海水模擬環境下におけるキャビテーション エロージョン・コロージョン浸食の推定法

矢吹 彰広*, 松村 昌信

* 広島大学 大学院工学研究科

A Method for Predicting Cavitation Erosion-Corrosion Damage in Simulated Seawater

Akihiro Yabuki * and Masanobu Matsumura

* Graduate School of Engineering, Hiroshima University

The influence of corrosion on cavitation erosion of metallic materials, with emphasis on the behavior of the material surface during the incubation period in a corrosive environment was investigated. As expected, in the case of brass, the duration of the incubation period was reduced in the corrosive environment, but that for pure copper was prolonged. This can be explained by the tensile force caused by the adsorption of ions in the corrosive solution. The relationship between the increment of surface area and testing time during the incubation period, a key to predicting the duration of the incubation period as well as of damage rate thereafter, was moved parallel to the time axis, but maintained the same shape for each material tested independent of the environment. Polarization curves of each material under cavitation were measured and the corrosion rate was found to be accelerated by the solution agitating effect of cavitation. Thus it is confirmed that the duration of the incubation period of cavitation erosion-corrosion for a material can be determined by measurement of the increment of the surface area of the material, and the corrosion rate can be predicted from polarization curves, which can be measured under the condition of cavitation.

Key words : cavitation, erosion, erosion-corrosion, incubation period, surface roughness, damage prediction

1. 緒 言

キャビテーション エロージョンとは、局所的な沸騰現象によって発生した気泡が高压部で崩壊するときに生じる衝撃圧によって、材料表面部が機械的に損傷される現象である。金属材料のキャビテーション エロージョンの特徴は、材料表面が塑性変形するのみで脱離の生じない潜伏期間を経た後に、材料が脱離することである¹⁾。

潜伏期間の存在は、実機に用いる材料の選定においても、実機に用いられている材料の余寿命の推定においても重要な役割をなす。例えば、セラミック材料の中には構造用金属材料に比べて格段に優れた耐エロージョン性、すなわち低い損傷速度を呈するものがあるが、その損傷過程には潜伏期間がないので、損傷深さ(減肉深さ)は小さいとはいえ、運転開始直後から運転時間と共に直線的に増加する²⁾。これに対して、金属材料の損傷速度や潜伏期間は実機におけるキャビテーション強度(キャビテーション攻撃の強さ、具体的には衝撃圧の発生頻度分布)に依存するが、もしその条件下での潜伏期間が要求される寿命と比較できるほどのものであれば、加工性や原材料費を考慮すると、金属材料でも高価なセラミック材料に充分に対抗することが出来る。

また、余寿命の推定は損傷深さの推定にはほかならないが、いくら条件を変えて試験を行っても、実機におけるキャビテーション攻撃の強さが分からなければ、その場における材料の損傷速度は推定できない。しかし、現在

の技術では、実機の運転条件(流速や圧力)からキャビテーション強度を算出することは不可能であり、結局はその場の材料表面に発生した損傷のデータからキャビテーション強度を求め、それに基づいてその後の損傷の深さを推定せざるを得ない。損傷深さの推定では、このようなデータは運転開始後の出来るだけ早い時期に測定することが望ましいし、潜伏期間の長さを推定する場合は潜伏期間内でなければ意味がない。

先に著者らは、キャビテーション エロージョンの潜伏期間における、材料表面部の表面状態の変化を解析し、その結果に基づいて金属材料の潜伏期間の長さを推定する方法を提案した³⁾。すなわち、実機の潜伏期間を予測するには、Fig. 1 に示すように、まず加速試験によって当該の材料の表面積増分率 ΔS (キャビテーション攻撃によって材料の表面積がどれだけ増えたかを表す指標、後述の(2)式で定義される)と試験時間との関係および潜伏期間の長さ(同図■印)を得る。次にその材料で製作された実機の使用時間とそのときの表面積増分率(同図●印)を求めて、それが潜伏期間内の値であれば、加速試験で得られた線分を使用時間だけ平行に移動することによって実機における潜伏期間の終了時間を予測することができる。さらに詳細は省略するが、潜伏期間終了時の材料の表面積増分率 ΔS_i (同図破線)を用いることによって、材料脱離期間中の損傷深さの経時変化を予測する方法を提案した⁴⁾。

以上は純エロージョン条件、すなわち電気化学的腐食(コロージョン)の影響を無視できる場合の潜伏期間および損傷深さの推定法である。キャビテーション エロージョンが生じる環境が海水などの腐食性であると、金属材料は腐食の攻撃を同時に受ける。金属材料にエロージ

* 〒739-8527 広島市鏡山 1-4-1 (1-4-1, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8527 Japan)

Fig. 1 Prediction of incubation period.

ンとコロージョンが重畳して発生する場合は、それらが相互に他を加速するために材料が受ける被害はそれらが単独に作用して引き起こす被害を単純に加算したものよりも大きくなる場合が多い（キャビテーション エロージョン・コロージョン）。Fig. 1 に示したキャビテーション エロージョン潜伏期間の推定方法を腐食環境下でのキャビテーション エロージョン浸食へ適用するためには、腐食環境がキャビテーション エロージョンの潜伏期間にどのような影響を与えるか、また、キャビテーションが腐食に対してどのような影響を与えるかを検知することが必要である。

これまでの研究で著者らは、金属材料に生じる全浸食量 W_t は、両者の重畳下で生じたエロージョン成分 W_E' とコロージョン成分 W_C' との和であるという以下の概念式を提案した⁵⁾。

$$W_t = W_E' + W_C' \quad (1)$$

上式の内、 W_E' に関連して、エロージョンが受ける腐食の影響については、腐食によって形成されたピットが亀裂の起点となって、損傷が加速される場合⁵⁾ や、反対に環境中のイオンの吸着によって材料表面に引張力が働き、エロージョンが抑制されることがあること⁶⁾、その機構については引張力がキャビテーション攻撃による材料表面の塑性変形を引き起こす圧縮応力と相殺することを、有限要素法を用いて証明した⁷⁾。

腐食が受けるエロージョンの影響については、エロージョンによって材料が変形し、金属活性面が露出され、腐食反応が加速されることがあることや、逆に損傷によって表面に現れる結晶面によっては、腐食反応が遅くなる場合もあることを示した⁸⁾。

本研究では海水環境を模擬した 3% 食塩水中で、3 種の材料のキャビテーション エロージョン・コロージョン試験を行い、潜伏期間内の材料の浸食に対する腐食環境の影響を調べた。潜伏期間におけるエロージョンについては、材料の表面変形挙動の解析を行い、腐食環境がその変形挙動にどのような影響を及ぼすかを調べた。コロージョンについては、キャビテーション発生下での材料の分極曲線を測定し、キャビテーション攻撃の影響を検討した。さらに、これらの相互作用の原因について解析

し、実機におけるキャビテーション エロージョン・コロージョンの潜伏期間における損傷の推定法について考察した。

2. 試験装置および方法

キャビテーション エロージョン・コロージョン試験に用いた、対向型振動法試験装置を Fig. 2 に示す。ホーン先端に取り付けたステンレス鋼製の円盤状のダミー試片を、振動数 20 kHz、振幅 25 μm で振動させることによって、キャビテーションを発生させ、その下側にすき間 0.4 mm を隔てて静置した試片の表面に損傷を与えた。また、キャビテーション強度の影響を調べるため、振幅 10 μm でも試験を行った。本試験装置では、振動によるホーンの熱膨張によってすき間が変化するのを防ぐため、試験液に冷却水の役目を持たせ、ホーン中心部の孔の中を流量 0.4 L/min で循環させた。この条件でのノズル出口での平均流速は 3.3 m/s である。試験液には、導電率 1×10^{-5} S/m のイオン交換水 (DW) および 3% 食塩水 (3% NaCl) を用い、恒温槽で 40°C に保った。3% 食塩水には空気飽和を行った。

供試材にはそれ相当の海水耐食性を有する、Table 1 に示す純銅 (Cu)、黄銅 (Brass)、オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS316) の 3 種の材料を用いた。どの材料でも直径 16 mm の円盤状試片を用いた。

潜伏期間の決定については、これまで一般的に用いられてきた質量損失 vs. 時間関係の外に損傷深さ vs. 時間関係を用いた。損傷深さ d (μm) は、試片の表面形状を触

Fig. 2 Schematic diagram of a vibratory unit with a stationary specimen.

Table 1 Chemical composition and mechanical property of test materials.

Material	Chemical composition (%)	Hv (GPa)
Pure copper (Cu)	99.99Cu	1.07
Brass (Brass)	3.23Pb-0.23Sn-0.20Fe-59.2Cu-Zn	1.25
Stainless steel (SUS316)	0.08C-2.00Mn-1.00Mg-0.045P-0.03S-18.0Cr-14.0Ni-3.00Mo-Fe	2.10

Fig. 3 Set up for measurement of polarization curves under cavitation.

針式表面粗さ計（針先端半径 $5\mu\text{m}$ ）を用いて測定し、キャビテーション試験前と試験後の同一場所の深さ方向の差から算出した。損傷深さをを用いると、材料の局所的な損傷挙動を評価することができる。

潜伏期間中における表面変形挙動の評価には、緒言で述べた表面積増分率 ΔS (%) を用いた。試験前の表面における長さ L_0 および試験後のその長さ L_1 をコンピュータに取り込み、トレース距離 1mm について(2)式で算出した。

$$\Delta S = \frac{L_1^2 - L_0^2}{L_0^2} \times 100 \quad (2)$$

キャビテーション発生下の分極曲線の測定装置を Fig. 3 に示す。試験面以外の試片表面はマスキングテープで被覆した。対極には白金電極を、参照電極には飽和カロメル電極を用いた。試験液条件はエロージョン・コロージョン試験と同じである。試験液を 0.4L/min で循環し、キャビテーションを発生させ、腐食電位が安定した後に、定常分極曲線の測定を行い、潜伏期間内で完了した。キャビテーションを発生させない液静止下および流動下においても分極曲線を測定した。

3. 試験結果と考察

3.1 キャビテーション エロージョン・コロージョンの潜伏期間

Fig. 4 にイオン交換水 (DW)、3%食塩水中での3種の材料の損傷の最も激しい部分での損傷深さの経時変化を示す。但し、対向型振動法試験装置の振幅は $25\mu\text{m}$ であった。損傷深さと試験時間との間には、材料によって傾きが異なるが、既に一般に認められているように²⁾、直線関係が得られた。この直線と横軸とが交わる時の時間を潜伏期間と決定した³⁾。いずれの環境下の潜伏期間内においても塑性変形が生じるので、損傷深さの値は徐々に増加したが、この図における各環境、各材料の潜伏期間は質量損失より求めた潜伏期間（図省略）とほぼ一致した。

この図で注目すべきはイオン交換水および3%食塩水中における潜伏期間を比較すると、純銅においては腐食環境（3%食塩水）の方が損傷速度が低く、また潜伏期間が長くなったことである。一般に腐食環境では、エロージョンが加速されて、潜伏期間が短くなると予測されるが、純銅ではこの予想に反して、潜伏期間が長くなっ

Fig. 4 Relationships between testing time and maximum damage depth for three types of metallic materials in deionized water (DW) and 3% NaCl solution.

Fig. 5 Relationships between testing time and ΔS for three types of metallic materials in deionized water (DW) and 3% NaCl solution.

た。これは腐食環境ではエロージョン損傷が抑制されたことを意味している。これに対して黄銅での潜伏期間は予想通り短くなった。ステンレス鋼においては潜伏期間の長さに変化はなかった。

3.2 潜伏期間におけるエロージョン挙動

イオン交換水および3%食塩水中における潜伏期間での材料変形挙動を調べた。振動振幅 $25\mu\text{m}$ におけるイオン交換水、3%食塩水中での3種の材料の表面積増分率 ΔS の経時変化を Fig. 5 に示す。図中の■は損傷深さ d を用いて決定された潜伏期間の終了時間を示している。いずれの材料においても、3%食塩水中の ΔS vs. 時間関係はイオン交換水中におけるそれらと同様な形状となり、両者の相対的位置関係も潜伏期間の長さの場合 (Fig. 4) と一致した。

既に報告したように³⁾、潜伏期間中の表面積増分率 ΔS は、時間と共に増加し、約 0.2% に達すると、その傾きが上昇する。すなわち、この時点で ΔS vs. 時間関係は2つの期間に分けることができる。第1の期間では、材料表面に球面状のへこみが生じ、その数が時間と共に増加するので、直線の傾き、すなわち指数は材料に関係なく1である。従って、へこみの数の増加速度は、Fig. 5 の両

対数グラフ上でこの直線が左側に位置するほど高い。この位置は材料の硬さに依存する。 ΔS が約0.2%に達すると、第2期間に入る。この期間では、材料表面の塑性変形量が増大する。その速さは直線の傾き、すなわち、指数に比例する。通常、その値は1以上で、材料の加工硬化能の関数である³⁾。

以上の潜伏期間における金属材料表面の挙動を考慮に入れて、Fig. 5の ΔS vs. 時間関係を検討すると、純銅については2つの環境液中のそれらは時間軸に平行にずれていて、しかもイオン交換水中のそれが左側にある。第1期間で左にずれることは、上記のようにへこみの数の増加速度が高いことを意味しているのだから、この場合、3%食塩水中より、イオン交換水中の方の増加速度が高い、言い換えれば食塩水中ではへこみの増加が抑制されていることになる。次に、第2期間の直線を比較すると、両者は平行であるのでその傾きは同一である。上記に述べたように、第2期間における材料表面の塑性変形の速さはこの期間の直線の傾きに現れるのであるから、直線の傾きが同一であることは、この期間の材料表面挙動に環境の影響はないことを意味する。

黄銅の ΔS vs. 時間関係については、時間軸に平行にずれていることは純銅の場合と同じであるが、左右の位置関係は純銅の場合の逆である。従って、環境の影響は第2期間には現れず、第1期間のみに現れることは純銅の場合と同じであるが、黄銅では食塩水環境は、へこみの増加を促進している。ステンレス鋼については第1期間でも、第2期間でも食塩水環境の影響は現れていない。

3.3 潜伏期間における腐食挙動

3%食塩水中における試験液静止下、流動下およびキャビテーション下での、3種類の材料の分極曲線を測定した (Fig. 6)。それぞれの図には、キャビテーションエロージョン・コロージョン試験における潜伏期間での溶出速度 (試片減量から算出) から換算した腐食電流密度の値を■で示した。なお、ステンレス鋼の溶出は測定装置 (測定限界0.1 mg) では検出されなかったため、参考に0.1 mgの値を示した。

純銅においてはアノード分極曲線、カソード分極曲線とも液静止下<流動下<キャビテーション下、の順に電流密度が上昇した。カソード側の電流密度上昇は液流動およびキャビテーションによる溶液の攪拌作用による酸素の拡散促進によるためと考えられる。アノード側についてはカソード側ほどには上昇しなかったが、その順位は一致した。キャビテーション下での分極曲線を延長した線の交点と、潜伏期間における溶出速度から換算した腐食電流の値を比較すると、それらはほぼ一致した。

黄銅では純銅の場合と同様な挙動を示した。ステンレス鋼のカソード分極挙動は純銅、黄銅と同様な順となった。しかし、アノード分極曲線については、静止液中では電位0 mVあたりに不動態域が現れ、約250 mV以上では逆に電流が急激に上昇した。試験後の表面を観察すると、孔食が認められたので、これは孔食の発生によるものと思われる。流動下では分極曲線上には不動態域は現れず、また貴な電位においては液静止下よりも電流値が低くなったが、試片表面上には孔食の発生が認められた。キャビテーション下では、この貴な電位における電

流値が著しく低くなり、それに対応して試片上には孔食は現れなかった。しかし、自然電位付近でのアノードおよびカソードの分極挙動を見ると純銅や黄銅の場合と同じであり、自然状態ではキャビテーションは他の条件下より腐食を促進している。これらの結果によると、すべての材料においてキャビテーションは孔食以外の腐食を促進している。

4. エロージョンとコロージョンの相互作用

4.1 材料変形における腐食環境の作用

以上の試験結果を、緒言で述べたエロージョン・コロージョンの概念式である(1)式に基づいて整理すると、Fig. 4に示した各材料の3%食塩水中の損傷深さは、全浸食量の W_t であり、Fig. 5の ΔS は W_E' に、Fig. 6の腐食電流密度は W_C' に対応している。これらの3者を相互に比較すると、全浸食 (損傷深さ) の挙動はエロージョン成分の挙動に一致している。これは、エロージョン成分とコロージョン成分とを量的に比較するとエロージョン成分の方が圧倒的に大きいことを意味している。従って、この場合、キャビテーションエロージョン・コロージョン挙動を説明するためには、腐食環境による潜伏期間中の塑性変形の加速、減速の理由を明らかにする必要がある。

Fig. 6 Polarization curves in cavitation, flowing and static conditions for copper, brass and stainless steel.

Table 2 Intensity of tension exerted on the metal surface in deionized water (DW) and 3%NaCl solution.

Material	DW		3%NaCl		$\gamma_N \cos \theta_N$ - $\gamma_D \cos \theta_D$ (mN/m)
	θ_D	$\gamma_D \cos \theta_D$	θ_N	$\gamma_N \cos \theta_N$	
	(deg.)	(mN/m)	(deg.)	(mN/m)	
Pure copper (Cu)	72	21.3	48	48.1	26.8
Brass (Brass)	53	41.4	39	56.1	14.7
Stainless steel (SUS316)	68	25.8	46	50.1	24.3

Fig. 7 Diagram of the loading frame used.

る。

Fig. 5 では、純銅、黄銅の材料変形挙動は試験開始直後の第 1 期間で腐食環境の影響を受けていることが明らかになった。試験開始直後から材料表面に腐食ピットや皮膜が形成されたとは考えにくいので、この影響はイオンの吸着によって、材料表面に引張応力が作用して生じたものと推測される⁶⁾。そこで、Traube の液数計で測定した環境液の表面張力 γ (イオン交換水: $\gamma_D = 68.8$ mN/m, 3%食塩水: $\gamma_N = 72.2$ mN/m) と傾斜法を用いて測定した試片に対する環境液の接触角 θ から、材料表面に作用する界面張力 $\gamma \cos \theta$ を算出した (Table 2)。

この表によると、3%食塩水中ではイオン交換水中と比較してすべての材料で 14~27 mN/m もの大きい引張力が働いていることが確認される。特に純銅では材料の強さに対して、この差が最も大きい。そこで、Fig. 4 のエロージョンの増減がイオンの吸着による引張力によって生じたものであるかを確認するために、Fig. 7 に示すリング状引張枠を用いて、試片に荷重を掛け、引張応力を発生させてエロージョン試験を行った⁹⁾。

Fig. 8 に各材料において無負荷の場合と 40 MPa の引張応力をかけた場合の損傷深さの経時変化を示す。引張応力を負荷すると、潜伏期間は純銅では長く、黄銅では短くなり、ステンレス鋼では変化しなかった。この結果は 3%食塩水中での結果 (Fig. 4) と一致した。食塩水中での吸着による引張力の負荷と引張枠によるそれとでは材料内部における応力分布が異なることを考慮しても、Fig. 4 と Fig. 8 の挙動は互いに酷似しているので、環境液の潜伏期間への影響が材料表面に働く引張力に起因し

Fig. 8 Relationships between testing time and maximum damage depth for three types of metallic materials applied with tensile stress.

Fig. 9 Deformation of a material surface caused by cavitation attacks.

ていることは否定できない。

4.2 引張応力の作用機構

引張応力の作用がそれぞれの材料によって異なる理由は、キャビテーションによる材料表面積の増加が次の 2 段階からなっているためと思われる。まず、キャビテーションによって生じたマイクロジェットが材料表面に衝突すると、表面に垂直な方向に圧縮荷重が生じる。このとき材料表面に平行な引張応力が存在すると、深さ方向に圧縮ひずみが生じているため (ポアソン効果)、キャビテーションによる圧縮変形は促進される (Fig. 9 ①)。黄銅の表面積増分率が加速されたのは、この機構によるものと思われる。次に、マイクロジェットは表面に衝突した後に、周囲に向かって材料表面を高速で流れる。この摩擦力によって、材料表面部にはジェット衝突点から周囲に向かって押し広げられるようにせん断応力が生じる。このとき、材料表面に平行な方向に引張応力が存在すると、せん断ひずみは抑制される (Fig. 9 ②)。既往の研究では、純銅より弱いアルミニウムでは引張応力によって潜伏期間が 4 倍にも延長された⁹⁾ ことを考慮すると、アルミニウムや純銅などの降伏点の低い材料ほどこの効果の影響を受けやすいと思われる。この水平方向の抑制作用は有限要素法による数値計算の結果からも、確認されている⁷⁾。降伏点の高いステンレス鋼ではどちらの効果も現れなかったものと考えられる。

5. キャビテーション エロージョン・コロージョン 浸食の推定法

実機におけるキャビテーション強度は本試験機のそれより低いと思われる。そのため実機の構成材料に生じる

Fig. 10 Relationships between testing time and ΔS in various cavitation attacks.

全浸食に占めるコロージョン成分の割合は、試験機におけるそれより高いはずである。従って、実機の浸食挙動を推定するためには、キャビテーション強度が低い場合の腐食成分挙動、および腐食の影響が大きい場合のエロージョン成分挙動を考える必要がある。

まず、キャビテーション強度が低い場合の腐食成分挙動について検討すると、本試験で用いた材料では、すべての条件で液静止下と比べて、キャビテーションは腐食を加速した。従って、キャビテーション強度の低い実機での腐食成分は、本試験の液静止中の値とキャビテーション下での値の中間の値を示すであろう。そのときの腐食成分は実機、あるいは流動条件が同じ環境で分極曲線を測定することによりその概略値を求めることができる。

次に、腐食の寄与が大きくなった場合のエロージョン成分について検討すると、前節の考察から、キャビテーション強度が低い実機においても、腐食環境は潜伏期間の第一期間のみに作用すると思われる。これを確認するため、対向型振動法試験装置で振幅を $10\ \mu\text{m}$ にして、キャビテーション強度を低くした条件下で、3%食塩水中で黄銅の試験を行った。黄銅の表面積増分率 ΔS の経時変化を Fig. 10 に示す。同図には、以前行った2種の試験装置³⁾におけるキャビテーションエロージョン試験の結果を示している。キャビテーション強度が異なっても、 ΔS vs. 時間関係は全く同じ形になった。従って、実機に

おけるキャビテーションエロージョン・コロージョンの潜伏期間の長さはキャビテーション強度の高低に関係なく、従来の方法³⁾を用いて求めることができよう。

6. 結 言

3%食塩水中でキャビテーションエロージョン・コロージョンの損傷深さ、分極挙動、潜伏期間における材料の表面挙動を調べ、以下の結論を得た。

1) 腐食環境はキャビテーションエロージョンの潜伏期間の長さを増大させることや、減少させることがある。しかし、表面積増分率対時間の関係は時間軸に平行に移動するだけである。

2) キャビテーションは溶液の攪拌作用によって腐食速度を上昇させる。

3) 上記の1), 2)の結果と概念式(1)に基づくと、表面積増分率および分極曲線を測定することによって海水環境下におけるキャビテーションエロージョン・コロージョンの潜伏期間とその期間における腐食速度を予測することができる。

謝 辞

本研究の一部は財団法人 ソルト・サイエンス研究財団、助成番号 0214 によって実施された。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 松村昌信, 化学工学論文集, 2, 399 (1976).
- 2) K. Noishiki, A. Yabuki, M. Matsumura, H. Nagasaka and M. Miyasaka, *Zairyo-to-Kankyo*, **46**, 637 (1997).
- 3) K. Noishiki, A. Yabuki, K. Komori and M. Matsumura, *Zairyo-to-Kankyo*, **49**, 483 (2000).
- 4) A. Yabuki, K. Noishiki and M. Matsumura, *Zairyo-to-Kankyo*, **49**, 489 (2000).
- 5) M. Matsumura and Y. Oka, *Boshoku-Gijutsu* (presently *Zairyo-to-Kankyo*), **31**, 67 (1982).
- 6) M. Matsumura, A. Yabuki and S. Sanui, *Zairyo-to-Kankyo*, **40**, 814 (1991).
- 7) M. Matsumura, Y. Isomoto, A. Yabuki and S. Sanui, *Zairyo-to-Kankyo*, **40**, 821 (1991).
- 8) Y. Oka, M. Yamawaki and M. Matsumura, *Boshoku-Gijutsu* (presently *Zairyo-to-Kankyo*), **35**, 270 (1986).
- 9) M. Matsumura, S. Okumoto and Y. Saga, *Werks. und Korros.*, **30**, 492 (1979).

(Manuscript received July 10, 2003;
in final form September 10, 2003)

要 旨

金属材料のキャビテーションエロージョン、特に潜伏期間における材料表面の挙動におけるコロージョンの影響が腐食環境中で調べられた。予想通り、黄銅の場合、潜伏期間の長さは腐食環境中で短くなったが、純銅でのその長さは長くなった。これは環境液中のイオンの吸着によって生じた引張力によるものと説明される。潜伏期間の長さおよび損傷速度を予測する鍵となる潜伏期間における表面積増分率と試験時間の関係は時間軸に平行に移動したが、試験に用いたそれぞれの材料では環境に依存しないで同じ形状を示した。キャビテーション下での各材料の分極曲線を測定し、キャビテーションの溶液攪拌作用によって腐食速度が上昇することが分かった。このように、ある材料のキャビテーションエロージョン・コロージョンの潜伏期間の長さはその材料の表面積増分率の測定によって決定することができ、腐食速度はキャビテーション条件下で測定される分極曲線から推定できることが確認された。