해양환경 실증실험을 통한
특수도료의 방오 및 방식성능 평가

최종 보고서

2025. 2.

국립 목포해양대학교
MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY

제 출 문

㈜ 그린웨이 귀하

본 보고서를 “해양환경 실증실험을 통한 특수도료의 방오 및 방식 성능 평가” 에 대한 최종보고서로 제출합니다.

2025. 02.

국립목포해양대학교
교수 박일초

요 약 문

과제명	국문	해양환경 실증실험을 통한 특수도료의 방오 및 방식 성능 평가
	영문	Evaluation of antifouling and anticorrosive performance of special paints through field experiments in marine environment
과제 목표	• 기존 상용 방오도료와 개발된 특수도료의 연해안 침적실험을 통한 방오 성능 평가 • Lab 환경 침적실험 경과에 따른 상용 방오도료와 개발된 특수도료의 방청 성능 평가	
과제 수행 내용	• 문헌조사를 통한 기존 방오도료 제품에 대한 방오성능 평가 및 연구개발의 필요성 분석 • 실증실험을 위한 시험편 거치대 제작 및 침적실험 수행 • 해양환경 현장실증실험을 통한 기존 방오도료 대비 개발된 특수도료의 방오 성능 비교 • 침적실험 경과 시간에 따른 해양생물 서식 및 성장 과정 분석 • Lab 환경 침적실험 경과 시간에 따른 기존 방오도료와 개발된 특수도료의 방식 성능 비교	
기대 효과 및 활용 방안	• 선체 외장 보호를 위한 특수도료의 성능 확인을 통한 선박의 경제적 및 안정적 운항실적 향상 기대 • 해수 부식 성능에 취약한 해양 구조물에 대하여 특수도료를 적용함으로써 수리조선 및 해양플랜트 분야에 확대 적용 기대	

핵심어	국문	선박	해양	도료	방오	부식
	영문	Ship	Marine	Painting	Antifouling	Corrosion

목 차

제1장 연구개발과제의 필요성

1.1 기술분석 ····· 1

1.2 산업적 및 경제적 분석 ····· 4

1.3 기존 연구 및 개발기술과의 차별성 ····· 5

제2장 실험방법

2.1 시험편 제작 ····· 7

2.2 연해안 침적실험 ····· 7

2.3 Lab 환경 침적실험 ····· 9

2.4 마찰마모실험 ····· 10

제3장 실험결과 분석

3.1 연해안 침적실험_특수도료(앞면) ····· 11

3.2 연해안 침적실험_특수도료(뒷면) ····· 15

3.3 연해안 침적실험_방오도료(앞면) ····· 19

3.4 연해안 침적실험_방오도료(뒷면) ····· 23

3.5 Lab 환경 침적실험_특수도료(앞면) ····· 27

3.6 Lab 환경 침적실험_특수도료(뒷면) ····· 32

3.7 Lab 환경 침적실험_방오도료(앞면) ····· 37

3.8 Lab 환경 침적실험_방오도료(뒷면) ····· 42

3.9 Lab 환경 침적실험 후 마찰마모실험 결과 ····· 46

제4장 종합 분석

4.1 종합분석 ····· 49

4.2 결론 ····· 51

제1장 연구개발과제의 필요성

1.1 기술적 분석

- 선박과 해양 구조물 등은 항상 수많은 해양생물에 노출되어 있기 때문에 원하지 않는 미생물이나 해조류, 저서생물 등이 해수에 잠긴 인공구조물 표면에 착생하고 성장하여 여러 가지 부정적인 영향을 미치게 됨.
- 특히, 선체 재료로 널리 사용되고 있는 강재, 알루미늄 합금 및 FRP 등의 경우 해수에 침적되면 손쉽게 해양생물의 부착 및 성장이 가능함. 그에 따라 선체 외판에 해양생물이 부착하게 되면 마찰저항이 증가하고, 선속 저하 및 무게 증가로 인하여 연료 소비량 증가와 선체 표면 부식 상승효과와 같은 문제가 발생될 수 있음.
- 일부 연구에 따르면 해양생물 부착으로 인한 연료소모는 최대 40%까지 증가하는 것으로 보고됨. 따라서 선체의 해양생물 서식 방지를 위한 다양한 방오대책들이 최근까지도 꾸준히 연구되고 있는 실정임.
- 일반적으로 선체에 부착된 해양생물을 제거하기 위해서는 해양생물과 선체 표면 사이에부착력 이상의 힘이 작용되어야 함. 부착된 해양생물의 제거는 외부로부터 작용하는 물리적인 힘이나 스스로의 세정작용(Self-cleaning)에 의해 이루어질 수 있음.
- 자기 세정 작용은 정적 조건과 동적 조건에서 발생할 수 있는데, 정적 조건이라 함은 부착물의 자중에 의해 스스로 탈락하는 경우이며, 동적 조건은 항해 중 발생하는 유속에 의한 수동력학적인 힘(Hydrodynamic force)에 의해 강제적으로 탈락시키는 것을 의미함.
- 수동력학적 자기 세정 작용은 유체의 양력(Lift force)과 항력(Drag force)의 함수로 표현할 수 있으며, 해양생물과 표면 간 부착력과 관련이 있음. 이와 관련하여 M. Schultz et al.은 선체에 부착된 해양생물 제거에 필요한 수동력학적인 힘을 측정하였으며, 유속에 따른 수동력학적 힘의 모델 식을 제안하였음.
- Fig. 1은 제안된 식에 의해 계산된 유속에 따른 인장응력과 전단응력 변화를 나타낸 것으로, 이는 부착물 방출형 코팅재(fouling release-type coatings)에 부착된 해양생물(따개비)을 탈락시키기 위해 필요한 힘과 유속과의 관계를 의미함. 해당 모델을 적용하면 일정 선속에서 자기세정 작용을 유발할 수 있는 최대 전단 부착 강도(shear barnacle adhesion strength)와 인장 부착강도(tensile barnacle adhesion strength)를 예측할 수 있음.

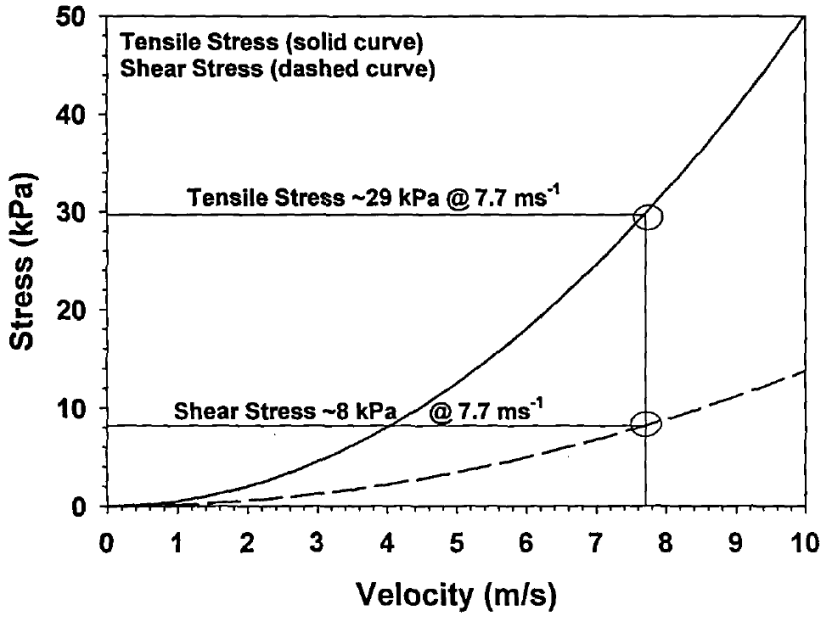


Fig. 1. Velocity for barnacle detachment due to tensile and shear stresses

- R. Holland et al.은 부착된 해양생물 제거에 필요한 전단응력 관찰을 위하여 Fig. 2와 같이 3가지 종류의 규조류를 사용하여 연구하였음. 실험 결과 3가지 규조류 모두 전단 응력이 커짐에 따라 표면에서 제거된 양의 비율이 증가하였음(Fig. 3).
- 즉, 높은 유속으로 인해 발생한 전단응력은 해양생물 부착을 제어하는데 사용될 수 있으며, 실제로 이탈리아 Vado Ligure에서는 발전소(1320 MW, 1400-1500 m 길이의 직경 2.2 m 배수구)의 냉각수 투입량을 6.5 노트로 유지했을 때 부착물이 발생하지 않았음.

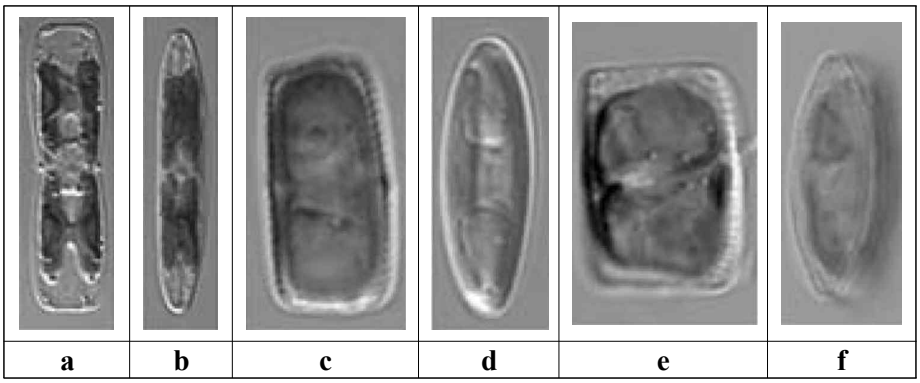


Fig. 2. Light microscopy of Craspedostauros in girdle(A) and valve(B) views, Navicula in girdle(C) and valve(D) views and Amphora in girdle(E) and valve(F) views

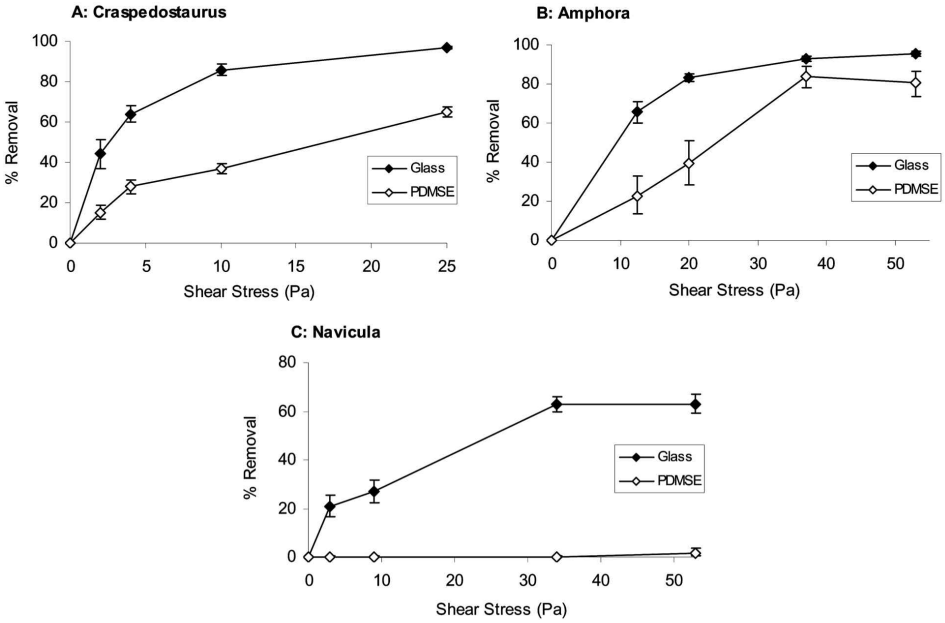


Fig. 3. The mean percentage removal of Craspedostouros(A), Amphora(B) and Navicula(C) from glass and PDMSE at various wall shear stress values generated in a flow channel

ㅇ 또한 M. Lemos et al.은 Bacillus cereus(바실러스 세레우스, 식중독균) 제거하기 위해 일정 조건하에서 서로 다른 전단응력(0.02, 0.12 및 0.17 Pa)을 적용하여 연구함. 그 결과 유체역학적 조건이 해양생물 부착 특성에 영향을 미치고, 부착량을 감소시키는데 효과적임을 규명함.

ㅇ 더불어 Fig. 4와 같이 물리적 조건 또는 물리적·화학적 혼합 조건 모두 전단응력이 커질수록 제거된 해양생물 양이 증가하는 것을 알 수 있음.

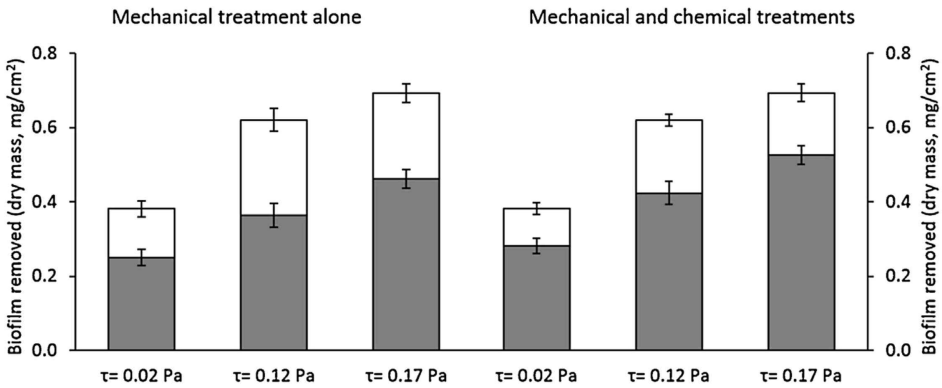


Fig. 4. Biofilm removed after submitting the biofilms to the mechanical treatment alone and to the combination of mechanical and chemical treatments. The white bar represents the amount of biofilm remaining after the treatment and the complete bar represents the amount of biofilm formed, over 7 days. The means SDs for at least three replicates are plotted

- 또한 유속이 생물막(Biofilm) 박테리아의 역학적인 거동에 미치는 영향을 조사한 Y. P. Tsai의 연구결과에 따르면, 최대 생물막 생물량은 유속이 0.38~0.77 노트 범위에서는 변화가 없었으나 이후 유속이 1.16 노트까지 증가하면 상당한 영향을 미치게 됨. 그 이유는 유속에 의한 전단응력 증가로 생물막 내의 박테리아 농도가 상당히 감소하기 때문임.
- E. Paul et al.의 연구결과에 따르면 Low Shear Stress Reactor(LSSR) 실험장비를 활용하여 회전속도에 따른 전단응력 조정을 통해 생물막의 탈리(Detachment) 메카니즘을 분석함. 그 결과 유속 증가에 따라 전단응력과 압축압력 증가 시 생물막 제거가 용이함을 확인함.
- 결과적으로 기존 선체 도료에 대한 방오대책에 관한 연구를 분석해보면 근본적으로 해양생물 부착 방지는 어려운 실정이며, 대부분 정적환경에서 부착된 해양생물을 물리적 및 화학적 방법을 통해 어느 정도 제거가 가능함을 확인할 수 있음. 따라서 근본적으로 정적환경에서 해양생물의 부착을 지연시킬 수 있는 특수 방오도료 개발이 필요한 실정임.

1.2 산업적 및 경제적 분석

- 조선업계에서는 선박 연료비 절감을 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 선박 연료비 절감은 배를 발주 및 운영하는 선주 입장에서 더욱 관심을 갖고 있는 분야로, 선박 운영비즈니스에 직접적으로 영향을 미치고 있는 매우 중요한 부분으로 부각되고 있음.
- 선박 연료비 절감 방법 중에는 프로펠러 전방 또는 후방에 설치되어 효율을 높이는 부가장치(ex. pre swirl stator, duct, propeller boss cap 등)의 설치, ALS(Air Lubricated System), 선형 최적화, 선박 운항 최적화 등의 방법이 있음.
- 선박의 신조 또는 입거 수리 시 적절한 방오도료의 선택 또한 연료비 절감과 관련하여 매우 중요한 요소임. 이는 단순히 선박의 수선하부 구역에 해양 생물이 달라붙는 생물학적 오염의 최소화라는 종전의 개념에 추가하여 최근에는 마찰저항의 최소화, 속력 손실 최소화의 기능과 관련한 연료비 절감을 목적으로 한 방오도료 제품들이 출시 및 적용되고 있음.
- IMO에서는 선박용 유해 방오 시스템 규제 협약을 발효하여 2008년 1월 1일부로 유기주석(TBT) 화합물 성분의 방오도료 사용을 전면 금지함. 유기주석 화합물 성분의 방오도료는 매우 우수한 방오성능을 가지고 있어 과거 선박에 광범위하게 적용되었으나, 해당 성분으로 인한 해양생물의 개체수 급감 및 성별이 바뀌는 임포섹스 현상 등의 심각한 환경 문제를 유발했던 사례가 있음.
- 이에 각 글로벌 도료사들은 유기주석 화합물을 대체한 방오성분을 개발하여 현재는 Tin free 자기 마모형 도료(Self Polishing Copolymer, SPC)가 주로 선박에 적용되고 있음.

- 상기와 같은 이유로 대우조선해양은 조선소에서 신조되고 있는 선종들에 대하여 각기 다른 초기 투자비용과 성능을 가진 6가지 방오도료의 적용을 가정하고 ISO 19030-1의 운항 성능지표(in-service performance)에 따른 선박의 속력 손실에 의한 추가 연료비 절감액을 이익으로 고려하여 경제성 평가를 실시함.
- 그 결과 보충적 분석인 분기점 분석을 통하여 확인된 현재가치 기준의 손익 분기점은 다음의 표와 같으며, 가정된 여섯 가지의 방오도료 모두 평균 속력 손실 5.9%의 성능을 가진 일반적인 방오도료 대비 5년의 계획 기간을 고려했을 때 양(+)의 현재가치를 가져 경제성이 있다고 판단할 수 있음.

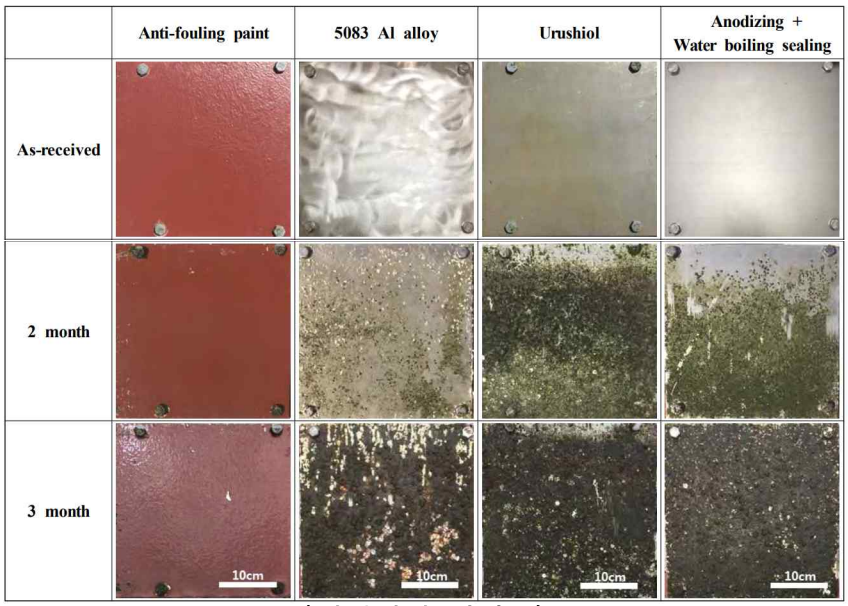
표 The break-even points according to the ship types and assumed paints (i)

i	300K VLCC	23K TEU CONT.	173K LNGC
1	9th quarter	7th quarter	8th quarter
2	9th quarter	7th quarter	8th quarter
3	9th quarter	7th quarter	8th quarter
4	10th quarter	8th quarter	9th quarter
5	11th quarter	8th quarter	9th quarter
6	12th quarter	9th quarter	10th quarter

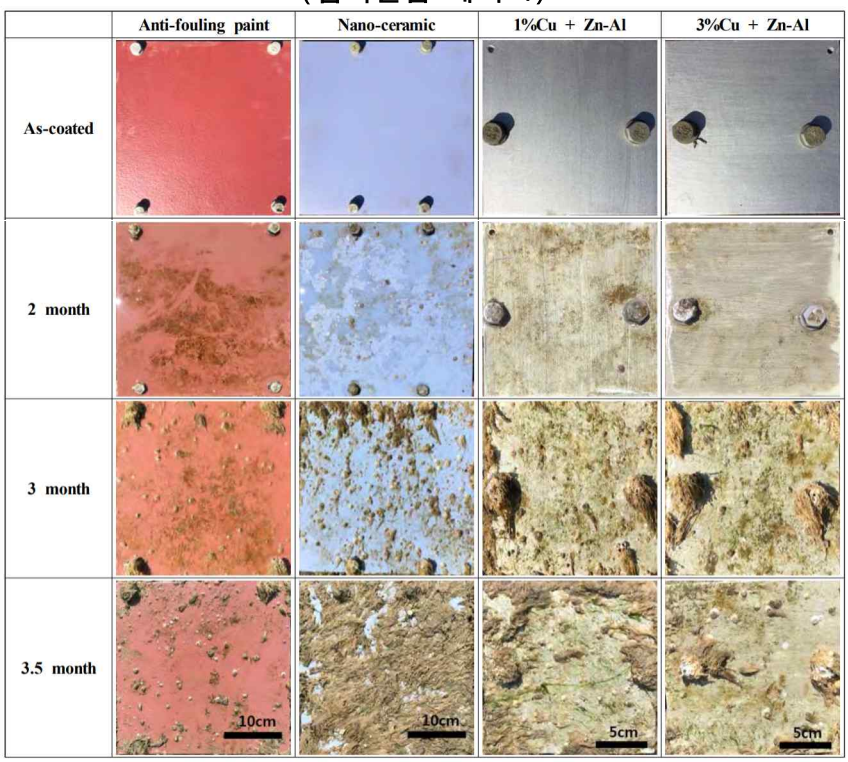
- 또한 목표 속력 손실 값이 작은 방오도료를 적용하는 것이 초기 투자비용이 많이 소요되지만 경제성 측면에서는 가장 유리하였으며, 특히, 연료 소모량이 많은 컨테이너선의 경우 도료 선정에 따른 연료비 영향이 타 선종 대비 크게 확인됨.
- 결과적으로 방오도료의 성능에 따른 경제적 손실이 크기 때문에 산업적 관심 역시 대두되고 있는 상황으로 방오도료 성능을 개선하는 특수 도료 개발 및 평가 역시 중요함.

1.3 기존 연구 및 개발기술과의 차별성

- 기존 연구들은 대부분 강재 또는 알루미늄 합금 모재에 방오도료를 적용하여 정적환경 하에서 다른 표면처리 방법들과 육안 관찰을 통해 방오 성능을 비교하였으나 일반적으로 방오도료가 우수한 다른 표면처리 방법에 비해 우수한 방오 성능을 나타냄.
- 대표적으로 Fig. 5는 알루미늄 합금 선체 재료에 대하여 방오도료와 다양하게 표면처리된 시험편을 정적환경에서 방오 성능 평가 결과, 기존 방오도료의 방오 성능이 월등히 우수하게 확인됨.



(침적실험 예시 1)



(침적실험 예시 2)

Fig. 5. 다양하게 표면처리된 알루미늄 합금의 정적 해양환경하에서 침적실험 결과

ㅇ 본 연구에서는 기존 표면처리 방법과 달리, 참여기관에서 개발한 특수 도료에 대하여 방오도료와 방오 성능을 비교할 뿐만 아니라 동시에 방식 성능도 평가하고자 함. 또한 선체 재료인 강재와 알루미늄 합금을 포함한 FRP, STS 및 HDPE 등 5종류의 해양 구조용 재료에 대하여 특수 도료를 적용하여 방오 및 방식 성능을 평가하고자 함.

제2장 실험 방법

2.1 시험편 제작

1) 시험편 재료(5종) : 알루미늄합금, 강재, STS, FRP, HDPE

2) 도장방법 및 도료사양

- 도장방법 : 붓, 스프레이
- 도료사양
  ① 상용 방오도료 : 진프로SPC A/F 6601 (호진페인트)
  ② 특수도료 : 위탁업체 제공
- 시공방법 : 위탁업체 시공 및 제공

3) 시험편 사양

구분	크기	수량	비고
1	20cm x 20cm x 1t	5	특수도료 및 방오도료 각각 5개씩 제작
2	20cm x 20cm x 1t	5	
3	20cm x 20cm x 0.5t	5	
4	20cm x 20cm x 4t	5	
5	17.3cm x 30cm x 2t	5	

2.2 연해안 침적실험

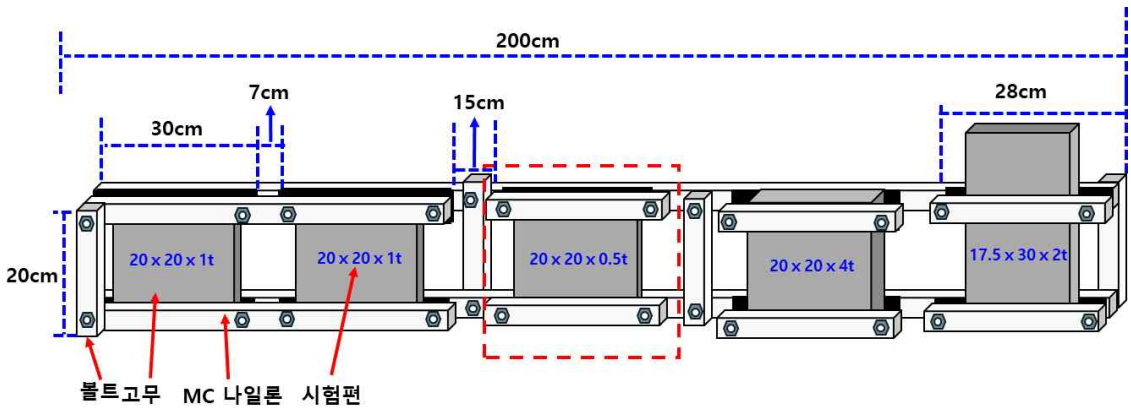
1) 실험대상 : 특수도료 시험편, 방오도료 시험편

2) 실험시편 : 10종(= 도료 2종 x 재질 5종)

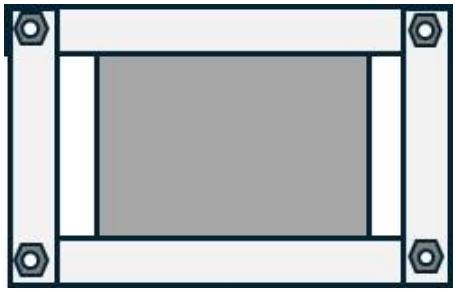
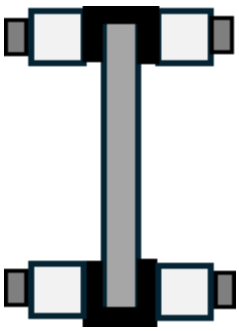
3) 실험기간 / 관찰주기 : 2024.4.15.-2024.9.6.(20주) / 2주

4) 관찰방법 : 시험편 표면 사진 촬영

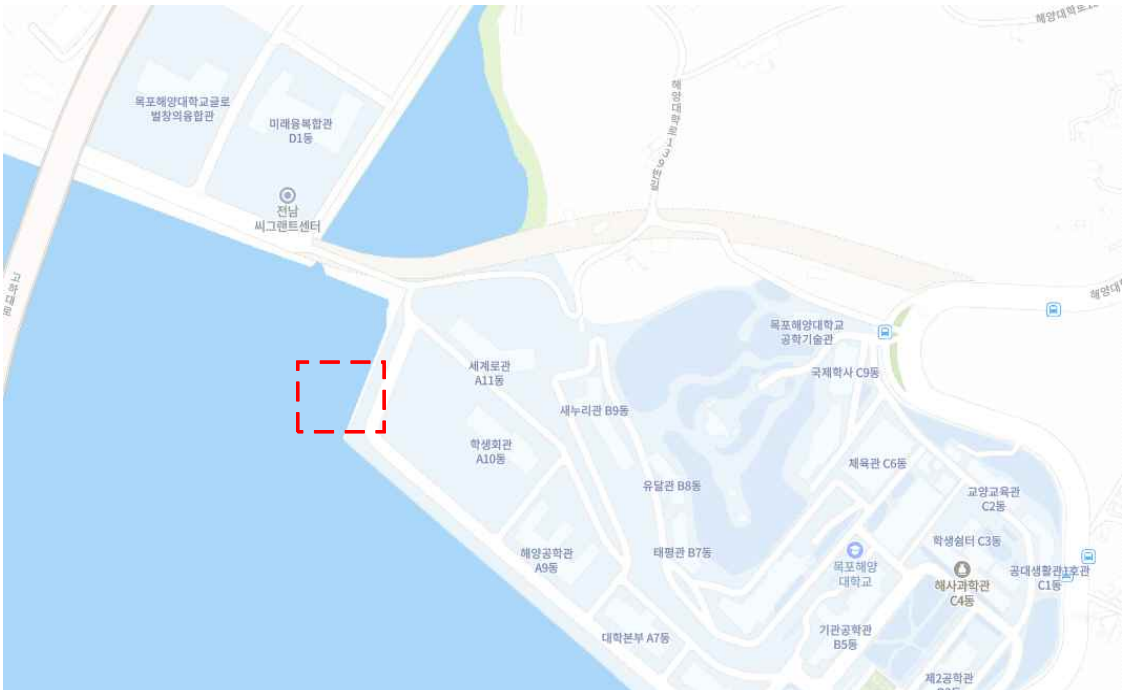
5) 시험편 거치대 모식도



6) 침적구조물 모식도의 적색 점선 시편 투상도

정면도	평면도
	
저면도	측면도
	

7) 연해안 침적실험 위치 : 국립목포해양대학교 요트계류장 부유시설 활용



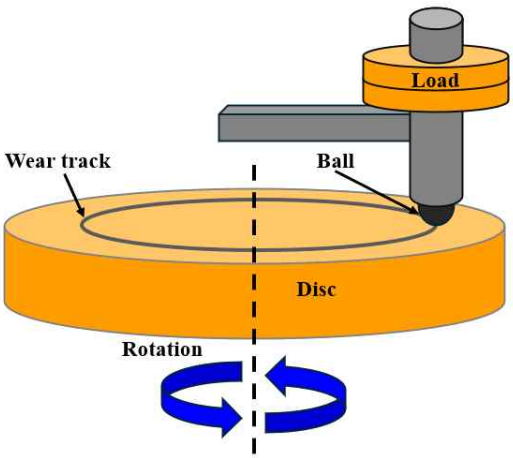
8) 연해안 침적실험 수행 사진

2.3 Lab 환경 침적실험

1) 실험대상 : 특수도료 시험편, 방오도료 시험편
2) 실험시편 : 10종(= 도료 2종 x 재질 5종)
3) 실험기간 / 관찰주기 : 2024.4.23.-2024.11.1.(28주) / 초기 2주, 후반 4주
4) 관찰방법 : 시험편 표면 사진 촬영
5) 침적실험 수행 사진

2.4 마찰마모실험

1) 실험대상 : Lab 환경 침적실험 후 알루미늄합금과 강재(2종)의 특수도료 및 방오도료 시험편
2) 실험장비 : Tribometer(TRB3, Anton paar)
3) 실험조건
 - 볼과 디스크 : 각각 6mm의 알루미나 볼(1650 Hv)과 CrN 코팅한 스테인리스강
 - 실험방식 : 건식 슬라이딩
 - 실험하중 / 트랙거리 : 1N / 27m
 - 트랙의 손상깊이 분석 : 3D 레이저 현미경(Olympus, OLS-5000) 활용
4) 마찰마모실험 장비 사진 및 모식도



제3장 침적실험 결과

3.1 연해안 침적실험_특수도료(앞면)

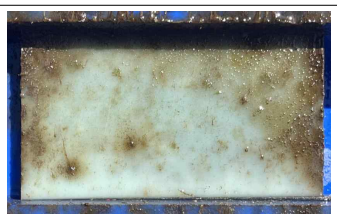
[실험 전 시편, 04/15]

0일			

[침적 4일 후, 04/19]

4일			

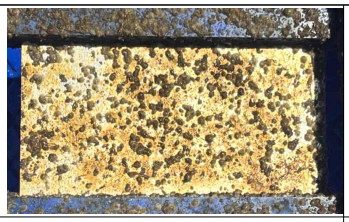
[침적 18일(약 2주) 후, 05/03]

18일			
			

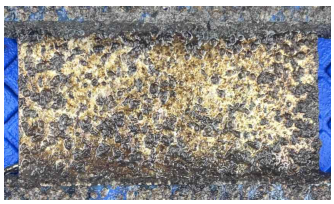
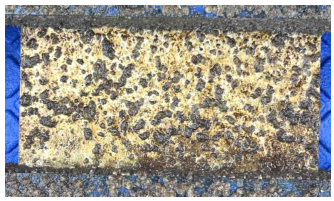
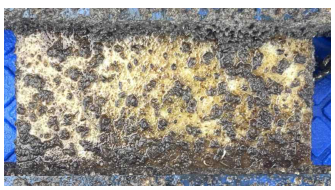
[침적 32일(약 4주) 후, 05/17]

32일			

[침적 46일(약 6주) 후, 05/31]

46일			

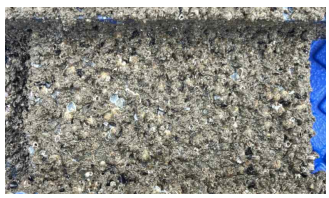
[침적 60일(약 8주) 후, 06/14

60일			
			

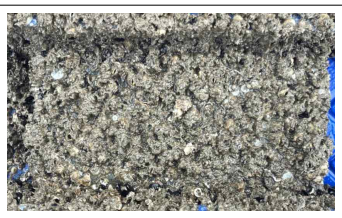
[침적 74일(약 10주) 후, 06/28]

74일			

[침적 88일(약 12주) 후, 07/12]

88일			
			

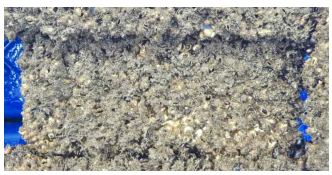
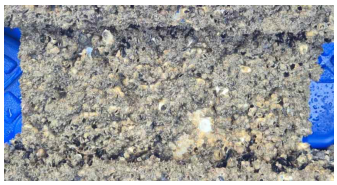
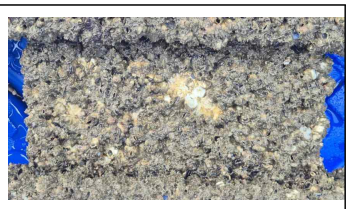
[침적 102일(약 14주) 후, 07/26]

102일			
			

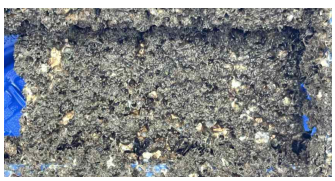
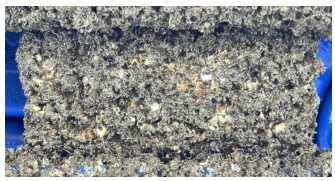
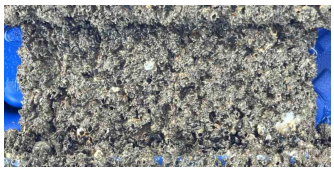
[침적 116일(약 16주) 후, 08/09]

116 일			

[침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			

[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

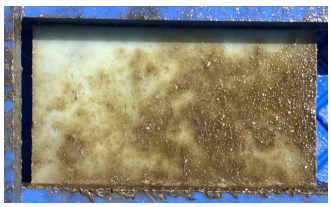
144 일			
			

3.2 연해안 침적실험_특수도료(뒷면)

[침적 4일 후, 04/19]

4일			

[침적 18일(약 2주) 후, 05/03]

18일			
			

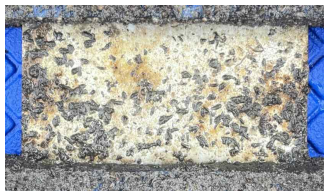
[침적 32일(약 4주) 후, 05/17]

32일			

[침적 46일(약 6주) 후, 05/31]

46일			

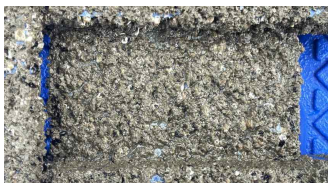
[침적 60일(약 8주) 후, 06/14]

60일			

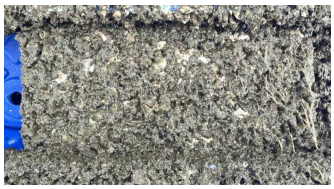
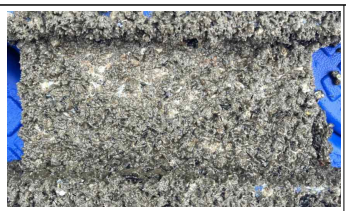
[침적 74일(약 10주) 후, 06/28]

74일			

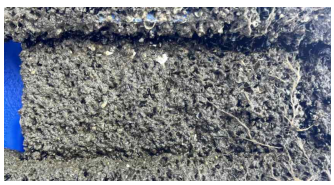
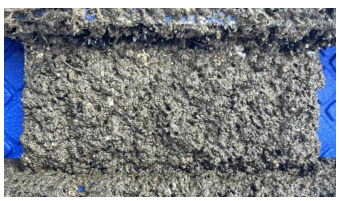
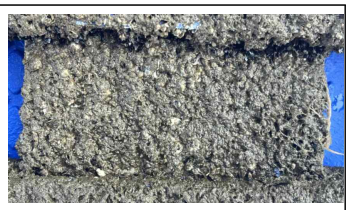
[침적 88일(약 12주) 후, 07/12]

88일			
			

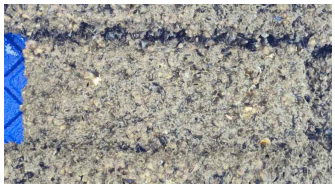
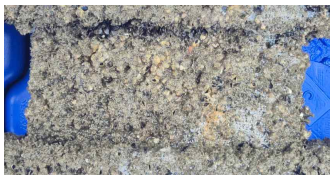
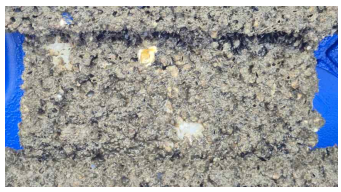
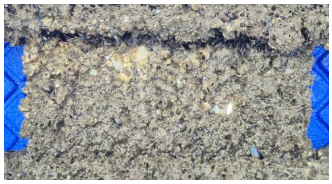
[침적 102일(약 14주) 후, 07/26]

102일			

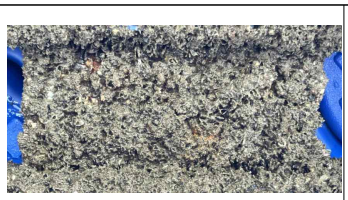
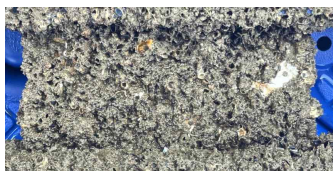
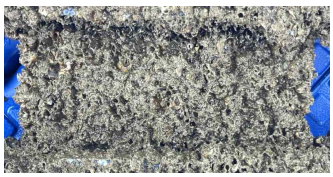
[침적 116일(약 16주) 후, 08/09]

116일			

침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			
			

[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

144 일			
			

3.3 연해안 침적실험_방오도료(앞면)

[실험 전 시편, 04/15]

0일			

[침적 4일 후, 04/19]

4일			

[침적 18일(약 2주) 후, 05/03]

18일			

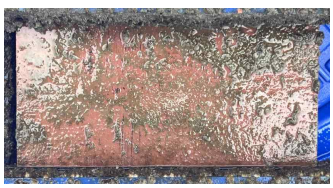
[침적 32일(약 4주) 후, 05/17]

32일			

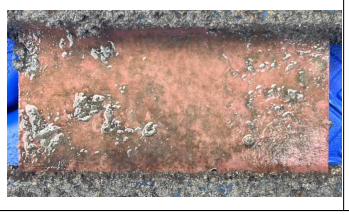
[침적 46일(약 6주) 후, 05/31]

46일			

[침적 60일(약 8주) 후, 06/14]

60일			

[침적 74일(약 10주) 후, 06/28]

74일			
			

[침적 88일(약 12주) 후, 07/12]

88일			

[침적 102일(약 14주) 후, 07/26]

102일			

[침적 116일(약 16주) 후, 08/09]

116 일			

[침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

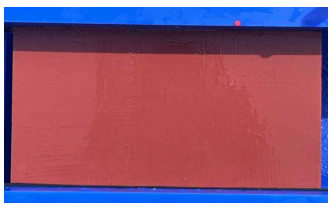
130 일			

[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

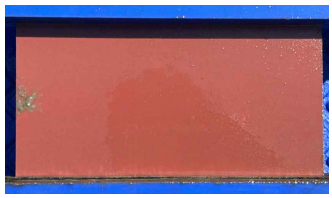
144 일			

3.4 연해안 침적실험_방오도료(뒷면)

[침적 4일 후, 04/19]

4일			

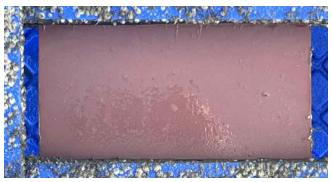
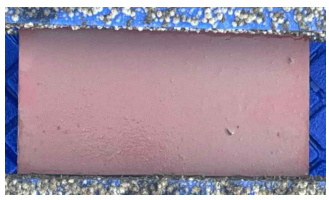
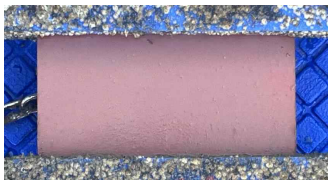
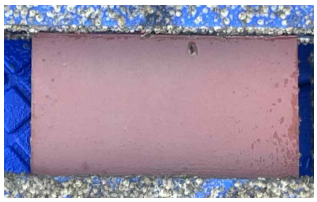
[침적 18일(약 2주) 후, 05/03]

18일			

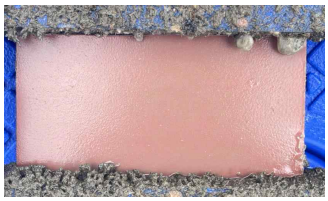
[침적 32일(약 4주) 후, 05/17]

32일			

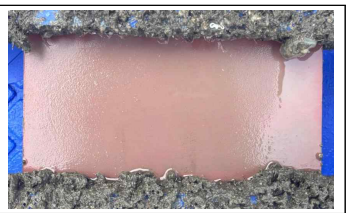
[침적 46일(약 6주) 후, 05/31]

46일			
			

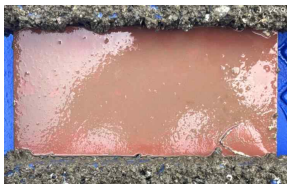
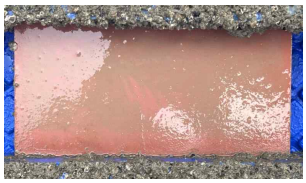
[침적 60일(약 8주) 후, 06/14]

60일			

[침적 74일(약 10주) 후, 06/28]

74일			

[침적 88일(약 12주) 후, 07/12]

88일			
			

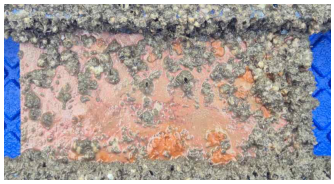
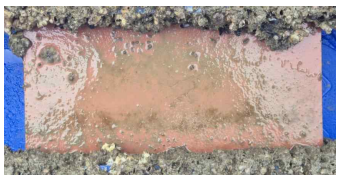
[침적 102일(약 14주) 후, 07/26]

102일			

[침적 116일(약 16주) 후, 08/09]

116일			

침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			
			

[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

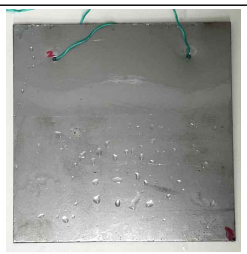
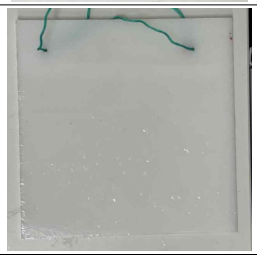
144 일			

3.5 Lab 환경 침적실험_특수도료(앞면)

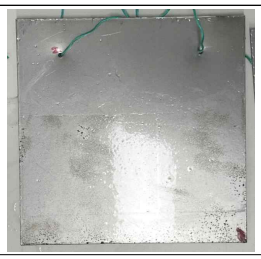
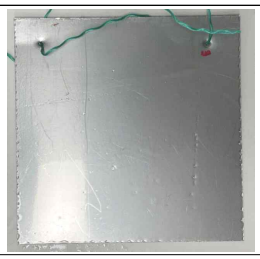
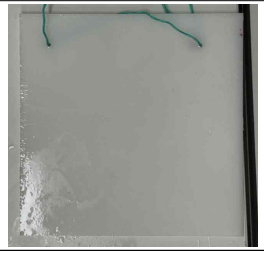
[실험 전 시편, 04/23]

0일			

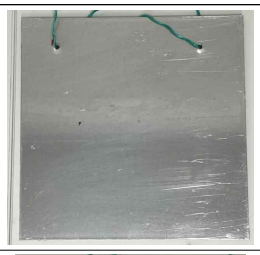
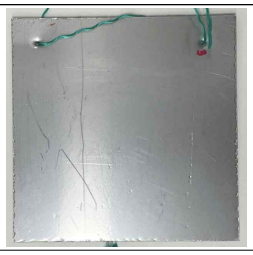
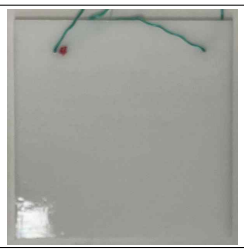
[침적 10일 후, 05/03]

10일			
			

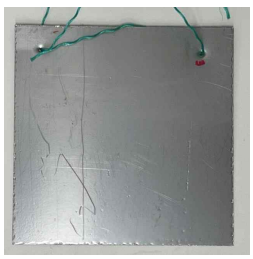
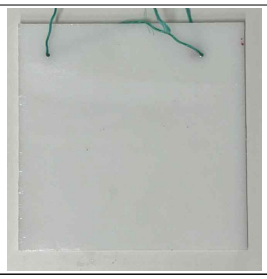
[침적 24일(약 3주) 후, 05/17]

24일			
			

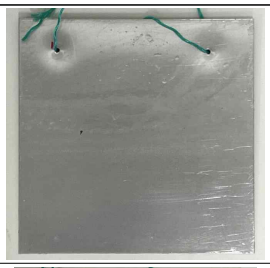
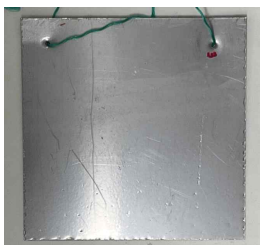
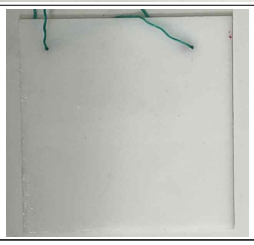
[침적 38일(약 5주) 후, 05/31]

38일			
			

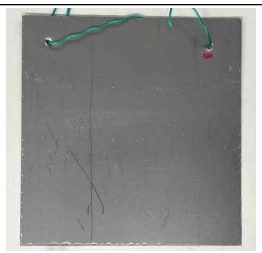
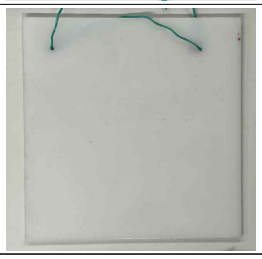
[침적 52일(약 7주) 후, 06/14]

52일			
			

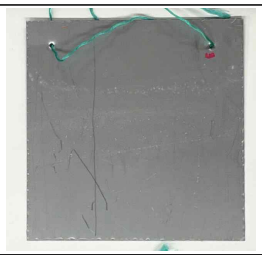
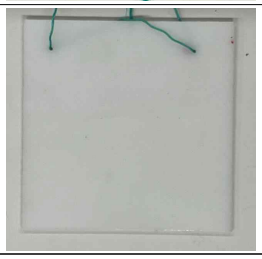
[침적 66일(약 9주) 후, 06/28]

66일			
			

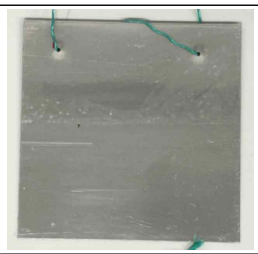
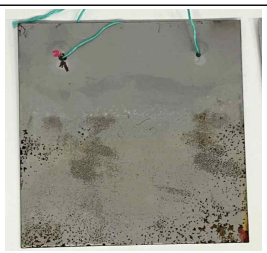
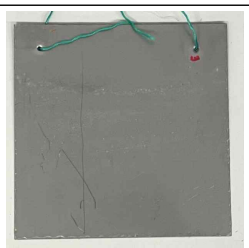
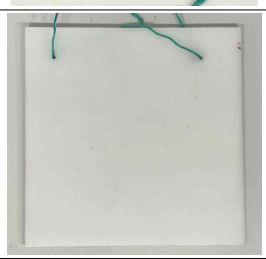
[침적 80일(약 11주) 후, 07/12]

80일			
			

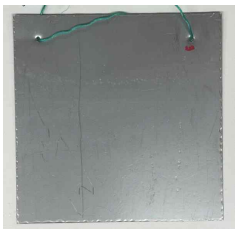
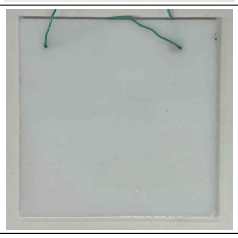
[침적 94일(약 13주) 후, 07/26]

94일			
			

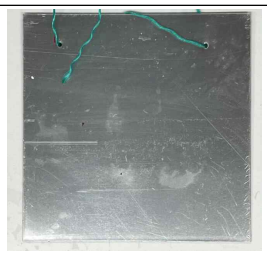
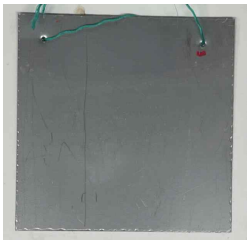
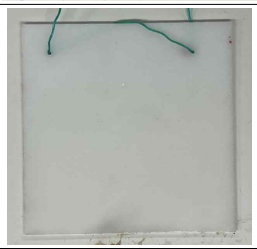
[침적 108일(약 15주) 후, 08/09]

108일			
			

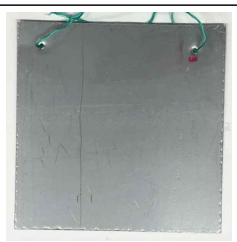
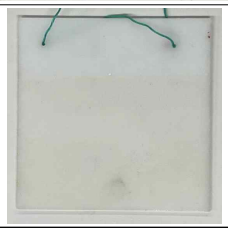
침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			
			

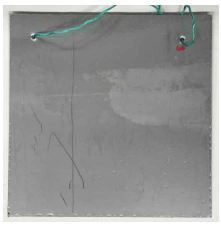
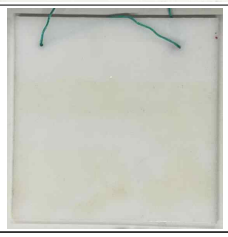
[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

144 일			
			

침적 172일(약 24주) 후, 10/04]

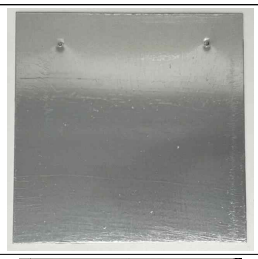
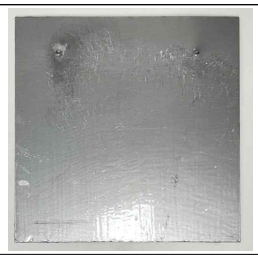
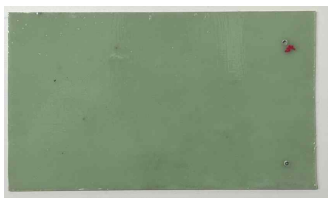
172 일			
			

침적 200일(약 28주) 후, 11/01]

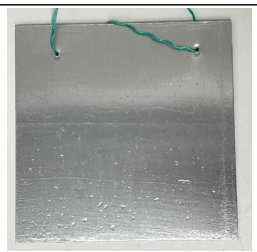
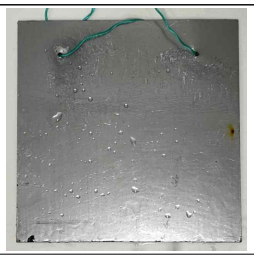
200 일			
			

3.6 Lab 환경 침적실험_특수도료(뒷면)

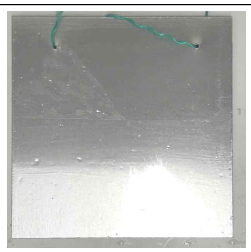
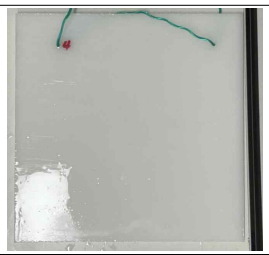
[실험 전 시편, 04/23]

0일			
			

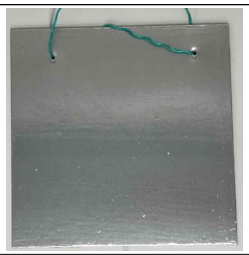
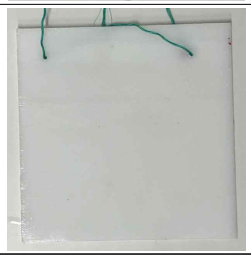
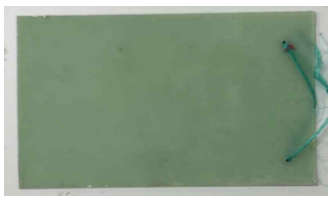
[침적 10일 후, 05/03]

10일			

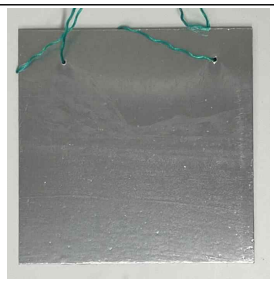
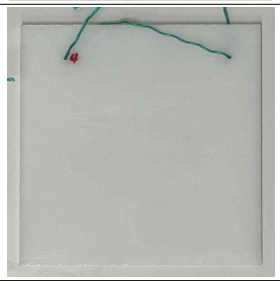
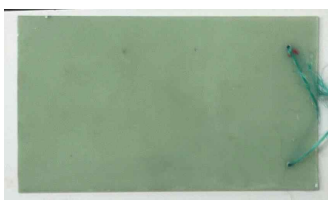
[침적 24일(약 3주) 후, 05/17]

24일			
			

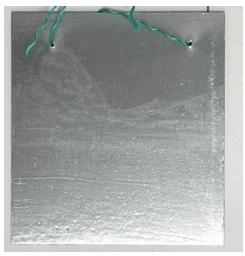
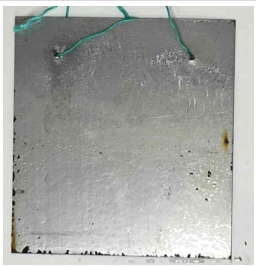
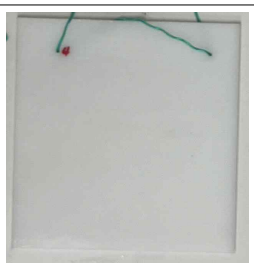
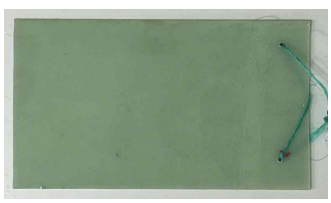
[침적 38일(약 5주) 후, 05/31]

38일			
			

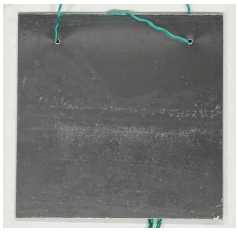
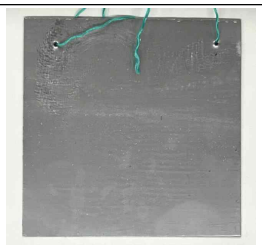
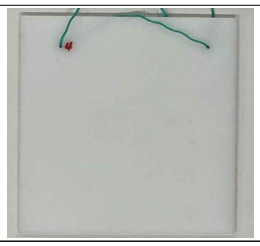
[침적 52일(약 7주) 후, 06/14]

52일			
			

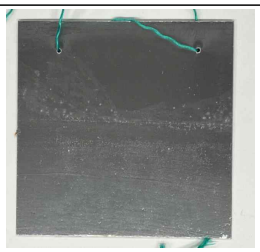
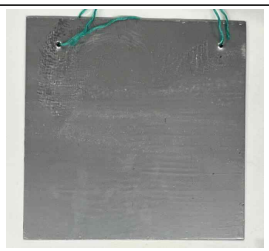
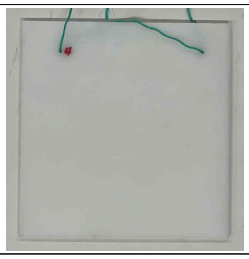
[침적 66일(약 9주) 후, 06/28]

66일			
			

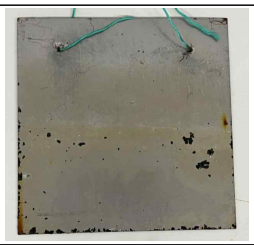
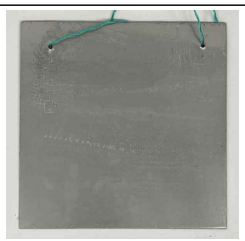
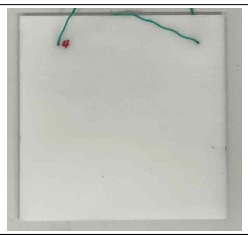
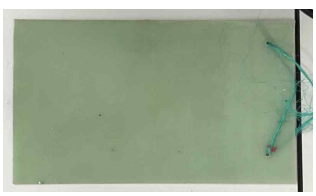
[침적 80일(약 11주) 후, 07/12]

80일			
			

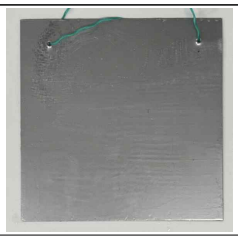
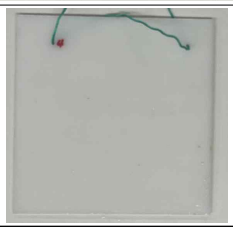
[침적 94일(약 13주) 후, 07/26]

94일			
			

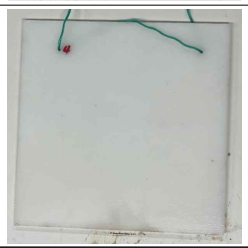
[침적 108일(약 15주) 후, 08/09]

108일			
			

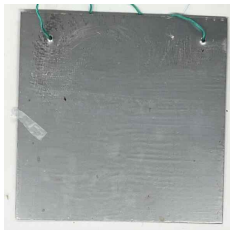
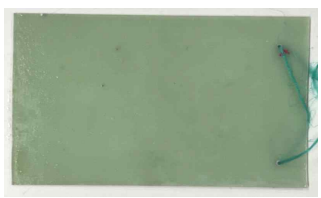
침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			
			

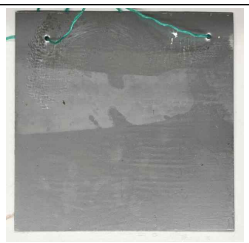
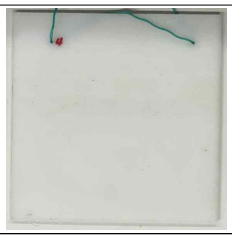
[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

144 일			
			

침적 172일(약 24주) 후, 10/04]

172 일			
			

침적 200일(약 28주) 후, 11/01]

200 일			
			

3.7 Lab 환경 침적실험_방오도료(앞면)

[실험 전 시편, 04/23]

0일			

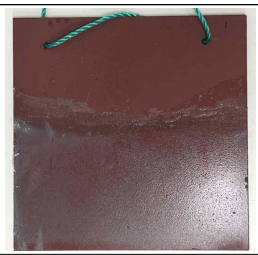
[침적 10일 후, 05/03]

10일			

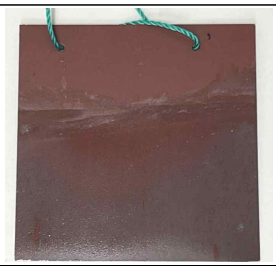
[침적 24일(약 3주) 후, 05/17]

24일			

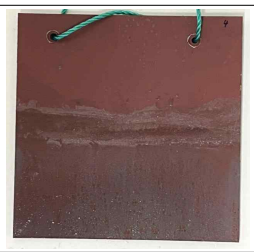
[침적 38일(약 5주) 후, 05/31]

38일			

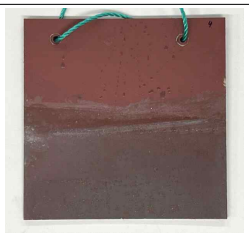
[침적 52일(약 7주) 후, 06/14]

52일			

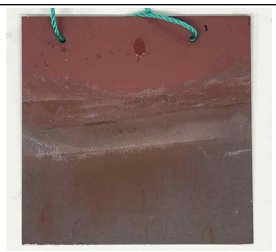
[침적 66일(약 9주) 후, 06/28]

66일			
			

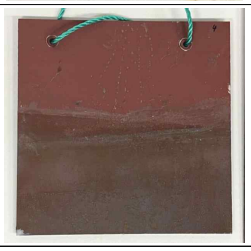
[침적 80일(약 11주) 후, 07/12]

80일			
			

[침적 94일(약 13주) 후, 07/26]

94일			

[침적 108일(약 15주) 후, 08/09]

108일			
			

침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			

[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

144 일			

침적 172일(약 24주) 후, 10/04]

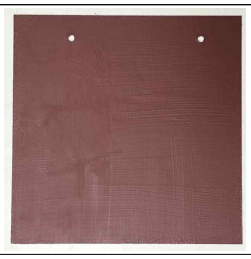
172 일			

침적 200일(약 28주) 후, 11/01]

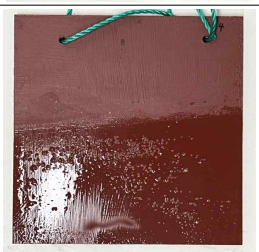
200 일			

3.8 Lab 환경 침적실험_방오도료(뒷면)

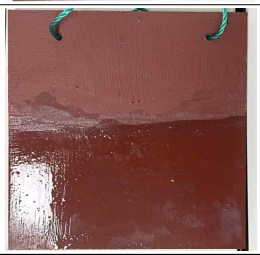
[실험 전 시편, 04/23]

0일			

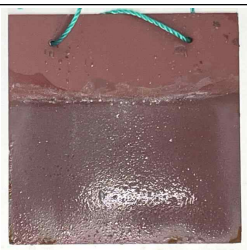
[침적 10일 후, 05/03]

10일			
			

[침적 24일(약 3주) 후, 05/17]

24일			
			

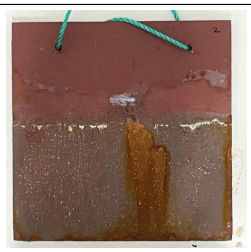
[침적 38일(약 5주) 후, 05/31]

38일			

[침적 52일(약 7주) 후, 06/14]

52일			

[침적 66일(약 9주) 후, 06/28]

66일			

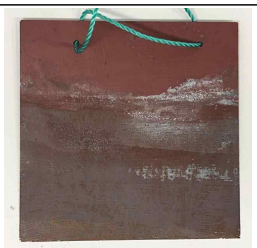
[침적 80일(약 11주) 후, 07/12]

80일			

[침적 94일(약 13주) 후, 07/26]

94일			

[침적 108일(약 15주) 후, 08/09]

108일			

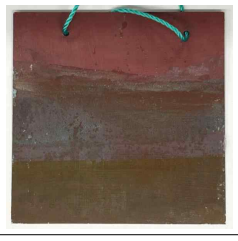
침적 130일(약 18주) 후, 08/23]

130 일			

[침적 144일(약 20주) 후, 09/06]

144 일			

침적 172일(약 24주) 후, 10/04]

172 일			

침적 200일(약 28주) 후, 11/01]

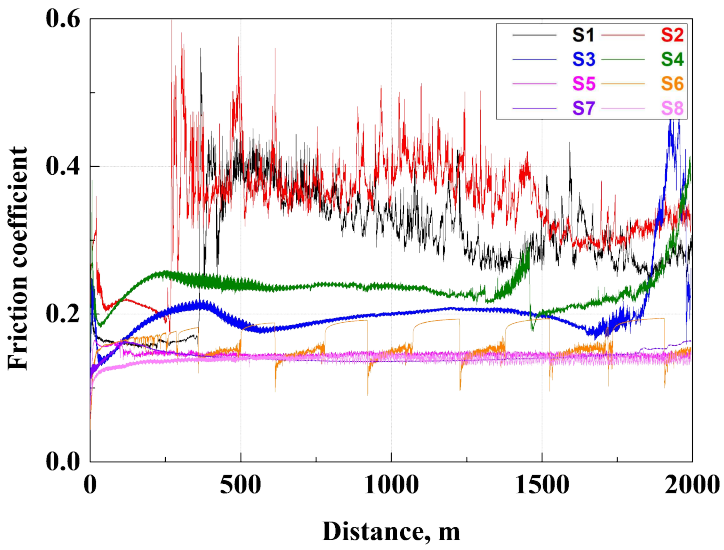
200 일			

3.9 Lab 환경 침적실험 후 마찰마모실험 결과

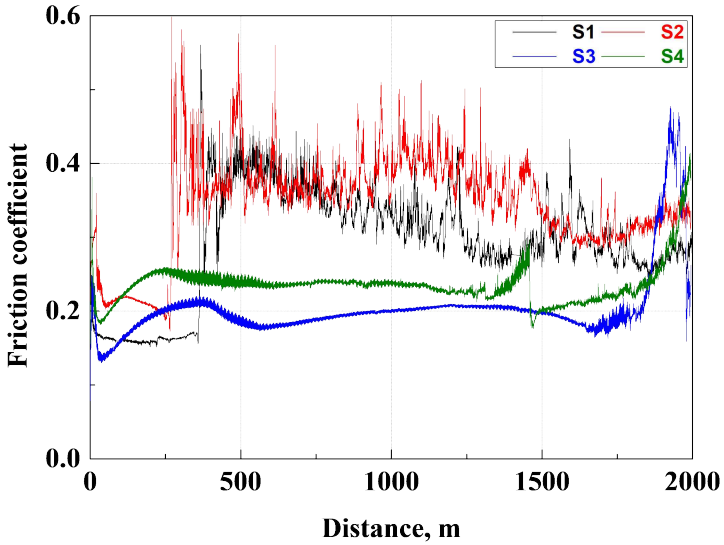
1) 시험편 종류

- S1: 방오도료_Al(None)
- S2: 방오도료_Al(Corrosion)
- S3: 방오도료_Fe(None)
- S4: 방오도료_Fe(Corrosion)
- S5: 특수도료_Al(None)
- S6: 특수도료_Al(Corrosion)
- S7: 특수도료_Fe(None)
- S8: 특수도료_Fe(Corrosion)

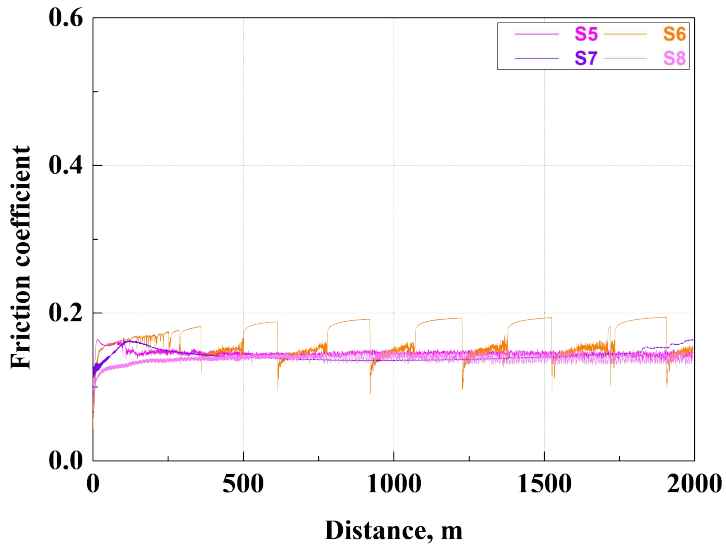
2) 실험 결과 : 마모율 비교



[종합 분석 그래프]

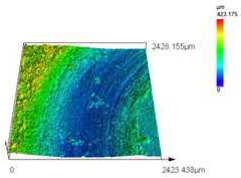
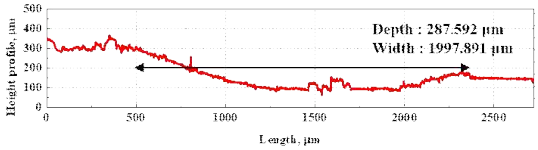
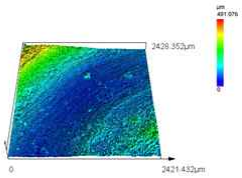
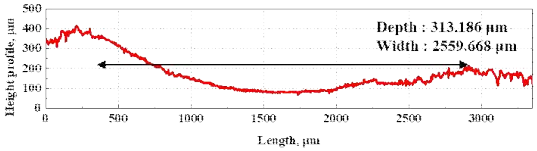
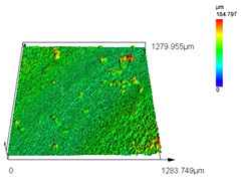
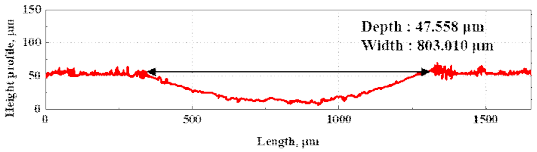
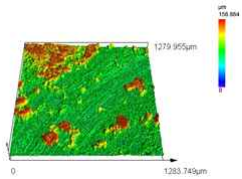
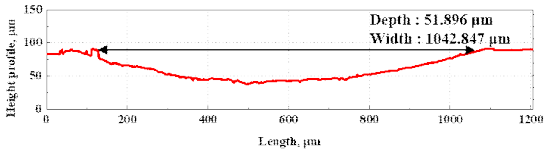
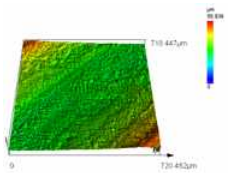
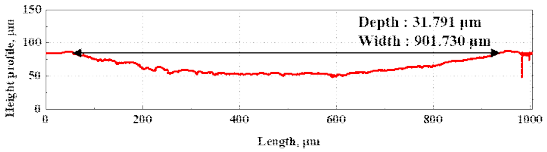
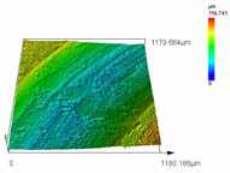
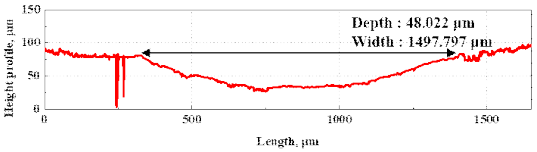
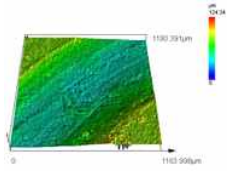
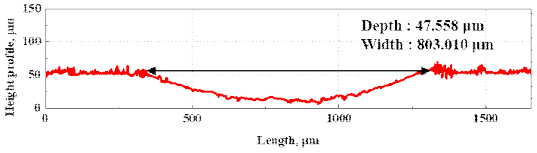
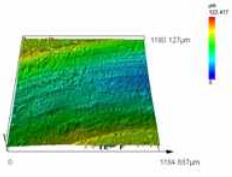
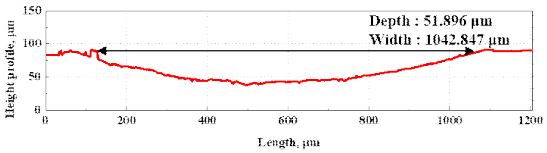


[방오도료 시험편 분석 그래프]



[특수도료 시험편 분석 그래프]

3) 실험 결과 : 트랙 손상깊이 분석

구분	3D 표면분석	프로파일
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		
S6		
S7		
S8		

제4장 종합 분석

4.1 종합 분석

1) 연해안 침적실험_특수도료(방오성능)

(○: 상태 좋음, △: 일부 부착, ×: 완전 부착)

구분	앞면					뒷면				
	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5
4일	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
4주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
6주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
8주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
10주	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
12주	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
14주	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
16주	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
18주	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
20주	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

2) 연해안 침적실험_방오도료(방오성능)

(○: 상태 좋음, △: 일부 부착, ×: 완전 부착)

구분	앞면					뒷면				
	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5
4일	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2주	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4주	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
6주	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
8주	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
10주	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
12주	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
14주	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
16주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
18주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
20주	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

3) Lab 환경 침적실험_특수도료(방식성능)

(○: 상태 좋음, △: 일부 부식, ×: 완전 부식)

구분	앞면					뒷면				
	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5
1주	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
4주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
5주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
7주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
9주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
11주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
13주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
15주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
18주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
20주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
24주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
28주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○

* 시편2 : 시험편 제작 시 모서리 부분에 도장결함이 포함된 것으로 사료됨.

4) Lab 환경 침적실험_방오도료(방식성능)

(○: 상태 좋음, △: 일부 부식, ×: 완전 부식)

구분	앞면					뒷면				
	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5
1주	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3주	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4주	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5주	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7주	○	△	○	○	○	○	△	○	○	○
9주	△	△	○	○	○	△	△	○	○	○
11주	△	△	○	○	○	△	△	○	○	○
13주	△	△	○	○	○	△	△	○	○	○
15주	△	×	○	○	○	△	×	○	○	○
18주	△	×	△	△	△	×	×	△	△	△
20주	△	×	△	△	△	×	×	△	△	△
24주	×	×	△	△	△	×	×	△	△	△
28주	×	×	△	△	△	×	×	△	△	△

4.2 결론

1) 방오성능 비교 평가
- 연해안 침적실험 결과, 특수도료는 기존 상용방오도료 대비 방오성능이 열악하게 확인됨.
- 특수도료의 경우 침적실험 2주만에 해양생물 서식이 확인되었으며, 침적실험 10주 경과 시부터는 시험편 표면을 해양생물이 완전히 뒤덮힐 정도로 방오성능이 열악하게 관찰됨.
- 반면, 방오도료의 경우 총 침적실험 기간 20주가 경과까지도 일부 해양생물 부착은 관찰되었으나 시험편 표면을 완전히 뒤덮을 정도로 성장하지 못하여 상대적으로 방오성능이 우수하게 평가됨.

2) 방식성능 비교 평가
- Lab 환경 침적실험 결과, 특수도료가 기존 상용방오도료에 대히 월등한 방식성능이 확인됨.
- 특수도료의 경우 총 침적실험 기간 28주가 경과하여도 부식손상이 관찰되지 않아 매우 우수한 해수부식 저항성을 나타냄.
- 반면, 방오도료의 경우 7-9주 경과 시부터 도장 열화에 따른 부식손상이 부분적으로 관찰되었으며, 약 15주 경과 시부터 시험편 전반에서 부식손상이 크게 관찰되어 상대적으로 열악한 방식성능이 확인됨.

3) 종합 결론
- 본 연구에서는 상용방오도료 제품과 위탁업체의 특수도료 제품에 대하여 연해안 침적실험과 Lab 환경 침적실험을 실시하여 각각 방오와 방식성능을 비교함.
- 그 결과, 해양환경에서 특수도료는 상용방식도료에 비해 현저히 우수한 방식성능을 나타낸 반면, 방오성능은 상용방식도료가 상대적으로 우수하게 확인됨.
- 결과적으로 해양환경에 특수도료 적용 시 해양생물 부착 및 서식 가능성이 적고, 부식 손상이 크게 발생하는 구역의 해양 구조물이나 기기장비에 적용해야 할 것으로 판단됨.