

어업에서의 LED 적용 사례 및 산업화 방안

배봉성

국립수산과학원 동해수산연구소

서론

최근 어업에 있어서도 저탄소 어업을 실현하기 위한 노력을 엿볼 수 있는데 에너지를 적게 사용하는 어획방법 및 장비를 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 어업에 있어서 에너지는 대부분 화석연료인 경유를 사용하여 기관 및 발전기를 운용하고 있으므로 탄소 배출과 밀접한 관계가 있으며, 에너지 비용은 조업경비에서 차지하는 비중이 매우 높기 때문에 에너지절감 어업의 실현은 어업인 소득증대를 위해서 꼭 필요할 것이다.

이러한 맥락에서 추진되고 있는 매우 중요한 프로젝트가 에너지절감 집어등의 개발이다. 집어등은 주로 야간에 불빛을 이용하여 원거리에 있는 어군을 모아야 하기 때문에 매우 밝은 빛을 사용하고 있고, 이에 따라 많은 에너지가 소모되고 있다. 더욱이 유가의 상승은 대표적 집어등 사용어업인 채낚기 어업에 있어서는 직격탄을 맞는 것과도 같으며 지속적인 고유가는 채낚기 어업의 영속을 위협하고 있는 실정이다.

한편 에너지절감 집어등의 광원으로 LED(발광다이오드) 램프가 각광을 받고 있다. LED 램프의 장점은 크기가 작으며, 견고하고 변형이 거의 없다는 것이다. 그 내구성은 물리적인 악조건에서도 4~5만 시간 정도나 된다. 이 밖에도 에너지 효율이 좋고(70-100 lm/W, 백열등은 15-20 lm/W) 지향성이 뛰어나며 렌즈나 반사경을 통해 제어가 가능한 것도 집어등으로 사용하기에 적합하다. 그러나 LED를 집어등의 발광소자로 사용하기 위해서는 좁은 면적에 집적해야 하며, 이럴 경우 매우 높은 열을 발생시키므로 LED 집어등 개발에 가장 큰 문제점이 되고 있다. 또한 집어등 개발에는 어획대상어종을 유집하기에 적합한 빛의 파장에 대한 정보와 파장별 수중투과 특성에 대한 정보도 뒷받침되어야 한다.

최근 국립수산과학원에서는 채낚기용 LED 집어등을 개발하여 어획성능시험을 수행하였으며, 그 결과 갈치 채낚기의 경우 약 80%, 오징어 채낚기의 경우 약 30%의 에너지를 절감할 수 있었으며 어획량도 타 선박에 비하여 모두 양호한 결과를 얻었다.

본 발표에서는 대표적 집어등 사용어업인 채낚기 어업의 어업현황, 발광다이오드 개발 현황, LED를 이용한 채낚기용 집어등의 연구개발 현황을 소개하고 개발에 따른 문제점 및

기대효과에 대해서 살펴보고자 한다.

채낚기 어업의 어업현황

채낚기란 낚기어법 중의 하나로서 용어적 의미로는 채어서 낚는다는 뜻이며 우리나라의 대표적 채낚기 어업은 오징어와 갈치를 대상으로 하는 것이 있다. 오징어 채낚기 어업은 주로 동해 해역에서, 갈치 채낚기 어업은 주로 제주도 주변 해역에서 이루어지는데, 이들 어업은 각 지역에서 가장 대표적 어업이기 때문에 지역경제에 미치는 영향도 매우 크다.

우리나라 채낚기 어업의 어선세력을 살펴보면, 오징어 채낚기 어선이 약 5,750척(연안어선 약 5,000척, 근해어선 약 750척)이고 갈치 채낚기 어선이 약 1,100척(연안어선 약 1,050척, 근해어선 약 50척)으로서 상당한 세력을 차지하고 있다.

표 1. 채낚기 어업의 어선세력

업종	연안어선	근해어선
오징어 채낚기	약 5,000척	약 750척
갈치 채낚기	약 1,050척	약 50척

이들 어업은 집어를 위하여 많은 수의 집어등을 사용하고 있는데, 집어등을 밝히기 위해 연간 사용하는 유류비는 2008년 기준으로 50톤급 어선이 약 1억원, 10톤급 어선이 약 6천만 원에 달하고, 이것은 어획고의 30~40%에 해당하여 어업경영을 어렵게 하고 있다. 현재 집어등으로 주로 사용하는 램프는 메탈헬라이드 램프로써 한 개의 전력소모량이 1.5kW나 되며 집어에 직접적으로 불필요한 영역까지 비추고 있어 에너지 낭비가 심하다. 또 어선에 한 척당 사용하는 집어등 광력을 살펴보면, 10톤 미만인 연안어선이 81kW, 29톤급 근해어선이 120kW 그리고 69톤급 근해어선이 132kW를 사용하고 있어 지나치게 높은 광력을 사용하고 있는 실정이다. 따라서 불필요하게 소모되는 에너지를 줄여 유류비를 대폭 절감할 수 있는 새로운 집어시스템이 매우 필요한 것이다.

표 2. 채낚기 어업의 집어등 유류비 및 교체비

업종	비용항목	연안어선(천원/년)	근해어선(천원/년)
오징어 채낚기	유류비	63,000	95,000
	교체비	5,000~6,000	10,000~12,000
갈치 채낚기	유류비	55,000	71,000
	교체비	2,500~3,000	5,000~6,000

표 3. 채낚기 어업의 집어등 사용 현황

항 목 \ 톤 수	10톤급 이하	29톤급	69톤급
집어등	81kW 1.5kW× 54개	120kW 1.5kW× 80개	132kW 1.5kW× 88개
유류소모량	2.5드럼/일	3~3.5드럼/일 동절기 4드럼/일	3.5~4드럼/일 동절기 4.5드럼/일

에너지절감 램프의 필요성

이상에서와 같이 채낚기 어업에서는 많은 집어등 유류비를 사용하고 있고 이러한 비용을 낮추지 않고서는 향후, 어업이 존속 되지 못할 가능성이 크다. 아울러, 많은 에너지를 사용하는 것은 지구온난화를 가속화시키며 경유를 연소할 때 발생하는 매연 등은 환경에 나쁜 영향을 주고 있으므로 시급히 해결해야 할 사항이다.

한편, 세계 선진국에서는 지구온난화 방지협약에 따라 에너지 효율이 낮은 백열등의 문제점을 제기하였고 프랑스, 독일 등에서는 2010년부터 백열등 생산을 중지하기로 하였고, 일본은 2012년부터, 한국은 2014년부터 생산을 중지하기로 결정하는 등 머지않아 조명제품의 판도가 크게 달라질 것으로 예상된다. 또한 형광등은 에너지 효율은 좋지만 수은 등 환경오염 물질을 가지고 있어 문제가 많다.

집어등 관련 연구현황

새로운 집어시스템을 개발하기 위해서는 기존 집어시스템의 이해와 집어등과 어획량 사이의 상호관계를 구명하는 것이 매우 중요하다. An and Choo(1993)는 채낚기 어선 집어등의 광 출력량과 어획량의 관계에 대하여 연구하였고 Inada(1988), Choi and Arakawa(2001) 그리고 Jo et al.(2006)은 오징어 채낚기 어선 주변의 수중 분광방사 조도를 측정하였다. 이러한 연구로서 집어등의 수중 투과 능력과 어획과의 관계가 어느 정도 밝혀지게 되었다.

현재까지 집어등으로 사용한 광원은 대표적으로 백열등, 할로겐등, 메탈헬라이드등이 있다. 백열등은 1960년대 전반기까지는 많이 사용되었는데 교류발전기를 사용하였으며(Choi, 1997), 그 이후 1970년대 중반까지는 할로겐등이 주류를 이루었다. 그리고 1970년대 후반부터는 방전계 광원인 메탈헬라이드등이 보급되어 오늘날까지 사용되고 있다(Inada and Ogura, 1988; Choi and Arimoto, 1996).

한편 최근 에너지절감 집어등의 적합한 광원으로 내구성이 길고 필요한 파장만을 구현

할 수 있는 LED(발광다이오드)가 각광을 받고 있다. 현재 일본과 우리나라를 중심으로 LED 집어등을 개발하고 있으며 이에 대한 연구로 LED 집어등의 방사 및 수중투과 특성에 대한 연구(Choi, 2006), 발광다이오드 빛에 대한 살오징어의 행동 특성 연구(Bae et al., 2008), 고휘도 발광다이오드와 집어등 광원의 방사특성 및 단위 전력당 방사량 비교 연구(Choi, 2008)가 있다.

발광다이오드 개발 현황

LED는 Light Emitting Diode의 약자로서 반도체에 전압을 가할 때 스스로 발광하는 다이오드(금속합성물)를 뜻한다. LED는 1923년 탄화규소 결정의 발광 관측에서 처음 개념이 시작되었고 1960년대 말 실용화되었다. LED의 재료는 비소화갈륨, 갈륨-비소-인, 갈륨-알루미늄-비소 등의 혼합물로 이루어지며, 혼합비나 불순물의 함량으로 빛의 색깔, 즉 파장을 제어한다. LED 램프의 장점은 1W LED 소자 한 개의 광원 크기가 가로 세로 약 1mm 정도로 크기가 작으며, 금속 덩어리이므로 견고하고 변형이 거의 없다는 것이다. LED의 내구성은 10만 시간까지 가능하고 물리적인 악조건에서도 4~5만 시간은 되는 것이 가장 장점이다. 이 밖에도 에너지 효율이 좋고(70-100 lm/W, 백열등은 15-20 lm/W) 지향성이 뛰어나며 렌즈나 반사경을 통해 제어가 가능하다.

그동안 LED는 LED의 이러한 특성이 장점으로 작용할 수 있는 곳, 즉 지속적인 유지보수가 필요하지만 관리가 어렵고 관리비용이 많이 수반되는 곳에 많이 사용되었다. LED를 교통신호등용 램프로 사용한 것과 각종 전자기기의 표시용 램프로 사용한 것이 가장 대표적인 예이다. 그러나 최근에 LED의 에너지효율이 점점 높아져감에 따라 조명용으로 다시 각광받기 시작하여 지속적인 관리가 어려운 가로등, 경관등, 터널등으로 사용하게 되었으며 점차 일반용 조명용으로 그 사용범위가 확대되고 있다. 또 더 나아가 LED 램프를 이용한 집어등의 개발이 진행되고 있다.



그림 1. LED 램프의 주요 사용 분야.

발광다이오드를 이용한 집어등 개발

LED 램프를 이용하여 채낀기 어업용 집어등을 개발하면 다음과 같은 장점이 있다. 현용 메탈헬라이드 램프는 전구형 램프이기 때문에 360도 방향으로 전 방사를 하지만, LED 램프는 기본적으로 한 방향으로 빛이 나오며 렌즈나 반사경을 이용하여 집어에 필요한 방향으로만 빛을 보낼 수 있다. 두 램프의 에너지 효율은 비슷하지만, 이러한 차이로 계산상 약 70% 정도의 에너지를 절감할 수 있다. 그러나 LED 램프를 이용한 집어등 개발은 그렇게 쉬운 것은 아니다. 사람을 대상으로 하는 조명을 개발하는 것도 많은 시간과 투자가 소요되는데 오징어나 갈치를 대상으로 하는 집어등을 개발하는 것은 더욱 어려운 일임에 틀림없다. 새로운 집어등은 대상생물 또는 먹이생물에 적합한 파장을 가져야하므로 이를 파악하기 위하여 여러 가지 생물실험이 수행되어야 하고 조업 메커니즘에 적합한 집어등 각도 및 사광범위를 파악해야 한다. 또한, 시스템적으로 보면 집어시스템의 무게 및 부피는 선박에 설치하기에 부담이 없어야 하고 집어시스템 설치가격은 향후 발생하는 유류비 절감액으로 충분히 상쇄될 수 있어야 한다. 또 염해, 풍해, 직사광으로부터 장기간의 내구성을 갖추어야 하고 여기에 유지보수의 편리성, 시스템의 안정성도 갖추어야 한다. 사정이 이렇다보니 8년째 LED 집어등을 개발해온 일본도 아직 실용화에 성공하지 못하고 있다.

위에서 언급한 조건들을 만족시키면서 LED 집어등을 만들기 위해서는 기술적으로 풀어야 할 가장 중요한 점이 하나가 있는데, 집어등에서 발생하는 열을 식히는 기술을 확보해야 하는 것이다. LED는 에너지의 85%를 열로 방출하고 15%를 빛으로 방출하는데 LED 램프에서 발생하는 열을 효과적으로 식히지 못하면 광(光) 효율이 떨어지고 LED 램프의 수명도 단축된다. 기존 LED 램프의 사용처는 LED가 수명이 길어 유지보수가 필요 없다는 장점 때문에 교통신호등, 자동차용 램프, 비상구 표시등, 터널등, 가로등 등으로 많이 사용되었다. 이들 사용처는 광력이 클 필요가 없기 때문에 적은 수의 LED 소자를 사용하면 되었고, 따라서 LED 소자를 띄엄띄엄 배열하였기 때문에 발열 문제가 그다지 중요하지 않았다. 그러나 집어등은 매우 큰 광력이 필요하기 때문에 많은 LED 소자를 좁은 공간에 배열해야 하고 LED 소자가 집적됨에 따라 엄청난 열이 발생한다. 만약 LED 소자를 띄엄띄엄 배열하면 집어등의 크기가 커지게 되고 선박에 설치하였을 때 하중과 바람의 저항으로 선박의 안전과 조업에 나쁜 영향을 끼치며, 재료비의 증가로 시스템의 가격이 비싸져 산업화가 어렵게 된다.

일본의 LED 집어등 연구

일본은 2002년부터 LED 집어등을 개발하기 위한 연구에 착수하여 그 동안 30여개의 공공 또는 민간기관에서 연구를 수행하였으며, 특히 오징어 종류별 빛 파장에 따른 시각반응

에 대한 연구결과를 도출하고 다양한 유형의 집어등을 개발하였다. 2005년 초에는 청색 LED 램프를 다수 배열한 패널형의 집어등을 개발하고 선박의 상층에 거치용 테두리를 만들어 이곳에 집어등 패널을 여러 개 설치한 집어시스템을 개발하였으나 어획성능은 저조하였다. 2006년 말에는 청색 LED에 대한 확신이 없어 백색 LED를 사용하였으며 LED 램프 간격을 대폭 줄여 패널의 넓이를 축소시키고 무게를 줄였다. 그러나 특별한 발열구조가 없어 고열이 발생하였고 녹 발생 등 내구성이 떨어졌으며 일반 LED를 사용하였기 때문에 에너지 효율이 낮아 어획성능도 저조하였다. 2008년 초에는 메탈헬라이드 등 24개 ($24 \times 3\text{kW} = 72\text{kW}$)와 LED 램프($216 \times 0.7\text{kW} = 151\text{kW}$)를 병용하여 시험하였으며 어획량은 메탈헬라이드 등만 사용할 때에 비해 90% 수준으로 양호하였다. 그러나 에너지 절감 효과가 15~20%로 적었기 때문에 아직 산업화 하지 못하고 있다.



2005년

2006년

2008년

그림 2. 일본의 패널형 청색 LED 집어등(2005년)

일본의 경우, 우리나라 보다 훨씬 앞선 2002년부터 LED 집어등을 개발 연구해왔으나 에너지효율이 좋은 파워 LED가 개발되기 이전이었기 때문에 초창기 효율이 낮은 LED 소자를 이용함으로써 개발에 많은 어려움이 있었다. 사실 최근의 효율이 좋은 LED 소자를 이용해도 여러 가지 문제로 집어등 개발이 만만치 않다. 특히 LED 집어등 시스템의 가격은 매우 고가인 편이어서 양호한 어획성능이 확인되어도 산업화에 큰 걸림돌이 되고 있으며 이러한 어려움은 우리나라도 마찬가지이지만 우리보다 일본이 인건비 등 물가가 비싸기 때문에 더욱 어려운 실정에 있다.

수산과학원의 LED 집어등 연구

수산과학원에서는 현재 채낚기 및 선망 어업용 LED 집어등을 연구 개발하고 있다. 본 연구는 2007년 채낚기 어업용 집어등 연구부터 시작되어 그동안 대상생물을 대상으로 집어에 필요한 빛의 파장과 세기, 어획메커니즘에 맞는 빛의 방향과 위치 등에 대한 연구를 거쳐서 2008년 두 가지 형태의 LED 집어등을 설계, 제작하고 실제 조업선에 설치하여 어

확성능시험을 수행하였다. 두 가지 형태의 LED 집어등이란 앞에서 언급하였던, 집어등에서 발생하는 열을 식히는 방법에 따른 것인데, 공기의 접촉에 의해서 열을 식히는 공랭식과 물의 접촉에 의해서 열을 식히는 수랭식 2종이다. 공랭식과 수랭식은 아래의 표에서와 같이 일장일단이 있기 때문에 어느 방식이 '더 좋다'라고 말하기는 어렵다. 공랭식의 가장 큰 장점은 시스템의 안정성과 유지보수가 거의 필요 없다는 점이며 수랭식의 가장 큰 장점은 냉각능력이 뛰어나 소형화가 가능하고 따라서 저가제작이 가능하다는 점이다.

표 4. LED 집어등에 있어서 공랭식과 수랭식의 비교

구 분 항 목	공랭식	수랭식
냉각방식	PCB → 알루미늄 하우징 → 공기 접촉 냉각	PCB → (알루미늄 하우징 →) 냉각수 접촉 냉각
집어등 부피	불리	유리
집어등 무게	다소 불리	다소 유리
집어등 가격	다소 불리	유리
유지보수	유리	불리
소형제작	다소 불리	유리
시스템 안정성	유리	불리

※ PCB: Printed Circuit Board

두 시스템 모두 9.77톤의 오징어, 갈치 채낚기 어선에 각각 설치하였고, 개발 LED 집어등 한 개의 사용전력은 80W로서 100개를 설치하여 총 사용전력은 8kW이다. 이것은 계산상으로 81kW를 사용하던 이전에 비하여 에너지를 약 90% 절감 가능한 것이다.

표 5. 갈치 채낚기의 소비전력 비교

항목	메탈헬라이드 시스템	LED 시스템
1개 유닛의 소비전력	1,500W	80W
설치 유닛의 개수	40개	100개
총 소비전력	60kW	8kW
1일 유류소비량	200L	30L

표 6. 오징어 채낚기의 소비전력 비교

항목	메탈헬라이드 시스템	LED+메탈헬라이드 시스템
1개 유닛의 소비전력	1,500W	80W/1,500W
설치 유닛의 개수	54개	100개/27개
총 소비전력	81kW	48.5kW
1일 유류소비량	270L	165L

개발 LED 집어등을 설치한 선박의 9월부터 12월까지 4개월간의 어획성능 결과를 살펴 보면 갈치 채낚기의 경우, 시험선이 기타 선박의 평균보다 어획상자수는 24.46%, 위판액은 4.54% 더 많이 어획하였고 86.7%의 에너지를 절감할 수 있었다. 또 오징어 채낚기의 경우, 시험선이 동일 항구의 비교 선박 1척보다 어획상자수는 37.7%, 위판액은 45.84% 더 많이 어획할 수 있었다. 오징어 채낚기의 경우 에너지 절감률이 조금 낮은데 이것은 필요에 따라 기존 설치되어 있는 메탈헬라이드 램프를 혼용하였기 때문이며, 2009년에는 이러한 혼용 없이 조업이 가능하도록 2009년에는 16~20kW 시스템을 개발할 계획에 있다. 위의 결과는 집어등 열을 냉각시키는 방법에서 특별한 설계가 있었기 때문이며 현재 사용하고 있는 열 냉각방식으로는 초전도체 알루미늄을 사용하면서 공기와 접할 수 있는 면적을 매우 크게 할 수 있는 구조를 사용하거나 해수나 냉매를 이용한 수랭식 냉각방법을 사용하는 것이다. 한편 개발 LED 집어등이 채낚기 어업에 100% 보급되면 연간 약 2,559억원의 유류비가 절감되게 된다(1드림 20만원기준).

또한 다른 부수적인 기대효과로는 작업환경 개선 효과로서 선원건강 향상, 선내 공간 확대, 화재예방 등을 들 수 있으며, 산업화를 통한 일자리 창출, 에너지 절감에 따른 이산화탄소 배출량 감소 등도 기대할 수 있을 것이다.



그림 3. 공랭식 LED 집어등.



그림 4. 공랭식 LED 집어등.

맺음말

2009년 수산과학원에서는 기존 두 가지 형태의 LED 집어등을 포함하여 초전도 알루미늄을 이용한 집어등, CCFL 집어등 등 총 4종의 집어등을 개발하고 어획성능시험을 수행할 예정이다. LED 집어등처럼 에너지절감 집어등의 개발과 보급은 경제적, 환경적 관점에서 매우 필요한 것임에는 틀림없다. 그러나 새로운 집어시스템이 개발되고 산업화되기 위해서는 다음과 같은 여러 가지 문제점이 있다. 첫째, 집어등으로 사용하기 적합한 LED 램프는 발열처리, 내구성, 광원의 선택, 설치방법 등에 있어서 기존의 가로등이나 터널등의 설계기술보다 훨씬 높은 기술이 필요하다. 둘째, 현재 LED 소자를 이용하여 어업인이 만족할 만한 빛의 세기를 구현하기 위해서는 매우 많은 경비가 소요된다. 셋째, LED 집어등의 어획성능이 확인되더라도 어업인의 신뢰를 얻기에는 매우 오랜 기간이 필요하다. 따라서 에너지절감 집어등의 개발과 산업화를 위해서는 저가이면서도 어획성능, 내구성을 보장할 수 있는 집어등을 지속적으로 연구개발해야 하여야 하며 집어등 보급을 위한 여러 가지 정책도 수반되어야 한다. 또한 어업인은 미래에는 에너지절감 집어등의 사용이 어업을 유지하기 위한 필수 요건임을 인식해야 하며 과거의 지나친 집어등 밝기경쟁을 자제하고 다같이 광력을 낮추려는 노력이 필요하다. 그래도 희망적인 것은 어업에 있어서도 에너지절감 장비의 개발과 사용을 사회가 요구하고 있으며, LED 소자의 효율은 점점 좋아지고 가격은 낮아지고 있으므로 향후 몇 년 이내에 메탈할라이드 집어등의 성능에 버금가는 LED 집어등을 만들 수 있을 기대된다.

참고문헌

An, H.C. and H.D. Choo, 1993. Fishing efficiency of squid jigging in relation to the variation of fishing lamp power. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 48, 179-186.

- Bae, B.S., E.C. Jeong, H.H. Park, D.S. Chang and Y.S. Yang, 2008. Behavioral characteristic of Japanese flying squid, *Todarodes pacificus* to LED light. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 44(4), 294-303.
- Chancey, M.A., 2005. Short range underwater optical communication links. Master Thesis, North Carolina States University, U.S.A., pp. 6-17, pp. 41-43.
- Choi, S.J. and T. Arimoto, 1996. Corroborative field research, In: Report of rationalization of the light power on small type squid jigging boat. National Federation of Fisheries Co-operative Associations, Tokyo, pp. 1-14.
- Choi, S.J., 1997. Rationalization of the light power output on small-size squid jigging boat. Ph.D. Thesis, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan, pp. 1-289.
- Choi, S.J. and H. Arakawa, 2001. Relationship between the catch of squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, according to the jigging depth of hooks and underwater illumination in squid jigging boat. *J. Korean Fish. Soc.*, 34(6), 624-632.
- Choi, S.J., 2006. Radiation and Underwater Transmission Characteristics of a high-luminance light-emitting diode as the light source for fishing lamps. *J. Korean Fish. Soc.*, 39(6), 480-486.
- Choi, S.J., 2008. Comparison of radiation characteristics and radiant quantities per unit electrical power between high luminance light emitting diode and fishing lamp light source. *J. Korean Fish. Soc.*, 41(6), 511-517.
- Inada, H., 1988. Measurement of the underwater spectral irradiance under the squid jigging boat. *Journal of the Tokyo Univ. of Fisheries*, 75, 487-498.
- Inada, H. and M. Ogura, 1988. Historical change of fishing light and its operation in squid jigging fisheries. *Rep. Tokyo Univ. Fish.*, 24, 189-207.
- Jo, H.S., T.Y. Oh, Y.S. Kim and D.Y. Moon, 2006. Transmittance properties of fishing lamp in distant-water squid jigging vessel. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 42(4), 228-233.
- Kim, L.H., J.S. Lee, B.M. Jeong, W.J. Jang, S.B. Han, C.H. Hong and M.G. Hwang, 2006. High power LEDs and solid state lighting technologies. Ajin publishing company, pp. 112-114, pp. 121-131.
- Lee, B.G., S.W. Park and J.K. Kim, 1985. An introduction to coastal fishery. Taehwa publishing company, pp. 108-115.
- Lee, S.D., Y.S. Son and Y.C. Kim., 1985. A study on the vertical distribution of common squid, *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) in the eastern waters of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 36, 23-28.