

令和5年12月22日（金）

令和5年度 グリーンものづくり新技術研究会事業 第2回セミナー 講演2

防食のための機能性皮膜の被覆技術

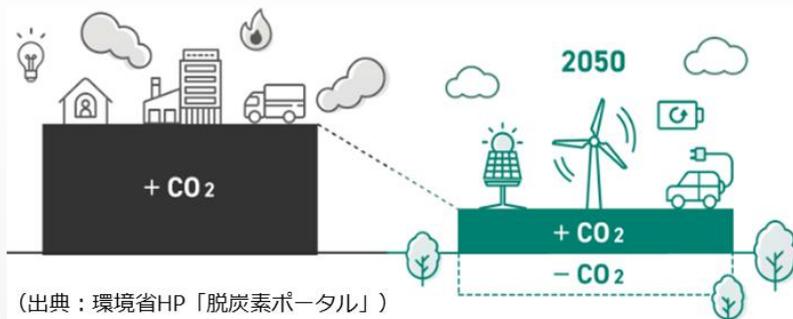


機械素材研究所 機械・無機材料グループ

田中俊行

材料表面の機能を高め寿命をのばす材質制御

材料が長もちすればその分 脱炭素に貢献できる



(出典：環境省HP「脱炭素ポータル」)

- ◆ 二酸化炭素排出抑制やリサイクルの促進といった製品ライフサイクル全体での環境負荷を低減させる

当研究所のグリーンものづくり新技術研究会

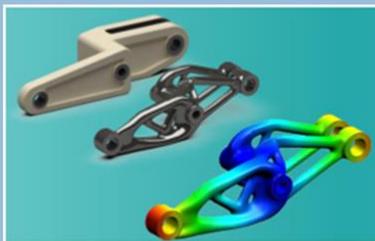


設計最適化

- ・ 軽量化設計
- ・ 熱効率設計

仮想実験

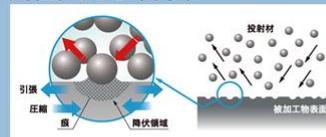
- ・ 強度評価
- ・ 挙動評価



出典：デジタルプロセス (株) HP

表面改質

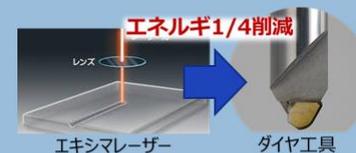
- ・ 表面硬化熱処理
- ・ 低摩擦被膜処理
- ・ 残留応力制御



出典：新東工業 (株) HP

加工法

- ・ エネルギー削減加工法
- ・ 長寿命の工具形状



機械素材の各工程における支援の切り口

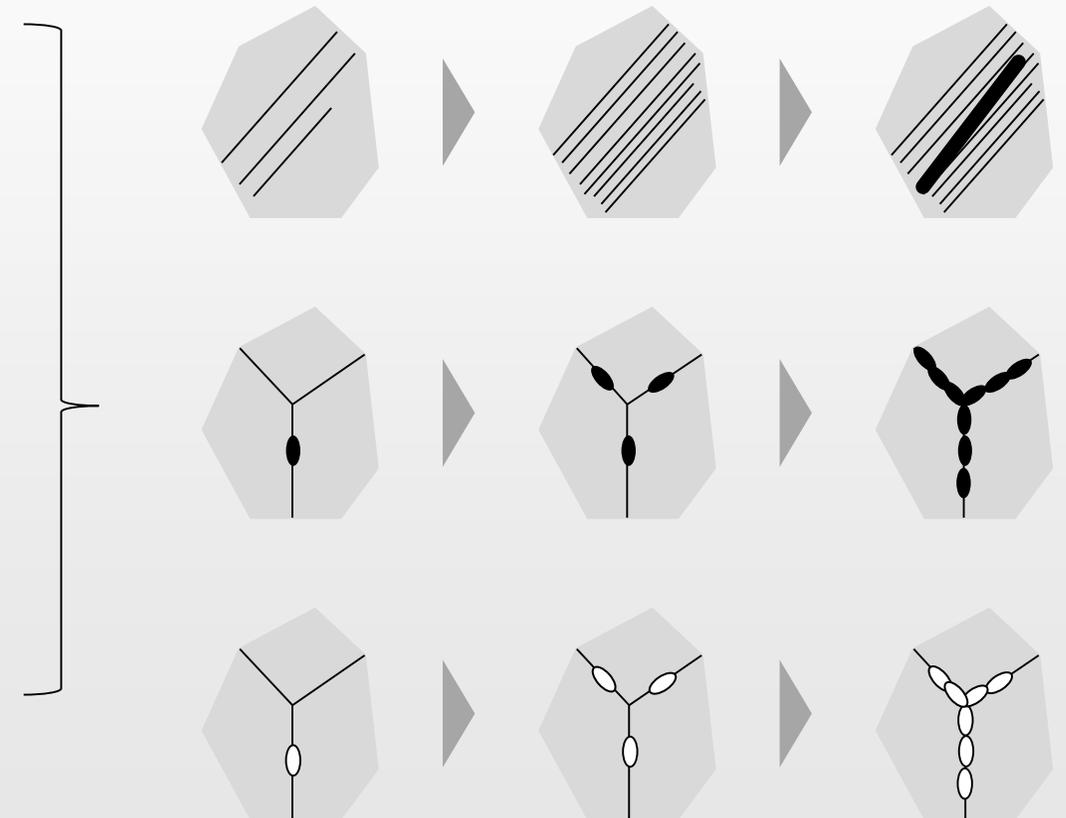
金属材料の劣化要因とメカニズム

金属組織の変化に伴う劣化 と 化学反応による腐食にわけられる

金属材料（鋼）の劣化要因

繰返し 疲労	弾性範囲内での繰返しによる金属組織のすべりによる劣化 温度変化の繰返しでも応力が発生し疲労	ボルト 歯車
高温下	鋼中の炭素が粒界面で肥大化することによる粒界破壊	ボイラ
クリープ 劣化	高温下で応力がかかっているところでは粒界に微小なボイドが発生し成長	蒸気パイプ 圧力容器
腐食	表面化学反応による劣化	あらゆる鋼

金属組織の変化に伴う劣化のメカニズム





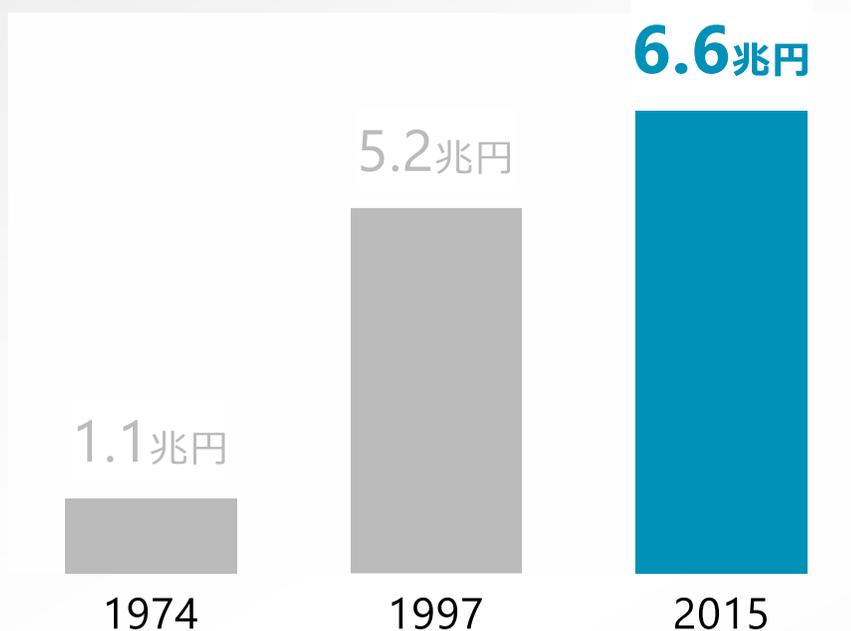
**金属製の部材は時間とともに腐食による劣化が進むため
これを抑えるための防食技術が必要である**



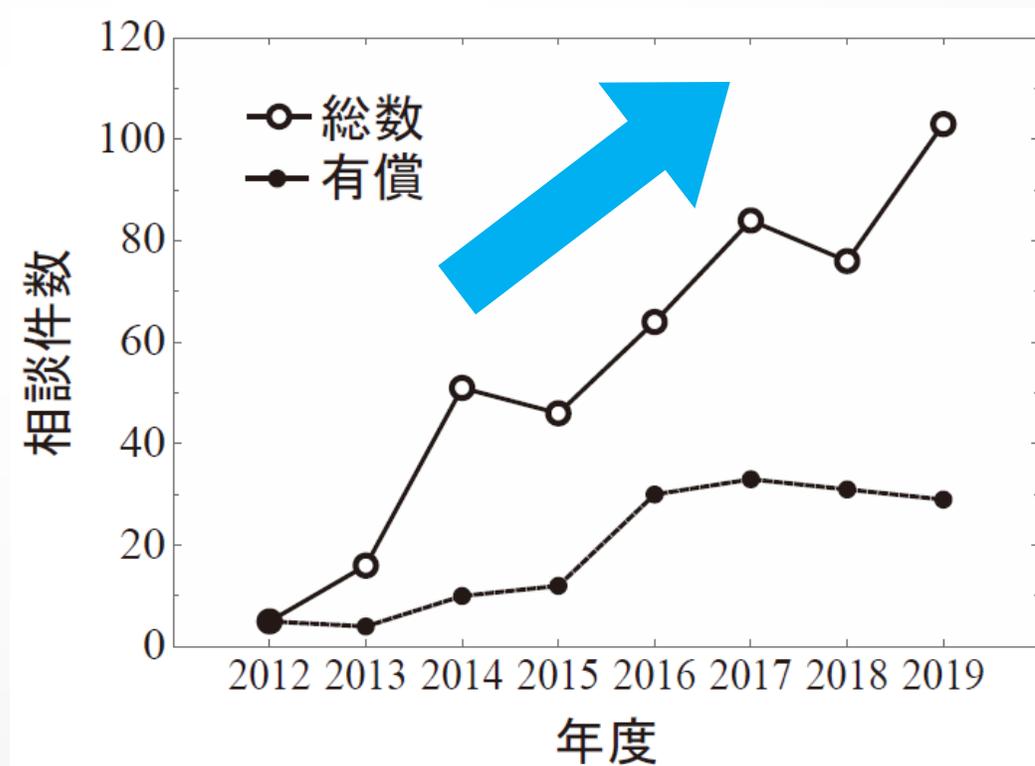
防食技術の市場

腐食対策市場の規模 および 腐食に対する関心は増加傾向にあるため
防食技術には今後もビジネスチャンスがある

わが国の腐食対策市場規模の推移

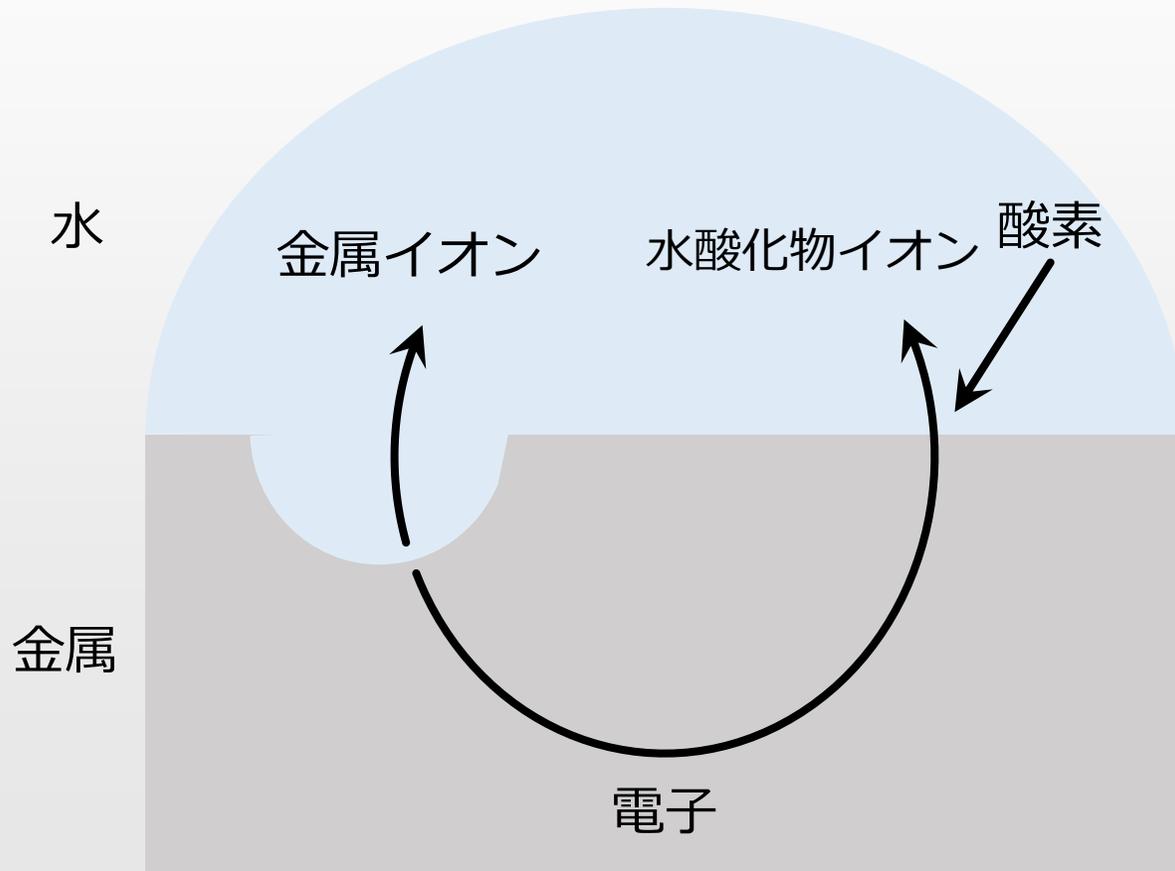


腐食防食学会への相談件数の推移



腐食はどのようにして起こるのか

金属の表面で 水を介して 金属と酸化剤の小さい回路を形成すると腐食が始まる

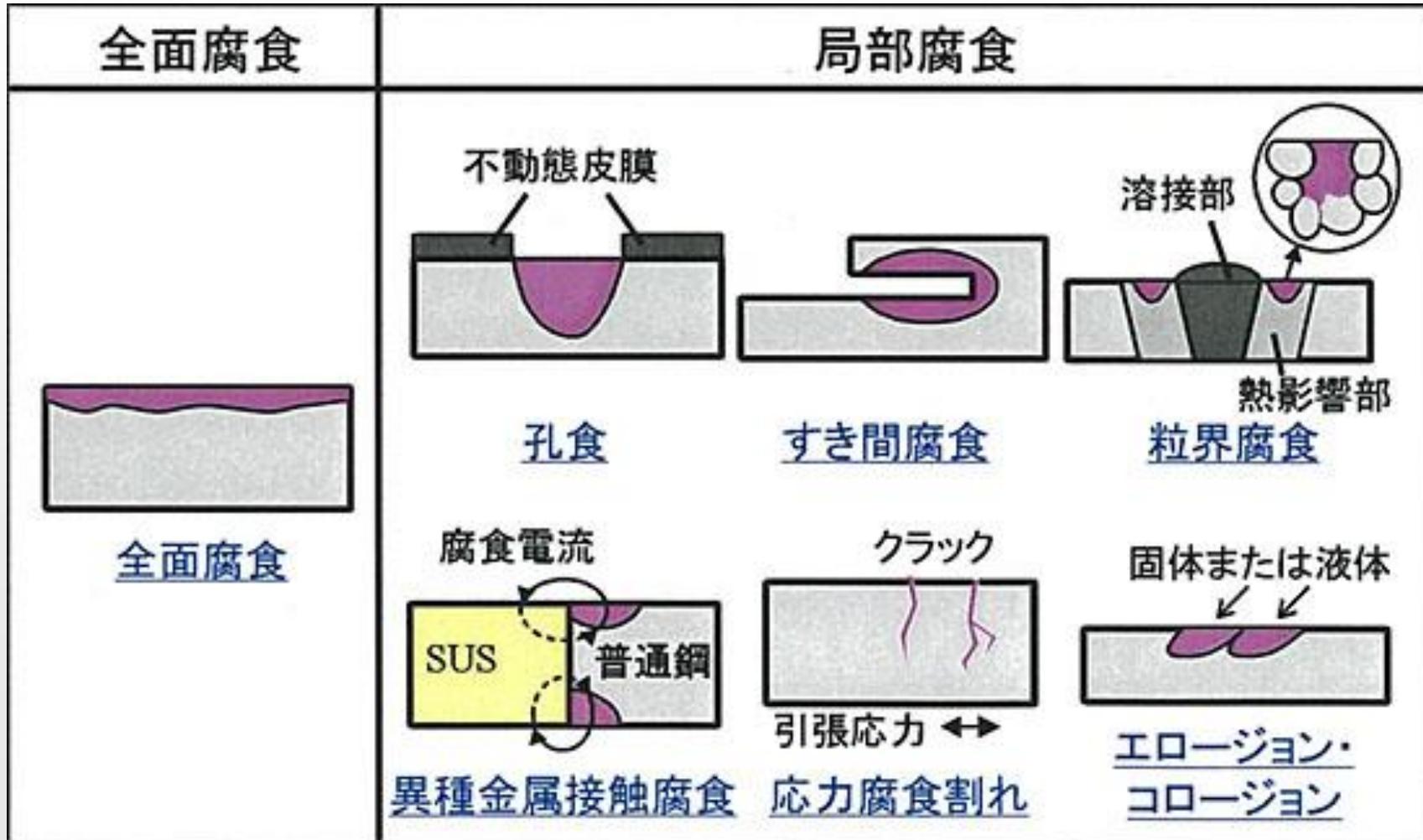


腐食の三要素

- ◆ 金属の表面に水が接触していること
- ◆ 水の中に 酸素などの酸化剤があること
- ◆ 水の中に 酸化された金属イオンをはきだせること

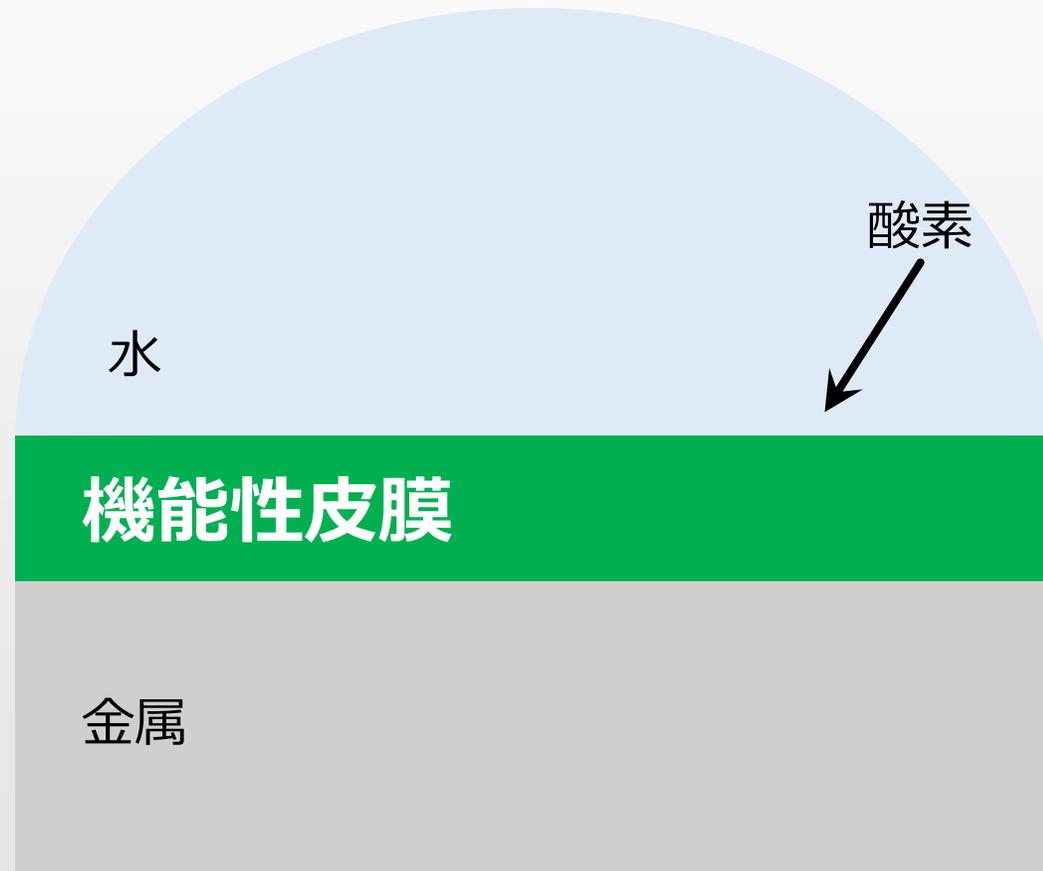
腐食の種類

様々な腐食の形態があるものの 金属と水との接触を起点に腐食が始まることは全てに共通している



防食のための機能性皮膜

金属と水との接触を断ち 腐食を防ぐ または 遅らせる
機能をもつ皮膜を金属表面に形成すればよい



腐食の三要素

- ◆ 金属の表面に水が接触していること
- ◆ 水の中に 酸素などの酸化剤があること
- ◆ 水の中に 酸化された金属イオンをはきだせること

様々な表面処理プロセス

素材の表面に皮膜を形成し 新たな機能を追加する加工

処 理 プ ロ セ ス	塗 装	電気めっき	陽 極 酸 化	箔 押 し
	表 面 熱 処 理	無電解めっき	物 理 蒸 着 法	溶 融 め っ き
	溶 射	化 成 処 理	化 学 蒸 着 法	機 械 的 め っ き
目 的 特 性	機 械 的 特 性	光 学 的 特 性	物 理 的 特 性	装 飾 特 性
	電 気 的 特 性	熱 的 特 性	化学的特性	
産 業 分 野	輸 送 機 器	電 子 機 器	機 械	日 用 品

塗装技術の動向

環境配慮の観点から有機溶剤を含まない固形の粉体塗料を使用する粉体塗装が注目されている

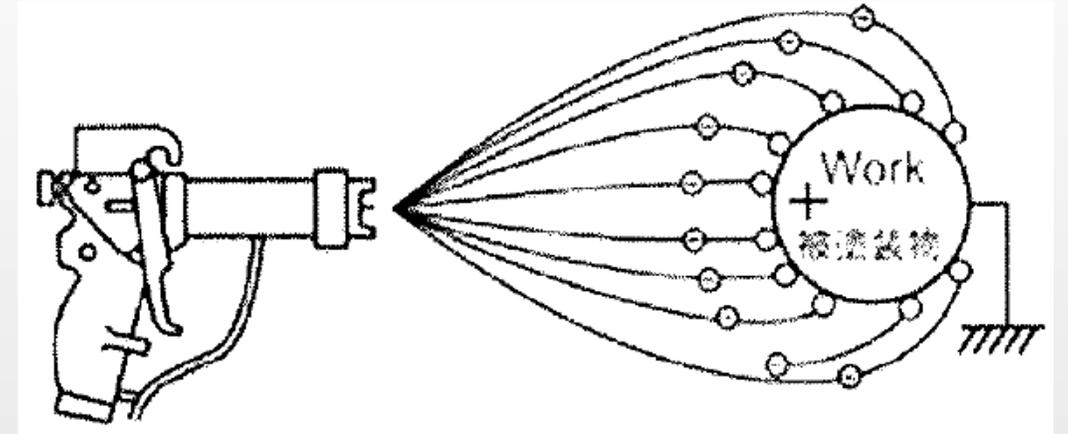
スプレー塗装



溶剤入りの液体塗料を
液圧もしくはエア圧で噴霧



粉体塗装

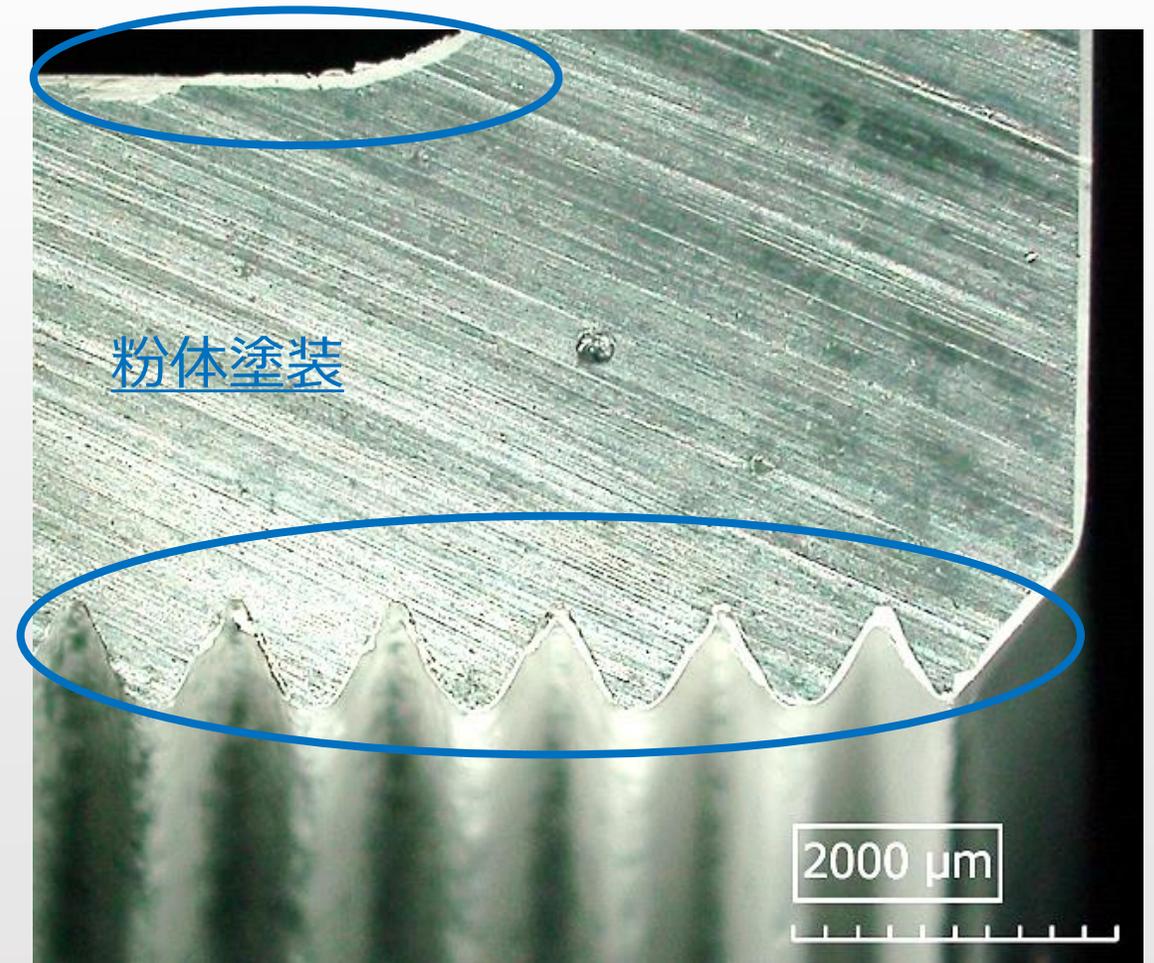
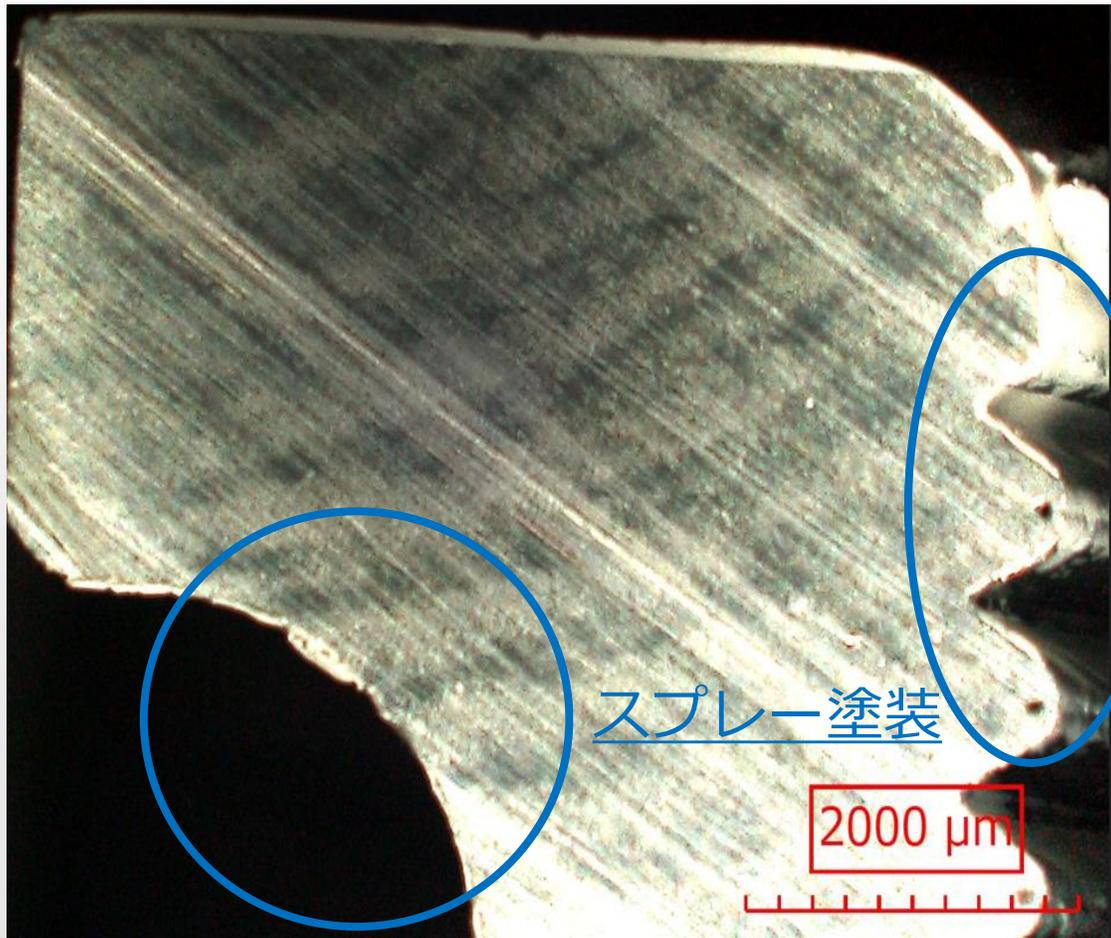


負に帯電した固形粉末を正に帯電した被塗物に
付着させ加熱して定着させる

溶剤レスで環境にやさしい

溶剤ありスプレー塗装と粉体塗装の対比

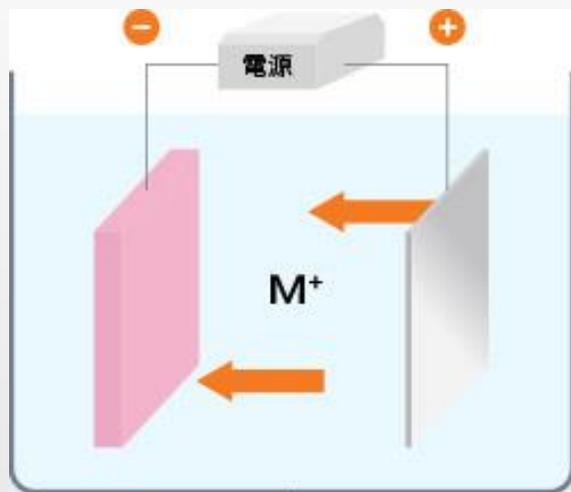
裏面へのつきまわり性や凹凸部への付着性に優れるため
均一な膜厚を確保でき 結果的に耐食性も高くなる



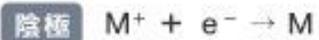
めっき技術の動向

環境配慮の観点から 六価クロム等の重金属類を含まない
無電解ニッケルめっきが注目されている

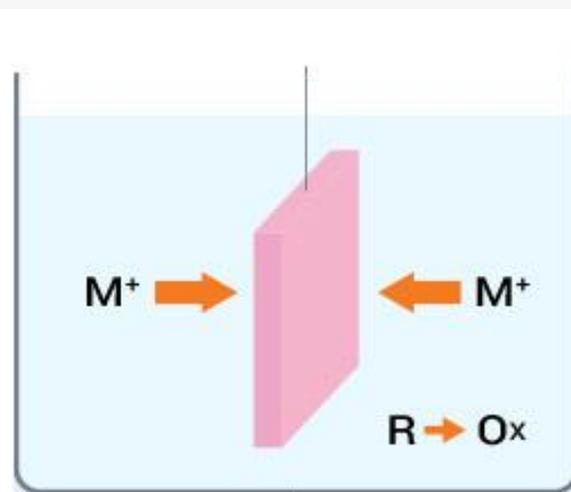
電気めっき



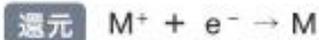
電気めっき



無電解めっき



無電解めっき



無電解めっきは
外部電源ではなく
還元剤という薬剤から電子
が供給されて金属を還元し
て皮膜を作る

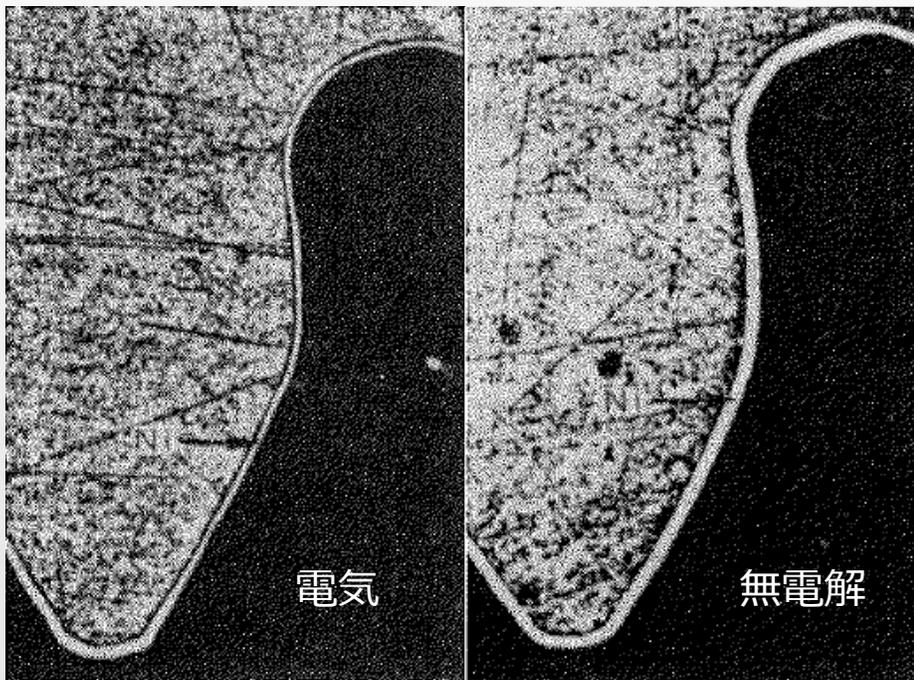


還元剤に含まれる元素との
合金化が同時に起こるため
例えば 硬質クロムめっきの
ような硬い皮膜を別の金属
で実現することができる

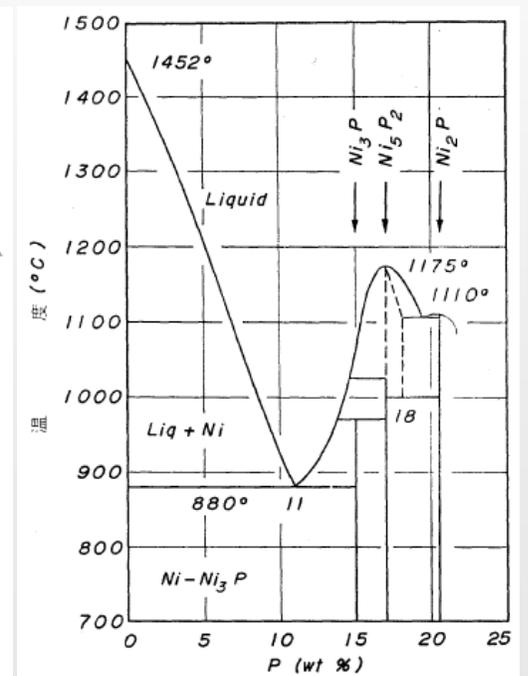
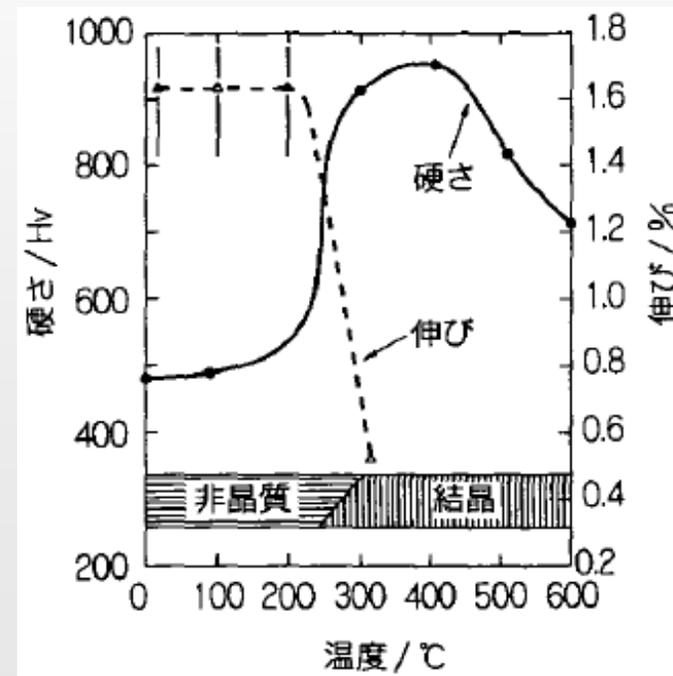
電気めっきと無電解めっきの対比

めっき液中のニッケルイオンが次亜りん酸塩によって還元析出するため
均一な膜厚（高耐食性）や熱処理との親和性といった特徴をもつ

めっき厚さの分布



熱処理によるりん化三ニッケル (Ni₃P) の析出硬化



(出典) 雇用・能力開発機構 職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター,
二級技能士コースめつき科 三訂版, 2008.

(出典) 電気鍍金研究会,
無電解めっき 基礎と応用, 1994.

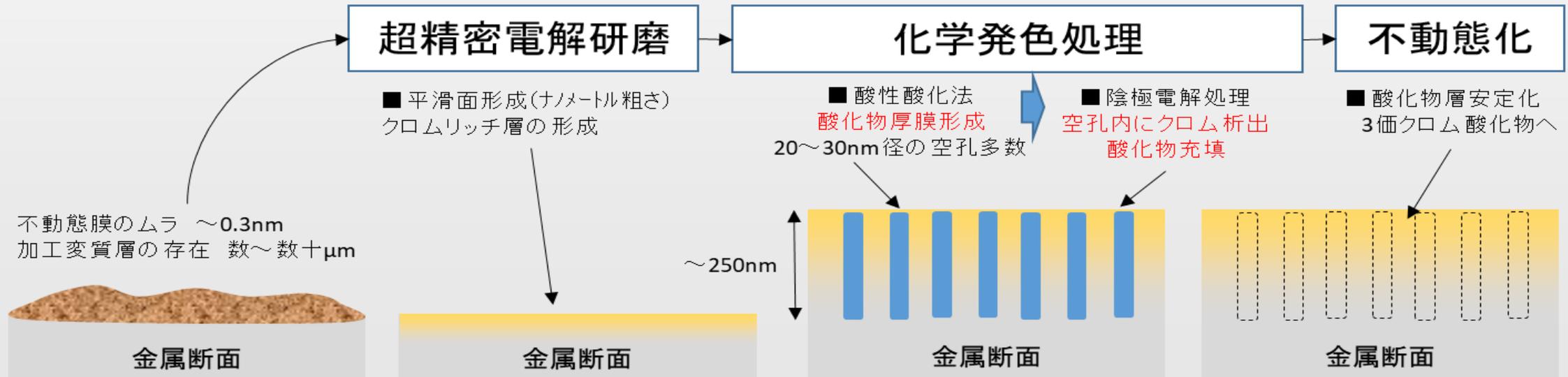
(出典) 伊藤 普, 日本金属学会会報,
第14巻, 第5号, p345-, 1975.

めっき周辺技術の応用例

従来めっき工程中の前処理の一つであった電解研磨の薬液を工夫することで平滑で高耐食性の皮膜を形成できることがわかった

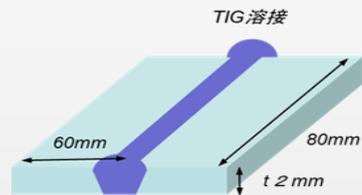
★シーズ技術
不動態厚膜形成法
(特許登録)

湿式法によるステンレス鋼表面への緻密膜形成
⇒ 従来の乾式成膜(PVD・CVD)に匹敵

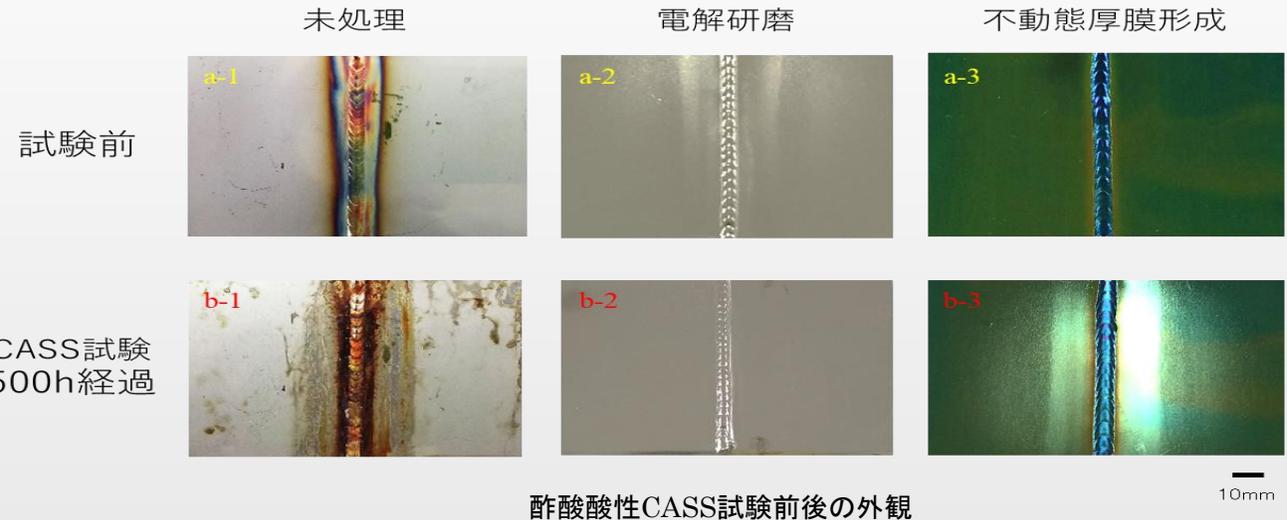


めっき周辺技術の応用例

従来 めっき工程中の前処理の一つであった電解研磨の薬液を工夫することで平滑で高耐食性の皮膜を形成できることがわかった



SUS304溶接試験片の模式図



CASS試験の状況

未処理品のSUS304溶接箇所：48hr経過で著しく発錆
電解研磨のみ：528hr経過後の発錆抑制
不動態厚膜形成試料：528hr発錆が認めず

インフォマティクス（情報科学）を活用した材料開発の動向

材料開発の分野にも機械学習の技術を取り入れることで 要求特性から逆算してまだ見ぬ次にやるべき実験条件を推定できるようになりつつある



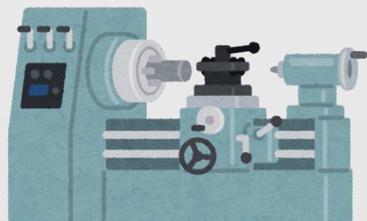
欠陥を減らして腐食の発生を抑えたい

樹脂の組成
分子量 官能基 配合



耐食性を高めて材料を長もちさせたい

浴の条件
pH 温度 還元剤濃度



切削性を高めて工具を長もちさせたい

化学成分
C Si Mn P S Cu Mg

従来からの材料開発の問題点

開発が形になるまでに長時間と費用を要してしまう



共同研究

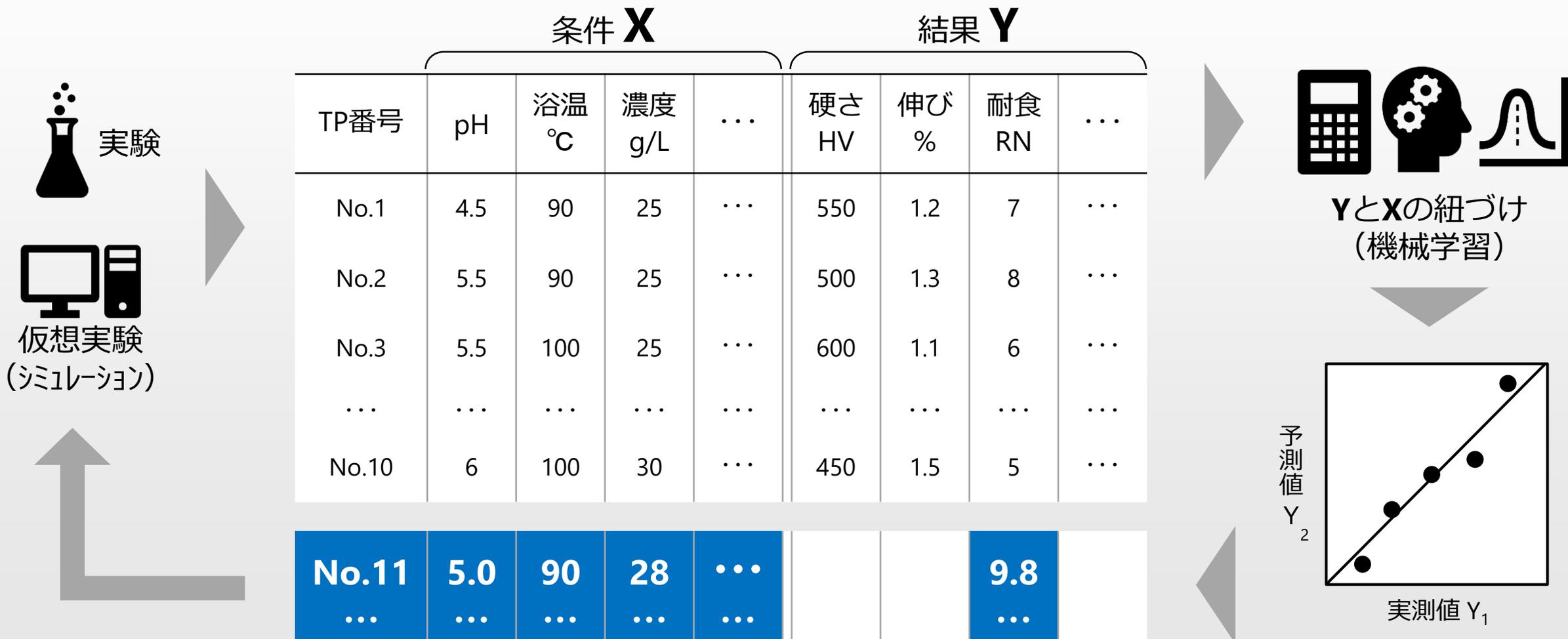


TP番号	実験条件				結果			
	pH	浴温 °C	濃度 g/L	...	硬さ HV	伸び %	耐食 RN	...
No.1	4.5	90	25	...	550	1.2	7	...
No.2	5.5	90	25	...	500	1.3	8	...
No.3	5.5	100	25	...	600	1.1	6	...
...
No.10	6	100	30	...	450	1.5	5	...
...

膨大な試行錯誤・文献調査・経験と勘

インフォマティクス（情報科学）を活用した材料開発の動向

材料開発の分野にも機械学習の技術を取り入れることで 要求特性から逆算して
まだ見ぬ次にやるべき実験条件を推定できるようになりつつある



当研究所にお寄せいただいた ご相談と解決事例①

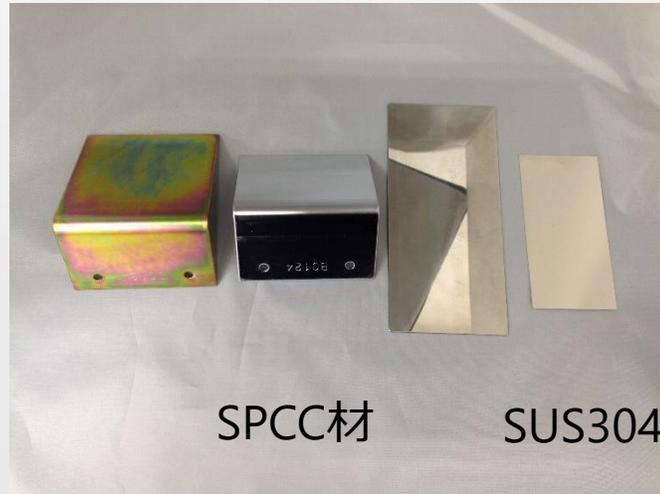


塗装を施した折り曲げ鋼板の耐食性を
調べたい

塩水噴霧試験装置



試験前テストピース



機能性皮膜の耐食性を
調べることができます

この後 実演にて
お見せいたします



不動態化処理を施したステンレス鋼の耐食性を
評価したい

全自動分極装置



アノード分極曲線

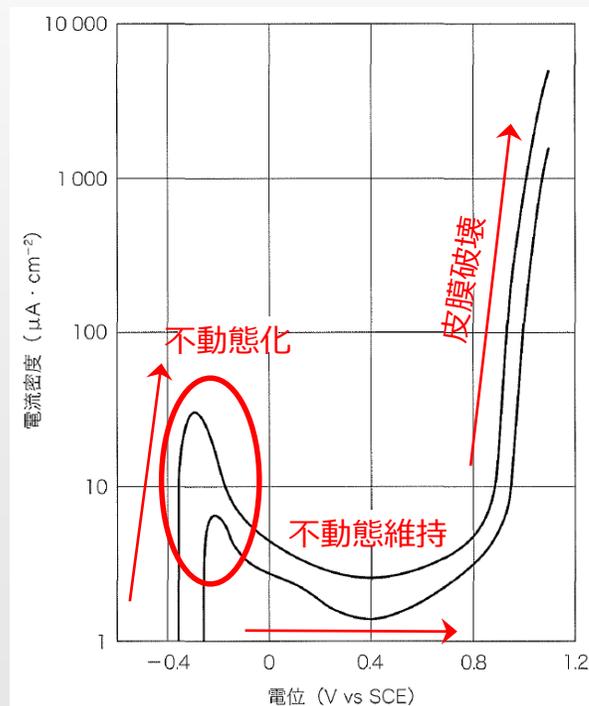


図 A.1—SUS304-78 の 5 %硫酸溶液中における分極曲線の範囲

機能性皮膜のミクロ
な構造を調べること
ができます

この後 実演にて
お見せいたします

実演

質疑応答の後 職員がご案内しますので 1階へのご移動をお願いします

摩擦摩耗試験



塩水噴霧



ナノインデンテーション



アノード分極



アンケートについて

センターホームページのサイトの中に アンケートフォームのボタンを作っていますので こちらからアンケートのご記入をお願いします

12/22（金）開催セミナー「材料表面の機能を高め寿命をのばす
材質制御」のご案内

[ホーム / 人材育成 / セミナー・講習会 / 12/22（金）開催セミナー「材料表面の機能を高め寿命をのばす材質制御」のご案内](#)

[セミナー「材料表面の機能を高め寿命をのばす材質制御」アンケートフォーム >](#)

令和5年度「グリーンものづくり新技術研究会事業」第2回セミナー

表面処理（塗装、めっき、熱処理等）を活用して材料を長持ちさせるグリーンなものづくり技術を提案します **参加無料**

材料表面の機能を高め 寿命をのばす材質制御

日時 令和5年12月22日（金） 13:30 ▶ 15:30
13:00から受付開始

会場 鳥取県産業技術センター機械素材研究所
(3階 起業家育成研修室) 〒689-3522 米子市日下1247