

Fig. A-13. M/S U.A.I.

Ballast 航海時의 排水量은 滿載 航海時의 排水量의 거의 半。

코너리프렉타를 排列集성한 레이다리프렉타의 性能에 關한 研究

金 禹 塾

A Study on the Performance of
Radar Reflector Composed of Multiple
Corner Reflectors Array

Woo-sook Kim

〈目 次〉

Abstract

記 號 說 明

I. 序 論

II. 코너리렉타의 有效反射面積에 關한 考察

1. 單一코너리프렉타의 有效反射面積의 計算法
2. 排列集합시킨 코너리프렉타의 有效反射面積의 檢討
3. 排列集合型리프렉타의 指向性에 關한 檢討

III. 實驗 및 結果

1. 實驗用 리프렉타의 製作
2. 一 次 實 驗
3. 二 次 實 驗

IV. 結 論

參 考 文 獻

記 號 說 明

ϕ : 코너리프렉타의 기준축으로부터 상하방향으로 입사파의 편향각

θ : 코너리프렉타의 基準軸으로부터 左右方向으로 입사파의 偏向角

R : ϕ 의 값에 따른 有効反射面積 計算 減殺 係數

K : ϕ 의 값에 따른 有効反射面積 係數

A_{eff} : 코너리프렉타의 有効反射面積

σ : 코너리프렉타 혹은 物標의 레이더 斷面積

a : 코너리프렉타의 接合面의 邊의 길이

ABSTRACT

A corner reflector, an instrument designed to allow triple reflection and thus provide a strong specular reflection over a wide range of aspect angle in both elevation and azimuth, has been studied and adopted to radar reflector in many countries since 1950, but it has disadvantages in certain respect such as high directivity, structure strength and wind resistance.

To overcome such a disadvantage, this paper dealt with design and performance of radar reflector composed of multiple corner reflectors arrayed in a simple mass.

In this paper, a simple experimental equation to calculate the effective area of single corner reflector to any direction is proposed and with this equation effective area of radar reflector of complicated shape composed of arrayed corner reflectors are also calculated, and the performance of those in

global shapes, cylindrical shapes are investigated,

These results are verified by sea experiments twice in Mok po Port and Mok Po port Entrance.

In conclusion, the followings are confined;

1. The equation proposed in this paper is very useful for the calculation of reflection area of the radar reflector composed of arrayed corner reflector.
2. The maximum effective area of globular shape is less than that of cylindrical shape, but is more effective when the reflector is inclined.
3. The more the number of corners arrayed, the less the maximum effective area becomes, but the directivity becomes rather uniform.
4. It is also verified the buoy with a radar reflector of the size of about $1/15$ of the buoy may increase twice the radar detection range than the buoy without the reflector.

In practical use in future, the radar reflector of globular shape or cylindrical shape composed of corner reflector array may be made of molded plastic coated with metal at lower price.

I. 序 論

코너리프렉타 (Corner Reflector)는 入射한 레이더電波를 바로 그 방향으로 가능한 많은 量을 반사시켜 레이더의 探知距離를 增大하도록 考案된 裝置이다.¹⁾

이 코너리프렉타는 1950년 初부터 先進海運國—英國·美國·日本—等地에서 開發되었으며, 初期에는 3枚의 銅板을 各各 直角이 되도록 붙여 使用하였으나^{3) 4)} 近來에는 透明球의 内部의 誘電率을 점차 바꾸어 入射한 電波가 屈折에 依하여 進行해 온 方向으로 反射하게 한 誘電體 렌즈—Luneburg Lens—가 레이더 리프렉타로 利用되고 있다.^{6) 7)}

特히 美國에서는 모든 浮標에 이 리프렉타를 設置하도록 하고 있으며, 英國에서는 小型船의 마스트에 設置하여 레이더 探知距離를 增大시키고 衝突豫防에도 기여하고 있다.¹⁴⁾

한편 우리나라에서도 水産系統에서는 대뜸의 탐지거리를 增大시키기 爲한 浮標型 코너리프렉타에 關한 研究가 있었을 뿐⁸⁾ 거의 具體的인 研究가 되어 있지 않은 實情이다. 이러한 때에 仁川地方海運港灣廳에서는 1982년에 日本으로 부터 완제품 레이더 리프렉타를 수입하여 管内의 浮標에 設置하여 實效를 보고 있다. 遠洋漁船에서는 鐵板 등을 利用하여 自體內에서 製作한 리프렉타를 一部 使用하고 있으며 性能이나 모양이 複雜한 實情이다.

위에서 英國이나 美國의 例를 들었지만 리프렉타를 小型船 마스트에 設置하면 最近에 있었던 小型高速旅客船등의 衝突事故같은것은 일어나지 않았을 것이다. 또 救命艇에 設置하면 레이더에 의한 救助作業時 조기탐색에 도움을 줄 것이고 視界不良時 浮標위에 設置함으로써 安全航海에 도움이 될 것이다. 이처럼 앞으로 수요가 急增하게 될 코너리프렉타의 國産化의 開發은 時急한 課題이다.

레이더리프렉타는 코너리프렉타와 誘電體렌즈 리프렉타로 크게 分類할 수 있으며 后者는 連續的인 誘電率의 變化등 設計上의 어려움으로 量産體制가 완비되기 전에는 製作費가 많은 것등 理由뿐만 아니라 海上에 長期間 부착시의 표면 오손으로 인한 反射面積의 減少등의 不利點 때문에 本論文에서는 코너리프렉타만을 研究 대상으로 限定하였다. 즉 조그만 三角型 코너리프렉타(T형)를 여러개 排列시켜 強度를 높이고, 風壓의 영향을 적게 받으며 指向性を 줄일 수 있도록 全體의 모양이 円筒型 또는 球形이 되게 하였다. 코너리프렉타 하나에 대한 有効反射面積을 計算하는 理論式에 關한 研究는 수편 發表되어 있으나²⁾ 매우 複雜하여 排列된 코너리프렉타에 적용하기에는

不適當하므로 本論文에서는 近似的으로 計算하는 方法을 제안하고 代表的인 몇가지를 選擇하여 합석 및 알미늄포일을 씌운 아크릴로 만들어 實船實驗한 것을 報告한다.

이상의 結果를 토대로 새로운 形態의 實用的인 國產 레이더 리프레क्टर를 制作하는데 기여하고자 한다. 여기서 使用한 實驗裝置는 합석이나 아크릴로 만들었으나 實際로는 韓國에 널리 보급된 方法의 하나인 플라스틱 射出로 型을 만들어 그 表面에 내구성이 강한 금속을 증착시키는 方法을 쓰면 廉價이고 良質의 레이더리프레क्टर를 만들 수 있을 것이며 外貨의 낭비를 막을 수 있을것이다.



II. 코너리프레타의 有效反射面積에 關한 理論的 考察

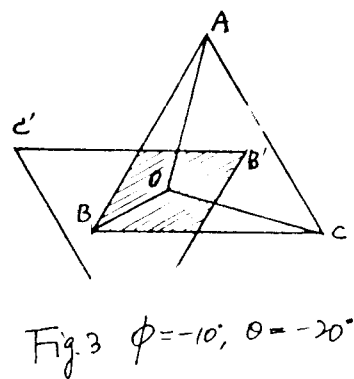
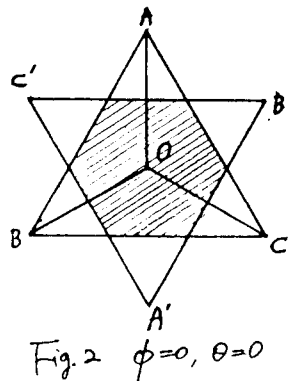
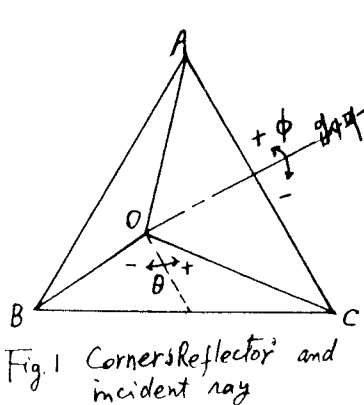
1. 單一코너리프레타의 有效反射面積의 計算法³⁾

本論文에서 다루고자 하는 排列集合型 코너리프레타의 有效反射面積을 計算하기 위하여 우선 三角型 코너리프레타 하나에 關한 그것의 計算方法을 考察한다.

그림 1에서와 같이 세개의 直角三角型을 BC 면을 水平으로 한 導體板을 서로 直交하게 接合시키고 單一코너리프레타에 있어서 세변(또는 세면)과 等角을 이루는 軸을 基準軸으로 하고, 基準軸으로 부터 上下方向으로의 角度를 ϕ (上方向을 +), 左右方向으로의 角度를 θ (右方向을 +)로 各各 表示하기로 한다.⁹⁾

電波가 코너리프레타에서 三回(경우에 따라서는 2회 혹은 1회도 있으나 예외로 함)부딪쳐 入射한 方向으로 反사할때 最初의 入射點과 最後의 反射點은 항상 O點에 對하여 點대칭임이 證明되어 있으므로²⁾ 그림 2 및 그림 3과 같이 入射角 ϕ 및 θ 에 따라 3각형 ABC의 모양 및 O點의 相對的 位置가 달라지기 때문에 꼭지점 A, B, C를 O點에 對하여 點대칭 시킨 A', B', C'를 구하여 삼각형을 그릴 때, 두 삼각형이 겹치는 部分만이 실제로 反사에 기여하는 有效反射面積이 되는 것이다.²⁾

여기서 전파의 입사각 ϕ 및 θ 가 變함에 따라서 삼각형의 모양 및 O點의 相對的 위치는 달라지므로 有效反射面積도 달라진다.



本論文에서 제안한 排列集合型 코너리프랙타는 ϕ 와 θ 가 서로 다른 삼각형 코너리프랙타의 集合이므로 全體의 有效反射面積은 各各의 有效反射面積의 電波의 經路長을 고려한 벡터합에 의하여 구하여 진다.

한개의 코너리프랙타에서 ϕ 와 θ 를 임의로 變化시킬 때의 有效反射面積의 計算은 많은 논리계산을 要하는 대단히 복잡한 절차를 必要로 하므로 實驗값을 문헌으로 부터 인용하여 그때 그때의 有效反射面積을 簡單히 約산하는 近似式을 유도하고자 한다, 표 1은 코너리프랙타의 한변의 길이가 1m인 경우의 각각의 실험값이다.

ϕ R θ	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
θ	2.47	1.96	1.93	2.074	2.3	2.65	3.78	6.15
K, 0	0.18	0.38	0.5	0.58	0.52	0.39	0.23	0.11
5	0.16	0.37	0.49	0.57	0.5	0.37	0.21	0.09
10	0.12	0.33	0.46	0.52	0.46	0.33	0.18	0.05
15	0.1	0.3	0.4	0.45	0.39	0.27	0.12	0
20	0.09	0.23	0.33	0.37	0.32	0.2	0.03	0
25	0.07	0.19	0.25	0.27	0.21	0.1	0	0
30	0.05	0.13	0.18	0.17	0.12	0	0	0
35	0.03	0.08	0.1	0.08	0	0	0	0
40	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. I Experimental values of Effective area for each ϕ and θ

표 1에서 ϕ 가 일정할 때에 有效反射面積의 값은 θ 가 증가함에 따라 指數함수적으로 감소한다. 따라서 有效反射面積은 식(1)과 같이 表現하기로 한다.

$$A_{eff} = K e^{-R \cdot |\theta|} \dots\dots\dots(1)$$

식(1)에서 진폭계수 K 는 $\theta=0$ 일 때의 有效反射面積이고 R 은 ϕ 의 함수이다. R 은 일정한 ϕ 에 대하여 常數로 간주되므로 이것을 구하기 위하여 각 $|\theta|$ (radian)의 有效반사적 A_{effi} 에 대하여

$\sum (K e^{-R|\theta_i|} - A_{effi})^2$ (단 i 는정수)의 값이 最小가 되는 K 의 값을 마이크로 컴퓨터 (Apple II)에 의하여 구한 값도 표 1에 함께 표시하였다.

ϕ 의 함수인 진폭계수 K 와 지수계수 R 은 그림 4 및 그림 5에서 점선으로 나타낸 바와 같이 ϕ 의 값에 따라 2차곡선식과 같이 변화하므로 식(2) 및 식(3)으로 표현한다.

$$R = f_1(\phi) = A_1 + A_2 \phi + A_3 \phi^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$K = f_2(\phi) = B_1 + B_2 \phi + B_3 \phi^2 \dots\dots\dots(3)$$

$f_1(\phi)$ 와 $f_2(\phi)$ 를 최소자승법을 이용하여 구한 결과는 다음의 식(4)와 식(5)와 같이 되었다.

$$f_1(\phi) = 1.7857 + 0.262 \phi + 0.1814 \phi^2 \dots\dots\dots(4)$$

$$f_2(\phi) = 0.5355 + 0.0135 \phi - 0.033 \phi^2 \dots\dots\dots(5)$$

따라서 식(1)은 식(6)과 같이 쓸 수 있다.

$$A_{eff} = f_2(\phi) e^{-f_1(\phi) \cdot |\theta|} \dots\dots\dots(6)$$

단 θ : radian

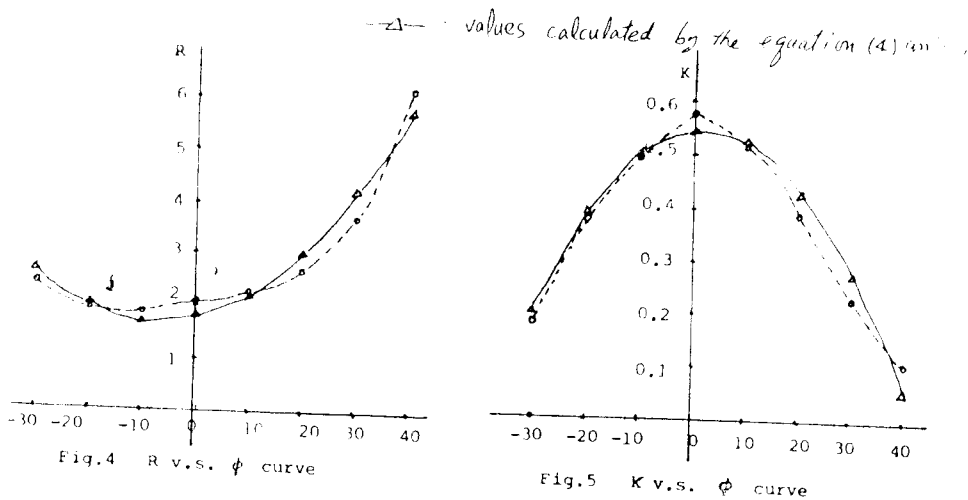


그림 4와 그림 5는 식(4)와 식(5)를 사용하여 구한 數値를 實線으로 비교하여 나타내었다. 식(6)으로 부터 구한 유효반사면적과 實驗値를 비교하여 각 ϕ 와 θ 에 대하여 일괄하여 表示한 結果를 그림 6에 나타내었다

실험치와 計算値는 完全히 일치한다고는 할 수 없으나 近似的으로는 이 計算式을 사용하여 單一코너리프레타에 임의의 방향에서 電波가 入射한 경우에도 그 有效反射面積을 간단하게 계산할 수 있다. 레이다의 최대탐지거리의 기준이 되는 레이다 단면적 (Radar Cross Section)은 入射한 전파의 波長과 有效反射面積에 따라 결정되며 식(7)로 표현된다.

$$\sigma = 4 \pi A_{eff}^2 / \lambda^2 \dots\dots\dots (7)$$

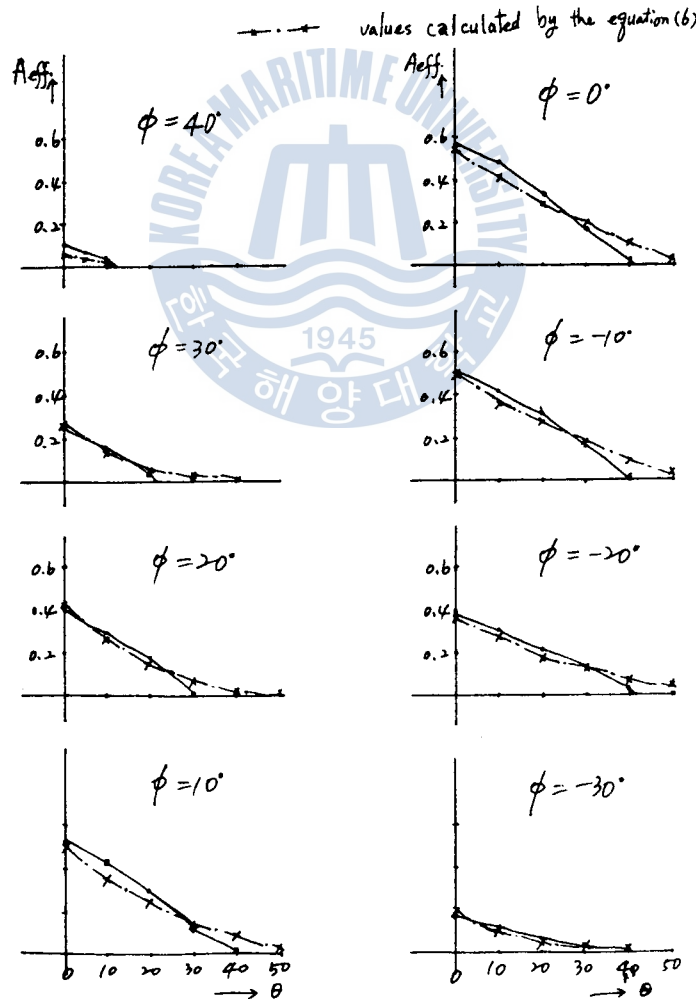


Fig.6 Effective area v.s. ϕ and θ

4. 排列集합시킨 코너리프랙타의 全有效反射面積의 檢討

1) CY 12×2형

그림 7과 같이 원주상에 12개의 코너리프랙타를 排列하여 2단으로 포개어 全體적인 모양의 凹筒狀의 形도록 만든것을 CY 12×2형이라 한다. 그림 7에서와 같이 電波의 入射方向을 위한 때 $\phi = 0, \theta = 0$ 인 경우와 $\phi = 0, \theta = 30$ 인 두가지의 경우가 생기고 코너리프랙타를 원주에 配置시켰으므로 電波의 經路長의 차이에 따른 位相의 간섭을 고려한 全體의 有效反射面積은 식 (8)과 같이 表現된다.

$$\Sigma A_{effi} \times \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot X_i) \dots\dots\dots (8)$$

단 X_i : 波前面에서 i 번째 코너리프랙타의 頂點까지의 거리

그러므로 그림 7에서 설명한 CY 12×2형의 全體有效反射面積은

$$A_{cv12 \times 2} = \left\{ 2 \times 0.5355 \cdot \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 14.8) + 4 \times 0.21 \cdot \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 12.8) \right\}$$

$$= 1.36 (m^2)$$

위의 값은 코너리프랙타 한번의 길이가 1m인 경우의 값이므로 원통의 지름이 50m이면 코너리프랙타 한번의 길이는 17.7cm가 되고 여기서 사용하는 진파의 파장을 3.2cm로 할 때 식 (7)을 이용하여 레이더 단면적을 구하면 22.27m²가 된다.

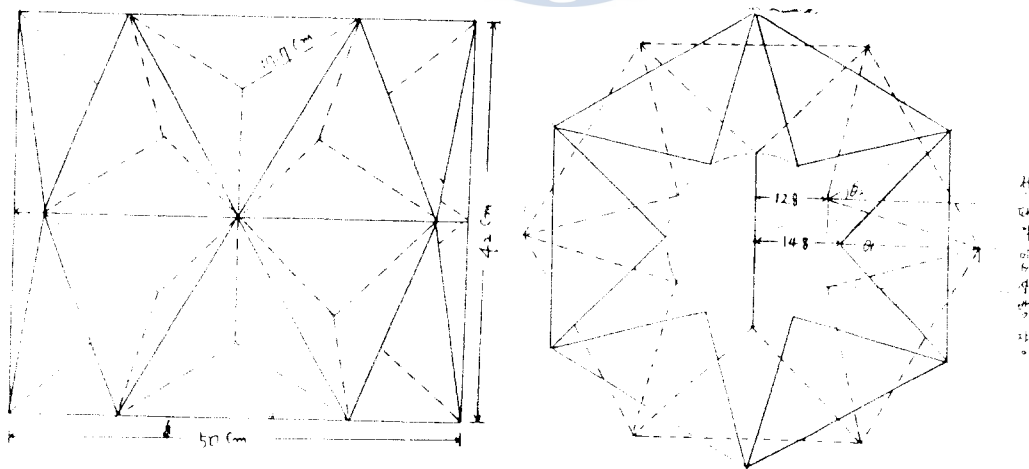


Fig. 7. (left) side view and (right) plane figure of CY 12×2

2) CY 18×3형

그림 8과 같이 円周上에 18개의 코너리프렉타를 排列하여 3단으로 포개어 全體적인 모양이 円筒型이 되도록 만든것을 CY 18×3형이라 한다. 그림 8에서와 같이 전파의 入射方向을 취할 때 $\phi = 0$ 이며 $\theta = 0, \theta = 40$ 인 경우가 각각 셋이고 코너리프렉타를 圓周에 配置시켰으므로 電波의 經路長의 差異에 따른 位相의 간섭을 고려한 全體의 有效 反射面積은 식(8)을 利用하여 다음과 같이 計算된다.

$$\begin{aligned} A_{cy18 \times 3} &= \left| 3 \times 0.5355 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 18.1 \right) \right. \\ &\quad \left. + 6 \times 0.2872 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 17 \right) \right. \\ &\quad \left. + 6 \times 0.154 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 13.9 \right) \right| \\ &= 2.26 (m^2) \end{aligned}$$

위의 값은 코너리프렉타 한변의 길이가 1m인 경우의 값이므로 円筒의 지름이 50cm이면 코너리프렉타의 한변의 길이는 12cm가 되고 여기서 사용하는 전파의 파장을 3.2cm로 할 때 식(7)을 利用하여 레이더 斷面積을 구하면 13m²가 된다.

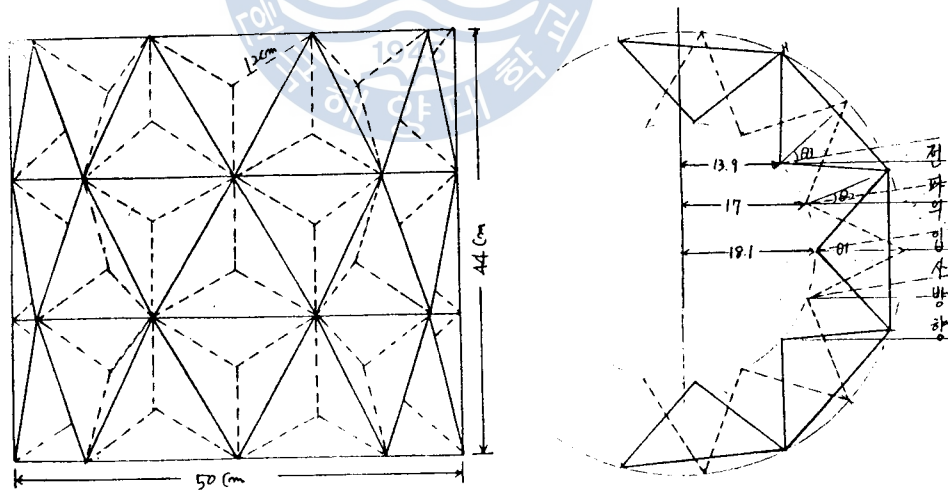


Fig.8 A side view (left) and plane figure (right) of cy18×3

3) CY 36 × 5 형

그림 9 와 같이 凹周上에 36 개의 코너리프랙타를 排列하여 5 단으로 포개어 全體의인 모양이 凹筒型이 되도록 만든것을 CY 36 × 5 형이라 한다. 그림 9 에서와 같이 電波의 入射方向을 취할 때 $\phi = 0$ 이며 각각 $\theta = 0, \theta = 10, \theta = 20, \theta = 30, \theta = 40$ 인 경우가 생기고 코너리프랙타를凹周에 配置시켰으므로 電波의 經路長의 差異에 따른 位相의 간섭을 고려한 全體의 有效反射面積은 式(8)을 이용하여 다음과 같이 計算된다.

$$\begin{aligned}
 \text{Area } 36 \times 6 &= \left| 5 \times 0.355 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 21.5 \right) \right. \\
 &+ 10 \times 0.392 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 21.2 \right) \\
 &+ 10 \times 0.287 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 20.2 \right) \\
 &+ 10 \times 0.21 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 18.6 \right) \\
 &\left. + 10 \times 0.154 \cdot \text{EXP} \left(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 16.5 \right) \right| \\
 &= 10.657 \text{ (m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

위의 값은 코너리프랙타 한변의 길이가 1 m인 경우의 값이므로 凹筒의 지름이 50 cm이면 코너리프랙타 한변의 길이는 6 cm가 되고 여기서 사용하는 電波의 波長을 3.2 cm로 할 때 식(7)을 利用하여 레이더斷面積을 구하면 8.175 m²가 된다.

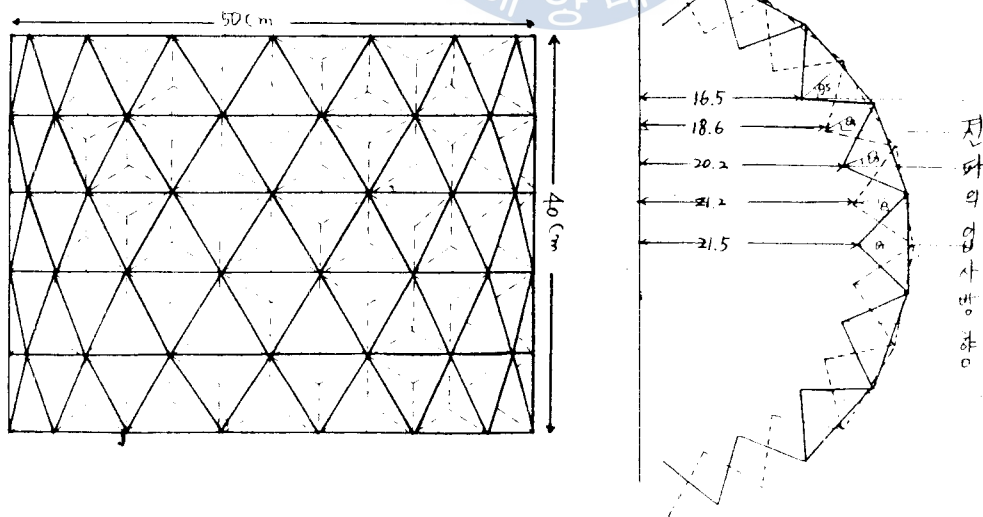


Fig.9 A side view (left) and plane figure (right) of cy36x5

4) SP 18 × 3형

그림 10 과 같이 円周上에 18 개를 배열하고 上下양쪽으로 公의 모양이 되도록 9 개를 각각 배열하고 그사이에 작은것을 끼워져 全體적인 모양이 상하가 짝된 公이 되도록 만든 것을 SP 18 × 3형이라 한다. 그림 10에서와 같이 電波의 入射方向을 취할 때 $\phi = 0$ 이며 $\theta = 0, 20, 40$ 인 경우와 $\phi = 30, \theta = 0$ 인 경우가 생기고 코너리프레타를 公의 모양이 되도록 配置시켰으므로 電波의 經路長의 差異에 따른 位相의 간섭을 고려한 全體의 有效反射面積은 식 (8)을 利用하여 다음과 같이 計算된다.

$$\begin{aligned} A_{sp18 \times 3} &= \left| 0.5355 \cdot \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 18.1) \right. \\ &\quad + 2 \times 0.2872 \cdot \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 17) \\ &\quad + 2 \times 0.154 \cdot \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 13.9) \\ &\quad \left. + 0.1989 \cdot \text{EXP}(-j \frac{4\pi}{\lambda} \cdot 17) \right| \\ &= 0.67 (m^2) \end{aligned}$$

위의 값은 코너리프레타 한변의 길이가 1 m인 경우의 값이므로 円筒의 지름이 50 cm이면 코너리프레타 한변의 길이는 12 cm가 되고 여기서 使用하는 電波의 波長을 3.2 cm로 할 때 식 (7)을 利用하여 레이다 斷面積을 구하면 1.14 m²가 된다.

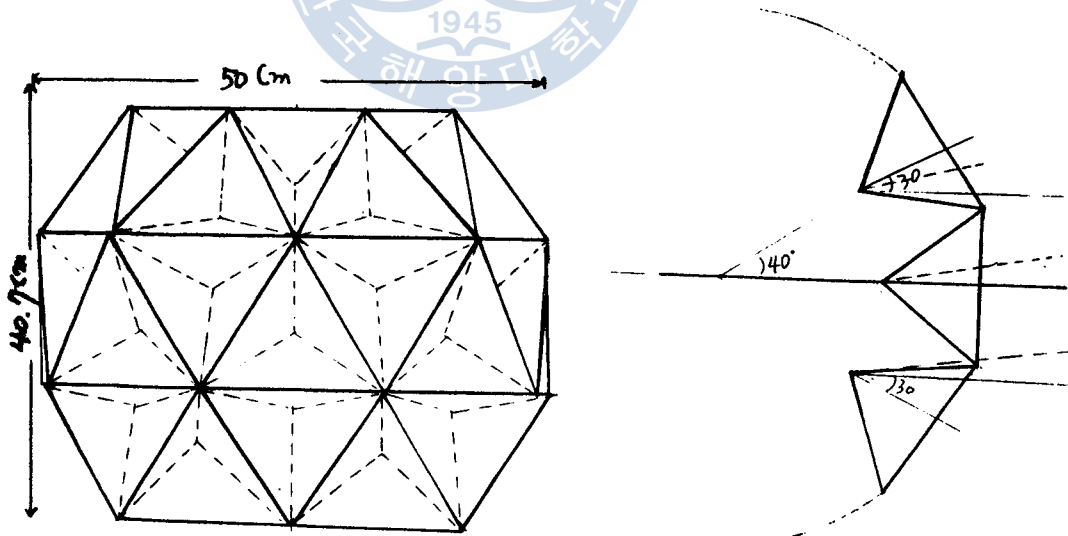


Fig.10 A side view (left) and analysis (right) of sp18x3

5) SP 4 × 2형

그림 11과 같이 세개의 円板을 서로 直交하게 接合시켜 만든것을 SP4×2형이라 한다 이 形態는 코너리프레택타가 研究 開發될 初期에 만들어진 것으로서 앞에서 檢討한 排列集合型코너리프레택타와 比較되었다.

이것의 有效反射面積의 計算은 코너리프레택타의 한面이 三角型이 아니고 四分円이므로 本論文에서 提案한 弱算式으로 計算할 수 없으므로 참고문헌으로 부터 레이더 斷面積 계산결과를 인용하여 그림 11의 (d)에 나타내었다.²⁾

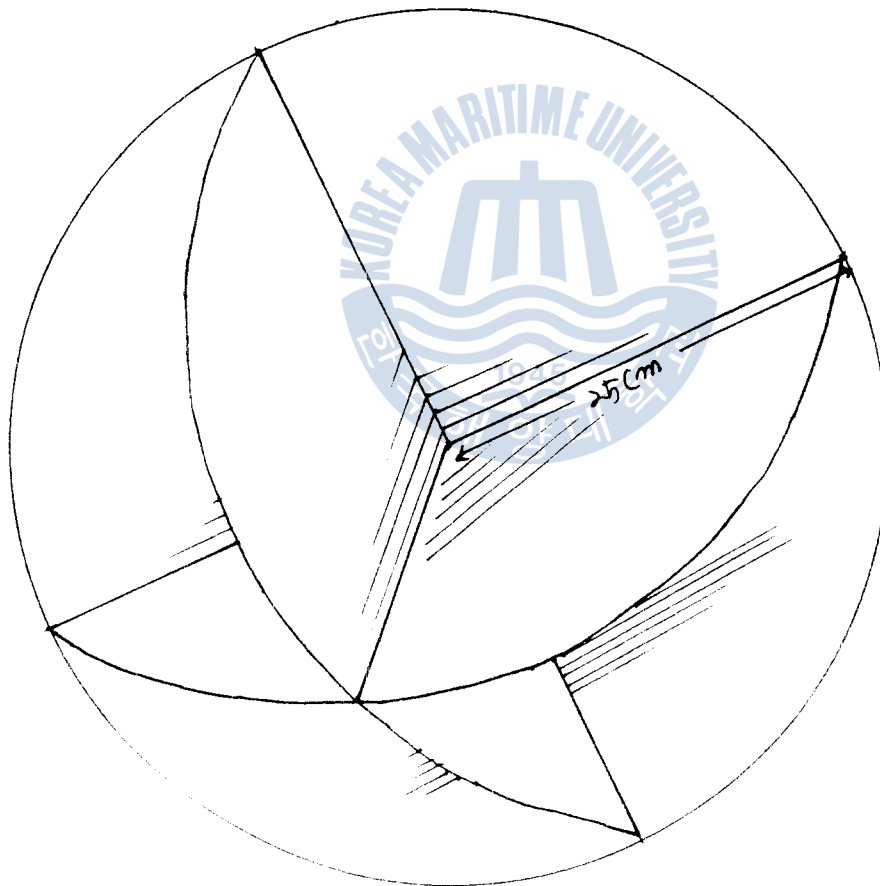


Fig.11 SP 4x2 Type Radar Reflector

3. 排列集合型 리포렉타의 指向性에 關한 檢討

1) 식 (7) 과 식 (8) 을 利用하여 CY 12 × 2 형, CY 18 × 3 형, CY 36 × 5 형, SP 4 × 2 형과 SP 18 × 3 형의 水平方向의 레이다 斷面積을 計算한 結果를 그림 12 에 나타내었다.

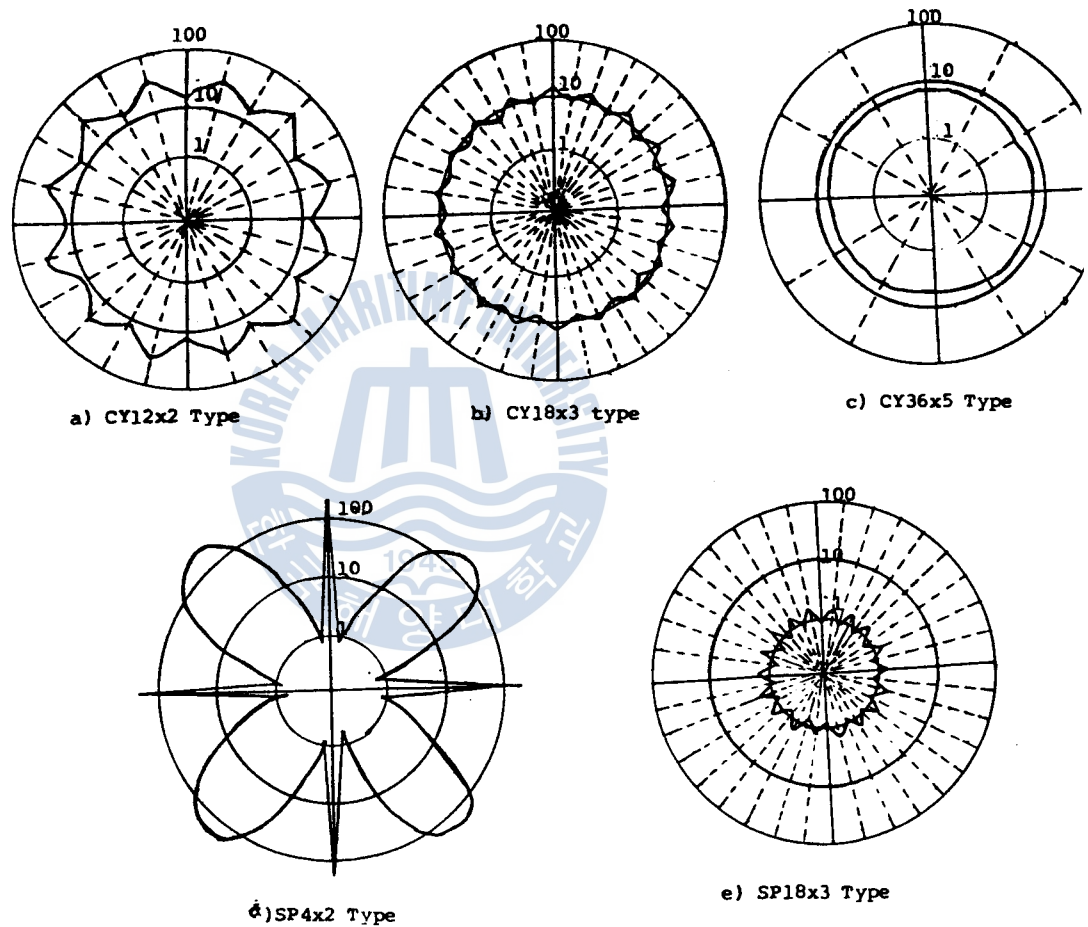


Fig.12 A directivity of each type radar reflector (unit: m^2)

2). 1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12) 13) 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20) 21) 22) 23) 24) 25) 26) 27) 28) 29) 30) 31) 32) 33) 34) 35) 36) 37) 38) 39) 40) 41) 42) 43) 44) 45) 46) 47) 48) 49) 50) 51) 52) 53) 54) 55) 56) 57) 58) 59) 60) 61) 62) 63) 64) 65) 66) 67) 68) 69) 70) 71) 72) 73) 74) 75) 76) 77) 78) 79) 80) 81) 82) 83) 84) 85) 86) 87) 88) 89) 90) 91) 92) 93) 94) 95) 96) 97) 98) 99) 100) 101) 102) 103) 104) 105) 106) 107) 108) 109) 110) 111) 112) 113) 114) 115) 116) 117) 118) 119) 120) 121) 122) 123) 124) 125) 126) 127) 128) 129) 130) 131) 132) 133) 134) 135) 136) 137) 138) 139) 140) 141) 142) 143) 144) 145) 146) 147) 148) 149) 150) 151) 152) 153) 154) 155) 156) 157) 158) 159) 160) 161) 162) 163) 164) 165) 166) 167) 168) 169) 170) 171) 172) 173) 174) 175) 176) 177) 178) 179) 180) 181) 182) 183) 184) 185) 186) 187) 188) 189) 190) 191) 192) 193) 194) 195) 196) 197) 198) 199) 200) 201) 202) 203) 204) 205) 206) 207) 208) 209) 210) 211) 212) 213) 214) 215) 216) 217) 218) 219) 220) 221) 222) 223) 224) 225) 226) 227) 228) 229) 230) 231) 232) 233) 234) 235) 236) 237) 238) 239) 240) 241) 242) 243) 244) 245) 246) 247) 248) 249) 250) 251) 252) 253) 254) 255) 256) 257) 258) 259) 260) 261) 262) 263) 264) 265) 266) 267) 268) 269) 270) 271) 272) 273) 274) 275) 276) 277) 278) 279) 280) 281) 282) 283) 284) 285) 286) 287) 288) 289) 290) 291) 292) 293) 294) 295) 296) 297) 298) 299) 300) 301) 302) 303) 304) 305) 306) 307) 308) 309) 310) 311) 312) 313) 314) 315) 316) 317) 318) 319) 320) 321) 322) 323) 324) 325) 326) 327) 328) 329) 330) 331) 332) 333) 334) 335) 336) 337) 338) 339) 340) 341) 342) 343) 344) 345) 346) 347) 348) 349) 350) 351) 352) 353) 354) 355) 356) 357) 358) 359) 360) 361) 362) 363) 364) 365) 366) 367) 368) 369) 370) 371) 372) 373) 374) 375) 376) 377) 378) 379) 380) 381) 382) 383) 384) 385) 386) 387) 388) 389) 390) 391) 392) 393) 394) 395) 396) 397) 398) 399) 400) 401) 402) 403) 404) 405) 406) 407) 408) 409) 410) 411) 412) 413) 414) 415) 416) 417) 418) 419) 420) 421) 422) 423) 424) 425) 426) 427) 428) 429) 430) 431) 432) 433) 434) 435) 436) 437) 438) 439) 440) 441) 442) 443) 444) 445) 446) 447) 448) 449) 450) 451) 452) 453) 454) 455) 456) 457) 458) 459) 460) 461) 462) 463) 464) 465) 466) 467) 468) 469) 470) 471) 472) 473) 474) 475) 476) 477) 478) 479) 480) 481) 482) 483) 484) 485) 486) 487) 488) 489) 490) 491) 492) 493) 494) 495) 496) 497) 498) 499) 500) 501) 502) 503) 504) 505) 506) 507) 508) 509) 510) 511) 512) 513) 514) 515) 516) 517) 518) 519) 520) 521) 522) 523) 524) 525) 526) 527) 528) 529) 530) 531) 532) 533) 534) 535) 536) 537) 538) 539) 540) 541) 542) 543) 544) 545) 546) 547) 548) 549) 550) 551) 552) 553) 554) 555) 556) 557) 558) 559) 560) 561) 562) 563) 564) 565) 566) 567) 568) 569) 570) 571) 572) 573) 574) 575) 576) 577) 578) 579) 580) 581) 582) 583) 584) 585) 586) 587) 588) 589) 590) 591) 592) 593) 594) 595) 596) 597) 598) 599) 600) 601) 602) 603) 604) 605) 606) 607) 608) 609) 610) 611) 612) 613) 614) 615) 616) 617) 618) 619) 620) 621) 622) 623) 624) 625) 626) 627) 628) 629) 630) 631) 632) 633) 634) 635) 636) 637) 638) 639) 640) 641) 642) 643) 644) 645) 646) 647) 648) 649) 650) 651) 652) 653) 654) 655) 656) 657) 658) 659) 660) 661) 662) 663) 664) 665) 666) 667) 668) 669) 670) 671) 672) 673) 674) 675) 676) 677) 678) 679) 680) 681) 682) 683) 684) 685) 686) 687) 688) 689) 690) 691) 692) 693) 694) 695) 696) 697) 698) 699) 700) 701) 702) 703) 704) 705) 706) 707) 708) 709) 710) 711) 712) 713) 714) 715) 716) 717) 718) 719) 720) 721) 722) 723) 724) 725) 726) 727) 728) 729) 730) 731) 732) 733) 734) 735) 736) 737) 738) 739) 740) 741) 742) 743) 744) 745) 746) 747) 748) 749) 750) 751) 752) 753) 754) 755) 756) 757) 758) 759) 760) 761) 762) 763) 764) 765) 766) 767) 768) 769) 770) 771) 772) 773) 774) 775) 776) 777) 778) 779) 780) 781) 782) 783) 784) 785) 786) 787) 788) 789) 790) 791) 792) 793) 794) 795) 796) 797) 798) 799) 800) 801) 802) 803) 804) 805) 806) 807) 808) 809) 810) 811) 812) 813) 814) 815) 816) 817) 818) 819) 820) 821) 822) 823) 824) 825) 826) 827) 828) 829) 830) 831) 832) 833) 834) 835) 836) 837) 838) 839) 840) 841) 842) 843) 844) 845) 846) 847) 848) 849) 850) 851) 852) 853) 854) 855) 856) 857) 858) 859) 860) 861) 862) 863) 864) 865) 866) 867) 868) 869) 870) 871) 872) 873) 874) 875) 876) 877) 878) 879) 880) 881) 882) 883) 884) 885) 886) 887) 888) 889) 890) 891) 892) 893) 894) 895) 896) 897) 898) 899) 900) 901) 902) 903) 904) 905) 906) 907) 908) 909) 910) 911) 912) 913) 914) 915) 916) 917) 918) 919) 920) 921) 922) 923) 924) 925) 926) 927) 928) 929) 930) 931) 932) 933) 934) 935) 936) 937) 938) 939) 940) 941) 942) 943) 944) 945) 946) 947) 948) 949) 950) 951) 952) 953) 954) 955) 956) 957) 958) 959) 960) 961) 962) 963) 964) 965) 966) 967) 968) 969) 970) 971) 972) 973) 974) 975) 976) 977) 978) 979) 980) 981) 982) 983) 984) 985) 986) 987) 988) 989) 990) 991) 992) 993) 994) 995) 996) 997) 998) 999) 1000)

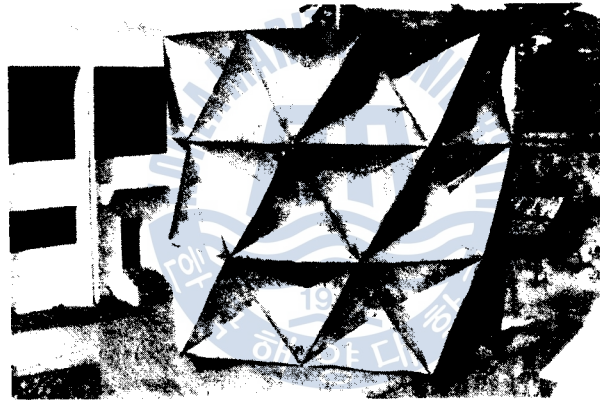


Photo.1 CY18×3 Reflector made of galvanized iron plates

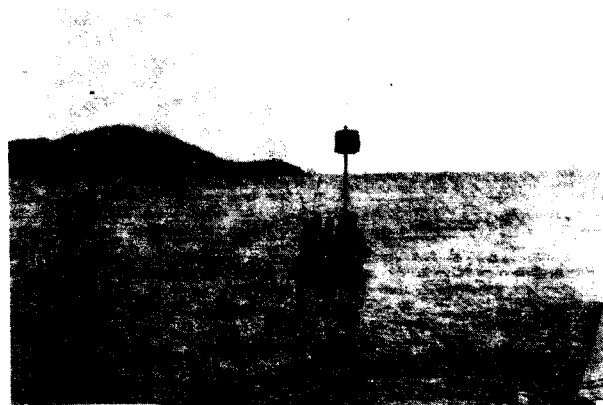


Photo.2 CY18×3 on the mast of the motor boat

Ⅲ. 實驗 및 結果

1. 實驗用 레이더 프렉타의 製作

以上の 理論考察의 結果를 實驗으로 確認하기 위하여 직경이 50 cm이고 높이가 44 cm가 되는 CY 18×3형, 직경이 50 cm이고 높이가 40.7 cm가 되는 SP 18×3형과 직경이 50 cm되는 원판 三枚를 붙여 만든 SP 4×2형의 3가지 實驗用 레이더 리프렉타를 製作하여 同一레이다로 最大探知 距離를 測定 比較하였다.

2. 一次 實驗

1983년 9월 7일 木浦港에서 木浦海洋專門大學의 實習船 全南 421號 (37 G/T)의 FR-151 F형 레이더를 使用하여 最大探知距離를 測定하였다. FR-151 F형 레이더의 基本的인 性能諸元은 표 2와 같다.

당시의 海上狀態는 風力階級 3이었고 海圖는 大韓民國水路局發行 海圖 321호 (1:30,000)를 썼다. 實驗用 코너리프렉타를 各各 0.3톤의 모우터 보트의 마스트 상 (水面上 2.2 m)에 設置하여 本實驗을 실시하였다.

레이더와 레이더 리프렉타 사이의 距離를 점차 增大시켜가면서 레이더리프렉타가 레이더 스크린상에 確實히 探知되는 距離를 數次의 反復實驗을 通하여 確認하였고, 그때의 探知거리를 그림 13에 나타내었다.

이상의 結果, SP 4×2형은 3.1마일, CY 18×3형은 2.9마일, SP 18×3형은 2.1마일로 各各 探知되었다. 이 最大探知距離는 理論解析에서 豫測한 것과 一致하는 傾向을 보여주고 있다.

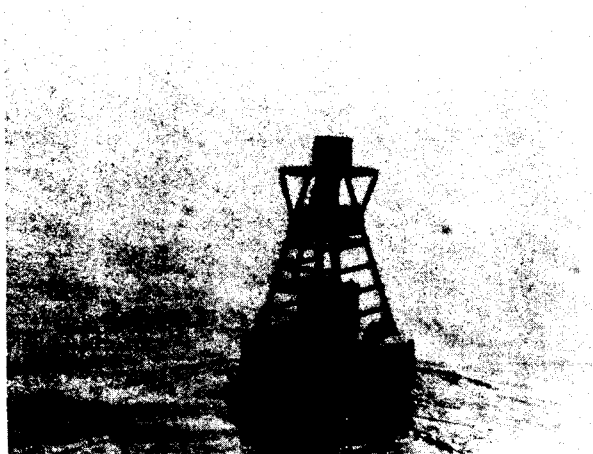


Photo.3 CY18X3 on the buoy

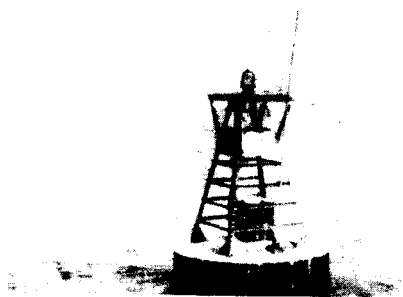
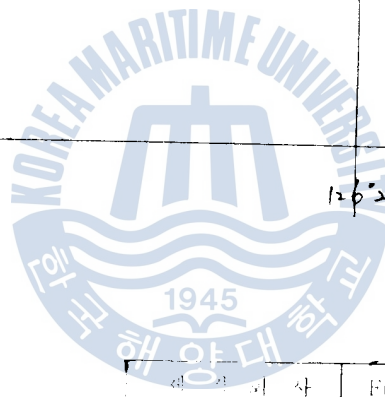
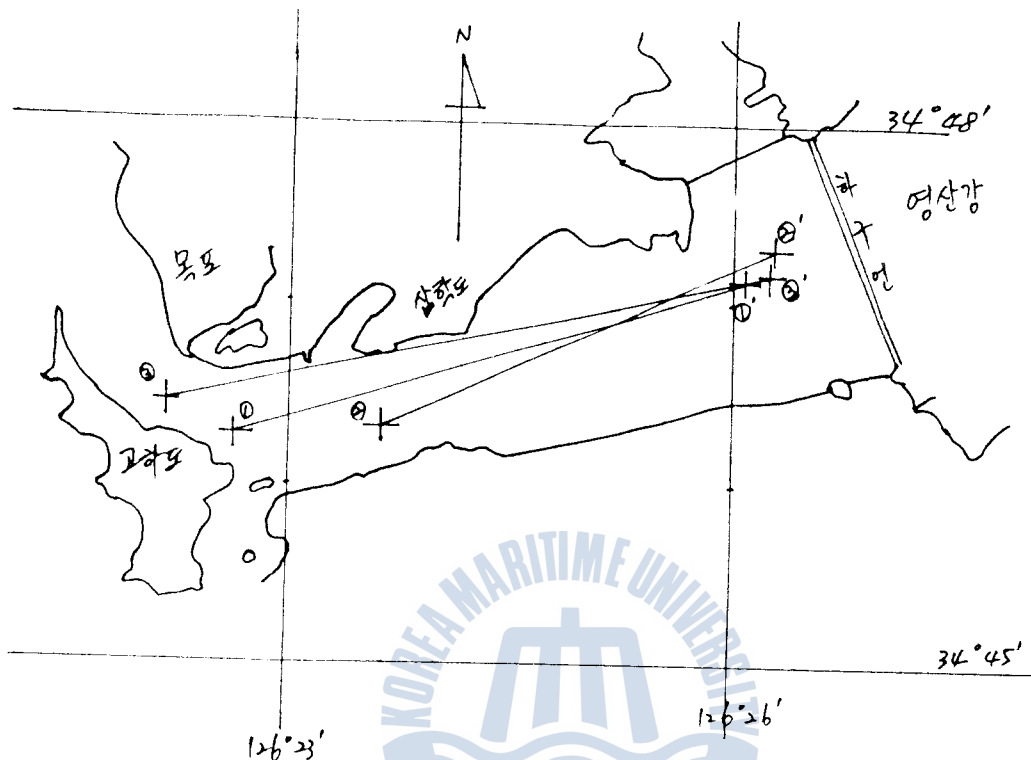


Photo.4 T-type corner reflector (made in U.S.A.) on the bnoy

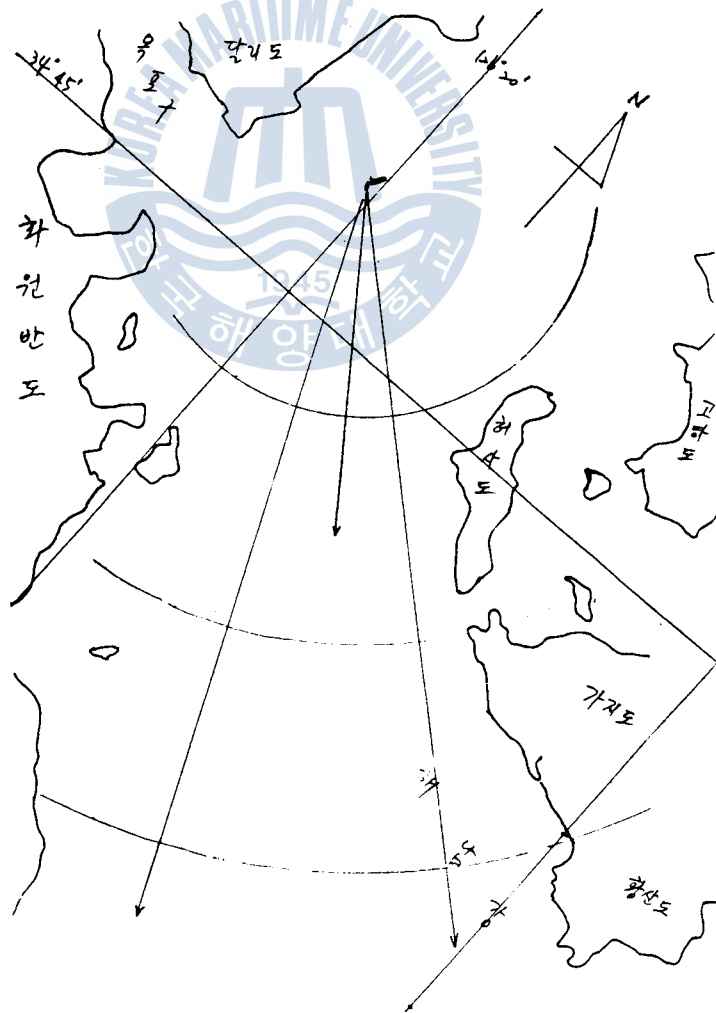
제조사	Furuno Electric Co.
작업주파수	0.5, 1.5, 4, 12, 40 마일
작업주파수대역	20 m
최소탐색거리	26 m
송신주파수	9375 ± 30MHz
방위각대역	2° 이하
감도	
PIE(가시거리)	~ 40 km
반사율	0.18 μs, 0.6 μs
수중탐색거리	3.7 m

Tab.2 레이더리프레क्टर의 性能에 關한 研究의 結果에 關한 說明書

3. 二次實驗

1983년 11월 2일 一次實驗에서 使用하였던 레이더와 海圖를 利用하여 그림 14의 位置에서 위도 $34^{\circ}-45.5'N$, 경도 $126^{\circ} 19.9'E$ 에 位置한 浮標(높이 2.4 m, 직경 2 m) 上에 레이더리프렉타를 設置하여 (사진 3, 4 참조) 側定하였다.

二次實驗의 目的은 리프렉타를 附着하지 않은 浮標와 리프렉타를 附着시킨 浮標의 最大探知距離를 側定比較하므로써 効用性を 確認하려는 것이다. 여기서는 美製 코너리프렉타(사진 4)를 함께 比較하였다. 當時의 海上狀態는 風力階級 3 程度였고 하늘은 맑았다. (美製 코너리프렉타는 한번의 길이가 60 cm인 삼각형 코너리프렉타 8개를 합친 형태임)



Ⅳ. 結 論

以上에서 考察한 理論과 實驗에 의한 結論은 다음과 같다.

1. 本論文에서 提案한 單一코너리프랙탈의 有效反射面積을 計算하는 近似式은 實驗值와 比較에 의하여 그 有効성이 立證되었고, 排列集合型 레이더프랙탈의 같은 구조가 複雜한 레이더프랙탈의 레이더 斷面積 計算등에 이 近似式이 극히 有効한 手段이 될 것이다.

2. 여러가지 形態의 코너리프랙탈을 理論적으로 또 實驗적으로 考察한 結果 全體의 寸수가 비슷한 경우, 最大레이더 斷面積은 SP형보다는 CY형이 크지만 CY형은 SP형에 비하여 傾斜에 취약점이 있음을 확인하였다.

3. 같은 CY형 또는 SP형의 경우 排列하는 코너리프랙탈의 數가 적을수록 最大레이더 斷面積은 증가하지만 指向성이 강하여 부적당한 것으로 판명되었다.

4. 以上の 結果를 綜合적으로 검토하면 플라스틱 射出 몰드 (mold)에 의한 量産이나 指向性, 浮標의 傾斜 및 風壓을 고려하면 排列集合型 레이더프랙탈의 全體모양은 력마공 모양이 적합하고 일단에 配置하는 코너리프랙탈의 數는 적어도 6 개 이상인 것이 바람직하다고 결론을 지을 수 있다.

앞으로 이러한 형태의 레이더프랙탈을 試作 (試作)하여 上下左右方向의 指向性, 몰드제작시 코너리프랙탈의 排列上의 問題點등에 대하여 더욱 研究해 보고자 한다.

參 考 文 獻

1. 鄭世謨: 전파항법, 한국해양대학해사도서출판부,釜山 PP. 68 ~ 69 (1980)
2. 木材小一: 레더 레플렉타, 船의科學, VOL. 34 1981~1 PP. 112~115 (1981)
3. 木材小一: 코너 反射器について. 運研報告1,4 PP. 156 (1951.4)
4. 木材小一: 로너레플렉타의 形狀と 指向性について.
5. 壓司知民: 코나레플렉타について. 電波船法, No 2, PP 3 ~ 11 (1961.8)
6. 古田島博: 레더리플렉타의 研究, 電波航法, No22, PP 23 ~ 26, (1977)
7. 落合德臣: 誘電體 렌즈 레플렉타について. 日本航海學會誌, 第14號 PP9 ~ 14 (1955)
8. 辛享鎰: 定置網등과 浮標型 코우너리프렉터의 레이더 最大探知距離에 관한 研究, 韓國航海學會誌, 제1권, 제1호, PP. 17~26 (1977)
9. M. I. SKOLNIK: RADAR HANDBOOK, McGRAW HILL, New York, PP. 27~1~27~33 (1970)
10. M. I. SKOLNIK: INTRODUCTION TO RADAR SYSTEM (2nd Edition),
McGRAW HILL KOGAKUSHA, TOKYO, PP. 33 ~ 52 (1980)
11. DEPARTMENT of TRADE: MARINE RADAR Reflector Performance Specification
Her Majesty's Stationery office, LONDON, PP. 3 ~ 5 (1977)
12. 落合德臣, 茂在寅男: 레더의 理論と實際, 海文堂, 東京, PP. 36 ~ 40, (1970)
13. 大越英雄: 레더 技術(その1), 電子通信學會, 東京, pp. 19~20 (1976)
14. The Journal of The Nautical Institute "SEAWAY" PP. 12 (1982.12)