

室戸海洋深層水の特性把握および機能解明に関する研究 生物分野における機能解明

「物質収支に関する研究」

漁場環境科 森山貴光・荻田淑彦・石川 徹

1. 研究目的

海洋深層水を生物生産の場で、多段的、有効に利用するため、深層水を用いた生物生産過程における窒素、リンの収支に関する研究を行い、高度利用する技術について検討する。

2. 研究方法

海洋深層水研究所において、深層水によって飼育・培養の行われているメダイ (*Hyperoglyphe japonica*)、ホシガレイ (*Verasper variegatus*) の2種の魚類とマコンブ (*Laminaria japonica*) および深層水と表層水の混合海水によって飼育されているヒラメ (*Paralichthys olivaceus*)、トラフグ (*Fugu rubripes*) について、それぞれの水槽の注水部および排水部で採水を行い、溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度を測定した。このうち溶存態窒素、リンについては採水後、直ちにミリポアーフィルター (0.45μ) で濾過、冷凍し、水産試験場に持ち帰り分析に供した。濃度測定のうちアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素およびリン酸態リンについては海洋観測指針 (気象庁 1985)、総窒素および総リンについてはペルオキシ2硫酸カリウム分解による総窒素、総リンの定量法により Traacs 800 を用いて行った。また、クロロフィルa濃度については試水1LをGFCフィルターで濾過しアセトン抽出後、蛍光光度計 (TURNER DESIGNS社製 AU-10) で測定した。

3. 研究結果および考察

3. 1 飼育培養状況

平成11年1月19～20日の間、2時間毎、計12回の採水を行った上記、5種の生物の飼育、培養状況は表-1のとおりで、魚類4種は円形、コンブは長方形のいずれもFRP製水槽が用いられていた。水槽による魚類飼育時の環境の良否の目安となる単位水量あたりの収容密度および換水率 (流量/水槽容量: 回/日) について見ると、収容密度は深層水と表層水の混合海水が注水されていたヒラメ水槽が14.5kg/トンと最も多く、同じく混合海水が注水されていたトラフグ水槽が2.5kg/トンと最も少なかった。また、換水率は深層水のみが注水されていたホシガレイ水槽が25.9 (回/日: 以下同様) と最も多く、その他の魚類では8.4～11.5の値であった。一方、コンブ水槽では収容密度は1.4Kg/トン、換水率は3.1といずれも魚類に比べ低い値であった。

3. 2 注水の性状

各水槽の注水部で2時間毎に採水した深層水および表層水の溶存態窒素、溶存態リン並びにクロロフィルa濃度の平均値について見ると、深層水の総窒素濃度は $27.9\mu\text{g-at/L}$ 、総リン濃度は $1.67\mu\text{g-at/L}$ で、表層水の値に比べ、前者で3.4倍、後者で5.0倍の高濃度であった。また、硝酸態窒素およびリン酸態リンの濃度はそれぞれ $27.34\mu\text{g-at/L}$ および $1.66\mu\text{g-at/L}$ で表層水の約7倍の高濃度であり、取水現場海域および汲み上げ直後の海水との濃度差は殆ど認められなかった。なお、クロロフィルa濃度は表層水の濃度の約50%、 $0.02\mu\text{g/L}$ であった (表-2)。

表-1 調査対象水槽の仕様と飼育状況 (99. 1. 19-20)

項目\魚種	メダイ	コブ	ホシガレイ	ヒラメ	トラフグ
深層水(トン)	3.50	0.90	3.24	1.26	1.44
注水量 表層水(トン)	0	0	0	1.01	1.44
計(トン)	3.50	0.90	3.24	2.27	2.88
水槽容量(トン)	10.0	7.0	3.0	6.0	6.0
換水率(回/日)	8.4	3.1	25.9	9.1	11.5
収容量(kg) ¹⁾	40	10	20	87	15
収容密度(Kg/トン)	4.0	1.4	6.7	14.5	2.5

*1:聞き取りに基づく推定値

表-2 調査対象水槽に注水された深層水および表層水の性状 (99. 1. 19-20)

測定項目	深層水	表層水
総窒素(TN) ($\mu\text{g-at/L}$)	27.92	8.16
アンモニア態窒素 (")	0.40	0.52
亜硝酸態窒素 (")	0.26	0.33
硝酸態窒素 (")	27.34	3.10
総リン(TP) (")	1.67	0.33
リン酸態リン (")	1.66	0.23
クロロフィルa ($\mu\text{g/L}$)	0.02	0.04
水温($^{\circ}\text{C}$)	15.6	18.0
塩分(‰)	34.30	33.75

3. 3 飼育生物別濃度変化

3. 3. 1 メダイ

深海性魚類である本種は深層水のみで、収容密度4.0Kg/トン、換水率8.4の状況で飼育されていた。計12回の採水、測定の結果、溶存態総窒素の濃度の平均値は注水部では27.46 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部では35.65 $\mu\text{g-at/L}$ で、いずれの採水時においても排水部の濃度が注水部の濃度を上回っていた。この濃度増加を無機態窒素および有機態窒素に分けて見ると、無機態窒素の濃度増加は4.18 $\mu\text{g-at/L}$ 、有機態窒素のそれは4.00 $\mu\text{g-at/L}$ と、ほぼ同様の増加が認められたが、前者では排水部濃度が注水部の1.18倍であったのに対し、後者では2.45倍と高かった。また、無機態窒素のうちアンモニア態

窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の濃度の変化を見ると、アンモニア態窒素では平均4.75 $\mu\text{g-at/L}$ の増加が認められたが、亜硝酸態窒素では増加は0.01 $\mu\text{g-at/L}$ と少なく、硝酸態窒素では逆に0.58 $\mu\text{g-at/L}$ の濃度減少が認められた。さらに、これ等の溶存態窒素の排水部濃度と注水部濃度の割合について見ると、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素ではその割合がほぼ同様であったのに対し、アンモニア態窒素では13.09倍におよび、排水部における無機態窒素の濃度増加はメダイの排泄、残餌の分解等に由来するアンモニア態窒素の増加によるものと考えられた。

一方、溶存態総リンの濃度の平均値は注水部では1.66 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部では2.30 $\mu\text{g-at/L}$ で、総窒素同様、いずれの採水時にも排水部の濃度が注水部の濃度を上回り、増加量0.64 $\mu\text{g-at/L}$ は注水部の濃度の約39%に達した。さらに溶存態総リンの内訳である無機態リンの濃度を見ると、注水部における平均値は1.64 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部のそれは2.15 $\mu\text{g-at/L}$ で、濃度増加0.51 $\mu\text{g-at/L}$ は溶存態総リン濃度増加の84%を占めた。

なお、クロロフィルa濃度の平均値は飼育水槽が、遮光された屋内に配置されているためか、注水部で0.014 $\mu\text{g/L}$ 、排水部で0.015 $\mu\text{g/L}$ と殆ど差が認められなかった(表3-1~3-3)。

3. 3. 2 ホシガレイ

冷水性の魚類である本種も深層水のみで飼育が行われており、収容密度は6.7kg/トン、換水率は調査を行った5種の生物のうち最も高い25.9であった。同水槽における溶存態総窒素濃度の平均値は注水部で27.94 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部で32.65 $\mu\text{g-at/L}$ で、メダイ水槽同様、いずれの採水時においても排水部の濃度が注水部の濃度を上回っていた。溶存態総窒素の濃度増加を無機態窒素と有機態窒素に分けて見ると、無機態窒素の濃度増加は3.40 $\mu\text{g-at/L}$ 、有機態窒素のそれは1.30 $\mu\text{g-at/L}$ で、メダイに比べ無機態窒素の割合が大きかった。この無機態窒素濃度増加の内訳について見ると、アンモニア態窒素では3.34 $\mu\text{g-at/L}$ の増加が認められたが、亜硝酸態窒素では0.01 $\mu\text{g-at/L}$ の減少が、また、硝酸態窒素では0.08 $\mu\text{g-at/L}$ の僅かな増加が認められたのみで、メダイ水槽同様、無機態窒素濃度の増加の殆どがアンモニア態窒素の増加によるものであった。

また、溶存態総リン濃度の平均値は、注水部では1.56 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部では1.67 $\mu\text{g-at/L}$ で、増加量は僅かではあるが、いずれの採水時にも排水部の濃度が注水部の濃度を上回っていた。

一方、クロロフィルa濃度の平均値は換水率が大きいためか、注水部で0.013 $\mu\text{g/L}$ 、排水部でも0.013 $\mu\text{g/L}$ と、メダイ同様、殆ど差が認められなかった(表4-1~4-3)。

3. 3. 3 ヒラメ

ホシガレイに比べやや高水温を好む本種の水槽には深層水と表層水の混合注水が行われており、収容密度は14.5kg/トンでメダイの約3倍に達するが、換水率はほぼ同様の9.1であった。同水槽の注水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度としては、表層水および深層水のそれぞれの濃度と注水量から算出した計算値を用いた。溶存態総窒素の平均濃度は、注水部では19.28 $\mu\text{-at/l}$ (計算値:以下同様)、排水部では51.52 $\mu\text{g-at/L}$ (実測値:以下同様)でメダイ、ホシガレイ同様、いずれの採水時にも排水部濃度が注水部濃度を上回り、その差、32.32 $\mu\text{g-at/L}$ はメ

ダイ水槽における濃度差の約4倍、注水部濃度の約1.7倍の高い値であった。増加した溶存態総窒素濃度の内訳を無機態窒素と有機態窒素について見ると、無機態窒素の濃度増加は有機態窒素の約2倍の21.66 $\mu\text{g-at/L}$ で、メダイ、ホシガレイ同様、溶存態総窒素濃度の増加の大半が無機態窒素によるものであった。さらに無機態窒素の濃度増加の内訳を見ると、増加の傾向が認められるものはメダイ、ホシガレイと同じくアンモニア態窒素のみで、濃度差は21.54 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部濃度は注水部の47.47倍に達した。

また、溶存態総リン濃度の平均値は注水部では0.06 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部では1.21 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部濃度は注水部の1.81~5.08倍(平均3.38倍)でメダイ、ホシガレイの約3倍の高い値であった。

一方、クロロフィルa濃度の平均値は注水部で0.037 $\mu\text{g/L}$ 、排水部で0.187 $\mu\text{g/L}$ で、排水部の濃度はメダイ、ホシガレイとは異なり注水部の3.15~8.94倍(平均4.94倍)と明瞭な増加が認められた(表5-1~5-3)。

3. 3. 4 トラフグ

ヒラメと同じく深層水と表層水の混合海水で飼育されている本種の換水率は11.5でメダイ、ヒラメと同程度であったが、収容密度は4魚種中最も少ない2.5kg/トンであった。注水が混合海水であるため注水部における窒素、リンおよびクロロフィルa濃度はヒラメと同じく計算値を用い、排水部との比較を行った。同水槽における溶存態総窒素濃度の平均値は注水部で18.16 $\mu\text{g-at/L}$ 、排水部で38.99 $\mu\text{g-at/L}$ で、上記3種同様、いずれの採水時においても排水部濃度が注水部濃度を上回った。

また、両者の差20.83 $\mu\text{g-at/L}$ は、本種の6倍に近い高密度飼育が行われているヒラメ水槽の値の64%に達する高い値であった。溶存態総窒素濃度の増加の内訳を無機態窒素と有機態窒素について見ると、有機態窒素の増加は1.85倍でヒラメの値の約50%であるものの、無機態窒素濃度の増加は2.24倍でメダイ、ホシガレイの約2倍、ヒラメとほぼ同様の値であり、アンモニア態窒素濃度の増

加も40.57倍とヒラメ同様の高い値であった。

一方、溶存態総リン濃度の平均値は注水部で $1.00\mu\text{g-at/L}$ 、排水部で $1.67\mu\text{g-at/L}$ 、排水部濃度は注水部濃度の1.67倍でメダイ、ホシガレイを上回り、ヒラメの値(3.38倍)の約50%の高い値であった。

収容密度が少ない本種の飼育水槽における、溶存態窒素およびリン濃度のこのような著しい増加が、生物種の相違によるものか、あるいは投餌を含めた水槽での飼育条件によるものかは、今後さらに調査する必要がある。なお、クロロフィルa濃度は注水部および排水部でいずれも $0.014\mu\text{g/L}$ で変化は認められなかった(表6-1~6-3)。

3. 3. 5 コンブ

本種の培養は深層水のみで行われており、収容密度は 1.4Kg/ト 、換水率は3.1と魚類に比べいずれも極めて低い値であった。同水槽の注水部における溶存態総窒素濃度に対し、排水部における濃度は一時的には増加も認められたものの、平均値は注水部で $28.00\mu\text{g-at/L}$ 、排水部で $27.76\mu\text{g-at/L}$ で、注水部に比べ排水部で $0.24\mu\text{g-at/L}$ の濃度の減少が認められ、注水部濃度と排水部濃度の割合は0.99となり、本種による溶存態総窒素の吸収が示唆された。溶存態総窒素濃度の変化の内訳を無機態窒素および有機態窒素について見ると、無機態窒素の濃度では $0.28\mu\text{g-at/L}$ の減少が認められたが、有機態窒素では $0.04\mu\text{g-at/L}$ の増加が認められた。さらに無機態窒素の内訳について見ると、アンモニア態窒素では $0.04\mu\text{g-at/L}$ 、亜硝酸態窒素では $0.01\mu\text{g-at/L}$ と僅かではあるが濃度の増加が認められたが、硝酸態窒素の濃度は $0.33\mu\text{g-at/L}$ 減少した。また、溶存態総リン濃度の平均値は注水部では $1.67\mu\text{g-at/L}$ 、排水部では $1.53\mu\text{g-at/L}$ で、溶存態総窒素とは異なり、いずれの調査時においても注水部に比べ、排水部の濃度が減少し、注水部濃度に対する排水部濃度の割合は0.92と溶存態総窒素に比べ、より明瞭な減少傾向が認められた。

一方、クロロフィルa濃度の平均値は注水部で $0.02\mu\text{g/L}$ であったが、排水部では $0.10\mu\text{g/L}$ と明

らかな増加が認められ、排水部濃度は注水部の5.52倍となった。しかしながら、マコンブの生態を考えると、上記のクロロフィルa濃度の増加は培養中のマコンブによるものとは考え難く、培養のために他水槽に比べ、より照度の高い場所に設置され、かつ、極めて低い換水率の条件下にある同水槽内に増殖した微細藻類によってもたらされた濃度増加の可能性が高い(表7-1~7-3)。

4. 参考文献

- [1] 窪田敏文他：海洋深層水資源の有効利用技術の開発に関する研究(第I期)成果報告書、科学技術庁開発局(1990)
- [2] 山口光明他：海洋深層水による大型海藻類の培養、月刊海洋、26、3(1994)
- [3] 上野幸徳他：深層水によるメダイの飼育について、月刊海洋、26、3(1994)
- [4] 川北浩久他：海洋深層水利用のための基礎調査(第2報)、高知県工業技術センター研究報告、26(1995)

表-3-1 メダイ水槽における溶存態窒素、リン及びクロロフィルa濃度

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総りん	無機態りん	クロロフィル									
単位	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g-at/l	μ g/l									
採水場所	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部								
平均値	27.46	35.65	23.84	28.03	3.62	7.62	0.43	5.18	0.27	0.28	23.14	22.57	1.66	2.30	1.64	2.15	0.01	0.02
最大値	29.50	40.74	25.52	29.88	5.61	10.86	0.73	5.97	0.46	0.48	24.55	24.16	1.74	2.66	1.77	2.37	0.02	0.02
最小値	22.36	30.97	20.65	23.35	1.47	5.37	0.24	3.90	0.14	0.17	20.16	19.07	1.47	1.94	1.48	1.82	0.01	0.01

表-3-2 メダイ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度比

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィルa
平均値	1.30	1.18	2.45	13.09	1.07	0.98	1.39	1.31	1.06
最大値	1.57	1.42	4.69	22.13	1.53	1.15	1.61	1.49	1.31
最小値	1.10	1.00	1.14	7.65	0.43	0.82	1.17	1.12	0.85

表-3-3 メダイ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度差

項目	総窒素 μg-at/l	無機態窒素 μg-at/l	有機態窒素 μg-at/l	アンモニア態窒素 μg-at/l	亜硝酸態窒素 μg-at/l	硝酸態窒素 μg-at/l	総リン μg-at/l	無機態リン μg-at/l	クロロフィルa μg/l
平均値	8.18	4.18	4.00	4.75	0.01	-0.58	0.64	0.51	0.00
最大値	12.69	8.67	7.35	5.56	0.16	3.06	0.98	0.78	0.00
最小値	2.81	0.09	0.80	3.45	-0.26	-4.35	0.29	0.20	-0.00

表-4-1 ホシガレイ水槽における溶存態窒素、リン及びクロロフィルa濃度

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィル
単位	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g/l}$
採水場所	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部	注水部 排水部
平均値	27.94 32.65	24.12 27.52	3.82 5.12	0.40 3.74	0.25 0.24	23.47 23.55	1.68 1.92	1.67 1.88	0.02 0.02
最大値	31.08 37.14	25.51 28.85	5.82 9.67	0.60 4.19	0.41 0.40	24.85 25.04	1.94 2.50	1.78 2.18	0.02 0.02
最小値	24.61 30.42	22.75 25.86	1.41 2.78	0.25 2.84	0.15 0.17	22.02 22.66	1.56 1.67	1.58 1.65	0.01 0.01

表-4-2 ホシガレイ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度比

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機リン	クロロフィルa
平均値	1.17	1.14	1.66	9.86	0.98	1.00	1.14	1.13	0.95
最大値	1.41	1.18	4.45	15.13	1.25	1.04	1.51	1.27	1.09
最小値	1.03	1.11	0.70	6.79	0.71	0.98	1.01	1.03	0.86

表-4-3 ホシガレイ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度差

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機リン	クロロフィルa
単位	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g-at/l}$	$\mu\text{g/l}$
平均値	4.70	3.40	1.30	3.34	-0.01	0.08	0.24	0.21	-0.00
最大値	10.77	4.18	7.50	3.81	0.05	0.80	0.85	0.46	0.00
最小値	1.08	2.77	-1.72	2.44	-0.11	-0.54	0.02	0.04	-0.00

表-5-1 ヒラメ水槽における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルa濃度

項目	総窒素 μg-at/l	無機態窒素 μg-at/l	有機態窒素 μg-at/l	アンモニア態窒素 μg-at/l	亜硝酸態窒素 μg-at/l	硝酸態窒素 μg-at/l	総リン μg-at/l	無機態リン μg-at/l	クロロフィル μg/l
採水場所	注水部*1	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部 排水部
平均値	19.28	51.52	15.17	36.82	4.11	14.69	0.48	22.02	0.32 1.75 13.05 14.36
最大値	21.12	61.11	16.11	42.32	5.63	25.71	0.68	27.07	0.54 2.71 13.71 15.47
最小値	17.85	39.64	14.02	33.07	2.72	4.81	0.33	18.69	0.19 1.26 11.42 13.01

*1:注水部濃度は計算値

表-5-2 ヒラメ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度比

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィルa
平均値	2.67	2.43	3.71	47.47	6.27	1.10	3.38	3.39	4.94
最大値	3.31	2.73	9.44	68.46	14.40	1.21	5.08	5.29	8.94
最小値	2.20	2.16	1.37	33.99	2.96	0.98	1.81	1.86	3.15

表-5-3 ヒラメ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度差

項目	総窒素 μg-at/l	無機態窒素 μg-at/l	有機態窒素 μg-at/l	アンモニア態窒素 μg-at/l	亜硝酸態窒素 μg-at/l	硝酸態窒素 μg-at/l	総リン μg-at/l	無機態リン μg-at/l	クロロフィルa μg/l
平均値	32.24	21.66	10.58	21.54	1.43	1.32	2.61	2.46	0.15
最大値	41.46	26.83	22.98	26.40	2.52	2.38	4.49	4.41	0.29
最小値	21.65	18.09	1.30	18.14	0.88	-0.30	0.82	0.83	0.07

表-6-1 トラフグ水槽における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルa濃度

項目	総窒素		無機態窒素		有機態窒素		アンモニア態窒素		亜硝酸態窒素		硝酸態窒素		総リン		無機態リン		クロロフィル	
単位	μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg/l	
採水場所	注水部*1	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部
平均値	18.16	38.99	14.05	31.54	4.11	7.46	0.43	16.44	0.26	1.82	13.37	13.28	1.00	1.66	0.94	1.56	0.01	0.01
最大値	19.56	44.65	15.02	35.56	5.33	18.49	0.60	20.53	0.43	2.19	14.34	13.77	1.05	2.25	1.00	2.05	0.02	0.02
最小値	16.54	33.49	13.05	25.36	2.63	2.47	0.32	10.60	0.16	1.43	12.48	12.92	0.90	1.28	0.88	1.25	0.01	0.01

*1:注水部濃度は計算値

表-6-2 トラフグ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度比

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィルa
平均値	2.16	2.24	1.85	40.57	7.70	0.99	1.67	1.66	1.02
最大値	2.70	2.55	3.68	64.94	11.77	1.04	2.32	2.26	1.15
最小値	1.84	1.92	0.71	26.10	4.84	0.95	1.28	1.34	0.87

表-6-3 トラフグ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度差

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィルa
単位	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg/l
平均値	20.83	17.48	3.35	16.01	1.56	-0.09	0.66	0.61	0.00
最大値	28.11	21.58	13.47	20.22	1.98	0.47	1.28	1.14	0.00
最小値	15.48	12.14	-1.02	10.20	1.13	-0.70	0.28	0.32	-0.00

表-7-1-1 コンブ水槽における溶存態窒素、リン及びクロロフィルa濃度

項目	総窒素		無機態窒素		有機態窒素		アンモニア態窒素		亜硝酸態窒素		硝酸態窒素		総リン		無機態リン		クロロフィル	
	μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg-at/l		μg/l	
採水場所	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部	注水部	排水部
平均値	28.00	27.76	23.92	23.64	4.08	4.12	0.37	0.41	0.24	0.25	23.30	22.97	1.67	1.53	1.65	1.53	0.02	0.10
最大値	30.17	30.44	25.32	24.50	5.95	6.55	0.54	0.57	0.35	0.41	24.74	23.75	1.79	1.64	1.77	1.57	0.06	0.31
最小値	25.04	24.39	22.04	21.57	1.25	1.84	0.19	0.25	0.14	0.15	21.68	21.01	1.55	1.41	1.57	1.45	0.01	0.04

表-7-2 コンブ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度比

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィルa
平均値	0.99	0.99	1.07	1.15	1.07	0.99	0.92	0.93	5.52
最大値	1.07	1.03	2.00	1.73	1.48	1.03	0.99	0.98	19.71
最小値	0.90	0.94	0.45	0.90	0.78	0.94	0.79	0.87	1.30

表-7-3 コンブ水槽の注水部と排水部における溶存態窒素、リンおよびクロロフィルaの濃度差

項目	総窒素	無機態窒素	有機態窒素	アンモニア態窒素	亜硝酸態窒素	硝酸態窒素	総リン	無機態リン	クロロフィルa
単位	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg-at/l	μg/l
平均値	-0.24	-0.28	0.04	0.04	0.01	-0.33	-0.14	-0.12	0.08
最大値	1.85	0.64	1.25	0.14	0.08	0.69	-0.02	-0.02	0.29
最小値	-2.93	-1.53	-2.34	-0.03	-0.05	-1.53	-0.38	-0.23	0.02