

여수지역 부식지도

8-1. 수환경에 대한 채취 및 조사표

해안지방인 여수지역을 중심으로 수도수, 하천수, 인공산성비, 해수의 4가지 환경에서 부식시험을 수행하였다. 각 시험용액의 채취날짜, 채취장소, pH 및 전기전도도는 표 8-1-1과 같다. 시험용액의 pH는 3 ~ 8 사이로 약 산성 ~ 중성으로 나타났고, 이온농도가 높은 하천수 및 해수의 이온전도도가 높게 나타났다. pH가 낮고 이온전도도가 높다는 것은 중성의 이온전도도가 낮은 경우에 비해 부식이 발생할 가능성이 높은 환경임을 의미한다.

표 8-1-1. 2007년 1월 중 여수지역에서 채취한 수환경에 대한 조사표

1월				
용액종류	채취날짜	장소	pH	전기전도도
수도수	2007. 1. 09.	여수 문수동	6.66	86.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$
하천수	2007. 1. 09.	여수 화양면	3.89	1211 $\mu\text{S}/\text{cm}$
인공산성비	2007. 1. 20.	전남대학교	5.10	23.38 $\mu\text{S}/\text{cm}$
해수	2007. 1. 09.	여수 앞바다	7.65	47600 $\mu\text{S}/\text{cm}$

8-2. 분극시험방법

8-2-1. 양극분극곡선

- + 해당 용액을 매 시험 시 새로운 용액으로 600ml를 사용.
- + 시편은 SiC연마지 600번까지 연마하고(예외 : 아연도강은 연마하지 않고 양극분극시험을 행함) 알코올로 세정한 뒤 최소 5시간 뒤 부터 분극을 행함
- + 용액 중 시편의 노출면적은 masking방법(silicone이용)을 통해 정함
- + 시험용액은 시험온도(30℃)로 유지한 뒤, 시험 전 600ml용액을 기준으로 질소가스 200ml/min의 속도로 1시간 동안 탈기함
- + 시험편을 장치하고 부식전위보다 100mV 비한 전위로 10분 동안 음극분을 행함 (정전압 방식)
- + 그 뒤 기상부분만 탈기한 상태로 10분 동안 유지하고 부식전위로부터 양극분극을 행함.
- + 분극속도(Potentiodynamic)는 20mV/min(0.33mV/sec)로 하여 log i vs E 도표를 얻음.

8-2-2. 타펠법에 의한 부식속도 측정

- + 상기 방법에 준하여 행하며, 단 분극은 부식전위 $\pm 200\text{mV}$ 이내에서 행하여 부식속도를 전류밀도와 mm/year 단위로 구하고, 양극 및 음극 타펠 상수를 구함

8-3. 분극시험결과

8-3-1. 수환경에 따른 분극곡선

수도수 중에서 탄소강, 내후성강, 아연도강, 알루미늄, 구리 등에 대한 분극시험 결과를 그림 8-3-1에 나타내었다. 부식전위 (corrosion potential) 는 알루미늄, 아연도강, 내후성강, 탄소강, 구리의 순으로 높게 측정되었다. 부식전위가 높을수록 귀하다고 (noble), 낮을수록 비하다고 (active)하다고 표현한다. 부식전위의 비교를 통해 해당용액에서 귀한 순으로 갈바니 시리즈를 구성할 수 있으며, 일반적으로 갈바니 시리즈 상에서 차이가 큰 두 금속이 전기적으로 결합되어 있는 경우, 더 비한 금속에서 부식이 발생할 수 있다. 그러나, 단일금속의 경우 단순히 부식전위만을 가지고 금속의 부식성을 평가하는 데는 무리가 있으며, 전체적인 분극곡선의 개형을 통해 그 금속의 전반적인 부식 경향을 파악할 수 있다.

수도수의 경우, pH 6.66, 전기전도도 86.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 용액의 부식성이 가장 약할 것으로 예상되며, 그림 8-3-1에 나타난 바와 같이 모든 금속이 안정한 부동태 특성을 보임을 알 수 있다. 다만 탄소강 및 아연도강, 내후성강의 부동태 전류밀도 (passive current density)가 기타 금속들에 비해 높게 나타나 부동태 피막의 보호성이 다소 떨어지는 것으로 보인다.

그림 8-3-2는 하천수에서 측정한 분극곡선의 개형을 보여준다. 하천수의 경우 약산성에 전기전도도 또한 높게 나타났으며, 이는 시험금속들의 전체적인 분극곡선이 알루미늄, 아연도강을 제외하고는 부동태의 개형의 뚜렷하지 못한 것을 통해 확인할 수 있다. 부식전위는 아연도강이 가장 비하고, 그 다음이 알루미늄이고, 내후성강, 탄소강은 유사하게 측정되었으며, 구리가 가장 귀한 것으로 나타났다.

그림 8-3-3은 인공 산성비 환경에서 측정된 양극분극곡선을 보여준다.

인공산성비는 여수지방의 산성비 환경을 실적으로 모사할 수 있도록 정제된 시약을 사용하여 인공적으로 제조하였다. pH측정결과 약산성, 전기전도도의 경우 자연수들에 비해 유기물 및 기타 이온농도가 낮아 가장 낮은 전기전도도를 나타내었다. 분극시험 결과, 아연도강의 부식전위가 가장 낮고, 그 다음이 알루미늄이며 내후성강 및 탄소강의 부식전위 값이 서로 유사하며, 구리가 가장 높게 측정되었다. 전체적인 부동태 개형 및 부동태 전류밀도의 크기는 수도수 측정결과와 거의 유사하였다.

그림 8-3-4는 해수 환경에서의 양극분극시험 결과를 보여준다. 자연해수의 경우, 염화물 이온을 포함한 이온농도가 높고 각종 유기물들이 풍부하여 47600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 가장 높은 전기전도도를 나타내어 시험환경 중 부식성이 가장 클 것으로 예상된다. 시험결과 부식전위는 알루미늄, 아연도강, 탄소강 \approx 내후성강, 구리의 순으로 귀하게 나타났으며, 알루미늄을 제외하고는 안정한 부동태 거동을 보이지 않았다. 부동태 전류 밀도 또한 시험환경 중에서도 높게 나타났다.

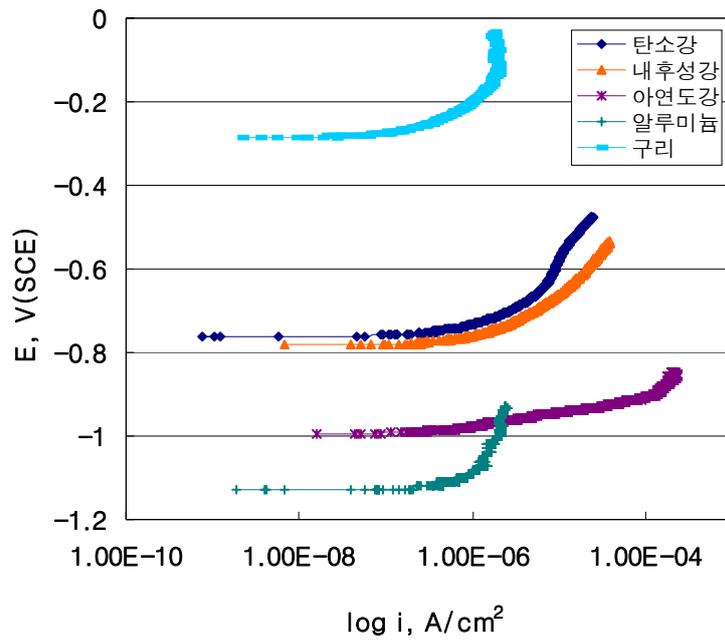


그림 8-3-1. 2007년 1월 12일 여수 문수동에서 채취한 수도수에서 구한
 각 재료별 양극분극곡선

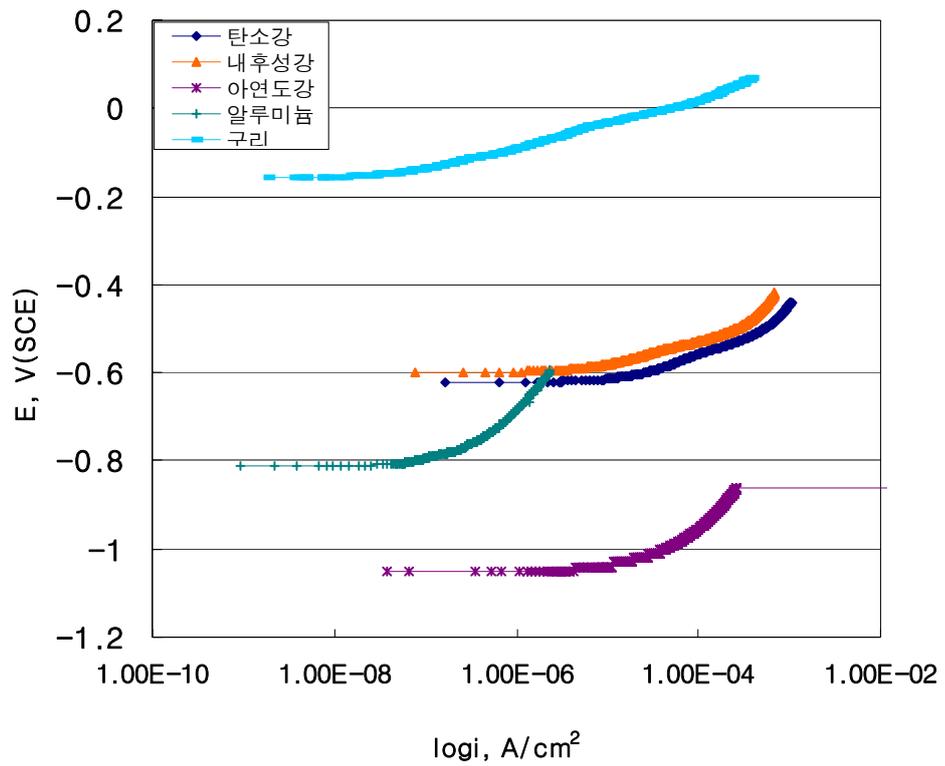


그림 8-3-2. 2007년 1월 12일 여수화양면 일대에서 채취한 하천수 중에서 구한 각 재료별 양극분극곡선

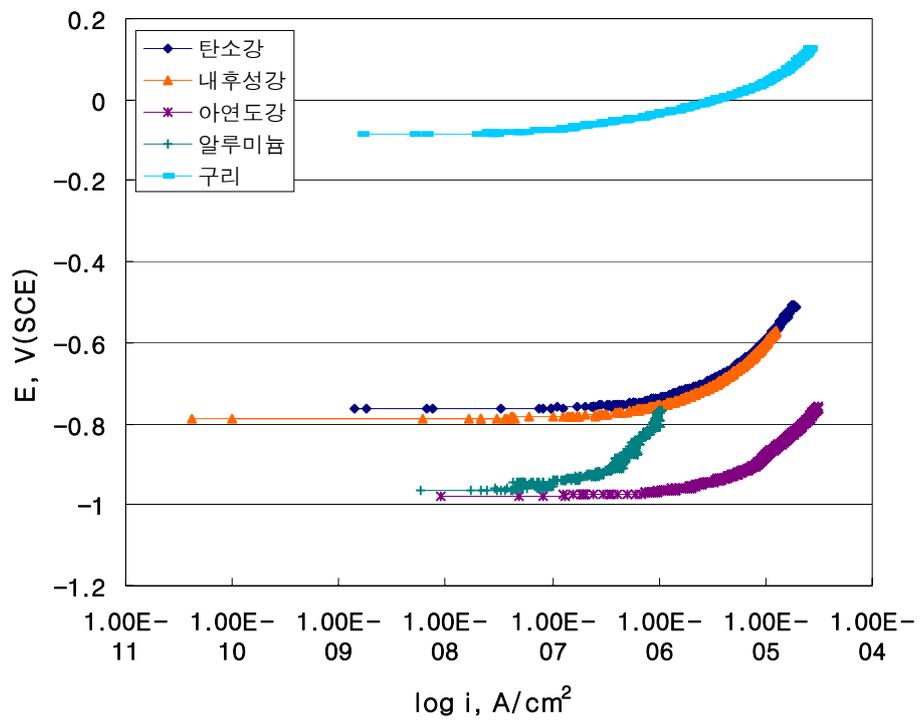


그림 8-3-3. 2007년 1월 12일 인공 산성비중에서 구한 각 재료별 양극분극곡선

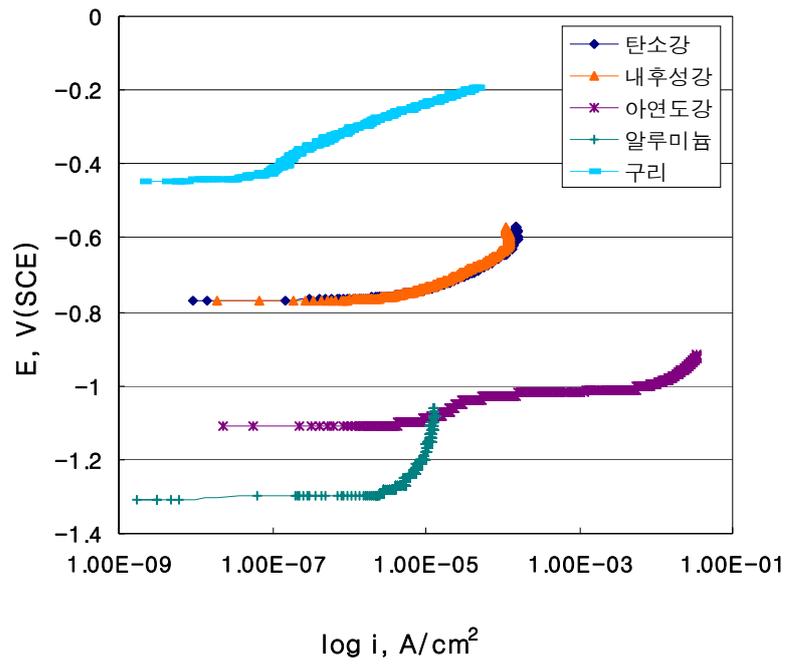


그림 8-3-4. 2007년 1월 12일 여수화양면 앞바다에서 채취한 해수에서
구한 각 재료별 양극분극곡선

8-3-2. 재료별 분극곡선

수도수, 하천수, 인공산성비, 해수 등 용액환경 변화에 따른 합금의 분극거동 변화를 그림 8-3-5였다. 탄소강의 부식전위는 수도수, 인공산성비, 해수 등에서는 거의 유사한 값을 나타낸 반면, 하천수의 경우 보다 높은 값을 나타내었다. 이는 하천수의 pH가 다른 환경들에 비해 산성에 가까운 데 따른 결과로 사료된다. 또한, 탄소강의 부동태 전류밀도는 해수와 하천수에서 높은 것으로 나타나, 두 환경의 부식성이 다른 환경들에 비해 심한 것으로 확인되었다.

탄소강과 유사한 방법으로 용액환경에 따른 내후성강의 분극거동을 그림 8-3-6에 나타내었다. 앞서 탄소강에서와 마찬가지로 pH가 가장 낮은 하천수에서 측정된 부식전위가 가장 높은 것으로 나타났으며, 부동태 전류밀도의 경우, 인공산성비, 수도수, 해수, 하천수 등으로 높게 나타나 이 순서대로 용액의 부식성이 높은 것으로 사료된다.

용액환경에 따른 아연도강의 양극 분극거동을 그림 8-3-7에 나타내었다. 아연도강의 경우, 강판의 위에 아연이 용융도금된 형태로 부식전위가 표면상태에 민감한 경향을 보였다. 전반적으로 전기전도도가 높은 하천수와 해수에서의 부동태 전류밀도가 높은 것으로 확인되었다.

용액환경에 따른 알루미늄의 양극분극거동을 그림 8-3-8에 나타내었다. 알루미늄은 대표적인 부동태 거동을 보이는 금속으로 전 용액환경에서 안정한 부동태 거동을 보이는 것으로 확인되었다. 부식전위는 해수, 수도수, 인공산성비, 하천수 순으로 높게 측정되었으며, 하천수, 해수 등에서 부동태 전류밀도가 높은 것으로 나타나 이들 환경에서의 부식성이 큰 것으로 확인되었다.

그림 8-3-9는 여러 환경에서 측정된 구리의 양극분극 거동을 보여준다. 구리의 경우 인공산성비와 수도수 환경에서는 부동태 거동을 보이는 반면에

해수와 하천수에서는 부동태 거동을 보이지 않고 전위에 따라 전류가 지속적으로 증가하였다. 특히, pH가 낮은 하천수에서 이러한 일반부식거동이 두드러지게 나타났으며, 이는 구리의 부식거동이 pH에 의존하는 것을 보여준다.

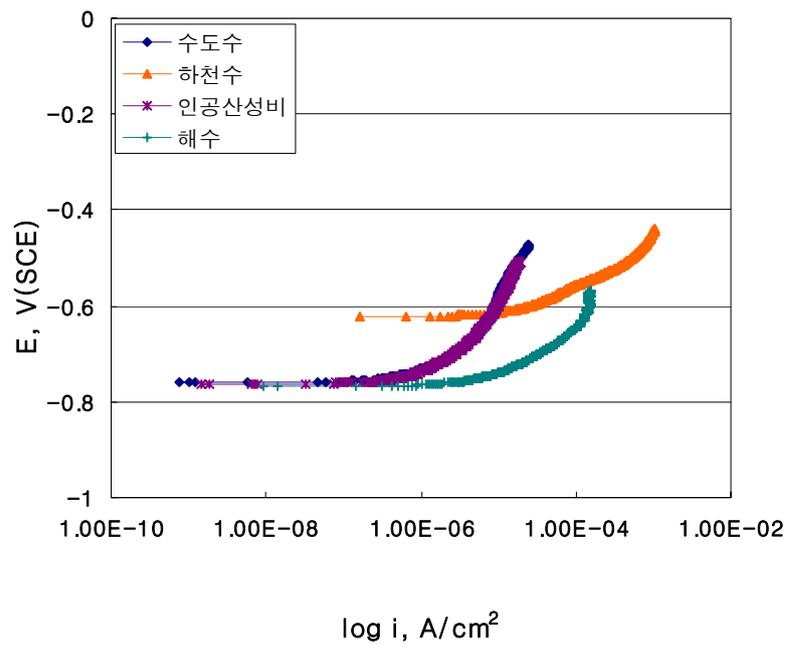


그림 8-3-5. 여수지역에서 채취한 수환경 중에서 탄소강의 양극분극곡선

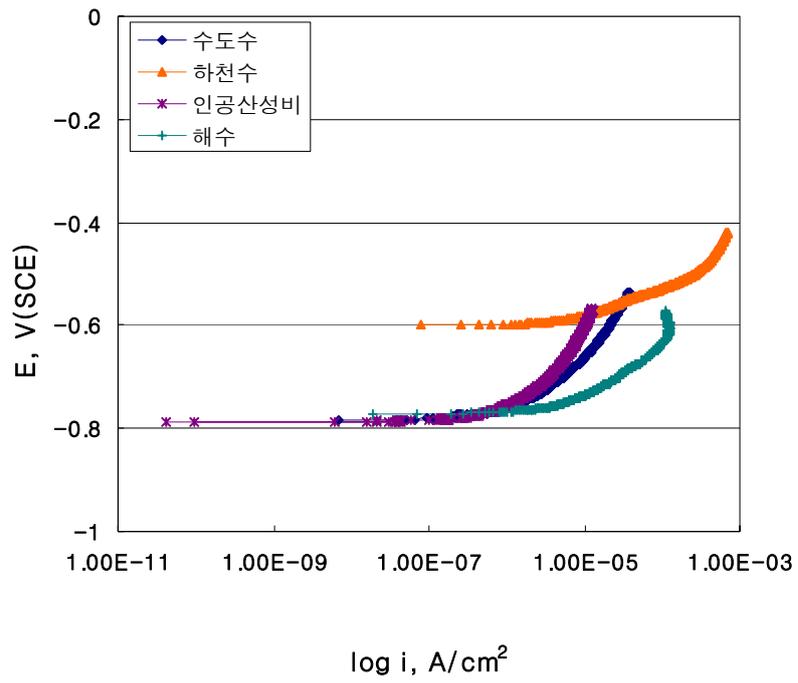


그림 8-3-6. 여수지역에서 채취한 수환경 중에서 내후성강의 양극분극곡선

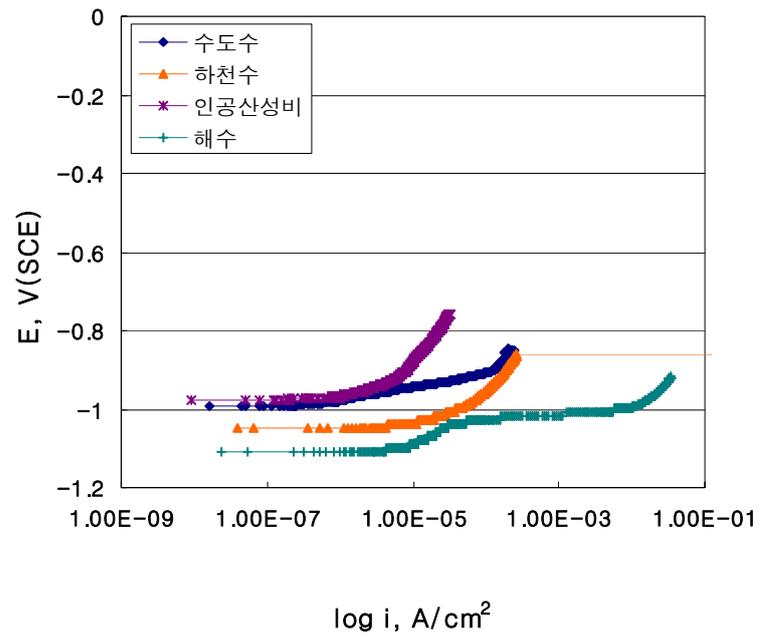


그림 8-3-7. 여수지역에서 채취한 수환경 중에서 아연도강의 양극분극곡선

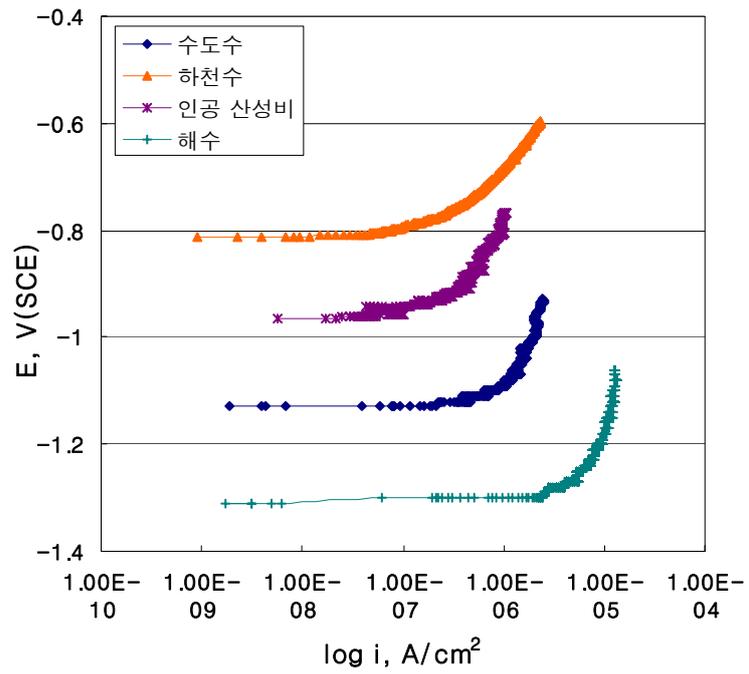


그림 8-3-8. 여수지역에서 채취한 수환경 중에서 알루미늄의 양극분극곡선

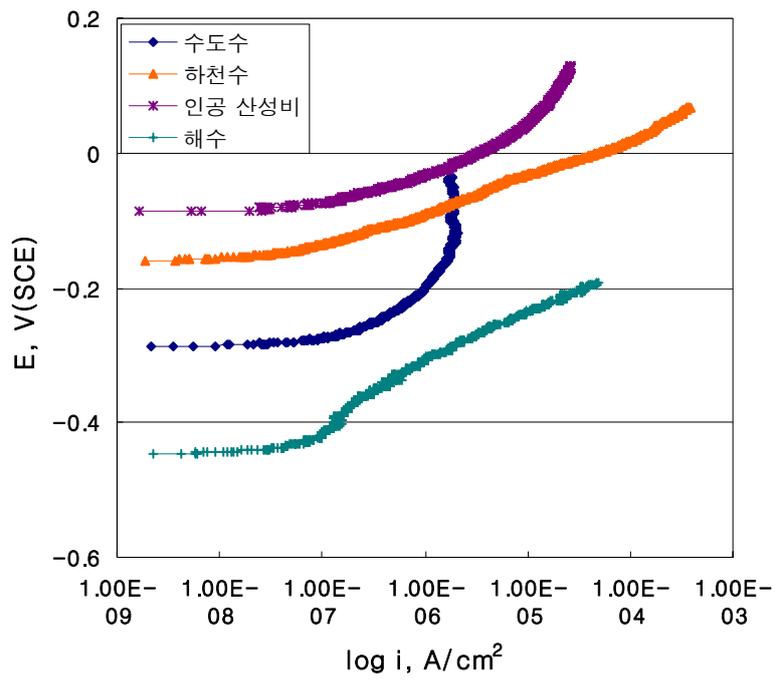


그림 8-3-9. 여수지역에서 채취한 수환경 중에서 구리의 양극분극곡선

8-3-3. 분극곡선으로부터 얻은 각종 부식 지표

8-3-3-1. 부식전위

탄소강, 내후성강, 아연도강, 알루미늄, 구리에 대해 수도수, 하천수, 인공산성비, 해수에서 측정된 양극분극곡선으로부터 얻어진 부식전위를 그림 8-3-10 ~ 그림 8-3-18에 비교하였다. 소재에 따른 부식전위는 모든 환경에서 구리가 가장 높게 측정되었으며 구리를 뺀 나머지 소재들은 환경에 따라 수도수일 때는 낮은 순으로 알루미늄, 내후성강, 탄소강, 아연도강 순이고, 해수일 때는 알루미늄, 아연도강, 내후성강, 탄소강순으로 나타났다. 하천수나 산성비일 때는 아연도강, 알루미늄, 내후성강 탄소강순으로 나타났다 (탄소강과 내후성강은 거의 비슷하고 환경에 따라 순서가 약간 바뀌기도 했다). 또한, 탄소강, 내후성강, 아연도강, 구리에 대해 환경별로 부식전위를 측정한 결과 재료에 따라 차이가 있었다. 즉 탄소강과 내후성강의 경우 해수~인공산성비~수도수, 하천수의 순으로 높은 부식전위를 보이는 것으로 확인되었다. 알루미늄과 구리의 경우 하천수와 인공산성비에서 측정된 부식전위가 수도수와 해수에서 측정된 값보다 높았으며, 아연도강의 경우 부식전위가 모든 수환경에서 상당히 비슷하였다.

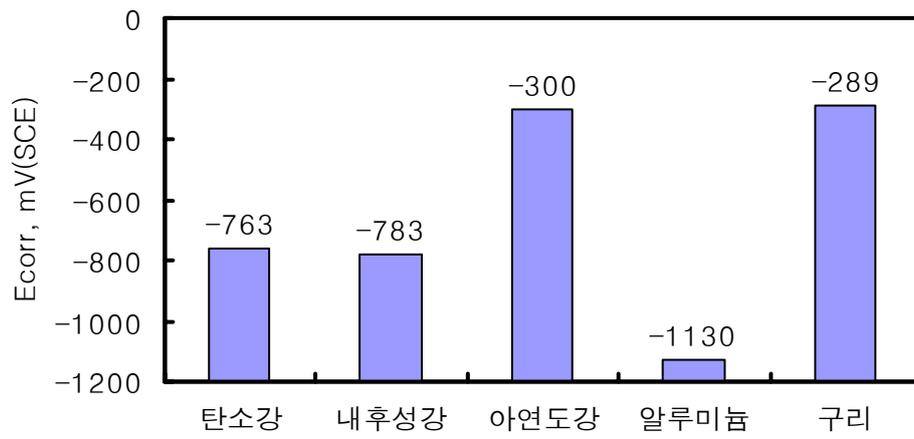


그림 8-3-10. 수도수 중에서의 부식전위 비교

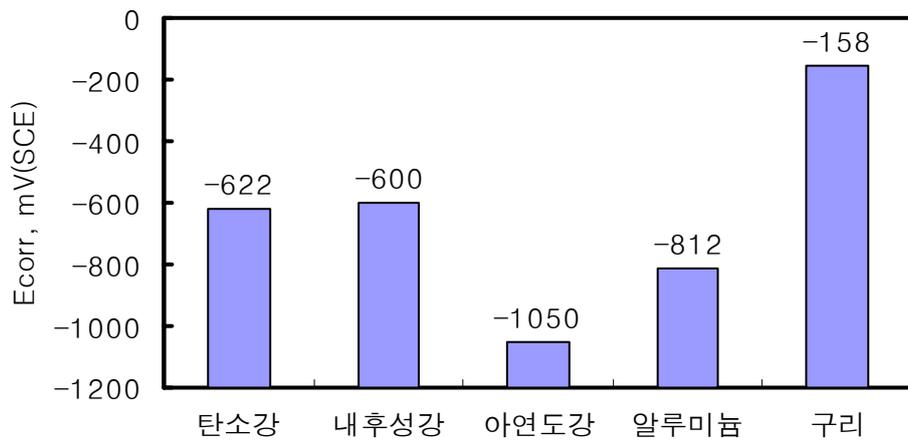


그림 8-3-11. 하천수 중에서의 부식전위 비교

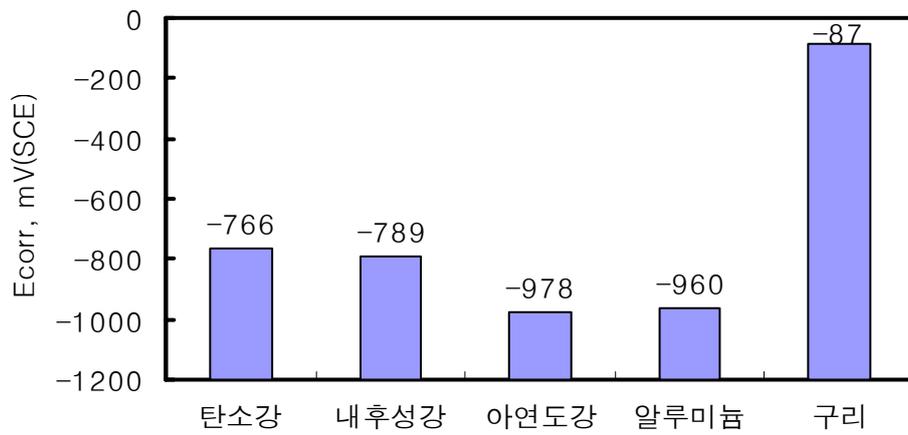


그림 8-3-12. 인공산성비 중에서의 부식전위 비교

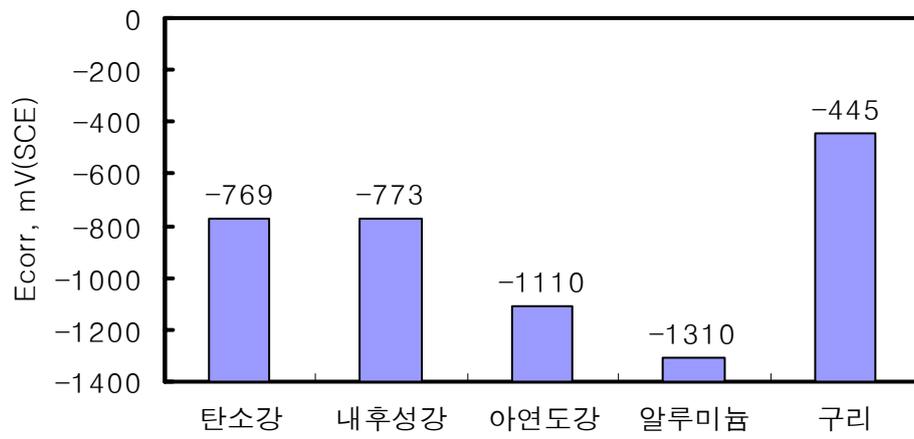


그림 8-3-13. 해수 중에서의 부식전위 비교

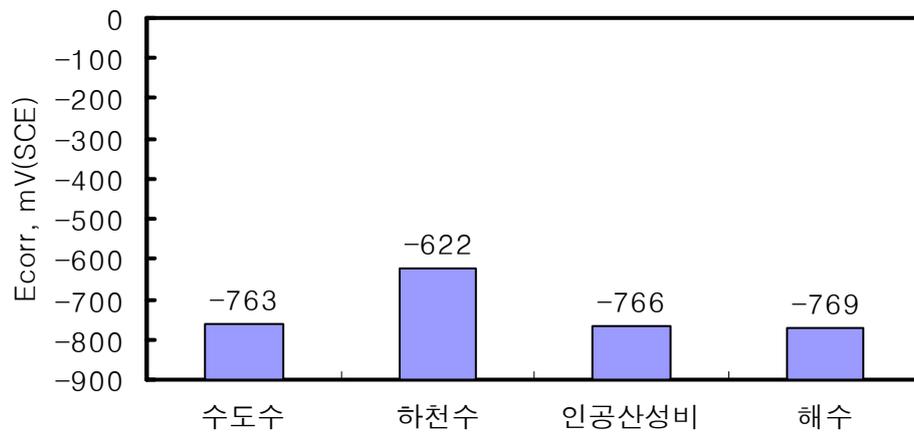


그림 8-3-14. 탄소강의 부식전위 비교

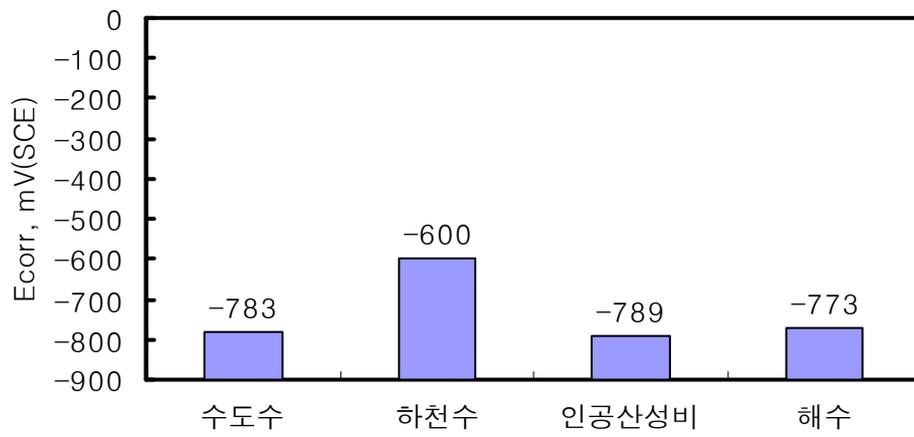


그림 8-3-15. 내후성강의 부식전위 비교

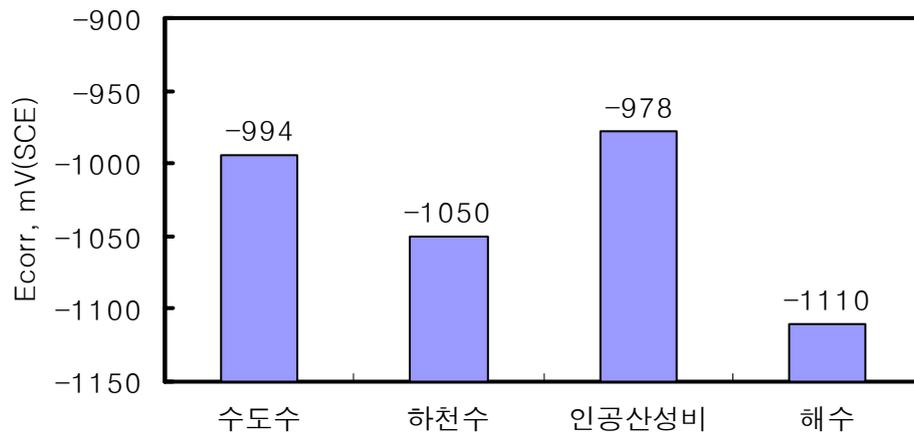


그림 8-3-16. 아연도강의 부식전위 비교

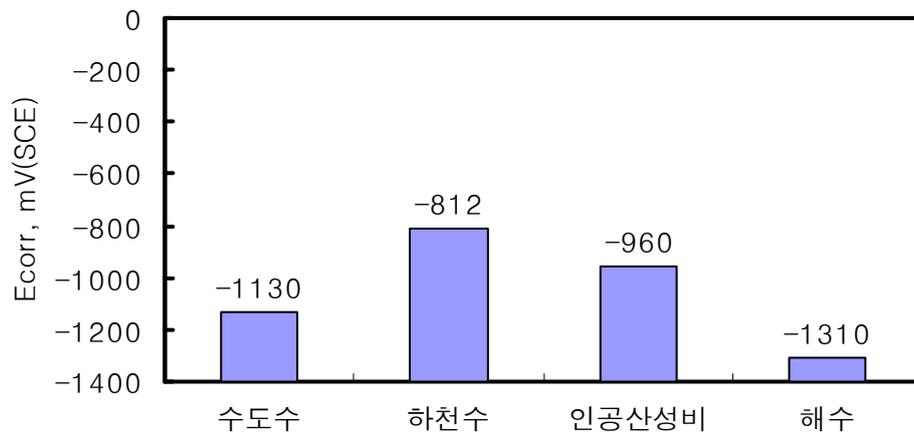


그림 8-3-17. 알루미늄의 부식전위 비교

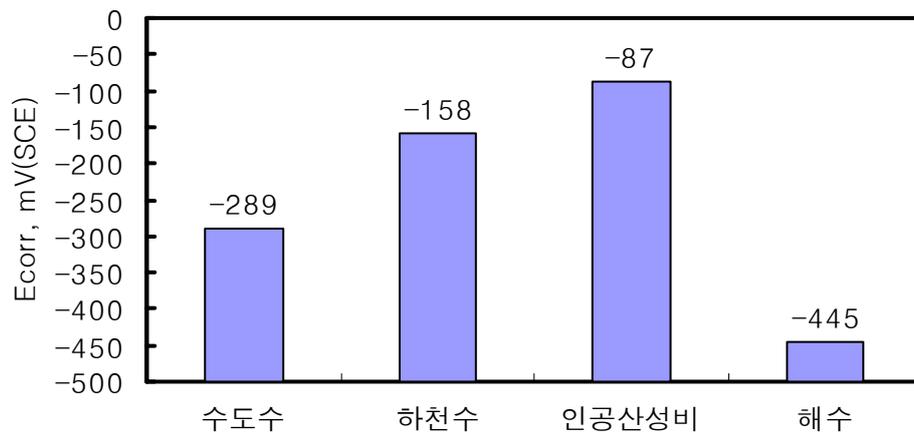


그림 8-3-18. 구리의 부식전위 비교

8-4. 타펠시험 결과

8-4-1. 타펠시험 분석곡선

부식속도 및 타펠상수를 측정하기 위해 부식전위 기준 -200 mV 에서 200mV 에 걸쳐 분극시험을 실시하였으며, 이를 토대로 각 시편의 부식속도 및 타펠상수를 구하였다. 그림 8-4-1 ~ 그림 8-4-20은 타펠시험 결과를 보여준다.

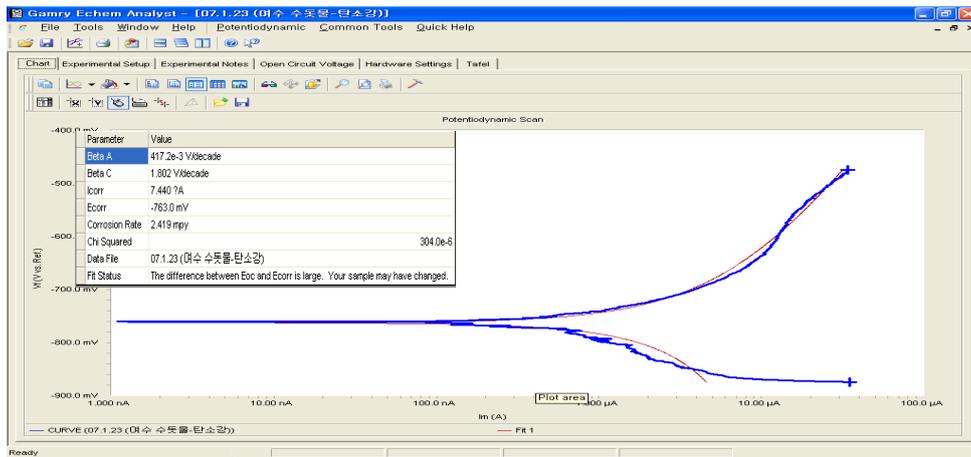


그림 8-4-1. 여수지역 수도수에서 행한 탄소강의 타펠시험 분극곡선

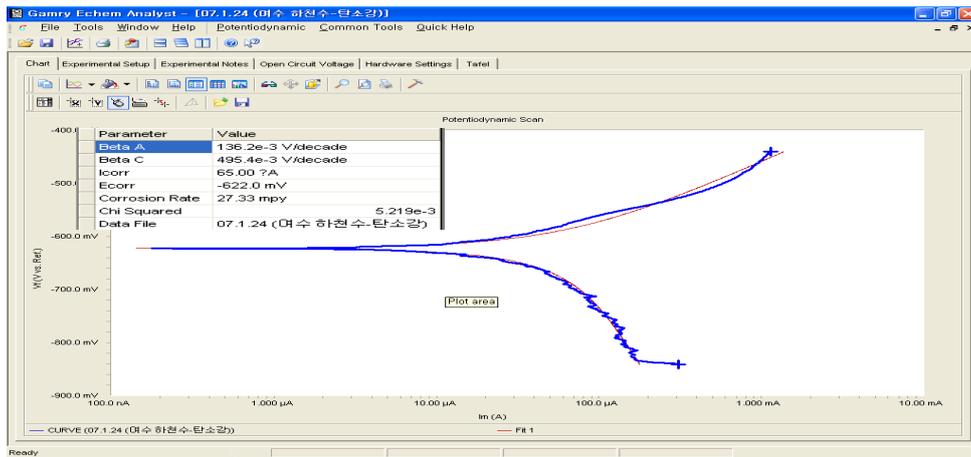


그림 8-4-2. 여수지역 하천수에서 행한 탄소강의 타펠시험 분극곡선

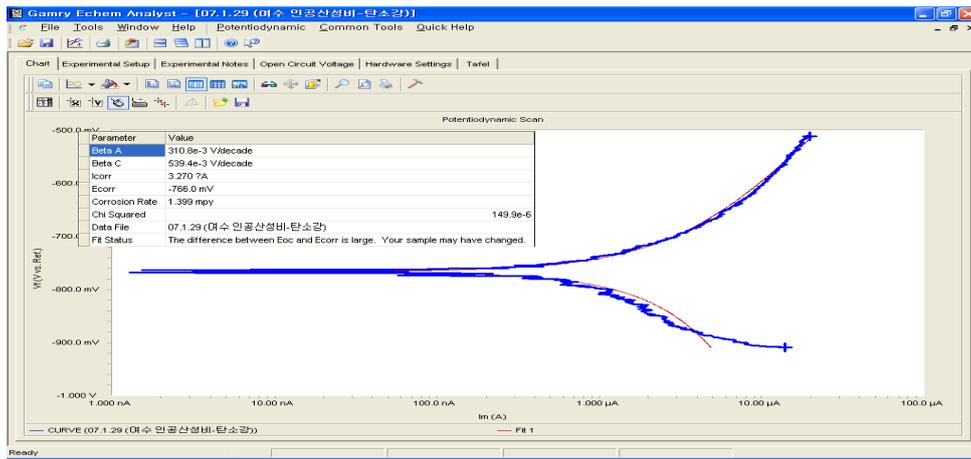


그림 8-4-3. 여수지역 인공산성비에서 행한 탄소강의 타펠시험 분극곡선

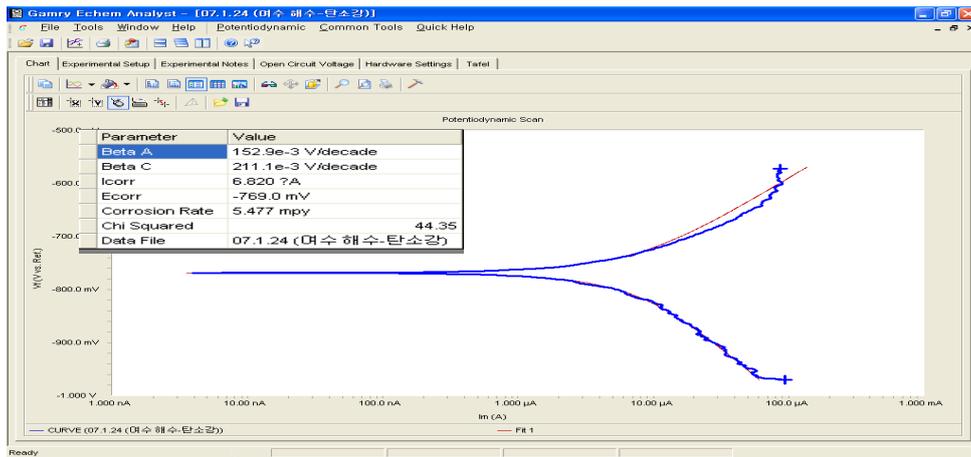


그림 8-4-4. 여수지역 해수에서 행한 탄소강의 타펠시험 분극곡선

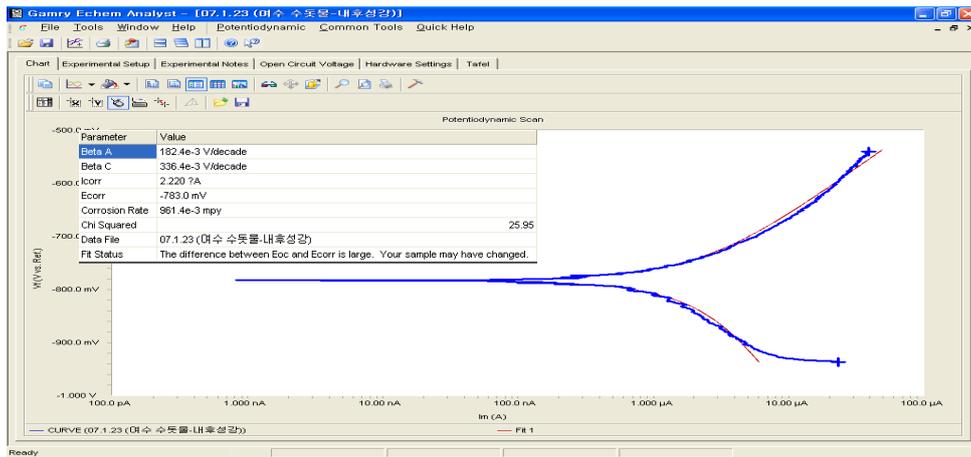


그림 8-4-5. 여수지역 수도수에서 행한 내후성강의 타펠시험 분극곡선

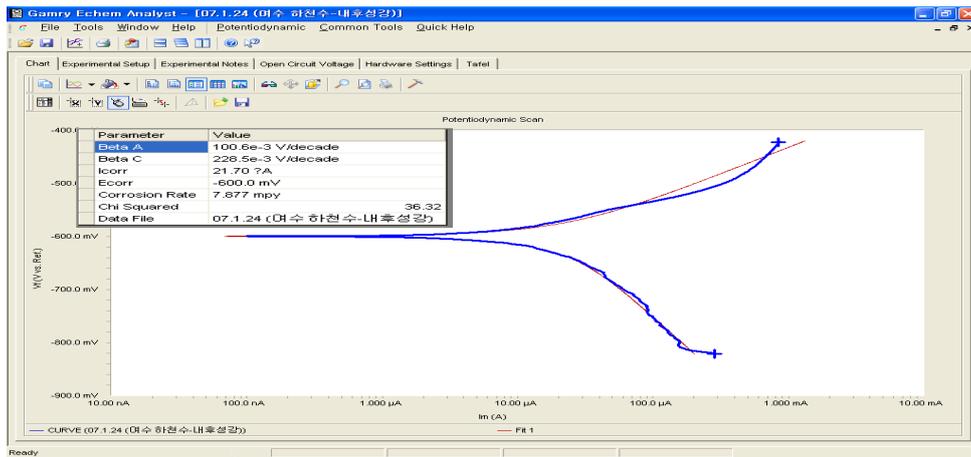


그림 8-4-6. 여수지역 하천수에서 행한 내후성강의 타펠시험 분극곡선

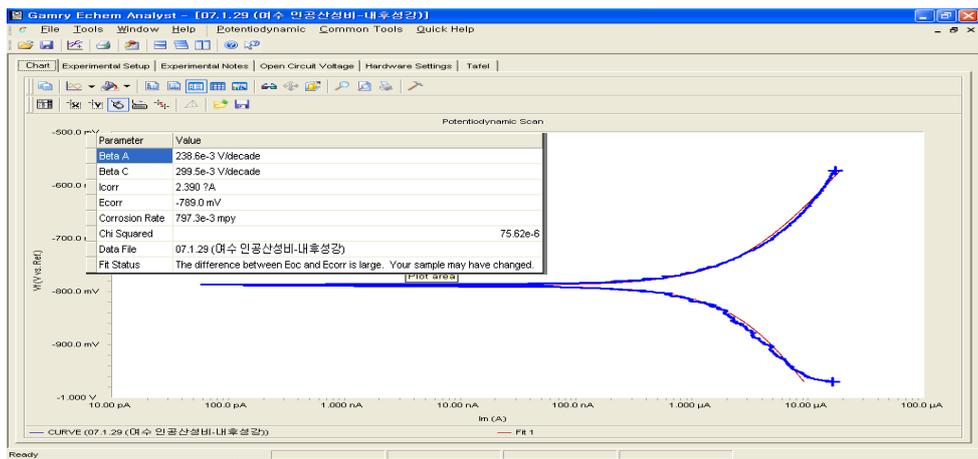


그림 8-4-7. 여수지역 인공산성비에서 행한 내후성강의 타펠시험 분극곡선

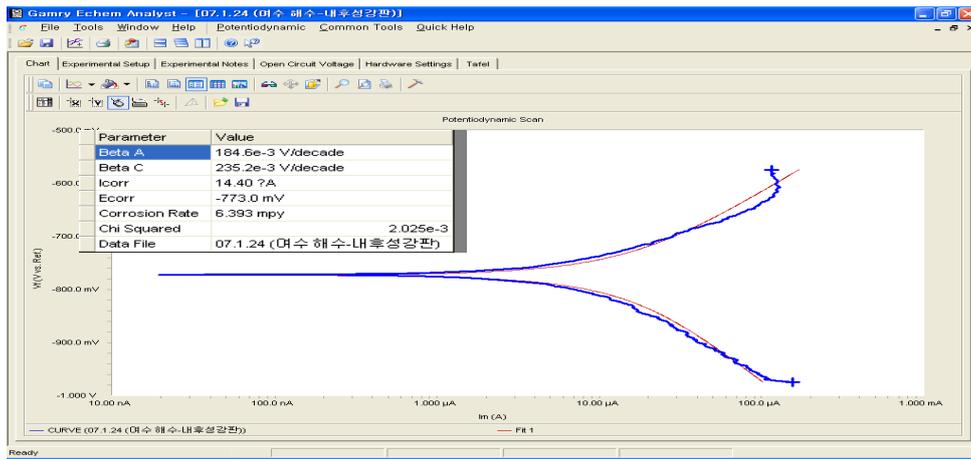


그림 8-4-8. 여수지역 해수에서 행한 내후성강의 타펠시험 분극곡선

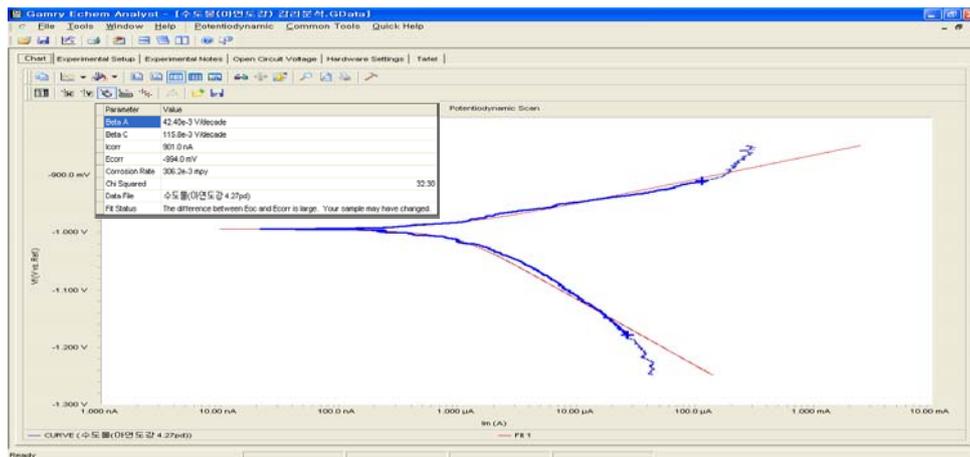


그림 8-4-9. 여수지역 수도수에서 행한 아연도강의 타펠시험 분극곡선

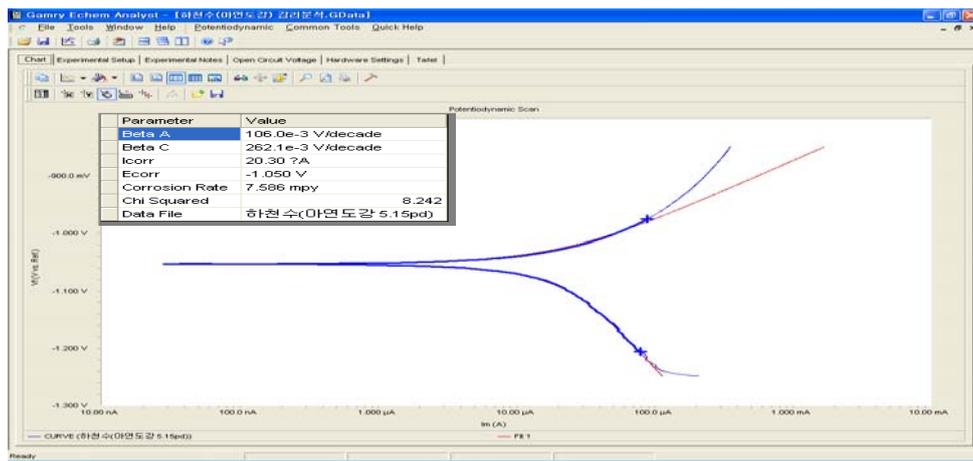


그림 8-4-10. 여수지역의 하천수 중에서 행한 아연도강의 타펠시험
분극곡선

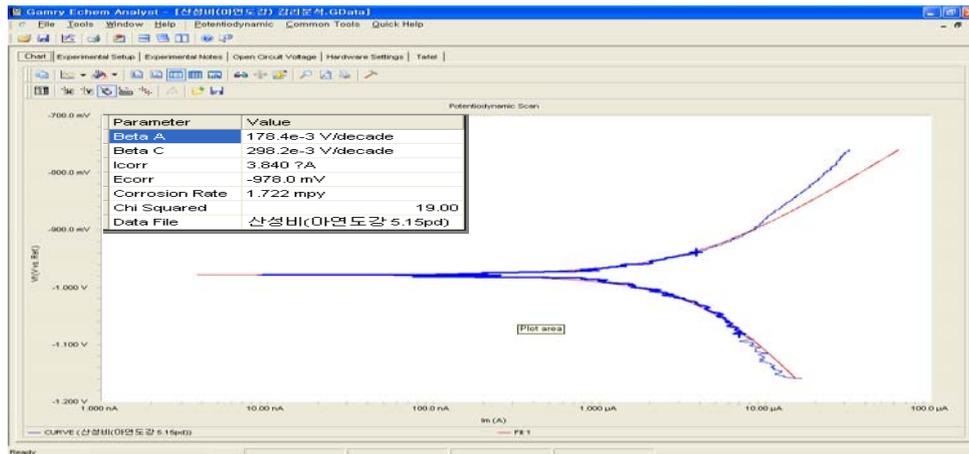


그림 8-4-11. 여수지역 인공산성비에서 행한 아연도강의 타펠시험
분극곡선

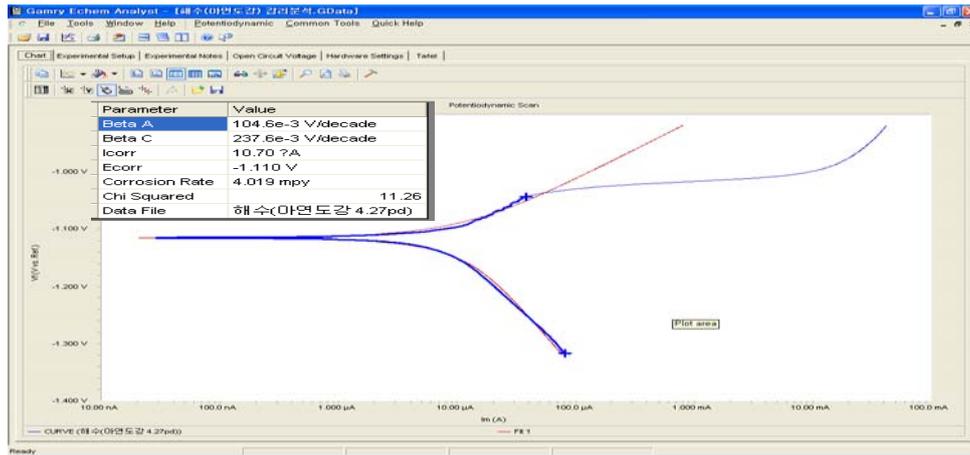


그림 8-4-12. 여수지역 해수에서 행한 아연도강의 타펠시험 분극곡선

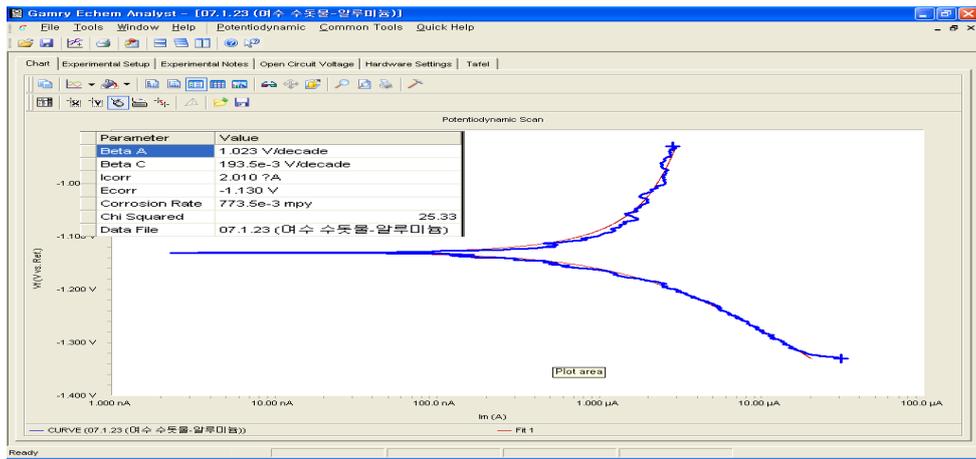


그림 8-4-13. 여수지역 수도수에서 행한 알루미늄의 타펠시험 분극곡선

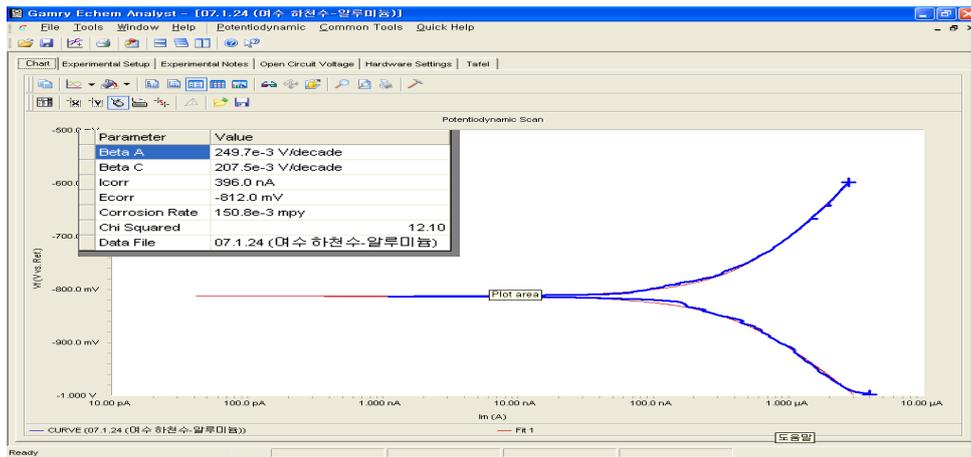


그림 8-4-14. 여수지역 하천수에서 행한 알루미늄의 타펠시험 분극곡선

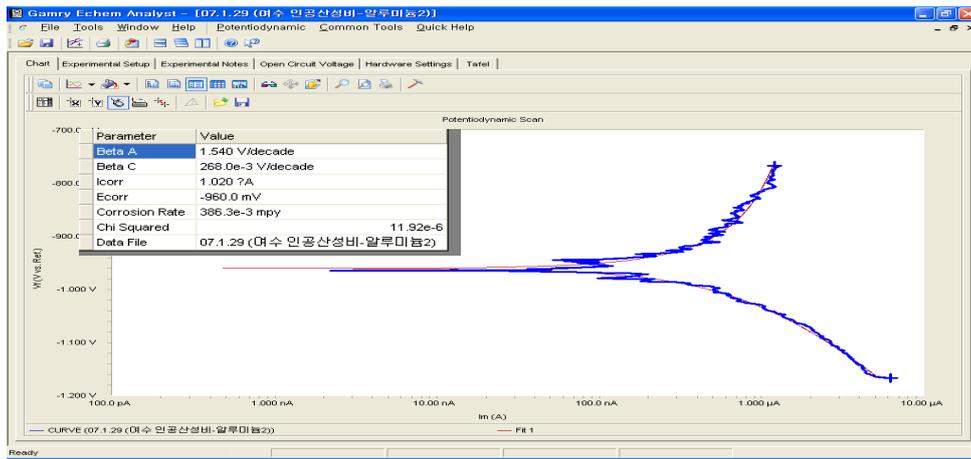


그림 8-4-15. 여수지역 인공산성비에서 행한 알루미늄의 타펠시험
분극곡선

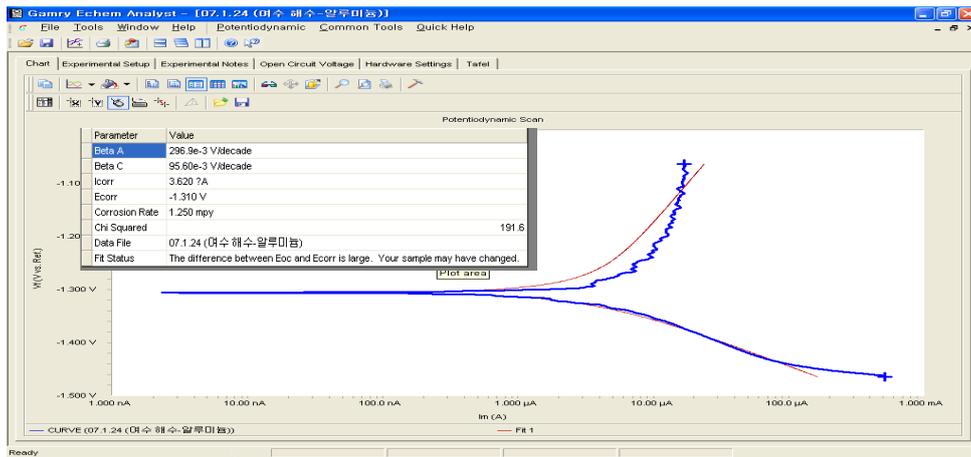


그림 8-4-16. 여수지역 해수에서 행한 알루미늄의 타펠시험 분극곡선

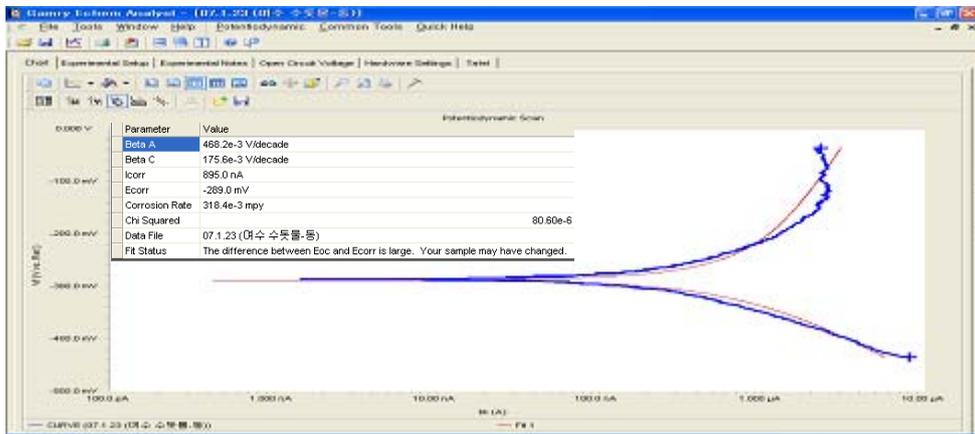


그림 8-4-17. 여수지역 수도수에서 행한 구리의 타펠시험 분극곡선

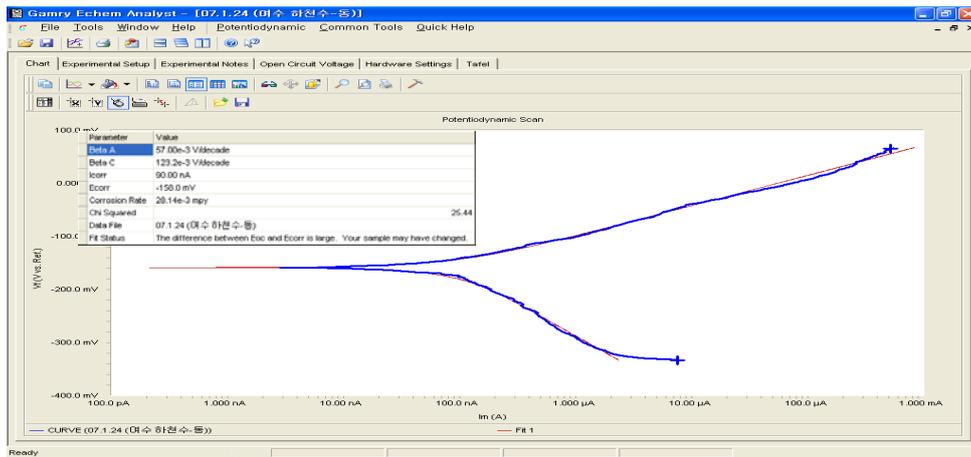


그림 8-4-18. 여수지역 하천수에서 행한 구리의 타펠시험 분극곡선

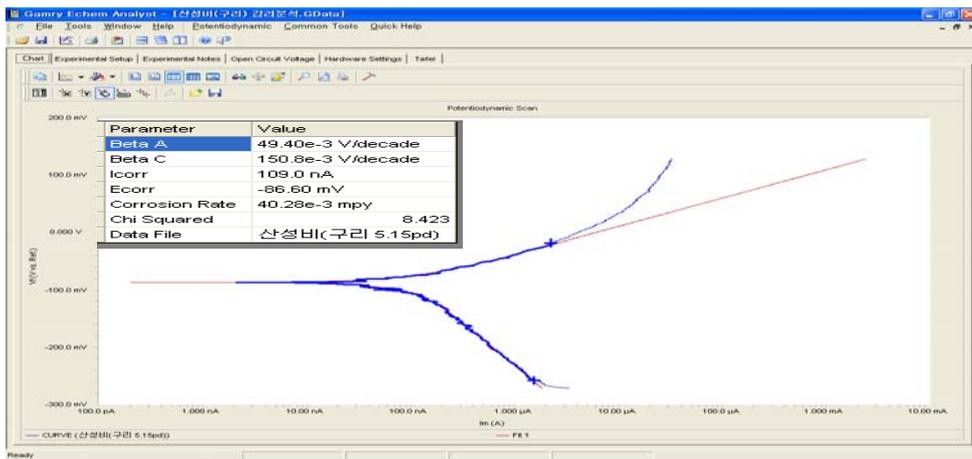


그림 8-4-19. 여수지역 인공산성비에서 행한 구리의 타펠시험 분극곡선

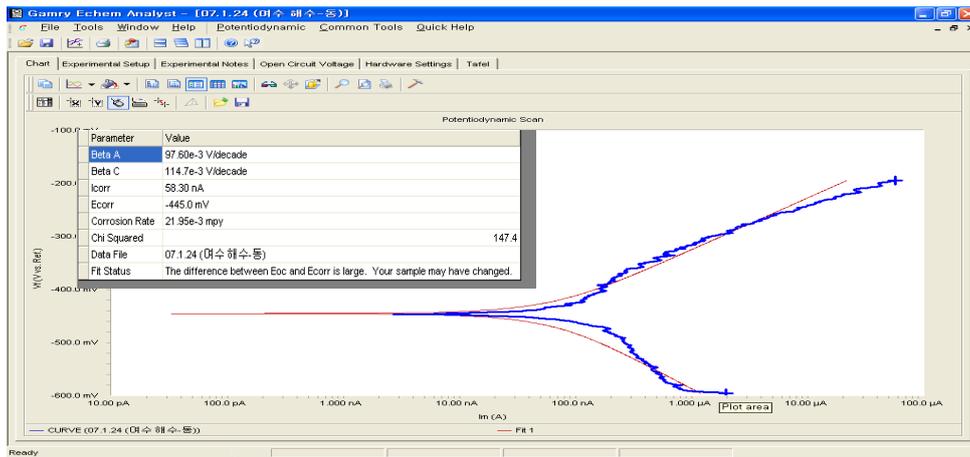


그림 8-4-20. 여수지역 해수에서 행한 구리의 타펠시험 분극곡선

8-4-2. 타펠시험에 따른 부식속도

타펠곡선으로부터 부식전류밀도 값을 측정하였으며, 이를 바탕으로 부식속도를 계산하여 그림 8-4-21 ~그림 8-4-38에 나타내었다.

수도수에서의 부식속도는 높은 순서대로 탄소강>내후성강≈알루미늄>구리=아연도강으로 나타났으나, 부식속도 0.02 mm/yr 이하로는 값 들간에 큰 의미는 없는 것으로 보인다.

하천수에서 부식속도는 높은순으로 탄소강>내후성강≈아연도강>알루미늄>구리 순으로 나타났다.

인공산성비에서 시편간의 부식속도는 아연도강>탄소강>내후성강>알루미늄>구리 순으로 나타났다.

해수에서의 부식속도는 높은 순서대로 내후성강>탄소강>아연도강>알루미늄>구리 순으로 나타났다.

수환경에 따른 탄소강의 부식속도를 비교한 결과, 높은 순서대로 하천수, 해수, 수도수, 인공산성비로 부식성이 큰 것으로 나타났다.

수환경에 따른 내후성강의 부식속도를 비교한 결과, 높은 순서대로 하천수, 해수, 수도수≈인공산성비로 부식성이 큰 것으로 나타났다.

수환경에 따른 아연도강의 부식속도를 비교한 결과, 높은 순서대로 하천수, 해수, 인공산성비, 수도수로 부식성이 큰 것으로 나타났다.

수환경에 따른 알루미늄의 부식속도를 비교한 결과, 높은 순서대로 해수, 수도수, 인공산성비, 하천수 순으로 부식성이 큰 것으로 나타났으나, 앞서 기술한 바와 같이 부식속도 0.02 mm/yr 아래로는 값들간에 큰 의미가 없는 것으로 사료된다.

수환경에 따른 구리의 부식속도를 비교한 결과 높은 순서대로 수도수, 인공산성비=하천수, 해수 순으로 나타났으나, 전기한 바와 같이 0.02 mm/yr 이하는 큰 의미가 없는 것으로 사료된다.

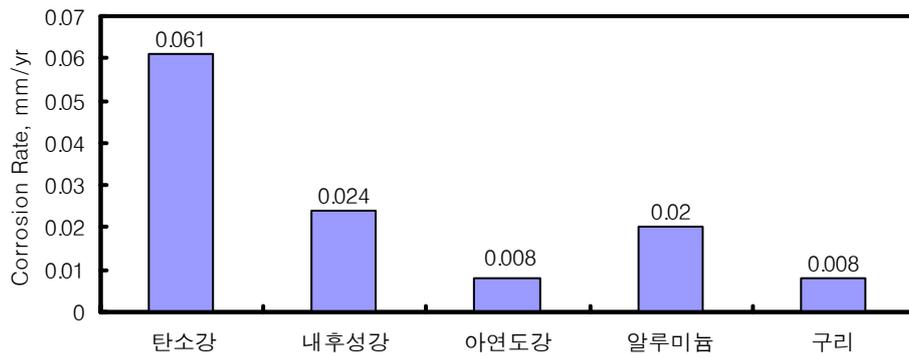


그림 8-4-21. 여수지역 수도수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식속도

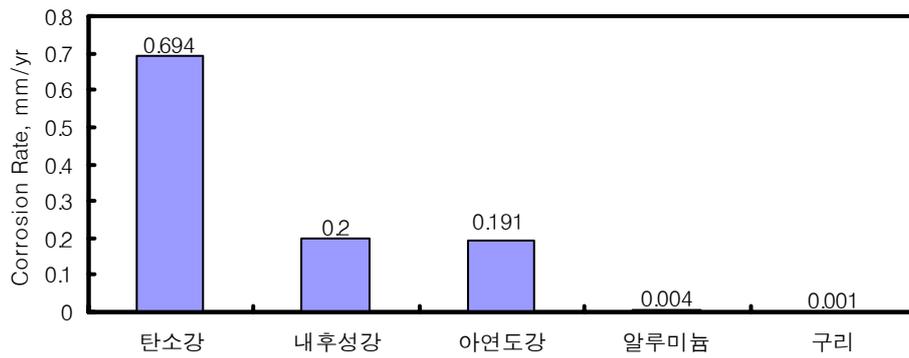


그림 8-4-22. 여수지역 하천수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식속도

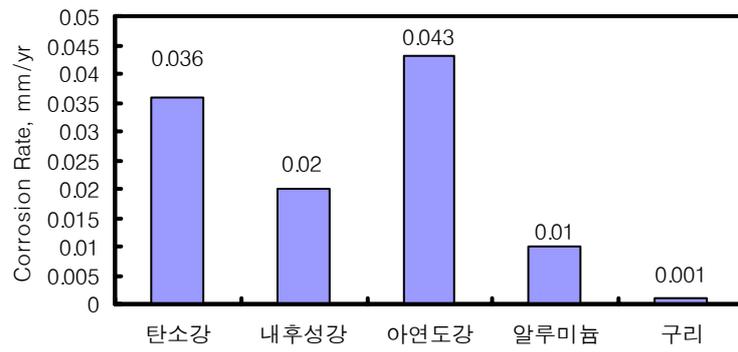


그림 8-4-23. 여수지역 인공산성비에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식속도

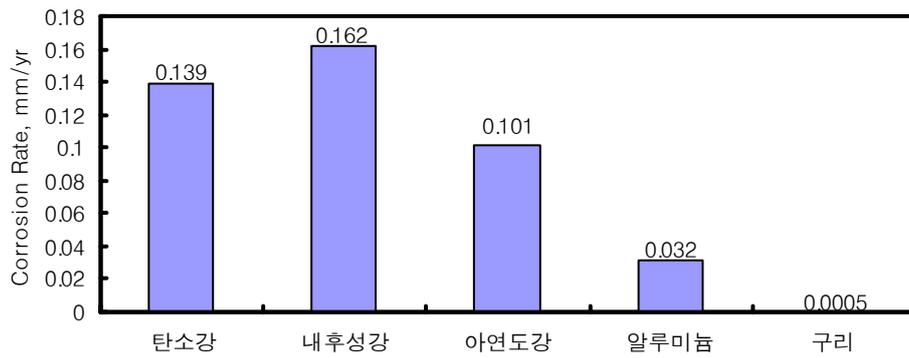


그림 8-4-24. 여수지역 해수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식속도

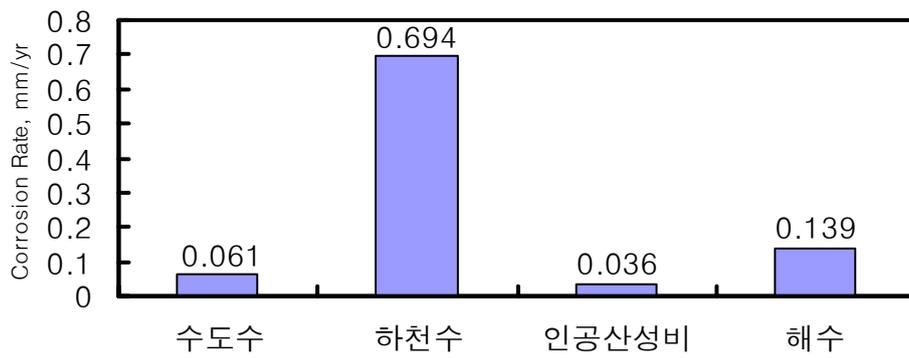


그림 8-4-25. 여수지역 수환경중에서 타펠시험에 따른 탄소강의 부식속도

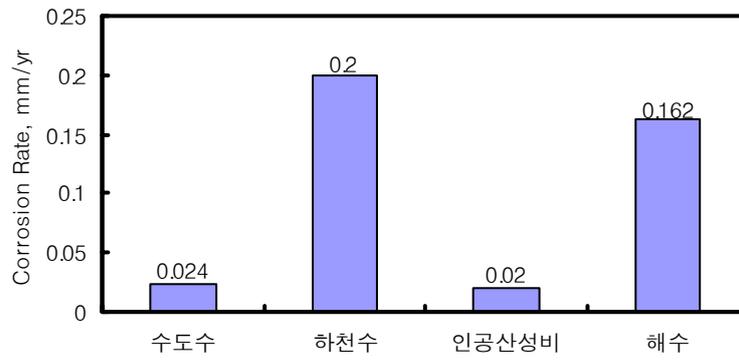


그림 8-4-26. 여수지역 수환경중에서 타펠시험에 따른 내후성강의 부식속도

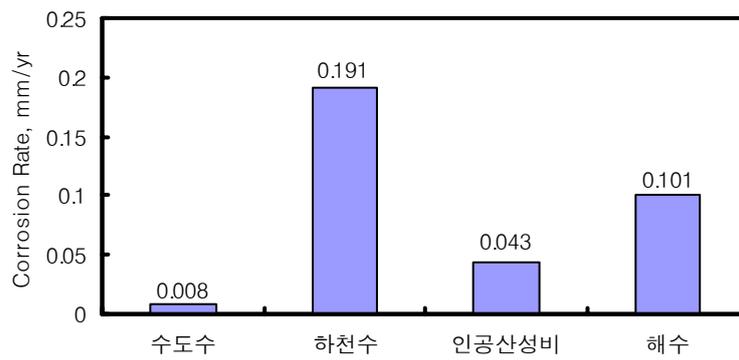


그림 8-4-27. 여수지역 수환경중에서 타펠시험에 따른 아연도강의 부식속도

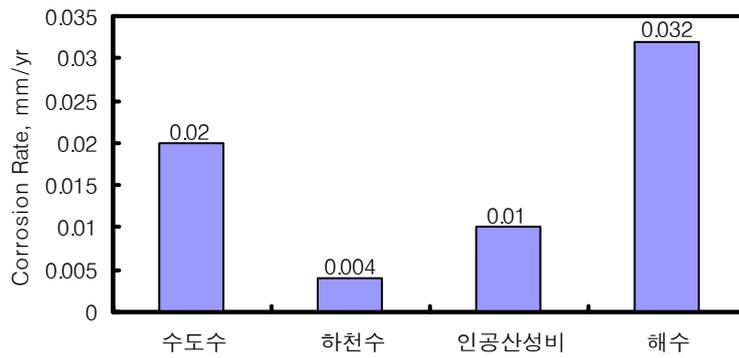


그림 8-4-28. 여수지역 수환경중에서 타펠시험에 따른 알루미늄의 부식속도

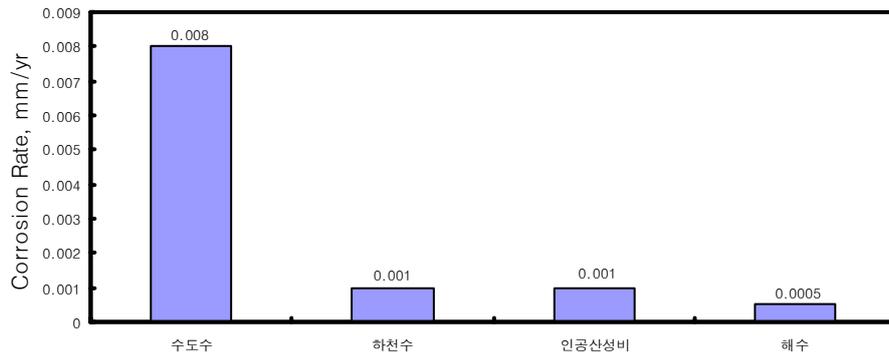


그림 8-4-29. 여수지역 수환경중에서 타펠시험에 따른 구리의 부식속도

8-4-3. 타펠시험에 따른 부식전류밀도

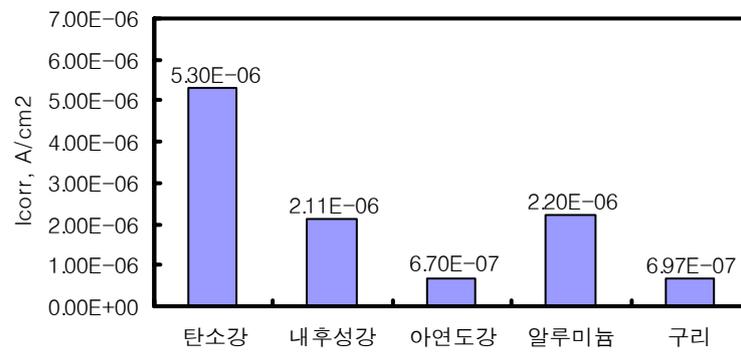


그림 8-4-30. 여수지역 수도수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식전류밀도

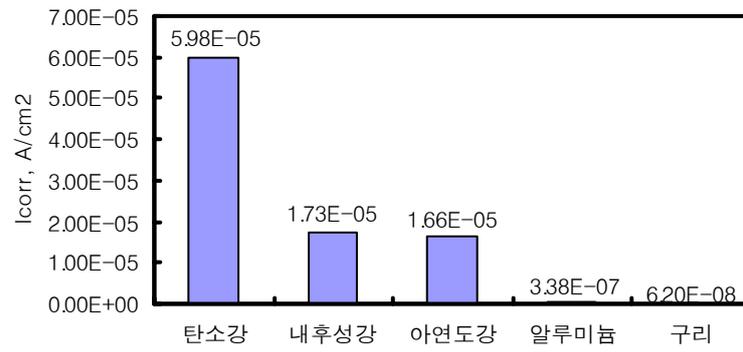


그림8-4-31.여수지역 하천수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식전류밀도

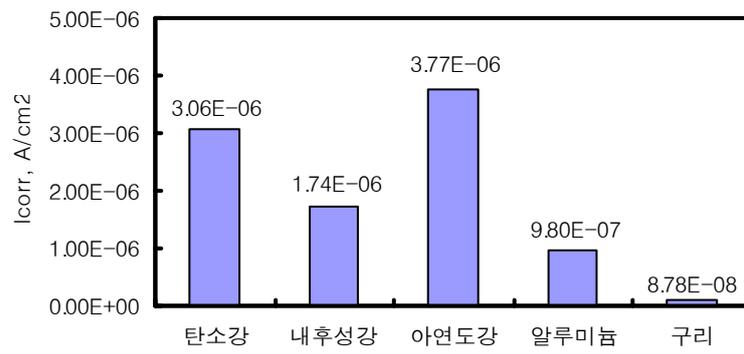


그림 8-4-32. 여수지역 인공산성비에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식전류밀도

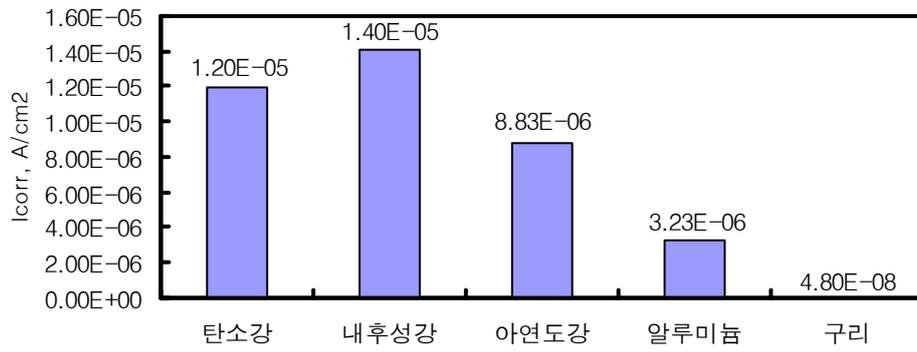


그림 8-4-33. 여수지역 해수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 부식전류밀도

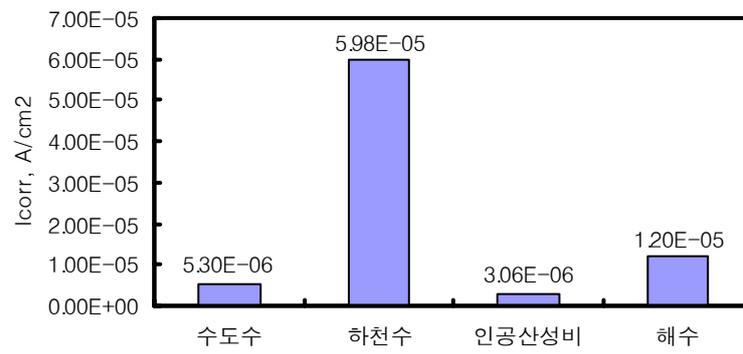


그림 8-4-34. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 탄소강의 부식전류밀도

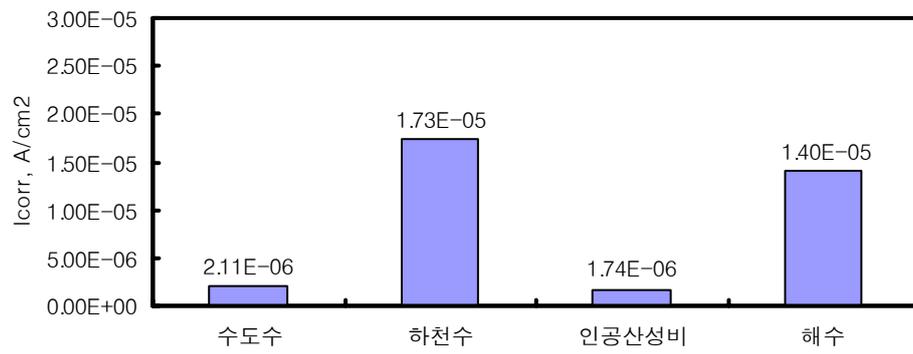


그림 8-4-35. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 내후성강의 부식전류밀도

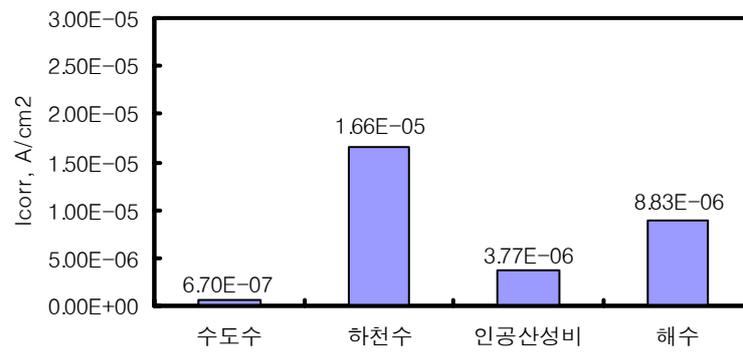


그림 8-4-36. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 아연도강의 부식전류밀도

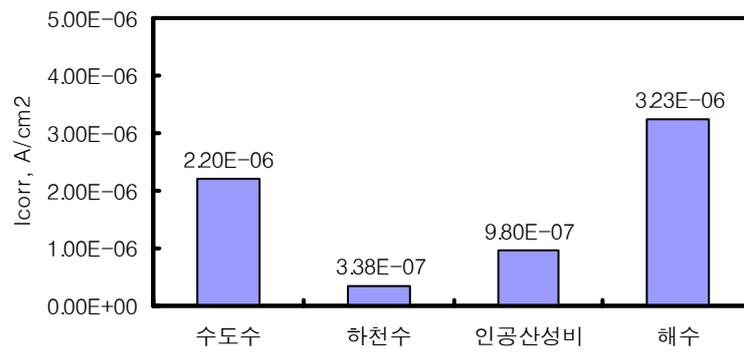


그림 8-4-37. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 알루미늄의 부식전류밀도

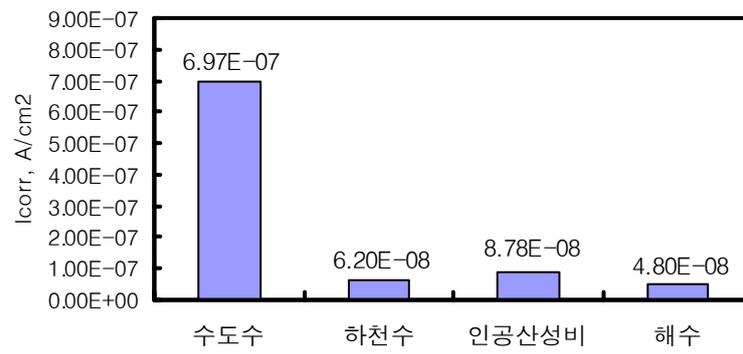
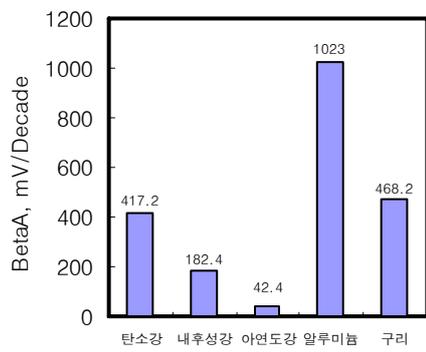
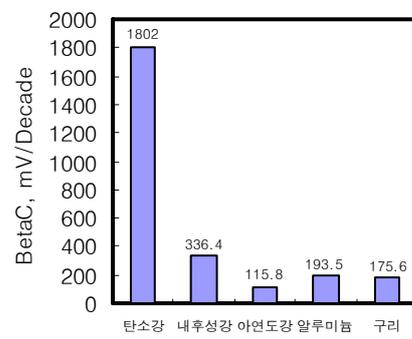


그림 8-4-38. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 구리의 부식전류밀도

8-4-4. 타펠시험에 따른 타펠기울기



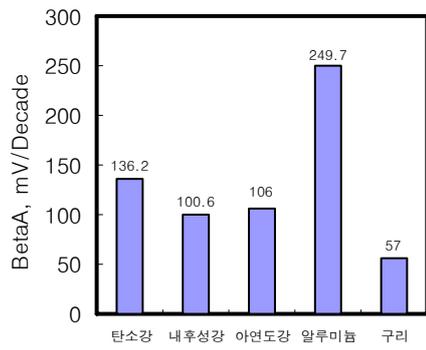
(a)



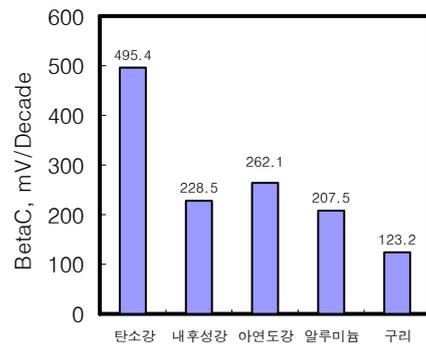
(b)

그림 8-4-39. 여수지역 수도수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 타펠기울기:

(a)BetaA (b)BetaC

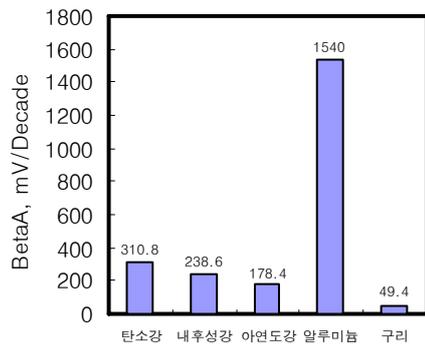


(a)

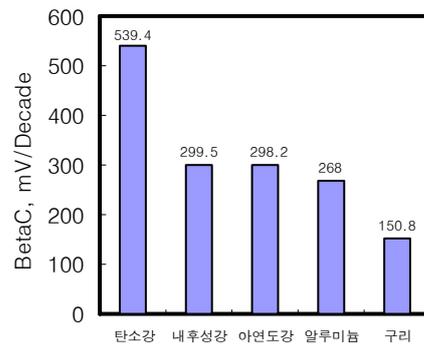


(b)

그림 8-4-40. 여수지역 하천수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 타펠기울기;
(a)BetaA (b)BetaC

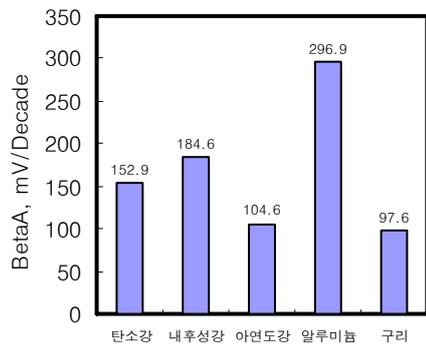


(a)

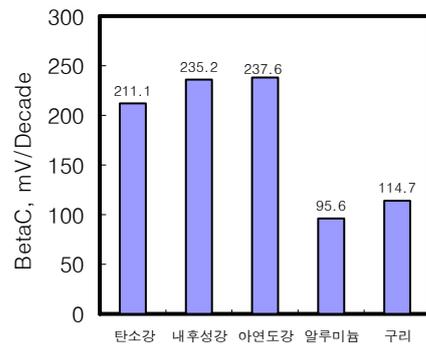


(b)

그림 8-4-41. 여수지역 인공산성비에서 타펠시험에 따른 각 시편의 타펠기울기; (a)BetaA (b)BetaC

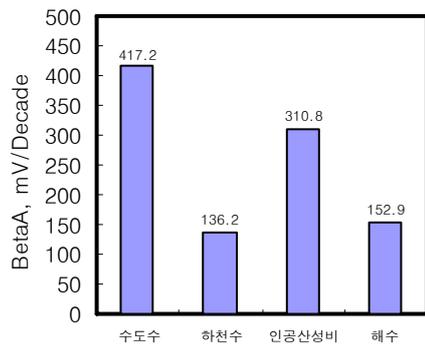


(a)

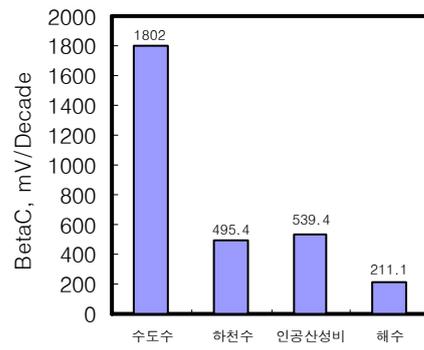


(b)

그림 8-4-42. 여수지역 해수에서 타펠시험에 따른 각 시편의 타펠기울기;
(a)BetaA (b)BetaC

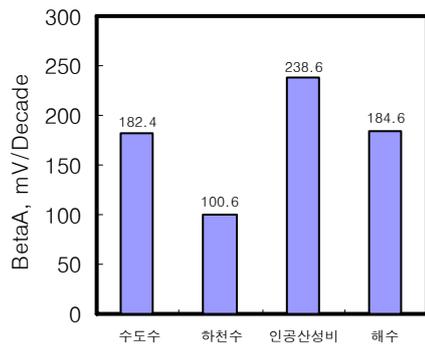


(a)

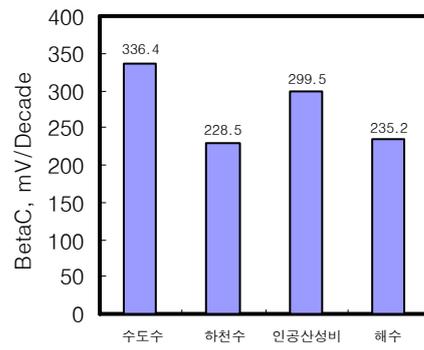


(b)

그림 8-4-43. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 탄소강의 타펠기울기;
(a)BetaA (b)BetaC

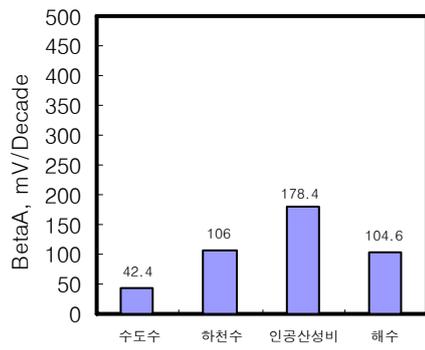


(a)

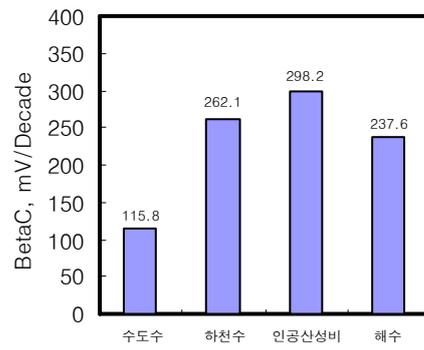


(b)

그림 8-4-44. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 내후성강의 타펠기울기; (a)BetaA (b)BetaC

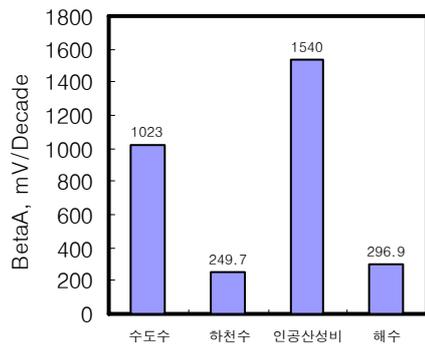


(a)

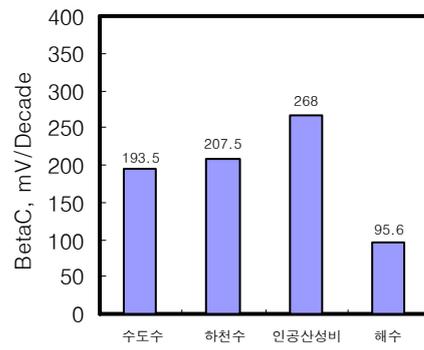


(b)

그림 8-4-45. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 아연도강의 타펠기울기; (a)BetaA (b)BetaC

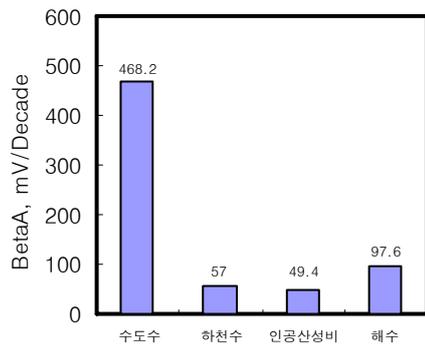


(a)

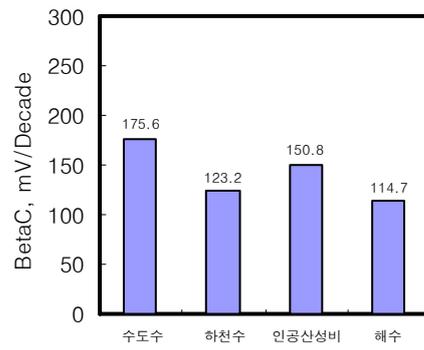


(b)

그림 8-4-46. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 알루미늄의 타펠기울기; (a)BetaA (b)BetaC



(a)



(b)

그림 8-4-47. 여수지역 수환경에서 타펠시험에 따른 구리의 타펠기울기;

(a)BetaA (b)BetaC