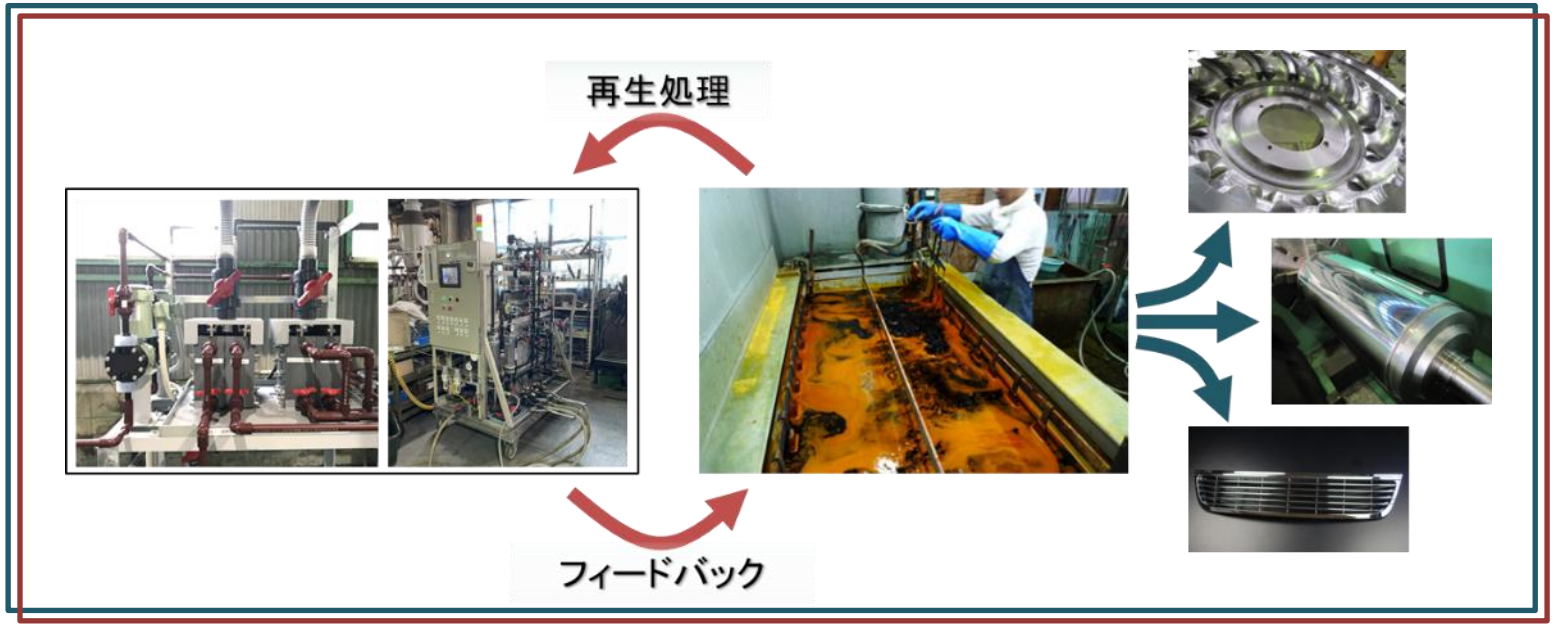
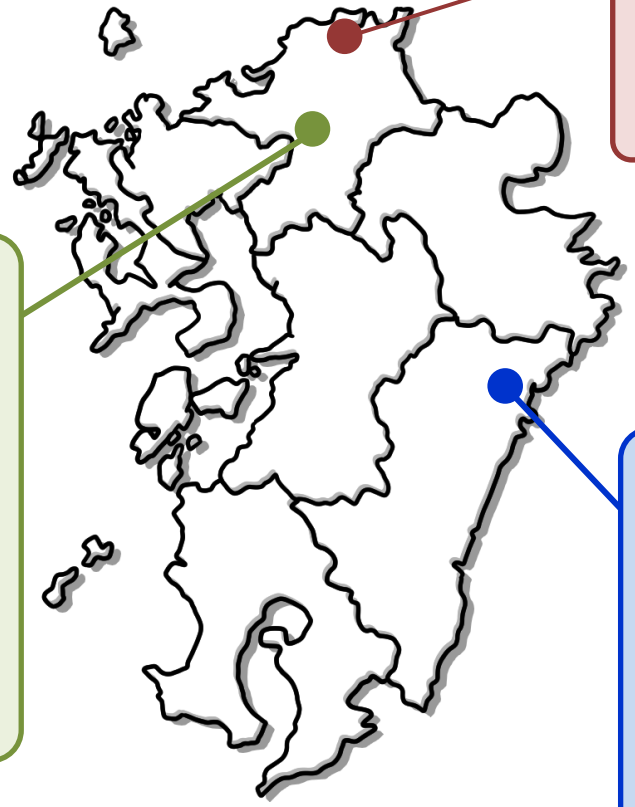
クロムめっき液長寿命化による六価クロム含有廃棄物の排出抑制

【提案者】　福岡県工業技術センター機械電子研究所
吉玉精鍍株式会社
有限会社深田ハードクローム



自己紹介

九州めっき工業組合環境リサイクル委員会で、
めっき廃棄物の削減に取り組む。



福岡県工業技術センター
機械電子研究所（北九州市）

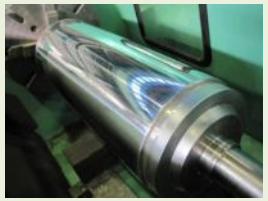
・福岡県立の中小企業技術支援機関
・機械金属系の試験研究
・九州めっき工業組合と連携
（めっき技能検定、環境リサイクル）

（有）深田ハードクローム
（福岡県久留米市）

・硬質クロムめっきの専業者
【主要製品】金型、シリンダーロッド
【顧客】ブリジストン、テクノ月星、他



タイヤ金型



ロール

吉玉精鍍（株）
（宮崎県延岡市）

・多品種を扱う総合めっき業者
【主要製品】金型、電子部品
【顧客】旭化成、TOWA、他



半導体金型



ロール

（背景１）クロムめっき

■ クロムめっき

クロムめっきには硬質クロムめっきと装飾クロムめっきがある。

種類	用途	特徴
硬質クロムめっき	金型やロールなど高い硬度や耐摩耗性が必要な部材に使用される。	硬度、耐摩耗性、耐食性に優れる。数10～数100μmの厚膜とする場合が多い。安価で、再生処理容易。
装飾クロムめっき	金属光沢が必要となる水栓金具や自動車装飾品等に使用される。	光沢、耐食性、硬度に優れる。1μm以下の薄膜とする場合が多い。

■ 九州におけるクロムめっき

九州めっき工業組合会員では34社中17社が実施 （約半数の事業者で実施！）

■ クロムめっき製品例



ヘッドライト部品金型



精密ロール



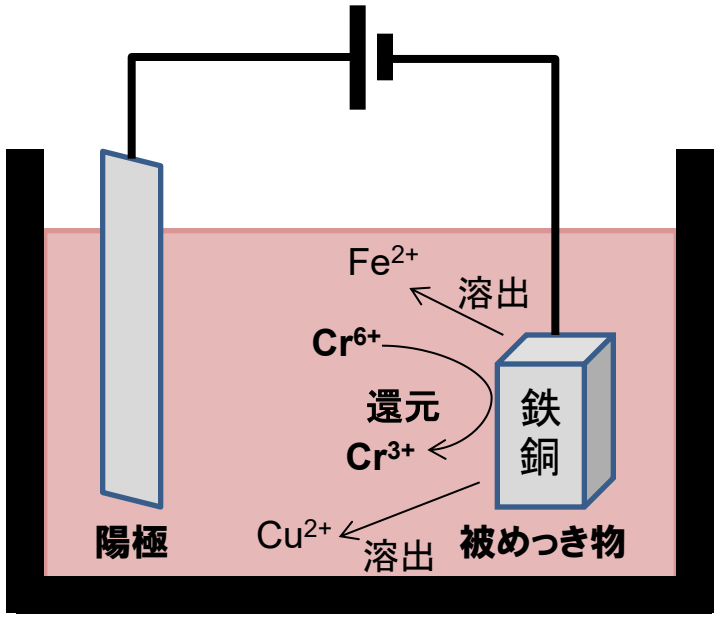
水栓金具



自動車フロントグリル

（背景２）クロムめっき液廃棄物の問題

■ クロムめっき液の老化と廃棄



■ Cr^{3+}の増加
陰極反応におけるCr^{6+}の還元

■ Fe^{2+}, Cu^{2+}の増加
被めっき物からの溶け込み

■不純物管理値
① Cr^{3+} ： 10g/ℓ以下
② Fe^{2+} ： 20g/ℓ以下、③ Cu^{2+} ： 20g/ℓ以下

不純物が管理値を超えると、浴電圧が高くなり めっき不良が発生する。

効率的な不純物除去方法がなく、また、リサイクル手段もないことから、廃棄処分。

新規建浴 コスト

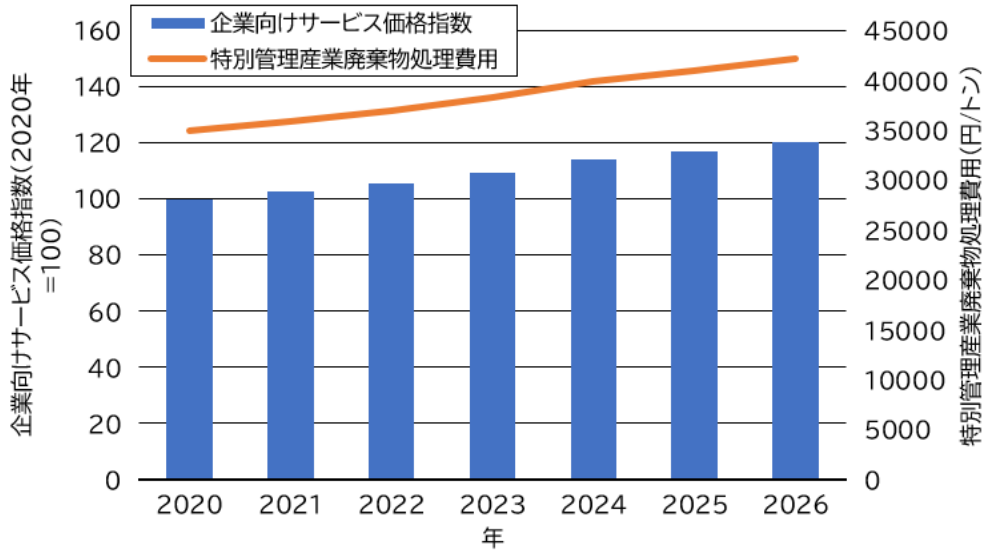
・クロム濃度が高濃度のため工場内で処理不能！
廃棄コスト：1回あたり約100万円（めっき浴15000ℓ、5～6万円/トン）

・新規建浴のためのコスト
建浴コスト：1回あたり約200万円（クロム酸500円/kg、250g/ℓ、15000ℓ浴）

めっき業者の大きな負担となっている。

（背景３）産廃処理費用の高騰・環境規制強化・原料高騰

■ 産廃コスト高騰



企業向けサービス価格指数から試算
（日銀）

⬇

2026年度は2020年から約20%高騰

■ 環境規制

改正水質汚濁防止法により2024年4月から、
六価クロムの排出基準が厳格化！

2024年3月まで：0.5mg/ℓ

⬇

2024年4月以降：0.2mg/ℓ

■ クロム価格の高騰

エネルギー価格の高騰、円安等の影響

	Cr価格(円/kg)
2026	704
2025	617
≀	≀
2020	359

約2倍

出所：田島スチールHP

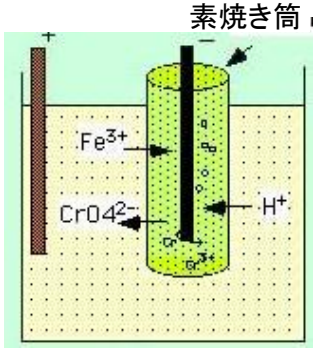
（クロムめっき業者）クロム廃棄物の削減、原材料の有効活用が求められる。

既存技術調査

クロムめっき廃液の再生を目的にいくつかの方法が提案されているが、普及していない。

隔膜電解法

素焼き筒やイオン交換膜等を用いた隔膜電解により、陰極室のpH上昇を利用して鉄を沈殿除去する方法。



□利点　・確実に鉄を除去可能

■欠点　・処理速度が遅い。
・隔膜の目詰まり発生
・鉄汚泥の処理が困難

【評価】 ×

※ハンドリングが悪い、廃棄コスト増大

イオン交換法(ボンベ型)

イオン交換樹脂を充填したボンベに処理液を通してクロム酸を吸着する方法(業者によるボンベ貸出)。



□利点　・操作が容易

■欠点　・希薄溶液しか処理できない。
・樹脂再生が自社でできない。
・九州にめっき対応業者なし

【評価】 ×

※希薄液専用で、めっき向きではない。

イオン交換法(プラント型)

大型工場の廃水を想定して作られており、工場内に配管をめぐらすなど規模が大きい。



□利点　・大量の廃液に対応

■欠点　・中小企業には大きすぎる。
・イニシャルコストが高い。
・樹脂再生時の廃液が多い。

【評価】 △

※コスト甚大(設備:数千万円規模)。

中小企業に適した良い技術がない。

↓

望まれるクロムめっき液再生技術

・小型かつ省スペース
・低コスト
・高い処理効率
・ハンドリングが良いこと

↓

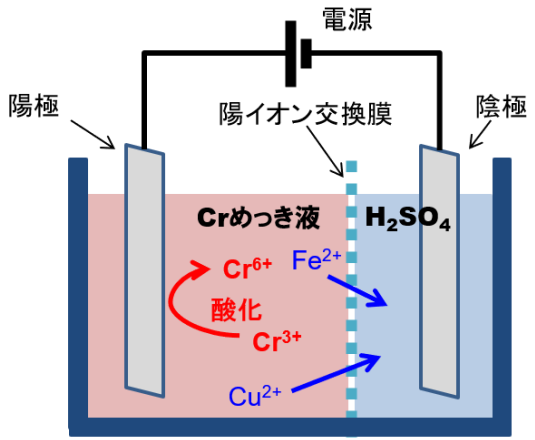
本事業で開発する！

開発方針

開発に参加する吉玉精鍍(株)と(有)深田ハードクロームのニーズに対応した技術開発を行う。

【吉玉精鍍(株)】大型Crめっき槽の新設 ➔ 専用の不純物除去装置 ➔ 常時稼働によりめっき液好調を維持

隔膜電解法



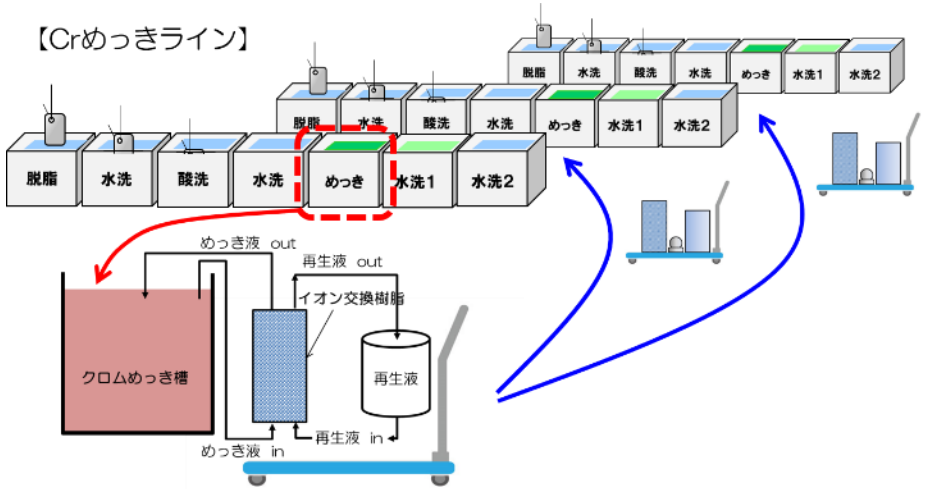
【構造】
陽イオン交換膜で陽極室と陰極室を分けた電解槽を使用し、陽極室にクロムめっき老廃液を入れて陽極電解する。

【不純物除去】
Fe^{2+}やCu^{2+}を隔膜を通じて陰極室の硫酸に回収する(陽イオン交換膜は陽イオンのみ通過する)。

【再生可能成分の再生】
陽極反応によりCr^{3+}を酸化してCr^{6+}に再生する。

【(有)深田ハードクローム】複数のCrめっき槽が点在 ➔ 1台の装置で個々に不純物除去したい。

可搬型イオン交換法



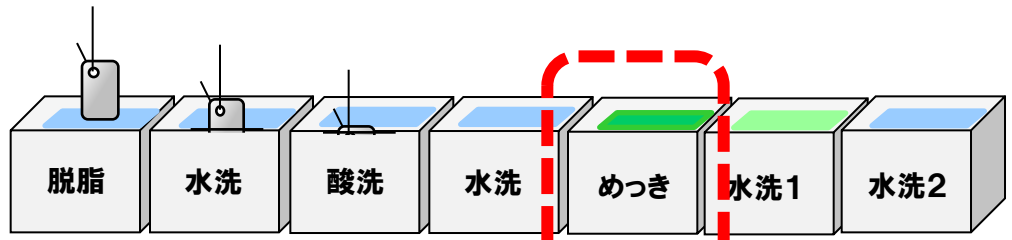
【構造】
・実績のあるイオン交換法を採用(Fe^{2+}除去)
・コンパクトな装置設計(省スペース、低コスト)

【付加価値】
・移動可能な可搬型 ➔ 複数のめっき槽を巡回可
・めっき液再生から樹脂再生まで全自動

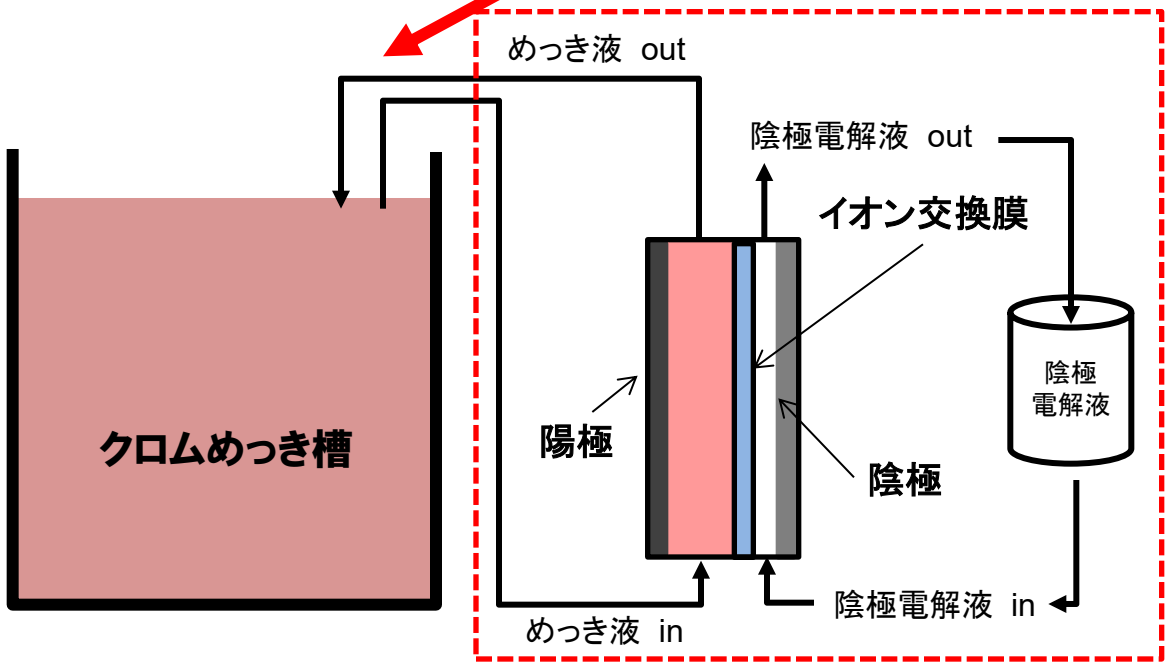
新規性大！、零細～中小企業まで幅広く対応！

隔膜電解式クロムめっき液再生装置の概要

■ フロー型の隔膜電解装置とし、連続的なめっき液再生を行う。



【Crめっきライン】



試作するフロー型隔膜分離電解装置

【メリット】

受槽が不要
↓
シンプルな構成で
省スペース・低コスト

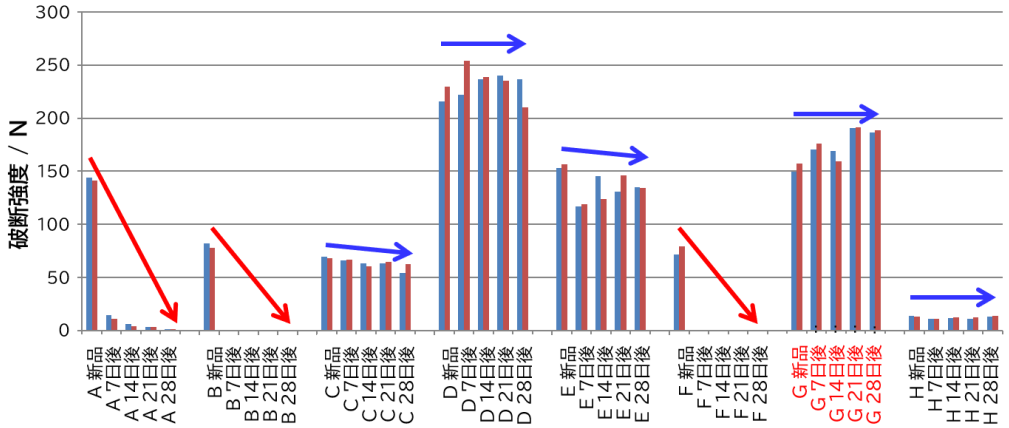
既設ラインに直接接続
↓
めっきしながら処理できる

めっき作業と並行して不純物除去を実施可能 → 常に良いめっき液状態を維持

“隔膜電解式”Crめっき液再生装置の開発

① イオン交換膜の選定（クロム酸に対する耐久性）

50℃におけるクロム酸浸漬試験後、膜の引張強度試験を実施

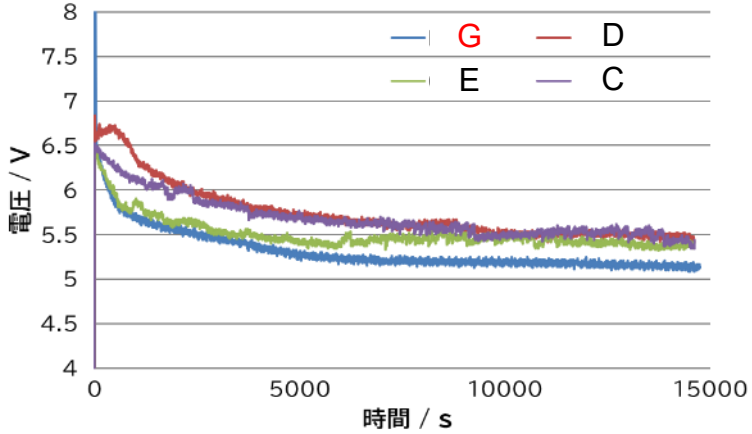


イオン交換膜の引張強度試験結果

フッ素樹脂系イオン交換膜が優れた耐久性を発揮

② 電解抵抗評価

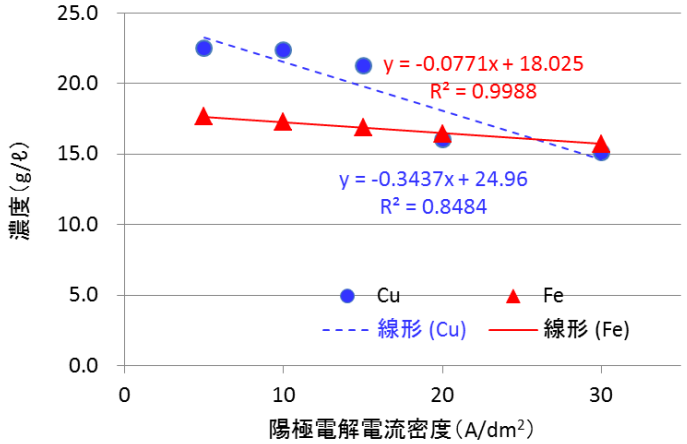
電解電圧が低い膜を探索



イオン交換膜の電解電圧評価結果

膜Gが最も低い電解電圧

③ 陽イオンの電気透析特性を評価

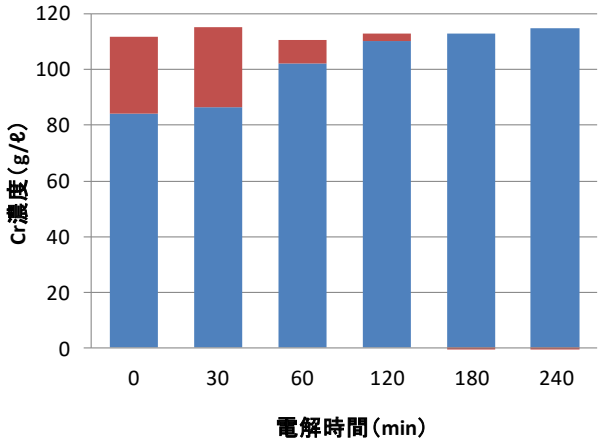


陽極室から陰極室へ移動した陽イオン濃度

- Fe^{2+}等の移動を確認
- 電解電流密度と比例

定量的にFe^{2+}の除去が可能

④ 陽極反応によるCr^{3+}→Cr^{6+}への再生を評価



陽極室中のCr^{3+}、Cr^{6+}濃度の変化

電解によるCr^{6+}への再生を確認

- **Crのロスを削減**
- **浴組成改善**

“隔膜電解式”クロムめっき液再生装置の製作

設置場所	吉玉精鍍株式会社（延岡市大武町）
めっき槽	硬質クロムめっき槽（1号槽、2号槽）、浴量：各1500ℓ（合計3000ℓ）
隔膜電解装置	最大電流：200A、隔膜面積：900cm^2



新設したクロムめっき槽



実機に接続した隔膜電解槽

【実証試験】2020年～（現在は営業ベースで運用）

	対策なしの場合	発生抑制実施後の発生量					
	年間	2020	2021	2022	2023	2024	2025
廃棄クロムめっき液(トン/年)	1.8	0	0	0	0	0	0

当該めっき槽に関するクロム廃液はゼロ　→　再生装置の有効性を確認

“可搬型イオン交換式”クロムめっき液再生装置の検討

①イオン交換樹脂の選定

鉄除去特性が高く、耐酸化性に優れたイオン交換樹脂の選定を行う。

鉄除去特性 × **耐酸化性** × **コスト**

- 鉄吸着容量
- マトリックスの影響
- 繰り返し性能

- クロム酸の影響
- 処理温度の影響
- 繰り返し耐久性

- 樹脂コスト
- 樹脂再生コスト

②めっき液再生（鉄除去）および樹脂再生条件の検討

選定されたイオン交換樹脂の処理条件について最適化を行う。

鉄除去工程 → **樹脂再生工程** → **除去** → **再生** → **除去** → ・・・

鉄吸着容量向上
・流速、温度など

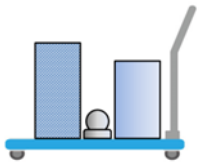
再生効率向上
・酸濃度、廃水減量など

最適なルーティーンを検討

③クロムめっき液再生装置の試作

【仕様】

- 樹脂50ℓ規模
- 耐クロム酸仕様
- 樹脂再生機構
- 台車による可搬型



④実めっき槽規模での実証試験

深田ハードクロームでの実証試験を行う。

- 300ℓめっき槽を想定。
- 繰り返し試験による性能評価
- 最適処理ルーティーンの決定
- 費用対効果の検証



“可搬型イオン交換式”Crめっき液再生装置の開発

① イオン交換樹脂の選定

高耐久性の陽イオン交換樹脂を比較

樹脂10mlに対するFe^{3+}の吸着量

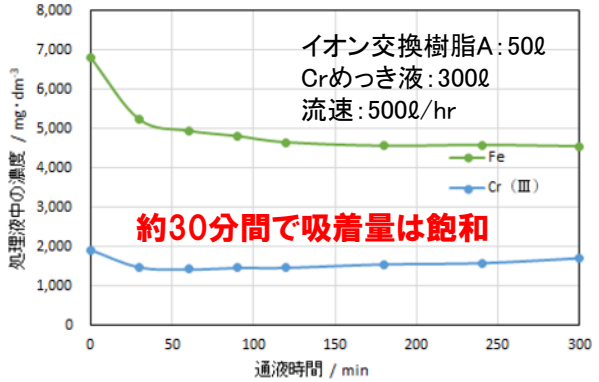
	Fe^{2+}積算吸着量(mg)
樹脂A	95.6
樹脂B	52.1
樹脂C	26.2

クロム酸共存下で吸着性の優れた樹脂を選定

② プロトタイプ試作機を用いた実機試験



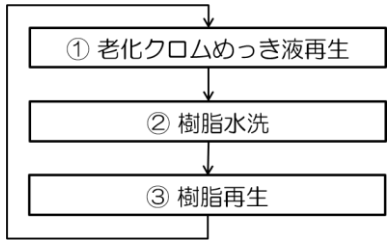
試作した手動式試作機



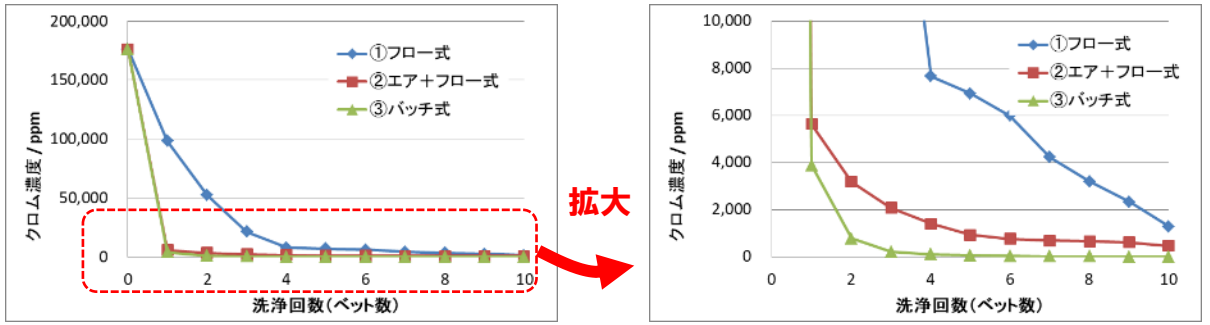
めっき液中不純物量と電解時間の関係

③ イオン交換樹脂再生方法の検討

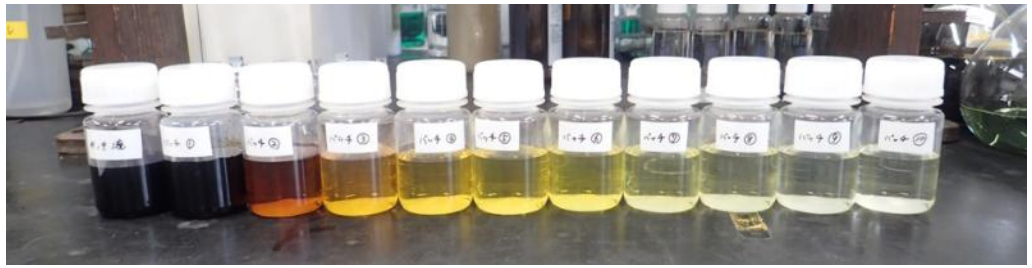
（1）水洗方法



フロー式	水を連続的に流し入れる。
エア＋フロー式	めっき液残をエアで飛ばし、次いで流水で洗浄する。
バッチ式	めっき液残をエアで飛ばし、カラムに水を貯め、都度、エアで脱水する。



水洗方法の違いと水洗水中のCr濃度

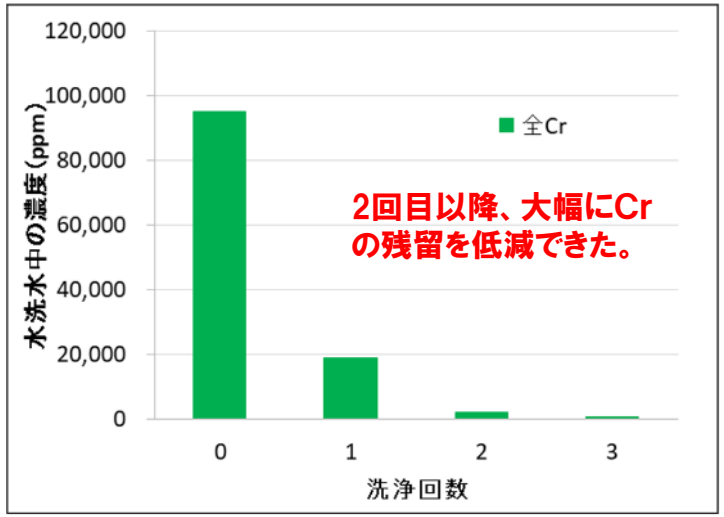


バッチ式水洗における水洗回数毎の水洗水の外観

イオン交換樹脂(50ℓ)の再生条件

■ 水洗効果の検証(バッチ式)

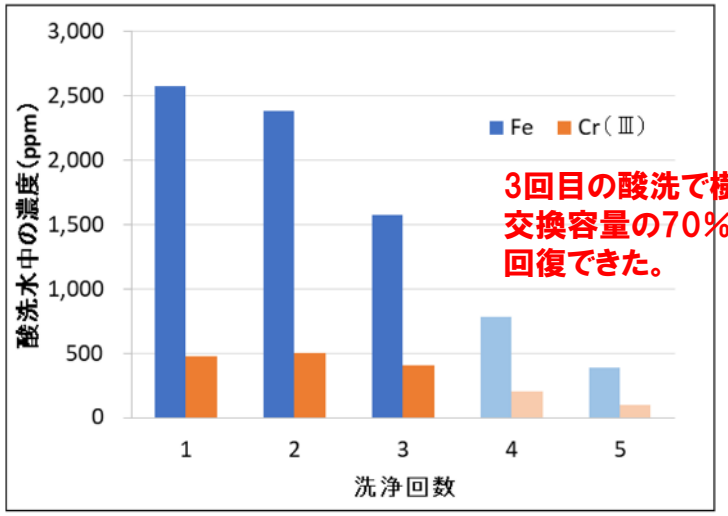
・樹脂量（50L）と同量の水で洗浄。
・洗浄方法：バッチ式水洗・エア除去方式



樹脂洗浄水中の全Cr濃度

■ 酸洗効果の検証

・樹脂量（50L）と同量の10%硫酸で洗浄。
・洗浄方法：バッチ式水洗・エア除去方式を準用。



酸洗液中のFeおよびCr濃度

イオン交換樹脂の再生条件

ユニット	仕様
① めっき液再生	流速0.5m^{3}で1時間循環
② 樹脂塔洗浄	樹脂と同量(50ℓ)の水で3回バッチ洗浄。 ・バッチ間は圧縮空気で残液を押し出す。 ・1回目の水洗水はめっき液に戻し(Cr資源回収)、2回目以降の水洗水は廃棄
③樹脂再生	10%硫酸50ℓで3回バッチ洗浄 ・最後に水50ℓでバッチ洗浄し、廃液は廃棄する。
④ ①へ繰り返し	組成分析、またはハルセル試験により、繰り返し処理の必要性を判断する。

“可搬型イオン交換式”クロムめっき液再生装置の製作

設置場所	有限会社深田ハードクローム（福岡県久留米市）
めっき槽	硬質クロムめっき槽（3000ℓ）など多数
再生装置	全自動、イオン交換樹脂塔：50ℓ、酸洗・水洗機能、圧縮空気フラッシュ機能



“可搬型イオン交換式”クロムめっき液再生装置の外観

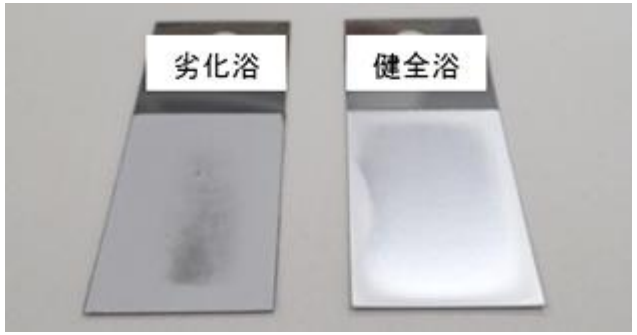
【実証試験】2023年～

	設備導入前				設備稼働後		
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
廃棄クロムめっき液(トン/年)	6.1	0	12.0	3.8	0	0	0

当該めっき槽に関するクロム廃液はゼロ → 再生装置の有効性を確認

めっき品質への効果

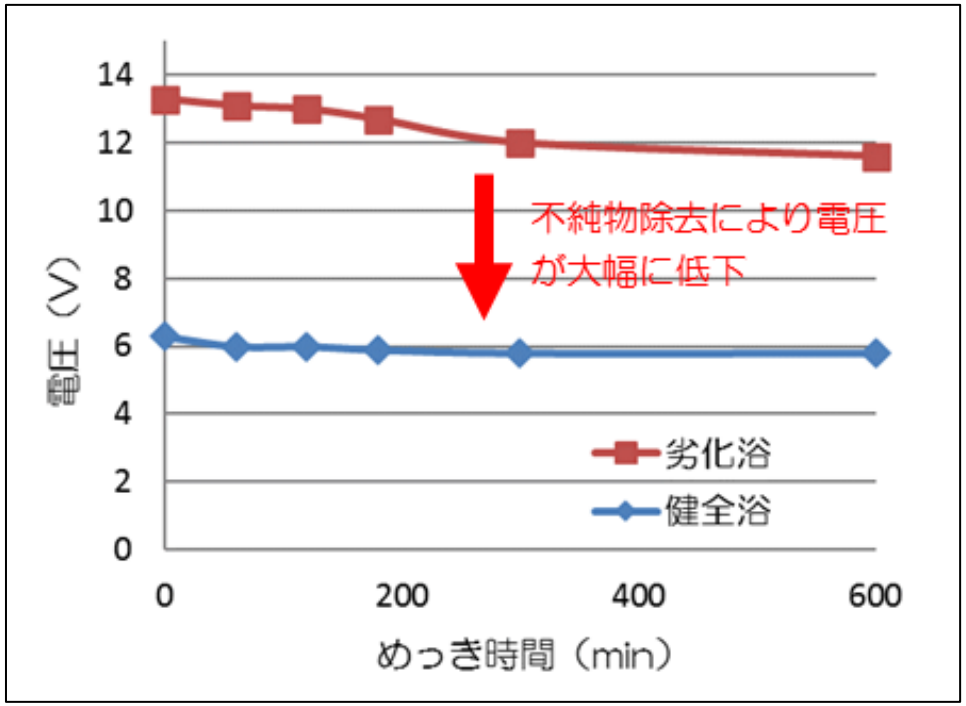
■めっき品質への影響

	劣化浴	健全浴
外観		
硬さ	784HV	883HV
面粗度(Ra)	0.11μm	0.04μm

・金属光沢発現(外観向上)
・硬度向上(10%以上向上)
・面粗度低下(平滑化)

めっき性能が大きく向上！

■めっき電圧の低下(5A通電時)

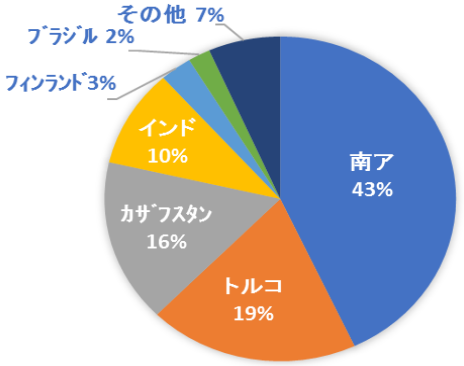


・めっき時(定電流電解)の電圧低下
条件によっては電力が半減する。

めっき時の電力消費が半減！
生産コスト低減に効果あり！

（波及効果）資源・環境面での効果

■ クロム酸リサイクルの現状（JOGMEC資料より）



クロム原料生産国

クロム原料



クロム鉱石

リサイクル：0.3千トン

【国内クロム化合物流通量】
重クロム酸ソーダ
重クロム酸カリウム
無水クロム酸
クロム酸

生産：26.9千トン
輸入： 3.8千トン

30.7千トン

リサイクル量はわずか

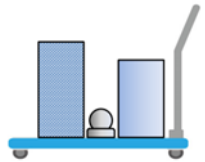


無水クロム酸

- めっき
- 皮革
- 顔料

廃棄（約10千トン）
※投入原料の1/3が廃棄と推定

開発装置の普及で
めっき業における
Crリサイクルが進展！

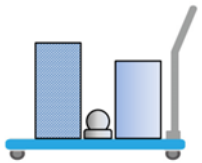


廃棄コスト
原料コスト
} 削減

■ クロム酸（6価クロム）の環境規制

項目	法令
水質	水質汚濁防止法（排水基準：0.2ppm以下）
土壌	土壌汚染防止法（土壌溶出量：0.05mg/ℓ以下）
廃棄物	廃棄物処理法（特別管理産業廃棄物に該当）
その他	化管法、化審法、RoHS指令・ELV指令対象物質

クロム酸の排出が大きく
減り、環境負荷が軽減！



資源の有効活用と環境負荷低減に寄与 → ロスコスト削減により生産性向上

（波及効果）経済面での効果

■ めっき業界の市場

【装置価格：1,000万円と設定】

（九州）めっき業者：50社（大手内製含む）の半数がCrめっき → 2.5億円
（全国Crめっき業者）硬質Crめっき工業会会員：83社 → 8.3億円
（潜在的な全国市場）全鍍連加盟1,107社のうち半数がCrめっき → 55.4億円

↓

装置製作業者、商社との連携により製品化を進める。

↓

九州めっき工業組合、全国鍍金工業組合連合会のチャンネルを使って周知

ご清聴ありがとうございました。