



長良川河口堰上流部における マシジミの減少とその原因

山内克典*

はじめに

河口堰運用後、堰上流域に生息していた汽水種ヤマトシジミは次第に減少し、1999年にはその姿を消していた。多毛類のイトメは、1999年までは生息が確認されていたが、その後の生存を示す観察はない。他方、堰上流部の川底には淡水生のユスリカ幼虫が堰運用直後から定着、生息するようになった。このようにして、堰上流域の底生動物相は河口堰運用開始から5年後までに、汽水種から淡水種にほぼ置き換わった¹⁾。

淡水産のマシジミは生息域を拡大し、個体数は増加すると考えられていたが、実際には河口堰運用直後に増加したものの、間もなく急激に減少した¹⁻³⁾。マシジミの減少は私たちにとって予想外の出

来事であり、その原因を解明することは、河口堰の影響を多面的に理解する上で重要な課題であると考えられた。しかるに、漁業資源として重要なヤマトシジミの生存条件、死亡要因については、多くの研究があり^{4,5)}、また、長良川河口堰が与えた影響についても検討されてきたが^{3,6,7)}、マシジミの減少要因については十分な検討がなされてこなかった。山内らは、最近マシジミの分布調査および生残試験を行い、堰上流湛水域におけるマシジミ減少の原因を検討した⁸⁾。ここでは、その概要を紹介する。

木曾三川におけるマシジミの分布

木曾三川下流部の環境・木曾川では、河口から26 km 地点（以下、地点は河

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

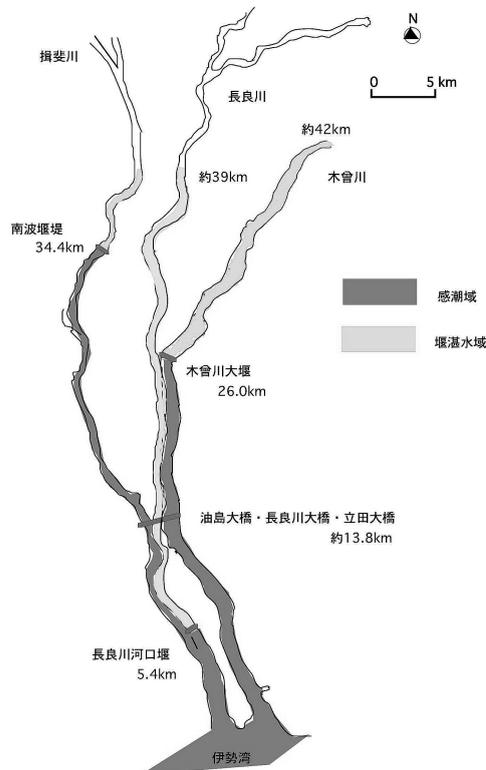


図1．木曽三川下流部の概況．

口からの距離で示す)に木曽川大堰、長良川では5.4 km 地点に長良川河口堰、揖斐川では34.4 km 地点に南波堰堤がある(図1)。現在、感潮域の上流端は三河川ともそれぞれ堰直下であるが、長良川では堰運用前には約40 km 地点にまで達していた⁹⁾。また、少なくとも24.3 km 地点までは塩分濃度に海水の影響があった¹⁰⁾。揖斐川では湧水時に南波堰堤まで汽水域になることがある¹¹⁾。木曽川の堰下流部は河道整備により中州はほとんどないが、長良川と隣接する13.5 km から24.5 km 地点の右岸側河川敷にはヨシ原や川辺林が発達している。揖斐川の汽水域には多くのヨシ、ヤナギ等の繁茂した中州があり、川岸には干潟、ヨシ原、川辺林が形成されている。長良川では、河口堰湛水域のほぼ全域でプランケット造成、護岸工事、浚渫などの河

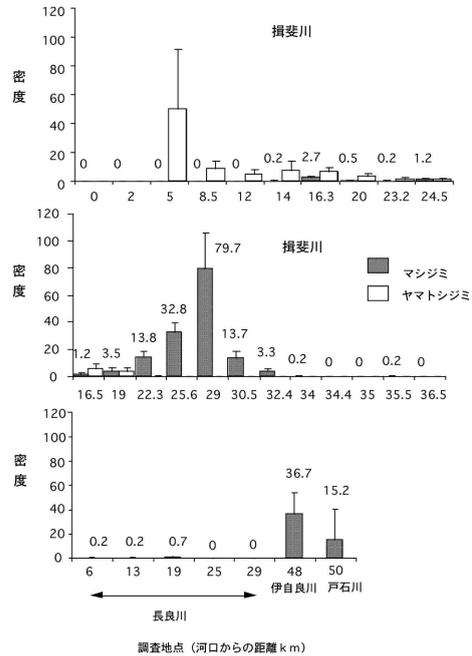


図2．揖斐川、長良川および長良川支川におけるマシジミ密度(2002年調査)．密度は0.04 m²あたり．バーは平均値+標準偏差．バー上の数字は平均値．各地点のサンプル数は6．上:5月調査,中,下:9月調査．山内ら(2010⁹⁾)より転載．

道整正がなされたが、木曽川に接する左岸12.0 km から24.5 km 地点間にヨシ原や川辺林が残されている。

マシジミの分布．山内らは2002年から2005年に木曽三川本流と長良川の支川伊自良川においてマシジミの生息密度調査を行った⁸⁾。調査は、河川本流においては作業船から、支川においては徒歩で、エクマン・バージ型採泥器を用いて1地点あたり4から6サンプルを採集し、1 mm 目合いのフルイで貝類を分別した。ただし、2003年の長良川本流(伊自良川合流地点)の調査では、スコップで川底を掘ってシジミの生息状況を調べた。

木曽川の調査では、木曽川大堰下流で0.04 m²あたり0.2-3.5個体(5-87.5個体/m²)のマシジミが得られたが、大堰の上流湛水域ではまったく採集されなかった。揖斐川感潮域においては、南波堰堤下流

の 14 km から 34.0 km の各地点で、 0.04 m^2 あたり 0.2-79.7 個体 (5-1992.5 個体 / m^2) のマシジミが得られた (図 2)。とくに、22.3 km から 30.5 km 地点間、つまり、塩分濃度の希薄な感潮域上流部に 0.04 m^2 あたり 13.7 個体 (342.5 個体 / m^2) 以上、最高 79.7 個体 (1992.5 個体 / m^2) の高密度生息域が見られた。南波堰堤上流の湛水域では、35.5 km 地点で 0.2 個体 / 0.04 m^2 を記録したが、他の 3 地点では 0 であった。

長良川においては、河口堰湛水域におけるマシジミ密度は、2002 年調査では、6 km、13 km、19 km、25 km および 29 km 各地点で、 0.04 m^2 あたり 0.7 個体 (17.5 個体 / m^2) 以下であった (図 2)。2005 年は、5.6 km、7 km、12 km、17 km、22.5 km、27 km および 31 km 地点で、 0.0225 m^2 あたりそれぞれ 0、0、0、0.2、0、0.2 および 0 であった。長良川中流域の岐阜市鏡島 (河口から約 46 km 地点) では、3 地点ともマシジミの生息は確認されなかった。

長良川支流の伊自良川 (尻毛橋地点) および戸石川 (伊自良川支川) では、 0.04 m^2 あたりの密度はそれぞれ 36.7 個体および 15.2 個体 (917.5 個体 / m^2 および 380 個体 / m^2) であった (図 2)。2003 年の調査では伊自良川の広い範囲でマシジミの生息が確認された。8 地点の平均密度は 8.9 個体 / 0.04 m^2 (222.5 個体 / m^2) であった。

長良川におけるマシジミの減少

1950 年代には、マシジミは長良川の下流域、墨俣付近から油島付近まで (河口から約 39-13 km 地点間) 高密度で生息していた¹²⁾。いっぽう、上・中流域では、支川の小川には多数生息していたものの、本流にはほとんど生息していな

かった。河口堰運用前年の建設省・水資源開発公団による調査¹³⁾では、19 km 地点を中心に感潮域上流部で高密度の生息が見られた。その密度は数百個体 / m^2 ほどで、最高約 5 千個体 / m^2 の記録がある。いっぽう、長良川の中流域 57 km 地点や 9.5 km 地点より下流ではマシジミは採集されなかった。山内ら (2010) の結果⁸⁾では、揖斐川において感潮域上流部に高い生息密度域があった。木曽川でも、密度は低かったものの、感潮域の上流部 3 調査地点でマシジミの生息が確認された。河川感潮域上流部は本来マシジミの良好な生息場所といえる。上・中流域の本流においてマシジミがほとんど生息していないのは、支川において多産するという事実をみれば、水質や底質の特性ではなく、出水による河床変化 (洗堀・堆積) が頻繁に生じるという生息場の特性に関連していると考えられる。

国土交通省・水資源機構の調査では、河口堰運用後 5 年間で長良川河口堰湛水域のマシジミ密度は急速に低下し、ほとんど採集されなくなったが¹⁻³⁾、その低密度状態は現在も続いていると考えられる。また、木曽川大堰湛水域はかつての感潮域であり (流域住民によれば笠松まで潮位変動による水位変化が見られた) マシジミの良好な生息場であったと推定されるが、今回の調査では全く採集されなかった。長良川、木曽川とも、堰の存在がマシジミの生存に大きな影響を及ぼしていることは間違いないであろう。

マシジミ減少の原因を探る

河口堰運用後、長良川河口堰湛水域のマシジミが激減した原因は何であろうか? 河口堰付近の長良川において、1994 年の大洪水時にヤマトシジミの大

表 1 . 2004 年のマシジミ生残試験結果 . 山内ら (2010 年) より転載 .

		7 km地点	18km地点	31km地点	伊自良川
8 月 10 日	初期数	50	50	50	50
～ 8 月 17 日	死亡数	0.8±1.0	1.0±0.8	1.0±1.4	3.8±2.8
	死亡率 (%)	1.5±1.9	2.0±1.6	2.0±2.8	7.5±5.5
8 月 17 日	初期数	49.0	49.0	49.0	
～ 8 月 26 日	死亡数	0.3±0.5	0.5±0.6	1.0±1.4	
	死亡率	0.5±1.0	1.0±1.2	2.1±2.9	

表 2 . 2005 年のマシジミ生残試験結果 . 山内ら (2010 年) より転載 .

		7 km地点	22.7k地点	31km地点	伊自良川
7 月 29 日	初期数	50	50	50	50
～ 8 月 5 日	死亡数	2.4±2.3	2.0±1.7	1.4±1.3	2.8±2.4
	死亡率 (%)	4.8±4.6	4.0±3.5	2.8±2.7	5.6±4.8
8 月 5 日	初期数	47.6	48.0	48.6	47.2
～ 8 月 12 日	死亡数	1.4±1.7	2.0±1.6	1.0±0.7	1.4±1.5
	死亡率	3.0±3.5	4.2±3.5	2.1±1.4	3.0±3.3
8 月 12 日	初期数	46.2			
～ 8 月 19 日	死亡数	1.4±1.1			
	死亡率	3.0±2.4			

量死がおき、その原因として河川水の酸素欠乏や高塩分化、底質のヘドロ化などが指摘された^{6,7)}。マシジミにおいても、水質悪化や底質悪化が個体数激減の原因であろうか？あるいは出水時の河床変化も原因の一つとして考えられるが、実態はどうなのだろうか？山内らは、マシジミの生残試験を長良川湛水域 3カ所で行い、水質、底質の影響について検討した。さらに、国土交通省の河床変動の測量結果や藤田ら(2003)による流速解析結果¹⁵⁾を参考にして、出水時の河床変化の影響を検討した。

生残試験 . 2004 年および 2005 年の梅雨明け後に、伊自良川で採集したマシジミ 50 個体を金網籠にに入れて、長良川河口堰湛水域の 3 地点 (河口から 7-31.2 km) の川底に放置し、1 週間毎に生存数・死亡数を調べた。金網籠の目合は 3 mm、

大きさは 10 cm × 20 cm × 40 cm で、1 地点の金網籠数は 2004 年には 4 個、2005 年には 5 個であった。

2004 年の試験では、長良川 3 地点における 1 週間の死亡率は、平均で各地点とも 2.1% 以下で、伊自良川 (対照区) よりかなり低い結果であった (表 1)。しかし、4 調査地間の死亡率に統計的に有意な差はなかった。2005 年の試験では、長良川 3 地点とも 1 週間の死亡率が 5% を超えることはなく、22.7 km 地点における 1 例以外、伊自良川における死亡率よりも低かった (表 2)。ただし、4 調査地間の死亡率に有意な差はなかった。試験時の水温および溶存酸素量 . 2004 年、2005 年とも試験期間中の溶存酸素量が 3 mg/l 以下の記録はなかった (図 3, 4)。2005 年の 3 回の観測のうち、最も低い溶存酸素量を記録した 8 月 5 日は

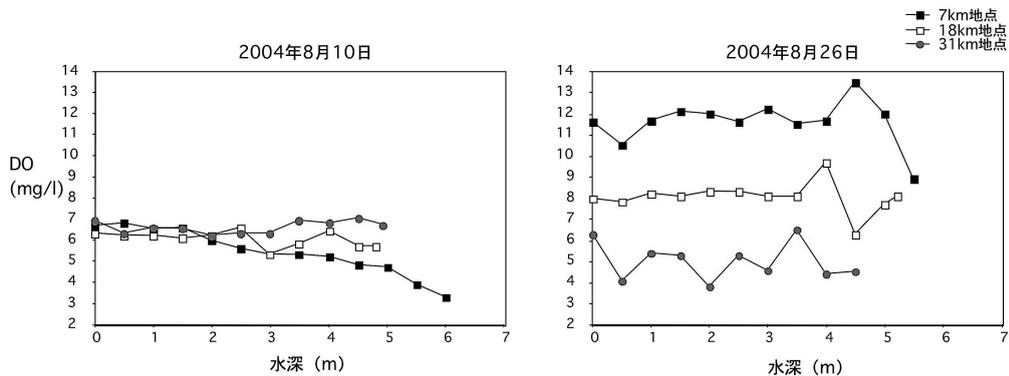


図3．長良川河口堰湛水域の溶存酸素量（2004年調査）. 山内ら（2010⁹）より転載．

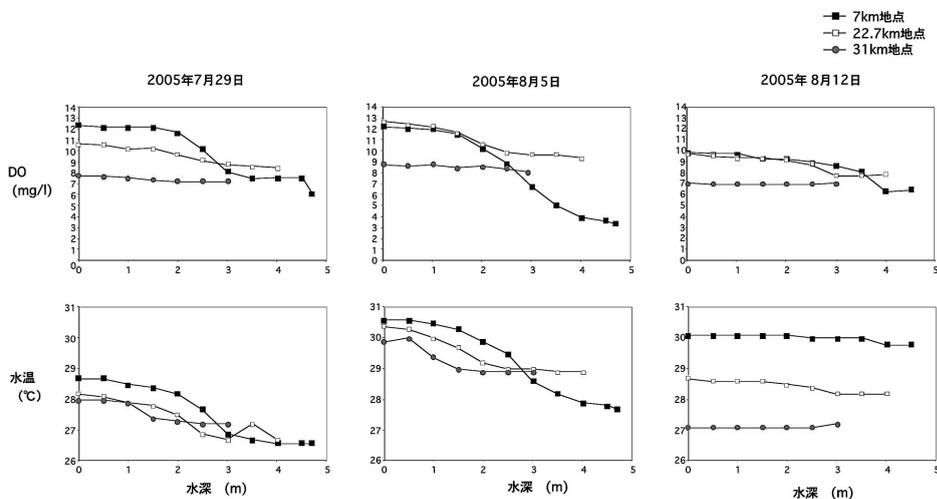


図4．長良川河口堰湛水域の溶存酸素量および水温（2005年調査）. 山内ら（2010⁹）より転載．

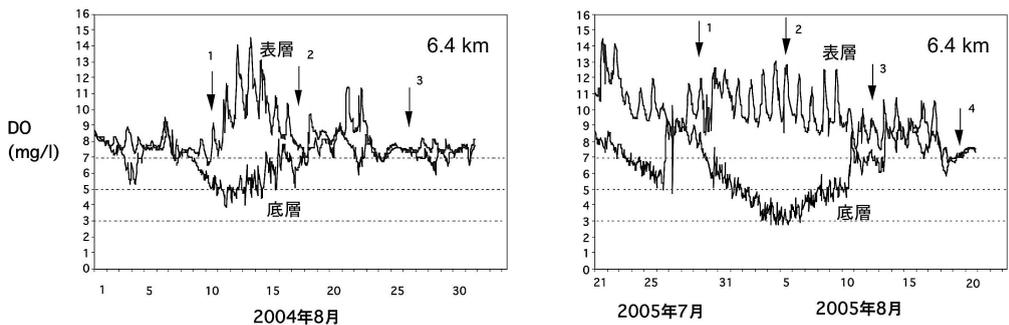


図5．長良川河口堰上流約1 km 地点における夏期の溶存酸素量（国土交通省の観測データから作図）. 矢印1はマシジミ生残試験の開始日，矢印2,3,4は調査日．山内ら（2010⁹）より転載．

調査期間中溶存酸素量が最も低下した時期にあたる。6.4 km 地点の国土交通省・水資源機構の水質自動観測所のデータでは、8月5日を挟む4日間に溶存酸素量は3-4 mg/lで推移した（図5）。7 km

のマシジミ生残試験地と6.4 km 地点で同時刻に観測された溶存酸素量の値に大きな違いはなかった。7 kmのマシジミ生残試験地においても、3-4 mg/lの状態が4日間ほど続いたと見なしてよいであ

表3 . 河口堰運用後6年間の堰上流域における溶存酸素量 . 山内ら(2010)³⁾より転載 .

調査地点 調査年	4 mg/l以下を 記録した日数	3 mg/l以下を 記録した日数	2 mg/l以下を 記録した日数	年間最低DO値
6.4 km地点				
1994	77	44	14	0.6
1995	17	1	0	3.0
1996	40	11	0	2.3
1997	19	6	0	2.4
1998	7	1	0	2.7
1999	5	0	0	3.3
22.6 km地点				
1994	19	2	0	3.0
1995	6	2	1	2.0
1996	0	0	0	4.9
1997	0	0	0	5.2
1998	0	0	0	5.4
1999	0	0	0	5.9
31.2 km地点				
1994	41	3	0	2.5
1995	3	0	0	3.4
1996	0	0	0	4.2
1997	1	0	0	3.5
1998	0	0	0	4.2
1999	0	0	0	4.2

ろう。
 河口堰運用前後の水質 . 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社(2000)¹⁾のCDデータより、長良川3地点における1994年から1999年5-10月間の溶存酸素量の概況をまとめた(表3)。表において基準とした溶存酸素量4 mg/lは、これ以下の低酸素条件でヤマトシジミの正常な代謝が阻害されるという値である¹⁴⁾。史上まれな大渇水年であった1994年は、3地点とも低い溶存酸素量を記録した。31.2 km地点において4 mg/l以下の日数が多いのは、35 km地点で左岸に流入する都市河川が影響していた可能性がある。マシジミの主要な生息域であった22.6 km、31.2 km地点では、1994年以外4 mg/l以下の日はきわめて少ない。22.6 km地点において1995年に3 mg/l、2 mg/l以下の記録があるが、1日のうちのごく短時間継続したに

すぎない。低層の水温は、ヤマトシジミの大量死があったと考えられる1994年と1995年以外、3地点とも30以下であった。生残試験で示唆されたように、3-4 mg/lの溶存酸素量が4日間続いたとしても、マシジミの生存が脅かされることはないとするれば、マシジミの多産した湛水域上流部において溶存酸素の不足による死亡があったとは考えられない。調査地点の底質 . マシジミが比較的多く採集された揖斐川14 kmから34 km地点の底質は、シルト・粘土まじりの砂、あるいは砂礫であり、各地点とも強熱減量は1%以下であった(図6)。長良川では、2002年の5調査地点のうち、河口堰直上流(6 km地点)のみシルト・粘土の比率が高かったが、他の4地点はシルト・粘土あるいは礫が多少混入した砂地であった。強熱減量は、6 km地点で5%を超えたが、他の4地点では1%以下で

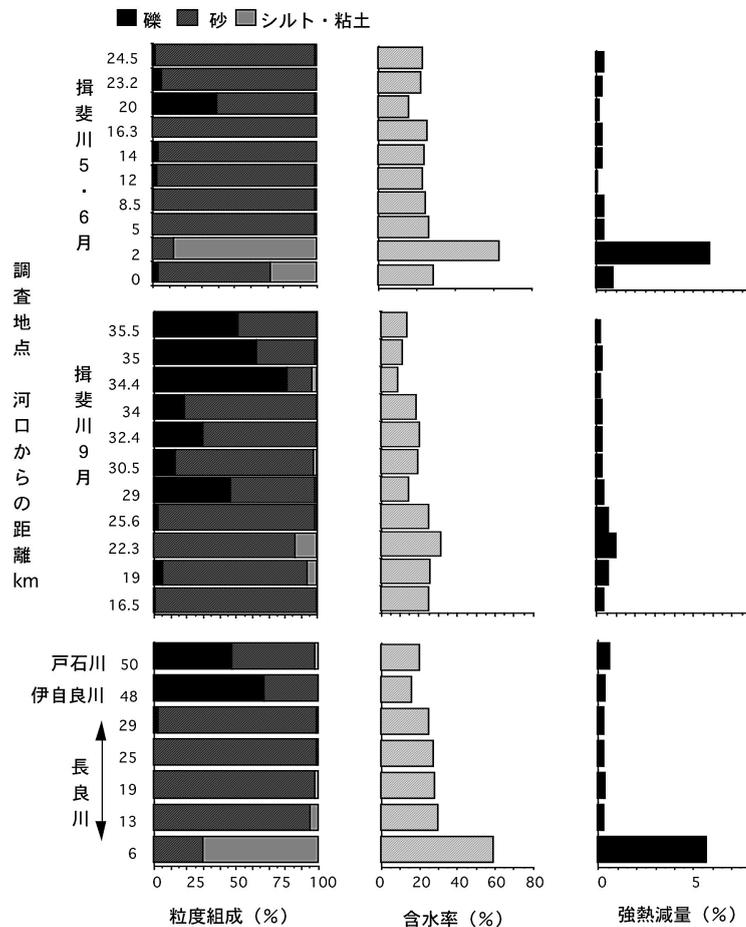


図6．マシジミ密度の調査地点における底質（2002年調査）. 山内ら（2010⁹）より転載．

あった（図6）。2005年の調査地点の底質も2002年調査時と大差なく、7 km地点でシルト・粘土の比率が高いものの、他の地点では砂質あるいは砂礫質であった（図7）。強熱減量は12 km地点より上流では1%以下であった。生残試験地の底質は7 km地点では砂とシルト・粘土の比率がほぼ半々、22.7 km地点では砂質、31.2 km地点では礫まじりの砂質であった（図8）。強熱減量は、7 km地点で高い値を示したが、上流2地点は1%以下であった。以上のように、長良川湛水域の底質は、マシジミが多数生息する揖斐川の底質同様、有機物の少ない

砂礫質であり、底質がマシジミの生存に悪影響を与えているとは考えられない。

出水時の河床変化

つぎに、マシジミの減少の要因として、河道整正による出水時の流速増加および河床の洗堀、堆積が検討された。

揖斐川における観察．揖斐川と伊自良川における出水がマシジミに与える影響が検討された。

(1) マシジミの生息場所．マシジミが出水に対して何らかの適応性をもっているかどうかを知ることが重要である。河

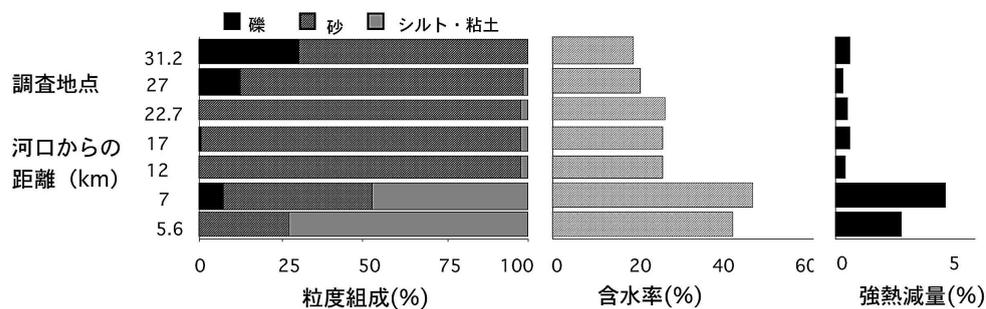


図7．長良川河口堰湛水域におけるマシジミ密度の調査地点の底質（2005年調査）. 山内ら（2010）⁸⁾より転載．

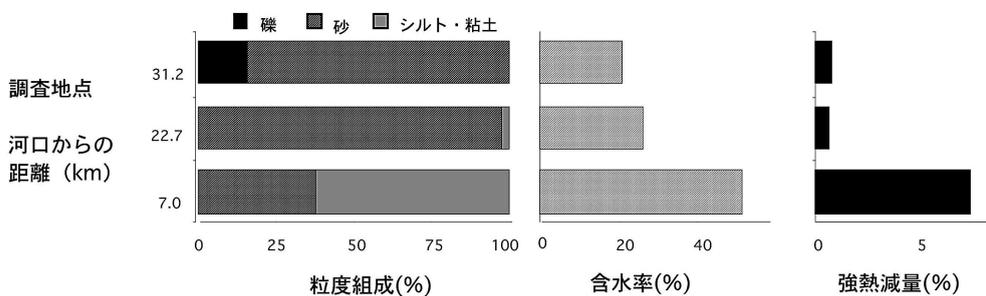


図8．マシジミの生残実験を行った地点における底質の性状（2005年調査）. 山内ら（2010）⁹⁾より転載．

床表面に生息していれば、容易に流されるであろうが、土中に潜っていれば、河床が洗掘されない限り流されることはないであろう。まず、生息場所の垂直分布が調べられた。2004年7月3日の揖斐川調査で、河床表面からは5方形区(1方形区:50 cm × 50 cm)で合計1個体、底土中からは0.25 m²あたり37.8 ± 17.7 (平均値 ± 標準偏差、以下同様)個体のマシジミが採集された。10月20日の伊自良川調査では、河床表面からはまったく採集されず、底土中から0.25 m²あたり126.2 ± 41.4個体が採集された。11月17日の揖斐川調査では、50 cm × 50 cm 方形区について、詳細な垂直分布が調べられた。全部で88個体が採集されたが、土中の深さ別に見ると、河床から6 cmまでの各1 cm層から、それぞれ25、10、21、20、11、1個体のマシジミが得られた。以上のように、マシジミは通常川底表層の砂礫中に潜掘して生息

していることが分かった。

(2) 出水前後のマシジミ密度．2004年10月20日の台風は長良川に史上まれな大規模出水をもたらした(墨俣流量7958 m³/sec)。揖斐川においても、22.3 km 地点左岸の調査地点で水位が堤防中腹まで上昇した跡が認められた。ただし、河床が洗掘・堆積された形跡はなかった。台風前の10月18日および台風後の10月28日に行われた密度調査では、それぞれ、0.25 m²あたり45.6 ± 10.5個体、および37.8 ± 16.5個体のマシジミが採集された。これらの密度間に統計的に有意な差はなかった。台風前後の体サイズ組成を検討すると、殻長5 mm 以下および5-7.5 mm の小個体は台風前には0.25 m²あたりそれぞれ4.4 ± 3.4個体および17.4 ± 9.0個体であったが、台風後にはそれぞれ0個体/0.25m²、6.0 ± 5.7個体/0.25m²に低下していた。全採集個体に占める小個体の割合についてみると、

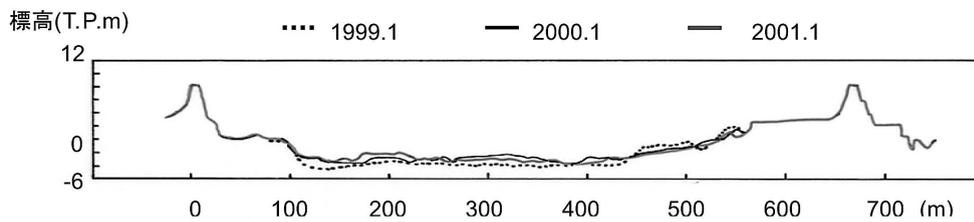


図9．長良川 15 km 地点における河床高の変化．国土交通省・水資源機構¹⁶⁾より一部抜粋して転写．

5 mm 以下の個体は台風前の $7.9 \pm 4.5\%$ から台風後の 0% に、5-7.5 mm の個体は台風前の $33.6 \pm 8.5\%$ から台風後の $14.0 \pm 7.6\%$ にそれぞれ統計的に有意に減少した。小個体は、河床表面近くの土中に生息することもあり、洪水で流されやすいと考えられる。

長良川における出水の影響．長良川湛水域における出水時の流速や河床変化はどうなっているのだろうか。2004 年 10 月出水に次ぐ大規模出水が 1999 年 9 月におきている（墨俣流量 $5900 \text{ m}^3/\text{sec}$ ）。このときの長良川湛水域における流速や河床変化は、藤田らの解析結果¹⁵⁾や国土交通省の河川横断測量結果¹⁶⁾に見ることができる。藤田らの図から判断すると、この出水のピーク時、長良川下流部（30 km 地点- 河口堰）では、兩岸のプランケット部では比較的流速が低かったものの、河道部では 2 m/s ないし 3.5 m/s の流速に達した。対照的に、地形が複雑で抽水植物群落が発達している揖斐川では、川の中央部に比較的高い流速域が認められるものの、川幅全体にわたって低い流速であった。

1999 年 9 月の出水は長良川湛水域の河床に大きな変化をもたらした。国土交通省の河川横断測量の出水前（1999 年 1 月）と出水後（2000 年 1、2 月）の結果が 1 km ピッチでダム・河口堰管理フォローアップ年次報告書に掲載されている。そこでは、河口堰湛水域 6 ~ 30 km のほぼすべての地点で数十 cm から

2 m ほどの河床上昇あるいは低下がみられた。典型的な例として、15 km 地点における出水時前後の河床高の変化を図 9 に示す。このような大規模な洗堀・堆積は底生動物に壊滅的な影響をあたえるだろう。長良川でマシジミが激減した期間にあたる 1996 年 12 月から 1999 年 1 月の河床変化は建設省中部地方建設局・水資源開発公団（2000）¹⁾に見ることができる。河床横断面が 6 km から 30 km 地点で 1 km 毎に示されているが、ほぼすべての地点で、数十 cm ないし約 2 m の範囲で河床高に変化があったこと、いいかえれば洗堀・堆積があったことが分かる。河床が洗堀され水中に放出されたシジミは容易に流下する。建設省・水資源開発公団の実験で、ヤマトシジミ成貝が平均流速 $24.3\text{-}34.4 \text{ cm/s}$ 以上で流下することが確認されている。他方、堆積が厚ければシジミは河床に埋没し死滅するであろう。河口堰湛水域におけるマシジミの減少は、水質や底質の悪化ではなく、出水時の流去・埋没が原因である可能性が高い。

マシジミ減少の原因を追及するなかで、河口堰湛水域の河床の不安定性がマシジミの個体数変動に及ぼす要因の 1 つとして浮上した。大規模な河床の変動は、他の底生動物の生存にも大きな影響を及ぼすはずであり、出水の影響は、今後の重要な検討課題として追求する必要がある。

文 献

- 1) 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（付録 CD データ）．建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社．
- 2) しじみプロジェクト・桑名．1999．シジミの鋤簾漁法による追跡調査堰運用前後の比較．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. 93-97．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．
- 3) 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．
- 4) 山室真澄．1996．感潮域の底生動物．西條八束・奥田節夫（編），pp. 151-172．河川感潮域 その自然と変貌．名古屋大学出版会，名古屋．
- 5) 中村幹雄．2000．日本のシジミ漁業 その現状と問題点．たたら書房．
- 6) 田中豊穂．1996．建設省「長良川河口堰モニタリング委員会」の資料を読む．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. 123-133．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．
- 7) 山内克典．2000．長良川河口堰がシジミ類に与えた影響．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. 18-27．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．
- 8) 山内克典・北村 梢・神原樹里・宮島理香・安田素之．2010．長良川河口堰上流部におけるマシジミの減少とその原因．長良川河口堰事業モニタリング調査グループ（編），pp. 45-54．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．
- 9) 足立 孝・千藤克彦・田口五弘・大野哲也．1994．水準測量と潮汐調査による水位上昇区間の調査．長良川下流域生物相調査団（編），pp. 8-14．長良川下流域生物相調査報告書．長良川下流域生物相調査団，岐阜．
- 10) 山内克典・伊東祐朔・足立 孝．1994．長良川における塩水遡上．長良川下流域生物相調査団（編），pp. 16-25．長良川下流域生物相調査報告書．長良川下流域生物相調査団，岐阜．
- 11) 山内克典・北村 梢．2003．揖斐川および長良川におけるマシジミの生息状況調査．平成 13 年度～平成 14 年度科学研究費補助金 基盤研究 A (1) 長良川河口堰が汽水域生息場の特性に与えた影響に関する研究 研究成果報告書（課題番号 13305035），pp. 208-219．
- 12) 稲葉左馬吉．1957．貝類．長良川の生物編集委員会（編），pp. 263-270．長良川の生物．岐阜県，岐阜．
- 13) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社．1996．長良川河口堰調査報告書（第 3 巻）．建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社．
- 14) 位田俊臣・浜田篤信．1976．酸素欠乏にともなうヤマトシジミの代謝変動について．水産増殖，23: 111-114．

-
- 15) 藤田裕一郎・鷹野敏弥・呂 福祿 .
2003 . 長良川下流区間の河道整正
と河床変動について . 平成 13 年度
～平成 14 年度科学研究費補助金
基盤研究 A (1) 長良川河口堰が汽
水域生息場の特性に与えた影響に関
する研究 研究成果報告書 (課題番
号 13305035) , pp. 93-112.
- 16) 国土交通省中部地方整備局・水資源
機構中部支社 . 2002 . 中部地方ダ
ム・河口堰管理フォローアップ (堰
部会) 平成 13 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 .