솔라보트 EPISODE의 개발

최정규*, 김형태†*, 김희택*, 이성수*, 이광범*

충남대학교 선박해양공학과*

A Development of EPISODE Solar Boat

Jung-Kyu Choi*, Hyoung-Tae Kim†*, Hee-Taek Kim*, Sung-Soo Lee*
and Kwang-Beom Lee*

Dept. of Naval Architecture & Ocean Eng. Chungnam National Univ.*

Abstract

Human Powered Vessel Festival (HPVF) hosted by the College of Engineering of Chungnam National University, the Society of Naval Architects of Korea and the Korea Ocean Research & Development Institute has been held annually in Daejeon since 1999. Solar boat powered by solar energy appeared for the first time in 2006, and it is expected that more new teams will enter this competition in the coming years. In this paper it is described that design procedures and manufacture processes of the solar boat named EPISODE. Firstly, It is aimed to understand compositions of the electric system and their performance properties and to show the design procedures using commercial design packages line WAVIS, CATIA, HCAD etc. Through the trial test, we confirmed ship speed, maneuverability, durability and operation condition of the electric system and found some problems. We plans to make reported problems go away and install hydrofoils for more improved speed performance.

※Keywords: Solar boat(솔라보트), Solar module(솔라모듈), Trimaran(삼동선), Electric system(전기시스템), EPISODE(에피소드)

1. 서언

태양에너지는 재생 가능한 친환경 에너지로서 미래에 발생할 수 있는 에너지 수급문제 및 환경 문제에 대한 하나의 해결책으로 제시되고 있다.

접수일: 2007년 1월 24일, 승인일: 2007년 10월 23일

† 교신저자: h-tkim@cnu.ac.kr, 042-821-6629

EREC(European Renewables Energy Council)에 따르면 2040년까지 총 에너지 공급의 47.7%, 총 발전량의 82%를 신재생에너지가 담당할 것으로 예측하고 있으며, 태양광에너지가 전체 신재생 에너지 중 가장 급속한 증가를 나타낼 것으로 전망하였다. 이에 따른 태양광에너지의 활용에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있으며, 이미 일반 주택의 전력 공급, 인공위성, 자동차,

선박 등의 에너지원으로서 다양하게 사용되고 있다. 해외에서는 정부, 대학 및 기업들의 지원하에 정기적으로 솔라자동차 및 솔라보트 대회가 개최되고 이를 통해 태양에너지의 적용 방법, 장치설계 및 제작 등에 대한 연구와 학습이 자연스럽게 이루어지고 있다.

국내에서는 태양광 발전을 선박에 적용하는 연구가 매우 부족한 실정으로 1993년 대전 엑스포 개최시에 거북선을 모방한 선박에 Solar Panel을 붙여 3노트 정도의 속력을 내는 유람선(박찬일 등 1993)을 개발하여 선보인 바 있다. 최근 들어 일부 대학에서 솔라보트의 설계, 제작(홍신표 등 2007)한 바 있으며, 해마다 대전 갑천에서 열리는 인력선 축제(2006)에 솔라보트 부문이 신설되어 몇몇 대학 팀들이 출전하면서 이 분야에 대한 연구가 점차 활성화되는 추세이다. 또한, 소득증대와 주 5일 근무제 도입으로 인해 해양레저와 수상레포츠의 저변이 확대되고 수요가 크게 증가할 것으로 예상(반석호와 김상현 등 2002)되는 상황을 고려할 때, 레저 스포츠 장비로서 솔라보트의 활용 가능성이 매우 크며, 이에 대한 전문적인 연구와 개발이 이루어진다면 레저·관광 선박 및 다양한 환경친화적 소형선박 등에 적용이 가능할 것이라고 판단된다.

본 논문에서는 2006년 인력선 축제에 참여하기 위해 충남대학교에서 개발한 1인승 솔라보트의 설계와 제작 방법 및 과정 그리고 시험주행 결과를 기술하였다.

2. 솔라보트 설계

솔라보트란, 태양광에너지를 전기에너지로 변환하여 모터를 회전시켜 추진하는 선박으로 Fig. 1에 개략적인 모습을 보이고 있다. 솔라보트는 기본적으로 선체(Hull), 추진기(Propeller), 동력전달장치, 조종장치(Rudder), 전기장치 및 기타 수중익장치로 이루어진다.

2.1 선체 개념설계

에너지 변환과정에서 발생하는 전기(추진)에너지가 한정적이기 때문에 에너지 효율을 극대화시키는 것이 필수적이므로 선박이 최소의 저항을 갖

Fig. 1 Concept of solar boat

도록 설계해야 한다. 솔라모듈의 배치에 필요한 갑판 면적 확보와 축전지, 전기 모터 및 모터 드라이브의 배치, 승선자의 위치를 고려하여 설계하는 것이 중요하며 항주 상태에서 침로유지성능, 조종성능과 운동성능이 우수하도록 설계해야 한다. 선형을 결정하는데 있어서 선체의 길이와 흘수가 일정하다고 가정했을 때 단동선의 경우, 복원성을 확보하기 위해 폭이 커져야 하므로 방형계수(C_B)값이 커져 고속에서 저항 측면에서 불리하게 된다. 쌍동선의 경우, 두 선체를 연결하는 구조물을 설치해야하므로 승선자의 위치 결정, 전기제품의 탑재 및 추진 장치의 설치에 어려움이 있다. 단동선과 쌍동선에 비해 삼동선의 경우, 고속에서 저항성능이 우수하며 해상상태에서 내파성과 안전성이 우수한 것으로 알려져 있으며 실제로 유사한 단동 선형과의 저항성능 비교, 연구를 통해서 검증된 바 있다(오세면 등 2004, 이영길 등 2004). 따라서 본 연구에서는 성능 및 제작의 용이성을 위해 삼동선으로 개념설계를 하였다.

2.2 중량 추정 및 주요 치수결정

갑판 면적 확보, 승선자 및 의장품 배치, 선체 중량 및 저항의 최소화, 복원성 및 강도 확보, 경량화를 설계 조건으로 가정하여 주요 치수를 결정하고 중량을 추정하였다. 국내에서는 1인승 솔라보트 제작에 대한 자료 및 경험이 부족한 실정이므로 일본에서 개최되는 전 일본 솔라 & 인력선 대회에 참가하는 유사 1인승 솔라보트를 참고하여 Table 1, 2에 나타낸 바와 같이 EPISODE의 중량 및 주요 치수를 추정하였다. 여기서, 배수량의 경우, 추정된 중량에 약 20%의 여유치를 두었다. 중량추정에서 현재 우리나라의 실정상 가볍고 높은 출력의 솔라모듈을 확보하기 어려워 국내에서 유

Table 1 Estimation of EPISODE weight

구 분	수 치(kg)
주선체	30
보조선체	10
타	5
모터	10
솔라셀 및 전기 구동계통	45
Battery	10
복합소재 작업 여유치	10
승선인	60
합계	180

Table 2 Principal dimension of EPISODE

구 분		수 치
배수량	주선체	180kg
	보조선체	30kg
길이(L)	주선체	5m
	보조선체	1.3m
폭(B)	주선체	0.5m
	보조선체	0.2m
흘수(D)	주선체	0.2m
	보조선체	0.1m
설계속도		3m/s
주선체와 보조선체간의 거리		1.1m

통되며 일반적으로 지상 구조에서 사용하는 솔라 모듈을 선택하였다.

2.3 일반배치 결정

선체의 종강도를 고려하여 선저에 길이 방향으로 알루미늄 프레임을 설치하며, 선체가 길고 전기 제품이 선체 내에 배치되므로 종강도 보강과 수밀을 위해서 길이 방향의 일정한 간격으로 격벽을 배치한다. 추진기는 선미 쪽에 배치하였으며 타는 효율을 고려하여 프로펠러 후류에 위치시켰다. 또한, 중부심(Longitudinal Center of Buoyancy, L.C.B)이 선체 중앙에서 선수 쪽으로 위치한 것을 고려하여 중량 분포에 가장 큰 영향을 미치는 승선자는 선체의 길이 방향 중심보다 선수 쪽으로 위치하도록 결정하였다.

Fig. 2 General Arrangement

보조선체는 횡복원성과 안정성 확보를 위해 주선체 중심으로부터 충분한 거리를 두었으며 Fig. 2에 개략적인 일반배치도를 나타내었다.

2.4 선형 설계

GUI를 이용하여 선형을 쉽게 변화 및 순정할 수 있고, 선도까지 신속하고 효율적으로 작성할 수 있는 선형 설계 전용 프로그램인 H-CAD를 이용하여 설계하였다. 단동선의 경우, 저항 관점에서 폭이 감소하면 저항이 감소하나, 복원성능도 감소하게 된다. 하지만, 삼동선의 경우, 주선체의 폭이 작아도 보조선체가 복원성능을 보완해 주는 역할을 하기 때문에 폭이 작아도 큰 문제가 되지 않는다. 따라서 본 EPISODE는 충분한 배수량을 가지면서 길이 대 폭의 비가 10:1인 매우 날씬한 선형으로 잉여저항 측면에서 유리하게 설계하였다. 또한, 선수 형상은 내향성 및 초기 복원력 측면에서 유리하다고 알려진 V자형으로 설계하였으며 선미는 추진 효율이 높은 U자형으로 설계하였다.

보조선체의 경우, 저항의 측면에서는 주선체에 비해 매우 작을 것으로 판단하여 무시하고 주선체에서 문제가 되는 횡복원성과 주행 안정성 확보에 주안점을 두었다. 보조선체의 경우, 폭방향으로의 설치 위치와 형상이 저항성능에 미치는 영향은 작은 것으로 알려져 있다(강국진 등 2001, 진영민 등 2004). 본 연구에서 각각의 보조선체의 경우, 주 선체 배수량의 약 1/12 정도이며 주선체 중심으로부터 보조선체 중심까지 1.1m 떨어져 있다.

점성 계산을 위해, 수치계산에 사용된 격자수는 길이방향으로 220개, 폭방향으로 30개, 거스방향으로 50개의 격자를 분포하였으며, Fig. 5와 Fig. 6에 공간격자계와 표면격자계를 보이고 있다.

- 저항성능 비교

포텐셜 유동 해석의 경우, 설계속도 3m/s에서의 Froude 수(Fn) 0.4407을 포함하여 8개의 Fn에 따른 조파저항계수(C_W)의 변화를 살펴보았으며 Fig. 7에 결과를 나타내었다. 고정상태일 때와 자유상태일 때 모두 동일한 경향을 보여주고 있으나 실제 상황에 가까운 자유상태일 때 조파저항이 크게 계산된 것을 볼 수 있다. 또한, 설계속도인 3m/s 이후인 3.5m/s까지 조파저항이 증가하다 이후 감소하는 것을 볼 수 있다.

점성 유동 해석의 경우, 설계속도 3m/s의 레이놀즈 수인 1.5×10^7 를 포함하여 5개의 속도 변화에 따른 점성저항(C_V) 성분과 점성압력 저항(C_{VP})의 경우, 속도와 상관없이 일정한 값을 보이고 있음을 확인할 수 있으며, 마찰저항(C_F) 성분의 경우 속도가 증가하면서 점차 감소하는 것을 확인하였다. 이를 통해 설계속도 3m/s 이상으로 운행시 저항 측면에서는 유리할 것으로 판단된다. Table 4에는 계산을 통해 추정된 유효동력을 설계과정에서 추정한 유효동력과 비교하여 나타내었다. 설계속도에서의 유효동력을 비교해보면 추정한 값과 약 38.63%의 차이를 보이고 있다. 이는 설계에서 저항을 추정할시 유사 선형 데이터에 의존한 점이 가장 크다고 할 수 있으며, CFD 검증을 통해 최적 상태에서의 저항값 및 유효동력을 확인하였다. 또한, 계산을 통해 3장에서 언급하겠지만 실질적으로 설계에서 추정한 제동동력 확보를 위해 500W급 모터를 선택한 것이 설계속도인 3m/s 뿐만 아니라 그 이상의 속도에서도 운행이 가능함을 확인하였다.

- Wave pattern 및 선체 압력분포

Fig. 9에는 자유수면 아래 선체표면에서의 압력 분포 및 한계유선을 나타내었으며, 한계유선의 경우 대체적으로 균일한 분포를 보이고 있다. 현측

Fig. 7 Comparison of C_W

Fig. 8 Comparison of resistance coefficient

Table 4 Comparison of EHP

구 분	추정	계산		
		3m/s	4m/s	5m/s
전저항계수 ($C_T \times 10^3$)	6	3.6823	3.7292	3.5229
전저항(N)	84.24	51.70	93.08	137.39
유효동력(W)	252.72	155.1	372.32	686.95
전 효율(η_T)	0.594	0.594	0.594	0.594
제동동력(W)	425.46	261.11	626.80	1156.5

에서의 압력분포를 살펴보면 선수 부분에 상대적으로 큰 압력이 분포하고 있으며 선수로부터 0.1L 이후 매우 균일한 압력 분포를 보이고 있다. 선저에서의 압력분포를 살펴보면 중앙평행부 근처에 음압이 분포하고 있으며 그 이외에 영역에서는 현측에서와 마찬가지로 동일한 압력분포를 보이고 있다.

Fig. 10에는 설계속도 3m/s에서의 파형을 보여 주고 있다. Fn이 크기 때문에 파 길이가 무척 크게 나타나고 있다. 선수 부분에서 파고가 가장 큰 것을 볼 수 있으며 중앙평행부 근처에서 파고가 낮아졌다 이후 점차 완만해지며 중앙평행부에서 선미쪽으로 0.16L 위치, 즉 보조선체가 놓이는 위치에서도 파고가 매우 균일하여 저항성능에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각되며, 초기 추정 위치가 적당했음을 보이는 결과라 생각된다.

Fig. 9 Pressures and limiting streamlines on the hull

Fig. 10 Wave pattern

2.7 타(Rudder)의 설계

타(Rudder)는 효율을 고려해 선미에 부착되는 모터의 프로펠러 후류에 위치하도록 하였다. 타의 크기가 클수록 침로안정성과 선회능력 모두 향상되나 타를 키우면 저항이 커지게 되므로 필요한 조종 성능을 만족하는 최소 크기의 타가 설계되어야 한다. Det Norske Veritas(DNV) 1975 규정에 따르면 타의 최소 면적(A_r)은 아래 식을 통해 구해진 값을 사용한다. 여기서 d 는 흘수, L_{PP} 는 전장, B 는 폭이다.

$$A_r \approx \frac{d \cdot L_{PP}}{100} \left\{ 1.0 + 25.0 \cdot \left(\frac{B}{L_{PP}} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

위 식을 사용하여 구한 주선체와 보조선체에 필요한 최소 크기는 각각 125cm^2 와 100cm^2 이다. 또한, 일반적으로 소형 선박의 경우, 타의 면적은 길이와 만재시의 흘수 곱의 2.5% 정도로 정하여 구하기도 한다. 이 경우, 타의 크기는 최소 250cm^2 정도가 필요하다. 본 연구에서는 솔라보트를 처음 제작하는 것을 감안하여 타 크기에 여유치를 두어 $L \times T$ 의 3.5%로 결정하였으며 이때의 타 면적은 350cm^2 이다. 추정된 타 면적을 기준으로 타의 스패ن(span)은 프로펠러의 위치와 직경을 고려해 25cm, 코드 길이를 14cm로 결정하고 단면은 NACA 0015를 사용하였다.

3. 솔라보트 전기적 시스템 구성

솔라보트의 기본적인 전기시스템 원리를 Fig. 11에 나타내었다. 솔라모듈을 통해 태양광을 전기 에너지로 변환시켜 모터를 구동하게 되는데 이 과정에서 충전제어회로(Solar Module controller)는 축전지의 충전 및 방전을 조절한다.

즉, 모듈을 통해 발생하는 전기에너지는 태양전지 컨트롤러를 통해 모터로 전력을 공급하며, 사용하는 에너지 이외의 잉여의 전력을 축전지(Battery)에 저장한다. 또한, 축전지로의 충·방전을 조절한다.

모듈에서 전기에너지를 생산하지 못할 때에는 축전지에 저장된 전기에너지의 방전을 조절해 모

Fig. 11 Electric system of solar boat

Fig. 12 DC motor MINN KOTA EM44

터를 구동시킨다. 모터 드라이브는 PWM(Pulse Width Modulation) 방식에 의해 DC 모터로 공급되는 전류를 조절함으로써 모터의 회전속도를 제어한다. 또한, 모터 드라이브를 통하여 모터의 회전방향도 조정하여 솔라보트의 전·후진을 제어할 수 있다.

3.1 모터와 모터 드라이브

마력 추정을 통해서 EPISODE의 추진을 위해서는 최소한 430W 정도의 동력이 필요함을 확인하였다. EPISODE 제작 목적이 전기 시스템의 작동 원리를 이해하고 시스템을 구현해 보는데 목적이 있기 때문에 직접 제작하기 보다는 시중에서 판매되는 일체형 기성품 중 설계속도인 3m/s에서 운행이 가능하도록 최대 출력이 500W 정도인 모터

를 선정하였다. 본 EPISODE에 사용된 모터는 주로 소형 보트의 보조 엔진으로 사용되는 DC 12V, 추력 44lb의 MINN KOTA EM44 모델을 사용하였으며, Fig. 12에 나타내었다. 이 모터는 소음이 없고, 사용법이 간단하다. 또한, 전진 5단 및 후진 3단으로 전, 후진이 모두 가능하며 정교하게 출력을 조절할 수 있게 하여 전력을 절약할 수 있는 기능이 있다. 따라서 한정된 전력으로 비교적 오랜 시간 사용할 수 있는 장점이 있다.

3.2 솔라모듈(Solar Module)

솔라모듈은 태양전지(Solar cell)를 직렬 또는 병렬로 연결하여 일정한 구조물에 넣어 태양전지가 외부의 충격에 견딜 수 있도록 제품화한 것을 말한다. 태양전지는 반도체 소자인 실리콘으로 구성된 실리콘 결정체로서 기본 원리는 태양전지에 빛이 입사되면 반도체내의 전자(-)와 정공(+)이 반도체 내부를 자유로이 이동하는 상태가 된다. 자유로이 이동하다가 PN 접합에 의해 생긴 전계에 들어오게 되면 전자(-)는 N형 반도체에, 정공(+)은 P형 반도체에 이르게 되며, P형 반도체와 N형 반도체 표면에 전극을 형성하여 전자를 외부 회로로 흐르게 하면 전류가 발생된다.

솔라모듈을 선정할 때 고려해야 할 점은 원하는 출력을 얻을 수 있는 것, 효율이 좋은 것, 무게가 가벼운 것을 선정해야 한다. 국내 실정에서 조건을 모두 만족하는 솔라모듈을 확보하기에 어려움이 있었다. 특히, 무게가 가벼운 모듈은 외국 수입에 의존하고 있고 고가여서 본 연구에서는 무게특성을 배제하고 국내에서 생산되며, 출력과 효율이 좋은 포톤 반도체사(현 KPE사)의 단결정 솔라셀을

Table 5 Characteristic of solar module

Power	P_{max}	168W
Power Voltage	V_{mp}	35.3V(±10%)
Power Current	I_{mp}	4.76A(±10%)
Open Circuit Voltage	V_{oc}	43.9V(±10%)
Short Circuit Current	I_{sc}	5.23A(±10%)

Fig. 13 Arrangement of solar module

이용한 모듈을 사용하였으며 Table 5에 솔라모듈의 특성을 나타내었다. V_{mp} 와 I_{mp} 는 솔라모듈의 최대 출력에서의 전압과 전류를 나타낸다.

모듈은 최대출력이 168W로 길이가 1580mm, 폭이 802mm, 두께가 50mm이고 모듈당 무게는 18kg으로 솔라보트 앞, 뒤로 각각 1장씩 배치하여 병렬로 연결하였다. Fig. 13에는 솔라모듈의 배치를 나타내었다.

3.3 Battery

Battery는 솔라모듈로부터 받아들이는 전기에너지를 충전하여 태양전지로부터의 전력공급이 불가능하거나 솔라모듈의 출력이 부족할 때 사용하게 된다. EPISODE에 사용된 제품은 현재 일본 공식 시합용 Battery인 Panasonic사의 납축전지이고 제원은 12V, 7.2Ah/20HR이며 Table 6 및 Fig. 14에 기본제원 및 Battery 모습을 나타내었다. 20HR(시간율)은 12V 축전지의 경우, 만충전된 축전지를 일정 전류(용량의 1/20)로 전압이 10.5V로 떨어질 때까지 20시간동안 방전할 수 있다는 것을 말하며, 7.2AH는 20시간율에서의 용량이다.

EPISODE의 경우, 전기시스템 선정과정에서 필요한 축전지 용량 계산 결과 최소 26Ah가 필요하여 선정된 축전지 4개를 병렬 연결하여 사용하였다.

3.4 태양전지 컨트롤러

EPISODE에 사용된 태양전지 컨트롤러의 주요 기능은 축전지의 정상적인 충전과 방전을 통해

Table 6 Characteristic of battery

제품명	Panasonic LC-P127RJ2
Normal Voltage	12V
Capacity	7.2Ah
Dimension	151×64.5×94(mm)
Weight	2.5kg

Fig. 14 Panasonic battery

Table 7 Characteristic of solarix sigma

Output voltage	12V
Max. charge current at 50℃	20A
Max. load current at 50℃	20A
End of charge voltage	13.7V
Max. self consumption	5mA
Ambient temperature allowed	-25℃~50℃
Length×Width×Height	188×106×49
Weight	0.3kg

Fig. 15 Solar module controller

Battery의 용량을 최대한 사용하면서 수명을 연장시켜주는 것이다. 작동 원리를 살펴보면, 축전지의 전압이 일정범위 이상이 되면 축전지로 흐르는 전류를 감소시키거나 중단시키고 축전지 전압이 일정범위 이하로 감소하면 축전지의 방전을 중단시킴으로써 축전지의 충·방전을 제어한다.

제어 방식에는 on/off 방식, PWM(Pulse Width Modulation) 방식, MPPT(Maximum Power Point Tracking) 방식이 있다. MPPT 방식은 최대 출력 제어 추적 방식이라고도 불리는데 모듈에서 발생하는 전압과 축전지의 전압을 매치시켜 최대한의 충전 효과를 얻도록 해준다. 본 연구의 대상선에서는 MPPT 방식의 STECA사의 Solarix Sigma를 선정하였으며, Table 7에 기본 특성을 Fig. 15에 사용된 제품의 모습을 보이고 있다.

4. 솔라보트 제작

솔라보트의 제작은 크게 선체 제작, 조타 및 의장장치 제작, 전기장치 배치 및 연결로 나누어서 하였다. 선체는 소형 선박 제작에 가장 많이 사용되고 있는 FRP를 이용하여 제작하였다. 의장장치는 승선자 탑승 공간, 전기 제품의 위치 등 효율적인 배치에 중점을 두었으며, 전기장치는 대부분 기성품을 사용하였다.

4.1 선체 제작

작성된 선도에서 각 station별 단면을 이용하여 스티로폼으로 station간의 부분 형상을 제작하였다. 이 부분 형상들을 연결하여 선형에 대한 전체적인 형상을 만들고 이 위에 스티로폼 본드와 메쉬, 퍼티를 이용 여러 번의 표면 작업으로 몰드 제작을 위한 선체 형상(Fig. 16)을 만든다.

이 형상으로 유리섬유를 이용해 몰드를 제작(Fig. 17)하고, 제작된 몰드를 통해 다시 유리 섬유와 폴리에스테르 수지로 선체 제작을 한다. 선형 자체가 기존에 제작하던 인력선의 선체보다 크고 전장이 길기 때문에 선체의 무게보다는 강도 확보를 위해 유리 섬유 매트 3겹, 로빙크로스 1겹을 적용하였다. 선체의 종강도 보강을 위해 선저 중심선을 따라 알루미늄 프레임을 설치하였다.

횡강도 보강과 전기 시스템의 수밀을 고려해 선체의 일정한 간격으로 격벽을 설치(Fig. 18)하여 보강하였다. 이 후, 표면처리 과정을 통해 선체를 완성하였으며, 동일한 방법으로 보조선체(Fig. 19)를 제작하였다.

Fig. 16 Shape of main hull

Fig. 17 Mold of main hull

Fig. 18 A partition in main hull

Fig. 19 Manufacture shape of side hull

Fig. 20 Propeller & Rudder

Fig. 21 Connection of handle & crank

Fig. 22 Connection of rudder & wire

Fig. 23 Solar and motor controllers

Fig. 24 Amperemeter and voltmeter

4.2 조타 장치 제작 및 전기 시스템 배치

타(Rudder)는 효율을 고려해 선미에 부착되는 모터의 프로펠러 후류에 위치하도록 하였으며, 프로펠러와 타의 장착 모습을 Fig. 20에 나타내었다. 핸들의 축에 파이프를 용접하고 파이프의 끝 부분에 체인 크랭크를 용접(Fig. 21)하여 탑승자의 위치에 있는 핸들을 통해 선미의 타를 조종할 수 있게 하였다.

크랭크에 체인을 연결하고 체인을 와이어로 연결한 다음 선저를 통해 선미에 있는 타 포스트에

연결(Fig. 22)하여 조종 운동을 전달한다. 핸들과 연결된 크랭크의 회전각을 조정하여 타의 회전각이 $-30^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 범위 내에서 작동하도록 제작하였다. 또한, 솔라보트의 운전 중에 전기적인 상태가 수시로 변할 수 있기 때문에 운전자가 탑승한 위치에서 전압과 전류의 상태, 축전기의 충·방전 상태를 확인 할 수 있도록 운전자의 시야 안으로 태양전지 컨트롤러, 전압계와 전류계를 설치(Fig. 23, Fig. 24)했으며, 모터 드라이브의 속도전압을 조절해 주는 장치를 핸들에 설치해 모터의 회전속

Fig. 25 Trial test

도를 조절하여 보트의 주행속도를 손쉽게 바꿀 수 있도록 하였다.

5. 시험주행

EPISODE의 제작을 끝내고 시험주행을 실시하였다(Fig. 25). 시험주행을 통해 EPISODE의 속도, 조종성과 내구성 그리고 전기 시스템의 작동 상태를 확인하였다. 초기 종량과 달리 선체 제작 과정에서 의 선체 무게와 의장품 그리고 솔라모듈의 무게 증가로 인해 최초 설계 속도인 3m/s에 약간 못 미치는 2.7m/s 정도의 속도를 보였다. 또한, 주행 과정 중에 모터와 태양전지컨트롤러의 허용 전류에 차이가 있어 모터를 최대 속도로 회전시킬 경우, 컨트롤러의 허용전류를 초과하여 전원이 꺼지는 문제가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 몇 번의 시범 주행을 통해 컨트롤러가 허용하는 전류에 대한 모터의 최대 회전수를 찾았고 그 범위 내에서 무리없이 운행할 수 있도록 하였다.

6. 결론

본 연구에서는 충남대학교에서 개발한 솔라보트 EPISODE의 설계와 제작 방법 및 과정을 기술하였다.

솔라모듈, 승선위치 및 전기장치의 배치 등이 고려된 선형을 상용 프로그램(HCAD)을 사용하여 도출하고 자료를 바탕으로 마력을 추정하였으며, 수치해석 프로그램(WAVIS, Fluent)을 통해 추정된 마력을 검증하였다. 추정마력으로부터 솔라모듈의

면적, 모터 출력, 배터리의 용량을 결정하였다. 또한, 충방전 제어기(MPPT)와 기타 전기장치를 결정하고, 선체는 FRP로 제작하였으며 전기장치의 배치와 조종장치의 설치를 통해 시스템을 완성하였다. 솔라보트의 시험 주행으로부터 2.7m/s의 속도성과 내구성, 선회성능, 태양광에너지 추진 시스템의 성능을 최종 확인함으로써 태양광에너지로 추진되는 솔라보트의 개발을 위한 기초 자료를 확보하였다.

제작 및 시험 주행 과정에서 나타난 몇 가지 문제점을 개선한다면 더 우수한 성능의 솔라보트를 개발할 수 있을 것이며, 향후 개선해야할 주요 항목은 아래와 같다.

- 선체의 경량화 및 최적 선형 개발
- 최적의 전기시스템 구성
- 솔라보트에 적합한 수중익 시스템의 도입과 고효율 동력 전달장치

후 기

본 연구는 산업자원부 신재생에너지기술개발사업의 일환(2004-N-PV03-P-01)으로 수행되었습니다. 상기 기관의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 강국진, 이춘주, 김도현, 2001, “2005톤급 삼동선의 저항 추진 특성,” 대한조선학회 논문집, 제 38권, 제 3호, pp. 14-22.
- 박찬일, 박희창, 강정식, 손영수, 함상용, 서동찬, 권용기, 이성휘, 김병인, 1993, “EXPO '93 태양전기 거북선 개발,” 한국기계연구원.
- 반석호, 김상현, 2002, “국내 해양레저와 레저선박 산업의 현황 및 전망,” 대한조선학회지, 제 39권, 제 1호, pp. 36-44.
- 신명수, 강국진, 1996, “자유표면을 동반하는 시리즈 60 ($C_b = 0.6$) 선형 주위 유동장의 수치 계산,” 대한조선학회 논문집, 제 33권, 제 2호, pp. 13-29.
- 오세면, 이승희, 강대선, 2004, “레저용 삼동선의

실용화에 대한 연구,” 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp. 205-211.

- 이영길, 최동섭, 김규석, 2004, “고속 삼동선형설계에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 41권, 제 3호, pp. 60-71.
- 진영민, 유병석, 이인선, 양종훈, 강동우, 2004, “삼동선 선형특성에 대한 연구와 일반배치 설계,” 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp. 693-701.
- 홍신표, 이경완, 전호환, 2007, “솔라보트 프로토타입 제작에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 44권, 제 2호, pp. 189-197.
- Kim, J.S., Lee, K.J. and Joa, S.W., 1990, "Numerical Calculation of the Flow around a Ship by Means of Rankine Source Distribution," 대한조선학회지, 제 25권, 제 4호, pp. 32-42.

< 최 정 규 > < 김 형 태 > < 김 희 택 >

< 이 성 수 > < 이 광 범 >