

소형 어류 · 플랑크톤 채집용 FMT Net의 운용 특성

정순범

여수대학교

Handling Characteristics of FMT Net for the Larval Fish and Plankton

Sun-Beom JEONG

Yosu National University

The experiments were conducted to find out the handling characteristics of the FMT(Frame Midwater Trawl) in the southern waters of Korea using a trawler "DONGBAEK" belongs to Yosu National University. The relationship between the net depth D(m) and the warp length L(m) at the towing speeds of 2.5k't and 3.5k't were as follows; $D(m) = 0.30L - 1.3(2.5k't)$, $D(m) = 0.16L - 1.5(3.5k't)$. Therefore, the net depth was 3.0m deeper when the warp length was 10m longer at the towing speed of 2.5k't and was 1.6m deeper for 10m longer at the speed of 3.5k't, respectively. The sinking speed of FMT was 6.5m/min when the warp releasing speed was 24m/min at the towing speed of 2.5k't and was 3.8m/min for 25m/min at the towing speed of 3.5k't, respectively. The rising speed of FMT was 6.9m/min when the warp rewinding speed was 28m/min at the towing speed of 2.5k't and was 5.3m/min at the towing speed of 3.5k't, respectively. The mean elapsed time getting to the stable towing condition was 104sec at the towing speed of 2.5k't and was 105sec at the towing speed of 3.5k't, respectively, and there was no time difference for the towing speed variation. During the towing, the net depth was comparatively stable on the condition of no change for the warp length and the towing speed.

Key words : FMT(Frame Midwater Trawl), warp length(끌줄길이), towing speed(예망속도), net depth(그물 수심)

서론

어업 자원을 평가하기 방법으로서는 유용 자원의 현존량 추정과 함께 가입 자원량의 예측이 행하여지고 있다. 그러나 최근의 어업 자원 조사에 있어서 현존 자원량을 추정하는 것만으로는 자원의 동향을 정확하게 파악할 수 없다는 것이 확인되고 있어, 가

입 자원량의 추정이 현존 자원량의 추정과 함께 어업 자원 평가에서 중요한 부분을 차지하게 되었다. 가입 자원량을 추정하기 위해서는 알부터 자치어기 동안의 생산에 크게 영향을 미치는 서식 환경 변화의 영향과 함께 어업 자원 가입 직전의 미성어기 자원량을 파악해야 한다. 이들 가입 직전 자원량을 보

Corresponding author : sbjeong@yosu.ac.kr

다 정확하게 파악하기 위하여는 자치어 및 미성어를 채집하는데 사용되는 여러 가지 채집구의 정량성 확보가 무엇보다 중요하다. 그러므로 가입직전 자원량을 파악하기 위한 표본 채집에서 정량성 확보를 위해서는 채집량을 채집구가 여과한 물의 체적으로 나눈 단위 체적당 분포 밀도와 채집구의 채집효율을 정확하게 구할 수 있어야 할 것이다(日本海洋學會, 1970; 이, 1991; 米澤 등, 1996; 靑木 등, 2000; 板谷, 2002; 국립수산물과학원, 2004).

지금까지 자치어와 미성어를 어획하는 방법으로 중층 트롤, IKMT(ISAACS-KIDD Mid-water Trawl) 그리고 MOCNESS(Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System) 등이 사용되어져 왔다. 하지만 중층 트롤은 빠르게 유평하는 자치어와 성어를 어획하기 위해 사용 가능하지만, 조업을 위해서는 특별한 장비가 필요하므로 모든 조사선에서 사용할 수 없고, 예망 조건에 따라서 그물 입구의 면적이 변하기 때문에 정량성을 보증할 수 없다. IKMT 역시 예망 속도에 따라서 그물의 입구 면적이 변하기 때문에 표본 등을 얻기 위한 목적으로 널리 이용되고 있지만, 정량성이 요구되는 채집에는 적합하지 않다. 그리고 MOCNESS는 정량 채집이나 수층별 채집 및 해양 환경의 관측이 가능하지만 운용 장비를 갖춘 선박에서만 사용이 가능하다는 제약이 따른다. 이렇게 그물 입구의 면적 변화에 의한 정량 채집의 어려움을 해결하면서, 여러 종류의 조사선에서 사용할 수 있도록 개발된 채집구가 FMT(Frame Midwater Trawl)이다. FMT는 망구가 고정된 형태의 프레임으로 제작되어 있기 때문에 그물 입구의 크기 변화가 없어, 여과한 물의 체적 계산이 용이하며, 비교적 고속 예망이 가능해 유평력이 있는 자치어의 채포도 가능하다. 하지만 어종에 따른 어획 효율과 보다 유평력이 큰 개체를 채집하기 위한 예망 속력과 입구 면적의 크기 등이 아직 명확하게 규명되어 있지 않아서, 이들을 대상으로 할 경우 요구되는 예망속력과 어획효율에 대한 규명이 필요하다(Takeo et al., 1965; Peter et al., 2003; Itaya et. al., 2001; 板谷, 2002; 한국해양연구원, 2002; 한국해양연구원, 2003).

본 시험은 자치어의 채집이나 계량어군탐지기에 의해 확인된 어군의 표본 등을 얻기 위한 채집구로 FMT를 사용하기 위하여, FMT의 운용상의 특성 가운데 우선 그물의 동특성을 파악하고자 하였다.

이를 위하여 예망속도와 끌줄의 길이 변화에 따른 FMT 수심의 변화, 끌줄의 반출 속도에 따른 FMT의 침강 속도와 끌줄을 감아 들일 때 FMT의 상승 속도를 측정하였고, 일정한 수층에 대한 예망 가능성을 알아보기 위해 끌줄의 길이를 변화시켰을 때 FMT가 일정한 수심에 안정될 때까지 필요한 시간의 측정하였다. 그리고 예망시 FMT의 수심 안정성을 파악하기 위하여 예망 중 선속과 끌줄의 길이 변화가 없을 때 수심의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

FMT의 운용 특성 시험은 2003년 10월 30일 1회, 2004년 10월 28일 4회 그리고 2005년 4월 25~26일에 7회, 총 12회를 여수대학교 실습선 동백호(Sterntrawler, G.T : 1,057tons, Main engine : 2,200PS)를 이용하여, 우리나라 남해(Fig. 1)에서 실시하였다.

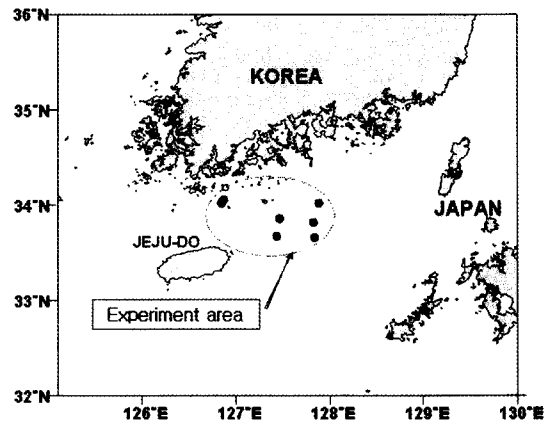


Fig. 1. A map showing the experiment points.

시험에 사용된 FMT의 입구는 직경 43mm, 두께 2mm인 스테인레스 파이프를 가로 2m, 세로 2m인 정방형으로 조립(그물 입구의 면적 4m²)하여 구성했다(Fig. 3). 프레임에 부착되는 그물은 4매식으로 길이 8.6m인 몸그물과 접속부 그리고 끌자루로 이루어졌다. 그물 입구 프레임과 그물과의 접속부는 강도를 지지하기 위해 폭 5cm의 캔버스를 부착했다. 몸그물 부분은 그물코 크기 2mm인 Tetlon(PES) 랫셀 그물감(그물실의 직경 0.25mm)을 사용하였다(Fig. 3). 끌자루는 그물코 크기 1mm의 Tetlon(PES) 랫셀

그물감(그물실의 직경 0.15mm)과 캔버스로 제작하였고, 몸그물체에 작탈과 채집물을 쉽게 꺼낼 수 있도록 하기 위하여 패스너(fastener)와 플라스틱 스크류형 마개를 사용하였다(Fig. 4).

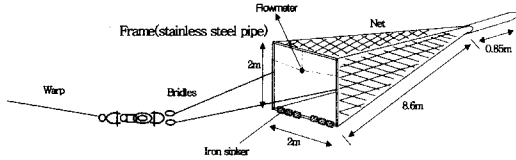


Fig. 2. Schematic of the FMT(4m²).

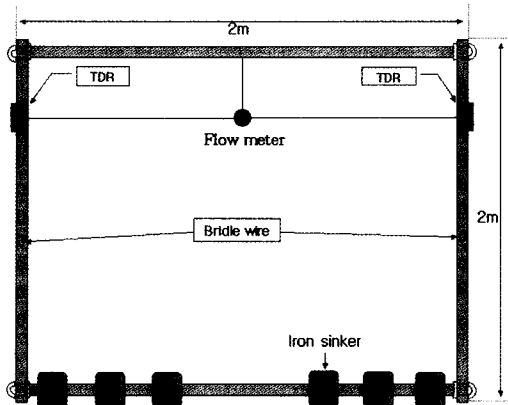


Fig. 3. Schematic of the net mouth frame.

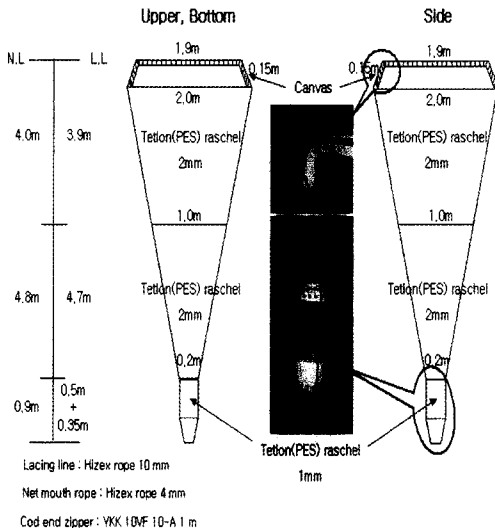


Fig. 4. Net plan of the FMT used in the sea experiments.

FMT와 끌줄의 연결은 그물 입구 프레임의 세로 파이프에 있는 끌줄 연결 구멍 7개 중에서 가운데 구멍인 4번째에 그물 목줄(wire rope ϕ 12mm, 5m)을 연결하고(Fig. 3), 좌우의 2 가닥을 한 점에 모은 후 샤클(shackle)로 스위블(swivel)에 연결하였으며, 다시 샤클로 스위블과 끌줄(wire rope ϕ 12mm)을 연결하였다(Fig. 2).

그물 입구를 구성하는 사각 프레임의 수중 중량(공기중 중량)은 상부 프레임이 8.2kg(12.4kg), 하부 프레임(Stainless bar + Iron sinker 6ea)이 39.0kg(48.4kg), 수직 프레임이 13.2kg(18.6kg)으로 합계 73.6kg이다. 이 외에 프레임을 조립하는데 필요한 볼트와 너트, 프레임에 그물을 붙이는데 사용하는 캠프(camp) 그리고 스위블과 샤클 등의 부속품이 약 10kg이었다(Table 1).

Table 1. Specification of the FMT(4.0m²) used in the experiments on the T/S DONGBAEK.

Items	Specification
Net material	Tetlon raschel
Net length(m)	9.45
Mesh size(mm)	2
Net mouth area(m²)	4
Bridle(piece, m)	2, 5
Iron sinker(piece)	6
Total weight of the gear(kgw)	83.6

FMT의 투망과 양망작업에는 트롤 윈치(trawl winch)를 사용하였다. 끌줄로 사용할 와이어 로프를 트롤 윈치의 와프 드럼(warp drum)에 감고, 트롤 윈치를 조작하여 투망작업이 수행되었고, 동백호는 선미트롤선으로 슬립웨이(slipway)가 있기 때문에 슬립웨이를 통하여 투망과 양망작업이 이루어졌다. 갑판 위와 슬립웨이에 있어서 그물의 이동은 프레임의 수직봉에 각각 2개의 작은 이동용 바퀴가 붙어 있어, 프레임과 그물이 갑판이나 슬립웨이에 마찰되지 않았으므로 밀어서 쉽게 이동시킬 수 있었고, 슬립웨이까지 옮긴 후에는 끌줄을 조정하여 투망하였다. 투망 후 FMT의 그물 입구 프레임이 수직으로 선 것을 갑판상에서 육안으로 확인하고 끌줄을 내어 주었으며, 끌줄의 길이는 수중에

잠긴 길이로서 표시하였다.

시험은 선속 2.5k't에서 6회, 3.5k't에서 5회가 이루어졌다. 투망을 하기 전 우선 선속을 일정하게 유지시킨 후, FMT를 투입하였으며, FMT의 예망 수심은 끌줄의 길이를 30, 60, 90, 120, 150m의 5단계로 조정하면서 측정하였다. FMT의 예망 수심은 실시간으로 측정할 수 있는 장비가 없었기 때문에 망구 프레임의 수직 기둥에 자기식수온수심계(Vemco, Minilog-TDR) 2개(100psi(68m, 0.4m 분해능 $\pm 2m$ 정도) ; 300psi(204m, 1.2m 분해능 $\pm 6m$ 정도))를 좌우에 1개씩 부착하고, 양망 후 자기식수온수심계에 저장된 자료를 컴퓨터에 수록하여 FMT의 예망 수심의 변화를 파악하였다.

양망시에는 선속을 줄이지 않은 상태에서 끌줄을 감아들였으며, FMT가 슬립웨이를 통하여 올라올 때까지 일정한 속도로 끌줄을 감아들였다. 부상 속도는 끌줄을 감기 시작한 시각부터 FMT가 수면에 나타난 시간을 측정하여 구했다.

예망속력은 1분 간격으로 ADCP(CI-30, FUR-UNO)와 GPS(ESG-151, SUZUKI)의 속력을 기록하였으며, 이들로부터 구한 속력의 차이가 최대 0.2k't를 넘지 않고 거의 일치하였으므로 ADCP의 속력을 이용하였다.

결과 및 고찰

일반적으로 난치어의 채집에 사용되는 플랑크톤 네트나 봉고 네트 등은 1~2k't의 저속으로 예망된다. 하지만 FMT는 플랑크톤뿐만 아니라 보다 유영성이 높은 소형어류나 자치어를 채집 대상으로 하기 때문에 그물 입구의 크기도 일반적인 플랑크톤 네트나 봉고 네트보다 크지만, 예망 속도 또한 IKMT와 함께 비교적 빠른 편에 속한다. 따라서 본 시험에서는 예망속도 2.5k't와 3.5k't를 기준으로 하여 시험하였으나, 시험 중 날씨와 조류의 영향 등으로 인해 정확한 선속을 유지하기가 어려웠으므로 약 $\pm 0.3k't$ 의 속력 변화가 있었다. 예망속도 2.5k't와 3.5k't에 있어서 선속과 끌줄의 길이 및 FMT의 수심을 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. 이 가운데 Fig. 5의 끌줄 길이 180m에서는 속력의 변화가 컸기 때문에 자료 분석에서 제외했다.

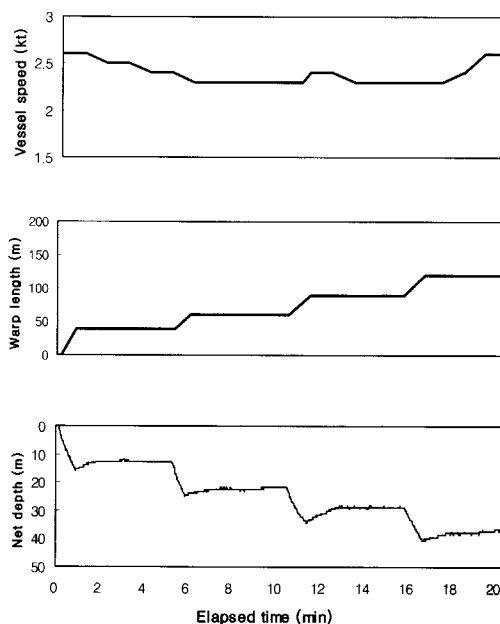


Fig. 5. Observed net depth at the ship's speed of 2.5k't.

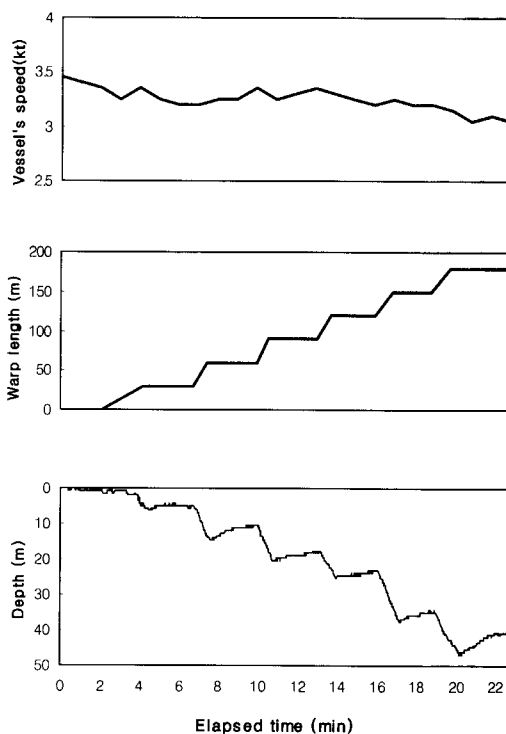


Fig. 6. Observed net depth at the ship's speed of 3.5k't.

예망속도와 끌줄의 길이에 따른 예망 수심의 변화

끌줄의 길이를 30, 60, 90, 120 그리고 150m로 조정하였을 때, FMT의 깊이와 끌줄의 길이와의 관계는 예망속도 2.5k't에서 $D(m) = 0.30L - 1.3$ ($R^2 = 0.965$), 3.5k't에서 $D(m) = 0.16L - 1.5$ ($R^2 = 0.984$)로 나타났다. 따라서 끌줄의 길이가 동일할 경우 2.5k't의 예망속도에서는 3.5k't의 예망속도에서보다 약 2배 깊은 곳에 FMT가 위치하게 된다는 것을 나타낸다(Fig. 7).

끌줄의 길이와 FMT의 수심 및 예망속도와 FMT의 수심을 나타내는 식으로부터 끌줄의 길이 변화에 따른 FMT의 깊이 변화를 살펴보면, 끌줄의 길이가 10m 길어지면 FMT의 깊이는 2.5k't에서 3.0m 그리고 3.5k't에서 1.6m가 깊어지는 것으로 나타났다.

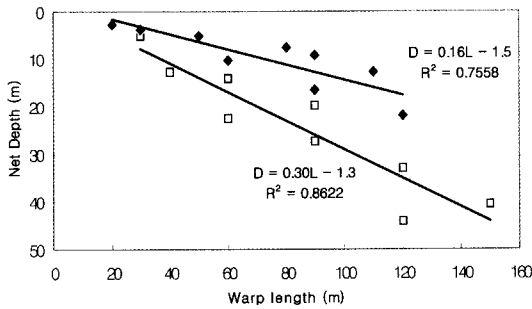


Fig. 7. Relationship between net depth and warp length at the ship's speed of 2.5k't and 3.5k't.

FMT의 침강 속도

시험에서 끌줄의 반출 속도는 2.5k't와 3.5k't에서 24m/min와 25m/min였고, 이 때 FMT의 침강 속도는 각각 6.5m/min와 3.8m/min로 나타났다. 끌줄의 반출 속도는 전자가 느렸으나 실제 그물에 작용하는 유속은 각각 0.89m/sec와 1.38m/sec로 후자가 더 빨랐으므로 침강속도가 느린 것으로 생각된다.

FMT의 상승 속도

예망 중 선속의 변화 없이 끌줄을 28m/min의 속도로 감아들이는 경우 그물의 수심 변화는 2.5k't에

서 6.9m/min, 3.5k't에서 5.3m/min으로 나타났다. 일반적으로 그물을 이용한 채집 조사에서 끌줄을 감아들이는 경우에는 선속을 낮추는 것이 보통이다. 하지만 본 시험에서는 FMT의 양망시 선속을 낮출 경우 어획된 채집어가 다시 그물 입구로 되돌아 나와 탈출하는 것을 방지하기 위하여 주기관의 출력을 그대로 유지하면서 끌줄을 감아 들었다. 따라서 양망시 선속은 0.3k't 정도가 감소했으나 끌줄을 감아들었기 때문에 FMT의 실제 대수속력은 3.1k't와 4.1k't로 예망시 보다 높아 입망된 채집물이 양망 중에 탈출할 수는 없을 것으로 생각된다.

끌줄의 길이를 변화시킨 후 FMT가 안정 될 때까지 소요되는 시간

끌줄을 0.52~0.60m/sec의 속도로 30m 반출한 후 그물이 일정 수심에서 안정되기까지의 시간은 2.5k't에서 평균 104초(표준편차(SD) 11), 3.5k't에서 평균 105초(SD 16)로서 예망속력에 따른 차이는 거의 없었으나, 전체적으로 끌줄의 길이가 길어지면 FMT가 안정되는데 보다 많은 시간이 걸리는 것으로 나타났다(Fig. 8).

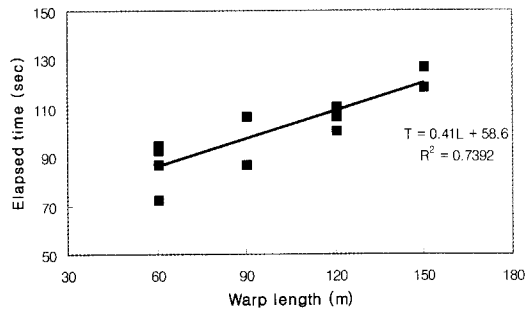


Fig. 8. Relationship between warp length and elapsed time on the stable towing condition when the warp length increased 30m at the towing speed of 2.5k't and 3.5k't.

예망 중 FMT의 안정성

끌줄의 반출에 따라 침강하던 FMT는 끌줄의 반출이 종료되면 약 3~5초 후부터 예망 수심이 서서히 알아지다가 선속과 끌줄의 길이에 변화가 없으면 일정한 깊이에서 수평 예인되게 된다. 이 때 FMT가 일정한 수심으로 안정되어 있어야만 생물 채집에 유리하다. 자기식수온수심계의 자료로 확인

한 FMT의 예망 수층은 일단 안정되고나면 2.5k't와 3.5k't 모두에서 그물의 수심 변화가 거의 없었다(약간의 변화가 있었지만 모두 자기식수운수심계의 오차 범위 이내였다). 그리고 끌줄의 장력은 끌줄 길이 60m에서 각각 평균 290kg과 550kg으로 나타났다.

FMT는 조립과 분해가 쉽고, 비교적 구조가 간편하기 때문에 조사 전용선뿐만 아니라 일반적인 선박에서도 끌줄을 조절할 수 있는 원치와 간단한 크레인 설비만 있으면 운용이 가능하고, 어구의 구조나 전체 무게도 IKMT나 중층트롤 어구에 비하여 간단하고 가볍기 때문에 중층의 생물을 채집하기 위한 어구로서는 매우 적합하다고 생각된다. 그리고 어구의 부속구가 간편하기 때문에 어구의 저항이 크지 않으므로 예망속도를 빠르게 하는 것이 가능하며, 특히 유영력이 큰 중층의 소형어나 자치어를 채집하는데 용이할 것으로 생각된다.

FMT에 있어서 예망 수심의 조절은 선속의 변화, 끌줄의 길이 조정 그리고 침강력의 조정이 필요하다. 이 가운데 침강력은 그 크기가 FMT를 조립할 때 정해지므로 FMT를 갑판 위에 올려 다시 조절해야 하기 때문에 예망 중에는 조절할 수가 없다. 그러나 FMT에서 끌줄의 길이나 선속의 변화는 예망 중에도 조절이 가능하며, 선속과 끌줄의 변화에 대한 수심의 변화율은 1~2회의 시험에 의해 파악할 수 있으므로, FMT의 예망 수심을 Monitor할 수 있는 장비가 없더라도, FMT를 특정 수심에 유지하는 것이 가능할 것으로 생각된다. 특히 어군탐지기를 이용한 자원 조사에 있어서 어군탐지기에 나타난 어군의 어종 조사를 위한 표본 채집용으로서의 사용도 가능할 것이다.

일반적으로 sampling gear의 채집(어획)효율은 유영력이 없거나 낮은 생물을 채집할 경우에는 1로 볼 수 있으나, 유영력이 높은 생물을 채집할 경우에는 어획효율이 떨어지게 된다. 그러므로 어구의 어획효율을 정확하게 규명하고, 향상시키는 것이 중요하다. 어획 효율이 알려져 있고, 다른 수층에 어군의 기록이 없었다면, FMT가 어군을 소해한 거리와 망구 면적을 이용하여 여과수량을 계산할 수 있으므로 어군의 밀도를 구할 수 있을 것이다. 따라서 FMT는 정량채집이 가능한 채집구이므로 단순한 표본 채집뿐만 아니라 자원 평가 도구로서의 사용도 가능할 것이다.

결 론

본 연구는 FMT의 운용상의 특성을 파악하기 위하여 실시되었으며 그 결과는 다음과 같다.

예망속도에 따른 예망 수심의 변화는 2.5k't에서 그물의 깊이 $D(m) = 0.30L - 1.3$ ($R^2 = 0.965$), 3.5k't에서 $D(m) = 0.16L - 1.5$ ($R^2 = 0.984$)로 나타났다. 따라서 끌줄의 길이에 따른 FMT의 수심 변화는 2.5k't에서 끌줄의 길이가 10m 길어지면 FMT의 위치는 3.0m 깊어지고, 3.5k't에서는 1.6m 깊어지는 것으로 나타났다.

끌줄의 반출 속도에 따른 FMT의 침강 속도는 끌줄의 반출 속도가 2.5k't와 3.5k't에서 24m/min와 25m/min 일 때, 각각 6.5m/min와 3.8m/min로 나타났다.

끌줄을 28m/min의 속도로 감아 들일 때 FMT의 상승 속도는 2.5k't에서 약 6.9m/min였고, 3.5k't에서 5.3m/min였다.

끌줄의 길이를 변화시켰을 때 일정 수심에 어구가 안정될 때까지 소요되는 시간은 2.5k't에서 평균 104초(SD 11), 3.5k't에서 평균 105초(SD 16)로 속력에 따른 차이는 거의 없었다.

예망 중 FMT는 선속과 끌줄의 변화가 없을 경우, 예망 깊이의 변화는 적었다.

사 사

본 연구는 여수대학교 2004년도 학술연구과제지원비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 국립수산과학원(2004) : 수산자원조사지침, 예문사.
- 이태원(1991) : 아산만 저어류, I. 적정 채집 방법. 한국수산학회지 24(4) 248-254.
- 한국해양연구원(2002) : 서태평양 종합대양연구(I), 200-213.
- 한국해양연구원(2003) : 서태평양 종합대양연구(I), 250-262.
- 日本海洋學會(1970) : 海洋觀測指針(氣象廳編). 大同印刷「藝株式會社. 211-267.
- 米沢崇, 藤森康澄, 清水晋 등, 梨本勝昭吉, 三浦汀介(1996) : キャンパスカイトを用いた資源調査用中層トロール網. 日本水誌 62(2), 254-261.

- 青木 一郎, 三浦江介, 今井信幸, 小松輝久(2000) :
フレーム型中層トロールによる浮魚類仔稚魚の採
集. 日本誌 66(1), 10-17.
- 板谷和彦(2002) : FMT(Framed Midwater Trawl)
の開發と定量採集法に関する研究. 學位論文, 北
海道大學大学院水産科學研究科.
- Takeo Taniguchi, Akiyoshi Kataoka and Hajime
Imanishi(1965) : Hydrodynamic Studies on
the ISAACS-KIDD Mid-water Trawl- I
(Field experiments of the 10 foot S-1
type larva-net). Bulletin of the Japanese
Society of Scientific Fisheries, Vol. 31,
No. 5, 327-332.
- Kazuhiko ITAYA, Yasuzumi FUJIMORI, Daisuke
SHIODE, Ichiro AOKI, Takashi YONEZAWA,
Susumu SHIMIZU AND Teisuke MIURA
(2001) : Sampling performance and opera-
tional quality of a frame trawl used to
catch juvenile fish. Fisheries Science, Vol.
67, No. 3, 436-443.
- Peter H. Weibe, Mark C. Benfield(2003) :
From the Hensen net toward four-
dimensional biological oceanography.
Progress in Oceanography, 56, 7-136.

2005년 4월 4일 접수

2005년 4월 25일 수리