

EDラインへの ROシステム導入

Introduction of RO System to Electro-coating Lines



自動車塗料本部
第2技術部
片岡晴彦
Haruhiko
KATAOKA

新
技
術

SUMMARY

The electrocoating system is full-automated and can ensure higher paint recovery efficiency than other coating systems by means of UF recovery system. However, recently more concerns have been focused on saving resources and costs, so the reduction of paint consumption has been highly required even in this system. Thus we studied the introduction of RO system into electro-coating lines.

We installed a RO equipment to an electrocoating line, and measured the specifics of RO permeate in long term operation with changing operation conditions. As results, we found that stable RO flux rate can be obtained and paint consumption can be reduced on some operation conditions by suppressing increase in Na⁺ ion concentration in bath paint.

要 旨

ED(電着)塗装系は自動化・UF回収システム化されており、他の塗装系より塗料回収効率が高い。しかし、近年の省資源・省コストの動きから、ED塗装系でも塗料使用量の削減は急務である。そこで、EDラインへのROシステムの導入を検討した。

塗装ラインサイドにRO装置(実機)を設置して長期間運転し、装置の稼働条件を変化させてROろ液の特性値を測定した。その結果、ROろ液量が安定して得られる事、及び、懸念されていた浴塗料の夾雑イオン(Na⁺)濃度増加を抑えて、且つ、塗料使用量を削減できる稼働条件がある事を見出した。

1. まえがき

現在、自動車の下塗塗装として、カチオンED(電着)塗装が主流を占める。ED塗装系の塗料使用量削減手法としては、主に

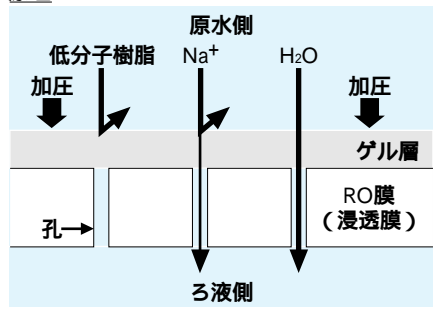
- 1) 加熱減量ダウン、塗膜比重ダウン・・・塗料自体の特性で決まる。
 - 2) 膜厚均一化
 - a) 塗料のつきまわり性能
 - b) 塗装条件調整
 - 3) 塗料回収効率向上(系外への塗料持ち出し量減)
 - a) UF回収系水洗の多段階化
 - b) ROシステム導入による回収系最終水洗水のNVダウン
- が挙げられる。

本稿では、EDラインへのROシステム導入による塗料使用量削減を検討したので報告する。

2. ROシステムの原理

ROとはReverse Osmosisの略語で、和訳すると「逆浸透」である。表1の原理図が示すとおり、ろ過される原水側から加圧されることにより、ゲル層・RO膜を通して、水、Na⁺等の低分子イオンの一部、溶剤の一部はろ液側に分離されるが、低分子量樹脂は分離されない。

表1 ROの原理

分離膜	孔サイズ
<p>RO : Reverse Osmosis の略語 (逆浸透)</p> <p>原理</p>  <p>原水側 低分子樹脂 加圧 Na⁺ H₂O 加圧 ゲル層 RO膜 (浸透膜) ろ液側</p>	<p>0.0004 ~0.06 μm (分離対象から推定)</p>
<p>UF : Ultra-Filtration の略語 (限外ろ過)</p> <p>原理 : ROと同じ</p>	<p>0.01 ~0.5 μm</p>

なお、UFとはUltra Filtration(限外ろ過)の略語で、原理はROと同じだが孔サイズが大きく、低分子量樹脂も分離する。

現状UF回収システム(図1)では、浴塗料をUFろ過して得られたUFろ液を最終回収水洗槽に送っている。これに対し、今回導入検討中のROシステムでは、UFろ液の一部をタンク(RO濃縮タンク)に注ぎ、これを加圧してROモジュールでろ過し、得られたROろ液を最終回収水洗槽に送るものである(図2)。この時、ROろ液のNVがUFろ液のNV 0.5%に比べ0.10%以下と低いため、最終水洗水のNVが低くなり、高い塗料回収効率を得られる。

3. ROシステム導入と課題

ROシステムの導入は、その原理から塗料使用量の削減・排水負荷の低減になるが、逆に、回収系最終水洗水の夾雑イオン(Na⁺)濃度が下がって、ポデーによる系外への夾雑イオン(Na⁺)の持ち出しが減り、浴塗料の夾雑イオン(Na⁺)濃度の増加が懸念される。我々は、この浴塗料のNa⁺濃度の増加を最小限に抑えて、塗料使用量の削減や排水負荷を低減する事を課題とした。(図3)

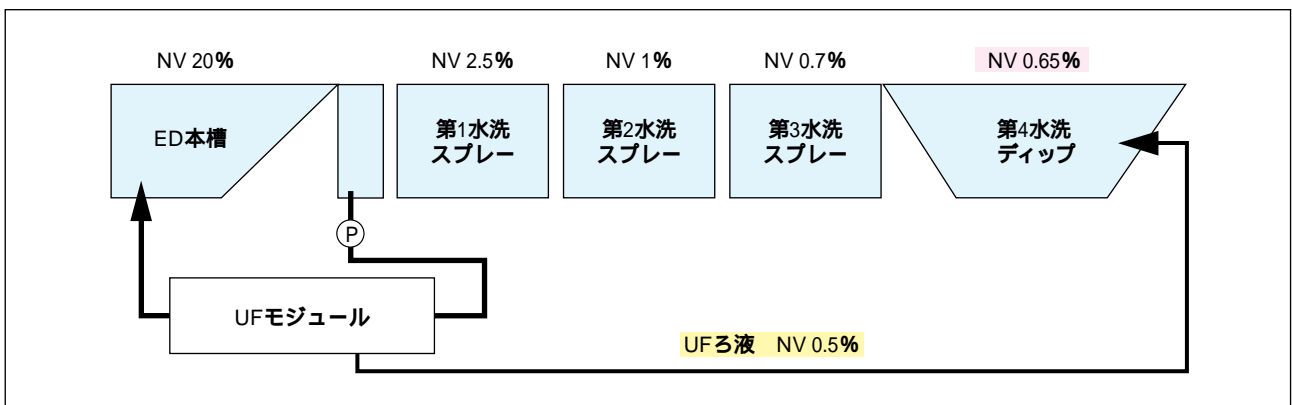


図1 現状UF回収システム

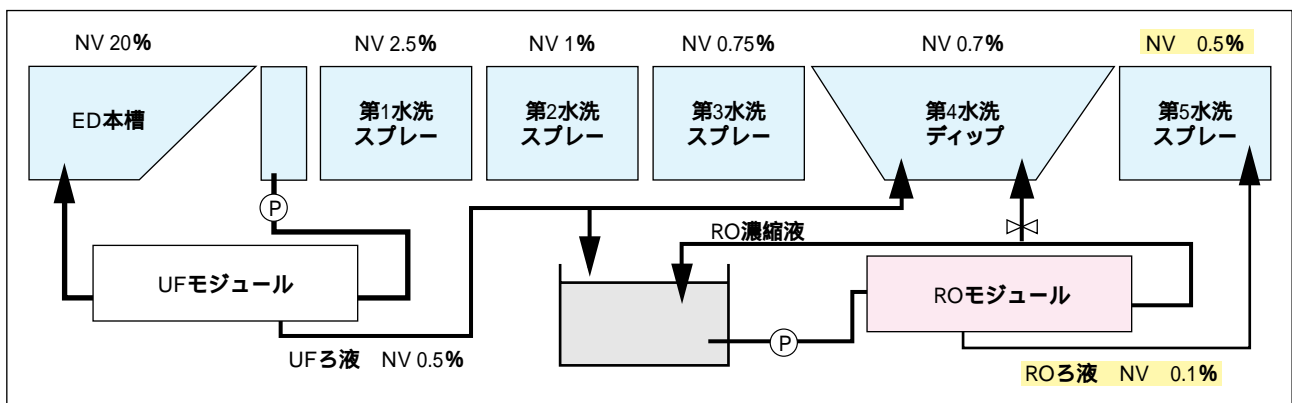


図2 今回導入検討中のROシステム

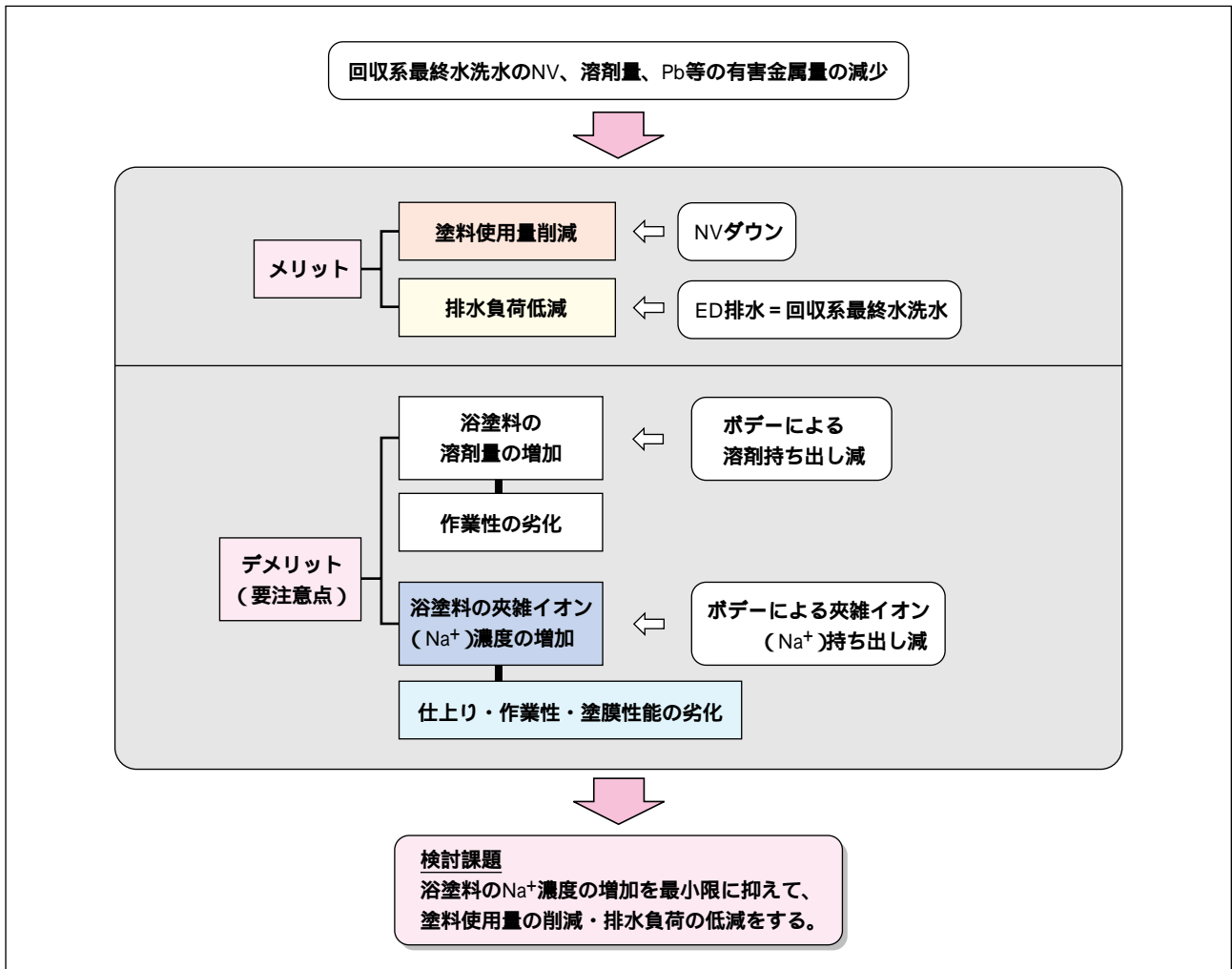


図3 ROシステム導入と課題

4. 今回の検討内容

図4のようなRO装置(実機)を塗装ラインサイドに設置し検討した。この装置の稼働条件(ROモジュール入口圧力・

濃縮倍率)を変化させて、ROろ液・UFろ液の特性値(NV・Na⁺濃度・溶剂量・Pb濃度)を測定した。また、経時変化を調べるために同一の稼働条件で長期間運転し、ROろ液・UFろ液の特性値を測定した。

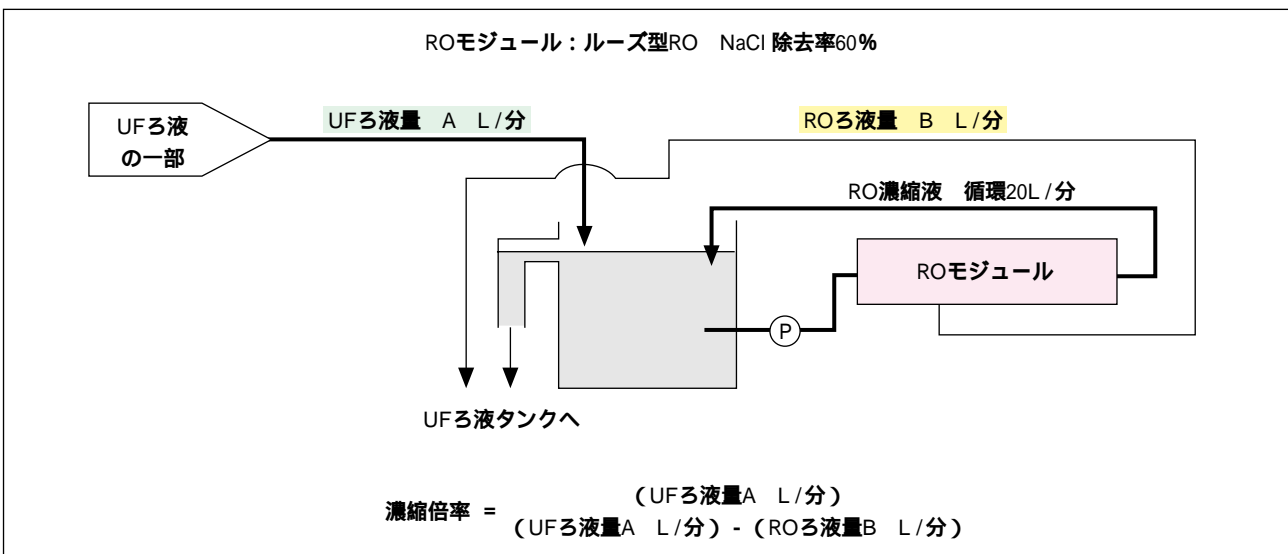


図4 今回の検討で用いた装置

表3 ROろ液のNV

	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 1L / 分	濃縮倍率 2.0倍	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 2L / 分
UFろ液量 (L / 分)	3	3	6
ROろ液量 (L / 分)	1	1.5	2
入口圧力 (kgf / cm ²)	2.8	3.8	5.0
ROろ液NV	約0.03%	約0.05%	約0.10%

注) UFろ液NV 0.5%

表4 ROろ液のNVから試算した塗料回収効率

	現 状	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 1L / 分	濃縮倍率 2.0倍	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 2L / 分
回収系 最終水洗水NV	0.65%	0.48%	0.43%	0.50%
塗料回収効率	96.75%	97.60%	97.85%	97.50%

注) 試算条件 ・総UF透過量の1/3をROろ過
・ろ液廃棄なし

表5 ROモジュールのNa⁺透過率

	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 1L / 分	濃縮倍率 2.0倍	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 2L / 分
UFろ液量 (L / 分)	3	3	6
ROろ液量 (L / 分)	1	1.5	2
入口圧力 (kgf / cm ²)	2.8	3.8	5.0
Na透過率	90%前後	60%前後	60%前後

表6 浴塗料のNa⁺濃度の試算結果 (浴塗料のNa⁺の蓄積予想)

	現 状	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 1L / 分	濃縮倍率 2.0倍	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 2L / 分
浴塗料の Na ⁺ 濃度	12.5ppm	13.7ppm	22.3ppm	22.3ppm

注) 試算条件 ・総UF透過量の1/3をROろ過
・ろ液廃棄なし

これらの値を浴塗料のNa⁺濃度(Na⁺蓄積)の計算式である式(7)(8)にあてはめると、浴塗料のNa⁺濃度は表6のようになる。Na⁺透過率が低い濃縮倍率2.0倍や濃縮倍率1.5倍(ROろ液量2L / 分)の場合は、浴塗料のNa⁺濃度が現状より約10ppm高くなるが、濃縮倍率1.5倍(ROろ液1L / 分)では現状との差は約1ppmである。よって、RO装置稼働条件は、濃縮倍率1.5倍(ROろ液量1L / 分)をラインに適用すべきである。なお、この稼働条件でも数カ月経過するとNa⁺透過率が低下する傾向が見られた。この点については、ROモジュールの酸洗浄によりNa⁺透過率は90%以上に回復したので、ROモジュールの定期的酸洗浄で解決できる。

5.4 ROモジュールの溶剤透過率

原液であるUFろ液から、溶剤がROろ液にどれだけ透過するかの尺度を式(9)のように定義すると、

$$\text{溶剤透過率} = 100 \times \frac{\text{ROろ液の溶剂量}}{\text{UFろ液の溶剂量}} \quad \text{式(9)}$$

表7のような結果が得られた。すなわち、ROろ液の溶剂量はUFろ液に比べ約1割低かった。したがって、ROシステム導入により溶剤の排水負荷は低減できるが、その効果は小さい。一方、浴塗料の溶剂量が増加するが、これは補給塗料の溶剂量減で対応可能である。

浴塗料のNa濃度(Na⁺蓄積)の計算式

Na_入 : 持ち込み Na量
 Na_{RO} : ROろ液のNa濃度
 X_{Na浴(RO)} : 浴のNa濃度 (RO回収系での)
 Na_{UF第4} : UF回収系での第4水洗水 Na濃度
 X_{NaRO第5} : RO回収系での第5水洗水 Na濃度

Γ_{UF} : UF回収系での回収率
 Γ_{RO} : RO回収系での回収率

まず、
$$X_{NaRO第5} = \frac{NV_{RO第5} - NV_{ROろ液}}{20} \times X_{Na浴(RO)} + Na_{RO} \quad \text{-----}(7)$$

ここで、

一般式	$X_{Na浴} = \frac{Na_{入} r}{1 - r}$	r : 回収率 1 - r : 持ち出し率
-----	------------------------------------	--------------------------

から、

(持ち出し率) = $1 - r_{RO} = (1 - r_{UF}) \frac{X_{NaRO第5}}{Na_{UF第4}}$

$r_{RO} = 1 - (1 - r_{UF}) \frac{X_{NaRO第5}}{Na_{UF第4}}$

よって、
$$X_{Na浴(RO)} = \frac{Na_{入} r_{RO}}{1 - r_{RO}} = \frac{Na_{入} \left\{ 1 - (1 - r_{UF}) \frac{X_{NaRO第5}}{Na_{UF第4}} \right\}}{(1 - r_{UF}) \frac{X_{NaRO第5}}{Na_{UF第4}}} \quad \text{-----}(8)$$

(8)を(7)に代入。
 → 2次方程式を解き、X_{NaRO第5}を得る。
 から、X_{Na浴(RO)}が得る。

表7 ROモジュールの溶剤透過率

	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 1L/分	濃縮倍率 2.0倍
UFろ液量 (L/分)	3	3
ROろ液量 (L/分)	1	1.5
入口圧力 (kgf/cm ²)	2.8	3.8
溶剤透過率	93 ~ 96%	91 ~ 97%

表8 ROモジュールのPb透過率

	濃縮倍率 1.5倍 ROろ液 1L/分	濃縮倍率 2.0倍
UFろ液量 (L/分)	3	3
ROろ液量 (L/分)	1	1.5
入口圧力 (kgf/cm ²)	2.8	3.8
Pb透過率	41 ~ 68%	27 ~ 35%

5.5 ROモジュールのPb透過率

原液であるUFろ液から、PbがROろ液にどれだけ透過するかの尺度を式(10)のように定義すると、

$$Pb\text{透過率} = 100 \times \frac{\text{ROろ液のPb濃度}}{\text{(UFろ液のPb濃度)}} \quad \text{式(10)}$$

表8のような結果が得られた。すなわち、ROろ液中のPb濃度は、UFろ液に比べ3割以上低かった。したがって、ROシステム導入により、Pbの排水負荷が低減できる。一方、浴塗料のPb濃度が増加するが、これは補給塗料のPb量減で対応可能である。

6. まとめ

酸洗浄なしで約8ヶ月間経過したが、現時点ではROろ液(透過量)保持性は良好で、ROモジュール入口圧力増加は最大0.1kg/cm²であった。ROシステム導入により、塗料回収効率が高くなり、塗料使用量が0.75%以上削減される。

ROモジュールのNa⁺透過率は、

a)濃縮倍率を高くする

b)ROモジュール入口圧力を高くする

のどちらの場合も低下する。その結果、浴塗料のNa⁺濃度が増加する危険があり、RO装置の最適稼働条件を選定する必要がある。今回の検討では、最適稼働条件は濃縮倍率1.5倍(ROろ液量1L/分)であった。但し、この稼働条件でもROモジュールの定期的酸洗浄が必要である。

ROろ液は、UFろ液に比べ、NV、Pb濃度、溶剂量が低くなる。したがって、ROシステム導入により、排水負荷が低減できる。なお、浴塗料の溶剂量・Pb濃度の増加は、補給塗料の溶剂量減・Pb量減で対応可能である。

7. 今後の予定

本検討の結果に基づき、実際に、EDラインにROシステムを導入し、これまでの浴管理に加え、ROろ液の特性値等を測定していく。

8. あとがき

EDラインへのROシステム導入可否のポイントは、ROろ液量保持性が良好である事とNa⁺透過率が高い事である。

なお、ROシステム導入には初期コスト(設備)とランニングコスト(ROモジュール代・電気代)がかかるので、塗料使用量等の削減のコストメリットが大きい事が必要条件である。