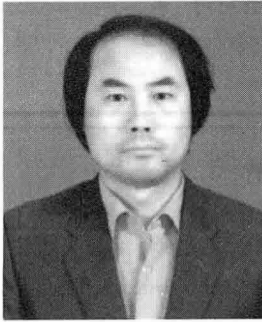


# 선박용 電磁流體 추진장치 현황 및 발전전망



孔 泳 卿    國科研 선임연구원



초전도 물질을 응용하는 한분야로써 지금까지의 선박 추진과는 완전히 다른 새로운 추진방식인 전자유체(MHD) 추진방식은 차세대 선박 추진장치로 큰 관심을 끌고 있습니다. 현재까지의 연구결과 그 가능성은 충분히 입증되었다고 볼수 있으나, 실용화의 최우선 과제는 강력한 자장을 발생시키는 초전도 자석의 개발에 있습니다. 이러한 강력한 초전도 자석 개발은 수십년 내에 반드시 이루어질 것으로 예측되고 있어서, 초전도 자석을 제외한 주변분야 및 관련장치들에 대한 연구가 전세계적으로 활발히 연구되고 있습니다

**전자** 유체(MHD) 추진장치는 지금까지 사용되어온 추진기(screw propeller)와 비교하여 거의 무소음에 가까운 소음 특성을 지니고 있어, 최근의 초전도 물질의 발달과 더불어 획기적인 추진장치로 지목되고 있습니다.

재래식 잠수함에서 현재 새로운 추진장치로 연구되고 있는 외기와 무관한 폐회로 추진(AIP) 체계이후의 차세대 추진장치로서 주목을 받고 있습니다.

일반적으로 선박의 추진은 추진기에서 발생하는 추력에 의해 추진되는 것이 보통입니다. 이때 추진기를 사용함으로써 야기되는 여러가지 문제점이 발견되어 이러한 문제점을 없애기 위한 노력이 지속적으로 경주되고 있습니다.

추진기 선박에서 가장 큰 문제점은 추진기에 의한 소음발생입니다. 추진기 소음억제를 위한 연구가 그동안 상당히 이루어졌으나, 그 자체 소음감소 노력에도 불구하고 추진기 소음감소에는 한계가 있습니다.

그 밖에 추진기에 의해 수반되는 것들로는 캐비테이션 발생, 추진기 및 구동 시스템의 소음에 의한 피탐 위험증대, 추진기 축계 관통구 수밀문제 등이 있습니다.

이러한 여러 문제점들을 해결하기 위한 획기적인 추진장치의 개발이 절실히 요구되어 왔습니다. 이러한 노력의 일환으로 추진기와 비교하여 거의 무소음 장치에 가까운 특성을 지닌 전자유체(MHD) 추진장치가 초전도체의 발달과 더불어 주목을 받고 있습니다.

## MHD 추진 원리 및 특성

원리는 전자기학 기본법칙인 플레밍의 왼손 법칙을 응용한 것으로써 선체에 고정된 자석과 전극에 의해 해수 중에 형성된 전장과 자장과의 상호작용에 따라 발생된 전자석(로렌츠 힘)을 배의 추진력으로 이용한 것입니다. 전자력은 전류와 자장의 크기에 비례하고 전류와 자속이 직교할때 최대가 됩니다.

전자유체 추진방법은 크게 4종류로 분류할 수 있습니다. 자장으로는 교류자장 또는 직류자장을 이용하는 방법이 있고, 또한 자장의 작용영역에 따라 자장이 선체외부에 형성되는 외부자장 방식과 선내에 형성되는 내부자장 방식이 있습니다.

교류자장을 이용한 방법은 해수 중에 형성된 교류자장과, 이것에 의해 유기된 유도전류와의 상호작용에 의해 추진력을 얻는 방식으로, 해수 중에 직접 통전할 필요가 없는 이점이 있으나, 강력한 진행자장을 초전도 코일로 발생시켜야 하는 등의 기술적 어려움이 있습니다.

외부자장 방식의 경우는 자장과 전장을 형성하기 때문에 해양환경에 미치는 영향을 무시할 수 없습니다. 한편 내부자장 방식의 경우는 자장과 전장의 작용영역이 선내를 관통하는 닥트의 일부에 한정되기 때문에 이러한 해양환경에 미치는 영향이 극히 미소합니다.

전자유체 추진선의 최대 특징은 동력 전달축이 없으므로, 종래의 추진기 선박과 비교하여 다음과 같은 여러가지 특성을 지니고 있습니다.

—기계적 회전 부분이 없으므로 이것에 기인되는 진동, 소음이 없어 정숙운전이 가능하고 보수, 관리가 용이합니다.

—자장세기가 일정할 경우 전류세기에 비례하기 때문에 속도 제어가 용이하고 속응성이 좋습니다.

—추력의 발생방법이 추진기에 의존하지 않고, 자장과 전장의 상호작용에 의한 전자력을 이용하기 때문에 이론적으로 고속 영역에도 적합합니다.

Victor III급 보다 성능이 향상된 Sierra급 잠수함



전자유체 추진 방식

자장종류	자장영역	
	선 내	선 외
직 류	직류 내부 자장 방식	직류 외부 자장 방식
교 류	교류 내부 자장 방식	교류 외부 자장 방식

내부자장방식과 외부자장방식

항 목	내부 자장 방식	외부 자장 방식
추진 방법	닥트내 해수 가압 분사	선체주위 해수 가속
전자장 분포 형태	닥트내에서 거의 일정	거리에 따라 변화
자기차폐	닥트내에서 처리가 용이	선체 보호 자기차폐 가능. 선외에 대해서는 처리가 곤란
전기장 누설	닥트외부로 누설이 적다	외부로의 누설이 크다
추진 성능	외부 자장 방식에 비해 추정 용이	추정 곤란
외부 환경 영향	작 다	크 다

—선체 관통 회전축계가 없으므로 선형과 선미형상 설계에 융통성을 발휘할 수 있습니다.

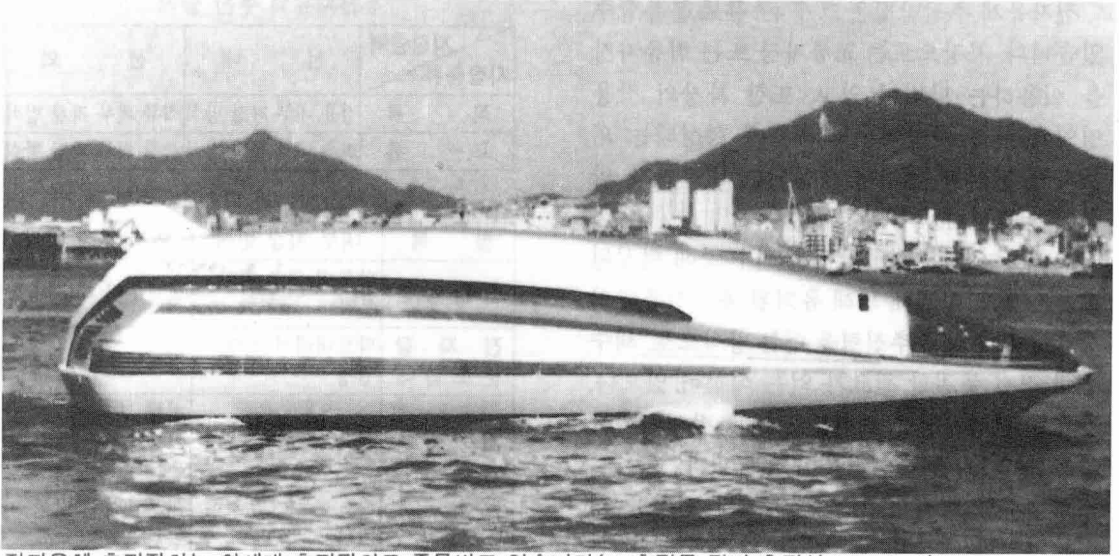
주요 국가의 개발 현황

• 舊 소련

舊 소련 원자력 잠수함 Victor III급의 상부 방향타 지지대 위에 유선형 포드(pods)가 1981년에 나타났을 때, 서방군사 전문가들은 그것을 소나 예인 어레이 하우징, 부표 공기 디스펜서, 보조추진장치, 디코이 발사체 등 여러가지로 추측하였습니다.

이것은 길이가 약 10m, 최대 직경이 3m 가까이 되고 있습니다.

그중 공기 디스펜서나 예인 어레이 디스펜서일 경우에는 왜 추진 웨이크 터블런스(Pulsation's Wake Turbulence)에 가깝게 있을까? 디코이 발사체일 경우는 다른 나라 해군들이 하는 것처럼 왜 어뢰 발사관이나 잠수 신호 발사기를 이용하지 않았을까? 하는 의문에 따라 보조추진장치로서의 가능성이 높은 것으로 추측되고 있습니다.



전자유체 추진장치는 차세대 추진장치로 주목받고 있습니다(▲ 초전도 전자 추진선 Yamato-1)

舊 소련에서 공식적으로 전자유체(MHD) 추진장치의 잠수함에의 적용 사실을 발표한 적은 없었습니다.

때문에 일본에서 수행되고 있는 초전도 전자추진 연구를 토대로 다음과 같은 가정하에 Victor III에 대한 MHD 추진 관련사항을 예측해 볼수 있습니다.

〈가 정〉

- 수중톤수(Submerged Displacement) : 6300 Ton
- 추진동력(Propulsion Power) : 22MW, 39 knots
- 입구면적(Intake Area) : 3m<sup>2</sup>
- MHD펌프 면적 저항(MHD pump Area Resistance) : 0.05Ω
- 자속 밀도(Magnetic flux density) : 5 Tesla
- MHD 임펠러 효율(MHD Impeller Efficiency) : 0.5
- 전기 효율(Electric Efficiency) : 0.37

〈계산 결과〉

- 전극 전류(Electrode current) : 1900 A
- 로렌쯔 힘(Lorentz Force) : 105Kw
- 잠수함 속도(Submarine Speed) : 4kts
- 내부 플레이트 전력손실(Inter plate i<sup>2</sup> Power Loss) : 180Kw

이 밖에 Akula, Sierra, Typhoon급 잠수함에 MHD 보조 추진장치가 채택되었을 가능성이 상당히 높은 것으로 예상되고 있습니다.

이렇게 추정할수 있는 근거는 '91년도에 개최된 제1회 MHDS '91 conference에 舊 소련에서 2편의 MHD 관련 자료를 발표한 것으로 미루어 보아 이에 대한 타당성을 간접적으로 확인할수 있습니다.

• 미 국

지난 30여년 동안 미국에서는 MHD 추진에 대한 연구활동이 지속적으로 이루어져 왔습니다. 1961년 James B. Friauf의 MHD duct type propulsor를 필두로 Rice의 특허, Phillips 등의 MHD 추진에 대한 초기 연구활동이 이루어졌습니다.

이때의 공통적인 연구결과는 해수의 低 전도도와 가용한 자장의 세기 때문에 그 효율이 10% 이하로 제한되어서 대형화가 필수적으로 요구되었습니다.

그후 R. A. Doragh가 그 당시에는 가용하지도 않는 10 Tesla 정도 자장의 세기를 가진 초전도 자석의 개념을 도입하였습니다.

그때에 California 대학에서 0.015 Tesla 정도의 상전도 자석을 사용하여 축척 모형선을 제작, 실험하여 기술적 가능성을 처음으로 확인하였습니다.

주요 MHD 추진선 비교

내용 종류	EMS-1	ST-500	YAMATO-1
연 도	'66(미국)	'79(일본)	'81~'91(일본)
전 자 식	상전도 (Cu)	초전도 (NbTi/ZrTa)	초전도 (NbTi/Cu)
자장세기(T)	0.015	2	4
속 도(m/s)	0.4	0.6	4
효 율	-	-	1.7%

이때의 실험결과에서 고자장 초전도 자석은 지지문제가 현실적으로 어려움을 확인하였습니다. 이러한 문제점이 1970년대 후반까지 계속해서 지적되어 왔습니다.

1970년대에서 1985년까지 초전도체를 이용한 각 부문별로 적극 지원 연구활동을 활발히 수행하였습니다.

그러나 최근까지도 미국의 입장은 세계 최초로 만든 초전도 추진선인 일본 YAMATO-1의 1% 미만의 낮은 효율 등을 문제점으로 지적하면서, 철저한 이론적, 기술적 달성전에는 full scale MHD 추진선은 바람직하지 않다고 결론 내리고 있습니다.

#### • 일 본

1960년대 초 미국의 W. A. Rice가 MHD 추진 개념을 도입한 이래 60년대에는 주로 미국에서 연구되어 왔습니다. 1970년대에 이르러 60년대에는 빛을 보지 못했던 초전도 재료인 Nb<sub>3</sub>Sn, NbTi 등을 이용한 초전도 MHD 추진선에 초점을 맞추었습니다.

고베 상선대학을 중심으로 하여 초전도 공학 실험이 가능한 극 저온 실험실이 건설되고 1974년부터 1988년까지 3단계로 나누어 연구개발을 수행하였습니다.

제1단계로는 소형 초전도 코일 모델선 SEMD-1 개발, 즉, 0.6T, 길이 1m 정도의 초전도 전자 추진선을 개발하였습니다. 그후 길이 3.6m 크기와 2.0T 정도의 초전도 전자추진 모형선 ST-500을 제작, 실험을 수행하였습니다.

제3단계는 초전도 코일에 의한 교류 자장방식 전자추진 기초연구를 1988년까지 수행완료하는 것입니다.

최근에 이르러 1985년부터 선박 진흥재단의 후원아래 full scale MHD 추진선 YAMATO-1의 추진방식 적용에서는 유도형 MHD의 경우, 기술적으로 채택 가능한 초전도 코일이 현실적으로 어려움이 많아 배제하였고, 직류자장 방식 중 외부자장형의 경우 강한 누설자장 때문에 외부 환경에의 영향을 고려, 내부자장 방식을 채택키로 결정하였습니다.

#### 맺 는 말

초전도 물질을 응용하는 한분야로써 지금까지의 선박 추진과는 완전히 다른 새로운 추진방식인 전자유체(MHD) 추진방식은 차세대 선박 추진장치로 큰 관심을 끌고 있습니다.

현재까지의 연구결과 그 가능성은 충분히 입증되었다고 볼수 있으나, 실용화의 최우선 과제는 강력한 자장을 발생시키는 초전도 자석의 개발에 있습니다.

이러한 강력한 초전도 자석 개발은 수십년 내에 반드시 이루어질 것으로 예측되고 있어서, 초전도 자석을 제외한 주변분야 및 관련장치들에 대한 연구가 전세계적으로 활발히 연구되고 있습니다. \*

#### 참 고 자 료

- ▲ 「The Victor Class」, 〈Maritime Defense〉, 1985년 4월호
- ▲ 공영경, 「잠수함 추진전동기 및 추진장치」, SENP-121-89038, 국방과학연구소 1987년 7월
- ▲ 공영경, 「박용 MHD 추진에 관한 연구」, NSRD-413-91602, 국방과학연구소 1992년 1월
- ▲ MHDS 91 proceedings, International Symposium on Superconducting Magentohydrodynamic Ship Propulsion, 28-31 1991년 10월 Kobe, Japan.