

河口干潟におけるアサリ生息底泥域の水質環境について

井芹 寧*・中茂義晶**・井上徹教***・馬場大哉****
平島英恵**・渋江吉之・郡山貞次*****・小松利光*****

番匠川河口域干潟において、底泥間隙水及び直上水を採取し水質分析を実施した。底泥直上水について、アサリ非生息域において懸濁成分、有機物等の増加が認められた。間隙水について、アサリ生息域は冠水時に上層水との交換で水質が改善しているのに対し、アサリ非生息域においては定常的な還元環境を呈し、鉄、アンモニア態窒素、亜鉛等の増加が認められた。また、アサリ生息域では懸濁物の多くが珪藻類であるのに対し、非生息域ではデトリタスの割合が多くなる傾向が認められた。干潟の修復にあたっては、干潟底泥の間隙水の交換効率の改善に加え、対象の干潟に影響を及ぼす周辺干潟、海域及び河川流域からの物質動態の健全化が重要な課題である。

1. はじめに

現在、日本各地の干潟においてアサリの現存量が激減しており、その回復に向けた研究展開が急務となっている(伊藤, 2002)。アサリの生息が阻害される要因としては多くのものが挙げられ、柿野(1998)や増殖場造成計画指針編集委員会(1997)などに整理されている。それらを表-1にとりまとめた。

表-1 アサリ生息影響要因の概要

気象	降雨		低塩分
	風	海流	一時的被泥
海象	流況	潮汐流	卵, 浮遊幼生の散逸
		海況	着底から稚貝期にかけての流出
底質	粒度組成		飼料不足
	化学的性状		過剰な浮遊土
水質	水温		過剰な泥分
	青潮		硫化物
	重金属		酸化還元電位
有害物質	環境ホルモン		高水温及び低水温
	毒物		溶存酸素濃度の低下
生物	赤潮		水銀, 銅, 亜鉛, 鉄, マンガン等(?)
	疾病		有機スズ, ダイオキシン
	競合		各種農薬
	食害		有害プランクトン
その他	遺伝		寄生虫, ウイルス, 細菌等
	漁具による被害		動物群集による海底面の被覆 海藻群落による海底面の被覆

このうち、水質に関する要因は、アサリが直接的に接触し、食餌や呼吸で吸引する底泥直上水及び底泥間隙水を通じて生理的に影響を受けることとなる。河口域は潮汐の影響で海水と河川水の分布が大きく変化し、アサリ

の基本的生息環境である底泥間隙水、食餌環境としての底泥直上水も大きく変動しているものと考えられる。

本研究では、大分県番匠川の河口域干潟において、アサリの生息する底泥中の間隙水及び底泥直上水の水質(有機物、栄養塩、重金属等)を調査し、その水質変動の要因を解析し、今後の干潟修復技術開発の基礎資料を得ることを目的とした。

2. 調査方法

(1) 調査時期

平成14年6月22日の干潮時(11:00~12:00)及び冠水時(18:00~20:30)に現地測定及び採水を実施した。

(2) 調査地点及び測点

調査地点を図-1に示す。大分県番匠川河口域干潟部において、アサリ生息域(st.1)及びアサリ未生息域(st.2)の表層水(水深0.1m)と底泥直上水(D-0.01m)、底泥間隙水(D+0.05m)を採水した。冠水時調査時の全水深(D)はSt.1は1.2m、St.2は0.45mであった。

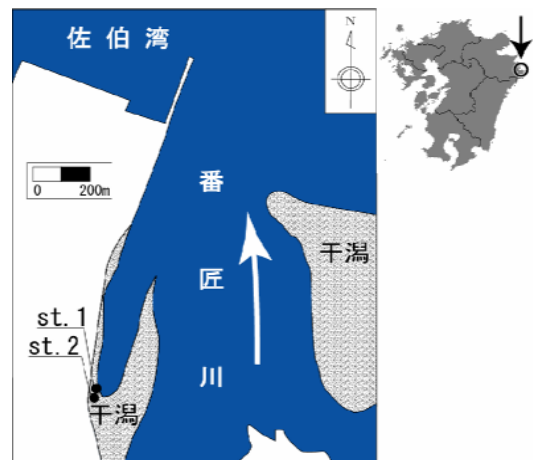


図-1 調査地点

(3) 試料採取方法

干潮時は、干潟表面に残存する海水の滞留水を注射

* 正会員 農修 西日本技術開発(株) 環境部
** 学生会員 修(工) 九州大学大学院工学府
*** 正会員 工博 港湾空港技術研究所海洋・水工部
**** 農修 東レテクノ(株)環境科学技術部
***** 国土交通省 佐伯河川国道事務所
***** フェロー 工博 九州大学大学院工学研究院

筒で吸引し採水し、直上水試料とした。間隙水採取装置は泥中にアドバンテック社製の50mm径のセルロースアセテート0.45μm孔径のろ紙を装着したカートリッジろ過装置を直接埋め込み、硬質チューブで水面上に導き、注射筒(吸引ロック付)で10~20分吸引し試料を採取した。

冠水時は直接ポリピンで表層水(水深0.1m)を採取し、**図-2**に示すとおり、干潮時にあらかじめ設置した直上水、間隙水採水器を用いて試料を採取した。直上水採取装置は金杭に、硬質チューブを開口部が上向きになるように取付け、底質に打ち込み、底質上1cmの直上水を間隙水と同様な手法で採水した。直上水については、原水と、0.45μmろ過水にわけて採取した。

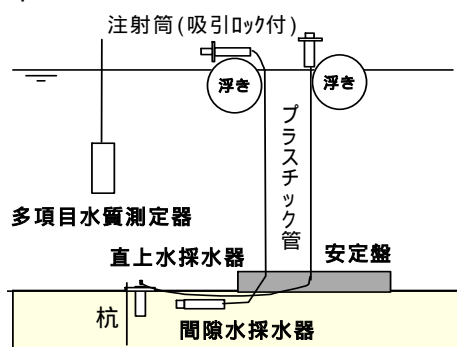


図-2 試料採取概要図

(4) 分析方法

分析方法を表-2に示す。

項目は、栄養塩、有機物、重金属、藻類色素類の主要項目とした。間隙水に関しては、試料水が少量で分析可能なICP及びイオンクロマト分析器の測定項目を選定した。

表-2 分析方法

項目	分析方法
POC,DOC	JIS K 0102-22.1 高温燃焼式TOC法
T-N,DTN	JIS K 0102-45.4 Cu-Cdカラム還元法
PTN	T-NとDTNの差
DON	DTNとDINの差
DIN	NH4-NとNO2-NとNO3-Nの和
NH4-N	JIS K 0102-36.5 イオンクロマトグラム法
NO2-N	JIS K 0102-37.1.1 吸光光度法
NO3-N	JIS K 0102-43.2.3 Cu-Cdカラム還元法
T-P,DTP	JIS K 0102-46.3.1 吸光光度法
PO4-P	JIS K 0102-46.1.1 吸光光度法
Cl-	JIS K 0102-35.1 滴定法
D-SiO2	JIS K 0102-44.3 吸光光度法
Chl-a,b,c,フィコ色素	上水試験方法 20.2 アセトン抽出吸光光度法
Na,K,Mg,Caイオン	イオンクロマトグラム法(Dionex社DX-320)
溶存Fe,Mn,Cu,Zn	ICP法(PerkinElmer社Optima 4300DV)

3. 調査結果

(1) 泥温

泥温調査結果を図3に示す。

St.1は25.2~28.8の範囲で、St.2は25.3~29.1の範囲となった。St.1とSt.2の温度差は、干潟表面で

約0.5、深度25mmと50mmでは0.7であり、St.2の方が高温であった。100mm以深はほぼ同じ値であった。

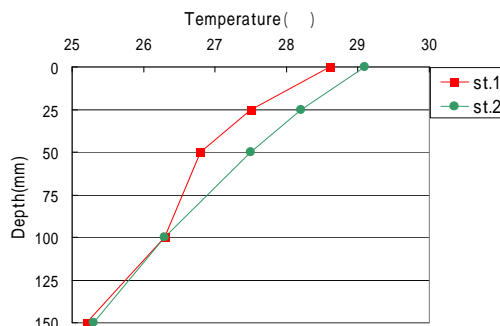


図-3 泥温測定結果

(2) イオン類

イオン類分析結果を図-4に示す。

a) ナトリウム(Na⁺)、カリウム(K⁺)

冠水時は表層水のNa⁺が9,500~10,000mg/Lであるのに対し、直上水は10,000~11,000mg/L、表層水のK⁺が350~370mg/Lの範囲であるのに対し、直上水は390mg/Lといずれも直上水の方が高濃度となり、塩分成層の形成が示唆された。間隙水はNa⁺が9,500~10,000mg/L、K⁺が360~370mg/Lであり、直上水と比較するといずれも低濃度であった。

干潮時はSt.1においては直上水及び間隙水のNa⁺、K⁺がそれぞれ8,200mg/L、320~330mg/Lと大きな変化は認められないが、St.2においては直上水のNa⁺、K⁺はそれぞれ1,000mg/L、380mg/Lであるのに対し、間隙水は8,800mg/L、340mg/Lといずれも低濃度となった。

地点別で見ると、直上水及び間隙水については、St.1よりSt.2が両項目とも高濃度であった。

b) カルシウム(Ca²⁺)、マグネシウム(Mg²⁺)

冠水時は表層水のCa²⁺が360~390mg/Lであるのに対し、直上水は400mg/L、表層水のMg²⁺が1,200mg/Lであるのに対し直上水は1,300mg/Lといずれも直上水の方が高濃度となった。間隙水はCa²⁺が360~380mg/L、Mg²⁺が1,200mg/Lと直上水と比較するといずれも低濃度であった。

干潮時はSt.1においては直上水のCa²⁺、Mg²⁺はそれぞれ320mg/L、950mg/Lであるのに対し、間隙水は360mg/L、990mg/Lといずれも高濃度となった。St.2においては直上水のCa²⁺、Mg²⁺はそれぞれ380mg/L、1,200mg/Lであるのに対し、間隙水は340mg/L、1,000mg/Lといずれも低濃度となった。

地点別で見ると、干潮時の直上水及び間隙水について、St.1と比較してSt.2が両項目とも高濃度となった。

Ca²⁺、Mg²⁺については、概ねNa⁺と類似した傾向を示し、海水交換による変動が主因と考えられるが、St.1におけるCa²⁺については間隙水中で増加傾向が示されている。

c) 鉄(D-Fe), マンガン(D-Mn)

D-Fe は, 冠水時の表層水, 直上水及び間隙水が 0.003 ~ 0.027mg/L であるのに対し, 干潮時の直上水, 間隙水は 0.055 ~ 0.51mg/L と比較的高濃度となった。特に St.2 の間隙水において増加が顕著であった。

D-Mn は, 冠水時は各試料ともほとんど定量下限値未満 (<0.002mg/L) であったが, 干潮時に増加傾向が示され, 特に St.1 の間隙水において増加が顕著であった。

d) 銅(D-Cu), 亜鉛(D-Zn)

D-Cu は冠水時は全て定量下限値未満 (<0.002mg/L) であった。干潮時に 0.004 ~ 0.007mg/L 検出され, 直上水が間隙水より増加する傾向が示された。

D-Zn は冠水時は 0.002 ~ 0.003mg/L で低濃度で変化が小さい。それに対し, 干潮時は 0.010 ~ 0.033mg/L で St.2 が比較的高濃度で, 直上水で最大値を示した。

(3) 有機物, 栄養塩類等

有機物, 栄養塩類等分析結果を図 - 5 に示す。

a) 懸濁態有機炭素 (POC), 溶存有機炭素 (DOC)

POC, DOC はそれぞれ, 表層水が 0.066 ~ 0.107 mg/L, 0.016 mg/L で, 直上水が 0.054 ~ 0.565 mg/L, 0.011 ~ 0.053 mg/L であった。St.2 の直上水において, 冠水時

には POC が, 干潮時には DOC が最大値を示した。

b) 全リン(T-P), リン酸態リン(PO₄-P)

T-P, PO₄-P はそれぞれ, 表層水が 0.018 ~ 0.093 mg/L, 0.002 mg/L で, 直上水が 0.031 ~ 0.232 mg/L, 0.005 mg/L であった。St.2 が各試料とも高濃度で, 特に冠水時の T-P, 干潮時の PO₄-P の増加が顕著であった。

c) 窒素成分

全窒素(T-N), アンモニア態窒素(NH₄-N), 硝酸態窒素(NO₃-N)はそれぞれ, 表層水が 0.18 ~ 0.4 mg/L, 0.04 ~ 0.1 mg/L, 0.02 ~ 0.03 mg/L で, 直上水が 0.22 ~ 0.96 mg/L, 0.02 ~ 0.24 mg/L, 0.01 ~ 0.04 mg/L であった。

窒素成分に関しては, その多くが懸濁態と NH₄-N で占められ, 干潮時 St.2 が両項目とも最大値を示した。亜硝酸態窒素(NO₂-N)については, やや間隙水で増加する傾向があるものの, 全て 0.006mg/L 未満であった。

なお, 計算で算出した溶存有機態窒素, リン (DON, DOP) はそれぞれ, 表層水が 0.066 ~ 0.107 mg/L, 0.016 mg/L で, 直上水が 0.054 ~ 0.565 mg/L, 0.011 ~ 0.053 mg/L であり, DOC とほぼ同様な変動を示し, 干潮の St.2 が最大値となった。

d) クロロフィル(Chl), フェオ色素

Chl-a, Chl-c はそれぞれ, 表層水が 0.5 ~ 2.9 mg/m³,

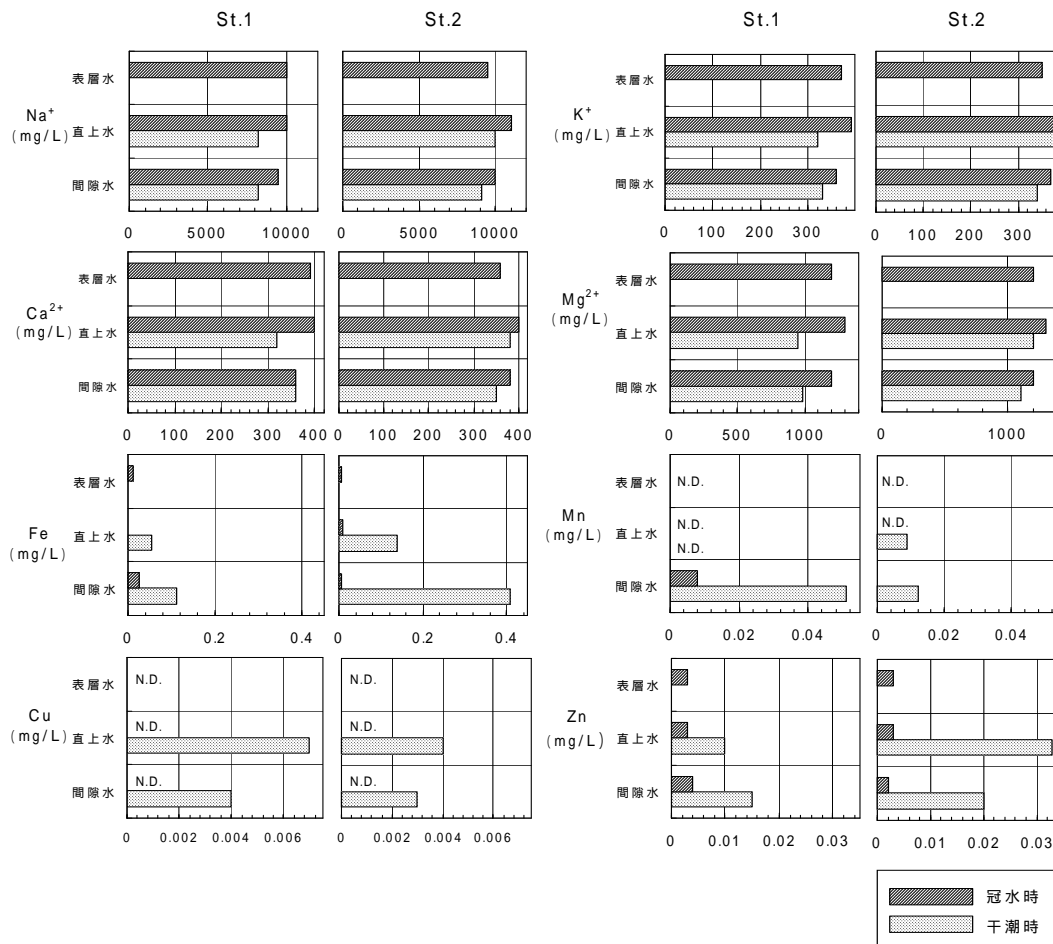


図 - 4 イオン類分析結果

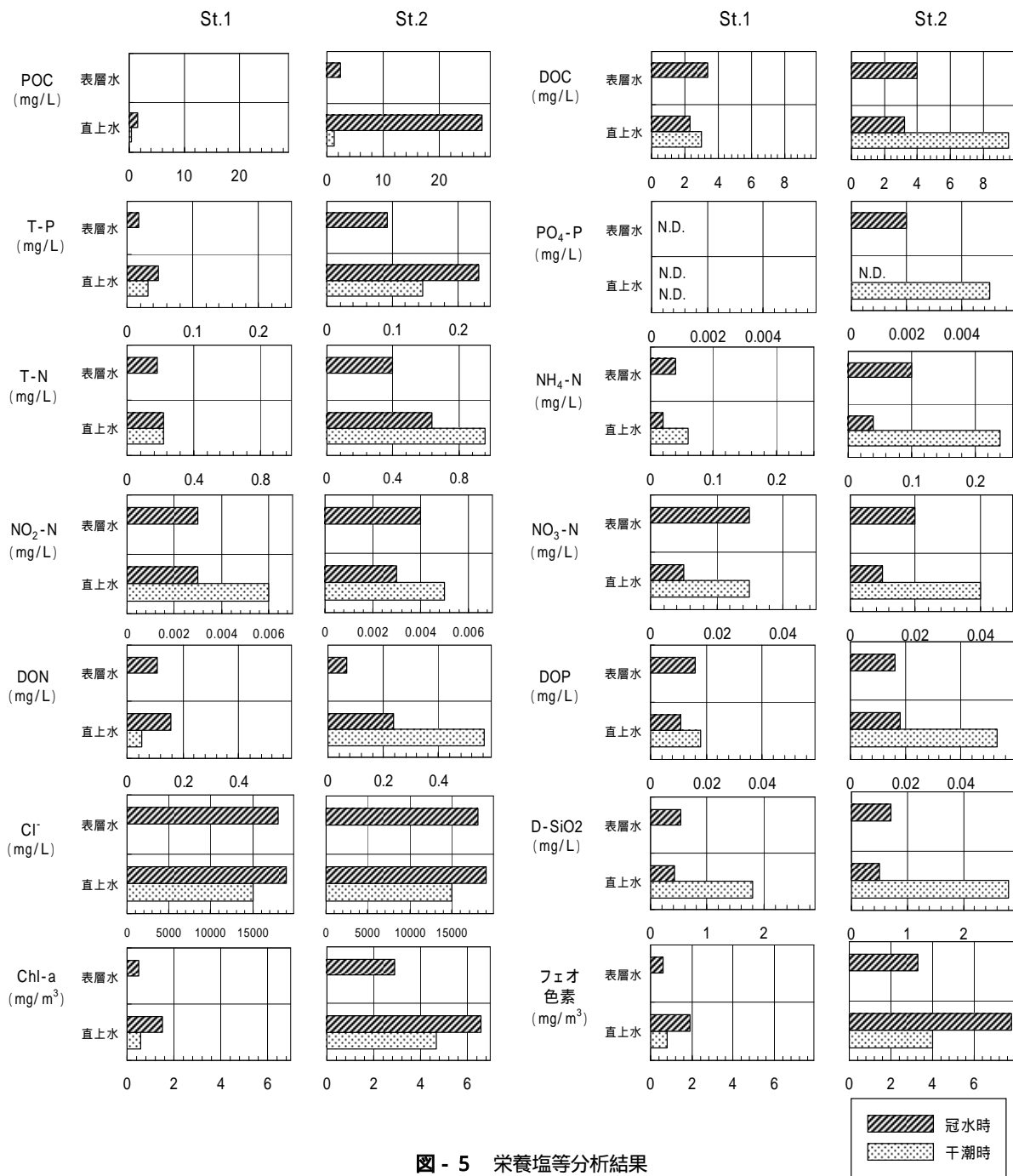


図 - 5 栄養塩等分析結果

0.6~1.5 mg/m³, 直上水が 0.6~6.6 mg/m³, 0.7~2.2 mg/m³であった。フェオ色素は、表層水が 0.6~3.3 mg/m³, 直上水が 0.8~7.8 mg/m³であった。

Chl-a, c, フェオ色素とも同様な変動を示し, St.1 より St.2, 表層水より直上水が高濃度であった。特に冠水時の直上水で最大値となった。

e) 塩素イオン(Cl⁻), 溶存珪酸(D-SiO₂)

Cl⁻は表層水が 18,000mg/L, 直上水が 15,000~19,000mg/L となっており, 両地点ともほとんど同様な変動を示した。直上水において干潮時に減少が認められた。D-SiO₂は表層水が 0.54~0.71mg/L, 直上水が 0.43~

2.8mg/L であった。直上水が比較的高濃度となっており, 干潮時の St.2 で最大値を示した。

(4) その他 (pH, DO, ORP)

現地試料採取時に同時に測定した pH, DO, ORP はそれぞれ, 干潮時 St.1 において直上水 8.3, 3.8mg/L, 60mV, 間隙水 8.4, 3.9mg/L, 79mV, st.2 において直上水 7.3, 0.29mg/L, -52mV, 間隙水 7.3, 0 mg/L, -215mV, 冠水時 St.1 において直上水 8.3, 3.6 mg/L, 125mV, 間隙水 ORP:119mV, St.2 直上水 8.2, 4.8mg/L, -83mV, 間隙水 ORP:-111mV であった。冠水による間隙水の交換時期においても St.2 は強い還元状態を呈している。

4. 水質変動要因の解析

St.2はSt.1と比較して懸濁態及び溶存態の各成分とも高濃度で変動が大きいことが明らかとなった。これは、満ち潮時の流れや波の影響で、St.1, St.2間の河岸部の堆積物が巻き上げられ、St.2に移動する状況が観察されたことから、これらに起因した懸濁物の影響によるものと考えられる。懸濁成分の相関分析の結果、有機態のC, N, Pは濁度(相関係数:0.26~0.55)よりもクロロフィルa及びフェオ色素(0.86~0.995)と相関が高いことが示され、特に図-6に示すとおりP-Pとフェオ色素の変動はほぼ一致した結果となった。巻き上げ等で輸送される懸濁成分は、底生珪藻等の藻類及びその分解成分を多く含むことが推察される。

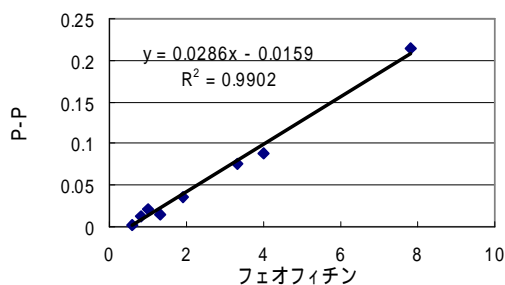


図-6 相関分析結果

反応性の低いNa⁺について、間隙水と直上水との間に濃度の差異が認められた。St.2はSt.1と比較して濃度差が大きいことから、相対的に直上水と土壌間隙水の交換率が小さいことが推察される。

重金属イオン類は、Na⁺の変動と異なった挙動を示した。これは、これらのイオン類が海水交換による影響より、酸化還元反応及び土壌交換反応ならびに生物反応による影響を大きく受けるためと考えられる。また、干潮時St.2直上水において溶存態のZn, Fe, Mnが比較的高濃度となったが、同時にDOCの増加が認められるため、キレート作用の影響の可能性が考えられる。

アサリや底生生物の食餌環境としては懸濁物質が重要となるが、アサリ生息域と比較して非生息域ではC/N比が高くなり、顕微鏡観察でデトリタスの量の増加が観察されるなど、分解性有機物が多くなる傾向が認められた。また、アサリ生息域では図-7で示すとおりChl-c/Chl-aが高くなるなど、懸濁物に珪藻類の占める割合が多いことが示唆された。底生藻類の増殖環境としては溶存の窒素、シリカ成分が残存しているのに対し、PO₄-Pが定量下限値未満となっていることから、リン制限環境にあるものと推察される。

今回の調査地点ではアサリの生息の有無を決定づける環境要因としては、DOの枯渇が直接的な要因の一つと推察されるがDO消費をひきおこす有機物質の供給、間隙水の海水との交換率の悪化等の要因が複合的に影

響し還元的環境の形成につながっているものと推察される。なお、有機物の供給源として河岸部に沈積したアサリ腐敗泥の影響も考えられる。

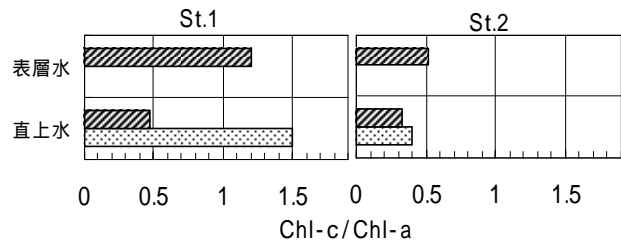


図-7 Chl-c/Chl-a 比

5. おわりに

番匠川河口域干潟におけるアサリ非生息域は、生息域と比較して直上水の有機物や栄養塩類の濃度が高いこと、土壌間隙水の交換率が低く還元的環境にあることが明らかとなった。また、直上水の有機物の組成もDOの消費につながるデトリタスの量が多いことが明らかとなった。以上のことから、アサリ生息環境の修復のためには、過度の有機物成分の沈積を抑制し、海水と底泥間隙水の交換を促進する方策があげられる。具体的には、土壌間隙を確保する干潟構成物の改善、耕運などによる酸化促進など併せて、対象地区への懸濁態、溶存態の有機物、栄養塩、重金属の供給形態の改善も併せて実施することが重要と考えられる。そのためには、悪化した干潟だけではなく、その環境に影響を及ぼす周辺干潟部にも視点を広げ、さらには、沿岸海域や河川流域を一体の流域圏生態系としてとらえ、それらの中の物質動態を把握した上、根本的な干潟悪化要因を明確にすることが必要である。これにより、持続可能な干潟修復・改善手法の確立につながるものと考えられる。

謝辞: 本研究を行うにあたり多大なご協力を頂いた大分高専の東野誠助教授、高見徹助教授、調査計画に関するご助言を頂いた熊本県立大学堤裕昭教授、東京大学清野聡子助手、データ整理解析にご助力いただいた森雅佳氏、執行三津子氏の諸氏に対し謝意を表します。

参考文献

- 伊藤 博 (2002): アサリとはどんな生き物か: アサリの生態, および漁業生産の推移, 日本ベントス学会誌, 57, pp.134-138.
- 柿野 純 (1992): アサリ漁業をとりまく近年の動向, 水産工学, 29, pp.31-39.
- 柿野 純 (1998): 干潟漁場, 沿岸の環境圏 (平野敏行監修), フジテクノシステム, pp.378-391.
- 増殖場造成計画指針編集委員会 編 (1997): 増殖場造成計画指針 - ヒラメ・アサリ編 - (平成8年度版), (社)全国沿岸漁業振興開発協会, pp.123-304.