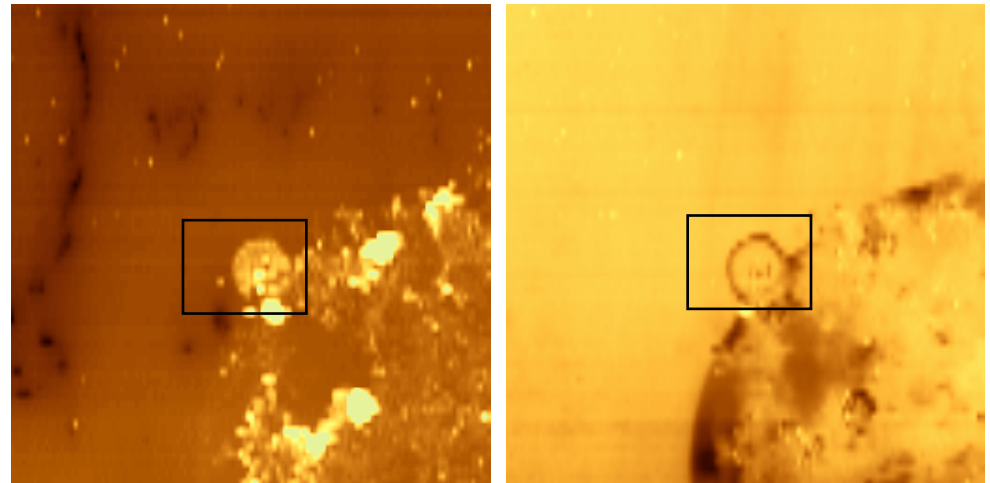
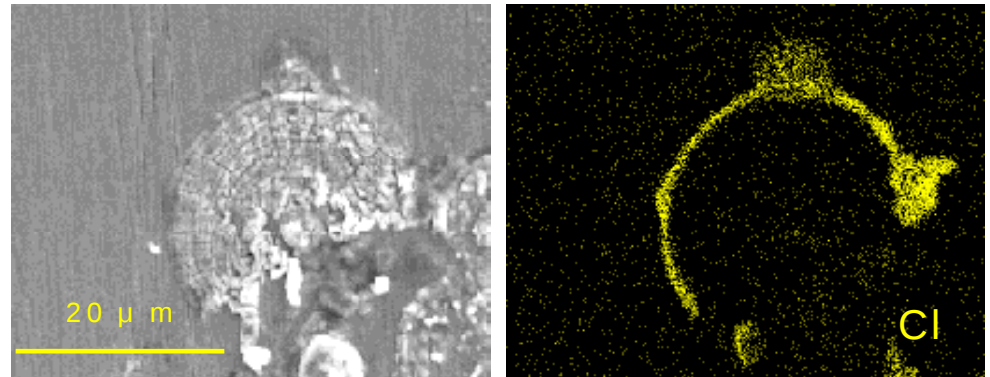


スーパーケルビンフォース顕微鏡による鉄鋼の大気腐食機構の解明

通常の原子間力顕微鏡が100 μm 程度の範囲しか観察できないという欠点を補うため、nmからcmの広範囲な形状及び表面電位分布測定が可能なスーパーケルビンフォース顕微鏡を開発した。そして鉄鋼材料の大気腐食のその場連続観察を行い、腐食部への塩素イオンの移動と形成された塩化鉄の潮解による水分の補給を繰り返しながら腐食が成長することを明らかにした。

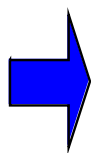


スーパーケルビンフォース顕微鏡による純鉄の大気腐食観察。左：形状、右：電位分布。腐食部の電位がより卑。



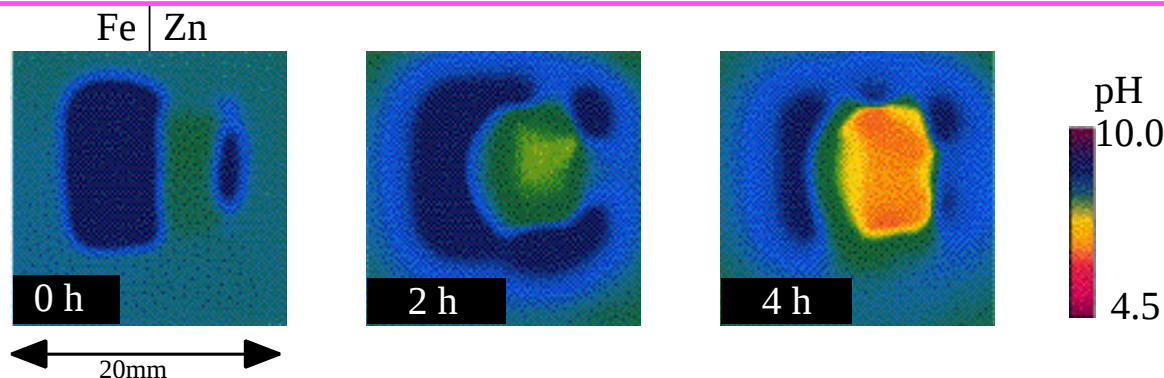
EDXイメージ分析による同一場所のほぼ同時刻の分析。腐食部に塩素イオンの濃縮が観察される。

鉄鋼材料の大気腐食機構の解明
(表面に関する情報が必要)



- ・表面電位分布 (KFM)
- ・表面形状 (AFM, CFLM . . .)
- ・表面pH分布 (光走査型化学顕微鏡)

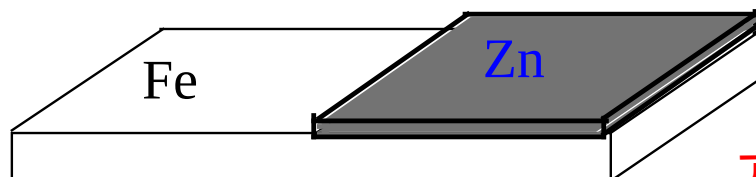
亜鉛めっき鋼板の大気腐食環境下における防食作用の検討 (表面pH分布測定)



鉄露出部 : アルカリ性 → 弱アルカリ性
亜鉛めっき部 : 中性 → 酸性

亜鉛めっき鋼板上のpH分布

表面pH分布により説明される防食メカニズム



Fe露出部

Znめっき部

アノード反応 : Zn

$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}$
加水分解

カソード反応 : $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 4\text{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$

腐食生成物 → 弱アルカリ性 : 防食作用

酸性

ステンレス鋼の微生物腐食発生機構の解明に成功

ステンレス鋼が自然海水中に置かれるとその自然電位は貴化し、これが局部腐食の原因となることがある。この電位貴化には、水中に存在した微生物の材料表面への付着が大きくかかわっていることが知られている。微生物の働きと電位貴化との因果関係についてはいくつかのモデルが提唱されているが、それらに確証を与えるような実験結果は、これまで得られていなかった。

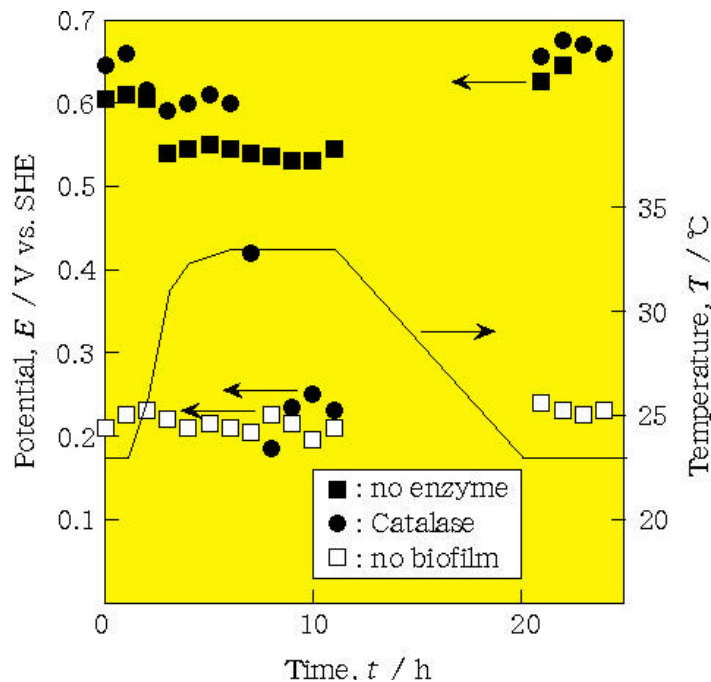


Fig.1 Effect of Catalase and varied temperature on open circuit potentials for Type 316L

海水に過酸化水素分解酵素である Catalase を添加し、酵素が活発に働く温度(33)にまで昇温すると、微生物の作用で貴化した電位は、微生物なしの電位と同じ値にまで低下した (Fig.1)。

酵素が働かない 23 では、生物皮膜 (表面に付着した微生物とその分泌物) 内には過酸化水素が存在する。33 では、酵素を加えた場合のみ過酸化水素は検出されなかった (Table 1)。

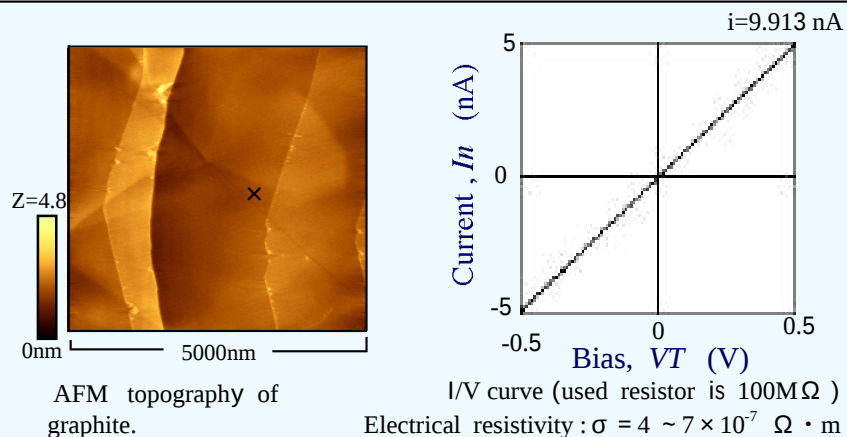
Table 1 Influence of enzymes and temperature on concentration of hydrogen peroxide in biofilms

Temp.	Enzyme	[H ₂ O ₂]
23°C	No enzyme	10 - 30 mg / dm ³
	Catalase	10 - 30 mg / dm ³
	Peroxidase	10 - 30 mg / dm ³
33°C	No enzyme	10 - 30 mg / dm ³
	Catalase	< 1 mg / dm ³
	Peroxidase	< 1 mg / dm ³
23°C	No enzyme	10 - 30 mg / dm ³
	Catalase	10 - 30 mg / dm ³
	Peroxidase	10 - 30 mg / dm ³

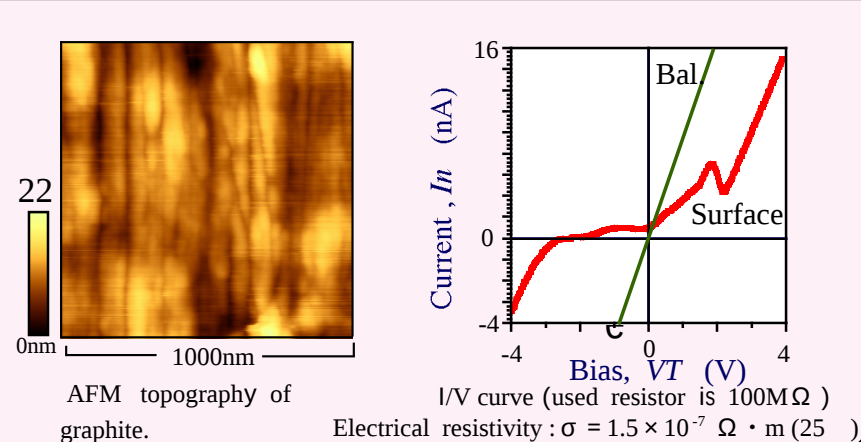
したがって、微生物による電位貴化が「酵素 + 33 」の条件で消失したのは、過酸化水素が消失したためであることがわかる。すなわち、微生物による電位貴化は過酸化水素を仲介として引き起こされることが判明し、ステンレス鋼の耐微生物腐食性を向上させるには、過酸化水素への対策が有であることを示唆することができた。

SPMを用いた金属の表面皮膜の電気抵抗測定

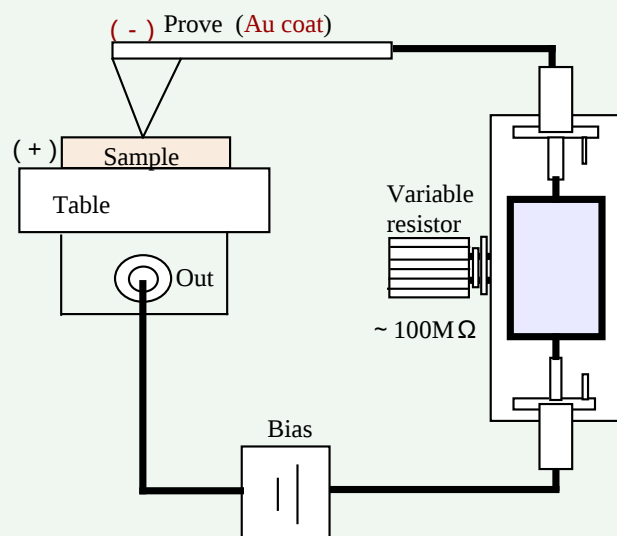
電流と電圧の関係は、原子間力における接触に於いても、オームの法則に従う（グラファイトの実験結果から）



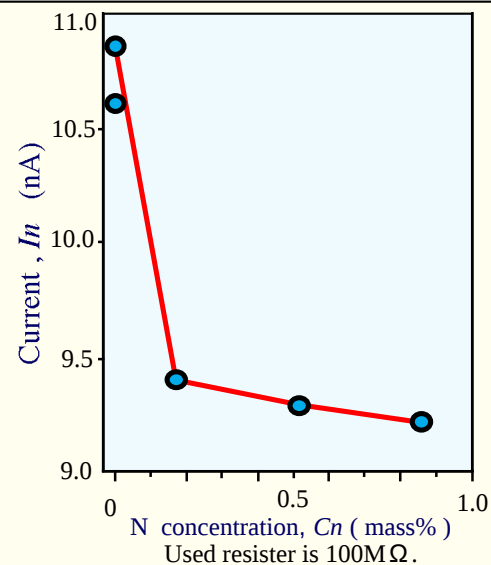
純Crの電流 / 電圧曲線をみると、表面では電圧のプラス側とマイナス側で非対称な整流曲線を示す。



AFMによる電流 / 電圧曲線の測定システム



N添加量と電流値との関係（-2V, SUS316ステンレス鋼）



Nを添加することにより表面の電流は減少する傾向を示すことから、不動態皮膜の抵抗が増加すると考えられる。

この手法は材料固有の表面特性を評価でき、耐食性や孔食性との評価にも適用できる可能性がある。