

배합사료 및 다시마 공급이 참전복 (*Haliotis discus hannai*) 치패의 성장 및 체조성에 미치는 수온의 영향

김철원* · 임상구¹ · 김광수² · 백재민 · 박찬선³
국립수산과학원 완도수산종묘시험장, ¹국립수산과학원 진해내수면 연구소
²국립수산과학원 연구기획과, ³목포대학교 해양자원학과

Influence of Water Temperature on Growth and Body Composition of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Fed an Artificial Formulated Diet and Macroalgae (*Laminaria japonica*)

Chul Won KIM*, Sang Gu LIM¹, Kwang Soo KIM², Jae Min BAEK and Chan Sun PARK³

Wando Marine Hatchery, National Fisheries Research & Development Institute Junnam 537-806, Korea

¹Jinhae Inland Fisheries Research institute, Jinhae, Gyeonnam 645-806, Korea

²Aquaculture Division, National Fisheries Research & Development Institute Busan 619-902, Korea

³Department of Marine Resources, Mokpo National University, Chonnam 534-729, Korea

The effect of water temperature and feed on the growth, survival, and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed an artificial formulated diet and a macroalgae (*Laminaria japonica*) for 12 weeks was investigated. Rearing temperature was maintained at 13°C, 16°C, 19°C by heated and natural sea water temperatures (7.5-10.2°C). Shell growth, weight gain, and survival rate of the abalone were affected by water temperature and diet (P<0.05). Survival and growth rate of the abalone fed with the formulated diet and *Laminaria* at 19°C was significantly higher than those of the abalone fed the formulated diet or *Laminaria* at 13°C, 16°C, and ambient temperatures (P<0.05). Moisture, crude protein, crude lipid, and ash contents of the soft whole body were affected mainly by diet than rearing water temperature (P<0.05). These indicate that a mixture of formulated diet and macroalgae could improve the growth of the abalone independent of water temperature and heated water could improve the growth of abalone during the winter season.

Key words: *Haliotis discus hannai*, Abalone, Water temperature, Formulated diet, *Laminaria japonica*

서 론

전복양식에 있어서 중요생산은 크게 춘계와 추계생산으로 나누어 실시하는데, 유생의 채묘 이후 치패의 박리때까지 걸리는 기간은 중요생산의 현장 여건에 따라 차이를 보이나, 대략 1 cm 크기의 치패라면 약 4개월이 소요된다. 즉, 춘계 및 추계에 생산되는 전복치패는 각각 3 cm 정도의 중간육성용 치패로 성장하기 위해서는 필연적으로 겨울철 저수온기를 거치게 되어 월동기의 섭이 및 성장부진이 야기되고, 월동이 후 수온상승기에 접어들어서는 치패의 대량폐사로 이어지기도 한다. 이와 같은 치패의 대량폐사의 원인에 대해서는 월동기 이후 수온상승과 함께 노폐물의 부패에 의한 수질악화 (Neori et al., 2000) 및 바이러스성 병원균의 발생에 의한 것으로 추정되고 있으나, 폐사 치패의 크기가 생존 치패의 크기보다 전반적으로 작다는 사실을 고려해 볼 때, 치패의 대량폐사는 수질악화나 질병발생이라기 보다는 겨울철 낮은 수온

하에서 사육된 개체의 생리적 기능 약화 및 섭식을 부진에 따른 원인으로 판단되고 있다 (Wi et al., 2000).

전복 중요생산시 먹이로서는 부착성 규조류를 배양한 파판에서 치패를 각각 1-1.5 cm 정도까지 사육한 후 박리하여 미역, 다시마, 갈파래 또는 배합사료를 공급하면서 중간육성으로 이어진다. 그러나 이들 먹이계열에 관해서는 중간육성 현장의 여건에 따라 천연먹이의 확보, 취급 및 저장 또는 배합사료의 구입에 따른 경제적 어려움, 저수온기 사육 등의 제반사항에 대한 문제점을 가지고 있다. 이와 같이 전복의 효과적인 중간육성을 위해서는 적정 사육수온, 천연먹이 및 배합사료의 효율적 이용 등이 복합적으로 연관되어 있다. 이에 관한 최근의 연구로는 일련의 전복 배합사료 개발 및 이용 (Vianna et al., 1993; Mai et al., 1995; Lee and Park, 1998)과 월동시 가온사육 효과 (Wi et al., 2000), 수온과 쉘터 형태를 달리한 치패 사육에 따른 배합사료 및 미역의 공급효과 (Lee et al., 1999) 등이 있으나, 전복치패의 월동기 사육수온별, 먹이별 성장 및 생존율, 체조성의 변화에 관한 연구는 거의 없다.

*Corresponding author: aquaworld@momaf.go.kr

본 연구는 7.5-10.2°C 범위의 저수온이 3개월 이상 지속되는 동절기 우리나라의 천해양식환경에서 천연먹이 (다시마), 배합사료 및 천연먹이와 배합사료의 혼합먹이를 공급하면서 자연수온 및 가온수온 (13, 16, 19°C)에서 치패의 성장, 생존율 및 체조성 변화를 비교 분석하였다.

재료 및 방법

실험 치패

실험에 사용한 참전복 치패는 1998년 5월에 채묘하여 당해 9월에 박리한 치패를 자연수온이 10°C 이하로 떨어지는 12월 말까지 사육관리한 평균 각장 19.50±2.90 mm, 평균 체중 0.97±0.26 g의 5,600마리였으며 이중 4,800마리를 실험에 사용하였다. 실험 구는 치패를 24개의 각 실험구 수조 (52×42×22 cm)당 200마리씩 수용하여 사육수온 [자연수 (7.5-10.2°C), 가온수 (13, 16, 19°C)]×먹이 (배합사료, 천연먹이, 배합사료+천연먹이)×2반복으로 설정하였다. 사육기간 동안 매일 노폐물을 제거하였으며, 치패의 생존 및 성장률은 4주 간격으로 각장, 각폭, 각고, 체중을 측정하여 일간성장률을 구하였다 (Kikuchi et al., 1967; Uki, 1981). 각장 및 각폭의 측정은 0.01 mm까지 잴 수 있는 Digital Vernier calipers로, 전중의 측정은 0.01 g까지 잴 수 있는 전자식저지저울에 의해 이루어졌다. 사육실험은 1999년 1월 2일부터 3월 28일까지 12주간 실시하였다.

먹이 공급

실험에 사용된 먹이는 배합사료로 시판 전복용 배합사료 (이화유지공업주식회사, 대한민국)를 매일 오후 5시경에 약 20 g씩을 공급하였고 다음날 청소하였다. 천연먹이로는 일반적으로 양어가들이 전복사육용으로 사용하는 마른 다시마 (*Laminaria japonica*)를 적당한 크기 (약 20 cm)로 절단하여 2일 1회 먹고 남은 정도로 충분히 공급하였다.

환경 측정

사육환경은 매일 오전 10시에 수온, 염분, pH, 용존산소를

측정하였다. 사육기간 동안의 자연수온은 7.5-10.2°C 범위였으며 평균 9.1°C 정도였으며, 용존산소는 가온수가 6.50±0.58 mg/L, 자연수가 7.7±0.85 mg/L으로 가온수가 자연수보다 조금 낮았다. pH는 가온수가 8.30±1.36, 자연수가 8.20±1.42로 비슷하였고, 염분은 가온수와 자연수 모두 34.10±0.12‰로 나타났다.

체성분 분석

체성분 분석용으로 실험 개시시 300마리, 실험 종료시 각 사육 시험구에서 75마씩 무작위로 추출하여 일반성분 분석용으로 냉동보관 (-75°C)후 가식부만을 분리하여 일반성분을 AOAC (1990)에 따라 분석하였다.

통계 분석

실험결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 one-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 유의 수준 5%에서 검정하였다. 또한, two-way ANOVA-test로 사육수온 및 먹이종류에 대한 상관요인을 분석하였다.

결과 및 고찰

치패의 각장 성장은 사육수온과 공급 먹이에 따라 차이를 보였다 (Table 1). 자연수온의 배합사료 공급구에서 일간성장률이 31.5 μm로 가장 낮게 나타났으며 가온수온 (19°C)의 배합사료와 다시마 혼합공급구에서 일간성장률 151.2 μm로 가장 높은 값을 나타내었다 (P<0.05). 즉, 동일 수온에서 각장의 성장은 배합사료나 다시마 단독공급구 보다 혼합공급구에서 높았으며, 동일 먹이 공급구내에서는 가온수가 자연수보다 높았으며, 이러한 차이는 배합사료와 다시마 혼합공급구에서 현저하였다 (P<0.05). 각폭과 각고의 성장도 각장의 성장과 유사하게 나타났다. 또한 전복치패의 증체율의 변화는 Table 2에 나타내었는데 자연수온의 경우 배합사료 공급구에서 일간증체율 5.7 mg로 가장 낮게 나타났으며, 가온수온 (19°C)의 경우 배합사료와 다시마 혼합공급구에서는 일간증체율 46.2

Table 1. Shell growth of juvenile abalone fed different diets at four different water temperature for 12 weeks¹

Rearing temperature	Diets	Initial shell length (mm)	Final shell length (mm)	Shell length gain (%)	Daily increment (μm)
Natural sea water temperature (7.5-10.2°C)	Formulated diet	19.50±2.90	22.15±1.73	13.6 ^a	31.5 ^a
	<i>Laminaria japonica</i>	19.50±2.90	22.51±1.54	15.4 ^{ab}	35.8 ^{ab}
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	19.50±2.90	24.01±1.39	23.1 ^{abc}	53.7 ^{abc}
13°C	Formulated diet	19.50±2.90	23.21±1.61	19.0 ^b	44.2 ^b
	<i>Laminaria japonica</i>	19.50±2.90	24.62±1.30	26.4 ^{abc}	61.2 ^b
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	19.50±2.90	24.33±1.20	24.8 ^{abc}	57.5 ^{abc}
16°C	Formulated diet	19.50±2.90	25.61±1.85	31.3 ^{bc}	72.7 ^c
	<i>Laminaria japonica</i>	19.50±2.90	26.64±1.52	36.6 ^c	85.0 ^d
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	19.50±2.90	29.10±1.60	49.2 ^{bcd}	108.3 ^d
19°C	Formulated diet	19.50±2.90	26.12±1.36	33.9 ^{bc}	78.8 ^{bcd}
	<i>Laminaria japonica</i>	19.50±2.90	27.40±1.40	40.5 ^{bcd}	94.0 ^{bcd}
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	19.50±2.90	32.22±1.95	65.2 ^e	151.2 ^e

¹Superscripts with different alphabets in columns are significantly different at the P<0.05.

mg로 가장 높은 값을 나타내었다 ($P<0.05$). 이와같은 차이는 참전복의 성장속도는 성장 적수온인 17-20°C 범위를 중심으로 한 평균수온에 의해 좌우된다는 것을 입증한 것이며, 사육 기간 동안의 평균수온이 성장 적수온에 가까울수록 성장효과가 크다는 것을 의미한다.

한편 Lee et al. (1999)은 미역 보다는 배합사료를 먹은 전복치패의 증체율이 매우 높았던 것으로 나타나 본 실험의 결과와 다른 경향을 보였는데 이는 전복치패의 사육수온에 따른 먹이 섭취에 대한 대사 활성화 차이와 먹이종류별 기호성 차이때문으로 판단된다.

이처럼 양식대상 생물을 사육관리 함에 있어 가장 중요하게 고려하여야 할 요인은 사육환경과 먹이인데 (Capinpin and Corre, 1996), 이 중에서 참전복 사육환경의 중요성에 관해서는 많은 연구자들이 보고한바 있다 (Wi et al., 2000; Nie et al., 1996; Lee et al., 1999). 환경조건 중에서도 사육수온은 생물의 성장에 직접적으로 관련된 중요한 요소이며, 대상 생

물에 따라 최적성장에 요구되는 수온범위가 다양하다 (Britz et al., 1997). 한류계인 참전복은 우리 나라의 천해양식 대상종으로 적합한 종이지만, 겨울철 저수온기에는 성장률 및 생존율이 저하되기 때문에 본 연구에서와 같이 가온사육에 의한 양식생산성이 제고되어야 할 것이다.

치패의 생존율은 Table 2에 나타난 것 처럼 사육수온과 먹이 종류에 따라 차이를 보였으며 자연수온에서는 먹이종류에 관계 없이 대체로 낮은 경향을 보였다 ($P<0.05$). 사육수온별 치패의 평균 생존율은 가온수 13°C가 98.1%, 16°C가 97.3%, 19°C가 97.9%로 자연수의 94.6% 보다 현저하게 높았고, 먹이 종류별 치패의 평균 생존율은 배합사료 공급구가 95.9%로 다시마 공급구의 97.0%, 배합사료와 다시마 혼합공급구의 98.0% 보다 낮은 생존율을 보였다. 이와 같이 가온 사육구에서 생존율이 자연수 사육구에 비해 월등히 높았던 것은 저수온기에 가온사육함으로써 성패에 비해 수온내성이 상대적으로 약한 치패의 섭식촉진 및 활력증진을 통한 생리적 활성의

Table 2. Weight growth and survival rate of juvenile abalone fed different diets at four different water temperature for 12 weeks¹

Rearing temperature	Diets	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)	Daily increment (mg/day)	Survival rate (%)
Natural sea water temperature (7.5-10.2°C)	Formulated diet	0.97±0.26	1.45±0.56	49.5 ^{a1}	5.7 ^a	94.5 ^a
	<i>Laminaria japonica</i>	0.97±0.26	1.53±0.31	57.7 ^a	6.7 ^a	94.3 ^a
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	0.97±0.26	1.84±0.35	89.7 ^b	10.4 ^b	95.0 ^a
13°C	Formulated diet	0.97±0.26	1.86±0.61	91.8 ^b	10.6 ^b	97.0 ^{ab}
	<i>Laminaria japonica</i>	0.97±0.26	1.87±0.25	92.8 ^b	10.7 ^b	98.0 ^b
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	0.97±0.26	2.12±0.29	118.6 ^c	13.7 ^c	99.3 ^c
16°C	Formulated diet	0.97±0.26	2.20±0.82	126.8 ^c	14.6 ^c	96.0 ^{ab}
	<i>Laminaria japonica</i>	0.97±0.26	2.22±0.38	128.9 ^c	14.9 ^c	97.5 ^{ab}
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	0.97±0.26	3.11±0.51	220.6 ^d	25.5 ^d	98.5 ^b
19°C	Formulated diet	0.97±0.26	3.18±0.79	227.8 ^d	26.3 ^d	96.3 ^{ab}
	<i>Laminaria japonica</i>	0.97±0.26	3.26±0.35	236.1 ^{de}	27.3 ^{de}	98.3 ^b
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	0.97±0.26	4.18±0.81	330.9 ^e	46.2 ^e	99.3 ^c

¹Superscripts with different alphabets in columns are significantly different at the $P<0.05$.

Table 3. Proximate composition (%) of the soft whole body of juvenile abalone fed different diets at four different water temperature for 12 weeks

Rearing temperature	Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Natural sea water temperature (7.5-10.2°C)	Formulated diet	77.4±0.59 ^{ab1}	14.6±0.73 ^{ab}	0.78±0.062 ^a	2.5±0.16 ^{ab}
	<i>Laminaria japonica</i>	77.7±0.47 ^{ab}	14.6±0.54 ^{ab}	0.76±0.035 ^a	2.9±0.31 ^c
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	76.8±0.48 ^{ab}	15.8±0.39 ^b	1.02±0.094 ^c	2.7±0.18 ^b
13°C	Formulated diet	76.3±0.64 ^{ab}	16.1±0.61 ^b	0.96±0.074 ^b	2.4±0.25 ^a
	<i>Laminaria japonica</i>	77.6±0.71 ^{ab}	14.5±0.30 ^{ab}	1.06±0.085 ^b	2.8±0.15 ^c
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	77.3±0.54 ^{ab}	15.5±0.20 ^{ab}	1.16±0.086 ^b	2.6±0.46 ^{ab}
16°C	Formulated diet	73.2±0.78 ^a	15.6±0.85 ^{ab}	0.88±0.048 ^{ab}	2.5±0.16 ^{ab}
	<i>Laminaria japonica</i>	78.8±0.45 ^b	13.9±0.52 ^a	1.06±0.064 ^b	2.8±0.25 ^c
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	77.2±0.39 ^{ab}	15.5±0.60 ^{ab}	0.75±0.072 ^a	2.8±0.13 ^c
19°C	Formulated diet	76.7±0.27 ^{ab}	15.4±0.36 ^{ab}	0.92±0.079 ^b	2.4±0.26 ^a
	<i>Laminaria japonica</i>	78.8±0.43 ^b	15.6±0.40 ^{ab}	1.09±0.058 ^c	2.7±0.16 ^b
	Formulated diet+ <i>L. japonica</i>	78.2±0.32 ^b	14.9±0.95 ^{ab}	0.99±0.057 ^b	2.7±0.28 ^b

¹Superscripts with different alphabets in columns are significantly different at the $P<0.05$.

결과로 보여졌다. 그리고 배합사료와 다시마 혼합공급구에서 높은 생존율을 보이는 것은 많은 연구자들 (Viana et al., 1993; Lee, 1998; Lee et al., 1999)에 의해 지적되었던 것과 같이 전복치패의 먹이가 규조류에서 해조류나 배합사료로 전환되는 과정에서 먹이 적응이 배합사료와 해조류를 동시에 선택할 수 있는 먹이계열에서 오는 차이로 사려되었다.

사육실험 개시시 및 종료시의 전복치패 가식부의 일반성분은 Table 3에 표시한 바와 같이 사육 개시시 77.0%이었던 수분함량은 사육 종료시 73.2-78.8%로, 사육수온에 따른 전복치패의 수분함량은 유의한 차이를 나타내지 않았으나 ($P>0.05$), 공급먹이의 종류에 따라서는 유의한 차이를 보였다 ($P<0.05$). 전복치패의 가식부 단백질함량은 사육사온과 먹이 종류에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나 배합사료 공급구가 15.4%로 다시마 공급구의 14.7% 보다 높게 나타났다. 이와 같이 배합사료 공급구의 전복 치패 가식부의 단백질 함량이 높은 것은 Lee et al. (1999)가 언급한 바와 같이 전복의 최대 성장에 필요한 영양소 함량이 다시마에 비해 배합사료에서 높기 때문일 것으로 보여졌다. 치패의 지질함량은 사육 개시시 0.75%와 비교해 사육 종료시 전 실험 구간에서 높게 나타났으나 사육수온이나 공급먹이에 따른 유의적인 차이는 없었다. 그리고 회분함량은 사육수온에 따라서는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 공급먹이에 따라서는 유의한 차이를 나타내었다. 배합사료 공급구의 평균 회분함량은 2.4%인데 반해 다시마 공급구에서는 2.8%, 배합사료와 다시마 혼합공급구에서는 2.7%로 높게 나타났다 ($P<0.05$). 이와 같은 전복 치패의 체성분 조성비 차이는 사육수온의 영향이기보다는 먹이의 종류에 따른 영향으로 보고하고 있다 (Dunstan et al., 1996)

Yamasaki (1991)는 전복의 먹이섭취량 및 성장은 사육환경, 사육시기, 치패의 크기에 따라 달라질 수 있다고 하였다. 본 사육실험에서도 사육수온에 따라 먹이종류에 따라 전복의 성장차이가 현저하였다. 특히, 사육수온에 따라서는 상대적으로 높은 차이를 나타내었는데, 먹이 및 사육수온간에 미치는 영향을 factorial ANOVA로 분석한 결과 (Table 4), 각장의 성장율, 증체율, 생존율은 사육수온 및 먹이종류에 따라 유의하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 그리고 가식부의 수분 및 회분함량은 먹이종류에 따라서만 영향을 받으며 가식부의 단백질 및 지질함량은 사육수온 및 먹이종류에 영향을 받지 않았다. 본 연구의 사육실험은 저수온기인 1월에 시작하였는데 자연수온 9°C 전후에 사육하는 시험구와 가온 사육수온을 각각 13°C, 16°C, 19°C로 하여 참전복 치패의 성장과 생존율을 비교해본 결과, 각장의 성장, 증체율, 생존율은 자연수온에서 사육한 것 보다 가온수에서 사육한 시험구에서 높게 나타났다. 특히, 가온 사육 시험구에 치패의 먹이로 배합사료와 다시마를 혼합 공급함으로써 치패의 최대 성장 및 생존율을 얻을 수 있었다. 이와 같은 결과는 참전복 치패의 성장과 생존율이 사육수온과 먹이종류에 따른 복합적인 상호작용에서 기인된 것으로 보였다 (Table 4). 따라서 참전복 치패의 월동기 사육에

Table 4. Factorial ANOVA-test for growth performance and body composition of juvenile abalone fed the formulated diet, *Laminaria japonica* or formulated diet and *Laminaria japonica* at the different rearing water temperatures (ambient temperature, 13, 16, 19°C) for 12 weeks

	Water temperature (T)	Diet (D)	Interaction
			2-way T×D
Shell length gain	P<0.05	P<0.001	P<0.001
Body weight gain	P<0.05	P<0.001	P<0.001
Survival rate	P<0.05	P<0.001	P<0.001
Moisture of soft body	NS ¹	P<0.001	NS
Protein of soft body	NS	NS	NS
Lipid of soft body	NS	NS	NS
Ash of soft body	NS	P<0.001	NS

¹NS: not significant ($P>0.05$).

있어 사육수온과 먹이종류를 동시에 개선하여 줌으로서 치패의 성장과 생존율을 향상시키는 상승효과가 있는 것으로 확인되었다. 전복양식에 있어 이들 상호작용에 대한 효율을 극대화시키기 위해서는 치패 크기별, 사육밀도별 생물학적 실험과 사육수온 유지에 드는 연료비, 먹이공급에 대한 재료비, 시설 유지 및 관리에 대한 인건비 등에 대한 경제성 분석을 위한 실험이 더 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia., pp. 1298.

Britz, P.J., H. Thomas and M. Stewart. 1997. Effect of temperature on growth, feed consumption and nutritional indices of *Haliotis midae* fed a formulated diet. *Aquaculture*, 152, 191-203.

Capinpin, Jr., E.C. and K.G. Corre. 1996. Growth rate of the Philippine abalone, *Haliotis asinina* fed an artificial diet and macroalgae. *Aquaculture*, 144, 81-89.

Duncan, D.B. 1995. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.

Dunstan, G.A., H.J. Baillie, S.M. Barrett and J.K. Volkman. 1996. Effect of diet on the lipid composition of wild and cultured abalone. *Aquaculture*, 140, 115-127.

Kikuchi, S., Y. Sakurai, M. Sasaki and T. Ito. 1967. Food values of certain marine algae for the growth of the young abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 27, 93-100.

Lee, S.M. and H.G. Park. 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquacult.* 11, 381-390. (in Korean)

Lee, S.M. 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J.*

- Aquacult. 11, 159-166. (in Korean)
- Lee, S.M., C.S. Park and T.S. Go. 1999. Effects of formulated diet or macroalgae (*Undaria pinnatifida*) on the growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) cultured in different water temperature and shelter type. J. Kor. Fish. Soc., 32, 284-289. (in Korean)
- Mai, K., J.P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimal dietary protein level for growth. Aquaculture, 136, 165-180.
- Neori, A., M. Shpigel and D. Ben-Ezra. 2000. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. Aquaculture, 186, 279-291.
- Nie, Z.Q., M.F. Ji and J.P. Yan. 1996. Preliminary studies on increased survival and accelerated growth of overwintering juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Aquaculture, 140, 177-186.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Uki, N. 1981. Food value of marine algae of Order Laminariales for growth of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 42, 19-29.
- Vianna, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117, 149-156.
- Wi, C.H., Y.J. Chang, B.C. Lee and S.J. Lee. 2000. Temperature effects on the growth and survival rates in the wintering of young abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea 58, 50-55.
- Yamasaki, M. 1991. Food consumption of juvenile haliotids in laboratory experiments. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 865-867.

2003년 6월 26일 접수

2003년 12월 10일 수리