

지렛대 원리를 이용한 성게 껍질 분할기 작업 능력 분석

박용석¹ · 김병엽 · 이창헌*

¹제주특별자치도 해양수산연구원, 제주대학교 해양산업경찰학과

Analysis on operating efficiency of shell divider using the principle of the lever for the purple sea urchin, *Anthocidaris crassispina*

Young-Seok PARK¹, Byung-Yeob KIM and Chang-Heon LEE*

¹*Resources Researches Institute, Jeju Special Self-Governing Province, 699-814, Korea*
Dep't of Marine Industrial and Maritime Police, College of ocean science, Jeju national university,
Jeju 690-756, Korea

A new shell divider was manufactured according to the principle of the lever in order to improve working efficiency in collecting the gonad of Sea Urchin, *Anthocidaris crassispina*, around the coast of jeju. It was composed of three parts of a pair of handles for grasping power, a fulcrum and a pair of knives for action with 21cm in length and 13cm in width. The operating efficiency of the shell divider was tested out in three place of Jeju coast. Statistical significances of differences of working time between test groups were calculated according to the t-test with the level of significance. In dividing the shell of sea urchin, the average of about 3 seconds of working time by the shell divider was less than that by a knife. At the result of t-test, the statistical significance in the working time existed between the divider group and the knife group. On the other hand, the working time among the divider operators showed no significant differences. It is concluded that the shell divider is more efficient than a knife in traditional operating.

Keywords : Shell divider, Purple sea urchin, The principle of the lever, Working efficiency

서 론

전 세계에 800여 종이 서식하는 성게는 우리나라 연안에서 보라성게 · 분홍성게 · 말뚝성게가 식용으로 주종을 이룬다. 성게의 배를 갈랐을 때 나오는 황색의 생식소는 맛과 향이 뛰어난 스테미나 식품으로 단백질과 비타민, 철분이 많아 빈혈환자나 병을 앓은 후 회복기의 환자에게 좋은 것으로 알려져 있다 (Lee, 2008). 제주 연안어장에서 5,000여명의 잠수 어업인들이 매해 5~8월 사이에 채취하고 있는 성게의 생산량과 판매액은 2010

년 85톤, 3,093백만, 2011년 76톤, 3241만원으로 2011년 전국 생산량의 약 3%로서 주로 분홍성게와 말뚝성게를 채포하여 식칼로 껍질을 쪼갠 다음, 스푼으로 껍질 안에 들어 있는 생식소를 채취하여 국거리, 횃감, 젓갈 용도로 판매하면서 소득을 올리고 있다.

성게의 몸을 이루는 각판은 규칙적으로 배열된 5개의 보대와 5개의 간보대로 구분되며, 보대에는 관족이 있고 간보대에는 가시가 있으며, 관족과 가시에 의해 움직인다 (Shin, 2011). 관족이 나오는 곳을 보대 (步帶)라고

*Corresponding author: leech@cheju.ac.kr, Tel:82-64-754-3491, Fax:82-64-756-3483

하는데, 생식소는 보대와 보대 사이에 있는 간보대(間步帶)에 집중되어 있다.

일반적으로 성게 껍질을 분할할 때는 성게의 구기(口器)가 위로 오게 한 채 바닥에 놓아 한 손으로 성게를 잡고, 다른 한 손으로 칼을 잡고 그 칼끝을 성게의 구기에 삽입한 후 칼날로 보대를 가르며 칼을 옆으로 비트는 방법을 사용하고 있다. 이와 같은 성게 껍질 분할 방법은 항문과 구기의 구성 물질 및 껍질과 가시가 생식소에 혼합되기 때문에 별도의 선별 작업이 필요하고, 조업 시간이 길어진다. 또한 칼이 생식소에 닿게 되면 생식소가 나뉘어져서 품질이 떨어지고, 가시에 손이 찔려서 상처를 입을 수 있으며, 쪼그려 앉아서 작업하기 때문에 허리 통증을 유발하는 등의 많은 문제점이 있다. 또한 칼을 이용하는 성게 껍질 분할 방법은 속도가 느려서 생산성이 떨어지고, 성게를 대량으로 채포하여 처리할 때 생식소의 선도가 저하될 수 있으므로 이에 대한 개선 대책이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 성게에 관한 연구로 Shin and Bae (2009), Kim et al. (2011) 등의 의학적 효능에 관한 연구를 포함하여 Hong and Chung (1998)의 보라성게의 연령과 성장, Yoo et al. (1982)의 보라성게의 산란과 성장, Lee et al. (1998)의 제주 연안의 해조상과 성게의 섭식 효과 등 많은 연구 보고가 있으며, 성게의 어획과 관련한 연구로는 Yoon and Kim(1979)의 성게 어구 어법 개발시험이 있으나, 성게 어획물 처리와 관련된 연구로는 Park(2011)의 성게 껍질 분할기 시작품을 설계 제조하여 현장에서 수행한 실험 보고 등 매우 적은 실정이다.

이 연구에서는 실제 현장에서 해녀들의 조업 여건을 개선하고, 성게 생식소를 대량으로 신속하게 채취해서 선도가 높은 상품을 출하하여 소득을 높일 수 있도록 성게 껍질 분할기를 개발하고 실용화하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여, 성게 껍질 분할기를 시험제작한 후, 어업현장에서의 성게 껍질 분할기의 실제 효과를 측정하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 성게는 보라성게, *Anthocidaris crassipina*를 이용하였으며, 분할에 사용한 분할기는 지렛대의 원리를 이용하여 시험·제작하였다. 성게 껍질 분할 시 해녀들의 조업 공정은 지레를 사용하는 일의 원리를 이용하여, 칼은 지레, 성게는 물체, 칼의 손잡이는 힘점, 성

게 껍질은 받침점, 칼끝은 작용점으로 대입시킬 수 있다. 분할기의 제작을 위하여 성게 껍질의 보대에 칼을 삽입하는 단계는 망치로 목표물을 조준하여 내리치는 원리를 적용시켰으며, 껍질을 분할하는 단계는 *snap ring plier*의 tip에 장착한 한 쌍의 대칭되는 칼이 작업 시 벌어지도록 설계하여 작업이 효율적으로 이루어지게 하였다.

껍질 분할기 제작 및 파지력 측정

Fig. 1에 시험 제작한 성게 껍질 분할기의 모양을 나타낸 것으로, KIPO (2013)과 같이 손가락을 집어넣어 파지력을 크게 할 수 있는 손잡이(힘점)가 부착된 한 쌍의 지레, 지레의 작용점에 붙인 한 쌍의 칼(작용점), 지레를 바깥쪽으로 벌어지게 하는 스프링, 고정핀(받침점)으로 구성하였다. Fig. 1의 (a)에서 분할기는 총길이 21cm, 손잡이를 포함한 폭은 13cm, 칼의 길이는 4.5cm로 제작하였는데, 칼은 지레의 작용점 끝에서 서로 마주보게 배치되고, 작용점에 대해서 직각 방향으로 연결하여 제작하였다.

Fig. 1의 (b)와 같이 칼의 경사날은 밀착된 상태에서는 V형태로 유지되면서 Fig. 1의 (c)처럼 칼의 대각선 방향으로 경사지게 형성되어 있어서 성게 껍질 안쪽으로 경사날의 끝부분만 들어가면, 나머지 부분도 쉽게 들어갈 수 있도록 배치하였다. 시험 제작한 성게 껍질 분할기에 지렛대의 원리를 적용하기 위하여 분할기의 받침점에서 작용점까지의 길이 5.5cm, 힘점까지의 길이

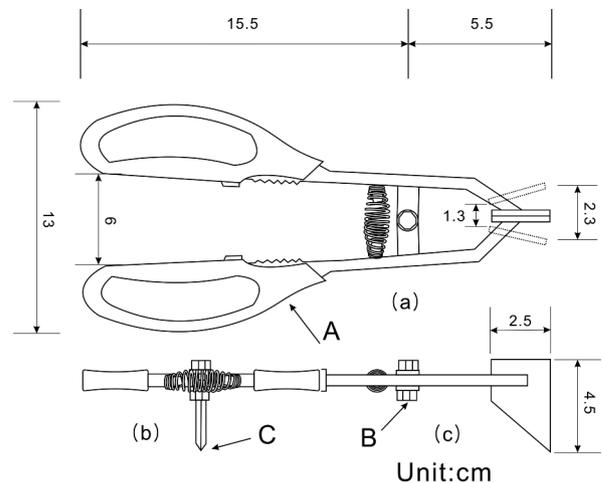


Fig. 1. Drawing of shell divider for the purple sea urchin.

A: point of force(handle) B: fulcrum C: point of action(knife)

15.5cm로 구성하였으며, 작용점의 간격은 최소 1.3cm에서 최대 2.5cm이고, 힘점의 간격은 6cm로 하였다. 또한 한 쌍의 손잡이 사이에 고정된 스프링을 배치하여 작업자가 파지한 손잡이를 오므리면 탄성 압축되고, 다시 놓으면 손잡이가 바깥쪽으로 튕겨져 원 위치되도록 설계하였는데, 성계의 보대를 조준하여 망치를 사용하듯이 살짝 내리쳐서 경사날의 끝부분이 삽입되게 하였다. 그 상태에서 작업자가 손잡이를 오므리면, 받침점을 중심으로 경사날이 바깥쪽으로 서로 벌어지면서 성계 껍질을 분할하고, 사용 후 손잡이를 파지하였던 힘을 빼면 스프링의 탄성에 의하여 손잡이와 칼날이 벌어지면서 원상태로 복귀되어 재사용할 수 있도록 하였다.

분할기의 파지력 및 작업 능력 측정

분할기의 파지력은 성계에 껍질에 분할기의 칼날을 삽입한 후 저울을 이용하여 측정하였으며, 총 10회의 성계의 껍질 분할에 따른 평균 파지력을 측정하였다. 또한 시험제작한 분할기의 작업 능력을 조사하기 위하여, 제주지역 한림(A), 도두(B), 용운(C) 등 3곳의 어촌계를 대상으로, 채취 후 성계 껍질 분할 작업종사자를 중심으로 작업시간을 측정하였으며, 종사자가 남성인 경우 M을 표시하였다. 성계 껍질 분할기를 이용하는 작업자는 주로 남성이었으나, 일부 지역의 경우 여성이었으며, 성계 껍질 분할기의 능력 비교를 위하여, 각 어촌계에서 분할기를 사용하는 작업자를 A, B, C로, 칼을 이용한 성계 분할 작업에 종사하는 작업자를 무작위로 각 3인을 a1~a3, b1~b3, c1~c3로 선정하였다. 작업자 모두 일정 이상의 숙련도를 갖고 있으며, 분할기 및 칼을 이용하여 성계를 분할하는 과정을 녹화한 후, 각 방법에 따른 성계분할의 처리시간을 비교하였다. 각각에 대한 총 녹화 시간 중 임의의 시간동안을 선택하여 조사하였으며, 성계를 집은 후 껍질 분할을 완료한 후 다시 성계를 집기 직전까지의 시간을 1회로 하여, 연속적인 총 10회 동안의 시간을 서로 비교 분석하였다. 분할기를 이용하는 작업자들 사이, 칼을 이용하는 작업자들 사이 그리고 분할기와 칼을 사용하는 작업자들 상호간의 집단으로 나누는 후, 유의수준=0.05의 평균의 차를 이용한 t분포 및 분산분석을 이용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

성계 껍질 분할기의 작동 방법은 Fig. 2의 (a)와 같이

한 쌍의 칼이 모아진 상태에서 성계 껍질에 칼을 삽입한 다음 한 쌍의 손잡이를 서로 오므리면 한 쌍의 칼이 서로 벌어지면서 성계 껍질을 분할하는 것이다. Fig. 2의 (b)와 같이 칼을 이용하는 재래식 사용 방법에 숙달된 잠수 어업인이 분할기를 사용할 때, 칼을 껍질에 삽입한 다음 분할기를 비트는 습관이 나타나서 껍질 분할 효과가 나타나지 않는 경우가 나타났으며, 망치처럼 살짝 내리찍을 때 힘을 주어서 손잡이를 파지하기 때문에 한 쌍의 칼이 서로 벌어져서 분할에 실패하는 경우도 나타났지만, 도구의 사용법에 점차 숙련됨에 따라 이러한 문제는 없어졌다.

이 외에 한 쌍의 칼이 벌어진 상태에서 손잡이를 서로 오므리게 되면, 벌어져 있던 한 쌍의 칼이 서로 밀착하게 되고, 이 상태에서 성계 껍질에 칼을 삽입한 다음 파지하였던 손잡이의 힘을 빼면 스프링의 탄성에 의하여 한 쌍의 칼이 서로 벌어지면서 성계 껍질을 분할하도록 고안하였다. 이 방법으로 제작한 분할기를 사용하여 칼을 껍질에 삽입한 다음 오므렸던 손잡이를 놓으면 스프링의 탄성에 의하여 성계 껍질이 분할되어야 하지만, 껍질이 예상하였던 것보다 단단하여 쉽게 분할되지 않았다. 따라서 제작한 분할기에서 분할 효과를 높이기 위해서 탄성력이 큰 스프링을 사용하면 가능하지만, 한 쌍의 칼을 서로 오므라들게 하기 위해 힘이 요구되기 때문에 첫 번째 방법이 타당한 것으로 판단되었다. 또한, 분할기의 스프링에 의한 탄성력은 약 0.18kg이고, 성계껍질을 분할하기 위한 파지력은 측정결과 성계에 꽂힌 정도에 따라 다소의 차이는 있지만, 약 1.5~3.5Kg의 범위에 분포하고 있었다. 평균 50~60대 여성의 악력은 평균 20.4~25.4kg의 분포를 나타내고 있으며(KOSIS, 2013), Han et al. (2009)가 50~70대 여성의 악력이 20.8~27.6kg의 분포를 보고하고 있는 것을 감안하면 성계 껍질을 분할하기 위한 파지력은 작업자의 평균 악력보다 훨씬 낮아 지속적인 작업을 하는 데 무리가 없는 것으로 판단된다.

성계 껍질 분할기를 이용한 작업능률을 분석하기 위하여, Table 1에 각 어촌계별, 작업자별 소요시간을 나타내었으며, Fig. 3에 작업시간 평균 및 표준편차를 나타내었다. 각각 10개의 성계를 분할하는 데 소요된 시간을 분석한 결과, 성계 껍질 분할기를 이용하는 작업자들간에는 분할기를 이용한 작업시간(○)은 1개당 평균은 $2.8 \pm 0.6 \sim 3.4 \pm 0.57$ 초 (n=10)의 시간이 소요되고 있으나, 칼을 이용한 종래의 방법에서 작업자의 작업시간



(a) Use of a Shell divider



(b) Use of a knife

Fig. 2. Operating of shell dividing.

Table 1. Working time(sec) in dividing shell of one sea urchin

No.	Hanlim				Dodu				Yongun			
	A	a1	a2	a3	B(M)	b1	b2	b3(M)	C(M)	c1	c2	c3
1	2.78	5.17	3.69	4.72	2.68	4.37	4.38	3.46	4.07	4.38	3.29	5.64
2	2.22	4.27	5.56	4.38	2.98	4.45	4.69	3.09	2.08	5.01	4.47	5.13
3	2.53	4.84	3.12	3.51	3.84	4.31	5.25	2.50	3.82	5.82	5.78	6.49
4	3.14	4.54	5.00	3.59	2.97	4.62	4.68	2.04	3.44	4.59	3.12	4.02
5	3.28	4.67	3.51	3.57	3.27	3.42	5.27	2.59	3.35	6.98	5.93	4.42
6	2.40	4.01	3.48	5.23	3.56	4.10	3.07	4.02	3.21	9.13	4.93	4.33
7	3.01	4.36	3.00	3.64	4.29	3.65	3.33	3.14	3.53	7.10	3.85	4.17
8	2.85	4.27	5.17	5.70	3.55	3.48	4.54	3.34	3.23	7.40	5.88	4.83
9	2.34	4.47	4.46	4.28	2.67	3.67	4.50	3.30	3.32	5.11	3.35	5.80
10	4.26	4.48	4.00	4.03	4.30	3.50	4.60	3.50	4.10	4.66	4.77	5.97
Mean	2.88	4.51	4.10	4.27	3.41	3.96	4.43	3.10	3.42	6.02	4.54	5.08
S.D	0.6	0.33	0.90	0.76	0.60	0.46	0.72	0.58	0.57	1.57	1.10	0.86

* M : man S.D : Standard deviation A, B, C: Divider, a, b, c: Knife

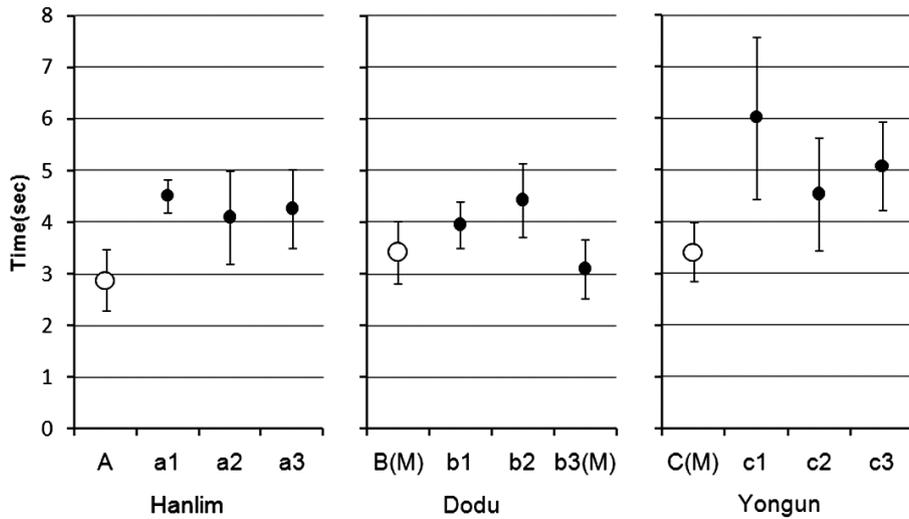


Fig. 3. Comparison of working time in groups (○ : Divider, ● : Knife).

(●)은 성계 1개당 평균 $3.1 \pm 0.57 \sim 6.0 \pm 1.56$ 초 (n=10)의 시간이 소요되었다. 각 어촌계별 작업자의 작업능률을 t분포로 검정한 결과, 각 어촌계에서는 성계 껍질 분할기를 이용할 때와 칼을 이용하여 작업한 경우 유의수준에서 차이가 나타나, 성계 껍질 분할기를 이용하였을 때 좀더 작업능률이 좋았다. 도두 어촌계의 경우, 성계 껍질 분할기를 이용한 작업자 B와 칼을 이용하는 b1, b2 작업자와는 유의 수준에서 차이를 나타내고 있었으나 남성 작업자인 b3와는 차이가 없었다. 보통의 경우, 성계 껍질 분할 작업은 연령이 높은 여성이 주로 하고 있어, 칼을 이용한 성계분할 완료 작업시간이 분할기를 이용하는 경우보다 높게 나타났으며, 또한 개인별 편차도 높게 나타났다. 특히, 도두의 남성 작업자 b3의 경우와 비교하면 칼을 이용하여 성계를 분할하는 경우 더욱 편차가 크게 나타났다. 그러나 성계 껍질 분할기를 사용할 경우, 작업자 A의 작업시간이 B 및 C 보다 적게 나타나 유의한 결과를 나타내었으나, 편차를 이용한 분석분석에서는 유의한 차이가 없어 작업능률의 차이가 없는 것으로 나타났다. 결과적으로 성계 껍질 분할기에 의한 작업시간이 칼을 사용하는 작업시간보다 효과적으로 나타났다.

특히, 제작한 성계 껍질 분할기를 사용하면 재래식 방법에 비하여 처리 속도가 향상되고, 껍질이 반듯하게 깨지기 때문에 성계 껍질 · 가시 · 구기(입) 등의 불순물이 생식소에 혼입되지 않는다. 또한 생식소가 분산되지 않고 온전한 상태로 채취되기 때문에, 품질이 높은 생식소를 생산할 수 있어, 어민 소득에 큰 효과가 있을 것으로

판단된다. 또한 작업시 칼을 이용할 경우, 통상적으로 성계를 지면에 위치킨 후 칼 끝에 힘을 가하면서 작업하므로 허리 통증의 문제를 유발하지만, 분할기를 이용할 경우 살짝 내리쳐서 작업하기 때문에 상대적으로 통증의 유발이 완화되는 이점이 있어 작업 개선에 효과가 있다고 판단된다.

결 론

제주 연안 어장에서 생산되는 성계의 생식소 채취의 작업능률 향상 및 어업인의 조업 여건 개선에 관한 기초적 자료를 제공할 목적으로, 성계 껍질 분할기를 제작하였다. 손가락을 집어넣어 파지력을 크게 할 수 있는 손잡이(힘점)가 부착된 한 쌍의 지레, 지레의 작용점에 붙인 한 쌍의 칼(작용점), 지레를 바깥쪽으로 벌어지게 하는 스프링, 고정핀으로 구성하였다. 성계 껍질 분할기를 제작한 후, 일부 어촌계의 작업자들을 대상으로 하여 성계껍질 분할기 사용 전후의 작업능률에 대한 효과를 조사한 결과,

한 쌍의 칼이 모아진 상태에서 성계 껍질에 칼을 삽입한 다음 한 쌍의 손잡이를 서로 오므리면 한 쌍의 칼이 서로 벌어지면서 성계 껍질을 분할하는 경우, 재래식 사용 방법에 숙달된 잠수 어업인이 첫 번째 방법으로 고안한 분할기를 사용할 때, 칼을 껍질에 삽입한 다음 분할기를 비트는 습관이 나타나서 껍질 분할 효과가 나타나지 않는 경우가 나타났다. 또한 망치처럼 살짝 내리찍을 때 힘을 주어서 손잡이를 파지하기 때문에 한 쌍의 칼이

서로 벌어져서 분할에 실패하는 경우도 나타났지만, 도구의 사용법에 점차 숙련될수록 이러한 문제는 없어졌다. 각 어촌계별 작업자의 작업시간은 성게 껍질 분할기를 이용하는 작업자 A, B, C의 경우 $2.8 \pm 0.6 \sim 3.4 \pm 0.57$ 초 ($n=10$)이었으며, 칼을 이용하는 작업자 a1~c3의 경우 $3.1 \pm 0.57 \sim 6.0 \pm 1.56$ 초 ($n=10$)로 나타났다. 분할기와 칼을 이용한 작업능률을 t분포로 검정한 결과, 각 어촌계에서는 성게 껍질 분할기를 이용할 때와 칼을 이용하여 작업한 경우, 유의수준에서 성게 껍질 분할기를 이용하였을 때 작업능률이 좋았으며, 작업자 a1~c3와 같이 칼을 이용하여 성게의 껍질을 분할할 경우에 발생하는 작업시간 편차의 경우도 작업자 A, B, C와 같이 성게 껍질 분할기를 사용할 경우, 작업시간 편차는 유의수준 범위 안에 포함되어 작업능률의 차이가 없는 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 2013학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

References

- Han SH, Nam KS, Ahn TK and Dan JM. 2009. Analysis of grip and pinch strength in Korean people. *J Korean Orthop Assoc* 44, 219–225.
- Hong SW and Chung SC. 1998. Age and Growth of the purple sea urchin, *Anthocardia crassispina* in Cheju island. *J. Korean Fish. Soc.* 31, 302–308.
- Kim KS, Kim DI, Lim AK, Yoon SR, Kim JO and Lee GD. 2011. Anti-diabetic Effects of *Hemicentrotus ulcherrimus* Shells on Non-obese Type 2 Diabetic Goto-Kakizaki Rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40, 1537–1543.
- KIPO. 2013. Sea urchin skin apparatus. <http://www.kipris.or.kr/khome/main.jsp>. Accessed 19 Dec 2013.
- KOSIS. 2013. <http://ksis.kr/wsearch/totalSearch.jsp>. Accessed 19 Dec 2013.
- Lee HJ. 2008. Consumption of Sea urchin and menu development. Master's thesis, Sookmyung Women's University, Korea. 1–92.
- Lee KW, Shon CH and Chung SC. 1998. Marine algal flora and grazing effect of sea urchins in the coastal waters of cheju island. *J of Aqua* 11, 401–419.
- Park YS. 2011. Development of shell divider of the purple sea urchin, *Anthocardia crassispina*(in Korean). *Fishery Sciences Association of Korea* 2011, Proceedings. 79.
- Shin MO and Bae SJ. 2009. The Anticarcinogenic and Antioxidative Activity of *Hemicentrotus pulcherrimus* Fractions in Various Cancer Cells. *J of Life Science* 19, 607–614.
- Shin S. 2011. Invertebrate fauna of Korea 32(2). National institute of Biological Resources, Incheon, Korea, 7–12.
- Yoo SK, Hur SB and Ryu HY. 1982. Growth and spawning of the sea urchin, *Anthocardia crassispina* I(A. Agassiz). *Bull. Korean Fish. Soc.* 15, 345–358.
- Yoon CA and Kim YS. 1979. Study on the development of fishing gear and method for sea urchin. Technical report of fisheries & development agency 46, 7–18.

2013. 9. 17 Received
 2013. 12. 4 1st Revised
 2014. 2. 1 2nd Revised
 2014. 2. 10 3rd Revised
 2014. 2. 10 Accepted