

# 動物性 플랑크톤 Harpacticoid, *Tigriopus japonicus* MORI가棲息하는 Tide Pool 生態系의 調査

李 原 在\* · 多 賀 信 夫  
東京大學 海洋研究所 海洋微生物室  
(1984년 8월 20일 수리)

## Environmental Condition and Microbial Survey of the Tide Pools Densely Inhabited by *Tigriopus japonicus* MORI

Won Jae LEE\*

and

Nobuo TAGA

Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minamidai,  
Nakanoku, Tokyo, 164 Japan  
(Received August 20, 1984)

The three tide pools of Kanagawagen Aburatsubo coast, Japan were studied for 5 months (June-October, 1981) to know the physicochemical factors and changes of the microflora.

In the tide pools salinity was  $\approx 35\%$ , temperature range was 14~32°C and pH range was 7.4~8.9. Particulate organic carbon (POC) was 255~3980  $\mu\text{g-at/l}$ , and total phosphate-P was 1.0~27.0  $\mu\text{g-at/l}$ .

The numbers of suspended bacteria and heterotrophic bacteria on the algae were  $10^4\sim 10^7/\text{ml}$  and  $10^5\sim 10^3/\text{g}$ , respectively. Bacterial flora isolated from the Samples were *Acinetobacter* spp., *Moraxella* spp., *Flavobacterium* spp. and *Pseudomonas* spp., while *Acinetobacter* spp. was predominant among them.

*T. japonicus* occurred dominantly with densities of 2200~7000/l during August~September. During this period the sharp increases of the unicellular microalgae and the protozoans were observed.

According to the experimental results (POC, total phosphate-P, numbers and composition of bacterial flora), *T. japonicus* seemed to inhabit the environment with high eutrophication and high variability.

### 서 론

연안海域의 tide pool은 海域에 따라서 形態나 分布되어 있는 位置가 다르다. 따라서, tide pool에 棲息하고 있는 生物相도 다르며 鹽分, 水溫, pH, 營養鹽類 등의 環境諸要因의 變化도 크다. 특히 tide pool의 水溫이 상승하는 夏節期에는 黃化水素臭가 발생하고 海水도 黑色으로 變化되는 tide pool, 또는 黃細菌이나 光合成細菌群의 增殖에 의한 白色, 綠色,

紅色 등으로 着色되는 tide pool도 있다(Taga, 1967).

한편, 이와는 달리, 海水가 비교적 깨끗하던 tide pool 壁面에 綠藻가 번식하고, 動物性 플랑크톤(Harpacticoidae)이 棲息하는 tide pool도 발견할 수 있다.

이와 같이 環境變化가 큰 tide pool의 環境에 적응하여 生活하고 있는 動物性 플랑크톤(Harpacticoid, *Tigriopus japonicus*)에 관한 生物學的 研究는

\* Present address: Dept. of Oceanography, National Fisheries University of Pusan, 608 Korea(부산수대 해양학과)

詳細히 보고가 되어 있다. 즉 *T. japonicus*의 生活史(古賀, 1970; 伊藤, 1970), 環境變化의 適應能力에 關한 本種의 生態學的 觀察(時岡·鈴木, 1939), 溫度適應(武田, 1954), 溫度 및 鹽分抵抗性(松谷, 1960a, 1960b, 1961b, 1961b)에 關한 研究가 있고, 또 本種과 유사種인 *T. fulvus*에 關한 生活史나 生態에 關한 詳細한 研究(Fraser, 1936) 등이 발표되어 있다. 그러나 *T. japonicus*가 棲息하는 tide pool 生態系에 關한 研究보고는 찾아보기 힘들다.

本 研究는 *T. japonicus*의 繁殖生態를 알기 위하여 性狀이 다른 tide pool(A, B, C Fig. 1.)를 선정하고 선정된 각 pool의 微生物群, *T. japonicus*의 분포상태 및 環境諸因子에 關한 調査를 한 결과이다.

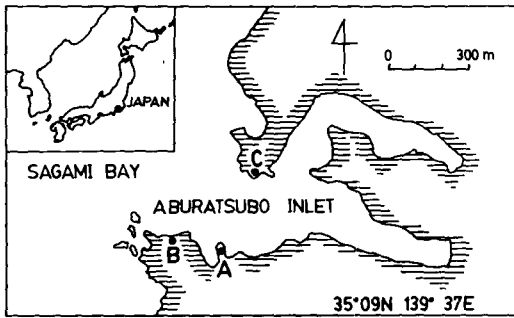


Fig. 1. Location of the tide pools at Aburatsubo Inlet.

재료 및 방법

1. 調査場所

神奈川縣 三浦市 油壺灣周邊에 있는, 性狀이 다른 tide pool A, B 및 C(Fig. 1)를 對象으로, 1980年 6月 ~10月까지 7회에 걸쳐 現場調査를 하였다.

2. 細菌計數와 同定

生菌數는 直接計數法(Hobbie *et al.*, 1977)으로 A.O (Acridine orange)를 사용, 염색한 후 螢光현미경으로 측정하였고, 平板塗抹法(Buck *et al.*, 1960)은 PPES-II 培地(多賀, 1968; Table 1)에 出現한 細菌集絡(colony)을 C.F.U.(colony forming unit)로 表示하였다. 出現 colony에서 分離한 細菌株는 Shewan *et al.*(1960), 清水(1978) 및 Bergey's manual(1974)에 의하여 同定하였고, 다시 同定結果에 대하여 細菌相을 解析하였다.

Table 1. Composition of PPES-II medium (Taga, 1968)

Polypepton (Difco)	2.0 g
Proteose-peptone No. 3 (Difco)	1.0 g
Bacto-soytone (Difco)	1.0 g
Bacto-yeast extract	1.0 g
Ferric citrate	1.0 g
Agar (Difco)	15.0 g
Sea water	1.0 l
pH	7.6-7.8

3. *T. japonicus*의 計數와 同定

*T. japonicus*의 個體數는 tide pool의 上層 및 下層水를 混合한 후 1l씩, 採取하여 5% formaline으로 固定시켜 24時間 放置後, 沈澱된 *T. japonicus*를 生長段階別(stages)로 計數하였다.

*T. japonicus*의 同定은, 海洋플랑크톤圖鑑(1979), 古賀(1970), 伊藤(1970), Mori(1938)가 記述한 內容을 參照하였다.

4. 環境諸要因의 測定

A, B 및 C, tide pool에 대한 環境要因에 關한 測定은 每月 2회씩 아래와 같은 항을 실시하였다. 즉 pH는 pH meter(유리전극), 수온은 棒狀溫度計, 懸濁態有機炭素(POC)는 Sharp(1974)의 方法으로 全인산염은 Murphy *et al.*(1962)法에 의하여 측정되었다.

결 과

1. Tide Pool의 概況과 環境要因의 變化

本 研究의 調査對象으로, 選定한 tide pool은 (Fig. 1) 서로 특징을 가지고 있다. 즉, A와 B pool에는 壁底面에 海藻類(*Enteromorpha prolitera* 및 *Cladophora rudolphiana*)가 각 pool에 있고, 滿潮時 또는 파도가 칠 때는 外部에서 海水의 流入이 관찰되었고, 특히 B pool은 陸水도 流入되었으며, C pool은 海藻類는 볼 수 없고, 또한 外部海水의 流入도 거의 없었다.

이 tide pool의 環境要因의 時期的인 變動은 Fig. 2와 같이, 온도는 14~32°C, pH는 7.4~8.9로서 큰 폭의 變化가 있었고, 鹽分濃度는 장마철 降雨量이 많은 時期를 제외하면 약 35‰ 전후였다. 전 인산염의 경우는 1~27 μg-at/l, POC(particulate organic carbon)은 255.3~3977 μg-c/l로 크게 변동하였다.

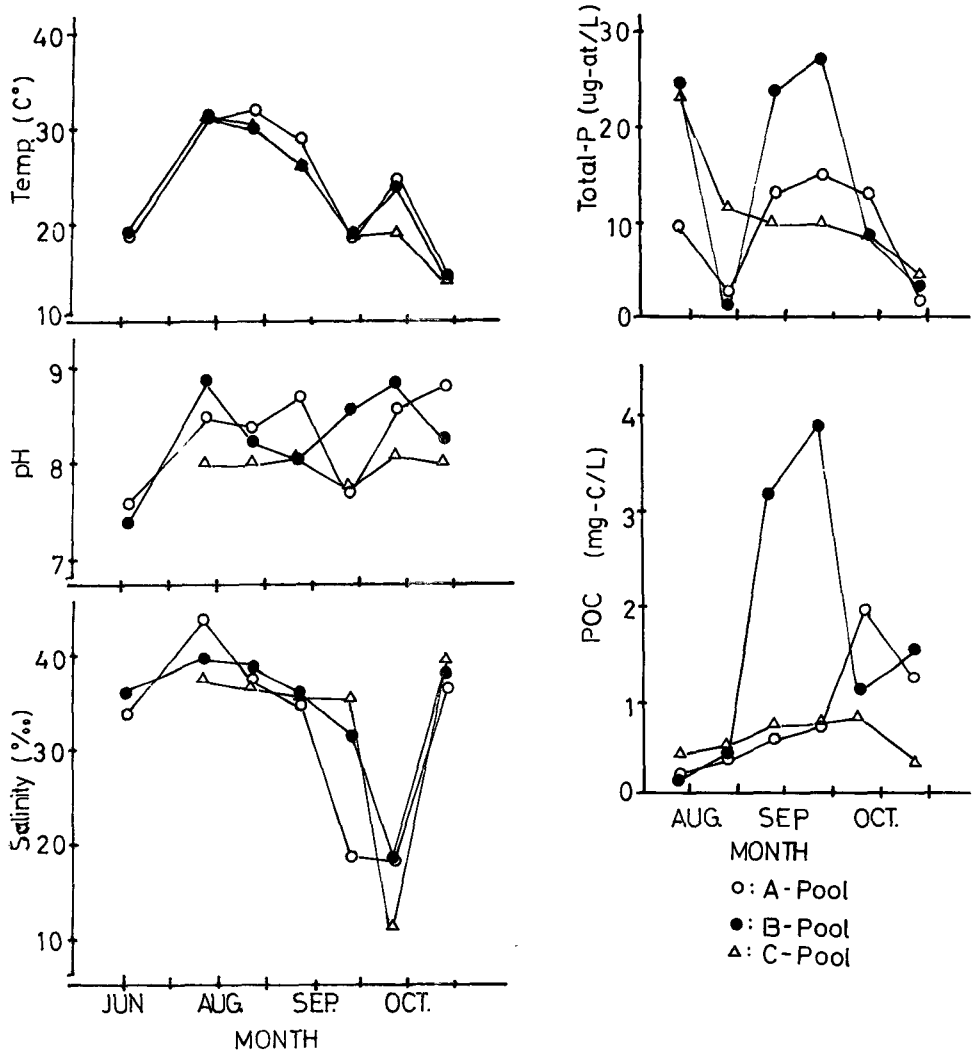


Fig. 2. Monthly change of water temperature, salinity, pH, total phosphorus and particulate organic carbon (POC) in the three tide pools.

더구나 8월과 9월에는 單細胞藻類와 原生動物이 大量 發生한 B pool 에는 POC와 全 인산염의 값이 급증하는 특징도 보였다.

## 2. 細菌類와 細菌相

tide pool A, B 및 C에서 채수한 해수 試料 中の 細菌數 및 A와 B pool에 번식하는 綠藻類에 附着하고 있는 細菌數를 計數한 結果는 Fig. 3에 표시한 것과 같다. 이 그림에 의하면 A pool에는  $10^5 \sim 10^7/ml$ , B pool에는  $10^4 \sim 10^7/ml$ , C pool에는  $10^5 \sim 10^7/ml$ 의 위법 의 본포를 나타내고 綠藻類에 附着生菌數

는 A pool 및 B pool에는  $10^9 \sim 10^{10}/g$ 로 높은 본포를 보였다.

各 pool에 분포하고 있는 生菌數의 時期的 變動은 A pool 海水中 細菌 및 綠藻類 附着細菌이 각각  $10^5 \sim 10^7/ml$  및  $10^6 \sim 10^8/g$ , B pool에는  $10^4 \sim 10^8/ml$  및  $10^6 \sim 10^8/g$ , C pool은 海水만으로  $10^5 \sim 10^7/ml$ 였다.

調査期間中 各 pool의 海水 및 綠藻類에서 分離된 細菌株를 屬까지 同定하여, 그 結果에 대하여 A, B 및 C pool의 細菌相을 模式的으로 圖示한 것이 Fig. 4이다. 海水中の 細菌相에는 *Acinetobacter* spp.가 36.0~41.8%, *Flavobacterium* spp. 26.5~30.9%, *Moraxella* spp.가 14.2~18.4%, *Pseudomonas* spp.

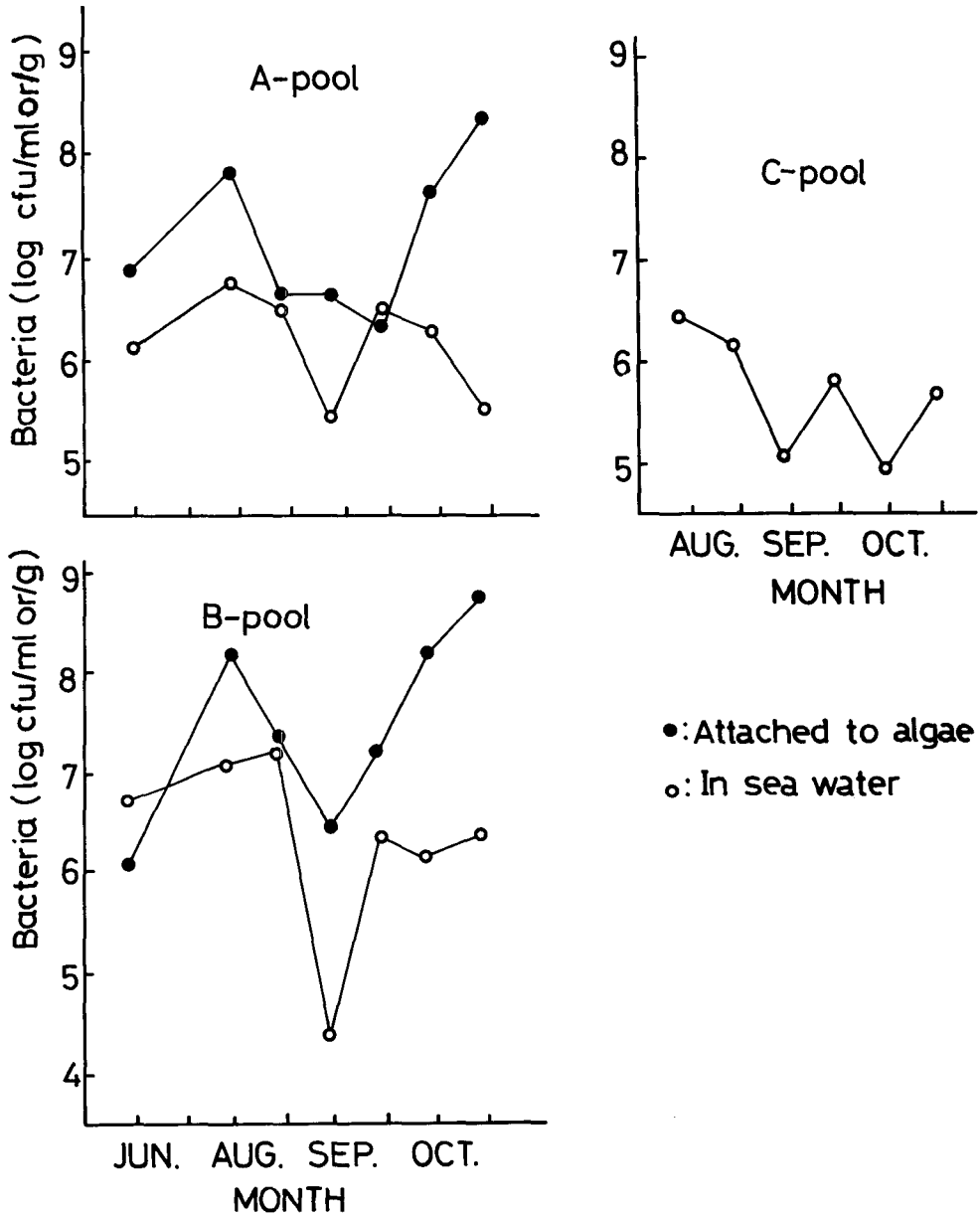


Fig. 3. Monthly change of viable counts of bacteria attached to algae and in seawater in the three tide pools.

가 11.7~18.3%의 비율로 나타나고, 綠藻類 附着 細菌相에도 *Acinetobacter* spp. 가 29.1~44.2%, *Flavobacterium* spp.는 21.2~22.7%, *Moraxella* spp. 가 12.9~16.1%의 비율로 나타났다. *Vibrio* spp.는 각 Pool의 海水中에 0.34~1.5%, 綠藻類 附着細菌은 1.4~1.5%의 낮은 비율로 나타났다. 종종 *proteus* spp., 酵毒, *Sarcina* spp., *Chromobacterium* spp.

도 出現되었으나 그 出現率은 극히 적었다.

### 3. *T. japonicus*의 분포

表 2와 같이 8月~10月까지 各 pool에 繁殖하고 있는 *T. japonicus*의 個體數와 抱卵 個體數를 月別, tide pool 別로 나타낸 것이다.

*T. japonicus* 總個體數의 月間 變動은 A pool은

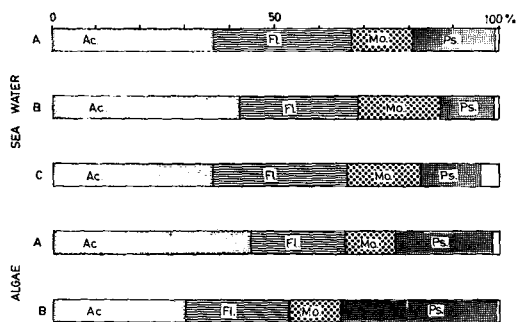


Fig. 4. Generic composition of bacterial flora in seawater and on algae.

A, B and C : the tide pools;  
 Ac : *Acinetobacter* spp.  
 Ps : *Pseudomonas* spp.  
 Fl : *Flavobacterium* spp.  
 Mo : *Moraxella* spp.

Table 2. Population of *Tigriopus japonicus* in different tide pools

Month (1980)	Tide pool	Stage (Indiv./l)			Total
		Nauplii	Copepodites	Adults	
8	A	461	1122	4078	5661(1879)*
	B	580	1838	4662	7040(2787)*
	C	460	620	1595	2675(1115)*
9	A	320	4200	2020	6540 (160)*
	B	160	1360	700	2220 (200)*
	C	34	392	294	720 (12)*
10	A	4	28	66	98 (6)*
	B	46	166	312	524 (26)*
	C	14	46	96	156 (6)*

\* Number of individual having egg sacs is represented in parentheses.

98~5,661/l, B pool 에는 524~7,040/l, C pool 이 156~2,675/l 의 분포를 보였다.

抱卵數도 A pool 에 6~1,879 個體, B pool 에 26~2,787 個體, C pool 이 6~1,115 個體의 범위의變動으로 8월이 최고 분포를 보였다.

### 고찰

本 研究 調査의 對象으로서 tide pool A, B 및 C 는 各各 外部에서의 海水의 流入 등 相異점이 있었고, 環境因자의 分析結果(Fig. 2) 溫度, pH, 鹽分 등의 심한 변동이 있었으며, 全 인산염이나 POC 量이 8~9월에 현저히 높은 特徵을 보였다. 特히 B pool 에 있어서는 8~9월에 大量의 單細胞 藻類 및 原生動物

의 發生이 觀察되었는데, 이것은 tide pool 의 全 인산염이나 POC 값이 높게 나타난 原因의 하나라 생각된다.

油壺灣 0~4 m 層의 海水中的 POC의 量은 216~320  $\mu\text{g-c/l}$  分布하고 있다고 報告되었다(Fukami *et al.*, 1981). 이 報告值과 比較하면 tide pool 海水中的 POC 값은 현저히 높고(Fig. 2), 또한 全 인산염의 값도 東京灣의 富營養化 內灣海域의 값과는 큰 차이가 있었다(Taga *et al.*, 1978).

Shiba *et al.*(1980)은 綠藻類 附着細菌이  $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^2$ 의 分布를 나타내었고, 細菌相에는 橙色 또는 黄色의 色素生産菌이 優占的이라 報告하였다. 本 研究에 의한 tide pool 綠藻類 附着細菌의 調査結果에는 色素生産의 *Flavobacterium* spp. 보다 *Acinetobacter* spp.가 오히려 優占的이었다(Fig. 4). 또한 tide pool 海水中에 있어서도, 藻類附着 細菌과 같이 *Acinetobacter* spp.가 優占的으로 나타났다. 이와 같이 tide pool 의 環境에는 *Acinetobacter* spp.가 優占的인 것이 特徵으로 생각되었다.

Simidu *et al.*(1977), Simidu(1980)에 의하면, 富營養化가 進行되고 있는 東京灣內 海水에는 灣外의 外洋水에 比較하여, *Vibrio* 科 細菌의 出現率이 극히 저하하지만, *Acinetobacter-Moraxella* spp.의 細菌群이 主體를 이룬다고 報告하였다. 또 Taga *et al.*(1978), Simidu(1980)는 東京灣內 海水의 生菌數도  $10^5 \sim 10^6/\text{ml}$ 의 水準으로 外洋水보다 높게 報告되었다. 이와 같은 報告와 比較하면, tide pool 의 海水 環境은 細菌數(Fig. 2) 및 細菌相(Fig. 4)의 觀占에서 東京灣의 海水環境과 類似하다고 생각된다.

tide pool 의 特徵 즉 全 인산염과 POC 의 濃度, 細菌數, 細菌相 등의 調査結果를 總合하여 생각해보면 *T. japonicus*가 棲息하고 있는 天然環境은 상당히 富營養的이었다고 推察되었다.

### 요약

*T. japonicus*가 棲息하고 있는 天然 tide pool 의 實態를 알기 위하여, 神奈川縣 三浦市 油壺周邊에 있는 性狀이 다른 tide pool 세곳(Fig. 1. A, B, C)을 對象으로 6~10월까지 調査를 하였다.

이 tide pool 海水中的 環境要因인 鹽分濃度는 장마철 降雨期를 제외하고는 거의 35‰였고, 水溫은 14~32°C, pH는 7.4~8.9, POC (懸濁態有機炭素)는 255~3,980  $\mu\text{g-c/l}$ , 全 인산염은 1~27  $\mu\text{g-at/l}$ 의 심한

변동을 보였다.

海水中の細菌數 및 綠藻類附着菌數는 각각  $10^7/ml$ ,  $10^6 \sim 10^8/g$ 의 範圍로 時期的인 變動이 있었고, 海水中的 細菌相은 *Acinetobacter* spp., *Moraxella* spp., *Flabacterium* spp., *Pseudomonas* spp. 등의 細菌株가 각각 38%, 29%, 16% 및 14%의 비율로 나타났고, *Vibrio* spp. 菌株나 酵母의 出現비율은 낮았다. tide pool 内の *T. japonicus* 最高個體數 및 抱卵個體數는, 8月과 9月 單細胞 藻類 및 原生動物의 大量發生이 관찰 되었던 B-pool이 높았고, 각각 海水 1l 中 약 2,200~7,000 및 200~2,800의 범 위였다. 이상의 POC, 전 인산염 및 세균수, 세균상 등의 조사결과, *T. japonicus*의 棲息하는 天然環境이 상당히 富營養的인 것으로 推察되었다.

## 문 헌

- Buk, J.D. and R.C. Cleverdon. 1960. The spread plate as a method for the enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 5, 78-80.
- Buchanan, R.E. and N.E. Gibbons. 1974. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Williams and Wilkins Co., pp. 326, 327, 340, 354, 433-6.
- Fraser, J.H. 1936. The occurrence, ecology and life history of *Tigriopus fulvus* (Fischer). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 20, 523-536.
- Fukami, K., U. Simidu and N. Taga. 1981. A microbiological study on the decline process of a phytoplankton bloom in Aburatsubo Inlet, Kanagawa, Japan. *Bull. plank. Soci. Japan* 28, 33-41.
- Hobbie, J.E., R.J. Daley and S. Jasper. 1977. Use of nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *App. Env. Microbiol.* 33, 1225-1228.
- Ito, T. 1970. The biology of a Harpacticoid, *Tigriopus japonicus* Mori. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI. Zool.*, 17, 474-536.
- 古賀文洋. 1970. *Tigriopus japonicus* Mori, かいあし類の生活史について. *日本海洋學會誌* 26, 11-21.
- 松谷幸司. 1960a. *Tigriopus japonicus*의 溫度, 鹽分抵抗性에 關する 研究-I. *生理生態* 9, 35-38.
- 松谷幸司. 1960 b. *Tigriopus japonicus*의 溫度, 鹽分抵抗性에 關する 研究-II. *生理生態* 9, 49-54.
- 松谷幸司. 1961 a. *Tigriopus japonicus*의 溫度, 鹽分抵抗性에 關する 研究-III. *生理生態* 10, 59-62.
- 松谷幸司. 1961 b. *Tigriopus japonicus*의 溫度, 鹽分抵抗性에 關する 研究-IV. *生理生態* 10, 63-67.
- Mori, T. 1938. *Tigriopus japonicus*, a new species of netric copepod. *Zool. Mag. (Japan)*, 550, 294-296.
- Murphy, J.H. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27, 31-36.
- Sharp, J.H. 1974. Improved analysis for "particulate" organic carbon and nitrogen from seawater. *Limnol. Oceanogr.* 19, 984-989.
- Shewan, J.M., G. Hobbs and W. Hodfkiss. 1960. The *Pseudomonas* and *Achromobacter* groups of bacteria in the spoilage of marine white fish. *J. Appl. Bact.* 23, 463-468.
- Shiba, T. and N. Taga. 1980. Heterotrophic bacteria attached to seaweeds. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 47, 251-258.
- Simidu, U., E. Kaneko and N. Taga. 1977. Microbiological studies of Tokyo Bay. *Microbiol. Ecol.* 3, 173-191.
- 清水潮. 1980. 東京灣とその隣接海域の海洋環境の微生物學的調査 沿岸海洋研究 ノート., 17, 103-113.
- Taga, N. 1967. Microbial coloring of seawater in tide pool, With special reference to massive development of photosynthetic bacteria. *Inform. Bull. Plank. Japan Comm. (No. Dr. Y. Matsue)* 219-229.
- Taga, N. 1968. Some ecological aspects of marine bacteria in the Kuroshio current. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ.* 12, 65-76.
- Taga, N. and H. Kobori. 1978. phosphatase activity in eutrophic Tokyo Bay. *Mar. Biol.* 49, 223-229.
- 武田信之. 1954. 海水橈脚類 *Tigriopus japonicus* Mori における 溫度適應. *生理生態* 6, 49-54.
- 時岡隆, 鈴木武文. 1939. タイドプールに棲む橈脚類の一種 *Tigriopus japonicus* Mori に関する小觀察. *生態學研究* 5, 152-159.
- 山路勇. 1979. 日本海洋プランクトン圖鑑. 保育社. 337-388.