

# 해수중 유속이 알루미늄 희생양극에 미치는 전기화학적 특성에 관한 연구

김 도 형<sup>1)</sup>, 김 기 준<sup>2)</sup>

## A Study on the Electrochemical Characteristics of Aluminum Sacrificial Anode due to Flow Rate in Sea Water

Do-Hyung Kim, Ki-Joon Kim

### Abstract

Steel is mostly used material in the construction of marine piers and marine structures and it is always exposed to a hostile marine environment. Therefore, it should be protected with appropriate protecting techniques. One of the most useful and effective protecting methods is cathodic protection which has been widely adopted in marine and soil environments. Especially, sacrificial anode method is popularly applied to protect the steel piles of marine piers, various industrial structures and other hostile offshore structures against corrosion. Recently, it was reported that the life of Al sacrificial anode which has been used in port piers, has been significantly shortened, compared with the original design life (e.g. average life shortened from 20 years to 13~15 year)

Therefore, the analysis of causes and the various countermeasures for the shortening and extraordinary reduction of Al sacrificial anode are needed.

In this study, the electrochemical characteristics of Al sacrificial anode have been investigated in terms of sea water velocity (0.7, 1.6, 2.6, 3.4 and 5.9 m/s) and current density. (0, 0.01, 0.5, 1, 2 and 3 mA/Cm<sup>2</sup>)

1) 한국해양대학교 기관공학과 석사과정 부식·방식공학 전공

2) 한국해양대학교 기관공학과 교수

## 1. 서론

선박, 항만 및 해양구조물, 지하매설물, 각종 기계류 등 금속을 사용하는 대부분의 분야에서 부식은 발생하며, 그 밖의 분야에도 정도의 차이는 있지만 부식으로 인한 직·간접 영향을 받지 않는 경우를 거의 찾아보기 어렵다.<sup>(1)</sup>

해수중 철강의 방식(Corrosion control)에는 피복(Coating)과 함께 전기화학적방식법으로 잘 알려진 음극방식법(Cathodic protection method)이 널리 사용되고 있다. 이를 세분하면, 외부로부터 방식전류를 통전시켜 공급하는 외부전원법(Impressed current method)과 부식성이 상대적으로 높은 금속을 연결하여 철강대신 희생시킴으로써 방식하는 희생양극법(Sacrificial anode method)이 있다. 이 중 희생양극법은 방식시설이 간단하고 사용상 위험이 적기 때문에 전원을 얻기 어려운 장소나 소형시설 등에 유리하여 지금까지 선박이나 해양, 연안구조물 등에 많이 이용되어 왔다. Fig. 1은 대표적인 항만구조물중 대표적으로 항만부두를 나타내고 있으며, 이 방식법에 사용되는 희생양극으로는 아연과 알루미늄합금<sup>(2)-(4)</sup>이 주를 이루고 있는데, 이들 양극은 희생양극으로서의 적절한 성능을 갖추어야 한다. 최근 국내 항만의 방식실태 조사 결과<sup>(5)</sup>에 의하면, 희생양극으로 사용된 알루미늄 합금양극이 설계시의 예상수명(10년 또는 20년형)보다 현저히 단축되는 이상현상이 보고되고 있으나, 아직도 이에 대한 원인이 상세히 밝혀져 있지 못한 상태이다.

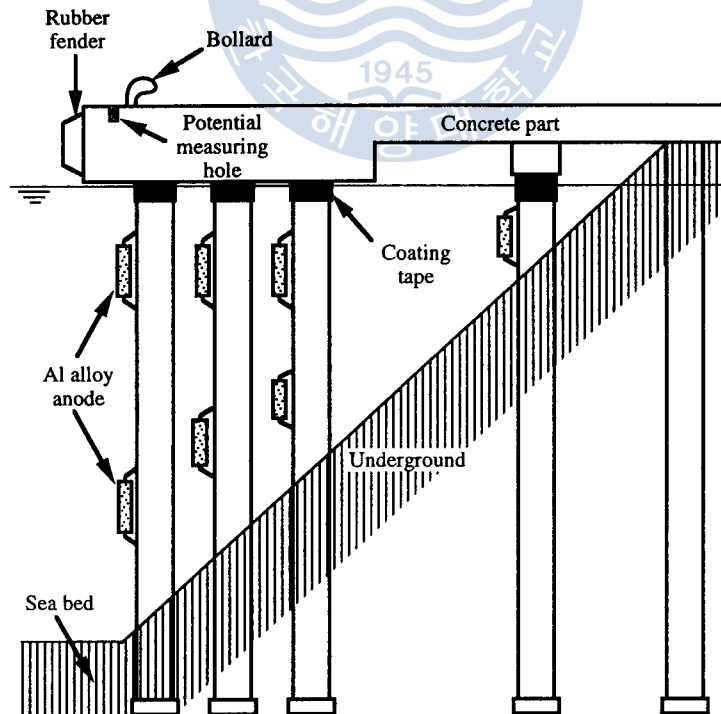


Fig. 1 Diagram of corrosion protection for steel pile pier

본 연구에서는 희생양극으로 사용한 Al합금의 이상소모현상에 대해서 양극재질상의 문제는 물론, 해양의 여러 가지 환경인자 중 하나인 간만의 차 또는 부두의 지리적 형상으로 발생할 수 있는 유속의 영향을 중심으로 Al합금 양극의 침식량(부식속도)과 전류효율 등의 관계를 구하였다. 또한, SEM 및 EDS 등에 의한 미시적 관찰을 통해서 그 이상소모현상의 메카니즘에 대한 해명을 제시하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

Fig. 2는 해수순환장치를 나타내고 있다. 순환수펌프(IHP용)를 이용하여 해수를 순환시켰고, 음극으로 작용하는 강제과이프는 일반 탄소강을 사용하였으며, 유속을 변화시키기 위하여 5개의 직경이 다른 파이프(2.8, 3.7, 4.3, 5.4 및 8.2Cm)를 길이 34Cm정도가 되도록 연결하였다. 시험액은 천연해수(한국해양대학교 대양쪽 해수 pH:약 8.0)를 사용하였으며, 매시험마다 새로운 해수로 교환하였다. 시험조는 약 400 Liter 용량의 플라스틱탱크를 사용하였으며, 유량계로는 일반수도용 계량기(Model: MW Type, 익차형)를 사용하였다. 1회

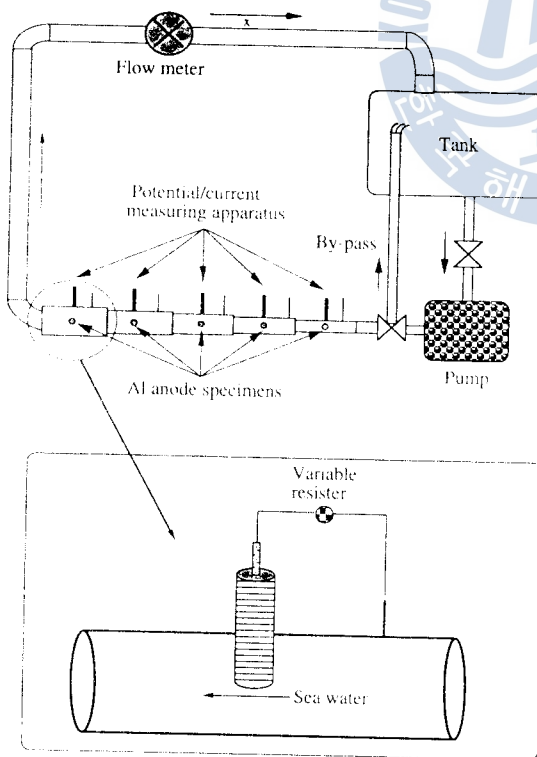


Fig. 2 Sea water circulating system for flow test

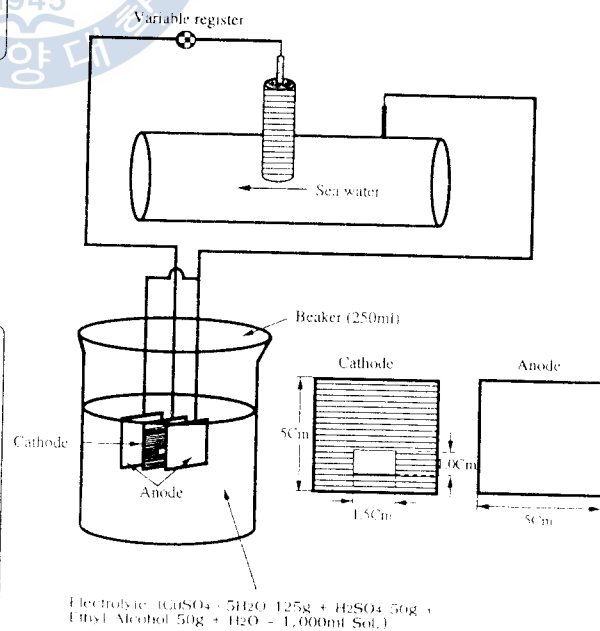


Fig. 3 Details of copper electrometer

시험기간은 대략 10일정도였으며, 이 기간중 해수온도는 대기온도에 따라 변동이 있었으나 약 20℃~30℃ 정도로 유지되었다. Fig. 3은 전류효율 산출을 위해 사용한 동전량계의 개요도이다. 시험기간중 Al합금 양극에 흐르는 전류량을 구하기 위해서 Al합금 양극과 강 파이프 (음극) 사이에 동전량계를 직렬로 연결하였다. 5Cm×5Cm의 고순도 동판을 사용하여 양극과 음극을 만들었으며, 양극판은 음극판의 양쪽에 배치하였으며, 음극판은 3.0 Cm<sup>2</sup>(한쪽면 1.5×1.0 Cm)만 남기고 나머지 면을 절연테이프로 피복절연하였다. 그리고, 양극(Al합금)과 음극(강파이프) 사이에 직렬로 가변저항기(1MΩ)를 연결하여 시험기간중 일정한 방식전류가 유지되도록 하였다. 기준전극은 염화은전극(Silver-Silver Chloride, Ag/AgCl<sub>2</sub>, 이하 SSCE)을 사용하였고, 측량용 저울로는 0.0001g까지 측정 가능한 전자저울(Electronic Balance, ER-182A, A&D사)을 사용하여 시험전 후의 무게를 계량하였다.

## 2.2 실험방법

해수순환장치를 이용하여 5단계 유속(약 1~6 m/s)을 정하여 유속 및 방식전류밀도(0~3 mA/Cm<sup>2</sup>) 변화에 따른 Al합금 양극의 전기화학적 특성 및 성능에 미치는 영향을 조사하였으며, 시험전 후의 양극시편무게를 측정하여 유속 및 시간에 따른 양극소모율과 전류효율을 구하였다.

양극의 성능시험<sup>(6),(7)</sup>은 일본 학술진흥회(JSCE) 및 미국부식엔지니어협회(NACE)<sup>(8)</sup>의 유전양극법에 준하여 실시하였으며, 시험기간(10일) 동안 일정한 유속과 전류밀도를 유지하였다.

각각의 시험내용을 구체적으로 살펴보면, 유속 및 전류밀도 변화에 따른 Al합금 양극 침식량시험, 전류효율시험, Al합금 양극 표면상태 분석 및 SEM·EDS에 의한 미시적 관찰이었다. Al양극의 침식량(부식속도)시험은 5단계 유속(0.7, 1.6, 2.5, 3.4 및 5.9 m/s)에서 방식전류밀도 0, 0.01, 0.5, 1, 2 및 3 mA/Cm<sup>2</sup>로 각각 10일(240시간)간씩 실시하였다. 양극(Al합금 양극)과 음극(강파이프) 사이에 가변저항(1MΩ)을 설치하여 상기의 일정 공급전류밀도를 유지하도록 조정하였고, 시험기간 동안 일정시간(1일2회) 간격으로 전위차계(Fluke 87)를 이용하여 전위변화를 측정하였으며, 최종적으로 표면 용해상태를 관찰하였다. 유속과 방식(공급)전류밀도에 따른 Al양극의 전류효율을 구하기 위한 시험으로 각 전류밀도(0.01, 0.5, 1, 2 및 3 mA/Cm<sup>2</sup>)에서 각 속도별(0.7, 1.6, 2.5, 3.4 및 5.9 m/s)로 전류효율에 미치는 특성을 조사하였다. 그리고, 10일간 각 방식전류 및 유속별 부식(용해)시험후 Al양극의 표면상태를 확인하였으며, SEM 및 EDS에 의한 미시적 관찰을 통해서 Al합금 양극의 이상소모현상의 메카니즘에 대한 해명을 제시하였다.

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1 전위측정결과

Fig. 4는 10일(24시간)동안  $0.01 \text{ mA/Cm}^2$ 의 방사전류밀도에서 5가지 유속 범위에 대해서 측정한 Al양극의 분극전위 그래프이다. 통전 초기 전위는 유속에 따라  $-1.123\text{mV} \sim -1.025\text{mV}$ (Silver Silver Chloride Electrode 기준, 이하 SSCE)까지 넓은 범위에 걸쳐 나타났으며, 초기의 가장 귀한 전위( $3.4 \text{ m/s}$ )와 가장 활성적인 전위( $0.7 \text{ m/s}$ )차는 약  $100\text{mV}$ 였고, 대체적으로 빠른 유속( $3.4 \text{ m/s}$  및  $5.9 \text{ m/s}$ )에서 높은 전위값을 보였다. 통전 초기에 양극의 분극전위 변화가 비교적 크게 나타났는데, 이것은 통전으로 인하여 양극의 용해가 시작되면서 이미 형성되어 있던 산화피막이 제거되기 때문으로 생각된다. 전 유속에 대해 대략 5일이 경과하면서 전위값이 거의 일정하게 되었으며, 가장 귀한 전위( $5.9 \text{ m/s} : -1.106 \text{ mV}$ )와 가장 활성인 전위( $0.7 \text{ m/s} : -1.128 \text{ mV}$ )값의 차이가  $22\text{mV}$ 로 전 유속에 걸쳐 비슷한 경향을 보였다.

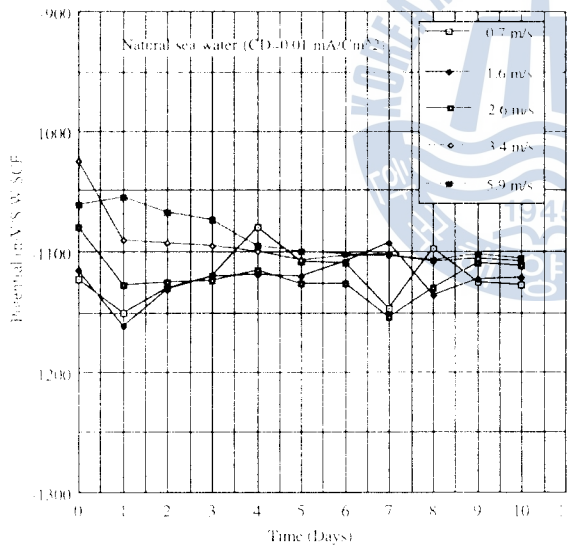


Fig. 4 Potential variation of Al sacrificial anodes for 10 days at  $CD=0.01\text{mA}\cdot\text{Cm}^{-2}$

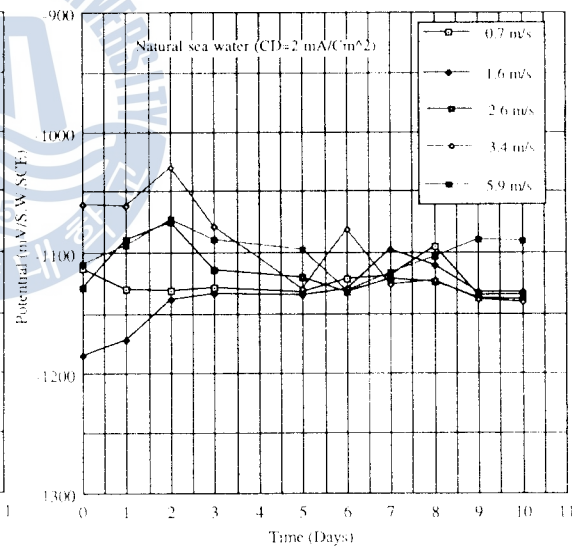


Fig. 5 Potential variation of Al sacrificial anodes for 10 days at  $CD=0.5\text{mA}\cdot\text{Cm}^{-2}$

Fig. 5는 전류밀도가  $2.0 \text{ mA/Cm}^2$ 에서의 10일간 전위변화 그래프이다. 시험 초기에는 유속간 약  $120\text{mV}$ 의 차를 보였으며, 계속하여 큰 폭의 변화를 하던 전위가 7일째부터 전체적으로 안정을 찾아가는 경향을 보였으며, 10일 경에는 최고유속  $5.9 \text{ m/s}$ 에서의 전위를 제외한 4개의 유속에서 거의 일정한

전위값을 나타내었다. 이와같이 유속 및 방식전류밀도 변화에 따른 전위시험은 고 유속에서 약간 귀한 전위를, 유속이 낮아질수록 약간 저 전위를 나타냈으나 그 차가 미소하였으며, 시험초기의 불안정했던 Al양극의 표면이 시간경과에 따라 전기화학적으로 안정을 찾아가기 때문에 전위변화가 일정한 값으로 수렴하고 있는 것으로 생각되어진다.

### 3.2 전류밀도 변화에 의한 부식(용해)시험 결과

Fig. 6은 전류밀도 0, 0.01 및 0.5 mA/Cm<sup>2</sup>에서 10일(240시간)간 각 유속별 중량감소에 의해 결정된 부식속도(mm/yr)를 비교한 그래프이다. 상대적으로 낮은 유속(0~2.5 m/s) 부근에서는 완만한 부식속도의 증가를 보였으나, 유속이 약 2.5 m/s 이상에서 부식속도가 급격히 증가되었으며, 최고 유속인 약 6 m/s에서는 18 mm/yr의 높은 부식속도를 보였다. 이것은 낮은 유속에서 Al양극의 부식속도에 미치는 유속의 영향이 상대적으로 적으나, 고 유속이 되면서 침식이 증가하여 전류밀도에 의한 전기화학적 영향보다는 유속에 의한 기계적 침식 영향이 상대적으로 커짐을 알 수 있었다.

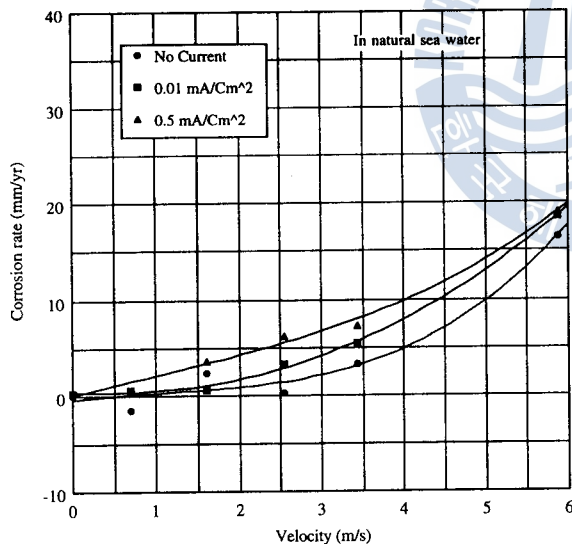


Fig. 6 Corrosion rates determined by weight loss as a function of velocity at relatively low current density(0, 0.01 and 0.5 mA/Cm<sup>2</sup>)

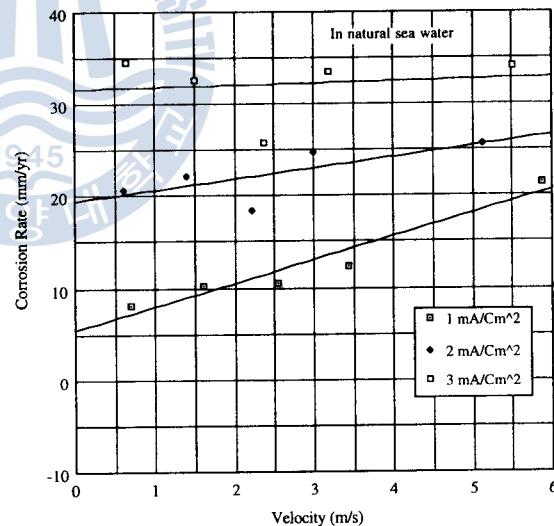


Fig. 7 Corrosion rates determined by weight loss as a function of velocity at relatively high current density(1, 2 and 3 mA/Cm<sup>2</sup>)

Fig. 7은 전류밀도가 1, 2 및 3 mA/Cm<sup>2</sup> 일때 각 유속별 부식속도를 나타낸 그래프이다. 전류밀도가 증가함에 따라 부식속도가 유속변화에 관계없이



현저히 증가하였으나 유속에 의한 부식속도의 증가분은 전류밀도가 높아질수록 둔화되는 경향을 보였으며, 전류밀도가  $3 \text{ mA/Cm}^2$ 에서는 부식속도가 유속에 관계없이 거의 일정하였다. 이것은 Al양극의 용해속도가 유속의 영향 보다는 전류밀도에 더 큰 영향을 받고 있다는 것을 의미한다. Fig. 8은 앞의 두 결과를 한 그래프에 나타낸 것으로 저 전류밀도에서는 Al양극의 부식(용해)속도가 유속에 의한 영향을 상대적으로 많이 받으나 전류밀도가 증가할수록 부식속도가 현저히 증가하는 반면에 유속에 의한 영향은 상대적으로 감소함을 알 수 있었다. 이것은 전류밀도를 증가시키에 따라 Al양극 표면에 불균일성에 의한 자기부식(Self corrosion)과 유속에 의한 침식부식이 적어지는 반면, 고 전류밀도에 의한 양극용해가 상대적으로 증가하기 때문으로 판단된다.

Fig. 9는 Fig. 8의 데이터를 각 유속에 대한 전류밀도와 부식속도의 형태로 바꾸어 나타낸 그래프이다. 전류밀도가 증가됨에 따라 부식속도는 전반적으로 각 유속에 비례하여 증가하는 경향을 보였으며, 전류밀도가  $0 \sim 1 \text{ mA/Cm}^2$  구간에서  $5.9 \text{ m/s}$ 의 유속 데이터를 제외하고는 전구간에서 부식속도가 전류밀도에 대체로 비례하는 경향을 보였다. 그러나, 고 전류밀도에 비해 저 전류밀도 부근에서 유속에 의한 부식(용해)속도의 폭이 약간 컸으며, 유속  $5.9 \text{ m/s}$ 에서는 부식속도가 급격히 증가하는 것으로 보아 이 유속 바로 전인  $3.4 \sim 5.9 \text{ m/s}$  구간에서 침식부식에 대한 경계구간이 있는 것으로 판단된다.

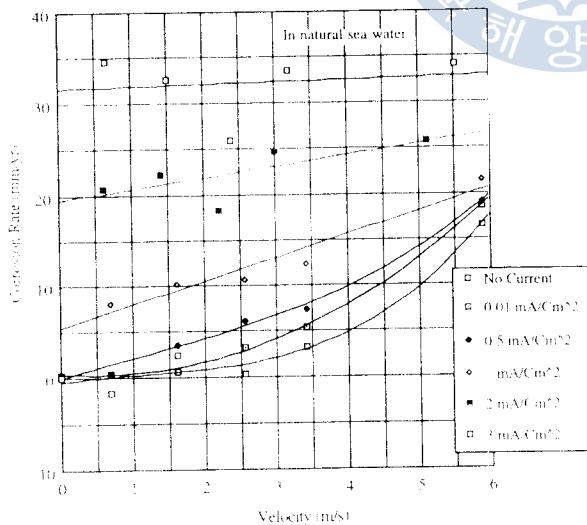


Fig. 8 Comparison of corrosion rates determined by weight loss as a function of velocity at each current density

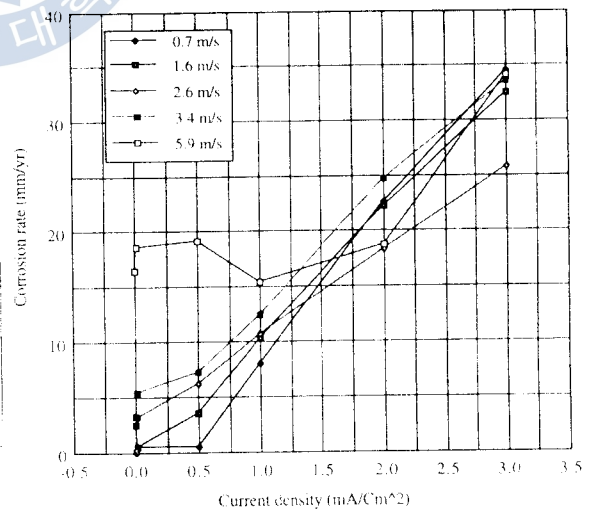


Fig. 9 Relationship between corrosion rate and current density as a different form of Fig. 8

### 3.3 전류효율 시험결과

Fig. 10은 각 유속별 전류밀도 1, 2 및 3 mA/Cm<sup>2</sup>의 양극 무게감량을 나타낸 그래프이다. 유속증가에 따라 대체로 각 전류밀도별 양극감량은 비례적으로 증가하

고 있으며, 특히 3 mA/Cm<sup>2</sup>의 방식전류에서의 무게감량은 Fig. 4.7의 부식속도와와의 관계와 마찬가지로 유속의 영향이 거의 없는 일정한 경향을 보였다.

Fig. 11은 세로축에 Fig. 10의 무게감량을 동전량계에서 측정된 전류량을 이용하여 전류효율로 환산하여 나타낸 그래프이다. 저 유속 구간인 2 m/s 이하에서 90% 이상의 전류효율을 유지한 반면, 고 유속이 될수록 전류 효율이 저하하는 경향을 보였다. 전류효율 저하는 특히 1 mA/Cm<sup>2</sup> 전류밀도 시험에서 두드러지게 나타났으며, 2~3 mA/Cm<sup>2</sup>의 전류밀도에서는 그 정도가 미약하였다. 이상의 결과는 일반적으로 Al양극에서 발생할 수 있는 자기부식에 의한 전류효율의 감소가 유속과 전류밀도의 변화에 따라 일률적이지 않다는 것을 나타낸 것이다. 즉, 전류밀도 1~3 mA/Cm<sup>2</sup>와 유속 약 2 m/s 이하 구간에서는 자기부식이 감소하고 침식부식도 크지 않기 때문에 전류효율이 높은 것으로 판단된다.

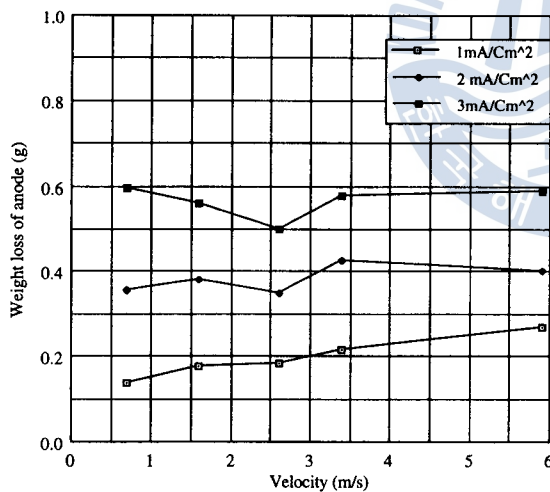


Fig. 10 Relationship between velocity and weight loss of anode at three different current density

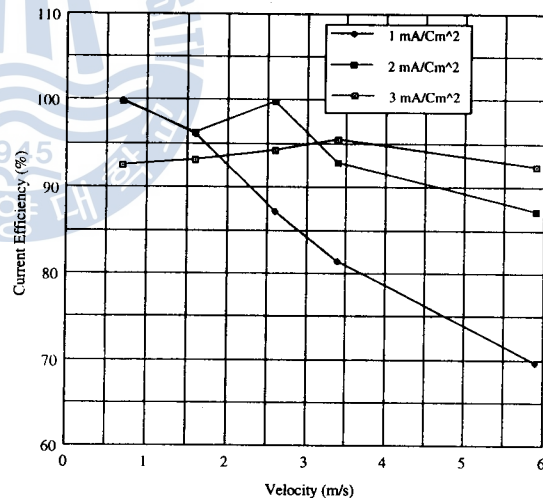


Fig. 11 Relationship between velocity and current efficiency at three different current densities

### 3.4 Al양극 표면상태 분석

Fig. 12는 무통전 상태에서 10일간 각 유속별 부식(용해)시험후 Al양극의 표면상태를 촬영한 사진이다. 유속이 증가할수록 표면용해가 전반적으로 확대되는 경향을 보이고 있으며, 유속이 2.6 m/s 이상에서 국부적으로 깊은 침식부식이 발생하였다.



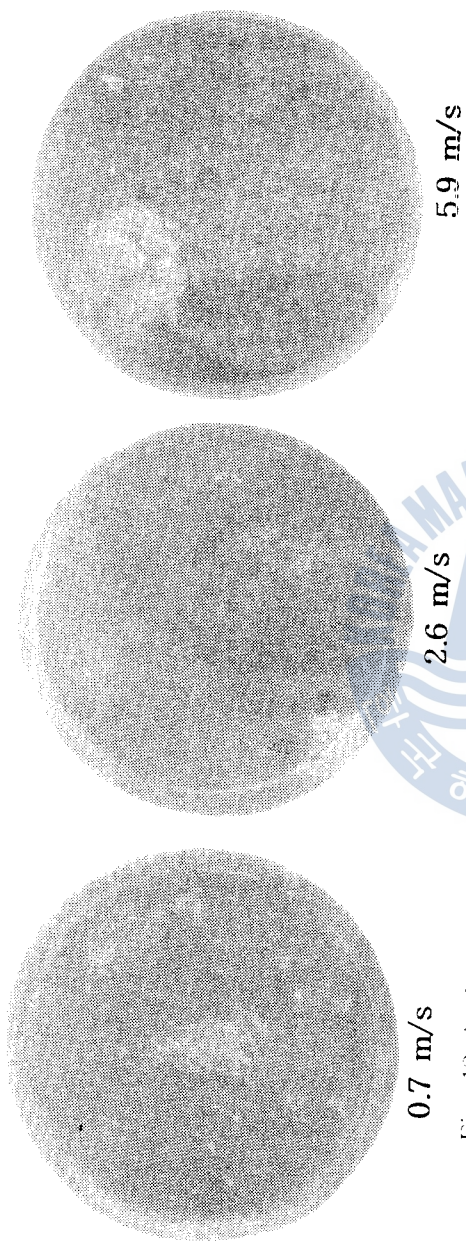


Fig. 12 Surface condition of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density 0 mA/cm<sup>2</sup>

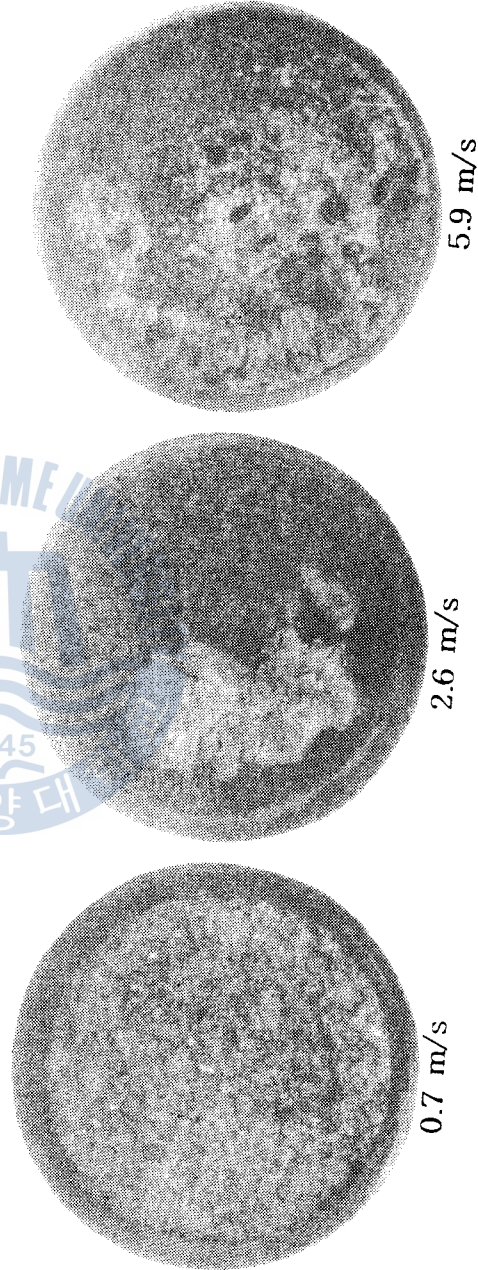


Fig. 13 Surface condition of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density 0.5 mA/cm<sup>2</sup>

Fig. 13은  $0.5 \text{ mA/Cm}^2$ 의 전류밀도에서의 시편사진으로 저 유속인 0, 0.7 및 1.6 m/s에서는 Al양극이 어느 정도 균일하게 용해되었으나, 유속 2.6 m/s 이상에서는 국부적 침식부식의 깊이가 커짐을 확인하였다. 이것은  $0.5 \text{ mA/Cm}^2$ 의 방식 전류밀도에서 상대적으로 낮은 유속범위(0, 0.7 및 1.6 m/s)에서는 Al양극 용해시 유속보다 전류밀도에 의한 전기화학적 영향을 더 많이 받으나, 유속 2.6 m/s 이상에서는 전기화학적 영향보다는 유속에 의한 기계적 침식영향이 더 크게 작용되기 때문인 것으로 생각된다.

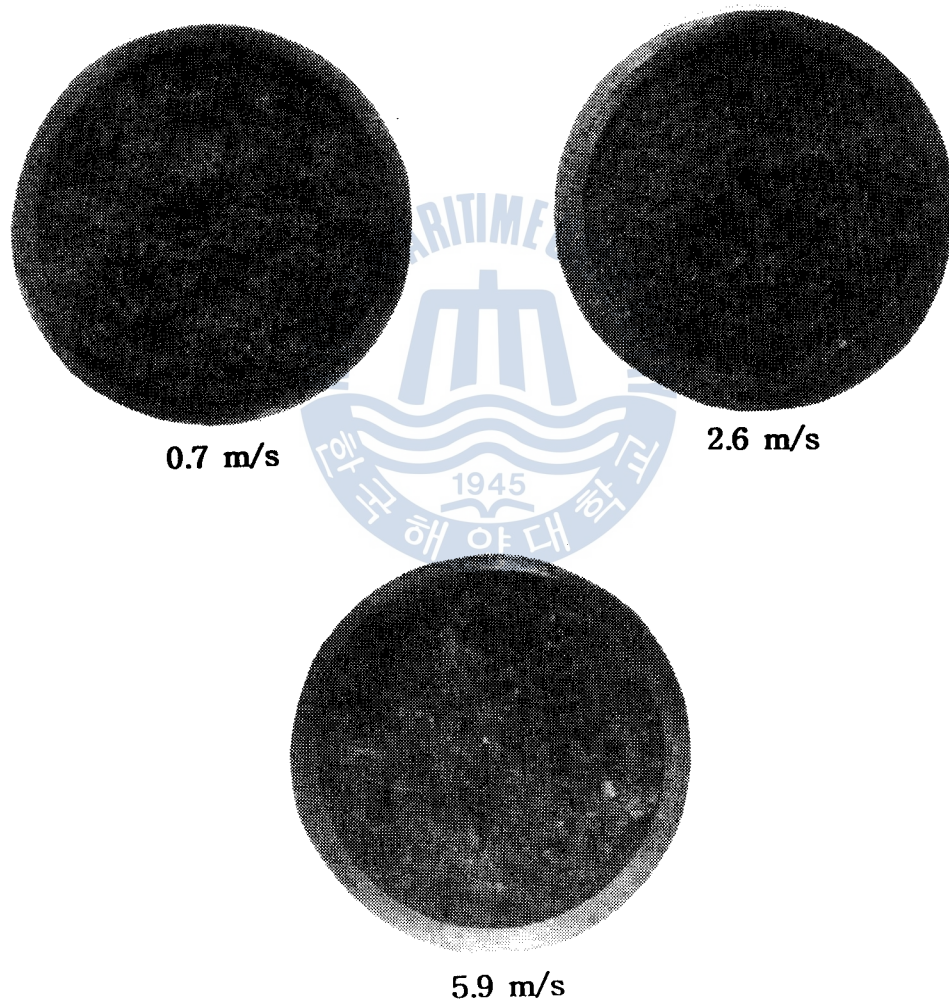


Fig. 14 Surface condition of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density= $3 \text{ mA/Cm}^2$

Fig. 14는 본 실험에서 최고 전류밀도인  $3 \text{ mA/Cm}^2$ 에서의 Al양극 시험편의 표면상태이다. 전 유속범위에 걸쳐 균일하게 용해되었으며, 용해상태에 미치는 유속에 의한 영향이 상대적으로 적었다. 다만 최고 유속인  $5.9 \text{ m/s}$ 에서 약간의 국부부식 흔적이 보였으나 앞선 저 전류밀도의 시험결과와 비교하면 매우 적은 것이었다.

### 2) Al양극 표면생성물 SEM사진 분석

해수중 음극방식을 적용하는 경우 양극부는 급속 용해반응이 일어나나, 음극부는 전자소모를 동반하는 환원반응이 일어난다. 후자의 환원과정에서 해수속에 존재하는 Ca와 Mg성분에 의해 일명 Calcareous deposit라 알려져 있는  $\text{CaCO}_3$ 와  $\text{Mg(OH)}_2$ 의 표면생성물이 발생한다. 외부전원법에서는 이러한 생성물이 음극부인 강표면에서만 일어나나 희생양극법의 경우에는 강표면 뿐만 아니라 희생양극의 질이 불균일한 경우에는 양극 표면에서 국부적으로 Calcareous deposit가 생성되기도 한다. 그러나, 희생양극의 표면은 계속해서 용해 중이므로 양극 용해와 국부적 표면 생성간에 어떤 관련이 있을 수 있다.

이와 같은 Calcareous deposit의 형성에 영향을 주는 일반적인 인자로는 여러 가지가 있는데, 이 중 주요인자들은 ①노출시간(Exposed time), ②적용전위(Applied potential), ③해수유속(Sea water flow rate), ④온도(Temperature), ⑤압력(Pressure), ⑥금속의 표면상태(Metal surface state), ⑦ 전해질의 종류(Kind of electrolyte) 등이다.

본 분석에서는 대기압과 대기온도에서 10일간의 시험기간 동안 전류밀도와 유속에 따라 Al양극 시험편에 국부적으로 형성된 생성물의 변화를 상대적으로 비교하였다.

Fig. 15~17은 10일간의 해수유속에 노출 시험한 후 적용한 전류밀도와 유속에 따라 Al양극 표면중 국부적으로 Calcareous deposit의 형태를 SEM사진을 통해 비교한 것이다.

Fig. 15의 부동전( $\text{CD}=0 \text{ mA/Cm}^2$ ) 상태에서의 유속별 표면사진을 보면 유속이 증가함에 따라 꽃송이 모양의 Calcareous deposit 밀도가 증가하고 있다. 그 이유는 유속의 증가로 국부적 음극부가 해수중 Ca 및 Mg과의 접촉이 활발해져 생성물 형성이 용이해지기 때문으로 생각된다.

과밀전류에 해당되는 Fig. 16의  $\text{CD} 0.5 \text{ mA/Cm}^2$ 에 대한 양상은 전류밀도 커다란 위해 상이한 양상을 보였으며, 유속에 따라 증가하던 꽃송이 모양의 생

Fig. 17의  $\text{CD}=3.0 \text{ mA/Cm}^2$ 에서는 전반적으로 꽃송이 형태의 Calcareous deposit은 발견할 수 없었으며, 생성물의 형성과 파괴를 반복한 불규칙한 흔적이 주로 보였다.

이상의 표면생성물에 관한 SEM사진 분석을 종합해 보면, 낮은 전류밀도( $0 \sim 0.01 \text{ mA/Cm}^2$ )에서는 Calcareous deposit가 정상적으로 형성되며 유속의 증가는 Ca와 Mg의 양급을 원활하게 하여 생성물의 밀도를 증가시킨다. 그러나, 고 전류밀도에서는 과전류로 인하여 정상적인 Deposit의 생성이 어려워지며 일단 생성되어도 불완전한 상태로 유속에 의해 파괴되므로 불규칙한 표면 양상을 보이는 것으로 판단된다.



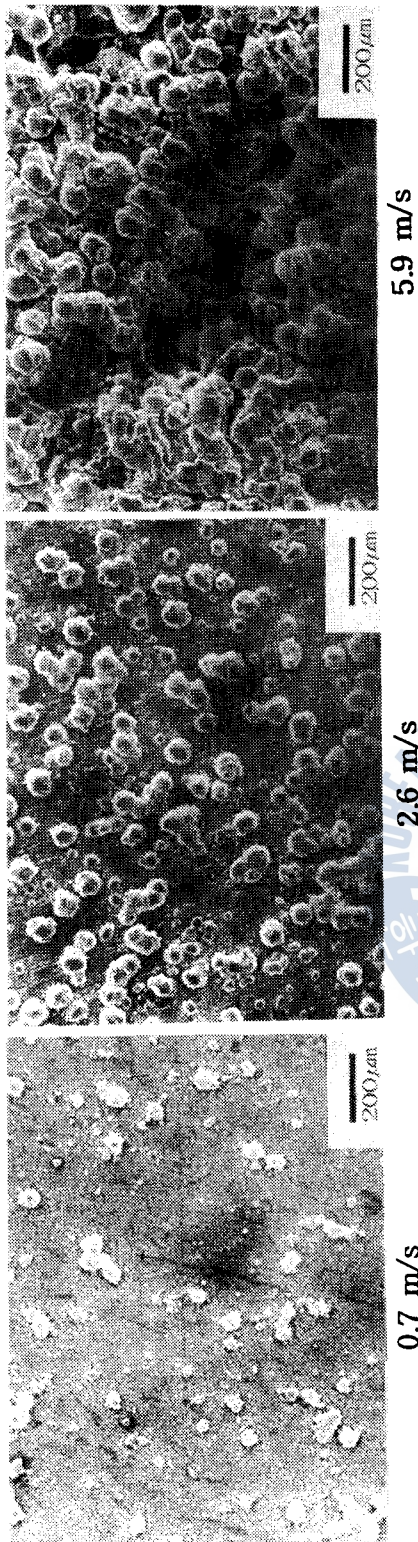


Fig. 15 SEM micrograph of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density=0.5 mA/Cm<sup>2</sup>

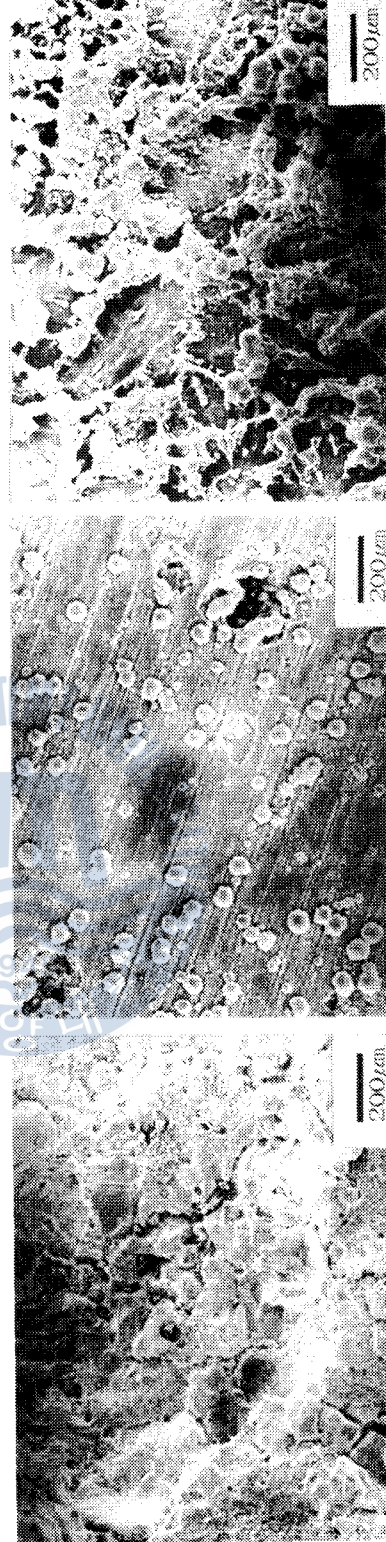


Fig. 16 SEM micrograph of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density=0.5 mA/Cm<sup>2</sup>

1. 방식전류밀도별(0~3 mA/Cm<sup>2</sup>) 전위측정 결과에서 유속시험 기간 중 통선 초기에는 넓은 범위에 걸쳐 전위가 변화했으나 시간이 지남에 따라 안정이 되어 거의 일정한 전위 값을 보였으며, 대체적으로 빠른 유속(=3.4 m/s 및 5.9 m/s)에서의 전위가 저 유속(0.7, 1.6 및 2.5 m/s)에 비해 높았다.

2. 유속에 따른 용해속도 및 정전류시험 결과에 의하면 저 전류밀도(0, 0.01 및 0.5 mA/Cm<sup>2</sup>)에서 Al양극의 부식속도에 미치는 영향은 유속에 의한 기계적 침식이 저기화학적 용해보다 컸으며, 상대적으로 고 전류밀도(1, 2 및 3 mA/Cm<sup>2</sup>)

Fig. 14는 본 실험에서 최고 전류밀도인  $3 \text{ mA/Cm}^2$ 에서의 Al양극 시험편의 표면상태이다. 전 유속범위에 걸쳐 균일하게 용해되었으며, 용해상태에 미치는 유속에 의한 영향이 상대적으로 적었다. 다만 최고 유속인  $5.9 \text{ m/s}$ 에서 약간의 국부부식 흔적이 보였으나 앞선 저 전류밀도의 시험결과와 비교하면 매우 적은 것이었다.

## 2) Al양극 표면생성물 SEM사진 분석

해수중 음극방식을 적용하는 경우 양극부는 금속 용해반응이 일어나나, 음극부는 전자소모를 동반하는 환원반응이 일어난다. 후자의 환원과정에서 해수속에 존재하는 Ca와 Mg성분에 의해 일명 Calcareous deposit라 알려져 있는  $\text{CaCO}_3$ 와  $\text{Mg(OH)}_2$ 의 표면생성물이 발생한다. 외부전원법에서는 이러한 생성물이 음극부인 강표면에서만 일어나나 희생양극법의 경우는 강표면 뿐만 아니라 희생양극의 전이 불균일한 경우에는 양극 표면에서 국부적으로 Calcareous deposit가 생성되기도 한다. 그러나, 희생양극의 표면은 계속해서 용해 중이므로 양극 용해와 국부적 표면 생성간에 어떤 관련이 있을 수 있다.

이와 같은 Calcareous deposit의 형성에 영향을 주는 일반적인 인자로는 여러 가지가 있는데, 이중 주요인자들은 ①노출시간(Exposed time), ②적용전위(Applied potential), ③해수유속(Sea water flow rate), ④온도(Temperature), ⑤압력(Pressure), ⑥금속의 표면상태(Metal surface state), ⑦전해질의 종류(Kind of electrolyte) 등이다.

본 분석에서는 대기압과 대기온도에서 10일간의 시험기간 동안 전류밀도와 유속에 따라 Al양극 시험편에 국부적으로 형성된 생성물의 변화를 상대적으로 비교하였다.

Fig. 15~17은 10일간의 해수유속에 노출 시험한 후 적용한 전류밀도와 유속에 따라 Al양극 표면중 국부적으로 Calcareous deposit의 형태를 SEM사진을 통해 비교한 것이다.

Fig. 15의 부동전( $\text{CD}=0 \text{ mA/Cm}^2$ ) 상태에서의 유속별 표면사진을 보면 유속이 증가함에 따라 꽃송이 모양의 Calcareous deposit 밀도가 증가하고 있다. 그 이유는 유속의 증가로 국부적 음극부가 해수중 Ca 및 Mg과의 접촉이 활발해져 생성물 형성이 용이해지기 때문으로 생각된다.

과방식전류에 해당되는 Fig. 16의  $\text{CD}=0.5 \text{ mA/Cm}^2$ 에 대한 양상은 전류밀도보다도 인해 상이한 양상을 보였으며, 유속에 따라 증가하던 꽃송이 모양의 생성물은 최고유속  $5.9 \text{ m/s}$ 에서 일그러진 형태를 보였다.



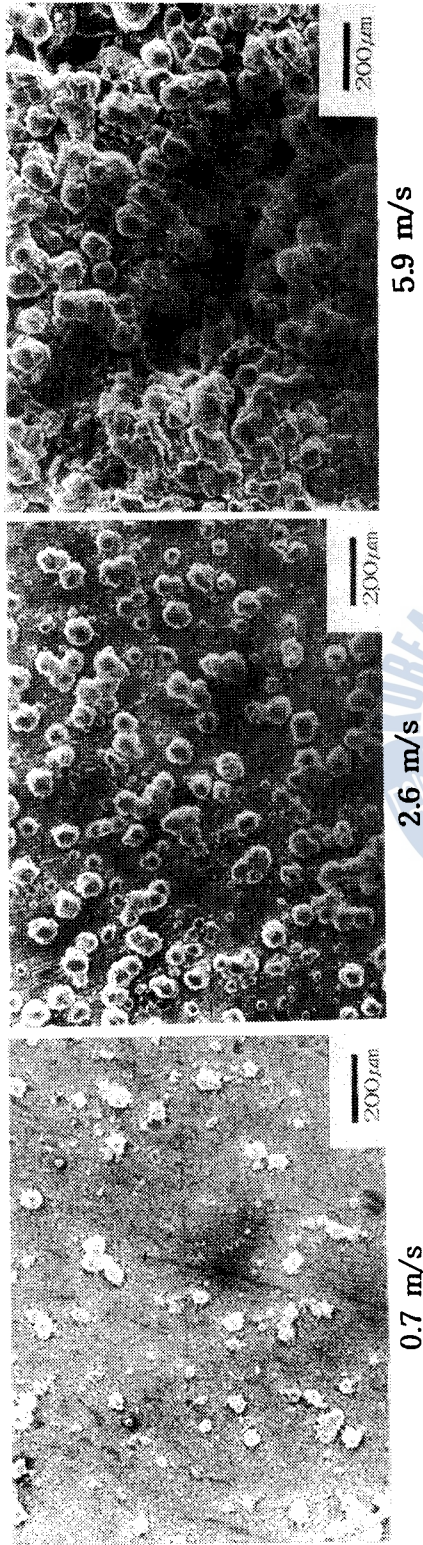


Fig. 15 SEM micrograph of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density=0 mA/Cm<sup>2</sup>

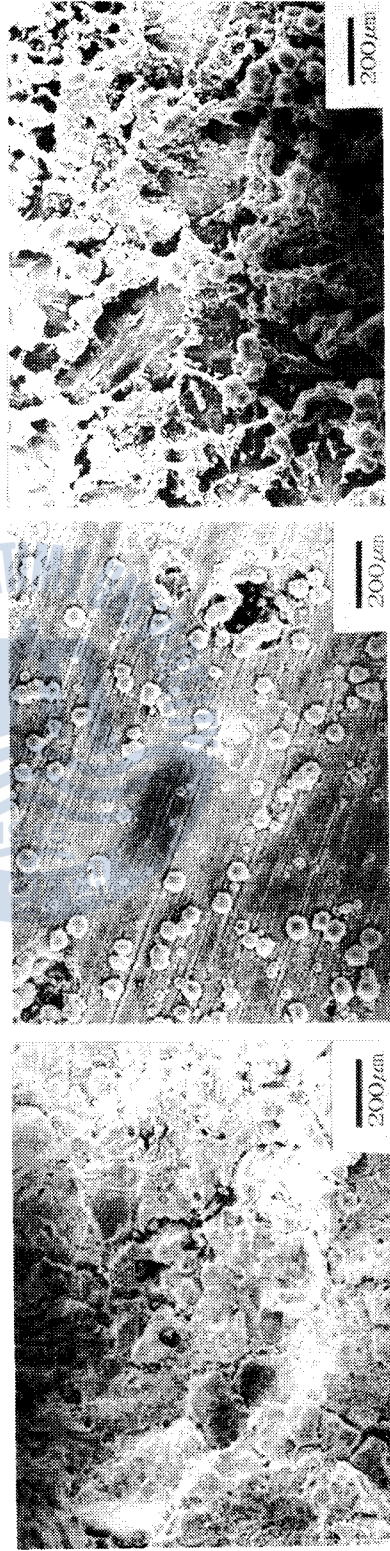


Fig. 16 SEM micrograph of Al anode specimens with velocity after 10 day exposure at current density=0.5 mA/Cm<sup>2</sup>



(1994)

7. J. Britton, "Quality Assurance for Offshore Aluminum Sacrificial Anodes", Materials Performance, pp. 20~24 (1993)
8. NACE, "Standard Test Method Impressed Current Test Method for Laboratory Testing of Aluminum Anodes", NACE Standard TM0190 90, No. 53076 (1990)



