ノート

環境負荷低減に向けた洗浄技術に関する研究（第 2 報）

内藤　隆之*　近　正道*　大川原　真*　皆川　森夫*

Cleaning Technique for Environmental Load Reduction（Part2）

NAITO Takayuki*, CHIKA Masamichi*, OKAWARA Makoto* and MINAGAWA Morio*

1. 緒　　言

トリクロロエチレンは洗浄溶媒として広く使われてきたが，発がんなどの健康被害のリスクがあるため，大気中の濃度に大気環境基準が設けられ，常時監視されている物質である。全国的に新潟県，特に県央地域はトリクロロエチレンの排出量が多く，大気中濃度も高い状態が続いていることから，新潟県では「トリクロロエチレンの排出抑制に向けた自主的取組ガイドライン」[1)]を策定するなど，排出量の削減を目指している。ガイドラインでは，排出抑制方法として洗浄操作や洗浄装置などを見直すことを薦めている。一方，トリクロロエチレンに替わる洗浄剤としてアルカリ洗浄剤や炭化水素系洗浄剤，その他ハロゲン系洗浄剤などが検討されているが，性能やコスト面でトリクロロエチレンに替わる有効な洗浄剤や洗浄方法が見つかっていないのが現状である。

本研究では，トリクロロエチレンに替わる洗浄方法を探索することを目的とし，昨年度は，金属表面の洗浄力を評価する方法を検討した結果，赤外分光分析における高感度反射測定の有効性を確認できた [2)]。今年度は，アルカリ電解水と蒸留水を用いた浸漬洗浄について超音波照射による洗浄力の比較検討を当該高感度反射測定で行った。

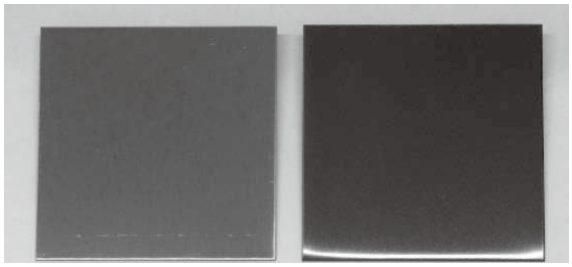
2. 実　　験

2.1　金属表面の洗浄力評価

被洗浄材として SUS304（50x50x1mm）を用いた。測定面を鏡面研磨したものを基本材として，その基本材に酸化発色処理を施した被洗浄材（以下，酸化発色材）を使用した。（図 1）

被洗浄材の測定面に市販の鉱物油系潤滑剤をスプレーで塗布し，ウェスでふき取り，試験片とした。洗浄は，市販アルカリ電解水（pH13.0）と蒸留水を個別に適量入れた容器を超音波洗浄器に設置し，被洗浄材を入れたステンレス製茶漉し器を宙吊りの状態で当該容器に浸漬し（図 2），超音波を照射した。洗浄時間は 10s とした。また，試験は室温下で行った。

洗浄力評価手法は，前報と同様に赤外分光分析の高感度反射測定による測定結果を用いた。



（基本材）　　（酸化発色材）

図 1　被洗浄材

図 2　洗浄実験の様子

* 県央技術支援センター

赤外分光分析は，フーリエ変換赤外分光光度計 FT/IR-4X（日本分光(株)製）と高感度反射測定装置 RAS PRO 80X（日本分光(株)製）を用いた。測定は分解能 4cm^{-1}，積算回数 8 回とした。超音波洗浄器は，(株)エスエヌディ製 US-01（発振周波数 38kHz）を使用した。蒸留水は，純水製造装置オートスチル WG250（ヤマト科学(株)製）より採水した。

2.2 実験結果

図 3 に蒸留水に浸漬して超音波 10s 照射したときの基本材の洗浄前後における赤外スペクトルを示す（炭化水素に起因する吸光度の領域）。洗浄後の表面に炭化水素のピークが確認でき，表面に塗布した潤滑剤の残渣を示している。

そこで基本材と酸化発色材の洗浄評価指標として，図 3 中の破線で示した 2920cm^{-1} 付近のピーク強度について，洗浄前後の吸光度比を洗浄残率として式(1)のように定義して算出した。

$$\text{洗浄残率}(\%) = \frac{\text{洗浄後の吸光度}}{\text{洗浄前の吸光度}} \times 100 \quad (1)$$

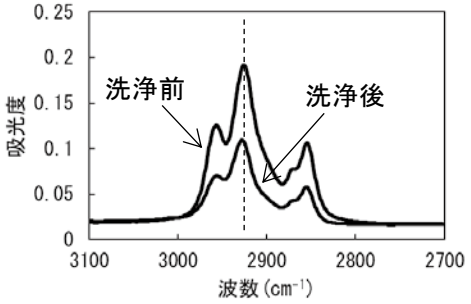


図 3　洗浄前後の赤外スペクトル（蒸留水の場合）

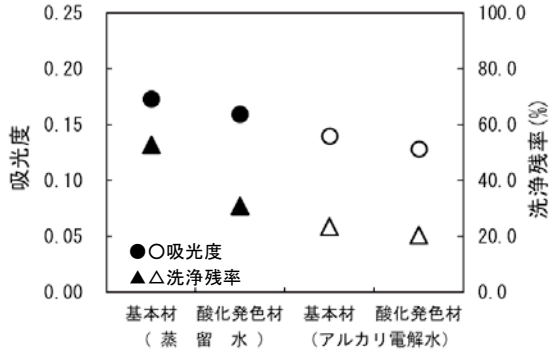


図 4　洗浄前の吸光度および洗浄残率

図 4 に蒸留水と市販アルカリ電解水について，洗浄前の吸光度と算出した洗浄残率を示す。洗浄前の吸光度は，試験毎にバラツキがあり，洗浄残率に影響しているように思われる。洗浄液が蒸留水の場合，基本材と比較して酸化発色材の洗浄残率が小さくなっている。一方，洗浄液がアルカリ電解水の場合，被洗浄材によらず洗浄残率は小さくなっており，蒸留水に対してアルカリ電解水の洗浄力が高いことを確認できた。

ここで，アルカリ電解水に比べ蒸留水において，基本材よりも酸化発色材の洗浄残率が小さくなった要因と考えられる基本材と酸化発色材の表面粗さと接触角を測定した。表面粗さは，フォームタリサーフ PGI430（AMETEK(株)製）を用いて測定した結果，基本材(Ra0.024)と酸化発色材(Ra0.031)との差は僅かであった。また，接触角は，接触角計 CA-S ミクロ 2 型（協和界面科学(株)製）を用い，基本材は 5 箇所の測定位置での平均値を，酸化発色材は測定値のバラツキが大きく 10 箇所の測定位置での平均値を算出した。接触角の測定結果を図 5 に示す。

接触角は酸化発色材の方が基本材よりも小さく，表面処理により濡れ性が向上していることを確認でき，洗浄液が蒸留水の場合は濡れ性の向上が洗浄力に影響したと考えられる。一方，洗浄液がアルカリ電解水の場合は基本材と酸化発色材の洗浄残率が同程度に小さくなっており，被洗浄材の濡れ性に関わらず，洗浄剤の洗浄力が大きく影響したと考えられる。

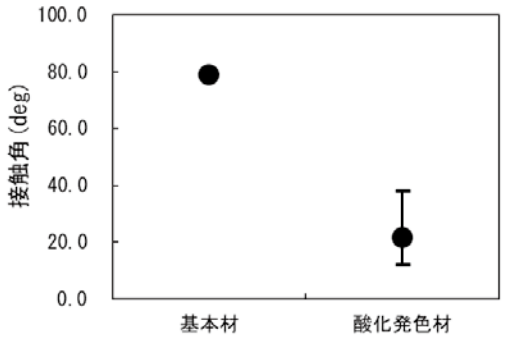


図 5　被洗浄材の接触角

3. 結　　言

(1) アルカリ電解水による洗浄残率は被洗浄材によらず小さくなっており，蒸留水に対してアルカリ電解水の洗浄力が高いことを確認できた。

(2) 蒸留水による洗浄残率は酸化発色材の方が小さい結果となった。その理由として酸化発色材の表面は基本材の表面よりも接触角が小さく，濡れ性の向上が洗浄力に影響したと思われる。

(3) 洗浄前の吸光度は試験毎でバラツキが見られ，試料調製に課題が残った。当該吸光度が一定となるように調製方法を見直す必要がある。

謝辞

本研究では，(株) 中野科学より酸化発色処理材を提供していただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1) トリクロロエチレンの排出抑制に向けた自主的取組ガイドライン, https://www.pref.niigata.lg.jp/site/kankyo/200410torikurogaidorain.html, 更新日 2020 年 4 月 10 日, 2024 年 2 月 1 日.

2) 近正道, 大川原真, 岡田英樹, “環境負荷低減に向けた洗浄技術に関する研究”, 新潟県工業技術研究報告書, No.52, 2022, pp.32-34.