Capitella capitata ならびに *Paraprionospio pinnata*
の生理的耐忍性について

上野信平・山本護太郎

(東海大学海洋学部)

Physiological tolerance in the polychaetous annelids *Capitella*
capitata and *Paraprionospio pinnata*

Shinpei UENO and Gotaro YAMAMOTO

Abstract

Physiological tolerances were studied experimentally in the polychaetous annelids, *Capitella capitata*, *Paraprionospio pinnata* and some organic pollution indicator species. 1) Salinity tolerance: *Diopatra bilobata* was the most tolerant among four species, *C. capitata*, *Paraprionospio pinnata*, *Nebalia bipes* and *D. bilobata*. 2) Thermal tolerance: *D. bilobata* was the most tolerant among above four species, and in the other three species, *N. bipes*, *C. capitata*, *P. pinnata* were in order from high to low in tolerance. 3) COD tolerance: The range of COD concentration in which survivorship of the worms examined exceeded 50% for *C. capitata* was 27.5 to 57.0 ppm and as for *D. bilobata* was from 12.0 to 22.0 ppm. 4) Tolerance to the combination with temperature and salinity, temperature and COD concentration: The more salinity decreased, temperature increased and COD concentration decreased, the more survivorship of *C. capitata* decreased. 5) Tolerance to low oxygen tension: Lowest point of dissolved oxygen concentration of independent zone of oxygen consumption was 2.1 ml/l in *C. capitata* and 2.4 ml/l in *D. bilobata*. *C. capitata* was more tolerant than *D. bilobata* in low oxygen tension.

工場排水や生活排水の流入する河口沿岸域や内湾域では、富栄養化の進行が著しく、ところによっては有機汚濁海域となっている。このような海域では底生生物群集の多様性は小さく、特定の種の優占度が高いのが普通である (Gray, 1981)。特に有機汚濁海域に独占的に出現し、その海域の特性をよく指標する生物は、有機汚濁指標種と呼ばれ、多毛類の *Capitella capitata* (Fabricius), *Paraprionospio pinnata* (Ehlers), 甲殻類の *Nebalia bipes* (Fabricius) などがこれである (北森, 1975)。

しかし、これらの種は、単に有機汚濁指標種として指摘されるにとどまり、生理的環境耐忍性、生活史といった種特有の属性に関する知見は極めて不十分であるのが現状である。

ここでは、有機汚濁指標種の Capitella capitata を中心に Paraprionospio pinnata, Nebalia bipes ならびに有機汚濁の程度の低い海域に生息する多毛類の Diopatra bilobata Imajima の生理的環境耐忍性について比較しつつ述べる。なお Paraprionospio pinnata は最近形態的差異から4タイプに分けられ、タイプごとに生息域が異なることが報告されておるが(玉井, 1981. *Yokoyama & Tamai*, 1981)、本報告で扱った個体はすべてAタイプである。

採集海域の概略

C. capitata, D. bilobata, N. bipes は、駿河湾田子の浦港で採集された。田子の浦港は製紙原料のパルプ材輸入等の工業港である。港内には潤井川、沼川等の他に工場専用排水路の岳南排水路が流入しており、これらの河川や排水路を通じて港内には製紙パルプかすが大量に流入し、海底にこれらが沈澱堆積し、港内は全体として有機汚濁状態となっている。

C. capitata の一部と P. pinnata は、駿河湾用宗港で採集された。用宗港は水深5mの漁港である。港内には小坂川が流入しており、小坂川上流域の水産加工工場、製紙工場等の排水は小坂川を通じて用宗港内に流入し、港内は有機汚濁状態となっている。

実験方法

実験項目は、塩分耐忍性、温度耐忍性、COD耐忍性、温度と塩分の組み合わせに対する耐忍性、温度とCODの組み合わせに対する耐忍性、溶存酸素量の減少に対する耐忍性の6種類である。実験は恒温、恒暗、無投餌条件下で行ない、使用海水は人工海水である。溶存酸素量の減少に対する耐忍実験は通気を施さず、流動パラフィンで空気を遮断して行なった。また実験開始時に適宜 N_2 ガスを媒液中にふきこみ、溶存酸素量を調節した。溶存酸素量の減少に対する耐忍実験以外は、いずれの実験も媒液に通気を施した。CODの設定には、用宗港内の底泥から採取した間隙水を用いた。

実験個体の生死の判定は、C. capitata, P. pinnata, D. bilobata では剛毛ならびに体節の伸縮運動の停止、N. bipes では心臓ならびに後行大動脈中の血流の停止によった。

結果と考察

1. 塩分耐忍性

C. capitata の塩分と生残率の関係(図1)より、120時間 TL_{50} は16.5~50.0‰であり、そのうち生残率100%を示した範囲は25.0~44.5‰であった。8.0‰以下と56.0‰以上の生残率はいずれも0%であった。また8.0~25.0‰の範囲の生残率の低下は、44.5~56.0‰のそれと比較してゆるやかである。このことは C. capitata のもつ低塩分に対する耐忍性の大きさを示すものと考えられる。

ここで C. capitata, D. bilobata, N. bipes, P. pinnata の4種について48時間75%以上の生

図1 塩分と生残率の関係 (*Capitella capitata*)

図2 *Diopatra bilobata*, *Capitella capitata*, *Nebalia bipes*, *Paraprionospio pinnata* の48時間生残率75%を示した塩分範囲の比較

残率を示した塩分範囲を比較すると(図2)、*P. pinnata*が最も狭い耐忍性を示し、*C. capitata*と*N. bipes*は同程度で並び、*D. bilobata*が最も広い耐忍性を示している。これらの関係は各々の特性をよく表わすと考えられる。

河口、下水排水口付近が有機物質の流入により、有機汚濁状態になりやすいのと同時に低塩分にもなりやすいことを考慮すると、低塩分に対する耐忍性が大きいことが、*C. capitata*が河口、下水排水口付近に優占的に出現することを可能にしている理由の一つであろうと思われる。また*C. capitata*と同様有機汚濁指標種である*P. pinnata*が陸水の影響を受けにくい沖合域の有機汚濁指標種とされるのは(北森, 1975)、この塩分耐忍性の狭さが一因であると考えられる。

2. 温度耐忍性

C. capitata の温度と生残率の関係 (図3) より120時間 TL_m は $-0.8 \sim 27.9^\circ\text{C}$ で、そのうち生残率100%を示した範囲は $0.0 \sim 20.0^\circ\text{C}$ である。

自然界における水温範囲がおおよそ $0 \sim 30^\circ\text{C}$ であることを考えると、C. capitata では温度耐忍性が大きく、特に低温耐忍性が大きく、高温耐忍性は小さいものようである。実際、C. capitata の生息域が無生物域となるのは用宗港で9月、田子の浦港で10月であり、そのときの泥温はそれぞれ 22.9°C 、 24.9°C である。

ここで C. capitata、D. bilobata、N. bipes、P. pinnata の4種について48時間75%以上の生残率を示した温度範囲を比較すると (図4)、高水温に対して D. bilobata が最も大きい耐忍性を示し、次いで N. bipes、C. capitata、P. pinnata の順になっている。

図3 温度と生残率の関係 (Capitella capitata)

図4 Diopatra bilobata、Capitella capitata、Nebalia bipes、Paraprionospio pinnata の48時間生残率75%を示した温度範囲の比較

3. COD耐忍性

内湾や沿岸域などの停滞水域におけるCODの供給源は、陸水からである場合が多い。CODが同値であっても海域が相違すれば溶解物質は異なる可能性があり、COD値は溶解物質の質的相違を標示し得ないと考えられる。しかし、CODは汚濁状態を標示する環境基準の一つである。また一方、多毛環虫の生存ならびに生活活動とCODとの関連についても近年研究されている（栗原ら、1980）。このような観点からCOD耐忍性を明らかにすることは意義があると考えられる。

図5 CODと生存率の関係 (*Capitella capitata*, *Diopatra bilobata*)

CODと生存率の関係（図5／にみるように、*C. capitata* の生存率は27.5 ppm以下で100%、27.5～57.0 ppmまでは50%以上、87.0 ppm以上で0%であった。*D. bilobata* の生存率は12.0 ppm以下で100%、12.0～22.0 ppmまでは50%以上、31.5 ppm以上で0%であった。COD値が同一であれば*C. capitata* は*D. bilobata* と比較して常に生存率は高く、また*C. capitata* の生存率の減少勾配は*D. bilobata* と比較してゆるやかである。

すなわち有機汚濁海域に優占的に出現する*C. capitata* は*D. bilobata* と比較してCODに対する耐忍性が大きいことが明らかである。

4. 環境要因の組み合わせに対する耐忍性

自然界において、環境要因は単独ではなくいくつか複合されて生物に働きかけていると思われる。したがって、有機汚濁指標種に影響を与えるいくつかの環境要因の相乗効果を知ることは、その生物の実践的な環境指標性を明らかにする上で重要であろう。

図6 水温ならびに塩分と生残率の関係 (*Capitella capitata*)

図7 水温ならびにCODと生残率の関係 (*Capitella capitata*)

水温ならびに塩分と生残率の関係 (図6) を水温、塩分の単独の耐忍実験の結果と比較すると、水温単独の耐忍実験では、22.0, 26.0, 30.0°Cにおける *C. capitata* の生残率は、それぞれ

81, 63, 36%であるのに対し、25.0 S%と各水温との組み合わせの他は、生残率は、いずれの組み合わせにおいても減少している。また同一塩分であっても水温が高い程生残率は減少し、特に30.0℃-15.0 S%において生残率は5%である。

また同様に、塩分単独の耐忍実験では15.0, 20.0, 25.0 S%におけるC. capitataの生残率はそれぞれ41, 71, 100%であるのに対し、15.0 S%-22.0℃の組み合わせにおいて生残率が65%と41%より高い値を示した他は、生残率はいずれの組み合わせの場合も減少している。また同一水温であっても低塩分程生残率は減少し、特に15.0 S%-30.0℃において生残率は5%である。

全体として低塩分、高水温程、C. capitataの生残率は減少する傾向が認められる。特に塩分、水温の単独の耐忍実験において、生残率が60%以下となる塩分と水温の組み合わせ、すなわち15.0 S%-30.0℃の組み合わせにおいて、この傾向は顕著である。

水温ならびにCODと生残率の関係(図7)を水温、CODの単独の耐忍実験の結果と比較すると、水温単独の耐忍実験の22.0, 26.0, 30.0℃におけるC. capitataの24時間後の生残率はいずれも100%であるのに対し、22.0℃-10.0 ppmの組み合わせにおいて生残率が100%を示した他は、生残率はいずれの組み合わせの場合も減少している。また同一のCODであっても水温が高い程生残率の減少は著しい。

同様に、COD単独の耐忍実験では、100, 180, 250 ppmにおけるC. capitataの生残率はいずれも100%であるのに対し、22.0℃-10.0 ppmの組み合わせにおいて生残率が100%を示した他は、生残率はいずれの組み合わせの場合も減少しており、同一の水温であってもCODの値が高い程生残率の減少は著しい。

全体として高水温、高CODほど、C. capitataの生残率は減少する傾向が認められる。

これらのことにより、環境要因が単独の場合よりも、複合された場合、特に環境要因が単独の場合の臨界点付近どうしの組み合わせにおいて、環境要因の相乗効果は顕著に表われ、C. capitataの生残率は小さくなることが明らかとなった。

5. 溶存酸素量の減少に対する耐忍性

C. capitataとD. bilobataの溶存酸素量と酸素消費量の関係(図8)にみられるように、溶存酸素量の減少にもかかわらず、単位酸素消費量が一定である範囲の独立域(尾崎, 1970)の下限值はC. capitataで2.1 ml/ℓ、D. bilobataで2.4 ml/ℓであった。溶存酸素量の減少にともない単位酸素消費量が低下する依存域の下限値はC. capitataで1.0 ml/ℓ、D. bilobataで1.2 ml/ℓであった。酸素欠乏をきたし窒息死を起こす即死域の上限値はC. capitataで0.7 ml/ℓ、D. bilobataで0.4 ml/ℓであった。

ここでC. capitataとD. bilobataの溶存酸素量の減少に対する耐忍性を独立域の下限から依存域の下限までの範囲で考えると、C. capitataはD. bilobataより耐忍性が大きく、即死域の上限で考えるとC. capitataはD. bilobataより耐忍性が小さいことになる。つまり、着目する範囲により耐忍性が異なることになる。

図8 溶存酸素量と酸素消費量の関係 (*Capitella capitata*, *Diopatra bilobata*)

Reish (1966) は、28日 TLM と即死域の上限値とから、汚濁海域に生息する *C. capitata* は、半健全海域に生息する *Neanthes arenaceodentata* や *Dorvillea articulata* と比較して低溶存酸素量に対する耐忍性が大きいとは限らないと結論している。しかし、この結論は TLM と即死域の上限に注目した場合の結論である。

溶存酸素量の減少に対する耐忍性を考える場合、問題となる範囲は、独立域の下限から即死域の上限までと考えられる。これは、独立域の範囲では、溶存酸素の減少に対して、生物の反応は何らみられないわけである。一方、独立域の下限から即死域の上限までの範囲は、溶存酸素量の減少にともなって、生物の生理的反応が引き起こされ、酸素消費量を低下させて生残る範囲と考えられる。またこの範囲の中でも、特に着目すべき点は、生物が正常な摂餌活動ならびに生殖活動をとった結果、生活史を完結し得るという意味において、独立域の下限値付近と考えられる。

このように考えると、*C. capitata* は *D. bilobata* と比較して溶存酸素量の減少に対する耐忍性は大きいと結論づけられ、自然界における分布域の相違を裏付けていると言えることができる。

C. capitata をはじめ、*P. pinnata* など有機汚濁指標種としての位置を確立してきたかのように思われる種はいくつかあるが、指標性といった点で、まだ不十分な点が多く、今後、環境耐忍性といった面からの詳細な研究が必要であろう。

引用文献

- Gray, J. S. 1981. *The Ecology of Marine Sediments*. Cambridge Univ. Press, 185pp.
- 北森良之介, 1975. 環境指標種としての底生動物(2), 指標生物を中心に(環境と生物指標水界編). 日本生態学会環境問題専門委員会(編), 共立出版, 265-273.
- 栗原康・稲森悠平・土屋誠, 1980. 人工干潟の研究(1), 汚泥捕食者としてのゴカイ (*Neanthes japonica*)の生態的特性. 下水道協会誌, 17(191), 38-44.
- 尾崎久雄, 1970. 呼吸の生理(魚類生理学講座2). 緑書房, 354 pp.
- Reish, D. J. 1966. *Relationship of polychaetes to varying dissolved oxygen concentrations. Draft for 3rd, intern. conf. Water Pollution Research, Munnich. Sect. 3, Paper No 10, 10pp.*
- 玉井恭一, 1981. 西日本周辺海域に生息する *Paraprionospio* 属(多毛類:スピオ科) 4 typeの形態的特徴と分布について. 南西海区水研報, 13, 41-58.
- Yokoyama, H. & K. Tamai, 1981. *Four forms of the genus Paraprionospio (Polychaeta: Spionidae) from Japan. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 26, 303-317.*