



Received: 2024/05/27
Revised: 2024/06/05
Accepted: 2024/06/27
Published: 2024/06/30

***Corresponding Author:**

Sung-Joon Hong
SonarTech.Co.,Ltd.
9-37, Hwangyeongdaero 353beon-gil, Namgu,
Busan, Republic of Korea
Tel: +82-51-403-7797
Fax: +82-51-403-7706
E-mail: sonarhong@sonartech.com

Abstract

본 논문은 2022년 2월부터 4월까지 흑해를 중심으로 50일간 펼쳐진 러시아와 우크라이나간 해양전에서 러시아 흑해함대의 모스크바함 침몰, 오데사 상륙작전 취소 그리고 이어진 함정 피해 등을 순차적으로 기술하면서, 러시아 해군의 군사적(작전/전술) 실패 원인에는 기뢰대항에 심각한 문제점이 있었음을 분석했고, 이를 통하여 한국 해군이 추구하는 미래 기뢰대항작전에 관한 개념 및 무기체계 발전에 도움이 되길 희망하면서 작성했다.

This article describes the failure of the Russian BSF (Black Sea Fleet) to attempt amphibious operations IVO Odesa and the fatal damages to BSF including the missile cruiser Moskva and several naval ships, in dealing with notable events during the 50 days of maritime warfare centered on the Black Sea from February to April 2022. The Russian BSF's lack of performance was attributed to problems with the Russian Navy's MCM(Mine Counter Measure) operation and tactics as well as MCM weapons system development concept. This article is written in the hopes of developing and securing related future MCM weapons systems and its concept pursued by the Korean Navy.

Keywords

흑해(Black Sea),
오데사 상륙작전(Odesa Amphibious Operations),
기뢰대항(Mine Countermeasure),
부류기뢰(Floating Mine),
모스크바함(Cruiser Moskva)

Acknowledgement

본 논문은 제1저자가 2023년 11월 28일 '2023 해군 R&D 기술기획 협력세미나'에서 소나테크(주)가 발표한 '흑해(Black Sea) 전훈(Lessons of War)을 통한 해양안보에 부합하는 민군협력 기술기획(Mine Warfare를 중심으로)'의 내용을 참고하여 공저자 (박승수)와 함께 작성했음.

러시아-우크라이나 전쟁: 50일간의 해양전과 기뢰

Russia-Ukraine War: 50 Days of Maritime Warfare and Sea Mine

홍성준^{1*}, 박승수²

¹소나테크 주식회사 전략기획본부장

²소나테크 주식회사 대표이사

Sung-Joon Hong^{1*}, Seung-Soo Park²

¹Division Director, SonarTech.Co.,Ltd.

²CEO, SonarTech.Co.,Ltd.

1. 서론

2022년 2월 24일 러시아는 특수작전(special operation)이라는 명목하에 우크라이나를 침공했다. 주공(main attack)인 지상군을 4개(벨라루스[Belarus]/키이우[Kyiv], 하르키우[Kharkiv], 돈바스[Donbas], 크림[Crimea]) 축선으로 나누어 우크라이나 주요 도시들을 동시다발적으로 공격했고 조공(supporting attack)인 해군은 침공 이전부터 동지중해와 흑해 전방을 통제하면서, 흑해함대(Black Sea Fleet) Moskva함을 기함(flagship)으로 2개 전투전대와 1개 상륙전대로 편성된 상륙기동부대를 우크라이나의 오데사(Odesa) 외해에 전개하여 상륙작전을 준비했다. 그러나 2022년 3월 18일(침공 23일째) Moskva함 등 일부 전투함정을 제외한 흑해함대 다수 함정은 세바스토폴(Sevastopol) 항 등 인근 기지(항구)로 긴급 철수했고 러시아 해군의 상륙작전은 취소되었으며 4월 14일(침공 50일째) 흑해함대 기함 Moskva함은 우크라이나의 미사일 공격으로 침몰했다[1].

오늘날까지 러시아-우크라이나 전쟁에서 해양전 분야의 화두는 Moskva함 침몰을 전후로 등장한 USV/UAV/UAV와 미사일의 조합에 의한 공격, 그리고 이를 통제하기 위한 StarLink와 같은 저궤도 위성통신 수단의 활용으로 약소국인 우크라이나가 펼친 전과가 돋보였다. 그러다 보니 러시아 흑해함대의 패인에 관한 연구, 특히 짧았지만 50일간의 해양전에서 러시아 함정들의 기동을 꼼짝 못하게 만든 근본 원인을 찾으려는 노력은 보이지 않았다.

따라서 이 글은 우크라이나의 전과보다는 러시아의 패인에 중점

을 두고, 러시아-우크라이나 해양전을 주요 사건별로 기술하면서, 침묵의 살상 무기인 기뢰(mine or sea mines)가 Moskva함의 침몰로 이어진 과정에서 어떤 연결고리로 작용했는지 살펴보고자 한다.

2. 러시아의 흑해 해양통제

2.1 해양전장(maritime battlefield) 흑해

흑해는 Fig. 1과 같이 지중해 끝단에 위치한 분지(basin) 형태의 바다이다. 러시아, 우크라이나, 루마니아, 불가리아, 튀르키예 그리고 조지아가 흑해를 둘러싸고 있고 우크라이나 내해는 수심 50 m 이내 극천해(very shallow water)가 형성되어 우리나라의 서해 및 서남해와 유사하다. 그리고 크림반도 주변은 수심 50 m -100 m의 천해(shallow water)로 형성되어 남해의 수심 분포와 비슷하다. 흑해의 중앙에는 동해처럼 심해 중층(bathypelagic zone)이 존재한다. 최대 수심이 2,285 m에 이르는 이곳을 포함하여 흑해는 우리나라의 동·서·남해의 수심 분포 특징을 모두 가지고 있다.



Fig. 1. 흑해 등심선(NOAA 자료 참고하여 재구성) [5]

Table 1. 러시아 해군 상륙함 제원[7]

Class	이미지	전장 (m)	전폭 (m)	흘수 (m)	무게 (ton)	최대속력 (kts)	항속거리/기간	수송능력
Ivan Gren (Project 11711)		120	16.5	3.6	5,000 (만재)	18	3,500nm/30일	헬기 2대, 탱크 13대, 병력 300명
Alligator (Project 1171)		113	15.6	4.5	4,360	16.5	4,800nm/16일	탱크 20대, 병력 313명
Ropucha (Project 775)		112.5	15	4.6	2,768	17.6	4,000nm/12일	탱크 10대, 병력 340명

천해에서 심해 중층에 이르는 해양 특성을 가진 흑해는 부동항(ice-free port or warm water port)인 크림반도의 Sevastopol 항을 모항으로 순양함, 잠수함, 호위함, 초계함, 상륙함, 군수지원함, 소해함, 고속정, 그리고 지원정 등 50여 척의 함정을 보유한 흑해함대가 자리잡고 있고 크림반도 그 자체가 움직이지 않는 항공모함 역할을 해준다. 반면, 우크라이나는 소수의 중소형 경비함과 지원함 정도만 보유하고 있어서 두 국가의 해군력을 골리앗과 다윗으로 비유하는 사례가 종종 있다. 흑해 주변국인 루마니아, 불가리아, 그리고 튀르키예는 상대적으로 강력한 해군력을 보유한 흑해함대를 견제하기 위해 NATO에 가입하여 군사동맹을 통해 힘의 균형을 유지하고 있지만, 흑해는 중심이 매우 짧은 철책선이 없는 바다라서 군사적 긴장감이 항상 도사리고 있는 곳이다.

2.2 흑해 해양전 1막: planning & embarkation

2022년 2월 4일(침공 20일 전), 러시아 북해함대(Northern Fleet) 상륙함 3척(Pyotr Morgunov, Georgy Pobedonosets, Olenegorsky Gorniyak)과 발트함대(Baltic Fleet) 상륙함 3척(Minsk, Korolev, Kaliningrad)이 연례 상륙훈련 참가를 명목으로 러시아 해군의 지중해 전진기지인 시리아의 Tartus 항에 입항했다. 함형별로는 Table 1과 같이 Ivan Gren급 1척, Alligator급 2척, Ropucha급 3척이었다.

2월 8일(침공 16일 전)부터 위 상륙함 6척은 타르투스(Tartus) 항을 떠나 흑해로 진입했다. 우크라이나 침공을 위한 흑해함대의 build-up임이 분명해 보였다.

2월 12일(침공 12일 전), 지중해 일대에서 임무 수행 중이던 흑해함대 개량형(improved) Kilo급 잠수함 1척(Rostov-na-Donu, B-237)이 세바스토폴항에 입항했다. Table 2에 나타낸 바와 같이, 이 잠수함은 대지/대함/대잠 공격 능력을 갖추었고 기뢰도 최대 24발을 적재할 수 있다. 역시 우크라이나 침공에 앞서 흑해함대의 준비라고 판단하는데 의문의 여지가 없었다.

같은 시기에 러시아 북해함대 소속의 Marshal Ustinov함과 태평양 함대 Varyag함, 그 외 전투함과 지원함 등이 수에즈 운하를 거쳐 지중해로 진입했다. 특히 Marshal Ustinov함과 Varyag함은 흑해함대 Moskva함과 동형의 Slava급 순양함이다. 항모를 보유하지 않은 러시아 해군이 항모에 대응하기 위해 건조한 함정이 바로 Slava급 순양함이다. Table 3와 같이, Slava급 순양함은 3차원 광역 대공탐색 레이더와 사거리 500 km 이상의 장거리 대함미사일 그리고 S-300 방공미사일을 탑재하여 미 해군 항모강습단을 포함한 NATO 항공전력에게 큰 위협이 되는 존재였다. 최초 10척 건조를 계획했으나 예산 부족으로 4척 건조한 후 러시아가 3척 보유했었고, 1척은 우크라이나에서 폐기된 것으로 알려졌다.

한편, 러시아 해군의 지중해와 흑해 일대 해상전력 전개와 증강에 앞서 미국을 비롯한 NATO의 대응도 민첩했다. 실제로, 1월 24일부터 2월 4일까지 미

해군 6함대와 NATO 해군은 지중해 이탈리아 근해에서 “Neptune Strike 22” 해상훈련을 실시했다. Harry S. Truman 항모강습단, 이탈리아 CAVOUR 항모강습단, NATO 제2해양기동단(NATO Maritime Group 2), 그리고 제2기뢰대항단(Mine Counter Measure Group 2) 등 28개국, 함정 15척, 항공기 90여 대 그리고 다수의 병력이 참가한 이 훈련은, 러시아의 우크라이나 침공을 대비한 NATO의 해군력 현시(presence)와 같아서 러시아의 우크라이나 침공 기도를 완화할 수 있을 것으로 기대되었다.

그러나 “Neptune Strike 22” 해상훈련의 기대와 달리, 러시아는 2월 13일부터 19일까지 흑해와 아조프해(Sea of Azov) 일대를 NOTAM 구역으로 설정하고(Fig. 2 참조) 미사일과 함포 등 해상 실사격 훈련을 한다는 명목으로 해상은 물론 공중 영역에서 러시아 외 모든 플랫폼의 이동을 차단했다. 이는 우크라이나 침공을 위해 유리한 전장 여건을 조성하려는 술책이라는 것이 분명해 보였다. 게다가 Slava급 순양함 3척을 기함으로 하는 러시아 해군 수상전투단(Surface Action Group)이 지중해와 흑해에 전개하여 흑해에 인접하는 수상, 수중, 공중 길목을 차단했다. NATO의 개입을 힘으로 맞서겠다는 러시아 해군의 강대강 구도가 분명해 보였다.

그런데 NATO 해군이 러시아 해군과 확전을 감수하고 적극적으로 개입하려 했어도 발목을 잡는 것은

Table 2. 개량형 Kilo급 잠수함 제원[7]

이미지	전장 (m)	전폭 (m)	흘수 (m)	무게 (ton)	최대속력 (kts)	항속거리/속력	무장능력
	73.8	9.9	6.6	2,350	19.8	4.00 nm/3 knots	Kalibr MSL 4발, SAM 8발, 어뢰 18발, 기뢰 24발

Table 3. Slava급 미사일 순양함 제원[7]

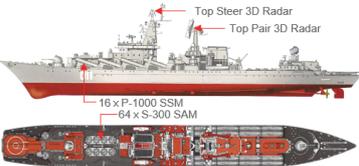
이미지	전장 (m)	전폭 (m)	흘수 (m)	무게 (ton)	최대속력 (kts)	항속거리/기간
	18.6	20.8	8.4	113,000	32	7,500 nm/30일



Fig. 2. 러시아의 우크라이나 침공 전 NOTAM 설정[6]

몽트뢰 협약(Montreux Convention)이었다. 이 협약에 따라 튀르키예는 흑해와 지중해 사이의 해상통로인 보스포루스 해협과 다르다넬스 해협의 군함의 통항을 규제할 수 있다. 실제로 튀르키예는 러시아의 우크라이나 침공 5일째인 2월 28일부터 이 해협의 군함 통항을 금지했다. 결국 흑해에 고립된 러시아와 우크라이나 해군 간 일대일 대결이 될 형세였는데, 해양전에서 유래를 찾아보기 힘든 다윗과 골리앗의 싸움이 턱밑까지 이르렀다.

2.3 흑해 해양전 2막: rehearsal & movement

2월 24일 침공 직전, 지중해 전개 중이던 러시아 해군의 2개 수상전투단은 시리아 근해로 이동하여 1개 대규모 수상전투단으로 재편성했다. 당시 편성된 함정이 총 16척 정도였는데, Slava급 순양함 2척을 비롯한 전투함, 잠수함뿐만 아니라 군수지원함, 예인정 등까지 포함된 것으로 봐서 장기전도 불사할 모양새였다.

2월 24일 침공 당일 새벽, 러시아는 지상군 4개 축선을 주공으로 우크라이나를 침공했다. 동시에 흑해함대는 조공으로서 흑해 일대 해양통제와 지상군 진출 지원을 위해, Fig. 3와 같이 1개 수상전투단을 우크라이나 남방인 크림반도 서측 해역에 전개시켰다. 그리고 흑해함대는 우크라이나와 루마니아 중간 수역에 있는 우크라이나의 스네이크 섬(Snake Island)을 신속히 탈취했다. 이 섬은 흑해함대에 전략적 가치를 부여하는 섬이었다. 그 이유는 첫째, 이 섬은 NATO에 대한 A2/AD(anti-access/area denial) 구역을 서쪽으로 확장할 수 있는 최적의 FOB(forward operating base)였다. 둘째, 전방군수지원

기지로 유용했다. 마지막으로, 흑해 SLOC(sea lines of communication) 통제 지점으로도 적합했다.

3월 1일(침공 6일째) 친러국 벨라루스는 자국 안보회의 방송에서 우크라이나를 거쳐 친러 분리주의 미승인 국가인 트란스니스트리아(Transnistria)까지 이동하는 동선을 공개했다. 이 내용에 의하면, 러시아군이 트란스니스트리아까지 진격하기 위해서는 오데사(Odesa) 상륙작전 선행이 필수였다.



Fig. 3. 러시아의 우크라이나 침공 축선(ISW 참조하여 재구성) [8]

트란스니스트리아는 패망한 구소련의 잔존으로 인식된 곳으로, 1992년부터 러시아 군이 평화유지군이라는 명목으로 상주해왔고 다수의 친러 성향 주민이 거주 중이다. 만약 러시아가 오데사를 거쳐 트란스니스트리아까지 확보한다면 흑해에 대한 완전한 장악은 물론 NATO를 감시 및 차단하는 회랑(corridor)을 구축하고 우크라이나를 전방위로 포위하고 압박하는 전략적 효과를 달성함은 물론, 100여 년 전의 러시아 제국의 영토까지 되찾을 수도 있다.

3월 2일(침공 7일째), 오데사 근해에 정박 중이던 2,100톤급 상선 Helt호가 수중폭발로 침몰했다. 당시 투묘 상태에서 발생한 수중폭발이라는 점에서 부류기뢰(floating mine)에 의한 폭발이라는 말이 있었지만, 러시아는 별다른 반응이 없었다.

3월 3일(침공 8일째), 크림반도 서측 연안에 최소 8척의 흑해함대 상륙함이 전개했다. 이로써 3월 1일 벨라루스의 안보회의에서 암시한 오데사 상륙작전의 신빙성은 높아졌다.

3월 14일(침공 19일째), 흑해에 인접한 아조프해 베르단스크(Berdyansk)에서 우크라이나의 별다른 저항 없이 흑해함대의 상륙작전이 감행되었다. 베르단스크는 크림반도와 돈바스의 중간 지역으로, 해상

을 통한 군수물자의 적하역 장소로 적합한 곳이었다. 흑해함대의 베르단스크 확보는 오데사 상륙작전의 임박을 알리는 신호였다.

3월 15일(침공 20일째), Fig. 4와 같이 2개 전투전대와 소해함이 포함된 1개 상륙전대로 편성된 흑해함대 상륙기동부대가 오데사 남방 해역에 전개했다. 상륙전대 선두에 있는 소해함 1척은 미상의 소해구를 예인했고 그 뒤에서 상륙함 3척과 예인정 1척이 포함한 총 5척의 함정이 단일진을 형성했는데, 일종의 선도항해(lead-through)와 유사한 진형(formation)이었다. 중앙에 전개한 전투전대는 미사일 탑재 전투함 4척이 능형진(diamond formation)을 형성했다. 좌측 전투전대는 Moskva함과 상륙함 3척, 미사일 전투함 1척을 포함한 5척이 능형진을 형성했다. 전투전대가 능형진을 형성하는 것은 대공방어를 위한 의도로 판단되고, 6척의 상륙함 규모를 고려할 때 상륙 규모는 2개 해군보병대대급으로 판단되었다.

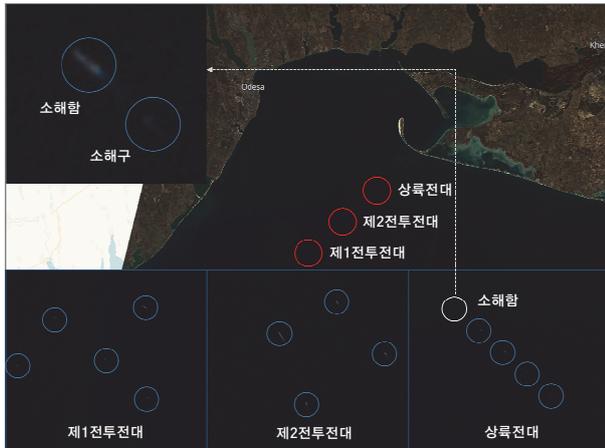


Fig. 4. 흑해함대 상륙기동부대(2022년 4월 15일, 'Sentinel-2' 위성자료 참조하여 재구성)[9]

앞서 3월 2일 오데사 근해에서 정박 중이던 HELT호 침몰이 부류기뢰 위협 가능성을 부연하면, HELT호 침몰 해역은 오데사 항에서 동남방 20 nm 정도 떨어진 수심 약 20 m - 30 m 정도의 천해(sallow water)였다. 천해에 투묘한 HELT호가 기뢰에 접촉되었다면 그 기뢰는 Fig. 5와 같이 계류기뢰(moored mine)의 계류삭(mooring wire)이 절단되어 기뢰 몸통만 수면 또는 수면 가까이 떠다녔던 부류기뢰일 가능성이 컸다.

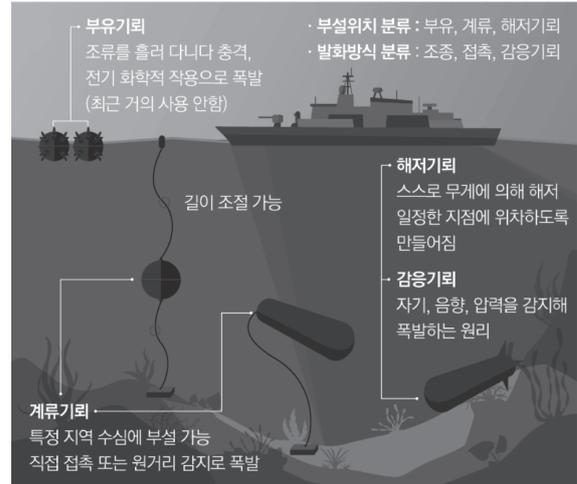


Fig. 5. 기뢰의 종류[2]

당시 서방 언론은 이 문제를 심각하게 다루었다. 상선 HELT호의 침몰이 부류기뢰 접촉 때문일 수 있다는 보도가 넘쳐났다. 그러나 러시아의 반응은 미온적이었다. 그럴 수밖에 없는 게, 러시아 지상군의 진격이 모든 전선에서 더딘 상태여서 지상군 진격을 지원할 방안은 오데사 상륙작전이 유일했다. 그런데 부류기뢰는 위치가 유동적이어서 언제 어디서 폭발할지 모르고 탐색이나 소해도 쉽지 않다. 정말 부류기뢰였다면 다수의 함정을 보유한 러시아는 심각한 골칫덩어리와 만나게 되고, 함정이 한 척도 없는 우크라이나는 러시아의 공세를 약화할 기회를 얻게 된 셈이다.

3. 우크라이나의 흑해 해양거부

3.1 흑해 해양전 3막: culmination without action

3월 16일(침공 21일째), 이유는 알 수 없는 가운데, 해상 전개 중이던 흑해함대 함정 몇 척이 세바스토폴 항에 입항했고, 3월 17일(침공 22일째) 상륙함과 소해함을 제외한 전투함 6척(또는 이상) 정도가 해상에 전개했다.

3월 18일(침공 23일째), 러시아의 노보로시스크(Novorossiysk) 연안사무소와 소치(Sochi) 해양조사소는 흑해 연안 일대 기뢰위협 경고를 전파했다. 다음날 3월 19일(침공 24일째) 러시아 정부의 FSB(Federal Security Service)도 흑해 일대 기뢰위협을 전파했고 기뢰위협구역(mine threat area)을 홈페이지

지에 게시했다. 기뢰위협구역은 Fig. 6에 나타난 것처럼 초르노모르스크(Cernomorsk), 오데사, 유즈네(Yuzhne) 그리고 오차코프(Ochakiv) 일대를 기준으로 4개소였다.

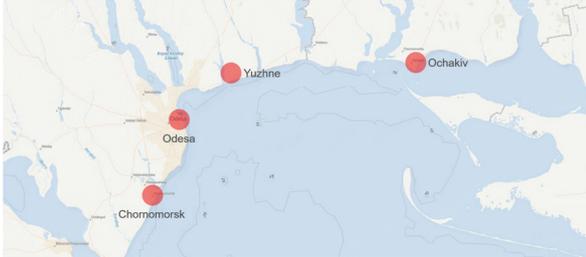


Fig. 6. 러시아가 발표한 흑해 일대 기뢰위협(러시아 연방보안국 발표자료 참조하여 재구성)[1]

또한 러시아 연방보안국은, 우크라이나가 Table 4의 구형 계류기뢰(YAM 또는 YARM) 420발을 흑해에 부설하여 국제법을 위반했다고 주장했다. 결과적으로 러시아 정부가 흑해 일대 기뢰위협을 공식 인정한 셈이다.

러시아가 밝힌 기뢰위협구역 4개소는 오데사 항을 중심으로 좌우로 펼쳐진 연안 해역으로, 수심 25 m를 이루는 중앙 부분을 제외한 곳은 수심이 10 m 이내 극천해(very shallow water) 해역이라서 우리나라의 서해 또는 서남해 연안과 수심이 유사하다. 참고로, YAM 및 YARM 기뢰는 2차 세계대전 당시 구소련이 개발한 기뢰인데 현재 북한도 동종 또는 유사 기뢰를 보유하고 있을 가능성이 있다.

3월 26일~28일(침공 31일~33일째), 루마니아에서 튀르키예에 이르는 연안에서 부류기뢰가 발견되

었다. Fig. 7에 나타난 바와 같이, 3월 28일 루마니아 근해에서 발견된 기뢰 몸통에는 우크라이나가 생산한 기뢰를 의미하는 문자와 숫자가 표시되어 있었다. 러시아는 즉각 우크라이나가 기뢰를 부설했다고 비판했다. 반면, 우크라이나는 2014년 러시아가 크림반도를 탈취할 당시 노획한 기뢰라고 주장했다. 양측의 주장은 상호 설전으로 끝났지만, 풀리지 않는 몇 가지 의문이 있다.

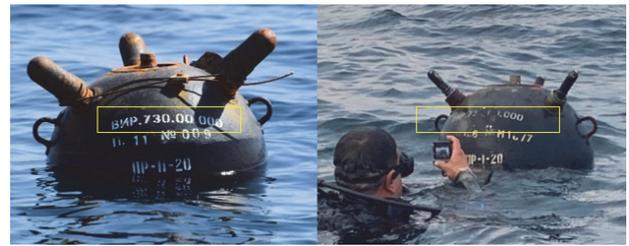


Fig. 7. 루마니아 근해 발견된 부류기뢰[10]

첫째, 우크라이나 해군은 침공 이전부터 흑해함대의 흑해 해양통제로 인하여 함정 활동이 불가능했다. 심지어 침공과 동시에 경비정 수준의 해군력마저도 상실해서 함정에 의한 기뢰부설 수단이 없었던 상태였다.

둘째, 기뢰부설 수량은 부설한 자만 정확히 알 수 있다. 그렇다면 러시아 연방보안국이 발표한 계류기뢰 420발 정보는 누구로부터 입수했는지 밝혀야 하는데, 러시아 연방보안국의 추가 발표는 없었다.

셋째, 러시아 연방보안국의 기뢰위협구역과 Fig. 8과 같이 기뢰가 발견된 장소가 300 km – 600 km 정도 떨어져 있었다. 즉 러시아 연방보안국이 기뢰위협

Table 4. 러시아가 발표한 오데사 일대 부설 추정 기뢰[13]

기뢰 종류	이미지	개발시기	무게 (총/폭약, kg)	크기 (길이×폭×높이, m)	수심 (부설/접촉, m)	부설 간격 (m)	기타
YAM 천해/심해 계류기뢰		1943년	175/20	0.68 × 0.585m × 0.98	2.5 - 280/ 0.5 - 2	20	<ul style="list-style-type: none"> 1943년 구소련 개발, 1944년 양산 독소전쟁, 한국전쟁 당시 사용
YARM 극천해 계류기뢰		1954년	13/3	0.275 × 0.51	1 - 12/ 0.1 - 0.3	12	<ul style="list-style-type: none"> 극천해 대상륙방어용 기뢰 기계적 충격신관

구역은 3월 18일부터 기뢰가 발견된 3월 26일까지 8일간 부류기뢰가 해류를 따라 일정한 방향으로 이동해서 600 km 떨어진 튀르키예 연안까지 흘러갔다는 것이다. 그러나 흑해는 폐쇄형 분지(basin)로서 조류의 영향이 약해서 부류기뢰가 8일 동안 600 km를 이동했다는 것은 이해하기 어렵다. 흑해에서 부류기뢰가 발견되면 발견 장소가 기뢰부설 장소라고 보는 것이 합리적이다. 발견된 기뢰들이 흑해 NATO 회원국 연안이라는 것도 풀리지 않은 의문이다.



Fig. 8. 부류기뢰 발견 장소(‘Covert Shores’ 자료 등을 참조하여 재구성)[10]

마지막으로, NATO는 러시아의 침공 이전부터 위성과 유·무인기 정찰기로 흑해 일대 감시정찰을 강화했고 수상전력에 의한 기뢰부설 정·첩보는 없었던 것으로 알려졌다. 그렇다면 수중전력에 의한 기뢰부설 가능성만 존재했다. 그렇다고 흑해함대 잠수함이 계류기뢰를 부설할 수 있는 구조는 아니었다. 단, 흑해함대가 의도적으로 잠수함을 이용하여 기뢰를 부설하려면 Fig. 9와 같이 잠수함 내부에 계류기뢰 부설장치를 설치하거나 외부에 기뢰부설장치를 장착해야만 한다.



Fig. 9. 1차 세계대전 당시 독일의 기뢰부설 잠수함[10]

위 네 가지 의문에 대한 신빙성을 떠나, 3월 19일 러시아 연방보안국의 기뢰위협구역 발표 후 흑해함대가 기뢰를 탐색하거나 제거(소해)한 활동은 없었다. 흑해 해양통제 중인 흑해함대는 다수의 소해함을 보유하고 있었음에도 기뢰대항 임무에 적극적이지 못했던 이유 역시 의문이 아닐 수 없다.

3.2 흑해 해양전 4막: counter attack

기뢰위협 후 흑해함대는 더 이상 대규모 진형성 유지가 불가능했는지, 상륙함과 소해함을 인근 항구로 입항시켰다. 한편 이때부터 우크라이나는 비대칭전력을 포함한 각종 수단으로 연안에 근접하거나 항구에 정박 중인 흑해함대 함정을 공격했다. 침묵하던 우크라이나가 반격을 개시하였다.

3월 22일(침공 27일째), 우크라이나는 아조프(Azov)해 마리우폴(Mariupol) 연안을 향해 중이던 흑해함대 Raptor급 경비정을 공격하여 피해를 주었다. 매체에 공개된 영상에 의하면, 우크라이나 매복병사가 대전차 미사일(9M113 Kornet 추정)로 공격하는 장면이 나오는데, 이는 흑해 해양전 기간 중 우크라이나가 러시아 함정을 공격한 첫 사례였다.

3월 24일(침공 29일째), 아조프해 Berdyansk 항에 정박 중이던 흑해함대 Alligator급 상륙함 1척이 우크라이나의 TEL(Transporter Erector Launcher)¹⁾ 공격으로 다음 날 침몰했다. 그리고 인근 정박 중이던 Ropucha급 상륙함 2척은 S-400 대공방어체계가 구축된 세바스토폴 항으로 급히 대피했다. 우크라이나가 지대지 미사일로 정박 중인 흑해함대 함정을 대파하자 러시아는 당혹감을 감출 수 없었다. 설상가상 러시아는 기뢰위협으로 멀리하고자 일부 함정을 항구로 대피시켰는데, 예상치 못한 우크라이나의 미사일 공격으로 대공방어까지 강화해야 할 처지가 되었다. 비록 세바스토폴 항에는 S-400 대공방어체계가 배치되어 있지만 이것만으로 대공방어를 확신할 수 없었을 것이다. 따라서 스네이크 섬 동방에서 광역대공방어 임무를 수행 중인 Moskva함의 재배치가 불가피했다.

3월 30일(침공 35일째), 러시아는 UN의 흑해 통

1) 1975년부터 구소련이 운용했던 OTR-21 Tochka 지대지 미사일 체계. 북한은 시리아로부터 수입 후 역설계를 통해 KN-02로 개발 추정 (missilethreat.csis.org).

항을 위한 인도주의적 노력에 편승하겠다는 명분을 내세우면서, 선의(goodwill) 차원에서 전략적 요충지인 스네이크 섬에서 철수를 단행했는데, 선의보다는 필연일 개연성이 높다. 왜냐하면, 기뢰위협으로 인해 상륙함이 항구에 대기 중인 상황에서 스네이크 섬의 전략적 가치가 줄어들었고, 오히려 Moskva 함을 스네이크 섬 인근에서 동쪽 외해로 재배치함으로써 세바스토폴 항을 중심으로 대공감시를 강화하여 정박 중인 함정의 생존성을 증대하는 것이 합리적이기 때문이다.

4월 12일(침공 48일째), Fig. 10과 같이 Sentinel 위성으로 포착된 흑해 일대 영상에는 Moskva함이 스네이크 섬 동방 약 50 km 해역에서 활동하고 있었다. 우크라이나의 지대지 TEL 최대사거리를 고려한 위치 선정으로 보였다. 이때까지만 해도 러시아는 우크라이나가 최대사거리 280 km의 Neptune 미사일 정보를 확보하지 못했던 것이 분명했다.

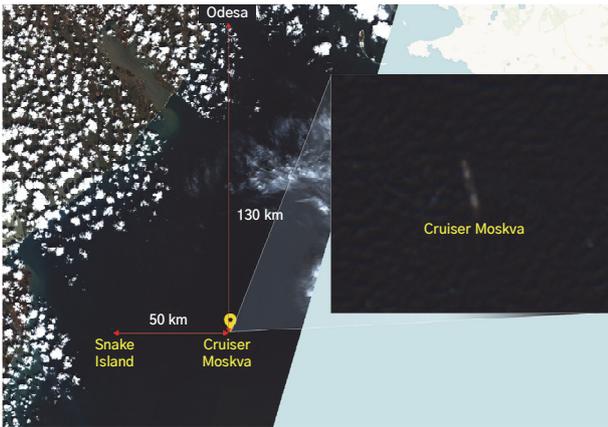


Fig. 10. Moskva함 위치(2022년 4월 12일, 'Sentinel-2' 위성 자료 참조하여 재구성)[9]

4월 13일(침공 49일째), Moskva함은 전날과 비슷한 위치에서 활동했다. 우크라이나는 Moskva함 인근에 UAV(TB-2) 여러 대를 보내 주의를 분산시켰고 이 틈을 이용하여 Mineral-U(이동식 다기능 레이더)로 Moskva함의 위치를 정확히 계산하여 저고도 순항 Neptune 미사일로 Moskva함을 타격했다.

4월 14일(침공 50일째), 심한 손상을 입은 Moskva함은 예인 도중 수심 50 m 해저 흑해에 침몰했다. Fig. 11은 Moskva함이 피격된 후 Sentinel-2 SAR(synthetic aperture radar)에 포착된 사진이다. 4월 12일 포착된 위치와 피격 위치가 비슷한 점으로 보

서 Moskva함은 스네이크 섬 동방에 머물면서 함위가 노출되었고, 기동이 단순해서 표적화는 쉬웠을 것으로 판단된다. 그러나 러시아는 화재로 인한 폭발 폭발로 Moskva함에 선체 손상이 발생했고 예인 도중 폭풍을 만나 균형을 잃고 침몰했다고 보도하여 우크라이나의 Neptune 대함미사일로 공격받은 것은 부인했다.

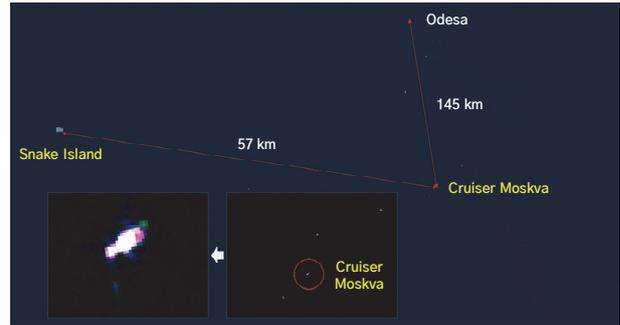


Fig. 11. Moskva함 위치(2022년 4월 13일, 'Sentinel-2' 위성 자료 참조하여 재구성)[9]

Moskva함의 침몰 원인은 차치하더라도 흑해함대 유일한 MASOC(maritime air support operations center) 임무를 담당했던 Moskva함의 침몰로 상륙작전 가능성은 완전히 소멸했다. 그리고 해양통제에도 커다란 구멍이 발생하여 흑해함대의 전략적 목표 달성은 불가능해졌다.

항공모함에 비견할 평가를 받았던 Moskva함의 피격은 전 세계로 급속히 전파되었다. 그리고 Moskva함을 시작으로 일련의 함정 피해는 시간이 지날수록 속출했다. 흑해 해양전은 러시아가 함정이 한 척도 없었던 우크라이나를 힘으로 제압하려 했지만, 오히려 가장 치욕적인 싸움이었다는 것을, 흑해에 침몰한 Moskva함이 증명해 주고 있다.

지금까지 50일간의 흑해 해양전 경과를 살펴보면, 러시아는 흑해 해양전에서 패했다고 간주해도 무방하다. 그리고 러시아를 패하게 만든 결정적 지점(decisive Point)은, “기뢰로부터 시작되었다”라고 판단할 수 있다.

4. 러시아의 흑해 해양전 패인 분석

러시아 흑해함대가 기뢰대항능력이 우수했다면 함정의 분산을 최소화하면서 Moskva함을 중심으로

흑해 해양통제를 지속했을 것이고 상륙작전을 위한 선견부대작전의 일환으로 기뢰대항 작전도 원만하게 진행했을 것이다. 그러나 기뢰의 출현으로 흑해 함대는 분산하였고 Moskva함도 침몰하자 세계는 다양한 각도에서 원인을 분석했고, 교훈을 제공했다. 그러나, 여태까지 흑해 해양전의 기뢰대항전에 대한 분석이나 교훈은 찾아보기 어려웠다. 따라서 지금부터는 흑해함대의 기뢰대항 능력을 파악해보고 문제점을 분석하고자 한다.

4.1 러시아 흑해함대 소해함 기뢰탐색능력

Table 5에 나타난 바와 같이 러시아는 세계에서 가장 많은 소해함을 보유한 소해 대국이다. 총 47척의 소해함을 보유 중이고 흑해함대는 Table 6와 같이 Natya급 4척, Gorya급 2척, Alexandrite 3척 등 총 8척을 보유 중이다. 8척의 소해함을 보유한 흑해함대는 오데사 상륙작전 준비 기간 중 소해함을 1척만 투입했고 2022년 3월 18일 기뢰위협 전파 후 항구로 대피시켰다. 기뢰위협이 예견되거나 농후하면 다

수의 소해함을 투입하여 기뢰를 탐색하거나 소해하는 것이 원칙인데, 흑해함대는 무슨 까닭으로 소해함을 추가 전개하지 않았을까? 흑해함대 소해함의 기뢰대항 능력이 어느 정도의 수준인지 기술적 관점에서 알아보려고 한다.

기뢰대항능력은 크게 기뢰탐색능력(mine hunting)과 기뢰소해능력(mine sweeping)으로 구분된다. 먼저 기뢰탐색능력에서 음탐기의 해상도 또는 resolution은 매우 중요하다. 해상도는 Fig. 12와 같이 across track 해상도와 along track 해상도로 나뉘고 주파수(frequency), 어퍼처(aperture), 펄스(pulse), 밴드폭(bandwidth), 신호대잡음비(SNR, signal to noise ratio) 등의 영향을 받는다.

여기서 across track 해상도를 높이려면, CW 펄스일 경우 PL(pulse length)을 짧게 하면 된다. 그러나 Fig. 13의 M&S 결과에서 보듯이 SNR이 감소하여 상대적으로 signal보다는 noise가 많음을 알 수 있다. 시기적으로 2000년 이전에 개발된 소해함 음탐기에는 CW 펄스가 사용되었다. 반면, LFM(linear frequency modulation) 펄스는 Fig. 14의 M&S 결

Table 5. 러시아 소해함 현황[7]

소해함 함형	발트함대	흑해함대	북해함대	태평양함대	카스피해 전단	척수
Seagoing minesweepers(MSO)	2	8	2	5	-	17
Base minesweepers(MSC)	3	-	6	7	2	18
Inshore minesweepers(MSI)	5	-	1	1	5	12
계	10	8	9	13	7	47

Table 6. 러시아 흑해함대 소해함[7]

Class	이미지	선체 재질	무게 (ton)	전장 (m)	전폭 (m)	흘수 (m)	최대속력 (kts)	항속거리/시간	소해구	음탐기
Natya Class MCMV (Project 266M, 4척)		Low magnetic steel	800	61	10.2	2.97	71	2,700 nm/10일	MMS, CIS	LIVADIA (PVDS) × 1척 MG-69/79 (HMS) × 3척
Gorya Class MCMV (Project 12660, 1척)		Low magnetic steel	1,150	67.8	10.95	3.12	15.7	1,500 nm/15일	MMS, CIS	MG-99 (HMS)
Alexandrite Class MCMV (Project 12700, 3척)		Monolithic fiber glass	890	61.75	10.8	3.65	15.9	2,770 nm/10일	MMS, CIS ISPUM (MDV+SSS), USV	LIVADIA (PVDS)

과와 같이 밴드폭을 넓게 하면 across track 해상도가 증가하고 across track 해상도를 유지하면서 PL도 길게 할 수 있어서 SNR도 증가시킬 수 있다. CW 펄스는 해상도와 SNR이 서로 반비례하지만, LFM 펄스는 해상도와 SNR이 비례한다. 한때 모 국외기업이 음탐기에 wideband 기술을 적용했다는 것이 바로 밴드폭을 넓게 한 LFM 펄스라는 것과 같은 의미이다. 이처럼 CW 펄스보다 LFM 펄스가 장점이 많으므로 근래 들어 소해함 음탐기를 비롯한 수중음향탐색 장비에 LFM 펄스를 사용하는 추세다.

Along track 해상도의 경우, 고주파를 사용해야

해상도가 높아진다. 그러나 센서의 채널 간격이 반파장($\lambda/2$) 이상이면 wraparound 현상에 의해 grating lobe가 발생한다. 일단 grating lobe가 발생하면 Fig. 15와 같이 실 표적 주변에 허위 표적(들)이 동반된다. 2000년 이전에 개발된 음탐기의 탐색폭이 유독 좁은 것은 실표적 주변의 허위 표적을 시각적으로 차단하기 위해 전시각을 의도적으로 좁게 만든 것에 원인이 있다. 그리고 음탐기 센서의 채널 간격이 조밀해지면 채널 수가 많아지게 되어 다량의 신호를 처리하는 DSP(digital signal processing) 기술도 필요하다.

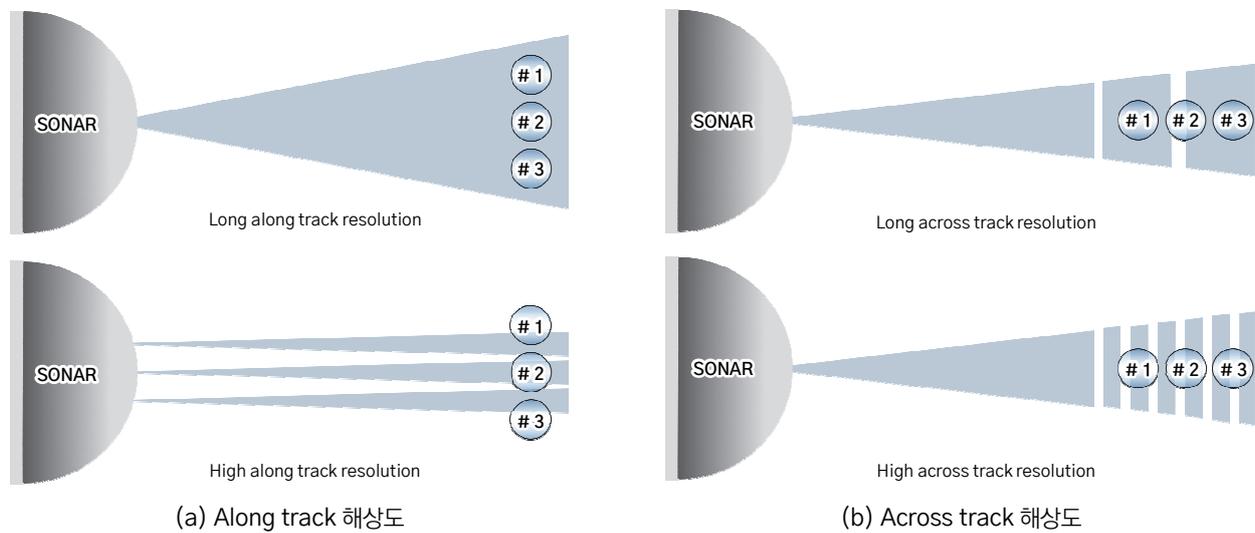


Fig. 12. 소나 해상도 개념

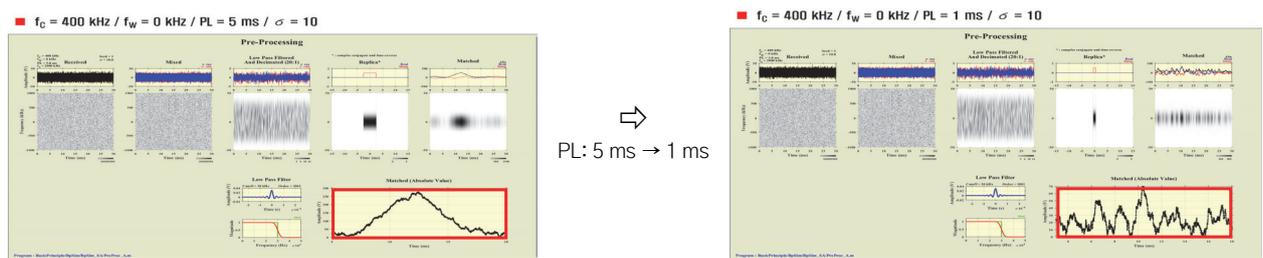


Fig. 13. CW PL vs. SNR

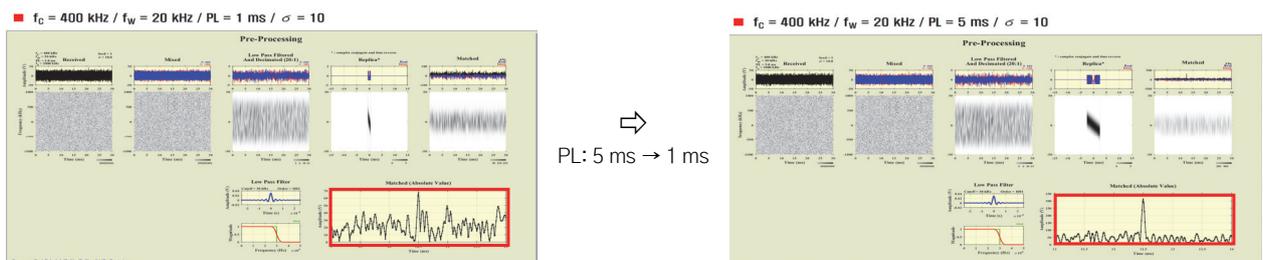


Fig. 14. LFM PL vs. SNR vs. ATR

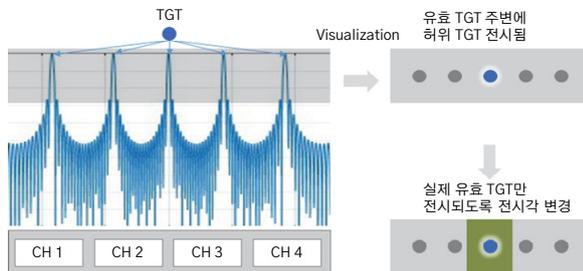
위에서 기술한 해상도 개념을 참고하여, 흑해함대 Natya급, Gorya급 소해함의 음탐기 기뢰탐색능력을 살펴본다. 이 두 소해함의 음탐기는 1970년 이전에 개발한 MG 계열 음탐기로, 주파수는 50 kHz 이하다. 개발시기로 볼 때 CW 펄스를 사용했을 것이다. 그리고 음탐기 센서 설계/제작 기술력도 매우 부족했었을 것이다. 무엇보다도 주파수가 50k Hz라는 것 하나만으로도 이 음탐기의 along track 해상도가 낮음을 예상할 수 있게 해준다. 그리고 MG 계열 음탐기는 최근까지도 성능개량 실적이 없고 수리부속 조달이 안 되는 상태라서 유지보수 관리에 어려움이 많을 것으로 알려졌다.

다음으로 Alexandrite급과 신형 Natya급 소해함에 장착된 PVDS(propelled variable depth sonar) 타입의 Livadia 음탐기에 대하여 살펴본다. 이 음탐기가 최초 등장한 시기는 2005년경이다. 이 시기는 LFM 펄스 사용과 DSP 기술이 확대되던 시기이기 때문에, 이 두 가지 기술이 음탐기 개발에 적용했을 가능성이 높다. 주파수는 미공개이고 예인체가 HMS(hull mounted sonar) 상태에서 저주파로 유사기뢰를 탐색한 후 예인체가 유사기뢰 근처로 이동하여 이

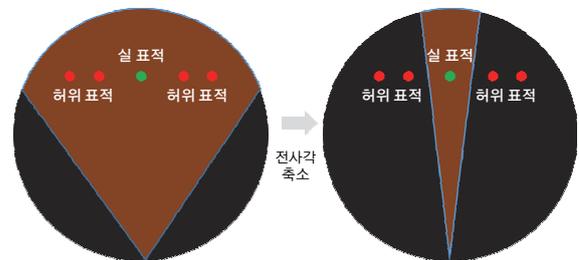
중(dual) 주파수로 기뢰 여부를 최종 식별하는 방식에서 고주파를 사용하는 것을 알 수 있다. 탐색거리는 HMS 상태에서 계류기뢰 최대 900 m, 해저기뢰 최대 560 m이고, VDS 상태에서 계류기뢰 640 m, 해저기뢰 450 m이다. 기뢰탐색 임무는 문제 될 것이 없어 보인다.

그렇다면 Alexandrite급 소해함은 부류기뢰 탐색이 가능할까? 이 소해함의 음탐기는 가변심도음탐기로서 수심 3 m - 300 m 기뢰를 탐색할 수 있다. 음탐기가 HMS 상태에서 탐색각을 상향시키면 부류기뢰를 탐색할 수 있다고 생각할 수 있지만 불가하다는 것이 합리적이다. 비단 Alexandrite급 소해함의 음탐기뿐 아니라 오늘날 대부분의 소해함 음탐기는 부류기뢰 탐색이 어렵다. Fig. 16(a)에서처럼 일반적으로 소해함 음탐기의 음파는 원거리일수록 음속 경로가 하향하거나 주변 잡음으로 인하여 탐색 효과가 감소하기 때문에 계류기뢰 탐색이 가능할 수 있지만 부류기뢰 탐색은 매우 어렵다.

이상의 흑해함대 소해함의 기뢰탐색능력을 종합하면, 계류기뢰 탐색은 가능하지만 부류기뢰 탐색은 불가할 것으로 판단된다. 2022년 3월 18일 러시아 연

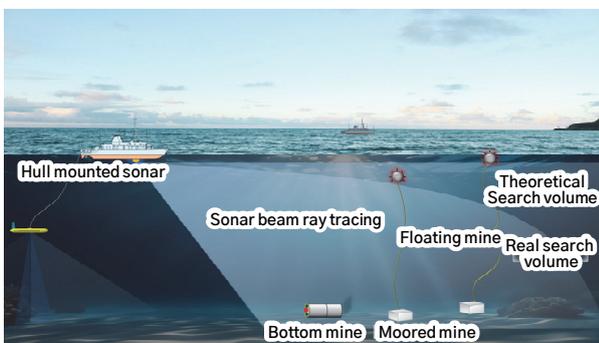


(a) Grating lobes

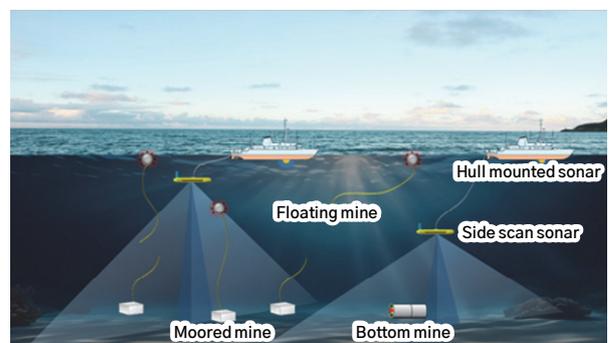


(b) Wraparound

Fig. 15. Grating lobes & wraparound



(a) 소해함 음탐기 탐색 개념



(b) 수중탐색음탐기 탐색 개념

Fig. 16. 기뢰탐색음탐기 탐색 개념

방보안국이 부류기뢰를 포함한 기뢰위협구역 경보를 알렸지만, 흑해함대 소해함이 1척도 전개하지 않았던 이유를 짐작할 수 있게 해주는 지점이다. 소해함 음탐기로 부류기뢰를 탐색하는 것은 현재의 기술로 매우 어려우므로 Bathymetry 기술을 적용한 수중공간(water volume) 탐색 기술의 개발이 필요하다.

4.2 러시아 흑해함대 소해함 기뢰소해능력

흑해함대에서 8척의 소해함은 MMS(mechanical mine-sweeping system)와 CIS(combined influence-sweeping system)를 탑재했다. 그리고 Alexandrite 급 소해함에는 별도로 무인기뢰대항체계인 ISPUM과 MCM USV가 탑재된 것으로 알려졌다.

먼저 MMS는 계류기뢰를 소해하는 장비이고 CIS

는 자기/음향 등 복합감응기뢰를 소해하는 장비로서 공산권에서도 오랜 세월 동안 사용해 온 장비다. 음탐기에 비해 고난도 기술이 요구되지 않고 기능/성능 면에서 서방의 동종 장비와 유사한 수준일 것으로 판단된다.

2019년 무인기뢰대항체계로 ISPUM 장비가 공개되었다. 무인기뢰처리(Table 7 참조)와 수중탐색음탐기(side scan sonar) 기능을 갖춘 장비(Fig. 16(b) 참조)가 한 세트에 구성되었다. 기뢰탐색능력은 미공개이지만, 러시아의 자체 기술을 탑재했을 것으로 추측되므로 높은 수준은 아닐 것으로 판단된다.

소해함 음탐기나 무인체계 탐색센서는 모두 이미징 소나(imaging sonar)의 일종으로, 러시아는 주로 프랑스 등 서방에서 이미징 소나를 수입해서 사용해 오던 중, 2014년 러시아의 크림반도 장악으로 인해

Table 7. 무인기뢰 대항장비 - ISPUM[11]

장비	이미지	운용수심 (m)	운용속력 (m/s)	비고
SPA (self-propelled underwater vehicle)		10 - 300	3	일종의 MDV와 유사
BT (towed body)		150	6	일종의 SSS와 유사

Table 8. 러시아가 개발 중인 기뢰대항USV[4]

Model	이미지	무게 (ton)	크기 (m)	최고속력 (kts)	항속기간	비고
Skanda		2 (payload: 1)	7.03(L) × 2.49(W)	25	4시간	<ul style="list-style-type: none"> BL-680R IBS 선체 기반 Alexandrite급 소해함 탑재 MCM 임무장비 미확인
Iskatel		5.4 (payload: 0.5 - 0.6)	8.4(L) × 3m(W) × 3.4m(H)	25	7일	<ul style="list-style-type: none"> 2016년 해상시험 완료 MCM 임무장비 미확인
Buk-600		-	8.4(L)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 2016년 해상시험 완료 MCM 임무장비 미확인

유럽이 금수조치를 단행한 이후 현재는 자체기술로 개발 중일 것으로 알려졌다. 그러나 고해상도 멀티빔 에코사운더(MBES, multi beam echo sounder)나 합성개구소나(SAS, synthetic aperture sonar) 수준의 고해상도 이미징 소나 기술 수준에는 아직 도달하지 않은 것으로 판단된다. 설령 러시아가 고해상도의 이미징 소나 기술 수준에 도달했어도 Bathymetry 기술이 적용된 부류기뢰 탐색기술까지 확보하진 못했을 것이다.

소해함에 탑재된 MCM USV의 구체적인 기종은 밝혀진 바 없지만, Table 8과 같이 3가지 종류의 USV가 있는 것으로 알려졌다. 다만, MCM USV가 갖춰야 할 임무장비는 미확인(미공개) 상태인데, 미국, 영국, 프랑스 등의 경우 MCM 임무장비 연구개발에 15년 이상의 시간과 수많은 실험을 거친 만큼 러시아가 언제 MCM USV와 임무장비까지 완벽하게 갖출지는 미지수다.

이상 흑해함대의 기뢰소해능력을 정리하면, MMS와 CIS는 모든 소해함에 탑재되어 기본임무 수행에는 문제가 없다. Alexandrite급 소해함에는 무인기뢰대항체계가 탑재된 것으로 알려졌지만 만족할 만한 기술수준에는 도달하지 않은 것으로 판단된다.

4.3 러시아 흑해함대 상륙작전의 성공 가능성

러시아 소해함의 기뢰대항능력은 양적으로 충분했지만, 질적으로 미흡한 점이 많았다. 그렇다면 상륙작전에 대비한 기뢰대항능력이 부족했기 때문에 상륙작전이 어려웠거나 불가능했다고 판단할 수 있는데 전혀 그렇지 않은 않았다. 기뢰위협 경보가 없었던 2022년 2월 24일부터 3월 18일 기간에 소해함을 다수 투입하여 최소한 Q-Route를 확보하고 상륙작전을 시도했다면, 우크라이나는 대상륙작전을 위해 남부전선 방어병력을 차출하여 투입해야 하는 고민에 빠졌을 것이다.

상륙작전 중 상륙돌격(amphibious assault)은 아닐지라도 상륙양동(amphibious demonstration) 효과는 충분히 발휘했을 것이다. 그러나 흑해함대는 기대 이하의 상륙양동 효과만 달성했다. 왜냐하면 상륙작전의 상륙양동 효과를 달성하기 위해서는 정규전력을 편성하고 PERMA(planning, embarkation, rehearsal, movement, action) 절차에 따라 상대가

상륙돌격으로 오인하도록 유인해야 한다. 당시 흑해함대 상륙기동부대는 2개 전투전대와 1개 상륙전대, 그리고 2개 해군보병대대로 편성하여 외형적으로 상륙돌격을 위한 정규 편성으로 보였지만, 8척의 소해함 중 1척만 투입한 것은 큰 실수였다. 게다가 기뢰위협에 미온적 대처로 인하여 결국 행동(action)은 취소되었고 Moskva함의 침몰 이후의 공세 종말(culmination)로 이어졌다. 무엇보다도 기뢰대항전을 간과한 상륙작전은, 기뢰전을 이해한다면, 그냥 보여주기식 작전이라는 판단을 내리는 중요한 단서이기 때문이다.

5. 교훈 및 시사점

5.1 교훈: 북한은 반드시 기뢰를 운용할 것이다.

2022년 2월 24일 흑해함대는 흑해를 해양통제하면서 오데사 상륙작전을 준비했지만, 침공 50일째 기함이 침몰하면서 상륙작전은 취소되고 전황은 불리한 국면을 맞이했다. 원인은 다양할 수 있지만, 오데사 연안에 420발의 계류기뢰 위협이 경고되었고 일부는 부류기뢰 상태라서 해상전력이 분산할 수밖에 없었고 Moskva함이 침몰하면서 상륙작전도 취소되었다.

그리고 지금으로부터 70여 년 전인, 1950년 10월 20일 한국전쟁 당시 원산상륙작전은 계획일보다 수일이 지연된 가운데 조용히 진행되었다. 국군이 이미 원산을 확보한 터라 상륙작전이라기보다는 입항 수준의 기동이었다. 상륙작전이 지연된 것은 구소련의 지원으로 북한이 부설한 3,000여 발의 기뢰로 인해 소해작전이 예상보다 지연되었기 때문이다. 당시 북한군이 부설한 기뢰는 YAM이나 YARM과 같은 계류기뢰가 많았는데, 의도적으로 계류식을 잘라 바다로 보내면 한반도의 북한 조류 특성상 전 해역으로 흘러가는 특성을 교묘하게 활용했었다는 기록도 있다.

이 두 해전사(naval history)는 무려 70여 년의 격차를 두고 있지만, 기뢰위협이 주는 함의는 예나 지금이나 같다. 그리고 70여 년 전에 부류기뢰가 현대전에서도 난제로 등장했다는 것은 우리의 안보현실과 직결되는 문제이기도 하다. 즉, 우리와 대적 중인 북한은 2만여 발의 기뢰를 보유하고 있다. 비록 오

래되고 성능을 확인할 수 없는 기뢰라 할지라도, 흑해 해양전 사례를 반면교사로 삼아, 한반도 해역에서 기뢰의 자유를 구속할 가장 저렴하고 효과적인 수단이라는 것을 북한은 누구보다도 잘 알고 있을 것이다. 그리고 북한이 그토록 많은 노후된 잠수함을 여태 보유하고 있는 이유도 기뢰를 부설하는 잠수함을 절대 포기하지 않기 때문일 것이다.

5.2 시사점: 기뢰위협 대응을 위한 새로운 관점

50일간의 흑해 해양전은 ‘흑해 통제 → 상륙작전 준비 → 기뢰위협 → 해상전력 분산 → Moskva함 침몰 → 상륙작전 취소 → 우크라이나 반격’ 순으로 전개되었으며 ‘기뢰위협’이 흑해 해양전의 중요한 연결고리였다.

여기서 흑해 해양전의 한 연결고리가 된 기뢰위협은 바로 부류기뢰다. 과거부터 오늘날에도 부류기뢰 탐색은 매우 귀찮고 어렵다. 오늘날에도 부류기뢰를 탐색하고자 견시(lookout) 등 승조원이 시각을 활용하는 전통적 방법을 유지할 수밖에 없는 것이 현실이다. 그러나 저시정이나 야간에는 아무리 시각이 뛰어난 자라도 부류기뢰를 식별하는 것은 불가능하다. 특히 음탐기의 탐색각을 벗어나 교묘히 떠 있는 중성부력 상태의 부류기뢰는 소해함을 비롯한 모든 함정과 선박에 가장 위협이 되는 존재다. 따라서 우리 해군이 미래 기뢰위협을 대응하는 현 시점에서 새로운 관점으로 준비하길 바라는 마음에서 아래와 같이 기술해 본다.

첫째, 반세기가 지나도 부류기뢰는 절대 무시 못할 위협이라는 것이 증명된 만큼, 효과적인 탐색방안을 찾아내야 한다. 참고로 최근 해양 강국들은 부

류기뢰 탐색기술 연구개발에 많은 관심과 노력을 기울이고 있는데, Fig. 17은 세계 각국에서 개발 중이거나 개발이 완료된 부류기뢰 탐색장비로, 주로 항공기나 UAV에 장착하는 모듈로 개발되고 있고, 일본 해상자위대 소해함에는 Fig. 18과 같이 함교 위에 부류기뢰 탐색용 Lidar가 설치되었다. 국내에서도 수중탐색음탐기에 별도의 수신 센서를 여러 개 부착하여 HRDOA(high resolution direction of arrival) 영상신호 처리기법으로 해면에서 해저에서 이르는 수중공간 전체를 3차원 영상으로 구현하는 기술이 연구 개발 중이다.

Fig. 19는 이와 관련된 해상실험 결과를 보여주고 있는데, Fig. 19(a)와 같이 수중탐색음탐기로 탐색한 2차원 탐색영상에서 해상부표로 추정되는 표적이 전시되었지만, 해저에서 수면까지 케이블의 전개 형태나 길이를 알 수 없다. 그러나 3차원 탐색을 통하여 Fig. 19(b)는 해면 가까이 있는 부표 상단을 빨간색으로 뚜렷하게 전시하였고, Fig. 19(c)는 Fig. 19(b)를 확대한 영상으로 부표의 개략적인 크기를 알게 했다. 그리고 Fig. 19(d), Fig. 19(e) 그리고 Fig. 19(f)는 이 실험의 목적인 3차원 수중 공간을 탐색한 영상으로 각각 경사면, along track 그리고 across track으로 탐색한 영상이다. 이 3차원 탐색 영상을 통해 2차원 탐색영상에서는 알 수 없었던 해상부표의 케이블이 해저에서 수면까지 전개된 형태와 길이를 정확히 알 수 있다. 현재 이 기술은 연구개발 과정 중이지만 부류기뢰 탐색방안과 연관성이 높다는 점에서 매우 고무적이다.

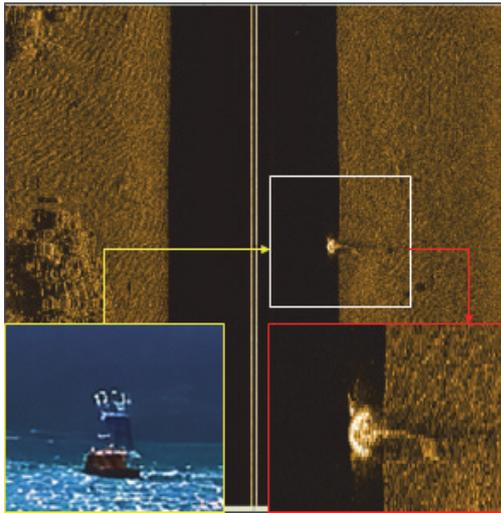
둘째, 국내 기술에 의한 소해함 음탐기 성능향상은 지속적·적극적으로 추진되어야 한다. 러시아는 소해함 음탐기 개선을 20여 년간 중단해 왔고 국외 제품



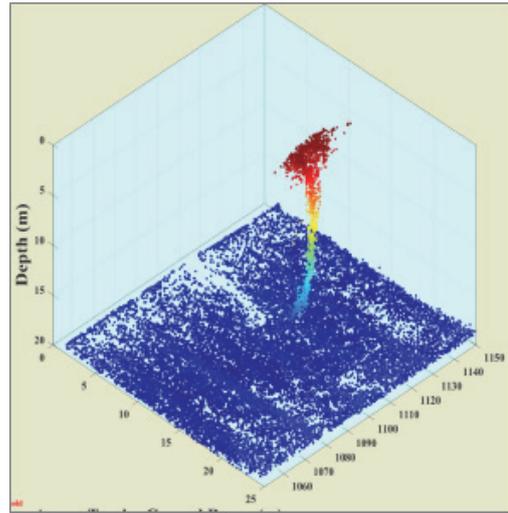
Fig. 17. 수면탐지체계



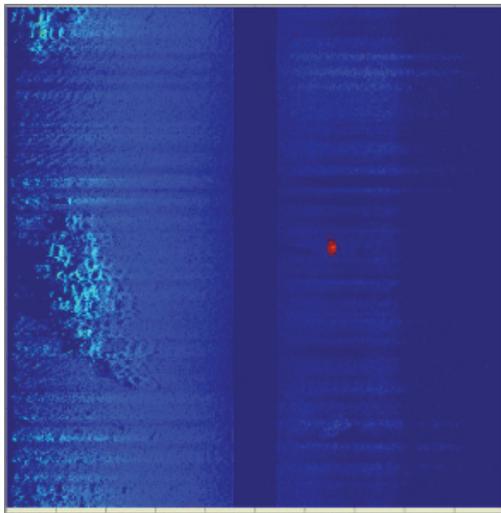
Fig. 18. 일본 해상자위대 소해함용 Lidar[14]



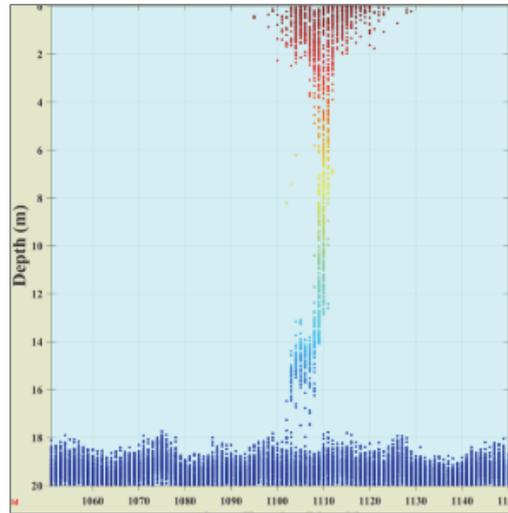
(a) 2차원 탐색영상



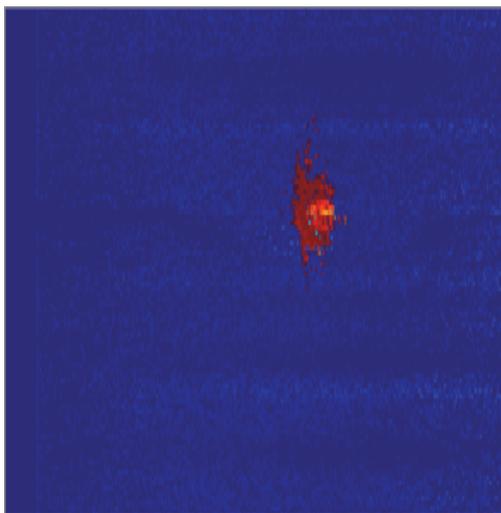
(d) 3차원 경사면 탐색 영상



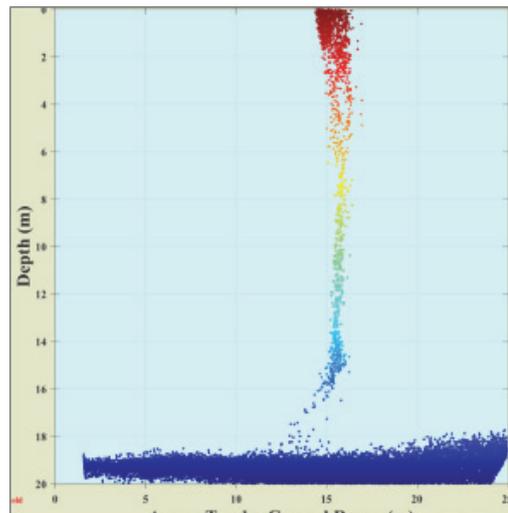
(b) 3차원 탐색 영상



(e) 3차원 along track 탐색 영상



(c) 3차원 탐색 영상 확대



(f) 3차원 across track 탐색 영상

Fig. 19. 수중탐색음탐기의 수중공간 탐색 해상실험(소나테크, 2023. 11. 23., 부산 태종대 일대 해상)

을 도입해 운용하던 중, 이번 흑해 해양전을 통해 탐색폭이 협소하고 해상도가 좋지 않은 음탐기로 기뢰대항 임무를 수행하면서 현재 실태가 얼마나 심각한 문제가 되었는지 깨달았을 것이다. 한국 해군도 수십 년 전 국외로부터 소해함 음탐기를 도입한 후 큰 고장이 나면 손을 못 대고 있었지만, 최근 음탐기 핵심 기술을 확보하여 현재는 국산화 제품 개발 수준에 도달하였다. 또한 음탐기 보조역할을 하는 수중탐색음탐기 성능개량도 많은 관심이 쏠리고 있고 기술력도 부족하지 않은 점은 기뢰대항전 발전을 위한 매우 고무적인 현상이다. 흑해 제도적 한계로 인하여 음탐기 성능개량이 1회로 제한되는 일이 없도록 해야 하고 국내 개발 과정이 다소 시간이 걸리더라도, 우리의 기술로 개발하는 방산기술 확보는 러시아의 소해함 음탐기 등의 개발 중단 사례를 통해 알 수 있듯이 시사하는 바가 상당하다.

셋째, 적 해안에서 소해함이 연안에 근접한 기뢰원에 진입하여 기뢰를 탐색하거나 소해구를 운용하는 방식에서 완전히 벗어나야 한다. 흑해 해양전에서 우크라이나의 매복 병사가 대전차 미사일로 연안에 근접한 흑해함대 Raptor급 경비정을 공격하여 피해를 준 만큼, 기동력과 방어력이 매우 취약한 소해함을 대상으로 한 공격은 매우 간단할 것이다. 이를 위해 소해함은 오직 기뢰대항 모함(MCM mothership)으로서 무인기뢰대항체계를 기뢰원에 투입하여 전문가가 다룬 기뢰대항 임무를 수행하고, 필요시 전투함이나 상륙함에 탑재된 무인기뢰대항체계의 교육 및 정비 등을 지원하는 것이 옳을 것이다.

넷째, 위와 연계하여 전투함이나 상륙함도 부분적으로 기뢰대항전 임무를 수행해야 한다. 예컨대, 소해함이 동조할 수 없는 원거리 해역이나 기상 악화로 해상전개가 제한될 때는 현장전력인 전투함이나 상륙함이 기뢰대항 임무를 수행함으로써 작전의 템포를 유지하는 것이 중요하다. 향후 항모 중심의 기동부대 복합전(CW, composite warfare) 임무수행에도 기동부대에 편성된 전투함 등이 상시 기뢰대항 임무를 수행하는 전투태세를 갖추는 것이 중요하다.

6. 결론

지금까지 내용을 통하여 우리가 나아가야 할 기뢰대항전의 방향은 부류기뢰 위협 대응을 포함하는

stand-off MCM 능력 달성에 방점을 찍으면서, 기뢰는 노병의 무기 또는 grandfather's weapon임에도 해양에서 기뢰의 자유를 막는 가장 저렴하고 효과적인 수단임을 다시 한번 강조한다. 그리고 이번 러시아-우크라이나 흑해 해양전에서 70여 년 전 개발된 기뢰를 포함한 수천, 수만 발의 기뢰를 보유한 북한의 기뢰위협을 절대 간과해서는 안 된다.

참고문헌

- [1] 소나테크(주), “흑해(Black Sea) 전훈(Lessons of War)을 통한 해양안보에 부합하는 민군협력 기술기획(Mine Warfare를 중심으로),” 2023 해군 R&D 기술기획 협력세미나, 해군미래혁신단, 2023. 11. 28.
- [2] 최영찬, “러시아-우크라이나 전쟁 분석: 러시아의 해군력 운용과 함의”, 한국군사학논총 제12집 제2권, 미래군사학회, 2023. 6. 3.
- [3] 독고옥, “무내비 156호: 수중무기이야기 4-기뢰?,” 국방과학연구소. 2019. 10. 10.
- [3] Philip G. Wasielewski & Seth G. Jones, “CSIS Briefs: Russia’s Possible Invasion of Ukraine,” Center for Strategic International Studies, Jan. 2022.
- [4] Samuel Bendett, Mathieu Boulégué, Richard Connolly, Margarita Konaev, Pavel Podvig, Katarzyna Zysk, “Advanced military technology in Russia(Capabilities and implications),” Chatham House, Sep. 2021, p. 59.
- [5] “Bathymetric Data Viewer”, National Centers for Environmental Information, accessed Apr. 14. 2024, <https://www.ncei.noaa.gov/maps/bathymetry/>
- [6] International Centre for Strategic Intelligence, accessed Apr. 14. 2024, https://x.com/ICSI_OSINT/status/1491453010882732032
- [7] RussianShip.info, accessed Apr. 14. 2024, <https://russianships.info/eng/today/>
- [8] Institute for the Study of War, accessed Apr. 14. 2024, <https://understandingwar.org/>
- [9] “Sentinel Hub EO Browser,” Sentinel Hub, accessed Apr. 14. 2024, <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>
- [10] Covert Shores, accessed Apr. 14. 2024, <http://www.hisutton.com/>
- [11] Александрит – ИСПУМ-Э, accessed Apr. 14. 2024, <https://gnppregion.ru/produksiya/protivominnye-kompleksy/aleksandrit-ispum-e/>
- [12] “What’s wrong with our minesweepers?,” Apr. 25. 2019, <https://topwar.ru/156486-chto-ne-tak-s-nashimi-tralschikami.html>
- [13] war-russia.info, accessed Apr. 14. 2024, <http://www.war-russia.info/index.php>
- [14] wikipedia, accessed Apr. 14. 2024, <https://ja.m.wikipedia.org/wiki>