

## 亜鉛めっきのクロメート処理の現状と将来 (6価クロメート皮膜と代替クロメート皮膜)

大阪府立産業技術総合研究所  
表面化学G 森河 務

1. 亜鉛めっきのクロメート処理
2. 亜鉛めっきの6価クロメート皮膜に対する環境課題
3. 6価クロメート皮膜の代替処理法

© Tsutomu Morikawa

## 亜鉛めっきの役割

表面処理なし



亜鉛めっき(ユニクロ)



亜鉛がなくなると赤錆が発生

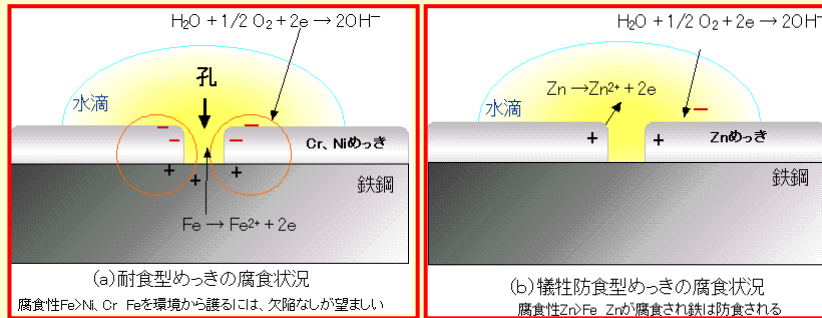
(株)吉崎メッキ化工所ホームページより

© Tsutomu Morikawa

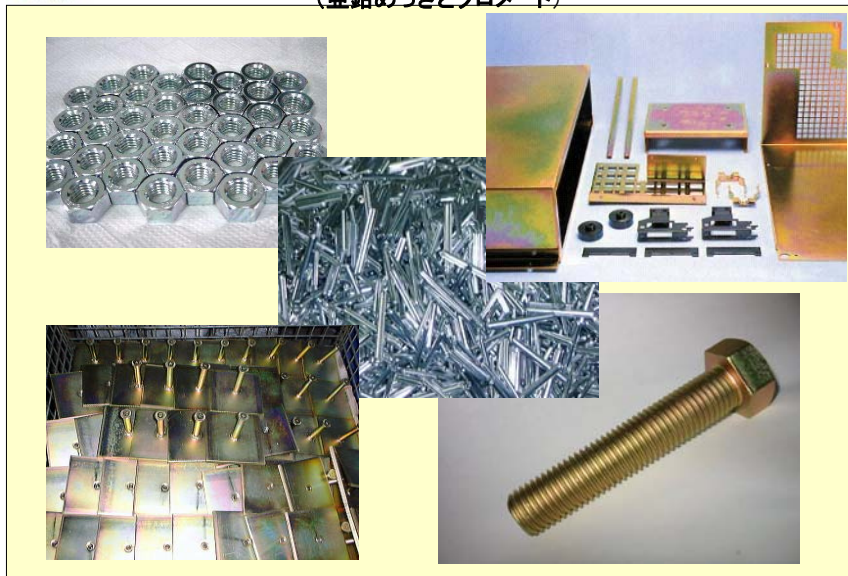
### めっき皮膜の耐食性は？

めっき金属の性質による2つの防錆効果

製品や部品は、実環境下で、様々な腐食環境(湿気、酸化雰囲気、硫化雰囲気、塩分など)にさらされ製品や部品の外観、機能は損なわれる。金属製品・部品を腐食環境から守ること、あるいは素材に生じるさびを発生しにくくする方法として、各種のめっき皮膜が使用されている。



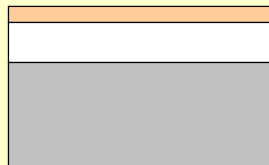
### 耐食性 (亜鉛めっきとクロメート)



- ① 亜鉛めっきの白錆の発生を防ぎ、また赤錆発生までの時間も延ばす
- ② 外観を美しくする
- ③ 指紋など汚れをつきにくくする
- ④ 塗装との密着性を改善する（塗装下地としての効用）
- ⑤ 皮膜にはわずかな電導性があるため、部品間の電氣的接続に対応できる
- ⑥ 皮膜の染色によって異なる色合いのものが作製できる
- ⑦ 黒色で耐食性ある皮膜が作製できる

- (1) 亜鉛の溶解反応 ( $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$ )
- (2) 還元反応 ( $Cr_2O_7^{2-} + 4H_2 \rightarrow 2Cr(OH)_3 + H_2O$ )
- (3) 化成反応 ( $2Cr(OH)_3 + CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightarrow$   
 $Cr(OH)_3 \cdot Cr(OH) \cdot CrO_4 \cdot H_2O$ )

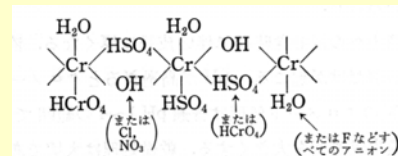
膜厚 光沢<有色<黒色<緑色  
(約10~20%程度の6価クロムを含む)



クロメート皮膜

Znめっき

鉄鋼





(株)吉崎メッキ化工所ホームページより

© Tsutomu Morikawa

種類	タイプ	外観色調	耐食性 白錆発生時間(h)	全クロム量 (mg/m <sup>2</sup> )	6価クロム量 (mg/m <sup>2</sup> )	特徴
光沢クロメート	外観型	青銀白色	~24	30~40	—	美観を重点とし耐食性はさほど要求されない分野で利用される。F含有。
	耐食型	青~淡黄	48~96	40~80	~10	光沢と耐食性が要求される分野で使用される。
有色クロメート	一般型	虹色	96~120	100~200	20~40	更に耐食性重視分野で使用される。
	密着型	虹色	72~96	80~150	10~30	密着性を重視している。
黒色クロメート	外観型	黒色	24~72	150~300	20~30	耐食性良好。装飾的にもよく利用される。
	耐食型	黒色	96~120	300~500	40~70	耐食性・耐候性重視分野で利用される。
緑色クロメート	耐食型	緑色	400~500	500~700	50~120	最も耐食性が優れている。

光沢クロメート



有色クロメート



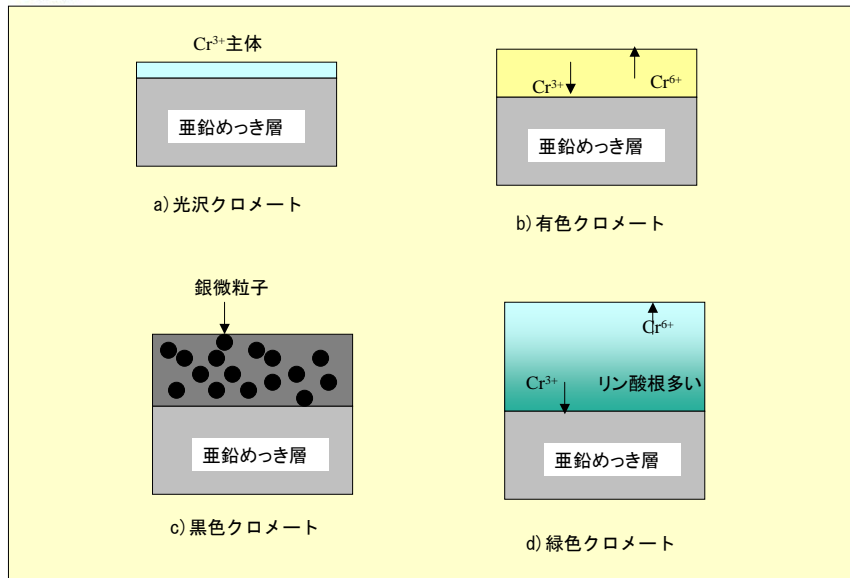
黒色クロメート



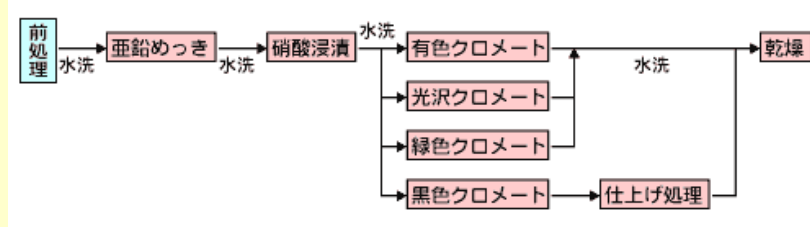
緑色クロメート



© Tsutomu Morikawa



	光沢クロメート	有色クロメート	黒色クロメート	グリーンクロメート
無水クロム酸	0.1~2	4~10	10~40	10~30
硫酸	0.3~5	0.5~5	2~30	1~10
硝酸	0.5~10	1~5		0~10
リン酸	0~2		0~20	0~30
フッ化水素酸	0~2			
酢酸			0~100	0~70
銀			0.2~0.4	
温度	室温	室温	室温	室温
浸漬時間	10~30秒	10~30秒	30~120秒	30~120秒



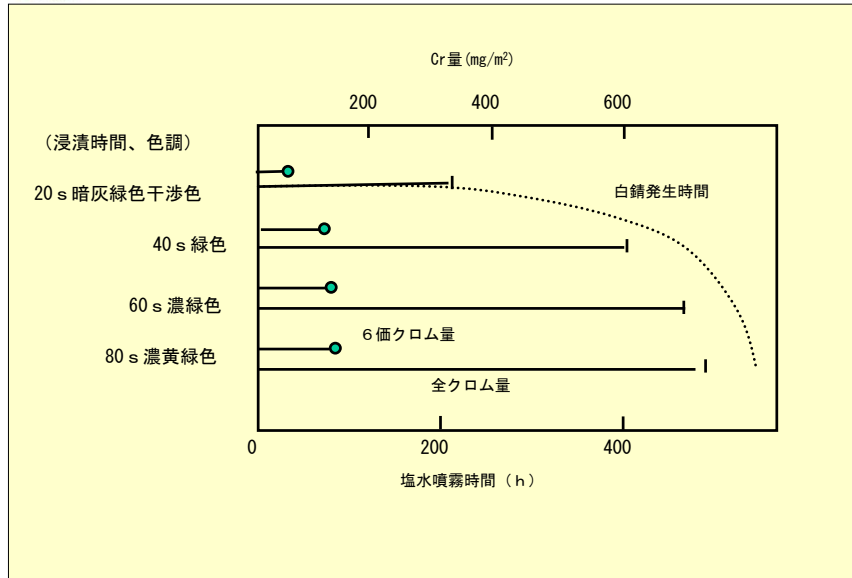
各種クロメート皮膜の耐食性比較の一例

皮膜種類	噴霧時間										
	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	500
有色クロメート	0	0	0	0	2	4	5				
光沢クロメート	0	2	4	5							
黒色クロメート	0	0	0	0	0	2	5				
緑色クロメート	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

試験品各5個、JIS H 8610 塩水噴霧試験。数字は白さび発生個数。



### 処理時間と皮膜中の全Cr、6価Cr量と耐食性の関係<sup>13</sup> (緑色クロメート液浸漬)

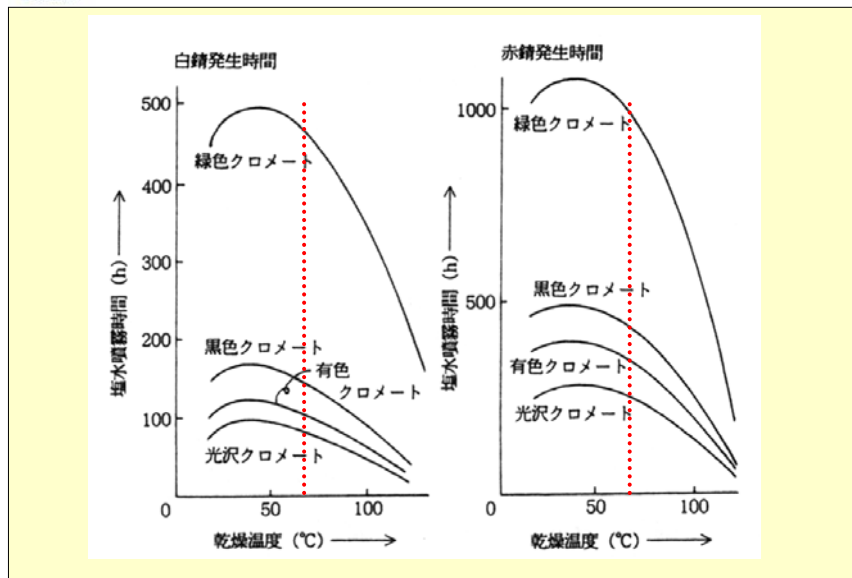


(奥水 実務表面技術, 32, p539(1985)より)

© Tsutomu Morikawa

### 乾燥温度による耐食性の変化<sup>14</sup>

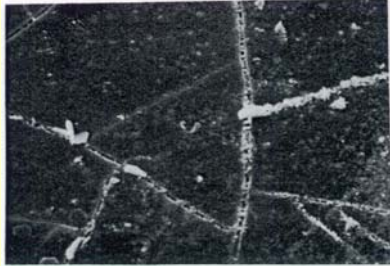
14



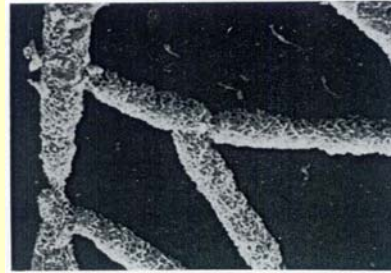
(奥水 実務表面技術, 32, p539(1985)より)

© Tsutomu Morikawa

SST 24 h



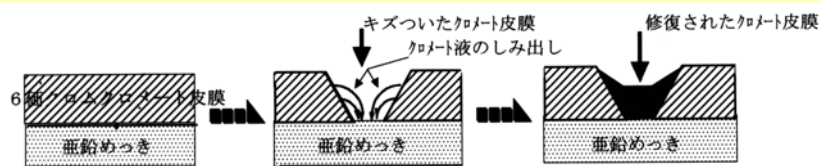
SST 72 h



緑色クロメート、乾燥150°C、10分間

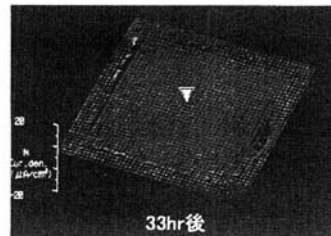
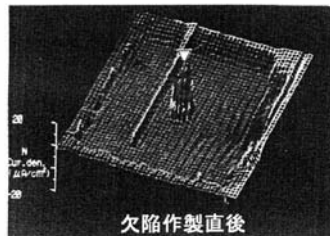
(花形, 実務表面技術, 29, p112(1982)より)

© Tsutomu Morikawa



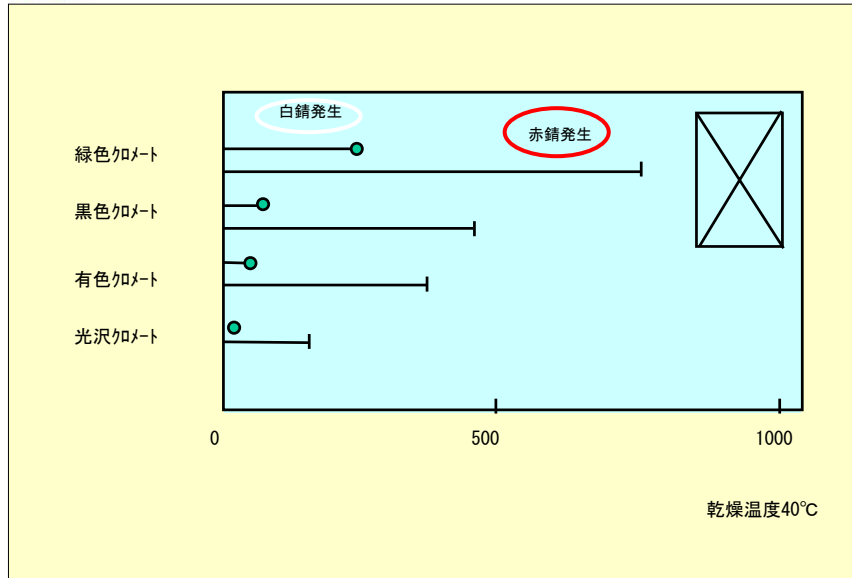
クロメートの自己修復観察(走査振動電極による観察)

須田ら、材料と環境<sup>\*</sup>, 46,99(1997)より



© Tsutomu Morikawa





(興水, 実務表面技術, 32, p539(1985)より)

© Tsutomu Morikawa

不良現象	原因	対策
ポケ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理温度が低い</li> <li>・硝酸浸せき液の硝酸濃度が高い</li> <li>・処理液の老化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・15°C以上にする</li> <li>・希釈する</li> <li>・補給または更新</li> </ul>
皮膜はく離 (密着不良)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理液濃度が高すぎる</li> <li>・乾燥温度が高すぎる</li> <li>・湯洗温度が高過ぎる</li> <li>・硝酸浸せき液の老化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・希釈又は処理時間短縮</li> <li>・70°C以下に下げる</li> <li>・45°C以下に下げる</li> <li>・液の更新</li> </ul>
有色クロメートの赤味不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理液の老化</li> <li>・処理温度が低い</li> <li>・硝酸浸漬液のクロメートへの待込み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補給または更新</li> <li>・加温する</li> <li>・硝酸浸漬後の水洗をよくする</li> </ul>
耐食性低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乾燥温度が高過ぎる</li> <li>・回転によるクロメート処理時の疵</li> <li>・水洗、湯洗時間が長い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・55~70°Cに下げる</li> <li>・クロメート処理後の回転中止</li> <li>・水量、湯洗温度調整</li> </ul>
ラック上下の色調差が大	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理液濃度が高い</li> <li>・攪拌不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・希釈し処理時間を延長</li> <li>・中段強かく拌、下段弱かく拌</li> </ul>
ラック処理の流れ跡ポケ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硝酸浸せきの濃度が高過ぎ</li> <li>・めっき光沢過剰</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・希釈して硝酸1mL/Lに</li> <li>・めっき光沢をおとす</li> </ul>

(日本表面処理機材工業会, 実務表面技術, 33, p3(1986)より)

© Tsutomu Morikawa

等級	種類	等級・種類の記号	単位面性当たり皮膜重量 g・m <sup>2</sup>	代表的色合(参考)
1級	光沢	CM1 A	0.5以下	透明, 時として青色
	淡黄色	CM1 B	1.0以下	わずかに干渉模様
2級	黄色	CM2 C	0.5を超え1.5以下	黄色干渉模様
	緑色	CM3 D	1.5を超えるもの	オリーブ, グリーン, ブロンズ, 褐色

例 : Ep-Fe/Zn 25/CM2

例 : Ep-Fe/Zn 10/HB, CM1, PA

Ep	めっきを表わす記号です。
Fe/Zn	Feは生地が鉄であることを Znはめっきの種類が亜鉛めっきであることを表す
数字	めっき厚さを表わす。単位はミクロン(μm)
CM2	めっき後の後処理の種類 CM-1光沢クロメート、CM-2有色クロメート、CM-3は 緑色クロメートを表わす。
その他	HB水素除去のベーキング処理 PAは塗装、CLは着色、ATは変色防止

**JISH8502 中性塩水噴霧試験法**

35°Cに設定された試験槽に4%の塩水を噴霧し、試験片の耐食性及び腐食性を評価する。



等級・種類の記号	白色腐食性生物が発生してはならない最低時間 h
CM1 A	6
CM1 B	24
CM2 C	72
CM3 D	96

自動車メーカーの防錆基準

環境	めっき膜厚 (μm)	化成皮膜 (白錆)	亜鉛めっき消滅	鉄赤錆
苛酷	28	72	240	312
	13	72	144	216
酷	8	72	96	168
普通	5	72	48	168

「ニューズ動向」：オムロン新伊藤貞則氏「6価クロム対策」より

**環境に対応するめっき技術の動向**

厳しくなる環境規制

- ほう素、フッ素、窒素
- 鉛フリー
- 6価クロムフリー
- 有機塩素系化合物
- 海洋投棄の禁止

万物の靈長といわれる人間の責任  
 全動植物の生存に責任を持つ  
 子孫の生存への責任

めっき技術及び周辺技術の進歩

- はんだ代替めっき
- 代替クロメート処理
- 代替クロムめっき
- 脱脂・乾燥工程からの有機塩素系溶剤排除
- 廃液処理、工程内リサイクル
- スラッジ処理

山積する技術課題

	地球環境	人体への影響
6価クロム	酸性雨で溶出・土壌汚染	発がん性？・アレルギー
鉛	酸性雨で溶出・土壌汚染	毒性
ニッケル		アレルギー
シアン化物		猛毒
カドミウム・水銀		毒性(イタイタイ病・水俣病)
リン・窒素	富栄養化	
ハロゲン系溶剤	オゾン層破壊	
ホウ素		毒性
スラッジ	処理場不足	
塩ビ焼却		ダイオキシン

2002.8.1  
1日 日本表面処理新聞 第204号

**欧州適合 六価クロムの使用禁止**

**規制開始時期を延期**

**07年7月以降に最終決定**

8月1日  
平成14年 第204号  
発行所 日本電機産協  
〒340-0202 日本電機産協  
〒340-0202 日本電機産協  
〒340-0202 日本電機産協  
〒340-0202 日本電機産協  
〒340-0202 日本電機産協

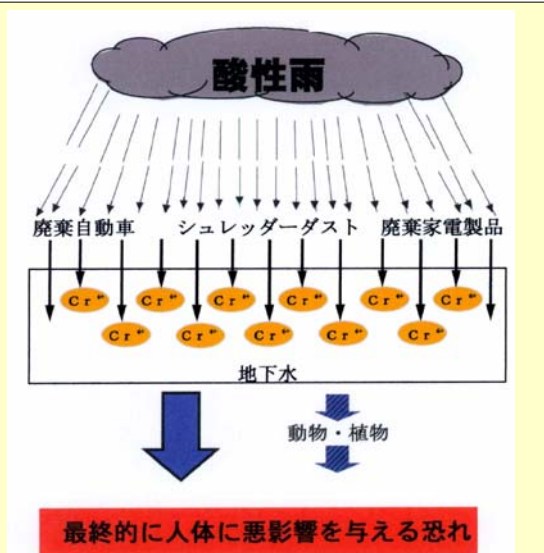
### 6価クロムの毒性

細胞膜を透過しやすい物質であり、その塩が人体に接触すると、刺激性皮膚炎、アレルギー性皮膚炎、腎障害、肝障害、肺ハイの充血と浮腫、発ガン性

### 廃棄物からの

### 6価クロムの溶出

6価クロムが溶出して、地下水を汚染し、生態系を介して人体に影響を与えるおそれがある



(青江徹博 OEA技術レポートNo.2613より)

© Tsutomu Morikawa

環境先進国の欧州では、1国のみならず欧州連合(EU)で共通の規制を「欧州指令」として発効している。

自動車分野における使用済み車両(ELV)、電子・電気機器分野では廃製品のリサイクル(WEEE)と特定有害物質の使用規制(RoHS)をメーカーに義務づける欧州指令が成立する見通しで、欧州に製品を輸出している自動車・電気メーカーは、将来国際標準に発展する可能性も見越して、その対応を急いでいる。

### ELV指令(使用済み車両欧州議会指令)

- ・使用済み車両からの廃棄物の低減, 適正処理
- ・鉛,水銀,カドミウム,6価クロム,PBB,PBDEの使用禁止(2007.7.1以降)

### WEEE指令(廃電気電子機器指令)

- ・分別回収・再利用・リサイクル,処分,処理について規定。

### RoHS指令(有害物質使用制限指令)

- ・鉛,水銀,カドミウム,6価クロム,PBB,PBDEの使用禁止

© Tsutomu Morikawa

表 自動車リサイクル目標

	項目	目標値
欧州指令案	新型車のリサイクル可能率	2005年以降95%以上
	使用済みの自動車のリサイクル可能率	2005年以降85%以上 2015年以降95%以上
	新型車の有害物質	2003年以降、Pb、Hg、Cd、Cr <sup>6+</sup> を廃棄
	新型車の有害物質(最終決定)	2007年7月1日以降Cr <sup>6+</sup> 全廃
経産省指針	新型車のリサイクル可能率	2002年以降90%以上
	使用済みの自動車のリサイクル可能率	2002年以降85%以上 2015年以降95%以上
	新型車の鉛使用量 (バッテリーは除く)	2000年末までに1996年の約1/2以下 2003年末までに1996年の約1/3以下
ユーザ動向	トヨタ自動車	2004年5月
	ホンダ自動車	2004年3月
	日立	2005年4月
	シオーブ、富士ゼロックス	2004年1月
	松下AVC	2004年4月
	キャンノン、リコー	今すぐに

「ユーザ動向」:オムロン、藤原貞則氏「6価クロム対策」より

年月	主な対応内容
1992.1	Volvo;6価クロム規制制定(溶出量 $0.3\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以下 Volvo Leach Test)
1996.2	OECD:PRTR(有害汚染物質登録制度)ガイドライン…加盟各国に実施勧告
1996.7	欧州委員会草案「2002年以降の販売車から、Pb、Hg、Cd、Cr <sup>6+</sup> 、PVC使用禁止」
1996.9	上記草案について国内自動車メーカーより問い合わせ相継ぎ、調査開始 *E-OMI調査内容(欧州指令案、Vdvo規格、GM/Opel…)
1997.5	通産省・産業構造審議会「使用済み自動車リサイクル・イニシアティブ」
1997.9	いすゞ自動車「6価Cr規制対応代替処理試作サンプル提出要請・評価開始」
1997.10	めつき部会「平成10年12月例会:6価Crクロメート規制代替処理技術発表」
1997.11	ホンダ「6価Cr規制対応代替処理試作サンプル提出要請・評価開始」
1998.5	トヨタ自動車「表面処理部会r6価Crクロメート規制代替処理評価開始」
1998.6	(社)日本自動車部品工業会→(社)日本自動車工業会へ要請状
1998.9	日産自動車:評価部会発足「6価Cr規制対応処理試作サンプル提出・評価開始」 …(情報交換・試作品提出・その他)…
1998.12	表面技術環境部会「平成11年12月例会:期待される代替技術発表」
1999.11	いすゞ自動車「亜鉛および亜鉛合金めっき用6価クロムフリー皮膜製品仕様書(5.SEPS-1254-0)」発表
2000.7	表面技術協会めつき部会7月例会発表「使用済み自動車の現状と有害物質規制」
2002.3	電気鍍金研究会(大阪)「各社6価クロム代替処理剤製品紹介」
2002.7	表面技術協会めつき部会7月例会発表「6価クロム代替処理剤の実施例」
2002.6.25	デンソー:代替処理剤に対する説明会開催
2002.6.27	EU委員会最終発表(2007年7月1日以降の新車、6価クロム全廃)

会社	商品名(ベースめっき)	皮膜模式図
新日鐵	・ジンコート21(電気亜鉛めっき) ・シルバージンク21(熔融亜鉛めっき)	
JFEスチール	・エコフロンティアコート(電気,熔融亜鉛めっき)	
住友金属	・スミジンクネオコート(電気亜鉛めっき) ・タフジンクネオコート(熔融亜鉛めっき)	
神戸製鋼	・コーベジンクグリーンコートGX(電気,熔融亜鉛めっき)	
日新製鋼	・月星ジンクZC(電気亜鉛めっき)	
東洋鋼銀	・シルバートップエコ(複合電気亜鉛めっき)	

© Tsutomu Morikawa

「人体に対するアレルギー問題を回避するため、クロメート処理された製品から単位面積当たり $0.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以上の6価クロムを溶出してはならない」

#### 6価クロム溶出試験溶液組成

塩化ナトリウム	5g/L	
尿素		1g/L
乳酸		1g/L

#### 6価クロム溶出測定法

1. 上記溶液のpHを6.5に調整
2. クロメート処理品 ( $40 \sim 60\text{cm}^2$ ) を試験溶液200mLに浸漬する
3. 温度 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、時間 $20 \pm 1$ 分間、かく拌とする
4. 溶出した6価クロムをジフェニルカルバジドにて発色させる
5. 吸光硬度計を使用し、波長540nmで測定する
6. 検量線から濃度を求め面積当たりに換算 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) する

© Tsutomu Morikawa

#### 6価クロムクロメート皮膜からの 6価クロム溶出試験結果

榑梅田鍍金工業所 永田一雄氏提供

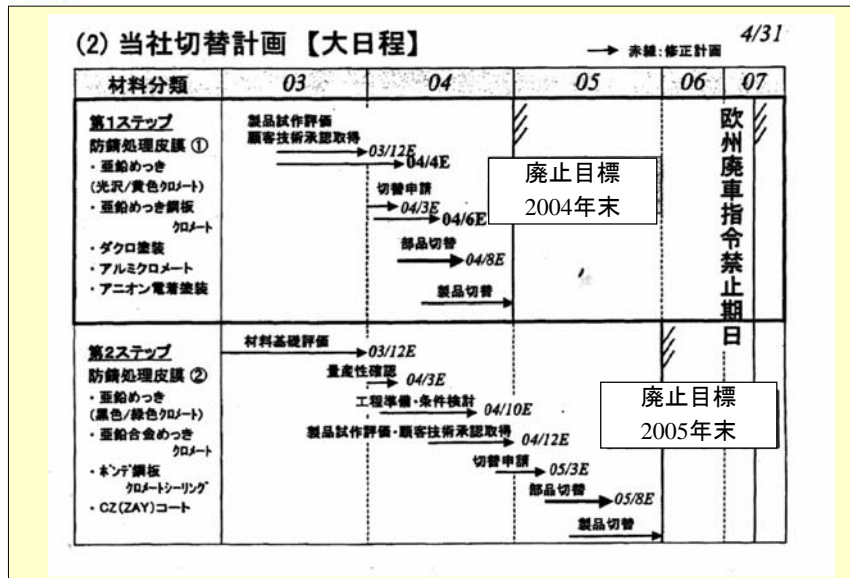
Znめっきクロメート種	Cr <sup>6+</sup> (μg/cm <sup>2</sup> )
光沢クロメート	未検出
有色クロメート	0.073
有色クロメート+無機コート	0.029

参考資料: TIMF,75 (5) 158 (1996)

Zn-Niクロメート種	Cr <sup>6+</sup> (μg/cm <sup>2</sup> )
有色クロメート	0.22
黒色クロメート	0.05
黒色クロメート(コティン <sup>®</sup> 処理)	0.07
光沢クロメート	未検出

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	
法規	欧州乗車指令	定員9名以下の乗用車/バス、総重量3.5t以下のトラック、3輪自動車						
	欧州電子電気指令	家電、通信機器 他						
	業界	日本自工会目標 乗用車、商用車、二輪					◆'08MY~	
納入先	日本	T社	◇'05MYより全廃努力 '05年末全廃努力目標					
		H社	材料毎に段階的廃止		04年3月末 光沢/黄色 (ネジなし)	04年12月末 光沢/黄色(ネジあり) ダクロ、アルミ		
		F社	材料毎に段階的廃止			05年12月末 光沢/黄色 ダクロ		
		N、M社他						
		G社				◆'06MY以降全廃		
北米	F社							
	D社							
欧州	各社							

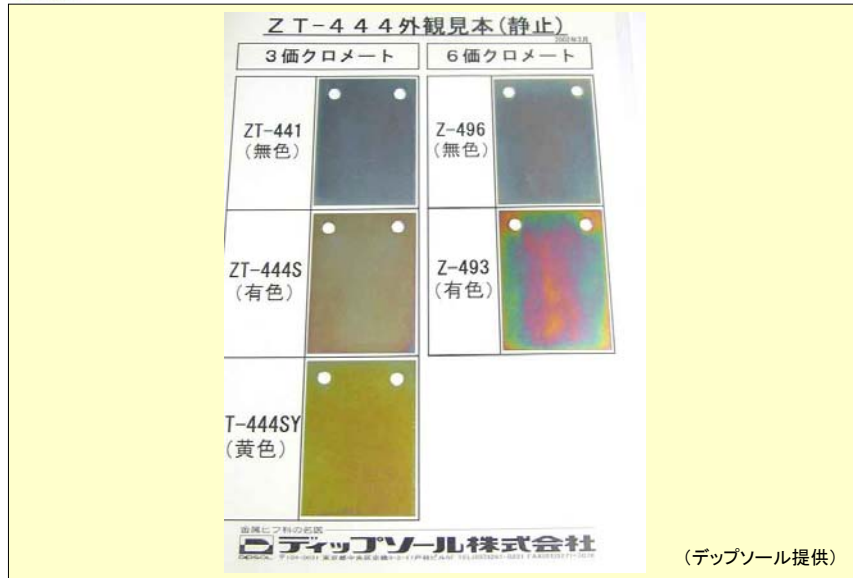




- ① 3価クロムクロメート単独皮膜
- ② 3価クロムクロメート+有機または無機コーティング
- ③ 有機または無機コーティング単独皮膜
- ④ 有機または無機コーティングの複合皮膜
- ⑤ クロム酸類似金属塩による皮膜 (例; タングステン酸塩, ジルコニウム酸塩, モリブデン酸塩など)
- ⑥ クロム酸類似金属塩による皮膜+有機または無機コーティング
- ⑦ 有機インヒビター系皮膜

- ①毒性がないこと,
  - ②耐食性が良いこと,
  - ③低コスト(6価クロムクロメート皮膜と同等あるいはそれ以下),
  - ④各種色調を有すること(光沢, 有色, 黒色),
  - ⑤皮膜物性(塗装密着性, トルク特性, 電導性など),
  - ⑥現行めっきラインを大幅に変えることなく導入できること
- etc.

	(g/L)			
	浴1	浴2	浴3	浴4
塩化クロム	100	50	50	
硝酸クロム				15
硝酸ナトリウム	100	100	100	10
硝酸コバルト			3	
フッ化ナトリウム	15.75			
クエン酸	26.5			
マロン酸		31.2	31.2	
シュウ酸				10
pH	2.5	2.0	2.0	2.0
処理温度	沸騰	60	60	30
処理時間	30s	60s	40s	40s



© Tsutomu Morikawa

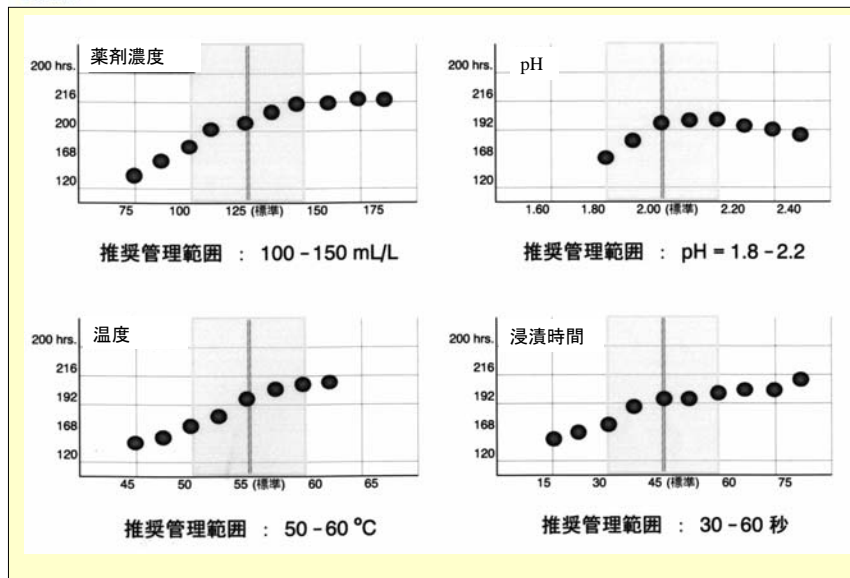
六価クロムフリー：TR-175、TR-173の耐食性試験 (塩水噴霧試験：JIS Z 2371)

塩水噴霧時間(hr)	0	120	240	480	600	840
TR-175						
TR-173						
有色クロメート (六価クロム)						

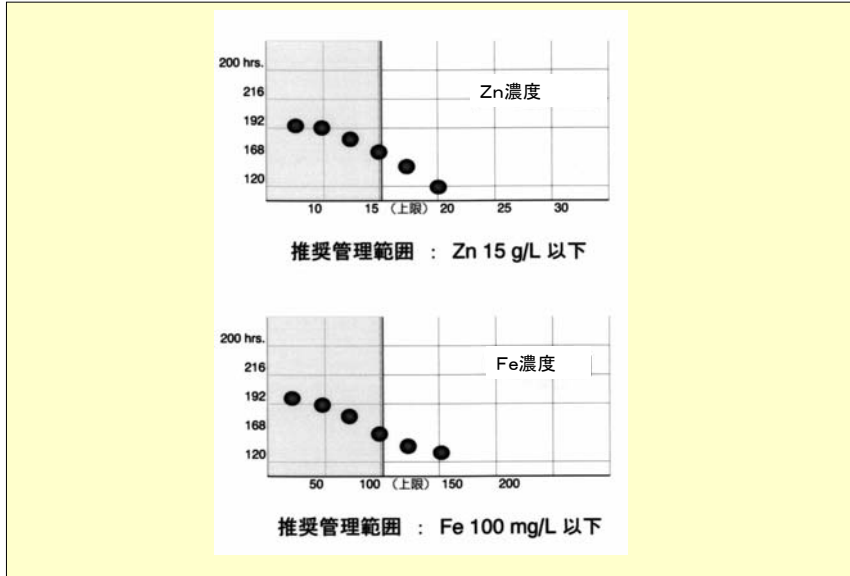
2002.10.16 日本表面化学株

処理液	24h	48h	72h	96h	120h	240h	360h	
A	異常なし	異常なし ~1%	異常なし ~1%	異常なし ~1%	異常なし ~30%	~3% ~20%	~1% ~10% ~30%	70~80% 70~80%
B	異常なし	異常なし 異常なし	異常なし ~1%	異常なし ~1%	異常なし ~1%	~1% ~1%	~1% 0~1% ~1%	~10% 50~60%
C	異常なし ~1%	異常なし ~1%	異常なし ~1%	~1% ~1%	~1% ~1%以上	~50% ~50%	80~90% 80~90%	~100% 赤錆
D	50%以上 50%以上	70%以上 70%以上	90%以上 90%以上	70%以上 90%以上	~100% ~100%	~90% ~100%	90%以上 ~100%	~100% 赤錆
E	~1% ~1%	~1% ~1%	1%以上 5%以上	1%以上 1%以上	~1% 1%以上	~30% ~50%	~70% ~80% ~80%	~100% 赤錆
F	~1% ~1%	~1% 異常なし	~1% 1%以上	1%以上 1%以上	1~3% 1~3%	~80% ~90%	~100% ~100% ~100%	~100% 赤錆
ユニクロ (6価Cr)	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし ~1%	異常なし ~1%	30~40% ~60%	~90% ~100%	~100% 赤錆
イエロー (6価Cr)	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし ~1%	異常なし ~1%	~1% ~1%	~3% ~10%	

(静岡県浜松工業技術センターめっき技術講習会資料より) © Tsutomu Morikawa

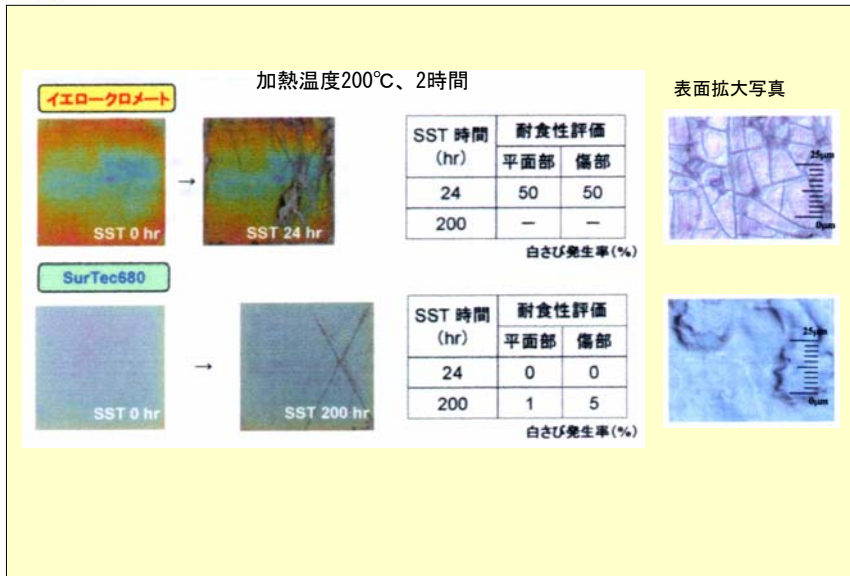


白錆発生までの時間(アドテック エコライ技術資料より) © Tsutomu Morikawa



白錆発生までの時間(アドテック エトライ技術資料より)

© Tsutomu Morikawa



(ムラタ SurTec680(技術資料より))

© Tsutomu Morikawa

	3価クロム化成処理	6価クロムクロメート処理
処理濃度	60~150(m/L)	10~20(g/L)
処理温度(°C)	30~80	室温~30
処理時間(秒)	20~90	15~25
老化性	比較的良好	—
排水処理性	比較的容易 (有機酸系を除く)	6価クロムの還元処理
管理性	1.6~2.4 pH管理必要	pH管理不要
薬品単価 (6価クロメートを1とする)	1.5~2.5	1

3価クロム化成処理剤の処理条件は各メーカー処理剤の範囲

- ①コストアップが避けられない
- ②薬品の寿命が短い。また、連続して安定品質を保てるか不安である
- ③6価クロムクロメートにまさる性能があるか不安  
(長い実績があった6価クロメートに比べると実績が少ない)  
(皮膜の自己修復性が期待できない)
- ④色合いが、従来のクロメート皮膜ほど多様ではない
- ⑤安定した品質の商品にあげるのには、十分な管理体制が必要となる
- ⑥3価クロム化成処理では現行ラインの大幅な設備改造が必要とならないか？  
トップコート、ダブル処理など  
設備投資にみあう受注があるか不安である
- ⑦6価クロムと3価クロム化成処理ラインを併用できない  
(併用すると、排水から6価クロムが検出されるおそれがある)
- ⑧有機酸・硝酸などが含まれるので、排水処理に不安がある etc.

本資料作成にあたり、多く論文・解説などを参考にさせていただきました。また、各薬品メーカーの方々からも貴重な資料・カタログ・見本などの提供を頂き、参考にさせていただきました。ご協力いただきました関係各位に深く感謝します。

森河 務

参考文献

	タイトル	著者	雑誌名	Vol	No	ページ	年
各種便覧・単行本							
1)	めっき教本	電気鍍金研究会編	日刊工業				
2)	環境調和型めっき技術	電気鍍金研究会編	日刊工業				
3)	実用めっき	日本ブレーティング協会編	横書店				
4)	金属表面技術便覧		日刊工業				
5)	金属表面技術総覧						
6価クロメート関係							
6)	クロメート皮膜	伊崎輝明	表面技術	50	6	545	1999
7)	亜鉛めっきのクロメート処理	興水勲	実務表面技術	32	10	539	1985
8)	亜鉛のクロメート処理皮膜生成についての実験的検討	久松敬弘 他	金属表面技術	18	10	394	1967
9)	pH一定条件における亜鉛によるクロメート還元反応	久松敬弘 他	金属表面技術	19	11	468	1968
10)	有色クロメートの腐食進行状態	花形晴雄 他	実務表面技術	29	2	112	1982
11)	亜鉛めっきの高耐食性緑色クロメート処理	高橋 亘	実務表面技術	32	6	264	1985
12)	自動車の防食について	後藤健一	実務表面技術	32	6	258	1985
13)	亜鉛めっき・亜鉛系合金めっきの黒色クロメート	青江徹博	電気鍍金研究会講演資料	2	3	8	1989
14)	Stabilization of Black Chromate Conversion Coating on Zinc	R.E.Van et al.	Plating & Sur. Finish.	67	5	86	1980
15)	Internal stress in black chromate coatings	N.M.martyak	Plating & Sur. Finish.	87	2	77	2000
16)	めっき現場のトラブルと対策 亜鉛めっきと亜鉛合金めっき	日本表面処理機材工業会	実務表面技術	94	33	3	1986
17)	Trouble shooting of chromates	D.H.Kinder	Plating & Sur. Finish.	64	7	20	1977
18)	めっき皮膜の大気暴露試験－亜鉛めっきの大気腐食－	外川靖人 他	金属表面技術	32	7	336	1981
19)	複合サイクル試験による表面処理材の耐食性評価	三吉康彦	実務表面技術	32	6	319	1985
20)	クロムおよびミスト	滝沢顕彦	実務表面技術	33	11	466	1986
21)	めっき技術便覧		日刊工業				

タイトル	著者	雑誌名	Vol	No	ページ	年
代替クロメート関係						
22) クロメート代替処理法の動向	青江徹博	表面技術	49	3	223	1998
23) 六価クロムフリー処理剤の現状と対応	青江徹博	めっき技術	15	2	1	2002
24) OEA技術レポート No.2613, No.2621, No.2713	青江徹博					
25) 6価クロムフリー対応の表面処理技術	野口裕臣	表面技術	53	6	364	2002
26) 6価クロムフリー表面処理技術	軽部健志 他	表面技術	53	6	368	2002
27) Replacing hexavalent chromium	RP.C.Wynn et.al.	Trans.Inst. Metal Finish.	79	2	B27	2001
28) 自動車における6価クロム代替処理技術の動向	國枝直宏	表面技術	54	8	512	2004
29) 自動車用表面処理鋼板の開発	入江広司 他	金属	74	6	536	2004
30) 家電用クロメートフリー化成処理鋼板の現状と動向	吉見直人 他	金属	74	6	543	204
31) 3価クロム(III)による亜鉛めっきの化成処理とその耐食性	野口裕臣 他	表面技術	51	8	865	2000
32) 3価クロム型無機防錆皮膜形成剤	福岡貴之	表面技術	53	6	372	2002
33) Clear Chromates: Theory and Practice	K.P.Klos	Products Finish.	52	9	71	1988
34) Znめっき用3価クロムクロメート	長谷川 史	表面技術	53	6	376	2002
35) Cr(VI)フリークロメート処理について	各社クロメート資料	めっき技術	15	4	35	2002
36) クロマイティング法SurTec680資料	株ムラタ					
37) メスYFAプロセスについて 他	ユケン工業株					
38) アイデックC-8000資料 他	アイユーガル株					
39) エコトライ資料 他	アトックジャパン株					
40) トハスブルー資料 他	カニグンヤハン株					
41) ZTシリーズ資料 他	テックソール株					
42) ラスターM-200資料 他	株三原産業					
43) パワーコート903 他	株タイ-					
44) トライナー-TR-713 他	日本表面化学株					
45) エコードZEC-888 他	株放電精密加工研究所					