神鋼パンテック技報 1994・Vol.38・No.1 131 SHINKO PANTEC ENGINEERING REPORTS

	次	CONTENTS
1	高純度水素酸素発生装置(HHOG)	A High-Purity Hydrogen and Oxygen Generator (HHOG)
6	機能性用水について — 磁気処理水 —	Functional Water — Magnetic Water —
11	フルゾーンの適用例の紹介	Applications of "FULLZONE"
15	S V ミキサーの乾燥性能とスケールアップ	Drying Performance of the SV MIXER and Criteria for Scaling It Up
20	GOLDEP WHITE 製超純水加熱装置	Deionized Water Heating Equipment with a Passivated Stainless Steel Heater
24	新型 "開放型サイフォン・フィルター"	Introduction of an Improved "Open Siphon Filter"
30	GOLDEP WHITE 製 超純水装置実績紹介	An Ultrapure Water Treatment System Made of GOLDEP WHITE
35	ポリウレタン吹き付け冷却塔冷水槽の防水	L法 Waterproofing the Cold Water Basins of Cooling Towers by Polyurethane Spraying
38	AWガス洗浄装置による排ガス処理事例	Applications of the AW Gas Absorber to Waste Gas Treatment Systems
43	社内ニュース	TOPICS



〈写真説明〉

高粘度撹拌翼「ログボーン」は、当社が開発した極めて高粘度まで効率的 に撹拌可能な新型リボン翼です。 昨年の INCHEM TOKYO 93で発表し て以来、多数の引き合いを受けている。

「ログボーン」は、ヘリカルリボン翼を支えるフレームとボトムリボン翼 を採用されたことにより、撹拌槽全域にわたるフローパターンを形成し混合 不良部がなく、製品の高品質化や付着防止などに力を発揮する。また、従来 型リボン翼の4分の1の所要動力で、高粘度域の混合はもちろん異粘度液ど うしの混合も効率よく行える。

高粘度用混合槽やバッチ反応槽、連続重合槽などに『ログボーン』の特長を生かす適用分野として期待されている。

High viscosity mixer "LOGBORN" is a new type ribbon mixer developed by us which ensures efficient mixing up to an extremely high degree of viscosity. It has been favored with many queries since the introduction at the INCHEM TOKYO 93.

As "LOGBORN" forms a flow pattern in the entire tank by the use of herical ribbon blades, supporting frames and bottom ribbon blades, it dissolves poor mixing and contributes effectively to improve the quality of products and reduce adhesion. It also provides efficient mixing, at only a fourth of the power needed for the conventional ribbon mixers, both in the high range of viscosity and of liquids of different viscosity.

Agitation tanks for high viscosity, batch reaction tanks, continuous polymerization tanks, etc. are where "LOGBORN" is advantageously applicable.

高純度水素酸素発生装置 (HHOG)

A High-Purity Hydrogen and Oxygen Generator (HHOG)



A high-purity hydrogen and oxygen generator (HHOG) in which deionized water is directly electrolyzed using a solid polymer electrolyte has been developed for IC (integrated circuit) manufacture. The impurity in the hydrogen and oxygen gas generated was analyzed, and it was found that they contained a few ppt of impurity. This generator is much safer and easier to use than the conventional generators, because it can supply gas in situ without any storage facilities.

まえがき

電子工業において熱処理の雰囲気ガスやプロセスガス等 として高純度の水素や酸素が使用されている。例えば、半 導体の製造工程において、熱処理の際の雰囲気ガスとして 高純度の水素が使用され、また酸化膜の生成処理の際のプ ロセスガスとして高純度の酸素が使用されている。このよ うな水素や酸素の純度は、製品の良否に関係しており、電 子工業、特にICの製造では高純度の水素及び酸素が必要 とされている。

水素ガスは現在,食塩電解や石油精製の際に発生する副 生ガスを,精留塔等の精製装置を用いてPSA (Pressure Swing Adsorption)精製方法や触媒燃焼精製法等で一次 精製し,ある程度高純度にしている。これをボンベ等に高 圧に充填しユーザに供給している。ごれをボンベ等に高 圧に充填しユーザに供給している。酸素ガスは,空気をジ ュールトムソン法により液化し,深冷分離法により沸点差 を利用して分離し,ある程度高純度にしている。これを液 体酸素の状態で工場のコールドエバポレータに供給し,気 化して使用している。しかし,このような製法により供給 される水素及び酸素のガスは窒素,炭酸ガス,一酸化炭 素,炭化水素等の不純物が完全に除去されず,そのため, 半導体工場においてガス純化器により個別に二次精製し高 純度にして使用している。また,水素はその引火性,爆発 性のため特に半導体工場のクリーンルーム内での使用では 安全性が問題である。

ここに紹介する高純度水素酸素発生装置(HHOG)は これらの課題を解決し、オンサイトで高純度ガスの供給を 可能にした。

1. ガス発生の基本原理

高純度水素酸素発生装置(HHOG)は超純水を直接電 気分解して高純度水素と高純度酸素を発生させる装置であ る。超純水は電気抵抗が非常に高いため直接電気分解でき ないが、本装置では固体高分子電解質膜を用いることによ り超純水の電気分解を可能にした¹⁾。 固体高分子電解質膜 による電気分解の基本原理を**第1図**に示す。固体高分子電 解質膜はフッ素樹脂系のスルフォン酸カチオン交換膜の両 面に白金族金属からなる陽極及び陰極を一体に接合した電 気化学セルである。**第1図**に示すように陽極側に超純水を 送り,両極間に直流電流を通電すると次式に従って陽極か ら酸素が発生する。陽極で生成した水素イオンはカチオン 交換膜中を陰極側に引き寄せられ,陰極で電子を得て水素 ガスとして発生する。

(陽極) $H_2O\rightarrow 2H^+ + 1/2O_2 \uparrow + 2e^-$

(陰極) 2H⁺+2e⁻→H₂↑

また,陽極で発生した酸素ガスが固体高分子電解質膜中 を通って陰極側に移動した場合,陰極側の水素イオンと結 合して水になる。陰極側で発生した水素ガスが陽極側に移







- (LC) = Level control (A) = Air operate valve
- (\underline{P}) = Pressure sensor
- RD = Rupture disk

第2図 試作機のフローシート Fig. 2 Flow diagram test equipment

第1表 試作機の仕様 Table 1 Samific fortune of f

Cell number	3 cells	5 cells	
H ₂ gas	0~12 Nℓ/min	0~20 Nℓ/min	
O ₂ gas	0∼ 6 N ℓ /min	0~10 Nℓ/min	
Gas pressure	Maximum 5 kg/cm ²		
DI water	3 ℓ/min	5 ℓ/min	
Membrane area	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		
Electric power	$200 V \times 3 \phi \times 5.4 kW \qquad 200 V \times 3 \phi \times 9.0$		
Dimension	Width 800 mm \times Depth 900 mm \times Hight 1 300 mm		
Weight	終J 300 kg		



写真1 高純度水素酸素発生装置 Photo.1 High-purity Hydrogen and Oxygen Generator

動した場合、陽極に電子を与えて水素イオンになる。

- (陽極) $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
- (陰極) $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

前述のように,イオン交換膜そのものが電解質として働くため,電気抵抗の高い超純水をKOH等の電解質の添加なしで直接電気分解でき,その結果発生する水素ガス,酸

素ガスには水以外の不純物は一切含まれず高純度のガスが 得られる。

2. 実験装置

ラボテストで固体高分子電解質膜を用いると、超純水が 電気分解されて水素ガスと酸素ガスが発生することが確認 できたので、実際に超純水を供給して高純度の水素ガスと 酸素ガスを発生する装置を試作した。試作機のフローシー トを第2図、仕様を第1表、写真を写真1に示す。超純水





装置から供給された超純水を各電気化学セルの陽極側に流 量1 ℓ/min で供給する。電極に直流電流を通電すると,陽 極側から酸素と超純水,陰極側から水素とわずかな超純水 が発生し,それぞれ気液分離タンクでガスと水に分離さ れ,一定圧の水素,酸素ガスが供給される。

試作機の電気化学セル数は3セルで,ガス発生量は水素 ガスが $12 N \ell$ /min,酸素ガスが $6 N \ell$ /min である。ガス圧力 は,水素も酸素も供給超純水の圧力とほぼ同じ 3 kg/cm² に設定している。供給超純水の圧力を上げると,さらに高 圧のガスの供給が可能である。ただし,装置の耐圧は5 kg/cm² である。今回の試作機の電気化学セル数は3 セルだが,さらに2 セル増設することができるように設計されている。またガスへのコンタミをできるだけ防ぐために,気液分離タンクとガス取り出し口までのステンレス鋼配管はGOLDEP WHITE (本誌別報第30頁参照)処理をした。

気液分離タンクではHIGHレベルとLOWレベルに付けられた赤外線センサーにより,液面がHIGHレベルに付けられた赤外線センサーにより,液面がHIGHレベルになると電磁弁が閉まる。また,ガス発生量は電気化学セルの電極の通電量でコントロールされている。出口側の使用量にともないガス圧が変化した場合は、PID制御が整流器に働き,電極に流れる電流値がコントロールされ,常に一定圧のガスが供給される。また,安全面では拡散型の水素検知器を装置上部に取り付け,水素が検知されると自動的に装置の電源が切れて,ガスの発生が止まるようにしている。

3. 実験方法及び結果

3.1 ガス純度

3.1.1 金属イオン

水素,酸素中に含まれている金属の不純物イオンの測定 は,第3図に示すようにそれぞれの発生ガスを吸収液の入 ったインピンジャーに通してガス中の金属イオンを捕集 し,その吸収液をICP質量分析装置(ICP-MS)(セイコ ー電子工業(株)製;SPQ8000)により行った。ICP-MS は現在の元素分析装置の中で最も感度が高い測定装置で極

第2表 ガス純度の実験装置の内容

Table 2 Absorbent and stage number of impinger in Fig. 3

	U	
	Absorbent	Stage number of impinger
(a)	Deionized water	1
(b)	1 % HNO3	1
(c)	1 % HNO3	2

第3表 ガス中の不純物濃度 Table 3 Impurity concentration of hydrogen and oxygen gas

	Hydrogen		Oxygen	
	ng/Nm ³	ppt	ng/Nm ³	ppt
Fe	<200	<2. 2	<400	<0. 56
Cr	<100	<1.1	<200	<0.28
Ni	<200	<2.2	<400	<0.56
Mn	<100	<1.1	<200	<0.28
Al	<100	<1.1	<200	<0.28
Pt	< 50	<0.55	<100	<0.14
Na	<100	<1.1	<200	<0.28
	1		1	

第4表 ガス中の不純物濃度(濃縮を実施)

 Table 4
 Impurity concentration of hydrogen and oxygen gas (in concentration)

	Hyd	lrogen	Oxygen	
	ng/Nm ³	ppt	ng/Nm ³	ppt
Fe	59	0.65	34	0.024
Cr	0. 79	0.0087	2.1	0.0015
Ni	17	0.19	60	0.042
Mn	5.5	0.061	27	0.019
Al	4. 5	0.049	5.8	0.0041
Pt	0. 53	0.0058	<0. 53	<0.00037
Na	36	0.40	109	0.076
Ti	<1.8	<0.020	<3.7	<0.0026
Pb	0. 53	0.0058	2.1	0.0015

ND: not detectable

第5表 水素ガス中の不純物ガス Table 5 Impurities in hydrogen gas

		High-purity Hydrogen Oxygen Generator (HHOG)	Conventional type
H 2	%	≥99.9995	<u>≥</u> 99. 998
O ₂	ppm	1.4	0.1
N_2	ppm	3. 4	28
CnHm	ppm	0. 01	≤ 0.1
СО	ppm	<0.01	\leq 0. 1
$\rm CO_2$	ppm	0. 30	< 0. 1

微量成分の分析が可能であり、しかも多元素の同時分析を 行うことが出来る。検出下限は元素によって異なるがおよ そ ng/e レベルであり、前処理として試料を濃縮すること によりさらに下限値を下げることが可能である。

第3図のインピンジャー及びガス配管はフッ素樹脂の中 でも比較的溶出汚染の少ないPFA(テトラフルオロエチ レンーパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体)を 使用している。ガス中の金属イオンを完全に捕集できる実 験条件を決定するために、使用した吸収液とインピンジャ -の段数について、第2表の内容で実験を行った。その 結果,一段のインピンジャーで吸収液に超純水(a)と1% HNO³ (b) を用いた場合, 金属イオンは1%HNO³ の方が 捕集されやすいことがわかった。また,1%HNO3の吸収 液で二段のインピンジャーを用いた場合(C),二段目のイン ピンジャーに金属イオンは検出されなかったため,一段目 のインピンジャーでほとんどの金属イオンが捕集出来てい ることがわかった。そこで試作機により発生したガス中の 不純物の定量を第2表の(b)で行ったところ,第3表に示し たように金属イオンは定量下限以下と非常に低いレベルに なった。そこで前処理として試料の濃縮を行ったときの定 量結果を第4表に示す。これより第3表では定量出来なか った金属が、濃縮を行って下限値を下げることによって定 量することが出来た。ここでわずかに検出される Fe, Cr, Ni.Mn は気液分離タンクやガス配管に使用しているステ ンレス鋼 (GOLDEP WHITE 処理) に, Na, Al, Fe, Pb はインピンジャー等の PFA に、Pt は固体高分子電 解質膜に、そして Ti は電気化学セルの電極板に起因する ものと考えられる。

今後は下限値を下げる方法として, 濃縮以外に試作機を 屋夜運転することによりガス発生量を多くして不純物の定 量分析を行う予定である。

3.1.2 ガス

試作機で発生した水素ガス中の不純物ガスをガスクロマ トグラフ質量分析計((株)島津製作所製;QP-300)で測 定した。第5表に示すように,試作機で発生した水素の純 度は,99.999%以上(5NINE)であることがわかった。 水素ガス中に含まれているわずかな酸素,窒素,二酸化炭 素は試作機に供給された超純水中に混入した空気が原因と 考えられる。酸素は本装置の原理上,水素中への混入はあ る程度避けられないが,供給超純水を脱気処理することに

第	6	表	試作機の電流効率			
Та	ble	6	Current efficiency	of	test	equipment

	cell No.		1	2	3
H2	Maximum gas volume	(Nℓ/min)	4.03	4.00	4.03
	Current efficiency	(%)	96. 0	95. 2	96.0
-	Maximum gas volume	〔Nℓ/min〕	2.03	2.03	2.03
O 2	Current efficiency	[%]	96. 7	96. 7	96. 7

よりさらに高純度なガスを発生させることができると期待 できる。超純水を直接電気分解して得た水素は原理上超純 水中のガスと酸素以外のガスは混入しないために,従来の 方法によって半導体工場にボンペで供給される水素と比較 すると,高純度であることが明らかになった。

3.2 試作機の性能

3. 2. 1 電流効率

発生ガス量はファラデーの法則に従い電解電流によって 決定される。1 グラム当量の物質を析出するのに必要な電 気量は96 500[C]である。I[A]の電流で t[sec]電解 すると、電極に析出する物質の量は m[g]は、電極に析出 する物質の1 グラム当量が Equ. のとき、

m = It Equ./96500

となる。 水素ガスの場合, 1 グラム当量は 22.4/2=11.2 〔ℓ〕であり,発生ガス流量を Q〔ℓ/min〕とすると,

$Q\!=\!m/t\!\times\!60\!=\!I\!\times\!11.2/96\,500\!\times\!60$

となる。試作機の固体高分子電解質膜 $1 + \nu \nu$ の面積は 430 ×2=860[cm²],電流密度は 0.7[A/cm²] であり,電流効 率が100 %のとき,水素ガスの発生量は4.2 ℓ /min となる。 同様に,酸素ガスは 2.1 ℓ /min となる。ガスの発生量から 求めた試作機の電流効率は第6表に示すように,わずかに 電極の発熱に 使われているが 96 % 程度と非常に高いこと がわかった。

3.2.2 運転

超純水を供給し試作機の電源を入れると,数秒後に設定 圧力,設定流量のガスを発生させることができ,速やかに 装置は立ち上がることが確認された。

気液分離タンクに流入したガスと水は液面レベルセンサ ーの検知により 無人でも 連続運転が 出来ることを 確認し た。

また、出口側で必要に応じてガスの供給流量を変えたとき、直ちにPID制御が働き電気化学セルの通電量がコントロールされ、数秒で発生ガス圧力は設定圧力に達し、ユースポイントでガスの使用条件を変えても、常に一定圧力でガスが供給されることが確認出来た。

装置上部に取り付けた水素検知器が0.04%以上の水素 ガスを検知すると同時に、水素検知器の警報が鳴り、装置

は自動停止することを確認した。

4. 特長

本製品は固体高分子電解質膜を隔膜として用い,超純水 を直接電気分解することによって水素及び酸素を発生させ る装置であり,LSI製造で必要とされるこれまでになか った安全でしかも高純度な水素及び酸素の発生装置であ る。本装置の特長を次に示す。

1) 高純度のガス発生

超純水の直接電気分解による発生のため、高純度ガスが 生成できる。ガス中の不純物は水素に対しては水分と酸 素、また酸素に対しては水分と水素のみであり、重金属、 有機物、他のガスは含まれていない。また装置はクリーン 仕様のステンレス鋼 (GOLDEP WHITE) やフッ素樹脂で 構成されているので、装置内で発生ガスや超純水が汚染さ れることはない。

2) 高い安全性

ガス発生方法が水電解であるので、電源を入れると直ち に高純度のガスが発生し、切ると直ちに停止する。超純水 と本装置があれば必要なときに高純度ガスを発生出来るの で、ガス貯蔵設備が不要で安全である。

3) 操作が容易

運転及び停止はスイッチーつで容易に操作出来る。ガス 発生量やガス供給圧力は自由自在に調整することが出来 る。

4) メンテナンスが不要

装置の構成が簡単なため、日頃のメンテナンスが不要で ある。固体高分子電解質膜が寿命になると取り替えるのみ である。

5) クリーンルーム内に設置

本装置は安全でコンパクトなためクリーンルーム内に設 置できる。ユースポイントの近くで高純度ガスを発生でき るため、従来のガス貯蔵エリアからの配管が不要になり、 ユースポイントまでガスの純度を保つ対策の必要がなくな る。

5. 用途

半導体工業で本装置が使用される主な用途として、特に

純度を要求するプロセスおよび水素ガスが必要なプロセス に関連したものを上げると次のようなものが考えられる。

1) 電気炉関係		
ドライ酸化	酸素	$5\sim 10 \ell/{ m min}$
ウエット酸化	酸素	5~10 ℓ/min
	水素	5~20 ℓ/min
ゲート酸化	酸素	5~10 ℓ/min
電極水素処理	水素	$1 \sim 4 \ell/\min$
	十窒素	素 20ℓ/min 程度
2) C V D 関係		
エピタキシァル装置	水素	200 ℓ/min
常圧CVD	酸素	5 ~ 10 ℓ/min
減圧CVD	酸素	1 e/min 以下
プラズマCVD	酸素	1 e/min 以下
3)その他		
アッシング装置	酸素	1 e/min 以下+水素1 e/min
窒素純化器	水素数	&ℓ/min,
	酸素陶	余去触媒再利用

前述以外に,集中供給設備等の大容量については,水素 発生量3 Nm³/hr 程度のユニットを複数組み込むシステム を検討している。

むすび

水素ガスあるいは酸素ガスは、今後半導体工業をはじめ ファインセラミックス分野、原子力分野の反応ガスとして さらにクリーンなエネルギーとして、高純度や安全性が要 求される貴重なガスとして需要が増大すると思われる。本 装置は、超純水を直接電気分解することでこれらの要求に 応えられる装置であり、試作機テストの結果、広い分野へ の応用が可能なことが判った。応用分野によっては大型化 やコンパクト化が必要とされるが、今後は、実際の応用に 即して検討していく予定である。

なお,本装置は三菱商事(株)と共同で開発されたもので ある。

〔参考文献〕

1) 竹中啓恭: ソーダと塩素, Vol. 37 (1986), p. 323



一磁気処理水ー

Functional Water

-Magnetic Water-



The Water given a slight amount of magnetic energy or irradiated with infrared rays, etc. comes to have new characteristics such as low surface tension and small clusters. In Russia, the magnetic treatment of water has been studied, applied to various fields of industry, and regarded as an effective method. It is a promising technology, as the theory is scientifically established. This paper introduces the magnetic treatment technology and gives some example.

まえがき

水はあまりに身近で日常茶飯事に用いられているため, その特異性を実感することは少ないが,他の液体と比べる とかなり異常な性質を有している¹⁾。例えば,周期律上の 同族化合物に比べて異常に高い沸点 · 融点 · 蒸発熱を示 し,また,あらゆる液体の中で最も比熱が大きく,溶解性 ·洗浄性も優れている。この異常性を利用して,水はあら ゆる産業分野で用いられてきた。比熱及び熱伝導率が大き いことから冷却水として用いられ,また,多種多量の物質 を溶かすことから溶媒あるいは洗浄液として用いられてい る。この様な使用目的に対し,これまでは,水自体の性能 を向上させるというよりも,むしろ装置汚染防止の目的か らせいぜい浮遊懸濁物質を除去する程度の処理で用いられ てきた。

しかし,近年,水の特異な性質を改善しようという試み がなされつつある。半導体分野における超純水製造技術が それである。LSIからVLSIとデバイス集積度の高度 化に伴い,表面上の極微量の不純物が問題となる。そこで, 水の洗浄性を高めるため,どこまで不純物を除去出来るか, 即ち,水をどこまで H₂O に近づけることが出来るかが話 題となっている。この分野では,常にニーズが先行してい るため,技術の進展には目ざましいものがあり,既に,耐 溶出性金属を用いた高度超純水製造システムにより不純物 をほぼ分析定量下限値に出来るまでになっている²⁰。

さらに近年,この超純水技術とは別に,水そのものの構 造に変化を加え,水のもつ性能を向上させたり,あるいは 全く新しい機能を付加しようという 試みが 注目されてい る。いわゆる '機能性用水の開発'である。水に,磁気, 電流,超音波,遠赤外線等の微弱エネルギーを与えると, 水あるいは水に含まれる不純物の構造になんらかの変化を 生じ,様々な機能が発現する。この現象はかなり古くから 認められているが理論解明が十分でないため汎用されるに は至っていない。しかし,超純水製造技術等とは異なり,シ ステムが簡単でしかも安価であるため,今後大いに期待さ れる技術といえる。ここでは,微弱エネルギー利用造水技 術の1つとして,磁気による水処理技術につき概説する。

1. 磁気処理技術の歴史

地球が1つの磁石であり,その磁場の中で生活する生物 が磁場の 影響を受けることは 容易に 推察できる。 そのた め, 医療分野での磁気利用の歴史はかなり古く, 紀元前に までさかのぼるとも言われている³⁾。 しかし, 医療分野以 外での利用は比較的新しく,磁気による水処理装置の発明 は19世紀末になってからである。特許としては、「磁気処 理水が水のスケール生成を抑制する」とした1945年のベル ギー特許が最初とされている4)。その後,水の磁気処理に 本格的に取り組んだのは旧ソビエトで、中でも、クラッセ ンがまとめた磁気処理に関する報文5) は磁気処理技術者の バイブルともいえるほど広く読まれている。彼は、水の磁 気処理の利用事例とその効果を数多く紹介し、その有効性 を結論付けている。適用分野は多岐にわたっておりその効 果も様々である。中でも事例の多い分野は、コンクリート 建造物、水垢防止、浮遊選鉱等で、いずれも凝集・分散に 関わる分野である。このような事例を基に,欧米諸国,日 本においても、調査、追試が行われたが、いずれも再現性 に乏しく, 十分な成果が得られないままで終わっている。 特に、米国においては否定的に受け取られ、米国水道協会 (WQA) 主催の展示会では、磁気処理装置は効果が明確 でないことから出展を禁じられるに至っている⁶⁾。 わが国 においてもやはり懐疑的側面は拭えないものの,多数のメ -カーが磁気処理に関する研究及び装置の販売に注力して おり、今後、理論的裏付けがなされるに従い、注目される 技術と期待される。

2. 磁気処理の原理

現在においても磁気処理効果には一部疑問視される側面 がある。効果がある場合もあれば無い場合もあるからであ る。これは、磁気処理技術がいまだ十分制御できるに至っ ていないことを示しており、理論的解明の遅れを物語って いる。現在のところ、磁気処理の理論付けは主にメーカー により断片的になされており、十分信頼性のある系統だっ た理論はないといってよい。第1図に現在汎用されている 磁気処理装置の一例を示す。メーカーにより多少構造に差 異はあるが、磁界の方向と水の流れが直交すること、及び







第1図 磁気処理装置の断面構造図
Fig. 1 Cross sectional view of the magnetic treatment equipment ポーラ・ウォーター・コンディシュナー ノルウェー製 磁場強度:6000ガウス以上 標準通水流速:2m/s
Pola water conditioner Made in the kingdom of Norway Magnetic flux density: more than 6000 gauss Flow velocity: 2m/s

適切な流速で流すことでは共通しているようである。

次に,磁気処理水にみられる各現象に対し,現時点にお ける理論を紹介する。

2.1 スケール防止効果

2.1.1 ローレンツ力の影響

水は一般に多種多様の不純物を含んでいる。如何に超純 水といえども大気中に放置すると瞬時に酸素,二酸化炭素 等が溶解する。また,水は誘電率が大きいため水溶液中で は正負の電荷間に働く静電引力は弱められ電解質はイオン に解離しやすい状態にある。例えば二酸化炭素は水に溶解 し次のように解離する。

$$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

このような荷電粒子を含む水が磁場を通過すると、荷電 粒子にローレンツ力が働き、荷電粒子が流れと磁場の双方 に直交する方向に移動する、いわゆるMHD(磁気流体力 学: Magnetic Hydrodynamics)効果を生じる。(第2図) 磁気処理によりMHD効果を生じることは、ファラディー により発見され、近年、ブッシュらにより室内実験で確認 されている⁷⁾。このMHD効果により、イオンは電荷の状 態により正負異方向に移動する(イオン分極)ため流体中 央部で正負イオンの衝突が起こり結晶化が促進される。結 晶化した粒子はさらに衝突により凝集をしながら流出され る。一方,イオンの結晶析出化により流体本体のイオン濃 度が低下するため,管壁等に付着した スケールが 溶解さ れ,スケールの除去が進行する。

この仮説によると、スケール防止及び除去の機構がロー レンツ電界の発生に起因していることになる。ローレンツ 力Eは、真空中での光の速度をc、粒子の電荷をe、荷電 粒子数をn、速度をv、磁束密度をBとすると、

$$\mathbf{E} = \begin{array}{c} \mathbf{n}\mathbf{e} \\ \mathbf{c} \end{array} v \times \mathbf{B}$$

で表される。従って,磁気処理の効果は,荷電粒子数が多いほど,また,流速が大きいほど,磁界が強いほど顕著で あると推察出来る。

2.1.2 く電位の影響

水中にある懸濁粒子やコロイド粒子の表面電荷は通常負 に帯電しているため、表面電荷と反対符号のイオンが粒子 表面に吸着され、電気二重層を形成し、同符号のイオンは 反発され対イオンとバランスしながら溶液側に拡散層を形 成する。この電気二重層の存在によりく電位が生じ、粒子 同士の凝集に影響を及ぼしている。凝集性を高めるにはこ のく電位を特定の値にまで中和することが必要である。

2.1.1 で述べたように、磁場の中に水を通すとイオン分 極し、電場を生じる結果となる。そこに電気二重層を有す る粒子が通過すると、電場の影響を受け電気二重層に分極 が生じく電位が低下する。その結果、粒子同士の接近が容 易になり凝集が可能となる。

2.2 水分子構造の変化

水分子は通常分子集団(クラスター)として存在してお り, このことが先に述べた水の異常性の原因となってい る。現在,核磁気共鳴(NMR)分光法,X線回折法,中 性子回折法,赤外線吸収による振動分光分析法,急速固化 冷凍試料の走査型・透過型電子顕微鏡(SEM・TEM) による直接観察法,あるいはコンピュータシミュレーショ



第3図 磁気処理装置フロー Fig. 3 Schematic diagram of the magnetic treatment device

ン等の手法により分子構造の推定がなされている⁸⁾ が,現 時点においては、クラスターの大きさについての統一的な 見解はなく、5~6個⁹⁾ とも10~50個¹⁰⁾ とも言われてい る。近年、¹⁷ O-NMR スペクトル測定結果から、このクラ スターが磁気処理により小さくなると報告されている¹¹⁾。 微弱な磁気エネルギーによりなぜクラスターを小さく出来 るのか、いまだ明確な理論は確立されていないが、なんら かの作用で水の電子がより高いエネルギー準位の軌道に遷 移し、分子同士の親和力が低下したためと考えられてい る。クラッセンは水系に対する磁場の影響は共振型の現象 に関連付けることが出来るとし、一定のエネルギー準位を もって振動している水分子やミクロ粒子に最適周波数の磁 界が作用すると、共振のエネルギーにより系の構造特性を 変え得るとし、微弱エネルギーによる水分子構造の変化の 可能性を示唆している⁵⁾。

ローレンツ力の作用による理論は、荷電粒子の磁界内通 過が要件であるため、静止水における磁気処理効果につい ては説明出来ないが、本仮説は、論理性は乏しいにして も、磁気処理による多数の現象をうまく説明することが出 来る。例えば、浸透性の増大はクラスターが小さくなった ためであり、粘性、沸点の低下は分子間力の低下に起因す ると説明出来る。

3. 最近の磁気処理事例

3.1 水処理関連での実施例

配管の水垢防止,スケール除去については,海外で多く の成功例が報告されているが,わが国では驚くような効果 は挙げていない。これは,原水水質に起因すると考えら れ,海外の実施例は比較的硬質のスケールを生成し易い水 質であるのに対し,わが国の水は軟質でもともとスケール を生じにくいため効果が明確に現われないためと考えられ



- 写真1 カオリン懸濁液沈降試験
 PWC:ポーラ・ウォーター・コンディショナーにより70時間磁気処理
 DW:無処理の水道水
 Photo. 1 Sedimentation test of kaolin suspension.
- PWC: magnetic treatment water by Polar Water Conditioner for 70 hours DW: tap water (control)

る。一方,赤水防止については顕著な効果が報告されてい る。給水タンクの水を3000ガウス以上の磁場に2~6m/s で循環させることにより,2日目から赤水の赤味が消え始 め、3日目には赤錆が黒錆に変化していることが確認され ている¹²⁾。また,炭酸カルシウム水溶液に4500ガウスの静 止磁場を10分間照射することにより,粒子の析出が抑制さ れ,しかも粒子径は大きくなることが報告されている¹³⁾。 この場合,磁場の強度が強いほど,また,照射時間が長い ほど効果が大きいとしている。また,析出する結晶も磁気 処理しない場合は単結晶系のアラゴナイトが主であるのに 対し,磁気処理すると,三斜晶系のカルサイトが主にな る。カルサイトは表面が滑らかであるため,滑り易く,付 着しにくい。処理の効果は6日間持続したとされている。

回転円板排水処理の前処理として磁気処理を行い,無視 出来ない効果を得たとの報告もある¹¹⁾。この場合,磁気処 理流速は 3 m/s 以上必要であるとしている。これは,磁 気処理が生物に対して正の効果を示す例であるが,逆に, 1 900 ガウスの 磁石をプールの水路に 配置することにより 藻類の付着が無くなる¹⁴⁾など負の効果を示す場合もある¹⁵⁾。

その他,磁気処理後の水にカオリンを添加して,沈降速 度を観察した例がある¹⁶⁾。磁気処理水はフロックが大き く,沈降速度が速かった。この実験は,懸濁水を磁気処理 したのではなく,水そのものを磁気処理しているところが 注目される。磁気処理水のカオリン懸濁液沈降速度増速効 果は著者らも確認しているので,次に紹介する¹⁷⁾。

磁気処理試験装置の概略を**第3**図に示す。磁気処理部には、市販の日本セルボ(株)製ポーラ・ウォーター・コンディショナーを用いた。循環槽容量15ℓ,循環流量毎分15ℓ



第4図 粒径分布におよぼす磁気処理の影響

Fig. 4 Particle size cumulative distribution of kaolin supended in the tap water and the magnetic tap water



Fig. 5 Time courses of pH and ORP

で70時間連続運転した。磁気処理部の内部構造が不明であ るため,正確な磁気照射時間は確定出来ないが,水は4200 回磁気処理部を通過したことになる。得られた磁気処理水 と未処理水にカオリンを2g/eの濃度で懸濁させ、沈降速 度を比較した。30分静置後の懸濁液の沈降状況を写真1に 示す。未処理の水道水に懸濁させたカオリンはほとんど沈 降していないのに対し,磁気処理した水のカオリン懸濁液 の沈降速度が速いことが分かる。第4図に未処理の水道水 及び磁気処理水に懸濁させたカオリンの粒径分布を示す。 粒径分布は,島津製作所製 SA-CP2-20 型遠心沈降式粒度 分布測定装置を用いて測定した。積算篩い上百分率50%で の粒径が、未処理の水道水では5µmであるのに対し磁気 処理水では 9.1 µm と大きくなっており、カオリン粒子粒 径が、凝集して見かけ上大きくなっていることが分かる。 沈降速度の上昇は、磁気処理による粒子凝集に起因するも のと考えられる。ただし,著者らの実験においては,カオ リン懸濁液凝集促進効果が、磁気をかけずに水を循環した だけの系でも認められており、効果が、磁気によるものか 循環によるものか明確にされていない。

3.2 水の物性に対する磁気処理効果

水の物性に関する研究は比較的少ない。磁気による物性 の変化が小さいと予想されることと測定が煩雑あるいは困 難な場合が多い¹⁸⁾ためと思われる。磁気処理により水の分 子集団 (クラスター)が小さくなると予想される¹⁹⁾ことか ら沸点,浸透圧²⁰⁾の上昇及び粘度,表面張力,誘電率の低 下が予想される²¹⁾が,実測例は少ない。誘電率について は,2000~3000 ガウスの磁気を24時間照射し,非接触型 の高周波測定器で測定した例がある²²⁾。磁場の作用下では 誘電率の若干の増加は認められるものの,磁場を取り除く と効果は無くなる。蒸発速度に関しては効果が無いと報告 されている²³⁾。また,空気飽和蒸留水を磁気処理して pH が 0.1 程度上昇,ORPが約 30 mV,溶存酸素濃度が 0.4 ppm 程度低下したと報告されている²⁴⁾が,pH,ORPに は種々の反応が関与しており測定条件によっては逆の効果 が認められる場合もある²⁵⁾。

第3図に示す磁気処理装置により循環磁気処理した場合 の循環水の pH 及び ORP の経時変化を 第5図 に示す。 pHで約1の上昇, ORP で約400 mV の低下が認められ た。しかし,この pH 及びOR Pの変化は単に空気で循環 槽を曝気するだけでも達成されていること,また,逆に,循 環槽表面からの空気の巻き込みを抑制することにより変化 が緩慢になっていることから空気の溶解の影響が大きいと 推察される。このように,磁気処理には種々の要因が複雑 に影響し合っているため,効果の判定には注意を要する。

現時点においては,水の物性に対する磁気処理の効果に は不明瞭なものが多いが,効果の再現性が得られ,かつ制 御出来るようになれば,磁気処理技術の適用分野は大きく 広がると言える。

むすび

水があらゆる産業分野で利用されている以上,いずれ, より高度な機能を有する水が求められる時代がくると考え られる。現在,磁気処理はどちらかというと溶解不純物に 与える効果を利用している場合が多いようであるが,今後 さらに,水そのもののもつ特性への効果を調査し,その制 御方法を確立していくことが必要になるといえる。近年,

「新水処理技術協会」「ウォーターデザイン研究会」等が 設立され,民間企業の中で活発な調査研究が進められてい る。また,(財)造水促進センターでは,1990年度より,日 本自転車振興会からの補助事業として,東京大学鈴木基之 教授を委員長とする「機能性用水の研究開発」分科会を設 置して,産学共同による調査を実施している。磁気処理技 術も,単に効果のみを追求する時代から,積極的に水を造 る時代に入ったといえる。

尚,本稿は,(財)造水促進センターの許可を得て,造水 技術ハンドブック及び前述「機能性用水の研究開発」分科 会の報告書の内容を要約したものである。

- 〔**参考文献**〕
- 1) 今井寅二郎: 化学経済, No. 11, 65, 1991
- 2) 牛越健一: BREAK THROUGH, No. 69, 51, 1992
- 3) 岡井治:磁場の生体及び生物への応用, 326, 1992
- 4) イエ・エフ・テベニヒン(遠藤敬一訳):動力装置の水の磁 気処理と超音波処理,日ソ通信社,1985
- 5) ヴェ・イ・クラッセン(遠藤敬一訳):水の磁気処理,日ソ 通信社,1984
- 6) NEWSLETTER, No. 557, Water Quality Assosiation, 1989
- 7) K. W. Busch, et al.: Corrosion, 211, 1986
- 8) 綿抜邦彦ほか(監):新しい水の科学と利用技術,サイエン スフォーラム,1992,東京
- 9) 荒川泓:水・水溶液系の構造と物性,北海道大学図書刊行会
- 10) H. Tanaka, et al.: J. Chem. Phys., Vol. 91, 6318, 1989
- 11) 増田純雄ほか:環境技術, Vol. 21, No. 2, 103, 1992
- 12) 平間豊ほか:電気学会, MAG-88-155, 53, 1988
- 13) 東谷公ほか:粉体工学会秋期研究発表会講演要旨集,203, 1991
- 14) 江原勝夫: 化学工学, Vol. 55, No. 9, 32, 1991
- 15) 平間豊ほか:電気学会, MAG-89-147, 47, 1989
- 16) 武田福隆:水処理技術, Vol. 30, No. 5, 1, 1989
- 17)(財)造水促進センター:平成4年度機能性用水研究開発報告
 書、1993
- 18) 岩井睦夫: 食品と開発, Vol. 27, No. 7, 6, 1992
- 19) 松下和弘:月刊フードケミカル, No. 12, 75, 1988
- 20) 渡辺清紀:水の磁気処理と磁化水の有効利用,技術情報セン ター
- 21) 武田福隆:水処理技術, Vol. 30, No. 10, 1, 1989
- 22) 江原勝夫: 食品工業, No. 2, 25, 1992
- 23)田中政史:「不思議な水」の構造,「水のサイエンスと水ビ ジネスの動向を探る」講演会,工業技術会,1991
- 24) 松崎五三男:配管・装置・プラント技術, No. 2, 4, 1991
- 25) 松崎五三男:磁気処理水の効果と作用のメカニズム、「水の サイエンスその応用」講演会、1992

フルゾーンの適用例の紹介

Applications of "FULLZONE"



In response to the increasing technical demand for high efficiency and versatile applications in mixing operations, FULLZONE was brought to market in January 1991. FULLZONE can work with higher efficiency than conventional impellers when used in such operations as blending of low-to high-viscosity liquids, suspension of concentrated solid particles, dispersion of gas taken in from liquid surface, and jacket heat transfer.

This paper describes some applications of FULLZONE for a commercial reactor.

まえがき

当社が高効率撹拌翼『フルゾーン』を上市して3年が経 過した。この間,撹拌槽に対する要求はより高負荷化,高 効率化を求めており,その要求を満足する撹拌翼として多 数のユーザに 当社の フルゾーンを 採用していただいてい る。

フルゾーンが選定される背景には次のようなユーザ各位の要求がある。

・高粘度化、高濃度スラリー等の高負荷化

・ 伝熱性能, 撹拌性能向上によるバッチ時間の短縮

・多目的プロセスへの適用

これらの項目を単一にとらえると必ずしもフルゾーンで なく,他の翼形式でも充分対応可能である。しかし実際の 撹拌操作は,ほとんどが複数の操作を同時に満足する必要 があり,この要求を満たす撹拌翼が選定されるのである。

本稿では,これらの高度化する撹拌ニーズに応える撹拌 翼として『フルゾーン』の適用例を紹介する。

1. 高粘度液への適用

第1図は各種撹拌翼の混合性能を示す線図である。この $n \cdot \theta_M$ -Re線図は単に混合時間の差を示すだけのものでは なく,適用できる粘度領域の目安を知ることができる。

適用可能な粘度域は $\mathbf{n} \cdot \theta_M$ が急激に増加する Re 域がど こにあるかということできまる。すなわち $\mathbf{n} \cdot \theta_M$ が急激に



第1図 n・θ_M-Re 曲線の比較

Fig. 1 Comparison of $n \cdot \theta_M$ -Re curves for several impellers

神鋼パンテツク技報

増加する領域は, 槽内に流動の低下が生じていることを表 しており, この流動の低下が混合不良や伝熱不良を引き起 こすことになるからである。例えば, ファウドラー翼の場 合は Re=300 が適用の目安となる。一方, フルゾーンは Re=20 でヘリカルリボンと同等の混合性能を有し, 適用 粘度域は Re=10 が目安となる。

撹拌槽の Re は Re= ρ nd²/ μ で表され、同じ粘度の液 を扱う場合でも撹拌槽の大きさによって Re は変化する。 特に撹拌槽の大型化に伴い Re は大きくなっていく。

第2図はフルゾーンとファウドラー翼で撹拌槽容量と適用粘度域を比較したものである。フルゾーンはRe=10,フ アウドラー翼はRe=300をもとにしている。フルゾーン の適用粘度域はファウドラー翼の約10倍であり、優に10 Pa・sを超え、非常に広い粘度範囲で使用できることが読



第2図 撹拌槽容量に対する,適用粘度の比較

Fig. 2 Comparison of applicable viscosity for vessel volume

Material Vessel volume Liquid viscosity		GLASSLINED REACTOR		STAINLESS CLAD REACTOR		
				Jacket	t medium	Wat
Pv .		0.3 kW	0.3 kW/m ³		0.3 kW/m ³	
	Impeller	Pfaudler impeller	FULLZONE	Pfaudler impeller	FULLZONE	
hi	(W/m^2K)	267	383	267	383	
his	[W/m²K]	11 630	11 630	11 630	11 630	
hw	[W/m²K]	570	570	1 360	1 360	
hjs	(W/m^2K)	5 810	5 810	5 810	5 810	
hi	$\left[W/m^{2}K\right]$	2 900	2 900	2 900	2 900	
11)						

第1表	10 m ³ 搅拌槽における総括伝熱係数の比較
Table 1	Comparison of over all U for 10 m ³ agitated vessel

◆取れる。10 m³ 撹拌槽を例にとると Re=10 に相当する
 当度は約 100 Pa・s となる。

フルゾーンの実績としては数 10 Pa・s はもとより 100 $a \cdot s$ を超える粘度条件にも使用されており, 粘度変化を ¥5 種々のプロセスや異粘度の液液分散等,幅広く中高粘変液の撹拌に適用されている。

! 伝熱性能の向上

第3図にフルゾーンとフアウドラー翼の局所伝熱係数の う布比較を示す。フルゾーンは槽内全域で一様に高い伝熱 系数を示す。一方,フアウドラー翼は翼近傍では突出した 云熱係数を示すが,翼から遠ざかると急激に低下する。平 9値で比較するとフルゾーンはフアウドラー翼よりも約40 6高い伝熱係数が得られることになる。

この伝熱係数の差をもとに,総括伝熱係数として比較し こ例を第1表に示す。第1表は10m³ 撹拌槽をモデルにグ ラスライニング製とステンレスクラッド製の両者で,フル バーンとフアウドラー翼を比較した。内容液の物性条件は kの密度,比熱,熱伝導度を使用し粘度のみ 1Pa・s とし こ。撹拌槽の胴板厚は外套圧力を 5kg/cm²G とした場合)必要板厚を採用し,総括伝熱係数を推定した。

hi ではフルゾーンが約40%高い伝熱係数を示すが、総 舌伝熱係数で比較するとその差は小さくなる。これは板厚 つ伝熱係数、外套側の伝熱係数が加味されるためである。 才質の違いはあるものの、グラスライニング製撹拌槽で約 0%、ステンレスクラッド製撹拌槽で約25%の伝熱性能 つ向上が期待できる。一般にグラスライニングは伝熱面で 下利であると考えられているが、フルゾーンの採用により 0%の効率化が図れることになる。

フルゾーン適用による伝熱性能の向上は多数のユーザか うご報告をいただいている。中にはグラスライニング製搅 半槽で昇温,冷却を含め約3割の時間短縮が達成された例 しあり,実プロセスにおけるフルゾーンの優位性が確認さ いている。更に,フルゾーンは伝熱性能の確保とともに, K剪断撹拌との両立が可能であり,大型の乳化重合反応機





S .

 $(2^{+}, 1)$

を主に多数適用されている。

3. 表面ガス吸収への適用

フルゾーンは液液系撹拌,固液系撹拌のみならず表面ガ ス吸収を主とする気液系撹拌でも優れた撹拌性能を有す る。

第4図にフルゾーンと他の翼形式の表面ガス吸収による K_La 比較を示す。この比較データは水一空気系で撹拌に より表面から液中に取り込まれた空気中の酸素が、水に溶 解していく時の濃度の経時変化を溶存酸素計で測定し K_{L} a を算出した。フルゾーンは等動力で他の翼形式の約3~4 倍の K_{L} a を示しており、表面ガス吸収性能に非常に優れ ていることがわかる。

これまで表面ガス吸収に対しては、バッフル抵抗を小さ くし積極的にボルテックスを形成させるような撹拌システ ムを選定してきた。これに対しフルゾーンは比較的強いバ ッフル条件下で、ボルテックスを形成せずにガスを引き込



第4図 液表面からのガス吸収性能の比較 Fig. 4 Comparison of performance of gas absorption from surface



第5図 液深による混合性能の変化 Fig. 5 Change of mixing time for liquid volume

んで分散するという特長がある。したがって,蛇管コイル や多数の冷却管等と併用することが可能である。

ガスを軽い物質と考えれば,液液系撹拌の軽液の分散や 固液系撹拌の軽い粉体の分散に置き換え,ガス分散と同様 にフルゾーンの性能を評価することが出来る。

表面ガス吸収の適用例として,水素添加反応機の実績が ある。水素添加反応では触媒の均一浮遊も同時に重要な要 素であり,固液撹拌の面でもフルゾーンの優れた撹拌性能 が生かされている。

4. 液深変化への対応

液量が変化するプロセスや,多目的撹拌槽では液量の変 化に対して,安定した混合性能が要求される。

第5図 にフルゾーンの 液深による 混合性能の 変化を示 す。Re 域は乱流域(水) と遷移域である Re \cong 900 の 2 種 で比較した。フルゾーンは H/D=1.25 を設計条件とした



第6図 液深による Np の変化 Fig. 6 Change of Np for liquid volume

翼高さの羽根を使用し,液高さを変化させ混合実験を行っ た。フルゾーンは H/D=0.25~1.25 まで液深の変化に対 し,ほぼ一様な優れた混合性能を有している。また粘度の 変化に対しても優れた混合性能が維持されている。特に, 液面がどこにあろうが混合不良を招くことは無く,液の飛 沫も少なく液界面も安定している。**写真1**にその混合過程 を示す。

次に,第6図に液深による Np の変化を示す。動力の面 でも混合性能と同様,安定した特性を示す。 Np は液深変



上に対しほぼ比例関係にある。このことは同一の回転数で 使用した場合,液深が変化しても Pv 値はほぼ一定となる ことを意味している。

フルゾーンは単に液深変化を伴うプロセスだけでなく, 出度変化を同時に伴うプロセスにも適用が可能である。代 **長例としては、乳化重合ラテックスや脱揮、希釈工程のあ** 5プロセスが挙げられる。また多目的撹拌槽に対してはフ レゾーンの液液,固液撹拌特性も同時に評価いただき,多 くのユーザに採用していただいている。

その他の適用例 i. –

フルゾーンは2枚のワイドパドルを立体的に組み合わせ こ撹拌翼であり、パドル翼やフアウドラー翼と比較すると 約4~5倍の Np を示す。したがって、等動力となる回転 数を比較するとフルゾーンはパドル翼やフアウドラー翼の ☆1/2の回転数になる。また固液撹拌においても小さい動 りで粒子の均一浮遊が得られることから、晶析などの低剪 所撹拌に適用されている。

この他にフルゾーンの 低剪断の 特性を 生かした 例とし て, 乳化重合におけるコアギュラムの減少が挙げられる。 び

ら す

フルゾーンの適用例について、当社テストデータと実績 をもとにいくつか紹介した。

各ユーザの反応機への適用に対しては、テスト用のラボ スケールフルゾーンをはじめパイロット設備の撹拌翼改造 や,当社技術研究所のモックアップテスト機を活用し,改 **昏の効果を確認していただいている。また納入実績もこの** 3年間で豊富になり、フルゾーンの優れた撹拌性能は各ユ

写真1 液深による混合経過の比較 Photo. 1 Comparison in transition of mixing for liquid volume

ーザにおいて立証されている。

今後は、これらの改善効果と豊富な実績をもとに、実プ ロセスにおけるフルゾーンの優位性を明らかにし、高度化 する撹拌ニーズに対応していきたいと考えている。・

〔記号説明〕

D	: 撹拌槽径	[m]
d	:撹拌翼スパン	[m]
н	:液深	[m]
hi	:プロセス流体側境膜伝熱係数	$[W/m^2K]$
his	:プロセス流体側汚れ伝熱係数	$[W/m^2K]$
hj	:外套側境膜伝熱係数	$[W/m^2K]$
his	:外套側汚れ伝熱係数	$[W/m^2K]$
hw	:撹拌槽胴板厚の伝熱係数	$[W/m^2K]$
К _г а	:ガス吸収容量係数	[1/Hr]
Np	:動力数	[-]
n	: 搅拌翼回転数	[1/s]
Pv	: 単位容積当たりの撹拌動力	$[kW/m^3]$
Re	:撹拌レイノルズ数=ρnd²/μ	[-]
U	: 総括伝熱係数	$[W/m^2K]$
θ_{M}	:混合時間	[s]
ρ	: 搅拌液密度	$[kg/m^3]$
μ	: 搅拌液粘度	[Pa•s]

〔参考文献〕

1) 菊池雅彦,高田一貴,伊藤久善,佐藤栄祐:神鋼パンテツク 技報 Vol. 35, No. 1 (1991/3)

2) 徳岡洋由:神鋼パンテツク技報 Vol. 36, No. 3 (1992/12)

SVミキサーの乾燥性能とスケールアップ

Drying Performance of the SV MIXER and Criteria for Scaling It Up



和 田 雅 之 Masayuki Wada

The SV mixer has been widely used in powder handling equipment such as for mixing and drying.

This paper shows some specific features of the SV mixer when used as a vacuum dryer and also shows its performance and criteria for scaling it up as an ordinary dryer.

まえがき

SVミキサーは,逆円錐形容器内に自公転するスクリューを持ち,粉粒体に三次元的な対流運動を与える構造で, その独自の 混合機構を 有効に 利用して,ファインケミカル,医薬品,合成樹脂,農薬,染料・顔料,窯業,食品等の広範囲において混合機及び真空乾燥機として数多く使用 されている。

真空乾燥機としてのSVミキサーの特長,構造,乾燥性 能及びスケールアップについて紹介する。

真空乾燥について

現在工業的な目的に使用されている乾燥装置の種類,操 作条件は,多種多様であるが,原料粉粒体のもつ物理化学 的性質により,熱的に敏感かつ不安定なもの,あるいは乾 燥作業の効率化などの点から,比較的低温下でかつクロー ズドシステムで自動化が出来る真空乾燥が有効な場合が多 く,常圧乾燥装置から真空乾燥装置へ装置の更新を行うケ ースが増加している。

真空乾燥型SVミキサー(T型SVミキサー) の特長

真空乾燥型SVミキサー(T型SVミキサー)は,第1 図に示すような間接加熱(伝導受熱)の回分式容器固定材 料撹拌型乾燥機に属し,独自の混合機構をそのまま乾燥機 に応用したもので50~15000ℓ(最大仕込量)を標準機種 としている。

容器内部構造は、一般の混合型SVミキサーと基本的に は同一であり、容器の真空仕様及び外套が付属することが 異なっている。

容器内の粉粒体は、減圧下で外套熱媒体から間接加熱さ れながらスクリューの自公転により常に混合され槽内湿分 及び粉粒体温度を均一化しながら伝熱面を更新するため、 効率のよい熱伝達が行われる。

真空乾燥機としてのSVミキサーの特長をまとめると, 1)マイルドな混合状態で均質な粉粒体が得られる。

スクリューはゆるやかに自公転するため,粉粒体粒子を 破壊することがほとんどなく,柔らかい結晶の乾燥にも 適している。また,独自の混合機構により,湿分,粒 径,成分等の均質な粉粒体を同時にかつ多量に得ること が出来る。 2)乾燥機・混合機兼用で使用出来る。

乾燥後, 添加物を加え混合操作を行う場合, 同一機器で 行うことができ, 機器数の減少, コンタミの防止, ハン ドリングの減少等メリットが多い。

- 3) 伝熱効率がよい。 原料全体を対流混合させながら伝熱面近くの原料を強制 的に撹拌するため、伝熱効率がよく、均一な乾燥が容易 に達成出来る。
- 4)減圧操作により比較的低温で乾燥出来る。 熱的に敏感かつ不安定な原料に対して、比較的低温で乾燥することが出来る。
- 5) 原料の仕込み・排出が容易であり自動化が出来る。 容器固定式のため原料の仕込み・排出が容易であり,自 動化することが出来る。また,容器形状が逆円錐形であ り,スクリュー翼による撹拌によってブリッジングを起 こすことなく,容易に排出出来る。



第1図 T型SVミキサーの概形 Fig. 1 Schema of T series SV MIXER



第2図 SVミキサー真空乾燥ユニット概略フロー Fig. 2 Schematic flow of SV MIXER vacuum drying unit





第3図 乾燥経過曲線

Fig. 3 The periods of drying

また,機器へのアクセス,計装化が容易であり,操作性 がよく,自動化が容易である。

6) クローズドシステムで操作することが出来る。

危険な溶剤を安全に回収することができ,外部からの異 物混入によるコンタミを防止することが出来る。

等があげられる。

これら特長を生かし,ファインケミカル,医薬品,合成 樹脂,農薬,染料・顔料,窯業,食品等の広範囲において 真空乾燥機として数多く使用されている。

SVミキサーの乾燥性能

一般的な定常乾燥条件では,乾燥工程における湿分及び 粉粒体温度の経時変化は概念的に**第3図**のようになる。

期間 I は, 材料予熱期間と呼ばれ, 粉粒体温度が乾燥条件に対し定常になるまでの期間で, 真空乾燥下では全乾燥時間に占める期間 I の割合は比較的小さく, 逆に蒸発物質の定常運転圧力(真空度)での平衡温度まで粉粒体温度が低下することもある。

第1表 SVミキサー真空乾燥ユニット機器仕様 Table 1 Equipment specification of SV MIXER vacuum drying unit

Equipment name	Equipment specification				
SV MIXER	Effective volume Motor rated output Rotation speed Heat transfer area	: 100 l : Screw : 1.5 kW Arm : 0.2 kW : Screw : 36~144 rpm Arm : 1~4 rpm a : 0.9 m ²			
Bag filter	Cloth area	: 0.4 m ²			
Condenser	Туре	: Shell and tube ·			
Vacuum pump	Type Pumping speed	: Water-ring vacuum pump : 850 l/min			

期間 II は,恒率乾燥期間と呼ばれ,流入熱量はすべて湿分の蒸発に使用されるため,この期間中は粉粒体温度がほぼ一定である。

期間 Ⅲは,減率乾燥期間と呼ばれ,流入熱量は湿分蒸発 と材料加熱に使用され,粉粒体温度は徐々に上昇する。

期間 **【**と期間 **】**の遷移点は,限界含水率と呼ばれ,乾燥 材料の性質,乾燥条件によって大きく左右される。

また,乾燥材料の性質によって,期間Ⅱがなく期間Ⅲが ほとんどを占める場合もある。

乾燥材料の性質により,乾燥条件,到達乾燥度,乾燥時 間等の乾燥性能が異なるため,当社では,テスト装置を使 って実粉テストを行い,乾燥条件,到達乾燥度,乾燥時 間,材料の物性変化,付着性等を確認して,実機の設計に 反映している。

テスト装置のフロー及び機器仕様を**,第2図,第1表**に 示す。

3.1 SVミキサーの伝熱特性

SVミキサーの乾燥性能は,外套から粉粒体への伝熱に より湿分を蒸発させる間接加熱方式であるので,伝熱係数 の値により影響を受ける。



第4図 T型SVミキサーの有効容量と伝熱面積の関係 Fig. 4 Net capacity vs heat transfer area of T series SV MIXER

この値は、総括伝熱係数 U(kcal/m²·hr·°C) と呼ば れる。伝熱量Qは下記①式により、またU値は②式により 決定される。

$$Q = U \cdot A \cdot \varDelta T$$
 (1)

 $U = (h_i^{-1} + h_w^{-1} + h_o^{-1})^{-1}$ (2)

Q	:伝熱量	[kcal/hr]
Α	: 伝熱面積	(m²)
ΔT	: 平均温度差	[°C]
h_{i}	:内側境膜伝熱係数	[kcal/m ² •hr•°C]
$\mathbf{h}_{\mathbf{w}}$:壁面伝熱抵抗	[kcal/m ² •hr•°C]
$\mathbf{h}_{\mathbf{o}}$:外側境膜伝熱係数	[kcal/m ² •hr•°C]

原料粉粒体の性状,また乾燥の進行とともにU値は大き く変化する。先に述べたテスト装置を用いて実測したU値 を,おおまかにまとめると**第2表**となる。

なお、本機種において、 h_w は 1000~2000程度, h_o は 温水循環の場合で数百~1000程度, スチームの場合で5000 程度であり、事実上U値を支配するのは h_i であることがわ かる。液体反応槽の場合にU値を大きくする目的で外套に スパイラルバッフルを取り付け、 h_o を大きくすることが よく行われているが、SVミキサーのような粉粒体乾燥機 では、 h_i が支配的であるので h_o を大きくしてもU値が ほとんど変わらず、コストパーフォーマンスの点からスパ イラルバッフルを取り付けることはまれなケースである。

乾燥性能(到達乾燥度,乾燥時間等)及びU値は,蒸発 成分(水,アルコール,トルエン,アセトン,ヘキサン等 の有機溶剤が多い),蒸発成分の存在状態(付着水,毛管 水,結合水等),初期湿分,最終目標湿分や粉粒体の付着 状態によって大きく影響を受けるので,見かけだけで乾燥 性能を予測することは,非常に困難であることが多い。特 に,有機合成品のように蒸発成分の存在状態が前工程によ って決定されるようなものでは,実粉テストを実施しない と乾燥性能を予測できないことが多い。

乾燥中に, 伝熱面に 粉粒体が 付着するような 原料の場合, 付着粉体が伝熱抵抗となり, 外套からの伝熱を阻害す

第2表 SVミキサーの総括伝熱係数

Table 2 Over-all heat transfer coefficients of SV MIXER

Powde	U [kcal/m²•hr•°C]	
Constant sets secied	Muddy or liquid material	200~300
Constant-rate period	Wet powder	50~200
Falling-rate period Dry powder Granulated powder Separate water of crystalliza		10~ 50

るため見かけのU値が小さく,乾燥時間が長期にわたることがある。このような場合や乾燥粉体の乾燥・加熱の場合には,撹拌熱が大きく影響することがある。

この場合の原料への伝熱量 Q'は, 次の③式で表され撹 拌熱 q の影響度が大きくなり, Q'に対する q が 10~30 % 程度以上となることがある。

$$Q' = U \cdot A \cdot \varDelta T + q \qquad (3)$$

また,湿分の存在状態によっては,底部からの乾燥空気 または窒素ガスの少量吹き込みが有効である時もある。

4. 乾燥時間の実機へのスケールアップ

テスト装置で得られたデータから乾燥時間をスケールア ップし、実機の乾燥時間を推定することは、実設備設計に おいて重要なことである。

実機の乾燥時間を推定する場合,先に述べた伝熱係数基 準の①③式を使って行われる。

しかし、容積基準のスケールアップ比を V_r とすると、 伝熱面積のスケールアップ比はおよそ $V_r^{2/3}$ となるため、 他の乾燥条件を同一としたとき、乾燥時間がテスト装置の 約 $V_r^{1/3}$ 倍必要となる点に注意しなければならない。な お、標準T型SVミキサーの有効容量と伝熱面積の関係を 第4図に示す。

撹拌熱の影響が小さい場合,テスト装置と実機の乾燥時 間のおよその関係は次のようになる。

$\theta = \theta_t \cdot (V/V_t)^{1/3}$	4
---	---

θ	:乾燥時間	[hr]
v	: 内容物量	[l]
添字 t	:テスト装置の値	

例えば、 100ℓ SVミキサーテスト装置で 目標乾燥度ま での乾燥時間が4 hr であったとして、実機 3000ℓ でも同 運転条件とすると、④式より

$\theta = 4 \cdot (3\ 000/100)^{1/3}$

 $= 12.4 \, hr$

と推定することが出来る。



第5図 テスト機における乾燥曲線 Fig. 5 Drying curve of test equipment

搅拌熱の影響が大きい場合は、実機における推定撹拌動 力から撹拌熱を推定し、見かけのU値と撹拌熱から乾燥時 間を推定する必要がある。

撹拌熱の影響を含めた乾燥時間のスケールアップ式は次 の式となる。

恒率乾燥期間の場合

 $\theta_1 = \lambda \cdot m/Q'$

 $=\lambda \cdot m/(U_1 \cdot A \cdot \Delta T + q_1)$

 θ_1 :恒率乾燥時間 [hr] λ :蒸発成分の蒸発潜熱 [kcal/kg] m:蒸発成分重量 [kg] q1:恒率乾燥期間中の平均撹拌熱

[kcal/hr]

(5)

6

U1:恒率乾燥期間中の平均総括伝熱係数 [kcal/m²·hr·°C]

減率乾燥期間の場合(蒸発成分の蒸発をなしと考えて)

$$\theta_{2} = \frac{M \cdot C}{U_{2} \cdot A} \ln \left\{ \frac{U_{2}A(t - T_{1}) + q_{2}}{U_{2}A(t - T_{2}) + q_{2}} \right\}$$

$$\theta_{2} : 滅率乾燥時間 [hr]$$

$$M : 粉粒体重量 [kg]$$

$$C : 粉粒体の平均比熱 [kcal/kg.°C]$$

$$A : 伝熱面積 [m2]$$

$$U_{2} : 滅率乾燥期間中の平均総括伝熱係数 [kcal/m2·hr.°C]$$

$$q_{2} : 滅率乾燥期間中の平均撹拌熱 [kcal/hr]$$

$$t : 外套温度(-定とする) [°C]$$

$$T_{1} : 粉粒体初期温度 [°C]$$

$$T_{2} : 粉粒体終期温度 [°C]$$

$$\theta : 全乾燥時間 (予熱時間, 冷却時間を除く) [hr]$$



第6図 実機における乾燥曲線

Fig. 6 Drying curve of actual equipment

⑤⑥⑦式を使ってスケールアップを行った実例を次に示 す。

〔テスト条件〕 a)内容物 有機物 50 kg 仕込, 湿分:酢酸エチル 初期:35%,最終目標:0.25% b) 湿分 c) 外套温度 温水60°C 約20 Torr (水封ポンプによる) d)真空度 e)結果 乾燥曲線の概念図を第5図に示す。 〔テスト結果におけるU値〕 a)恒率乾燥期間の平均U値(U1) $U_1 = 35$ kcal/m²•hr•°C b) 減率乾燥期間の平均U値(Ü₂) $U_2 = 4.6$ kcal/m²·hr·°C 本テストでは、缶壁への粉体付着が多く、 U値がかなり 小さな値となっている。 〔実機2000ℓにおける乾燥時間の推定〕 a) 恒率乾燥時間の推定 $\theta_1 = 2.9 \, hr$ ⑤式より

(ただし撹拌動力予測=1.4 kW) b) 減率乾燥時間の推定

> ⑥式より $\theta_1 = 4.7 \text{ hr}$

(ただし撹拌動力予測=0.9 kW) 〔実機2000 ℓ における乾燥結果〕 有機物772 kg仕込,湿分:酢酸エチル a)内容物 b) 湿分 初期:35%,最終到達:0.25% c)外套温度 温水50°C

約70 Torr d)真空度

e)結果 乾燥曲線の概念図を第6図に示す。

〔スケールアップの評価〕

テスト条件と実運転条件及び仕込量に差異があるので⑥ ⑥式に実運転条件を代入して計算すると、

a) 恒率乾燥時間

⑤式より 01=2.9 hr

(ただし正味撹拌動力=1.1 kW) b)減率乾燥時間の推定

⑥式より θ₁=2.7 hr

(ただし正味撹拌動力=0.8 kW)

となり、実運転データとおおむね一致する。

撹拌動力の推定が,若干大きめとなっているが,これは 実際の負荷変動を考慮して実機モータを選定するための式 を使っているためであり,乾燥時間の推定に用いる撹拌動 力は,その値の0.7~0.8倍程度の値を使用する必要がある と言える。

5. その他のスケールアップ

乾燥時間以外の項目のスケールアップについてはすでに 報告されている^{1),2),3)}が,ここに自転軸撹拌動力及び混合 時間の当社スケールアップ式をまとめておく。

・自転軸撹拌動力スケールアップ式

 $P_s = K_2 \cdot (V/V_0)^m \cdot (F/F_0)^n \cdot P_{s_0}$

・混合時間スケールアップ式

 $\theta_{M} = K_{1} \cdot (V/V_{0}) \cdot (F/F_{0})^{-1} \cdot \theta_{M0}$

K₁, K₂: 内容物性質及びスケールアップ比によっ て決まる定数

m, n:スケールアップ係数

自転軸撹拌動力スケールアップは、実機の撹拌モータの 選定に必要なだけではなく、前述のように乾燥時間の推定 計算に対しても重要である。

実機における混合時間は、10~30分程度が多く、実機の 乾燥時間(数時間以上)に比べて非常に短く、混合と乾燥 を同時に行う場合は、乾燥時間が支配的となる。

当社では、上述撹拌動力,混合時間,乾燥時間のスケー ルアップ式を使い、テスト結果から実機の容量,混合また は乾燥時間の推定を行って,実設備の計画設計を通じて, 単体のみならず混合システムや乾燥システムの設計へと発 展させていく所存である。

むすび

本稿では、SVミキサーの真空乾燥機としての特長,乾 燥性能及び乾燥時間のスケールアップ式について述べた。 SVミキサーは今後さらに、その独自の混合機構を有効に 利用して、固液相処理装置として用途を拡げていけるもの と確信している。ユーザ各位のご要望に応えて、さらにス ケールアップ式の精度向上及び用途開発を進めて行きたい と考えている。また、長年にわたって蓄積された粉体ハン ドリング技術に、撹拌槽をはじめとする種々の化学プロセ ス機器の設計・製作ノウハウを生かし、SVミキサー単体 のみならず、粉粒体用混合・乾燥プラントの設計、機器の 製作等を行い、ユーザ各位のご要望に応えたいと考えてい る。

〔参考文献〕

- 1) 神鋼フアウドラー・ニュース Vol. 25, No. 3 (1981/9), p. 1
- 2) 神鋼フアウドラー・ニュース Vol. 27, No. 2 (1983/5), p. 31
- 3) 神鋼フアウドラー技報 Vol. 27, No. 3 (1983/10), p. 15

GOLDEP WHITE 製超純水加熱装置

Deionized Water Heating Equipment with a Passivated Stainless Steel Heater



t

Hot deionized (DI) water is widely used as rinsing water in the semiconductor manufacturing process to remove various contaminants such as chemicals, organic carbons, and particles remaining on silicon wafers by its higher solubility, lower surface tension, and capability for drying products by heat. The DI water heater is made of quartz, instead of metal, to avoid metal contamination, since hot DI water dissolves the materials with which it is in contact. But quartz glass is fragile to mechanical or thermal shock. The quartz, therefore, was replaced with GOLDEP WHITE, austenite stainless steel treated for passivation and specific pickling to expose a chromium axide-dominant surface film.

It is stable against metal leaching, resistant to heat, and high in mechanical strength. The DI water heating equipment with a GOLDEP WHITE heater delivered to a commercial plant made downsizing possible by its high thermal conductivity and increased safety by its high mechanical strength. Its operating data demonstrated minimized metal release and particle generation. In addition, it will meet future requirements of generating a large quantity of hot DI water in one unit for application to the manufacturing process for large silicon wafers or flat panel displays using liquid crystals.

まえがき

半導体製造においては,汚染が大敵であり洗浄工程は非 常に重要となっている。超純水はこれら洗浄工程で使用さ れる薬液の洗い流しに使用されるが,超純水洗浄が不完全 であると硫酸基,硝酸基が表面に残り不良発生の原因とな る。これら薬液や,洗浄しても表面に残留する微量不純物 を溶解除去するのに,超純水は優れた能力をもっており, 従来より広く使用されている。また超純水の温度を上げて



洗浄に使用すると溶解能力が向上し,表面張力の低下もあ って超純水洗浄効果がより効果的になることが知られてお り,半導体製造では従来より,加熱超純水が洗浄に使用さ れている。このように加熱超純水は,種々の物質を溶解す るので超純水加熱装置の構成には,加熱超純水に対し難溶 解性で,しかも耐熱性に優れた材料が必要とされる。

今回,材料からの溶出性が少ない,また機械的強度,耐熱性,伝熱特性等に優れた,オーステナイト系ステンレス 鋼を酸化不動態化処理(GOLDEP)し,この表面を酸でピックリング処理することにより酸化クロム主体の膜を露出 させた GOLDEP WHITE 材を加熱部に使用した,超純水 加熱装置を商品化したので紹介する。

1. 超純水加熱装置の特長

従来の超純水加熱装置は、 重金属汚染が心配される金属



写 真 1 超純水加熱装置 (HDIC-7.5 GEPW) Photo. 1 Deionized water heating equipment with GOLDEP WHITE

第1表 標準型式表 Table 1 Specifications

Item	·····	HDIC-7.5GEPW	HDIC-15GEPW	HDIC~22.5GEPW
Heater electric energ	y [kW]	36	72	108
Standard flow	〔 ℓ /min〕	7.5	15	22. 5
Heating capacity	〔°C〕	60	60	60
Power supply	(V)	AC200, 3 φ	AC200, 3 φ	AC200, 3 φ
	(A)	125	225	350
Dimensions	(mm)			
$(Width \times Depth \times H)$	eight)	$600\!\times\!850\!\times\!1\ 650$	$600 \times 1\ 000 \times 1\ 850$	$600 \times 1\; 300 \times 1\; 850$

材料が避けられ,石英ガラスを加熱部に使用した装置が広 く使用されてきたが、ガラスよりの不純物の溶出等の純度 的な,また破損等の機械的な特性に問題があった。また, 温純水配管で実績のある PFA, PEEK 等樹脂製パイプを 外部から加熱し,内部の超純水を加熱する装置も使用され ているが, 伝熱特性が悪いこと, 耐熱性が悪いこと等実用 性, 信頼性に問題がある。この超純水加熱ヒータ部に, GOLDEP WHITE 材を用いたことで,次のような特長を 有している。

- (1) 熱伝導性が高いため、コンパクトな装置である。
- (2) 機械的強度が高いため、安全性に優れている。
- (3) 大型化が容易なため、大口径ウェハの洗浄に必要な 大流量の供給が可能である。

2. 超純水加熱装置の仕様

2.1 型式

超純水加熱装置の標準型式を第1表に,各型式の加熱能 力を第1図に示す。標準型式は、加熱能力により3機種と する。加熱部の構造が簡単であり、コンパクトな装置とな っている。また HDIC-7.5GEPW の外観を写真1に示す。

2.2 共通仕様

超純水加熱装置の共通仕様は次の通りである。

(1)	加熱部	GOLDEP WHITE 製管状ヒータ
(2)	最高出口温度	90 ° C
(3)	温度調節精度	流量一定の時,設定温度±1°C
(4)	最高使用圧力	4.0 kg/cm ²
(5)	電源電圧	AC200V 3相
(6)	配管材料	
	内部配管	ΡFΛ
	超純水弁	本体 PFA
		ダイヤフラム PTFE
	流量計	カルマン渦式 本体 PFA
(7)	温度調節	P I D時間比例制御
		(オートチューニング)
(8)	温度センサー	熱電対
		接液部 GOLDEP WHITE
(9)	架台	鉄板表面焼付け塗装
3	安全機構	

2.3 安全機構

超純水加熱装置の安全対策として次のような機構を備え ている。



第1図 各型式の加熱能力 Fig. 1 Heating capabilities

(1) 法景畢堂

	(1)	OIL.	里,大·「	11							
	運動	云中,	,供約	合超新	电水流 [量が認	定値	以下と	なっ	た場合	は,
Ł	- 3	×通'	電を角	解除す	る。						
	(2)	ヒ	ータ身	民常遊	熱						12
	運動	云中,	, ヒ・	- タ音	8温度z	が設定	「値以」	上とな	った	場合は	., Ľ
	タ道	配電	を解除	余する	> o						
	(3)	Ц	ントロ	- n	・圧異常	皆			-		
	駆重	加用	ガスE	王力カ	3 kg	/cm ²	以下的	こなる	٤,	ヒータ	通電
恣	·解版	よす	る。								
	(4)	統	水温度	度異常							
	加索	れ 超	純水と	出口温	腹が調	設定値	以上。	となっ	た場	合は,	ヒー
タ	通電	【を	解除了	する。							
	(5))渡	水検知	Ð							2.0
	装置	わい	の漏フ	とを検	知する	ると,	装置を	を停止	する	D	
3.	Ť	囵紅	自水力	口熱等	麦置の)構造	i				
3.	1	シ:	ステノ	ムフロ	1 —					•	· · ·
	1 1										

超純水加熱装置の標準システムフローを第2図に示す。 加熱部は、直列で2段に配し、それぞれの出口の超純水温



度をPID時間比例制御により設定温度にコントロールしている。加熱超純水の要求が連続的でなく,頻繁にON-OFF される場合に必要温度を保った超純水を安定供給するためバイパスラインを設け、ここから一部水量を排出して運転することがある。また装置の長時間停止に対し、装置内部の超純水を窒素ガスに置換する配管ラインを設けて

いる。

また,加熱ライン配管は,GOLDEP WHITE 材を使用 し,継手部には新しい方式のフェルール継手¹⁾を使用し機 械的強度,液溜まりの無い配管方式を採用している。

3.2 加熱部構造

GOLDEP WHITE 製加熱部の単体構造を第3図に示す。

加熱部は 従来型の シーズヒータの 表面に アルミを鋳込 み, 表面を GOLDEP WHITE 処理した 容器(内筒)に 挿入している。このアルミ鋳物と容器の間に温度センサー を挿入し, 伝熱部の温度を検知し異常な温度上昇に対する 保護機構を設けている。加熱装置の各型式によりこのヒー タを GOLDEP WHITE 処理した 容器(外筒)に 必要な 本数をセットし使用する。

4. 超純水加熱装置の性能

型式 HDIC-7.5GEPW による 運転結果例について 紹介 する。

4.1 温度制御例

装置の運転を開始してからの,温度制御の例を**第4図**に示す。本装置の加熱部には,アルミ鋳物を使用しており蓄熱エネルギーが大きいので,瞬間的な流量の低下時に出口温度が急上昇することが懸念される。そこで,運転中にヒータへの供給流量を変化させてその追随性をみた。このときの運転条件は,供給流量7ℓ/min,出口温度80°Cに設定し,入口超純水温度は約20°Cであった。

運転開始約5分で設定温度80°Cに達し,±1°C以内で 制御されている。その後供給流量を10%低下(6.3ℓ /min) させると約2°Cの出口温度の上昇があり,すぐ設定値 80°Cに制御されている。次に所定供給量の7 ℓ /min に戻 すと今度は,約2°Cの出口温度の低下がみられた。この ように以後20%低下させ,再度所定供給量に戻した時の 出口温度の上昇,低下はそれぞれ約4°Cであり,30%及 び40%のとき出口温度の上昇,低下の変化はそれぞれ約 8°C,約12°Cであった。

4.2 水質分析例

第2表に連続運転中の入口と加熱超純水の水質分析の例 を示す。分析項目は、Na, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu の金属

第	2	表	加	熱超網	純水の	水質分	析例
T_{-}	L 1 -		0	1 * .	C 1	DI	

Fable 2 Quality of hot DI	water
----------------------------------	-------

Item	Na	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
Detection limit	1	1	1	4	4	1
Inlet DI water	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hot DI water (80 °C)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Unit : ng/l

ND: Non detection

類とし, 測定方法はクリーンルーム内のクリーンベンチで 濃縮操作を行った後, ICP-MS (セイコー電子工業 ㈱ 製 SPQ-8000) により分析した。

各金属とも装置入口の水質値に対して,装置出口の加熱 超純水の水質値の増加は認められなかった。

むすび

当社では、半導体分野において GOLDEP WHITE 材 を応用したコンタミネーションの極めて少ない超純水供給 システムを提供してきた。近年、地球温暖化の原因となる フロン撤廃の動きに対応し、フロン系洗浄剤の代替として 高温超純水が注目されている中、GOLDEP WHITE 製超 純水加熱装置を商品化し今回紹介することが出来た。 今 後、多くのユーザーの方々に評価いただきより良い製品に 改良・改善して行きたい。

〔参考文献〕

1) 梶山吉則, 佐藤栄祐: 神鋼パンテツク技報 Vol. 37, No. 2 (1993/7) p. 25-29 新型 〝開放型サイフォン・フィルター″

Introduction of an Improved "Open Siphon Filter"



The open siphon filter is a self-balancing type automatic filter developed by Shiko Pantec Co. It has been used by many water supply authorities for its advantages such as high filtering efficiency and simple maintenance. Recently, it has been improved by replacing the inverted U-shaped siphon with a double siphon consisting of an inner cylinder and an outer cylinder for compact construction and better appearance. This paper describes the improved open siphon filter delivered to the Hanshin Water Supply Authority.

まえがき

急速沪過の歴史は古く,我が国においても1912年(明治 45年)に京都市蹴上浄水場にジュエル式と称される機械式 の洗浄機構をもった 円形沪過池 が 竣工したのが 最初であ る。急速沪過はその後昭和30年代に入り水道水源の水質悪 化や高度成長による水需要の増加により全国の浄水場でも 相次いで導入された。

急速沪過を行う装置としての急速沪過池には,水理的に 重力式(大気開放形)と圧力式(有圧密閉形)に分類され るが,水道では重力式が標準とされる。

従来,これら急速沪過池は自動化のため自動弁を多用 し、かつ水位や水量制御装置を有していたが、急速沪過の 先進国であった米国では、簡素化を図った種々の自動急速 沪過装置の開発が行われていた。当社も米国バームチット 社より、サイフォンを利用し電気的な制御機構が全く不用 の全自動沪過装置"自動バルブレスフィルター"の技術導 入を行った。1959年(昭和34年)に西宮市水道局に納入し たのを皮切りに多くの水道事業体で採用され、本機はこの 種の沪過装置のベストセラーとなった。さらに当社はこの 実績と経験をもとに,水需要の増大に伴う装置の大型化に 対応すべく"開放型サイフォン・フィルター"(以下OSF と称す)を自社開発し,1973年(昭和48年)に天理市豊井 浄水場に納入して以来,着実に実績を増やし,その規模も 大きくなってきた。

本稿では,このたび大規模浄水場の一つである阪神水道 企業団猪名川事業所に納入した急速沪過池設備(新型逆洗 サイフォン管装備の自然平衡形沪過池)の概要を紹介する。

1. 標準型OSF(写真1)

近年採用される自動沪過池の主流となっている流量制御 方式は自然平衡形である。この自然平衡形沪過池とは,流 入水量と流出水量が自然に平衡するものをいう。すなわち 流出側に流量制御機構をもたず,堰などにより流出水位を 一定に保ち,沪過継続による沪過抵抗の増加を流入側の水 位上昇で平衡させる方式である。自然平衡形沪過池には, 自己逆流洗浄型,逆流洗浄タンク保有型がありOSFは後 者になる。



写真 1 標準型OSF Photo. 1 Open Siphon Filter

神鋼パンテツク技報



- A Raw water conduit (原水渠)
- в Filtration area (沪過室)
- \mathbf{C} Filterated water conduit (流出渠)
- D Backwash water storage tank (逆洗水貯槽)
- E Drain water conduit (拾水渠)
- F Washing water drain conduit (排水渠)
- 1 Drain gate (排水弁・尿)
- 2 Inflow distribution valve (原水弁)
- 3 Surface wash valve (表洗弁)

第1図 開放型サイフォン・フィルターのフロー Fig. 1 Schematic drawing of "Open Siphon Filter"

1.1 構造(第1図)

OSFの基本構造は,原水渠, 沪過室, 流出渠, 逆洗水 貯槽, 捨水渠, 排水渠より構成される。 沪過室及びそれに 付属する集水室は各池独立しているが,その他の原水渠, 流出渠, 逆洗水貯槽, 捨水渠及び排水渠は複数池あっても 全池に対して共通させている。

1.2 作動原理

1. 2. 1 沪過(第1図, 左側)

原水は各池共通の原水渠に入ったのち、各池に均等分配 され沪過室内に流入する。沪過室に入った原水は沪層で沪 過され,集水装置(有孔ブロック)を経て集水室に集めた のち, 沪過サイフォン管で全池共通の流出渠に移す。流出 渠の末端には堰を設け, 流出渠の水位(C)を一定に維持させ る。沪過初期の沪過室内水位はLWL(A)である。沪過継続 により沪層に濁質が蓄積してくると損失水頭が増大し, 沪 過室内水位が HWL(B) まで上昇する。(自然平衡形の特長 である。)

沪過室内水位がHWL(B)に達するか,または一定時間沪 過を継続した時点で洗浄行程に移る。

1. 2. 2 洗浄(第1図, 右側)

原水サイフォン管(または原水弁)を停止し, 沪過室内 の水位を下げてから沪過サイフォン管を停止させる。次に 排水弁を開き、表洗ポンプの起動により表洗を行う。引き 続き逆洗サイフォン管を作動させ逆洗水貯槽の洗浄水を集

- Drainage trough (排水トラフ)
- 5 Surface wash system (表洗装置)
- Filter sand (衍砂) 6

4

- Gravel (支持砂利) 7 8
- Underdrain system (集水装置) 9
- Drainage siphon (捨水サイフォン) 10 Filtration siphon (沪過サイフォン)
- 12 Backwash siphon (逆洗サイフォン)
- 13 Surface wash pump (表洗ポンプ)

- 14 Filtrated water (沪過水)
- 15 Drain water (排水)
- 16 Raw water (原水)
- 18 Vacuum pump (真空ポンプ)
- 19 Freezer type air dryer (冷凍式除湿器)
- 20 After cooler (779-2-5)
- 11 Flow rate damper (流量調節ダンパー) 21 Air storage tank (空気貯槽)
 - 22 Air compressor (空気圧縮機)

水室に逆流させ、有孔ブロックから均等に噴出させ、 沪層 を逆流洗浄する。表洗と逆洗は一部ラップさせ、洗浄効果 を高めるが、それぞれの洗浄行程はタイマーにより設定す る。逆洗が終了すれば、原水を流入させ捨水サイフォンを 作動させ、一定時間捨水を行ったのち沪渦サイフォンに切 り替え, 再び沪過を開始する。(沪過水の水質により捨水 行程を省くことも可能である。)

逆洗水貯槽への補給は表洗ポンプまたは補給水ポンプに より次回の洗浄までに補充する。また各サイフォン管の起 動には真空ポンプを用いる。

1.3 OSFの特長

自然平衡形全般の特長としての「流出側の流量制御機構 がないため簡便であり、また沪過水の流出位置が沪層上面 より高い位置にあるので、沪過抵抗が上昇しても沪層内部 に負圧が発生することがなく沪過の安定性が高い」ことは 言うまでもなく、OSFは逆流洗浄タンク保有型であるた め自己逆流洗浄型に比して次のような優位点がある。

1.3.1 水質面での優位点

洗浄効果が高い。

独自に逆洗水貯槽を同じ躯体に一体化して保有させてい るので,常に一定量の逆洗用水を確保できる。このため他 の沪過池の通水状態に影響されることなく、常に確実な逆 洗が行える。

逆洗水は,残留塩素が存在する浄水を使用できるため沪

第	1	表	テスト装置化	土様		
Ta	ble	1	Specification	of	Test	Equipment

Item	Specifications	Quantity
Siphon (1)	Inner cylinder : 202 dia. (200A VU) Outer cylinder : 298 dia. (300A VU)	1
Siphon (2)	Inner cylinder : 298 dia. (300A VU) Outer cylinder : 442 dia. (450A VU)	1
Flow rate damper (1)	Plate type (200 dia. & 300 dia.)	1 each
Flow rate damper ②	Porous type (Large) 24-40 dia.	1
Flow rate damper ③	Porous type (Small) 104-20 dia.	1
Backwash water storage tank	Steel cylinder: 2 800 dia×3 600 H Effective capacity: 12.3 m³	1
Vacuum pump	155 ℓ/min.×450 mmHg 0.2 kW	1



写真 2 多孔型ダンパー Photo. 2 Porous type dumper of test equipment

層や集水装置の生物汚染が防止出来る。

洗浄行程で表洗→表逆洗→逆洗の最も効果的な洗浄が出 来る。

2) 処理水質の安定化。

捨水サイフォンにより容易に捨水行程の組み入れが可能 であり,処理水質に応じて必要な時間の捨水を行い, 沪過水 が安定した状態になってから沪過行程に切り替えられる。

1.3.2 建設面での優位点

1) 最終計画に合わせた計画が立案出来る。

各池毎に独立した沪過池であり,当初水量に左右されず に任意の沪過面積,池数が選定出来る。

2) 全体槽高が低い。

沪過室の槽高は標準で4.2 mと低く,建設費が安くなる。 1.3.3 維持管理面での優位点

1)運転水量を自由に変えられる。

逆洗水貯槽を保有しているため運転水量に制約がなく, 必要水量に応じた池数の運転や給水量の変化に応じた運転

が行える。

2) 沪過池が独立している。

沪材更生や点検がいつでもでき,他の池に影響を与えない。また万一,砂漏れがあっても流出渠に沪砂が流出し沪 過施設全体をストップさせる恐れがない。

3) 沪過水量の変動がない。

洗浄時も 沪過水量は変わらないため後塩素制御がしやすい。

新型OSFの概要

OSFは自動弁にかえてサイフォン管を利用することに より配管廊をなくし設備をよりコンパクトに、また保守管 理を容易にするといった特長を有しているが、大容量の沪 過池になるとサイフォン管も大口径となり、特に逆洗サイ フォン管はその構造上、逆洗水貯槽の上部に位置するた め、沪過池のデザイン上、好ましくないことがある。沪過 面積が 120 m² という大型池になると逆洗サイフォン管の 口径は 1000 mm 近くになり、標準型のように逆U字型に すれば逆洗水貯槽上に約 1.5 m 近く突出することになる。 そこでこのサイフォン管の構造を逆U字から2重管にする ことによって、突出高さの低減ならびに意匠の改善を試み た。しかしながら、逆洗サイフォンは逆洗水量を調節する 必要があるためその流量調節機構の開発ならびに機能確認 の目的からパイロットテストを実施し、設計データに供す ることとした。

3. パイロットテストの概要

3.1 目的

2 重管構造のサイフォンは実用化されているが, 沪過池 の逆洗サイフォン管として新しく応用した場合,次に示す 項目を把握する必要があった。

- 1)新型逆洗サイフォン管の起動の円滑性の確認
- 2) 流量制御機構の選択
- 3) 管内残留空気の挙動, 排気状況の確認
- 3.2 テスト装置

テスト装置の仕様を第1表に示す。

3.3 テスト結果の要約

1)新型逆洗サイフォン管は作動も円滑であり実用化及び スケールアップに支障はない。

2)流量制御機構として平板型,多孔型ダンバーのいずれ も制御性を満足する。**写真2**に多孔型ダンバーの実験状態 を示す。

4. 実施設への適用

阪神水道企業団では、阪神間(神戸市、尼崎市、西宮 市、芦屋市)に水道用水を供給しているが、将来の水需要 増加に備えて給水能力を日量 321 900 m³ 増量し、一日最 大給水量を 1289 900 m³ にすべく第5 期拡張事業をおこ なっている。その拡張事業の一環として、猪名川事業所内 に高度浄水処理システムを組み込んだ新しい浄水場の建設 を進めている。このたび当社はこの浄水施設の沪過池設備 (第1期工事)の納入を完了(1993年7月)した。この沪 過池は、新型逆洗サイフォン管を装備した自然平衡形重力 式沪過池(逆洗洗浄タンク保有型)であり、新型OSFで ある。(第2図)



27

4.1 設備仕様

4. 1. 1 設計条件

阪神水道企業団第5期拡張事業における急速沪過池の設 計条件を次に示す。

項	目	条件	備考
方	式	自然平衡形重力式沪過池	洗浄水槽保有
	最大時	365 000 m³/d	
計画処理 水 量	平均時	273 000 m ³ /d	
	最小時	217 000 m³/d	
沪過池爹	蘒造計画	20池	· · ·
沪 過	面 積	120 m²/池	
丁审对每	処理水量	上記水量の1/4	
工事刈家	沪 過 池	5 池	
最大沪	過速度	150 m/d	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
標 準 沪	過速度	140 m/d	
有効沪	過水頭	1.6 m	
洗净	方 式	表洗一表逆洗一逆洗 併用] 表洗固定式
	水量	0.15 m ³ /min•m ²	-
表面洗浄	水臣	0.15~0.20 MPa	15∼20 mH ₂ O
	時 間	4 ~ 6 min	
	天 端 高	KP+12m80cm	
	HWL	KP+12m00cm	
遊 洗 水	LWL	KP+10m10cm	
「「」「一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	底 板	KP+ 9m60cm	
	トラフ高	KP+ 9m10cm	
	有効容量	約1100 m ³	
-	水量	$0.6 \sim 0.7 \mathrm{m^3/min \cdot m^2}$	-
逆流洗浄	水臣	0.3 MPa	max 2.9 mH ₂ O
	時間	4~6 min	



写真3 新型OSF Photo.3 Improved Open Siphon Filter



写真4 沪過室 Photo.4 Filtration area



写真 5 新型逆洗サイフォン管装置 Photo. 5 Improved Backwash siphon



4. 1. 2 主要機器設備

沪 材	:水道用基準沪砂
	層 厚 600 mm
	有効径 0.6±0.02 mm
支持床	: 沪過砂利
	層 厚 200 mm
集水装置	:A/W 式レオポルドブロック
排水トラフ	:U字トラフ,SUS304 製
表洗装置	:固定式, SUS304 製
流入サイフォン	:800 mm×400 mm, SUS304 製
沪過サイフォン	: φ500 mm, SUS 304 製
逆洗サイフォン	: $\phi 1\ 500\ { m mm}/\phi 1\ 000\ { m mm}$,
	S U S 304 製
本設備の全景を 写	真3 ,沪過室を 写真4 及び新型逆洗サ
イフォン管装置を 写	真5 に示す。

4.2 新型逆洗サイフォン管の流量制御特性 第3図に実施設における逆洗サイフォンのダンバーの開 ratio and backwashing rate

度調整による洗浄水量の制御特性を示す。これにより安定 した制御特性を持っていることが分かる。

むすび

以上,新型逆洗サイフォン管を装備した"開放型サイフ オン・フィルター"について紹介してきたが、この沪過設 備は、このたび淀川水系で一部通水が初めて開始された阪 神水道企業団猪名川浄水場高度浄水処理システムの最終プ ロセスに位置しており、安全でおいしい水の供給に重要な 役割を担っている設備である。

今後,当社はこの実績を生かし,ますます社会に寄与す る設備の開発に努力する所存である。

最後に,本設備の建設,運転にあたり多大なるご指導, ご協力いただいた阪神水道企業団の方々に深く感謝の意を 表します。

〔参考文献〕

1) 神鋼パンテツク技報: Vol. 36, No. 1 (1992/3), p. 43-49

GOLDEP WHITE 製 超純水装置実績紹介 An Ultrapure Water Treatment System Made of GOLDEP WHITE



L

An ultrapure water treatment system made of GOLDEP WHITE has the characteristics of low leachability due to passivation and pickling treatments given to stainless steel, less leach-out organic substance, and heat and ozone resistance. The system has been operated continuously for 17 months to produce the ultrapure water for use at the Technical Reserch Center of Shinko Pantec Co. This paper details the characteristics and operating data of the system.

まえがき

GOLDEP WHITE は、ステンレス鋼の表面に酸化不動 態化処理を行い金属イオンの溶出を極微量に抑え、かつ金 属としての長所を兼ね備えた材料を主構成材料とし材料よ りの有機物の溶出がなく耐熱、耐オゾン性に優れる等の特 長を持つ。当社技術研究所内に設置され、所内への超純水 の供給をおこなっている GOLDEP WHITE 製超純水装置 が運転開始後1年5ヶ月を経過したので、その運転実績に 基づき本超純水装置の特長及び現在までの運転状況を報告 する。

1. 超純水装置に対する課題

1.1 現状の超純水装置の問題

超純水装置の多くには構成材料としてPVC, PVDF, PEEK, FRP, PE等の樹脂材料が使用されている。 その理由は,超純水装置にステンレス鋼等の金属材料が使 用された場合には構成材料に含まれる鉄,ニッケル,クロ ム等の構成成分が超純水に溶出し水質を悪化させ,製造工 程に悪影響を及ぼすことが懸念されるためである。

しかし、半導体の集積度が高くなり超純水への要求が多 様になるにつれ樹脂材料についても次のような問題が顕在 化してきた。

1.1.1 全有機炭素(TOC)の溶出

樹脂製の材料は、運転開始当初に可塑剤や有機溶剤等の 樹脂構成材料に由来するTOC成分が溶出し、これが減少 するまでに長時間を要する。

1.1.2 高温超純水に対する耐性

現在は製品に付着した有機成分等を洗浄するのにフロン 系溶剤が多く使用されているが、地球環境保護の観点から オゾン層の破壊を防止するため、フロン代替品への置換が 進んでおり、その一つとして 高温超純水が 注目されてい る。

しかし現状の樹脂を主材料とする超純水装置の,特に配 管系において,80°Cを超える高温の超純水を通水した場 合,熱膨張による配管のたわみ,機械的強度の低下等に不 安が残り,場合によっては,高温超純水が吹き出したりす る事故が懸念される。

1.1.3 耐ォゾン性

超純水装置は年に数回程度熱水または過酸化水素による 系内の殺菌洗浄が行われるが,その際超純水の供給が停止 するため,製造工程を休止する必要がある。この問題を解 決するために超純水中に連続してオゾンを注入し超純水装 置を停止することなく系内の殺菌を行う方法が注目されて いる。また,ウェファー表面に付着した有機物の洗浄にオ ゾン含有超純水を使用することも検討され始めている。し かしオゾンの強力な酸化力は従来より超純水装置に使用さ れている樹脂材料を変質させる問題がある。

2. GOLDEP WHITE とは

GOLDEP WHITE は、オーステナイト系ステンレス鋼の表面を電解研磨しさらに酸化不動態化処理を行い、構成 する金属成分の溶出を極微量におさえたもので機械的強度 が大きい。オゾン等の酸化剤に対して耐性を有する。構成

1	Mechanical
2	 Electropolishing
3	 Ultrpure water rinsing
4	 Drying by ultra clean N2 GAS
5	 Heat treatment
6	 Acid pickling
1	 Ultrpure water rinsing
8	Drying by ultra clean N2 GAS
9	Packing
第 ′ Fid	図 GOLDEP WHITE の製造プロセス z. 1 Manufacturing process of GOLDEP WHITE



第2図 EPの深さ方向組成分布 Fig. 2 Depth profile of the elements on the surface of EP



第3図 熱処理後の深さ方向組成分布 Fig. 3 Depth profile of the elements on the surface after heat treatment



第4図 GOLDEP WHITE の深さ方向組成分布 Fig. 4 Depth profile of the elements on the surface of GOLDEP WHITE

材料中に有機物を含まないため**TOC**の溶出の恐れがない こと等の特長を持つ。

2. 1 GOLDEP WHITE 製造方法

GOLDEP WHITE 製造方法を第1図に示す。この製造 工程において電解研磨及び洗浄乾燥工程④まで処理したものは電解研磨材(EP材)として供給される。



第5図 EPのXPSスペクトル Fig. 5 XPS spectra over EP



第6図 熱処理後のXPSスペクトル Fig. 6 XPS spectra after heat treatment



第7図 GOLDFP WHITE のXPSスペクトル Fig. 7 XPS spctra over GOLDEP WHITE

2. 2 GOLDEP WHITEの 表面組成

第2~7図に電解研磨後,熱処理後,GOLDEP WHITE 材の表面組成分布及びXPSスペクトルを示す。これらの 図は GOLDEP WHITE の表層は電解研磨後の材料と比較 して酸化クロムの層が厚いこと及び,熱処理後の材料と比 較して,表層の酸化クロム濃度が高いことを示している。





第9図 配管継手の種類と構造 Fig. 9 Type and structure of fittings

l

ŧ.

第1表 高温超純水での溶出テスト結果 Table 1 Leach out test in hot ultranure water

Table 1 Leach out	test in ho	ot ultrapure	water U	Unit : ng/m²•d		
	Na	Fe	Cr	TOC		
PEEK	183	1	0	24		
PVDF	146	129	2	334		
EP	3	$2\ 450$	4	0		
GOLDEP	12	3	2	0		
GOLDEP WHITE	3	14	0	0		

(Leach-out from 7th to 30th day)

即ち,電解研磨により表面を清浄化した後に熱処理(酸化 処理)を行い,表面に強固な酸化膜を厚く形成させた後に 酸処理(酸エッチング)を行うことにより熱処理材の表層 に存在する酸化鉄を強制的に除去し表層の皮膜を酸化クロ ムリッチにしたことが特長である。

2.3 GOLDEP WHITE 材と他の材質の溶出量比較

第1表に 80°C の超純水中における 静置状態での 各金 属及び TOC の溶出結果を示す。 これは金属材料 である GOLDEP WHITE 材が樹脂材料と比較して Na とTOC については非常に溶出量が少なく, Fe については, PVDF より 溶出量が 少ないことを 示している。 即ち GOLDEP WHITE 材の Na, TOCの溶出レベルは樹脂材料より低



写真 1 GOLDEP WHITE 製超純水装置 Photo. 1 Ultrapure water treatment system made of GOLDEP WHITE

く Fe, Cr の溶出レベルは樹脂材料と同等である。

3. GOLDEP WHITE 製超純水装置

第8図に技術研究所に設置されている2次純水装置のブ ロックフローを**写真1**に全体写真を示す。

この装置は1次純水を受け入れTOC分解用UV照射装置,触媒脱気器,非再生ポリシャー,限外洞過膜,を経て 製造された超純水をクリーンルーム内ユースポイントに供 給するもので、配管内での滞留及びそれに起因するコンタ ミネーションを防止するためリバースリターン方式とし、 配管系内は常時循環運転を行っている。なお、配管、貯 槽,容器等の主要な機器,部品は GOLDEP WHITE で構 成されている。次に本装置に使用されている構成部品及び システムの特長を記す。

3.1 継手

第9図に本装置に使用されている新型フェルール継手と 従来の継手の種類及び構造を示す。従来より使用されてい るガスケットを使用したフランジ継手①やフェルール継手 ②の場合,ガスケットの接液面積が広く,水の滞留する部 分がある。また機械的な振動に対してガスケットを介して 強度を保持する為ガスケットの伸縮により,発塵の原因と なる。またフランジ面に平ガスケットが面接触するため隙 間が生じ易く粒子が滞留する問題があった。

新型フェルール継手③は当社が開発したもので,ガスケ ットをOリングとし,また外周部で金属面同士を接触させ 機械的強度を受ける構造とし,継手部分に滞留部分がなく ガスケットの接液面積も少なく,また発塵も少ない特長を 持っている。さらにOリングを固定する部分の内側に突起 を付けることにより配管内が万一負圧となった場合にOリ ングが配管内に脱落することを防止し,継手部分にステン レス製のリングをはめ込むことにより継手の横方向の固定 を行っている。この構造により左右の継手を同じ形状とし 製作の合理化を図っている。なおこのリングはOリングよ り外側にあるので超純水に接液することがなく水質に対す る影響はない。

3.2 新型三方バルブ

分岐弁における滞留を防止するために使用されている新 型の三方バルブを第10図に示す。このバルブは当社が開発 したもので、常時通水されているライン内にダイヤフラム を設けこれを開閉することにより分流を行う構造となって おり、バルブを閉じた状態においても滞留部が存在せず水 質に悪影響を与えることを防止している。

3.3 超純水槽用レベルセンサー

超純水槽に使用するレベルセンサーはセンサーよりのコ ンタミネーションを防止するため接液しないセンサーを使 用することが必要である。本装置の超純水槽は基材がステ ンレス材であるので通常FRP製貯槽に使用される静電容 量式のセンサーではレベルを感知することは出来ないので 超音波センサーを採用することによりセンサー部を非接液 とし水質に対して悪影響を与えることを防止している。

3. 4 TOC分解用UV照射装置

TOC分解用**UV**照射装置とは 184.9 nm の波長の紫外 線を用いて**TOC**を **CO**₂ と有機酸に分解をする装置であ り、通常、ステンレス製の流水タンクを使用しており、ス テンレス材から溶出する金属等が後段の**PD**での負荷を上 げる要因の一つとなっている。しかし本装置の流水タンク は GOLDEP WHITE 材で製作されており、溶出する金属 類は極微量に抑えられ**PD**の負荷を上げることはない。

3.5 触媒脱気器

酸素を含んだ純水に水素ガスを溶解させ、これをパラジ ウム触媒を付加した吸着材を充填した脱気器に通水するこ とによりパラジウムの触媒反応を利用し溶存している酸素



第10図 新型3方バルブ Fig. 10 New type 3 way value

を水素と反応させ脱酸素を行うものである。

 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

4. GOLDEP WHITE 製超純水装置運転状況

1992年7月よりユーティリティー装置として運転を開始 し、1993年12月現在で1年5ヶ月連続運転されており、こ の間に殺菌及び洗浄のために3回の装置停止が行われてい る。供給原水は別途設けた1次純水装置より供給される。 運転圧力はポンプ出口にて200 kPa である。 超純水装置 は配管系での滞留を避けるために供給超純水の1部を超純 水槽に戻すリバースリターン方式とし、本装置の供給超純 水量は2.0 m³/h,超純水槽へ戻る水量は 0.5~2.0 m³/h と なっている。

5. ユースポイントでの水質及び水質評価方法

サンプリング場所は外部からのサンプル汚染を防止する ため、クリーンルーム内に設置されたクリーンベンチ内の ユースポイントにて行った。サンプリングに際しては、事 前に容器の材質及び洗浄方法の検討を行い、その結果に基 には高密度ポリエチレンを、シリカ用にはフッ素樹脂系の づいて金属分析用容器を使用し、あらかじめ半導体グレー ドの高純度薬品にて十分に洗浄を行った後に超純水にて置 換を行った容器を使用した。さらにサンプリングはバルブ を開放状態として一定時間、一定流量のフラッシングを行 った後に行った。

6. 分析及び測定方法

金属類の分析方法は事前に検討した方法によりクリーン ルーム内のクリーンベンチにて濃縮を行った後に ICP-MS(セイコー電子工業㈱製SPQ-8000) にて分析を行 った。

シリカの分析はフレームレス原子吸光光度計(パーキン エルマ社製 4100ZL)で行い 金属同様に クリーンルーム 内にて測定を実施した。

TOCの測定には, 湿式紫外線酸化法による測定器 (Anatel 製 A-100PSE) にてクリーンブース内で測定を行った。

第 2 表	Item	Unit	Value
GOLDEP WHITE 製超純水装置水質 一 Table 2	Particulate	$n/m\ell$ (>0.08 μ m)	0~2 average 0.37
Ultrapure water quality of ultrapure	TOC	μg/l	1.0
GOLDEP WHITE	Silica (SiO ₂)	$\mu g/\ell$	<2.14
	Dissolved oxygen	$\mu {f g}/{m \ell}$	3. 0
	Al Cr Mn Fe Ni Cu Ti Nb Mo Pt	µg∕ℓ	N. D (0.000 2) N. D (0.000 2) N. D (0.000 2) N. D (0.000 4) N. D (0.000 4) N. D (0.000 2) N. D (0.000 2) N. D (0.000 7) N. D (0.000 1) N. D (0.000 1) N. D (0.000 1)
	Pb Pd		N. D (0.000 1) N. D (0.000 1) N. D (0.000 1)

(): Detection Limit

第3表 集持度と両式招述ルル()	Ite	em	Unit	1 M	4 M	16 M	64 M
来很反乙安水旭純小小頁。 Table 3	Design Rule		$\mu { m m}$	1.2	0.8	0.5	0.3
Integration level vs. requireed ultrapure	Resistivity		MΩ•cm	>17.5	>18.0	>18.1	>18.2
water quality	Particulate	$>0.2 \mu\mathrm{m}$	n/mℓ	< 5	< 1		
		$>$ 0.07 $\mu { m m}$	n/mℓ	<20	<10	< 5	
		$>$ 0.05 $\mu { m m}$	n/mℓ			<10	< 1
		$>$ 0.03 $\mu { m m}$	n/mℓ		}		<10
	Bacteria		CFU∕&	<50	<10	< 1	< 1
	Silica		$\mu {f g}/{m \ell}$	<10	< 5	< 1	<0.5
	Total Metal	Ion	$\mu {f g}/{m \ell}$	< 1	< 0.1	< 0. 05	< 0. 01
	Total Residue		$\mu { m g}/\ell$	< 5	<1.0	<0.5	<0.1
	TOC		μg/l	<50	<20	< 5	< 1
	Dissolved Ox	ygen	μg/l	<100	<50	<10	< 5

微粒子の測定は He-Ne レーザーによる90度側方散乱検 出方式による測定器 (興和㈱製 NANOLYZER PC-30) に てクリーンブース内で測定を行った。

7. ユースポイントでの水質

第2表に本装置のユースポイントの水質を示す。金属類 及びシリカについては、定量限界値以下であり、溶存酸素 は $3\mu g/\ell$, TOC は $1\mu g/\ell$, 微粒子は平均で 0.37 $r/m\ell$ (>0.08 μ m) であった。これらの値は、当初目標としてい た 16M ~ 64M での要求水質をほぼ満足させるものである と考えている。参考に半導体製造プロセスにおいて要求さ れる超純水水質を第3表に示す。

むすび

当社技術研究所に設置した GOLDEP WHITE 製超純水 装置は運転開始から1年5ヶ月を経過し,現在まで安定し た状態で機能している。今後もユーザーの方々の要求され る超純水水質を満足するため一層の研究を進めて行く所存 である。

〔参考文献〕

- 1) 梶山吉則, 佐藤栄祐: 神鍋パンテツク技報 Vol. 37 No. 2 (1993/7) p. 25-29
- 2) 三宅明子,山添勝巳:神鋼パンテツク技報 Vol. 37 No. 1 (1993/3) p. 47-53
- 3)(社)日本機械工業連合会,(社)日本電子工業振興協会:平 成3年度次世代ウルトラクリーン化技術に関する調査報告書

L

ポリウレタン吹き付け冷却塔冷水槽の防水工法

Waterproofing the Cold Water Basins of Cooling Towers by Polyurethane Spraying



Waterproofing of the bottom cold water basins of cooling towers has been done by asphalt waterproofing, then by vinyl chloride waterproofing, and finally by FRP overlay waterproofed and require shorter construction period and stable quality. In order to meet these needs, Shinko Pantec Co. has been using a polyurethane-spraying waterproofing system and has already established a record of receiving more than 10 orders in Japan (a total basin area of approximately 2000 m^2) for cooling towers with the bottom cold water basins water proofed by polyurethane spraying, which have been in satisfactory operation without any leakage of water. The polyurethane-spraying system provides a seamless coating by spraying polyurethane resin onto the entire surface of the bottom plate of the cold water basin with a spray gun. This paper presents the quality and actual procedure of the coating by the polyurethane-spraying waterproofing system.

まえがき

冷却塔における下部冷水槽の防水工法は古くは、アスフ ァルト防水から始まり、パッキンによる止水、塩ビシート 防水、FRPオーバーレイによる防水へと移行してきた。 昨今のDHC用冷却塔の下部冷水槽においては、防水範囲 の拡大、工事期間の短縮、品質の安定性が求められてい る。弊社ではそれらの要求に応えるため、ポリウレタン吹 き付け防水工法を採用してきた。既に国内実績は10件(延 ベ水槽面積2000 m²)以上に達し、水洩れ無く順調に稼働 している。ポリウレタン吹き付け防水工法は、下部水槽底 板全面にポリウレタン欧き付け防水工法は、下部水槽底 板全面にポリウレタン樹脂をスプレーガンで吹き付け、シ ームレスコーティングを行う工法である。初期段階では、 作業手順の不調から水洩れを繰り返したが、このほど作業 手順を確立し、1993年5月納入以後は水洩れ ⁽⁰⁾ を継続 している。本稿ではこの新防水工法について紹介する。

1. ポリウレタン吹き付け防水工法とは

ポリウレタン吹き付け防水工法は、ドイツで開発された 無溶剤の超速硬化性弾性樹脂コーティング材と高度なスプ レー技術を駆使した安全で耐久性に優れ、かつ高い信頼性 を有するコーティングシステムである。販売元はバンドー 化学(株)、商品名は「バンレック」システムである。主剤 にポリエーテル系ポリオールを用い、硬化剤にイソシアネ ートプレポリマーを用いる。この二液を吹き付け機先端で 混合噴射してポリウレタン塗膜を形成する。塗膜は下部水 槽内面全域にスプレーするのでシームレスな塗膜が形成出 来る。用途としては各種水槽の防水、鋼板製水槽の防錆、

	Items	BANREC mainly-based agent	BANREC hardner	
Properties of undiluted solution	Main component	Polyether-base polyol	Isocyanate prepolymer	
	Non-volatile matter content (%)	100	100	
	Color of appearance	Light green	Colorless and transparent Approx. 880 1.14	
	Viscosity (mPa•s)	Approx. 420		
	Specific gravity (at 20 °C)	1.03		
	Mixing ratio	Percentage by volume 1:1		
Workability	Set-to-touch time (s)	Approx. 10 (at 20~25 °C)		
	Feasible light walking time (min.)	Approx. 30 (//)		
	Complete hardening (h)	Approx. 24~4	8 (11)	

第1表 バンレックの標準特性 Table 1 Standard characteristics of BANREC



写真 1 目荒らし Photo. 1 Forming ruggedness in surface



写 真 2 目地埋めシーリング及びパテ埋め Photo. 2 Jointing for sealing and putting

皆屋屋上コンクリート面の防水,湾岸設備,防舷材取付鋼
)防錆,灯台の塩害対策等に用いられる。ドイツでの実績
に25年以上あり,当社での冷却塔下部水槽の防水の実績は
)年である。

. ポリウレタン吹き付け防水の特性

.1 ポリウレタン材料の標準特性

第1表にバンレックの標準特性を示す。

.2 品質の安定性

機械的にスプレーするため、常に安定した品質が得られ う。また、サンプルを採集して工場試験を行い、物性の確 えを行う。 膜厚は スプレーからの 噴射量が 一定であるた う、材料の消費量から算出する。更に、金属部については き厚計とピンホールテスターで仕上がり状態を確認する。 .3 短い工期

屋外作業のため雨が大敵となるが,機械的に作業を進め うため迅速な作業が出来ることと,スプレー後3時間程度 ご硬化するため雨の影響を最小限にくい止めることが出来 う。

ポリウレタン吹き付け防水の下部水槽への適用 冷却塔下部水槽の防水には,前記で紹介した通り数種の こ法があるが,施工後水張り試験で合否の判定を行う必要 、ある。万一水洩れが発生した場合,水抜き,乾燥,清 ま,補修,水張試験を繰り返し水洩れが無くなるまで作業 と行うことになり,工事工程に遅延を来たし手直し工事に 、るコストの増大につながる。更に,冷却塔の構造上水槽



写真3 マスキング Photo.3 Masking



写 真 4 プライマー及びリベット頭部へのテープ貼り Photo. 4 Primer and rivet head part taping

内部には柱アンカーが水槽を貫通している。また、冷却水 を集める集水槽、オーバーフロー、補給水といった配管、 連通管が槽底、槽壁を貫通しており、いずれも洩水につな がる要因となりうる。従って洩水を防ぐためには施工上非 常に高度な技術を要する。そこで、本工法採用にあたり特 に注意した点を次に示す。

3.1 目荒らし

写真1・参照, FRPとポリウレタンの接着強度を増す と同時に, 水洩れ対策を兼ねFRP板に対し, 500 mm ピ ッチで格子状にサンダーで目荒らしを行う。柱ベース, ボ ルト頭に対してはサンダー, カップワイヤーを用い全域に 丹念に目荒らしを行う。

3.2 目地埋めシーリング及びパテ埋め

写真2・参照, **FRP**板の継目及び段差部分についてシ ーリングまたはパテ剤で平坦に仕上げる。

3.3 マスキング

写真3・参照,スプレー不要な部分に対してマスキング テープでマスキングを行う。

3.4 プライマー及びリベット頭部へのテープ貼り

写真4・参照,ポリウレタンの接着力を増すためプライマーを塗布する。リベット頭部はピンホールを起こしやすいためテーピングする。

3.5 先行スプレー

写真5・参照, FRP継目及び柱ベース, ボルト部に対して一層スプレーを先行させる。



写真 5 先行スプレー Photo. 5 Preceded spraying



写真6 全面スプレー Photo.6 Full surface spraying

- 3.6 全面スプレー
- 写真6・参照,全面にスプレー塗布する。
- 3.7 サンプル板採集

スプレー塗布と同一の場所でサンプリング用フイルム上 たバンドー化学(株)殿に深く感謝します。



写真7 事前検査 Photo.7 Inspection by pinhole tester

に塗布する。そのサンプルを工場に持ち帰った後物性を分 析し,仕様を照合する。

3.8 事前検査

防水工事で最も困難な点は、水洩れ確認試験である。本 工法の水洩れ原因はピンホールである。そこで、スプレー は複数回積層噴霧でピンホールを無くする方法を取ってい る。更に、スプレー後は金属部についてピンホールテスタ ーでピンホールを探知し、ピンホールが発見されれば手塗 り用の補修剤で補修を行う。写真7で示す通りピンホール テスターで検査する。

3.9 最終検査

オーバーフローレベル (700 mm) まで水位を挙げて一 屋夜放置し水洩れの有無を確認する。

むすび

当社では下部水槽の水洩れ撲滅は永遠のテーマとして取り上げ今日に至った。作業手順の確立による品質の安定化を第一に心掛け,今後は作業のスピードアップに取り組みたいと考えている。本稿の執筆にあたってご協力いただいたバンドー化学(株)殿に深く感謝します。

AWガス洗浄装置による排ガス処理事例

Applications of the AW Gas Absorber to Waste Gas Treatment Systems



和 БŸ. Kazushige Hinokiyama

With the stabilization of industrial growth, the selection of more economical and more efficient facilities is recently under consideration for removing hazardous gases, malodorous gases, and particulate matters. From this point of view, this paper presents relatively unique operational data obtained on gases and particulate matters treated by a packed column. Outlined here are data on the removal of gaseous phosgene and gaseous bromine under highvacuum operating conditions, the removal of various malodorous substances by aerated water, and the removal of particulate matters discharged from a fertilizer production process.

まえがき

産業の高度成長が安定期にはいると、設備投資が見直さ 1,より経済的でかつ効果の高い装置が要求されてきてい 5。現在,ガス吸収装置としては充填塔,スプレー塔,気 包塔(モレタナ塔)及び吸着塔等があるが、コンパクトで E力損失が小さく、かつ高性能な充填塔の採用が増加して 、る。また,集じん装置には電気集じん機,イオンスクラ ヾー,バグフイルター,ベンチユリースクラバー,ジェット スクラバー, ロートクロン, 充填塔及びサイクロン等が用 、られているが,物質の粒子径が比較的大きい(2~3 μm 头上)場合には,据付面積及び圧力損失が小さく,かつ建 **没費の安価な充填塔の検討が有効と考えられる。**

本報では、このような観点から、AWガス洗浄装置(充 真塔)を用いた有害ガスの除去及び集じん事例について述 べる。



Fig. 1 AW gas absorber

1. AWガス洗浄装置の概要

弊社では冷却塔に用いられているフイルム形充填材の高 い気液接触効果に着目し、充填材表面積及び空間率を高め た薄板状充填材を開発した。この充填材を組み込んだのが AWガス洗浄装置で、その構造を第1図に示す。なお、参 考までに充填材(スーパーパック)の特性を第1表に示す。

AWガス洗浄装置では、ガスと吸収液とが充填層で向流 接触し有害物質が除去され、シストセパレーターにより気 液分離後排出される。循環水は固形物質及び塩分濃縮抑制 の目的で少量系外へ排水させる必要があるが、充填材及び 散水ノズルが閉塞しにくい構造であるために、排水量の極 小化を図ることが出来る。

処理ガス量500 m³/min.入口アンモニア濃度 5 ppm で、 処理後濃度0.1 ppm にする場合の各種充填材を用いたガス 洗浄装置の性能比較を第2表に示す。但し、塔径及び洗浄 水量は同一とする。第2表から,スーパーバックを用いた AWガス洗浄装置は他と比較して充填高さで½,圧力損失 は 1/8 となり省エネルギー化が図れることが認められる。 また, 第2図に NH₃-H₂O 系の H₀g 比較を, 第3図に圧 力損失比較を示す。図から, Hoc 及び 圧力損失ともに小

第 1 表 各種充填材特性比較

70.11.1	C1	· · ·	1		
rable 1	Characteristic	comparison	Detween	various	packings

Packing	Surface area	Free volume
Super pack	390	95
Heilex 200	100	93
Heilex 300	75	95
Raschig ring 2B	93	74
Raschig ring 3B	62	74
Tellerette S	185	81.6
Tellerette L	102	88.6
Net ring	164	86
Polytroon A	88	92
Polytroon B	100	91.1
Intalox saddle	256	77.5

第 2	表	各種充填材性能比較	
Table	2	Performance comparison between vario	us packings

Packing	Gas quantity (m ³ /min)	Tower diameter (mmø)	Water quantity (ℓ/min)	Gas inlet (ppm)	Gas outlet (ppm)	Nog	H _{OG} (m)	Packing height (m)	Pressure drop (mmAq)	
Super pack	500							0. 21	990	50
Heilex 200		1					0.36	1 700	75	
Tellerette S		500	9.150	1.910	E	0.1	4 771	0. 31	1 460	176
Raschig ring 1½B		2 1 50	1 210	0	0.1	4.71		Flooding		
I ball					:		0.29	1 370	66	
Net ring 1B							0.40	1 890	397	





第2図 NH3-H2O 系 Hog 比較 Fig. 2 Comparison of NH3-H2O system Hog

さいことが分かる。このことは、ガスの除去性能及び省エ ネルギー効果が高いことを意味する。

2. ガス吸収及び集じん原理

2.1 ガス吸収原理

充填塔の任意断面と塔頂間での物質収支は、(1)式の通り である。

$$G_{MI}\left(\frac{y}{1-y}-\frac{y_2}{1-y_2}\right) = L_{MI}\left(\frac{x}{1-x}-\frac{x_2}{1-x_2}\right)$$
(1)

x, y の値が充分小さい場合には, (2)式で近似出来る。

$$G_{Mi}(y-y_2) = L_{Mi}(x-x_2)$$
 (2)

$$-\mathcal{F}_{j}, \quad N_{0G} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{y_{BM}}{(1-y)(y-y^*)} dy$$
(3)

$$Z = H_{OG} \cdot N_{OG}$$
(4)

希薄ガスの物理吸収の場合,(3)式は,(5)式で近似出来る。

$$N_{OG} = \frac{y_1 - y_2}{(y_1 - y_1^*) - (y_2 - y_2^*)} \ \ln \frac{y_1 - y_1^*}{y_2 - y_2^*}$$
(5)

また,アンモニアを硫酸で除去する化学反応の場合は, $y^*=0$ となり,(3)式は,(6)式のように簡略化される。

$$N_{\rm OG} = \ell n \frac{y_1}{y_2} \tag{6}$$



第3図 圧力損失比較

Fig. 3 Comparison of pressure drop

ここに, G _{Mi} :ガスのモル流量	[kgmol/h]
L _{Mi} :液のモル流量	[kgmol/h]
y :任意断面でのガス濃度	[molfraction]
y 2:出口ガス濃度	[molfraction]
x :任意断面での液濃度	[molfraction]
x2:吸収液入口濃度	[molfraction]
Noc:移動単位数	•
$y_1:$ 入口ガス濃度	[molfraction]
$y^*:x$ に平衡なガス濃度	$(=\mathbf{m} \cdot x)$
· · ·	[molfraction]
$y_{BM} = \frac{(1-y)-(1-y^*)}{\ell n \frac{1-y}{1-y^*}}$	(molfraction)
m : 平衡線の勾配	
Z :充填層長 〔m〕	
Hog:移動単位高さ 〔m〕	 ••
y ₁ *=m·x ₁ , x ₁ に平衡なガ	ス濃度
2 ° *	(molfraction)
y ₂ *=m·x ₂ , x ₂ に平衡なカ	え濃度
··· · · ·	[molfraction]

39



.2 集じん原理

充填塔による粒子状物質の主な除去機構は,慣性集じん ド用であり,再飛散防止のために洗浄方式を併用して水中 ニ粒子を捕捉する。この場合,慣性衝突効率とその影響因 そとして慣性パラメーターPが最も重要である。Pが大き いほど捕集効率がよくなり,それを(7)式に示す。

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{D}_{\mathbf{P}}^2 \cdot \mathbf{u} \cdot \rho_{\mathbf{P}}}{18 \cdot \mu \cdot \gamma} \tag{7}$$

\mathbf{P}	:慣性のパラメーター	
u	:空塔ガス速度	[m/s]
r	: 障害物または噴流の断面半径	[m]
$\mathrm{D}_{\mathtt{P}}$:粒子径	(m)
$\rho_{\rm P}$:粒子の真密度	$[kg/m^3]$
μ	:気体の粘性係数	[kg/m·s]

, 排ガス処理事例

AWガス洗浄装置を用いた有害ガスの除去及び集じん事 別について次に述べる。

 .1 反応缶排ガスからの熱回収と SO₂ ガス除去例(T 製薬(株))

化学物質製造反応機から排出する 水蒸気及び SO₂ ガス 対策で,最初,シェルアンドチューブ型熱交換器により水 素気を凝縮させ,その後,充填塔を用い SO₂ ガスを NaOH K溶液により反応除去する。そのフローを**第4**図に示す。 .**1.1** 設計条件と諸元

入口ガス量	$H_2O = 2300 \text{ kg/h}, SO_2 = 37 \text{ kg/h}$
入口ガス温度	105 °C
出口ガス量	SO_2 0.35 m ³ N/h
脱硫塔	$200 \ ^{\phi}\text{mm} \times 3\ 700 \ ^{\text{H}}\text{mm}$







	(水槽部500 °mm×1 000 чmm),
	FRP 製
NaOH 貯槽	10 m³, CS 製
ポンプ	$20 \ell/\min \times 15 \mathrm{m} \times 0.75 \mathrm{kW}$,
	PVDF 製
NaOH 注入ポンプ	$5 \ell/\min \times 10 m \times 0.2 kW$, PVC 製
熱交換器	シエルアンドチューブ型,
	SUS316L 製

3.1.2 運転性能

1) 熱回収

蒸気量2 600 kg/h(100 °C) から, 21 m³/h(91 °C) の温 水が得られた。非凝縮ガスとして空気及び SO₂ガス存在下 における総括伝熱係数は, 620~700 kcaℓ/m²·h·°C であ った。

2) 脱硫性能

ガス流量 3040 kg/m²·h, 循環水量 20000 kg/m²·h, 入口ガス温度70~75°C 及び循環水 pH 値 7 ~12の条件下



第6図 反応機からの臭素ガス除去

Fig. 6 Removal of gaseous bromine from reactor

で、入口平均 SO₂ 109 000 ppm に対して、処理後は平均 で29 ppm となった。

入口及び出口の SO2濃度を設計条件の単位で表すと、それぞれ 19.5 kg/h 及び 0.002 45 m³N/h と換算できる。これらから、設計条件を充分に満足する結果が得られたことが認められた。

前述の事例の他,有用物質の回収として H_2S を 20 % Na_2S で, NH_3 を 10 % NH_4OH , HCl を 30 % 塩酸,尿 素粉末を10 % 尿素として回収した事例等がある。

3.2 廃水処理槽からの排ガス処理例 (K化学(株))

原水槽,調整槽,汚泥貯留槽,中和槽及び曝気槽より発 生するガスのうち曝気槽を除くガス濃度は高く,これらを 対象に,曝気槽処理水による生物脱臭塔を吸着塔の前処理 として設置した。そのフローを**第5**図に示す。

3. 2. 1 設計条件と諸元

入口ガス量	60 m³N/min		
入口ガス温度	常温		
悪臭物質	入口濃度(ppm)	出口濃度(ppm)	
トルエン	10	5	
ピリジン	0.1	0.01	
メタノール	5	0.5	
アセトアルディ	ニド 2	0.1	
ΙΡΑ	40	0.4	
アミン	0.2	0.02	
アンモニア	2	0.2	
硫化水素	1	0.1	
生物脱臭塔	$1\ 000\ { m mm}^{\phi} imes 4\ 000\ { m H}$	nm, FRP 製	
洗浄ポンプ	$315 \ell/\min \times 15 m \times 2$	2.2 kW, SUS316 💈	謏

3. 2. 2 運転性能

処理ガス量60 m³N/min,洗浄水量300 ℓ/min 及び入口 ガス温度30 °C における各物質濃度は、次の通りである。 すなわち、トルエン、ピリジン、メタノール、アセトアルデ ヒド、IPA、アミン、アンモニア及び硫化水素は入口濃 度がそれぞれ25 ppm, 2 ppm, 150 ppm, 1 ppm, 10 ppm, 2 ppm, 2 ppm 及び0.5 ppm に対し、出口濃度はトルエン が 13 ppm と高く、他の物質はすべて設計条件を満足する 結果が得られ、吸着の前処理として有効であることが認め られた。このように、設計条件での入口濃度よりも実測値 が高いにもかかわらず、設計出口濃度を満足する結果が得



第7図 反応機からの排ガス中のホスゲンと HCl 除去 Fig. 7 Removal of phosgene and HCl contained in reacted exaust gas

られた。これは微生物によるガスの除去においては,吸着 法と同様に入口濃度の変動に大きく影響されないことを意 味する。また,トルエンは微生物による分解速度が遅い物 質であることが分った。

3.3 反応機から排出する臭素ガス除去例 (S化学(株))

反応機から発生する臭素ガスを NaOH 水溶液により除 去する。そのフローを第6図に示す。

3.3.1 設計条件と諸元

入口ガス量	150 m³/min
臭素ガス	300 ppm
入口ガス温度	常温
出口臭素ガス濃度	75 ppm
洗浄塔	1500 @mm×5000 mmm, FRP 製
循環ポンプ	$670 \ \ell/\min \times 15 \ m \times 3.7 \ kW$,
	SUS316 製
NaOH 注入ポンプ	$51 \ \ell/h \times 100 \ m \times 0.2 \ kW$,
	SUS304 製
ファン	$150 \mathrm{m^3/min} \times 600 \mathrm{mmAq} \times 30 \mathrm{kW}$,
	FRP 製

3. 3. 2 運転性能

処理ガス量158 m³/min 及び循環水量670 ℓ/min の条件 下で入口濃度が6.1 ppm, 7.3 ppm 及び11.1 ppm のとき, 出口においてそれぞれ2.2 ppm, 1.8 ppm 及び 1.0 ppm で, 平均除去率は80%であった。また,入口が13.9 ppm, 18.8 ppm 及び17 ppm のとき,出口はそれぞれ1.0 ppm, 1.3 ppm この原因については、現在検討中である。

 . 4 反応機からの排ガス中のホスゲン及び HCl 除去例 (T化学(株))

真空(40 Torr)条件下で発生するホスゲン(COCl₂)及 ドHCl ガスを NaOH 水溶液により除去する。そのフロー と第7図に示す。

- . 4.1 設計条件と諸元
- 入口ガス量 142.4 m³N/h, COCl₂ 212 kg/h, HCl 131 kg/h, 有機ガス 51 kg/h, 空気 1 kg/h 入口ガス温度 40 °C
- 出口条件 COCl₂ 1 ppm, HCl 1 ppm
 洗浄塔 700 mm^{\$\$}×5700 ^hmm(循環槽1450^{\$\$}m×4550 ^hmm), FRP ライニング製
 循環ポンプ 700 ℓ/min×18 m×5.5 kW, PVDF 製
- 熱交換器 シエルアンドチューブ型, SS400 製 プロセス水 700ℓ/min 37°C→33.8°C

. 4. 2 運転性能

入口ガス量 164.4 m³N/h COCl₂=274 kg/h, HCl=144 g/h, 有機ガス=51 kg/h 及び空気 1 kg/h 及び循環水量 $00 \ell/min$ において, ホスゲン及び HCl ともに出口平均 直で1 ppm となり, ほぼ設計条件を満足する結果が得られ こ。

.5 化成肥料粉じんの除去例(S肥料(株))

硫化アンモニウム,塩化アンモニウム,塩化カリウム, ⑤りん酸石灰,植物性油かす及び尿素肥料製造工程より発 とする粉じんを除去するもので,その装置の概要を第8図 こ示す。

/3 / / 0	
. 5.1 設計条件	と諸元
入口ガス量	1 000 m³/min
粉じん濃度	1g/m³N
入口ガス温度	40 ° C
出口粉じん濃度	100 mg/m³N 以下
洗浄塔	3 000 mm□×15 000 ^н mm,
	FRV 製
循環ポンプ	180 m³/h×15 m×11 kW, SUS316 製
ファン	$1\ 000\ \mathrm{m^{3}/min} \times 100\ \mathrm{mmAq} \times 30\ \mathrm{kW},$
	FRP 制

1.5.2 運転性能

設計条件と同一のガス量及び循環水量 180 m³/h で測定 した結果,製品名柄として粒状過りん酸石灰(ニュートッ パ)の場合,入口 1.89 g/m³N が出口で 75 mg/m³N に, コンドル特号(高度有機 502)の場合,入口平均 0.092 g/



第8図 化成肥料粉じん除去 Fig. 8 Removal of compound fertilizer particulates

m³N が出口で平均8.3 mg/m³N となった。同様に農協有 機 157 の場合には,入口平均0.08 g/m³N が出口で12mg/ m³N となった。以上から,設計条件を満足していること が認められた。ただし,粒状過りん酸石灰の場合,ダスト 粒子径が小さく,出口において水蒸気とは別にヒュームが かすかに目視された。

前述の他,粉じん除去例としては,塩ビ製造工程排ガス 中のPVC粉じん,産業廃棄物焼却炉から排出されるダス ト,食品添加剤製造工程からのDBO粉じん及びホーロー 浴槽吹付ブースからの釉薬等がある。

むすび

AWガス洗浄装置(充填塔)による有害ガス除去事例と して4例ならびに集じん事例1例について,稼動実績をも とにその概要を述べた。今後は,パイロットテスト機を利 用して,未経験の特殊ガス及び特に各種の粒子状物質の除 去分野への拡大を図る予定である。



半導体製造用ガス装置 超純水電気分解で生産コストを半減

The gas generator for IC manufacturing High-purity deionized water directly electrolyzed system cuts in half gas generating cost

神鋼パンテツク㈱(神戸市,川口正社長)は超純水直接電 気分解により半導体製造用の高純度水素・酸素ガスを発生 させる装置を三菱商事と共同開発し,12月から販売する。 工場内で直接高純度水素・酸素ガスを発生させること で,ガスの単価も1立方メートルにつき75円と従来の約半 分に抑えた。('93.9.10日本経済新聞)

超純水直接電気分解による 高純度酸素水素ガス発生装置

High-purity Hydrogen and Oxygen gas Generator (HHOG) by directly electrolyzing a highpurity deionized water

神鋼パンテツク㈱(神戸市中央区脇浜町1-4-78, 110 078-232-8018,川口 正取締役社長)は、三菱商事㈱と共 同で超純水を直接電気分解して、半導体製造用高純度酸素 ・水素ガスを発生させる装置を開発した。

同装置は、不純物を含まない超純水を固体高分子電解質 膜を介して直接電気分解するため、発生ガスである酸素ガ ス、水素ガスは不純物濃度が数 ppt 以下と非常に高純度な ガスとして供給できる。また、高圧ガス貯蔵設備などの付 帯設備を設置し、ガスを貯蔵しておく必要がなく、また電 源を切るとガス発生が直ちに停止するので、これまでにな い安全な操業を経済性良く可能にする装置である。

従来水素ガスは,食塩電解や石油精製などの副生ガスを ボンベに高圧充填して,酸素ガスは,鉄鋼用の液体酸素を タンクローリーで各々半導体工場に配送され,半導体工場 で数日から1カ月分程度の使用量を貯蔵し,さらに,これ を高度な純化器を通して純度を上げて使用されている。ま た,一般的に高圧ガス貯蔵設備など集中供給ステーション からポイントオブユースまで配管で供給されているため地 度,火災などの安全性が心配されている。しかも,水素を 使用する半導体装置は限られてきており,集中供給ステー ションは過大設備化してきている。

これらの問題を解決できる同装置の標準機種は,大きさ 幅 600 mm×奥行き 900 mm×高さ1 800 mm,運転重量約 300 kg,発生ガス量は,水素最大 20 ℓ/分,酸素最大 10 ℓ/ 分,のコンパクトな装置である。 今後は、ウェハーの酸化炉、CVD、アツシング装置な ど使用ガス量に合わせて数種のタイプを製作する予定であ る。装置の販売価格はタイプ別に1台当たり約1000万~ 2000万円,販売台数は94年度で、約10台を目標にしてい る。
('93.9.22 半導体産業新聞)

超純水の電解装置開発

High-purity deionized water directly electrolyed system has been developed

神鋼パンテック㈱はこのほど,三菱商事㈱と共同で超純 水を直接電気分解して,半導体製造用高純度水素・酸素ガ スを発生させる装置を開発した。

装置は不純物を含まない超純水を固体高分子電解質膜を 介して直接電気分解するため,発生ガスである水素ガス, 酸素ガスは不純物濃度が数 ppt 以下と非常に高純度。

また,高圧ガス貯蔵準備などの付帯設備でガスを貯蔵し ておく必要がなく,装置の電源を切るとガス発生がただち に停止するため経済的,かつ安全な操業が実現するという。

装置の標準機種は大きさ600ミリ,奥行き900ミリ,高さ 1800ミリ,運転重量約300キログラム。発生ガス量は毎分 20ミリリットル,酸素最大毎分10リットル。今後,ウェハ ーの酸化炉,CVD,アッシング装置など使用ガス量に合 わせて数種類のタイプを製作する予定。価格は1千万円~ 2千万円。販売台数は来年度約10台が目標。

('93.10.11 日本水道新聞)



高純度水素酸素発生装置 High-purity Hydrogen Oxygen Generator

⁽詳細につきましては本誌第1頁の紹介記事をご参照くだ さい。)

展示会 EXHIBITION

INCHEM TOKYO 93 開催 第19回化学プラントショー INCHEM TOKYO 93

93年の11月10日から11月13日までの4日間,東京国際見 本市会場(晴海)にて, INCHEM TOKYO 93 が開催さ れた。この化学工業会・日本能率協会主催の化学プラント ショーも19回目を迎え,今回『夢・化学・21』一化学技術 が支える地球の未来一をテーマに化学工業機器装置・エン ジニアリングメーカーなど,310社の展示参加があった。

当社では,極めて高粘度まで効率よく撹拌できる高粘度 覚拌翼『ログボーン』の比較実験による実演や前回の展示 で好評をはくした高効率撹拌翼『フルゾーン』の撹拌デモ 幾のほかファインケミカルプラント構成機器・装置などを 展示。多くの人を集め,カタログ請求者は4日間で1,400 名を超えた。また,期間中開催されたテクノプレゼンテー ションでは『ログボーン』の開発,特長,適用分野を紹介 した。

セミコン・ジャパン '93 開催 CEMICON Show '93

93年12月1日より3日までの3日間,千葉県幕張メッセ で,SEMI ジャパンの主催で「セミコン・ジャパン」が開 崔された。

これには世界22カ国から約1000社もの出展があった。 来場者も約7万人あり、広い会場をうめた。

当社のブースは溶出性が極めて低く,機械的強度,耐熱 生,耐オゾン性に優れた GOLDEP WHITE 材を加熱部 こ使用した『GOLDEP 製超純水加熱装置』や超純水を直 妾電気分解して高純度の水素と酸素を発生させるこれまで こない安全で生産コストを削減し,その上コンパクトな 『高純度水素酸素発生装置』を展示紹介し、メカニズム等 の説明を行ったが,終日来場者の強い興味を集めた。 終了後も当社への資料請求や問い合わせが数多くあり, 早速営業活動を開始している。

第27回水道展開催

27th Exhibition for Municipal water Purification 第27回水道展が、93年11月27日、28日の2日間、横浜市 のパシフィコ横浜で開催された。

当社ではスーパーフィルトロンの納入実績の写真紹介と VTRによる技術説明や最新の「膜利用型新浄水システム 開発研究」の展示をし、多くの方の注目を集めた。

連日水道事業のトップの方々が当社ブースにおいて親し く歓談される姿に,当社技術への熱い期待と信頼を深く感 じた。

また,当社恒例の来場者の顔写真入りの記念テレホンカ ード作成のコーナーにも800名もの来場者があり人気を博 した。

さらに,同時期開催された日本水道協会第62回総会において,当社環境装置事業部の針間矢研二,林義幸の2名が 永年にわたる水道事業の功労者として表彰された。



針間矢研二,林 義幸 Kenji Harimaya Yoshiyuki Hayashi



当社小間 Shinko Pantec's exhibition booth

