

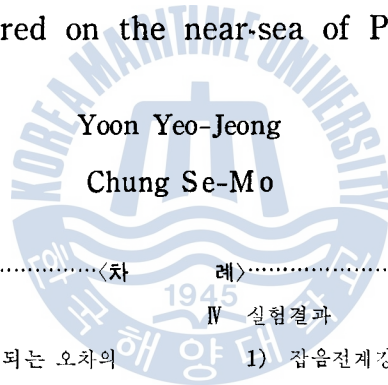
부산항 부근 해역에 있어서의 로오란 측정치의 계통오차의 분석에 관한 연구

윤 여 정
정 세 모

Study on the analysis of errors involved in the LORAN
readings measured on the near-sea of Pusan harbour

Yoon Yeo-Jeong

Chung Se-Mo



〈차 례〉

I 서 론	IV 실험결과
II 로오란측정치에 예기되는 오차의 검토와 가설의 설정	1) 잡음전계강도의 측정
III 실험방법	2) 부산 모니터국에서의 측정
1) 모니터국의 위치선정과 계산 치의 산출	3) 이동 모니터국에서의 측정
2) 측정계기	V 실험결과에 대한 검토
	VI 결 론

Abstract

This paper deals with the analysis of the errors involved in the LORAN readings measured on the near sea of Pusan harbour.

LORAN readings of available pairs are measured throughout the year at 1 fixed and 4 mobile monitor stations selected on strategical points along the east and south coast of Korea, and the results are classified and analyzed to show the boundary of errors to be expected, and the annual change of readings on given points and the system errors involved in the readings to be corrected when LORAN lines of position are taken at sea.

I. 서 론

이 보고서는 1971년도 문교부 학술연구조성비의 지원을 얻어 「부산항 부근 해역에 있어서의 로오란 측정치의 계통오차의 분석」에 관한 연구결과를 얻은 것이다. 로오란을 이용하여 선박의 위치를 결정함에 있어서는 로오란 전파를 이용가능한 전 해역에 걸쳐서 측정치에 포함되는 계통오차와 표준오차를 분석함이 선결문제의 하나이다.

日本海上保安廳 및 U. S. Coast Guard에서는 관할하는 로오란 조국마다 그 이용범위 내에 10국 내외의 육상 감시국을 설치하여 로오란 측정치를 구하고, 또 매년 관측선에 의하여 전 이용해역에 걸친 로오란 측정치를 구하여 로오란 항법의 오차의 분석을 하고 있다⁽¹⁾.

한국 동남해 해역을 항해하는 선박은 일본의 로오란국을 이용할 수 밖에 없는 실정이나 이 해역에 있어서의 로오란 측정치의 오차의 분석이 전혀 되어 있지 않아서 선박의 안전 항해에 큰 애로가 있다. 본 실험에서는 부산, 마산, 제주, 목포, 대포리 등 위치가 확실한 지점을 택하여 연간을 통하여 이용가능한 로오란국의 전파를 반복 측정하여 그 측정치의 분포상태와 표준편차를 계절별, 시각별로 도시하였고, 이러한 결과를 토대로 하여 해당지역에 있어서의 로오란항법에 의한 선위의 오차계를 예측하였다. 또 송신국과 수신국의 공간거리에 의하여 계산한 값과 측정치와를 비교하여 측정치에 포함되는 계통오차를 산출하고자 시도하였다.

II. 로오란 측정치에 예기되는 오차의 검토와 가설의 설정

현재 사용되고 있는 추종펄스동기방식의 로오란국의 운용에 있어서는 주국측의 기선연장선상에서 주국 및 종국에서 발사한 펄스의 지표파의 도달시간차가 $1000\mu s$ (식별지연량이며 전쟁시를 제외하고 동일되어 있음)가 되도록 주종국의 전파의 발사를 동기시키고 있다.^{(2), (3)}

따라서 로오란표 또는 로오란해도에 기재되는 값은 다음의 식에 의하여 계산된다.

$$Tg = \frac{1}{V}(B+M-S) + \delta \quad (2.1)$$

$$Ts = \frac{1}{V}(B+M-S) + -\Delta S - \Delta M \quad (2.2)$$

여기서 Tg ; 지표파에 의한 로오란의 지시치

Ts ; 공간파에 의한 로오란의 지시치

B ; 기선의 길이

M ; 주국에서 수신점까지의 거리

S ; 종국에서 수신점까지의 거리

δ ; 식별지연량($1000\mu s$)

V ; 지표파의 해상에 있어서의 속도

ΔS ; 종국으로부터의 지표파에 대한 공간파의 도착시간 지연량

ΔM ; 주국으로부터의 지표파에 대한 공간파의 도착시간 지연량

그러나 수신점에서 실제로 로오란의 값을 측정하면 여러가지 원인에 의한 오차가 포함되며 이를 예상되는 오차를 분류하여 고찰하면 다음과 같다.

1) 日本海上保安廳발행 “電波標識課長會議資料” 本廳編 昭和42年度.

2) 韓國海洋大學 海軍圖書出版部編 “航海科要誌” 上卷 P 3-65, 1968년 4월 25일 발행.

3) 日本海上保安廳발행 畫誌第651號 “LORAN TABLE, EAST JAPAN,” P- 142, 昭和34年.

(1) 송신펄스의 동기오차: 주국 및 종국의 송신펄스가 일정한 시간동기를 유지하지 못하면 수신점에서 측정된 값에도 동기오차와 같은 양의 오차가 내포된다. 현용의 로오란방식에 있어서는 순시 동기오차 $1\mu s$, 평균동기오차 $2\mu s$ 이상이면 동기불량정보신호로써 명멸신호를 발하고 있으며⁽⁴⁾, 이 명멸신호가 수신되지 않는 한 동기오차는 $2\mu s$ 이내라고 간주할 수 있다.

(2) 전파의 전파속도의 변화에 의한 오차: 로오란의 원리는 전파의 등속성을 전제로 하여 성립하지만, 전파의 위상속도는 매질의 유전율 및 투자율에 의하여 좌우되고, 지표파의 경우에는 대지의 상태에 따라 크게 달라진다.⁽⁵⁾

로오란 A/C 대역에 있어서는 해면상의 지표파의 전파속도는 거의 광속과 같으나 전파경로가 육지인 경우에는 대지의 도전을 여하에 따라서는 상당한 차를 보이며 도전율이 $1m\sigma$ 이하인 경우에는 그 위상속도가 광속에 비하여 $1m/\mu s$ 의 차를 보이는 예도 보고되어 있으며⁽⁶⁾, 위상속도가 주파수의 함수이므로 로오란 펄스의 군속도도 당연히 광속과는 다른 값을 갖게 된다. 로오란파의 전파경로를 n 종류의 지질로 구분할 수 있다고 보고 각 지질의 경로에 있어서의 지표파의 전파속도를 각각 v_1, v_2, \dots, v_n 이라 하면 (2.1)식의 대신에

$$Tg = \sum_{i=1}^n (b_i + m_i - s_i) / v_i \quad (2.3)$$

로 표시할 수 있으며, 여기에서 b_i, m_i, s_i 는 각각 (2.1)식의 B, M, S 중에서 전파속도 v_i 를 갖는 경로의 길이로서 $B = \sum b_i, M = \sum m_i, S = \sum s_i$ 의 관계를 갖는다. 로오란해도 또는 로오란표는 (2.1)식에 의하여 계산되나 실제의 측정치는 (2.3)식에 의하여 결정되므로 이 두 값의 차는 로오란파의 전파경로의 구성비에 의하여 결정되는 그 지방 특유의 계통오차로 나타나게 된다.

(3) 공간파지연량 개정에 포함된 오차: (2.2)식의 공간파지연량 ΔS 및 ΔM 는 이온층의 표준높이의 값을 계산하여 수정하는 것이고 이온층의 밀도 및 걸보기높이는 시각과 계절에 따라 상당한 변화를 보이므로,⁽⁷⁾ 공간파지연량을 개정하는데에 당연히 오차를 포함하게 되며 결과적으로 로오란 측정치의 우연오차로 남게 된다. 이 종류의 오차는 주국까지의 거리와 종국까지의 거리의 차가 심할수록 증가하며 최대 $10\mu s$ 까지 예상된다.

(4) 로오란파형을 일치시킬 때에 수반되는 오차: 실제로 주종국의 로오란파형을 일치시켜 시간차를 측정함에 있어서는 로오란수신기의 정밀도, 측정자의 숙련도 및 측정하는 전파의 S/N비 등의 조건에 따라 상당한 오차를 내포할 수 있다. 개량형의 수신기에 있어서는 그 기기 고유의 정밀도는 매우 높아서 $1\mu s$ 이내이나, 높은 전계강도의 로오란파를 얻기 힘든 한국 동남해안에 있어서는 전장의 오차와 더불어 가장 큰 오차의 원인이 될 것이 예상된다.

이상과 같은 고찰을 통하여 본 실험에서는 다음과 같은 가정을 토대로 측정을 진행시켰다.

(ㄱ) 로오란국을 관할하는 관청의 사전발표가 없으면 송신국에 있어서의 돌발적 동기오차는 없다고 가정한다.

(ㄴ) 측정치는 하루의 시각의 변화 및 계절적인 기후의 변화에 따라 주기적으로 변화할 것으로 예상된다.

4) Sperry Gyroscope Company 편 "MARINE LORAN A/C, ML-100, Operator's manual" P 6-61.

5) Decca Navigator Company memo plan "Determination of effective Speeds over land and sea for use in computing Decca lattice" P-2, June 1948.

6) A, B, Schneider "Phase variation with the range of the ground wave signal from c. w. transmitter in the range of the 70~130KHz Band," Journal of the British Institution of Radio Engineers. P-181, March 1952.

7) E. F. Terman "Electronic and radio communication engineering" Mc Graw-Hill Book Co., 1955. P-843.

(ㄷ) 관측장소의 부분적인 이동에 의하여서는 송신국과 수신점간의 전파의 전파경로의 해륙상비가 크게 변화하지 않으므로 육상고정국에서 측정된 오차의 분석결과는 인접해역의 대표치로 간주할 수 있다.

(ㄹ) 연간을 통한 다수의 측정치의 평균과 각 국간의 대권거리에 의하여 계산한 값과의 차를 그 지방의 계통오차로 간주한다.

(ㄱ) 측정은 중 정도의 숙련도를 갖인 자를 표준으로 하여 되도록 다수인을 동원하여 측정한다.

Ⅲ. 실험방법

부산시 영도구 동삼동 한국해양대학내 일실에 로오란수신기를 장비하고(이하 부산모니터국이라 함) 연간을 통하여 매월 3일간, 매작수시마다 10회 이상 측정이 가능한 모든 로오란국의 전파를 수신하여 계절별, 주야별로 그 평균치 및 표준편차를 구하고 국간의 대권거리에 의하여 계산한 값과의 차를 구하여 계통오차를 산출하였다. 또 마산, 제주, 목호 및 대포리에 위치가 확실한 지점을 택하여(이하 이동모니터국이라 함) 매 4분기에 1회씩, 매회 3일간에 걸쳐 로오란측정치를 구하여 부산모니터국에서와 같은 해석을 하였다.

1. 모니터국의 위치 선정과 계산치의 산출

한국 동남해안에서 수신가능하리라 예상되는 로오란 조국의 명칭, 위치 및 기선의 대권길이를 제1표에 표시하였다.

또 선택한 모니터국의 위치와 각 로오란 송신국까지의 대권거리를 계산하고, 이들 거리를 기초로 계산한 로오란의 값을 계산하여 제2표에 표시하였다.

이 표에 의하면 주간에 지표파가 수신가능한 로오란 조국은 2S5, 2S6, 2S4, 2S3, 2S7 등으로 예상된다.

국 명	주 국	있 국 위 치	송 국	송 국 위 치	기선장(해리)
2 S 5	Tschusima	L 34° 39'.6N λ 129° 28'.9E	Yonago	L 35° 27'.5N λ 133° 20'.5E	195.4 (33)
2 S 6	Nomaike	L 31° 24'.9N λ 130° 07'.4E	Tschusima	L 34° 39'.6N λ 129° 28'.9E	197.9 (38.5)
2 S 7	Nomaike	L 31° 24'.9N λ 130° 07'.4E	Hatizyosima	L 33° 05'.3N λ 139° 49'.1E	510 (57)
2 S 3	Niigata	L 37° 54'.5N λ 139° 00'.6E	Matumae	L 41° 25'.4N λ 140° 04'.8E	216.6 (0)
2 S 4	Niigata	L 37° 54'.5N λ 139° 00'.6E	Yonago	L 35° 27'.5N λ 133° 20'.5E	309.8 (35)

제 1 표 한국 동남해안에서 이용 가능한 로오란국(괄호안의 숫자는 육상거리)

국명	위 치	로오란국					
		표시	2 S 5	2 S 6	2 S 4	2 S 3	2 S 7
부 산	L 35°06'42"N	중국까지 거리	33.0	228.1	507.4	507.4	228.1
		중국까지 거리	209.4	33.0	209.4	641.3	548.7
	λ 129°04'05"E	계산 로오란 값	3312.2	1027.3	1072.8	3146.0	4646.5
목 호	L 37°32'45"N	중국까지 거리	173.6	369.9	468.3	468.3	369.9
		중국까지 거리	237.8	173.6	237.8	556.5	586.3
	λ 129°08'57"E	계산 로오란 값	2600.2	1006.2	1489.3	2880.9	
마 산	L 35°10'45"N	중국까지 거리	54.5	238.9	529.4	529.4	238.9
		중국까지 거리	234.0	54.5	234.0	658.1	572.6
	λ 128°34'18"E	계산 로오란 값	3324.0	1083.5	1089.0	3136.0	4587.0
계 주	L 33°31'10"N	중국까지 거리	161.8	221.2	661.7	661.7	221.2
		중국까지 거리	356.0	161.8	356.0	798.9	669.1
	λ 126°32'15"E	계산 로오란 값	3414.0	1852.0		3183.3	4135.0
대 포 리	L 38°10'15"N	중국까지 거리	214.6	411.4	489.8	489.8	411.4
		중국까지 거리	278.1	214.6	278.1	561.5	623.7
	λ 128°38'40"E	계산 로오란 값	2604.0	1600.4		2785.0	

제 2 표 모니터국으로부터 로오란국까지의 거리(해리) 및 계산한 로오란 값(μs)

2. 측정계기

본 실험에 사용한 측정 계기의 명칭과 제원은 다음과 같다.

(a) 잡음전계강도측정기 KNM-402

주파수범위 150KHz~28MHz

전계강도 28~100db(over μV/m)

주파수범위 10KHz±1KHz

측정오차 ±2db

제작소 協立電氣研究所

(b) Multi-pen Recorder Rectigraph 8S

입력전압 2.5mV/cm~200V/cm

기록회선 4회선

기록지속도 500mm/sec~2mm/min.

제작소 SAN-Ei Instrument Co.

(c) LORAN Receiver ML-100

수신가능 전계강도 8db (S/N비 12db이상)

측정범위 0~92,000μs

측정정도 0.20μs 이하

선택도 35KHz±10KHz (6db)

입력단 임피던스 50Ω

이득 110db

제작소 東京計器製作所

(d) 로오란 안테나 T형 튜로오드를 갖인 모노포울

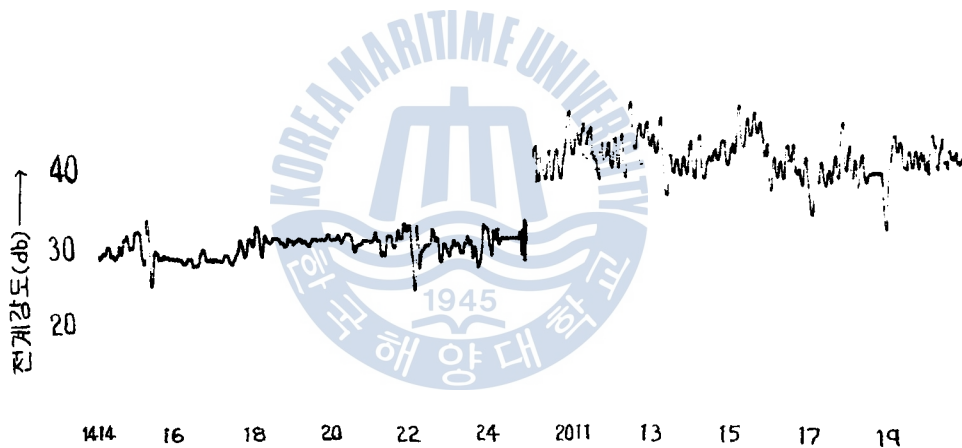
규격 높이 6m, 튜로오드 폭 8m, 실효고 5m

제작소 자체조립품

IV. 실험결과

1. 잡음전계강도의 측정

로오란 주파수대역내의 한 주파수(1, 825KHz)를 선택, 부산모니터국에서 일주야간의 잡음의 전계강도를 측정하여 주간 및 야간별로 제 1 도에 나타내었다. 이 그림에 의하면 주간의 잡음의 강도는 30db(over $\mu V/m$) 안팎이고 야간의 잡음전계는 매우 높아서 42db 정도를 나타내고 있다.



(a) 주간(14시경)

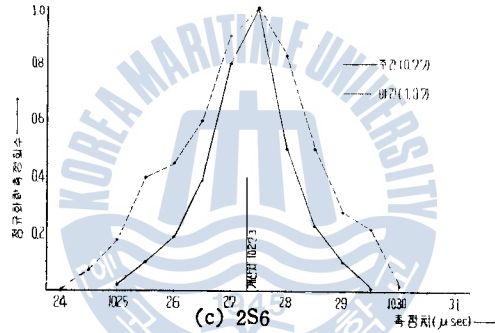
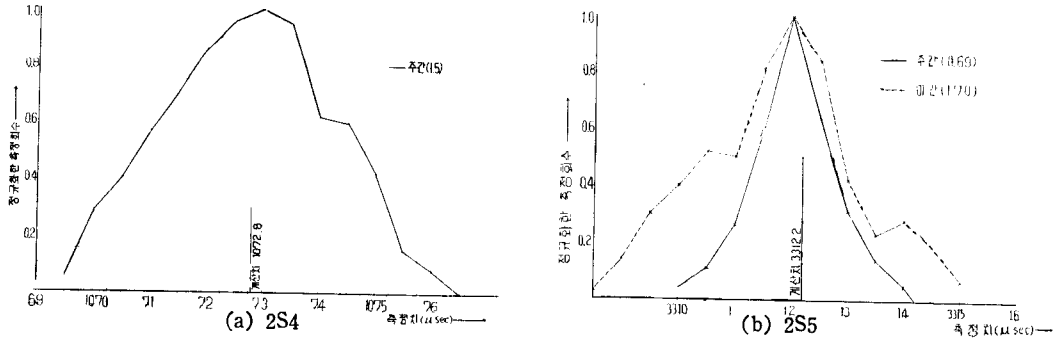
(b) 야간(20시경)

제 1도 부산모니터국에서 측정한 1, 825KHz 에 있어서의 잡음전계강도 측정결과

전국적인 통계를 구하지 못하여 비교가 불가능하지만 부산모니터국이 지리적으로 부산무선국에 매우 인접해 있음을 감안한다면(직선거리로 약 500m) 부산항 부근의 다른 해역의 잡음전계강도는 대체로 이보다 낮은 값을 나타낼 것이 예상된다.

2. 부산모니터국에서의 측정

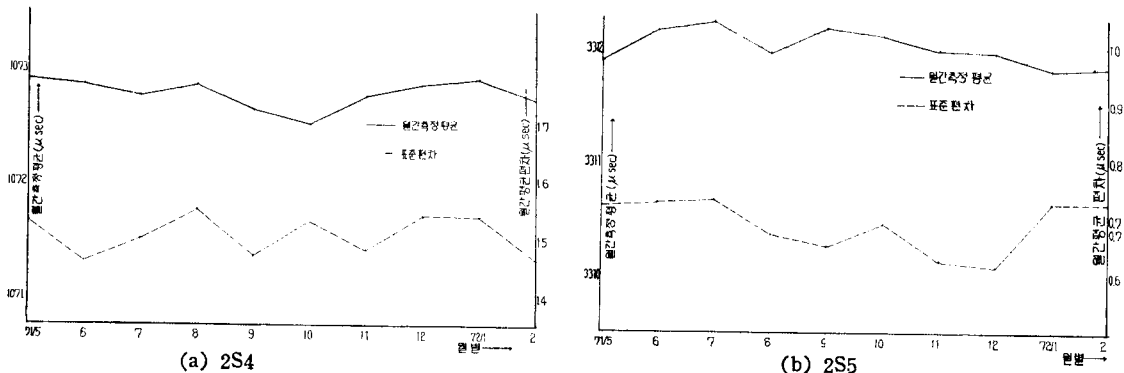
부산모니터국에서 연간을 통하여 측정한 2S4, 2S5, 2S6 등 조국의 측정치를 주간(08시부터 17시까지) 및 야간(17시부터 08시까지)별로 정리한 결과를 제2도에 도시하였다. 이 그림은 측정치를 0.5 μs 단위로 분류하여 그린 Histogram 이며, 종축에 표시한 측정회수는 측정회수가 비교적 적은 이동모니터국에서의 측정치 분포와 비교하기 위하여, 최빈수(Mode)에 해당하는 측정회수를 1로 하여 정규화한 것이다.

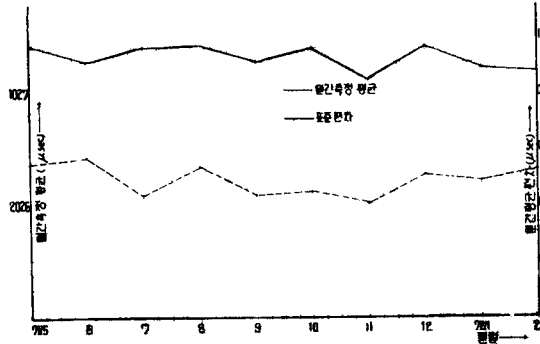


제2도 부산모니터국에서 연간을 통하여 측정한 로오란 측정치의 분포(그림의 팔호안의 숫자는 계산치에 대한 표준 편차임)

제2도에 의하면 2S5 및 2S6은 주야간을 불문하고 안정된 지표파의 이용이 가능하나, 2S4는 주간 측정은 가능하지만 야간에는 주국의 공간파와 중국의 지표파만이 수신되므로 선박의 위치측정에는 이용될수 없다.

제3도에는 부산모니터국에서 측정한 각국의 주간의 로오란치와 그 표준편차의 변화를 월별로 표시하였다. 이에 의하면 월간의 평균치와 표준편차에 있어서는 다소 변화를 보이고 있으나 계절의 변화와의 뚜렷한 상관관계는 찾아볼 수 없다.



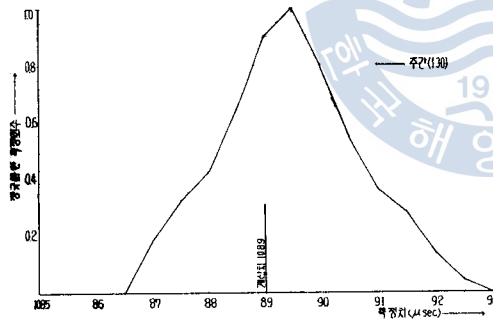


(c) 2S6

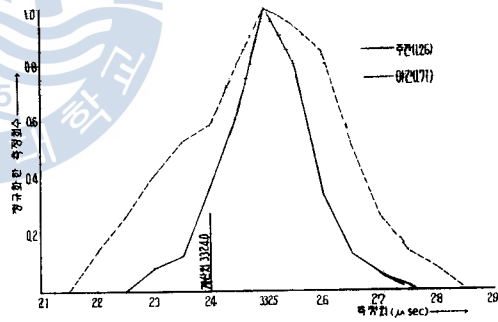
제3도 부산모니터국에서 측정 한 주간의 로오란치의 월별평균과 표준편차

3. 이동모니터국에서의 측정

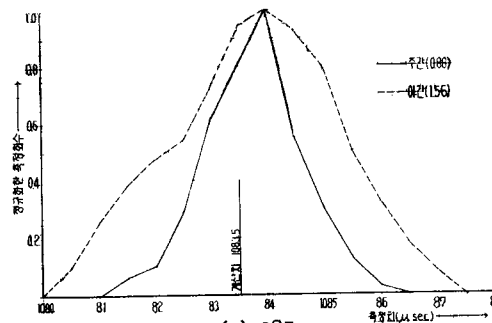
마산, 제주, 목호, 울산 및 대포리에 선정한 이동모니터국을 연간 약 3회(일부지역은 2회)에 걸쳐 순회하면서 이용가능한 로오란국을 매회 3일간 측정하여 전항에서 설명한 바와 같은 Histogram 을 그려서 제4도에서 제7도까지에 표시하였다. 이 그림들을 관찰하면 대체로 남해안 해역이 동해안 해역에 비하여 안정된 전계강도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.



(a) 2S5



(b) 2S6



(c) 2S7

제4도 마산모니터국에서 측정 한 로오란측정치의 분포(괄호안의 숫자는 계산치에 대한 표준편차임)

V. 실험결과에 대한 검토

지금까지의 실험결과를 종합하면 한우등단해역에서는 대체로 2 내지 3초구으로 부피의 지표파를

수신할 수 있음을 알 수 있으며, 연간을 통하여 그 표준편차는 0.5~4.0 μs 정도이다. 그러나 가

장 전계강도가 좋은 2S4 및 2S6은 그 기선연장선이 한우 등단해역을 통과하고 있기 때문에 선박의

위치측정은 거의 이용되지 못한다. 따라서 한우 등단해역의 국한하여 고찰하면 남해안보다는 동

해안이 로오란 이용의 관점에서 훨씬 유리한 지역으로 간주된다.

기상의 변화 또는 계절의 변화에 따르는 전파의 전파속도의 변화가 로오란 측정치의 미세한 영향

에 관하여 고찰하면 제3표의 보인바와 같이 계산치의 대변동량이 0.2 μs 이내이며 그 변화

도 계절의 뚜렷한 상관관계를 보여 주지 않고 있다. 이것은 로오란의 전파경로의 대부분이 해

상이고 육상경로가 차지하는 비중에 매우 작기 때문에 전파의 전파속도가 연중을 통하여 거의 일정

한 값을 가진다. 따라서 실제 선박의 측사하는 항해사는 이 영향은 실용상 무시할 수 있음을 보

여주고 있다.

로오란 측정치의 대포되는 계통오차에 관하여 고찰하면 제3표의 보인 바와 같이 2S5가 대체로 큰

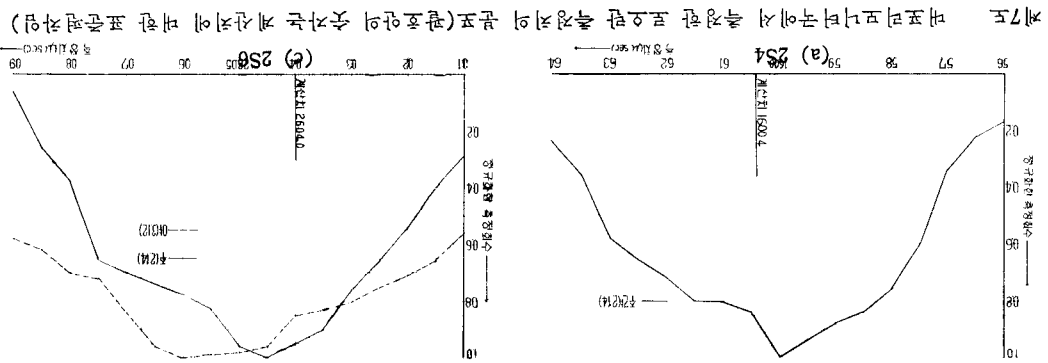
값을 나타내고 2S4가 비교적 오차가 적어서, 그 분포는 계수 2S6의 0.0에 비해 대체로 2S5의 -2.0 μ s

까지로 되어 있다.

이런 모든 사항들을 고려한다면 한국의 등단해역을 항행하는 선박이 2S4, 2S5, 2S6 및 2S7의

로오란구름 이용하였을 경우에는 표준오차로서 주간 1.5 μs , 야간 3.5 μs 정도의 오차가 포함되어

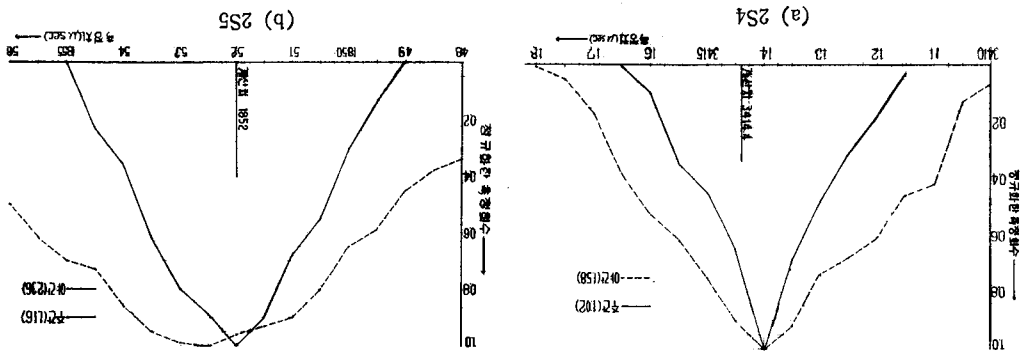
있다는 것을 참작한다면 항해의 안전을 기할 수 있으리라 판단된다.



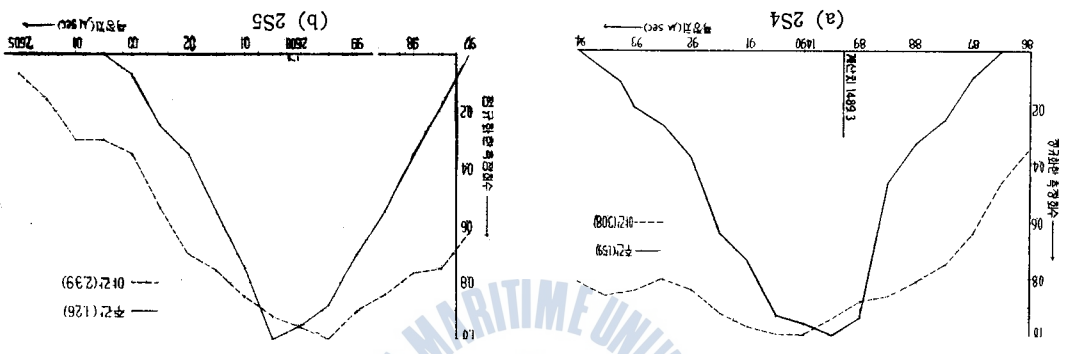
제7도 매투포모니터구에서 측정된 로오란 측정치의 분포(관측안의 숫자는 계산치의 대한 표준편차임)

로오란구		계통오차 표준편차		계통오차 표준편차		계통오차 표준편차	
2 S 4		2 S 5		2 S 6		2 S 7	
부 산	주간	1.5	+0.24	0.69	-0.23	0.23	
	야간	-0.23	+0.24	1.70	-0.77	1.07	
마 산	주간	-0.5	1.30	-1.0	1.26	-0.5	0.88
	야간		-1.0	1.71	-0.5	1.56	
계 수	주간		+0.4	1.02	0.0	1.16	1.76
	야간		+0.4	1.58	0.0	2.36	
부 포	주간	-0.24	1.59	-0.26	1.26	+0.24	2.16
	야간	-0.74	3.08	+0.74	2.39		
매투포	주간	+0.36	2.14	-0.6	2.14		
	야간		-2.0	3.12			

제3표 각 모니터구에서 측정된 로오란 측정치의 계통오차(계산치-측정치) 및 표준편차 일람표 (단위는 μs)



계 5도 계부도나트피내의 소 속정란 포오란 속정치의 분포 (관호안의 숫자는 계동요소의 대한 표관원좌임)



계 6도 계부도나트피내의 소 속정란 포오란 속정치의 분포 (관호안의 숫자는 계동요소의 대한 표관원좌임)

Ⅵ. 결 론

서론에서도 언급한 바와 같이 본 실험에서는 한국동남해역에 있어서의 로오란 측정치에 내포되는 표준오차, 계통오차 및 그 계절변화에 대하여 규명하고자 시도하였다. 로오란 측정치에 내포되는 오차에 관하여서는 로오란의 지표파를 이용하는 경우에는 주간에 표준오차로 $1.5\mu s$ 이내, 야간 $4.0\mu s$ 이내이고 이를 99% 오차로 환산하면 주간 $4.5\mu s$ 이내, 야간 $12.0\mu s$ 이내임을 규명하였다.

기상 또는 계절적인 변동에 관해서는 그 측정치의 변화는 극히 작아서 그 변동량이 $0.2\mu s$ 이내이고 이는 실제 항해상 고려에 넣지 않아도 좋을 정도를 규명하였다. 또 로오란 측정치에 내포되는 계통오차는 로오란국과 측정위치에 따라 결정되나 최대 $2.0\mu s$ 까지의 오차가 정오차로 나타남을 밝혔으며 이 계통오차분포표를 이용하여 선박에서 측정된 로오란치의 표준오차를 주간 $0.6\mu s$, 야간 $1.2\mu s$ 까지 줄일 수 있어서 로오란 측정치에 의한 선박의 위치의 정밀도를 훨씬 높일 수 있음을 확인하였다.

한국 전 해역의 로오란 측정치의 오차를 해석하고 이를 완벽한 것으로 하기 위하여는 더욱 넓은 범위에 걸쳐 더욱 장기간에 로오란의 지표파뿐만 아니라 공간파에 관하여도 연구를 계속해야 함이 요망되는 바이나 지금까지 전혀 미개지이면서도 절실한 문제이었던 선박의 위치확인 방법으로써의 로오란 오차의 범위와 특성의 윤곽을 드러내었다는 점만으로도 본 실험의 목적의 일부나마 달성한 것으로 생각한다.



熱交換器의 海水冷却細管의 腐蝕과 防蝕 (1)

自作 銅-黃酸銅電極의 特性과 海水冷却細管内面의 電位測定에 關係서

田 大 熙

Study on the corrosion and corrosion prevention of sea-water cooling tubes of heat exchangers (1)

On the characteristics of the copper-copper sulfate electrode made by myself and measurement of the potentials on the innersurface of sea-water cooling tubes by the electrodes.

by
Dae-Hi Jeon

< 目 次 >

I. 序 論

II. 擬飽和銅-黃酸銅電極의 自作과
그의 特性調査

III. 海水冷却細管内面의 電位

IV. 結 論

Abstract

Recently sea-water cooling heat exchangers have rapidly increased both in number and capacity, and expensive materials of special alloy are used against the corrosion of their cooling tubes.

In this work, I have tried not only to improve the efficiency of heat exchangers by the heat transfer promotor of the twisted tape type inserted in cheap cooling tubes, but also to protect cooling tubes by the protective current from the electrodes on the twisted tape. This is the first step of the study.

I have made many copper-copper sulfate electrodes, which are simplest and cheapest, but they can be used in engineering. These electrodes become stable in about 10 hours after being made, and the electrode potential is as follow:

$$\Delta E = 57.20 + 0.125(t - 25) \text{ mV (SCE)}$$

It is found as results of experiments that the potentials on the inner-surface of sea-water cooling tubes can be measured by the above mentioned electrodes, and the potentials affected by protecting zinc plates in the water chamber became stable in 24 hours(a day) whether twisted tapes in the cooling tube are inserted or not.