J. Kor. Soc. Fish. Tech., 47 (4), 338－343, 2011
DOI:10.3796/KSFT.2011.47.4.338

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr

조류가 강한 서해 하구에서 수동어구를 이용한 하구역 유영생물의 효율적 채집

황선도 · 임양재[1]*
수산자원사업단 서해지사, [1]국립수산과학원 서해수산연구소

Effective sampling of estuarine fauna by a passive net in the West Sea of Korea occurring strong tide

Sun-Do HWANG and Yang-Jae IM[1]*
Western Branch, Fisheires Resources Agency, Gunsan 573-030, Korea
[1]West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research Development Institute, Incheon 400-240, Korea

To obtain the effective sampling estuarine fauna by a passive net in the West Sea of Korea occurring strong tide, catch were collected by bag nets with various sampling trials off Ganghwa Island in November 2009. We compared the difference of community structures (on spring tide vs. neap tide, total sample vs. subsample and 4 nets vs. 1 net) with each species composition as a sampling unit by the Pearson chi-square test. Number of individual at the spring tide was more abundant than that at the neap tide ($p<0.0001$) although number of species at the spring tide was not significantly different with that at the neap tide ($p=0.174$). Both number of species ($p=0.138$) and number of individual ($p=0.096$) were not significantly different between total sample and random subsample. Number of species was not significantly different between the subsample by 1 net and the subsample by 4 nets ($p=0.515$), but number of individual was a little different on both samples ($p=0.024$). In conclusion, we suggest the subsample by 1 net at spring tide as the effective sampling estuarine fauna by a passive net in the West Sea occurring strong tide.

Keywords: Passive net, Estuarine fauna, Effective sampling

서 론

해양에서 유영생물의 양적 변동을 파악하기 위해서는 정량채집을 해야 하는데, 저어류는 부어류에 비하여 상대적으로 유영력이 약해 오터

*Corresponding author: otolith@nfrdi.go.kr, Tel: 82-32-745-0620, Fax: 82-32-745-0569

트롤 등의 능동 채집기기를 이용하는 경우가 일반적이다 (Ovitatt and Nixon, 1973; Livingston, 1976; Lee, 1989, 1991, 1993; Hwang et al., 1998b; Lee et al., 2003). 그러나, 부어류의 경우 유영력이 커서 시공간에 따른 변화가 심하여 정량채집에는 어려움이 따른다 (Taylor, 1953; Lenarz and Adams, 1980; Lee, 1991, 1993; Lee et al., 2003).

우리나라 해양에서 동물플랑크톤 (Park, 1989), 난자치어 (Cha and Park, 1995; Hwang et al., 2008) 그리고 능동어구를 이용한 저어류 (Lee, 1991)에 대해서는 자료의 변이 정도를 조사하여 적정채집방법이 보고되었다. 그리고 서해 연안에서 빠른 조류를 이용한 상업적 수동어구가 부어류를 포함한 유영생물을 반정량적으로 채집할 수 있음을 제시하였으나 (Lee and Seok, 1984; Hwang, 1998; Hwang et al., 1998a), 아직 구체적인 적정채집이 보고되지는 않았다.

서해 연안 및 도서 사이의 수로에는 5－6 knot 이상의 빠른 조류가 흐른다. 따라서 서해에서는 빠른 조류를 이용하는 수동어구를 사용하여 수산생물을 어획하는 어업이 발달하였다. 유영어류의 군집구조 및 양적 변동 파악을 위해 선박을 이용하여 능동어구를 사용하는 데는 높은 용선비용 때문에 연구비 상승을 초래한다. 또한, 연안 어장에 설치된 많은 어구들 때문에 적정한 시간 동안 인망을 할 수 없는 형편이다. 반면, 서해에서 한 곳에 정치된 수동어구는 강한 조류를 이용하므로 능동어구와 같은 효과를 기대할 수 있으면서, 조업 또한 용이하다. 이는 정량적 시료채집이 가능할 뿐 만 아니라, 기존의 상업어업을 이용할 경우 경제적으로 효율적일 수 있고, 그물 착망 시간을 조절할 수 있어 채집 시간을 충분하게 할 수 있는 장점이 있다.

상업어구는 규모가 크고 어획율이 높아 전수조사를 하기에는 어획물의 양이 많아 어획물 전체를 종 분류, 계수, 측정하기에는 제한된 인력과 시간으로는 어려움이 따를 수 있다. 따라서 전체 어획물 중에서 무작위로 시료를 표본추출하여 전체로 환산하는 표본조사가 있을 수 있는데, 이러한 경우에는 전수조사와 표본조사의 결과를 비교하여 이들간에 유의한 차이가 있는가를 알아보는 것이 선행되어야 할 것이다. 그리고 조류를 이용하는 수동어구의 경우, 조석주기에 따라 조류의 속도가 달라 시료 채집하는 어획율이 달라질 수 있다. 따라서 조석 시기에 따른 자료의 변이 정도를 파악하여 이들간의 차이를 밝히고, 채집 시기의 표준화가 필요하다. 또한, 일반적으로 수동어구는 한 곳에서 그물을 여러 개 정치하는데, 그물 수에 따른 자료의 변이 여부를 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 조석이 빠른 서해 연안 하구역에서 정치성 어구인 주목망을 대상으로 여러 채집 방법간 자료의 변이를 비교하여 유영생물의 군집구조 및 양적 변동 파악을 위한 효율적인 자료 채집 방법을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

2009년 11월 대조기와 소조기에 강화 석모 수로에 설치된 주목망에서 1일간 어획된 유영생물을 채집하였다. 주목망의 길이는 50m, 그물입구 면적이 30m^2 (가로 10m, 세로 3m), 그물코 크기는 날개그물 30cm, 자루그물 25mm이었다.

대조기에 1틀을 양망하여 전체 어획물 중 일부를 표본조사하고, 다시 이를 포함한 전체 어획물을 전수조사 하였다. 또한, 소조기에 4틀과 1틀을 각각 양망하여 각 어획물에 대해 조사하였다. 이때 각 양망한 전체 어획물 중 일부를 무작위로 표본 추출한 후 계수, 계량하여 이를 1틀 어획물로 환산하였다.

채집된 어획물은 현장에 마련된 간이 실험실로 운반한 후, 종을 동정하고 종별 개체수와 생체량을 헤아렸다. 각 개체의 체장은 1mm, 생체량은 0.1g 단위까지 측정하였다. 종 동정은 Kim et al. (2005), Kim et al. (2007), Cha et al. (2001), Hong et al. (2006)을 이용하였다.

피어슨 카이제곱 분석 (Pearson chi-square test)

은 범주형 자료인 변수들에 대하여 표본자료의 수가 증가할수록 이론적인 카이제곱 분포에 점점 근접하는 표본분포가 된다는 것을 이용한다. 카이제곱 분석은 관측도수와 기대도수 차이에 대한 분석방법으로 두 개 또는 그 이상의 범주변수들이 서로 독립적인지, 아니면 서로 관계를 가지는지 여부를 판단하는 방법이며, 검정에 사용되는 통계량은 $\chi^2=\sum\frac{(\text{관측치}-\text{기대값})^2}{\text{기대도수}}$이 이용이 된다.

채집 방법간 군집구조 차이를 비교하기 위하여 대조기와 소조기, 전수조사와 표본조사 그리고 4틀과 1틀 어구에 의해 각각 채집한 어획물의 종조성 자료를 표본 단위로 하였다. 피터슨 카이제곱 검정은 도수가 작은 경우 신뢰성을 가지기 어려워 개체수가 5마리 이하인 경우를 제외한 36종을 대상으로 카이제곱 통계량 (chi-square statistic)을 계산하여 검정하였다 (SAS, 2003).

결과 및 토의

종 조성 및 종수, 어획량 변동

조사 기간 동안 총 51종이 출현하였으며, 1일 1틀당 2,687마리, 7,917g이 채집되었다. 채집된 어획물을 분류군 별로 보면, 어류가 29종으로 가장 많았고, 새우류 12종, 게류 6종, 기타 갑각류와 두족류가 각각2 종이 출현하였으며, 양적으로는 어류, 새우류, 게류 순으로 우세하였다 (Table 1).

대조기 1틀 전수조사 결과, 총 33종, 3,711마리, 10,842g이 채집되었으며, 그중 밀새우 (*Exopalaemon carinicauda*)가 1,820마리, 3,122g으로 우점하였고, 다음으로 점박이줄새우 (*Palaemon tenuidactylus*) (450마리, 231g), 그라비새우 (*Palaemon gravieri*) (355마리, 391g) 순이었다. 대조기 1틀 어획물 표본조사에서는 총 22종, 3,568마리, 11,754g이 채집되었으며, 그중 밀새우가 1,760마리, 3,285g으로 우점하였고, 다음으로 점박이줄새우 (400마리, 243g), 싱어 (*Coilia mystus*) (392마리, 953g) 순이었다. 대조기에 1틀 전수 및 표본조사에 의한 어획물의 개체수와 생체량은 큰 차이를 보이지 않았으며, 우점종의 순위도 유사하였다. 종수는 표본조사 어획물보다 전수조사에서 다소 많았으나, 소수 출현 종을 제외하면 유사하였다.

소조기 4틀 어획물 표본조사에서는 총 35종, 1,667마리, 3,606g이 채집되었으며, 그중 밀새우가 500마리, 773g으로 우점하였고, 다음으로 그라비새우 (488마리, 666g), 꽃게 (*Portunus trituberculatus*) (263마리, 687g) 순이었다. 소조기 1틀 어획물 표본조사에서는 총 32종, 1,800마리, 5,466g이 채집되었으며, 그중 밀새우가 710마리, 1,076g으로 우점하였고, 다음으로 그라비새우 (346마리, 545g), 가숭어 (*Chelon haematocheilus*) (262마리, 1,766g) 순이었다. 소조기에 4틀과 1틀에 의한 어획물의 종수, 개체수, 생체량이 큰 차이를 보이지 않았으며, 우점종의 순위도 유사하였다.

대조기 어획물의 종수는 소조기 때 종수와 비슷하나, 대조기 어획물의 개체수와 생체량은 소조기 때보다 다소 많았다.

채집 방법별 차이 비교

대조기와 소조기에 주목망 1틀에 각각 채집된 유영생물의 종수간 차이 여부에 대한 검정통계량은 1.852이었고, 유의확률 (p-value)은 0.174로 유의수준 (significant level) 5%에서 유의확률은 유의수준보다 크기 때문에 대조기와 소조기에 채집된 종수간 차이를 보이지 않았다 (Table 2). 개체수의 차이 여부에 대한 검정통계량은 591.779이었고, 유의확률은 0.0001이하로 유의수준 5%보다 작아, '개체수 차이가 없다' 는 귀무가설을 강하게 기각한다. 즉 대조기와 소조기에 채집된 유영생물의 개체수간에는 차이가 있었다.

대조기에 1틀 주목망에 채집된 어획물을 전수조사 하였을 때 유영생물의 종수와 표본조사후

Table 1. Species composition of fauna caught by a bag net off Ganghwa Island In November, 2009. 0 indicates the number is less than an integral number

Sampling trial	Spring-total		Spring-subsample		Neap-4nets-subsample		Neap-1net-subample		Mean	
Species	N (ind.)	W (g)	N (ind.)	W (g)	N (ind.)	W (g)	N (ind.)	W (g)	N (ind.)	W (g)
Fishes										
Coilia mystus	190	454	392	953	56	76	75	186	178	417
Chelon haematocheilus	32	203	36	185	33	192	262	1,766	91	587
Coilia nasus	82	917	144	1,294	5	34	5	109	59	588
Lophiogobius ocellicauda	77	429	104	676	17	51	14	48	53	301
Chaeturichthys stigmatias	35	292	32	319	46	279	47	295	40	296
Tridentiger bifasciatus	37	86	40	76	35	66	6	11	29	60
Collichthys lucidus	46	1,062	28	616	6	86	12	215	23	495
Odontamblyopus lacepedii	19	472	16	1,471	14	20	5	6	13	492
Tridentiger barbatus	18	287	16	290	7	33	2	5	11	154
Repomucenus koreanus	22	24	8	6	1	2			8	8
Cynoglossus abbreviatus	9	209			1	8	3	90	3	76
Cynoglossus joyneri	2	4	8	16					3	5
Synechogobius hasta	4	121	4	127	0	12			2	65
Apogon lineatus					3	1	1	1	1	1
Amblychaeturichthys hexanema	3	6							1	1
Myoxocephalus jaok	2	15							1	4
Sebastes schlegelii	1	6					1	3	1	2
Platycephalus indicus					0	8	1	55	0	16
Hyporhamphus sajori					0	0	1	2	0	1
Syngnathus schlegeli					1	2			0	1
Trachidermus fasciatus	1	12							0	3
Takifugu niphobles	1	11							0	3
Liparis tessellatus							1	85	0	21
Cryptocentrus filifer							1	0	0	0
Thryssa kammalensis							1	1	0	0
Ammodytes personatus					0	0			0	0
Lophiomus setigerus					0	81			0	20
Lateolabrax maculatus					0	129			0	32
Thryssa adelae					0	2			0	1
Shrimps										
Exopalaeman carinicauda	1,820	3,122	1,760	3,285	500	773	710	1,076	1,198	2,064
Palaemon gravieri	355	391	180	254	488	666	346	545	342	464
Palaemon tenuidactylus	450	231	400	243					213	118
Alpheus bisincisus	30	23	80	69	56	79	21	39	47	53
Palaemon macrodactylus	60	65	60	65			5	6	31	34
Alpheus japonicus	20	17	20	17					10	9
Metapenaeopsis dalei					19	8	11	4	7	3
Acetes japonicus					19	6	5	1	6	2
Crangon hakodatei	13	5			6	1	2	1	5	2
Lysmata vittata	13	6					1	1	4	2
Alpheus digitalis	13	20					1	2	4	5
Leptochela gracilis	13	2							3	0
Crabs										
Portunus trituberculatus	232	1,586	164	1,228	263	687	137	427	199	982
Hemigrapsus sanguineus	62	285	36	160					25	111
Grapsidae spp.					14	11	11	29	6	10
Charybdis japonica					6	11	2	1	2	3
Orithyia sinica	4	62			1	1			1	16
Matuta victor					1	0			0	0
Other crustacean										
Oratosquilla oratoria	38	394	36	385	17	109	53	302	36	298
Upogebia major					6	4	15	10	5	4
Cephalopods										
Loligo japonica	6	26	4	19	46	160	42	148	25	88
Sepia esculenta					0	6			0	2
Total	3,711	10,842	3,568	11,754	1,667	3,606	1,800	5,466	2,687	7,917
Number of species		33		22		35		32		51

Table 2. Pearson chi-square test for community structures among various sampling trials conducted by bag nets off Ganghwa Island in November, 2009. The numbers at a parenthesis indicate results when minor catch (<25%) were eliminated for statistical analysis

Sampling trial	Subject	Test -statistic	P-value	Significant level	Significnace
Spring vs. Neap	Number of species	1.852	0.174	0.05	NS
	Number of individual	591.779	<0.0001	0.05	S
Total sample vs. Subsample	Number of species	2.200	0.138	0.05	NS
	Number of individual	2.775	0.096	0.05	NS
4 nets vs. 1 net	Number of species	0.425	0.515	0.05	NS
	Number of individual	5.102	0.024	0.05	S
		(1.747)	(0.186)	0.05	NS

1틀 전체로 환산하였을 때 종수간 차이 여부에 대한 검정통계량은 2.200이었고, 유의확률은 0.138이었다. 개체수의 차이 여부에 대한 검정통계량은 2.775이었고, 유의확률은 0.096이었다. 두 유의확률 모두가 유의수준 5%에서 유의확률은 유의수준보다 크기 때문에 대조기에 1틀 전수조사 및 표본조사에 의한 유영생물의 종수와 개체수는 차이가 없다는 것을 통계적으로 뒷받침할 수 있었다.

소조기에 4틀의 주목망에 채집된 어획물에서 표본 조사하여 1틀로 환산했을 때 유영생물의 종수와 1틀 어획물 종수간 차이 여부에 대한 검정통계량은 0.425이었고, 유의확률은 0.515이었다. 유의수준 5%에서 유의확률은 유의수준보다 크기 때문에 4틀과 1틀에서 채집된 유영생물의 종수간에 차이를 보이지 않았다. 개체수의 차이 여부에 대한 검정통계량은 5.102이었고, 유의확률은 0.024로 유의수준 5%에서 유의확률은 유의수준보다 작아 미미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 출현량이 적은 종 25%를 제외하면 검정통계량은 1.747, 유의확률은 0.186로 개체수간 통계적 차이를 보이지 않는다.

결 론

조차가 큰 해역에서는 수동어구에 의한 어획물의 종조성은 조석에 따른 차이가 있을 수 있다. 조류가 강한 대조기와 조류가 약한 소조기에 채집된 유영생물의 종수는 차이가 없었으나, 개체수는 대조기에 더 어획되었다. 그리고 1틀의 어획물이 많을 경우, 무작위로 표본을 추출하여 표본조사를 한 것은 전수 조사하였을 때 종수와 개체수간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 여러 틀이 섞여있을 때 표본 조사해서 1틀로 환산했을 때, 종수는 차이가 없었고 ($p=0.515$), 개체수에 있어 미미한 차이가 있었으나 ($p=0.024$), 출현량이 적은 종 25%를 제외하면 통계적 차이를 보이지 않는 것으로 검정되었다 ($p=0.186$). 결론적으로 조류가 강한 서해에서 수동어구를 이용하여 채집을 할 경우, 시간과 노력을 최소화하는 효율적인 채집 방법으로 대조기에 1틀을 표본 조사할 것을 권고한다.

사 사

시료채집에 협조해준 강화 형제호 유만상 선장님과 현장조사를 도와준 노진구, 이선미, 박지영 연구원들께 감사드립니다. 또한, 연세대학교 이우주 선생에게 통계분석 도움을 받았음을 밝힙니다. 이 연구는 국립수산과학원 서해수산연구소 경상과제 '서해연안어업자원조사' 의 지원으로 국립수산과학원 연구사업 (RP－2011－FR－022)으로 수행되었습니다.

참고문헌

Cha, H.K., J.U. Lee, C.S. Park, C.I. Baik, S.Y. Hong, J.H. Park, D.W. Lee, Y.M. Choi, K.S. Hwang, Z.G. Kim, K.H. Choi, H.S. Sohn, M.H. Sohn, D.H. Kim and

J.H. Choi, 2001. Shrimps of the korean waters. National Fisheries Research and Development Agency, Busan, pp. 188.

Cha, S.S. and M.J. Park, 1995. Proper sampling method for larbal fish in the western coastal waters. J. Oceanol. Soc. Korea, 30 (1), 64－68.

Hwang, S.D., 1998. Diel and seasonal variations in species composition of fishery resources collected by a bag net off Kogunsan gundo. Kor. J. Ichthyol., 10 (2), 155－163.

Hwang, S.D., Y.J. Im, Y.C. Kim, H.K. Cha and S.H. Choi, 1998a. Fishery resources off Youngkwang 1. Species composition of catch by a stow net. J. Kor. Fish. Soc., 31 (5), 727－738.

Hwang, S.D., Y.J. Im, H.I. Song, Y.S. Choi and H.T. Moon, 1998b. Fishery resources off Youngkwang 2. Species composition of catch by a otter trawl. J. Kor. Fish. Soc., 31(5), 739-748.

Hwang, S.D., I.S. Choi and E.K. Chu, 2008. Comparison of sampling methods for anchovy eggs and larvae in coastal waters of the south sea of Korea. Kor. J. Ichthyol., 20 (3), 228－232.

Hong, S.Y., K.Y. Park, C.W. Park, C.H. Han, H.L. Suh, S.G. Yun, C.B. Song, S.G. Ho, H.S. Lim, Y.S. Kang, D.H. Kim, C.W. Ma, M.H. Son, H.K. Cha, K.B. Kim, S.D. Choi, K.Y. Park, C.W. Oh, D.N. Kim, H.S. Shon, J.N. Kim, J.H. Choi, M.H. Kim and I.Y. Choi, 2006. Marine invertebrates in korean coasts. Academy publishing company, Inc. Seoul, pp. 479.

Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim, 2005. Illustrated book of korean fishes. Kyohak publishing co., LTD, Seoul, pp. 70－503.

Kim, J.K., J.H. Ryu, J.N. Kim and Y.H. Kim, 2007. A guide to identification of sililar species. National Fisheries Research and Development Agency, Busan, pp 101.

Lee, T.W., 1989. Seasonal fluctuation in abundance and species composition of demersal fishes in Cheonsu bay of the Yellow Sea, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 22 (1), 1－8.

Lee, T.W., 1991. The demersal fishes of Asan bay. I. Optimal sample size. J. Kor. Fish. Soc., 24 (4), 248－254.

Lee, T.W., 1993. The demersal fishes of Asan bay III. Spatial variation in abundance and species composition. J. Kor. Fish. Soc., 26 (5), 438－445.

Lee, T.W. and K.J. Seok, 1984. Seasonal fluctuations in abundance and species composition of fishes in Cheonsu bay using trap net catches. J. Oceanol. Soc. Korea, 19:217－227.

Lee, T.W., H.T. Moon and G.G. Kim, 2003. Seasonal variation in species composition of fish in the estuary of Saemangeum waters during the construction of a dike in 2001－2002. J. Kor. Fish. Soc., 36 (3), 298－305.

Lenarz, W.H. and P.B. Adams, 1980. Some statistical considerations of the design of trawl surveys for rockfish (Scopaenidae). Fish. Bull. U.S., 78, 659－674.

Livingston, R.J., 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a north Florida estuary. Estuar. Coast. Mar. Sci., 4, 373－400.

Ovitatt, C.A. and S.W. Nixon, 1973. The demersal fish of Narragansett bay: Analysis of community structure, distribution and abundance. Estuar. Coast. Mar. Sci., 1, 361－378.

Park, C., 1989. Zooplankton sample variability in the coastal area: The necessity for the replicate and time dependent sampling. J. Oceanol. Soc. Korea, 24 (4), 165－171.

SAS, 2003. SAS/STAT User′s Guide, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC., 1429-1556.

Taylor, C.C., 1953. Nature of variability in trawl catches. Fish. Bull. U.S., 76, 617－627.

2011년 7월 21일 접수
2011년 10월 7일 1차 수정
2011년 10월 12일 수리