

魚類の生息分布に影響を及ぼす農業排水路の 環境要因—千葉県谷津田域を対象として—

EFFECT OF MORPHOLOGICAL AND ENVIRONMENT FACTORS OF
A CANAL ON FISH DISTRIBUTION IN YASTU PADDY FIELD

小出水規行¹・竹村武士²・奥島修二³・山本勝利⁴・蛭原 周⁵

Noriyuki KOIZUMI, Takeshi TAKEMURA, Shuji OKUSHIMA,
Shori YAMAMOTO and Shu EBIHARA

¹正会員 博(農) 農業工学研究所主任研究官(〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6)

²正会員 農修 農業工学研究所主任研究官(〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6)

³正会員 農業工学研究所室長(〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6)

⁴非会員 博(農) 農林水産技術会議事務局研究調査官(〒100-8950 東京都千代田区霞が関 1-2-1)

⁵非会員 日本海洋株式会社 環境調査事業部(〒114-0005 東京都北区柴町 9-2)

Since the 1960's, numerous land consolidation have been performed in rural areas, and many functions for fish habitat have been degraded in the canals. To clarify environment factors required for restoration of fish habitat, we investigated that relationship between morphological and physical environment factors and fish distribution of the canals in Yatsu paddy field of the Shitada-gawa River basin, Chiba Prefecture. Field data were sampled from July 2002 to December 2003 at monthly intervals and analyzed statistically, yielding the following results. First, fish species richness in the canals appeared to be limited by structural barriers which were 20cm above the height of drops at the canal junctions with the main stream. Second, comparison of population density of Japanese weatherfish as dominant species in the improved and non-improved canals indicated that the condition with no inflow of domestic waste water and a substrate of sand and silt with rooted vegetation was essential in the canals as habitat for this species.

Key Words: fish habitat, weatherfish *Misgurnus anguillicaudatus*, morphological and environment properties of canal, Yatsu paddy field, the Shitada-gawa River basin in Chiba Prefecture

1. はじめに

現在,日本の水田は国土面積(37.8万km²)の約7%(2.7万km²)を占め,農業水路(用水路及び排水路)は一級河川総延長(大臣直轄管理)の40倍,約40万kmにも達している。数値は莫大である一方,これまでの都市開発に伴う水田の減少,米生産性・作業効率を向上させるための圃場整備は,用水路と排水路の分離,水路のコンクリート化,頭首工や落差工の設置等により,魚類をはじめとする生物の生息環境の悪化を招いた^{1),2)}。

しかし,近年,土地改良法の改正や環境に対する意識の高まりにより,圃場整備事業や水利施設の建設においては生態系への配慮が不可欠となっている。そのため,魚類の生息分布や環境との応答関係に関する基礎的知見が全国各地の現場で求められ,さらに,これらの知見を活用した施工技術の開発が,研究だけでなく社会的にも強く要請されている。

一般に,圃場整備等に伴う環境変化やその変化が生物に及ぼす影響は対象地域の面積規模,地形,標高によって大きく異なる。特に,平野部においては数10km²以上に及ぶ低平地の水田よりも,空間が比較的小規模な谷津田での変化が著しい。谷津田は台地や丘陵地の浅い谷(谷津)に開田され,その歴史は2,000~3,000年に及ぶ³⁾。谷津田の多くは湿田であり,農村特有の豊富な生物相を形成してきた⁴⁾。したがって,圃場整備等に伴う区画整理,水路改修は谷津田における魚類の生息分布にかなりの影響を及ぼすと考えられる。しかし,これまでの農業水路における魚類の研究については,長野県や栃木県等の中山間地域の水田を中心に展開されてきた^{5),6),7)}。

本論文では,農業水路整備と魚類等,生物に適した環境要因保全の解明が求められる中,谷津田における農業排水路を対象に,その形態及び物理環境特性と魚類生息分布との関係について現地調査を実施した。

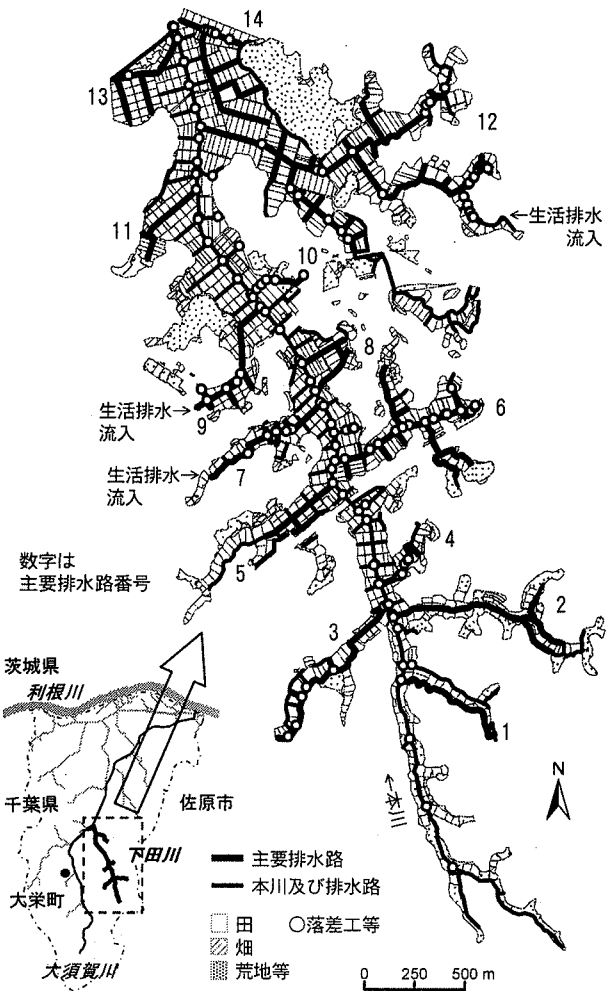
表－1 排水路の形態と物理環境に関する要因

要因		計測値またはカテゴリ
形態	水路利用	用排（兼用）、排水
	流入水	湧水、河川水、生活排水
	水路材質	土・岩、柵工（コンクリ2面） フリーム（コンクリ3面）
	水路幅	左岸～右岸の水路・畦天端（cm）
	落差工数	排水路内の水位差 20cm 以上の落差工数
	本川合流水位差 ¹	排水路と本川との合流部の水位差（cm）
物理環境	水面幅 ¹	左岸～右岸の水際（cm）
	水深 ¹	横断面平均（cm）
	流況 ¹	速（30cm/s 以上）、中（30～20cm/s） 遅（20～10cm/s）、微（10～0cm/s）
	底質	砂礫（粒径 1cm 以上）、砂泥（1～0cm） コンクリ
	植生 ¹	種類：抽水、水中、湿生、なし 被度：高（100～75%）、中（75～25%） 低（25～0%） 高さ：高（100cm 以上）、中（100～50cm） 低（50～0cm）
	オーバーハング ¹	被度：高（100～75%）、中（75～25%） 低（25～0%）、なし

¹ 季節的に計測値が変動する要因



写真－2 電気ショッカーとタモ網を用いた魚類採捕



図－1 下田川流域における農業排水路の空間配置



写真－1 圃場未整備地区の土水路 (左) と整備地区のコンクリート柵工水路 (右)

2. 調査方法

(1) 調査対象流域 (千葉県下田川流域)

関東平野の8割は台地と丘陵に占められ、台地と丘陵の縁には多くの谷津田が形成されている³⁾。本論文では水稻作が盛んな利根川下流域に位置し、複数の谷津田によって構成される千葉県下田川流域を調査対象とした。

下田川の流域面積は9.9km²、本川延長は5.1kmである (図－1)。下田川は千葉県北東部の下総台地を樹枝状に開析しながら流下し、同県大栄町の大須賀川を経て、同県佐原市で利根川に合流する。下田川周辺の土地利用は、

低地 (面積2.4km²) において水田、台地 (面積7.5km²) において畑または宅地となっている (図－1)。

水田に囲まれた下田川には49本の農業排水路 (各延長31m～4.5km) が支川として合流する。さらに、1960年以降の圃場整備等に関連して、水路材料 (写真－1) や落差工の設置数等が排水路によって異なる他、一部の排水路では生活排水が流入する (図－1)。

(2) 排水路における環境計測及び魚類採捕

a) 調査定点の設定

事前に国土基本図 (縮尺1/2,500) と航空写真を利用して、流域における排水路の空間配置や延長、圃場の整備

表－2 主要排水路の形態及び物理環境特性（2003年7月と12月の計測結果，形態要因における水路型及び各要因のカテゴリについては，それぞれ本文及び表－1を参照）

水路 番号	形態						物理環境					その他	
	型	利用	流入水	水路 材質	落差 工数	本川合流 水位差 cm	水面幅 ¹ cm	水深 ¹ cm	流況 ²	底質 ²	植生 種類 ²	総延長 m	定点 数
1	I	用排	湧水	土	0	19→20	48→39	9→6	中→中	砂礫	湿生	641	4
2	I	用排	湧水	土	0	0→0	94→96	13→12	中→中	砂泥	抽水	1,245	8
3	III	排水	河川水	柵工	7	55→55	114→103	12→11	中→遅	砂礫	なし	1,165	10
4	I	用排	湧水	土	0	61→60	65→51	9→6	遅→遅	砂泥	なし	368	6
5	I	用排	湧水	土	0	45→46	99→106	15→15	遅→遅	砂泥	抽水	485	7
6	III	排水	河川水	柵工	25	60→61	75→86	7→13	遅→遅	砂泥	なし	2,197	17
7	IV	排水	河川水+ 生活排水	柵工	7	50→51	85→90	11→10	遅→遅	砂泥	湿生	957	9
8	III	排水	河川水	柵工	1	40→41	60→60	5→5	遅→遅	砂泥	湿生	580	5
9	IV	排水	河川水+ 生活排水	柵工	7	37→57	85→69	14→6	中→遅	砂泥	なし	959	9
10	III	排水	河川水	柵工	5	20→27	60→60	3→8	遅→遅	砂泥	なし	304	2
11	II	排水	河川水	土	0	73→65	65→60	5→7	遅→微	砂泥	湿生	498	4
12	IV	排水	河川水+ 生活排水	柵工	39	0→0	103→91	16→19	中→遅	砂泥	なし	4,423	29
13	II	排水	河川水	土	1	0→0	142→92	19→5	遅→微	砂泥	抽水	831	8
14	III	排水	河川水	柵工	5	0→0	99→83	38→11	遅→遅	砂泥	抽水	1,406	9

¹ 定点の平均，² 定点のモード

状況を確認した。既報^{8), 9), 10)}や現場での作業効率を考慮して，数値またはカテゴリによる排水路形態，魚類の生息場形成に関連する物理環境要因を設定した(表－1)。

表－1の要因に基づいて，本川及びすべての排水路の延長をセグメントに細分化した。各セグメントは，いずれかの要因が水路延長上で大きく変化する点を境界とし，境界から境界までの環境が均質とみなせる区間（各 2.9～142.5m）に相当する。作業は田植え直後の 2002 年 5～6月に行った。

環境計測及び魚類採捕の対象排水路として，セグメントの構成が異なる水路 30 本を選定した。調査定点は各排水路の特徴を反映する主要セグメントに設定した他，水路延長に応じて偏りのないよう 1～30（合計約 150）点を配置した。

b) 環境計測と魚類採捕

調査定点における環境計測及び魚類採捕を 2002 年 7 月～2003 年 12 月の期間，各月 1 回（合計 18 回）実施した。調査期間中，圃場整備や道路工事に伴う大きな水路改修はなかった。各定点，各回の調査ともに方法はすべて統一し，環境計測及び魚類採捕は同時に行った。

環境計測については，表－1 の物理環境に関する要因を中心に測定した。魚類採捕については，漁具として電気ショッカー（アメリカ・スミスルート社製 12 型，水中に低電流の直流を数 10 秒間流し，魚を麻痺させる方法）とタモ網を利用し（写真－2），定点周辺約 5m 区間に生息するすべての魚類を捕獲した。捕獲魚類については，その場で魚種名，個体数，魚体サイズ（全長）を記録後，

放流した。

3. 調査結果と考察

（1）主要排水路の形態及び物理環境特性

本論文では 300m 以上の延長をもち，調査定点が 2 点以上の主要排水路 14 本について解析を行った(図－1 の太線の排水路)。表－2 は主要排水路の形態及び物理環境の一部をまとめたものであり，かんがい期と非かんがい期を代表させて 2003 年 7 月と 12 月の計測結果を示している。各要因のうち，定点ごとに異なり，水面幅等の計測値が数値であるものは定点の平均，流況等のカテゴリによるものはモードを採用した。

下田川流域における主要排水路は，表－1 の形態要因によって，便宜的に 4 つの型に分けられた。I 型は流域上流の圃場未整備地区における未改修水路で，用排兼用の湧水の流れる土水路（水路 1，2，4，5），II～IV 型は圃場整備により改修され，河川水の流れる排水路である。II 型は土水路（水路 11，13），III 型はコンクリ柵工水路（水路 3，6，8，10，14），IV 型は生活排水も流入するコンクリ柵工水路（水路 7，9，12）である。また，II～IV 型の水路では勾配を緩和させるための落差工が設置され，多いところでは 20 箇所を超えている。排水路の多くは本川との合流部に 20cm 以上の水位差をもち，常に水域が連続している水路は 4 本しかなかった（表－2）。

排水路の物理環境について，7～12 月の水深変化をみると，約半数の水路において減少する傾向が確認できる

表－3 主要排水路における生息魚類の個体数密度（2002 年 7 月～2003 年 12 月における各月の定点平均密度の積算値，単位は個体数／水面積 m²，水路型については本文及び表－2 を参照）

水路番号	型	種数	スナヤツメ <i>Lethenteron reissneri</i>	ギンブナ <i>Carassius auratus langsdorffii</i>	オイカワ <i>Zacco platypus</i>	モツゴ <i>Pseudorasbora Parva</i>	タモロコ <i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	ドジョウ <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	ホトケドジョウ <i>Lefua echigonia</i>	メダカ <i>Oryzias latipes</i>	ボラ <i>Mugil cephalus cephalus</i>	トウヨシノボリ <i>Rhinogobius sp.OR</i>
1	I	3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	56.6	27.3	0.0	0.0	0.0
2	I	6	11.0	0.1	0.0	0.0	19.5	74.7	11.7	0.0	0.0	2.9
3	III	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.4	0.0	0.0	0.0	0.2
4	I	4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.5	129.2	18.2	0.0	0.0	0.0
5	I	4	0.0	4.6	0.0	0.0	5.6	124.2	15.9	0.0	0.0	0.0
6	III	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	1.1	0.0	0.0	0.2
7	IV	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.1	0.1	0.0	0.0	0.0
8	III	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.2	0.2	0.0	0.0	0.0
9	IV	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10	III	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	II	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.4	0.0	0.0	0.0	0.0
12	IV	8	0.0	1.1	0.1	0.0	1.0	21.1	0.4	2.2	0.03	0.1
13	II	5	0.0	1.0	0.0	0.1	0.9	54.1	0.0	2.4	0.0	0.0
14	III	5	0.0	0.2	0.0	0.0	8.6	68.7	0.1	73.0	0.0	0.0
総計		10	24.1	6.9	0.1	0.1	36.0	847.4	77.3	77.5	0.03	3.4

（表－2）．ただし，10cm 以上の差が生じているのは流域下流の水路 13，14 だけであり，同時に水面幅や流況の変動について勘案すると，主要水路における水理条件は通年して安定的と考えられる．また，底質や植生について水路全体をながめると，底質は砂泥が多く，植生の繁茂は水路によって異なった（表－2）．

（2）主要排水路の魚類生息分布

各月の調査定点における採捕魚類については，定点間や月間での相対的な比較できるように，水面積 1m²あたりの（平均）個体数密度を式（1）で求めた．

個体数密度（個体数／水面積 m²）＝(1)
採捕個体数／（水面幅 m×採捕区間 m）

表－3 は調査期間中に出現した魚種について，主要排水路間での比較を行うために，月別の定点平均密度の積算値（18 ヲ月分）を示している．

魚種数は，外来種のおオクチバス *Micropterus salmoides salmoides* を除いて排水路全体で 10 種が確認され（表－3），当流域における既存の調査結果^{11), 12)}を 2 魚種ほど上回った．さらに，未整備圃場が現存する関東地方の他の谷津田と比較しても，魚種組成は異なるが，種数については同程度であることが確認された（蛭原，私信）．水路によって改変の程度は異なるが，流域全体の魚種数については，特に異常はなかったと思われる．

魚種組成は一生の多くを排水路や河川で過ごす種が中心となり（表－3），現在，全国規模で実施されている田

んぼの生き物調査における採捕結果¹³⁾と共通する種もみられた．また，調査期間を通じて，季節に伴う種組成の大きな変化は認められず，唯一，海水魚のボラ *Mugil cephalus cephalus* が 2003 年 6 月に水路 12 で出現した．本種は稚魚期のごく一時期に河川等の淡水域に迷入することがあり，近隣の大須賀川の上流でも確認されている^{11), 12)}．したがって，本調査で採捕されたボラは利根川下流から来遊してきたと考えられる．

ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* はすべての排水路に出現し，その個体数密度は魚種全体の 60%を占めることから（表－3），水路全体における優占種と判断された．さらに，レッドリスト¹⁴⁾で指定されている絶滅危惧ⅠB 類（EN）のホトケドジョウ *Lefua echigonia* と絶滅危惧Ⅱ類（VU）のスナヤツメ *Lethenteron reissneri* が流域上流の水路 1，2，4 など，絶滅危惧Ⅱ類（VU）のメダカ *Oryzias latipes* が下流の水路 12～14 で採捕され，現在では数少ない，これらの魚種の生息適性環境をもつ水路が確認された．

（3）主要排水路の形態及び物理環境特性と魚類生息分布との関連性

a) 下田川本川との合流部水位差が魚種数に及ぼす影響
主要排水路の魚種数は多いところで 8 種（水路 12），少ないところで 1 種（水路 9～11）となり，水路型とは関係なく排水路間で異なった（表－3）．ここでは，魚種数に影響を及ぼす排水路形態の要因として，下田川本川との合流部水位差との関係を解析した．

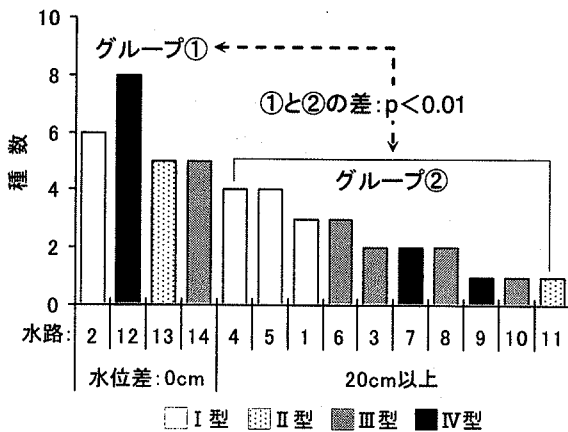


図-2 主要排水路における下田川本川との合流部水位差と魚種数との関係

図-2は本川との合流部水位差が0cmの排水路をグループ①（水路2, 12～14）、残りの水位差が20cm以上の水路をグループ②（排水路1, 3～11）に分け、各水路の魚種数をあらわしている。グループ①の種数は8～5種と比較的多く、グループ②では1～4種と少ない。さらに、グループ間の差について Kruskal-Wallis（クラスカル・ウォリス）検定を実施した結果¹⁵⁾、その差は有意に認められた（ $\chi^2=8.192$, d.f.=1, $p<0.01$ ）。

すなわち、検定結果は排水路と本川との合流部水位差が魚類の移動阻害要因となり、グループ②の水路については本川から分断化されていることを示唆している。また、この考察は定点調査と同時に実施したモンドリと定置網による本川での魚類採捕において（小出水、未発表）、グループ①と同程度またはそれ以上の魚種がグループ②の水路付近で確認されていることから、概ね妥当であると考えられる。

b) 排水路の形態及び物理環境がドジョウ個体数密度に及ぼす影響

ドジョウは主要排水路の優占種であるが、その個体数密度は水路によって異なった（表-3）。ここでは、水路の形態及び物理環境の違いからドジョウの個体数密度に及ぼす影響について解析した。

図-3は水路型を基準にして、各水路のドジョウ個体数密度（表-3）を示している。水路型間における個体数密度を比較すると、密度が高いのはI型となり、密度の低いII～IV型の中では、特にIV型で低かった。そこで前節と同様に、Kruskal-Wallis 検定を行った結果¹⁵⁾、水路型間における密度には有意な差が認められ（ $\chi^2=10.460$, d.f.=3, $p<0.05$ ）、さらに、Scheffe の多重比較による結果では、I型とIV型との差が有意となった（ $\chi^2=10.292$, d.f.=1, $p<0.05$ ）。

検定結果を考察すると、水路型間における個体数密度の差は圃場整備に伴う水路改修による影響と考えられる。また、改修水路において生活排水が流入する場合は、さ

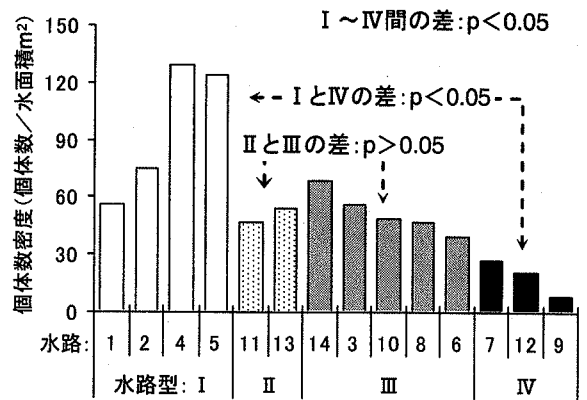


図-3 主要排水路の水路型とドジョウ個体数密度との関係（水路型については本文及び表-2を参照）

らに水質汚濁による影響が加わり、ある程度の耐性をもつドジョウにとっても、その生息条件は不適であることを示している（図-3）。

一方、多重比較の結果では、II型とIII型において有意な差は認められなかった（ $\chi^2=0.066$, d.f.=1, $p>0.05$ ）。両水路型の違いは水路材料であり、その大きな違いは水路の横断面形状に反映される。したがって、砂泥などのドジョウにとって潜砂可能な底質であれば、水路材料や断面形状による生息場への影響は少ないことが推察される。むしろ、上述したように、水質条件を良くすることがドジョウにとって重要であろう。

最後に、個体数密度の高い未改修水路I型と密度は低い一般的な改修水路III型との違いを比較した。図-4は両水路型を代表させて、水路5（I型）と水路3（III型）の成長段階別の月別個体数密度を示している。成長段階は既報^{16), 17), 18)}に準拠して、仔魚（全長2cm未満）、稚魚（2cm以上～5cm未満）、未成魚（5cm以上～8cm未満）、成魚（8cm以上）とした。

個体数密度は両水路ともに繁殖期である6～9月に高くなり（図-4）、既報^{17), 18)}における変化と概ね一致した。一方、10月～翌年5月は減少する傾向にあり、水路3におけるその割合は水路5よりも顕著であった。減少する個体の主体は稚魚と未成魚であり、これらの個体は翌年に産卵親魚となるため、水路における個体群維持に大きく影響すると考えられる。したがって、水路I型とIII型における密度の差は、いわゆる非かんがい期における稚魚と未成魚の現存量に関連すると推察される。

また、稚魚と未成魚の減少について、その原因が餌量不足や捕食者による死亡、水路から本川への移動によるものかは不明である。しかし、減少要因が水路の物理環境にいくらか関連している場合は、両水路における環境条件の比較から（表-2）、できるだけ多くの個体が潜砂できるよう植生が繁茂可能な砂泥底空間の確保（例えば、コンクリ柵水路を固定するために、河床全面を礫で固

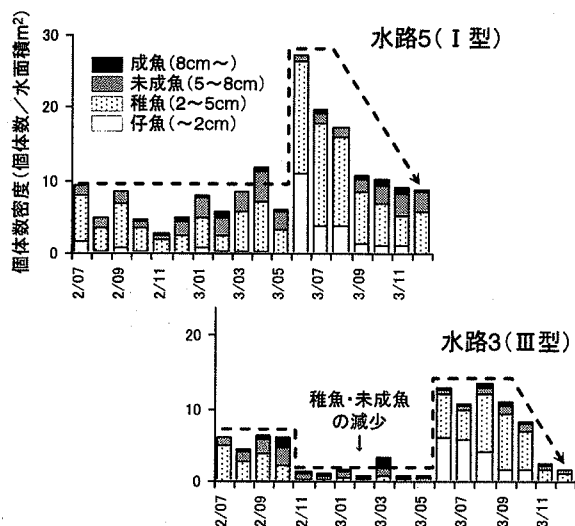


図-4 水路5と水路3における成長段階別のドジョウ個体数密度の季節変動(破線はフリーハンドによるトレンド)

めるのではなく、植生が生えられるような空隙をもつ空間の確保、または施工技術の導入)が、減少緩和につながる条件と考えられる。

4. おわりに

本論文では、千葉県下田川流域の谷津田において農業排水路の形態及び物理環境特性と魚類生息分布の関連性について調査した。排水路と下田川本川との合流部水位差、圃場整備地区の改修水路と未整備地区の未改修水路との比較から、水路における水質、底質、植生等が魚類生息場の形成要因として重要であることを示した。

しかし、解析対象の魚類は当流域において優占種となったドジョウであり、その他の魚種や魚類群集の解析、そもそもドジョウが優占種となった根本的な原因解明については今後の課題とされる。また、本調査を他の地域に適用して行けば、対象地区における魚類の生息適性環境が次第に明らかになると予測される。しかしながら、生息場の保全や復元を考える上では、適性環境の空間的配置や連続性を踏まえたネットワーク評価が不可欠である。今後は個体レベルでの移動を調査し、生息場ネットワークの解明に取り組むと同時に、具体的な保全工法についての施工技術を開発して行きたい。

謝辞：本調査は千葉県大栄町農政課のご理解とご協力により実施した。農業工学研究所の渡嘉敷 勝氏、向井章恵氏、筑波大学大学院生の椎名政博氏、愛知県農業総合試験場の田中雄一氏、土木研究所の村岡敬子氏、大石哲也氏には現地における環境計測及び魚類採捕にご協力い

ただいた。U.S. Geological Survey の T.J. Waddle 博士には英文要旨を校閲していただいた。ここに記して深謝の意を表する。

本研究はプロジェクト研究「流域圏における水循環・農林水産生態系の自然共生型管理技術の開発」及び科学研究費補助金(若手研究B)「農業用水路の魚類生息場としての機能解明：水理環境の季節変動と魚類生活史に関連して」の一部として行った。

引用文献

- 1) 片野 修：水田・農業水路の魚類群集，水辺環境の保全，朝倉書店，pp.67-79，1998。
- 2) 中川昭一郎：圃場整備と生態系保全，農村ビオトープ，信山社サイテック，pp.70-81，2000。
- 3) 犬井 正：里山と人の履歴，新思泉社，2002。
- 4) 守山 弘：耕地生態系と生物多様性，農山漁村と生物多様性，家の光協会，pp.34-65，2000。
- 5) 片野 修，細谷和海，井口恵一朗，青沼佳方：千曲川流域の3タイプの水田間での魚類相の比較，魚類学雑誌，48巻，pp.19-25，2001。
- 6) Katano, O., Hosoya, K., Iguchi, K., Yamaguchi, M., Aonuma, Y. and Kitano, S.: Species diversity and abundance of freshwater fishes in irrigation ditches around rice fields, *Environmental Biology of Fishes*, Vol.66, pp.107-121, 2003。
- 7) 中村智幸，尾田紀夫：栃木県那珂川水系の農業水路における遡上魚類の季節変化，魚類学雑誌，50巻，pp.25-33，2003。
- 8) 小出水規行，藪木昭彦，中村俊六：IFIM/PHABSIMによる河川魚類生息環境評価ー豊川を例にしてー，河川技術に関する論文集，6巻，pp.155-160，2000a。
- 9) 小出水規行，中村俊六，東 信行：魚類調査，河川生態環境評価法，東京大学出版会，pp.89-101，2000b。
- 10) 小出水規行，竹村武士，山本勝利，奥島修二：魚類生息場としての農業排水路評価の試み，平成14年度日本水産学会大会講演要旨集，pp.97，2002。
- 11) 関東農政局両総農業水利事業所，農村環境整備センター：平成12年度大須賀川排水路環境整備検討委託業務報告書，関東農政局両総農業水利事業所，2000。
- 12) 関東農政局両総農業水利事業所，農村環境整備センター：平成13年度八間川排水路・一宮川環境整備検討委託業務報告書，関東農政局両総農業水利事業所，2001。
- 13) 農林水産省農村振興局：農林水産省と環境省の連携による「田んぼの生き物調査2002」の結果について(プレスリリース)，農林水産省農村振興局，2003。
- 14) 環境省野生生物課：改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物[汽水・淡水魚類]，自然環境研究センター，2003。
- 15) 石村貞夫：すぐわかる統計処理，東京図書，1994。
- 16) 久保田善二郎，久我万千子，岡政 徹，前田達男：ドジョウの増殖に関する研究ーⅦ仔魚の放養時期，配合飼料の種類および池の底質が種苗の生産に及ぼす影響について，水産大学校研究報告，14巻，pp.59-73，1965。
- 17) 田中道明：水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響，魚類学雑誌，46巻，pp.75-81，1999。
- 18) 田中道明：水田とその周辺水域に生息するドジョウ個体群の季節的消長，日本環境動物昆虫学会誌，2巻，pp.91-101，2001。

(2004. 4. 7受付)