アルミニウムの腐食のおはなし その4

The Fundamentals of Corrosion of Aluminum ${\rm I\!V}$

兒島 洋一 Yoichi Kojima

1. はじめに

「あついぞ!熊谷」とは、ヒートアイランド現象下の都 心からの南風とフェーン現象による秩父山地からの北西 風との交差による夏の酷暑を、熊谷市が"貴重な地域資 源"として逆手にとらえ、まちづくり事業のキャッチコ ピーとしたフレーズである。また、「かかあ天下とからっ 風」は上州名物といわれる。かかあ天下はともかくとし て、冬の群馬県赤城山以南は山岳地帯を越えてきた非常 に乾いた冷たい風に吹き降ろされる。当社技術研究所は、 熊谷市で国内最高気温40.9℃を記録した2007年にこれ ら地域にはさまれた深谷市に集約された。シリーズその 4では、このような年間気温差による影響の一例として、 促進腐食試験¹)に関した"経験"をご紹介する。

2. "温度"依存性

Hornらによる硝酸水溶液中のアルミニウム (Al)の腐 食速度の温度依存性を図1 (a)²⁾に示す。これらがアレ ニウスの関係に従うのは、塩化物イオン (Cl⁻)などを含 まないこの環境における Alの腐食形態³⁾が均一腐食で あり、さらにこれら温度域では Al表面の水和酸化物皮 膜の構造変化が小さく、より高温で安定なベーマイトの 生成がないことなどによる。図1 (b)⁴⁾には筆者らが水 晶振動子微量天秤法 (QCM)を用いて精密に測定した白 ぶどう酒中の腐食速度を示す。白ぶどう酒には僅かに Cl⁻が含まれるが、同環境中では孔食電位に比べ自然電 位域が卑なことから、水晶上に蒸着した Al薄膜には均 一腐食のみが進行した。こうして図1 (a)と近い傾き、即 ち活性化エネルギーをもつアレニウスの関係に従う。

次に、CI⁻環境における孔食挙動の温度依存性として、 GodardらおよびMearsらによる食孔の深さと数につい て図2(a)⁵⁾および図2(b)⁶⁾にそれぞれ示す。いずれも 定量的には捉えがたいが、温度とともに孔食は起点を増 やし、この起点増と試験片全体としてのカソード律速と により個々の成長速度は抑制される。孔食の発生・成長 は、その要因が上述の均一腐食の進行より複合的である ことの一端をみることができる。

深谷での"経験"はさらに複雑であった。腐食促進 試験¹⁾の1つであるSWAAT (Sea Water Acetic Acid Test, ASTM G85-A3)を各季節に実施した。このとき の質量減少(試験数n=2平均値)および最大食孔深さ (試験数n=2最大値)を,腐食試験機を設置している 棟内の温度(試験実施中の平均値)への依存性として 図3(a)および図3(b)にそれぞれ示す。また,個々の試 片に関する最大食孔深さと質量減少との関係を図4に示 す。SWAATでは試験槽内を49℃の恒温とし,試験液噴 霧30 minと相対湿度98%の湿潤90 minとを交互に繰り 返す。鋼板の照合試験片⁷⁾により試験槽内環境の腐食性 が検証された試験機によって,SWAAT実施中は槽内が



- 図1 99.5%AIの各濃度の硝酸水溶液中 (a)²⁾,および水晶 振動子微量天秤上のAI蒸着膜の白ぶどう酒中 (b)⁴⁾の 均一腐食速度のアーレニウスプロット
- Fig.1 Arrhenius plots of uniform corrosion rate for 99.5% aluminum immersed in static nitric acid solutions of various concentrations (a) ², and for aluminum film deposited on quartz crystal microbalance immersed in white wine (b) ⁴.



- 図2 水道水中11週間浸漬1100合金(a)⁵⁾および塩化物水 溶液中(b)⁶⁾に発生した食孔の深さと数の温度依存性
- Fig.2 Temperature dependence of depth and number of corrosion pits generated on AA1100 immersed in Kingston tap water for 11 weeks (a) ⁵⁾ and on AI in chloride solutions (b) ⁶⁾.



- 図3 1100合金, 3003合金および4045/3003クラッド板 に関するSWAAT・2週間での質量減少(a)と最大食孔 深さ(b)の腐食試験機を設置した棟内温度の試験期間 中における平均値依存性
- Fig.3 Influence of the ambient temperature around the cyclic corrosion test cabinet on the mass loss (a) and on the maximum pit depth (b) for AA1100, AA3003 and AA4045/AA3003 clad sheets after 2 weeks of SWAAT.

ほぼ49℃に保持されていながら,試験結果としてはAlの腐食挙動は槽外の温度に敏感に反応したことになる。 人工海水ベースの試験液がCl⁻を含むためAlには孔食が 起こるが,図2(a)および図2(b)に示した腐食環境溶液 そのものの温度への依存性とは異なり,個々の食孔は温



図4 1100 合金および 4045/3003 クラッド板に関する SWAAT・2週間での質量減少と最大食孔深さとの関係 Fig.4 Relationships between mass loss and the maximum pit depth after 2 weeks of SWAAT conducted under various ambient temperature conditions for AA1100 and AA4045/AA3003 clad sheets.

度とともに成長速度が大きくなり、質量減少もこの成長 を反映している。即刻、試験機をまるごと収める"内箱" を棟内に設け、中を空調管理することとなった。

3. おわりに

A1合金は、各種合金がそのおかれた環境条件を繊細に 反映した結果として、とりうる腐食形態³⁾が他金属基合 金に比べて非常に多様となり、技術者泣かせでもある。 一方、彩り豊かな陽極酸化皮膜のお化粧が得意で、見た 目に変幻自在に映ることはその大きな特色である。これ らに加え、実際の強度・硬度の比較ではないが、鉄基合金 の"剛"に照らした印象として"柔"のあてがわれる A1合 金には、どちらかというと女性的なイメージを重ねやす い。腐食試験まで"箱入り"とした"経験"にその感を強め つつ、本年も大方のご批判を切に請うしだいである。

参考文献

- 1) 正路美房:住友軽金属技報, 38 (1997), 169.
- Ralf Feser : Corrosion and Oxide Films, ed. by M. Stratmann and G. S. Frankel, Wiley-VCH, Weinheim, (2003), 93. E. M. Horn : Werkst. Korros., 47 (1996), 323.
- 3) 兒島洋一: Furukawa-Sky Review, 2 (2006), 62-69.
- 4) 兒島洋一, 岸元 努, 辻川茂男: 材料と環境, 45 (1996), 305.
- H. P. Godard : The Corrosion of Light Metals, John Wiley & Sons, Inc., (1967), 66.
- R. B. Mears and R. H. Brown : Ind. Eng. Chem., 29 (1937), 1087.
- 7) 神戸徳蔵, 須賀 蓊: 表面技術, 58 (2007), 526.



兒島洋一 (Yoichi Kojima, Ph. D) 博士(工学) 技術研究所