

성장이 늦은 소형 참전복 치패의 성장회복을 위한 부착성 규조류의 먹이효율

한형균 · 허성범*

국립수산진흥원 거제수산종묘시험장
*부경대학교 양식학과

Dietary Values of Benthic Diatoms for Growth Recovery of the Retarded Spat of Abalone, *Haliotis discus hannai* Ino

Hyoung-Kyun Han and Sung Bum Hur*

Keoje Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Keoje 656-840, Korea
*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Dietary value of eight species of benthic diatoms, considered as essential live food for larvae and spat of abalone, was assessed on the retarded spat (ca 4.4 mm shell length). Survival of the spat, fed on *Caloneis schroderi*, *Phaeodactylum tricornutum* and *Raphoneis* sp. was over 93 % and significantly higher than that of others; spat fed on *C. schroderi* gained the highest daily growth of 112.6 mm, which was two times faster than that fed on *Undaria pinnatifida*. Spat fed on natural or cultured diatoms of *C. schroderi* grew at rates, that were not significantly different. *C. schroderi* is recommended to restore the retarded growth of abalone spat.

Key words: Abalone, Growth, Dietary value, Benthic diatom, *Undaria pinnatifida*

서 론

참전복은 종묘생산 기술이 확립되어(Kikuchi and Uki, 1974 a, b, c, d, e, 1975, 1981, 1982) 종묘의 대량생산이 가능하게 되었지만, 아직도 같은 시기에 채묘하여 생산된 종묘라도 치패의 성장이 고르지 않아 종묘산업에 많은 문제점이 대두되고 있다. 이러한 치패의 성장 차이는 먹이인 파판에 부착된 규조류에 좌우되므로 부착성 규조류의 양적 및 질적 확보는 전복 종묘생산에서 가장 중요한 과제 중의 하나이다.

참전복 종묘생산시 초기 먹이인 규조류와 관련된 연구로서 부착성 규조류의 먹이효율(Uki and Kikuchi, 1979 ; Ohgai et al. 1991 ; 金, 1992), 파판에 부착한 규조류의 군집변화(Snzuki et al, 1987), 규조증식을 위한 한천배지 이용(Ioriya and Suzuki, 1987 ; Yamada and Tanaka, 1987) 등의 연구가 이루어졌으나 아직도 성장이 균일한 치패의 대량생산 기술은 확립되지 못한 실정이다. 일반적으로 참

전복 종묘생산시 파판과 수조의 벽면에 부착한 큰 개체를 선별 박리한 후 그대로 놓아둔 작은 치패가 규조를 섭식한 후 오히려 성장이 좋아졌고, 酒井(1962)은 미역 등 해조류보다는 규조류가 전복의 성장에 효과가 있다고 보고한 바 있다. 전복 종묘생산시 치패의 고른 성장과 생존율 향상은 물론 먹이경쟁으로 발생된 작은 치패의 성장회복은 종묘산업에서 가치가 클 것으로 생각된다.

본 연구는 규조류를 이용하여 동일 개체군에서 성장이 늦은 소형 치패의 성장회복을 위한 것으로서 7종의 부착성 규조류를 대상으로 규조 종류에 따른 먹이효율을 조사하고, 부착 규조류와 미역과의 먹이효율을 비교하였다.

재료 및 방법

규조의 배양

실험에 사용한 부착성 규조는 부경대학교 양식학과 한

국해양미세조류은행으로부터 분양받은 부착성 규조류를 이용하였다(Table 1).

규조는 f/2 배지(Gulliard and Ryther, 1962)를 이용해 2 l 원형 flask에서 통기 배양하였으며, 배지는 121°C, 1.5 lb/inch² 에서 30분간 멸균하여 사용하였다. 배양시 실내 온도는 17~18°C, 조도는 5,000 lux의 연속조명을 유지하였다. 배양개시 7일 후부터 배양된 규조를 치패 먹이로 사용했으며, 사용한 양만큼 f/2 배지를 보충하면서 연속 배양했다.

부착성 규조류의 먹이효율

실험에 사용된 치패는 당년에 춘계 채묘한 것으로서 동일 개체군 중 성장이 늦은 소형 치패인 각장 4.39±0.4 mm (부화 후 78일째)를 이용하여 7종의 규조를 먹이로 50일간 사육했다. 치패는 2 l 비이커에 15마리씩 수용하여 매일 80%의 여과해수를 교환해주는 지수식으로 사육했다. 먹이는 배양된 규조를 이틀에 한번 각 수조에 250 ml씩 공급했으며, 해수 교환시는 aeration을 멈추어 남은 먹이가 배출되지 않고 침전되도록 하여 먹이량이 항상 유지되도록 했다. 사육기간 중의 수온은 19.5~26.8°C(평균 23.76±2.15°C), 비중은 1.020~1.0228(평균 1.0224)의 범위였다. 치패의 성장은 실험 개시시와 종료시에 vernier caliper로 전 개체에 대한 각장을 측정했고, 전중은 실험구별로 치패 개체수와 총중량을 구하여 평균값으로 했으며, 실험은 2 반복으로 했다.

배양한 부착성 규조류와 미역의 먹이효율

실험은 비교적 성장이 느린 소형 참전복 치패의 성장회복을 위해 배양한 부착성 규조류와 해조류를 먹이로 한 먹이 효과실험이며, 실험기간은 61일이었다. 부착성 규조류는 위의 실험에서 효과가 우수했던 *Caloneis schroderi*였

고, 해조류는 미역(*Undaria pinnatifida*)이었다.

치패는 부화후 286일째 된 춘계산 참전복 치패군 중 비교적 성장이 늦은 소형 개체이며, 충분한 먹이효과를 알기 위해 치패의 크기와 밀도를 달리하여 실험했다. 치패 크기는 평균각장 7.53±0.4 mm와 10.68±0.5 mm의 2개 그룹이었고, 수용밀도는 크기에 따라서 각각 200마리와 100마리였으며, 2반복으로 실험했다.

사육수조는 목재 베니어 합판으로 제작하여 흰색 FRP를 칠한 직사각형 수조(150×50×50 cm)였고, 그물 가두리는 망목이 3~4 mm이며, 50×30×30 cm 크기였다.

규조를 먹이로 한 실험구는 수조에 250 l의 여과해수를 채우고 배양된 *Caloneis schroderi*를 f/2 배지와 함께 집중하여 수조의 바닥과 벽면에 충분히 부착되게 한 후 치패를 수용했으며, 규조 상태에 따라서 주기적으로 배양된 규조와 규조가 부착된 파관을 f/2배지와 함께 공급했다. 해조를 먹이로 한 실험구는 그물 가두리에 치패를 수용하여 미역을 충분히 공급했으며, 남은 먹이가 부패하지 않도록 주기적으로 교체했고, 수조 전체를 샤워식으로 청소하였다. 또한 그물 가두리는 규조가 부착되기 전에 주기적으로 교체했다.

실험에 사용한 해수는 5→3→1 μm cartridge filter 순으로 여과한 해수를 사용했고, 실험기간중 수온은 11.5~16.8°C(평균 13.8±1.0°C), 비중은 1.0258~1.0268(평균비중 1.0263±0)의 범위였으며, 모든 실험구에 분당 1.8~2.0 l를 유수시켰다.

자연 부착성 규조류와 미역의 먹이효율

실험은 비교적 성장이 느린 소형 참전복 치패의 성장회복을 위해 수조의 벽면과 바닥에 자연적으로 부착된 부착성 규조와 그물 가두리에서 미역을 먹이로 한 먹이효과 실험이며, 실험기간은 61일이었다.

실험 방법은 강압여과기를 통과한 여과해수를 시간당 10~12 ton씩 보충하면서, 각 수조에 1마력용 펌퍼를 설치하여 시간당 12 ton (11.5 times/day) 정도로 공급하며 순환시켰고, 수조의 벽면과 바닥에 규조류가 충분히 부착되었을 때 치패를 수조 바닥과 가두리에 각각 수용했다.

치패는 부화 후 280일째 되는 춘계산으로 개체군에서 비교적 성장이 느린 소형 개체이며, 각장 7.62~7.65 mm (평균 7.63±0.5 mm), 중량 0.07~0.08 g이었다. 치패의 수용밀도에 있어서 규조를 먹이로 한 실험구는 수조당 5,000마리와 10,000마리, 미역을 먹이로 한 실험구는 그물 가두리당

Table 1. Benthic diatoms used to restore the growth of *Haliotis discus hannai* spat.

Species	Strain No.	Isolation area
<i>Caloneis schroderi</i>	KMCC B-39	Incheon
<i>Hantzschia marina</i>	KMCC B-37	Incheon
<i>Navicula incerta</i>	KMCC B-3	Incheon
<i>Nitzschia closterium</i>	KMCC B-9	Nacdonga
<i>Nitzschia</i> sp.	KMCC B-11	Japan
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	KMCC B-13	USA
<i>Rhaphoneis</i> sp.	KMCC B-41	Suncheon

2,500마리와 5,000마리를 수용하여 각각 2반복으로 했다.

실험 수조는 32×1×0.8 m의 직사각형 콘크리트 수조였고, 그물 가두리는 망목 3~4 mm의 PE 코팅망이며, 크기는 90×90×50 cm였다.

실험기간 중 수온은 11.2~15.3°C(평균 12.5±1.0°C)였고, 비중 범위는 1.0238~1.0268(평균 1.0260±0)이었다. 치패의 측정은 실험 개시시와 종료시에 실험구당 100마리씩 무작위로 추출하여 vernier caliper로 각장을 측정했으며, 전중은 치패 총 개체수의 중량을 측정하여 평균값으로 했다.

통계처리

통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's Multiple Range Test (Duncan 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

부착성 규조류의 먹이효율

동일한 치패군에서 소형개체를 선별하여 같은 크기와 밀도로 수용한 후 7종의 규조에 의한 치패의 성장 회복실험 결과는 Table 2와 같다.

치패의 생존율에서 *H. marina*와 *N. closterium*은 각각 63.3%, 60.0%로 낮았으며, 반면에 *C. schroderi*와 *P. tricornutum* 및 *Rhaphoneis* sp.는 93.3~96.7%의 높은 생존율을 보였다.

한편 치패의 일간성장량은 생존율이 비교적 낮았던 *N. closterium*와 *Nitzschia* sp.에서 각각 41.8 μm, 37.2 μm로 가장 낮은 반면, *C. schroderi*는 112.6 μm로 성장에서도 가장 높은 값을 보여 가장 낮은 2종의 실험구에 비해 3배 정도 성장이 높았다.

배양된 부착성 규조류와 미역의 먹이효율

부착성 규조 가운데 효과가 가장 우수했던 *C. schroderi*와 미역을 먹이로 한 소형 치패의 성장회복 실험결과는 Table 3와 같다. 각 실험구의 생존율은 평균각장 7.5 mm 그룹에서 87.8~89.3%, 10.7 mm 그룹에서 92.0~96.5%로 큰 그룹이 유의적으로 높은 생존율을 보였다.

치패의 성장은 *C. schroderi*의 7.5 mm 그룹과 10.7 mm 그룹에서는 일간성장량이 76~79 μm였고, 미역은 42~43 μm였다. 따라서 치패의 크기에 따라서는 유의적인 차이가 없었지만, 먹이에 따라서는 현저한 차이가 나타나 *C. schroderi*를 먹은 치패가 미역을 먹은 치패보다 2배 정도 높은 성장을 보였다.

자연 부착성 규조류와 미역의 먹이효율

수조 벽면과 바닥에 자연 발생된 규조류와 그물 가두리에서 미역을 먹이로 사육한 소형 치패의 성장회복 실험결과는 Table 4와 같다.

생존율은 모든 실험구에서 94.3~97.1%로 유의적인 차이가 없이 높은 수준이었다. 성장은 자연 발생된 규조를 먹이로 한 10,000마리구는 일간성장량이 74.75 μm, 5,000마리구는 81.61 μm였으나, 그물 가두리에서 미역을 먹이로 한 5,000마리구는 26.23 μm, 2,500마리구는 39.51 μm로 자연 규조류를 먹은 치패가 2배 이상 높은 일간성장량을 보였다. 밀도에 따른 성장은 낮은 밀도군이 높은 밀도군보다 빠른 성장 경향을 보였다.

고 찰

전복 치패의 생존과 성장은 파란에 부착된 치패의 수와

Table 2. Growth and survival rate of *H. discus hannai* spat fed with different diatom species during 50 days

Diatom	Initial		Final		Daily growth gain		Survival rate(%)
	Shell length (mm, mean±sd)	Total weight (g)	Shell length (mm, mean±sd)	Total weight (g)	Shell length (μm)	Total weight (g)	
<i>C. schroderi</i>	4.34±0.4	0.014	9.97±1.1	0.159	112.6 ^d	2.90	96.7 ^b
<i>H. marina</i>	4.40±0.4	0.014	9.07±1.3	0.148	93.4 ^c	2.68	63.3 ^a
<i>N. incerta</i>	4.35±0.4	0.014	9.20±1.4	0.155	97.0 ^{cd}	2.82	76.7 ^{ab}
<i>N. closterium</i>	4.44±0.4	0.014	6.53±0.8	0.053	41.8 ^a	0.76	60.0 ^a
<i>Nitzschia</i> sp.	4.42±0.4	0.014	6.28±1.0	0.050	37.2 ^a	0.72	80.0 ^{ab}
<i>P. tricornutum</i>	4.35±0.4	0.014	8.57±0.8	0.076	84.4 ^{bc}	1.12	96.7 ^b
<i>Rhaphoneis</i> sp.	4.40±0.4	0.014	8.27±1.1	0.069	77.4 ^b	1.10	93.3 ^b

*The values in each column with a different superscript are significantly different (p<0.05).

Table 3. Growth and survival of *H. discus hannai* spat cultured with different rearing systems and food during 61 days¹

Culture vessel	Food	² Density	Initial		Final		Dialy growth gain		Survival (%)
			Shell length (mm, mean ± sd)	Body weight (g)	Shell length (mm, mean ± sd)	Body weight (g)	Shell length (μm)	Body weight (mg)	
Tank	<i>Caloneis schroderi</i>	100	10.69 ± 0.5	0.14	15.53 ± 1.6	0.38	79.34 ^b	4.00	92.0 ^b
		200	7.48 ± 0.5	0.06	12.16 ± 1.6	0.22	76.72 ^b	2.82	87.8 ^a
Net cage	<i>Undaria pinnatifida</i>	100	10.67 ± 0.5	0.14	13.31 ± 1.7	0.32	43.28 ^a	2.95	96.5 ^c
		200	7.57 ± 0.3	0.06	10.17 ± 1.4	0.16	42.62 ^a	1.68	89.3 ^{ab}

¹The values in each column with a different superscript are significantly different (p<0.05).

²Number of spat/tank or cage

Table 4. Growth and survival of *H. discus hannai* spat fed with benthic diatom and *Undaria*¹

Culture vessel	Food	² Density	Initial		Final		Dialy growth gain		Survival (%)
			Shell length (mm, mean ± sd)	Body weight (g)	Shell length (mm, mean ± sd)	Body weight (g)	Shell length (μm)	Body weight (mg)	
Net cage	<i>Undaria pinnatifida</i>	2,500	7.65 ± 0.4	0.08	10.06 ± 1.1	0.16	39.51 ^b	1.36	96.7 ^a
		5,000	7.62 ± 0.6	0.08	9.22 ± 1.1	0.14	26.23 ^a	0.96	94.3 ^a
Tank	diatom	5,000	7.63 ± 0.3	0.08	12.61 ± 1.7	0.20	81.64 ^c	2.09	96.1 ^a
		10,000	7.63 ± 0.5	0.08	12.19 ± 1.8	0.19	74.75 ^c	1.93	97.1 ^a

¹The values in each column with a different superscript are significantly different (p<0.05).

²Number of spat/tank or cage

규조류의 질과 양, 사육수조 내의 유수량, 사육수의 영양염, 일사량 등의 복합적인 환경요인에 의하여 달라진다. 동일 수조내에서의 치패의 성장 차이는 치패의 밀도와 피포식자인 규조류의 질과 양에 따라서 크게 좌우되며, 먹이 경쟁에 의해 동일 개체군내에서도 성장이 늦은 소형치패들이 다수 발생하게 된다.

전복 종묘의 계획생산을 위해서는 치패의 양적인 과잉과 동시에 치패의 크기가 문제 되고 있다(二島·內場, 1979). Uki and Kikuchi (1979)는 각장 10 mm의 치패를 단일종의 규조로 사육한 실험결과, *Platymonas* 보다 *Navicula*와 *Nitzschia*를 먹은 치패의 일간성장량이 10배 이상의 차이가 날 정도로 매우 높았다고 했다. 金(1992)도 각장 약 7 mm 치패의 경우 *Platymonas subcordiformis*를 먹은 치패보다 *Navicula incerta*나 *Nitzschia closterium*을 먹은 치패의 성장이 양호했다고 보고했다. 그러나 Nie et al. (1984)은 각장 4.5 mm 치패의 경우 *Navicula*와 *Nitzschia* 보다 *Platymonas*를 먹은 치패가 성장이 빨랐다는 상반된 보고를 했다. 본 실험에서는 4~5 mm 치패를 대상으로 7종의

부착성 규조류를 실험한 결과 규조의 종류에 따른 성장과 생존은 현저한 차이를 보였는데, *Navicula*와 *Nitzschia*보다 *C. schroderi*를 먹은 치패가 성장 및 생존율이 월등하게 좋았다. 따라서 동일 개체군에서 성장이 늦은 소형 치패의 성장회복을 위한 먹이는 규조류 중에서도 *C. schroderi*가 양호한 종이라 판단된다.

또한, 酒井(1962)은 9종의 해조에 대한 전복 치패의 먹이 선호도 및 성장과의 관계에서 미역이 가장 좋았다고 보고했고, 菊地等(1967)과 韓等(1986)은 각각 20종과 9종의 해조에 대한 전복 치패의 먹이 효과실험에서 미역이 가장 좋았다고 보고했다. 그리고 酒井(1962)은 12종의 해조를 먹이로 4~6 cm 참전복 치패의 식성에 관한 연구에서도 미역이 가장 우수했고, 평균수온 14°C에서 미역과 규조류와의 먹이효율 측면에서는 규조류의 월간성장율과 증중율이 각각 5.4%, 16.6%인데 반해 미역은 2.6%, 23.9%로 나타나 전복의 각장 성장에 규조류가 효과가 있다고 보고한 바 있다.

본 연구는 동일한 개체군 중 성장이 늦은 참전복 치패

의 성장회복을 위한 실험으로서, 해조류 중 먹이효율이 우수한 미역과 부착성 규조류 중 우수한 *C. schroderi*를 먹이로 이용했을 때의 치패 성장결과는 *C. schroderi*를 먹은 치패의 일간성장량과 일간증중량이 각각 77~79 μm , 2.8~4.0 mg으로 미역의 각각 43 μm , 1.7~3.0 mg 보다 2배 정도 높았다. 또한, 수조 벽면에 자연 발생된 규조류와 미역을 먹이로 사육한 실험에서도 미역을 먹은 치패의 일간성장량과 일간증중량이 각각 26~40 μm , 1.0~1.4 mg으로 나타난데 비해 규조류를 먹은 치패는 각각 75~82 μm , 1.9~2.1 mg으로서 2배 정도의 높은 성장결과를 보였다. 본 실험과 酒井(1962)의 실험 결과에 있어서 규조류의 먹이효율에 대한 각장성장은 일치하는 경향이었지만, 증중량의 상반된 결과는 사육환경과 실험에 사용된 치패의 크기 차이로 추정되며, 앞으로 구체적이고 심도있는 연구가 요구된다. 특히, 이번 실험결과 2개월의 짧은 기간내 나타난 성장결과인 점을 고려해 볼 때 규조를 섭취한 치패(평균각장 7 mm)가 미역을 섭취한 보다 큰 치패(평균각장 10 mm)의 성장도를 앞지룰 수 있는 가능성이 보였다. 鄭等(1994, I)은 평균각장 15 mm의 참전복 치패를 1000마리/ m^2 의 수용밀도와 미역을 먹이로 사육한 연구에서 42~55 μm 의 일간성장량을 보였고, 韓等(1986)은 14~25 mm 치패를 100마리/600 cm^2 의 수용밀도와 미역을 먹이로 2개월간 사육한 결과 44.1 μm , 韓·文(1996)은 8 mm, 10 mm, 14 mm 치패를 net cage에 각각 2000/0.25 m^2 , 1000/0.25 m^2 , 600/0.25 m^2 의 수용밀도와 건다시마를 먹이로 사육한 결과 각각 38 μm , 47 μm , 49 μm 의 일간성장량을 보였다. 그리고 18 mm 치패를 200마리/350 cm^2 의 수용밀도와 미역을 먹이로 24개월간 사육한 결과 44.6 μm 의 일간성장량을 나타낸 金等(1990)의 결과들과 비교해도 미역보다는 본 실험의 규조류 섭취 치패가 월등한 성장결과를 보였다. 이러한 실험결과는 규조류가 참전복 치패의 먹이효율이 높음을 판단할 수 있고, 전복의 각장 성장에 규조류의 먹이효율이 높다는 酒井(1962)의 실험결과를 뒷받침하였다. 그리고 사육방법에 있어서 수조내 치패를 살포한 것과 net cage에 사육하는 등 차이는 있겠지만, 충분한 규조발생과 미역 공급이 되었으며, net cage에 수용할 경우 치패의 적정 수용밀도가 평균각장 10 mm 치패는 1500마리/0.25 m^2 , 7~8 mm 치패는 2000~3000마리/0.25 m^2 라고 한다면(韓·文, 1996), 본 실험의 치패 수용밀도가 100, 200마리/0.15 m^2 , 2500, 5000마리/0.81 m^2 로서 별 문제가 없었다고 판단된다.

따라서, 성장이 늦은 소형 전복 치패의 빠른 성장회복

을 위해서는 2개월의 짧은 기간내 미역보다 2배 이상 성장이 우수했던 부착성 규조류가, 특히 규조류 중에서도 먹이효율이 양호했던 *C. schroderi*를 먹이로 공급하는 것이 효과적일 것으로 판단되며, 부착 파편이나 수조 벽면 등에 먹이의 질이 우수한 규조를 대량 배양시켜 치패의 먹이로 활용하는 방안이 좋을 것으로 사료된다. 앞으로 수조 벽면 등 부착기질에 부착된 규조류가 사육기간 동안 최대한으로 유지될 수 있는 규조 관리방법과 규조를 이용한 전복 치패 사료에 대해 검토해 볼 가치가 있을 것으로 판단된다.

요 약

부착성 규조류는 전복 치패의 성장 및 생존율을 향상 시키는데 있어서 중요한 초기 먹이생물이다. 본 실험은 이러한 부착성 규조류를 먹이로 하여 동일한 치패군에서 성장이 늦은 소형치패를 빠른 시일내 성장을 회복시키기 위한 것으로서 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

동일한 개체군에서 성장이 늦은 소형치패를 선별하여 7종의 규조를 먹이로 사육한 성장회복 실험결과에서 치패의 생존율은 *C. schroderi*, *P. tricorutum* 및 *Raphoneis* sp.에서 93.33~96.67% 범위로 유의적인 차이가 없이 높았고, 성장은 *C. schroderi*군에서 일간성장량이 112.6 μm 로 가장 높았다.

부착성 규조중 *C. schroderi*와 미역을 먹이로 한 실험과 자연 발생된 부착성 규조류와 미역을 먹이로 하여 치패를 사육한 실험에서 생존율은 전반적으로 유의적인 차이가 없이 87.8% 이상의 높은 값을 보였다. 그러나 치패의 성장은 미역을 먹은 치패가 26.7~43.3 μm , *C. schroderi*와 자연 발생된 규조를 먹은 치패가 74.8~81.4 μm 의 일간성장량을 보여 미역보다 규조를 먹은 치패가 2배 정도의 높은 성장을 보였다. 따라서 소형치패의 성장회복을 위하여 미역보다는 규조류 특히, *C. schroderi*가 가장 적합하였다.

참 고 문 헌

- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- Guillard, R. R. L. and J. H. Ryther, 1962. Studies of marine planktonic diatoms - I. *Cyclotella nana* Hustelt and *Detonula confervacea* (Cleve). *Can. J. Macrobivl.*, 8 : 229-239.

- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974a. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - I. Relation between water temperature and advancing sexual maturity of *Haliotis discus hannai* Ino. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 33 : 69-78.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974b. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - II. Effect of irradiated sea water with ultraviolet rays on inducing to spawn. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 33 : 79-86.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974c. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - III. Reasonable sperm density for fertilization. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 34 : 67-71.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974d. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - IV. Duration of fertility related to temperature. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 34 : 73-75.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1974e. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - V. Relation between water temperature and advancing sexual maturity of *Haliotis discus* Reeve. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 34 : 77-85.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1975. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - VI. On sexual maturation of *Haliotis gigantea* Gmelin under artificial conditions. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 35 : 85-90.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1981. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - VII. Comparative examinations of rearing apparatus for conditioning adult of abalone. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 43 : 47-51.
- Kikuchi, S. and N. Uki, 1982. Technical study on artificial spawning of abalone, Genus *Haliotis* - VIII. Characteristics of spawning behavior of *Haliotis discus hannai* induced by ultraviolet irradiation stimulus. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 44 : 83-90.
- Ioriya, T. and H. Suzuki, 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. Suisanzoshoku, 35 : 81-98.
- Nie, Z.Q., W.H. Chen and M.F. Ji, 1984. Studies on rearing condition of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, 1. the effects of temperature and food on the growth of larvae and young. Mar. Fish. Res., 6 : 35-40.
- Ohgai, M., M. Wakano and S. Nagai, 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone *Haliotis discus hannai* Ino. Suisanzoshoku, 39 : 263-266.
- Suzuki, H., T. Ioriya, T. Seki and Y. Aruga, 1987. Changing of algal community on the plastic plates used for rearing the abalone *Haliotis discus hannai*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 : 2163-2167.
- Uki, N., 1981. Food value of marine algae of order *Laminarides* for growth of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 42 : 19-29.
- Uki, N. and S. Kikuchi, 1979. Food value of six benthic micro-algae on growth of juvenile abalone *Haliotis discus hannai* Ino. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 40 : 47-52.
- Yamada, O. and H. Takano, 1987. Acceleration of the growth of benthic diatoms by using gelled agar. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 121 : 29-34.
- 金容球, 1992. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 種苗生産을 위한 附着性 硅藻類의 培養 및 먹이生物 效果. 釜山水産大學 碩士學位論文, 70pp.
- 金潤 · 池榮州 · 金承憲, 1990. 同一飼育環境條件에서의 참전복과 까막전복의 成長. 水振研報, 44 : 87-93.
- 鄭成采 · 池榮洲 · 孫팔원, 1994. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino 의 陸上水槽飼育에 관한연구 - I. 稚貝成長에 미치는 水槽形態 및 飼育密度的 影響. 韓國養殖學會, 7 : 9-20.
- 韓碩重 · 李正義 · 金炳均 · 金應吾 · 梁官有, 1986. 海藻 9種에 對한 까막전복 稚貝의 먹이效果. 水振研究報告, 39 : 127-133.
- 韓炳均 · 文榮鳳, 1996. 室內水槽에서 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino 稚貝의 中間育成에 關한 研究. 水振研究報告, 52 : 55-61.
- 菊地省吾 · 井保雄 · 佐佐木實 · 伊藤富夫, 1967. 海藻20種의 아와비稚貝에 對する 餌料效果. 東北水研報, 27 : 93-100.
- 二島賢二 · 內場燈夫, 1979. 아와비種苗量産技術開發試驗 III. 複阿縣水試研業報 : 99-104.
- 酒井誠一, 1962. 에스아와비의生態學的研究-I. 食性に關する實驗的研究, 日本誌, 28 : 766-779.
- 酒井誠一, 1962. 에스아와비의生態學的研究-IV. 成長에關する研究, 日本誌, 28 : 899-904.