

## ハニカム活性炭の溶剤回収装置への応用

## Application of Activated Carbon Honeycomb for Solvent Recovery System

辻 正則\* 古川圭三\* 竹代秀治\*\* 松岡彰夫\*\*

Masanori Tsuji, Keizo Furukawa, Hideji Takeshiro, Akio Matsuoka

武田薬品工業製ハニカム活性炭「ハニカムカーボ白鷺」は、ハニカム構造を持つ吸着剤であり、大きい外表面積、低い圧力損失などの特徴を有している。そのためハニカムカーボ白鷺を用いたハニカム式溶剤回収装置では、高LV(線速度)の条件でも吸着能力が維持されており、大風量のガス処理においては、低圧力損失、装置のコンパクト化などの効果が確認されている。

本報では、ハニカムカーボ白鷺の特徴およびハニカムカーボ白鷺を用いたハニカム式溶剤回収装置の特徴・使用例について報告する。

Activated carbon Honeycomb “Honeycomb-carbo Shirasagi” is manufactured by Takeda Chemical Industries. It has characteristics of which is wide external surface area and low pressure-drop based on honeycomb structures of adsorbent. We have confirmed that the solvent recovery system using “Honeycomb-carbo Shirasagi” as an adsorbent can absorb solvents under the faster linear velocity condition, and that its system has lower pressure-drop and smaller equipment size than the system using activated carbon pellet under the much gas volume.

In this paper, we explain the characteristics of “Honeycomb-carbo Shirasagi” and characteristics, examples for the system.

## 1. はじめに

当社では、これまで武田薬品工業株式会社(以下、武田薬品と記す)製の粒状活性炭「粒状白鷺 S<sub>2</sub>X」を用いたクリモト溶剤回収装置の製造販売をおこなってきた。

武田薬品においてハニカム活性炭「ハニカムカーボ白鷺」が開発されたことを受け、共同でハニカム活性炭式溶剤回収装置の検討を実施してきた。本報では、ハニカムカーボ白鷺の特徴とあわせて、ハニカム式溶剤回収装置の特徴・使用例、従来の粒状活性炭式溶剤回収装置との相違点などについて報告する。

## 2. ハニカム活性炭「ハニカムカーボ白鷺」について

## 2.1 ハニカムカーボ白鷺の特徴

本来、ハニカムとは「蜂の巣状」の意味であるが、格子状やコルゲート状に加工したものを含めてハニカムと呼ばれている。武田薬品で製造・販売しているハニカムカーボ白鷺は、活性炭を格子状に成形加工したものである。基本物性を表1に示す。

表1 ハニカムカーボ白鷺の基本物性

Table 1 Characteristics of “Honeycomb-carbo Shirasagi”

項目	標準値
寸法 mm	150×150×t30
セル数 cell/in <sup>2</sup>	300
比表面積 m <sup>2</sup> /g	700 以上
細孔容積 ml/g	0.3 以上
嵩密度 g/ml	0.25 ~ 0.35

母材そのものが活性炭であるため、紙、セラミックス、樹脂に活性炭をコーティングしたタイプのハニカムに比べて、単位体積あたりの吸着能力が高く、水、薬品などの影響を受けにくいなどの特徴を有している。

## 2.2 ハニカムカーボ白鷺の種類

表2にハニカムカーボ白鷺の種類および対象臭気について記す。4種類のハニカムカーボ白鷺の中で、HNがベンゼン、トルエン、塩化メチレン、アセトンなどの一般有機溶剤の吸着に優れており、本報で述べる溶剤回収装置に使用されている。

表2 ハニカムカーボ白鷺の種類と対象臭気  
Table 2 Removable odor of “Honeycomb-carbo series”

種類	対象臭気	主用途
HN	一般有機溶剤・動物臭など	溶剤回収 動物設備の脱臭
HD	硫化水素など	下水道設備脱臭
HD2	硫化水素・トリメチルアミンなど	下水道設備脱臭
HS	メチルメルカプタン 硫化メチル・二硫化メチルなど	下水道設備脱臭

## 2.3 粒状活性炭との比較

ハニカムカーボ白鷺は、従来の溶剤回収装置に使用される粒状活性炭(4~6 mesh)に比べて下記の特徴をもっている。

1) 吸着剤100mlあたりの外部表面積は、粒状活性炭710cm<sup>2</sup>に対して、ハニカムカーボ白鷺は2,900cm<sup>2</sup>であり、粒状活性炭の約4倍の外部表面積を有している。そのため、ガスとの接触効率に優れている(図1)。

\* 武田薬品工業株式会社

\*\* 機械事業部 産業機械技術部

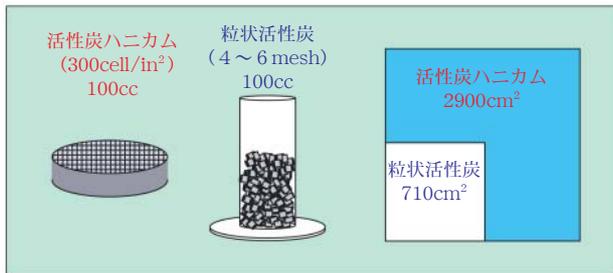


図1 吸着剤の外部表面積  
Fig. 1 External surface area of adsorbent

2) ガスの線速度 (Linear velocity、以下LVと略す) が同一である場合の圧力損失は、粒状活性炭より低い。例えば図2より、LVが1 m/sにおける圧力損失は、粒状活性炭では約8,000Pa/mに対して、ハニカムカーボ白鷺は約800Pa/mと、約1/10となる。

また、圧力損失が800Pa/mとなるLVは、粒状活性炭で約0.25m/sに対してハニカムカーボ白鷺で約1 m/sである。同一の圧力損失においては、粒状活性炭の約4倍のLVでガスを流すことができる。

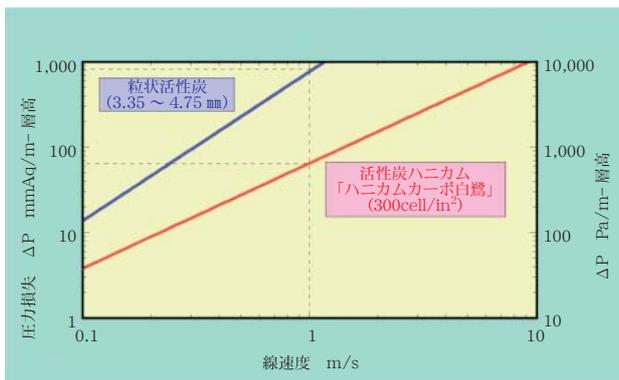


図2 圧力損失の比較図  
Fig. 2 Comparison of pressure drop

### 3. ハニカムカーボ白鷺の溶剤回収装置への応用

#### 3.1 溶剤回収装置の原理および基本フロー

ハニカムを用いた溶剤回収装置システムの原理および装置の概略を図3、図4に示す。これまでの粒状活性炭を用いた溶剤回収システムと同様に、吸着と脱着を2つの吸着塔にて交互に行ない、連続的に溶剤蒸気を吸着・回収するシステムである。また、これまでと同様に1塔式の簡易式溶剤回収装置も設計可能である。

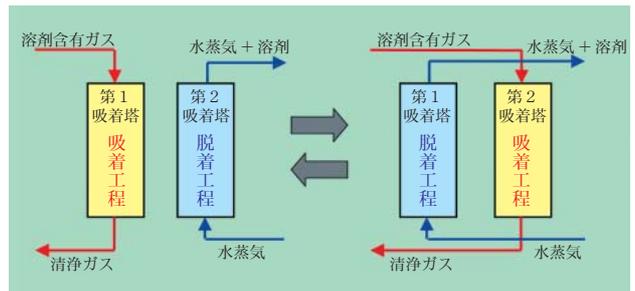


図3 溶剤回収装置の原理  
Fig. 3 Flow of solvent recovery system

#### 3.2 ハニカム式溶剤回収装置の特徴

ハニカムカーボ白鷺は、上述した特徴を持っているため、溶剤回収装置の吸着剤として使用した場合には、次のような効果が期待できる。

1) 低圧力損失、高外部表面積のため、ガス流速を大きくとることができる。通常、粒状活性炭の場合、LVは0.3m/s以下であるのが一般的だが、ハニカムカーボ白鷺の場合、LVを0.5~1.5m/sの高速に設定しても、十分な吸着効果が得られ、圧力損失も低く抑えられる。

2) LVを高く設定することができるため、吸着塔の断面積を小さくすることができる。粒状活性炭を用いた場合、断面積が大きく層高の低い吸着塔になるが、ハニカムを用いた場合には、断面積が小さく層高の高い吸着塔になる。

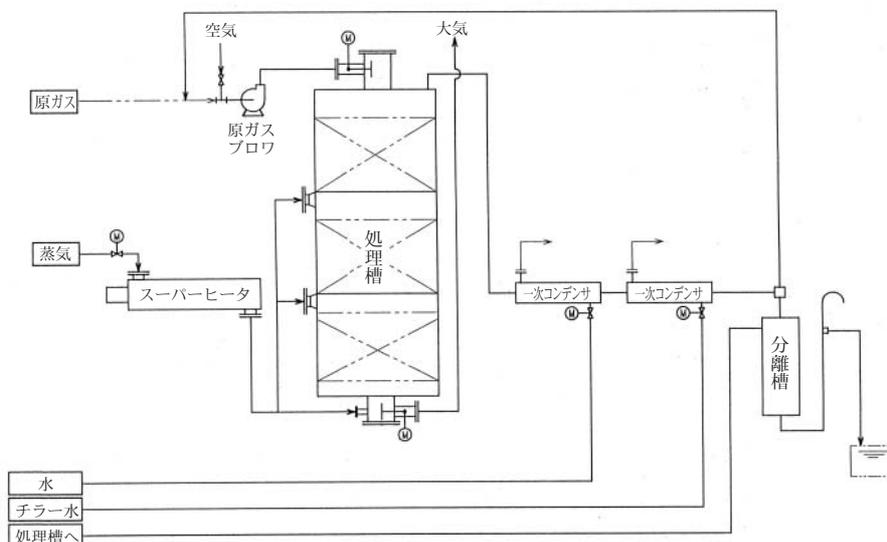


図4 ハニカム式溶剤回収装置  
Fig. 4 Solvent recovery system using activated carbon honeycomb

3) ハニカム構造のため放熱性が高く、温度応答性にすぐれている。脱着用蒸気を吸着塔に流した後の塔内温度の上昇速度が粒状活性炭や繊維状活性炭を用いた場合に比べて早く、脱着時間の短縮、蒸気使用量の削減を図ることができる。

また、放熱性が高いために、蓄熱による着火・発熱が起こりにくく、粒状活性炭や繊維状活性炭を用いた場合には着火の危険性のあるガスでも、ハニカム活性炭では着火の危険性を低く抑えることができる。

4) ダストや粉塵が含まれているガスを処理する場合、繊維状活性炭や粒状活性炭では、目詰まりをおこし易く、圧力損失の増加、吸着能力の低下を引き起こすことがある。ハニカムの場合、開口率が大きいため、ダストや粉塵が含まれているガスを処理しても、目詰まりは起こりにくく、安定した圧力損失で稼動することができる。

5) 複数枚のハニカムを枠・ケースなどに充填し一つのユニットとして取り扱うことにより、充填塔からの交換作業が手軽にでき、交換作業時の粉立ちなどを抑えることができる。

## 4. 実施例について

### 4.1 フィールド試験の概要について

A社において、工場の製造ラインより発生するトリクロロエチレンの回収にハニカム式溶剤回収装置の試験機を設置し、除去率、回収率などを確認するためのフィールド試験をおこなった(図5)。

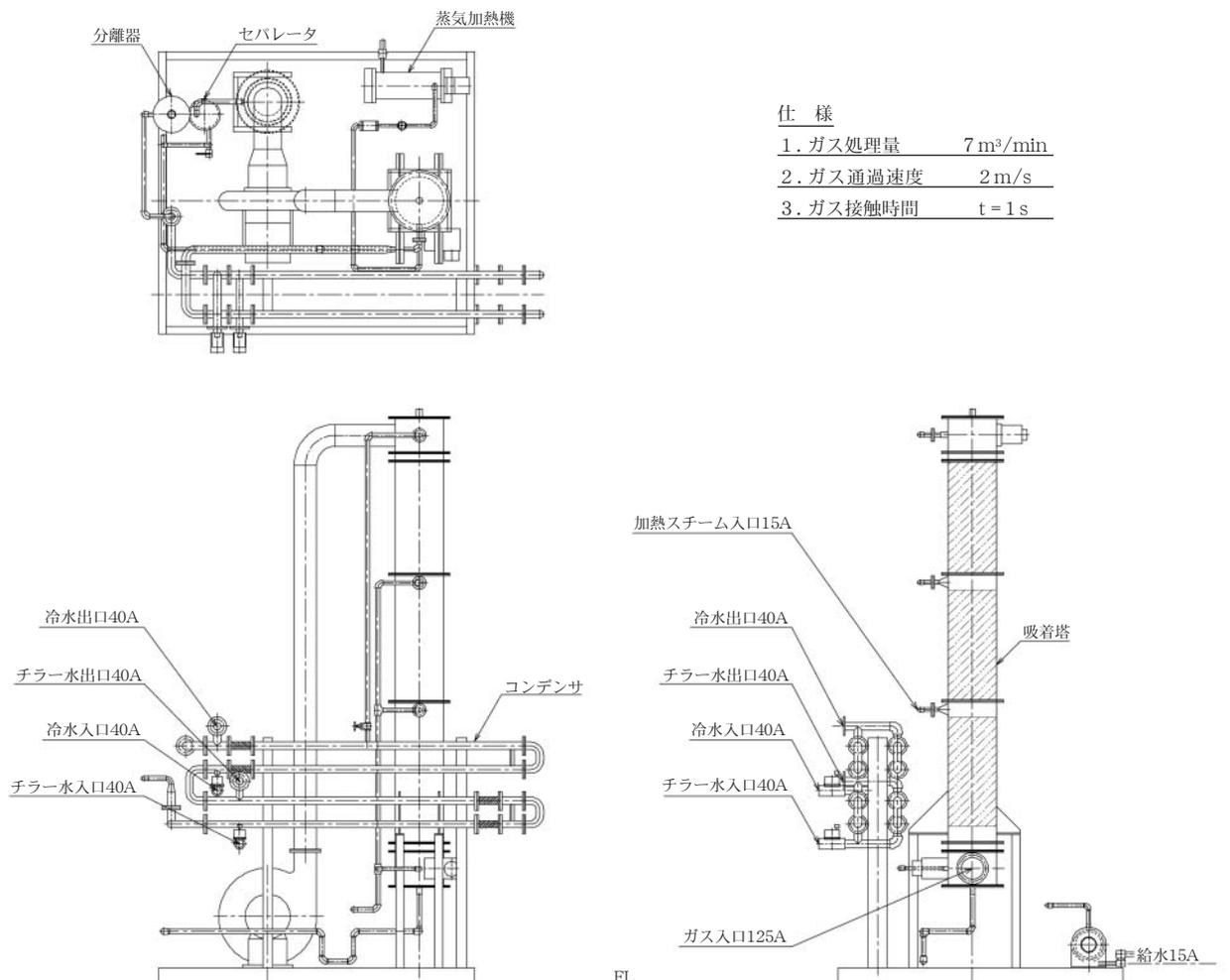
### 4.2 装置の使用および運転条件

#### 1) 処理ガスの仕様

ガスの種類	トリクロロエチレン
ガス濃度	150~3,000ppm
ガス温度	25~35℃

#### 2) 回収装置の仕様および運転条件

回収装置の種類	1塔式溶剤回収装置(図5)
ハニカム種類	ハニカムカーボ白鷺HN 150×150×t30,300c
ハニカム使用量	4枚×67層=268層(1塔あたり)
吸着塔のサイズ	300×300×2,010mm
処理風量	4.5m <sup>3</sup> /min
線速度(LV)	0.83m/s



#### 仕様

1. ガス処理量	7 m <sup>3</sup> /min
2. ガス通過速度	2 m/s
3. ガス接触時間	t = 1 s

図5 試験装置  
Fig. 5 Test equipment

接触時間	2.4s
吸着時間	90~120min
脱着時間	20min
出口濃度	50ppm以下
蒸気温度	110℃

4.3 試験方法

- 1) 溶剤を含んだガスを、原ガスブロウにて吸着塔内へ流入させハニカム活性炭に吸着させる。原ガスおよび出口ガスの濃度を定期的に測定し、出口ガス中の溶剤濃度が50ppmを超過した時点で吸着工程を終了させる。
- 2) 吸着工程終了後、吸着塔内に蒸気(110℃)を吹き込んで脱着させる。脱着時間は20分とした。
- 3) 脱着終了後、分離器にて分離・回収された溶剤の容積および重量を測定する。
- 4) 濃度および回収液量から吸着除去率および溶剤回収率を計算する。各々、下記の式に基づき計算した。  
 吸着除去率(%) = (1 - 出口濃度/入口濃度) × 100  
 溶剤回収率(%) = (回収溶剤量/吸着溶剤量) × 100

4.4 試験結果

テスト開始時は、ハニカム活性炭の細孔内や装置内部に溶剤が残存し、回収率が低くなる傾向がみられるため、数回吸着・脱着工程を繰り返して回収装置が安定に稼動した状態を確認した後に測定をおこなった。結果を表3に記す。

表3 溶剤回収の結果  
Table 3 Result of solvent recovery test

項目		CASE 1	CASE 2
吸着時間	min	135	90
入口濃度	ppm	500~1,800	1,300~2,000
出口濃度	ppm	<5	<5
吸着除去率	%	99<	99<
吸着溶剤量	kg	2.3	3.5
回収溶剤量	kg	2.2	3.2
溶剤回収率	%	95	91

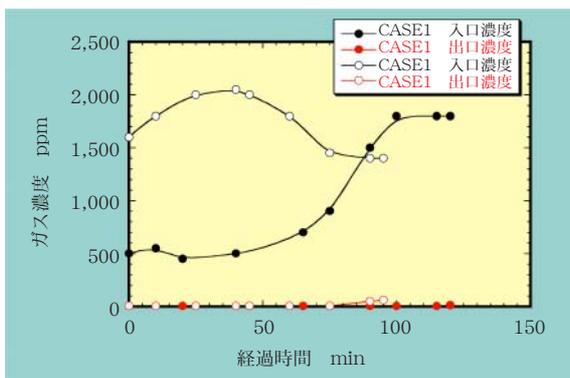


図6 入口・出口ガス濃度の変化

Fig. 6 Gas concentration at inlet and outlet of test equipment

4.5 試験結果のまとめ

- 1) 今回、粒状活性炭を使用する場合の約3倍の線速度(0.83m/s)でガスを流通させた。入口濃度は500~2,000ppmの間で変動がみられたものの、出口濃度は5ppm以下に維持されており、99%以上の除去率を示した。ハニカム構造による高外表面積の特性から、高い線速度でのガス流通条件下においても高い除去性能が得られることが確認された。
- 2) 活性炭の場合には通常40~45分間、脱着をおこなうが、今回の装置では、20分間脱着をおこなった。CASE 1、CASE 2ともに90%以上の溶剤回収率が得られており、脱着時間は充分であった。これはハニカム構造由来する熱応答性の高さによるもので、短い脱着時間で稼動が可能なが確認できた。
- 3) ガス流通時における吸着塔内部の圧力損失は、約1,100Pa/mであり、低い圧力損失で稼動できた。また運転中の圧力損失の変動はほとんどみられなかった。
- 4) 今回の試験に用いた吸着塔の断面積は、300×300mmであり、粒状炭を使用した場合(φ約600mm)に比べてコンパクトな装置となっていた。

5. 粒状活性炭とハニカム活性炭の使い分け

当社では、武田薬品製の粒状活性炭粒状白鷲S<sub>2</sub>Xを用いた粒状活性炭式溶剤回収装置を販売しており、多くの実績を有している。本報において、現在開発中のハニカムカーボ白鷲を用いたハニカム式溶剤回収装置について述べてきた。両溶剤回収装置ともにそれぞれ優れた特性を有しており、それらを踏まえた上で、使用条件に応じて各吸着剤を使い分けることが重要であると考えられる。下記にハニカム式溶剤回収装置の特性が生かされると考えられる系・条件などについて述べる(表4)。

1) 処理風量が大きい場合

大風量のガスを粒状活性炭式溶剤回収装置で処理する場合には、吸着塔断面積が大きくなる、圧力損失が大きくなるなどの問題があった。ハニカムカーボ白鷲を用いた場合には、LVを高く設定できるため、吸着塔断面積の縮小による装置のコンパクト化や圧力損失の低減を図ることができる。

2) 低濃度のガスを処理する場合

ハニカム活性炭は、粒状活性炭に比べて吸着容量が少

表4 各溶剤回収装置の適用分野  
Table 4 Gas condition based on characteristics of each equipment

粒状活性炭式溶剤回収装置	ハニカム活性炭式溶剤回収装置
クリモトシリーズ	
処理風量の小さい場合	処理風量の大きい場合
濃度の高いガスの処理	濃度の低いガスの処理
ダストの少ないガスの処理	ダストの多いガスの処理
着火の危険性の低いガスの処理	着火の危険性の高いガスの処理

ないため、高濃度のガスを処理する場合には、吸着時間をより短くする必要が生じる。吸着時間の短縮は、吸着・脱着のサイクル数の増加に繋がり、吸着剤の劣化の促進、ランニングコストの増加のおそれが生じる。低濃度のガスを処理する場合には、これらのデメリットが緩和されるため、高濃度ガスの処理には粒状活性炭式の溶剤回収装置が適しており、低濃度ガスの処理にはハニカム式溶剤回収装置が適していると考えている。

### 3) ダストの多いガスを処理する場合

ハニカム構造のためにダストによる目詰まりが起り難い構造になっているため、ダストの多いガスを処理する場合には、ハニカム式溶剤回収装置が適している。

### 4) 着火の危険性の高いガス

ハニカムカーボ白鷺は、ハニカム構造に加工したものであるため放熱性が高く蓄熱・着火の危険性が低くなる。そのため粒状活性炭式溶剤回収装置を使用した場合に着火などの危険性が心配される系に対しても、ハニカム式溶剤回収装置では適用可能となる場合がある。

## 6. おわりに

### 6.1 溶剤回収装置への展開について

武田薬品製のハニカム活性炭「ハニカムカーボ白鷺」は、外部比表面積が大きく、圧力損失が低いなどの特徴をもっている。今回、吸着剤としてハニカムカーボ白鷺を充填した溶剤回収装置をトリクロロエチレンの除去回収試験に使用した。試験において、高LV条件下での高い吸着性能が確認でき、また脱着時間の短縮等の効果も確認できた。

現在、クロロホルム溶剤の回収用にハニカム式溶剤回収装置を納入し、稼動状況を確認中である。

### 6.2 他用途での使用例

ハニカムカーボ白鷺は、溶剤回収装置以外にも下水道設備での脱臭や動物関連設備での脱臭にも使用されている。参考に下記に概略を記す。

#### 1) 下水道設備での脱臭

下水道設備から排出されるガス成分・濃度に応じて数種類のハニカム (HD・HD2・HS など) を組み合わせることにより効率的な脱臭が可能になる。雨水貯水槽のように湿度が高く、結露が起りやすい条件においても、圧力損失が増加することなく、脱臭能力が維持できていることが確認できている。

#### 2) 動物関連設備での脱臭

実験動物飼育設備や実験動物室においては、これまで換気型空調システムが用いられてきた。さらに、ハニカムを用いた循環式脱臭システムや排気脱臭システムを取り入れることにより、室内の臭気対策や施設周囲の環境対策にも効果が確認されている。

## 執筆者

### 辻 正則

Masanori Tsuji  
武田薬品工業株式会社  
生活環境カンパニー研究開発部  
活性炭の研究開発に従事



### 古川 圭三

Keizo Furukawa  
武田薬品工業株式会社  
生活環境カンパニー研究開発部  
活性炭ハニカムの研究開発に従事



### 竹代 秀治

Hideji Takeshiro  
昭和41年入社  
産業機械技術部  
溶剤回収装置の設計に従事



### 松岡 彰夫

Akio Matsuoka  
平成9年入社  
産業機械技術部  
溶剤回収装置の設計に従事



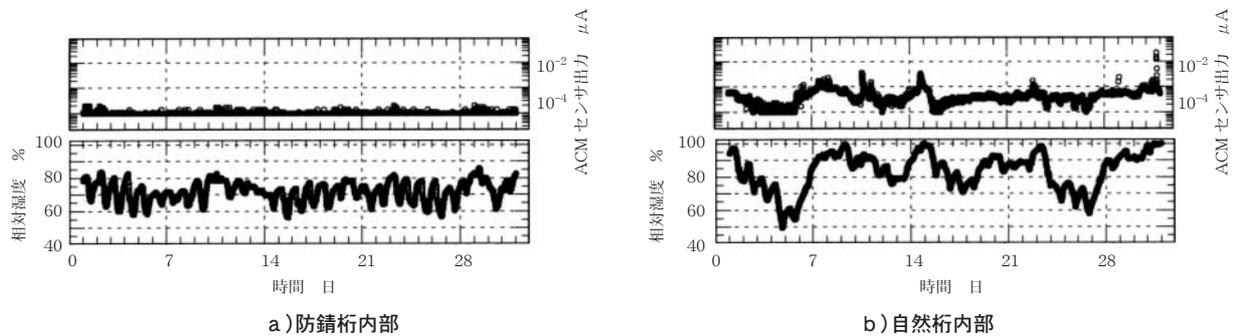
栗本トピックス

橋梁箱桁内部の無塗装化を目指して・・・(桁内無塗装防錆実証試験の紹介)

鋼橋における錆は永遠の課題といっても過言ではないが、当社では複数の実橋における箱桁内部の腐食進行の長期追跡調査を実施した結果、桁内部環境を制御すれば、塗装を施さなくても錆の発生は抑えることができるという可能性の端緒をつかんだ。

従来より、箱桁内部の錆の発生の主たる要因は、海塩粒子などを含んだ外気の流入、内外温度差による結露、連結部や施工用ハンドホールなどからの漏水と考えられていたが、これらを制御して錆の発生を抑えようとする発想は生まれず、一義的に防食対策として塗装が施されてきた。

しかしながら、箱桁イコール環境条件を制御しやすい準密閉空間とするならば、膨大なコストを要する内面塗装の有無を議論できると考えるのは自然であろう。以下に、実橋における湿度と腐食性指標であるACMセンサ(大気腐食センサ)出力の実測データを示す。本データより、内部環境制御の効果を目の当たりにすることができる。



(注)防錆桁：内部構造改良+除湿システム適用 自然桁：無処理

図1 実橋梁実測データ

この結果を受けて、当社大阪臨海工場に実橋と同等の実験桁を製作・設置し、本年8月より防錆効果の実証試験に着手した。構造改良による外部腐食要因のシャットアウトと内部湿度コントロールシステムの適用を2本柱として、実橋の継続的状态測定と併行して実証試験を実施していく予定である。

社会資本に対する考え方が大きく変化しつつある現在、大きなコストダウンの可能性を秘めた今回のシステムの提案など、今後とも積極的な働きかけを実施していく方針である。

実証試験設備の概要

- 1) 大きさ：幅5.5m 奥行3.4m 高2.4m
- 2) 設置場所：大阪府堺市 当社大阪臨海工場岸壁
- 3) 材質と処理状態(図2の手前より①～④)

	材 質	内面処理	外面処理
①	SM400	原板プライマ	塗 装
②	海浜耐候性	裸使用	裸使用
③	一般耐候性	裸使用	ウェザアウト
④	SM400	原板プライマ	塗 装



図2 当社大阪臨海工場に設置した実験桁

4) 測定項目：下記のとおり

- ① 温・湿度経時変化の計測
- ② ACMセンサによる環境腐食性のモニタリング
- ③ 暴露試験片による腐食速度の測定

5) 備 考：同様の設備を別途静岡県清水市海浜部に同時期に設置計測開始