

어망부표로서 RTE의 이용에 관한 연구

김우숙* · 안영섭* · 박계각* · 안병원**

A Study on Use of RTE(Radar Target Enhancer) as a Fishing Net Buoy.

W. S. Kim* · Y. S. Ahn* · G. K. Park* · B. W. Ahn**

Abstract	3. RTE 의 어망부표로의 이용실험 및 결과분석
1. 서 론	4. 결 론
2. RTE에 관한 검토	참고문헌

Abstract

Radar is an indispensable equipment in all vessels under way. In Korea there are many fishing net buoys near the coast, which causes an enormous threat to safe navigation because it is very difficult to detect the buoys by radar due to their small radar cross section.

In this study RTE(Radar Target Enhancer) was installed on the fishing net buoy and its echo was analysed carefully. The results showed the possibility of wide detection of targets, especially small targets such as fishing net buoys, navigation buoys and etc.¹⁾

1. 서 론

레이다는 선박의 안전항해에 필수적인 항해계기로서 상선은 물론이고 최근에는 소형어선 및 요트에 이르기까지 널리 탑재되어 있으며, GPS와 더불어 선박의 선위시스템의 대종을 이루고 있다.

레이다를 탑재한 선박을 대상으로 하는 레이다 항로표지로서는 레이마크 비콘(Remark Beacon) 및 레이다 비콘(Radar Beacon), 레이다 리플렉터(Radar Reflector)의 3종류가 주종을 이루고 있다¹⁾. 근래

에는 레이다 리플렉터를 개량하여 레이다전파를 수신하고 증폭하여 되돌려 보내주는 능동적인 레이다 리플렉터인 RTE(Radar Target Enhancer)가 개발되어 소형선박 등에 설치되고 있다. ITU(International Telecommunication Union: ITU-R)가 1995년 10월에 기술특성의 권고안을 발표한 것을 계기로²⁾³⁾⁴⁾ 선진국에서는 그 활용에 대한 검토가 활발히 이루어지고 있으며, 특히 영국에서는 이미 수종의 RTE가 시판되고 있다.

국내에서는 RTE의 생산이 전무할 뿐만 아니라,

* 정회원 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

** 정회원 목포해양대학교 기관공학부 조교수

지금까지 RTE에 대한 검토조차 없어, 선진국의 RTE에 대한 추세를 반영하여 안전통항을 위한 RTE의 활용가능성 및 사용시의 문제점 등을 검토할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 ITU-R의 권고에 따른¹⁾²⁾³⁾ RTE에 대한 기술적 사항 등을 검토하고, 그 활용방안으로서 기상악화시 어망부표가 레이더 상에 탐지되지 않아 안전항해 및 많은 어업손실을 초래하고 있다는 점에 착안하여 RTE를 어망부표로서 이용할 수 있는 방안에 대하여 연구하기로 한다.

영국으로부터 구입한 RTE를 배터리 박스 위에 설치하여 본체를 만들고, 어망부표 4개를 본체가 넘어지지 않도록 조립하여 그 위에 고정하였다. 목포해양대학교에 소속되어 있는 20톤급 선박에 장치되어 있는 레이더로 탐지성능을 분석하기 위하여 시야해에서 실험을 행하였다. 인근을 지나가는 바지와 여객선과의 반사성능을 비교 검토하여 RTE의 어망부표로의 이용의 가능성을 확인하였다.

2. RTE의 원리 및 이용도

2.1 RTE의 원리

RTE란 레이더 전파에 대한 반사특성을 향상시키는 기구를 말한다. 레이더 전파의 반사특성을 향상시키는 기구는 RTE 이외에도 코너 리플렉터와 루네버그렌즈(Luneburg lens) 등이 있다. 이외에도 레이더 단면적⁵⁾을 변화시키는 리플렉터도 연구 개발되고 있다⁶⁾. 국제전기통신연합의 무선통신부문 (ITU-R) 권고⁴⁾에서는 선박 레이더에 혼란을 주지 않도록 국제조정과 기술특성에 관하여 「수신한 선박 레이더 전파에 응답하여 수신신호를 단순히 증폭하여 자동적으로 송신하는 것」으로 규정하고 있다. 이를 볼 때 RTE는 레이더 에코를 강조하는 식별부호를 가지고 있지 않은 능동적인 레이더파 반사기구라고 할 수 있다.

RTE는 그림 1에서 보는 것처럼 송신안테나와 수신안테나가 부착된 마이크로파 증폭기로 구성되어 있다. RTE는 ITU-R 권고의 성능기준에 따라 수면에서는 무지향성으로 수직 빔폭이 $\pm 15^\circ$ 인 수신

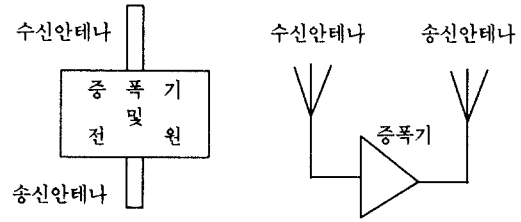


그림 1. RTE의 구성도

안테나를 가지고 있다. 이 안테나를 통하여 수신된 레이더파는 마이크로파 증폭기에서 증폭되며, 이 증폭된 레이더파는 수신안테나와 동일한 규격인 송신안테나에서 방사된다. 2개의 송신/수신 안테나와 증폭기로 증폭된 레이더파는 전방향으로 재송신된다. 이 레이더파는 선박 레이더 안테나에 의해 수신되어 종래의 방식보다 강하게 레이더 화면에 표시되게 된다.

2.2 RTE의 이용도 검토

국제기구의 권고안 및 실험보고서⁷⁾⁸⁾⁹⁾를 바탕으로 RTE의 활용도를 살펴보고자 한다. 여기에는 RTE를 항로표지의 부속시설로 사용하는 경우와 항로표지 그 자체로 사용하는 경우로 나눌 수 있다.

2.2.1 부속시설로의 이용

등대, 등표, 등부표 등에 병설하여 사용함으로써 항로표지 본체의 레이더 영상의 인식도를 높이는 효과가 기대된다. 특히 반사효율이 나쁜 소형 등부표에 이용하면 유효할 것이다.

최근 선박의 접촉에 의하여 파손되는 등부표가 증가하여 문제가 되고 있으나, RTE를 설치함으로써 레이더 영상으로 등부표의 존재를 선박운항자에게 확실하게 인지시킬 수 있게 되어 접촉방지에 유효한 수단이 될 수 있을 것으로 보인다.

현재 레이더 리플렉터가 설치되어 있는 항로표지를 전부 RTE로 하는 방안도 고려할 수 있으나, 레이더 리플렉터를 전부 교체할 것인가 아니면 병설해야 하는가 하는 문제가 있다. IALA에서는 병설해야 한다는 입장이며⁸⁾⁹⁾ 병설될 항로표지로는 등대·등표·입표·등부표 등이 될 것이다.

〈표 1〉 항행용부표 및 소형선 용도의 레이더 반사 증폭장치의 기술특성⁸⁾

항 목	파라메타	규 격
안테나 (송신 및 수신용)	편파	<ul style="list-style-type: none"> • 9GHz대: 수평편파를 사용하는 레이더 응답에 적합할 것. • 3GHz대: 수평편파와 수직편파를 사용하는 레이더 응답에 적합할 것.
	빔폭	<ul style="list-style-type: none"> • 수평 360° ±3dB이내 • 수직 ±15° ±3dB까지
증폭기	전대역폭	<ul style="list-style-type: none"> • 9320(2001년 1월 1일부터 9300) ~ 9500MHz 2900 ~ 3100MHz
	증폭도	<ul style="list-style-type: none"> • 안테나이득을 포함하여 최소 50dB
	출력파형	<ul style="list-style-type: none"> • 출력은 수신펄스를 단지 증폭만 한 것이어야 하고 리미터에 부가된 것 이외의 신호처리를 해서는 안된다 • 출력의 지연 및 연신의 정도는 수신펄스폭의 10% 또는 10ns 중 큰 쪽을 초과해서는 안된다.
	등가등방 복사전력	<ul style="list-style-type: none"> • 10W 이하(이득제어상태에서의 등가등방복사전력)

2.2.2 항로표지로의 이용

RTE를 사용할 경우, 고립하여 존재하는 부표나 소형선의 통상의 반사파에 의한 영상보다도 비교적 크고 밝은 영상이 레이더 스크린 상에 나타난다. 이것을 이용하여 선박이 황천시 항행할 때도 안전성을 증대시킬 수 있다.

RTE는 종래의 수동형 리플렉터가 만들어내는 신호보다도 보다 강한 신호를 만들어 지금까지 리플렉터의 반사파에서 나타나지 않았던 영상도 크게 나타나는 이점이 있고 소형경량이고 전력소모량도 소량이므로, 항로부표, 수상의 장애물 표시부표, 어망부표, 예인물 부표, 해양조사실시지역 및 진원지 표시부표, 잔교표시 부표, 방파제의 끝 표시부표등에도 이용할 수 있을 것이다.

3. RTE의 어망부표에의 이용 실험

3.1 실험장치

실험에 사용된 RTE는 영국의 McMurdo사의 Ocean Sentry RTE 1기와 영국의 Hydrosphere사의 RAD-STAR의 RTE 1기이며, 사용선박 및 레이더는 각각 목포해양대학교 소속의 20톤급 전남706 호이며, Gold Star GS710A이다.

3.1.1 실험장치제작

실험에 이용된 RTE의 사양, 배터리를 장착한 컨트롤 박스, 실험에 사용된 선박 및 레이더는 다음과 같다.

1) 실험 RTE 사양

RTE 반사성능 시험에는 영국 McMurdo사의 Ocean Sentry RTE(이하 RTE1이라 한다)와 영국 Hydrosphere사의 RAD-STAR의 RTE(이하 RTE2라 한다)를 사용하였으며, RTE1과 RTE2의 기술사양에 대하여 기술하면 〈표2〉와 같다.

〈표 2〉 RTE1과 RTE2의 사양 비교

	RTE1	RTE2
주파수범위	9300~9500 MHz	9320~9500 MHz
유효탐지거리	0.5~12 해리	2~6.6해리
통상변환이득	58dB(50m2RCS)	수평파에서 20m2RCS
최소변환이득	55dB(25m2RCS)	
방사한계전력	통상 0.8W	1 W(0dBW)
수신감도	-45dBm 이상	
입력보호	150W pulse/연속 3W	Input limiter diode
레이더PRF 호환성	250~50,000 pps	250~50,000 pps
전원	11~15Vdc 또는 22~30Vdc	11~30Vdc
소비전류	대기시 35mA, 응답시 250mA	100mA
동작온도	-25 °C~+55 °C	-20 °C~+60 °C
컨트롤 박스	111×83×20mm	111×83×20mm
크기	직경 65mm, 길이 520mm	직경 64mm, 길이 560mm
중량	1.1kg	1.5kg

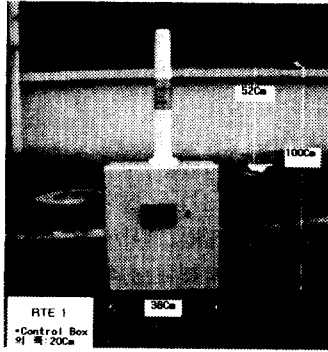


그림 2. 영국 McMurdo사의 RTE1과 컨트롤 박스

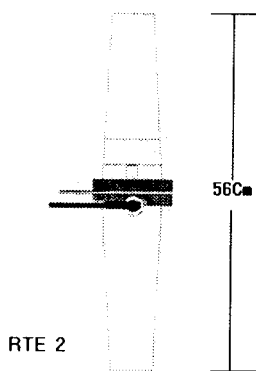


그림 3. 영국 Hydrosphere사의 RTE2

2) 보조장치 제작

해상에서 RTE의 성능을 실험하기 위하여 내부에 배터리가 장착된 컨트롤 박스를 그림 2와 그림 4-5와 같이 제작하였으며, 이들 컨트롤 박스를 RTE1과 RTE2에 각각 4개의 어망부표와 각목을 이용하여 고정시킴으로써 충분한 내파성을 확보하도록 하였다. 이들 실험장치는 앵커와 로프를 이용하여 해저에 고정시켜 무어링 부표와 같은 구조물로 구성하였다.

RTE1과 RTE2의 실험장치에 사용된 부속구의 사양을 기술하면 다음 <표 3>과 같다.

3) 실험선박의 장비 제원

RTE 성능실험에 사용된 선박과 레이더의 제원은 <표 4>와 같다.

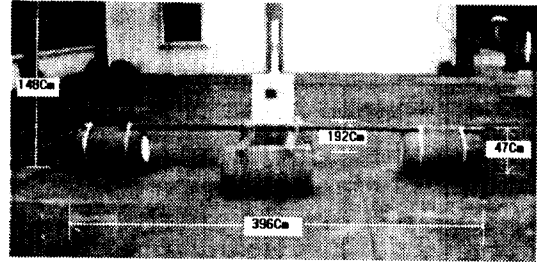


그림 4. RTE1과 실험장치

<표 3> 부속구의 사양

배터리 용량	50 AH
배터리 전압	12 VDC
컨트롤 박스 제원	380mm×200mm×480mm
앵커 중량	8 kg
부표 크기	길이 720mm, 직경 470mm

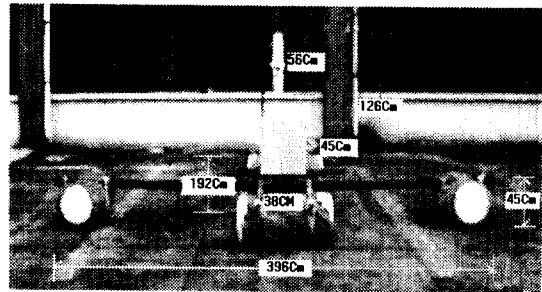


그림 5. RTE2와 실험장치

<표 4> 실험에 사용된 선박과 레이더의 제원

사용 선박		사용 레이더	
선명	전남 706호	모델	GS710A
총톤수	19.17톤	주파수	9410 ± 30Mhz
전장	14.6 m	첨두출력	10 KW
폭	3.6 m	최소탐지거리	50 m
		안테나의 수면상 높이	3.2 m

3.2 실험 및 결과 분석

3.2.1 실험의 개요

실험에 사용할 선박이 적어서 평수구역 내에서 비교적 넓은 구역을 찾아서 목포구를 빠져나와 시아해로 나왔다. RTE1과 RTE2의 거리를 어느 정도 떨어지게 설치하여 서로의 간섭을 없애고 부근에 있는 다른 물체들과 혼동을 피하기 위하여 그림 6에서 보인 바와 같이 배치하고 번호 순서로 항해하면서 영상을 관찰하고 분석하였다.

3.2.2 실험

RTE의 성능실험은 그림 6과 같이 목포구 입구 해역에서 시아해에 이르는 해역을 선정하여 1→2→3→4→5→6순으로 항해하며 실시하였다.

해상의 상태는 풍향 NW, 풍속 13m/sec, 파고 3.5m 이었다.

3.2.3 실험방법

실험방법은 RTE의 설치에서 성능관측 및 회수에 이르기까지 4단계로 실시하였다. 배터리를 장착한

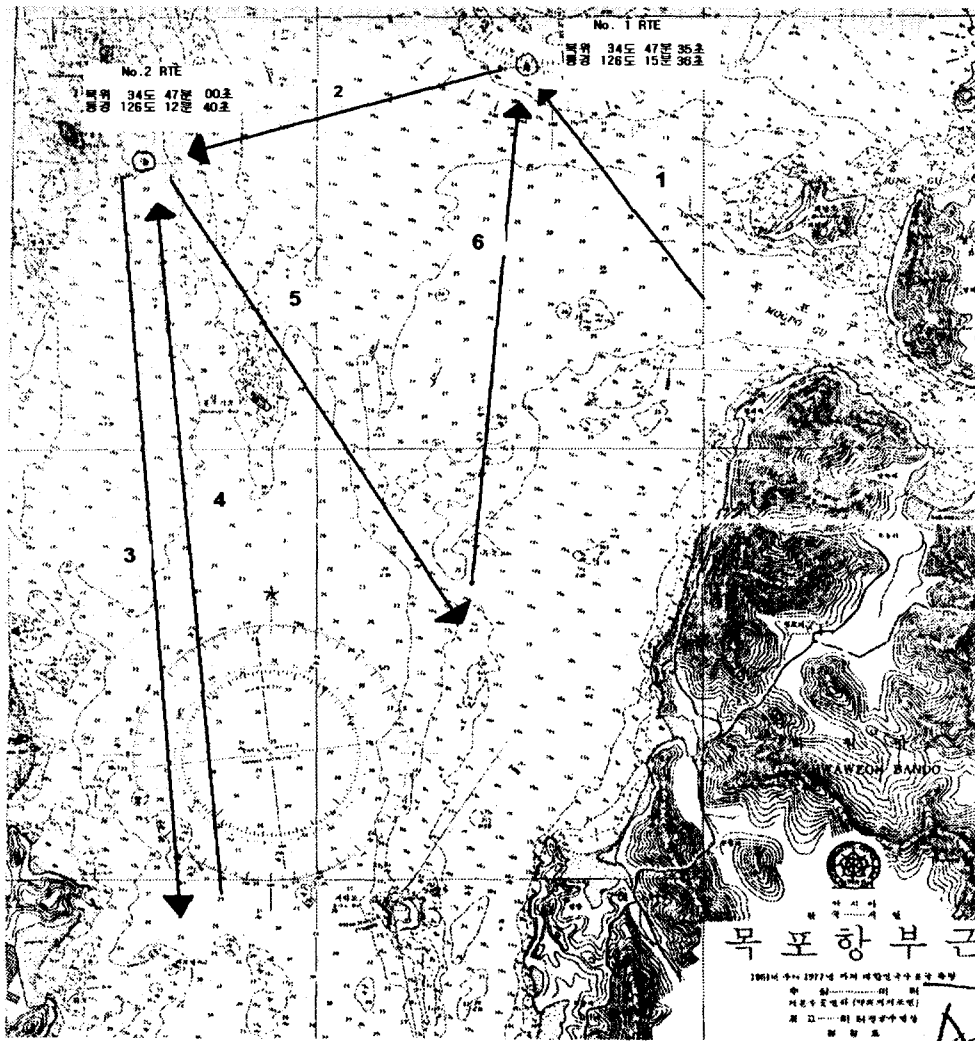


그림 6. 실험 해역

컨트롤 박스와 함께 어망부표에 장착된 RTE 2기를 목포구 외해에 설치하여 레이다를 장착한 선박을 시아해 근방으로 이동시키면서 거리변화에 따른 레이다 화면상의 RTE의 반사파 크기를 관측한다. 관측된 영상은 비디오 촬영하여 RTE의 거리별 반사파 크기 및 인근 타 물표의 레이다 반사파와 비교함으로써 RTE의 반사성능을 평가한다.

Step 1. RTE1 설치

먼저 목포구 입구로부터 북서쪽으로 약 2.5마일 떨어진 위치(북위 34도 47분 35초, 동경 126도 15분 36초)에 RTE1을 설치하였다<그림 7>.

Step 2. RTE2 설치

RTE1의 위치로부터 2.5마일 떨어진 서쪽 해역으로 이동한 위치(북위 34도 47분 00초, 동경 126도 12분 40초)에 RTE2를 설치하였다<그림 8>.

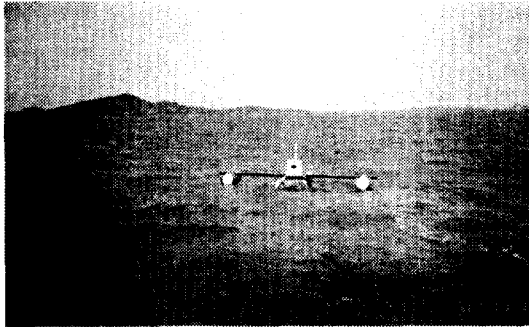


그림 7. RTE1의 해상장면

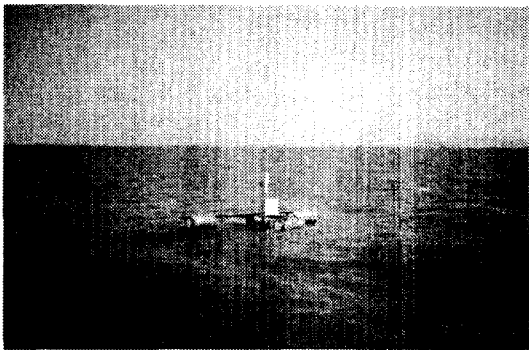


그림 8. RTE2의 해상장면

Step 3. 시아해 이동 및 RTE2 반사성능 관측

RTE2 설치 위치로부터 그림 6의 <항로 3>과 <항로 4>와 같이 시아해 해역으로 5마일 이동하여 RTE2에 접근하면서 레이다 전파 반사성능을 관측하였다.

Step 4. RTE2 인양 및 RTE1의 반사성능 관측

RTE1의 레이다 전파 반사성능 관측 후 RTE2를 인양하고, 그림 6의 <항로 5> 및 <항로 6>과 같이 다시 RTE1 로부터 4마일 정도 떨어진 시아해 해역으로 이동하여 RTE1에 접근하면서 반사성능을 관측하였다.

RTE의 레이다용 전파 반사성능은 8mm 비디오 카메라를 이용하여 레이다 화면을 촬영하여 관측하였다.

3.2.4 성능시험결과 및 분석

1) RTE 성능시험 결과

RTE의 레이다 반사파 성능실험은, 해상에 설치된 RTE와 레이다를 탑재한 전남 706호와의 거리변화에 따른 레이다 영상을 비디오로 관측하여 파악하였다.

RTE1 성능시험

i) 근접거리의 성능

RTE1은 유효탐지 거리가 0.5~12마일이므로, 0.5마일 이내에서는 능동형 리플렉터로서 기능을 할 수 없다. 이를 확인하기 위하여 0.3마일 거리에서 RTE1을 관측한 결과, 그림 9와 같이 표박지의 부이 보다도 반사파의 크기가 작음을 확인할 수 있었다. 그림 9와 같이 레이다 상에 반사파가 관측되는 것은 RTE1의 반사 성능에 의한 것이 아니라, RTE1과 결합된 컨트롤 박스 및 구조물에 기인한 것임을 확인할 수 있다.

ii) 15톤급 바지와 반사성능 비교

RTE1과 0.58마일 떨어진 거리에서 반사성능을 관측한 결과는 그림 10과 같다. 어망부표보다 대단히 큰 어구적재용 15톤급 바지보다 반사성능이 뛰어난을 확인할 수 있다. 따라서 어망부표를 대신하여 사용할 경우



그림 9. 근거리의 RTE1의 반사성능

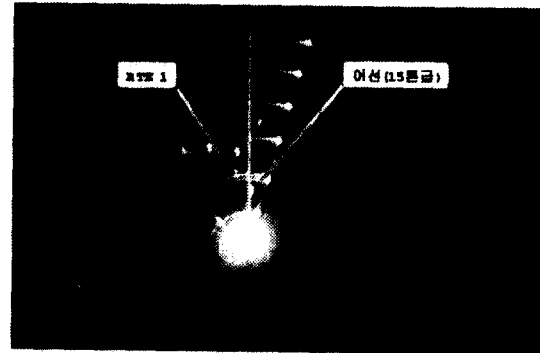


그림 11. RTE1과 15톤급 어선과의 반사성능 비교

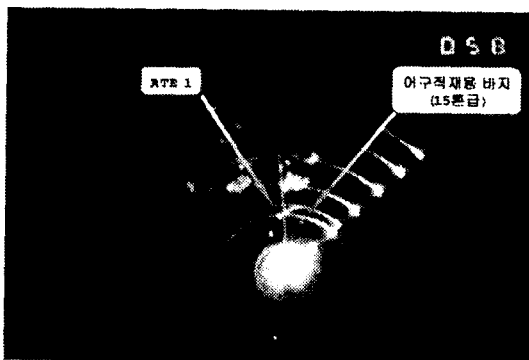


그림 10. RTE1과 15톤급 바지와와의 반사성능 비교

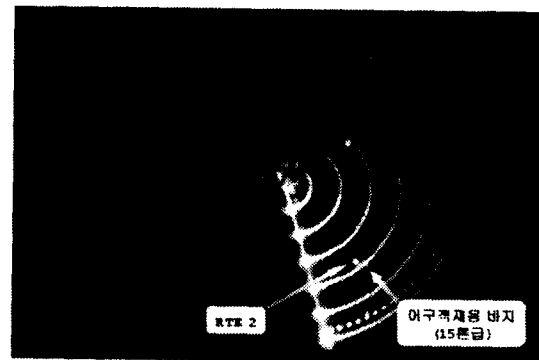


그림 12. RTE2와 15톤급 바지와와의 반사성능 비교

어망부표의 유효탐지거리를 높이고 안전항해에 활용 가능함을 확인할 수 있다.

iii) 15톤급 어선과의 반사성능 비교

RTE1과 1.12마일 떨어진 거리에서 반사성능을 관측한 결과는 그림 11과 같다. 인근을 항해중인 15톤급 어선과 비교시에도 뚜렷한 물표로서 탐지가 가능함을 확인할 수 있다. 그러나 레이더로부터 2마일 이상 거리가 떨어질 경우 거리가 커짐에 따라 주기적으로만 반사파가 관측되어 반사성능이 저하됨을 확인하였다.

RTE2. 성능시험

i) 근접거리 성능

RTE2는 유효탐지 거리 사양이 2~6.6마일이다

로, 레이더와 근접시 레이더용 전파 반사기능을 발휘하지 못하였지만 본 실험에서는 그림 12와 같이 1.36마일 거리부터 탐지가 가능하였다.

ii) 원거리 성능

RTE1에 비하여 RTE2는 2마일 이상의 원거리에서도 반사성능이 유지됨을 확인하였다. 그림 13에 레이더로부터 3.1마일 거리에서 관측된 레이더 영상을 보인다. 30톤 객선과 비교하여 볼때 RTE2가 현저한 반사성능을 가짐을 확인하였다.

2) 실험결과의 고찰

유효탐지거리가 0.5~12마일인 영국 McMurdo사의 RTE1과 유효탐지거리가 2~6.6마일인 영국 Hydro-sphere사의 RTE2의 반사성능을 시험한 결과를 요

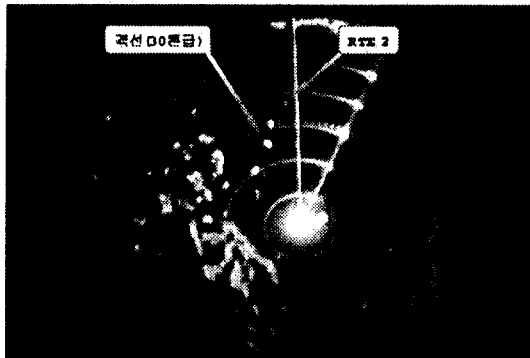


그림 13. RTE2와 30톤급 여객선과의 반사성능 비교

약하면 다음과 같다.

- i) 최근거리에서의 RTE 출력의 포화현상
RTE 사양의 유효탐지거리 이내에서는 반사파 성능이 저하되어 탐지가 불가능하였다. RTE2의 경우는 최소탐지거리보다 가까운 거리에서도 탐지가 가능하였으나 대체로 최소탐지거리 이내에서는 RTE의 출력이 포화하여 증강효과가 상실된 것으로 판단된다.
따라서, RTE를 어망부표로 이용시에는 어망부표의 설치현황과 선박통항해역의 조건을 감안하여 적절한 유효탐지거리를 갖는 RTE의 선정이 필요할 것이다.
- ii) 근거리에서의 RTE 반사성능
레이다와 RTE와의 거리가 1마일 이상 떨어진 경우에는 RTE가 15톤급 이상의 선박과 동일한 수준으로 레이다 반사성능을 보임을 확인하였다.
- iii) 중거리에서의 RTE 성능
RTE가 레이다와 3마일 정도 떨어진 거리에서도 레이다상에 뚜렷이 탐지 가능하여 어망부표로 이용될 수 있음을 확인하였다.
- iv) 기상 악화시의 RTE 성능
실험이 실시된 해역에서는 풍속 13m/sec. 파고 3.5m로 비교적 악화된 기상상태이었음에도 불구하고 레이다와 3마일 떨어져 있는 거리에서 RTE가 탐지 가능하였다. 따라서 보다 악천후에서도 RTE는 탐지가 가능하여 어망부표로서의 사용이 가능하리라 판단된다.

- v) 전원의 문제점
단기적인 실험으로 전원의 문제를 충분히 고려하지 못하였으나, 어망부표로서 실용화하기 위해서는 소비전력을 측정하는 정밀한 성능실험이 필요하고, 소비전력을 억제하기 위한 휴지기능(Sleeping) 등을 RTE에 부가하여야 할 것이다.
- vi) 가격의 저렴화 문제
영국에서 수입한 McMurdo의 RTE는 60만원대 가격이나, 어망부표로의 광범위한 활용을 위해서는 국산화를 통한 10만원대의 가격경쟁력 확보가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 최근 세계 각국에서 본격적인 활용방안을 검토하고 있는 RTE(Radar Target Enhancer)의 어망부표로의 이용가능성에 대하여 실험 및 검토를 실시하였다.

RTE 반사성능 시험에는 영국 McMurdo사의 Ocean Sentry RTE와 영국 Hydrosphere사의 RAD-STAR의 RTE가 사용되었으며, 시험은 목포구에서 시아해에 이르는 해역에서 실시되었다. 구체적인 시험방법으로는 어망부표에 장착된 2기의 RTE를 해상에 설치하였으며, 목포해양대학교 소속의 전남 706호를 이용하여 레이다와 RTE와의 거리변화에 의한 RTE의 반사성능을 시험하였다. 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

- i) 1~3마일 거리에서 15톤급 선박과 유사한 반사성능이 관측되어 어망부표로 사용이 가능함을 확인하였다.
- ii) 풍속 13m/sec. 파고 3.5m의 해상상태에서도 레이다와의 3마일 거리에서 RTE가 뚜렷하게 탐지되었으며, 황천시에도 RTE가 어망부표로서 효과적으로 사용가능 하리라 판단된다.
- iii) 0.5~1마일 이하의 거리에서는 RTE의 탐지가 불가능하다. 이는 RTE의 출력이 포화하여 증강효과가 상실된 것으로 판단된다.

- iv) 소비전력을 억제하기 위한 휴지기능(Sleeping) 등을 RTE에 부가하여 전력 소모를 최소화하는 방안을 강구해야 할 것이다.
- v) 영국에서 수입한 McMurdo의 RTE는 60만 원대의 가격이나, 어망부표로의 광범위한 활용을 위해서는 국산화를 통한 10만원대의 가격경쟁력 확보가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 古田島博, 레-다 레플렉타의 研究, 電波航法, No.22, pp.23-26, 1977
- 2) ITU-R 신권고안 RTE의 기술특성 8C/7-E (1994. 8. 31)
- 3) ITU-R 신권고안 RTE의 실험 8C/23-E (1994. 11. 25)
- 4) ITU-R 신권고안 RTE의 실험 8/31-E (1995. 1. 30)
- 5) 木村小一, 레-다 斷面續, 船の科學, Vol.32, pp.87-89, 1979-11
- 6) 古田島博 외1, 레-다斷面續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
- 7) N. Ward, Development and Testing of a Radar Target Enhancer for Navigation Buoys, Journal of Navigation, Vol.48, 1995
- 8) IALA 무선항행위원회 제3회회의 위원회자료 RNAV3/7/3 (1995. 3. 19)
- 9) IALA 무선항행위원회 제6회회의 실험보고서 RNAV6/WG1/1 (1996. 9. 25)
- 10) 古田島博, 標準レ-ダ レ플렉タ, 電子通信學會論文誌, '76/12 Vol. J59-B No.12, pp.472-473, 1976
- 11) 落合徳臣, 레-다-による 海上小目標의 探知距離について, 日本航海學會誌, 14號, 昭和31-5
- 12) 三好雄一외1, 船體의 레-다 斷面續의 方向性-I, 日本航海學會誌, 38號pp.59-64, 昭和42年
- 13) 김우숙, 코너리프레타를 배열집합한 레이더리프레타의 성능에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 논문집, 1984
- 14) 정세모, 전파항법, 한국해양대학 해사도서출판부, 부산, PP.68-69, 1980
- 15) 신형일, 정치망뚝과 부표형 코우너리프레타의 레이더 최대탐지거리에 관한 연구, 한국항해학회지 제1권 제1호, pp16-26, 1977
- 16) Department of Trade, Marine Radar Reflector Performance Specification, Her Majesty's Stationery Office, London, pp3-5, 1977