

# 導電用アルミニウム合金の耐食性と熱処理の関係

Relation between Corrosion Resistance and Heat Treatment  
on Aluminium Alloy for Electric Conductor Use

川 西 六 郎\*  
Rokurō Kawanishi

## 内 容 梗 概

長径間の架空送電線などに高抗張力導電用アルミニウム合金としてアルドライ合金 (Al-Mg<sub>2</sub>Si 系合金) の需要は次第に増加しつつある。この合金は Mg<sub>2</sub>Si を硬化要素とする析出形時効硬化性合金であり、その機械的強度、導電率は熱処理に大きく左右されるが、一方、架空送電線に使用される材料として考慮する必要がある耐食性も Mg<sub>2</sub>Si の析出状態により異なってくる。

焼戻処理により耐食性が変化する状態を検討するため、130~200°C範囲で最高6時間まで焼戻処理したアルドライ合金の耐食性を、塩酸によるガス発生試験法により測定し、あわせて、塩水噴霧試験を1箇年にわたり行い、その間の機械的強度変化を、電気用地金純度のアルミニウムと比較した。

実験結果を要約すると

- (1) 焼戻処理温度が一定であれば、処理時間の長いほうが、耐食性は悪くなっている。
- (2) 焼戻処理温度は150~160°Cの場合が耐食性は良好である。
- (3) 塩水噴霧試験(1箇年間)では機械的強度の変化は、アルドライ合金はアルミニウムに比較して、特に大きな差異は認められないが、外観状況はアルドライ合金のほうが劣化している。

## 1. 緒 言

金属材料の使用分野は非常に多方面にわたっており、その用途に応じて要求される性質はいろいろあるが、材料として要求される基本的性質は常温および高温における機械的強度と耐食性が重要視されると思う。

導電用材料としても上記の性質は大切な点であり、架空送電線などに使用する場合はその地帯の特有のふんい気により腐食されることがあるから、耐食性について十分考慮しておく必要がある。たとえば、ACSRの防食については多くの研究がなされ、日立マイラー防食 ACSR<sup>(1)(2)</sup>、日立高品位防食 ACSR<sup>(3)</sup> が完成され製品化している。

高抗張力導電用アルミニウム合金として使用されているアルドライ合金の機械的強度、導電率に及ぼす熱処理、添加元素の影響については多くの研究成果<sup>(4)-(7)</sup> が発表されているが、その耐食性については特に系統的な研究は発表されていない。一方最近長径間の架空送電線の設置、配電線のアルミ化に伴い、アルドライ合金の需要は次第に増加しつつある。

アルドライ合金は Al-Mg<sub>2</sub>Si 系析出形時効硬化性合金であり、焼戻処理により機械的強度、ならびに導電率が変化する。

これは溶体化処理により過飽和に固溶している Mg<sub>2</sub>Si が析出してくるためにおこる現象で、この析出相の形およびその大きさは焼戻処理に関係する。たとえば、機械的強度、導電率に良好な影響をあたえる焼戻処理を行ったとしても、析出相の Mg<sub>2</sub>Si が結晶粒界に析出したとすれば耐食性は当然劣化した状態となる。

したがってアルドライ合金の耐食性も機械的強度、導電率と同様に焼戻処理温度、処理時間と密接な関係があることが考えられる。

以上の観点から 2.6~3.8 mmφ のアルドライ合金線を試料にして種々の焼戻処理を行なった場合の耐食性を検討し、また1箇年にわたる腐食試験を行いその間の機械的強度の変化を測定した。

## 2. 試料および実験方法

### 2.1 試 料

第1表は供試材の化学組成を示す。表中のアルミニウムは比較の

\* 日立電線株式会社電線工場

第1表 供試材の化学組成

試 料 名	化 学 組 成 (%)					
	Si	Fe	Mg	Cu	Mn	Ti
アルドライ合金	0.46	0.12	0.40	0.001	0.003	0.009
アルミニウム*	0.06	0.14	—	0.002	0.002	tr

\*: 電気用純度アルミニウム(比較試料)

ために使用した電気用地金純度のものである。

供試材のアルドライ合金線は 2.6, 3.2, 3.5 および 3.8 mmφ の線径のもので、アルミニウム線は 2.6 mmφ の硬引き材である。

なお、アルドライ合金の熱処理、加工工程は以下のとおりである。

アルドライ合金 → 加 熱 → 熱間加工 → 溶体化処理 →  
(500°C × 1時間) (520°C × 1時間 → W. Q)

常温時効 → 冷間加工 → 焼戻処理  
(3~4日間)

### 2.2 実 験 方 法

#### 2.2.1 塩酸によるガス発生量試験

第1図は塩酸によるガス発生量試験装置を示す。この試験は一定表面積をもっている清浄な試験片を一定濃度の塩酸中に浸漬し、そのとき発生する水素ガスをビュレット内に導き、試料の単位表面積から単位時間内に発生する水素ガスの量で試験結果を表わす。すなわち

$$\text{反応数 } (Rz) = \frac{\text{ガス発生量 (cm}^3\text{)}}{\text{時間 (h)} \times \text{表面積 (cm}^2\text{)}}$$

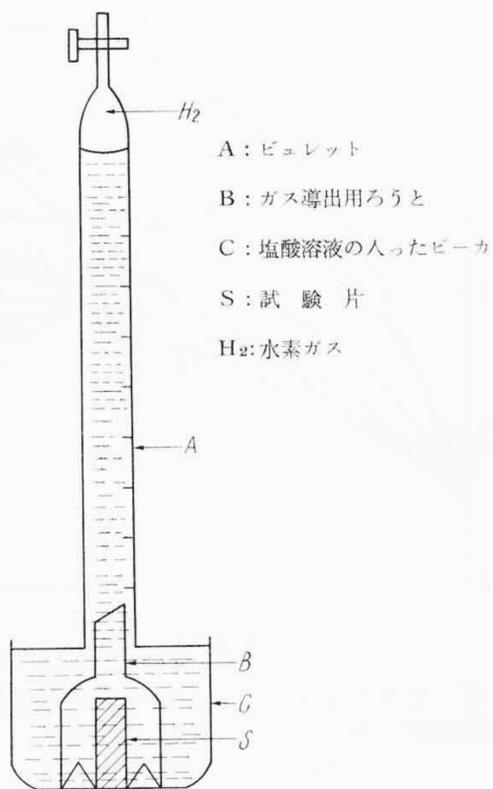
したがって反応数 (Rz) が大きいほど耐食性は悪いことになる。

腐食試験においては、試料の表面状態はその試験結果に大きく影響する。したがって試料表面を十分清浄にすることが大切である。本実験においては、予備処理として20%苛性ソーダ溶液に10分間浸し水洗し、さらに1%塩酸溶液に30秒間浸した後水洗し十分に清浄した。

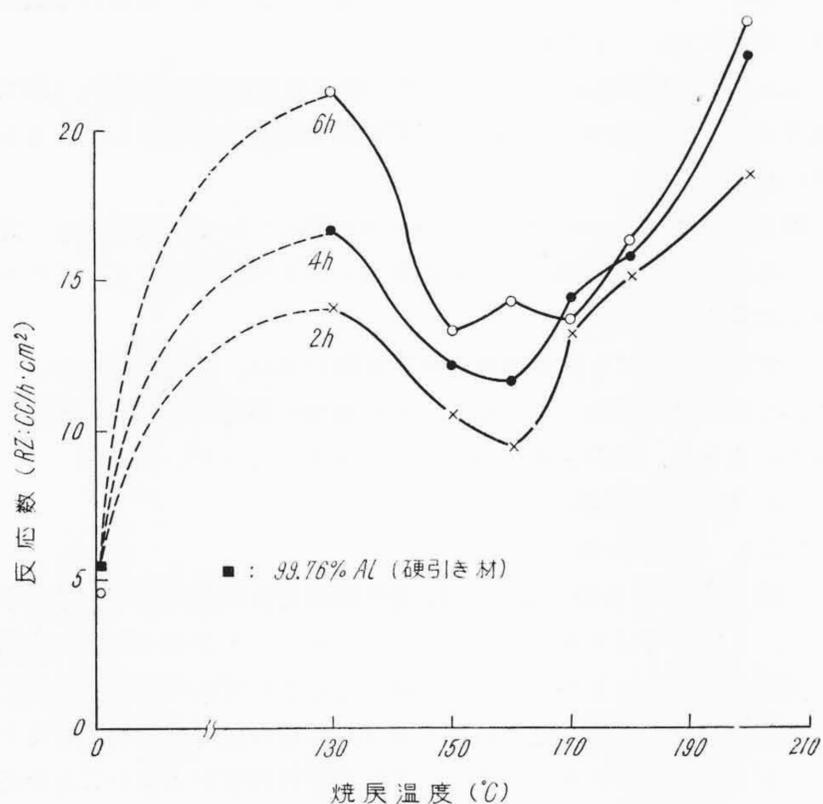
焼戻処理温度は 130°C, 150°C, 160°C, 170°C, 180°C および 200°C で各温度に最大6時間までの処理をした50mmの長さのものを試料にした。

なお、試験液として用いた塩酸濃度は5%、液温は20°Cである。

耐食性能を示す反応数 (Rz) は発生ガス量 30 cc の値のものを



第1図 塩酸によるガス発生装置



第2図 処理時間を一定にした場合の反応数と焼戻温度の関係 (試料径: 2.6 mmφ)

示した。

### 2.2.2 塩水噴霧試験機

塩水噴霧試験には板橋理化製塩水噴霧試験機を使用した。

この場合の塩水濃度は 20%, 装置内温度は 30°C で, 8 時間噴霧, 16 時間放置が 1 日間の試験状況である。

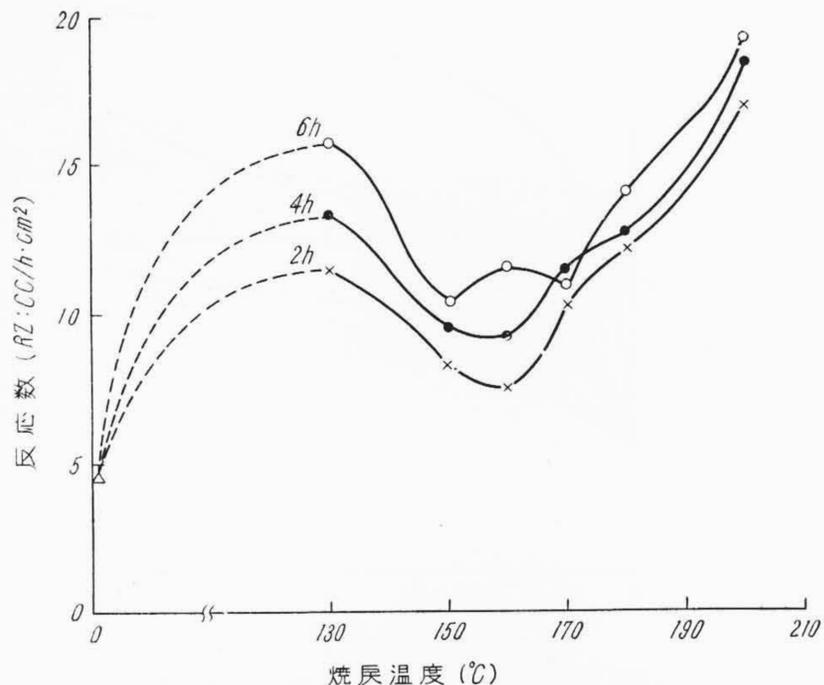
試料のアルドライ合金線は 170°C で 4 時間の焼戻処理をしたもの, アルミニウム線は硬引き材で, いずれも 2.6 mmφ の線径のものである。

噴霧試験は 1 箇年にわたり行い, 一定期間ごとに試料を取出し, 機械的強度変化, 外観状況を調査した。

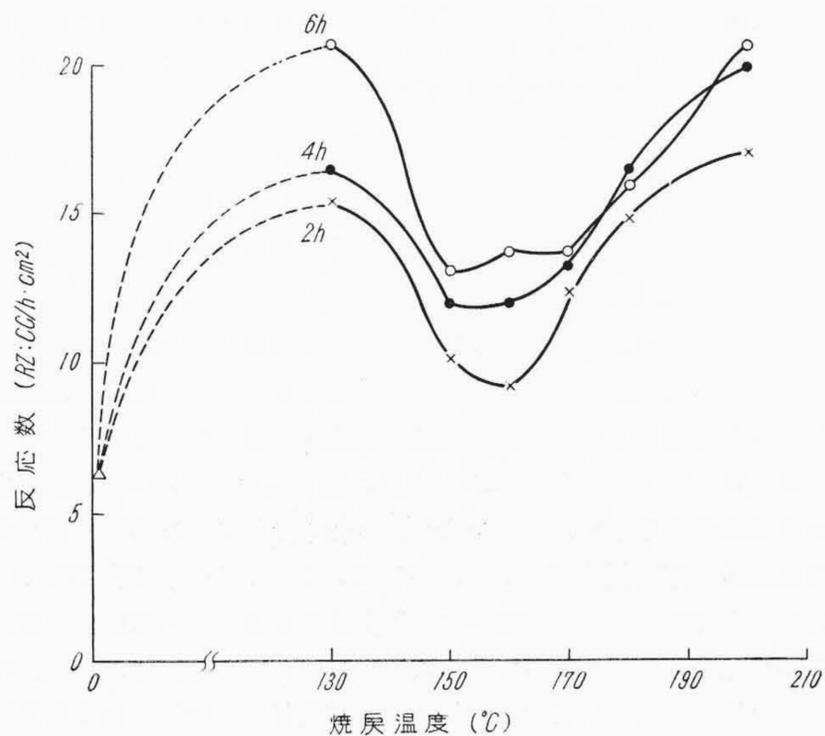
## 3. 実験結果

### 3.1 塩酸によるガス発生試験

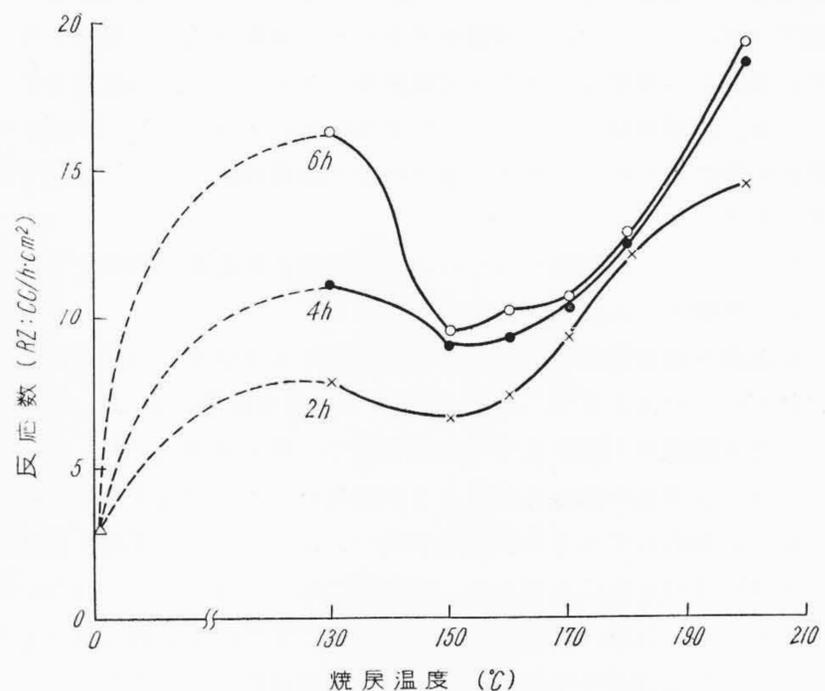
第2~5図は線径 2.6, 3.2, 3.5 mmφ および 3.8 mmφ のアルドラ



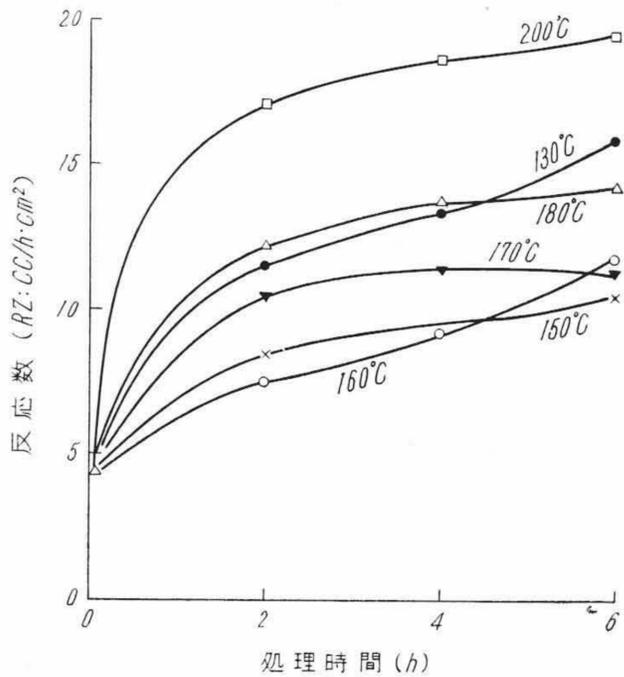
第3図 処理時間を一定にした場合の反応数と焼戻温度の関係 (試料: 3.2 mmφ)



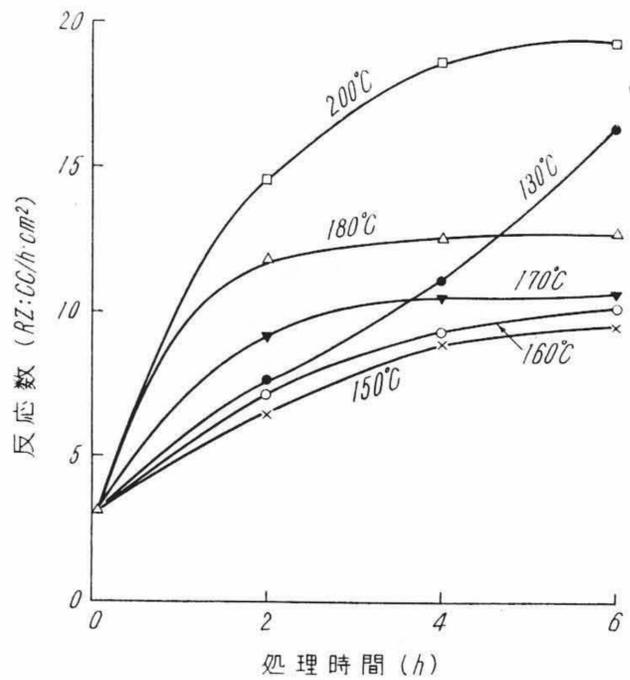
第4図 処理時間を一定にした場合の反応数と焼戻温度の関係 (試料径: 3.5 mmφ)



第5図 処理時間を一定にした場合の反応数と焼戻温度の関係 (試料径: 3.8 mmφ)



第 6 図 処理温度を一定にした場合の反応数と処理時間の関係  
(試料径; 3.2 mmφ)



第 7 図 処理温度を一定にした場合の反応数と処理時間の関係  
(試料径; 3.8 mmφ)

イ合金線の処理時間を一定にした場合の焼戻温度と反応数の関係を示したものである。なお、第 2 図にはアルミニウム線の加工材の反応数を比較のために記入してある。

いずれの試料においても共通して見られることは、処理時間の長いほうが、反応数が大きく、処理温度が高くなると反応数が大きくなることである。また処理時間に関係なく焼戻温度が 130°C と 150°C ~160°C で反応数が最大および最小値を示していることである。

一般に加工材より焼鈍材のほうが耐食性は良好であるが、第 2 ~ 5 図に示した実験結果をみると、焼戻処理を行うことにより、反応数は最初増加している、すなわち、耐食性は悪くなっている。

森永氏ら<sup>(8)</sup>の実験結果においては、焼戻温度が 125°C で腐食率が最高の値を示しており、以後焼戻温度が上昇するにつれて腐食率は次第に低下の傾向があると発表している。また石田氏<sup>(9)</sup>は Al-Mg 系合金の時効過程において、腐食性能を調べ、同様に低温側において耐食性が悪くなっていることを報告している。すなわち、時効硬化性合金においては、過飽和固溶体内部から析出がおこる過程において耐食性能が劣化することがうかがわれる。

焼戻処理によりアルドライ合金の機械的強度、導電率が、どのように変化するかはすでに発表<sup>(4)</sup>したが、 $Mg_2Si$  析出による硬化現象は 150°C の処理で最大となり、130°C の処理では析出硬化により、加工ひずみのとれるほうが優先するために強度は低下し最小となっている。この現象はガス発生試験結果とはまったく逆の現象を示している。焼戻処理により、加工ひずみをとれたり、また  $Mg_2Si$  の析出がおこるため、当然焼戻温度により耐食性能は変化していくはずである。

したがって、本実験で得られた焼戻温度と反応数の関係を上述の面から考察すると次のように考えられる。

反応数が最初増加するのは、焼戻処理によりひずみが次第に除去されていくのであるが、一方  $Mg_2Si$  の析出も次第におこってくる。この相互関係が 130°C までの焼戻処理では析出現象も生じているが、加工ひずみの除去されるほうが優先し、この相反する現象のために、材料のひずみ分布状態が不均一となっており局部的に腐食されやすい部分を生じるために、反応数は最初増加するのではないかとと思われる。以後、処理温度が 150~160°C までは反応数は低下している。これは前述の現象がなくなり、析出過程だけが進行し、ひずみ分布状態が一様となるために耐食性は良くなるのである。さらに処理温度が高くなると、反応数が増加したず、これは析出物

が結晶粒界に析出したり、凝集し粗大化してくるからである。この析出物はアルミニウムに比較して電離電圧の低い相であるため耐食性が劣化していくと思われる。

以上のような理由により、反応数と焼戻温度の関係曲線が、130°C 処理で反応数は増加し、150~160°C 処理で反応数が低下していると思われる。

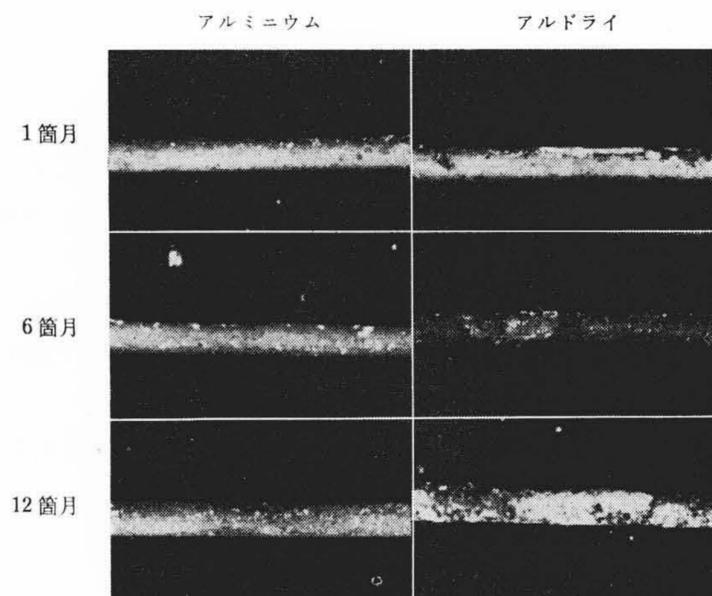
第 6, 7 図は 3.2 mmφ および 3.8 mmφ 線について焼戻温度を一定にした場合に処理時間により反応数がどのように変化していくかを示したものである。

いずれの場合にも焼戻温度 130°C を除いては、温度が高くなるにつれて反応数は増加しているが、その増加の傾向は処理時間が短い場合に大きく、焼戻温度が高いほうが大きくなっている。

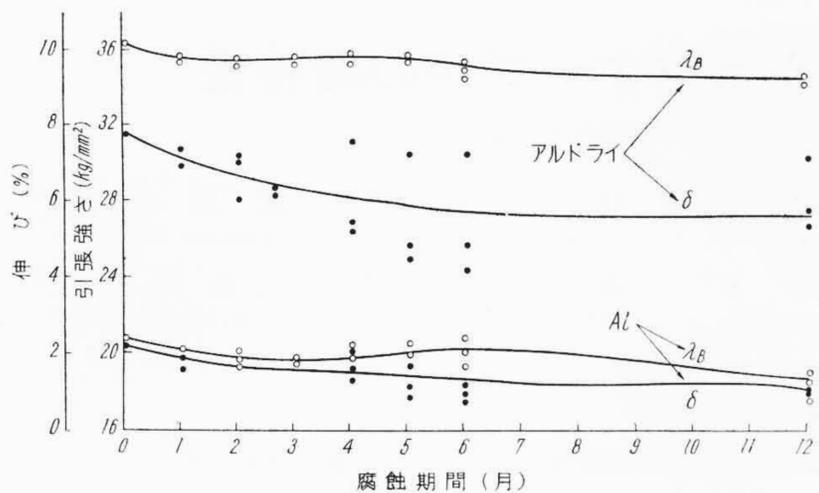
### 3.2 塩水噴霧試験

#### 3.2.1 外観状況

第 8 図は 1, 6 箇月および 12 箇月間の腐食試験後の外観を示す。1 箇月ではアルミニウムおよびアルドライ合金にはなお金属光沢が認められるが、6 箇月以降になるといずれの試料も表面に白色の腐食生成物が認められており、12 箇月後の外観状況ではアルドライ合金はアルミニウムよりも劣化の程度が大きいことが認められる。



第 8 図 アルミニウム、アルドライ合金の塩水噴霧試験後の外観状態



第9図 塩水噴霧試験によるアルミニウムおよびアルドライ合金の機械的強度の変化

3.2.2 機械的強度の変化

第9図は塩水噴霧試験後のアルミニウムおよびアルドライ合金線の機械的強度の変化を示す。

この試験結果からは、腐食によるアルミニウム、アルドライ合金の性能の劣化は特に顕著には認められないが、アルドライ合金の伸びの値にばらつきが多いことは前述した外観状況の点からみて、やや耐食性能が劣るのではないと思われる。

4. 結 言

アルドライ合金は析出形時効硬化性合金であり、その耐食性能も焼戻処理温度、時間により変化することが考えられる。この点焼戻処理温度(130~200°C)、処理時間(2~6時間)を変えた場合に耐食性能が、いかに変化するかを、塩酸によるガス発生量試験を行って

しらべた。

また、一箇年にわたる塩水噴霧試験を行いその間の機械的性能の変化を電気用アルミニウムと比較検討した。

実験結果を総括すると次のとおりである。

- (1) 焼戻処理温度が一定であれば、処理時間が長いほうが、ガス発生量は多く、耐食性は悪くなっている。
- (2) 焼戻処理温度が130~200°C範囲では処理温度が150~160°Cの場合に発生ガス量は最も少なくこの温度以上になると発生ガス量は増加していく、また130°Cの処理においても発生ガス量は150~160°C処理に比較して多い。すなわち、150~160°Cの焼戻処理の場合が耐食性が最も良好である。
- (3) 1箇年にわたる塩水噴霧試験後の機械的強度の変化はアルミニウムに比較して特に大きな差異は認められないが、外観状況は6箇月以降になるとアルドライ合金のほうが劣化している。終りに終始ご指導、ご激励いただいた日立電線株式会社電線工場久本、山本両博士および山路主任、また実験に協力下さった、大島、大越両氏に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 山路, 下山田: 日立評論 別冊 No. 15, 13 (昭 31-10)
- (2) 山路, 小形, 大島: 日立評論, 別冊 No. 21, 79 (昭 32-12)
- (3) 山路, 川西: 日立評論, 40, (9) 69 (昭 33-9)
- (4) 川西: 日立評論 41, (5) 77 (昭 34-5)
- (5) 小西: 古河電工 15号 1 (昭 19-4)
- (6) H. Bohner: Z. Metallk, 20, (4) 132 (1928)
- (7) A. V. Zeerleder, E. Zurbrug. Aluminium 20, B65 (1938)
- (8) 森永, 池野: 日本鋳業会誌, (679) 665 (昭 16)
- (9) 石田, 中村, 石井: 軽金属, 6, (19) 55 (1956)



特 許 の 紹 介



特許第253871号

大 和 和 夫 ・ 永 野 宏 郎

多 心 ケ ー ブ ル

一般に多心の電線ケーブルは、おのおのの線心をおのづからあるピッチでより合せた周上に、不透明な外部保護シースを設けているが、このうちのある線心が絶縁破壊事故を起したときは、シースを切り開いて事故線心を取り出し補修する必要がある。この場合普通は事故点と思われる位置をおよその見当によってシースを切り開くが、事故線心は必ずしも切開側にあるとは限らず、その反対側に位置することもあり、このときは改めてシースを切り開くことになって、事故線心の探索ならびにその切開箇所を補修にむだな労力を必要とする。

この発明は、多心ケーブルを構成する線心の一つの線心に、放射性物質による標識を設けてこれを解決したもので、事故点のケーブル線心を取り出す際には、放射能検出器たとえばサーベイメータによって放射性物質の標識付線心を基準として事故線心を判定すればよい。この結果ケーブル事故時における事故線心の位置検出は

確実に行えるので、その補修に際しての時間ならびに労力は従来の場合より著しく節減できる効果がある。(斎藤)

