

통영 바다목장 자원조성을 위한 연구
II. 야간점등과 먹이공급 조건에 따른 불락의 성장과 위내용물 변화

윤 호 섭* · 최 상 덕¹

전남대학교 해양학과, ¹전남대학교 수산해양대학 양식생물학전공

Study on Resources Annexation in Tongyeong Marine Ranching
II. Change of Growth and Stomach Contents on Night-lights and Feeding Condition of Black Rockfish *Sebastes inermis*

Ho Seop Yoon* and Sang Duk Choi¹

Department of Oceanography, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

¹Aquaculture Program, Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

Abstract - The effects of night-lights on feeding by the black rockfish *Sebastes inermis* in the cage of the Tongyeong marine ranching area were investigated by analyzing the stomach contents of 200 individuals from July 2004 to August 2004.

In night-lights groups, black rockfish consumed mainly copepoda, amphipoda and polychaeta; also those in control area fed on copepods, amphipods and polychaets. Copepods (57%) and amphipods (32%) were the major prey organisms for all study period in night-lights. While, major prey items in control area were copepods (88%). Growth of the black rockfish reared in night-lights conditions were significantly higher than that of those in control area.

Key words : night-lights, *Sebastes inermis*, copepods, amphipods, growth

서 론

어장환경이 조성되어 많은 양의 생물자원을 일정 해역에 확보하는 것이 바다목장의 최종 목표이고, 목장 해역에서 지속적인 생산성을 확보, 유지하는 관리기술을 수립하여야 한다. 다시 말해서 조성된 생물자원들을 어떤 형태로든지 설정된 지역안에 가능한 높은 생산성 즉, 잘 자라도록하고 나아가 오래 머물도록 하는 것이다 (KORDI 2003). 따라서 대상생물을 가능한 오래 잡아들

수 있는 구체적인 방안이 요구된다. 이에 야간 점등을 대상생물의 관리 도구의 하나로 직접 활용이 가능한 방안을 확립하고자 다양한 연구가 진행되어져 왔다 (Park et al. 2001, 2003; Kim and Park 2002).

최근 가두리 양식장에서 야간 점등(빛)을 이용하여 동물플랑크톤을 유도함으로써 어류 먹이로서의 자연산 먹이생물 활용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Mamcarz and Szczerbowski 1984; Szczerbowski and Mamcarz 1984; Rosch and Eckmann 1986; Champigneulle and Rojas-Beltran 1990; Mamcarz and Kozlowski 1992; Mamcarz 1995; Yoon 2005). 그러나 본 연구 대상종인 불락 (*Sebastes inermis*)을 이용한 연구는 전무한 실정이고,

* Corresponding author: Ho Seop Yoon, Tel. 061-659-3166, Fax. 061-659-3166, E-mail. yoonhs7409@hotmail.com

대부분 자연상태에 서식하는 자, 치어기 단계의 식성에 관하여 보고된 내용이 전부이다(Love *et al.* 1991; Pedersen and Riget 1993; Honda and Kan-no 1997).

양식용 종묘와 방류용 종묘는 요구되는 종묘의 특성이 다르다. 양식용 종묘는 비만도가 높고 도피성이 적어 에너지 소비량이 적어야 하는 등 빠른 성장을 위한 특성을 지녀야 하는데 반하여 방류용 종묘는 비만도가 낮아 기아에 잘 견디어야 하며, 도피성이 많아 해적생물에 식해되지 않는 등 내환경성의 특성을 지녀야 한다. 그러므로 이러한 특성을 지닌 종묘, 즉 중간육성 기간동안 가능한 훈련을 통한 자연산 먹이 섭취 학습이 이루어져 혹독한 자연조건에서 건강하게 살아남을 수 있는 개체를 생산 방류하여야 방류에 의한 자원조성 효과를 증대시킬 수 있을 것이다(KORDI 2003). 한편 야간 점등(night-lights) 효과의 부수적인 결과로 앞으로 보다 면밀히 검토를 수행하여 현재 연안 가두리 양식 기술에 직접 이용하여 대량 고밀도 양식 사업에 환경 친화적 개념의 먹이공급이 가능한 사육기술로 이용하려는 의도도 포함하고 있다.

현재 연안 어류자원 양식의 한 형태인 가두리 양식장의 사료부담이 점차 가중되고 있으며, 특히 투입된 사료 중 어류에 의해 소비되는 부분을 제외한 나머지가 바닥으로 가라앉아 2차적인 환경 문제를 일으킬 잠재성을 안고 있다. 따라서 이 문제의 개선, 해결을 위해 해양환경내 먹이망(food web)을 이용한 자연적인 먹이 제공방법이 적절할 것으로 기대되며, 자연산 먹이생물이 갖는 장점을 극대화하여 인공사료를 대체할 수 있는 가능성도 기대할 수 있다.

따라서 불락(*S. inermis*)을 대상으로 통영해역의 바다목장사업에서 목장 해역내의 효율적인 자원증대에 기여하고자 야간 점등 기법을 중간육성 방법으로 활용하여 시행하였다. 이에 중간육성중인 불락 개체들을 대상으로 위내용물을 분석하여 야간 점등에 의해 유도된 동물플랑크톤에 대하여 자연산 먹이로서의 활용 가능성과, 먹이공급 조건에 따른 불락의 성장을 조사하여 실질적인 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 위내용물 분석

위내용물 분석을 위하여 경남 통영시 바다목장 해역내 한국해양연구원 가두리 설치 지역에서 2004년 7월부터 8월까지 채집을 실시하였으며, 육상 종묘생산시설에

서 만들어진 약 3g 내외의 당년생 개체 4,000마리를 4×2×2 m 크기의 그물(망목 6 mm)에 수용하여 사육하며, 점등(night-lights), 비점등(control) 각각 조사시기별로 20마리 개체를 공시어로 활용하였다. 특히 실험의 목적에 따라 배합사료는 전혀 사용하지 않았으며, 야간점등(250 W)에 의한 먹이 공급이 유일한 급이 방법이었다. 채집된 어류는 10% formalin으로 고정하였으며, 실험실에서 점등구와 비점등구에서 채집된 불락의 전장(total length)과 체중(body weight)을 각각 측정 후 어체에서 위를 분리하여, 위내용물은 해부현미경을 이용하여 먹이 종류별로 분리, 동정하였다. 많이 출현한 먹이생물은 가능한 종까지 동정하였으나, 그 외 먹이생물은 과(Family) 혹은 목(Order) 단위까지 분류하였다. 그리고 먹이 종류별로 개체수를 계수하였고, 먹이 종류별로 80°C의 건조기에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량을 0.1g 단위까지 측정하였다.

위내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도, 먹이생물의 개체수비 및 건조중량비로 나타내었다. 섭이된 먹이생물의 상대중요성지수(Index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

여기서, N는 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율이며, W는 먹이생물 총 건조중량에 대한 백분율이고, F는 각 먹이생물의 출현빈도이다. 또한 각 먹이생물의 상대중요성지수를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비를 구하였다.

2. 먹이공급 조건에 따른 성장

먹이공급 조건에 따른 성장 실험은 위내용물 분석시 사육한 방법과 동일하게 수용하여 사육하였으며, 각 구간별 2반복으로 실시하였다. 각 실험구의 먹이공급은 배합사료의 양을 일일기준 점등구간(night-lights) : 점등+무급이, 점등+배합사료 25%, 점등+배합사료 50%, 점등+배합사료 75%, 점등+배합사료 100%, 비점등구간(control) : 비점등+무급이, 비점등+배합사료 25%, 비점등+배합사료 50%, 비점등+배합사료 75%, 비점등+배합사료 100%로 구분하여 공급하였으며(Fig. 1), 일일사료의 공급량은 어체중의 3~4%로 1일 2회 공급하였다. 또한 실험의 목적에 따라 어체 수용밀도를 달리하여(4,000미, 8,000미) 실험을 실시하였다. 각 구간별 성장 조사는 중간육성 기간중 동물플랑크톤 조사일정과 동일하게 실시하였으며, 각 구간당 30마리씩 무작위로 추출

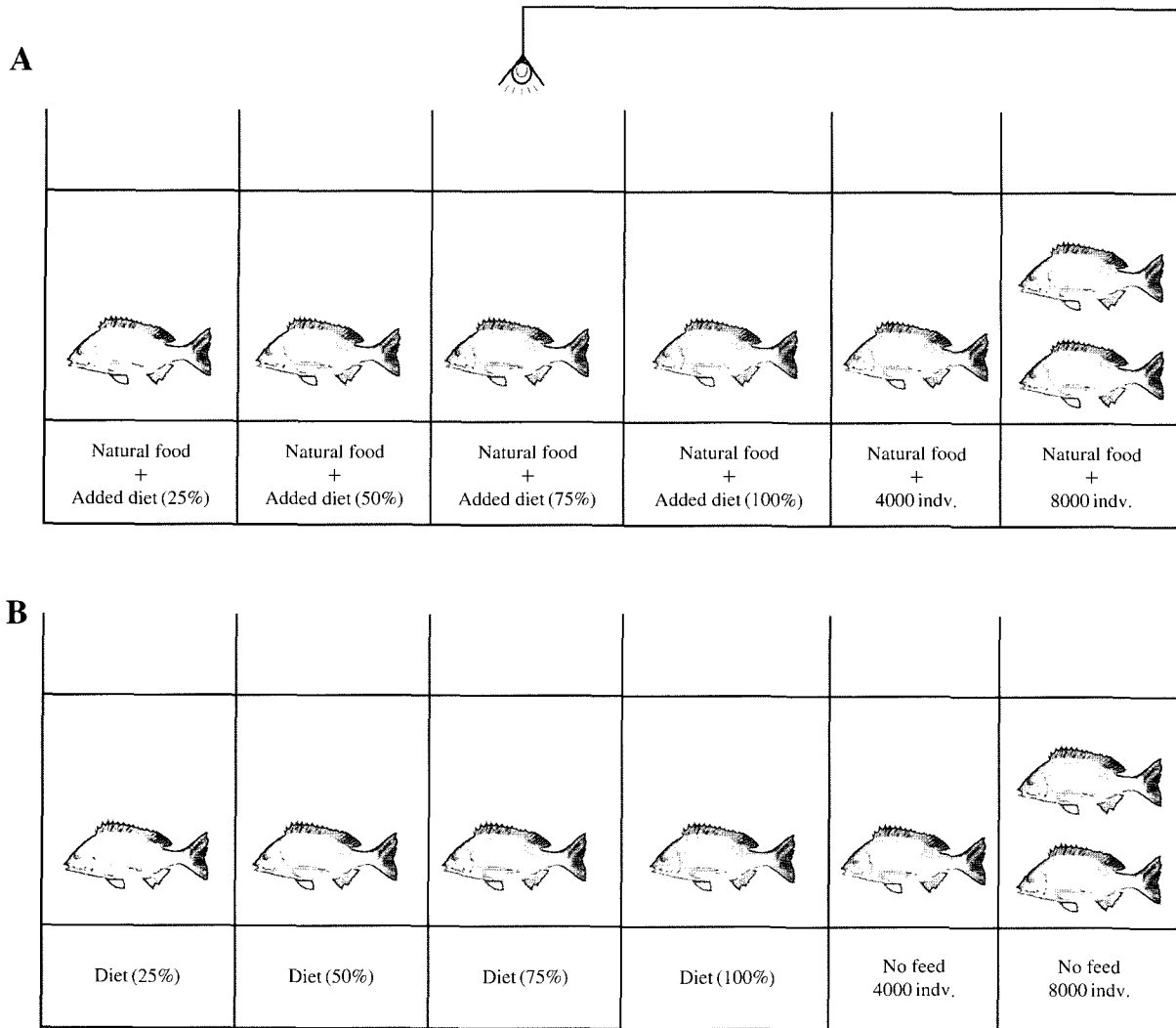


Fig. 1. A schematic drawing of feeding experiment in floating fish cages. A: Night-lights, B: Control (dark).

하여 측정하였다.

3. 통계분석

실험결과는 SPSS for window program으로 ANOVA test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan 1955)로 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

결 과

1. 위내용물 조성

위내용물 분석에 사용된 불락은 점등, 비점등 각각 100개체로서 총 200개체였다. 이중 위속에 내용물이 전

혀 없었던 공위개체는 15개체로 모두 비점등구에서 나타났으며, 전체 분석된 개체수의 약 7.5%를 차지하였다.

먹이를 섭취한 점등구 100개체의 위내용물을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 점등구간에서 불락의 주요 먹이생물은 단각류 (Amphipoda), 요각류 (Copepoda), 갯지렁이류 (Polychaeta)로 나타났다. 단각류는 85.3%의 높은 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 18.2%와 건조중량의 49.8%를 차지하였다. 상대중요성지수비는 36.7%였다. 요각류는 87.3%의 출현빈도와 69.1%의 개체수비, 44.6%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 62.6%였다. 요각류 중 가장 많이 섭취된 종은 *Calanus sinicus*, *Labidocera rotunda*, Copepodite 및 *Acartia erythraea*였다. 갯지렁이류는 6.7%의 출현빈도, 5.3%의 개체수비와 1.9%의 건조중량비를 보였으며, 상

대중요성비는 0.3%였다. 그 다음이 미동정개체로서 7.4%의 출현빈도와 4.6%의 개체수비, 1.8%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 0.3%였다. 그 밖에 십각류(Decapoda), 어류(Fish)들도 위내용물속에서 발견되었으나, 그 양은 많지 않았다.

섭이한 비점등구 85개체의 위내용물을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 비점등구간에서 불락의 주요 먹이생물

Table 1. Diet composition of *Sebastes inermis* according to frequency of occurrence, number, dry weight and IRI under night-lights

Prey items	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Amphipoda	85.3	18.2	49.8	5800.4	36.7
Amphipods	76.1	18.2	49.8		
Copepoda	87.3	69.1	44.6	9926.01	62.6
<i>Calanus sinicus</i>	71.2	21.8	19.4		
<i>Labidocera rotunda</i>	69.7	16.6	13.8		
Copepodite	42.4	13.4	3.8		
<i>Acartia erythraea</i>	13.1	9.2	3.6		
<i>Acartia omorii</i>	7.8	5.2	1.7		
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1	2.1	2.7	0.7		
<i>Temora discaudata</i>	1.1	0.2	1.6		
Decapoda					
Decapod larvae	13.8	0.4	0.9	17.94	0.1
Polychaeta					
Polychaet larvae	6.7	5.3	1.9	48.24	0.3
Fish					
Fish larvae	3.2	2.4	1.1	11.2	+
Unidentified	7.4	4.6	1.8	47.36	0.3
Total		100	100		100

+: less than 0.1%

Table 2. Diet composition of *Sebastes inermis* according to frequency of occurrence, number, dry weight and IRI under control (dark)

Prey items	Occurrence (%)	Number (%)	Dry weight (%)	IRI	IRI (%)
Amphipoda	19.2	7.8	26.5	658.56	6.1
Copepoda	63.9	86.9	69.9	10019.52	93.3
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1	59.6	38.7	32.1		
<i>Labidocera rotunda</i>	48.7	19.6	16.7		
Copepodite	46.3	13.4	11.1		
<i>Calanus sinicus</i>	20.3	10.9	7.9		
Harpacticoids	12.8	3.1	1.8		
<i>Evadne tergestina</i>	8.7	1.2	0.3		
Polychaeta					
Polychaet larvae	9.2	2.3	1.8	37.72	0.4
Fish					
Fish larvae	5.4	1.6	0.8	12.96	0.1
Unidentified	3.1	1.4	1.0	7.44	0.1
Total		100	100		100

+: less than 0.1%

은 요각류(Copepoda), 단각류(Amphipoda), 갯지렁이류(Polychaeta)로 나타났다. 요각류는 63.9%의 높은 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 86.9%와 건조중량의 69.9%를 차지하였다. 또한 상대중요성지수비는 93.3%로 높았다. 요각류중 가장 많이 섭취된 종은 *Paracalanus parvus* s. 1, *Labidocera rotunda*, Copepodite, *Calanus sinicus*, Harpacticoids 등이었다. 단각류는 19.2%의 출현빈도와 7.8%의 개체수비, 26.5%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 6.1%였다. 갯지렁이류는 9.2%의 출현빈도, 2.3%의 개체수비와 1.8%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 0.4%로 낮았다. 또한 점등구간과 비교했을때 출현빈도, 개체수비, 상대중요성지수비가 크게 상이함을 알 수 있었다.

2. 조사시기별 먹이조성의 변화

점등구간에서 불락의 조사시기에 따른 먹이조성을 살펴보면 1차조사(7월 12일)에는 요각류, 단각류, 미동정개체를 고루 섭취하였는데, 이들은 각각 위내용물 건조중량의 72.9%, 22.3%, 2.2%를 차지하였다. 그러나 2차조사(7월 20일)로 접어들면서 단각류의 비율이 점차 증가하였으며(32.1%), 요각류의 비율이 다소 감소하였다. 또한 미동정개체, 갯지렁이류 등도 각각 2.2%, 1.5%의 중량비를 나타내었다. 3차조사(8월 10일)에는 단각류가 차지하는 비율이 크게 증가하여 위내용물 건조중량의 45.6%를 차지하였다. 4차조사(8월 17일)에서는 다시 요각류의 점유율이 69.6%를 나타내어 위내용물 건조중량의 거의 대부분을 차지하였으며, 5차조사시(8월 30일)에는 요각류와 단각류의 비율이 각각 49.7%, 41.7%를 나타내었으며, 그 외 십각류, 갯지렁이류 등이 출현하였다(Fig. 2).

비점등구간에서 조사시기에 따른 먹이조성을 살펴

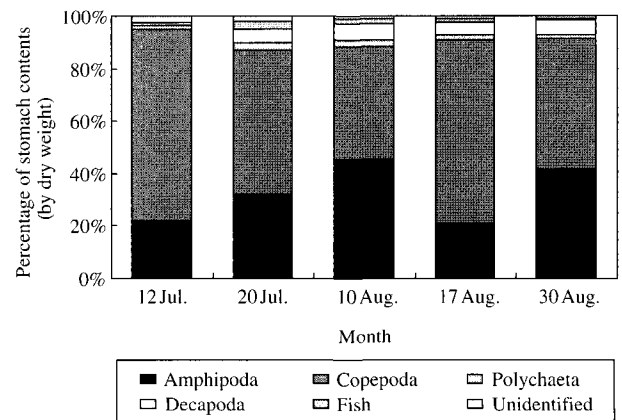


Fig. 2. Seasonal changes in prey items of *Sebastes inermis* under night-lights.

면 1차조사(7월 12일)에는 요각류, 단각류 등을 섭취하였는데 요각류가 93.3%로서 거의 대부분을 차지하였다. 2차조사(7월 20일)에서는 요각류, 단각류가 각각 88.7%, 7.8%의 점유율을 보였으며, 그 외 십각류, 갯지렁이류 등이 1.6, 1.2%의 비율로 나타났다. 3차조사(8월 10일)에는 요각류, 십각류, 갯지렁이류가 출현하였는데 각각 89.8, 7.7, 1.4%를 나타내었으며, 4차조사(8월 17일)에는

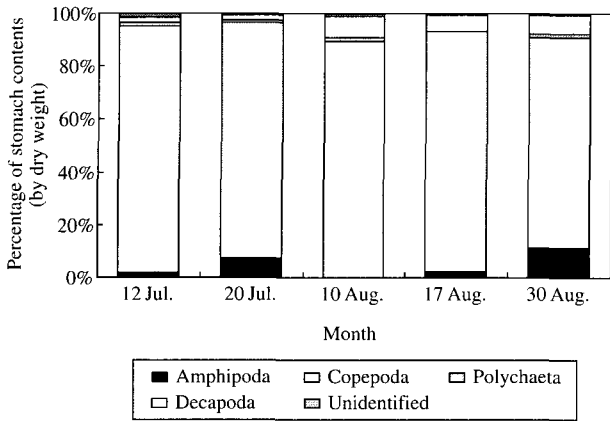


Fig. 3. Seasonal changes in prey items of *Sebastes inermis* under control (dark).

요각류의 비율이 91.1%로 대부분을 차지하였다. 5차조사(8월 30일)에는 요각류가 79.5%로 가장 큰 점유율을 나타내었으며, 단각류의 비율이 소폭 증가하여 11.6%의 먹이조성을 보였다. 비점등구에서는 전 조사기간동안 요각류가 위내용물 건조중량의 79% 이상을 나타내어 거의 대부분 차지함을 알 수 있었다(Fig. 3).

3. 먹이공급 조건에 따른 성장

중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등, 비점등구간의 불락(*Sebastes inermis*) 성장은 Figs. 4~8과 같다. 최초 불락 입식시(6월 16일) 전장(mm)과 체중(g)은 각각 48 mm, 2.8 g이었던 것이 1차조사(7월 12일)때 점등 실험구간에서는 전장 60 mm, 체중 4 g 이상으로 성장하였다. 점등구간에서는 전장의 성장에 있어 비점등구간에 비해 성장폭이 유의적으로 높음을 알 수 있었고($P < 0.05$), 체중의 경우 점등구간과 비교해 볼 때 각 구간당 1 g 이상의 성장 차이를 보여 비교적 큰 폭의 성장 차이를 나타내었다(Fig. 4). 2차조사(7월 20일)시 전장의 경우 비점등구에 비해 점등구에서 비교적 높은 성장을 나타내었으며, 체중도 점등, 비점등구 모두 전장에 비례하여 성장이 양호함을 알 수 있었다(Fig. 5).

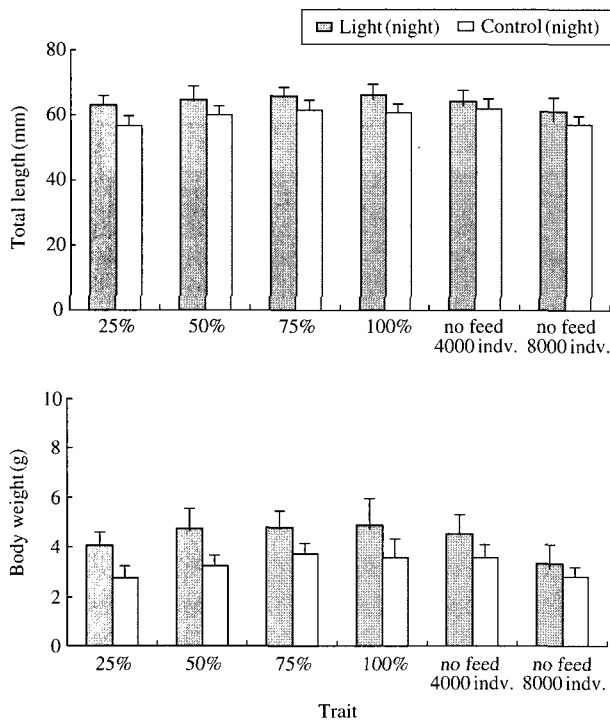


Fig. 4. Growth of total length and body weight of *Sebastes inermis* to night-lights and control at different feeding trait for intermediate reared (12, July).

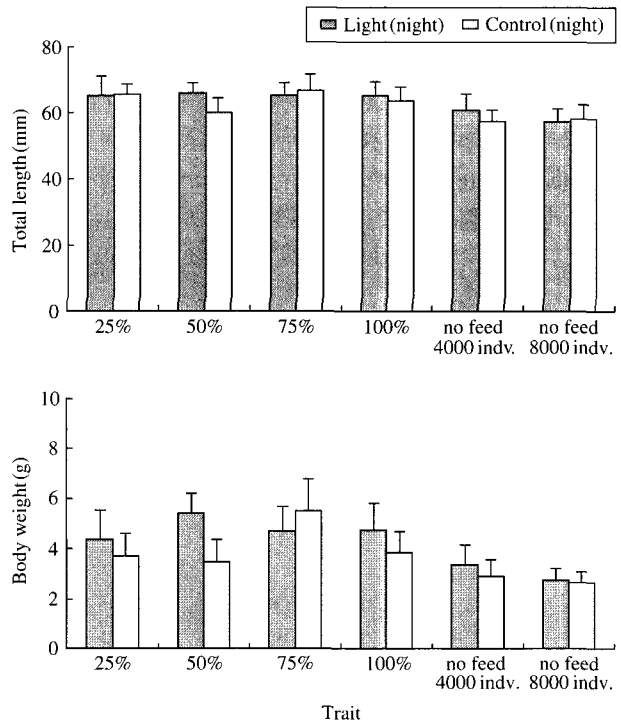


Fig. 5. Growth of total length and body weight of *Sebastes inermis* to night-lights and control at different feeding trait for intermediate reared (20, July).

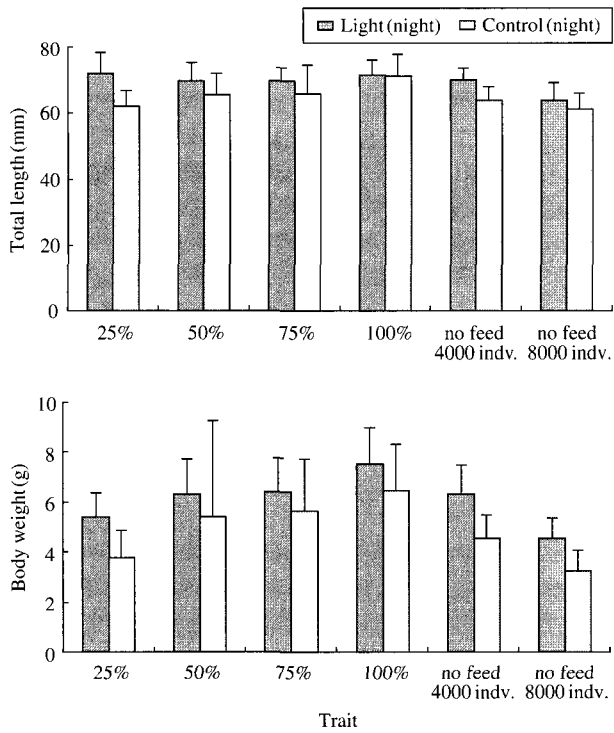


Fig. 6. Growth of total length and body weight of *Sebastes inermis* to night-lights and control at different feeding trait for intermediate reared (10, August).

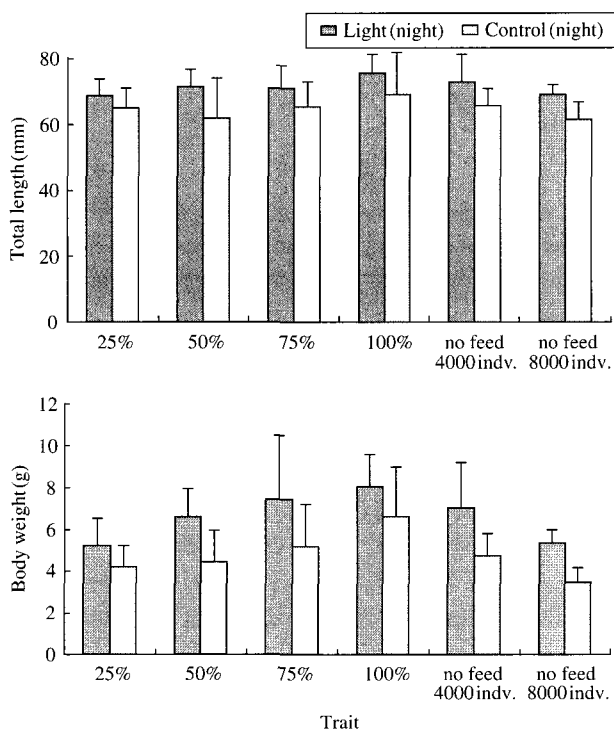


Fig. 7. Growth of total length and body weight of *Sebastes inermis* to night-lights and control at different feeding trait for intermediate reared (17, August).

이후 3차조사(8월 17일)때 불락의 성장을 살펴보면 점등실험구간에서는 8,000마리 무급이 구간을 제외한 모든 구간에서 전장 70 mm 이상을 나타내었으며, 체중도 전장에 비례하여 성장이 양호함을 알 수 있었다. 비점등 실험구간에서는 실험개시 이후 75%, 100% 사료급이구에서만 소폭 성장을 나타내었으며, 기타 실험구에서는 유의한 변화가 없었다. 또한 모든 구간에서 비점등구에 비해 점등구에서 높은 성장 결과를 보였다($P < 0.05$). 4차조사(8월 17일) 역시 모든 구간에서 비점등구에 비해 점등구에서 높은 성장을 나타내었다($P < 0.05$). 실험종료시인 5차조사(8월 30일)때 성장 결과를 살펴보면 점등, 비점등실험구간 모두 꾸준한 성장을 나타내었다. 또한 비점등실험구간 보다는 점등실험구간에서의 성장이 더 빠름을 알 수 있었는데 특히, 비점등실험구간에 비해 점등실험구간에서 체중의 변화폭이 크게 나타남을 알 수 있었다($P < 0.05$).

중간육성 기간중 점등, 비점등실험구간에서 사료공급량에 따른 성장관계를 살펴보면, 점등 +100% 사료급이구에서 가장 좋은 성장을 나타내었다. 반면 비점등 +8,000마리 무급이구간에서는 실험종료시 체중이 더 감소하여 가장 낮은 성장을 나타내었다. 또한 점등기법을 이용한 사료저감효과 부분에 있어 실험종료시 점등구간 50%,

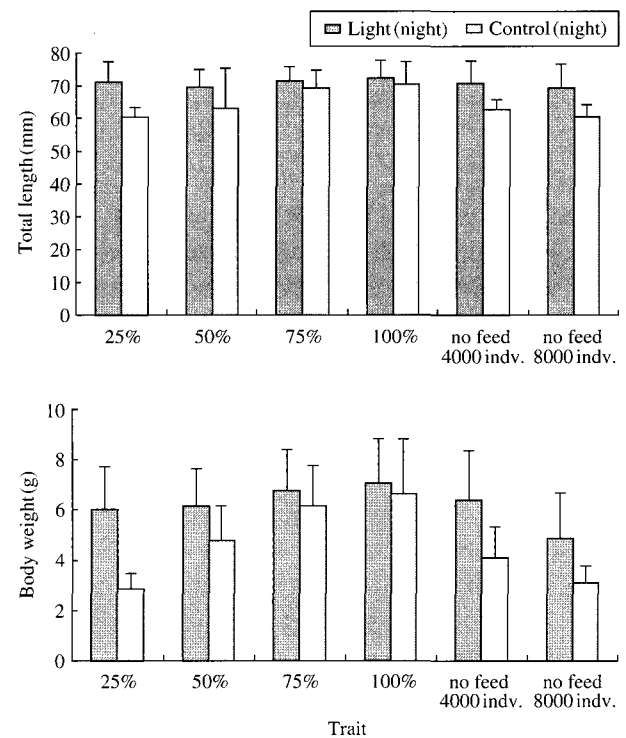


Fig. 8. Growth of total length and body weight of *Sebastes inermis* to night-lights and control at different feeding trait for intermediate reared (30, August).

75%, 100% 사료급이, 4,000마리 무급이구간에서 살펴보면 눈에 띄게 유의한 성장 차이는 나타나지 않았다 ($P > 0.05$).

고 찰

자연상태에서 동물플랑크톤을 중간육성 기간 중 자연산 먹이로 이용하기 위한 목적에서 점등(빛)을 이용하여 실험을 실시하였으며, 양적으로 점등에 의해 폭발적으로 유집된 동물플랑크톤이 과연 불락의 먹이로서 활용 가능한 종들인지를 파악하고자 하였다.

점등에 의해 유집된 동물플랑크톤 중 불락의 가장 중요한 먹이생물은 요각류, 단각류, 갯지렁이류 순으로 나타났으며, 비점등구간 역시 요각류, 단각류, 갯지렁이류 순으로 나타났다. 두 구간에서 나타난 위내용물 조성을 면밀히 살펴보면, 비점등구에 비해 점등구에서 먹이별 조성이 고루 분포함을 알 수 있었으며, 특히 단각류의 상대중요성지수비를 비교해보면 비점등구(6.1%)에 비해 점등구(36.7%)에서 상당히 높게 나타내었다.

이러한 결과는 단각류가 점등(빛)에 의해 뚜렷이 유도되어 먹이생물로 활용되었음을 의미하고, 점등이 불락 성장에 필요한 먹이 즉, 단각류를 효과적으로 유도했다는 것을 의미한다. 대부분의 어류는 성장을 하면서 먹이생물을 전환하며 (Hunter 1981; Wainwright and Richard 1995; Gaughan and Potter 1997; Vasconcelos *et al.* 2004), 불락 역시 성장함에 따라 먹이전환이 일어난다 (Hobson and Chess 1976; Carlson and Haight 1976; Love *et al.* 1991; Pedersen and Riget 1993; Honda and Kan-no 1997).

본 연구기간 중 분석된 불락의 체장조성은 6~8cm로 자연상태에서는 성장하면서 주로 난바다곤쟁이류, 옆새우류, 카프텔라류, 새우류, 소형어류의 점유율이 증가하였다 (Phillips 1964; Feder *et al.* 1974; Carlson and Haight 1976; Hobson and Chess 1976; Huh and Kwak 1998). 그러나 본 연구에서는 동일한 체장범위에서 불락 먹이생물이 점등에 의해 유집된 요각류 및 단각류를 주로 섭이하였으며, 이와 같은 먹이 조성의 출현수와 양의 차이는 해석에 따른 여러 환경요인과 생물학적 요인 등으로 이들 개개 요인의 직접적인 영향을 고찰하여 결론을 내리기는 대단히 어렵다. 하지만 여러 추측가능한 요인으로 가두리내 갇혀있는 상태로 점등에 의해 유집되어진 비교적 한정된 먹이만을 섭이할수 있다는 점을 들 수 있다. 따라서 바다목장 조성의 일환으로 불락 방류를 위하여 가두리에서의 중간육성을 시도한다면 평균체장 6cm이내의 치어 단계 즉, 식성의 전환이 일어나기 전까

지 사육되어진다면 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

비점등구간의 경우 요각류가 먹이생물의 대부분을 차지하였는데, 이러한 결과는 요각류에 대한 강한 선택성보다는 환경 먹이생물중 대부분이 요각류가 출현하였다는 사실에 기인하며, 또한 점차 성장하면서 크기가 큰 저서생물로 먹이전환이 일어나지만 (Leaman 1976; Singer 1985; Love *et al.* 1991), 가두리라는 한정된 공간에서 쉽게 잡아 먹을 수 있는 먹이생물 즉 요각류에 먹이를 의존하는 것으로 판단된다. 이러한 현상은 먹이전환이 필요한 치어 단계에서 환경내 먹이가 부족하고, 큰 먹이 부재시, 비교적 작은 먹이를 선택한다는 보고와 일치한다 (Paik 1969; Marak 1974; Kim 1987; Kellermann 1990; Schael *et al.* 1991; Young and Davis 1992; Brodeur 1998).

조사시기별 먹이조성의 변화를 살펴보면 점등구간의 경우 비점등구간에 비해 비교적 다양한 먹이생물을 고루 섭이하였으며, 특히 점등에 의해 단각류와 요각류의 출현량이 많아 중간육성 기간중 불락의 위내용물 중 이들이 차지하는 비율이 비교적 높았으며, 비점등구에서는 전 조사기간중 요각류의 출현량이 대부분을 차지하였으며, 불락의 위내용물 중 요각류가 차지하는 비율 또한 대부분을 차지한 점으로 미루어 보아, 조사시기별 불락의 먹이조성 변화는 점등과 비점등구에서 출현하는 환경생물의 출현량 변동과 밀접한 연관성이 있는 것으로 판단된다.

이와 같이 해양 환경 중에서 출현하는 먹이생물의 양적 변동에 따라 먹이조성이 변하는 현상은 여러 어종의 자치어기 식성연구에서도 보고된 바 있다 (Marak 1974; Kellermann 1990; Young and Davis 1992; Huh and Kwak 1998). 그러나 본 연구 결과를 가지고 계절에 따른 불락의 먹이 조성 변화를 논의하기는 다소 무리가 있는 것으로 생각되어진다. 따라서 좀 더 명확한 변화양상을 파악하기 위해서는 연중 지속적인 비교, 분석이 필요할 것으로 사료된다.

중간육성 기간중 점등, 비점등구간에서 먹이공급 조건에 따른 성장관계를 살펴보면, 점등 +100% 사료급이구에서 가장 좋은 성장을 나타내었으며, 반면 비점등 +8,000마리 무급이구간에서는 실험종료시 체중이 전월보다 더 감소하여 가장 낮은 성장을 나타내었다. 이러한 결과는 사료의 무급이와 야간에 자연먹이를 섭이할 수 있게하는 야간점등의 부재와 더불어 정상밀도(4,000마리)보다 많은 입식수에 따른 먹이제한이 그 요인이라 할 수 있다. 또한 점등을 이용한 사료저감효과 부분에 있어 실험종료시 점등구간 50, 75, 100% 사료급이, 4,000마리 무급이구간에서 살펴보면 눈에 띄는 유의한 성장 차이는 나타나지 않았다. 이는 점등으로 인해 야간에도

충분한 양의 먹이생물을 섭취한 결과로 생각되어 지며, 100% 사료급이 구간을 기준으로 점등을 실시하여 사료의 양을 일반 해상가두리에서 급이하는 양의 50%나 75% 정도로 낮추어도 성장에 있어 큰 차이가 없을 것으로 사료된다. 이는 명백히 점등의 효과라고 해석할 수 있으며, 비점등구 50%, 75%, 100% 사료급이, 4,000마리 무급이구간에서의 어체 성장 결과 양상을 살펴보면 이러한 논거를 뒷받침한다. 이러한 결과는 전남 바다목장 해역에서 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*) 중간육성에 있어 야간점등을 실시하여 사료의 양을 일반 해상가두리에서 급이하는 양의 50% 정도로 낮출 수 있다는 Yoon (2005)의 보고와 일치한다. 그러나 사료저감효과에 관해서는 사육어종, 크기, 일일사료투여량에 근거한 사료효율 측면 등의 복합적인 영향을 고찰하여야 하며, 본 연구 결과만으로 단정짓기는 어렵다. 따라서 다양한 조건들을 고려한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

야간에 점등(빛)의 존재는 플랑크톤 식성 어류들에 있어 충분한 양의 동물플랑크톤 유집과 더불어 그들의 섭이를 위해 그 주위로 이동하며 (Fermin and Seronay 1997), 비점등 구간에 비해 점등 구간의 가두리에서 먹이생물로 이용될 수 있는 동물플랑크톤이 높게 출현한다고 보고하였다 (Szczerbowski and Mamcarz 1984; Mamcarz 1995; Kim and Park 2002; Yoon 2005). 또한 농어, *Lates calcarifer*의 경우 야간에 가두리 양식장에서 300lx의 조도로 사육했을 때 가장 많은 섭식률을 나타내었으며, 생존율 및 일간성장률에서도 월등하게 나타났다 (Fermin and Seronay 1997).

본 연구결과에서도 점등구에서 사육한 볼락의 위내용물에서 다양한 먹이생물이 나타났으며, 동일한 조건에서 비점등구에 비해 점등구에서 사육한 볼락의 성장이 양호한 것으로 나타나, 점등에 대한 긍정적인 평가가 기대되며, 향후 해상 가두리 양식장에서 활용가능할 것으로 판단된다.

적 요

위 내용물 분석을 위하여 경남 통영시 바다목장 해역 내 한국해양연구원 가두리 설치 지역에서 2004년 7월부터 8월까지 채집을 실시하였으며, 분석에 사용된 볼락은 점등, 비점등 총 200개체였다.

점등에 의해 유집된 동물플랑크톤중 볼락의 가장 중요한 먹이생물은 요각류(Copepoda), 단각류(Amphipoda) 순으로 나타났으며, 비점등구간에서도 역시 요각류(Copepoda), 단각류(Amphipoda) 순으로 나타났다. 계절

에 따른 먹이조성의 변화를 살펴보면 점등구간의 경우 비점등구간에 비해 비교적 다양한 먹이생물을 고루 섭취하였으며, 특히 점등에 의해 요각류와 단각류의 출현량이 많아 중간육성 기간중 볼락의 위내용물 중 이들이 차지하는 비율이 비교적 높았으며, 비점등구에서는 전 조사기간중 요각류의 출현량이 대부분을 차지하였다.

중간육성 기간중 점등, 비점등구간에서 먹이공급 조건에 따른 성장관계를 살펴보면 동일한 조건에서 비점등구에 비해 점등구에서 사육한 볼락의 성장이 양호한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Brodeur RD. 1998. Prey selection by age-0 walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in nearshore waters of the Gulf of Alaska. *Environ. Biol. Fishes* 51:175-186.
- Carlson HR and RE Haight. 1976. Juvenile life of Pacific ocean perch, *Sebastes alutus*, in coastal fiords of southeastern Alaska: their environment, growth, food habits and schooling behavior. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 105:191-201.
- Champigneulle A and R Rojas-Beltran. 1990. First attempts to optimize the mass rearing of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) larvae from Leman and Bourget lakes (France) in tanks and cages. *Aquat. Living Res.* 3:217-228.
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Feder HM, CH Turnur and C Limbaugh. 1974. Observations of fishes associated with kelp beds in southern California. *Calif. Dept. Fish Game Fish. Bull.* 160:144-167.
- Fermin AC and GA Seronay. 1997. Effects of different illumination levels on zooplankton abundance, feeding periodicity, growth and survival of the Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch) fry in illuminated floating nursery cages. *Aquaculture* 157: 227-237.
- Gaughan DJ and LC Potter. 1997. Analysis of diet and feeding strategies within an assemblage of estuarine larval fish and an objective assessment of dietary niche overlap. *Fish. Bull.* 95:722-731.
- Hobson ES and JR Chess. 1976. Trophic interactions among zooplankton near shore at Santa Catalian Island, California, U. S. Fish. Bull. 74:567-598.
- Honda H and M Kan-no. 1997. Size selective feeding and its limitations for the black rockfish, *Sebastes inermis*, in a demersal fish assemblage of Onagawa Bay, northeastern Japan. *Environ. Biol. Fishes* 50:183-193.
- Hunter JR. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. pp. 33-79. In: R. Laker (ed.) *Marine Fish Larvae Morphology, Ecology and Relation to Fisheries*, Wash-

- ington Sea Grant Program, University of Washington Press, Seattle & London.
- Huh SH and SN Kwak. 1998. Feeding habits of *Sebastes inermis* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc. 31:168-175.
- Kellermann, A., 1990. Food and feeding dynamics of the larval Antarctic fish *Nototheniops larseni*. Mar. Biol. 106:159-167.
- Kim CK. 1987. Feeding ecology of shore fishes in the Samchonpo channel. Ph. D. Thesis, Nat'l. Fish. Univ. Pusan. 142pp.
- Kim SW and CW Park. 2002. Impact of artificial illumination on zooplankton dynamics. Korean J. Environ. Biol. 20:312-315.
- KORDI. 2003. Studies on the development of marine ranching program in Tongyeong, Korea. KORDI. Seoul. 708pp.
- Leaman BM. 1976. The association between the black rockfish (*Sebastes melanops* Girard) and beds of the giant kelp (*Macrocystis integrifolia* Bory) in Barkley Sound, British Columbia. M. Sc. Thesis, University of British Columbia Vancouver. 109pp.
- Love MS, MH Carr and LJ Haldorson. 1991. The ecology of substrate-associated juveniles of the genus *Sebastes*. Environ. Biol. Fishes 30:225-243.
- Mamcarz A and JA Szczerbowski. 1984. Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cages. I. Growth and survival of *Coregonus lavaretus* L. and *Coregonus peled* Gmel. Aquaculture 40:135-145.
- Mamcarz A and J Kozłowski. 1992. Rearing peled (*Coregonus peled* Gmel.) larvae in illuminated cages with supplemental utilization of artificial feed. In : Todd, T. N. and M. L. Lucynski, Eds., Biology and Management of Coregonid Fishes. Pol. Arch. Hydrobiol. 39:703-711.
- Mamcarz A. 1995. Changes in zooplankton structure around illuminated cage culture. Aquacult. Res. 26:515-525.
- Marak RR. 1974. Food and feeding of larval redfish in the Gulf of Maine. pp. 267-275. In: J.H.S. Blaxter (ed.) The early life history of fish, Springer-Verlag, Berlin.
- Paik EI. 1969. A study on the food of the goby *Synechogobius hasta*. Bull. Kor. Fish. Soc. 2:47-62.
- Park CW, MS Kim, YJ Park and JM Kim. 2001. A preliminary study on the growth and feeding of rockfish, *Sebastes schlegeli*, in illuminated sea cages. Ocean Polar Res. 23:279-284.
- Park CW, MS Kim, CK Cho, YJ Park, SW Kim and JM Kim. 2003. Stomach contents of rockfish (*Sebastes schlegeli*) in artificially illuminated sea cage. J. Aquacult. 16: 84-87.
- Pedersen SA and F Riget. 1993. Feeding habits of redfish (*Sebastes* spp.) and Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in West Greenland waters. ICES J. Mar. Sci. 50:445-459.
- Phillips JB. 1964. Life history studies on ten species of rockfishes (genus *Sebastes*). Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull. 126. 70pp.
- Pinkas L, MS Oliphant and ILK Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Calif. Dep. Fish Game, Fish Bull. 152:1-105.
- Rosch R and R Eckmann. 1986. Survival and growth of puffed *Coregonus lavaretus* L. held in illuminated net cages. Aquaculture 52:245-252.
- Schael DM, LG Rudstam and JR Post. 1991. Gape limitation and prey selection in larval yellow perch (*Perca flavescens*), freshwater drum (*Aplodinotus grunniens*), and black crappie (*Pomoxis nigromaculatus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:1919-1925.
- Singer MM. 1985. Food habits of juvenile rockfishes (*Sebastes*) in a central California kelp forest. U. S. Fish. Bull. 83:531-541.
- Szczerbowski JA and A Mamcarz. 1984. Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cages. II. Environmental conditions during fish rearing. Aquaculture 40:147-161.
- Vasconcelos R, N Prista, H Cabral and MJ Costa. 2004. Feeding ecology of the lesser weever, *Echiichthys vipera* (Cuvier, 1829), on the western coast of Portugal. J. Appl. Ichthyol. 20:211-216.
- Wainwright PC and BA Richard. 1995. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. Environ. Biol. Fishes 44:97-113.
- Yoon HS. 2005. Effects of natural food for resources annexation in marine ranching. Ph. D. thesis, Yosu National University Yeosu, Korea. 121pp.
- Young JW and TLO Davis. 1992. Feeding ecology of larvae of southern bluefin, albacore and skipjack tunas (Pisces: Scombridae) in the eastern Indian Ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 61:17-29.

Manuscript Received: December 5, 2005

Revision Accepted: February 11, 2006

Responsible Editorial Member: Ju Chan Kang
(Pukyong Univ.)