

水路の構造からみた水田地帯における メダカの生息環境要因

Habitat factor of Japanese rice fish in paddy field area,
focusing on the structure of irrigation and drainage canal.

石川 恭子^{*,**} 東 淳樹^{*}

ISHIKAWA Kyoko^{*,**} AZUMA Atsuki^{*}

(*岩手大学農学部農林環境科学科)

(*Faculty of Agriculture, Iwate Univ.)

**現；宮城県大河原地方振興事務所

I はじめに

メダカ (*Oryzias latipes*) は日本人に馴染み深く、水田地帯に生息する魚類を代表する魚である^{1) 2)}。ところがそのメダカが、近年個体数が減少し、1999年に絶滅危惧Ⅱ類に指定された。個体数減少の理由としては、水田周辺の水路のコンクリート化や、沈水植物群落内などの止水的環境の減少、水質悪化の影響が挙げられているが、圃場整備の進んだ水路では流速が最も制限的な要因として作用することがわかっている³⁾。しかし、整備の進んでいない地域での調査はあまり行われていない。

現在、岩手県東磐井郡川崎村の門崎地区では県営の圃場整備事業が計画である(工事着工予定:平成19年度)。農地基盤整備については、「環境への調和についての配慮」が明言され、生態系配慮型の事業が計画・実施されるようになった。それをうけて本地区では、メダカを対象とした環境保全場所を確保する必要があると明言されている。しかし、本種の水田や水路における生息地利用や保全に関わる生態についてはあまり明らかにされていない。

そこで本研究では、門崎地区のメダカを保全するために、特に水路構造に着目し、本種の生息環境要因を明らかにすることを目的とする。それと

ともに、本研究が、圃場整備後のモニタリング調査の基礎としても位置づけられる。

II 調査地

調査対象地は川崎村門崎地区(受益面積71ha)の圃場整備事業の対象水田地帯である。現在の水田は開田区画整備事業により昭和18年~34年に整備されたもので、10a田が標準とされている。整備後は、全エリアにおいて用水路はパイプライン化され、排水路は環境配慮水路以外はコンクリート水路化される予定である。

門崎地区は6つの集落からなり、自然状態では集落間での本種の遺伝的交流はないと考えられる。6つの集落を①~⑥と区別した。メダカの生息が事前調査で少なかった①集落をのぞき、②~⑤の5つの集落で調査を行なった(図1)。

門崎地区は全水路の8割近くが土水路で、コンクリート三面張りの水路は2割以下であった。底質は泥が8割近く、三面張りの水路でも泥の堆積が比較的多く見られ、その機能を果たしている水路はごくわずかであった。そのため流速は全体的に遅く、本種の生息にとって理想とされる、流速10cm/s以下の水路が7割を占めた(図2)。

調査地は用水路に水を引かなくなる非灌漑期でも湧水が絶えず流れる水路があり、冬を越すこと

ができる。また、水田と水路に落差がない水路が多く存在するため、灌漑期には容易に水田と水路を往来できることは、水田で産卵する本種本来の生活史をまっとうするのに非常に良好な環境であるといえる。全国的にも水田と水路の往来が容易なこのような生息地は珍しいといえる。

また、本調査地は本種の南日本集団の北限に位置する最大級の生息地であり、学術的にもその保全の価値が高いと考えられる。

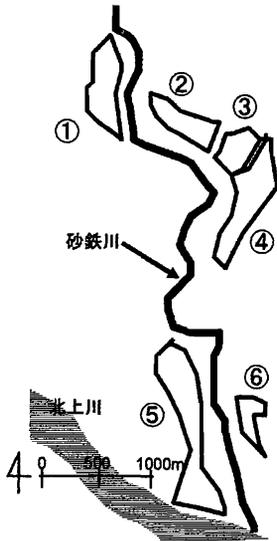


図 1. 調査地概要図

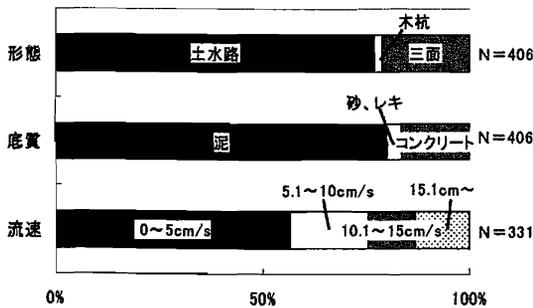


図 2. 調査地における水路の特徴

III 研究の方法

1. 野外調査

野外調査はメダカ採捕調査と生息環境調査からなる。非灌漑期の調査として 2004 年 4 月 10 日、11 日、10 月 30 日、31 日の延べ 4 日間、非灌漑期のうち越冬期の調査として 2005 年 1 月 29 日、

灌漑期の調査として 5 月 15 日、16 日の延べ 2 日間実施した。なお、7 月 26 日には生息場所の確認として目視による調査を行なった (表 1)。

メダカ採捕調査にはタモ網 (網目 0.3cm) およびサデ網 (網目 0.3cm) を用いた。水路を 5m 区間に区切って、調査者 2 名がサデ網で両端を押さえ、その内側を調査者 2 名が 3 分間タモ網を用いてすくい取った^{註 1)}。採捕したメダカは全長・体長を計測板で測定し、雌雄・個体数を記録した後、採捕した地点に放流した。調査区間は約 60m ごとに 3m または 5m をとって 1 調査区間とした。メダカ以外の魚類が採捕されたときは、種名と個体数および全長・体長を記録した^{註 2)}。

生息環境調査としては、採捕調査した水路環境を記録、計測した。調査項目は水路幅、水深、流速、水温、水路形態、底質、水路内植生 (%; 水路を上から見た水路内の植物の被度)、法面植生 (%; 水路上を覆う法面の植物の被度) とした。水質の調査項目は pH、電気伝導度 (EC)、溶存酸素量 (DO)、濁度、化学的酸素要求量 (COD) とした。流速はプロペラ式流速計 (KENEK VR-101, VRT-200-20) を使用した。pH の測定には新電元 KS723 を、EC の測定には LACOM EC Scan law を、DO の測定には HORIBA OM-14 を、COD 測定には共立理化学研究所のパックテストをそれぞれ使用した。

メダカの生息数の指標となる採捕数に影響を及ぼしている環境要因を検討するために、ステップワイズ法による重回帰分析を行なった。全ての統計検定について有意水準を 5% までとした。なお、各データについて正規性、等分散性を考慮して、個体数、水路幅、水深、流速、水温については対数変換を、水路内植生、法面植生については逆正弦変換を行なった。統計解析には、SPSS11.0J (SPSS 社) を用いた。

表 1. 調査の実施概要

| 日付 | 調査区間数 | メダカがいた区間数 | 水路の総延長 (km) |
|-----------|-------|-----------|-------------|
| 4/10-11 | 75 | 39 | 6.65 |
| 5/15-16 | 184 | 38 | 15.45 |
| 7/26 (適宜) | | 71 | 7-8 |
| 10/30-31 | 125 | 95 | 7.90 |
| *1/29 | 22 | 22 | 7.06 |

*1/29はメダカがいた地点のみで環境要因を調査した

2. 室内水路実験

8月30日に室内人工水路でのメダカの流速耐性実験を行ない、流速を変化させたときの様子を目視およびビデオカメラを用いて観察した。体長23mm以上を成魚とし⁴⁾、成魚と未成魚の2グループで実験を行った。成魚は20個体、未成魚は8個体を用いた。実験に使用したメダカの体長の平均値を表2に示す。実験は流量を変化させて流速を変え、18地点で流速を測定する方法とし、18地点の平均流速をその流量の流速とした。まず成魚から、流速10.5cm/s、20.3cm/s、29.3cm/s、29.0cm/sの順に、未成魚は流速4.1cm/s、10.5cm/sで実験および観察した。

表2. 実験個体の体長組成 (mm)

| | 成魚 | 未成魚 |
|--------|-------|-------|
| 個体数 | 20 | 8 |
| 平均(mm) | 23.70 | 15.88 |
| 標準誤差 | 0.50 | 0.44 |
| 標準偏差 | 2.23 | 1.25 |
| 最小(mm) | 20 | 14 |
| 最大(mm) | 28 | 17 |

IV 結果および考察

1. 生息状況の季節変化

採捕したメダカの水路流水1m³あたりの個体数(以下生息密度)の変化を図3に示した。5月になると4月に比べ生息密度が激減した。これは灌漑に伴う水路網の拡大による本種の分散と、水田に進入したこと(目視調査による確認)による水路での減少だと考えられる。一方10月は4月よりも生息密度が若干高くなった。これは給水停止による水路網の縮小と、未成魚の出現加入によるものだと考えられる。7月には中干し期間中でありながら一部水の残った水田に成魚と未成魚の両方が水田内に残っているのを確認できた。

これらのことから、本調査地では、本種は水田に水が入る時期に水路網全域に分散することと水田に遡上することが確認され、水田を利用した生活史を持つことが明らかとなった。

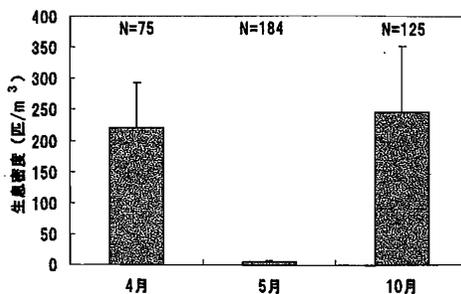


図3. 生息密度の季節変化

エラーバーは標準誤差、Nは採捕地点数を表す。

2. 生息状況と環境要因の関係

各調査時期にメダカの生息確認区間における採捕数を目的変数とした場合、生息との関係が考えられる各環境要因を説明変数として重回帰分析を行なった。目的変数は対数変換、説明変数は対数変換、または逆正弦変換をした値を用いた。

なお、10月は成魚と未成魚の両方が採捕されたが、成魚と未成魚では生息と関係する環境要因が異なる可能性が考えられたため、成魚と未成魚を区別して分析を行なった。結果を表3に、また調査の結果の環境要因の測定値を表4に示した。

その結果、4月は水田と水路の落差と負の相関、水路の水深と正の相関があった。5月は流速と負の相関があった。10月は成魚の場合、水温と正の相関、水路内植生と負の相関が、未成魚は水温と法面植生と正の相関、水路幅と負の相関があった。本調査地は流速が10cm/s以下となる水路が7割を占めており全体的に流速が遅い。そのため水路内植生による流速低減効果よりも、本種の生息空間の減少による生息への負の影響をもたらしたものと考えられる。そのことが、10月の成魚の場合に水路内植生と負の相関が認められた原因と思われる。実際、水路内植生の多い水路はクレソン等が繁茂し、草刈等の管理がされていない水路であった。つまり、本種の生息空間確保のためには、適度な管理が必要だと考えられる。

また、本種は春から秋の活動期には水面付近を遊泳するのに対し、冬期には底のほうでじっとして越冬する習性がある⁵⁾といわれているので、1月は水路底の水温を測定した。その結果1月は水深と水温と正の相関があった。そこで、非灌漑期

は水深と水温に影響を受け(図4)、灌漑期は流速に影響を受けていることがわかった(図5)。非灌漑期は、灌漑用水を引かないため、水のある水路が限定される。そのため生息場所となる水路も制限される。その中で水深の深い、つまり水位の安定した水路を好むといえる。

灌漑期は調査地のほぼ全ての水路に水が入り、メダカが移動できる範囲が広がる。調査結果からも、非灌漑期に比べて広範囲に分散していることが示された。

これらのことから、季節によって生息場所が異なること、それにともない必要な配慮も異なることがわかった。

表3. 重回帰分析によるメダカの採捕数と関係のある環境要因

| 説明変量 | N | 回帰係数 | 標準回帰係数 | 重回帰モデルの有意性 | | |
|-------------|----|--------|--------|----------------|-------|--------|
| | | | | R ² | F | p |
| 4月 | | | | | | |
| 落差 (cm) | 39 | -1.594 | -0.47 | 0.26 | 6.00 | 0.006 |
| 水深 (cm) | | 0.919 | 0.37 | | | |
| 定数 | | 2.862 | | | | |
| 5月 | | | | | | |
| 流速 (cm/s) | 38 | -0.523 | -0.40 | 0.16 | 6.76 | 0.013 |
| 定数 | | 0.935 | | | | |
| 10月 (成魚) | | | | | | |
| 水温 (°C) | 92 | 7.222 | 0.45 | 0.20 | 11.30 | <0.001 |
| 水路内植生 (%) | | -0.294 | -0.22 | | | |
| 定数 | | 7.061 | | | | |
| 10月 (未成魚) | | | | | | |
| 水温 (°C) | 46 | 6.218 | 0.49 | 0.32 | 6.67 | 0.001 |
| 法面植生 (%) | | 0.255 | 0.31 | | | |
| 水路幅 (cm) | | -0.821 | -0.33 | | | |
| 定数 | | -5.405 | | | | |
| 1月 | | | | | | |
| 水深 (cm) | 22 | 1.461 | 0.46 | 0.50 | 9.47 | 0.001 |
| 水路底の水温 (°C) | | 0.826 | 0.43 | | | |
| 定数 | | -0.618 | | | | |

表4. 調査地の環境要因の測定値

| 4/10-11 | | | | | | |
|----------|----------|---------|---------|-----------|-----------|----------|
| | 水路幅 (cm) | 水深 (cm) | 水温 (°C) | 落差 (cm) | 水路内植生 (%) | 法面植生 (%) |
| 標本数 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| 平均 | 63.1 | 7.5 | 15.0 | 32.7 | 34.1 | 73.5 |
| 標準偏差 | 29.3 | 4.2 | 3.0 | 14.3 | 33.3 | 28.1 |
| 最小 | 20 | 2 | 11 | 11 | 0 | 0 |
| 最大 | 130 | 16 | 21 | 65 | 88 | 88 |
| 5/15-16 | | | | | | |
| | 水路幅 (cm) | 水深 (cm) | 水温 (°C) | 流速 (cm/s) | 水路内植生 (%) | 法面植生 (%) |
| 標本数 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| 平均 | 59.1 | 18.6 | 18.0 | 7.3 | 13.2 | 76.1 |
| 標準偏差 | 16.8 | 10.8 | 2.7 | 7.6 | 13.3 | 33.3 |
| 最小 | 30 | 3 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| 最大 | 110 | 48 | 25 | 30 | 65 | 100 |
| 10/30-31 | | | | | | |
| | 水路幅 (cm) | 水深 (cm) | 水温 (°C) | 流速 (cm/s) | 水路内植生 (%) | 法面植生 (%) |
| 標本数 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 平均 | 70.3 | 9.7 | 5.7 | 13.6 | 54.4 | 75.0 |
| 標準偏差 | 28.9 | 9.5 | 5.0 | 1.4 | 36.8 | 34.1 |
| 最小 | 22 | 1 | 3 | 10 | 0 | 0 |
| 最大 | 140 | 40 | 33 | 16 | 100 | 100 |

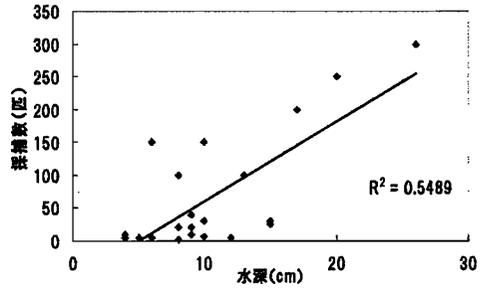


図4. 越冬期 (1/29) における水深と採捕数

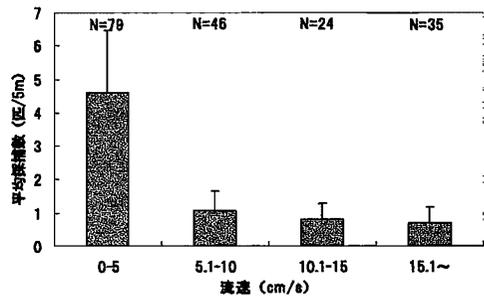


図5. 灌漑期 (5/15) における流速と採捕数

エラーバーは標準偏差, Nは採捕地点数を表す。

3. 生息状況と水質の関係

メダカの採捕数を目的変数とし、水質の各要因を説明変数として重回帰分析を行なった。目的変数は対数変換、説明変数は対数変換、または逆正弦変換をした値を用いた。

その結果、メダカの採捕数と水質の間には有意な差は認められなかった。水質調査結果を表5に示す。

pHはほとんどが中性付近であった。灌漑期の5月は、4月、10月の非灌漑期と比べ EC が低く DO および COD が高く濁度が低かった。EC が高い水は汚濁が進んでいると判断され、一般河川の基準は 0.1~0.4mS/cm とされている。調査結果の平均値はどの時期も範囲内で一般的であるといえる。DO は濃度が低下しすぎると水生生物に大きな被害をもたらす。基準値は類型により異なるが、2~7.5mg/L 以上と定められている。COD は、5色の色見本からそれぞれの間まで判別し9段階に読み取った^{注3)}。CODは有機汚濁物質等による汚れの度合いを示すもので、値が高いほど有機物汚染が進んでいると判断される。基準値は類型

により異なるが、湖沼では1~8mg/L以下と定められている。今回は基準値との比較において、その概略値を知るためにパケットを用いた。

このことから灌漑期は水量が多く、水質が良い反面有機物が多く、一方で非灌漑期は止水的になり、水量が少ないため汚れが希釈されにくいと考えられる。しかし本調査地においては、全体的に汚濁の進んだ水路は少なく、水質によるメダカの生息への影響は少なかったと考えられる。

表5. 水質の調査結果

| 4/10-11 | | | | | |
|---------|-----|-----------|----------|---------|--|
| | pH | EC(mS/cm) | DO(mg/L) | 濁度(NTU) | |
| 標本数 | 35 | 35 | 35 | 35 | |
| 平均 | 8.3 | 0.25 | 10.0 | 36.3 | |
| 標準偏差 | 0.5 | 0.09 | 2.2 | 47.4 | |
| 最小 | 6.9 | 0.11 | 4.9 | 3.0 | |
| 最大 | 9.1 | 0.50 | 14.6 | 258.0 | |

| 5/15-16 | | | | | |
|---------|-----|-----------|----------|---------|-----------|
| | pH | EC(mS/cm) | DO(mg/L) | 濁度(NTU) | COD(mg/L) |
| 標本数 | 68 | 68 | 68 | 68 | 11 |
| 平均 | 7.9 | 0.20 | 11.5 | 22.8 | 19 |
| 標準偏差 | 0.4 | 0.10 | 3.6 | 32.2 | 24 |
| 最小 | 7.2 | 0.00 | 5.5 | 2.0 | 2 |
| 最大 | 8.8 | 0.88 | 20.0 | 179.0 | 70 |

| 10/30-31 | | | | |
|----------|-----|-----------|----------|-----------|
| | pH | EC(mS/cm) | DO(mg/L) | COD(mg/L) |
| 標本数 | 46 | 46 | 11 | 11 |
| 平均 | 7.7 | 0.30 | 4.4 | 4 |
| 標準偏差 | 0.7 | 0.08 | 1.0 | 4 |
| 最小 | 6.8 | 0.14 | 2.9 | 1 |
| 最大 | 9.9 | 0.41 | 7.2 | 12 |

4. 体長と環境要因の関係

水系が分断された各集落のメダカの体長について4月、5月、10月の採捕調査の際に測定した本種の体長の平均値を算出した。本種の体長の平均値は5月が最も高かった。5月は当歳魚がまだ出現しないことから、4月から5月にかけての成長量は平均2.5mmであることが示された。

本種の5月の体長の平均値を集落別に比較した結果、有意な差が認められた(一元配置の分散分析, $F=12.23$, $p<0.001$)。表6に Bonferroni の多重比較の結果を示す。②集落と④集落, ③集落と⑤集落, ④集落と⑤集落の間に有意な差が認められた。なお, ⑥集落は採捕数が少なかったため、本分析からは除外した。以上のことから水系が分断された各集落の本種の体長は集落によって違いがあることが示された。しかし、今回の調査では各集落における体長の違いを規定する要因を明らかにすることはできなかった。

表6. Bonferroni の多重比較の結果

*は有意な差が認められた組み合わせ。

| 集落 | 平均値の差 | 標準誤差 | 有意確率 |
|------|-------|------|--------|
| ②-③ | 1.03 | 0.48 | 0.19 |
| ②-④* | 1.74 | 0.57 | 0.01 |
| ②-⑤ | -1.38 | 0.56 | 0.09 |
| ③-④ | 0.71 | 0.49 | 0.90 |
| ③-⑤* | -2.41 | 0.48 | <0.001 |
| ④-⑤* | -3.12 | 0.57 | <0.001 |

10月の調査で測定した体長について各環境要因を説明変数として重回帰分析を行なった。目的変数は対数変換, 説明変数は対数変換, または逆正弦変換をした値を用いた。その結果, 水路幅と正の相関が, 水路内植生と流速に負の相関が認められた。

以上のことから, 水路幅が広く, 水路内植生が少なく, 流速が遅い水路で体長の大きい個体が多く採捕された。逆に体長の小さい個体は水路幅が狭く水路内植生が多い水路で多く採捕された。しかし, 体長と寿命や産卵数との関係がわからないため, 体長からだけではどのような水路環境がメダカにとっては望ましいのかを明確にすることはできなかった。

5. 室内水路実験について

観察によると, 少しでも流れがある場合, 群れの先頭が入れ替わりながら, 群れを形成して泳ぐことが確認された。また, 流速が速くなるにしたがい, 先頭の交代間隔時間が短くなった。

成魚は, 流速が20cm/sでは, 腹部から尾鰭を左右に小刻みに動かしながら常態を保つが, 30cm/sになると常態を維持できずに, 下流の網に流下する個体が続出した。未成魚は10cm/s前後で流下する個体が続出した。これらのことから, 本研究においても本種にとっては流速10cm/s以下であることが望ましい⁶⁾ことが示唆された。

V まとめ

本研究では, 門崎地区における圃場整備前のメダカの生息状況とその特徴を抑えることができた。本種の生息場所は水路環境の状態と大きく関

わり、季節によって変化することが明らかになった。

保全上必要なことは、まず越冬期に水が絶えず流れる水路を確保することである。水深と流量を確保し、流速もある程度遅く、隠れ場所となる植物が必要である。流速については、平均流速が10cm/s以下、もしくは平均流速が10cm/s以上の場合でも、植物による流速の軽減や障害物による流れの変化があり、局所的に10cm/s以下になる地点があることが望ましい。

水田は成魚にとっては産卵場所となり、未成魚にとっては生育場所となる⁷⁾。したがって、灌漑期には水路と水田の往来を可能にすることが求められる。しかし、圃場整備後に全ての水田にメダカの往来を可能にすることは困難であるし、本種にとって産卵場所・生育場所としての水田面積がどの程度必要かはわかっていない。しかも、野外で産卵の実態を調査した例はほとんどなく、圃場整備の計画段階ではっきりとした指針を示せないのが現状である。

メダカの個体数をいかに維持し、本来の生活史をまっとうさせるかが本地区での課題である。そのためには本種の水田の利用の実態と活動範囲の解明のみならず、その成果を圃場整備の様々な工法に反映させることが今後の課題である。

謝辞

現地調査において、岩手県農業研究センター農産部生産工学研究室の阿部節男氏、佐藤千穂子氏、岩手県環境保健研究センター地球科学部専門研究員の小澤洋一氏、そして小松 涼氏、および本学本学部農林環境科学科の学生諸氏にご協力いただいた。また、室内水路実験においては本学本学部水利学研究室の三輪 弼教授および学生諸氏に、水質調査においては本学本学部の堀田尚哉助教授に、本研究の計画と分析については本研究室の卒業生である佐藤太郎氏にご協力いただいた。また、弘前大学農学生命科学部

の佐原雄二教授には有益な助言をいただいた。そして、調査全般にわたり、岩手県千厩地方振興局農林部農村整備室、川崎村農林課、水士里ネットかわさきのみなさまには様々な便宜を図っていただいた。

なお、本研究は岩手県ふるさと水と土保全対策基金「ほ場整備地区における生き物調査」と東北野生動物保護基金から援助をいただき実施したものである。

注1) 採捕時間を3分間としたのは、それ以上時間を費やしても採捕数がほとんど変わらないことを予備調査で確認していたことによる。

注2) メダカ以外に採捕された魚種は、ドジョウ、シマドジョウ、タモロコ、ホンモロコ、モツゴ、アブラハヤ、タイリクバラタナゴであった。

注3) 色見本の最大値を超えたサンプルは希釈し再度読み取り、希釈倍率をかけてその値とした。

引用文献

- 1) 小澤祥司 (2000) メダカが消える日. 岩波書店, 224pp.
- 2) 細谷和海 (2000) メダカの生息状況と保護. 水環境学会誌, 23 (3), 7-11.
- 3) 上月康則・佐藤陽一・村上仁士・西岡健太郎・倉田健悟・佐良家康・福田 守 (2000) 都市近郊用水路網におけるメダカの生息環境要因に関する研究. 環境システム研究論文集 28, 313-320.
- 4) 小林 尚 (2002) 長野県北部の水田地帯におけるメダカ *Oryzias latipes* の成長と移動様式. 長野県自然保護研究所紀要, 5:9-14.
- 5) 岩松鷹司 (2002) メダカと日本人. 青弓社
- 6) 端 憲二 (2005) メダカはどのように危機を乗り越えるか. 農文協, 46-65.
- 7) 樋口広大・倉本 宣 (2004) 水田および用水路が持つ絶滅危惧種メダカの生息環境としての機能. 環境情報科学論文集 18, 421-426.

Japanese rice fish is a fresh water fish that represents the paddy field area. In this research area, Kanzaki district in Iwate Prefecture, a farm land consolidation is planned in fiscal 2007, therefore the consideration plan to habitation of the fish is requested on this research area. Then, we were investigated to clarify habitat factor of the fish in the paddy field area in this research. As a result, early flow velocity into the canal and the head between the paddy field and the ditch was a negative factor for the life of the fish in irrigation period. On the other hand, a high water temperature into the canal was a positive factor for them in non-irrigation period.