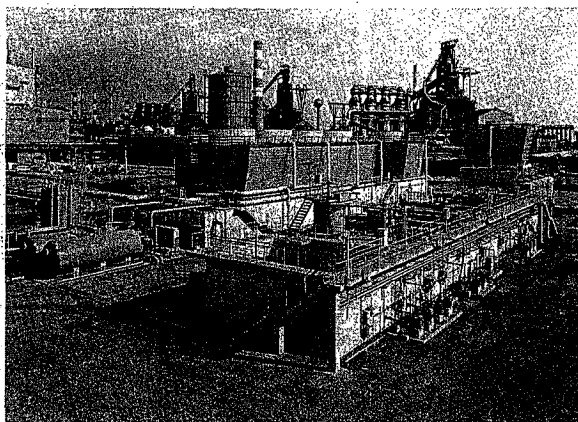


目 次

◦ 液化ガス用タンクコンテナ.....	1
◦ 極低温用ステンレス製ガラスライニング機器（主として機械的強度について）.....	7
◦ 汚濁水質に対処する冷却塔の充填材、散水ノズル.....	12
◦ 動物園汚水の処理と再利用.....	21
◦ 最近の鉄鋼戻水処理設備.....	29
◦ 高効率イオン交換装置「スーパーフロー」.....	36
◦ 社内ニュース.....	41

CONTENTS

◦ Tank Container for Liquefied Gas.....	1
◦ Glass-lined Austenitic Chromium-nickel Steel Equipment for Low Temperature Use ——Mechanical Properties——	7
◦ Water Distribution Nozzle & Fill Developed For Cooling Towers Used in Steel Mill Scrubber System.....	12
◦ Advanced Treatment and Recycling of Zoo Waste Water.....	21
◦ Latest Water Treatment Facilities for Steel Making and Rolling Mill Plant.....	29
◦ “SUPER FLOW” High Efficient Ion Exchanger.....	36
◦ News	41



＜表紙写真説明＞

このほど、神神戸製鋼所加古川製鉄所に最新鋭の3号連続鑄造工場（生産能力年産240万トン・スラブ）が完成した。当社は水処理設備（処理能力7,200 m³/HR）を納入した。本水処理設備は間接冷却系、直接冷却系、純水循環系、RHコンデンサー系により構成され、徹底した省エネルギー、省力化およびコストミナム化が計られている。関連記事として本誌P29～P35をご参照下さい。

Water treatment facilities (7,200 m³/h) for the latest No.3 continuous casting machine (2.4 million slab ton/year) constructed at the Kakogawa Works of Kobe Steel, Ltd. consists of the direct and indirect cooling systems, the pure water circulating system and the RH condenser system. More drastical saving in energy and manpower and a reduction in cost to the lower level are anticipated with application of the equipment, which is introduced on pages from 29 to 35 of the Reports.

液化ガス用タンクコンテナ

Tank Container for Liquefied Gas

化工機事業部 技術部 精機設計課

宮 下 脩 一
Shyūichi Miyashita
東 清 和
Kiyokazu Azuma

Large tank containers for intermodal transportation of non-refrigerated pressure-liquefiable gases by ship, road and rail have been widely used in European countries and the USA. However, tank containers are not used in Japan due to the difficulty of compliance with both international regulations and domestic regulations. Recently, we have developed a large tank container for liquefied Freon 22 gas (R22) that overcomes these problems. This paper shows the outlines of regulations concerned, design procedures and operation of the tank container. The primary regulations for gas containers are: the Japanese high pressure gas control laws, the Japanese regulations for transportation and storage of dangerous goods by ship, the Japanese poisonous and irritant substances control laws, IMDG Code, Blue Book, CFR49 and ADR/RID.

The primary design considerations are the tank material, maximum expected working temperature, maximum allowable working pressure, test pressure, tank capacity, plate thickness and auxiliary equipment such as surge plates, shut-off devices, manholes, pressure safety devices, measuring devices and thermal insulation.

The primary operational considerations are filling quantity and periodic inspection.

タンクコンテナ全般および液体用タンクコンテナについては既報ファウドラニュースの Vol. 26 および Vol. 27 (以下既報ニュースと略) で述べたので、本稿では、常温液化ガス(non-refrigerated pressure-liquefiable gases)に焦点を絞って述べる。

欧米では、かなり以前から液化ガスの海陸一貫輸送に大型タンクコンテナが広く使われているが、わが国では、法的規制の関係もあって、大型タンクコンテナは使用されず1トンボンベが使用されている。

今回当社では、各種法規、技術的諸問題を克服して外のり寸法20'-8'-8'、容量13,000ℓの海陸共用できる、液化フロン22(主として冷媒として使用されるフッ素系のガス)用の大型タンクコンテナを開発した。その経験をもとに各種関係法規、設計上の留意点および使用上の諸問題について、その概要を述べる。

法規としては、ガス用コンテナに特に関係する高圧ガス取締法、危険物船舶運送および貯蔵規則、毒物・劇物取締法、IMDG CODE, BLUE BOOK, CFR 49, ADR/RID について述べる。設計手順については、材質、最高使用圧力、最高使用温度、試験圧力、タンク容量、板厚、防波板、閉鎖装置、マンホール、安全装置、液面計、圧力計、温度計、断熱について述べる。使用上の問題としては、充てん量および定期検査について述べる。

1. 規格、法規、許可について

液化ガスを大型タンクコンテナで運送する場合、その液化ガスの種類、運送される地域、運送手段(船舶、トラック、鉄道)により守らねばならない規格、法規および取

得すべき許可がいくつかあり、それは概ね下記のものである。

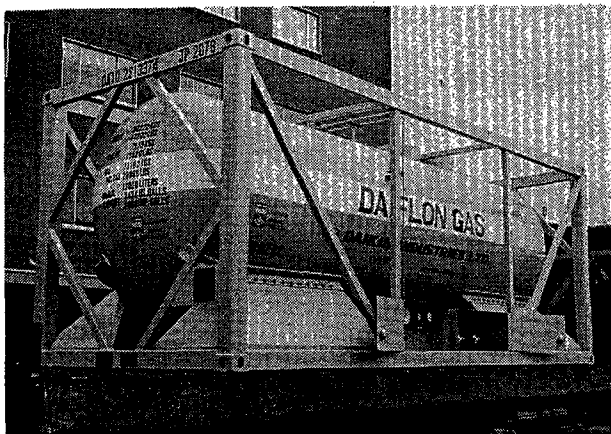
- (1) I S O
- (2) C S C
- (3) T I R
- (4) U I C
- (5) マル関ワッペン
- (6) 道路運送車両の保安基準
- (7) 高圧ガス取締法
- (8) 危険物船舶運送および貯蔵規則
- (9) 毒物・劇物取締法
- (10) IMDG CODE
- (11) BLUE BOOK
- (12) CFR 49
- (13) ADR/RID

上記の規格、法規がどういうものかは、既報ニュースを参照されたい。したがって、本稿では後述の液化ガス用コンテナの仕様に関係する(7)~(12)について、既ニュースと少し重複するところもあるが、若干述べることにする。

高圧ガス取締法(高取法)

高圧ガス(液化ガスも含む)を日本国内の陸上運送する場合、高取法に拘束される。同法では、

- (1) 高圧ガスを充てんする容器を製造する者は、通産大臣の認定を必要とする。(正式には、認定制ではなく届出制であるが、届出の際、事業内容、製造設備、設計基準、製造技術、保証態勢などを記載した書類を必要とし、その内容が基準要件を満たしていなければ、届出が



▲写真 1 液化ガス用タンクコンテナ
▲Photo.1 Tank container for liquefied gas

受理されないで、実際上は認定と考えられる。)

- (2) 高圧ガスを充てんする容器は、同法容器保安規則に従って設計、製作し、高圧ガス保安協会の検査に合格し、容器証明書を受けねばならない。すなわち、認定工場で製造され、容器証明のある容器でないと高圧ガスを充てんできない。

危険物船舶運送および貯蔵規則（危規則）

高圧ガスを船舶で運送する場合、本規則の拘束を受ける。同規則では、高圧ガス用容器は、高圧ガス取締法の容器検査に合格した容器で、容量が1,000ℓ以下の容器と定められている。従って、容量が1,000ℓを超えるタンクコンテナは、一般的には使用できないことになる。しかし、同規則の6条の2の8項に、特別に運輸大臣の許可を受けた容器を使用してよいと規定されている。又、同規則19条の1項および運輸省告示275号で、輸出入に用いる容器は米国または英国の規則に合格した容器を使用してよいと規定されている。すなわち、高圧ガスの輸出入に用いる場合は、運輸大臣の許可を得たタンクコンテナ又は米国、英国の規則に合格したタンクコンテナを用いることができる。

日本国内のみを船舶で高圧ガスを運送する場合は、大臣許可をうけたタンクコンテナを用いねばならない。大臣許可をうける場合は、当社の経験上から、高取法および後述するIMDGの要件をみたした容器である必要がある。なお、輸出入の場合、日本の運輸大臣の許可のみでは受け入れられない国があるので（特にヨーロッパ、米国、オーストラリア、ニュージーランドなど）注意を要する。

毒物、劇物取締法（毒劇法）

本法律は、保健衛生上の見地から、毒性が強く取扱いに注意を要する物質の規制を行なうことを目的としたものである。

高圧ガスのうち、アンモニア、塩素、無水フッ化水素酸のように同法の拘束を受けるものがあるので、注意を要する。特に無水フッ化水素酸の場合は、容器の仕様に対する要件があり、それをみたした容器でなければならない。なお、無水フッ化水素酸は、日本の高取法では高圧ガスに該当しないが、後述のIMDGではガスの範ちゅうに入る。

IMDG

本CODEは、IMOが定めた船舶による危険物輸送に対する規則である。多くの国が、この規則を受け入れているので、本規則の要件をみたすタンクコンテナでなければならない。又逆に、本規則の要件をみたすタンクコンテナであり、その旨の証明書をIMO加盟国の主官庁から入手しておれば、海上輸送については、ほとんど問題ないと考えてよい。

日本も危規則の中に実質上はIMDGを取り入れているが、タンクコンテナについては取り入れていない。従って、運輸大臣の許可書はIMDGの証明書とはならない。IMDGには、危険物を運ぶコンテナとして（IMDGの中ではPortable Tankという表現になっている。）いくつかの種類があるが、高圧ガスを運ぶタンクコンテナとしては、TYPE 5というコンテナが適用される。

CFR 49

米国の場合、IMDGを認めているので、海上輸送については、いずれかの政府のIMDG、TYPE 5の証明書があれば受け入れられる。しかし、陸上輸送については、IMDGの証明書のみでは不十分である。米国における高圧ガスのタンクコンテナによる陸上輸送（海上輸送を含めて）の許可を得るには、下記の2つの方法がある。

- (1) その高圧ガスを輸送するに十分な安全性がある容器（例えば、IMDG、TYPE 5の要件をみたすもの）を製作し、その図面、仕様書、検査成績書などを米国運輸省（US DOT）に申請し、特別許可書を入手する方法である。この方法を米国規則上 EXEMPTION の入手という。EXEMPTION を入手する上で注意を要する点が下記のようにいくつかある。

- ① 容器を製作してから上記申請をするが、場合によっては一部構造変更を要求されることがある。
- ② 申請者は米国の居住者でなければならない。もし外国人が申請する場合は、米国居住者を代理人に立てねばならない。
- ③ 申請してから許可がおりるまで、最低4か月間、普通は半年程かかる。

- (2) CFR 49の中に DOT, SPEC 51という型の容器が定められている。多くの液化ガスに対して、この要件を満たした容器（タンクコンテナ）を製作し、US DOT に登録すればよい。ただし、その要件の一つとして、その容器はASME(注)の“U”スタンプが打刻されたものでなければならない。“U”スタンプを打刻してもらうには、ASMEの認定工場で容器を製作し、ASMEの検査を受けねばならない。従って、SPEC 51の容器は、いずれのメーカーにおいても製作できるものではない。当社は、ASMEの認定工場であり、現在SPEC 51の液化ガス用タンクコンテナを製作中である。

(注) ASME : The American Society of Mechanical Engineers
ADR/RID

ヨーロッパ諸国で、危険物を陸上輸送する場合は、この規則の要件を満たした容器で、その旨を証明する書類を入手しておく必要がある。

BLUE BOOK (BB)

英国の船舶による危険物輸送に対する規則であり、

IMDG CODE とほとんど同じであるが、若干の上乗せ規定が含まれている。英国は、IMDGを全面的に受け入れているので、他国政府発行のものであっても、IMDG TYPE 5の証明書があれば、その容器は受け入れられるが、IMDGの証明を英国政府から入手する場合は、このBBが適用される。

2. 設計上の留意点およびタンクの仕様

液化ガス用タンクコンテナの設計上の留意点およびその基本的仕様は下記の通りである。

(1) 輸送しようとする物質の輸送地域および輸送手段を決定して、該当法規が何であるかを調査する。

(2) その物質が該当規則の中でどういう種類およびグループに入るかを調査する。高圧ガスの定義もその法規によって異なるので、注意を要する。

例えば、上述のように無水フッ化水素酸は高取法では高圧ガスに該当しないが、IMDGおよびBBではガスになる。又、フロン12B1はIMDG、BB、ADR/RIDでは危険物としてのガスになるが、CFR 49では危険度が低いため、非危険物となっている。

(3) 該当法規において、そのガスを大型容器（タンクコンテナ）で運送することが許されているか、また制限されているならば、その容量を調べる。

(4) タンクの仕様決定

① タンクの材質

材質については下記の要件を満たすものを選定する必要がある。

イ) 金属材料であること。

ロ) その材料の伸びが(注)1,000/Rm以上でかつ絶対伸びが20%以上であるもの。

(IMDG, BB, ADR/RIDの規定)

(注) Rm: 材料の引張強さ(kg/mm²)

ハ) -20°Cで使用可能なもの。

(BBの規定)

ニ) 内容物に対して十分な耐食性のあるもの。

(ゴム、樹脂などの耐食材料をライニングしてもかまわない。)

ホ) 該当法規で認められているもの、又は使用禁止されていないもの。

ヘ) 溶接等の加工性に秀れているもの。

② 最高使用温度(MAWT)

下記の要件を満たす温度を決定する。

イ) 該当法規によって定められた温度。

法規によって下記のように異なるので注意を要する。

高取法: 48°C (充てん定数決定温度)

危規則: 熱帯地方65°C (1,000ℓ以下の小型容

その他の地方45°C 器を対象としていると思われる)

IMDG: 50°C

BB: 42.5°C~60°C

(輸送地域によって異なる)

CFR 49: 115°F (46.1°C)

ADR/RID: 50°C

ロ) 輸送中予想される温度

(通常50°C~60°C)

③ 最高使用圧力(MAWP)

下記の要件を満たす圧力を決定する。

イ) MAWTにおけるそのガスの蒸気圧

ロ) 法規によってそのガスに定められた最低MAWP. 適用規則によって異なる。

例えばフロン22の場合、下記のようになる。

高取法: 21kg/cm² (耐圧試験圧力の9%)

IMDG: 18.8 kg/cm² (50°Cにおける蒸気圧)

CFR 49: 250PSIG(17.6kg/cm²)

BB: MAWPは規定されておらず、その代りに耐圧試験圧力が規定されている。

ADR/RID: BBと同じ。

ハ) 最低7 Bar とする。

(IMDG, BBの規定)

④ 耐圧試験圧力(TP)

下記の要件を満たす圧力を決定する。

イ) 該当法規によって定められているそのガスに対する最低TP

高取法, ADR/RID, BBでは最低TPが定められている。

例えば、フロン22の場合は次の通りである。

高取法: 35 kg/cm²

BB: 計算によって求める。

例えばMAWTを60°Cとした場合、その時のMAWP(蒸気圧)を23 kg/cm²とすると23×1.5で34.5 kg/cm²となる。

ADR/RID: 29 kg/cm²

ロ) 採用する圧力容器規格(JIS, ASMEなど)が定めた圧力。

通常はMAWPの1.5倍である。

⑤ タンク容量、缶体寸法

タンクの容量と缶体寸法を決定するに当っては、下記の点に留意しなければならない。

イ) 法規によって、最高容量が決められているので、注意を要する。例えば

高取法: 毒性ガスの場合8,000ℓ. 以下可燃性ガスの場合18,000ℓ以下

毒劇法: 無水フッ化水素酸の場合10,000ℓ以下

ロ) 後述のように輸送上許される重量(コンテナの最大総重量)、液比重、自重(主として缶体寸法に依存する。)空間率等が相互に関係するので、これらを考慮に入れて最も多くの内容物が充てんできる容量、缶体寸法を決定する必要がある。

最適容量は「最大総重量=充てん比率×容量+コンテナ自重」となる容量である。

以上イ)ロ)の点から、場合によっては一つのコンテナフレーム中にタンクを2個据える方が経済的な場合も起こりうる。これらの法規および運送上の重量制限から、通常8,000ℓから18,000ℓの範囲となる。

⑥ タンク板厚

下記の要件を満たす板厚を決定する。

イ) 高取法に該当する場合はもちろん高取法で定められた強度計算で求められる最少板厚以上でなければなら

らない。その他、BBとかCFR 49の場合、それらの規則が認める压力容器規格（例えばASME Sec. VIII, DIV. 1やBS 5,500など）で定められた強度計算で求められる最小板厚以上でなければならない。これらの計算を行なう場合、放射線検査の度合によって異なる溶接継手効率などについても、その規格の定める所に従わなければならない。

ロ) 上記压力容器規格の計算によって板厚を求めるだけでは不十分で、IMDG, CFR49のSPEC 51, BB, ADR/RIDでは最低板厚、耐圧試験時の許容応力、強度計算のときの材料の許容応力などが定められているので、それらを満足しなければならない。それらの概略は次の通りである。

最低板厚

IMDG：○軟鋼(Mild Steel)の場合でタンク直径 ≤ 1.8 mのとき5mm以上

タンク直径 > 1.8 mのとき6mm以上

○他の材質（例えばSUS 304）を使用する場合は下記の換算式で求める。

$$e = \frac{10e_0}{\sqrt[3]{Rm_1 \times A_1}}$$

e_0 = mild steelの板厚

(5mm, 又は6mm——タンク径による)

e_1 = 他材質の板厚(mm)

Rm_1 = 他材質の引張り強度(kg/mm²)

A_1 = 他材質の伸び(%)

BB : IMDGと同じ

CFR 49 SPEC 51 = $16/3''$ (4.8mm以上)

$$\text{ADR/RID: } e = \frac{P \times D}{200 \times \sigma}$$

e = 板厚(mm)

P = 水圧試験圧力(kg/cm²)

D = タンク内径(mm)

σ = 材料の許容応力(kg/mm²)

水圧試験時の許容応力

IMDG および BB では「水圧試験の圧力下での応力が材料の降伏点の80%を超えてはならない。又、計算上75%を超える場合は、タンクにストレンゲージをとりつけて測定して80%を超えないことを確認すること」を規定されている。

材料の許容応力

IMDG：材料の許容応力は下記のいずれか小さい方とする。

Rm/A 又は Re/B (ただし溶接効率1の場合)

	炭 素 鋼 炭素マンガンニッケル鋼	ス テ ン レ ス 鋼
A	3	3.5
B	2	1.6

Rm : 材料の引張り強度(kg/mm²)

Re : 材料の降伏点(kg/mm²)

イ) で述べた圧力の容器規格にしたがって、強度計算するときに、もしその压力容器規格で定められた許容応力がこの規定の値より大きい場合は、この規定の値を

採用して計算せねばならない。

ADR/RID : (1) $Re/Rm \leq 0.66$ のとき

$$\sigma \leq 0.75 Re$$

(2) $Re/Rm > 0.66$ のとき

$$\sigma \leq 0.5 Rm$$

σ : 材料の許容応力 (kg/mm²)

Rm : 材料の引張り強度 (kg/mm²)

Re : 材料の降伏点 (kg/mm²)

ADR/RIDに定められた最低板厚を計算するときに、この許容応力を用いる。

ハ) 真空の場合の外圧に耐える板厚

IMDGやBBでは、最低0.9kg/cm²の外圧に耐えることと規定されている。しかし、液化ガスの場合、通常真空の状態で充てんするので、Full Vacuumに耐える設計にしておく必要がある。

ニ) 腐れ代

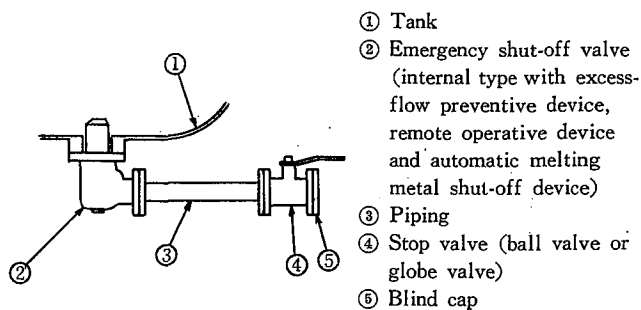
高取法では、塩素やアンモニアの場合最低必要腐れ代が規定されている。したがって、これら法規に定められた数値と、実用上必要と思われる値を勘案して決定する必要がある。しかし、必要以上の腐れ代をとることはコンテナの場合考えものである。コンテナの場合、総重量が決められているので、腐れ代を大きくとって板厚を増せば自重が大きくなりそれだけ充てん量が少なくなる場合があるからである。

⑦ 防波板

高取法では防波板を取りつけることが義務づけられている。又、法規上の定めがない場合でも液比重が大きく、空間率を大きくとって（通常20%以上の場合）運ぶ場合は防波板を取りつけることが望ましい。

⑧ 液、ガスの出入口

高取法、IMDG, BB, CFR 49 SPEC 51, ADR/RIDの規定を満たすには、三重閉鎖構造とする必要があり、その構造はおおむね第1図のようになる。



第1図
Fig. 1

⑨ マンホール

メンテナンス上、人の出入が可能な大きさのもの(400~500mm)

⑩ 安全弁

高取法、IMDG, CFR 49 SPEC 51, ADR/RIDの規定を満たすには、下記の要件に合致することが必要である。

イ) 構造——スプリング式

法規によっては、ある種のガス（主として毒性ガス）の場合は破裂板とスプリング式安全弁を直列に取

り付けることが義務づけられている。

ロ) 吹出し圧力 (SP)

それぞれの法規で吹出し圧力が決められているので、そのいずれにも矛盾しない圧力を決定することが必要である。

高取法: $SP \leq 4/5 \times T.P$

IMDG: $SP = MAWP \times 1.1$

BB: $SP = MAWP \times 1.1$

CFR 49: $MAWP \leq SP \leq MAWP \times 1.1$

ADR/RID: $TP \times 0.9 \leq SP \leq TP$

ハ) 吹き止り圧力は $SP \times 0.9$ 以上とすること

ニ) 吹出し能力

各規則で規定されているので、その要件を満たす口径のものをとりつける。

代表的な例として、IMDGの規定を下記に示す。

The total flow of pressure relief devices "Q" may be calculated by one of the following equivalent formulae:

Formula for metric unit:

$$Q = 5,620,000 \frac{FA^{0.82}}{LC} \sqrt{\frac{ZT}{M}}$$

Where:

The accumulating condition is 20 per cent above the start-to-discharge pressure of the relief device. Q is expressed in m^3/h of air at atmospheric pressure and a temperature of $15^\circ C$.

F is a coefficient with the following value:

For uninsulated tanks $F=1$

For insulated tanks $F = \frac{8U(649-t)}{93.5 \times 10^6}$

Where U is the thermal conductivity of the insulation taken at $311^\circ K$ in $g\text{-cal/h (sq. metre) } (^\circ K)$ and

t=the ambient temperature of the lading at loading in $^\circ C$.

A is the total external area of the tank in m^2

Z is the gas compressibility factor in accumulating conditions (if this factor is unknown, let Z equal 1.0).

T is absolute temperature in K degrees above the pressure relief devices and in accumulating conditions.

C is a constant derived from the following equation as a function of the ratio $k = \frac{C_p}{C_v}$ to specific heat (if this factor is unknown, let $C=315$):

$$C = 520 \sqrt{k \left[\frac{2}{k+1} \right]^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

k	C	k	C	k	C
1.00	315	1.26	343	1.52	366
1.02	318	1.28	345	1.54	368
1.04	320	1.30	347	1.56	369
1.06	322	1.32	349	1.58	371
1.08	324	1.34	351	1.60	372

1.10	327	1.36	352	1.62	374
1.12	329	1.38	354	1.64	376
1.14	331	1.40	356	1.66	377
1.16	333	1.42	358	1.68	379
1.18	335	1.44	359	1.70	380
1.20	337	1.46	361	2.00	400
1.22	339	1.48	363	2.20	412
1.24	341	1.50	364		

L is the latent vaporization heat of the liquid, in kcal/kg, in accumulating conditions. M is the molar mass of the discharged gas.

ホ) 取付位置はタンクの頂部 (少なくともガス層) で、できるだけタンク長手方向の中央部にとりつける。

⑪ 液面計

ユーザーの要求があれば取り付ける。法規的には特に義務づけられてはいない。当社では差圧液面計又はスリップチューブ式液面計を標準としている。毒性ガスにはスリップチューブ式は適さない。

⑫ 温度計, 圧力計

法規によって義務づけられている場合、およびユーザーの要求によって取り付ける。

⑬ 断熱

規則によっては、ある種のガスに対して断熱付容器が義務づけられている。又断熱することにより、タンク内の温度上昇をおさえ、圧力をおさえることによって MAWP を低くし、タンク母材の板厚をうすくすることによってタンクの自重を下げることがある。

⑭ その他

イ) 多くの規則で X-Ray 100 % を行なうように決定されている。

ロ) タンクの完成後、応力除去熱処理を行なう。

ハ) 残余水分を嫌う場合には、タンクの内面はショットブラスト (炭素鋼の場合) 後、100 Torr 以下の真空中にして水分および異物をとりのぞいた後、 N_2 ガス封入をして納入する。

以上、設計上の留意点およびタンクの仕様についての概略を述べたが、前述の重量制限について若干ふれることにする。

20フィートのタンクコンテナを使用した陸上輸送する場合、その貨物が輸出入か国内専用かによって最大総重量が異なる。即ち、輸出入の場合は 20,320 kg であるが、国内専用の場合は 16,500~16,800 kg (自動車の自重を含めて 20 Ton 制限) でなければならない。

ユーザーとしては出来るだけ一度に大量のものを運びたいということで、大きなタンクを考える場合があるが、かえって少ない量しか運べないことになる。即ちタンクを大きくすると当然それだけ自重がふえるので、積載量が少なくなるからである。従って、液の比重 (充てん比重) を考えて、最も経済的なタンク容量を決定することが肝要である。

3. 使用上の注意

(1) 充てん量

通常の液体でもそうであるが、温度による密度差の大きい液化ガスの場合、十分なガス層 (空間部) が残るように

充てんしなければならない。もし十分なガス層をとっておかなければ、温度上昇による体積膨張により、タンク内圧力が上昇し、安全弁がさかんに作動し、ガスのロスを生じるとともに大きな事故の発生をまねく恐れがある。

そこで、各法規において、それぞれのガスに対して、充てん比重が定められている。(法規によって、充てん密度、充てん定数、充てん比と色々な名称が使われているが、その意味するところは全て同じなので、ここでは充てん比重ということにする。)

タンク容量に充てん比重を乗じて得た値がそのタンクに対するそのガスの許容最大充てん重量である。

例えば、今10,000ℓのタンクに充てん比重1.2の液化ガスを充てんする場合、充てん出来るガスの最大重量は10,000ℓ×1.2=12,000kgとなる。この充てん比重は、その規則が設定している予想温度における実際の液比重より若干小さい値となっている。従って、充てん比重を守って充てんした場合、その予想温度まで液温が上昇しても、適当な空間部が存在するようになっている。この充てん比重は、規則によって若干異なり、例えばフロン22をとった場合、下記の通りとなる。

高取法：1.02

危規則：0.9—熱帯地方

1.0—その他の地方

IMDG：充てん比重は特に指定はないが「50°Cにおいて2.5%以上の空間部が存在し、55°Cで満杯にならないこと」と規定されている。

B.B.：1.044

CFR 49 SPEC 51：1.05

ADR/RID：1.03

充てん比重は上記の例のように異なるが、それは各規則で設定している温度が異なるからであり、基本的な考え方には大差ない。従って、該当規則の充てん比重を守らねばならないことは当然であるが、基本的には、輸送中予想される最高温度においてタンクが液が満杯にならないようにし（実際は容量で2%程の空間が存在するように）充てんしなければならない。ここで注意しなければならないことは、充てん比重で許される重量を充てんしても、コンテナとしての総重量を超えてはならないということである。

(2) 充てん量の測定

液面計が附属しているコンテナにおいては、液面計を使

って充てんしてもよいが、容積で充てん量を測定することは、液比重が温度によって異なるので、正確を期することは難しい。従って、液面計は目安のために使用することをおすすめする。さらに、法規によっては、充てん量の測定は重量測定のみで行なうことと規定されているので、最終的には重量測定によって充てんする必要がある。

(3) 道路輸送、船積

ガスの種類および輸送経路の道路によっては通行禁止、制限がある。又、船積に際しても船積制限、拒否される場合もあるので、前もって当局や船会社と打ち合わせをすることが必要である。

(4) 保守点検

各規則ではタンクコンテナの定期検査が義務づけられており、それは概ね第1表の通りである。従って、期間内に検査を受け、証明書の更新をしておかねば失効する。

規則で定められているのは上表通りであるが、タンクコンテナを安全に使用するためには、自主的に必要に応じて点検することが必要である。

第1表
Table 1

規 則	最低期間	検 査 内 容
高 取 法	1～5年 (使用経過年数による)	外観検査、耐圧試験、バルブ、安全弁の作動試験
IMDG	2年6か月	外観検査、安全弁作動試験
	5年	外観検査、耐圧試験、安全弁作動試験
B. B.	2年6か月	外観検査、安全弁作動試験
	5年	外観検査、耐圧試験、安全弁作動試験
CFR 49 SPEC 51	5年	外観検査、耐圧試験
ADR/RID	2年6か月	外観検査、安全弁、バルブの洩れ試験、作動試験
	5年	外観検査、耐圧試験、安全弁、バルブの洩れ試験、作動試験

注記) 本表の他、コンテナのCSC定期検査を必要とする。

4. む す び

当社の液化ガス用タンクコンテナが液化ガスの物流合理化のお役に立つものと確信しております。

極低温用ステンレス製グラスライニング機器

(主として機械的強度について) 目次

Glass-lined Austenitic Chromium-nickel Steel Equipment for Low Temperature Use

— Mechanical Properties —

化工機事業部 製品開発室

高 橋 治 司
Haruji Takahashi
後 藤 茂 夫
Shigeo Gotō

Newly developed glass has made it possible to manufacture glass-lined equipment which can be used at temperatures from 200 to -200°C .

This paper outlines the mechanical properties of this equipment based on the test data for low temperature use.

このたび、当社では新しいガラスの開発によって約 -200°C まで使用できるグラスライニング機器の製造が、可能になった。本稿は、この機器の低温における機械的強度の概略を紹介する。

1. ま え が き

これまでに当社は、医薬品製造分野の低温使用向けグラスライニング機器として使用温度 -80°C までの要望に対してはグラスライニング用素地金属に、SUS304L及び3.5% Ni鋼等の低温圧力容器用鋼板を用いて対処納入してきた。しかし近年、これまでの使用温度 -80°C よりさらに低い温度で使用できるグラスライニング機器の要望が出てきている。

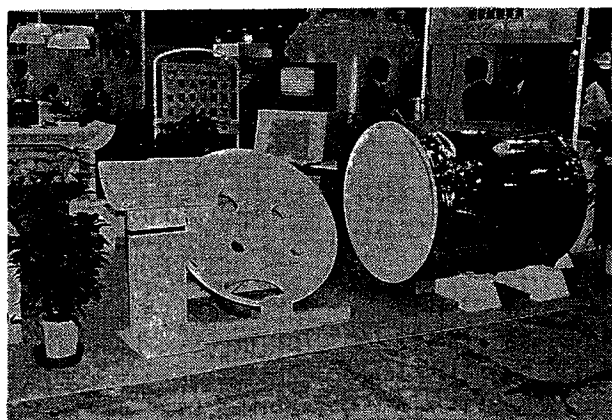
このたび極低温用グラスライニング機器の要望に対し、素地金属にオーステナイト系ステンレス鋼を用い、またライニング用ガラスとして新しく開発したガラスを施工することによって約 -200°C の使用に耐える機器を製造することができた。

本稿ではこの機器の製造工程、ライニング用素地金属ならびにガラスの特性について概要を記述する。

2. グラスライニング機器の製造工程

下記のグラスライニング工程について簡単に説明する。

素地金属の前処理はステンレス鋼の表面を清浄にすると同時に表面を活性化させることによって下引ガラスの密着を向上させるために行う。下引ガラスの施釉には普通、湿式スプレー法が用いられる。施釉後水分を乾燥させ次いで $900-850^{\circ}\text{C}$ の温度で焼成が行われる。冷却後上引ガラスを下引ガラス同様のスプレー施工法で施釉する。そして乾燥後 800°C 前後で焼成する工程が一般的である。なお当社ではコンピュータ全自動コントロールシステム電気焼成

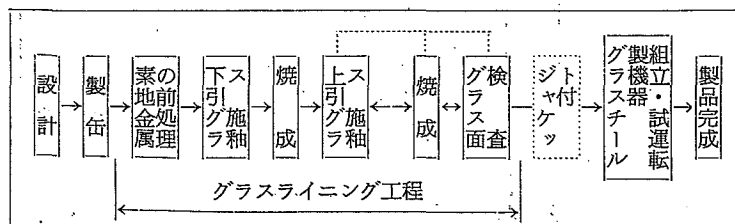


炉を用いてガラスの焼成を行い、炉内雰囲気のコントロール、グラスライニングの残留応力値やこれらの局所的なバラツキをコントロールしている。

3. ライニング用素地金属の機械的強度

極低温に用いられる金属材料としては、オーステナイト系ステンレス鋼が知られているが、当社は特に低カーボン含有のオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304L, SUS316L等)をグラスライニング用素地金属に選定した。その理由は上記の製造工程中の焼成において素地金属が鋭敏化範囲の熱履歴を受けるためである。この熱履歴によって、ステンレス鋼に炭化物の析出および粒子の粗大化がおり、素地金属の機械的強度が変化する危険性がある。この炭化物の析出を極力おさえるために低カーボン含有のステンレス鋼を選定し、これらの熱履歴の影響を確認するために次の項目について試験を行った。

代表例としてSUS304L圧延板ならびにSUS304L鍛



第1表 母材の化学組成

Table 1 Chemical composition of base materials.

Material	Composition analysis	Chemical composition (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SUS304L Rolled Sheet		0.016	0.60	0.97	0.027	0.010	9.67	18.36
SUS304L Forged Sheet		0.012	0.67	1.46	0.029	0.003	10.85	18.25

造板を用いた場合の機械的強度変化を以下に記述する。

なお引張試験およびシャルピー衝撃試験に用いた供試材の化学成分を第1表に示す。

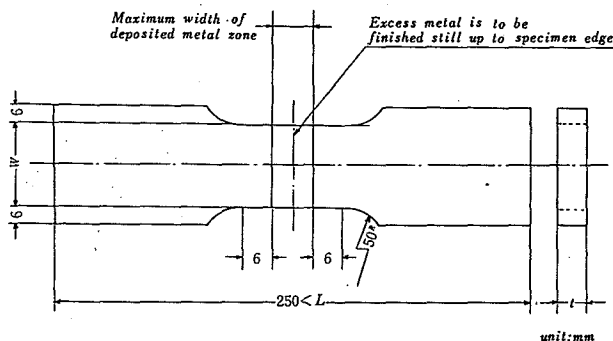
3.1 引張強度

試験片には中央部に溶接線を含むJIS Z 3121の1号試験片を使用した(第1図を参照)。試験は100Tの引張試験機を用いてJIS 2241の試験方法に準じて行った。

なお試験は焼成工程の熱履歴を施したもの、および施さないものの2種類の試験片を用いて比較テストを行った。

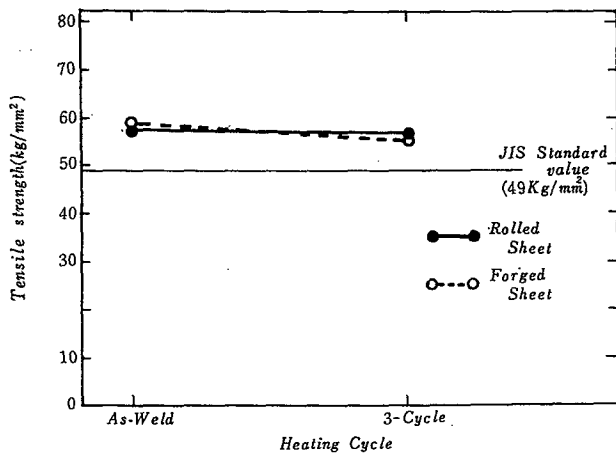
※1 製品完成に必要な焼成熱履歴の合計を1 cycleとし、これを3回繰返したものを、3 cycleと表示す。

試験結果を第2図に示す。図からSUS 304 L圧延板およびSUS 304 L鍛造板ともに熱履歴前後の引張強度はJIS規格値(49kg/mm^2 以上)を十分に満足していることが判る。



第1図 引張試験片

Fig. 1 Test piece of tensile strength testing.



第2図 熱履歴による引張強度の変化 (SUS304L)

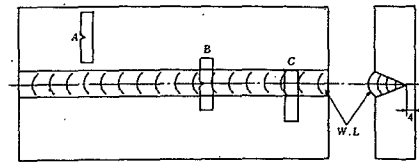
Fig. 2 Change of tensile strength with heating cycle. (SUS 304 L)

3.2 シャルピー衝撃強度

母材鋼板、溶着金属ならびに溶接熱影響部の熱履歴前後の低温強度はシャルピー衝撃試験で確認した。

供試材の仕様を第3図に示す。

第3図に示すように圧延板ならびに鍛造板の中央部で溶接した供試材よりA、B、Cの各試料を取り第4図のようなJIS 4号2 mmVノッチ試験片に加工したものをを用いた。



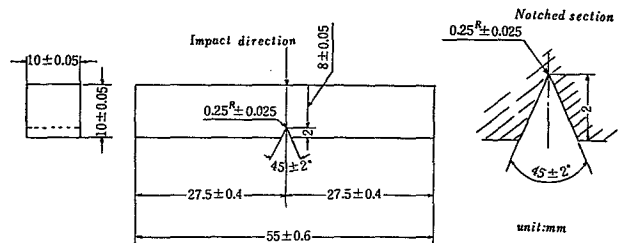
A : Base metal's specimen (Rolled sheet, Forged sheet)

B : Deposited metal's specimen

C : Specimen of heat affected zone (Rolled sheet, Forged sheet)

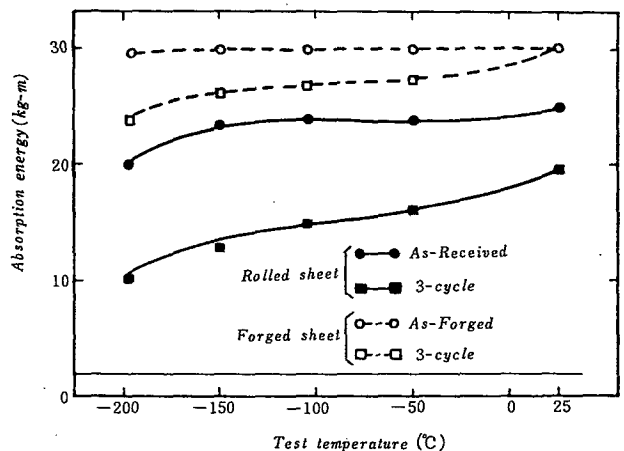
第3図 試験片の採集

Fig. 3 Test piece.



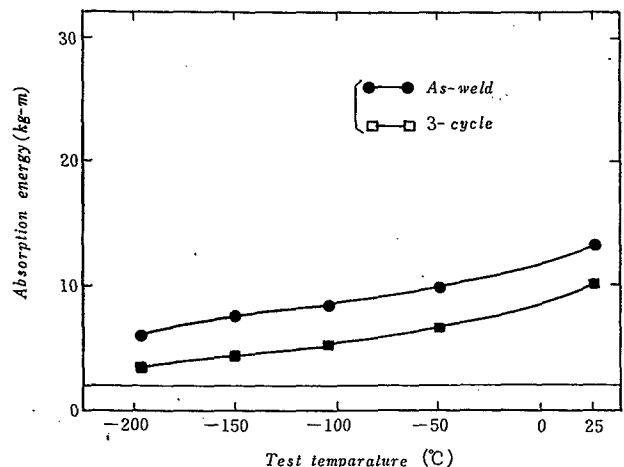
第4図 衝撃試験片

Fig. 4 Impact test piece.



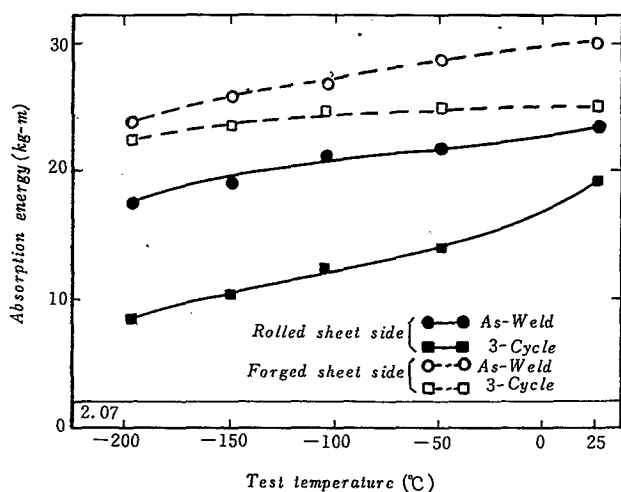
第5図 試験片温度と衝撃強度 (母材金属)

Fig. 5 Absorption energy vs. temperature of test piece. (Base metal)



第6図 試験片温度と衝撃強度 (溶着金属)

Fig. 6 Absorption energy vs. temperature of test piece. (Welded joints)



第7図 試験片温度と衝撃強度（熱影響部）

Fig. 7 Absorption energy vs. temperature of test piece. (Heat affected zone)

試験方法は JIS Z 2242 に準じて、試験片の温度を25°C、-50°C、-110°C、-150°C、-196°Cで試験を行った。

母材金属、溶着金属および溶接熱影響部の結果をそれぞれ第5,6図および第7図に示す。母材金属、溶着金属、溶接熱影響部ともに焼成の熱影響によって強度が低下する。しかし ASME, SEC VIII, UHA-51 の使用限界値 2.07 kg-m (3個の平均値) をすべて合格しており、-196°Cまで使用可能と判断する。

4. グラスライニング機器の特性

約-200°Cで使用可能な機器を製造できたのは、ステンレス用の新しいガラスを開発したことによる。このニューグラスならびにライニング機器の特性について当社が行った試験方法、試験結果および考察等を以下に述べる。

4.1 下引ガラスの密着性

オーステナイト系ステンレス鋼は下引ガラスの焼成工程において、軟鋼のように酸化されないために、密着性が悪く、各社で密着向上に苦心しているといわれる。

このたび当社は長年のガラス研究と経験をもとにオーステナイト系ステンレス鋼の前処理方法と密着性のよい下引ガラスを開発した。このことによりオーステナイト系ステンレス鋼製ガラスライニングの密着率が向上した。下引ガラスを SUS 304L および SUS 316L 材に適用した場合の密着性は次の通りである。

密着試験の供試体は前処理をした100□×3tの SUS 304L ならびに SUS 316L 材に下引ガラスを0.2±0.02 mmの厚みになる様に施釉し、焼成したものを用いた。試験には写真1に示す P.E.I 密着試験機を用い、試験方法は JIS R 4204 に準じた。

試験結果を第8図に示す。図から明らかなように下引ガラスの SUS 304L ならびに SUS 316L 材に対する密着率は70~80%以上を示し、下引ガラスとして優れた密着性を持っていることがわかる。参考までに軟鋼用下引ガラスの密着率も第8図に記載した。

4.2 上引ガラスの耐薬品性

ステンレス用ニューグラスの耐薬品性は次の通りである。

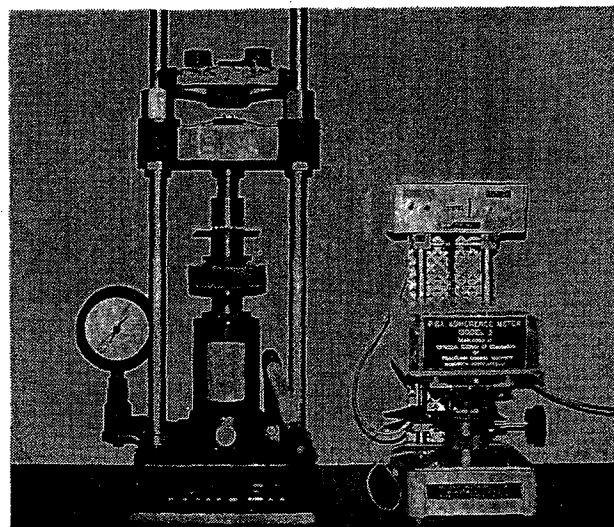
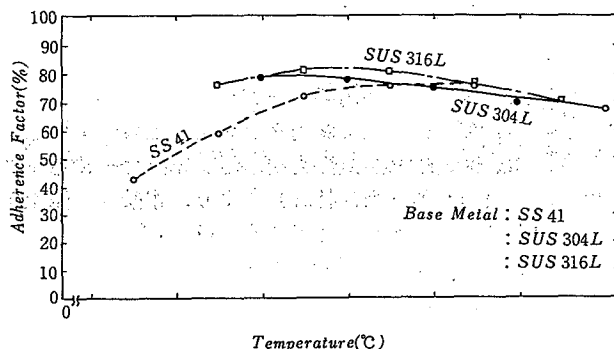


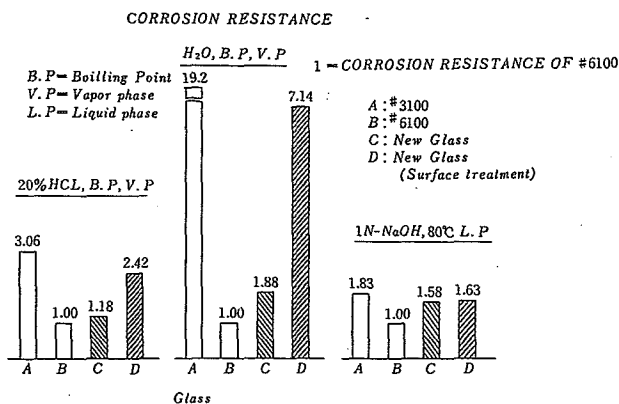
写真1 P.E.I密着試験装置

Photo.1 PEI adhesive testing equipment



第8図 下引ガラスの密着率

Fig. 8 Adherence factor of ground coated glass.



第9図 新しいガラスの耐薬品性

Fig. 9 Chemical resistivity of new glass.

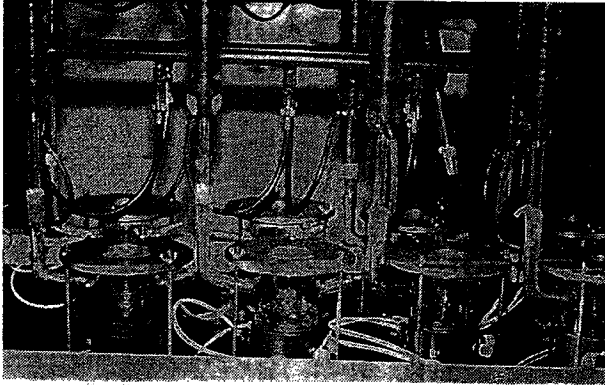
耐薬品性試験は JIS. R 4201 および ISO の試験方法にもとづいて行った。

テスト装置の外観を写真2に示す。

試験結果は第9図のようになり、当社の化工機用グラス #3100 および #6100 と比較表示した。

ステンレス用ニューグラスが #3100 より多少劣るのは低温ライニング用素地金属として、オーステナイト系

(1) 耐塩酸性・耐水蒸気性試験装置



(2) 耐水酸化ナトリウム性試験装置

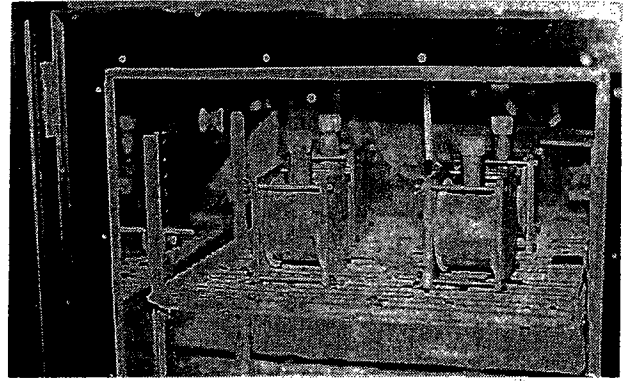


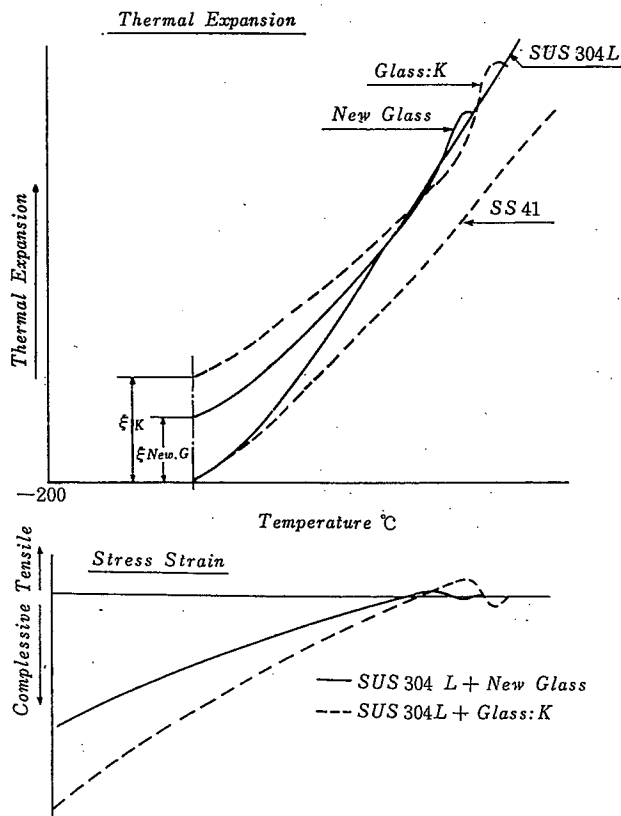
写真 2 耐薬品性試験装置
Photo.2 Corrosion testing equipment

ステンレス鋼を使用したことによる。オーステナイト系ステンレス鋼の熱膨張係数は軟鋼に比べて大きいため、ライニングするガラスの熱膨張係数も軟鋼用ガラスより大きくなくては低温域での機械的、熱的強度が保持出来ない。そのために、ニューグラスは熱膨張係数を大きくするガラス組成にした。

その結果、ステンレス用ニューグラスの耐食性は #3100 より多少劣るが、一般化工機用ガラスよりは優れている。なお特に耐酸性・耐水蒸気性を要求される条件で使用される場合には表面処理（当社特許）により、耐酸性・耐水蒸気性を向上させることも可能である。（第9図参照）

4.3 グラスライニングの応力変化

この試験の目的は使用温度によってガラスライニングの



第10図 グラスライニングの温度と残留応力
Fig. 10 Residual stress vs. lined glass temperature.

ガラス層に存在する残留応力がどのように変化するかを求めることである。

ガラスの圧縮強度は引張に比べて、約10倍の強さを示す。ガラスライニングが一般のガラスに比べて機械的、熱的に強い理由は、ライニングガラスの熱収縮が鋼板に比べ小さいので、焼成時の冷却過程でこの収縮差がガラス内に圧縮応力として残留する。そのために機械的、熱的強度が非常に強化されることが広く知られている¹⁾。

しかし、ガラスに存在する残留応力は低温になるにしたがい大きくなる傾向にある。この残留応力が大きくなりすぎるとガラスライニング機器の凸凹部、応力集中部等で、ガラスの亀裂や剝離の危険性が強まる。第10図の上段は、熱膨張曲線を基にして、SUS 304 L 鋼に軟鋼用ガラスKおよびニューグラスをライニングした場合のガラスと鋼の収縮曲線の想定図である。図より室温付近でもニューグラス(e new G)に比べガラスKには非常に大きな応力(ϵ_K)が残留し、ガラスに亀裂発生危険性がある。

第10図下段には、当社の標準試験方法に従い、-196°Cからガラスの軟化温度までの残留応力を求めた結果を示す。

残留応力は、低温になるにしたがい大きくなりマイナス温度域でもこの傾向は変わらないことが判る。残留応力は圧縮応力であるため、ガラスを強化する傾向にあるが、残留応力値を改善したニューグラスの場合でも-196°Cを越えるとガラス層の強度より残留応力が大きくなり、ガラス破損の危険性が増すものと推定する。

4.4 グラスライニングの衝撃強度

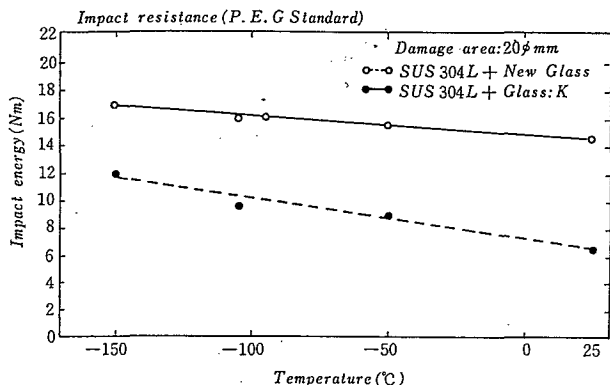
ガラスの素地金属に対する密着性ならびにガラス強度を調べるテストとして、落下球による衝撃試験を行った。

素地金属としては、SUS 304 L 鋼の150φ×20mmを用い、これの片面に全厚み1.1~1.2 mm グラスライニングしたものを供試体とした。試験方法は当社のテスト法に従った。判定は鋼球の落下高さの昇降によりガラスに20φmm以上の剝離が生ずる落下高さを判定基準とした。

供試体の温度を25°C、-50°C、-110°C、-150°C、-196°Cにテストした結果を第11図に示す。図からSUS 304 L にニューグラスを施工した方が従来のガラス（ガラスK）を施工したものに比べて優れていることが判る。

4.5 グラスライニングの熱衝撃強度

ガラスライニング製品が急熱急冷にどの程度耐えうるか



第 11 図 グラスライニング温度と衝撃強度

Fig. 11 Data of impact resistance vs. temperature of glasteel.

を調べる試験である。

今回は低温特性を把握するため、テストピースならびに 1,000ℓ 缶体のガラス面急冷却の熱衝撃試験を行った。

テストピースによる試験は JIS R 4201 に準じた。試料を熱風循環炉で加温し、所定の温度に約 30 分間保持し、その後冷液 (0°C, -110°C, -196°C) 中に投入する。

判定は目視ならびにスタティフлакクス法により、ガラス表面に亀裂又は剝離が発生した時のテストピース加温温度と冷液温度との差 (ΔT °C) で評価する。

一方 1,000 ℓ 缶体については、室温の缶体ガラス面に直接液化窒素を吹付けて、ガラス面を急冷する方法でテストを行った。試験の様子は写真 3 を参照。

それぞれのテスト結果を第 2 表および写真 4 に示す。第 2 表より、ガラス面に最初のクラックが発生した時の温度差 (ΔT °C) は 200~240°C で当社の標準ガラスライニング (S S 41 材に # 3100 グラスを施工したもの) とほぼ同等である。

一方 1,000 ℓ 缶体については室温状態の上鏡のガラス面に液化窒素を吹付け、鏡内部に液化窒素がたまるまで急冷したが、目視ならびにスタティフлакクス法による判定でもガラス面に亀裂や剝離は生じていなかった。

このことより S U S 304 L 材にニューグラスを施工した缶体の熱衝撃温度差 ΔT は従来ガラスと同等であり、かつ -196°C まで耐えることを確認した。

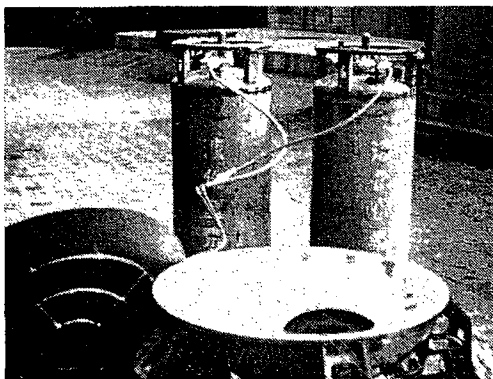


写真 3 缶体の熱衝撃テストの 1 例

Photo.3 One of thermal shock testings of top head

第 2 表 テストピースの熱衝撃試験結果

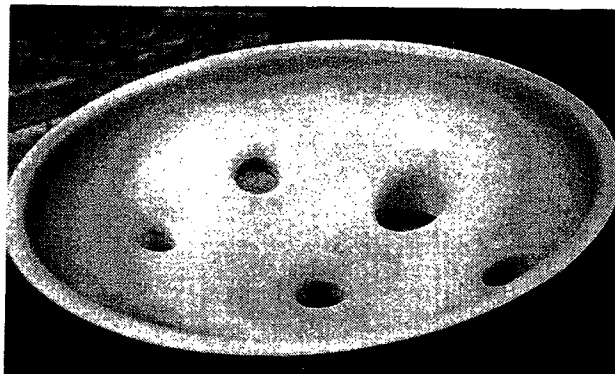
Table 2 Results of thermal shock testing

Temperature differential: ΔT °C

Cooling medium	Damage of glass	
	*1 1st Glass Crack	*2 1st Glass chipping
0°C Isopentane	2 0 0	2 1 0
-110°C Isopentane	2 4 0	2 5 0
-196°C Liquified nitrogen	4 8 6	4 8 6

*1. Statifluxed-inspected

*2. Visually inspected



(スタティフлакクステストを行った上鏡)

写真 4 熱衝撃テスト後のガラス面

Photo.4 Glass surface after thermal shock testing

5. む す び

以上極低温向けステンレス鋼製ガラスライニング機器の機械的強度等について、実験データをもとに概要を述べたが、留意点は次の通りである。

1. 当社がこのたび開発したオーステナイト系ステンレス鋼製ガラスライニング機器の機械的熱的強度面からの使用範囲は約 200~-200°C である。
 2. 新しいガラスの耐薬品性は当社の化工機用標準ガラスより多少劣るが、JIS R 4201 に規定した化学工業用ガラス (1 種)²⁾ より優れている。
- 、特に耐酸または耐水蒸気性を要求される場合には、ガラスを特殊表面処理することによって、これらをさらに向上させることも可能である。

一方ライニング素地金属がオーステナイト系ステンレス鋼であることから、外面サニタリー仕上の要求にも対応出来るので、本稿がユーザーの方々にとって低温用機器を選定される場合の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) ガラスハンドブック (朝倉書店) P 132 ~152
- 2) 工業用ガラスライニング機器 JIS R 4201-1983 (日本工業標準調査会・日本規格協会発行)

汚濁水質に対処する冷却塔の充填材，散水ノズル

Water Distribution Nozzle & Fill Developed For Cooling Towers Used In Steel Mill Scrubber System

冷却塔事業部 生産部 技術課

小林 敏 晴

Toshiharu Kobayashi

It is widely accepted in the steel mill industry that quality control for cooling water circulated in the scrubber of blast furnace gases, as well as of converter gases, is the most troublesome because foul water is apt to form scale and clog the nozzles and fillings of the cooling towers. This paper reports on survey results of scale problems in cooling towers used for scrubbers, together with test results of "non-clogging water distribution nozzle" and "self-descaling fill" developed specially to handle scale-bearing water.

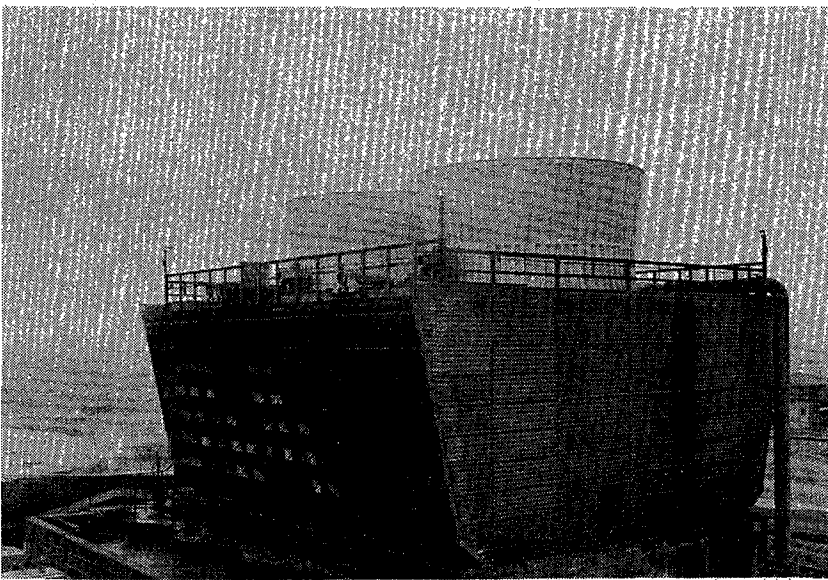


写真 1 高炉ガス集塵水系冷却塔

Photo.1 Water Cooling tower for the dust cleaning system of blast furnace gases

汚濁水質における析出型スケールで、最も付着性の強い鉄鋼業界の高炉ガス集塵水系、転炉ガス集塵水系の二次冷却方式に用いられた、開放式冷却塔のスケール障害の実態調査報告と、経験的に開発した冷却塔用「大口径スプラッシュノズル」、「自己洗浄型充填材」の開発経過およびスケールの付着生成過程、さらには、実塔へ適用したこれらノズル、充填材の納入後のスケール付着状態についてまとめたものである。

1. ま え が き

環境汚染に対する考えが一層厳しくなり、クローズドシステム化が進むにつれ循環水は極度に汚れ、その循環水系全域にわたってスケール発生が問題となっている。

特に、鉄鋼業界の炉ガス集塵水系の運転に当っては、業界でも高炉滓に次ぐ汚濁水質に位置しており、現在もさまざまなトラブルが発生し水質管理、薬注、メンテナンス等の費用の増大となりユーザー各位の頭痛の種となっている。

二次冷却方式に開放式冷却塔を使用する場合においては、

機能維持の立場から冷却塔の散水ノズル、充填材の開発が急務とされていた。

弊社では、新日本製鉄㈱、佛神戸製鋼所殿のご協力を得て、このような極度の汚濁水質かつ、付着生成の強いスケールを含んだ水質に対してもその機能を十分に保持し、メンテナンス費用を大幅に低減可能な冷却塔用「自己洗浄型充填材」（特許出願中）、「大口径スプラッシュ型ノズル」（特許出願中）を開発した。

これら充填材およびノズルは、既に国内で約 13,000M³/H の冷却塔への適用実績を数え、現在も順調に稼動中である。本稿ではこれらの背景および試験片によるスケールの付着生成試験結果、さらには稼動中の冷却塔の実態調査について紹介する。

2. 高炉ガス集塵水系

高炉ガスは、CO や H₂ の可燃ガスを多量に含み、約 800 kcal/Nm³ の発熱量を有する。これはコークスなど高炉に装入された燃料のエネルギーの約 1/3 に相当する。このエネルギーを有効利用するため、高炉ガスは回収され所内の加熱炉、コークス炉、熱風炉、発電用の燃料として使用される。

高炉ガスは、多量のダスト (10~20 g/Nm³) や水分を含んでいるため、そのまま燃料として使用すると熱効率が悪いことや諸設備に悪影響を与えるため、ガス清浄設備により除塵と除湿が行われる。

ガス清浄設備は、乾式除塵器と湿式のベンチュリースクラバー (VS)、電気集塵器 (EP) により構成されている。高炉集塵水系とは、これら湿式集塵器へ給水される集塵水の水系である。

VS や EP でダストを捕集した水系は、1000~3000ppm 程度の懸濁固形物を含む。そしてシックナーに送られ、懸濁固形物の沈殿除去 (通常 500ppm 以下) が行なわれる。

シックナー処理水は、再び集塵用水として使用される場合と、冷却塔で冷却されたのち各集塵器に給水される場合とがある。わが国においては約40%が冷却塔を使用している。

2.1 スケールの生成と障害

高炉ガス集塵水系では集塵水が循環使用されるため、高炉ガスに含まれた亜鉛やカルシウムが集塵水中に溶解しスケールトラブルが発生する。

1) スケール成分としては…

- ・高炉ガスから集塵水移行成分として……Ca, Fe, Zn
- ・補給水中のスケール成分として……Ca, Mg, SiO₂, Fe

2) スケール化の因子としては……

- ・濃縮……高炉ガスとの接触時、冷却塔での蒸発
- ・pH変動……シックナーおよび冷却塔でのCO₂の放出、Ca混入によるpH変動
- ・堆積物……シックナーからキャリオーバーしたSSがCa, Znの析出によりまき込まれてスケール化したもの。

3) スケールの形成型には……

- ・析出型……水中の溶存成分が過飽和な状態になって析出してできるスケール。
- ・沈着型……懸濁固形物やコロイド状鉄化合物が給水中で凝集粗大化し、配管系の低流速部に沈着付着するスケール。
- ・腐食生成物型……pH7以下の腐蝕性の強い集塵水系で、腐蝕生成物を主体としたスケール。

これらの型は、単独または組合されてスケールが形成される。

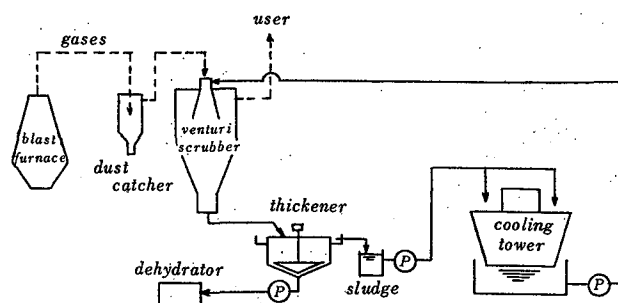
冷却塔に生成するスケールはこの内析出型に属し、大別すれば集塵水系のpHが7.8以下の場合に炭酸亜鉛と鉄酸化物が、pHが8.0以上の場合には炭酸カルシウムが主体のスケールが生成する。そして、これらのスケールはやがて配管、ポンプ、ストレーナー、スプレーノズルに付着し圧力損失を増大させエネルギーの損失をもたらす。とくに冷却塔の場合は、塔内での曝気作用により炭酸ガスの放出が激しくpHが0.5~1.0上昇する。また蒸発による濃縮も加わり、ノズル、充填材等に多量の亜鉛またはカルシウムを主体としたスケールが発生する。

第1表に高炉ガス集塵水系の水質分析結果を示す。

第1表 高炉ガス集塵水原水水質分析値
Table 1 Raw water analysis (blast furnace)

pH		7 ~ 8
Electric conductivity	μS/cm	2,000 ~ 3,000
M-alkalinity	ppm	200 ~ 300
Total hardness	ppm	400 ~ 600
Total iron	ppm	100 ~ 300
Suspended solids	ppm	1,000 ~ 3,000
Total zinc	ppm	30 ~ 60
Total calcium	ppm	150 ~ 200
Total manganese	ppm	15 ~ 30

第1図に一般的な高炉ガス集塵水系フローを示す。



第1図 一般的な高炉ガス集塵水系フロー

Fig. 1 Typical water flow for the dust cleaning system of blast furnace gases

3. 転炉ガス集塵水系

転炉にはペッセマー転炉、トーマス転炉、LD転炉および純酸素底吹転炉があり、わが国の転炉はほとんどLD転炉（純酸素上吹転炉）である。

LD転炉では、純酸素を吹付け溶銑中の炭素を取り除いて鋼を製造する。この吹錬中に高温（約1,600℃）で、300μm以下の微細な酸化鉄のダストを含む一酸化炭素を主体とする大量の排ガスが発生する。よって高温の排ガスを冷却し、排ガス中のダストを捕集する必要がある。

集塵方式には燃焼方式と非燃焼方式があるが、わが国においてはこの内非燃焼方式の、わが国独自に開発されたOG法が多く採用されている。

転炉で発生した排ガスは、フードおよび軸射部中で約1000℃まで冷却され、1次集塵器と2次集塵器を通り、誘引通風ファン出口で温度約70℃含塵量0.1g/Nm₃以下まで冷却除塵が行われる。一方集塵水は、各集塵機でダストを捕集し粗粉分離機を通りシックナーで凝集沈殿処理を行い再び、循環水として使用される場合と、冷却塔で冷却され使用される場合とがある。

3.1 スケール生成と障害

LD転炉では、生石灰や軽焼ドロマイト等のカルシウム系の副原料が使用される。また純酸素を吹込むため転炉内の溶鋼は激しく攪拌される。このため、微細な酸化鉄やカルシウム系の副原料が排ガス中に飛散する。飛散したダストは集塵水により捕集され、集塵水中に懸濁または溶解する。その結果、転炉集塵水系はカルシウムを含むアルカリ性の水質となり、炭酸カルシウムを主成分とするスケールが水系の各部に付着する。

冷却塔におけるこれらの水系のスケール生成は、過飽和の状態で集塵水中に溶存しているカルシウムイオンと炭酸イオンが反応し、炭酸カルシウムの結晶として析出成長することにより生成する。これらは散水ノズル、充填材部に析出しやすくノズルの目詰り、充填材の閉塞を起し、冷却効果の低下のみならず冷却塔の寿命を低下させることになる。これら集塵水系の水質は、製鉄所により集塵設備や使用副原料および操業法に違いがあるため、非常に水質範囲が広く、スケール防止剤は水質により効果を発揮したり、効果が不十分になる場合がある。

4. 目詰り、閉塞を起した炉ガス集塵水系の冷却塔

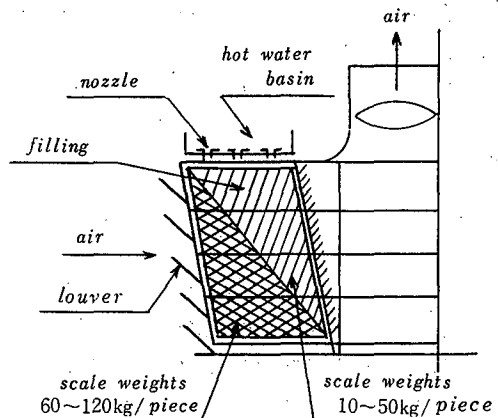
汚濁水質を冷却塔で冷却する場合、一般的にスプラッシュ



写真 2 閉塞した充填材
Photo.2 Filling clogged by scaling

ユ型充填材を使用する。本稿では、弊社標準のスプラッシュ型充填材「ラダーフィル」を使用した、炉ガス集塵水系について記述する。

4. 1 写真 2 は某社納入高炉ガス集塵水系の冷却塔充填材で運転開始 2.5 年後の状態である。充填材部は完全に閉塞状態を起している。また、塔内での付着状態は第 2 図に示す充填層の斜線部に激しく



第 2 図 冷却塔断面
Fig. 2 Cooling tower sectional view

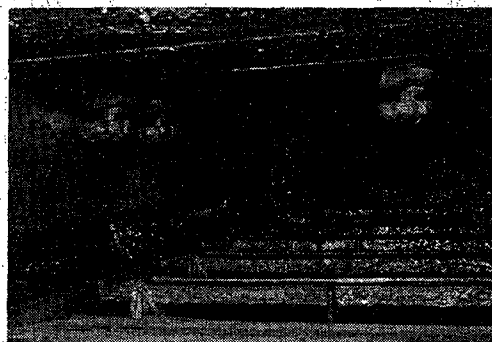


写真 3 目詰りした標準型散水ノズル
Photo.3 Conventional water distribution nozzles clogged by scaling

溶塩として析出したものである。特長は、茶褐色で非常に硬い。また、塔内での蒸発による濃縮により上部に比べ下部になるにつれ析出量を増す。更に、夏期に比べ冬期に多く付着する傾向がある。

4. 3 写真 5 は某社納入転炉ガス集塵水系冷却塔の充填材である。高炉ガス集塵水系と同様充填材が壁状に閉塞を始めており、空気の流れを阻害している。塔内は扁流を起し能力的に約 40% 程度に低下しているものと思われる。付着物の主成分は Ca, Mg, Fe 等でその内約 50% が Ca である。これは、過飽和の状態で集塵水中に溶存しているカルシウムイオンと炭酸イオンが反応し、炭酸カルシウムとして析出したものである。

以上のように多量のスケールの付着は、冷却塔能力低下のみならず塔の寿命を著しく低下させる結果となる。

5. 炉ガス集塵水系冷却塔の充填材、散水ノズル試験

5. 1 高炉ガス集塵水系冷却塔の充填材、散水ノズル試験

1) 概要：炉ガス集塵水系冷却塔の充填材、ノズルの開発を目差すべく既設高炉ガス集塵水系冷却塔内に、充填材の試験片 6 片および大口径スプラッシュ型ノズルを考案、取付け、実運転状態で期間 6~7 か月間、1 か月毎に目視点検、重量測定を実施しスケールの生成過程を観察した。

2) 試験場所および設備

- ・場所……佛神戸製鋼所加古川製鉄所殿
- ・日時……昭和 51 年 7 月末日~52 年 3 月末日



写真 4 脱落した充填材および破損した受梁
Photo.4 Excessive weight of scaling caused damages of fill supports and consequential destruction of fill arrangement

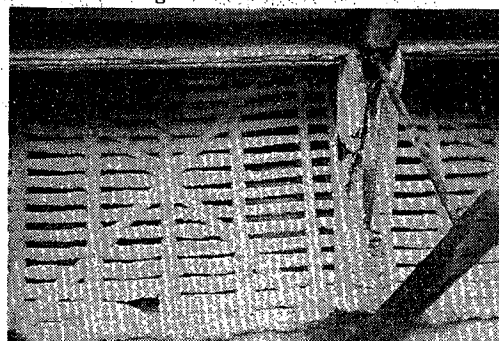


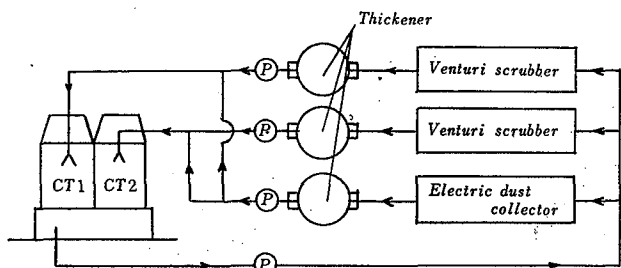
写真 5 閉塞を始めた充填材
Photo.5 Scaling proceeding on fill elements

付着し各々の充填材は壁状に閉塞した。この現象は塔下部になるにつれ増加し、重量的には素材 1kg に対し最大 120 kg に成長したものがある。

写真 3 は弊社標準散水ノズルを示す。ノズル部は目詰りを起し散水不能状態である。

4. 2 写真 4 は運転開始後 3 か月で、充填材および受梁の破損、脱落を起したものである。

これら高炉ガス集塵水系の付着物の主成分は、Zn, Fe, Mg, Ca 等でその内、約 50% が Zn である。これらは高炉ガスに含まれた Zn イオンがシックナーで沈殿できず、冷却塔で曝気され CO₂ を放出し pH が上昇し Zn(OH)₂, ZnCO₃ の不



第3図 高炉ガス集塵水系フロー
Fig. 3 Water flow of the cooling system for blast furnace gases

- 設備……高炉ガス集塵水系
- 冷却塔仕様……水量 $3,500\text{M}^3/\text{H}$ クロスフロー型冷却塔
- 試験片……充填材6片, 大口径スプラッシュ型ノズル1片
- 薬注状況……分散剤, 凝集剤併用
- フローチャート……第3図参照。

3) 試験片の説明

3.1 充填材

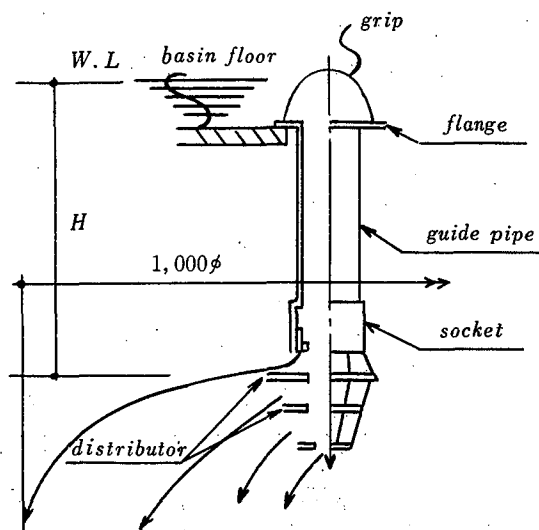
- ①……弊社標準スプラッシュ型充填材 (ラダーフィル)
: ポリプロピレン製。
- ②……角材, 一般によく使用されている: 木製
- ③……半円形スプラッシュバー; 硬質塩ビ製
- ④……多孔板; 亜鉛メッキ鋼およびSUS304製
- ⑤……グレーチング; 亜鉛メッキ鋼製
- ⑥……羽根車 (落下水利用により回転すること); 硬質塩ビ製

各試験片の形状は第2表に示す。

第2表 各種充填材の試験片
Table 2 Test fill samples

Samples	Material	Sample dimension (mm)	Weight (kg)	Figure (mm)
① Ladder fill	P. P.		1	
② Square bar	Wood		4.1	
③ Semicircular bar	PVC		1	
④ Perforated plate	SS and SUS		11 (SS) 10.5 (SUS)	
⑤ Grating plate	SS		5.5	
⑥ Runner	PVC		2.3	

4) 大口径スプラッシュ型ノズル (第4図参照)



第4図 大口径スプラッシュ型ノズル
Fig. 4 Non-clogging nozzle

4.1 構成

取手付フランジを取付けた導入管部と, 4枚の分散板により構成されている。導入管長さは処理水量により決定する。本試験では $H=500\text{mm}$ とした。材質は導入管部が硬質塩ビ, ノズルはポリプロピレンである。重量は1組当り1kgである。

4.2 従来品との比較

第5図は弊社標準散水ノズルを示す。材質はポリプロピレンで口径最大 $29\phi\text{mm}$ である。散水は温水槽の水頭 $H(\text{m})$ によりノズル部を通過し水平ハネカケ板により, 飛散到達範囲直径 $400\phi\text{mm}$ 内に均一に散水させる。通常温水槽水頭 $H(\text{m})$ は約 100mm 程度確保する。この場合においては, 1ヶ当りの最大通水量は約 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ となる。

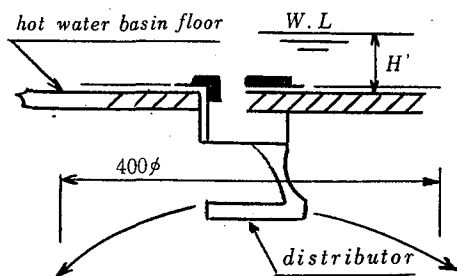
大口径スプラッシュ型ノズルは口径最大 $44\phi\text{mm}$ である。散水は温水槽水頭に導入管部の水頭が加わり多段ハネカケ板により, 飛散到達範囲直径 $1,000\phi\text{mm}$ 内に均一に散水させることができる。この場合において1ヶ当りの最大通水量は約 $14.5\text{m}^3/\text{h}$ となる。標準ノズルと大口径スプラッシュ型ノズルの性能比較は第3表, 第6図に示す。

4.3 試験片の取付

各試験片は既設冷却塔を改造し取付けた。各試験片の取付位置は第7図に示す。

試験片①は, 塔内上部に弊社標準水平ピッチ 200mm にて取付け, ②~⑥は付着発生量の異なる位置即ち, 塔下部に別途支持梁を設け取付けた。

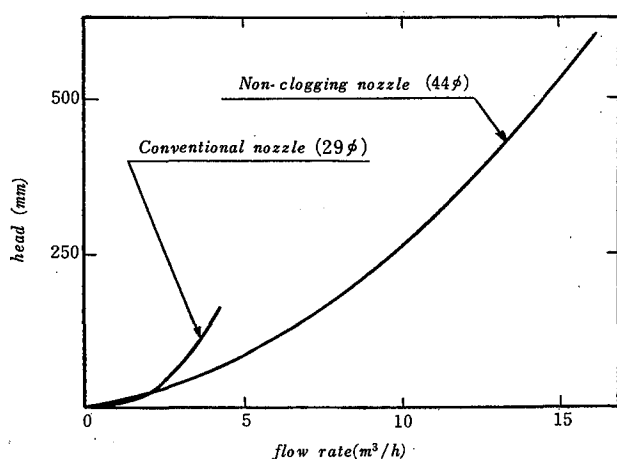
大口径スプラッシュ型ノズルの取付



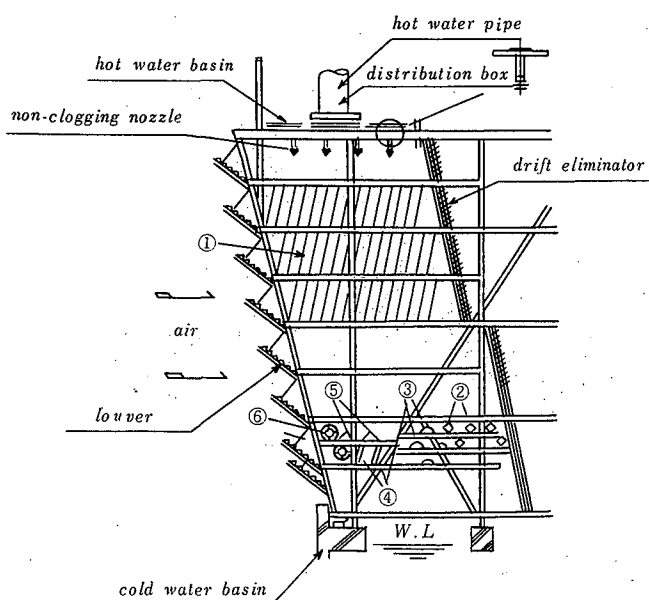
第5図
標準型ノズル
Fig. 5
Conventional nozzle

第3表 標準ノズルと大口径ノズルの比較
Table 3 Nozzle comparison

Nozzle Type	dia.	head	flow rate m ³ /h	Distribution area
Conventional	29φ	100	3.5	400mm
Non-clogging	44φ	500	14.5	1,000mm



第6図 ノズル1個当りの吐出量(m³/h)
Fig. 6 Nozzle capacity



第7図 各種試験片取付位置
Fig. 7 Installation of test samples

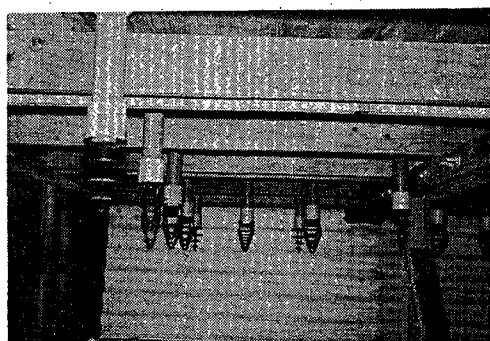


写真6
大口径スプラッシュ型
ノズル(群)
Photo. 6
Non-clogging
nozzles

は、温水槽フロアーに予めあけられた挿入口へ挿入することにより水圧により固定される。写真6に温水槽に挿着された大口径スプラッシュ型ノズル群を示す。

4).4 点検実施工程

点検実施工程は第4表に示す。試験片①および大口径スプラッシュ型ノズルは、昭和51年7月末日に取付作業完了。試験片②～⑥は同9月末取付作業完了し、取付作業完了翌月から翌年3月末日に至り1か月毎に、目視点検および重量測定併せて付着物の分析調査を実施した。

第4表 試験片の点検実施工程
Table 4 Testing schedule

Month	'76 Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	'77 Jan.	Feb.	Mar.
Sample									
①	→		▼		▼	▼	▼	▼	▼
②			→		▼	▼	▼	▼	▼
③			→		▼	▼	▼	▼	▼
④			→		▼	▼	▼	▼	▼
⑤			→		▼	▼	▼	▼	▼
⑥			→		▼	▼	▼	▼	▼
Non-clogging nozzle	→		▼		▼	▼	▼	▼	▼

→ : Installed ▼ : Observed

5) 経過観察および重量測定結果

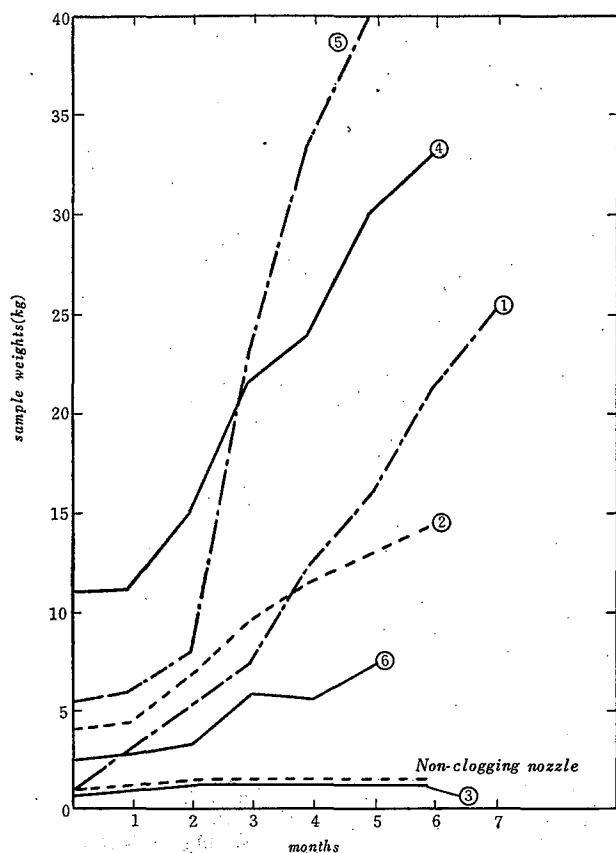
5).1 充填材(試験片①～⑥)

各試験片の経過重量測定値および付着物の分析結果、水質については第8図、第5表、および第6表に示す。

i) 試験片①……運転開始後1～3か月間は、約2kg/月とほぼ均等に増加した。3か月経過時点より約5kg/月と急速に増加、5か月経過時点で一部脱落を起しながら付着進行し、6か月経過ではほぼ閉塞状態となった。

付着進行過程は、水平バーとタテリブの交点より徐々に進行し全面に至った。写真7、8は4か月、6か月経過の状態を示す。

ii) 試験片③……運転開始1～2か月経過で、0.3kg/月と微量ながら増加傾向を示した。2か月経過時点で表面に自然ハクリを起した形跡を発見した。以後は第8図に示すごとく重量的にはほぼ横這い状態となった。この現象は、付着進行が停止したのではなく付着進行は継続中であるが、それに反比例して自然ハクリ現象が発生し結果的に重量増加に達していないとと考えられる。これは表面形状、材質による付着性の悪さに加え、落下水の衝撃力および短



第8図 各種試験片重量測定結果

Fig. 8 Test result of sample weights measurement (blast furnace)

時間内の水蒸発による亀裂が発生する為と考えられる。写真9に6カ月経過後の状態を示す。

iii) 試験片②④⑤⑥……運転開始後1カ月経過迄は各々付着は微量であった。試験片②, ⑥は, 1カ月経過時点より約2 kg/月ではほぼ均等に増加傾向を示した。

試験片④は, 1カ月経過時点より約4 kg/月と急速に増加した。試験片⑤は, 1~2か月間で2.5 kg/月の増加, そして2カ月経過時点より急激に増加し, 6カ月経過時点

第5表 試験片付着物の分析結果(高炉系)

Table 5 Scale analysis of test sample (blast furnace)

Samples	Hot water basin	Disiribution nozzle	①	②	③	④	⑤
			Ladder fill	Square bar	Semicircular bar	Perforated plate	Grating plate
Red heat decrease %	19.82	23.80	30.01	24.31	23.38	24.75	23.27
Acid undissolved matter %	3.18	7.02	9.53	9.05	10.86	9.43	10.19
Ferric matter %	51.10	1.89	4.83	3.83	3.07	4.63	3.85
Calcium oxide %	2.60	4.17	1.06	1.69	2.27	2.95	2.23
Magnesium oxide %	0.33	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
Sulfurous oxide %	Traces	"	"	"	"	"	"
Phosphoric oxide %	"	0.81	1.61	0.74	0.74	0.85	0.72
Zinc oxide %	14.94	48.79	48.80	52.40	52.50	46.69	50.80
Carbon dioxide %	8.25	12.87	8.80	11.88	9.35	13.09	11.99
Manganic oxide %	4.49	10.15	2.78	4.20	2.87	7.44	5.55

第6表 高炉ガス集塵水系処理水水质分析値

Table 6 Treated water sampling analysis (blast furnace)

pH		7.5
Electric conductivity	($\mu S/cm$)	2,210
M-alkalinity	(ppm)	345
Total zinc	(μ)	23.8
Ionic-zinc	(μ)	19.0
Undissolved-zinc	(μ)	4.8
Total calcium	(μ)	158
Total manganese	(μ)	26.3
Suspended solids	(μ)	12.1

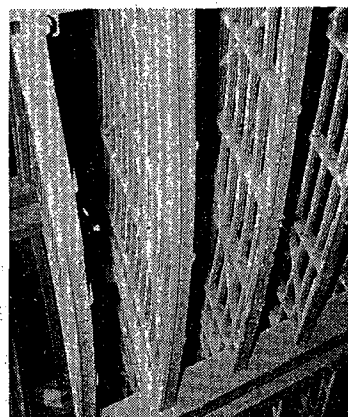


写真7

4カ月経過後の充填材

Photo. 7

Filling after 4 months

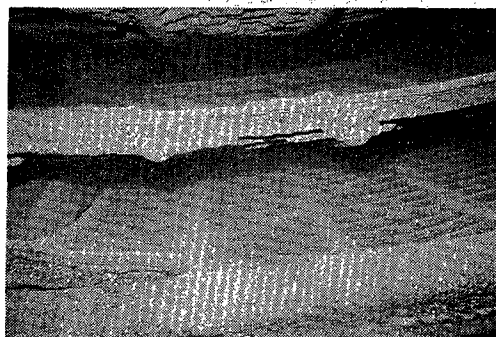


写真8

6カ月経過後の充填材

Photo. 8

Filling after 6 months

ではほぼ閉塞状態となった。写真10, 11は試験片④, ⑤の6カ月経過の状態を示す。

5).2 大口径ブラッシュ型ノズル

運転開始後1~2カ月経過で0.5 kgの増加を示した。そして, 2カ月経過後導入管外面およびノズル表面にハクリ現象が発生し, 前述③試験片同様ほぼ横這い状態となった。これは導入管内外面の付着性の悪さと, ノズル口径, 導入管口径を従来に比べ大にしたこと, さらに水頭が増大したことによりノズル表面への水撃力を増加させた為であり, 当初の計画をほぼ満足させる結果が得られた。また散水状態は終始良好であった。写真12に8カ月経過

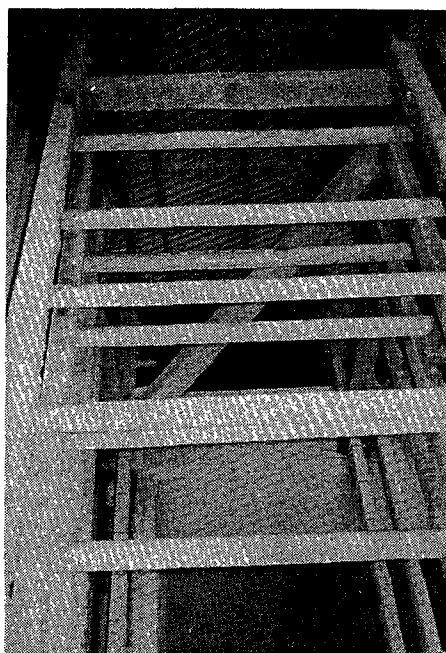


写真 9
半円形スプラッシュ
ユ・バー
Photo.9
Splash-bars with
semicircular
section arranged
as a fill sample



写真 12
大口径スプラッシュ
ユ型ノズル
Photo.12
Non-clogging
nozzle

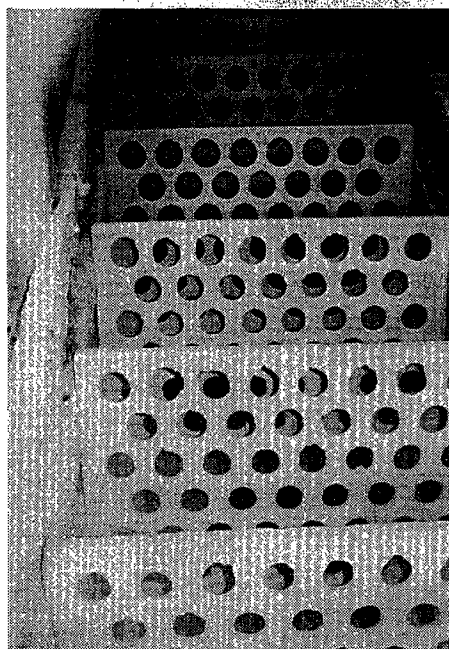


写真 10
多孔板サンプル
Photo.10
Perforated plate
fill sample



写真 13
大口径スプラッシュ
ユ型ノズルの散水
状況
Photo.13
Water distribution
from a non-clog-
ging nozzle



写真 11
グレーチン
グ板サンプ
ル
Photo.11
Grating
plate fill
sample

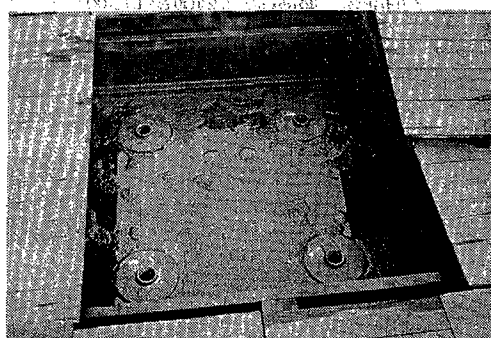


写真 14
温水槽
Photo.14
Hot water
distribution
basin equip-
ment with
non-clogging
nozzle

の付着状態を示す。写真13に6か月経過の散水状況を示す。

5).3 付着物の分析結果 (第5表参照)

i) 充填材, 大口径スプラッシュユ型ノズル

付着物は炭酸亜鉛を主体としたものである。これは、塔内での蒸発による濃縮、塔内での曝気作用により炭酸ガス

を放出し pH が上昇した為に不溶塩として析出したものである。

ii) その他, 温水槽

温水槽は、ノズルに必要な水頭を与える目的で通常 100 m 程度の水深を確保させる。スケールの主体は鉄分 (Fe_2

O₃)が50%占めている。これは槽内での曝気作用により、カルシウムが炭酸カルシウムとなり酸化鉄(Fe₂O₃)を結合させスケール化し堆積したものである。写真14は温水槽内清掃後2カ月の状態を示す。

5. 2 転炉ガス集塵水系冷却塔の充填材、ノズル試験

1) 概要

本試験は、先の高炉ガス集塵水系冷却塔充填材、ノズル試験結果により、半円形型充填材、大口径スプラッシュ型ノズルの転炉ガス集塵水系への適用の可否につき試験を実施したものである。

2) 試験場所および設備

- ・場所……新日本製鉄(株)名古屋製鉄所
- ・日時……昭和57年8月17日～11月17日
- ・設備……転炉ガス集塵水系
- ・冷却塔仕様……水量2,200 M³/H, クロスフロー型冷却塔
- ・試験片……充填材2片, 大口径スプラッシュ型ノズル1片

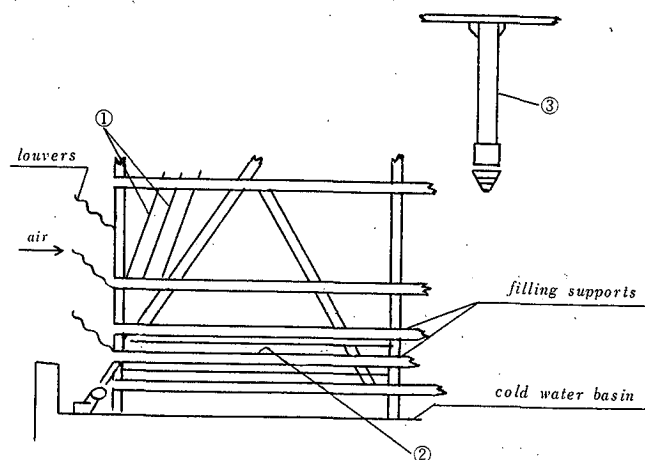
- ・薬注状況……分散剤, 凝集剤併用

3) 試験片の説明

- ①……充填材, 弊社標準スプラッシュ型充填材(ラダーフィル): ポリプロピレン製
- ②……充填材, 半円形スプラッシュバー: 硬質塩ビ製
- ③……大口径スプラッシュ型ノズル

4) 試験片の取付

取付位置は既設冷却塔内に別途支持梁を設け取付けた。各試験片の取付位置は第9図に示す。



第9図 各種試験片取付位置

Fig. 9 Installation of test samples

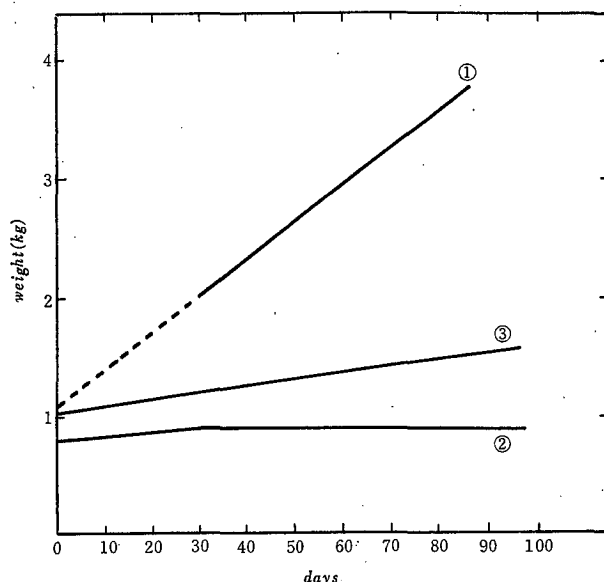
5) 点検実施工程

各試験片は昭和57年11月17日に取付作業完了し、翌月から同11月17日に至り1か月毎に、目視点検および重量測定、併せて付着物の分析調査を実施した。

6) 経過観察および重量測定結果

各試験片の経過重量測定値および付着物の分析結果は第10図、第7表に示す。

6.1 試験片①……付着量は2 kg/月とほぼ均等に継続的に増加した。付着過程は、水平バーとタテリブの交点よ



第10図 各種試験片重量測定結果

Fig. 10 Test result of sample weights measurement (converter)

第7表 転炉ガス集塵水系付着物分析値

Table 7 Scale sampling analysis (converter)

Inorganic carbon	(mg/g-dry solid)	54.6
Total organic carbon	(mg/g-dry solid)	23.9
Calcium	(mg/g-dry solid)	601
Magnesium	(mg/g-dry solid)	0.43
Iron	(mg/g-dry solid)	89.0
Water content	(wt/wt-wet %)	14.4

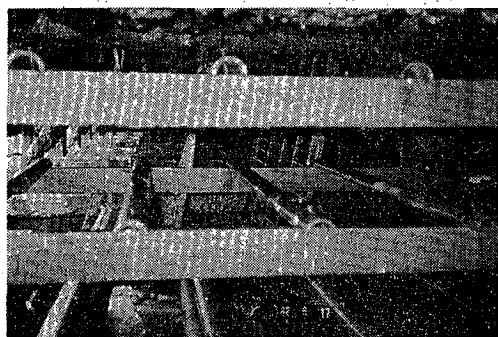


写真15 半円形スプラッシュ・バー(3カ月経過)

Photo.15 Semicircular section splash bar fill sample, after 3 months of testing

り徐々に進行し全面に至った。これは前述高炉ガス集塵水系と同過程である。

6.2 試験片②……運転開始後1か月目で130 gの付着量を示したが、1か月経過時点より表面に自然ハクリ現象が発生し、以後は第10図に示す如く重量的にはほぼ横這い状態となった。ここでも前述高炉ガス集塵水系試験結果で得た成果が発揮された。写真15は運転開始後3カ月の状態を示す。

6.3 試験片③……付着量は170 g/月で継続的に増加した。導入管外面はハクリ形跡が認められ、ここでも前述同様付着、ハクリがくり返しているものと考えられる。ノズ

ル表面への付着はごく微量であり散水状態は終始良好であった。

7) 付着物の分析結果

スケールの主体は炭酸カルシウムで、過飽和の状態で集塵水中に溶存しているカルシウムイオンと炭酸イオンが反応し炭酸カルシウムの結晶として析出したものである。第7表に付着物の分析結果を示す。

8) 付着物の除去試験

i) 試験片……付着試験に使用した大口径スプラッシュ型ノズル、浸漬前1620 g (素材1000 g)

ii) 溶液……HCl、濃度35%

iii) 浸漬時間……2～3分

iv) 浸漬後……1020 g とほぼ除去できることが確認された。

5.3 試験結果まとめ

以上の試験結果により汚濁水質、特に析出型スケールを生成する循環水に対し最も効果的である半円形型充填材、大口径スプラッシュ型ノズルを使用することにより、その機能の長期間保持さらにはメンテナンス費用の大巾低減が可能となる。また、充填材の密度を増加させることによりコンパクトな冷却塔の設計が可能となる。わが社ではこうした(付着～ハクリの繰り返し)充填材を別名「自己洗浄型充填材」と称している。

6. 実績調査報告

ここで記述する冷却塔は、前述試験を基本ベースとして冷却容量に合わせ充填材密度を増減させた高炉ガス集塵水系および転炉ガス集塵水系の代表例を記述する。

写真16は、A社納入高炉ガス集塵水系冷却塔に設置された自己洗浄型充填材の運転開始2年後の状態である。周囲の骨組材への付着量に比べ充填材への付着は少く、前述試験結果とほぼ同傾向を示し付着～ハクリを繰り返しながら進行している。

写真17, 18は、B社納入転炉ガス集塵水系の冷却塔に適用した充填材で、運転開始後2か月の状態である。写真17は塔内に配置された状態、そして写真18は単一充填材を示す。写真中黒い部分は地肌が現われたハクリ現象の形跡を示している。

大口径スプラッシュ型ノズルについては、1カ年毎の清掃が肝要と考えられる。これは、ノズル部でのスケールの析出以外に温水槽内に堆積したスケールが部分ハクリを起し破片となり、ノズルへ流入してくる為に結果的にノズル

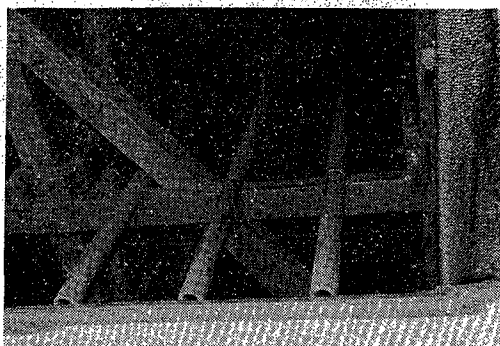


写真 16 2年経過後の充填材

Photo.16 Semicircular section splash bar fill sample after 2 years



写真 17 充填材のハクリ現象

Photo.17 Scale peeled down from splash bars

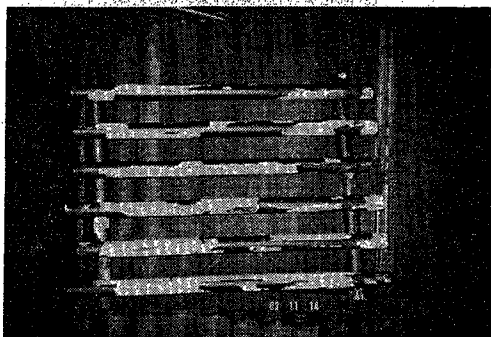


写真 18 単一充填材

Photo.18 Top view of semicircular section fill as an assembled unit. Scale peeled down from bars partially

を塞ぐためである。

これら一連の本調査において、当初の試験結果と同様の付着物の「ハクリ現象」を呈していることを確認することができたことから、長期的に機能を維持できるものと意を強くしている。

7. むすび

本稿では極めて付着性の強い汚濁水質として、炉ガス集塵水系を例にとりあげ説明したがこれ以外の汚濁水質、例えば R-H 脱ガス、チップ成形設備等の循環水の冷却塔においても実績を得ており、より一層の適応分野を拡げユーザー各位の御要望に応じて行きたいと考えている。

最後に、本実験過程に多大の便宜をはかっていただきました新日本製鉄㈱、㈱神戸製鋼所殿関係部門の皆様に深謝いたします。

資料提供

新日本製鉄㈱名古屋製鉄所殿
㈱神戸製鋼所加古川製鉄所殿
㈱片山化学工業研究所殿

参考資料

栗田工業㈱殿
水処理薬品ハンドブック

動物園汚水の処理と再利用

Advanced Treatment and Recycling of Zoo Waste Water

環境装置事業部 技術部 東京G

船 川 和 夫

Kazuo Funakawa

Recycling of waste water has been attempted with success at the Hamamatsu City Zoo. An advanced treatment system was evaluated. Purified high quality effluent was re-used in animal pools, toilets, etc. Compost from excess sludge, dropping and refuse could be used as a fertilizer for flower parks and urban afforestation.

当社はこのたび静岡県浜松市における館山寺総合公園動物園の汚水処理設備を完成した。本設備は処理水を園内で中水として再利用するとともに、発生する余剰汚泥も堆肥化し、本公園並びに都市緑化の有機肥料として再利用するといった動物園としては全国で初めての高度処理、再利用化を図ったもので、既に昭和58年4月より本運転に入っている。

ここにその概要を報告する。

1. 動物園の概要

1.1 建設の経緯

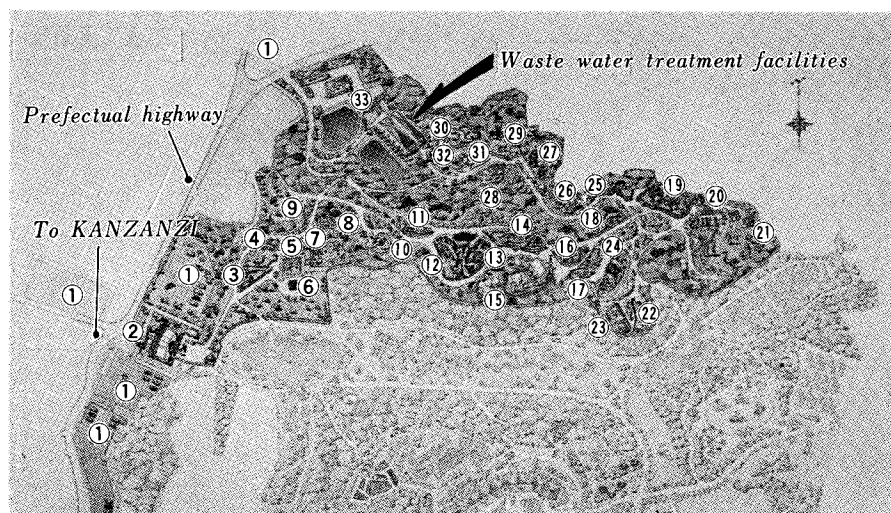
本動物園は以前浜松市中心部にあったものを移転し、新動物園として完成されたもので、浜松市の西北約14kmの観光地として有名な館山寺温泉を見おろす三方原台地の西端に位置し、隣接するフラワーパークを加え都会地では味わえない憩いの場として浜名湖の景観とともに観光的にも格好の場となっている。

このため移転に際しては浜松市の新しい都市づくりの一環として、市民および県西部地域住民のための情操教育とレクリエーションの場として次の諸点に留意して建設されたものである。

- 1) 全体に森の中の動物園といったイメージを出す。
- 2) 自然の地形を利用し、動物が自然に生育している姿に近づける。
- 3) 社会教育の場とする。
- 4) 動物と植物の関係を重視し、できるだけ生育環境に近い造園的植栽修景を行なう。
- 5) 利用者の動線を十分考慮し、フラワーパークとの併用を考える。
- 6) 観覧者に対する危険防止、また大震災等の際、猛獣等の逃亡事故に対し、十分考慮する。
- 7) 利用者に対し、疲労感を与えない様な雰囲気づくりに努める。
- 8) 汚水、汚物等の公害問題に十分考慮し、汚水の三次処理を行ない、また貴重な水資源の活用を考え、中水道による再利用を図る。

1.2 施設の内容

動物展示方法は無柵放育式を可能な限り多く取り入れたもので、総面積12.3haの敷地内に哺乳類55種(204点)、鳥類75種(331点)の計130種(535点)の収容動物が第1図に示した配置に展示されている。主要施設を第1表に示す。



第1図 園内案内
Fig. 1 Guide of Zoo

- | | |
|---------------------------|--|
| ① Parking area | ⑮ Donkey |
| ② Main gate | ⑯ Camel, Bison |
| ③ Kangaroo | ⑰ Pony |
| ④ Cassowary | ⑱ Grazing land of Giraffe, Zebra and Ostrich |
| ⑤ Spider monkey | ⑲ Apartment of Monkeys |
| ⑥ Rest house | ⑳ Apartment of Baboons |
| ⑦ Flying cage | ㉑ Chimpanzee, Orangutan |
| ⑧ Eagle, Condor | ㉑ Gorilla |
| ⑨ Insect gallery | ㉑ Wild boar, Rabbit |
| ⑩ Mount garden of Monkeys | ㉑ Crane |
| ⑪ Peacock | ㉑ Bear |
| ⑫ Tiger | ㉑ Aquatic fowl |
| ⑬ Lion | ㉑ Sheep, Goat, Deer |
| ⑭ Cheetah | ㉑ Sea lion, Polar bear |
| ⑮ Elephant | ㉑ Penguin |
| ⑯ Otter, Raccoon | ㉑ Beaver |
| ⑰ Pheasant | ㉑ Control area |

第 1 表 園内主要施設（動物園パンフレットによる）
Table 1 Main facilities of Zoo

Description	Contents	
Animal pen	28 pens	3,225m ²
Flying cage		800m ²
Insect gallery	1st floor Exhibition room 2nd floor Lecture room	237m ²
Comfort station	5 stations	
Stand	3 stands	
Resting place	6 place	560m ²
Rest house	1 house	61m ²
Animal hospital	Reinforced concrete	226m ²
Control office	Reinforced concrete	575m ²
Parking zone	6 place (Inclusive of Flower Park's)	1,451 cars
Waste water treatment facilities	Extended Aeration system	Flow 800 m ³ /Day

1. 3 利用状況

開園以降の月別入園者数を第 2 表に示す。新動物園として開園して間もないこともあり、当初設定基準に比べて非常に多くなっている。又一週間の入園者数を昨年同時期の旧動物園と比較すると、第 3 表に示したように旧動物園の約 5 倍の入園者数となっている。

2. 污水处理施設の概要

2. 1 設計主旨

1) 周囲環境への適合

設備は観光地内の動物園という立地条件を考慮して、全て建屋内に設置されており、建屋の外観も爽やかなイメージになるように設計されている。（写真 1）

又臭気、騒音防止に対しても十分考慮がなされたものになっている。

第 2 表 月別入園者数（動物園側提供資料による）
Table 2 Monthly visitors number

visitors	Maximum	Minimum	Average	Total
month	persons/day	persons/day	persons/day	persons
Basis	10,000	—	2,836	—
April	77,101	85	8,970	260,116
May	42,466	616	8,366	259,339
June	10,878	115	2,468	49,364
Total term	77,101	85	7,110	568,819

*Findings from 2 Apr~20 Jun, 1983.

第 3 表 一週間の入園者状況（新、旧動物園の比較）
（動物園側提供資料による）

Table 3 Weekly visitors number in comparison with old-Zoo

Date	New-Zoo			Old-Zoo		
	Day of the week	Weather	Visitors number	Day of the week	Weather	Visitors number
5 Apr	Tues	fine	persons/day 4,631	Mon	—	—
6 "	Wed	"	5,656	Tues	cloudy	persons/day 757
7 "	Thur	cloudy	3,091	Wed	"	321
8 "	Fri	rainy and cloudy	1,470	Thur	occasional rainy	323
9 "	Sat	cloudy	5,715	Fri	cloudy and rainy	162
10 "	Sun	rainy	5,955	Sat	cloudy	99
11 "	Mon	cloudy after rainy	2,073	Sun	fine	3,868
12 "	Tues	—	—	Mon	"	386
Total	—	—	persons 28,591	—	—	persons 5,916
Average	—	—	persons/day 4,084	—	—	persons/day 845

2) 処理の高度化

処理水を再利用するとともに、最終放流先である浜名湖の水質保全を最優先させるため、動物園の污水处理として

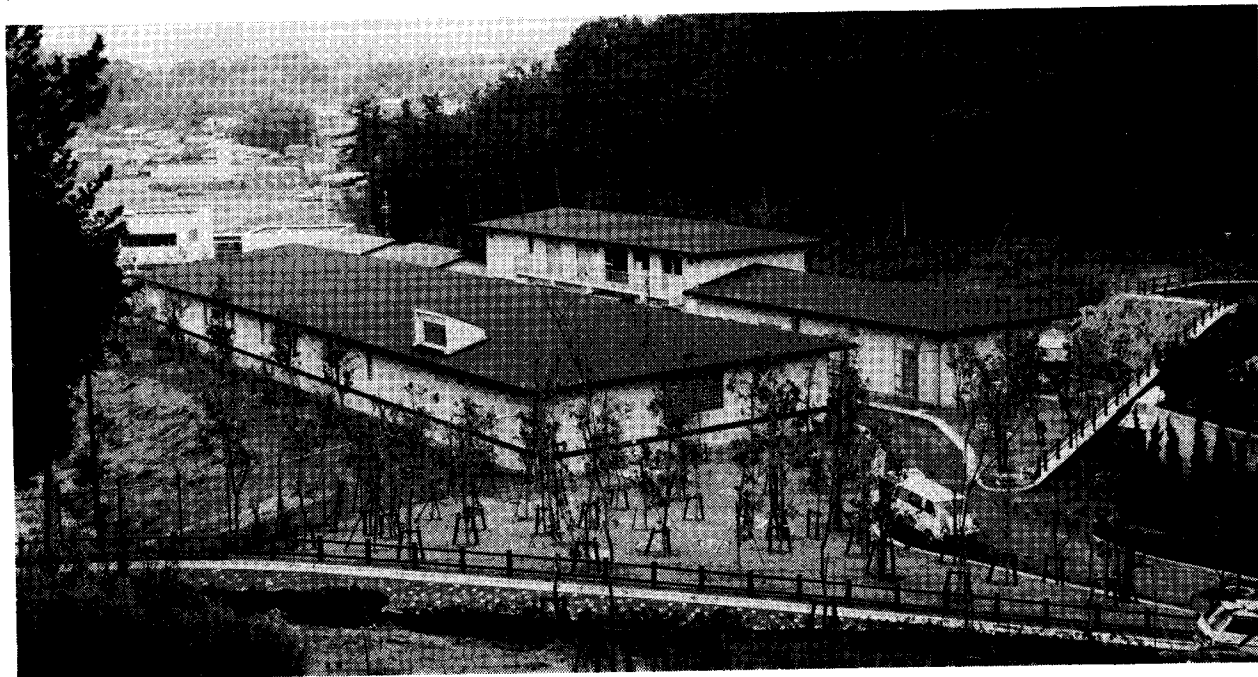
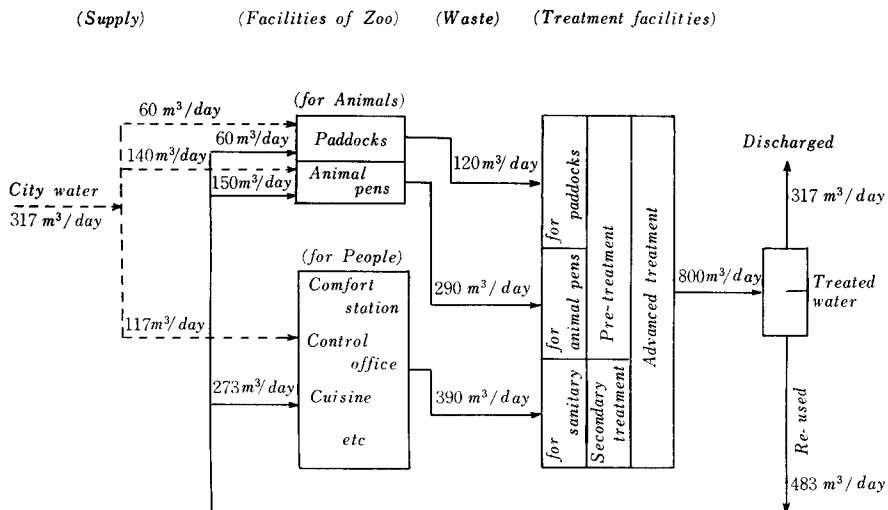


写真 1 污水处理施設全景

Photo.1 Panorama of waste water treatment facilities



第2図 園内給排水計画系統フロー

Fig. 2 Design flow of water supply and discharge in Zoo

は脱窒、脱磷を含む極めて高度な処理を行なう設備として設計されている。

3) 再利用化

処理場より発生する余剰汚泥、スクリーンかすは園内動物のボロ糞、敷ワラとともに堆肥化し、本公園並びに都市緑化の有機肥料として再利用される。

処理水は第2図に示すように園内にて獣舎洗浄水、プール補給水、パドック散水、便所水等洗浄等に再利用され、上水使用量の節減を図るとともに、放流流量を減じることにより放流先である浜名湖への汚濁負荷量を低減するように設計されている。

4) 処理方式

建築基準法の定めにより、生活系汚水は単独で処理し、その二次処理水を獣舎系、パドック系汚水と合流し脱窒、脱磷を含む高度処理を行なう。又降雨時パドックよりの初期雨水は汚濁度が高いため処理施設に受け入れるように設計されている。

5) 異常時対策 (写真2)

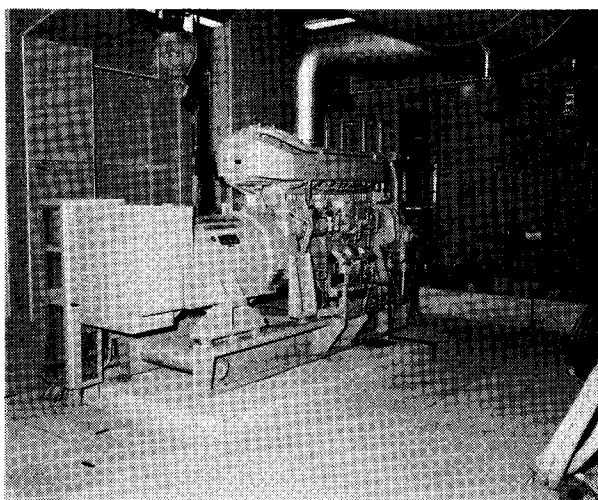


写真2 発電機設備
Photo.2 Generator

受電電源が停電した場合は動物園および污水处理場の機能に支障をきたさないように主要機器の稼動に必要な電力を確保するために、発電機設備が設置されている。主要機器の故障に対しては予備機を設置することにより安全性を確保している。

6) 負荷変動対策

動物園汚水は水量、水質の変動が大きく特に低負荷になりやすいため、生物処理設備(生活系二次処理および脱窒設備)は2系列設置とし、低負荷時は1系列にて運転できるように設計されている。

7) 管理体制 (写真3)

処理施設を小人数で管理できるように污水处理場の機器は管理室内の中央制御盤にて全て操作でき、各種データも管理室にて記録されるように設計されている。施設の運転管理は昼間2名常駐にて行ない、夜間に異常が発生した場合には電話回線を用いた遠隔監視システムにより直ちに管理者に通報され、対応可能な体制としている。

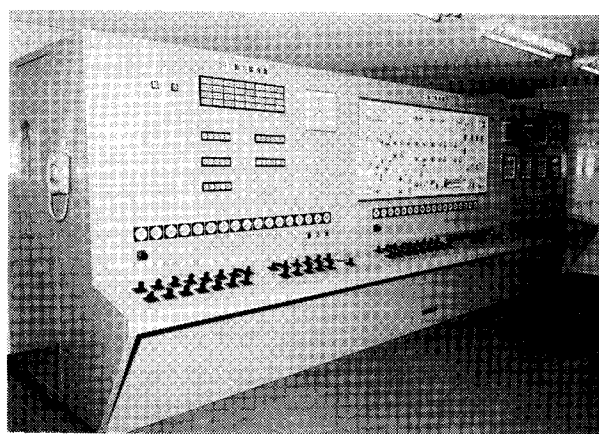


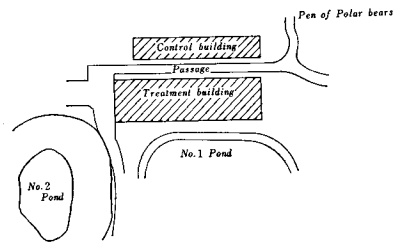
写真3 管理室動力制御盤
Photo.3 Control panel

2.2 設計基準値

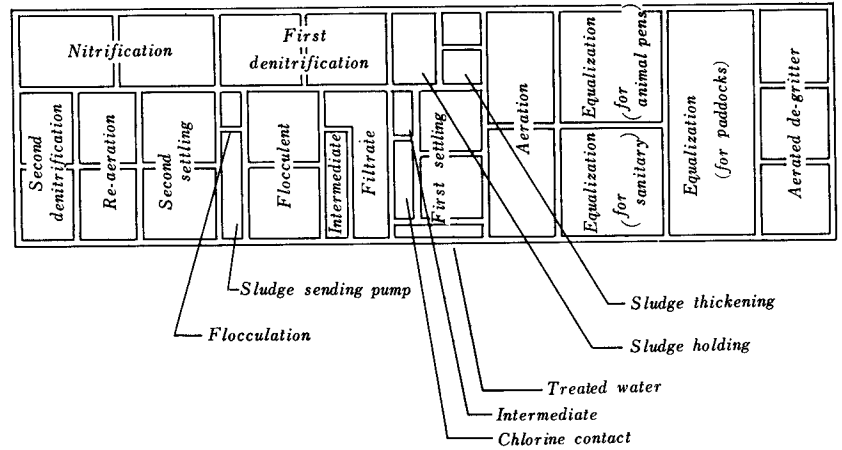
設計基準値を述べるに際して、処理施設の配置を第3、4および5図に、処理フローを第6図に示す。

1) 処理量

- | | |
|-----------------|------------------|
| a) 生活系汚水 | 最大 390 m³/d |
| (便所、管理棟、調理棟等) | |
| b) 獣舎系汚水 | 最大 290 m³/d |
| (獣舎洗浄水、プール放流水等) | |
| c) パドック系汚水 | 最大 120 m³/d |
| (パドック散水等) | |
| 降雨時初期雨水 | 最大 200 m³/d |
| 合計 | 通常時最大 800 m³/d |
| | 降雨時最大 1,000 m³/d |



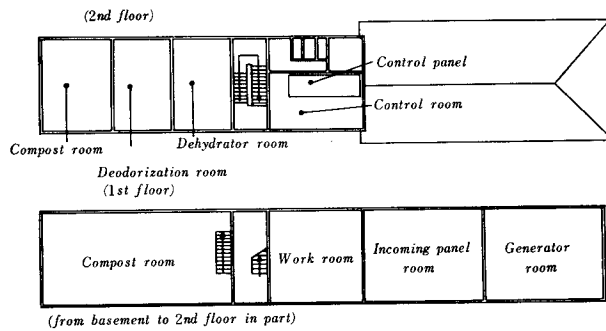
第3図 処理場建屋配置 (管理地区内)
Fig. 3 Arrangement of waste water treatment buildings



第5図 処理棟内水槽配置 (半地下水槽, 一部全地下, 建築面積 863m²)

Fig. 5 Each basin layout (in treatment building)

(Semibase, basement in part. Building area 863m²)



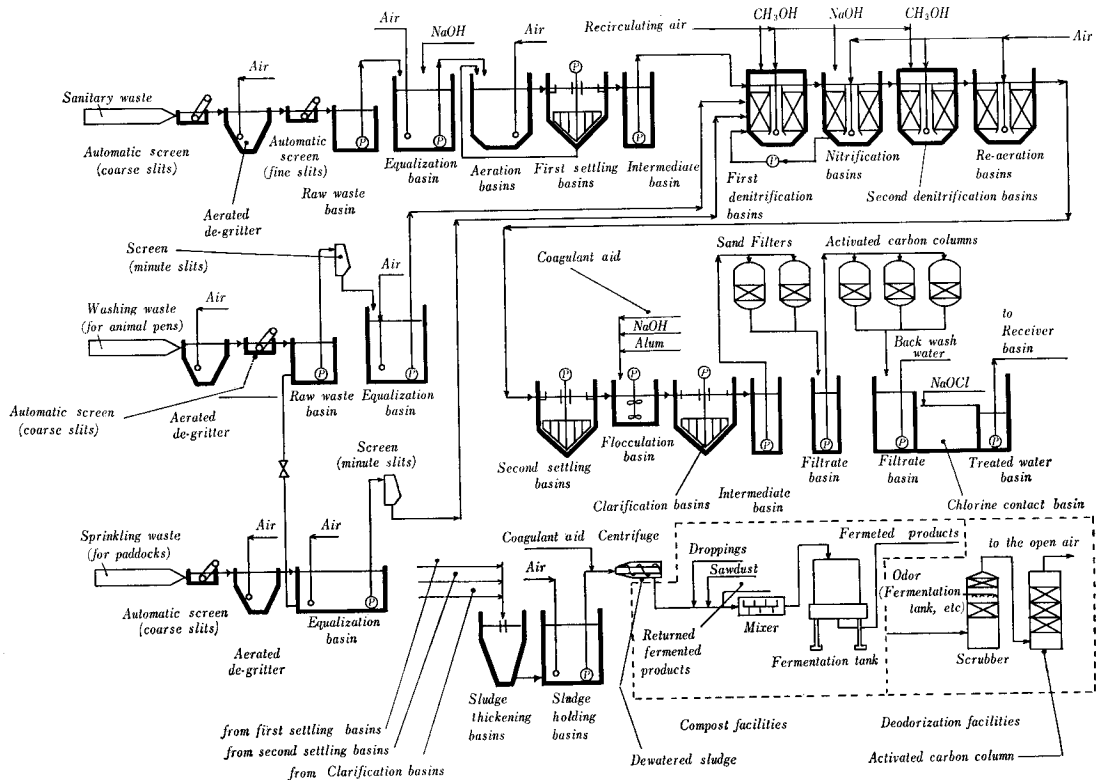
第4図 管理棟内配置 (地下1階, 地上2階, 建築面積 381 m², 延床面積 595 m²)

Fig. 4 Floor plan of control building (with 2 stories above and 1 under the ground Building area 381m², Floor space 595 m²)

第4表 原水設計基準水質

Table 4 The quality of raw waste water (design basis)

Item	Sanitary	Animal pens paddocks
pH	6 ~ 8	6 ~ 8
S S (mg/ℓ)	200	244
COD _{Mn} (ℓ)	100	—
BOD ₅ (ℓ)	200	97.6
Nitrogen, total (as N) (ℓ)	65 ~ 80	62
PO ₄ ³⁻ (ℓ)	20	8.6

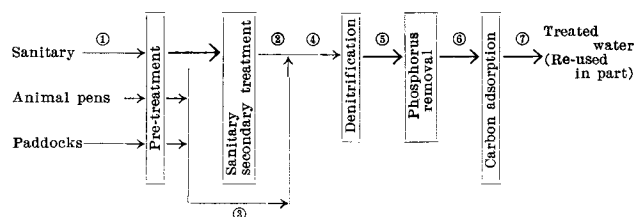


第6図 フローシート

Fig. 6 Flow sheet

第 5 表 各処理工程における計画水質

Table 5 The quality of waste water for each treatment facilities (design basis)



Item	No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
SS (mg/ℓ)		200	50	75	65	30~40	<20	<5
BOD ₅ (ℓ)		200	<30	97.6	54	20	10	<5
Nitrogen, total (as N)		65~80	<25	62	37	<10	<10	<10
PO ₄ ³⁻ (ℓ)		20	<5	8.6	5.8	5	<1	<1

2) 原水水質

第 4 表に示す。獣舎・パドック系の水質は将来動物頭数が増えた場合を考慮して、動物個体別汚濁負荷量より算出した。

3) 処理水水質

pH	6~8
SS	5 mg/ℓ 以下
COD _{Mn}	5 //
BOD ₅	5 //
T-N	10 //
PO ₄ ³⁻	1 //
n-ヘキサン抽出物質	5 //
色度	35度以下
大腸菌群数	3,000個/cc 以下

2. 3 主要処理プロセス

第 5 表に各処理工程における計画水質を、第 6 表に主要設備諸元を示す。

1) 流入前処理設備 (写真 4)

生活、獣舎、パドックの 3 系統の汚水を個別に受け入れ、それぞれスクリーンにて除渣し、ばっ気沈砂池にて砂等の除去を行なう。獣舎、パドック系汚水についてはさらに微細目スクリーンにより微細な夾雑物 (動物の毛、食べか

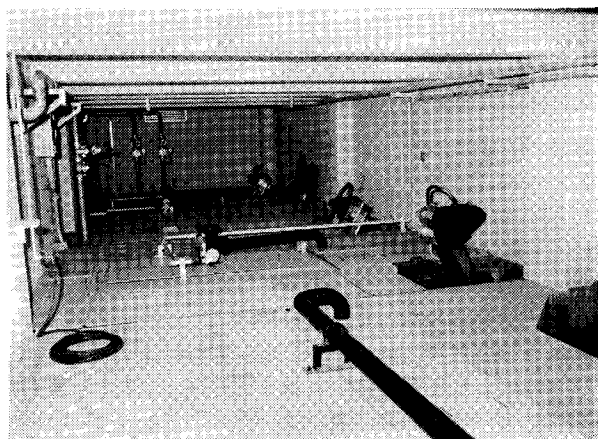


写真 4 流入前処理設備

Photo.4 Pre-treatment facilities

第 6 表 主要設備諸元

Table 6 Main equipments

Description	Demensions
Equalization basin (for sanitary)	w7.0m × L7.6m × H4.5m × 1 basin
" (for animal pens)	7.0m × 7.6m × 5.0m × //
" (for paddocks)	6.0m × 15.5m × 2.6m × //
Aeration basins	4.5m × 7.6m × 4.5m × 2 basins
First settling basins	4.3m × 4.3m × 4.0m × //
First denitrification basins	5.0m × 5.6m × 5.0m × //
Nitrification basins	5.0m × 6.5m × 5.0m × //
Second denitrification basins	3.7m × 5.0m × 5.0m × //
Re-aeration basins	4.0m × 5.0m × 5.0m × //
Second settling basins	5.0m × 5.0m × 4.0m × //
Clarification basins	5.0m × 5.0m × 3.5m × //
Sand filters	φ2.25m × TH2.77m × 2 units
Carbon columns	2.4m × 4.77m × 3 columns
Centrifuge	Capacity 2~3 m ³ /hr × 1 unit
Fermentation tank	φ4.0m × TH7.5m × 1 tank

す等) を除去する。スクリーンかすは堆肥装置へ投入、堆肥化する。

パドックへの初期雨水はパドック系調整槽へ一時貯留したのち、第一脱窒槽へ時間をかけて定量移送することにより急激な水量負荷変動による悪影響を防止している。

2) 生活系二次処理設備

長時間ばっ気方式の活性汚泥処理により主に BOD の除去を行なう。又生活系汚水の流入負荷は入園者数により大きく変動するため設備を 2 系列分割設置とし、特に低負荷流入が継続する場合は、低負荷による汚泥の沈降性悪化等の処理に対する弊害を防止するため 1 系列運転とする。

3) 脱窒設備

負荷変動に対して有効な生物固着方式の硝化・脱窒処理により窒素の除去を行なう。脱窒にはメタノール使用量の少ない硝化液循環方式を用い、第一脱窒槽で獣舎、パドック系汚水中の BOD を利用して脱窒したのち、残存する窒素を第二脱窒槽でメタノールを添加して脱窒、除去する。接触酸化槽では硝化にともなって pH が低下するため苛性ソーダにて中和を行なう。脱窒槽は密閉されており、脱窒ブローにて槽内空気を循環し、攪拌している。

設備は 2 系列分割設置とし、特に低負荷となった場合は 1 系列運転として低負荷による固着汚泥のはく離、流出を防ぐ。

4) 脱磷設備

脱窒設備より流出する SS を除去し、後段の汙過設備の負荷を軽減することも考慮して凝集沈殿により磷を除去する。脱磷凝集剤としては管理が容易でより経済的である硫酸バンドを用い、中和のために苛性ソーダ、フロック生長のために高分子凝集剤を添加する。

5) 活性炭吸着設備

砂汙過により SS を除去したのち、活性炭により残存す

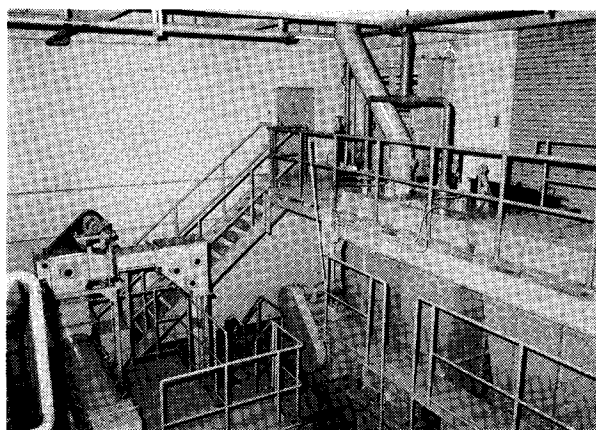


写真 5 堆肥化設備（投入装置）
Photo.5 Compost facilities (carrier)

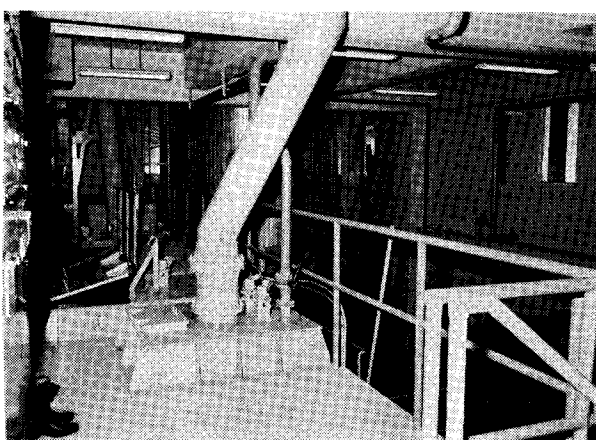


写真 6 堆肥化設備（発酵槽）
Photo.6 Compost facilities (fermentation tank)

る COD, 色度等を最終的に除去する。吸着塔は 2 塔直列, 1 塔予備のメーコーランド方式としており, 活性炭を 100 % 有効に使うとともに交換時にも処理に支障なく運転される。

b) 堆肥化設備（写真 5, 6）

余剰汚泥は脱水され, スクリーンかすおよび園内動物のポロ糞, 敷ワラとともに堆肥化する。設備はランニングコストが安価で効率の良い好気性連続発酵式とし, 水分調整, C/N 調整のためオガクズを加える。本設備は一次発酵まで行なうもので, 搬出された製品はフラワーパークで二次発酵されたのち有機肥料として再利用する。

7) 脱臭設備（写真 7, 8）

汚泥脱水設備, 堆肥化設備より発生する臭気を除去する。設備は水洗塔+乾式吸着塔よりなり, アンモニア, メチルメルカプタン, トリメチルアミン等を除去し, 脱臭する。

3. 運 転 結 果

3. 1 汚 水 処 理

昭和57年12月, 新動物園への動物移転とともに獣舎, パドック系 汚水の処理を開始, 昭和58年4月2日の開園以後, 生活系汚水も含めた定常運転に入った。代表的な原水水質を第7表に, 開園後5ヶ月間の処理水量を第7図に示した。

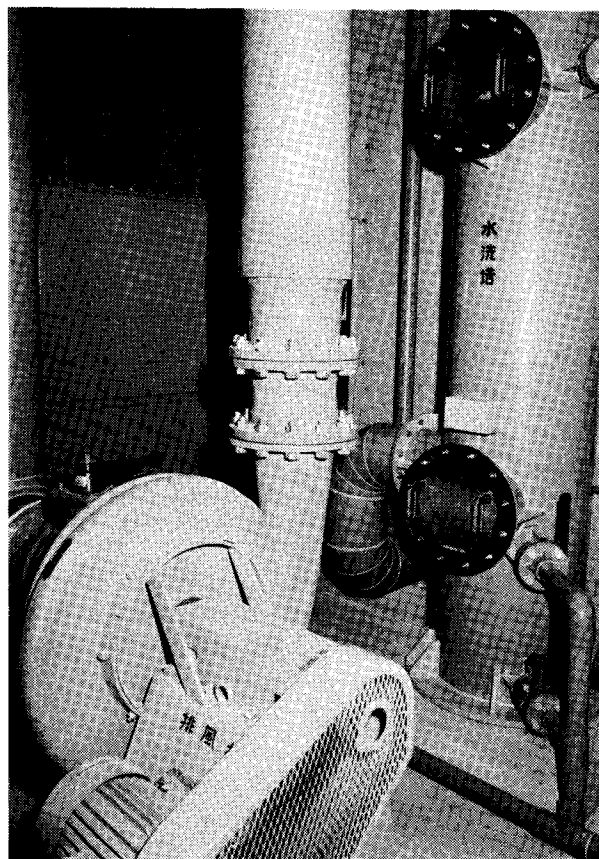


写真 7 脱臭設備（水洗塔）
Photo.7 Deodorization facilities (scrubber)

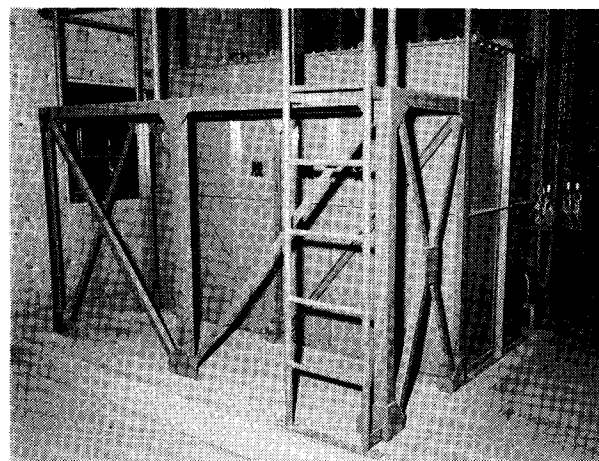


写真 8 脱臭設備（乾式吸着塔）
Photo.8 Deodorization facilities (carbon adsorption)

獣舎系原水の計画水質は将来動物頭数が増えた場合も考慮したもので, 現状水質はまだ汚濁度が低い, 生活系原水は計画水質に近く, 特に窒素は計画値を越えており汚濁度は高い。これは動物園の入園者数が計画値に比べて非常に多く, 園内便所の利用率が高かったためである。処理水量は第7図に示したように変動が大きく, 当初考えていたよりは多めとなっている。

これに対して処理水水質は第8表に示したように計画水質を十分満足するものになっている。

3. 2 堆肥化処理

昭和58年2月より発酵槽に種菌 12 m^3 を投入し, スクリ

第7表 原水水質分析結果

Table 7 Analyses of raw waste water

Item	Source	Animal pens	Sanitary
		16 Feb	4 April
pH		8.0	7.9
SS (mg/ℓ)		87.0	210
COD _{Mn} (ℓ)		56.0	96.3
BOD ₅ (ℓ)		80.0	194
Nitrogen, Kjeldahl (ℓ)		22.9	114
PO ₄ ³⁻ (ℓ)		2.9	18.0

第8表 処理水水質分析結果

Table 8 Analyses of treated water

Item	13 Apr	14 Apr	12 May	24 May	9 Jun	21 Jun	12 Jul	20 Jul	4 Aug	16 Aug
pH	7.4	7.3	7.3	—	7.2	—	7.6	—	7.4	—
SS (mg/ℓ)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
COD _{Mn} (ℓ)	<1	1.5	2.0	3.4	2.2	<1	<1	<1	<1	<1
BOD ₅ (ℓ)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oil (ℓ)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nitrogen, Kjeldahl (ℓ)	<0.1	<0.1	0.30	0.29	0.16	<0.1	<0.1	<0.1	0.12	<0.1
PO ₄ ³⁻ (ℓ)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.11	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Color (units)	<1	<1	—	8	<1	—	—	1	1	—
Coliform group count (count/ml)	<30	<30	<30	—	<30	—	<30	—	<30	—

ンかす、ボロ糞、敷ワラの堆肥化を開始、5月より脱水汚泥も投入を始め定常運転に入った。第1回めの一次発酵製品の搬出を4月5日に行ない、以後1回/週の頻度で製品を搬出している。搬出された一次発酵製品はフラワーパークにて二次発酵処理を受けたのち有機肥料として再利用されている。8月度における堆肥化設備の運転状況を第9表に示す。

3.3 中水の再利用

第8図に中水の利用状況を示す。再利用率は80%以上に達しており、上水使用量節減に大きく寄与している。

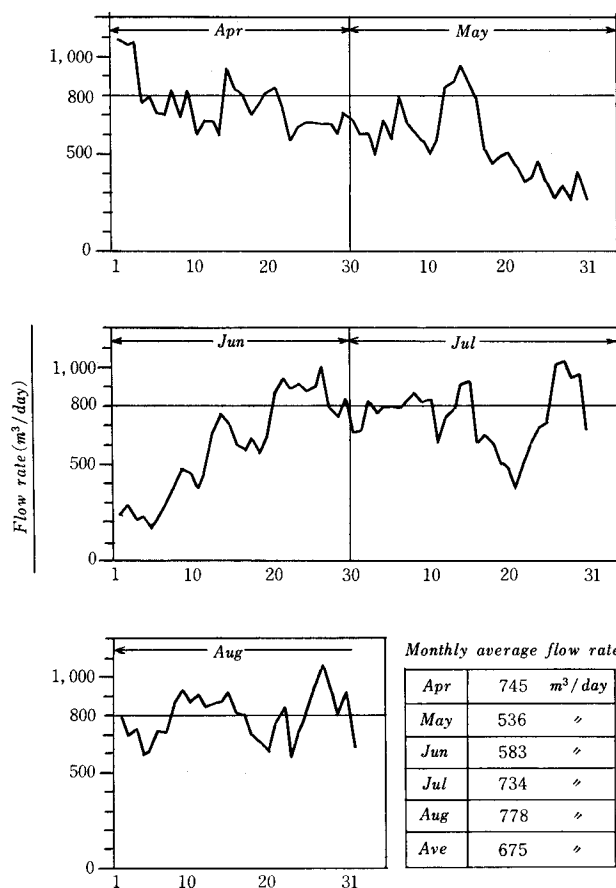
又中水利用による上水経費の節減は第10表に示したように、年約844万円に達しており、経済的にも貢献度は大きい。

4. ま と め

動物園の汚水処理を行なうに際し、最も留意すべきは水量変動である。水量変動を与える大きな要因は次の3種の流入水にある。

- 1) 入園者にかかる生活系汚水。
- 2) 降雨時のパドックへの初期雨水。
- 3) 池の清掃、水替時の放流水。

1), 2)については園内管理にて対応できる性質のものではないので処理施設にて100%変動を吸収できるようにする必要があるが、3)については動物園側の管理体制を汚水処理を考慮したものによりその変動を軽減することができる。



第7図 処理水量の日変動

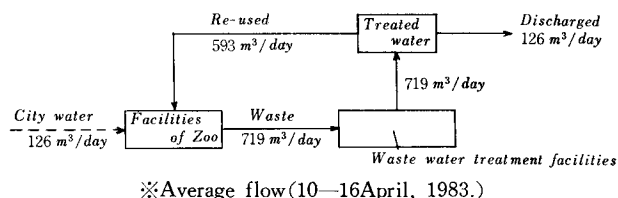
Fig. 7 Daily treated water rate

第9表 堆肥化装置運転状況

Table 9 Operating data of compost facilities

Raw materials quantity		Mixed materials	Fermented products	
		Moisture content	Moisture content	Yield
Dewatered sludge	m³/month	Average 57%	Average 40%	41 m³/month
Droppings and spreaded straw	23.65			
Screen refuse	0.6			
Sawdust	30			
Total	56.1			

*Operating data (1-31 Aug, 1983.)



※Average flow (10-16 April, 1983.)

第8図 中水の利用状況

Fig. 8 Re-use of treated water

本施設の設計に際しては、本施設が処理水を園内で再利用するという含めて単なる汚水処理施設という域を越えたものであり、動物園全体の運営管理に關与する重要施設であることを動物園側に十分認識してもらったうえ、

下記の協力体制を得ている。

1) 大きな池（アシカ池，白クマ池等）の放流時は一度に放流せず，少量づつ時間をかけて放流するか，何回かに分けて放流する。

2) 入園者が多く，生活系汚水の流入量の多い日（日曜日，祭日等），降雨による雨水流入量の多い日は池の水の放流を避ける。

これにより施設はよりコンパクトな形で完成することができた。

又運転面では，

池の水を放流する日程をあらかじめ処理場運転管理者に連絡し，了承を得て行なう。

ことにより，処理のより一層の安定化を確保している。

以上のように動物園汚水の処理を検討する際には，動物園内の管理体制を含めた水量変動対策を考慮することが施設のコンパクト化，処理の安定化に不可欠なものとなる。

第 10 表 中水利用による経費の節減

Table 10 Comparison of operating cost

		① Used only city water	② Used city water and re-utilized water
City water (unit cost)		135 Yen/m ³	
Re-used (unit cost)		69 Yen/m ³ (with electricity) + 27 Yen/m ³ (with chemicals) = 96 Yen/m ³	
Used quantity	City water	719 m ³ /day	126 m ³ /day
	Re-used	—	593 //
	Total	719 //	719 //
Cost per day	City water	719 m ³ /day × 135 Yen/m ³ = 97,065 Yen/day	126 m ³ /day × 135 Yen/m ³ = 17,010 Yen/day
	Re-used	—	593 m ³ /day × 96 Yen/m ³ = 56,928 Yen/day
	Total	97,065 Yen/day	73,938 Yen/day
Curtailed expenditures (①-②)		23,127 Yen/day 8,441,355 Yen/year	

*Operating cost (1-30 Jun, 1983.)

*Unit cost with electricity is based on 18.83 Yen/KWH

5. む す び

以上館山寺総合公園動物園の汚水処理と再利用について概要を述べたが，今後動物園汚水の処理を検討される諸兄の参考になれば幸いである。

おわりに本設備の建設，運転に際し，多くの助言や協力をいただいた浜松市役所の関係諸氏に深く感謝の意を表する次第である。

最近の鉄鋼水処理設備

Latest Water Treatment Facilities for Steel Making and Rolling Mill Plant

環境装置事業部 技術部 神戸G

西 本 倣 士
Yoshihito Nishimoto

The continuous casting process has great advantages for saving energy, saving manpower and improving working environments, compared with the conventional ingot making process.

This article describes water treatment for the continuous casting process, and presents operating data and outlines of recently constructed water treatment facilities.

連続鋳造プロセスは、従来の造塊法に比較して、省エネルギー、省力、作業環境の改善などに多くの利点を有している。

本稿では、連鋳設備の水処理について記述し、最近建設した水処理設備の運転データとその概略について紹介する。

1. ま え が き

わが国の鉄鋼業界の粗鋼生産量は'83年1~3月を底に四半期ごとに上向いてはいるが、'83年度通期でみると'82年度に続いて1億トンの大台割れが避けられそうもない。従って操業率も7割から6割への低操業におちいつている。こうした事態を迎えても、競争力の維持、強化のためには、わが国の鉄鋼業界は技術開発、老朽化設備の更新、高付加価値商品の生産、合理化による生産能率のアップならびに省エネルギーに対して懸命の努力をしている。

鉄鋼業は粗鋼トン当たり100~200m³（電炉メーカーの場合は50~100m³）の水を使用する典型的な用水型産業であるため、水処理設備に対しても、省エネルギー、省力化をおり込んだコストミニマムな設備が求められている。そ

こで本稿では、従来の造塊法に比較して省エネルギー、省力化等の多くの利点を有し、その連鋳化率の高さにより日本の鉄鋼業の優位性の原動力になっている連続鋳造設備の水処理設備を中心とし、最近当社にて納入した

日本高周波鋼業(株)殿	線材工場水処理設備
合同製鐵(株)大阪製造所殿	連鋳工場水処理設備
合同製鐵(株)大阪製造所殿	線材工場水処理設備
山陽特殊製鋼(株)殿	第2製鋼工場水処理設備
（電気炉—連鋳—圧延 一貫工場）	

(株)神戸製鋼所 神戸製鉄所殿	棒鋼工場水処理設備
(株)神戸製鋼所 加古川製鉄所殿	第3連鋳工場水処理設備

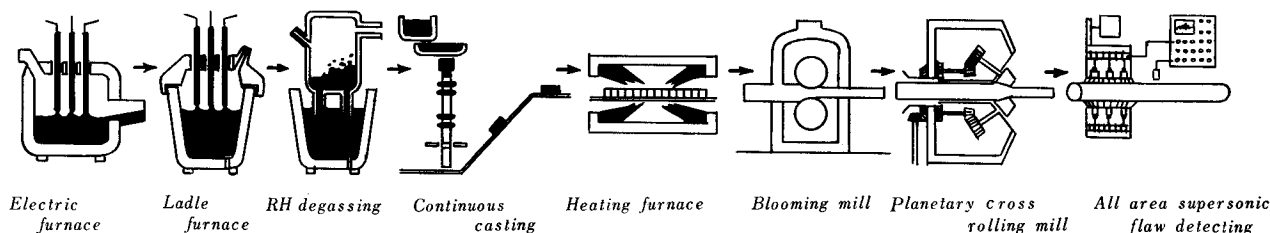
において得られた知見をもとに製鉄所における水処理のあり方について概説し、運転データの一部についても紹介する。

2. 連続鋳造設備の水処理

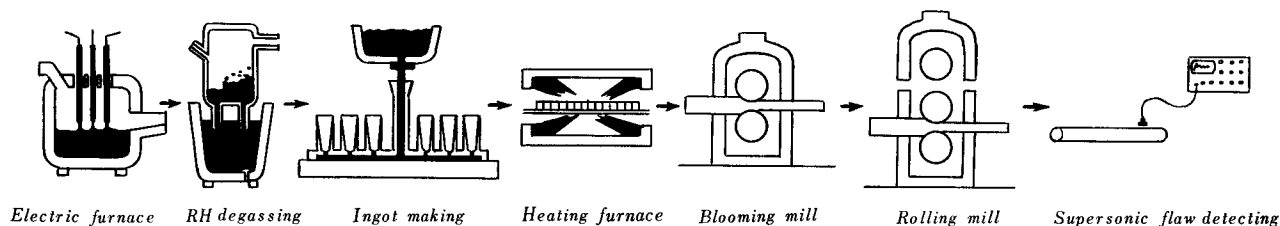
2.1 連続鋳造のプロセス

連続鋳造（以下連鋳あるいはC/Cと略）のプロセスの概要を従来法（造塊—分塊法）と対比して第1図に示す。

Schematic illustration for latest process

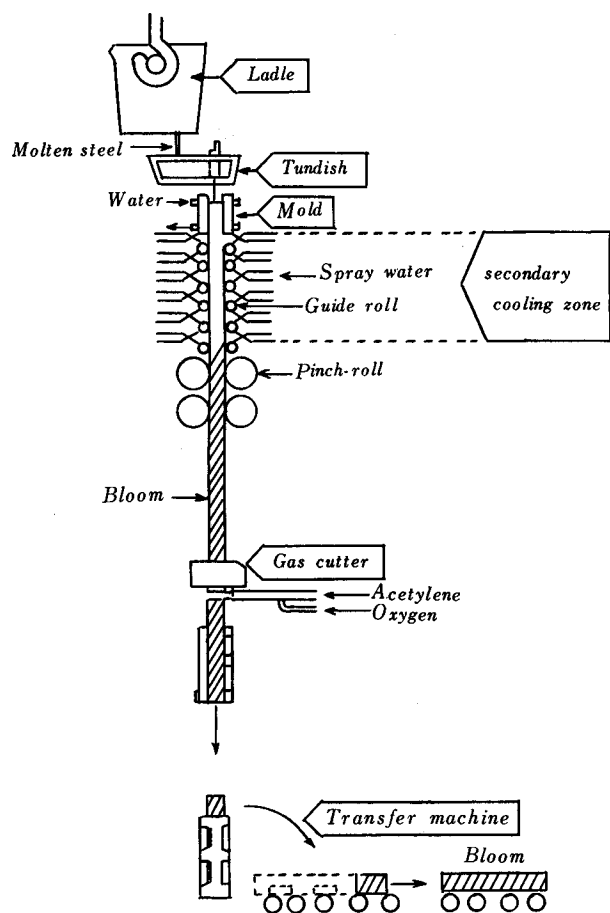


Schematic illustration for former process



第1図 プロセスの比較

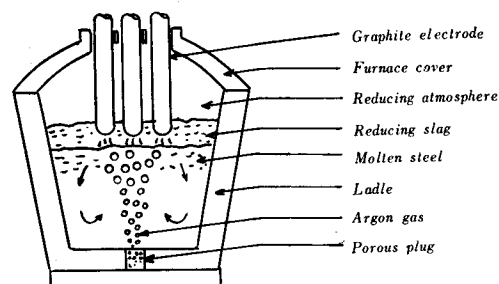
Fig. 1 Comparison of process



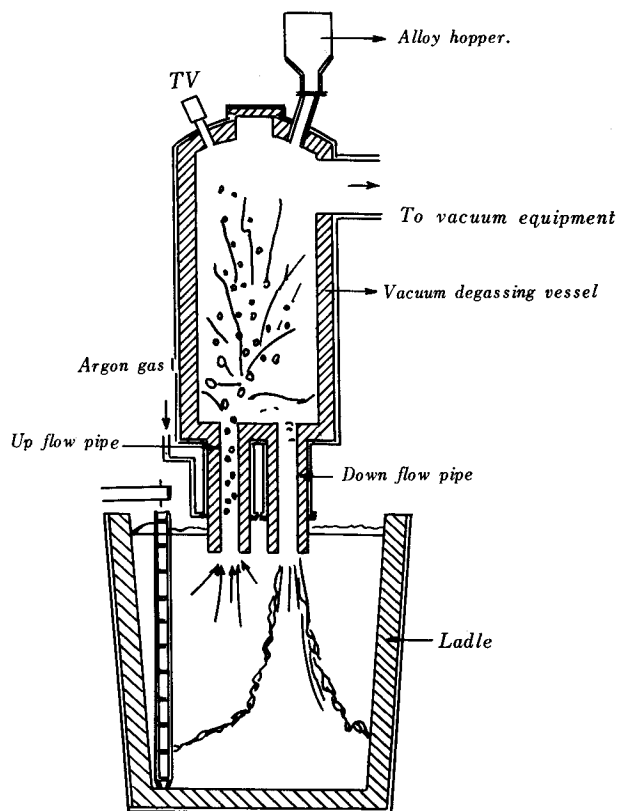
第2図 連铸設備の基本系統図
Fig. 2 Process flow for continuous casting machine

従来法では、溶鋼をインゴットケースに注ぎ入れて、自然放冷により凝固させてから再び加熱炉で加熱後、分塊圧延機に流すパッチ工程であったものを、連铸プロセスでは取鍋に溶鋼を受け、水により強制冷却しスラブ、ブルーム、ビレットといった形にしてしまうものである。第2図に連铸設備の基本系統図を示す。

連铸の前工程として、溶鋼に2次精錬が行われるのが最近では通例である。第1図の例では、取鍋内で精錬するLF(Ladle Furnace)法を採用している。この方法は、取鍋内でアーク加熱しながら、還元スラグ精錬を行うもので、高級鋼の量産を可能にした設備である。第3図に取鍋精錬設備の概念図を示す。さらに第1図ではRH(Ruhrstahl-Heraeus)脱ガス法が採用されている。RH法は低炭素未脱酸鋼の如くガス発生が著しい溶鋼より、真空脱酸によってキルド鋼を製造し、あるいは極低炭素鋼を製造するのに適した方法で、さらに合金剤の添加が自由に行なえ、歩留もよいので成分の微調整が可能である。また脱水素効果も著しく、しかもこれらが短時間(約15~25分)で処理可能である。第4図にRH脱ガス法の概念図、第5図に真空発生装置のフローシートを示す。



第3図 取鍋精錬設備
Fig. 3 Ladle furnace



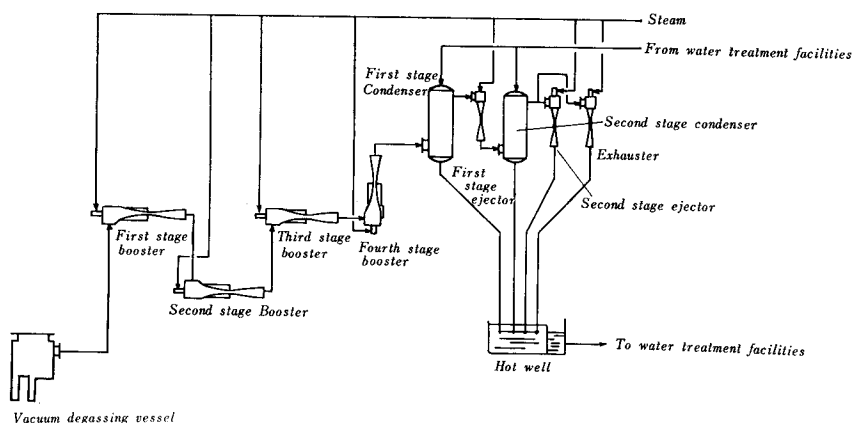
第4図 RH脱ガス法の概念図
Fig. 4 RH Degassification system

2. 2 連铸工場の循環水の水質

連铸工場における水の使用先は、間接冷却系、直接冷却系、RH脱ガスコンデンサー系、電気集塵機の洗浄水等の4系統に分類できる。

2. 2. 1 間接冷却系冷却水

間接冷却系冷却水はRH脱ガス装置、モールド、ロールピンチロール、油圧クーラー等の冷却に使用され、水温のみに上昇し温度差は約10~15°Cである。この内モールド



第5図 真空発生装置フローシート
Fig. 5 Vacuum equipment

は熱伝導をよくするため銅又は銅合金が使用され、非常に熱負荷が高い (20~50万 kcal/m² hr) のが特長である。第1表にわが国の28の連鑄工場における間接冷却水および直接冷却水の水質例を示す。

第1表 間接冷却系および直接冷却系の水質例
Table 1 Quality of indirect & direct cooling water

	Indirect cooling system min-max (ave.)	Direct cooling system min-max (ave.)
pH	6.7—8.9	6.9—8.4
Suspended solid (mg/ℓ)	2—21(5.4)	1—35(9.6)
Electric conductivity (μS/cm)	122—1467(508)	122—1467(573)
M Alkalinity (as CaCO ₃ mg/ℓ)	3—117(41.1)	3—69(64.3)
Ca Hardness (as CaCO ₃ mg/ℓ)	6—169(91)	20—169(102.8)
Cl ⁻ (mg/ℓ)	23—327(85)	7.3—327(94.9)
SiO ₂ (mg/ℓ)	4.3—38.5(11.8)	7.5—33.5(19.9)
T-Fe (mg/ℓ)	0.25—5.5(1.3)	0.29—5.5(1.43)

2.2.2 直接冷却系冷却水

直接冷却系冷却水は第2図に示すように、2次スプレー水、ガスカッターのジェット水に利用される。又冷却水ではないが発生スケールをスケールピットへ流し込むためにスケールフラッシング用の水も使用される。直接冷却水中には冷却時にはくりした酸化鉄のスケール、油脂およびモールドに使用されているフラックス等が混入している。スケールの発生量は生産量の0.6~0.8%である。第2表にスケールの粒度分布の一例を示す。

連鑄においては、造塊一分塊法のように自然冷却でなく、スプレー水により強制的に冷却している。従ってスプレー水のコントロールは鑄片内部の品質の劣化を防止するために非常に重要なファクターである。このスプレーに使用さ

れるノズルの径は0.6~4 m/m程度と非常に小さいため、ノズルの閉塞が問題となる。ノズルの閉塞はスプレー水の減少につながり、製品に致命的欠陥を与えることになる。第3表に障害を起したノズル付着物の分析結果を示す。第3表に示すように付着物には3つのタイプがある。最も多いのはAに示すようにFe₂O₃が主成分の場合で、これはスプレー配管の腐食によるものと考えられる。最近ではスプレー系の配管材質をすべてSUS 304で施工している場合もあるが、一般には送水ポンプ吐出側に80メッシュ程度のオートストレーナーを設け、設備内の分枝配管に200メッシュ程度のストレーナーを設置し、それ以降の配管をSUS 304の配管にしている場合がほとんどある。又連鑄単独の工場では水バラン

ス上補給水量が多すぎて無理であるが、製鋼・圧延の一貫工場では直接冷却系への補給をスプレー水を通して行うこ

第2表 連鑄スケールの粒度分布の一例
Table 2 Particle distribution for C/C scale

Particle size (μm)	Weight (%)
≥ 2	10.5
1 ~ 2	16.5
0.5 ~ 1	26.0
0.25 ~ 0.5	21.0
0.1 ~ 0.25	16.3
0.075 ~ 0.1	6.9
0.050 ~ 0.075	0.7
0.025 ~ 0.05	0.8
≤ 0.025	1.3

第3表 スプレーノズル付着物の分析例
Table 3 Composition of adhered material on spray nozzle

	A (%)	B (%)	C (%)
Ignition loss	—	1.7	29.56
Not dissolved for acid	1.13	30.7	10.63
Fe ₂ O ₃	77.37	19.1	12.21
CaO	1.04	29.6	32.33
MgO	1.09	0.9	12.80
SO ₃	< 0.1	—	< 0.1
P ₂ O ₅	5.6	< 0.1	< 0.1
ZnO	1.21	—	2.25
Rate of breaking out	66.7%	16.7%	16.7%

とにより、工業用水をスプレー水として使用し、スプレーノズルの閉塞等のトラブルもなく、45日間以上の連続運転の良好な結果を得ている例もある。

2. 2. 3 RHコンデンサー冷却水他

RHコンデンサー冷却水は第5図に示すように、パロメトリックコンデンサーにおいてブースターおよびエゼクターの駆動蒸気を凝縮させるものである。

RHコンデンサー冷却水には脱ガス時に同伴する溶鋼のダストが混入する。ダスト量は最もガス発生の多い未脱酸鋼で30~40 mg/ℓ、脱酸鋼で4~5 mg/ℓ程度である。このダストは非常に粒径が細かいのが特徴であり、第4表に粒度分布の1例を示す。

第4表 RHコンデンサー流入ダストの粒度分布の一例
Table 4 Particle distribution of dust from RH condenser

Particle size (μ)	Weight (%)
10 ~ 20	24.2
8 ~ 10	3.2
6 ~ 8	3.9
4 ~ 6	9.3
2 ~ 4	17.3
1 ~ 2	20.1
~ 1	22.0

第5表 RHコンデサー給水水質
Table 5 Quality for supply water to RH condenser

	Maker's requirement water quality	Examples
pH	6.5 — 9.0	6.6 — 8.9
Suspended solid (mg/ℓ)	nor 50 max 700	5 ~ 570
Cl ⁻ (mg/ℓ)	nor 150 max 200	19 ~ 160
Ca Hardness (as CaCO ₃ , mg/ℓ)	nor 150 max 200	34 ~ 115
Electric conductivity (μS/cm)	nor 800 max 1000	393 ~ 1,980

RHコンデンサーへの給水水質はメーカーより管理水質が示されているが、SSはともかく、他の溶存塩類については海水で使用している場合もあり参考として考えておく程度でよい。工業用水を補給水とすると、純水である蒸汽が補給水の一部となるため、一般に溶存塩類は低くなる。第5表にRHコンデンサー給水水質のメーカー管理水質と実績例を示す。

RHコンデンサーに使用される水量はコンデンサーの熱収支から次のように求められる。エゼクターおよびブースターの蒸気消費量を S_0 (kg/h)、蒸汽のエンタルピー i_s (kcal/kg)、コンデンサーの入口温度 t_1 (°C) 出口温度 t_2 (°C) とすればコンデンサー冷却水量 W は

$$W = \frac{S_0 (i_s - t_2)}{1000 (t_2 - t_1)} \quad (\text{ton/h})$$

となる。

連铸工場には精整工程におけるスカーフィング時に発生

するダストを集塵するための電気集塵機が設けられている。この電気集塵機には洗浄水が必要なため、ここからも相当粒径の細かいダストを含む排水が出る。量としては数10 m³/h、ダスト発生量は生産量の0.1%程度である。給水水質は30~50 mg/ℓとRHコンデンサーよりも良質な水が要求される。

2. 3 水処理設備

連铸工場の水処理設備といっても、RHコンデンサー冷却水を除いて、一般の圧延排水処理と何ら変るものではない。

従って本項の間接冷却および直接冷却水処理設備についての考え方は、鉄鋼の戻水処理に共通のものである。

2. 3. 1 間接冷却水処理設備

最近建設される連铸圧延設備では、ほぼ完全に直接冷却系と間接冷却系とは分離されている。直接冷却系と間接冷却系とが混合している場合、スケール防止剤、防食剤等の薬品が消耗率の激しい直接冷却系（水中のSSに約90%の薬品が吸着されるといわれている）に混入し、薬品費が大幅にアップする。間接冷却系に薬品の注入が必要となっても経済的理由により注入を断念する場合もある。

このように直接冷却系と分離された間接冷却系水処理設備は冷却塔給水ポンプ、薬品注入設備、サイドフィルター等で構成されている。最近の間接冷却系では薬品処理される例が多いが、薬品コストの低減のため、既設実績を調査し、間接冷却系を薬品の必要なものと不必要なものに分けることも考えられる。

例えば熱負荷は高いが定期的に交換されるモールドよりも、むしろロール冷却およびRH脱ガス装置の機器冷却のような40A以下の細い配管に、腐食からの錆こぶによる閉塞がみられるなどの調査から配管材質の変更やこの系にのみ薬品処理をしている例などがある。

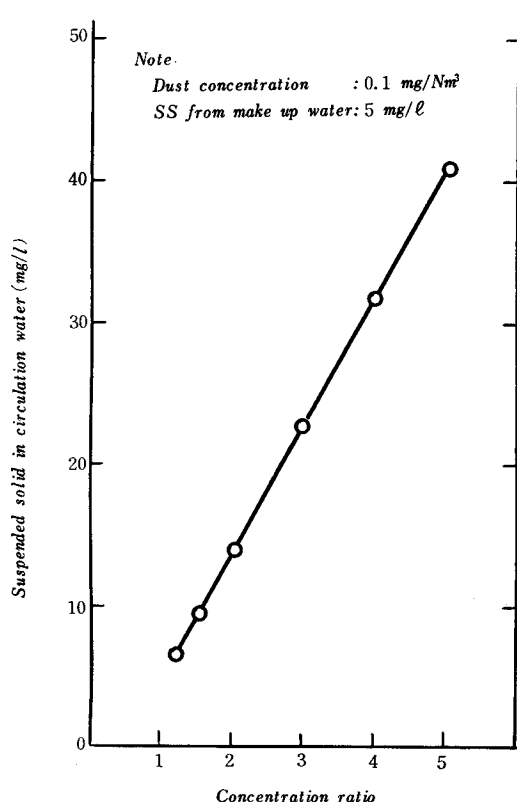
サイドフィルター

間接冷却系を分離した場合、冷却塔の集塵効果により大気中のダストが系内に取り込まれ、補給水中のSSも濃縮されるため循環水中のSS濃度がアップする。SSの上昇は濃淡電地の形成因となり腐蝕を発生させることからできるだけSSを除去する必要がある。第6図にサイドフィルターを設置しない場合の濃縮比と循環水中のSS濃度の関係を示す。

第6図より濃縮比3において運転する場合、循環水中のSSは23 mg/ℓとなり、間接冷却系の水質としては非常に悪いものになるが、サイドフィルターの設置により循環水のSSを5 mg/ℓ以下にすることができる。

第6表に連铸間接冷却系サイドフィルターとして採用された自動サイフォンフィルターの運転結果を示す。

以上述べたことは開放型の冷却塔により循環水を冷却した場合である。開放型の冷却塔を使用した場合、循環水量の約0.18%の蒸発損失があるため、補給水の確保の点から、最近建設されている中近東あたりの製鉄所においては密閉型の冷却方式をとっている場合がほとんどである。この場合、冷媒としては海水が使用され、熱交換器としてチタン製のプレート型熱交換器が使用される。このように海水を冷媒とした密閉型の冷却方式を採用すれば、蒸発損失がないため、補給水をほとんど0とすることができ、従っ



第6図 濃縮比と循環水中のSSの相関
Fig. 6 SS in circulation water vs. concentration ratio

第6表 サイドフィルター運転データ
Table 6 Operating data of side filter

	1		2		3	
	Influent	Effluent	Influent	Effluent	Influent	Effluent
pH	6.8	6.9	6.7	6.9	6.8	6.9
Suspended solid (mg/l)	4	0.4	3	0.2	4	0.2
T. Fe (mg/l)	0.83	0.67	0.80	0.65	0.73	0.60
Electric conductivity (μ S/cm)	282	283	279	277	284	279

[Quantity of holding SS] 460 g/m² cycle
[Flow rate] 6.8 m/h
[Back washing cycle] 20 h
[Feed rate of corrosion and scale inhibitor] 20~30 mg/l each

でブロー量もほとんど0となるため、薬品費も非常に少なくすむ等のメリットが期待できる。

又最近、未凝固鋳片内の溶鋼に外部から磁力を加えて攪拌する電磁攪拌装置が適用されるようになり、特に高級鋼の連鋳には不可欠のものになっている。この電磁攪拌装置の電磁コイルの冷却水に純水が使用されている場合がある。純水は理論的には酸素がなければ鉄を腐蝕させることもなく、当然スケールも起さず冷却水としては最も理想的である。電磁攪拌装置以外にも転炉のランス、連続焼鈍装置、加熱炉等の熱負荷の高い場所に使用されている例がある。第7表に電磁攪拌装置の冷却に使用されている純水循環の水質例を示す。

第7表 電磁攪拌装置の冷却に使用されている純水の水質例
Table 7 Quality of pure water for cooling of electro magnetic stirrer

pH	6.9
Turbidity (units)	0.3
Electric conductivity (μ S/cm 25°C)	7.9
M Alkalinity (as CaCO ₃ , mg/l)	5.0
Total hardness (as CaCO ₃ , mg/l)	≤ 0.28
Ca hardness (as CaCO ₃ , mg/l)	≤ 0.25
COD _{Mn} (mg/l)	0.28
Cl ⁻ (mg/l)	≤ 4.0
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	≤ 3.0
SiO ₂ (mg/l)	0.05
Mn (mg/l)	≤ 0.02
T-Fe (mg/l)	0.12

2.3.2 直接冷却水処理設備

直接冷却系の処理プロセスは従来から採用されてきた

スケールピット→沈殿池→高速ろ過器→冷却塔→給水設備

の通常のプロセスが現在でも大勢を占めている。しかしそれぞれの単位機器も省力化、省エネルギー、メンテナンスの容易さ、およびコストミニマムの点から種々の工夫がなされており、次項において概説する。

(1) スケールピット

連鋳、圧延工程から発生するスケールは冷却水と共にスケールスルースを経てスケールピットへ流入する。スケールピットでは比較的粗いスケールを沈殿させ、ポンプの摩耗を防ぐ目的で設置されている。スケールピットの設計は従来経験的に滞留時間7~20分程度で行われていたが、最近では流入スケールの粒度分布のデータの整理により、経済性を含めた詳細な検討が可能となっている。即ちスケールピットは一般にはGL-10 m以上の地下深いところへ作られることが多いため、スケールピットでの分級粒径を小さくすると土木工事費が高くなる。しかし水質は良くなるため、効率のよい汎用ポンプが使用でき、電力費が安くなる。逆に分級粒径を大きくすれば土木工事費が安くなるが、ポンプの摩耗対策から効率の悪いスラリーポンプを使用しなければならない。

従ってスケールの分級粒径によりトータルコストをミニマムにするよう検討する必要がある。連鋳工場のスケールピットについて、第2表に示すような粒度分布のデータをもとに検討した結果では分級粒径80 μ 、滞留時間6.7分の時が最も経済的であった。

又線材工場の場合は圧延機が2階設置になる時もあるが、この場合はスケールピットも浅くなり、土木工事費が安くなることから、沈殿池も地下式とし、沈殿池への送水ポンプを不用にできる。沈殿池への送水ポンプを不用とすることが出来れば、土木工事費がかさんでも経済メリットがでる場合があり、ここでもコストミニマムにするための検討が必要となる。

スケールピットに堆積したスケールの排出は従来、人力によるクラブバケットの操作によってきたが、最近ではこれをシーケンスプログラムにより全自動で操作することが多くなってきている。

(2) 沈 殿 池

沈殿池の型式は一般に横流沈殿池が採用されている。本項では最近の実施例から横流沈殿池に傾斜管を設置した、傾斜管沈殿池について報告する。傾斜管の効果としては、

- (1) 単位沈殿面積当りの処理量の増加
- (2) レイノルズ数が小さく、流水が層流となり流動状況が理想状態に近づく。

このような効果のため 2,000 m³/h 程度の同一処理能力の沈殿池と傾斜管沈殿池のコスト比較をすると、土木工事で約1/6.3、機械設備で1.1倍、全体で1/3.5程度となる。このようにコスト的にメリットのある傾斜管が鉄鋼廃水にほとんど採用されなかった理由としてはスケールの堆積による傾斜管の閉塞が懸念されたことであった。しかし、線材工場の循環水による長期のテストの結果、傾斜角が60°程度であれば約 4~5 kg/m² 堆積すればそれ以上の堆積はないことを確認した。この結果をもとに、線材工場水処理設備の沈殿池に傾斜管沈殿池を採用し、納入後1.5~2年経過した現在でもスケールの堆積もなく良好に運転中である。第8表に運転結果の一例を示す。

沈殿池に堆積したスケールの排泥方法としては、スラッジラグーンと称するクラブバケットで排泥作業を行う方法もあるが、省力化の点からもミード型、リンクベルト型、マルチレーキ型、水中ポンプ走行型等による自動集泥が一般的である。傾斜管を設置した場合はミード型および水中ポンプ走行型は構造上採用できず、リンクベルト型かマルチレーキ型となる。鉄鋼スケールのように摩耗が激しい場合はリンクベルト型はメンテナンスの面から採用できず、マルチレーキ型が適当である。又一般の沈殿池では大容量の場合は水中ポンプ走行式が経済的に有利である。

(3) 汙 過 設 備

鉄鋼廃水処理の汙過設備としては、アンサラサイト、汙砂の複層メディアを有する通水速度 30~40 m/h のわが社のスーパーフィルターが多数採用されており、数百基の実績がある。我々はこの多数の実績データをもとにさらに

- (a) 低層高化（当社比、従来型の60%）
- (b) 空気-水 同時洗浄可能なレオパルドブロックの採用
- (c) 最も経済的な基数の選定

等の検討を加え、差圧が小さく、処理および逆洗性能に優れ、かつ低コスト化を実現したスーパーフィルターを最近の鉄鋼廃水処理設備に組み込んでいる。

第9表にこうした検討を加えたスーパーフィルターの運転データの一例を示す。上記の運転結果からも、この型式のフィルターの特長は原水水質の変動に対して処理水質が安定しているこ

第8表 傾斜管沈殿池 運転データの一例

Table 8 Operating data for sedimentation basin with inclined tube

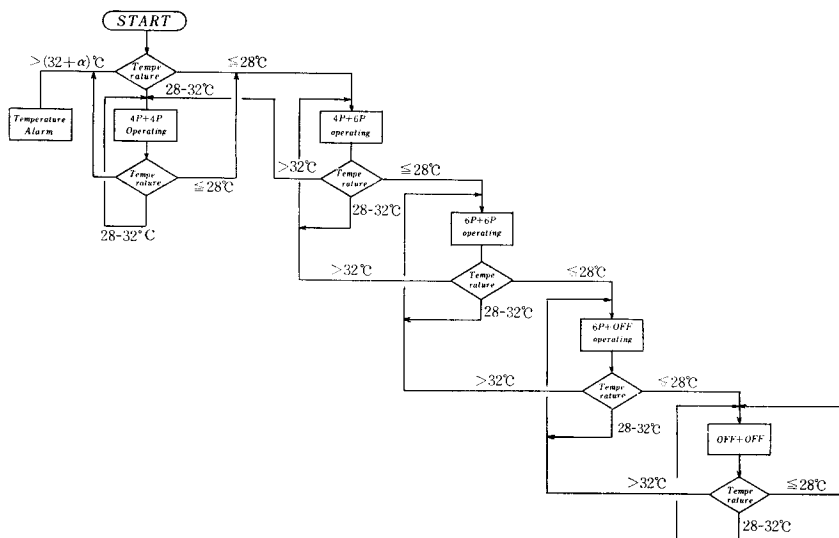
	1		2		3		4	
	In-fluent	Ef-fluent	In-fluent	Ef-fluent	In-fluent	Ef-fluent	In-fluent	Ef-fluent
pH	7.8	7.8	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9	7.7
Suspended solid (mg/ℓ)	83.7	37.3	64	30.5	38	9.5	69.4	29.2
Hexane extract (mg/ℓ)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Water quantity (m ³ /h)	2,350							
Up flow rate (m/h)	12.2							

第9表 スーパーフィルター運転データ

Table 9 Operating data for Super Filter

			Wire mill	C/C Roll mill (Special steel)
Water Quantity (m ³ /h)			2,315	1, 955
Water quality	Influent	Suspended solid (mg/ℓ)	13~33	30~162
		Hexane extract (mg/ℓ)	< 1	16. 2
	Effluent	Suspended solid (mg/ℓ)	< 2	0. 8~3
		Hexane extract (mg/ℓ)	< 1	< 1
Flow rate (m/h)			30. 5	34. 7
Back washing cycle (h)			22	19. 2

とである。即ち直接冷却系の沈殿池処理水をスーパーフィルターで処理した場合、処理水SSは 5 mg/ℓ 以下にすることができる。今、直接冷却系における腐食およびスケール化現象を考えると、連铸のスプレーノズルの付着物の場合、第3表に示すように、炭酸カルシウムのスケールが出るよりも酸化鉄粒子の堆積、腐食生成物が原因となる例が多い。即ち、腐食によってできた錆くぶがスケール化し、



第7図 冷水温度コントロール用概略フローチャート

Fig. 7 Brief flow chart for temperature control of cooling water

SSを吸着しやすくなる。SSや油分が付着することは酸素濃淡電池の形成因となるために腐食が発生する関係である。

薬品類の使用が経済的に不可能である直接冷却系において腐食およびスケールの発生を抑制する効果的な方法はSSと油分を出来るだけ除去することである。数千 m^3/h の水量と処理水質のグレードおよび処理の安定性の面から判断した場合、対応可能な設備としてはスーパーフィルターが最も適していると考えられる。

(4) 冷却塔、給水設備

鉄鋼循環水処理設備において必要とする電力の70%以上が、この冷却塔と給水設備であるため、ここでは最も省エネルギーについて考慮する必要がある。冷却塔に対する省エネ対策はファンモーターの極数変換とON-OFF運転による冷水温度の調節が採用されている。

第7図に示すフローチャートにより、2セルの4/6ポールのモーターを有する冷却塔の自動運転を行った場合の検討結果を第10表に示す。我々は冷却塔の減速機の保護を考慮した自動運転プログラムを4セル、2セル+ポールチェンジ、1セル+ポールチェンジについて完成している。ユーザー各位に利用頂ければ幸いである。

次に給水設備に対しては、計画水量と実操業水量の差をいかに省エネを考慮して調節するかを事前に検討しておく必要がある。具体的には送水ポンプを選定する際にインペ

第10表 冷却塔の省エネ運転検討例

Table 10 Study for saving energy of cooling tower

	Monthly mean wet bulb temp. (°C)	Operating pattern	Shaft power (kW)	Shaft power ratio
JAN.	2.7	6P+OFF	12.9	12.9/66.6 = 0.194
FEB.	3.3	6P+OFF	12.9	0.194
MAR.	5.0	6P+OFF	12.9	0.194
APR.	11.1	6P+OFF	12.9	0.194
MAY.	15.3	6P+6P	25.8	25.8/66.6 = 0.387
JUN.	19.7	6P+6P	25.8	0.387
JUL.	23.8	4P+6P	46.2	46.2/66.2 = 0.694
AUG.	24.1	4P+6P	46.2	0.694
SEP.	22.2	4P+6P	46.2	0.694
OCT.	15.0	6P+6P	25.8	0.387
NOV.	9.8	6P+OFF	12.9	0.194
DEC.	5.3	6P+OFF	12.9	0.194
Average			24.5	0.37

Specification for cooling tower.

Circulation Quantity	1,630 m^3/h
Inlet temperature	43 °C
Outlet temperature	33 °C
Fan motor	37 kW $\times$ 4/6 pole $\times$ 2 cell
Operating pattern and shaft power (kW)	
4P+4P	66.2
4P+6P	46.2
6P+6P	25.8
6P+OFF	12.9
OFF+OFF	0

ラーカットの余裕を調査し、その余裕内での効率がよい型式のポンプを選定することも1つの方法である。

(5) 脱水設備

沈殿池の排泥、およびフィルターの逆洗排水は従来、逆洗排水槽において沈殿堆積させ、クラブバケットで排出する例が多かったが、作業環境の悪化、スラッジの取扱の問題等により、最近ではほとんど脱水設備が設置されている。脱水設備としては真空ベルトフィルター、デカンター、フィルタープレスがあるが、スラッジに油を含むこと、又非常に摩耗性があることにより、フィルタープレスが採用される例が多い。フィルタープレスも従来のように消石灰等の脱水助剤を用いることなく、ダイアフラム膜付圧搾型フィルタープレスにより無薬注で運転されている。その運転結果を第11表に示す。

第11表 フィルタープレスの運転データ

Table 11 Operating date for filter press

Kind of slurry	C/C, Roll mill
Filtering pressure (kg/cm 2 g)	4
Filtering time (min.)	40
Compressing pressure (kg/cm 2 g)	7
Compressing time (min.)	15
Feed-solids concentration (w/v %)	12.4
Feed-oil concentration (mg/l)	1,690
Cake-moisture content (wt%)	25.5
Cake-oil concentration (mg/g-solid)	15.5
Filtrate-solids concentration (mg/l)	2

2. 3. 3 RHコンデンサー水処理設備

RHコンデンサーの水処理法については定まった方法がなく、各社それぞれの処理をしている。これは脱ガス装置メーカーからの第5表に示す要求水質をどのように解釈するかにより水処理法も大幅に異ってくる。現在採用されている処理法は次の4方法がある。

- (1) ブローのみを他の逆洗排水等と混合して凝集沈殿
- (2) バッチ方式の凝集沈殿処理
- (3) 凝集沈殿による部分処理
- (4) 電磁フィルターによる部分処理

我々はバロメトリックコンデンサーの構造上、水質による問題はないものと考え、ほとんどの場合(1)で対処しているが、場合によっては薬注装置のみ設置し、SSが上昇した時のみ凝集剤を注入する(2)の方法を採用することもある。その他スカーファの電気集塵廃水は含有するダストの粒度が非常に細いため、沈殿池で処理すれば系全体の水質の悪化を招くおそれがあり、一般には汙過設備の逆洗排水、RHコンデンサーのブロー水と共に凝集沈殿処理される例が多い。

3. む す び

以上連铸設備の水処理を通して最近の鉄鋼屎水処理について概説的に述べてきた。非常に広範囲な項目のため、舌足らずのところが多々あるが御容赦願いたい。

当社では今後共、メンテナンスを含めたコストミニマムなプロセスおよび処理設備を提供していく所存であり、ユーザー各位の御要望に応じて行きたいと考えている。

高効率イオン交換装置「スーパーフロー」

"SUPER FLOW" High Efficient Ion Exchanger

環境装置事業部製品開発室

赤 司 敏 彦
Toshihiko Akashi

広 岡 隆 志
Takashi Hirooka

A highly efficient ion exchange process demineralizer, the "SUPER FLOW" featuring upward flow service and downward flow regeneration has been investigated.

Any advantages of the "SUPER FLOW" demineralizer include low chemicals and rinsing water consumption, consistently superior effluent quality, use of non-treated water for diluting regenerants and for rinsing the bed and backwashing in the column without an additional backwash tank.

This paper presents flow diagrams, column construction, regeneration schedules, and test run results of our pilot plant as well as a full-scale field plant.

上向流通水，下向流再生による高効率イオン交換装置「スーパーフロー」に関する開発を行った。

スーパーフロー脱塩装置は，再生薬品必要量および洗浄水量が少ない，処理水質が良く，しかも安定している，再生薬品の希釈水および洗浄水に原水を使用できる，同一塔内で逆洗でき，特別に逆洗水槽を設ける必要はない，など多くの特長を有している。

今回はパイロット装置および実装置に関するフローシート，塔構造，再生行程，運転結果などについて報告する。

1. ま え が き

イオン交換装置に向流接触技術が応用されてから，十数年が経過した。この間に，向流再生を実現するため，多くのアイデアや技術が生まれ，実用化されている。

向流再生方式には，下向流通水で上向流再生と，上向流通水で下向流再生の2方式があり，当社では，前者について，既に商品化を行ない販売してきた。今回，新しく開発したイオン交換装置スーパーフローは，後者の方式を採用しており，特に，再生薬品費の低減を計り，イニシャルコスト，ランニングコスト両面で優れた装置として，商品化を行なった。

以下にスーパーフローの概要，およびパイロット装置，実装置による運転の結果を紹介する。

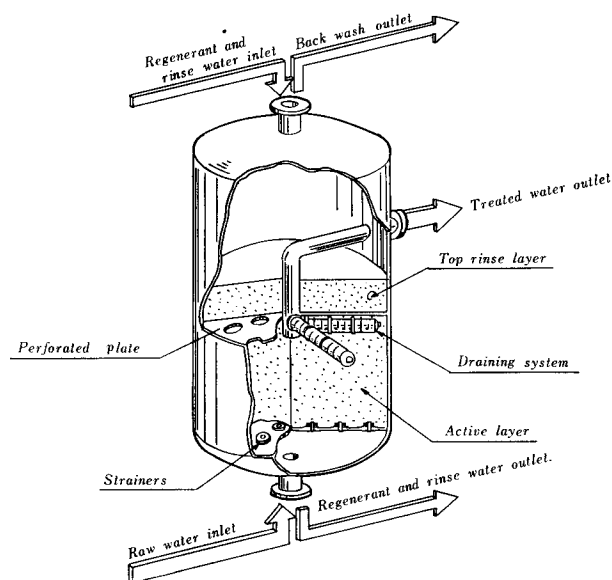
2. スーパーフローの概要

2.1 スーパーフローの構造

第1図に，スーパーフローの構造を示す。イオン交換塔の内部には，2枚の仕切板があり，下部の仕切板には，ストレーナを取り付けている。このストレーナは，イオン交換樹脂は通さず，水のみを通す構造となっている。中央の仕切板は，イオン交換樹脂と水が自由に出入りできる孔を，一定の間隔で配置した多孔板である。

多孔板のすぐ下には，集水コレクタを一定の間隔で配置しており，処理水を均等に集水できるようになっている。

イオン交換樹脂は，通常，この多孔板の上部，200～300 mmまで充填される。多孔板上部のイオン交換樹脂層を，リンス層と呼び，再生時の洗浄水を塔内で製造するために



第1図 スーパーフローの構造

Fig. 1 Column structure

用いる。これに対し，多孔板下部のイオン交換樹脂層を，活性層と呼び，通水時に，イオン交換負荷のかかるところである。リンス層上部の空間は，イオン交換樹脂を逆洗時展開させるためのスペースである。

再生は下向流で行なう。再生薬品，および洗浄水はイオン交換塔頂部より流入し，下部のノズルから流出する。

逆洗を行なう時は，イオン交換塔下部より頂部へと水を流し，この水流によりイオン交換樹脂を塔内上部空間に展開させて行なう。

2.2 スーパーフローの特長

向流再生方式によるイオン交換装置の特長は，従来の並流再生方式と比べ

1. 再生薬品の利用効率（再生効率）が高い。

2. 洗浄水量が少ない。
 3. 原水のイオン濃度、および組成の影響を受けにくく、安定した高度な処理水が得られる。
- 等が掲げられる。

スーパーフローは、これらの向流再生方式の特長に加え

4. 被処理水で洗浄が行なえる。
 5. 上向流通水のため逆洗の頻度が少なくすむが、特別に逆洗槽を設ける必要がなく、同一塔内で逆洗が可能である。
 6. 下向流再生のため薬液注入時イオン交換樹脂層は下向に固定され、薬品と十分な反応が行なわれる。
- 等の特長をもつ、ユニークなイオン交換装置である。

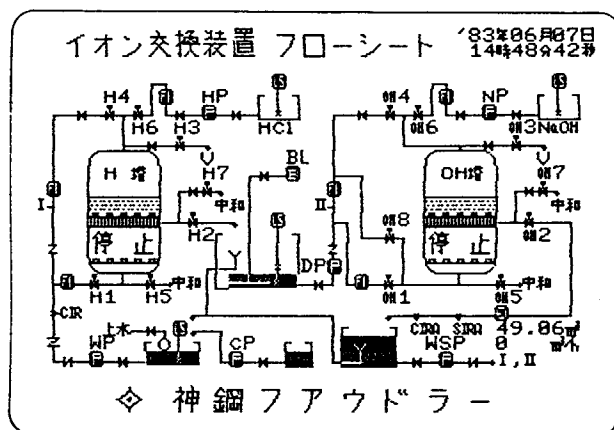
3. パイロット装置による運転結果

3.1 パイロット装置の概要

第2図に、パイロット装置のフローシートを示す。原水は、原水槽から原水ポンプ(WP)によりポンプアップされ、カチオン交換塔(H塔)下部より上向流で塔内へ流入し、脱カチオンされた後集水コレクタから流出し、中間槽へ流入する。中間槽では、ブロー(BL)で空気ばっ気を行い、カチオン塔処理水中の炭酸ガス(CO₂ガス)を追い出す。炭酸ガスが除去された脱炭酸水は、中間ポンプ(DP)により、アニオン交換塔(OH塔)下部より上向流で塔内へ流入し、脱アニオンされた後集水コレクタから流出し、積算流量計(FQ)、シリカ計(SIRA)、電気伝導度計(CIRA)を通過して純水槽へ流れる。純水は、一部原水槽へ戻し再利用するとともに、薬品の注入によりイオン濃度を調整している。

カチオン交換塔(H塔)の再生は、まず、再生薬品(HCl)をHCl計量槽から塩酸ポンプ(HP)により、カチオン交換塔頂部より下向流で流入させ、リンス層、および、活性層と接触させ、塔下部から流出させる。つぎに、原水を同様に塔頂部より下向流で流入させ、リンス層で脱カチオンし活性層を洗浄する。

また、アニオン交換塔の再生は、再生薬品(NaOH)をNaOH計量槽から苛性ポンプ(NP)により、アニオン交換塔頂部より下向流で流入させ、リンス層、および活性層と



第2図 パイロット装置のフローシート (画面コピー)
Fig. 2 Flow sheet of pilot plant (CRT copy)

第1表 パイロット装置の仕様
Table 1 Specification of pilot plant

Raw water tank: PVC	
□ 940×1,030 ^H	0.9m ³
Raw water pump: FC (Centrifugal type)	
1.33 m ³ /min×23 mAq×7.5 kW	
Cation exchange column: SUS 304	
φ 500×1,638 ^H	
Ion exchange resin Lewatit S100 WS 200ℓ	
Degasified water tank: PVC	
φ 1,380×1,510 ^H 2m ³	
Roottype blower: FC	
2 Nm ³ /min×5.5 mAq×5.5 kW	
Decationized water pump: SUS 304 (Centrifugal type)	
50ℓ/min×50 mAq×5.5 kW	
Anion exchange column: SUS 304, PVC	
φ 500×1,638 ^H	
Ion exchange resin Lewatit M 600 WS 200ℓ	
Chemical injection pumps	
HCl pump	4ℓ/min×9 mAq×0.15 kW
NaOH pump	220ℓ/min×10 mAq×0.75 kW
Mineral pump	140cc/min×2 plunger×0.1 kW
Piping: PVC (main size 40A)	
Valves: Pneumatic air operated	
Sanders type valve FC (R.L)	
PVC ball valve	
Controller and Consol	
Personal computer	
Color CRT display	
Serial printer	
Interface unit	
Panels	
Power supply panel	
Solenoid valves panel	
Invertor for decationized water pump:	
200 V×5.5 kW	

接触させ塔下部から流出させる。そして、脱炭酸水を同様に塔頂部より下向流で流入させ、リンス層で脱アニオンし活性層を洗浄する。

第1表に、パイロット装置の仕様を示す。カチオン交換塔、アニオン交換塔はともにφ500×1,638^Hの寸法で、活性層160ℓ、リンス層40ℓのイオン交換樹脂を充填している。

イオン交換樹脂は、カチオン交換塔に LEWATIT S100 WS、アニオン交換塔に LEWATIT M 600 WSを、それぞれ使用した。

なお、パイロット装置の制御には、パーソナルコンピュータを利用し操作性の向上を計っている。

写真1に、カチオン、アニオン交換塔、および配管類を、写真2に、パーソナルコンピュータ、周辺機器、および電気盤を示す。

3.2 パイロット装置の運転

第2表に、パイロット装置のシーケンス表を示す。逆洗は、カチオン交換塔で3か月に1度、アニオン交換塔で6か月に1度行なう。(ただし原水水質により変化する。)

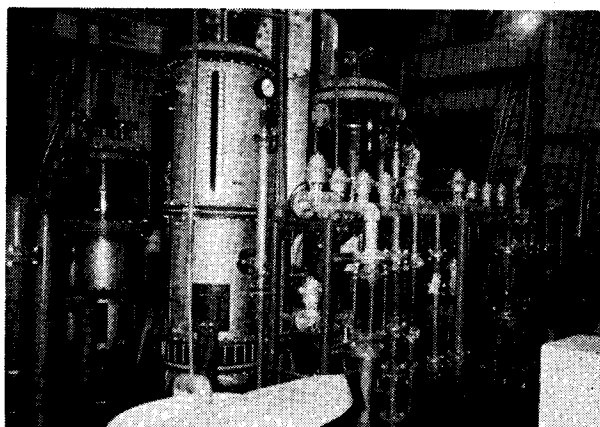


写真 1 カチオン(中央), アニオン(右側)交換塔, および配管類 (パイロット装置)

Photo.1 Cation and anion exchangers and pipe lines

第 2 表 パイロット装置のシーケンス表 (画面コピー)

Table 2 Sequence table of pilot plant

イオン交換装置 シーケンス									
'83年06月07日 14時58分02秒									
H 塔					OH 塔				
HHHHHHHWHB					DCN				
1234567PLP					12345678PPP				
通水	1/2	●●	●●		●●	●●			3000
逆洗	1/2	●●	●●		●●	●●			0020 0000
再生	1/2	●●	●●		●●	●●			4000 2000
	3/4	●●	●●		●●	●●			0030 0000
	5	●●	●●		●●	●●			3500 0000
		●●	●●		●●	●●			4000 0000
		●●	●●		●●	●●			0006 0000
◇ 神鋼ファウドラ									

逆洗を行う場合は逆洗(第2表逆洗1参照)後, 押水工程(第2表逆洗2参照)に入り, その後, 再生を行なうが, この場合, 通常の1.5~2倍の薬品を使用する。

通常の再生(逆洗を行なわない場合)は, まず, 薬注工程(第2表再生1参照)から入るが, 再生薬品の注入時間をカチオン交換塔15分, アニオン交換塔20分に設定している。

つぎに, 洗浄工程に入り, カチオン交換塔の場合, 2.5~3BV(Bed Volume), アニオン交換塔の場合, 3~4BVを, $SV3\sim5h^{-1}$ の流量で洗浄する。(第2表再生2, 3, 4参照)。

洗浄が終ると解し工程(第2表再生5参照)に入り, 洗浄中に圧密された活性層内のイオン交換樹脂にかかる圧力を緩和する。

以上で, 再生は終了し, 通水工程に入る。したがって, 逆洗を行なわない場合, 再生所要時間は約2時間である。

原水は, 神戸市水に, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $NaHCO_3$ を薬品ポンプ(CP)で注入し, Na% (全カチオンに対するNaの比率), Alk% (全アニオンに対するアルカリ度の比率)を変化させた合成水を用いた。(1部, 純水を再利用) 第3表に, 合成原水のイオン組成例を示す。

通水流量は, $4\sim8 m^3/h$, 線速度は, $20\sim40 m/h$ で運転した。

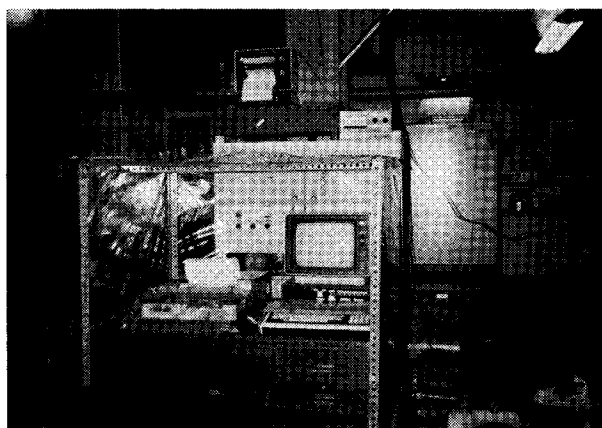


写真 2 パーソナルコンピュータ, 周辺機器, および電気盤 (パイロット装置)

Photo.2 Controller, consol and panels

第 3 表 合成原水のイオン組成例

Table 3 Synthetic raw water analysis (mg $CaCO_3/l$)

Date	Na ⁵⁾	Ca	Mg	TC ⁴⁾	HCO ₃	Cl	SO ₄	CO ₂ ³⁾	SiO ₂ ²⁾
5/11	49	47	19	115	45	70		10	
5/12	89	44	15	148	48	100		10	
5/17	56	42	22	120	60	60		10	
5/18	50	42	18	110	50	42	18	10	
5/19	53	43	16	112	52	60		10	
5/20	56	42	16	114	54	60		10	
5/23	21	70	22	113	23	90		10	
5/24	25	68	18	111	26	85		10	
5/25	25	68	19	112	27	85		10	
5/26	80	24	6	110	80	30		10	
5/27	84	22	8	114	84	30		10	
5/30	81	22	5	108	83	25		10	
5/31	77	22	8	107	27	80		10	
6/ 1	69	33	11	113	33	80		10	
6/ 8	81.3	20.9	7.5	109.7	23	79.2	7.5	10	

Note 1) Raw water was adjusted by means of chemical injection in the tap water.

2) SiO_2 was approximate $4\sim9 mg/l$ in the tap water.

3) CO_2 was assumed to be approximate $5 mg/l$ after degasifier.

4) $[TC] = [HCO_3] + [Cl] + [SO_4]$

5) $[Na] = [TC] - [Ca] - [Mg]$

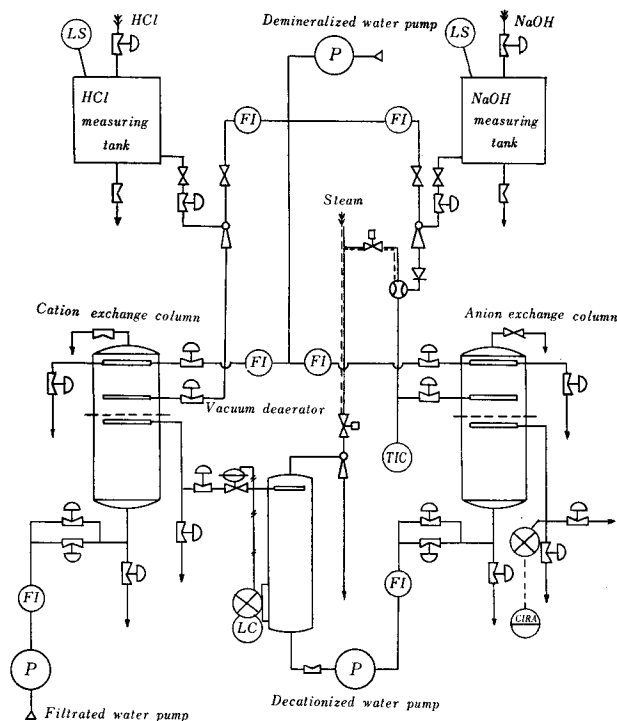
3.3 運転結果

第4表に, パイロット装置の運転結果例を示す。なお運転はカチオンブレイクを先行させて行なったため, アニオン交換樹脂の交換容量 operating capacity A (イオン交換樹脂単位容量当りの交換したイオン量), 化学量論係数 stoichiometric coefficient A (再生に要する薬品量と実際に交換したイオン量との比率)は, 貫流点の値を示していないので注意頂きたい。

また, 再生レベル(イオン交換樹脂単位容量当りの再生

第4表 パイロット装置の運転結果例
Table 4 Operating results of pilot plant

Date	Break through column	Treated water quantity m ³	Na %	AlK %	WA %	Operating Capacity (g CaCO ₃ /t-R) C/A	Stoichiometric coefficient C/A	Chemical dosage (g/t-R) C/A
5/11	C	65.0	42.6	39.1	12.5	46.7/32.0	1.15/1.46	40/42
5/12	C	59.0	60.1	32.4	9.1	54.6/39.9	1.04/1.32	40/42
5/13	C	55.0	31.1	43.9	14.3	36.8/23.6	1.54/2.22	41.26/42
5/16	C	74.8	45.3	40.0	18.2	35.1/25.4	1.61/2.07	41.26/42
5/17	C	60.4	46.7	50.0	14.3	45.3/26.0	1.36/2.02	45/42
5/18	C	69.6	45.5	45.5	14.3	47.9/30.0	1.29/1.75	45/42
5/19	C	69.1	47.3	46.4	14.3	48.4/29.8	1.27/1.76	45/42
5/20	C	68.9	49.1	47.4	14.3	49.1/29.7	1.26/1.78	45/42
5/23	C	64.7	18.6	20.4	10.0	45.6/39.8	1.35/1.32	45/42
5/24	C	61.6	22.5	23.4	10.5	42.7/36.0	1.44/1.46	45/42
5/25	C	62.7	22.3	24.1	10.5	34.9/36.6	1.40/1.19	45/35
5/26	C	69.0	72.7	72.7	25.0	47.4/17.0	1.30/3.01	45/42
5/27	C	69.1	73.6	73.6	25.0	49.2/17.0	1.25/3.08	45/42
5/30	C	75.8	75.0	76.9	28.6	51.2/16.4	1.20/3.21	45/42
5/31	A	66.8	72.0	25.2	11.1	44.7/37.0	1.38/1.37	45/42
6/ 1	C	83.0	61.1	29.2	11.1	58.6/46.1	1.05/1.14	45/42
6/ 8	A	70.7	74.1	21.0	10.7	48.5/42.1	1.27/1.04	45/35



第3図 実装置のフローシート
Fig. 3 Flow diagram of full scale plant

薬品の量)は、カチオン交換樹脂については、40、および 45 g/l-R (100% HCl) アニオン交換樹脂については、35、および、42 g/l-R (100% NaOH)を採用した。(再生レベル

はそれぞれの活性層イオン交換樹脂量について示す。)

これらの運転結果から、化学量論係数は、カチオン交換樹脂については、1.1~1.4、アニオン交換樹脂については、1.2~1.4程度の値が得られた。なお、カチオン交換樹脂の貫流点は、電気伝導度で $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、アニオン交換樹脂の貫流点は、 SiO_2 で $0.1 \text{ mg}/\ell$ (SiO_2 として)とした。

通水中の到達電気伝導度は、 $0.5 \sim 2 \mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

4. 実装置による運転結果

4.1 実装置の概要

第3図に、実装置のフローシートを示す。カチオン交換塔の原水には、工業用水を凝集沈殿処理した処理水を用いている。カチオン交換塔処理水は、真空脱気塔で脱炭酸処理され、アニオン交換塔を通して純水槽へ流れる。

再生用水は、カチオン交換塔では原水を、アニオン交換塔では純水を用いている。

カチオン交換塔は、 $\phi 1,900 \times 3,340^{\text{H}}$ で、活性層4,000 ℓ 、リンス層800 ℓ 、アニオン交換塔は、 $\phi 2,250 \times 3,340^{\text{H}}$ で、活性層6,000 ℓ 、リンス層800 ℓ のイオン交換樹脂を充填している。

処理量は、1系列2,000 m^3/d (91 m^3/h)で2系列ある。

4.2 運転結果

第5表に、実装置の運転結果を示す。再生レベルは、カチオン交換樹脂 (活性層) に対しては、42.9 g/l-R (100% HCl) アニオン交換樹脂 (活性層) に対しては、39.3 g/l-R (100% NaOH)を採用している。

原水水質は、全カチオンで38.2~110.4 mg CaCO_3/ℓ と大きく変動したため、採水量にも大きな差が見られる。しかしながら、処理水水質はほとんど影響を受けず、電気伝導度 $0.6 \sim 1.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、 SiO_2 0.01~0.03 mg/l (SiO_2 として)を維持している。

これらの運転結果より、化学量論係数はカチオン交換

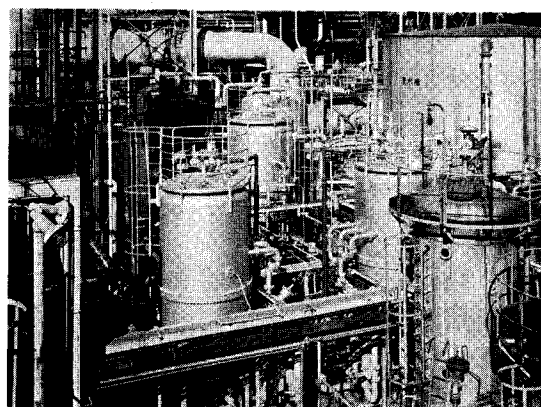


写真3 2,000 m^3/d 純水装置
Photo.3 2,000 m^3/d Demineralizer

第 5 表 実装置の運転結果

Table 5 Operating results of full scale plant

Raw water analysis (mg CaCO ₃ /ℓ)												Breakthrough column and serial number	Treated water quantity m ³	Na %	AlK %	WA %	SO ₄ %	Operating capacity (g CaCO ₃ /ℓ-R) C/A	Stoichiometric coefficient C/A
Date	Na	Ca	Mg	TC	HCO ₃	Cl	SO ₄	Others	TA	CO ₂	SiO ₂								
7/24	14.2	16.6	7.4	38.2	12.1	12.8	10.7	2.6	38.2	7.0	8.5	3 A	5,847	37.2	31.7	35.2	41.0	>55.4/39.3	<1.06/1.25
7/27	27.4	21.4	7.2	56.0	17.1	18.8	16.7	3.4	56.0	4.9	9.1	3 C=A	4,895	48.9	30.5	27.6	42.9	67.7/43.8	-/1.4
7/30	34.1	24.8	9.0	67.9	20.5	20.0	24.1	3.3	67.9	3.6	8.9	3 C	3,242	50.2	30.0	23.5	50.8	54.4/>33.5	1.09/<1.47
8/16	43.4	27.8	10.8	82.0	27.3	26.2	27.0	1.5	82.0	4.9	5.7	3 C	2,455	52.9	33.3	17.2	49.4	49.7/>27.0	1.18/<1.82
9/ 7	54.5	40.0	11.6	106.1	35.1	36.1	34.6	0.3	106.1	3.1	4.2	3 C	2,015	51.4	33.1	12.2	48.7	52.8/>27.2	1.11/<1.81
9/ 9	58.6	38.6	13.2	110.4	35.7	35.3	38.9	0.5	110.4	1.5	3.7	3 C	2,011	53.1	32.3	11.1	52.1	54.8/>28.2	1.07/<1.74

Note "C" : Cation breakthrough. "A" : Anion breakthrough

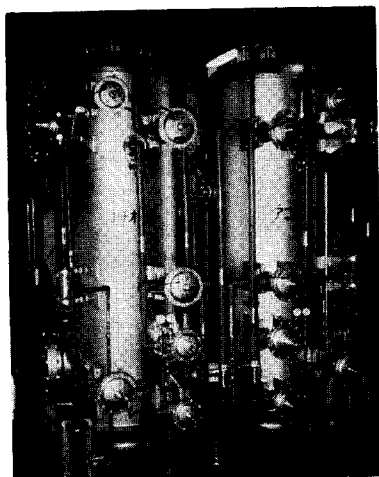


写真 4
200m³/d 純水装置
Photo.4
200m³/d Demineralizer

樹脂については、1.05~1.2, アニオン交換樹脂については、1.25~1.4程度の値が得られた。これは、先に述べたパイロット装置での運転結果とほぼ同じ結果となっている。

なお、カチオン交換樹脂の貫流点は電気伝導度10 μ S/cm, アニオン交換樹脂の貫流点は SiO₂ 0.1mg/ℓ(SiO₂として)としている。

4. 3 従来の装置（並流再生方式）との比較

本装置は、1972年に納入した2床3塔型純水装置の運転経費節減を目的として、改造したものである。従来の装置は、通水、再生ともに下向流で行なり並流再生方式であったが、今回、カチオン交換塔およびアニオン交換塔を再製作し向流再生方式のスーパーフローに変更した。

第6表に、並流再生方式との経済比較を示す。再生レベルは、並流再生方式の116 g/ℓ-R(100% HCl)92g/ℓ-R(100% NaOH)に対し、42.9 g/ℓ-R(100% HCl) 39.3 g/ℓ-R(100% NaOH)と37~43%に低減した。

1 サイクル当りの薬品使用量についても、並流再生方式の1,290 kg 35% HCl/cycle, 1,126 kg 48% NaOH/cycleに対し、スーパーフローでは、495 kg 35% HCl/cycle, 492 kg 48% NaOH/cycle と38~44%に節減できている。した

第 6 表 並流再生方式との経済比較

Table 6 Comparison of chemical consumption between Co-current system and SUPER FLOW

	Co-current system	SUPER FLOW
Raw water analysis	Total cation 109 ppm (CaCO ₃)	109 ppm (CaCO ₃)
Capacity	100 m ³ /h×20 h	91 m ³ /h×22h
Time for regenerations	4h	2h
Ion exchange resins		
Cation resin	3,900ℓ	4,000ℓ (active)
Anion resin	5,900ℓ	6,000ℓ (layer)
Chemical dosages	116g/ℓ-Resin (100% HCl) 92g/ℓ-Resin (100% NaOH)	42.9g/ℓ-Resin (100% HCl) 39.3g/ℓ-Resin (100% NaOH)
Chemical consumption		
35% HCl	1,290 kg/cycle	495 kg/cycle
48% NaOH	1,126 kg/cycle	492 kg/cycle
Treated water cost per 1 m ³		
35% HCl	16.1 yen/m ³	6.2 yen/m ³
48% NaOH	33.8 yen/m ³	14.8 yen/m ³
Total	49.9 yen/m ³	21 yen/m ³

Chemical cost : 35% HCl 25 yen/kg
48% NaOH 60 yen/kg

がって、純水の製造コストは、薬品費について言えば、並流再生方式の49.9円/m³に対し、スーパーフローでは21円/m³となり、28.9円/m³の節約となった。

5. む す び

高効率イオン交換装置スーパーフローについて、概要および、パイロット装置、実装置による運転結果を簡単に述べた。スーパーフローは、向流再生方式の特長を十分生かしながら、並流再生方式の利点である被処理水による再生および同一塔内での逆洗を可能としたユニークなイオン交換装置である。

今後、イオン交換樹脂利用による脱塩分野で、スーパーフローが広く採用されることを期待して筆をおく。

社 内 ニ ュ ー ス

1. 東京支社事務所移転について

当社は、下記により東京支社八重洲事務所を浜松町事務所に統合しました。

化工機、環境装置および冷却塔の3事業部の営業活動をより円滑に推進するため、従来八重洲と浜松町の2か所に分かれていた東京支社事務所を統合し、電話もダイヤルイン化しました。ご高承のうえ今後とも一層のご愛顧をお願い申し上げます。

記

- (1) 移転後業務開始日 '83年12月19日(月)
(2) 移転先住所 〒105 東京都港区海岸1丁目9-18
国際浜松町ビル

- (3) 新電話番号(ダイヤルイン)

案内台

化工機事業部

営業部

東京化工機課

プラント営業課

東京輸出課

東京食品機械課

精機営業課

営業推進室

環境装置事業部

環境装置営業部

東京営業第1課

東京営業第2課

水処理営業部

東京営業課

輸出課

技術部

東京グループ

設計部

東京グループ

工務部

東京グループ

冷却塔事業部

冷却塔営業部

東京冷却塔課

サービス課

社長室

資材部

総務課

技術開発本部

神鋼ファウドラ-環境管理株式会社

東京営業所

神鋼ファウドラ-サービス株式会社

東京営業所

- (4) FAX番号(GⅡ)

(03) 437-3294

- (5) TELEX番号

242-6970

2. 省エネルギー型メタン発酵廃液処理装置の1号機受注

当社は、このほど長田産業株式会社(取締役社長 長田孝氏、資本金1,000万円、本社 兵庫県東粟郡山崎町)より、高濃度廃液処理装置「ABCシステム(固定床式メタン発酵法)」による工場廃液処理設備の1号機一式を約4億円を受注した。

このシステムによる廃液処理設備の建設はわが国では初めてのもので'84年7月に建設が完了し、試運転終了後同年10月に引き渡す予定となっている。

同システムは、ABリアクター(メタン発酵槽)の内部にプラスチック製のメディアを充填してこれを嫌気性のバクテリアを付着させ、廃水を上向流で流してメタン発酵処理する。

今回受注のシステムの場合、わずか2日間の滞留時間で廃水に含まれている有機物の80%以上を分解除去できると同時に、発生するメタンガスを回収して工場燃料として利用できる省エネ型の高効率メタン発酵装置である。

当社は、'83年から米国セラニーズ社(化学薬品、樹脂の大手メーカー)の技術に基づいて、ABCシステムの装

置化を進めてきているが、昨年4月から長田産業(株)に試験装置を持ち込み、両社共同で処理効果、ガス回収などの確認テストを行っており、同システムによるメリットが確認されたので正式契約するはこびとなったものである。

長田産業(株)では、小麦でん粉および小麦蛋白質を製造する工程から有機物を平均8,000kg含む1日平均600m³の廃水が排出され、この廃水を有効容量1,000 m³のABリアクターで処理、有機物の80%以上を分解除去し、処理水は既設の活性汚泥処理装置で仕上げの処理をし放流される。

一方、70%以上のメタンを含む消化ガスは、1日当り、3,700 Nm³(熱量にして重油換算約2,700ℓに相当)が回収できる。

ガスは、脱硫の上ガスホルダーに貯留して、乾燥機およびボイラの燃料として使用される。

長田産業(株)では、現在乾燥機およびボイラの燃料として液化ガスを利用しているが、ABリアクタから発生するガスでほぼ100%代替えることが可能になるという。

また、ABCシステムによって

- (1) 乾燥機およびボイラに使用する燃料が廃液処理によって自社で産出できる。

- (2) 廃液処理に要する電力が現在の1/2以下に節減できる。

- (3) 余剰汚泥の発生量が減少し、最終処分に要する費用が、現在の1/4程度に軽減される

などのメリットによって従来法である活性汚泥処理設備に比べ年間約1億円程度の経費節減が可能となり、建設費も約3~4年で償却できるとしている。

当社は現在他のユーザーともABCシステム適用のメリットについて共同研究を進めており、今後濃厚廃液をもつ製薬、発酵、石油化学、食品、紙パルプ工場などの各分野の新設、増設、更新設備に省エネ型廃液処理システムとして積極的に拡販する方針である。

※(ABCシステム—Anaerobic Bio Contact システム)

3. わが国で初めて高圧ガス輸送用大型タンクコンテナを完成、納入

当社は、このほどわが国で初めて常温液化ガス用大型タンクコンテナ(IMO-Vに該当)2基を完成、ダイキン工業株式会社(取締役社長山田稔氏、資本金92億4,135万円、

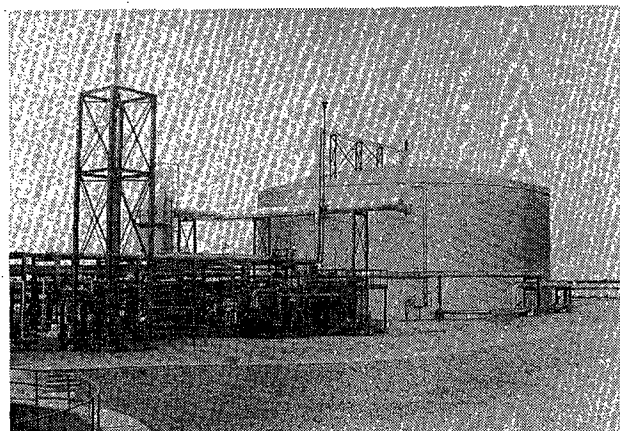


写真1 ABCシステム



写真2 常温液化ガス用大型タンクコンテナ

本社大阪市)に納入し、運輸大臣の危険物輸送に関する容器、包装許可を取得した。

このタンクコンテナは、寸法8'×8'×20'、容量13,000ℓ、圧力23 kg/cm²のもので、すでに危険物輸送を除く大型タンクコンテナとしての運輸省の型式承認、通産省の高圧ガス取締法に基づく高圧ガス容器証明、税関の型式承認など陸上海上複合一貫輸送上必要な各種の許可は取得している。

わが国では、高危険性液体用タンクコンテナ(IMO-I)、低危険性液体用タンクコンテナ(IMO-II)の海上タンクコンテナは、製作され使用されているが、IMO-V相当の高圧ガス(常温液化ガス)用の海上大型タンクコンテナについては、このたび当社が、製作した冷凍機やルームクーラーの冷媒などに使用されるフッ素系の液化ガスであるフロンガス用が初めて使用されるものである。

一般にIMO-Vの海上タンクコンテナは、使用圧力が高く、製作には高度な技術が要求されている。

わが国の場合、運輸省の許可の他に通産省の高圧ガス移動容器製造所(事業所)としての認定も必要であり、外国の場合は、ASME(アメリカ機械学会「U」スタンプが必要な場合もある。当社は、日本の規格はもちろんASME規格による場合も製作可能であり、あらゆるタンクコンテナを製作販売することができる。

アメリカ、ヨーロッパでは、IMO-Vのタンクコンテナが多く利用されているが、わが国では液化ガス関係は1,000ℓ以下の小容量のボンベまたはコンテナが利用されており、8'×8'×20'サイズの海上大型タンクコンテナは輸入用として一部利用されている程度である。

ダイキン工業(株)では、東南アジアを中心に年間数千トンのフロンガスの輸出を行っており、その物流の効率化をねらって、当社のタンクコンテナを採用したもので引き続き小型ボンベからの切り替えが計画されている。

これらのことから、今後高圧ガス(常温液化ガス)の海陸一貫輸送について1回の輸送量が大きい大型タンクコンテナが物流のコストダウン、ハンドリングの容易さなどからその利用が急増するものと期待している。

当社は、このIMO-V 2基を加えて、すでに100基の大型タンクコンテナの製作納入の実績があり、現在IMO-Vの大型タンクコンテナ6基その他多数を受注し、製作中である。IMO-I, IMO-II, IMO-Vを含む輸出用、国内用合

せて約150基の引き合いがきておりタンクコンテナの販売促進に注力し、流通の合理化、コストダウンに貢献する計画である。

※(IMO—国際海事機構)

4. 極低温用グラスチール機器の開発

当社は、このほど-200°Cまでの極低温用グラスチール機器の開発に成功し、販売を開始した。

近年、化学工業、医薬品工業における低温プロセスの進歩に伴ない、低温環境にさらされた装置の需要が急速に増大している。当社も、低温用グラスチール機器としては、すでに-80°Cまでの使用に対応できる体制にあったが、最近、さらに低い温度でのグラスチール機器の使用が、特に医薬品関係で求められるようになり、このニーズに応えるべく、極低温用グラスチール機器の開発を進めてきた。その結果、このたび-200°Cまでの極低温に耐えるグラスチール機器を完成させることができた。

この極低温用グラスチール機器で、まず問題は、極低温において起る材料の脆性破壊の問題から、オーステナイト系ステンレス鋼を使用する必要がある、そのためステンレス鋼にもライニングできるガラスの開発にあった。

ステンレス鋼にグラスライニングすることは、炭素鋼にグラスライニングするのと違い、熱膨張係数の差が大きいため完全なグラスライニングはできないとされていたが、このたびの極低温用ガラスの開発によって、これが可能となった。また、攪拌翼のシール、ガasketなども極低温用に開発した特殊構造のものを使用している。

本来、グラスチール機器は、(1)高耐食性で高強度 (2)不活性で金属イオンの汚染がない (3)非不着性で洗浄性にすぐれ、衛生的であるなどの特性を持っていることから、あらゆる分野でプロセス機器として使用されている。

当社では、このガラスの特性をより高度なものにするため長年にわたって研究、開発を進めてきた。すでに耐酸性を特に重視した最高級のガラス「#3100」、耐アルカリ性を特に重視したガラス「#4300」、酸とアルカリ両方に使うことでその特性を発揮するニュー・ガラス「#5000」、耐衝撃性に非常にすぐれ、耐食性は「#3100」と同等の結晶化ガラス「ニュー・ヌーセライト8000」など、それぞれの使用に応じたガラスをそろえており、今回の極低温用ガラスを加えることにより、あらゆる条件に対応できるフル・ラインアップ体制が整ったことになる。これによって、厳しい条件下でのグラスチール機器の使用範囲が一段と広がり、今後の需要が大いに期待できるところとなっている。

(本稿7頁ご参照)

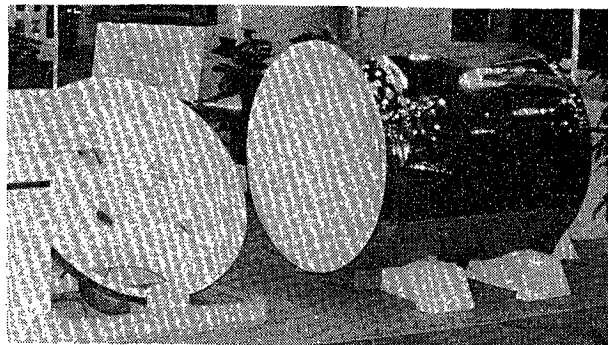


写真3 極低温用グラスチール機器