

日本技術士会 富山県支部 第35回 講演会

2021年7月31日
山本金属表面技術士事務所
山本 尚三
技術士(金属部門・総合技術監理部門)
s-yamamoto@ma.mrr.jp

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会

1

金属の歴史から垣間見える人類の専門的応用能力

- (1) 金属の利用に見られる古代人の専門的応用能力とは？
- (2) 酸化皮膜とは？
- (3) 更なる酸化皮膜(酸化物)の利活用を目指す
現代人の専門的応用能力とは？
- (4) まとめ

2021年7月31日
山本金属表面技術士事務所
山本 尚三
技術士(金属部門・総合技術監理部門)
s-yamamoto@ma.mrr.jp

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会

2

【主な業務経歴】

- ①1978～2020: 吉田工業機動務 (現YKK(株))
- ・アルミサッシ用金属表面処理技術開発
 - ・ファスナー用金属表面処理技術開発



耐候性
耐食性

<https://tripnote.jp/asakusa-ueno/place-sky-tree>

- ②2021～: 山本 金属表面技術士事務所 設立

【保有資格】

- ・甲種危険物取扱主任者(1978)
- ・公害防止管理者(大気一種、水質一種)(1990、1991)
- ・第一種衛生管理者(1992)
- ・エネルギー管理士(1995)
- ・第一種作業環境測定士(鉱毒性粉じん)(1996)
- ・技術士(金属部門/総合技術監理部門)(2006)



振動性

<https://www.ykk.co.jp/japanese/business/fastening.html>

【主な外部団体活動】

- ・(一社)軽金属製品協会規格委員会(1995～98)
- ・(一財)日本規格協会JIS国際整合化委員会(1995～97)
- ・中央職業能力開発協会
- ・アルミニウム陽極酸化処理中央技能検定委員(1996～97)
- ・(一社)軽金属学会 表面処理部会(2011～20)
- ・日本技術士会北陸本部富山県支部幹事(2017～)

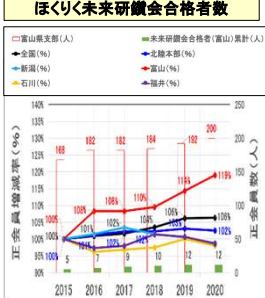
2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会

3

技術士二次試験の推移



日本技術士会正会員数の増減率と ほくろく未来研鑽会合格者数



日本技術士会HP、北陸本部への正会員数の問い合わせ及び、ほくろく未来研鑽会申告資料をもとに作成

- ・受験者減・試験方法の高難度化に伴い合格者数は減少。しかし、富山県支部正会員数増減率は全国平均より高。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会

4

令和2年度技術士二次試験問題(機械部門)

6-1 結合・加工及び材料・製法【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2設問(Ⅱ-1、Ⅱ-2)について解答せよ。(問題ごとに答案用紙を替えること。)

Ⅱ-1 次の4設問(Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4)のうち1設問を選び解答せよ。(設問の答案用紙に解答設問番号を明記し、答案用紙1枚にまとめよ。)

Ⅱ-1-1 今設問の機械部品より種別が、機械化機構、種別から機械部品の製造について説明せよ。

Ⅱ-1-2 機械の機構からなる不織布の製造方法としてフラスコ法がある。フラスコ法は、不織布の製造方法として、不織布の製造方法について説明せよ。

Ⅱ-1-3 水が腐蝕物による影響を3つ以上挙げ、簡単に述べよ。

Ⅱ-1-4 土地の耐震性を評価したい。JISL1096(建築物及び建築物の地盤試験方法)で定められている地盤強さについてA法(ユニバーサル形法)及びB法(テーパー形法)の試験方法及び特徴を簡単に説明せよ。他部門技術士では指導しづらい ×は技術士のいない部門

	富山県支部	未来研鑽会
機械部門	●	●
船舶・海洋部門	×	×
航空・宇宙部門	×	×
電気電子部門	●	●
化学部門	●	●
繊維部門	●	×
金属部門	●	●
資源工学部門	×	×
建設部門	●	●
上下水道部門	●	●
衛生工学部門	●	●
農業部門	●	●
森林部門	●	●
水産部門	●	●
経営工学部門	●	●
情報工学部門	●	●
応用理学部門	●	×
生物工学部門	×	×
環境部門	●	●
原子力・放射線部門	●	●
総合技術監理部門	●	●
合計	17	15

- ・試験方法の高難度化の中で、それに対応するためには
同じ技術部門技術士の指導がベター。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会

5

- (1) 金属の利用に見られる古代人の専門的応用能力とは？
- (2) 酸化皮膜とは？
- (3) 更なる酸化皮膜(酸化物)の利活用を目指す
現代人の専門的応用能力とは？
- (4) まとめ

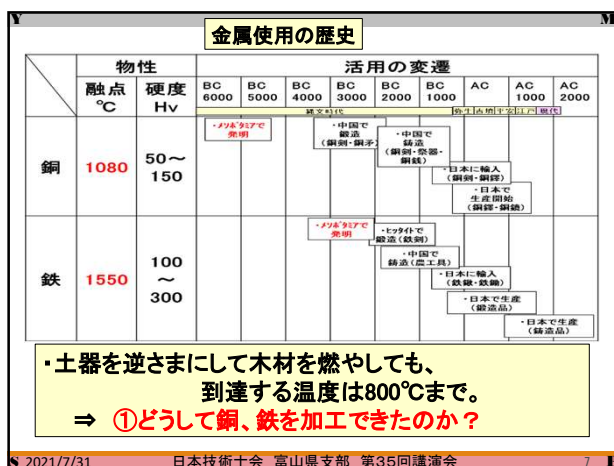


●技術士法第二条

技術士とは、科学技術に関する高等の専門的応用能力を必要とする事項についての計画、研究、設計、分析、試験、評価又はこれらに関する指導の業務を行う者をいう。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会

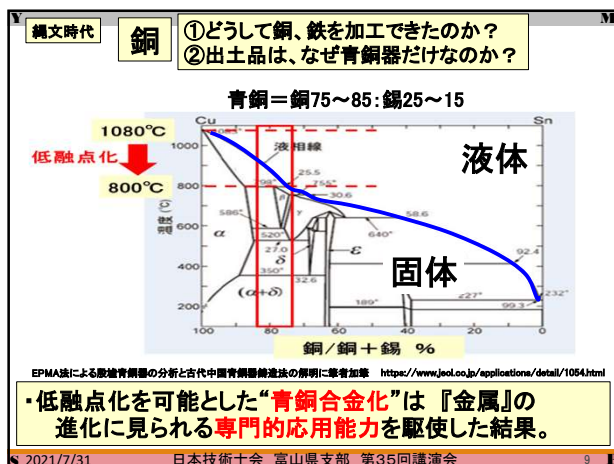
6



7



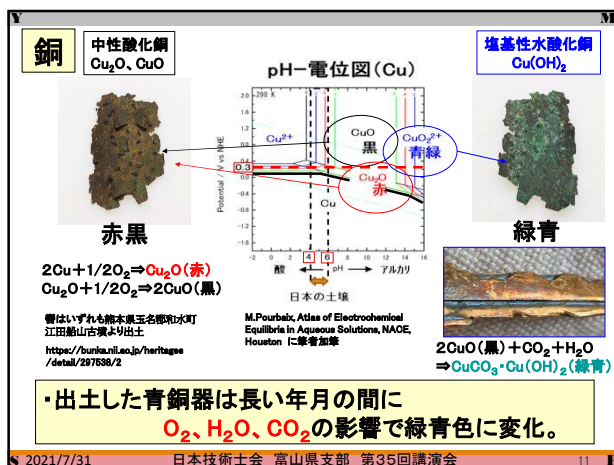
8



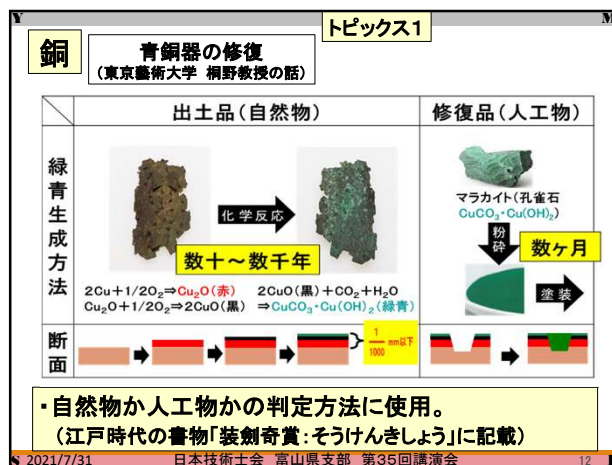
9



10



11



12

鉄

鉄 + 熱

熱を用いた加工方法

	成形	ポイント	特徴
鍛造	約800°C 金属を圧縮し成型する。	強加工 低温	高強度
鋳造	約1600°C 溶かして液状にした金属を型に流し込み、冷やし固める。	高温	大量生産

・金属を加工するためには鑪の発達が必要ことから、鍛造⇒鋳造の順で発展

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 13

13

縄文時代

紀元前600～500年頃の中国式縦型熔解炉

① 中国式縦型熔解炉

② ピストン式風箱構造図

鑪を改良した中国式縦型熔解炉
Simpson:History of The Metal-Casting Industry,P30

・漢では“縦型熔解炉+ピストン式風箱”で1300°C達成
・更に“炭素添加”で300°Cの融点低下で鋳造技術を確立
これも、専門的応用能力を駆使した結果。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 14

14

金属使用の歴史

物性	活用の変遷		要素技術
	融点 °C	硬度 Hv	
銅	1000	50～150	銅の時代 ・中国で鋳造(銅製・銅器) ・日本に輸入(銅製・銅器) ・日本で生産開始(銅製・銅器) ・日本に輸入(銅製・銅器) ・日本で生産(銅製品)
鉄	1600	100～300	鉄の時代 ・中国で鋳造(鉄製・鉄器) ・日本に輸入(鉄製・鉄器) ・日本で生産開始(鉄製・鉄器) ・日本に輸入(鉄製・鉄器) ・日本で生産(鉄製品)

・古代人は専門的応用能力を活き様々な要素技術を発見
・専門的応用能力⇒多くの経験と五感を活し閃くこと

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 15

15

弥生時代

トピックス2

鳥取県青谷上寺地遺跡

第1図 青谷上寺地遺跡位置図

殺傷痕のある頭蓋骨

鋳造鉄斧(てつぐ)

鳥取県地域づくり推進部文化財局
とっとり弥生の王国推進課青谷上寺地遺跡整備室

・弥生時代は稲作が始まり
貧富の差が出始めた頃。
(魏志倭人伝には『倭国大乱』と記載)

写真1 青谷上寺地遺跡全景

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 16

16

弥生時代

トピックス2

青谷上寺地遺跡出土品調査研究報告2
鉄製遺物の自然科学的研究(2006)

分析試料採取位置

化学成分分析結果

	C	Si	P	Mn
2.55	0.15	0.086	0.01	
S	Ni	Cu	V	
0.007	0.003	0.002	0.0015	
Ti	Mo	Cr	Fe	
0.0015	<0.001	<0.001	残部	

O: S: 燃焼赤外線吸収法 Si, P: 吸光度法
Mn: ICP その他: ICP+Mass

・断面は何故か、2層構造

鳥取県地域づくり推進部文化財局
とっとり弥生の王国推進課青谷上寺地遺跡整備室

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 17

17

弥生時代

トピックス2

鳥取県地域づくり推進部文化財局
とっとり弥生の王国推進課青谷上寺地遺跡整備室

炭素鋼

バーライト

バーライト+セメント

ピッカースの圧痕

炭素鋼は硬くて脆い。
⇒熱処理で脱炭化し、表面のみ低硬度化&靱性を向上。
これも専門的応用能力を駆使した結果。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 18

18

19

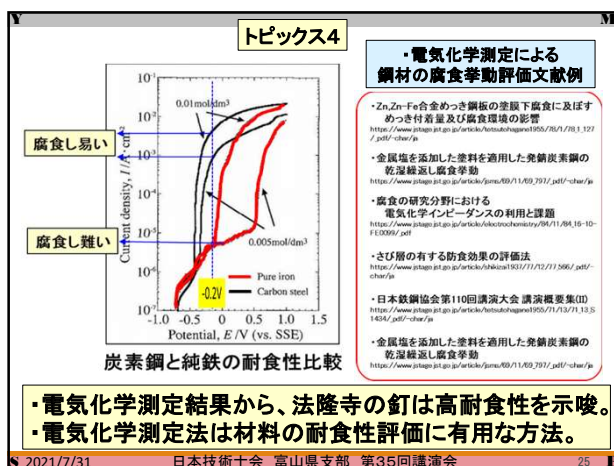
20

21

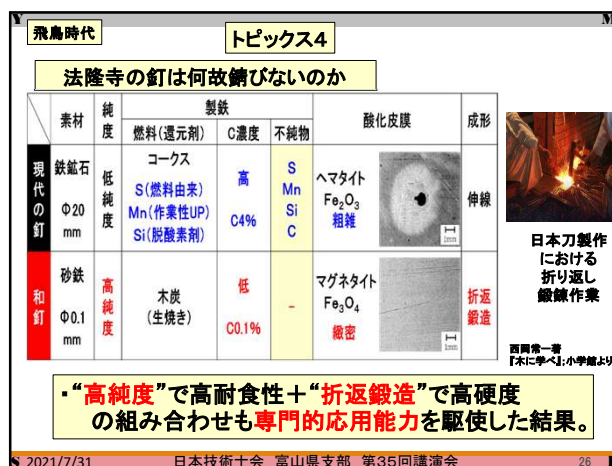
22

23

24



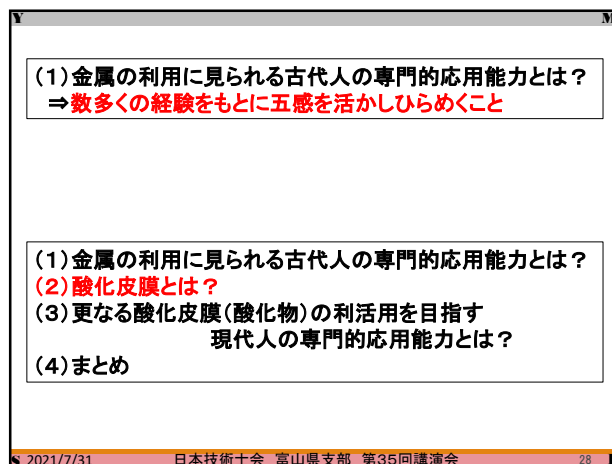
25



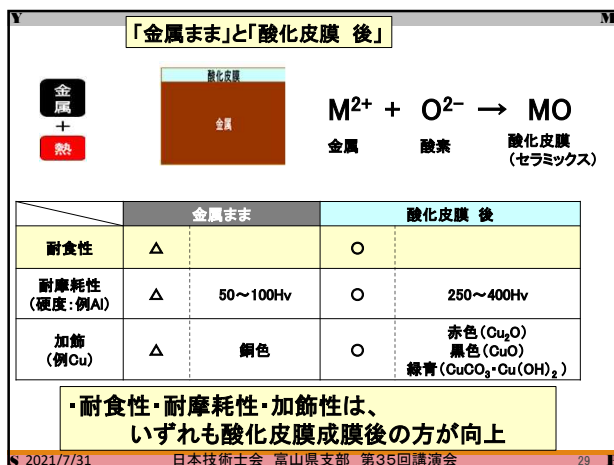
26



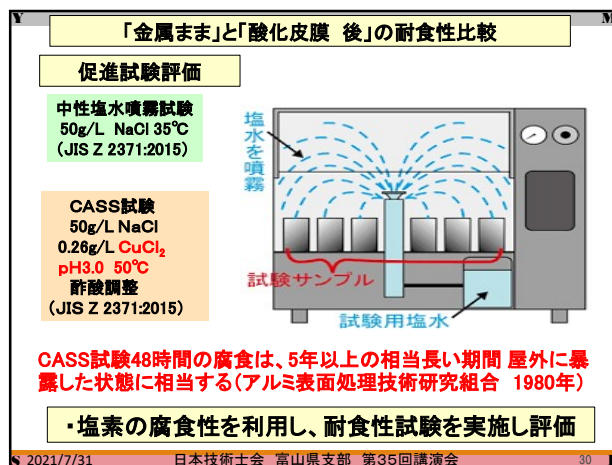
27



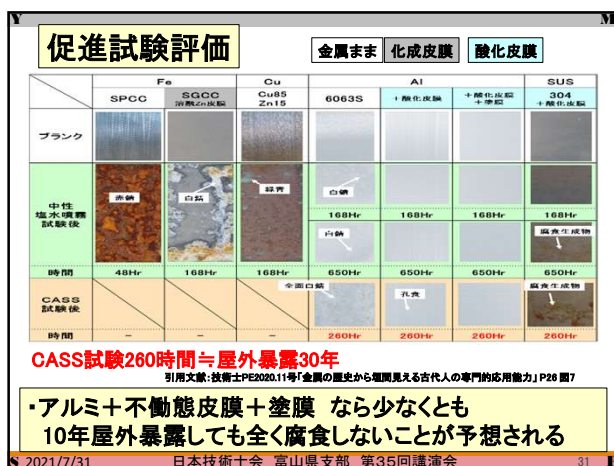
28



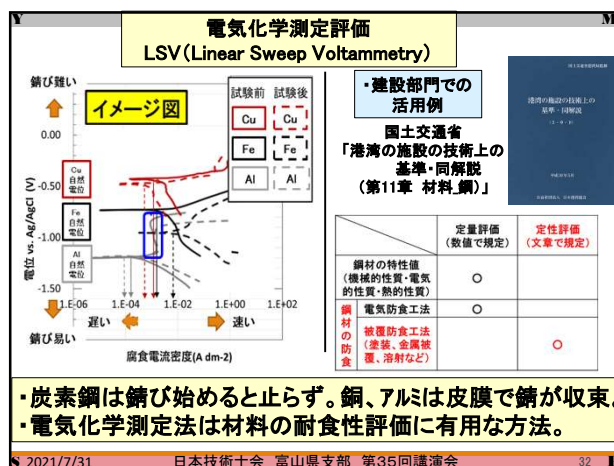
29



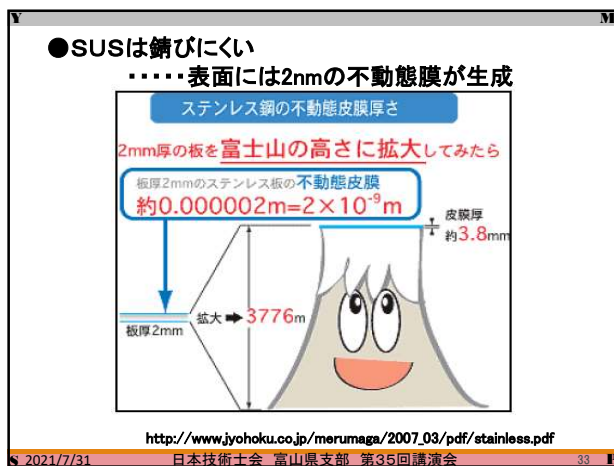
30



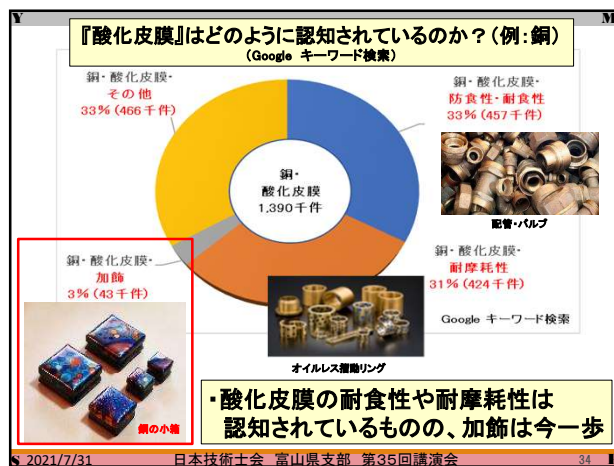
31



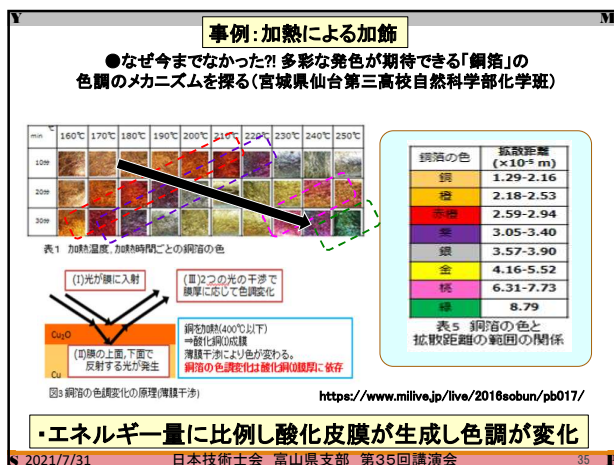
32



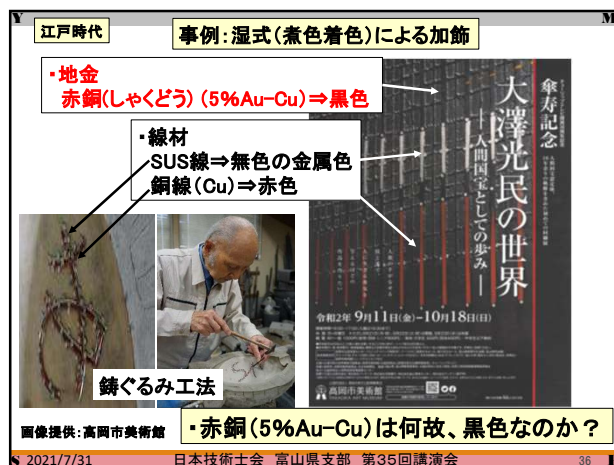
33



34



35



36

江戸時代 事例：湿式(煮色着色)による加飾

四分一 しぶいち (Cuに20~60%Ag添加) 赤銅 しゃくどう (Cuに3~5%Au添加)

煮色着色

緑青 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ + CuSO_4 沸騰

<https://www.mokumegane.org/coloring.html>

銅 銀

・赤銅(5%Au-Cu)は何故、黒色なのか？

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 37

37

江戸時代 事例：湿式(煮色着色)による加飾

伝統技法で着色したCu-Au系合金(赤銅)の着色層における微細構造と物理的性質 (東京理科大学 北田 正弘 謝野 文良 ほか) に筆者加筆 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmetmet/66/12/66_12_1089/pdf/-char/

金層に密着する伝統工芸着色法 (東京理科大学 北田 正弘 謝野 文良 ほか) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmetmet/66/12/66_12_1089/pdf/-char/

・固溶した10nm ($\frac{1}{100,000}$ mm) Au粒子が入射光を散乱し黒色 ⇒ 組合せ(添加元素+着色)の専門的应用能力を駆使。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 38

38

昭和時代 事例：湿式(陽極酸化)による加飾

陽極酸化 めっき

<https://www.kiyokawa.co.jp/technology/technology.asp?tid=239&id=0>

<https://www.nakano-aci.co.jp/yokoyu/titan.html>

<https://www.sora-w.com/contents/design/color/>

<https://www.wakayamapo.jp/info/color/colorB/>

・陽極酸化⇒陽極に接続した試料表面に酸化皮膜生成、(例:アルマイト) 光の干渉で様々な色になる

・めっき⇒陰極に接続した試料表面に金属イオンが析出その金属色になる

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 39

39

平成時代 事例：乾式による電気特性利用

金属材料	貴金属 (Pt・Au・Ag)	不働態金属 (Fe・Cu)	ハルブ金属 (Al・Ti・Mg)
酸化皮膜 導電率 (ohm ⁻¹ cm ⁻¹)	$10^4 < \sigma$	$10^{-10} < \sigma < 10^0$	$\sigma < 10^{-10}$
酸化皮膜 導電性皮膜	導電性皮膜	不働態皮膜	誘電体皮膜
皮膜形状 (電解液にも依存)	貴金属	バリア型	ポーラス型
皮膜厚	数Å	数十Å	数十μm
酸化物の用途	導電体	半導体	誘電体

「表面技術者のための電気化学(第2版)」(香山志郎 丸善株式会社)P218をもとに筆者加筆

ITO透明導電性膜 ITO: Indium Tin Oxide ($\text{In}_2\text{O}_3 + \text{SnO}_2$)

・導電率は物体の中の電子の流れやすさの指標。酸化物にはさまざまな導電率のものがある

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 40

40

平成時代 事例：乾式による電気特性利用

ITO: Indium Tin Oxide ($\text{In}_2\text{O}_3 + \text{SnO}_2$) 透明電極材、タッチパネル

<https://www.kajundo.blog/experiment/3282/>

液晶LCD (Liquid Crystal Display)

有機ELD (Organic Electroluminescent Display)

液晶層を挟むITOの電位差で液晶の分子配列をコントロールし、RGB光量を調節

ITO-陰極間で直接電流を流し、間にある各RGBの発光素子(有機EL)で励起が起こり自己発光

<https://kurian.jp/gomi/led.html>

・酸化物の導電率・光学特性に着目し、廃液を出さない。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 41

41

酸化皮膜・酸化物の特徴を活かした事例

	衣	食	住
防食性 耐食性	・ルビー・サファイア (Al_2O_3)	・鍋、釜 (Al_2O_3) ・抗菌用光触媒 (TiO_2) ・缶 (Al_2O_3 , Fe_2O_3) ・アルミ箔 (Al_2O_3)	・アルミサッシ (Al_2O_3) ・ポルト・ナット ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ・エアコン室外機 (Al_2O_3) ・飛行機の翼 (Al_2O_3) ・アルミ船舶 (Al_2O_3)
耐摩耗性	・眼鏡レンズ (TiO_2)	・鋼の包丁 (Fe_2O_3) ・フライパン (Fe_2O_3)	・エアースリッパ (Al_2O_3)
加飾性	・眼鏡フレーム (TiO_2) ・ファスナー (Al_2O_3) ・顔料 (TiO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3)	・顔料 (TiO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3)	・顔料 (TiO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3)
その他	・抗菌用光触媒 (TiO_2)	・歯科用メタルキャップ + プラスチック (SnO_2) ・抗菌用光触媒 (TiO_2)	・ホッカイロ ($2\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$) ・電解コンデンサ (Al_2O_3 , Ta_2O_5) ・遮熱・断熱ガラス (ZnO) ・高効率太陽光発電パネル (SnO_2 , TiO_2) ・固体酸化物型燃料電池 (SnO_2) ・薄型ディスプレイ(透明導電性膜) (ITO) ・ジルコニア酸素濃度計 (ZrO_2) ・半導体 (SiO_2)

・酸化皮膜・酸化物の特長を活かし、衣・食・住に貢献

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 42

42

半導体は「産業の米」

ZnO₂, SnO₂
—薄膜 など

シリコン
酸化膜

事例：半導体

2021年3月27日号
『東洋経済』3月号
半導体
VS車
自動車のモーター部品

半導体の過半をIT業界が食い尽くす
—半導体の用途別付価割合（金額ベース）—

用途	付加価値率 (%)
自動車用	約10%
家電製品	約15%
産業用電子機器	約20%
消費用電子機器	約35%
ワイヤレス通信	約45%
コンピュータ・データ処理	約55%

自動運転
スマホ・通信インフラ

AL, IoT

(出所)調査会社オセディアのデータを基に本誌作成

43

(2) 酸化皮膜とは？
⇒ 金属の酸化で生成。
その機能(防食性、光学特性、電気伝導性)を活かし、
生活に利用。

44

Figure 1: A graph showing the annual migration of superconducting transition temperature (T_c) from 1900 to 2020. The y-axis is T_c (K) from 0 to 200. The x-axis is Year from 1900 to 2020. A red dashed line marks -120°C (153 K). A blue dashed line marks BCS理論の値 ($\sim 240^\circ\text{K}$). The graph shows a general upward trend in T_c over time, with a significant jump around 1980. Key points labeled include: 1911 (Hg), 1933 (Nb), 1955 (Nb₃Sn), 1980 (Nb-Ti), 1986 (LaBaCuO), 1987 (YBaCuO), 1988 (BiSrCaCuO), 1989 (TlBaCuO), 1990 (HgBaCuO), 1991 (TlBaCuO), 1992 (TlBaCuO), 1993 (TlBaCuO), 1994 (TlBaCuO), 1995 (TlBaCuO), 1996 (TlBaCuO), 1997 (TlBaCuO), 1998 (TlBaCuO), 1999 (TlBaCuO), 2000 (TlBaCuO), 2001 (TlBaCuO), 2002 (TlBaCuO), 2003 (TlBaCuO), 2004 (TlBaCuO), 2005 (TlBaCuO), 2006 (TlBaCuO), 2007 (TlBaCuO), 2008 (TlBaCuO), 2009 (TlBaCuO), 2010 (TlBaCuO), 2011 (TlBaCuO), 2012 (TlBaCuO), 2013 (TlBaCuO), 2014 (TlBaCuO), 2015 (TlBaCuO), 2016 (TlBaCuO), 2017 (TlBaCuO), 2018 (TlBaCuO), 2019 (TlBaCuO), 2020 (TlBaCuO).

45

銅酸化物高温超伝導体に潜む30年来の未解決問題に終止符
(2020.8.20 東京大学物性研究所)

従来(1層型)	本研究(5層型)
(a) 電荷供給層 電子・ホール 動かれた面 CuO₂面 電子・ホール 電荷供給層にCuO₂面が直接し、電子状態が乱れる	(b) 電荷供給層 (=OP⁻層) 電子・ホール 動かれた面 動かしやすい 動かしにくい 動かしやすい 動かれた面 電子・ホール 電荷供給層とは直接接することなく外側のCuO₂面によって守られ動きやすい「綺麗なCuO₂面」を内側に有する

5層のCuO₂を組合せ、3層面のCuO₂層を動かしやすくする
⇒常識に囚われず
現代人が**専門的応用能力**を駆使した結果。

46

実用化事例

低温超電導磁石

高温超伝導使用により拓かれた未来像

高温超電導磁石

<https://stach.nikkei.com/dm/article/NEWS/2005128/111084/>

・高温超電導材を用いば、
ヘリウム⇒冷凍機による冷却が可能に。

47

今後への応用②酸化皮膜の新技術

金属材料	貴金属 (Pt・Au・Ag)	不動態金属 (Fe・Cu)	ハルツ金属 (Al・Ti・Ni)
酸化皮膜 形成電率 ($\text{shcm}^{-2}\text{min}^{-1}$)	$10^{-2} < \alpha$	$10^{-11} < \alpha < 10^{-6}$	$\alpha < 10^{-11}$
酸化皮膜 導電性皮膜	導電性皮膜	不動態皮膜	誘電体皮膜
皮膜形状 (電解槽・70℃等)	貴金属	バリア型	ポーラス型
酸化皮膜構造			
酸化膜厚	数 μm	数 μm	数 μm
酸化物の用途	導電体	半導体	誘電体

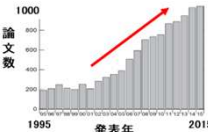
ケーラモテ_ル
構造

「表面技術者のための電気化学(第2版)」(春山志郎 丸替株式会社)P218をもとに筆者加筆

- ・超精密加工において
制御が容易 (電位・時間)
- ・微細 (数十nmレベル)
($1\text{nm}=1/100,000\text{mm}$)
- ・ケーラモテ_ル構造に着目
⇒微細化を追求し高機能化へ



最近20年間のアノード酸化関連論文数
(Web of Science "Anodizing" "Anodization"
北海道大 梶輪 浩司)



論文数

発表年

48

今後への応用②酸化皮膜の新技術

●バイオミメティクス……生物のもつ優れた機能を人工的に再現する科学技術

数100nm
200nm
2~3千nm
数万nm

ヨーグルトが蓋につかない
2008北京オリンピックの水着

科学技術臨向研究センター <https://oore.ao.uh/download/pdf/23669225.pdf>

・「ケラーモデルの微細化(数十nm)はバイオミメティクスの世界を超越」

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 49

49

今後への応用②酸化皮膜の新技術

キーワード: バイオデバイス, 高親和性, 密着性向上デバイス, 微細孔制御技術

実用化デバイス事例: センサー応答 (血液中のタンパク質分析), 炭素鋼の耐食性向上, 反射防止膜/反射防止レンズ

・酸化皮膜の機能を活かした用途・分野の開拓
⇒常識に囚われず
現代人が専門的応用能力を駆使した結果。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 50

50

アルハイテック㈱
富山県高岡市オフィスパーク1番地

トピックス6
アルミと水素の
Googleキーワード検索でトップ

触媒を用いアルミ廃材から直接、水素発生
⇒常識に囚われず
現代人が専門的応用能力を駆使した結果。

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 51

51

SDGsに向けた今後の進化

SDGs※ 持続可能な開発目標

⑨ 産業と技術革新の基盤をつくる

経路短小
リサイクル
省エネ・地球温暖化対応

●Cd代替 Ni-Cd-Ni-Liイオン電池
●半導体
●都市鉱山の分別・回収技術
●家電リサイクル法
●Alミ廃材から水素発生
●高温超伝導体

※Sustainable Development Goals

・専門的応用能力を持つ技術士の活躍の場は、これからも無限に存在

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 52

52

(3) 更なる酸化皮膜(酸化物)の利活用を目指す
現代人の専門的応用能力
⇒常識に囚われず、それを打ち破る閃きをもつこと

	当時の常識
酸化物の高温超伝導	BCS理論の壁(-240℃)
酸化皮膜のナノ微細化	バイオミメティクス(自然を模倣≒限界)
アルミ廃材から水素製造	酸化皮膜の溶解には時間がかかる

(1) 金属の利用に見られる古代人の専門的応用能力とは?
(2) 酸化皮膜とは?
(3) 更なる酸化皮膜(酸化物)の利活用を目指す
現代人の専門的応用能力とは?
(4) まとめ

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 53

53

まとめ

金属の歴史から垣間見える人類の専門的応用能力

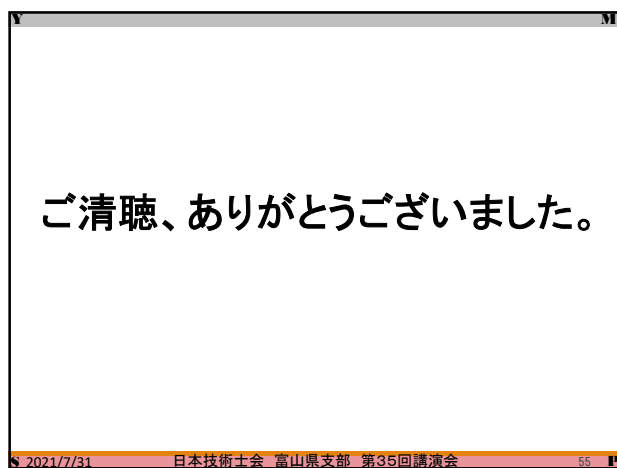
合金化 炭素添加 熱処理 焼付塗 ITO 高温超伝導 分析(反射防止) 補技術 鍛造・鋳造 酸化皮膜 加飾 半導体 表面微細化 耐食性 水素

	目的・背景・環境	専門的応用能力
古代人	生きるために (空腹・寒さからの回避)	数多くの経験をもとに、 五感を活かしひらめくこと
現代人	付加価値の追求 (文庫・ネット情報・フェイクニュースの氾濫)	常識に囚われず、 それを打ち破る能力

色 (商品: 目に見えるもの) + 空 (価値: 目に見えないもの)
技術士(技術者) (専門的応用能力) 出会う場

2021/7/31 日本技術士会 富山県支部 第35回講演会 54

54



55