沸騰塩化マグネシウム溶液中における応力腐食試験装置*¹M. A. Streicher*² & A. J. Sweet*²

概 要

ステンレス鋼および関連合金の応力腐食試験における割れ時間は塩化マグネシウム試験溶液の沸騰温度に依存する。40～46 wt % の範囲の MgCl_2 溶液からの水蒸気および凝縮物の少量の漏れが沸騰温度を急に増大させる。フラスコ、冷却器およびトラップの三つの部分から構成されている試験装置を水蒸気と凝縮物の漏れが無視できる程度にまで減ずるように設計した。この装置で塩化マグネシウム溶液の沸騰温度を一定に、たとえば $155 \pm 1^\circ\text{C}$ ($311 \pm 1.8^\circ\text{F}$) に 100 日またはそれ以上の期間保持できる。蒸気と凝縮物の漏れを減少させるための本装置はまた沸騰温度がこのような漏れによって著しく影響されるような他の溶液の場合にも有効であろう。1 l エルレンマイヤー試験フラスコ、冷却器および蒸気トラップに関して詳細な設計を示した。さらに、U 型曲げと曲げビームの 2 種類の応力腐食試片の寸法を 1 l 試験装置に合ったこれらの試片保持具と一緒に示した。

緒 言

塩化マグネシウム水溶液はオーステナイトまたはフェライトステンレス鋼ならびに関連のニッケル基合金の応力腐食割れ感受性を調べるために広く用いられている。

このような目的による沸騰の、濃い塩化マグネシウム溶液の使用は M. A. Scheil¹⁾ によって初めて提案され、さらに実験によって説明されてきた。それ以来、多数の研究者が $140 \sim 154^\circ\text{C}$ ($284 \sim 309^\circ\text{F}$) の範囲内の濃い沸騰溶液中における応力腐食割れ試験を行ってきた。最近の幾つかの研究²⁻⁴⁾ では、 $35 \sim 45\%$ ^{*)} の範囲内の塩化マグネシウムの濃度変化は沸点以下で一定温度に保持した溶液中での応力腐食割れ時間には比較的影響が少ないことを示した。しかしながらこの範囲内の塩化マグネシウムの濃度変化はこれらの溶液の沸点 [$126 \sim 155^\circ\text{C}$ ($258.8 \sim 311^\circ\text{F}$)] に著しく影響する。試験溶液のこの

ような温度変化が応力腐食割れ時間に大きな影響をもつ。 10°C (18°F) の温度上昇が割れ時間を 4 倍減ずることがオーステナイトステンレス鋼³⁻⁵⁾ についてわかった。このように、結果を比較する上からも、塩化マグネシウム溶液の沸騰温度を知っていることと、試験期間中に沸騰温度を調節することは不可欠である。

塩化マグネシウム溶液の沸騰温度に関するデータは最近 I. B. Casale⁶⁾ によって詳しく調査され補足されている。40 wt % MgCl_2 以上で沸点は濃度の増大とともに急増する (図 1 参照)。水 0.3 wt % の漏れは沸騰温度を 1°C 増加させる。それゆえ、試験期間中の温度上昇を防ぐために、装置は水蒸気または凝縮物の漏れをほとんどなくす必要がある。

図 1 濃度の関数として 1 気圧における塩化マグネシウム水溶液の沸点。

I. B. Casale のデータ⁶⁾。40～46 % MgCl_2 の範囲については、次の式が適用される：
 $t(^{\circ}\text{C}) = (3.51)(\text{wt}\% \text{MgCl}_2) \cdot 2.91$

腐食試験に一般に用いられているいくつかの凝縮系を蒸気漏れに関して評価してみた。たとえば沸騰 65 % 硝酸試験⁷⁾において広口の 1 l エルレンマイヤーフラスコ

*¹ 訳者：石原只雄（金属材料技術研究所）

*² Engineering Materials Laboratory, Engineering Dept., Experimental Station, E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc., Wilmington, Del. 19898
 (原文) Apparatus for Stress Corrosion Tests in Boiling Magnesium Chloride Solution, *Corrosion*, 25, No. 1, 1～6 (1969) Jan.

*³ 濃度はすべて MgCl_2 の重量%を指し、溶液を調製するのに用いた六水和物の濃度ではない。

に有効に利用されている指形冷却器は、45 wt % MgCl_2 の沸騰溶液 650 g について 24 時間内に 12°C (21.6°F) 上昇しただけであった。硫酸第二鉄—50 % 硫酸試験⁸⁾ (25 cm アリン氏冷却器を 45/50 すり 合せガラスジョイントで 1 l エルレンマイヤーフラスコに連結した) に推奨された装置による試験では、温度上昇はかなり小さくて平均 5°C (9°F) / 週であった。長い (30 cm) アリン氏冷却器または足手まといの 56 cm じや管 (グラハム氏冷却器) 冷却器を用いてこの温度上昇を減ずるよう試みたが、不十分であった。これらの冷却器のすべてが、ジョイントから離れて凝縮するように設計された“滴下チップ”を有する。

この研究の目的は最小限の注意と調節により、長期間にわたる試験条件を一定にするような装置ならびに試験法を開発することにあった。割れ時間に及ぼす温度の影響ならびに試験温度に及ぼす水蒸気の少量漏れの影響に関する上記の考察から、24 時間またはそれ以下の継続試験においてすら一定の試験条件が必要なことが明らかである。最小限の監視により試験条件を一定に維持するのは、厳密な使用環境に関して種々の金属ならびに合金の応力腐食割れ免疫性を示すのに必要とされる非常に長期間の試験 (2,400 時間まで) においては不可欠である。

アリン氏冷却器の変更

冷えた凝縮物^{*4} が冷却器 (図 2) の“滴下チップ”に集まって滴をつくり、 150°C 近くの濃い塩化マグネシウ

図 2 水蒸気漏れを防止するためのアリン氏冷却器の変更

*4 凝縮物はほとんど純水である。分析では 17 ppmMg, 175 ppmCl, pH=2.4 を示した。

*5 変更を加えたアリン氏冷却器はまた他の腐食試験、たとえば硫酸第二鉄—硫酸試験^{7,8)}にも適用できることがわかっている。“滴下チップ”のないものはこのむき出しになった管から全く価値のない、危険なチップを取り除く。

*6 E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc., Wilmington, Del. の商品名。

ムの沸騰溶液の中に飛び散るときに、水蒸気が十分に発生したら直ちに圧力の動揺を生ずる。それはこれらの試験で評価を行なったすべての冷却器頂部において検出できる (指形冷却器のある場合、冷却器とエルレンマイヤーフラスコとの間の液体による密封が破られる)。凝縮物の滴下による水蒸気の脈動的な発生を除くために、冷却ジョイントを有するアリン氏冷却器の底を図 2 に示すように設計しなおした。このような設計は凝縮物を液体膜としてエルレンマイヤーフラスコの壁へ有効に導く。その結果凝縮物は沸騰表面に様に流れて連続した膜の形で溶液に入るときに予熱される。

30 cm アリン氏冷却器の底のこのような変更が水蒸気の漏れならびにその結果起こる溶液の沸騰温度上昇をかなり減じた。“滴下チップ”を有する変更を加える前の冷却器で観察された約 5°C / 週の増加が、このような設計変更^{*5} によって平均 2°C / 週に維持された。

155°C 近くの沸騰溶液において変更を加えた冷却器を用いて数多くの試験を行なった結果、この平均 2°C / 週の増加は冷却器上部での連続した水蒸気の漏れおよび冷却器とフラスコとの間のすり合わせガラスジョイントでの凝縮物のいくつかの蒸発を除けば、小さいことがわかった。凝縮物は潤滑剤のないジョイントへ毛細管作用により上昇し、その結果ジョイントの上部には常に水分がいくらか存在する。変更を加えた冷却器からフラスコまでは潤滑剤が凝縮膜の流れと互に干渉するために、このジョイントには潤滑剤は使用できない。それらはまた試験溶液を汚染するが、ジョイントでの粘着防止は必要ではない。45/50 ジョイントにおけるテフロン^{*6} TFE—弗化炭素樹脂製スリーブは毛細管作用のために、二つの接触面を生じジョイントの冷却と互に干渉する。結果的には、このようなスリーブを用いると沸騰温度が急に上昇する。

すり合わせガラスジョイント上部からの凝縮物の蒸発は市販のアルミニウム箔でジョイントを包むことにより事実上防げる。1 mil 厚、 2×18 in の薄片でジョイントの周りを包み、フラスコと冷却器に押しつけると水蒸気が発生するジョイント上部を薄片が包むようになる。たとえこの薄片が蒸気を封じなくても、暖い空気の流れを十分に減じ、変更を加えた冷却器を備えたフラスコにおいて沸騰温度の上昇を平均 1°C / 週に減ずる。これの証明は以下に述べる冷却器トラップのある場合とない場合の 22 のフラスコでの試験において得られた。

冷却器トラップ

上記の変更を加えた冷却器ならびにアルミニウム箔の使用が、標準のアリン氏冷却器で観察された 45 % 塩化マグネシウム溶液の沸騰温度の連続的な上昇を平均 5°C / 週から 1°C / 週に減じた。冷却器頂部からの蒸気漏れ

の結果起こるこの残りの温度上昇を防ぐため、図3に示したようなトラップを設計した。

図3 水蒸気漏れを防止するための冷却器上部のトラップ

トラップはすり合わせガラスジョイントによって30cm アリン氏冷却器の頂部に連結し、示された水位で液をとめて満す。トラップ上方の貯水槽はフラスコ内で圧力増強があれば、その中に押し上げられるようにトラップ内のすべての液を入れるのに十分な大きさである。フラスコ内に圧力減少が起きた場合には、トラップ内の液で試験液が汚染されずに空気はトラップとフラスコに入る。トラップを30cm冷却器と1ℓエルレンマイヤーフラスコに使用するには、三つの部分から構成されている装置には支持物が必要ではない。

トラップ内の液に関しては、25 wt% MgCl_2 溶液が最も有効であることがわかった。その蒸気圧は純水のそれよりも低くて、熱板付近の周囲の室温で冷却器—フラスコ系の蒸気圧を有効に平衡させると思われる。一つのフード内において数多くのフラスコで試験を行なった場合にトラップ内の液温はフードの戸の位置に左右されて25~40°C (77~104°F) に変化した。低濃度の塩化マグネシウムまたは純水をトラップに用いるときに、塩化マグネシウム試験溶液の沸騰温度が徐々に低下する。これはトラップから溶液中への水蒸気の移行を示している。

変更を加えた30cm アリン氏冷却器および25 wt% MgCl_2 溶液を入れたトラップを用いて、45.0 wt% MgCl_2 溶液の沸騰温度を155±1°Cに100日またはそれ以上一定に維持できる*7。貯水槽を通して塩化マグネシウム溶液からいくらか水が蒸発するので、トラップ内の

塩化マグネシウム溶液に水を加えて調節する必要がある。圧力の脈動は、フラスコ内の急な圧力変動を吸収するために設計したトラップの容量以上の“滴下チップ”冷却器によって発生するので、トラップは変更を加えた冷却器において用いなければならない。

温度計

沸騰溶液の温度測定は溶液を調製したときに塩化マグネシウム濃度を測るのにもっとも簡単な方法である。試験期間中も温度計は試験温度を監視するのに必要である。フラスコに温度計を挿入するためにすり合わせガラスジョイントを使用すれば、蒸気漏れが徐々に起こり、熱いジョイントの部分において塩を蓄積する。この問題をさけるために、10/30すり合わせガラス 外部ジョイントにはゴム製のOリングシールをもつテフロン TFE—弗化炭素樹脂の温度計用アダプターを用いた。図4に示したような温度計用のすり合わせガラスジョイントをフラスコに設け、さらに図5の短い温度計をジョイントに配置する場合にはフラスコが占める以上の空間は熱板上には必要でない。

図4 変更を加えたエルレンマイヤーフラスコ (1000ml)

図5に示した温度計は濃い (38~50wt%) 塩化マグネシウム溶液の沸騰温度測定用に設計した。もし水銀中にあわがあれば、これらはドライアイスでガラス球の下方を注意深く冷却し、温度計を静かにたたいて取り除かねばならない。垂直位置に温度計を保持すればあわ発生を

図5 図4のフラスコに使用する温度計の設計

*7 標準の大気圧変化, 760±15mmHg, が沸点を±0.6°C 変化させる。

防げる。図5の100°Cのしるしは温度計を沸騰水中に浸漬して照合し正確を期してある。

応力腐食試験片および保持具

上記の装置に使用できる試験片の寸法は、1 l エルレンマイヤーフラスコのすり合わせガラスジョイントの40mm口径によって制限される。種々の形状の応力腐食試験片がこの装置で試験できる。U型曲げおよび曲げビーム試験片の寸法が、適当な保持具と一緒に図6と図7に示してある。0.366in 径の棒または心金の上で曲げてつくられるU型曲げ試験片は曲げている間に塑性変形を生ずる。この試験片の主な欠点は応力がわからないことである。これに対して、曲げビーム試験片はあまり屈曲しないで応力を付加でき、応力は図7に示したようにたわみ測定から計算できる。

図6 U型曲げ応力腐食割れ試験片と試験片保持具の寸法

U型曲げ試験片用の不導体のガラス保持具(図6)は試験片の浸漬と取り出し、または試験片をフラスコの加熱底から離すのに用いる。さらに凝縮内における試験をしたい場合には、沸騰溶液の上の蒸気一空間に試験片を保持するのに用いることができる。このような目的の場合には、支持物は上部の丸い横木につけられる。

異種金属間の電池作用による接触を避けるために、張力下のU型曲げ試験片を留めるボルト、ナットおよびワッシャーは試験片から絶縁しなければならない。このような目的にはテフロンが有効であることは知られている。テフロンは熱い塩化マグネシウム溶液に抵抗性がある。ボルト、ナットおよびワッシャーに関しては、固溶化一焼なまし状態の Hastelloy C⁸⁾ が推奨される。固溶化一焼なまし状態を確かめるには、硫酸第二鉄—硫酸試験⁹⁾ が適用される。図6の試験片の締め具は1/4 in 六角頭の機械

ボルトを1 1/8 in 長さに切断して使用すべきである。(市販材で最も近い寸法は1 1/2 in 長さあり、試験片に取りつけたときフラスコの口を通すのに合わないであろう)。

曲げビーム試験片および保持具の詳細を図7に示す。保持具の全体の機械加工を便利にし、さらに十分な耐食性をもたせるためには、インコネル 600⁹⁾ が推奨される。

- ①ボールベアリング：1/4"直径
- ②円筒：1/4"直径，5/8"長さ
- ③短冊状みぞ：1/4"×3/4"，1/8"深さ
- ④止めネジ：ベアリングとネジみぞとの間に球孔を有する1/2"長さ，1/2"直径

注：試験片と保持具との間の4接点すべてに薄いテフロン板を用いること

$$\delta = \frac{\sigma}{12Eh} (3l^2 - 4c^2) \quad (\text{単純曲げ方程式})$$

δ : たわみ, in

σ : 応力, psi

E : 弾性係数, psi

h : 試験片の厚み, in

c : 図参照, in

l : 図参照, in

図7 曲げビーム応力腐食割れ試験片と保持具の設計

Hastelloy C に関して上に述べたと同じように、この合金もまた固溶化一焼なまし状態で使用すべきである。

4個所の接点には、保持具から試験片を電氣的に絶縁するためにテフロン板を用いなければならない。試験期間中試験片を一様に加熱するため保持具はフラスコの底に置いたガラス棒の上におくようにする。

試験法

図8の装置を組立てる上で、潤滑剤はどのすり合わせガラスジョイントにも必要でない。塩化マグネシウムをフラスコに加える前にテフロンアダプターを通して温度計を挿入し、ガラス球をフラスコの底から約1/4in 離し

⁸⁾ Union Carbide Corp., Kokomo, Ind. の商品名

ておき、さらに蒸気漏れを防ぐために締めつける。

上に述べた*¹⁰ 塩化マグネシウムの沸騰温度に関する最近の研究では、ステンレス鋼および関連合金についての応力腐食割れ試験に $155.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (311.0°F) で沸騰する 45.0% MgCl_2 溶液をすゝめる結果になった*¹¹。1 l のエルレンマイヤーフラスコ内でU型曲げ試片(図6)の試験に用いる 45.0% MgCl_2 溶液を調製するため、試薬級の $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の結晶 600 g を温度計の入ったフラスコの中に秤量して入れて、蒸留水を 15 ml 加える。沸騰石の細片を 10~15 個加え、トラップのない変更を加えた冷却器を用いて熱板上に設置する。

図8 適所にU型曲げ試片を有する沸騰塩化マグネシウム中における応力腐食割れ試験用のガラス装置の組立て図

結晶はその後溶けて、溶けた液が沸騰してくる。凝縮によってフラスコの壁を完全にぬらすまでは冷却器からいくらか滴ることがある。液が盛んに沸騰してきて、凝縮

物の滴りがなくなれば、温度が 155.0°C に下がるように冷却器の頂部で蒸留水を徐々に加える (4~5 ml)。もし水を多量に加えすぎたら、冷却器を取りはずし 155.0°C になるまで蒸気を逃がしてやり、その後再び冷却器を取りつける。25wt% MgCl_2 (または 53.4% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 溶液でもって液水位までトラップを満たす。溶液が所定の温度で沸騰しはじめたら、試片を挿入し冷却器の上部にトラップを設置する。図8に示したようにすり合わせガラスジョイントの周囲および上部を約 1 ml 厚 (市販材)、 2×18 in のアルミニウム箔で包む。薄片は冷たいジョイントだけに限り、フラスコの熱い部分からは離しておく。フラスコ内の圧力変動が止むまで (約 5 分)、トラップは開いたままにしておく。栓がしてあるときには、フラスコ内の圧力またはフード内の雰囲気圧力変動の結果、トラップ内の液水準に微変動を生ずる。

個々の冷却器の冷却水の温度は 26°C (78.8°F) をこえてはならない。何個かの冷却器を直列につなぐときは、最後の冷却器の冷却水出口側の温度は 26.5°C (79.7°F) をこえてはならない。われわれの試験では、冷却水の温度は Wilmington, Delaware で 4°C から 28°C (39.2°F から 82.4°F) まで季節によって[変化した。冷却水の温度が 26°C をこえると沸騰温度は徐々に上昇する。

試薬級の塩化マグネシウムは吸湿性であるので、大気から保護すべきである。45 wt% の塩化マグネシウムの使い古しの液は冷却期間内に固まって、その後フラスコから溶かしにくくなるので、熱いうちに処置しなければならない。もし凝固した塩を再溶融するような場合には、固体表面下の融けた塩による圧力増強を防止するような注意を払わねばならぬ。

長時間の試験期間内に貯水槽から水が蒸発するために、トラップ内の液水位が徐々に下がることがあるかもしれない。この水位は7~14日目ごとに蒸留水を加えて水位のところまで持ってくるようにしなければならない。テフロン温度計アダプターもまた周期的に検査しなければならない。

結 論

1週間以内の試験の場合、または試験溶液に水を周期的に加える時には、冷却器トラップを用いる必要はないかも知れない。40~46 wt% MgCl_2 溶液の 600 g につき約 2 ml の水を加えると沸騰温度を 1°C 減ずる。

しかしながら、全体の蒸気漏れおよび沸騰温度を最小限の周期的な検査により、最大限に調節する長時間試験においては、トラップの使用が推奨される*¹¹。トラップはまた環境中に存在する蒸気による試験溶液の汚染を防ぎ、冷却水の温度が 26°C を越すときには温度上昇を最小に抑える。トラップへの水の添加は 1, 2週間内に都

*⁹ International Nickel Co., Huntington Alloy Products Division, Huntington, W. Va. の商品名

*¹⁰ これは多数の研究者が時々、42 wt%溶液の沸点であるという誤った仮定のもとで以前に用いていた 154°C に非常に近い。

*¹¹ 冷却器頂部の蒸気は酸である。トラップの使用は塩化マグネシウムの加水分解によって生成した塩酸の逸出を防ぐかまたはおくらせ、さらに溶液への空気(酸素)の増加を制限する。蒸気中に逸出するのを認めた最近の試験では加水分解によって生成した酸が応力腐食割れ時間に影響することを示す。割れ時間は、試片を浸漬する前に口の開いたビーカーにおいて溶液の沸騰を長引かすことで著しく増大する。これらの試験において沸点は水を時々加えることにより調節した。

合よく行なえる。これに反してトラップのない装置の試験溶液への添加は沸点が所定の値よりも 1°C 以上越えたらいつでも行なわねばならぬ。

覆いをしてあるジョイントとトラップを有する変更を加えた冷却器はまた大きな装置での水蒸気漏れを防止するのに有効である。71/60 すり合わせ—ガラス外部ジョイントをもった3 lの円筒形フラスコは図3に示したと同じ寸法の30cmアリン氏冷却器とトラップを備えている。その運転は上の1 l エルレンマイヤーフラスコについて報告したのと同じである。本報において記述した蒸気および凝縮物の漏れを減ずる方法はまた沸騰点がこのような漏れによって著しく影響されるような他の溶液についても有効かも知れない。

謝 辞

トラップに関しては G. W. Holtzlander 氏に、また曲げビーム試片保持具の設計については A. W. Dana 博士のご助力に感謝します。

文 献

- 1) M. A. Scheil: Symposium on Stress Corrosion Cracking of Metals, ASTM-AIME, Philadelphia, Pa.,

Std. Tech. Publ. No. 64, p. 395 (1945)

- 2) K. W. Keu & J. N. Helle: The Mechanism of Stress Corrosion of Austenitic Stainless Steels in Hot Aqueous Chloride Solutions, *Corrosion*, 14, 249t~54t (1958)
- 3) K. C. Thomas H. M. Ferrari & R. J. Allio: Stress Corrosion of Type 304 Stainless Steel In Chloride Environments, *Corrosion*, 20, 89t~92t (1964)
- 4) H. Kohl: *Werks. Korrr.*, 16, 364~67 (1965)
- 5) T. P. Hoar & J. G. Hines: *J. Iron & Steel Inst. (London)* 182, 124~43 (1956)
- 6) I. B. Casale: Boiling Temperatures of MgCl_2 Solutions—Their Application in Stress Corrosion Studies, *Corrosion*, 23, 314~17 (1967)
- 7) Recommended Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Stainless Steels, ASTM Designation A 262~64T in ASTM Standards, Part 3, Steel Sheet, Strip, Bar, Rod, Wire, Metallic-Coated Products, Revised Edition, February 1968, ASTM, Philadelphia, Pa.
- 8) M. A. Streicher: Relationship of Heat Treatment & Microstructure to Corrosion Resistance of Wrought Ni-Cr-Mo Alloys, *Corrosion*, 19, 272t~284t (1963)
- 9) H. Kohl: *Werks. Korrr.*, 19, 97~103 (1968)

学振腐蝕防止第97委員会会議（昭和44年5月29日）講演概要

溶接が腐食に及ぼす影響

（ステンレス鋼の場合）

日本冶金工業（株） 横田孝三

ステンレス鋼の場合、溶接構造部の腐食事例からみた溶接の腐食に及ぼす効果で最大のものは、応力腐食割れの問題である。

溶接部表面の残留応力は二次元的なもので、単軸応力の場合とは若干異なる。また、冷間加工と溶接の組合せは応力腐食割れ感受性を一段と高める。溶着金属、溶接部部に特有な組成金属組織上の変化は、応力腐食割れ感受性に対しても影響を与えている。

残留応力を熱処理または機械的に低下させることが、応力腐食割れ発生の防止に有効であるが、個々のケースによって、割れ発生の起点となる表面の局部的腐食を防止することも効果を発揮する。最近開発されたオーステナイトステンレス鋼では、ニッケル含有量の増加に頼らずに、塩化物による貫粒割れに対する抵抗性を高めるこ

とが可能であることを示している。

化学プラントの溶接に関する腐食問題

千代田化工建設 内藤勝之

化学プラントの溶接に関する腐食問題にはいろいろあるが、とくに次の点につき述べた。

- (1) 溶接時の高温割れ防止用に含まれている溶着部の δ フェライトと耐食性の関係。
- (2) 炭素鋼、Ni-Mo合金、Ni-Cr-Mo合金の溶接熱影響部に生ずる腐食および σ 系ステンレス鋼の応力除去焼鈍の条件と粒間腐食感受性。
- (3) エチレン製造、水蒸気接触改質装置などで使用される高温反応管の溶接部における残留スラグによる高温腐食。
- (4) 脱硫プラントにおける γ 系ステンレス鋼のポリチオン酸による応力腐食割れ。脱炭酸プラントに生ずる炭素鋼の弱アルカリ溶液による応力腐食割れ。