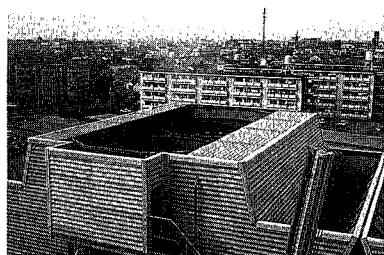


目 次

CONTENTS

- | | | |
|----|--|---|
| 1 | ＝特別講演会抄録＝
粉体の付着・凝集とその応用 | Adhesion and Cohesion of Powder |
| 5 | 新しいライニングガラスの紹介 | Introduction of New Glasses for Lining |
| 8 | 密着力5倍のグラスライニング機器の補修技術
G-Fine RS | The 5-fold Adhesive Repair Glass "G-Fine RS"
for Glass Lined Equipment |
| 10 | 最近の現地電解研摩 | Field Electropolishing |
| 14 | 栽培漁業における水質改善の実証試験(その2)
—動物性プランクトンの濾過法による除去— | Improvement of Water Quality on "Aquaculture" (Part 2)
—Removal of Metazoa Under Several Filtrations — |
| 20 | UASB式嫌気性廃水処理技術の開発 | Development of a New UASB System |
| 24 | GOLDEP 製超純水製造装置 | Ultrapure Water Treatment System Made
of Passivated Stainless Steel (GOLDEP) |
| 28 | 浄水場遠隔監視システム | The New Telemonitoring System for
The Municipal Water Treatment Plant |
| 33 | キャピラリーGC-MSを用いた臭気物質
および農薬の分析 | Analysis of Odorous Compounds and Pesticides in Water
by Capillary Gas Chromatographic-Mass Spectrometry |
| 38 | 世界最大規模の地域冷暖房用冷却塔 | World's Largest Scale Cooling Tower
for District Heating and Cooling |
| 43 | 社内ニュース | TOPICS |



〈写真説明〉

低騒音型冷却塔は大きな開口面積をもつ空気取入部・排出部に構造面での工夫をし、翼幅の広い低騒音型ファンの開発と低騒音仕様の減速機・電動機の採用を行い冷却性能を損うことなく大幅な騒音の低減を達成しています。

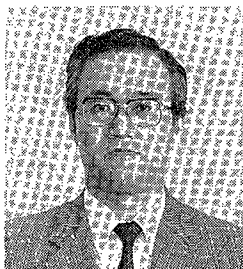
周辺の環境にマッチするスマートな外観設計とあいまって、ユーザーのご要望に応じて着実にその納入実績をのばしています。

Provided with elaborate air intake/air exhaust sections having large opening areas, a newly developed low-noise fan with wider blades and a low-noise type speed reducer/electric motor, the low-noise cooling tower achieves a significant noise reduction without losing the cooling performance.

Coupled with its good style design harmonizing with its surroundings, the low-noise cooling tower installations are on the steady increase, while meeting a wide range of users' needs as well.

粉体の付着・凝集とその応用

Adhesion and Cohesion of Powder



講師：創価大学工学部生物工学科教授
工学博士
山 本 英 夫
Prof. & Dr.
Hideo Yamamoto
Soka University



(化)製品開発課
半 田 裕 利
Hirotooshi Handa

Adhesive forces of particles are classified in van der Waals force, electrostatic attractive force and liquid bridge force.

In this lecture, the introduction to the mechanism of adhesive forces and controls of liquid bridge force which is largest in adhesive forces are shown.

Adhesive force and dispersible force of submicron particles are controlled by changing the quantity and a kind of adsorbed molecular on surface of particles.

The agglomerates containing adsorbed ethanol were easily dispersed into single particles by about half the force required for the agglomerates containing adsorbed water, which qualitatively corresponded to the decrease in the adhesive force of the particles by adsorbing ethanol vapor instead of water vapor.

ま え が き

粉体の付着とは、簡単に言えば粉体が何か物体に接触し、そのままくっついて落ちない状態をいいます。例えば、ガラス板に粉を振りかけると、ガラスの上にくっついて落ちないということがよくあります。こういった現象はガラス板と粉体の間に付着力が働いているためであり、この付着力は粉体どうしの間にも働いています。

付着は貯槽用ホッパー出口や輸送ラインの閉塞、分級操作での微粒子の凝集による精度の劣化など、工場プロセスのトラブルの原因になります。このようなネガティブな面に対し、微粒子の凝集を利用した薬品の打錠、顆粒化、セラミックス製品の圧密成形、さらには集塵能力の向上など、付着力を利用したポジティブな面もあります。いずれの場合も付着力を自由にコントロールできれば工学的に非常に有効であることが予想されます。今回は付着力の発生原因とその付着力をコントロールするための研究について述べたいと思います。

第 1 表 付着の機構についての Rumpf の分類

Table 1 Rumpf's classified table of adhesive mechanism

1	Van der Waals force
2	Electrostatic contact potential
3	Electrostatic of over-electric charge
4	Magnetic force
5	Liquid bridge force (Free movable)
6	Capillary force by satisfied with liquid in gap between particles
7	High viscosity bond
8	Solid crosslinking
8.1	Crystal salt
8.2	Solidificated melting crosslinking
8.3	Solidificated bond
8.4	Sintering-crosslinking

1. 付着力の発生原因

付着の発生原因の分類として、第 1 表に Rumpf の分類を示します。固化した状態のものは粒子の付着力とは言わず、単純に一個、一個ばらばらになっていた粒子が接触した時に生ずるような力を付着力とします。気相中で働く粒子の付着力を大別すると、3) van der Waals 力、2) 静電引力、3) 液架橋力になります。第 2 表に付着力の種類と計算式を示します。

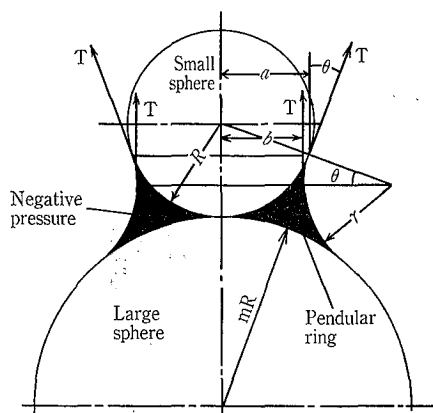
1. 1 van der Waals 力

これは別名、分子間力ともいわれ粒子表面の持っているポテンシャル・エネルギーの大きさにより決まる物質固有の力で、原子どうしが結合し分子を形成すると、原子の最外殻電子は分子のまわりを自由に飛び回り、電子雲を形成

第 2 表 等大球間における各種の付着力

Table 2 Kinds of adhesive force between same size particles

Kinds of force	Position	Equation
Van der Waals. force		$F = \frac{\gamma H}{12a^2}$
Electrostatic attractive force		$F = \frac{4\pi\gamma^4\sigma^2}{\epsilon(\alpha + 2\gamma)^2}$
Liquid bridge force		$F = \pi R_2^2 \gamma \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + 2\pi R_2 \gamma$
r : Radius of sphere H : Hamaker constant σ : Surface charge density a : Distant of particles ϵ_0 : Dielectric constant in air R_1, R_2 : Radius of curvature on condensated liquid surface, concave surface is plus, convex surface is minus, on condition that contact angle of liquid bridge is 0° γ : Surface tension		



$$F_1 = \pi b^2 T \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{b} \right) = \frac{\pi b^2 T}{r}$$

$$F_2 = 2\pi b T$$

$$\therefore F = F_1 + F_2 = \pi R T \left\{ \frac{4m}{m+1} - \left(\frac{m-1}{m+1} \right)^2 \frac{r}{R} \right\}$$

第1図 接触2球の水膜による付着力

Fig. 1 Adhesive force due to moisture between contact particles

します。この電子雲の移動、偏在により部分的に電子密度が異なる場所が生じ、プラスとマイナスが発生します（相極子）。このような状態の分子どうしが接近すると、＋と－の部分でお互い引張り合います。これを分子間力と呼んでいます。van der Waals力の大きさは物質を構成する電子状態で決まる力であり、ハマカー定数を用いて表され、物質によりそれぞれ異なります。

1. 2 静電引力

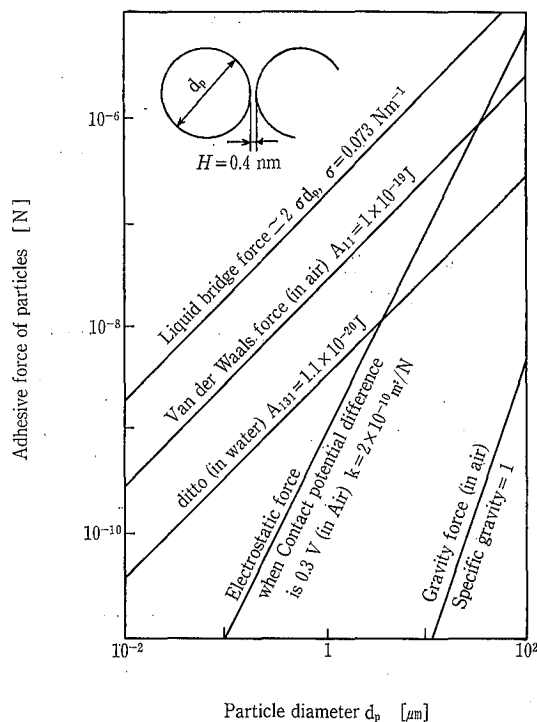
ある粒子が σ という電荷密度を持ち帯電していたとすると、帯電した粒子どうしが接近した場合、粒子間に静電引力（クーロン力）が働きます（過剰電荷付着力）。また化学ポテンシャルの異なる粒子が接触したとすると、接触面のところで片方から他方へ化学ポテンシャルが一致するように電子が移動します。流れた粒子は＋になり流れ込んだ粒子の方は－になります。その電位差が静電引力となります（接触静電付着力）。さらに＋の電荷を持っている粒子が帯電していない壁の近傍に来たとき、壁に引っ張られることがあります。これはあたかも壁にマイナスに帯電した粒子があるような効果が働き、粒子は壁に付着します（映像電荷付着力）。このように片方が電荷を持っていない場合でも静電引力は働き、粒子の付着の原因となります。

1. 3 液架橋力

第1図のように大粒子と小粒子が接触している場合、接触部分近傍の非常に狭いギャップは毛管を形成します。毛管は負圧を生じ、粒子の表面に吸着している大気中の水分が引っ張られます（毛管現象）。毛管のところで凝縮し形成された液膜の毛管負圧と、液の表面張力で縮もうとする力とで粒子どうしが付着します。付着力の大きさは負圧による力と表面張力との和で表されます。第2図は粒子径 d_p と粒子間付着力 F の関係を表したものです。静電引力、van der Waals力、液架橋力の順に大きくなり、液架橋力はvan der Waals力よりも1オーダー高い値を示しています。

2. 付着力の制御

このような付着力をコントロールする方法について次に説明します。



第2図 付着力の大きさ

Fig. 2 Strength of adhesive force

2. 1 van der Waals力

物質に固有の力であり、一般に分子間引力の大きさを変えることは難しいのですが、粒子の表面のエネルギー、すなわち表面にできた物質のハマカー定数を変えることによって van der Waals力をコントロールすることができます。例えば、付着しやすい粒子の表面エネルギーを低下させるような物質をコーティングする、また吸着分子を水よりもエネルギーの小さいアルコールなどの物質に変えてやることで van der Waals力は小さくすることができます。

2. 2 静電引力

静電引力を小さくするには、表面処理などで接触電位差を小さくする方向にコーティングする方法があります。また粒子の接触面積が大きいほど静電引力による付着力が大きくなるので、粒子の表面を硬くすることで接触面積を小さくしたり、粗くすることで接触点の曲率を小さくする方法もあります。また粒子に吸着した水分子の量を多くすることで電気抵抗を小さくし、粒子表面にたまっていた電荷の漏洩を容易にしてやるなどの方法があります。

2. 3 液架橋力

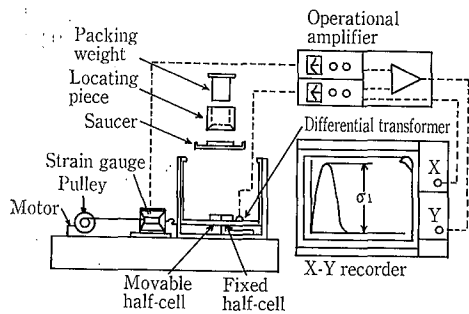
粒子表面に吸着している液分子の種類や量を制御することで液架橋力はコントロールすることができます。この液架橋力は付着力の中で最も大きいので、この力を制御できれば付着力はかなり制御できると考えられます。

次に吸着分子の量および種類を変えることが、粉体の付着力と気相分散性にどの程度、効果があるかを説明します。

3. 吸着分子による付着力の変化

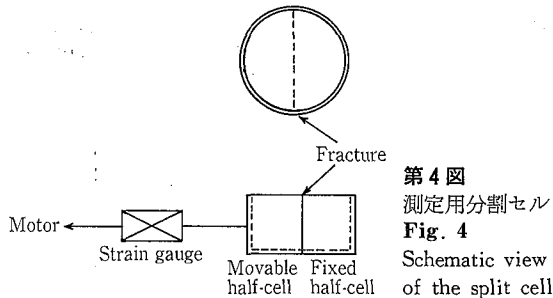
1) 付着力測定装置

実験に用いた付着力の測定装置の構造を第3図に示します。第4図に示したような測定用セル（二分割セル）に試



第3図 吊り下げ式引張り破断装置

Fig. 3 Diagram of split cell type tensile strength tester



第4図
測定用分割セル
Fig. 4
Schematic view
of the split cell

第3表 分散助剤の物性値

Table 3 Physical properties of dispersing aids (at 20°C)

	Water (H ₂ O)	Ethanol (C ₂ H ₅ OH)	Acetone (CH ₃ COCH ₃)
M. P. [°C]	0.0	-114.3	-94.2
B. P. [°C]	100.0	78.4	56.2
Vapor pressure [mmHg]	17.5	44.0	179.6
Surface tension [dyne/cm]	72.8	22.6	22.5

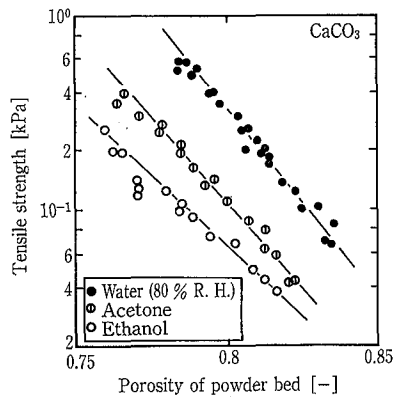
料粉体を充填し、このセルの片方を固定し、片方の可動セルをモーターで水平方向に引っ張ります。粉体層が破断するときの応力を測定し、破断力から逆算することによって粒子どうしの付着力を測定することができます。二分割セルは内径50 mm、深さ20 mmで破断時の粉体層がすべるのを防止するためにセル底面に珪砂が貼りつけてあります。可動セルは2 mm/min の速度で水平方向に引張られ、そのときに生ずる応力をコイルで平行に支持されたストレインゲージで、またセルの変位を作動トランスで測定します。

2) 試料および調整方法

試料粉体として重炭酸カルシウムの微粉(重量50%径: 0.6 μm)を、分散助剤には水、エタノール、アセトンの各種蒸気を用いました。第3表に各分散助剤の20°Cにおける物性値を示します。試料を密閉箱の中に入れて所定の蒸気圧の各分散助剤を含む窒素ガスを連続通気して、粒子に吸着している水分子を分散助剤分子と置換処理します。

3) 測定結果および考察

各種分散助剤でこのような処理をした粉体の付着力を比較します。第5図に粉体層の空隙率と、付着力に相当する粉体層を割るときに必要な力をプロットしたものを示します。空隙率が大きくなるほど粒子同士の接触点が少ないので、破断に必要な力は小さくなります。水分子を吸着させたものとエタノールを吸着させたものを比較すると、エタノールを吸着させたほうが水の約1/3と小さい値を示しています。これは第3表に示しましたエタノールの表面張

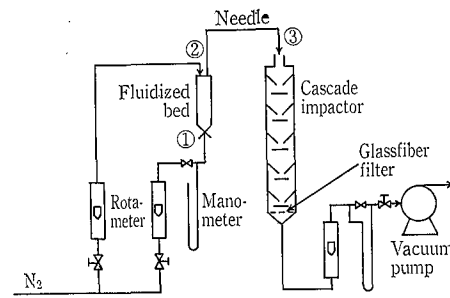


第5図

各種助剤で調整された炭酸カルシウムの破断強さ

Fig. 5

Tensile strength of the limestone powder exposed to various solvents



第6図 分散試験装置

Fig. 6 Schematic diagram of the dispersion experiment

力の値が水の約1/3になっていることと良く一致しており、表面張力が粒子間付着力の発生機構に大きく関与していることを示しています。しかし、同程度の表面張力を持つエタノールとアセトンで熟成した試料でも、付着力には差異が認められ、表面張力だけでなく粒子接触点における凝縮量(吸着量)といったものも関与しているものと思われます。

4. 付着力と分散性の関係

一般に気相中では粒子は数十個、数百個の凝集粒子になっています。この凝集粒子を一個、一個バラバラに分散させるのに必要な力は、付着力とリニアな関係にあることが予想されます。そこで粒子の分散性と付着力の関係を実験によって考察してみます。

1) 気相分散試験装置

第6図に分散試験装置の概略を示します。振動流動層(内径20 mm、高さ200 mm、分散板は孔径100 μmの多孔質ガラス焼結板)を用い、これに分散助剤で調整した試料粉体を入れ、下からドライの窒素ガスに分散助剤を含めたガスを吹き込むことで粒子を流動させ、凝集粒子を発塵させます。さらに過剰ガスを送り込み、浮遊した粒子を1 μm程度の細いパイプ(ニードル)の中に約20 cm程度通過させます。ニードルの中で粒子を含んだ気流は、100 m/secから200 m/secの非常に高速になり、凝集粒子は高速の気流から剪断作用を受け分散されます。細管の径を変えるか、缶内の気流速度を変え、気流の分散作用の大きさを変化させることで種々の分散状態の粉塵が出てきます。その凝集粒子の粒度分布をスリット型カスケードインパクト(CI-50; 島津、特注8段)で測定し、エタノール、アセトン、水で調整した粒子の分散状態を観測しました。

2) 測定結果および考察

第7図はエタノールで熟成した凝集粉体を分散させ、ニ

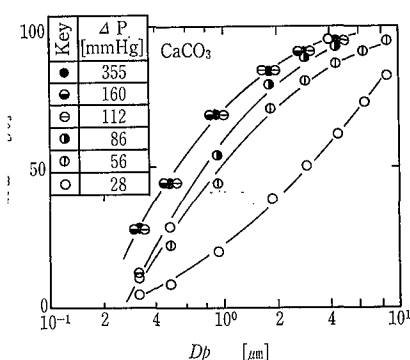


Fig. 7 Size distribution of the limestone particles dispersed by needles (Limestone powder aged under ethanol vapor atmosphere)

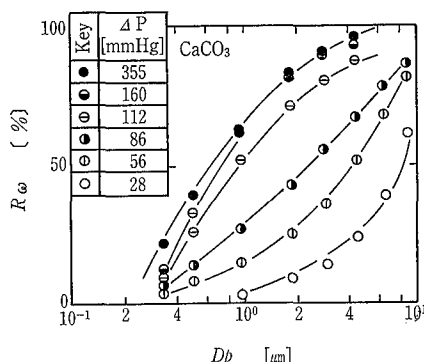


Fig. 8 Size distribution of the limestone particles dispersed by needles (Limestone powder aged under 80% relative humidity)

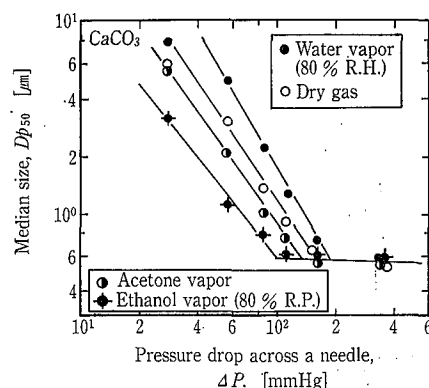


Fig. 9 Change in mean size of the limestone powder with total gas pressure drop across a needle

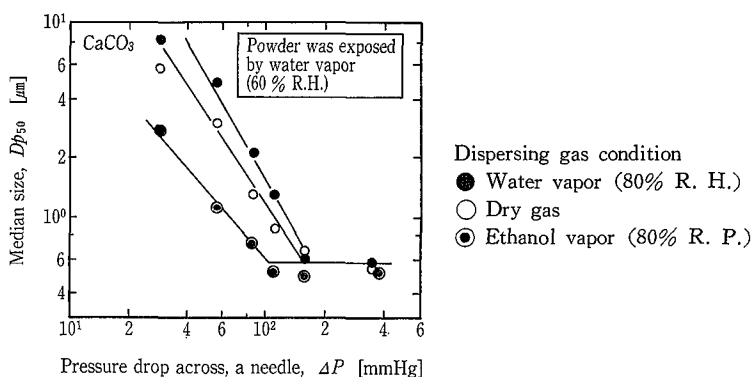


Fig. 10 Change in mean size of the limestone powder with total gas pressure drop across a needle (water vapor matured particles dispersed by various dispersing agents)

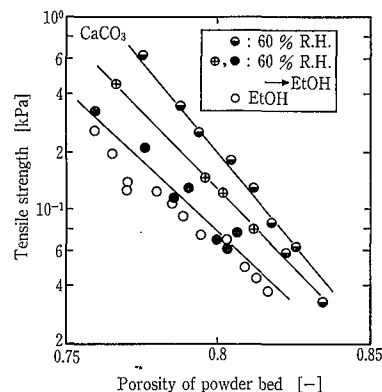


Fig. 11 Tensile strength for the limestone powder after fluidized by ethanol atmospheric gas

ードルから出てきたものの粒度分布です。図中の ΔP はニードルを通過するときのガスの圧力分布であり、圧力分布が大きいくほど気流の分散作用は大きく、凝集粒子はより小さな粒子に分散されていることがわかります。エタノールで調整した粉塵の場合、 ΔP が 112 mmHg 以上になると粒度分布に変化がなくなります。これは凝集粒子がこれ以上小さくならない一次粒子まで完全に分散されたことを表しています。しかし、同じように水蒸気で調整した場合、 ΔP が 160 mmHg でも完全には分散されていません (第 3 図)。そこで、分散結果を比較するために粒度分布より得られた 50% 粒子径を、 ΔP に対してプロットし直すと第 9 図のようになります。水蒸気熟成粒子の場合には、 ΔP 200 mmHg 以上の分散力を作用させないと、1 次粒子にまで分散しませんが、エタノール熟成粒子では約 100 mmHg で分散していることがわかります。付着力が強ければ分散に必要な力も大きくなりますが、水蒸気の場合はエタノールより約 2 倍以上の力を加えないと粒子が分散しないことがわかります。付着凝集性の強い粉体でも、表面の吸着分子を覚えて付着力をコントロールすることで分散性が向上することが可能であることを示しています。

次に、相対湿度 60% の水蒸気で 1 週間調整した試料を、水を含んだガス、水を含まないドライなガス、エタノールを含んだガスの雰囲気中で流動させ、細管分散させた結果を第 10 図に示します。特にエタノール雰囲気ガスで 5 分程度分散させた場合、試料が 60% 相対水蒸気で 1 週間以上も熟成されたものにもかかわらず、第 9 図に示すエタノールで

調整した試料と同じ程度の分散性の良さを示しています。付着力を測定しても同じ結果となり、エタノールで 1 週間熟成したものとはほぼ同じ程度まで付着力が減少することが認められました。(第 11 図)

しかし、5 分程度でエタノール分子が、粒子表面に吸着していた水分子と完全に入れ替わるとは考えられません。水とエタノール 40% 程度の混合液の表面張力は純水の $\frac{1}{2}$ 程度にまで減少し、純エタノールの表面張力と同程度になることから、かなりのエタノール分子が粒子表面に吸着し、粒子間に形成されている架橋液は水とアルコールの混合液になっていることが推測されます。このことは、粉を扱う前に 5 分程度エタノール雰囲気ガスで流動させれば分散性は向上することが認められ、現場作業においても非常に有用であると考えられます。

むすび

適当な分散助剤で粒子表面を改質してやることにより、サブミクロン粒子のような付着・凝集性の強い粉体でも、気相中で一次粒子まで分散させることが可能であり、逆に造粒物、錠剤などを造る場合、表面張力の大きい分散助剤を吸着させるとよく固まるなどの効果が期待されます。講演では粒子表面の吸着分子の種類、量などをコントロールすることにより液架橋力による付着力は制御できることを示しました。しかし実際の粒子は形状も複雑で、表面の粗度もありまた種々の要因が複合して付着力が生じるので、微粒子の付着、分散性の制御技術の確立にはさらに理論的、実験的検討が必要です。

新しいライニングガラスの紹介

Introduction of New Glasses for Lining



(化)技術部 製品開発課
沢田 雅 光
Masamitsu Sawada

Two glasses for lining have newly developed by Shinko Pantec. One is the alkali corrosion resistant glass "NEW 4300", and the other is the wear-resistant crystallized glass "8500". The glass NEW 4300 is superior to the conventional alkali-corrosion resistant glass 4300 on total quality.

The crystallized glass 8500 which is able to be applied to the inside of vessel has high wear resistance. And its other mechanical and heat properties are also advanced.

In this report these new glasses are being introduced.

ま え が き

ガラスライニングは大型でかつ複雑な構造物に対し、化学的に安定なガラスを複合化できる技術として多用されているが、常により高性能なライニングガラスが要求されている。ライニングガラスとして用いられるガラスは、多くの酸性成分から構成される材料であるために、酸性の腐食環境に対しては極めて安定した特性を示すことが知られている。ところが、最近ではアルカリ性あるいはアルカリ性と酸性交互の環境で使用されるケースが多くなり、アルカリ性溶液に対し寿命の長いガラスが要求されるようになってきた。

当社ではこのようなニーズに、今までは耐アルカリ性ガラス4300で対応してきたが、このたびこの4300を更に改良した「NEW4300」を開発した。

一方、粉体や結晶体を含んだ腐食液の反応缶などに用いるため、化学的に安定でかつ耐摩耗性に優れたガラスに対するニーズもある。反応缶中の粉体や結晶体は、攪拌により攪拌翼や缶壁に衝突を繰り返しライニング材を摩耗させる。その摩耗量はメディアの材質により異なった傾向を示すことがあるので、一義的に決められないが、一般的には硬度の高い材料ほど耐摩耗性に優れるとされている。当社においては、結晶化ガラスは主に耐衝撃用としてライニングしてきたが、このたび結晶化ガラスの高硬度に着目し、耐摩耗性結晶化ガラス「8500」を施工した機器の開発に成功した。

これら新しいライニングガラス「NEW4300」と「8500」について次に紹介する。

1. 耐アルカリ性ガラス「NEW4300」

1.1 NEW4300の特長

ガラスの耐アルカリ性に関しては GRC (Glass Fiber Reinforced Concrete, ガラス繊維強化コンクリート) 関連の研究に多くみうけられる。例えば、牧島¹⁾ は耐アルカリ性に富むガラスとして、21 wt%ZrO₂ 含有ガラス、SnO₂-ZrO₂含有ガラス、ZrO₂-SiO₂ 系ガラスおよび Al₂O₃-ZrO₂-SiO₂ 系ガラスといった主に ZrO₂ で耐アルカリ性を向上させたガラス、TiO₂ を多く含むことが特長の BaO-TiO₂-SiO₂ 系ガラス、および MnO と FeO で耐アルカリ性の向上を図った Na₂O-FeO-MnO-SiO₂ 系ガラスなどを

紹介し、新たに Y₂O₃, La₂O, TiO₂ アルミノケイ酸塩ガラスを開発している。当社の旧耐アルカリ性ガラス4300は ZrO₂ を含む多成分系のガラスに属する。

これら ZrO₂ 含有ガラスの耐アルカリ性機構は、アルカリ溶液中への ZrO₂ 水酸化物の溶解度が低いことによると考えられている。越崎ら^{2),3)} は、初期腐食の段階でガラス表面に析出した ZrO₂ 水酸化物が、アルカリ溶液による腐食を必ずしも抑制するものではなく、第1段階は全溶解・析出という反応律速であるが、第2段階では Zr リッチ層中への Si の拡散が律速となり、この層の組成はほぼ (Si_{1-x} Zr_x) O₂ (x=0.6~0.7) に相当するとしている。すなわち、ガラス中あるいは水酸化物中のジルコニウムの陽イオンの存在が、腐食液中の陽イオンのアタックを抑制していると考えられる⁴⁾。

ライニングガラスの耐食機構を考えると、粒界の存在は無視できない。通常ライニングガラスは1000℃以上の高温で溶解され均質なガラスとして得られるが、ライニングするときは、粉碎されたガラスを800~900℃という溶解温度より低い温度で焼成するために、軟化した粒子同士が表面で融着し、連続面を形成するものであり、完全に融合した均質なガラス面とはいいたいがたい。粒子と粒子の間にはガラス中から拡散したアルカリイオンや、粘薬に含まれるミル添加物、閉鎖された空間などが作る泡などが存在し、いわゆる粒界が形成されている。この粒界部はバルクのガラス組成に比べ、化学的に不安定なガラス層になっていると予想され、選択的に腐食されると考えられる。NEW4300は、この粒界に化学的および熱的に安定な材料を配することで全体に均質で、かつ泡を減少させ、選択的腐食を減少させたライニングガラスである。

1.2 性能

NEW4300の耐食性を、当社の標準ガラス9000および従来の耐アルカリガラス4300と比較して第1表に示す。これらの数値は、JISおよびISOの規格に準拠した耐食試験後の腐食減量の比で、ガラス9000の耐酸性を100として表示されている。この表から明らかなように、耐アルカリ性ガラスNEW4300は、従来の耐アルカリ性ガラス4300に比べ、耐アルカリ性は同等である。腐食減量は同等であってもそれらの腐食後の状況は大きく異なる。アルカリ腐食

第 1 表 耐食性の比較

Table 1 The comparison of corrosion resistance
(These values mean the ratio of weight loss by corrosion.)

	Acid* ¹	Water* ²	Alkali* ³
Standard glass 9000	100	25	500
Conventional glass 4300	350	150	250
NEW4300	200	75	225

*¹: 20 % HCl, boiling point, vapor phase.

*²: Pure water, boiling point, vapor phase.

*³: 4 % NaOH, 80 °C, liquid phase.

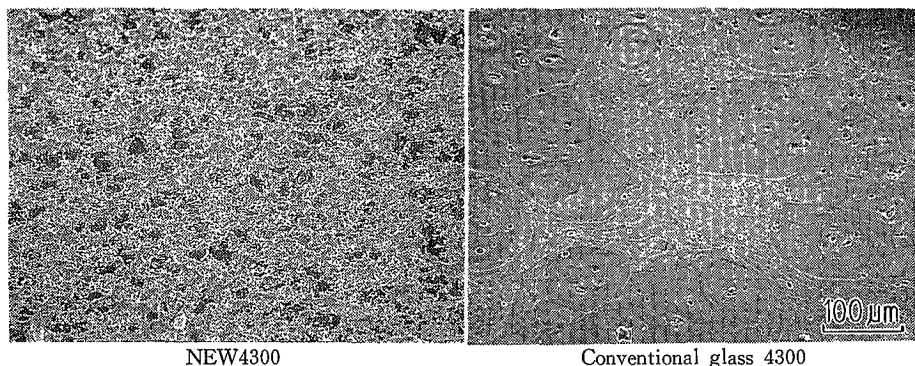
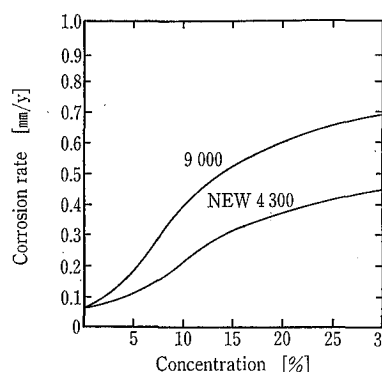
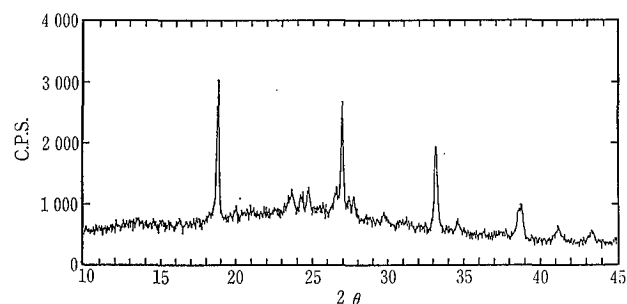


写真 1 アルカリ腐食試験後のガラス表面

Photo. 1 The glass surfaces after alkali-corrosion test



第 1 図
苛性ソーダの濃度と年間腐食率の関係
Fig. 1
The relation between concentration of sodium hydroxide and yearly corrosion rate of glass



第 2 図 結晶化ガラス8500のX線解析プロフィール

Fig. 2 The X-ray diffraction pattern of crystallized glass 8500

試験後のガラス表面の走査電子顕微鏡写真を写真 1 に示す。ガラス 4300 はピット状および部分的な円形状の腐食形態であるのに対し、NEW4300 は均一に腐食され、ガラス表面が粒界を含め全体に均質であることを明白に表している。前述したような粒界部の調整によりガラス面全体を均質化して、選択的な腐食を防止して寿命の延長を図っている。NEW4300 の、苛性ソーダの濃度と年間腐食率の関係を第 1 図に示す。

またライニングガラスに欠かせない性能に熱安定性がある。ガラスはライニングされる段階で何度も高温下にさらされるので、非晶質であるガラス中に結晶が析出する場合がある。結晶の析出は、熔融軟化性を低下させて滑らかなガラス面の形成を阻害するばかりでなく、ガラス成分の偏析を起こさせ化学的安定性を損なう結果にもなる。NEW4300 はこの点についても考慮して開発されたガラスであり、総合的に品質の向上が図られている。

1. 3 用途

従来の 4300 同様、軟鋼を母材とする全てのガラスライニ

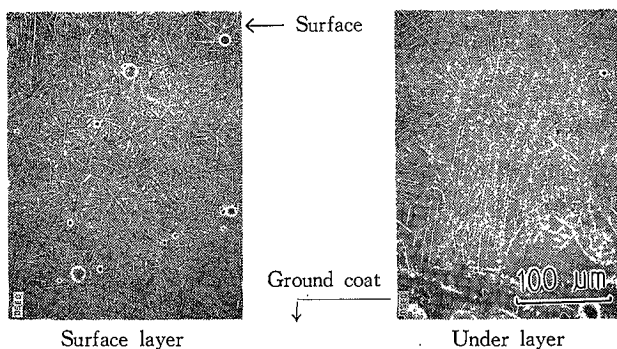


写真 2 結晶化ガラス8500の結晶分布状態(断面) :

Photo. 2 The distribution of crystallines in crystallized glass 8500 (Cross section)

ング機器に適用される。特に、アルカリによる腐食の厳しい使用条件下で有効と考える。但しガラスであるが故に、アルカリに対して完全耐食を示すということではなく、現有のライニングガラスに比べればより高い耐食性を有するということである。耐食に対する目安の一例として苛性ソーダ溶液の場合、濃度 4 % で 80 °C であれば 5 年以上の使用に耐えられる。同温度で 10 % になると約 3 年の寿命と推定される。

2. 耐摩耗性結晶化ガラス「8500」

2. 1 結晶化ガラス8500の特長

この結晶化ガラスは第 2 図の X 線解析のプロフィールに示されるような針状の SiO₂ 系結晶体を多く含有し、そのライニング層中での分布は写真 2 から明らかなように、表層から下層に至るまで均一である。さらに最表層においては、結晶が表面から層内に配向している様子が観察される。

近年結晶化ガラスより成る製品が多くみられるが、それぞれに多くの製造上の問題点が克服されている。ガラスライニングについては、塗布された粉末を焼成軟化させて金属上に連続膜を形成する方法が一般的であるが、結晶化ガラスの場合、粉末状態の時に結晶化を起こしやすい。また坯体は熱容量が大きく、形状が複雑なので部分的な結晶化が起こり、均一に平滑な焼成面を得るのは難しい。結晶化ガラス 8500 は、新しい焼成技術とガラス設計によりこれらの問題点が解決されている。

2. 2 性能

結晶化ガラス 8500 とガラス 9000 について、3 種類の方法で摩耗試験を行ったので、その結果を第 3 図に示す。図中

第2表 結晶化ガラス8500の耐食性

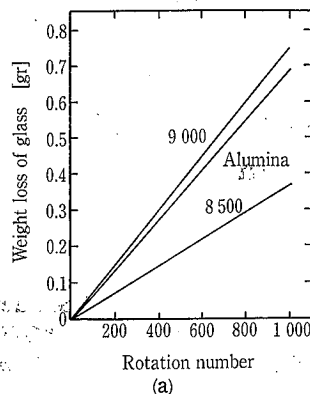
Table 2 The corrosion resistance of crystallized glass 8500 (These values mean the ratio of weight loss by corrosion.)

	Acid*1	Water*2	Alkali*3
Standard glass 9000	100	100	100
Conventional glass 5300	800	3 300	300
Crystallized glass 8500	1 400	160	1 400

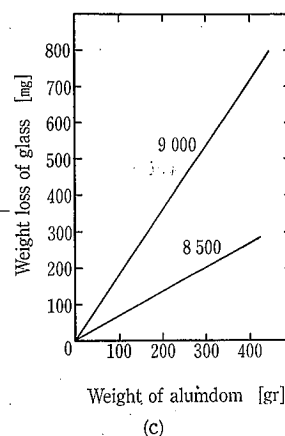
*1: 20% HCl, boiling point, vapor phase.

*2: Pure water, boiling point, vapor phase.

*3: 4% NaOH, 80°C, liquid phase.



	Weight loss (mg)	8500	9000
Alumina (<44 μm)	133	204	
Carbon (100 m. P)	4	1	
SiC (#800)	494	1 032	
SiC (#350)	499	1 082	
SiC (#240)	433	1 003	
Silica (<44 μm)	158	278	
Zirconia (<44 μm)	16	5	
Fluorite (<44 μm)	4	3	



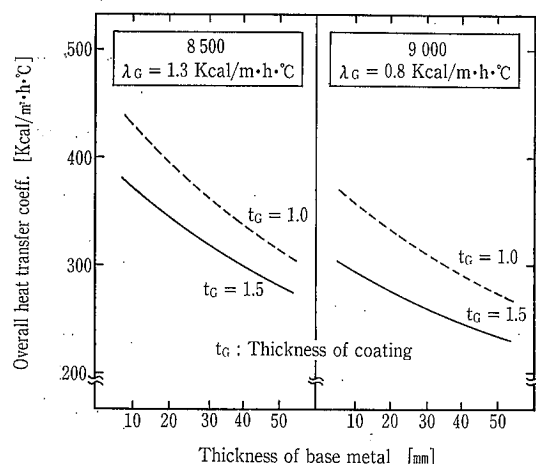
第3図 摩耗試験の結果

Fig. 3 The results of abrasion tests

(a) Taber-abrasion method, wheel [H-18]

(b) P. E. I. (ASTM-C-448), 5/32" SUS ball, 3Hrs

(c) ACT-JP (sand blasting)



第4図 総括伝熱係数

Fig. 4 Overall heat transfer coefficient

(Film coefficients

$\alpha_1, \alpha_0 = 1 500 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ Thermal conductivity of base metal $\lambda_{cs} = 46 \text{ Kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)

(a)はテーバー式摩耗試験機(砥石を回転する供試体表面に押し付けて摩耗させる方法)でホイール「H-18」, 荷重1000 grによる。(b)はP. E. I. のASTM-C-448に準拠し, 5/32" ステンレス球と各種粉体により3hr 摩耗させた。(c)は溶射皮膜の評価法で知られるACT-JP法(アランダム製研削材を供試体表面に吹き付けて摩耗させる方法)による。

3種類の試験法いずれにおいても結晶化ガラス8500は, ガラス9000に比べ2~3倍耐摩耗性に優れる結果が得られた。(a)の方法では市販のアルミナ焼結板の約半分の摩耗減量であった。(b)の方法からは摩耗量が多い場合にガラス8500のほうがガラス9000に比べ優る傾向にある。

摩耗試験に類する試験法として引っ掻き試験がある。表面性測定機(HEIDON-14型)による引っ掻き試験の結果, ガラス9000が150 grの荷重で傷が発生するのにに対し, ガラス8500は250 grまで耐える。

その他ガラス8500の耐衝撃強度を当社標準の落球衝撃試験により調べた。その結果, ガラス9000の約7倍, 結晶化ガラス8100の約2倍の耐衝撃強度である。

またショア硬度および耐熱衝撃性はガラス9000に比べ約10%優れている。

結晶化ガラスの強度以外の特長として熱伝導率の向上が挙げられる。ガラス単体でガラス9000が0.8 kcal/m²·h·°Cであるのに対し, ガラス8500は1.3 kcal/m²·h·°Cと大きい。母材厚みを考慮した総括伝熱係数を第4図に示す。境膜係数を内側・外側共に1500 kcal/m²·h·°C, 母材の熱伝導率を46 kcal/m²·h·°Cとした時の, ガラス厚み1.0 mmおよび1.5 mmの場合の総括伝熱係数を算出した。この図から総括伝熱係数はガラス8500の方が, ガラス9000に比べて約20%大きいことが知られる。但し, 伝熱を考慮する場合と耐摩耗性を考慮する場合とは, ガラス厚みは逆の効果をもたらすものであり注意を要する。

耐摩耗性結晶化ガラス8500の耐食性を, 標準ガラス9000の各液による腐食減量を100とした時の減量比で第2表に示す。結晶化ガラスは結晶の析出に伴いガラス成分の偏析が起こるため, 化学的耐久性の低下は避けられない。例外なくガラス8500の耐食性もガラス9000に比べれば劣る結果になっている。しかし旧標準ガラス5300と比較すれば耐水性が優れており, 中性域の内容物に対しては十分使用に耐えられるものと考えている。

2.3 用途

当社標準のガラスライニング機器に適用することができるが, 標準以外の機器については, 別途相談させて頂くものとする。

むすび

このたび, 耐アルカリ性ガラスNEW4300と, 耐摩耗性結晶化ガラス8500の2種類の新しいライニングガラスを紹介したが, これらのガラスがユーザ各位に満足して使用されることを期待するとともに, ガラスの大きな特長である成分設計の自由度の広さを生かして, 今後も広範なニーズに対応できるライニングガラスの開発を鋭意推進する所存である。

【参考文献】

- 1) 牧島; 工業材料, Vol. 29, No. 6, (1981) p. 85
- 2) 越崎; 窯業協会誌, Vol. 94, No. 5, (1986) p. 521
- 3) A. Makishima; J. Am. Ceram. Soc., Vol. 66, No. 88, (1983) C-139
- 4) 山添; 神鋼パンテック技報, Vol. 35, No. 1, (1991) p. 26

密着力 5 倍のグラスライニング機器の補修技術 G-Fine RS

The 5-fold Adhesive Repair Glass "G-Fine RS" for Glass Lined Equipment



技術開発本部
原 龍 雄
Tatsuo Hara

The new metal fiber reinforce glass coating: "G-Fine RS" has been developed for the purpose of increasing the performance of the local repairing technique "G-Fine R" for glass-lined equipment, by impregnating metal-alkoxide solution into the metal web already welded to the damaged part. "G-Fine RS" makes the adhesion of repair glass layer to steel substrate five-fold stronger than that of conventional technology.

ま え が き

ゾル・ゲル法によるグラスライニング機器のガラス層の現地局部補修技術 G-Fine R の性能向上を目的として、研究開発を進めてきたが、このたび繊維強化複合法により鉄生地との密着力を従来より約5倍に改良した『G-Fine RS』を開発したので紹介する。

1. 『G-Fine RS』とは？

『G-Fine RS』は、ガラスの破損箇所に露出した鉄生地へ綿状の金属繊維を溶接接合した後、ゾル・ゲル法で調製した補修剤を充填する方法で、新しい繊維強化複合ガラスといえる。この技術により、補修ガラス層の鉄生地との密着力を従来より5倍にすることに成功した。また同時に、ゾル・ゲルプロセスにおける反応条件の最適化により補修ガラス層自体の耐薬品性も従来の G-Fine R の約5倍改良された。

第1図はその補修部断面の模式図で、鉄生地と接合した金属繊維素材の一種の絡み合いにより補修ガラス層が強化される様子がわかる。

2. 特長

主な特長を次に示す。

- (1) 現地で補修できるため、機器の解体や輸送が不要で、工場のシャットダウン期間が短縮される。
- (2) 従来のタンタル製のキャップで損傷箇所を覆う方法と異なり、ノズルネック部分やフランジのアール部など曲がった複雑箇所の補修が可能となり、また複修部の突起がないため内容物の付着が少ない。

- (3) 繊維強化複合の技術により、従来より鉄生地との密着力が5倍になった。

- (4) ガラス質であるため、補修部周辺の正常なライニングガラス層と同程度の耐熱性がある。

- (5) 従来のエポキシ樹脂製の補修剤のように有機溶剤によって劣化しない。

なお、ゾル・ゲル法とは有機薬品の原料からガラスを作る方法で、室温または 500 °C など各合成温度でガラスができるという新しい製法で、温度が高いほど強いガラスができるとされている。しかし前回報告したとおり、ライニングガラス層は、再度加熱した際、第2図に示したように 350 °C 付近を越える温度になると、鉄生地から引張り応力を受ける。補修する際に局部的な加熱を行うと、クラックが生じる可能性があるため、補修施工温度は 300 °C としている。従って、300 °C という制約された条件下で合成したガラスの耐薬品性をより向上させることが今後の課題である。

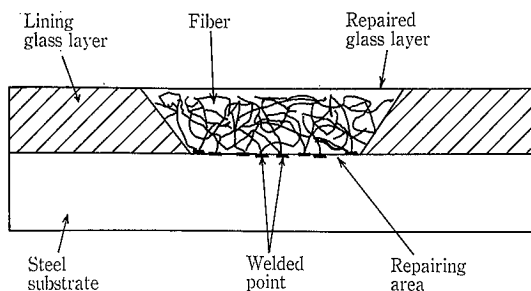
3. G-Fine RS の性能試験結果

第1表に各種性能試験の条件と結果をまとめた。

3. 1 耐機械的衝撃性

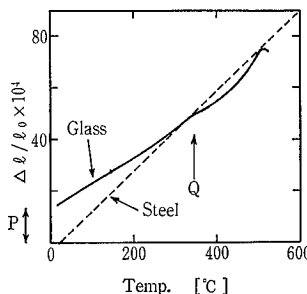
J I S R4201 に鉄生地との密着性を評価する試験として、落球試験が規定されている。G-Fine RS の密着力は従来の繊維なしの場合と比較して、約5倍向上している。

最近では、工場におけるメンテナンスの重要性が再確認されている中で特に、高分子化学工業のプラントにおいては、高圧水洗浄作業が多く使われる。これは、高圧にした水をノズルなどから勢いよく噴出してグラスライニング製反応器の内壁に付着した残留物を洗浄除去する作業であ



第1図 『G-Fine RS』の断面モデル

Fig. 1 The cross section model of the "G-Fine RS".



第2図
ガラスと鉄 (SS400) の熱膨張
曲線
P; 残留圧縮歪,
Q; 無歪温度

Fig. 2
The thermal expansion curves of
lining glass and steel (SS400).
P; Residual compressive strain,
Q; Lower no strain temperature.

第 1 表 『G-Fine RS』の各種性能試験結果

Table 1 Results of various performance test of "G-Fine RS".

Items	Specimens	Procedure and condition	Results	Notes
Adhesion test	Substrate : SS400 6" × 80 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5'	Dropping a steel-ball vertically. Ball weight ; ~ 200 gr Ball size ; φ 36.51 mm (JIS R 4201)	Height of dropping = 0.45 m ; no exfoliation (pass of JIS R 4201) Height of dropping = 1.0 m ; no exfoliation (upper limit of conventional 'G-Fine R') Height of dropping = 5.0 m ; no exfoliation → Small chipping of glass layer was observed at dropping spot. (upper limit of "G-Fine RS")	Fe-ion was not detected by the Ferro-oxyl method (JIS H 8617) before and after ball impact test under condition up to 5 m.
Waterjet resistance test	Substrate : SS400 3' × φ 110 mm Thickness of glass layer : ~ 1.2'	Nozzle size ; φ 2.0 mm Nozzle distance ; 1 m Operation time ; 1 min	Water pressure ; 13 MPa → "G-Fine RS" ; no exfoliation, small chipping of glass layer was observed. → Conventional 'G-Fine R' ; Exfoliation (upper limit) Water pressure ; 30 MPa → Lining glass layer ; No exfoliation	Using by Jet cleaning apparatus made by Kansai Clean Co.
Abrasion resistance test	Substrate : SS400 3' × φ 110 mm Thickness of glass layer : ~ 1.2'	Abrasive medium ; St. plate glass Operation time ; 1 hr (ASTM C 448)	Weight loss ratio ; "G-Fine RS" = 5 Lining glass layer = 1	Using by PEI Abrasion Tester.
Thermal shock test	Substrate : SS400 6" × 80 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5'	Quenching of specimens from high temperature oven into cold water. (JIS R 4201)	ΔT = 373K → No exfoliation (pass of JIS R 4201) ΔT = 573K → No exfoliation (upper limit) ΔT = 623K → "G-Fine RS" ; No exfoliation → Some crack of glass layer was observed. → Conventional 'G-Fine R' ; glass loss.	Fe-ion was not detected by the Ferro-oxyl method (JIS H 8617) before and after test under condition up to 573K.
Thermal cycle test	Substrate : SS400 3' × 100 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5'	Interval corrosion test of water vapor (373K) at intervals of 5 hrs.	No exfoliation was observed for half year.	The apparatus was used by JIS R 4201.
Penetration test	Substrate : SS400 3' × 100 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5'	Detecting of Fe-ion from SS400 soaked in HCl solution. (353K, pH = 2)	Fe-ion was not detected for half year.	The apparatus was used by JIS R 4201.
Corrosion resistance test	Substrate : SS400 φ 8 × 60 Lmm Thickness of glass layer : ~ 0.5'	Water vapor (373K) HCl solution (373K, pH= 1) NaOH solution (353K, pH= 12) Toluene (353K) Ethyl alcohol (b.p.) Mixed solution (353K) (C ₂ H ₅ OH/H ₂ O=3/7, wt)	Average corrosion rate by mm/year : = 0.1 = 0.25 = 0.4 = < 0.02 = < 0.02 = < 0.02	The apparatus was used by JIS R 4201.

る。この場合、補修した後に運転される化学反応器などで補修箇所がその水の衝撃力に耐えることが要求される。G-Fine RS の破壊前の限界水圧は、ライニングガラス層の3～4割程度であるが、ダメージの箇所が繊維なしの場合と比べ狭く、全面剥離がない。写真1に、その結果を示したが、G-Fine RS は、照射した箇所のみ(約φ1 mm) 損傷していることがわかる。

一方、ASTM C448に規定された摩耗テストは、研磨粉と鋼球をガラス面に接触した状態で機械的に振動させる苛酷な試験であるが、補修部はライニングガラスと比べ1/5とかなり低い。本結果から高圧水によるダメージは、その衝撃性以外に摩耗性の因子も含まれている。

3. 2 耐熱衝撃性

JIS R4201の熱衝撃試験では、300℃という結果が得られ、これは従来の G-Fine R と同等である。

3. 3 その他の試験結果

耐食性、浸透性および熱サイクル性については、前回同様に JIS R4201 規格に準じた、試験片と装置で行なっている。使用環境によって異なるが、沸騰水による標準テストでは前回報告の補修ガラスの約5倍である。

む す び

G-Fine RS は以上のような性能面での改良を達成したが、実際の施工期間が準備も含めて約3日間と長いことな

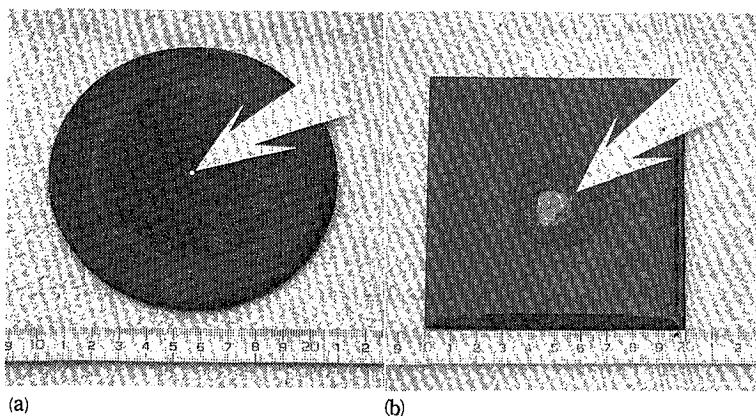


写真 1 高圧水洗浄による衝撃試験結果
(a) G-Fine RS,
(b) G-Fine R

Photo. 1 Appearance of the specimens after the water-jet resistance test.

どの課題もある。

しかし現地で補修できるため、機器の解体や輸送が不要であるため、シャットダウンの期間をできる限り短縮されるよう、継続的な研究開発に努めていくことが必要である。

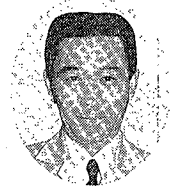
今後、過去当社が納入してきたグラスライニング製機器の現地サービス強化の一環として、従来のタンタル製キャップの使えない局面箇所や付着の激しい箇所の補修、および従来の樹脂では耐えない高温環境などの用途での適用を図っていきたい。

【参考文献】

- 1) 原ら, 神鋼ファウダー技報, Vol. 33, No. 2 (1989) p. 6.

最近の現地電解研磨

Field Electropolishing



神鋼パナテック・サービス(株)

桑 原 晴 彦

Haruhiko Kuwahara

Recently demands for electropolishing of stainless steel vessels, heat exchangers, piping and so on have been increasing, since the electropolishing gives distinguished smoothness and chemical stability to stainless steel surface. Similarly, demands for in-situ electropolishing work have been also increasing in both domestic and foreign market.

This paper describes the characteristics of electropolishing and the outline of in-situ electropolishing work.

ま え が き

近年電解研磨を施工することによるステンレス表面の平滑性、化学的安定性および洗浄性が注目され、反応缶、熱交換器、配管類を含めたステンレス製品への電解研磨の需要が増加している。それに伴い現地での電解研磨工事が増加の傾向にある。現地で電解研磨が施工できることにより、既設の缶体にも新缶と同様の効果が得られ、当社はこれまで30基以上の反応缶に現地施工を行っている。最近海外からの施工依頼も活発になってきている。

ここでは、電解研磨の特長および現地における電解研磨施工の概要について説明する。

電解研磨の概要

電解研磨とは電気化学的な反応に基づき、外部電流によって金属表面を溶解させ、平滑化および光沢化させる方法である。その基本的概念図を第1図に示す。

被研磨物を直流電流の陽極に接続し、それを電解液中で陰極と相対させ、所定の外部電流を流し、被研磨物表面の数ミクロンの高さの凹凸を除去することにより平滑・光沢化させる。干渉光を用いて分解能力以下の微小凹凸(0.01μ程度)を観察できる微分干渉顕微鏡を用いて、#320パフ、320パフ後の電解研磨および砥粒研磨(#1500の砥粒)と電解研磨を同時に行うME(複合電解研磨)法の3種類のそれぞれの表面を写真1~3に示す。また、走査型電子顕微鏡の原理を応用した、表面粗さ測定装置(エリオニクス社製E MM-3000)で測定した表面粗さのデータを第2~4図に示す。いずれも電解研磨の表面が平滑になっていることがわかる。

なお、電解液は被研磨物の種類により異なるが、当社ではオーステナイト系ステンレス鋼材を対象に、強酸系のものを使用している。

電解研磨の特長

1 生産性の向上

付着のメカニズムはまだ完全には解明されていないが、写真2に見られるように、電解研磨することによりステンレス表面が平滑化する。即ち理論表面積に近づくことでポリマーなどが付着しにくくなる。

ポリマーなどが付着した場合、定期的に運転を中断し除去することによる生産の機会得失は莫大なものとなってい

る。電解研磨を施工することにより、付着物除去のインターバルが長期化され、また仮に付着したとしても、高圧水などによる付着物の除去が容易になり、生産性と品質の両面で次のような効果が期待される。

1) 総括伝熱係数(U値)の安定化

ポリマーが付着することにより、本来直接熱エネルギーが伝達できていたものが、ポリマーを介して伝達されることになり、その分エネルギーのロスになる。付着しにくいということは、常に安定したU値が確保され、省エネルギーと高い生産効率を長期的に確保できる。

2) コンタミの防止による品質の安定化

近年品質管理が厳しくなっている。特にハイグレードな製品へ、缶壁に付着し変質したポリマーなどがコンタミとして混入した場合、製品のグレードを下げて販売するか、最悪の場合は製品を廃棄することにもなる。

3) 攪拌効率の安定化

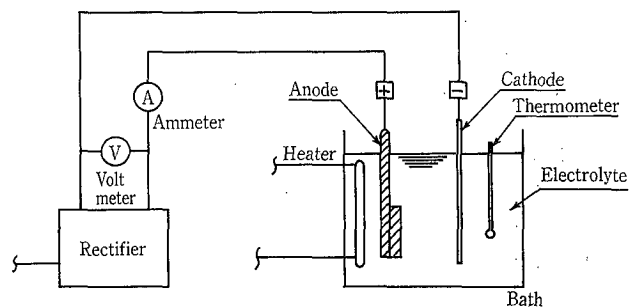
缶壁、攪拌翼、パッフルなどにポリマーなどが付着しにくいことは、攪拌効率の低下を未然に防止し、攪拌効率の安定化を図る。

4) 配管系の目詰まり防止

付着により徐々に配管の有効口径が狭くなり、当初の搬送能力が低下することがあるのに対し、電解研磨を施工することにより、長期間安定した口径の確保が期待できる。

2.2 サニタリー性による品質の安定化

食品、医・薬品工業にて使用される攪拌槽ではサニタリー性が要求され、機械研磨による鏡面仕上げが使用されて



第1図 電解研磨の概念図

Fig. 1 Schematic diagram of electropolishing

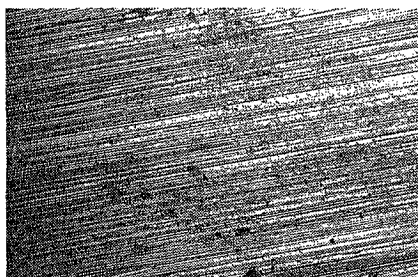


写真 1 #320機械研磨面
Photo. 1 #320 Mechanical polished surface
($\times 400$)

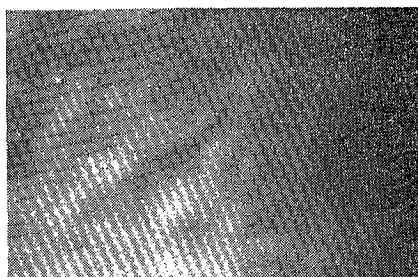


写真 2 電解研磨面 (EP-3)
Photo. 2 Electropolished surface (EP-3)
($\times 400$)

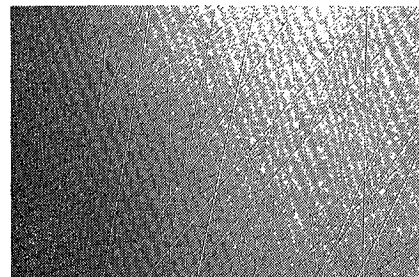
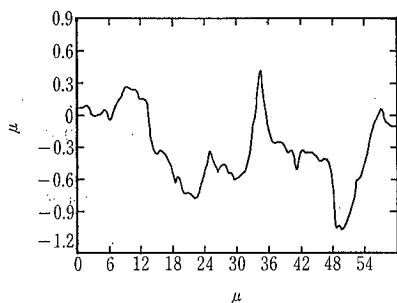
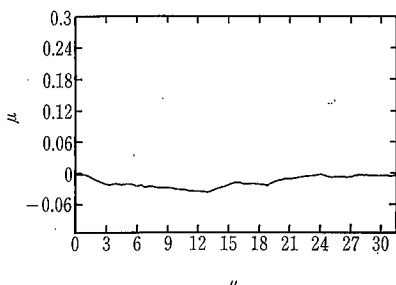


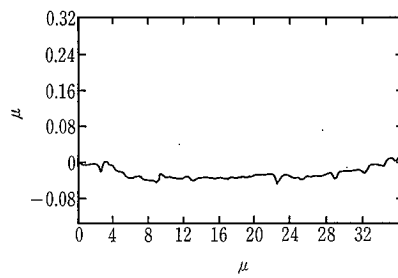
写真 3 ME法 (#1500) による研磨面
Photo. 3 Surface of ME method (#1500)
($\times 400$)



第2図 #320バフ面の表面粗さ
Fig. 2 Surface roughness of #320 buff



第3図 電解研磨面の表面粗さ (EP-3)
Fig. 3 Surface roughness of electro-polishing (EP-3)



第4図 ME法 (#1500) の表面粗さ
Fig. 4 Surface roughness of ME method (#1500)

いる。しかし、いかに鏡面に仕上げていても拡大してみれば写真1, 3に見られるように、機械研磨特有の微細な条痕がある。その条痕に噛み込んだ機械研磨時の砥粒が除去困難であったり、また条痕が雑菌の繁殖の場になることもあり、それらの洗浄による除去が問題となっている。電解研磨を施工することにより、機械研磨の砥粒が除去されると共に、条痕が無くなるので、洗浄が簡単に行えるようになる。

2. 3 化学的安定性

電解研磨を施工することにより化学的な安定性が得られ、更に第5図に見られるように耐応力腐食割れ性の改善も期待できる。

- (1) ステンレス表面がクロムリッチになることにより、第6, 7図のように鉄イオンの溶出が少なくなる。
- (2) 第1表にみられるように、機械研磨により発生する残留応力が除去される。

3. 現地電解研磨

3. 1 電解研磨施工における注意点

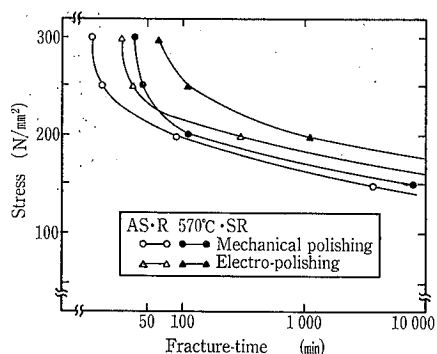
既に永年腐食環境で使用されているため、事前に母材や溶接部に対し(1)~(3)の項目を点検する必要がある。

第1表 X線による残留応力測定

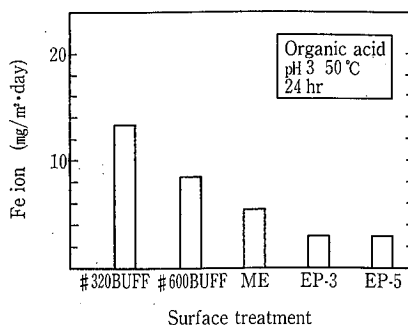
Table 1 Results of measured residual stress by X ray

Surface treatment	Residual stress (N/mm ²)	
	Parallel in line with buffing	At 90° to buffing
#150	290.3	-398.1
#150 + A C ¹⁾	94.1	-428.6
#150 + E P ²⁾ (EP-1)	-103.0	-191.2
#320	115.7	-383.4
#320 + A C	-66.7	-622.7
#320 + E P (EP-3)	-73.5	-220.6

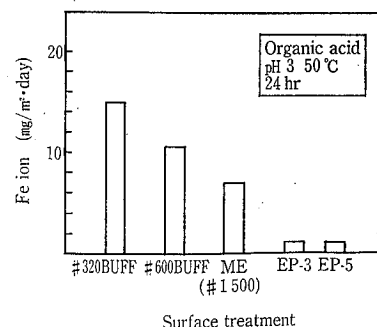
[Notes] 1) Pickling 2) Electro polishing



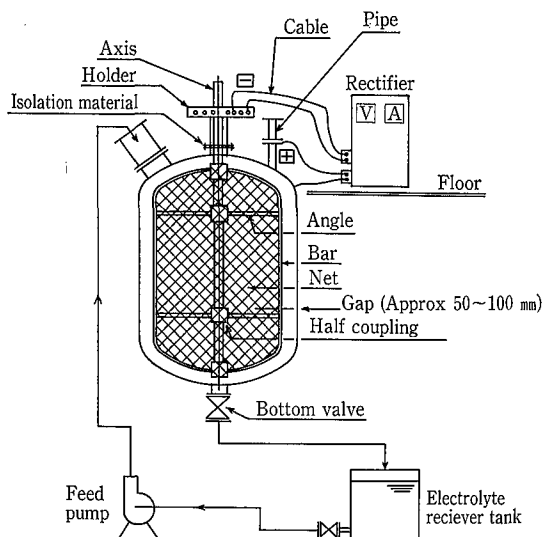
第5図 SUS304材における負荷応力-破断時間曲線 (測定値は3~5点の平均)
Fig. 5 Curve of stress-fracture time



第6図 SUS304の鉄溶出量
Fig. 6 Dissolved Fe ion of SUS304



第7図 SUS316の鉄溶出量
Fig. 7 Dissolved Fe ion of SUS316



第8図 ディップ法
Fig. 8 Dipping method

- (1) 母材に応力腐食割れ (S. C. C) のないこと。
- (2) 大きく深い打痕傷
- (3) 溶接線のブローホールなどの欠陥

(1)については電解研磨を施工することでS. C. Cが拡大する恐れがあるため、電解研磨の施工は好ましくない。(2)、(3)については深い傷の場合は溶接肉盛が必要であるが、0.5 mm以下の浅い傷は機械研磨で除去するのみで施工可能である。しかし傷の存在は工程に大幅な狂いが生じるので、事前の調査を十分に行うことが大切である。なお、電解研磨を施工することにより、非金属介在物が存在している部分が失光沢になる恐れがあるが、機械研磨が充分になされていれば化学的に安定していると考えられる。

3. 2 施工上の制約件条

いずれの方法も突起物や缶内部品など、電解研磨の電極を組み立てるうえで妨げになるものがあれば施工できない。原則として次の2点が必要である。

- 1) 缶内部品はすべて撤去する。

攪拌翼、パッフルなど缶内部品は、電解研磨が必要な場合は当社工場に持ち込み施工することができる。

- 2) パッフルサポート部以外は缶内に突起物のないこと。

パッフルサポート部は缶壁に溶接されており、部分的に電解研磨する治具があるので、切断は不要である。

3. 3 施工手順

現地電解研磨の施工手順を次に示す。缶内付着物の除去—缶内部品の撤去—機械搬入—機械研磨—検査—施工面の脱脂洗浄—電極組み立て—電解液入れ—電解研磨—電解液抜き—水洗—検査—電極解体—機材搬出

3. 4 電解研磨施工法

施工缶体の容量の大小によりディップ法とマット法の2方法がある。

- 1) ディップ法

容量6 m³未満の缶体、熱交換器などはディップ法で行う。施工法の概念を第8図に示す。上鏡を含め缶内全面の施工が可能であるが、上鏡は電解研磨施工時発生する泡(H₂ガス)の影響で白濁することがある。



写真4 ディップ法の実施例
Photo. 4 Example of dipping method

センターノズルに短管を取り付け中心に軸を入れる。その軸にアームを取り付け、アームの回りに金網を張り電極を完成させる。

缶体側を陽極、電極側を陰極になるようにケーブルを接続する。電解液を入れ、所定の電流を流して電解研磨を行う。ノズル内も電解液を満たし電解研磨を行う。写真4にディップ法の実施例を示す。

- 2) マット法

6 m³以上の缶体は原則的にマット法で行う。施工法の概念を第9図に示す。この図は胴部を電解研磨する場合であり、下鏡もほぼ同様の方法で行う。

缶体上部に回転および上下運動用の駆動装置を取り付け、その下部に中心軸を取り付ける。その軸にアームを取り付け、アームの先端に陰極(マット)2個を左右対称に取り付ける。アームと陰極は絶縁すると共に、缶壁と接触するようにスパン調整可能な機構となっている。ポンプで圧送された電解液は陰極部をシャワーリングし、下部ノズルから受槽に回収され、循環させている。

陰極に接した部分を電解研磨しながら回転または上下運動させ、全面を電解研磨し完成させる。写真5にマット法の施工例を示す。

なお、テスト的に機器の特定な部分のみを行う要求がある場合は、手動のマット法で行う。

3. 5 検査方法

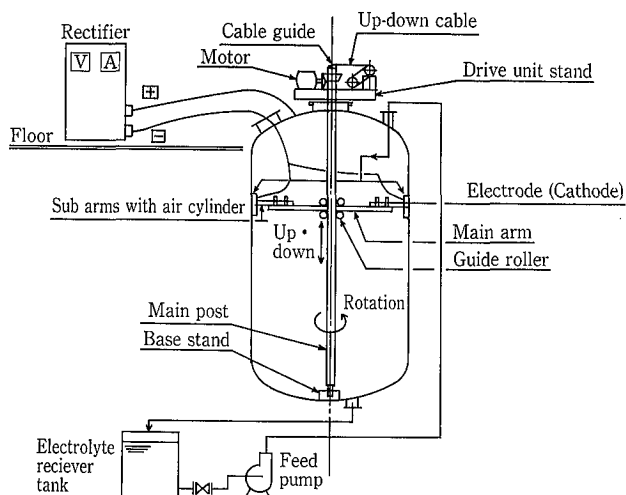
電解研磨面の仕上がり状態を評価する方法は種々あるが、施工した広い範囲を客観的に評価することはなかなか困難である。第2表に従来より実施されている種々の検査方法について、その特長を示す。施工された電解研磨面に対してどの検査方法を採用するかは、仕上面への客先要求の度合、仕上等級、経済性を加味して決定する必要がある。一般的には、外観目視検査のみか、仕上げや目的に応じて粗さ測定または写真検査を付加することが多い。

3. 6 必要設備

現地での電解研磨に必要な設備としては

- (1) 整流器
- (2) 電解液循環ポンプ
- (3) 陰極回転および上下運動用駆動装置
- (4) 電解液受槽

などがある。このうちディップ法では(3)の駆動装置は不要である。



第9図 マット法
Fig. 9 Mat method

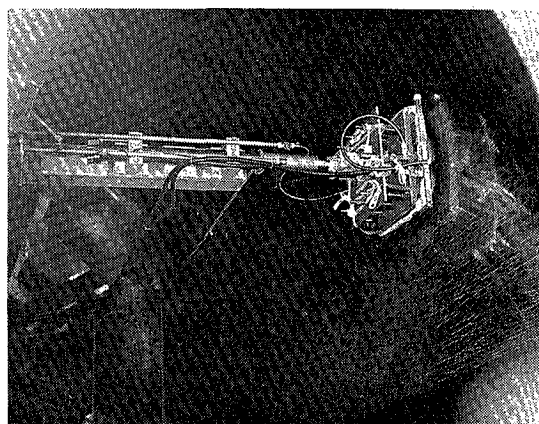


写真5 マット法の実施例
Photo. 5 Example of mat method

3. 7 安全対策

電解研磨時には H_2 ガスが発生するので、通電時には常時換気を行い、爆発防止に努める。また、使用する電解液は強酸なので、人体に触れることは絶対に避けなければならない。特にマット法の場合ミストが発生するので、防毒マスクなどの保護具を着用すると共に、十分な換気が必要である。もし誤って電解液に触れた場合には直ちに水洗いを行うことが必要である。

3. 8 排水処理について

電解研磨後表面に残留した電解液は高圧洗浄装置などで水洗、除去しなければならない。電解液の主成分はリン酸および硫酸である。このときに発生する洗浄廃水はユーザに処理して戴くことを前提としている。廃水量は $20 m^3$ の缶体で $1 m^3$ 程度である。

3. 9 工期について

$20 m^3$ 缶程度を例にとると、機械研磨および電解研磨工事共で約2週間を要する。容量が2倍になった場合、機械研磨は缶体の容量にほぼ比例するが、電解研磨の場合は2倍にならず、約3週間で十分である。

4. 電解研磨面の取り扱いについて

電解研磨した缶体に入缶して点検する場合、研磨面を傷つけないような配慮が必要である。例えばはしごの両端にゴムキャップやウエスを巻くとか、作業者の靴にもオーバーシューズを履くなどである。また、高圧洗浄で死角となるパッフルの裏面は付着物の残留もあり、人手による除去が必要な場合もある。そのときには付着物除去のための道具にプラスチック製のヘラを使用するなどの配慮が必要である。

第2表 電解研磨面の検査方法(一例)

Table 2 Examples the inspection after electropolishing

NO	Item	Procedure	Character	Remarks
1.	Visual inspection	Visual	Overall apperance	Macro area
2.	Reflection inspection	Inspecting the image of scale at right angle on EP surface	Comparison of the smoothness	Narrow area
3.	Roughness inspection	Sampling with a plastic replica roughness measurements	Check of reduction of roughness of EP surfade	Micro area
4.	Optical Photograph inspection	Sampling with plastic replica Optical photograph Magnification 100, 400 etc	Clear the character of EP surface	Micro area
5.	SEM※ Photograph inspection	SEM photograph Magnification 500, 2000 etc	Clear the character of EP surface	Micro area

Note ※ Mark ; a scanning electron microscope

む す び

本稿では主に化学業界を対象とした現地電解研磨について記述したが、電解研磨は化学業界のみならず、食品、医薬品、原子力分野にも応用されている。更に電解研磨のミクロ的な平滑性、化学的安定性から、超クリーンな機器、配管などが要求される半導体の業界にも採用されている。

- (1) 高純度ガス, I.C, 化学薬品供給系の配管ライン, コンテナ, ポンベなど。
- (2) 純水プロセス
- (3) 高真空の蒸着装置

などであり、今後電解研磨の需要が増加すると思われる。

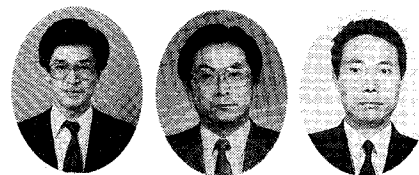
当社では今後更に顧客のニーズに合致した、よりグレードの高い表面処理技術の開発に努める所存である。

栽培漁業における水質改善の実証試験 (その2)

——動物性プランクトンの汙過法による除去——

Improvement of Water Quality on "Aquaculture" (Part 2)

——Removal of Metazoa Under Several Filtrations——



(環)環境装置部 計画第一課

北村 恭 男

Yasuo Kitamura

羽 島 修

Osamu Hajima

神鋼パナテック環境管理(株)

我 妻 信 男

Nobuo Azuma

In recent years, "Aquaculture" has been growing interested in fishery industry. Because deep-sea fishing industry is regulated by several international laws.

The key for success in "Aquaculture" is commercial payability, which depends on quality of the producing water.

This is our main concern, that we establish effective water usage system.

There has not been enough studies produced suitable or economical use of water quality for "Aquaculture", even though the relationship between the inhabitable environment of life cycle and water is very important.

Based on the information given, and our past experiences with other "Aquaculture" facilities, we, along with Oyster Research Institute, have studied the effects of water quality needed to raise abalone in their earlier stage.

In our last report, we have reported on various filtration structures, relationship of filtration details, and the effect on abalone growth under several filtrations.

In this report, we would like to report on the movement of metazoa under filtrations centered on Tigriopus and the removal of its by filtration method and further on the removal method from filtration facilities.

ま え が き

近年、遠洋漁業に各種の国際規制が設定され、捕る漁業から作り育てる漁業いわゆる“栽培漁業”に対する関心が高まってきた。

栽培漁業の成功の可否は、採算性に重要なポイントがあり、いかに効率的なシステムをつくるかが、その課題である。しかし、栽培漁業で使用される飼育海水の要求処理水質については、栽培魚種の生息環境、餌料との関係が深いにもかかわらず、未研究の状況にある。

このような背景の中にあって、栽培漁業で使用される飼育海水の要求処理水質を中心に、生物側からのソフト技術を得るべく、「(財)かき研究所」と共同研究を行った。

前報¹⁾では、各種汙材構成と汙過精度の関係および各種汙過処理水のアワビの種苗生産への影響を報告した。本報では、チグリオパスを中心とする動物性プランクトンの汙層中の挙動および汙過法によるその除去、さらにその駆除法について報告する。

1. 実験場所と期間

1.1 実験場所

財団法人 かき研究所 舞根実験室 実験棟内
宮城県本吉郡唐桑町東舞根211

1.2 実験期間

1986年7月1日～1988年3月31日

2. 実験装置

使用した汙過カラムは、前報¹⁾のとおりである。

但し、チグリオパスを中心とする動物性プランクトンの汙層リークおよび動物性プランクトンの汙層内の挙動を調べるため、汙層に逆洗時にも展開しない第1図に示すような非展開層を設けた。このため、C1、C3およびC5カラムでは空気洗浄用空気吹込管の位置を非展開層の上部にも設けた。この改造目的は、非展開層のガーネットが空気

洗浄時にも移動しないようにすることにある。非展開層によるチグリオパスの阻止に係わる実験を行ったRUN1では、空気洗浄は非展開層の上部から行った。第2図にC1～C5カラムの組立構造を示した。

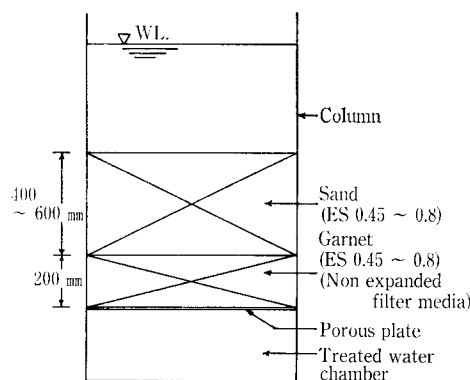
5本のカラムに充填した、汙材の種類、有効径(E.S.)、均等係数(U.C.)および汙層高さ(L)など、各実験の汙過諸元は第1表に示す。

3. 実験方法

取水方式、基本的な実験装置、処理水の取り扱い、逆洗用水の製造方法、逆洗の工程および頻度などは、前報¹⁾のとおりである。

但し、各実験の開始前に、汙層およびカラムの滅菌操作を施した。滅菌剤は次亜塩素酸ソーダを使用し、その使用濃度および浸漬時間についてはビーカーテストを行い、使用濃度についてはチグリオパスの成虫が10分で死滅する濃度とし、実際の浸漬時間は12時間以上とした。

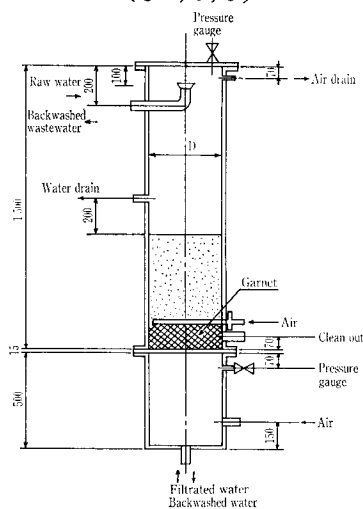
第3図は、実験におけるフローシートを示す。



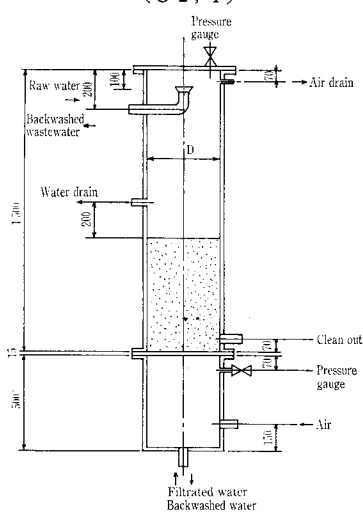
第1図 非展開層を有する汙層構成

Fig. 1 Filter media component possessed non expanded filter media

(C 1, 3, 5)



(C 2, 4)

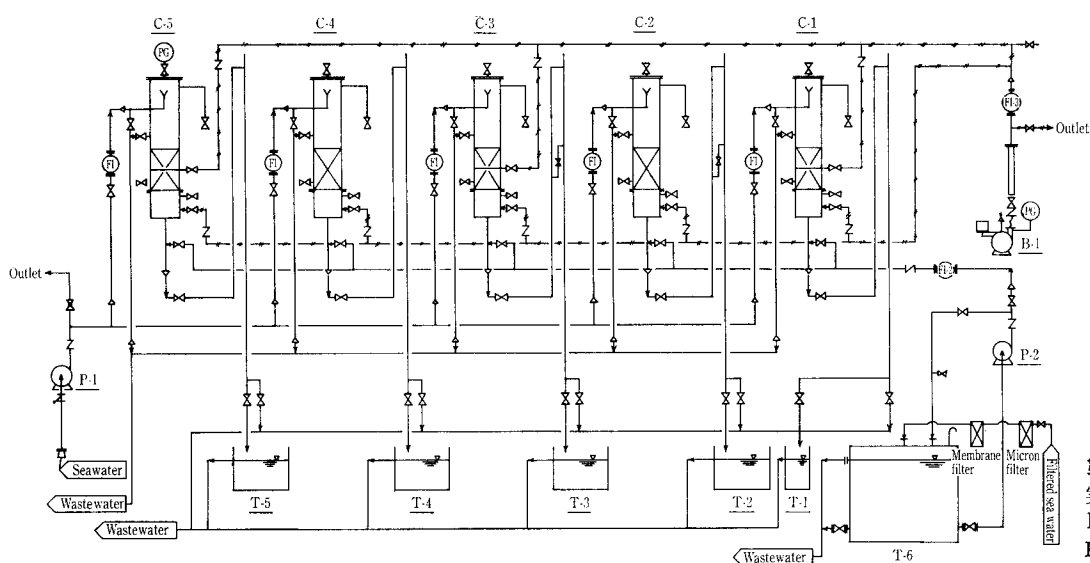


第2図 カラム組立構造図
Fig. 2 Filter column assembly

第1表 テストカラム諸元
Table 1 Test criteria

Run No	Item Column No	Dia. of column mm	Filtration area m ²	Filter media E S (U C)	Depth of layer mm	L V m/h	Filtration rate ℓ/h	Backwashing rate ※1 (L V) ℓ/h	Air blowing rate ※1 (L V) ℓ/h	L/D	Operation technique	Remark
RUN 1 test criteria	C1	285	0.064	Sand 0.6 (1.4)	600	6	380	2 300 (0.6)	3 840 (1.0)	1 000	Pressure-system	Garnet 200 mm ES 0.6 mm
	C2	285	0.064	Sand 0.6 (1.4)	600	6	380	2 300 (0.6)	3 840 (1.0)	1 000	Pressure-system	Sand Single bed
	C3	240	0.045	Sand 0.8 (1.4)	800	10	450	2 500 (0.9)	2 700 (1.0)	1 000	Pressure-system	Garnet 200 mm ES 0.8 mm
	C4	194	0.030	Sand 0.8 (1.4)	800	15	440	2 000 (1.1)	1 800 (1.0)	1 000	Pressure-system	Sand Single bed
	C5	194	0.030	Sand 0.8 (1.4)	800	20	590	2 000 (1.1)	1 800 (1.0)	1 000	Pressure-system	Garnet 200 mm ES 0.8 mm
RUN 2 test criteria	C1	285	0.064	Sand 0.6 Garnet 0.42 (0.55)	600	6	380	3 000 (0.78)	3 840 (1.0)	1 150	Pressure-system	
	C2	285	0.064	Sand 0.5 (1.4)	600	6	380	3 000 (0.78)	3 840 (1.0)	1 000	Pressure-system	
	C3	240	0.045	Sand 0.5 Garnet 0.28 (1.4)	Mixed bed 800	6	270	1 600 (0.6)	2 700 (1.0)	1 025	Pressure-system	
RUN 3 test criteria	C2	285	0.064	Sand 0.6 (1.4)	Single bed 600	6	380	3 000 (0.78)	3 840 (1.0)	1 000	Pressure-system	
	C3	240	0.045	Sand 0.5 Garnet 0.28 (1.4)	Mixed bed 800	6	270	1 600 (0.6)	2 700 (1.0)	2 050	Pressure-system	
	C4	194	0.030	Sand 0.8 (1.4)	Single bed 800	10	300	2 000 (1.1)	1 800 (1.0)	1 000	Pressure-system	

(Remark) ※1 Demention of LV is m/min.



第3図
実験施設フローシート
Fig. 3
Flow sheet

C-1 Column φ 285 C-4 Column φ 194 P-2 Backwashed pump FI-2 Backwashed water flow meter T-1~5 Rearing tank
C-2 Column φ 285 C-5 Column φ 194 B-1 Blower FI-3 Blower flow meter T-6 Backwash water tank
C-3 Column φ 240 P-1 Filtered pump FI Raw water flow meter PG Pressure gauge

4. 分析方法

粒子径および粒子数の測定については分析時の機器設定値も含め、前報¹⁾のとおりである。

動物性プランクトンの汙層リークの判断は、各カラムの処理水、つまり種苗水槽の流入水を、本実験のために製作した30 μ プランクトンネットを使用した二次汙過装置で汙過回収した懸濁物質と、種苗板に繁殖した動植物性プランクトンを検鏡することにより行った。検鏡は現場にて速やかに行った。

5. 実験の経過と検討

5.1 動物性プランクトンのアワビに与える影響

産卵されたアワビはトロコフォア幼生でふ化し、ペリジャー幼生を経て浮遊生活から匍匐生活に入り、摂餌を開始する。匍匐生活の直前にあらかじめ付着ケイ藻を付けておいた塩化ビニール板などでできた種苗板を浸漬して幼生を付着させる。匍匐幼生は、種苗板上のケイ藻を摂餌して成長する。約5カ月間、10mm程度の稚貝になるまでケイ藻飼育を続ける。この時期に、種苗水槽にて動物性プランクトンが異常発生することがある。

チグリオパスなどのケイ藻を餌とする動物性プランクトンが種苗水槽内にて異常発生すると、付着ケイ藻を摂餌しているアワビ稚貝の周囲を動き回り、アワビはストレスでケイ藻を摂餌しなくなってしまう。この結果、最悪の状態では、アワビ稚貝はそのまま種苗板から脱落し、斃死してしまうこともある。

このために、ケイ藻飼育期間の動物性プランクトンの種苗水槽内での異常発生には注意を払う必要があり、動物性プランクトンがフリーの汙過処理水を求められている。

5.2 動物性プランクトンの汙層リーク時の

挙動の解明

30 μ 以上の動物性プランクトンが、通常の汙過速度5m/hの条件下でもリークする。これは極言すれば、現在の実装置に使用している汙過諸元では、まず動物性プランクトンは汙層をリークしているものと考えられる。

本実験では、動物性プランクトンの汙層リークを防止するため、これらの動物性プランクトンが汙層をリークする際の挙動を解明することから着手した。

動物性プランクトンの汙層リークは、『動物性プランクトンが、汙層の展開する逆流洗浄時に、汙材の間隙を水流に逆らい泳ぎぬけることにより起こる』という仮説をたて、第1図に示す逆洗時に展開する汙層と展開しない汙層の二種類の汙層により構成されたカラムと、逆洗時全層展開する汙層（通常の単層方式）のカラムにより得られる処理水をそれぞれ検鏡して、動物性プランクトンのリークの有無を確認した。（汙過諸元は第1表のRUN 1）

この結果、非展開層を有するカラムからも動物性プランクトンが発見された。

このため、次にこれらの動物性プランクトンが汙過時に汙層をリークしているかどうか

を確認するために、第1表のRUN 2に示す汙過諸元で、汙材洗浄を行わずに運転を行った。処理水は定期的にサンプリングして検鏡を行い、同時に汙過差圧も測定した。

6. 実験結果と考察

6.1 動物性プランクトンの汙層リーク時の挙動について

1) リーク過程の追及

下表に示すようにRUN 1の結果より、逆洗時でも展開しない汙層構成をもつC1, 3, 5カラムの処理水からも、コペポダがリークしたことが判る。

この結果から、動物性プランクトンの汙層リークは、『動物性プランクトンが、汙層の展開する逆流洗浄時に、汙材の間隙を水流に逆らい泳ぎぬけることにより起こる』という仮説は、否定せざるを得なかった。

さらに、次頁に示すRUN 2の結果より、連続汙過で逆洗なしで運転しても、約1日で処理水にはコペポダの幼生がリークしてきたことが判る。またリークした時の差圧は1m以下で起っていることから、リークの原因は過大な圧力によるプランクトンの汙層へのもぐりこみではなく、汙過時におけるプランクトンの遊泳によるものと考えられる。

次頁に示すRUN 3の結果より、処理水中のリーク量と逆洗の効果の関係が判る。すなわち、運転開始後25時間で逆洗（空洗+水逆洗）を行ったが、この前後の24時間と26時間とのデータを比較すると、26時間のほうが処理水中の20 μ 以上の懸濁物質の量が少なくなった。このことから、汙過時に、または逆洗時になんらかの変化が起こっているものと考えられる。さらに、逆洗は動物性プランクトンのリーク抑制に対して効果があるものと考えられる。こと

RUN 1 の 結 果

サンプル名	内容 種類	6/29 汙 過 水	7/9 汙 過 水	7/22 汙 過 水	7/9 種 苗 水 槽
C 1	A. P.	△コベ幼生	○コベ幼生 多毛虫	○コベ幼生・成虫 多毛虫・線虫	ニッチャ優先 ナビキュラ少々
	V. P. D	△セラチウム ×	○ ×	△セラチウム他 ×	
C 2	A. P.	○コベ幼生	○多毛虫	△コベ幼生・多毛虫	同 上
	V. P. D	○セラチウム他 ×	△ ×	△ △	
C 3	A. P.	○同上	○コベ成虫	○コベ幼生・多毛虫	
	V. P. D	○同上 ×	○ △	△ △	
C 4	A. P.	○同上	○コベ成虫 多毛虫	○コベ幼生 多毛虫	ニッチャ、 ナビキュラ 半々位 小型のものが多
	V. P. D	○セラチウム他 ×	○ △	○ ○	
C 5	A. P.	○多毛虫	○	△コベ幼生	ニッチャ優先
	V. P. D	○ ×	○ケイソウ多い △	○ケイソウ多い △コベ排泄物	
逆洗用水	A. P.	×	×		
	V. P.	×	×		
	D	×	×		
生 海 水	A. P.	○	○	△	
	V. P.	◎	◎	○	
	D	○	○	○	

逆洗後 10分通水した後

500 ℓ 採水 20 μ ミューラーガーゼ汙過

凡例

10%ホルマリン固定

動物性プランクトン

植物性

デトリタス

× 無し

△ 少ない

○ 普通

◎ 多い

※ 参 考

ニッチャ

ナビキュラ

長 250-300 μ

長 60-120 μ

幅 10-20 μ

幅 20-30 μ

に、ガーネットを用いた汙層の場合にはこの傾向が顕著に現われており、多分海洋性のスライムが汙材に付着し、汉層が安定したためと考えられる。このことから、ガーネットを用いた汉層の場合には、汉層が安定すれば動物性プランクトンはほとんど阻止できるものと考えて良い。

2) リーク量と汉過諸元

RUN 2の結果より、初期運転という条件付で、汉過精度の最も高いC 3カラムでも、動物性プランクトンのリークを最小限にとどめることができたが、防止することはできなかった。C 3カラムで使用した汉材は、粒状汉過材としては使用限界に近い小粒径の汉材である。これは、粒状汉過の実装置規模の一段処理では、動物性プランクトンの汉層のリークを防止することはできないことを示している。

ガーネットを使用した場合の空隙を算術的に検討した結果、汉材の有効径に基づいて計算すれば約 240 μ 程度と考えられる。汉材が安定していない段階での動物性プランクトンの汉層のリークは充分起こりうる空隙であると言わざるをえない。

しかし、砂汉過法の大量処理を安価に行えるという魅力は捨て難い。

そこで、砂汉過法により動物プランクトンまで除去をす

る方策としては、ガーネットを汉層に用いること、汉過池立ち上げを原海水に動物性プランクトンが多量に含まれない冬期に行うことが考えられる。汉過池立ち上げを冬期に行うのは、汉層が安定するまで動物性プランクトンに汚染されないようにとの考えからである。

RUN 2およびRUN 3のC 2カラム処理水中のデトリタスの量より、原海水中に含まれるデトリタスなど、有機物や無機物の懸濁物質は、汉過速度 6 m/h、有効径 0.5~0.6 mm の汉過諸元にて、充分除去できるものと考えられる。

動物性プランクトンに対しては、その汉過処理水の使用目的などを念頭に入れガーネットを汉層に用いるなどの配慮をすべきであることは、以上述べたとおりである。

6. 2 適用可能な二次汉過装置

1) 二次汉過装置の適用試験

次頁に一次汉過水（かき研究所既設汉過器処理水）を各種の二次汉過装置に通水し、その処理水を検鏡した結果を示す。

No. 7 のディスクフィルターは、汉過精度が高く（メーカー表示値10 μ ）洗浄は、空洗と水逆洗が併用できるため、最も期待された装置であった。しかし、処理水には、チグ

RUN 2 の 結 果

サンプル名	種類	連続汉過 (逆洗なし)					SS量(20 μ 以上)比較
		7/21 20 hr	7/21 26 hr	7/25 44 hr	7/27 72 hr	8/4 260 hr	
C 1	A. P.	Δ 20~30 コヘ幼虫	$\bigcirc$ 100 コヘ幼虫	$\bigcirc$ 100 種類増える	$\bigcirc$ 100 成 虫	$\bigcirc$ 成 虫	$\odot$
	V. P.	Δ	Δ	Δ	Δ	$\odot$	
	D	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\odot$	
C 2	A. P.	Δ 20~30 コヘ幼虫	$\bigcirc$ 20~30 コヘ幼虫	$\bigcirc$ 100~150	$\bigcirc$ 100 成 虫	$\bigcirc$ 成 虫	$\bigcirc$
	V. P.	Δ	Δ	Δ	Δ	$\bigcirc$	
	D	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\bigcirc$	
C 3	A. P.	$\times$ なし	Δ 20~30	$\bigcirc$ 20~30	$\bigcirc$ 100 成 虫	Δ 成 虫	Δ
	V. P.	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
	D	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	Δ	
差 圧		0	—	0.5 m	1.8 m	6 m	
差 圧		0	—	—	—	3.7 m	
差 圧		0.7 m	—	1.4 m	6.6 m	16.6 m	

凡例

A. P. : 動物性プランクトン $\times$: 無し
(数字はリーク数をあらわす) Δ : 少ない
V. P. : 植物性 κ $\odot$: 多い
D : デトリタス
差 圧 : 汉層圧損

100 ℓ 採水後20 μ 汉過後のSS
をホルマリンで固定し、検鏡した。

RUN 3 の 結 果

サンプル名	種類	時間							SS量 * 1
		0.3 hr	2 hr	7 hr	24 hr	* 2 26 hr	152 hr	624 hr	
C2	A. P.	$\times$	Δ 60 μ コヘ	Δ 60 μ	Δ 60 μ	Δ 60 μ 数減少	$\bigcirc$ 100 μ	$\bigcirc$ 100 μ	4
	V. P.	$\times$	Δ	Δ	Δ	$\times$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	
	D	Δ	Δ	Δ	Δ	$\times$	Δ	Δ	
C2+30 μ ミューラー ガーゼ	A. P.	—	—	—	—	—	$\times$	—	1
	V. P.	—	—	—	—	—	Δ	—	
	D	—	—	—	—	—	Δ	—	
C3	A. P.	$\times$	Δ 線虫	Δ 60 μ コヘ	Δ 60 μ	Δ 線虫	Δ 60 μ	Δ 60 μ 線虫	1
	V. P.	$\times$	Δ	Δ	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	
	D	$\times$	Δ	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	
C3+30 μ ミューラー ガーゼ	A. P.	—	—	—	—	—	$\times$	—	18
	V. P.	—	—	—	—	—	$\times$	—	
	D	—	—	—	—	—	$\times$	—	
C4	A. P.	Δ 線虫	Δ 60 μ コヘ	Δ 200 μ	Δ	Δ	$\bigcirc$ 100 —200 μ	$\bigcirc$ 成虫 200~300 μ	16
	V. P.	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
	D	Δ	$\bigcirc$	Δ	$\bigcirc$	Δ	Δ	Δ	
C4+30 μ ミューラー ガーゼ	A. P.	—	—	—	—	—	$\times$	—	16
	V. P.	—	—	—	—	—	Δ	—	
	D	—	—	—	—	—	Δ	—	
既 設 圧 力 汉 過 器	A. P.					$\bigcirc$ 成虫	$\bigcirc$ 100 μ	$\bigcirc$ 成虫 500 μ	16
	V. P.					$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	
	D					$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	

凡例

A. P. : 動物性
プランクトン $\times$: 無し
(数字は大きい Δ : 少ない
さをあらわす) $\bigcirc$: 普通
V. P. : 植物性 κ $\odot$: 多い
D : デトリタス

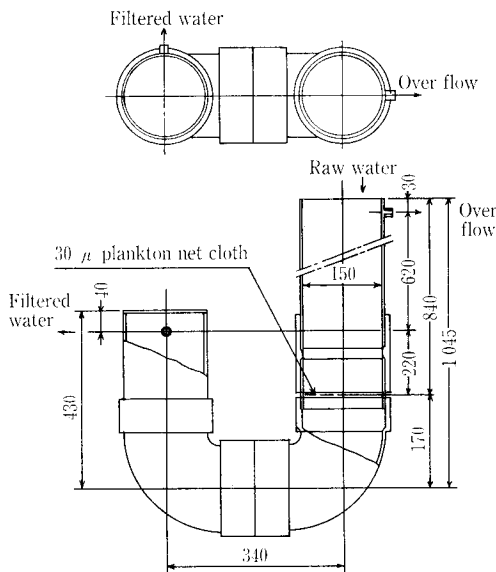
*1 C 3 のSS量を1とした場合の比較
*2 24 hr 経過後逆洗実施

100 ℓ 採水後20 μ ミューラーガーゼで回収したSSをホルマリンで固定し、検鏡した。

二次ろ過装置の性能比較²⁾

No.	メーカー形式	項目	ろ過精度 ・1.	通水条件	40 μ 以上の プランクトンの有無	備考	判定
1	ナイロン プランクトンネット		30 μ	重力	無	ポリエステル	◎
2	ナイロン プランクトンネット		40 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	無	ポリエステル	◎
3	ナイロン プランクトンネット		80 μ	重力	有	ポリエステル	×
4	ワインド型 フィルター		1 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	有	ポリプロピレン(デプスタイプ)	×
5	カートリッジ フィルター		10 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	無	ポリプロピレン(アブソリュートタイプ)	○
6	メンブレン フィルター		2.5 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	無	プラスチック(アブソリュートタイプ)	○
7	ディスク フィルター		10 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	有	プラスチック	×
8	SUS金網型 カートリッジフィルター		30 μ	重力	有	SUS 304	×
9	SUS金網型 カートリッジフィルター		20 μ	重力	有	SUS 304	×
10	SUS金網型 カートリッジフィルター		10 μ	重力	有	SUS 304	×
11	SUS金網型 カートリッジフィルター		10 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	有	SUS 316	×
12	SUS金網型 カートリッジフィルター		5 μ	加圧下 <0.7 kg/cm ²	有	SUS 316	×

・1. ろ過精度は、メーカーの表示値を示す。



第4図 二次ろ過装置構造図
Fig. 4 Secondary filter assembly

リオパスの成虫(150~200 μ 幅)がリークしていた。この原因としては、フィルター組立時に生ずるディスクの変形によりできる間隙などが考えられ、ディスクの材質や精度などの改造をしなければ、理論上の処理水精度は得られないことがわかった。

平織のSUS金網は、強度や洗浄操作性より期待できるものと考えられたため、2社の製品の、メーカー表示ろ過精度5~30 μ の5種類(No. 8~12)について、テストを行った。しかし、いずれも40 μ 以上の懸濁成分を100%除去することはできなかった。これは、SUS金網のメッシュ製作上の精度およびカートリッジとして製品化する際の金網の変形などが原因であると考えられる。

同じ平織でもナイロンプランクトンネットを二次ろ過に用いた場合は、かけ流しても、また加圧(<0.7 Kg/cm²)通水しても40 μ 以上の動物性プランクトンのリークは起らなかった。

ろ過精度の信頼性の高いアブソリュートタイプは、メンブレンフィルター(No. 6)とPP製カートリッジ(No. 5)でテストを行った。

共に目標とする30 μ 以上除去のろ過精度を得ることができたが、このタイプのろ過装置は目づまりが進行するに従

第2表 二次ろ過装置のろ過差圧

Table 2 Head loss of secondary filtration		Unit: mm				
Sample name	Amount of filtrate	LV m/h	8/12 100 hr	8/15 170 hr	8/18 240 hr	8/31 550 hr
C2	380 ℓ /h	21.5	0 (38 m ²)	300 (65 m ²)	610 (92 m ²)	
C3	270 ℓ /h	15	0 (27 m ²)	0 (46 m ²)	0 (65 m ²)	0 (150 m ²)
C4	300 ℓ /h	17	0 (30 m ²)	300 (51 m ²)	610 (72 m ²)	

() Means total amount of filtrated water

って、微細なケイ藻類も捕捉してしまううえ、逆洗ができないためフィルターの寿命が短くなる。このため、少量の水を処理する場合は適用可能であるが、処理対象水量が多量の場合はランニングコストおよびメンテナンスの面から使用は難しいと考える。

負荷容量が多くとれるデプスフィルターであるワインド型フィルター(No. 4)では、1 μ のろ過精度の仕様でも目的とするろ過精度は得られなかった。

以上の結果より、二次ろ過装置として使用可能な型式は、プランクトンネット(30 μ)のみであった。

2) プランクトンネットの二次ろ過装置への適用性の検討
第1表のRUN 2に示したろ過諸元で一次ろ過した処理水を、第4図に示す二次ろ過装置(30 μ プランクトンネット使用)にかけ流した場合の圧力損失の上昇を第2表に示す。

この結果より、一般的な重力式急速ろ過のろ過諸元では、二次ろ過のろ過速度21.5 m/hにおいて約10日で圧力損失が600 mmついた。

ガーネットと砂の混層では、ろ過速度6 m/hの場合、二次ろ過のろ過速度15 m/hでも、圧力損失は20日以上経過してもほとんどつかなかった。

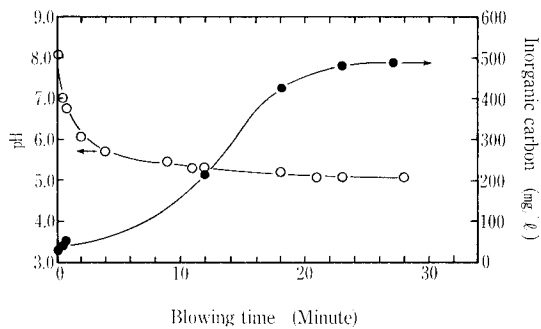
これらのことから、C3カラムのろ過諸元であれば、二次ろ過装置への懸濁物質負荷容量はわずかであり、洗浄なしで、長時間の連続運転が可能と考えられる。

6.3 濾材洗浄法と動物性プランクトンの駆除法

1) 濾材の洗浄法について

海水ろ過の特長については、海洋性の生物が多く含まれること、海洋性生物に起因するデトリタスの比重が大きいことの2点が挙げられる。

現在の洗浄方式は、水単独洗浄が主流であるが、本方式の洗浄流速は濾材粒子の衝突回数が最大となる流速で洗浄



CO₂ blowing quantity: 67 mL/min·ℓ
Water temperature: 15 °C

第5図 海水へのCO₂吹き込みの経過時間とpHの関係
Fig. 5 CO₂ blowing time vs. pH in sea water

している³⁾ので、除去物質が粘着性であれば、おのずと最もマッドボールができやすい流速といえる⁴⁾。これは、現在の水単独洗浄では、十分な洗浄ができないことを示している。

このような点から、今後とも各種洗浄方式を検討する必要がある。本実験では、空気洗浄方式⁵⁾をとり入れたが、本方式によれば十分な洗浄が行われていることが確認できた。さらに、次に述べるように、動物性プランクトンによる汙層汚染の問題もあり、新しい洗浄方式を構築していく必要に迫られている。その方法として、次に動物性プランクトンの駆除法として述べる淡水洗浄・炭酸ガス洗浄などが挙げられる。

2) 動物性プランクトンの駆除法

(1) 淡水洗浄

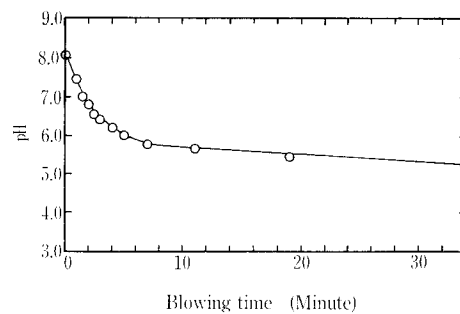
淡水洗浄の効果は、海洋性プランクトンを浸透圧の大きく異なる溶媒でプランクトン細胞を破壊せしめることに起因する。また、海水汙過では、汙材に海洋性のスライム様の物質が付着し、この海洋性のスライム様の物質も汙過精度に影響を与えているが、淡水洗浄によればこれらのスライム様物質もほぼ完全に除去できることを確認している。今後、淡水洗浄法を効果的に洗浄工程に組み込むことも、検討していく必要があるが、本法による洗浄を短期間に集中して行ったとき、淡水に耐性を持つチグリオバスの幼生の出現が確認されたため、さらに別の洗浄法も探索して行わなければならない。

(2) 炭酸ガス洗浄

炭酸ガスの吹き込みにより、海水pHを6.2以下に下げたとき、チグリオバスは30分以内にて死滅する。

炭酸ガスによる汙層洗浄を実施するに必要な、炭酸ガスの吹き込みによる海水のpH変化と炭酸ガスの溶解効率の実験を行った。この結果を、第5, 6図に示す。この結果によれば、単位炭酸ガス吹き込み量67 mL/分・ℓのとき2分の吹き込みにてpH 6.2となった。このときの、海水の増加炭酸ガス濃度は80 mg/ℓであり、総炭酸ガス吹き込み量の30%が溶解した。

単位炭酸ガス量18 mL/分・ℓのとき、4分の吹き込みにてpH 6.2以下となった。このとき総炭酸ガス吹き込み量の56.6%が溶解した。



CO₂ blowing quantity: 18 mL/min·ℓ
Water temperature: 15 °C

第6図 海水へのCO₂吹き込み経過時間とpHの関係
Fig. 6 CO₂ blowing time vs. pH in sea water

本法は、安価なガスにより簡便にチグリオバスの駆除ができるので、異常発生時などに効果を発揮できそうである。また、炭酸ガスの溶解効率も高く、取扱いも容易である点も評価できる。

7. まとめ

アワビの種苗生産用水に関して、最適な汙過諸元を解明するため実験を行ってきた。

その中でアワビ稚貝の餌料となる一次ケイ藻の発生と繁殖および汙過諸元の関係について確認できた。この実験を通して、前報¹⁾で報告したとおり、海水を汙過する場合の原水と処理水水質と汙過諸元との関係について多くの知見が得られた。

さらに、本報では動物プランクトンの汙層リークを中心に報告したが、今後栽培漁業がますます一般化するにつれこれらの知見が生かされていくものと期待している。

むすび

本研究は、(財)かき研究所との共同実験として行われ、共同実験を遂行していく過程では、水処理という工学から見た“栽培漁業”，また生物を扱う側から見た水処理，この間における意見の相違も多々あり，我々が得た知見も本稿では表現できない種類のものが多い。これらの交流を通じて得られた経験を，“栽培漁業”の今後の発展に寄与できれば幸いである。

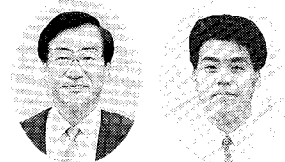
最後に、本報告を投稿するに当たって、快諾して頂いた(財)かき研究所の関哲夫所長に感謝するとともに、本研究を遂行するに当たってご協力頂いた(財)かき研空所の所員の方々に感謝する。

〔参考文献〕

- 1) 北村恭男・羽島修：神鋼パテック技報 Vol. 35, No. 1 (1991), p. 31
- 2) 「活魚大全」汙過システム p. 274：フジテクノシステム (1990)
- 3) 藤田賢二：「急速ろ過池における最適逆洗速度について」，工業用水，132, 9, (1969)
- 4) 藤田賢二：「急速ろ過池における洗浄に関する諸元の水理学的考察」，水道協会誌，455, 8, (1972)
- 5) 羽島 修：「自動サイフォン・フィルターの下水三次処理向け適用実験」神鋼ファウダー・ニュース Vol. 24, No. 1 (1980), p. 13

UASB 式嫌気性廃水処理技術の開発

Development of a New UASB System



(環)技術室
小林 俊 男
Toshio Kobayashi

技術開発本部
須田 龍 生
Tatsuo Suda

A new UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) reactor with blast furnace slag as micro-carrier have been developed. The formation of bio-granules has been very difficult in conventional UASB reactor. The formation rate of granules and specific removal rate of TOD were investigated by column test and pilot test. Their results showed that the new UASB system was superior in granule formation and removal efficiency of organic matter.

まえがき

有機物を含有する産業廃水処理する方法には、微生物による好気性処理と嫌気性処理がある。嫌気性廃水処理は、好気性処理と比較して、曝気を必要とせず、余剰汚泥の発生量も少なく、さらに有機物をメタンガスとして回収できるなど、廃水処理コストを大幅に削減できる効率的な廃水処理方式である。従来、食品工業を中心とした高濃度有機物を含む廃水が対象であったが、近年の技術開発に伴い、適用分野は多くの業種および低濃度分野などにも広がっている。

当社は固定床方式の嫌気性処理システム「商品名：PANBIC、パンビック」を販売し、多数の納入実績を持つ。さらにユーザのニーズに幅広く応えるため、UASB方式の嫌気性廃水処理システムの開発実験を進めてきたので、ここにその結果を紹介する。

1. 処理の原理と装置構造

1.1 UASB方式の原理と特長

第1図に嫌気性リアクターの概略図を示す。従来の懸濁式の嫌気性処理装置では、反応の主となる微生物をリアクターの中に高濃度に保持することが困難で、高い処理効率を得ることができなかった。固定床方式ではリアクター内にメディアを充填し、それに微生物を付着させることにより高濃度の微生物を保持する。

UASB方式は微生物の自己造粒の性質を利用し、直径1mm程度の造粒化菌体（グラニュール）を形成させ、リアクター内に高濃度微生物の保持を可能とした。およそ30~50g/lの汚泥を保持できるため非常に高い有機物負荷での処理が可能である。リアクターの構造は下部に液流入部

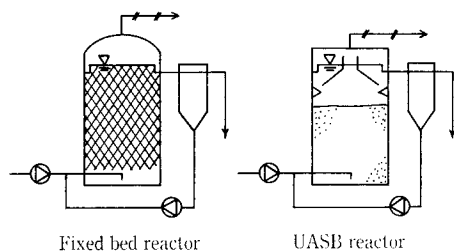
を設け、上向流で液を通水し、汚泥部を膨張させることにより有機物と微生物を効率よく接触させる。上部に気固液分離部（GSS：Gas Solid Separator）が設けられている。発生したガスはガス捕集管により集められ、一方沈澱部でSSの分離が行われる。

1.2 UASB方式の課題

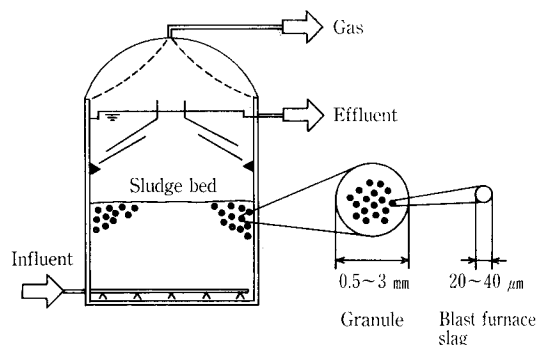
UASB方式の課題は、いかに微生物を短期間で確実に造粒化するかである。廃水の性状あるいは物理的要因により大きく影響を受け、グラニュールが形成されないことが多い。その結果、負荷を上げると、リアクター内の汚泥がGSS部で沈澱分離されずに処理水中に流出し、リアクター内の汚泥量が減少し、正常な機能を発揮できなくなる。

1.3 水砕スラグを用いたUASBリアクターについて

高炉水砕スラグを担体として添加することにより、上記グラニュール形成の課題がかなり改善されるのではないかと考えた。第2図に水砕スラグを用いたUASBリアクターの模式図を示す。直径が0.1mm以上の担体では一つの担体を核としてグラニュールが形成されるが、比重が大きいため床を膨張させるために大きなエネルギーを必要とする。本方式では直径0.1mm以下の非常に微細な水砕スラグを用いる。水砕スラグの組成を第1表に示す。水砕スラグは凝集力を持つため、種汚泥と混合した時、多数の水砕スラグが集まり種汚泥と一緒に凝集フロックを形成する。したがってグラニュールの形成は、無添加の場合と比べて廃水の性状や物理的要因に比較的影響を受けずに、短期間で確実に進むと考える。



第1図 嫌気性バイオリアクターの概略図
Fig. 1 Scheme of anaerobic bioreactor.



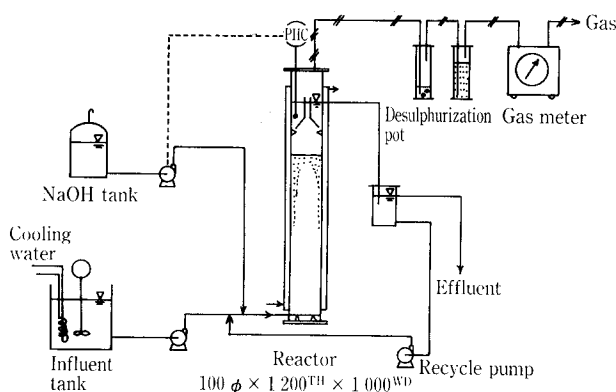
第2図 水砕スラグ式UASBリアクターの概念図
Fig. 2 Scheme of new model UASB bioreactor.

Component	Content (wt%)
CaO	35~45
SiO ₂	39~41
Al ₂ O ₃	12~20
MgO	3~7
S	0.6~1.6
P ₂ O ₅	0.004~0.051
FeO	0.3~1.7

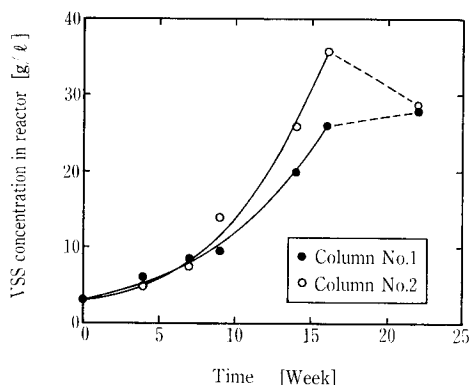
第1表
高炉水砕スラグの組成
Table 1
Composition of blast
furnace slag

Component (mg/ℓ)	Concentration (mg/ℓ)
Glucose	5 000
Peptone	5 000
K ₂ HPO ₄	500
NaOH	1 500
TOD	10 000
TOC	3 300
BOD	7 500

第2表
廃水の組成
Table 2
Composition of
artificial waste water.



第3図 UASB式カラムテスト装置のフロー図
Fig. 3 Flow sheet of UASB column test apparatus.



第4図 カラム内汚泥の増殖経過
Fig. 4 Time course of bio mass in column.
注: 16週目以降は汚泥引抜きを行った。

2. グラニュールの形成実験

2.1 実験目的

高炉水砕スラグを用いた UASB リアクターにおけるグラニュール形成についてカラムテストにより調べることを目的とした。

2.2 材料と方法

(1) テスト装置 (第3図参照)

カラム: 100 φ × 1000 H 液保有量 = 7.85 ℓ
有効容積 = 6.8 ℓ

(2) 合成廃水

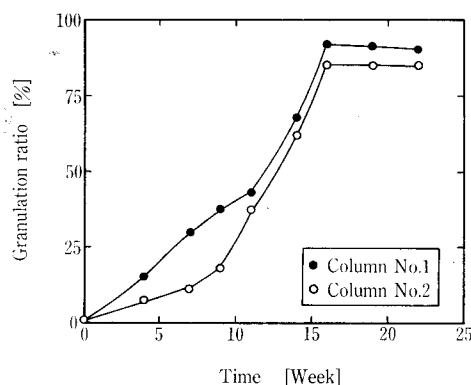
第2表に示す組成の合成廃水を用いた。表では TOD 10 000 mg/ℓ の廃水組成と水質分析結果を示した。TOD 1 000 mg/ℓ の場合は、これを水で10倍希釈して用いた。

(3) 種汚泥

- ・種類: 嫌気性汚泥
- ・投入量: 3 000 mg/ℓ (リアクター平均濃度として)

(4) 水砕スラグ

- ・初期添加量: 100 000 mg/ℓ (リアクター平均濃度と



第5図 汚泥の粒状化の経過
(粒状化率: 0.25 mmφ 以上のグラニュールの割合)
Fig. 5 Time course of granulation rate.

して) 容積としてはリアクター容積の約 8 %に相当する。

(5) 実験条件

カラム 1: 流入水 TOD 濃度 = 1 000 mg/ℓ
カラム 2: " = 10 000 mg/ℓ

(6) 測定方法

一定期間毎にカラムより汚泥を採取し、VSS 濃度を測定し、汚泥床の高さを補正して有効容積あたりの VSS 濃度を求めた。また採取した汚泥をふるい分けしてグラニュールの形成状態を調べた。直径 0.25 mm 以上の汚泥粒子を便宜的にグラニュールと定義し、全 VSS に対する割合を粒状化率として表した。

2.3 結果および考察

(1) 汚泥の増殖およびグラニュール形成

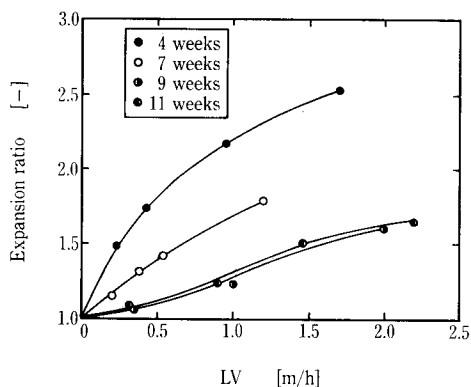
第4図にカラム内の汚泥の増殖経過を示した。汚泥の増殖は汚泥床部分の濃度の増大と床高さの上昇の両方を伴って観察された。汚泥床部分の VSS 濃度は9週目前後で 30~50 g/ℓ 程度の濃度に達した。2つのカラムの増殖経過の違いは有機物負荷の違いによるところが大きい。すなわちカラム 2 (流入 TOD = 10 000 mg/ℓ) の方が負荷がやや高かったためである。両カラムとも16週目で VSS 20~36 g/ℓ に達した。それ以後は界面が有効高さの 70 %となるよう汚泥の引き抜きを行った。

第5図に汚泥の粒状化率の経時変化を示した。粒状化率は実験の経過と共に順調に高くなり、16週目では約 90 %の汚泥が 0.25 mm 以上のグラニュールを形成していた。

グラニュールの形成に影響をおよぼす因子として、次のようなものが考えられる。

- (1) 廃水由来: 有機物濃度, 含有物組成
- (2) 初期条件: 種汚泥濃度, 水砕スラグ添加量
- (3) 運転条件: 流速, 有機物負荷, pH

実験結果では、汚泥の増殖と粒状化率の速度は比例しており、汚泥の増殖がグラニュール形成とかなり関連し



第6図 上向液線流速と床膨張率の関係
(カラムNo. 2)
Fig. 6 Relation of LV and expansion ratio
of bed at column No. 2.

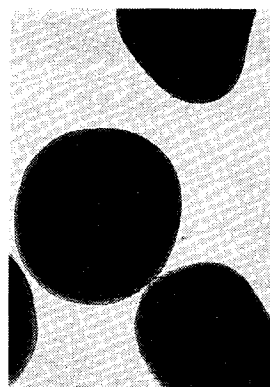


写真1
グラニュールの顕微鏡観察
(×40)

Photo. 1
Microscopic observation of
granules.



写真2
押しつぶしたグラニュール
(×40)

Photo. 2
Crushed granule.

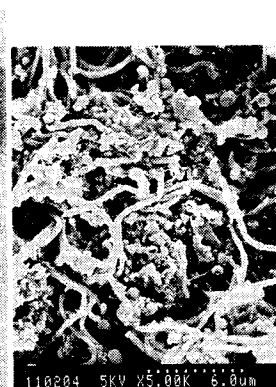


写真3
グラニュールの電子顕微鏡
観察 (×5 000)

Photo. 3
Electromicroscopic
observation of granule.

ていると推察される。

(2) LVと床膨張率

次に液線流速と膨張率との関係を調べ、結果を第6図に示す。ここで膨張率は次式で表される。

$$E = H_r / H_0 \quad (1)$$

ここに、E：床膨張率 (—)

H_r ：膨張時の床高さ (m)

H_0 ：静止時の床高さ (m)

Eの値が低いと偏流が起こり接触効率が悪くなり、逆にEが1.3以上になると流動化が起こるためグラニュールの摩耗といったことが考えられる。したがって偏流の起こらない程度に床を膨張させる1.1~1.2程度が望ましいと思われる。7週目まではグラニュールの形成がまだ十分でないため、LV0.5 m/hで1.4~1.9前後の高い値を示した。9週目以降では0.5~1.0 m/hで膨張率1.2を示した。

次に汚泥粒子の沈降速度の観点から見ると、粒子レイノルズ数 Re はおそらく0~10の間と見込まれるので、沈降速度式はStokesの式が適用できる。

すなわち、

$$Re = (d_p \rho_f u_t) / \mu_f \quad (2)$$

Stokes 式より ($Re < 1$ の時)

$$u_t = g d_p^2 (\rho_p - \rho_f) / 18 \mu_f \quad (3)$$

上記式の各項目を測定することにより終端速度を求めることができる。

ここに、 u_t ：粒子終端速度 (m/sec)
 g ：重力加速度 (=9.8) (kg/m·sec)
 d_p ：粒子径 (m)
 ρ_p ：粒子密度 (kg/m³)
 ρ_f ：流体密度 (kg/m³)
 μ_f ：流体粘性係数 (kg/m·sec)

(3)式より床膨張に大きな影響を与える因子は d_p と ρ_p である。

今、 $d_p = 0.35$ mm, $\rho_p = 1050$, $\rho_f = 1005$, $\mu_f = 0.001$ と仮定して u_t を求めると

$$u_t = 10.8 \text{ m/h}$$

テスト期間中にカラム内汚泥を採取し、シリンダーを用いて沈降速度を測定した。その結果、95%の汚泥が沈降する速度は平均して12 m/hであった。この汚泥の粒径を測定すると、 $d_p = 0.35$ mmであった。従って沈降実験の結果とStokes式からの計算値とは良く合致していた。

(3) 汚泥の顕微鏡観察

写真1~3に形成されたグラニュールの顕微鏡写真を示した。グラニュールは真円に近いものから楕円形のものまで見られた。直径は0.5~2 mm前後が多い。内部に水砕スラグが集合あるいは点在しているのが観察される。投入水砕スラグの粒径が0.1 mm以上の場合1個のスラグ粒子が核となってグラニュールを形成するが、0.1 mm以下ではスラグ粒子が集合あるいは分散してグラニュールの中に存在するのが特長である。

3. 反応特性把握実験

3.1 実験目的

UASB 式嫌気性処理システムの反応特性について固定床方式と比較して検討を行う。

3.2 材料と方法

第3図に示すテスト装置を用いた。UASB 方式では水砕スラグを担体として添加し約2カ月間馴養したカラムを用いた。固定床法では、同型カラムにプラスチックメディアを充填して馴養した。流入水TOD濃度を1000, 3000, 10000 および30000 mg/lの4段階に変化させた。

3.3 結果および考察

連続プロセスにおける基本反応式は次式に示す。

$$\nu = \frac{Q_i}{V} \cdot (C_i - C_e) \cdot \frac{1}{X_s} \quad (4)$$

ここに、 ν ：反応速度定数 (1/hr)
 Q_i ：流入量 (l/d)
 V ：槽容積 (l)
 C_i ：原水濃度 (mg/l)
 C_e ：処理水濃度 (mg/l)
 X_s ：槽内汚泥濃度 (mg/l)

第7図にTOD負荷と反応速度定数 ν の関係を示した。

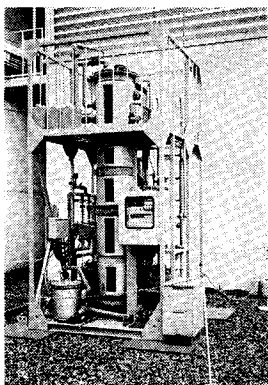
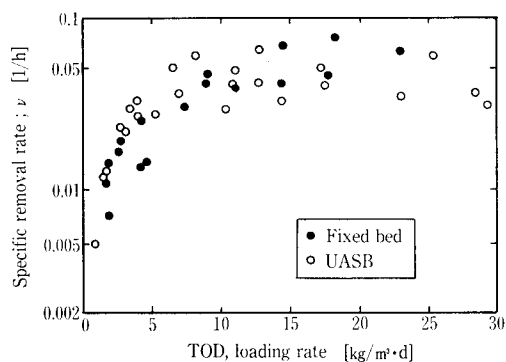
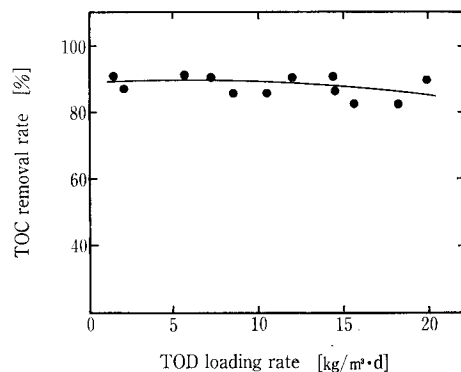


写真 4 パイロット試験装置
Photo. 4 Pilot test apparatus.



第7図 TOD負荷と比除去速度 ν の関係
Fig. 7 Relation of TOD loading rate and Specific removal rate ν .



第8図 現地パイロット試験でのTOD負荷と除去率の関係
Fig. 8 Relation of TOD loading rate and removal rate at pilot test.

第3表 パイロット試験結果の概要
Table 3 Summary of pilot test.

Item			Results
Influent volume (ℓ/d)			2 800
TOD loading rate (kg/m ³ ·d)			18.1
LV (m/h)			0.68
Height of sludge bed (mm)			2 150
VSS in reactor (mg/ℓ)			20 600
Influent	TOD	(mg/ℓ)	3 330
	TOC	(mg/ℓ)	1 560
	SS	(mg/ℓ)	890
Effluent	TOD	(mg/ℓ)	570
	TOC	(mg/ℓ)	280
	SS	(mg/ℓ)	345

ν は固定床法、UASB法ともほとんど同じ値を示した。このことは両者ともカラム内に保持されている微生物の活性は同一であることを示す。ただ実際にはUASB法の方が高負荷条件下でも高い除去率を維持することができる。これはUASB法の方がカラム内に保持されている微生物濃度がより高いことに関連すると思われる。

4. 実証試験

4.1 試験目的

カラムテストにより水砕スラグを用いたUASB法はグラニューールの形成および反応効率が非常に優れていることが分かった。そこで大型のテスト機により確認を行うことを目的とした。

4.2 試験方法

(1) 試験装置

写真4にパイロット試験装置の外観写真を示す。

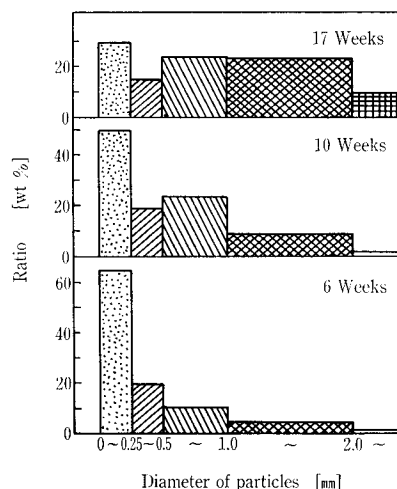
リアクター：500φ×3250^{LH} 有効容積=530ℓ

(2) 供試廃水

食品工場廃水（うどん、豆腐などの製造工程廃水）

4.3 結果および考察

第3表にテスト開始から20週目の試験結果の概要を示した。また第8図にTOD負荷と除去率の関係を示した。原水TOD濃度は約3 000 mg/ℓで、一般的な嫌気性処理の中ではやや低い方であるが、TOD負荷が20 kg/m³·dと高くても80%以上の高い除去率を示した。この場合原水の滞留時間はおよそ5時間であり、反応効率が非常に高いことを示す。第9図にリアクター内汚泥の粒径分布を示した。17週目では直径0.25 mm以下の汚泥は約30%、即ち約70%の粒状化率であり、カラムテストの結果とよく一致していた。汚泥の約半分が0.5~2.0 mmのグラニューールで構成



第9図 パイロット試験におけるリアクター内汚泥の粒径分布
Fig. 9 Size distribution of particles in the reactor at pilot test.

されていた。顕微鏡観察でも水砕スラグはグラニューールの中に取り込まれていた。

以上の実験を通じ、水砕スラグを用いたUASBシステムは、実廃水でもグラニューールの形成が進み、高濃度汚泥の保持により高負荷での処理が可能であることを確認することができた。

むすび

水砕スラグを担体として用いることにより、従来UASB法の大きな課題であったグラニューールの形成が比較的容易に行われることを実験結果を合わせて紹介した。今後各種廃水に対する添加の必要性の有無などにつき検討を深める予定をしている。

近年の嫌気性処理技術の開発は非常にめざましく、適用分野も非常に拡大し、処理システムも多様化しつつある。当社は固定床方式のPANBICシステムで多くの実績を持ち、各方面より高い評価をえている。今後固定床方式とUASB方式の両者の特性をさらに把握し、多方面のニーズに対して最適の処理システムを提供して行く考えである。

参考文献

1. 須藤隆一編：微生物固定化法による排水処理，産業用水調査会
2. A. Hougetsu, H. Chihuku: J. Ferment. Bioeng., 67 (1990)
3. 小林俊男ら：環境技術，20 (1991)

GOLDEP 製超純水製造装置

Ultrapure Water Treatment System Made of Passivated Stainless Steel (GOLDEP)



(環)技術室

牛 越 健 一

Kenichi Ushikoshi

杉 沢 政 宣

Masanori Sugisawa

Owing to highly aggressive property of ultrapure water, development of a new material having low leach-out has long been awaited for ultrapure water treatment systems. The stainless steel which is specially passivated at a high temperature in an oxidative atmosphere after electropolishing is the most prospective material for this purpose, because it produces a low leach-out level compared to any other existing materials such as stainless steel without passivation, PFA, PVDF or PEEK.

Shinko Pantec developed this electropolishing plus passivation technology, named GOLDEP, and constructed an ultrapure water treatment system using GOLDEP-processed materials in Tohoku University.

The paper covers a specification for GOLDEP and a brief operation results of the systems. The improved performance of the system includes resistivity of more than 18.2 M Ω ·cm, TOC, silica, total residue below 1ppb respectively, particle count 1 or less per 1 ml in 0.07 μ m and 0.5 ppb dissolved oxygen etc. Also covered is the operating data on a special heating deaerator made of GOLDEP stainless steel which realized a lower oxygen level than 0.5ppb.

ま え が き

半導体製造技術は目覚ましい進展を続けており、大きな拡がりを持つ技術として各方面の関連技術の進歩が求められている。半導体製造に用いられる超純水製造技術も同様である。超純水は限りなく理論純水に近い純水を得るための技術と共に、洗浄など、超純水の使用する目的に超純水を適合させるといった面からも各種の研究が始められている。

これらの超純水に対する諸要求は、純度の向上という目的において、水処理プロセス内の単位操作の性能向上や適切なシステム構成の検討と共に、構成材料のクリーン化が必要不可欠なものとなってきている。わけでも超純水は激しい抽出力を持つ溶媒であり、溶出が少なく、二次汚染を生成させない構成材料を得ることは長い間のテーマであった。また超純水の洗浄性の向上などの目的に対しては各種の方法が検討されているが、超純水を加温したり、オゾンを応用することもある有望な方法として注目されている。このような場合当然超純水装置の構成材料はこれらの条件に耐えることのできる必要がある。

今まで、超純水用の構成材料としては、PVC、PVDF、PEEKなどの有機系の材料が検討開発され市場に供されてきているが、低溶出性、耐熱性、耐オゾン性などにおいて完全に満足されているものとは言い難い。GOLDEP 処

理材とは、オーステナイト系ステンレス鋼を電解研磨処理後、酸化雰囲気化において熱処理し、強制的に強固な不動態酸化膜を付加したものである。GOLDEP 処理材は、機械的強度、耐熱性、低膨張率、加工容易性といったステンレス固有の特長のうえに、既存の有機系素材に比べてきわめて溶出が少なく、超純水装置の構成材料として非常に優れた特質を有している。ここに GOLDEP について記述すると共に、GOLDEP 材を使用して製作された、東北大学ミニスーパークリーンルーム向超純水装置と運転結果について報告する。

1. GOLDEP

ステンレス鋼を電解研磨した面は、機械研磨処理面に比べて非常に平坦な面を持っており、実表面積が小さい。

第1表¹⁾に各表面処理における実表面積の比を示す。

電解研磨したステンレス鋼表面は、それ自身数十Åの不動態膜を持っている。GOLDEP 処理は、電解研磨後、酸化雰囲気下において400~500℃に加熱し、さらに厚く強固な不動態膜を生成させたもので、不動態膜厚は100~200Åで、非晶質の金属酸化膜により形成されており²⁾、干渉光による美しい黄金色を呈している。

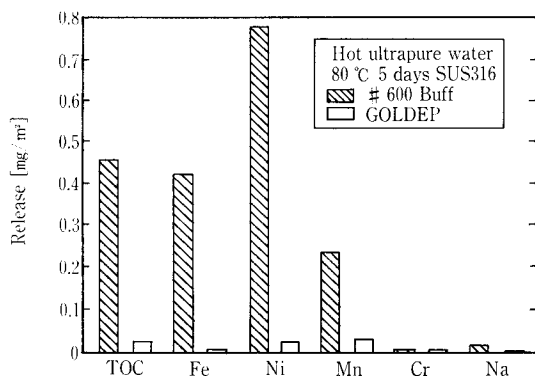
GOLDEP 処理材は超純水に対し、溶出がきわめて少ない。第1図³⁾ SUS316 ステンレス鋼を機械研磨処理した場合と、GOLDEP 処理した場合の溶出データを示す。また第2表⁴⁾に GOLDEP 処理したステンレス鋼と、PFA、PVDF、PEEK といった有機系の素材の超純水に対する溶出量の差のデータを示す。これらからわかるように、GOLDEP 処理材は、機械研磨 SUS 材、有機材に比べて TOC のみならず金属に関しても溶出が著しく低いことがわかる。

第2図⁵⁾に GOLDEP 処理材ををオージェ電子分光分析法(AES)により分析したデータを示す。図中実線は SUS316鋼を電解研磨し、450℃で不動態化処理した GOLD-

第1表 表面処理法と粗度因子

Table 1 Comparison between surface finishing method
vs roughness factor¹⁾

Material	Surface finishing method	Roughness factor
SUS	Acid pickling	4.10
SUS	Emery polishing	3.06
SUS	Electropolishing	1.12
Glass	—	1.04



第1図 温超純水への溶出テスト
Fig. 1 Leach out test in hot ultrapure water³⁾

第2表 GOLDEP と合成樹脂の溶出比較
Table 2 Comparison on leach out between GOLDEP vs. synthetic materials⁴⁾

Item	Unit mg/m ²			
	GOLDEP	PFA	PVDF	PEEK
TOC	0.025	4.8	17	3.5
Na	0.0007			0.15
K	0.003			0.07
Ca	0.012			0.113
Cl	0.0013			0.11

Conditions: 80 °C, Ultrapure water, 5days
Data for PFA, PVDF, PEEK: Proc. 9th. International Symp. contamination control, Los Angeles, Sept. 1988
Selection of plastic piping material for ultrapure water by Koichi Yabe etc. (converted to for 5 days)

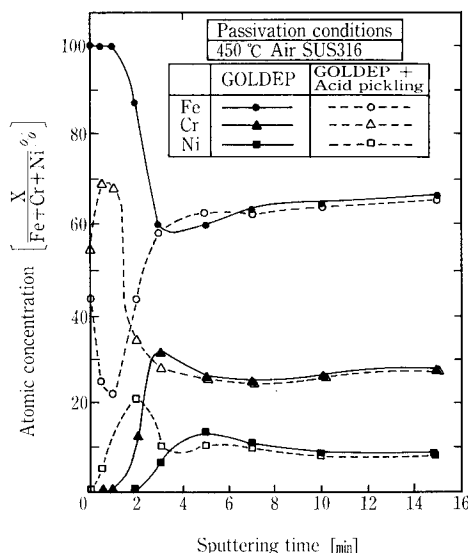
EP 材の表面における原子組成を示す。図より明らかなように不動態化表面は、ほとんど鉄を主成分とする不動態膜よりなり、その下にクロムを主成分とする不動態膜があることがわかる。酸化不動態処理ステンレス鋼をガス系、真空系に使用する場合には放出ガス、放出水分を減少させることが最大のテーマであるが、超純水に応用する場合には、まず耐食性、低溶出性といったことが最重要な問題となる。そこで当社は、この GOLDEP 処理材の表面を酸処理し、下のクロムを主体とする不動態膜を露出させることにより、耐食性を大幅に向上させる技術を開発している⁶⁾。図中破線は、酸により表面を処理したものの分析データで、表層はクロムを主成分とする不動態膜となっていることを示している。

第3図⁷⁾に各種の表面処理を行った SUS 鋼を 50 °C の弱酸に浸漬し溶出加速試験を行ったデータを示す。図から明らかなように、機械研磨材に比べて電解研磨材が溶出が少なく、さらに GOLDEP 材は減少し、GOLDEP 処理後酸処理を行ったものは著しく溶出が減少していることが分かる。

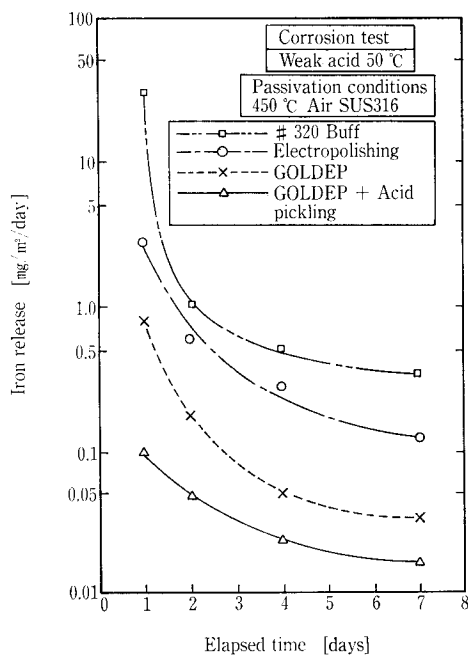
このようにして、GOLDEP 処理ステンレス鋼は、ステンレス鋼本来の持つ、機械的強度、加工性、非帯電性、耐熱性、低膨張率性といった特長の上に、超低溶出性という特質が加わることにより、超純水装置用素材として最も適したものといえる。

2. GOLDEP 製超純水装置

主要部をすべて GOLDEP 処理材で製作した超純水装置



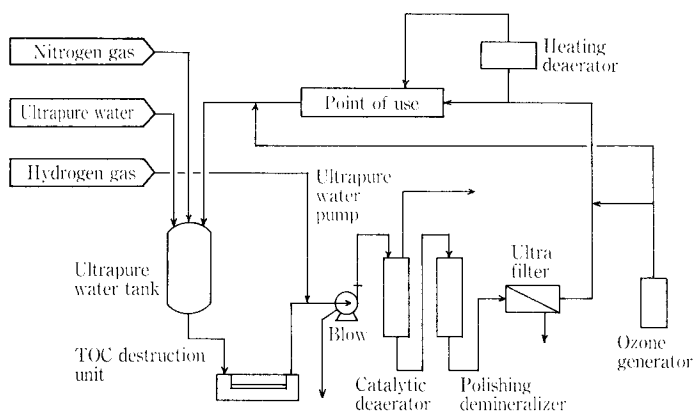
第2図 GOLDEP および GOLDEP + 酸処理不動態膜組成分布
Fig. 2 Composition profile of oxide film on GOLDEP and GOLDEP + Acid pickling⁵⁾



第3図 表面処理法による鉄溶出量の差
Fig. 3 Comparison of iron release by several surface treatment methods⁷⁾

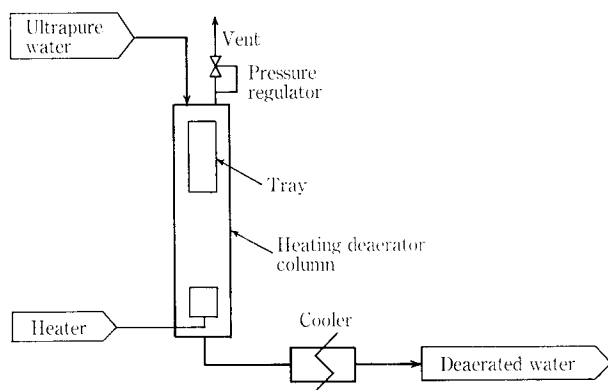
を1990年6月、当社は東北大学ミニスーパークリーンルームに納入した。

第4図に本装置のフローシートを示す。本装置は既設の超純水装置より超純水を受け入れ処理する。原超純水は、まず、窒素パージされ水位制御された超純水槽に受け入れられ、初めに低圧紫外線ランプを用いたTOC分解装置に入り微量有機成分が分解除去される。次の超純水ポンプにより加圧送水されるが、超純水ポンプは軸受部からの発塵による汚染を防止するために軸受部より少量のブローを行う超純水用に開発された特殊ポンプを用いている。次にパラジウムをアニオン交換樹脂に付加した触媒を用いて酸素



第4図 GOLDEP 製超純水装置フローシート

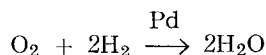
Fig. 4 Flow diagram of ultrapure water treatment system made of GOLDEP



第5図 GOLDEP 製加熱脱気器フローシート

Fig. 5 Flow diagram of heating deaerator made of GOLDEP

脱気を行う触媒脱気塔に送られる。この触媒脱気塔において、ポンプサクション側に注入した水素ガスと溶存酸素とが次式による反応を常温で行うことにより脱気が行われる。



また本触媒脱気塔の触媒のベースはI型アニオン交換樹脂であるためTOC分触装置により発生する有機酸や炭酸ガスを吸着するアニオンポリシヤの役割も兼ねている。さらに超純水は、精製された混床型イオン交換塔によりポリシングされ、残存するイオンが除去される。ファイナルフィルタとしては、外圧中空系型限外濾過器が用いられている。こうして処理された超純水はループ配管によりユースポイントに送られ、一部は超純水槽にリターンする。ループ系には、オゾン注入装置と、究極の脱気水を得るためと加温超純水を作るために加熱脱気器が設置されている。第5図に加熱脱気器のフローを、写真1に超純水装置の写真を示す。

これら装置の接液部は、イオン交換、限外濾過といった現在金属で対応できないものを除き、塔槽類、ポンプ類、酸管、弁類などすべて GOLDEP 処理材が用いられ、オールメタル仕様である。第3表に装置の構成材の一覧表を示す。また本装置に用いられている計器は超純水用として特に配慮され、水位計として超音波式、流量計として熱線

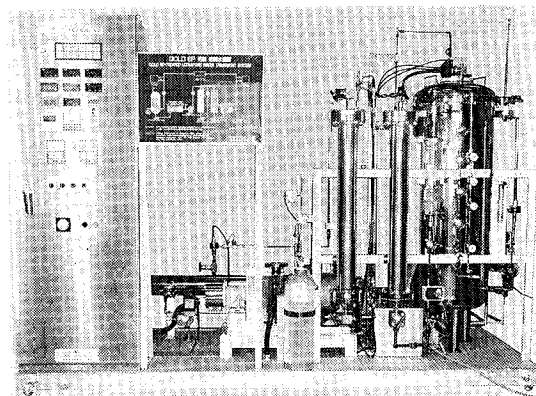


写真1 GOLDEP 製超純水装置

Photo. 1 Ultrapure water treatment system made of GOLDEP

第3表 構成材料表

Table 3 Material of component

Component	Material
Ultrapure water tank	JIS SUS316L/GOLDEP
Column of catalytic deaerator and polishing demineralizer	- ditto -
Ultrapure water pump	- ditto -
Piping	- ditto -
Valves (Valve body)	- ditto -
TOC destruction unit	- ditto -
Gasket	Nickel
Diaphragm of valve	Nickel alloy
Ion exchange resin	Styrene-DVB
Catalytic resin	Styrene-DVB/Pd
Ultra filter	Polysulfone

第4表 超純水水質

Table 4 Analysis of treated ultrapure water

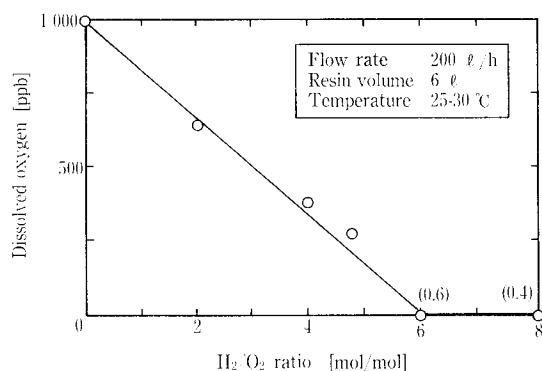
Item	Unit	Value
Resistivity	MΩ-cm	18.25
TOC	ppb	<1.0
Dissolved oxygen	ppb	<0.5
Particulate (>0.07 μm)	n/mℓ	<1.0
Silica	ppb	<1.0
Total residue	ppb	<1.0

式、圧力計としてフラッシュ型半導体圧力センサーが用いられている。

本装置の処理水々質はインライン水質モニターにより測定されている。第4表に処理水々質を示す。表より超純水々質は各項目共に測定計器の下限またはそれ以下の値を得ている。第5表に超純水装置のユースポイントで分析したICP-MS法による金属分析値を示す。ほとんどの項目が分析限界以下であり、GOLDEP 製超純水装置・配管より問題となるような金属の溶出は全くないことを示している。

第6図に触媒脱気装置における溶存酸素除去のデータを示す。適切な量の水素ガス注入により溶存酸素を0.5 ppb以下まで除去できていることを示している。

第6表に入口溶存酸素が2~5 ppbにおける加熱脱気器の処理水溶存酸素のデータを示す。溶存酸素は計器の検出限界をはるかに下回っておりほとんど検出されないことを示している。



第6図 触媒脱気器における H_2/O_2 比と溶存酸素量の関係
Fig. 6 Relationship between H_2/O_2 ratio and dissolved oxygen in catalytic deaerator

第6表 加熱脱気器処理水溶存酸素
Table 6 Dissolved oxygen at outlet of heating deaerator

Item	Unit	Value
Dissolved oxygen	ppb	<0.5*

* Indication of instrument 0.02ppb

3. まとめ

酸化不動態処理ステンレス鋼を用いた超純水装置が実稼動に入り次のようなことが明らかになった。

- (1) 超純水々質として比抵抗 $18.25 M\Omega \cdot cm$, TOC 1 ppb 以下, 微粒子 ($0.07 \mu m$) 1ヶ/cc 以下, シリカ 1 ppb 以下, 全蒸発残留物 1 ppb 以下, 溶存酸素 0.5 ppb 以下の水質を得ることができた。
- (2) GOLDEP 処理ステンレス鋼からは問題となる金属の溶出はなく超純水用材料として非常に優れていることが確認された。
- (3) GOLDEP 処理後酸処理により表層の鉄を主体とする不動態膜を除去し, クロムを主体とする強固な不動態膜を露出させることにより, 耐食性を飛躍的に向上させることができ, 超純水用として最適なものとすることができた。
- (4) GOLDEP 処理ステンレス鋼はステンレス鋼の持つ本来の機械的強度, 耐熱性, 耐オゾン性, 低膨張率, 加工性, 非常電性といった特長の他に, 超低溶出性という特長が加わり超純水装置用材料として今後広い範囲での応用が可能となった。
- (5) イオン交換樹脂, 限外濾過器に関しては, 現在相当に良い水質が得られているものの, 素材を含めて今後の

第5表 超純水分析値

Table 5 Analysis of ultrapure water

Sampling date : NOV. 22, 1990

Analysis method : ICP-MS

Unit : ppt

Item	Detection limit	Point of use
Lithium (Li)	0.06	N. D
Sodium (Na)	1.3	N. D
Beryllium (Be)	0.03	N. D
Magnesium (Mg)	0.06	0.1
Calcium (Ca)	0.8	1.3
Strontium (Sr)	0.03	N. D
Barium (Ba)	0.06	N. D
Titanium (Ti)	0.6	N. D
Zirconium (Zr)	0.06	N. D
Vanadium (V)	0.06	N. D
Niobium (Nb)	0.06	N. D
Tantalum (Ta)	0.06	N. D
Chromium (Cr)	1.3	1.6
Molybdenum (Mo)	0.1	N. D
Manganese (Mn)	0.1	N. D
Iron (Fe)	1.3	N. D
Cobalt (Co)	0.03	0.9
Nickel (Ni)	0.6	1.6
Copper (Cu)	0.03	0.1
Silver (Ag)	0.1	N. D
Zinc (Zn)	0.1	N. D
Cadmium (Cd)	0.1	N. D
Aluminum (Al)	0.1	0.4
Gallium (Ga)	0.03	N. D
Thallium (Tl)	0.1	N. D
Germanium (Ge)	0.1	N. D
Tin (Sn)	0.1	0.3
Lead (Pb)	0.3	N. D
Antimony (Sb)	0.1	N. D
Bismuth (Bi)	0.06	N. D

Analyzed by Hashimoto Chemical Co., Ltd.

検討が期待される。

最後に本技術の展開と超純水装置の製作に関し, 限りないご支援とご指導をいただいた, 東北大学大見教授と終始ご協力下さった同研究室員の方々に深甚の謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 金丸競, 服部浩彦: 接着 (理論と応用, 改訂増補版), 抜粋, 高分子学会, 丸善, p. 124 (1965)
- 2) 泊里治夫, 寺田誠, 那須進, 大見忠弘, 杉山和彦, 仲原善行: 半導体製造ガス供給システム用高性能クリーンパイプの開発, R & D 神戸製鋼技報, 39 [4] p. 57-60 (1989)
- 3) 宝月章彦, 牛越健一: 超低溶出型超純水加熱装置の開発と不純物の溶出防止策, 造水技術, 16 [1] p. 31-32 Jan. (1990)
- 4) 宝月章彦, 牛越健一: 超純水システム, 電子材料 (別冊) p. 118-124 Nov. (1989)
- 5) 山添勝巳: 神鋼パンテック R & D レポート, (1985)
- 6) 日本特許第1575416号, 米国特許第4, 776, 897号
- 7) 山添勝巳: 神鋼パンテック R & D レポート (1985)

GOLDEP 製超純水製造装置

Ultrapure Water Treatment System Made of Passivated Stainless Steel (GOLDEP)



(環)技術室
牛 越 健 一
Kenichi Ushikoshi
杉 沢 政 宣
Masanori Sugisawa

Owing to highly aggressive property of ultrapure water, development of a new material having low leach-out has long been awaited for ultrapure water treatment systems. The stainless steel which is specially passivated at a high temperature in an oxidative atmosphere after electropolishing is the most prospective material for this purpose, because it produces a low leach-out level compared to any other existing materials such as stainless steel without passivation, PFA, PVDF or PEEK.

Shinko Pantec developed this electropolishing plus passivation technology, named GOLDEP, and constructed an ultrapure water treatment system using GOLDEP-processed materials in Tohoku University.

The paper covers a specification for GOLDEP and a brief operation results of the systems. The improved performance of the system includes resistivity of more than $18.2 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$, TOC, silica, total residue below 1ppb respectively, particle count 1 or less per 1 ml in $0.07 \mu\text{m}$ and 0.5 ppb dissolved oxygen etc. Also covered is the operating data on a special heating deaerator made of GOLDEP stainless steel which realized a lower oxygen level than 0.5ppb.

ま え が き

半導体製造技術は目覚ましい進展を続けており、大きな拡がりを持つ技術として各方面の関連技術の進歩が求められている。半導体製造に用いられる超純水製造技術も同様である。超純水は限りなく理論純水に近い純水を得るための技術と共に、洗浄など、超純水の使用する目的に超純水を適合させるといった面からも各種の研究が始められている。

これらの超純水に対する諸要求は、純度の向上という目的において、水処理プロセス内の単位操作の性能向上や適切なシステム構成の検討と共に、構成材料のクリーン化が必要不可欠なものとなってきている。わけても超純水は激しい抽出力を持つ溶媒であり、溶出が少なく、二次汚染を生成させない構成材料を得ることは長い間のテーマであった。また超純水の洗浄性の向上などの目的に対しては各種の方法が検討されているが、超純水を加温したり、オゾンを応用することもある有望な方法として注目されている。このような場合当然超純水装置の構成材料はこれらの条件に耐えることのできる必要がある。

今まで、超純水用の構成材料としては、PVC, PVDF, PEEK などの有機系の材料が検討開発され市場に供されてきているが、低溶出性、耐熱性、耐オゾン性などにおいて完全に満足されているものとは言い難い。GOLDEP 処

理材とは、オーステナイト系ステンレス鋼を電解研磨処理後、酸化雰囲気化において熱処理し、強制的に強固な不動態酸化膜を付加したものである。GOLDEP 処理材は、機械的強度、耐熱性、低膨張率、加工容易性といったステンレス固有の特長のうゑに、既存の有機系素材に比べてきわめて溶出が少なく、超純水装置の構成材料として非常に優れた特質を有している。ここに GOLDEP について記述すると共に、GOLDEP 材を使用して製作された、東北大学ミニスーパークリーンルーム向超純水装置と運転結果について報告する。

1. GOLDEP

ステンレス鋼を電解研磨した面は、機械研磨処理面に比べて非常に平坦な面を持っており、実表面積が小さい。

第1表¹⁾に各表面処理における実表面積の比を示す。

電解研磨したステンレス鋼表面は、それ自身数十Åの不動態膜を持っている。GOLDEP 処理は、電解研磨後、酸化雰囲気下において400~500℃に加熱し、さらに厚く強固な不動態膜を生成させたもので、不動態膜厚は100~200Åで、非晶質の金属酸化膜により形成されており²⁾、干渉光による美しい黄金色を呈している。

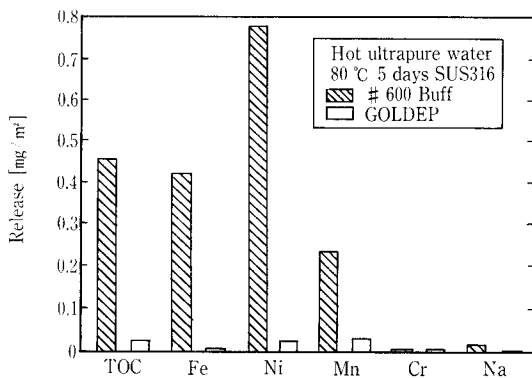
GOLDEP 処理材は超純水に対し、溶出がきわめて少ない。第1図³⁾ SUS316 ステンレス鋼を機械研磨処理した場合と、GOLDEP 処理した場合の溶出データを示す。また第2表⁴⁾に GOLDEP 処理したステンレス鋼と、PFA, PVDF, PEEK といった有機系の素材の超純水に対する溶出量の差のデータを示す。これらからわかるように、GOLDEP 処理材は、機械研磨 SUS 材、有機材に比べて TOC のみならず金属に関しても溶出が著しく低いことがわかる。

第2図⁵⁾に GOLDEP 処理材ををオージェ電子分光分析法(AES)により分析したデータを示す。図中実線は SUS316鋼を電解研磨し、450℃で不動態化処理した GOLD-

第1表 表面処理法と粗度因子

Table 1 Comparison between surface finishing method
vs roughness factor¹⁾

Material	Surface finishing method	Roughness factor
SUS	Acid pickling	4.10
SUS	Emery polishing	3.06
SUS	Electropolishing	1.12
Glass	—	1.04



第1図 温超純水への溶出テスト
Fig. 1 Leach out test in hot ultrapure water³⁾

第2表 GOLDEP と合成樹脂の溶出比較
Table 2 Comparison on leach out between GOLDEP vs. synthetic materials⁴⁾

Item	Unit mg/m ²			
	GOLDEP	PFA	PVDF	PEEK
TOC	0.025	4.8	17	3.5
Na	0.0007			0.15
K	0.003			0.07
Ca	0.012			0.113
Cl	0.0013			0.11

Conditions: 80 °C, Ultrapure water, 5days

Data for PFA, PVDF, PEEK: Proc. 9th. International Symp. contamination control, Los Angeles, Sept. 1988

Selection of plastic piping material for ultrapure water by Koichi Yabe etc. (converted to for 5 days)

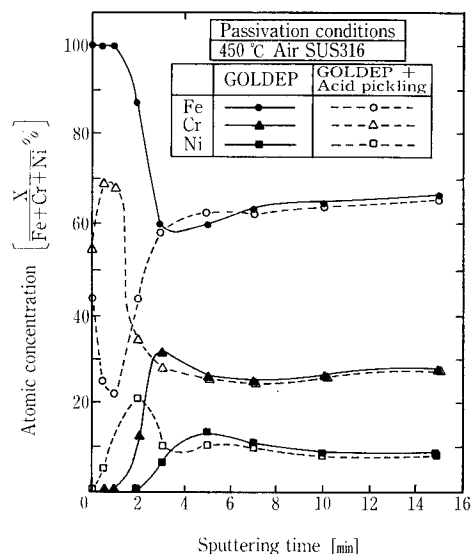
EP 材の表面における原子組成を示す。図より明らかなように不動態化表面は、ほとんど鉄を主成分とする不動態膜よりなり、その下にクロムを主成分とする不動態膜があることがわかる。酸化不動態処理ステンレス鋼をガス系、真空系に使用する場合には放出ガス、放出水を減少させることが最大のテーマであるが、超純水に応用する場合には、まず耐食性、低溶出性といったことが最重要な問題となる。そこで当社は、この GOLDEP 処理材の表面を酸処理し、下のクロムを主体とする不動態膜を露出させることにより、耐食性を大幅に向上させる技術を開発している⁶⁾。図中破線は、酸により表面を処理したものの分析データで、表層はクロムを主成分とする不動態膜となっていることを示している。

第3図⁷⁾に各種の表面処理を行った SUS 鋼を50 °C の弱酸に浸漬し溶出加速試験を行ったデータを示す。図から明らかなように、機械研磨材に比べて電解研磨材が溶出が少なく、さらに GOLDEP 材は減少し、GOLDEP 処理後酸処理を行ったものは著しく溶出が減少していることが分かる。

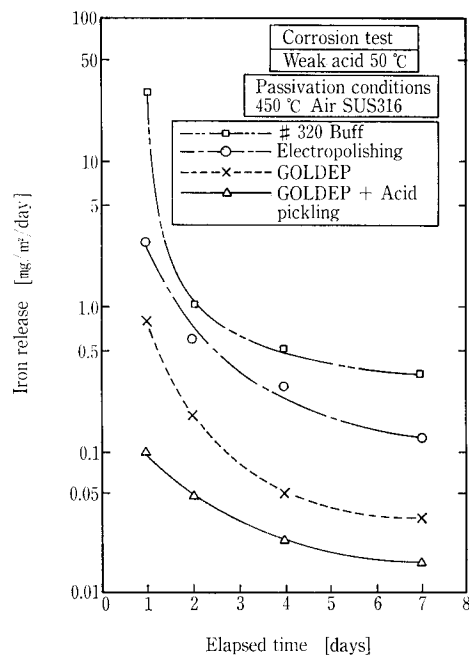
このようにして、GOLDEP 処理ステンレス鋼は、ステンレス鋼本来の持つ、機械的強度、加工性、非帯電性、耐熱性、低膨張率性といった特長の上に、超低溶出性という特質が加わることにより、超純水装置用素材として最も適したものといえることができる。

2. GOLDEP 製超純水装置

主要部をすべて GOLDEP 処理材で製作した超純水装置



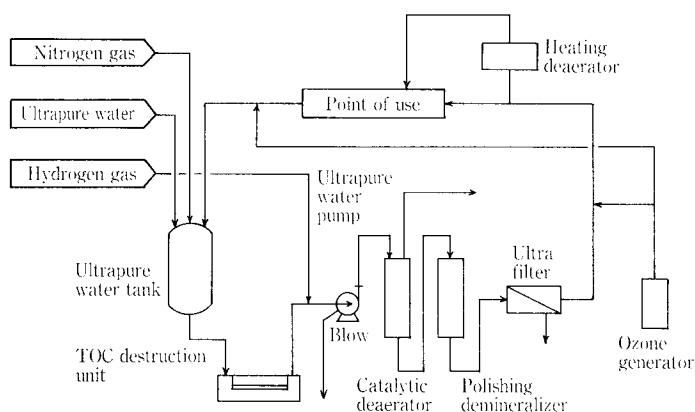
第2図 GOLDEP および GOLDEP+酸処理不動態膜組成分布
Fig. 2 Composition profile of oxide film on GOLDEP and GOLDEP+Acid pickling⁵⁾



第3図 表面処理法による鉄溶出量の差
Fig. 3 Comparison of iron release by several surface treatment methods⁷⁾

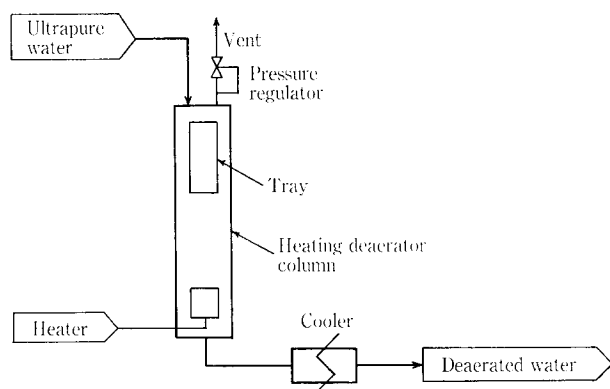
を1990年6月、当社は東北大学ミニスーパークリーンルームに納入した。

第4図に本装置のフローシートを示す。本装置は既設の超純水装置より超純水を受け入れ処理する。原超純水は、まず、窒素バージされ水位制御された超純水槽に受け入れられ、初めに低圧紫外線ランプを用いたTOC分解装置に入り微量有機成分が分解除去される。次の超純水ポンプにより加圧送水されるが、超純水ポンプは軸受部からの発塵による汚染を防止するために軸受部より少量のブローを行う超純水用に開発された特殊ポンプを用いている。次にパラジウムをアニオン交換樹脂に付加した触媒を用いて酸素



第4図 GOLDEP 製超純水装置フローシート

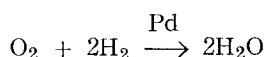
Fig. 4 Flow diagram of ultrapure water treatment system made of GOLDEP



第5図 GOLDEP 製加熱脱気器フローシート

Fig. 5 Flow diagram of heating deaerator made of GOLDEP

脱気を行う触媒脱気塔に送られる。この触媒脱気塔において、ポンプサクション側に注入した水素ガスと溶存酸素とが次式による反応を常温で行うことにより脱気が行われる。



また本触媒脱気塔の触媒のベースはI型アニオン交換樹脂であるためTOC分触装置により発生する有機酸や炭酸ガスを吸着するアニオンポリシヤの役割も兼ねている。さらに超純水は、精製された混床型イオン交換塔によりポリシングされ、残存するイオンが除去される。ファイナルフィルタとしては、外圧中空系型限外濾過器が用いられている。こうして処理された超純水はループ配管によりユースポイントに送られ、一部は超純水槽にリターンする。ループ系には、オゾン注入装置と、究極の脱気水を得るためと加温超純水を作るために加熱脱気器が設置されている。第5図に加熱脱気器のフローを、写真1に超純水装置の写真を示す。

これら装置の接液部は、イオン交換、限外濾過といった現在金属で対応できないものを除き、塔槽類、ポンプ類、酸管、弁類などすべて GOLDEP 処理材が用いられ、オールメタル仕様である。第3表に装置の構成材の一覧表を示す。また本装置に用いられている計器は超純水用として特に配慮され、水位計として超音波式、流量計として熱線

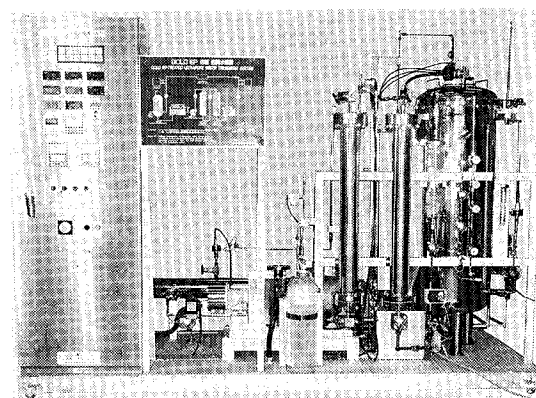


写真1 GOLDEP 製超純水装置

Photo. 1 Ultrapure water treatment system made of GOLDEP

第3表 構成材料表

Table 3 Material of component

Component	Material
Ultrapure water tank	JIS SUS316L/GOLDEP
Column of catalytic deaerator and polishing demineralizer	- ditto -
Ultrapure water pump	- ditto -
Piping	- ditto -
Valves (Valve body)	- ditto -
TOC destruction unit	- ditto -
Gasket	Nickel
Diaphragm of valve	Nickel alloy
Ion exchange resin	Styrene-DVB
Catalytic resin	Styrene-DVB/Pd
Ultra filter	Polysulfone

第4表 超純水水質

Table 4 Analysis of treated ultrapure water

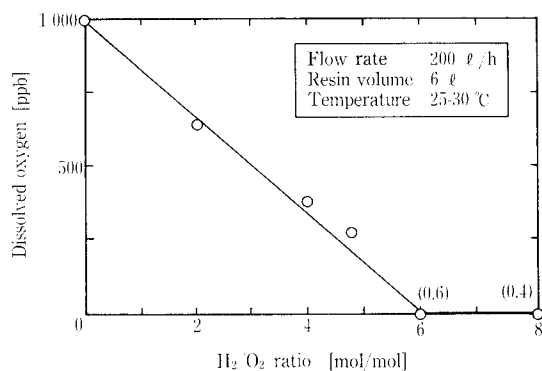
Item	Unit	Value
Resistivity	MΩ-cm	18.25
TOC	ppb	<1.0
Dissolved oxygen	ppb	<0.5
Particulate (>0.07 μm)	n/ml	<1.0
Silica	ppb	<1.0
Total residue	ppb	<1.0

式、圧力計としてフラッシュ型半導体圧力センサーが用いられている。

本装置の処理水々質はインライン水質モニターにより測定されている。第4表に処理水々質を示す。表より超純水々質は各項目共に測定計器の下限またはそれ以下の値を得ている。第5表に超純水装置のユースポイントで分析したICP-MS法による金属分析値を示す。ほとんどの項目が分析限界以下であり、GOLDEP 製超純水装置・配管より問題となるような金属の溶出は全くないことを示している。

第6図に触媒脱気装置における溶存酸素除去のデータを示す。適切な量の水素ガス注入により溶存酸素を0.5 ppb以下まで除去できていることを示している。

第6表に入口溶存酸素が2~5 ppbにおける加熱脱気器の処理水溶存酸素のデータを示す。溶存酸素は計器の検出限界をはるかに下回っておりほとんど検出されないことを示している。



第6図 触媒脱気器における H_2/O_2 比と溶存酸素量の関係
Fig. 6 Relationship between H_2/O_2 ratio and dissolved oxygen in catalytic deaerator

第6表 加熱脱気器処理水溶存酸素
Table 6 Dissolved oxygen at outlet of heating deaerator

Item	Unit	Value
Dissolved oxygen	ppb	<0.5*

* Indication of instrument 0.02ppb

3. まとめ

酸化不動態処理ステンレス鋼を用いた超純水装置が実稼動に入り次のようなことが明らかになった。

- (1) 超純水々質として比抵抗 $18.25 M\Omega \cdot cm$, TOC 1 ppb 以下, 微粒子 ($0.07 \mu m$) 1ヶ/cc 以下, シリカ 1 ppb 以下, 全蒸発残留物 1 ppb 以下, 溶存酸素 0.5 ppb 以下の水質を得ることができた。
- (2) GOLDEP 処理ステンレス鋼からは問題となる金属の溶出はなく超純水用材料として非常に優れていることが確認された。
- (3) GOLDEP 処理後酸処理により表層の鉄を主体とする不動態膜を除去し, クロムを主体とする強固な不動態膜を露出させることにより, 耐食性を飛躍的に向上させることができ, 超純水用として最適なものとなることができた。
- (4) GOLDEP 処理ステンレス鋼はステンレス鋼の持つ本来の機械的強度, 耐熱性, 耐オゾン性, 低膨張率, 加工性, 非常電性といった特長の他に, 超低溶出性という特長が加わり超純水装置用材料として今後広い範囲での応用が可能となった。
- (5) イオン交換樹脂, 限外濾過器に関しては, 現在相当に良い水質が得られているものの, 素材を含めて今後の

第5表 超純水分析値

Table 5 Analysis of ultrapure water

Sampling date : NOV. 22, 1990

Analysis method : ICP-MS

Unit : ppt

Item	Detection Limit	Point of use
Lithium (Li)	0.06	N. D
Sodium (Na)	1.3	N. D
Beryllium (Be)	0.03	N. D
Magnesium (Mg)	0.06	0.1
Calcium (Ca)	0.8	1.3
Strontium (Sr)	0.03	N. D
Barium (Ba)	0.06	N. D
Titanium (Ti)	0.6	N. D
Zirconium (Zr)	0.06	N. D
Vanadium (V)	0.06	N. D
Niobium (Nb)	0.06	N. D
Tantalum (Ta)	0.06	N. D
Chromium (Cr)	1.3	1.6
Molybdenum (Mo)	0.1	N. D
Manganese (Mn)	0.1	N. D
Iron (Fe)	1.3	N. D
Cobalt (Co)	0.03	0.9
Nickel (Ni)	0.6	1.6
Copper (Cu)	0.03	0.1
Silver (Ag)	0.1	N. D
Zinc (Zn)	0.1	N. D
Cadmium (Cd)	0.1	N. D
Aluminum (Al)	0.1	0.4
Gallium (Ga)	0.03	N. D
Thallium (Tl)	0.1	N. D
Germanium (Ge)	0.1	N. D
Tin (Sn)	0.1	0.3
Lead (Pb)	0.3	N. D
Antimony (Sb)	0.1	N. D
Bismuth (Bi)	0.06	N. D

Analyzed by Hashimoto Chemical Co., Ltd.

検討が期待される。

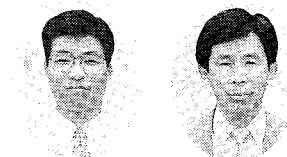
最後に本技術の展開と超純水装置の製作に関し, 限りないご支援とご指導をいただいた, 東北大学大見教授と終始ご協力下さった同研究室員の方々に深甚の謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 金丸競, 服部浩彦: 接着 (理論と応用, 改訂増補版), 抜粋, 高分子学会, 丸善, p. 124 (1965)
- 2) 泊里治夫, 寺田誠, 那須進, 大見忠弘, 杉山和彦, 仲原善行: 半導体製造ガス供給システム用高性能クリーンパイプの開発, R & D神戸製鋼技報, 39 [4] p. 57-60 (1989)
- 3) 宝月章彦, 牛越健一: 超低溶出型超純水加熱装置の開発と不純物の溶出防止策, 造水技術, 16 [1] p. 31-32 Jan. (1990)
- 4) 宝月章彦, 牛越健一: 超純水システム, 電子材料 (別冊) p. 118-124 Nov. (1989)
- 5) 山添勝巳: 神鋼パンテック R & D レポート, (1985)
- 6) 日本特許第1575416号, 米国特許第4, 776, 897号
- 7) 山添勝巳: 神鋼パンテック R & D レポート (1985)

浄水場遠隔監視システム

The New Telemonitoring System for The Municipal Water Treatment Plant



(技開) F A ソフト技術室
平 田 逸 郎
Itsuro Hirata
広 岡 隆 志
Takashi Hirooka

In the municipal water treatment plant, pump facilities are installed at several places to distribute the flowed water from the water treatment facility to each place. In most cases the pump facilities are controlled by patrol. In some cases they are controlled at the monitoring center by the telemonitoring system through the telemeter or the leased line. However, the telemonitoring system has difficulties in terms of initial cost, software applicating and so forth. Especially, the key factor is whether the change of software and increase in the capacity of the software coordinating the system can be easily done.

Such problems were solved by the new telemonitoring system for municipal water treatment system, designed and installed by Kesennuma City. The new system was composed of such hardware and software as easily obtained in the market. The concept was that the increase in the capacity of each hardware and software was designed to be directly connected with the increase in the capacity of the total software of the new system. The PMX-98 was used as the basic system software, produced by SHINKO-PANTEC. We applied the PMX-98 to the new telemonitoring system by making only a handler program. Now the new system has been completed. At the final stage, the system will be able to monitor a water treatment facility and more than 10 pump facilities.

ま え が き

一般に、上水道においては、浄水場からの水を各所に配水するために、数カ所から、数十カ所にそのポンプ所が分散している。その際、各所に分かれるポンプ所を運用していくのに、多くの場合、人が巡回して管理している。また一方では、テレメータを用いたり、あるいは専用回線を通して監視センタで遠隔監視することもあったが、導入コストが高く、ユーザ側でのシステムの一部変更、および機能アップが困難であるため、対応するための時間、費用が大きくなり、特に、システムをまとめるソフトウェアの変更、機能アップが容易であるかどうか重要なポイントであった。

今回の気仙沼市ガス水道部が設計、導入した浄水場遠隔監視システムにおいては、それらの問題を解消するため、システムを構成するハードウェア、ソフトウェアに汎用品を用い、各ハードウェア、ソフトウェアの機能アップがシステム全体の機能アップとなる方法を採用した。ソフトウェアには当社の PMX-98 (プロセス運転監視システム構築用ソフトウェア) を使用し、ハンドラ (データ入出力機器とのインターフェースプログラム: 後述) を一本新たに作成するだけで、標準をそのまま採用した。現在、そのモデルケースが完成したが、最終的には 1 カ所の浄水場と 10 数カ所のポンプ所が、1 カ所で運転監視できるようになる。

以降、本システムについてその概要を紹介する。

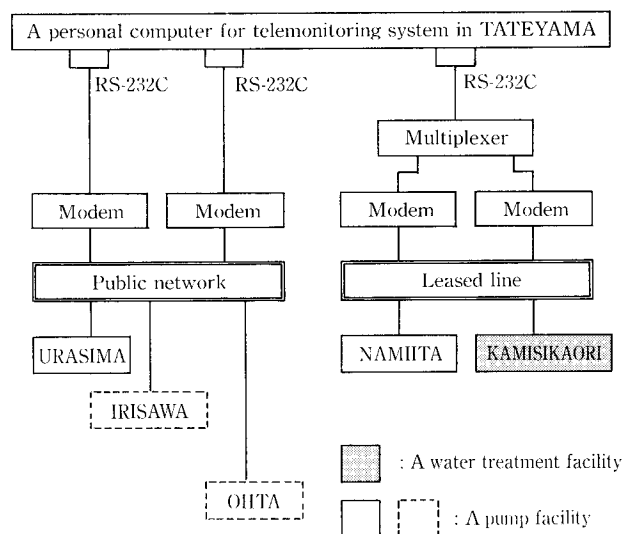
1. システム概要

今回 PMX-98 を適用したシステムは、監視センタ (監視局と呼ぶ) と、他の浄水場、およびポンプ所 (被監視局

と呼ぶ) を N T T 専用回線、または電話回線で結び、浄水場、ポンプ所を一括で遠隔監視するものである。(第 1 図)

監視局と浄水場は専用回線で接続し (専用回線を利用した被監視局) 配水池水位、配水量、およびポンプ運転状況などのデータを、監視局に設置したパソコンに取り込み C R T ディスプレイ上に表示するとともに、バックグラウンド処理でデータ収集、警報の監視を行う。

また取水ポンプ、および配水池流入弁の運転/停止をセンタから操作できる。



第 1 図 システム構成概要
Fig. 1 Outline of system configuration

ポンプ所とは電話回線で接続し（電話回線を利用した被監視局）、警報発生時にはポンプ所から監視局へ自動通報される。また、必要時に任意のポンプ所と回線を接続し、データの読み出し、および配水ポンプの運転/停止をセンタから操作できる。

気仙沼市においては、館山浄水場を監視局として監視パソコンを設置し、その他の上鹿折浄水場、浪板ポンプ所、および浦島ポンプ所（被監視局）の監視を行う。このシステムにおいて、監視局と被監視局のシステム形態は1:N方式となる。データの読み出しの際、全被監視局に対して同様にデータを要求するのであれば、データ更新周期が長くなってしまい、そこで、常時データを監視する被監視局を限定し専用回線を利用した被監視局とし、その他の被監視局は電話回線を利用した被監視局として、警報発生時にのみに監視局へ自動通報させ、配水池水位、配水流量などのデータは、6時間毎（データ読み出し周期はユーザ側で自由に変更可能）に監視局から被監視局を順番にポーリングしていく。

1. 1 監視内容

基本的にPMX-98の標準機能を使用しているため、ユーティリティソフトによるPMX-98用データの設定、変更でシステム構築ができる。ポンプ所の監視内容として第1表の項目を運転監視パソコンに入力した。

1. 2 専用回線と電話回線

浄水場およびポンプ所1カ所については、常時データを取り込む必要があるため専用回線で接続した。（専用回線を利用した被監視局）データ収集を2分毎（設定は自由に変更可能）に行い、警報の監視は、パソコンより常時警報データを読み出しチェックすることにより行う。

その他のポンプ所については、必要時にのみ回線を接続することとし、電話回線を使用した。（電話回線を利用した被監視局）現場での警報発生時にはポンプ所からパソコンへ自動通報される。なお、一定時間間隔のデータ収集、および必要時の任意の被監視局との接続によるリアルタイムデータの表示は可能である。

1. 3 システムの特長

システムを構成しているハードウェア、ソフトウェアに汎用品を使用しているため、システム全体として、つぎの特長をもつ。

- 1) データを設定することでシステムを構築できるため、ソフトウェア、ハードウェアの拡張、あるいは変更がユーザ側で容易に行える。
- 2) 経済性の高いシステムが、比較的短期間に構築できる。
- 3) 市販のアプリケーションソフト（ワープロ、表計算、データベースなど）からデータの利用が可能である。
- 4) VMX-86（リアルタイム・マルチタスクOS）の採用により、データ収集、イベント監視などの機能を高速・リアルタイムに処理できる。

2. ハードウェア構成

第2図にハードウェア構成を示す。

監視センタには、FC-9801A（NEC）を運転監視用として、PC-9801RA21（NEC）をデータ処理用とし

第1表 ポンプ所伝送項目（専用回線）

Table 1 Send data list from the pump field (Private line)

Alarm signal (from field to center)		
1	The water distribution pump	(Remote-Local selection)
2	〃	(Auto-Manual selection)
3	〃	(Run-Stop selection)
4	〃	(Trouble)
5	The water distribution pond	(High level alarm)
6	〃	(Low level alarm)
7	The receiving tank	(High level alarm)
8	〃	(Low level alarm)
9	The power failure	(200 V)
10	〃	(100 V)
Measurement data: analog (from field to center)		
1	The level of water distribution pond	
2	The level of receiving tank	
3	The volume of distribution water	
4	Voltage	
6	Current	
Measurement data: integrating pulse (from field to center)		
1	Cumulative distribution water	
2	Integrating watt	
3	The operating time	
Control signal (from center to field)		
1	The water distribution pump	(Auto-Manual selection)
2	〃	(Run-Stop selection)

ている。上記2台のパソコンにおいて高速ファイルネットワークシステム REXAS を使用し、130MBのハードディスクを共有している。従って、運転監視用パソコンからハードディスク (REXAS) に収集されたデータを、データ処理用パソコンで市販ソフトウェアのデータとして利用可能である。

専用回線を利用した被監視局には、DLC（リモートI/Oインタフェース）、およびDLA（分散型多重伝送ユニット）、電話回線を利用した被監視局にはDKT（テレカプラ）が設置され、パソコンと現場のデジタル信号、アナログ信号とのインタフェースの役割をする。

2. 1 運転監視用パソコン

運転監視用パソコンは、RS-232Cポートを3ポート（パソコン標準ポート+増設2ポート）保有しており、標準ポートは、マルチプレクサを経てNTT専用回線用のモデム2台に接続され、マルチサーバによる増設2ポートは、データ収集電話回線用モデム、および警報通報受信電話回線用モデムに接続してある。

マルチプレクサは、1台で1対4の接続ができ、またカスケード接続（多段接続）が可能のため専用回線用被監視局の増設、変更が容易である。

電話回線用被監視局も、監視局側では電話番号を登録するだけで、増設、変更が行える。通信用RS-232Cポートをデータ読み出し用と通報受信用に分けているが、これは、現場からの通報を常時受信できるようにしておくためである。

2. 2 浄水場（専用回線を利用した被監視局）

DLC、およびDLAの組合わせのセットで設置され、監視センタとは専用回線で接続されている。運転監視用パ

ソコンからのデータ要求コマンドに応じたレスポンスを返信する。

これらの機器、およびモデムは無停電電源装置でバックアップされており10分以内の停電であれば対応できる。100V系電源停電の警報が設定されているため、停電の際には、10分以内に監視センタで通報が着信されれば警報として検出される。

2.3 ポンプ所（電話回線を利用した被監視局）

DKTが電話回線で監視センタに接続されている。運転監視用パソコンからの回線接続があれば、回線接続後データ要求コマンドに応じたレスポンスを返信する。また、ポンプ所での警報発生があれば運転監視用パソコンと回線を接続し、回線接続後に警報内容の送信を行う。（自動通報）なお、運転監視用パソコンからの回線接続中にポンプ所で警報が発生した場合には、一旦回線を切断したのちに自動通報を行う。

DKT、およびモデムは無停電電源装置でバックアップされており、100V系電源が停電した場合、DKTが電源断する前に警報内容が監視センタに自動通報される。

3. ソフトウェア構成

運転監視システム用にはパッケージソフトウェアのPMX-98を使用している。基本的な機能は、標準のまま使用し、データを演算する必要のあるものについては、演算ハンドラを使用し内部で演算を行っている。

さまざまな計測制御機器との接続を行うために、各種のハンドラ（インターフェースプログラム）が用意されてい

る。DLCについては、すでに接続実績もあり、ハンドラも用意されていたが、DKTについては新たにハンドラを作成した。

3.1 基本ソフトウェア

ここでは、今回、パソコン側のシステムを構築するために使用したソフトウェアを指す。

3.1.1 オペレーティングシステム（OS）

MS-DOS Ver3.3Bとそれをリアルタイムマルチタスク化するVMX-86 Ver2.0の組合わせを使用している。これは、PMX-98の仕様による。

3.1.2 パッケージソフトウェア

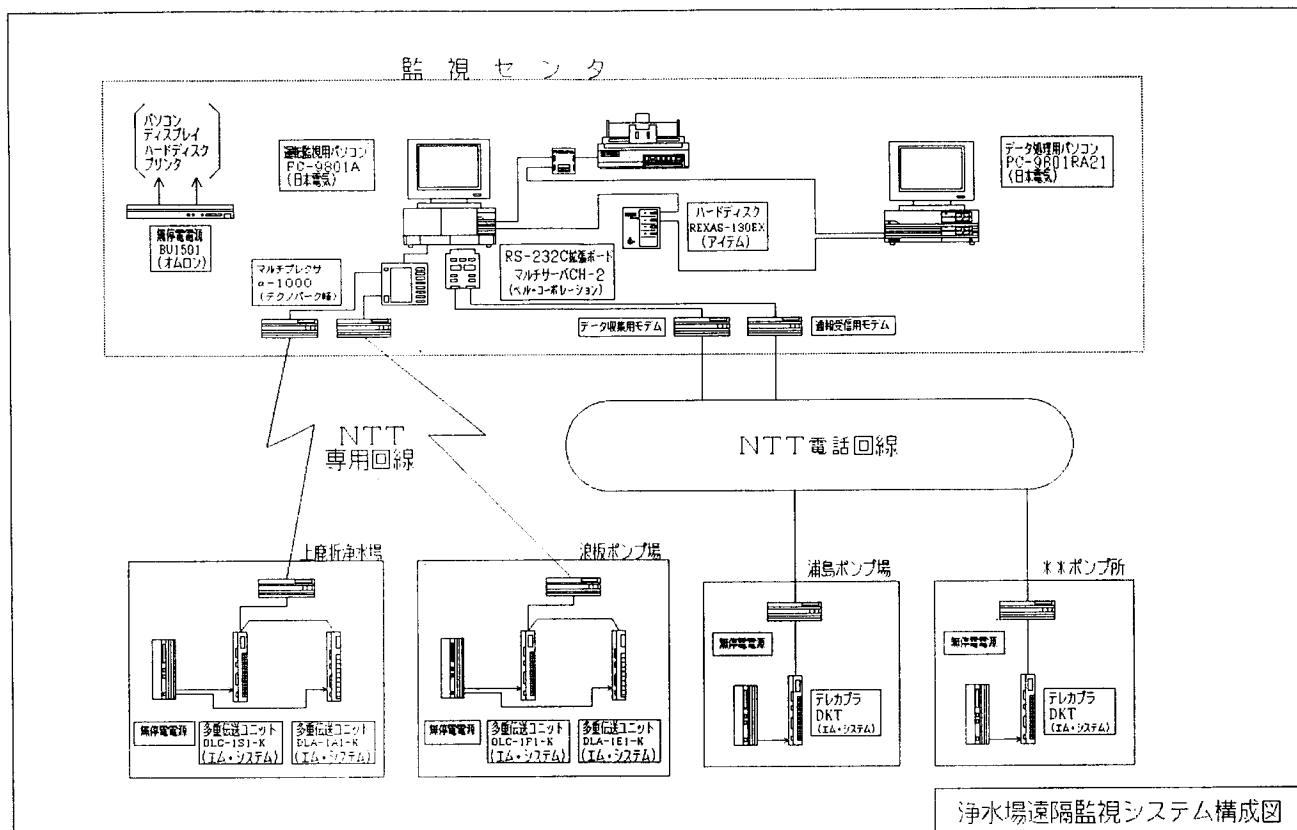
プロセスモニタPMX-98は、当初は、プロセスの運転監視用のシステムを構築するためのソフトウェアとして開発されたが、近年、FA、LAといった分野にも適用が可能となっている。遠隔監視システム用として、PMX-98と新たな計測機器（DKT）を接続するため、そのハンドラを作成する必要はあったが、それ以外の機能については標準のまま使用した。

1) 遠隔監視機能

PMX-98の標準機能を使用し、第2表の機能を登録した。次に各項目の概要を紹介する。

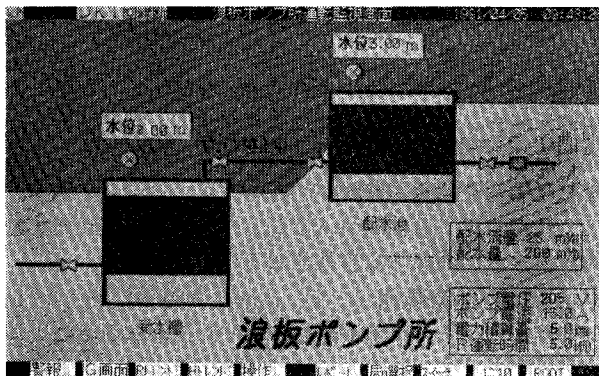
(1) 発生警報の一覧表示画面

被監視局にて発生した警報情報を一覧表示する。警報発生時には、監視局内にある警報チャイムが鳴る。その際に、人が操作して警報表示画面を表示することにより、警報チャイムが鳴り止む。この画面では現在発生している警

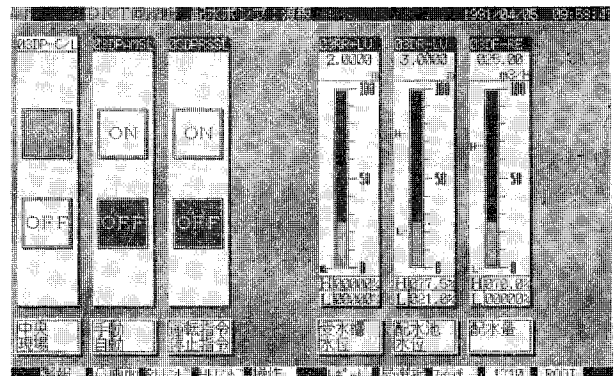


第2図 ハードウェア構成

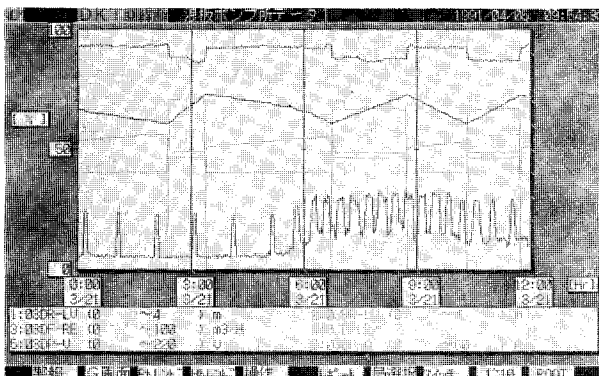
Fig. 2 Hardware configuration



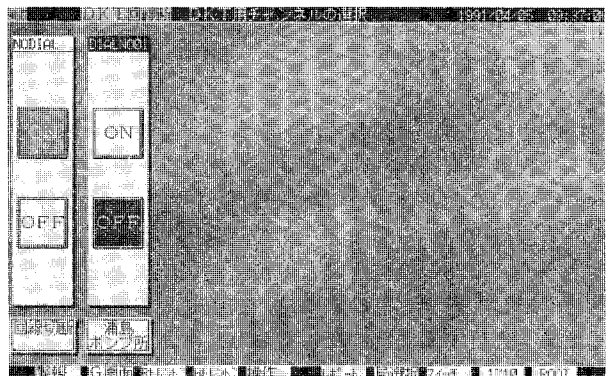
第3図 グラフィック表示画面例
Fig. 3 Example of graphic display



第5図 設定操作画面例
Fig. 5 Example of setting values display



第4図 ヒストリカルトレンド表示画面例
Fig. 4 Example of historical trend display



第6図 電話回線用被監視局の選択
Fig. 6 Selection of facilities through the leased line

報を、最大64点まで参照することができ、各警報の発生時刻、復帰時刻も表示される。

警報発生と同時に、警報内容をプリンタへ出力することができる。

(2) データ収集

読み出したデータをファイルへ保存する。専用回線を利用した被監視局からは2分毎に、電話回線を利用した被監視局からは6時間毎にデータ収集を行う。また、電話回線を利用した被監視局から自動通知されてきた警報情報については、イベント型データ収集でロギングされる。専用回線からのデータは16MB(3カ月分)、電話回線からのデータは1MB(2年余り分)のファイルサイズまでロギングされる。それ以降は、古いデータから順次上書きされていく。なお、ファイルサイズの変更は可能である。

(3) グラフィックフロー表示画面(第3図)

被監視局のフロー画面を表示し、その画面上にリアルタイムデータを表示する。

記号、文字列、数値、およびバーグラフの表示ができる。

(4) リアルタイムトレンド表示画面

専用回線を利用した被監視局のアナログデータの経時変化をリアルタイムトレンドとして表示する。デフォルトで4分のスパンであるが、オンライン状態にてスパンの変更が可能である。

(5) ヒストリカルトレンド表示画面(第4図)

データ収集されているデータ(アナログ、デジタルデータ)の経時変化をトレンドとして表示する。時間軸の移

第2表 システム構築内容

Table 2 System configuration list

Event monitor	Alarm, message and status Print out Guidance display
Data logging	Interval driven type
Graphic display	Display of the Pump field flow
Trend graph	Real time trend graph Historical trend graph
Setting values	Remote operation of the distribution water pump by setting ON/OFF of digital tags
Output of report files	Output of daily reports to files or a printer
Construction	System configuraion by utility software

動、およびスパンの変更は自由にできる。

(6) 操作画面(第5図)

浄水場における取水ポンプと配水池流入弁、ポンプ所における配水ポンプを監視局から手動で操作することができる。中央選択で、手動選択の場合に運転/停止操作が可能となる。(演算ハンドラによりインタロックを行っている)

(7) 電話回線を利用した被監視局の選択(第6図)

パソコン側から電話回線を利用した被監視局のデータを読み出す際には、まずはじめに、電話をかける作業が必要となる。この画面では、接続可能な被監視局を表示し、必要な被監視局1カ所をON側に選択することにより、自動で電話をかけて回線の接続を行う。回線を切断する場合に

もこの画面を使用する。

なお、データ収集の際には自動的に回線の接続、切断を行う。

2) ハンドラ

PMX-98 と計測機器との接続は、通信インタフェースなどを通じて行う。このための計測機器用の各種ハンドラ（インタフェースプログラム）が用意されている。今回、DLC、DKT、および演算ハンドラを登録した。

(1) DLC (DATA・M) ハンドラ

DLCのデータの読み出し、書き込みを実行する。

今回の拡張として、これまでにあったDLC用ハンドラをマルチプレクサ対応とした。このことにより、1台のパソコンの1ポート(RS-232C)で複数台数のDLCとの接続が可能となった。(1ポートで最大16台のDLCが接続可能)

(2) DKT ハンドラ

ポンプ所にあるDKTとの接続（電話をかける）を行い、接続後は、データの読み出し書き込みを実行する。またデータ収集タスクからのデータ要求があれば、設定してある被監視局の切り替えを自動的にを行い、1局目に登録されている被監視局から順にデータの読み出しを実行する。

1デバイスで28の被監視局との接続が可能であるが、データ読み出し、書き込みの際には、被監視局の切り替えを行った後に実行するようになっており、登録されている局が増えても、タグリストの数は一定となるように設計されている。

(3) 演算ハンドラ

計測機器から読み出したデータを、内部で演算処理する必要がある場合に使用する。

今回の場合、次の項目に関して使用している。

- ・DLC、DKTから読み出した積算値から日当たりの積算値を求める。
- ・アナログ入力値に対して、上下限の警報を発生する。また上下限設定値は演算ハンドラ内部で持つ。(現場の警報設定と併せて2段階とする)
- ・運転監視センタからの取水ポンプ、配水池流入弁、あるいは配水ポンプ自動/手動運転の際の、中央、手動が選択されているかのインタロックをとる。
- ・DKTから警報が送信されてきた場合に、警報情報を

受取り、警報を各タグに展開する。

3) システム構築

今回ソフトウェアには、PMX-98を使用しているため専用のユーティリティソフトによりシステム構築を行う。接続機器ごとのタグリストを作成すれば、以後の作業はタグを基に必要な機能ごとにタグ名を登録するだけである。また、仕様変更、追加についても、データ変更だけですむため、システムの保守は容易である。

4. システムの運用

気仙沼市水道は、浄水場が新月系、および館山系に大きく2分される。館山系においては、館山浄水場、および上鹿折浄水場がある。また、館山系ポンプ所として、浪板ポンプ所の他に10数カ所ある。

各所に分散する浄水場、ポンプ所に対する定期的な作業としては、特に警報がなければ、日報作成だけである。警報発生(チャイムが鳴る)時には、警報発生内容を確認し、必要であれば現場でのリアルタイムデータを読み出し、あるいは警報発生するまでの各データのトレンドを画面で確認する(ヒストリカルトレンド表示)ことが可能である。画面の切り替えは、ファンクションキーの選択により行うことができる。被監視局の追加、および監視内容の変更は、PMX-98用ユーティリティソフトを使用することにより比較的容易に拡張、変更が可能となっている。

む す び

PMX-98自身、水処理分野はもちろん、FA、LAの分野にも多数の実績を持っている。今回納入のシステムは、PMX-98を上水道プロセスの遠隔監視システムに適用した例であるが、このようなシステムは、水処理分野でも今後ニーズが高まってくるものと思われる。当社としても、多少なりとも、これからの発展に役立ちたいと思う次第である。また、同様のシステムを構想されている各位より、きたんのないご意見、ご指導を賜り、よりよきシステムが構築できるようにしていきたいと考えている。

最後に、今回のシステムに携わっていただいた気仙沼市ガス水道部遠隔監視システム構築検討委員会の皆さんに、紙面をお借りしてお礼申し上げます。

【参考文献】

大森豊明：監視制御システム実用便覧、(1989)、朝フジテクノシステム

注記

- ・MS-DOSは、米国マイクロソフト社の登録商標です。
- ・VMX-86は、株式会社バックスの登録商標です。
- ・電話回線用多重伝送装置DKT(株式会社エム・システム技研製)は、気仙沼市ガス水道部の設計のもとに、ソフトウェア、ハードウェアに変更が行われている。

キャピラリー GC-MS を用いた臭気物質 および農薬の分析



(環)技術室
中 町 眞 美
Mami Nakamachi

Analysis of Odorous Compounds and Pesticides in Water by Capillary Gas Chromatographic-Mass Spectrometry

There are serious social problems of odorous compounds in potable water and environmental pollution caused by pesticides in the waste water from golf links.

This investigation has been designed to establish suitable methods for determinations of odorous compounds and pesticides in water using capillary gas chromatographic-mass spectrometry. (GC-MS)

The pretreatment with GC-MS analysis included the solvent extraction for odorous compounds, and the solid extraction for pesticides in water.

The results of investigation show that the odorous compounds analysis depends strongly on extraction pH and vacuum pressure in concentration and that the solid extraction for pesticides can be a useful analytical method.

まえがき

近年、藍藻類や放線菌による水道原水の異臭味の問題や、ゴルフ場に起因する農薬による環境汚染問題が大きな社会問題となっている。

異臭味の原因物質としては、2-メチルイソボルネオール（以下、MIB）、ジオスミン（以下、Geos）が上げられ、これらの物質の濃度が、重要な指標とされている。これら及び臭物質の嗅覚の閾値は10 ng/ℓ程度であるため¹⁾、測定は、ng/ℓ レベルで行う必要があり、低濃度領域においても選択性・定量性の優れた分析法が望まれている。

農薬については、平成2年（1990）5月にゴルフ場で使用される21種類の農薬について、厚生省から飲料水中における暫定水質目標が公表され、続いて環境庁からゴルフ場の排水口における暫定指導指針が公表された²⁾³⁾⁴⁾。（第1、2表）これら農薬は、種類も多く個々の分析法を適用することは困難であり、簡易で効率よく分析する方法が要求さ

れている。

最近普及しているガスクロマト質量分析計（以下、GC-MS）は、多成分が同時に比較的容易に低濃度領域まで測定可能な分析計である。そこで、このGC-MSを用いて、臭気物質および農薬の分析法の検討を行い、知見を得たのでここに紹介する。

1. GC-MSについて

GC-MSは、ガスクロマトグラフ（GC）の検出器として質量分析計（MS）を用いたものである。さらにGCカラムには、保持時間の再現性の良さと高分離能を得ることができるキャピラリーカラムを使用した。

GC部で分離された物質は、MS部イオン化室でイオン化され、その物質特有の分子イオンを生成する。さらにイオン化により分子の結合開裂が起き（フラグメンテーション）、フラグメントイオンを生成する。このイオン種を質量数ごとに分離し、測定する方法が質量分析法である。保

第1表 厚生省による暫定的水質目標と検査方法（水道水）

Table 1 Interim water quality goal and test methods by the Welfare Ministry (tap water)

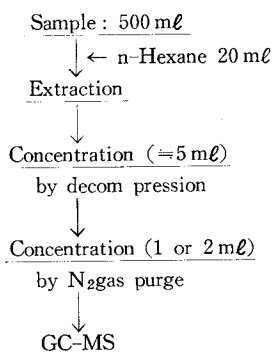
Name	Water quality goal (mg/ℓ)	Test method
[Insecticides]		
Isoxathion	0.008	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
Isofenphos	0.001	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
Chlorpyrifos	0.004	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
Diazinon	0.005	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
Trichlorphon (DEP)	0.03	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
Fenitrothion (MEP)	0.01	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
[Fungicides]		
Isoprothiolane	0.04	GC-MS, GC-ECD, GC-FPD(S)
Iprodione	0.3	GC-MS, GC-FTD
Oxine-copper	0.04	HPLC-Ultraviolet
Captan	0.3	GC-MS, GC-FPD(S), GC-ECD
Chlorothalonil (TPN)	0.04	GC-MS, GC-ECD
Thiram	0.006	HPLC-Ultraviolet
Tolclofosmetyl	0.08	GC-MS, GC-FPD(P)
Flutolanil	0.2	GC-MS, GC-FTD
[Herbicides]		
Asulam	0.2	HPLC-Ultraviolet
Simazine (CAT)	0.003	GC-MS, GC-FTD
Napropamide	0.03	GC-MS, GC-FTD
Butamifos	0.004	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FTD
Propyzamide	0.008	GC-MS, GC-ECD, GC-FTD
Bensulide (SAP)	0.1	GC-MS, GC-FPD(P), GC-FPD(S), GC-FTD
Pendimethalin	0.05	GC-MS, GC-FTD

A test method with HPLC is acceptable for Iprodione and Bensulide (SAP).

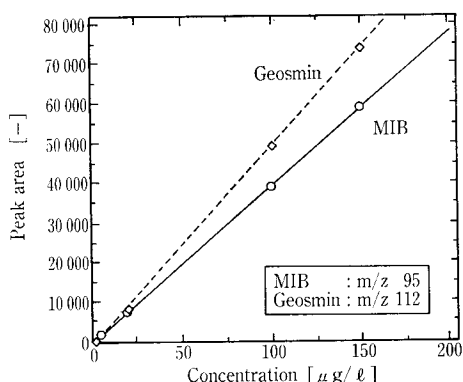
第2表 環境庁による暫定指導指針値と標準分析方法（ゴルフ場排水）

Table 2 Interim guideline and standard analysis methods by the Environment Agency (Discharge water from golf course)

Name	Guideline (mg/ℓ)	Standard analysis method
[Insecticides]		
Isoxathion	0.08	GC-FTD
Isofenphos	0.01	GC-FTD
Chlorpyrifos	0.04	GC-FTD
Diazinon	0.05	GC-FPD(P)
Trichlorphon (DEP)	0.3	GC-FPD(P)
Fenitrothion (MEP)	0.1	GC-FPD(P)
[Fungicides]		
Isoprothiolane	0.4	GC-ECD
Iprodione	3	GC-FTD
Oxine-copper	0.4	HPLC-Fluorescence
Captan	3	GC-ECD
Chlorothalonil (TPN)	0.4	GC-ECD
Thiram	0.06	HPLC-Ultraviolet
Tolclofosmetyl	0.8	GC-FPD(P)
Flutolanil	2	GC-FTD
[Herbicides]		
Asulam	2	GC-FTD
Simazine (CAT)	0.03	GC-FTD
Napropamide	0.3	GC-FTD
Butamifos	0.04	GC-FPD(P)
Propyzamide	0.08	GC-ECD
Bensulide (SAP)	1	GC-FTD
Pendimethalin	0.5	GC-FTD



第1図 溶媒抽出法
 Fig. 1 Solvent extraction method



第2図 検量線
 Fig. 2 Calibration curve

持時間に対し、全イオン（分子イオンとフラグメントイオン）を測定したものが、Total ion chromatogram (TIC) である。物質に特長的な分子イオンやフラグメントイオンの質量数を利用し測定する方法が、Selected ion monitoring (SIM) 法であり、選択性が高く優れた定量性を得ることができる。

2. 臭気物質について

臭気物質の測定方法としては、GC-MSを用いたパージアンドトラップ法が確立されているが⁵⁾⁶⁾、この方法では特別な前処理装置を必要とするため、今回は溶媒抽出法にてMIB、Geosの検討を行った。

2.1 実験方法

2.1.1 試薬

市販のMIB、Geos及びフミン酸を用いて次の溶液を作成した。

臭気物質：MIB標準液（和光純薬製）；100 mg/l（残留農薬試験用メタノール溶解）

Geos標準液（和光純薬製）；100 mg/l（残留農薬試験用メタノール溶解）

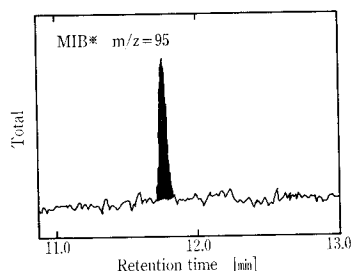
フミン酸溶液：フミン酸を0.1 N-NaOHで溶解後No. 5C 濾紙で濾過。

これらの標準液をイオン交換水に所定量溶解し試料とした。

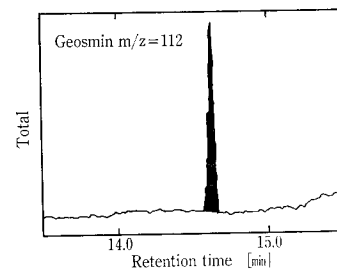
2.1.2 装置および測定条件

装置：GC-MS（島津QP2000A），自動注入装置（島津AOC-1400）

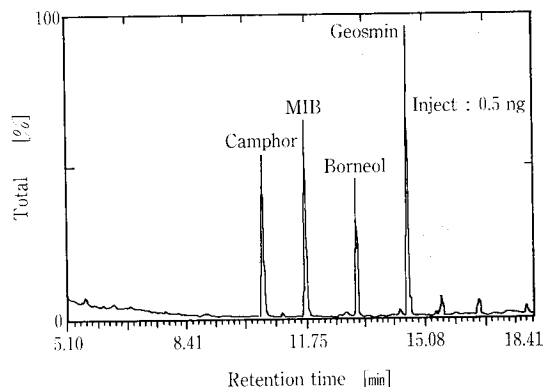
GC部：キャピラリーカラムCBP20（25 m×0.33 mm φ，膜厚0.50 μm）



第3図 マスクロマトグラム
 Fig. 3 Mass chromatogram



Inject : 2 pg/2 μl
 (※) MIB: 2-Methylisoborneol



第4図 トータルイオンクロマトグラム（MIB、ジェオスミン、ボルネオール、カンファー）
 Fig. 4 Total ion chromatogram (MIB, Geosmin, Borneol, Camphor)

カラム温度 ; 50 °C 3分,
 50~150 °C 10 °C/min,
 150~200 °C 15 °C/min,
 200 °C 10分

注入温度 ; 200 °C

キャリアーガス ; He ガス

注入量 ; 2 μl

注入法 ; スプリット・レス

MS部：四重極型

イオン源温度 ; 250 °C

イオン化電圧 ; 70 eV (EI法)

減圧濃縮装置：遠心型フリーズドライヤー

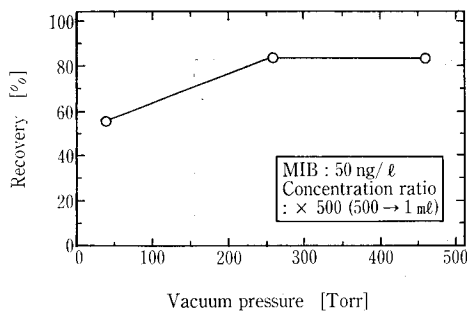
2.2 測定方法

前処理として第1図に示す溶媒抽出法を行い、臭気物質を抽出・濃縮後、GC-MSにて定量した。濃縮量による臭気物質の回収率の低下は浅野らにより報告されており⁷⁾、本研究における濃縮量はその報告に基づいた。

定量は絶対検量線法で行った。すなわち、MIB、Geos標準液（1~150 μg/l）を直接GCに導入し、SIM法にて測定した。得られた面積と濃度の関係から検量線を作成し第2図に示した。この時のマスクロマトグラムは、第3図に示すように1 μg/l注入した時もバックグラウンドは低く、十分な感度を得られた。

また、第4図のTICに示すように、使用カラムは臭気物質と類似構造を持つカンファーおよびボルネオールのピークを完全に分離した。

なお、溶解性有機炭素（以下、DOC）は0.45 μmのメンブレンフィルターで濾過後のTOC値とした。



第5図 減圧濃縮時の真空度と回収率
Fig. 5 Relationship between recovery of MIB and vacuum pressure

第3表 抽出回数と回収率

Table 3 Relationship between recovery and times of extraction

MIB (ng/ℓ)	Extraction	Concentrated volume (mℓ)	Recovery (%)
100	1 st.	1	103
	2 nd.	1	3
300	1 st.	3	102
	2 nd.	1	3
500	1 st.	5	103
	2 nd.	1	3

Humic acid: Carbon source
Sodium carbonate: 50 mg/ℓ
(stabilizing pH of sample)
MIB, Geosmin: 100 ng/ℓ
Neutralizing agent: NaOH, H₂SO₄

第6図 試料調製

Fig. 6 Conditioning of sample

2. 3 結果

2. 3. 1 減圧濃縮時の真空度

減圧濃縮時の真空度と回収率の関係を第5図に示す。真空度を高くすると(260 Torr以下), 濃縮に要する時間は短くなるが, 回収率が低下する傾向を示したので, これより真空度は260 Torr以上で行うべきであると考えられる。なお, 260 Torrでの濃縮に要する時間は, 約2時間であった。

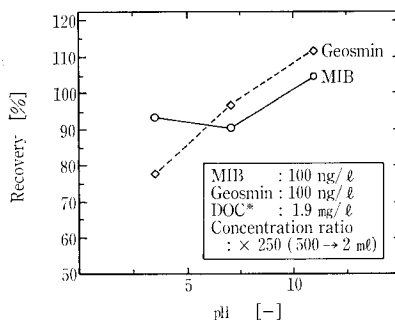
2. 3. 2 抽出法の検討

第3表にMIB標準液をイオン交換水で100~500 ng/ℓに調製した溶液の抽出回数と回収率の関係を示す。本濃度範囲において, MIBは1回目抽出でほぼ回収されたので抽出回数は1回で十分であると考えられる。

次に第6図に示す試料を用いてpH調整による抽出効率, およびDOC濃度差異による抽出効率について検討を行った。

第7図に, DOC=1.9 mg/ℓにおけるpHと臭気物質の回収率の関係を示す。MIBはpH 3.5~11, GeosはpH 7.1~11の範囲で90%以上の回収率を得た。しかし, 両物質共, pH 3.5における変動係数は15%程度もあり, また, 高pH側では変動係数が高くなる傾向にあることから, pH 7近傍で抽出を行うべきであると考えられる。

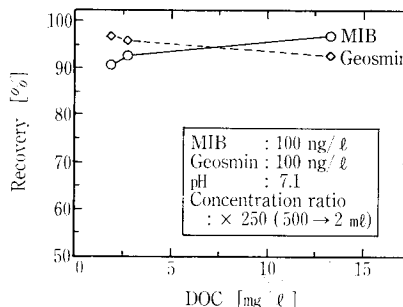
次に, 第8図にpH 7.1におけるDOCと臭気物質の回収率の関係を示す。臭気物質は, DOC=13.3 mg/ℓ以下



(※) DOC: Dissolved organic carbon

第7図 pHと回収率

Fig. 7 Relationship between recovery and sample pH



第8図 DOCと回収率

Fig. 8 Relationship between recovery and DOC

第4表 農薬とその物性

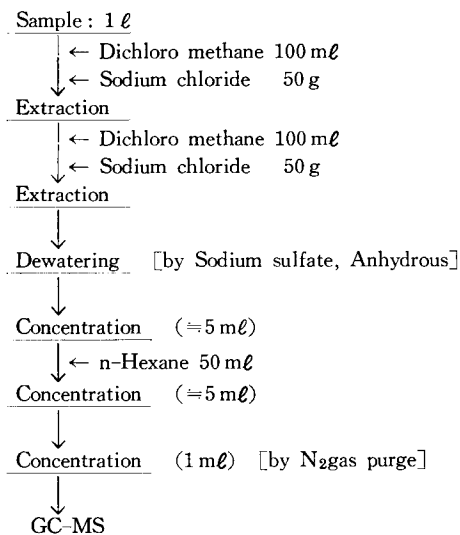
Table 4 Characteristics of pesticide

	Molecular formula	Molecular weight	Melting point (°C)	Solubility mg/ℓ (°C)	Vapor pressure mmHg (°C)
[Insecticide]					
Isoxathion	C ₁₃ H ₁₆ NO ₄ PS	313.3	—	1.9	—
Isofenphos	C ₁₅ H ₂₄ NO ₄ PS	345.4	<12	20 (20)	3×10 ⁻⁶ (20)
Chlorpyrifos	C ₉ H ₁₁ Cl ₃ NO ₃ PS	350.6	41~42	0.3 (25)	1.2×10 ⁻³ (20)
Diazinon	C ₁₂ H ₂₁ N ₂ O ₃ PS	304.3	Liquid	40 (22)	6.4×10 ⁻³ (20)
Trichlorphon (DEP)	C ₄ H ₃ Cl ₃ O ₃ P	257.4	83	1.5×10 ⁵	7.8×10 ⁻⁶ (20)
Fenitrothion (MEP)	C ₉ H ₁₂ NO ₃ PS	277.2	0.3	Refractory	6×10 ⁻⁶ (20)
[Fungicide]					
Isoprothiolane	C ₁₂ H ₁₈ O ₄ S ₂	290.4	50~51	48 (20)	0.5 (179)
Iprodione	C ₁₃ H ₁₃ Cl ₂ N ₂ O ₃	330.2	136	13	<10 ⁻⁶
Oxine-Copper	C ₁₈ H ₁₂ CuN ₂ O ₂	351.85	—	Insoluble	Nonvolatil
Captan	C ₉ H ₈ Cl ₃ NO ₂ S	300.6	178	<0.5	<1.33×10 ⁻³
Chlorothalonil (TPN)	C ₈ Cl ₄ N ₂	265.9	250	0.6 (25)	<0.1 (40)
Thiram	C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄	240.42	155~156	30 (Room temperature)	—
Tolclofosmetyl	C ₉ H ₇ Cl ₂ O ₃ PS	301.1	78~80	0.4	4.3×10 ⁻⁴
Flutolanil	C ₁₇ H ₁₆ F ₃ NO ₂	323.3	108	9.6	1.3×10 ⁻⁵
[Herbicide]					
Asulam	C ₈ H ₁₀ N ₂ O ₄ S	230.2	143	5×10 ³	—
Simazine (CAT)	C ₇ H ₁₂ ClN ₃	201.7	225	5	6.1×10 ⁻⁹ (20)
Napropamide	C ₁₇ H ₂₁ NO ₂	271.4	69.5	73	5.3×10 ⁻⁶
Butamifos	C ₁₃ H ₂₁ N ₂ O ₄ PS	332.4	—	5.1	6.3×10 ⁻⁴
Propyzamide	C ₁₂ H ₁₁ Cl ₂ NO	255.9	155~156	15	8.5×10 ⁻⁵
Bensulide (SAP)	C ₁₄ H ₂₄ NO ₄ PS ₃	397.5	34.4	25	—
Pendimethalin	C ₁₃ H ₁₉ N ₃ O ₄	281.3	56~57	0.3 (20)	3×10 ⁻⁵ (25)
NIP	C ₁₂ H ₇ Cl ₂ NO ₃	284.1	—	—	—
CNP	C ₁₂ H ₆ Cl ₃ NO ₃	322.56	107	Refractory	0.35 (109)

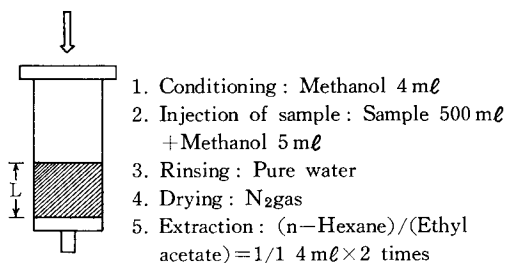
で濃度に関係なく良好な回収率が得られ, DOC濃度の影響は認められなかった。

2. 4 臭気分析のまとめ

臭気物質の溶媒抽出—キャピラリーGC-MS分析法は, pH 7近傍で抽出を行い, 減圧濃縮時の真空度を260 Torr以上とすれば, 90%以上の回収率が得られ, 十分有効な分析法であった。また, この時DOC=13.3 mg/ℓ以下ではDOC濃度による影響は認められなかった。



第9図 溶媒抽出法による前処理法
Fig. 9 Pretreatment for the solvent extraction method



Column
D=13 mmφ, L=10 mm

第10図 固相抽出法による前処理法
Fig. 10 Pretreatment for the solid extraction method

3. ゴルフ場使用農薬について

キャピラリー GC-MS を用いて、ゴルフ場使用農薬の一斉分析法の検討を行った。対象農薬中、厚生省が液体クロマトグラフィーで検査方法を定めるオキシメチル、チラウム、アシュラムは除外した。また、トリクロロホン (DEP) は、容易に熱分解しジロルホス (DDVP) を生成するため、同一条件での測定は困難であるので除外した。こうして、対象農薬17成分にNIP, CNPを加えた計19成分の農薬について検討を行った。なお、農薬の物性を第4表に示す⁸⁾。

3.1 実験方法

3.1.1 試薬および吸着剤

農薬標準原液: 農薬標品をアセトンで溶解し調製した。
吸着剤: 前処理用カラム
酢酸エチル, n-ヘキサン, メタノール, アセトンは、残留農薬試験用試薬を用いた。

3.1.2 装置及び測定条件

装置: 2.1.2 に同じ

GC部: キャピラリーカラム CBJ 1

(30 m × 0.33 mmφ, 膜厚25 μm)

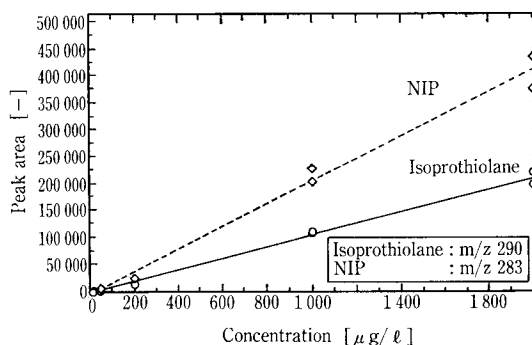
カラム温度: 50 °C 3分,

50~100 °C 20 °C/min,

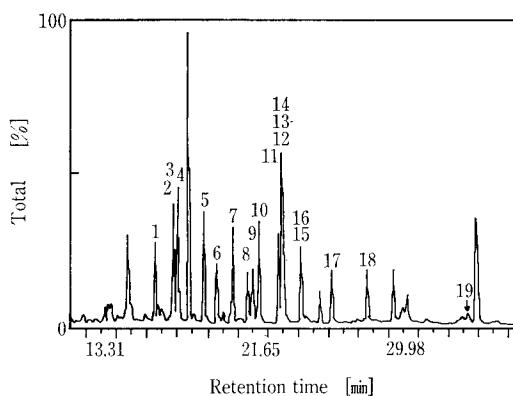
100~170 °C 10 °C/min,

170~245 °C 5 °C/min,

245 °C 10分



第11図 検量線
Fig. 11 Calibration curve



1 Simazine (CAT) 2 Chlorothalonil (TPN) 3 Propyzamide 4 Diazinon
5 Tolclofosmethyl 6 Fenitrothion (MEP) 7 Chlorpyrifos 8 Captan
9 Pendimethalin 10 Isofenphos 11 Isoprothiolane 12 Napropamide
13 Butamifos 14 Flutolanil 15 Isoxathion 16 NIP
17 CNP 18 Iprodione 19 Bensulide (SAP)

第12図 トータルイオンクロマトグラム (農薬)
Fig. 12 Total ion chromatogram (TIC) of pesticides

注入口温度: 250 °C

キャリアーガス: He ガス

注入量: 1 μℓ または 2 μℓ

注入法: スプリット・レス

MS部: 四重極型

イオン源温度: 200 °C

イオン化電圧: 70 eV (EI法)

3.2 測定方法

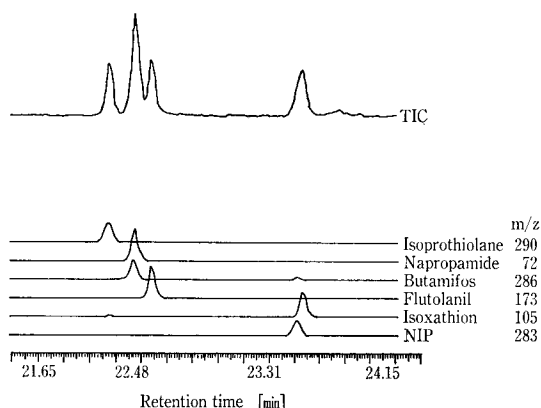
厚生省が公表した、GC-MSによる農薬検査方法の前処理法を第9図に示す。水中農薬は濃度が低い (ng/ℓ ~ μg/ℓ), 前処理としてジクロロメタン、ヘキサンなどの有機溶剤を用いた液/液抽出法による抽出・濃縮操作を行っている。しかし、この方法では多量の溶剤を使用すること、抽出・濃縮操作に熟練を要すること、前処理に長時間かかることなどから検討問題が指摘されている。そこで、これらの問題点を解決するため、前処理として固相抽出⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾を行い検討を行った。固相抽出法を第10図に示す。

定量は絶対検量線法で行った。即ち各農薬標準原液から混合標準液 (10~2000 μg/ℓ) を調製し、直接GCに導入してSIM法で測定した。得られた面積と濃度の関係から検量線を作成し、その一例を第11図に示す。

3.3 結果

3.3.1 固相抽出法による検出ピークの確認

約5 mg/ℓに調製した混合標準液を固相抽出法で前処理し、100倍濃縮した時のTICを第12図に示す。



第13図 マスクロマトグラム
Fig. 13 Mass chromatogram

全農薬が検出されたが、ベンスリド（SAP）のピークが小さく、また前処理用カラムから溶出する物質のピークが観察された。SAPは、前処理の問題以前に、沸点が高くその一部がGCカラム内で吸着されているのではないかと考えられる。そのため、カラムの長さを短くする¹²⁾、または、他の分析法を試みるなどの検討を行う必要があると考えられる。

また、第13図に示すように不分離ピークであっても、各農薬に特長な質量数によるマスクロマトグラムを用いるとピークの分離が可能であった。

これより、特定質量数を用いSIM法で定量することにより、ピーク的不分離や溶出ピークに影響されることなく、良好な測定ができると考えられ、固相抽出法による農薬の抽出・測定は可能であると推定される。

3. 3. 2 固相抽出法による回収率

純水に混合標準液を添加し、所定濃度とした標準液を固相抽出した時の回収率を第5表に示す。回収率のばらつきが大きいものもあるが、平均で80%以上の回収率が得られ、固相抽出法の有効性が期待できると考えられる。

次に、河川水に農薬を添加した試料について、溶媒抽出法と固相抽出法の比較を行い、第6表に示す。イソプロチオランは、抽出法による差異は認められないと考えられる。しかし、他の成分については固相抽出法の方が、分析値が低くなる傾向が認められた。この原因として共存物質の妨害作用も考えられるが、本試料は、濁質があったため前処理用カラムに通水する前に汙過し濁質を除去した。この際、汙紙に吸着された可能性なども考えられるため、さらに検討が必要であると思われる。

3. 4 農薬分析まとめ

前処理法として固相抽出を行い、キャピラリーGC-MSで測定した結果、今回検討した農薬の全成分の検出が認められ、SAPを除く成分についてSIM法で定量可能であると推定された。さらに、一部の農薬の標準液回収率を検討したが、80~96%の回収率が得られ、固相抽出法の有効性が認められた。しかし、農薬を添加した河川水では、回収率の低下が見られさらに検討が必要であると考えられる。

む す び

以上、キャピラリーGC-MSを用いた臭気物質とゴルフ場使用農薬の分析法について述べた。どちらも大きな社会問題となっており、その測定は今後さらに重要性を増していくものと考えられる。臭気物質については、本法によ

第5表 固相抽出法における標準液の回収率(%)

Table 5 Recovery of standard solution in the solid extraction

Concentration of standard solution	CAT	Diazinon	Isoprothiolane	NIP	CNP
1 $\mu\text{g}/\ell$	110	110	—	100	90
5 $\mu\text{g}/\ell$	86	78	94	78	78
20 $\mu\text{g}/\ell$	82	75	115	71	69
50 $\mu\text{g}/\ell$	97	110	80	86	84
Average	94	93	96	84	80

Concentration ratio: $\times 50$ (500 $\rightarrow$ 10 m ℓ)

第6表 溶媒抽出法と固相抽出法の比較

Table 6 Comparison between solvent vs. solid extraction method (solid extraction) / (solvent extraction) (%)

Concentration	CAT	Diazinon	Isoprothiolane	NIP	CNP
1~10 $\mu\text{g}/\ell$	75	56	—	—	—
10~50 $\mu\text{g}/\ell$	—	71	98	58	50
50~100 $\mu\text{g}/\ell$	126	—	99	—	—

る模擬水の分析の有効性が明確となったが、今後は実際の湖沼、河川水での確認などを行う予定である。農薬については、対象全農薬の回収率の確認、河川水での回収率低下の原因追究、吸着材の使用可能濃度範囲など、固相抽出法についてさらに検討を重ねていく予定である。

また、今後GC-MSをSIM法による定量分析だけでなく、TICを利用した未知物質の分離・定性など、幅広く活用していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 梶野勝司ら；ページ・トラップ・マスフラグメントグラフィによる水中及び藍藻培養液中の2-メチルイソボルネオールとジオスミンの超微量分析，水道協会雑誌，第53巻，9号，P29，(1984)
- 2) 厚生省生活衛生局；衛水第152号「ゴルフ場使用農薬に係る水道水の安全対策」，平成2年5月31日
- 3) 厚生省生活衛生局；衛水第153号「ゴルフ場使用農薬に係る検査方法について」，平成2年5月31日
- 4) 環境庁水質保全局；環水工第77号ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針について，平成2年5月24日
- 5) 藤本信之ら；ページトラップ・マスフラグメントグラフィによるかび臭物質の定量，第34回全国水道研究発表会講演集，P483，(1983)
- 6) 伊藤保ら；ガスクロマトグラフ質量分析計によるかび臭物質の定量，第34回全国水道研究発表会講演集，P483，(1983)
- 7) 浅野雄三ら；キャピラリーガスクロマトグラフ質量分析計を用いたかび臭物質の定量，第38回水道研究発表会講演集，P507，(1987)
- 8) 森田昌敏ら；農薬の物性，水道汚濁研究，vol. 14，No. 2，P75，(1991)
- 9) 高木博夫ら；固相抽出法を用いた水中農薬分析のための前処理法の検討，第25回水質汚濁学会講演集，日本水質汚濁研究協会，P298，(1991)
- 10) 小林規矩夫ら；キャピラリーGCによる水中農薬の多成分分析，第25回水質汚濁研究協会，日本水質汚濁研究協会，P296，(1991)
- 11) 廣部雅也ら；ゴルフ場で使用されている農薬の分析について，環境と測定技術，vol. 18，No. 2，P43，(1991)
- 12) 剣持堅志ら；ゴルフ場農薬の分析法について，第25回水質汚濁学会講演集，日本水質汚濁研究協会，P508，(1991)
- 13) 牧野圭祐ら；ライフサイエンスのためのガスクロ-マススペクトル，廣川書店，(1989)

世界最大規模の地域冷暖房用冷却塔

World's Largest Scale Cooling Tower for District Heating and Cooling



(気)生産部 技術第2課
小林 敏 晴
Toshiharu Kobayashi

Shinko Pantec has recently delivered Japan's largest scale cooling tower to the Shinjuku New Midtown District Heating and Cooling (DHC) Center of Tokyo Gas Co., Ltd. The capacity of cooling facilities at the DHC Center is 47 000 RT, the world's largest scale of its kind, and further expected to reach a capacity of 59 000 RT, when the future installations are included. The DHC tower has to overcome a number of external restrictions at the design stage, such as prior study of effect by a special air flow on performance of the cooling tower, abatement of plume which has substantially adverse effect on surrounding environment, space-saving requirements, and so forth.

This paper presents how our cooling tower supplied to the above DHC Center responded to those external restrictions, and also presents how the cooling tower contributes to the systems of the DHC plant.

ま え が き

地域冷暖房とは、一定地区の建物群に、一カ所または数カ所の熱供給プラントで作った冷水、蒸気、温水などの熱媒を配管を通して供給し、冷房、暖房、給湯などを行うシステムである。

供給区域内の熱需要家に供給し、5ギガカロリー/時(Gcal/h)以上の熱発生性能を持つ施設による地域冷暖房は、公益事業として(熱供給事業法)の適用を受け、供給区域内での需要家への安定供給が義務づけられることになる。

本稿で紹介する新宿新都心地区の東京ガス株式会社新宿地域冷暖房センターは1971年4月に京王プラザホテルへ冷水および蒸気の熱媒を供給して以来、同供給区域内の超高層ビルの建設に合わせて規模を拡大し、約20年にわたって安定した熱供給を継続している。

'91年1月には、新都庁舎の完成など増大する熱需要に対応するため、旧プラントに代わって世界最大規模の新しい地域冷暖房センターがスタートした。最終的には熱供給を要する超高層ビルは15棟、周辺ビルも5棟となり、その総床面積は約220万m²に達することが見込まれている。そして最終段階での冷凍設備能力は59 000 RTとなる。

写真1は新宿地域冷暖房センターの全景の模型を示す。

当社では、新宿地域冷暖房センターの新設に伴い、第1期工事対応分として、47 000冷凍トン相当の冷却塔設備を納入した。

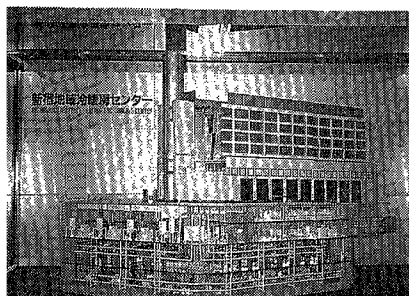


写真1
新宿地域冷暖房センター
Photo. 1
Shinjuku district heating and cooling center.

新宿新都心の大規模地域冷暖房施設という立地条件を踏まえ、省スペース、低騒音化、白煙の低減など、都市環境との調和、および都市景観の改善についてとくに配慮する必要性から、省スペース型重層式冷却塔の開発をすすめたので、その実績を紹介する。

1 プラントシステムの概要

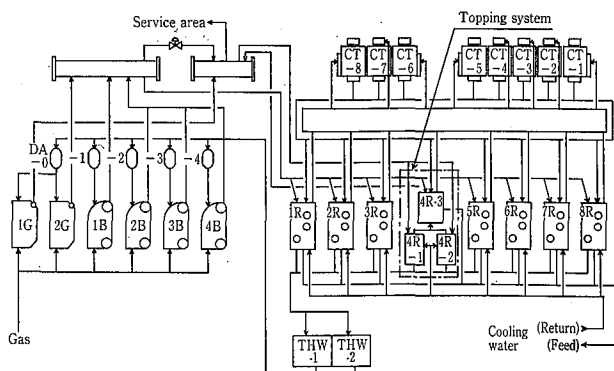
当地区の熱供給方式は都市ガスを熱源とし、熱媒として冷熱については4°C冷水の供給を行い、温熱については暖房、給湯、加湿などへの利便性の高い蒸気(9.9 kg/cm² G, 200°C)の供給を行っている。

新しい地域冷暖房プラントは高効率化と省エネルギー化を図り、主要設備を地下に設置して省スペース化が追求されている。主な特長は次のように要約できる。

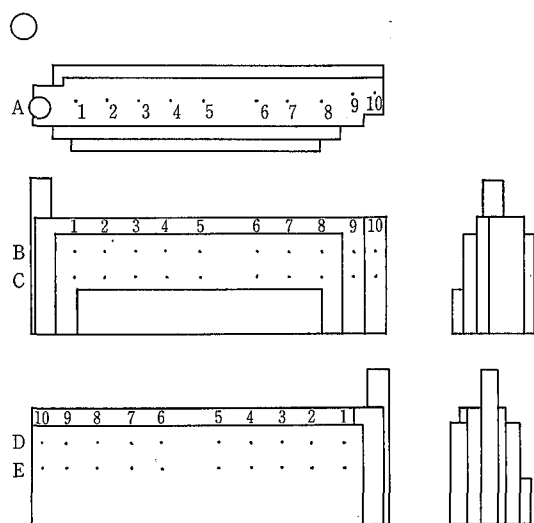
- (1) 最終冷凍設備能力は59 000 RTと世界最大の地冷センターとなる。
- (2) ガスタービンによるコージェネレーションを2基導入し、高効率・省エネルギーを追求する。
- (3) 冷凍機として改良型トッピングシステムを採用し、コージェネレーションとの組み合わせにより、システム全体のエネルギー効率の向上を図る。
- (4) 世界最大の単機容量10 000 RT復水タービン・ターボ冷凍機を採用し、省エネルギー・省スペースを図る。
- (5) 冷却塔設備は、設定面積の小さいクロスフロー2層式を採用する。

本プラントシステムは背圧タービンターボ冷凍機と蒸気吸収式冷凍機の組み合わせ冷凍機システムである。トッピングシステムをベースロード冷凍機として年間を通して、高効率で冷房を行う。一方、トッピングシステムと組み合わせてコージェネレーションシステムを運用することにより稼働率を向上させ、排熱回収蒸気を冷凍機駆動用あるいは、地域蒸気として利用して省エネルギー性を向上させている。

プラントシステムの概略フローを第1図に示す。



第1図 熱源プラント，全体系統図
Fig. 1 Heat source system diagram



第2図 風圧計算位置
Fig. 2 Location of pressure anemometer

2 冷却塔設計における検討事項

省スペース化を実現することはもちろん，限られた空間スペースの中で冷却性能を確保し，騒音の低減，飛散水の低減，保守性の確保など，様々な検討事項を克服する必要がある。

次に，これらの検討課題について特記すべき項目を示し，その内容について述べる。

2.1 ビル風の冷却塔に与える影響

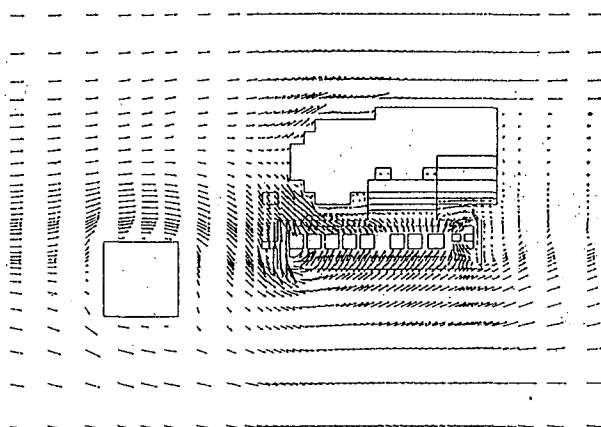
新宿地域冷暖房センターの近隣高層ビルによる風向，風圧の影響に伴い冷却塔性能への影響予測を行った。

これは，東京ガス株式会社が実施した建物モデルを使用した風洞実験結果より，冷却塔吸気部およびファン吐出部の風圧分布を求め，このデータから冷却塔性能評価を行う方法によった。

風洞実験結果の風圧係数より，冷却塔の吸排気面の圧力差を求め，吸気面に対し排気面が負圧であれば冷却塔への流入空気が減少するため，この負圧を考慮して設計された送風装置における流入空気量での冷却水温度を求める必要がある。第1表，第2図に検討結果の例を示す。

2.2 冷却塔まわりの空気の流れの検討

前述のとおり風圧調査は風洞実験によって行われた。ところが，風洞実験では冷却塔を全体的にとらえ，冷却塔の



第3図 冷却塔まわりの空気の流れ（速度ベクトル）
Fig. 3 Airflow in the vicinity of cooling tower (velocity vector)

第1表 ビル風の冷却塔に与える影響検討例

Table 1 Example of study of effect by wind on cooling tower

Direction of open air	No.	Intake air velocity (m/s)				Cold water temp. (°C)			
		B	C	D	E	B	C	D	E
East	2	3.29	3.33	2.44	2.47	31.7	31.7	33.2	33.1
	3	3.03	3.09	2.75	2.72	32.2	32.0	32.6	32.7
	7	2.43	2.70	3.15	3.48	33.2	32.7	32.0	31.5
East-southeast	2	3.46	3.43	2.73	2.88	31.5	31.6	32.6	32.4
South-southeast	4	3.44	3.45	2.81	2.79	31.5	31.5	32.5	32.5
	5	3.43	3.44	2.82	2.82	31.6	31.6	32.5	32.5

Velocity of open air: 20 m/s (at 187 m above the ground)

Pressure loss of soundproof wall: 3.0 mm Aq (at design conditions)

吸排気については考慮されていないため，冷却塔近傍の空気流れの検討を行い，冷却塔排気の再循環の可能性の有無について確認を行う必要があった。妥当な大きさの冷却塔で風洞実験を行わせればこの検討は不要である。しかし，風洞の規模，対象地域から見て冷却塔の大きさは実物の1/500程度のモデルとなり，冷却塔の吸排気を考慮することは困難であると考え，さらに実態に近いシミュレーションを進めるために，冷却塔の吸排気を考慮したモデルにおいて，数値計算による，冷却塔排気の再循環（排気空気の冷却塔吸気面への流入）の有無の確認を行った。第3図に結果の一例を示す。

2.3 白煙対策

冬期および中間期に冷却塔から出る白煙（可視プルム）により，道路の視界に対する影響あるいは近隣ビルに対する影響などが予想される。そこで冬期および梅雨期の負荷を予想して3基の冷却塔に空気加熱器を設置し，更に湿式上層部に吸い込み空気調整用ダンパーを取り付けた。これらの対策により，白煙（湿り空気）に乾燥空気をまぜ合わせ，白煙長さを20 m以下に減少させることを目標とした。白煙対策を実施する場合は，乾式ダンパーを開，湿式ダンパーを閉とする。第2表に熱負荷と冷却塔運転台数と白煙長さを示し，写真3は乾湿併用運転時の白煙長さ，写真4は湿式運転時の白煙長さを示す。

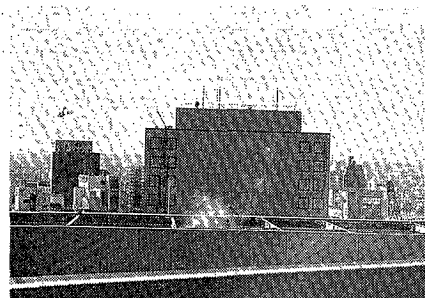


写真 3 乾湿併用運転
Photo. 3 Dry and wet type tower in operation.

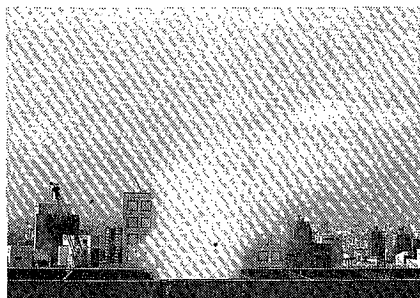


写真 4 湿式運転
Photo. 4 Wet type tower in operation.



写真 5 新設（左上隅）、既設冷却塔（右上隅）
Photo. 5 Cooling towers newly installed (top left-hand) and previously installed (top right-hand).

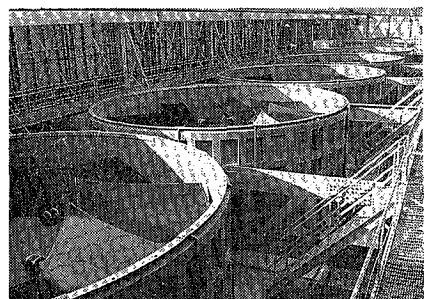


写真 6 大口径高効率超低騒音ファン
Photo. 6 Large opening, high-efficiency super low-noise fan.

3 重層式冷却塔について

3.1 省スペース対策

一般的に、地価および建設費の高騰によりプラント設備は十分なスペースが確保できない。従って全てのプラント設備の建設において省スペース化が要求される。冷却塔をコンパクト化しようとするれば、熱交換能力の高い充填材が要求されるが、いかに熱交換係数の高い充填材においても、水負荷（単位面積当たりの水量）を無限に大きくすることはできない。冷却塔を設計するにあたっては、与えられた条件を満たす最も有効な水負荷と、空気量の設定が重要である。従来、水負荷が限界を越えた場合、平面的に処理面積を拡張して水負荷を調整する方法が一般的であった。重層式冷却塔は、立体的に処理面積を拡張して冷却塔の設置面積を抑制しながら冷却塔の大容量化を図ろうとするものである。

このたび当社が開発した高性能省スペース型重層式冷却塔は、東京ガス株式会社幕張地域冷暖房センター（一期工事6 000 RT）で既に順調に稼働中であり、本稿で紹介する冷却塔は従来型に比べ約45 %以上設置面積が節約できる。写真 5 は新宿新都心に納入した既設冷却塔41 000 RTと新設47 000 RTの比較写真である。既設冷却塔は、カウンターフロー冷却塔で設置面積1 755 m²（41 000 RT）、新設冷却塔は、重層式冷却塔で設置面積1 000 m²（47 000 RT）となっている。

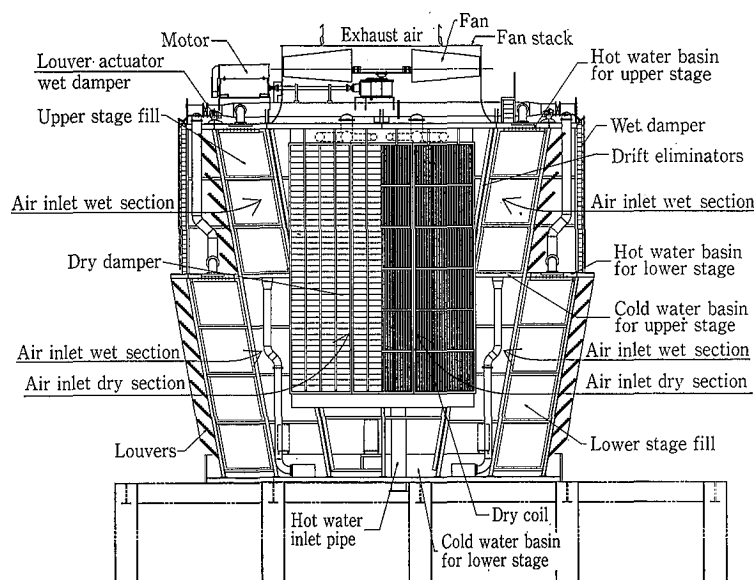
3.2 構造

重層式冷却塔は設置スペースを最小限に抑えることを目的とし、当社が実用化に向け開発した高性能省スペース型

第 2 表 熱負荷と冷却塔運転台数と白煙長さ

Table 2 Heat load, number of cooling towers in operation and length of visible plume

Dry-bulb temperature °C	Relative temperature %	Wet-bulb temperature °C	Load RT	Water flow m ³ /h	Number of units	Motor P	Length of visible plume m
18.0	92	17.1	18 000	11 320	3	4	20
-0.5	94	-0.8	3 000	2 840	2	6	15



第 4 図 断面構造図
Fig. 4 Sectional drawing

冷却塔である。また大口径高効率送風機の採用により電力費の節約を図っている。上層部、下層部に分離した充填層ごとに散水機構を備え、それぞれ独立した機能を持たせている。最上部に設けた共通の送風機で通風して熱交換を行う。温水は冷却塔内部立ち上り管または、空気加熱器を通り上部ヘッダーに供給され上層、下層の温水分配槽に分配される。更に、分配槽から自然落下により充填層を通過し、共通送風機に誘因された外気と接触し、熱交換することにより冷却され冷水となる。熱交換をし、水滴を含んだ空気は、ドリフトエリミネーターで水滴を除去され、空気のみ排出される。一方上層の冷却水は上層冷水槽に集約され、降水管により下層冷水槽に集められる。下層冷水槽は省スペース化および経済運転を図るため常時連通管で連通して

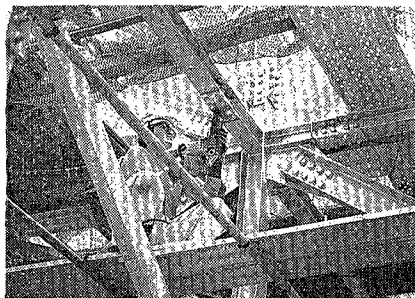


写真7
高力ボルト締めつけ

Photo. 7
High tensile bolts
being tightened.

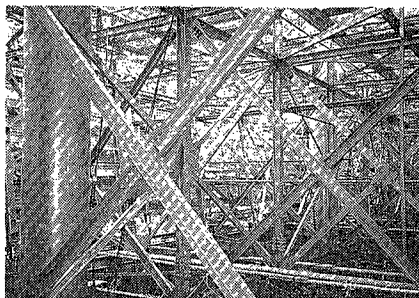


写真8
骨組ブレース構造

Photo. 8
Construction of
framework braces.

おり、各塔の下層冷水槽の水位はほぼ均一化されている。
第4図に重層式冷却塔の断面構造を、写真6に大口径高効率超低騒音送風機を示す。

3. 3 設計諸元

第3表に冷却塔諸元を示す。

4 耐震

DHC向冷却塔の場合、耐震構造が要求される。一般的にはビルの屋上に設置されるため階数に関係なく設計用水平震度(KH)=1.0 Gが要求される。極めて高い耐食性を要する冷却塔の構造材を考えた場合、その寿命は防錆方法にかかっているといっても過言ではない。また、大規模になれば激震時の地震動による水槽水面の動揺(スロッシング)、地震時の変位置についても充分な検討が必要である。

4. 1 構造材の接合部の防錆

冷却塔の構造材接合部には、一般的に溶融亜鉛めっき中ボルト接合と、溶融亜鉛めっき高力ボルト(F8T)接合がある。高力ボルト接合は、摩擦力によるもので応力伝達上は優れた接合方法であるが、摩擦接合面の防錆に極めて注意を要する。本冷却塔の接合部には高力ボルトを採用し、接合部の防錆に関しても充分な考慮をした。写真7に高力ボルト締め付け作業、写真8に骨組ブレース構造を示す。

5 振動監視

冷却塔の長期にわたる安定運転を維持するために常時振動値の監視をすることが望ましい。本振動装置は動電型速度センサーを備え、減速機本体に取り付けられ、冷却塔屋上現場操作盤に組み込まれたモニターで常時振動監視ができるものである。また、モニターの外部端子からコントロールセンターに接続され、センターでの監視も可能である。モニター内には、起動・遅延タイマーが組み込まれているため、起動時の一時的な大きな振動や、外部からの一時的な振動はカットされ、運転に支障をきたすことはない。また、コンピュータとの接続で設備診断システムとしても利用できる。

6 連通管効果の検討

冷却塔を計画する上で、現在取り上げられている問題点の一つに冷水槽の水位の管理がある。複数台の冷却塔が設

第3表 冷却塔諸元

Table 3 Leading particulars of cooling tower

	Items	Wet type cooling tower	Dry and wet type cooling tower
Circulating water flow		4 230 m ³ /h×4 units	4 230 m ³ /h×3 units
Temperature conditions	Inlet temp. Outlet temp.	41 °C 32 °C	41 °C 32 °C
Installing conditions	Wind load Seismic load (Horizontal)	120√h kg/m ² 1.0 G	
Visible plume	Length of plume		20 m. max.
Noise conditions	Fan PWL	105 dB(A)max.	105 dB(A)max.
Material of construction	Main frame End wall casing, Louver Fill Eliminator Fan stack	Hot dip galvanized copper FRP Hard vinyl chloride Hard vinyl chloride FRP	
Dimensions of each unit	Overall length Overall width Overall height	9 600 mm 18 440 mm 19 260 mm	10 950 mm 18 440 mm 18 260 mm
Operating weight		314 t	314 t
Fan	Type Diameter Number of units	Axial variable pitch blades 8 535 mm 4 units	8 535 mm 3 units
Motor	Type Rating Number of units Protective device	Outdoor totally-enclosed fan cooled motor 450/150 kW 4/6 P (One-hour rating 470/150) 4 units 3 units High speed search coil (Set temperature 140 °C)	
Speed reducer	Type with oil pump Number of units	Spiral bevel, helical three-speed 4 units	3 units
Air heater	Type Dry type dumper motor Wet type dumper motor	None	L-shape winding fin 0.2 kW - 2 sets 0.75 kW - 2 sets
Vibration monitor	Type	Oscillating speed monitor Dynamic electricity speed sensor 7 sets	
Hoist for maintenance	Type To be installed upon completion of second construction work	Lift 40 m, max, hoisting load 6.0 t For maintenance of fan	

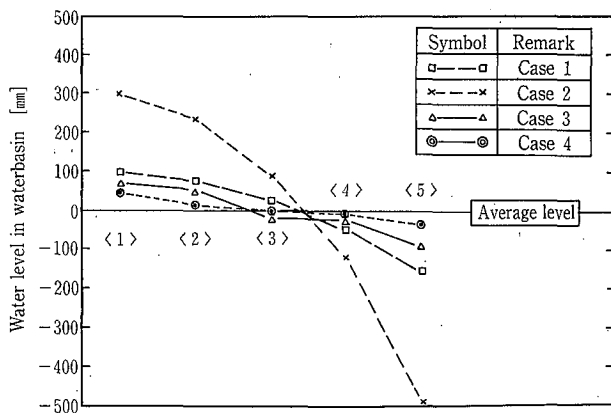
置される場合、各冷却塔の循環水量は冷却水ポンプの送水量と1対1の対応にならず、一つの配管系に組み込まれるので、各冷却塔に仕切りがあると冷水槽間に水位差が生じ、空気の吸い込み、オーバーフローなどの問題が発生する。この現象は、冷却塔の設置台数が多いほど顕著に現れ、運転に支障をきたすことになる。一般的には、

- (1) 水槽間の仕切りをなくする。
- (2) 水槽間に連通管を設ける。
- (3) 配管ルート、配管径をかえる。

などの方法で、各冷水槽と冷却水の配管抵抗値を等しくするといった対策が必要となる。この内冷水槽間の仕切りをなくす方法は、最も簡便ではあるが、定修時のことを考えれば各冷水槽は独立していることが望ましい。また配管系で吸い込み配管抵抗値を等しくすることは、現実には非常に難しい。そこで、連通管を設ける方式が増加してきた。

本冷却塔設備においては、冷却水系全体の運転制御について東京ガス株式会社において種々検討が行われ、最終的に連通管方式が採用された。

次に、連通管方式における検討経過の概要を述べる。



第5図 連通管効果の比較
Fig. 5 Comparison of effect of communicating tube.

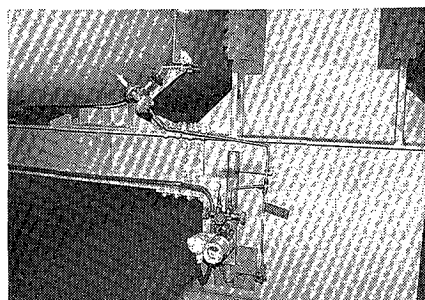


写真9
連通管に取り付けられた差圧計
Photo. 9
Differential pressure gauge connected to communicating tube.

6. 1 冷塔水位制御の検討条件

- (1) 冷却塔設置台数 7
- (2) 冷却塔 1 台当たり循環水量 $4\,230\text{ m}^3/\text{h}$
- (3) 冷却塔からの冷却水還主管は 2 系統
- (4) 水槽間の水位差が最大になるのは、冷却塔 5 台運転の時とする。(冷却水系統は 2 系列に分かれているので 1 系列当たり 5 台運転が最大となる)
- (5) 各冷却塔への流入水量と出口水量とは等しい。
- (6) 直管部分の圧力損失は、局部圧力損失に比べ小さいので管路の圧力損失要素として合流、分流による圧力損失および管路の入口、出口の圧力損失のみを考慮する。
- (7) 冷却塔出口管口径 800 mm /セル
- (8) 最大循環水量 $21\,350\text{ m}^3/\text{h}$
- (9) 検討パターン
 ケース 1 : 還主管口径 $2\,000\text{ mm}$, 連通管無し (管内最大流速 1.90 m/s)
 ケース 2 : 還主管口径 $1\,500\text{ mm}$, 連通管無し (管内最大流速 3.38 m/s)
 ケース 3 : 還主管口径 $1\,500\text{ mm}$, 連通管 (口径 $1\,000\text{ mm}$) 有り (管内最大流速 3.38 m/s)
 ケース 4 : 還主管口径 $1\,600\text{ mm}$, 連通管 (口径 $1\,000\text{ mm}$) 有り (管内最大流速 2.97 m/s)

6. 2 検討結果

第5図に各検討パターンの比較結果を示す。ケース 2 とケース 3 を比較すると連通管効果によってケース 3 の方が水位差が少なくなっている。同じ連通管がある場合でも、ケース 3 とケース 4 ではケース 4 の方が水位差が少なくなっている。この場合の水位差は 110 mm と予測され、実用上さしつかえないと判断された。

7 補給水

冷却塔への補給水の水位は、従来 FM 弁、ボールタップなどで塔ごとにコントロールされていた。しかし、最近建

第 4 表 冷却塔運転台数と水位レベル

Table 4 Number of cooling towers in operation and water level

Refrigerator	4R	1R	2R	6R	7R	5R
Cooling water flow m^3/h (Total)	3 177	6 250	6 250	4 385	4 385	2 530
Number of units	1	3	4	5	6	7
Water level mm	580	490	440	390	350	300

物のスペースの制約のため冷凍機容量と冷却塔容量とを 1 対 1 で配置することは配管の複雑化をまねき、設備費の増加をまねく。本設備では、これらの条件を配慮して冷却水配管系は共通ヘッダー方式が採用され、補給水についても冷却塔出口メインヘッダーに一括注入する方法が採用され、配管スペース・コストの低減が図られた。冷却塔各冷水槽のレベルの均一化を図るため、水槽下部には連通管を取り付けた。水位の管理は連通管に取り付けられた差圧計によって冷却塔運転台数に応じた水位にコントロールされる。写真9は連通管に取り付けられた差圧計を示す。

8 冷却塔運転台数と水位の管理

ヘッダー方式の場合、冷水槽運転水位の管理は運転上最も重要な項目である。冷水槽水位は冷却塔の運転台数 (定格水量 $4\,230\text{ m}^3/\text{h}$) が基本となっている。冷水槽水位は冷凍機用冷却水ポンプの運転に合わせ冷却塔の運転台数が自動的に決定される。第4表に冷却塔運転台数と水位レベルの関係を示す。

9 冷却塔用メンテナンス設備

冷却塔のメンテナンス設備は性能と同様極めて重要である。日常点検通路、特に都心部の場合定修時の揚重に問題が発生する。本設備ではこれらを解消するため、日常点検用として冷却塔専用エレベーターを設置し、また、定修時の機器の搬入、搬出のためのホイストを設置できるように配慮した。

むすび

今回東京ガス株式会社殿が建設された新宿新都心地域冷暖房センターに、当社の多くの納入実績の中でも最大規模の冷却塔を納入し、本稿でその内容についてご紹介する機会を得た。

都心はもとより、都市部に設置される冷却塔に与えられる種々の制約条件に、いかに応えられるかがメーカーの重要な使命であると考えている。とりわけ、限られた設置面積に設計条件を満足する冷却塔を納めねばならないのは地域冷暖房設備の基本条件と言える。

弊社は、省スペース化を目的として重層式冷却塔を開発しており、納入実績を重ねるとともに多くの引き合いを戴いている。

ますます高度化するお客様の要望に応えるため、省スペースはいうに及ばずより高性能の冷却塔の開発を目指し努力する所存である。

本稿を執筆するに当たり、プラントシステムについて多大のご教示をいただき、さらに何点かの資料を頂戴した東京ガス株式会社地域冷暖房センターの皆様へ深甚の謝意を表します。

【協力会社】

- 1) 東京ガス株式会社新宿地域冷暖房センター
- 2) 新菱冷熱工業株式会社

【参考文献】

- 1) 日本ガス協会都市ガス空調システム

平成2年度化学工学会「技術賞」受賞 「高効率重合反応装置」の開発

Recipient of the 25th Awards of The Society of Chemical Engineers, Japan
Development of High Efficiency Polymerization Reactor



塩化ビニル樹脂(PVC)の高効率生産を目的とした「高効率重合反応装置」の開発で化学工学会'90年度「技術賞」を受賞した。この「技術賞」は国内の化学工業関係の賞の中でも特に権威のあるものの一つで、三月二十九日明治大学で開催された化学工学会定時総会において、共同開発者である呉羽化学工業(株)殿と共に表彰の栄に浴した。

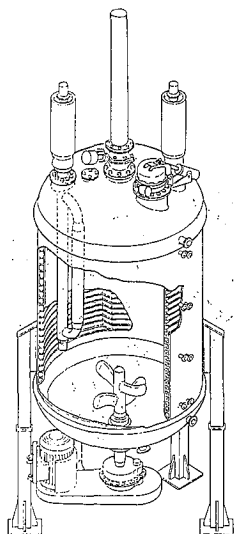
「高効率重合反応装置」は構造関係を神鋼パテック(株)、反応関係を呉羽化学工業(株)が開発分担した。'81年呉羽化学工業(株)殿に納入した実証設備で、次の優れた特性が確認された。

(1) 高い伝熱係数が得られ、高品質の製品が製造できる。

(2) 内面が平滑であり、ポリマーが付着しにくく、洗浄が容易である。

(3) 従来型重合装置に比較し2~3倍の高生産性に経年変化がなく、スケールアップしても同一性能が得られる。

'88年より営業、技術、製造一体となってPVC製造各社でPR活動を展開、受注活動に取り組み、現在の受注実績は13基、容量総計750m³に達し、化工機事業部の主力製品の一つに成長した。今後PVC用途のみならず、付着性ポリマー用、高発熱型重合設備用として、国内および海外ユーザーへも積極的に拡販していく。



高効率重合反応装置
High efficiency polymerization reactor



「NEW SP 95」

エクセレントカンパニーへの飛躍を目指す

Planning of a great leap for Excellent Company

神鋼パンテックの21世紀に向けた事業体制づくりがいよいよ本格化する。昨年4月から新中期計画をスタート、「基礎固めから新たな創造と展開」を旗頭に、生産体制の再構築、研究開発、販売体制の強化などを積極的に推進している。また、気体関連環境装置事業にも進出、業容拡大に弾みを付け、次世代を担う「エクセレントカンパニー」への飛躍を目指す。

同社は、'89年の創立35周年を機に社名変更(旧社名・神鋼ファウドラ)を行い、21世紀に照準を合わせた経営基盤強化策に乗り出した。その第一弾が昨年度(90年度)から開始した中期計画「NEW SP 95」だ。最終年度の95年3月期に売上高500億円(うち100億円は新製品)、経常利益率5%(25億円)を目標に掲げている。また関係子会社(5社)で100億円を確保、グループとして600億円を達成する計画。さらに産業界の堅調な設備投資マインドを受け、生産性向上による体質改善を進め、中期計画の前倒し達成に踏み出そうとしている。

このため新製品開発体制の充実、生産体制を再構築し生産の効率化を推進。また多様化するユーザーニーズにフレキシブルに対応する販売体制を整え、既存事業の深耕と業容拡大を図る。

研究開発体制では、神戸ハイテクパーク(神戸市西区)内に技術開発センター「西神研究所」を建設する。クリーンルーム、分析計測設備を備えた研究棟、実験棟からなり、同社の将来を担う主力製品の開発に取り組む。また生産体制では、92年年初にはステンレス鋼製機器、ガラスライニング(GL)製機器など化学工業用機器の生産を播磨工場(兵庫県加古郡播磨町)に一元化し、工場を本格稼働させ、生産性、品質向上にさらに注力する。

また昨年10月1日付で従来の冷却塔事業部を「気熱装置事業部」と改称、気体関連環境装置分野に本格進出した。これにより環境関連事業として水処理装置に新たに気体関連環境装置が加わり、化工機、気熱装置、環境装置の各事業を軸とした裾野の広い事業展開が今後期待されるところだ。
(’91.4.20 化学工業日報)

神戸に技術研究所建設

Construction of technical institute starts in Kobe Hi-Tech Park

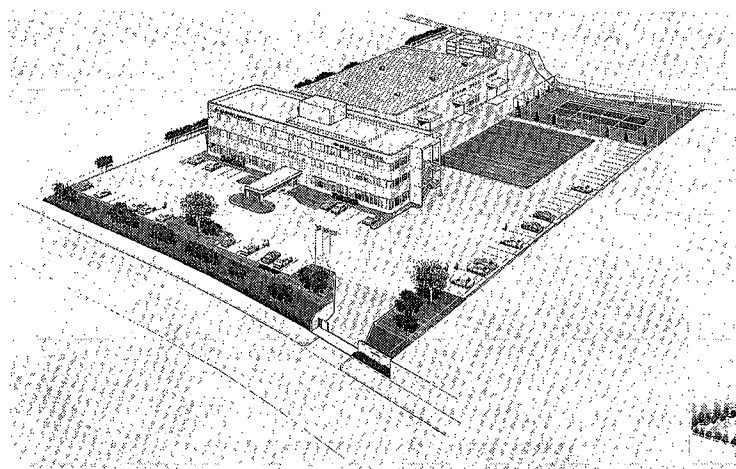
神鋼パンテックは、神戸市内に「技術研究所」を建設する。本格稼働は来年の3月。研究開発体制の強化策の一環で化工機などの各事業部の研究開発部門を集約一本化を図り、次世代を担う新技術、新製品の開発力をさらに高めるのが狙い。

同研究所は、神戸ハイテクパーク(神戸市西区室谷)に建設する。敷地面積は11560m²で、研究棟(3階建て、延べ床面積2323m²)、実験棟(一部2階建て、同2085m²)を建てる。5月21日から建設工事に着手、来年1月に完成、同3月から本格稼働する予定。投資額は土地代を含め約20億円。当初約100名でスタートする。

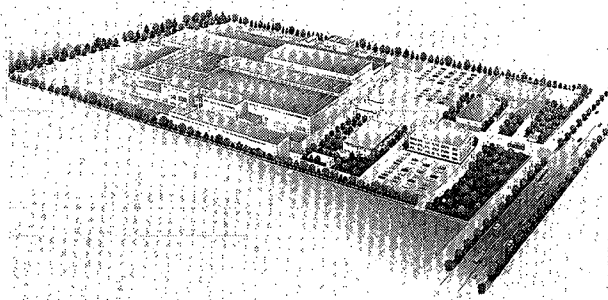
同社は現在、95年度を最終年度とする中期計画「NEW SP '95」を展開している。生産関連では化工機の生産を播磨工場(兵庫県加古郡播磨町)への統合を行うなど長期的展望に立った事業基盤の再構築を同中期計画中に完了する計画。

研究開発体制は、本社、播磨工場に分散している技術開発本部や化工機、環境装置、気熱装置の各事業部の研究開発部門を同研究所に集約することで強化拡充を図る。主要研究テーマは、新素材、バイオテクノロジー、攪拌・混合技術、粉体技術、高度分離技術、FAソフトウェア、超純水製造技術、廃熱処理技術など。

(’91.5.31 化学工業日報)



技術研究所
Technical institute



播磨工場
Harima plant