

大気吹込み下での模擬地下水中における  
純銅の腐食速度と腐食局在化  
(研究報告)

2004 年 2 月

核燃料サイクル開発機構  
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

電話:029-282-1122(代表)  
ファックス:029-282-7980  
電子メール:jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2004

大気吹込み下での模擬地下水中における  
純銅の腐食速度と腐食局在化  
(研究報告)

\*川崎 学、\*\*谷口 直樹、\*\*川上進

要旨

銅はオーバーパックの候補材料の一つであり、長期耐食性を評価するうえで、処分後初期の酸性環境における腐食挙動を把握することが重要である。本研究では腐食速度と腐食局在化の程度を把握することを目的として、大気吹込み下において水溶液中およびベントナイト中で純銅の浸漬試験を実施し、環境因子による腐食への影響と腐食局在化を評価した。

その結果、塩化物イオン及びフッ化物イオン濃度の上昇とともに腐食速度が大きくなる傾向が見られた。重炭酸イオンは塩化物イオンとの共存下において純銅の腐食を抑制することが確認された。各条件ともベントナイト中の試験では、同じ溶液を使用した溶液中の試験に比べて腐食速度がいずれも低い値を示した。また、固液比が大きくなると腐食速度が低下する傾向が見られた。腐食の局在化については、平均腐食深さと孔食係数の関係を調べた。その結果、試験条件によって異なる挙動が観察されたが、いずれの条件でも平均腐食深さの増加に対して孔食係数は低下する傾向を示した。また、天然の土壌中のデータの孔食係数の上限を超えるようなデータはなかった。したがって平均腐食深さから孔食係数または最大腐食深さの上限を推定し、酸素による最大腐食深さを保守的に評価できる可能性が示された。

---

\* 検査開発株式会社

\*\* 処分研究部 処分バリア研究グループ

Corrosion rate and corrosion localization of pure copper  
in simulated groundwater under aerated condition  
( Research Document )

\*Manabu Kawasaki, \*\*Naoki Taniguchi, \*\*Susumu kawakami

abstract

Copper is one of the candidate materials for overpacks and it is important to understand the corrosion behavior under oxidizing condition at the initial stage of repository. For understanding the influence of environmental factor on the corrosion rate of copper and corrosion localization, immersion tests of pure copper in aqueous solution and in bentonite were carried out under aerated condition in simulated groundwater environment.

As the result, corrosion rate increased with increase in chloride ion concentration and fluoride ion concentration. The addition of bicarbonate ion reduced the corrosion rate of pure copper in the presence of chloride ion. The corrosion rates in bentonite were smaller than those in aqueous solution without bentonite, and decreased with increase in solid-(bentonite)/liquid(solution) ratio. For corrosion localization, the relationship between average corrosion depth and pitting factor was investigated. Although the magnitude of pitting factor depended on the experimental condition, it was tend to decrease with increase in average corrosion depth in all test cases. No data on pitting factor was over the upper limit level observed in natural soils. It was indicated that the maximum corrosion depth due to oxygen can be evaluated conservatively by estimating the upper limit of pitting factor from average corrosion depth.

---

\* Inspection Development Coporation

\*\* Barrier Performance Group, Waste Isolation Research Division

## 目次

|  |        |
|--|--------|
| 1.はじめに   | 1      |
| 2.環境因子による影響評価試験                                    | 2      |
| 2.1実験方法  | 2      |
| 2.1.1試験片   | 2      |
| 2.1.2試験条件  | 2      |
| 2.2実験結果と考察   | 2      |
| 2.2.1蒸留水中  | 2      |
| 2.2.2人工海水中   | 3      |
| 2.2.3各種陰イオン溶液中                                     | 3      |
| 2.2.4腐食生成物   | 5      |
| 3.腐食局在化評価試験  | 5      |
| 3.1実験方法  | 5      |
| 3.1.1試験片   | 5      |
| 3.1.2試験条件  | 5      |
| 3.2実験結果と考察   | 6      |
| 3.2.1腐食局在化   | 6      |
| 3.2.2腐食生成物   | 6      |
| 4.おわりに   | 7      |
| 4.1環境因子による影響評価試験                                   | 7      |
| 4.2腐食局在化評価試験                                       | 7      |
| 参考文献   | 8      |
| 付録1 大気中における銅の腐食速度全データ一覧                            | 付-1(1) |
| 付録2 腐食局在化評価試験データ一覧                                 | 付-2(1) |
| 付録3 腐食局在化評価試験極値統計解析結果<br>( Gumbel分布、実機最大腐食深さ推定結果 ) | 付-3(1) |

## 図目次

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 図1  | 環境影響評価試験用の平板試験片形状   | 12 |
| 図2  | 浸漬試験の模式図  | 12 |
| 図3  | ベントナイト試験用チタンカラムの形状  | 13 |
| 図4  | 蒸留水中での試験期間と腐食速度の関係  | 14 |
| 図5  | 蒸留水中での試験温度と腐食速度の関係  | 14 |
| 図6  | 人工海水中での試験期間と腐食速度の関係   | 15 |
| 図7  | ベントナイト共存下での人工海水中における試験期間と腐食速度の関係                              | 15 |
| 図8  | 人工海水中での試験温度と腐食速度の関係   | 16 |
| 図9  | 人工海水中での固液比と腐食速度の関係  | 16 |
| 図10 | 溶液中及びベントナイト中における重炭酸イオン濃度と腐食速度の関係                              | 17 |
| 図11 | 溶液中における塩化物イオン濃度と腐食速度の関係                                       | 17 |
| 図12 | 溶液中における硫酸イオン濃度と腐食速度の関係  | 18 |
| 図13 | 溶液中におけるフッ化物イオン濃度と腐食速度の関係                                      | 18 |
| 図14 | 塩化物イオン/重炭酸イオン共存下での試験期間と<br>腐食速度の関係とアノード分極曲線の模式図の比較            | 19 |
| 図15 | 塩化物イオン/重炭酸イオン共存下での試験期間と腐食速度の関係<br>(30%ケイ砂混合クニゲルV1 $\rho$ 1.6) | 20 |
| 図16 | 塩化物イオン/重炭酸イオン共存下での試験温度と腐食速度の関係<br>(30%ケイ砂混合クニゲルV1 $\rho$ 1.6) | 20 |
| 図17 | 塩化物イオンと重炭酸イオン濃度比と腐食速度の関係                                      | 21 |
| 図18 | 硫酸イオン/重炭酸イオン共存下での試験期間と腐食速度の関係<br>(30%ケイ砂混合クニゲルV1 $\rho$ 1.6)  | 21 |
| 図19 | 硫酸イオン/重炭酸イオン共存下での試験温度と腐食速度の関係<br>(30%ケイ砂混合クニゲルV1 $\rho$ 1.6)  | 22 |
| 図20 | 腐食局在化試験用の試験片形状  | 23 |
| 図21 | 腐食局在化試験の模式図   | 23 |
| 図22 | 自動寸法測定装置による深さ測定の一例  | 24 |
| 図23 | 極値統計解析及びGumbel確率プロットの一例                                       | 25 |
| 図24 | 腐食局在化試験における腐食速度と試験期間の関係                                       | 26 |
| 図25 | 腐食局在化試験における平均腐食深さと試験期間の関係                                     | 26 |
| 図26 | 腐食局在化試験における実機最大値と試験期間の関係                                      | 27 |
| 図27 | 腐食局在化試験における孔食係数と試験期間の関係                                       | 27 |
| 図28 | 種々の土壌中および本試験で得られた孔食係数と平均腐食深さの関係                               | 28 |

表目次

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 表-1 | 人工海水の組成               | 9  |
| 表-2 | 環境因子影響評価試験で検出された腐食生成物 | 10 |
| 表-3 | 局在化試験で検出された腐食生成物      | 11 |

## 1 はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、多重バリアシステムによりその安全性が確保される。この多重バリアシステムの一部として、オーバーパックが考えられている。オーバーパックは金属製の密封された容器が考えられており、その主たる機能は、放射能レベルの高い一定期間、高レベル放射性廃棄物を内部に封入しておくことにより地下水との接触を防止することである。現時点では1000年間の封じ込め機能がオーバーパックに期待されており、この機能は腐食により失われると考えられることから、オーバーパック候補材料の処分環境における腐食挙動評価が重要な研究課題となっている〔1〕。

現在、オーバーパックの候補材料の一つとして銅が考えられている。銅は、酸素などの酸化剤が存在しない環境では熱力学的に安定であるという優れた性質を持ち、海外においても、カナダ、スウェーデン、フィンランド、などでオーバーパックの候補材料のひとつとされている〔2〕。しかし、処分開始初期には地上より持ち込まれた酸素により酸化性の環境となるため、それによる腐食量の評価が必要である。第2次取りまとめではオーバーパック周囲に持ち込まれたすべての酸素が腐食に寄与すると仮定して腐食量を見積もるとともに、孔食係数3を用いて不均一化の解析を行っている〔3〕。これまでのところ処分環境を模擬した条件での銅の腐食挙動について弱アルカリ環境でのアノード分極挙動及びその溶解機構に与えるアニオンの影響について調査した研究報告があるほか〔4.5.6.7〕、給水湯管の腐食事例などの報告があるが、処分環境における銅の腐食挙動には地下水の影響など不明な点が多く、基礎データが十分であるとは言えない。一方、処分後初期の酸化性期間は放射性廃棄物からの発熱によって100℃近くまで上昇すると想定される〔1〕。そこで本報告では、酸化性環境における腐食速度と腐食局在化の程度を把握することを目的とし、水溶液中およびベントナイト中での浸漬試験を大気吹込み下で実施した。また、これまでJNC内部で実施した銅の大気中浸漬試験の全データをデータベース化し、環境因子による影響を評価した。



## 2. 環境因子による影響評価試験

これまで JNC 内部で実施した銅の大気中浸漬試験の全データより、環境因子による影響を評価した。以下にそれぞれの因子について評価した結果を示す。また、銅の大気中浸漬試験の全データの一覧を付録 1 に示す。

### 2.1 実験方法

#### 2.1.1 試験片

溶液単独系及びベントナイト共存系とも試験片には純度 99.99% の無酸素銅 (JIS C1020P) を用いた。試験片の形状は図 1 に示す 30×30×2mm の試験片をダイヤモンドペースト 3μm まで研磨した後、エタノールで超音波洗浄し、乾燥してから試験に供した。

#### 2.1.2 試験条件

試験溶液には蒸留水、人工海水(組成を表-1 に示す)、地下水に含まれると思われる重炭酸イオン、塩化物イオン、フッ化物イオンおよび硫酸イオンをパラメータとした溶液を用いた。試験温度は 25 ~ 90、試験期間は 30 日 ~ 365 日とした。溶液単独系の試験はガラス製の試験容器に試験片を入れ恒温水槽(図 2) を用いて浸漬試験を実施した。また、ベントナイト共存系については、ベントナイトスラリー中の試験と圧縮ベントナイト中での試験を行った。ベントナイトスラリー(固液比 1:1)を用いたものについては、テフロン製の試験容器に入れ恒温槽中で試験を実施した。圧縮ベントナイトを用いたものについては、ベントナイトと試験片をチタンカラム(図 3)に充填し、ガラス製の試験容器に入れ恒温水槽を用いて試験を実施した。使用したベントナイトはクニピア F とクニゲル V1(クニミネ工業製 山形県月布産 Na 型ベントナイト)及び 30%ケイ砂を混合したクニゲル V1 を用いた。使用したケイ砂は 3 号(愛知県瀬戸市産)及び 5 号(西豪州産)を重量比 1:1 で混合したものをを用いた。ベントナイトスラリーは液固比 1(g/g)で作製したものをを用い、圧縮ベントナイトの乾燥密度は 1.6 g/cm<sup>3</sup> および 1.8g/cm<sup>3</sup> とした。試験後試料については、一部 XRD 測定を実施した。腐食速度は重量減少量より以下の計算式を用いて求めた。まず、重量減少量を試験片表面積で割り、単位面積あたりの腐食量を求める。

$$\text{重量減少量}[\text{g}]/\text{試験片表面積}[\text{cm}^2] = \text{腐食量}[\text{g}/\text{cm}^2]$$

次に求めた腐食量から次式により腐食速度を求めた。

$$((\text{腐食量}[\text{g}/\text{cm}^2]/\text{材料の密度}[\text{g}/\text{cm}^3]) \times (365/\text{試験期間}[\text{d}])) \times 10 = \text{腐食速度}[\text{mm}/\text{y}]$$

## 2.2 実験結果と考察

### 2.2.1 蒸留水中

蒸留水中での試験期間と腐食速度の関係について見てみると(図 4)、1 年までの試験では 50 と 70 の場合に試験期間の増加とともに腐食速度が低下する傾向にある。しかし、90 の場合にはその傾向が見られなかった。同様にクニゲル V1(密度 1.8g/cm<sup>3</sup>)共存下での蒸留水中における腐食速度と試験期間の関係について見ると、50 及び 90 の条件で

は試験期間とともに腐食速度が低下する傾向が見られたが、70 の条件では 180 日の腐食速度が最も大きくなった。

蒸留水中での腐食速度に及ぼす温度の影響について見てみると(図 5)、試験温度が上昇するにしたがい腐食速度が増加する傾向が見られた。90 の条件での腐食速度は 0.01mm/y のオーダーとなった。一般に、Fe や Al などの場合試験温度が高くなるにしたがい腐食速度は増加するが、ある温度以上になると溶液中の溶存酸素量が減少することで腐食速度が低下する〔8〕。しかし、今回得られた腐食速度は温度の上昇に対し増加の傾向にある。これは溶存酸素以外の影響、例えば pH の変化、腐食生成物の溶解度や物理的性質の変化などが影響していると考えられる。同様にクニゲル V1(密度 1.8g/cm<sup>3</sup>)共存下での試験温度による腐食速度の影響について見ると、70 で腐食速度が大きくなるように見えるが、その理由については不明である。

溶液単独系とベントナイト共存系での腐食速度を比較すると、溶液単独系に比べてベントナイト共存系の腐食速度が約 1/4 ~ 1/25 と小さい値となった。これはベントナイトが存在することで、溶液単独系に比べ酸素の供給がベントナイト中の拡散によることや腐食生成物が試験片とベントナイトの界面に蓄積することで腐食速度が抑制されたためと考えられるが詳細は不明である。

### 2.2.2 人工海水中

人工海水中での試験期間と腐食速度の関係について見てみると(図 6)、50 ~ 90 の条件で試験期間の増加とともに腐食速度が低下する傾向にある。80 の条件で 30 日と 1 年の腐食速度を比べると、前者が約 0.1mm/y の腐食速度であるのに対し、後者は約 0.01mm/y の腐食速度と前者に比べ 1/10 の腐食速度となった。

30%ケイ砂混合クニゲル V1(密度 1.6 g/cm<sup>3</sup>)共存下での人工海水中における腐食速度と試験期間の関係について見ると(図 7)、25 及び 80 の条件で試験期間とともに腐食速度が低下する傾向が見られた。

人工海水中での腐食速度に及ぼす温度の影響について見てみると(図 8)、試験温度が上昇するにしたがい腐食速度が低下する傾向にあった。同様にベントナイト中における腐食速度と試験温度の関係について見ると、試験温度による腐食速度の顕著な違いは見られなかった。

人工海水中における固液比と腐食速度の関係について見ると(図 9)、固液比が大きくなると腐食速度が低下する傾向が見られ、固液比が 1 : 1 の条件でも溶液中に比べ腐食速度が 1 桁小さい値を示した。このことからベントナイトが存在する場合、腐食を抑制すると考えられる。

### 2.2.3 各種陰イオン溶液中

重炭酸イオン濃度と腐食速度の関係について見ると(図 10)、溶液単独系およびベントナイト中とも濃度による顕著な違いは見られなかった。30%ケイ砂混合クニゲル V1(密度 1.6 g/cm<sup>3</sup>)共存下での重炭酸イオンの腐食速度と試験期間に及ぼす影響について見ると、重炭酸イオンの濃度が 0.1M の条件を除き、重炭酸イオン濃度によらず試験期間とともに

腐食速度は低下した。

塩化物イオン濃度と腐食速度の関係について見ると(図 11)、濃度が増加するにしたがい腐食速度が大きくなる傾向が見られた。これは、アノード分極試験で報告されているように〔4.5.7〕、塩化物イオンは腐食を促進するイオンであるという結果を反映していると思われる。また、塩化物イオンを含む溶液では可溶性の錯イオン形成することも関係していると思われる〔8〕。

硫酸イオン濃度と腐食速度の関係について見ると(図 12)、濃度による顕著な違いは見られなかった。硫酸イオンは塩化物イオンと同様に銅に悪影響を及ぼすイオンであると報告されている結果とは異なった。

フッ化物イオン濃度の依存性について見てみると(図 13)、溶液単独系では濃度の上昇とともに若干腐食速度が大きくなる傾向が見られた。ベントナイトスラリー中では濃度による顕著な違いは見られなかった。

塩化物イオンと重炭酸イオンの2種類のイオンが共存した場合の腐食速度と試験期間の関係についてみると(図 14)、試験期間とともに腐食速度は減少する傾向が見られ、塩化物イオンが多く重炭酸イオンが少ないほど腐食速度が大きくなっている。この試験結果を以前報告したアノード分極試験結果と比較した。低炭酸高塩化物の条件( )では、活性溶解型の分極曲線であり、他の条件(、×、)では不動型分極挙動を示す。よって低炭酸高塩化物の条件で突出した腐食速度を示したのは、腐食形態の違いによるものと考えられる。また、高炭酸の条件(、×)と低炭酸の条件( )で不動域の電流を比べると後者のほうが小さい。したがってこれらの腐食速度の違いは不動保持電流密度の違いに対応している。

30%ケイ砂混合クニゲル V1(密度 1.6 g/cm<sup>3</sup>)中で塩化物イオンと重炭酸イオンの共存する場合の腐食速度と試験期間の関係についてみると(図 15)、試験期間とともに腐食速度は減少する傾向が見られた。次に温度の影響について見ると(図 16)、重炭酸イオン 0.1M で塩化物イオンが 0.5M の場合には、25 の条件に比べ 50 と 80 の腐食速度が大きくなった。重炭酸イオン 0.001M で塩化物イオンが 0.5M の場合には、試験温度の上昇とともに腐食速度は大きくなった。

塩化物イオンと重炭酸イオンの濃度比と腐食速度の関係について見ると(図 17)、その濃度比が 10 以下では腐食速度に顕著な違いが見られないが、100 以上になると腐食速度が大きくなった。これらのことから塩化物イオンが銅の腐食を促進することがわかる。

30%ケイ砂混合クニゲル V1(密度 1.6 g/cm<sup>3</sup>)中で硫酸イオンと重炭酸イオンの共存する場合の腐食速度と試験期間の関係についてみると(図 18)、試験期間とともに腐食速度が低下する傾向が見られたが、80 の条件で若干増加の傾向となった。次に温度の影響について見ると(図 19)、重炭酸イオン 0.1 M で硫酸イオンが 0.2 M の場合には、試験温度の上昇とともに腐食速度は大きくなる傾向にあった。重炭酸イオン 0.001 M で硫酸イオンが 0.2 M の場合には、25 の条件に比べ 50 と 80 の腐食速度が大きくなったが、50 と 80 ではあまり違いはなかった。

## 2.2.4 腐食生成物

X線回折測定を実施した条件で検出された腐食生成物を表-3に示す。今回の条件ではCuO、Cu<sub>2</sub>Oといった1価または2価の酸化物が検出された。また、人工海水中の試験でCu<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl(Paratacamite)が検出された。また、塩化物イオン濃度0.0028Mで重炭酸イオン濃度0.1Mの条件ではCu<sub>4</sub>O<sub>3</sub>(Paramelaconite)が検出された。ベントナイト中の試験では70の条件でCu<sub>2</sub>O(Tenorite)が検出されたほかは何も検出されない条件があった。その理由として次のことが考えられる。腐食生成物が非晶質であるか、または皮膜として存在しているがその厚みが薄く回折線として検出できないか、ベントナイトと試験片を分離する際に、腐食生成物が剥がしたベントナイト側に存在していたことが考えられるが、詳細は不明である。

## 3. 腐食局在化評価試験

腐食局在化評価試験で得られたデータを付録2に示す。また、腐食局在化評価試験で得られたデータをもとに極値統計解析を実施した結果を付録3に示す。

### 3.1 実験方法

#### 3.1.1 試験片

溶液単独系及びベントナイト共存系とも試験片には純度99.99%の無酸素銅(JIS C1020P)を用いた。試験片の形状は図20に示す120×60×5mmの試験片をダイヤモンドペースト3μmまで研磨した後、エタノールで超音波洗浄し、乾燥してから試験に供した。試験後に腐食深さの測定を行うため試験片上下に基準面とするため、テフロン粘着テープによりマスキングした。1条件当たりの試験片数はGumbel分布関数による極値統計解析を行うため10個とした。

#### 3.1.2 試験条件

試験溶液には下郡ら〔9〕と同様に高腐食性溶液(Cl<sup>-</sup>0.6M、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>0.1M、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>0.01M)と低腐食性溶液(Cl<sup>-</sup>0.006M、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>0.001M、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>0.1M)及び人工海水(組成を表-1に示す)を用いた。試験温度は80、試験期間は30日～365日とした。一部ベントナイトスラリー中(固液比1:1)での試験も実施した。ガラス製の試験容器に入れ恒温水槽を用いて試験を実施した(図21)。使用したベントナイトはクニゲルV1(クニミネ工業製 山形県月布産Na型ベントナイト)に30%ケイ砂を混合したものを用いた。混合したケイ砂は3号(愛知県瀬戸市産)及び5号(西豪州産)を重量比1:1で混合したものをを用いた。試験後試料については腐食量およびレーザープロープ式の自動寸法測定装置による腐食深さの測定を実施した。測定例を図22に示す。腐食深さのデータはGumbel分布関数による極値統計解析を行った。解析例を図23に示す。解析では、オーバーパックの表面積を55129cm<sup>2</sup>とした。また、各条件に30×30×2mmの試験片1試料を同時に試験に用い、試験後にXRD測定を実施した。腐食速度については2.1.2と同様に求め、平均腐食深さについては以下に示す式により求めた。

$$\text{腐食速度}[\text{mm}/\text{y}] \times (\text{試験期間}[\text{d}]/365) = \text{平均腐食深さ}[\text{mm}]$$

孔食係数については以下に示す式により求めた。最大腐食深さは、レーザープロープ式の自動寸法測定装置により求めた値を用いた。

$$\text{最大腐食深さ [mm]} \div \text{平均腐食深さ [mm]} = \text{孔食係数}$$

### 3.2 実験結果と考察

#### 3.2.1 腐食局在化

腐食局在化試験における腐食速度と試験期間の関係について図 24 に示す。各条件とも試験期間とともに腐食速度が低下する傾向が見られた。高腐食性溶液中と低腐食性溶液中の腐食速度を比較すると約 1 桁程度、低腐食性溶液中の腐食速度が低い値を示した。図中で低腐食性溶液中の腐食速度のプロットはベントナイトスラリー中のプロットと重なっている。次にベントナイトスラリー中における腐食速度を見ると、溶液単独の場合に比べ組成による影響が小さく、その腐食速度は低腐食性溶液中とほぼ同じ値を示した。これはベントナイトが共存することで、物質の移動を制限することや化学的な特性によるものと考えられるが、今のところ詳細は不明である。

平均腐食深さと試験期間の関係について図 25 に示す。各条件とも試験期間が増加しても、平均腐食深さが極端に大きくなることはなかった。このことから、腐食が局所的に進むのではなく、ほぼ全面腐食に近い状態で腐食が進行すると考えられる。

図 26 には、極値統計解析により求めた実機最大値と試験期間の関係について示す。解析ではオーバパック (55129cm<sup>2</sup>) における最大腐食深さ推定値 (信頼率 0.99) について求めた。いずれも試験期間が増加しても実機最大値の変化は小さく、数十日程度で腐食の進展が抑制されていることが分かる。

孔食係数と試験期間の関係を図 27 に示す。高腐食性溶液中では試験期間とともに孔食係数が若干低下する傾向が見られ、低腐食性溶液中および人工海水中では試験期間による顕著な違いは見られなかった。図 24～27 より、腐食がある一定の場所で選択的に進むのではなく、ほぼ全面腐食に近い状態で進行していくことが想定される。

本試験で得られた孔食係数と平均腐食深さの関係について図 28 に示す。また、図中には NBS による土壤中データ〔10〕と土中埋設銅管データ〔11〕のデータを合わせて示した。土壤中のデータについては純銅に分類される材料および Cu 含有量 90% 以上の銅合金についてプロットした。図から溶液条件により孔食係数の分布する領域が大きく異なることが分かる。これは環境条件によって腐食局在化の程度が大きく影響を受けることを示している。また、土壤中のデータの孔食係数の上限を超えるようなデータは見られなかった。したがって銅オーバパックの場合も炭素鋼オーバパックの場合と同様に平均腐食深さから孔食係数または最大腐食深さの上限を推定し〔1〕、酸素による最大腐食深さを保守的に評価できると考えられる。

#### 3.2.2 腐食生成物

今回の試験で表面分析用試料の X 線回折により検出された腐食生成物を表-3 に示す。人工海水中の試験では CuO(Cuprite)、Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl(Paratacamite)が、高腐食性溶液中では Cu<sub>2</sub>O(Tenorite)が、低腐食性溶液中では CuO(Cuprite)が検出された。ベントナイトス

ラリー中の試験では人工海水で何も検出されなかったが、高腐食性溶液中および低腐食性溶液中で  $\text{Cu}_2\text{O}$ (Tenorite)が検出された。各条件で検出された腐食生成物を見ると、溶液条件により検出される腐食生成物が異なった。2.2.4 で述べた環境影響評価試験結果と同様に人工海水中で  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ (Paratacamite)が見られた。

#### 4. おわりに

##### 4.1 環境因子による影響評価試験

蒸留水の試験では溶液中とベントナイト中で腐食速度を比較すると、溶液中の腐食速度よりもベントナイト中の腐食速度が約  $1/4 \sim 1/25$  と小さい値となった。

人工海水中で 80 の条件では 30 日と 1 年の腐食速度を比べた場合、30 日が約  $0.1\text{mm/y}$  の腐食速度であるのに対し、一年では約  $0.01\text{mm/y}$  の腐食速度と前者に比べ  $1/10$  の腐食速度となった。また、人工海水中における固液比と腐食速度の関係について見た場合、固液比が大きくなると腐食速度が低下する傾向が見られ、固液比が  $1:1$  の条件でも溶液中に比べ腐食速度が 1 桁小さい値を示した。

各種陰イオン溶液中では、塩化物イオン及びフッ化物イオンで濃度の上昇とともに腐食速度が大きくなる傾向が見られたが、重炭酸イオンと硫酸イオンでは顕著な違いは見られなかった。塩化物イオンと重炭酸イオンの 2 種類のイオンが共存した場合の腐食速度と試験期間の関係では、試験期間とともに腐食速度は減少する傾向が見られ、塩化物イオンが多く重炭酸イオンが少ないほど腐食速度が大きくなった。また、塩化物イオンと重炭酸イオンの濃度比と腐食速度の関係では、その濃度比が 10 以下では腐食速度に顕著な違いが見られないが、100 以上になると腐食速度が大きくなった。

腐食生成物の X 線回折測定では、 $\text{Cu}_2\text{O}$ (Tenorite)か  $\text{CuO}$ (Cuprite)が検出されたほか、人工海水中では  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ (Paratacamite)が検出された。

ベントナイト中の試験では、同じ溶液を使用した溶液中の試験に比べの腐食速度がいずれも低い値を示した。

##### 4.2 腐食局在化評価試験

各条件で試験期間とともに腐食速度は低下した。高腐食性溶液中と低腐食性溶液中を比較すると約 1 桁程度、後者の腐食速度が低い値を示した。

ベントナイトスラリー中における腐食速度は、溶液単独の場合に比べ組成による影響が小さく、その腐食速度は低腐食性溶液中とほぼ同じ値を示した。

土壌中のデータの孔食係数の上限を超えるようなデータはなかった。したがって平均腐食深さから孔食係数または最大腐食深さの上限を推定し、酸素による最大腐食深さを保守的に評価できる可能性が示された。

参考文献

- [1] 核燃料サイクル開発機構：“わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性  
地層処分研究開発第2次とりまとめ 分冊2 地層処分の工学技術”、JNC TN1400 99-022(1999)。
- [2] King, F., Ahonen, L., Taxen, C., Vuorinen, U. and Werme, L.: “Copper corrosion under  
expected conditions in a deep geologic repository”, SKB Technical Report TR-01-23 (2001)。
- [3] 本田明、谷口直樹：“銅オーバーパックの寿命評価”、JNC TN8400 99-028 (1999)。
- [4] 河合功介、今井八郎：“弱アルカリ水溶液中でのCuの分極挙動に及ぼすアニオンの影響”、第  
40回腐食防食討論会講演集 p.519 (1993)。
- [5] 中村法弘、今井八郎：“銅の弱アルカリ水溶液中における分極挙動に及ぼすアニオンの影響”、  
第42回腐食防食討論会講演集 p.343 (1995)。
- [6] 西方篤、板垣昌幸、水流徹、春山志郎、藤井栄一郎：“炭酸塩および塩化物溶液中における銅  
のアノード溶解 アルカリ性溶液中における溶解機構”、防食技術, vol.39, p.10 (1990)。
- [7] 川崎学、谷口直樹、川上進：“炭酸塩水溶液中およびケイ砂混合ベントナイト中における純銅  
のアノード分極挙動”、JNC TN8400 2002-016 (2002)。
- [8] 伊藤伍郎著：腐食科学と防食技術、コロナ社(1969)。
- [9] 下郡一利、藤原和雄、泊里治夫、舛形剛、小田正彦：“銅オーバーパックの局部腐食に関する  
研究”、PNC TJ1074 98-002 (1998)。
- [10] Melvin Romanoff : Underground Corrosion、NACE(1989)。
- [11] 中安静雄：“水道用として長期間土中埋設使用した銅管の調査結果”、伸銅協会研究誌 ,vol.29,  
p87 (1990)。

表- 1 人工海水の組成

| 成分                            | 濃度 (ppm)    |
|-------------------------------|-------------|
| Cl <sup>-</sup>               | 19990       |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 2768        |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 144         |
| F <sup>-</sup>                | 1.4         |
| Br <sup>-</sup>               | 69          |
| BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> | 26          |
| Na <sup>+</sup>               | 11028       |
| K <sup>+</sup>                | 397         |
| Ca <sup>2+</sup>              | 418         |
| Mg <sup>2+</sup>              | 1328        |
| Sr <sup>2+</sup>              | 61          |
| pH                            | 7.58 ~ 8.07 |

(注) 精度は ± 5%



表-2 環境因子影響評価試験で検出された腐食性生物

| 条 件  | 試 験 期 間  |                                      |   |
|--|--|--------------------------------------|---|
|  | 90   | 180                                  | 365   |
| 蒸留水 50   | Cu <sub>2</sub> O                                      | Cu <sub>2</sub> O                    | Cu <sub>2</sub> O、CuO   |
| 蒸留水 70   | Cu <sub>2</sub> O、CuO                                  | Cu <sub>2</sub> O、CuO                | Cu <sub>2</sub> O、CuO   |
| 蒸留水 90   | Cu <sub>2</sub> O                                      | Cu <sub>2</sub> O                    | Cu <sub>2</sub> O、CuO   |
| 蒸留水 50<br>ケゲルV1 1.8  | 未検出  | 未検出                                  | 未検出   |
| 蒸留水 70<br>ケゲルV1 1.8  | 未検出  | Cu <sub>2</sub> O                    | Cu <sub>2</sub> O   |
| 蒸留水 90<br>ケゲルV1 1.8  | 未検出  | 未検出                                  | 未検出   |
| 人工海水 50  | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl                   | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl、Cu <sub>2</sub> O        |
| 人工海水 70  | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl、Cu <sub>2</sub> O | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl、Cu <sub>2</sub> O        |
| 人工海水 90  | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl                   | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl | Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl、Cu <sub>2</sub> O        |
| Cl <sup>-</sup> 0.0028M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0M<br>90     | Cu <sub>2</sub> O、CuO                                  |                                      | Cu <sub>2</sub> O、CuO<br>Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl |
| Cl <sup>-</sup> 0.28M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0M<br>90       | Cu <sub>2</sub> O                                      |                                      | Cu <sub>2</sub> O   |
| Cl <sup>-</sup> 0M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.001M<br>90      | Cu <sub>2</sub> O、CuO                                  |                                      | CuO   |
| Cl <sup>-</sup> 0.0028M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.001M<br>90 | Cu <sub>2</sub> O、CuO                                  |                                      | Cu <sub>2</sub> O、CuO   |
| Cl <sup>-</sup> 0.28M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.001M<br>90   | Cu <sub>2</sub> O                                      |                                      |   |
| Cl <sup>-</sup> 0M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.1M<br>90        | 未検出  |                                      |   |
| Cl <sup>-</sup> 0.0028M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.1M<br>90   | Cu <sub>2</sub> O、Cu <sub>4</sub> O <sub>3</sub>       |                                      | Cu <sub>2</sub> O、Cu <sub>4</sub> O <sub>3</sub>              |
| Cl <sup>-</sup> 0.28M HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.1M<br>90     | Cu <sub>2</sub> O、CuO                                  |                                      | Cu <sub>2</sub> O   |

表-3 局在化試験で検出された腐食生成物 ( 80 )

| 試験溶液       | 試験期間   |   |   |   |
|------------|--|---|---|---|
|            | 30日  | 90日   | 180日  | 365日  |
| 人工海水       | Cu <sub>2</sub> O<br>CuO<br>Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl | CuO<br>Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl | CuO<br>Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl | CuO<br>Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Cl |
| 高腐食性溶液     | Cu <sub>2</sub> O  | Cu <sub>2</sub> O                           | Cu <sub>2</sub> O                           |   |
| 低腐食性溶液     | CuO  | Cu <sub>2</sub> O<br>CuO                    | CuO   |   |
| 人工海水スリ-中   |  | 未検出   |   |   |
| 高腐食性溶液スリ-中 |  | Cu <sub>2</sub> O                           |   |   |
| 低腐食性溶液スリ-中 |  | Cu <sub>2</sub> O                           |   |   |

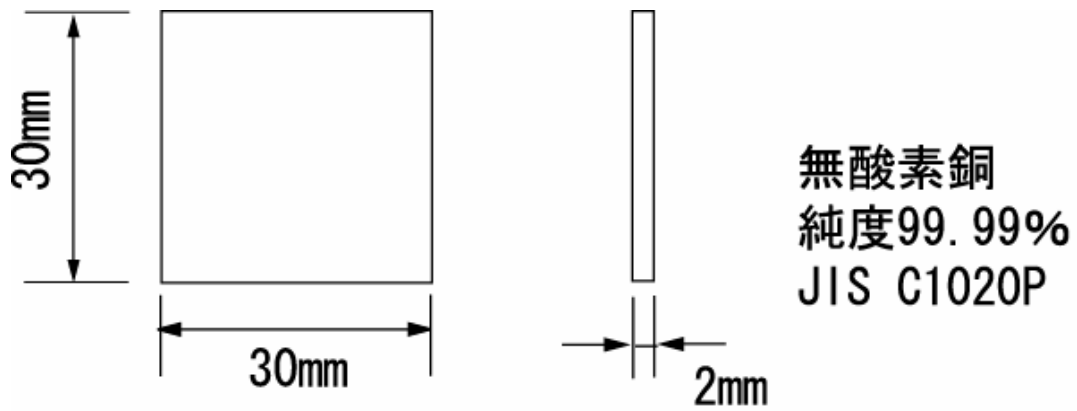


図-1 環境影響評価試験用の平板試験片形状

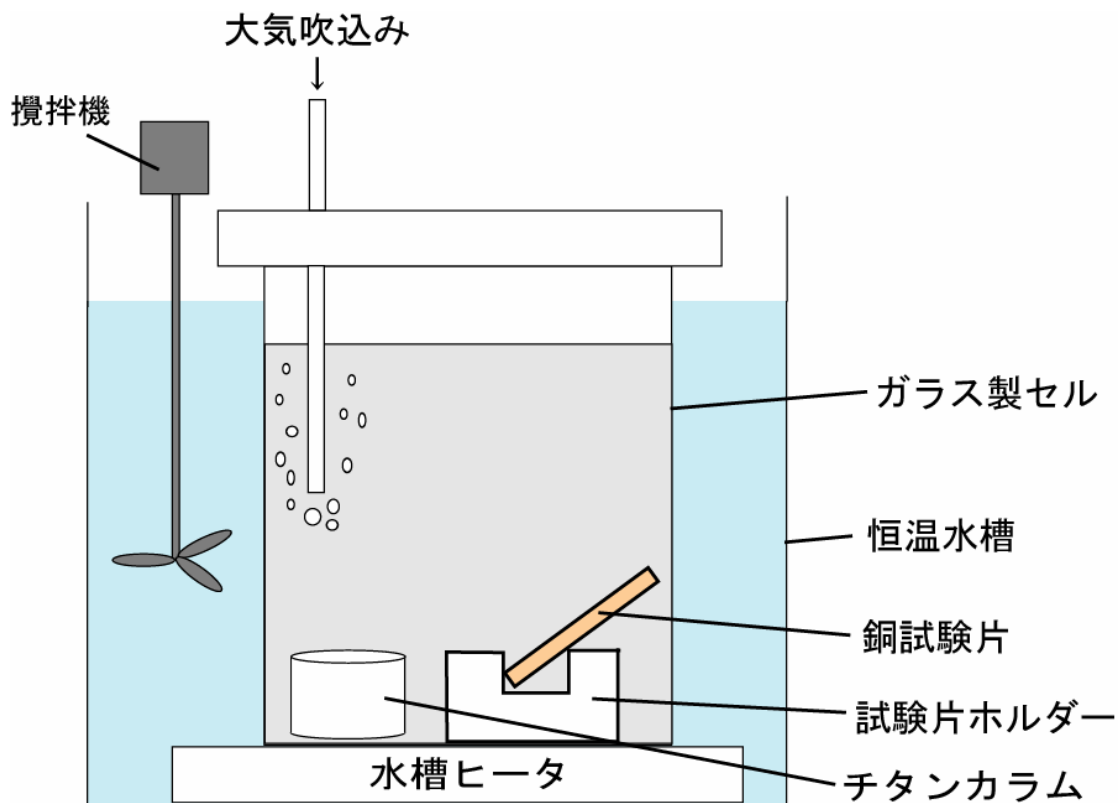


図2 浸漬試験の模式図

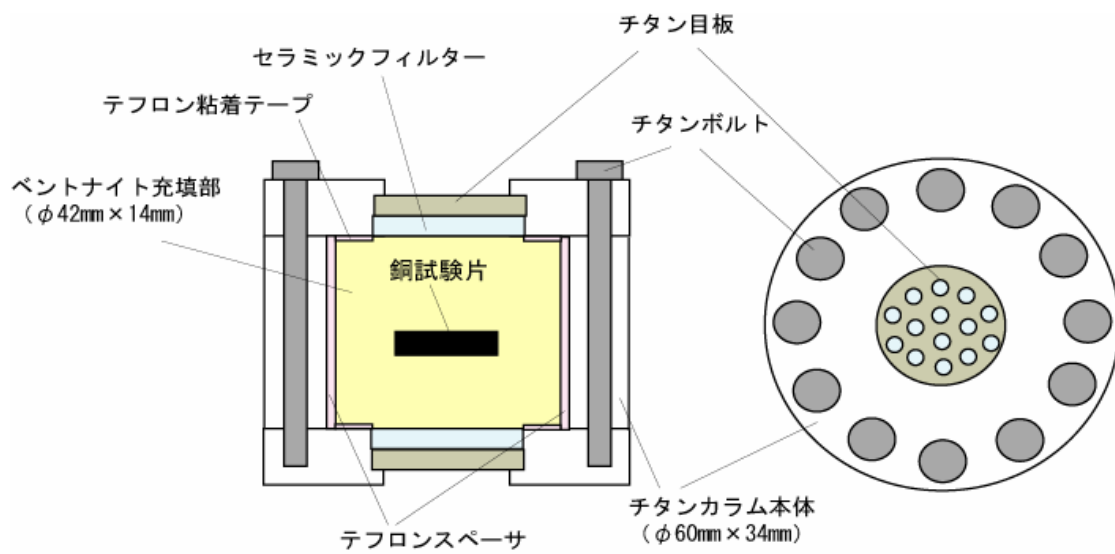


図-3 ベントナイト試験用チタンカラムの形状

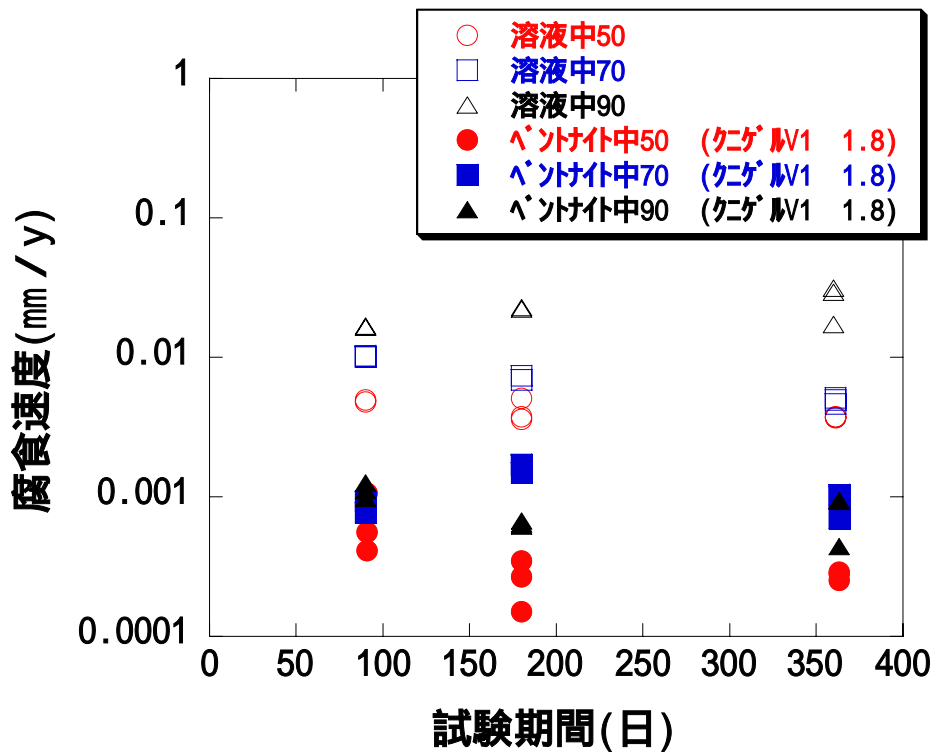


図4 蒸留水中での試験期間と腐食速度の関係

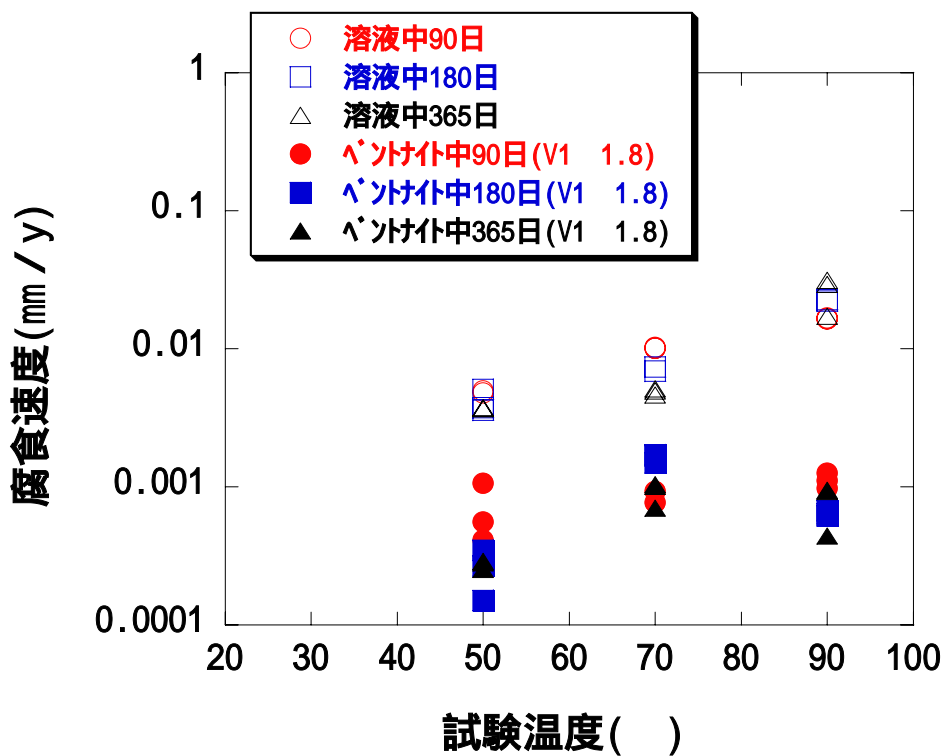


図5 蒸留水中での試験温度と腐食速度の関係

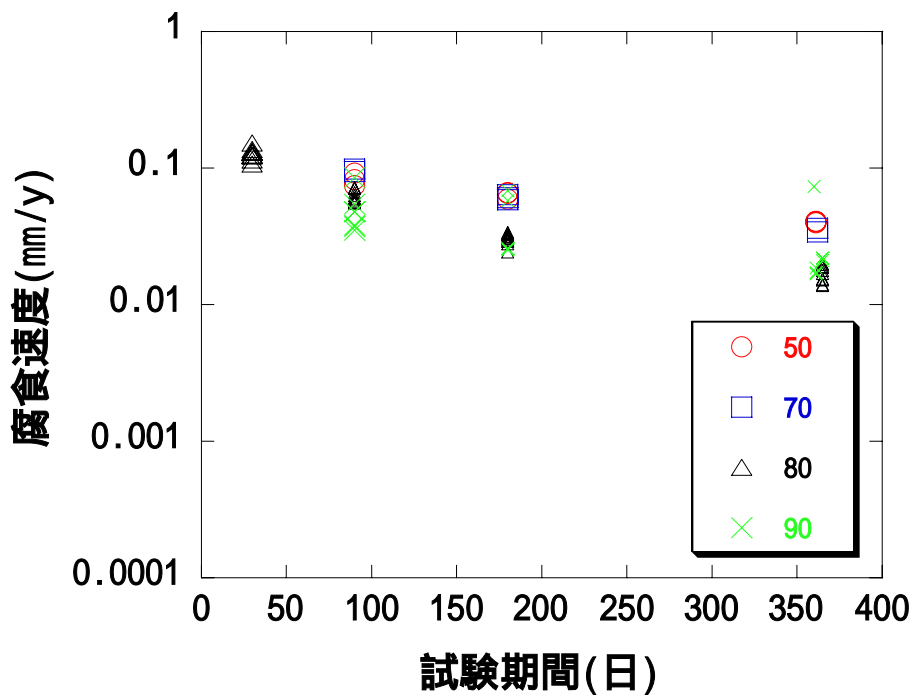


図6 人工海中での試験期間と腐食速度の関係

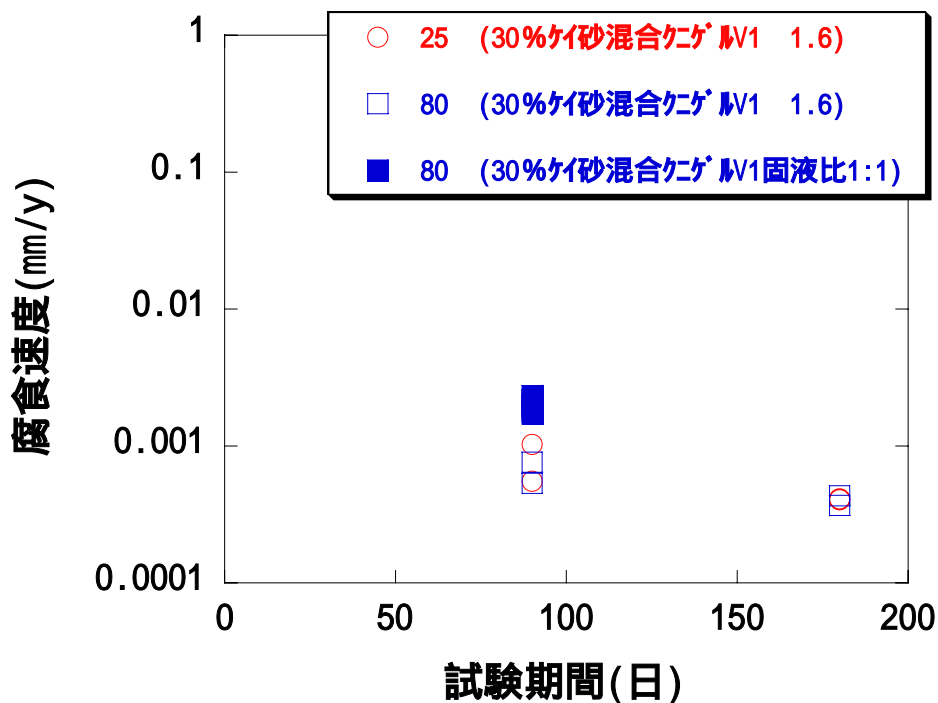


図7 ベントナイト共存下での人工海中における試験期間と腐食速度の関係

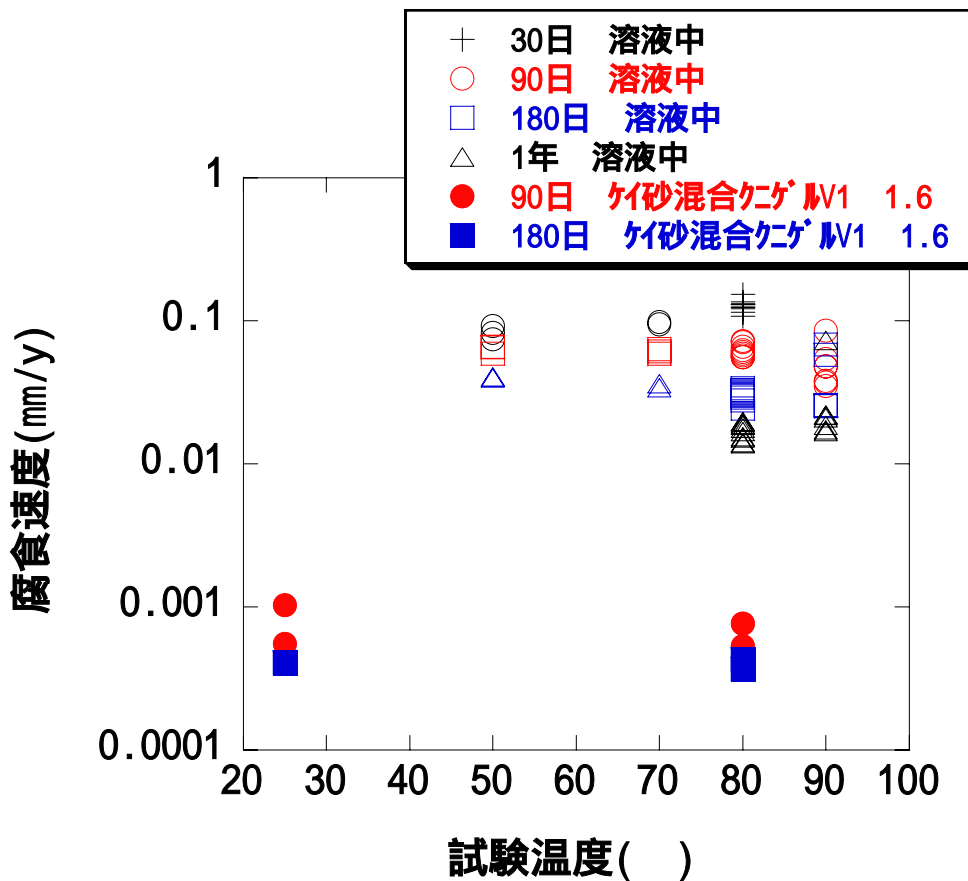


図8 人工海水中での試験温度と腐食速度の関係

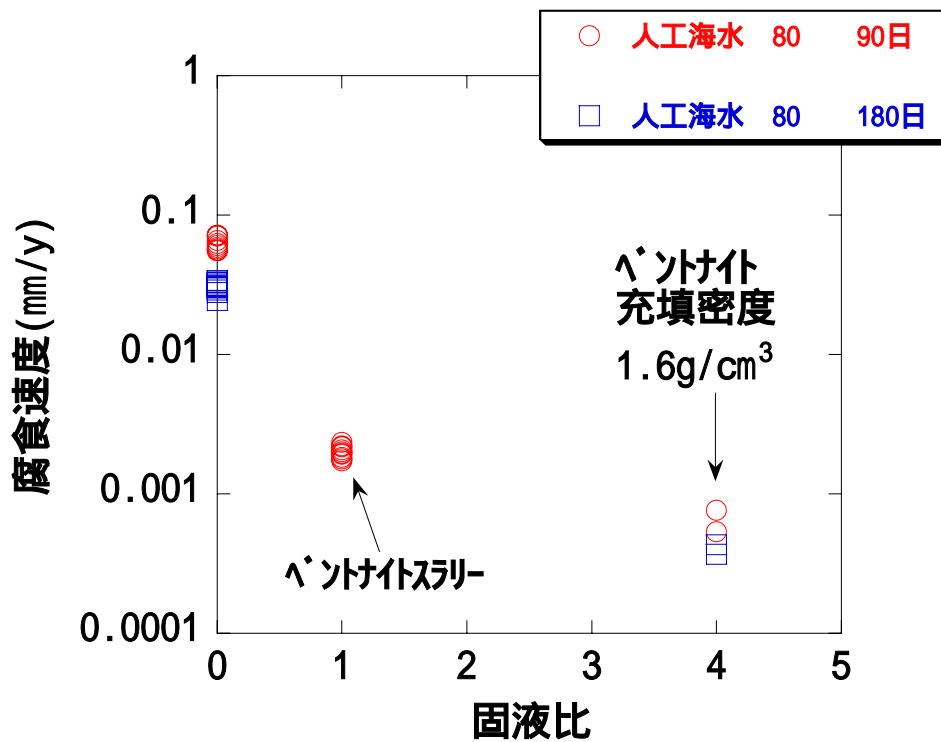


図9 人工海水中における固液比と腐食速度の関係

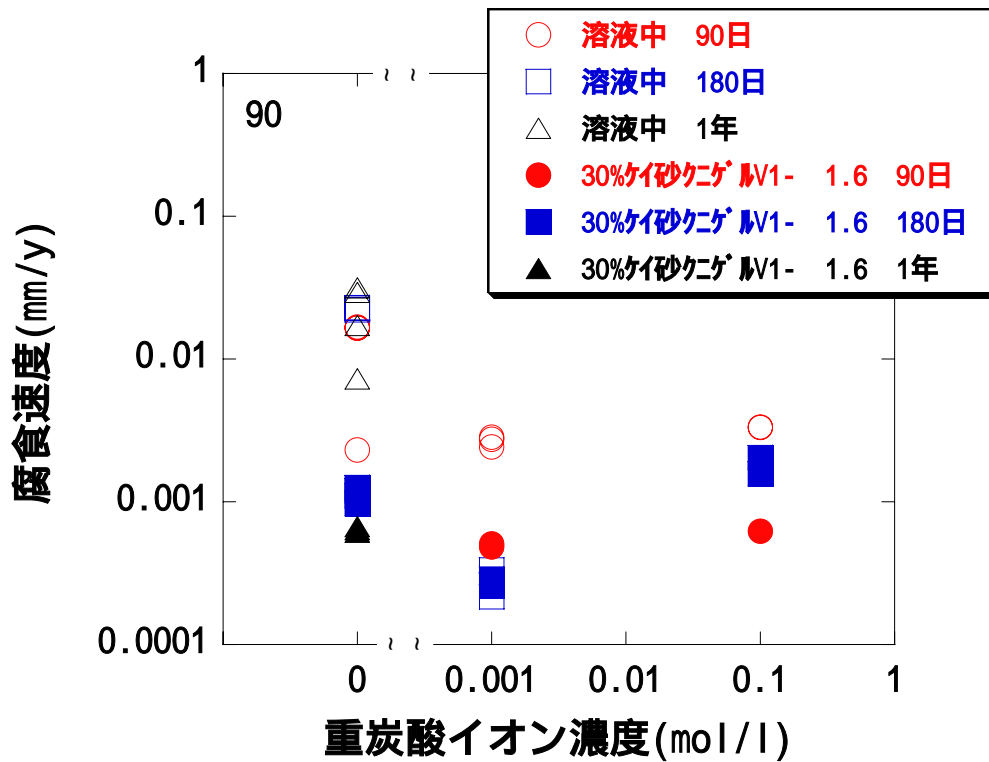


図10 溶液中及びベントナイト中における重炭酸イオン濃度と腐食速度の関係

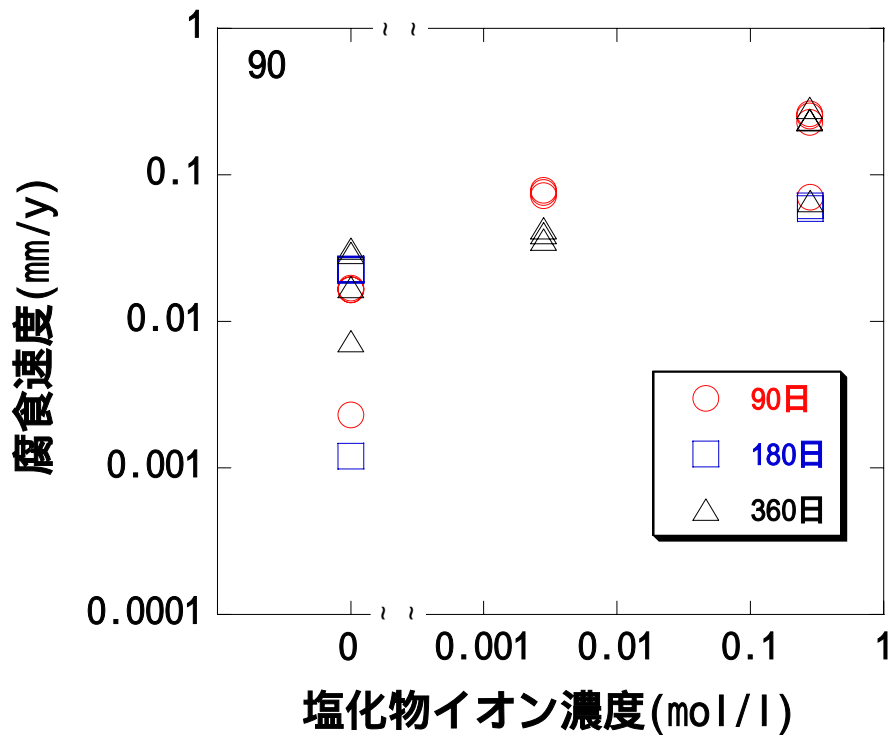


図11 溶液中における塩化物イオン濃度と腐食速度の関係



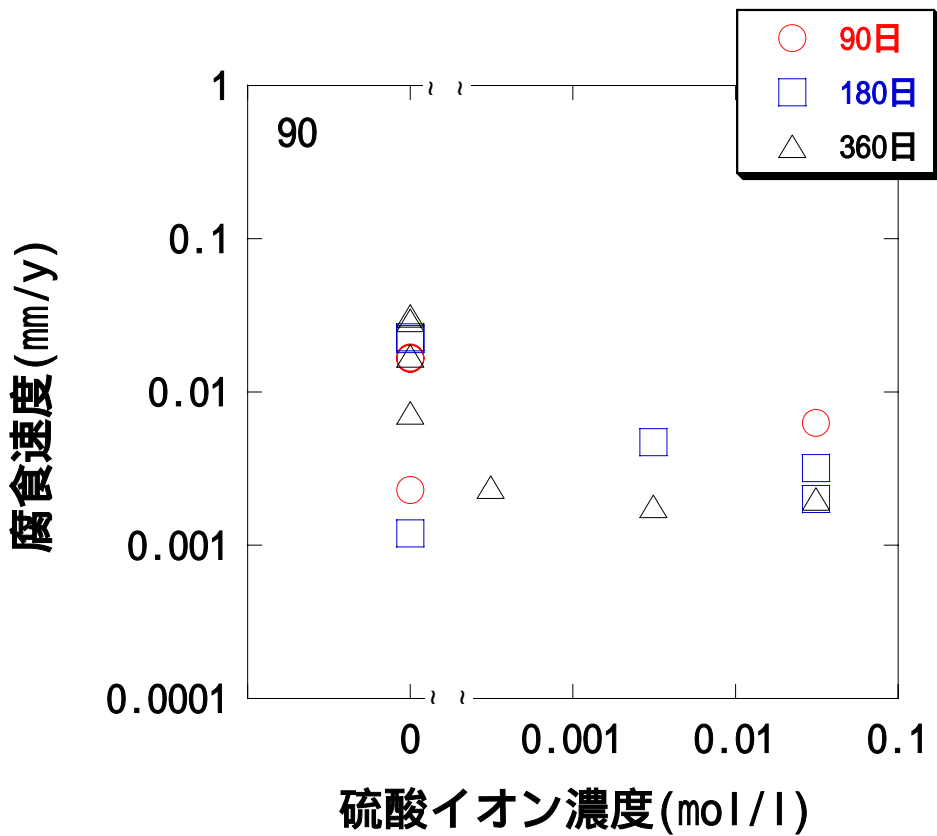


図12 溶液中における硫酸イオン濃度と腐食速度の関係

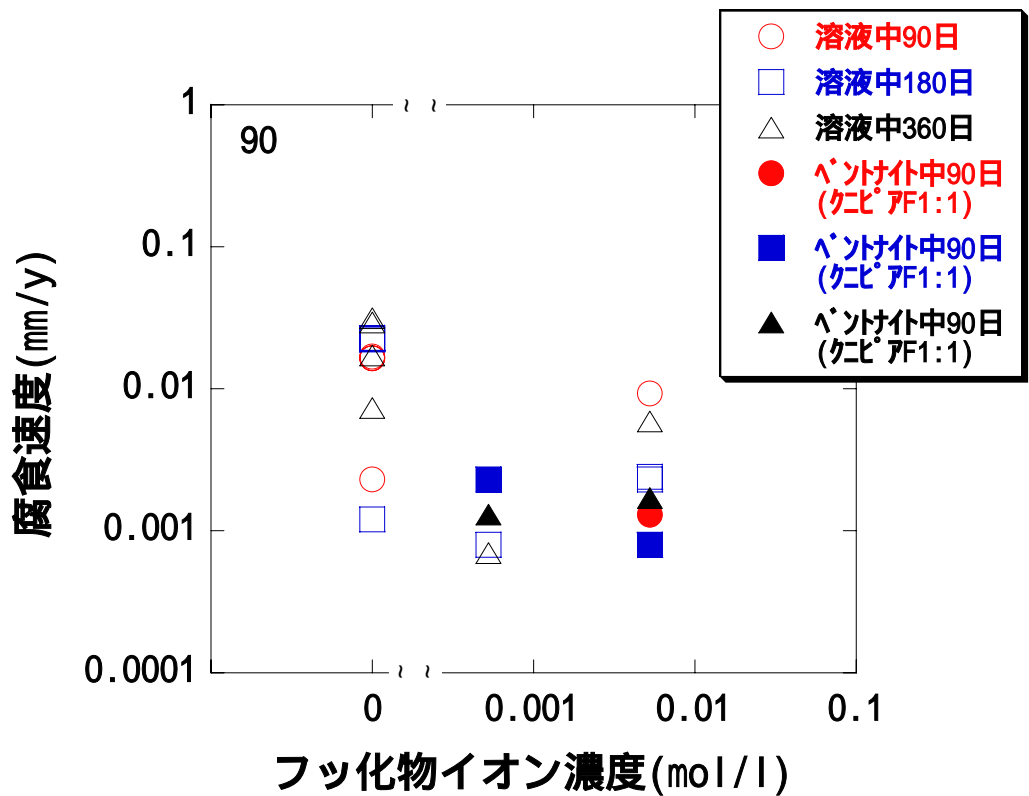


図13 溶液におけるフッ化物濃度と腐食速度の関係

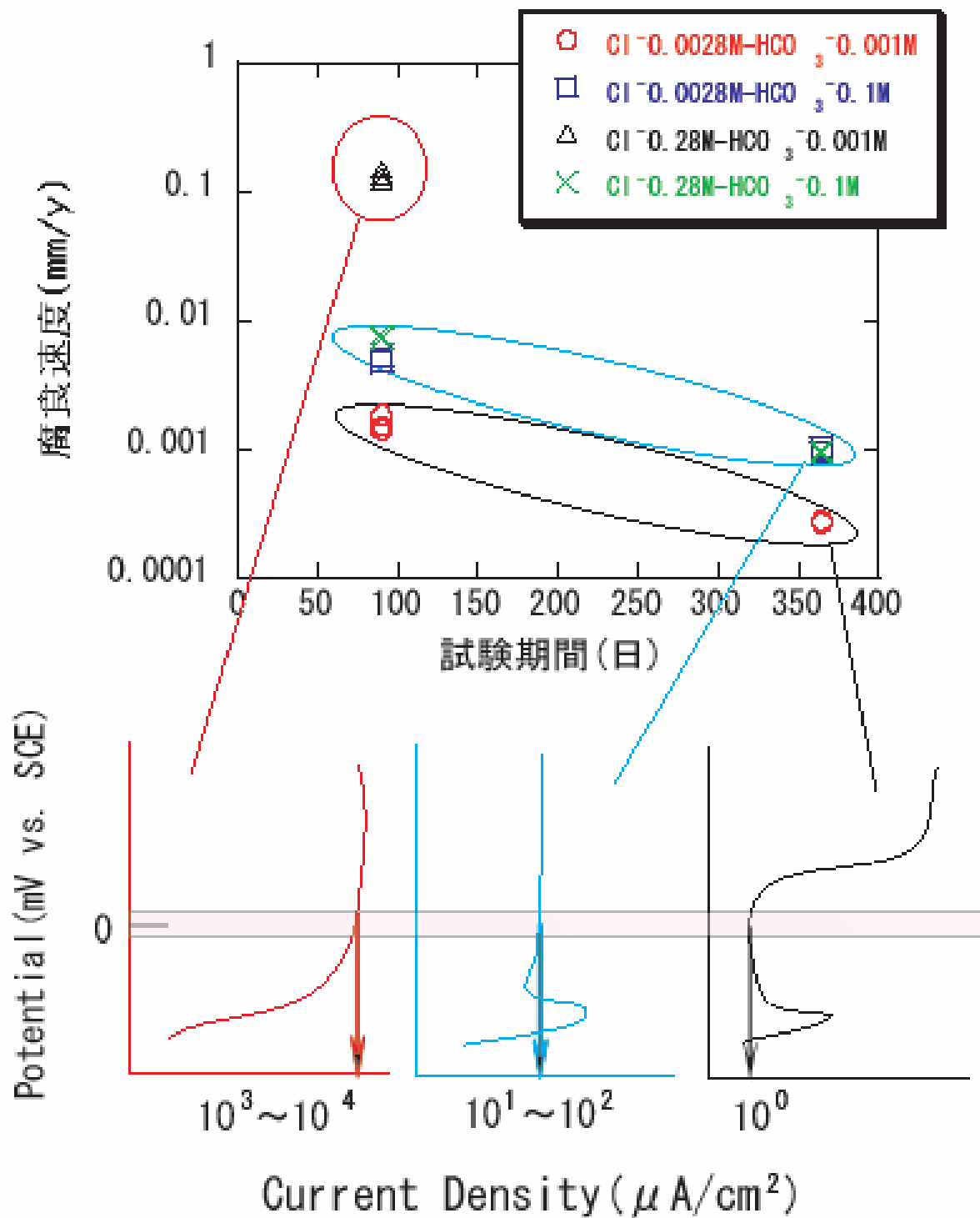


図14 塩化物イオン/重炭酸イオン共存下での試験期間と腐食速度の関係とアノード分極曲線の模式図の比較 (川崎ほか(2002)の分極曲線を模式図として引用)

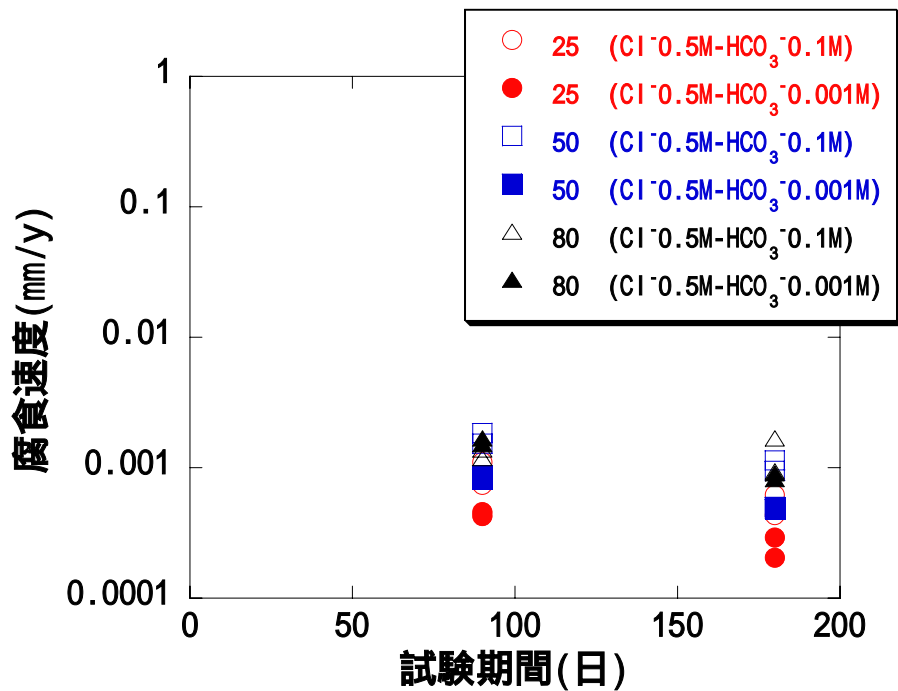


図15 塩化物イオン/重炭酸イオン共存下での試験期間と腐食速度の関係 (30%ケイ砂混合ゲル LV1 1.6)

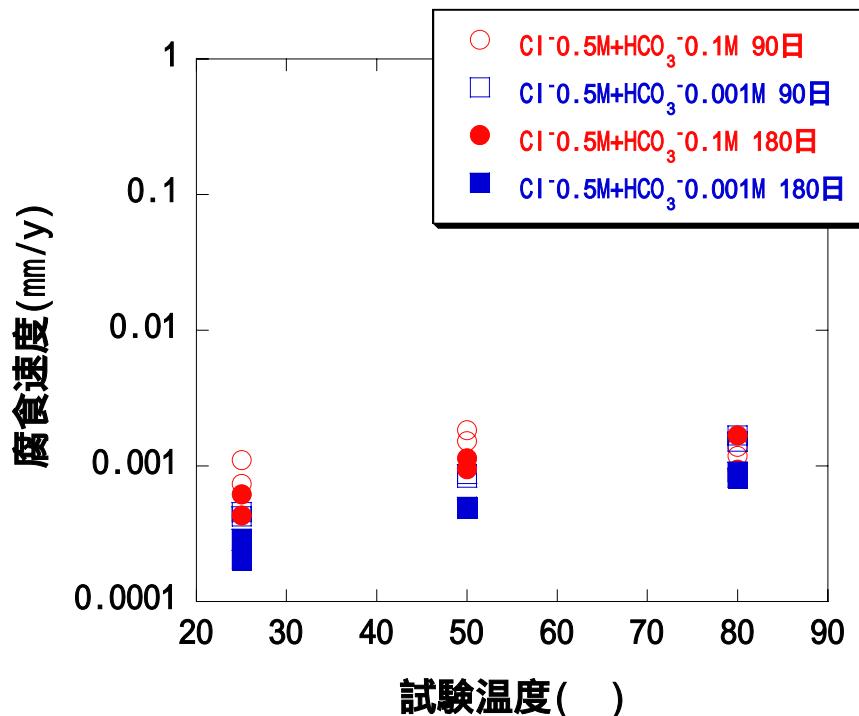


図16 塩化物イオン/重炭酸イオン共存下での試験温度と腐食速度の関係 (30%ケイ砂混合ゲル LV1 1.6)

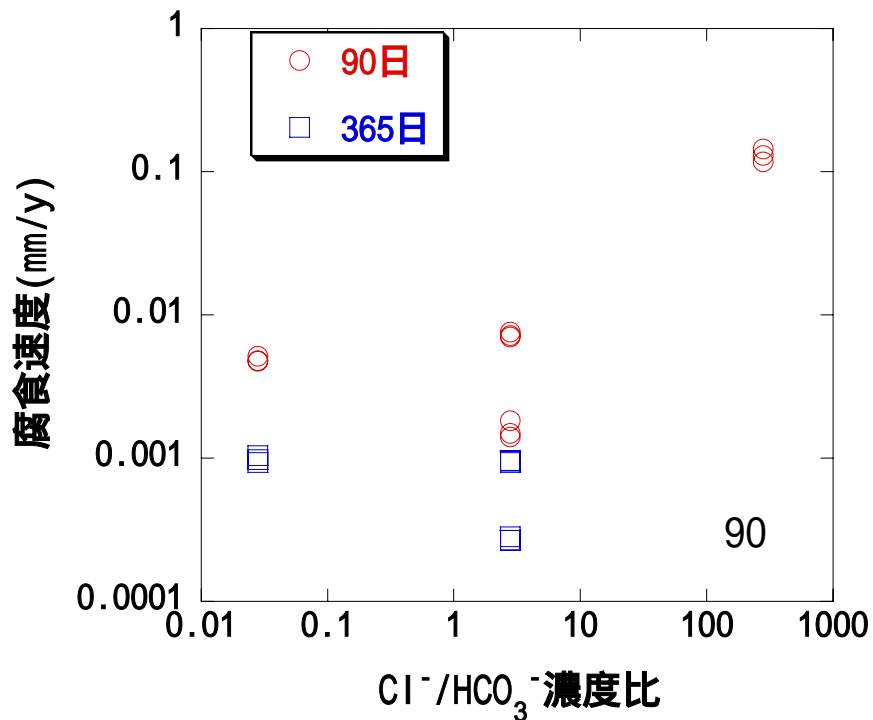


図17 塩化物イオンと重炭酸イオン濃度比と腐食速度の関係

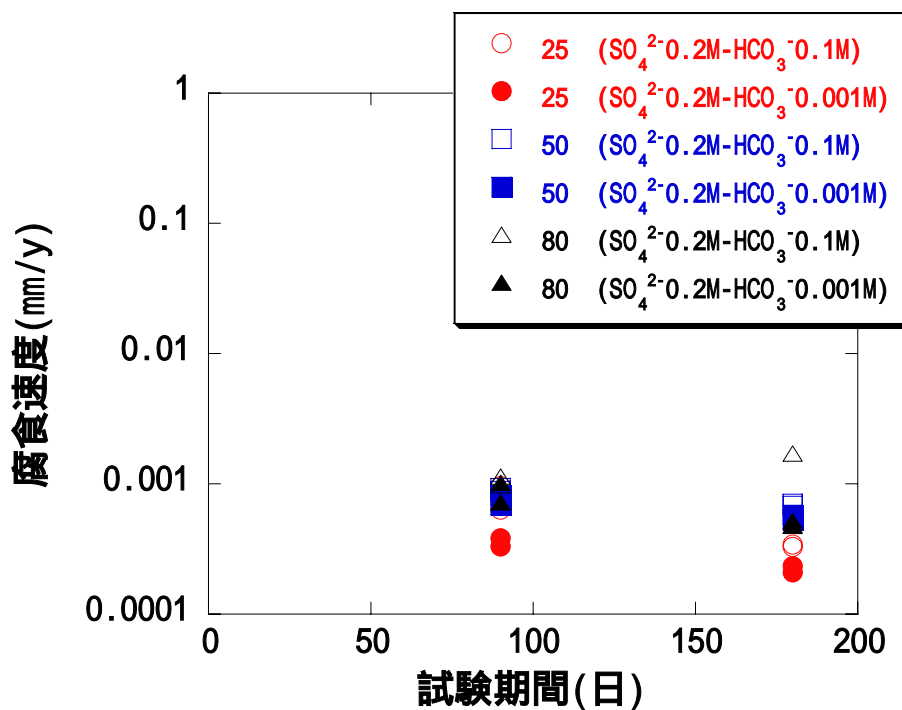


図18 硫酸イオン/重炭酸イオン共存下での試験期間と腐食速度の関係 (30%ケイ砂混合ゲル V1 1.6)

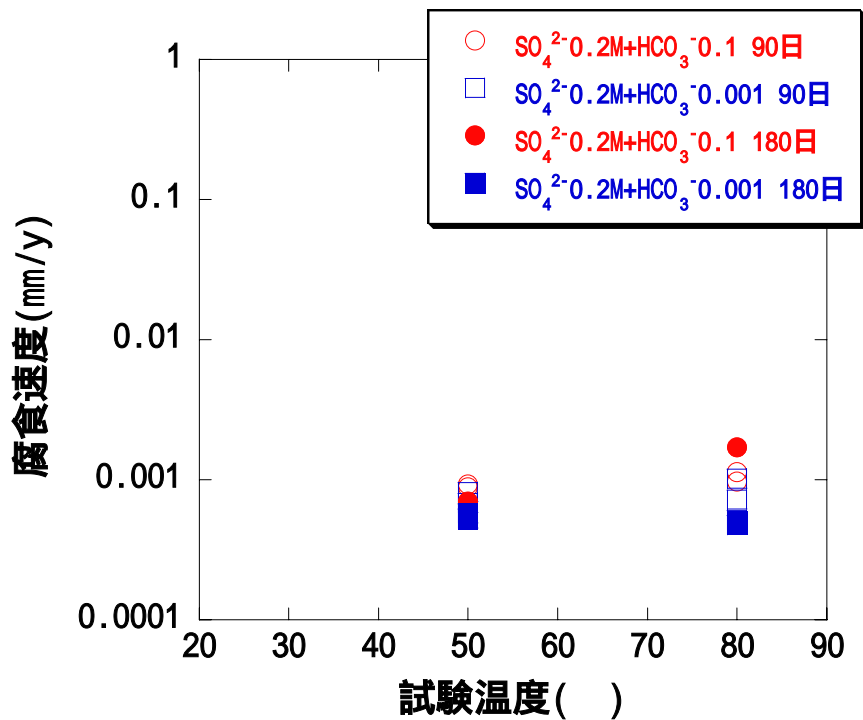


図19 硫酸イオン/重炭酸イオン共存下での試験温度と腐食速度の関係 (30%ケイ砂混合ケゲルV1 1.6)

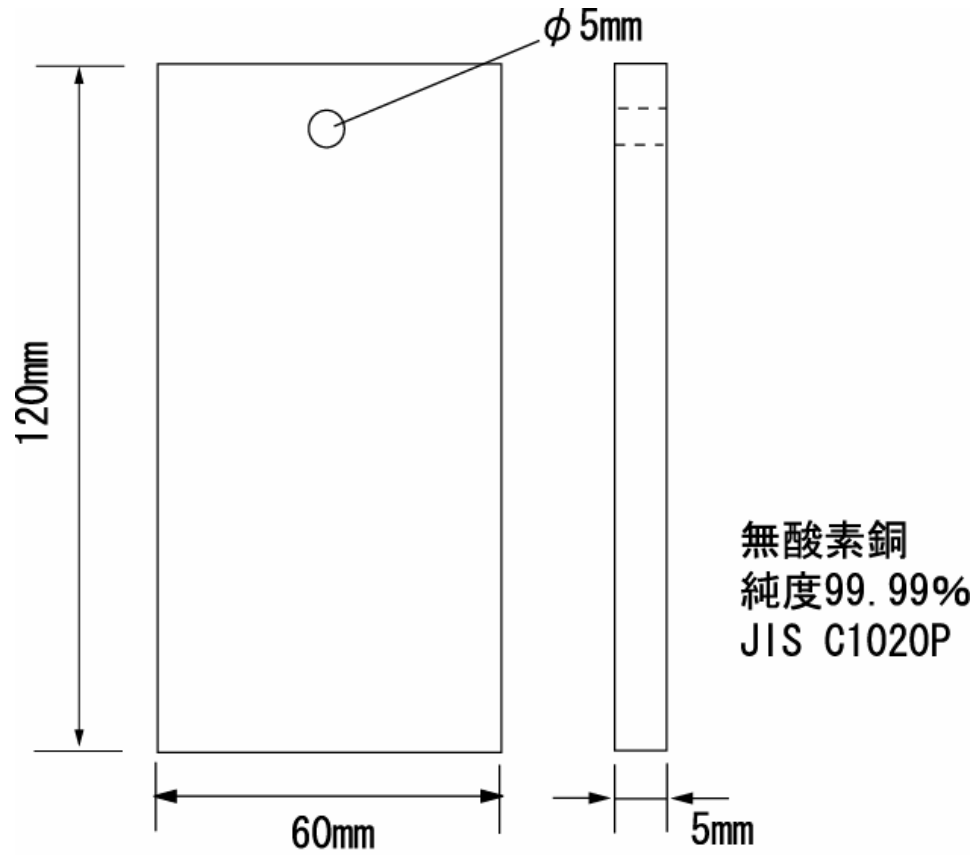


図20 腐食局在化試験用の試験片形状

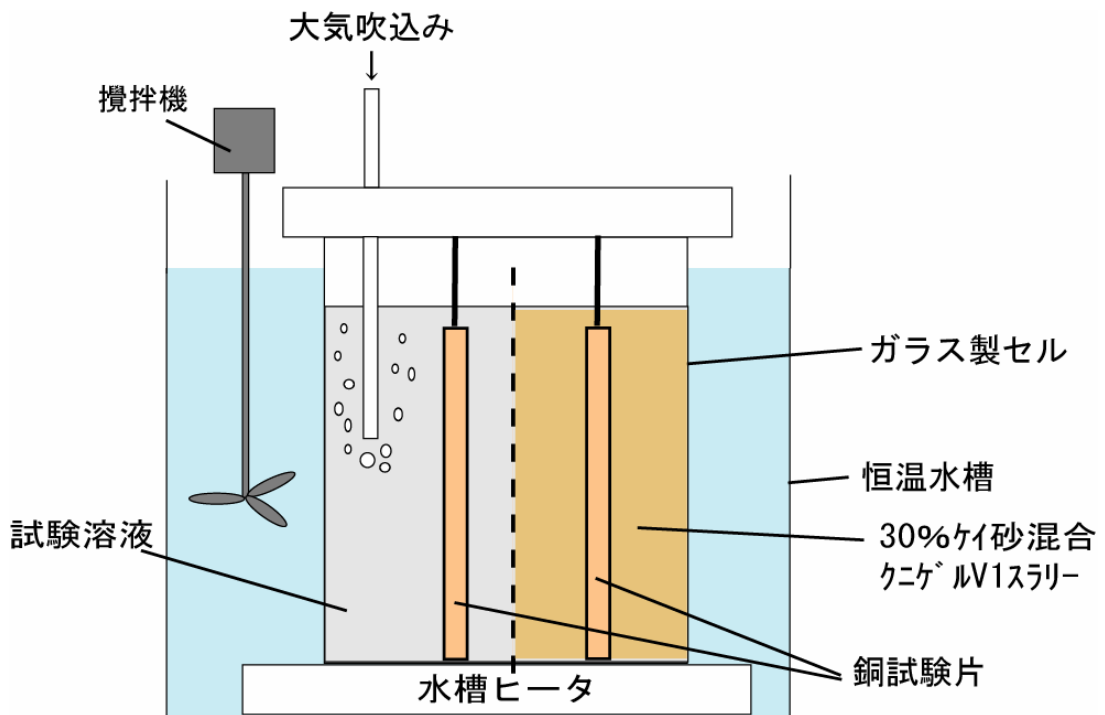


図21腐食局在化試験の模式図

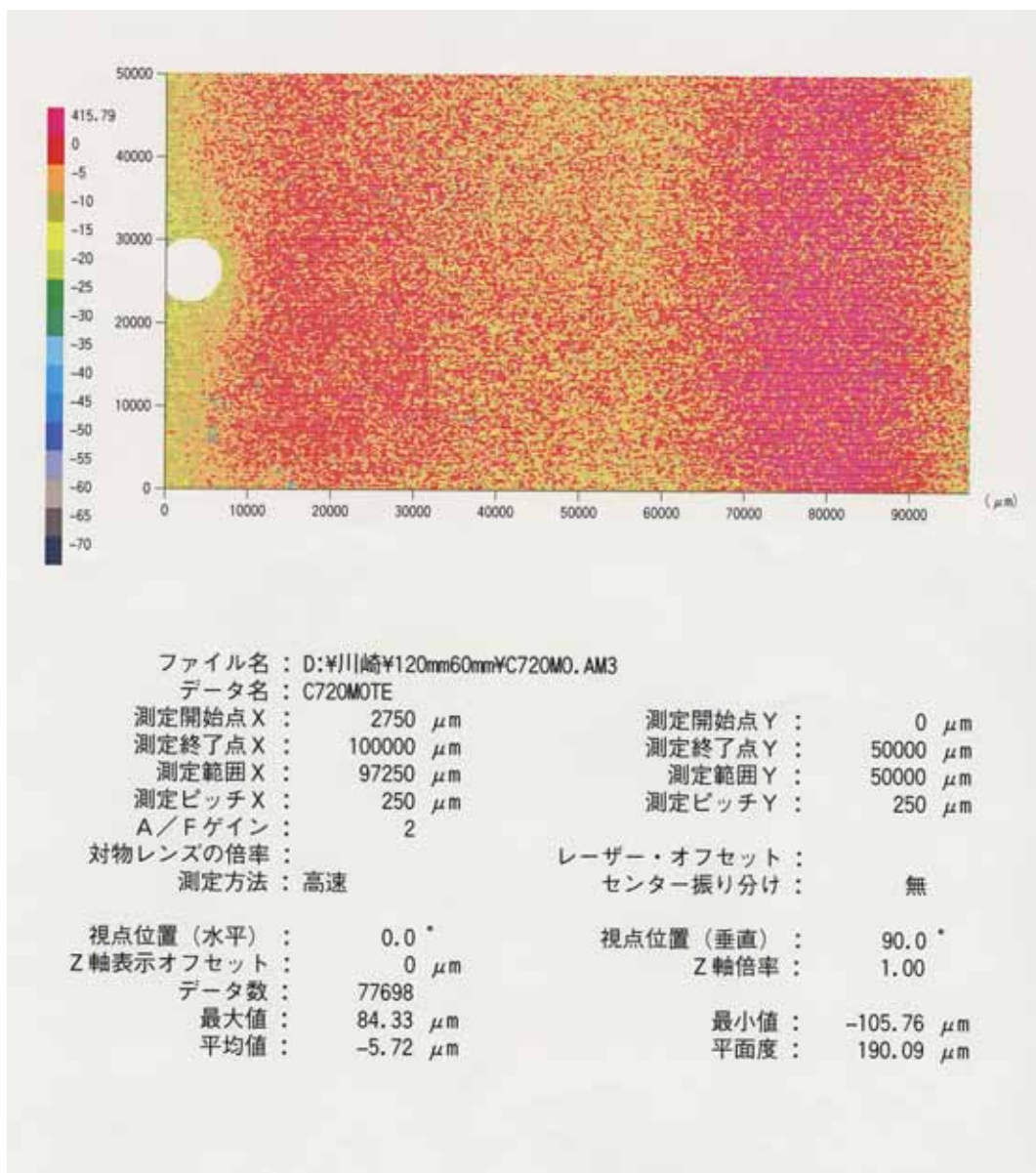


図 22 自動寸法測定装置による深さ測定の一例

Gumbel 分布関数

$$F(x) = \exp\{-\exp(-(x-\lambda)/a)\}$$

試験片数  $N=10$

再帰期間  $T=417.6$

$T=0$ . P 表面積 ÷ 試験片面積

0. P 表面積 = 55129  $\text{cm}^2$

試験片面積 = 132  $\text{cm}^2$

指定信頼率  $F(y)=0.99$

$X_{\max}$  = 実機最大腐食深さの最  
頻値

$X_L$  = 信頼率 0.99 における実機  
最大腐食深さの推定値

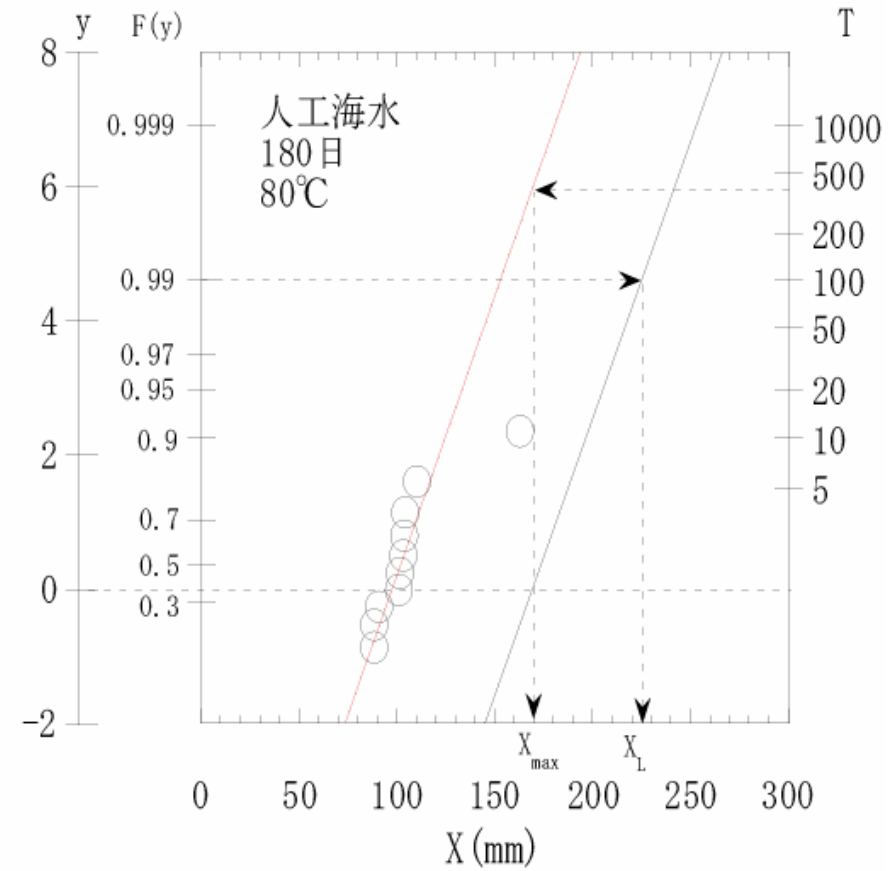


図23 極値統計解析及びGumbel確率プロットの一例



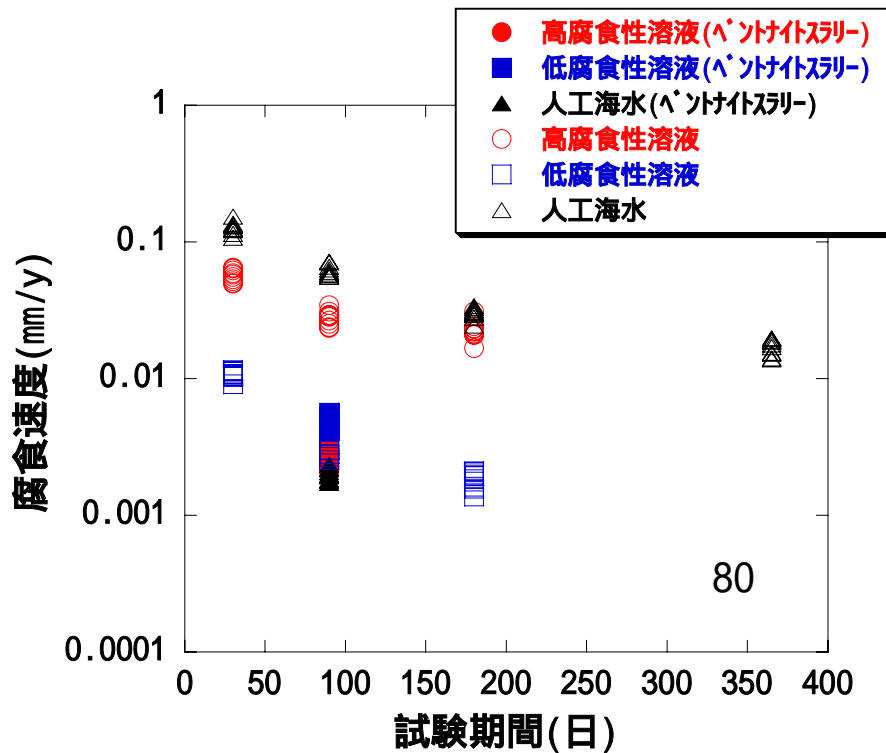


図24 腐食局在化試験における腐食速度と試験期間の関係

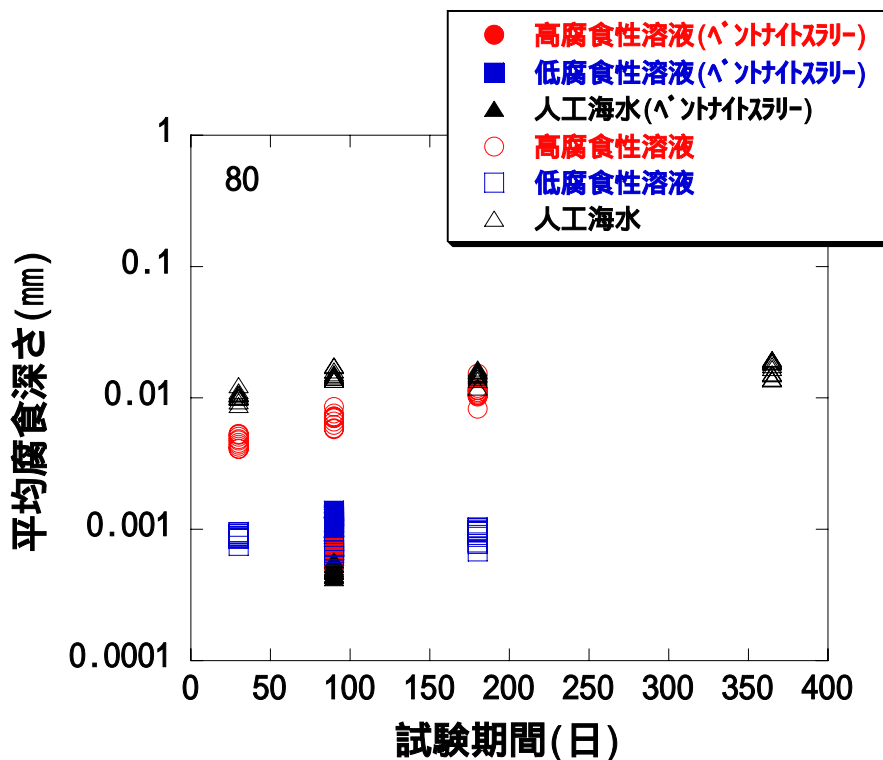


図25 腐食局在化試験における平均腐食深さと試験期間の関係

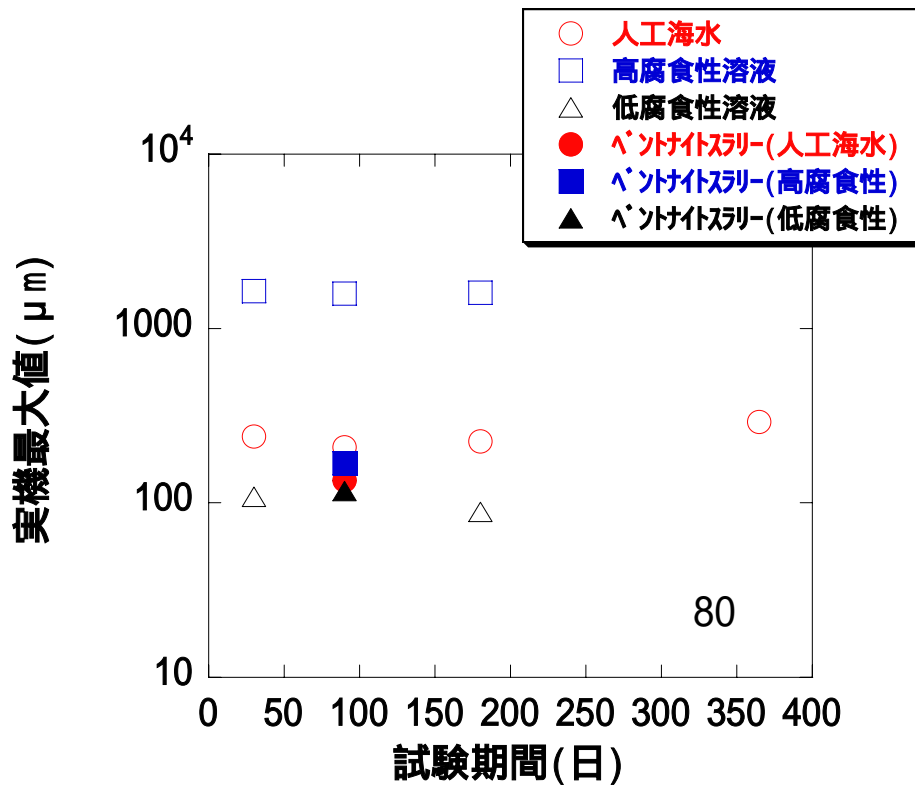


図26 腐食局在化試験における実機最大値度と試験期間の関係

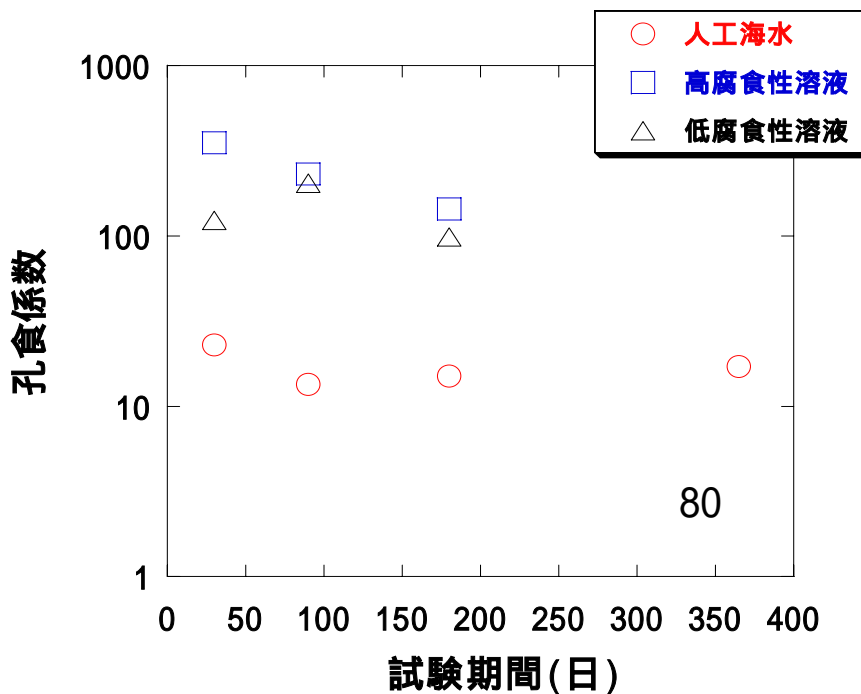


図27 腐食局在化試験における孔食係数と試験期間の関係

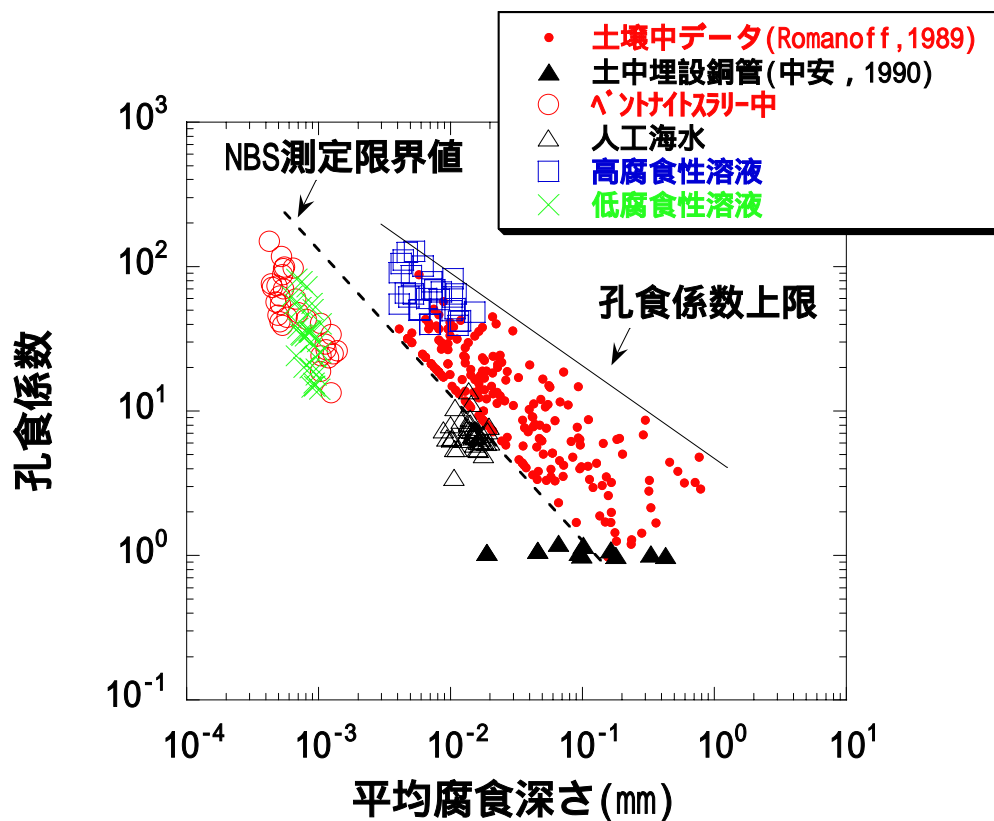


図28 種々の土壤中および本試験で得られた孔食係数と平均腐食深さの関係

## 付録1 大気中における銅の腐食速度全データ一覧

### データ一覧中の用語

- F : クニピア F
- V1 : クニゲル V1
- 30%V1 : 30%ケイ砂混合クニゲル V1
- 1:1 混合 : 固液比 1:1 (g/g)
- Cl : 塩化物イオン
- HCO<sub>3</sub> : 重炭酸イオン
- SO<sub>4</sub> : 硫酸イオン
- F : フッ化物イオン
- 各イオンの単位 M は mol / l

| 試験条件  |       |  | ベントナイト |                        | 腐食速度(mm/y) |
|-------|-------|--|--------|------------------------|------------|
| 温度( ) | 期間(d) | 試験溶液   | 種類等    | 密度(g/cm <sup>3</sup> ) |            |
| 25    | 28    | Cl 0.5M  | F      | 1.2                    | 0.000758   |
| 25    | 28    | Cl 0.5M  | F      | 1.6                    | 0.000301   |
| 25    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000456   |
| 25    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000425   |
| 25    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000505   |
| 25    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000523   |
| 25    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001102   |
| 25    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000737   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000416   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000888   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000329   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000381   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000416   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000663   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000632   |
| 25    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000957   |
| 25    | 90    | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000554   |
| 25    | 90    | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001029   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M  | F      | 1.2                    | 0.000326   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M  | F      | 1.6                    | 0.000188   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000204   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000291   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000291   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000151   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000618   |
| 25    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000432   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000374   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000335   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000209   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000234   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000275   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000274   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000328   |
| 25    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000343   |
| 25    | 180   | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000406   |
| 25    | 180   | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000411   |
| 50    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000875   |
| 50    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000821   |
| 50    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001837   |
| 50    | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001525   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000688   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000661   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000815   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000683   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000659   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000752   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000884   |
| 50    | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000924   |
| 50    | 90    | 蒸留水  | 無      |                        | 0.004793   |
| 50    | 90    | 蒸留水  | 無      |                        | 0.004976   |
| 50    | 90    | 人工海水   | 無      |                        | 0.074202   |
| 50    | 90    | 人工海水   | 無      |                        | 0.082769   |
| 50    | 90    | 人工海水   | 無      |                        | 0.092261   |
| 50    | 91    | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000412   |
| 50    | 91    | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000557   |
| 50    | 91    | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.001061   |
| 50    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000484   |
| 50    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000500   |
| 50    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001136   |
| 50    | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000945   |

| 試験条件  |       |  | ベントナイト |                        | 腐食速度(mm/y) |
|-------|-------|--|--------|------------------------|------------|
| 温度( ) | 期間(d) | 試験溶液   | 種類等    | 密度(g/cm <sup>3</sup> ) |            |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000360   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000357   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000529   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000578   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                  | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000500   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                  | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000479   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M             | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000702   |
| 50    | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M             | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000679   |
| 50    | 180   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.003748   |
| 50    | 180   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.003591   |
| 50    | 180   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.005074   |
| 50    | 180   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000150   |
| 50    | 180   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000346   |
| 50    | 180   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000267   |
| 50    | 180   | 人工海水   | 無      |                        | 0.059098   |
| 50    | 180   | 人工海水   | 無      |                        | 0.065474   |
| 50    | 180   | 人工海水   | 無      |                        | 0.065849   |
| 50    | 361   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.003747   |
| 50    | 361   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.003688   |
| 50    | 361   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.003714   |
| 50    | 361   | 人工海水   | 無      |                        | 0.040800   |
| 50    | 361   | 人工海水   | 無      |                        | 0.040350   |
| 50    | 361   | 人工海水   | 無      |                        | 0.039893   |
| 50    | 363   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000288   |
| 50    | 363   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000253   |
| 50    | 363   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000281   |
| 70    | 90    | 蒸留水  | 無      |                        | 0.010074   |
| 70    | 90    | 蒸留水  | 無      |                        | 0.010250   |
| 70    | 90    | 蒸留水  | 無      |                        | 0.010147   |
| 70    | 90    | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000931   |
| 70    | 90    | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000931   |
| 70    | 90    | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000768   |
| 70    | 90    | 人工海水   | 無      |                        | 0.098210   |
| 70    | 90    | 人工海水   | 無      |                        | 0.098355   |
| 70    | 90    | 人工海水   | 無      |                        | 0.094637   |
| 70    | 180   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.007403   |
| 70    | 180   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.006915   |
| 70    | 180   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.006919   |
| 70    | 180   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.001674   |
| 70    | 180   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.001484   |
| 70    | 180   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.001708   |
| 70    | 180   | 人工海水   | 無      |                        | 0.061027   |
| 70    | 180   | 人工海水   | 無      |                        | 0.063663   |
| 70    | 180   | 人工海水   | 無      |                        | 0.059042   |
| 70    | 361   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.004621   |
| 70    | 361   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.004942   |
| 70    | 361   | 蒸留水  | 無      |                        | 0.005143   |
| 70    | 362   | 人工海水   | 無      |                        | 0.036306   |
| 70    | 362   | 人工海水   | 無      |                        | 0.034125   |
| 70    | 362   | 人工海水   | 無      |                        | 0.034181   |
| 70    | 363   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.001035   |
| 70    | 363   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.001014   |
| 70    | 363   | 蒸留水  | V1     | 1.8                    | 0.000700   |
| 80    | 60    | Cl 0.006M HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.001M | V 1    | 1.8                    | 0.005600   |
| 80    | 60    | Cl 0.006M HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.001M | V 1    | 1.8                    | 0.006600   |
| 80    | 60    | Cl 0.006M HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.001M | V 1    | 1.8                    | 0.006700   |
| 80    | 60    | Cl 0.006M HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.001M | V 1    | 1.8                    | 0.006700   |
| 80    | 60    | Cl 0.6M HCO <sub>3</sub> 0.01M SO <sub>4</sub> 0.1M    | V 1    | 1.8                    | 0.033000   |
| 80    | 60    | Cl 0.6M HCO <sub>3</sub> 0.01M SO <sub>4</sub> 0.1M    | V 1    | 1.8                    | 0.031700   |
| 80    | 60    | Cl 0.6M HCO <sub>3</sub> 0.01M SO <sub>4</sub> 0.1M    | V 1    | 1.8                    | 0.005800   |

| 試 験 条 件 |       |  | ベントナイト |                        | 腐食速度(mm/y) |
|---------|-------|--|--------|------------------------|------------|
| 温度( )   | 期間(d) | 試 験 溶 液  | 種類等    | 密度(g/cm <sup>3</sup> ) |            |
| 80      | 60    | Cl 0.6M HCO <sub>3</sub> 0.01M SO <sub>4</sub> 0.1M  | V 1    | 1.8                    | 0.005600   |
| 80      | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001512   |
| 80      | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001681   |
| 80      | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000960   |
| 80      | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001801   |
| 80      | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001380   |
| 80      | 90    | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001187   |
| 80      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000719   |
| 80      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001017   |
| 80      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000973   |
| 80      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001135   |
| 80      | 90    | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000764   |
| 80      | 90    | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000534   |
| 80      | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000906   |
| 80      | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M                      | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000817   |
| 80      | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000652   |
| 80      | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000563   |
| 80      | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000936   |
| 80      | 180   | Cl 0.5M HCO <sub>3</sub> 0.1M                        | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001684   |
| 80      | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000516   |
| 80      | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.001M SO <sub>4</sub> 0.2M         | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000478   |
| 80      | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000481   |
| 80      | 180   | HCO <sub>3</sub> 0.1M SO <sub>4</sub> 0.2M           | 30%V 1 | 1.6                    | 0.001705   |
| 80      | 180   | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000432   |
| 80      | 180   | 人工海水   | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000370   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M   | 無      |                        | 0.078250   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M   | 無      |                        | 0.072043   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M   | 無      |                        | 0.075609   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M HCO <sub>3</sub> 0.001M                   | 無      |                        | 0.001830   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M HCO <sub>3</sub> 0.001M                   | 無      |                        | 0.001489   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M HCO <sub>3</sub> 0.001M                   | 無      |                        | 0.001407   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M HCO <sub>3</sub> 0.1M                     | 無      |                        | 0.004811   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M HCO <sub>3</sub> 0.1M                     | 無      |                        | 0.004775   |
| 90      | 90    | Cl 0.0028M HCO <sub>3</sub> 0.1M                     | 無      |                        | 0.005163   |
| 90      | 90    | Cl 0.282M SO <sub>4</sub> 0.03125M                   | F      | 1:1混合                  | 0.016300   |
| 90      | 90    | Cl 0.282M SO <sub>4</sub> 0.03125M                   | 無      |                        | 0.069200   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M   | 無      |                        | 0.228090   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M   | 無      |                        | 0.260475   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M   | 無      |                        | 0.253393   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M   | F      | 1:1混合                  | 0.011000   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M   | 無      |                        | 0.070200   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M HCO <sub>3</sub> 0.001M                     | 無      |                        | 0.130103   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M HCO <sub>3</sub> 0.001M                     | 無      |                        | 0.144286   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M HCO <sub>3</sub> 0.001M                     | 無      |                        | 0.117148   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M HCO <sub>3</sub> 0.1M                       | 無      |                        | 0.007164   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M HCO <sub>3</sub> 0.1M                       | 無      |                        | 0.007569   |
| 90      | 90    | Cl 0.28M HCO <sub>3</sub> 0.1M                       | 無      |                        | 0.007028   |
| 90      | 90    | F 0.00526M   | F      | 1:1混合                  | 0.001300   |
| 90      | 90    | F 0.00526M   | 無      |                        | 0.009300   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000483   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000508   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 無      |                        | 0.002745   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 無      |                        | 0.002843   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.001M                              | 無      |                        | 0.002422   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 30%V 1 | 1.6                    | 0.000621   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 無      |                        | 0.003315   |
| 90      | 90    | HCO <sub>3</sub> 0.1M                                | 無      |                        | 0.003328   |
| 90      | 90    | SO <sub>4</sub> 0.03125M                             | F      | 1:1混合                  | 0.000400   |
| 90      | 90    | SO <sub>4</sub> 0.03125M                             | 無      |                        | 0.006300   |
| 90      | 90    | 蒸留水  | 無      |                        | 0.016499   |

| 試 験 条 件 |       |                           | ベントナイト |           | 腐食速度(mm/y) |
|---------|-------|---------------------------|--------|-----------|------------|
| 温度( )   | 期間(d) | 試 験 溶 液                   | 種類等    | 密度(g/cm3) |            |
| 90      | 90    | 蒸留水                       | 無      |           | 0.016821   |
| 90      | 90    | 蒸留水                       | 無      |           | 0.016450   |
| 90      | 90    | 蒸留水                       | V1     | 1.8       | 0.001260   |
| 90      | 90    | 蒸留水                       | V1     | 1.8       | 0.000977   |
| 90      | 90    | 蒸留水                       | V1     | 1.8       | 0.001109   |
| 90      | 90    | 蒸留水                       | 無      |           | 0.002300   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.048042   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.054327   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.047980   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.038262   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.037160   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.035041   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | F      | 1:1混合     | 0.082300   |
| 90      | 90    | 人工海水                      | 無      |           | 0.085400   |
| 90      | 180   | Cl 0.00282M               | F      | 1:1混合     | 0.005900   |
| 90      | 180   | Cl 0.00282M SO4 0.003125M | F      | 1:1混合     | 0.003700   |
| 90      | 180   | Cl 0.00282M SO4 0.003125M | 無      |           | 0.003200   |
| 90      | 180   | Cl 0.00282M SO4 0.03125M  | F      | 1:1混合     | 0.002200   |
| 90      | 180   | Cl 0.00282M SO4 0.03125M  | 無      |           | 0.001700   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M                 | F      | 1:1混合     | 0.006100   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M                 | 無      |           | 0.061400   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M                 | F      | 1:1混合     | 0.007400   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M                 | 無      |           | 0.058700   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M SO4 0.003125M   | F      | 1:1混合     | 0.011400   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M SO4 0.003125M   | 無      |           | 0.055300   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M SO4 0.03125M    | F      | 1:1混合     | 0.010600   |
| 90      | 180   | Cl 0.282M SO4 0.03125M    | 無      |           | 0.062900   |
| 90      | 180   | F 0.000526M               | F      | 1:1混合     | 0.002300   |
| 90      | 180   | F 0.000526M               | 無      |           | 0.000800   |
| 90      | 180   | F 0.00526M                | F      | 1:1混合     | 0.000800   |
| 90      | 180   | F 0.00526M                | 無      |           | 0.002300   |
| 90      | 180   | F 0.00526M                | 無      |           | 0.002400   |
| 90      | 180   | HCO3 0.001M               | 30%V 1 | 1.6       | 0.000260   |
| 90      | 180   | HCO3 0.001M               | 30%V 1 | 1.6       | 0.000287   |
| 90      | 180   | HCO3 0.1M                 | 30%V 1 | 1.6       | 0.001577   |
| 90      | 180   | HCO3 0.1M                 | 30%V 1 | 1.6       | 0.002051   |
| 90      | 180   | SO4 0.003125M             | F      | 1:1混合     | 0.000023   |
| 90      | 180   | SO4 0.003125M             | 無      |           | 0.004700   |
| 90      | 180   | SO4 0.03125M              | F      | 1:1混合     | 0.002800   |
| 90      | 180   | SO4 0.03125M              | 無      |           | 0.002000   |
| 90      | 180   | SO4 0.03125M              | F      | 1:1混合     | 0.002500   |
| 90      | 180   | SO4 0.03125M              | 無      |           | 0.003200   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | 無      |           | 0.022740   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | 無      |           | 0.022848   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | 無      |           | 0.022187   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | V1     | 1.8       | 0.000672   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | V1     | 1.8       | 0.000640   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | V1     | 1.8       | 0.000616   |
| 90      | 180   | 蒸留水                       | 無      |           | 0.001200   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | 無      |           | 0.025285   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | 無      |           | 0.025844   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | 無      |           | 0.025573   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | F      | 1:1混合     | 0.003800   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | 無      |           | 0.057700   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | F      | 1:1混合     | 0.002100   |
| 90      | 180   | 人工海水                      | 無      |           | 0.068200   |
| 90      | 360   | Cl 0.00282M SO4 0.003125M | 無      |           | 0.001900   |
| 90      | 360   | Cl 0.00282M SO4 0.003125M | F      | 1:1混合     | 0.000700   |
| 90      | 360   | Cl 0.00282M SO4 0.03125M  | 無      |           | 0.001700   |
| 90      | 360   | Cl 0.00282M SO4 0.03125M  | F      | 1:1混合     | 0.000700   |



| 試 験 条 件 |       |                         | ベントナイト |           | 腐食速度(mm/y) |
|---------|-------|-------------------------|--------|-----------|------------|
| 温度( )   | 期間(d) | 試 験 溶 液                 | 種類等    | 密度(g/cm3) |            |
| 90      | 360   | Cl 0.0028M              | F      | 1:1混合     | 0.000400   |
| 90      | 360   | Cl 0.282M               | 無      |           | 0.066500   |
| 90      | 360   | Cl 0.282M               | F      | 1:1混合     | 0.020300   |
| 90      | 360   | Cl 0.282M SO4 0.003125M | 無      |           | 0.060600   |
| 90      | 360   | Cl 0.282M SO4 0.003125M | F      | 1:1混合     | 0.024600   |
| 90      | 360   | Cl 0.282M SO4 0.03125M  | 無      |           | 0.063200   |
| 90      | 360   | Cl 0.282M SO4 0.03125M  | F      | 1:1混合     | 0.008700   |
| 90      | 360   | F 0.000526M             | 無      |           | 0.000700   |
| 90      | 360   | F 0.000526M             | F      | 1:1混合     | 0.001300   |
| 90      | 360   | F 0.00526M              | 無      |           | 0.005900   |
| 90      | 360   | F 0.00526M              | F      | 1:1混合     | 0.001700   |
| 90      | 360   | SO4 0.0003125M          | 無      |           | 0.002400   |
| 90      | 360   | SO4 0.003125M           | 無      |           | 0.001800   |
| 90      | 360   | SO4 0.003125M           | F      | 1:1混合     | 0.001700   |
| 90      | 360   | SO4 0.03125M            | 無      |           | 0.002000   |
| 90      | 360   | SO4 0.03125M            | F      | 1:1混合     | 0.001800   |
| 90      | 360   | 蒸留水                     | 無      |           | 0.031486   |
| 90      | 360   | 蒸留水                     | 無      |           | 0.029397   |
| 90      | 360   | 蒸留水                     | 無      |           | 0.017207   |
| 90      | 360   | 蒸留水                     | 無      |           | 0.007300   |
| 90      | 360   | 蒸留水                     | F      | 1:1混合     | 0.000400   |
| 90      | 360   | 人工海水                    | 無      |           | 0.072900   |
| 90      | 360   | 人工海水                    | F      | 1:1混合     | 0.002800   |
| 90      | 361   | 人工海水                    | 無      |           | 0.017240   |
| 90      | 361   | 人工海水                    | 無      |           | 0.018641   |
| 90      | 361   | 人工海水                    | 無      |           | 0.016861   |
| 90      | 363   | 蒸留水                     | V1     | 1.8       | 0.000926   |
| 90      | 363   | 蒸留水                     | V1     | 1.8       | 0.000948   |
| 90      | 363   | 蒸留水                     | V1     | 1.8       | 0.000438   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M              | 無      |           | 0.043160   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M              | 無      |           | 0.040063   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M              | 無      |           | 0.036366   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M HCO3 0.001M  | 無      |           | 0.000266   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M HCO3 0.001M  | 無      |           | 0.000281   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M HCO3 0.001M  | 無      |           | 0.000268   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M HCO3 0.1M    | 無      |           | 0.000930   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M HCO3 0.1M    | 無      |           | 0.000974   |
| 90      | 365   | Cl 0.0028M HCO3 0.1M    | 無      |           | 0.001037   |
| 90      | 365   | Cl 0.28M                | 無      |           | 0.287240   |
| 90      | 365   | Cl 0.28M                | 無      |           | 0.237259   |
| 90      | 365   | Cl 0.28M                | 無      |           | 0.236563   |
| 90      | 365   | Cl 0.28M HCO3 0.1M      | 無      |           | 0.000963   |
| 90      | 365   | Cl 0.28M HCO3 0.1M      | 無      |           | 0.000930   |
| 90      | 365   | Cl 0.28M HCO3 0.1M      | 無      |           | 0.000952   |
| 90      | 365   | HCO3 0.001M             | 無      |           | 0.000216   |
| 90      | 365   | HCO3 0.001M             | 無      |           | 0.000263   |
| 90      | 365   | HCO3 0.001M             | 無      |           | 0.000333   |
| 90      | 365   | 人工海水                    | 無      |           | 0.021083   |
| 90      | 365   | 人工海水                    | 無      |           | 0.022025   |
| 90      | 365   | 人工海水                    | 無      |           | 0.021745   |

## 付録2 腐食局在化評価試験データ一覧

| 試験   | 試験溶液   | 期間<br>(日)     | ベントナイトの有無     | 固液比(g/g)   | 腐食速度 (mm/y) | 平均腐食深さ(mm) | 最大腐食深さ(mm) | 孔食係数       |
|------|--------|---------------|---------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| 1    | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.0643E-03  | 5.0901E-04 | 2.1120E-02 | 4.1492E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.2363E-03  | 5.5143E-04 | 5.4680E-02 | 9.9161E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 3.2685E-03  | 8.0593E-04 | 3.4790E-02 | 4.3167E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.2019E-03  | 5.4294E-04 | 3.8170E-02 | 7.0302E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.1675E-03  | 5.3446E-04 | 2.0990E-02 | 3.9273E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.8556E-03  | 7.0413E-04 | 3.3860E-02 | 4.8088E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.1331E-03  | 5.2598E-04 | 6.1760E-02 | 1.1742E+02 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.6148E-03  | 6.4475E-04 | 6.3100E-02 | 9.7868E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.7180E-03  | 6.7020E-04 | 3.9930E-02 | 5.9580E+01 |
|      | 高腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.0987E-03  | 5.1749E-04 | 2.8220E-02 | 5.4532E+01 |
| 2    | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 4.8511E-03  | 1.1962E-03 | 2.8050E-02 | 2.3450E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 5.0920E-03  | 1.2556E-03 | 1.6790E-02 | 1.3373E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 4.2318E-03  | 1.0435E-03 | 2.5270E-02 | 2.4217E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 5.6425E-03  | 1.3913E-03 | 3.6470E-02 | 2.6213E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 4.6447E-03  | 1.1453E-03 | 3.0500E-02 | 2.6631E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 5.2640E-03  | 1.2980E-03 | 3.2420E-02 | 2.4977E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 4.1974E-03  | 1.0350E-03 | 1.9430E-02 | 1.8773E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 4.5415E-03  | 1.1198E-03 | 3.2500E-02 | 2.9022E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 4.1974E-03  | 1.0350E-03 | 4.2040E-02 | 4.0619E+01 |
|      | 低腐食性溶液 | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 5.0920E-03  | 1.2556E-03 | 4.2750E-02 | 3.4049E+01 |
| 3    | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 1.9267E-03  | 4.7508E-04 | 2.7140E-02 | 5.7128E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 1.8235E-03  | 4.4963E-04 | 3.2320E-02 | 7.1882E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.2019E-03  | 5.4294E-04 | 5.2490E-02 | 9.6677E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.0643E-03  | 5.0901E-04 | 3.1790E-02 | 6.2455E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.1675E-03  | 5.3446E-04 | 4.7100E-02 | 8.8126E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 1.7891E-03  | 4.4114E-04 | 3.3460E-02 | 7.5849E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 1.9611E-03  | 4.8356E-04 | 3.5660E-02 | 7.3745E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 2.3396E-03  | 5.7688E-04 | 2.5650E-02 | 4.4464E+01 |
|      | 人工海水   | 90            | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1        | 1.7203E-03  | 4.2417E-04 | 6.3780E-02 | 1.5036E+02 |
| 人工海水 | 90     | クニV1 + 30%ケイ砂 | 1:1           | 1.9955E-03 | 4.9204E-04  | 2.2680E-02 | 4.6094E+01 |            |
| 4    | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.8732E-02  | 1.8732E-02 | 1.1375E-01 | 6.0726E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.9054E-02  | 1.9054E-02 | 1.3964E-01 | 7.3287E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.4074E-02  | 1.4074E-02 | 1.2640E-01 | 8.9810E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.9767E-02  | 1.9767E-02 | 1.2090E-01 | 6.1164E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.3828E-02  | 1.3828E-02 | 1.9172E-01 | 1.3865E+01 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.7756E-02  | 1.7756E-02 | 1.1008E-01 | 6.1996E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.6916E-02  | 1.6916E-02 | 1.1043E-01 | 6.5281E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.5219E-02  | 1.5219E-02 | 1.0716E-01 | 7.0410E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.9665E-02  | 1.9665E-02 | 1.5521E-01 | 7.8928E+00 |
|      | 人工海水   | 365           | なし            | -          | 1.5465E-02  | 1.5465E-02 | 1.0606E-01 | 6.8579E+00 |

| 試験 | 試験溶液 | 期間<br>(日) | ベントナイトの有無 | 固液比(g/g) | 腐食速度 (mm/y) | 平均腐食深さ(mm) | 最大腐食深さ(mm) | 孔食係数       |
|----|------|-----------|-----------|----------|-------------|------------|------------|------------|
| 5  | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 3.2599E-02  | 1.6076E-02 | 8.8440E-02 | 5.5013E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 3.1687E-02  | 1.5627E-02 | 1.0425E-01 | 6.6713E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 3.1034E-02  | 1.5304E-02 | 9.1010E-02 | 5.9467E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 2.9141E-02  | 1.4371E-02 | 1.6300E-01 | 1.1342E+01 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 2.9950E-02  | 1.4770E-02 | 1.0109E-01 | 6.8444E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 2.4393E-02  | 1.2030E-02 | 1.0380E-01 | 8.6287E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 3.3029E-02  | 1.6288E-02 | 8.8390E-02 | 5.4266E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 3.3941E-02  | 1.6738E-02 | 1.0324E-01 | 6.1680E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 3.0586E-02  | 1.5084E-02 | 1.1039E-01 | 7.3185E+00 |
|    | 人工海水 | 180       | なし        | -        | 2.7868E-02  | 1.3743E-02 | 1.0170E-01 | 7.4000E+00 |
| 6  | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.0987E-03  | 1.0350E-03 | 2.6220E-02 | 2.5334E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.0643E-03  | 1.0180E-03 | 1.4470E-02 | 1.4214E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.9439E-03  | 9.5863E-04 | 1.8800E-02 | 1.9611E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.9955E-03  | 9.8408E-04 | 2.9660E-02 | 3.0140E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.9439E-03  | 9.5863E-04 | 1.7050E-02 | 1.7786E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.7719E-03  | 8.7380E-04 | 2.6290E-02 | 3.0087E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.5654E-03  | 7.7200E-04 | 1.5480E-02 | 2.0052E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.3762E-03  | 6.7868E-04 | 1.6320E-02 | 2.4047E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.8407E-03  | 9.0773E-04 | 4.5820E-02 | 5.0477E+01 |
|    | 低腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.6170E-03  | 7.9745E-04 | 2.6360E-02 | 3.3055E+01 |
| 7  | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 3.0999E-02  | 1.5287E-02 | 7.3830E-01 | 4.8295E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.2381E-02  | 1.1037E-02 | 7.1221E-01 | 6.4529E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.1348E-02  | 1.0528E-02 | 8.7029E-01 | 8.2664E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.3189E-02  | 1.1436E-02 | 4.4735E-01 | 3.9119E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.0901E-02  | 1.0307E-02 | 5.0944E-01 | 4.9424E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 1.6687E-02  | 8.2290E-03 | 4.8832E-01 | 5.9341E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.1073E-02  | 1.0392E-02 | 6.4065E-01 | 6.1647E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.1968E-02  | 1.0833E-02 | 5.5384E-01 | 5.1123E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.4204E-02  | 1.1936E-02 | 5.0238E-01 | 4.2089E+01 |
|    | 高腐食性 | 180       | なし        | -        | 2.3361E-02  | 1.1521E-02 | 4.8063E-01 | 4.1719E+01 |
| 8  | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 5.7388E-02  | 1.4150E-02 | 1.1688E-01 | 8.2598E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 5.5599E-02  | 1.3709E-02 | 1.0630E-01 | 7.7538E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 7.2079E-02  | 1.7773E-02 | 8.9220E-02 | 5.0200E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 7.1253E-02  | 1.7569E-02 | 1.2091E-01 | 6.8819E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 7.1047E-02  | 1.7518E-02 | 1.0724E-01 | 6.1216E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 6.5886E-02  | 1.6246E-02 | 1.0115E-01 | 6.2262E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 6.0519E-02  | 1.4922E-02 | 9.9250E-02 | 6.6510E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 6.2721E-02  | 1.5465E-02 | 1.1488E-01 | 7.4282E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 5.5737E-02  | 1.3743E-02 | 1.1356E-01 | 8.2630E+00 |
|    | 人工海水 | 90        | なし        | -        | 5.8764E-02  | 1.4490E-02 | 1.0648E-01 | 7.3486E+00 |

| 試験 | 試験溶液 | 期間<br>(日) | ベントナイトの有無 | 固液比(g/g) | 腐食速度 (mm/y) | 平均腐食深さ(mm) | 最大腐食深さ(mm) | 孔食係数       |
|----|------|-----------|-----------|----------|-------------|------------|------------|------------|
| 9  | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.3464E-02  | 5.7857E-03 | 2.8862E-01 | 4.9885E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.8350E-02  | 6.9904E-03 | 2.7852E-01 | 3.9843E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.9107E-02  | 7.1770E-03 | 5.0333E-01 | 7.0131E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 3.4681E-02  | 8.5514E-03 | 5.7368E-01 | 6.7086E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.5253E-02  | 6.2269E-03 | 6.2959E-01 | 1.0111E+02 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.9244E-02  | 7.2110E-03 | 5.6632E-01 | 7.8536E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.6733E-02  | 6.5917E-03 | 3.9534E-01 | 5.9976E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.3808E-02  | 5.8706E-03 | 2.9557E-01 | 5.0348E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.8625E-02  | 7.0583E-03 | 2.8096E-01 | 3.9806E+01 |
|    | 高腐食性 | 90        | なし        | -        | 3.0862E-02  | 7.6097E-03 | 5.2368E-01 | 6.8818E+01 |
| 10 | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 3.0277E-03  | 7.4655E-04 | 5.8930E-02 | 7.8937E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.7868E-03  | 6.8716E-04 | 5.6220E-02 | 8.1815E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.9933E-03  | 7.3806E-04 | 2.5110E-02 | 3.4021E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 4.2663E-03  | 1.0520E-03 | 4.2370E-02 | 4.0277E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.5460E-03  | 6.2778E-04 | 3.8890E-02 | 6.1949E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.6836E-03  | 6.6171E-04 | 3.6330E-02 | 5.4903E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.9933E-03  | 7.3806E-04 | 3.8510E-02 | 5.2177E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 3.3029E-03  | 8.1442E-04 | 5.9150E-02 | 7.2629E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.8212E-03  | 6.9565E-04 | 2.6080E-02 | 3.7490E+01 |
|    | 低腐食性 | 90        | なし        | -        | 2.8212E-03  | 6.9565E-04 | 2.8190E-02 | 4.0523E+01 |
| 11 | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.2954E-01  | 1.0647E-02 | 3.7090E-02 | 3.4837E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.1488E-01  | 9.4421E-03 | 6.1680E-02 | 6.5324E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.2221E-01  | 1.0044E-02 | 8.1050E-02 | 8.0691E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.3666E-01  | 1.1232E-02 | 6.1620E-02 | 5.4860E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.5317E-01  | 1.2590E-02 | 8.0150E-02 | 6.3664E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.3170E-01  | 1.0825E-02 | 1.1518E-01 | 1.0640E+01 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.0745E-01  | 8.8313E-03 | 6.5410E-02 | 7.4066E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.2458E-01  | 1.0240E-02 | 6.7340E-02 | 6.5764E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.3119E-01  | 1.0783E-02 | 5.9620E-02 | 5.5293E+00 |
|    | 人工海水 | 30        | なし        | -        | 1.2376E-01  | 1.0172E-02 | 6.5470E-02 | 6.4365E+00 |
| 12 | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 6.3787E-02  | 5.2428E-03 | 3.3970E-01 | 6.4794E+01 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 5.7594E-02  | 4.7338E-03 | 5.9623E-01 | 1.2595E+02 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 6.4820E-02  | 5.3276E-03 | 6.8316E-01 | 1.2823E+02 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 6.1620E-02  | 5.0646E-03 | 4.3852E-01 | 8.6585E+01 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 5.5427E-02  | 4.5556E-03 | 2.9957E-01 | 6.5758E+01 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 5.8833E-02  | 4.8356E-03 | 2.9722E-01 | 6.1465E+01 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 5.3259E-02  | 4.3775E-03 | 4.8896E-01 | 1.1170E+02 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 4.9750E-02  | 4.0890E-03 | 2.2558E-01 | 5.5167E+01 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 4.9853E-02  | 4.0975E-03 | 3.7266E-01 | 9.0948E+01 |
|    | 高腐食性 | 30        | なし        | -        | 5.1711E-02  | 4.2502E-03 | 4.4820E-01 | 1.0545E+02 |

| 試験 | 試験溶液 | 期間<br>(日) | ベントナイトの有無 | 固液比(g/g) | 腐食速度 (mm/y) | 平均腐食深さ(mm) | 最大腐食深さ(mm) | 孔食係数       |
|----|------|-----------|-----------|----------|-------------|------------|------------|------------|
| 13 | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 9.0830E-03  | 7.4655E-04 | 2.4820E-02 | 3.3246E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.0425E-02  | 8.5683E-04 | 3.0140E-02 | 3.5176E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.0838E-02  | 8.9077E-04 | 4.9580E-02 | 5.5660E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.1354E-02  | 9.3318E-04 | 1.3840E-02 | 1.4831E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.0631E-02  | 8.7380E-04 | 3.1280E-02 | 3.5798E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.0425E-02  | 8.5683E-04 | 1.7070E-02 | 1.9922E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.0322E-02  | 8.4835E-04 | 3.0340E-02 | 3.5764E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.0838E-02  | 8.9077E-04 | 1.3020E-02 | 1.4617E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.1251E-02  | 9.2470E-04 | 1.4440E-02 | 1.5616E+01 |
|    | 低腐食性 | 30        | なし        | -        | 1.1560E-02  | 9.5015E-04 | 2.2590E-02 | 2.3775E+01 |

付録 3 腐食局在化評価試験極値統計解析結果  
( Gumbel 分布、実機最大腐食深さ推定結果 )

| 試験No. | 平均腐食深さ<br>(mm) | $\lambda$ | $\alpha$ | $\alpha/\lambda$ | 試験片面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 実機表面<br>積(cm <sup>2</sup> ) | 再帰期<br>間 | 信頼率  | 実機最頻値<br>(mm) | 実機最大値<br>(99%)(mm) | 孔食係数<br>(最頻値) | 孔食係数<br>(最大値) |
|-------|----------------|-----------|----------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| 1     | 6.005E-04      | 32.151    | 12.877   | 0.4005163        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.10984       | 0.16908            | 182.914       | 281.559       |
| 2     | 1.178E-03      | 26.120    | 8.518    | 0.3261114        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.00775       | 0.11669            | 6.583         | 99.100        |
| 3     | 4.929E-04      | 31.205    | 9.742    | 0.3121936        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.08998       | 0.13479            | 182.552       | 273.463       |
| 4     | 1.705E-02      | 116.914   | 16.403   | 0.1402999        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.21588       | 0.29134            | 12.663        | 17.090        |
| 5     | 1.500E-02      | 97.621    | 12.008   | 0.1230116        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.17007       | 0.22531            | 11.336        | 15.017        |
| 6     | 8.985E-04      | 19.511    | 6.524    | 0.334355         | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.05887       | 0.08888            | 65.520        | 98.923        |
| 7     | 1.115E-02      | 530.653   | 101.540  | 0.1913491        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 1.14329       | 1.61040            | 102.537       | 144.430       |
| 8     | 1.556E-02      | 102.568   | 10.045   | 0.0979387        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.16318       | 0.20939            | 10.488        | 13.458        |
| 9     | 6.907E-03      | 365.985   | 115.220  | 0.3148216        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 1.06119       | 1.59128            | 153.640       | 230.386       |
| 10    | 7.458E-04      | 34.577    | 11.047   | 0.3194865        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.10123       | 0.15205            | 135.731       | 203.872       |
| 11    | 1.048E-02      | 60.256    | 16.927   | 0.2809161        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.16238       | 0.24025            | 15.493        | 22.923        |
| 12    | 4.657E-03      | 349.120   | 121.380  | 0.3476742        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 1.08148       | 1.63987            | 232.227       | 352.129       |
| 13    | 8.773E-04      | 19.572    | 8.360    | 0.4271597        | 132                         | 55129                       | 417.644  | 0.99 | 0.07001       | 0.10847            | 79.806        | 123.645       |