

JAERI-Tech

98-015



STACY及びTRACY用燃料サンプリング装置の改良

1998年5月

広瀬 秀幸・櫻庭 耕一・小野寺清二・小川 和彦
高月 幸男・森田 俊夫・曾野 浩樹・有嶋 秀昭
會澤 栄寿・宮内 正勝・大野 秋男

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1998

編集兼発行 日本原子力研究所

STACY及びTRACY用燃料サンプリング装置の改良

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センターNUCEF試験部

広瀬 秀幸・櫻庭 耕一・小野寺清二・小川 和彦

高月 幸男・森田 俊夫・曾野 浩樹・有嶋 秀昭

會澤 栄寿・宮内 正勝・大野 秋男

(1998年4月23日受理)

日本原子力研究所・燃料サイクル安全工学研究施設(NUCEF)の定常臨界実験装置STACY及び過渡臨界実験装置TRACYは溶液燃料を用いており、燃料組成を正確に測定することは、装置の安全運転及び実験精度の向上に必要とされている。サンプリング装置は、各々の臨界実験装置で使用する溶液燃料の組成(ウラン濃縮度、ウラン(またはプルトニウム)濃度、遊離硝酸濃度、不純物量及び核分裂生成物の放射能)を把握するために溶液燃料を採取する装置である。従来型のサンプリング装置は、採取した燃料を装置内で希釈する設計で製作したため、ビュレット(分注器)内で硝酸水溶液を用い、シリنج操作により溶液燃料の計量を実施していた。ところが、平成8年度後半に、サンプリング時において硝酸水溶液がビュレット内の燃料に混入し、燃料濃度が薄くなる傾向が現われ出した。そこで、平成8年度中にサンプリング装置内での希釈を行わない、定量ポンプによる原液採取方式による新サンプリング装置へ変更した。そして、平成9年度に、改造した新サンプリング装置の性能確認を行った。ウラン濃度の変動量は0.14%であり、目標とする性能±0.2% (変動係数) を満足した。

Improvement of Fuel Sampling Device for STACY and TRACY

Hideyuki HIROSE, Koichi SAKURABA, Seiji ONODERA, Kazuhiko OGAWA,
Yukio TAKATSUKI, Toshio MORITA, Hiroki SONO, Hideaki ARISIMA,
Eiju AIZAWA, Masakatsu MIYAUCHI and Akio OHNO

Department of NUCEF Project
Nuclear Safety Research Center
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received April 23, 1998)

STACY and TRACY, static and transient experiment facilities in NUCEF, use solution fuel. It is important to analyze accurately fuel composition (uranium enrichment, uranium concentration, nitric acid morality, amount of impurities, radioactivity of FP) for their safety operation and improvement of experimental accuracy. Both STACY and TRACY have the sampling devices to sample fuel solution for that purpose. The previous sampling devices of STACY and TRACY had been designed to dilute fuel sample with nitric acid. Its sampling mechanism could pour fuel sample into sampling vessel by a piston drive of nitric acid in the burette. It was, however, sometimes found that sample fuel solution was diluted by mixing with nitric acid in the burette. Therefore, the sampling mechanism was change into a fixed quantity pump drive which didn't use nitric acid. The authors confirmed that the performance of the new sampling device was improved by changing sampling mechanism. It was confirmed through the function test that the uncertainty in uranium concentration measurement using the improved sampling device was 0.14%, and less than the designed value of 0.2% (coefficient of variation).

Keywords : STACY, TRACY, NUCEF, Sampling Device, Solution Fuel

目 次

1.	はじめに	1
2.	従来型サンプリング装置の概要	2
2.1	従来型サンプリング装置の構成	2
2.2	従来型サンプリング装置の不具合	2
3.	サンプリング装置の改良	7
3.1	従来型のサンプリング装置の改良点	7
3.2	改良型サンプリング装置の構造・仕様	7
4.	改良型サンプリング装置の性能	19
4.1	改良型燃料サンプリング装置の操作手順	19
4.2	改良型サンプリング装置の性能評価	19
5.	まとめ	27
	謝 辞	27
	参考文献	27
	付録1 改良型ダンプ槽サンプリング装置サンプリング手順書	28
	付録2 ダンプ槽サンプリング分注ユニット取扱説明	37

Contents

1.	Introduction	1
2.	Outline of Old Type Sampling Device	2
2.1	Configuration Point of Old Type Sampling Device	2
2.2	Experience with Old Type Sampling Device	2
3.	Improvement of Sampling Device	7
3.1	Improvement of Old Type Sampling Device]	7
3.2	Configuration and Specifications of Improved Sampling Device	7
4.	Performance of Improved Sampling Device	19
4.1	Procedure of Fuel Sampling of Improved Sampling Device	19
4.2	Estimation of Analysis Results for Sampling Sample	19
5.	Conclusion	27
	Acknowledgments	27
	References	27
	Appendix1 Owner Guides of Improved Sampling Device for Damp Tank Storage	28
	Appendix2 A Manual of Handle of Improved Sampling Device.....	37

This is a blank page.

1. はじめに

日本原子力研究所・燃料サイクル安全工学研究施設(Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility 以下、NUCEF とする)には定常臨界実験装置 STACY 及び過渡臨界実験装置 TRACY が設置されている。サンプリング装置はこれらの臨界実験装置で使用する溶液燃料をサンプリングするためのもので、炉心タンク内の溶液燃料を採取するもの(以下、炉心タンク系サンプリング装置とする)と、ダンプ槽内の溶液燃料を採取するもの(以下、ダンプ槽サンプリング装置とする)との2種類の装置が STACY 及び TRACY にそれぞれ設置されている。サンプリング装置で採取した溶液燃料は、技術試験課・分析グループによって各種定量分析がなされる。これらの分析値は、主に臨界実験のベンチマーク解析用の燃料データあるいは、年一回 IAEA の槽検量用データとして用いられる。

従来型のサンプリング装置は、装置内で燃料の希釈が行える設計とするため、硝酸水溶液をビュレット内で、シリジンを用いて燃料を計量する方式であった。ところが、実燃料運転を開始して2年後の平成8年度後半にダンプ槽サンプリング装置において、ビュレット内の溶液燃料に硝酸水溶液が混入し、燃料濃度が予想より薄くなる分析結果が見られるようになった。

平成8年度までの運転経験から、サンプリング時に希釈する必要がないことが明らかになったため、同年の定期検査期間中に、サンプリング装置を定量ポンプでの計量による原液採取方式に改造した。以下、これを改良型サンプリング装置という。

この改良型サンプリング装置の性能確認を、ダンプ槽サンプリング装置について実施した。炉心タンク系サンプリング装置については、希硝酸による作動確認しか実施していないが、サンプリング機構はダンプ槽サンプリング装置と同一であるため、性能は変わらないと予想される。今後、溶液燃料を採取する際に、サンプリング性能を確認する予定である。よって本書では、ダンプ槽サンプリング装置で実施した性能確認の結果について報告する。

以下、2章に従来型サンプリング装置の問題点、3章に具体的なサンプリング装置の改良点、4章に改良型サンプリング装置の性能について述べる。

2. 従来型サンプリング装置の概要

2.1 従来型サンプリング装置の構成

従来型サンプリング装置は、燃料サンプルの採取、採取した燃料サンプルの希釈、サンプリング装置の洗浄を、制御室の操作端末から遠隔操作で自動的に行う装置である。

ダンプ槽用従来型サンプリング装置の構成を図 2.1 に、炉心タンク用について図 2.2 に示す。また、各機器間のケーブル接続図(従来型と改良型も同じ)を図 2.3 に示す。ダンプ槽用のサンプリング装置は、ダンプ槽内の溶液燃料を採取するもので、サンプリングポートとそれに付随する配管ラインが1系統である。他方、炉心タンクサンプリング装置は、炉心タンク内の溶液燃料を採取するもので、サンプリングポートとそれに付随する配管ラインが3系統であり、サンプル瓶への分注機構は両装置とも同じである。

燃料の採取は、図 2.1 及び 2.2 に示すように、シリジュニットと呼ばれる大小2つのシリジ(注射器)を用いた硝酸水溶液のピストン動作により行う。計量ビュレットと呼ばれるテフロンチューブ内で、空気層を挟んで硝酸水溶液のピストン動作と連動している。燃料溶液を必要量(サンプル瓶1本当たり約 8cc)サンプリングポートからサンプル瓶に採取する。採取後は、サンプリングノズル部を洗浄し、計量ビュレット内は乾燥防止のために硝酸水溶液が満たされた状態となる。また、各機器間は液切れが良く、耐酸性に優れたテフロンチューブで接続している。

2.2 従来型サンプリング装置の不具合

平成8年度後半から従来型の STACY ダンプ槽サンプリング装置により採取した燃料サンプルの燃料濃度測定結果が、予想より薄くなる傾向が見られるようになった。

1回のサンプリング操作で複数のサンプルを採取した場合、表 2.1 に示すように燃料濃度は最初の試料が最も濃く、その後段々薄くなる傾向を示している。また、表 2.2 に示すように、複数の燃料サンプルを混合して分析すると明らかに薄くなる結果が生じた。また、STACY ダンプ槽サンプリング装置において、計量ビュレット内で硝酸水溶液が空気層を通過して徐々に燃料層へ混入(滴下)しているのが確認された。

表 2.1 分注回数に対するサンプル分析値の変化
(STACYダンプ槽サンプリング装置)

分注回	試料番号	燃料密度 [g/cm ³]	ウラン濃度 [gU/l]	遊離硝酸濃度 [mol/l]
1	243	1.3938	244.9 ± 0.3	2.04 ± 0.01
2	244	1.3924	243.9 ± 0.3	2.04 ± 0.01
3	245	1.3933	244.0 ± 0.2	2.03 ± 0.01
1	246	1.3943	245.2 ± 0.3	2.03 ± 0.01
2	247	1.3914	243.9 ± 0.2	2.03 ± 0.01
3	248	1.3927	243.8 ± 0.2	2.03 ± 0.01

表2.2 平成8年度における燃料分析結果(STACYダンプ槽サンプリング装置)

サンプル採取 日時	密度 [g/cm ³]	遊離硝酸濃度 [mol/l]	ウラン濃度 [gU/l]	備 考
1996/04/18 16:00	1.42830	1.95 ± 0.01	272.2 ± 0.1	燃料受入。配管内の残留溶液により薄くなった可能性がある。
1996/04/19 14:30	1.40343	1.95 ± 0.01	253.5 ± 0.1	第1回希釈。配管内の残留溶液と混合され、濃くなった可能性がある。
1996/04/25 10:30	1.40110	1.93 ± 0.01	251.3 ± 0.1	試料番号 213,214 のサンプルを混合した。
1996/05/07 11:00	1.40261	1.92 ± 0.01	252.9 ± 0.3	
1996/05/15 11:00	1.40218	1.91 ± 0.01	252.7 ± 0.3	
1996/05/17 11:00	1.40052	1.91 ± 0.01	252.3 ± 0.3	
1996/05/22 11:00	1.40330	1.93 ± 0.01	251.7 ± 0.1	
1996/05/27 10:30	1.40094	1.93 ± 0.01	251.6 ± 0.4	試料番号 220,221 のサンプルを混合した。
1996/05/29 15:10	1.38405	1.92 ± 0.01	239.0 ± 0.1	第2回希釈。配管内の残留溶液と混合され、薄くなった可能性がある。
1996/06/06 15:00	1.38388	2.08 ± 0.01	238.7 ± 0.4	試料番号 224,225 のサンプルを混合した。
1996/06/13 11:00	1.38587	2.07 ± 0.01	239.9 ± 0.1	
1996/06/21 11:00	1.38587	2.07 ± 0.01	240.7 ± 0.4	
1996/06/27 11:00	1.38686	2.08 ± 0.01	241.1 ± 0.1	
1996/07/05 11:00	1.38705	2.08 ± 0.01	241.3 ± 0.3	
1996/07/12 11:00	1.38635	2.08 ± 0.01	239.6 ± 0.1	試料番号 230,231 のサンプルを混合した。
1996/07/19 11:00	1.38985	2.10 ± 0.01	242.1 ± 0.2	
1996/07/26 10:30	1.38985	2.09 ± 0.01	242.5 ± 0.2	
1996/08/02 10:30	1.38780	2.09 ± 0.01	241.4 ± 0.2	試料番号 234,235 のサンプルを混合した。
1996/08/08 10:30	1.38860	2.09 ± 0.01	241.9 ± 0.2	試料番号 236,237,238 のサンプルを混合した。
1996/08/21 10:30	1.39251	2.10 ± 0.01	243.7 ± 0.3	試料番号 239,240 のサンプルを混合した。
1996/08/26 10:30	1.39246	2.04 ± 0.01	243.5 ± 0.1	試料番号 241,242 のサンプルを混合した。
1996/08/30 10:30	1.39376	2.04 ± 0.01	244.9 ± 0.3	
1996/08/30 15:00	1.39425	2.03 ± 0.01	245.2 ± 0.3	
1996/09/04 10:30	1.39170	2.04 ± 0.01	243.4 ± 0.2	試料番号 249,250 のサンプルを混合した。
1996/09/09 10:30	1.39512	2.10 ± 0.01	245.4 ± 0.1	
1996/09/18 11:00	1.39491	分析せず	245.4 ± 0.1	PIT/PIV(IAEAの核査察に対応するための核燃料計量管理)
1996/09/24 11:00	1.39507	分析せず	245.8 ± 0.1	同上
1996/10/09 10:30	1.39445	2.12 ± 0.01	245.3 ± 0.1	PIT/PIVの槽間移送時に残留溶液と混合され、薄くなった可能性がある。
1996/10/17 10:30	1.39516	2.14 ± 0.01	245.7 ± 0.4	
1996/10/21 10:30	1.39363	2.13 ± 0.01	246.2 ± 0.6	
1996/10/24 11:00	1.39614	2.13 ± 0.01	246.0 ± 0.3	
1996/10/29 11:00	1.39386	2.10 ± 0.01	245.9 ± 0.1	
1996/11/01 11:00	1.39614	2.09 ± 0.01	245.9 ± 0.1	燃料排出。配管残留溶液と混合され、薄くなった可能性がある。

サンプリング装置の不調が原因と思われる 疑わしい分析結果。

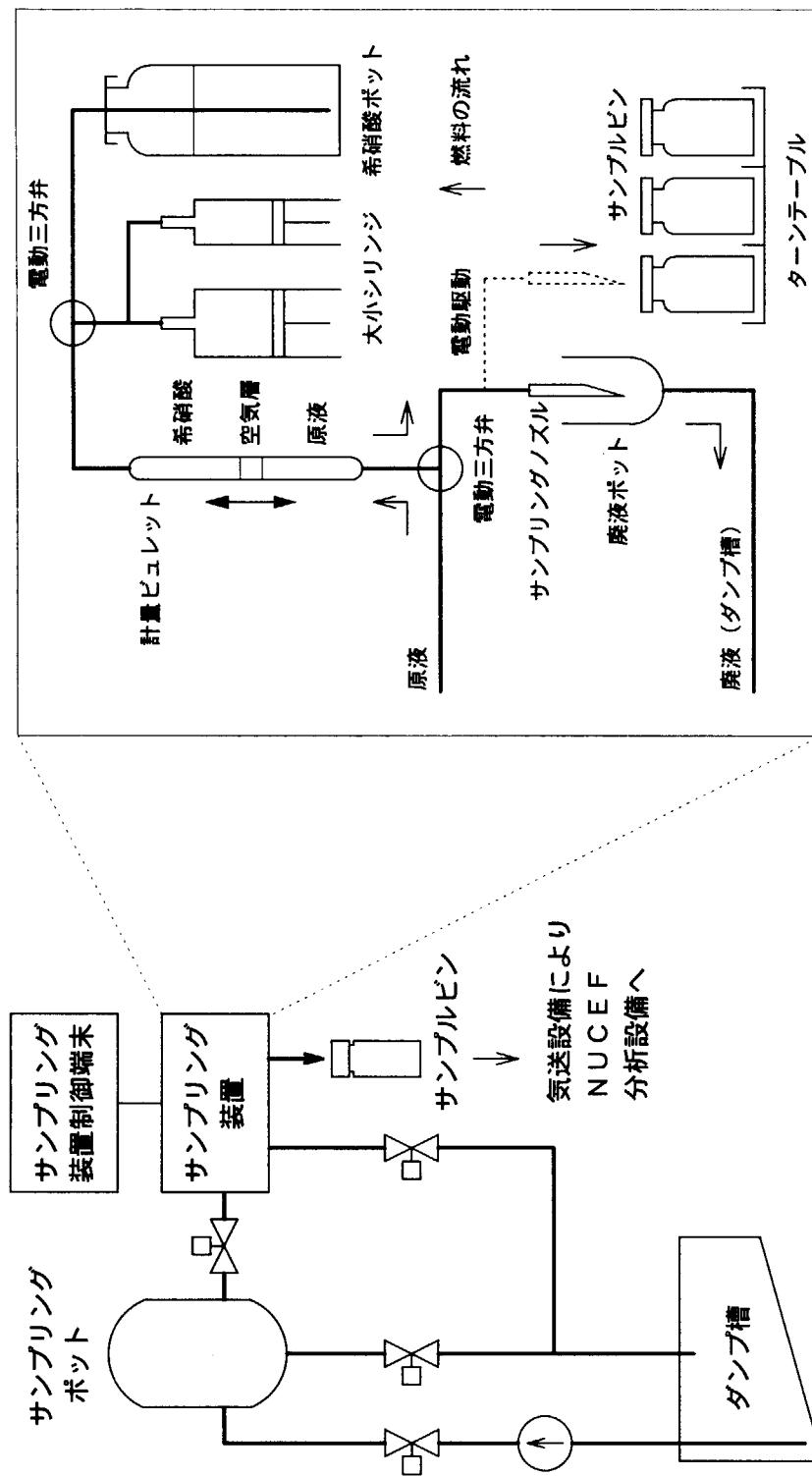
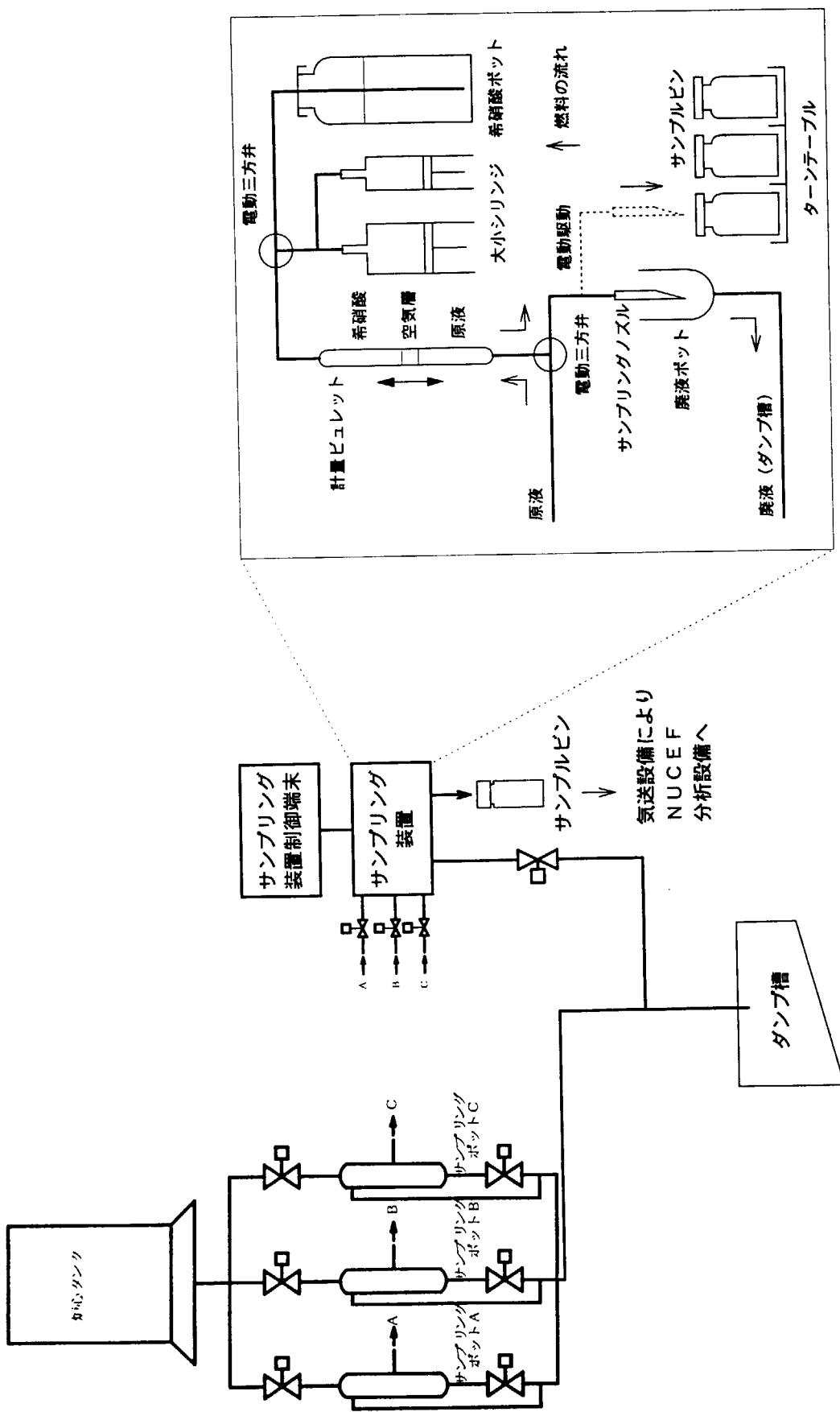


図2.1 従来型サンプリング装置の構成（ダンプ槽）

図2.2 従来型サンプリング装置の構成(炉心タンク系)



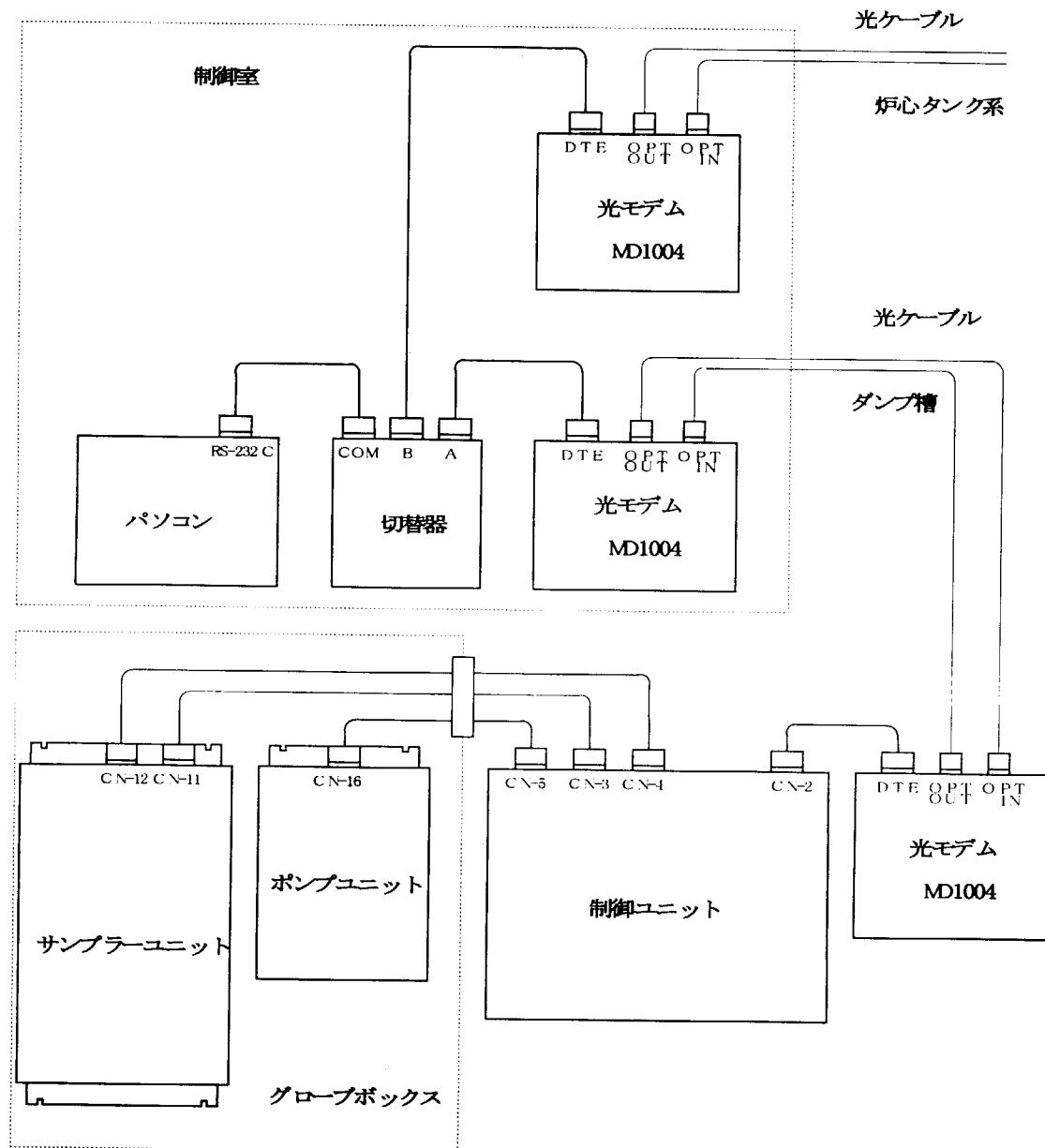


図2.3 サンプリング装置ケーブル接続図

3. サンプリング装置の改良

3.1 従来型サンプリング装置の改良点

従来型サンプリング装置の不具合をなくすため、これまでの運転経験からサンプリング時に希釈する必要性がないことが明らかになっていたため、希釈を考慮しない定量ポンプによる原液分注方式にした。

既存設備の一部(サンプラーユニット、洗浄用ポット)は残し、以下の改良を実施した。

- (1) シリンジユニット及び計量ビュレットをなくし、分注用定量ポンプによる計量へ変更した。
- (2) 新たにダンプ槽への循環ラインを取り付け、配管内に残っている前回採取時に配管中に残った溶液燃料を新たに採取する溶液燃料で置換するためのラインの循環用ポンプを設置した。
- (3) 将来の保守性及び強度性を考慮して、テフロンチューブ使用箇所を可能な限りSUS配管に変更した。
- (4) 遠隔操作用端末のソフトを改良し、パーソナルコンピュータの画面上で動作状況をリアルタイムに近い形で監視及び操作できるようにした。

3.2 改良型サンプリング装置の構造・仕様

改良型(ダンプ槽及び炉心タンク)サンプリング装置の概略系統図を図3.1に、構成図を図3.2及び図3.3に示す。また、炉心タンク用装置の外形図を図3.4に、ダンプ槽用のポンプユニットの組立図を図3.5に示す。また、従来型サンプリング装置と改良型サンプリング装置の仕様の違いを表3.1に示す。

分注用ポンプ及び循環用ポンプはポンプのストローク長を変えることで、流量を調整することが可能である。各ポンプのストローク長に対する流量の性能直線を図3.6及び図3.7に示す。なお、現在は分注用ポンプが8mℓ/min.、循環用ポンプが300mℓ/min.に設定されている。

表3.1 従来型及び改良型サンプリング装置の仕様(1/4)

3-1-1 基本仕様

項目	仕様		備考
	従来型	改良型	
周波数	1～4	-	
サンプル数	12		
サンプリング容量	10mℓ	8mℓ	
サンプル容器	10mℓ 細口瓶		ポロエチレン製、ゴム製蓋付
希釈倍率	1～500倍	1倍	
希釈精度	±0.5% ±1.0%		1～50倍希釈 51～500倍希釈
再現性	±0.5%	±0.2%	CV値
液体温度	20～40℃		設計温度 60℃
処理能力	10分/同一サンプル3個 (1～100倍希釈) 15分/同一サンプル3個 (101～500倍希釈)	5分/同一サンプル3個	
電源	制御ユニット 操作部	AC100V、50Hz/60Hz、1A	

表3.1 従来型及び改良型サンプリング装置の仕様(2/4)

3-1-2 外形寸法・重量

項目	外形寸法(重量)	
	従来型	改良型
サンプラーユニット	330(W)×450(D)×610(H) mm 約18kg	—
シリシジユニット	220(W)×220(D)×285(H) mm 約7kg	—
制御ユニット	280(W)×350(D)×310(H) mm 約12kg	—
ハーネナル・コンピューター	315(W)×275(D)×195(H) mm 約 3kg	—
光モデム	240(W)×170(D)× 53(H) mm 約 3kg	—
ポンプユニット	—	210(W)×270(D)×514(H) mm 約20kg

表3.1 従来型及び改良型サンプリング装置の仕様(3/4)

3-1-3 サンプラー・シリニジ・ポンプユニット

項目	仕様		備考
	従来型	改良型	
サンプル容器の保管方法	ターンテーブル式	改良型	
サンプル容器の保管数	最大16個	最大12個	
サンプリング系配管	$\Phi 2 \times \Phi 1$ FEPチューブ	$\Phi 6 \times \Phi 4$ SUSチューブ	大気圧平衡用エア一抜き付
入口配管	$\Phi 4 \times \Phi 2$ FEPチューブ	$\Phi 6 \times \Phi 4$ SUSチューブ	
出口配管	$\Phi 10 \times \Phi 8$ FEPチューブ	$\Phi 6 \times \Phi 4$ SUSチューブ	
希釈液配管	$\Phi 3 \times \Phi 2$ FEPチューブ	$\Phi 6 \times \Phi 4$ SUSチューブ	
循環系配管	—	$\Phi 6 \times \Phi 4$ SUSチューブ	自動開閉式
廃液ポート	廃液用シャッター ノズル洗浄機構		
	廃液レベル計		インターロック付
大シリニジ	10m ガスライシンジ	—	
小シリニジ	1m ガスライシンジ	—	
循環用ポンプ		最大約300m /min	型式:プランジャー式、日本精密社製
文注用ポンプ	—	最大約 1m /min	ポンプ接液部材質:SUS316、ルビー、 サファイア、テフロン
			電磁弁形式:ダイアフラム、アドバンス電気社 電磁弁接液部材質:SUS316、ペーブロ

表3.1 従来型及び改良型サンプリング装置の仕様(4/4)

3-1-4 制御ユニット・操作部

項目	仕様	備考
制御ユニット	Z80 CPU	
パーソナル・コンピューター	PC-9801NV	NEC
プログラム	C言語(従来型)、BATCP v1.33、N88BASIC v6.2、MS-C v5.1(改良型)	
通信	RS-232C	光モデム変換
光モデム	MD1004	古河電工
制御用ケーブル	難燃性ケーブル	IEEE-383
光ファイバーケーブル	難燃性ケーブル	IEEE-383

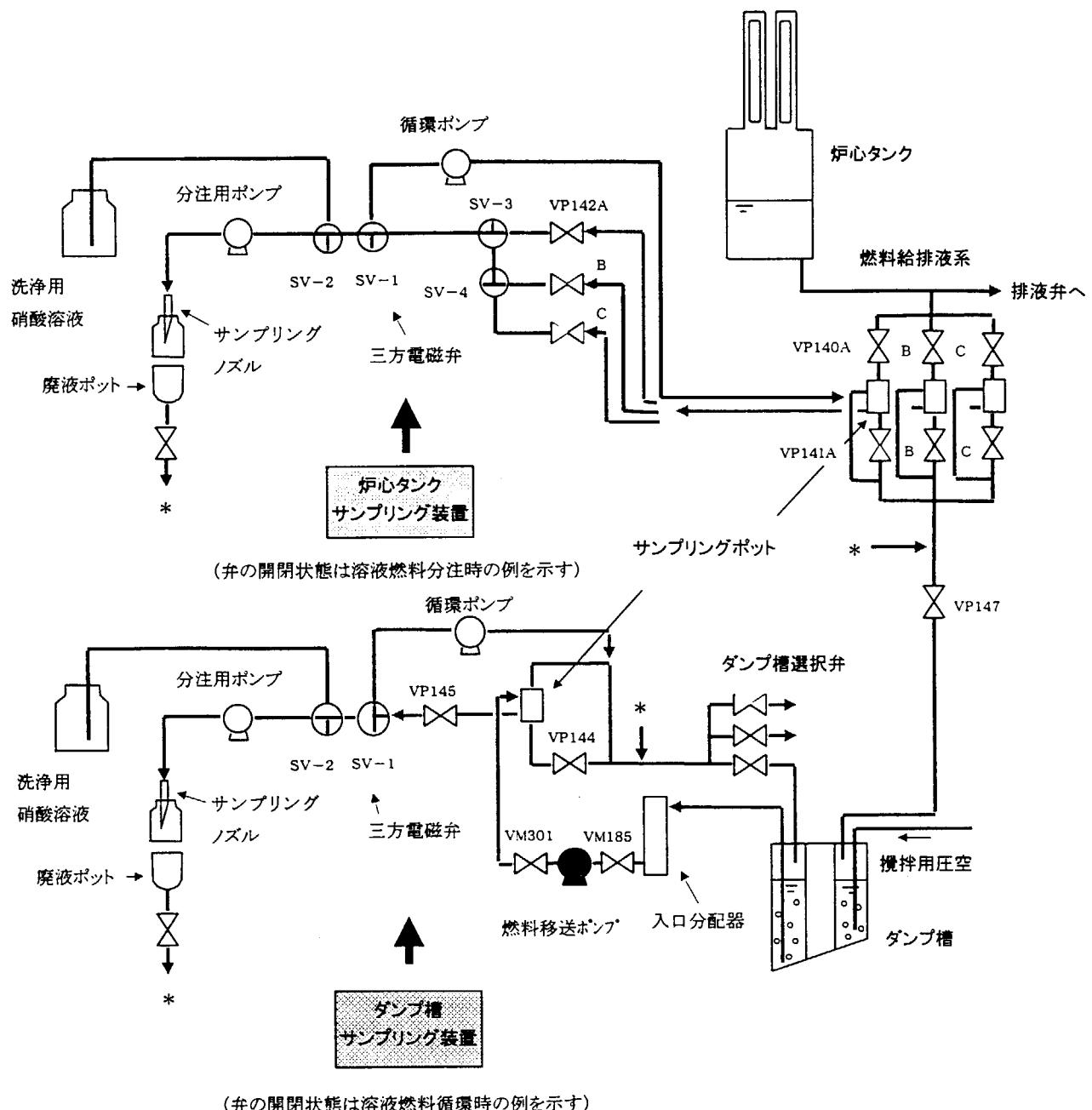


図 3.1 新サンプリング装置の概略系統図

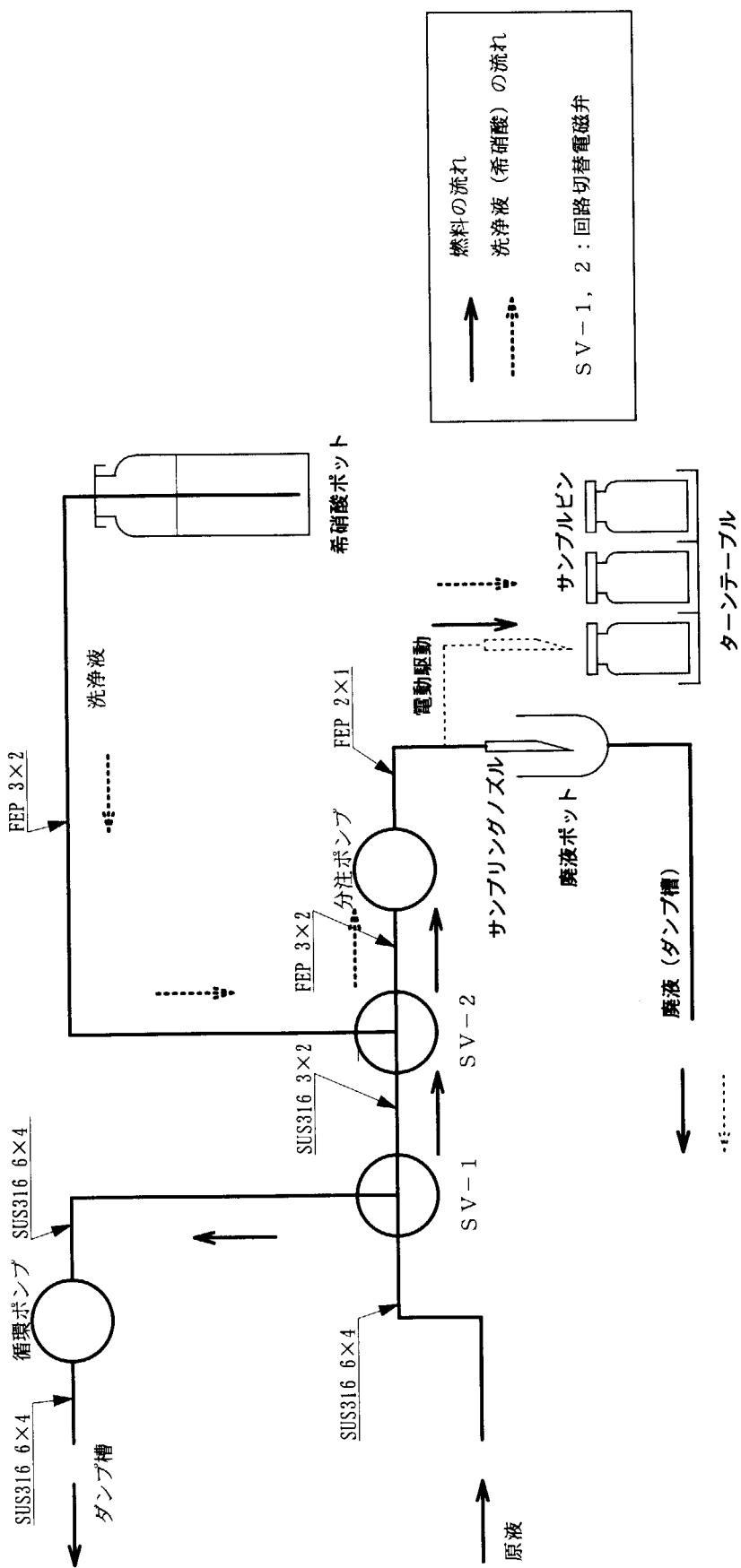


図3.2 改良型ダンプ槽サンプリング装置の構成

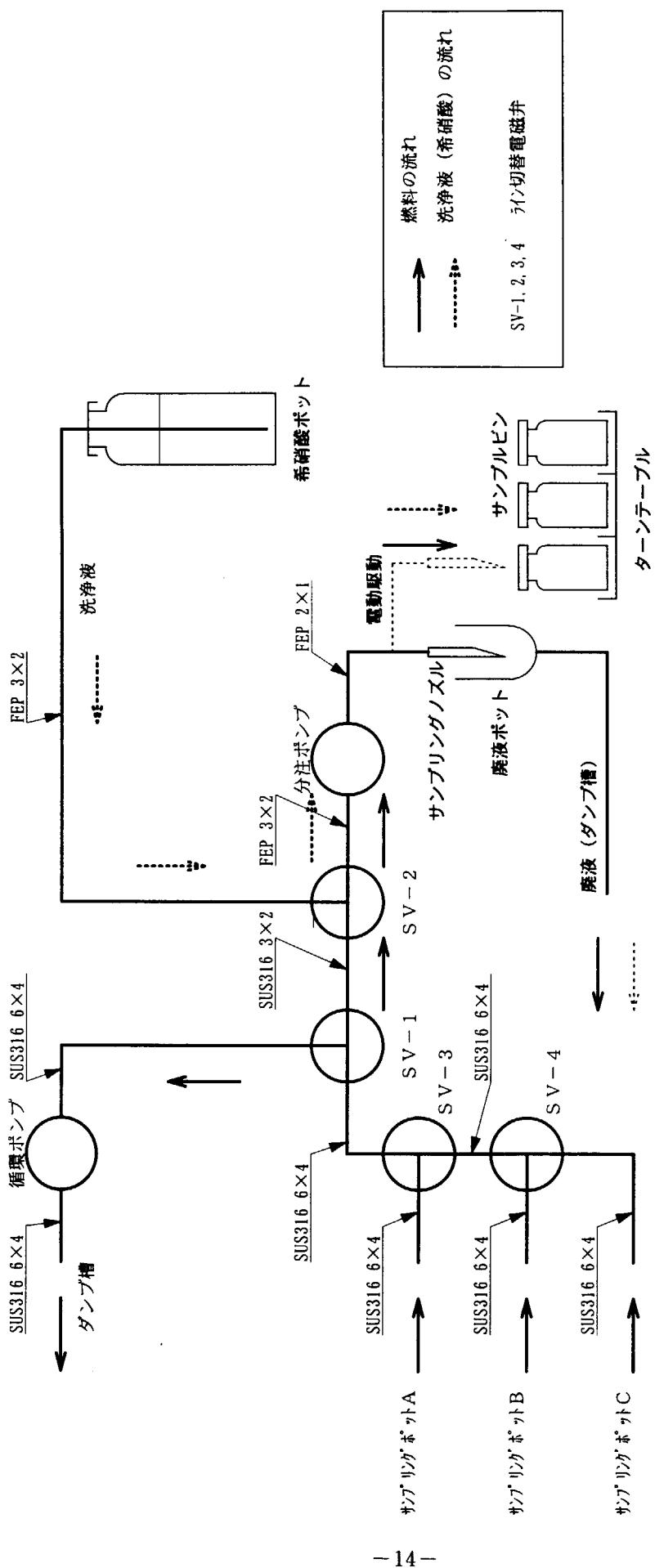


図3.3 改良型炉心タンクサンプリング装置の構成

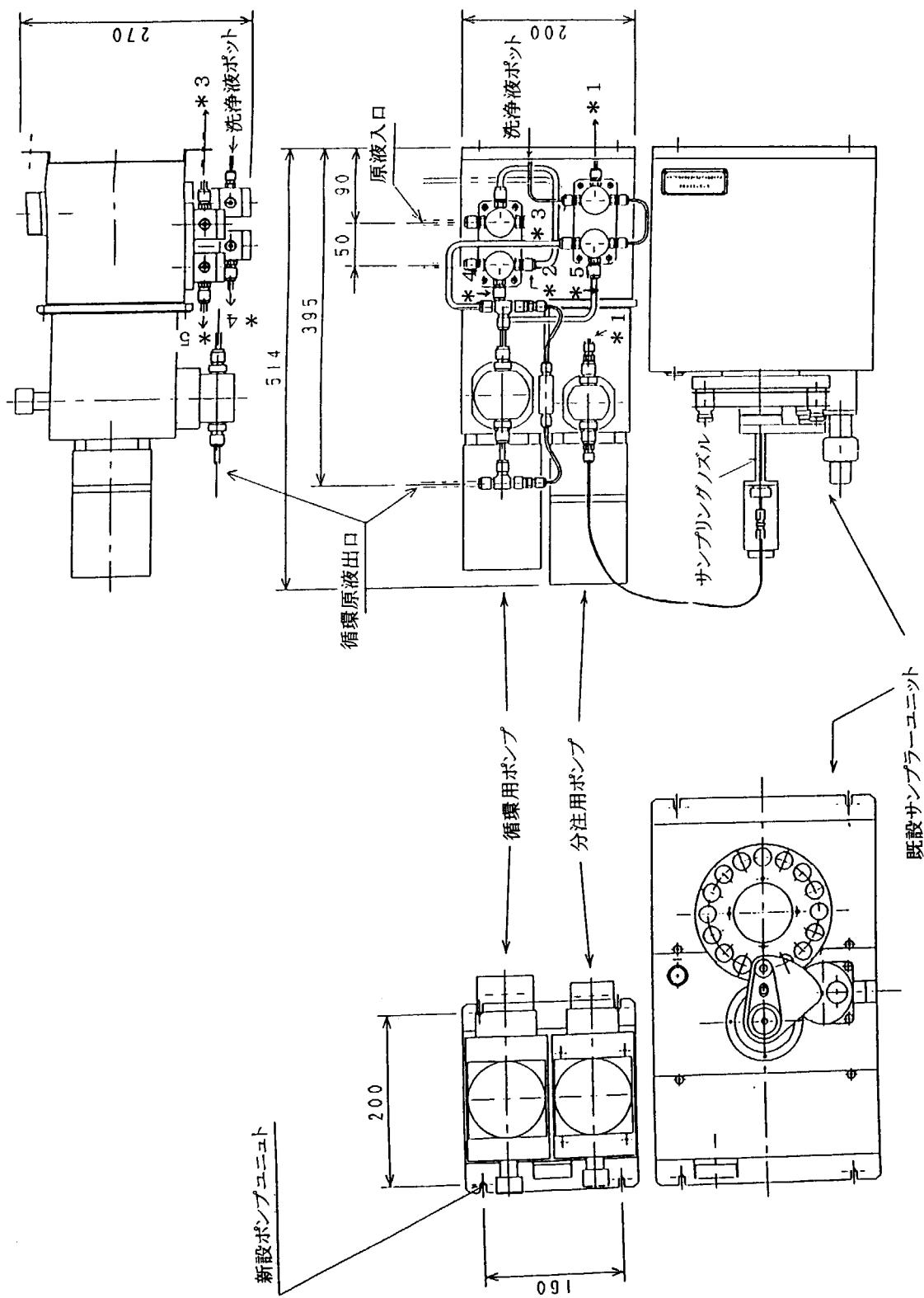


図3.4 改良型サンプリング装置(炉心タンク)の外形図

品番	部品名称	個数
1	ベース	1
2	ポンプベース	1
3	ポンプサブベース	2
4	ケース	1
5	コネクタブロック	1
6	メールコネクタ-S6	2
7	メールコネクタ-S3	4
8	リッシャー	6
9	バルブフランジ	1
10	メタルフランジ	1
11	ピラー	4
12	ハーネナルポンプ	1
13	大流量ポンプ	1
14	リーフバルブ	1
15	耐食型電磁弁	2
16	ユニオン・ティー	2
17	レデューサー	2
18	レデューサー	2
19	レデューサー	1
20	レデューサー	1
21	セプタクル	2
22	プラグ	2
23	コネクタ	1
24	FEPチューブ	1
25	FEPチューブ	1
26	SUS316チューブ	1
27	SUS316チューブ	1
28	SUS316チューブ	1

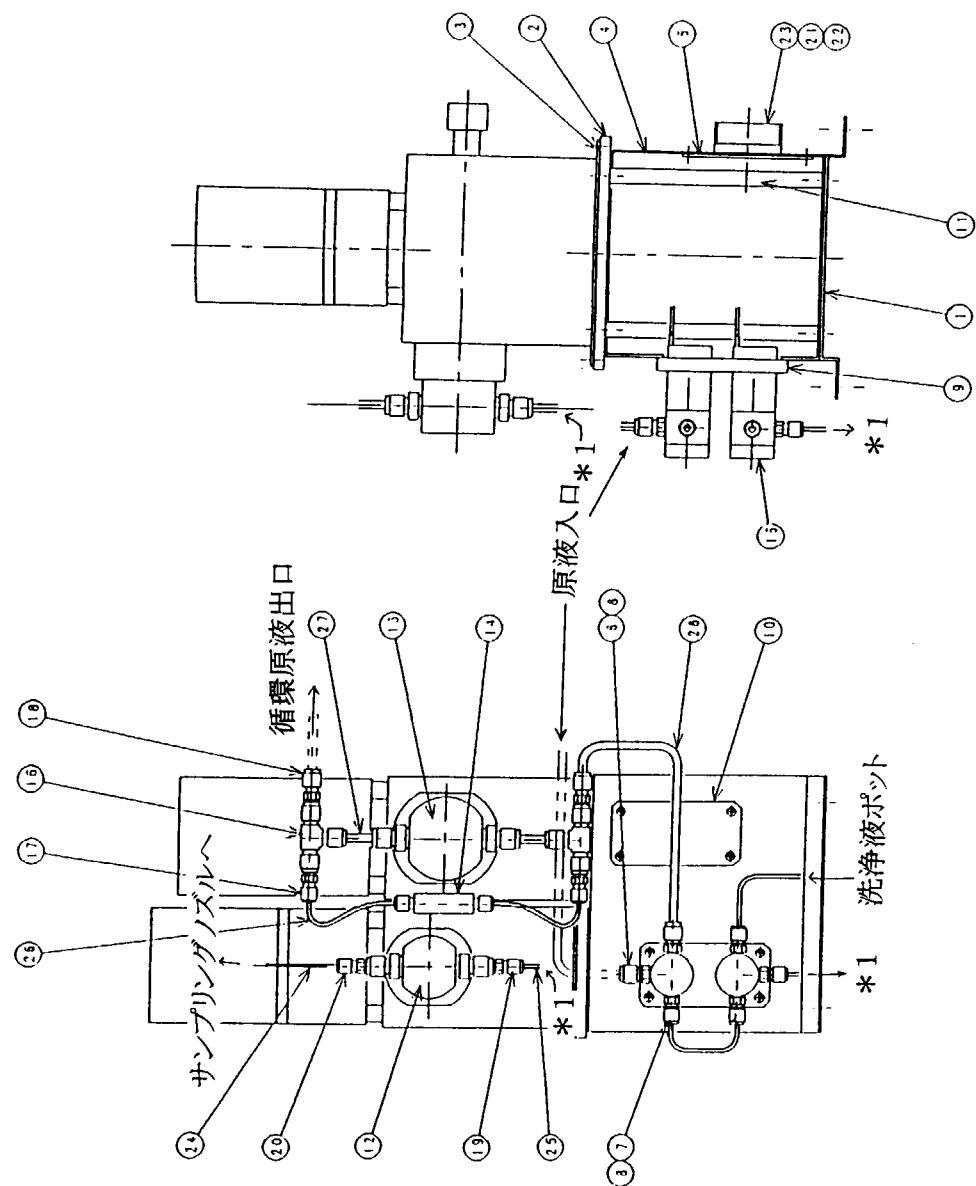


図3.5 改良型サンプリング装置(ダンプ槽)のポンプユニット組立図

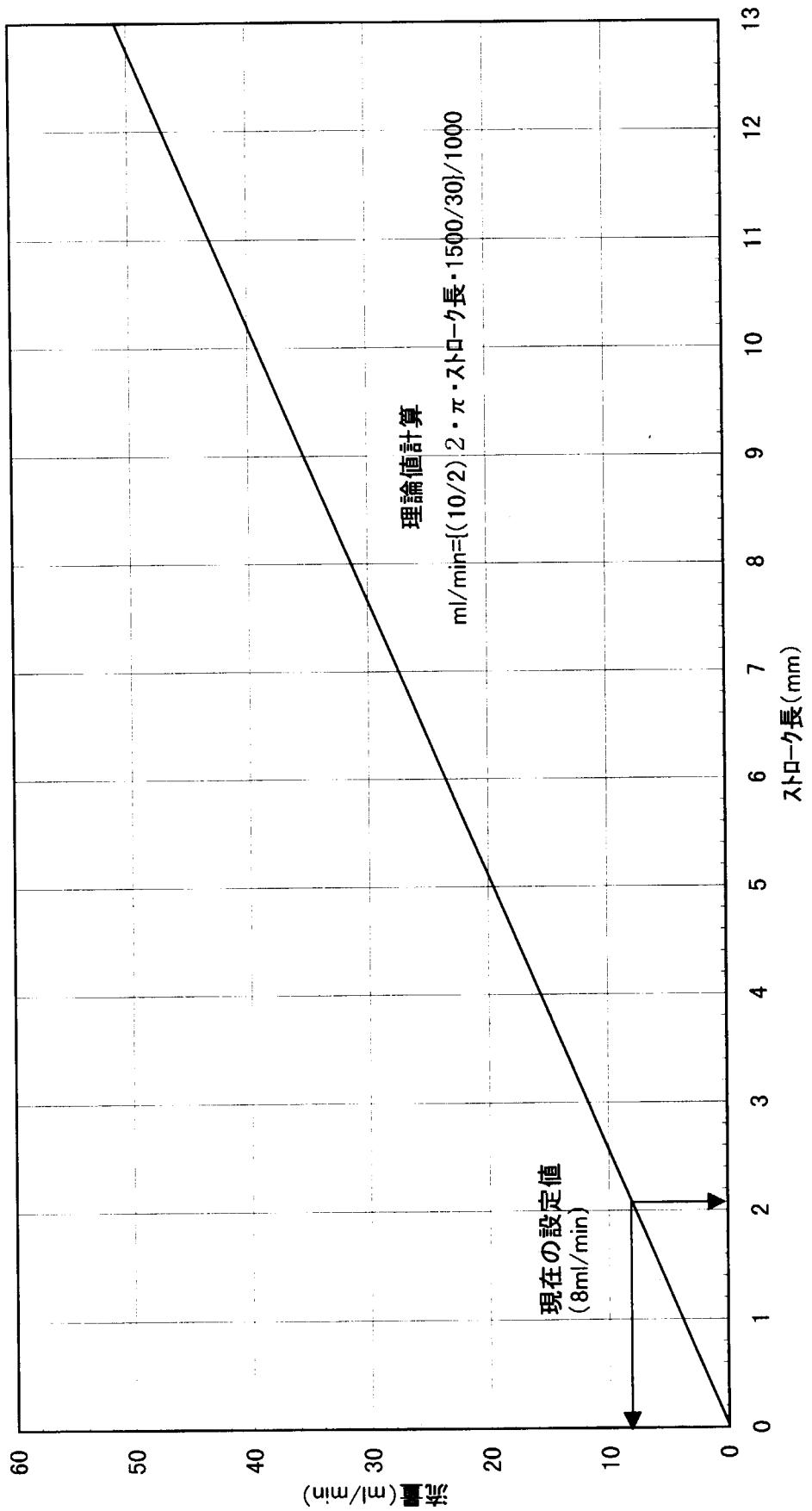


図3.6 分注用ポンプのストロークー流量性能直線
(NP-S-1002(プロンジヤー径10Φ、ギャ比1/30))

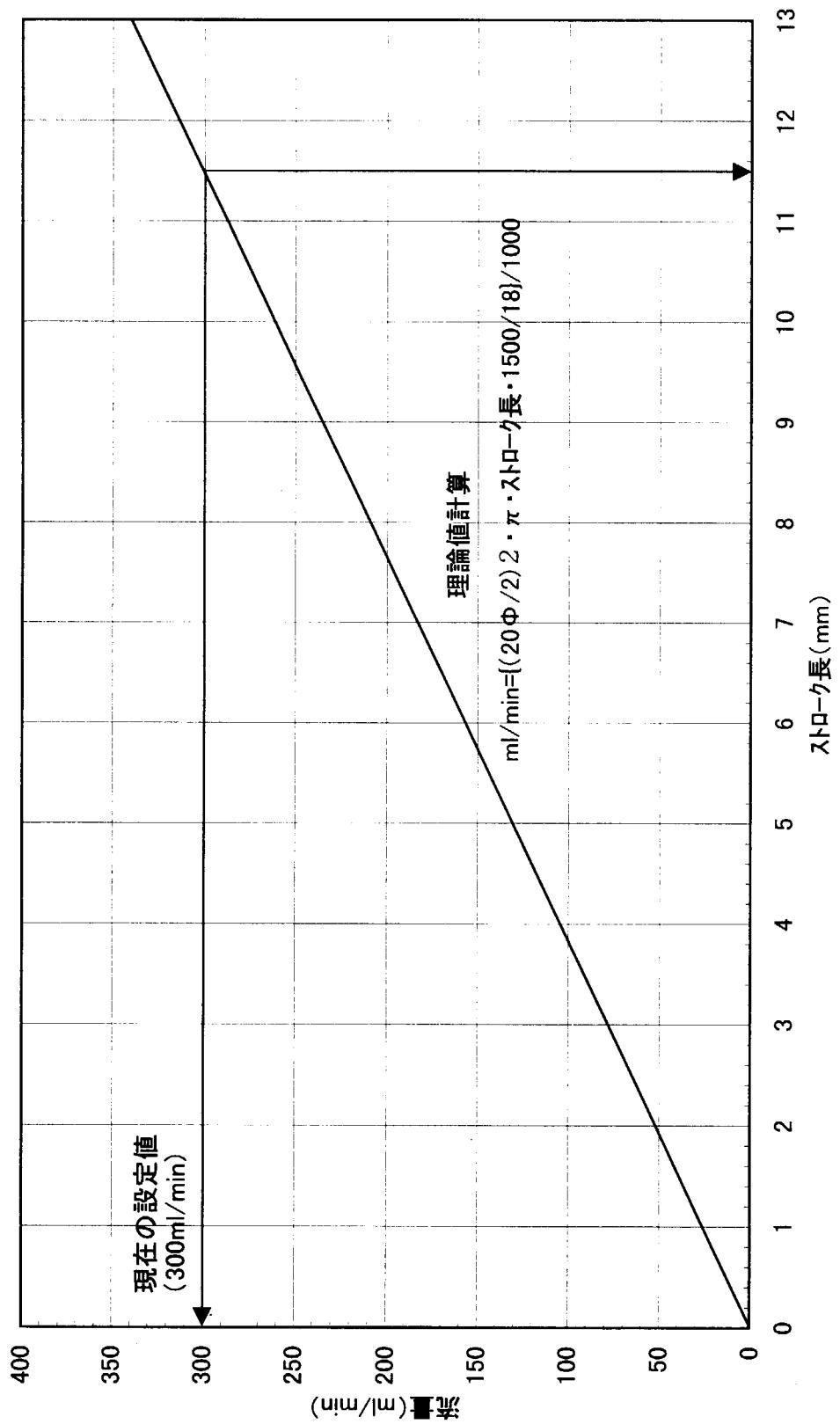


図3.7 循環用ポンプのストロークー流量性能直線

(NP-S-2001(フランジヤ径20Φ、ギャ比1/18)

4. 改良型サンプリング装置の性能

4.1 改良型燃料サンプリング装置の操作手順

改良型サンプリング装置を用いて燃料をサンプリングする手順を以下に示す。なお、サンプリング前のダンプ槽内燃料攪拌及びサンプリング終了後の残液回収操作はこれまでと変わりない。また、付録1は改良型サンプリング装置のサンプリング手順書(STACY及びTRACY)を示す。

(1) 原液循環

原液循環は、新たに取り付けた循環ラインからダンプ槽までのラインに残っている以前の燃料を、循環ポンプを用いて新たに採取するダンプ槽中の燃料に置換するための工程である。流れ図を図4.1に示す。

(2) 共洗い

共洗いは、分注工程の最初に行われる工程で、サンプリングノズルまでの配管に残っている以前の燃料をサンプリングポットに貯留した燃料で置換するための工程である。流れ図を図4.2に示す。

(3) 分注

分注は、サンプリングポットに貯留した燃料を分注用定量ポンプで、ターンテーブル上のサンプル瓶に分注(採取)する工程である。流れ図を図4.3に示す。

(4) 原液空循環

原液空循環は、分注後のサンプリングポットに残っている燃料を、循環ポンプを用いてダンプ槽へ戻す工程である。流れは図4.1の原液循環と同様である。

(5) 洗浄

洗浄は、使用したラインに残っている燃料とサンプリングノズル部を硝酸水溶液で洗浄するための工程で、分注用定量ポンプを用いてライン等に残った燃料を廃液ポットへ流す。流れ図を図4.4に示す。

4.2 改良型サンプリング装置の性能評価

改良型サンプリング装置の性能を評価するに当たり、STACY及びTRACYの各ダンプ槽中の同一燃料をサンプリング装置で数本ずつ採取し、NUCEF試験部・技術試験課・分析グループへ分析を依頼した。この分析結果を用いて、ウラン濃度の

変動係数について評価した。

サンプリング装置のウラン濃度に対する性能目標値は、下で定義する変動係数を使用して評価した。従来型サンプリング装置が約±0.5%（再現性:CV値）だったのに対して、改良型サンプリング装置は、約±0.2%を目標とした。

本報告書で実施した分析方法、評価式、分析結果及び改良型サンプリング装置の性能評価の結果について以下に述べる。

(1) 分析方法

NUCEF 試験部・技術試験課・分析グループでは、採取した燃料 1 サンプルについて、密度(1点)、硝酸濃度(5点)及ウラン濃度(5点)をそれぞれ分析し、標準偏差と変動係数を求める。なお、その中で明らかに突出したデータは削除している。

(2) 評価式

分析精度を評価するに当たり、標準偏差及び変動係数は以下の式を用いている。

① 標準偏差 S : Standard deviation

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{gU}/\ell), (\text{N})$$

ここで、

x_i : 硝酸濃度あるいはウラン濃度の i ($i=1 \sim n$) 番目の分析値

$(\text{gU}/\ell), (\text{N})$

\bar{x} : 硝酸濃度あるいはウラン濃度の平均 $(\text{gU}/\ell), (\text{N})$

n : 分析個数

② 変動係数 CV : coefficient of variation

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \quad (\%)$$

(3) 分析結果

分析結果を表 4.1 に示す。測定されたウラン濃度の変動係数は、最大 0.2% であった。

(4) 改良型サンプリング装置の性能評価結果

各サンプルの平均ウラン濃度を用い、4.2 (2) の評価式を用いてウラン濃度の変動係数を求めた。一連の評価結果から最大変動係数は 0.1% であり、目標とした変動係数 0.2% を下回っており、改良型サンプリング装置の性能は十分発揮された。なお、一連のウラン濃度における各変動係数を図 4.5 に示す。

1) STACYタブレット分析結果
表4.1 改良型サンプリング装置の性能評価結果(1/2)

試料番号	採取日	密度 (g/cm ³)	温度 (°C)	遊離硝酸				ウラン				改良型サンプリング装置の性能		
				濃度		標準偏差 (N)	変動係数 (%)	濃度		標準偏差 (N)	変動係数 (%)	標準偏差		変動係数 (%)
				平均値 (N)	標準偏差 (N)			(gU/ℓ)	(gU/ℓ)			(gU/ℓ)	(gU/ℓ)	
290	H9.4.15	1.64600	24.98	0.858	0.050	0.856	0.009	1.098	464.624	463.935	0.384	0.083	0.043	
				0.868	0.847	—			463.776	464.114				
				0.853	—	0.837			463.633	463.633				
291	H9.4.15	1.64677	24.99	0.854	0.849	0.849	0.007	0.843	464.214	464.214	0.239	0.051	0.198	0.043
				0.853	0.847	—			464.375	464.720				
				0.865	0.844	0.851	0.009	1.016	464.469	464.469				
292	H9.4.15	1.64585	24.99	0.845	0.844	0.848	0.009	1.016	464.825	463.992	0.325	0.070	0.282	0.066
				0.848	0.854	—			464.255	464.134				
				0.774	0.797	0.798	0.015	1.863	429.167	428.421				
293	H9.4.18	1.59748	24.97	0.794	0.770	0.792	0.015	1.863	427.834	428.440	0.576	0.134	0.282	0.066
				0.770	0.803	—			428.850	427.928				
				0.797	0.779	0.792	0.011	1.431	428.414	429.422				
294	H9.4.18	1.59759	24.98	0.808	0.792	0.784	0.008	1.027	428.641	428.877	0.410	0.096	0.282	0.066
				0.792	0.784	—			428.950	428.495				
				0.788	0.774	0.785	0.008	1.027	428.322	428.169				
295	H9.4.18	1.59715	25.01	0.785	0.782	0.796	0.008	1.027	427.864	428.350	0.587	0.137	0.282	0.066
				0.782	0.796	—			429.355	428.038				
				0.803	0.806	0.797	0.012	1.522	427.984	427.991				
297	H9.4.22	1.59687	25.01	0.779	0.798	0.784	0.007	0.767	428.004	427.968	0.051	0.012	0.147	0.034
				0.779	0.801	0.807	0.006	0.767	427.862	—				
				0.801	0.816	0.801	0.008	1.250	428.384	428.182				
298	H9.4.22	1.59735	25.00	0.801	0.806	0.806	—	—	428.104	428.176	0.121	0.028	0.147	0.034
				0.801	—	—			428.109	428.100				
300	H9.5.6	1.60015	25.01	0.80	0.80	0.80	0.01	1.250	430.2	430.3	0.8	0.2	0.071	0.016
301	H9.5.6	1.60005	24.99	—	—	—	—	—	430.3	0.3	0.1	—	—	
302				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表4.1 改良型サンプリング装置の性能評価結果(2/2)
 2) TRACYサンプリング分析結果

試料番号	採取日	密度 (g/cm ³)	温度 (°C)	分析結果						改良型サンプリング 装置の性能 変動係数 (%)
				濃度 (N)	平均値 (N)	標準偏差 相対 (%)	変動係数 (gU/ℓ)	濃度 (gU/ℓ)	平均値 (gU/ℓ)	
178	H8.4.21	1.58718	25.03	0.779	0.787	0.007	0.880	419.962	420.708	
				0.782	0.782			420.326	420.441	0.353 0.084
				0.771	0.771			420.349		
				0.788	0.773			420.860		
179	H8.4.21	1.58780	25.00	0.798	0.784	0.011	1.392	420.787	420.201	
				0.778	0.778			420.765	420.561	0.279 0.066 0.169 0.040
				0.779	0.794			420.717		
				0.794	0.786			420.464		
180	H8.4.21	1.58657	25.01	0.790	0.791	0.005	0.631	419.902	420.228	0.242 0.058
				0.791	0.779			420.345		
				0.790	0.790			420.202		
182		1.588800	25.00		0.79	0.01	1.266		421.0	0.5 0.119
183	H8.4.28	1.588801	24.98		0.78	0.01	1.282		421.2	0.2 0.047
184		1.588851	24.97		0.78	0.01	1.282		421.9	0.3 0.071 0.473 0.112

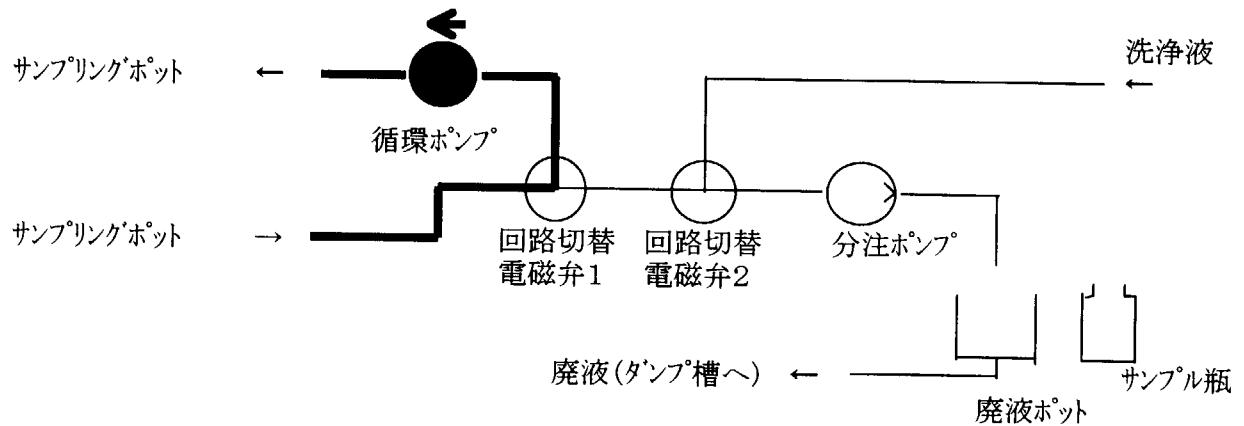


図4. 1 原液循環の流れ図

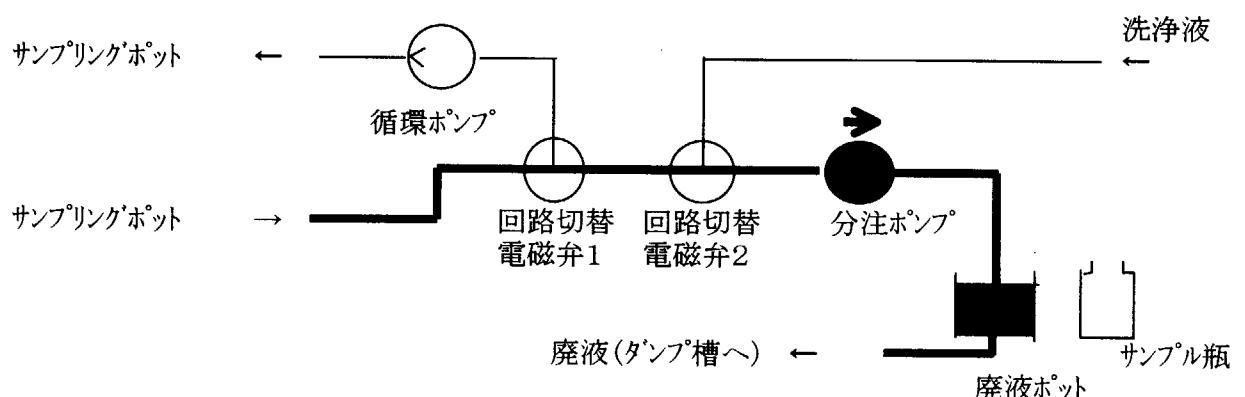


図4. 2 共洗の流れ図

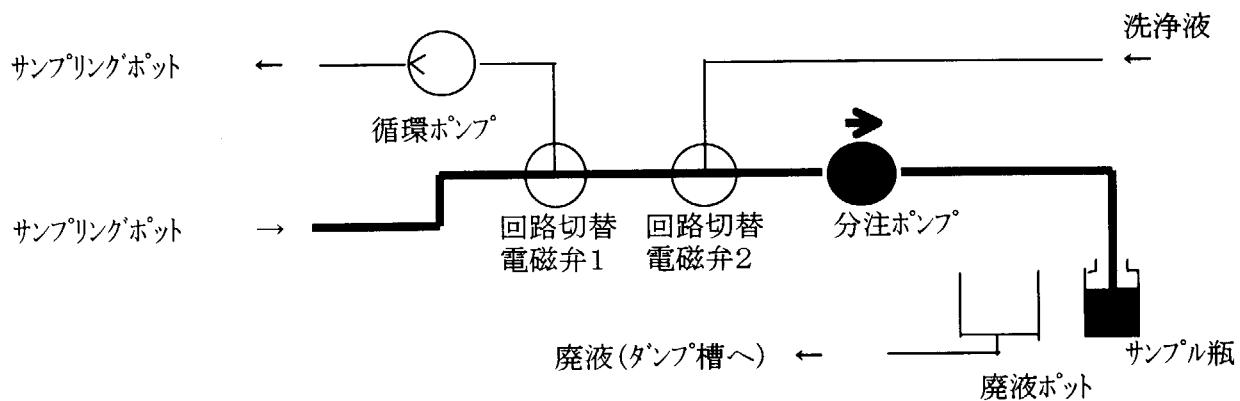


図4. 3 分注の流れ図

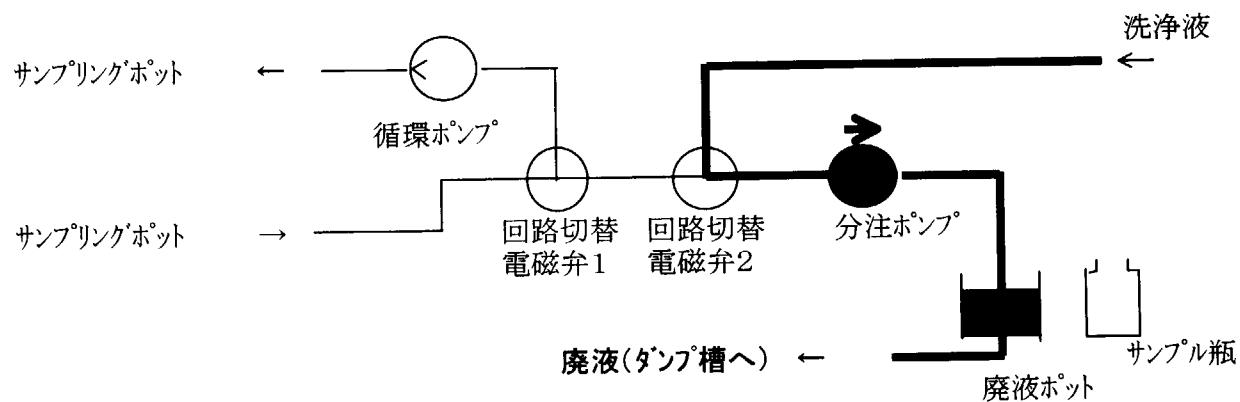


図4. 4 洗浄の流れ図

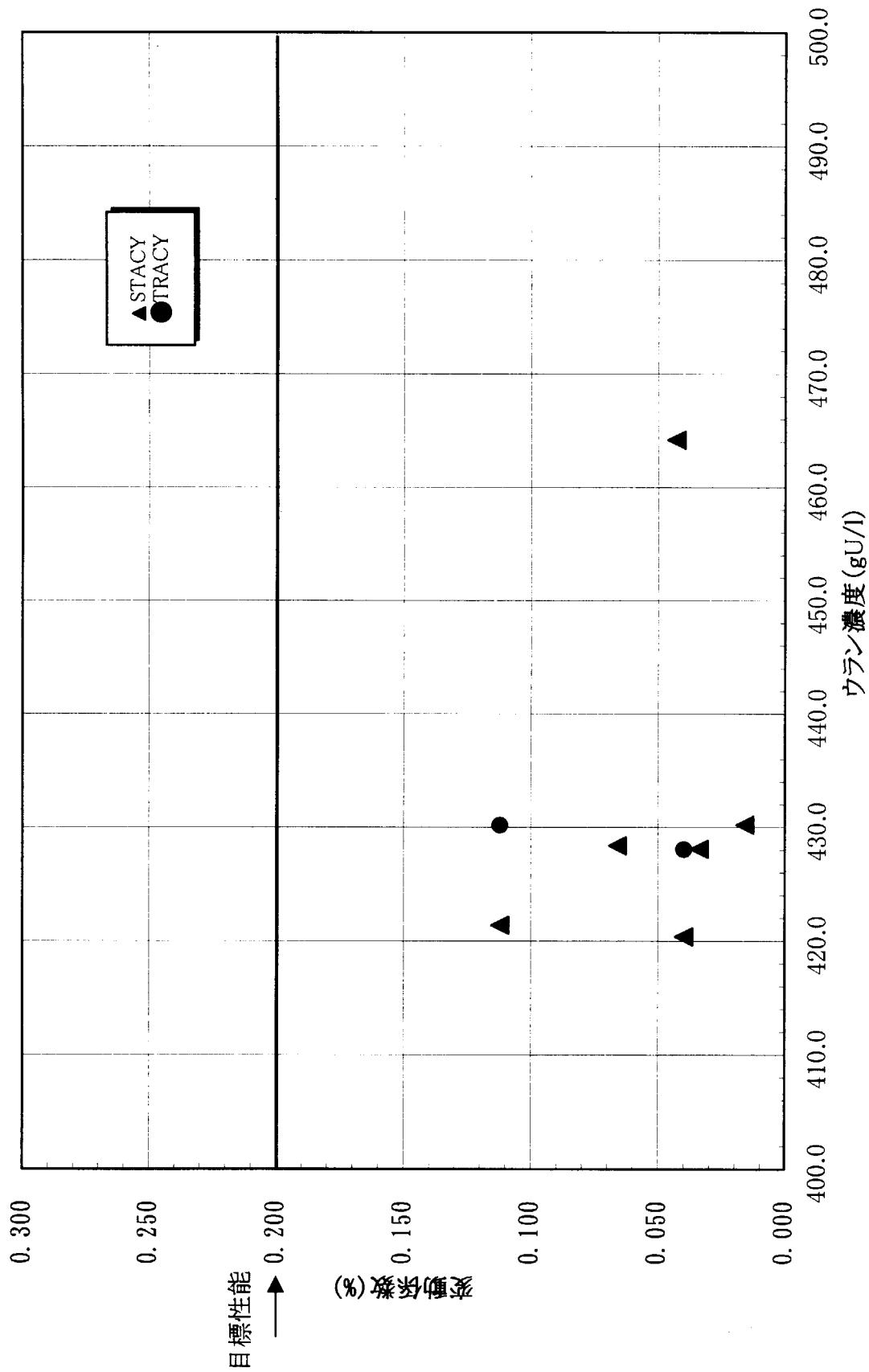


図4.5 新サンプリング装置(ダンプリング)の性能

5. まとめ

従来型サンプリング装置が希釈を前提として設計されたことによる構造上の問題から、採取した燃料の分析結果で濃度が徐々に薄くなるという不具合が生じた。そこで定量ポンプによる原液分注方式のサンプリング装置に変更し、ウラン濃度について性能を確認した結果、その変動量は最大 0.11%であり、目標とした性能 ($\pm 0.2\%$) を満足した。また、制御用ソフトの改良により、リアルタイムに近い状態でサンプリング工程を監視及び遠隔操作できるようになった。

その後の分析結果には、平成 8 年度に発生したような不具合は見られず、平成 9 年度におけるサンプリングを終了した。

今後、炉心タンク系サンプリング装置については実溶液燃料を用いた性能評価が必要である。また、近い将来のプルトニウム燃料を用いた実験に備え、サンプリング装置の改良が必要な場合には、今回の改良点を反映していく予定である。

謝辞

改良型サンプリング装置の性能評価のため、短期間に多数のサンプリング試料を分析していただいた久保田政敏氏を始めとした、NUCEF 試験部・技術試験課・分析グループの方々、また、実際のサンプリングを援助していただいた東京ニュークリア(株)の七字 勇氏、安部 誠氏、市村正秀氏及び高倉耕祐氏に感謝します。

参考文献

- [1] 曽野浩樹、他：「平成 7 年度における定常臨界実験装置 STACY の運転記録－600Φ円筒炉心・10%濃縮ウラン硝酸水溶液－」、JAERI-Tech97-005
(1997)

付録1. 改良型ダンプ槽サンプリング装置サンプリング手順書

A.1.1 STACYダンプ槽サンプリング手順書

A.1.2 TRACYダンプ槽サンプリング手順書

A. 1. 1 STACYダンプ槽サンプリング手順書

点検日 平成 年 月 日()

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
1	「溶液燃料取扱作業前点検」終了確認	「溶液燃料取扱作業前点検」が終了していることを確認する。	「溶液燃料取扱作業前点検」終了済	—	—	
2	「槽搅拌」工程選択	(1)「モード・工程選択」画面を選択する。	「モード・工程選択」画面 表示	DDCS	時刻 _____ :	
		(2)「単独」工程を選択する。	「単独」 緑表示		_____	
		(3)「槽搅拌」工程を選択する。	「槽搅拌」工程画面 表示		_____	
3	槽選択	搅拌する貯槽を選択する。 [ダンプ槽 I A ダンプ槽 I B ダンプ槽 II] 選択 凝縮液受槽	[ダンプ槽 I A ダンプ槽 I B] [ダンプ槽 II] 凝縮液受槽 緑表示	—	—	
4	貯槽液位等確認	搅拌する貯槽の液位等を確認する。	[ダンプ槽 I A ダンプ槽 I B] [ダンプ槽 II] 凝縮液受槽 液位 / mm 密度 g/cc 温度 / °C	—	—	
5	槽搅拌時間設定	貯槽の搅拌時間を設定する。 (槽搅拌時間タイム番号) (TM0021S02)	槽搅拌時間 min	—	2時間以内	
6	「搅拌」工程実行	「搅拌」工程を実行する。	①「搅拌」 緑表示 ②弁開閉状態確認 ・ダンプ槽 I A 搅拌弁 (VP-332) (開・閉) ・ダンプ槽 I B 搅拌弁 (VP-333) (開・閉) ・ダンプ槽 II 搅拌弁 (VP-334) (開・閉) ・凝縮液受槽搅拌弁 (VP-335) (開・閉)	—	時刻 _____ :	
7	搅拌空気流量確認	搅拌空気流量を確認する。	搅拌空気流量 Nm³/h	—	—	
8	「搅拌」工程終了	「搅拌」工程の終了を確認する。	①「搅拌」表示 消灯 ②弁開閉状態確認 ・ダンプ槽 I A 搅拌弁 (VP-332) (開・閉) ・ダンプ槽 I B 搅拌弁 (VP-333) (開・閉) ・ダンプ槽 II 搅拌弁 (VP-334) (開・閉) ・凝縮液受槽搅拌弁 (VP-335) (開・閉)	—	時刻 _____ :	
9	貯槽液位等確認	搅拌した貯槽の液位等を確認する。	[ダンプ槽 I A ダンプ槽 I B] [ダンプ槽 II] 凝縮液受槽 液位 / mm 密度 g/cc 温度 / °C	—	時刻 _____ :	

手順	項目	運転操作	確認事項		備考
			確認項目	確認場所	
10	「ダンプ槽サンプリング」工程実行	(1)「モード・工程選択」画面を選択する。	「モード・工程選択」画面表示	DDCS	時刻 :
		(2)「運動」工程を選択する。	「運動」緑表示		
		(3)「燃料移送系液張」工程を選択する	「燃料移送系液張／残液回収」工程画面表示		
		(4)槽選択を行う。 1)液張を行うダンプ槽を選択する。 2)残液回収先のダンプ槽を選択する	ダンプ槽 (IA、IB、II) 緑表示 ダンプ槽 (IA、IB、II) 緑表示		
		(5)「ダンプ槽サンプリング」工程画面を選択する。	「ダンプ槽サンプリング／校正」画面表示		
		(6)保有槽を選択する。	ダンプ槽 (IA、IB、II) 緑表示		
		(7)「サンプリング」工程を実行する。	「サンプリング」緑表示		
11	「燃料移送系液張」工程実行確認	「燃料移送系液張」工程の実行を確認する。 (1)「燃料移送系液張」工程を選択する	①「燃料移送系液張／残液回収」工程画面表示 ②「液張」緑点滅	DDCS	時刻 :
		(2)「燃料移送系液張」終了を確認する	「液張」消灯		時刻 :
12	ダンプ槽液位確認(液張後)	サンプリングを行うダンプ槽の液位等を確認する。	ダンプ槽 (IA、IB、II)  液位 / 密度 / 溫度 / ℃		液張量確認 (V=0, 3235h-62, 39) 液張量 l
13	「ダンプ槽サンプリング」工程実行確認	「サンプリング」工程の実行を確認する。 (1)「ダンプ槽サンプリング」工程画面を選択する。	「ダンプ槽サンプリング／校正」画面表示	DDCS	時刻 : 洗浄タイマー: TM0017S02
		(2)「サンプリング」工程の実行を確認する。 1)「洗浄」工程開始確認	「サンプリング」緑表示 ①燃料移送ポンプ 起動 ②洗浄タイマー (300秒) Start ③ドレン弁 (VP-144) 開		
14	分注器運転前操作 電源確認	分注器運転前に以下の確認を行う。 (1)制御ユニットの電源をONにする。	「電源」ランプ 点灯	給排水ハンドル パソコン	常時ON 時刻 :
		(2)パソコンの電源をONにする。	①「電源」ランプ 点灯 ②「AD-4起動メニュー」表示		
14-2	使用機器選択	「STACYダンプ槽 G-X-11126サンプリング」ボタンをクリックする。	「STACYダンプ槽 G-X-11126サンプリング」	DDCS	時刻 :
14-3	ユニット番号の確認	(1)「チェック」選択後クリック。	番号確認メッセージ		
		(2)「OK」ボタンクリック。	サンプリングメニューに戻る。		
14-4	原液ライン循環	(1)「循環」を実行する。 1)「循環」を選択する。 2)「循環」時間を設定する。 3)サンプル採取弁確認画面にて待機。	①開始確認メッセージ ②原液ライン循環画面 表示 ③循環時間設定 設定 60秒		
!! 此後凡までの操作を13の(2)の洗浄開始台までに終了させておくこと !!					
		(2)13の(2)の洗浄終了後ドレン弁の閉、Sumpタイマー起動を確認する。	①洗浄タイマー終了 ②VP-144 自動閉 ③Sumpタイマー起動 設定 180秒	DDCS	Sumpタイマー: TM0018S02
		(3)サンプル採取弁を直ちに、手動で開にする。	VP-145 手動開		
		(4)サンプル採取弁確認のOKボタンをクリックする。	サンプル採取弁「開」確認		
		(5)Aライン下部のOKボタンをクリックする。	原液ライン循環画面 表示		
		(6)原液ライン「循環」動作を確認する	循環ポンプ起動		
		(7)原液ライン「循環」動作の正常終了を確認後、「OK」ボタンをクリックする。	原液ライン「循環」正常終了画面		

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
		(8)「循環」終了後直ちに、サンプル採取弁を手動で閉にする。	①原液ライン循環動作画面 表示 ②VP-145 手動開	パソコン DDCS		時刻 :
		(9)燃料移送ポンプの停止を確認する。	燃料移送ポンプ停止	DDCS		
		(10)手動になっているバルブ (VP-145) を自動に戻す。	VP-145自動			
14-5	(試料のサンプリング (採取))	(1)「採取」を選択する。 1)「OK」ボタンをクリックする。	①開始確認メッセージ ②サンプリング設定ダイアログ			時刻 :
		2)サンプル瓶をセットするテーブル番号のボタンをクリックし、サンプリングの設定を実行する。	サンプリング設定ダイアログ			
		3)「OK」ボタンをクリックし、サンプル瓶空確認を実行する。	①サンプル瓶空確認 画面 表示 ②エラー、ターンstile駆動	パソコン 給排液ヘッドボックス		
		4)サンプル瓶を所定の場所にセットし、「OK」ボタンをクリックする	①セット位置確認 ②サンプル瓶セット確認動作			
		5)サンプリング動作を確認する。	①サンプリング動作表示 ②サンプリング動作 ③分注ポンプ起動 ④共先開始 設定時間 300秒 ⑤分注開始			
		6)各部からの漏洩がないことを確認する。	漏洩がないこと。			
		7)サンプリング終了を確認し、「OK」ボタンをクリックする。	正常終了確認メッセージ 表示	パソコン		
	(空循環)	(2)「空循環」を実行する。 1)原液ライン空循環時間設定表示を確認する。	原液ライン空循環時間設定ダイアログ 画面 表示			
		2)ポンプ作動時間を確認し、時間を設定する。	原液ライン空循環時間設定ダイアログ 画面 表示 設定 120秒			
		3)「OK」ボタンをクリックし、空循環を開始する。	①原液ライン空循環動作 画面 表示 ②循環ポンプ起動	パソコン、給排液ヘッドボックス		
		4)空循環終了を確認し、「OK」ボタンをクリック後、サンプリングメニューに戻ることを確認する。	①正常確認メッセージ ②サンプリングメニュー	パソコン		時刻 :
	(洗浄)	(3)「洗浄」を実行する。 1)「洗浄」を選択し、クリックする	開始確認メッセージ 画面 表示			
		2)「OK」ボタンをクリックする。	洗浄時間設定ダイアログ 表示			
		3)ポンプ作動時間を確認し、時間を設定した後、「OK」ボタンをクリックし、「洗浄」開始を確認する。	①洗浄時間 設定 120秒 ②ライン洗浄動作表示 画面 ③分注ポンプ起動	パソコン 給排液ヘッドボックス		
		4)洗浄終了を確認し、「OK」ボタンをクリックする。	①正常終了確認メッセージ ②サンプリングメニューに戻ることを確認する。	パソコン		
14-6	制御プログラムの終了	機器の制御を終了する。 (1)メニューバーの機能ボタンの「終了」を選択し、クリックする。	終了確認メッセージ			原点復帰未実行時、原点復帰要求画面表示
		(2)「OK」ボタンをクリックする。	起動メニューに戻ることを確認する。			
		(3)起動メニューで「終了」ボタンをクリックする。	MS-DOSコマンドプロンプト(A:¥AD4>)に戻ることを確認する。			
		(4)パソコンの電源を切る。	電源ランプ消灯			
15	サンプリング動作終了	「希釈分注終了」を選択する。	「希釈分注終了」 点灯	DDCS		時刻 :
16	サンプリング表示点灯確認	「サンプリング」表示の点灯を確認する。		DDCS		

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
		(1)「ダンプ槽サンプリング」工程画面を選択する。 (2)サンプリング工程表示の点灯を確認する。	「ダンプ槽サンプリング／校正」画面表示 「サンプリング」表示 点滅→点灯	DDCS	_____ _____	
1.7	「燃料移送系残液回収」工程実行確認	(1)「燃料移送系残液回収（ポンプ）」工程の実行を確認する。 1)「燃料移送系残液回収」工程画面を選択する。 (2)燃料移送系残液回収（ポンプ）」工程の終了を確認する。 1)「燃料移送系残液回収」工程画面を選択する。 2)「燃料移送系残液回収（真空）」工程の終了を確認する。	①「燃料移送系液張／残液回収」工程画面表示 ②「移送系ポンプ」緑表示 ③「燃料移送ポンプ」起動 ①燃料移送ポンプ 停止 ②「移送系ポンプ」消灯 ①「燃料移送系液張／残液回収」工程画面表示 ②「移送系真空」緑表示 ①「移送系真空」消灯 ②「残液回収」消灯	DDCS	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	時刻 _____ : 時刻 _____ : 時刻 _____ :
1.8	ダンプ槽サンプリング工程終了確認	「ダンプ槽サンプリング工程」の終了を確認する。 (1)「ダンプ槽サンプリング」工程画面を選択する。 (2)サンプリング工程表示の消灯を確認する。	「ダンプ槽サンプリング／校正」画面表示 「サンプリング」表示 消灯	DDCS	_____ _____	時刻 _____ :
1.9	ダンプ槽液位確認	サンプリングを行ったダンプ槽の液位等を確認する。	ダンプ槽（I A、I B、II） 液位 / mm 密度 g/cm ³ 温度 / °C	DDCS	_____	時刻 _____ :

特記事項

各工程の設定時間確認

- ① 原液ライン循環
- ② 共洗時間
- ③ 分注時間
- ④ 空循環時間
- ⑤ 洗浄時間

A. 1. 2 TRACYダンプ槽サンプリング手順書

点検日 平成 年 月 日 ()

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
1	「槽攪拌」工程選択	(1)「モード・工程選択」画面を選択する。	「モード・工程選択」画面 表示	DDCS		時刻 :
		(2)「単独」工程を選択する。	「単独」 緑表示			
		(3)「槽攪拌」工程を選択する。	「槽攪拌」工程画面 表示			
2	槽選択	攪拌する貯槽を選択する。 [ダンプ槽ⅢA ダンプ槽ⅢB 減衰槽A 減衰槽B] 選択	[ダンプ槽ⅢA ダンプ槽ⅢB] [減衰槽A 減衰槽B] 緑表示			
3	貯槽液位等確認	攪拌する貯槽の液位等を確認する。	[ダンプ槽ⅢA ダンプ槽ⅢB] 液位 / mm 密度 g/cm ³ 温度 / °C			
4	槽攪拌時間設定	貯槽の攪拌時間を設定する。 (槽攪拌時間タイム番号) (TM0017S06)	槽攪拌時間 min			2 時間以内
5	「攪拌」工程実行	「攪拌」工程を実行する。	①「攪拌」 緑表示 ②弁開閉状態確認 ・ダンプ槽ⅢA攪拌弁 (VP-434) (開・閉) ・ダンプ槽ⅢB攪拌弁 (VP-435) (開・閉) ・減衰槽A攪拌弁 (VP-436) (開・閉) ・減衰槽B攪拌弁 (VP-437) (開・閉)			時刻 :
6	攪拌空気流量確認	攪拌空気流量を確認する。	攪拌空気流量 (F-11247) Nm ³ /h			
7	分注器運転前操作	(1)電源確認 1)制御ユニットの電源をONにする。 (2)パソコンの電源をONにする。 ①「電源」ランプ 点灯 ②「AD-4起動メニュー」表示 (3)使用機器を選択する。 「ダンプ槽サンプリング L-X-11406」ボタンをクリックする。 (3)ユニット番号を確認する。 1)「チェック」選択後クリック。 2)「OK」ボタンクリック。 (4)各工程の設定時間を確認する。 ①循環 120秒 ②共洗 300秒 ③採取 60秒 ④洗浄 120秒 (5)「OK」ボタンクリック。 (6)循環の準備を行う。 1)「循環」を選択する。 2)サンプル採取弁確認画面にて待機。	給排水ヘッド ランプ 「電源」ランプ 点灯 番号確認メッセージ サンプリングメニューに戻る。 時間設定 ①開始確認メッセージ ②原液ライン循環画面 表示			電源 常時 ON 時刻 :

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
8	サンプル瓶のセット	(1)目視でサンプル瓶の空確認を行う。 (2)サンプル瓶を所定の場所にセットする。	①サンプル瓶空確認(現場目視確認) ②セット位置確認後、セット位置連絡(制御室へ)	給排液ヘッダボックス		時刻 :
9	「攪拌」工程終了	「攪拌」工程の終了を確認する。	①「攪拌」表示 消灯 ②弁開閉状態確認 ・ダンプ槽Ⅲ A攪拌弁 (VP-434) (開・閉) ・ダンプ槽Ⅲ B攪拌弁 (VP-435) (開・閉) ・減衰槽A攪拌弁 (VP-436) (開・閉) ・減衰槽B攪拌弁 (VP-437) (開・閉)	DDCS		時刻 :
10	貯槽液位等確認	攪拌した貯槽の液位等を確認する。	[ダンプ槽Ⅲ A ダンプ槽Ⅲ B 減衰槽A 減衰槽B] 液位 / mm 密度 g/cm ³ 温度 / °C			静電容量式液位計 (GR0073) mm
11	「貯槽サンプリング」工程実行	(1)「モード・工程選択」画面を選択する。 (2)「連動」工程を選択する。 (3)「燃料移送系液張」工程を選択する (4)槽選択を行う。 1) 液張を行う貯槽を選択する。 2) 残液回収先の貯槽を選択する。 (5)「貯槽サンプリング」工程画面を選択する。 (6)保有槽を選択する。 (7)「サンプリング」工程を実行する。	「モード・工程選択」画面 表示 「連動」 緑表示 「燃料移送系液張／残液回収」工程 画面表示 [ダンプ槽Ⅲ A ダンプ槽Ⅲ B] [ダンプ槽Ⅲ A ダンプ槽Ⅲ B] [減衰槽A 減衰槽B] 緑 表示 「貯槽サンプリング／校正」 画面表示 [ダンプ槽Ⅲ A ダンプ槽Ⅲ B] [減衰槽A 減衰槽B] 緑表示 「サンプリング」 緑表示			時刻 :
12	「燃料移送系液張」工程実行確認	「燃料移送系液張」工程の実行を確認する。 (1)「燃料移送系液張」工程を選択する (2)「燃料移送系液張」終了を確認する	①「燃料移送系液張／残液回収」工程 画面 表示 ②「液張」 緑点滅 「液張」 消灯			時刻 :
13	貯槽液位確認(液張後)	サンプリングを行う貯槽の液位等を確認する。	[ダンプ槽Ⅲ A ダンプ槽Ⅲ B 減衰槽A 減衰槽B] 液位 / mm 密度 g/cm ³ 温度 / °C			静電容量式液位計 (GR0073) mm
14	「貯槽サンプリング」工程実行確認(その1)	「サンプリング」工程の実行を確認する。 (1)「貯槽サンプリング」工程画面を選択する。	「貯槽サンプリング／校正」 画面 表示			

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
1 4	「貯槽サンプリング」工程実行確認(その1)	(2)「サンプリング」工程の実行を確認する。 1)「洗浄」工程開始確認 2)洗浄タイマー(TM0010S06) 経過時点にて、サンプル採取弁を開にする。 3)「洗浄」工程終了確認	「サンプリング」緑表示 ①燃料移送ポンプ 起動 ②洗浄タイマー起動 設定 300秒 ③ドレン弁 (VP-244) 開 ④サンプル採取弁 開 ⑤洗浄タイマー 停止 ⑥ドレン弁 (VP-244) 閉	DDCS		時刻 _____ 洗浄タイマー、TM0010S06
1 5	原液ライン循環	(1)サンプリングタイマー(TM0011S06)開始を確認する。	サンプリングタイマー起動 設定 180秒	パソコン		Sumpタイマー(TM0011S06) がアップする前に 「循環」が正常に終了していること。
		(2)サンプル採取弁確認の「OK」ボタンをクリックする。	サンプル採取弁「開」確認			
		(3)Aライン下部の「OK」ボタンをクリックする。	原液ライン循環画面 表示			
		(4)原液ライン「循環」動作を確認する	循環ポンプ起動			
		(5)原液ライン「循環」動作の正常終了を確認後、「OK」ボタンをクリックする。	原液ライン「循環」正常終了画面			
1 6	「貯槽サンプリング」工程実行確認(その2)	「洗浄」工程に引き続き「サンプリング」工程の実行を確認する。 1)「サンプリング」工程開始確認 2)「サンプリング」工程終了確認 3)サンプル採取弁(VP-249) 開状態確認	①Sumpタイマー起動 設定 180秒 ②移送ポンプ停止 ③サンプル採取弁(VP-249) 開確認	DDCS		Sumpタイマー、TM0011S06
1 7	試料のサンプリング(採取)	(1)「採取」を選択する。 1)「OK」ボタンをクリックする。	①開始確認メッセージ ②サンプリング設定ダイアログ	パソコン		時刻 _____
		2)サンプル瓶をセットするテーブル番号のボタンをクリックし、サンプリングの設定を実行する。	サンプリング設定ダイアログ			
		3)サンプル瓶空確認画面が表示されるので、「OK」ボタンをクリックする。	サンプル瓶空確認 「OK」			
		4)サンプル採取弁確認「OK」ボタンをクリックする。	サンプル採取弁確認 「OK」			
		5)サンプリング動作を確認する。	①分注ポンプ起動 ②共洗開始 設定時間 300秒 ③分注開始			
		6)サンプリング終了を確認し、「OK」ボタンをクリックする。	正常終了確認メッセージ 表示			
試料のサンプリング(空循環)		(2)「空循環」を実行する。 1)原液ライン空循環時間設定表示を確認する。	原液ライン空循環時間設定ダイアログ画面 表示			時刻 _____
		2)ポンプ作動時間を確認し、時間を設定する。	原液ライン空循環時間設定ダイアログ画面 表示 設定 120秒			
		3)「OK」ボタンをクリックし、空循環を開始する。	①原液ライン空循環動作 画面 表示 ②循環ポンプ起動			
		4)空循環終了を確認し、「OK」ボタンをクリック後、サンプリングメニューに戻ることを確認する。	①正常確認メッセージ ②サンプリングメニュー			
試料のサンプリング(洗浄)		(3)「洗浄」を実行する。 1)「洗浄」を選択し、クリックする。	開始確認メッセージ 画面 表示			時刻 _____
		2)「OK」ボタンをクリックする。	洗浄時間設定ダイアログ 表示			
		3)ポンプ作動時間を確認し、時間を設定した後、「OK」ボタンをクリックし、「洗浄」開始を確認する。	①洗浄時間 設定 120秒 ②ライン洗浄動作表示 画面 ③分注ポンプ起動			
		4)洗浄終了を確認し、「OK」ボタンをクリックする。	①正常終了確認メッセージ ②サンプリングメニューに戻ることを確認する。			

手順	項目	運転操作	確認事項			備考
			確認項目	確認場所	確認	
1 8	制御プログラムの終了	機器の制御を終了する。 (1)メニューバーの機能ボタンの「終了」を選択し、クリックする。	終了確認メッセージ	パソコン		時刻 :
		(2)終了確認画面で「終了」ボタンをクリックする。	起動メニューに戻ることを確認する。			
		(3)起動メニューで「終了」ボタンをクリックする。	MS-DOSコマンドプロンプト(A:¥AD4>)に戻ることを確認する。			
		(4)パソコンの電源を切る。	電源ランプ消灯			
1 9	サンプリング動作終了	「希釈分注終了」を選択する。	「希釈分注終了」点灯	DDCS		時刻 :
2 0	サンプリング表示点灯確認	「サンプリング」表示の点灯を確認する。 (1)「貯槽サンプリング」工程画面を選択する。 (2)サンプリング工程表示の点灯を確認する。	「貯槽サンプリング／校正」画面表示 「サンプリング」表示 点滅→点灯			時刻 :
2 1	「燃料移送系残液回収」工程実行確認	(1)「燃料移送系残液回収（ポンプ）」工程の実行を確認する。 1)「燃料移送系残液回収」工程画面を選択する。	①「燃料移送系液張／残液回収」工程画面表示 ②「移送系ポンプ」緑表示 ③燃料移送ポンプ 起動			時刻 :
		2)「燃料移送系残液回収（ポンプ）」工程の終了を確認する。	①燃料移送ポンプ 停止 ②「移送系ポンプ」消灯			
		(2)「燃料移送系残液回収（真空）」工程の実行を確認する。 1)「燃料移送系残液回収」工程画面を選択する。	①「燃料移送系液張／残液回収」工程画面表示 ②「移送系真空」緑表示			
		2)「燃料移送系残液回収（真空）」工程の終了を確認する。	①「移送系真空」消灯 ②「残液回収」消灯			
2 2	貯槽サンプリング工程終了確認	「貯槽サンプリング工程」の終了を確認する。 (1)「貯槽サンプリング」工程画面を選択する。	「貯槽サンプリング／校正」画面表示			時刻 :
		(2)サンプリング工程表示の消灯を確認する。	「サンプリング」表示 消灯			
2 3	ダンプ槽液位確認	サンプリングを行ったダンプ槽の液位等を確認する。	ダンプ槽ⅢA ダンプ槽ⅢB 減衰槽A 減衰槽B 液位 / mm 密度 g/cm ³ 温度 / °C		静電容量式液位計 (GR0073)	時刻 :
					mm	

持記事項

付録2 ダンプ槽サンプリング分注ユニット取扱説明

作動機器及び制御部の操作・取扱説明

1. 立ち上げ
2. サンプリングメニューによる機能選択
3. 基本操作
4. ユニット番号の確認
5. 原液ラインの循環
6. 試料のサンプリング
7. 原液ライン空循環
8. サンプリングラインの洗浄
9. ポンプ作動時間設定について
10. ユニットの原点復帰
11. 制御プログラムの終了
12. エラー処理

1. 立ち上げ

- (1) サンプリング装置制御ユニットの電源を入れる。(炉下室設置)
- (2) 制御用パソコンの電源を入れる。(制御室)
- (3) 制御プログラムが自動起動し、「AD-4起動メニュー」が表示される。
- (4) 仕様する機器のボタンまたは終了をクリックする。
- (5) 作動確認のメッセージが表示されるので、表示機器を作動する場合には”OK”を、作動をやめる場合には”キャンセル”ボタンをクリックする。
- (6) DDCSの工程条件と作動させるサンプリング装置が正しいときは、「サンプリングメニュー」になるが、違うときには工程を確認してくださいのメッセージになる。
炉心タンクサンプリング装置はDDCSからのサンプリング工程実行中の信号により制御ユニットを切り替える。工程未実行や、切替器の電源OFF等の場合には、ダンプ槽サンプリング装置が選択される。

2. サンプリングメニューにおける機能選択

- (1) 各種機能の選択は下図のサンプリングメニューより行う。
- (2) メニューバーの機能ボタンを選択し、クリックする。

nAD-4 V2.00			STACYダンプ槽 G-X-11126			ESC:END	
C チェック	M メニュー	L 循環	S 採取	W 洗浄	T 時間	R リセット	Q 終了
CHECK	チェック				ユニット番号の確認		
MENU	メニュー				サブメニューの表示(現在無効)		
LOOP	循環				原液ラインの循環		
SAMPLING	採取				試料のサンプリング		
WASH	洗浄				サンプリングラインの洗浄		
TIMESET	時間				ポンプ作動時間の設定		
RESET	リセット				ユニットの原点復帰		
QUIT	終了				制御プログラムの終了		

サンプリングメニュー

- ◎ 次の機能を備えている。

チェック…ユニット番号の確認

接続されたユニットのID番号が、起動プログラムと同じかを確認する。
また、現在のサンプリングポット内の液の状態も確認する。

メニュー…サブメニューの表示

拡張機能用サブメニューを表示する。
現在、この機能はサポートしていない。

循 環…原液ラインの循環を行い、サンプリングポット～分注ユニットのラインに原液を導入する。

採 取…試料のサンプリング

サンプリングの設定・サンプル瓶のセット確認を行い、次に採取前の共洗い(RINS)及び試料のサンプリング(SAMP)を行う。
また、続いてサンプリング後の空循環(EMPTY LOOP)をすることも可能である。

洗 浄…サンプリングラインの洗浄

採取後のサンプリングラインの洗浄を行い、洗浄液ポット～分注ノズルのラインを洗浄液で洗浄する。

洗浄液ポットの手動コックの操作で、ラインをエアー置換することも可能である。

時 間…ポンプ作動時間の設定

各モードにおけるポンプの作動時間の表示及び変更を行う。

リセット…ユニットの原点復帰

分注ユニットの原点復帰・ラインの切替バルブの初期化を行う。

終 了…制御プログラムの終了

制御プログラムを終了し、起動メニューに戻る。

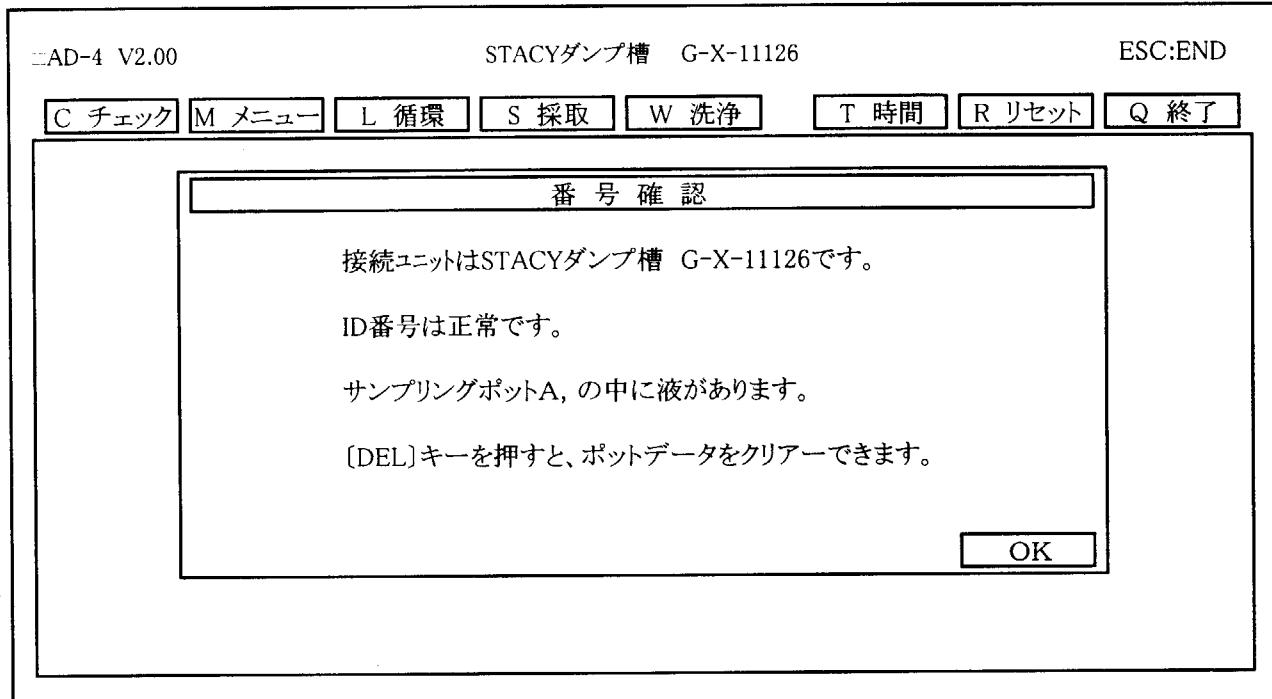
3. 基本操作

通常は次の手順で操作を行う。

- (1) チェック…ユニット番号の確認
- (2) 循 環…原液ラインの循環
- (3) 採 取…試料のサンプリング
- (4) 洗 浄…サンプリングラインの洗浄
- (5) 終 了…制御プログラムの終了

4. ユニット番号の確認

- (1) メニューバーの機能ボタンから”チェック”を選択し、クリックする。
- (2) 下図の番号確認のメッセージが表示される。
- (3) ID番号が正しいときは、サンプリングポート内の現在の液の状態を表示する。
- (4) ”OK”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。
- (5) [DEL]キーを押すと、ポートデータ(*1)をクリアできる。



番号確認のメッセージ

(*1) ポートデータ

原液ラインの循環が正常終了すると、そのラインのポートデータは「有」になる。

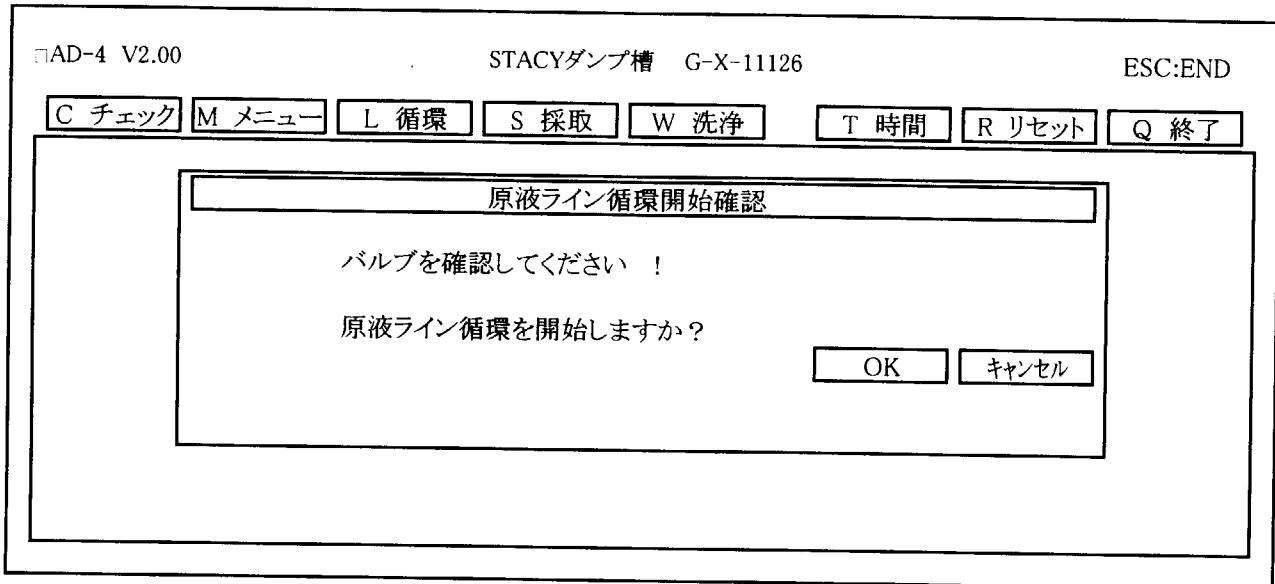
サンプリングはこのデータが「有」のラインに限り実行できる。

また、サンプリング後の原液ライン空循環が正常終了すると、そのラインのポートデータは「無」になる。

終了時にはこのデータを自動的にチェックして、すべてのラインが「無」の時、電磁弁の通電を止めて発熱を防止するようにしている。

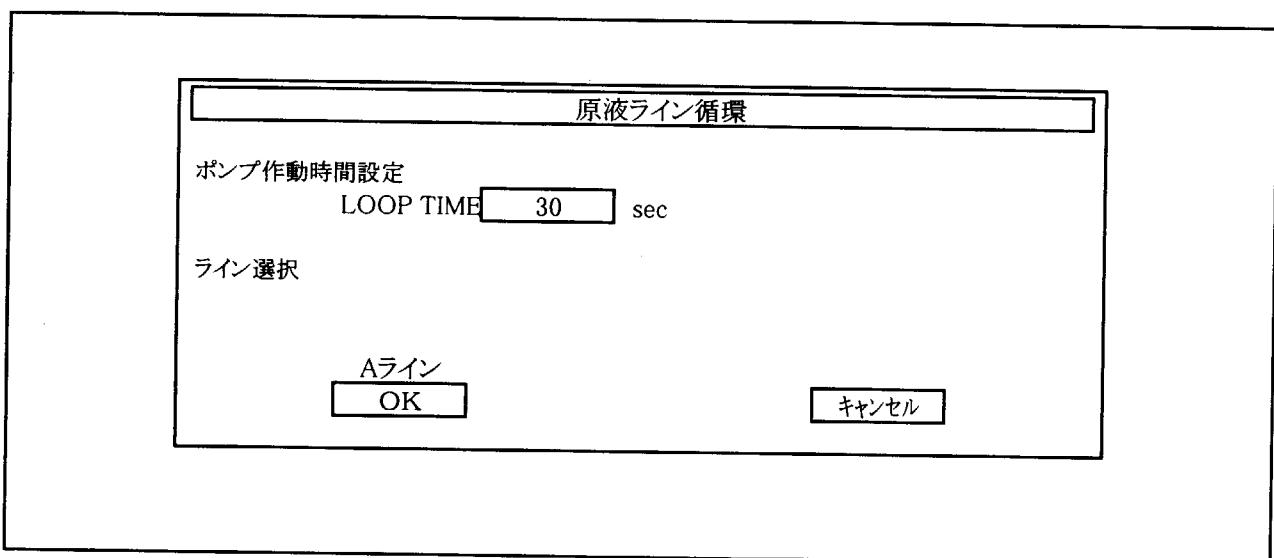
5. 原液ラインの循環

- (1) メニューバーの機能ボタンから”循環”を選択し、クリックする。
- (2) 下図の開始確認のメッセージが表示される。
- (3) 循環を開始する場合は”OK”、やめる場合は”キャンセル”ボタンをクリックする。
- (4) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。



開始確認のメッセージ

- (5) ”OK”ボタンをクリックすると、次の循環時間設定のダイアログを表示する。

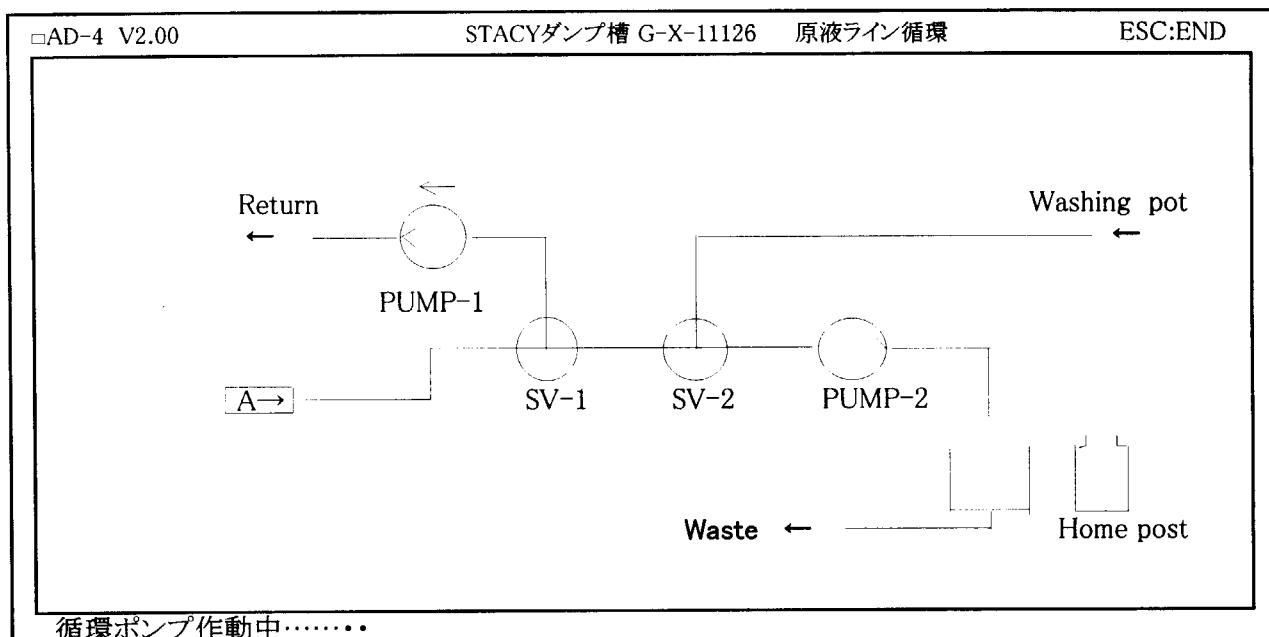


循環時間設定のダイアログ

- (6) ポンプ作動時間を変更するときは、LOOP TIME表示窓をクリックする。
- (7) ライン選択のボタンをクリックすると循環を開始する。
- (8) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。

(9) 原点復帰が完了しているときはすぐに循環を開始するが、原点復帰が完了していないときは原点復帰動作の後、循環を開始する。

(10) 作動機器が原液ライン循環の状態になると、下図の原液ライン循環動作表示になる。



原液ライン循環動作表示

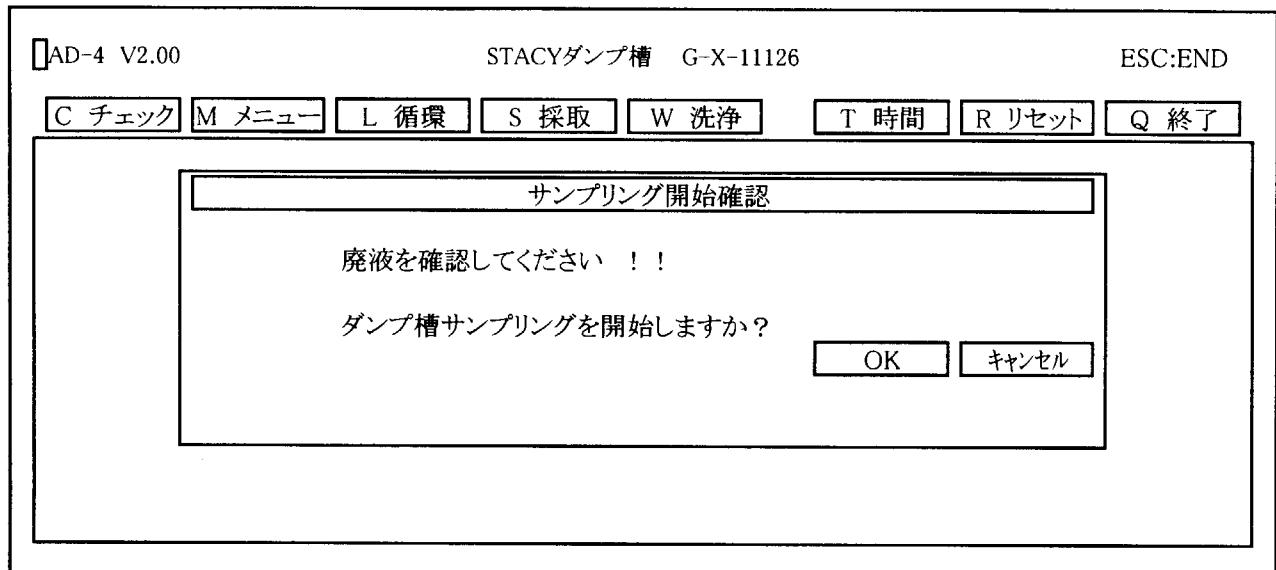
(11) [ESC]キーを押すと、途中で循環を終了することができる。

(12) 循環が終了すると、正常終了確認のメッセージが表示される。

(13) "OK"ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。

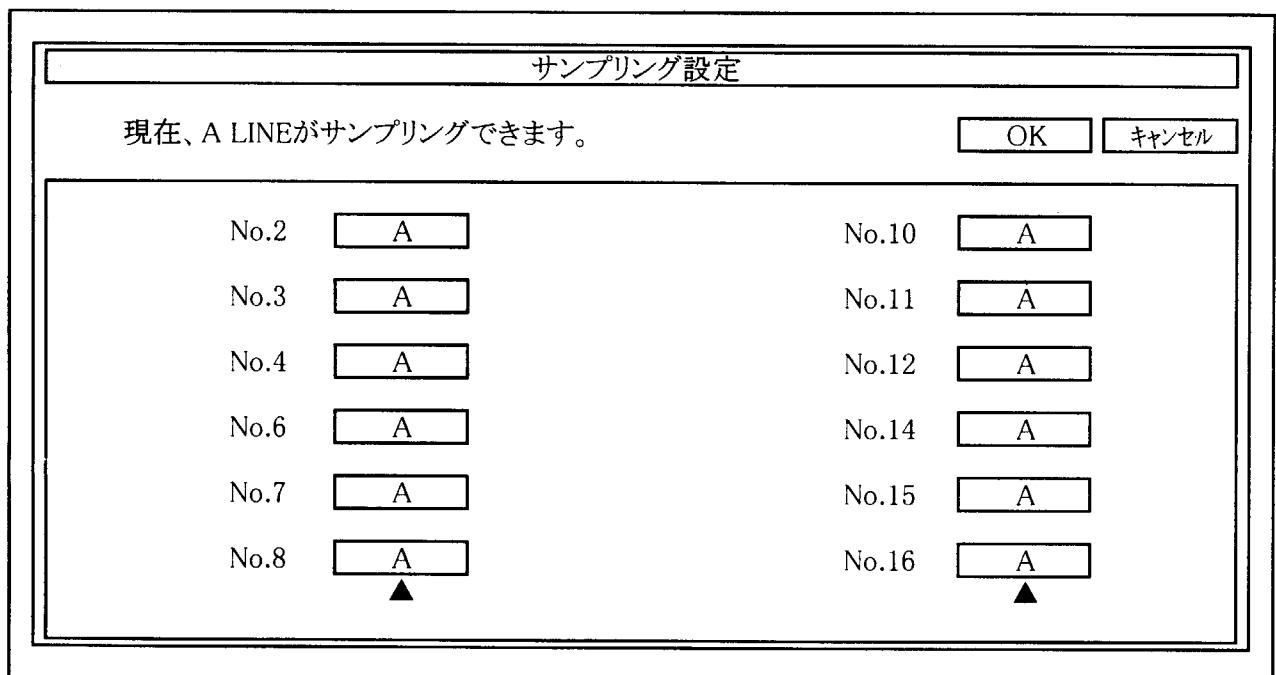
6. 試料のサンプリング

- (1) メニューバーの機能ボタンから”採取”を選択し、クリックする。
- (2) 下図の開始確認のメッセージが表示される。
- (3) 採取を開始する場合は”OK”、やめる場合は”キャンセル”ボタンをクリックする。
- (4) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。



開始確認のメッセージ

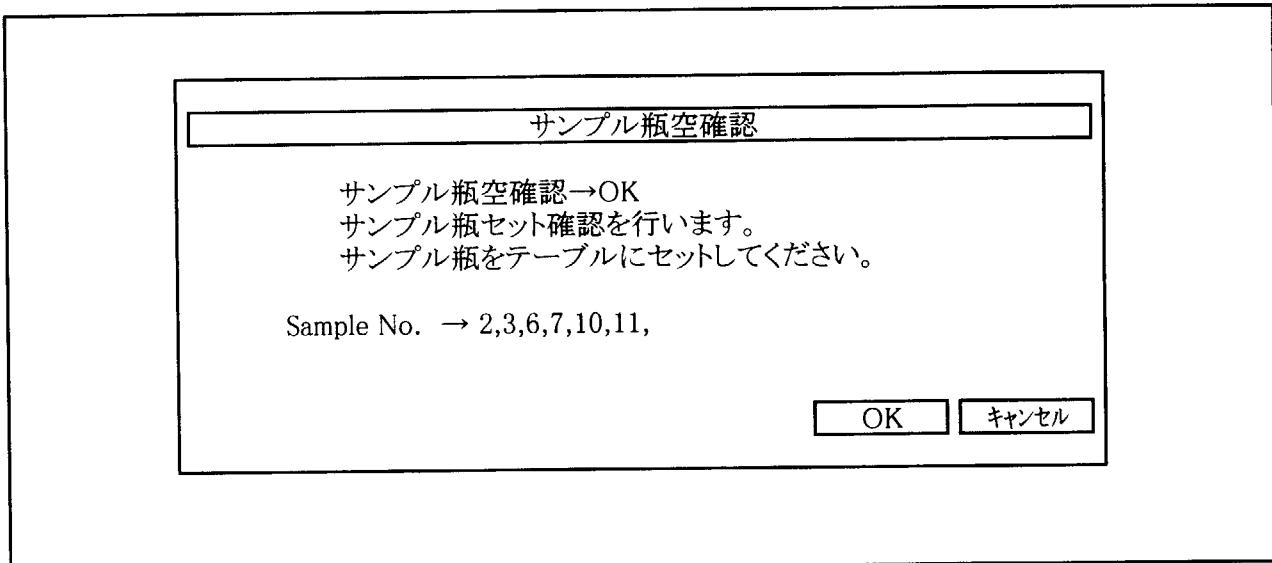
- (5) ”OK”ボタンをクリックすると、次のサンプリング設定のダイアログを表示するが、循環がまだ実行されていないときには、循環要求の画面が表示される。



サンプリング設定のダイアログ

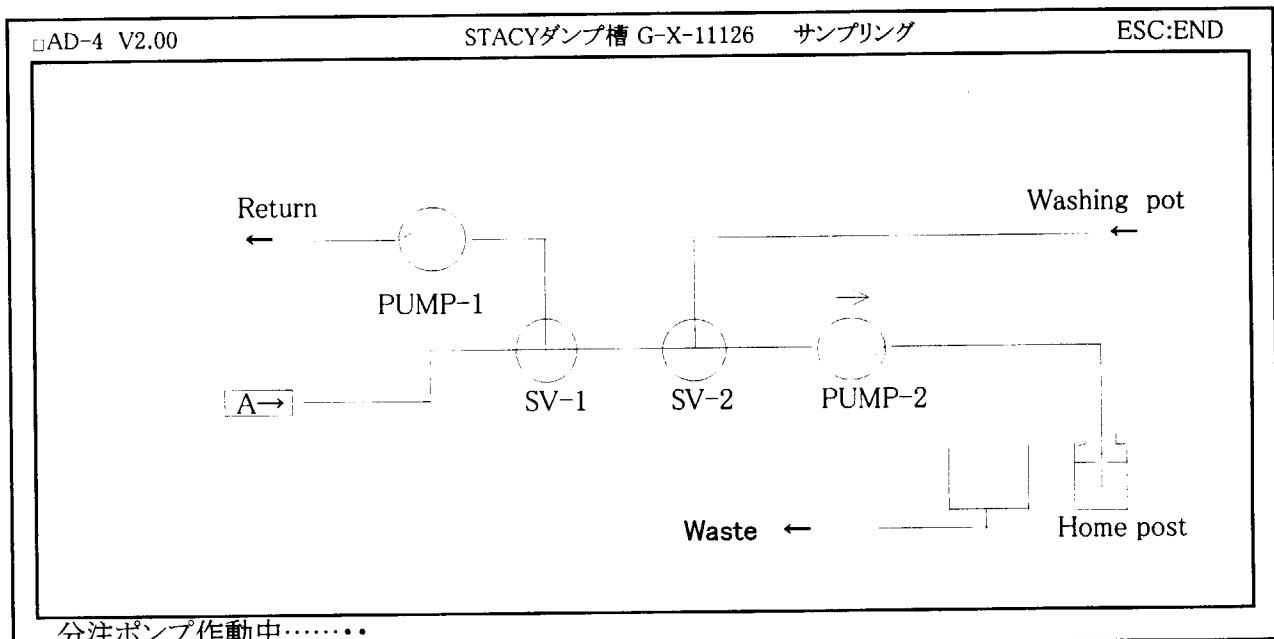
- (6) サンプル瓶をセットするテーブル番号のボタンをクリックしてサンプリング設定を行う。
- (7) 右クリックで設定を取り消すことができる。

- (8) "キャンセル"ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。
- (9) "OK"ボタンをクリックすると、モーターの初期状態を確認して、サンプル瓶空確認を行う。
- (10) サンプル瓶空確認が正常終了すると次のOK表示になるので、サンプル瓶をテーブルの所定の番号にセットする。



サンプル瓶空確認OK表示

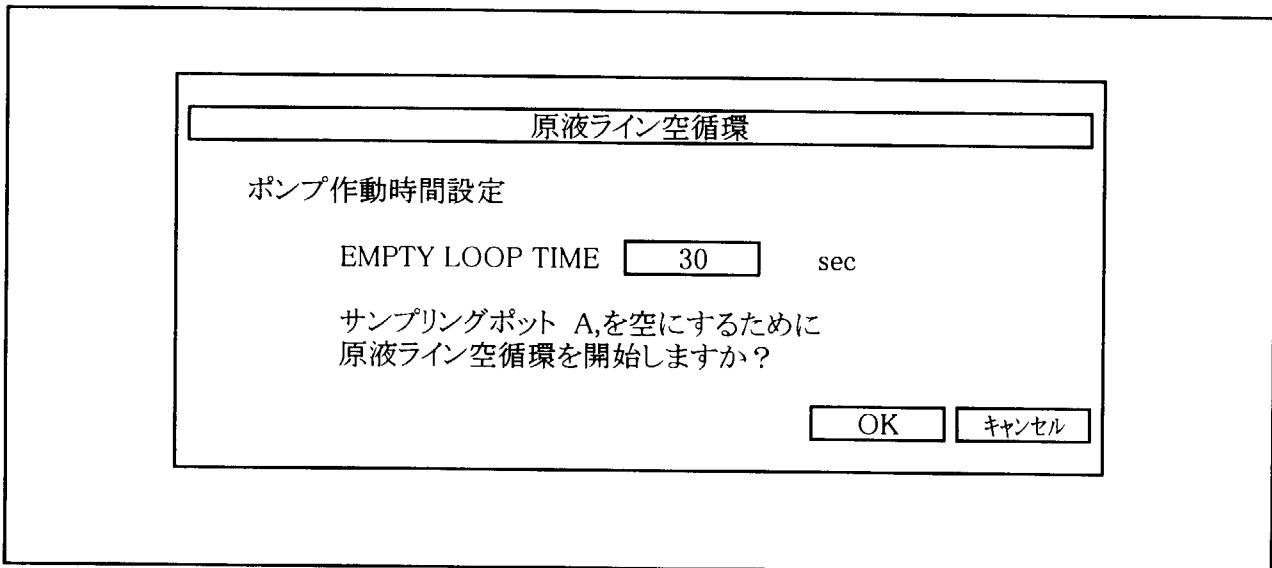
- (11) ここで、"キャンセル"ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。
- (12) "OK"ボタンをクリックすると、サンプル瓶セット確認を行い、下図のサンプリング動作表示になる。



サンプリング動作確認

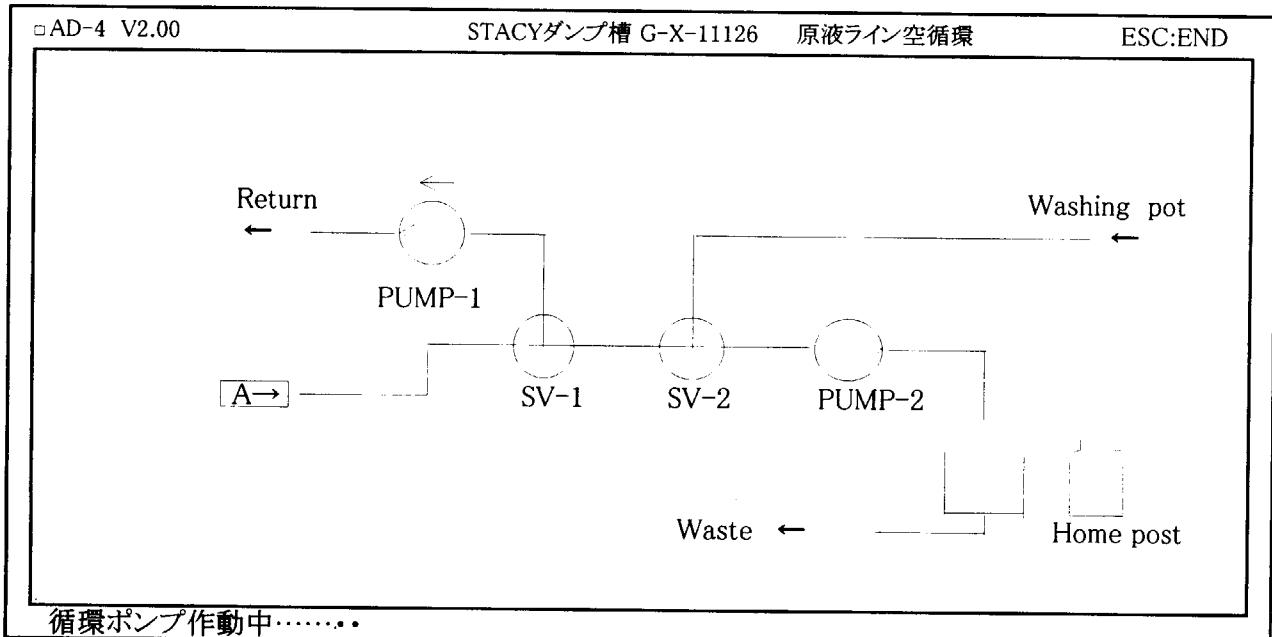
7. 原液ライン空循環

- (1) サンプリングが正常終了すると、下図の原液ライン空循環時間設定のダイアログ表示になる。



空循環時間設定のダイアログ

- (2) ポンプ作動時間を変更するときは、EMPTY LOOP TIME表示窓をクリックする。
- (3) "OK"ボタンをクリックすると空循環を開始する。
- (4) "キャンセル"ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。
- (5) 作動機器が原液ライン空循環の状態になると、下図の原液ライン循環動作表示になる。
- (6) 炉心タンクサンプリングの場合は、A, B, Cの順に全てのラインについて空循環を行う。

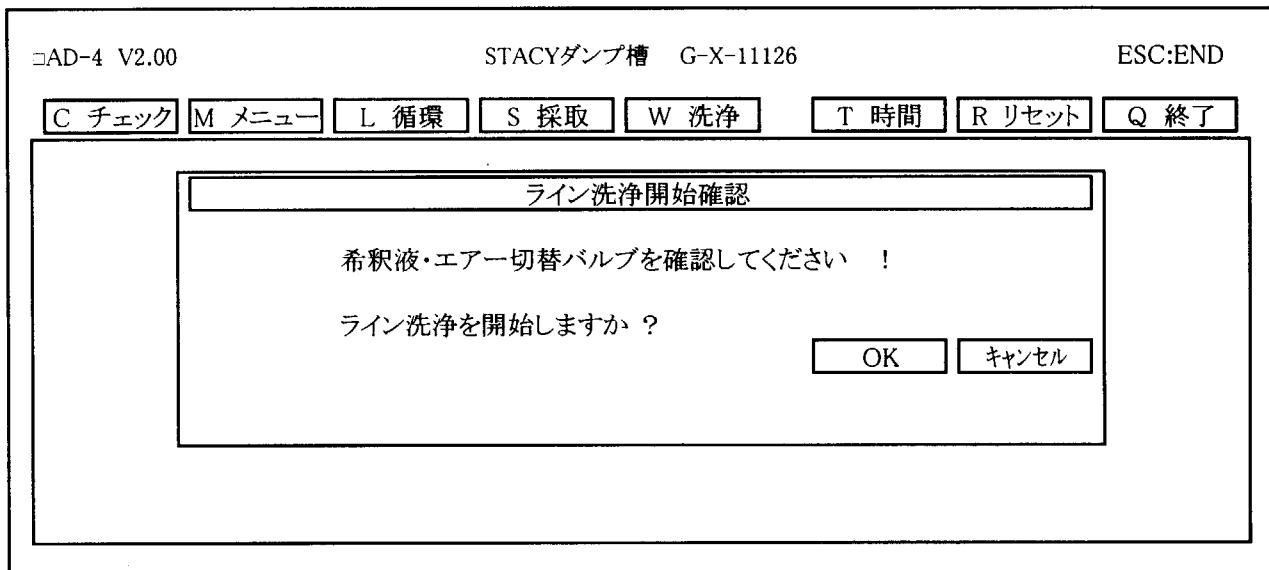


原液ライン空循環動作表示

- (7) [ESC]キーを押すと、途中で空循環を終了することができる。
- (8) 空循環が終了すると、正常終了確認のメッセージが表示され、ポットデータは全てクリアされる。
- (9) "OK"ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。

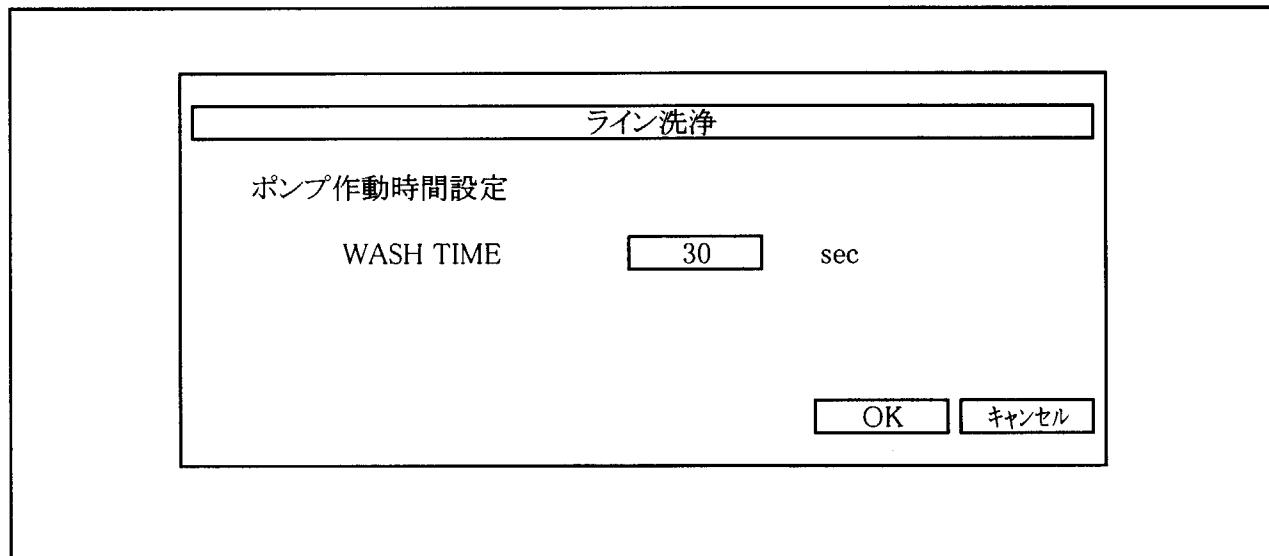
8. サンプリングラインの洗浄

- (1) メニューバーの機能ボタンから”洗浄”を選択し、クリックする。
- (2) 下図の開始確認のメッセージが表示されるが、原点復帰がまだ実行されていないときは、原点復帰要求の画面を表示する。
- (3) ラインをエアー置換するときは、洗浄液ポットの手動コックをエアー側に切り替えておく。
- (4) 洗浄を開始する場合は”OK”、やめる場合は”キャンセル”ボタンをクリックする。
- (5) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。



開始確認のメッセージ

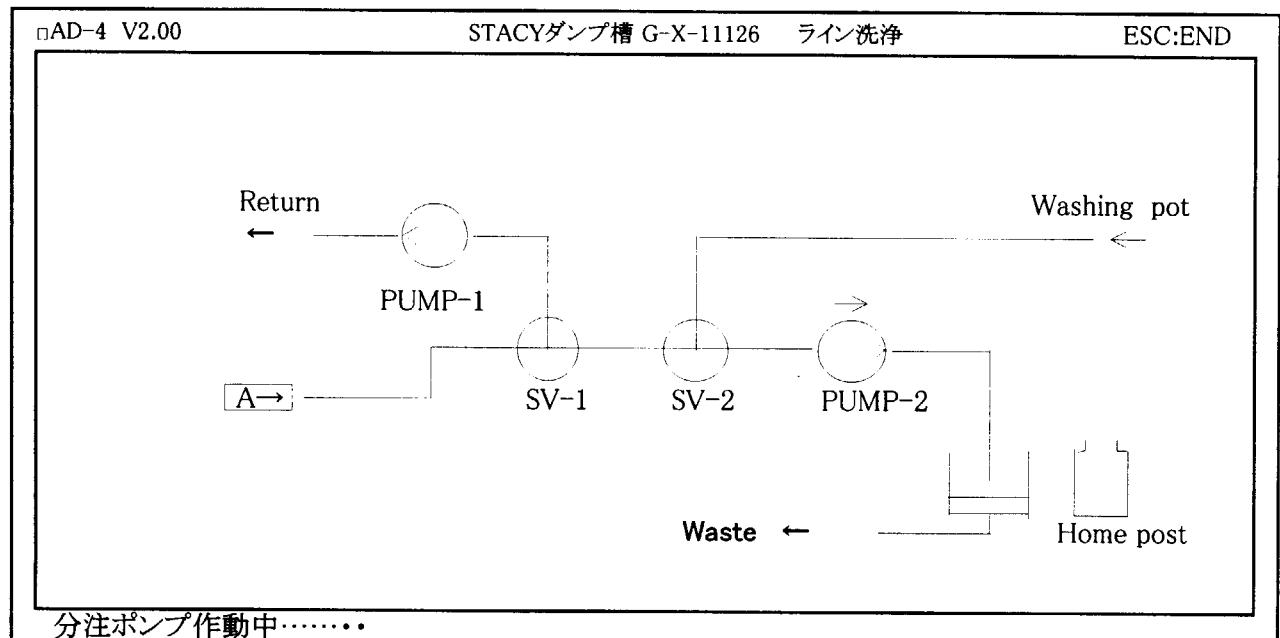
- (6) ”OK”ボタンをクリックすると、次の洗浄時間設定のダイアログを表示する。



洗浄時間設定のダイアログ

- (7) ポンプ作動時間を変更するときは、WASH TIME表示窓をクリックする。
- (8) ”OK”ボタンをクリックすると洗浄を開始する。

(9) 作動機器がライン洗浄の状態になると、下図のライン洗浄動作表示になる。

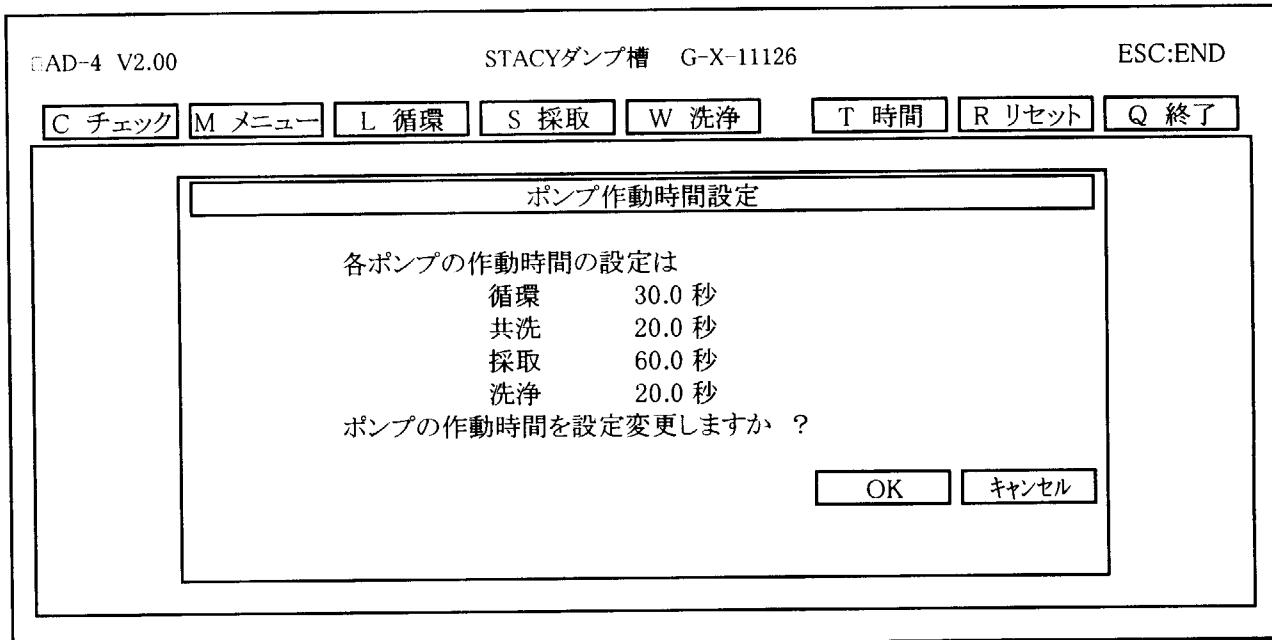


ライン洗浄動作表示

- (10) [ESC]キーを押すと、途中で洗浄を終了することができる。
- (11) 洗浄が終了すると、正常終了確認のメッセージが表示される。
- (12) "OK"ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。

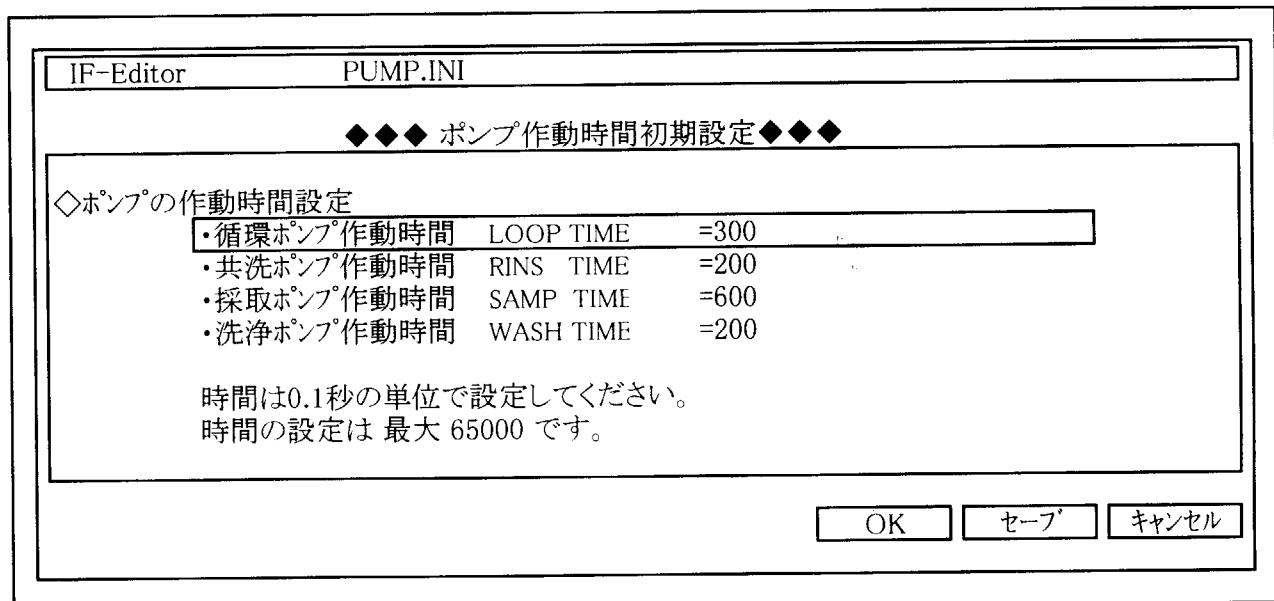
9. ポンプ作動時間設定について

- (1) メニューバーの機能ボタンから”時間”を選択し、クリックする。
- (2) 下図のポンプ作動時間初期設定表示画面になる。
- (3) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。



ポンプ作動時間初期設定表示

- (4) ”OK”ボタンをクリックすると、次のポンプ作動時間設定変更画面になる。

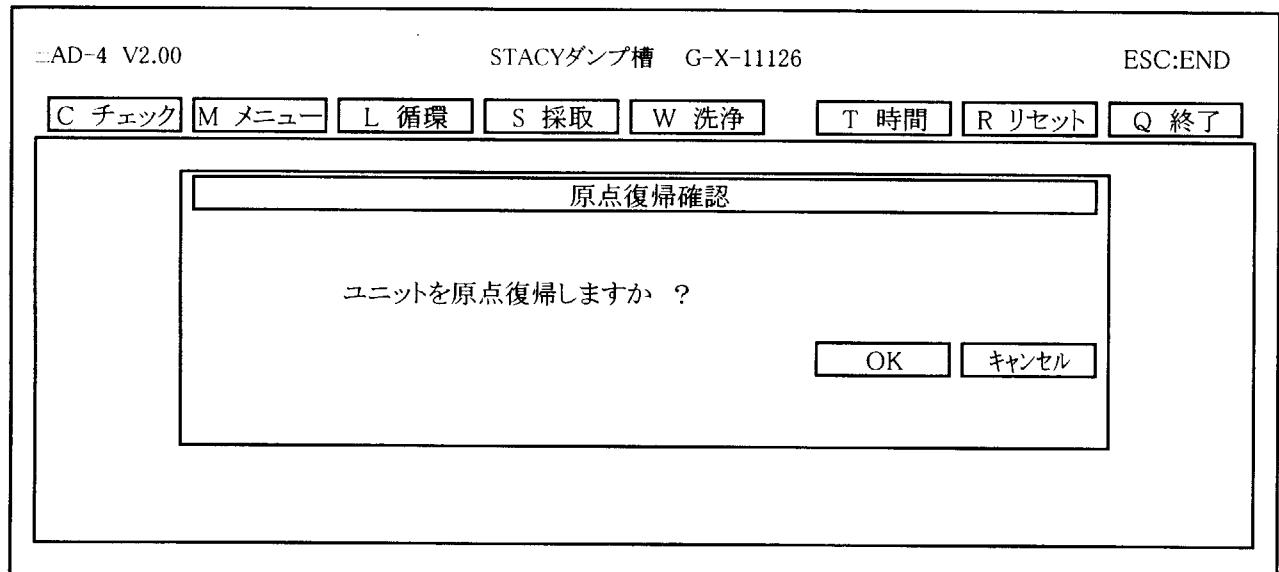


ポンプ作動時間設定変更

- (5) ポンプ作動時間を変更するときは、変更する行をクリックし、数字を入力する。
- (6) 時間の設定は0.1秒の単位で設定する。(1分の設定は600を入力)
- (7) ”OK”ボタンをクリックすると、時間の設定を変更して、サンプリングメニューに戻る。
- (8) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、前の設定のままで、サンプリングメニューに戻る。

10. ユニットの原点復帰

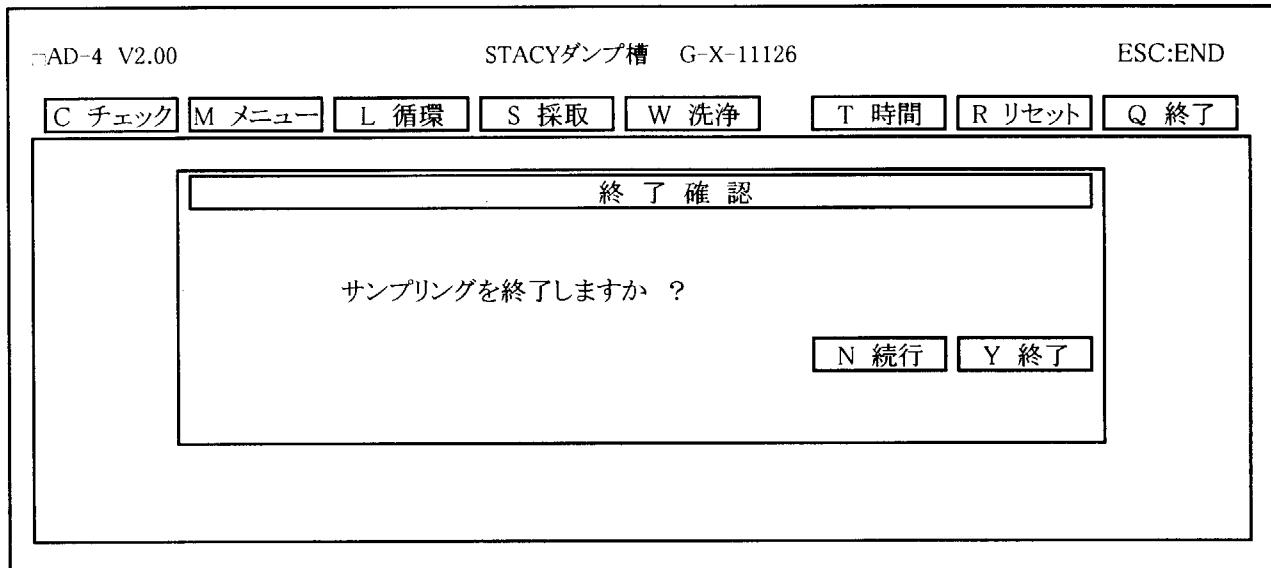
- (1) エラー発生後は必ずユニットを原点復帰させる。
- (2) メニューバーの機能ボタンから”リセット”を選択し、クリックする。
- (3) 下図の原点復帰開始確認のメッセージが表示される。
- (4) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。
- (5) ”OK”ボタンをクリックすると、原点復帰動作を行い、サンプリングメニューに戻る。



原点復帰開始確認のメッセージ

11. 制御プログラムの終了

- (1) 機器の制御を終了するときは、メニューバーの機能ボタンから”終了”を選択し、クリックする。
- (2) 下図の終了確認のメッセージが表示される。
- (3) ”キャンセル”ボタンをクリックすると、サンプリングメニューに戻る。
- (4) ”OK”ボタンをクリックすると、起動メニューに戻る。
- (5) また、この時にポートデータを自動的にチェックして、電磁弁の通電状態の最適化を行う。



終了確認のメッセージ

- (6) 起動メニューで”終了”ボタンをクリックすると、MS-DOSのコマンドプロンプト(A:¥AD4)に戻る。
- (7) この状態でパソコンの電源を切る。

12. エラー処理

◇ 次のエラー(赤色枠表示)は続行処理が不可能なエラーである。
[RETURN]キーを押すと、MS-DOSのコマンドプロンプト(A:¥AD4)に戻る。

- (1) テーブル動作異常
- (2) アーム動作異常
- (3) ノズル動作異常
- (4) 通信コード異常
- (5) マニュアル動作中

◇ 次のエラー(黄色枠表示)は続行処理が可能である。
[→]・[←]キーで続行・中止を選択し、[RETURN]キーを押す。
続行のときは、続きの処理を実行する。
中止のときは、サンプリングメニューに戻る。

- (1) 廃液満杯
- (2) 洗浄液空
- (3) 洗浄液空・廃液満杯

国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	kg·m/s ²
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N·m
功率、放射束	ワット	W	J/s
電気量、電荷	クーロン	C	A·s
電位、電圧、起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束密度	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分、時、日	min, h, d
度、分、秒	°, ', "
リットル	l, L
トント	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1～5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表す場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令ではbar、barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N(=10 ³ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
9.80665	1	2.20462	
4.44822	0.453592	1	

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}(\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2) = 10 \text{ P(ポアズ)}(\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St(ストークス)}(\text{cm}^2/\text{s})$$

圧力	MPa(=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft · lbf	eV	1 cal = 4.18605 J(計量法)
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸	= 4.184 J(熱化学)
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹	= 4.1855 J(15 °C)
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵	= 4.1868 J(国際蒸気表)
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹	仕事率 1 PS(仏馬力)
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹	= 75 kgf·m/s
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸	= 735.499 W
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1	

放射能	Bq	Ci	吸収線量	Gy	rad	照射線量	C/kg	R
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹		1	100		1	3876
	3.7 × 10 ¹⁰	1	0.01	1		2.58 × 10 ⁻⁴	1	

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

(86年12月26日現在)

STACY及びTRACY用燃料サンプリング装置の改良