



長良川河口堰下流部における 底泥堆積と底生動物の変化

山内克典*・足立 孝・古屋康則

はじめに

豊かな生物生産や著しい環境浄化作用などの特性を持つ汽水域を分断する長良川河口堰の建設と長良川の保全をめぐる、1980年代の終わり頃から激しい議論が戦わされた。なかでも、河口堰下流部の物理化学的環境や底生動物への影響予測は重要な論点の一つであった¹⁻³。河口堰運用後には、建設省・水資源開発公団による大規模な「長良川河口堰モニタリング調査」や日本自然保護協会、長良川下流域生物相調査団などの民間団体による事後調査が長良川に起きた自然・環境の変化を次第に明らかにしていった。運用後5年間に生じた堰下流部の変化は、長良川河口堰が自然環境に与えた影響の中でも最も顕著なものの一つであり、

奥田²、粕谷・山内³等の予測を実証するものであった。すなわち、堰下流部における恒常的な塩分成層の形成、低層水の貧酸素化、ヘドロ堆積、ヤマトシジミの死滅などきわめて大きな環境変化が起ったことが明らかになった⁴⁻⁶。一方、1999年9月（建設省・水資源開発公団によるモニタリング調査最終年度）の大規模出水（墨俣流量：5900 m³/sec）は、底泥の酸化還元電位の増加や砂の堆積などの環境改善をもたらした^{6,7}、これらの変化が一時的なものか、あるいは永続的なものかが新たな検討課題となった。さらに、2004年10月には、計画高水流量を上回る大規模出水（墨俣流量：7958 m³/sec）が起き、その影響について調査する必要が生じた⁸。ここでは、河口堰運用後に起きた堰下流部の変化を概観し、

* 連絡先：〒501-2101 山県市大桑 1029-2 mail: k.m.yamauchi@ccy.ne.jp

2005年における河口堰下流部の河床状況および底生動物群集に関する山内らの調査結果⁹⁾をふまえて、大規模出水の影響について検討する。

調査方法

私たちは、河口堰運用開始前年の1994年以来、河口堰下流部において音響探査により河床高を調べてきた。音響探査には魚群探知機（扶桑海洋電子のFuso-108, 200 kHz）を用い、揖斐長良大橋（河口から2.6 km地点。以下調査地点は河口からの距離で示す）から河口堰直下（5.2 km地点）まで、作業船を走らせ、川の中央部を縦断して河床高を調査した。また、適宜3 km、4 km、4.8 km地点などの主要地点については、縦断時に投下したブイと交叉する横断探査を行った。

調査時に、エクマン・バージ採泥器やコアサンプラー¹⁰⁾を用いて底泥を採取し、冷凍保存後、底質を分析した。

2005年10月6日から10月28日にかけて、河口堰下流部の長良川と揖斐川において、エクマン・バージ型採泥器（底面積15 cm × 15 cm）により、河川中央部において1地点あたり5回、底土サンプルを採取し、1 mm目合いのフルイをもちいて底生動物を採集した。各地点について、上記と同様の底質分析を行った。

河床の形状と底質

私たちは河口堰下流部における河床や底生動物の変化について数回にわたって調査結果を報告してきた^{6,8,9,11,12)}。これらの報告書から、河床の経年的な変化を抜粋、簡略化して図1に示す。まず、河口堰運用の前年1994年の河床は、部分的に浚渫が行われ、まだ未浚渫の河床

が残っていることが分かる。浚渫部分は河床面の凹凸が非常に激しいこと、浚渫のレベルである - 6 mより高い部分がほとんどないことなどが分かる。河口堰運用2年後の1997年の河床形態は、浚渫が終了し、河床表面が平坦・平滑化していることを示す。この時点では、底泥の堆積は堰の直下部で進んでいる。河床の上昇は経年的に進行し、1999年には厚い所で2 m以上の堆積があった。堆積は4-5 km地点間で顕著だが、2003年以降は4 km地点より下流でも目立つようになってきている。注目すべきは、大規模出水でも、河床高が減少していないことである。1999年9月21日の調査は5900 m³/sの出水後の河口堰ゲート開放時（出水中）に記録されたものである。さらに、2004年10月の大出水（約8000 m³/s）前後の河床高を比べると、出水後の2005年の方が高くなっている。

底泥が経年的に堆積しているという私たちの指摘に対して、国土交通省の見解は、「堰下流部に細粒（シルト・粘土）がたまる傾向はあるが、細粒は1999年9月と2004年10月の大出水時に流された。経年的にたまっているわけでない」（河口堰運用10年目の岐阜放送のインタビューでの国土交通省中部地方整備局の担当者の回答）というものであった。1999年9月の出水が既存の堆積物を掃流せずに、砂を堆積させたことについては、国土交通省・水資源開発公団のモニタリング調査の結果も解析した上での指摘¹²⁾であったが、私たちの解析を検討した上での回答ではなかったように思える。

ここで、2004年の大出水後に得られた国土交通省・水資源機構のデータも検討して、再度堆積物の掃流について考察する。図2および図3に、国土交通省・水資源機構のモニタリング調査における

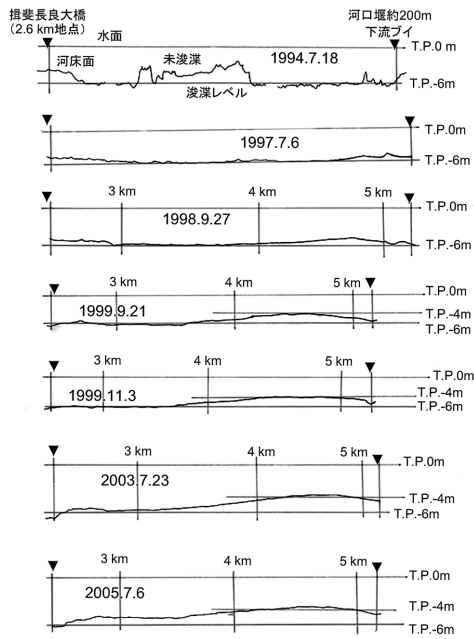


図 1 . 長良川河口堰下流部における河床変動 .

堰直下の河床高の変動調査¹³⁾の結果と国土交通省の横断測量結果を示す。堰直下の河床は2004年10月の大出水まで、多少の下降箇所、下降時期はあるものの、経年的に上昇したことが明瞭に示されている。とくに、1999年9月および2002年7月の出水後には河床高が急激に高まっていることに注意してほしい。ただし、この事実だけで出水時に堆積物の掃流がなかったとはいえない。いったん掃流されたあとで砂が堆積したとすることはあり得るからである。既存の堆積物（圧密化したヘドロあるいはシルト・粘土）の上に新たに砂が堆積したか、あるいは既存の堆積物が流された後に砂が大量に堆積したかは、コア・サンプルを採取して分析すれば、容易に確かめられる。実際、私たちは、1999年9月の出水後に、河口堰の900 m 下流地点の底泥コア・サンプルを分析し、ヘドロの上に砂が堆積

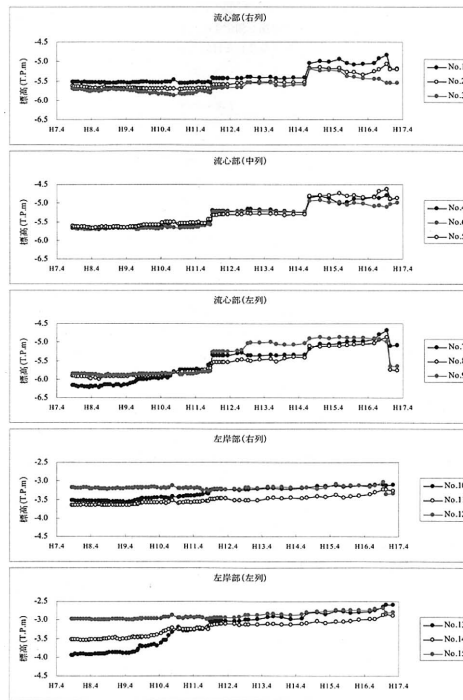


図 2 . 河口堰直下（約 200 m 下流）における河床変動状況 . 国土交通省中部地方整備局・水資源機構中部支社（2005）³⁾より転載 .

したことを確認している¹²⁾。

つぎに注目すべきは、2004年10月の出水後に見られる河床の低下である（図2）。15の観測箇所のうち6カ所では変化していないが、9カ所で急激な河床低下が見られる。約8000 m³/sという史上まれな大出水にしてはじめて、河口堰下流の堆積物を洗掘し、掃流させ得たのであろう。どの程度の洗掘・堆積があったのか、コア・サンプルの採集と分析が行われることを期待したい。

国土交通省による定期的な河川横断測量は河口堰運用後堰下流部において大規模な底泥堆積が起きたことを示した（図3）。1999年9月の出水は、既存の堆積物をほとんど掃流せず、その上に砂を堆積させたが、2004年の大出水はどのような変化を起こさせただろうか？2004年出水前後の河床高の変化については、3 km、4 km、5 km の3地点に

長良川4.8 km地点横断測量図
(国土交通省の測定データによる)

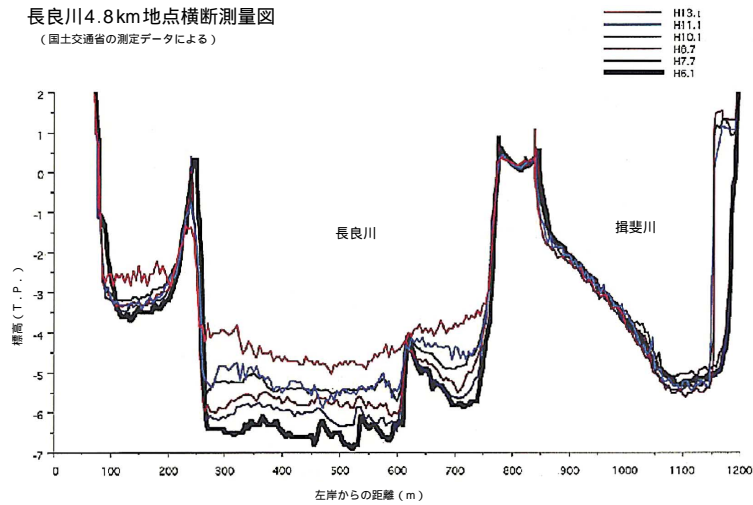


図3．河口堰下流における河床変動．国土交通省の河川横断測量データより作成．河口堰運用後，河床が経年的に上昇したことがよくわかる．1999年9月の出水後に大規模な河床上昇が見られる．揖斐川ではこの間河床変動はほとんどなかった．

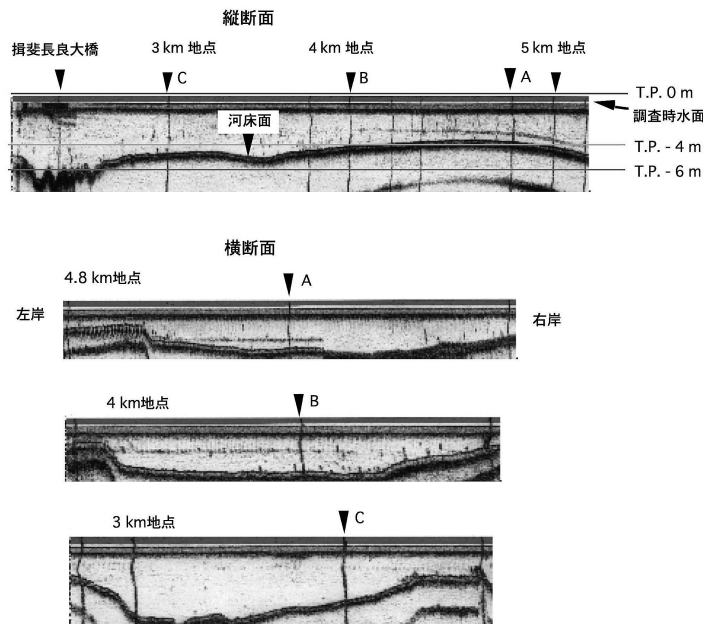


図4．2005年8月29日における長良川河口堰下流部の河床形態．T.P. - 6 m レベルで浚渫されたので，河口堰運用後約2 mの底泥が堆積したことが分かる．山内ら(2010)¹⁾より転載．

ついて、国土交通省・水資源機構の報告書が図示している¹³⁾。その図からは、3 km 地点の河川中央部で顕著な河床低下、5 km 地点の右岸側で顕著な河床上昇が見られるが、全体としてほとんど変化しなかったように見える。

つぎに、2004年の大出水後に行った

私たちの音響探査の結果を図4に示す。河川縦断面図および4 kmと4.8 km地点の河川横断面図は、川幅全面にわたって河床が平坦・平滑であることを示している。このような河床の平坦・平滑化は河口堰運用後急速に進行し、1998年には今回同様の状態にあったことが知られている

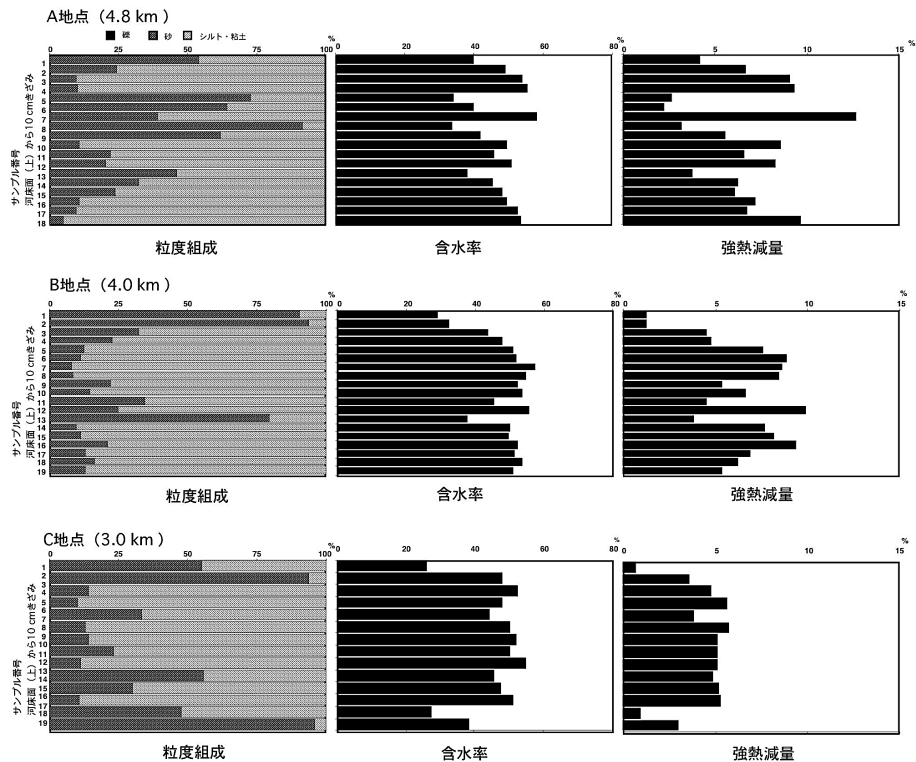


図5 . 2005年8月29日における長良川河口堰下流部の底質 . A-C地点は図1に対応する . 山内ら(2010)¹⁾より転載 .

11). 2005年の河川横断探査を加えた音響探査の結果は、堰下流部、少なくとも4 km から 4.8 km 間の河床形態が2004年10月の大出水によってほとんど変化しなかったことを再確認させるものである。

つぎに、堆積した河床の底質について検討する。2005年の調査で、厚さ約2 mのコアサンプルの採取ができた。10 cm きざみで採取したサンプルの底質分析の結果は図5に示される。各地点で河床面から10 cm から20 cmの厚さで砂質の層が見られた。それより深いところにはシルト・粘土層があり、さらにその下には砂質、シルト・粘土層と続いた。3 km 地点では、表面から130 cm から140 cmの深さに砂質層があった。この砂質層と直上のシルト・粘土層との間に蝶番で結ばれたヤマトシジミの死貝が数

個あったことから推定して、この砂質層は河口堰運用前の河床であったと思われる(この層以外から死貝の貝殻は発見されなかった)。シルト・粘土の比率の高い層の含水率は40%以上、強熱減量は5%以上であった。

以上の結果から、2004年10月の史上例を見ない大規模出水によっても、堰下流部の堆積物はほとんど掃流されず、表面に砂が堆積したと結論できる。大規模出水後は、河床の環境が改善される。1999年9月の出水後には砂が堆積し、酸化還元電位がマイナスからプラスに転じた。しかし、これらの環境改善は一時的なものであり、次第にヘドロが堆積し酸化還元電位もマイナスを記録するようになった。2004年10月の出水も一時的な環境改善を起こした。しかし、次に述べる底生動物の調査結果が示すように、

表 1 . 2005 年の長良川河口堰下流部および揖斐川下流部で採集された底生動物 . 山内ら(2010)¹⁾より転載 .

科名	種名	和名
紐形類		
ケファロツリックス	<i>Cephalothrix</i> sp.	ホソヒモムシ属の 1 種
環形動物		
スピオゴカイ	<i>Prionospio japonica</i> Okuda, 1935	ヤマトスピオゴカイ
ゴカイ	<i>Hediste diadroma</i> Sato and Nakashima, 2003	ヤマトカワゴカイ
ギボシイソメ	<i>Scoletoma nipponica</i> (Imajima and Higuchi, 1975)	コアシギボシイソメ
チロリ	<i>Glycera nicobarica</i> Grube, 1868	チロリ
ニカイチロリ	<i>Goniada japonica</i> Izuka, 1912	ヤマトキョウスチロリ
カギゴカイ	<i>Sigambra phuketensis</i> Licher and Westheide, 1997	クシカギゴカイ
スピオゴカイ	<i>Pseudopolydora kempfi</i> (Southern, 1921)	ドロオニスピオ
イトゴカイ	<i>Notomastuscf. latericeus</i> Sars, 1851	シダレイトゴカイ
イトゴカイ	<i>Heteromastus similis</i> Southern, 1921	ホソイトゴカイ
軟体動物		
イガイ	<i>Musculisa senhousia</i> (Benson, 1842)	ホトトギスガイ
シジミ	<i>Corbicula japonica</i> Prime, 1864	ヤマトシジミ
マルスダレガイ	<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams & Reeve, 1850)	アサリ
オリイレヨフバイ	<i>Reticunassa festiva</i> (Powys, 1833)	アラムシロガイ
節足動物		
ドロクダムシ	<i>Corophium</i> sp. cf. <i>kitamorii</i>	タイガードロクダムシ近似種
ドロクダムシ	<i>Grandiclerella</i> sp. cf. <i>japonica</i>	ニホンドロクダムシ近似種
スナウミナナフシ	<i>Cyathura</i> sp. スナウミナナフシ属の一種	スナウミナナフシ属の一種

表 2 . 2005 年の長良川河口堰下流部および揖斐川下流部における底生動物密度 . エクマン・バージ採泥器 (底面積 15 cm x 15 cm) あたりの個体数 . () 内は最低-最大値 . 山内ら(2010)¹⁾より転載 .

和名	揖斐川0km	揖斐川1km	揖斐川2km	揖斐川3km	揖斐川4km	揖斐川5km	長良川3km	長良川3.5km	長良川4km	長良川4.5km	長良川5km
ホソヒモムシ属の 1 種		0.4(0-2)									
ヤマトスピオゴカイ			5.6(2-10)		1.4(0-7)		14.6(8-35)	9.4(3-14)	7.8(1-27)	30.3(7-68)	12.6(2-20)
ヤマトカワゴカイ						0.2(0-1)		0.2(0-1)	1.2(0-3)	0.6(0-3)	0.2(0-1)
コアシギボシイソメ	0.2(0-1)	0.2(0-1)						3.0(0-8)			
チロリ	0.2(0-1)										
ヤマトキョウスチロリ		0.2(0-1)	0.6(0-3)				0.2(0-1)	1.0(0-2)	0.2(0-1)		
クシカギゴカイ		0.2(0-1)						0.4(0-2)	0.6(0-2)		
ドロオニスピオ											0.4(0-1)
シダレイトゴカイ							0.2(0-1)				
ホソイトゴカイ											0.2(0-1)
ホトトギスガイ	18.4(1-36)						0.2(0-1)				
ヤマトシジミ			1.2(0-4)	34.4(15-63)	15.2(13-18)	20.4(12-27)			0.4(0-1)	0.4(0-1)	1.8(0-3)
アサリ	1.6(0-6)						0.2(0-1)		0.2(0-1)		
アラムシロガイ	1.6(0-3)	0.2(0-1)									
タイガードロクダムシ近似種							6.6(0-14)	0.8(0-4)	0.6(0-1)	0.4(0-2)	
ニホンドロクダムシ近似種							0.2(0-1)	0.2(0-1)	0.4(0-2)		
スナウミナナフシ属の一種											0.2(0-1)

すでにヘドロが河床を覆いつつある。堰下流の環境悪化は河口堰が運用される限り必然的に起きるものであり、大規模出水による環境改善は一時的なものである。

底生動物

2004 年 10 月の出水から 1 年後における底生動物調査の結果、多毛類 9 種をはじめ、17 種の底生動物が記録された(表 1)。長良川河口堰直下から揖斐長良大橋まで、ヤマトシジミはごく少数採集されたにすぎないが、ヤマトスピオゴカイなどの小型多毛類が多数採集された(表

2)。このような動物相は大規模出水前の底生動物相¹⁴⁾とよく似ており、大規模出水による環境改善が一時的なものであったことを示唆する。

多毛類相を他の汽水域の相と比較すると、宍道湖や神西湖とよく似ている。園田らは中海・宍道湖・神西湖の多毛類相を調べ、中海から 35 種、宍道湖から 7 種、神西湖から 10 種の多毛類を報告している¹⁵⁾。本調査による長良川・揖斐川汽水域の多毛類相(10 種)と比較すると、長良川・揖斐川ではチロリやヤマトキョウスチロリが出現しているが、宍道湖や神西湖ではこれら 2 種は出現せず、宍道湖

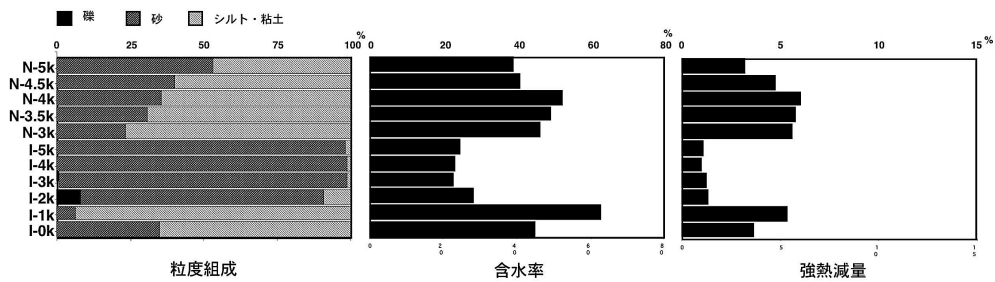


図6 . 2005年における長良川河口堰下流部および揖斐川下流部の底生動物調査地点の底質 . Nは長良川 , Iは揖斐川を示す . 山内ら (2010)¹⁾より転載 .

や神西湖で出現しているホソミサシバ *Eteone cf. longa* (サシバゴカイ科) やクビワケヤリムシ属の1種 *Chone* sp. (ケヤリムシ科) は長良川・揖斐川では出現しなかった。優占種は3水域ともにヤマトスピオとカワゴカイ属 (ヤマトカワゴカイかヒメヤマトカワゴカイ、もしくは2種の混群) であり、1、2種の出現種の相違はあるものの、今回の長良川・揖斐川の多毛類相は汽水域としては典型的なものであると考えられる。宍道湖では湖岸浅場の砂地にヤマトシジミが多産する。湖の深場は泥地で夏期にはしばしば貧酸素化する。このような深場には貧酸素耐性をもつヤマトスピオが生息している。ヤマトシジミとヤマトスピオの生息場所の違いも両地域で共通して見られる。

本調査においては観察されなかったが、長良川河口堰周辺ではイトメの分布と生殖遊泳 (パチぬけ) が確認されている^{16,17)}。本調査ではイトメの出現が確認できなかったが、それはイトメが生息している干潟が調査対象に入っていなかったためであると考えられる。なお、堰上流部ではイトメは1998年に16 km 地点付近で生息が確認されており¹⁶⁾、また、1998年11月20日、1999年11月9日に6 km 地点で生殖遊泳個体がプランクトンネットで採集されている⁹⁾。16 km 地点より上流で木曾川から長良川へ

の流入がないこと、12 km 地点で木曾川と長良川は小運河で結ばれているが通常閘門で閉じられていることから、堰運用後に16 km 地点で採集された個体は河口堰運用前の1994年の冬期あるいはそれ以前に堰上流に定着したと考えられる。以上のことから、イトメの寿命は少なくとも4年、多分5年ほどと考えられる。

長良川3 km 地点で少数ながら、アサリとホトトギスガイが採集されたことは、本地点において塩分濃度が高くなっていることを示すものであろう。

底生動物の調査地点の底質は、全体的にシルト・粘土成分が卓越しており、強熱減量は下流側で5%以上の高い値を示した (図6)。

一方、河底が砂地である揖斐川3 km から5 km 地点においてヤマトシジミが多数採集されたが、多毛類はほとんど採集されなかった。河口堰下流部の浚渫部から連続して行われた揖斐川2 km、1 km、0 km 地点の浚渫区域では、2 km 地点が砂質であったものの、他の2地点はシルト・粘土の底質であった (図6)。底生動物調査の結果を見ると、1 km 地点でほとんど底生動物が採集されなかった点が注目される。河口部の河床形態・底生動物相の変化についても今後注目していく必要がある。

文 献

- 1) 建設省河川局・水資源開発公団．1992．長良川河口堰の質問への答え．
- 2) 奥田節夫．1996．感潮河川における堆積環境．西條八束・奥田節夫(編), pp. 85-105．河川感潮域その自然と変貌．名古屋大学出版会, 名古屋．
- 3) 粕谷志郎・山内克典．1996．汽水域の破壊．財団法人日本自然保護協会長良川河口堰問題専門委員会(編), pp. 45-59．長良川河口堰運用後の調査結果をめぐって 汽水域の破壊と河川の湖沼化．財団法人日本自然保護協会, 東京．
- 4) 中村由行・藤野智亮．2002．長良川河口堰下流部の溶存酸素量濃度の動態．応用生態工学, 5: 73-84.
- 5) 村上哲生・服部典子・藤森俊雄・西條八束．2001．夏期における長良川河口堰下流部の貧酸素水塊の形成と解消．応用生態工学, 4: 73-80.
- 6) 山内克典．2002．長良川河口堰が長良川下流域の底質および二枚貝に与えた影響．応用生態工学, 5: 53-71.
- 7) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社．2000．平成 11 年度長良川河口堰モニタリング年報．建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社
- 8) 山内克典．2005．川底の変化がヤマトシジミを激減させた．自然保護(487): 4-7.
- 9) 山内克典・足立孝・古屋康則・田中克彦・西栄二郎．2010．河口堰運用後 10 年目における長良川河口堰下流部の河床と底生動物．長良川河口堰事業モニタリング調査グループ(編), pp. 27-32．長良川河口堰運用 10 年後の環境変化とそれが地域社会に及ぼした影響の解析．長良川河口堰事業モニタリング調査グループ, 名古屋．
- 10) 足立孝．2005．自作のピストンコアラ．自然保護(487)7.
- 11) 山内克典・粕谷志郎・足立孝・古屋康則・高木久司．1999．河口堰下流の底泥の性状, 規模および堆積時期．長良川河口堰事業モニタリング調査グループ・長良川研究フォーラム・財団法人日本自然保護協会(編), pp. 21-28．長良川河口堰が自然環境に与えた影響．財団法人日本自然保護協会, 東京．
- 12) 山内克典．2000．長良川河口堰が堰下流の河床に与えた影響．財団法人日本自然保護協会 保護委員会河口堰問題小委員会(編), pp. 7-15．河口堰の生態系への影響と河口域の保全．財団法人日本自然保護協会, 東京．
- 13) 国土交通省中部地方整備局・水資源機構中部支社．2005．中部地方ダム等管理フォローアップ(堰部会)平成 16 年次報告書．国土交通省中部地方整備局・水資源機構中部支社．
- 14) 籠橋数浩・山内克典・足立孝・古屋康則・横井良典．1999．堰下流における底生動物の変化．長良川河口堰事業モニタリング調査グループ・長良川研究フォーラム・財団法人日本自然保護協会(編), pp. 85-91．長良川河口堰が自然環境に与えた影響．財団法人日本自然保護協会, 東京．
- 15) 園田 武・中尾 繁・中村幹雄・高安克己．1998．宍道湖・中海・神西湖の多毛類相．Laguna(汽水域研究), 5: 101-108.
- 16) 伊東祐朔・千藤克彦・籠橋数浩．

1999．長良川下流域から姿を消す
ベンケイガニとゴカイの仲間．長良
川河口堰事業モニタリング調査グ
ループ・長良川研究フォーラム・財
団法人日本自然保護協会（編），pp.
77-83．長良川河口堰が自然環境に
与えた影響．財団法人日本自然保護
協会，東京．

- 17) 古屋康則・恩地理恵・古田陽子・山
内克典．2003．イトメ
Tylorrhynchus heterochaetus
（環形動物：多毛類）の人工受精法
および発生過程の観察．岐阜大学教
育学部研究報告(自然科学),27: 85-
94.