Ti の 不 動 態 に つ い て*

下 瀬 高 明** 高 村 昭** 広 瀬 博 章**

On the Passivity of Titanium

Takaaki Shimose, Akira Takamura & Hiroaki Hirose

Passivation and activation of titanium in deaerated non-oxidizing acid solutions were studied in order to investigate on the passivity of titanium. Critical potential for passivity and Flade potential shift towards noble direction with increasing chloride and hydrogen ion concentration, thus passivation becoming difficult. The critical potentials are expressed as $E = E^0 + m \log [\text{Cl}^-] - n(RT/0.4343F)\text{pH}$, where R , the gas constant, T , absolute temperature, F , Faraday constant, E^0 and m are constants. The constant n varies from 0.9 to 3.0 with environmental conditions such as temperature and kind of anion. Such different pH dependence of the critical potentials is attributed to the presence of different equilibrium surface reactions

corresponding to passivation or activation for the respective corrosion conditions. The equilibrium reactions are considered to be

When the critical potentials expressed as equilibrium potentials of two former reactions, passivation or stability of passivity is affected directly by titanium ion. In such cases, as demonstrated for titanium-palladium alloy, corrosion resistance of titanium depends on the concentration of titanium ion in corrosive media.

1. 緒 言

Ti は耐食性がすぐれているため化学工業用耐食材料として広く使われるようになった。Ti の耐食性の特長はステンレス鋼などと同じく特に酸性腐食環境において耐食性がすぐれていることであり、これは Ti の不動態によるものと考えられている。

Ti は他金属に比べて不動態域が広くかつ不動態化しやすいことに関しては M. Stern と H. Wissenberg¹⁾ および W. R. Fischer²⁾ の研究等があり、またハロゲンイオンが存在するときの Ti の不動態の挙動に関しては森岡、梅園³⁾ ら多くの研究があるが、不動態化の機構については明らかでない。著者らは Ti の耐食性が Ti の腐食によって生じたきわめて微量の Ti イオンによって影響される場合があること⁴⁾ から Ti イオンが不動態化に際し重要な役割りを果たしているものと考え、この点について検討を行なうとともに、それにより Ti の耐食性の本質をさらに理解しようとした。

2. 供 試 材

試験に用いた Ti は現在工業的に使用されている厚さ 1 mm の純 Ti (KS 50) および Ti-Pd 合金の板材でありいずれも工場において冷間圧延後 700°C で真空焼鈍を施したものである。その化学的組成は表 1 に示す通りである。

表 1 供試材の化学的組成

供 試 材	化 学 的 組 成 (%)							
	C	Si	Fe	Pd	Ti	O ₂	H ₂	N ₂
工業用純チタン (KS 50)	0.02	0.05	0.05	—	Bal	0.04	0.005	0.006
Ti-Pd 合 金	0.014	0.008	0.051	0.128	Bal	0.068	0.0041	0.0049

3. 試 験 方 法

3-1 不動態化電位ならびに Flade 電位の測定

不動態化電位ならびに Flade 電位の測定においては、日亜計器 (株) 製ポテンシオスタット (増幅器入力抵抗 $10^7 \Omega$ 以上) を使用した。試料の表面積は 2 cm^2 とし、それ以外の面は弗素樹脂で完全に被覆し、10 vol % HNO_3 + 2 vol % HF 溶液中で 30 秒程度酸洗いを行なったものについて自然電位が大体一定となつてから 50 mV/min の速さで連続的に陽分極を行ない不動態化電位を求めた。なお図 1 に示すように対極は試料と同じ形の表面積 2 cm^2 の Ti 板とし、電位測定用の照合電極 (飽和カロメル電極) よりのガラス細管の先端は試料面より約 1 mm の距離に置き、簡単のため IR 降下ならびに温度および濃度差に基づく界面電位差は無視することとし、電位の表示は水素電極基準とした。また Flade 電位は自然電位よりポテンシオスタットを用いて瞬間的に常温の場合 +0.24 V, 沸騰温度の場合 +0.74 V まで分極させ、その電位に 10 分保った後電流回路を開き試料の電位変化を追跡する方法によって測定した。なお実験はいずれの

* 昭和 39 年 10 月 15 日 第 11 回腐食防食討論会 (仙台) において発表

** (株) 神戸製鋼所中央研究所 (神戸市葺合区協浜町 1 丁目 36-1)

図 1 分極測定装置

場合も溶存酸素の影響を除くため Ar 気流中で行なったが, Ar は酸素含有量が 0.5 ppm 以下であることを確かめて市販品を使用した。また用いた食塩, 硫酸および塩酸はいずれも市販特級品である。

3.2 腐食試験

溶存酸素および Ti イオンの影響を調べるため図 2 に示すように試験液を常に一定の割合で更新し, かつ液中

図 2 腐食試験装置

に Ar あるいは O_2 を吹込むことができるような装置を用いた。なお試験液より溶存酸素を完全に除去するため, 試験液タンク中の液はあらかじめ $65\sim 70^\circ C$ に加熱後 Na_2SO_3 300 mg/l を添加し約 4 時間 Ar を吹込みつつ放冷したのち使用した。腐食試験片としては表 1 に示す化学的組成を有する板材より $25\times 25\times 1$ mm の試験片を切り出し, 10 vol % HNO_3 + 2 vol % HF 溶液中で約 30 秒程度酸洗いを行なったものを用いた。

4. 試験結果

4.1 硫酸および塩酸溶液中における Ti の不動態化

図 3 に種々の濃度の硫酸沸騰溶液中における Ti の分極測定結果を示した。すなわち硫酸濃度が高いほど臨界不動態化電流密度は大きくなり, かつ不動態化電位 (E_P) は貴な方にずれる。また図 4 は同じく Flade 電位 (E_F) の測定結果であるが, この場合も Flade 電位は硫酸濃度が高いほど貴となっている。

E_P および E_F と pH の関係をまとめて表わすと図 5 のようになり, それぞれ $E_P = -0.180 - 0.140$ pH, $E_F = +0.050 - 0.220$ pH なる直線関係が存在することがわかる。図 5 において pH は $pH = -\log m\gamma$ なる式より計算によって求めたものである。ただし, m は水素イオンのモル濃度, γ は $25^\circ C$ における平均活量係数であり電気化学便覧⁵⁾の値を取った*。

また次のように常温の硫酸, 塩酸および塩酸沸騰溶液中においていずれの場合も E_P あるいは E_F と pH の間に直線関係が成立することが認められたが, 電位の pH 依存性を表わす係数としては腐食条件によって異なる値が得られた。

常温の硫酸溶液	$E_P = -0.215 - 0.050$ pH
"	$E_F = +0.045 - 0.130$ pH
常温の塩酸溶液	$E_P = -0.280 - 0.055$ pH
"	$E_F = -0.035 - 0.105$ pH
塩酸沸騰溶液	$E_P = -0.280 - 0.085$ pH
"	$E_F = -0.130 - 0.210$ pH

4.2 Ti の不動態化に及ぼす塩素イオンの影響

表 2 は $90^\circ C$ において塩酸濃度を 0.1 mol/l に一定とし食塩を添加することにより塩素イオン濃度を変えた場合の分極測定結果である。すなわち食塩を添加しない場合は活性を示さないが, 食塩を添加すると臨界不動態化電流密度は急激に増加し, 不動態化電位は貴な方向にずれる。不動態化電位 E_P を塩素イオン濃度の対数に対しプロットすると図 6 のようになり大体 $E_P = -0.380 + 0.085 \log [Cl^-]$ なる式で表わされる。また同じく $90^\circ C$ において食塩濃度 4.3 mol/l に一定とし塩酸を添加することによって溶液の pH を変えた場合にもやはり E_P

* 沸騰温度における平均活量係数の測定値がないので本報告の電位-pH 図における pH の値はすべて $25^\circ C$ における平均活量係数をもちいて得た値である。

図 3 硫酸沸騰溶液中における Ti の分極

図 4 硫酸沸騰溶液中における Flade 電位測定結果
(Ti^{3+} : 1×10^{-3} mol/l)

図 5 硫酸沸騰溶液中における Ti の不動態化電位
ならびに Flade 電位と pH の関係

図 6 不動態化電位 E_P と塩素イオン濃度の関係
(酸濃度: 0.1 mol/l, 90°C)

表 2 Ti の不動態化に及ぼす塩素イオン濃度の影響
(酸濃度: 0.1 mol/l-HCl, 90°C, 塩素イオンは食塩にて添加)

塩素イオン濃度		不動態化電位 E_P (V)	臨界不動態化電流 ($\mu A/cm^2$)
mol/l	log [Cl⁻]		
0.1	-1.0	—	—
1.0	0	-0.375	110~170
2.0	0.301	-0.355	360
3.0	0.477	-0.335	490
4.4	0.644	-0.315	400~550

と pH の間には $E_P = -0.194 - 0.122 \text{ pH}$ なる直線関係が成立する。

4.3 腐食試験結果

Ti および Ti-Pd 合金の不動態化に及ぼす溶存酸素および Ti イオンの影響を調べるため図 2 の装置を用いて試験を行なった結果を表 3 に示す。

すなわち、表中の No. 1~No. 3 よりわかるように純 Ti の腐食量は時間に比例して増えるが、Ti-Pd 合金では 8 時間以後は腐食がとまっている。No. 4 および No. 5 は液中に O_2 を吹き込んだ場合であるが、 O_2 吹込みによって Ti-Pd 合金の腐食量は減少している。No. 6 は Na_2SO_3 を添加し、Ar を吹き込むことによって注意深く溶存酸素を除いた場合であるが、純 Ti の腐食量はほとんど変わらないのに対して Ti-Pd 合金は相当増加している。さらに液を連続的に置換すると腐食量はさらに増加し、液置換速度 300 ml/min では Ti-Pd 合金の腐食量は純 Ti のそれと一致するようになる。次に試験液中に Ti^{3+} を濃度 10 ppm になるように添加すると腐食量は再び小さくなる (Ti^{3+} はあらかじめ Ti を Ar 気流中で約 5% の硫酸に溶解して Ti^{3+} 1,000 ppm 程度の母液を作り、これを試験液中に添加した)。

なお沸騰 5% H_2SO_4 溶液中における Ti-Pd 合金の自然電位の変化は図 7 に示すようであり、溶存酸素が存在する場合は直ちに不動態化しているが、溶存酸素がなく、かつ溶存 Ti^{3+} 量も少ない場合には自然電位は純 Ti の

表 3 沸騰 5% H₂SO₄ 溶液中における Ti および Ti-Pd 合金の耐食性に及ぼす溶存酸素および Ti³⁺ の影響

No.	ガス吹込みの有無	Na ₂ SO ₃ 添加量 (ppm)	試験液置換速度 (ml/min)	試験時間 (hr)	腐食率			
					Ti-Pd 合金		純 Ti	
					(mm/yr)	(mg)	(mm/yr)	(mg)
1	大気吹込み	0	0	1	8.4	(6.1)	32.3	(23.5)
2	大気吹込み	0	0	8	1.7	(9.4)	33.9	(190)
3	大気吹込み	0	0	100	0.14	(8.7)	29.6	(2,220)
4	O ₂ 吹込み	0	0	1	5.1	(3.8)	34.5	(25.3)
5	O ₂ 吹込み	0	300	1	5.9	(4.3)	—	—
6	Ar 吹込み	300	0	1	14.9	(10.7)	31.8	(23.1)
7	Ar 吹込み	300	150	1	24.3	(17.6)	31.0	(22.5)
8	Ar 吹込み	300	300	1	34.6	(24.8)	31.2	(22.8)
9	Ar 吹込み	300	300	1	12.9	(9.3)	(Ti ³⁺ 10 ppm 添加)	

表 4 種々の腐食環境における不動態化電位ならびに Flade 電位と溶液の pH の関係

試験液	酸濃度 (mol/l)	試験温度 (°C)	E	dE/dpH	n	対応する反応
H ₂ SO ₄	1~5	25	E _P	-0.050	0.9	$\begin{cases} 2\text{Ti}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Ti}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 4e \\ \text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 3e \end{cases}$
H ₂ SO ₄	1~5	25	E _F	-0.130	2.2	$\text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e$
H ₂ SO ₄	0.05~0.5	沸騰	E _P	-0.140	1.9	$2\text{Ti}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Ti}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2e$
H ₂ SO ₄	0.1~0.5 (Ti ³⁺ 1×10 ⁻³)	沸騰	E _F	-0.220	3.0	$\text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + e$
HCl	3~10	25	E _P	-0.055	0.9	$\begin{cases} 2\text{Ti}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Ti}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 4e \\ \text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 3e \end{cases}$
HCl	3~10	25	E _F	-0.105	1.8	$\text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e$
HCl	0.3~3	沸騰	E _P	-0.085	1.1	$\begin{cases} 2\text{Ti}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Ti}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 4e \\ \text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 3e \end{cases}$
HCl	0.3~3 (Ti ³⁺ 1×10 ⁻³)	沸騰	E _F	-0.210	2.8	$\text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + e$
43 mol/l NaCl+HCl	0.01~0.2	90	E _P	-0.122	1.7	$\text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e$

図 7 沸騰 5% H₂SO₄ 溶液中における Ti-Pd 合金の自然電位の時間的变化

不動態化電位と Flade 電位の中間の値となり不動態化は完全でない (図 5 参照)。

5. 考察

以上述べたように不動態化電位ならびに Flade 電位の pH 依存性は腐食条件によって異なるが、これをまとめて示すと表 4 のようになる。

このように多くの n の値があらわれる理由の説明としては次のように考えられる。すなわち腐食しつつある Ti の表面で起こっている反応を次のようにいくつかの段階に分けて考える。

陽極部

陰極部

- (1) $\text{Ti} = \text{Ti}^{3+} + e$ (7) $\text{H}^+ + e = 1/2\text{H}_2$
 (2) $\text{Ti}^+ = \text{Ti}^{2+} + e$

- (3) $\text{Ti}^{2+} = \text{Ti}^{3+} + e$
 (4) $\text{Ti}^{3+} + 3/2\text{H}_2\text{O} = 1/2\text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{H}^+$
 (5) $\text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e$
 (6) $\text{TiO}^{2+} + \text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 2\text{H}^+$

この場合陽極反応の結果生成する固相としては M. Pourbaix⁶⁾ らが与えている電位-pH 図を参考にして簡単のため Ti₂O₃ および TiO₂ のみであるとした。

まず陽分極により不動態化せしめた場合、上記 (1) なる反応が他に比べてきわめて遅いときは電極表面ではあたかも $\text{Ti}^+ + 3/2\text{H}_2\text{O} = 1/2\text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{H}^+ + 2e$ あるいは $\text{Ti}^+ + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 3e$ なる平衡があるような状態となり、これに対応する平衡電位があらわれ n の値は 3/2 あるいは 4/3 となることになる。また (2) の反応が律速である場合には同様に $\text{Ti}^{2+} + 3/2\text{H}_2\text{O} = 1/2\text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{H}^+ + e$ あるいは $\text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e$ に対応する平衡電位があらわれ n の値は 3 あるいは 2 となる。またこのような反応に対応する平衡電位は pH のみならず Ti イオンによって影響を受けることになるが、陽極部表面の Ti イオン濃度は不動態化電位 E_P における限界電流密度 i_0 の値に比例するはずであり、 i_0 と pH との間に一定の関係があれば pH のみによって定まる値となる。たとえば図 3 において大体 $i_0 \propto [\text{H}^+]$ なる関係が成立し、このような場合には上記の n の値は

それぞれ 1, 1, 2, 1.5 となるはずである。Flade 電位の場合は陽極反応のうちのいずれかの段階が律速であるときには上記の陽分極により不動態化せしめた場合と同じことになるが、もしも陰極反応が律速であれば平衡電位は $\text{Ti} + 3/2 \text{H}_2\text{O} = 1/2 \text{Ti}_2\text{O}_3 + 3\text{H}^+ + 3e$ あるいは $\text{Ti} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e$ に対応することになり n の値はいずれも 1 となる。

実験で得られた n の値に対応する平衡反応をこのように考えると表 4 の右欄のようになる。このような考え方がなり立つとすれば少なくとも Flade 電位は実際に pH のみならず Ti イオン濃度によって影響を受けるはずである。

図 8 に示すように 0.5 mol/l H_2SO_4 および 2 mol/l HCl 沸騰溶液中において不動態化電位は Ti^{3+} によってほとんど影響を受けないが、Flade 電位は Ti^{3+} 濃度が大きなるほど卑な値となり上述の予想と一致している。

図 8 0.5 mol/l H_2SO_4 および 2 mol/l HCl 沸騰溶液中における Ti の不動態化電位ならびに Flade 電位に及ぼす Ti^{3+} 濃度の影響

なお表 4 において H_2SO_4 および HCl 沸騰溶液中の E_F に関する不動態化反応として $\text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + e$ を考えると n の値は 4 となるはずであるが、実験値は 3 に近い値となり、上記の Ti^{3+} の影響に関する実験結果と矛盾するが、さきに述べたように沸騰温度における pH の値に疑問もありその理由は明らかでない。

また Ti-Pd 合金の 5% H_2SO_4 沸騰溶液中における不動態化に際してきわめて微量の Ti^{3+} および溶存酸素が大きい影響を及ぼすことは表 3 に示すとおりであり、この場合は不動態化に対応する反応としては

が考えられる。溶存酸素を除いた還元性酸溶液中の不動態化における Pd の役割りとしては合金表面に濃縮した

Pd の水素過電圧が小さいため合金自体の腐食電位を貴な方向に移動させ、これにより上記の不動態化反応を促進するものと考えられる。また酸素が溶存する場合は Pd 表面の酸素放電の過電圧が小さいため合金の腐食電位を貴な方向に移動させようとする傾向はさらに強くなり、合金の不動態化は一層容易となる。このように Ti-Pd 合金は溶存 Ti イオンおよび酸素が多量に存在するほど不動態化しやすくなり、その不動態は安定となるものと考えられる。

6. 総 括

(1) 溶存酸素を除いた還元性酸溶液中における Ti の不動態化電位ならびに Flade 電位は水素イオン濃度および塩素イオン濃度が大きなるほど貴な方向にずれるが、このため不動態域が狭くなり、かつ不動態化し難くなる。

(2) 水素イオン濃度 0.1 mol/l なる 90°C の NaCl 溶液中において Ti の不動態化電位 E_P と塩素イオン濃度の対数との間には $E_P = -0.380 + 0.085 \log [\text{Cl}^-]$ なる直線関係が成立する。

(3) 酸溶液中における Ti の不動態化電位あるいは Flade 電位 E と pH の間には

$$E = E^0 - n(RT/0.4343F) \text{ pH}$$

ただし R : ガス常数, F : Faraday 常数, T : 絶対温度, E^0 : 実験により得られる定数

なる直線関係が成立するが、 n は酸の種類あるいは温度等の腐食条件によって異なった値となる。

(4) 上記のように不動態化電位ならびに Flade 電位の pH 依存性が腐食条件によって異なるのは、不動態化ならびに活性化に対応する平衡反応が場合によって異なるためと考えられる。すなわち一般に不動態化電位ならびに Flade 電位は次の 4 式のうちのいずれかの平衡電位として表わされる。

(ただし a は 1, 2 または 3; b は 1 または 2)

不動態化電位あるいは Flade 電位が前の 2 式で表わされる場合には Ti の不動態化あるいは不動態の安定性は腐食によって生ずる Ti イオン自体によって影響を受けることになる。

(5) 5% H_2SO_4 沸騰溶液中における Ti-Pd 合金の不動態化に際してきわめて微量の Ti^{3+} および溶存酸素が大きい影響を及ぼすことがわかったが、これはこの合金においても (4) の考え方がなり立つことを示すものである。

(6) 溶存酸素を除いた還元性酸溶液中の不動態化における Pd の役割りとしては合金表面に濃縮した Pd の水素過電圧が小さいため合金自体の腐食電位を貴な方向に

移動させ、これにより $\text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ti}_2\text{O}_3 + 4\text{H}^+ + e$ のような不動態化反応を促進するものと考えられる。また酸素が溶存する場合は Pd 表面の酸素放電の過電圧が小さいため合金の腐食電位を貴な方向に移動させようとする傾向はさらに強くなり、合金の不動態化は一層容易となる。このように Ti-Pd 合金は溶存 Ti イオンおよび酸素が多量に存在するほど不動態化しやすくなり、その不動態は安定となるものと考えられる。

(昭和 39 年 12 月 8 日受理)

引用文献

- 1) M. Stern & H. Wissenberg: *J. Electrochem. Soc.*, **106**, 755 (1959)
- 2) W. R. Fischer: *Werkstoffe u. Korrosion*, **4**, 243 (1959)
- 3) 森岡, 梅園: 日本金属学会誌, **23**, 185 (1959)
- 4) 高村, 森, 瀬川, 坪井: 未発表
- 5) 電気化学協会編: “電気化学便覧” (丸善刊, 昭和 28 年) p. 126
- 6) J. Schmets & M. Pourbaix: “Equilibrium Potential-pH Diagram for the System Ti-H₂O” [Proceedings of the Sixth Meeting of the International Committee for Electrochemical Thermodynamics and Kinetics, Butterworths Scientific Publications, p. 167 (1955)]

技術トピック

腐食防食に関する教育のあり方

[F. L. LaQue: *Corrosion*, **20**, No. 7, 209 t (1964) より]

筆者は 1955 年に Chem. & Ind. 誌にこれと似た記述を行ったが、その時以来現在まで、ある統計では、腐食防食の分野で米国における教育面の拡充はなかったと考えている。一つには電気化学の分野における各方面の分科とこれが密接に関係づいているから統計にあらわれぬともいえる。大学では腐食防食における特殊コースは、必修課目というより選択課目であるようだ。筆者もかくあるべしと考える一人である。時には例外的ではあるが腐食問題を大学院コースで必修としている。それは卒業論文として腐食問題の一部を選んだためであろう。

学部程度では、工業的な学校で腐食分野の一部の学習を必修にしているものもある。少なくとも基礎科学の若干は腐食との関連が教育の過程で、基礎課題として存在すべきである。技術者が大学時代に腐食問題を解決できる知識を身につける必要はあるまい。しかし、腐食の専門家に正確に知らし得るだけの知識はもってもらいたい。

腐食技術者をこまらせるような問題はつねに設計に腐食の考慮をし、材質を選択すべきはずの他分野の技術者の失策から由来する。腐食問題が腐食技術者の前にあらわれたときは、時既におそしという場合がしばしば起っている。多くの技術者に多くの腐食知識を求めることにしないが、腐食の専門家の意見を聞く必要のあることは知っていただきたい。すべての技術者は腐食技術者を必要とするものであるという点は、教育によって知ってもらいたい。

筆者は大学学部で腐食専門課程が必要であるとは考えていない。その他の分野でもかなり問題とすべき点として、教育に代えて訓練と置きかえることの必要はない。大学の四五年の間は教育にささげるべきで訓練に費すべきでない。大学院であるいは工業界で訓練にはげむべきである。

生涯を防食技術者として過ごす人、もしくは他の技術者も基礎知識として何を要求されるかということ、それは数学、物理学、化学と多少の応用科学の基礎教育である。さらにいわゆる文芸と呼ばれるものに多くの関心をもつべきであろう。防食技術者としても人生を有意義にしなければならぬ。人と接しなければならぬ。科学に基礎を置く人間であると同時に経済の上にも立っている。

一方で大学卒業の技術者は専門のラベルが不要と考え、一方では腐食問題に多少の知識をもつべしという点に多少の矛盾を感じる者である。前言は現在に関連するもので後言は将来と関連する言であることを理解して欲しい。大学卒業生の専門化が解消すれば防食技術者も他の技術者と同じ教育を受けることになる。腐食に関する専門知識は選択課目と補助の勉強により得ることになる。他の分野の専門家は腐食について、基礎理論の実際応用の解説あるいは実物教育で得ることになる。

10 年前には大学教授は腐食の研究に興味をもつこと、現在以上である。これは腐食の研究では財政的な支持を得られないからである。

教育の基盤を拡大する研究は全教育課程の枢要の部分である。腐食の研究に関与することで有能な学生はこの問題に興味をつなぐ。したがってこの分野で、良い教育の素地のある人々を適当な程度に持つことができる。大学で腐食研究が強力に持続的に存在することが、腐食教育の重要な役割である。

以上の事実が NACE その他の機関で声を大にして叫ばれるゆえんで、そのために、腐食研究を大学で盛んにするためには資金の獲得という問題となる。

過去の腐食研究では海軍の研究所、国立科学財団といった役所に支持された。このような役所の支持は必ずしも期待できない。腐食研究会も補助的に資金を供給するが、これは限られている。NACE も腐食研究会もその源は工業界に存在する。国立厚生研究所と同じように国立防食研究所の設立の要望を科学アカデミーなどに諮問されているが、そのような所が大学の研究を十分に助成すべきだ。

(31 頁へ続く)