

디젤 추진 잠수함의 미래 (1)



朴 七 星 / 해군본부 조함단
해군대령 공학박사



일반적으로 잠수함은 핵추진 잠수함과 디젤추진 잠수함으로 구분되는데, 디젤추진 잠수함은 비교적 소형으로 값이 싸고, 상황에 따라서 핵추진 잠수함보다 용이하게 운용할수 있으므로 그 존재가치가 아직도 크다고 할수 있습니다. 특히 디젤추진 잠수함용으로 폐회로 디젤기관, 스텔링기관, 연료전지, 소형 원자로등의 추진방법이 개발되어 금세기안에 실용화되리라 예상되므로 수중지속능력에 대한 디젤추진방식의 제한점은 곧 극복되리라 판단됩니다

급변 하는 국방환경 가운데서 국가간의 전쟁억지력 확보의 필요성이 증대됨에 따라, 잠수함의 전략 및 전술적 역할이 더욱 부각되었습니다. 따라서 오늘날 세계각국의 해군들은 잠수함 확보의 필요성을 절감하여 1,000여척의 잠수함을 43여개국에서 운용하고 있으나, 잠수함을 독자적으로 건조할수 있는 국가는 19개국일 뿐입니다.

이것은 자체 제작보다는 구매하는 것이 비용이 적게드는 이유도 있지만, 잠수함의 경우 수상함과는 달리 설계와 건조에 많은 특수기술이 요구되기 때문입니다.

그러나, 지난 30여년동안 잠수함 설계 및 건조기술이 혁신적으로 발전되고 선체재질, 추진체계, 전투체계, 자동화체계, 수중 및 수상 탐지장비 등이 개발되어 작전능력이 매우 향상된 잠수함을 건조하게 되었습니다.

일반적으로 잠수함은 핵추진 잠수함과 디젤추진 잠수함으로 구분되는데, 디젤추진 잠수함은 비교적 소형으로 값이 싸고, 상황에 따라서 핵추진 잠수함보다 용이하게 운용할수 있으므로 그 존재가치가 아직도 크다고 할수 있습니다.

특히 디젤추진 잠수함용으로 폐회로 디젤기관, 스텔링기관, 연료전지, 소형 원자로등의 추진방법이 개발되어 금세기안에 실용화되리라 예상되므로 수중지속능력에 대한 디젤추진방식의 제한점은 곧 극복되리라 판단됩니다.

우리나라도 지난 10월에 대양형 잠수함을 확보하게 되었으며, 2,000년대에는 상당한 수준의 수중전력을 확보하리라 예상됩니다.

이에 디젤추진 잠수함의 요구조건과 설계일반, 추진장치 및 각종장비를 포함한 디젤추진 잠수함의 발전추세를 고찰하여 21세기 디젤추진 잠수함의 발전방향을 제시하고자 합니다.

잠수함의 요구조건

일반적으로 잠수함을 효과적으로 작전운용하기 위해서는 수상함과 마찬가지로 4척 내지 5척을 동시에 확보해야 합니다.



전쟁역지력 확보의 필요성으로 잠수함의 역할이 더욱 부각된다. 사진은 오베론 잠수함

그 이유는 정비 및 수리 1척, 수리후 작전운용을 위한 훈련 및 무기탑재 1척, 작전운용 3척이기 때문이며 작전운용 내용은 초계배치 1척, 모항-작전구역 이동 및 작전구역-모항 이동 각 1척입니다. 물론 이 작전가용세력은 해당국가의 작전환경에 따라 어느 정도 융통성있게 조정될수 있습니다.

또한 잠수함은 기술적인 면에서 고도로 발달된 무기체계이고 수중에서 작전을 하기 때문에 단순한 실수나 적절한 훈련, 또는 근소한 정비비비로 인해 함정과 승조원을 상실할 가능성이 높으므로 숙련된 인적자원을 확보해야 합니다.

최신 잠수함은 다목적 무기를 탑재하기 때문에 그 전투목표가 더 이상 수송선단에 대한 기습으로 제한되지 않으며, 전략핵 억제 및 타격능력, 장거리 대지상목표 정밀타격능력, 장거리 해상전투세력 타격능력, 대잠수함전 능력등으로 확장되었습니다.

잠항중인 잠수함내의 공기는 적절한 에너지를 공급받아 장시간동안 주거할수 있도록 쾌적한 상태를 유지하면서 에너지 소모를 감소시킬수 있는 효율적인 공기정화 제어장치의 개발이 요구되고 있습니다.

잠수함에서는 해양환경에 대한 다량의 데이터와, 장시간동안 적함을 추적할 때 센서로부터 수집되는 방대한 양의 데이터를 분석, 평가, 저장하여 지휘부에 제공해야 합니다.

또한, 사격시나 침수시 곧바로 대응책을 강구하면서 순수한 작전임무만을 장기간 수행할수 있도록 데이터의 혼란을 방지하면서 통합관리하는 데이터 통합기술이 새로운 과학기술을 근간으로 하여 개발되어야 합니다.

또한 잠수함용 기기와 장비가 많이 개선되었지만 잠수함이 항상 매우 제한된 해역내에서 작전해야 하므로, 고속 및 저속에서 안전하고 정숙하게 기동할수 있도록 수동조종에서 자동조종까지 조종성능이 보다 개선되어야 합니다.

잠수함이 운용되는 작전환경과 물리적 환경은 장비의 설계와 건조뿐만 아니라 승조원에게까지 큰 영향을 미치는데, 지금까지 다양한 하부체계가 많이 개발되어 왔으나 MMI(Man Machine Interface)에 의해 승조원을 감소시킬수 있어야 합니다.

디젤추진 잠수함의 발전추세

• 설계일반

잠수함 설계에서 잠수함의 크기는 항상 중요한 요소가 되는데, 소형잠수함은 대형잠수함에 비해 기동성이 매우 양호할 뿐만아니라, 보다 작은 표적으로 나타나기 때문에 전체적으로 주거시설을 극도로 제한시킴에도 불구하고, 잠수함 승조원들은 그 크기가 가능하면 작은 것을 선호합니다.

그러나, 잠수함의 크기는 추진체계, AIO(Action Information Organization), 각종 센서, 무장 등의 설치공간에 의해 결정되며 잠수함의 임무 또한 크기에 영향을 미칩니다.

장거리 초계용 잠수함은 대형 연료저장고, 대형 무기저장고, 완편당직편성을 위해 비교적 많은 승조원이 필요합니다.

반면, 단거리초계 및 연안초계용으로 설계된 잠수함은 대형 연료저장고와 무기재장전 능력이 필수적인 것은 아니며 감편당직제도를 채택할 수 있으므로 보다 적은 규모의 승조원이 필요합니다.

이와같이 연안용 잠수함의 경우 재보급과 승조원의 휴식을 위해 모항이나 이동모함에 자주 귀환하므로, 단지 임무수행용 필수저장품만 적재하고 잠수함에서는 취침하지 않을 수도 있습니다.

오늘날의 대형잠수함은 상황에 따라 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 설계된 사격통제장치를 조종 및 통제하며, 고도로 정교한 무기체계를 운용할 수 있을 정도로 많이 발전되었습니다.

이러한 현상은 극소형의 첨단 전자장비의 특성에 따라 작전운용실의 여유공간을 증가시키고 대폭적인 자동화에 따라 적용인력을 절감시켰으나, 복잡한 전자장비를 운용할 고도의 기술인력의 필요성을 증대시켰으며, 인력운용 수준은 잠수함의 임무, 안전, 작전요구에 의해 제한을 받게 되었습니다.

잠수함에서 안전은 매우 중요하며, 일반적으로 잠수함에 적용하는 안전기준은 수상함보다 상당히 높으며, 잠수함 승조원에게 가장 필수적인 안전요소 가운데 하나는 적절한 탈출장비입니다.

과거에는 승조원들이 표준화된 자유부상법에 의존하여 왔으나, 이와같은 탈출방법은 위험이 수반되는데 특히 승조원이 상처를 입는다면 신체에 심한 육체적 고통을 줍니다.

오늘날의 잠수함은 매우 깊은 수심까지 잠항할 수 있으므로 자유부상법을 항상 사용할 수 있는 것은 아닙니다. 수심 150m 이상에서 조난당한 승조원을 탈출시킬 수 있는, 잠수함의 조난시 승조원 구조정(DSRV)용 특수부착물을 잠수함에 설치하는 것이 현재는 표준화되어 가고 있습니다.



승조원이 심해에서 잠수함으로부터 탈출시 DSRV를 이용함으로써 상황에 따라 수압에 노출되거나 급격한 감압의 위험을 피할 수 있게 할 수도 있습니다. 최근들어 안전도를 높이기 위해 압력격실을 둘로 분할하는 밀폐격벽을 설치하기도 합니다.

잠수함 선체설계의 가장 중요한 요소 가운데 하나는 선체가 압력과 충격으로부터 견딜 수 있는 능력입니다. 이 능력에 의해 잠수함의 선체가 내부에서 폭발되거나 파열되지 않는 최고잠수심도가 결정되며, 이에 따라 수심 얼마까지 잠수함을 안전하게 운용할 수 있으며 정상 작전운용수심이 얼마인가를 결정할 수 있는 것입니다.

최고잠수심도는 정상 작전운용수심의 1.5배 내지 2배 정도가 보통이며, 이러한 여유능력은 비상사태시 적으로부터 공격을 피할 수 있기 때문에 잠수함의 신뢰도를 높여줍니다.

수중폭발로 인해 급격하고 대폭적인 압력의 증감이 나타나고 잠수함의 선체에 극심한 영향을 줄 수 있으므로, 용접부위가 파열 또는 균열이 되지 않고 급격한 압력변화를 흡수할 수 있도록 잠수함의 선체는 유연성있게 건조되어야 합니다.

장비는 내압선각이 굴곡될때 손상되지 않도록 특수한 충격흡수대위에 견고하게 설치되게 하여 각 장비가 매우 낮은 손상률을 가져야 한다는 것입니다.

더욱 완벽한 작전임무를 수행하기 위해서는 잠수함에 설치되는 장비는 고도의 여분성(redundancy)을 가져야 하며, 극히 중요한 장치는 가능한 2중으로 설치해야 합니다.

잠수함은 고속과 저속에서 모두 자유롭게 기동할수 있어야 하고 이를 위해 완전한 유체역학적 형상이 되어야 합니다.

현대식 수상함은 아무리 장거리라도 잠수함 해할 경우가 많지 않으므로, 잠항성능과 조종 특성에 맞춰서 「물방울」형으로 개발되어 왔습니다.

함미에 수직/수평 타(舵)를 十字型으로 배열함으로써 기동성을 더욱 향상시켰으나, 최신 몇가지 설계에서는 조종기능의 향상을 위해 X-형 배열을 선택하고 있습니다.

선체의 전반부는 선체설계에서 가장 핵심적인 부분의 하나입니다.

이 부분은 압력과 음파신호에 영향을 줄 뿐만 아니라 잠수함의 탐지능력에 영향을 줄수 있는 중요한 설계요소이며, 함수부 최전방에 소나(SONAR)를 설치하는데 최고탐지능력을 달성할수 있도록 가능한 넓은 구경의 소나를 탑재하고 있습니다.

잠수함의 선체는 수중에서 외압에 견딜수 있도록 튼튼한 내압선각과 정형을 위한 외각으로 구성되는데, 선체의 대부분을 내압선각으로 구성하고 前後部만을 유선형 외각으로 덮는 단일선각구조가 주종을 이루고 있습니다.

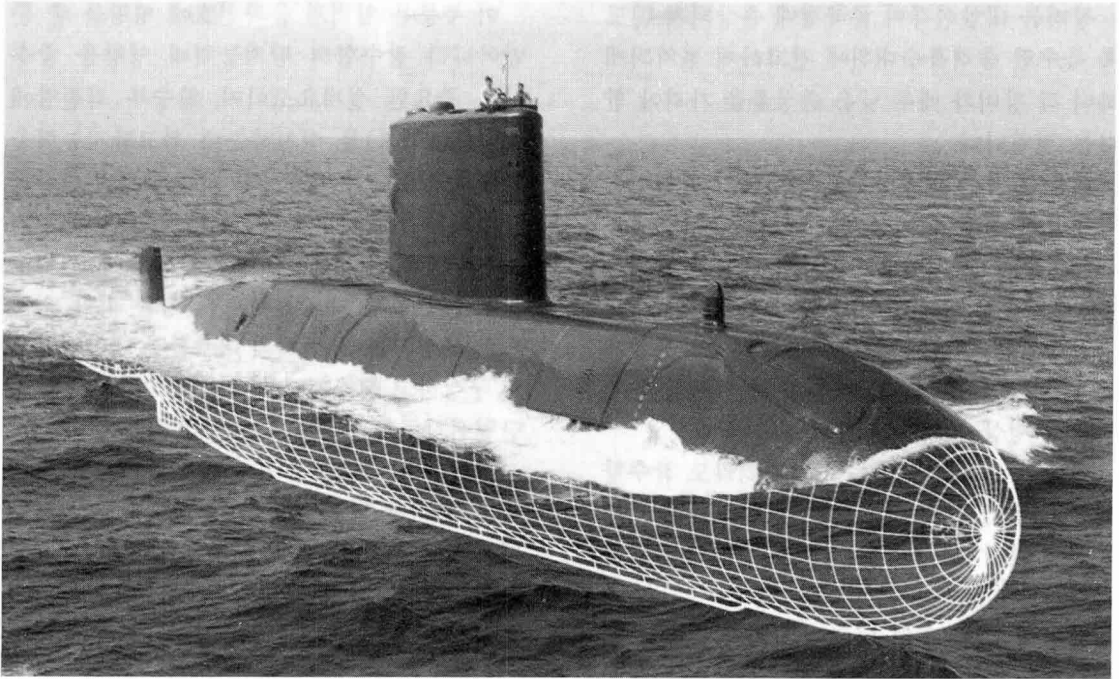
최근 이탈리아에서 프레임을 파이프프로 구성하고, 외각을 덮는 toroidal식 선체구조가 제안되어 민수용 소형 잠수함에 적용되고 있으나 대형 군사용 잠수함의 적용여부는 아직 미지수입니다.

• AIP 체계

잠수함용 디젤기관은 배기압력에 민감하지 않은 기계적 수퍼차저를 사용함으로써 연료소모율, 동력/중량비, 동력/체적비가 많이 개선되었습니다.

大洋型 디젤추진 잠수함의 특성 비교

구분	HDW 209	Upholder	Collins	Walrus	Harushio	
건조국	독일	영국	스웨덴/호주	네덜란드	일본	
운용국 (척수)	그리스, 터키, 한국등(68)	영국(4)	호주(6)	네덜란드(4)	일본(5)	
1번 건조년	1960년대 초반	1988년	1990년 중반	1990년	1987년	
수중배수톤수	1,100~1,500	2,455	3,144	2,800	2,750	
속력 (kts)	수중최고	22	20	20 ⁺	20	20 ⁺
	수상	11	12	10 ⁺	13	12
항속거리 (마일)	8,200	8,000	9,000	10,000	?	
속도(kts)	8	8	10	9	?	
수중지속거리 속도(kts)	400/230 4/8	270 3	?	100 2	?	
잠수심도 (m)	200 ⁺	300	300	300	?	
승조원수 (장교)	30~33	47(7)	42(5)	49(7)	75(10)	
무장	발사관	8	6	8	4	8
	어뢰수	14×SUT	18×Air Pump	22×?	20×Water Ram	22×?
	유도탄	일부 H/P	H/P	H/P	H/P	H/P
AIP 체계	—	—	75hp 스틸링기관 해상시험완료	폐회로 디젤기관 해상시험완료		



잠수함은 고속과 저속에서 자유롭게 기동하기 위해 완전 유체역학적 설계가 되어야 한다

최근들어 잠수함의 노출률을 개선하기 위해, 대기중의 공기를 사용하지 않은 AIP체계가 개발중인데, 지난 수년간 스웨덴, 네덜란드 및 독일 해군에서는 작전운용중인 디젤추진 잠수함에 스텔링 기관, 폐회로 디젤기관, 연료전지와 같은 AIP체계를 각각 시험운용하고 있습니다.

폐회로 증기터빈, 소형 핵동력장치 또한 신형 잠수함에 병합시키기 위해 제안되었고, 혁신적인 잠수함의 설계를 기초로 한 이탈리아 폐회로 디젤기관이 상당한 관심을 불러 일으키고 있습니다.

이와같은 장치는 배기가스를 유출하여 제거해야하는 단점을 가지고 있으나, 병합식(hybrid) AIP체계용 발전기는 효율적이고 경제적인 연료소비로 잠수함의 잠항지속 기간을 상당한 수준까지 증가시킬수 있습니다.

*** 스텔링기관**

스텔링기관은 외부의 에너지원에서 발생된 열을 기계적 동력으로 전환한 후 전기적 동력으로 전환시킵니다. 이 체계에 요구되는 열에너지는 고압 디젤油와 액화산소를 연소시키는 연소기에 의해 제공됩니다.

이 기관은 연료油와 산소가 외부에서 연소후 여기서 발생된 열이 작동기체로 전달되는데, 열교환시간이 길기 때문에 폐회로 디젤기관에서 부하변화만큼 빨리 작동될수 없는 단점을 가지고 있습니다.

*** 연료전지**

연료전지는 액화산소와 수소의 혼합물을 촉매재로 한 합금을 사용하고 있으며, 화학반응을 통해 전류와 물을 직접 생산하는 냉각연소과정을 거치는데, 독일의 HDW사가 이와같은 장치를 연구개발중에 있습니다.

연료전지에서는 에너지가 전기-화학적으로 직류전류로 변환되는데, 수소(H₂) 및 산소(O₂)의 냉각연소에 의해 전기분해의 역과정과 같이 직류전류를 발생시키는 연료전지의 원리는 오래전부터 개발되어 민수용 소형잠수정에 사용되어 왔으나 80년대에 들어서서야 해군용으로 주의를 끌기 시작하였습니다.

해군 잠수함용으로는 냉각장치인 보조장치에만 펌프와 같은 회전장비를 보유하고 있어 과정자체가 소음이 발생하지 않는다는 장점을 가지고 있습니다.

* 폐회로 디젤기관

영국의 Cosworth社, 독일의 Thyssen社와 네덜란드의 RDM社는 각각 폐회로 디젤기관을 개발중인데, Thyssen社用 디젤발전기의 출력은 120kW이며 RDM社의 것은 150kW입니다.

네덜란드의 RDM社와 NEVESBU 설계국의 SPECTRE AIP체계 개발계획에 따라 네덜란드의 국방부와 재무부가 자금지원을 하고 있는데, 1990년 9월에 네덜란드 국방부는 RDM社와 Moray 1800급의 사업계획검토 계약을 체결하였습니다.

이 연구에서 수중배수톤수 1,200톤에서 1,800톤 범위의 잠수함 설계를 검토할 예정인데, 수중배수톤수 약 2,000톤의 잠수함에 출력 600kW의 AIP체계를 설치할 경우 약 9kts로 150시간 정도 작전할수 있는 연료를 저장할수 있습니다.

한편 이탈리아 폐회로 디젤기관은 Maritalia社에 의해 개발된 혁신적인 설계로, 어떤 작전임무도 충족할 정도의 충분한 양의 액화산소를 저장하는 독특한 방법을 채택하고 있습니다. 이 방법은 내압산각의 튜브형 프레임내에 산소를 저장하는 것으로서 Maritalia社의 소형 toroidal 잠수함에서 사용되고 있습니다.

* 폐회로 증기터빈

1982년에 프랑스의 Bertin & Cie社는 열발생 루프를 증기터빈의 랭킨사이클과 연결시킨 MESMA 체계의 연구에 착수하였습니다.

이 원리는 높은 신뢰성을 보장하고 랭킨사이클의 원리를 이용하여, 60bar에서 연소가스를 액체상태로 농축시켜 저장함으로써, 어떤 수심에서도 기관을 작동하도록 하는 것입니다. 잠수함의 외부로 폐기물을 배출시키지 않으므로 심해용이나 군사용에 적합합니다.

MESMA체계의 전기동력 수준은 적용방법에 따라 결정되며, 수 kW에서부터 수 MW 범위 내에서 동력을 발생시킬수 있습니다. 1988년에 열동력 400kW의 시험대에서 압력 60bar의 안정된 연소과정에 도달하였으며, 1991년에 고압 연소실과 2차증기를 공급하는 완전 밀폐된 1차회로를 통합시켰습니다.

이 체계가 개발된다면 높은 안전도와 신뢰성을 제공하면서 잠수함의 잠항거리를 연장시킬수 있을 것입니다.

* 소형 보조 원자로

많은 잠수함 운용국들이 핵추진 잠수함(SSN)을 운용하지 못하는 주된 이유는 소유권 비용, 정치적 역학관계, 핵산업시설 설치의 어려움 등 때문입니다. 그러나 만약 SSN의 잠항거리와 잠항지속성을 충족시키는 소형화된 핵추진체계가 저렴한 비용으로 개발되어 기존 디젤전기 추진체계와 병합형태로 통합될수 있다면, 이는 잠재적으로 매우 매력적인 디젤추진 잠수함용 추진체계가 될 것입니다.

(다음호에 계속)

참 고 자 료

- ▲ RINA Symposium WARSHIP '91 Naval Submarines 3 : paper 1 Submarines-Ready for Their Secondary Century by G. H Fuller, <British Maritime Technology>, UK.
- ▲ RINA Symposium WARSHIP '91 Naval Submarines 3 : Paper 2 AIP for Submarines : Design and Safety Aspects by L. G. Truedsson, KOCKUMS AB, Malmo, Sweden.
- ▲ RINA Symposium WARSHIP '91 Naval Submarines 3 : Paper 4 Optimized Fuel Cell Propulsion for Submarines by W. H. Kumm, Artic Energies Ltd., Maryland, USA.
- ▲ RINA Symposium WARSHIP '91 Naval Submarines 3 : Paper 5 A Realistic Air Independent Propulsion System for Today and the Near Future by P. Dahlander, Kokums AB, Malmö, Sweden.
- ▲ <Navy International>, Vol. 95, No. 12, pp. 435~487, 1990년 12월호
- ▲ 「The Development of Submarine Propulsion」, <Maritime Defence>, Vol. 16, No. 4, pp. 101~113, 1991년 4월호
- ▲ J. R. Benedict, 「Third World Submarine Developments」, <The Submarine Review>, pp. 48~57, 1990년 10월호
- ▲ Norman Polmar, 「The Foreign Navies : AIP is Coming」, Proceedings, pp. 166~167, 1990년 3월
- ▲ A. Preston, 「Conventional Submarines-Programmes and Markets」, <Military Technology>, Vol. 15, Issue 3, pp. 37~44, 1991년
- ▲ <Jane's Fighting Ships>, pp. 22~680, 1990년~1991년
- ▲ 해군본부, 「재래식 디젤 잠수함」, <기술정보>, 2-11-149, pp. 12~69, 1990년 2월