

소해면적법에 의한 중하(*Metapenaeus joyneri*) 자원량 추정 시 대지속력과 대수속력 사용에 따른 자원량 차이

주영환 · 김민선¹ · 조현수^{2*}

국립군산대학교 수산과학과 대학원생, ¹국립군산대학교 해양수산공공인재학과 교수, ²국립군산대학교 수산과학연구소 교수

Difference in biomasses depending on application of speed over the ground and speed through the water during biomass estimation of *Metapenaeus joyneri* via swept area methods

Young-Hwan Joo, Min-Son Kim¹ and Hyun-Su Jo^{2*}

Graduate Student, Department of Fisheries Science Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

¹Professor, Department of Public Service in Ocean & Fisheries, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

²Professor, Fisheries Science Institute, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

The towing distance, which is speed over the ground, and the water flow quantity, which is speed through the water, were used when estimating the amount of *Metapenaeus joyneri* resources that rose to the surface at night using the swept area method in order to compare and analyze the difference. It was conducted using a shrimp dredge, trial fishing gear for catching *Metapenaeus joyneri*. Catch during the entire survey period was 188.9 kg. Monthly catch ranged from 3.1 to 109.2 kg, highest in June and lowest in September. The swept volume calculated using the speed over the ground was about 13% higher than using the speed through the water. *Metapenaeus joyneri* resources estimated using the towing distance ranged from 320.1 to 14,649.8 kg. Resources estimated using the water flow quantity ranged from 278.5 to 12,886.3 kg. Therefore, the amount of *Metapenaeus joyneri* resources estimated using the speed over the ground was about 14% higher than the method using the speed through the water, indicating that the amount of resources was overestimated.

Keywords: Biomass estimation, Swept area method, *Metapenaeus joyneri*

Received 8 January 2024; Revised 25 January 2024; Accepted 26 January 2024

*Corresponding author: hyunsujo@kunsan.ac.kr, Tel: +82-63-469-1817, Fax: +82-63-469-7445

Copyright © 2024 The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

서론

수산 자원량을 해양조사에 의한 직접 추정하는 방법 중에는 소해면적법, 난생산량법, 수중음향조사법이 주로 사용되는데, 이 중 소해면적법은 어느 해역의 일정 면적에 해당하는 자원량을 조사하여 전체 해역에 해당하는 면적의 자원량을 추정하는 방법이다. 일반적으로 저층을 예상하는 어구인 저층트롤을 이용하여 어류를 포함한 다양한 저서생물의 자원량을 추정하는데 있어 효과적으로 사용되며, 이 방법을 트롤조사법이라고도 한다(Sainsbury, 1996).

소해면적법을 이용하여 자원량을 추정한 연구로는 우리나라 연안어장에서 새우조망을 이용한 연구(Shin, 2009), 울진 바다목장에서 강도다리와 넙치의 자원평가를 위하여 오테트롤을 이용한 연구(Yoon et al., 2014), 통영 바다목장에서 새우조망을 이용한 연구(Cho et al., 2019) 등이 있다. 또한, 조사해역 내에서 어획된 어획물을 소해면적법을 이용하여 단위면적당 개체수와 생체량으로 환산하여 정량화한 연구로는 진해만과 진주만에서 새우조망을 이용한 연구(Song et al., 2012), 충남 연안에서 연안조망을 이용한 연구(Kim et al., 2013), 태안 바다목장 해역에서 새우조망을 이용한 연구(Park et al., 2013), 태안반도 연안에서 오테트롤을 이용한 연구(Jung et al., 2014), 광양만 주변 해역의 새우조망을 이용한 연구(Han et al., 2019) 등이 있다. 그러나 이러한 선행 연구들은 모두 소해면적 계산 시 대지속력만을 이용한 어구의 예상거리를 이용하였다. 통상적으로 예상거리는 예상속도와 예상시간을 곱하는 방법 또는 투망 위치와 양망 위치 사이의 거리를 이용한 방법으로 계산된다. 그러나 예상속도는 조류, 파도 및 바람 등의 외력에 의해 계속해서 변화하기 때문에 정확한 값을 추정하기가 어렵고, 투·양망 위치 사이의 거리는 어선이 외력이나 장애물 등의 영향을 받지 않고 직선 코스로 예상한다는 가정하에 계산된 직선거리이기 때문에 이 방법 또한 정확하지 않다. 이와 같이 소해면적 계산 시 예상거리를 이용한 방법은 약간의 오차가 포함된 값이라고 볼 수 있으며, 정확한 소해면적을 계산하는 방법에 대한 연구는 현재까지도 매우 부족한 실정이다.

난생산량법은 어느 해역의 어란 및 자치어의 출현량 조사에 사용되는 방법으로써 어류플랑크톤조사법이라고도 불린다. 이 조사법은 난자치어 네트 입구에 여수계

(Flow meter)를 부착하고 표·중층을 경사 또는 표층 예인하여 어란 및 자치어를 채집한 후, 여수계의 회전수에 의해 계산된 여수량을 이용하여 단위 부피당 출현개체수를 추정하는 방법이다(NIFS, 2017). 즉, 여수계를 사용하는 난생산량법은 대지속력이 아닌 대수속력을 이용하는 방법이다. 주로 조사해역 내에 분포하고 있는 미성어의 출현종 조사와 더불어 성육장 및 산란장 파악에 효과적으로 사용된다(Smith and Richardson, 1977). 이러한 연구로는 울진 연안에 분포하는 부유성 난 및 자치어의 양적변동(Han and Kim, 2007), 한강 하구역 자치어 종조성의 계절변동 등의 연구(Kim et al., 2014), 광양만 연안의 부유성 난 및 자치어의 종조성과 양적변동(Chu et al., 2019), 진주만 내외측에서 채집된 어란, 자치어 및 유어의 양적변동(Myoung et al., 2021), 여수 남도 주변의 부유성 난 및 자치어의 종조성(Kim et al., 2021) 등이 있다.

현재까지 난자치어 네트가 아닌 어획을 목적으로 하는 어구에 여수계를 부착한 후 여수량을 이용하여 자원량을 추정한 연구는 거의 없는 실정이다. 뿐만 아니라 본 연구의 어획 대상종인 중하(*Metapenaeus joyneri*)는 낮에 모래 속으로 파고 들어가 있다가 야간에 먹이활동을 하기 위해 표층으로 부상하는 습성이 있는데(Joo et al., 2023), 중하와 같이 표층에 서식하는 수산생물의 자원량을 소해면적법으로 추정한 연구 또한 거의 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 소해면적법을 이용하여 야간에 표층으로 부상한 중하 자원량 추정 시 대지속력을 이용한 예상거리를 사용하는 방법과 대수속력을 이용한 여수계를 사용하는 방법에 따른 자원량 차이를 비교 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

소해면적법을 이용한 중하 자원량 추정 시 대지속력을 이용한 예상거리와 대수속력을 이용한 여수량 사용에 따른 자원량 차이를 분석하기 위해 2021년 5월부터 9월까지 야간에 매월 1회씩 총 5회에 걸쳐 조사를 실시하였다. 조사에 사용된 선박은 해양수산부장관으로부터 시험어업 승인을 받은 상업어선(6.67톤)을 이용하였고, 조사는 Fig. 1과 같이 전라북도 고창군 장호리 연안 100 ha 내에 3개의 조사정선을 설정하여 각 정선당 30분을 기준으로 약 2.5 knots의 속력으로 예상하였으나, 간혹

주변에 부설된 어구로 인하여 30분을 다 채우지 못한 경우도 있었다(Table 1).

조사에 사용된 시험어구는 한국어구도감(NFRDI, 2002)에 의하면 새우형망으로 분류되어 있다. 또한, 동 시험어구는 야간에 표층으로 부상한 중하를 어획하는데 있어 부수어획종의 혼획률이 월등히 낮아 효율적인 어구·어법으로 알려져 있다(Joo et al., 2023). 어구의 형태는 직사각형 틀에 자루그물을 부착하여 선수쪽 좌우현에 부착하여 표층을 예망하는 방식의 어구이다. 어구의 규격을 살펴보면, 직사각형 틀의 가로 길이는 6,000 mm, 세로 길이 3,000 mm였고, 틀의 전단부부터 끝자루 그물까지의 총 길이는 8,000 mm였다. 자루그물 및 끝자루 그물은 4매망 그물로 구성되었다. 망목 크기는 직사각형 틀과 자루그물을 연결하기 위한 틀의 입구 가장자리에만 67.5 mm 망목이 사용되었고, 자루그물과 끝자루그물은 모두 27.5 mm 망목을 사용하였다(Fig. 2, 3).

중하 포획용 시험어구인 새우형망을 이용한 조업 방법은 해질 무렵 어장에 도착하여 어구를 투망한 후 선수의 양현측에 설치된 작업등을 이용하여 수면 위로 튀어 오르는 중하 어군을 육안으로 확인하면서 선박을 조종하여 자루그물 속으로 들어가도록 하는 작업을 반복하였다(Joo, 2023). 어획된 중하는 실험실로 운반한 후 개체수를 계수하였고, 중량은 전자저울을 사용하여 1 g 단위까지 측정하였다.

조사해역의 중하 자원량 추정은 소해면적법을 적용하여 계산하였으며, 계산 시 두 가지 방법을 적용하였다. 첫 번째는 투망 시부터 양망 시까지의 예망거리를 이용한 방법으로, 예망속도와 예망시간을 곱하는 방법이 아닌 어선에 설치되어 있는 GPS의 경·위도 좌표를 이용하여 실제 투·양망 위치로부터 계산한 예망거리를 계산한 후 시험어구를 통과한 바닷물의 체적을 소해체적 a (m^3)으로 간주하여 자원량을 추정하였다.

두 번째는 대수속력에 해당하는 여수계의 여수량을 이용하는 방법으로써 시험어구의 직사각형 틀 중앙에 Fig. 4와 같이 여수계(Mechanical Flow Meter Model 438 110, HYDRO- BIOS)를 부착하여 예망시간 동안 시험어구를 통과한 바닷물의 양인 여수량을 소해면적인 체적 P (m^3)로 간주하여 자원량을 추정하였다. 월별 조사정선별 투·양망 위치, 예망속도, 평균 수심, 조류 방향, 여수계 회전수 등은 Table 2와 같다.

본 연구에 사용된 새우형망은 야간에 표층으로 부상하는 중하를 어획대상으로 하는 표층예망 어구·어법이기 때문에 조사해역의 전체 면적 및 소해면적 계산 시 면적(m^2)이 아닌 체적(m^3)을 적용하였다. 전체 조사해역은 100 ha로써, 이 면적을 정사각형으로 환산한다면 가로, 세로 길이를 각각 1,000 m로 가정할 수 있다. 이러한 가정을 이용하여 최소 수심을 m , 최대 수심을 M 이라고 한다면, 조사해역의 전체 체적 A (m^3)는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = ((M+m) \times 1,000/2) \times 1,000 \quad (1)$$

예망거리를 이용하여 중하 자원량 추정 시, 시험어구의 직사각형 틀 가로 길이를 W (m), 세로 길이를 L (m), 그리고 예망거리를 d (m)라고 한다면, 소해면적인 체적 a (m^3)는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$a = W \times L \times d \quad (2)$$

여수량을 이용하여 중하 자원량 추정 시에는 여수계 제조사의 사용설명서에 프로펠러는 1회전당 0.3 m를 예인한 거리로 계산된다고 명시되어 있어, 여수계 회전수를 R 이라고 한다면, 시험어구를 통과한 바닷물의 체적 P (m^3)는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = 0.3 \times R \times W \times L \quad (3)$$

그리고 조업 시 시험어구의 직사각형 틀이 항상 2.5 m까지만 물 속에 잠기고, 나머지 0.5 m는 해수면 위로 부상하였기 때문에 가로 길이 W (m)는 2.5 m를 적용하였다.

시험어구에 어획된 중하 어획량을 C (kg)라고 한다면, 단위체적당어획량 \bar{C} (kg)는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{C} = C \div a \quad \text{또는} \quad \bar{C} = C \div P \quad (4)$$

시험어구의 어획효율을 q 라고 한다면, 단위체적당 자원량 \bar{B} (kg)는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{B} = \bar{C} \div q \quad (5)$$

여기서 어획효율(q)의 경우, 동 시험어구에 관한 선행 연구 결과가 없기 때문에 소해체적에 분포하고 있는 중하의 50%는 어획되고, 50%는 도피한다는 가정을

(Prado, 1990) 반영하여 0.5를 적용하였다.

따라서, 예망거리 및 여수량을 이용한 전체 조사해역의 중하 자원량 B (kg)는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$B = A \times \bar{B} \quad (6)$$

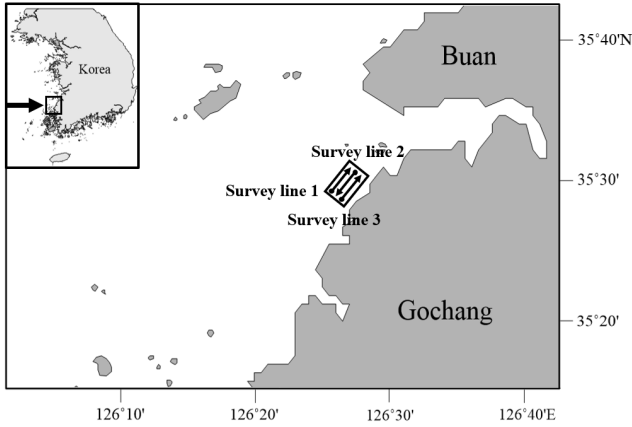


Fig. 1. A map showing the survey area and survey line in Gochang, Jeollabuk-do, Korea.

Table 1. Monthly towing times at each survey line using by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021

Month	date	Water Time (Multte)	Towing time (min.)			Total
			Survey line 1	Survey line 2	Survey line 3	
May	22nd	2	26	20	24	70
Jun.	20th	2	24	30	18	72
Jul.	15th	12	30	20	30	80
Aug.	28th	12	27	25	31	83
Sep.	24th	9	30	24	33	87
Total			137	119	136	392

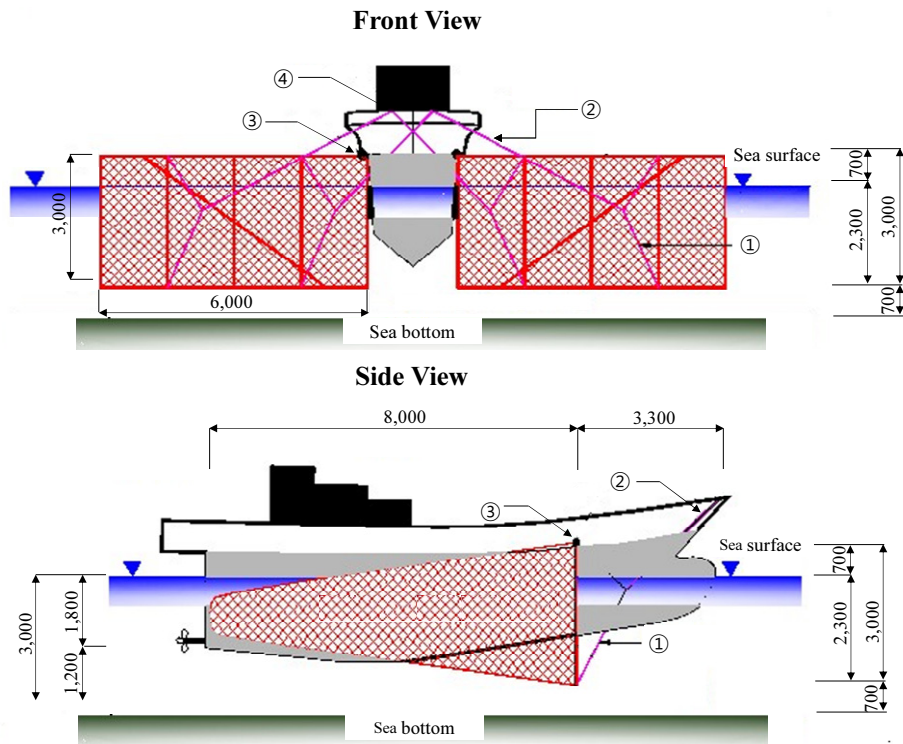


Fig. 2. Schematic diagram of the fishing operation of the survey vessel using by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021. ① Wire rope, ② Towing line, ③ Chain, ④ Hook.

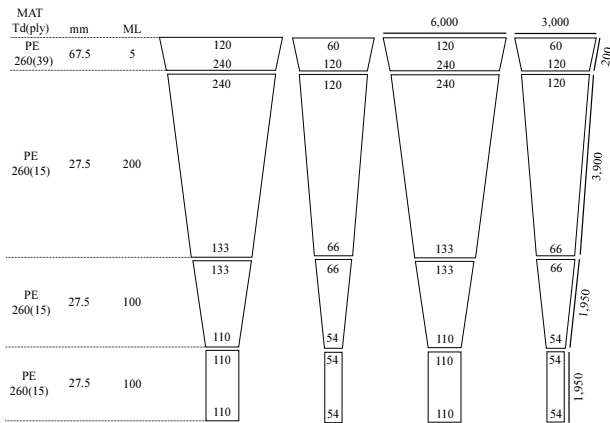


Fig. 3. Diagram of the shrimp dredge fishing net used in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021.



Fig. 4. Flow meter attached to the shrimp dredge fishing gear to estimate biomass of *Metapenaeus joyneri* used flow quantity in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021.

Table 2. Monthly survey data at each survey line to calculate the swept volume using by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021

Month	Survey line	Casting net				Hauling net				Towing speed (knots)	Average depth (m)	Tide current	Number of flow meter revolution
		Time	Position		Time	Position							
			Latitude	Longitude		Latitude	Longitude						
May	1	19:51	35°29.21' N	126°27.08' E	20:15	35°28.31' N	126°26.41' E	2.5	4.5	Against tide	21,699		
	2	20:22	35°28.27' N	126°26.47' E	20:42	35°29.18' N	126°27.11' E	3.1	3.2	With tide			
	3	20:47	35°29.16' N	126°27.20' E	21:13	35°28.27' N	126°26.62' E	2.3	2.8	Against tide			
Jun.	1	20:27	35°28.28' N	126°26.29' E	20:45	35°29.24' N	126°27.03' E	3.8	6.4	With tide	21,848		
	2	20:51	35°29.33' N	126°27.18' E	21:21	35°28.55' N	126°26.66' E	1.8	5.8	Against tide			
	3	21:32	35°28.28' N	126°26.44' E	21:56	35°29.16' N	126°27.24' E	2.7	5.2	With tide			
Jul.	1	21:05	35°28.27' N	126°26.27' E	21:35	35°29.12' N	126°26.93' E	2.2	5.0	Against tide	23,820		
	2	20:40	35°29.24' N	126°27.16' E	21:00	35°28.21' N	126°26.44' E	3.4	4.7	With tide			
	3	20:05	35°28.07' N	126°26.49' E	20:35	35°29.07' N	126°27.17' E	2.4	4.3	Against tide			
Aug.	1	20:27	35°28.30' N	126°26.33' E	20:58	35°29.23' N	126°27.04' E	2.2	6.0	Against tide	23,327		
	2	19:58	35°29.22' N	126°27.23' E	20:23	35°28.23' N	126°26.40' E	3.4	5.6	With tide			
	3	19:26	35°28.19' N	126°26.55' E	19:53	35°29.18' N	126°27.24' E	2.4	4.8	Against tide			
Sep.	1	19:48	35°28.31' N	126°26.32' E	20:21	35°29.26' N	126°27.06' E	2.1	5.2	Against tide	23,450		
	2	19:20	35°29.24' N	126°27.23' E	19:44	35°28.20' N	126°26.42' E	3.1	5.0	With tide			
	3	18:45	35°28.17' N	126°26.51' E	19:15	35°28.99' N	126°27.12' E	2.1	4.2	Against tide			

결 과

월별 정선별 중하 어획량(C) 및 CPUE

전체 조사기간 동안의 중하 총어획량(C)은 188.9 kg이었다. 월별 중하 어획량 변동을 보면, 5월에 49.2 kg이었으나 6월에는 급격히 증가하여 109.2 kg으로 최고치를 나타낸 후, 7월에는 22.5 kg으로 급격히 감소하였다. 그리고 8월과 9월에도 각각 4.9 kg, 3.1 kg으로 계속해서 감소하는 경향이 나타났다. 월별 단위노력당어획량

(Catch Per Unit Effort, CPUE)도 비슷한 경향으로 나타나 5월에는 702.9 g/min이었으나 6월에는 1,516.7 g/min으로 최고치를 나타낸 후, 7월에는 281.3 g/min으로 급격히 감소하였다. 그리고 8월과 9월에도 각각 59.0 g/min, 35.6 g/min으로 계속해서 감소하였다. 정선별 중하 어획량은 정선 1에서는 66.9 kg, 정선 2에서는 75.6 kg, 정선 3에서는 46.4 kg으로, 정선 2에서 가장 높았고, 정선 3에서 가장 낮았다. 정선별 평균 CPUE도 비슷한 경향을

나타내어, 정선 1에서는 488.3 g/min, 정선 2에서는 635.3 g/min, 정선 3에서는 341.2 g/min으로, 정선 2에서 가장 높았고, 정선 3에서 가장 낮았다. 그러나 어획량이 가장 많았던 6월에는 정선 1에서 2,670.6 g/min으로 가장 높았고, 어획량이 적었던 8월에는 정선 3에서 99.5 g/min으로 가장 낮았다(Table 3).

조류 방향별 중하 어획량 및 CPUE

조류 방향에 따른 중하 어획량 및 CPUE를 살펴보면, 조사선의 예망 방향과 조류가 동일하게 흐르는 순조 시기는 전체 조사기간 중 총 6회로써 예망시간은 총 131분이었다. 순조 때의 중하 어획량은 104.5 kg이었고, CPUE는 797.6 g/min로 나타났다. 이와 반대로 조사선의 예망 방향과 조류가 반대로 흐르는 역조 시기는 전체 조사기간 중 총 9회였고, 예망시간은 총 261분이었다. 역조 때

의 중하 어획량은 84.4 kg이었고, CPUE는 323.5 g/min로 나타났다. 따라서 역조 때보다 순조 때의 CPUE가 약 2.5배 더 높은 것으로 조사되었다(Table 4).

조사해역의 해수체적(A) 계산

조사해역의 월별 해수체적(A)은 조석의 변화에 따른 수심 변동 때문에 증감을 반복하였는데, 5월에는 3,850,000 m³이었으나, 6월에는 5,800,000 m³으로 급격히 증가한 후, 7월에는 4,650,000 m³으로 감소하였다. 그러나 8월에는 다시 증가하여 5,400,000 m³이었고, 9월에는 4,700,000 m³으로 다시 감소하는 것으로 나타났다(Table 5).

소해면적의 해수체적(a, P) 계산

대지속력인 예망거리를 이용하여 계산한 소해면적의 해

Table 3. Monthly catch and CPUE of *Metapenaeus joyneri* at each survey line caught by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021

Mon.	Survey line 1		Survey line 2		Survey line 3		Total	
	Catch (C: kg)	CPUE (g/min)	Catch (C: kg)	CPUE (g/min)	Catch (C: kg)	CPUE (g/min)	Catch (C: kg)	CPUE (g/min)
May	13.4	557.5	24.3	1,215.5	11.5	444.0	49.2	702.9
Jun.	48.1	2,670.6	40.2	1,338.8	21.0	874.3	109.2	1,516.7
Jul.	3.4	112.8	8.9	443.2	10.2	341.5	22.5	281.3
Aug.	1.0	31.8	1.2	47.2	2.7	99.5	4.9	59.0
Sep.	1.1	32.3	1.1	45.2	1.0	32.5	3.1	35.6
Total	66.9	488.3	75.6	635.3	46.4	341.2	188.9	481.9

Table 4. Catch and CPUE of *Metapenaeus joyneri* by tide current caught by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Korea from May to Sep. 2021

Tide current	Towing no.	Towing time (min.)	Catch (kg)	CPUE (g/min)
With tide	6	131	104.5	797.6
Against tide	9	261	84.4	323.5

Table 5. Monthly water volumes of survey area calculated by depth in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021

Month	Depth of survey area (m)		Water volume of survey area (A: m ³)
	Min.	Max.	
May	3.2	4.5	3,850,000
Jun.	5.2	6.4	5,800,000
Jul.	4.3	5.0	4,650,000
Aug.	4.8	6.0	5,400,000
Sep.	4.2	5.2	4,700,000

Table 6. Monthly swept volumes of towing distance and water flow quantity calculated by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021

Contents	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Total
Swept volume of towing distance (<i>a</i> : m ³)	86,465	86,481	92,581	95,600	91,831	452,961
Swept volume of water flow quantity (<i>P</i> : m ³)	97,646	98,316	107,190	104,976	105,525	513,656

수체적(*a*)을 월별로 살펴보면, 5~6월에는 각각 86,465 m³, 86,481 m³으로 비슷하게 나타났다. 이후 7~9월에는 각각 92,581 m³, 95,600 m³, 91,831 m³으로 나타났다. 대수속력인 여수량을 이용하여 계산한 해수체적(*P*)은 5~6월에는 각각 97,646 m³, 98,316 m³으로 비슷하게 나타났다. 이후 7~9월에는 각각 107,190 m³, 104,976 m³, 105,525 m³으로 나타났다. 이와 같이 월별 소해면적의 해수체적(*a*, *P*)은 대수속력을 이용하는 방법이 대지속력을 이용한 방법보다 항상 더 높게 나타났다. 따라서 전체기간 동안의 소해면적의 해수체적도 대지속력과 대수속력을 이용하여 계산한 값이 각각 452,958 m³, 513,653 m³으로 여수량을 이용한 소해면적의 해수체적(*P*)이 약 13% 높게 나타났다(Table 6).

중하의 단위체적당어획량(\bar{C}), 단위체적당자원량(\bar{B}) 및 자원량(*B*) 추정

대지속력과 대수속력을 이용하여 소해면적법으로 계산한 중하의 단위체적당어획량(\bar{C}), 단위체적당자원량(\bar{B}) 및 자원량(*B*)을 살펴보면, 먼저 대지속력인 예망거리를 이용하여 분석한 월별 중하의 단위체적당어획량(\bar{C})은 0.03~1.26 kg/1,000m³범위로서 6월에 1.26 kg/1,000m³으로 가장 높았고, 9월에 0.03 kg/1,000m³으로 가장 낮게

나타났다. 단위체적당자원량(\bar{B})도 0.07~2.52 kg/1,000m³ 범위로서 6월에 2.52 kg/1,000m³으로 가장 높았고, 9월에 0.07 kg/1,000m³으로 가장 낮게 나타났다.

따라서 예망거리를 이용하여 추정된 조사해역 전체의 중하 자원량(*B*)은 320.1~14,649.8 kg 범위로서 6월에 14,649.8 kg으로 가장 높았고, 9월에 320.1 kg으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 대수속력인 여수량을 이용하여 분석한 월별 중하의 단위체적당어획량(\bar{C})은 0.03~1.11 kg/1,000m³ 범위로서 6월에 1.11 kg/1,000m³으로 가장 높았고, 9월에 0.03 kg/1,000m³으로 가장 낮게 나타났다.

단위체적당자원량(\bar{B})도 0.06~2.22 kg/1,000m³ 범위로서 6월에 2.22 kg/1,000m³으로 가장 높았고, 9월에 0.06 kg/1,000m³으로 가장 낮게 나타났다. 따라서 여수량을 이용하여 추정된 조사해역 전체의 중하 자원량(*B*)은 278.5~12,886.3 kg 범위로서 6월에 12,886.3 kg으로 가장 높았고, 9월에 278.5 kg으로 가장 낮은 것으로 나타났다(Table 7).

위와 같이 소해면적법을 이용한 중하 자원량 추정 시 대지속력을 이용한 예망거리와 대수속력을 이용한 여수량 사용에 따른 자원량 차이를 분석한 결과, 예망거리를 이용하여 추정한 중하 자원량이 여수량을 이용하여 추정한 중하 자원량보다 약 14% 높게 나타났다.

Table 7. Monthly catch per unit volume, biomass per unit volume and biomass of survey area of *Metapenaeus joyneri* by towing distance and water flow quantity caught by the shrimp dredge fishing gear in the coastal water of Gochang, Jeollabuk-do, Korea from May to Sep. 2021

Month	Speed over the ground using the towing distance			Speed through the water using the water flow quantity		
	Catch per unit volume (\bar{C} : kg/1,000m ³)	Biomass per unit volume (\bar{B} : kg/1,000m ³)	Biomass of survey area (<i>B</i> : kg)	Catch per unit volume (\bar{C} : kg/1,000m ³)	Biomass per unit volume (\bar{B} : kg/1,000m ³)	Biomass of survey area (<i>B</i> : kg)
May	0.58	1.17	4,384.5	0.50	1.01	3,882.4
Jun.	1.26	2.52	14,649.8	1.11	2.22	12,886.3
Jul.	0.24	0.47	2,259.5	0.21	0.42	1,951.5
Aug.	0.05	0.10	548.1	0.05	0.09	499.2
Sep.	0.03	0.07	320.1	0.03	0.06	278.5

고 찰

1년생의 생활사를 가지는 중하는 우리나라 서해안에서 6~8월경에 인천, 보령, 영광 등지의 연안에서 산란하고, 산란된 개체군은 여름철 고수온기에 빠른 성장을 하여 8월말에 어구에 가입되기 시작하며, 8~11월까지 연안에 서식한 후 11~12월경에 외해로 회유를 시작한다고 알려져 있다(NFRDI, 2001). 본 연구와 같은 시기에 동일 해역에서 출현종 조사를 실시한 Joo (2023)의 연구 결과에서도 8월에 중하의 신규 연급군이 새우형망에 가입되면서 월별 평균 두흉갑장이 급격히 감소하였다. 또한, 본 연구에서도 중하의 어획량과 CPUE는 8월부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같이 8월의 중하 어획량과 CPUE가 급감한 원인 중의 하나는 8월에 어획된 중하의 대부분이 신규 연급군으로서 어체가 작았기 때문에 어구에 가입되는 비율이 적었을 뿐만 아니라 개체당 무게도 적었기 때문으로 추정되었다. 그리고 9월의 경우에는 신규 연급군이 성장을 하였기 때문에 어획량과 CPUE가 다시 증가해야 함에도 불구하고 저조한 원인으로는 중하가 평년보다 일찍 연안에서 외해로 이동을 한 것으로 추정할 수도 있으나 본 연구에서는 밝히지 못하였다. 이를 구명하기 위해서는 조사해역인 고창 연안의 100 ha 뿐만 아니라 보다 더 외해에서의 추가 조사가 수행되어야 할 것이다.

소해면적법을 활용한 수산자원조사에 주로 사용되는 저층트롤어구는 해저면을 예상하여 저서생물을 어획하는 적극적 어구-어법으로써, 불특정 다수 어종을 동시에 어획하기 때문에 특정 해역에 서식하는 수산생물의 개체수 및 생체량을 파악하는 데 있어서 많이 사용되고 있다(Pauly, 1983; Sainsbury, 1996). 그러나, 끌어구류의 특성상 예상시간에 비례하여 어획량이 증가하기 때문에 각각의 조사정점에 대한 예상시간이 다를 경우에는 동일한 기준의 시간으로 정량화하여 단위시간에 대한 어획량으로 환산하거나 어구를 예상한 거리인 저층의 소해면적을 단위면적으로 환산하여 수산생물의 밀도와 어획량을 추정하는 연구가 많이 이루어졌다(Song et al., 2012; Kim et al., 2013; Park et al., 2013; Jung et al., 2014; Han et al., 2019). 이와 같은 선행연구들은 거의 대부분이 저층을 예상하는 어구인 트롤 또는 조망을 이용하였고, 소해면적 계산 시에도 대지속력을 이용한 저층의 예상거리만을 적용하였다. 난생산량법을 이용한

조사 시 사용되는 난자치어 네트는 특정 해역의 표·중층을 예인하여 부유성 어란 및 자치어의 출현량 조사를 통해 어류 성육장 및 산란장을 파악하고, 궁극적으로 해양환경 평가를 확인하는 데 효과적으로 사용된다(Smith and Richardson, 1977). 난자치어 네트를 이용한 난생산량법 조사 시 채집된 어란 및 자치어는 여수계의 회전수에 의해 계산된 여수량을 이용하여 단위부피당 출현개체수를 추정하는 연구가 많이 이루어졌다(Han and Kim, 2007; Kim et al., 2014; Chu et al., 2019; Myoung et al., 2021; Kim et al., 2021). 이와 같은 선행연구들은 대부분 어란 및 자치어의 출현량 조사를 위해서 사용되었고, 난자치어 네트를 통과한 물의 양인 여수량의 부피(체적) 계산 시에도 대수속력을 이용한 여수량만을 이용하였다. 이와 같이 소해면적법은 대지속력인 예상거리를 계산하여 저층에 서식하는 저서생물의 자원량을 추정하는 데 사용되고 있으며, 난생산량법은 대수속력인 여수량을 계산하여 표·중층에 분포하는 부유성 어란 및 자치어의 출현량을 추정하는 데 사용되고 있다.

본 연구에서는 야간에 표층으로 부상하는 중하의 자원량을 소해면적법으로 추정하기 위하여 소해면적 계산 시 두 가지 방법을 적용하였다. 첫 번째는 대지속력인 예상거리를 이용한 기존의 방법이고, 두 번째는 대수속력인 여수량을 이용하는 방법으로 계산하였다. 그 결과, 전체 조사해역의 중하 자원량 추정치는 대지속력을 이용한 방법이 대수속력을 이용한 방법보다 14% 높게 나타났다. 이와 같은 결과가 초래된 원인은 대지속력을 이용하여 계산된 소해면적인 해수체적이 대수속력을 이용하여 계산한 소해면적인 해수체적보다 적게 계산되었기 때문으로 판단된다. 대지속력을 활용하는 GPS 경·위도 좌표에 의한 예상거리는 투망위치와 양망위치와의 직선거리를 이용한다. 그런데 일반적으로 그물을 예인하는 예상코스는 바람과 조류 등에 의한 외력의 영향뿐만 아니라 해상에 설치되어 있는 각종 어구 등과 같은 장애물 때문에 직선으로만 예상하는 것이 불가능하기 때문에(Park et al., 2013; Joo et al., 2023) 소해면적에 해당하는 해수체적은 실제보다 적게 계산되는 경우가 발생할 것이다. 반면에 대수속력을 이용한 예상거리 계산 시에는 여수계 제조사에서 보증한 바와 같이 여수계 프로펠러가 1번 회전 시 0.3 m를 예상한 거리로 계산하였다. 즉, 어구가 예상되는 동안 여수계는 실시간으로

회전하기 때문에 앞서 논의한 고려요소들이 모두 감안되어 계산된 거리이다. 즉, 여수량을 이용하여 계산된 소해면적인 해수체적은 예망시간 동안 어구를 통과한 실제 여수량과 동일하다고 할 수 있을 것이다. 따라서 대지속력을 이용한 예망거리로 계산된 소해면적인 해수체적은 실제보다 적게 계산된 것으로 추정된다. 이로 인하여 대지속력을 이용한 중하의 단위체적당어획량과 단위체적당자원량이 실제보다 높게 계산되었으며, 결과적으로 전체 조사해역의 중하 자원량 추정치도 과대 평가된 결과가 초래된 것으로 판단된다. 이와 같이 소해면적인 해수체적 계산 시에는 대지속력 보다는 대수속력을 이용하는 방법이 신뢰도 높은 값을 추정할 수 있기 때문에 소해면적법을 적용할 때에는 대지속력 보다는 대수속력을 이용하는 것이 자원량을 과대 추정하는 것을 예방할 수 있다고 판단된다. 그러나 조사어구로 활용할 수 있는 트롤, 조망, 권현망, 쌍끌이저인망 등과 대부분의 끌어구류는 새우형망과 같은 직사각형틀이 없기 때문에 여수계를 부착하기가 곤란할 뿐만 아니라 예망 작업 중에 여수계가 파손될 가능성이 높기 때문에 현실적으로는 적용하기가 어려울 것으로 판단된다.

본 연구 결과, 새우형망에 어획된 중하의 CPUE는 조류의 방향이 역조보다 순조 때 더 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 순조를 받은 상태로 예망하게 되면 대지속력은 증가하지만 여수량은 감소할 것이고, 반대로 역조를 받은 상태로 예망하게 되면 대지속력은 낮아지지만 여수량은 증가할 것이다. 그러나 본 연구에서는 새우형망을 예망하는 동안 여수량을 분석하기 위해 매월 조사 시 첫 번째 조사정선의 투망시부터 세 번째 조사정선의 양망 시까지 회전한 여수계의 눈금숫자를 누계치로 파악하였기 때문에 조류의 방향에 따른 어획량 차이는 밝히지 못하였다. 따라서 역조와 순조 때의 여수량 차이에 따른 어획량 차이 뿐만 아니라 통계학적 분석을 위해서는 향후에 조사정선별로 여수계 숫자를 확인하여 여수량을 확인한 후 어획량과 비교 분석하는 연구가 필요하다.

결 론

본 연구에서는 소해면적법을 이용하여 야간에 표층으로 부상한 중하 자원량 추정 시 대지속력을 이용한 예망거리를 사용하는 방법과 대수속력을 이용한 여수량을 사용하는 방법에 따른 자원량 차이를 비교 분석하기 위

해 전라북도 고창군 장호리 연안 100 ha 내에서 중하 포획용 시험어구인 새우형망을 이용하여 2021년 5월부터 9월까지 총 5회에 걸쳐 야간에 조사를 실시하였다. 전체 조사기간 동안 중하의 어획량은 188.9 kg이었다. 월별 중하 어획량은 5월에 49.2 kg이었고, 6월 109.2 kg, 7월 22.5 kg, 8월 4.9 kg, 9월 3.1 kg이 어획되어 6월에 가장 높게 나타났다. 정선별 평균 중하 CPUE는 정선 1에서 488.3 g/min, 정선 2에서 635.3 g/min, 정선 3에서 341.2 g/min로 나타나 정선 2에서 가장 높았고, 정선 3에서 가장 낮게 나타났다. 조류 방향에 따른 중하 CPUE는 순조 시기에는 797.6 g/min로 나타났고, 역조 시기는 CPUE는 323.5 g/min로 나타나 역조 때보다 순조 때 약 2.5배 더 높은 것으로 나타났다. 조사해역의 월별 해수체적(A)은 3,850,000~5,800,000 m^3 이었다. 대지속력인 예망거리를 이용하여 계산한 소해면적의 월별 해수체적(a)은 86,465~95,600 m^3 였고, 대수속력인 여수량을 이용하여 계산한 소해면적의 월별 해수체적(P)은 97,646~107,190 m^3 였다. 이와 같이 월별 소해면적의 해수체적(a , P)은 대수속력을 이용하는 방법이 대지속력을 이용한 방법보다 항상 더 높게 나타났다. 전체기간 동안의 소해면적인 해수체적도 대지속력과 대수속력을 이용하여 계산한 값이 각각 452,958 m^3 , 513,653 m^3 로써 대수속력을 이용한 해수체적(P)이 대지속력을 이용한 해수체적(a)보다 약 13% 높게 나타났다. 조사해역 전체의 월별 중하 자원량(B)은 대지속력인 예망거리를 이용할 경우에는 320.1~14,649.8 kg이었고, 대수속력인 여수량을 이용할 경우에는 278.5~12,886.3 kg으로써 대지속력을 이용하여 추정한 자원량이 대수속력을 이용하여 추정한 자원량보다 약 14% 높게 나타났다. 따라서 소해면적법을 이용한 자원량 추정 시 대지속력을 이용할 경우에는 대수속력을 이용하는 방법에 비하여 자원량이 과대 평가되는 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 국립군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 연구가 수행되었습니다.

References

Cho YH, Jang CS, An YS and Koh EH. 2019. The estimation of fishery resources collected by shrimp beam trawl, gill

- net and longline near marine ranching area, Tongyeong, Korea. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 55, 105-120. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.2.105>.
- Chu BR, Lee SH, Yu TS, Hwang TY and Han KH. 2019. Quantitative fluctuation and species composition of ichthyoplankton in Gwang yang Bay, Korea. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 55, 233-242. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2019.55.3.233>.
- Han IW, Oh WS, Park GC, Yoon EA and Lee KH. 2019. Biomass estimation with a hydroacoustic survey and the shrimp beam trawl fishery in Gwangyanh Bay in Summer. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 288-297. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0288>.
- Han KH and Kim DG. 2007. Quantitative variation and species composition of ichthyoplankton in coastal waters of Uljin, Korea. *Korean J Ichthyol* 19, 332-342.
- Joo YH, Chang HY, Kim MS and Jo HS. 2023. Species composition and community structure of aquatic organisms caught by the trial fishing gear for *Metapenaeus joyneri* in the coastal water of Gochang. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 59, 221-230. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2023.59.3.221>.
- Joo YH. 2023. Species composition and estimation of biomass caught by the trial fishing gear for *Metapenaeus joyneri* in the coastal water of Gochang. M.S. Thesis, Kunsan University, Korea, 1-61.
- Jung GS, Cha BY, Im YJ, Kwon DH, Hwang HJ and Jo HS. 2014. Comparison of species composition and seasonal variation of demersal organisms caught by otter trawl in the coastal waters off the Taean Peninsula, in the West Sea of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 47, 264-273. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0264>.
- Kim JH, Kim BG and Han KN. 2014. Seasonal variation in species composition of the larval fish in the Han River Estuary, Korea. *Kor J of Ichthyology* 26, 125-132.
- Kim SY, Im YJ, Jo HS, Cha BY, Kwon DH and Hwang HJ. 2013. Fishing characteristic of beam trawl fishery in the coastal waters of Chungnam Province, Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety Research Paper* 19, 459-466. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2013.19.5.459>.
- Kim SY, Yu TS, Woo JJ, Lee SH and Han KH. 2021. Species composition of fish eggs and larvae in the coastal water of Nang Island, Yeosu. *JFMSE* 33, 1038-1047. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.10.33.5.1038>.
- Myoung SH, Kwak SN, Kim JK and Williamson JE. 2021. Effect of freshwater discharge from Namgang Dam on ichthyoplankton assemblage structure in Jinju Bay, Korea. *Aquat Living Resour* 2021, 34, 18, 1-15. <https://doi.org/10.1051/alr/2021017>.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Insititude). 2001. Shrimps of the Korean waters. 1-188.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Insititude). 2002. Fishing gear of Korea. 579.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2017. A survey guide for Fish eggs and Larvae. 1-71.
- Park J, Jo HS, Im YJ, Cha BY, Kwon DH, Ryu DK and Hwang HJ. 2013. Species composition and community structure caught by shrimp beam trawl in the marine ranching ground of Taean, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 49, 238-249. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.49.3.238>.
- Pauly D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper* 234, 1-52.
- Prado J. 1990. Fisherman's workbook. Blackwell Publ Co, Oxford, 1-192.
- Sainsbury JC. 1996. Commercial fishing methods: and introduction to vessels and gears. Fishing News Books, Oxford, U.K., 1-359.
- Shin YJ. 2009. A method for estimating potential fishery yield in coastal water. M.S. Thesis, Pukyong University, Korea, 1-51.
- Smith PE and Richardson SL. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larva survey. *FAO Fisheries Technical Paper* 175, 1-21.
- Song MY, Kim JI, Kim ST, Lee JH and Lee JB. 2012. Seasonal variation in species composition of catch by a coastal beam trawl in Jinhae Bay and Jinju Bay, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 428-444.
- Yoon SC, Lee SI, Yang JH, Yoon BS, Kim JB and Cha HK. 2014. Stock assessment of starry flounder, *Platichthys stellatus* and olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in the Uljin marine ranching area, Korea. *J Kor Soc Fish Technol* 50, 583-594. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.4.583>.