

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.

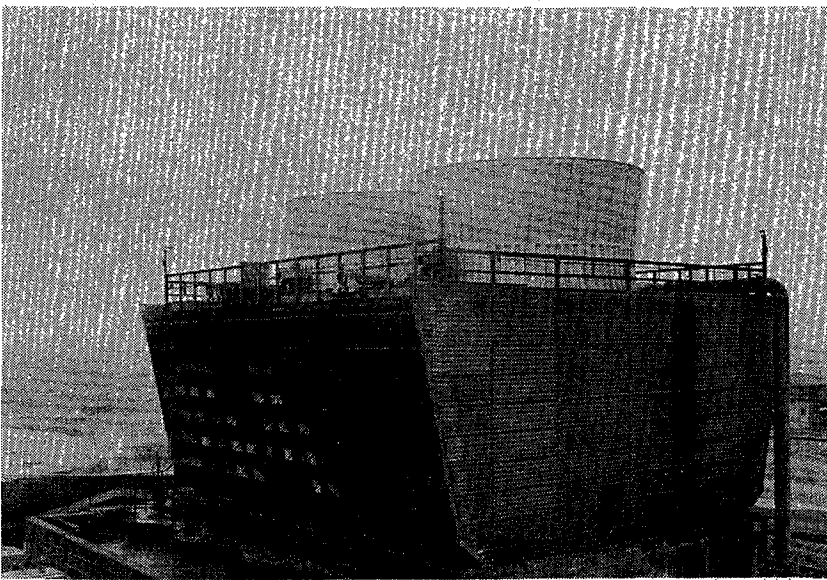


写真 1 高炉ガス集塵水系冷却塔

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。

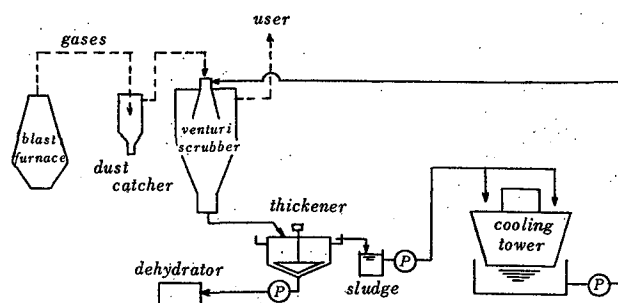
冷却塔に生成するスケールはこの内析出型に属し、大別すれば集塵水系のpHが7.8以下の場合に炭酸亜鉛と鉄酸化物が、pHが8.0以上の場合には炭酸カルシウムが主体のスケールが生成する。そして、これらのスケールはやがて配管、ポンプ、ストレーナー、スプレーノズルに付着し圧力損失を増大させエネルギーの損失をもたらす。とくに冷却塔の場合は、塔内での曝気作用により炭酸ガスの放出が激しくpHが0.5~1.0上昇する。また蒸発による濃縮も加わり、ノズル、充填材等に多量の亜鉛またはカルシウムを主体としたスケールが発生する。

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、純酸素を吹付け溶鉄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、300 μm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0.1 g/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

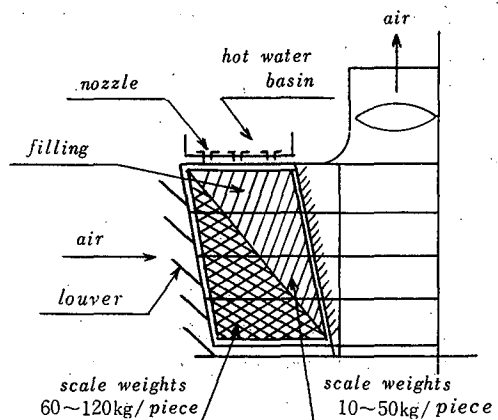
汚濁水質を冷却塔で冷却する場合、一般的にスプラッシュ



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

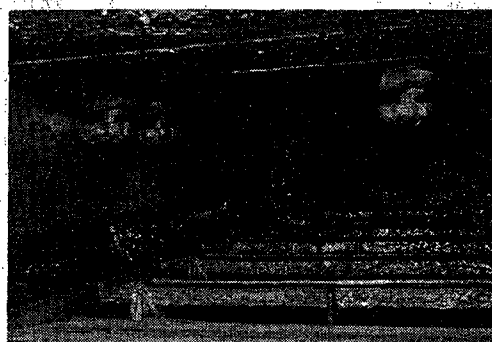


写真 3 目詰りした標準型散水ノズル
Photo.3 Conventional water distribution nozzles clogged by scaling

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

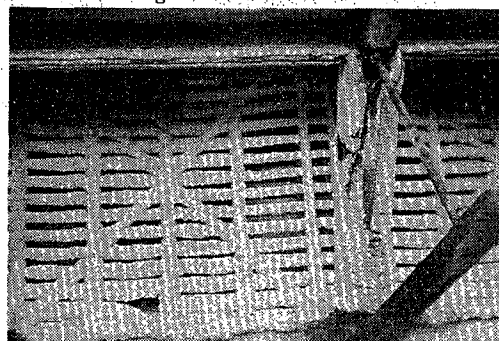


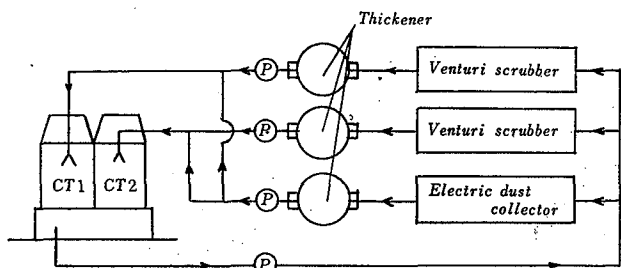
写真 5 閉塞を始めた充填材
Photo.5 Scaling proceeding on fill elements

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3,500M³/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。

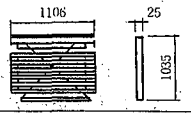
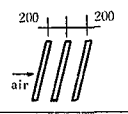
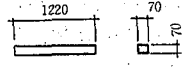
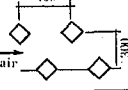
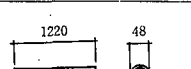
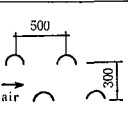
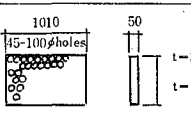
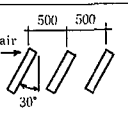
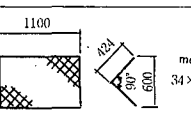
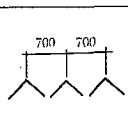
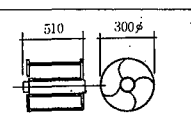
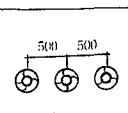
3) 試験片の説明

3.1 充填材

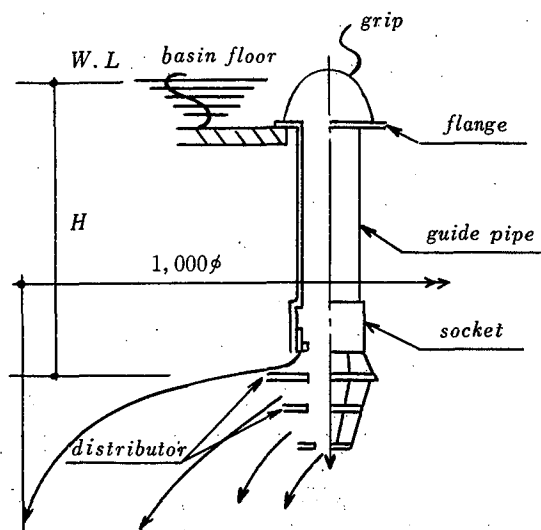
- ①……弊社標準スプラッシュ型充填材 (ラダーフィル)
: ポリプロピレン製。
- ②……角材, 一般によく使用されている: 木製
- ③……半円形スプラッシュバー; 硬質塩ビ製
- ④……多孔板; 亜鉛メッキ鋼およびSUS304製
- ⑤……グレーチング; 亜鉛メッキ鋼製
- ⑥……羽根車 (落下水利用により回転すること); 硬質塩ビ製

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 $H=500$ 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1 kg 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29φmmである。散水は温水槽の水頭 H (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400φmm内に均一に散水させる。通常温水槽水頭 H (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 m³/hとなる。

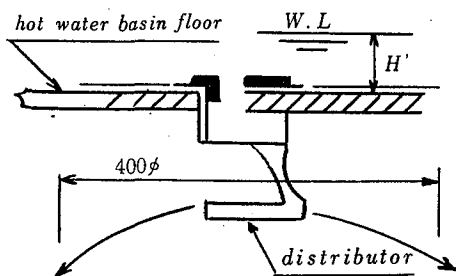
大口径スプラッシュ型ノズルは口径最大44φmmである。散水は温水槽水頭に導入管部の水頭が加わり多段ハネカケ板により, 飛散到達範囲直径1,000φmm内に均一に散水させることができる。この場合において1ヶ当りの最大通水量は約14.5 m³/hとなる。標準ノズルと大口径スプラッシュ型ノズルの性能比較は第3表, 第6図に示す。

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200 mm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。

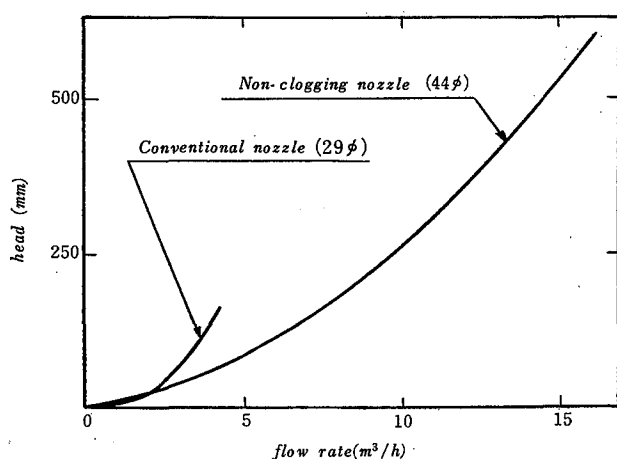
大口径スプラッシュ型ノズルの取付



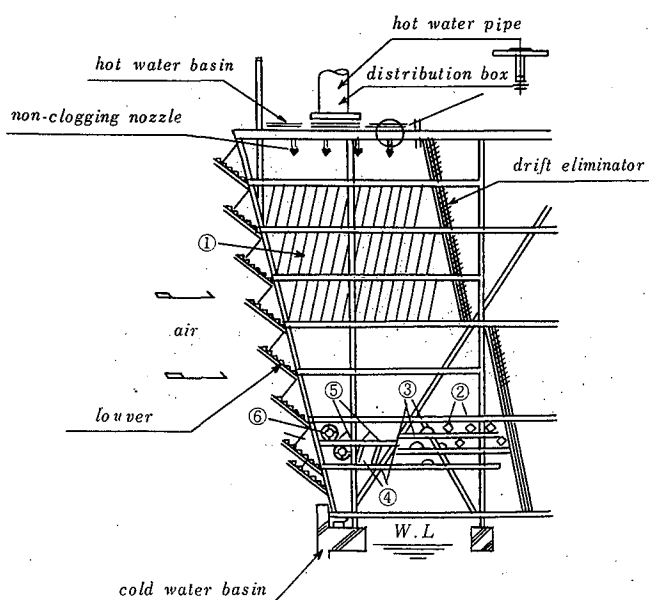
第5図
標準型ノズル
Fig. 5
Conventional nozzle

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

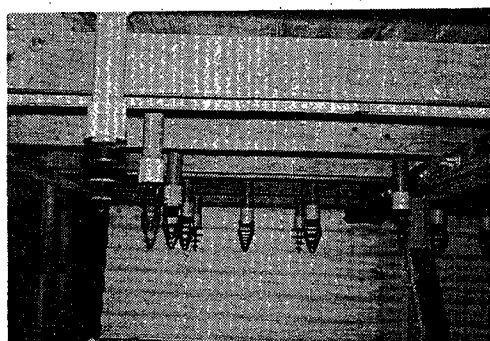


写真6
大口径スプラッシュ型
ノズル(群)
Photo. 6
Non-clogging
nozzles

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

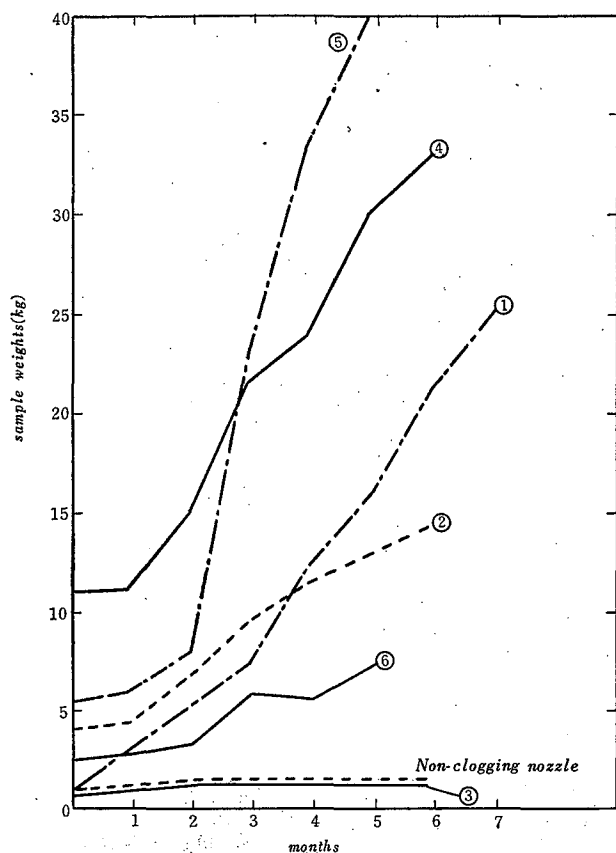
5).1 充填材(試験片①～⑥)

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カ月間で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	⑥
			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

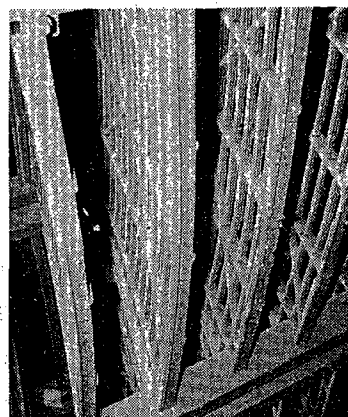


写真7

4カ月経過後の充填材

Photo.7

Filling after 4 months

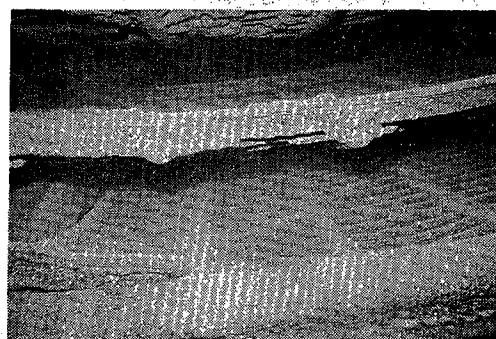


写真8

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, ⑥の6カ月経過の状態を示す。

5).2 大口径スブラッシュ型ノズル

運転開始後1~2カ月経過で0.5kg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

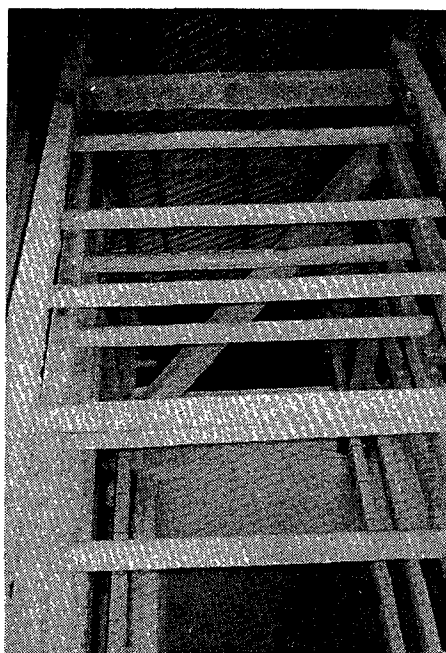


写真 9
半円形スプラッシュ
ユ・バー
Photo.9
Splash-bars with
semicircular
section arranged
as a fill sample



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

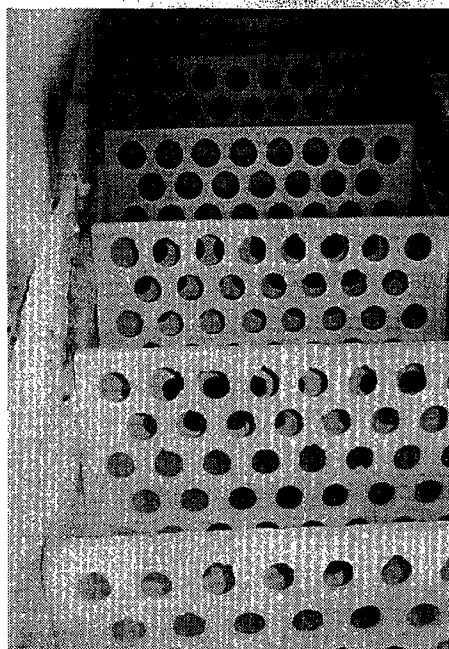


写真 10
多孔板サンプル
Photo.10
Perforated plate
fill sample



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

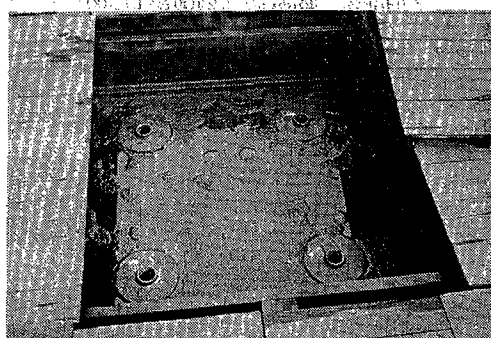


写真 14
温水槽
Photo.14
Hot water
distribution
basin equip-
ment with
non-clogging
nozzle

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

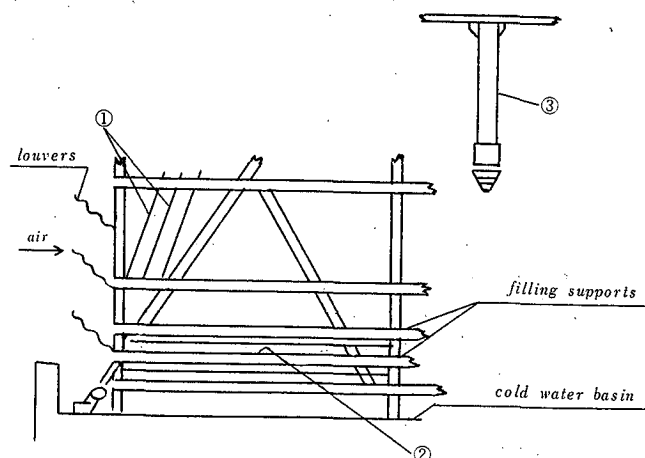
- ・薬注状況……分散剤, 凝集剤併用

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

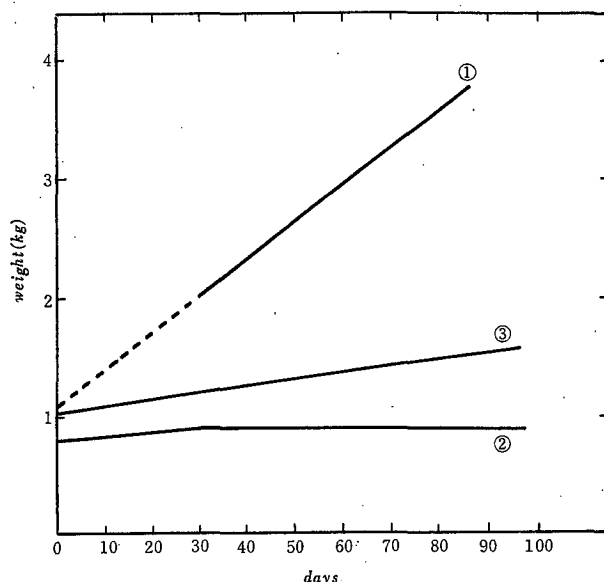
5) 点検実施工程

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

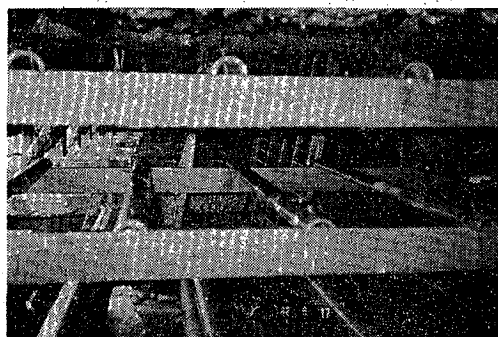


写真15 半円形スプラッシュ・バー(3カ月経過)

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

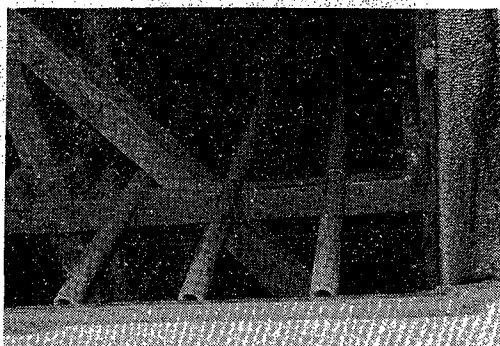


写真 16 2年経過後の充填材

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

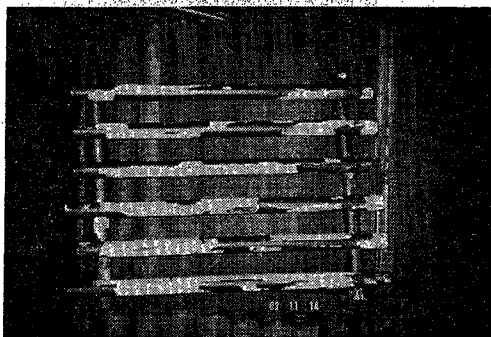


写真 18 単一充填材

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