

スポットライト

～第8回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

イチゴによるアルミニウムの溶解

兵庫県立宝塚北高等学校 化学部

岸田 純 笹部祐也 川口拓真
岡部矩史 志手銀河

1. 動機および目的

ある部員が、ステンレス鋼製の弁当箱内でイチゴを入れたアルミカップに孔が開いているのを発見した。孔はイチゴとアルミニウムが接している部分に生じ、溶けたアルミニウムがイチゴに付着していた。アルミニウムは表面に酸化被膜を持つため、腐食しにくい金属として広く用いられている。我々は、このアルミニウムが溶けるという現象に疑問を持ち、この現象が起きる原理を化学的に解明することを目的に研究を始めた。

2. 仮 説

アルミニウムが溶けた要因として、以下の二つの仮説を立てた。

仮説1 イチゴに含まれる酸がアルミニウムを溶かした。

仮説2 ステンレス鋼、アルミニウムとイチゴでイチゴを電解液とした電池が出来た。

これらの仮説の検証実験を以下の通りに行った。

3. 実 験 材 料

イチゴ：実験時に路地物のイチゴが入手できなかったため冷凍イチゴを用いた。

アルミニウム：アルミホイル(三菱アルミ製、厚さ10 μ m)を用いた。

ステンレス鋼：オーステナイト系のステンレス SUS304(Cr 18.5%, Ni 8.5%を含む)を用いた。

4. 実 験 と 結 果

◆実験1—酸とアルミニウムの反応

【方法1】すりつぶしたイチゴのpHを測定したところ2.9だった。そこで、仮説1の検証として、イチゴに含まれる酸であるクエン酸、リンゴ酸をpH 2.9に調整した水溶液、およびイチゴをそれぞれ2.0 ml ずつアルミホイルを用いて作成した直径6 cmのアルミニウムカップの中に注ぎ12時間放置した。

【結果1】実験時間内ではアルミニウムは溶けず、酸と接触していたアルミニウム表面に変色や光沢の変化も見られなかった。

【考察1】弁当が作られてから部員が弁当を食べるまでの時間は6時間未満であり、実験時間の12時間よりも短時間でアルミニウムの溶解が起こっている。このことから、弁当内でのアルミニウム溶解は酸だけが原因ではないと考えた。

◆実験2—異種金属とイチゴの反応

【方法2】仮説2の検証実験として、図1のようにイチゴをアルミニウム(36 cm²)とステンレス鋼板(100 cm²)に挟み12時間放置した。また対照実験としてステンレス鋼板をプラスチック板に変え、同様に実験した。

【結果2】ステンレス鋼板を用いたときのみ、アルミニウムが溶け、数 mm 程度の孔が確認できた(図2)。また、孔の周辺は黒く変色していた。

【考察2】ステンレス鋼板を用いたときのみアルミニウムが溶けたことから、弁当内では異種金属間で酸化還元反応が起き、実験時間内にアルミニウムの溶解が起こったと考えた。アルミニウムとステンレス鋼の間で電子の授受が生じていることを確かめるために、イチゴ、アルミニウム、ステンレス鋼を1つの回路に繋げ、電流を測定する実験を行った。

◆実験3—電流の測定

【方法3】図3のようにアルミニウムとステンレスの間にイチゴを挟み、アルミニウムとステンレスを電極として繋げ、電流計を用いて電流を12時間測定した。

【結果3】電流は検出できなかった。

【考察3】このような結果になったのはアルミニウムの酸化被膜による抵抗値が大きく、電流が微弱すぎて検出できなかったためだと考え、同様の実験装置で電圧を測定することにした。

◆実験4—電圧の測定

【方法4】アルミニウムとステンレスの間にイチゴを挟み、

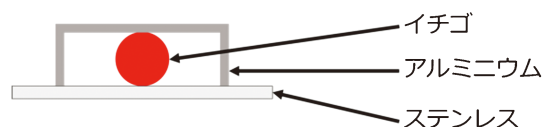


図1 イチゴを異種金属で挟んだ様子。(オンラインカラー)



図2 アルミニウムに開いた孔。(オンラインカラー)

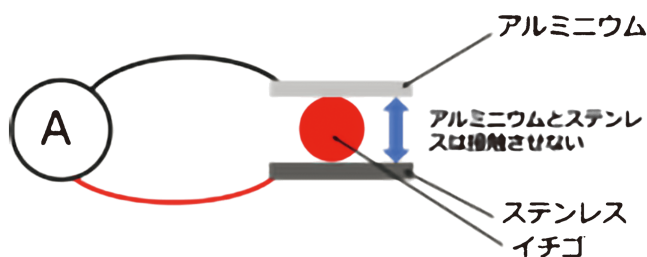


図3 イチゴと異種金属による電流測定の様子。（オンラインカラー）

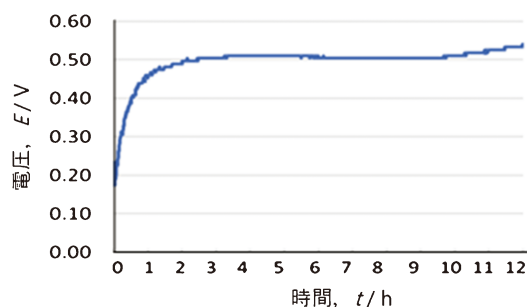


図4 イチゴと異種金属の接触による電圧。（オンラインカラー）

アルミニウムとステンレスを電極として繋げ、電圧計を用いて電圧を12時間測定した。

【結果4】電圧は徐々に上昇し、0.5 V程度で安定した(図4)。

【考察4】電圧が確認されたことから、アルミニウムとステンレスを電極、イチゴを電解液とした電池が出来ていることが考えられる。また、電圧が徐々に上昇しているのはイチゴの酸がアルミニウムの酸化被膜を溶かしたからだと考えた。そこで、pHの異なる水溶液を電解液に用いた実験5を行った。その際、実験4の実験装置では金属板とイチゴの接触面積を一定にできないため、ビーカーを用いた装置(図5)に変更した。

◆実験5—電解液のpHによる電圧変化

【方法5】正極にステンレス、負極にアルミニウム、電解液に0.10 mol/L 硝酸(pH 1.0)、0.10 mol/L クエン酸水溶液(pH 2.1)、イチゴ液(pH 2.9)、0.10 mol/L 塩化ナトリウム水溶液(pH 7.0)を用いて電池型装置を作り、電圧計を用いて電圧を12時間測定した。なお、イチゴをすり潰し、イチゴ：精製水の質量比が1：3になるように混合した試料をイチゴ液とした。

【結果5】電解液のpHが低いほど電圧は高くなる傾向にあった(図6)。

【考察5】アルミニウムの酸化被膜において、pHの低下もしくは上昇により均一に溶解する均一腐食が知られており⁽¹⁾、今回実験に用いた酸性度が大きい硝酸やクエン酸水溶液ではアルミニウムの均一腐食が起きた結果、安定して電圧が検出されたことが考えられる。なお硝酸は酸化力の強い酸ではあるが、今回使用したものは0.10 mol/Lの希硝酸であるためアルミニウム表面で不動態が形成されずに均一腐食が増大したと考えている。また、アルミニウムの酸化被膜の破壊は、



図5 ビーカーを用いた装置の様子。（オンラインカラー）

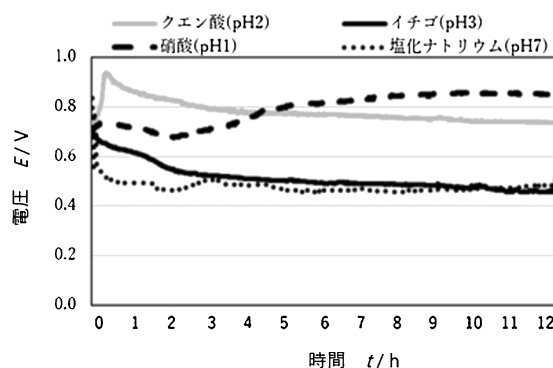


図6 電解液別の電圧変化。

酸や塩基による均一腐食のみならずハロゲン化物により局部的な破壊が生じる局部腐食によっても起こることが知られている⁽¹⁾。塩化ナトリウム水溶液では、塩化物イオンによる酸化被膜の局部腐食がわずかに生じていたために、中性でありながらイチゴ液と同程度の電圧が生じたことが考えられる。イチゴ液に関しては、弱酸の液体でありかつ塩化物イオンを含むことから、アルミニウムの均一腐食と局部腐食の両方が起こっている可能性が示唆された。塩化物イオンがアルミニウムの酸化被膜の破壊を促進することを確かめるために、実験6を行った。

◆実験6—塩化物イオンの影響の測定

【方法6】実験5で使用した電解液のうち、塩化ナトリウム水溶液を除く3種に0.10 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を0.10 mL 添加後実験5と同様に電圧を測定した。また、実験5における各電解液の平均電圧と塩化ナトリウム添加後の各電解液の平均電圧の変化Δを算出した。

【結果6】クエン酸水溶液で電圧が増加したが、硝酸とイチゴ液では有意な変化は認められなかった(表1)。

【考察6】クエン酸水溶液における電圧変化は、酸による均一腐食に加えて塩化物イオンがアルミニウムの酸化被膜の局部腐食を促進し、電圧を増大させたと考えている。また、金

表1 塩化ナトリウム添加後の各電解液の平均電圧変化.

電解液	Cl ⁻ 添加後の平均電圧(V)	電圧の変化 Δ (V)
硝酸	0.82	0
クエン酸水溶液	1.1	+0.34
イチゴ液	0.52	0

属アルミニウムが酸化溶解して生成したアルミニウムイオンに対して、塩化物イオンが配位し安定化し、金属アルミニウムの酸化溶解が促進された可能性も考えられる。硝酸においては、硝酸中のアルミニウム表面で均一に溶解が生じ、酸化被膜が無いまたは非常に薄い状態であったため、塩化物イオンによる局所的な酸化被膜の破壊の影響は小さく、電圧の変化として測定できなかったと考えている。イチゴ液中で変化が見られなかったことについては、もともとイチゴ液に含まれていた塩化物イオンによって局部腐食の影響を十分に受けていたため、新たに塩化物イオンを添加しても有意な電圧変化が見られなかったのではないかと考えている。

5. ま と め

今回のイチゴを入れたアルミカップに孔が開いた現象は、イチゴに含まれる酸や塩化物イオンの影響によりアルミニウムの酸化被膜の破壊が促進され、アルミニウムとステンレスの異種金属間で電子の授受を伴う酸化還元反応が起きたため、短時間でアルミニウムが溶解したことにより生じた。

6. 今 後 の 展 望

- 電圧とアルミニウムの溶解量が比例関係にあるかを検証する。
- イチゴ液に含まれる可能性のある物質とアルミニウムの酸化被膜の反応について、より詳細に検証する。

文 献

- (1) 大谷良行, 小山高弘, 兒島洋一: UACJ Technical Reports, **3** (2016), 52-56.

(2023年2月2日受理)[doi:10.2320/materia.62.483]
(連絡先: 〒665-0847 宝塚市すみれが丘 4-1-1)