

Tigriopus japonicus Mori에 대한 數種 微生物의 餌料效果

이 원 재

부산수산대학교 미생물학과

Efficiency of Various Microbial Foods for *Tigriopus japonicus* Mori

Won-Jae LEE

Department of Microbiology, National Fisheries University of Pusan Nam-gu, Pusan 608-737, Korea

Microbial organisms including yeast, *Acinetobacter* sp. AG-3, *Chlorococcum* sp., *Chlorella* sp. and some of their combinations were tested to evaluate growth efficiency of *Tigriopus japonicus*. Body length and weight of the copepoda were measured during four days experiment. *Acinetobacter* sp. AG-3, dried yeast(produced Wago), *Chlorella* sp., *Chlorococcum* sp. and mixed culture were used as food sources.

Yeast(Y.) was the most effective food for the growth during nauplius stage and efficiencies of bacteria(Bact.)+*Chlorococcum* sp.(RA), *Chlorococcum* sp.(RA), Bact.+*Chlorella* sp.(Ch.), Bact. and Ch. decreased in order, while for the growth of copepodite and adult, Bact.+RA was the most effective food with decreased efficiency of Y., RA, Bact.+Ch., Bact., Ch. in order.

The ratio of weight gain to the food uptaken, after the weight and food units were converted to carbon, was between 21.6 and 68.7%. This result suggests that some kinds of bacteria, algae and mixed cultural microorganisms could be good food sources for the growth of copepoda.

서 론

동물 plankton의 捕食에 관한 연구로는 培養된 식물 plankton의 效率도 좋으며, 捕食動物의 發育段階나 암·수(雌雄)에 따라서 捕食率이 다르며, 繼代飼育한 동물 plankton보다 自然海水에서 採集된 동물 plankton이 먹이를 잘 攝取(捕食)한다는 연구 보고가 많다(Marshall, 1973).

花岡(1973)는 組蛋白質量이 다른 여러가지의 乾燥된 餌料를 사용하여 *Artemia salina*, *Tigriopus japonicus* 및 *Penaeus japonicus* 幼生을 飼育한 결과 增殖率과 餌料中の 組蛋白質量과의 사이에 밀접한 관계가 있음을 보고하였다. 그러나 從來 먹이에 관한 實驗에 있어서는 일반적으로 無菌化된 動物이나 餌料를 사용한 사례는 극히 적고, 또한 실험에

사용되는(共存하는) 細菌의 影響이나 餌料로서의 細菌의 效果에 대한 명확한 지식은 얻을 수가 없다.

본 연구는 Tide pool에서 분리한 細菌株 및 微小藻類(李와 多賀, 1985)의 먹이로서의 價値에 관한 연구로서, 無菌化된 *Tigriopus japonicus*(李와 多賀, 1988)의 각 성장단계(生長段階)별 개체, 餌料轉換效率이나 增殖에 미치는 餌料微生物의 效果를, 從來에 잘 사용되어진 酵母나 *Chlorella* sp.등의 餌料效果와 比較檢討한 結果이다.

연구 방법

李와 多賀(1988)에 의한 *Tigriopus japonicus*의 無菌化된 卵에서 부화(孵化)된 Nauplius, Copepo-

dite 및 Adult에 대한 捕食實驗을 다음과 같이 하였다.

餌料로서는, Tide pool에서 分離한 細菌 *Acinetobacter* sp. AG-3와 微小藻類 *Chlorococcum* sp.(RA)를 比較對象으로서 乾燥酵母(和光製) 및 *Chlorella* sp.의 單一餌料와 Tide pool에서 分離된 균주를 각각 混合하여 사용하였다. 餌料細菌은, PPES-II 液體培地(多賀, 1968)에 배양하여 遠沈(0℃에서 1만 RPM, 15분간)한후 滅菌해수에 遠沈洗淨한 것을 사용하였고, 微小藻類도 滅菌해수도 遠沈洗淨한 것을 사용하였다.

*T. japonicus*의 體長과 體重 增加에 미치는 餌料 效果의 실험은 500ml의 삼각 flask에 각각의 餌料 微生物을 약 10^6 cells/ml 농도가 되도록 접종한 滅菌해수 300ml를 채우고, 여기에 각각 Nauplius, Copepodite 및 Adult를 100個體씩 별도로 첨가하여 4일간 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 培養하면서 培養期間中, 일정량의 試水를 採取하여 formaline에 고정시키고 시료수 중의 *T. japonicus* 20個體의 平均 體長과 體重을 측정하였다.

*T. japonicus*의 먹이 세균의 섭취량은 24시간 동안 시간별로 측정하였으며, 對照培養液 中の 微生物數와 먹이로 투여된 細菌數와의 比較를 하였다. 이때 細菌의 計數는, Hobbie et al.(1977)의 형광현미경 직접계수법으로 행하였고, 酵母, 微小藻類의 計數는 토-마血球計數板을 사용하였다. 섭취된 餌料 微生物量은 直接計數法을 기준으로 炭素量으로 換算하여 轉換效率를 구하였다. 이때 餌料 微生物 및 *T. japonicus*의 炭素量은 Sharp(1974)의 方法으로 測定하였다.

결 과

1. *Tigriopus japonicus*의 體長, 體重 增加에 미치는 餌料 微生物의 效果

數種 餌料 微生物을 단일 또는 혼합하여 *Tigriopus*의 Nauplius에 투여한 경우, 體長 增加에 각 餌料의 效果는 Fig. 1-A, B와 같다. 單一 餌料 투여의 경우는 Yeast(Y.)가 가장 효과가 있었고, *Chlorococcum* sp.(RA), *Acinetobacter* sp.AG-3(Bact.), *Chlorella* sp.(Ch.)의 순으로 餌料 效果가 저하되었다. 單一 餌料에서 가장 효과가 좋은 Y.와 混合 餌料 즉, RA+Bact., Ch.+Bact.와의 성장 效果 比較는 Y.가 역시 가장 효과가 있었고, RA+Bact., Ch.+Bact.의 순으로 效果가 저하되었다.

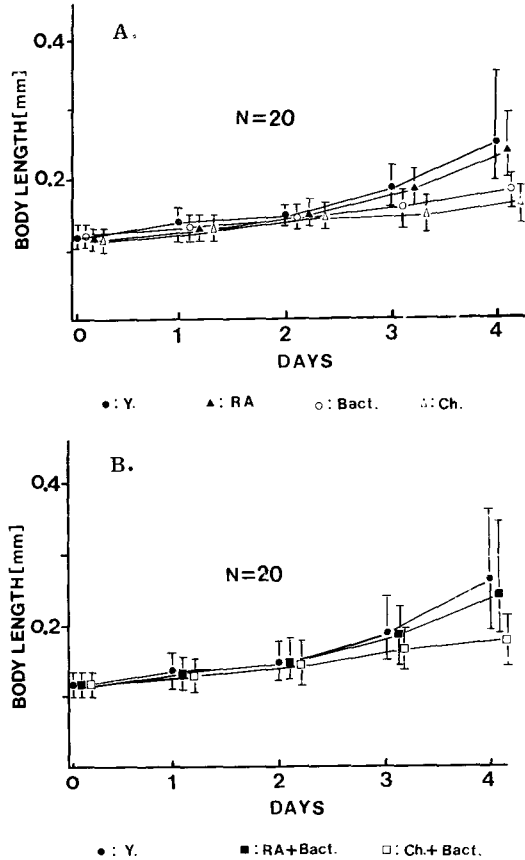


Fig. 1. Increase of body length of *Tigriopus* nauplii fed on different microbial food with time for 4 days.

Y: Yeast (dried), RA: marine microalgae (*Chlorococcum* sp.), Bact: *Acinetobacter* sp. AG-3, Ch: *Chlorella* sp., RA+Bact.: mixed of two microbes, Ch.+Bact.: mixed of two microbes.

A: simple food, B: mixed food

Copepodite에 單一 餌料를 투여한 경우에도 Y.가 가장 餌料 效果가 있었으며 RA, Bact., Ch.의 순으로 體長에 餌料 效果가 저하되었다(Fig. 2A). 體長에 效果가 큰 Y.와 混合 餌料와 比較한 결과 RA+Bact.가 가장 效果가 컸고, 다음이 Y.였으며 Ch.+Bact. 순으로 效果가 저하되었다. 즉, Copepodite의 경우는 混合 餌料인 RA+Bact.가 Y.보다 成長 效果가 좋은 것을 알 수 있었다(Fig. 2-B).

Adult 時期에 單一 餌料를 투여한 경우는 RA가 가장 效果가 있었고, 다음은 Y., Bact., Ch.순의 餌料 效果가 저하되었고, 混合 餌料와 Y.와 比較하면 RA+Bact.가 가장 좋고 다음은 Y., Ch.+Bact.의 순으로 效果가 저하되었다. 즉 Nauplius와 Adult와의

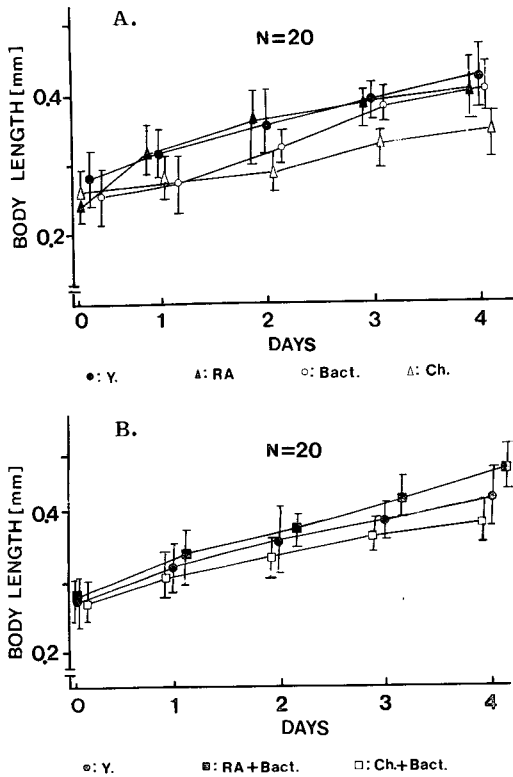


Fig. 2. Increase of body length of *Tigriopus* copepodite fed on different microbial foods with time for 4 days. Microbial foods are same as Fig. 1.

먹이 효과의 차이를 보여주었다(Fig. 3-A, B). 각 生長段階의, *T. japonicus* 體重增加에 미치는 투여 사료의 효과도, 體長增加의 결과와 동일하였다.

이상의 실험결과를 종합해보면 Yest(Y)는 *T. japonicus*의 Nauplius에만 효과가 있고, Copepodite와 Adult의 경우는 混合 餌料 RA+Bact.가 다른 餌料에 비하여 가장 효과가 있는 것을 알 수 있다.

2. *Tigriopus japonicus*에 의한 餌料微生物의 攝取와 轉換效率

*T. japonicus*의 섭취량(攝取量)이 生長段階인 Nauplius, Copepodite 및 Adult간에 어떻게 다른가 또는 生長에 따른 轉換效率이 어떠한가를 명확히 하기 위하여 먼저 餌料 細菌 *Acinetobacter* sp. AG-3 균을 사용하여 *T. japonicus*가 시간 경과에 따라 細菌의 攝取량과 體重增加에 관하여 관찰 실험하였다. Fig. 4는 실험결과를 표시한 것으로 24시간에 걸쳐 *T. japonicus*의 細菌捕食量과 體重增加의 관계는 Nauplius에서 Adult까지 각 生長段階가 진행됨

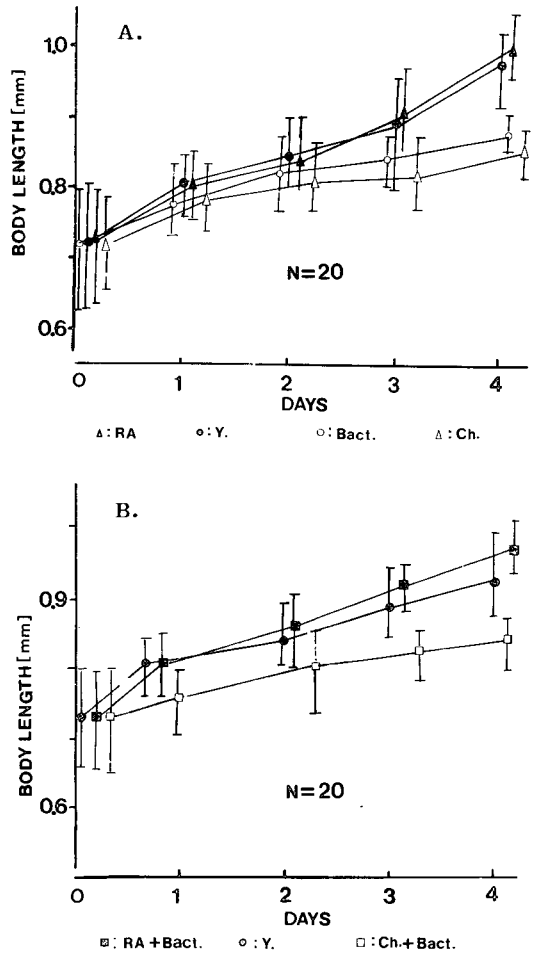


Fig. 3. Increase of body length of *Tigriopus* adult fed on different microbial foods with time for 4 days. Microbial foods are same as Fig. 1.

에 따라 차이를 보였다. 또한 單一 또는 混合微生物 餌料를 사용했을 경우, *T. japonicus* 生長段階別 개체에 따른 각 餌料의 攝取 傾向과 體重增加 傾向을 細菌 餌料에 비교한 결과 각 餌料간의 차이가 있었다. *T. japonicus* 攝取量 및 體重增加에 관한 실험결과를 炭素量으로 換算하면 Table 1과 같이 정리된다.

또한 數種 微生物의 餌料 價値를 生長段階別 攝取量에 따라 相對的인 評價를 하기 위하여, 섭취된 餌料(C)가 動物의 體物質로(P) 轉換되는 效率, 즉 轉換效率(Efficiency of conversion of ingested food to body substance; E. C. I, P/C %)에 대하여 檢討하였다. 轉換效率은 (松本와 中村, 1978) 다음과 같이 계산되었다.

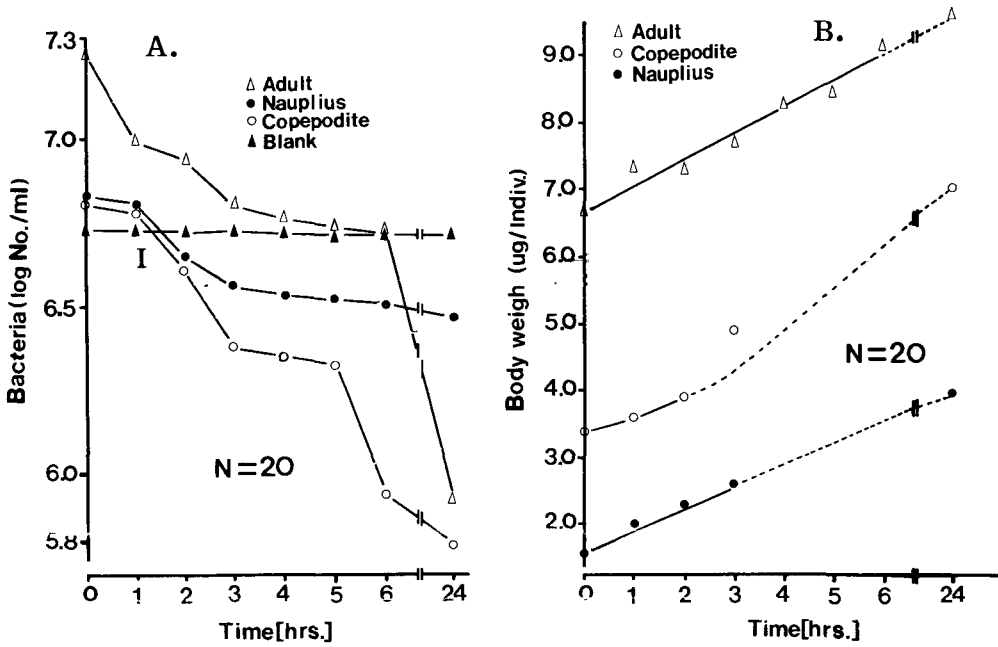


Fig. 4. Amount of bacteria ingested by *Tigriopus japonicus* (A) and Increase of body weight (B) for 24 hours.

Table 1. Efficiency of conversion of ingested microbial food to body substance of *Tigriopus japonicus* for 24 hours

Food***	Stage	Increase of copepod body weight(p) ($\mu\text{g-C}$)*	Amount of food ingested(c) ($\mu\text{g-C}$)*	E. C. I**
				P/C (%)
Bacteria	Nauplius	0.0254	0.1178	21.5
	Copepodite	0.1477	0.2702	54.7
	Adult	0.2137	0.5098	41.9
<i>Chlorella</i>	Nauplius	0.0510	0.2138	23.9
	Copepodite	0.1342	0.2806	47.8
	Adult	0.1680	0.4121	40.8
Yeast	Nauplius	0.1240	0.4514	27.5
	Copepodite	0.2501	0.3773	66.3
	Adult	0.1577	0.3031	52.0
RA	Nauplius	0.1200	0.5000	24.0
	Copepodite	0.2512	0.4563	55.1
	Adult	0.2387	0.5457	43.7
RA + Bacteria	Nauplius	0.1223	0.4533	27.0
	Copepodite	0.2793	0.4063	68.7
	Adult	0.2699	0.5069	53.2
Bacteria + <i>Chlorella</i>	Nauplius	0.1168	0.4811	24.3
	Copepodite	0.1202	0.2136	56.3
	Adult	0.2204	0.5207	42.3

* Mean value of 20 individuals of *Tigriopus japonicus*

** Efficiency of conversion of ingested food to body substance

*** Microbial foods are same as in Fig. 1.

$$\text{轉換效率(\%)} = \frac{\text{體重增加率(P)}}{\text{攝取된 餌料의 重量(C)}} \times 100$$

본 연구에서는 위의 식 P와 C의 값으로서 앞의 실험 결과를 구한 炭素量換算값이(Table 1) 적용되었다. 數種의 餌料 微生物의 轉換效率는 Table 1에서와 같이 21.6~68.7%의 범위로, 餌料 種間, 또한 *T. japonicus*의 각 生長段階의 個體間에 있어서도 變化가 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 어느 生長段階에서도 실험결과를 보면 細菌과 微小藻類(RA)의 混合 餌料(RA+Bact.)가 *T. japonicus*의 증식에 대하여 가장 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

고 찰

白石(1966)은 無菌화된 *Artemia*의 營養要求를 조사한 결과 Nauplius에서 Adult(成體)가 되기까지는 9種의 Vitamin이 必要하였고, 그 중에서 한 種이라도 부족될 경우에는 그 發育段階의 어느 특정 시간 중에 生長이 정지되고, 폐사는 쉽게 일어나지 않으나 生長이 늦은 것이 관찰되었다. 本 研究는 餌料 微生物의 營養價를 Vitamin 含有量의 觀點에서 검토된 것은 아니지만 餌料 微生物이 *Tigriopus japonicus*의 體長, 體重增加에 미치는 影響을 실험한 것이므로 Table 2와 같이 要約될 수 있다. 즉 Yeast가 Nauplius에 가장 유용한 餌料이지만 Copepodite나 Adult(成體)에는 混合 餌料(RA+Bact.)가 가장 유용한 餌料이 되었다. 이러한 결과를 白石(1966)의 *Artemia*에 관한 연구 결과를 참고한다면 生長發育段階의 進行에 따라 성장된 Copepodite나 Adult에는 Y에 결여되어 있는 어느 종의 Vitamin, Amino acid, 지방산 등의 특수한 영양소에 대하여 요구성이 높다는 것을 추정할 수 있다. 이러한 점은 餌料 營養價面에서 금후 연구가 進行되어야 할 것으로 생각된다.

일반적으로 海産動物에 대하여 細菌의 餌料 價値를 明確히 理解하기 위하여 動物個體에 捕食되는 細菌體의 炭素가 어느 정도 營養源으로서 動物體內에 同化되는 量의 量으로 알 필요가 있다(多賀, 1982). 從來 이러한 觀點에서 浮遊性, 固着性의 數種의 海産動物에 대하여 하루동안 相對的 攝取量과 同化 效率 등을 Isotopic Labelling法을 이용하여 구하고 있다. 이러한 연구 결과를 보면 개개의 動物種에 따라서 細菌의 相對的 攝取量은 2.2~60%의 범위로서 상당히 차이가 있고, 同化效率는 42~85%의 범위로서 상당히 높은 값이다. 動物 plankton의 어느 種은 植物 plankton보다 細菌을 많이 섭취하는 경우도 관찰되어 있다(Sorokin, 1978).

본 연구에서 산출되어진 수종의 餌料 微生物의 轉換效率는 *T. japonicus*의 각 生長段階에 있어서 21.6~68.7%의 범위로 차이가 있었는데, RA 균주와 混合 餌料는 *T. japonicus*의 增殖에 대하여 충분한 餌料 價値가 있는 것으로 판단되었다.

요 약

Nauplius에서 Adult까지 각 生長段階의 *Tigriopus japonicus*에 數種의 餌料의 效果를 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 單一 餌料로서 *Acinetobacter* sp. AG-3균주 乾燥酵母, *Chlorella* sp. 및 Tide pool에서 분리한 單細胞藻類(*Chlorococcum* sp.)균주를 투여하여, 4일후에 *T. japonicus*의 體重 및 體長增加를 측정 한 결과, Nauplius에 대해서는 Yeast, (Bacteria+*Chlorococcum* sp.), *Chlorococcum* sp., (Bacteria+*Chlorella* sp.), Bacteria, *Chlorella* sp.의 순으로 효과가 저하되었고 Copepodite는 (Bacteria+*Chlorococcum* sp.)가 가장 좋았고, Yeast, *Chlorococcum* sp., (Bacteria+*Chlorella* sp.), Bacteria, *Chlorella*

Table 2. Efficiency of various microbes as food for *Tigriopus japonicus*

Stage	Order of food efficiency***					
Nauplius	Y.* ← (Bact.+RA)** ← RA* ← (Bact.+Ch.)** ← Bact.* ← Ch.*					
Copepodite	(Bact.+RA) ← Y. ← RA ← (Bact.+Ch.) ← Bact. ← Ch.					
Adult	(Bact.+RA) ← RA ← Y. ← (Bact.+Ch.) ← Bact. ← Ch.					

* Y: Yeast(Wako, dried), RA: Marine microalgae (*Chlorococcum* sp.), Bact.: *Acinetobacter* sp. AG-3, Ch.: *Chlorella* sp.

** Mixture of two microbes

*** The directions of the arrow(←) indicate the increasing tendency of food efficiency

lla sp.의 순으로 餌料 效果가 저하되었으며, Adult에서는 Copepodite와 같이 (Bacteria+*Chlorococcum* sp.), *Chlorococcum* sp., Yeast, (Bacteria+*Chlorella* sp.), Bacteria, *Chlorella* sp.의 순으로 먹이 效果의 저하가 관찰되었다.

T. japonicus 개체에 24시간 동안 섭취된 微生物量(C)과 體重增加量(P)를 각각 炭素量으로 換算하여 攝取 餌料의 轉換效率(P/C, %)을 구한 결과 각 餌料 微生物의 轉換效率는 *T. japonicus*의 各 生長 段階에 있어서 21.6~68.7%범위의 차이를 보였다. 餌料 細菌 및 單細胞藻類와 混合 餌料는 *T. japonicus*증식에 충분한 餌料 價値가 있음을 알 수가 있었다.

참 고 문 헌

- 李原在·多賀信夫. 1985. 動物性 플랑크톤 Harpacticoid, *Tigriopus japonicus* Mori가棲息하는 Tide pool 生態系의 調査, 韓水誌, 18(1), 57~62.
- 李原在·多賀信夫. 1988. 動物性 플랑크톤 Harpacticoid, *Tigriopus japonicus* Mori 培養에 有效한 海洋 細菌의 探索. 韓水誌, 21(1), 50~56.
- 松本忠夫·忠村方子. 1978. 動物性の物質經濟研究法. 生態研究法 講座 23. 共立出版社. pp. 10~15.
- 白石景秀. 1966. 微小甲殼類의 無菌培養と營養生理. 日本プラクトン學會報, 13, 49~54.
- 花岡悠. 1973. 三重の浮遊性 甲殼類의 飼育について. 日本プラクトン學會報, 20, 19~29.
- 多賀信夫. 1982. 海洋生態系의 植物綱における被食者としての細菌의 役害. 微生物の生態. 10. 學會出版センター. pp. 51~71.
- Hobbie, J. E., R. J. Daley and S. Jasper. 1977. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. Appl. Environ. Microbiol. 33, 1225~1228.
- Marshall, S. M. 1973. Respiration and feeding in copepods. Adv. Mar. Biol. 11, 57~120.
- Sharp, J. H. 1974. Improved analysis for "particulate" organic carbon and nitrogen from seawater. Limnol. Oceanogr. 19, 984~989.
- Sorokin, Yu. I. 1978. Marine Ecology(vol. 4). O. Kinne, John Wiley and Sons, Inc. pp. 501~616.
- Taga, N. 1968. Some ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio Current. Bull. Misaki Mar. Inst. Kyoto Univ. 12, 65~76.

1991년 2월 14일 접수

1991년 3월 12일 수리