

21세기 잠수함 기술전망

공 영 경
(국방과학연구소 선임연구원)

1. 서 론

잠수함에는 크게 재래식 잠수함과 원자력 잠수함이 있다. 이러한 잠수함은 크기, 무장, 임무 및 추진장치에 따라서 여러 가지로 세분화될 수 있다. 그러나 잠수함이라는 측면에서는 모두가 공통점을 지니고 있기 때문에 본 원고에서는 이러한 구분없이 총칭해서 그 내용을 다루고자 한다.

1989년 베를린 장벽이 무너진 이후로 잠수함의 요구 추세는 급격히 감소하는 경향에 있어 차세대에는 잠수함이 없어지지 않을까 하는 의구심에 사로잡히기 쉬우나 오히려 현재보다도 더 중요한 임무를 점할 것이라는 견해에 동감하면서 21세기의 잠수함 기술은 어떤 것이 될 것인가를 예측해 보고자 한다.

2. 잠수함의 임무는 무엇인가?

현재 잠수함에서의 임무개념은 수행적 임무(missions), 역할적 임무(roles) 및 기능적 임무(functions)가 있으나 통상적으로는 수행적 임무를 일컫고 있다. 여기에는 전체적 의미로 다루는 것으로 한다.

2.1 수상함 공격

세계 제1, 2차 세계대전과 최근의 포클랜드 전쟁에 이르기까지 잠수함의 주 임무중의 하나로 여겨져 오고 있는 임무이다. 어뢰, 기뢰뿐만 아니라 대함 미사일에 의한 공격으로 수십 억 톤의 선박과 수천 척의 전투함을 작전 지연시키거나 침몰시켰다. 특히 제1차 세계대전에서는 수상함 공격임무가 더욱더 빛이 났던 때였다. 대양 해군국들은 제해권의 장악을 위해 전투함의 침몰에 주안점을 두고 있고, 연안 해군국들은 외교, 정치 및 군

사적 실리를 추구하기 위한 상선 공격에 초점을 둔 잠수함 운용을 하게 될 것이다.

2.2 잠수함 공격

잠수함 대 잠수함 공격은 양 대전을 통하여 종종 있었으나 수중에서의 작전인 관계로 공격함이 목표를 침몰시킨 예는 거의 없는 것으로 알려져 있다. 구 소련의 경우 탄도 미사일 원자력 잠수함(SSBN)의 생존성을 향상시키기 위해 전술개발, 소음수준감소, 통신수단 향상, 장거리 미사일 무장 및 일반성능 향상 등을 통해 SSBN 세력을 강화시켰다. 이러한 노력은 결국 보다 더 목표탐지를 어렵게 만들고 회피하기 쉬운 잠수함이 만들어진 것이다. 1950년대 후반 첫 SSBN 잠수함을 취역시킨 이래로 미 해군은 적 잠수함을 묶어 두기 위한 능력, 잠수함 공격권 보유, 기술적 기습에 대비하기 위한 적 잠수함 파악 및 적 잠수함에 대항하기 위한 능력 유지를 위해 훈련을 해 오고 있다고 설파하고 있다.

2.3 함대 지원

잠수함의 함대지원은 대잠전을 위한 전위 부대 임무, 공격목표를 탐색, 익사된 조종사 구출 및 적 해군력의 정찰 및 공격을 포함하고 있다. 결국 이 임무는 수상함 세력과 특공부대와 어떻게 하면 효과적으로 협력하여 운용할 것인가 하는 것이다.

2.4 특공작전

고전적으로 사용되어 온 특공대 침투방법인 항공기에 의한 낙하산 침투와 위조여권 방식에 의한 침투는 방공레이더나 국경에서의 검문검색에 의해 발각될 위험성이 많다. 잠수함의 경우는 야간에 해안 근처까지 특공대를 싣고 가서 비교적 용이하게 침투시킬 수 있는 장점을 지

니고 있다. 1942년 8월에 태평양 Makin섬에의 급습이 잠수함으로부터의 대규모 특공대를 침투시킨 예이다. 두 척의 대형 미국 잠수함이 Gilbert섬의 산호초 해안에 221명의 해병 대원을 상륙시킨 예도 있다. 그러나 잠수함내의 공간 제약 때문에 SSBN의 미사일 탑재 구획을 모두 개조하더라도 약 200명 수준이기 때문에 잠수함이 수천명의 대규모 작전투입을 위한 상륙정의 임무를 대체할 수는 없다.

잠수함 특공작전을 위한 특수부대들은 미국 Sea - Air - Land(SEAL) 부대, 영국의 Special Boat Squadron(SB S) 및 러시아의 Spetsnaz 군 등이 있다. 미 공격형 잠수함 Seawolf 3번함은 특공대원 50명 수용 시설의 설치를 고려하고 있다.

2.5 정찰

평시에서의 잠수함 첫 번째 임무는 정보수집이다. 정보목표는 잠수함을 포함한 적 해군 함정들에 대한 성능자료이다. 그 형태는 추후 분석을 위해 전파신호의 기록이나 도청을 하는 것이다. 정찰기는 수 시간 정보수집에 비해 잠수함은 수주일간 정보수집이 가능하다. 또 다른 장점은 정찰위성의 경우 궤도가 일정한 반면 잠수함은 은밀성이 우수한 점이다. 포클랜드 전쟁 당시 영국은 아르헨티나 공군기의 이륙을 정찰하기 위해 잠수함을 보낸 적이 있으며 2차 세계대전 시 미국과 일본도 유사한 임무를 수행한 적이 있다.

2.6 대육상 요점 공격

잠수함용 순항 미사일 개발은 잠수함 공격력의 또 다른 면모를 보여주고 있다. 1950년대 미국의 Regulus 및 소련의 SS-N-3 Shaddock 순항 미사일이 핵 탄두 장착과 함께 해상 배치되었다. 초기의 이런 순항미사일은 발사시 잠수함이 수면에 위치될 것이 요구되었으나 궁극적으로는 수중에서 발사될 수 있는 잠수함 발사 탄도 미사일(SLBM)로 교체되었다. 기술의 발달로 순항미사일은 육상 공격 목표물에 대한 정확한 요격이 가능한 정밀유도 장치를 가지면서 어뢰발사관 이용 발사 무기로서 재출현하였다. 미국의 토마호크 순항미사일은 걸프전시에 실전 사용된 첫 순항 미사일로 기록되었으며 대 해상 및 육상공격이 가능하고 어뢰발사관으로부터도 발사가 가능하다. 공격 원장의 경우 20~30발 정도 탑재가 가능하며 현대식 원장은 많아야 25발의 SLCM을 가지고 있다.

LosAngeles(SSN 688)급은 12개의 수직 발사관이 토마호크를 위해 설치되어 있고, 구 소련의 Yankee Notch는 40발 SLCM을 무장할 수 있다. Oscars 또는 Charlies급은 대함 순항 미사일 무장으로 특별히 설계된 잠수함이고 개선행 688급은 75발의 순항 미사일을 발사할 수 있다.

대표적인 순항 미사일 탑재 잠수함은 미국의 LosAn-

gles(SSN 688) 및 구 소련의 Echo, Charlie 및 Oscar 잠수함이다.

2.7 심리전

걸프전 발발전 쿠웨이트 소요 사태시 공격 잠수함과 미사일 탑재 함정을 보유하고 있는 알제리아와 리비아는 미국과 사우디아라비아 사이의 해상항로 차단을 시도할 수 있었으나 그렇게 하지 못했다. 그 이유는 주변에 연합세력의 잠수함들의 포진을 두려워했기 때문이었다.

실제로 전쟁후에 밝혀진 바와 같이 6척의 미국 핵잠, 각각 2척씩의 영국, 프랑스 잠수함 총 12척의 잠수함이 6함대의 일원으로 명령을 대기하고 있었다. 그와 동시에 스페인, 이태리, 그리스와 터키 잠수함들로 구성된 8~9척의 NATO국 잠수함들 또한 병목점(check point) 임무, 징후파악 및 경고(I & W : Indication and Warning) 임무, 기뢰부설감시, 해상 교통량 및 잠재적인 문제사항들을 조사 수행키 위해 남부지역에 포진하고 있었다.

지난 30년 동안의 냉전 핵 평화는 전략 SSBN 초계 지원하에 이루어진 심리전에 근거하고 있었다. 해안 목표물들에 대한 정확한 공격 능력을 가지는 어뢰발사관 순항 미사일 개발은 공격 원장인 SSBN이 전략적 억지력을 갖는 것과 마찬가지로 통상적 억지력 (conventional deterrence)에 기여할 것이 확실하다. 성공적인 심리전이 되기 위해서는 억지 국가들의 심리상태 하에서 활동이 이루어져야 한다. 이런 이유로 국가의 위력적인 세력에 대해서는 과감한 공개도 바람직하다는 견해를 피력해 본다.

3. 21세기의 세계잠수함은 어떤 경향일까?

3.1 무공해원자력(a green nuke) 추진시스템 적용

재래식 잠수함의 추진방식은 디젤 전기추진방식이다. 축전지 충전을 위한 스노클 항해시 디젤엔진 구동은 적으로부터의 피탐 위험에 노출되어 있다. 이러한 문제점 보완을 위해 1980년경부터 각국에서는 AIP체계 연구개발이 활발히 이루어져 실용화에 박차를 가하고 있다. 이런 AIP체계는 종래의 추진방식과 하이브리드로 사용되는 경향이다. 즉 초계 해역까지의 왕복 이동, 수중 고속 공격 및 회피시에는 스노클과 전지 이용 항해하고 초계 임무시에는 AIP를 사용하는 것이다.

이러한 주요 AIP 체계는 폐회로 디젤추진, 연료전지 추진, 스팀터링 기관 추진, 폐회로 터빈추진 및 보조 원자력 추진 등이 있다. 이에 대한 내용은 국방과 기술 1994년 8월호 폐회로 추진체계를 참조바랍니다.

3.2 건조 척수 및 건조 비용 감소

1991년 12월 구 소련의 붕괴에 따라 냉전이 종결되었

다. 그 결과 많은 국가가 방위비 삭감이 이루어지고 있다. 이러한 영향으로 건조 척수 및 건조 비용 감소가 뒤따르고 있다. 건조 척수 감소는 미국의 Seawolf급의 예를 보면 현저하다. 동급은 LosAngles급 후속 함으로서 1989~2000 회계 년도에 29척의 건조가 계획되었으나 1989년 1번함에 21세기의 잠수함을 의미하는 SSN-21로 지정되었으나 건조 척수가 겨우 3척으로 끝나고 대신에 세계 최고의 공격형 잠수함을 목표로 새로운 신형 잠수함을 구상하고 있다. 건조 척수의 감소는 필연적으로 보유 척수 감소로 이어져 2000년대에는 미국의 잠수함 부대세력은 SSBN은 상당수, SSN은 대략 반감되어 45~55척으로 예상되고 있다. 건조비 저감 책으로 미국에서는 최선보다는 차선책, 함의 건조비는 표 1에서 보는 바와 같이 함의 크기에 비례하므로 될 수 있는 한 적게 하고, 탑재품의 규격을 완화한다. 미 국방성에서는 1994년 6월에 군사규격(Mil, spec.)을 일반상업규격으로 대체 가능함을 발표한다 있다.

이러한 배경에 근거하여 Seawolf(수상7460톤, 수중9139톤)는 1척당 24억불(연구개발비 제외)정도 였으나, 구상중인 새로운 진형 잠수함은 배수량 5000~6000톤 급으로 그 능력은 Seawolf급의 75% 수준에 머무르고 있으나 건조비는 약 12억불로 추정하고 있다.

3.3 자동화에 의한 승조원수 감소

잠수함의 자동화는 오래 전부터 지속되어 온 내용으로 앞으로 계속될 전망이다. 승조원수 감소에 따른 장점인 함의 소형화가 가능하여 건조비가 감소된다. 거주성의 향상이 용이하게 된다. 재래식 잠수함의 경우 공기정화에 유리하다. 부수적으로 승조원 교육훈련 및 승조원 확

보 면에서도 유리하다. 표 2는 승조원수 비교를 보이고 있다.

표 2. 톤수/승조원수 비교

구분	국가	톤수	승조원수	배수량/승조원수
재래식	오스트레일리아	3353	42	80
	독일	1800	23	78
	프랑스	2425	39	62
	이태리	2780	50	56
	일본	3000	71	42
원자력	프랑스	2700	132	20
	영국	5200	97	53
	미국	7000	143	49

3.4 보다 더 깊고 보다 더 조용한 은밀성 향상

초기의 안전 잠항심도는 약 100미터 였었으나, 지금은 그 몇 배에 달하고 있다. 잠항심도 증대는 잠수함의 중요한 전술적 우세를 가질 수 있게 만든다. 잠항심도는 선체 재질과 밀접한 관계를 지니고 있다. 1969년까지의 모든 잠수함은 철(steel)로 만들었다.

그러나 1969년 구 소련의 Alfa급 잠수함을 티타늄으로 만듦으로서 한 차원 더 높은 잠항심도를 가질 수 있게 만들었다. 그 후 Papa, Mike, Sierra급도 모두 이 재질을 사용하였다. 티타늄은 비자성, 높은 내부식성을 가지며 대기에서는 용접할 수 없으므로 특별한 용접기술이 요구된다. 미국은 40년 동안 HY80강을(80,000 pounds/SQ Inch) 사용하고 있으며, 그 밖에 HY100, HY130 강도 고려되고 있는 것으로 있는 것으로 알려져 있다. 그림 1은 잠항심도와 재질과의 관계를 보여주고 있다.

설계자들은 통상적으로 안전계수를 적용하여 안전 설계를 한다. 통상적으로 통상적인 잠항심도의 1.6~2.0을 적용한다. 그림2는 독일의 Franitz가 제안한 Franitz's Curve이다. 러시아에서는 1.8~2.0을 적용하고 있다고 알려져 있다. 통상적으로 선체 중량은 전체 톤수의 30~35%를 차지하고 있으며 HY80강은 약 1000미터 파괴심도, 티타늄은 2500미터, FRP는 3000미터 정도의 파괴심도 특성을 보유하고 있다.

은밀성 제고를 위해 그 동안 지속적인 노력이 경주되어 왔다. 세계 2차대전시에는 2축 블레이드를 가진 추진기가 사용되었으나 현대식 잠수함에서 사용되고 있는 7블레이드 스쿠 추진기는 약 10dB 정도 더

표 1. 잠수함 건조비

구분	국가	형	백만불	톤 수	일자
재래식	노르웨이	Ula	95	940	1988
	독일	Type 209	200	1200~1800	1970
	이스라엘	Dolphin	406	1720	1995
	영국	Upholder	225	2400	1988
	오스트레일리아	Collins	560	2500	1994
	네덜란드	Walrus	300	2800	1988
	러시아	Kilo	70	3200	1982
원자력	프랑스	Rubis	350	2700	1983
	영국	Trafalrar	530	5200	1983
	미국	LosAngles	1000	7000	1976
	미국	Seawolf	3500	9150	1996

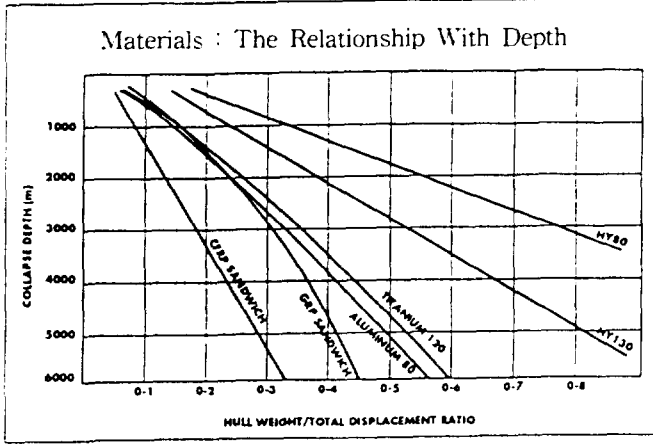


그림 1. 잠함심도와 재료의 관계곡선

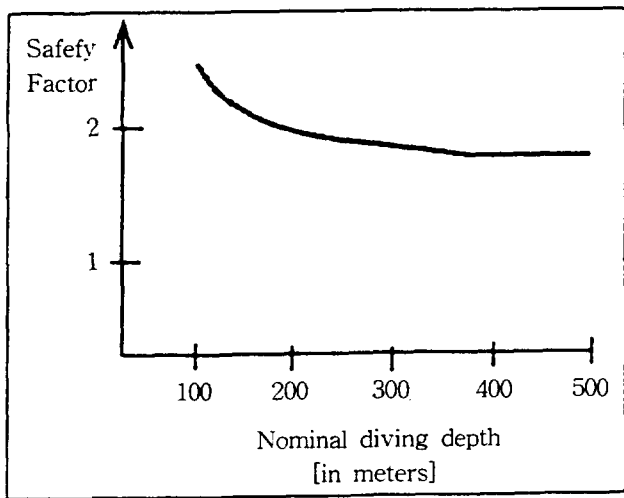


그림 2. Frantiz's 곡선

낮은 방사소음감소를 가져왔다.

또한 영국 Trafalgar급에서 채용되고 있는 펌프제트는 외부 하우징, 고정된 스테이터와 회전하는 로터로 구성된 일종의 축터빈(axial turbine)이다. 이러한 13 블레이드 펌프제트의 경우 약 30dB 방사소음 감소효과와 추진 효율 특성을 지니고 있다.

추진기는 세일(sail) 뒤에서 작동하기 때문에 Johnson과 Allenström은 세일 크기를 50% 줄이면 그 결과는 6dB 정속효과를 가져오고 블레이드 수를 13~15개로 늘리면 20~40dB 정속 효과를 거둘 수 있다고 지적하고 있다. 이러한 노력에도 추진기 자체의 기술적 극복에는 한계가 있다.

이러한 한계극복을 위해서는 새로운 추진기 도입이 요구된다. 여기에 부응하여 연구되고 있는 것이 전자유체(MHD) 추진장치이다.

구동부가 전혀 없어 기존의 추진기와 비교하면 거의 무소음에 가까운 특성을 가진 21세기 최고의 추진장치가 될 것이다. 여기에 대한 내용은 국방과 기술 1993년 4월

호 선박전자유체 추진장치 현황을 참고하기 바랍니다.

3.5 원거리 대함 공격 능력 보유

미국의 공격원잠이 수중발사 대함 미사일이 장착된 것은 1977년경에 이루어졌다. 이렇게 됨으로써 표 3에서 보는 바와 같이 어뢰와는 비교가 되지 않을 정도의 원거리 대함 공격 능력을 가지게 되었다. 대함 미사일 능력은 AIP와 더불어 재래식 잠수함의 생존성 향상을 위한 필수적인 요소로 꼽고 있다. 브라질의 개량 Tupi class, 독일의 Type 212에는 대함 미사일 장착이 예상되고 있

표 3. 각국 공격 잠수함의 주요 무기

구분	영국	미국	구소련	프랑스	이테리
어뢰	Tigerfish (29Km) Spearfish (65Km)	Mark 48 (50Km)	Type 53 (20Km) Type 65 (50Km)	L5 (17Km) F17 (20Km)	A184 (25Km)
미사일	Sub-Harpoon (70nm)	Toma-hawk (1400nm)	SLCM SS-N-21 (3000Km) SS-N-15 (37Km) SS-N-16 (92Km) SS-N-19 (445Km)	Exocet (50Km)	Sub-Harpoon

다. 또한 프랑스 Le Triomphant 급에는 exocet 대함 미사일이 장착 예정으로 있다. 이로서 SSBN에 대함 미사일을 장착하는 것은 프랑스가 유일한 것으로 알려져 있다. 미국과 러시아는 전술 핵무기를 제거하기로 합의함에 따라 중·단거리 미사일을 어뢰발사관이나 특별한 발사기로부터 발사하여 수상함 및 육상 목표물 요격하는 방법이 당분간 유효할 것이다. 그림 3은 센서와 무기들의 탐지 및 유효거리를 나타내 보이고 있다.

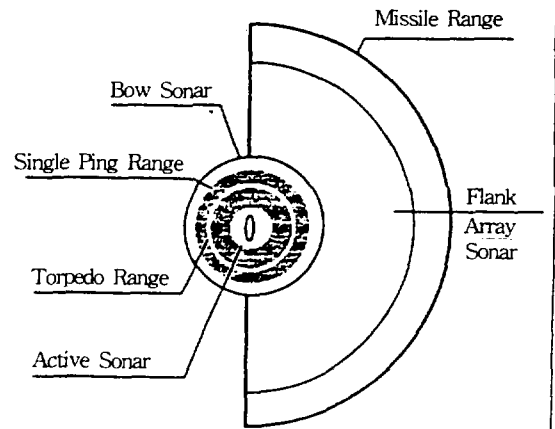


그림 3. 각종 센서와 무기의 탐지 및 유효거리

4. 21세기 잠수함의 새로운 기술은 어떤 것일까?

앞서의 21세기 잠수함 모습에서 보인 대로 이러한 잠수함이 되기 위해서는 기술의 뒷받침이 필수적으로 요구된다. 각 분야별로 초전도 물질이 적용되면 함 크기는 반으로, 속도는 2배로, 소음은 거의 무소음으로 비용도 상당한 수준으로 감소시킬 수 있게 되고, 원자력 추진에서 원자로는 열전기원자로(thermo-electric reactor) 적용으로 고효율화, 소형화 및 고출력화 달성이 이루어질 수 있다. 그 밖에 속도, 심도, 정숙화 및 전투효과를 향상시킬 수 있는 새로운 기술들이 선보이게 될 것이다.

함 크기에 있어서 원자력잠수함의 경우 그림 4에서 보는 바와 같이 최근에 이르기까지 대형화되는 추세에 있으나 어뢰 발사관 발사원거리 순항미사일과 어뢰발사관 크기의 SLBM의 출현으로 전략 목적의 대형화된 잠수함의 필요성이 없어지게 된다. 또 다른 이유는 핵무기 통제함의 및 START II 합의에 따라 탄도 미사일에 완전한 핵탄두 장착을 금지하고 있기 때문에 함크기를 크게 할 필요가 없다.

이와는 반대로 재래식 잠수함은 함의 크기를 점점 더 크게 하는 경향이다. 크게 할수록 거주성 향상, 보다 많은 무장, 보다 더 나은 전자장비, 보다 더 고출력의 추진장치와 정숙화뿐만 아니라 어뢰발사관을 이용한 대함공격 능력의 순항 미사일까지 갖춘다면 원자력 잠수함과 차이는 점점 사라지게 될 것이다.

4.1 원자력 잠수함의 새로운 원자로 기술

거의 40년 동안 원자력 잠수함의 추진장치는 그림 4와 같은 가압수형 원자로(PWR)가 사용되어져 오고 있다. 그 동안 미국과 구 소련에서는 액체금속냉각로 (liquid-metal-cooled nuclear reactor)를 실험적으로 채택한 경험을 보유한 적이 있으나 누설문제로 인하여 성공적이었다

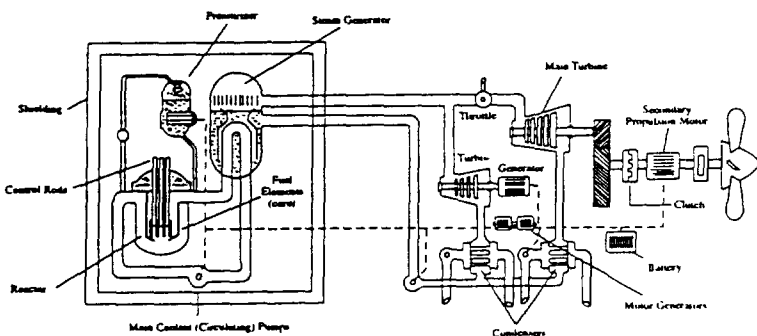


그림 4. 가압수형 원자로

고는 평가할 수 없다. 그러나 액체 금속 냉각로는 PWR에 비해 효율이 높고 가벼워지는 장점이 있어 Alfa 잠수함의 경우 최고속도가 43노트를 기록하고 있기도 한다. 지금 현재 주목되고 있는 원자로는 가스 냉각로(gas-cooled nuclear reactor)이다. 이것은 1987년 Craig Fields에 의해 제안된 것으로서 원자노심의 열 에너지를 곧바로 전기에너지로 변화시키는 것이다.

이 원자로는 330~350°C 액체금속냉각로와 가압수형 원자로 보다 높은 700°C 정도의 고온에서 작동하기 때문에 보다 더 높은 열 효율을 얻을 수 있다. 액체금속 냉각로의 33% 보다 높은 40% 정도의 열 효율을 얻을 수 있음을 지적하고 있다. 중간 증기 사이클을 없애 열은 직접 전기로 변화시키기 때문에 이중 냉각의 필요성이 없어진 게 된다.

이렇게 되면 시스템은 간단화, 소형화되고 보다 더 좋은 내충격성을 갖게 된다. General Atomics사는 500~5000kw급 열전기 시스템을 목표로 연구하고 있으며 낮은 출력용은 축전지 충전용으로 높은 출력용은 3000톤급의 잠수함에 적합하다.

4.2 재래식 잠수함의 새로운 무공해 원자력 기술

무공해 원자력 (green nuke) 추진은 실제 원자력 추진과 같이 재래식 잠수함에서 볼 때 거의 무제한의 초계능력을 가질 수 있다는 의미에서 붙여진 것이다. 이러한 추진 기술은 잘 알고 있는 AIP 기술이다. 전 세계적으로 지금 활발히 연구되고 있는 AIP는 폐회로 디젤(CCDE), 연료전지(Fuel Cell), 스텔링기관(Stirling Engine), 폐회로 터빈(MESMA) 및 보조원자력(Auxiliary Nuclear) 등이 있다. 이에 대한 각 내용은 국방과 기술 1994년 8월호 폐회로 추진체계를 참조바랍니다.

여기에서는 이러한 여러 가지의 AIP 체계들에 대한 비교 평가를 다루고자 한다. 잠수함 시대가 개막될 때 추진체계로서 순수 전지, 증기출력, 가솔린엔진 및 디젤엔진 등이 고려되었으나 결국 디젤엔진이 채택된 것까 마찬가지로 여러 AIP 체계가 연구되고 있으나 결국에는 가장 우수한 체계만이 남을 것으로 예상된다. 지금 현재 해상시험까지 완료된 체계는 CCDE, Fuel Cell, Stirling Engine 체계가 있다. 여러 평가 항목 중에 동력원의 효율 비교를 보면 표 4와 같다. 효율 면에서는 연료전지가 가장 우수하다.

잠수함에서 중요시되는 체적 및 중량 비교를 보면 그림 5~6과 같으며, 은밀성의 가장 중요한 자료가 되는 소음수준 자료는 각국에서 비밀로 하고 있어 정확한 자료는 없으나 개발자들의 설명자료 및 각종 자료에서 발표된 상대적 비교자료를 토대로 기존 재래식 잠수함의 소음 수준을 기준으로 비교해 보면 그

림 7과 같다.

등을 이용하면 가능함을 대변하고 있다.

표 4 . AIP 체계 효율비교

종 류	출 력(kw)	효 율(%)
Fuel Cell	100	50~60
CCDE	150	33
Stirling	75	28
MESMA	400	25
Axiliary Nuclear	1000	15

4.3 새로운 추진기 기술

1838년 John Ericsson에 의해 특허출원된 스크류 추진기(screw propeller)가 지금까지 잠수함에 사용되고 있다. 그 동안 추진기 효율 향상과 소음발생 감소를 위해 지속적으로 설계변경되어 왔다. 최근에 이르러서는 펌프제트라고 하는 새로운 형태의 추진기가 선보이고 있다. 처음에는 어뢰용으로 적용되었다. 어뢰의 경우 제한된 에너지를 추진력으로 극대화시킬 필요에 의해 그림 8에서 보는 바와 같이 일반 추진기에 비해 훨씬 높은 추진력을 얻을 수 있다.

펌프제트는 로터와 고정 스테이터의 상호 위치에 따라 구분될 수 있다. 고정된 스테이터가 로터 앞에 있으면 Pre-Swirl 펌프제트, 뒤에 있으면 Post-Swirl 펌프제트이다. 소음 및 효율 특성상으로 볼 때 Pre-Swirl 형태가 소음 특성에 좋고, Post-Swirl 형태는 효율 특성이 우수

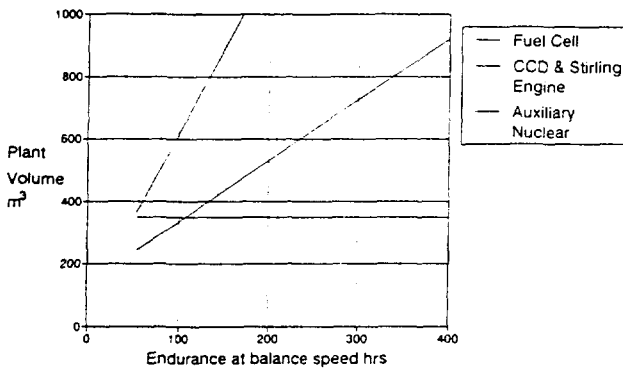


그림 5. 단위 출력당 체적비교(700kw, 10노트 기준)

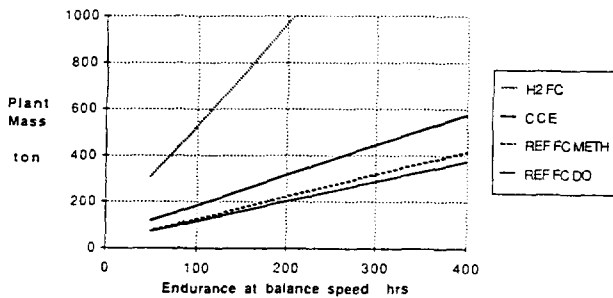


그림 6. 단위 출력당 중량비교(700kw, 10노트 기준)

개발 비용 측면에서는 각기 다른 기준과 발표를 하고 있지 않기 때문에 비교가 어려우나 기술적 난이도와 직결된다고 판단된다. 종합적으로 볼 때 CCDE가 실용화 측면에서 가장 근접해 있는 견해이나 소음수준이 타 AIP와 비교해 볼 때 불리한 점이다. 그러나 CCDE 옹호론자들은 가용한 수준까지 저감시킬 수 있음을 확신한다. 하우스징, 탄성마운트, 래프트, 기계적 셰이크(mechanical shaker) 및 다양한 전자적 소음방지 기구

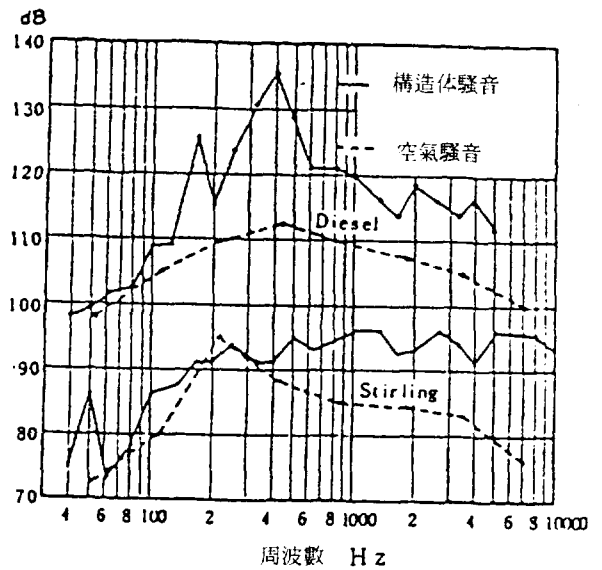


그림 7. 소음수준비교

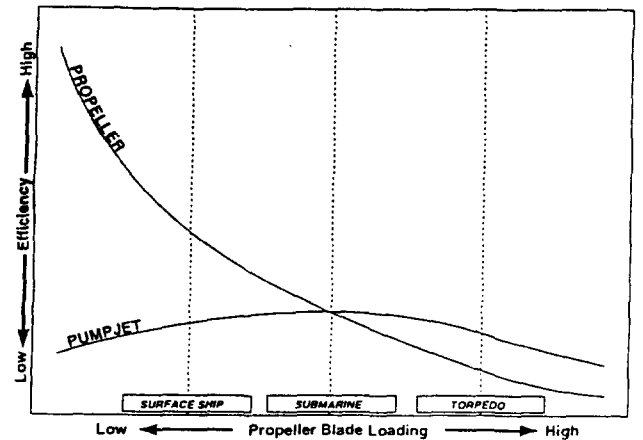
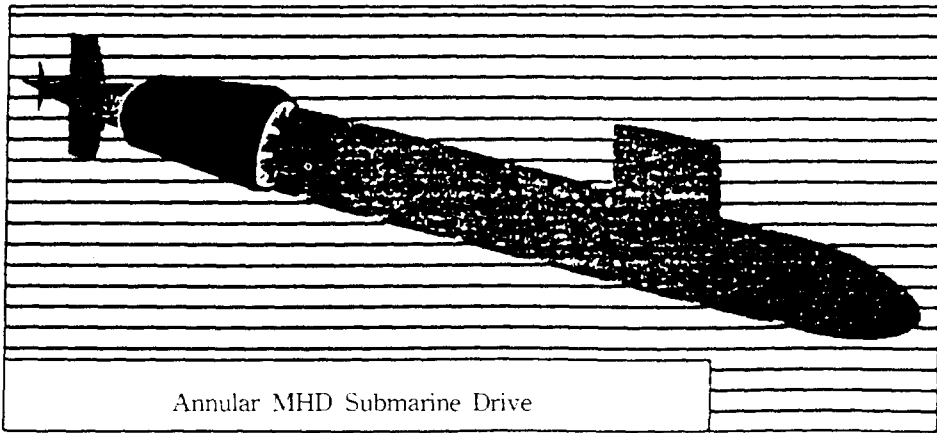


그림 8. 추진기 블레이드 부하와 효율곡선



Annular MHD Submarine Drive

그림 9. 전자유체 추진 잠수함

한 것으로 알려져 있다. 잠수함에서는 소음 특성을 중요시하여 Pre-Swirl 형태(미국 Seawolf)를 취하는 것이 일반적이다. 이러한 펌프제트와도 비교하여 거의 무소음에 가까운 그림 9와 같은 전자유체(MHD) 추진장치가 연구되고 있다.

4.4 새로운 영구자석 전동기 기술

추진기 구동을 위해 필수적으로 요구되는 전동기는 지금까지 직류전동기가 상용되어져 오고 있다. 프랑스와 독일에서 주로 연구되고 있는 이 기술은 기존 직류 전동기와 비교하여 그림 10에서 보는 바와 같이 체적면에서는 60%, 중량면에서는 40% 정도를 감소시킬 수 있다. 프랑스는 새로운 전략 미사일 잠수함인 Le Triomphant에 보조 추진 전동기로서 이 전동기를 적용한 실적을 가지고 있으며 독일에서는 연료전지 잠수함이 될 Type 212에 적용 계획을 가지고 있다. 향후 초전도 기술이 적용되면 초전도 전동기 및 발전기가 적용될 전망이다.

4.5 새로운 정속화 기술

잠수함 설계자들은 두 가지 배반되는 문제를 어떻게 해결할 것인가를 항상 고려해야 한다. 즉 내충격성과 정속화이다. 급속성 마운트는 내충격성은 좋으나 선체와 장비 사이의 소음장지 장치로는 부적합하다. 플렉시블 마운트는 소음차단에는 효과적이거나 내충격성에는 약하다. 전 세계적으로 이러한 문제를 보완적으로 사용되는 것이 래프트이다. 어느 정도의 내충격도 가지면서 정속화를 가져올 수 있는 기술이다. 관련 장비들을 래프트라고 하는 스틸 프레임 위에 모두 설치하는 것이다. 장비들은 고무재질과 같은 마운트로 래프트 위에 설치한다. 보다 더 소음감소를 위해서 그림 11에서 보는 바와 같이 첫 번째 래프트에 더 큰 두 번째 래프트를 설치하는 이중 래프트이다. 이러한 래프트는 크고 무겁기 때문에 보

다 더 많은 체적을 부가하게 된다. 그러나 이러한 기법이나 기술을 적용하기 위해 계속해서 연구가 되고 있다.

또 다른 하나의 기술은 영국 소 해정에 설치 시험되고 있는 소음 상쇄 (noise cancellation) 혹은 반 소음(anti-noise) 기술이다. 만일 이 기술이 적용되면 공간, 무게 및 비용을 감소시킬 수 있게 된다. 예를 들면 디젤엔진의 마운트와 같은 문제 지역에 가속도계 (accelerometer)를 부착하여 진동을 모니터 한다. 이 신호는 신호변환이 되는 제어기(controller)로 가서 분석된 후 다시 초기 진동과는 180° 위상차가 나는 진동을 마운트 액츄이터에 명령을 보내게 되면 진동은 상쇄되어 없어지게 되는 것이다.

소해정에 현재 탑재되어 있는 것은 전자 액츄이터이나

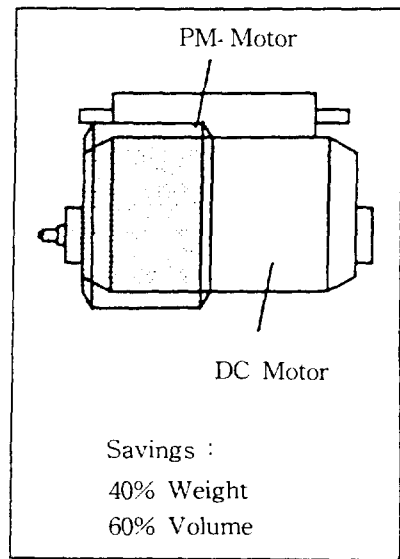


그림 10. 직류전동기와 새로운 전동기 비교

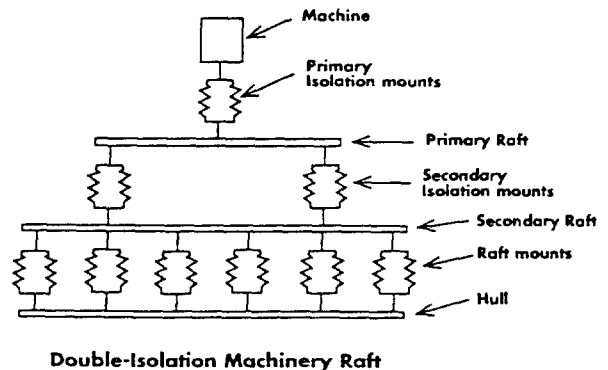


그림 11. 이중 래프트

실제로는 전자 유압식이 될 것이라고 지적하고 있다. 이 소음감소기법은 기계적 웨이크(mechanical shaker)와는 다르다. 웨이크는 특정 주파수 하나에 대한 것이나 이것은 광범위한 주파수 적용 가능한 것이다. 원래 이것의 기본 개념은 1930년대에 특허로 제시되었으나 해를 구할 수 있는 컴퓨터의 뒷받침이 만족스럽게 되지 않아 적용되지 못했다. 그러나 최근에는 고성능 마이크로프로세서 기능 보유가 가능하여 그 효용성이 다시 주목을 받게 된 것이다. 그밖에 상하 챔버에 전자 유체를 채우는 전자유동(Electro-Rheology) 기술, 트래워를 따라 앞 뒤로 움직이는 중량물을 이용하는 선형 가속기 (linear accelerator) 기술 등이 스코틀랜드 BAeSEMA's Marine Div. in Glasgow 및 미국 Aura Systems Inc. 등에서 연구중에 있다.

4.6 새로운 탐지 및 공격 기술

잠수함 탐지 이용 수단으로는 잘 알려진 음파이다. 이와 같이 음파를 이용한 탐지 수단으로 수동소나가 있다. 수동소나의 감도증대에 의한 탐지거리 향상은 미미한 수준이 되고 있다. 이러한 배경으로 비음파 탐지 수단에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 비음파 탐지센서의 하나가 적외선과 저광량 텔레비전 카메라를 장착 지능증대가 되고 있는 잠망경이다. 지금 현재의 잠망경은 헤드에서 광학을 통하여 함내의 눈으로 영상이 나타난

다. 광학로(optronic path) 대신에 모든 전자적 시스템으로 대체하는 광학전자 마스트(optronic mast) 연구가 미국, 영국, 프랑스 등에서 개발중에 있다. 잠망경관(periscopes barrel) 대신에 전자광학 시스템은 복합재로 만들어진 광학 기계부를 이용한다. 광학 전자시스템은 저광량 텔레비전 카메라, 적외선 카메라의 광학센서와 ESM, GPS 수신기, 레이더와 통신 안테나 등을 갖춘 신속식 마스트이다. 복합재 이용은 레이더 흡수재질 이용이 가능하게 된다. 영국의 마르코니사는 비관통형 잠망경을 개발하고 있다. 이것은 중량감소, 선체의 일체성 유지, 전탐실의 공간 활용, 설치의 용이, 와류 및 물보라 감소 및 레이더 단면적 감소 등의 여러 가지 이점을 가지고 있다. 미래에는 전탐실위에 브릿지편 설치의 필요성을 제거하게 되고 잠망경 플랫폼 주위를 둘러싸는 것 대신에 함의 어느 위치에서도 전탐실 배치가 가능하게 되어 잠수함 세일 크기는 점점 더 작게 할 수 있다. 이미 프랑스의 Le Triomphant 잠수함, 덴마크의 Narhvalen 급 성능향상에 비관통형 마스트를 이용하고 있다. 그림12는 비관통형 마스트의 일례를 보여주고 있다.

강대국들이 전략 핵무기를 통제하고 있는 동안 이스라엘과 같은 나라는 SLCM 개발을 서두르고 있다. 그 징후로 독일로부터 Dolphin Class 잠수함 획득과 함대함 Gabriel 순항 미사일 개량이 곧 그것이다. 추진기관과 미사일 유도기술의 진보로 어뢰발사관을 이용하여 발사할 수 있도록 미사일을 적게 만들 수 있게 되었고 원자력 기술발달로 핵무기 장착까지도 가능하게 만들고 있다. 결국 잠수함, 순항미사일과 핵탄두의 결합은 순항 미사일을 이용한 강력한 해상 보복세력을 이루게 될 것이다. 항공기공격용 SLAM(Submarine Launched Anti-Aircraft Missile)을 수출형 Kilo급 잠수함 및 Typhoon SSBN에 탑재되어 있는 것으로 서방측 전문가들은 분석하고 있다. 세일에 약 4피트 반경의 구획에 있어 잠망경과 같이 펼쳐져 발사토록 되어 있다. 12~18발의 로켓이 장착되어 있다. 적극적으로 어뢰 공격에 대항하여 요격하는 대어뢰 공격용(ATT : Anti-Torpedo Torpedo)을 이스라엘에서는 잠수함으로부터 100미터 이상 거리에서 어뢰를 요격할 수 있는 ATT를 개발중에 있다. ATT는 직경 10~12.5cm, 길이 100~125cm, 속도 30~50노트를 가지고 있다.

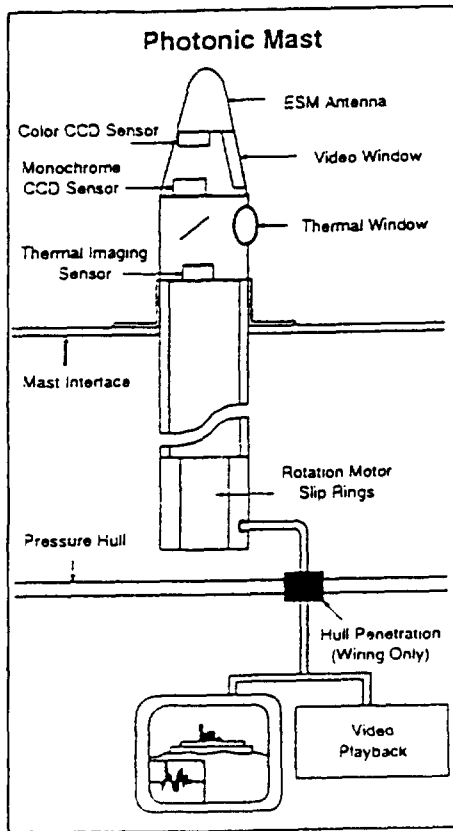


그림 12. 비관통형 마스트

4.7 보다 더 우수해지는 새로운 전자기술

컴퓨터 기술 진보에 따라 슈퍼 컴퓨터의 출현으로 2시간 계산이 24초에 수행되기에 이르렀다. 부피에 있어서도 1/2톤래 규모가 25Kg 정도로 향상되었다. Seawolf급 전투 시스템은 그림 13과 같은 BSY-2 전투시스템이다. BSY-2는 Martin Marietta BQG-5/ WAA(Wide Aperture Array)와 TB-29TASS를 중심으로 되어 있고 데이터를 주고받는 일부 광섬유 Flexnet 데이터 버스를 이용하고 있

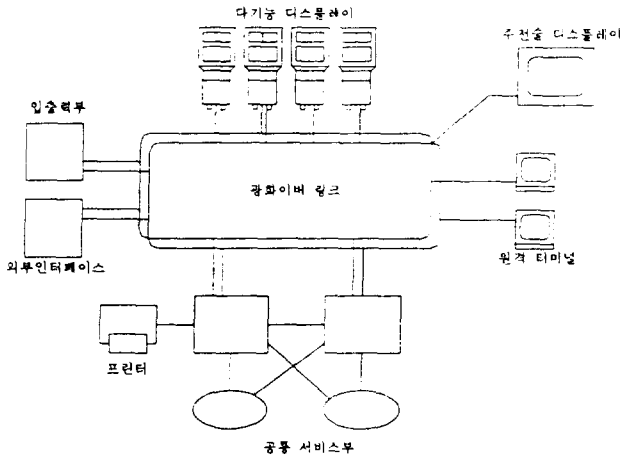


그림 13. Seawolf급 BSY-2 전투시스템

다. Rockwell사는 NAS 전투시스템도 오스트레일리아의 Collins급을 향해 개발한 발전형을 제안하고 있다. 이 시스템은 동시에 의하면 군함용으로는 세계 최초로 광섬유 체계를 가지고 있음을 강조하고 있다.

Motolora 68040을 수 개소에 배치한 분산 처리형으로 프로그래밍어는 Ada가 채용되고 있다. 전탐실에는 MF-CC (Multi-function Common Console)이 7대 병렬로 연결되어 상황에 따른 기능을 교체할 수 있게 되어 있다.

Collins급의 소나 센서는 선체 측면에 conformal 장비된 TMS 2253 Flank Array가 주목을 받고 있다. 이 어레이는 신소재 PVDF(Polyvinyl Difluoride) 판넬로 되어 있다. 판넬 1매 크기는 1x1.5m, 두께는 6~10cm 이다.

이러한 기술은 무게와 전력소모를 감소시키고 감도 증가를 이루게 된다.

5. 21세기의 주요 잠수함은 어떤 모습일까?

지금 현재 설계가 확정된 잠수함으로서 2000년대 초에 취역 예정인 독일의 Type 212 재래식 잠수함과 미국의 차기 원자력 잠수함에 대해 살펴보기로 한다.

5.1 독일의 Type 212 재래식 잠수함

제2차 대전 후 독일의 자국 잠수함의 크기는 500톤 이내로 제한되어 있었다. 이러한 제한을 뛰어넘는 최초의 잠수함이 될 것이다. 원래 본급의 계획전에 208형의 개량형이나 211형을 구상했던 것을 중지하고 Type 212급을 계획, 확정하였다. 지금 현재 단계에서는 1단계 4척 구매 계약을 1994년 7월 6일 체결하였다. 탑재될 AIP 체계는 연료전지로서 1988~1989년 사이 퇴역한 Type 205 잠수함 U1을 이용하여 해상시험까지 완료한 바 있다. 또 탑재될 무기시스템이나 유황 나트륨(Sodium Sulfur) 축전지개발을 조기에 착수하고 있다. 본 설계는 HDW, TNSW

및 IKL 사 공동으로 1992년에 완성하였으며 1997년에 건조계약이 이루어져 1번함이 2003년에 취역 할 예정이다.

이 잠수함의 수중체재능력은 2주일 정도로 기대되고 있고 고체 전해질형 연료전지는 70%에 가까운 높은 효율과 운전중 극히 소음이 적을 뿐만 아니라 반응 후 생성물이 증류수이므로 다른 AIP체계와는 달리 반응 후 생성물을 쉽게 처리할 수 있음을 지적하고 있다. 연료전지는 축전지와 병렬운전, 연료전지 단독운전, 축전지 충전의 3가지 모드로 운용할 것이며 AIP 구획을 부가(Addon) 개념이 아닌 AIP 위주로 설계하고, 디젤전기방식이 보완

표 5. Type 212 잠수함

구분		Type 212	기 존 방 식
내용	수 상	1320	
	수 중	1800	
속 도	수 상	12 노트	
	수 중	20 노트	
제원(길이×폭×홀수)		53.2 × 6.8 × 5.8(m)	
AIP(연료전지)		25kw × 16 = 400kw 산소탱크2 38개 수소 bottle	디젤 축전지식
추진전동기	형 식	영구자석형 브러시레스	브러시 직류전동기
	출 력	2400 HP	
디젤 기관		1400HP 1대 MTU 16V 396	
축 전 지		유황 나트륨 축전지 (Na/S)	연축전지 (Lead Acid)
승 조 원		23 명	209급 32명
어뢰 발사관		533 mm x 6문	
타		× 형	+ 형
소 나		DBQS-21DG DBQS-90FTC	
전 자 장 비		ESM MFL 90u 전투시스템	

해주는 개념으로 설계되었다고 주장하고 있다. 주요 성능 및 특징은 표 5과 같다.

5.2 미국 차기 원자력 잠수함

Centurion는 미국 잠수함의 제2기(second century of

submarining)를 축하하는 의미로서 붙여진 이름이다. Centurion의 공식적인 태동은 1989년 의회연구 서비스(Congressional Research Service)의 분석가인 Ron O'Rourke가 상원의원 Alfonse D'Amato가 요청한 미 해군의 목표인 100척의 잠수함대 공급 조사 의뢰에서였다. 100척대를 유지하기 위해서는 매년 3.5척이 건조되어야 한다는 것을 근거로 하여 비용측면에서 Seawolf, LA688과 Seawolf 혼합형 및 새로운 형태로 설계/건조되는 SSN97의 3가지 안에 대해서 검토한 O'Rourke는 Seawolf 기술을 그대로 사용하지 않으면서 LA688 보다는 적은 SSN97을 제안하였다. SSN97은 정속화, 전락속도, 전투체계에 우선권을 두고 최대속도, 잠항심도 및 탑재무장 수는 순위를 떨어뜨리는 설계개념이다.

이러한 결정을 하게 된 근거는 만일 Seawolf(SSN21)를 연간 3.5척씩 계속 건조할 경우 해군의 함정 건조 및 개조 비용 예산의 43%를 점유하게 되어 통상적인 잠수함 획득 비율인 20%를 두 배 이상 상회하게 되는 결과가 되기 때문이라는 지적이다.

Centurion의 톤 수는 4500~5500톤으로 LA688의 추진 마력보다 반정도 적게 함으로써 Seawolf급보다 비용을 반 이하로 떨어뜨릴 수 있게 되는 것이다. 이와 같은 결과를 놓고 각계에서의 논란이 계속되는 가운데 1992년 1월에 Kelso 제독은 Centurion 팀에게 다음과 같은 설계 목표를 주었다.

- Seawolf 소음 수준 유지
- 최대/순항속도 감소
- 기본적인 전투체계 유지
- 탑재무장 및 운반 비율 감소
- 잠항심도 감소
- 승조원수 최소화

이러한 설계목표를 근거로 연수한 결과 6000톤 급 보다 적으면서서는 Seawolf 소음수준, 적절한 속도 및 전투체계를 가질 수 없음을 결론지었다.

1993년 1월 의회 기록에서 D'Amato 상원의원은 잠수함 산업지원과 효율적인 잠수함대를 유지하기 위해서는 LA-688 개선형(I688)건조가 유일하다고 밝힘으로써 Centurion 건조 계획은 Seawolf 계속 건조와 함께 무산되기에 이르렀다. 이렇게 됨으로써 21세기의 미국 잠수함은 최소한 함수명 기준으로 볼 때 25년이 뒤진 설계의 잠수함 모습으로 나타나게 되었다. 이것은 Seawolf 잠수함 건조 당시의 구 소련보다 우위의 잠수함 세력 확보라는 목표가 없어지게 된 구 소련의 붕괴에 그 원인을 찾을 수 있다.

표 6은 LA급 잠수함의 주요 성능 및 특성이다.

6. 결 론

잠수함은 육상기지나 항공기와 비교하여 적에게 노출

표 6. LA급 잠수함

구 분		제원 및 성능
톤 수	표 준	6080
	수 중	6927
제원(길이×폭×홀수)		110.3 × 10.1 × 9.9 (m)
추진	주	56 G x 2 터빈, 35000 HP
	보 조	325 HP 전동기
속 도 (수중)		32 노트
승 조 원		133 명
무 장	미사일	대지 공격용 SLCM(Tomahawk) 대함 공격용 SSM(Tomahawk) Harpoon
	어뢰	533 mm × 4문

이 되지 않는 가장 은밀한 공격 수단이기 때문에 21세기에서도 계속해서 각광을 받을 것이다. 그러나 구 소련의 붕괴로 인하여 냉전체제가 무너져 분명한 공격 대상이나 명백한 적이 없어져 잠수함 건조 척수는 감소될 것이다. 새로운 추진기술, 새로운 전동기 기술, 새로운 정속화 기술, 새로운 추진기 기술, 새로운 탐지 및 공격 기술 및 새로운 전자기술들이 21세기에 설계, 건조되는 잠수함에 새롭게 선보일 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] Stan Zimmerman, Submarine Design for the 21st Century, 1993 Pasha Publication Inc.
- [2] 世界の艦船, 次世代の潜水艦, pp.70~95, 1994년 10월호

저 자 소 개



공영경(孔泳卿)

1956년 5월 1일생. 1979년 홍익대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 한국해양대 대학원 졸업(공박) 현재 국방과학연구소 선임연구원.