

塩じん害防止用シリコン・コンパウンド の阿米バ作用について

菊地 光一

On Amoeba-like Nature of Silicone Compounds in Preventing
Deterioration Caused by Salt and Dust

Kouichi KIKUCHI

(昭和48年10月31日受理)

1 は し が き

がいしの塩じん害防止対策として、シリコン・コンパウンド（以下コンパウンドという。）を塗布する方法の有効性について、関係方面の関心が高まりつつある。

コンパウンドの実用化が進むにつれ塗布寿命の判定は汚損管理上重要な問題となってきたが、寿命の限界を知る簡易な手段が確立されておらず、現場使用上の大きな障害となっている。

コンパウンド処理ががいしが塩じん害に対して有効な働きをするのは、コンパウンドの阿米バ作用、発水性、電気絶縁性等が関連を保ちながら塩じん害に対して、すぐれた特性を持つからと思われる。

コンパウンド塗布面の飛砂の影響(1),(2),(4),(8)や発水性、電気絶縁性等(5),(8)の基礎調査の結果は既に報告した。

今回は塗布寿命判定の基準作成を目的に寿命の判定の重要なめやすとなるコンパウンドの阿米バ作用につい

て追求したので報告する。

2 実験装置および方法

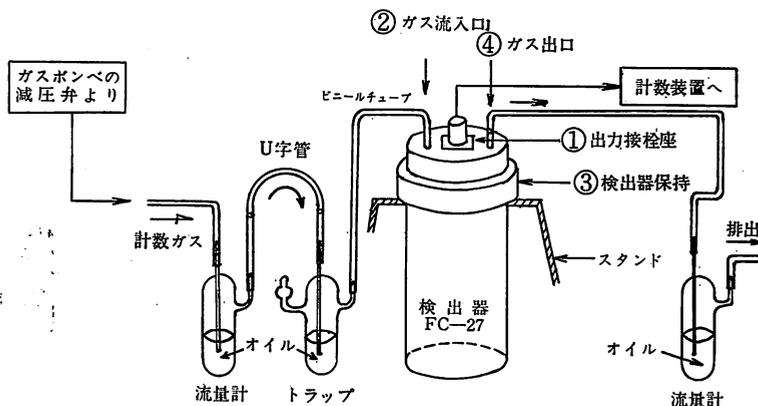
コンパウンドに含まれるシリコン・オイルを β 線の吸収体としてガスフローカウンタにより、オイルの被覆能力を測定し、阿米バ作用の様態を暴露試料、熱劣化試料等を中心に調査した。

2.1 線 源

線源はその半減期、吸収係数、価格、放射線障害に関する法令の制約等より $\text{CaCO}_3\text{-}^{14}\text{C}$ 粉末を用いた。

2.2 検出装置およびスケアラ

β 線の検出にはQガス(H_2 99%, 有機ガス1%)を使用し、低エネルギーの β 線が効率よく測定できるよう大面積薄窓形ガスフローカウンタFC-27形(日本無線医理学研究所製)を使用した。鉛プロンプスタンドを使用し、自然計数値は30cpm程度である。計数値は測



〔図1〕 検出装置接続図

定値より自然計数值を差し引いたものである。ガス流量は流量計で約150気泡/分とした。

ガスフローカウンタの接続図は〔図1〕のとおりで、プラート特性を〔図2〕に示す。プラート特性より使用電圧を1350Vとした。

スケーラはTDC-102(日本無線医理学研究所製)を使用した。計数容量は $10^6 \sim 1$ countで初段は高速10進計数回路でネオン管を使用,その他はデカトロン表示となっている。

スケーラのブロックダイアグラムは〔図3〕のとおりで検出器からの負パルスは増幅高選別回路に入って増幅部でパルスの高さに比例して増幅される。この増幅された信号は波高選別部で半固定の選別レベルで波高選別され整形パルスとして出力信号となる。

この出力信号はモニタ回路に入ると同時に計数回路に

供給され,高速10進計数回路を働かせ,さらに10進計数回路の出力は15μsecに波形整形されデカトロン駆動用信号となる。

2.3 供試料

供試料は供試コンパウンド(KS-63G)を直径25mmの金属試料皿に所定の厚さに塗布し, $CaCO_3-^{14}C$ 粉末を0.074mmのふるいを通して,ほぼ均一になるよう散布したものをを用いた。加熱試料については後述する。

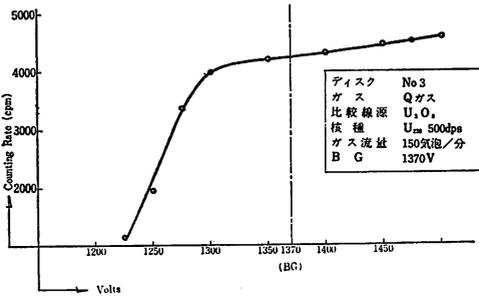
2.4 測定原理

コンパウンドに散布した $CaCO_3-^{14}C$ の粉末をアミバ作用によって被覆する能力はコンパウンドより浸出するシリコン,オイルがIR(放射性同位元素)粉末を被覆する厚さを測定すればよい。厚さの測定原理は次のとおりである。

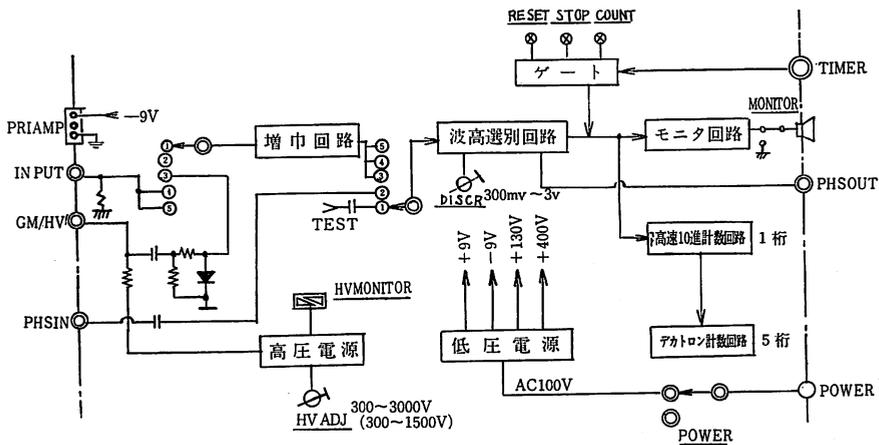
β 線が物質に入射するとき物質を透過する放射線強度は次式で表われる。

$$I = I_0 e^{-\mu \rho t} \dots \dots \dots (1)$$

ここでIは物質を透過する放射線強度, I_0 は物質に入射する放射線強度, μ は物質の吸収係数, ρ は物質の密度, t は物質の厚さである。シリコン,オイルをRIの吸収体と考えれば半減期の長いRI粒子を用いた場合は入射する放射線強度 I_0 は一定といえる。また μ は β 線のエネルギーによって決定できる係数であり, ρ はシリコン,オイルの密度であるから,シリコン,オイル



〔図2〕 プラート曲線



〔図3〕 スケーラ・ブロックダイアグラム

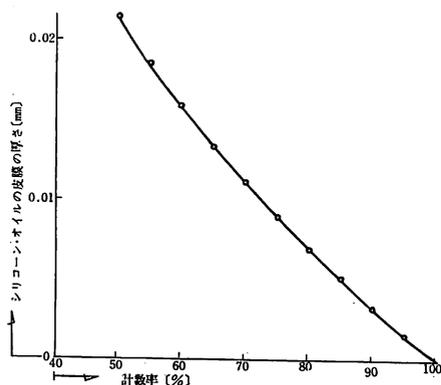
ルを透過する放射強度 I は幾何学的厚さ t の関数であるといえる。また試料面上に R I 粒子をのせた直後より 1 分間カウントした計数値を 100 とした場合、任意の経過時間における 1 分間のカウント数を百分率で表わしたものを計数率という。

この計数率とシリコン、オイルの厚さとの関係を求める。ρ は R, D Evans の提唱した実験的關係によれば

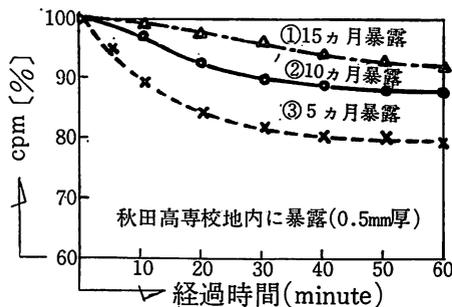
$$\mu = \frac{22}{E_{max}^{4/3}} [cm^2/g] \dots\dots\dots(2)$$

で表わされる。ここで E_{max} は使用線源の最大エネルギーである。線源の最大エネルギーは 0.155 MeV であるから (2) 式に代入すると μ = 264.2 [cm²/g] である。

この実験的關係はおおよそめやすを与えるもので本実験では加賀氏の実験値 = 318.7 [cm²/g] [6] を用いて計算した。シリコン、オイルの密度を 0.965 [g/cm³]



【図4】 シリコン・オイルの皮膜の厚さと計数率の関係



【図5】 暴露試験料のアミーバ作用の減退

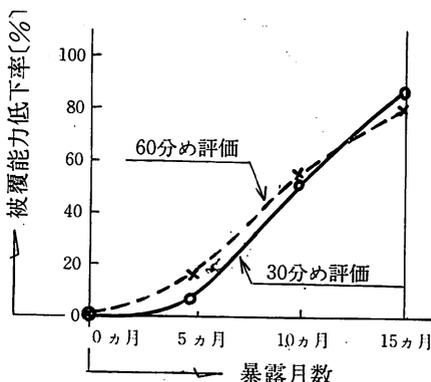
として本実験に用いた IR を被覆するシリコン、オイルの厚さと計数率の關係は【図4】のとおりである。

3 実験結果および考察

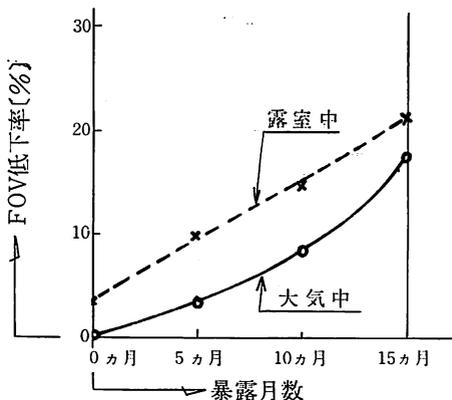
3.1 屋外暴露試験料のアミーバ作用

秋田高専校地内に暴露した5か月、10か月、15か月試験料のアミーバ作用の減退の状況は【図5】[3]のとおりであり、暴露日数の増加に伴い、アミーバ作用は減退し、15か月以上では初期のシリコン、オイルの被覆能力が著しく低下し、汚損物付着後10分以内はオイルの被覆能力がほとんどなく、電気絶縁特性上最も危険な状態となることを意味している。また暴露日数と FOV の低下率の大気中と霧室中の例は【図6】のとおりである。

15か月程度では、霧室中、大気中で FOV の低下率が約20%前後である。霧室中では大気中よりも4~7%程



【図6】 暴露月数とFOV低下率 (秋田高専校地内に暴露試験料0.5mm厚)



【図7】 暴露月数と被覆能力低下率 (秋田高専校地内に暴露試験料0.5mm厚)

度FOV低下率が高い。

また暴露日数と被覆能力低下率との関係は〔図7〕のとおりであり、被覆能力を60分めと30分めのシリコンオイルの被覆厚さで評価した。

30分めの被覆厚さはおもに初期浸出速度の評価であり、60分めの被覆厚さは初期浸出速度と浸出量をも加味して評価するものと推定できる。

30分めの被覆能力低下率は5か月ころまではゆるやかな傾斜であるが5か月以降は浸出速度が急激に低下することを示している。60分めの低下率は浸出速度と浸出量との因果関係から30分めに比して低下の変化率が5か月程度まではわずかに大で5か月以降はわずかに小である。

なお60分めと30分めのオイルの被覆厚さと被覆能力低下率は〔表1〕に示す。

3.2 加熱試料のアミーバ作用

3×5×0.5mmの磁器タイルに直径2cmの半円部を持つ厚さ1mmの銅板を電極（電極間隔を2cmとした。）とした基材にコンパウンドを0.5mm、または1.0mmに塗布した供試料をそれぞれ1時間100℃、200℃、300℃、400℃に加熱した。

加熱直後の写真の例は〔図8〕のとおりある。

100℃1時間加熱直後は試料塗布面がとろりとした感じで目視の結果では加熱前と大差はない。

200℃では表面がゲル状となりガスが発生する。

〔表1〕 暴露試料のオイルの被覆厚さと被覆能力低下率

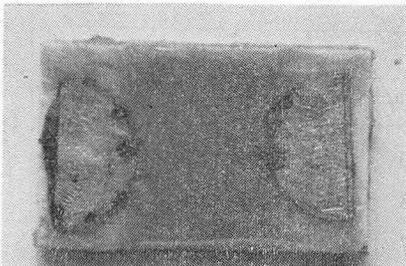
評価方法	暴露月数	計数率 [%]	オイルの 被覆厚さ (mm)	被覆能力 低下率 [%]
60分め 評 価	5か月	81	0.0065	17.50
	10か月	89	0.0035	56.25
	15か月	94	0.0016	80.00
30分め 評 価	5か月	82	0.0062	4.62
	10か月	90	0.0032	50.77
	15か月	97	0.0010	84.62

『備考』…1時間めの新コンパウンドの被覆厚さは0.0080mmで30分めの新コンパウンドの被覆厚さは0.0065mmである。

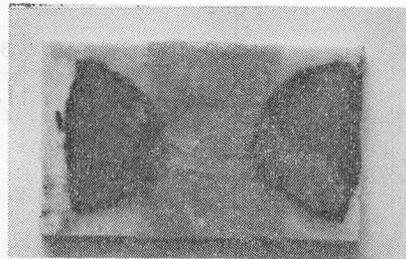
試料のコンパウンド塗布厚さは0.5mmである。

300℃ではガスの発生が著しく、ゲル状表面にきれつを生じる。

ゲル状となるのはメチル基の酸化による架橋結合の生成と考えられている。⁽⁷⁾ 400℃では更にガスの発生量が大となり、d図のように加熱減量が著しいことがわかる。400℃の場合を除いて100℃、200℃、300℃、1時間加熱直後の場合についてアミーバ作用を調査⁽³⁾した結果が〔図9〕のとおりである。



(a) 100℃1時間加熱 (1.0mm厚)



(b) 200℃1時間加熱 (1.0mm厚)

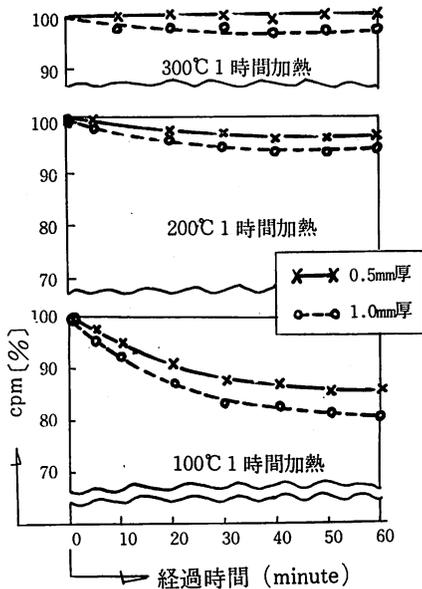


(c) 300℃1時間加熱 (1.0mm厚)



(d) 400℃1時間加熱 (1.0mm厚)

〔図8〕 1時間加熱直後の供試料

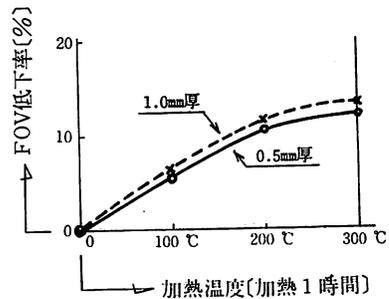


〔図9〕 加熱によるアメーバ作用

1.0mm厚は0.5mm厚に比して計数率が少なく被覆能力が大であることがわかる。また温度が高くなる程計数率が大きくなり、被覆能力が減退する。これはコンパウ

ンドがガス化または化学反応を起こしてアメーバ作用が低下〔6〕したためである。また加熱温度とFOV低下率との関係は〔図10〕に示す。FOV低下率とは加熱前コンパウンド供試料に対する加熱後の供試料のFOVの減少率を求めたものである。

〔図10〕では加熱温度が高くなるにしたがって、FOV低下率が増加する。1.0mm厚が0.5mm厚よりもFOV低下率の大なのは加熱温度による0.5mm厚と1.0mm厚のFOVの差が大きいことに起因する。また加熱温度（1時間加熱）と被覆能力低下率との関係を〔表2〕と〔図11〕に示す。被覆能力算出方法は前述のとおりである。



〔図10〕 加熱温度とFOV低下率

〔表2〕 加熱試料のアメーバ作用

加熱温度	計数率外	30分め評価		60分め評価	
		1.0mm厚	0.5mm厚	1.0mm厚	0.5mm厚
100 °C	計数率 [%]	83.0	86.0	80.0	84.0
	被覆厚さ [mm]	0.0058	0.0046	0.0070	0.0053
	被覆能力低下率 [%]	10.77	29.23	12.50	33.75
200 °C	計数率 [%]	93.5	95.5	92.0	94.0
	被覆厚さ [mm]	0.0018	0.0014	0.0024	0.0019
	被覆能力低下率 [%]	72.31	78.49	70.00	76.25
300 °C	計数率 [%]	98.0	100	98.0	100
	被覆厚さ [mm]	0.0004	0	0.0004	0
	被覆能力低下率 [%]	93.85	100	95.00	100
加熱前	被覆厚さ [mm]	0.0065	0.0065	0.0080	0.0080

[11図] からわかるように加熱温度 100°C 程度では 0.5 mm 厚に比較して 1 mm 厚の被覆能力低下率が少なく 1 mm 厚の優位性が認められるが 200°C, 300°C ではその差が接近する。a 図は 30 分め評価のもので、b 図は 60 分め評価のものであるが曲線の傾向は似ている。なお 0.5 mm 試料 300°C ではアミーバ作用は全くない。

3.3 新コンパウンドのアミーバ作用

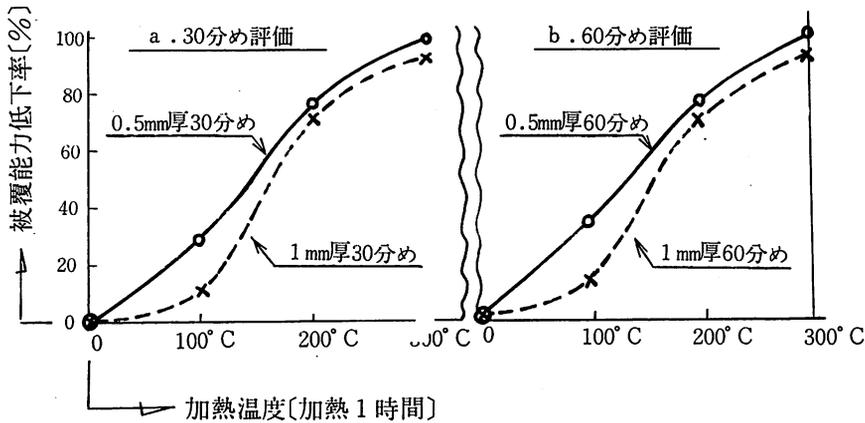
新コンパウンドのアミーバ作用について 1.0 mm 厚と 0.5 mm 厚についての時間経過に対するオイルの被覆厚さを調査したのが [図12] である。実験の結果によれば経過時間 30 分程度までは 1.0 mm 厚も 0.5 mm 厚もオイルの被覆厚さには変化はなく、30 分以降はわずかに被覆

能力の差が表われ、2 時間以降は 0.5 mm 厚と 1.0 mm 厚のオイルの厚みの差は飽和の傾向を示す。その時のオイルの被覆厚さは 0.5 mm 厚で約 0.020 mm 程度であり、1.0 mm 厚では約 0.023 mm 程度である。

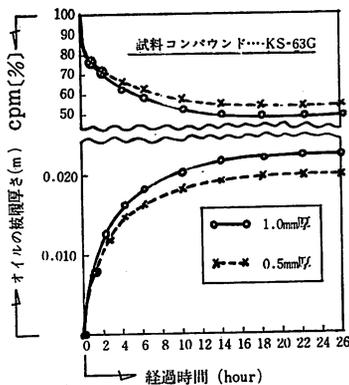
3.4 塗布面の汚損物(トノコ)が水分を含む場合と含まない場合のアミーバ作用と FOV

コンパウンド塗布面に汚損物(トノコ)が付着し、それに水分が含まれた場合のアミーバ作用と FOV の関係を調査したのが [図13] である。

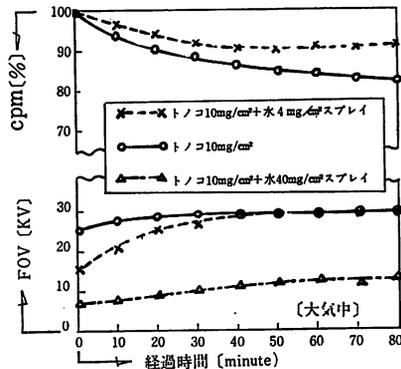
トノコ汚損による場合はその付着量が大きくなる程、アミーバ作用の減退は大で 40 mg/cm² 程度で計数率は 100 % となる(6)。筆者の実験結果も同じような傾向を示す。



[図11] 加熱温度と被覆能力低下率



[図12] 新コンパウンドのアミーバ作用



[図13] 汚損物(トノコ)が水分を含む場合と含まない場合のアミーバ作用と FOV [1.0mm厚]

[図12] はトノコ $10\text{mg}/\text{cm}^2$ をコンパウンド塗布面に一様にふりかけた場合と、それに水分 $4\text{mg}/\text{cm}^2$ スプレイした場合を比較した。水分の量が大になる程計数率は大きくなりアミーバ作用は減退する。

またトノコふりかけ直後ではF O Vは大気中では、わずかに低下し30分～40分程度で無汚損の場合と同じ程度に回復する。このことは $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度のトノコ汚損では40分程度で完全にぬれ色を示し、全面にオイルの被膜が出来たことを意味する。しかし計数率は30分で89%、40分で87%程度で、30分、40分の被覆厚さはそれぞれ 0.0036mm 、 0.0044mm であり、新コンパウンドに比し被覆能力は、40分で45%程度低下している。

なお水分を含む場合はF O Vも低下し、 $5\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度の水分は30分～40分で蒸発するからである。また水分が多くなるにしたがって絶縁回復力も低下する。

4. ま と め

軟β線を利用することによってコンパウンドのアミーバ作用の挙動を解明することが出来、コンパウンド塗布寿命の判定に有力な手がかりが出来た。

本実験の結果を要約すると次のとおりである。

(1) 暴露試料のアミーバ作用

暴露した試料(0.5mm厚)では暴露日数が増加するにつれてアミーバ作用は減退し、15か月程度ではR I粉末散布後10分までは、オイルの被覆能力がほとんどなく、また暴露試料の被覆能力は新コンパウンドに比して、30分め評価の場合も60分め評価の場合も10か月暴露では半減し、15か月暴露では、その低下率は約80%程度となる。

(2) 加熱試料のアミーバ作用

100°C 、 200°C 、 300°C でそれぞれ1時間加熱した試料ではいずれもアミーバ作用が減退する。加熱温度 200°C 以上では著しくオイルの被覆能力が低下し、 300°C では1.0mm厚がわずかにアミーバ作用を表わし、0.5mm厚ではアミーバ作用は全くない。0.5mmと1.0mm厚の比較では1.0mm厚の優位性が認められる。

(3) 新コンパウンドのアミーバ作用

汚損されない新コンパウンドのアミーバ作用はR I散布後30分程度までは0.5mm厚も1.0mm厚もその計数率には変化はなく約30分以降より、わずかず被覆能力の差があらわれ、約26時間程度で厚みの差は約 0.002mm となり飽和の傾向を示す。

(4) 塗布面に付着した汚損物に対する水分の影響

汚損物として、トノコ散布直後に水分をスプレイした場合はR I粉末も吸湿し、アミーバ作用の減退が著しい。

なおR I粉末の吸湿の程度が大になるにしたがって、オイル被覆能力が低下し、試料垂直配置で新コンパウンドにトノコ $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度の汚損の場合は水分 $40\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度の付着で水分の付着能力が限界に達し、それ以上の水分はコンパウンド表面の発水性により落下する。

なおコンパウンド表面の汚損物は付着状態や、コンパウンドそのものの劣化による低下等によるコンパウンドの表面状態の変化により、水分付着能力の限界は変化する。実使用の場合では、コンパウンド塗布面に砂じん等の汚損物付着後に雪、雨等で汚損物が吸湿した場合、オイルの被覆能力の低下が著しいので十分な配慮が必要となる。

(5) 寿命判定の基準

寿命判定の基準として30分め評価と60分め評価について検討したが30分程度では同じ環境状態で0.5mm厚塗布と1.0mm厚塗布との相違はほとんどなく、約60分程度から1.0mm厚の優位性があらわれる傾向が強いので一律な寿命判定基準の設定は困難で被覆速度と被覆量をも考慮し、さらに計数率曲線の傾向をも配慮すべきだと考えられる。

この研究は東北電力総合研究所よりの委託研究の一部として実施したものであるが、本研究を推進するにあたって、コンパウンド等の関係供試料、および測定装置等で、ご配慮をいただいた東北電力総合研究所の各位ならびに適切なご指導とご助言をいただいた秋田大学能登文敏教授、いろいろとご協力して下さった本校山田七郎技官、堅固山幸治技官に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 能登文敏，菊地光一，青池晃：電気学会東北支部連合大会No 2 C-15 (1971, 10)
- (2) 能登文敏，菊地光一：電気学会東北支部連合大会，No 1 C-2 (1972, 8)
- (3) 能登文敏，菊地光一：電気学会東北支部連合大会，No 2 C-15 (1973, 8)
- (4) 菊地光一：秋田高専研究紀要第7号 (1972, 1)

- (5) 菊地光一：秋田高専研究紀要第8号（1973, 2）
(6) 加覧俊平, 小林晃：電気学会論文誌 VOL 92 - A, No 1（1972, 1）
(7) 和田保：東芝中研究報告書（1962年3）
(8) 能登文敏, 菊地光一：東北電力委託研究報告書 研究No72025（1972, 10）

注 記

『コンパウンドのアミーバ作用』

コンパウンドの塗布面に汚損粒子が付着し、ある時間が経過すると、コンパウンドに含まれているシリコーン、オイルが汚損物を被覆する。

その現象がアミーバの捕食作用に似ているので一般にアミーバ作用と呼ばれている。

『30分め（または60分）評価』

供試料コンパウンド塗布面にI.R散布直後より1分間の β 線強度（ガスフローカウンタによる計数値）を100%とし、30分（または60分）後より1分間の β 線強度を測定し、その百分率（計数率という）よりシリコーン、オイルの被覆厚さを求め寿命を評価する方法を30分め（または60分め）評価とする。

計数率の大きなほどコンパウンドに含まれるシリコーン、オイルの被覆能力の減退していることを示している。