

어선용 레이더 리프렉터 개발(Ⅱ)

김우숙, 안영섭, 임정빈, 박성현, 김인현/목포해양대학교 교수

〈전호에 이어〉

6. 어선용 리프렉터 모델설계 및 제작

그림 3-12부터 그림 3-14는 이 연구에서 검토한 3가지 형태의 리프렉터 모델을 나타낸다.

위의 그림에 나타낸 3가지 형태에 대한 RCS 측정식은 앞에서 기술한 단순한 형태의 레이더 반사체에 대한 RCS 측정식을 혼합하는 방대한 전개과정을 요하기 때문에 이 연구에서는 다음과 같이 수평방향각 ϕ 와 고각 θ 의 특정한 범위 내에서 최대 RCS(σ_{\max})를 나타내는 식으로 간소화하여 리프렉터 분석을 행하였다.

다음 식(3-21)은 삼각형 트리헤드럴에 대한 RCS(σ_{\max})를 나타내고, 식(3-22)는 원형 트리

헤드랄에 대한 RCS(σ_{\max})를 나타내며, 식(3-23)은 정사각형 트리헤드럴에 대한 RCS(σ_{\max})를 나타낸다.

$$\sigma_{\max} = \frac{4\pi a^2}{3\lambda^2} = 4.19 \frac{a^2}{\lambda^2} \quad (3-21)$$

$$\sigma_{\max} = 15.61 \frac{a^2}{\lambda^2} \quad (3-22)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{12\pi a^2}{3\lambda^2} = 37.67 \frac{a^2}{\lambda^2} \quad (3-23)$$

위의 식(3-21)부터 식(3-23)을 이용하여, $a = 1.0\text{m}$, $\lambda = 0.032\text{m}$ (9.3GHz)에 대하여 계산한 결과를 다음 표 3-1에 나타냈다.

표 3-1의 결과에서, 사각형 트리헤드럴 형태의 리프렉터가 가장 큰 RCS를 나타내고, 다른

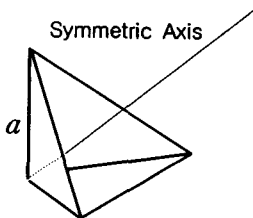


그림 3-12 삼각형 트리헤드럴 형태

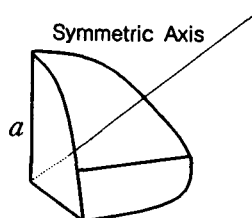


그림 3-13 원형 트리헤드럴 형태

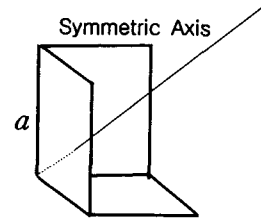


그림 3-14 정사각형 트리헤드럴 형태

표 3-1 최대 RCS(σ_{max}) 계산결과

Type	RCS(σ_{max})	Angular Response for σ
Triangular Tri-hederal	72.3dBsm	Approximately 40° total cone angle about axis to 1/2 maximum
Circular Tri-hederal	83.7dBsm	Approximately 32° total cone angle about axis to 1/2 maximum
Rectangular Tri-hederal	91.4dBsm	Approximately 23° total cone angle about axis to 1/2 maximum

2가지 리프렉터 형태보다 각도 응답특성 범위도 넓은 것으로 나타났다.

따라서 레이더 리프렉터를 개발하는 경우, 사각형 트리헤더럴 형태를 이용하면 좋을 것으로 고려할 수 있다. 이러한 결과는 이미 예견된 것인데, 실제 선박에 장착하는 경우, 사각형 모서리가 바람에 의하여 크게 흔들릴 수 있고, 로프나 다른 줄에 걸릴 수 있으며, 리프렉터의 방식과 부식을 방지하기 위하여 플라스틱 통에 내장하는 경우 등에 대해서는 실용상 문제점이 많다. 그리고 최대 RCS에 있어서도 큰 차이가 없기 때문에 원형이나 삼각형 트리헤더럴 방식을 고려하는 것이 좋을 것으로 보인다.

7. 어선용 리프렉터 전파특성 분석

표 3-2는 현재 국외에서 상용되고 있는 각종 레이더 리프렉터에 대해서 전파 압실에서 측정한 결과를 나타낸다. 이 표 3-2는 측정한 리프렉터 중에서 RCS가 가장 우수한 순위로 나열한 것이다.

표 3-2는 X-band와 S-band 등 2가지 밴드에 대해서 측정한 것이다. X-band로 분류된 항목에서 다시 3개로 구분한 항목 중, 첫 번째 세로줄은 360도 모든 방향 중에서 측정한 RCS가 2.5m² 보다 큰 값으로 나타내는 방향에 대한 퍼센테이지(%)를 나타내는데, 이 퍼센테이지는 리프렉터의 가시가능(visibility)을 나타내거나, 또는 미지의 수평 각도에서 어떤

선박에 의해서 리프렉터가 장착된 선박이 다른 선박의 레이더에 탐지될 수 있는 확률을 의미한다.

두 번째 세로줄은 RCS가 2.5m² 이상인 값에 대해서만 계산한 리프렉터의 평균 RCS를 나타낸다. 세 번째 세로줄은 RCS 2.5m² 보다 측정된 RCS가 작은 값 중에서 가장 큰 방향을 나타내는데, 이것은 가장 큰 그늘지점(blind spot)의 각도 폭을 나타낸다.

그리고, S-band로 분류된 항목에서 다시 3개로 구분한 항목 중, 첫 번째 세로줄은 360도 모든 방향 중에서 측정한 RCS가 1.0m² 보다 큰 값으로 나타내는 방향에 대한 퍼센테이지(%)를 나타내는데, 이 퍼센테이지의 의미는 X-band의 경우와 같다. 두 번째 세로줄은 RCS가 1.0m² 이상인 값에 대해서만 계산한 리프렉터의 평균 RCS를 나타내고, 세 번째 세로줄은 X-band의 세 번째 줄과 동일한 의미를 갖는다. S-band의 경우, 최소치로서 1.0m² 을 사용했는데, 이 값은 해상에서 S-band가 갖는 4dB 감쇠 반사특성을 고려했을 때 S-band에서 탐지 가능한 최소한의 반사특성을 의미한다.

표 3-2의 결과를 보면, Davis사의 Echomaster 제품이 Vertex-up 즉, 엷지-온 상태일 때 가장 우수한 것으로 나타났으며, 2위가 이중 켓치-레인 상태일 때로 나타났다. Davis사의 Echomaster 제품이 엷지-온 상태일 때 최상의

표 3-2 국외 리프렉터들의 RCS 측정결과에 따른 순위

Target 리프렉터	Condition		Measuring Results					
	Attitude	Heel (degree)	X-Band			S-Band		
			RCS(%) (>2.5m ²)	Averaged RCS(m ²) (>2.5m ²)	Gap (degree)	RCS(%) (>2.5m ²)	Averaged RCS(m ²) (>2.5m ²)	Gap (degree)
Davis Echomaster	Vertex-up	0	63 ⁰	7.00	17	57	1.71	21
Davis Echomaster	Double Catch-rain	0	48	5.05	31	13	0.90	78
Davis Echomaster	Double Catch-rain	20	43	4.54	36	19	1.02	78
Davis Echomaster	Catch-rain	0	26	2.00	54	0	0.49	-
Davis Echomaster	Vertex-up	10	19 ⁰	3.81	85	11	0.89	142
Davis Echomaster	Vertex-up	20	13 ⁰	3.52	85	20	1.03	79
Firedell Blipper 210-7	Vertex-up	0	11	1.66	43	26	0.74	66
Radar Flag	Flat	0	9	3.89	157	11	3.38	149
Davis Emergency	Catch-rain	0	2	1.25	117	0	0.30	-
Mobri S-4	Vertex-up	0	0 ⁰	1.08	-	0	0.46	-
Cyclops-1	Vertex-up	0	0	0.57	-	0	0.22	-
Cyclops-1	Vertex-up	20	0	0.52	-	0	0.24	-
Radar Flag	Draped	0	0	0.40	-	6	0.38	169
Mobri S-4	Vertex-up	0	0 ⁰	0.37	-	0	0.17	-
Mobri S-2	Vertex-up	0	0 ⁰	0.22	-	0	0.16	-
Mobri S-2	Vertex-up	0	0 ⁰	0.07	-	0	0.04	-

참고: 1)은 경사각에 대해서 민감하게 반응을 나타내는 것을 표시함.

결과가 된 것은 잘못된 결과로 해석할 수 있다. 그 이유는 앞에서 기술한 바와 같이 레이더 리프렉터가 최대한의 성능을 발휘하기 위해서는 캐치-레인 상태인 경우이기 때문이다. 또한, 이중 캐치-레인 상태인 경우도 마찬가지이다. 이러한 결과에 대한 원인은 육상 실험실에서 경사각이 없는 상태에서 측정했기 때문이고, 표 3-2의 참고에 나타낸 바와 같이 작은 경사각에 대해서도 1순위 결과는 민감한 반응을 나타내는 것으로 보고 되어 있다.

따라서, 360도 전방위에 대해서 우수한 특성을 나타내기 위해서는 캐치-레인 상태를 유지해야 할 것이다. 이와 같은 작은 경사각에 대해서 Davis사의 Echomaster 제품의 RCS가 감소되는 이유는 Echomaster 제품에 장착한 옥타헤드럴 리프렉터가 깊은 널(null)을 발생하기 때문으로 분석된다.

Davis사 Echomaster 제품의 평균 RCS는 리프렉터를 수직으로 세운 상태, 즉 경사가 없는 상태에서 5.0m^2 이상이고, 경사각을 20° 로 주었을 때는 4.5m^2 정도였다. 그러나 가시화 상태는 50% 정도로서 그다지 크지 않다. 그리고 S-band의 경우는 X-band와 비교하여 상대적으로 성능이 작은 결과를 나타내고 있다.

한편, 표 3-2에서 Firdell Blipper 제품의 성능이 저조한데, 이러한 결과는 지금까지 이 제품이 유명한 것과는 다른 결과를 나타내고 있다. 경사각 없이 X-band를 측정했을 때, 210-7 모델은 대부분의 소형선박에 적합한 것으로 알려진 것과는 달리 단지 수평면에서 11%의 가시화를 나타냈다. 이러한 Firdell Blipper 제품의 평균 RCS는 1.66m^2 로서 최대 겹은 40° 이상으로 나타났다. S-band의 경우 경사각 0° 에서 가시화 부분은 26%로서 2순위와 3순위의 Davis사의 Echomaster 제품보다 향상된 결과를 나타내고 있다.

Radar Flag은 비교결과 하위 순위에 속해

있다. Radar Flag는 기(flag)의 평면에 대해서 입사파가 수직인 상태로 될 때 매우 강한 반사특성을 나타냈지만, 그 외의 각도에서는 거의 반사파는 발생하지 않는 것으로 나타났다. RCS 문턱치 이상의 가시화 가능한 것은 단지 9% 뿐이다. 기가 늘어진 일반적인 상태에서는 근본적으로 가시화 상태가 나타나지 않고, 단지 0.4m^2 의 RCS만을 나타냈으며, 어느 각도에서도 문턱치를 넘는 것은 없다.

Davis사의 Emergency 리프렉터의 경우는 표 3-2에 나타난 바와 같이 실험에 사용한 제품 중에서 마지막으로 RCS 문턱치 이상의 반사강도를 나타내고 있으며, 같은 회사의 Davis사의 Echomaster 제품보다 성능이 현격하게 감소된 형태를 나타내고 있다.

그리고 다른 제품들은 일반적으로 크기가 작기 때문에 RCS 문턱치 이하의 값을 나타내어 가시화 정도는 0%로 나타났다. 2개의 Mobri 리프렉터의 경우 예상했던 바와 같이, 근본적으로 가시화가 불가능하다. 단지, X-band에서 모델 S-4만이 근거리에서 탐지가능하고, 0° 경사에서 단지 1m^2 이상의 RCS를 나타내고 있다. 그리고 S-band에서는 평균 RCS가 0.5m^2 로서, 거의 탐지 불가능한 상태를 나타내고 있다. 아울러 경사가 발생하는 경우에 성능이 급격히 감소되는 것으로 나타났다. 더 작은 Mobri 리프렉터 모델 S-2의 경우는 모든 조건에서 가시화가 불가능하여 마치 스텔스 폭격기와 같은 특성을 나타내고 있다.

이상의 결과로부터, 리프렉터의 RCS를 증가시키는 방법으로 리프렉터의 크기를 크게 하는 방법이 가장 효과적이라 것을 알 수 있다. 최근에 성능이 우수하다고 보고된 루네버그의 렌즈를 이용한 시크롭스 리프렉터의 경우, 기존 옥타헤드럴 방식의 Davis사 Echomaster 리프렉터보다 RCS가 작은 결과를 나타냈다. 따라서 리프렉터의 RCS를 증가하기 위해서는 리프렉터 크기를 크게 하든가 루네버그 외의 다른 새로운

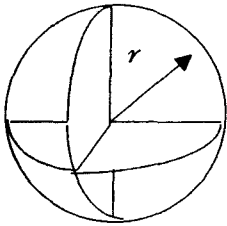


그림 3-15 원형

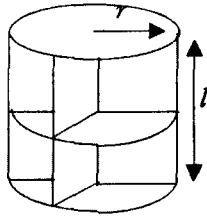


그림 3-16 원통형

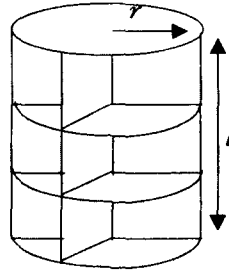


그림 3-17 3단 원통형

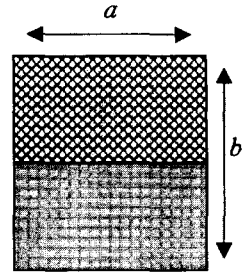


그림 3-18 깃발형

물질을 개발해야함을 알 수 있다.

그리고 Firedell Blipper 리프렉터의 경우, 우수한 제품으로 알려져 있는 것에 비하여 실험 결과는 열악한 결과를 나타냈다. 또한, 이중 캐치-레인(double catch-rain) 위치에서 Davis사의 Echomaster 리프렉터가 가장 우수한 특성을 나타냈지만, 작은 경사각에 대해서도 RCS가 크게 변동하기 때문에 이에 대한 대책이 요구된다. 그리고 S-band 리프렉터만으로는 연안 환경에서 효과적으로 레이더에 탐지될 수 없음을 알 수 있다.

이상의 결과를 종합하면, 최적의 리프렉터는 Davis사의 Echomaster 제품과 같이 옥타헤드럴(Octahedral) 형태를 갖으며, 최소한 반경이 16cm 이상이면서 산화금속피막을 증착한 알루미늄 판으로 리프렉터를 설계하는 것이 현재의 기술로는 최적임을 알 수 있다.

한편, Radar Flag의 경우는 소형선박의 기를 대신하면서 리프렉터 기능을 가질 수 있기 때문에 출항시 풍어를 기약하는 의미에서 많은 기를 선박에 설치하는 영세한 국내 어업환경을 고려하면 적극 개발해야 할 유형의 리프렉터로 고려할 수 있다. 아울러 모든 리프렉터가 경사각에 대해서 RCS가 저하되는 특성을 보상하기 위한 특수한 짐발장치의 개발이 요구된다. 자이로컴파스나 마그네틱 컴파스에 적용하는 3축 짐발장치를 적극 고려할 필요가 있다.

8. 어선용 리프렉터 제작 및 전파특성 분석

다음 그림 3-15부터 그림 3-18은 제작한 어선용 리프렉터의 형상 모델을 나타낸다. 그림 4-15는 구형의 Octahedral 리프렉터이고, 그림 4-16은 원통형 Octahedral 리프렉터, 그림 4-17은 더블 원통형 Octahedral 리프렉터, 그림 4-18은 깃발처럼 사용할 수 있는 Radar Flag를 나타낸다. 그림 3-15부터 그림 3-18까지에 대한 형태별 수치와 사용한 재질을 표 3-3에 나타냈다.

위의 그림 3-15부터 그림 3-18까지에 나타낸 리프렉터를 어선에 그대로 장착하는 경우에는, Rolling, Pitching, Yawing 등의 선박 요동에 의해서 리프렉터 RCS가 변동되는 현상이 발생하였다. 따라서 이 연구에서는 다음 그림 3-19와 같이 3차원 짐발장치를 갖는 리프렉터를 설계하고 제작하였다.

그림 3-19는 3차원 짐발작용을 시뮬레이션하기 위하여 VRML(Virtual Reality Modeling Language)를 이용하여 형상화한 3차원 짐발장치를 나타내고, 그림 3-20은 하나의 샘플 모델로서, 구형 Octahedral 리프렉터를 3차원 짐발장치에 삽입한 것이며, 그림 3-21은 원통형 Octahedral 리프렉터를 3차원 짐발장치에 삽입한 것이다.

표 3-3 어선용 리프렉터 재질과 촛수

No.	Type	Material	r (cm)	l (cm)	a(cm)	b(cm)
1	Sphere	Aluminum	7.5	—	—	—
2	Sphere	Bronze	7.5	—	—	—
3	Sphere	Aluminum	15.0	—	—	—
4	Sphere	Bronze	15.0	—	—	—
5	Cylinder	Aluminum	7.5	15.0	—	—
6	Cylinder	Bronze	7.5	15.0	—	—
7	Double-cylinder	Aluminum	7.5	22.5	—	—
8	Double-cylinder	Bronze	7.5	22.5	—	—
9	Cylinder	Aluminum	15.0	30.0	—	—
10	Cylinder	Bronze	15.0	30.0	—	—
11	Double-cylinder	Aluminum	15.0	45.0	—	—
12	Double-cylinder	Bronze	15.0	45.0	—	—
13	Radar Flag	Nylon with steel net	—	—	30.0	50.0
14	Radar Flag	Nylon with steel net	—	—	60.0	100.0

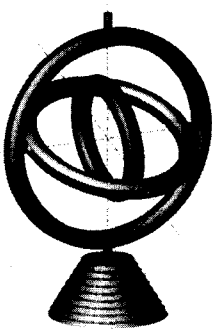


그림 3-19 3차원 짐발장치의 3차원 모델

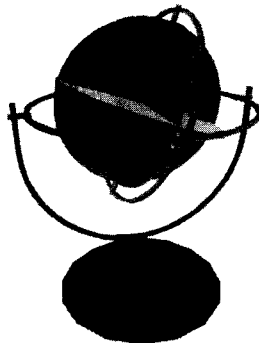


그림 3-20 3차원 짐발장치를 장착한 원형 리프렉터

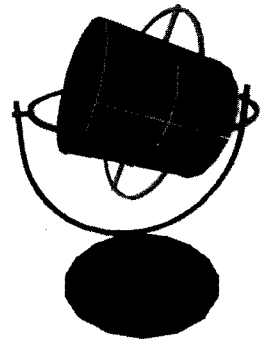


그림 3-21 3차원 짐발장치를 장착한 원통형 리프렉터

다음 그림 3-22부터 그림 3-28은 표 3-3에 나타난 치수로 제작한 리프렉터 샘플들이다.

배경에 나타난 줄자의 길이는 1m이기 때문에 실제 리프렉터의 크기를 대략 확인할 수 있다.

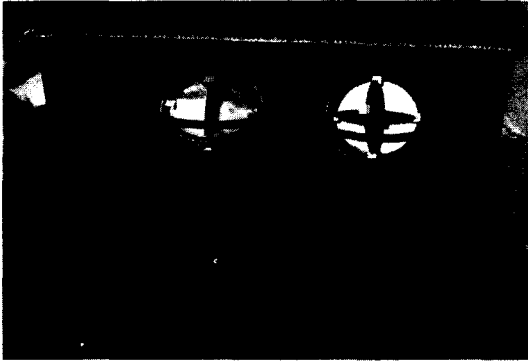


그림 3-22 표 3-3 모델 중에서 No.1과 No.2

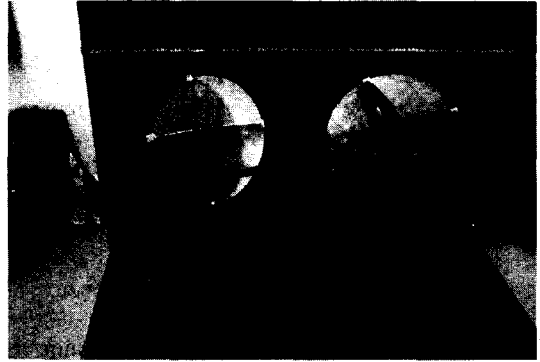


그림 3-23 표 3-3 모델 중에서 No.3과 No.4



그림 3-24 표 3-3 모델 중에서 No.5과 No.6

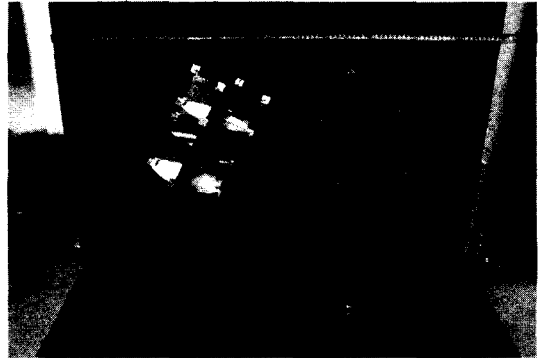


그림 3-25 표 3-3 모델 중에서 No.7과 No.8

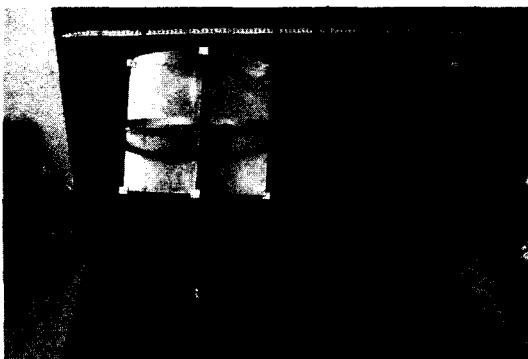


그림 3-26 표 3-3 모델 중에서 No.9와 No.2



그림 3-27 표 3-3 모델 중에서 No.11과 No.12

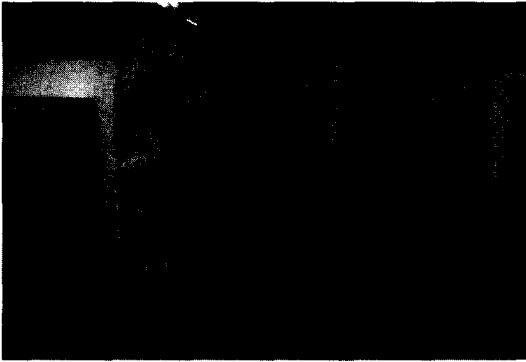


그림 3-28 표 3-3 모델 중에서 No.13과 No. 14

9. 최적 어선용 리프렉터 모델 제시

최적 어선용 리프렉터 모델은 RCS가 큰 2중 원통형으로 평가되었으나, 실제 현장에 적용하기 위해서는 오히려 그림 3-23과 같은 원형이 효율적일 것으로 사료된다. 그 이유는, 원통형의 경우 회전반경이 증가하여 설치장소를 크게 차지하지만, 원형의 경우 회전반경이 작아서 어로작업에 지장을 주지 않을 것으로 생각되기 때문이다. 그러나 이러한 실용적인 측면에서의 고려는 현장실험을 통하여 확인해야 하기 때문에 2차년도에 해상에서 다양한 기상 상태 하에서 어민들과 함께 실험하여 평가하였다.

우선, 위의 그림 3-22부터 그림 3-28에 나타난 모델 중에서 어느 모델이 최적의 RCS를 갖는지에 대해서 실험하였다.

다음 그림 3-30부터 그림 3-33까지는 어업용 리프렉터와 마찬가지로 전파암실에서 RCS 측정 실험한 결과를 나타낸다. 그림 3-30은 대표적인 구형(Sphere) 리프렉터로서, 재질이 알루미늄(Aluminum)이고, 반경 $r=15\text{cm}$, 높이 $l=30\text{cm}$ 의 경우에 대해서 측정한 RCS Polar-plot을 나타내고, 그림 3-31은 구형, 재질이 동(Bronze)이고 $r=15\text{cm}$ $l=30$ 에 대한 RCS Polar-plot을 나타낸다. 이 형태가 향후

소형 어선에 장착할 표준 모델이다.

그림 3-32는 이중 실린더형(Double Cylinder) 리프렉터로서, 재질이 알루미늄(Aluminum)이고, 반경 $r=15\text{cm}$, 높이 $l=30\text{cm}$ 의 리프렉터에 대한 RCS Polar-plot이고, 그림 3-33은 이중 실린더형 으로서 재질이 동(Bronze)이고, 반경 $r=15\text{cm}$, 높이 $l=30\text{cm}$ 의 리프렉터에 대한 RCS Polar-plot이다.

각 그림의 Polar-plot의 경우도 어업용 리프렉터와 마찬가지로 리프렉터가 좌우 90도 기준으로 대칭이기 때문에 0도부터 90도까지만 측정하였다. 그리고, Polar-plot에 적색 선으로 나타낸 것은 기준으로 정한 미국 Davis사의 Echomaster Reflector(직경 32cm, 무게 0.79kg, 재질 1.27mm 알루미늄 원판, 최대 RCS 13m^2)의 RCS를 나타낸다. 본 연구에서 제작한 RCS는 검은색 선으로 나타냈다.

어업용과 마찬가지로 Davis Echomaster 제품보다 RCS가 높으면 우수한 것을 의미한다. 그림 3-30과 그림 3-31은 Davis사의 Echomaster 제품과 반경 $r=15\text{cm}$ 로서 동일한 경우인데, 적색선으로 나타낸 Davis사의 Echomaster 제품보다 흑색선으로 나타낸 본 연구제품이 다소 열등한 RCS를 나타내고 있다. 이러한 현상은 본 연구에서 제작한 리프렉터의 경우 90도 직각을 유지하기 위하여 각 코너 크러스터 모서리에 사각형 금속을 끼워놨는데 이 금속 때문에 난반사를 일으켜서 RCS가 저하되는 현상으로 분석된다.

반면, 그림 3-32와 그림 3-33은 이중 실린더형 태로서 $r=15\text{cm}$ 로서 Davis사의 Echomaster 제품과 같고, 높이 $l=30\text{cm}$ 로서 Echomaster 제품보다 1.5배 큰 경우를 나타낸다. 예상한 바와 같이 Davis사의 Echomaster 제품보다 우수한 RCS 특성을 나타내고 있다.



그림 3-29 실험 장치 및 환경

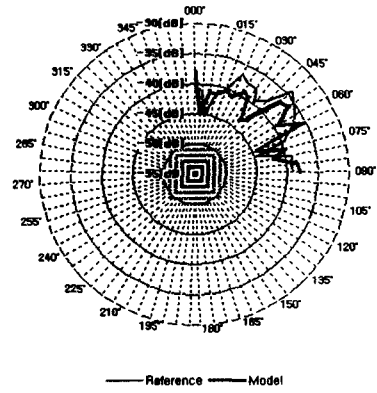


그림 3-30 그림 3-23의 원형 모델
(재질은 Aluminum, $r=15\text{cm}$)

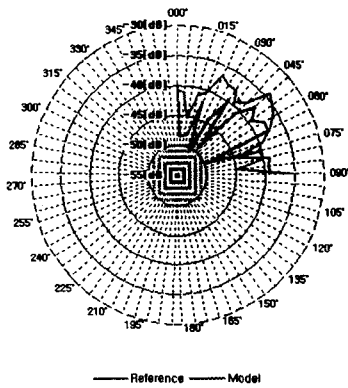


그림 3-31 그림 3-23의 원형 모델
(재질은 Bronze, $r=15\text{cm}$)

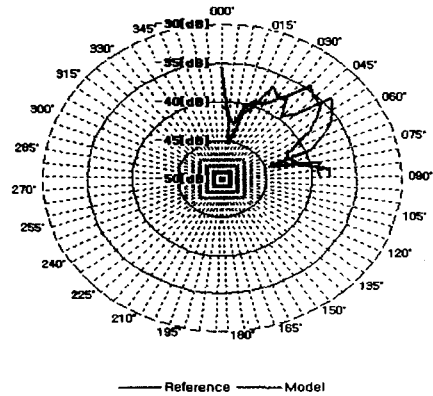


그림 3-32 그림 3-27의 이중 실린더 모델
(재질은 Aluminum, $r=15\text{cm}$, $l=30\text{cm}$)

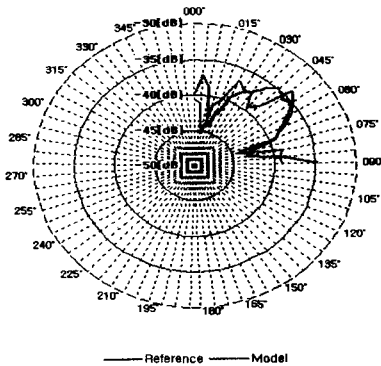


그림 3-33 그림 3-27의 이중 실린더 모델
(재질은 Bronze, $r=15\text{cm}$, $l=30\text{cm}$)

따라서 전파암실에서 RCS 측정 실험결과, 어선용 레이더 리프렉터의 경우, 어업용 레이더 리프렉터와 비교하여 크기가 작기 때문에 RCS도 상대적으로 작게 나타났다. 한편, 원통형도 고려할 수 있으나, 원통형은 회전반경이 크기 때문에 실용적인 면에서 어선 장착에 부적합한 것으로 고려된다. 또한, 기존과 같이 리프렉터를 알루미늄이나 동 재질의 원판을 그대로 사용하는 경우에는 무게가 무겁고, 고가이며, 장착하기 어렵다는 중대한 결함도 발생하는 것으로 나타났다.

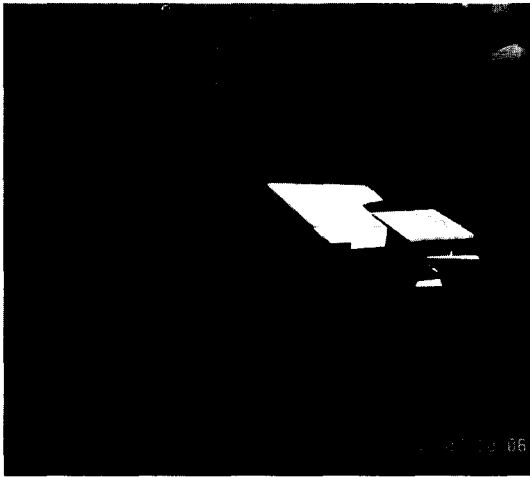


그림 3-34 어선용 리프렉터 목형

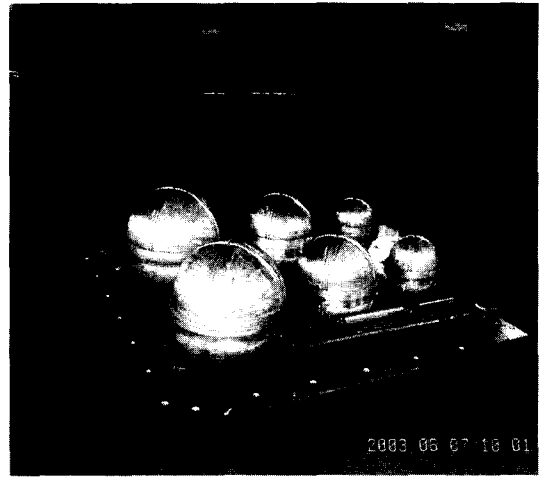


그림 3-35 어선용 리프렉터 금형

그래서, 이 연구에서는 최종적으로, 재질의 무게를 줄이면서 기존 원형형태를 유지하는 새로운 레이더 리프렉터 형상을 설계하게 되었다. 이 형상은 스티로폼 구를 제작한 후, 이 내부에 알루미늄 막을 증착한 박막형

태의 스티로폼 판을 삽입하는 형태로서, 가볍고, 대단히 저렴하며, 설치가 간단하다는 장점을 갖는다. 이하에서는 이러한 새로운 어선용 스티로폼 레이더 리프렉터에 대해서 기술한다.



그림 3-36 구성품

10. 어선용 리프렉터 시제품 제작

다음 그림 3-34는 어선용 리프렉터의 스티로폼 외곽을 제작하기 위하여 만든 목공틀을 나타낸다. 그리고 그림 4-35는 금형공장에서 그림 3-34의 목공틀을 이용하여 제작한 금형을 나타낸다. 효율성을 높이기 위하여 하나의 금형에 40cm, 30cm, 20cm 등 3가지 크기의 스티로폼 외곽을 제작하도록 되어 있다. 왜냐하면 금형 1개 제작비용이 수 천만원에 달하기 때문에 다양한 외형을 제작 실험하기 위해서 하나의 금형 제작시 다양한 모델을 제작토록 하였다.

다음 그림 3-36부터 그림 3-40까지는 금형

에서 사출한 스티로폼 외곽을 이용하여 어선용 레이더 리프렉터 시제품을 제작하는 과정을 나타낸다. 그림 3-36은 어선용 리프렉터 구성품으로 이분된 스티로폼 외곽과 3조각으로 구성된 알루미늄 박막형태의 리프렉터 조각을 보인다. 이러한 알루미늄 박막을 그림 3-37과 같이 스티로폼 내부에 + 형태로 삽입하고, 마지막으로 그림 3-38과 같이 중간 알루미늄 박막을 결합하여 그림 4-37과 같이 접합해서 어선용 리프렉터를 제작하였다. 그림 3-40은 실험을 위하여 나이론 망에 삽입한 그림이다. 최종적으로 설계된 어선용 리프렉터는 특수 접착제를 이용하여 접합함으로써 수밀을 보장토록 하였다.

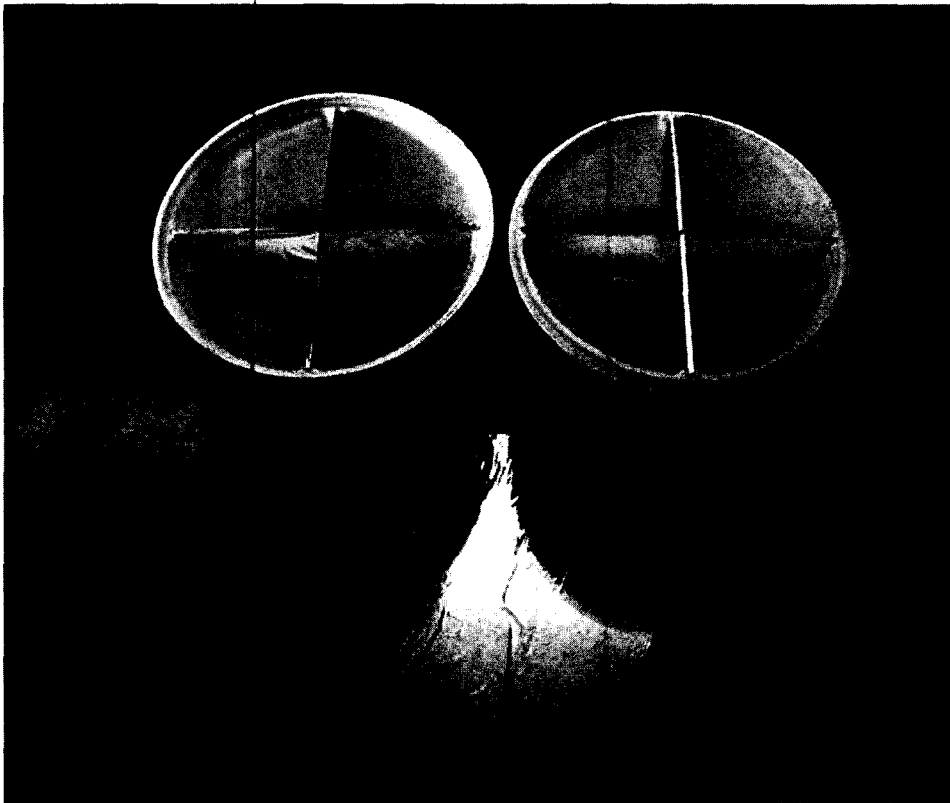


그림 3-37 1단계 조립

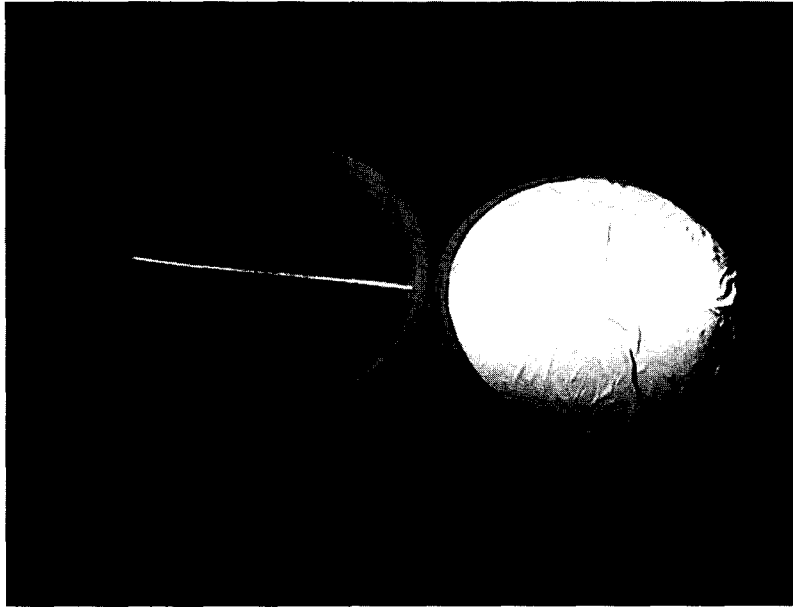


그림 3-38 2단계 조립

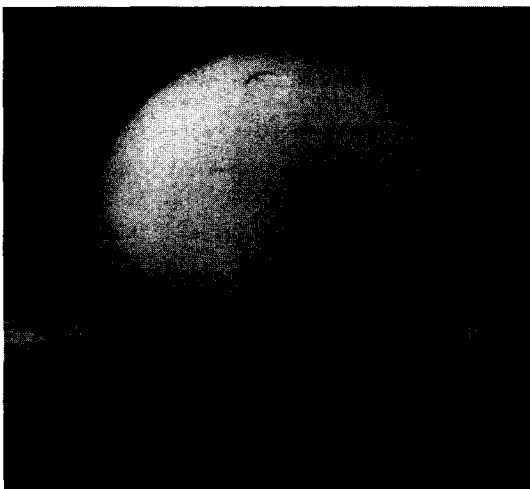


그림 3-39 최종 조립된 시제품

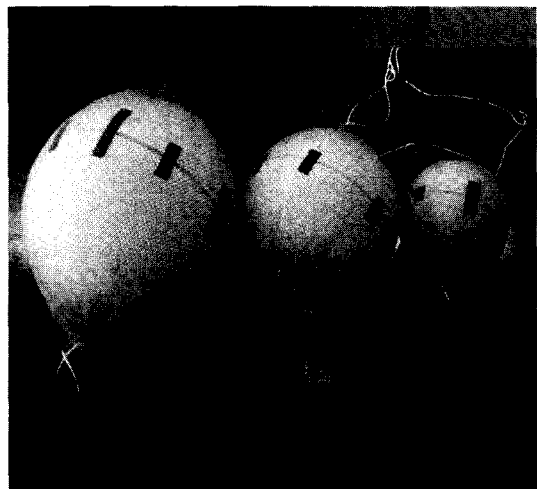


그림 3-40 실험을 위하여 망에 삽입한 시제품

11. 어선용 리프렉터 해상실험을 위한 시나리오 작성

해상실험 환경은 앞에서 기술한 어업용 레이더

리프렉터와 동일한 조건에서 수행하였다. 실험 장소와 목포항 PTMS(항만교통관제 시스템) 제원 등은 앞에서 기술한 바 있다. 실험 시나리오는 다음 표 3-4와 같다.

표 3-4 해상실험을 위한 시나리오

시나리오 번호	실험내용	실험방법	측정내용	VTS 팀
1	소형 20cm Rf의 Radar 탐지범위 확인	보트에 Rf 바다 장착 후 최소거리까지 이동	Rf 자체 최대 탐지 거리	V/C : 최소탐지 구역 전/후 연속촬영 D/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 촬영 S/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 캡처
2	시나리오 번호 1과 같되, 보트 1m 높이에 Rf 장착 후 실험			
3	시나리오 번호 1과 같되, 보트 2m 높이에 Rf 장착 후 실험			
4	시나리오 번호 1과 같되, 보트 3m 높이에 Rf 장착 후 실험			
5	시나리오 번호 1과 같되, 보트 4m 높이에 Rf 장착 후 실험			
6	중형 30cm Rf의 Radar 탐지범위 확인	보트에 Rf 바다 장착 후 최소 탐지거리까지 이동	Rf 자체의 최대 탐지 거리	V/C : 최소탐지 구역 전/후 연속촬영 D/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 촬영 S/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 캡처
7	시나리오 번호 6과 같되, 보트 1m 높이에 Rf 장착 후 실험			
8	시나리오 번호 6과 같되, 보트 2m 높이에 Rf 장착 후 실험			
9	시나리오 번호 6과 같되, 보트 3m 높이에 Rf 장착 후 실험			
10	시나리오 번호 6과 같되, 보트 4m 높이에 Rf 장착 후 실험			
11	대형 40cm Rf의 Radar 탐지범위 확인	보트에 Rf 바다 장착 후 최소 탐지거리까지 이동	Rf 자체의 최대 탐지 거리	V/C : 최소탐지 구역 전/후 연속촬영 D/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 촬영 S/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 캡처
12	시나리오 11과 같되, 보트 1m 높이에 Rf 장착 후 실험			
13	시나리오 11과 같되, 보트 2m 높이에 Rf 장착 후 실험			
14	시나리오 11과 같되, 보트 3m 높이에 Rf 장착 후 실험			
15	시나리오 11과 같되, 보트 4m 높이에 Rf 장착 후 실험			
16	30cm Rf 형상을 45도 변경	높이 2m 정도에 형상 변형 Rf 설치	형상변형 최대 탐지거리 측정 (형상 의존성측정)	V/C : 최소탐지 구역 전/후 연속촬영 D/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 촬영 S/C : 최소탐지 구역 전/후 2회 캡처
17	영상간 측정 완료 후, 30cm 어선용 리프렉터 장착 -> 여객선 부두로 이동하면서 비디오투로 연속 측정. D/C 및 S/C 는 출발시 1회, 부두에 들어갈 때 1회, 부두 내에서 2~3회 촬영 주안점 : 부두에 있는 여러 선박과 리프렉터 장착 보트가 분리되어 레이더 화면에 나타나는지 실험			

※ 위의 도표에서, Rf : Radar 리프렉터, V/C : Video Camera, D/C : Digital Camera, S/C : ECDIS의 Screen Shot

12. 어선용 리프렉터 해상실험 결과

그림 3-41과 같이 보트에 어선용 레이더 리프렉터를 싣고 실험 대상지역을 향해하면서 최소 탐지 거리와 ARPA/RADAR에 나타나는 물표 포착현상 및 ECDIS에 포착되는 현상 등을 측정하고 분석하였다.

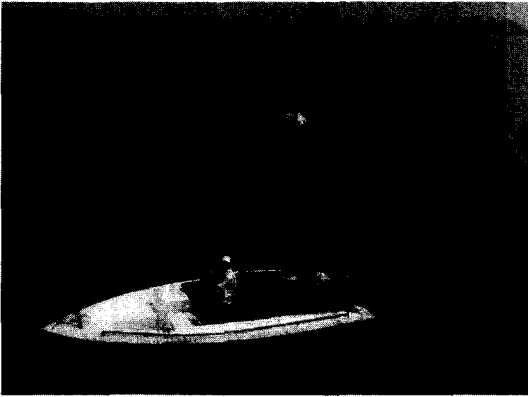


그림 3-41 보트에 리프렉터 장착
(수면상 1m~4m)

그림 3-42부터 그림 3-45까지는 대표적인 해상

실험 결과를 나타낸다. 어선용 리프렉터 4m 높이에 매달고 항해한 결과를 목포항 PTMS에서 촬영한 ECDIS 화면이다.

그림 3-42는 크기 40cm 짜리 어선용 리프렉터를 장착한 보트(화면에 Test Boat로 표시)가 3.5mile에서 레이더 10회 스캔에 평균 10회 모두 물표를 포착한 상태를 나타낸다.

그림 3-43은 크기 30cm 짜리 중형 레이더 리프렉터를 장착한 Test Boat를 3.4mile에서 포착하고 이 때 레이더 화면 10회 스캔에 평균 8회 이상 물표를 포착한 경우이다.

그림 3-44는 크기 20cm 짜리 소형 어선용 레이더 리프렉터를 장착한 Test Boat를 3.6mile에서 포착하고 이 때 레이더 화면 10회 스캔에 평균 6회 이상 물표를 포착한 경우이다.

그림 3-45는 크기 40cm 짜리 어선용 레이더 리프렉터를 보트에 장착후 목포항 여객터미널 부근의 교통 밀집지역으로 진입할 경우 Test Boat가 포착되는 현상을 나타낸다.

따라서, ARPA/RADAR의 경우 10회 스캔에 5회 이상 물표를 3회 연속하여 측정해야 자동으로 추적 가능하다는 점을 고려하면, 개발한

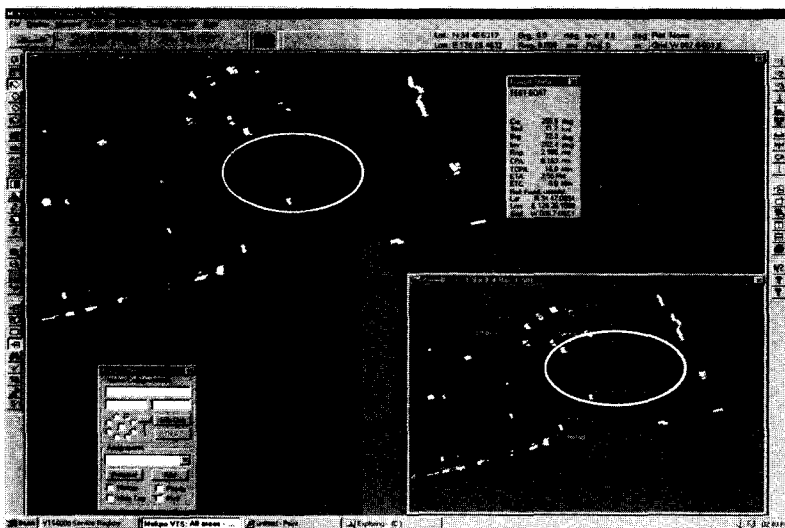


그림 3-42 크기 40cm 어선용 리프렉터 해상 실험결과
(화면에 나타난 Test Boat 3.5mile에서 포착, 레이더 화면 10회 스캔에 평균 10회 모두 물표 포착)

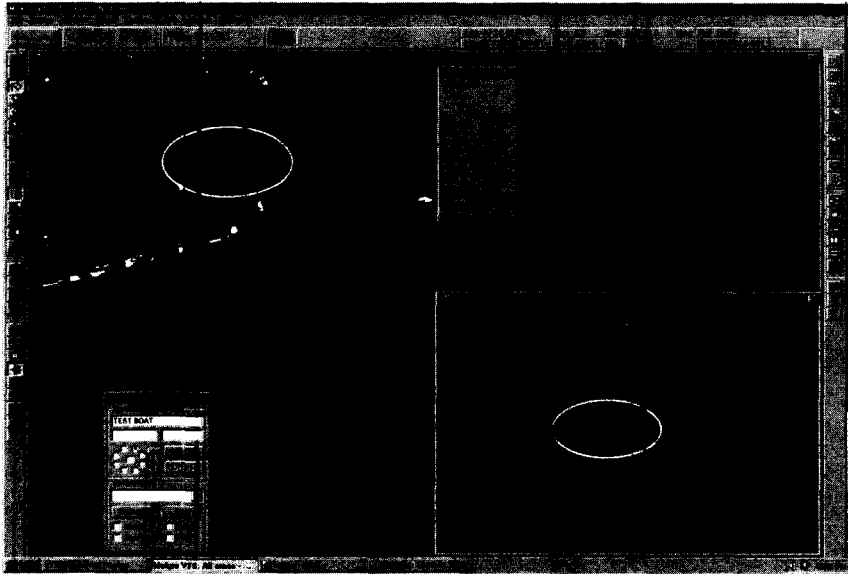


그림 3-43 크기 30cm 중형 어선용 리프렉터 해상 실험결과
(Test Boat 3.4mile에서 포착, 레이더 화면 10회 스캔에 평균 8회 이상 물표 포착)

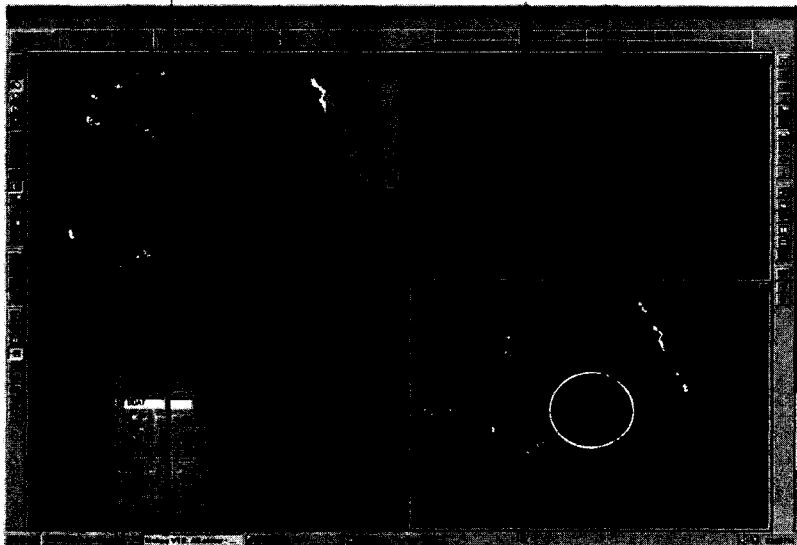


그림 3-44 크기 20cm 소형 어선용 리프렉터 해상 실험결과
(Test Boat 3.6mile에서 포착, 레이더 화면 10회 스캔에 평균 6회 이상 물표 포착)

어선용 레이더 리프렉터는 ARPA/RADAR에 3mile 부근부터 뚜렷하게 자동 탐지 가능함을 알 수 있다.

따라서, 이 연구에서 목표로 하는 3mile 자동

추적 가능 거리를 만족하는 것으로 실험결과 나타나서 본 연구에서 개발한 어선용 레이더 리프렉터가 현장에 적용 가능한 성능을 가지고 있음을 실험으로 확인하였다.



그림 3-45 크기 40cm 리프렉터 교통밀집 지역 해상 실험결과
(목포항 부근에서 포착되는 현상 우측하단 작은 박스에 표시)

제3장 연구개발결과의 활용계획

1. RADAR 탐지능력증강 장치로 적용

어업용 어망 부이의 경우 주로 스티로폼에 기를 세워서 어장보호와 해저의 어망을 지지하는 등 다목적으로 사용하고 있다. 이러한 경우, 스티로폼이 RADAR 반사능력이 약하여 항해하는 선박이 어장을 훼손하거나 선박 스크루에 그물이 걸리는 등 해난사고의 원인은 물론 인명과 재산손실을 초래하고 있다. 이러한 어망 부이에 소형 어업용 리프렉터를 설치하여 사전에 인명과 재산손실을 방지할 수 있다

어선의 경우 그물을 끌거나 설치하는 경우, 그 위치를 표시하기 위하여 부이를 설치하는데,

이러한 경우, 리프렉터를 부이에 설치함으로써 보다 명확하게 그물의 위치를 식별할 수 있고, 주위에 통항하는 선박으로부터 어망을 보호할 수 있다.

레이더 리프렉터를 증착한 부이는 리프렉터를 싸고 있는 외부의 스티로폼의 색을 적색이나 황색 등으로 하여 왕래하는 선박에 의하여 부서지는 것을 방지할 필요가 있다.

부가적으로는, 제작비가 고가인 해상용 항로 표지의 경우, RADAR 탐지능력이 약하여 현재 해양수산부와 항로표지협회에서 대책을 강구 중이기 때문에 이 연구에서 개발하려는 수동식 리프렉터를 사용하게 되면 영구적인 각종 Buoy의 RADAR 탐지능력 증대 장치로 적용할 수 있다.

본 연구 사업을 통하여 개발한 스티로폼 부

이에 레이더 리프렉터를 증착한 어업용 레이더 리프렉터는 아직까지 국내외에 개발된 적이 없는 첨단 기술이기 때문에 국내외 특허를 획득할 수 있다. 또한 국내외 어망용 부이의 수가 수십만개에 달하기 때문에 경제적인 효과도 클 것으로 기대된다.

2. 소형어선 충돌예방 장치

현재 영세 어민들은 첨단 장비 즉, GPS 플로터, 레이더, 소나 등을 장착하고 있음에도 불구하고 해난사고는 매년 증가하거나 담보 상태에 있기 때문에 이 연구에서 개발하려는 RADAR 리프렉터는 해양안전 증대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

수동식 리프렉터는 전자장치나 배터리가 불필요하기 때문에 소형, 경량, 저가의 장치로 보급할 수 있다.

국내외적으로 기술노출을 꺼려하는 첨단 기술이기 때문에 국내외 특허를 획득할 수 있고, 국내 산업체에서 충분히 제작 양산할 수 있는 간단한 장치이기 때문에 실용화 및 산업화에도 문제없을 것으로 보인다.

3. 국내 모든 소형 선박에 적용

소형 어선뿐만 아니라 소형 여객선, 관광선, 차도선, 낚시선, 레저선 등에 장착하여 타 선박과의 충돌예방 장치로 적용함으로써 항행안전을 도모할 수 있기 때문에 여객선이나 관광선의 경우 수십에서 수백 명의 여객을 수송한다는 점에서 필수적인 항행안전장치로 장착할 필요가 있다.

4. 국방 분야로의 확대적용

현재 국방관련 연구의 경우, RCS 저감에 의한 적 RADAR 회피에 관해서만 연구되고

있는데, RCS를 증강시키는 장치는 적 RADAR를 기만하여 미사일을 유도하여 군함을 보호하기 위한 장치나 적 잠수함을 유인하기 위한 장치로 적용할 수 있다.

국내 국방 분야에도 적용하여 고가의 무기 수입에 따른 경비 절감과 방위력 증강에 효과적일 것이다.

5. 현장보급방안

이 연구에서 개발하려는 수동식 리프렉터는 저가, 소형, 경량(500g 정도)의 장치로 개발할 수 있기 때문에 어민들이 부담 없이 구입하여 장착할 수 있을 것이며 한편, 정부에서 어민 보호 대책의 일환으로 수산업 협동조합을 통한 무료 보급 방안도 고려할 수 있다.

리프렉터 개발에는 특수한 재료보다는 형상설계가 중요하고, 동이나 알루미늄 등의 일반 재질을 얇은 박막으로 사용하여 최적 설계하는 경우 RCS 증가 효과를 크게 할 수 있기 때문에 국내 중소 조선업체나 중소 전자통신업체에서 충분히 제작 보급할 수 있다.

대략 예상되는 가격은 약 1만개 정도 대량 생산하는 경우 5만원대가 될 것으로 예상된다. 따라서 현장 보급방안은 어민이 구입하거나 국가에서 일부 보조 및 무상 보조로 설치할 수 있을 것이다.

6. 산업화 계획 방안

1차년도에는 주로 리프렉터의 RCS 증가를 위한 이론개발과 모델 제작 및 육상에서의 성능평가 위주의 연구를 진행하였고, 2차년도에는 실용화를 위한 해상실험을 실시하였다. 이를 통하여 성능이 입증된 리프렉터를 이 연구에 참여한 기업에 기술을 이전하여 생산체제를 갖추어 예정이다. 이미 국내 시장수요가 충분히 형성되어 있고, 생산제작에 특수한 기술이 요구되지 않기

때문에 이들 중소기업에서 충분히 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 이 연구는 민·관·군, 산·학·연 관계자들이 참여하여 진행할 예정이기 때문에 개발완료 후의 국방 분야와 해양경찰 분야로의 기술적용까지 고려하는 경우, 경제성과 타 분야로의 활용성 및 기술특허 등 다양한 측면에서 산업화를 위한 참가업체는 많을 것으로 예상된다.

7. 활용분야 추가기술 개발방안 및 기술이전 방안

군사용으로 사용되고 있는 첨단 유전체 Lens나 전자파 창 등을 이용한 효율의 극대화 방안

대해서 추가 분석이 필요하다.

또한, GMDSS(Global Maritime Distress and Safety System)의 경우, EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon)와 SART(Search and Rescue Radar Transponder) 등의 긴급조난통보 시스템의 경우에도 생존자를 RADAR로 쉽게 색출하기 위해서는 비상용으로 전원이 필요 없는 리플렉터의 적용이 필요함으로 이러한 분야에도 충분히 적용할 수 있다.

기술이전 방안은 이 연구에 참여할 기업을 주축으로 기술이전을 실시할 예정이며, 이미 구체적인 사업화 방안을 수립하고 있는 단계이다.