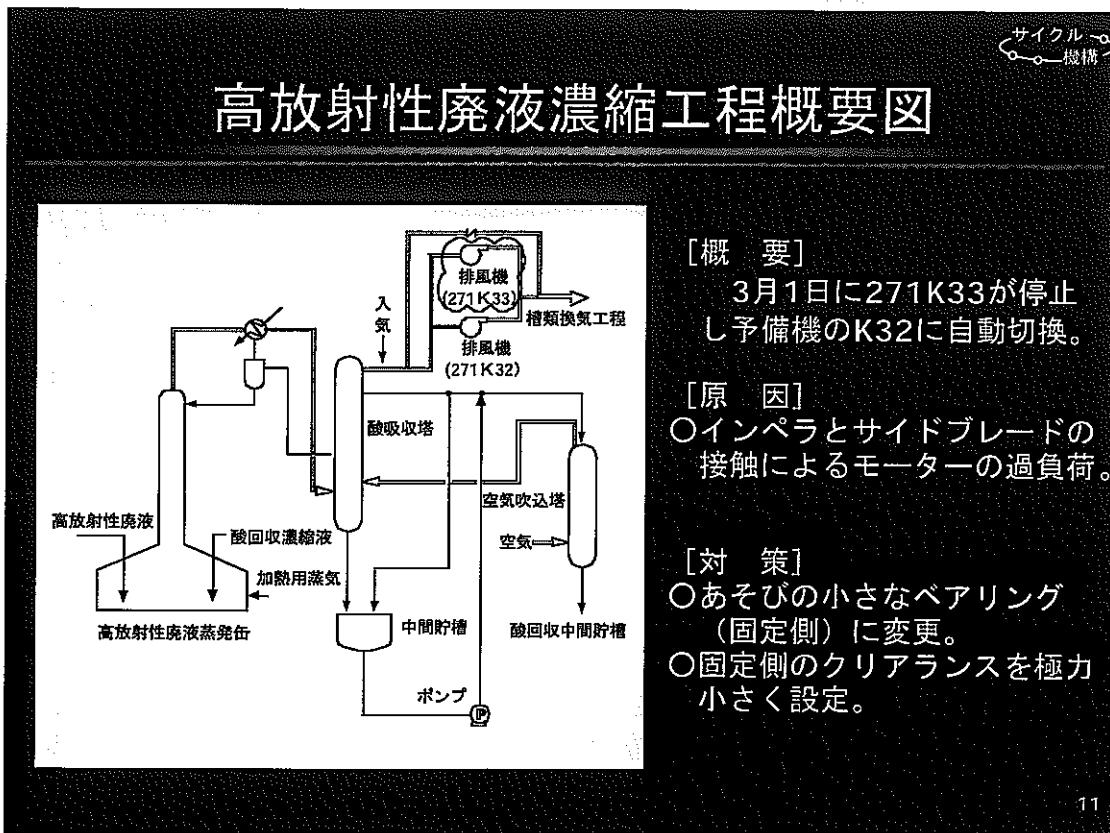
原因

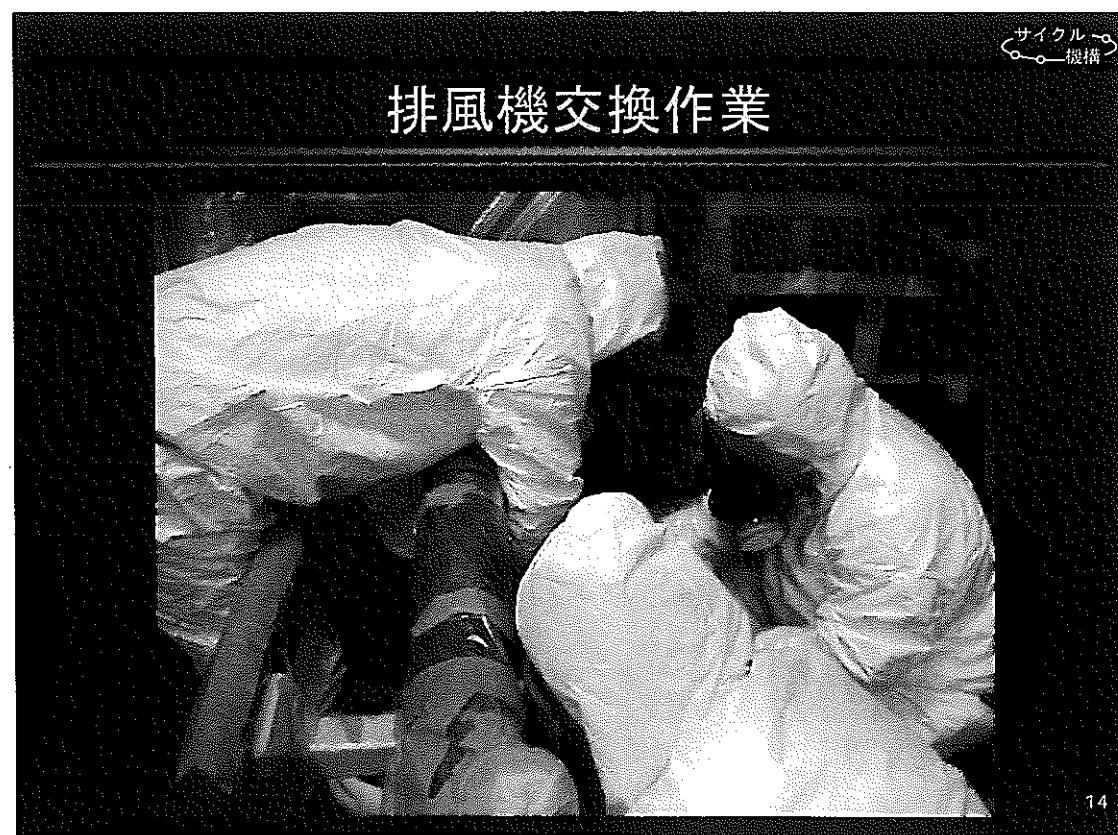
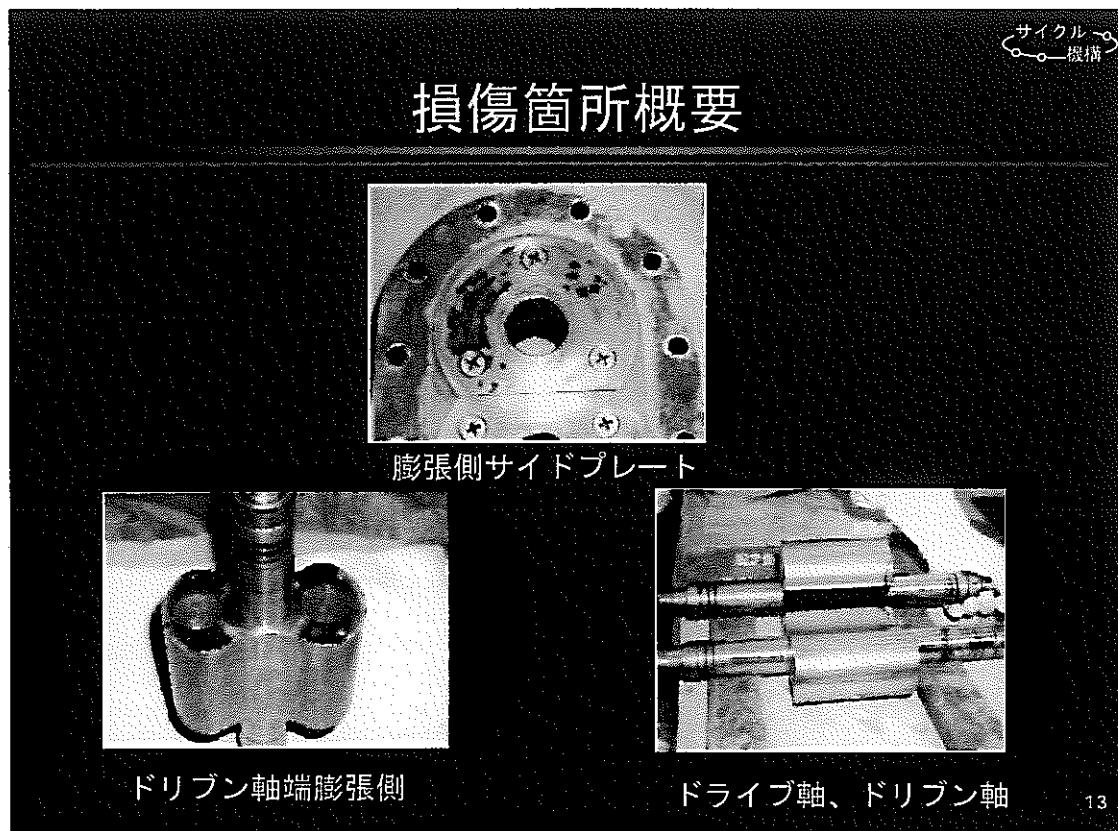
- 溶断に伴う熱を近傍にあった熱感知器が感知。
- 2階での作業に伴い1階の火報が吹鳴したため、1階の作業員が溶断炎を火災と誤認。

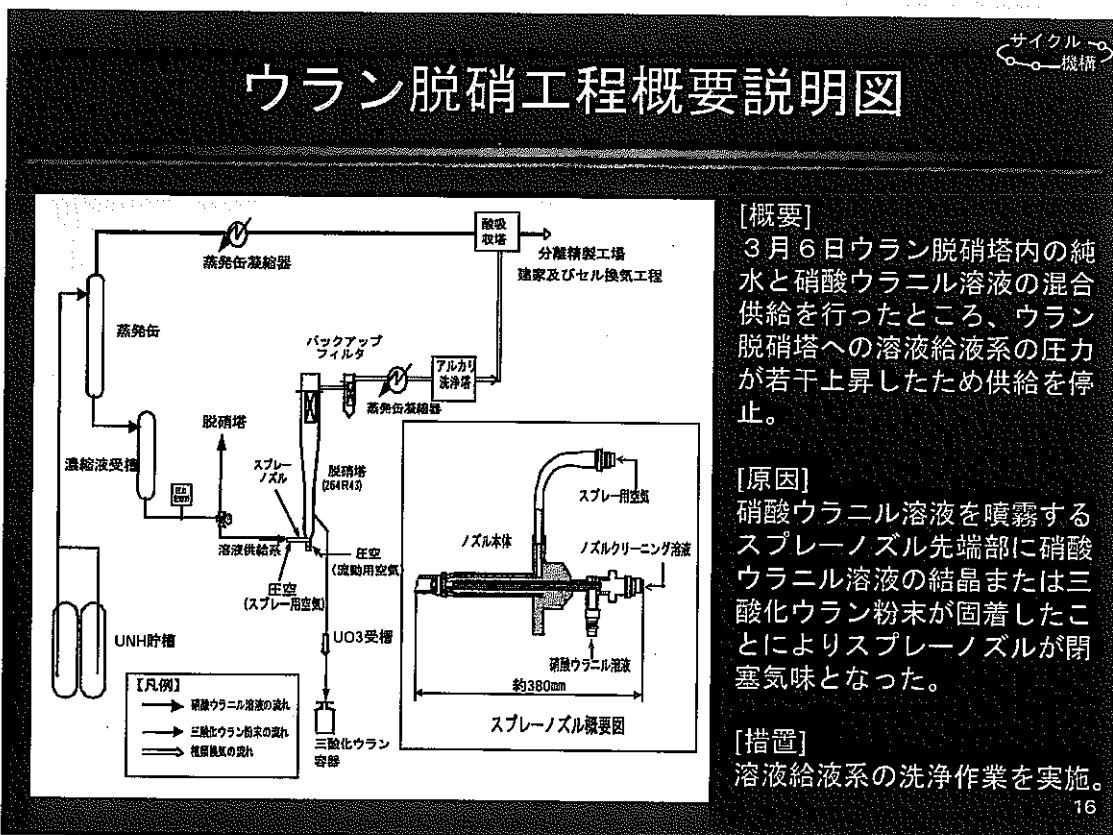
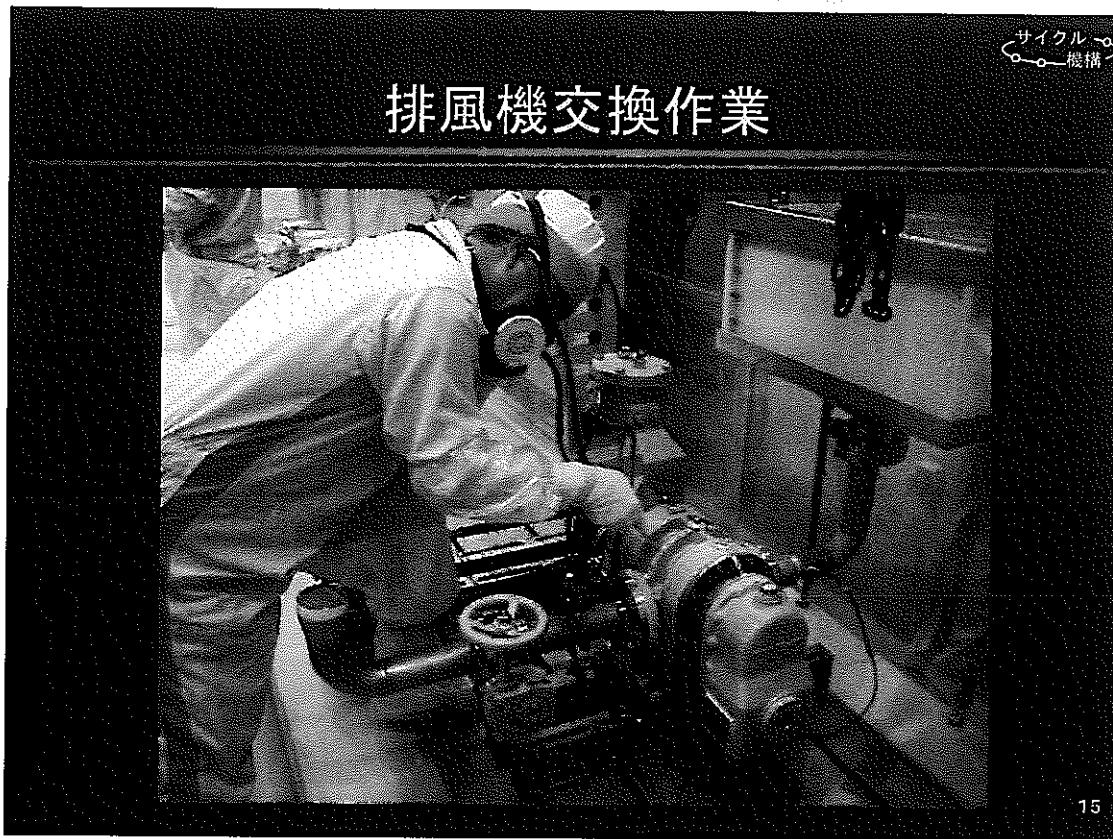
対策

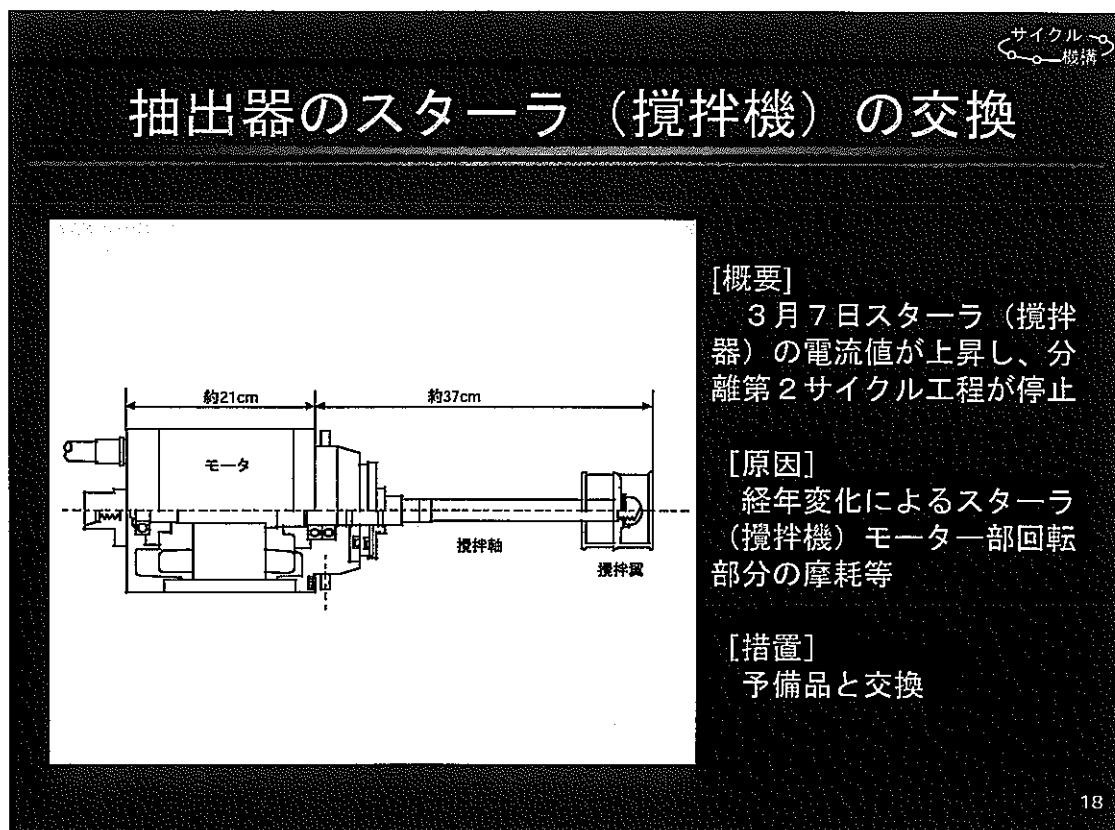
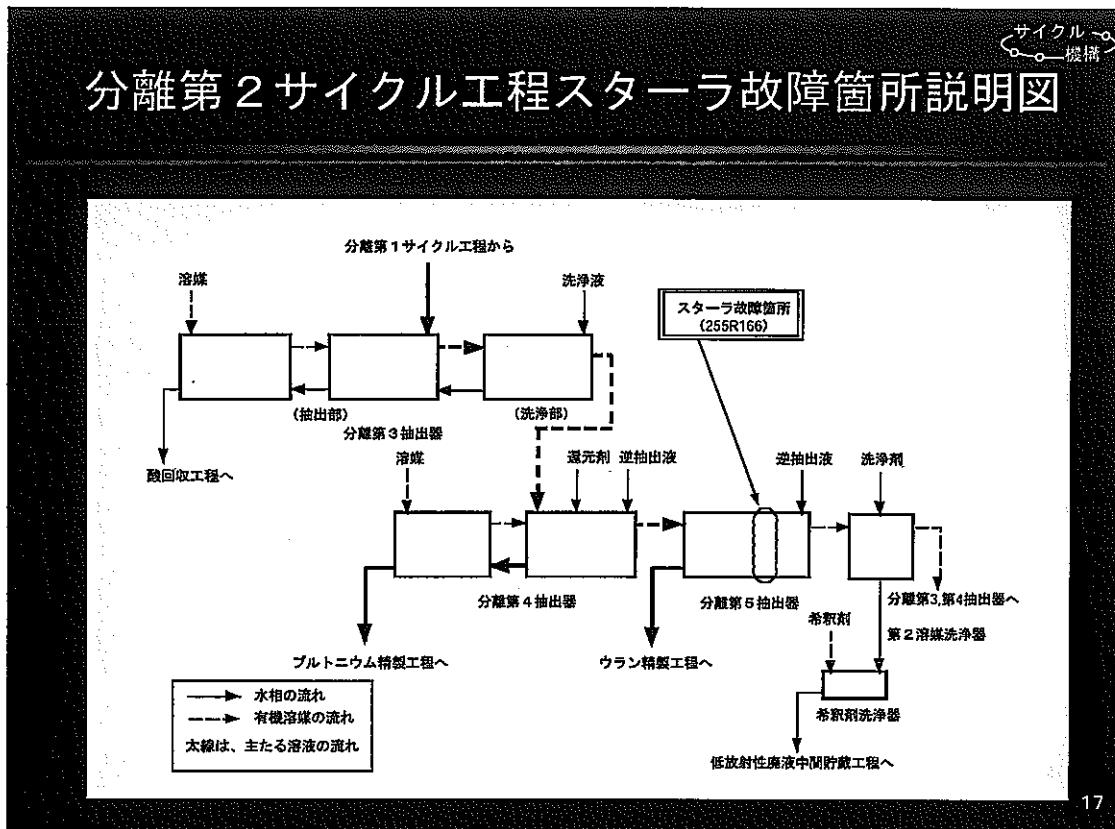
- 火報吹鳴の可能性のある作業の事前周知徹底。
- 区域を跨ぐ作業時の連絡強化。

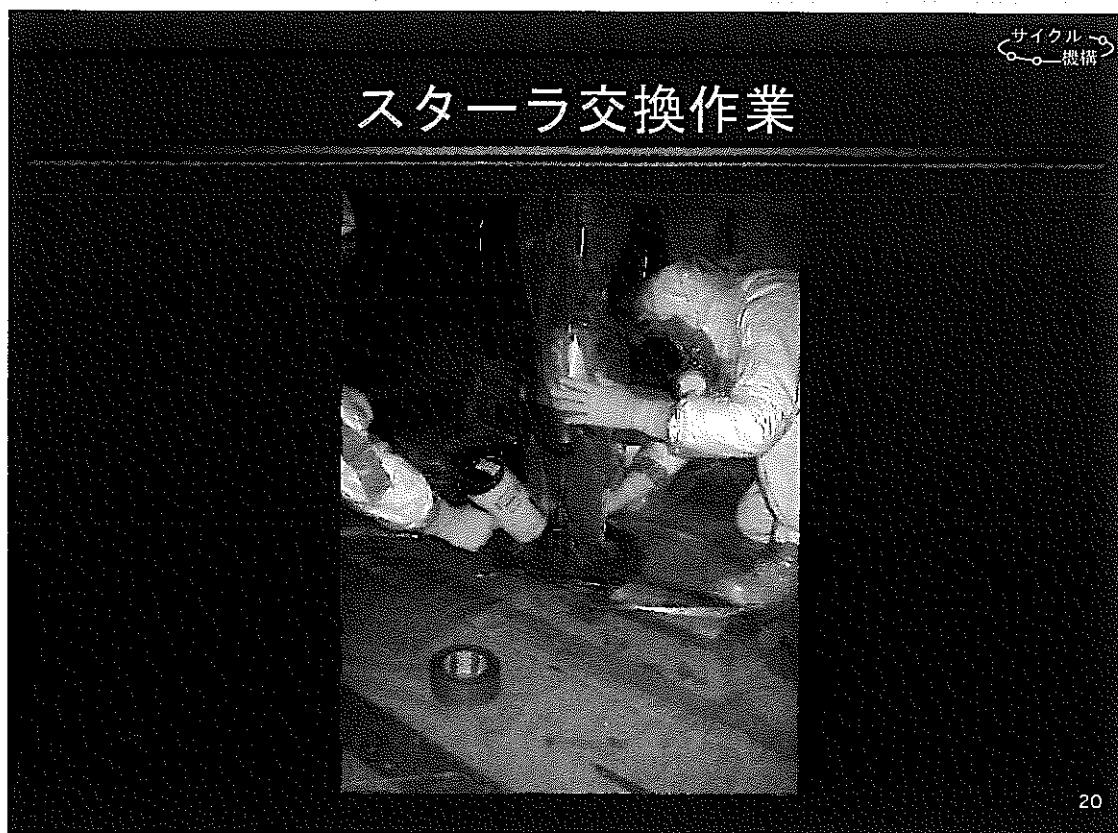
10











サイクル
機構

今後に向けて

1. 設備の保全に対する基本的な考え方の整理
2. 設備の管理方法や保全計画の立案
3. 高経年化対策の一環として定期的な安全レビュー

1 定期検査における ISI

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター技術部品質保証室
佐本 寛孝

1 定期検査における ISI

1. はじめに

東海再処理施設では、供用期間中の検査（ISI）を昭和56年に実施された初回定期検査の際に受検し、その後一時（第5～10回定期検査）は検査対象外となったものの、現在も施設定期検査として受検している。

再処理施設の性能について行われる施設定期検査において、ISIが取り扱われるようになった経緯及びその後の変遷、現在行われている施設定期検査における対応要領等について報告する。

2. 定期検査事項の基礎形成

検査事項は、昭和56年の初回定期検査の際に、当時改正された再処理事業規則をもとに分類・整理されその基礎が築かれた。

当時は現在と異なり事業者の検査申請の規定がなく、国主導のもと検査事項の整理がなされ、健全性及び性能の確認をもって定期検査とする方針が示された。

ISIに関しては、健全性の確認検査としての位置づけから、その他の性能の確認検査として整理され、その後も回を重ねたびに検査内容の統廃合などの見直しを受けたが、現在もその他の性能に関する検査として受検している。

3. ISIの実施範囲の拡大

第1回定期検査では、ドリップトレイの健全性確認に重点を置く検査が行われたが、第2回定期検査以降は、科学技術庁（STA）の方針に従い、従来の検査に加え、基本的に設工認に記載している機器全てを対象に、染料浸透試験、外観検査等を実施し、セル内塔槽類については、可能な範囲で入セルなどによる外観検査を行なうこととなった。

また、セル外塔槽類及び回転機器等については、製作規格又は重要度に応じて検査頻度を分類し、5年、3年、1年の周期で全数を検査することとした。

第4回定期検査までは、この方針を基本的にISIを定期検査として受検した。

4. 定期検査項目からの除外

第5回定期検査に先立ち、検査項目の見直しを行った際、これまで定期検査として実施されてきたISIは、明確な法令上の実施根拠がないこと及び再処理施設の性能に該当しないとの理由から除外された。

5. 定期検査項目へ再度組入れ

第11回定期検査に先立ち、検査項目の見直しを行った際、再度ISIを定期検査項目へ組入れられた。

この時、新たに建家、グローブボックス等の健全性確認検査が追加された。

定期検査におけるISIの対応としては、基本的に外観検査を中心とした検査とし、従来行なっていた染料浸透試験は除外された。また、検査対象は、セル内外の塔槽類、回転機器、その他の3項目に分類し、検査頻度及び方法等を整理した。

6. 肉厚測定検査の追加

第13回施設定期検査中に、形状管理機器の核的制限値を変更する再処理施設設置変更承認申請を行なったことを受けて、臨界安全上の裕度の確認及び閉込め機能に関する機器の健全性を確認するため、肉厚測定検査を施設定期検査における ISI の一環として追加されることになった。

核燃料物質を含む溶液を取り扱う形状管理機器を使用環境（取扱溶液、温度）及び使用材料により分類し、代表機器の肉厚測定検査を実施した。

検査方法としては、超音波厚さ計による測定を基本とし、測定対象が入室困難なセル内に設置されている場合は、遠隔操作が可能な超音波測定装置を用いた検査を実施した。

判定基準については、「設計上の肉厚から腐食しろを減じた値以上であること」とした。

7. ISI に係る施設定期検査対応要領

○施設定期検査上の要求事項

・準備する書類

事業者の検査要領書に基づく記録、校正記録、写真等、回転機器に係る計測値等

・国へ提出する書類

施設定期検査要領書に基づく記録、事業者の ISI 要領書に基づく記録等

○定期検査の実施要領

事業者が施設定期検査期間中に実施した ISI の結果を、書類確認又は立会検査で確認する。

○検査実績

検査対象数 約 500 基 (H11 年度) 、検査官人工数 約 15~20 人日

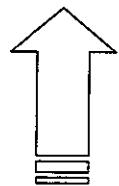
定期検査における ISI

平成13年3月

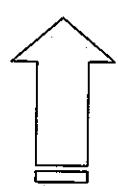
核燃料サイクル開発機構
再処理センター 技術部
品質保証室

供用期間中の検査（ISI）の実施形態

国が定期検査として行なう ISI

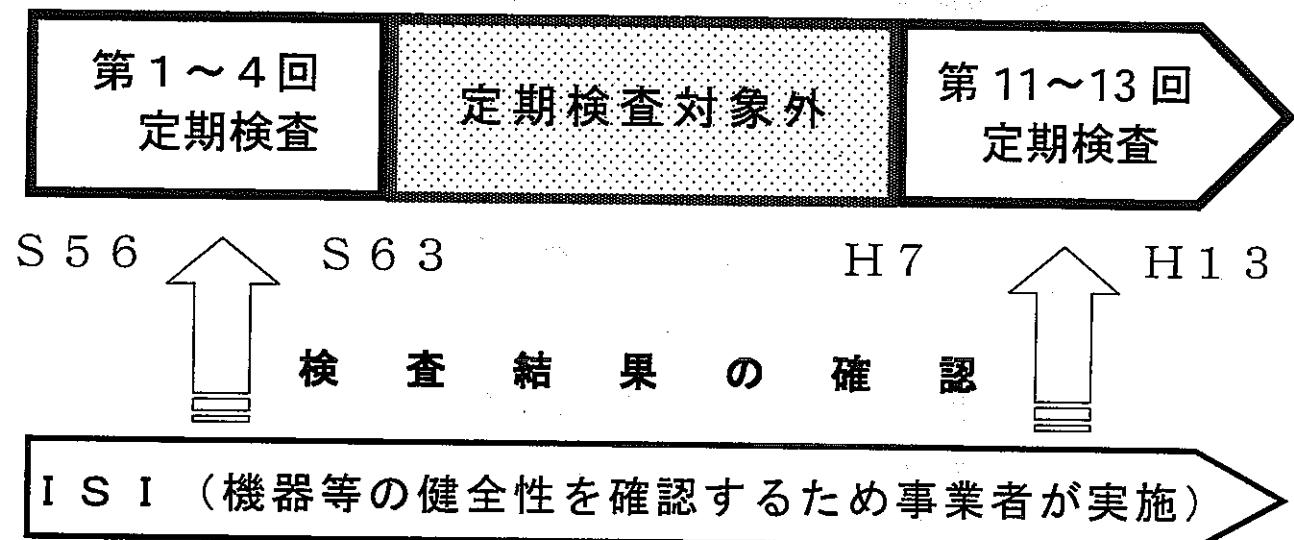


検査結果の確認



事業者が品質保証の一環として行なう ISI

定期検査における供用期間中の検査（I S I）の実施経緯



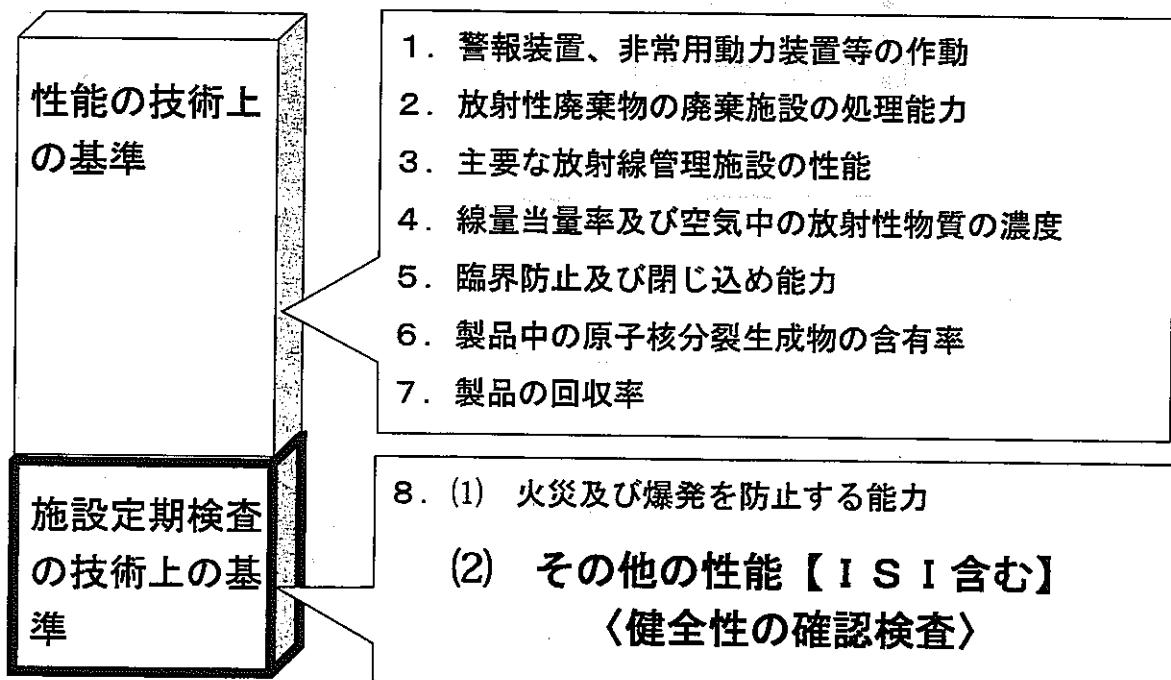
第1の時代	第2の時代	第3の時代
第1～4回定検	第5～10回定検	第11回定検～
昭和56年～昭和63年	昭和63年～平成7年	平成7年～現在
<ul style="list-style-type: none"> ○ I S I 導入 定期検査として実施 ○ 実施範囲の拡大 昭和50年代後半の腐食による大型機器の故障 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 定期検査から除外 	<ul style="list-style-type: none"> ○ I S I の再度組入れ ○ 検査項目の追加 建家、グローブボックス等 ○ 検査頻度及び方法の一部変更 塔槽類の検査頻度統一 外観検査を主体

【ISIの導入】

導入前	<ul style="list-style-type: none">○再処理施設で使用される塔槽類等 本来、保守を伴わずに長期の使用に耐えうる様設計 機器の腐食等により損傷した場合は適宜補修○回転機器等の保守交換が必要なもの 運転中又はインタークエンペーン中に点検、必要に応じて交換
導入後	<ul style="list-style-type: none">○定期検査を契機として、ISIを導入○初回定期検査計画説明書においては、事業者が今後ISIへ取り組む基本方針が記載された。

再処理事業規則

検査事項の分類



S 5 4 の原子炉等規制法の改正

改正前	改正後
施設検査（工事検査）	使用前検査 定期検査 性能の技術上の基準 定期検査の技術上の基準 設置の承認の申請

S 5 4 法改正に係る検査及びその対応

使用前検査	改 正	<ul style="list-style-type: none"> ● 再処理事業規則第6条の2 性能の技術上の基準（性能基準）に基づく検査
	対 応	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用前検査（性能）申請・受検 合格（昭和55年12月）

定期検査	改 正	<ul style="list-style-type: none"> ● 再処理事業規則第7条の2 <ul style="list-style-type: none"> (1) 性能基準に基づく検査 (2) 火災及び爆発の防止能力及びその他の性能 ● 国からの検査事項の提示 「定期検査の対象とする設備及び機器名一覧」提示 <ul style="list-style-type: none"> ・定期検査 ⇒ 健全性と性能の確認 ・性能基準によらない検査（ISI含む）
	対 応	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用前検査の受検実績、定期自主検査の実施内容等検討 国との調整の結果、定期検査項目決定された この際、ISIが定期検査の一部に含まれることとなった

I S I がその他の性能検査に分類された経緯

炉規法の改正を受けて、再処理施設に係る検査事項が整理された



定期検査については、国から検査事項が提示され
使用前検査で受検した性能検査以外にも
性能基準によらない検査（I S I を含む）が追加された



健全性を確認する検査は、その他の性能に分類された。

第1回定期検査における I S I の実施基本方針

【セル内機器】

- その大部分が設置場所の特殊性により健全性を確認することができない
⇒ 2次バリアであるドリップトレイの健全性を計画的に検査
 - ・ ドリップトレイにおける漏えい検知装置の性能確認
 - ・ 漏洩回収用ジェットポンプの作動試験
 - ・ ドリップトレイ自身の水密性の外観目視
 - ・ ドリップトレイの外観目視に必要な技術開発計画 等
- セル内機器（容器）本体については、将来的に検査を行なえるよう具体的な計画を立案。

【セル外機器等】

- 日常又はインターチェンジキャンペーン中の点検等により計画的に健全性を確認

第2回定期検査の I S I 実施範囲の拡大

【STA方針】

- (1)国(科学技術庁)は、定期検査時に一部を立会検査又は事業者自身が行なう I S I の結果を書類確認により検査する。
- (2)検査対象は、基本的には設工認に記載している機器全てとする。
- (3)検査方法は、槽類等は染料浸透試験、超音波探傷試験、外観検査等を実施し、回転機器等は分解点検とする。また、セル内機器で現状の技術で対応できないものは、ドリップトレイの健全性確認等を実施する。

【I S I の実施対応】(1)

国の方針に対し、第2～4回定期検査において以下のように I S I を実施した。

(1)セル内塔槽類

- ①セル内塔槽類は、可能な範囲で健全性の確認(セル内点検技術の開発は継続)
 - i) 入室可能なセル内に設置された塔槽類は、セル内に入室し、機器の外観検査及び写真撮影を実施する。
 - ii) カメラ等を挿入することが可能なセルに設置されている塔槽類は、工業用テレビカメラ又は写真撮影用カメラを用いて、健全性の確認を実施する。
- ②セル内の塔槽類で、設置場所の特殊性により、物理的に検査できないものについては、2次バリアであるセルのドリップトレイの外観検査(目視又は I T V)を実施する。
- ③2次バリアであるドリップトレイの健全性の確認ができない箇所については、ドリップトレイ送液装置の作動検査を定期検査項目として受検する。

【I S I の実施対応】(2)

セル外塔槽類

頻度	製作規格	機器	検査
毎年	E 級, 蒸発缶類	酸回収精留塔 ウラン溶液蒸発缶等	外観検査 P T(検査可能な接合部)
3 年毎	1 級 2 級 (放射性流体)	回転機器	電流値、振動、回転数等の確認
5 年毎	2 級 3 級 4, 5 級 (放射性流体)	貯槽等	外観検査 P T(検査可能な接合部)

定期検査	検査事項
第1回	●ドリップトレイの健全性確認 外観、送液装置の作動
第2回	●ドリップトレイの健全性確認 外観、送液装置の作動 ●セル内、セル外機器の健全性確認 ●回転機器(ポンプ)の機能検査
第3, 4回	●ドリップトレイの健全性確認 外観、送液装置の作動 ●セル内、セル外機器の健全性確認 ●回転機器(ポンプ、排風機)の機能検査

【 I S I の定期検査項目から除外】

第5回定期検査に先立ち、定期検査項目の見直しを行った際、第1～4回定期検査において実施された I S I は、明確な法令上の実施根拠がないこと、及び再処理施設の性能に該当しないことを理由に除外された。

なお、定期検査項目から I S I は除外されたものの、 I S I は事業者が主体として第4回定期検査以降も実施してきている。

【 I S I を定期検査項目へ再度組入れ】

第11回定期検査に先立ち、定期検査項目の見直しを行った際、STAからの要求により、再度 I S I を定期検査項目へ組入れた。

- 設置承認申請書の記載と検査事項との整合をはかる
- 使用済燃料の閉じ込めの観点から建家及びグローブボックス等を新たに I S I として実施する。
- 定期検査期間中に実施した I S I については結果を定期検査として確認することとなった。（5年に1回以上は、定期検査期間中に I S I を実施）

【検査頻度】

○検査頻度は、製作規格、「加工施設、再処理施設、特定廃棄物管理施設及び使用施設等の溶接の技術基準に関する総理府令」に定める機器区分又は重要度等に応じて分類する。

○セル内、外塔槽類の検査頻度統一

分類	検査頻度
i) 塔槽類 製作規格E級 再処理第1種容器 再処理第2種容器（腐食環境の 厳しいもの）	毎年
製作規格1級 製作規格2級（放射性流体使用） 再処理第2種容器 再処理第4種容器	3年毎 (3年間で全 数実施)
製作規格2級 製作規格3級 製作規格4級 製作規格5級（放射性流体使用）	5年毎 (5年間で全 数実施)
腐食環境の厳しいもの（下記の溶液を内包する状態） (1) 沸騰状態の硝酸溶液 (2) 5 mol/l 又は 70°Cを超える硝酸溶液	

分類	検査頻度
ii) ポンプ等の回転機器 ・セル外に設置 ・放射性物質を取り扱うポンプ ・ユーティリティーを供給する ためのポンプ ・排風機 ・原料ガス圧縮機	毎年
iii) その他 ①アスファルト固化体貯蔵施設 第二アスファルト固化体貯蔵 施設の貯蔵セル	4年間 3年間
②クリプトン回収技術開発施設 の貯蔵セル及びコンテナ ・クリプトン貯蔵セル及びキ セノン貯蔵セル ・コンテナ（製作規格1級）	毎年 3年間
③各建家 使用済燃料等を扱う26建家	毎年
④グローブボックス プルトニウム粉末の取扱い	毎年
⑤脱硝施設の脱硝塔等	2年間

【検査方法】

分類	検査方法
i) 塔槽類 セル外塔槽類	外観目視
セル内塔槽類 入室可能なセル 入室困難なセル	外観目視及び写真撮影等 (保温材で覆われている場合は、ドリップトレイの写真撮影等) 写真撮影等 ・不可能な場合は、ドリップトレイの写真撮影等 ・ドリップトレイの写真撮影等も不可能な場合、ドリップトレイ送液装置の作動確認

分類	検査方法
ii) ポンプ等の回転機器	電流値、振動、回転数等を測定
iii) その他 ①アスファルト固化体貯蔵施設 第二アスファルト固化体貯蔵施設の貯蔵セル	貯蔵セルの床及び壁等 セル内機器を I TV カメラにより確認する。
②クリプトン回収技術開発施設の貯蔵セル及びコンテナ ・クリプトン貯蔵セル及びキセノン貯蔵セル ・コンテナ（製作規格 1 級）	外壁及びコンテナの外観目視

分類	検査方法
③各建家 使用済燃料等を扱う 26 建家	外観目視
④グローブボックス プルトニウム粉末の取扱い	外観目視
⑤脱硝施設の脱硝塔等	脱硝塔の内部点検、負圧確認及び作動検査等

【肉厚測定検査の追加の背景】

第 13 回施設定期検査

再処理施設設置変更承認申請（形状管理機器の核的制限値変更）



臨界安全上の裕度の確認及び閉じ込め機能に関する機器の健全性を確認するため



施設定期検査における I S I の一環として追加

【設置変更承認申請】

- 溶液を扱う形状管理機器の核的制限寸法の見直し
- 腐食を考慮しても十分臨界安全裕度がある核的制限値を設定
- 溶解施設、分離施設、精製施設、脱硝施設等の多施設かつ多数の機器について実施

【I S I の実施】

取り扱う溶液の種類

機器の材質及び使用環境、使用実績等を考慮

より厳しい腐食環境にある機器を選定し、肉厚測定検査を実施

【核的制限値の変更機器】

- 核燃料物質を含む溶液を取り扱う主要な塔槽類のうち
形状管理機器

【検査対象機器の選定】

腐食による機器の減肉は、取扱溶液の性状等の腐食環境から代表的な機器について測定することで、臨界安全上の機器の健全性を確認することとし、以下の観点で検査対象を選定した。

- 腐食環境

使用環境（取扱溶液、温度）及び使用材料により分類

- 代表機器

類似の腐食環境にある機器の中から代表機器を選定

分類 (i) 取扱う溶液性状の違いによる腐食影響を考慮

- ① ウラン、プルトニウム、核分裂生成物の混合系
- ② ウラン、プルトニウムの混合系
- ③ ウラン系
- ④ プルトニウム系

分類 (ii) 機器の使用温度による腐食影響を考慮

- ① 加熱機器
- ② 常温機器

常温機器については、取扱溶液及び使用材料の分類を同じくする加熱機器の検査により代替可能

分類 (iii) 機器材質の違いによる腐食影響を考慮

- ① ステンレス鋼
- ② 非鉄金属（チタン及びチタン-5%タンタル）

【肉厚測定対象機器】

系統	温度	機器材質	代表機器名	施設区分
U, Pu FP	加熱	ステンレス鋼 非鉄金属	濃縮ウラン溶解槽 <加熱機器代替>	溶解施設
	常温	ステンレス鋼 非鉄金属		
U, Pu	加熱	ステンレス鋼 非鉄金属		
	常温	ステンレス鋼 非鉄金属	混合液給液槽	Pu 転換技術開発施設
U	加熱	ステンレス鋼 非鉄金属	U溶液蒸発缶(第1段) U溶液蒸発缶(第2段)	精製施設 脱硝施設
	常温	ステンレス鋼 非鉄金属		<加熱機器代替>
Pu	加熱	ステンレス鋼 非鉄金属		精製施設
	常温	ステンレス鋼 非鉄金属	Pu溶液蒸発缶 硝酸Pu貯槽	Pu 転換技術開発施設

【検査方法】**(i) セル外塔槽類**

超音波厚さ計を用いた肉厚測定により健全性を確認する。

(ii) セル内塔槽類

① 作業員が入室可能なセル内に設置されている塔槽類は、セル内に立入り、

超音波厚さ計を用いた肉厚測定により健全性を確認する。

② 作業員が入室することが困難なセル内に設置されている塔槽類は、遠隔操

作が可能な超音波測定装置を用いた肉厚測定により健全性を確認する。

【判定基準】

「設計上の肉厚から腐食しろを減じた値以上であること」

【肉厚測定結果】

系 統	確 認 対 象 機 器	判 定 基 準	結 果
U,P u F P	濃縮ウラン溶解槽	設計上の肉厚から腐食しろを減じた値以上であること	
U,P u	混合液給液槽		
U	ウラン溶液蒸発缶（第1段）		
	ウラン溶液蒸発缶（第2段）		良
P u	プルトニウム溶液蒸発缶		
	硝酸プルトニウム貯槽		

【検査実績】

検査対象	検査対象数 (平成11年度)	検査官人工数
セル外塔槽類	約70	約15~20 人日
セル内塔槽類	約30	
ドリップトレイ	約5	
ドリップトレイの送液装置	約20	
ポンプ等の回転機器	約300	
その他 (内訳) ・アスファルト固化体貯蔵施設等の貯蔵セル ・クリプトン回収技術開発施設の貯蔵セル等 ・ガラス固化技術開発施設の保管セル等 ・各建家 ・グローブボックス ・脱硝塔等	約80	{ 抜き取り率 10%で立会 }

2 東海再処理施設における 腐食事例と腐食に関する R&D

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター
模 彰

2 東海再処理施設における腐食事例と腐食に関する R/D

1.はじめに

東海再処理施設においては、酸回収蒸発缶など腐食による故障が発生し、耐食性の優れた材質への変更或いは遠隔補修技術などによる補修を行った。

また、機器の腐食故障に鑑み、腐食のメカニズムの検討など、種々の R/D を実施してきた。これらの腐食事例と腐食に関する R/D について紹介する。

2.腐食事例

2.1 酸回収蒸発缶

第一代酸回収蒸発缶で伝熱管と管板の溶接部で貫通孔が発生し、第二代酸回収蒸発缶では伝熱管母材部で貫通孔が発生するとともに、管の端面から発した加工フロー腐食が認められた。

また、第二代酸回収蒸発缶の伝熱管の腐食速度は、平均で 1.1 mm/y 、最大で 3.5 mm/y となり、その他の各部位では 0.4 mm/y 以下であった。

2.2 濃縮ウラン溶解槽

濃縮ウラン溶解槽では、加熱ジャケットで被われた部位の溶接部で貫通孔が発生した。これらの部位は、開発した遠隔補修装置により補修溶接を行うとともに、外観観察で得られる情報から腐食の進行程度を把握するために各種腐食試験を実施した。

2.3 酸回収精留塔

加熱蒸気配管の溶接部を起点とする腐食が発生し貫通に至った。

2.4 プルトニウム溶液蒸発缶

SUS304L 製である塔部の計装配管接続部（ベルマウス部）で貫通孔が発生した。更新工事において各部位の腐食速度を評価した結果、塔部（SUS304L）ではプルトニウム溶液の飛沫の影響がある下部で約 0.4 mm/y で、加熱部（Ti）では伝熱部での腐食速度が最も大きく 0.1 mm/y 程度であった。

2.5 高放射性廃液蒸発缶

高放射性廃液蒸発缶の内部に設置されている加熱蒸気配管では、 $0.05 \sim 0.3 \text{ mm/y}$ （最大で 0.74 mm/y ）の腐食速度であった。

2.6 海中放出管

海中放出管では、アスファルト被覆の欠陥に伴って進行したと推定される直径約 2cm の貫通孔が発生した。

2.7 ユーティリティー配管

冷却水配管では、連続的な冷却水の供給が行われていない炭素鋼で錆びこぶの腐食が発生しており、炭素鋼からステンレス鋼への材質変更を行った。

冷水配管では、配管サポート部での結露水による外面からの腐食が認められ、計画停止において、炭素鋼からステンレス鋼への材質変更を行った。

埋設配管では、建物のコンクリート及び鉄筋と炭素鋼の接触によると推定されるマクロセル腐食による貫通孔が発生し、Mg 陽極を用いた防食措置を施した。

3.腐食に関する R/D

3.1 各種 FP 元素の腐食速度へ与える影響

硝酸溶液中におけるステンレス鋼の腐食速度に最も影響を与える FP 元素はルテニウムであり、0.01mol/l の添加により 1000 倍近く加速される。

3.2 プルトニウム及びウランの腐食速度へ与える影響

硝酸中のプルトニウムは、濃度及び温度の上昇によりステンレス鋼の腐食を加速する。ウランは、濃度の上昇に伴ってステンレス鋼の腐食速度が若干上昇するが、プルトニウムに比べれば非常に小さい。

3.3 実液による腐食試験

酸回収蒸発缶濃縮液では、Zr や Ti-5Ta、Ti は殆ど腐食しないが、SUS304L は 0.2~0.3 mm/y の腐食速度を示す。ただし、Zr は、1.5V の低電位腐食試験で、孔食状の腐食が全面に広がる腐食形態を示す。

酸回収精留塔内に設置した腐食試験では、SUS304L の腐食速度が最も大きく 0.6 mm/y であり、ついで Ti が 0.1~0.2 mm/y であった。310 系のステンレス鋼は、0.1 mm/y を下回る耐食性を示す。

高放射性廃液による腐食試験では、常温でのステンレス鋼の腐食速度は 0.01 mm/y を下回るが、沸点では SUS316L 及び SUS304L が 0.2~0.3 mm/y 程度、310 系は 0.1 mm/y 程度であった。

3.4 フッ素による Zr の腐食

硝酸溶液中のフッ素が 10ppm 以上存在すると Zr の腐食速度が増大する。

3.5 腐食速度に与える γ 線の影響

γ 線を照射すると、硝酸溶液中のステンレス鋼の腐食が若干増加するが、酸化性のイオンを含んだ場合には、逆に腐食速度が低下する。

3.6 プルトニウム溶液蒸発缶の塔頂部の材料選定試験

プルトニウム溶液蒸発缶の塔頂部の材質変更に当って、プルトニウムを模擬してバナジウムを添加した硝酸溶液における液浸部、飛沫同伴部、気相部、凝縮液部の各環境での各種材料の腐食速度を測定した。SUS304L は、液浸部での腐食が最も大きいが、Ti や Ti-5Ta は凝縮部での腐食が大きくなり、Zr はどの環境でも殆ど腐食しない。

3.7 小型酸回収蒸発缶による実証試験

Zr 及び Ti-5Ta 製の小型酸回収蒸発缶による約 40,000 時間の試験を行い、耐食性の実証を行った。Zr は伝熱管で、Ti-5Ta は気相部配管、塔頂部、伝熱管で若干の腐食が認められた。

3.8 異種材料の継手の開発

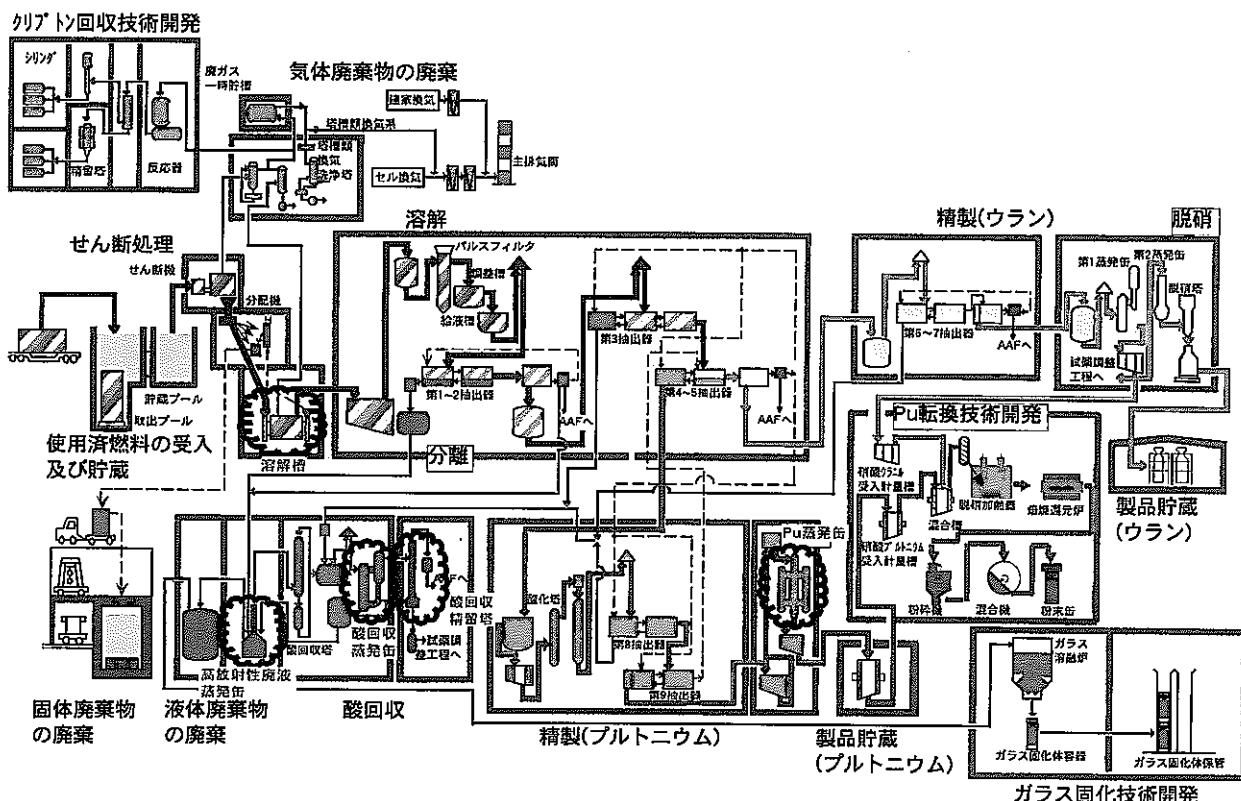
熱間圧延法、HIP 法及び爆着法による Zr や Ti-5Ta とステンレス鋼との継手について実施した結果、温度の高いプロセス系以外では問題なく使用できることを確認した。

東海再処理施設 技術報告会

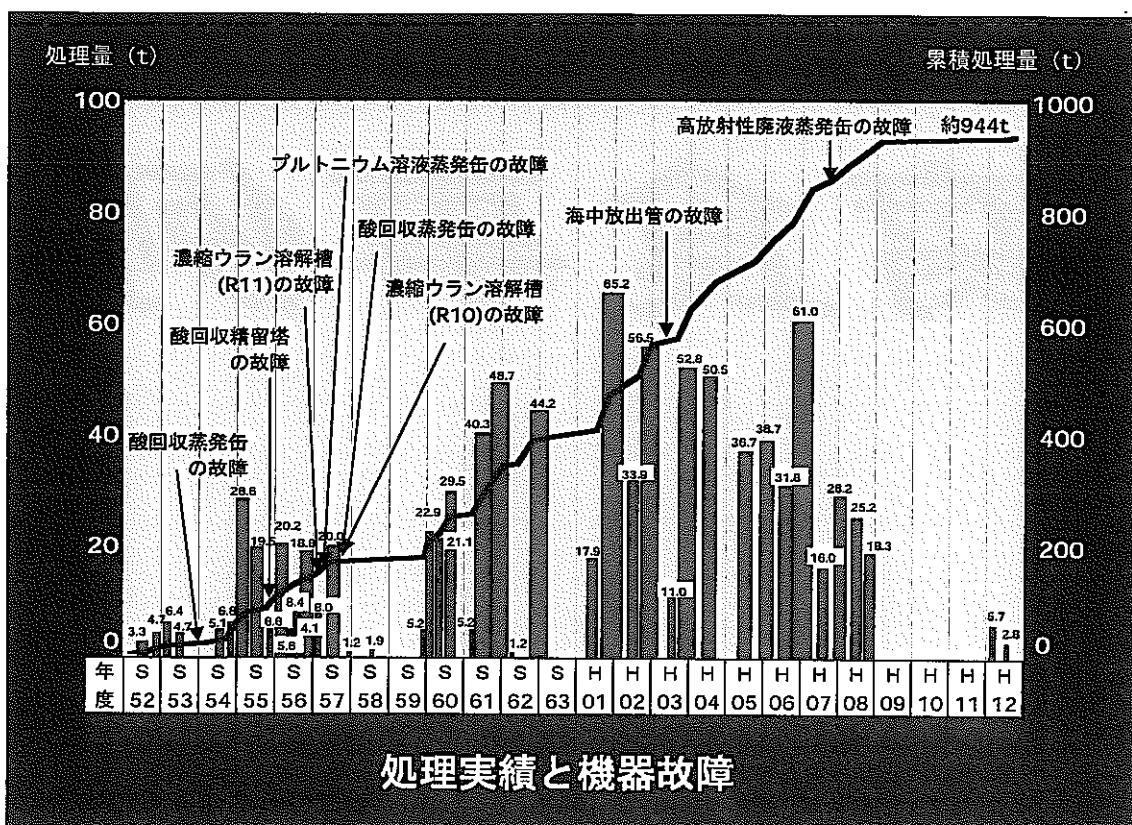
東海再処理施設における
腐食事例とR&D

核燃料サイクル開発機構
東海事業所 再処理センター

腐食事例

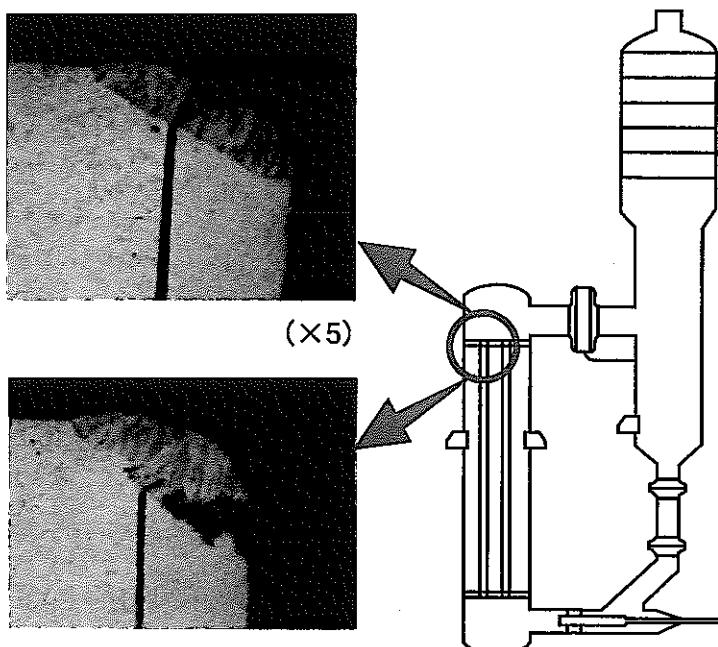
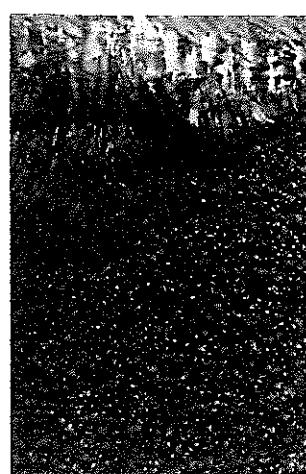
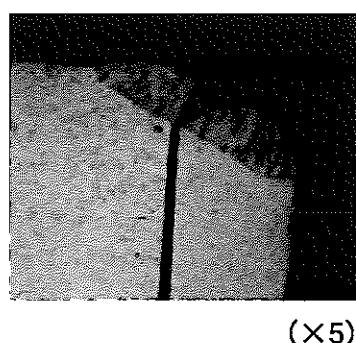
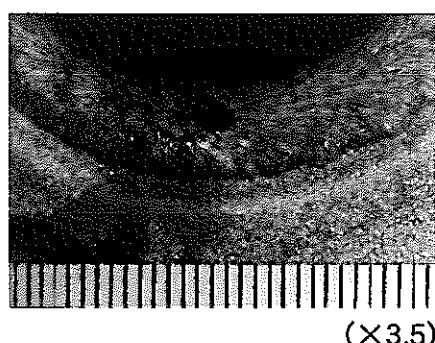


東海再処理施設における主要な機器の腐食発生箇所概要図



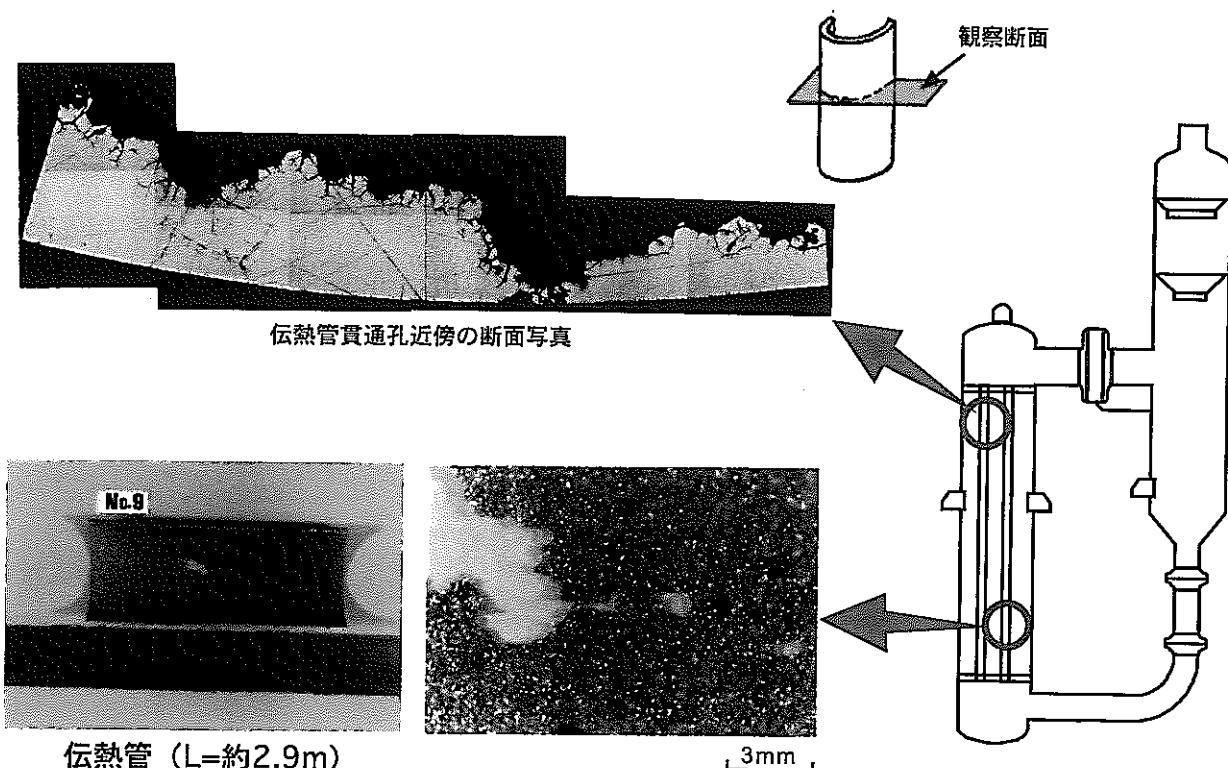
腐食トラブルの内容

機 器	材 料	腐 食 部 位		結 果	使 用 時 間
ウラン溶解槽	ウラナス 65 〔 25Cr 20Ni 0.3Nb 0.02C 〕	R 10	バレル B	溶接部の貫通孔	約 4 1 0 0 hr
		R 11	バレル A	溶接部の貫通孔	約 3 1 0 0 hr
			バレル B	溶接部の貫通孔	
酸回収蒸発缶	ウラナス 65	上部管端溶接部		溶接部の貫通孔	約 6 0 0 0 hr
	クロニファー	伝熱管母材(肉厚: 4.95mm)		母材減肉貫通孔	約 1 3 0 0 0 hr
酸回収精留塔	SUS 310ULC	加熱コイル		コイルサポート溶接部の貫通孔	約 1 2 4 0 0 hr
プルトニウム溶液蒸発缶	SUS 304L(塔部) Ti (加熱部)	気相部(塔部)		ノズル部ベルマウスの溶接部の近傍に貫通孔	約 1 1 0 0 0 hr
高放射性廃液蒸発缶	ウラナス 65	中段加熱蒸気配管		—	約 5 9 0 0 0 hr
海洋放出管	炭素鋼钢管 アスファルト被覆	汀線付近		母材部に貫通孔	約 1 7 年

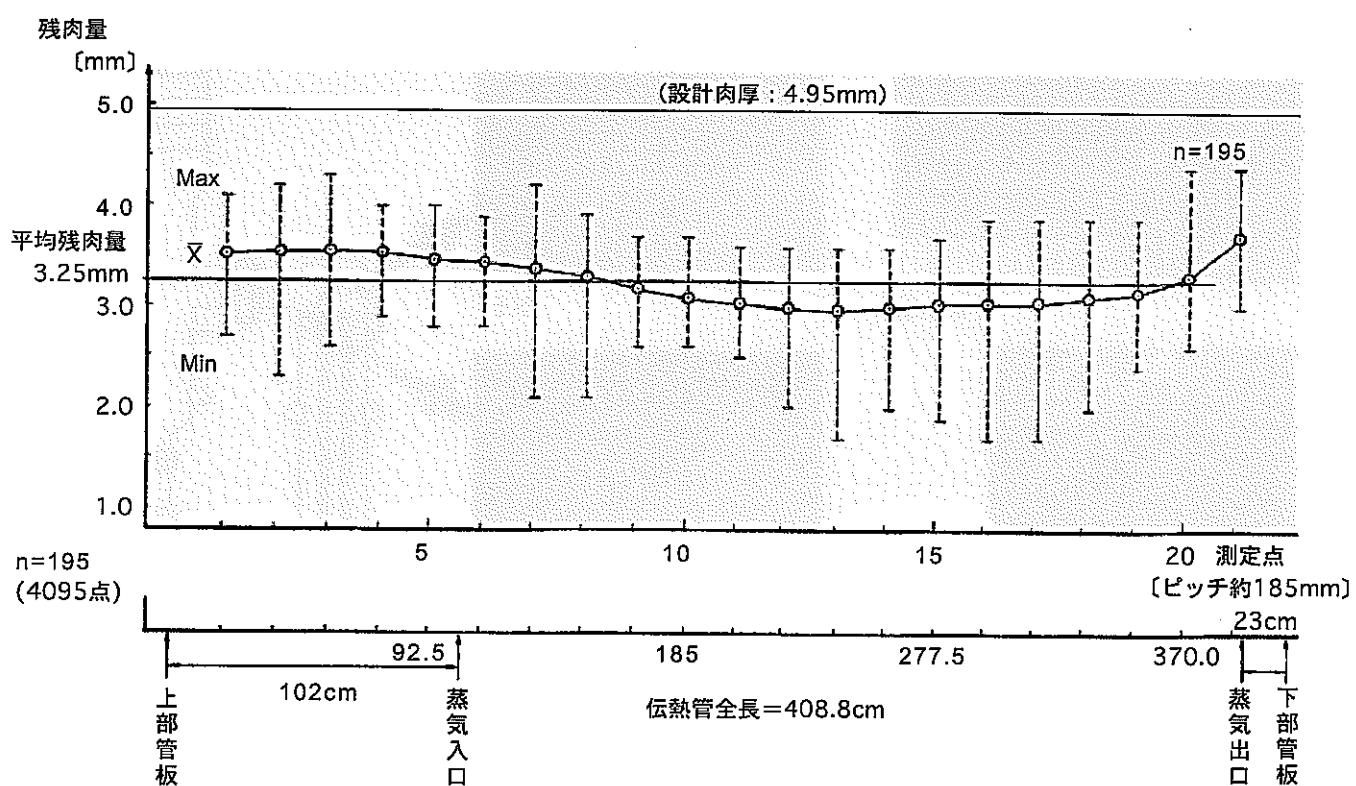


硝酸濃度: 約8mol/l
液量: 約110°C
加熱蒸気温度: 約130°C

初代酸回収蒸発缶の腐食概要



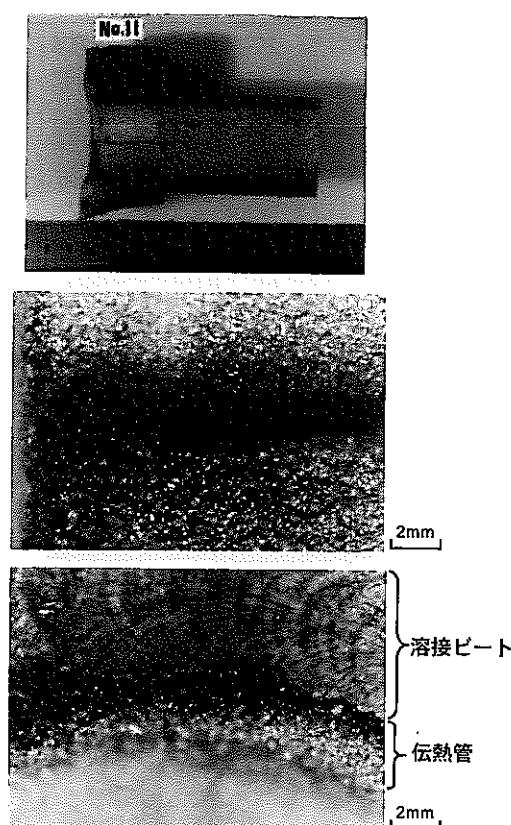
第二代酸回収蒸発缶の腐食概要



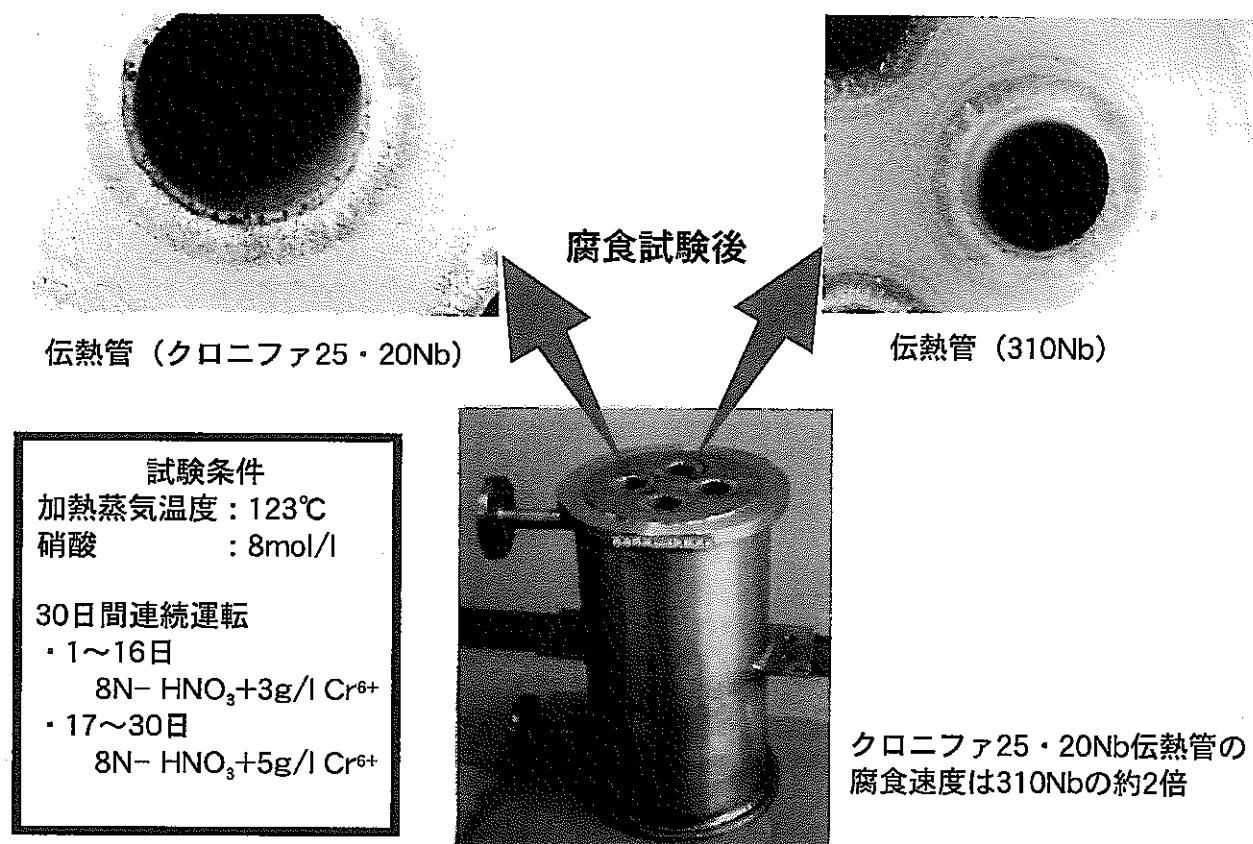
第2代酸回収蒸発缶伝熱管軸方向残肉量分布
(伝熱管195本全数での分布)

第2代酸回収蒸発缶各部位における腐食速度

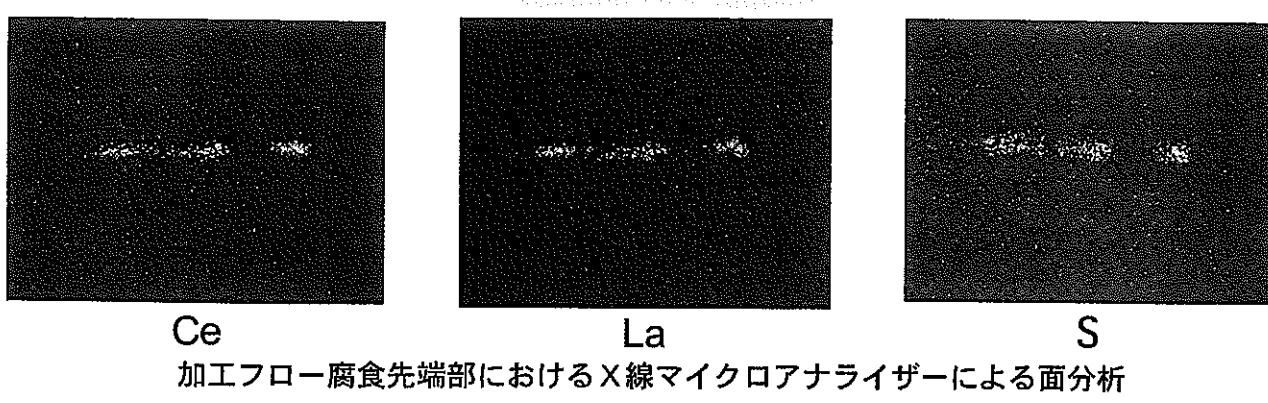
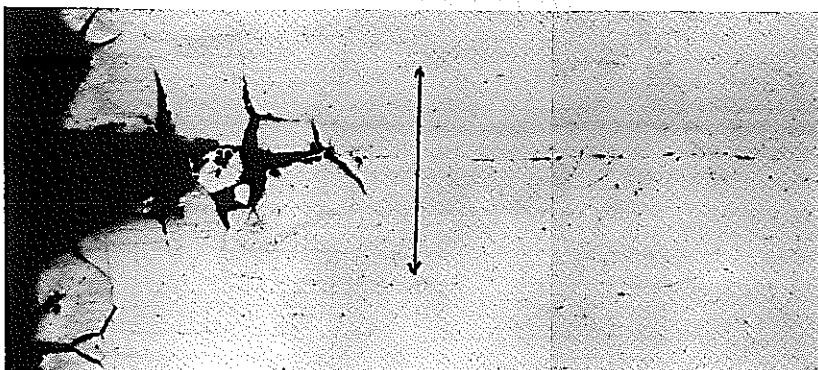
部位	減肉量 (mm)	腐食速度 (mm/年)	備考
伝熱管	平均 1.7 (最大 5.0)	1.1 (3.4)	液浸条件+伝熱条件
上部連通管	平均 0.54	0.36	液浸条件
下部連通管	平均 0.37	0.25	液浸条件
加熱部鏡板(液浸部)	平均 0.30	0.20	液浸条件
蒸発部(液浸部)	平均 0.34	0.22	液浸条件
蒸発部(気液混相部)	平均 0.23	0.15	気液混相
蒸発部(気相部)	平均 0.16	0.11	蒸気相



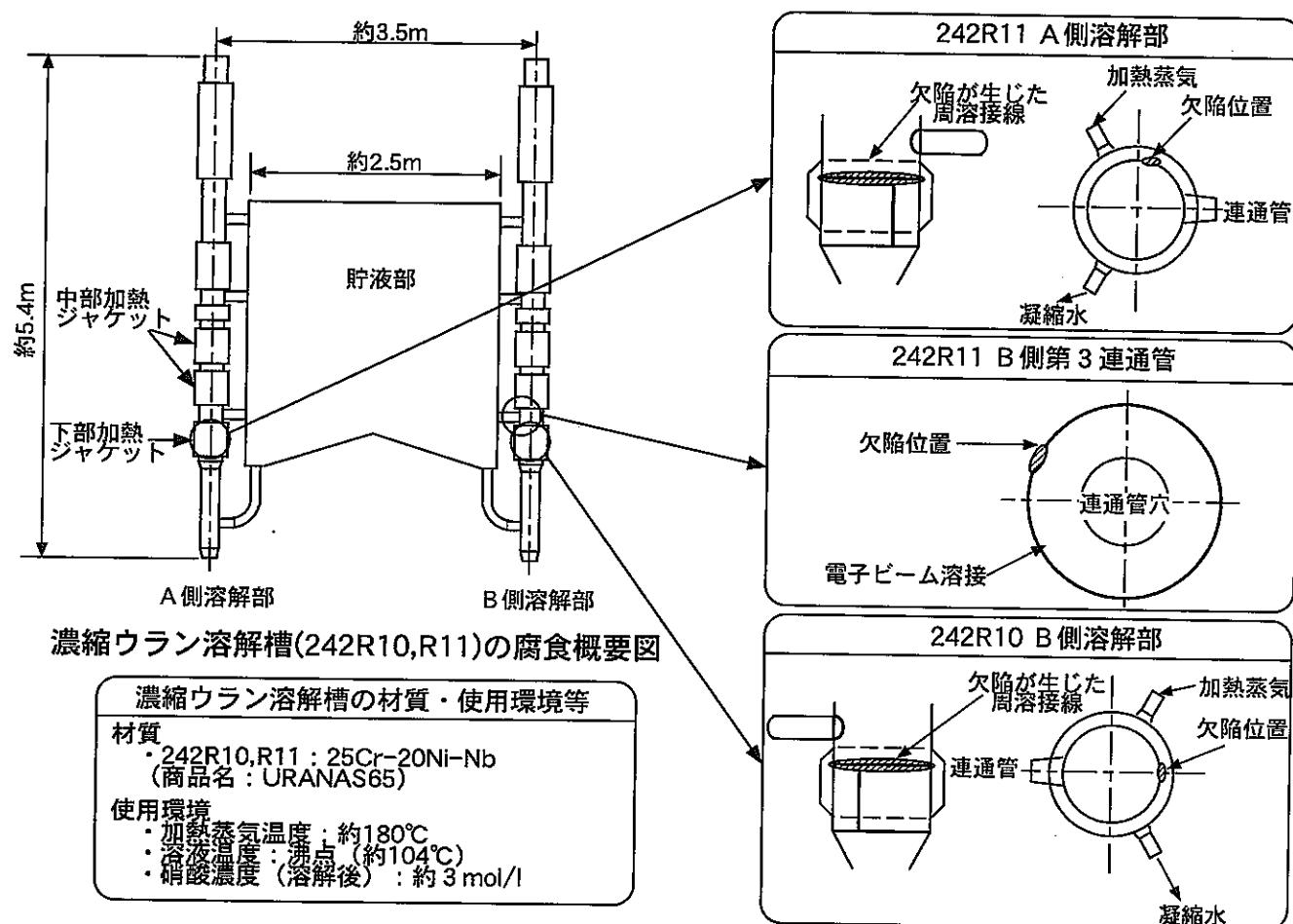
下部管と伝熱管溶接部近傍に認められた
加工フロー腐食の外観



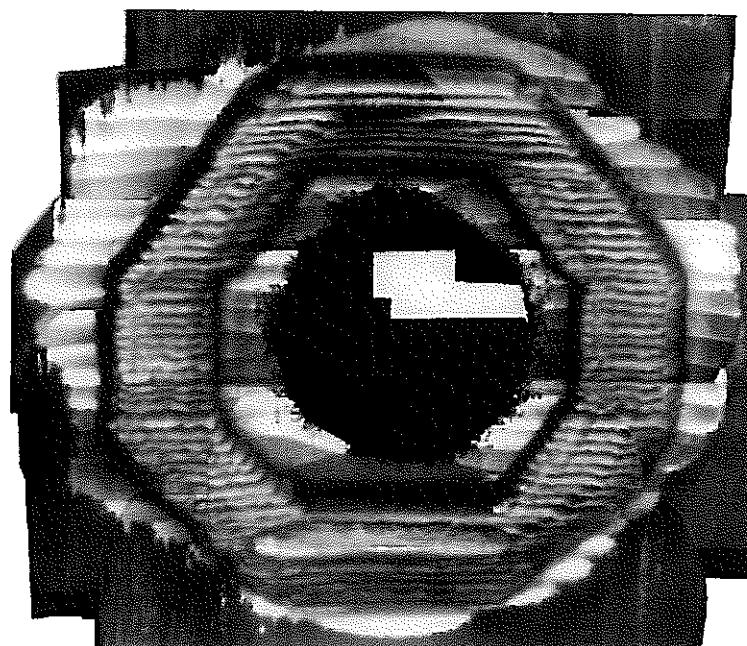
模擬蒸発缶腐食試験



模擬蒸発缶で認められた加工フロー腐食（クロニファ25・20Nb鋼管）



溶解槽（補修溶接後）

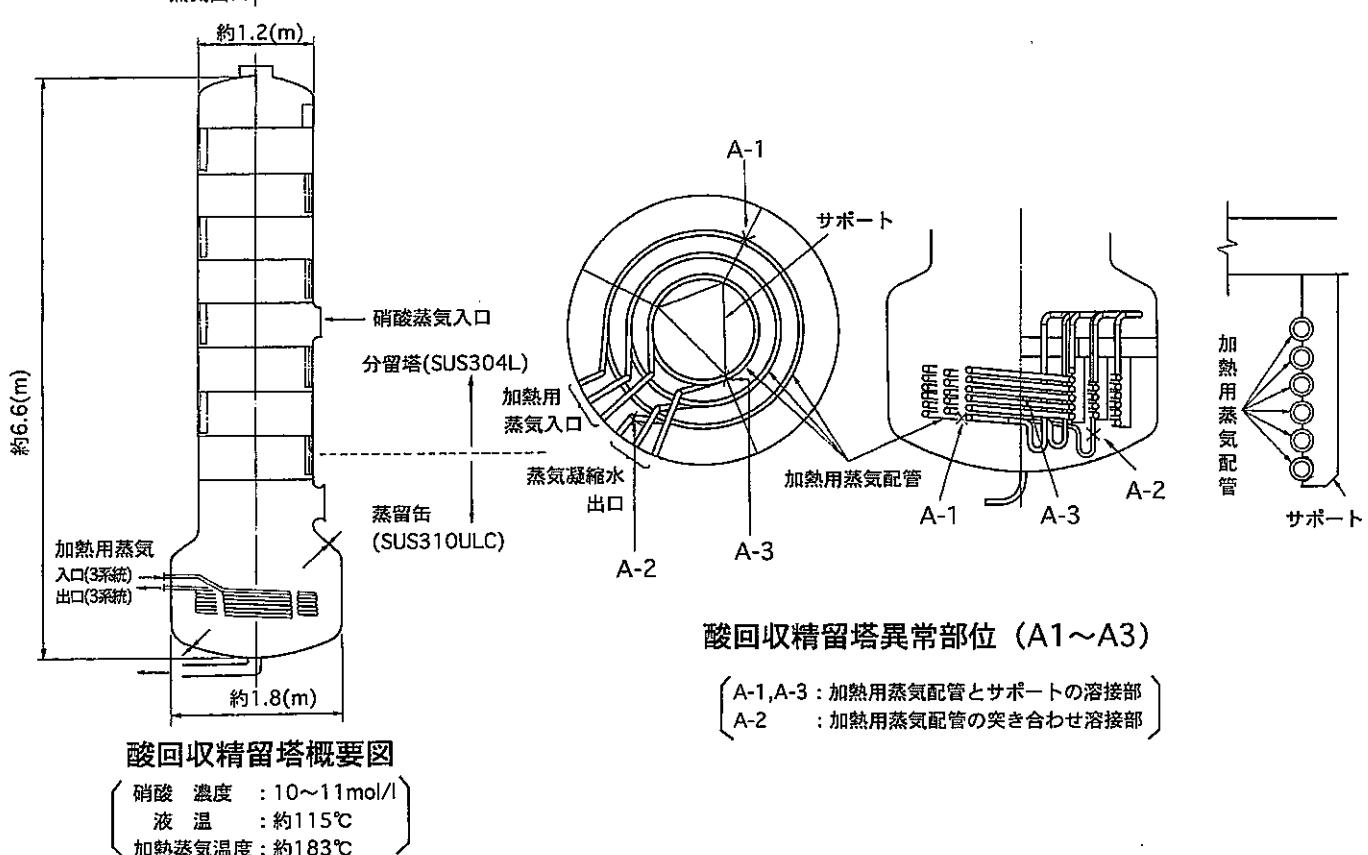


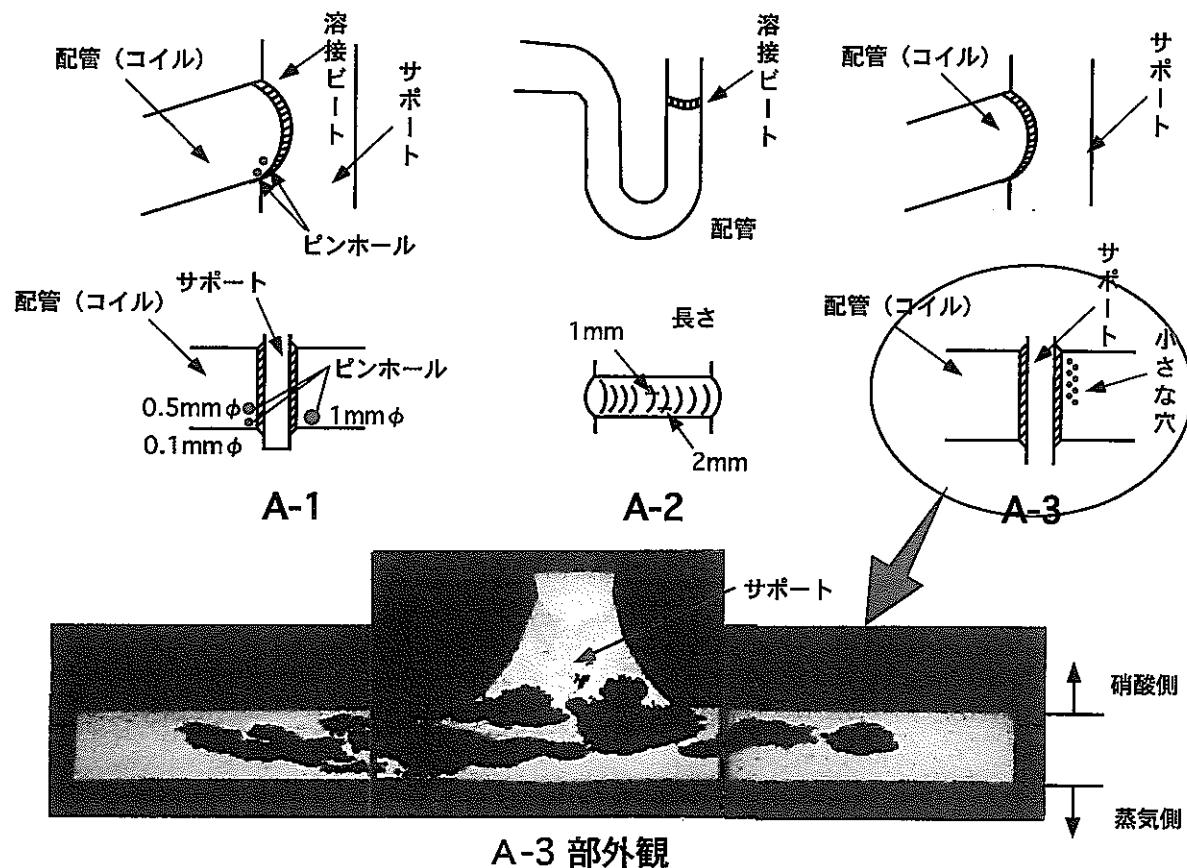
コールド試験で得られた腐食進行モデル

肉盛溶接部

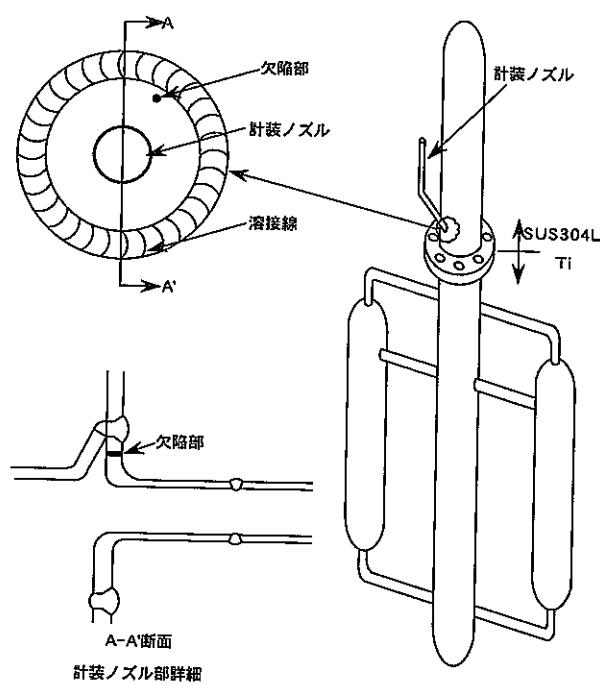
段階	第1段階	第2段階	第3段階
写真			
外観上の特色	金属光沢がなくなる 肉盛溶接ビート上のリップル線が消失	デンドライト組織の脱落により芝生状の外観へ変化	肉盛溶接ビートが芝生状の外観を呈し、肉盛溶接ビート幅減少
腐食の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・デンドライト組織境界に沿った侵食 ・明瞭なデンドライト組織 ・デンドライト組織の脱落 	<ul style="list-style-type: none"> ・肉盛溶接ビートのリップル線が消失 ・デンドライト組織の脱落の進行 	<ul style="list-style-type: none"> ・肉盛溶接ビートの端部におけるデンドライト組織の脱落による肉盛溶接ビート幅の減少

～酸回収精留塔の腐食概要～



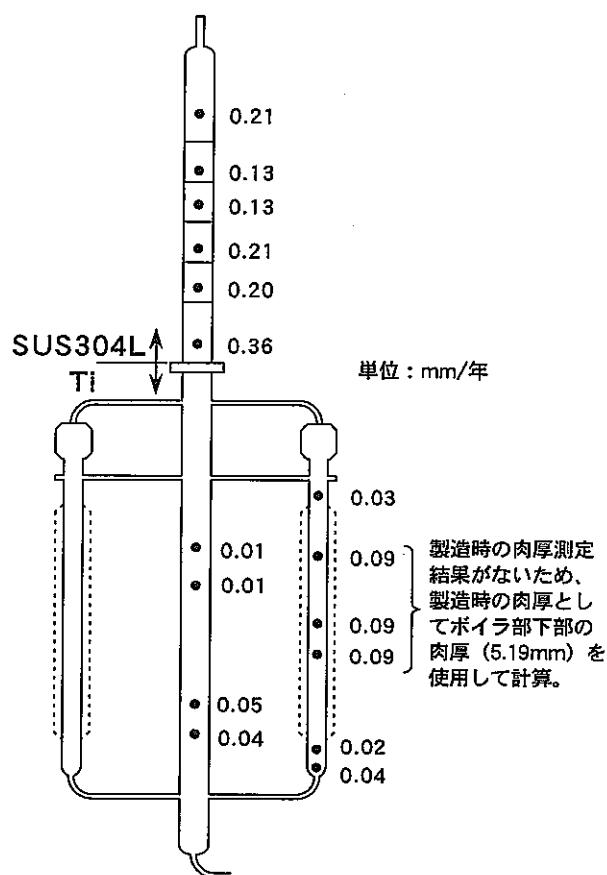


各異常部位の概要

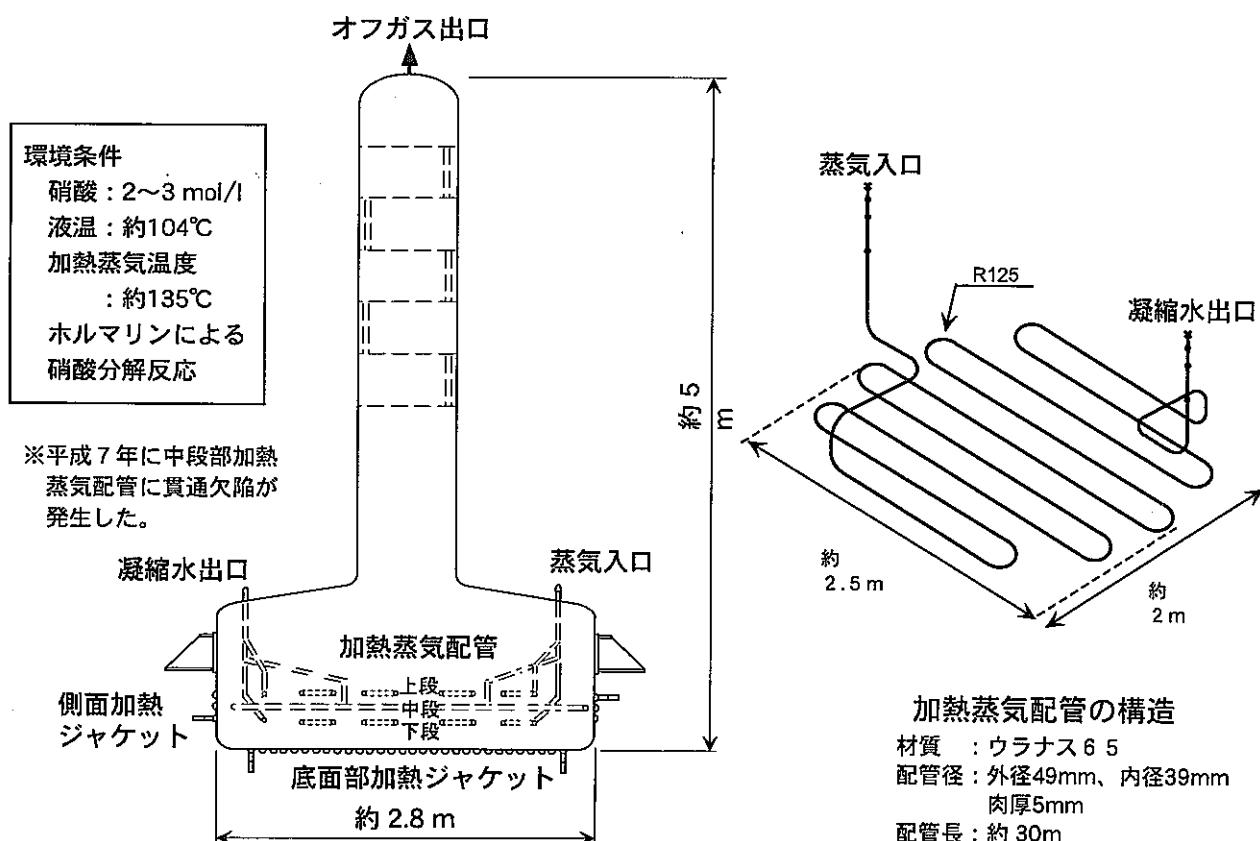


プルトニウム溶液蒸発缶内環境
硝酸濃度: 5~7 mol/L
Pu濃度: 0~220 g/L
液温: 約110 °C
加热蒸気温度: 約120 °C

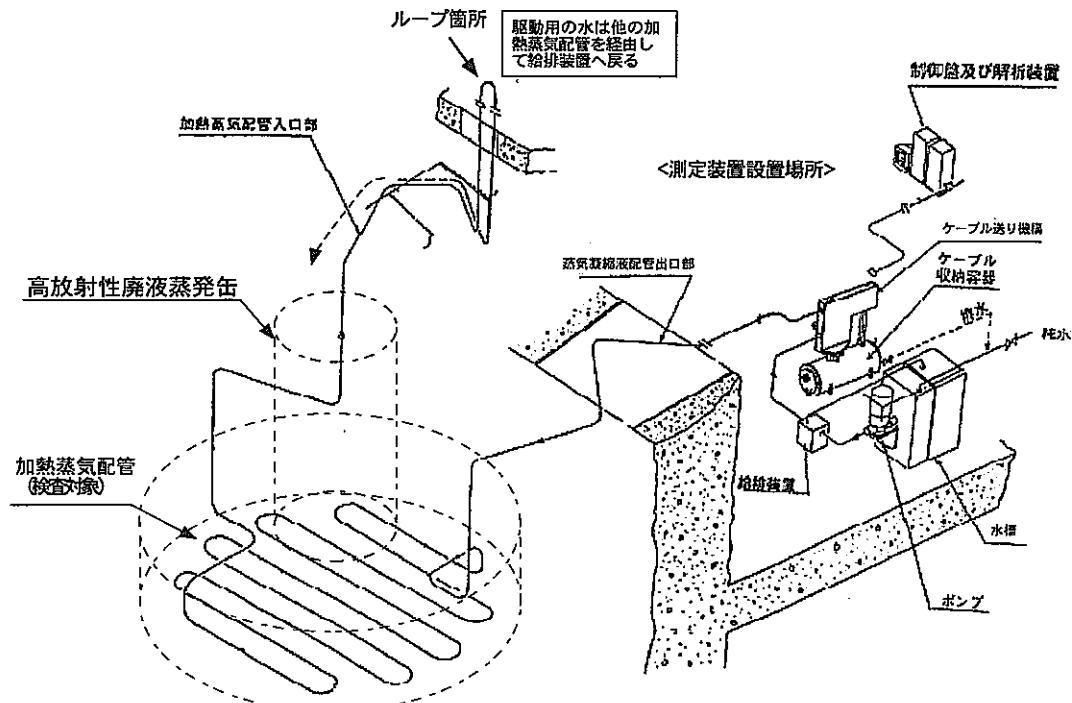
初代プルトニウム溶液蒸発缶 故障概要図



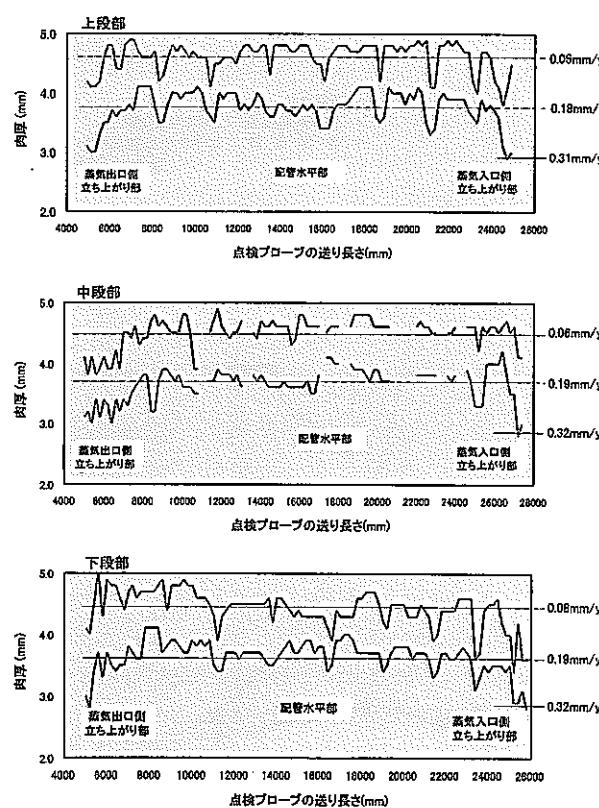
初代プルトニウム溶液蒸発缶腐食速度
(腐食速度の値 : 周方向4点の平均値)



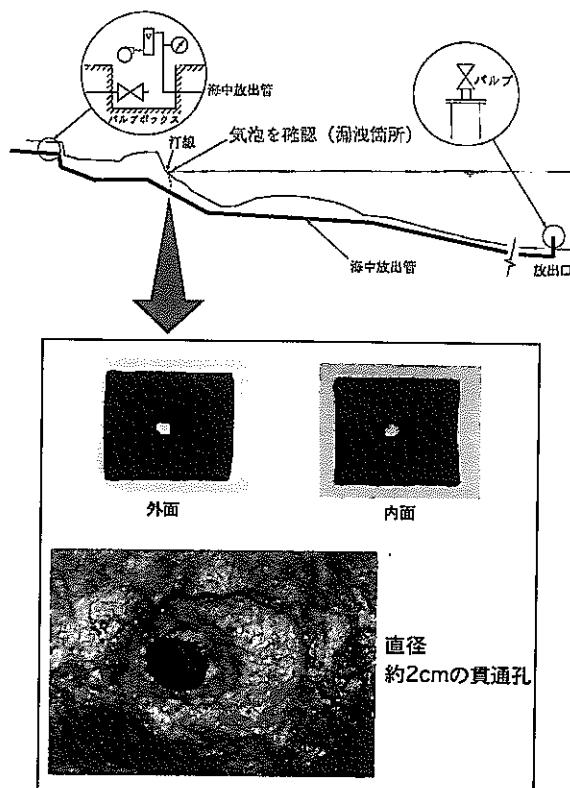
高放射性廃液蒸発缶概要



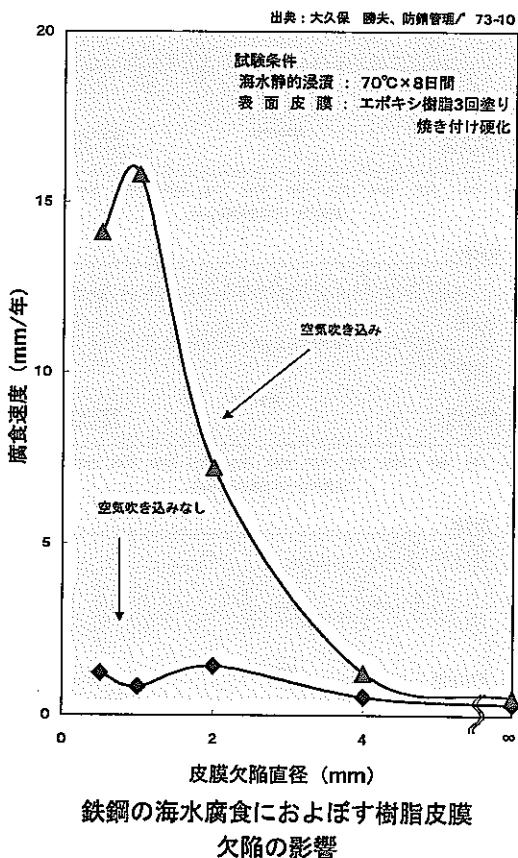
高放射性廃液蒸発缶の肉厚測定装置の概要



加熱蒸気配管の肉厚プロファイル

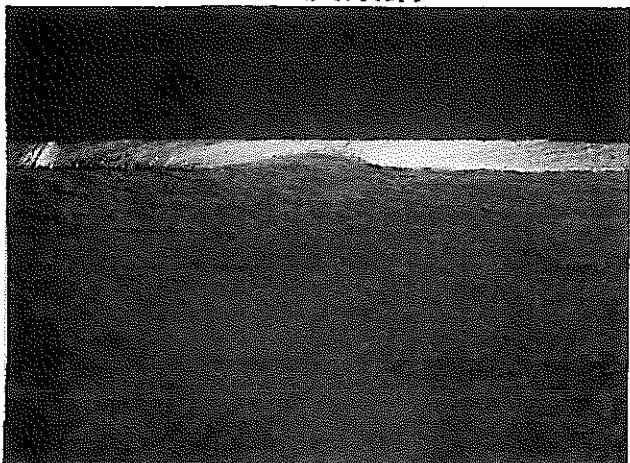


海中放出管の腐食概要

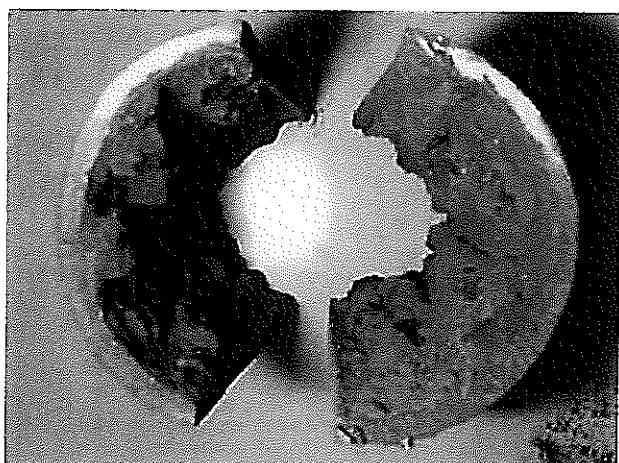


～ 冷却水配管の腐食事例 ～

炭素鋼



流速の大きい箇所



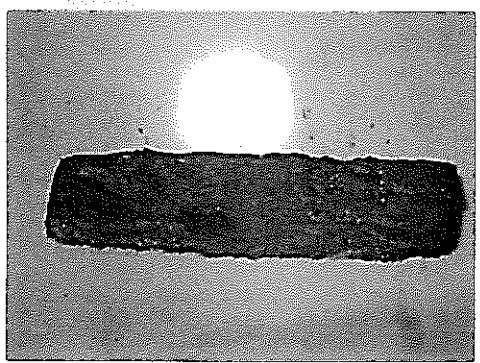
流速の小さい箇所または連続通水をしていない箇所

<対策>

炭素鋼からステンレス鋼への材質変更

～ 冷水配管の腐食事例 ～

炭素鋼

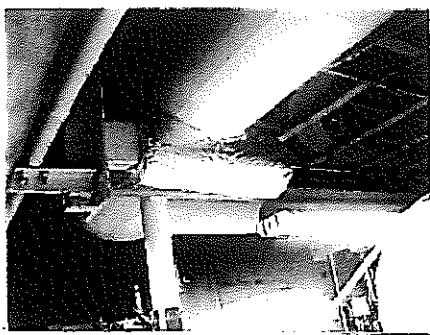


<推定原因>

- ・サポート部の結露水による腐食

<対 策>

- ・保温材取付方法の変更（下図）



- ・炭素鋼からステンレス鋼への材質変更

～ 埋設配管（工業用水）の腐食事例～



亜鉛メッキ鋼管

＜推定原因＞

- ・建物の貫通部における配管と鉄筋との接触によるマクロセル腐食

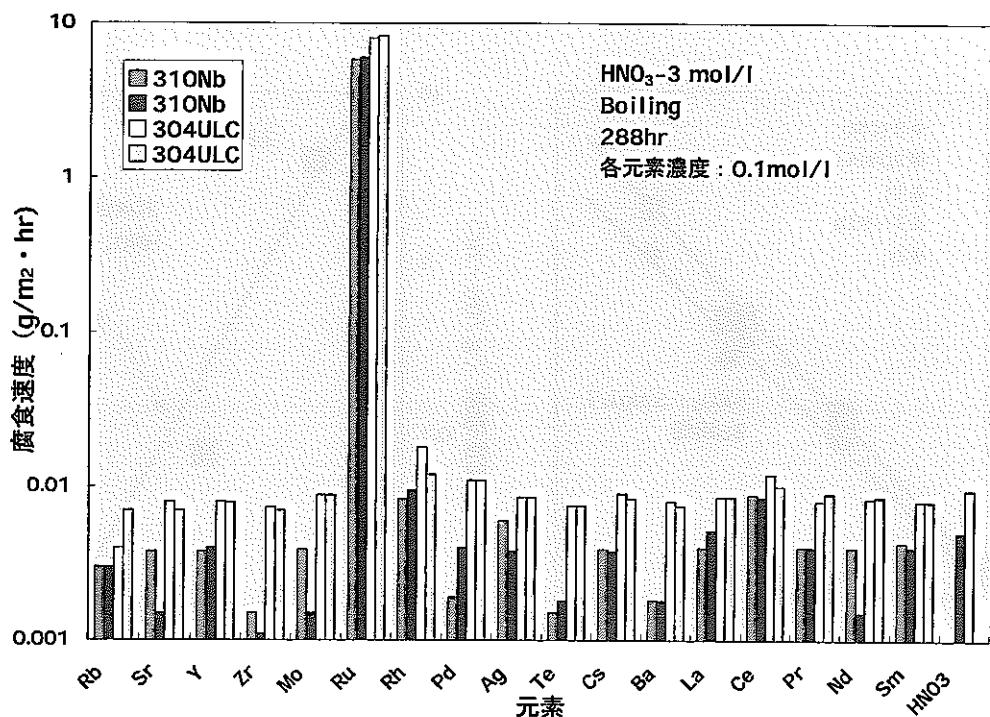
＜対 策＞

- ・Mg陽極を用いた流電陽極方式による防食
- ・配管の更新時には、塩化ビニールラミネート鋼管への材質変更

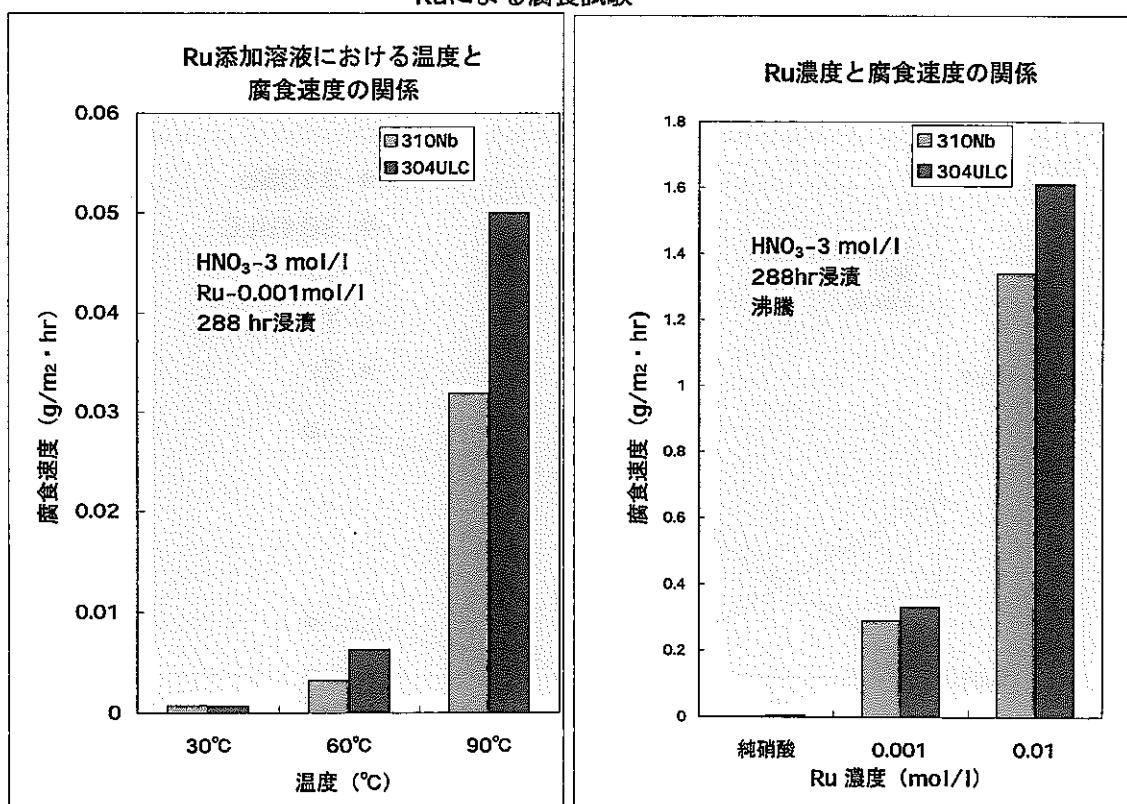
腐食に関する

R & D

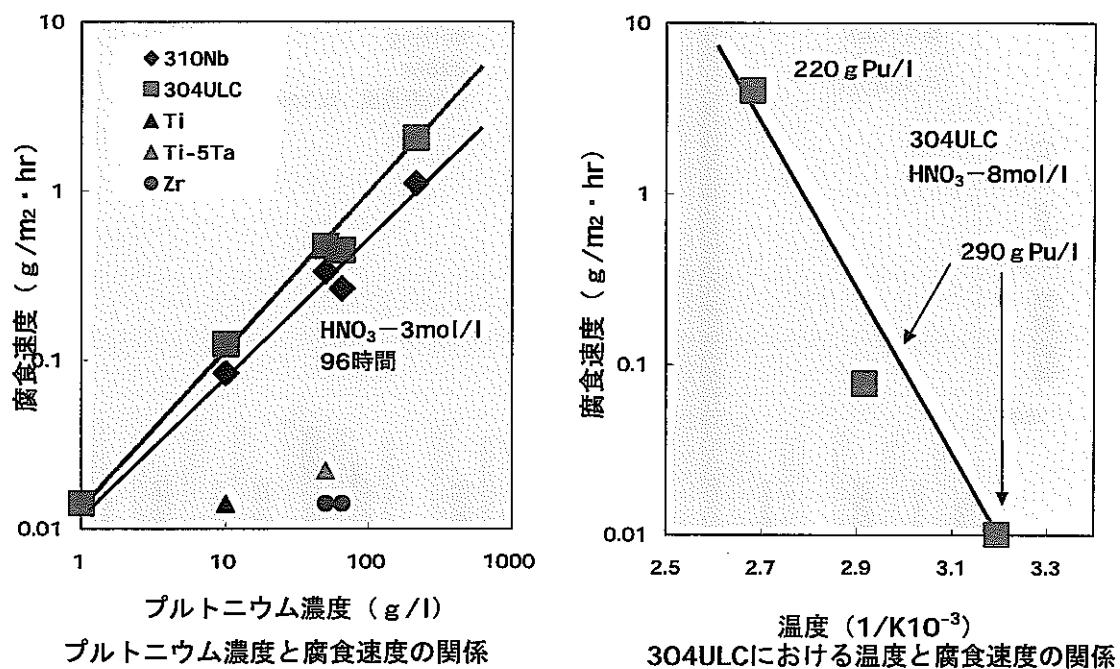
～ FP元素添加による304ULC,310Nbの腐食速度への影響 ～



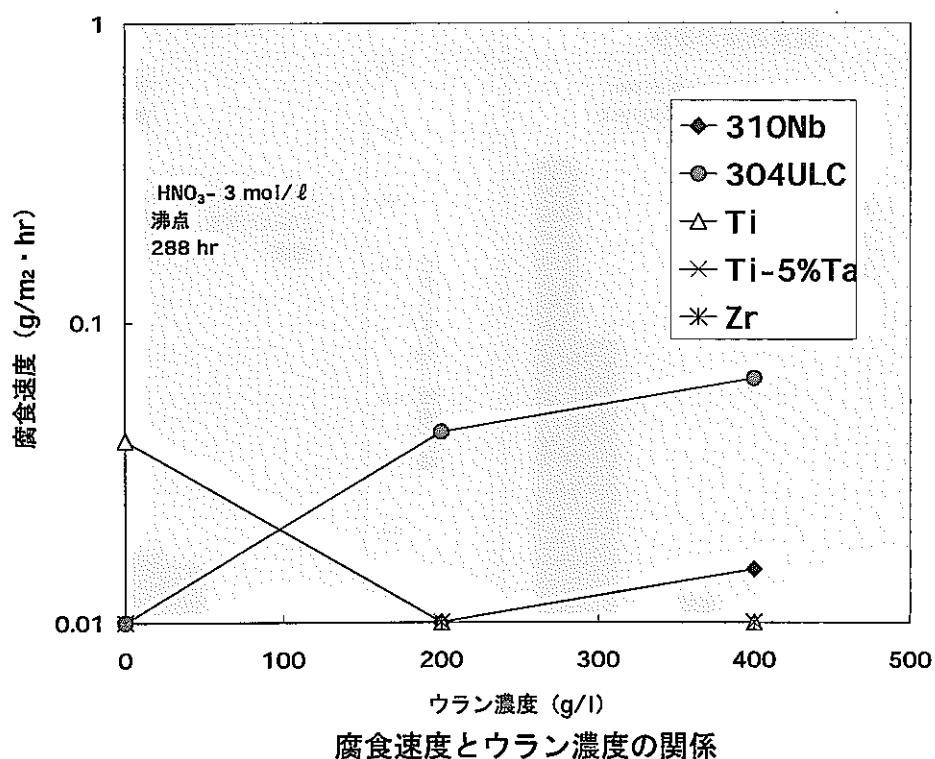
～ Ruによる腐食試験 ～



～ プルトニウムによる腐食試験 ～



～ ウランによる腐食試験 ～

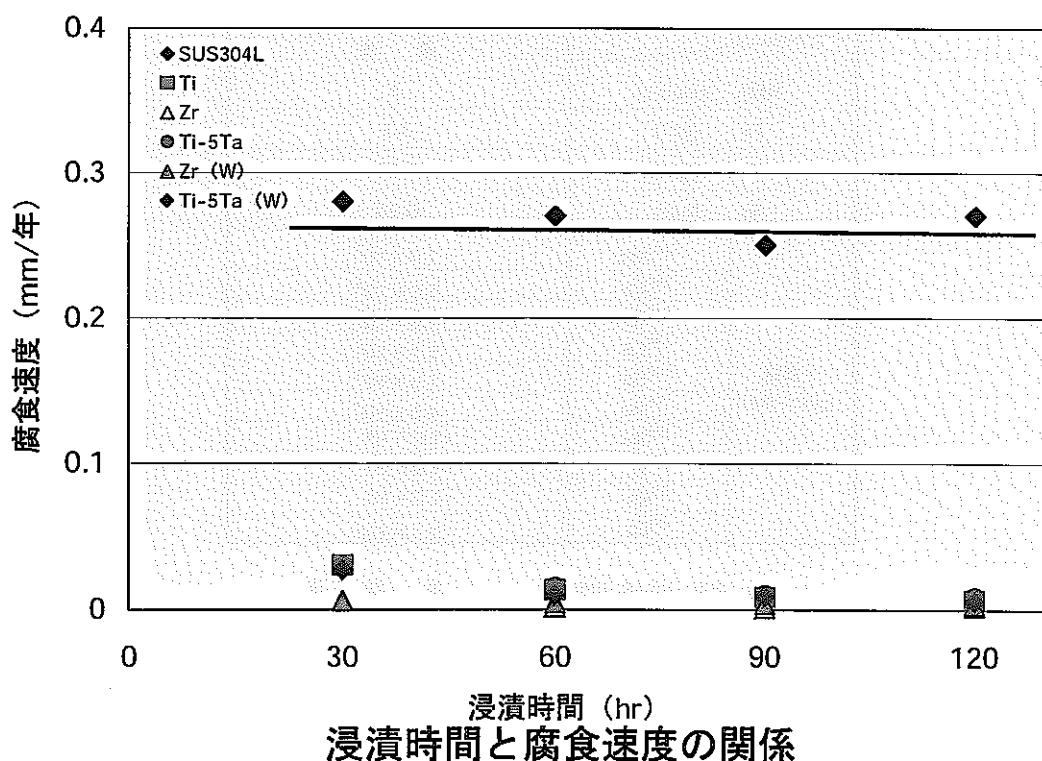


～ 酸回収蒸発缶の実液を用いた腐食試験 ～

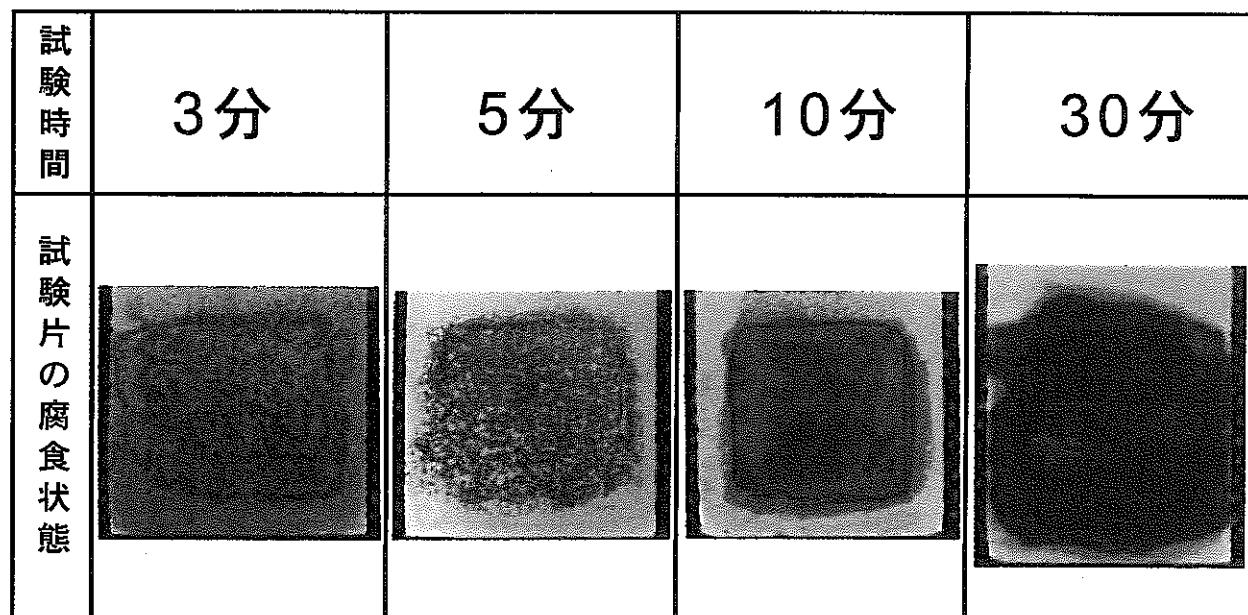
試験溶液分析値

		分析値
H^+	(N)	6.17
金属不純物 (mg/l)	Fe	325
	Cr	125
	Ni	100
γ 核種 ($\mu Ci/ml$)	^{144}Ce	2.8×10^{-2}
	^{137}Cs	2.7×10^{-1}
	^{134}Cs	5.1×10^{-2}
	^{106}Ru	1.1
	^{103}Ru	$< 1.0 \times 10^{-1}$
	^{95}Zr	$< 1.0 \times 10^{-1}$
	^{95}Nb	$< 1.0 \times 10^{-1}$

～ 酸回収蒸発缶の実液を用いた腐食試験 ～



～酸回収蒸発缶の実液を用いた腐食試験～

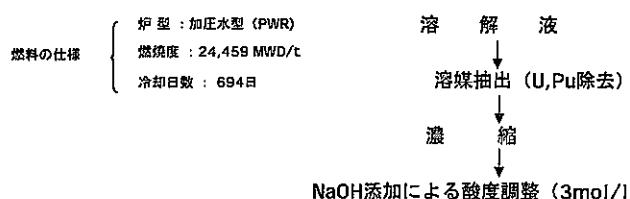


定電位(1.5V)腐食試験外観写真 (Zr)

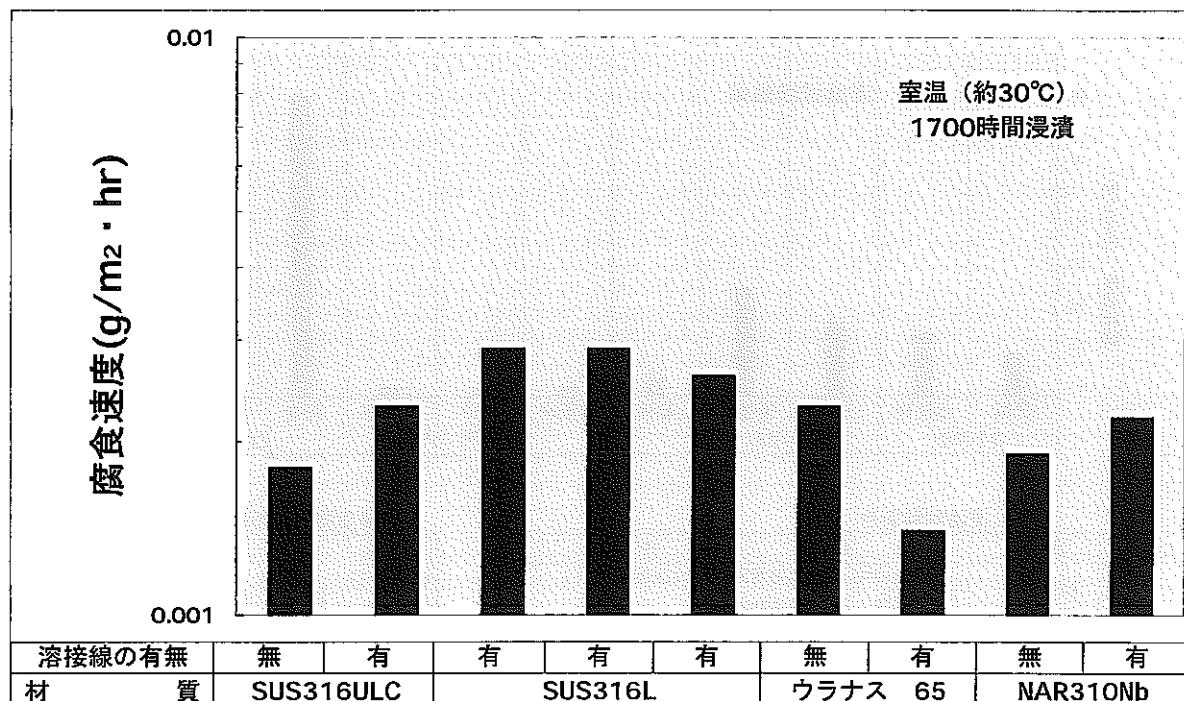
～ 高放射性の実廃液による腐食試験 ～

廃液の組成

		濃度
HNO ₃	(mol/l)	3
Fe	(g/l)	3.3
Cr	(g/l)	0.17
Ni	(g/l)	0.25
γ 核種 (μ Ci/ml)	²⁴¹ Am	1.0×10^3
	¹⁴⁴ Ce	1.0×10^5
	¹³⁷ Cs	1.6×10^5
	¹³⁴ Cs	5.7×10^4
	¹²⁵ Sb	1.3×10^3
	¹⁰⁶ Ru	4.5×10^4
	¹⁰³ Ru	$<1.0 \times 10$
	⁹⁵ Zr	$<1.0 \times 10$
	⁹⁵ Nb	$<1.0 \times 10$
	⁶⁰ Co	2.1×10^2

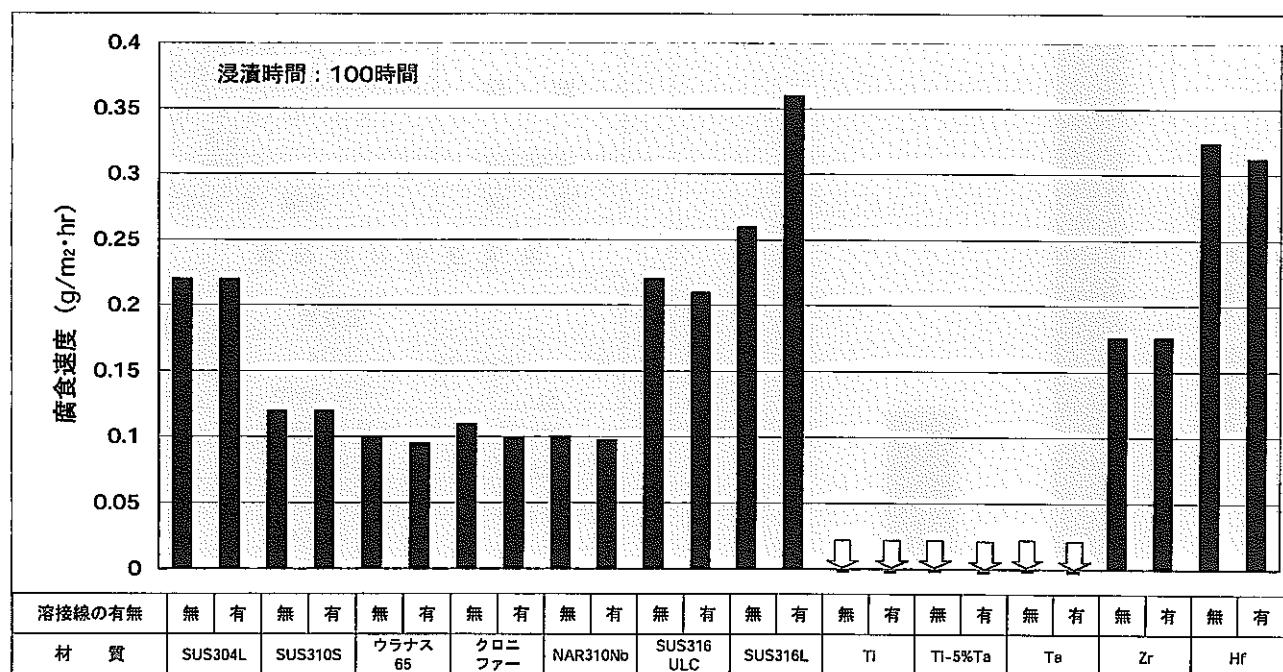


～ 高放射性の実廃液による腐食試験 ～



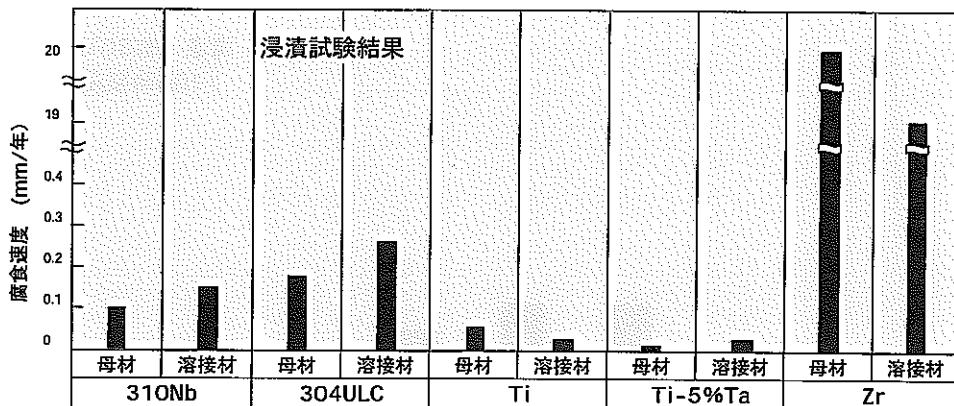
高放射性廃液による室温浸漬試験結果

～ 高放射性の実廃液による腐食試験 ～



高放射性実廃液による沸点での浸漬試験結果

～ Zr の腐食に及ぼす ‘F’ の影響 ～



浸漬試験条件

項目	条件
試験液	常陽の炉心燃料の溶解液 (31700MWd/t) 硝酸濃度: 2.7~0.4mol/l
浸漬時間	100時間
温度	沸騰

浸漬溶液分析値

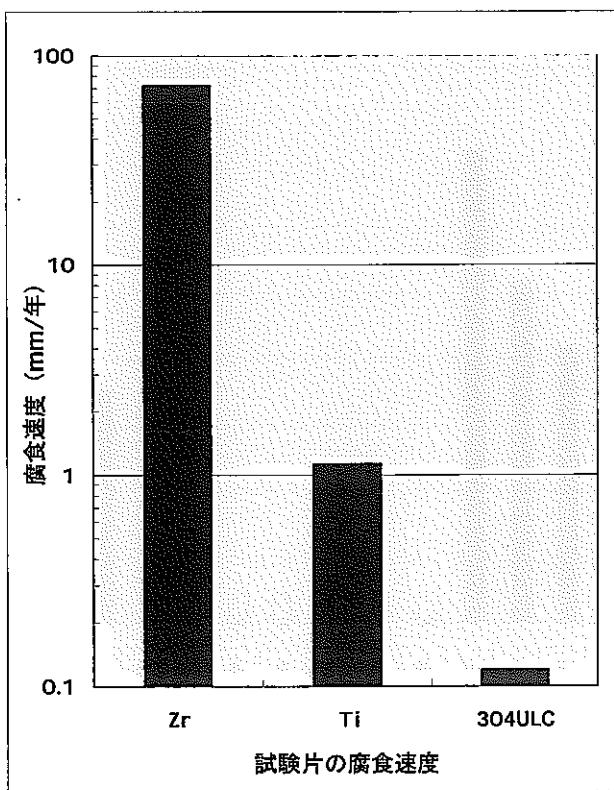
U (g/l)	Pu (g/l)	H ⁺ (mol/l)	Total γ (mCi/l)
72.6	27.8	1.71	1.1×10 ⁶

マコールの成分

成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	F	B ₂ O ₃
概算重量 (%)	46	16	17	10	4	7

～ Zrの腐食に及ぼす ‘F’ の影響 ～

浸漬試験条件



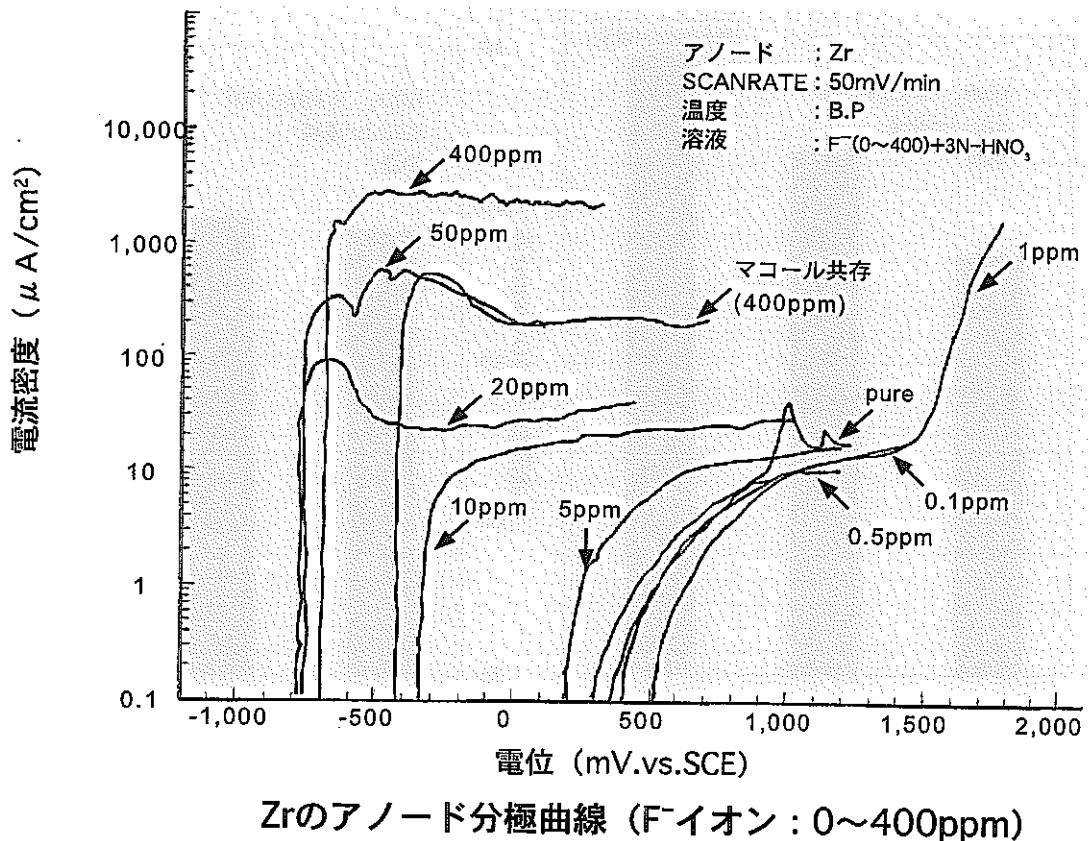
項目	条件
試験液	HNO ₃ -3mol/l
試料	Zr, Ti, 304ULC (2 ^t × 2 ^o 20) (各1枚、計3枚)
マコール	(5 ^t × 10 ^o 10 × 10) (5枚)
浸漬時間	5時間
温度	沸騰(約105°C)

浸漬液の分析結果

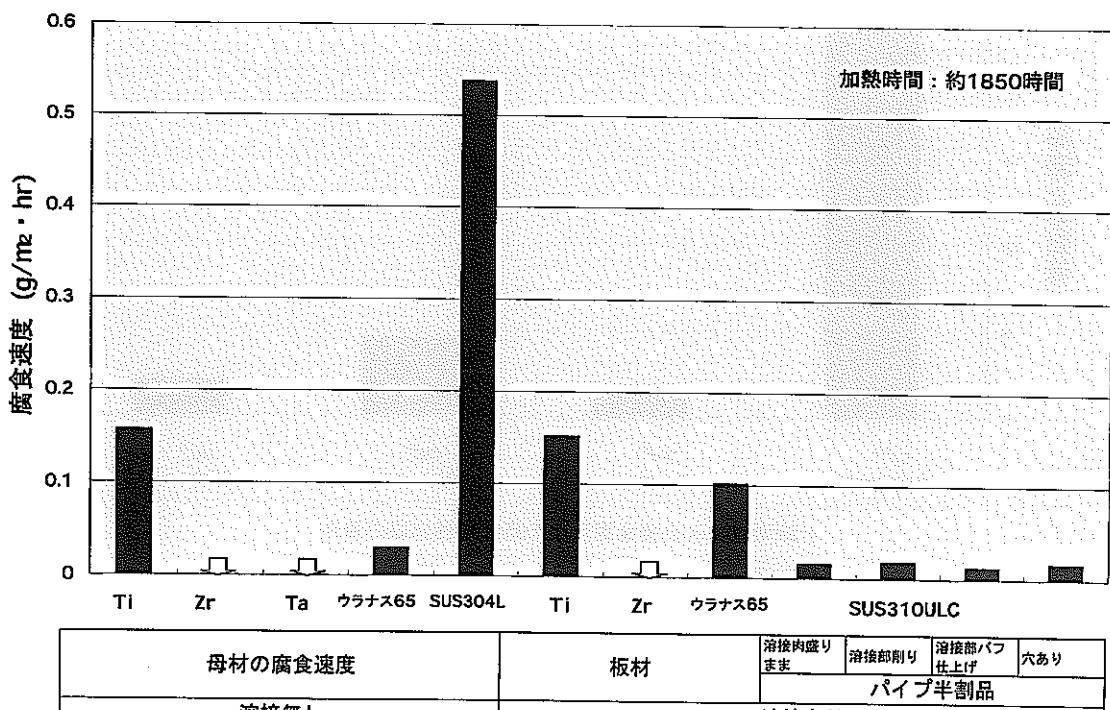
分析項目	分析値	
	浸漬前	浸漬後 ^{*2}
H ⁺ (mol/l)	3.04	2.93
Si ^{*1}	< 0.2 ppm	97 ppm
Mg ^{*1}	< 0.1 ppm	520 ppm
Al ^{*1}	< 0.2 ppm	550 ppm
K ^{*1}	< 0.2 ppm	510 ppm
B ^{*1}	< 0.2 ppm	170 ppm
F ^{*1}	< 0.1 ppm	400 ppm
Zr	< 0.2 ppm	420 ppm
Ti	< 0.2 ppm	3.4 ppm
Fe	< 0.1 ppm	3.2 ppm
Cr	< 0.2 ppm	5.9 ppm
Ni	< 0.5 ppm	0.6 ppm

^{*1}: マコール含有成分^{*2}: 5時間浸漬後

~ Zrの腐食に及ぼす'F'の影響 ~

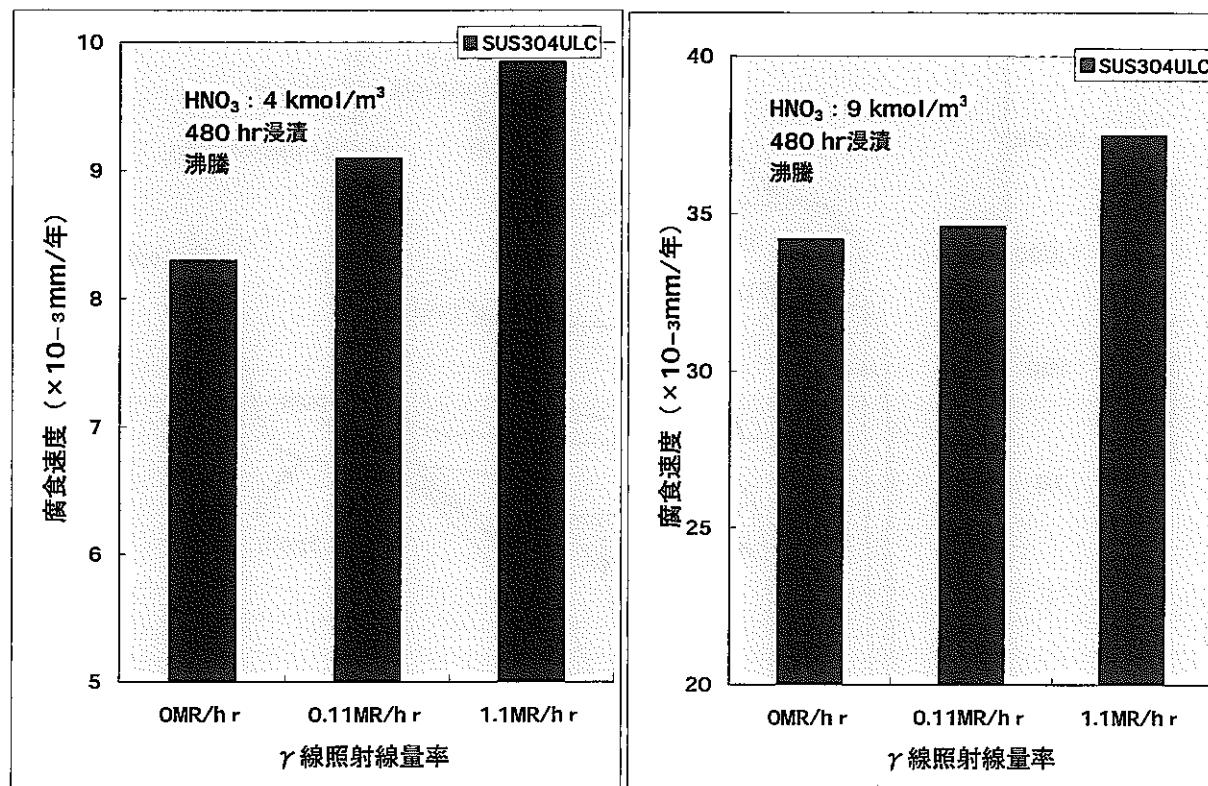


~ 酸回収精留塔内浸漬試験 ~

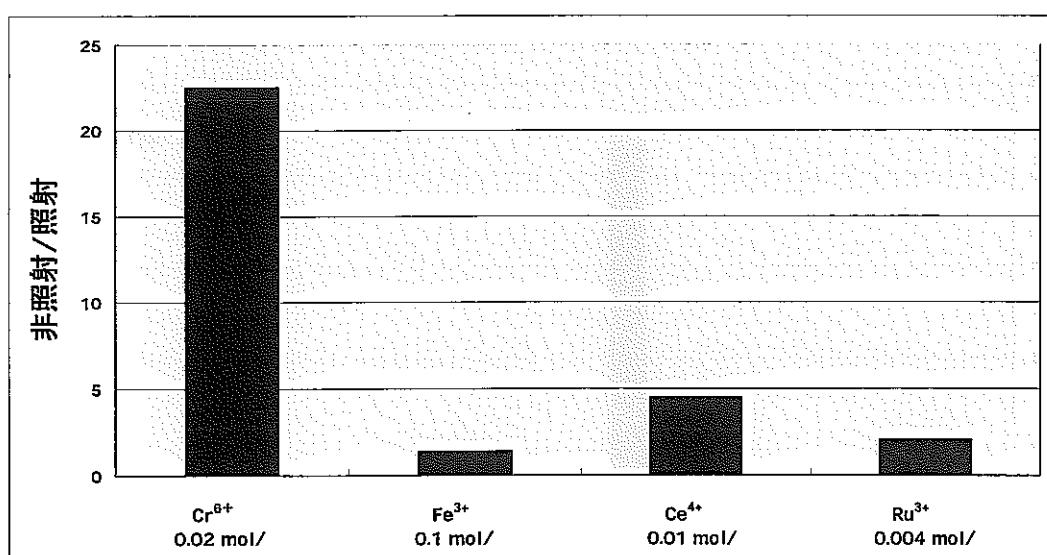


試験結果

～ γ線照射による腐食速度への影響把握試験～

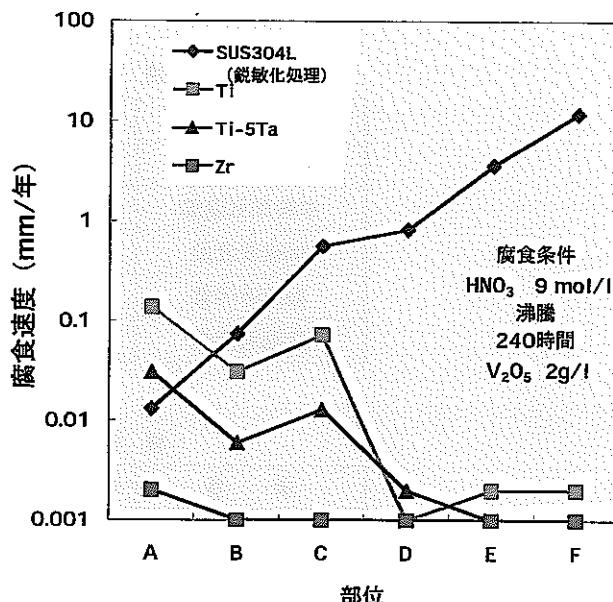
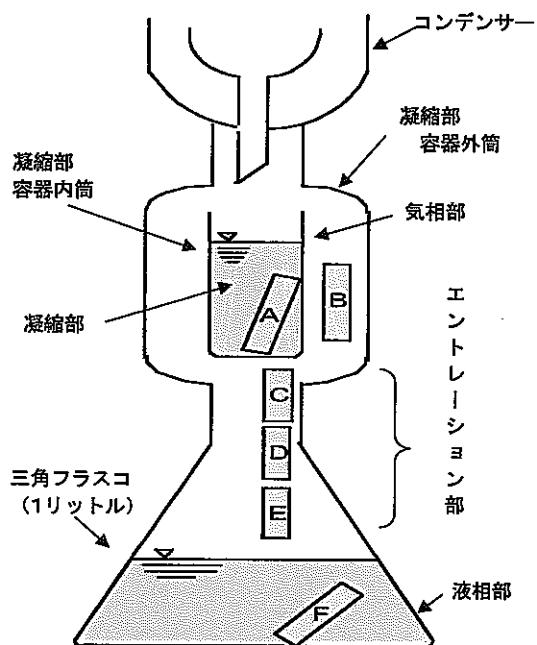


～ γ線照射による腐食速度への影響把握試験～



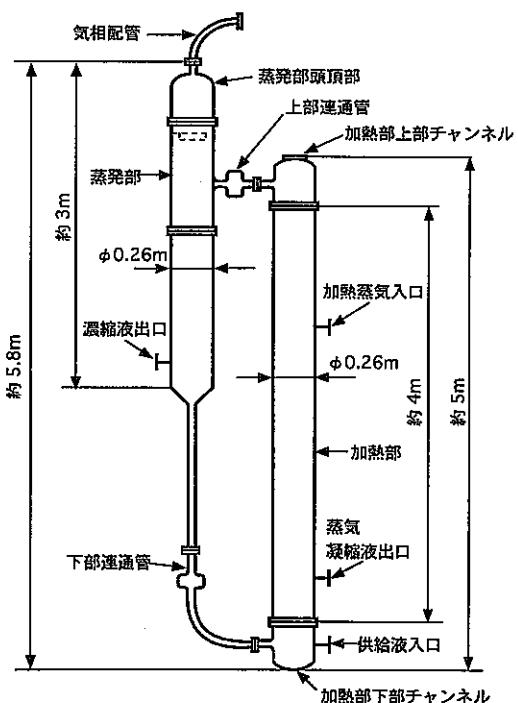
γ線照射による腐食速度への影響把握試験の条件

γ線照射源	⁶⁰ Co
照射線量率	0.4 MR/hr
供試体	R-SUS304ULC
硝酸濃度	9 mol/l
溶液温度	沸点
試験時間(沸騰時間)	480時間(96時間/回×5回)



新型Pu溶液蒸発缶材料選定のための腐食試験結果

～小型酸回収蒸発缶による実証試験～



小型酸回収蒸発缶の概要

～ 小型酸回収蒸発缶による実証試験 ～

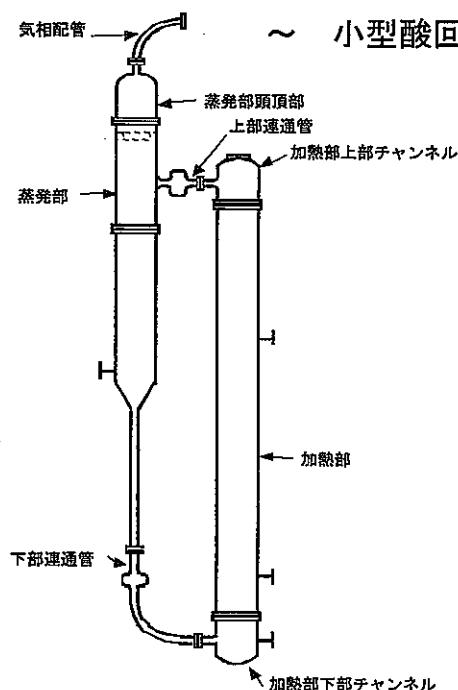
標準運転条件

運転方式	閉ループ連続
蒸発能力	実機の1/27
加熱蒸気温度	約 135 °C
供給液流量	107 ± 5 (l/hr)
凝縮液流量	105 ± 5 (l/hr)
濃縮液流量	2.2 ± 0.2 (l/hr)

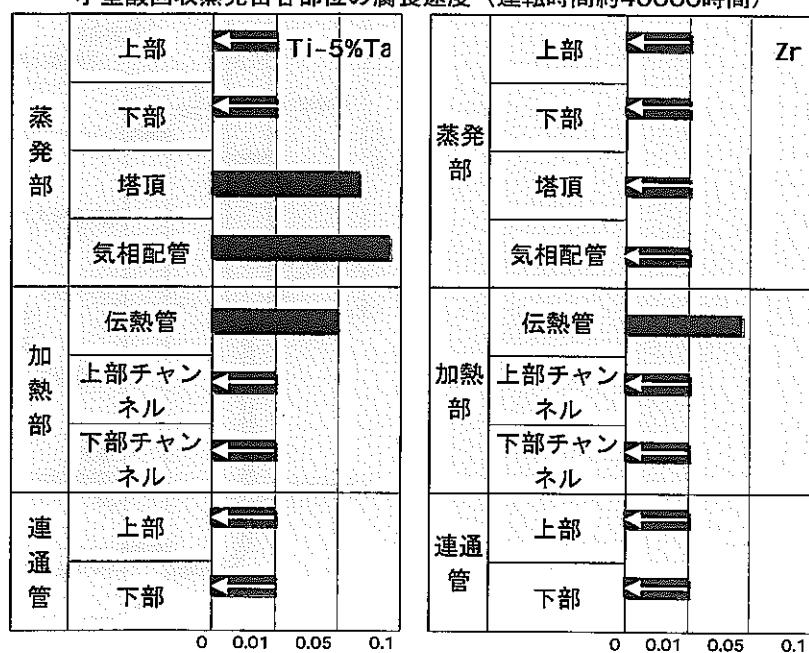
模擬溶液組成

項目	標準値	変動範囲
HNO ₃ (mol/l)	8	
Fe (mg/l)	200	50 ~ 250
Cr (mg/l)	50	12.5 ~ 62.5
Ni (mg/l)	50	12.5 ~ 62.5
Ce (mg/l)	0.5	0.475 ~ 0.625
Ru (mg/l)	1	0.75 ~ 1.25

～ 小型酸回収蒸発缶による実証試験 ～



小型酸回収蒸発缶各部位の腐食速度（運転時間約40000時間）

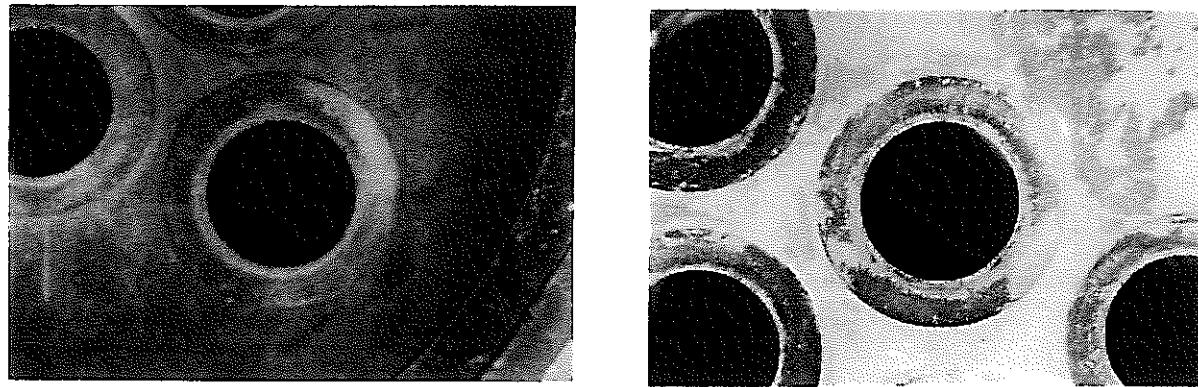


小型酸回収蒸発缶概要

腐食速度(mm/年)

腐食速度(mm/年)

～ 小型酸回収蒸発缶による実証試験 ～

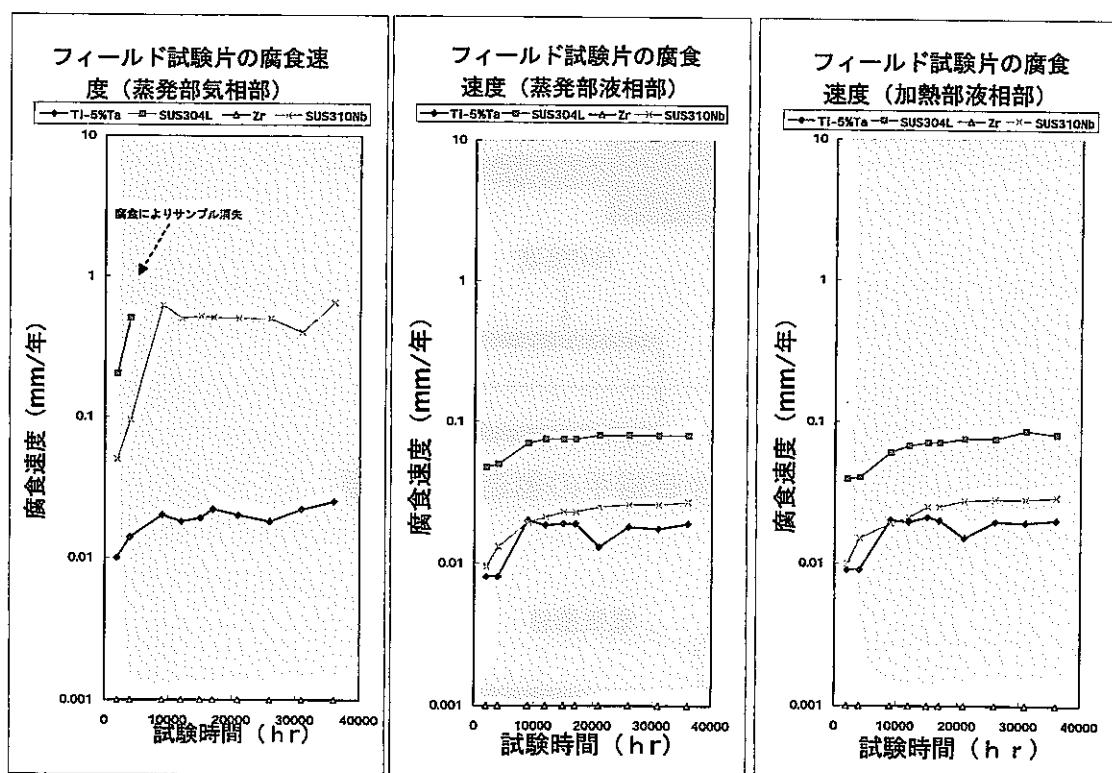


Ti-5Ta

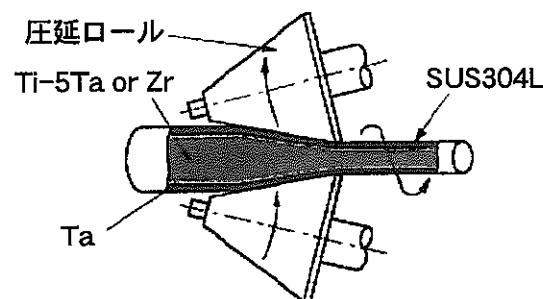
Zr

上部管板の腐食状況

～ 小型酸回収蒸発缶による実証試験 ～



～ 異材継手の開発 ～



熱間圧延処理



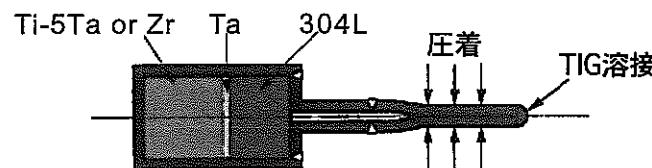
中ぐり加工



仕上げ加工

熱間圧延管継手の製造工程

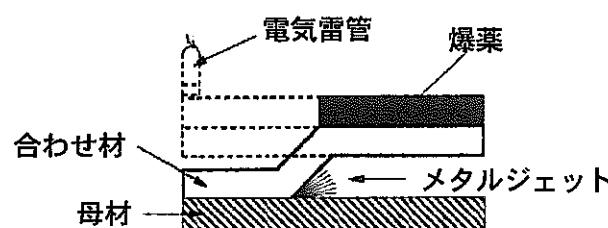
～ 異材継手の開発 ～



HIP処理

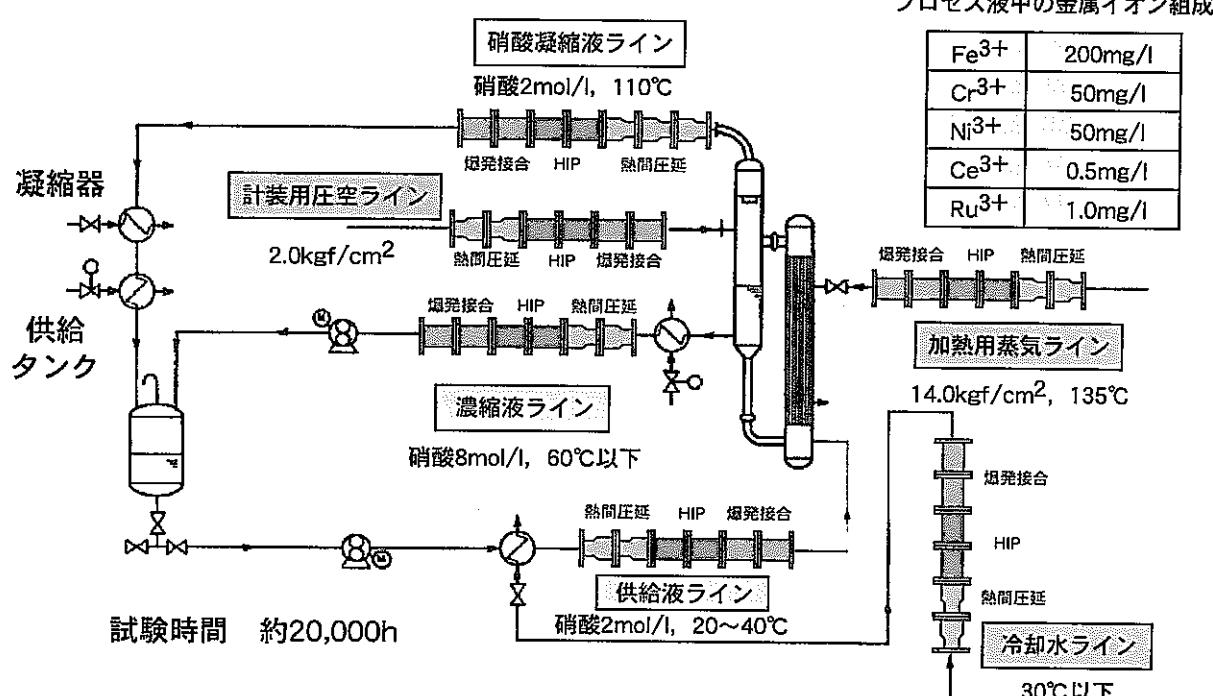


HIP接合管継手の製造工程概要



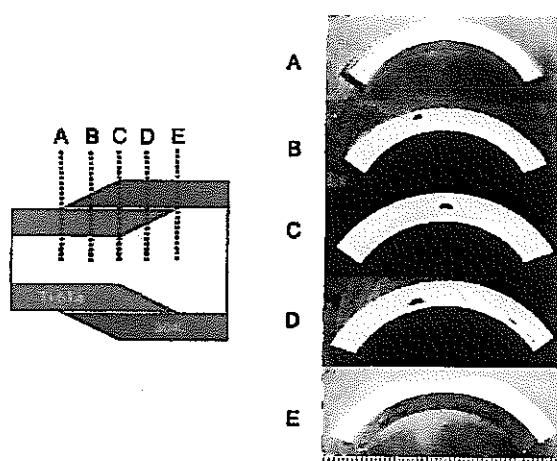
爆接法の接合原理

～ 異材継手の開発 ～

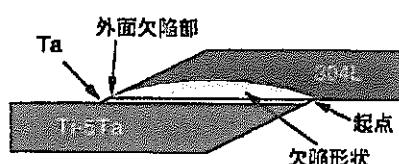


試験条件及び各異材接合継手の装置位置

～ 異材継手の開発 ～

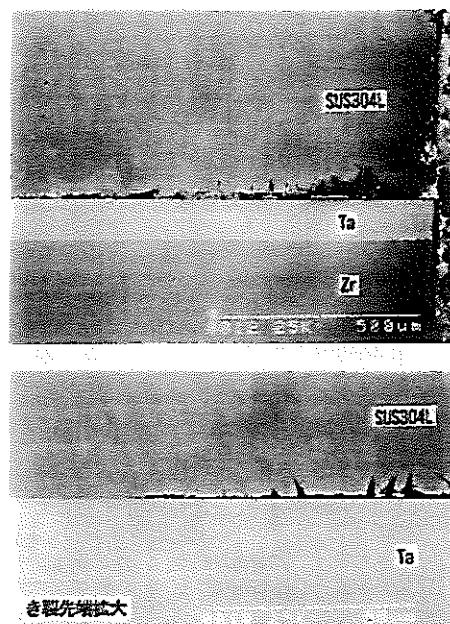


PT欠陥部のマクロ断面(Ti-5Ta/Ta/304L)



欠陥の模式図

～ 異材継手の開発 ～



～ HIP管継手の欠陥部における断面写真 ～

～ 異材継手の開発 ～

○：異常なし

装着位置		環 境	熱間圧延管継手	HIP管継手	爆接管継手
プロセス系	供給液ライン	硝酸 2 mol/l, 20~40 °C	○	○	○
	凝縮液ライン	硝酸 2 mol/l, 110 °C	(Ti-5Ta/Ta/304L)に漏れ発生	(Zr/Ta/304L)に破断発生	○
	濃縮液ライン	硝酸 8 mol/l, 60°C以下	○	○	○
ユーティリティ系	圧空ライン	2.0 kgf/cm ²	○	○	○
	蒸気ライン	14.0 kgf/cm ² , 135 °C	○	○	○
	冷却水ライン	30 °C以下	○	○	○

各異材管継手の耐圧試験結果

～ 異材継手の開発 ～
(熱間圧延継手)

設置場所		酸回収蒸発缶濃縮液出口配管内 (硝酸：約8mol/l、温度：約50°C)	
設置時間		9006時間	
結 果	外観 観察	Ti-5Ta/SUS304ULC	Ti-5Taは金属光沢、SUS304ULCは光沢のある黒色剥離などの異常なし
		Zr/SUS304ULC	Zrは金属光沢、SUS304ULCは光沢のある黒色剥離などの異常なし
PT 検 査	P T	Ti-5Ta/SUS304ULC	異常なし
		Zr/SUS304ULC	異常なし

まとめ (1/2)

- 硝酸溶液中におけるステンレス鋼の腐食速度に最も影響を与えるFP元素はルテニウムである。
- 硝酸中のプルトニウムは、濃度及び温度の上昇によりステンレス鋼の腐食を加速するが、ウランの加速は小さい。
- 酸回収蒸発缶濃縮液では、ZrやTi-5Ta、Tiはほとんど腐食しないが、SUS304Lは0.2~0.3mm/yの腐食速度を示す。
- 高放射性廃液による腐食試験では、常温でのステンレス鋼の腐食速度は0.01mm/yを下回るが、沸点ではSUS316Lが0.2~0.3mm/y程度、310系のステンレス鋼や304Lは0.1mm/y程度の腐食速度である。
- フッ素によるZrの腐食
硝酸溶液中のフッ素が10ppm以上存在するとZrの腐食速度が増大する。
- 酸回収精留塔内に設置した腐食試験では、SUS304Lの腐食速度が最も大きく0.6mm/yであり、ついでTiが0.1~0.2mm/yであった。310系のステンレス鋼は、0.1mm/yを下回る腐食速度である。

まとめ (2/2)

○腐食速度に与える γ 線の影響

γ 線を照射すると、硝酸溶液中のステンレス鋼の腐食が若干増加するが、酸化性のイオンを含んだ場合には、逆に腐食速度が低下する。

○プルトニウム溶液蒸発缶の塔頂部の材料選定試験

バナジウムを添加した硝酸溶液における液浸部、飛沫同伴部、気相部、凝縮液部の各環境での各種材料の腐食速度を測定した。SUS304Lは、液浸部での腐食が最も大きいが、TiやTi-5Taは凝縮部での腐食が大きくなり、Zrはどの環境でも殆ど腐食しない。

○小型酸回収蒸発缶による実証試験

Zr及びTi-5Ta製の小型酸回収蒸発缶による約40,000時間の試験を行い、耐食性の実証を行った。Zrは伝熱管で、Ti-5Taは気相部配管、塔頂部、伝熱管で若干の腐食が認められた。

○異種材料の継手の開発

熱間圧延法、HIP法及び爆着法によるZrやTi-5Taとステンレス鋼との継手について実施した結果、温度の高いプロセス系以外では問題なく使用できることを確認した。

3 実機の腐食評価

3 - (1) 実機の腐食状況 (溶解槽)

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター処理部化学処理第一課
田口 克也

3-(1) 実機の腐食状況（溶解槽）

1. 経緯

分離精製工場の濃縮ウラン溶解槽のうち、工場建設当初に設置した2基の濃縮ウラン溶解槽については、昭和57年4月から58年2月にかけ、相次いで加熱部の溶接線にピンホールが発生した。このため、溶解部内の上部から当該箇所に挿入可能な遠隔補修・検査装置の開発を行い、昭和58年及び61年に遠隔補修・検査作業を実施した。その後現在に至るまで溶解槽の健全性確認のため、超音波試験等を継続して実施しており、また点検装置の改良も併せて行っている。

2. 濃縮ウラン溶解槽の材料・使用環境

1) 使用材料

濃縮ウラン溶解槽242R10, R11にはオーステナイト系ステンレス鋼(25Cr-20Ni)であるURANUS65(商品名)が使用されている。また、濃縮ウラン溶解槽242R12には腐食故障の経験を踏まえ、耐食性に影響のある炭素、リン、イオウなどの含有率を低く抑えたNAR310Nb(商品名)が使用されている。

2) 使用環境

- ・加熱蒸気温度：約180°C
- ・溶液温度：沸点(約104°C)
- ・硝酸濃度：約3mol/l

3. 試験検査方法

1) 外観観察

肉盛溶接部と周辺の研磨面の外観を外観観察装置により観察する。

2) 発泡試験

濃縮ウラン溶解槽に純水を張り、中部及び下部の加熱ジャケットを空気により加圧し、発泡の有無を工業用テレビカメラにより観察する。

3) 超音波試験

中部及び下部の加熱ジャケットに覆われた部分の母材部について、超音波測定装置により肉厚測定を行う。

4) セル内観察

濃縮ウラン溶解セルのインターベンションチューブから挿入した工業用テレビカメラにより、セル内漏洩の有無を観察する。

4. 超音波試験(肉厚測定)について

1) 超音波試験装置概要

超音波試験装置は、超音波試験ヘッド、ヘッドを検査対象箇所まで昇降させる昇降装置、グリーン区域から昇降装置とヘッドの遠隔制御を行う制御盤及び超音波エコーの表示装置で構成される。超音波試験ヘッドには、溶解部内での芯出し用クランプや超音波探触子が備えられている。なお、現在使用している装置はヘッド部を遠隔で外観観察ヘッド等に交換することにより、外観観察等に供することが可能である。

2) 校正

超音波試験装置をセル内で使用した後、セル外に搬出し、校正を行うことは難しい。このため、セル内に保管されている専用校正架台を用い、実際の測定と同様の水浸法により時間軸の校正を行っている。校正架台は、溶解部と同じ内径の円筒状の容器であり、校正用試験片が取りつけられている。

3) 減肉状況

現在までの肉厚測定から、溶解部の加熱ジャケットに覆われた部分に腐食による減肉が認められている。溶解運転の加熱時間を基にした当該箇所の減肉速度は約 3×10^{-4} mm/h である。

5. 定期検査における肉厚測定

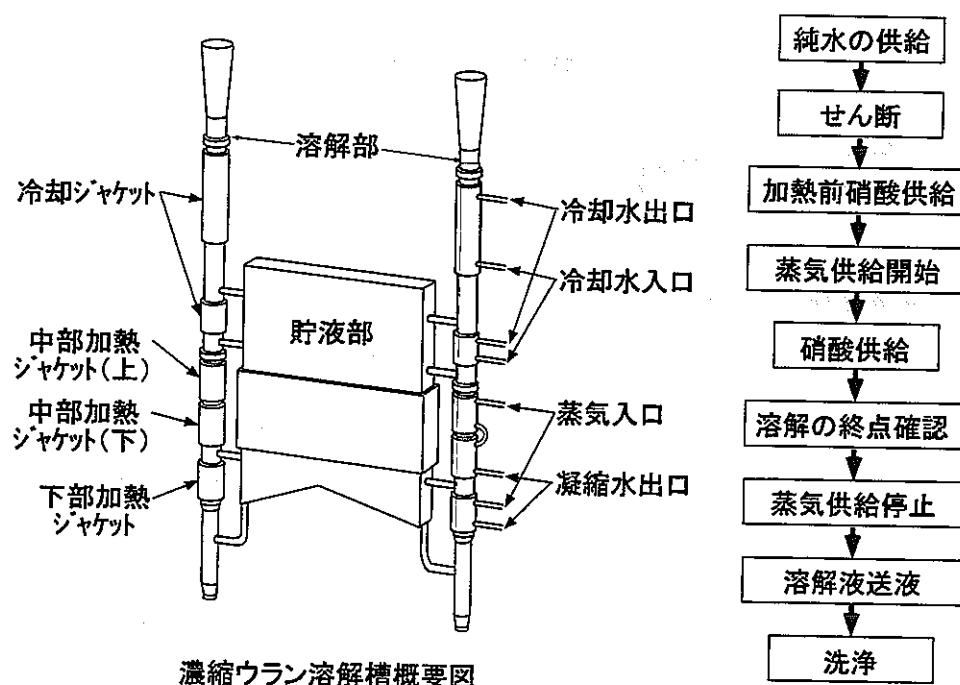
第 13 回定期検査において供用期間中の検査 (I.S.I.) として濃縮ウラン溶解槽の肉厚測定が実施された。結果、設計上の肉厚から腐食しろを減じた値以上との判定基準を満足しており、合格であった。

6. 今後の課題等

遠隔検査装置の更なる改良を行うとともに、減肉量が腐食しろに達した場合の耐震強度・耐圧強度等の再評価を行う。

濃縮ウラン溶解槽の腐食状況

再処理センター 溶解部
化学処理第一課



濃縮ウラン溶解槽の材料・使用環境・構造

1) 使用材料

242R10,R11:URANUS65
242R12 :NAR310Nb → C,Si,P,Sを低減

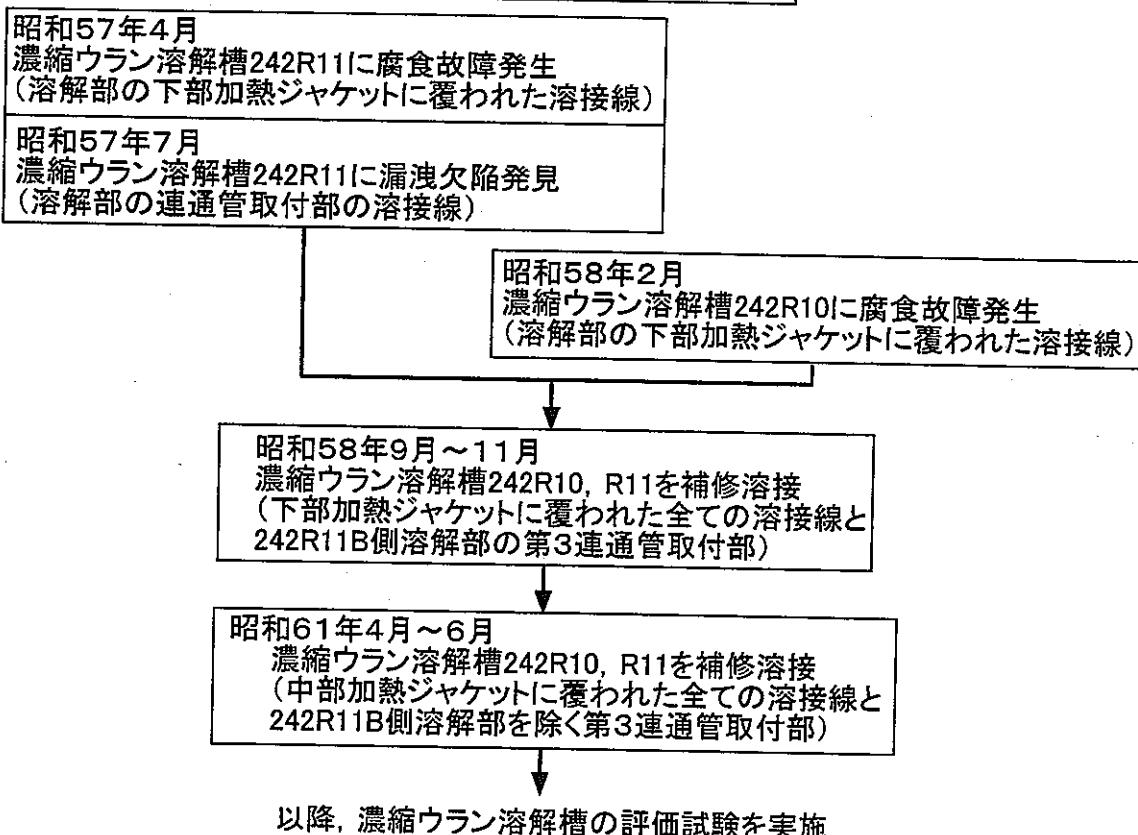
2) 使用環境

- ・加熱蒸気温度:約180°C
- ・溶液温度:沸点(約104°C)
- ・硝酸濃度(溶解後):約3mol/l

3) 構造(242R12製作時の改良点)

- ・溶解部の加熱ジャケットに覆われた部分の溶接線を無くした
- ・連通管の溶接線を溶解部本体から無くした

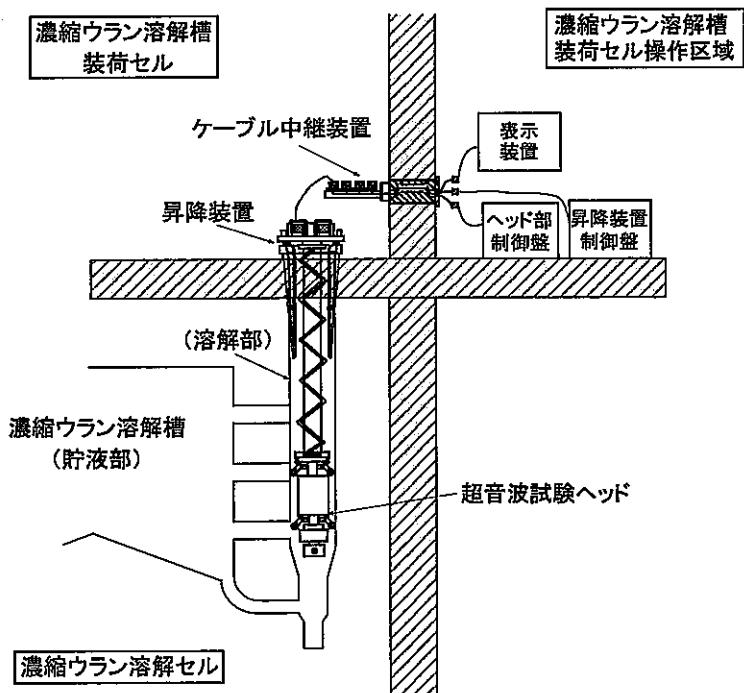
評価試験実施までの経緯



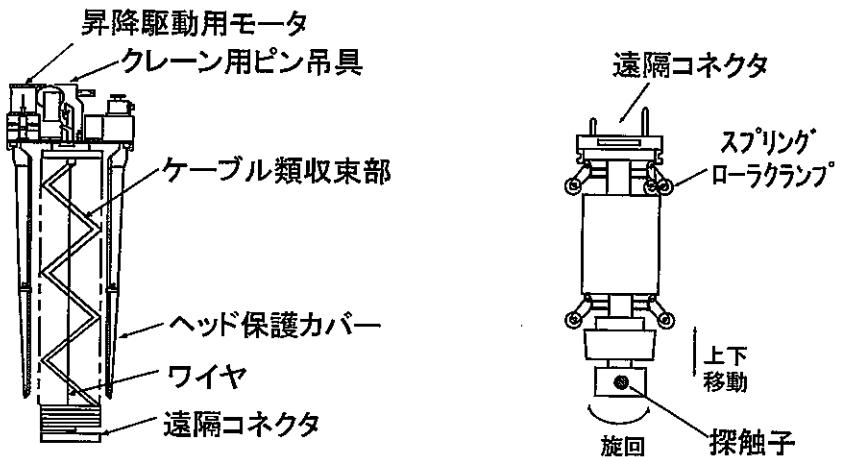
濃縮ウラン溶解槽の評価試験

- 1) 超音波試験(原則として1回／年)
中部及び下部の加熱ジャケットに覆われた部分の母材部について、超音波測定装置により肉厚測定
- 2) 外観観察(原則として2回／年)
補修溶接部と周辺の研磨面の外観を外観観察装置により観察
- 3) 発泡試験(原則として2回／年)
濃縮ウラン溶解槽に純水を張り、中部及び下部の加熱ジャケットを圧縮空気で加圧し、発泡の有無を工業用テレビカメラにより観察
- 4) セル内観察(原則として2回／年)
濃縮ウラン溶解セルのインターベンションチューブから挿入した工業用テレビカメラにより、セル内漏洩の有無を観察

超音波測定装置設置状況



超音波測定装置概要

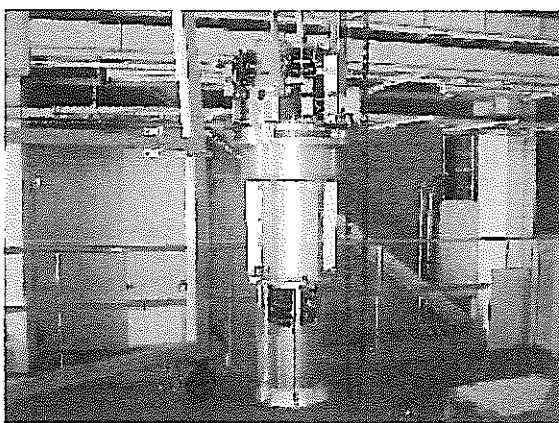


昇降装置

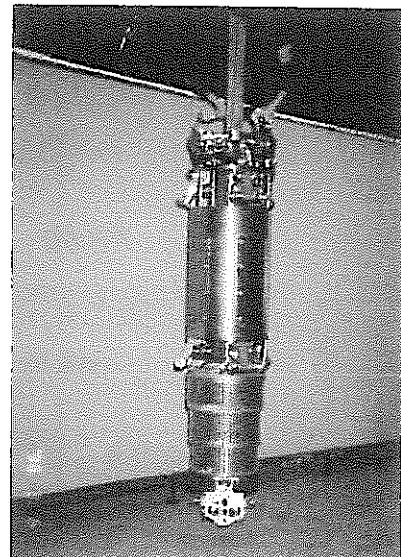
超音波試験ヘッド

- 装置外形 約 ϕ 580mm × 約1100mm
- 装置重量 約260kg
- 昇降ストローク 約5300mm

- 試験方式 水浸法(パルス反射法)
- 装置重量 約80kg
- 装置外形 ϕ 210mm × 約900mm
- 回転胴旋回角度 380°
- 回転胴上下幅 160mm
- 探触子 一探触型固定探触子(垂直)
- 探触子精度 $\pm 0.1\text{mm}$



昇降装置



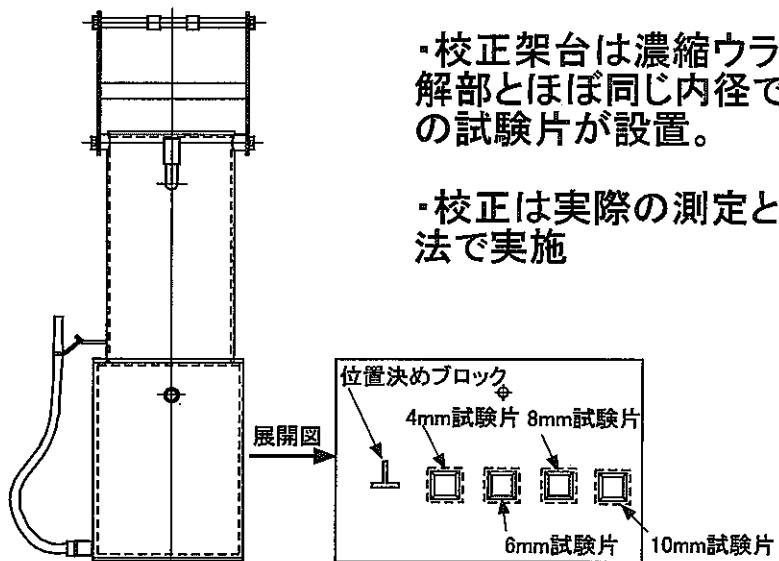
超音波試験ヘッド

超音波測定装置の校正

・濃縮ウラン溶解槽装荷セル内で
校正用架台(保管架台兼用)を用
い校正

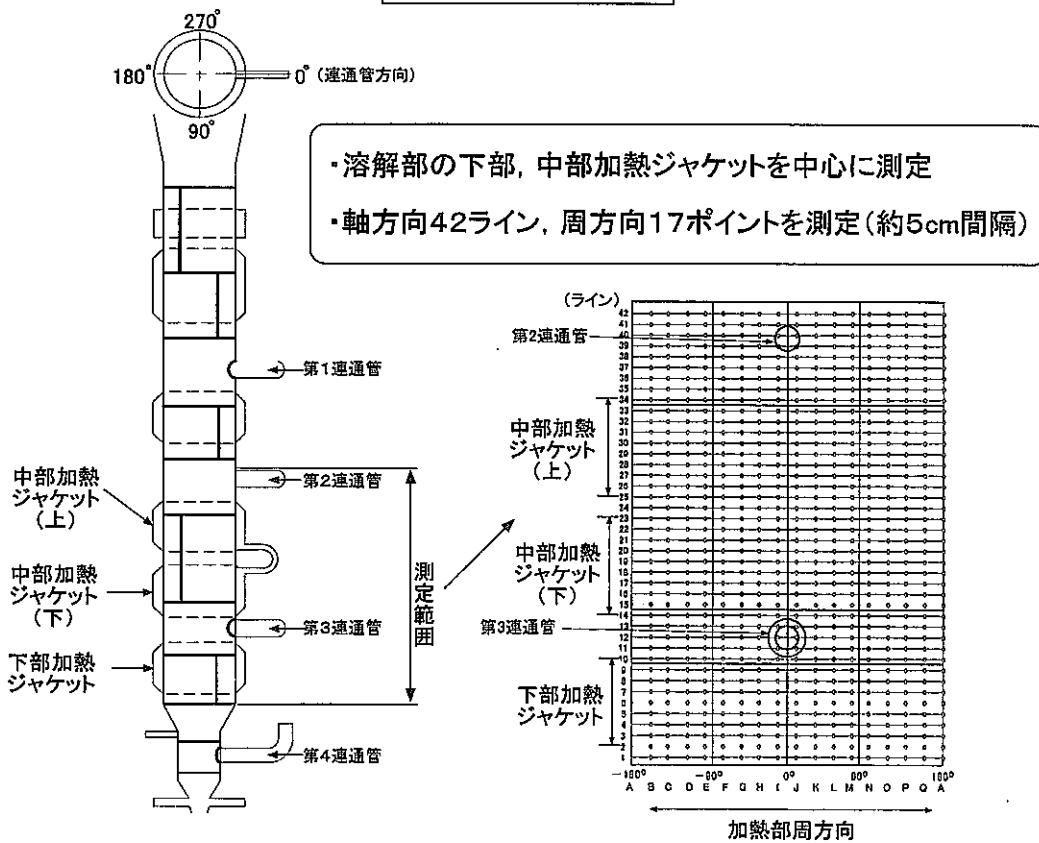
・校正架台は濃縮ウラン溶解槽溶
解部とほぼ同じ内径で4,6,8,10mm
の試験片が設置。

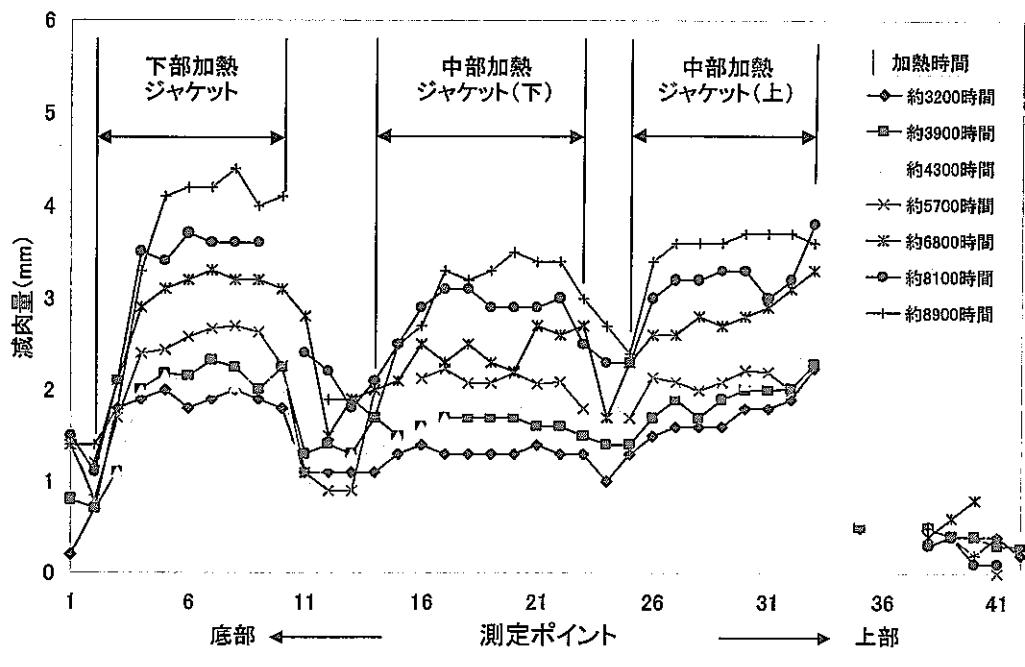
・校正は実際の測定と同様に水浸
法で実施



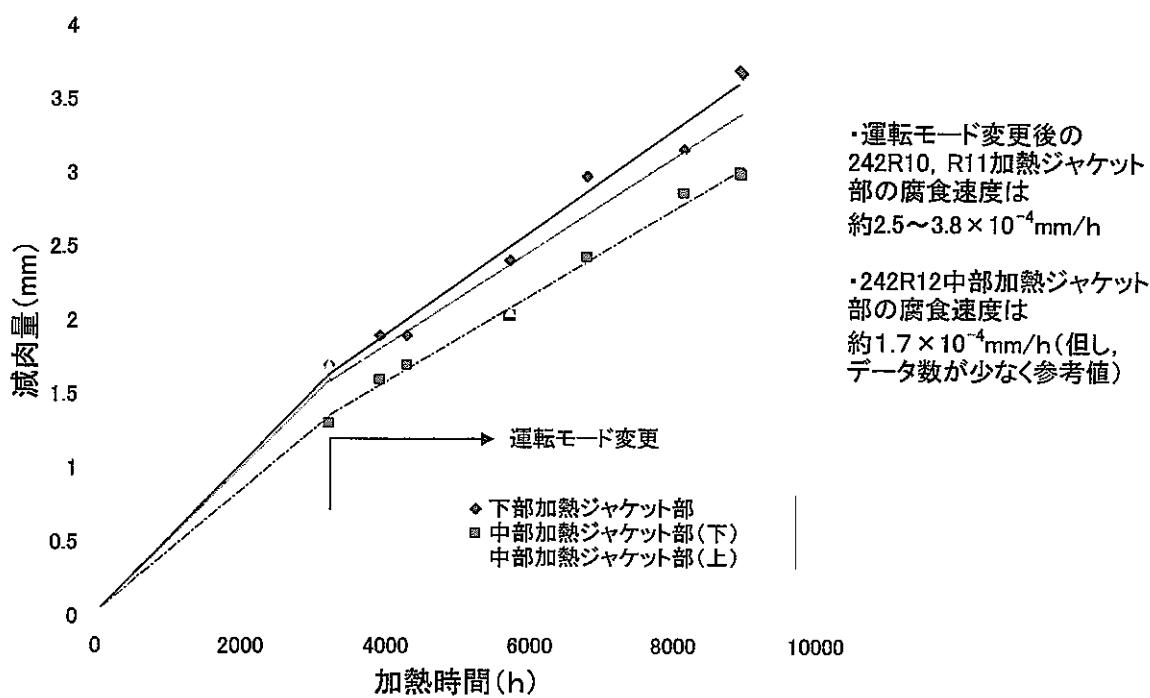
校正用架台概要図(保管架台兼用)

測定範囲



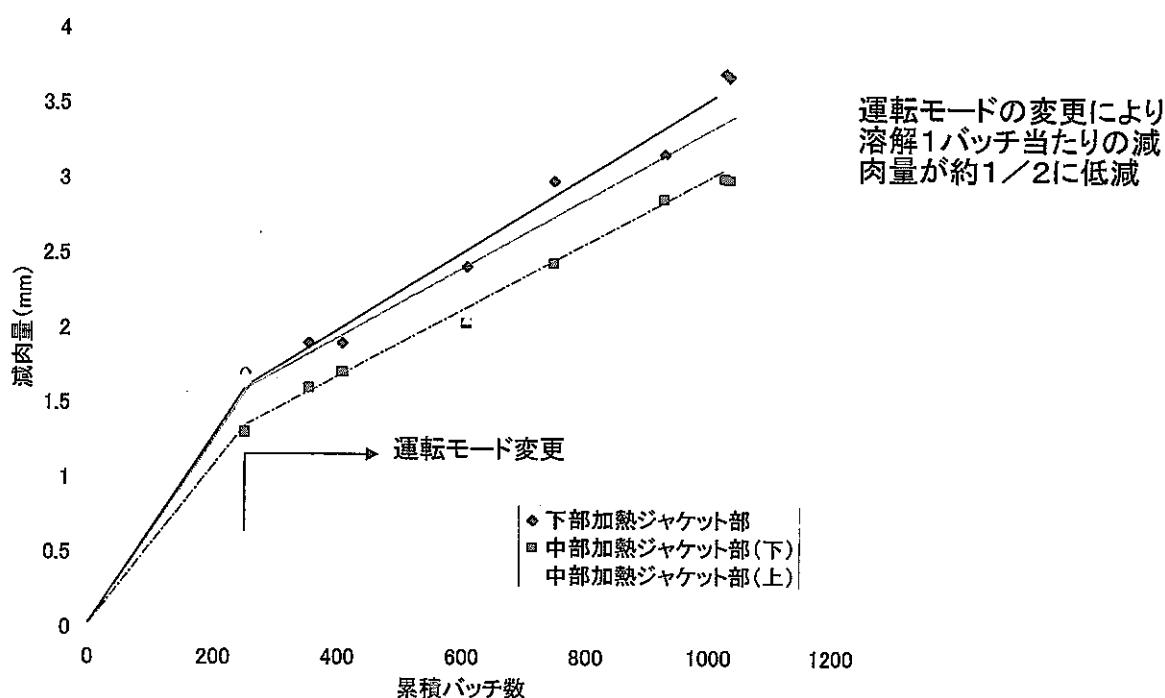
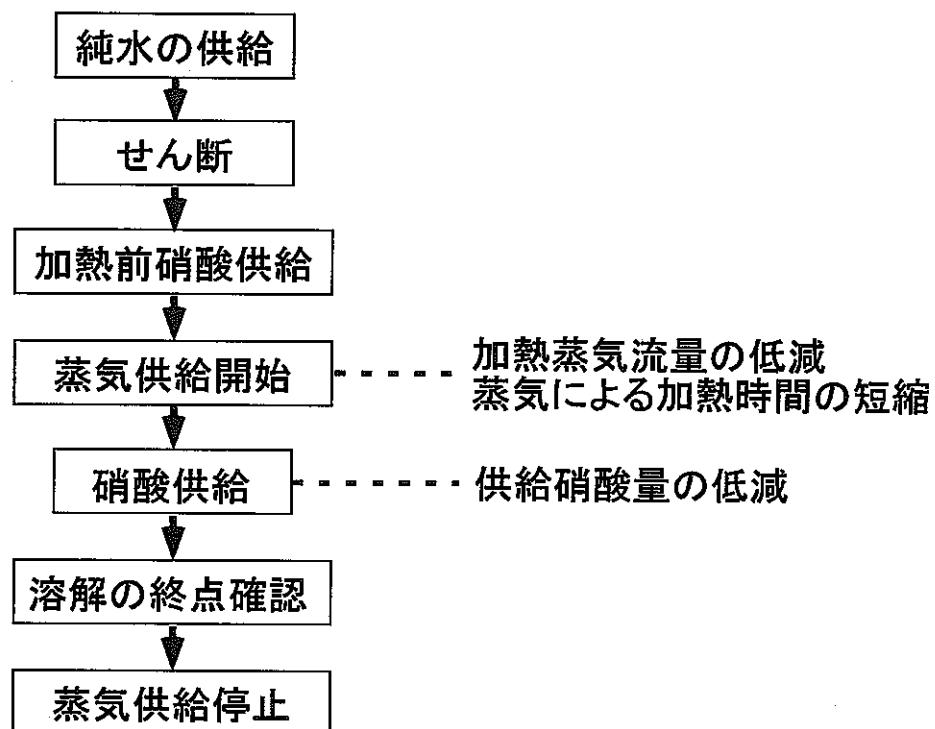


濃縮ウラン溶解槽減肉状況の例



濃縮ウラン溶解槽の腐食速度(242R11A側溶解部)

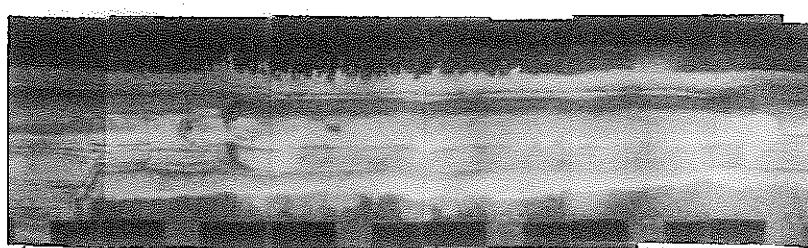
運転モードの変更



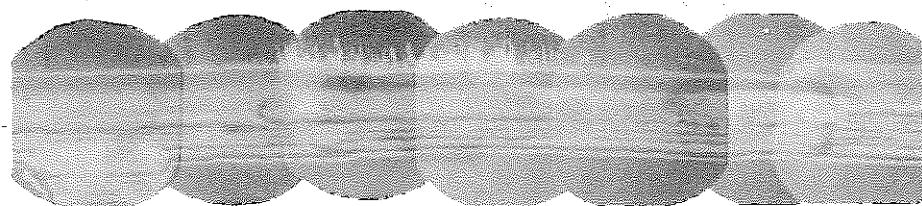
濃縮ウラン溶解槽の腐食速度(242R11A側溶解部)

外観観察の例

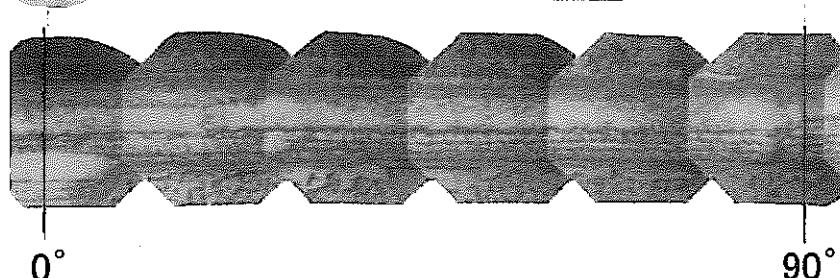
補修溶接直後



補修溶接から
約4800時間運転後



補修溶接から
約6100時間運転後



濃縮ウラン溶解槽242R11の下部加熱ジャケットに覆われた周溶接線

定期検査における肉厚測定

- ・供用期間中の検査(I.S.I)として実施
- ・濃縮ウラン溶解槽はU, Pu, FPの混合系溶液を取扱う、
ステンレス鋼製の加熱機器の代表機器として選定
- ・判定基準は周方向測定値の平均値が設計上の肉厚から
腐食しろを減じた値以上であること
- ・3基の濃縮ウラン溶解槽のうち、最も減肉が進んでいる
加熱ジャケット部1箇所を検査対象として選定

まとめ

- ・超音波試験により、減肉量及び減肉速度を把握
- ・外観観察により、溶接部の腐食状況を把握
- ・今後の計画
 - 1)242R12の減肉データの蓄積
 - 2)遠隔検査装置の更なる改良

3 - (2) 実機の腐食評価
- プルトニウム溶液蒸発缶 -

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター処理部化学処理2課
佐藤 武彦

3-(2) 実機の腐食評価—プルトニウム溶液蒸発缶—

1. 概 要

本報告は、プルトニウム溶液蒸発缶に関する点検頻度、点検方法、及び肉厚測定結果に基づく蒸発缶の腐食状況について報告するものである。

2. プルトニウム濃縮工程の概要

プルトニウム濃縮工程は、プルトニウム精製工程からの硝酸プルトニウム溶液をプルトニウム溶液蒸発缶で蒸発濃縮し、プルトニウム製品貯蔵工程へ送液する工程である。

プルトニウム精製工程で精製されたプルトニウム溶液は、プルトニウム濃縮工程の中間貯槽に受入れ、中間貯槽からプルトニウム溶液蒸発缶に送り、蒸発濃縮する。プルトニウム溶液蒸発缶の運転は、連続供給、バッチ抜き出しである。濃縮後のプルトニウム溶液は、プルトニウム濃度等の液組成の確認を行った後、プルトニウム製品貯槽に送られる。濃縮時に発生したオガス（硝酸蒸気）は、プルトニウム溶液蒸発缶塔部において希硝酸により洗浄され、凝縮器で凝縮される。

3. プルトニウム溶液蒸発缶の構造、材質

プルトニウム溶液蒸発缶は、加熱部（266E20）と塔部（266T21）から構成される熱サイフォン型の蒸発缶である。プルトニウム溶液蒸発缶は、加熱用ジャケットに蒸気を供給することにより加熱される。塔部は、5段からなる泡鐘段（バブルキャップ（2ヶ／段））が設置されており、希硝酸（0.1mol/l）で蒸発した蒸気を洗浄している。プルトニウム溶液蒸発缶の材質は、工場運転当初、加熱部がTi、塔部がSUS304Lであったが塔部に腐食が見られたため現在は、塔部材質をTi-5%Taに変更している。

4. プルトニウム溶液蒸発缶の運転・腐食環境

加熱蒸気の温度：120°C

加熱時の缶内の溶液温度：約 110°C

加熱時の蒸発蒸気の温度：約 110°C

缶内溶液の初期硝酸濃度：約 5mol/l

缶内溶液の濃縮後硝酸濃度：5～7mol/l

缶内溶液のプルトニウム濃度：0g/l～約 220g/l（濃縮終了時）

供給液の組成：プルトニウム濃度：約 12g/l、硝酸濃度約 1.5mol/l、ヒドrazin濃度約 6g/l

5. プルトニウム溶液蒸発缶の交換履歴

昭和 56 年の再処理工場が本格運転を開始した後、翌 57 年にプルトニウム溶液蒸発缶は塔部の計装配管溶接部に生じたピンホールの補修を溶接により実施し、昭和 59 年に加熱部、塔部とも交換を実施した（材質の変更なし）。更に、塔部を昭和 63 年に SUS304L 製から Ti-5%Ta 製に交換している。現在のプルトニウム溶液蒸発缶は、加熱部(Ti)で約 28000 時間、塔部(Ti-5%Ta)で約 20000 時間の運転実績を有している。

6. プルトニウム溶液蒸発缶の点検方法、点検頻度

プルトニウム溶液蒸発缶は、昭和 63 年の塔部の交換以来、1 回／1 年の頻度で点検を行っている。点検は蒸発缶が設置されているセルに入室し、目視による外観の確認の他、塔部の溶接線近傍の肉厚測定を実施している。また、平成 12 年より加熱部の肉厚も測定している。

肉厚は超音波厚さ計を用い、予め定められたポイント（塔部 12 箇所、加熱部 6 箇所の各周方向 4 ポイント）の測定を行なっている。健全性の判定基準は、測定肉厚が、設計肉厚から腐食代(1mm)を減じた値以上であることとしている。

肉厚測定の実施前には、超音波厚さ計の校正を行なっている。校正は Ti 及び Ti-5%Ta についてミルシートを付したテストピースを準備し、それらの肉厚をマイクロメータ（校正記録及びトレーサビリティ証明書を付したもの）と超音波厚さ計で測定し、測定値が許容範囲内で一致していることを確認している。

7. 点検結果

これまで実施した外観の目視検査では、プルトニウム溶液蒸発缶の加熱部及び塔部ともに腐食による欠陥等は確認されていない。

肉厚測定の結果では、加熱部における減肉はほとんど確認されておらず、塔部における減肉はこれまでに 0.3～0.4mm 程度となっている。また、蒸発缶塔部においては、実用に供した初期の段階と比較して、現在、減肉傾向は緩やかになってきているとともに、塔下部よりも塔上部のほうが高い腐食速度を示す傾向が見られている。

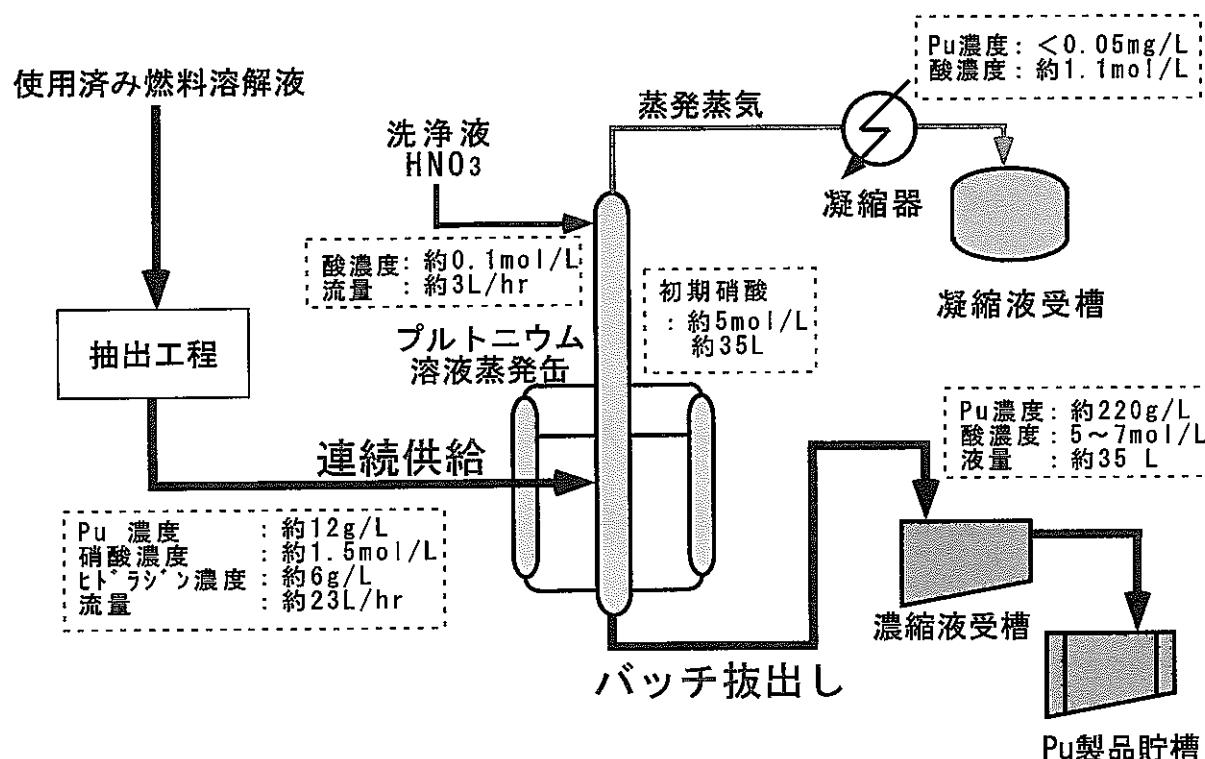
実機の腐食評価 —プルトニウム溶液蒸発缶—

核燃料サイクル開発機構
処理部 化学処理第二課

プルトニウム溶液蒸発缶の腐食に 係る報告内容

- ・工程及びプルトニウム溶液蒸発缶の概要
- ・プルトニウム溶液蒸発缶の点検方法
- ・プルトニウム溶液蒸発缶各部における肉厚測定結果
- ・肉厚測定結果からの蒸発缶各部における腐食速度
- ・チタン溶出量から求めた腐食速度
- ・まとめ

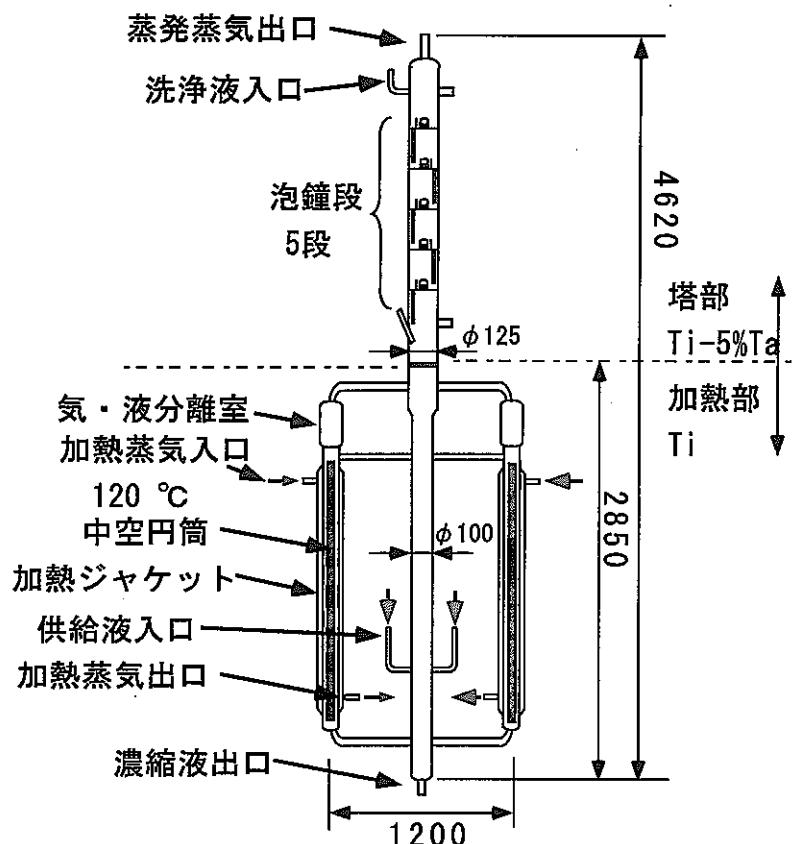
工程の概要



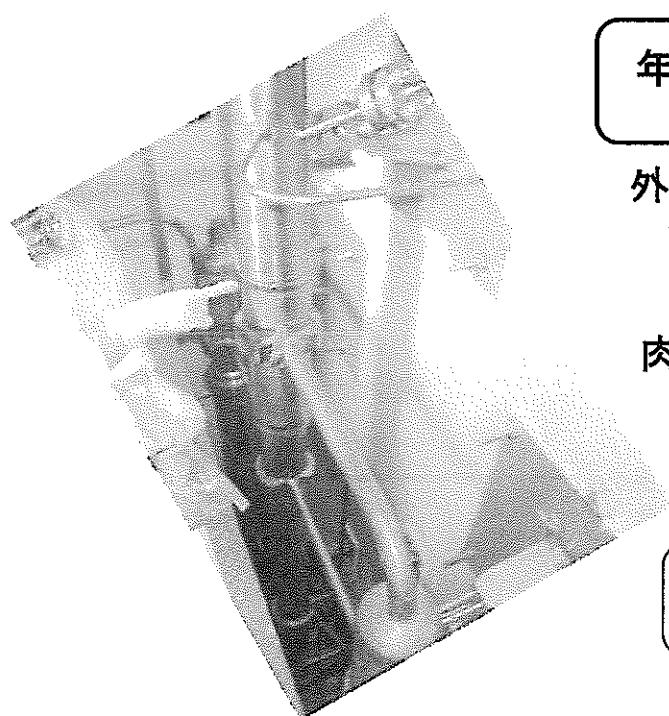
Pu溶液蒸発缶のこれまでの経緯

初代	塔部 加熱部	SUS304L Ti	塔部に液の滲み出し (運転時間約11000時間)	1984 加熱部及び塔部を交換
↓				
第二代	塔部 加熱部	SUS304L Ti	塔部全体に肌荒れ等の軽微な腐食 (運転時間約8000時間)	1988 塔部のみを交換
↓		Ti-5%Taの採用		
第三代	塔部 加熱部	Ti-5%Ta Ti	運転時間	塔部 : 約20000時間 加熱部 : 約28000時間
				[2001年1月現在]

プルトニウム溶液蒸発缶の概要



プルトニウム溶液蒸発缶の点検方法



年1回、セル内に入域し、
点検を実施

外観検査 (1989~)

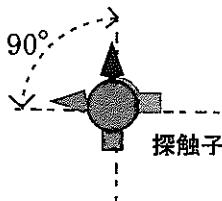
目視により溶接線近傍を
中心に傷、欠陥等の確認

肉厚測定検査 (1989~)

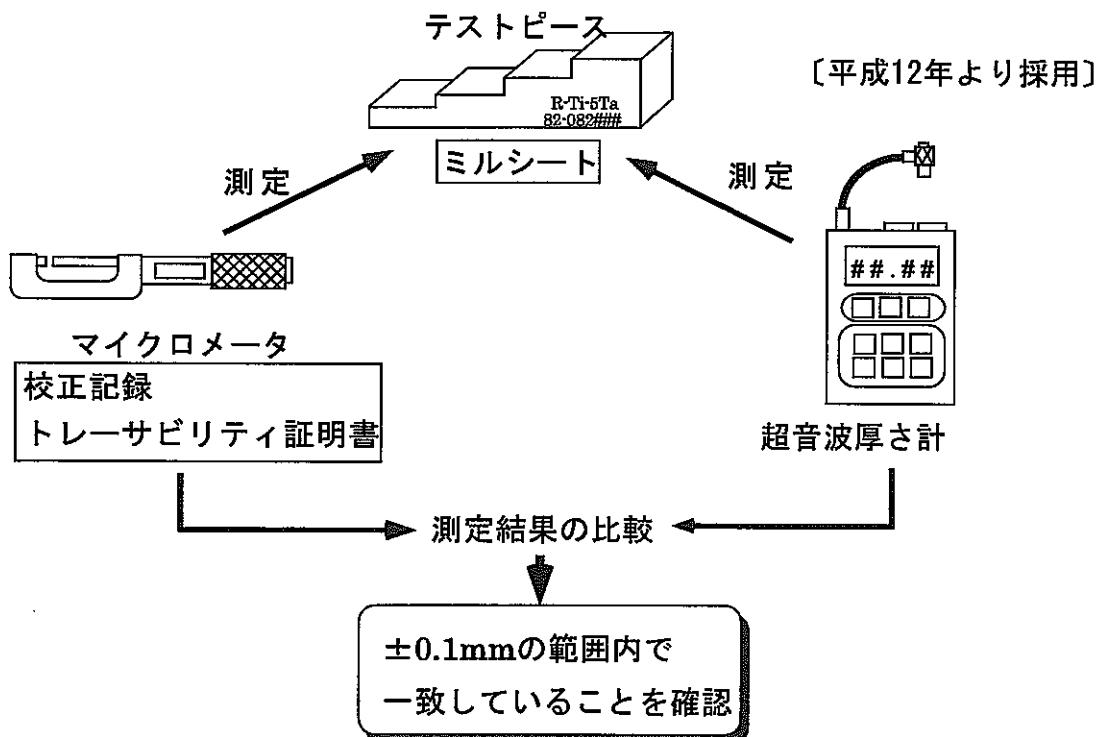
超音波厚さ計により
蒸発缶各部の肉厚を測定

平成12年に肉厚測定を
定期検査として受験

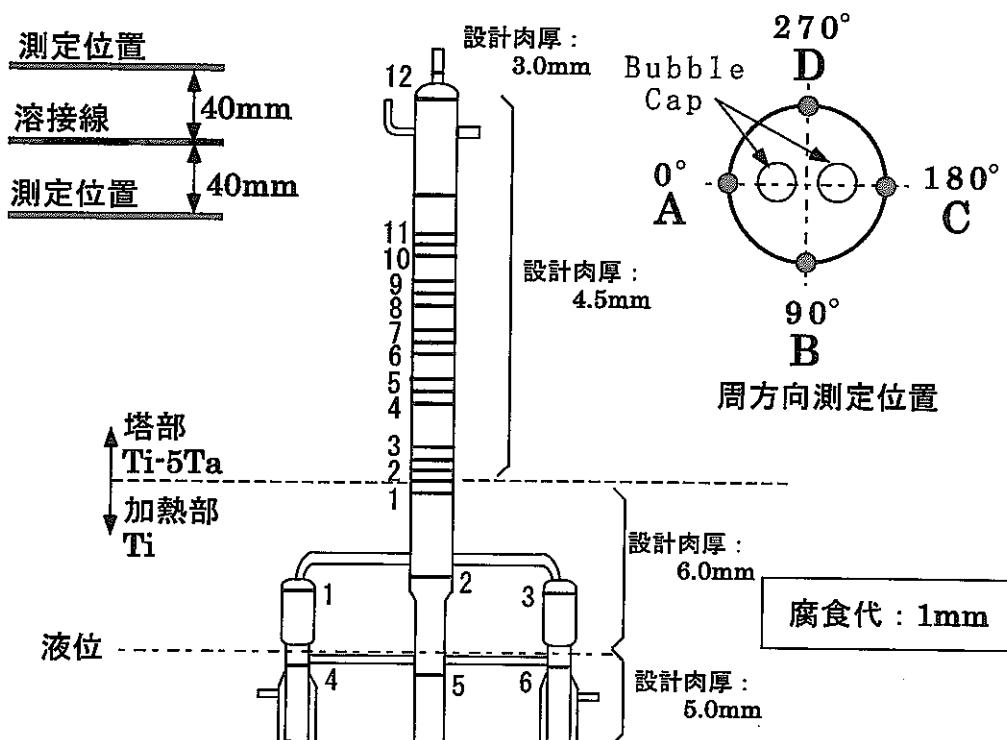
肉厚測定の方法

測定機器	携帯型パルス反射式超音波厚さ計 (多重エコー方式)
測定精度	～1991 : ±0.1mm 1992～ : ±0.02mm
設定音速	Ti : 6130 m/s Ti-5%Ta : 5990 m/s
接触媒質	シリコングリース
測定方法	一つの測定面に対し、探触子を90°回転させ、2回測定し、薄い値を採用 

超音波厚さ計の校正



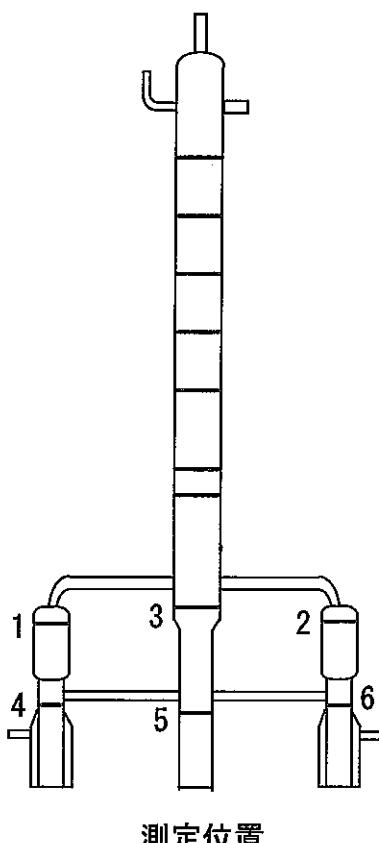
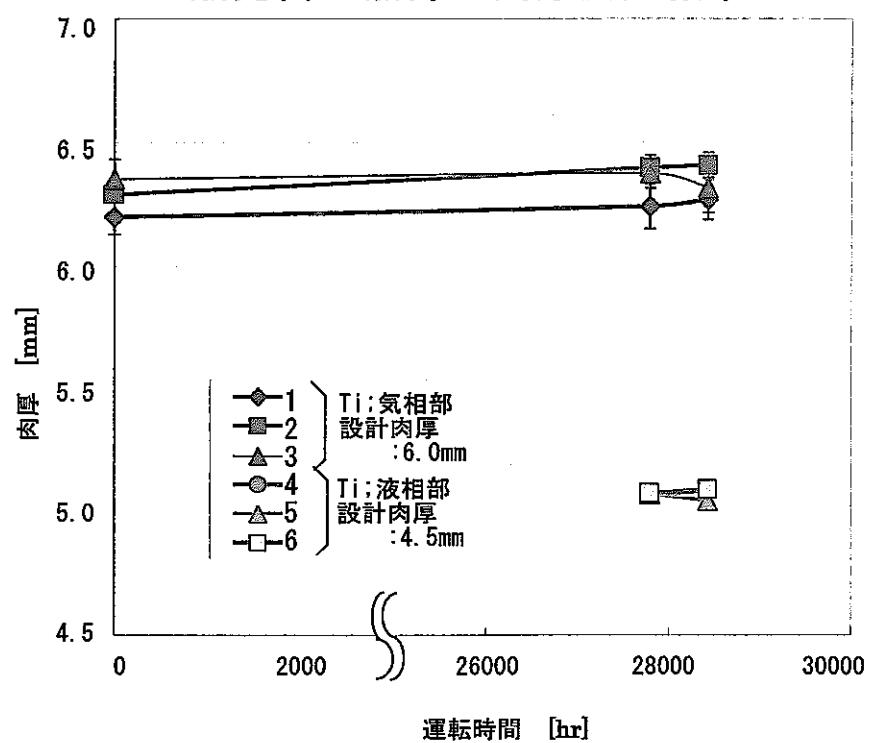
肉厚の測定位置



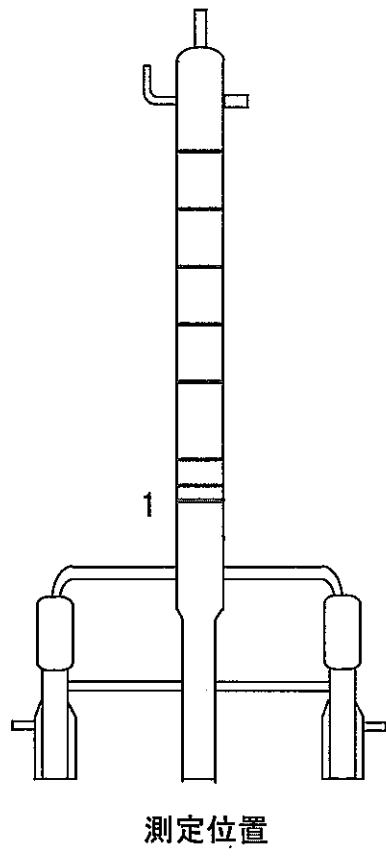
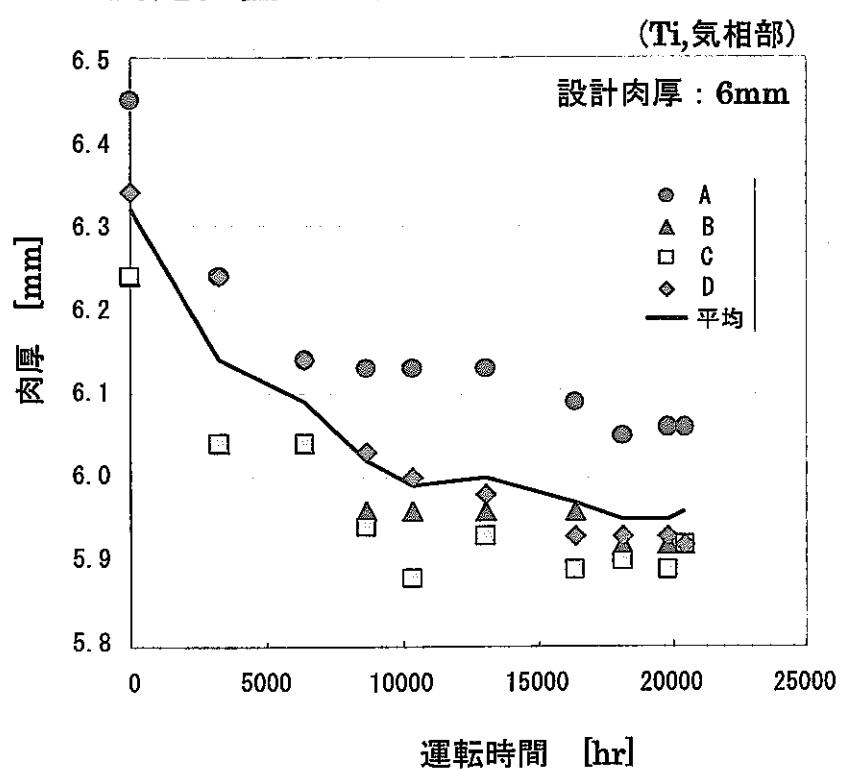
肉厚の測定状況



蒸発缶加熱部の肉厚測定結果

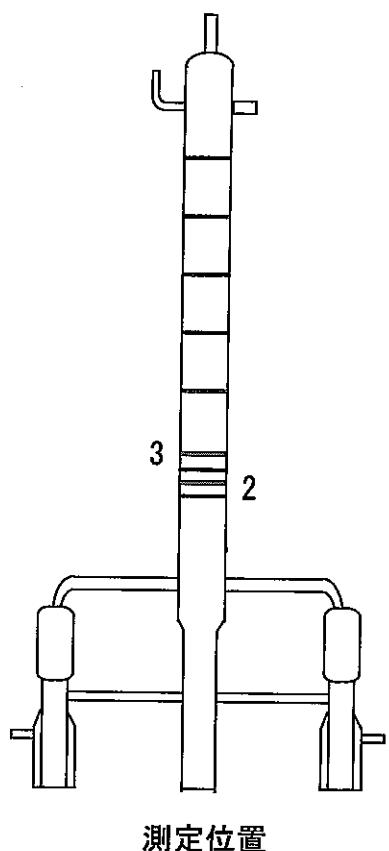
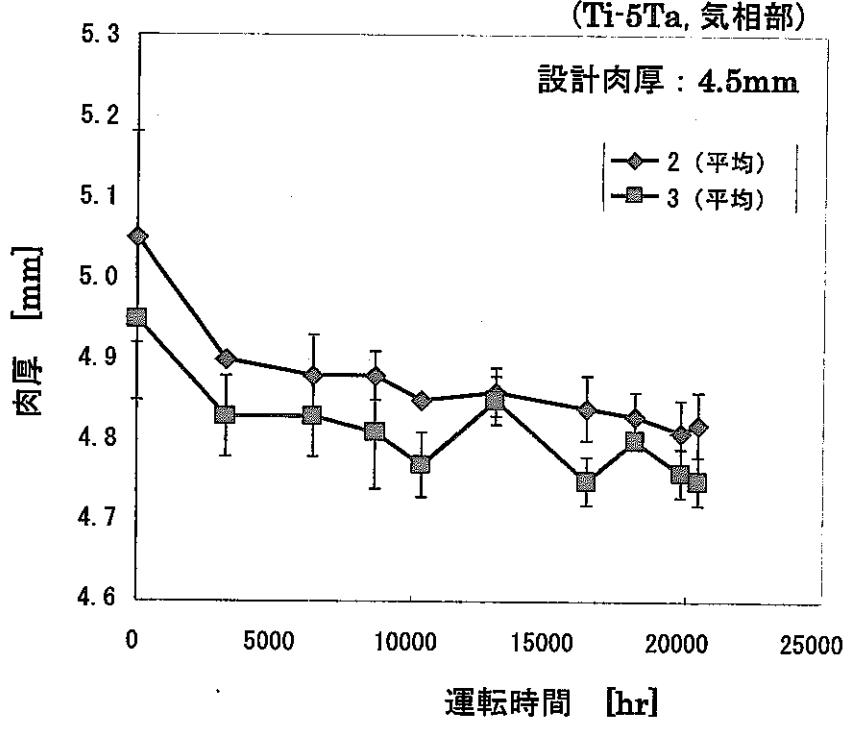


測定位置1における肉厚測定結果



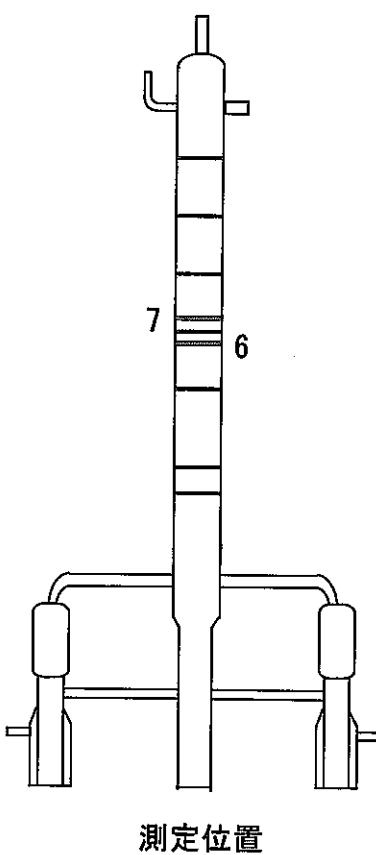
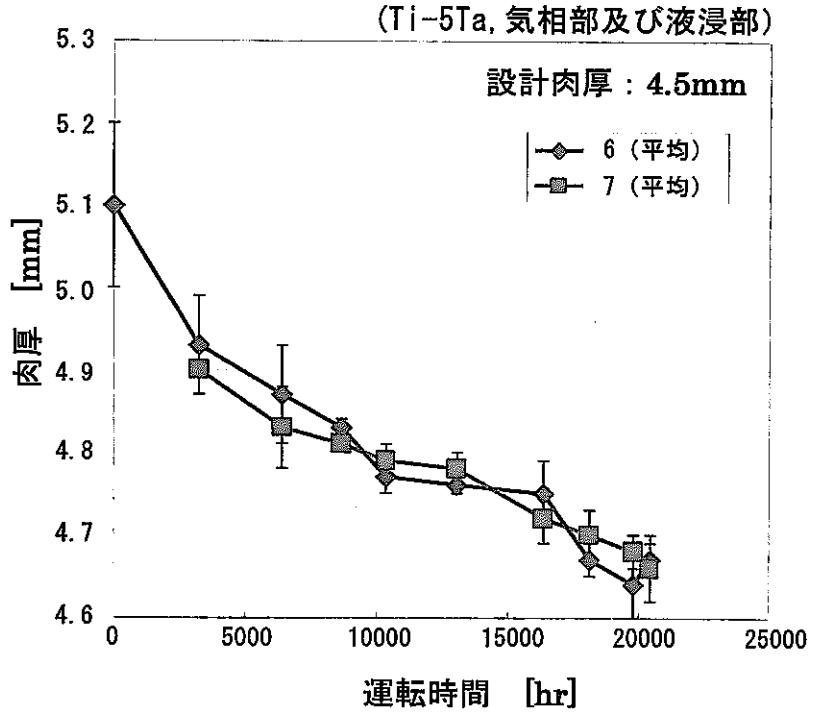
測定位置2及び3における肉厚測定結果

(Ti-5Ta, 気相部)

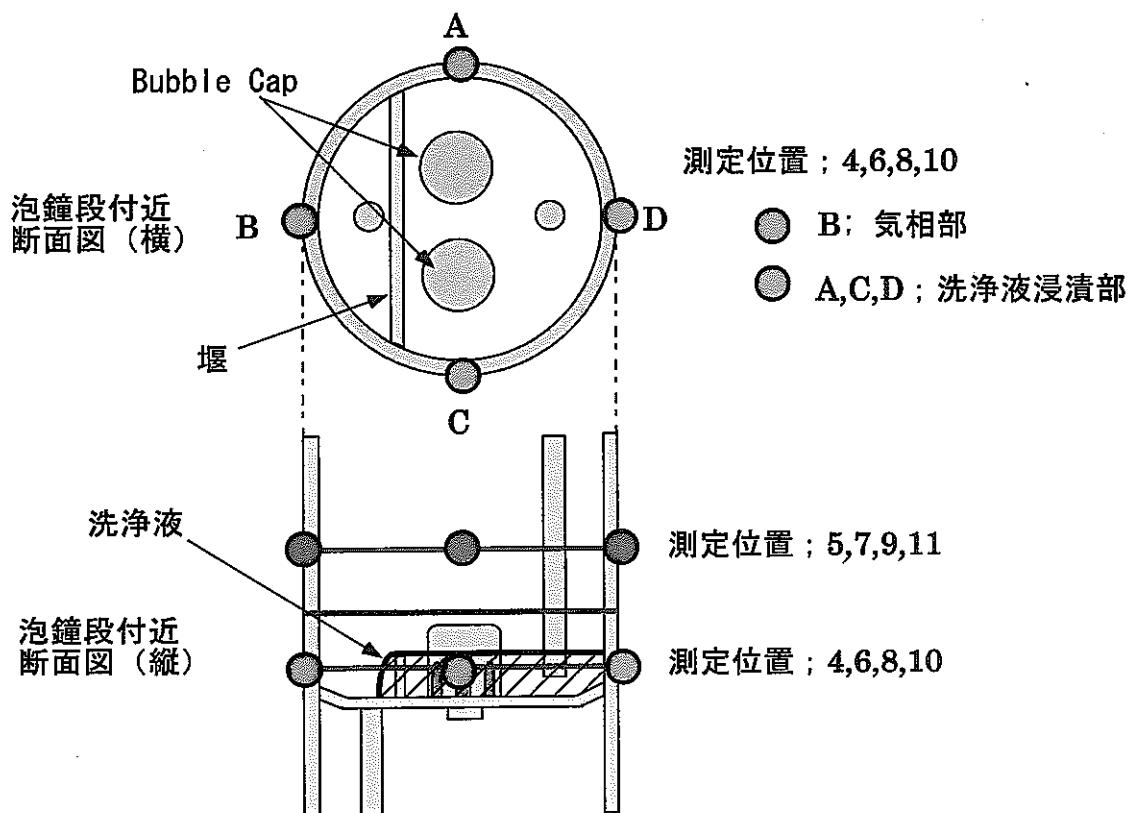


測定位置6及び7における肉厚測定結果

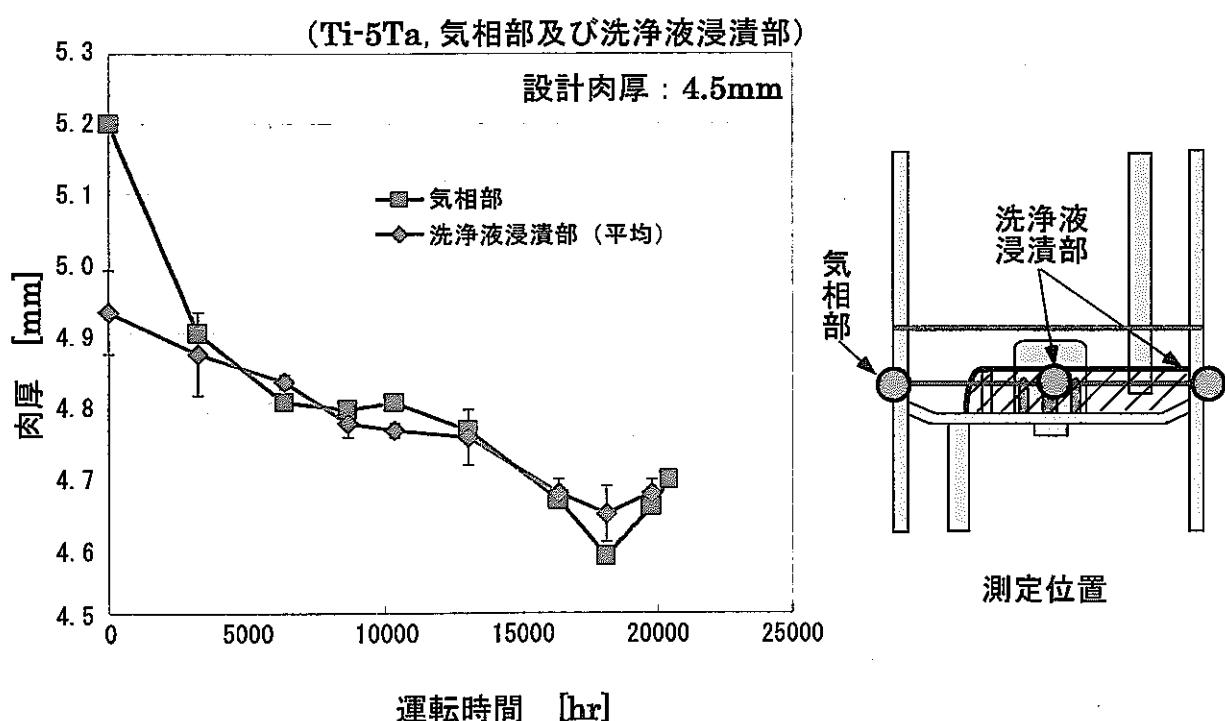
(Ti-5Ta, 気相部及び液浸部)



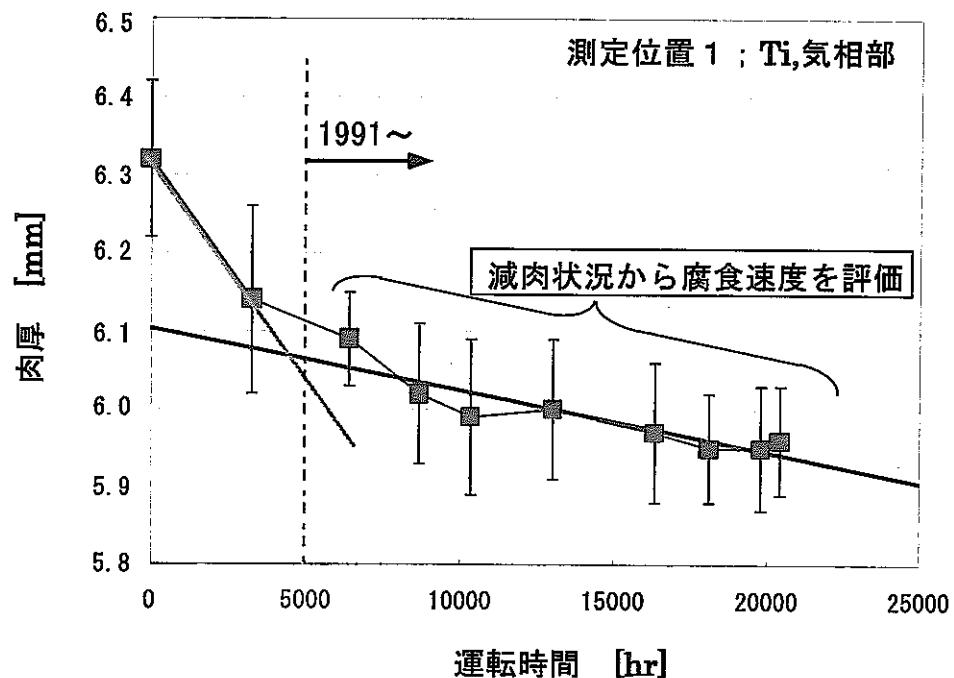
泡鐘段近傍の肉厚測定位置



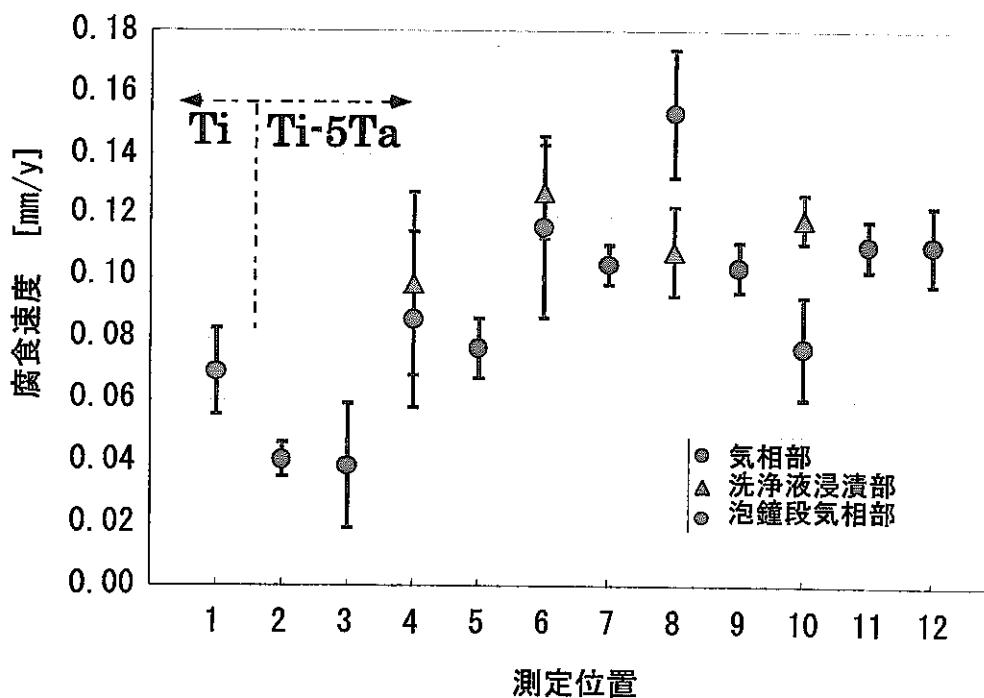
泡鐘段近傍の肉厚測定結果



減肉状況からの腐食速度の評価



蒸発缶塔部における腐食速度

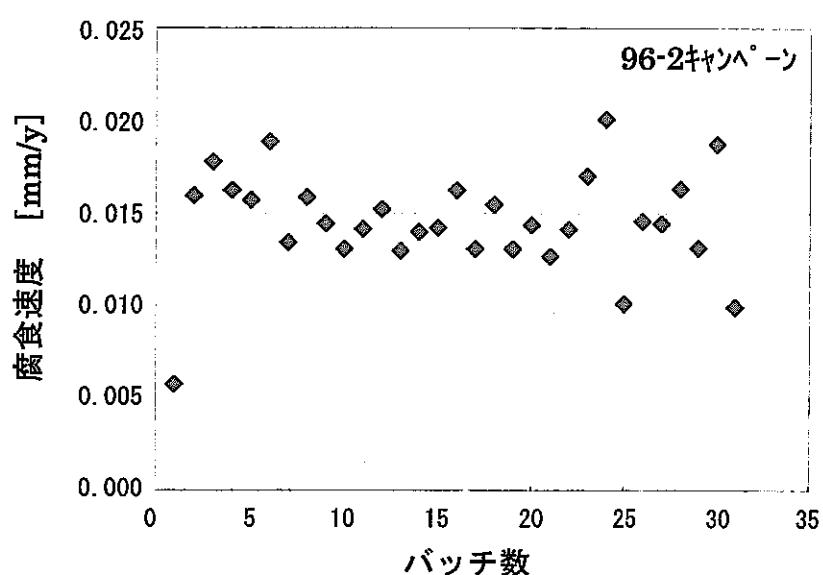


蒸発缶材料による腐食速度の違い

	部位	Pu溶液蒸発缶 実績	コールド試験 9M/L-HNO ₃ 2g/L-V ₂ O ₅
Ti-5Ta	気相部	0.02~0.12	<0.01
	液相部	0.06~0.15 (洗浄液)	0.03 (凝縮液)
Ti	気相部	0.05~0.09	0.05

[単位 : mm/year]

Tiの溶出量から求めた腐食速度



$$\text{腐食速度} = \frac{[\text{Tiの溶出量}]}{[\text{蒸発缶内表面積}] \times [\text{Ti密度}] \times [\text{運転時間}]}$$

Ti溶出量による腐食速度の評価

腐食速度 [mm/year]		
CASE 1	CASE 2	CASE 3
0.010～ 0.017	0.017～ 0.028	0.026～ 0.044

※キャンペーン毎の累積Ti溶出量で評価

CASE 1：気相部及び液相部の両方の表面積を腐食面積として評価

CASE 2：気相部のみの表面積を腐食面積として評価

CASE 3：液相部のみの表面積を腐食面積として評価

まとめ

1. 年1回の外観検査及び肉厚測定検査の結果、約20000時間の運転においても、Pu溶液蒸発缶の各部に腐食による欠陥等は認められず、現在もほぼ腐食代(1mm)を担保している。
2. TiとTi-5Taにおいて、約20000時間の運転における腐食は、0.3～0.4mm程度であった。
3. 塔部の減肉は初期腐食を示した後、緩やかになる傾向がある。
4. 気相部における腐食速度は、塔下部より塔上部の方が高い傾向にある。
5. Pu溶液蒸発缶実機における腐食速度は、コールド試験に比べ若干高い値を示している。

3 - (3) 酸回収工程機器の 定期的な点検について

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター処理部化学処理第三課
清水 亮

3-(3) 酸回収工程機器の定期的な点検について

1. はじめに

東海再処理施設の酸回収工程の機器について、定期的に実施している点検及び結果について紹介する。

2. 酸回収工程の概要

酸回収工程は、抽出工程から出た中レベルの放射性廃液及び高放射性廃液蒸発缶の凝縮液等を、蒸留、精留することにより、放射性物質を除去し、 11mol/l の硝酸として回収し、試薬として再利用できるようにする工程である。

3. 酸回収工程機器の点検

3. 1 酸回収工程機器の ISI

酸回収工程機器のうち、セル外の主要な塔槽類及び、セル内で過去に腐食により交換した酸回収蒸発缶について実施している。

3. 2 酸回収蒸発缶の点検

現在使用中の酸回収蒸発缶については、第2代酸回収蒸発缶で腐食による故障の発生した13,000hの運転後、セル内に入り、外観検査・肉厚測定及び加熱部内部及び伝熱管の点検を行い、健全性を確認した。

3. 3 溶出金属量の測定による腐食管理

酸回収蒸発缶及び酸回収精留塔では、供給及び抜き出し側の貯槽で、Ti,Taの分析を行うことにより、溶出金属量を求めている。測定で求められた腐食傾向は、実際の腐食状況と一致しており、腐食状況のモニタリング方法として有効である。

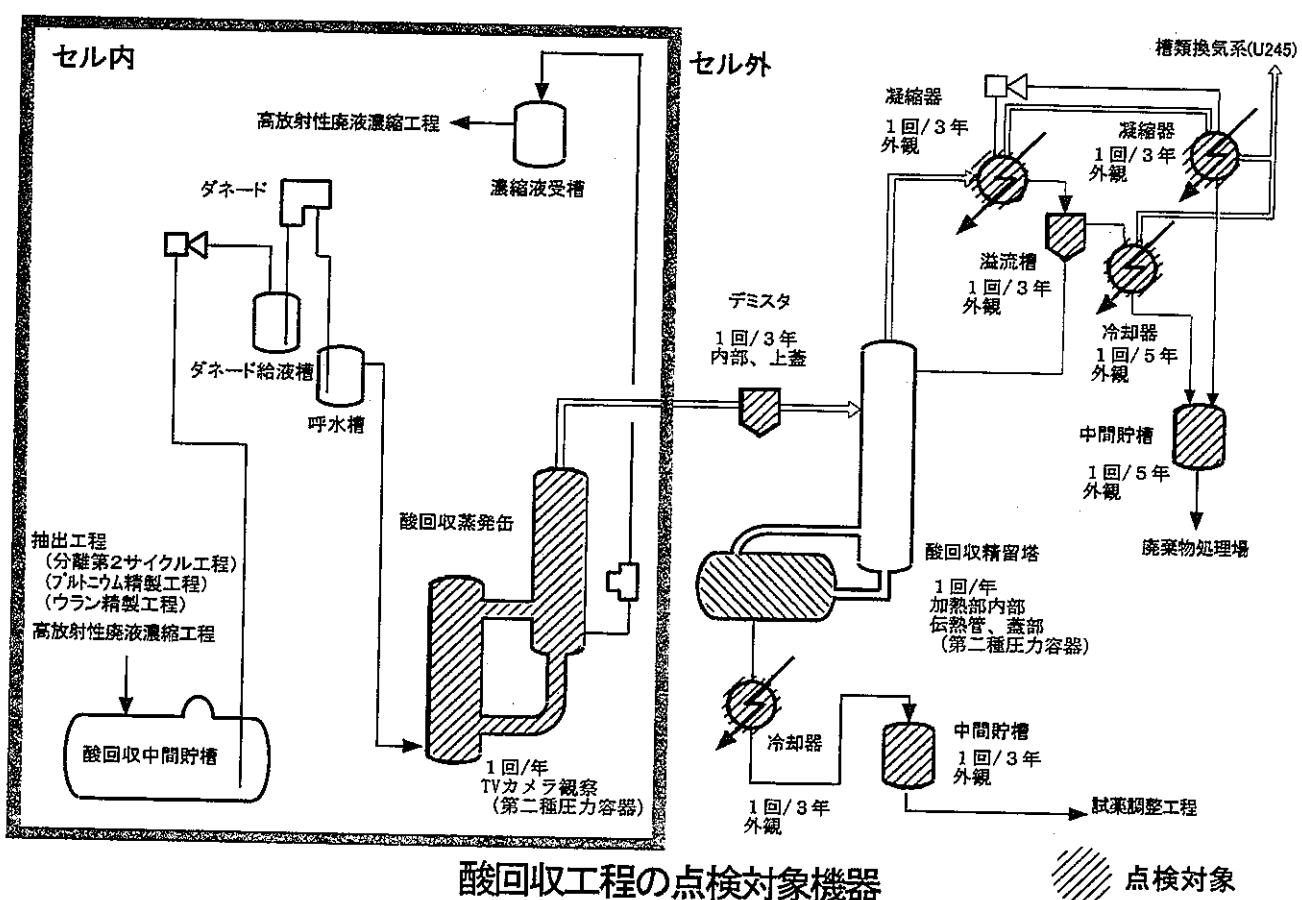
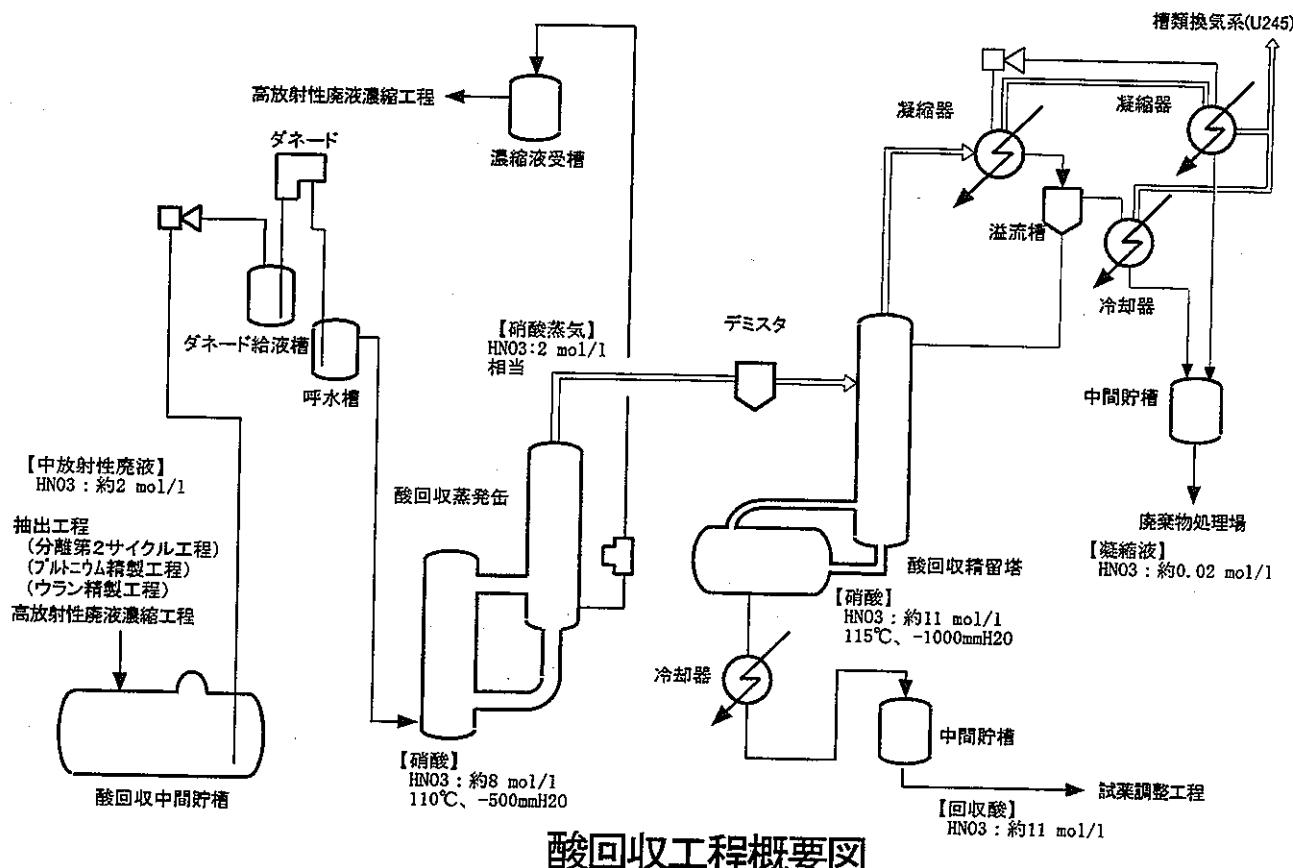
酸回収工程機器の定期的な点検について

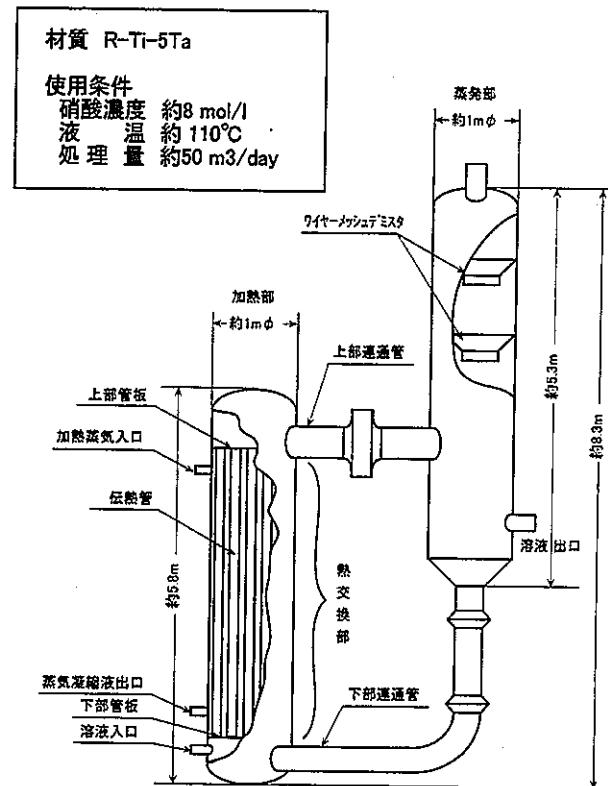
平成13年3月14日

核燃料サイクル開発機構
東海事業所 再処理センター

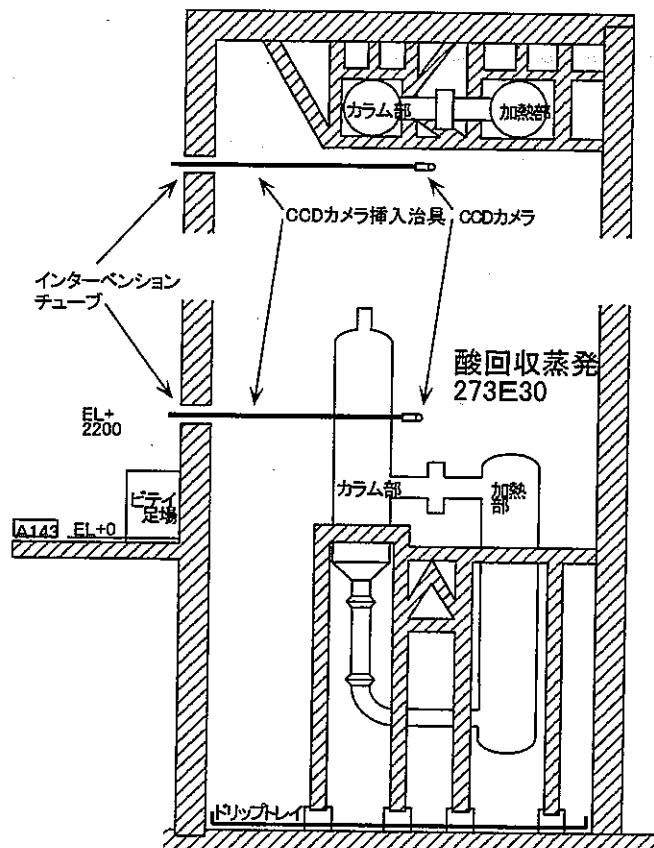
処理部 化学処理第3課 清水 亮

酸回収工程機器の ISIについて





酸回収蒸発缶構造図

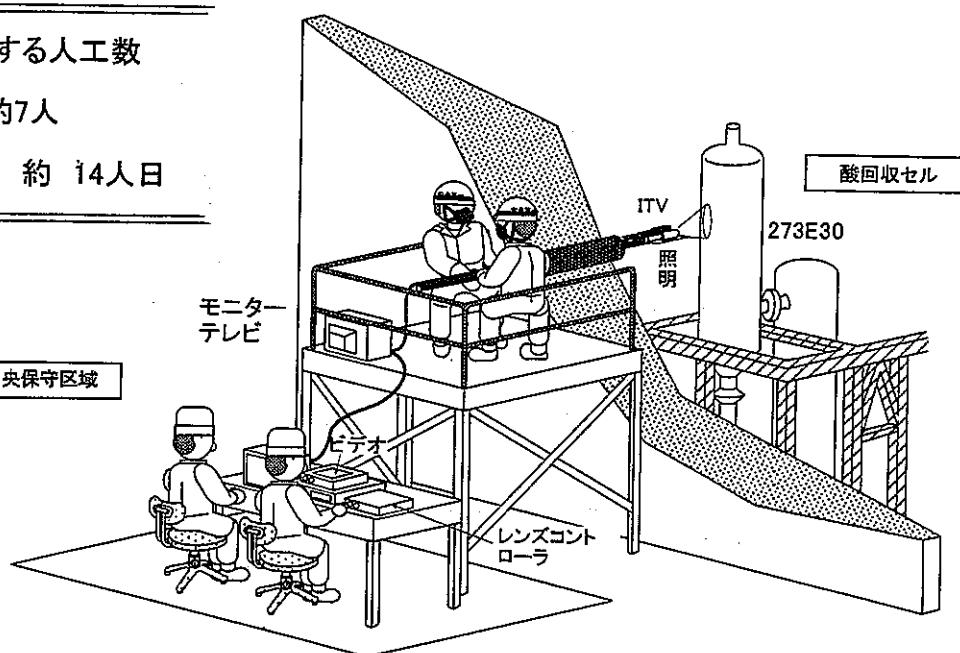


酸回収蒸発缶の検査状況

点検に要する人工数

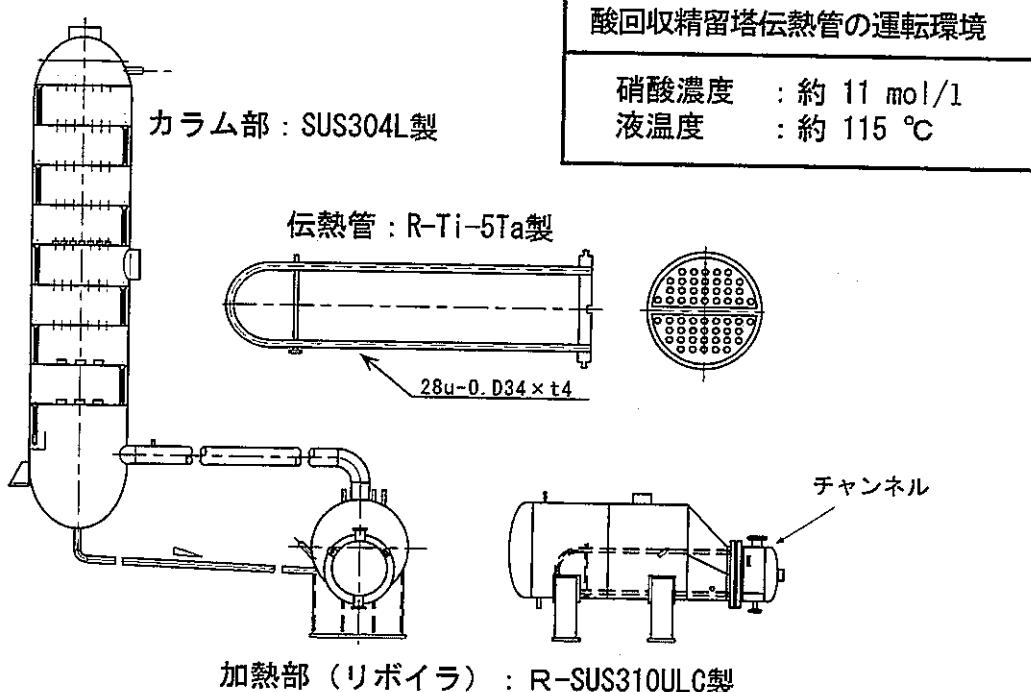
約2日×約7人

= 約 14人日

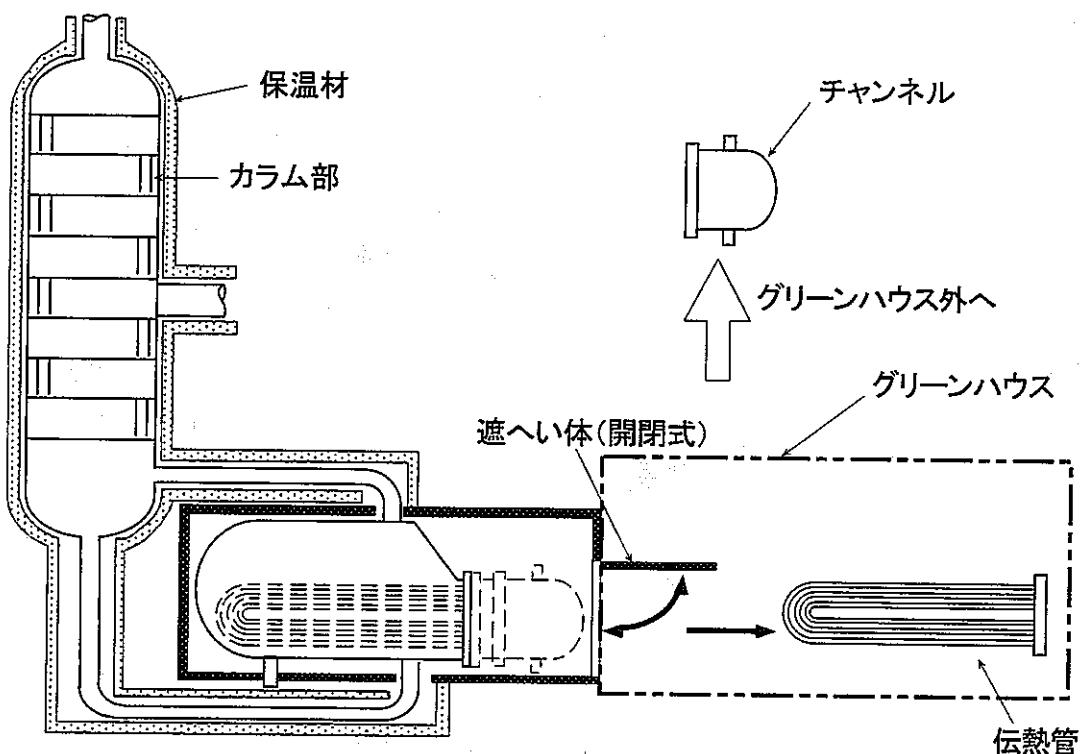


1回/年に、セル内点検孔(インターベンションチューブ)を開口し、セル内部の酸回収蒸発缶の外観を、TVカメラにより観察する。

酸回収蒸発缶の点検方法

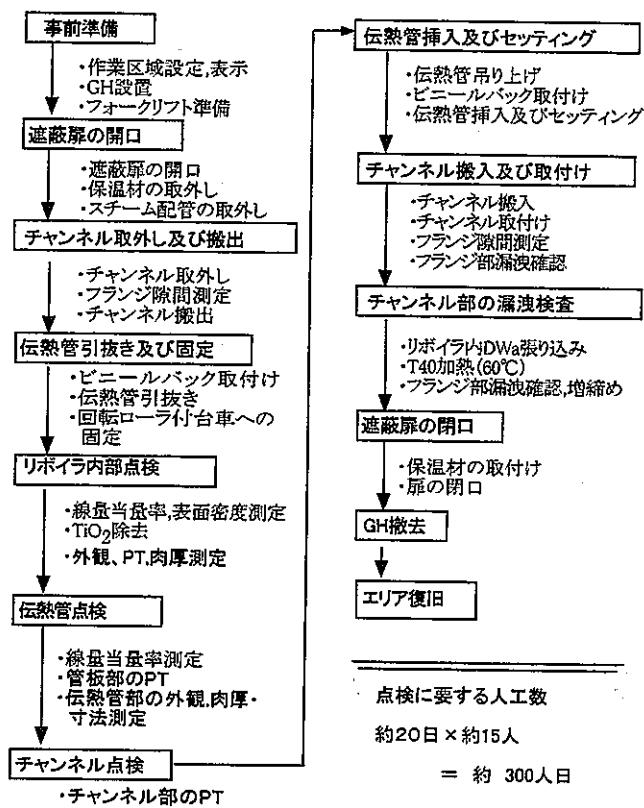


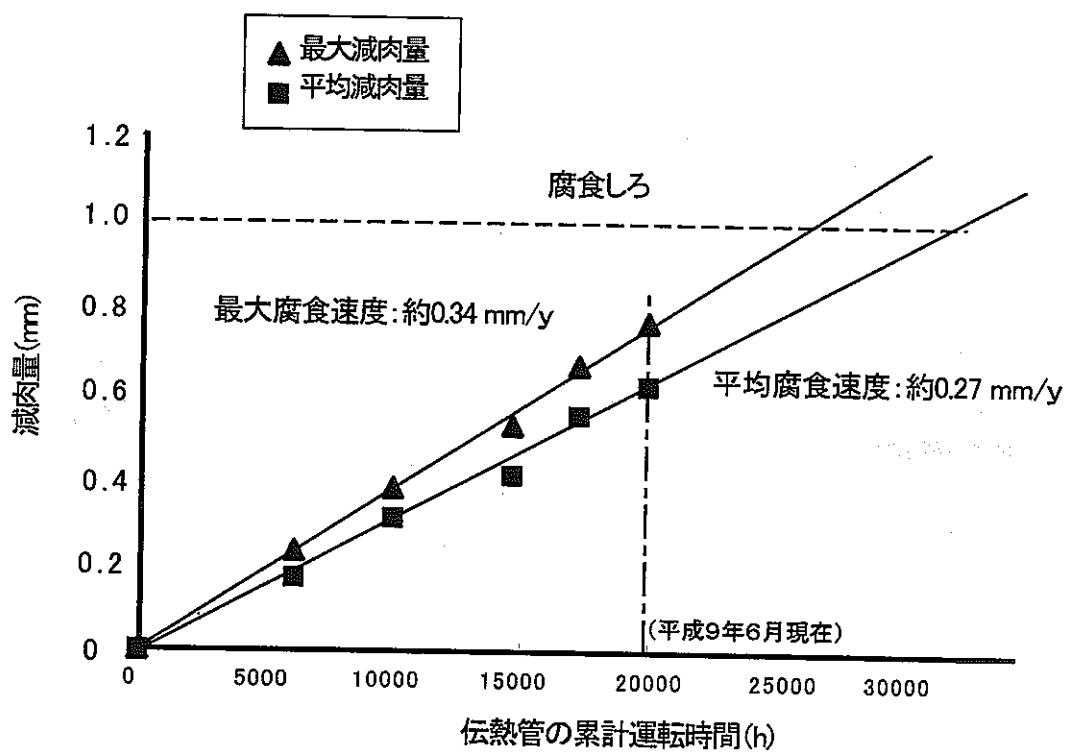
酸回収精留塔概要図



酸回収精留塔伝熱管の点検概要

273T40点検作業フロー





酸回収精留塔伝熱管の減肉量の推移(寸法測定結果)

酸回収蒸発缶内部点検について

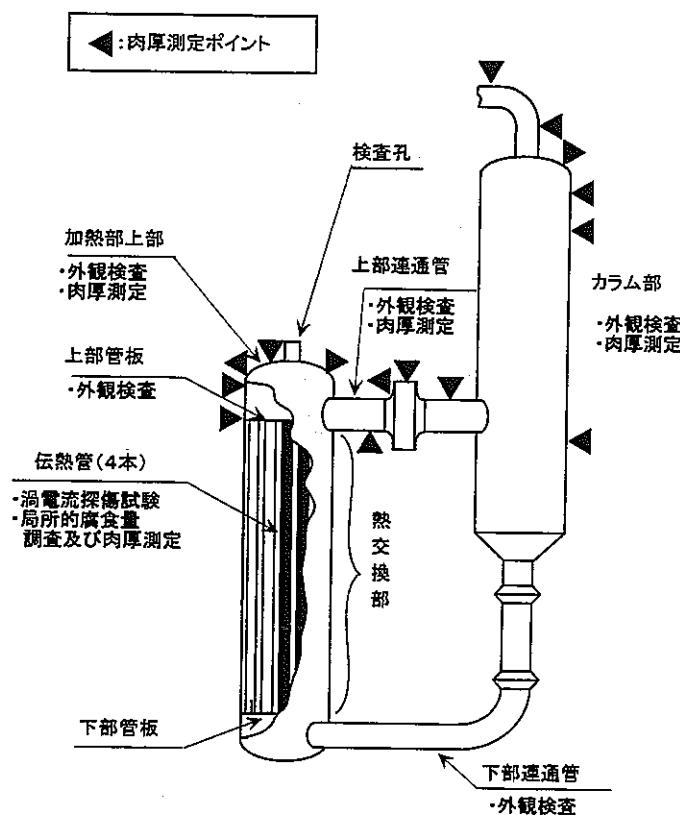
点検概要

2代目酸回収蒸発缶で腐食による故障が発生した13,000時間にあわせて、セル内に入り酸回収蒸発缶の点検を実施した。

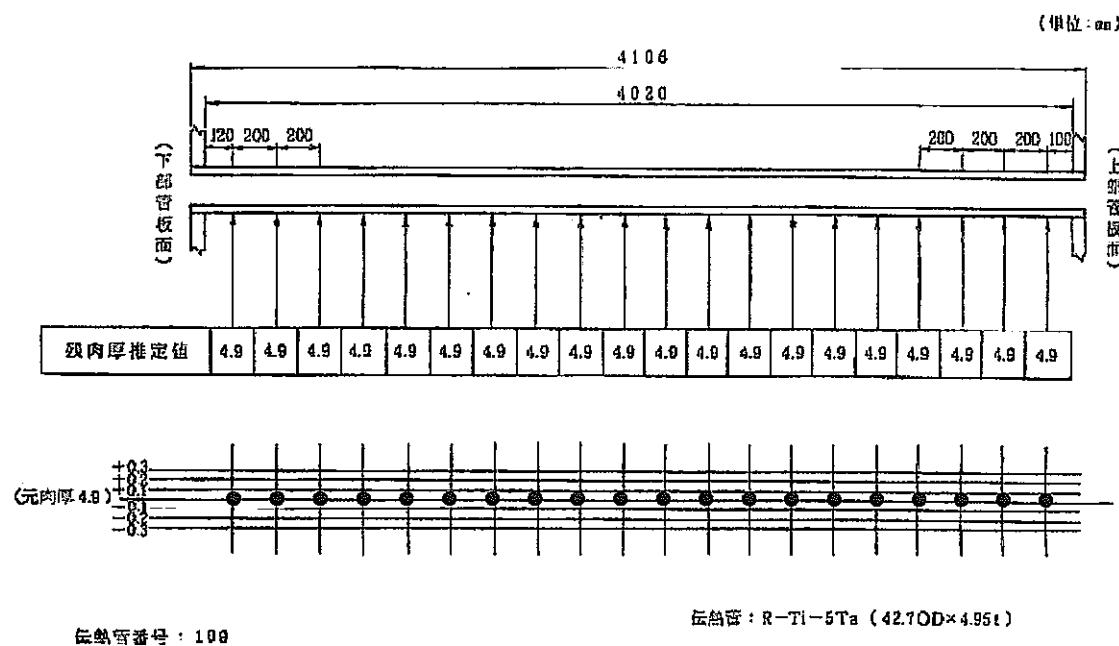
期間 平成7年1月～4月

点検内容

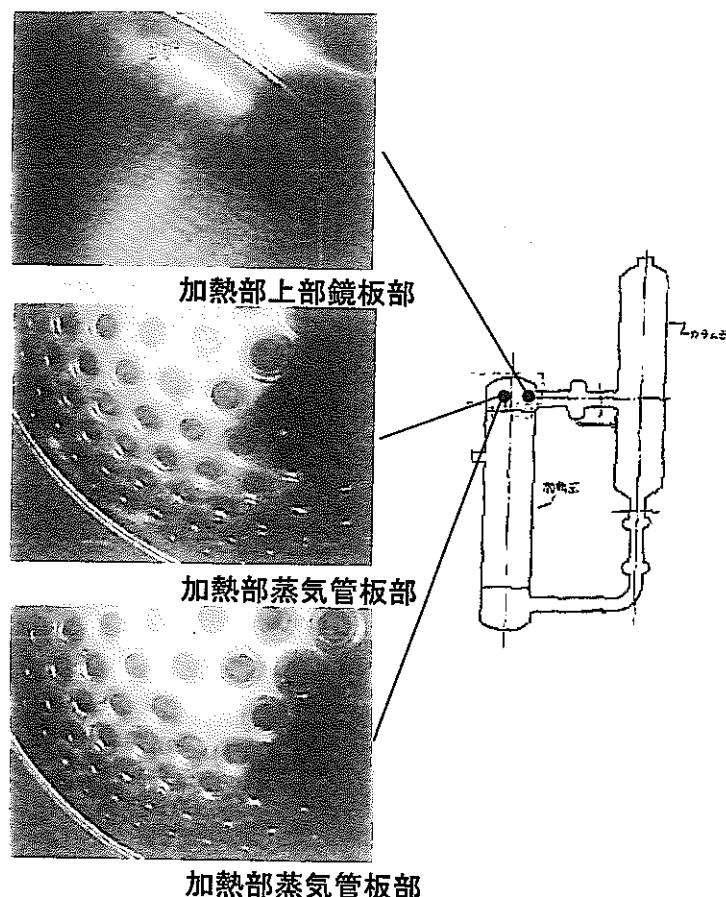
- ・セルを開口し、セル内に入り、酸回収蒸発缶の外観検査及び超音波肉厚測定を実施。
- ・酸回収蒸発缶の加熱部の点検用ノズルを切断しCDDカメラによる内部観察を実施。
- ・伝熱管4本の渦電流探傷試験及びファイバースコープによる点検を実施。



酸回収蒸発缶の点検箇所



渦流探傷試験による残肉厚推定結果



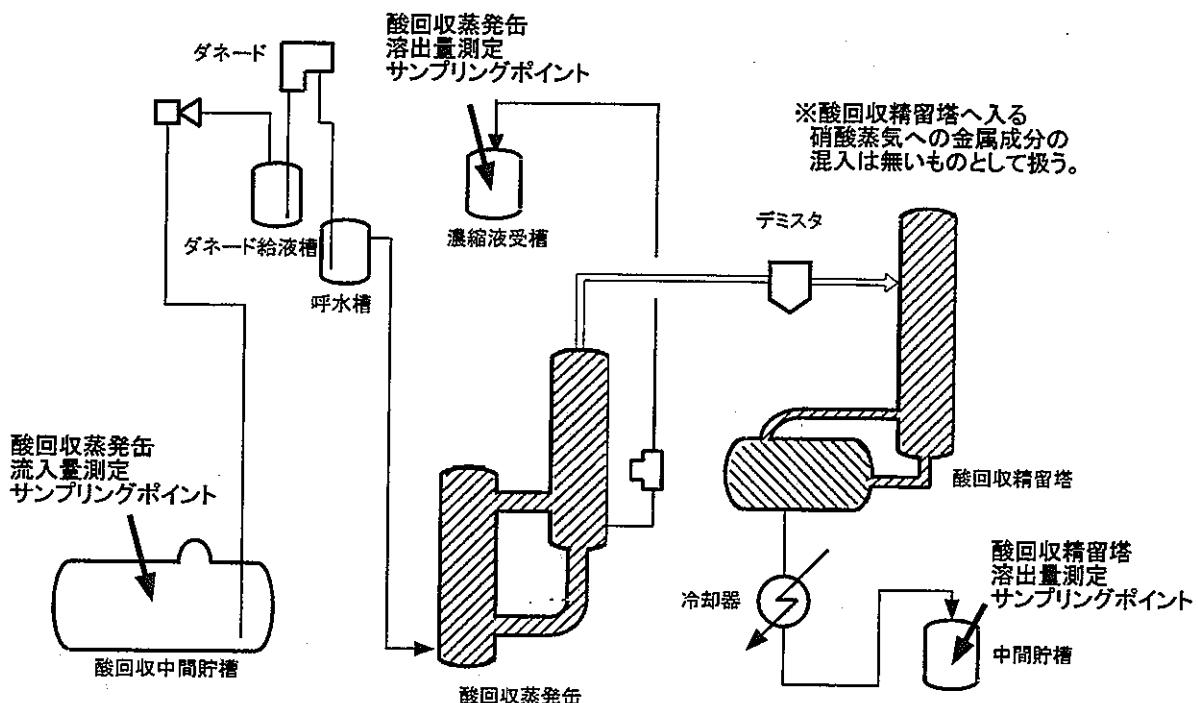
酸回収蒸発缶内部観察結果

測定結果

- ・カラム部、加熱部、上部連通管の肉厚測定の結果、顕著な減肉は認められなかった。
- ・外観検査の結果では、異常は認められなかった。CCDカメラによる内部観察では、上部管板部について金属光沢が確認された。
- ・伝熱管部について行った、渦流探傷器による局部腐食量の調査及び肉厚測定結果では、減肉は認められなかった。また、ファイバースコープによる内部観察の結果でも、腐食等の異常は認められなかった。
- ・材質をステンレス鋼からR-Ti-5Taに変更したことにより、腐食を大幅に軽減することができた。

酸回収蒸発缶及び酸回収精留塔におけるTi、Taイオンの溶出量の測定による腐食管理について

サンプリングポイント



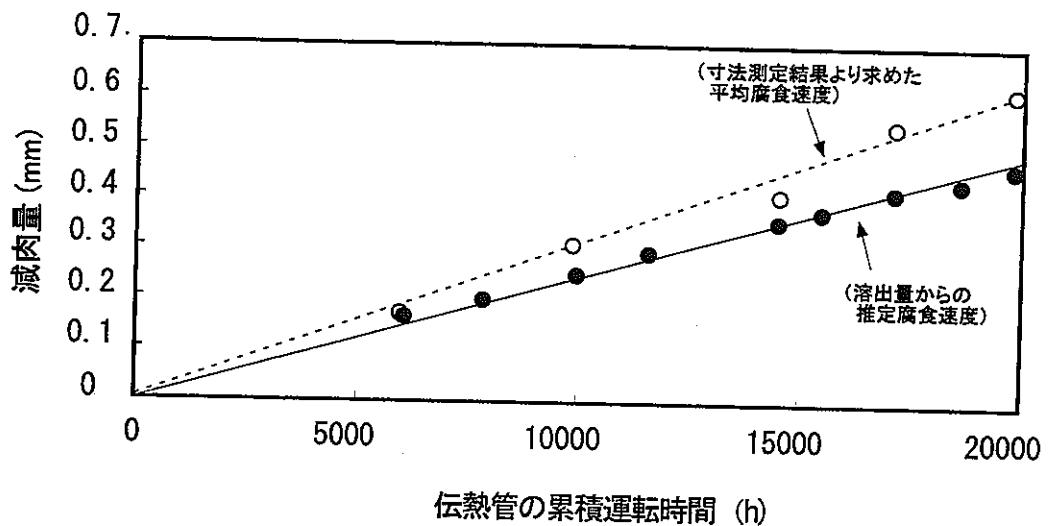
キャンペーン期間中、1回/週の頻度で、供給側の貯槽と抜き出し側の貯槽中のTi、Taの濃度分析を行い、両者の差を求めてことで、溶出金属量をもとめ、腐食量を求める。

第4代酸回収蒸発缶における溶出金属量からの腐食状況の推定

酸回収蒸発缶での溶出金属量の測定結果

キャンペーン名	運転時間 (h)	溶出量 (kg)	腐食速度 (g/m ³ h)	減肉速度 (mm/y)
90-1	2,958	-0.36		
90-2	1,586	-1.91		
91-1	2,425	-0.47		
91-2	657	-0.46		
92-1	2,447	0.84	0.0035	0.0068
92-2	2,121	-1.02		
93-2	1,845	-3.9		
94-1	1,813	-1.74		
94-2	1,475	-1.72		
95-1	2,679	-4.41		
95-2	885	1.14	0.013	0.026
96-1	1,466	-2.05		
96-2	1,373	-1.49		
97-1	1,053	-1.31		

- 有意な溶出金属量が観察されたのは、過去2回のキャンペーンに留まり、有意な腐食は観察されていない。
- H7('93)に実施した、酸回収蒸発缶の点検では、肉厚測定による減肉及び内部観察での腐食は確認されていない。
- 点検で腐食が観察されていないことと、溶出金属量の測定で有意値が出ないことは一致している。



- ・ Ti溶出量から求めた腐食速度は、約0.22mm/yであり、寸法測定結果の約0.27mm/yに比較して小さい値を示した。
- ・ Ti材の場合、溶出金属の一部はTiO₂として計量されないことが、小さな値となることを考慮する必要がある。

酸回収精留塔におけるTi溶出量からの減肉量の推定

第2代酸回収蒸発缶における溶出金属量と腐食状況の比較

サンプリングによる溶出金属量の測定結果から推定された腐食速度

キャンペーン	運転時間 (hr)	総溶出量 (kg)	腐食速度 (mm/年)
PGT	898	10.5	0.12
GTP	838	12.6	0.17
C-1	1963	10.6	0.06
C-2	1724	65.4	0.42
81-1	2191	137.0～228.2	0.7～1.1
81-2	1579	131.6～197.4	0.9～1.3
82-1	2047	204.7	1.1
82-2	1430	161.3	0.78
合 計	12670	673.7～830.7	0.6～0.7

腐食による減肉量の測定結果からもとめた腐食速度

部 位	減 肉 量 (mm)	腐食速度 (mm/年)	備 考
伝 热 管	平均1.7 (最大5.0)	1.10 (3.4)	液浸条件+伝熱条件
上 部 連 通 管	平均 0.54	0.36	液浸条件
下 部 連 通 管	平均 0.37	0.25	"
加熱部鏡坂(液浸部)	平均 0.30	0.20	"
蒸発部(液 浸 部)	平均 0.34	0.22	"
蒸発部(気 液 混 合 部)	平均 0.23	0.15	気液混相
蒸発部(気 相 部)	平均 0.16	0.11	蒸気相

まとめ

- ・ 酸回収工程のISIは、セル外の塔槽類については、主要なものを対象とし実施している。セル内機器については、過去に腐食による交換を行った、酸回収蒸発缶を対象としている。
- ・ R-Ti-5Ta製の酸回収蒸発缶については、腐食の発生は観察されていない。
- ・ 酸回収精留塔の伝熱管については、定期的な肉厚測定により腐食速度を求め、寿命の推定を可能としている。
- ・ 溶出金属量の測定により腐食量を評価する手法は、対象とする塔槽類の腐食形態を把握することで、モニタリング方法として有効に活用できる。

3 - (4) 低放射性廃液取り扱い機器 の点検と腐食評価

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター環境保全部処理第一課
庄司 賢二

3-(4) 低放射性廃液取り扱い機器の点検と腐食評価

1.はじめに

東海再処理工場内から発生する低放射性廃液は、その放射能レベルに応じて主に低放射性廃液第一蒸発缶（U321）、第二蒸発缶（U322）、第三蒸発缶（U326）で蒸発濃縮処理される。

これら蒸発缶の健全性確認は、供給液と濃縮液のモニタリングによる腐食評価、蒸発缶セル入室における外観目視及び肉厚測定等により行っている。又、セル入室による健全性確認が困難な蒸発缶については遠隔点検装置により、ドリップトレの外観検査を行っている。

本報告はこれら蒸発缶に関する点検頻度、点検方法、肉厚測定結果に基づく、蒸発缶の腐食評価並びにドリップトレにおける外観検査について報告するものである。

2. 低放射性廃液蒸発処理工程の概要

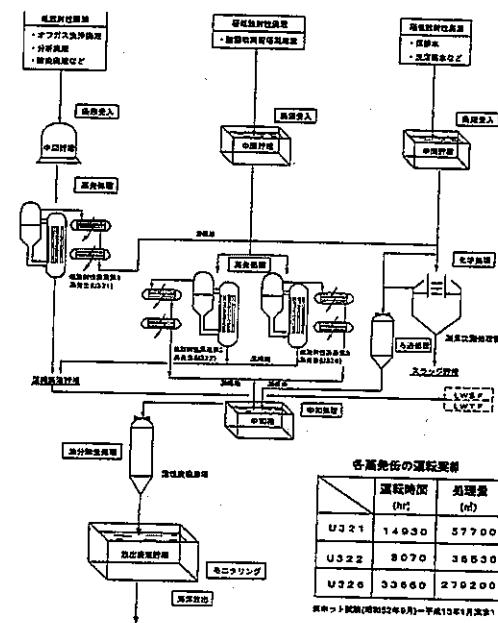
低放射性廃液第一蒸発缶（U321）で取扱う廃液組成は、オフガス洗浄廃液、分析廃液などの酸性、アルカリ性の0.1～0.5Nのものである。

運転は酸性廃液の処理、アルカリ性廃液の処理を交互に行い、酸性運転時の濃縮時の酸濃度は2N以下となっている。

蒸発缶の構造は、蒸発部と加熱部から構成され、自己蒸気圧縮縦型自然循環蒸発缶であり、本体の材質はSUS316Lである。

第二蒸発缶（U322）、第三蒸発缶（U326）で取扱う廃液は、主にU321蒸発処理により発生した凝縮液と酸回収工程からの凝縮液であり、酸性で受入れた廃液は、廃棄物処理場でアルカリ性に調整し、処理している。

本体の材質はSUS316Lである。



3. 蒸発缶の点検頻度と方法

3.1 U321蒸発缶の点検（腐食評価）

U321蒸発缶の腐食評価は、蒸発缶の運転バッチ毎に供給液と濃縮液のサンプリングを行い、NiとCrの分析結果から、それぞれの溶出量を算出し、評価を行っている。

3.2 U322, U326蒸発缶の点検

U322, U326蒸発缶の点検は、蒸発缶が設置されているセルに入室し外観目視点検及び蒸発部、連通管等の肉厚測定により行っている。肉厚測定は携帯型の超音波厚さ計を用いて、所定のポイントを測定している。又、U326蒸発缶においては、蒸発缶内部観察用のサイトグラスが設置されており、これまでの運転実績から予防保全として1回／2年の頻度で交換を行っている。

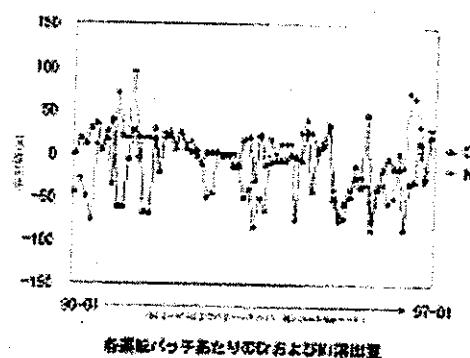
これらの点検頻度は、定期検査上、U322蒸発缶が1回／5年、U326蒸発缶が1回／1年であるが、U322蒸発缶については自主的に1回／1年として点検を実施している。

4. 蒸発缶の経年変化

4.1 U321蒸発缶の腐食評価

蒸発缶からのNi、Cr溶出量は、濃縮液と供給液に含まれるNi、Cr量の差から求められ、これにより求めた溶出量を右図に示す。溶出量には多少のバラツキがみられるが、これは分析のバラつきやサンプルの代表性によるものと思われる。

又、腐食速度の評価については、濃縮液中のNi、Crが蒸発缶の伝熱管より全て溶出したもの（全面腐食）とし、溶出速度から求めた腐食速度では、Ni分析値で0.042 mm／年と評価される。実際の寿命については、蒸発缶が稼動している時間と伝熱管の腐食しき（2 mm）から当面、腐食の問題はないと推定される。



4.2 U322, U326蒸発缶の腐食評価

これまで実施した蒸発缶の外観目視検査では、蒸発部、連通管部等も腐食による欠陥、有害なキズ等は確認されていない。

肉厚測定結果では、蒸発部、連通管とも減肉は確認されておらず、腐食しき（U322は2 mm、U326は1 mm）を担保している。

又、U326蒸発缶のサイトグラスについても減肉の傾向は無いが2年毎の交換で健全性を維持している。

5. ドリップトレにおける外観検査

5.1 U321蒸発缶セル内ドリップトレの点検

U321蒸発缶の点検においては、セル入室口が無く、外観目視、肉厚測定が困難である為、蒸発缶セルの床に付設されたドリップトレの溶接線等を対象とした点検を1回／5年の頻度で実施している。

ドリップトレの点検においては、同セルのインターベーションチューブ（点検口）を介してカラービデオカメラにより、観察、点検を行ってきた。しかし、平成11年4月の点検においてセル床全面に、埃や塵による汚れが発見され、溶接線等の検査が困難な状態であった。この為、点検前にインターベーションチューブ（150 mmφ×800 mmL）を介しての遠隔清掃作業を行うこととし、セル内走行台車と吸引装置との併用による埃と塵の回収、除去、さらに高圧洗浄機を使用してのドリップトレ内の洗浄を行い、検査の可能な状態とした。

その後の点検結果、有害な腐食、変形等は無く健全であることが確認できた。

5.2 廃溶媒貯蔵セルドリップトレの点検

廃溶媒貯蔵セルの点検においては、セル天井部に開口部があるものの、線量当量率が高いうえ、昇降設備や照明設備がなく、入室が困難であることから無線式のロボットによるドリップトレの点検を1回／5年の頻度で実施している。

ロボットは、点検用と位置確認用の2台のビデオカメラを搭載しているほか、照明用ライト、映像送信器、駆動装置から構成されている。

点検実績として、本ロボットによる点検を開始した平成元年以降、今年度までに6セルを対象に計14回の点検を行った。いずれの点検においても、点検車輌が回収不能となったことはないが、本ロボットでは貯槽の脚部等、狭所の点検ができない。しかし、これまでの点検範囲においては有害な腐食、変形等は無かった。

6. まとめ

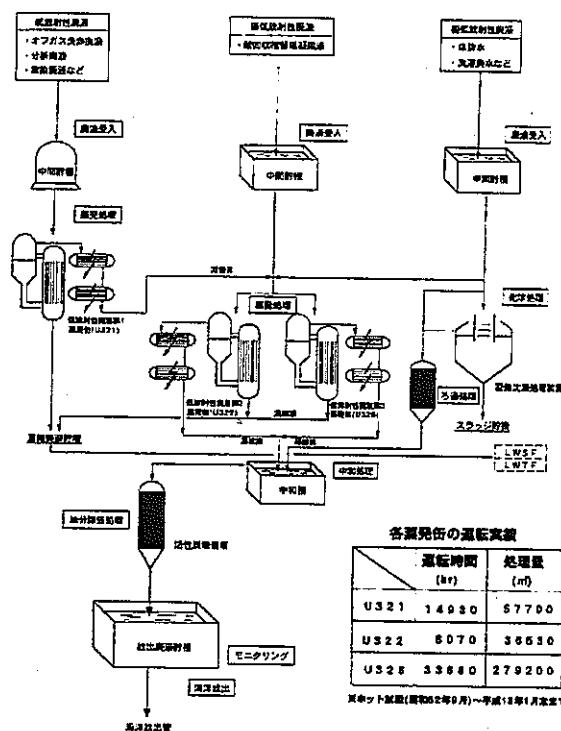
U321, U322, U326蒸発缶とも腐食評価を始め、外観目視点検、肉厚測定結果より、その健全性が確認されている。

又、セル内ドリップトレの遠隔点検においても、点検範囲が限定されるという問題はあるが、市販部品で構成したロボットで十分機能を果たし、安全上の問題もなく低コストで健全性確認作業が行えた。

低放射性廃液取扱い機器の点検と腐食評価

サイクル機構 再処理センター
環境保全部 処理第一課

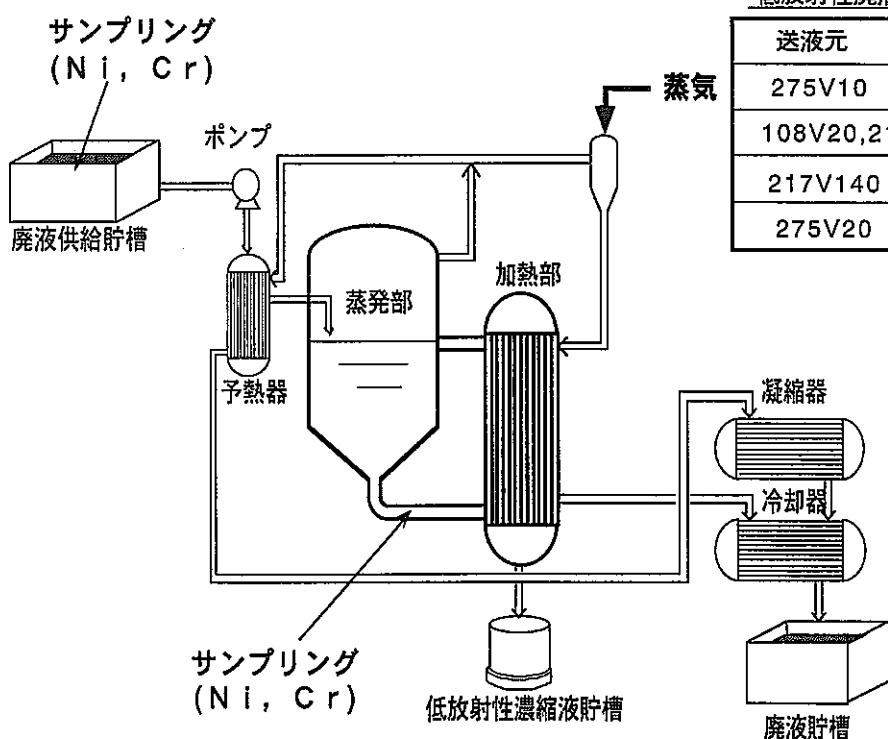
庄司 賢二



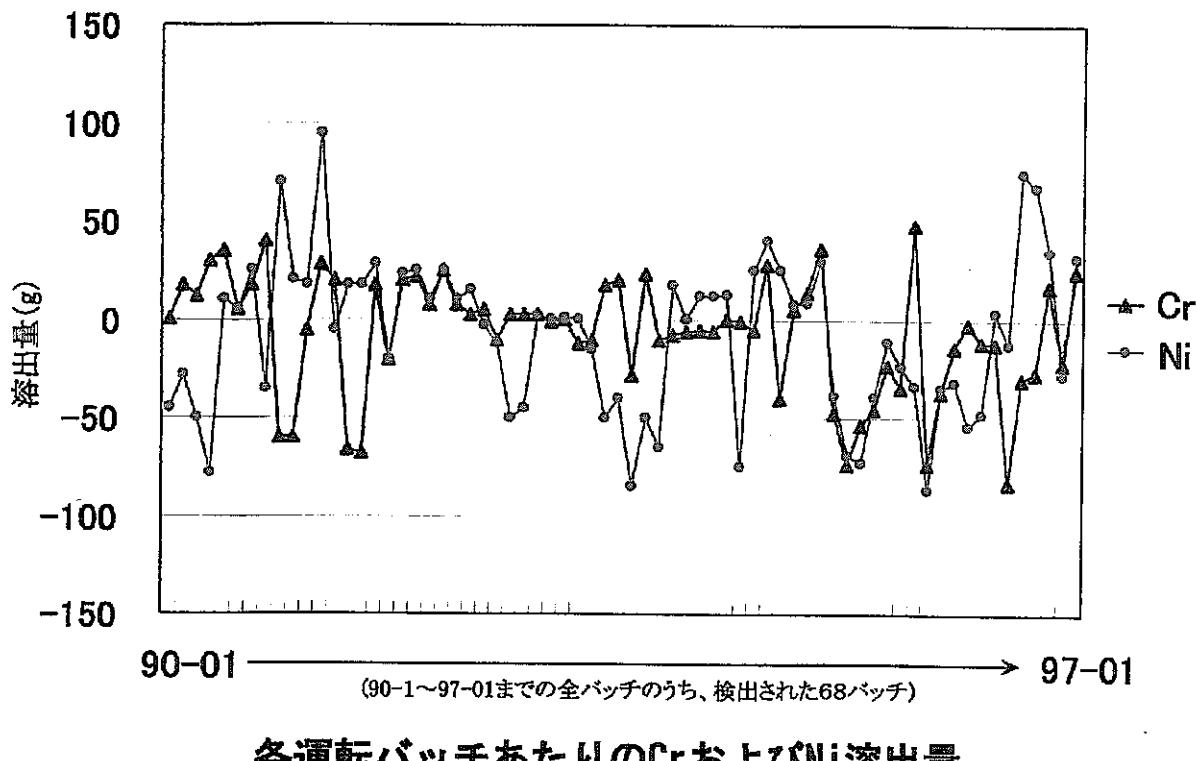
低放射性廃液処理工程概要図

低放射性廃液蒸発缶の点検頻度と方法

	点 検 頻 度	点 検 方 法
低放射性廃液第一蒸発缶 (U 321)	バッチ運転毎のモニタリング	供給液及び濃縮液中の Ni, Cr の評価
	1回/5年ドリップトレの点検	セル内ドリップトレの溶接部 (有害な腐食)
低放射性廃液第二蒸発缶 (U 322)	1回/5年の点検 (自主で1回/1年の点検)	セル入室による、外観目視点検及 び肉厚測定
低放射性廃液第三蒸発缶 (U 326)	1回/1年の点検	同 上



低放射性廃液第一蒸発缶の概要図



蒸発缶の腐食速度

伝熱管の内面積及び鋼材の組成

	値
伝熱管の内表面積	$1.50 \times 10^6 \text{ cm}^2$
SUS316 の Cr 含有量	16%～18%(17%)
SUS316 の Ni 含有量	10%～14%(12%)
SUS316 の質量密度	7.85g/cm ³

平成 4 年度平均溶出速度	
N i (g/hr)	C r (g/hr)
6.71	5.33

腐食速度の計算例 (N iについて)

$$\text{SUS の溶出速度} = \text{N i 溶出速度} / \text{N i 含有率} = 6.71 / 0.12 = 55.9 \text{ g/hr}$$

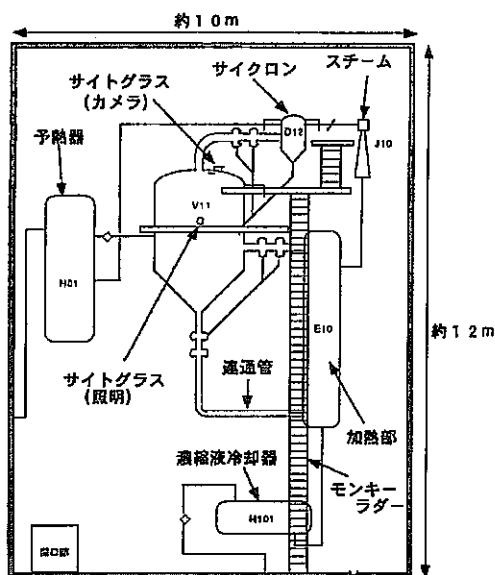
体積に換算するため、質量密度で割る、 $55.9 \text{ g/hr} / 7.85 \text{ g/cm}^3 = 7.12 \text{ cm}^3/\text{hr}$

$$\text{腐食速度} = 7.12 \text{ cm}^3/\text{hr} / 1.50 \times 10^6 \text{ cm}^2 = 4.75 \times 10^{-6} \text{ cm/hr}$$

年間では、

$$4.75 \times 10^{-6} \text{ cm/hr} \times 24 \text{ hr} \times 365 \text{ 日} \times (\text{稼動率 } 10\%) = 0.0042 \text{ cm/年} = 0.042 \text{ mm/年}$$

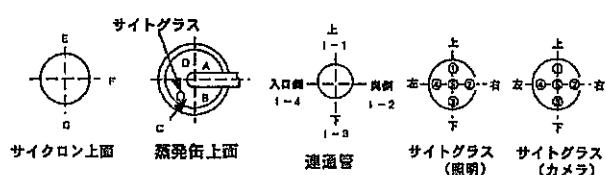
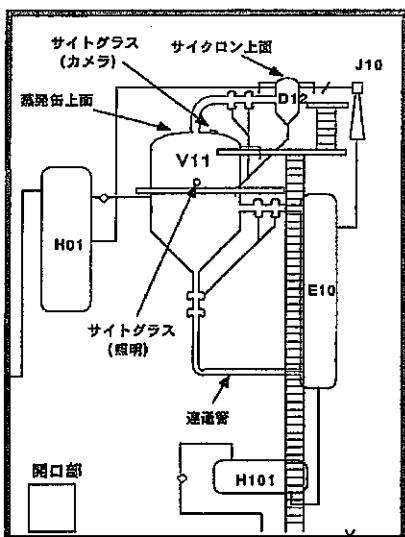
伝熱管の腐食しき：2 mm 2 mm / 0.042 mm/年 ≈ 47 年



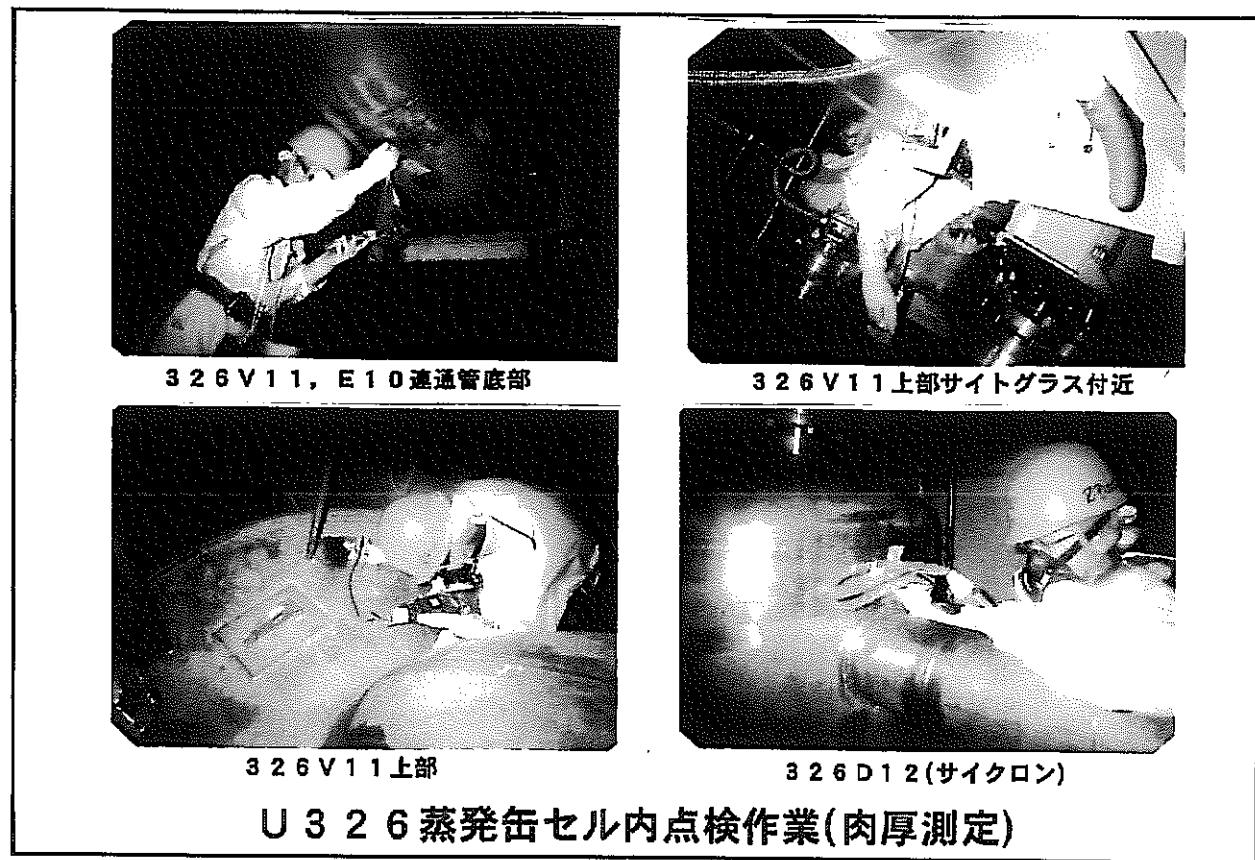
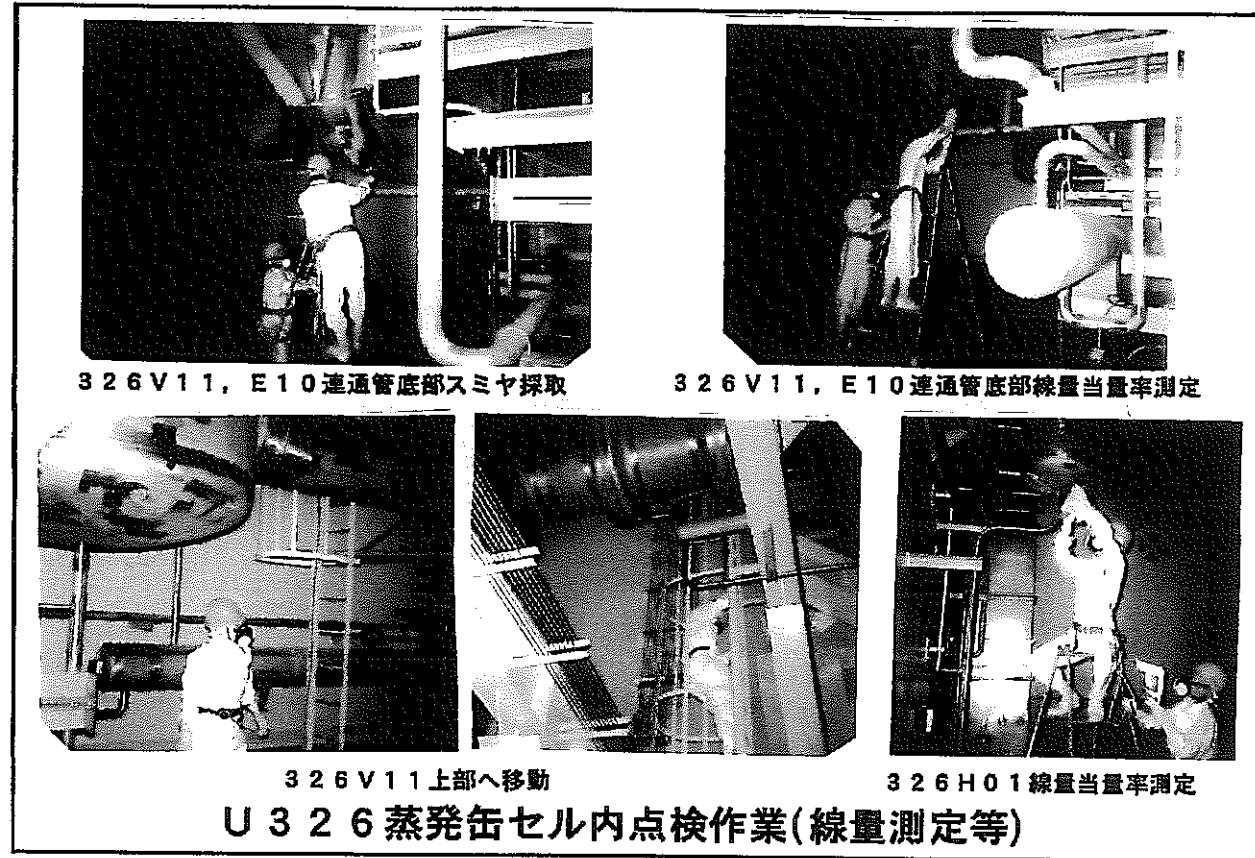
【厚さ】 【腐食しろ】

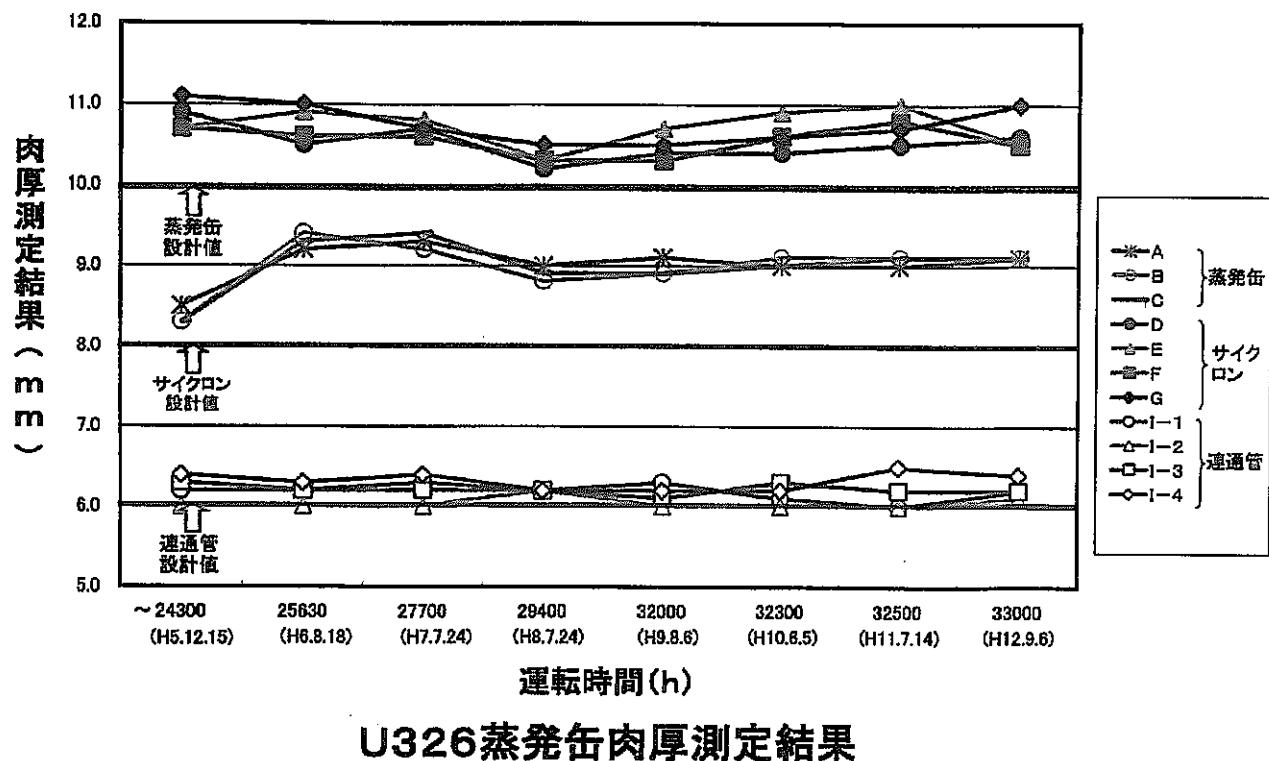
V11 : 10.0mm → 1.0mm
 D12 : 6.0mm → 1.0mm
 連通管 : 6.0mm → 1.0mm
 材質: SUS316L
 サイトグラス: 2.5mm(厚さ)×1.86mm(直径)
 の仕様 バイレックス 7740
 テフロンコ・ティング(250ミクロン)

U326 蒸発缶概要図

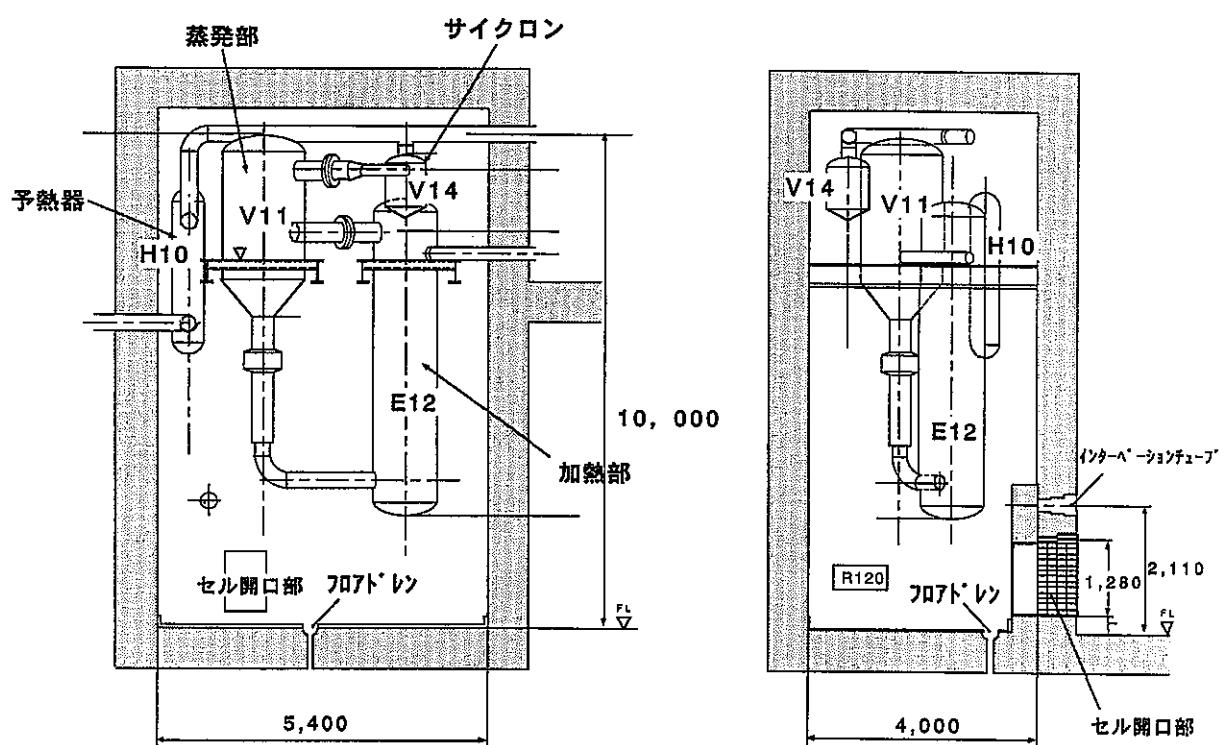


U326 蒸発缶肉厚測定ポイント

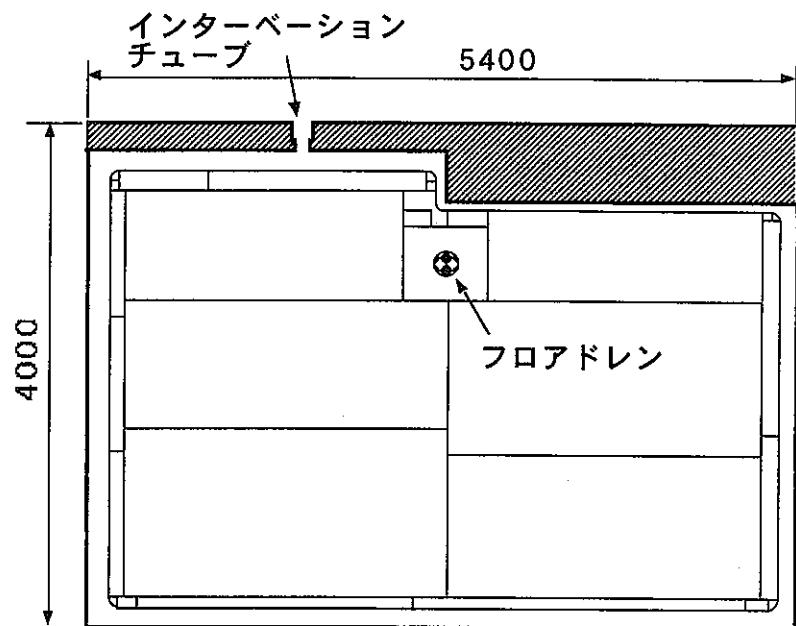




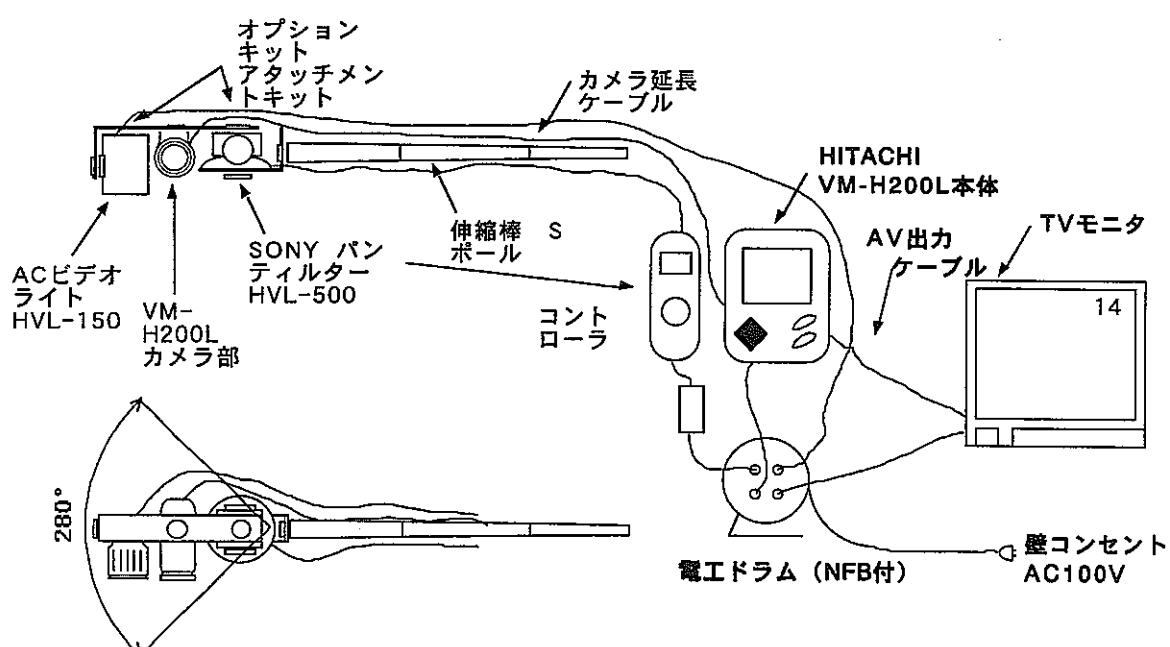
U326蒸発缶肉厚測定結果



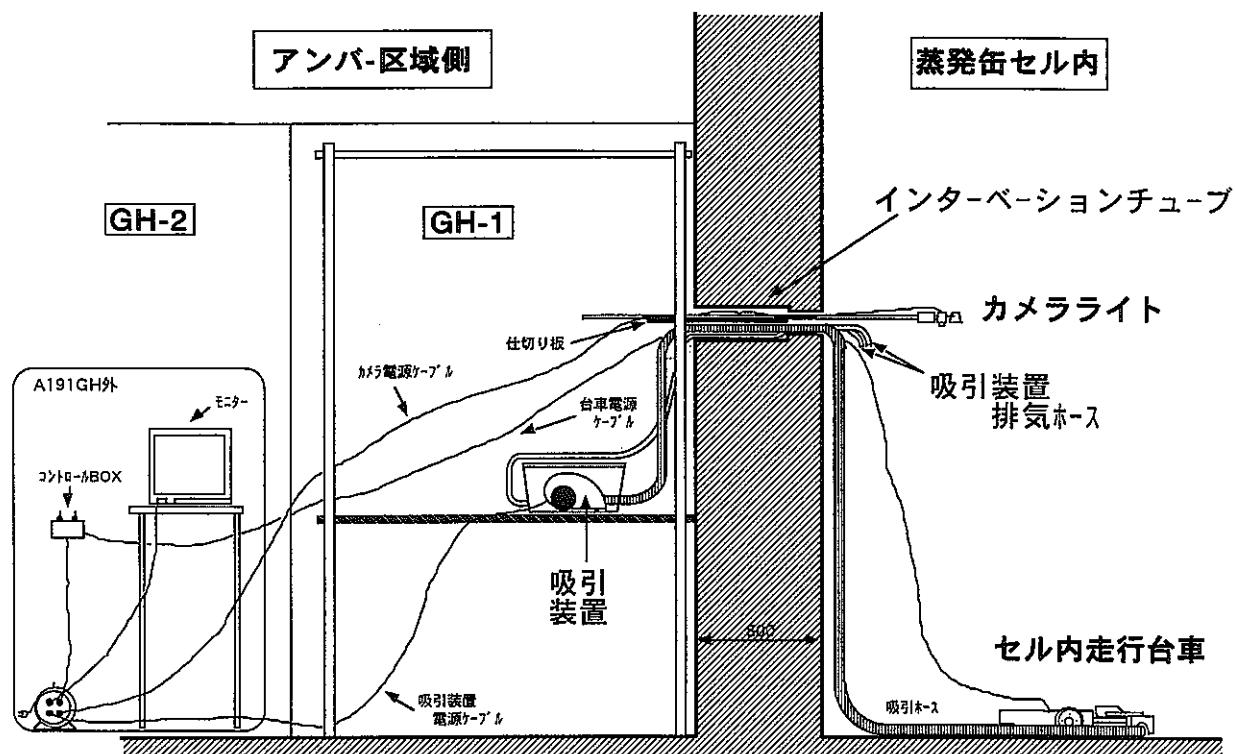
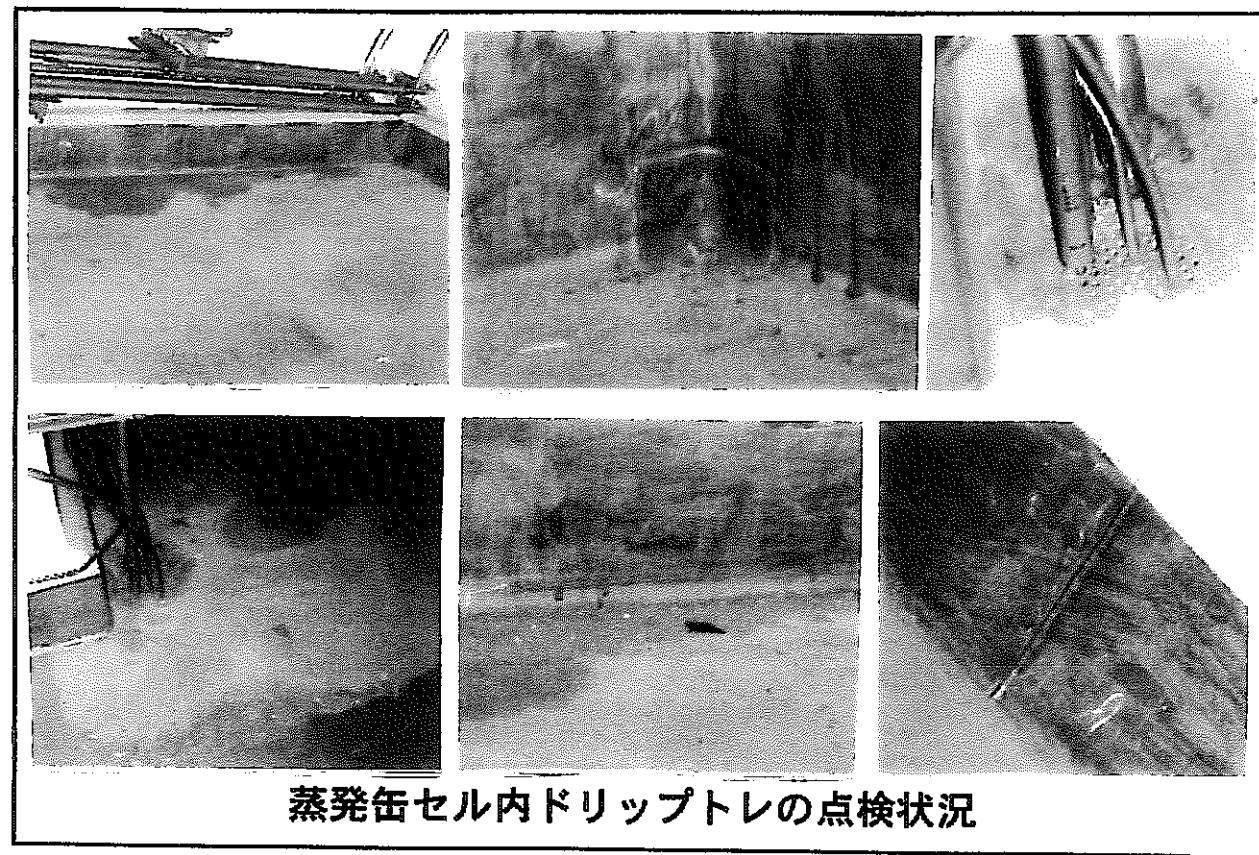
U 3 2 1 蒸発缶セル(R120)機器配置図



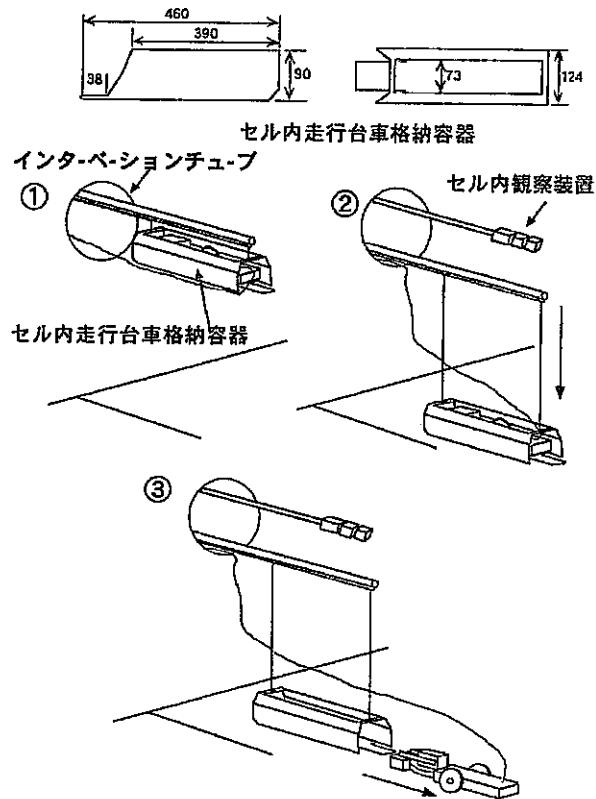
ドリップトレ概要図



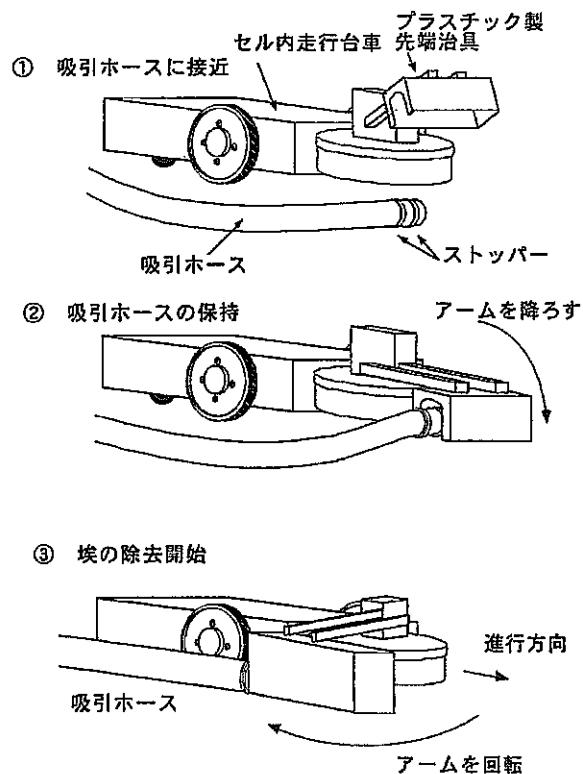
観察装置概要図



吸引装置による埃の除去概要図

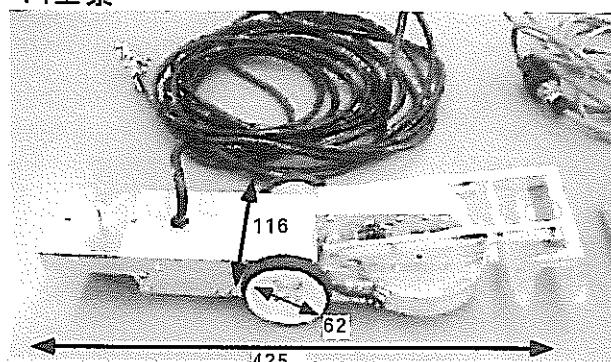


セル内走行台車搬入概要図

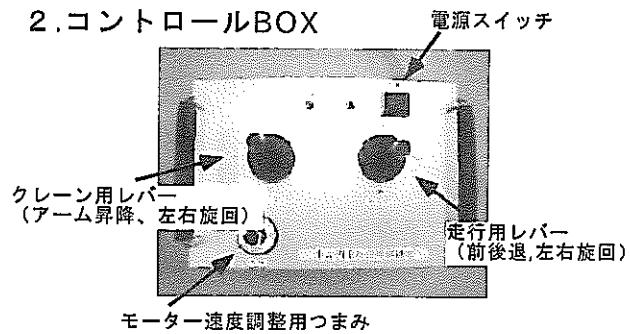


埃の除去作業概要

1. 全景



2. コントロールBOX



3. 先端治具（ゴミの回収及び埃の除去に使用）

仕様

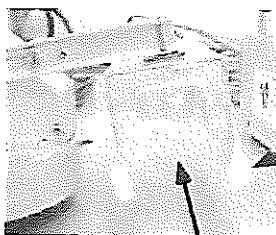
①寸法
全長 : 425mm
全幅 : 116mm (タイヤ幅)
クレーン台部 : 95mm
ボディ : 75mm

タイヤ径 : 62mm
クレーンアーム長 : 174mm

②重量
約3.5kg

③電源
AC100V (ヒューズ3A)
電源ケーブル : 約10m

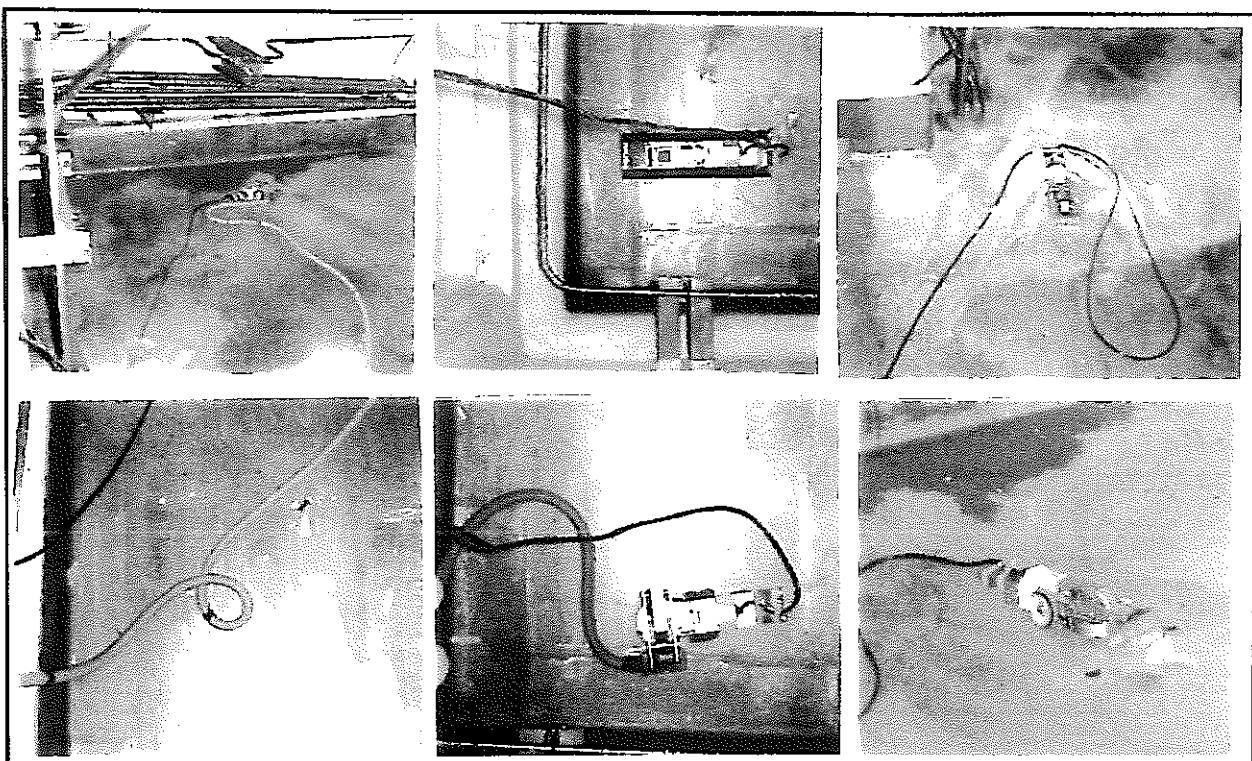
④性能
走行速度 : 0.18~1.25m/sec
牽引力 : 約3.5kg (max)
アーム回転角 : 270°



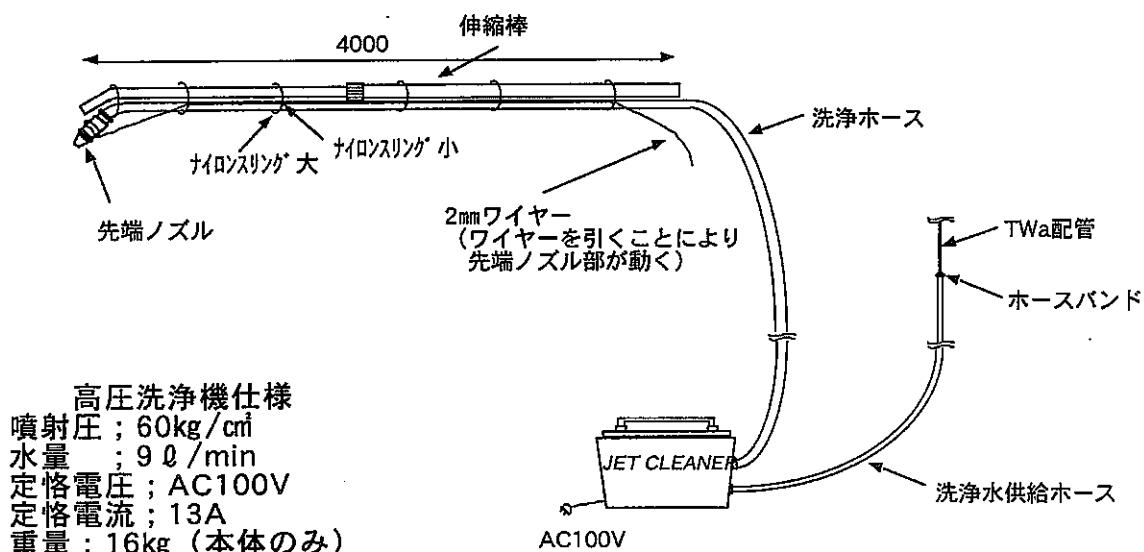
床面と密着度を高めるため毛を接着した。

このアーチ状の切込に吸引ホースを結合させる。

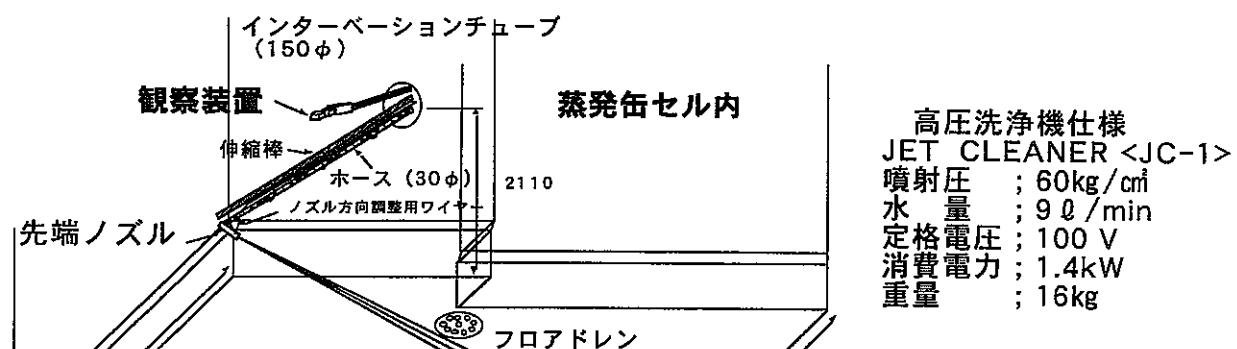
セル内走行台車



吸引装置による埃の清掃作業

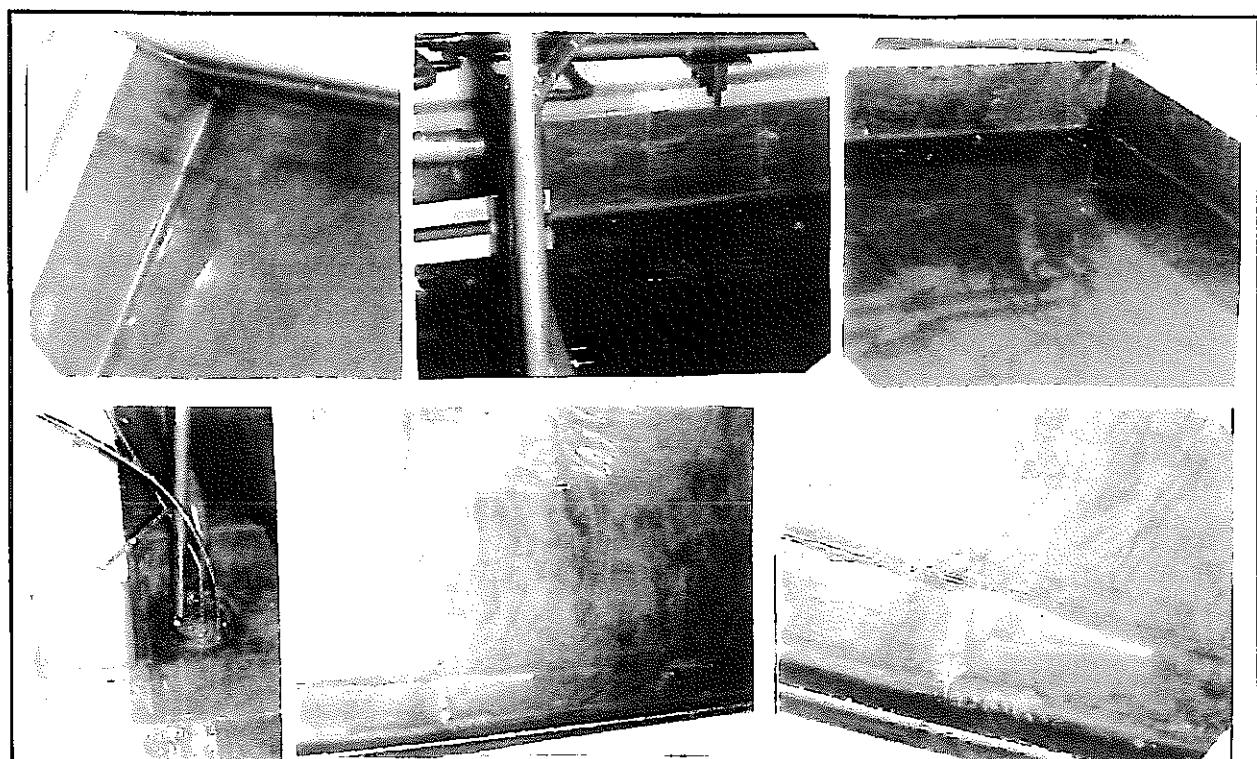
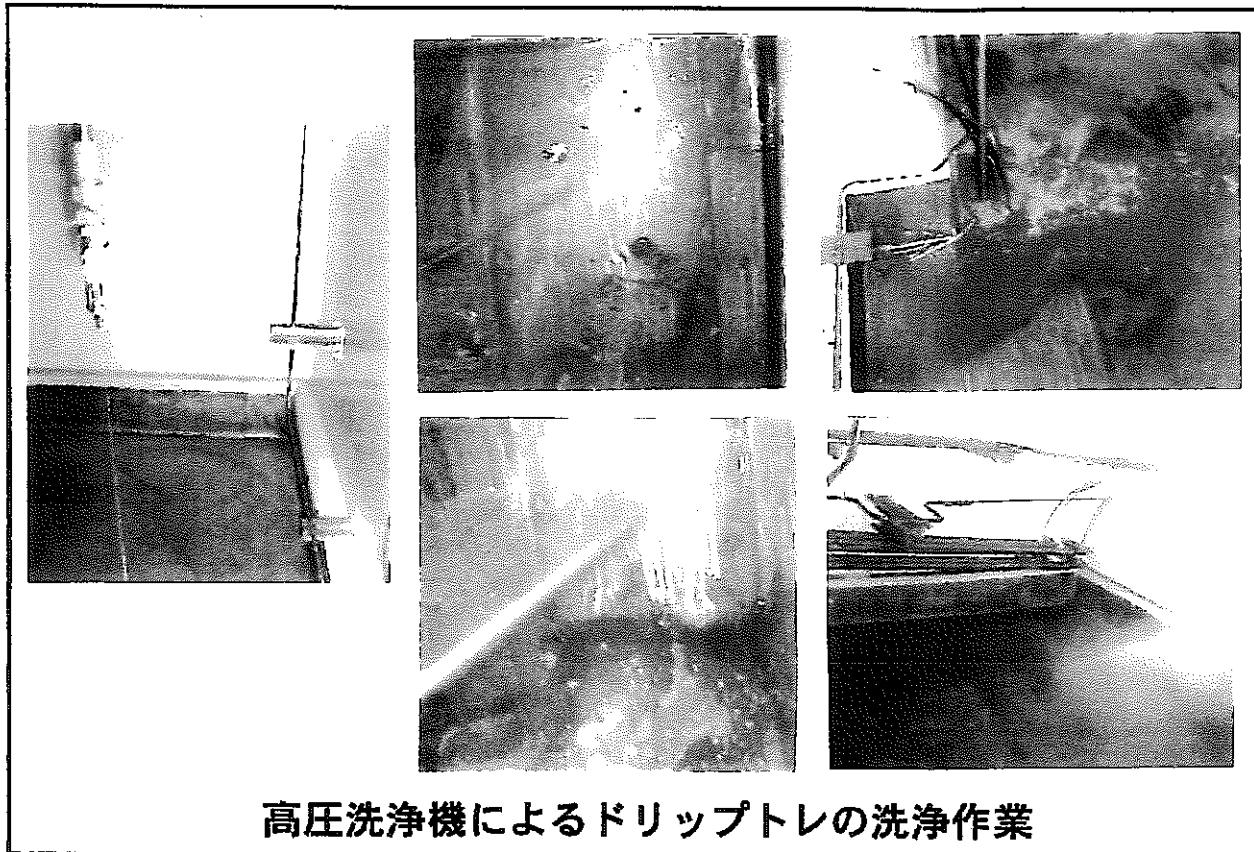


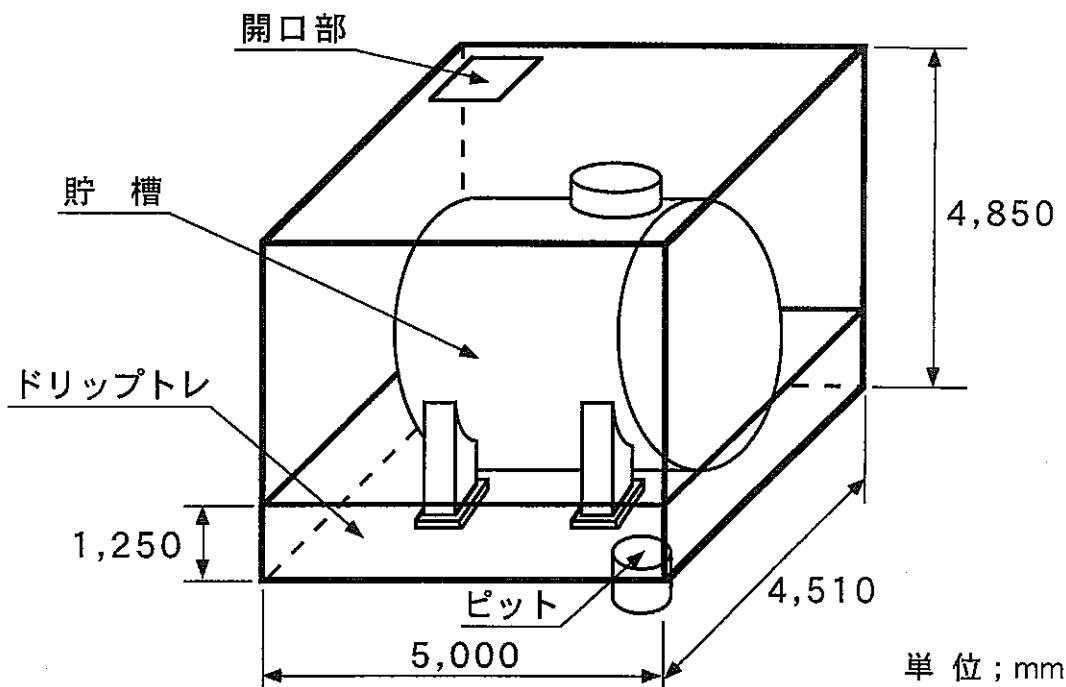
高圧洗浄機



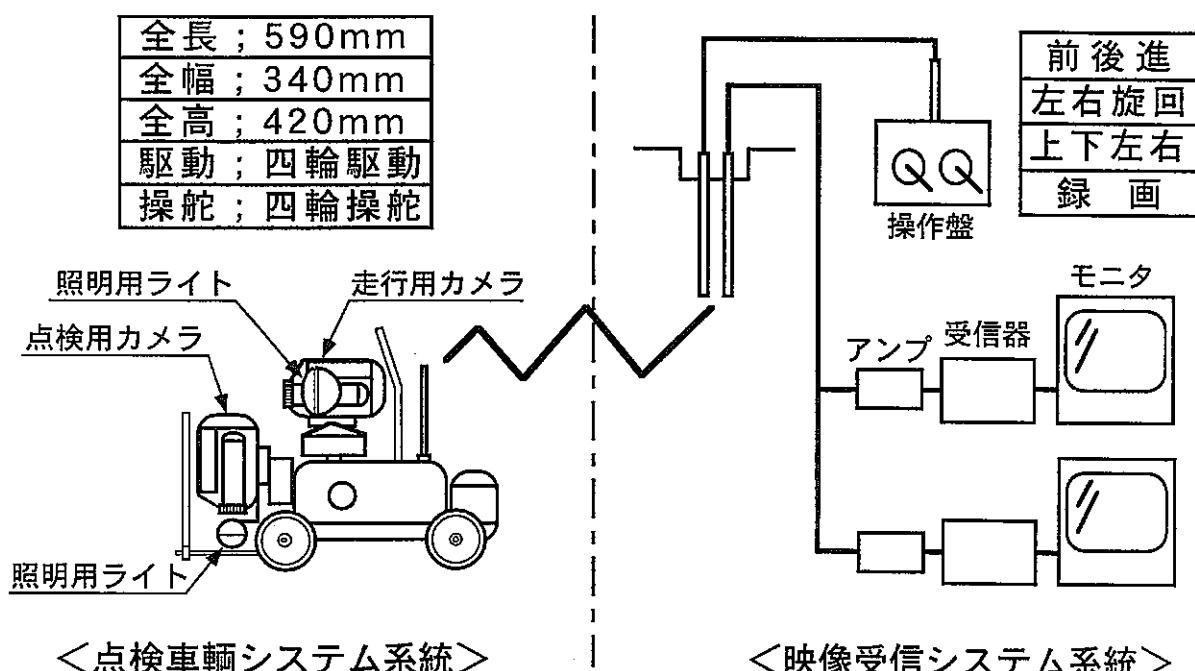
高圧洗浄機の吐出方向は、
 ①インターベーションチューブへの伸縮棒の挿入距離
 ②伸縮棒の回転
 ③先端ノズル方向調整用ワイヤーによるヘッド角の調整
 により、ドリップトレ全域にわたり、容易かつ自在に調整することが可能。

ドリップトレの洗浄概要図

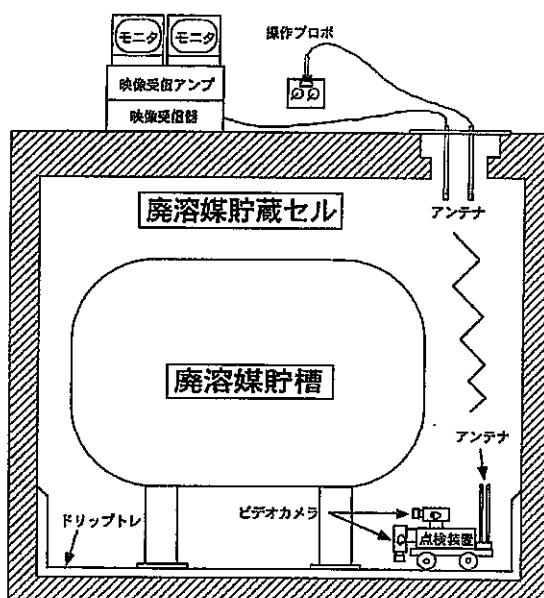




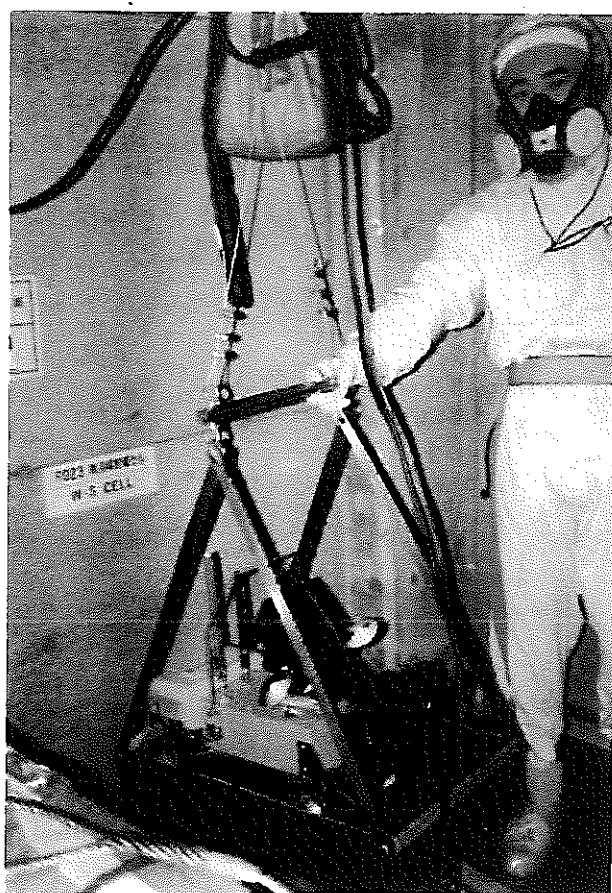
検査対象セルの概要



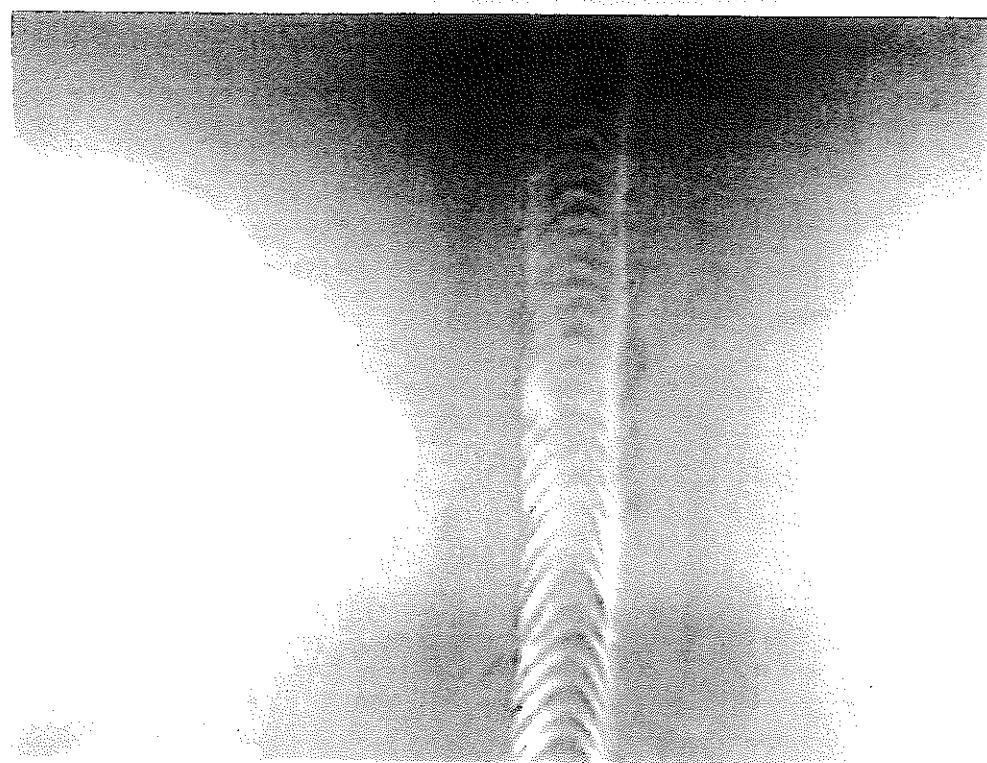
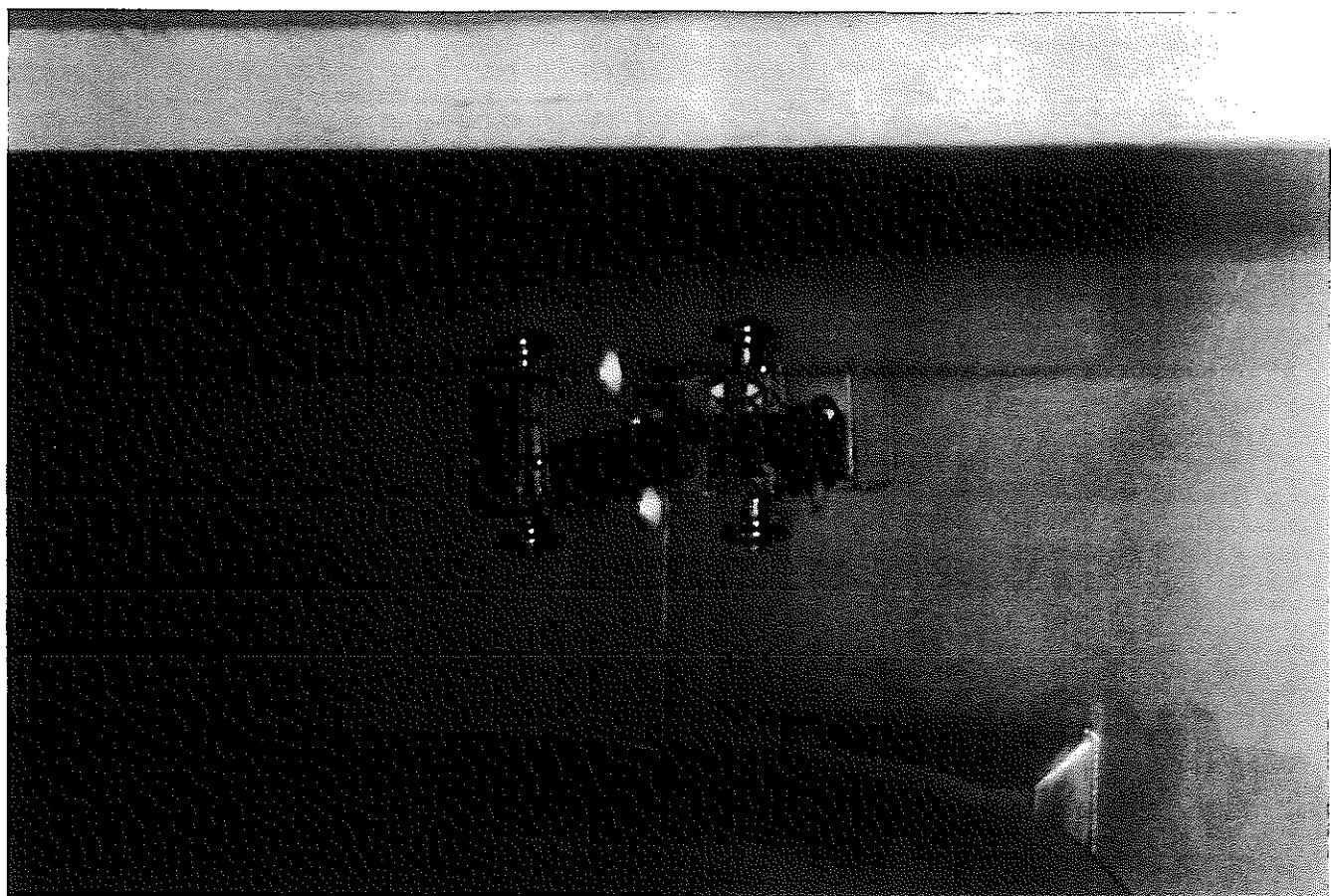
本口ボットの構成



廃溶媒貯蔵セルドリップトレの遠隔点検概要図



JNC TN8410 2001-012



ま と め

- U 3 2 1 蒸発缶の腐食評価を今後も継続し、蒸発缶の健全性維持に努める。
- U 3 2 2, U 3 2 6 蒸発缶の点検においても、漏洩はなく、健全性が担保されている。
- ドリップトレの遠隔点検に市販部品で構成したロボットでも十分に使用できることが実証できた。
- セル内機器の健全性確認を安全上の問題もなく、低コストで行うことができた。

3 - (5) TVF における腐食評価

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター環境保全部処理第三課
中山 治郎

3-(5) T V Fにおける腐食評価

1. 概要

ガラス固化技術開発施設（以下「T V F」）では、廃液処理設備で運転に用いている3基の蒸発缶について、供給廃液及び濃縮液のモニタリングにより腐食評価を実施している。

2. 対象機器の選定

T V Fに設置されているプロセス機器のうち、腐食を考慮すべきと思われる加熱機器としては、ガラス溶融炉(G21ME10)、前処理設備の濃縮器(G12E10)、及び廃液処理設備の各蒸発缶(G71E20、G71E40、G71E70)が挙げられる。

ガラス溶融炉(G21ME10)は、高放射性廃液とガラス原料を約1200°Cで溶融する。主材料は耐火物にMonofrax K-3、電極及び流下ノズルにインコネル690を使用している。耐火物の設計上の腐食速度は0.03 mm/dayを用い、炉の年間稼動日数を300日/年と仮定して5年以上の寿命を持たせるため、腐食しろは50 mmが設けられている。

濃縮器(G12E10)は、高放射性廃液貯蔵場から受け入れた高放射性廃液を約2倍に濃縮する。主材料はTiを用いており、設計上の腐食速度は0.01 mm/year及び腐食しろ1 mmから評価すると、設計寿命は100年となる。

廃液処理設備は、主にガラス溶融炉や各貯槽類からのオフガスの洗浄廃液を3段の蒸発缶を用いて蒸発処理する系統であり、ガラス固化処理運転の有無に関わらず運転が必要な設備である。蒸発缶の主材料は、Ti及びTi+5Ta又はR-SUS304ULCを用いており、設計上の腐食速度(0.02~0.05 mm/year)及び腐食しろ(1~4 mm)から評価鶴すると、設計寿命は50~100年である。

なお、これらの機器のこれまでの実稼動時間を、コールド試運転時から開発運転00~2試験までの運転実績で比較すると、ガラス溶融炉(G21ME10)が約12500時間(熱上げ~電源断)、濃縮器(G12E10)が約1600時間、廃液処理設備の蒸発缶が約20000時間である。

本評価では、施設の維持に必要な設備としての観点から、廃液処理設備の蒸発缶を対象として選定した。

3. 廃液処理設備の概要

廃液処理設備は、槽類換気設備の湿式処理機器から発生するオフガス洗浄廃液の他、前処理設備濃縮器の運転に伴って発生する凝縮液、ガラス固化体取扱設備の除染装置から発生する除染液等を蒸発処理する。

廃液は、中放射性廃液蒸発缶(G71E20)、低放射性廃液第一蒸発缶(G71E40)、低放射性廃液第二蒸発缶(G71E70)の3段の蒸発缶にて処理し、濃縮液は受入設備へ回収して高放射性廃液と混合し、ガラス固化処理する。凝縮液は極低放射性廃液として、廃棄物処理場へ払い出す。

中放射性廃液蒸発缶(G71E20)は、1日当たり21~22時間の加熱処理を行った後に濃縮液を抜き出すバッチ運転を行い、濃縮倍率は70倍である。

低放射性廃液第一蒸発缶(G71E40)及び低放射性廃液第二蒸発缶(G71E70)は連続運転を行い、24時間を1サイクルとして1サイクル中に2回、濃縮液を抜き出す。濃縮倍率は共に30倍である。

4. 腐食評価方法

(1)概要

現状では、板厚測定等の直接的な腐食状況評価は実施していないが、間接的な評価として、ガラス固化処理運転期間中に、蒸発缶への供給廃液及び濃縮液の分析値に基づく腐食評価を実施している。なお、本評価は自主的に行っており、I S Iとして実施しているものではない。

評価に当たっては、原則としてガラス固化処理運転期間の後半に、各蒸発缶の供給廃液及び濃縮液のサンプリングを行った。

廃液の分析項目は各蒸発缶の材質より、中放射性廃液蒸発缶(G71E20)についてはT i、低放射性廃液第一蒸発缶(G71E40)及び低放射性廃液第二蒸発缶(G71E70)については、F e、C r、N iとした。

また、腐食評価は、各蒸発缶の接液部分全体が腐食すると仮定した場合と、より厳しい評価を行うため伝熱部分（伝熱管及び管板）のみが腐食すると仮定した場合の二通りとした。

(2)評価方法

蒸発缶への元素の入量は、供給廃液の分析値に試験評価期間中の蒸発缶への廃液供給量を乗じて求めた。同様に、蒸発缶からの元素の出量は、濃縮液の分析値に評価期間中の蒸発缶からの濃縮液抜き出し量を乗じて求めた。

なお、供給廃液の元素濃度については、分析値が検出下限値未満となった場合は、安全側に評価するために0として扱う。

単位時間、単位表面積当たりの腐食速度（ $g/m^2/hr$ ）を、蒸発缶への元素の入量と出量の差を元素溶出重量とし、加熱運転時間及び表面積（接液部分全体又は伝熱部分のみ）で割ることにより算出する。

1年間当たりの腐食速度（mm/year）は、上記の腐食速度（ $g/m^2/hr$ ）を、比重（材料の比重×元素比(%))で割ることにより算出する。

5. 評価結果

中放射性廃液蒸発缶(G71E20)については、ホット運転以降に腐食速度の上昇傾向が見られ、直近の運転である開発運転00-2試験では、設計（0.02 mm/year）の倍となっている。

低放射性廃液第一蒸発缶(G71E40)については、ホット運転時に評価を実施していない時期があるが、評価時期によって結果に変動があり、00-2試験では、設計（0.05 mm/year）に対して0.07 mm/year程度であった。

低放射性廃液第二蒸発缶(G71E70)についても、評価時期によって変動があるが、いずれも設計（0.04 mm/year）を下回っており、00-2試験では0.015 mm/year程度であった。

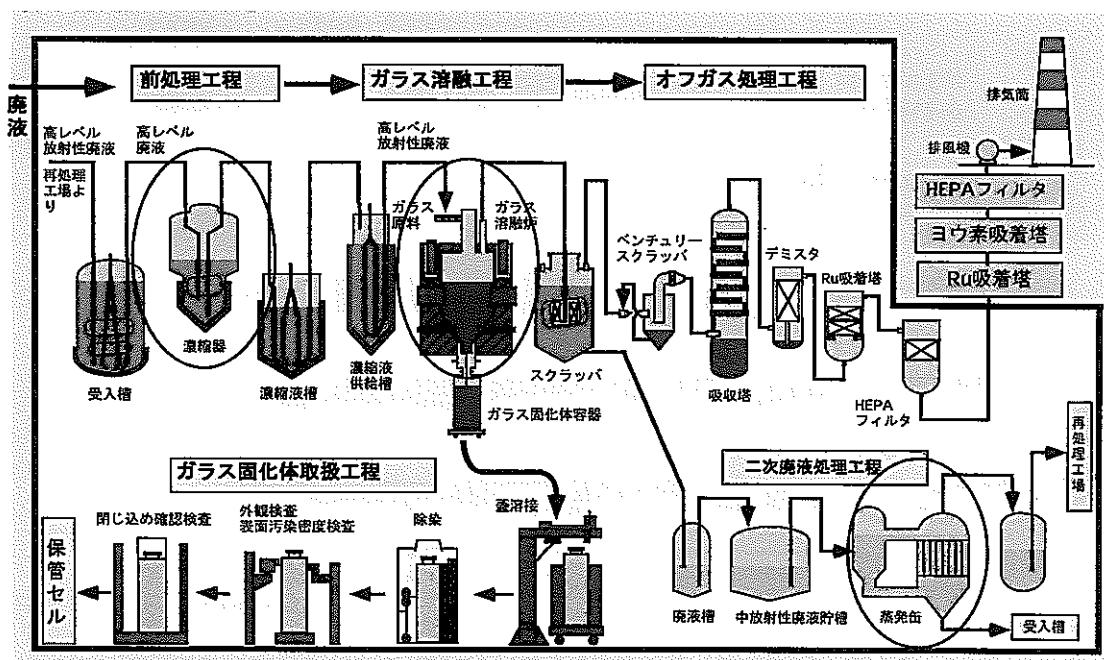
00-2試験での腐食速度の評価結果を元に、各蒸発缶の腐食の程度を評価すると、伝熱部分のみが腐食すると仮定した場合では、腐食しろに対してそれぞれ10.6%、4.2%、0.8%となった。

今後の運転においても、継続して評価を行い、腐食速度の推移を確認していく予定である。

東海再処理施設 技術報告会

TVFにおける腐食評価

核燃料サイクル開発機構 東海事業所
再処理センター 環境保全部 処理第三課



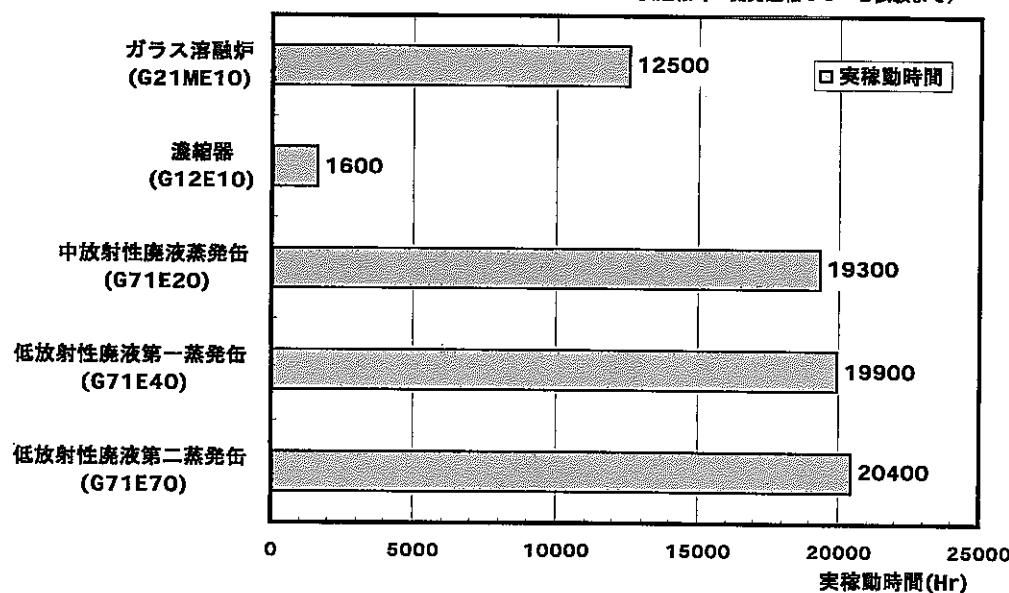
ガラス固化技術開発施設（TVF）の主要工程

T V F における主な加熱機器の仕様

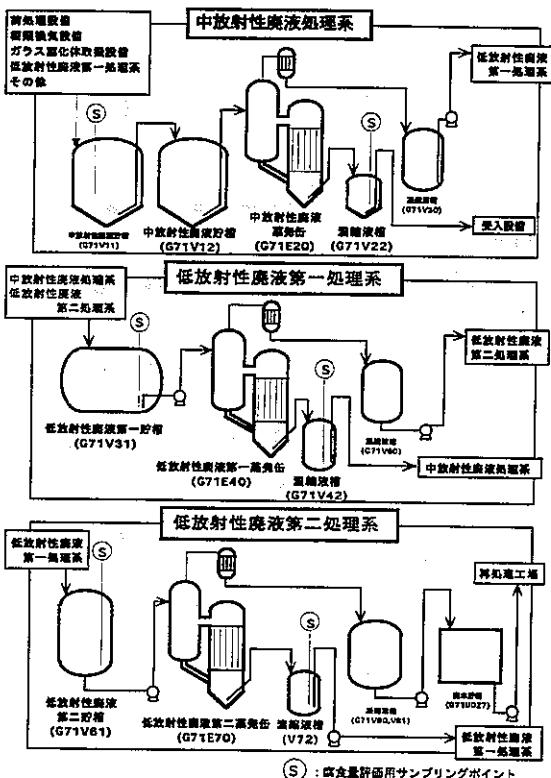
機器名称	使用材料	腐食しろ	腐食速度	設計寿命*1
ガラス溶融炉 (G21ME10)	耐火物 Monofrax K-3	50mm	0.03mm/day	4.6Year
	電極 インコネル690	50mm	0.03mm/day	4.6Year
	流下ノズル インコネル690	3mm	0.0003mm/day	27.4Year
濃縮器(G12E10)	T i	1mm	0.01mm/year	100Year
中放射性廃液蒸発缶 (G71E20)	接液部 T i、T i + 5Ta	1mm	0.02mm/year	50Year
	加熱伝熱部 T i	1mm	0.02mm/year	50Year
低放射性廃液第一蒸発缶 (G71E40)	接液部 R-SUS304ULC	4mm	0.05mm/year	80Year
	加熱伝熱部 R-SUS304ULC	4mm	0.05mm/year	80Year
低放射性廃液第二蒸発缶 (G71E70)	接液部 R-SUS304ULC	4mm	0.04mm/year	100Year
	加熱伝熱部 R-SUS304ULC	4mm	0.04mm/year	100Year

* 1 : 実稼動時間を示す。

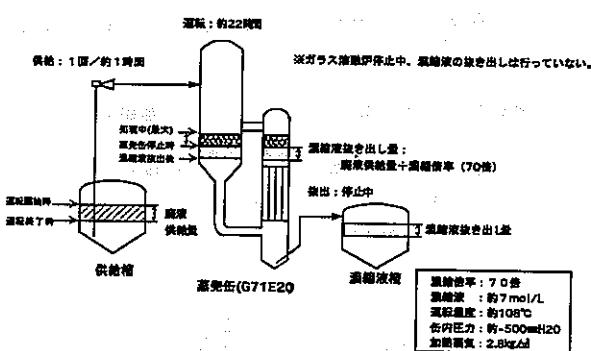
(コールド試運転時～開発運転00-2試験まで)



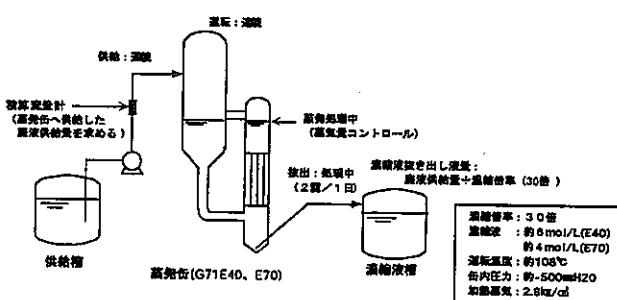
主な加熱機器の実稼動時間



廃液処理設備の概要



中放射性廃液蒸発缶(G71E20)の運転概要



低放射性廃液蒸発缶(G71E40, E70)の運転概要

蒸発缶の運転概要

蒸発缶の腐食評価対象表面積と成分元素比

	中放射性廃液蒸発缶 (G71E20)		低放射性廃液第一蒸発缶 (G71E40)		低放射性廃液第二蒸発缶 (G71E70)	
表面積 (m ²)	接液部	加熱伝熱部	接液部	加熱伝熱部	接液部	加熱伝熱部
	27.448	21.948	28.776	23.209	28.946	23.209
元素比 (%)	Ti : 99.74*	Ti : 100	Fe : 71.15 Cr : 18.55 Ni : 10.30			
比重 (g/cm ³)	4.55*	4.54	7.82	7.82	7.82	7.82

* : G71E20接液部はTi及びTi+5Taを用いているため、Tiの元素比及び比重は表面積を元に補正した。

蒸発缶の腐食速度の算出方法

評価対象元素の入出量

$$\text{元素の入量 (g)} = \text{供給廃液の元素濃度分析値}^* (\text{mg/L}) \times \text{廃液供給量 (L)} \div 1000$$

$$\text{元素の出量 (g)} = \text{濃縮液の元素濃度分析値} (\text{mg/L}) \times \text{濃縮液抜き出し量 (L)} \div 1000$$

* : 供給廃液の元素濃度分析値が検出下限値未満となった場合は、0として扱う。
(検出下限値 Ti : 1.0mg/L Fe : 1.0mg/L Cr : 0.5mg/L Ni : 0.5mg/L)

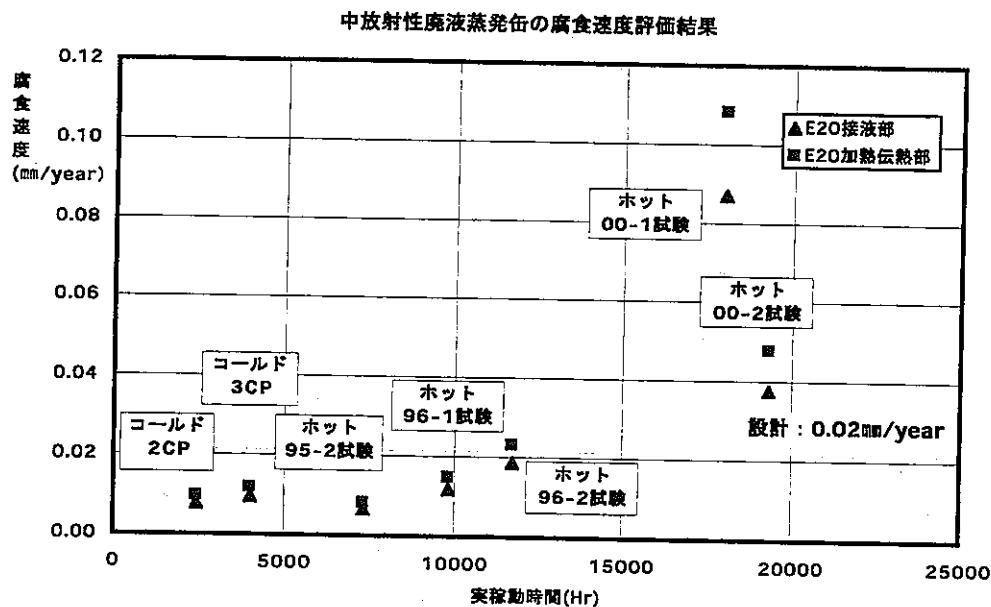
腐食速度 (g/m²/Hr)

$$\text{腐食速度 (g/m²/Hr)} = \frac{\{\text{出量 (g)} - \text{入量 (g)}\}}{\text{運転時間 (Hr)} \times \text{表面積 (m²)} }$$

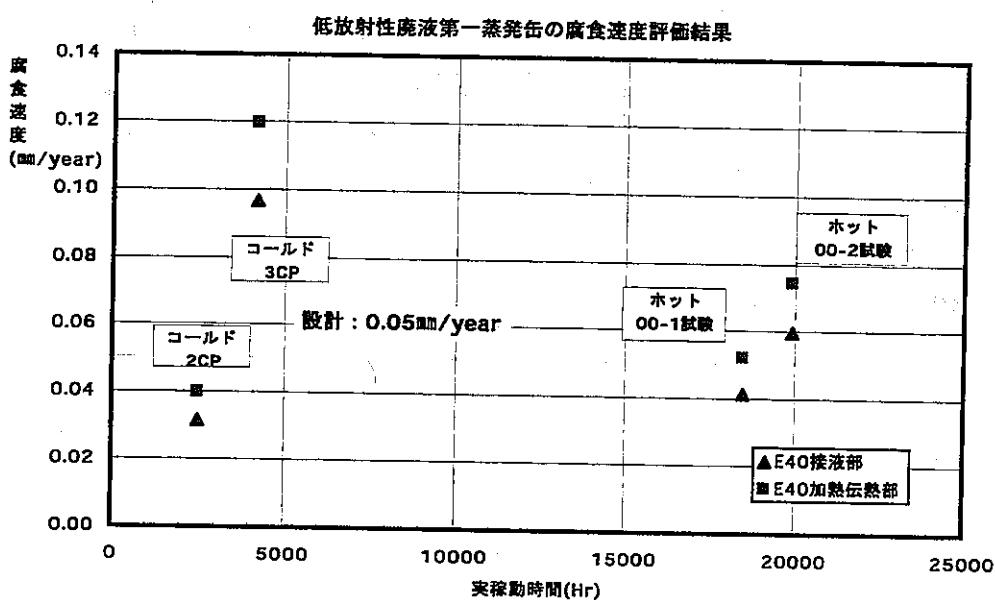
腐食速度 (mm/Year)

$$\text{腐食速度}^* (\text{mm/Year}) = \frac{\text{腐食速度 (g/m²/Hr)} \times 24 \times 365 \times 100}{\text{元素比 (%) } \times \text{比重 (g/cm³) } \times 1000}$$

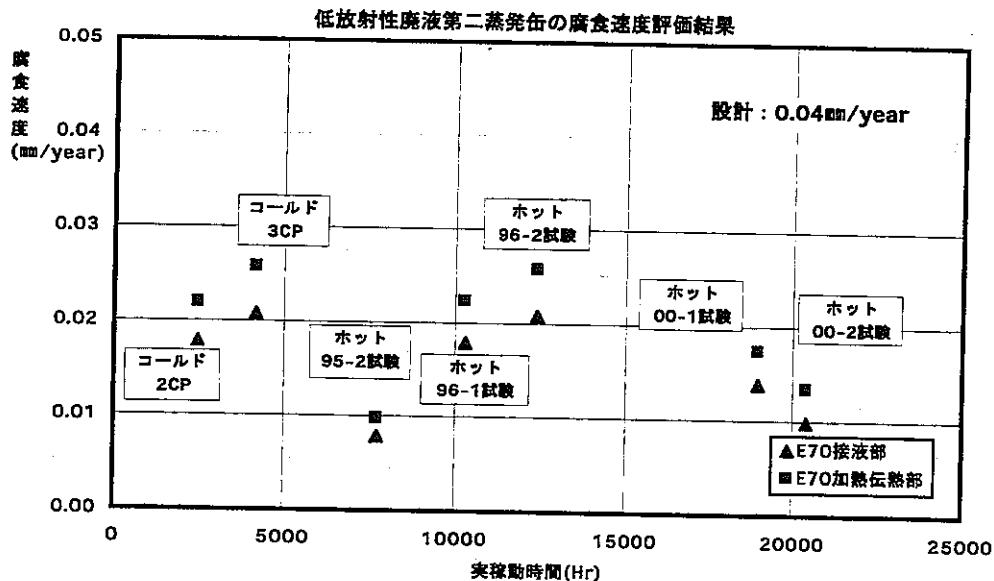
* : R-SUS304ULCについては、各元素毎に算出した腐食速度の平均をとる。



中放射性廃液蒸発缶(G71E20)の腐食速度評価結果



低放射性廃液第一蒸発缶(G71E40)の腐食速度評価結果



低放射性廃液第二蒸発缶(G71E70)の腐食速度評価結果

00-2試験結果に基づく蒸発缶の残寿命評価

	中放射性廃液蒸発缶 (G71E20)		低放射性廃液第一蒸発缶 (G71E40)		低放射性廃液第二蒸発缶 (G71E70)	
	接液部	加熱伝熱部	接液部	加熱伝熱部	接液部	加熱伝熱部
腐食速度 (mm/year) (00-2試験結果)	0.038	0.048	0.06	0.075	0.01	0.014
実稼動時間 (Hr) (00-2試験終了時)	19300	19300	19900	19900	20400	20400
腐食しき (mm)	1	1	4	4	4	4
腐食程度 (mm)	0.084	0.11	0.14	0.17	0.023	0.033
腐食程度 (%)	8.4	10.6	3.4	4.3	0.58	0.82
残寿命 (年) (実稼動時間)	24.1	18.6	64.4	51.1	398	283

3 - (6) 高放射性廃液貯槽及び
リン酸廃液蒸発缶における
点検装置の開発

東海再処理施設 技術報告会

サイクル機構 再処理センター処理部 化学処理第三課

清水 亮

環境保全部 処理第二課

村山 保美

3-(6) 高放射性廃液貯槽及びリン酸廃液蒸発缶における点検装置の開発について

報告内容

東海再処理施設で現在計画中である、高放射性廃液貯槽及びリン酸廃液蒸発缶の点検装置の開発について紹介する。

I 高放射性廃液貯槽点検装置の開発

1. はじめに

高放射性廃液貯槽は、東海再処理施設の分離精製工場に4基、高放射性廃液貯蔵場に6基設置されている。

高放射性廃液貯槽は、高放射性廃液を長期間安全に貯蔵できるよう設計されているが、高放射線環境下にあったことにより、貯槽本体の点検はこれまで行われていない。

そこで、使用開始後約24年になる分離精製工場の高放射性廃液貯槽を対象に、点検装置の開発を進めることとした。

2. 高放射性廃液貯槽概要

高放射性廃液貯槽は、直径6m、高さ約4.5m、容量90m³であり、材質はSUS316ULCである。また、冷却のため、計10本の冷却配管が、貯槽内に設置されている。

3. 点検装置

点検は、貯蔵液を閉じ込めを確保する上で重要な、貯槽外壁と冷却水配管を対象とし、その肉厚を測定する装置を開発する。

3.1 冷却水配管の肉厚測定装置

冷却水配管は、超音波肉厚測定器を組み込んだ検査用プローブを、水流により配管中を移動させ、配管の肉厚測定を行う装置である。

3.2 貯槽外壁肉厚測定装置

貯槽外壁肉厚測定装置は、セル点検孔（インターベンションチューブ）からセル内の貯槽へ、貯槽外壁に取り付いて自走可能な測定装置を送り込み、貯槽外壁の肉厚及び温度を測定する装置である。

4. 開発の状況及び今後の計画

4.1 冷却水配管の肉厚測定装置

高放射性廃液蒸発缶の加熱蒸気配管で、同種の点検を実施した実績があり、また、高放射性廃液貯槽の冷却水配管測定のモックアップ試験を実施済みである。

次年度実施を計画している。

4.2 貯槽外壁肉厚測定装置

次年度より、本装置の開発に着手する計画である。

II リン酸廃液蒸発缶における今後の I S I 計画

1. はじめに

東海再処理施設の廃溶媒処理技術開発施設（S T 施設）において、廃溶媒の処理に伴い発生するリン酸廃液は蒸発缶にて蒸発濃縮している。

S T 施設は、運転開始以降 16 年を経過しており、経年変化に対応した措置が必要である。このため、従来から I S I （外観目視）等により設備の健全性を確認しているが、リン酸を取り扱う機器のうち使用環境の最も厳しい蒸発缶については、今後内部（加熱部）の健全性を確認していく計画としている。

2. 施設の概要

S T 施設ではリン酸抽出法により廃溶媒を T B P とドデカンに分離する。T B P はプラスチック固化し、ドデカンは分離精製工場にて再利用している。一方、リン酸廃液は中和後、蒸発濃縮している。これまで処理した廃溶媒は約 420m³、プラスチック固化体約 1700 本製造、リン酸廃液は約 150m³ 処理している。なお、蒸発濃縮は、p H 4.5 に調整したリン酸塩(NaH₂PO₄) 廃液を約 100°C で蒸発濃縮する。1 バッチの処理量は約 2.5m³、運転時間は 5 時間程度である。

3. 蒸発缶の健全性確認に関する実績

3.1 健全性評価の対象機器

S T 施設において、リン酸を取り扱う機器は耐食性に優れた SUS316L を使用し、かつ設計温度は 50°C と低いことから、十分な耐食性を有している。

一方、本蒸発缶(SUS316L)で取り扱うリン酸塩溶液に対する耐食性の知見は少なく、加熱・冷却に伴う応力腐食割れ等が危惧されるとの報告もある。したがって、蒸発缶本体母材よりも内部加熱部（管板部）の腐食が懸念されることから、本蒸発缶を対象として健全性の調査を行うこととした。

3.2 供用期間中の検査（I S I）等の実績

(1) I S I 等による健全性確認

本蒸発缶は、定期検査の I S I として 1 回／3 年で外観目視により健全性を確認しているが、特に異常は認められていない。また、過去 2 回本体母材の非破壊検査(肉厚測定、PT 等)を実施したが、特に異常は認められていない。

(2) 材料の腐食試験による評価

リン酸塩(NaH₂PO₄)に対する耐食性を確認するため、SUS316L の腐食試験を J I S の「ステンレス鋼の 65%硝酸腐食試験方法」に準じて実施した。その結果、腐食速度は、<0.01mm/y が得られ、使用材料は十分な耐食性を有している。しかしながら、前述のように管板部の健全性を確認する必要がある。

4. 今後の計画

従来からの I S I （外観目視）は継続して実施する。一方、腐食等が懸念される管板部については、以下のように健全性の確認を実施していく計画である。

(1) 観察装置の設計・研究

管板部の表面観察及び非破壊検査を行うこととし、表面観察には C C D カメラ、非破壊検査として蛍光浸透探傷試験によるコールドのモックアップ試験を行い、実用可能などを確認した。この結果を踏まえ、観察装置の設計を行った。

(2) 内部観察の実施計画

上記の設計を踏まえ、まずCCDカメラを用いた確認を行うこととし、12年度に観察装置の製作及び蒸発缶の改造（点検口設置）を行い、内部確認を同年度（3月）から実施していく計画である。また、蛍光浸透探傷試験については、CCDカメラによる観察結果を踏まえ実施していくこととする。

高放射性廃液貯槽及びリン酸廃液蒸発缶 における点検装置の開発について

平成13年3月14日

核燃料サイクル開発機構
東海事業所 再処理センター

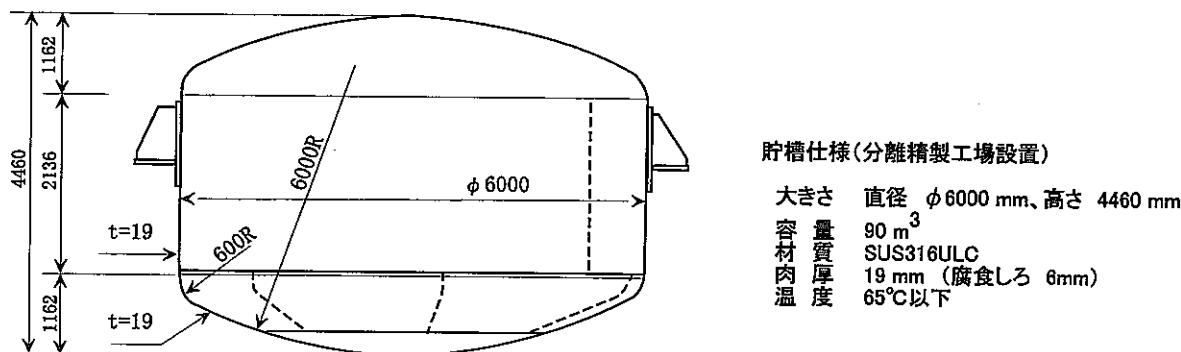
処理部 化学処理第3課 清水 亮
環境保全部 処理第2課 村山 保美

高放射性廃液貯槽点検装置の開発について

高放射性廃液貯槽

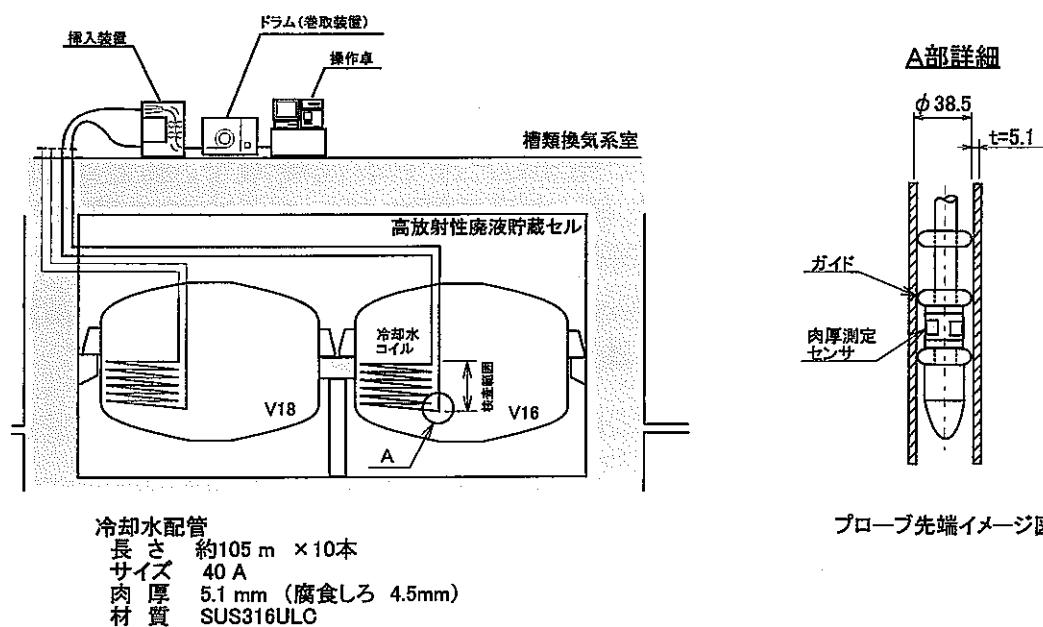
抽出工程及び酸回収工程で発生した高放射性廃液を、高放射性廃液蒸発缶で濃縮、減容した後、ガラス固化体にするまでの間、安全に貯蔵しておくための貯槽。

東海再処理施設には、分離精製工場内に4基(内1基予備)、高放射性廃液貯蔵場に6基(内1基予備)ある。

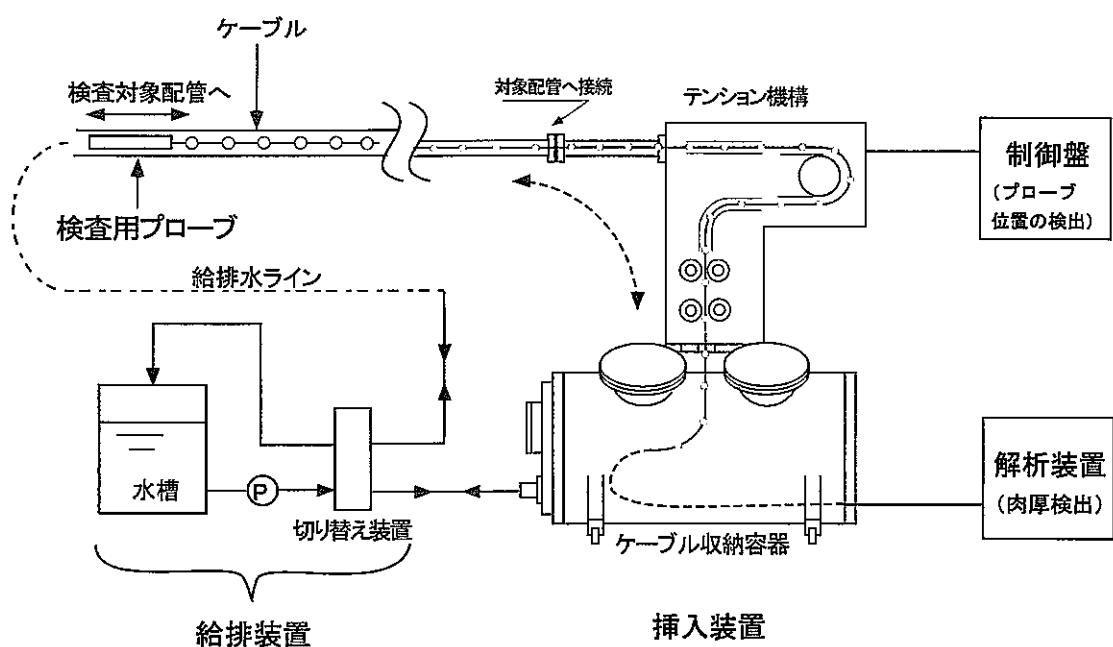


開発の対象

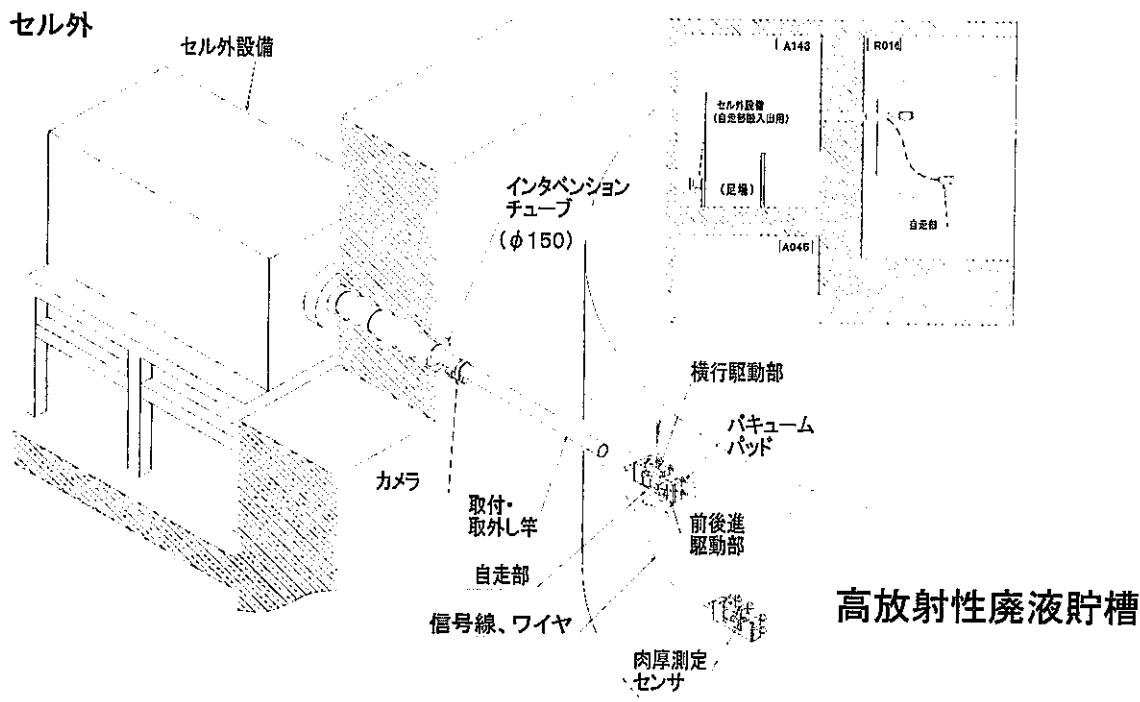
貯槽内の溶液の閉じ込めを確保する上で重要である、貯槽外壁及び冷却水配管の健全性を確認するための装置を開発する。



冷却水配管肉厚測定装置概念図



冷却水配管肉厚測定装置の構成



自走検出部を有する貯槽外壁肉厚測定装置概念図

開発の現状と予定

1. 冷却水配管の肉厚測定装置

- ・高放射性廃液蒸発缶(271E20)の点検で、高放射線環境下での超音波肉厚測定による配管の肉厚測定が可能であることを実証済。
- ・高放射性廃液貯槽の冷却水配管を模擬したモックアップ試験で、貯槽内部まで検査用プローブの送り込み及び回収が可能であることを実証済。
- ・ほぼ実用レベルにあり、次年度中に高放射性廃液貯槽の冷却水配管の肉厚測定を実施することを計画している。

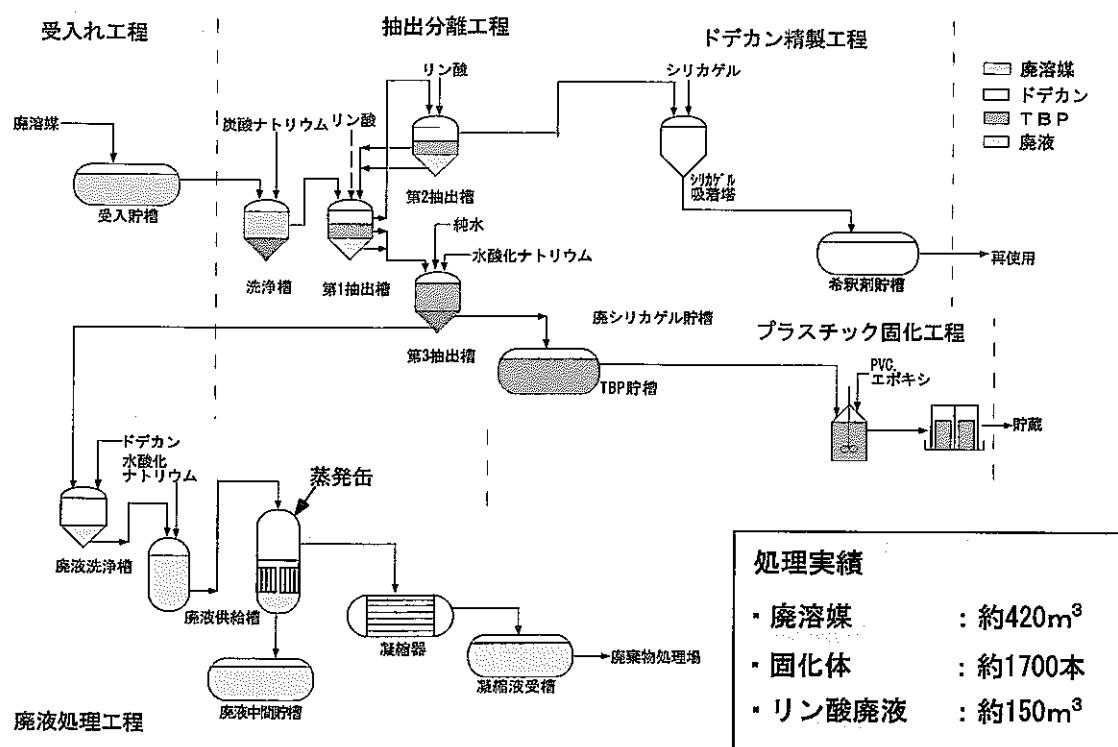
2. 貯槽外壁の肉厚測定装置

- ・貯槽外壁の肉厚測定に供することを目標として、次年度より、測定装置の開発に着手する計画である。

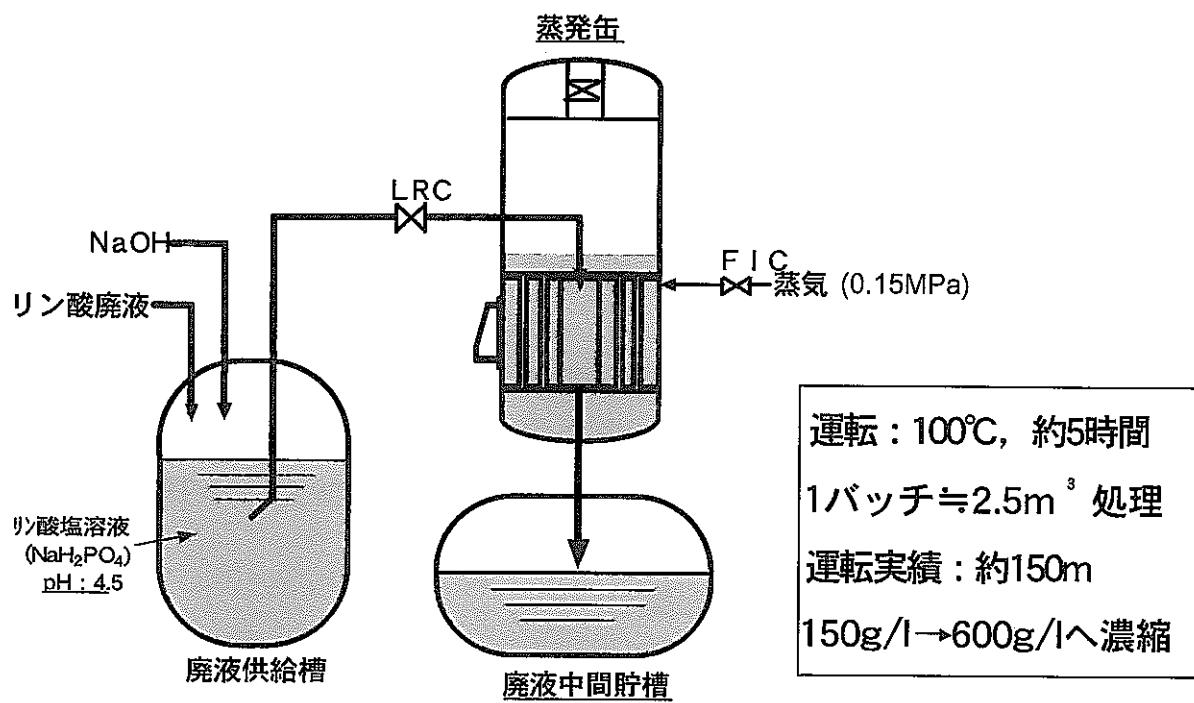
リン酸廃液蒸発缶における

今後の I S I 計画

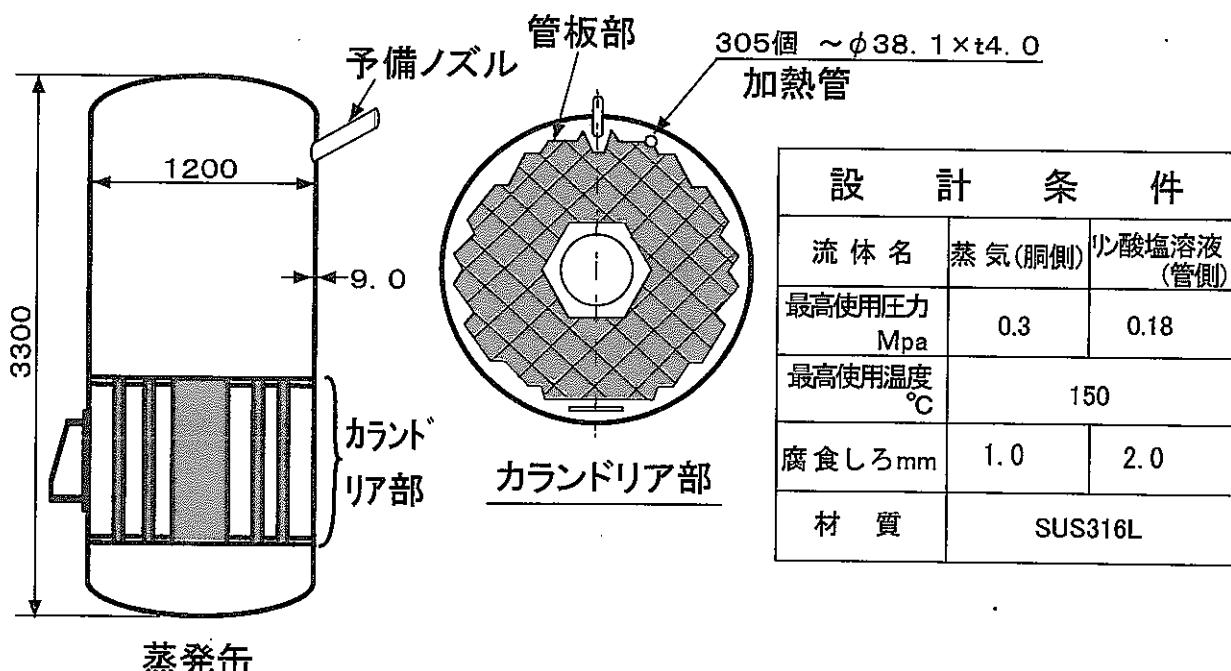
廃溶媒処理技術開発施設（S T 施設）



廃溶媒処理技術開発施設（S T 施設）工程概略図



蒸発濃縮工程フロー



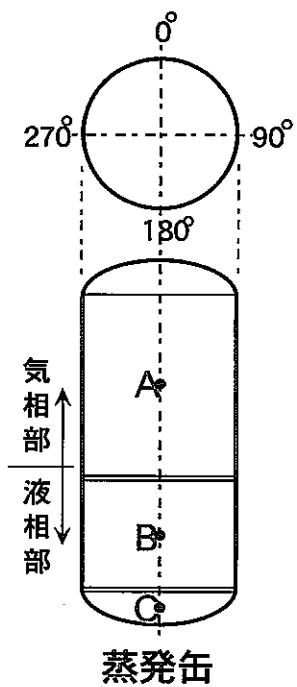
蒸発缶概要図

対象機器（蒸発缶）の選定理由

- ・蒸発缶以外のリン酸を取り扱う機器（使用環境：常温）
～使用環境：常温、耐食性の高いSUS316L使用
- ・リン酸塩による腐食損傷の事例
～PWR蒸気発生器伝熱管の応力腐食割れ等
原因：リン酸塩の濃縮（ドライアンドウェット現象）
- ・蒸発缶管板部の腐食の懸念

ISI等の実績

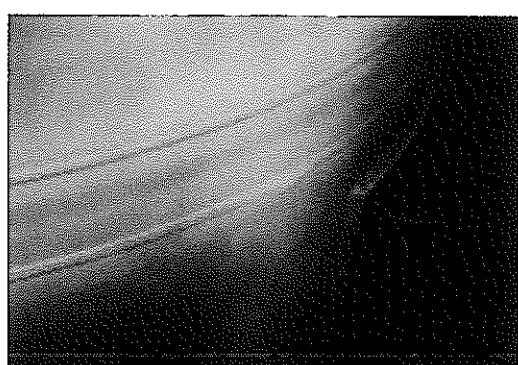
1. 本体の外観目視：1回／3年
～異常は認められていない
2. 非破壊検査（2回実施）
 - ・肉厚測定
 - ・溶接部の浸透探傷試験及び超音波探傷試験
～有意な変化は認められない



	単位:mm								公称板厚
	0°		90°		180°		270°		
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	
A	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	9.0
B	9.1	9.0	9.0	9.1	9.1	9.2	9.0	9.0	9.0
C	11.0	11.2	11.5	11.5	11.3	11.3	11.2	11.2	11.0

* 測定時期：1回目；S 62年12月(運転時間;約 500h)
2回目；H 6年1月 (運転時間;約1300h)

肉厚測定結果



本体胴周方向溶接部

P T 実施状況

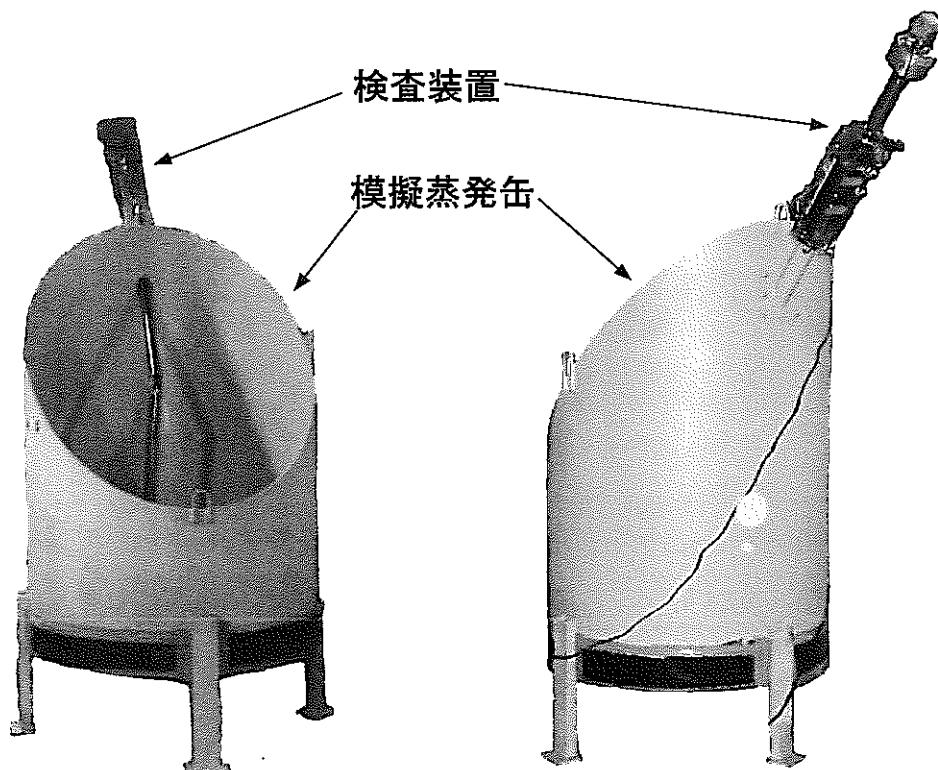
腐食試験 (SUS316L)

1. 試験条件

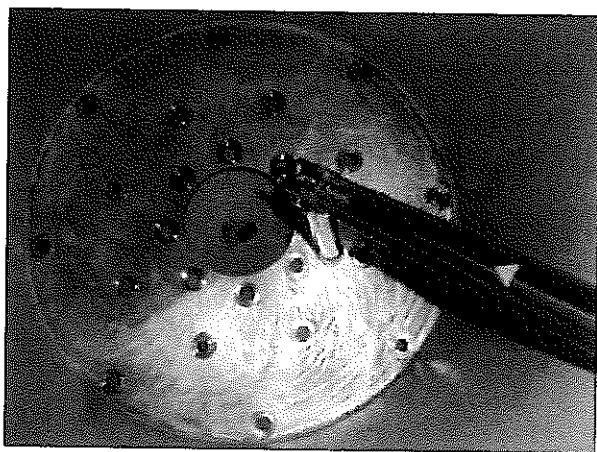
- ・ J I S 「ステンレス鋼の硝酸腐食試験方法」
- ・ 浸漬液；リン酸塩溶液、温度；100°C、時間；96 h
- ・ パラメータ；気相、液相、界面部

2. 結果

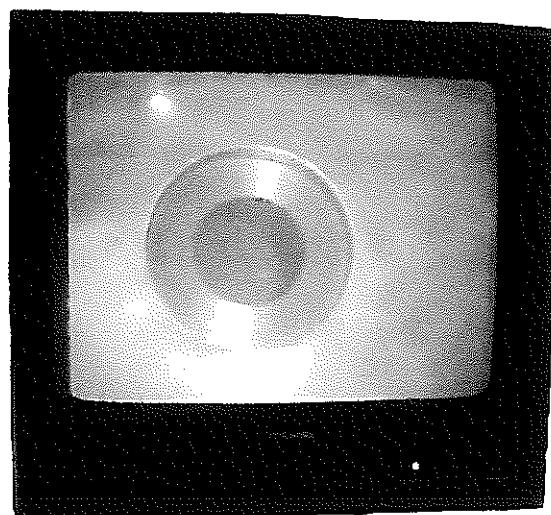
- ・ 試験条件による差はない
- ・ 腐食速度； $< 0.01 \text{ mm/y}$ ~十分な耐食性



モックアップ試験装置

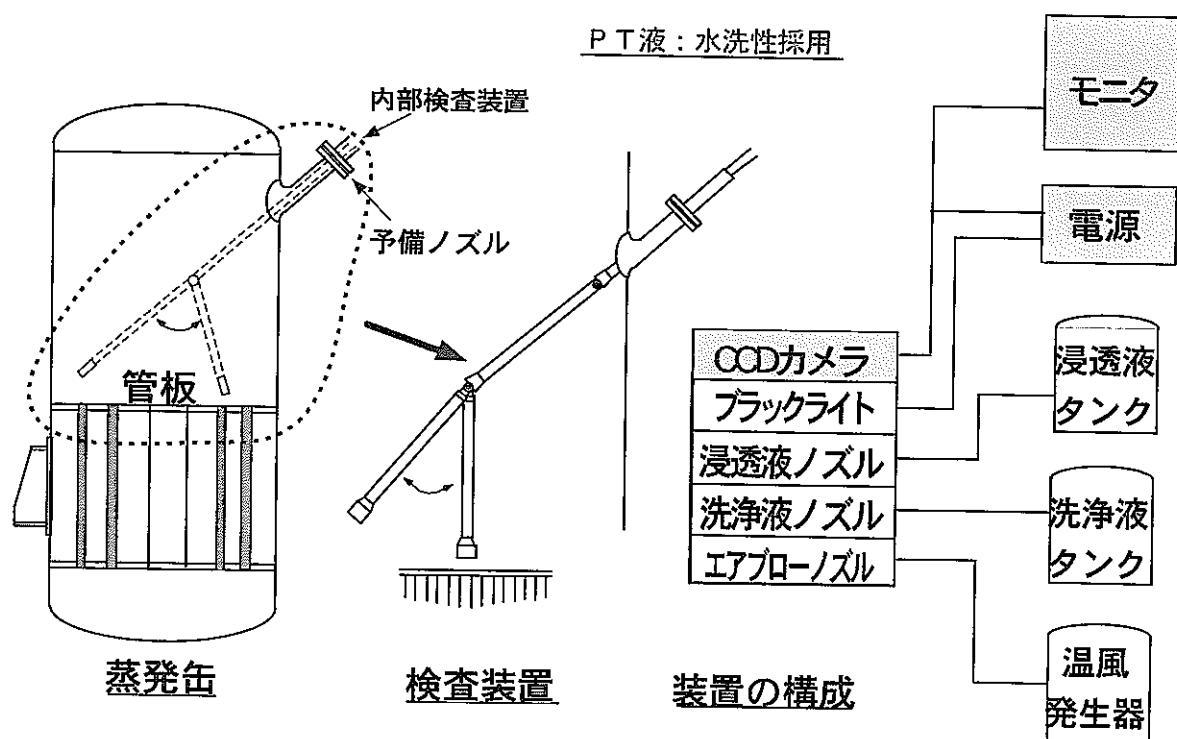


蒸発缶内部



モニター画面

CCDカメラによる観察状況（モックアップ）



蒸発缶健全性検査の概念図

今後の計画

1. 従来の I S I (外観目視) は継続実施
2. 内部観察
 - ・ 今年度より C C D カメラによる管板部の観察
～本年 3 月に実施
 - ・ 観察結果を踏まえて P T 実施