

論 文

### 어업용 레이더 리플렉터의 설계

김우숙\* · 안영섭\* · 김인현\* · 임정빈\* · 박성현\* · 김창경\*\* · 심영호\*\* · 김봉석\*\*\*

A Development of Radar Reflector for Fishing Net Buoy

*Woo-Suk Kim · Young-Sub Ahn · In-Hyen Kim · Jeong-Bin Yim  
Sung-Hyeon Park · Chang-Kyeong Kim · Young-Ho Sim · Bong-Suk Kim*

#### 1. 서 론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 해안에는 어업용 부표가 많이 설치되어 있어 연안여객선이나 해군과 해경의 함정들이 항행하는데 지장을 초래할 뿐만 아니라 해난의 위험이 항상 도사리고 있는 실정이다. 이러한 부표들이 저시정 하에서는 눈으로는 말할 것도 없고 레이더에도 탐지가 불가능하기 때문에 해난의 위험은 더욱 커지게 된다. 연안여객선이나 함정들은 레이더를 장착하고 있기 때문에 이러한 부표가 레이더에 탐지되면 해난의 위험성은 훨씬 줄어들 것이다.

레이더에 탐지를 쉽게 하기 위한 장치들이 예부터 서구 선진국에서 여러 가지로 고안되어 여기저기 장착되고 있다. 그 중에는 레이더 전파에너지를 입사 방향으로 되돌려주기 위한 코너리플렉터(Corner Reflector)와 루네버그(Luneberg) 렌즈리플렉터 등이 있으며 루네버그렌즈리플렉터는 제작상의 어려움 때문에 많지 않고 코너리플렉터가 많이 이용되는데 그 형태가 용도에 따라 매우 다양하다. 근래에는 레이더 전파를 증폭하여 되돌려 주는 RTE(Radar Target Enhancer)가 개발되어 설치되고 있다.

이러한 원리를 이용하여 항해중에 본선의 위치를 확인하기 쉽게 하기 위한 레이콘이 있다. 레이콘은 레이더 전파를 받으면 그것을 신호로 각각의 식별 부호를 갖는 신호를 송신하여 자신의 위치를 레이더 화면에 나타내 주므로 본선에서는 이를 이용하여 위치를 확인할 수 있도록 한 것으로 어업용 부표에는 사용할 수 없다. 그리고 레이더 전파와 관계없이 항상 전파를 발사하고 있으면서 부근을 항해하는 선박에게 자기의 방위를 알 수 있게 하는 라마크(Ramark)가 있다. 이것도 어업용 부표에 사용하기에는 부적당하다.

어업용 부표나 반사성능이 좋지 않은 요트나 소형어선 및 항해용 부표 등에 설치하여 보다 먼 거리에서 탐지될 수 있도록 하기 위해서 코너리플렉터가 많이 이용되고 있다. 우리나라에서는 신형일 교수가 정치망땀에 코너리플렉터를 이용하여 그 유용성을 확인한 적이 있을 뿐 거의 연구성과가 없는 실정이다. 신형일교수는 코너리플렉터의 단순한 형태를 그대로 이용하기 때문에 최대레이더 단면적은 크게 할 수 있으나 지향성 때문에 레이더의 가시선의 방향에 따라 레이더 단면적이 다르고 탐지거리

\* 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

\*\* 목포해양대학교 대학원 해상운송시스템학과 박사과정

\*\*\* 목포해양대학교 대학원 해상운송시스템학과 석사과정

도 차이가 많이 나게 된다. 이러한 점을 보완하기 위해서 여러 개의 코너리플렉터를 배열 조합하여 레이더 단면적도 크게 하고 지향성도 무디게 하여 어느 방향에서나 고르게 탐지 가능하도록 고안하였다. 조립되었을 때 모양이 여러개의 W자가 보이므로 앞으로 편의상 W형이라 부르기로 한다.

레이더단면적은 면적의 차원(m<sup>2</sup>)을 갖는다. 이를테면 하나의 모양을 갖는 물체가 있다고 하자. 사방에서 볼 때 비대칭이면 레이더전파의 입사방향(aspect)에 따라 레이더 단면적이 다르게 된다. 선박의 경우 선수방향과 정횡방향에서 그 값이 다른 것은 명백하다. 또 모양과 크기가 같다고 하더라도 그 구성물질에 따라 반사성능이 다르기 때문에 역시 단면적이 다르게 된다. 도체인 경우와 부도체인 경우는 엄청나게 차이가 나게 된다. 부도체로만 된 경우에는 아무리 큰 물체라 할지라도 레이더에 탐지가 불가능하게 된다. 물체가 큰 경우에는 별로 문제가 되지 않으나 물체가 작은 경우에는 레이더단면적이 적게 되므로 이를 크게 하여 레이더 탐지거리를 증대시키려고 하는 것이 시초가 이 코너리플렉터인 것이다. 특정한 형태를 갖는 코너리플렉터의 레이더단면적을 계산하는 식은 선진국에서 이미 알려져 있다.

레이더 단면적은 사용하는 전파의 파장과 관련이 있으므로 코너의 크기를 파장과 부표의 크기를 고려하여 적당히 배열하였고 크기와 조합한 개수에 따라 어떤 특성이 있는지를 파악하기 위하여 우선 3가지 형태를 만들고 이론적인 계산식으로 레이더 단면적을 계산하고 전파암실에서 실험을 통하여 비교 검토하고 실선 실험을 통해 그 유용성을 확인하고자 한다.

## 2. 물표의 레이더 탐지거리의 이론적 배경

### 2.1 레이더 방정식

이 레이더 방정식은 동적인 RCS(radar cross section)의 시험거리를 설계하는 데 있어서 기본이다. 가장 간단한 형태의 레이더 방정식은 식(1)과 같다.

$$Pr = \frac{Pt \cdot Gt \cdot Gr \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{4\pi^3 R^4} \dots\dots\dots(1)$$

식(1)에서 Pt는 송신안테나에서 송신되는 무선주파수 전력이며 Pr은 수신안테나로부터 받아들여 수신기에 공급되는 수신전력이다. 대부분의 경우에 송신안테나와 수신안테나는 하나의 장치이다.

마찬가지로 Gt와 Gr은 각각 송신과 수신안테나의 전력이득이다. 전력이득은 차원이 없는 숫자이며 송신안테나가 얼마나 효율적으로 방사에너지를 특정한 방향으로(보통 안테나가 향하고 있는 방향)으로 집중하여 보내느냐 하는 것을 나타낸다.

설계가 잘된 안테나로부터 에너지의 최대 방사방향이 안테나의 물리적 형태에 의해 크게 좌우되기 때문에 안테나의 송신 방향은 그 구조의 기하학적 수치로부터 간단히 매우 근사하게 정의할 수 있다. 수신안테나가 그것을 방사하지 않고 에너지를 포착할지라도 전력이득은 상호작용에 의하여 방사된 에너지에 대해서와 마찬가지로 수신된 에너지에 대해서도 안테나의 감도를 나타낸다. 이런 경우에 동일한 안테나가 그것을 수신하는 것과 마찬가지로 송신에 사용될 때 Gt와 Gr의 곱은 간단히 동일 안테나의 이득의 곱 G<sup>2</sup>으로 나타내진다. RCS측정에 사용되는 안테나의 전력이득은 파장에 따른 안테나의 크기에 달려 있지만 작게는 10 또는 20에서 크게는 10<sup>4</sup> 또는 10<sup>5</sup>의 범위이다.

안테나의 이득은 무지향성 방사기에 의해 방사된 전자장의 전력밀도와 관련이 깊다. 예를들면 무지향성안테나에서 방사된 전자장의 전력밀도가 어떤 거리 R에서 100mW/m<sup>2</sup>라고 가정한다. 단 여기서 R은 우리가 정의하려고 하는 안테나의 크기에 비해 훨씬 크다. 만약 우리가 무지향성 방사기를 이득이 1000으로 전력이 집중된 안테나로 대체하고 그 안테나에 무지향성안테나에 공급한 양과 같은 전력을 공급하면 거리가 같다고 할 때 우리는 100W/m<sup>2</sup>의 전력밀도를 측정할 것이다. 명백히 전력집중은 R이 안테나의 크기에 비해 크면 R과 무관하다. 식(1)에서 거리 R은 안테나와 물표의 크기에 비해 충분히 커서 물표에 부딪친 입사파와 수신안테나에 감지된

물표에 의한 반사파가 모두 구면파로 가정한 결과로 거리 R은 4제곱으로 나타난다. 이 구면은 RCS의 공식적인 정의에 있어서 정의를 무한한 거리 R로 개념을 확대할지라도 함축적이다.

식(1)은 대부분의 레이더에서와 같이 송신기와 수신기가 서로 가까이 있다고 가정한 것이다. 대부분의 레이더와 같이 가깝다는 말은 송신안테나와 수신안테나가 안테나 길이의 1~2배 이하로 떨어져 있다는 것을 의미한다. 한편 두 개의 안테나가 물표로부터 상당히 차이나는 거리에 넓은 각도로 떨어져 있는 경우도 있다. 이 상황에서 식(1)의  $R^4$ 을  $Rt^2Rr^2$ 으로 대체되어야 한다. 단 여기서 아래첨자 t와 r은 송신과 수신을 의미한다. 이렇게 대체하면 식(1)은 바이스태틱(bistatic) 레이더 방정식이 된다.  $R^4$ 을  $Rt^2Rr^2$ 으로 나누어 써짐으로 해서 구면파에서 송신기로부터 멀리 떨어진 에너지의 분산과 다른 구면파에서 물표로부터 멀리 떨어진 에너지의 분산 때문에 전력밀도가 약해지는 것을 확실히 나타내준다.

식(1)의 분자에 나타나는  $\lambda^2$ 은 안테나의 유효면적과 관련이 있다. 다음의 레이더방정식에서 탐지거리와 레이더단면적과의 관계를 알아본다.

$$A_{eff} = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \dots\dots\dots (2)$$

식(2)의 분모에 있는  $4\pi$ 는 송신기와 물표로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 생기는 에너지의 감쇄와 관련된 구면파의 각각에 포함되어 있는 다른  $4\pi$ 와 더해져서 식(1)의 분모에 있는  $(4\pi)^3$ 을 만든다.  $A_{eff}$ 는 레이더가 전파를 송신하고 수신하는 데 기여하는 안테나의 유효면적을 나타낸다. 상수를 포함하는 모든 다른 요소들과 함께 식(1)은 레이더의 수신전력감도가 파장의 제곱으로 커진다는 것을 가리킨다. 이러한 관점이 확실히 옳은 한편 모든 다른 요인들을 일정하게 하는 유일한 방법은 결국 안테나 크기를 증가시켜야 한다.

이와 같이 단순히 레이더의 작동주파수를 줄이는 것(파장이 길어짐)은 식(2)에서 의미하는 전력감도

를 필연적으로 증가시키는 결과를 가져오지는 않는다. 오히려 주어진 RCS 측정에 사용되는 주파수는 시험거리범위내의 사용자의 필요에 따라 크게 좌우되는 것이지 시험범위의 작동자에 의해 정해지지 않는다.

식(1)의 마지막 인자는 RCS인  $\sigma$  또는 반사면적이다. 안테나 기사가 안테나의 특성을 나타내는 식(2)에 정의한 안테나의 유효면적과 같이 RCS는 레이더 물표에 의한 에너지의 산란이나 반사를 측정 지우기 위해 정의한 유효면적이다.

### 2.2 RCS(Radar Cross Section, 레이더 단면적)

물표의 RCS는 안테나의 유효면적과 같이 가상적인 것이지만 매우 유용할 뿐만 아니라 물표의 특성을 나타내 주기도 한다. 안테나공학자들에 의해 특성화되었고 오래 전에 그들은 그 특성화 방식을 이용하면 안테나가 전력을 수신하거나 방사하는 양을 추정할 수 있는 유효면적을 기술하는데 편리하다는 사실을 알아냈다.

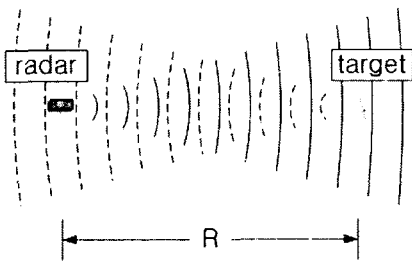
RCS를 측정하는 초기단계에서는 레이더 물표의 각도에 따른 반사파 특성을 측정하는 장치를 고안하는 것이 안테나 공학자의 몫이었다. 훨씬 약한 신호를 제외하고 그러한 패턴을 측정하는 것은 안테나 패턴을 측정하는 것과 크게 틀리지 않았다. 그때 안테나 설계와 측정에 있어서 발달된 여러 방식이나 전통이 레이더 물표를 특성지우는 데 수행되었다는 것은 예상할 수 있는 일이다. 그들 중 하나는 물표의 유효단면적이라는 개념이었다. 그런 양은 마치 안테나의 유효면적이 일방적인 송수신 통신선로에서 수신전력을 예상하는 데 사용된 것과 같이 양방향 레이더 방정식에서 반사파 전력을 예상하는 데 사용될 수 있다.

이와 같이 입사전파에 노출된 레이더 물표가 전파로부터 에너지를 받고 다시 레이더 안테나 쪽으로 되돌려 보내주는 에너지를 재방사(산란)해주는 면적을 기술하는 데 사용될 수 있다. RCS의 개념은 물표가 입사한 레이더 에너지를 모든 방향으로 똑같이 산란시킨다고 가정한 것이다. 이것이 큰

도체구가 전파를 산란시키는 방법(양태)을 특성지우는 것이기 때문에 입사전파에 노출된 물체의 RCS는 같은 강도의 전파를 레이더 쪽으로 되돌려 보내주는 큰 금속구의 투영면적과 같은 것이며 실제의 물표는 이러한 가상의 구로 대체된다.

이 구와 같은 무지향성 산란이 RCS의 정의를 유도하는 데 있어서 기본 가정일지라도 공식적인 정의는 물표까지의 거리가 무한대로 멀어지는 극한식(limiting process)을 포함한다.

레이더가 물표로부터 <그림 1>에 보인 바와 같이 어떤 거리 R에 있다고 가정한다. 만약에 물표를 비추는 송신안테나에 공급되는 전력을 알고 있고 안테나의 이득을 알고 있다면 우리는 물표에 입사하는 구면파의 전력밀도를 예상할 수 있다. 우리는



<그림 1> 레이더의 구면파 방사

입사파( $W_i$ )의 전력밀도를  $W/m^2$ 로 측정하거나 결정할 수 있다고 가정함으로써 우회적으로 예측한다. 전력밀도는 물표에서의 입사전파의 전계( $|E_i|$ )의 제곱으로 표현할 수 있으며 식(3)과 같다. E는 전계를 나타내고, H는 자계를 나타낸다.

$$W_i = \frac{|E_i|^2 Y_0}{2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{고유임피던스 } Z_0 = \frac{E}{H}$$

$$\text{고유어드미턴스 } Y = \frac{H}{E}$$

$$\text{전력밀도 } W = \frac{EH}{2}$$

우리는 가상의 면적  $\sigma$ 를 갖는 물표를 정하고 물

표에 수신되는 전력을 계산하기 위하여 식(3)에 전력밀도를 곱하여 다음 식(4)로 수신전력을 얻는다.

$$P = \sigma W_i = \frac{\sigma |E_i|^2 Y_0}{2} \dots\dots\dots (4)$$

$\sigma$ 는 물론 물표의 RCS이며 매우 일반적인 것이다. 우리는 물표가 수신된 전력을 방사상으로 손실없이 방사한다고 가정한다. 물표로부터 R만큼 떨어진 곳에서 방사된 구면파의 전력밀도  $W_s$ 는 다음과 같다.

$$W_s = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{\sigma Y_0 |E_i|^2}{8\pi R^2} \dots\dots\dots (5)$$

식(3)에서 이 전력밀도는 산란전계강도  $E_s$ 로 표현된다.

$$W_s = \frac{|E_s|^2 Y_0}{2} \dots\dots\dots (6)$$

식(5)와 식(6)을  $\sigma$ 에 관하여 풀면 식(7)과 같다.

$$\sigma = 4\pi R^2 \frac{|E_s|^2}{|E_i|^2} \dots\dots\dots (7)$$

식(7)은 RCS가 거리의 함수임을 나타내고 수많은 시험 매개변수중에서 원치않는 계산을 하나 더 요구한다. 물표까지의 거리가 대부분의 RCS 시험 거리상에서 시행되는 측정에서 일상적으로 상세히 기록되는 동안 RCS의 공식적인 정의로부터 제거하고자 하는 독립변수이다. 우리는 입사파가 평면파이고 극한식(limiting process)을 이용하면 편리하게 나타낼 수 있다는 가정을 함으로서 다음 식과 같이 거리종속 관계를 없앨 수 있다.

$$\sigma = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|E_s|^2}{|E_i|^2} \dots\dots\dots (8)$$

물표로부터 무한한 거리에 어떤 장치도 설치되어 있지 않고 유용한 산란데이터를 수집할 수 없으므로 식(8)은 RCS측정을 위한 요구사항으로 해석될 수 없다.

사실 식(8)에서 의미하는 극한식은 실제적이라기 보다는 이론적이다. 레이더 장치가 물표로부터 충분히

히 떨어져 있을 때(적어도 물표 지름의 20 ~ 30배) 물표에서 산란된 전계강도  $E_s$  는 거리에 반비례하여 줄어들고 산란된 전력밀도는 거리의 자승에 반비례하여 줄어든다. 산란된 전력밀도에서 암시적인 쇄미는 식(8)에서 명백한  $R^2$  에 의해 소멸되며 무한대보다 상당히 적은 거리에서 식(8)을 이용하여 매우 가까운 충실도로 RCS를 측정할 수 있다.

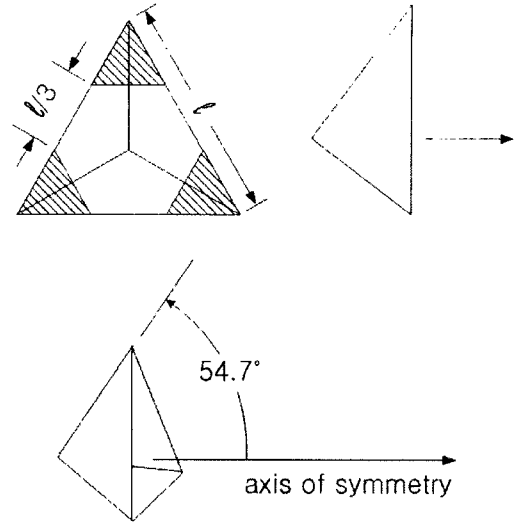
### 2.3 코너리플렉터

코너리플렉터의 종류는 여러 가지가 있으나 그들 중 두 종류만이 RCS시험에 일상적으로 사용된다. 그 하나는 삼각형 3개를 붙인 삼면체 코너리플렉터이며 산란 메커니즘은 삼면에서 전파가 반사하는 것이다. 직각을 포함한 사분원의 삼면체가 RCS시험에 사용되어 왔을지라도 RCS측정 장치에는 거의 사용되지 않았다. 또 다른 종류는 두 면의 사각형으로 된 이면체이다. 이면코너리플렉터는 삼면코너리플렉터가 갖지 못하는 더 유용한 특성을 갖고 있다. 즉 적당히 조종되었을 때 이면코너리플렉터는 강한 cross-polarized 반사파원이다.

<그림 2>에 보인 바와 같이 3개의 면은 짧은 변을 서로 붙인 이등변3각형이다. 삼각형의 긴 변(길이  $l$ )이 리플렉터의 모양을 이루고 각 면들은 서로 직각이다. 서로 직각이므로 코너리플렉터에 입사된 전파는 3번 부딪쳐 그 전파가 들어온 방향으로 되돌려 보내주게 된다.

이러한 역방향성은 삼면체의 앞쪽으로 왔을 때 확실하다. 그러나 코너에 들어온 모든 전파가 코너를 빠져나가기 전에 반사하는 것은 아니다. 가시선에 따른 코너의 방향에 따라 어떤 파는 두 번 반사한 후에 3번 째 반사할 곳을 잃어버리거나 처음 반사한 파가 2번째와 3번째 반사할 곳을 잃어버리기도 한다. <그림 2>에서 보인 바와 같이 코너의 면이 레이더의 가시선과 직각일 때도 이런 현상이 일어난다.

<그림 2>에서 사선이 쳐진 부분은 3번의 반사가 일어나는 메커니즘에서 제외되는 부분이다. 이 부분



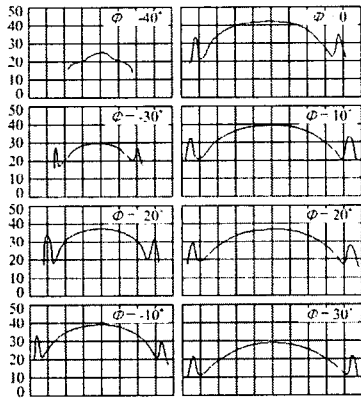
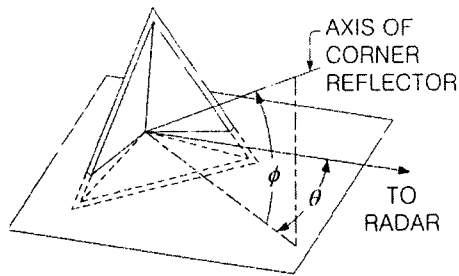
<그림 2> 코너리플렉터의 반사에 기여하는 부분

들은 전체면의  $1/3$ 을 차지하고 반사에 기여하는 부분은 한 변의 길이가  $l/3$ 인 6각형이라는 사실이다. 이러한 면적의 크기와 모양은 입사전파의 각도에 따라 달라지며 항상 6각형인 것은 아니다. 이같이 반사에 기여하는 면적의 모양이나 크기가 어떻게 변하느냐 하는 것은 흥미있는 기하학적 문제이나 여기서는 다루지 않는다. 이러한 연구의 결과는 믿을 수 없을 만큼 단순하다. 만약 가시선이 대칭축과 코너의 하변을 포함하는 평면에 고정된다면 유효면적은 대칭축과 가시선 사이각의 코사인 값에 따라 변한다.

코너리플렉터 면에 직각으로 입사한 경우의 RCS는 6각형의 면적은  $A = l^2 \cdot 2/3$  이므로 식(9)와 같다.

$$\sigma = \frac{\pi l^2}{3 \lambda^2} \dots\dots\dots (9)$$

<그림 3>은 1947년에 Sloan Robertson이 측정한 코너리플렉터 반사특성이다. 반사특성이 대칭축을 포함하는 수직면의 양쪽에서 가시선과 코너리플렉터의 법선이 이루는 각의 코사인의 제곱에 가깝게 적어지는 것을 알 수 있다.

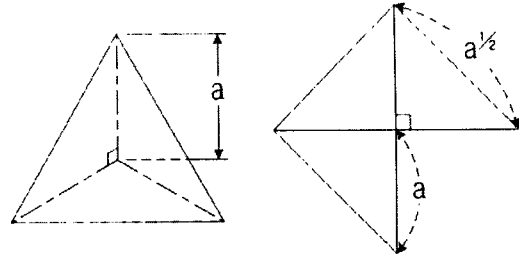


<그림 3> 코너리플렉터의 반사특성의 예

### 3. W형 코너리플렉터의 설계

코너리플렉터는 도체로 된 판 3개를 서로 직각이 되게 조립하여 입사된 전파가 반사하여 입사된 방향으로 되돌아 가도록 고안된 장치이다. 이 때 조립하는 도체판의 형태에 따라 삼각형의 경우에는 T형, 4분원의 경우는 Q형, 사각형의 경우는 S형이라 부르기로 한다. 어업용 부표도 구형 원통형 등 여러 종류가 있으나 여기서는 중간 정도의 크기를 가진 원통형 부표에 코너를 배열집합시켜 설계한다. 이 때 원통형 부표에는 T형이 적합할 것이므로 이를 택한다. 작은 부표를 설치할 경우에는 중간에 적당한 간격으로 하나씩 설치하면 될 것이다.

위 식에서 보듯이 레이더 단면적은 레이더 전파의 파장과 코너리플렉터의 한 변의 길이와 관련이 있으므로 변의 길이를 X 밴드(9,300MHz~9,500MHz)의 한 파장에 해당하는 3.2cm와 그의 약 3배에 해당하



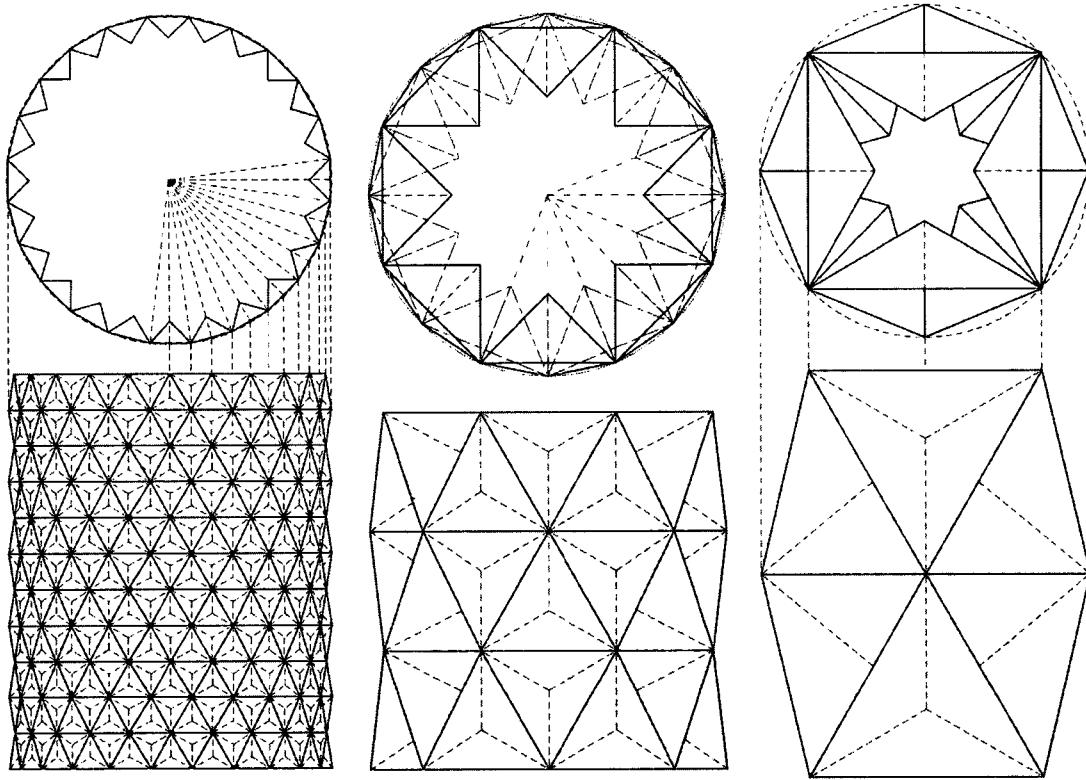
<그림 4> 코너의 기본형태

는 9.3cm 그리고 약 6배에 해당하는 17.5cm로 하여 부표의 크기에 맞추어 제작하였다. 코너리플렉터의 기본 형태는 <그림 4>와 같다.

한 변의 길이를 3.2cm로 하였을 때 부표에 배열된 모습은 <그림 5(a)>와 같다. 식(9)를 이용하여 레이더 단면적을 계산하면 0.35m<sup>2</sup>이다. 그리고, 한 변의 길이를 9.3cm로 하였을 때는 <그림 5(b)>과 같다. 식(9)를 이용하여 레이더 단면적을 계산하면 6.8m<sup>2</sup>이다. 한 변의 길이를 17.5cm로 하였을 때는 <그림 5(c)>과 같다. 식(9)를 이용하여 레이더 단면적을 계산하면 7.7m<sup>2</sup>이다.

### 4. 결 론

레이더 방정식과 레이더 단면적에 대하여 이론적인 검토를 하고 그 이론에 바탕하여 코너리플렉터를 설계하였다. 레이더 단면적은 식(9)에서 보듯이 사용하는 전파의 파장에 관련이 깊고 이를 부표에 설치해야 하는 관계로 그 크기를 고려하여 우선 중간 크기의 스티로폼 부표에 맞게 3가지의 형태를 우선 제작하고자 한다. 코너의 크기가 작은 만큼 레이더 단면적은 적으나 레이더 가시선의 방향에 관계없이 반사성능이 크게 차이가 나지 않는 이점이 있을 것이며 코너가 크면 최대 단면적은 커지나 지향성이 생겨 가시선에 따라 탐지거리가 달라지는 문제점이 염려된다. 어느 정도의 크기가 가장 적당한지 실험을 통하여 규명하고자 한다.



<그림 5> (a) 한변의 길이를 3.2cm로 한 경우, (b) 한변의 길이를 9.3cm로 한 경우, (c) 한변의 길이를 17.5cm로 한 경우

### 참 고 문 헌

- 1) 정세모, 전파항법, 한국해양대학 해사도서출판부, 부산, PP.68-69, 1980
- 2) 木村小一, 레더 레플렉타, 船의 科學, Vol.34 pp.112-115, 1981
- 3) 木村小一, 코나 反射器에 について, 運研報告,1,4 pp.156, 1951.4
- 4) 木村小一, 코나 레플렉타의 形狀と 指向性에 について
- 5) 櫻司知民, 코나 레플렉타에 について, 電波航法, No.2, pp3-11, 1961.8
- 6) 古田島博, 레더 레플렉타의 研究, 電波航法, No.22, pp.23-26, 1977
- 7) 落合徳臣, 誘電體レンズ 레플렉타에 について, 日本航海學會誌, 第14號, pp9-14, 1955
- 8) 신형일, 정치망뜸과 부표형 코우너리프렉터의 레이다 최대탐지거리에 관한 연구, 한국항해학회지 제1권 제1호, pp16-26, 1977
- 9) M. I. Skolnik, RADAR Handbook, McGraw Hill, N.Y. pp.27-33, 1970
- 10) M. I. Skolnik, Introduction to Radar System, McGraw Hill, N.Y., pp.33-52, 1980
- 11) Department of Trade, Marine Radar Reflector Performance Specification, Her Majesty's Stationery Office, London, pp3-5, 1977
- 12) 落合徳臣외1, 레더의 理論と 實際, 海文堂, 東京, pp.36-40, 1970
- 13) 大越英雄, 레더 技術, 電子通信學會, 東京, pp.19-20, 1976

- 14) 落合徳臣<sup>외2</sup>, 誘電體 レンズ를 使用した 레이더 레플렉타, 日本航海學會 第29回 講演會 pp.2-10, 昭和38年
- 15) 只野 暢, 電波標識의 現狀と 將來, Electronic Navigation Review, pp.24-27, 1972.12
- 16) 古田島博, 루네벨그 리플렉타의 反射 패턴, 電子通信學會論文誌, '74/6, Vol.57-B No.6, pp.400-403, 1974
- 17) 古田島博 <sup>외1</sup>, 레이더斷面績을 變えられる 레플렉타, 電子通信學會論文誌, '81/6 Vol.J64-B No.6, pp513-519, 1981
- 18) 古田島博, 水平面內 全方向性 루네벨그 리플렉타의 패턴, 電子通信學會論文誌, '74/6 Vol.57-B No.12, pp.753-755, 1974
- 19) 古田島博, 全方向性 루네벨그 리플렉타, 電子通信學會論文誌, '74/3 Vol.57-B No.3, pp. 191-192, 1974
- 20) 古田島博, 標準레이더 레플렉타, 電子通信學會論文誌, '76/12 Vol. J59-B No.12, pp.472-473, 1976
- 21) 古田島博, 루네벨그 렌즈를 用いた 可變 레이더 레플렉타, 電子通信學會論文誌, '76/12 Vol. J59-B No.12, pp.593-594, 1976
- 22) 濱田悅之, 水中超音波反射標識(코너 리플렉터-)에 關する 基礎的研究. I.코너 리플렉터-의 反射強度의 測定, Journal of the Tokyo University of Fisheries, Vol.63, No.1, Nov.1976
- 23) 濱田悅之, 水中超音波反射標識(코너 리플렉터-)에 關する 基礎的研究. II.反射強度의 數值計算, Journal of the Tokyo University of Fisheries, Vol.63, No.1, pp.41-52, Nov.1976
- 24) 落合徳臣, 레이더-에 による 海上小目標의 探知距離에 について, 日本航海學會誌, 14號, 昭和31-5
- 25) 三好雄 <sup>외1</sup>, 船體의 레이더 斷面績의 方向性-I, 日本航海學會誌, 38號pp.59-64, 昭和42年
- 26) 海上保安廳 警備救難部通信課, 레이더-에 による 浮流機雷發見의 實驗報告.
- 27) 木村小 <sup>외</sup>, 레이더 斷面績, 船의 科學, Vol.32, pp.87-89, 1979-11
- 28) 안영섭<sup>외3</sup>, 레이더 반사증폭장치(RTE)의 어망 부이로의 이용에 關한 연구보고서, 한국항로표지기술협회, 2000,
- 29) 김우숙, 코너리플렉타를 배열집합한 레이더리플렉타의 성능에 關한 研究, 한국해양대학교 대학원 논문집, 1984
- 30) N. Ward, Development and Testing of a Radar Target Enhancer for Navigation Buoys, Journal of Navigation, Vol.48, 1995
- 31) Eugene F. Knott, "Radar Cross Section Measurements", Van Nostrand Reinhold, 1993
- 32) Eugene F. Knott <sup>외2</sup>, "Radar Cross Section", Artech house, Inc., 1985