

들망어선에서의 전기 에너지 효율화에 의한 생력화 연구(Ⅱ)

박용석

I. 서 론

자리돔3척들망과 멸치챗배는 현재 제주연안에서만 사용되고 전통 어구어법이다. 자리돔 3척들망은 제주도의 모슬포에서 개발된 어구어법으로 그물배인 그물배 1척과 양망 보조선 2척이 선단을 구성하여 조업하고 있는데, 인력에 의존하던 조업 방식이 생력화 연구 결과 까래그물 양망과 블록줄 양승 작업은 기계화 되어 있다 (박, 2002). 그런데 보조선에서 양승기 동력원으로 척 당 배터리 2개가 사용되고 있으며, 배터리 한 개당 중량은 55kg이다. 이 때 보조선의 배터리 에너지가 소진되면 3일에 한 번의 빈도로 무거운 배터리를 철거한 후 자택으로 운반하여 충전하고 있는데, 충전에 약 20시간이 소요된다. 그리고 충전된 배터리를 자택에서 어항으로 수송한 후 재차 보조선에 장착하는 과정을 어기 내내 계속 반복하는 문제점이 있다.

멸치챗배는 조선시대 후기에 개발된 어구어법으로 인력의 풍부하였던 예전에는 우리나라 남해안과 제주연안에서 주로 사용되었다. 산업화와 더불어 많은 일거리가 창출되면서부터 힘든 일을 기피하게 되고, 어선원이 감소하면서 쇠퇴하였다. 거문도를 중심으로 활발하게 조업되던 멸치챗배는 연안선망의 일종인 흘치기로 어구어법이 변천하게 되었고, 나중에는 이마저도 선원이 부족하여 사라지게 되었다. 그러나 제주연안에서는 해안이 암반으로 되어 있어 수중으로 깊이가 부망할 경우 해저 암반에 그물이 걸려서 파망되는 경우가 발생하였기 때문에, 아직까지도 챗배어업으로 멸치를 어획하고 있다. 멸치챗배의 집어등 이송 장치가 개발되어 현장에서 활용되고 있어 생력화가 상당히 진전되어 있다 (박, 2016). 그런데, 매번 멸치어기 시작 전과 종료 후에 지게차를 사용하여 단기통디젤엔진과 5kW의 발전기를 설치하고 철거를 반복하기 때문에 불편하고 인력과 비용 발생한다. 또한 비좁은 어선의 선미 갑판 안에 발전기 설치 공간이 필요하기 때문에 어획물 적재하고 수송하는 공간이 낭비되어 조업할 때 불편이 초래되고 있다.

한편, 자리돔3척들망과 멸치챗배는 포획 대상어의 어장이 형성될 때 어구와 어로 장비를 다르게 장착하여 겸업하고 있는 공통점이 있다. 이러한 어구어법은 인력 의존형 조업 구조이면서 전기에너지 저장 및 사용 기술이 미흡하다.

따라서 본 연구에서는 수작업을 어로 장비로 대체하여 인체의 피로도를 저감하면서 어선원 구인 문제를 해소하고, 발전 및 충전 시스템을 개선하여 전기에너지를 효율적으로 활용할 목적으로 연구를 수행하였다.

자리돔3척들망의 경우에는 전기에너지 충전 시스템을 개선하기 위해서 배터리를 자택으로 운송하여 충전하는 문제를 그물배에서 충전 후자선의 배터리로 배전하였다. 멸치챗배의 경우에는 집어등용 발전 시스템을 개선하기 위해서 선미에 집어등용 발전기를 설치하여 집어등용 전력을 생산하는 시스템을 충전 배터리로 대체하는데, 얻어진 연구 결과를 보고한다.

II. 재료 및 방법

1. 자리돔3척들망 및 멸치챗배의 조업도

그림 1에 모슬포항을 중심으로 조업하는 자리돔3척들망, 그림 2에 멸치챗배의 조업도를 나타내었다.

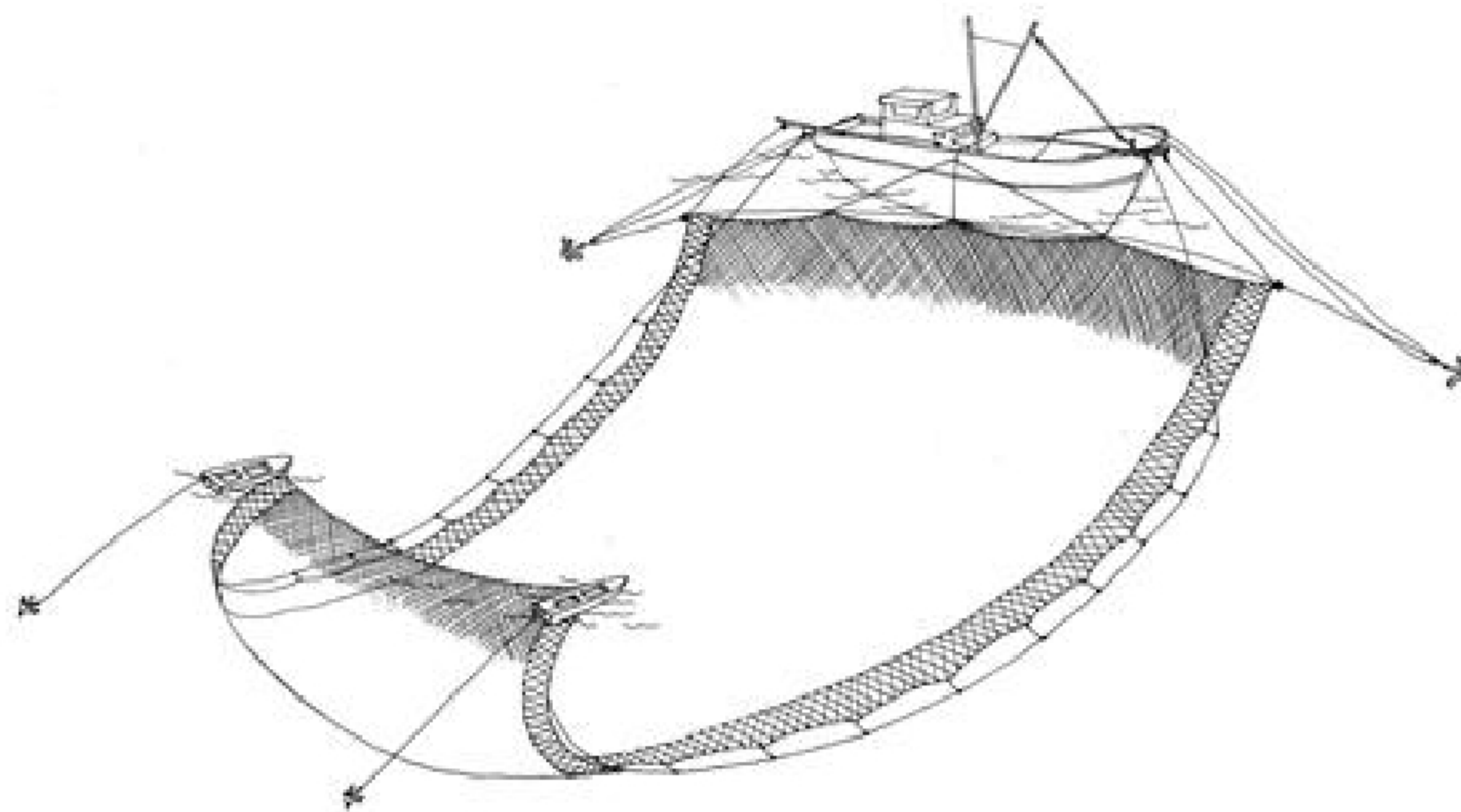


그림 1. 자리돔3척들망의 조업 모식도

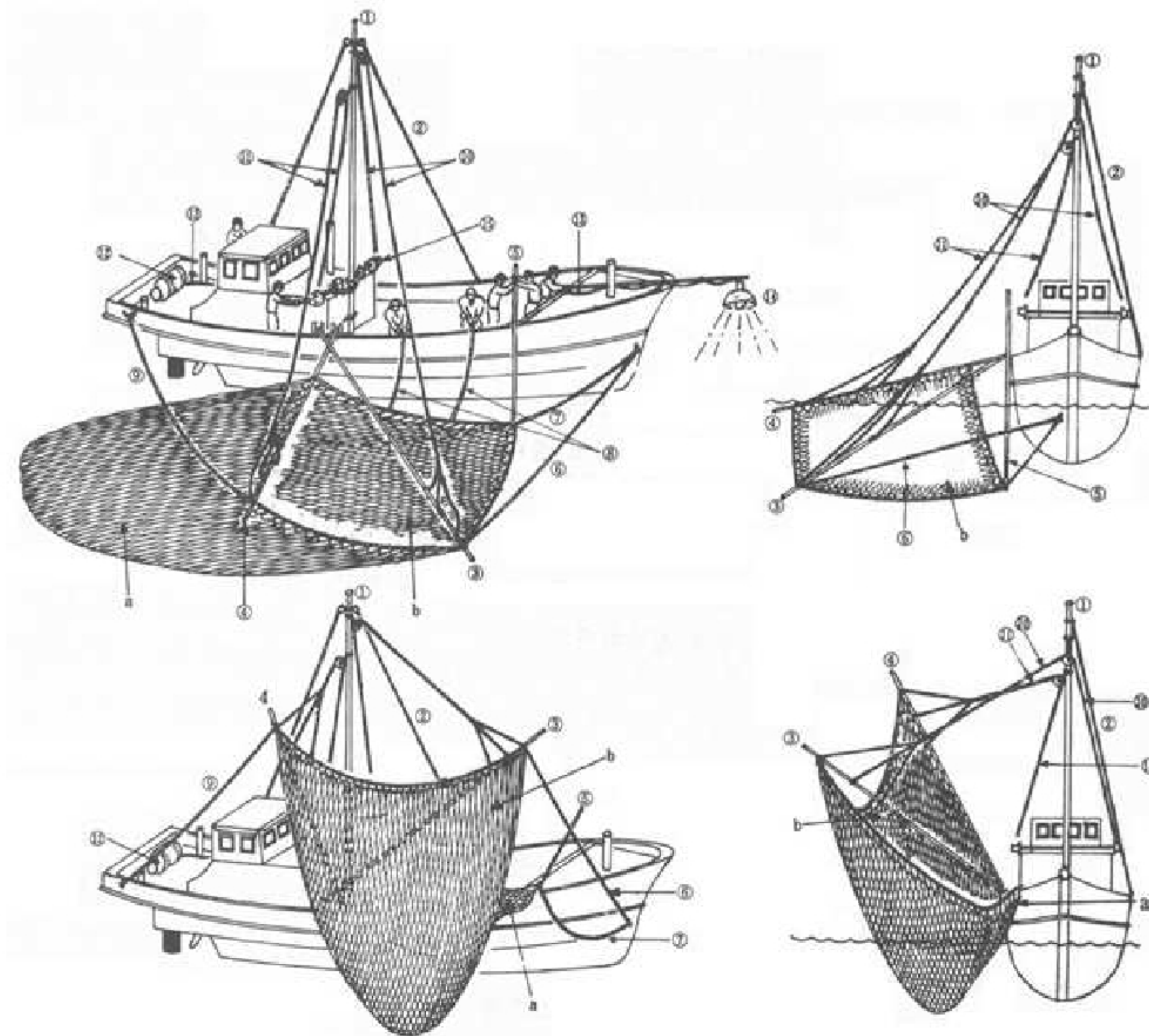


그림 2. 멸치챗배의 조업 모식도

위 : 투망된 상태, 아래 : 양망된 상태, 왼쪽 : 측면도, 오른쪽 : 정면도

①뱃대 ②총줄 ③큰 챗대 ④작은 챗대 ⑤콧대 ⑥,⑦앞잡잇줄 ⑧당김줄 ⑨뒤잡잇줄 ⑩큰 챗대줄 ⑪작은 챗대줄 ⑫발전기 ⑬전선 ⑭집어등 ⑮사이드 드럼 a.자루 b.까래

그림 1에서는 그물배가 까래그물을 투망과 양망할 때 보조선 2척도 돈웁줄을 양승기로 당겨가면서 그물을 전개하고 양망한다. 보조선에 설치된 양승기의 동력원은 충전 배터리가 사용된다.

그림 2에서는 선수에 있는 1kw의 백열 집어등을 켜기 위하여 5kW 내외의 발전기를 선미 갑판에 설치하여 사용한다.

2. 연구 개발 대상 어선 척수

표 1에 본 연구 개발 대상이 되는 어선 세력을 나타내었다. 자리돔3척들망과 멸치챗배를 겸업하는 어선은 29척, 멸치챗배에 종사하는 어선 75척을 연구 개발 대상으로 하였다.

표 1. 연구 개발 대상 어선 세력

어구어법	합계	조업근거지항			
		모슬포	성산포	서귀포	기타
합 계	104	47	30	22	5
자리돔3척들망	29	17		12	
멸치챗배	75	30	30	10	5

3. 자리돔3척들망 시험선 및 보조선의 양승기 모터

자리돔3척들망과 멸치챗배에 종사하고 있는 어선(흥진호, 8.55톤)과 보조선 2척(흥진1호, 흥진2호, 각각 0.32톤)을 시험선으로 사용하였다. 보조선에 설치된 양승기와 이것을 구동하기 위한 모터를 그림 3에 나타내었다.

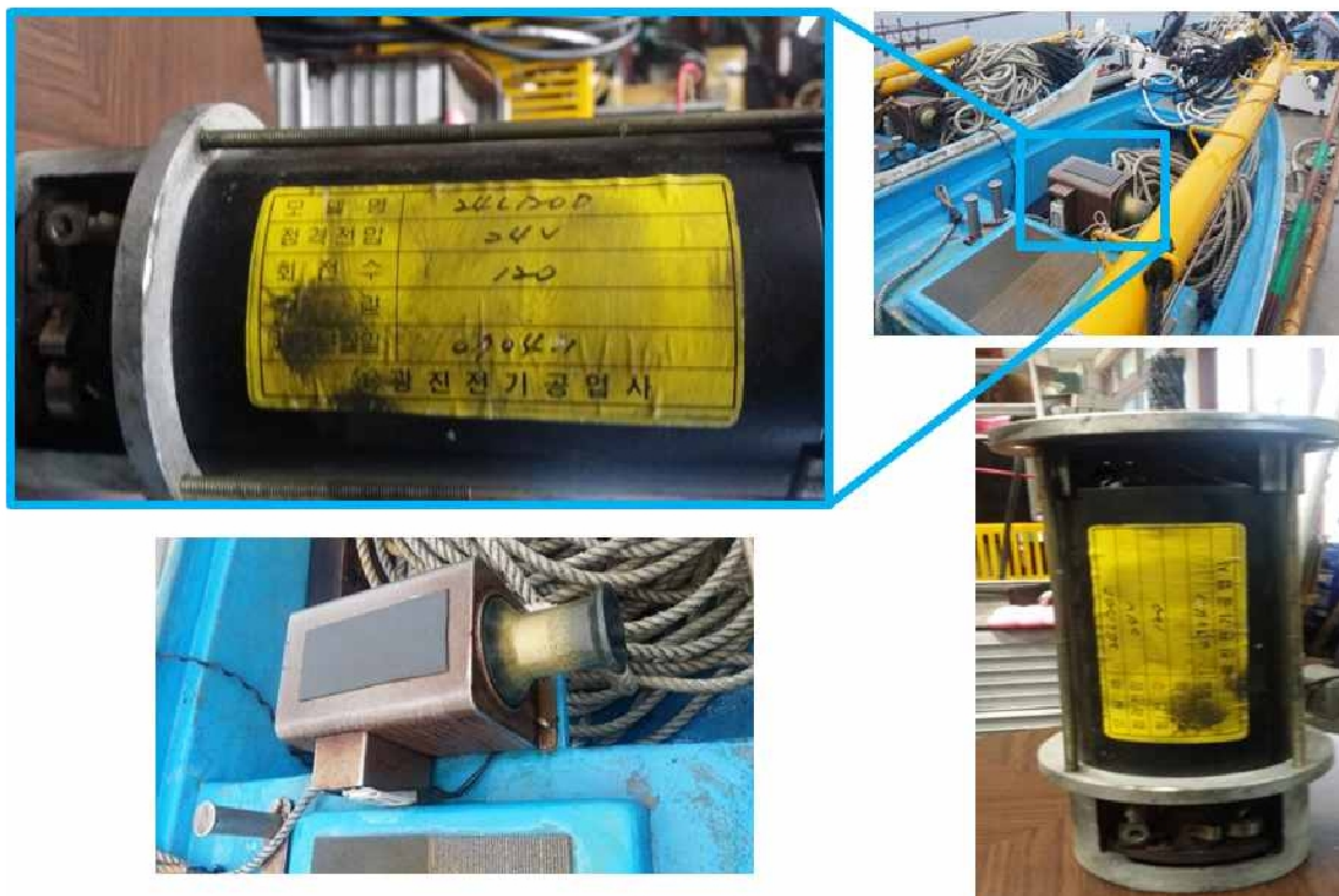


그림 3. 자리돔3척들망 보조선의 양승기 모터(DC24V 120W)

4. 시험선에 설치된 주 기관

시험선에 설치된 주 볼보제 550HP, 회전수는 1900rpm이었다.

5. 제너레이터

보조선에서 양승기 동력원으로 사용되는 배터리의 충전 전력을 생산하기 위해서 그림 4와 같이 기관실 안에 별도의 제너레이터(DC24V, 150A, C형 1열 5" 폴리, 거치대)를 설치하였다.



그림 4. 기관실 안에 설치한 제너레이터

6. 배터리

까래그물을 양망할 때 보조선 2척에 설치된 양승기를 구동하기 위한 전원으로 사용하기 위해서 척 당 납 축전지(델코 200AH) 2개씩 직렬로 연결하여 DC 24V가 출력되게 설치하였다.

7. 충전 컨트롤러

그물배의 배터리에 저장된 전기 에너지를 보조선의 배터리로 에너지를 전송하기 위해서 그림 5와 같은 하이브리드형 충전 컨트롤러(DHCT-1220L)를 선실 안에 비치한 배터리 옆에 설치하였다.

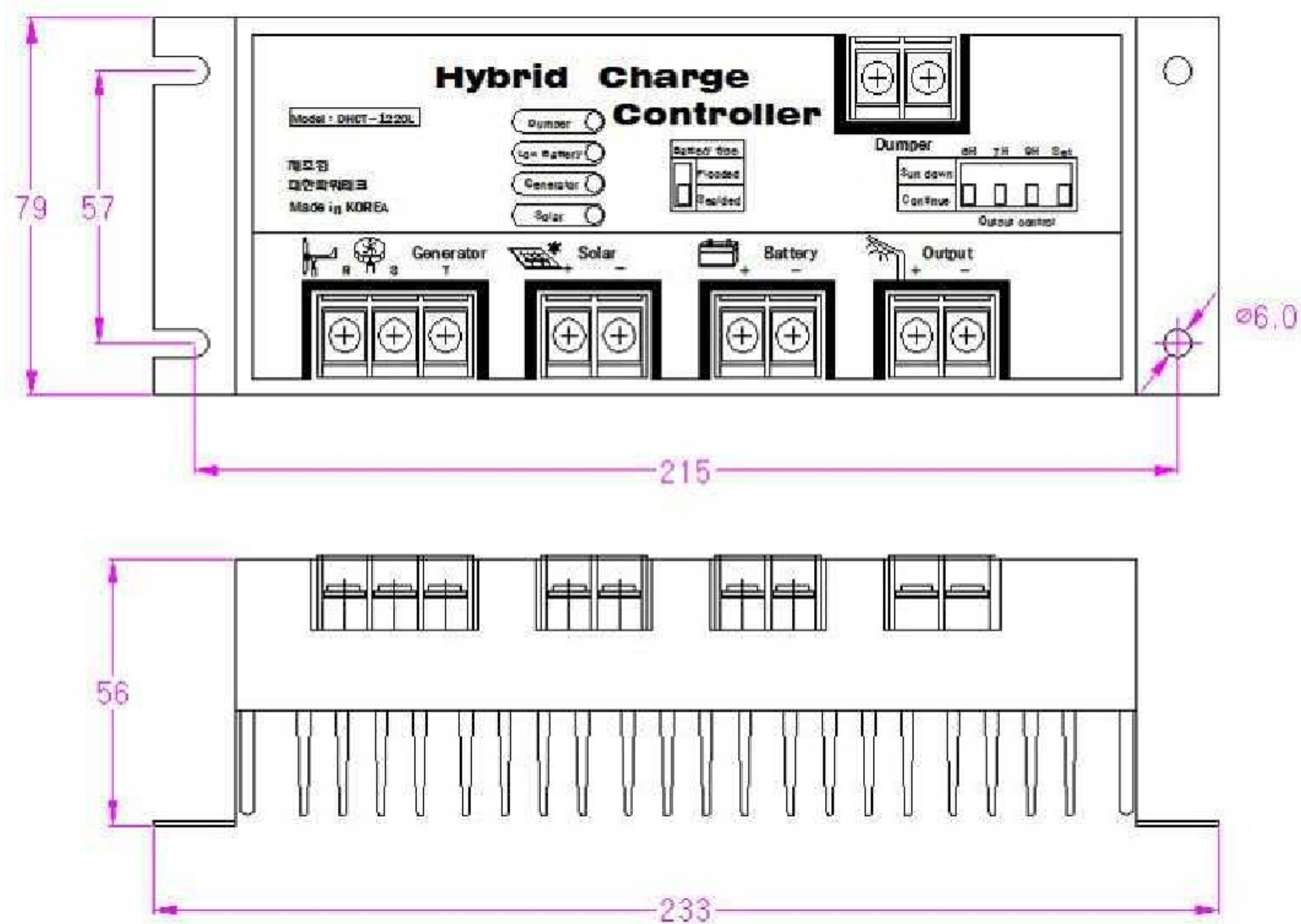


그림 5. 하이브리드형 충전 컨트롤러

8. 인버터

제너레이터에서 생산된 DC 24V 전원을 AC 220V로 변환하여 집어등 또는 전열기 등에 전원을 공급하기 위해서 인버터(P&K 5.5kW)를 설치하였다.

9. 발전 및 충전, 배전 개념

그림 6에 그물배에서 생산된 전기 에너지를 그물배의 배터리에 저장한 후 충전 컨트롤러를 거쳐서 보조선의 배터리에 전기 에너지를 배송하는 과정을 모식도로 나타내었다.

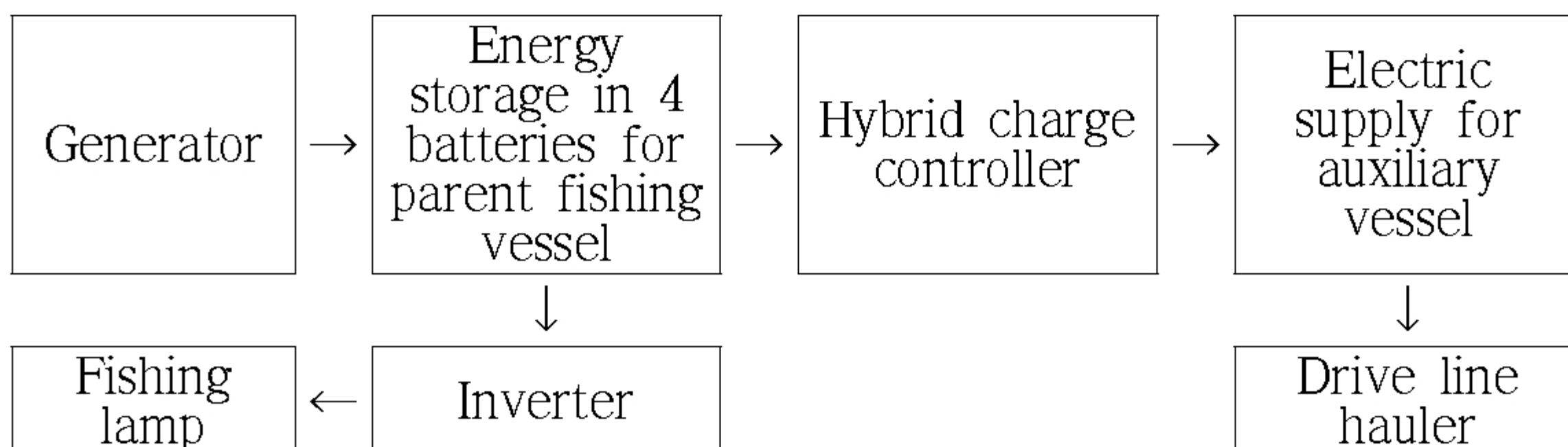


그림 6. 제너레이터에 의한 발전, 충전 및 배전 모식도

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 자리돔3척들망 보조선에서의 전기 에너지 충전 문제 해결

지금까지는 2척의 보조선에 설치된 양승기 동력원으로 척 당 배터리 2개 사용하다가 배터리의 에너지가 소진되면 배터리를 철거한 후 자택으로 운반하여 충전한다. 이 때가을~겨울철 방어 어기에 미끼로 사용하는 자리돔을 포획할 때 배터리 사용 시간은 하루에 1시간 이내이므로, 배터리가 그다지 소요되지 않고, 사용한 에너지도 연속 항해 조업하면서 선내에서 발전하여 자체적으로 충전할 수 있다. 그러나 봄~여름철에 자리돔을 어획할 때는 보조선은 항상 해상에 떠 있어 그물배로부터 에너지를 공급받을 수 없는 상태가 된다. 양승기 사용 시간은 하루에 3시간 이상이고, 어항에서 어장까지의 이동 거리가 짧기 때문에 그물배에서 생산된 전력을 보조선의 배터리에 사용량 이상 충전할 수 없어서 약 3일에 한 번 빈도로 배터리를 자택으로 수송하여 충전한 후 다시 어선으로 수송하여 재장착 하여야 하는 문제점이 반복적으로 발생하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 그림 6에 나타낸 것과 같이 150A의 제너레이터와 200AH의 배터리를 그물배에 추가로 설치하고, 항해 및 조업 시 그물배의 설치한 제너레이터에서 생산된 에너지가 그물배의 배터리에 충전되었다. 그물배의 배터리에 충전된 에너지는 충전 컨트롤러를 통하여 보조선의 배터리로 배전되어 충전할 수 있게 되었다.

2. 멸치챗배의 발전시스템 해결

지금까지는 2,000~2,200rpm으로 회전하는 단기통디젤엔진(크기 75cm × 40cm × 50cm, 무게 141kg, 10마력)에 5kW의 발전기를 3,600rpm 구동시켜 AC110V의 전력을 생산하였다.

매번 멸치어기 시작 전과 종료 후에 지게차를 사용하여 중량 200 kg 의 발전 시스템을 설치하고 철거를 반복하기 때문에 인력과 비용이 발생하였다. 그리고 비좁은 어선의 선미 갑판에 발전기를 설치할 공간이 필요하기 때문에 그 만큼 멸치 적재 수송 공간 또는 작업 공간이 줄어들기 때문에 조업 손실이 발생하는 문제점이 있었다.

자리돔3척들망에서의 충전 문제 해결과 비슷하게 150A의 제너레이터를 기관실에 추가로 설치하였으며, 200AH의 납축전지 4대를 선실 안에 추가로 비치하였다. 1kW 백열집어등은 조업할 때만 사용되므로, 항해하고 조업할 때 전기 에너지를 배터리에 충전할 수 있었다. 보조선의 배터리에 충전된 에너지는 인버터에 연결되어 AC 220V로 전환된 후 슬라이다스를 사용하여 전압을 110~170V로 조절하면서 집어등 점등 전원을 공급할 수 있었다.

3. 자리돔3척들망 보조선 양승기의 소비 전력 및 배터리 사용 가능 일 수

그물 전개 시 양승기에 12~36A의 전류가 흐르는데 평균 전류는 20A로 설정하고 하루에 1시간 사용하면 소비 전력량은

$$24V \times 20A \times 1H = 480W$$

양망 시 양승기에 12~50A의 전류가 흐르는데 평균 전류를 30A 설정하고 하루에 1시간 사용하면 소비 전력량은

$$24V \times 30A \times 1H = 720W$$

양승기의 1일 소비 전력량은

$$480W + 720W = 1,200W$$

배터리 200AH 4대의 전력은

$$12V \times 200A \times 4 = 9,600W$$

배터리 잔량이 최소 40% 이상이어야 양승기가 작동된다면 배터리 전력은

$$9,600W \times 40\% = 3,840W$$

배터리를 사용할 수 있는 일수는

$$3,840W \div 1,200W \div 3$$

이 되어, 선장이 이야기한 것과 일치한다.

4. 자리돔3척들망 그물배 및 보조선 배터리 40% 충전 예상 시간 분석

그물배 배터리 충전 시간은 시간당 1,000W를 충전할 수 있고, 효율이 95%라고 하면, 12V 200A 배터리 1대를 40%로 충전하는데 걸리는 시간은

$$12V \times 200A \times 40\% \div (1,000W \times 95\%) = 3,840W \div 950W \div 4$$

즉, 4시간이 걸린다.

보조선 배터리의 충전 시간을 계산하면

보조선 배터리 12V 200A 배터리 4대의 전력은 9.6kW

충전율을 40%로 가정하면 3.84kW이며, 전류는

$$200A \times 40\% = 80A$$

충전 컨트롤러에서 과전류를 방지하기 위해서 충전 전류를 15A로 설정하였으므로, 충전 시간은

$$80A \div 15A \div 5$$

즉, 완전 방전 시 보조선 배터리를 40%까지 충전하는데 걸리는 시간은 5시간이 걸린다.

5. 자리돔3척들망 자선의 전기 에너지 충전 시스템 개선도

그림 7에 자리돔3척들망 자선의 전기 에너지 충전 시스템 개선도를 나타내었다.

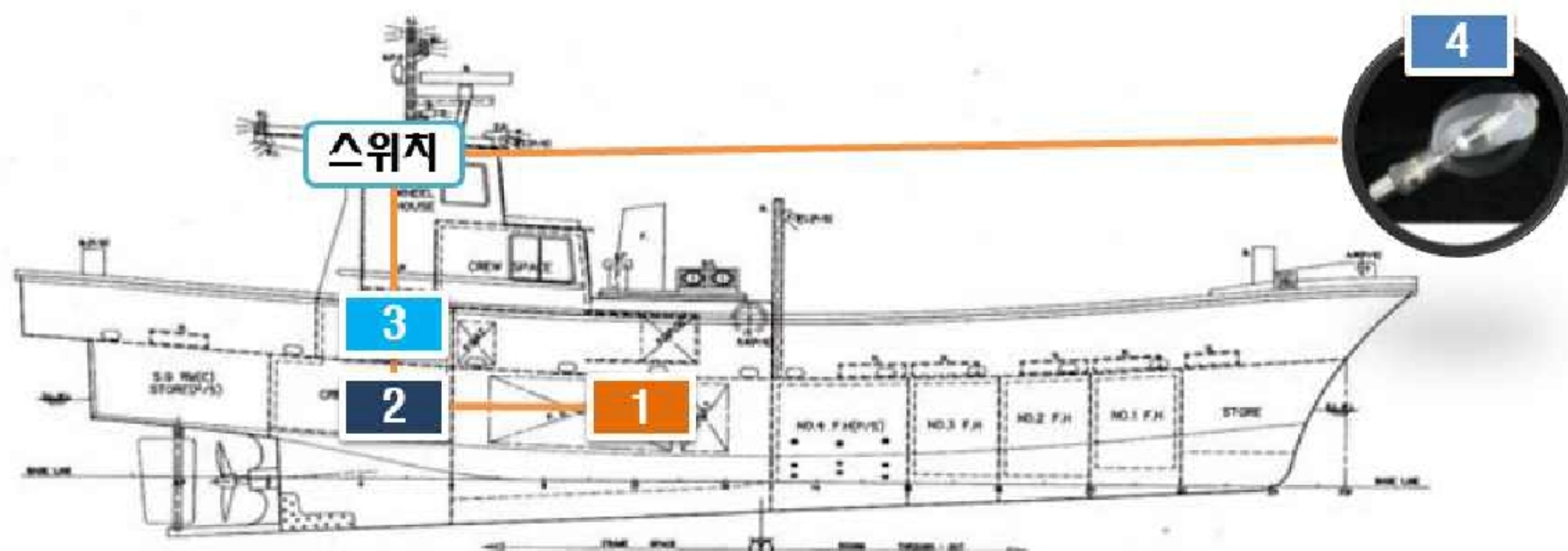


그림 8. 멸치챗배의 제너레이터에 의한 발전, 충전 및 배전 모식도
1.제너레이터, 2.그물배 배터리, 3.인버터, 4.집어등

7. 자리돔3척들망 자선의 충전 시스템 개선 효과

보조선에서 사용되는 배터리 220kg(55kg/개*4개)의 충전 문제를 선내에서 해소할 수 있었으며, 수송과 탈·장착 작업에 따른 인력과 시간을 절감할 수 있었다. 그리고 배터리 수송 시 예상되는 해상 추락 사고와 배터리의 유실을 방지할 수 있게 되었다. 또한, 충전기에 의한 에너지 전환 시 소모되는 전력 30%를 절감할 수 있을 것으로 추정하고 있다.

8. 멸치챗배의 집어등 발전시스템 개선 효과

집어등 점등에 필요한 에너지를 선내에서 해소할 수 있었으며, 제너레이터를 구동하기 위한 디젤엔진 등의 설치 및 분리 시간과 인력이 절감되었다. 부차적으로 선미 갑판에 디젤 엔진을 설치하지 않게 됨으로써 궁극적으로는 선내 공간이 늘어나서, 어획물 적재 공간이 증대되고 조업 공간이 넓어져서 조업 능률을 개선하는데 기여할 수 있었다.

9. 경영비 절감 효과 분석

들망어선에 에너지 효율화 장비를 도입하여 1년간 1척당 경영비 절감 효과를 분석하여 표 2에 나타내었다.

표 2. 경영비 절감 효과 분석

(단위 : 명, 회, 천원)

어구어법		자리돔3척들망			멸치챗배			
개선 내용		자선 배터리 충전			발전기 전원 대체			
단위		수량	회수	금액	수량	회수	금액	
작업명	설치	인력	2	40	2,600	5	3	1,200
		지게차				1	3	15
	수송	인력	2	40	2,600	5	3	1,200
		트럭	1	80	800			
	분리	인력	2	40	2,600	5	3	1,200
		지게차				1	3	15
누계				8,600	3,630			
합계					12,230			

자리돔3척들망에서는 자선의 배터리를 분리하고 트럭으로 수송하여 충전 후 재설치 하는데 약 2명의 보통 선원을 필요로 한다. 배터리를 분리하고 설치하는 인력은 1회에 2명을 필요로 한다. 운반 회수는 봄~여름철 여기에는 한 달에 약 20일, 6개월 동안 작업하고 3일에 1회 빈도로 충전할 경우를 가정하였다. 평균 일당은 130,000원이며, 근로 시간의 25%가 투입된다고 가정하여 여기 동안의 소요 비용을 산출하였다. 배터리를 적재한 트럭 사용료는 1회에 10,000원이며, 수송할 때 왕복하여야 하므로 회수를 2배로 하였다. 따라서 여기 동안 자선의 배터리를 충전하는데 소요되는 비용은 8,600,000원으로 산출되었다.

멸치챗배에서는 발전기를 설치하고 분리하는데 1년 동안 약 3회, 하루 종일 5명의 인력이 소요된다. 선원의 평균 일당은 80,000원이며 지게차의 사용료는 1회에 5,000원이다. 이러한 자료를 토대로 발전기 전원을 대체하는데 소요되는 비용은 3,630,000원으로 산출되었다.

따라서 자리돔3척들망과 멸치챗배를 겸업하는 경우 에너지 효율화와 생에너지화에 의한 경영비 절감 효과는 1척당 1년 동안 12,230,000원으로 산출되었다.

한편, 멸치챗배에서 발전기에서 생산된 AC 110V의 전압은 슬라이닥스를 이용하여 전압을 AC 140~170V로 올려서 사용된다. 코일이 감겨있는 슬라이닥스는 무거울 뿐만 아니라 빈번하게 전압을 조절하고 승압하게 되면 열이 발생하여 화재의 우려가 제기되

고 있다. 또한 승압할 때 과전류가 흘러 집어등이 순간적으로 어두워지기도 해서 집어에 영향을 끼친다고 한다. 인버터에서 전압이 AC 220V로 출력되면 전압을 강하하기는 훨씬 수월해질 것이다. 예를 들면 전자 부품과 회로를 사용하여 집어등 전압 제어 장치를 제작하게 되면 중량이 가벼워지고, 전압 강하 시 과전류가 흐르지 않아 집어등의 광력도 일정하게 유지된다. 그래서 본 연구에서 개발된 시스템이 조속히 현장에 보급되어 에너지 절감 효과가 발휘되어야 할 것으로 분석된다.

V. 참고문헌

- 박용석. 2002. 자리돔들망어의 조업시스템 생력화에 관한 연구. 제주도 해양수산자원 연구소 2001년도 연구사업보고서. 16-26.
- 박용석. 2016. 들망어선에서의 전기 에너지 효율화에 의한 생력화 연구(Ⅰ). 제주특별자치도 해양수산연구원 2015년도 연구사업보고서. 3-14.
- 이병기 등. 1989. 연근해어업개론. 155-158.
- 박용석. 2016. 집어등 이송 장치. 특허청(출원번호 10-2016-0119813)