J. Kor. Fish. Soc. 38(6), 353-358 한수지, 38(6), 353-358, 2005

미역(*Undaria pinnatifida*)을 섭취한 참전복(*Haliotis discus hannai*)의 분 배출률

박 정 환
강원도립대학 해양생물자원개발과

Feces Production Rate of Abalone (*Haliotis discus hannai*) Fed *Undaria pinnatifida*

Jeonghwan PARK
Department of Marine Bio-Resources, Gangwon Provincial College, Gangnueng, 210-804, Korea

The present study investigated the feces production rate and fecal nitrogen production ratio of abalone, *Haliotis discus hannai* fed seaweed, *Undaria pinnatifida*. The abalone, with shell lengths of 3 cm, 5 cm, and 7 cm, were tested at temperatures of 12℃, 16℃, and 20℃ in a semi-recirculating aquaculture system. Under the given experimental conditions, the weight specific feces production rate (FP_w) of the abalone increased with the decrease of shell length and the increase of temperature. The relationship of the FP_w was: $FP_w = -3.092 + 206.573/T - 1916.8/T^2 + 0.141L - 0.037L^2$ ($r^2 = 0.9412$). In addition the abalone produced 17.8-22.5% of fecal material against ingested seaweed, *Undaria pinnatifida*, and 18.4-22.4% of nitrogen ingested total nitrogen.

Key words: *Haliotis discus hannai*, *Undaria pinnatifida*, Feces production

서 론

양식 시스템에서 생성되는 주요 고형물은 주로 먹고 남은 먹이 찌꺼기, 소화되지 않고 배설되는 분과 대산산물을 들 수 있다 (Cripps, 1993). 소화되지 않고 배출되는 분은 수중에서 분해되면서 용존산소를 소모하고 병원성 세균 증식을 유발할 수 있으며, 생물학적 여과조의 여과 효율을 감소시킨다(Muir, 1982). 또한 고형물은 사육수 수질을 악화시켜 사육 생물의 스트레스를 높이고(Braaten et al., 1986) 직·간접적인 영향을 일으킨다. 결과적으로 시스템 내 고형물의 축적은 유독 성분을 용출시켜 고밀도 양식 시스템의 첫 번째 제한 인자가 될 수 있어, 시스템 내 발생되는 분량을 산정하는 것은 순환여과식 시스템과 같은 고밀도 시스템의 설계를 위해 중요한 자료로 이용될 수 있다(Oh, 2001).

전복류의 경우 분 배출에 관한 연구는 아직 미비하며, 대부분 전복의 소화율과 관련된 배합 사료 연구에 집중되어 있다. 전복류는 종에 따른 생리적인 차이뿐만 아니라, 먹이에 따라서도 분 배출률이 달라질 수 있으며 생먹이를 먹는 특성으로 인해 사육 및 실험 조건에 따라서도 차이가 발생할 수 있으므로, 실제적인 실험 결과의 현장 적용을 위해서는 사육 시스템 내 정상적으로 먹이를 섭취하는 사육 환경을 제공하면서 분 배출량을 산정하는 것이 바람직하다.

본 연구는 순환여과식 시스템과 같은 고밀도 사육 시스템 내에서 참전복(*Haliotis discuss hannai*)을 사육하기 위해, 소규모 pilot 반순환여과식 사육 시스템을 이용하여 모의 사육 환경에서 수온과 개체 크기에 따른 참전복의 분 배출률 및 분 질소 배출 비율을 측정하였다.

*Corresponding author: jpark@gw.ac.kr

재료 및 방법

실험 시스템

미역을 먹이로 공급한 참전복의 일간 분 배출 특성을 조사하기 위하여 사육과 함께 분을 수집할 수 있도록 실험 사육조를 설계·고안하였다(Fig. 1). 사육조는 직경 40 cm, 높이 40 cm 원형 아크릴로 제작하였으며, 사육조 아래쪽에 원뿔을 연결하고 분의 수집이 용이하도록 원뿔 끝부분에 분리 가능한 분 수집 용기를 부착하였다. 원통 바닥 부분에 망목 5 mm의 망을 설치하고 참전복을 사육하면서 분을 수집하였다. 실험 시스템은 총 12개의 실험 사육조, 고형물 처리를 위한 고속모래여과기, 침지식 생물학적 여과조, 침전조로 구성되었으며, 새물의 환수율이 일간 약 0.5회전이 되도록 하여 반순환여과식으로 운전되었다.

실험 전복 및 방법

실험 전복은 강원도립대학 양어실습동 순환여과식 사육 시스템에서 사육 중이던 참전복을 이용하였다. 먼저 각장 3 cm, 5 cm, 7 cm를 기준으로 참전복을 선별하고, 전복의 수용밀도가 수조 바닥 면적 1 m^2 당 약 3.0 kg이 되도록 110마리, 20마리, 8마리씩을 실험 수조에 수용하였다(Table 1). 실험 수온은 참전복의 일반적인 사육 가능 수온 범위인 12℃, 16℃, 20℃였으며, 미역(*Undaria pinnatifida*)을 먹이로 공급하면서 5일간 분을 수집하였다. 대조구 사육조에는 먹이의 부식으로

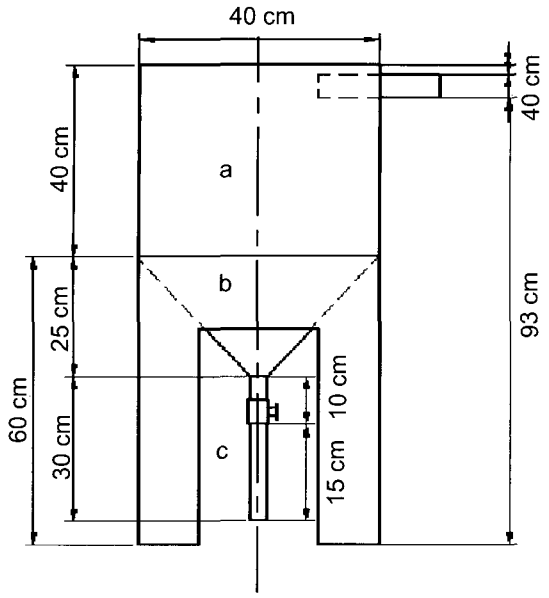

Fig. 1. Dimensions of experimental culture tank with feces collector. a, abalone holding part; b, net; c, feces collector.

발생하는 고형물의 영향을 보정하기 위해 참전복을 수용하지 않은 채 미역만을 투입하였다. 실험 수온의 변화에 따른 참전복의 스트레스를 방지하기 위하여, 약 1개월간 서서히 실험 수온에 순화시켰으며, 실험 시작 7일 전에 실험 시스템에 수용하여 수조에 적응시킨 후 실험을 시작하였다.

분 수집 용기에 모인 분은 하루에 한번 수집하여 침전시켜 상등액을 제거한 후, -20℃에서 급속 냉동하여 보관하였다. 5일간 수집한 분은 동결 건조한 후 수조별로 계량하고 참전복의 전중과 섭취한 먹이에 대한 분 배출량을 계산하였다. 계량 후 실험구별로 분을 합하여 분과 미역 내 질소 함량을 Kjeldahl 법으로 측정하고, 섭취한 총질소량에 대해 분으로 배출되는 질소의 비율을 계산하였다.

통계 처리

Window용 SPSS 12.0을 이용하여 수온과 각장에 대해 two-way ANOVA (3×3 factorial ANOVA)를 실시하여 수온과 각장이 분 배출 특성에 미치는 영향을 평가하였으며, Duncan's multiple range test로 평균(pooled mean) 간의 유의차($P<0.05$)를 검정하였다. 또한 수온과 각장에 따른 참전복의 전중 당 분 배출량을 Window용 회귀 최적화 프로그램 Table-Curve 3D를 이용하여 3차원 회귀모델식을 작성하였다.

결 과

참전복의 전중 당 분 배출량은 수온과 각장 변화에 매우 높은 수준으로 영향을 받았다(Table 2). 수온 12, 16, 20℃에서 전중 당 분 배출량은 각각 0.50±0.11, 2.02±0.62, 2.13±0.48 g feces/kg abalone/day로 모든 수온에서 차이가 있었으며, 20℃에서 가장 많았다($P<0.05$). 또한 각장 3, 5, 7 cm 참전복의 전중 당 분 배출량은 각각 1.95±1.01, 1.65±0.84, 1.05±0.54 g feces/kg abalone/day로 각장 크기가 작아질수록 증가하였다($P<0.05$). 수온과 각장에 변화에 대해 참전복의 전중 당 분 배출량은 다음의 상관관계를 나타내었다(Fig. 3).

$$f(z) = -3.092 + 206.573/T - 1916.8/T^2 + 0.141L - 0.037L^2$$
$$(r^2 = 0.9412)$$

수온 변화에 따른 전중 당 분 배출량의 증가율을 살펴보면, 각장 3, 5, 7 cm 참전복이 수온 16℃에서 배출한 전중당 분의 양은 12℃에서 배출한 양보다 각각 328%, 317%, 235% 더 많았다. 수온 20℃에서 배출한 전중당 분의 양은 16℃에서 배출한 양과 거의 유사하였고, 각장 7 cm 참전복에서만 25% 증가하여, 12℃와 16℃ 사이의 분 배출량 증가율이 16℃와 20℃ 사이의 분 배출량 증가율보다 높은 경향이었다. 동일한 수온에서 각장에 따른 분 배출량 증가율을 보면, 각장 3 cm와 5 cm에 비해 5 cm와 7 cm에서 현저히 감소하는 경향이었다.

먹이섭취량 당 분 배출량은 수온에는 영향을 받았으나 각장 변화에는 영향을 받지 않았다(Table 3). 수온 12, 16, 20℃에서 먹이섭취량 당 분 배출량은 각각 189.1±6.1, 185.2±7.7, 217.5 ±13.3 g feces/kg seaweed/day로 나타나 12℃와 16℃는 차이가 없었고 20℃로 수온이 상승하면서 다소 증가하였다($P<0.05$). 그러나 수온 16℃에서 먹이섭취량 당 분 배출량이 수온 12℃보다 낮아, 수온 변화에 따른 일정한 증감의 경향은 없었다. 각장 3, 5, 7 cm에서 먹이섭취량 당 분 배출량은 각각 204.7±

Table 1. The scheme of experiment on feces and fecal nitrogen production of abalone, *Haliotis discus hannai* by temperatures and shell lengths

Shell length (cm)	Temperature					
	12°C		16°C		20°C	
	Shell length (cm)	Total weight (g)	Shell length (cm)	Total weight (g)	Shell length (cm)	Total weight (g)
3	3.06 ± 0.18^{a}	415.2 ± 1.8^{A}	3.03 ± 0.23^{a}	413.5 ± 0.8^{A}	3.10 ± 0.22^{a}	414.5 ± 0.9^{A}
5	5.14 ± 0.18^{b}	411.1 ± 1.2^{A}	5.19 ± 0.21^{b}	411.6 ± 1.0^{A}	5.12 ± 0.24^{b}	411.1 ± 0.8^{A}
7	7.14 ± 0.22^{c}	413.6 ± 3.3^{A}	7.11 ± 0.25^{c}	413.4 ± 1.0^{A}	7.18 ± 0.23^{c}	413.9 ± 1.4^{A}

Values are means±SD of triplicate groups.
Means±STD within the same columns for shell length or total weight, respectively having the same superscript are not significant different at $P>0.05$ based on LSD of mean comparison.

Table 2. Weight specific feces production (g feces/kg abalone/day) of abalone, *Haliotis discus hannai* and the result of two-way ANOVA for temperatures (T) and shell lengths (L)

Temperature (°C)	Shell length (cm)			Pooled mean**
	3	5	7	
12	0.61 ± 0.03*	0.53 ± 0.02	0.37 ± 0.04	0.50 ± 0.11^{A}
16	2.61 ± 0.06	2.21 ± 0.09	1.24 ± 0.14	2.02 ± 0.62^{B}
20	2.64 ± 0.05	2.21 ± 0.02	1.55 ± 0.07	2.13 ± 0.48^{C}
Pooled mean**	1.95 ± 1.01^{c}	1.65 ± 0.84^{b}	1.05 ± 0.54^{a}	1.55 ± 0.8

Analysis of variance

	Sum of square mean	df	Square mean	*F value*	*P value*
Overall***	19.86	8	2.48	568.99	0.000
T	14.97	2	7.49	1,715.93	0.000
L	3.79	2	1.90	434.58	0.000
T×L	1.10	4	0.27	62.72	0.000

*Values are means±SD of triplicate groups.
**Pooled means±SD within the same row (temperature) or column (shell length) having the same superscript are not significant different at P<0.05 based on Duncan's multiple range test.
***R^2=0.996.

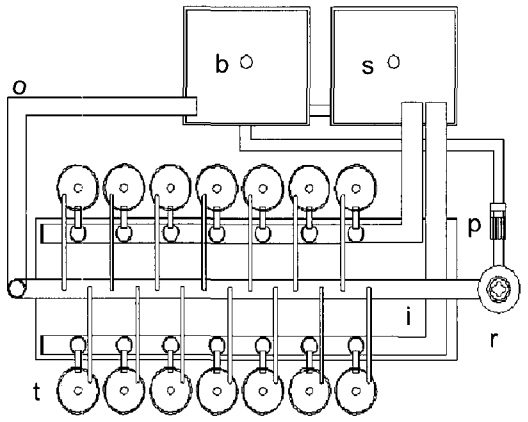

Fig. 2. Schematic diagram of semi-recirculating aquaculture system for investigation of feces production. b, submerged biological filter; d, drain pipe; i, inflow pipe; o, overflow pipe; p, pump; r, rapid sand filter; s, sedimentation chamber.

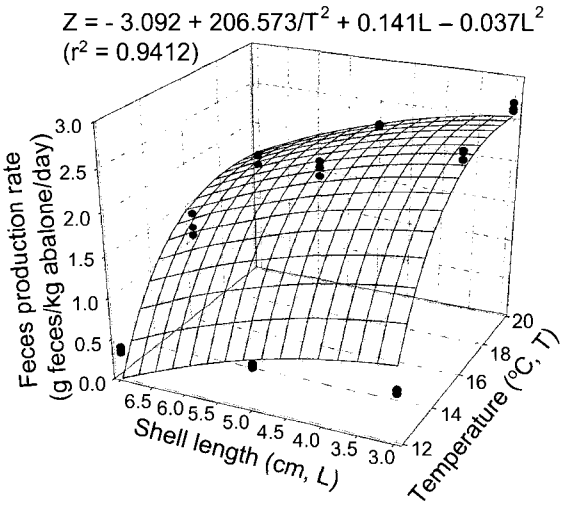

Fig. 3. Changes of weight-specific feces production of abalone, *Haliotis discus hannai* with different temperatures and shell lengths. ANOVA for regression: sum of square mean 18.765, F value 87.983, P<0.001.

18.1, 198.0±17.9, 188.9±13.7 g feces/kg seaweed/day로, 각장이 커지면서 증가하는 경향이었으나 평균 간에 차이는 없었다(P>0.05).

참전복의 분 질소 배출 비율은 수온과 각장 변화에 따라 영향을 받았으며, 각장 변화에 더 큰 영향을 받았다. 수온 12, 16, 20℃에서 미역을 섭취한 참전복의 분 질소 배출 비율은 각각 20.9±1.4, 20.1±1.2, 19.1±0.8%로 수온이 상승하면서 감소하였다(Table 4). 각장 변화에 따라서도 분 질소 배출 비율은 18.8±0.5, 20.1±0.9, 21.2±1.2%로 나타나 각장이 커질수록 더 높은 비율로 분 질소를 배출하였다(P<0.05).

고 찰

Fleming (1995)은 홍조류인 *Jeannerettia lobata*와 *Laurencia botryoides*, 녹조류인 *Ulva australis*, 갈조류인 *Macrocystis angustifolia*와 *Phyllospora comosa*와 *Ecklonia radiata*를 각장 8.5-12 cm 범위의 *Haliotis rubra*에 공급하고 먹이 섭취량 당 분 배출 비율과 분 질소 배출 비율을 측정하였다. 6가지 해조류를 섭취한 *H. rubra*의 먹이 섭취량 당 분 배출 비율은 21.7-76.0% 범위를 나타내어 섭취하는 해조류의 종류에 따라 큰 차이가 있었으며, 미역을 참전복의 먹이로 공급한 본 실험에서 나타난 17.8-22.6% 보다 비교적 높았다. Fleming (1995)의 실험에서 분 질소 배출 비율도 먹이 내 단백질 함량에 따른 일정한 경향 없이 25.2-64.9% 범위를 보였다. Neori et al. (2000)은 *Ulva lactuca*와 *Gracilaria conferta*를 공급한 참전복이 약 26.1%의 질소를 분으로 배출한다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 미역을 공급한 참전복은 개체 크기와 수온에 따라 18.4-

Table 3. Feed specific feces production (g feces/kg seaweed/day) of abalone, *Haliotis discus hannai* and the result of two-way ANOVA for temperatures (T) and shell lengths (L)

Temperature (°C)	Shell length (cm)			Pooled mean**
	3	5	7	
12	194.5 ± 0.8*	189.5 ± 4.6	183.2 ± 5.5	189.1 ± 6.1^{A}
16	194.0 ± 1.8	183.5 ± 2.6	177.6 ± 4.5	185.2 ± 7.7^{A}
20	225.7 ± 17.7	220.9 ± 6.2	205.9 ± 5.6	217.5 ± 13.3^{B}
Pooled mean**	204.9 ± 18.1^{a}	198.0 ± 17.9^{a}	188.9 ± 13.7^{a}	197.2 ± 17.3

Analysis of variance

	Sum of square mean	df	Square mean	*F value*	*P value*
Overall***	6,889.37	8	861.17	16.67	0.000
T	5,647.79	2	2,823.90	54.55	0.000
L	1,129.87	2	564.94	10.94	0.061
T×L	111.70	4	27.93	0.54	0.708

*Values are means±SD of triplicate groups.
**Pooled means±SD within the same row (temperature) or column (shell length) having the same superscript are not significant different at $P<0.05$ based on Duncan's multiple range test.
***$R^2=0.881$.

Table 4. Nitrogen production ratio by feces of abalone, *Haliotis discus hannai* and the result of two-way ANOVA for temperatures and shell lengths

Temperature (℃)	Shell length (cm)			Pooled mean**
	3	5	7	
12	19.3 ± 0.1*	21.0 ± 0.3	22.4 ± 0.4	20.9 ± 0.9^{C}
16	18.8 ± 0.1	20.2 ± 0.2	21.5 ± 0.3	20.1 ± 0.8^{B}
20	18.4 ± 0.2	19.2 ± 0.3	19.8 ± 0.3	19.1 ± 0.4^{A}
Pooled mean**	18.8 ± 0.3^{a}	20.1 ± 0.5^{b}	21.2 ± 0.7^{c}	20.1 ± 0.1

Analysis of variance

	Sum of square mean	df	Square mean	*F value*	*P value*
Overall***	42.14	8	5.27	25.58	0.000
Temperature	13.78	2	6.89	33.45	0.000
Shell length	26.24	2	13.12	63.72	0.000
Interaction	2.12	4	0.53	2.58	0.073

*Values are means±SD of triplicate groups.
**Pooled means±SD within the same row (temperature) or column (shell length) having the same superscript are not significant different at $P<0.05$ based on Duncan's multiple range test.
***$R^2=0.919$.

22.4%의 비율로 질소 배출하여, Fleming (1995)과 Neori et al. (2000)의 결과보다 낮은 비율로 분 질소를 배출하였다. Fleming (1995)과 Neori et al. (2000)과 본 실험 결과로 보아, 전복류는 해조류 내 단백질의 함량보다 공급되는 해조류의 종류에 따라 분 배출 비율과 분 질소 배출 비율이 차이가 있는 것으로 생각되며, 이와 관련하여 해조류 종류에 따른 해조류 내 질소의 이용률의 차이에 대해 보고된 바 있다 (Montgomery and Gerking, 1980).

개체 크기와 수온 변화에 따른 분 질소 배출 비율은 본 실험에서 참전복의 각장이 커지고 수온이 낮아지면서 분에 의한 질소 배출 비율이 높았다. Barkai and Griffiths (1987)와 Emberton (1982)은 각각 *H. rubra*와 *Haliotis tuberculata*에 있어서, 본 실험 결과와 달리 개체 크기와 수온에 따라서 분 질소 배출 비율이 차이가 없거나 미미하다고 하였다. 본 실험에서는 수온과 각장 변화에 따라 분 질소 배출 비율이 차이가 있어, *Haliotis midae*의 분 질소 배출 비율이 수온에 영향을 받는다고 한 Dixon (1992)의 결과와 유사하였다. 참전복도 어류와 유사하게 수온이 높고 개체가 작을수록 단백질 대사효율이 높아지는 것으로 생각되나, 전복류는 품종과 공급 해조류와 실험 조건에 따라 차이가 큰 것으로 생각된다.

Clark et al. (1985)은 평균 70 g과 120 g의 무지개송어를 대상으로 전중 당 분 배출량을 조사하였으며, 각각 4.33 g feces/kg fish/day와 3.50 g feces/kg fish/day로 어체 크기가 작아질수록 배출량이 증가하였다. 나일틸라피아의 전중에 따른 분 배출량을 조사한 Oh (2001)의 실험에서도 어체가 커지면서 전중 당 분 배출량이 감소하여 경향이 유사하였다. 본 실험에서

참전복도 수온이 상승하고 각장이 작아질수록 전중 당 분 배출량이 증가하였다. 이것은 어류와 같이 크기가 작은 개체가 높은 수온에서 전중 당 먹이 섭취량이 많기 때문으로 생각된다. 참전복의 전중 당 배출한 분의 총량은 Clark et al. (1985)과 Oh (2001)가 보고한 어류의 배출량보다는 상대적으로 적어, 어류에 비해 건조 중량으로 전중 당 먹이 섭취량이 적었다.

먹이 섭취량 당 배출량의 경우, Clark et al. (1985)은 70 g과 120 g의 무지개송어가 각각 265 g feces/kg feed/day과 280 g feces/kg feed/day을 배출한다고 하였다. Oh (2001)의 실험에서도 단백질 함량 30%의 사료를 공급한 평균 전중 8.2, 51.6, 193.5 g의 나일틸라피아가 각각 167.2, 182.3, 209.4 g feces/kg feed/day의 분을 배출하여, 무지개송어와 나일틸라피아의 섭취한 먹이량에 대한 분 배출 비율은 약 16.7-28.0%의 범위였다. Chen et al. (1994)은 무지개송어를 포함한 연어과 어류가 일반적으로 섭취한 먹이에 대해 약 25-30%를 분으로 배출한다고 하였다. 본 실험에서 참전복의 먹이 섭취량 당 분 배출 비율이 17.8-22.6%로 나타나 어류보다 비교적 낮았다. 갑각류는 어류에 비해 다소 낮은 비율로 분을 배출한다는 Malone et al. (1990)의 결과와 비교하여, 참전복의 분 배출 비율이 갑각류와 유사한 것으로 생각된다.

몇몇의 어류에 있어서 질소 소화율을 측정한 여러 연구자들의 결과에 의하면, 나일틸라피아가 88.3-96.0%, 무지개송어가 87.0-94.2%, Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*)이 82.0-86.0%의 질소 소화율을 나타낸다고 하여(Yong et al, 1989; Oliva-Teles et al., 1994; Kim, 1995; Berge et al., 1999; Oh, 2001), 4.0-18.0%의 질소를 소화하지 못하고 분으로 배출하였다. 참전복에 미역을 먹이로 공급한 본 실험과 *U. lactuca*와 *G. conferta*를 공급한 Neori et al. (2000)의 실험에서 참전복은 각각 18.4-22.4%와 26.1%의 질소를 분으로 배출하여, 분에 의한 질소 배출 비율은 어류보다 높은 것으로 생각된다.

본 연구를 통해 순환여과식 시스템 내에서 생먹이인 미역을 공급하면서 참전복을 육성하기 위해 분과 분 질소 배출량에 대한 기초자료를 얻을 수 있었다. 이와 같은 자료는 참전복의 성장 단계와 사육 환경에 따른 시스템 내 분 고형물 및 질소 부하량, 사육 밀도를 정하는 데 활용될 수 있으며, 참전복을 육성하기 위한 순환여과 양식 시스템 내 고형물 제거장치 및 질산화 여과조의 기초 설계 인자로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Barkai, R. and C.L. Griffiths. 1987. Consumption, absorbtion efficiency, respiration and excretion in the South African abalone, *Haliotis midae*. S. Afr. J. Mar. Sci., 5, 523-529.

Berge, G.M., B. Grisdale-Helland and S.J. Helland. 1999. Soy protein concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). Aquacult., 145, 225-253.

Braaten, B., T. Poppe, P. Jacobsen and K. Maroni. 1986. Risk from self-pollution in aquaculture evaluation and consequences. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Aquafarming 'Aquacoltura 86'. Grimalid E. and H. Rosental eds. Verona, 139-165.

Chen, S., D. Stechey and R.F. Malone. 1994. Suspended solids control in recirculating aquaculture systems. In: Aquaculture Water Reuses Systems. Timmons M.B and T.M. Losordo, eds. Elsevier, Amsterdam, pp. 62.

Clark, E.R., J.P. Harman and J.R.M. Forster. 1985. Production of metabolic and waste products by intensively farmed rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish. Biol, 27, 381-393

Cripps, S.J. 1993. The application of suspended particle characterization technique to aquaculture system. In: Techniques for Morden Aquacuture. American Society of Agricultural Engineering. Wang J.K. ed. St. Joseph, USA, 26-34.

Dixon, M.D. 1992. The effects of temperature and photoperiods on the digestive physiology of the South African abalone, *Haliotis midae*. M.S. Thesis. Rhodes University, South Africa, pp. 85.

Emberton, H. 1982. An investigation the energy budget of the omer *Haliotis tuberculata* (L.) on different diets and at different temperatures. M.S. Thesis, Plymouth Polytechnic, England, pp. 115.

Fleming, A.E. 1995. Digestive efficiency of the Australian abalone, *Haliotis rubra* in relation to growth and feed prefenrence. Aquaculture, 134, 279-293.

Kim, P.K. 1995. Effects of dietary soybean meal on the growth and physio-chemical changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea. pp. 155.

Malone, R.F., K.A. Rusch and D.G. Burden. 1990. Kemp's ridley sea turtle waste characterization study: Precursor to a recirculating holding system design. J. World Aquacult. Soc., 21, 137-144.

Montgomery, W.L. and S.D. Gerking. 1980. Marine macroalgae as foods for fishes: an evaluation of potential food quality. Environ. Biol. Fish., 5, 143-153.

Muir, J.F. 1982. Recirculated water system in aquaculture. In: Recent Advanced in Aquaculture. Muir, J.F. and R.J. Roberts eds. Westview Press, Boulder, CO, 357-447

Neori, A,M. Shpigel and D. Ben-Ezra. 2000. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and

abalone. Aquacult., 186, 279-291.
Oh, S.Y. 2001. Nitrogen loading rate of Nile tilapia and nitrification rate of rotating biological contactor. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea, pp. 155.
Oliva-Teles, A., A.J. Gouveia, E. Gomes and P. Rema. 1994. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, *Oncohrhynchus mykiss*. Aquaculture, 124, 343-349
Yong, W.Y., T. Takeuchi and T. Watanabe. 1989. Relationship between digestible energy contents and optimum energy to protein ratio *Oreochromis niloticus* diet. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 869-873.

2005년 10월 31일 접수
2005년 12월 10일 수리