



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Influences of wetland network structure on species and genetic diversity of freshwater fish in agricultural landscape [an abstract of entire text]
Author(s)	石山, 信雄
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11545号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57275
Type	doctoral thesis
File Information	Nobuo_Ishiyama_summary.pdf



学位論文の要約

博士の専攻分野の名称

博士(農学)

氏名 石山 信雄

学位論文題名

Influences of wetland network structure on species and genetic diversity of freshwater fish in agricultural landscape

(農地景観における湿地ネットワークの構造が魚類の種および遺伝的多様性に与える影響)

1. Background and study flow

一般的に生物は、近隣の生息地間だけでなく、複数の生息地を経由して移動することも可能である。こうした生息地間の直接・間接的な連結性を含む「生息地ネットワーク」は、攪乱後の個体移入の促進に大きく寄与し、分断化景観での長期的な生物多様性の維持には必要不可欠である。氾濫原の湿地生態系は、現在、農業活動の活性化に伴い世界的に劣化しており、生物多様性の効果的な保全が必要となっている。湿地（ここでは氾濫原湿地の湖沼を指す）は本来、河川の氾濫によって相互に連結し、個体がこうした連結性を利用し湿地間を移動することで、各湿地の魚類の種多様性および個体群は維持されてきた。しかし、農地景観の拡大やそれに関連して実施される河川整備事業により、本来の湿地間の連結性は失われつつある。一方、開発が進行した現代の農地景観では、湿地群は主に農業用水路や河川といった「流路ネットワーク」を介して他の湿地と直接・間接的に連結している。この湿地ネットワークの構造は、魚類の多様性や個体群の維持に大きく寄与していると予想される。しかし既存研究では、湿地間の連結性は単に「近隣の湿地との直接的なつながり」として捉えられており、湿地ネットワークの構造が湿地性魚類の群集および個体群構造にどのような影響を及ぼすかは明らかになっていない。そこで本研究では、残存湿地に生息する魚類の効果的な保全に資するために、1) 農地景観内に存在する多様な水域タイプと比較して、湿地が魚類の種多様性に与える影響を明らかにすること、2) 湿地ネットワークの構造が湿地性魚類の群集構造（種多様性）・個体群構造（個体数、遺伝的多様性）に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

2. Study area

本研究は、北海道中央部の十勝平野(42°45' N, 143°30' E)に位置する水域で行った(Fig.1)。1900年以降の開拓や直線化や築堤等の河川整備により、十勝平野の大部分は農地へと転換された。その結果、十勝川周辺に以前広がっていた氾濫原湿地の大部分は失われつつあり、現在では約50の湿地が点在するだけとなっている。調査年の2011年および2012年の年降水量と平均気温はそれぞれ、876mm・1177mm、7.5℃・7.2℃であった。

3. Biodiversity and rarity distributions of native freshwater fish in an agricultural landscape: the importance of β diversity between waterbody type

生物多様性の分布情報を把握することは、生態系を効果的に管理・保全するうえで必要不可欠である。近年、農地は世界的に拡大を続けており、地表の約4割を覆う最も優占する人為景観となっている。こうした農業活動の拡大は、多くの野生生物の存続を脅かしつつあり、農地景観における生物多様性の維持・回復は保全生態学の中心的な課題の一つとなりつつある。農地景観には、止水から流水的環境まで、多様な水域タイプが存在している。こうした水域タイプの多様性が魚類の種多様性に及ぼす影響、そして特に保全上の優先順位が高い水域タイプを明らかにするため、2011年～2012年にかけて、北海道十勝川流域に広がる農地景観内の5タイプの水域（水路、山地小河川、平地小河川、大河川、湿地）計132地点で魚類の分布を調べた（Fig.1）。

Additive diversity partitioning の結果、水域タイプ間の種組成の違いが農地景観全体の魚類多様性の約40%を説明していた。また5つの水域タイプの中でも、魚類の種数および希少性は、湿地および大河川が他の水域タイプよりも高かった。これらの結果から、多様な水域タイプの存在が農地景観で魚類の多様性を支えていること、中でも湿地と大河川の生息環境が保全上特に重要であることが示された。

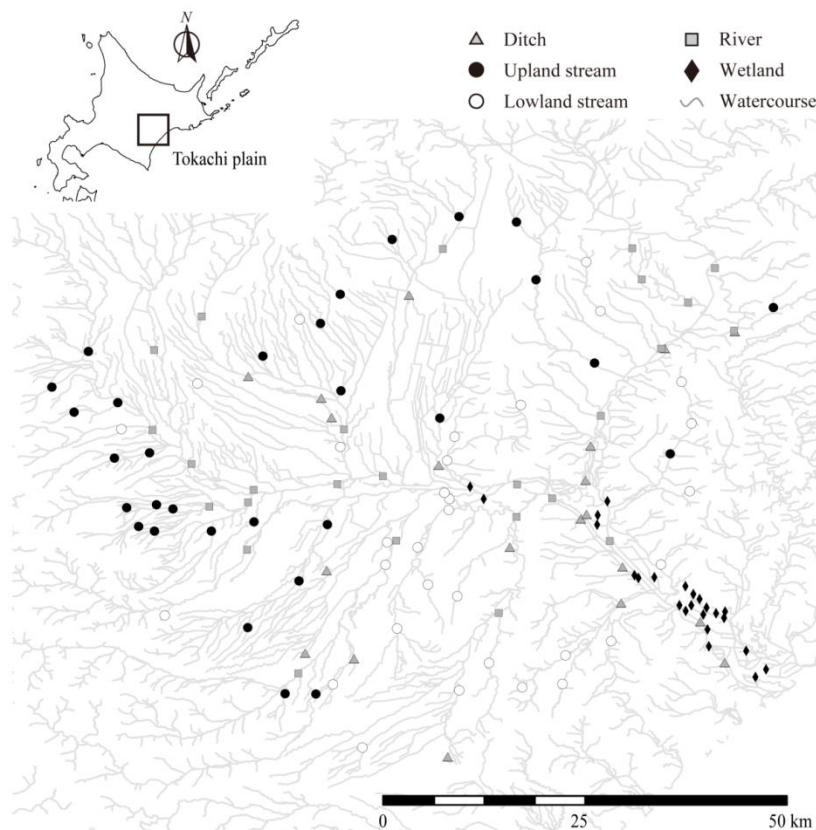


Fig.1 Location of study sites on the Tokachi Plain.

4. Mobility-dependent response of aquatic animal species richness to a wetland network in an agricultural landscape

生物は、近接パッチからの直接的に移入だけでなく、離れた生息パッチからも複数の生息パッチを介して間接的に移入するため、各生息地パッチの種の多様性は、こうした直接・間接的を含む地域内の生息地ネットワークの構造にも強く影響を受ける。しかし、これまで行われてきた湿地止水域間の連結性と魚類の種多様性の関係を扱った研究は、近接する湿地止水域との直接的な連結性にのみに着目してきた。そこで本研究では、残存湿地に生息する魚類の種多様性の保全に資する知見を提供するため、湿地ネットワークの構造と魚類の種多様性の関係を、特に種の遊泳能力に着目して検証した。2011年に北海道十勝川流域の24の残存湿地において魚類の種数を調べた（Fig.1）。本研究では、湿地ネットワーク全体を維持する上で、各湿地の相対的重要性をグラフ理論に基づく連結性指標（delta Integral Index Connectivity：dIIC）を用いて算出することで、湿地ネットワークの構造を考慮した連結性を評価した。また、魚類は遊泳能力の高い種群（半止水性）と低い種群（止水性）の2グループに分け解析を行った。

湿地の連結性と各種群の種数との関係を検証した結果、遊泳能力の高い種群の種数は、湿地の連結性の高さと正の相関があった（Fig.2）。この結果から、流路ネットワークの構造が残存湿地の魚類の多様性に影響を及ぼしていることが示された。しかし、遊泳能力の低い種群の種数は、連結性との関係性は認められなかった。おそらくこれは、本調査地においては遊泳能力の低い種群が自由に移動できない程、湿地の分断化が進行してしまっているためだと考えられた。本調査地のように浅い池沼では、水温や酸素条件等が季節的に大きく変動し、魚類の生存を脅かすほどの過酷な環境にも成り得る。連結性が高い湿地では、魚類が流路ネットワークを利用することで、こうした攪乱の回避や、攪乱後の再移入を行えるため、結果的に種数を高く維持できていたのかもしれない。

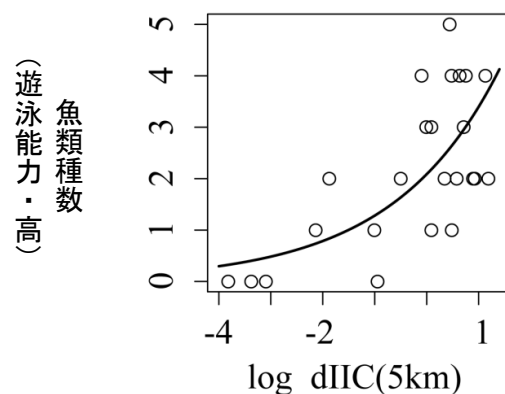


Fig.2 Relationship between the species richness of highly mobile fishes and dIIC value.

5. Spatial network structure and scales differently affect the population size and genetic diversity of the ninespine stickleback in a remnant wetland system

種の保全を考えるうえで、検討すべき重要な要因は「個体数」と「遺伝的多様性」である。個体群を短期的な視点で保全するためには、早急に個体数を回復することが重要となる。一方で、遺伝的多様性は環境変化への順応可能性等に関係することから、長期的な個体群の維持に必要となる。遺伝的多様性は、個体数と異なり極めて稀な個体の移入にも影響を受けるため、湿地ネットワーク内では、より離れた湿地間のつながりも遺伝的多様性の維持には重要かもしれない。こうした、個体数と遺伝的多様性について影響を受ける空間スケールの違いを明確にすることは、分断化景観で種を効果的に保全する上で必要不可欠である。そこで本研究では、湿地ネットワークでの種の保全に資する知見を提供するため、2011年に北海道十勝川流域の24の残存湿地で (Fig.1)、トゲウオ科のイバラトミヨ (トミヨ属淡水型) を対象に、個体数と遺伝的多様性のそれぞれで、最も影響を受ける湿地間の距離を検証した。個体数の指標として CPUE (1 定置網・1 日当たりの捕獲個体数)、遺伝的多様性の指標としてヘテロ接合度の期待値(He)とアليل多様度(Ar)を算出した。

4 章同様のネットワーク解析を用いて検証した結果、個体数、遺伝的多様性 (アليل多様度) 共に湿地の連結性とは正の関係があったが、最も影響を受ける湿地間の距離は遺伝的多様性の方が長かった (Table 1; 個体数 : 5km, 遺伝 : 12.5km)。これらの結果は、残存湿地において効果的に種を保全するためには、保全目標 (個体数 or 遺伝的多様性) に応じて適切な空間スケールを考慮した湿地ネットワークの管理を行っていく必要があることを示している。

Table1 AICc values of models which are built to find a critical connectivity threshold for response variables. “Null” indicates the null model without the explanatory variable.

Explain variable	CPUE	Ar	He
Null	63.30	45.86	-66.80
dIIC_0 km	60.10	48.43	-63.83
dIIC_2.5 km	54.19	48.41	-64.56
dIIC_5 km	52.46	47.67	-65.51
dIIC_7.5 km	53.61	46.82	-66.32
dIIC_10 km	54.48	44.88	-66.42
dIIC_12.5 km	55.24	43.15	-67.23
dIIC_15 km	55.24	43.83	-66.72
dIIC_17.5 km	56.55	48.46	-64.00
dIIC_20 km	55.28	48.84	-64.16

6. Management Implications

本研究によって、農地景観での魚類保全上、湿地とそれらをつなぐ水路や河川といった流路ネットワークを適切に管理することが重要であることが明らかになった。水域タイプの種組成の違いが農地の魚類多様性に大きく寄与していたことから、多様な水域タイプが含まれるエリアを優先的に保全することが、農地景観での魚類の多様性を保全する上で理想的であるといえる。しかし、こうした保全戦略は土地利用や資金的制約等から実施することが困難な場合も多い。そのため、全水域タイプを魚類の生息場として十分に保全できない状況下では、種多様性・希少性が高く、また本調査地での出現種の大部分をカバーしていた湿地と大河川の水域タイプを優先的に保全することが望ましい。

特に本研究で対象とした湿地の中でも、高い種多様性が示された湿地は、連結性が高く維持されていた。本研究で用いたグラフ理論に基づく連結性指標の利点の一つが、景観構造のみから広域で各生息地のネットワーク上での重要性を評価できる点である。そのため、これら連結性指標を用いて湿地ネットワーク上で保全の重要性が高い湿地の優先順位付けを行うことも、今後の景観管理上効果的かもしれない (Fig3)。またこれらの結果は、他の水域タイプと比べて魚類の生息場としての重要性が相対的に低い水路や小河川も、魚類のコリドーとしては極めて重要であること、そのために流路内の段差解消を行うことが、農地景観で魚類多様性を保全するために最低限必要であることも示している。

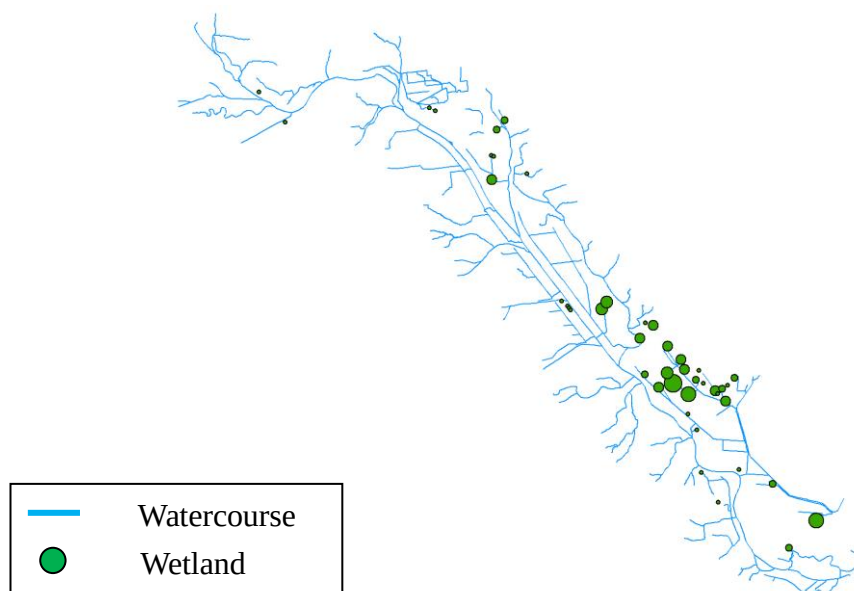


Fig.3 Spatially-explicit wetland importance in the Tokachi Plain. Size of circle indicates the level of wetland importance (i.e., dIIC_5 km).

また、湿地ネットワーク内において、同一種でも遺伝的多様性の方が個体数より大きな空間スケールの影響を受けていた。そのため、環境変化への適応能力とも関連し、長期的に種の保全を考えるうえで重要な遺伝的多様性の保全のためには、より広域スケールを視野に入れた湿地間の連結性の管理が必要であることが明らかとなった(Fig.4)。今回ネットワーク解析に使用した dIIC は、現在の農地景観に湿地や流路を復元した際、湿地ネットワーク全体の連結性がどのように変化するか、シミュレーション評価を行うことも可能であり、魚類の保全を考慮した今後の土地利用計画を考えるうえでも有効であると考ええる。

一方で、こうした生息地ネットワークの保全が常に生物多様性にとって有効とは限らないことは留意しておく必要があるだろう。なぜなら、連結性は在来生態系に深刻な影響を与える可能性がある侵略的外来種の分布拡大にも寄与するからである。特に在来種とのニッチが重複しない場合、外来種の定着リスクは上昇する。そのため、景観管理者は、湿地間の連結性の管理を行う前に、事前に生息する種の特性や、外来種のソースとなるエリアを把握し、それに応じた湿地ネットワークの管理をおこなっていく必要があるだろう。

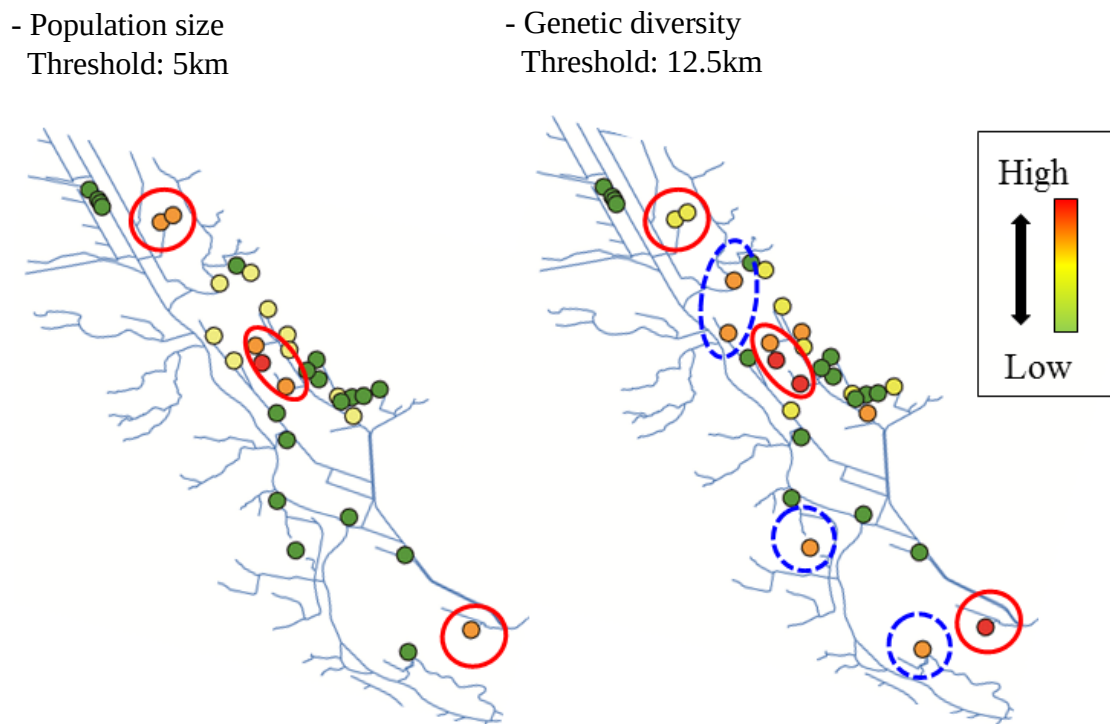


Fig.4 Difference of wetland importance between population size and genetic diversity. Solid circle indicates the wetlands with high conservation priority in common. Dashed circle indicates the wetlands which are important especially in genetic conservation.