

平成29年度 委託プロジェクト研究
「収益力向上のための研究開発」
最終年度報告書

13406597

生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発

| | |
|----------------|---|
| 研究実施期間 | 平成25年度～平成29年度（5年間） |
| 代表機関 | 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター |
| 研究開発責任者 | 與語 靖洋 |
| 共同研究機関 | 国立大学法人 山形大学農学部 |
| | 国立大学法人 宇都宮大学農学部農業環境工学科 |
| | 国立大学法人 金沢大学自然システム学類生物学コース |
| | 国立大学法人 名古屋大学大学院環境学研究科 |
| | 国立大学法人 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 |
| | 国立大学法人 九州大学(持続可能な社会のための決断科学センター、農学研究院生物的防除研究施設) |
| | 国立大学法人 宮崎大学農学部附属フィールドセンター |
| | 国立大学法人 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 |
| | 公立大学法人 福井県立大学生物資源学部 |
| | 公立大学法人 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 |
| | 学校法人 北里大学獣医学部生物環境科学科 |
| | 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（果樹茶業研究部門、農村工学研究部門） |
| | 千葉県農林総合研究センター |
| | 長野県果樹試験場 |
| | 愛媛県農林水産研究所果樹研究センター |
| | 石川県農林総合研究センター |
| 福岡県農林業総合試験場 | |
| 研究開発責任者 連絡先 | TEL : 029-838-8251 FAX : 029-838-8199 |

| | |
|-----------------|--|
| 農林水産省内 本事業担当 | 農林水産技術会議事務局研究開発官（基礎・基盤、環境）室 代表：03-3502-8111（内線5870） |
|-----------------|--|

| 研究課題 | 研究年度 | | | | | 担当研究機関・研究室 | |
|--|-----------------------|----|----|----|----|---|---|
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 機関 | 研究室 |
| <p>2. 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発</p> <p>(1) 農法および農業水利施設の整備方法の違いが水田農業環境を代表する生物種の生息条件に及ぼす影響の解明</p> <p>(ア) 代表的な水田景観における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響の解明</p> <p>①多雪平野景観北日本における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明</p> <p>②多雪地平野景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明</p> <p>③寡雪地平野景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明</p> | | | | | | <p>山形大学農学部</p> <p>宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団</p> <p>金沢大学自然システム学類生物学コース</p> <p>福井県立大学生物資源学部</p> <p>農研機構農村工学研究部門</p> <p>石川県農林総合研究センター</p> <p>農研機構農業環境変動研究センター</p> <p>同農村工学研究部門</p> <p>宇都宮大学農学部農業環境工学科</p> <p>北里大学獣医学部生物環境科学科</p> | <p>動物生態学分野</p> <p>鑑賞植物学分野</p> <p>河川環境学分野</p> <p>食農環境政策学分野</p> <p>生態学研究室</p> <p>水域環境ユニット</p> <p>農業試験場資源加工研究部生物資源グループ</p> <p>生物多様性変動・生態系サービス評価ユニット</p> <p>水域環境ユニット</p> <p>農村生態工学研究室</p> <p>土壌環境学研究室</p> |
| | ← 多雪・平野・北日本の農法影響解明 → | | | | | | |
| | ← 多雪・平野・中部日本の農法影響解明 → | | | | | | |
| | ← 寡雪・平野の農法影響解明 → | | | | | | |

| 研究課題 | 研究年度 | | | | | 担当研究機関・研究室 | |
|--|--------------------------|----|----|----|----|--|---|
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 機関 | 研究室 |
| ④暖帯平野景観本州における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の解明 | ← 暖地・平野・本州の農法影響解明 → | | | | | 名古屋大学大学院環境学研究科 | 生態学講座 |
| ⑤暖温帯低山地景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | ← 暖温暖・低山地の農法影響解明 → | | | | | 滋賀県立大学環境科学部 滋賀県立琵琶湖博物館 兵庫県立大学 | 地域資源マネジメント研究科 |
| ⑥暖帯平野景観九州における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の解明 | ← 暖地・平野・九州の農法影響解明 → | | | | | 九州大学農学研究院生物的防除研究施設 九州大学大学院理学研究院生物科学部門 九州大学持続可能な社会のための決断科学センター 九州大学工学研究院環境社会部門 宮崎大学農学部附属フィールドセンター 福岡県総合農業試験場筑後分場 | 天敵昆虫学研究室 流域システム工学研究室 フィールド科学研究室 |
| (イ) 農業水利施設の整備方法の違いが代表種等の生息条件に及ぼす影響の解明 | | | | | | | |
| ①暖温帯低山地景観北部における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | ← 暖温暖地・低山地北部の水利施設の影響解明 → | | | | | 農研機構農村工学研究部門 北里大学獣医学部生物環境科学科 | 水域環境ユニット 土壌環境学研究室 |

I-2. 実施体制

| 研究項目 | 担当研究機関・研究室 | | 研究担当者 |
|--|--|--|--|
| | 機関 | 研究室 | |
| <p>研究開発責任者</p> <p>1. 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発</p> <p>(1) リンゴにおける農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発</p> <p>(2) カンキツにおける農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発</p> <p>(3) ナシにおける農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発</p> <p>(4) 西南暖地水田における農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発</p> <p>(5) 中山間地水田における農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発</p> <p>(6) 粘着トラップによる生物多様性指標種の調査・評価手法の策定</p> | <p>長野県果樹試験場</p> <p>愛媛県農林水産研究所果樹研究センター</p> <p>千葉県農林総合研究センター</p> <p>福岡県農林業総合試験場</p> <p>広島県立総合技術研究所農業技術センター</p> <p>農研機構果樹茶業研究部門</p> | <p>環境部</p> <p>病理昆虫研究室</p> <p>病理昆虫研究室</p> <p>病害虫部</p> <p>生産環境部</p> <p>栽培技術部</p> <p>虫害ユニット</p> | <p>◎ 安田耕司 (～2017.3)</p> <p>與語靖洋 (2017.4～)</p> <p>井原史雄 (～2015.3)</p> <p>○ 三代浩二 (2015.4～)</p> <p>金子政夫 (～2017.3)</p> <p>△ 簗島萌子 (2017.4～)</p> <p>石井伸洋</p> <p>加藤秀一 (～2017.3)</p> <p>笹脇彰徳 (2017.4～)</p> <p>△ 崎山進二</p> <p>宮下裕司 (～2016.3)</p> <p>小川 遼 (2016.4～)</p> <p>金崎秀司 (～2017.3)</p> <p>松崎幸弘 (2017.4～)</p> <p>大谷 徹 (～2016.3)</p> <p>△ 中井善太 (2016.4～)</p> <p>武田 藍</p> <p>金子洋平</p> <p>福田 寛</p> <p>清水信孝 (～2015.4、2017.4～)</p> <p>△ 上村香菜子 (2015.4～2015.12、2017.4～)</p> <p>手柴真弓 (2016.1～2017.3)</p> <p>柳田裕紹</p> <p>石井貴明</p> <p>菊原賢次</p> <p>梶谷裕二</p> <p>△ 星野 滋</p> <p>清水佐知子</p> <p>浦野浩一郎</p> <p>井原史雄 (～2015.3)</p> <p>△ 三代浩二 (2015.4～)</p> <p>上地奈美</p> <p>中野亮</p> <p>外山晶敏</p> <p>土 田聡</p> <p>井原史雄 (～2017.3)</p> |

| 研究項目 | 担当研究機関・研究室 | | 研究担当者 |
|--|---|---|---|
| | 機関 | 研究室 | |
| 2. 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 (1) 農法および農業水利施設の整備方法の違いが水田農業環境を代表する生物種の生息条件に及ぼす影響の解明 (ア) 代表的な水田景観における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響の解明 ①多雪平野景観北日本における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 ②多雪地平野景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | 農研機構農業環境変動研究センター | 生物多様性変動ユニット | ○ 池田浩明 |
| | 山形大学農学部 | 動物生態学分野 鑑賞植物学分野 河川環境学分野 食農環境政策学分野 | △ 佐藤 智 小笠原宣好 渡邊一哉 藤科智海 |
| | 金沢大学環日本海研究センター 金沢大学自然システム学類生物学コース | 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 生態学研究室 | 上田鉦司 大河原恭祐 |
| | 福井県立大学生物資源学部 農研機構農村工学研究部門 石川県農林総合研究センター | 水域環境ユニット 農業試験場病害虫防除室 農業試験場資源加工研究部生物資源グループ 土壌環境学研究室 | 水口亜樹 嶺田拓也 渡部恵司 △ 藪哲男 (～2015.3) △ 八尾充睦 (2015.4～) |
| | 北里大学獣医学部生物環境科学科 | | 植松繁 (～2017.3) 清河文子 (2017.4～) 森 淳 (～2017.3) |

| 研究項目 | 担当研究機関・研究室 | | 研究担当者 |
|------------------------------------|--|--|---|
| | 機関 | 研究室 | |
| ③寡雪地平野景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | 農研機構農業環境変動研究センター | 生物多様性変動ユニット | △ 馬場友希 片山直樹 池田浩明 西田智子 (～2015.3) 田中幸一 楠本良延 大久保悟 安田耕司 (～2017.3) 與語靖洋 (2017.4～) 嶺田拓也 小出水規行 渡部恵司 守山拓弥 |
| | | 生態系サービスユニット | |
| | | 水域環境ユニット | |
| ④暖帯平野景観本州における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の解明 | 同農村工学研究部門 | 農村生態工学研究室 | 森 淳 (～2017.3) |
| | 宇都宮大学農学部農業環境工学科 | 生態学講座 | |
| | 北里大学獣医学部生物環境科学科 | △ 夏原由博 | |
| ⑤暖温帯低山地景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | 名古屋大学大学院環境学研究科理学部兼務 滋賀県立大学環境科学部環境生態学科 滋賀県立琵琶湖博物館 | △ 籠谷康行 (～2017.03) 浜端悦治 (～2014.03) | |
| | | △ 藤岡康弘 (～2016.03) 菅原和宏 (～2014.03) 金尾滋史 (～2016.03) 山本充孝 (2014.4～2017.03) | |
| | | △ 江崎保男 佐川志朗 大迫義人 内藤和明 | |
| ⑤暖温帯低山地景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | 兵庫県立大学 | 地域資源マネジメント研究科 地域資源マネジメント専攻 | △ 江崎保男 佐川志朗 大迫義人 内藤和明 |

| 研究項目 | 担当研究機関・研究室 | | 研究担当者 |
|--|--|---|--|
| | 機関 | 研究室 | |
| <p>⑥暖帯平野景観九州における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の解明</p> <p>(イ) 農業水利施設の整備方法の違いが代表種等の生息条件に及ぼす影響の解明</p> <p>①暖温帯低山地景観北部における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明</p> | <p>九州大学農学研究 院生物的防除 研究施設</p> <p>九州大学大学院 理学研究院物科 学部門</p> <p>長崎大学大学院 水産・環境科学 総合研究科環境 科学領域</p> <p>九州大学持続可 能な社会のため の決断科学セン ター</p> <p>九州大学工学研 究院環境社会部 門</p> <p>宮崎大学農学部 附属フィールド センター</p> <p>福岡県総合農業 試験場筑後分場</p> <p>農研機構農村工 学研究部門</p> <p>農研機構西日本 農業研究センタ ー 傾斜地園芸 研究領域</p> | <p>天敵昆虫学研 究室</p> <p>動物生態学研究室</p> <p>流域システム工学 研究室</p> <p>フィールド科学研 究室</p> <p>水域環境ユニット</p> <p>傾斜地防災研究グ ループ</p> | <p>△ 上野高敏</p> <p>江口和洋 (～2015.3)</p> <p>山口典之 (2015.4～)</p> <p>鹿野雄一 山下奉海</p> <p>一柳英隆 (～2016.3)</p> <p>松尾光弘</p> <p>山口修 (～2015.3) 佐藤大和 大野礼成 井上拓治 (～2017.3) 荒木雅登 (2017.4～) 石塚明子</p> <p>△ 森 淳 (～2017.3) 嶺田拓也 (2017.4～) 渡部恵司 小出水規行 竹村武士</p> |

| 研究項目 | 担当研究機関・研究室 | | 研究担当者 |
|---|---|--|--|
| | 機関 | 研究室 | |
| ②寡雪地平野景観における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | 宇都宮大学農学部農業環境工学科 | 農村生態工学研究室 | △ 守山拓弥 |
| ③暖温帯低山地景観南部における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | 岡山大学大学院環境生命科学研究科 環境科学専攻 農村環境創成学講座 | 水生動物学分野 | △ 中田和義 |
| ④暖帯平野景観等における希少種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | 九州大学 九州大学工学研究院環境社会部門 | 持続可能な社会のための決断科学センター 流域システム工学研究室 | △ 鹿野雄一 山下奉海 一柳英隆（～2016.3） |
| ⑤農業水路における生物相の保全に配慮した維持管理手法の開発 （2）環境保全型農業の生物多様性保全効果を簡易に評価する手法の開発 （ア）農法が代表種の生息条件に及ぼす影響の国土スケールでの評価 （イ）圃場管理の強度と組み合わせが生物多様性の保全に及ぼす影響の定量化手法の開発 （ウ）環境保全型農業の生物多様性保全効果簡易評価法の開発 | 北里大学獣医学部生物環境科学科 農研機構農業環境変動研究センター 農研機構農業環境変動研究センター 農研機構農業環境変動研究センター | 土壌環境学研究室 生物多様性変動ユニット 生態系サービス評価ユニット 総合評価ユニット 生物多様性変動ユニット 生態系サービス評価ユニット | △ 柿野 亘 森 淳（2017.4～） △ 片山 直樹 大久保 悟 △ 林 清忠 △ 前任者・西田智子（～2015.3） 後任者・池田浩明（2015.4～） 楠本良延 |

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付すこと。

| | | | |
|---------------|-------------------------------------|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 大課題名 | 収益力向上のための研究開発 | | |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 代表機関・研究開発責任者名 | 農研機構農業環境変動研究センター 生物多様性研究領域長 與語靖洋 | | |

I-1. 研究目的

温暖化の進行に伴い、病害虫等の発生状況が大きく変わることが懸念されている。これに対応して、安定的な農業生産を持続するためには農業環境生態系における生物多様性を保全し、活用する技術の開発が求められる。このため、従来のIPM体系と生物多様性保全との関係を解析し、より安定的で生物多様性保全効果の高いIPMの設計手法を開発する。また、水田景観における代表的な生物種を選定し、その種の生息条件に及ぼす農法と農業水利施設の整備方法の影響を解明し、簡易に評価する方法を開発する。これにより、農業生産現場において生物多様性を効果的に保全し、その恩恵を十分に享受する好循環の実現を目指す。

このため、本研究では、

1. 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発
2. 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発
 - (1) 農法および農業水利施設の整備方法の違いが水田農業環境を代表する生物種の生息条件に及ぼす影響の解明
 - (ア) 代表的な水田景観における代表種を選定と生息条件に及ぼす農法の影響の解明
 - (イ) 農業水利施設の整備方法の違いが代表種等の生息条件に及ぼす影響の解明
 - (2) 環境保全型農業の生物多様性保全効果を簡易に評価する手法の開発

により、

1. 生物多様性保全効果の高いIPMの設計手法の開発や取組み項目の明確化、および現場で活用できるIPM実践指標マニュアルの作成
2. 日本の代表的な水田景観における代表生物種の選定やそれらの生育に及ぼす農法および農業水利施設の整備方法の影響の解析、および農業環境における人為活動の生物多様性保全効果を簡易に評価する手法の開発やマニュアルの作成

を目標とする。

その結果、

1. マニュアルの生産現場での活用による農業生態系の保全
2. エコファーマーの増加や開発されたIPM技術の普及
3. 愛知目標における1（生物多様性の価値の認識）や7（生物多様性保全のための農地の持続的管理）の達成への貢献

が期待される。

I-2. 研究結果

農業生産の安定化に資することを旨とし、小課題1「農地生物相を活用した生産安定化技術の開発」において「IPM」(図1)をキーワードに1つ、小課題2「農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発」において「水路」(図2)と「水田」(図3)をキーワードに2つ、農業生産現場で活用できるマニュアルを作成した。

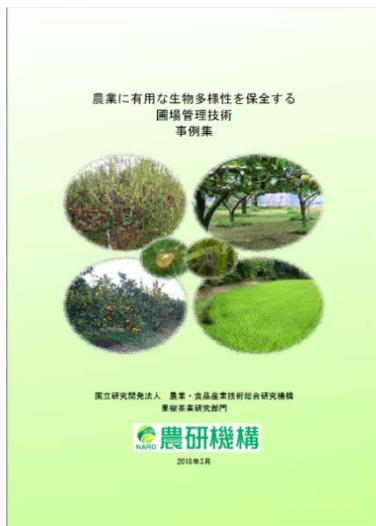


図1. IPM圃場管理技術マニュアル



図2. 農業水路の調査・評価マニュアル



図3. 水田の調査・評価マニュアル

小課題1「農地生物相を活用した生産安定化技術の開発」の中の農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発では、3つの果樹と水稲を対象とした。

果樹では生物多様性を保全する取り組みとして地表面の管理方法(草生管理)及び選択性殺虫剤と減農薬による防除体系に着目し調査を実施した。リンゴにおいては、減農薬と全面草生管理の組み合わせによって、天敵であるカブリダニ類の発生量を高め、害虫であるナミハダニの密度を低位で推移させるとともに、殺ダニ剤削減の可能性を示した(図4)。カンキツにおいては、草生栽培や防除前に除草を行わないこと、発生予察に基づく防除の要否の判断や天敵類の種類の把握から薬剤を選択する重要性を示した。ナシにおいては、減農薬と株元草生処理を組み合わせた管理技術が、生物多様性指標種の個体数を高めるとともに、主要病害虫の発生を助長せず、場合によってはハダニ類密度を低く抑えられることを示唆した(図5)。

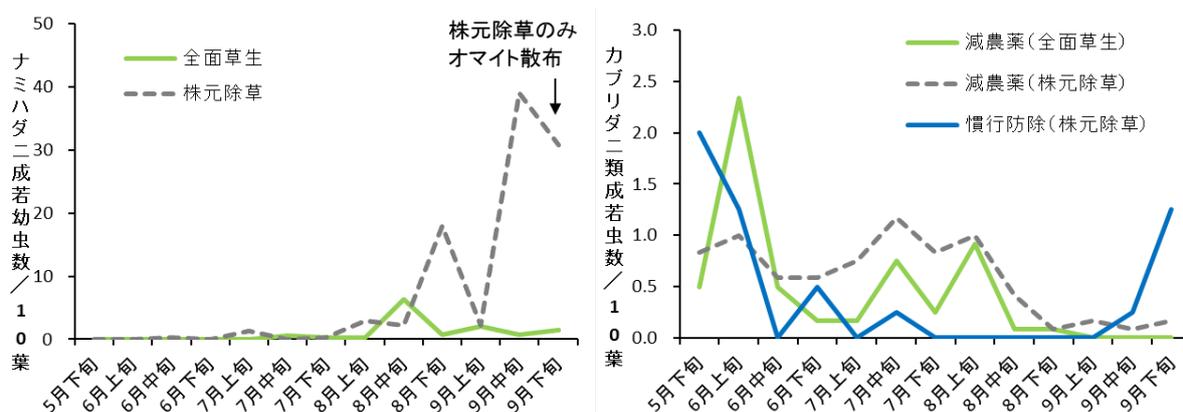


図4. 異なる草生管理におけるナミハダニ(左)及びカブリダニ類

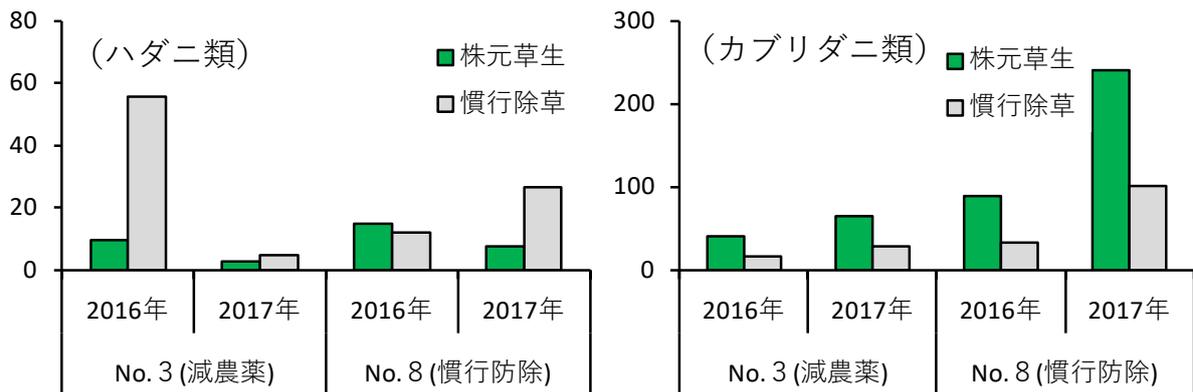


図5. 新梢葉上のハダニ類とカブリダニ類の個体数(7~8月の平均値)

一方、水田では西南暖地水田では本田防除と畦畔の除草方法、また、中山間地水田では小水路の設置と複合抵抗性品種に着目して調査を実施した。西南暖地水田においては、生物多様性保全効果が高い取り組みと指標生物との関係が示され、天敵であるクモ類と「除草剤（畦畔）を使用しない」や「本田殺虫剤散布を控える」を取り入れた農法との関係を実証した。中山間地水田においては、ウンカ類やいもち病の中発生地域では、「ゆめまつり」がそれらを抑制すること、中干しがサラグモ科個体数に大きな影響を与えること、中干し後に入水しても水生生物の回復は望めないこと、「小水路」が生物多様性指標種を保全するだけでなく、中干しによる指標種への影響を緩和し、なおかつイネ株上のセジロウンカ個体数が無設置よりも少なくなることが示された(図6)。

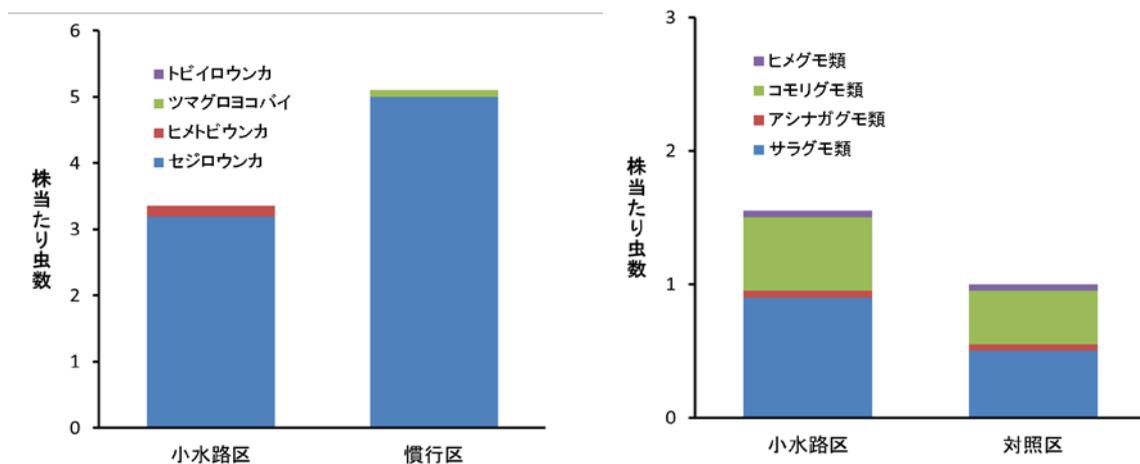


図6. 小水路を設置した水田のイネウンカ類とクモ類の発生状況(東広島市、2015年)

注) 数値は20株当たりの平均虫数(調査2015年8月20日)

小課題2「農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発」のうち、農法および農業水利施設の整備方法の違いが水田農業環境を代表する生物種の生息条件に及ぼす影響の解明については、水田と水路の2つのテーマにについて取り組んだ。

水田をテーマにした「代表的な水田景観における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響の解明」においては、わが国における6つの特徴的水田景観を選定して取り組んだ。多雪平野景観北日本においては、植物の種数、アシナガグモ属、アカネ属、ゴマフガムシ、サギ類が、水田生態系の代表種やその餌生物を指標する生物として適当であると考えられた。同様に、多雪地平野景観においては、田面の藻類とウキクサ、畦畔のトウバナ、ノゲシ、セリ、ヨモギ、アシナガグモ類や水生コウチュウ類、ドジョウ、ツチガエル、トノサマガエル、ダイサギとアオサギが指標種として適当であると考えられた。寡雪地平野景観においては、在来植物種数、トンボ類、アシナガグモ属、トウキョウダルマガエル、サギ類が指標種として適当であると考えられた。また、クモと植物、サギの採食効率と餌生物量との関係から、農法が生物群に与える影響の仕組みの一端を明らかにした。暖帯平野景観本州においては、魚類、アシナガグモ類、イトトンボ類、畦畔植物、ナゴヤダルマガエルが指標種として適当であると考えられた。暖温帯低山地景観においては、サギ類とコウノトリの採餌効率との関係、魚類・カエル類・昆虫類・クモ類に及ぼす環境要因、水田内や畦畔の植物と農法との関係を示した。暖帯平野景観九州においては、サギ類、カブトエビ類、アシナガグモ類、イトトンボ類、畦畔のオオジシバリ、ノチドメ、カタバミの3種とカヤツリグサ科が指標種として適当であると考えられた。また、希少種の加点項目としての有効性を示唆した。

水路をテーマにした「農業水利施設の整備方法の違いが代表種等の生息条件に及ぼす影響の解明」においては、わが国における4つの特徴的地域を選定するとともに、農業水路の維持管理方法について取り組んだ。暖温帯低山地景観北部においては、種数や総個体数等の指標から水路の魚類生息場を評価できることを確認し、表計算ソフト上でデータ入力と解析を容易に行える魚類生息場の「評価モデル式作成プログラム」を開発した。寡雪地平野景観においては、西鬼怒川地区ではウグイやカワムツを中心に、生息状況の経年変化、環境要因と魚類生息状況との関係を把握した。上三川地区ではトウキョウダルマガエルについて調査地の選定、PIT タグ挿入による個体への影響や土中探知可能深度の把握、越冬場所の探索を行った。暖温帯低山地景観南部においては、環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境を解明し、そこにおける魚類の移動と保全工法の有効性を把握し、ピンポン玉を利用した簡易な魚類生息環境評価手法を開発した。暖帯平野景観等においては、九州本土では北部九州と南部九州の比較には適さないものの、淡水魚類と両生類を合わせた種数が指標として使えること、ドジョウは水田環境の指標種として優れていることを示した。また、南西諸島地域では固有種であるシノビドジョウ・ヒョウモンドジョウ、ミナミメダカ、色ブナ、リュウキュウタウンナギ等が減少していることが明らかとなった。さらに、農業水路の維持管理方法については、青森県では水路維持管理と魚種構成の類似性、ドジョウとスナヤツメ北方種の手掘りや用水供給の影響の違いや農業用水路の活用事例を示すとともに、維持管理作業にかかる労力や必要資材量を整理した。また、栃木県では底質や溶存酸素等の環境要因とドジョウやイシガイ科二枚貝の密度との関係や、浚渫が土壌の生育分布に与える影響を明らかにするとともに、青森県と同様に維持管理作業について整理した。

小課題2の「環境保全型農業の生物多様性保全効果を簡易に評価する手法の開発」においては、国土スケールの評価、定量化手法や簡易評価法の開発に取り組んだ。

簡易評価法の開発においては、国土スケールの評価においては、農業の集約化が生物多様性に影響を与えるプロセスを明らかにし、調査データの集積、統一フォーマットの整備、統計ソフトR用の解析スクリプトの作成を行うとともに、気候、景観、農法のいずれも生物グループに重要な説明変数であることを示した。定量化手法の開発においては、生物多様性と肥料や農薬などの管理強度との関係を解析するとともに、LCAを水稻栽培における生物多様性の評価に利用する

際の問題点や留意点を明らかにするとともに、LCAと圃場調査で生物多様性指標の相関係数が一般に小さいこと、施肥集約度と生物多様性の間には少ないながら負の相関があることを示した。簡易評価法の開発においては、全国共通および地域特有の指標候補生物や、農法カテゴリ（有機・特別・慣行栽培）に基づく簡易評価に用いる指標生物を選定するとともに、農法指標生物2種類と生息環境指標生物1種類の個体数または種数をスコア化し、その合計スコアで総合評価することとした。その結果、特別栽培と有機栽培の水田では、旧方式に比べて新方式の方が環境に配慮した農業の取組による保全効果の差別化を向上させることができた。

I-3. 今後の課題

小課題1の中の農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発においては、作目ごとに以下のことが今後の課題として示された。

リンゴにおいては、地表面管理がナミハダニ防除に有用な多様性を保全すること、殺虫剤の環境負荷と生物多様性との間に相関があり、IPM設計手法に活用できることが示唆されたものの、生産現場で利用しやすい指標とするためには、さらなるデータ蓄積が求められる。カンキツにおいては、チャノホコリダニなど早期発見が難しい害虫の発生予察法の開発や、園外から侵入する果樹害虫に対する化学的防除以外の有効な手法の開発が必要である。ナシにおいては、減農薬や株元草生処理に取り組む場合、コウモリガやシンクイガ等が問題になる可能性もあり、複合的な雑害虫対策に努める必要がある。一方、西南暖地の水田においては、クモ類の保全によって、ウンカ類・ヨコバイ類に対する一定の密度抑制効果が期待できるものの、ウンカ類やカメムシ類が多発することもあり、定期的な発生状況の把握と薬剤の適時散布の必要がある。中山間地水田においては、水管理による生物多様性指標種への影響やその解決策、さらには複合抵抗性品種のイネウンカ類やいもち病抑制の可能性を示すことはできたものの、育苗箱施用剤を代替する防除技術の開発が必要である。

小課題2のうち、水田をテーマにした「代表的な水田景観における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響の解明」においては、わが国における6つの特徴的水田景観ごとに以下のことが今後の課題として示された。

多雪平野景観北日本においては、サギ類の一時的な分布による過大評価を回避するための長期的な観察や、より細かく地域生態を意識した代表種の選定が望まれる。多雪地平野景観においては、鳥類の定量的観察を圃場単位で実施することで生物多様性の新たな評価法につなげることが課題である。寡雪地平野景観においては、指標生物は茨城県・栃木県における平野部水田を対象としたため、それ以外の都県、また中山間地など異なる景観における調査や検証が望まれる。暖帯平野景観本州においては、愛知県と滋賀県以外の府県における検証が望まれるとともに、水田水を用いた水生生物の環境DNA分析利用の可能性もある。暖温帯低山地景観においては、小動物の生息を判断するための1kmのメッシュデータより小さい区分、田面の乾燥の程度を左右する降水量や用水の影響、農薬以外の化学・有機肥料や水管理の影響、畦畔管理、里山や畑地までの距離、魚道の有無等の調査項目の追加等が望まれる。暖帯平野景観九州においては、指標生物の調査時期や生息密度に関する地域性を最大限考慮したうえで、スコア換算において地域性を考慮した修正や補正を行うことが望まれる。

小課題2のうち、水路をテーマにした「農業水利施設の整備方法の違いが代表種等の生息条件に及ぼす影響の解明」においては、以下のことが今後の課題として示された。暖温帯低山地景観北部においては、マニュアルおよびプログラムの現地適用に関するデータを蓄積し、手法の妥当性の検証や、必要に応じてそれらを受けた改善が望まれる。寡雪地平野景観においては、トウキ

ヨウダルマガエルの越冬期を含めた周年の生活史の把握や土地改良事業が生活史に及ぼす影響と対策、PITタグの魚類への適用やその生活史に関する調査が今後の研究課題となる。暖帯平野景観等においては、南西諸島の陸水生態系の劣化防止への具体的対策、水生昆虫や巻貝類の定量的解析、水生生物の遺伝子解析等に共有・利用するための公開データベースの構築が求められる。さらに、農業水路の維持管理方法については、杭柵工における資材の強度や植生の水生生物への機能解析のため、モニタリングの実施による検証が今後の課題として考えられた。

小課題2の「環境保全型農業の生物多様性保全効果を簡易に評価する手法の開発」においては、以下のことが今後の課題として示された。国土スケールの評価においては、北海道や中山間地等の未調査地域での適用可能性の検証をする必要がある。定量化手法の開発においては、生物多様性に関する情報の提示方法や効果に関する検討をする必要がある。簡易評価法の開発においても、国土スケールの評価と同様に北海道での評価手法を別途開発する必要がある。

| | | | |
|---------------|---------------------------------------|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 1(1) | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 1 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) リンゴにおける農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 長野県果樹試験場 蓑島萌子・石井伸洋・笹脇彰徳 | | |

1) 研究目的

温暖化の進行に伴い、害虫の発生状況が大きく変わることが懸念されている。これに対応した農業生産を続けるために、農業環境生態系における有用な生物多様性を保全し、防除に有効活用できる技術開発が急務である。本研究ではリンゴ害虫の防除に有用な生物多様性に影響の大きいIPM項目を明らかにし、防除への有効性を検証する。特に、地表面管理と殺虫剤の使用内容が生物多様性へ及ぼす影響、及びそれらの防除への活用法を実証する。

2) 研究成果

1. 地表面管理と殺虫剤の使用内容が生物多様性に及ぼす影響

①地表面管理と生物多様性

H25～29年に果樹試験場内及び現地（長野市豊野、長野市赤沼、佐久市中佐都）の同一防除体系のリンゴ園に、地表面管理の異なる調査区を設置した（表1）。各調査区において、「農業に有用な生物

多様性の指標生物調査・評価マニュアル」に基づき、生物多様性の指標となるアリ類、地上徘徊性クモ類、樹上性クモ類、カブリダニ類を5月下旬、6月下旬、7月下旬に調査した。アリ類、

地上徘徊性クモ類はピットフォールトラップを1区あたり6ヶ所に3日間設置し、個体数を計数した。樹上性クモ類は、新梢の目視による見取調査で個体数を計数した。またカブリダニ類は、新梢中位葉を20葉採取し、ブラッシングマシンを用いて寄生する個体数を計数した。個体数は「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」に基づきスコア化した。なお、生物多様性は総スコアを用いて、表2の通り評価した。

全面草生区は全面稲わらマルチ区、全面除草区に比べて多様性スコアが高くなった（表3、H25、H26、H27・場内）。また、全面草生区が多様性スコアは、場内、県内各地の調査

表1 各地表面管理の説明

| 全面草生区 | 株元除草区 | 全面稲わらマルチ区 | 全面除草区 |
|--------------------|----------------------------|-----------|---------------|
| 全面雑草草生 (機械除草のみ) | 樹間は雑草草生、 樹冠下に除草剤を 散布 | 稲わらを全面に散布 | 除草剤を全面に 散布 |

表2 総スコアによる生物多様性評価

| 評価 | 非常に高い | 高い | やや低い | 低い |
|------|-------|-----|------|-----|
| 総スコア | 7～8 | 4～6 | 2～3 | 0～1 |

地ともに株元除草区と同等または上回った(表3、H27、H28、H29)。株元除草区の多様性スコアは全面稲わらマルチ区と同等(表3、H25・場内)、全面除草区と同等(表3、H27・場内)または、高くなった(表3、H26・場内)。なお、

表3 H25～29年における各地表面管理の生物多様性総スコア(3ヶ月平均)

| 調査年度 | 調査地 | 全面草生区 | 株元除草区 | 全面除草区 | 全面稲わらマルチ区 |
|------|----------------------|-------|-------|-------|-----------|
| H25 | 場内 | 6.0 | 4.6 | - | 4.6 |
| H26 | 場内 | 4.6 | 4.6 | 4.3 | - |
| H27 | 場内 豊野 佐久 | 6.0 | 4.7 | 4.7 | - |
| | | 6.3 | 5.4 | - | - |
| | | 5.3 | 5.0 | - | - |
| H28 | 場内 豊野 赤沼 佐久 | 6.0 | 5.3 | - | - |
| | | 6.3 | 5.7 | - | - |
| | | 5.3 | 4.7 | - | - |
| | | 3.7 | 3.7 | - | - |
| H29 | 場内 豊野 | 5.5 | 4.7 | - | - |
| | | 4.7 | 4.4 | - | - |

多様性の評価に差が見られたのは、H27年とH28年の豊野のみであり、どちらの年も全面草生区の評価が株元除草区の評価より高くなった。

以上の結果から、草生管理、特に全面草生にすることで、生物多様性スコアが高まると考えられる。

②殺虫剤の使用内容と生物多様性

H26、H27年の現地リンゴ園において、生物環境に与える負荷に応じて殺虫剤の系統毎にポイントを付与し、環境負荷ポイントの計と生物多様性の関係を調査した。スペクトラムと残効を考慮し、環境に与える負荷が大きいとされるものを3とし、負荷が小さいとされるものを0とし、評価した(表4)。

表4 殺虫剤の環境負荷ポイント

| 殺虫剤の系統 | 環境負荷ポイント |
|--|----------|
| 合成ピレスロイド フェニルピラゾール剤、コテツ | 3 |
| 有機リン剤、カーバメート剤 ネオニコチノイド剤 ジアミド剤(広スペクトラム) スピノシン剤 | 2 |
| 殺ダニ剤(気門封鎖剤を除く) ジアミド剤(フェニックス・サムコル) | 1 |
| マシン油乳剤、BT、IGR ウララ、交信かく乱剤など | 0 |

また、H29年には場内に年間の環境負荷ポイントの計が同数値になる異なった防除体系で、生物多様性を調査した。各指標生物の調査は1.の調査と同様に行った。なお、調査は10月下旬まで行った。

殺虫剤の環境負荷ポイントの合計と生物多様性スコアには相関がみられ、環境負荷ポイントが低くなるほど生物多様性スコアが向上する傾向が見られた(図1)。

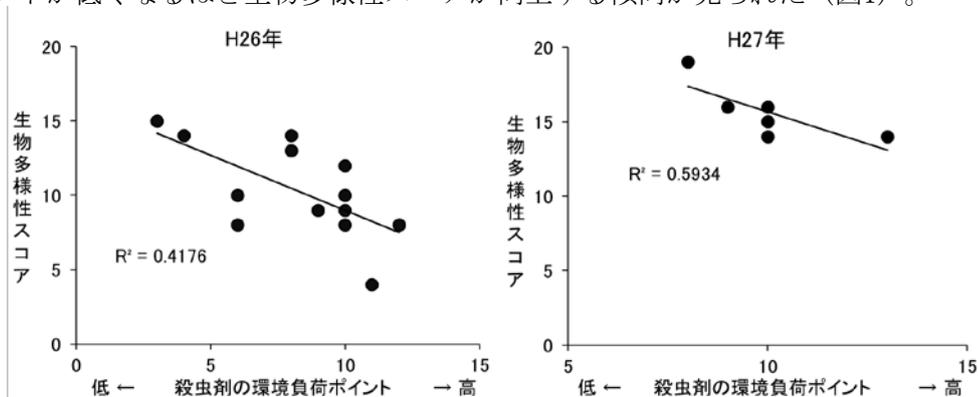


図1 H26年とH27年における殺虫剤の環境負荷ポイントと生物多様性スコアの関係(現地)

この結果を踏まえ、表5のように、殺虫剤の散布期間を前半と後半に分け、生物多様性を調査した結果、全期間平均の多様性スコアは、環境負荷前半軽減区で高くなった。また前半と後半に期間を分けると、どちらの区においても負荷ポイントの小さい殺虫剤を散布した期間の多様性スコアが高くなった。しかしながら、環境負荷後半軽減区の後半の多

様性スコアは3.3と、環境負荷前半軽減区の前半と比較すると低くなった（表6）。前半に環境負荷ポイントの大きい殺虫剤を散布すると、後半に負荷ポイントの小さい殺虫剤を散布しても、多様性スコアの十分な回復は見られないと考えられる。

適切な害虫防除を行いつつ、生物多様性スコアを高めるためには、環境負荷ポイントの小さい殺虫剤

を積極的に利用し、かつ前半に環境負荷の弱い殺虫剤を散布して、後半に負荷の強い殺虫剤を散布することが有効と考えられる。

2. 地表面管理と殺虫剤の使用内容が、害虫による被害、樹上のハダニ類及び天敵カブリダニ類の発生に及ぼす影響

①地表面管理が害虫による被害に及ぼす影響

地表面管理が害虫による被害に及ぼす影響を調査するため、食葉性害虫（ハマキムシ類、キリガ類、ミノガ類など）、潜葉性害虫（キンモンホソガ、ギンモンハモグリガ）、アブラムシ類について旬毎に任意の200新梢を調査し、被害新梢数を計数した。また、ハダニ類について任意の新梢20枚を採取し、ブラッシングマシンを用いて寄生数を調査した。さらに、シンクイムシ類、カイガラムシ類による被害について300果を調査し、被害果実数を計数した。

地表面管理による差が認められたのは、ピーク時のナミハダニ

の寄生頭数のみであり、全面草生区は株元除草区及び全面稲わらマルチ区より低くなった（表7）。その為、ナミハダニとその天敵カブリダニ類について詳しく調べることにした。

②地表面管理が樹上のナミハダニ及び天敵カブリダニ類に及ぼす影響

地表面管理の異なる調査区において5月下旬から9月下旬にかけて月3回、新梢中位葉を20葉採取し、ブラッシングマシンを用いて寄生するナミハダニ及び天敵カブリダニ類の個体数を計数した。

ナミハダニのピーク時の密度を全面草生区、株元除草区、全面稲わらマルチ区と比較すると、全面草生区と株元除草区が全面稲わらマルチ区に比べて低くなった（図2、H25）。また、全面草生区と株元除草区ではナミハダニの捕食量が多いといわれているミヤコカブリダニとケナガカブリダニが7月から捕獲されており、全面稲わらマルチ区の8月下旬より発生が早くなった。また、全面草生区のナミハダニのピーク時の

表5 各調査区の殺虫剤及び殺ダニ剤の散布履歴

| 期間 | 散布日 | 環境負荷前半軽減区 | | 環境負荷後半軽減区 | |
|----|------|------------|----------|------------|----------|
| | | 薬剤名 | 環境負荷ポイント | 薬剤名 | 環境負荷ポイント |
| 前半 | 5月下旬 | コルト顆粒水和剤 | 1 | モスピラン顆粒水溶剤 | 2 |
| | 6月上旬 | ウララDF | 0 | アディオン水和剤 | 3 |
| | 6月下旬 | モスピラン顆粒水溶剤 | 2 | スプラサイド水和剤 | 2 |
| | 7月上旬 | サムコルフロアブル | 1 | サイハロン水和剤 | 3 |
| | 7月下旬 | ダズバンDF | 2 | デミリン水和剤 | 0 |
| | | ダニコングフロアブル | 1 | ダニコングフロアブル | 1 |
| 小計 | | 7 | | 11 | |
| 後半 | 8月上旬 | サイハロン水和剤 | 3 | サムコルフロアブル | 1 |
| | 8月下旬 | バリアード顆粒水和剤 | 2 | バリアード顆粒水和剤 | 2 |
| | 9月上旬 | オマイト水和剤 | 1 | オマイト水和剤 | 1 |
| | | アディオン水和剤 | 3 | サムコルフロアブル | 1 |
| 小計 | | 9 | | 5 | |
| 計 | | 16 | | 16 | |

表6 各調査区における生物多様性総スコア（H29・場内）

| 調査期間 | 環境負荷 | 環境負荷 |
|------|-------|-------|
| | 前半軽減区 | 後半軽減区 |
| 全期間 | 4.1 | 3.2 |
| 前半 | 5.0 | 3.0 |
| 後半 | 3.0 | 3.3 |

表7 各地表面管理における害虫による被害（H25・場内）

| 被害 | 全面草生区 | 株元除草区 | 全面稲わらマルチ区 |
|-----------------------|-------|-------|-----------|
| 被害葉 | | | |
| 食葉性害虫による被害新梢率(%) | 7.1 | 7.5 | 8.6 |
| 潜葉性害虫による被害新梢率(%) | 0.1 | 0 | 0 |
| アブラムシ類の寄生新梢率(%) | 0.1 | 0.2 | 0.8 |
| ピーク時のナミハダニの寄生頭数(/10葉) | 133 | 179 | 261 |
| 被害果 | | | |
| モモンクイガによる被害果実数 | 1 | 1 | 1 |
| スモモヒメシンクイによる被害果実数 | 0 | 1 | 0 |
| カイガラムシ類による被害果実数 | 0 | 0 | 0 |

密度は、株元除草区、全面除草区より低くなった（図2、H27）。全面草生区のナミハダニのピーク時の密度が株元除草区より低い傾向はその他の調査地でも見られた。特に長野市豊野において顕著であった。さらに、全面草生区では期間後半のカブリダニ類の捕獲数が多かった（図3）。

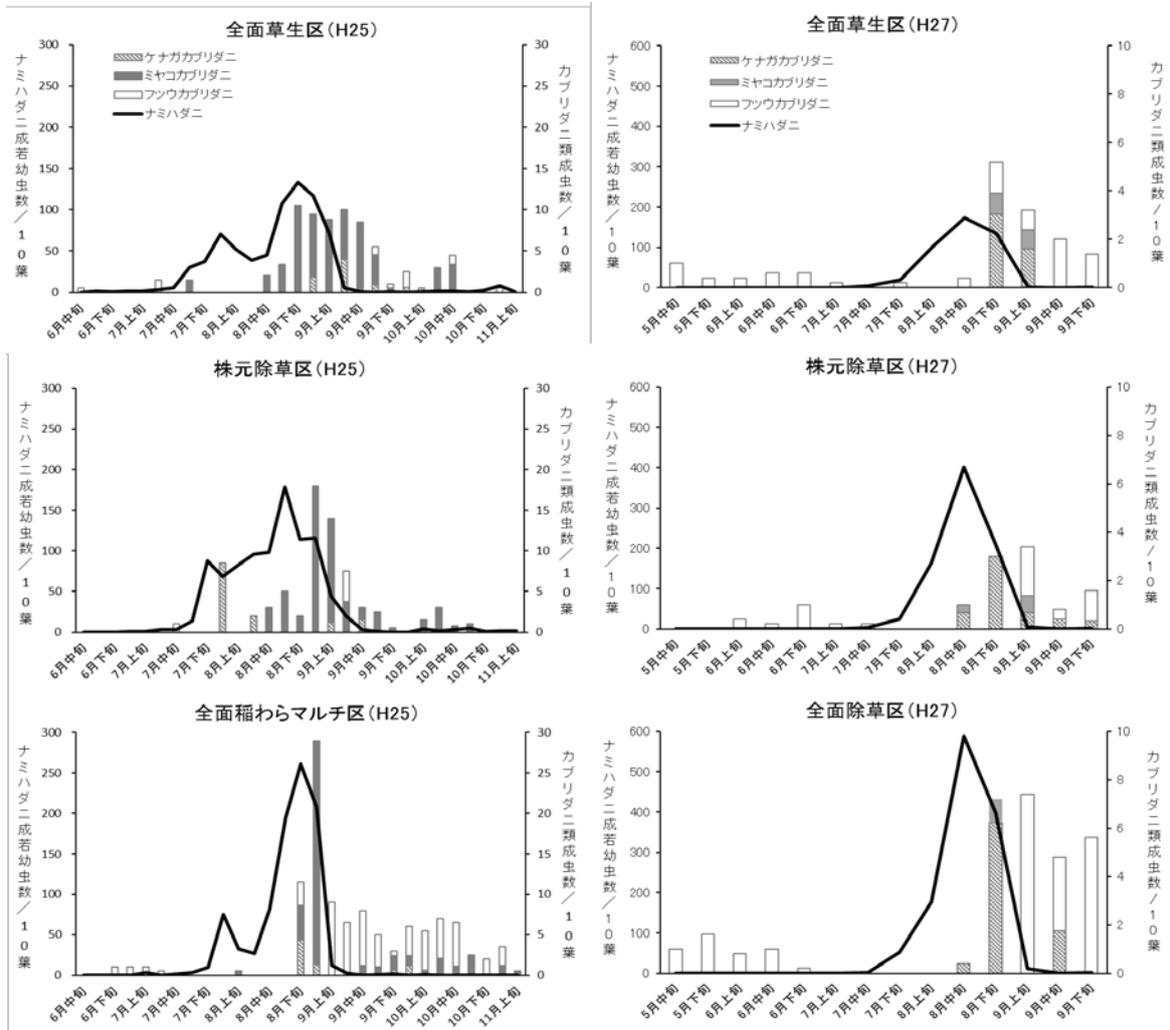


図2 各地表面管理におけるナミハダニとカブリダニ類の発生推移（H25・H27年・埴内）

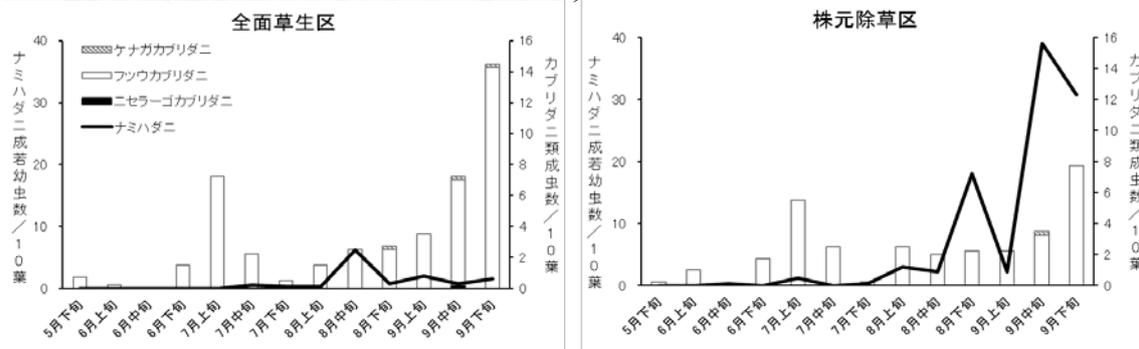


図3 各地表面管理におけるナミハダニとカブリダニ類の発生推移（H29年・長野市豊野）

草生管理にすることで、カブリダニ類の発生が早くなり、ナミハダニの密度が低位で推移することが分かった。さらに、全面草生にすると、株元除草と比較し、よりナミハダニの密度を低く抑えられることが明らかとなった。

③殺虫剤の使用内容が樹上のナミハダニ及び天敵カブリダニ類に及ぼす影響

H29年に場内で年間の環境負荷ポイントの計が同数値になる異なった防除体系で、殺虫剤の散布期間を前半と後半に分け、ナミハダニ及び天敵カブリダニ類を調査した。調査は②と同様の方法で行った。

ナミハダニの密度は環境負荷前半軽減区でやや多くなったが、葉当たり1頭以下と、要防除水準以下であった。カブリダニ類の発生は環境負荷前半軽減区が全期間を通して多くなった(図4)。なお、両調査区間の新梢や果実での害虫被害に、顕著な差は見られなかった。

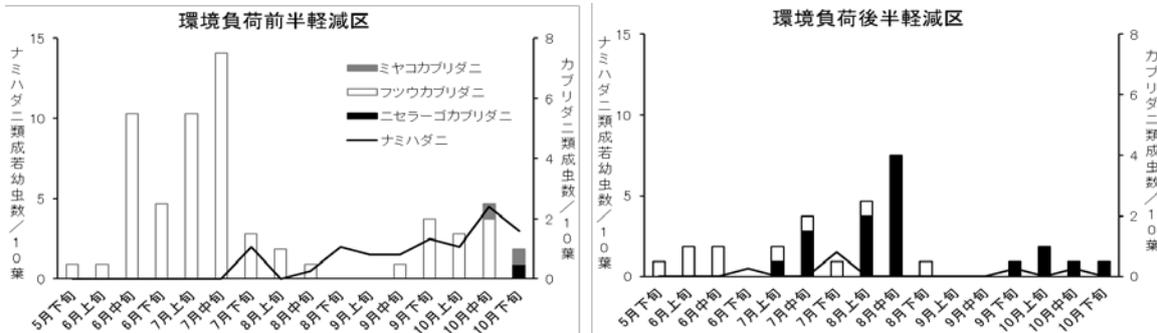


図4 各地表面管理におけるナミハダニとカブリダニ類の発生推移 (H29年・場内)

前半に環境負荷の弱い殺虫剤を散布し、後半に負荷の強い殺虫剤を散布することは、多様性スコアの向上だけでなく、ハダニ類の天敵であるカブリダニ類の発生を増やす上でも有効と考えられる。

3. 新 IPM 実践指標を利用した生物多様性の保全により安定的な防除が持続できる防除体系モデルの検証

H29年に場内に慣行防除区(株元除草)と減農薬区(H29年場内全面草生区、株元除草区)を設置し(表8)、生物多様性、ナミハダニ及び天敵カブリダニ類の発生に及ぼす影響を調査した。各調査は1、2の調査と同様に行った。また、5月下旬から9月下旬まで新梢の被害調査、7月中旬から9月下旬までシンクイムシ類、ハマキムシ類による果実の被害調査を行った。

慣行防除区の多様性スコアは減農薬区に比べ、低くなった(表9)。被害調査の結果、減農薬区は慣行防除区と比べ、特に目立った被害はなかった(表10、図5)。

ナミハダニの発生は減農薬区では8月のピーク以降減少したが、慣行防除区では殺虫剤の散布回数が1回多いにも関わらず、9月

中旬に再発生した。カブリダニ類の発生は、減農薬区では9月上旬までほぼ継続して発生が見られたが、慣行防除区では期間の中間でほぼ見られなかった(図6)。

表8 各調査区の防除履歴と環境負荷ポイント (H29・場内)

| 散布日 | 減農薬区 | | 慣行防除区 | |
|------|-------------|----------|-------------|----------|
| | 薬剤名 | 環境負荷ポイント | 薬剤名 | 環境負荷ポイント |
| 5月下旬 | モスピラン顆粒水溶剤 | 2 | モスピラン顆粒水溶剤 | 2 |
| 6月上旬 | ダイアジノン水和剤 | 2 | ダイアジノン水和剤 | 2 |
| 6月中旬 | | | ディアナWDG | 0 |
| 7月上旬 | バリアード顆粒水和剤 | 2 | サムコルフロアブル | 1 |
| 7月中旬 | | | ダイアジノン水和剤 | 2 |
| 8月上旬 | ダズバンDF | 2 | サムコルフロアブル | 1 |
| | マイトコネフロアブル | 1 | マイトコネフロアブル | 1 |
| 8月下旬 | サムコルフロアブル | 1 | バリアード顆粒水和剤 | 2 |
| | オマイト水和剤 | 1 | オマイト水和剤 | 1 |
| 9月上旬 | ロディー水和剤 | 3 | ロディー水和剤 | 3 |
| | ダニゲッターフロアブル | 1 | ダニゲッターフロアブル | 1 |
| 合計 | | 15 | | 17 |

表9 各調査区における生物多様性総スコア (H29・場内)

| 減農薬区 (全面草生) | 減農薬区 (株元除草) | 慣行防除区 (株元除草) |
|----------------|----------------|-----------------|
| 5.5 | 4.7 | 4.0 |

表10 各調査区のシンクイムシ類による被害果実 (H29・場内)

| 調査区 | 調査果実数 | 被害果実数 | 被害率(%) |
|-------------|-------|-------|--------|
| 減農薬区(全面草生) | 4800 | 6 | 0.13 |
| 減農薬区(株元除草) | 4800 | 4 | 0.08 |
| 慣行防除区(株元除草) | 1600 | 4 | 0.25 |

減農薬にすることで、カブリダニ類の発生が増え、さらに全面草生にすることで、ナミハダニの密度を低位に抑え、殺ダニ剤の削減が可能となることが示唆される。

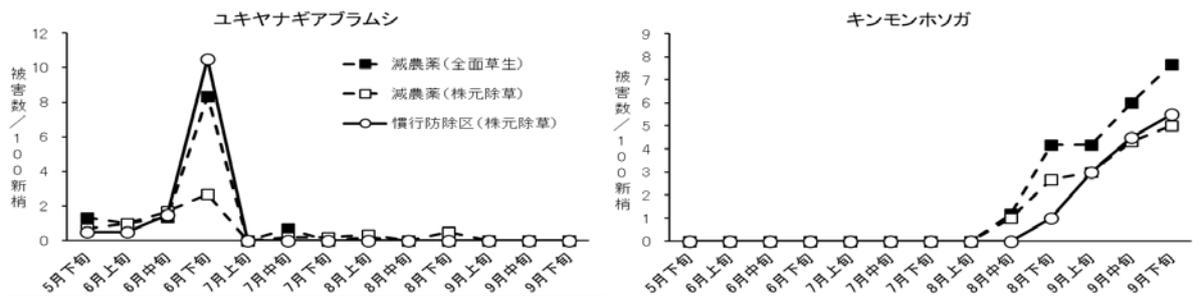


図5 各調査区におけるユキヤナギアブラムシとキンモンホソガによる被害新梢数 (H29・場内)

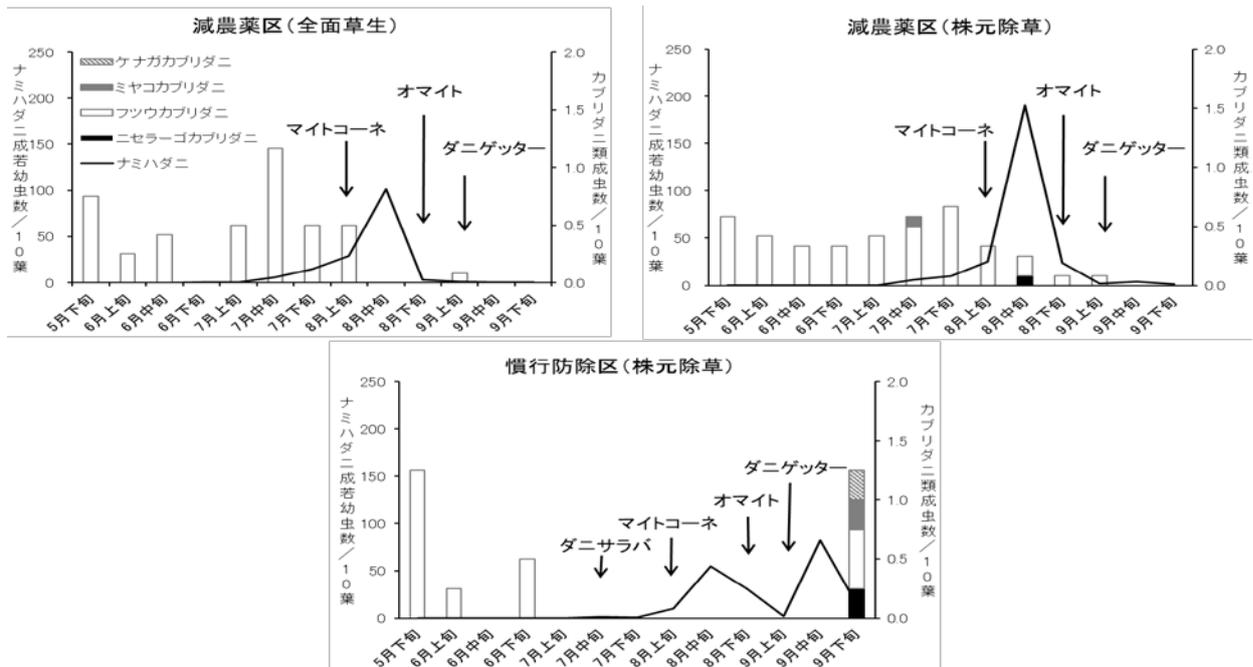


図6 各調査区におけるナミハダニとカブリダニ類の発生推移 (H29・場内)

4. 考察

本研究から、地表面管理と殺虫剤の使用内容が生物多様性スコアを高める IPM 項目として有効であることが示された。これらの防除への活用法として、減農薬と全面草生管理を行うと、カブリダニ類の発生が多くなり、ナミハダニの密度が低位で推移し、殺ダニ剤の削減が可能となることが実証された。

3) 成果活用における留意点

全面草生ではコウモリガの発生、下枝周辺の湿度上昇による病気の発生、地表面温度の上昇抑制による春先の凍霜害に注意が必要である。

殺虫剤の環境負荷ポイントは、非選択性程度から環境負荷の大きさを、長野県独自に数値化したものである。

4) 今後の課題

地表面管理がリンゴ害虫であるナミハダニ防除に有用な多様性を保全することを明らかにした。また、多様性を保全できる殺虫剤の使用を考える一助として、各殺虫剤の非選択性程度から、環境負荷の大きさを独自に数値化したところ、この数値と生物多様性に相関があり、IPM設計手法に活用できることが示唆された。さらにデータを蓄積することで、生産現場で利用しやすい指標となると考える。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 1(2) | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 1 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発 | | |
| 実行課題名 | (2) カンキツにおける農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 崎山進二・愛媛県農林水産研究所果樹研究センター | | |

1) 研究目的

安定的な農業生産を持続するために、農業環境生態系における生物多様性を保全し、活用する技術が求められている。このため、IPMの取組み程度の異なるカンキツ園において指標生物及び害虫等の発生を調査し、IPM体系と生物多様性保全との関係を解析することにより、生物多様性保全効果の高いIPMの取組み項目を明らかにする。さらに、それらを組み合わせ、より安定的で生物多様性保全効果の高いIPM実践指標モデルを作成する。

2) 研究成果

(1) IPM取組み程度の異なる園地における指標生物の発生动態の解明

IPM実践指標モデルに記載されている管理ポイントで、防除(物理的、化学的)に関すること、地表面の管理に関することは、生物多様性に与える影響が大きいと考えられた。そこで、防除体系(慣行防除、減農薬防除)、地表面の管理方法(除草方法など)など取り組みが異なる現地園地で年次や地域を変えて指標生物等の発生を調査した。指標生物の調査は、ピットフォールトラップ、黄色粘着トラップ、見取りで行い、生物多様性は捕獲・確認される指標生物の数で評価した(詳細は、農業環境技術研究所HPを参照)。

生物多様性スコア(7種指標生物(地上徘徊性クモ類・ハネカクシ類・シデムシ類・アリ類、テントウムシ類(ダニヒメテントウ類を除く)、トビコバチ類、樹上造網性クモ類調査)によるスコア(以下スコア))は、概ね減農薬防除体系で年中地表面が生きた草で被覆された(雑草による草生栽培)園地で高く、また、慣行防除体系では、夏季の草量が多い園地ほどスコアが高くなった。導入した草種(ナギナタガヤ)による草生栽培は、地表の草が少ない園地(ほぼ裸地)に比べ、スコアが高かったが、夏季に生きた下草が多い園地よりは劣る傾向であった(表1)。併せて行った害虫の発生調査では、スコアの高い園地では、6月から8月下旬までの間、主要害虫の一つであるミカンハダニの密度が、概ね要防除密度を超えなかった(図2)。

これらの結果から、生物多様性を高めるためには、夏季にも生きた草がある草生栽培と、現行よりある程度農薬の使用数を減らす必要があり、生物多様性が高まると、天敵類の活動も盛んになり、防除を省略することもできると考えられた。

表1 防除体系、除草方法と生物多様性スコア(H25～29)

| 防除体系 | 除草方法等 | 夏季の草量 | 生物多様性スコア | |
|------|-----------|--------|----------|-------|
| | | | 園地別 | 平均スコア |
| 高減農 | 草刈 | 中 | 8 | 8 |
| 中減農 | 草刈 | 中 | 4 | |
| 中減農 | 草刈 | 多 | 7 | 6 |
| 中減農 | 草刈 | 多 | 7 | |
| 低減農 | 草刈 | 中 | 7 | 5 |
| 低減農 | 草刈 | 多 | 3 | |
| 高減農 | 草刈・除草剤 | 多 | 5 | 5 |
| 慣行防除 | 除草剤・草刈 | 極多 | 4 | |
| 慣行防除 | 除草剤・草刈 | 中 | 2 | 3.7 |
| 慣行防除 | 除草剤・草刈 | 多 | 5 | |
| 中減農 | ナギナタ | 少(多→少) | 3 | 3 |
| 中減農 | ナギナタ(除草剤) | 中(多→少) | 3 | |
| 低減農 | 草刈・除草剤 | 多 | 3 | 3 |
| 慣行防除 | ナギナタ | 少(多→少) | 2 | |
| 慣行防除 | ナギナタ | 少(多→少) | 2 | 2.3 |
| 慣行防除 | ナギナタ | 少(多→少) | 3 | |
| 慣行防除 | ナギナタ | 少(多→少) | 2 | |
| 慣行防除 | 除草剤 | 少 | 2 | 1 |
| 慣行防除 | 除草剤 | 少 | 0 | |
| 慣行防除 | 除草剤・白色シート | 極少 | 0 | 0 |

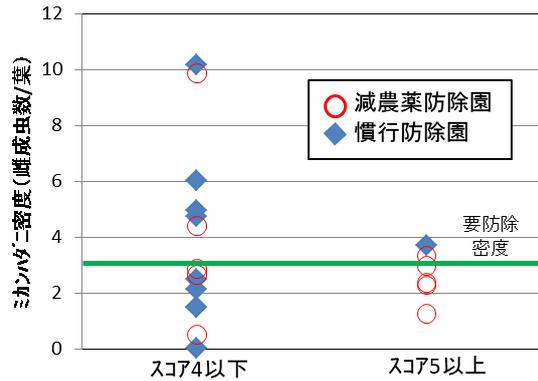


図1 生物多様性スコアとミカンハダニ密度(H25～29)

(2) IPMの取り組み項目が指標生物に与える影響の検討

指標生物の発生等に与える影響が大きいと考えられた個々のIPM取り組み項目について、センター内の園地において詳細に検討した。主な結果は以下のとおりである。

ア. 白色反射シート（以下シート）が指標生物等に与える影響

飛翔性の微小害虫の防除等に用いられるシートを設置し、指標生物等の発生状況を調査した。

指標生物は、シート設置前の6月には両区の差はなかったが、シート区では除草剤により裸地化された7月、シートが設置された8～9月と低くなり、多くの指標生物が減少した(表2)。害虫であるチャノキイロアザミウマやアブラムシ類の飛来はシート区で少なくなったが(データ省略)、指標生物に与える影響は大きいと考えられた。

表2 白色シートの設置と指標生物の発生量及び生物多様性スコア(H26)

| | | シート区 | | | 雑草区 | | | 基準値 | |
|----------|----------|------|-------|-------|------|-------|------|-----------|-------|
| | | 6月 | 7月 | 8～9月 | 6月 | 7月 | 8～9月 | 1点 | 2点 |
| PFT | アリ類 | 7.75 | 20.88 | 2.06 | 7 | 17.63 | 8.94 | 3.04～3.89 | 3.89≦ |
| | 地上徘徊性クモ類 | 2.5 | 4.13 | 0.19 | 1.88 | 4.38 | 2.56 | 0.48～0.86 | 0.86≦ |
| | シテムシ類 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02～0.16 | 0.16≦ |
| | ハネカクシ類 | 0 | 0 | 0 | 0.13 | 0 | 0 | 0.15～0.18 | 0.18≦ |
| YT | トビコバチ類 | 0.06 | 0.06 | 0 | 0.06 | 0.19 | 0.19 | 0.09～0.56 | 0.56≦ |
| | テントウムシ類 | 0.13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 0.01～0.04 | 0.04≦ |
| 見取り | 造網性クモ類 | 2.55 | 1.06 | 0.43 | 2.91 | 1.84 | 0.92 | 0.3～1.64 | 1.64≦ |
| 生物多様性スコア | | 8 | 5 | 3 | 6 | 7 | 7 | | |
| 地表面の状況 | | 雑草 | 裸地 | 白色シート | 雑草 | 雑草 | 雑草 | | |
| 地表面の管理方法 | | 草刈機 | 除草剤 | | 草刈機 | 草刈機 | 草刈機 | | |

注1) 1点: 2点 テントウムシ類・ダニ・メテントウ類除く

PFT(ピットフォールトラップ): 1トラップ/日、YT(黄色粘着トラップ): 1シート/日、

造網性クモ類: 樹容積1m³当りの平均確認数

注2) シート区の7月は白色シート設置のため、除草剤により裸地化している期間

イ. 選択性農薬の使用が指標生物に与える影響

天敵類に影響の少ない薬剤を明らかにするため、主要な害虫の天敵類（ヤノネキイロコバチ、ベダリアテントウ、ヒメハダニカブリケシハネカクシ）について薬剤検定を行った（データ省略）。これらを基に、ヤノネカイガラムシの天敵寄生蜂に影響が少ない薬剤で

体系防除(IPM防除区)を行い、指標生物等の発生を調査した。その結果、センター内で一般に行われている体系防除(慣行防除区)に比べ、ヤノネキイロコバチの寄生率は高くならなかったもののヤノネツヤコバチの寄生率は高くなり、全体的には寄生蜂の寄生率(9/15調査、IPM区30.3%、慣行区5.3%、無防除区25.8%)が大きく向上したが、スコアには差はなかった(データ省略)。ヤノネカイガラムシの発生を助長するため6月にマシン油の散布を行っていなかったため、両区とも8月上旬にはミカンハダニの発生が多くなったが、翌年、この剤を加え再度試験したところ、IPM区では試験期間中ミカンハダニの密度は低く、天敵類も多く確認され、本虫に対しても有効であった(図2、3)。

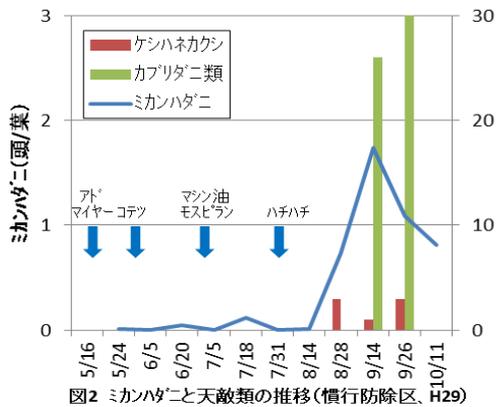


図2 ミカンハダニと天敵類の推移(慣行防除区、H29)

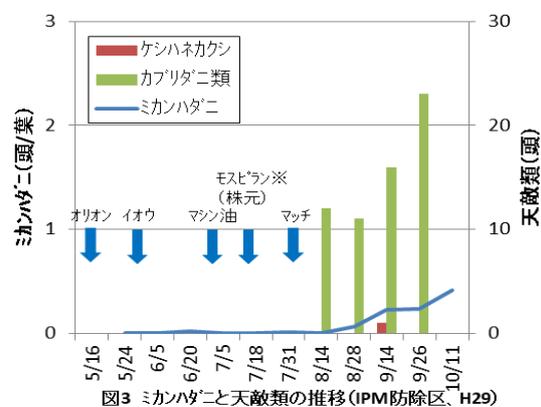


図3 ミカンハダニと天敵類の推移(IPM防除区、H29)

※1年目は、8月中旬に慣行防除区ではダニエモン・アクタラを、IPM防除区ではダニエモン・コルトを散布、2年目は両区とも散布無し。

ウ. 夏季の下草の草量が指標生物等と与える影響

4～9月の期間に草多区では全面草刈を1回、草少区では7回、裸地区では除草剤を4回散布し、下草の状況を変え指標生物等の発生状況を調査した。

草多区と草少区でスコアに差はなかったものの、殆どの指標生物が草多区で多く、アリ類やクモ類はその差が大きかった(表4)。

このことから、下草はこれら指標生物を温存する効果があると考えられた。

エ. 草刈のタイミングが指標生物等と与える影響

防除等の条件を揃え、草刈りタイミングを変え、地表面の草量の違いが指標生物等の発生に与える影響を調査した。防除前草刈区(防除2～4日前)と防除後草刈区(防除3～4日後)ではスコアに差はなかったものの、捕獲・確認された指標生物の数は防除後草刈区で多い傾向であった(データ省略)。また、散布後草刈区では、散布前草刈区に比べ、2回目の散布(スプラサイド)後のカブリダニ類の発生時期が早く、3回目(モスピラン)、4回目(ロデュー)の後の減少程度も小さかった(図4、5)。このことから、農薬の散布時に下草を置いておくことは、指標生物や天敵類の温存に繋がると考えられた。

表3 下草の草量と指標生物の発生量及び生物多様性スコア(H27)

| 調査方法 | 指標生物名 | 調査区 | | |
|----------|----------|-------|------|------|
| | | 草多区 | 草少区 | ら地区 |
| PFT | アリ類 | 16.29 | 7.71 | 5.13 |
| | 地上徘徊性クモ類 | 4.13 | 3 | 1.96 |
| | シテムシ類 | 0 | 0.04 | 0 |
| | ハネカシ類 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| YT | トコバチ類 | 0.1 | 0.19 | 0.06 |
| | テトウムシ類 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| 見取り | 造網性クモ類 | 3.38 | 2.5 | 1.41 |
| 生物多様性スコア | | 9 | 9 | 6 |
| 地表面の管理方法 | | 草刈機 | 草刈機 | 除草剤 |

注1)基準値及び注1)は表2と同じ
注2)調査期間中に殺虫剤を一度散布(6/23、97%マシン油、ダントツ水溶剤)

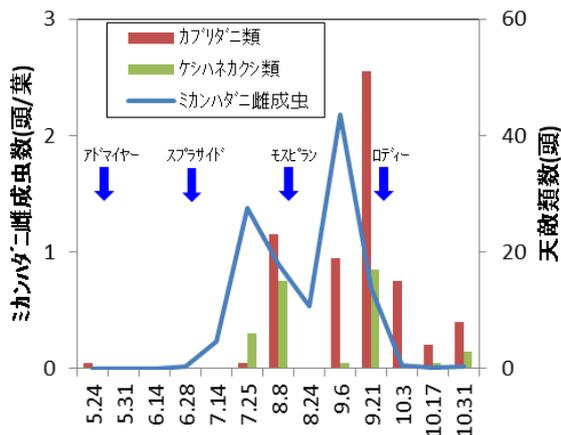


図4 散布前草刈区のミカンハダニと天敵の発生 (H28)

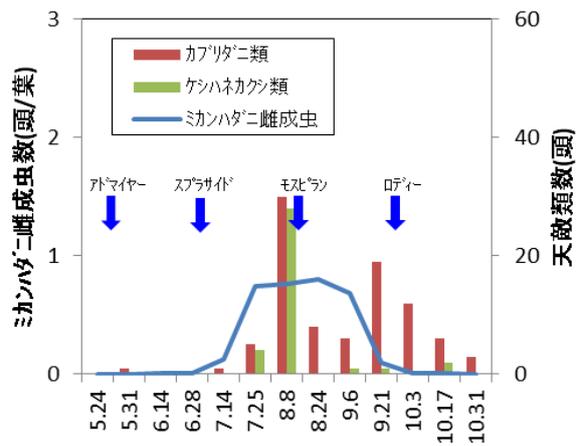


図5 散布後草刈区のミカンハダニと天敵の発生 (H28)

(3) 生物多様性保全効果の高いIPM取り組み項目を取り入れたIPM実践指標の作成

生物多様性を保全する効果が高いと考えられるIPM取り組み項目（マシン油の利用や病害虫の発生に応じた防除、草生栽培と防除前除草（草刈）の未実施など）を組み合わせ実施し、指標生物や天敵類の発生を確認した。アリ類やクモ類の発生量はIPM区で慣行区に比べ多く、IPM区のスコアは高くなったが、慣行区でも比較的高く大きな差はなかった（スコア：IPM区7、慣行区6）。ミカンハダニの発生には差があり、IPM区ではミカンハダニの密度が低い時期からカブリダニ類が散見され、調査期間を通してミカンハダニの密度が高くなることはなかった（図6、7）。

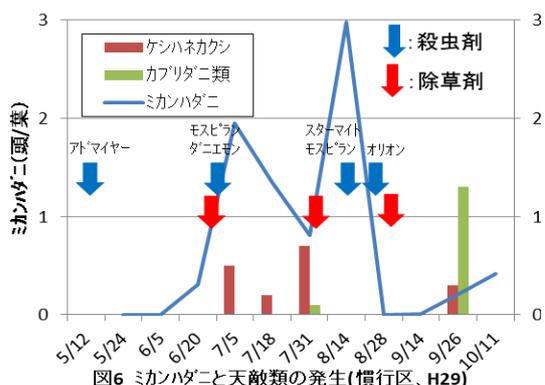


図6 ミカンハダニと天敵類の発生(慣行区、H29)

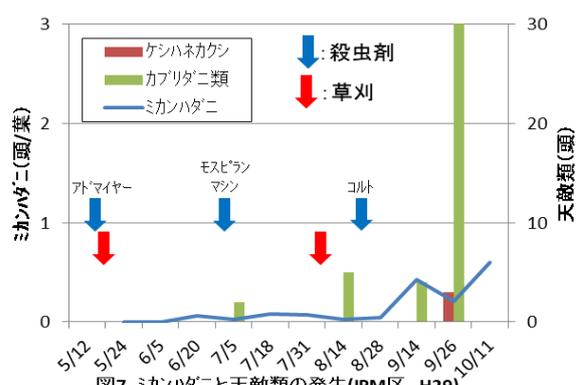


図7 ミカンハダニと天敵類の発生(IPM区、H29)

これらの結果から、生物多様性を保全するためには、IPM実践指標モデルの管理ポイントの中で、草生栽培を行うことは重要な項目で、さらに、防除前に除草を行わないことも補完技術として利用できると思われる。殺虫剤の散布そのものを減らすことも必要であることから、その為に発生予察に基づく防除の要否の判断、また、発生する天敵類の種類も把握し、これらの活動も考慮したうえで薬剤を選択することも重要である。

生物多様性を保全するIPM実践指標モデルでは、これらの管理ポイントの評価を高くし、利用者に意識させることが必要と考えられる。

3) 成果活用における留意点

草生栽培実施園では、

- ① 春季に地温の上昇を妨げ、生育が遅れる場合がある。
- ② 干ばつ年には、（生きた）下草と水分競合が起こり、裸地より萎れる等の症状が早く出ることがある。

③枝幹害虫（ゴマダラカミキリ）の被害が増加しやすくなる。

④マダニやマムシなどに注意する必要がある。

また、減農薬や殺虫スペクトラムの広い剤の使用を取りやめると、樹冠内にアシナガバチやスズメバチの巣が増加することから、これらにも注意する必要がある。

4) 今後の課題

チャノホコリダニなど早期発見が難しい害虫の発生予察法の開発が必要である。また、園外から侵入し被害を発生させる果樹カメムシ類のような害虫に対する化学的防除以外の有効な手法の開発も必要である。

| | | | |
|---------------|--------------------------------------|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 1(3) | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 1 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発 | | |
| 実行課題名 | (3) ナシにおける農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 中井善太・千葉県農林総合研究センター | | |

1) 研究目的

ナシの各産地では生産者単位で、交信攪乱剤や選択的殺虫剤の使用、適期防除、草生栽培による天敵相の保護等のIPMが実施されているが、これらの技術を生物多様性の面から評価し、生物多様性保全効果の高いIPM技術を明らかにする。このことにより、個々の技術を生物多様性保全効果が高く、安定的な病害虫の被害抑制が可能なIPM技術に改良するとともに、産地で広く実践可能なIPM設計手法を開発する。

2) 研究成果

①研究方法

減農薬または草生栽培による天敵類や指標生物多様性の保全効果の解明のため、殺虫剤使用程度や下草管理等、IPM取り組み程度の異なる現地ほ場(表1)を対象に、各ほ場における生物多様性指標種、天敵類及び主要病害虫の発生動態を調査した。なお、ほ場No.2、3、6、7、8では多目的防災網が設置されているが、No.1、4、5では設置されていない。

表1 各調査ほ場の殺虫剤使用程度と下草管理状況

| No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 防除 下草管理 場所 | 減農薬 清耕 成田市 | 減農薬 慣行除草 市原市 | 減農薬 慣行除草 市川市 | 減農薬 草生 船橋市 | 慣行防除 株元草生 船橋市 | 慣行防除 慣行除草 白井市 | 慣行防除 清耕 白井市 | 慣行防除 慣行除草 千葉市 |
| 殺虫剤 使用 成分 数 | 2013年 0 (0) | 7 (2) | 9 (3) | 11 (4) | 20 (12) | 16 (8) | 17 (11) | 13 (8) |
| | 2014年 1 (0) | 7 (2) | 9 (3) | 11 (4) | 20 (12) | 16 (8) | 17 (11) | 13 (7) |
| | 2015年 0 (0) | 10 (4) | 10 (3) | 10 (5) | 18 (11) | - | 17 (11) | 15 (10) |
| | 2016年 0 (0) | - | 10 (3) | 11 (4) | 21 (12) | - | 15 (9) | 12 (9) |
| | 2017年 - | - | 10 (3) | - | - | - | - | 16 (9) |
| 平均 | 0.3 (0) | 8.0 (2.7) | 9.6 (3.0) | 10.8 (4.3) | 19.8 (11.8) | 16.0 (8.0) | 16.5 (10.5) | 13.8 (8.6) |

注1) 慣行除草は株元を清耕、通路部分を草丈10cm程度に機械除草すること

2) ()は非選択性殺虫剤に分類した有機リン系剤、カーバメート系剤、ピレスロイド系・ピレトリン系剤、トルフェンピラド剤、クロルフェナピル剤の使用成分数

3) フェロモン剤、マシン油乳剤は殺虫剤使用成分数に含めず

- 4) ほ場No.1の下草管理は平成25年のみ草生栽培であった
- 5) 平成28～29年、ほ場No.3及び8の一部に株元草生区を設けた
- 6) 「ー」は調査を実施せず

ア 生物多様性指標種（ゴミムシ類）の発生量

ピットフォールトラップを6月～8月に各7日間程度設置し、ゴミムシ類の捕獲数を調査した。

イ 主要病害虫及び天敵類の発生動態

各ほ場のナシ棚面より50cm上方に黄色粘着トラップ（ホリバー®イエロー）を各ほ場4枚ずつ設置し、7～14日毎にトラップに捕獲された天敵類の個体数を調査した。天敵類としては、ハネカクシ類、テントウムシ類、アミメカゲロウ類、クモ類、ヒメハナカメムシ類、ヒラタアブ類の捕獲個体数を数えた。また、各ほ場で3樹を選定し、ナシの新梢葉100枚／樹における主要害虫（ハダニ類、チャノキイロアザミウマ等）及び天敵類（カブリダニ類、ハナカメムシ類等）の発生活消長を5月～9月にかけて調査した。

ウ 生物多様性保全効果の高いIPM技術の実証

生物多様性保全効果の高いIPM技術として、株元草生処理が指標生物種の発生及び主要病害虫及び天敵類の発生に及ぼす影響を調査した。No.3及びNo.8のほ場に株元の雑草を刈らずに残した「株元草生区」と機械除草した「慣行除草区」を設け、指標生物種のゴミムシ類の個体数をピットフォールトラップで、ナシ葉上の害虫類及び天敵類の個体数を新梢葉の見取りによって調査した。

株元草生区のナシ葉上及び株元雑草からカブリダニ類を採集し、種構成を比較した。ナシ葉上からは面相筆で、株元雑草からは70%エタノールによる洗出しでカブリダニ類を採集した。採集したカブリダニ類は、雌成虫をホイヤー氏液に封入してスライドグラス標本を作製して種を同定した。また、管理の異なる7ほ場（表1）から下草雑草を種類ごとに採集して洗い出しを行い、草種ごとにカブリダニ類の発生を調査した。

②研究結果及び考察

ア 生物多様性指標種（ゴミムシ類）の発生量

ゴミムシ類の個体数は減農薬や草生・株元草生に取り組んでいるほ場で多く、スコアが大きくなる傾向が認められた（表2）。4年間の平均では、草生・株元草生ほ場の方が除草ほ場よりも6月の個体数が多くなった（表3）。以上の結果から、ピットフォールトラップによるゴミムシ類の調査は6月が適当であると考えられた。

表2 ピットフォールトラップによるゴミムシ類の捕獲数

| ほ場No. | 防除 | 下草管理 | 捕獲個体数（頭/トラップ/日） | | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|-----------------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | | | 2013年 | | | 2014年 | | | 2015年 | | | 2016年 | | |
| | | | 6月 | 7月 | 8月 | 6月 | 7月 | 8月 | 6月 | 7月 | 8月 | 6月 | 7月 | 8月 |
| 1 | 減農薬 | 清耕 | 0.24 | 0.76 | 0.05 | 0.24 | 0.33 | 0.38 | 0.31 | 1.18 | 0.17 | 0.26 | 0.08 | 0.13 |
| 2 | 減農薬 | 慣行除草 | 0.86 | 0.52 | 0.19 | 0.29 | 0.90 | 0.33 | 1.45 | 1.56 | 1.88 | - | - | - |
| 3 | 減農薬 | 慣行除草 | 1.00 | 0.95 | 1.14 | 0.90 | 4.10 | 0.29 | 1.36 | 0.39 | 0.25 | 0.38 | 0.67 | 0.24 |
| 4 | 減農薬 | 草生 | 0.67 | 0.57 | 0.71 | 1.86 | 0.79 | 0.33 | 4.10 | 2.04 | 0.17 | 2.89 | 0.17 | 0.33 |
| 5 | 慣行防除 | 株元草生 | - | - | - | 0.71 | 0.62 | 0.48 | 1.50 | 0.22 | 0.08 | 1.11 | 0.42 | 0.81 |
| 6 | 慣行防除 | 清耕 | 0.10 | 1.05 | 0.19 | 0.10 | 0.38 | 0.05 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 慣行防除 | 清耕 | - | - | - | 0.62 | 1.38 | 0.29 | 0.90 | 1.30 | 0.33 | 1.22 | 0.21 | 0.25 |
| 8 | 慣行防除 | 慣行除草 | 0.10 | 0.00 | 0.05 | 0.14 | 0.07 | 0.05 | 0.24 | 0.22 | 0.10 | 0.19 | 0.04 | 0.00 |

- 注1) 「調査・評価マニュアル I 調査法・評価法」(農林水産技術会議、2012)より、
 スコア0：1頭未満、スコア1：1～3頭、スコア2：3頭以上
 2) 「-」は調査を実施せず

表3 ピットフォールトラップによるゴミムシ類の捕獲数(4年間の平均)

| ほ場 No. | 防除 | 下草管理 | 捕獲個体数(頭/トラップ/日) | | |
|-----------|------|------|-----------------|------|------|
| | | | 6月 | 7月 | 8月 |
| 1, 2, 3 | 減農薬 | 除草 | 0.68 | 1.04 | 0.49 |
| 4 | 減農薬 | 草生 | 2.38 | 0.89 | 0.39 |
| 5 | 慣行防除 | 株元草生 | 1.11 | 0.42 | 0.46 |
| 6, 7, 8 | 慣行防除 | 除草 | 0.39 | 0.59 | 0.15 |

- 注1) 「調査・評価マニュアル I 調査法・評価法」(農林水産技術会議、2012)より、
 スコア0：1頭未満、スコア1：1～3頭、スコア2：3頭以上
 2) 下草管理の「除草」は「清耕」および「慣行除草」ほ場の捕獲数を平均した値を示す

イ 主要病害虫及び天敵類の発生動態

黄色粘着トラップによる天敵類調査では、調査した全ての年・月において減農薬ほ場No.1のアバンダンスが高かった(図1)。減農薬・草生栽培ほ場No.4は、2014年7月と2015年7月を除いて種多様度が最も高かった。慣行防除・株元草生ほ場No.5についても、2014年7月と2015年8月を除いて種多様度が高かった。慣行防除にもかかわらずほ場No.8の7月のアバンダンスはどの年も比較的高かった。3年間を通じてNo.8の7月のクモ類、ヒメハナカメムシ類、ハネカクシ類の捕獲数および6～7月の害虫類の葉上密度が高かったことから、餌密度がこれら天敵類の発生数を増加させ、アバンダンスの増大につながったと考えられた。

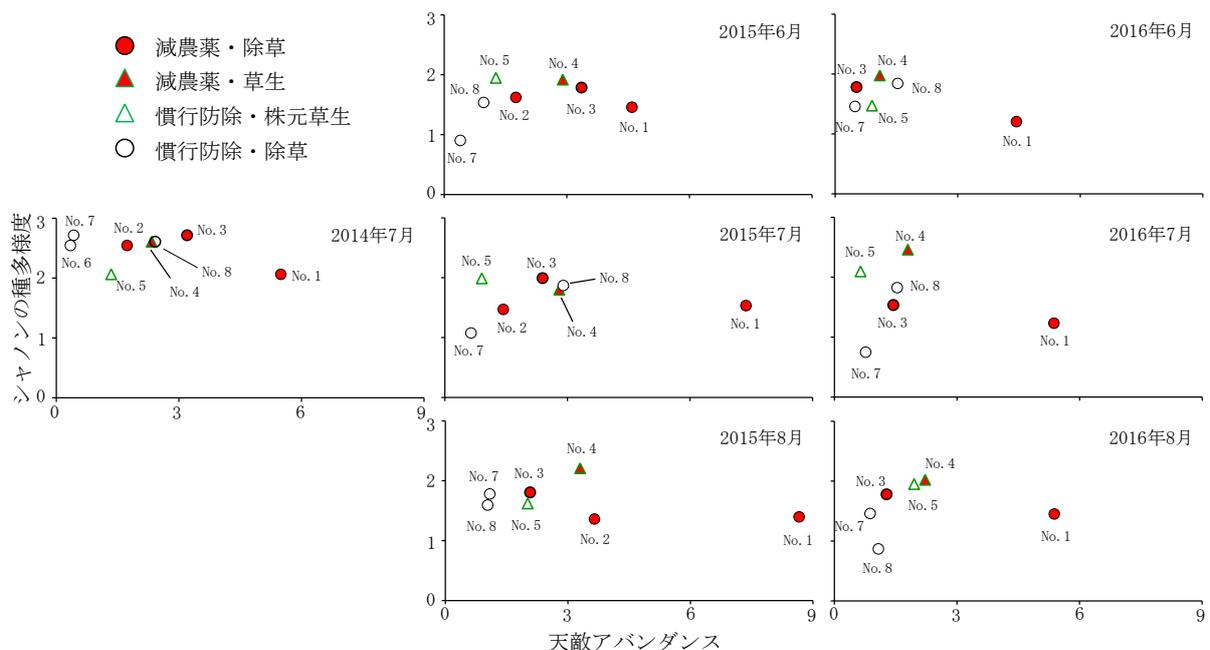


図1 黄色粘着トラップによって捕獲された天敵類のアバンダンスと種多様度

注1) 天敵アバンダンス：天敵類6種の1トラップ1週間当たりの総個体数

2) シャノンの種多様度(Shannon-Wienerの多様度指数)： $H' = -\sum (ni/N) \log_2 (ni/N)$;
 ni ：i番目の天敵種の個体数；N：天敵類の総個体数

ナシ葉上の害虫類の発生ピークの密度は、2013年の減農薬・草生ほ場No.4でハダニ類が多発した事例を除いて、慣行防除・除草ほ場に比べ、減農薬や草生・株元草生に取り組んでいるほ場の方が低い傾向であった（図2）。ただし、ほ場ごとに殺虫剤の使用程度・時期、周辺環境等の条件が大きく異なる。天敵類の発生については、減農薬や草生・株元草生に取り組んでいるほ場の方が、慣行防除・除草ほ場よりも天敵類の発生時期が早い傾向が認められた（図3）。ただし、慣行防除・除草ほ場No.8では比較的早い時期から天敵類が発生した。

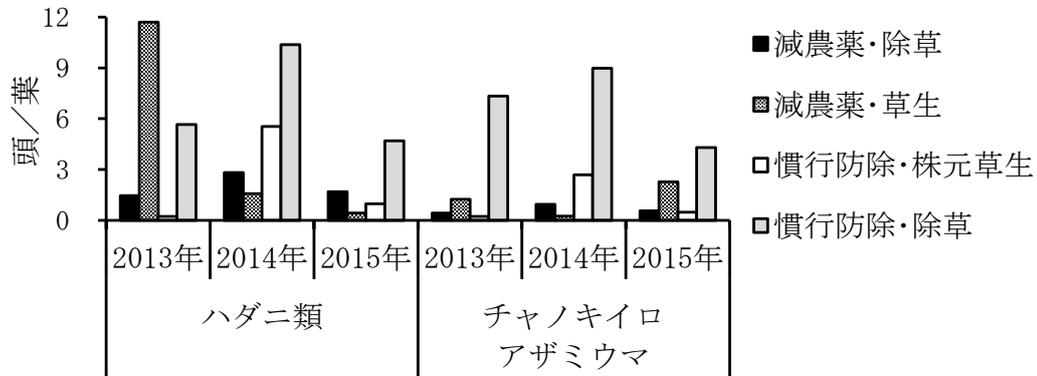


図2 ナシ新梢葉における害虫類の発生ピークの密度

注) 「減農薬・除草」はほ場No.1～3の平均値、「減農薬・草生」はほ場No.4、「慣行防除・株元草生」はほ場No.5、「慣行防除・除草」はほ場No.6～8の平均値を示す

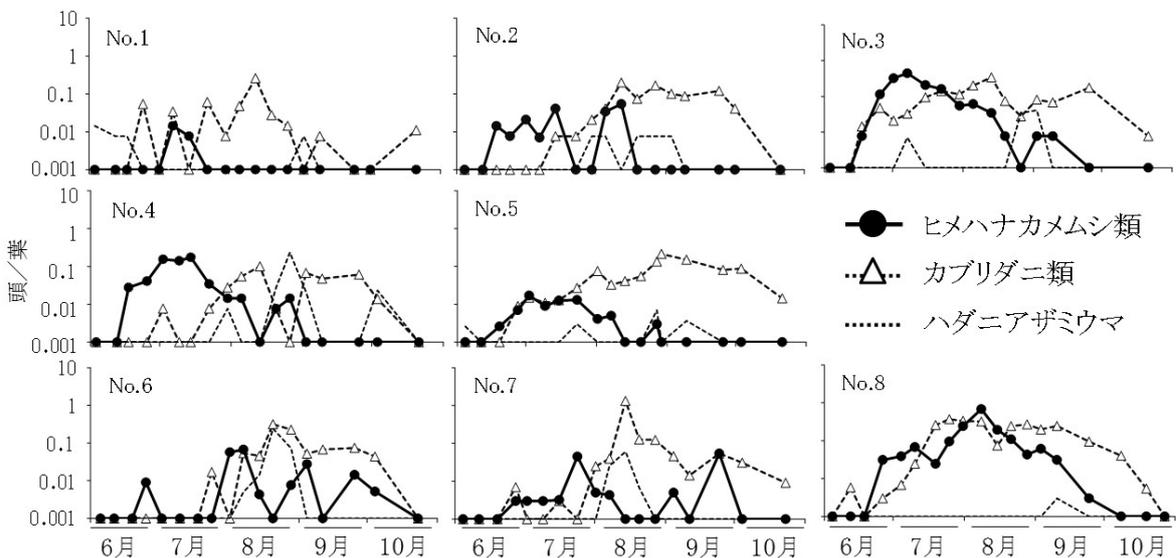


図3 ナシ新梢葉における天敵類の発生活消長（2013年）

表4 ナシ新梢葉における天敵類個体数（6月の平均）

| ほ場 No. | 防除 | 下草管理 | 個体数（頭/葉/調査） | | |
|-----------|------|------|-------------|-------|-------|
| | | | 2013年 | 2014年 | 2015年 |
| 1, 2, 3 | 減農薬 | 除草 | 0.02 | 0.21 | 0.09 |
| 4 | 減農薬 | 草生 | 0.02 | 0.21 | 0.21 |
| 5 | 慣行防除 | 株元草生 | 0.00 | 0.01 | 0.15 |
| 6, 7, 8 | 慣行防除 | 除草 | 0.00 | 0.01 | 0.12 |

注) 下草管理の「除草」は「清耕」および「慣行除草」ほ場の捕獲数を平均した値を示す

ウ 生物多様性保全効果の高い I P M 技術の実証

ほ場No. 3の2018年6月、7月及び2019年の6月のゴミムシ個体数が、株元草生区で慣行除草区よりも多く、スコアにも差が認められた(表5)。ほ場No. 8では株元草生区で慣行除草区よりもゴミムシ個体数が多い傾向はみられるものの、スコアに差は認められなかった。これらの結果から、減農薬と株元草生処理を併用することで、生物多様性指標種の個体数を高めることができることが示唆された。異なるほ場における比較試験(表2、3)も含めると、調査時期としては6月が適当だと思われる。

表5 ピットフォールトラップによるゴミムシ類の捕獲個体数(頭/トラップ/日)

| ほ場 No. | 地域 | 防除 | 下草管理 | 2018年 | | | 2019年 | | |
|--------|-----|------|------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
| | | | | 6月 | 7月 | 8月 | 6月 | 7月 | 8月 |
| 3 | 市川市 | 減農薬 | 株元草生 | 1.6 | 1.8 | 0.8 | 3.4 | 0.4 | 0.4 |
| | | 減農薬 | 慣行除草 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.2 |
| 8 | 千葉市 | 慣行防除 | 株元草生 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.7 | 0.0 | 0.2 |
| | | 慣行防除 | 慣行除草 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 |

注) 「調査・評価マニュアル I 調査法・評価法」(農林水産技術会議、2012)より、スコア0:1頭未満、スコア1:1~3頭、スコア2:3頭以上

ナシ葉上の害虫類としてはハダニ類の密度が2016年のほ場No. 3及び2017年のほ場No. 8において、株元草生区で慣行除草区よりも低く抑えられた(図4左)。天敵類としてはカブリダニ類の密度が全てのほ場において、株元草生区で慣行除草区よりも高くなった(図4右)。ナシ葉上と株元雑草からは、No. 3の減農薬ほ場ではニセラーゴカブリダニとコウズケカブリダニが、No. 8の慣行防除ほ場ではニセラーゴカブリダニがそれぞれ採集された(図5)。ナシ葉上と株元雑草から共通のカブリダニ種が採集されたことから、株元雑草がカブリダニ類の供給源になっていることが示された。下草雑草の草種ごとの洗出しでは、調査した19科49種152サンプルのうち、18科35種68サンプルでカブリダニ類が認められた(表6)。

チャノキイロアザミウマ、アブラムシ類、シンクイムシ類、ナシ黒星病といったハダニ類以外の主要病害虫の発生程度は株元草生区で慣行除草区よりも多い傾向は認められなかった(データ省略)。これらの結果から、減農薬と株元草生処理を組み合わせた I P M 技術は、生物多様性指標種の個体数を高めるとともに、主要病害虫の発生を助長せず、場合によってはハダニ類密度を低く抑えられることが示唆された。

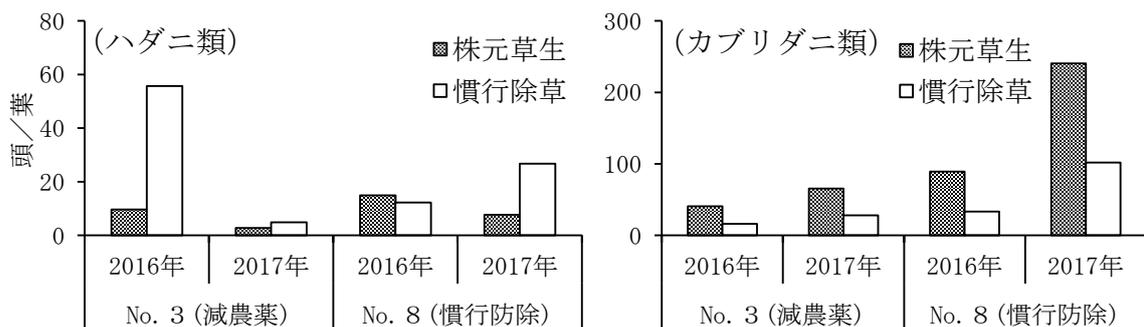


図4 新梢葉上のハダニ類とカブリダニ類の個体数(7~8月の平均値)

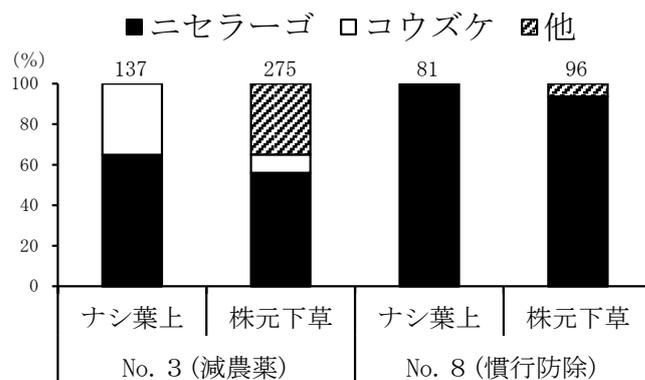


図5 株元草生区のナシ葉上と株元雑草のカブリダニ類種構成

注1) グラフ上の数字は調査した雌成虫数

2) 2016年5月から10月に定期的にサンプリングを行った

表6 カブリダニ類の採集されたナシほ場内の下草雑草

| 科 | 種類 (和名) |
|---------|-----------------------------|
| アカザ科 | シロザ |
| アカネ科 | ヘクソカヅラ、ヤエムグラ |
| アブラナ科 | ナズナ |
| イネ科 | オヒシバ、スズメノカタビラ、ネズミムギ、メヒシバ、不明 |
| オオバコ科 | オオイヌノフグリ、オオバコ |
| ガガイモ科 | ガガイモ |
| カタバミ科 | カタバミ |
| カヤツリグサ科 | ハマスゲ |
| キク科 | ウラジロチチコグサ、ハキダメギク、ハルジオン、ヨモギ |
| シソ科 | ヒメジソ近縁種、ホトケノザ |
| タデ科 | イヌタデ、エゾノギシギシ、ギシギシ属不明種 |
| ツユクサ科 | ツユクサ |
| ドクダミ科 | ドクダミ |
| ナス科 | イヌホオズキ、イヌホオズキの仲間 |
| ナデシコ科 | ウシハコベ、コハコベ |
| バラ科 | ヘビイチゴ |
| ヒユ科 | ヒナタイノコヅチ |
| マメ科 | カラスノエンドウ、シロツメクサ、ナヨクサフジ、ヤブマメ |

注) 2016年3月から12月に6ほ場からサンプリングを行った

3) 成果活用における留意点

ヤエムグラ等の春草は枯死後にマルチとして株元の雑草を抑えてしまうため、3月中に手取りで除去する。10月以降は株元の雑草に黒星病等の越冬源となる落葉が集まるため、株元の草を除草し、落葉処理を十分行う。ニセナシサビダニやチャノキイロアザミウマ対策のトルフェンピラド剤、クロルフェナピル剤はカブリダニ類への影響が大きいため、5月中旬以前に使用する。スピネトラム剤やピレスロイド系・ピレトリン系剤も天敵への影響が大きいため、可能であればフェロモン剤の使用や、非選択性剤によって代替する。ほ場観察を十分行い、カイガラムシ類やチョウ目害虫は適期防除に努める。

4) 今後の課題

減農薬や株元草生処理に取り組む場合、コウモリガ等の枝幹害虫が問題になる可能性がある。現状では、シンクイガ対策の薬剤防除や多目的防災網の設置、コウモリガの一次寄主になりうる丈の高い雑草を除去するなど、複合的な雑害虫対策に努める必要がある。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 1(4) | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 1 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発 | | |
| 実行課題名 | (4) 西南暖地水田における農業に有効な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 上村香菜子・福岡県農林業総合試験場 | | |

1) 研究目的

温暖化の進行に伴い、病虫害等の発生状況が大きく変わることが懸念されている。これに対応して安定的な農業生産を持続するためには、農業環境生態系における生物多様性を保全し活用する技術の開発が求められる。このため、西南暖地水田においてIPM取り組み程度の異なるほ場で生物多様性の指標となる生物の発生量を調査し、生物多様性保全効果の高いIPM取り組み項目を明らかにするとともに、生物多様性保全効果の高い農法を実施する手法を開発する。

2) 研究成果

(1) 生物多様性保全効果の高い取り組み項目の解明：平成25～27年

平成25～27年に生物多様性保全効果の高いと考えられる取り組みを行っているほ場にて、表1に示す指標生物の発生量を調査した。その結果、これらの取り組みを行っているほ場では、当該指標生物がそれぞれ保全されたため、これらは生物多様性保全効果が高い取り組み項目であると考えられた。

表1 生物多様性保全効果が高い取り組み項目¹⁾

| 取り組み項目 | 保全される傾向がみられた指標生物 | | | | 判定方法 | 調査年度 | 備考 |
|---------------|------------------|--------|----------|---------|------|---------|--|
| | ウスバキトンボ | イトトンボ類 | 水生コウチュウ類 | アシナガグモ類 | | | |
| 育苗箱施薬使用しない | ○ | | ○ | | スコア | H26 | 水管理によっては効果が不安定となる(ウスバキトンボ、イトトンボ類、水生コウチュウ類) |
| 本田殺虫剤散布を控える | ○ | ○ | | | スコア | H25 | |
| | | ○ | | ○ | スコア | H26 | |
| 湛水状態の維持 | ○ | | | | 脱皮殻数 | H25、H26 | |
| 除草剤(畦畔)を使用しない | | | | | スコア | H27 | 効果を得るには、同時に「本田殺虫剤散布を控える」取組が必要 |

注) 1. 調査時期、手法、評価は「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価法マニュアル」に基づく。

(2) 生物多様性保全効果の高いと考えられる農法の実証：平成27～29年

①平成27年

生物多様性の指標生物（水生コウチュウ類、ウスバキトンボ、イトトンボ類、アシナガ

グモ類、コモリグモ類) に対する保全効果が高いと考えられる取り組み項目を取り入れた「湛水状態を維持・育苗箱施薬を使用しない・本田殺虫剤の散布を控える」農法の実証を農林試内小規模水田で行った。指標生物のうちウスバキトンボ、イトトンボ類、水生コウチュウ類、コモリグモ類のスコアおよび合計スコアは実証区で高く、この農法は生物多様性保全効果が高いと考えられた(表2)。

表2 試験区における各指標生物のスコア¹⁾

| 試験区 | 湛水状態の維持 | 育苗箱施薬の有無 | 本田殺虫剤の有無 | ほ場当たり平均スコア ²⁾ | | | | | 合計 |
|-----|---------|----------|----------|--------------------------|--------|----------|---------|--------|-----|
| | | | | ウスバキトンボ | イトトンボ類 | 水生コウチュウ類 | アシナガグモ類 | コモリグモ類 | |
| 実証区 | 移植後58日間 | なし | なし | 1.3 | 0.8 | 1.3 | 0 | 1.8 | 5.0 |
| 対照区 | 移植後38日間 | あり | あり | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 1.0 | 1.8 |

注) 1. 調査時期、手法、評価は「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価法マニュアル」に基づく。

(調査場所及び耕種概要) 福岡県農業総合試験場内コンクリート枠圃場(1区画:10×4m)、平成27年6月25日移植

(調査日)ウスバキトンボ8月19日、イトトンボ類8月18日、水生コウチュウ類7月27日、アシナガグモ類・コモリグモ類9月9日

2. 数値は4ほ場のスコアの平均値

②平成28年

生物多様性の指標生物(水生コウチュウ類、ウスバキトンボ、イトトンボ類、アシナガグモ類、コモリグモ類) に対する保全効果が高いと考えられる取り組み項目を取り入れた「湛水状態を維持・本田殺虫剤の散布を控える」農法の実証を行った。その結果、「水生コウチュウ類」の発生量は不安定であった。また、「イトトンボ類」および「ウスバキトンボ」は捕獲数が少なく、地域によっては発生しなかったため、指標生物種として汎用性は低いと思われた。一方、「アシナガグモ類」、「コモリグモ類」を含めたクモ類は対照区と比較して実証区で多かった。クモ類の発生量はこれまで4年間実施した「除草剤(畦畔)を使用しない」や「本田殺虫剤散布を控える」の影響を安定して反映しており、指標種、評価手法、取り組み項目の全てにおいて汎用性が高く、西南暖地水田の生物多様性の評価に適した指標種であると考えられた(表3)。

表3 生物多様性保全効果が高いと考えられる取り組み項目におけるクモ類のスコア¹⁾

| 年 | 場所 | 本田殺虫剤の有無 | 除草剤(畦畔)の有無 | 圃場当たり平均スコア ²⁾ | | 合計 | | |
|-----|-----------|----------|------------|--------------------------|--------|-----|-------------------------------|----------------|
| | | | | アシナガグモ類 | コモリグモ類 | | | |
| H25 | 筑紫野 | あり | なし | 0 | 1.0 | 1.0 | } 本田殺虫剤なしでスコア高 | |
| | | なし | あり | 0 | 1.0 | 1.0 | | } 畦畔除草剤なしでスコア高 |
| | | なし | なし | 0 | 1.2 | 1.2 | | |
| H26 | 筑紫野 | あり | なし | 0 | 0.4 | 0.4 | } 本田殺虫剤の方が影響大 | |
| | | なし | あり | 1.8 | 1.2 | 3.0 | | |
| H27 | 粕屋 筑紫野 | あり | あり | 0 | 0.3 | 0.3 | } 本田殺虫剤が入ると畦畔除草剤を抜いた効果がマスクされる | |
| | | あり | なし | 0 | 0 | 0 | | |
| | | なし | あり | 0 | 0.8 | 0.8 | | } 畦畔除草剤なしでスコア高 |
| なし | なし | 0 | 1.4 | 1.4 | | | | |
| H28 | 糸島 | あり | なし | 0 | 1.8 | 1.8 | } 本田殺虫剤なしでスコア高 | |
| | | なし | なし | 0 | 2.0 | 2.0 | | |

注) 1. 調査時期、手法、評価は「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価法マニュアル」に基づく。

2. 数値は平均2~10ほ場のスコアの平均値

③平成29年

指標種をクモ類（アシナガグモ類、コモリグモ類）に絞り、これらの保全効果が高いと考えられる取り組み項目「除草剤（畦畔）を使用しない・本田殺虫剤散布を控える」を取り入れた農法の実証を行った。試験区の構成は表4のとおり。

表4 試験区の構成

| 場所 | 試験区 | 本田殺虫剤 | | | 除草剤 (畦畔) の有無 |
|-----|-----|-------|---------|------------|--------------------|
| | | 使用回数 | 散布日 | 薬剤名 | |
| 宗像 | 実証区 | 0 | - | - | なし |
| | 対照区 | 1 | 9/2 | スタークル液剤 | あり |
| 嘉麻 | 実証区 | 1 | 8/18 | キラップフロアブル | なし |
| | 対照区 | 1 | 8/1 | スタークル顆粒水和剤 | あり |
| 大刀洗 | 実証区 | 2 | 8/27 | キラップフロアブル | 一部あり |
| | | | 9/10 | スタークルメイト | |
| | 対照区 | 3 | 8/11 | トレボンスカイMC | — (コンクリート) |
| | | | 8/20 | スタークル液剤 | |
| | | 8/27 | スタークル粉剤 | | |

※県内の慣行防除は8月中下旬および9月上旬の2回。主にトビイロウンカ・斑点米カメムシ類が対象

【指標生物の発生量】

水田内の指標生物（アシナガグモ類、コモリグモ類）の調査時期ごとの合計スコアは、8月下旬の嘉麻地区と9月上旬の大刀洗地区を除き、実証区が高かった。嘉麻地区の実証区では調査の直前に本田殺虫剤が散布されていたため、8月下旬のスコアが一時的に低下したと考えられた。また、大刀洗地区の対照区では8月末～9月上旬にかけて試験区および周辺ほ場が落水状態であるのに対し、湛水状態となっていた。湛水状態の継続はアシナガグモにとって好適な生息環境と考えられることから、9月上旬のスコアが一時的に上昇したと考えられた。以上のことから、経時的には実証区での一時的なスコアの低下は認められたものの、全期間の合計スコアは実証区が高く、この農法は生物多様性保全効果が高いと考えられた（表5）。

また、畦畔のコモリグモ類（キクヅキコモリグモ、キバラコモリグモ）の合計捕獲数は実証区で多く、畦畔においても指標生物（コモリグモ類）が保全されることが明らかとなった（図1）。

表5 クモ類(コモリグモ類、アシナガグモ類)の生物多様性スコア¹⁾(2017)

| 場所 | 試験区 | 本田 殺虫剤 使用回数 | 除草剤 (畦畔) の有無 | ほ場当たり平均スコア ²⁾ | | | | | |
|-----|-----|-------------------|--------------------|--------------------------|------------|-----|-------------|------------|-----|
| | | | | 8月上旬 | | | 8月下旬 | | |
| | | | | アシナガ グモ類 | コモリ グモ類 | 合計 | アシナガ グモ類 | コモリ グモ類 | 合計 |
| 宗像 | 実証区 | 0 | なし | 0.8 | 1.2 | 2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| | 対照区 | 1 | あり | 0.2 | 0 | 0.2 | 0 | 0.3 | 0.3 |
| 嘉麻 | 実証区 | 1 | なし | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 対照区 | 1 | あり | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 |
| 大刀洗 | 実証区 | 2 | 一部あり | 0 | 0.4 | 0.4 | 0 | 0 | 0 |
| | 対照区 | 3 | — (コンクリート) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表5 つづき

| 場所 | 試験区 | 本田 殺虫剤 使用回数 | 除草剤 (畦畔) の有無 | ほ場当たり平均スコア ²⁾ | | | | | | |
|-----|-----|-------------------|--------------------|--------------------------|------------|-----|-------------|------------|-----|-----------|
| | | | | 9月上旬 | | | 9月下旬 | | | 全期間 合計 |
| | | | | アシナガ グモ類 | コモリ グモ類 | 合計 | アシナガ グモ類 | コモリ グモ類 | 合計 | |
| 宗像 | 実証区 | 0 | なし | 0 | 1.4 | 1.4 | 0 | 1.8 | 1.8 | 5.6 |
| | 対照区 | 1 | あり | 0 | 1.3 | 1.3 | 0 | 1.8 | 1.8 | 3.6 |
| 嘉麻 | 実証区 | 1 | なし | 0 | 1.4 | 1.4 | — | — | — | 1.4 |
| | 対照区 | 1 | あり | 0 | 0.7 | 0.7 | — | — | — | 1.0 |
| 大刀洗 | 実証区 | 2 | 一部あり | 0 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1.6 | 1.6 | 2.8 |
| | 対照区 | 3 | — (コンクリート) | 1.2 | 0.2 | 1.4 | 0 | 0.2 | 0.2 | 1.6 |

注) 1. 調査手法、評価は「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価法マニュアル」に基づく。
2. 数値は3～5ほ場のスコアの平均値

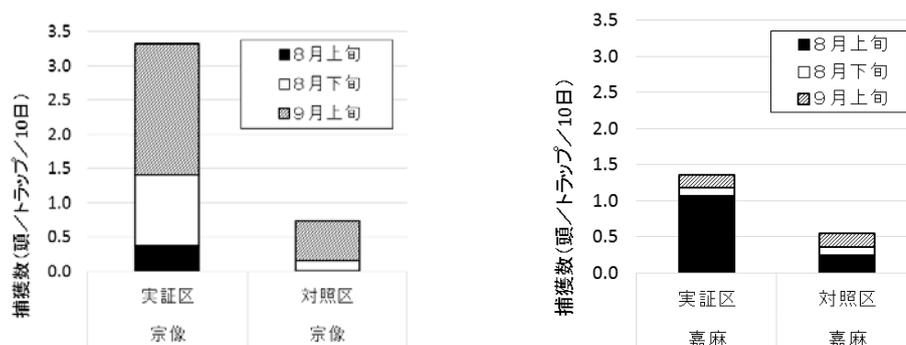


図1 畦畔における指標生物(キクヅキコモリグモ、キバラコモリグモ)の捕獲数^{1)、2)}

注) 1. 捕獲トラップとして、三角筒型粘着シート(アース製薬:ごきぶりホイホイ)を畦畔上に設置(ほ場あたり4カ所、設置期間6～13日)。捕獲数は各試験区の平均値
2. 大刀洗地区は対照区の畦畔がコンクリート枠であり、実証区と条件が異なるため調査結果から割愛した。

【害虫類の発生量】

害虫類(ウンカ・ヨコバイ類)の合計捕獲数は実証区で多い傾向であったが、いずれにおいても、これらによるイネへの被害は確認されなかった。宗像地区では8月上旬にクモ類の密度が高かったため、害虫類の密度は徐々に低下したと考えられた(図2左)。特にトビイロウンカは飛来後第1世代の防除効果が得られたことにより、次世代以降の密度が抑制された可能性が示唆された(図3左:トビイロウンカの項)。

一方、大刀洗地区では8月上旬のクモ類の発生は少なく、9月以降にトビイロウンカが実証区で多発した(図2右、図3右:トビイロウンカの項)。これらのことから、水田内や畦畔のクモ類を保全することが、害虫類の密度を抑制する一要因であると考えられた。

参考: 本県における2017年のトビイロウンカの飛来状況

害虫類(ウンカ・ヨコバイ類)の中でもトビイロウンカはイネを吸汁し枯死・倒伏させる「坪枯れ」を引き起こす最重要害虫である。2017年は予察灯とネットトラップ及び、JPP-NET(日本植物防疫協会運営)の「ウンカ飛来予測シミュレーションモデル」情報に基づくほ場調査より、6月25日と7月9～17日に飛来が確認された。ほ場でのトビイロウンカ発生状況から、8月上旬は飛来後第1世代、8月下旬～9月上旬は飛来後第2世代、9月下旬は飛来後第3世代(坪枯れを引き起こす世代)であると考えられた。トビイロウンカは増殖量が著しく、多発後の防除は困難であるため、防除は飛来後第1世代と第2世代を中心に行われている。

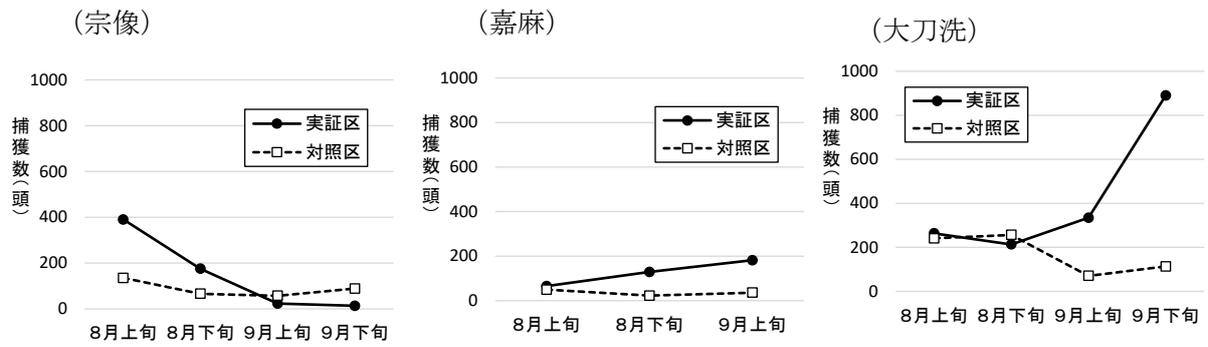


図2 害虫類(ウンカ類・ヨコバイ類)の密度推移

注) 1. 払落し法(4か所×5株の2回払い)による捕獲調査。捕獲数は各試験区の平均値

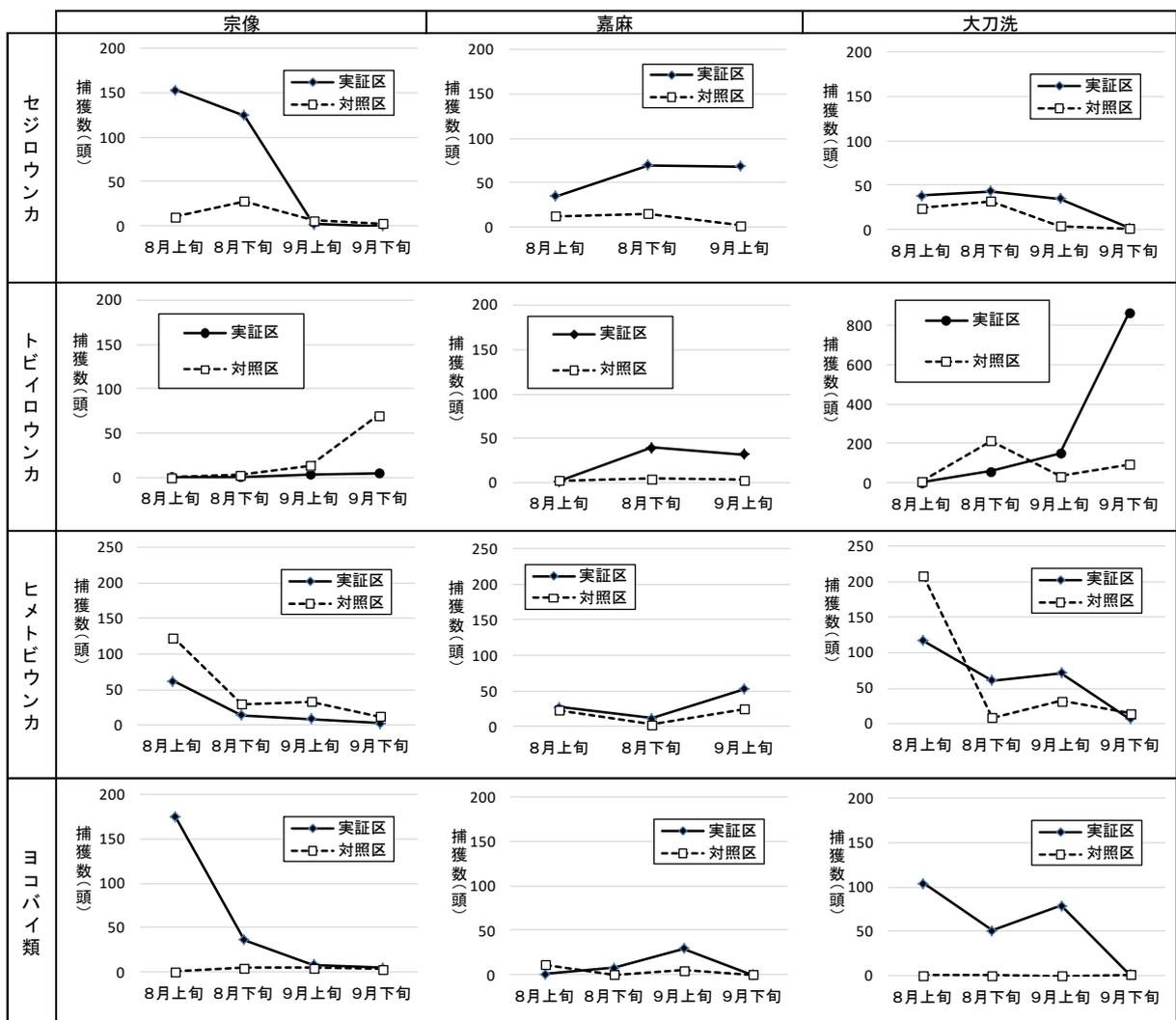


図3 各種害虫類の密度推移

注) 1. 払落し法(4か所×5株の2回払い)による捕獲調査。捕獲数は各試験区の平均値

2. トビロウンカ要防除水準(中老齢幼虫合計値で示す)

飛来後第1世代: 100株当たり20頭以上

飛来後第2世代: 100株当たり100頭以上

飛来後第3世代: 100株当たり1000頭以上

3) 成果活用における留意点

クモ類を保全することによって、ウンカ類・ヨコバイ類に対する一定の密度抑制効果が期待できるものの、トビイロウンカを中心としたウンカ類は増殖量が著しいため、年によっては多発することがある。このため、定期的にはほ場内を見回り害虫の発生状況を把握するとともに、要防除水準に達した場合は速やかに薬剤防除を実施する必要がある。斑点米カメムシ類に対しても同様の対策が必要である。

4) 今後の課題

モデル地域を作り、そこからの波及効果で普及を進めることが望ましいと考えられる。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 1(5) | 研究期間 | 平成25～27年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 1 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発 | | |
| 実行課題名 | (5) 中山間地水田における農業に有用な生物多様性を保全するIPM設計手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 星野 滋 広島県立総合技術研究所農業技術センター | | |

1) 研究目的

生物多様性指標生物および病害虫の動態と水田管理手法との関係を解明するため、水稲総合的病害虫雑草管理(IPM)手法の異なる水田において、生物多様性指標生物種および病害虫の発生量の影響評価を行い、生物多様性を増加させる管理手法を以下によって明らかにする。①複合抵抗性品種の栽培がイネウンカ類、いもち病および生物多様性指標種に与える影響を明らかにする。②中干しなどの生物多様性指標種の個体数動態に与える影響を調査し、小水路(ひよせ)の設置によって、その影響が緩和可能かどうか明らかにする。

2) 研究成果

(1) 複合抵抗性品種「ゆめまつり」の栽培がいもち病および害虫等に与える影響および現地適応性を検討するため、広島県立総合技術研究所農業技術センター内水田で「ゆめまつり」を栽培して(対照品種「あきろまん」)、イネウンカ類の寄生虫数およびいもち病の発生程度、収量を調査した。その結果、複合抵抗性品種「ゆめまつり」は、「あきろまん」と比べて、トビイロウンカ密度を約3割に抑制した(図1-1)。「ゆめまつり」の葉いもちの発生は、「あきろまん」と同等であったが(表1-1)、穂いもちの発生は、「あきろまん」に比べて少なかった(表1-1)。「ゆめまつり」は「あきろまん」に比べて、短稈で倒伏に強く、多収で屑米歩合が低かった(表1-2)。以上のことから、イネウンカ類やいもち病の中発生地域では、「ゆめまつり」はイネウンカ類およびいもち病を抑制すると考えられた。

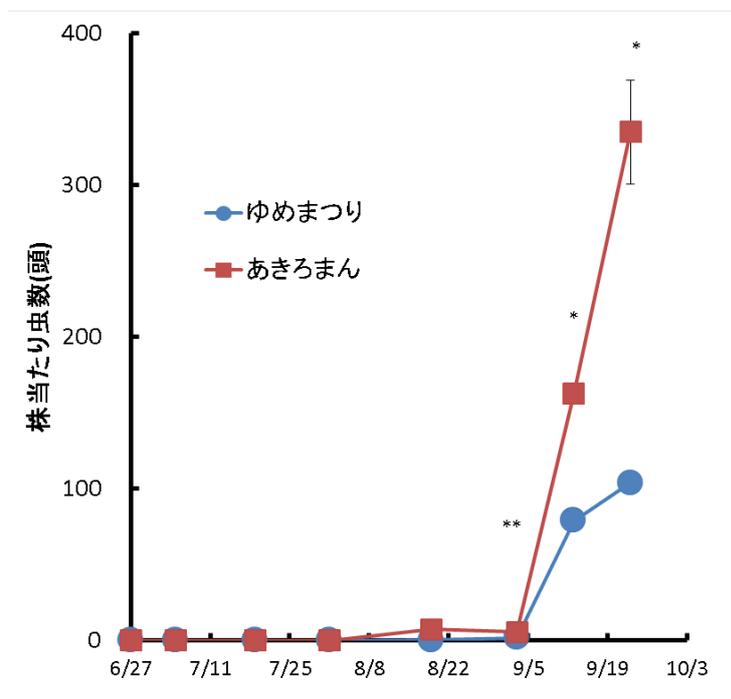


図1-1 複合抵抗性品種「ゆめまつり」と「あきろまん」のトビイロウンカ密度 (2013年)

表1-1 「ゆめまつり」および「あきろまん」のいもち病の発生状況 (2013年)

| | 葉いもち | | 穂いもち | |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|
| | 発病株率 | 病斑面積率 | 発病穂率 | 被害度 |
| ゆめまつり | 100±0 | 1.26±0.10 a | 0.53±0.50 a | 0.14±0.13 a |
| あきろまん | 100±0 | 1.53±0.21 a | 3.87±0.55 b | 1.15±0.20 b |

異なる英小文字はt検定5%水準で有意差あり

葉いもちの発病調査は、下記の発病程度別に株数を各区100株調査し、発病株率、病斑面積率を算出した。

発病程度 無: 病斑なし

少: 下葉にのみある程度の病斑が見られるが上位葉にはない

中: 中葉までかなり病斑が見られ、上葉には点在する程度

多: 上葉までかなり病斑が見られ軽いざり込み症状

甚: 下葉は枯死し、完全なざり込み症状

病斑面積率=(程度少の株数×0.3+程度中の株数×1.3+程度多の株数×6.5+程度甚の株数×55)/100

穂いもちの発病調査は、発病程度別に穂数を各区20株調査し、発病穂率、被害度を算出した。

被害度=発病穂くび率 + (1/3以上枝梗発病穂率×0.66) + (1/3以下枝梗発病穂率×0.26)

表1-2 「ゆめまつり」と「あきろまん」の生育、収量および品質 (2013年)

| 品種名 | 出穂期 | 成熟期 | 稈長 | 穂長 | 穂数 | 倒伏程度 | 全重 | 精玄米重 | 同左比率 | 屑米歩合 | 千粒重 | 検査等級 |
|-------|------|------|----|------|------------------|------|-------|------|------|------|------|------|
| | 月/日 | 月/日 | cm | cm | 本/m ² | | kg/a | kg/a | % | % | g | |
| ゆめまつり | 8/15 | 10/5 | 80 | 22.4 | 396 | 0 | 183.1 | 58.7 | 127 | 9.6 | 22.6 | 2等下 |
| あきろまん | 8/18 | 10/7 | 90 | 20.7 | 411 | 3 | 169.6 | 46.3 | 100 | 17.7 | 21.2 | 2等下 |
| 有意性 | ** | ns | ** | * | ns | | ns | * | | ** | ** | |

田植期:5月27日、収穫期:ゆめまつり 10月2日、あきろまん 10月8日

倒伏程度は、0(無)~5(甚)の6段階評価とした。

**、* はt検定によりそれぞれ1%、5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す(n=3)。

(2) 中干しによる水田の水管理が生物多様性指標種の個体数動態に与える影響を検討するため、広島県立総合技術研究所農業技術センター内に約3週間中干した水田(中干し区)、常時、湛水状態を保った水田(湛水区)を設置し、イネ株上のイネウンカ類およびクモ類、水田内の水中の水生生物を調査した。その結果、中干しで、クモ類密度は減少し、セジロウンカ密度は増加した。再入水によりサラグモ科の密度は回復した(図2-1)。中干し期間中、湛水区ではアメンボ、マツモムシ、ヤゴが観察された。中干しを行っても、再入水によりトンボ類幼虫、カエル類幼生の密度は回復した(図2-2)。しかし、アメンボ類は中干し後の再入水でも、密度が回復しなかった(図2-2)。水管理の違いが水稻の生育、収量および品質に及ぼす影響はほとんどなかった(表2-1)。以上の結果、中干しは、イネ株上のサラグモ科個体数に大きな影響を与えること、また、一旦、中干し後に入水しても、水生生物の回復は望めないことが示唆された。

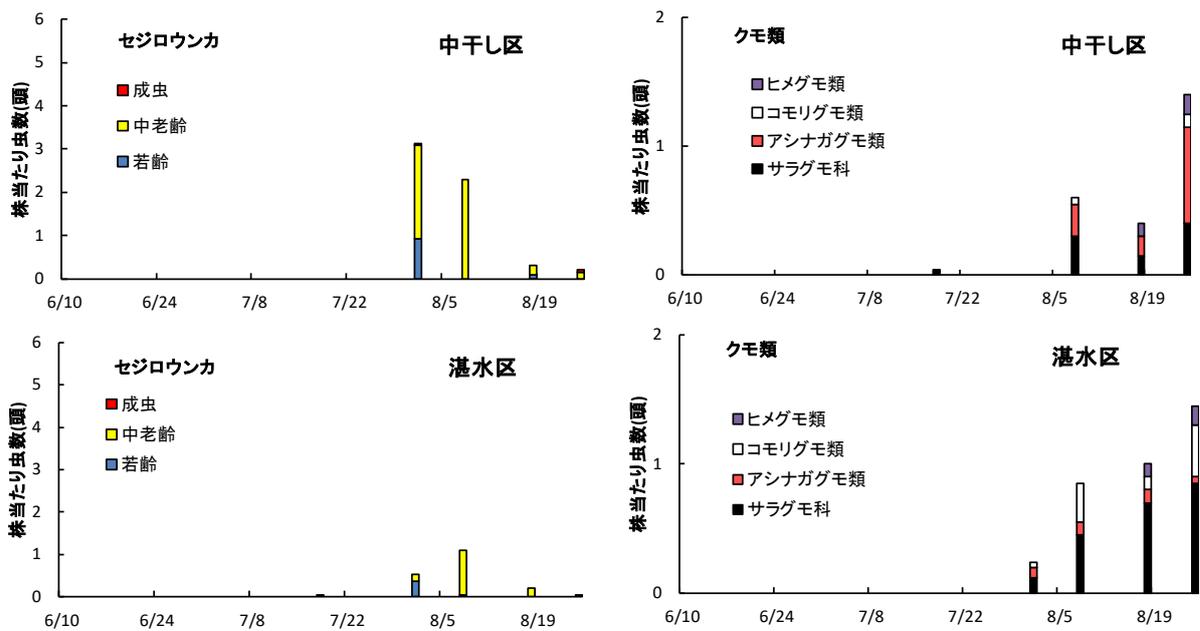


図2-1 イネ株のセジロウンカと生物多様性指標種(クモ類)の発生推移(2014年)

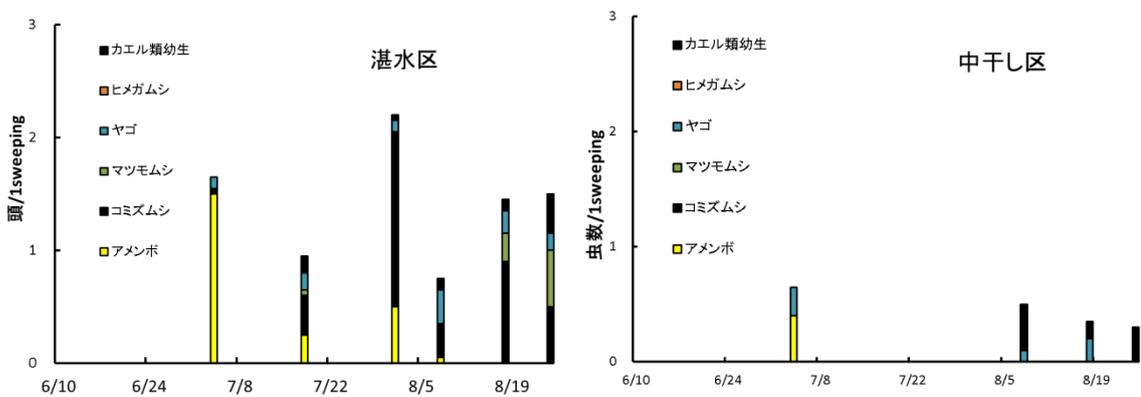


図2-2 タモ網すくい取り調査による中干しが水生生物に与える影響(2014年)

表2-1 水管理が「ゆめまつり」の生育、収量および品質に及ぼす影響（農技セ:2014年）

| 処理区 | 成熟期 (月/日) | 稈長 (cm) | 穂数 (本/m ²) | 倒伏程度 (0~5) | 精玄米重 (kg/a) | 千粒重 (g) | 検査等級 | 玄米蛋白 (%) | 食味値 (ポイント) |
|------|--------------|------------|---------------------------|---------------|----------------|------------|------|-------------|---------------|
| 中干し区 | 10/7 | 77 | 335 | 0 | 61.3 | 23.0 | 1等上 | 7.3 | 77.3 |
| 湛水区 | 10/7 | 80 | 328 | 0 | 63.2 | 22.8 | 1等上 | 7.5 | 75.7 |

注1) 倒伏程度は0(無)~5(甚)の6段階評価とした。

2) 検査等級は広島県 JA 農産物検査協議会の調査による。各等級は上・中・下に区分した。

3) 食味値はサタケ社製米粒食味計 RLTA10B による。

(3) 小水路のある現地水田の調査(尾道市)を2013~2015年の3カ年を行った。その結果、水田4圃場とも、中干し期間中、カエル類幼生が水田で観察されない時期でも、小水路に生息が認められた(データ略)。

水田内の小水路設置による生物多様性指標種の保全効果を検討するため、広島県立総合技術研究所農業技術センター内に小水路を設置した水田(小水路区)と小水路無設置の水田(無処理区)を設定し、イネ株上のイネウンカ類およびクモ類、水田内・小水路の水生生物を調査した。その結果、間断灌漑を開始した時期以降、小水路区のイネ株上のセジロウンカ個体数は無処理区と比較して、約6~7割となった。小水路区のイネ株上のサラグモ類の個体数は無処理区と比較して、約2倍で推移した(図3-1)。

「小水路」では、ヒメガムシ、コオイムシ、ウシガエルが観察された(図3-2)。

無処理区の水田では、コオイムシは観察されず、ヒメガムシやヤゴの個体数は小水路区と比べて少なかった(図3-3)。収穫期以降は、小水路がコオイムシ、ヒメガムシやシオカラトンボ幼虫だけでなく、特定外来生物「ウシガエル」を保護する形となった。

水田への小水路の設置が水稻の生育、収量および品質に及ぼす影響はほとんどなかった(表3-1)。以上の結果、水田への小水路の設置により、「小水路」において、生物多様性指標種が保全されることが明らかとなった。また、中干し後の再入水により、小水路設置水田では生物多様性指標種が回復する可能性が示された。

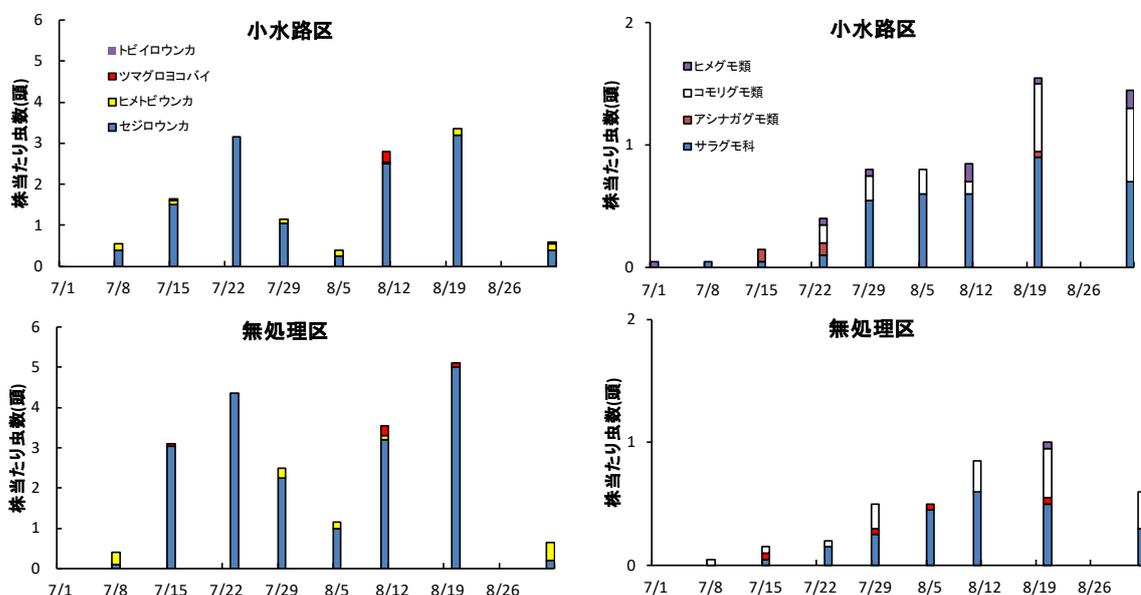


図3-1 小水路区および無処理区のイネ株上のイネウンカ類およびクモ類の推移(2015年)

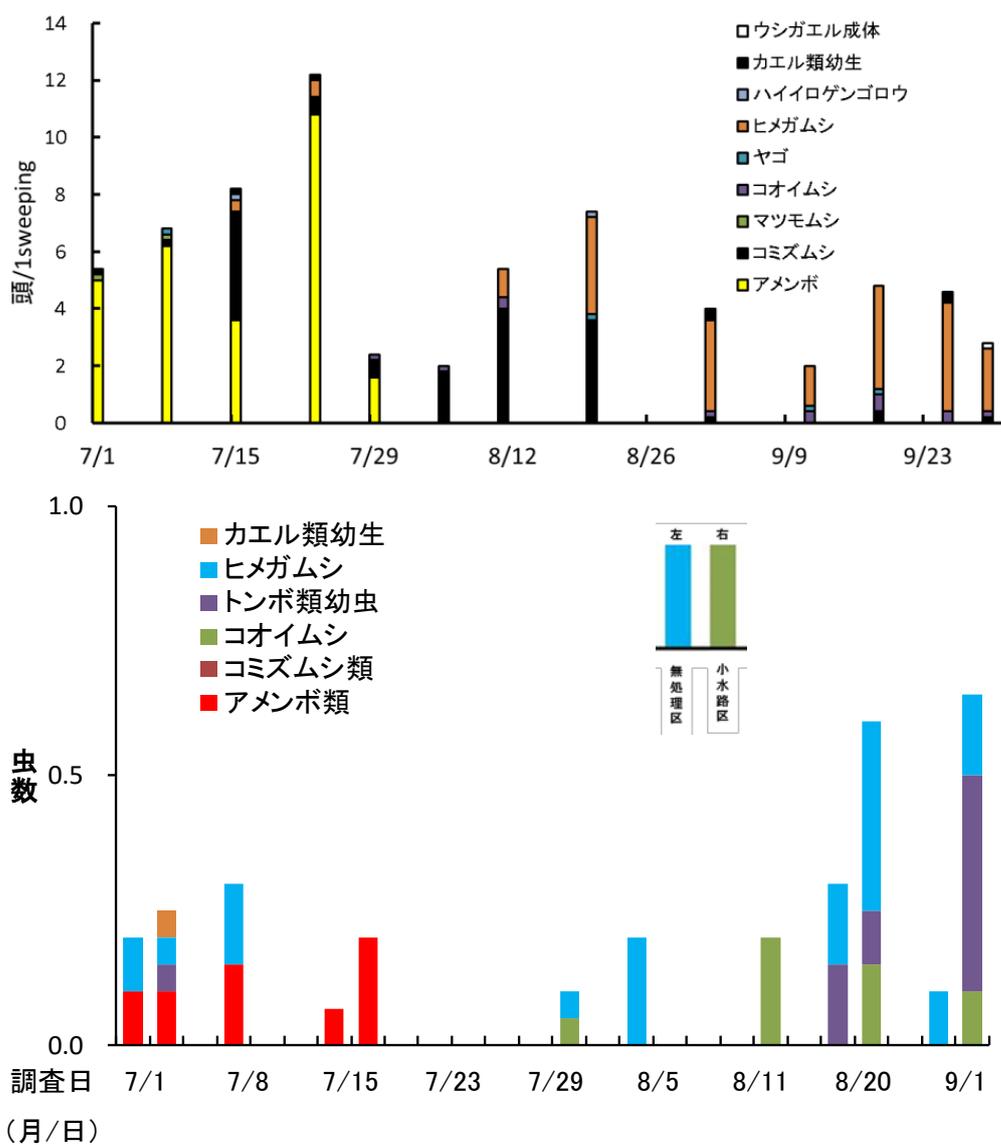


図3-3 タモ網すくいとり調査による小水路区・無処理区の水田内の水生生物の推移(2015年)

表3-1 小水路の設置が「ゆめまつり」の生育、収量および品質に及ぼす影響(2015年)

| 処理区 | 成熟期 (月/日) | 稈長 (cm) | 穂数 (本/㎡) | 倒伏程度 (0~5) | 精玄米重 (kg/a) | 同左比率 (%) | 千粒重 (g) | 検査等級 | 玄米蛋白 (%) | 食味値 (ポイント) |
|------|--------------|------------|-------------|---------------|----------------|-------------|------------|------|-------------|---------------|
| 小水路区 | 10/13 | 78 | 359 | 0 | 59.7 | 104 | 23.5 | 1等下 | 7.4 | 78.2 |
| 無処理区 | 10/13 | 76 | 302 | 0 | 57.6 | 100 | 23.8 | 1等下 | 7.3 | 78.8 |

注1) 倒伏程度は0(無)~5(甚)の6段階評価とした。

2) 検査等級は広島県 JA 農産物検査協議会の調査による。各等級は上・中・下に区分した。

3) 食味値はサタケ社製米粒食味計 RLTA10B による。

3) 成果活用における留意点

- (1) 抵抗性品種「ゆめまつり」はトビイロウンカ抵抗性がないため、トビイロウンカ大発生時には、殺虫剤を散布するなど防除対策を行う必要がある。
- (2) 排水不良田では、中干しをしない場合、収穫期にコンバインによる収穫作業に支障が出る可能性がある。中干しを行いながら、生物多様性指標種を保護するためには、小水路の設置を行う。
- (3) 生物多様性指標種の保護のため、小水路の水がなくならないように注意する。小水路には水生外来生物のウシガエルやアメリカザリガニが生息することがある。そのときは、一旦、小水路の水を抜き、外来生物を捕獲して駆除する。

4) 今後の課題

水管理による生物多様性指標種への影響を明らかにし、その解決策を示すことができた。また、複合抵抗性品種のイネウンカ類およびいもち病抑制の可能性を示すことはできたが、育苗箱施用剤を無施用とするためには、より高い防除効果を示す手法の開発が必要である。

| | | | |
|---------------|---------------------------------------|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 1(6) | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 1 農地生物相を活用した生産安定化技術の開発 | | |
| 実行課題名 | (6) 粘着トラップによる生物多様性指標の調査・評価手法の策定 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 三代浩二・国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門 | | |

1) 研究目的

IPMの取組程度の異なるほ場において指標生物の発生量を明らかにし、生物多様性保全効果の高いIPMの項目を明らかにするため、指標生物の客観的評価のできる調査手法を開発する必要がある。果樹の指標生物である、テントウムシ類等の発生量を客観的に調査する手法として黄色粘着トラップの調査基準を策定する。

2) 研究成果

使用するトラップとして、天敵類の調査で広く使用されている黄色粘着トラップ(図1)を選択した。まず、果樹園での黄色粘着トラップの設置位置に関する情報を得るため、クリ園にトラップを均等に設置し、捕獲される天敵類を調べた。テントウムシ類、クモ類、ヒメハナカメムシ類などの天敵類(生物多様性指標種)が比較的多く捕獲された。圃場中の配置では、外周部よりも内側のトラップで捕獲数が多かった(H25)。

次にトラップの設置方法についてクリ園を主対象として検討した。調査時期に関しては、7月(1週間設置×4週)が圃場における天敵類の状態を評価するのに適していると思われた。また設置枚数に関しては、8枚以上の設置でデータは安定するが、調査労力を考慮し4枚以上とするのが妥当と考えられた。トラップの向きに関しては、東西方向でどちらの面でもほぼ同様の捕獲消長が得られたことから、任意の方向でよいと考えられた。設置高さに関しては、50cm、170cm、300cmで比較した結果、トラップ近傍に葉がある事に注意すれば、設置のしやすさや交換時の作業性を考慮して170cm前後がよいと思われる結果が得られた(H27)。

以上の結果を基に、まずクリ圃場をモデルに黄色粘着トラップの設置基準(案)を策定した。クリ圃場に24か所のトラップを均等に設置し、4月から10月末まで天敵類の捕殺消長を調



図1. 黄色粘着トラップ

査した。その結果を設置基準（案）として取りまとめた（表1）。調査時期については、調査対象生物種が多く捕殺される（多様度が高い）7月とした。調査対象とする天敵類はテントウムシ類（ナミテントウ、ヒメカメノコテントウ、その他小型テントウムシ類）、クモ類、捕食性カメムシ類（ヒメハナカメムシ類、その他捕食性カメムシ）、ヒラタアブ類、クサカゲロウ類、ハネカクシ類の6グループとした（図2）。ただし、ハダニ類に高度に依存するダニヒメテントウ類とケシハネカクシ類は除外した。トラップの設置位置については、発生密度が高いテントウムシ類などは設置位置による捕殺数の差は大きくなかったが、ヒラタアブ類などのように密度の低い天敵はばらつきが認められた。このことから、少なくとも圃場あたり4ヶ所の設置が必要であり、理想としては8ヶ所の設置を提案した（圃場一枚の面積による）。設置高さについては作業性を考慮し目通りの高さ（約150cm）とした（H27）。

表1. クリで策定した黄色粘着トラップの設置基準(案)

| 項目 | 基準 |
|-------------|---|
| 調査期間 | 7月 |
| トラップの種類 | 市販の黄色粘着トラップ |
| 設置高 | 約150cm |
| 調査回数 | 4回（トラップは1週ごとに交換） |
| 圃場あたりトラップ枚数 | 4～8枚 |
| 調査対象 | ナミテントウ、ヒメカメノコテントウ、小型テントウムシ類（ハダニクロヒメテントウ及びキアシクロヒメテントウは除く）、クモ類、ヒメハナカメムシ類、ヒラタアブ類、クサカゲロウ類、ハネカクシ類（ヒメハダニカブリケシハネカクシ及びハダニカブリケシハネカクシは除く） |



図2. 調査対象とする天敵類

クリで提示した黄色粘着トラップ設置基準（案）を他樹種（リンゴ、ナシ、モモ、カンキ

ツ)への適応を検討した(表2)。各樹種とも、7月に捕殺された天敵のグループ数、個体数ともに極端に少なく、単年の結果のみではクリ以外の樹種での調査期間の結論を出すことは困難だった。この原因として、天候や防除体系の影響、あるいは樹種そのものによる調査に適する期間の違いがある可能性が考えられた。特にモモとナシは多目的防災網を設置した圃場では防災網設置期間中は天敵類の種数、捕殺数ともに少なかった(H28)。

表2. 調査圃場概要

| 樹種 | 調査地 | 防除体系 | トラップ設置枚数 | 調査期間 | 備考 |
|------|-----|-----------------|----------|-------|-------------|
| モモ | つくば | 慣行 | 8 | 6~9月 | 7mm目合多目的防災網 |
| | | 慣行 | 8 | 6~9月 | 7mm目合多目的防災網 |
| | | 殺虫剤無散布 殺菌剤慣行 | 2 | 4~10月 | |
| ナシ | つくば | 慣行 | 8 | 6~9月 | 7mm目合多目的防災網 |
| | | 慣行 | 8 | 6~9月 | 7mm目合多目的防災網 |
| | | 殺菌剤無散布 殺虫剤慣行 | 4 | 4~10月 | |
| | | 殺虫剤無散布 殺菌剤慣行 | 4 | 4~10月 | |
| クリ | つくば | 殺虫剤無散布 | 2 | 6~9月 | |
| | | 慣行 | 24 | 6~9月 | |
| リンゴ | 盛岡 | 殺虫剤無散布 殺菌剤慣行 | 8 | 6~8月 | |
| | | 天敵保護体系 | 8 | 6~8月 | |
| ブドウ | 東広島 | 慣行 | 8 | 6~8月 | 30mm目合防鳥網 |
| カキ | 東広島 | 慣行 | 8 | 6~8月 | |
| カンキツ | 清水 | 慣行 | 8 | 6~8月 | |
| | | 天敵保護体系 | 2 | 6~8月 | |
| | 愛媛 | 所内慣行 | 8 | 6~9月 | |
| | | 現地慣行 | 8 | 6~9月 | |
| | | 減農薬 | 8 | 6~9月 | |

引き続き調査を実施し各樹種でデータを積み重ね、2年分のデータを基に解析を行った。調査期間はナシ、モモでは6月、リンゴでは7~8月、カンキツでは6月または7月が天敵類の多様度を反映していると考えられ、各樹種での設置基準(案)をまとめた(表3)。カキ及びブドウでは調査圃場での天敵類の捕殺数が少なく、結果は判然としなかった。また、参考データとして、防除体系で捕殺数が異なった事例を表4に示した。各樹種でクモ類やヒメハナカメムシ類の捕殺数が防除圧の影響が見られる傾向を示した(H29)。

表3. 黄色粘着トラップの設置方法(案)

| 項目 | 樹種 | | | | |
|-------------|---|----|----|------|------|
| | クリ | ナシ | モモ | カンキツ | リンゴ |
| 調査期間 | 7月 | 6月 | 6月 | 6～7月 | 7～8月 |
| トラップの種類 | 市販の黄色粘着トラップ | | | | |
| 設置高 | 約150cm | | | | |
| 調査回数 | 4回(トラップは1週ごとに交換) | | | | |
| 圃場あたりトラップ枚数 | 4～8枚 | | | | |
| 調査対象 | ナミテントウ、ヒメメコテントウ、小型テントウムシ類(ハダニクロヒメテントウ及びキアシクロヒメテントウは除く)、クモ類、ヒメハナカメムシ類、ヒラタアブ類、クサカゲロウ類、ハネカクシ類(ヒメハダニカブリケシハネカクシ及びハダニカブリケシハネカクシは除く) | | | | |

表4. 参考:防除体系で調査期間中のトラップ捕殺数が異なった天敵類*

| 樹種 | 調査期間 | 調査年 | 天敵類 | 防除体系 |
|------|------|------|---------------------------------------|-----------|
| クリ | 7月 | 2016 | クモ類、クサカゲロウ類 | 慣行と殺虫剤無散布 |
| | | 2017 | クモ類 | |
| ナシ | 6月 | 2016 | ナミテントウ、クモ類、ヒメハナカメムシ類、小型テントウムシ類 | 慣行と殺虫剤無散布 |
| | | 2017 | ナミテントウ、クモ類、小型テントウムシ類 | |
| モモ | 6月 | 2016 | ナミテントウ、ヒラタアブ類、ヒメハナカメムシ類、小型テントウムシ類、合計値 | 慣行と殺虫剤無散布 |
| | | 2017 | ナミテントウ、ヒメハナカメムシ類、小型テントウムシ類、合計値 | |
| カンキツ | 6月 | 2016 | クモ類、ヒメハナカメムシ類、ハネカクシ類、小型テントウムシ類、合計値 | 慣行と減農薬 |
| | | 2017 | クモ類、ヒメハナカメムシ類、小型テントウムシ類 | |
| | 7月 | 2016 | クモ類、ヒメハナカメムシ類、ハネカクシ類、小型テントウムシ類、合計値 | 慣行と減農薬 |
| | | 2017 | クモ類、ヒメハナカメムシ類、ハネカクシ類、小型テントウムシ類、合計値 | |

* およそ2倍以上の差があったもの
リンゴは調査圃場間に防除体系に大きな違いがないため除外

3) 成果活用における留意点

ナシやモモで多目的防災網が設置されている圃場では、ナミテントウやヒラタアブ類、クサカゲロウ類などの比較的大型の指標種が捕殺されにくくなる。

本課題の結果は、一部地域、樹種での調査結果であり(表2参照)、他の地域で使用する場合には、事前に適用の可否の検証が必要である。

4) 今後の課題

本成果で示した黄色粘着トラップの調査手法について、各樹種・地域での適用性を検証することで、「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」に掲載されている手法に加え、本調査手法を用いてより簡便に圃場の多様性を評価することができるようになる。

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1)ア ① | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1)ア① 多雪平野景観北日本における代表種の選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 佐藤 智・山形大学農学部 | | |

1) 研究目的

多雪地平野景観北日本の山形県を対象に、水田生態系を代表する鳥類種を選定し、鳥類および代表種の餌生物等（魚類、両生類、昆虫、植物等）に及ぼす農法の影響を調査・解析することにより、代表種の生息条件に及ぼす農法の影響を解明する。また、代表種やその餌生物の状態を指標する生物を選抜し、代表種・餌生物と指標生物との関係を解析・解明する。それによって、生物多様性保全評価手法の構築およびマニュアル作成に寄与する。

2) 研究成果

2013-16年にかけて山形県内の4地域（図1）において、慣行農法グリッドおよび環境保全農法グリッドを設定し、植物、昆虫・クモ類、魚類、両生類、鳥類の調査（表1）を実施した。また、これらの調査と併せて圃場管理状況の聞き取り調査を実施した。これらの調査から得られた結果を、片山直樹氏（農業環境技術研究所）が作成されたデータ解析用Rスクリプトを用いて解析した。田面の植物の総種数の違いをもたらす要因の解析を併せて行った。

表1：調査内容

| 生物群 | 主な調査項目 | 時期 | 主な調査内容 |
|--------|----------------|----------|--|
| ①植物 | 田面・畦畔雑草(被度等) | 6月、9～10月 | 圃場毎に田面と畦畔について3地点(1m2コドラート)をランダムに選出し、全出現植物種の被度・群度・草高を計測した。 |
| ②昆虫・クモ | アシナガガモ属(個体数) | 7月 | 捕虫網を用いて圃場あたり往復10回振り×2か所でサンプリングし、成体・幼体および種別に個体数を記録した。 |
| | アカネ属成体・羽殻(個体数) | 6月 | 圃場あたり畦畔際イネ3株×20m×4か所を見取り調査し、アカネ属の成体・羽化殻数を記録した。 |
| | 水生コウチュウ類(個体数) | 6月 | 魚取り用たも網を用いて圃場あたり1m×10か所でサンプリングし、成虫・幼虫および種別の個体数を記録した。 |
| ③魚 | ドジョウ(個体数) | 6月 | ペットボトルもんどりを用いて圃場あたり圃場の4か所で主にドジョウ類をサンプリングし、種別の個体数を記録した。 |
| ④カエル | カエル類(個体数) | 6～7月 | 圃場あたり畦畔上の20m区間×4か所でラインセンサスを行い、種類、当歳と1歳以上の別に個体数を記録した。 |
| ⑤鳥 | サギ類(個体数、採餌行動) | 6月 | 10分間の定点観察を行い、観察地点から半径100m(サギ類は半径200m)の範囲に出現した鳥類各種の位置を地図上にプロットし、個体数、行動、活動環境を記録した。また、10前後の対象個体の行動を10分程度動画撮影した。 |

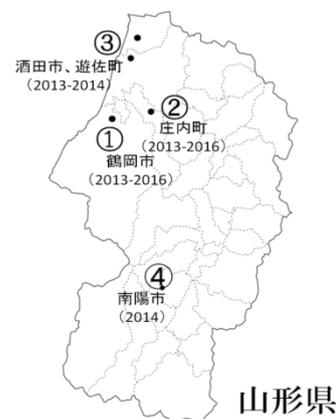


図1：調査地域と調査実施年度

① 植物

田面の植生に対して農法の効果は有意 ($P < 0.01$) であり、慣行水田よりも保全水田で植物の総種数が多い傾向が見られた (図2)。①本田除草剤の総有効成分数と②除草剤の藻類への急性毒性LC50を説明変数として要因を解析した結果、②を変数として含むモデルがベストモデルとして選択され、急性毒性が高いほど植物の総種数に負の影響を及ぼしていた (図3, $z = 4.819$)。

個別の植物種については、2年以上、指標種の条件 ($IV > 0.25$ かつ $P < 0.05$) を満たす種は8種抽出されたが、除草剤抵抗性雑草が多く、それを除くと、トキンソウのみが指標種として選定された (表2)。

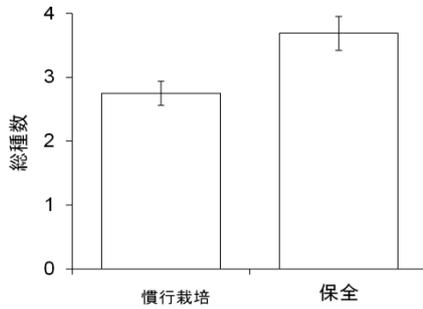


図2：農法と植物の種数の関係

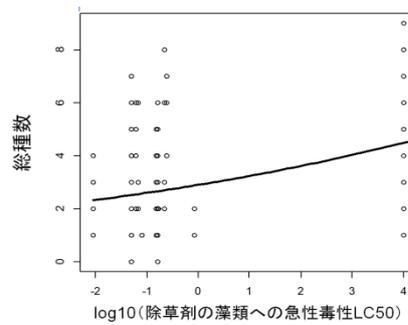


図3：除草剤の藻類への急性毒性と植物種数との関係

表2：2013-2016各年度における植物の指標

| 和名 | 2013年 | | 2014年 | | 2015年 | | 2016年 | | 備考 |
|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---|-------|--------|-------|
| | IV | P | IV | P | IV | P | IV | P | |
| アオウキクサ | | | 0.526 | 0.0001 | | | | | |
| イヌホタルイ | 0.535 | 0.0233 | 0.303 | 0.0034 | | | 0.522 | 0.0003 | 抵抗性雑草 |
| ウキクサ | | | 0.343 | 0.0323 | | | | | |
| キカングサ | | | | | | | 0.381 | 0.0051 | 抵抗性雑草 |
| クログワイ | | | 0.297 | 0.0163 | | | | | |
| コナギ | | | 0.752 | 0.0001 | | | 0.571 | 0.0004 | 抵抗性雑草 |
| タイヌビエ | | | | | | | 0.286 | 0.0240 | 抵抗性雑草 |
| トキンソウ | 0.412 | 0.0138 | 0.494 | 0.0025 | | | | | ○ |

② 昆虫・クモ類

アシナガグモ属に対して農法の効果は有意 ($P < 0.001$) であり、慣行・特栽水田よりも有機水田で個体数が多い傾向が見られた (図4)。①冬季湛水の有無、②本田除草剤の総有効成分数、③本田殺虫・殺菌剤の総有効成分数、④育苗箱への殺虫・殺菌剤の施用の有無を説明変数として要因を解析した結果、①、②、③を変数として含むモデルがベストモデルとして選択され、これらの中で特に冬季湛水の実施がアシナガグモ属の個体数に強い正の影響を及ぼしていた (図5, $z = 5.898$)。

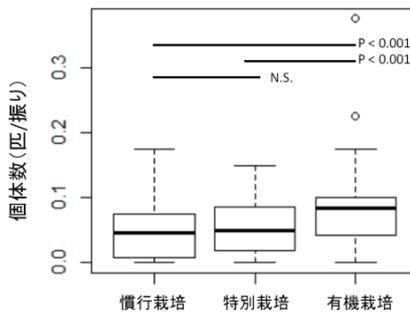


図4：農法とアシナガグモ属の個体数の関係

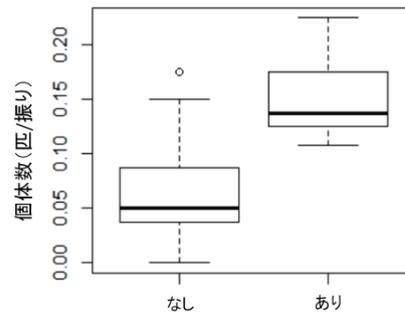


図5：冬季湛水の有無とアシナガグモ属の個体数の関係

アカネ属成虫に対して農法の効果は非有意だったが ($P=0.051$)、慣行より有機水田で多い傾向が見られた。アカネ属羽化殻に対して農法の効果は有意であり、慣行水田よりも特栽 ($P<0.01$)・有機水田 ($P<0.001$) で個体数が多い傾向が見られた (図6)。
 ①中干開始日、②輪作の有無、③冬季湛水、④湛水日、⑤育苗箱への殺虫・殺菌剤のトンボに対する毒性の強さを説明変数としてアカネ属羽化殻に影響を及ぼす要因を解析した結果、①中干開始日、④灌水日、⑤育苗箱施用剤のトンボに対する毒性の強さを変数として含むモデルがベストモデルとして選択された。中でも、⑤育苗箱施用剤のトンボに対する毒性の強さが強い負の影響を及ぼしていた (図7, $z=-4.941$)。

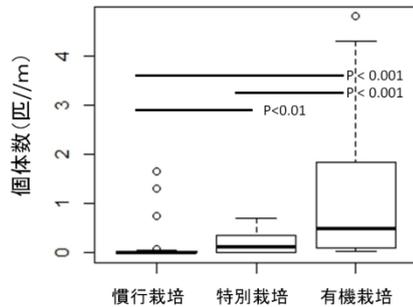


図6：農法とアカネ属羽化殻の個体数の関係

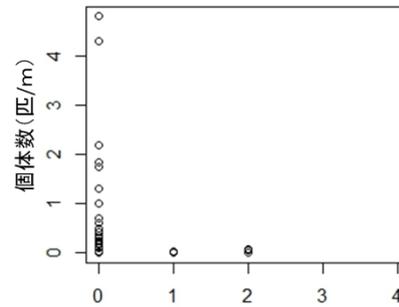


図7：育苗施用剤のトンボに対する毒性の強さとアカネ属羽化殻の個体数の関係

水生コウチュウ類全体に対して農法の効果は見られなかった ($P>0.05$)。ただし、ゴマフガムシに対しては農法の効果は有意ではなかったが ($P=0.09$)、特栽・有機水田で個体数が多い傾向が見られた (図8)。さらに各年度別に解析した結果、2014年と2015年度で農法の効果は有意であり (両年ともに $P<0.05$)、特栽・有機水田で個体数が多い傾向が見られた。
 ①育苗箱への殺虫・殺菌剤の施用の有無、②本田除草剤の総有効成分数、③本田殺虫・殺菌剤のコイへの急性毒性LC50を説明変数として水生コウチュウ類に影響を及ぼす要因を解析した結果、②本田除草剤の総有効成分数を変数として含むモデルがベストモデルとして選択され、水田除草剤が強い負の影響を及ぼしていた (図9, $z=-2.0805$)。

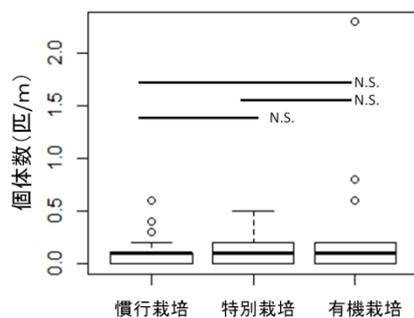


図8：農法と水生コウチュウ類の個体数の関係

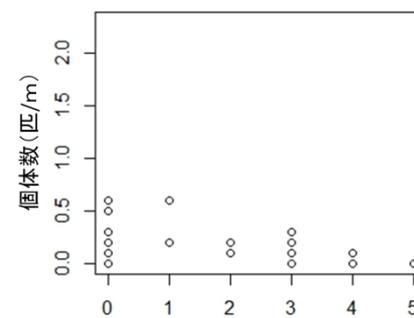


図9：本田除草剤の総有効成分数と水生コウチュウ類の個体数の関係

③ 魚類

ドジョウに対して農法の効果は見られなかった (図10, $P>0.05$)。①湛水日、②本田殺虫・殺菌剤のコイへの急性毒性LC50、③取水方法を説明変数として要因を解析した結果、③を変数として含むモデルがベストモデルとして選択された。取水方法 (ポンプによる加圧の有無) がドジョウに強い影響を及ぼしていた (図11, $z=-2.249$)。

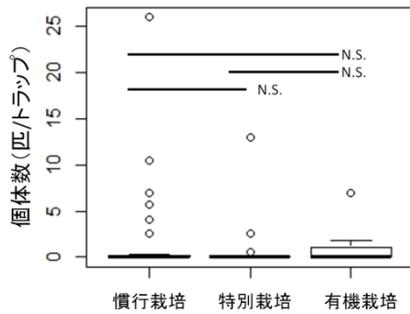


図 10：農法とドジョウの個体数の関係

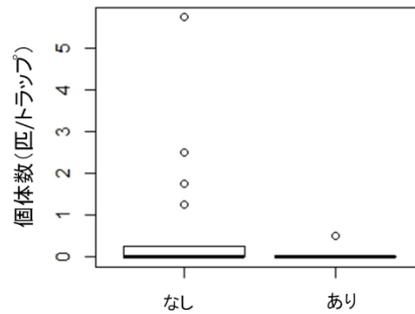


図 11：取水の方式（ポンプによる加圧の有無）とドジョウの個体数の関係

④ カエル類

アマガエルに対して農法の効果は非有意 ($P=0.06$) であったが、慣行水田よりも有機水田で個体数が少ない傾向が見られた (図 1 2)。アカガエルに対しても農法の効果は非有意 ($P=0.08$) ではあったが、慣行より有機水田で個体数が多い傾向が見られた (図 1 3)。① 本田除草剤の総有効成分数、② 排水路の規模、③ 周辺の緑地までの距離、④ 冬季湛水の有無を説明変数としてアカガエルの個体数に影響を及ぼす要因について解析した結果、③を含むモデルがベストモデルとして選択され、周辺の緑地までの距離がアカガエルの個体数に強い負の影響を及ぼしていた (図 1 4, $z=-2.106$)。

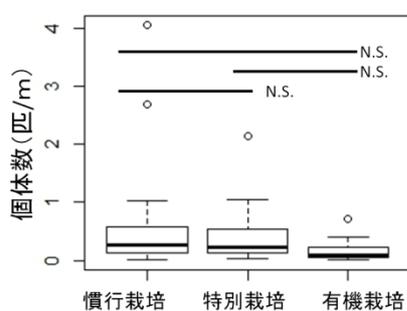


図 1 2：農法とアマガエルの個体数の関係

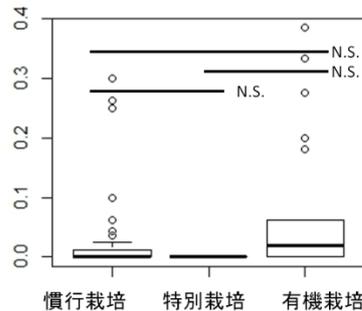


図 1 3：農法とアカガエルの個体数の関係

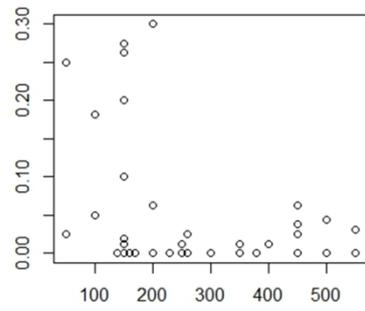


図 1 4：周辺の緑地までの距離とアカガエルの個体数の関係

⑤ サギ類

サギ類全体に対して農法の効果は有意 ($P<0.05$) であり、慣行グリッドよりも保全グリッドで個体数が多い傾向が見られた (図 1 5)。4年間の調査でサギ類による捕食行動を1348回観察した。そのほとんどがアオサギとダイサギによるものだった。両種ともに餌メニューの90%以上がオタマジャクシとドジョウが占めたが、アオサギの餌種は約半分がオタマジャクシだったのに対し、ダイサギの餌種は約75%がドジョウだった (図 1 6)。これらの結果から、これらのサギ類の主要な餌生物はオタマジャクシとドジョウであり、特にダイサギはアオサギに比べてドジョウを多く捕食していた。

以上の4年間の調査・解析の結果から、植物の種数、昆虫クモ類ではアシナガメ属、アカネ属 (アカネ属羽化殻個体数)、水生昆虫ではゴマフガムシ、鳥類ではサギ類の個体数が慣行栽培水田 (または慣行グリッド) よりも保全栽培水田 (または保全グリッド) で多くなる傾向が見られことから、これらの生物は水田生態系の代表種やその餌生物を指標する生物として適当であると考えられた。また、カエル及び魚類 (主にドジョウ) については、農法

以外の要因の影響を強く受けており、指標生物として適当ではないと判断した（表3）。

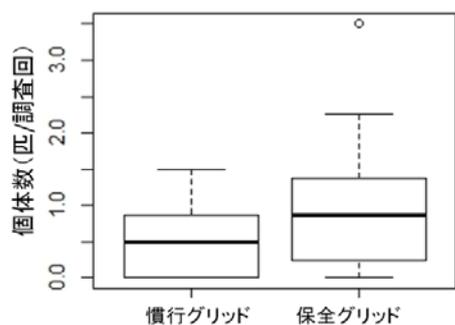


図15：農法とサギ類の個体数の関係

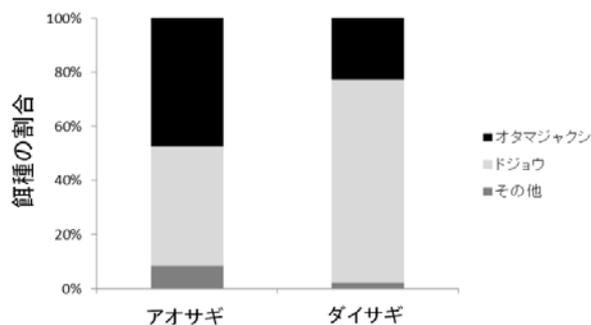


図16：2種サギ類の採餌内容

表3：調査結果のまとめ

| 分類群 | | 保全型農法の効果※1 | 指標生物候補※2 | 農法以外に影響を与える要因とその効果(※1) |
|------|-------------------------------------|------------|----------|---------------------------------|
| 植物 | 田面及び畦畔雑草の種数等 | ○ | ※3 | |
| クモ | アシナガクモ属(個体数) | ○ | ○ | 冬季湛水(○) |
| 昆虫 | アカネ属(成虫・羽化殻個体数) | ○ (羽化殻) | ○ | 育苗箱への殺虫剤・殺菌剤のトンボリスク(×) (羽化殻) |
| 水生昆虫 | 主にガムシ科・ゲンゴロウ科(個体数) (ゴマフガムシ成虫個体数) | △ (○) | × (○) | 本田除草剤の総有効成分数(×) |
| 魚類 | 主にドジョウ(個体数) | △ | × | 取水方式(水道灌漑: ×) |
| カエル | 主にアマガエル・アカガエル(個体数) | △ | × | 周辺の緑地までの距離(×): アカガエル |
| 鳥類 | サギ類(個体数) | ○ | ○ | - |

※1: ○=正の効果、△=なし

※2: 指標生物候補として○=妥当、×妥当ではない。

※3: 植物の指標種は表2を参照。

3) 成果活用における留意点

農法と一口にいても、地域によって大きく異なる。例えば、泥炭地層である秋田や青森の一部地域などは、稲の刈り取り後に耕起を行う慣習があるが、山形県（特に主力生産地である庄内平野）では殆ど見られない。秋期の耕起の有無は、例えば土中越冬するカエル類の越冬場の選択に大きな影響を与える。農法による生物相の違いを論じるならば、地域の「慣行」をより詳細に分類する必要があるだろう。庄内地方に目を移せば、田畑輪換も盛んである。数年前には慣行栽培で、畑地への転換の後に特裁（あるいは有機）に変更したような水田もある。その逆もあれば、一貫運用している水田も当然存在する。このように農地運用も多様であることを留意する必要がある。

4) 今後の課題

今回の調査ではサギ類が保全グリッドで多い傾向が見られたものの、その主要な餌種であるドジョウ・カエル類については農法の効果が見られなかった。調査期間中は、サギ類が数十分間程度の短時間に10羽以上が特定の圃場に集まり、その前後は何もないという状況がしばしばあった。このような場合、一時的にサギが多く見られたということで評価してしまうと過大評価となりうるため、今後はより長期的な観察による検証が望まれる。また今回のプロジェクトは多雪平野景観北日本という広い範囲で代表種を選定するという難しい作業であった。より細かく地域生態を意識した代表種を選定していく必要があるかもしれない。

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1)ア ② | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1)ア② 多雪地平野景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 金沢大学・大河原恭祐、福井県立大学・水口亜樹、農研機構農村工学研究部門・嶺田拓也・小出水規行・渡部恵司、石川県農林総合研究センター・八尾充睦・清河文子 | | |

1) 研究目的

多雪地平野景観中部日本に分類される北陸地域の代表として石川県を対象に、水田生態系を代表する鳥類種を選定し、鳥類および代表種の餌生物である魚類・両生類、昆虫・クモ類、植物等に及ぼす農法の影響を調査・解析し、代表種の生息条件に及ぼす農法の影響を解明する。また、鳥類及びその餌植物の状態を指標する生物を選抜し、代表種と指標生物との関係を解析・解明する。これらのことを通じて、生物多様性保全評価手法の構築およびマニュアル作成に寄与する。

2) 研究成果

石川県内4地域(図1)の有機農法水田および慣行農法水田において(金沢市については特栽農法水田)、植物、昆虫・クモ類、魚類・両生類、鳥類の個体数・種数を調査し、農法の効果を明らかにする解析を行った。

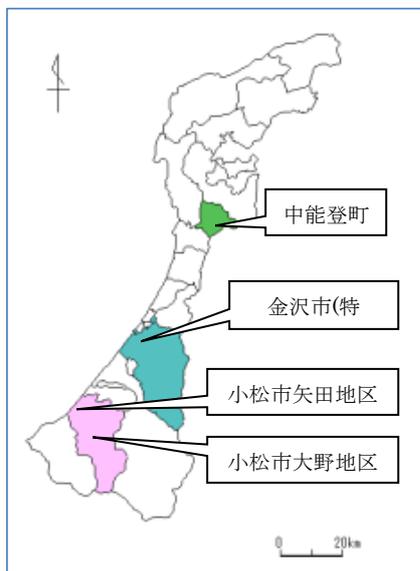


図1 調査地域

①植物

2013年～2015年の3年間、各グリッド2～10水田について、1圃場につき田面と畦畔にそれぞれ3つずつ1m²のコドラート枠を設定し、出現した植物種ごとの被度と草高を記録した。調査は田植え後と稲刈り前の2回行った。調査後、コドラート毎に植物種数を計数し、被度をもとにシャノン・ウィナーの種多様度を計算した。その結果、植物種数と種多様度は田面、畦畔ともに慣行農法水田よりも有機農法水田で有意に高かった(P<0.05 図2)。田面よりも畦畔で農法内のバラ付きが大きく農法間の差が小さい理由としては、畦畔では慣行農法であっても除草剤を用いず刈取りのみで管理している水田が存在したためだと考えられた。今回調査した特栽農法水田は、金沢1グリッドのみであり、多雪地

平野部の特裁農法を代表する結果とは言えない。また、これら特裁農法水田では、田面、畦畔とも除草剤を用いた管理が行われていたことから、特に植物においては慣行と似た結果になったと考えられる。

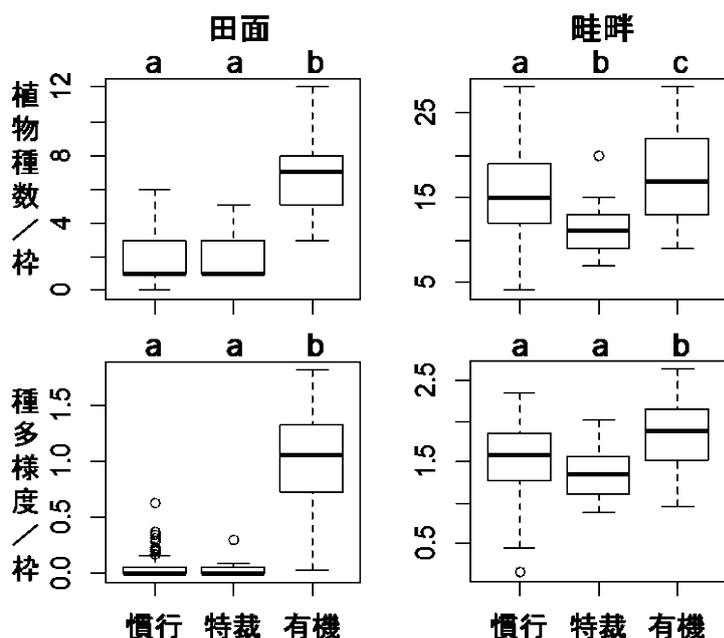


図2 2013～2015年の田植え後調査における枠当たりの植物種数とシャノン・ウィナーの種多様度。

図中のアルファベットは異なる文字間で有意差があることを示す ($P < 0.05$)。有意性の検定には、種数はポワソン分布、種多様度は正規分布を仮定した一般化線形モデルにもとづき、回帰係数の推定値がゼロを含まない確率を用いた。

さらに、これらのデータを用いて指標種分析を行った結果、有機農法における指標性は田面ではコナギ、藻類、ウキクサで高く、畦畔ではトウバナ、ノゲシ、カタバミ、セリ、ヨモギで高かった (指標値 > 0.25 かつ $P < 0.05$)。田面において、コナギは除草剤抵抗性の報告があるため指標種候補から除外し、藻類とウキクサを指標種候補として選定した。ただし、これら2種は田面全体を覆う程大量に発生した場合には、イネ幼苗をなぎ倒す可能性があり、農家からは敬遠される可能性がある。畦畔において、カタバミには近年増えている外来のオッタチカタバミも含まれたため除外し、他4種を指標種候補として選定した。ただし、ノゲシは花期の4～10月には抽苔して花茎を0.5～1m程度に伸ばすため、畦畔の草高を低く保ちたい農家からは敬遠される可能性がある。

②昆虫・クモ類

昆虫・クモ類では、水生コウチュウ類、水生カメムシ類、ヤゴ類、アカネ属 (脱皮殻、成虫) およびアシナガグモ類を対象に、2013～2015年に延べ70圃場で調査した。水生コウチュウ類、水生カメムシ類、ヤゴ類の調査は、6月中～下旬に各圃場の2m×4カ所をたも網 (D型フレーム網) を用いた水中すくい取りで捕獲し分類同定した。アカネ属 (脱皮殻、成虫) の調査は、6月中～下旬に各圃場の3株×10m×4カ所を畦畔ぎわ見取り調査し計数した。アシナガグモ類の調査は、7月下旬に各圃場の2カ所を捕虫網 (口径36cm、柄の長さ1m) を用いたイネ株すくい取りで捕獲し分類同定した。得られたデータを、実行課題2201で作成された解析スクリプト (片山、未発表) を用いGLMMで解析した結果、アシナガグモ類および水生コウチュウ類が慣行農法水田より有機農法水田で有意に多く (図3)、昆虫・クモ類ではこれらを農法の指標生物候補として選定した。なお、今回調査した特裁農法水田は、金沢の1グリッドのみであり、多雪地平野部の特裁農法を代表する結果とは言えない。

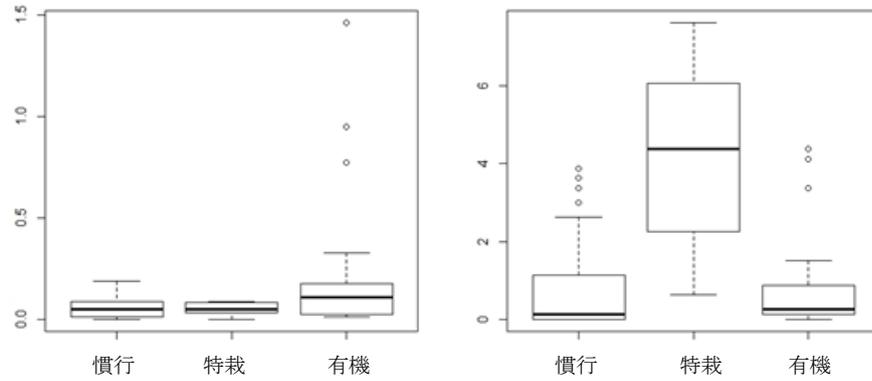


図3 GLMMによる解析結果(左：アシナガモ類、右：水生コウチュウ類)

③魚類・両生類

魚類については、2013～2016年に延べ68圃場でトラップによる調査を実施した。各圃場において、2013年は金網のトラップ5個、2014～2016年はペットボトルのトラップ10個をひと晩設置し、採捕された個体を同定・記録した。その結果、ドジョウ、コイ、フナ類、ハゼ類が採捕され、このうちドジョウが全採捕個体数の9割を占めた。昆虫・クモ類と同様に解析スクリプト（片山、未発表）を用いGLMMで解析した結果、ドジョウの個体数に対して栽培方法（有機・慣行・特裁農法水田）による統計的な差が認められた（図4）。ただし、今回調査した特裁農法水田は、金沢の1グリッドのみであり、多雪地平野部の特裁農法を代表する結果とは言えない。この結果から農法の指標種候補としてドジョウを選定した。なお、調査圃場の約8割にあたる53圃場では、魚類が採捕されなかった。これは、調査圃場の多くは水田と排水路間の落差が大きく、魚類が水田に遡上しにくい構造であったことが影響していると推察される。

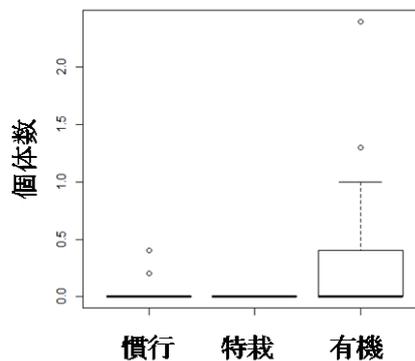


図4 栽培方法とドジョウ個体数との関係

カエル類については、2013～2017年にのべ88圃場の畦畔でラインセンサス調査を実施した。各圃場の畦畔4辺において、それぞれ20mの区間を設定し、区間内にいるカエル類の種、個体数およびおよその大きさを記録する調査を、年2回行った。その結果、ニホンアマガエル、トノサマガエル、ツチガエル、ニホンアカガエルが確認され、このうちニホンアマガエルの個体数が7割、トノサマガエルが2割を占めた。解析スクリプト（片山、未発表）を用いGLMMで解析した結果、ツチガエルは有機農法水田で個体数が多く、この結果から農法の指標種候補としてツチガエルを選定した（図5左）。トノサマガエルもツチガエルほど顕著ではないものの有機農法水田で多い傾向が見られた（図5右）。なお、本種は特裁農法水田で少ない結果と

なったが、特裁農法水田は、金沢の1グリッドのみであり、多雪地平野部の特裁農法を代表する結果とは言えない。また畦畔の除草剤の使用回数が少ない水田では個体数が多い傾向があった。畦畔はカエルの採食や休息場所として重要であり、除草剤の使用回数が少ない畦畔は、両種が生息しやすかったと推察される。

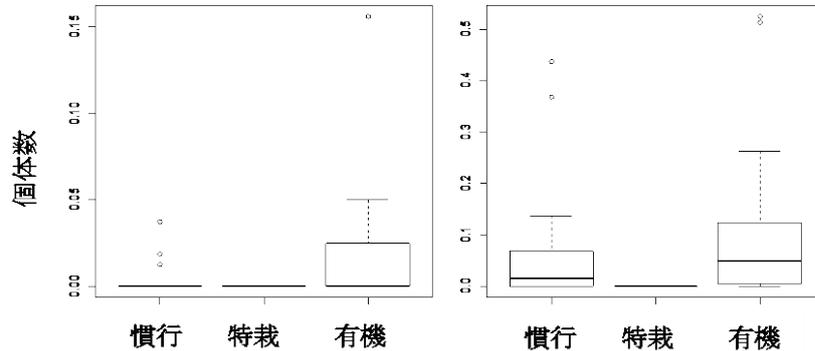


図5 栽培方法とツチガエル（左）およびトノサマガエル（右）個体数との関係

④鳥類

2013～2015年に石川県内の4つの地域（金沢市、小松矢田、小松大野、中能登）で有機農法水田（金沢市については特裁農法水田）を含む有機グリッドと慣行農法水田のみを含む慣行グリッドを設定し、サギ類のセンサス調査を実施した。6種が観察されたが全地域でダイサギとアオサギが高頻度で観察され、この2種が北陸地方では優占的であり指標的性質を持っていると考えられる。しかし、有機グリッドと慣行グリッド間で個体数密度に一定の傾向は見られなかった（図6左）。また、有機グリッドでの有機農法水田の面積の割合の増加と共に個体数密度は増加する関係が見られ（図6右）、有機農法水田の増加はサギ類の個体数増加につながることを示唆された。

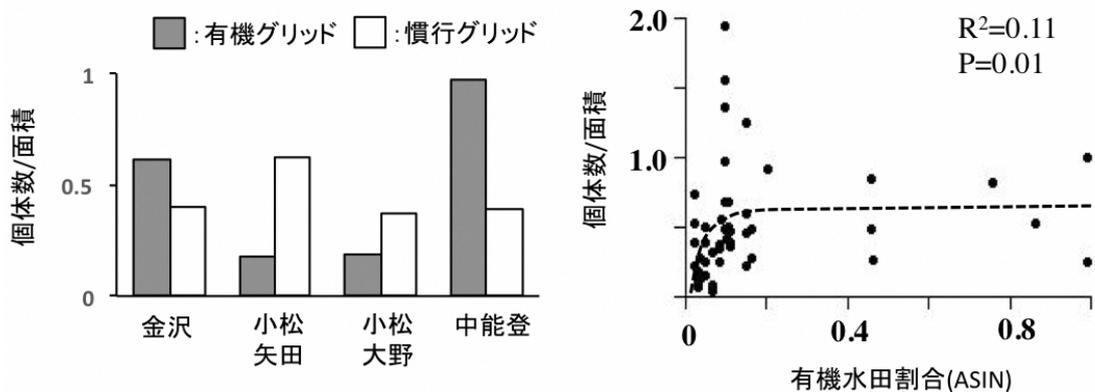


図6 サギ類の個体数密度のグリッド間比較（左）と有機グリッド内の有機農法水田の割合とサギ類の密度との関係（右）

さらに、小松大野の調査地で有機農法水田と慣行農法水田でのダイサギ、アオサギの採餌行動を詳細に観察し、その内容と捕獲効率を比較した。両種とも単位時間あたりの餌の捕獲個体数は有機農法水田で有意に多かった（図7）。しかし、獲得した餌の総重量はアオサギのみで高かった。また2種の餌構成の70%以上はオタマジャクシとドジョウ・淡水魚類で占められていたが、オタマジャクシの単位時間あたりの捕獲重量が有機農法水田では有意に高か

った(図7)。以上の事から有機農法水田ではサギ2種の餌の捕獲効率が高くなる傾向にあった。

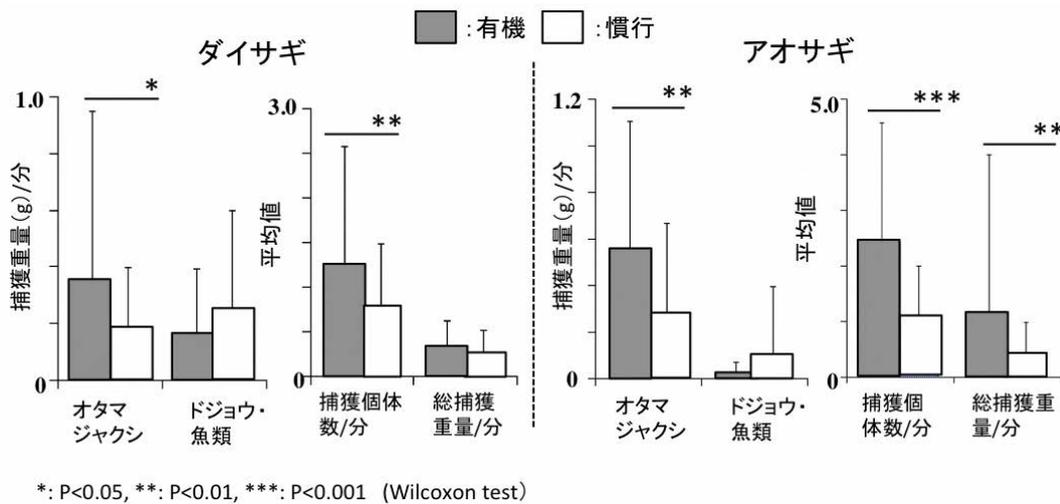


図7 有機農法水田と慣行農法水田間でのダイサギ、アオサギの採餌効率の比較

3) 成果活用における留意点

これらの成果は、北陸地域の標高100m以下の平野部でのみ適用可能である。特に水田畦畔植物において標高100m以上の中山間地と平野部の種構成は大きく異なるので注意を要する。また鳥類については、サギ類の個体数を指標として農法効果を調べる場合、評価に有効な水田面積があることが示唆されることから、地域ごとにそうした有効面積を設定してから評価する必要がある。

4) 今後の課題

鳥類の定量的観察はグリッド単位で行われることが多いが、種類や個体の行動に着目すると圃場単位でのデータ収集が可能となる。それによって他の食物段階の生物データとの比較、群集や相互作用系の構造の解析が容易になり、生物多様性の新たな評価法につながると考えられる。こうしたアプローチから鳥類の餌を中心とした生物の群集構造等の詳細を明らかにするとともに、これらの生物の増加に繋がる具体的な農作業の方法の提案に向けた現地調査・実証試験を行い、生物多様性評価マニュアルを改良することが今後の課題である。

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) ア ③ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1)ア③ 寡雪地平野景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 馬場友希 ¹ ・片山直樹 ¹ ・楠本良延 ¹ ・大久保悟 ¹ ・池田浩明 ¹ ・與語靖洋 ¹ ・田中幸一 ¹ ・嶺田拓也 ² ・小出水規行 ² ・渡部恵司 ² ・守山拓弥 ³ (1. 国立研究開発法人 農研機構・農業環境変動研究センター、2. 国立研究開発法人 農研機構・農村工学研究部門、3. 宇都宮大学) | | |

1) 研究目的

寡雪地平野景観に分類される茨城県および栃木県を対象に、水田生態系を代表する鳥類種を選定し、鳥類および代表種の餌生物等（魚類、両生類、昆虫、植物等）に及ぼす農法の影響を調査・解析することにより、代表種の生息条件に及ぼす農法の影響を解明する。また、代表種やその餌生物の状態を指標する生物を選抜し、代表種・餌生物と指標生物との関係を解析・解明する。それによって、生物多様性保全評価手法の構築およびマニュアル作成に寄与する。

2) 研究成果

概要：平成25年から27年にかけて、茨城県・栃木県内計7地域の有機農法水田および特別栽培水田、慣行農法水田において植物、昆虫類、クモ類、魚類、カエル類、鳥類の個体数・種数の調査方法を確立すると共に、各分類群の個体数や種数のデータを取得した。平成28年から29年にかけて、得られた3年分のデータを整理し、各生物群に与える農法の影響を解析した。その結果、有機水田では慣行水田より、在来植物種数、トンボ類（アカネ属羽化殻数、イトトンボ類個体数）、アシナガグモ属、トウキョウダルマガエルの個体数が多い傾向があった。一方、水生昆虫、ドジョウ、ニホンアマガエルの個体数は、農法の違いがないか、慣行水田の方が多かった。鳥類では、サギ類の個体数や採食効率は年による変動はあるものの有機水田では慣行水田よりも多い傾向がみられた。これらの調査結果を元に、寡雪地平野景観における代表種や餌生物の状態を表す指標生物を選定した。また、クモと植物、サギの採食効率と餌生物（主にドジョウ）量との関係を調査・解析することにより、農法が生物群に与える影響の仕組みの一端を明らかにした。具体的な内容は以下に記す。

2) ー1 調査手法の確立

クモ類、水生昆虫、カエル類については、「農業に有用な生物多様性の指標生物調査・評価マニュアル」（農林水産省農林水産技術会議事務局ら 2012）においてすでに調査手法が確立されているが、それ以外の分類群の調査手法は確立されていなかった。そこで、本課題では、水田における植物、鳥類、魚類の調査手法の確立を試みた。

植物については田面と畦畔にそれぞれ1㎡のコドラートを3つ設置し、植生調査（種組成、被度、群度、草高の記載）を実施した。また、田面内の緑藻の被度および単位面積当たりの乾物重（3～4ヶ所／圃場）も調査した。調査時期は、6～7月ならびに9～10月の2期間とした。

魚類については、水田を利用する主な魚種であるドジョウを対象として、ペットボトルトラップと金網トラップによる採捕個体数（採捕数）を比較した（図1）。農研機構構内（茨城県つくば市）の実験水田において、両トラップを20個ずつ用いた採捕を実施した結果、1トラップあたりの採捕数はペットボトルトラップの方が金網トラップよりも多く、特に仔・稚魚（60mm未満）の採捕数に大きな差が見られた（図2）。また、金網トラップの金網を通り抜ける個体の全長を補足的に調べた結果、仔・稚魚の中には目合4mmの金網を通り抜ける個体がみられた。金網トラップで仔・稚魚の採捕数が少ない理由として、仔・稚魚が通り抜けた可能性が考えられた。以上の結果から、当プロジェクトにおける水田での魚類の調査方法として、ペットボトルトラップを採用した。この成果は論文として発表した（渡部ら、2016）。

鳥類については、水田の主要な種としてサギ類に注目し、個体数と採食効率の調査手法の確立を試みた。ポイントセンサス法により種および個体数を記録した。サギ類の採食効率の調査法として、車内から望遠レンズ付きのデジタルカメラを使用して、対象個体の行動を動画で記録した。動画データを元に、各個体が捕獲した餌生物の種類と体長を記録した。餌生物の体長はサギの嘴の長さに対する比を利用して推定した。この体長データを元に各生物の体長—湿重量の関係式を用いて重量に換算し、観察個体ごとの時間あたりの採餌量（g/min）を推定した。また圃場における餌生物量を推定するため、観察個体が採食を行った圃場を対象にペットボトルトラップを仕掛け、捕獲された生物の種・個体数・体サイズを記録し、それらの情報を元にエネルギー量に換算した。



図1 ペットボトルトラップ（左）と金網トラップ（右）

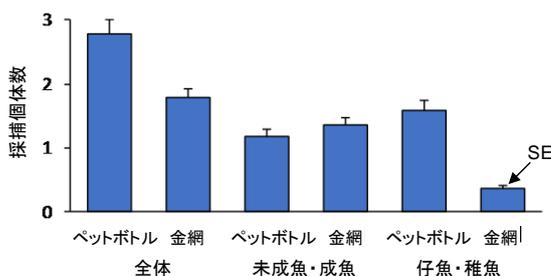


図2 トラップの種と水深別の1トラップあたりの採捕数

2) - 2 農法が各生物群に及ぼす影響の解析

表1. 各分類群に適用したモデルの内容

| 分類群 | 応答変数 | 説明変数 (フルモデル) |
|------|-------------------------------|--|
| 植物 | 在来種数 | 農法 + 本田除草剤の総有効成分数 + 除草剤の急性毒性 + 土地利用面積 + 土地利用の多様度 + 水田-森林接線長 |
| 昆虫 | アカアカネ羽化殻 イトトンボ個体数 | 育苗箱への殺虫剤・殺菌剤のトンボリスク + 輪作の有無 + 冬期湛水の有無 |
| クモ | アシナガクモ個体数 | 育苗箱への殺虫剤・殺菌剤のトンボリスク + 輪作の有無 + 冬期湛水の有無 |
| 水生昆虫 | 水生コウチュウ幼虫個体数 水生カメムシ類総個体数 | 育苗箱への殺虫剤・殺菌剤のトンボリスク + 輪作の有無 + 冬期湛水の有無 農法 + 周囲の開放水面面積率 + 湛水日 |
| 魚 | ドジョウ個体数 | 農法 + 周囲の開放水面面積率 + 湛水日 |
| カエル | ニホンアカガエル個体数 トウキョウダルマガエル個体数 | 殺菌剤のコイへの急性毒性 (LC50) + 本田除草剤のコイへの急性毒性 (LC50) + 排水路の規模 + 湛水日 畦畔除草剤の総有効成分数 + 冬期湛水の有無 + 湛水日 + 周囲の森林面積率 畦畔除草剤の総有効成分数 + 冬期湛水の有無 + 湛水日 + 周囲の水田面積率 |

植物（種数）・トンボ・クモ類・水生昆虫（個体数）・両生類・魚類（個体数）・鳥類（サギ類の個体数・採食効率）について取得した個体数・種数・採食効率の3年分（平成25～27）のデータを元に、農法がそれらの変数に及ぼす影響を解析した。農法の効果については一般化線形混合効果モデル（GLMM）を用いて解析した。すなわち、生物の個体数や種数を応答変数に、年・地域・圃場を（過分散が見られる場合は個々のサンプルも）ランダム変数に、調査努力量（網の掬い取り回数・設置トラップ数・トランセクト長等）をオフセット項に、そして農法（有機栽培、特別栽培、慣行栽培）を説明変数として解析を行った。誤差構造としてポアソン分布を用いた。有機農法あるいは特裁農法の正の効果が見られた場合、個体数（あるいは種数）の違いをもたらす仕組みを明らかにするため、農薬の使用回数や水管理などの詳細な農法の影響を、AICやAICc等に基づくモデル選択により特定した。一方、農法の効果が見られない場合、圃場外の環境要因も関与している可能性があるため、水路の状態や景観要因も説明変数に含めて検討した。説明変数の影響力の強さはz値を元に評価した。解析に用いる変数については、各分類群の生態に関する情報を元に、分類群ごとに異なる変数を設定した（表1）。また、農法の効果を指標する植物種については、年別に農法の効果を検証し、農法の効果が有意でなおかつ被度が高いものを選定した。解析結果は以下の通りである。

①植物：田面の植生においては、栽培方法（慣行・特別・有機）と圃場周囲1kmの土地利用の多様度（シンプソン指数）が影響を及ぼしていた。すなわち、農法の水田における植物（在来）種数は、慣行栽培や特別栽培よりも有機栽培で多くなり、圃場の中心から半径1km以内に含まれる土地利用の多様度が高い水田ほど総種数が増加することがわかった。多様度指数が及ぼす影響の仕組みは不明であるが、周辺の土地利用の多様性に伴う種の供給ポテンシャルの差異が関連している可能性が考えられる。個別の植物種については、2年以上、指標種の条件（ $IV > 0.25$ かつ $P < 0.05$ ）を満たす種は8種（いずれも有機栽培に出現しやすい）抽出されたが、除草剤抵抗性雑草が多く、それを除くと、ウキクサ、シャジクモ、ハリイの3種が指標種として選定された（表2）。

②昆虫類・クモ類：水生コウチュウ類幼虫（主にガムシ科・ゲンゴロウ科）について、農法の効果が影響を及ぼしていたが、慣行水田で有機水田よりも個体数が多い傾向が見られた。これらの昆虫個体数への影響が強い周囲200mの開放水面の面積率と、湛水日を説明変数に加えて、農法の影響を再解析したが、結果は変わらず、有機農法による負の影響が見られた。一方、水生カメムシ類（コオイムシ科とタイコウチ科の総個体数）については農法の効果は見られなかった。

アカネ属の羽化殻数については農法が影響を及ぼしており、特裁・有機農法水田において個体数が多い傾向が見られた。要因を詳しく解析したところ、育苗箱施用剤のトンボに対する毒

性の強さと輪作の実施が、アカネ属の個体数に負の影響を及ぼすことが分かった。

イトトンボの個体数についても、アカネ属と同じく農法が影響を及ぼしており、慣行水田よりも特裁・有機水田で個体数が多かった。さらに詳しい農法の影響を解析したところ、箱施用剤の毒性の強さ・輪作の有無・冬期湛水が影響を及ぼしており、中でも育苗箱施用剤のトンボに対する毒性の強さが強い負の影響を及ぼしていた。

アシナガグモ属の個体数については、農法が影響を及ぼしており、慣行水田に比べて、特裁・有機水田で個体数が多かった。より詳細な農法の影響を解析したところ育苗箱施用剤の使用がクモの個体数に強い負の影響を及ぼしていることがわかった。育苗箱施用剤は直接クモ類に散布されるわけではないため、この影響は、餌資源となる水生昆虫への影響を介した間接的な影響を反映していると考えられた。

③魚類・カエル類：ドジョウは、特裁水田で個体数が多い傾向がみられたものの、農法の影響はみとめられなかった。排水路の規模や湛水日を説明変数に加えて、再解析を行ったが、これらの変数の影響もみとめられなかった。

ニホンアカガエルに対する農法の効果はみとめられなかったものの、有機水田で個体数が多い傾向が見られた。相関の高い圃場周囲400mの森林面積率、湛水日、畦畔における化学合成除草剤の総有効成分数を説明変数とする統計モデルを構築し、モデル選択を行ったところ、湛水日と畦畔における化学合成除草剤の総有効成分数が強い負の影響を示しており、湛水日が遅い水田ほど、また化学合成除草剤の総有効成分回数が多い水田ほどアカガエルの個体数が少なかった。

トウキョウダルマガエルに対して農法は影響を及ぼしており、有機水田で個体数が多かった。モデル選択の結果、畦畔における化学合成除草剤の総有効成分回数と周囲800mの水田面積が、それぞれ負と正の影響を及ぼしており、化学合成除草剤の総有効成分回数が多い水田ほど個体数が少なく、周囲の水田面積率が高い水田ほど個体数が多かった。

ニホンアマガエルについて農法の影響はみられなかった。先行研究においても本種について農法に対する影響が不明慮である例が報告されている。

④鳥類：鳥類に対する農法の影響は、平成25～26年の2年分の解析結果と平成27年度の結果を元に検討した。平成25～26年の解析結果から、有機農法はサギの採食効率（g/min）に対して正の影響をもっていたが、その傾向はダイサギでのみ明瞭であること、また有機農法はダイサギとアオサギの個体数に正の影響をもつことが示唆された。一方、平成27年は、採食効率に対する農法の効果がみとめられなかったものの、サギ個体数に対する有機農法の正の影響は確認された。これらの成果の一部は論文として公表した（片山ら 2015）。

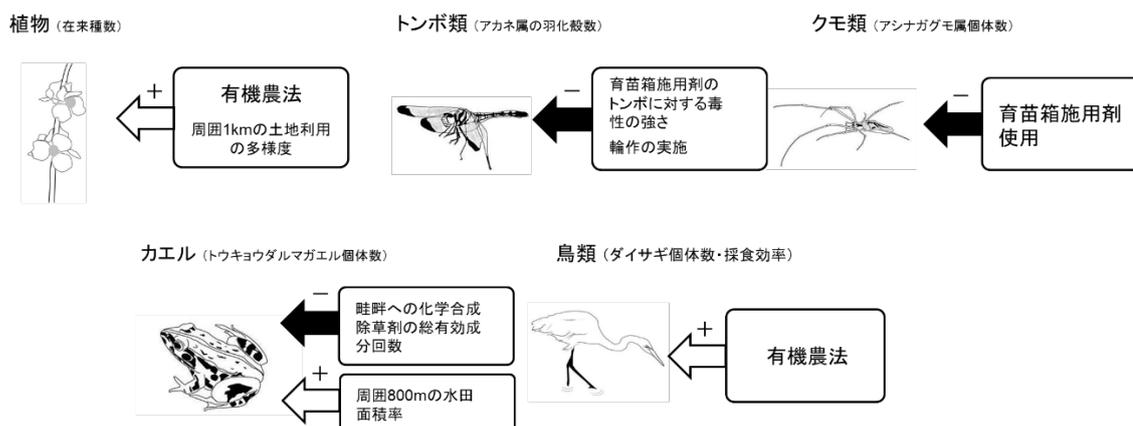


図3 有機農法の正の効果が見られた分類群と、各分類群に影響を及ぼす要因。

3年間の調査・解析の結果、在来植物種（田面）数、アシナガグモ属、トンボ類（アカネ属羽化殻・イトトンボ類個体数）、トウキョウダルマガエルの個体数は慣行水田よりも有機水田で多い傾向が確認された。サギ類の個体数や採食効率は、農法の効果がみられない年もあったが、概ね有機農法による正の効果がみとめられた（図3）。以上の結果に基づき、これらの生物は、寡雪地平野景観における水田生態系の代表種やその餌生物の状態を指標する生物として選定された。

2) 一3 代表種・餌生物と指標生物との関係の解析

クモと植生の関係：植物を足場として網を張る造網性クモ類は、植生構造の変化による影響を強く受けると考えられる。化学合成除草剤はアシナガグモ属に負の影響を与えることが単年度の解析結果や既存研究で示唆されているが、これは薬剤による直接効果ではなく、むしろ化学合成除草剤の使用に伴う植生構造の変化を反映している可能性がある。この可能性を検証するために、除草剤成分数によるアシナガグモ属個体数への直接効果と、植物パラメーター（被度、種数、多様度、植生高）を介した間接効果を組み込んだパス図を基に、パス解析を実施した。変数減少法により農法と植物・アシナガグモの関係性を説明する最適モデルを特定した結果、除草剤成分数は、植生パラメーターの変化を介してではなく、直接的にアシナガグモ属の個体数に負の影響を及ぼすことが分かった。このことから、農法の違いによるアシナガグモ属の個体数の違いは、少なくとも薬剤使用に伴う植生変化の影響を反映しておらず、薬剤の直接効果、もしくは今回のモデルで考慮していない他の要因（例えば、餌生物の量等）の影響を反映している可能性が考えられた。

サギと餌量の関係：水田の代表的な鳥であるサギ類の採食効率と餌量（主にドジョウ）との関係を明らかにするため、平成28年4月28～29日に栃木県大田原市の水田で、同年の6月8～9日、17～16日、22～23日に茨城県石岡市の水田にて野外調査を実施した。全てのサギの採食観察個体を対象に、餌生物の総量（カロリー）と、サギの採食効率との関係を解析したところ、地域による違いが大きい事がわかった。すなわち大田原市の水田ではトラップ調査で餌生物も多く採れ、サギの採食効率も高かったが、石岡市の水田では餌生物の総量とサギの採食効率は低く、それらの変数間で明瞭な関係はみられなかった。正確な餌生物の総量と採食効率の関係を示すにはより多くのデータを追加する必要がある。

研究成果（査読付き論文 2編）

片山直樹，村山恒也，益子美由希 2015. 水田の有機農法がサギ類の採食効率および個体数に与える影響. 日本鳥学会誌 64: 183-193.

渡部恵司，森 淳，小出水規行，竹村武士 2016. 水田においてペットボトルトラップと金網トラップで採捕したドジョウ個体数の比較，農業農村工学会論文集 84: IV_7-IV_8

3) 成果活用における留意点

本課題で選ばれた指標生物は茨城県・栃木県における平野部の水田を対象とした調査結果に基づき選定されたため、それ以外の地域（他の都県および中山間地など）に適用する場合は注意が必要である。

4) 今後の課題

茨城県・栃木県以外の関東の都県、また中山間地など異なる景観においても、同様に指標生物が適用できるかについては、さらなる調査・検証が望まれる。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) ア ④ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) ア④ 暖帯平野景観本州における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 夏原由博・名古屋大学 | | |

1) 研究目的

暖帯平野景観にある愛知県と滋賀県を対象に、水田生態系を代表する鳥類種を選定し、鳥類および代表種の餌生物等（魚類、両生類、昆虫、植物等）に及ぼす農法の影響を調査・解析することにより、代表種の生息条件に及ぼす農法の影響を解明する。また、代表種やその餌生物の状態を指標する生物を選抜し、代表種・餌生物と指標生物との関係を解析・解明する。それによって、生物多様性保全評価手法の構築およびマニュアル作成に寄与する。

2) 研究成果

① 調査地の農法

本調査では、暖帯平野景観本州地域内に3ヶ所の調査地を設定し、各調査地内に慣行栽培水田が集中したグリッドと環境保全型栽培水田が集中したグリッドを選び、各グリッドで調査圃場を選定した。鳥類については、グリッド中心部に調査ポイントを設定して、ポイント調査を行った。他の生物については、グリッド内で圃場を選んで圃場単位の調査とした。なお、慣行栽培のグリッドでは、慣行栽培圃場を、環境保全型栽培のグリッドでは環境保全型栽培圃場を調査圃場とした。

表1 a,bに調査圃場の農法の概要を示した。2013年に調査した滋賀県の彦根と草津では慣行栽培と特別栽培で農薬の使用に違いが見られなかったため、2014年以降は、両調査地にかえて愛知県の豊田と滋賀県の野洲を調査地とした。

表1 a 調査圃場の農法の概要（2013年）

| 農法 | 高島 | | 彦根 | | 草津 | |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| | 慣行 | 有機 | 慣行 | 特裁 | 慣行 | 特裁 |
| 作付 | 連作 | 連作 | 輪作 | 輪作 | 輪作 | 輪作 |
| 苗箱殺虫剤 | 使用 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |
| 本田除草剤成分数 | 使用 | 無 | 使用 | 使用 | 使用 | 使用 |
| 本田殺虫殺菌剤 | 使用 | 無 | 使用 | 使用 | 使用 | 無 |
| 畦除草剤 | 使用 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |

表1b 調査圃場の農法の概要（2014-2016年）

| 農法 | 高島 | | 豊田 | | 野洲 | |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| | 慣行 | 有機 | 慣行 | 有機 | 慣行 | 特栽 |
| 輪作 | 連作 | 連作 | 輪作 | 連作 | 輪作 | 輪作 |
| 苗箱殺虫剤 | 使用 | 無 | 使用 | 無 | 使用 | 無 |
| 本田除草剤成分数 | 使用 | 無 | 使用 | 無 | 使用 | 使用 |
| 本田殺虫殺菌剤 | 使用 | 無 | 無 | 無 | 使用 | 使用 |
| 畦除草剤 | 使用 | 無 | 無 | 無 | 使用 | 無 |

② 農法によるサギ類個体数の違い

水田を代表する鳥類としては、大型で水田に生息する水生生物を補食するサギ類（ダイサギ、チュウサギ、コサギ、アオサギ）を選定し、グリッド単位の個体数を比較した（表2）。有機水田で個体数が多く（平均14.2羽）、慣行（5.6羽）と特栽（5.5羽）に差は見られなかった。また、絶滅危惧種であるチュウサギの在不在は、慣行水田で75%（9/12）、特栽で60%（3/5）、有機水田で100%（7/7）であり、有機水田で出現率が高かった。

サギ類の採餌行動調査の結果、餌生物に占めるおたまじゃくしとドジョウの割合はダイサギで73%と17%、チュウサギで53%と35%、コサギで66%と29%で、サギ類にとってカエル類と魚類が重要であることが示唆された。

表2 地域および農法によるグリッド単位のサギ類個体数の比較

| 年度 | 彦根 | | 草津 | | 高島 | | 野洲 | | 豊田 | |
|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| | 慣行 | 特栽 | 慣行 | 特栽 | 慣行 | 有機 | 慣行 | 特栽 | 慣行 | 有機 |
| 2013 | 18.3 | 14.3 | 7.7 | 4.0 | 6.5 | 8.0 | | | | |
| 2014 | | | | | 5.5 | 21.0 | 10.0 | 2.3 | 0.0 | 21.3 |
| 2015 | | | | | 7.0 | 16.4 | 3.4 | 6.0 | 4.5 | 21.0 |
| 2016 | | | | | 2.8 | 1.8 | 1.0 | 0.8 | 0.3 | 9.7 |

③ 農法による魚類個体数の違い

魚類については、もんどりによってフナ類、ナマズ、ドジョウ類の稚魚が採取された。10トラップあたりの捕獲数は、高島と豊田では有機圃場で多かったが、野洲では慣行圃場で多かった（表3）。負の二項分布を仮定した一般化線形モデルによって、農法と地域による差があることが示され、有機水田は慣行水田よりも個体数が多いが、特栽水田は慣行水田よりも少ないことが示された。

表3 もんどりによって捕獲した魚類個体数（10トラップ当たり）

| | 高島 | | 豊田 | | 野洲 | |
|------|-----|------|-----|------|-----|-----|
| | 慣行 | 有機 | 慣行 | 有機 | 慣行 | 特栽 |
| 2013 | 0.0 | 7.2 | | | | |
| 2014 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 36.0 | 7.3 | 0.0 |
| 2015 | 0.0 | 16.7 | 0.0 | 1.3 | 0.8 | 0.0 |
| 2016 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.1 | 4.4 | 2.5 |

④ 農法によるカエル個体数の違い

カエルは目視によって、ナゴヤダルマガエル、トノサマガエル、ニホンアマガエル、ヌ

マガエル、ツチガエル、シュレーゲルアオガエルが記録された。負の二項分布を仮定した一般化線形モデルによって、ナゴヤダルマガエル成体の個体数は農法と地域による差が認められ、有機水田は慣行水田よりも多いが、特栽水田は慣行水田と差が認められなかった。これらのうち、絶滅危惧種であるナゴヤダルマガエルの在不在を表4に示した。

表4 ナゴヤダルマガエルの圃場単位の在不在

| | | 在 | 不在 | 合計 |
|----|----|----|----|----|
| 高島 | 慣行 | 13 | 1 | 14 |
| | 特栽 | 2 | 0 | 2 |
| | 有機 | 10 | 0 | 10 |
| 豊田 | 慣行 | 2 | 6 | 8 |
| | 特栽 | 1 | 1 | 2 |
| | 有機 | 3 | 3 | 6 |
| 野洲 | 慣行 | 5 | 3 | 8 |
| | 特栽 | 8 | 3 | 11 |

⑤ 農法による昆虫類個体数の違い

スウィーピングによるアシナガグモ類捕獲数は、一般化線形モデルによって有機水田で多く、特栽水田と慣行水田では差が見られなかった(表5)。トンボ類のうち、アカネ類の脱皮殻は、地域差が大きく、有機水田でも見られない場合があったため共通の指標とはできなかった(表6)。イトトンボ類については、一般化線形モデルにより農法と地域による差が認められ、有機水田、特栽水田とも慣行水田よりも多いことが示された(表7)。

表5 スウィーピングによるアシナガグモ類捕獲数

| | 慣行 | 特栽 | 有機 | 総計 |
|----|------|------|------|------|
| 高島 | 13.2 | - | 20.6 | 16.5 |
| 豊田 | 4.3 | - | 14.7 | 9.8 |
| 野洲 | 16.9 | 12.7 | - | 14.7 |
| 総計 | 11.8 | 12.7 | 18.0 | 14.1 |

表6 アカネ類の脱皮殻数

| 行ラベル | 慣行 | 特栽 | 有機 | 総計 |
|------|-----|-----|-------|------|
| 高島 | 8.7 | | 179.8 | 82.0 |
| 豊田 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 |
| 野洲 | 1.3 | 0.4 | | 0.8 |
| 総計 | 4.7 | 0.4 | 107.9 | 36.1 |

表7 スウィーピングで捕獲された圃場単位のイトトンボ類成虫個体数

| | 慣行 | 特栽 | 有機 | 総計 |
|----|------|------|------|------|
| 高島 | 0.18 | - | 2.64 | 1.29 |
| 豊田 | 2.40 | - | 5.00 | 3.76 |
| 野洲 | 2.07 | 6.64 | - | 4.28 |
| 総計 | 1.38 | 6.64 | 3.68 | 3.00 |

⑥ 農法による植物種の違い

植物は2013年、2014年、2016年の3年間のデータがあるが、2013年は圃場ごとに記録されていないため、2014年と2016年のデータを用いた。調査は1回目（中干し前）と2回目（収穫期）に分けて解析した。畦植物の1回目調査で、両年ともINDIVALの $p < 0.05$ であった植物は、オオチドメ、クサヨシ、ミゾソバ、ヨモギ（以上有機水田の指標）とスギナ（特栽水田）。また、2回目調査では、セリ、ミゾソバ、ヨモギ（有機水田）とコニシキソウ（特栽水田）であった。1回目調査のデータだけを用い、指標種は、オオチドメ、クサヨシ、ミゾソバ、ヨモギとした。

水田内の1回目では、オモダカ（有機水田）のみで、1年だけの指標種とされたのは、コナギ、クログワイ、ウキクサ、アオウキクサであった。2回目では、オモダカ、イヌホタルイ（以上有機水田）であり、1年だけの指標種としては、キシユウズズメノヒエ、ミゾソバ、コハコベ、ヒメイヌホタルイ、ツユクサ、コナギ、クログワイ、ウキクサ（以上有機水田）とミズマツバ、サヤヌカグサ、チョウジタデ（以上特栽水田）が選択された。水田植物では水田雑草であるオモダカ以外に各年を通じた指標種が選択されなかったため、指標には含めなかった。

表 8 畦の指標種の圃場ごとの種数（6-7月）

| | 種数 | | | | | 総計 |
|----|----|---|---|---|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 慣行 | 18 | 8 | 1 | 0 | 0 | 27 |
| 特栽 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 有機 | 0 | 0 | 7 | 3 | 10 | 20 |
| 総計 | 27 | 9 | 8 | 3 | 10 | 57 |

指標種はオオチドメ、クサヨシ、ミゾソバ、ヨモギ

⑦ 指標値および取り組み効果の評価

以上の結果から、魚類、アシナガグモ類、イトトンボ類成虫の各個体数、畦指標種数、ナゴヤダルマガエルの有無を指標とし、指標値を表9のように設定した。魚類は、10ヶ所の合計個体数が0匹=0点、1-6匹=1点、7匹以上=2点とした。アシナガグモ類は20回振り×2ヶ所の合計個体数が、5匹未満=0点、5-14匹=1点、15匹以上=2点とした。イトトンボ類成虫は0匹=0点、1-2匹=1点、3匹以上=2点とした。指標植物種数は0種=0点、1-2種=1点、3種以上=2点とした。また、ナゴヤダルマガエルのいた水田を1点加算した。なお、サギ類個体数は農法グリッド間で差が見られたが、圃場単位での個体数は点数化しなかった。

表 9 指標値

| 分類群 | 指標値 | | |
|-----------|-----|------|------|
| | 0 | 1 | 2 |
| 魚類 | 0 | 1-6 | >=7 |
| アシナガグモ類 | <5 | 5-14 | >=15 |
| イトトンボ類 | 0 | 1-2 | >=3 |
| 畦植物 | 0 | 1-2 | >=3 |
| ナゴヤダルマガエル | 不在 | 在 | - |

この指標値をもとに各圃場の生物多様性への取り組み効果を求めた（表10）。S評価は

有機栽培のみで、A評価の割合は有機（64%）、特裁（40%）、慣行（16%）の順であり、有機栽培ではC評価がないことなど、概ね指標種として使用可能であることが示された。なお、取り組み効果の判定は、共通の値を用いた（表11）。

表10 3種類以上調査した圃場の生物多様性への取り組み効果の評価

| | 慣行 | 特裁 | 有機 | 総計 |
|----|----|----|----|----|
| S | | | 7 | 7 |
| A | 5 | 4 | 14 | 23 |
| B | 17 | 5 | 1 | 23 |
| C | 9 | 1 | | 10 |
| 総計 | 31 | 10 | 22 | 63 |

表11 調査種類数と点数による生物多様性への取り組み効果の判定値

| 種類数 | S | A | B | C |
|-----|----|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 | 0 | |
| 2 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 5 | 3 | 1 | 0 |
| 4 | 7 | 4 | 2 | 1 |
| 5 | 8 | 5 | 3 | 1 |
| 6 | 10 | 6 | 4 | 1 |

2017年度に愛知県日進市の有機水田および稲沢市の特裁水田で追加調査を行った。これらのうち、日進市では農家参加で実施した。魚類、イトトンボ類、アシナガグモ類、蛙草、ダルマガエルの在不在による評価を行った結果、両圃場ともAと評価された。

表12 追加調査地の評価

| 農法 | 日進 | 稲沢 |
|---------|----|----|
| | 有機 | 特裁 |
| ダルマ | 在 | 在 |
| 魚類 | 0 | 6 |
| 蛙指標種 | 3種 | 1種 |
| イトトンボ類 | 8 | 20 |
| アシナガグモ類 | 6 | 2 |

⑧ ナゴヤダルマガエルの同定のためのDNA解析

本実行課題の範囲では、ナゴヤダルマガエルとトノサマガエルが同所的に分布しており、一部交雑している。ナゴヤダルマガエルは絶滅危惧IB類であり、重要だと考えられる。しかし、特におたまじゃくしでは外見によって種を同定することが困難であるため、DNAによる種の判別方法の開発を試みた。その結果、ミトコンドリア16SrDNAでナゴヤダルマガエルのみで制限酵素で切断される部位があることが判明した。また、核DNAでは、トノサマガエルのみ rhod(色素関連遺伝子)に制限酵素によって切断される部位があることが判明した。これによって、ナゴヤダルマガエルとトノサマガエルの在不在を正確に判定できるだけでなく、母親の種と父親の種を同時に判別することによって、交雑の実態も把握できる。

3) 成果活用における留意点

調査時期によって個体数や種組成が異なるため、期間を設けて調査を実施する必要がある。本地域では、草本は水田内、畦とも6・7月の調査で農法間による違いが大きかった。また、カエル個体数は畦の草刈りによって影響を受けることが考えられる。アカネ類は、農法の優れた指標だと考えられるが、愛知県豊田市のように、農法に関わらず全く出現しない地域もある。

本実行課題で得られた指標生物は、平野水田を対象としており、山間地では同じ結果が得られるとは限らないことに留意すべきである。

4) 今後の課題

調査を実施した愛知県と滋賀県以外の府県での適用可能性については検証が望まれる。また、調査の簡便化のために、水生生物については、水田水の環境DNAの分析を用いることも考えられる。

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) ア ⑤ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) ア⑤ 暖温帯低山地景観における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 江崎保男・佐川志朗・大迫義人・内藤和明 | | |

1) 研究目的

暖温帯低山地景観に分類される兵庫県豊岡市および周辺地域を対象に、当地の水田生態系の頂点捕食者（代表種）であるコウノトリおよびサギ類、さらにはその餌生物も含める生物群集の農法（保全型水田と慣行型水田）ごとの相違と影響を明らかにする。

2) 研究成果

(1) 調査地の選定

豊岡市の円山川下流域周辺に、三江、新田および五荘の3調査地区を選定し、それぞれにおいて保全型水田および慣行型水田が優占するグリッドを設けた（全6グリッド）。保全型農法の実施状況に関する情報を得るために、イネの栽培期間中に現地を踏査し、圃場に設置された標識を確認して特別栽培を実施している圃場の地図を作成した。情報が得られる地区に関しては、耕作者から聞き取りを行い、現地踏査のデータを補完した。各地区において実施されている主要な特別栽培の種類としてコウノトリ育む農法（無農薬、減農薬）、アイガモ農法等を選定した。

(2) 調査方法

平成25年度の最適な調査手法の結果を踏まえて、平成26年度～28年度にかけて以下の調査、分析を実施した。

①鳥類

a. ポイントセンサス：調査時期を春期、初夏期、夏期、秋期と冬期の5期（27年度のみ、その他は1～3期）に分け調査を行った。3箇所の調査地の慣行型水田と保全型水田のグリッドに広く見渡せる水田を各10圃場設定し（計60圃場）、午前中の10分間に出現した鳥類の種、個体数と行動を圃場毎に2～4回記録した。

b. 採餌行動調査：保全型水田と慣行型水田のグリッドで採餌行動の観察されたアオサギ、ダイサギとコウノトリを10分以上ビデオ撮影した。映像を再生して、採餌された餌生物の種を判別し、体長または全長を嘴峰長の割合で目測・記録した。各餌生物の湿重量は、体長または全長からの変換式を用いて算出し、撮影時間が異なっていたため、1分当たりに変換した個体数（n/min）、湿重量（g/min）とカロリー（kcal/min）を算出した。

②魚類、カエル類

a. 魚類トラップ調査（計24圃場）：各グリッドから4圃場を選び、圃場内に10個のペットボトルトラップを夕方に設置し翌朝回収した。種ごとの個体数を記録した。中干前（6月上旬）に1回実施した。餌は、さなぎ粉4gを用いた。

b. カエル類ラインセンサス（計24圃場）：各グリッドから4圃場を選び、圃場の4辺それぞれで20m程度の区間を設定し、歩きながら（2km/h程度）畦畔から飛び出たカエルの種と個体数を目視でカウントした。中干前（6月上～下旬）に2回実施した。

③昆虫類、クモ類

a. 畦畔すくい取り（計24圃場）：各グリッドから4圃場を選び、20回振り×2か所のスウィーピングを行った。主にアシナガグモ属を対象とした。本田防除前（7月中下旬）に1回、本田防除後（8月）に1回の調査を実施した。なお、本田防除を実施したのは鎌田地区に限られた。

b. 水中すくい取り（平成26年度：計42圃場、平成27年度：計24圃場）：各グリッドから7圃場もしくは4圃場を選び、1.75m（タモ網5回分）×8か所のすくい取りを行った。主に水生コウチュウ類・水生カメムシ類を対象とした。中干前（6月上～中旬）に1回実施した。

c. 畦畔際見取り調査（計24圃場）：各グリッドから4圃場を選び、畦畔際イネ3株×20m×4か所を対象にトンボ目羽化殻の見取り調査をした。主にアカネ類を対象とし、中干前（6月上～中旬）と慣行型は中干後であり保全型は中干前である時期（7月中旬）に各1回実施した。

平成28年度には、コウノトリの主要な餌動物および代表種であるコウノトリ自体からサンプルを取得して、安定同位体比分析（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）を行った。餌動物については、上述②および③の水田調査でサンプル固定したものに加え、必要に応じて採集を行い補完した。コウノトリのサンプリングは、平成26年から28年の期間に9箇所の野外巣塔で出生した雛を対象とし、5月初旬から7月中旬の巣立ち前に行う巣上における足輪付けの際に羽毛を採取した。

④植物

1圃場につき、田面と畦畔を各3コドラート調査した（3コドラート×10圃場×2農法×3地区＝180コドラート）。コドラートの大きさは1m²とし、群落草高、植被率、出現種の草高および被度を記録した。水田内の調査は、畦畔から0.5～1m内側のイネが栽植された場所で行った。慣行水田と保全型水田で田植え時期が1か月程度異なるために、プロットの状態をそろえることは困難であったので、同一年内に調査を複数回実施した。すなわち、水田内部については、6月、7月（田植え後）、8月（出穂後）、および9月（収穫前後）の4回、畦畔については、6月および9月の2回を基本とした。

（3）調査結果

①鳥類（大迫）

記録種数に関しては、保全型水田の方が慣行型水田より多い傾向があったが（図1）、種多様度指数では、逆に慣行型の方が保全型より高い傾向があった（図2）。個体数に関しては、保全型での記録密度が慣行型を上回る種の数、逆の場合よりも多かった。また、初夏期のツバメ類の記録密度は、ツバメ、コシアカツバメ、イワツバメとも、保全型水田の方が高かった。このように傾向は一定せず、かつこれらの差はいずれも有意ではなかったため、鳥類群集の多様性が、農法間で違うとは言えない。

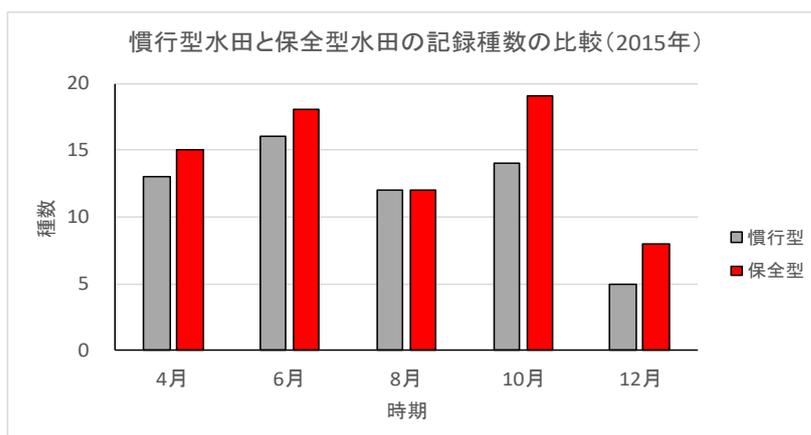


図1. 慣行型水田と保全型水田の鳥類の記録種数。

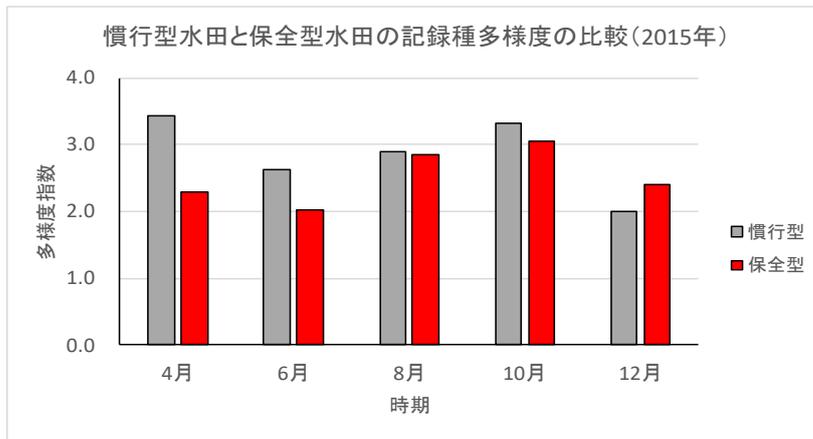


図2. 慣行型水田と保全型水田の鳥類の多様度指数.

サギ類とコウノトリの採餌行動調査の結果、餌生物として、カエル類（カエル類の幼成体）、オタマジャクシ（同、幼生）、ドジョウ類、ネズミ類、カメ類、トンボ類とイナゴ類が記録された。初夏期には、すべてのサギ類においてオタマジャクシが優占し、秋期には、ダイサギでカエル類とドジョウ類が、コウノトリでカエル類とイナゴ類が優占した。また、餌生物の選好性において農法間による差はみられなかった。

初夏期における採餌効率（1分あたりの餌生物の個体数、湿重量とカロリー）では、アオサギとダイサギで保全型水田の方が低かったが、コウノトリでは湿重量とカロリーにおいて保全型水田の方が高かった。秋期における採餌効率では、ダイサギで保全型水田の方が高い傾向があったが、コウノトリでは逆に保全型水田の方が低かった。つまり、初夏期と秋期の採餌効率において種間に共通する傾向はなかった。採餌効率に影響する要因としては、魚道の有無や水路の形態などの圃場周辺の環境の違い、農事スケジュール、餌生物の偏在、採餌行動による効率の違いなども存在するので、仮に農法による差があったとしても、これを検出できなかったものと考えられる。

そこで、採餌効率を目的変数とし圃場内の農薬使用量、稲の高さ、水深、周囲の有水路本数、周囲の耕作状況を説明変数とした一般化線形モデル（GLM）を作成したところ、ダイサギとコウノトリにおいて、採餌効率に対し、稲の高さが負に、周囲の水路本数が正に、ともに有意に影響していた。また、農薬使用量で表した農法の違いは正ではあるもの有意に働いていなかった。つまり農法の違いによる採餌効率の差は無かった。

②魚類、カエル類と③昆虫類、クモ類（佐川）

平成26年度の調査結果より、陸生動物が農法による影響を受けている可能性が示された。一方で水生生物については周辺の景観要素との関連が示唆された。

平成27年度の調査結果より、優占目の個体数において水生動物（水中すくい取り）では慣行型が、陸生動物（畦畔すくい取り）では保全型が卓越する傾向が確認された。しかし、昨年同様にこの傾向はすべての地区において普遍的に認められるものではなかった。水生コウチュウ目の多様性は、生息水田の周辺500mエリア内に存在する水域景観の数が多いほど、高くなる結果を得た。アカネ属幼生の生息密度は秋季の湛水日数に規定され、秋季に20日以上湛水期間を有する水田がアカネ属幼生の生息に重要であると考えられた。

平成28年度の解析結果より、水生動物のうち陸上移動できないものについては、保全型の $\delta^{15}\text{N}$ が慣行型より有意に大きかったのに対して、水生動物のうち陸上移動できるもの、および陸生動物については、両農法間で $\delta^{15}\text{N}$ に有意差が確認されなかった。コウノトリの雛については、保全型の面積割合が低い巣塔と面積割合が高い巣塔の間には、 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ とも有意な差は確認されなかった。コウノトリの餌動物としては、アメリカザリガニおよびトノサマガエルの寄与率が高く、保全型の面積割合が高い巣塔からの出生個体においては、餌動物寄与率のバランスが良いことが示唆された。

④植物（内藤）

- ・水田内

プロット当たりの出現種数は、多くの場合において保全型水田が慣行水田よりも多かったが、調

査月によって有意差が見られない場合もあった（一般化線形混合モデルによる）。調査時期が遅くなるにしたがって出現種数が増加するため、6月には農法間での出現種数の差が小さくても、7月あるいは8月の調査では出現種数が有意に異なる場合が見られた。また、イネを除く出現種の被度合計は、ほとんどの調査月において保全型水田のほうが慣行水田よりも高い値を示した。

・畦畔

保全型水田でのプロット当りの出現種数は、6月および9月いずれの調査時期においても慣行水田よりも多かった（一般化線形混合モデルによる）。この結果は、調査年度、調査地区を問わずほぼ一定の結果であった。ただし、農法間の差は、6月調査時のほうが大きい年度と9月調査時のほうが大きい年度があり、農法間の出現種数の差に季節的な傾向があるとは言えなかった。

・まとめ

以上の結果から、水田内および畦畔のいずれにおいても、保全型水田においてプロット当たりの出現種数の多いことが、調査年度および調査時期を問わずほぼ安定して確認された。

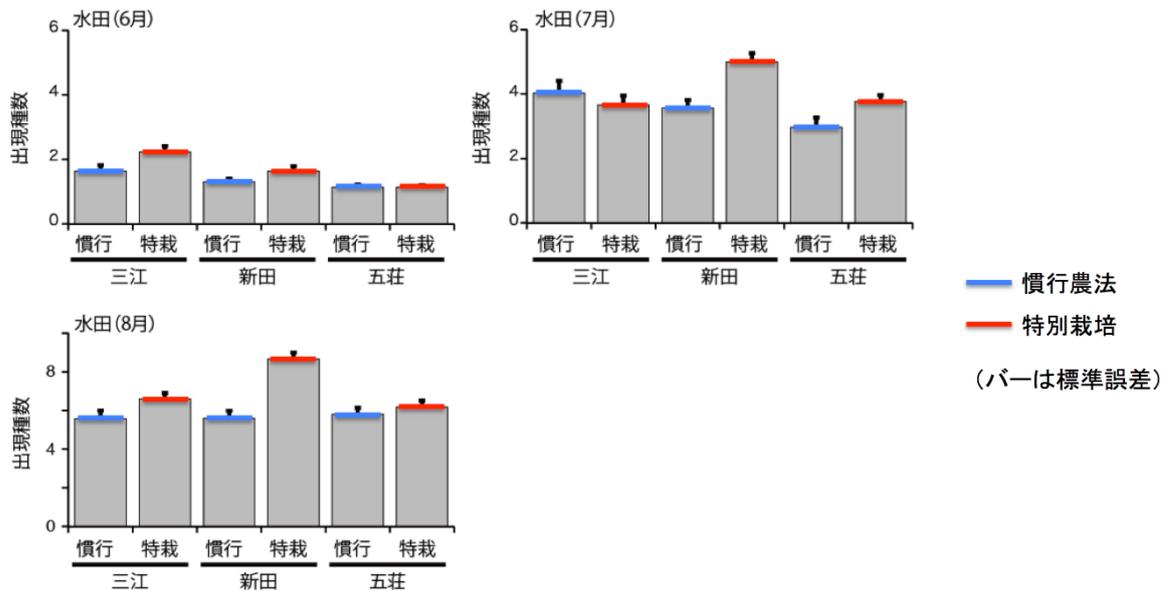


図3. 水田内における植物のプロット当たりの出現種数（2016年）。

3) 成果活用における留意点

兵庫県北部においては、保全型農法として、コウノトリ育む農法を選定した。この農法では、環境配慮として化学合成農薬の削減と化学肥料の削減、水管理として冬期湛水及び早期湛水、深水管理、中干し延期など、資源循環として有機資材（牛糞堆肥・鶏糞堆肥など）の活用などを行っている。このため、兵庫県北部において保全型水田で得られた成果は、他地区での農薬量の多寡を問う保全型水田よりも動植物を保全する要件が多く、生物多様性を高めていると予想される。また、年間を通して降水量の多い兵庫県北部においては、太平洋側と比較して慣行農法の水田でさえも、冬期の田面に水溜りが多く存在する（部分的に冬期湛水と似た状態）。そのため水生動植物にとっては、保全型水田でなくとも生息・生育のポテンシャルが高くなっていると推測できる。よって、兵庫県北部で得られた成果の適用は、年降水量（平年値）が2000mmを越す地域での、コウノトリ育む農法の水田に限定するのが望ましい。

4) 今後の課題

①調査地選定の基準

今回のプロジェクトで調査された地域は、RuLIS（農業景観調査情報システム）に基づいて選

定されている。このシステムで用いる生態系区分データは、気候、地形・地質・土壌、植生などの自然環境や人間活動に基づいて区分されているが、1辺約1 kmのメッシュデータ（3次メッシュ）の区分単位の大きさは、小動物の生息を判断する上では大きすぎると考えられる。また、水生動植物にとっては、田面の乾燥の程度が重要となるが、これを左右する要因として、降水量だけでなく、河川からの用水か、ポンプアップによる用水か、の違いも取り上げる必要がある。今後、田んぼの生物の生息を調査する場合、用水（および排水）の方法も選定の基準とする方がよい。

②農法区分の要素

3)に記載したように、コウノトリ育む農法には、農薬の不使用・削減だけでなく、化学肥料の削減、水管理、有機肥料の活用などの要件がある。この農法では、特に中干しの延期により、オタマジャクシ類やヤゴ類の死滅が起こりにくく、これらの分類群では出現する種数や現存量が多くなると予想される。また、カエル類においては、畦畔の管理（草刈の時期と頻度）によって生息分布が変わり、さらに越冬場所となる里山や畑地までの距離によっても生息密度が大きく変わってくる。さらに水田内の魚類の生息は、水路と繋がる魚道の有無によって大きく変わってくる。よって、農法を区分する要素として、農薬量だけでなく、水の管理、畦畔の管理、里山や畑地までの距離、魚道の有無などを加える方がよい。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) ア ⑥ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) ア⑥ 暖帯平野景観九州における代表種選定と生息条件に及ぼす農法の解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 上野高敏(九州大学) | | |

1) 研究目的

暖帯平野の水田景観において、環境保全型農法の生物多様性保全への寄与を評価するために、福岡県内において、水田環境を代表する鳥類種を選定し、水田の利用状況、主要餌構成、採餌効率等のデータを収集する。

また、代表種の餌環境、生息環境を定量的に把握するために、主要餌種である昆虫・クモ類、カエル類、魚類の現存量を測定する。生息環境構造の指標として雑草群落の植生組成、生育状況を測定する。これらのデータを基に、環境保全型農法実施圃場と従来型農法実施圃場との比較により、環境保全型農法の寄与を評価する。最後に、暖帯平野景観九州における指標生物を選定し、包括的な生物多様性評価手法を開発する。

2) 研究成果

暖帯平野景観九州における水田生態系での代表種を選定するための調査地点(糸島市、宗像市、三潴郡大木町)を設定し、それら調査地点において代表種となる鳥類種を選定した。またその鳥類の餌生物となる昆虫類、クモ類、カエル類、魚類の密度も調査し、指標生物としての有用性を評価した。昆虫類およびクモ類の対象種としては水生昆虫、アシナガグモ類、バッタ類を選定した。また、水田生態系の環境構造を評価するために、水田内および畦畔の雑草植生を調査すると同時に、農法の指標生物となる植物種の選定を行った。

調査結果の概要は以下の通りである。水田を利用する鳥類の種数は研究全期間を通じて、地域間、農法間で有意な違いはなかった。指標候補となる大型サギ類の種構成は地域差が認められたが、個体数については明確な差は認められず、農法の影響は顕著でなかった。一方、サギ類の餌動物については主要餌メニューや採餌量の地域差が大きかった。主要餌はアオサギ、ダイサギともにオタマジャクシであった。特に宗像地域のアオサギではその依存度が高かった。一方、糸島地域のアオサギではオタマジャクシの割合が比較的低かった。ダイサギでは、大木町でその割合が低かった。アオサギでは糸島地域、ダイサギではその他の地域でもカブトエビがよく利用されていた。このようにそれぞれの地域で多い餌生物を利用しているものと思われた。

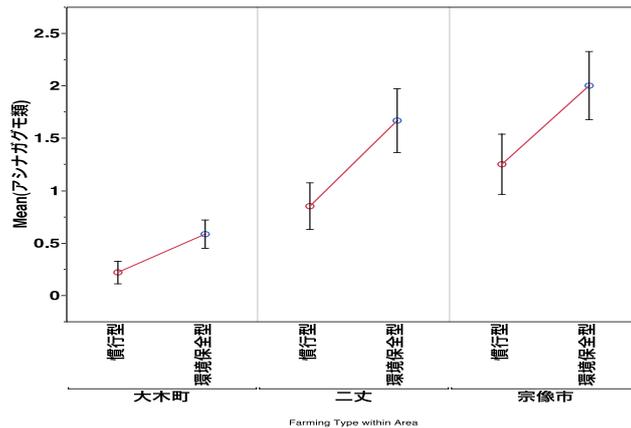


図1. アシナガグモ類の個体密度と農法との関係。アシナガグモは指標生物として活用できると判断される一方、地域差をどう考慮するかが課題となる。

餌動物の数量については地域的な要因の関与が大きく、農法の影響は必ずしも顕著ではなかったが、アシナガグモ類、イトトンボ類、水生昆虫類の一部、カブトエビについては、保全型圃場の方で統計的にも密度が高く、環境保全型農法の保全効果を裏付ける結果が得られたため、指標生物として活用できると考えられた。ただし個体密度の地域性が有意に認められ、地域性を考慮した上で指標生物としての活用を図るべきであると判断された（図1）。なお、アカネトンボ類はほぼ記録されず、指標生物としては活用できないことも明らかになった。

オタマジャクシとカエル類については、記録された種の95%以上がヌマガエルであり、残りの多くはアマガエルであった。これら2種の生息密度は両農法で差異がなく、地域間の差異が大きかった。このため水田に広く見られるカエル種に関しては指標生物としては適さないと判断された。魚類については、水田と水路とのつながりを欠く水利施設の影響が大きく、水田内には出現しなかった。

植物類に関しては、水田内の雑草種数は7月および9月のいずれも、慣行よりも環境保全型で多く確認されたが、差異は見られなかった。また、農法間による差異も見られなかった。緑藻はいずれの調査したコドラート内にも確認されなかった。一方、水田畦畔の植物類については異なった結果が得られた。雑草種数は7月では地域および農法によって有意な差異が見られ、特に地域間による大きな差異が見られた。9月では地域間差が大きく、農法に有意な差異は認められなかった。また群落植被率については、7月および9月ともに地域間および農法による有意な差異が認められたが、いずれも地域間の方が大きかった。時期にかかわらず環境保全型水田で多く確認されたのはオオジシバリ、ノチドメ、カタバミの3種とカヤツリグサ科（カヤツリグサ、ヒデリコ、ヒゲクグを含む）であり、いずれも多年生草種であった。一方、慣行水田の畦畔に多く見られた種もあった（表1）。

表 1. 九州の畦畔（7月）において指標となる植物種の候補

| 指標候補種 | 2013年 | | | 2014年 | | | 2015年 | | | 判定 |
|----------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|----|
| | 農法 | 指標値 | P値 | 農法 | 指標値 | P値 | 農法 | 指標値 | P値 | |
| オオジシバリ | 特裁 | 0.66 | 0.002 | 特裁 | 0.65 | 0.006 | 特裁 | 0.44 | 0.697 | △ |
| カタバミ | 特裁 | 0.66 | 0.001 | 特裁 | 0.70 | 0.002 | 特裁 | 0.59 | 0.028 | × |
| カヤツリグサ科 | 特裁 | 0.67 | 0.015 | 特裁 | 0.71 | 0.004 | 特裁 | 0.13 | 0.297 | × |
| ノチドメ | 特裁 | 0.72 | 0.000 | 特裁 | 0.57 | 0.007 | 特裁 | 0.68 | 0.000 | ○ |
| ザクロソウ | 慣行 | 0.54 | 0.000 | 慣行 | 0.42 | 0.000 | 慣行 | 0.43 | 0.000 | ○ |
| トキンソウ | 慣行 | 0.49 | 0.003 | 慣行 | 0.30 | 0.034 | 慣行 | 0.26 | 0.160 | △ |
| ヒメムカシヨモギ | 慣行 | 0.03 | 1.000 | 慣行 | 0.43 | 0.019 | 慣行 | 0.37 | 0.033 | × |

※ カヤツリグサ科:カヤツリグサ, ヒデリコ, ヒメクグを含む。

※※ カタバミ:オツタチカタバミ(帰化雑草)も含む。

※※※ 2016年の結果も掲載した。

以上の結果と過去の知見（RDBなど）に基づき、指標生物を以下のように選定した（調査法に関してはマニュアルに統一化された手法を記述してあるのでそちらを参照）。

鳥類はサギ類とし、調査単位を圃場単位とする。ただしサギ類の代わりに餌生物としてよく利用されているカブトエビ類（田面に生息する魚類の代替でもある）を指標生物として選択しても良い。餌生物に関しては、カエル類は指標生物から除去する。ただし、RDB種であるアカガエル類、ツチガエル、トノサマガエルは加算項目に加えることとする。

節足動物からはアシナガグモ類（ヤサガタアシナガグモ、ヒカリアシナガグモ、シコクアシナガグモなど）とイトトンボ類（アオモンイトトンボ、アジアイトトンボなど）を指標生物とする。

植物では田面の指標生物は指定しない。畦の雑草類から有用と思われる指標種をオオジシバリ、ノチドメ、カタバミの3種とカヤツリグサ科（カヤツリグサ、ヒデリコ、ヒゲクグを含む）に選定する。また加点対象としてRDB種であるシソクサを加える。

また、調査地域の大きな特徴は田植えの時期が5月下旬から6月下旬と非常に遅いことであり、これが水田の生物相に決定的な影響を与えていることが明白であるため、適用可能な範囲をヒノヒカリ、元気つくし、夢つくしなど稲作ごよみにおいて田植えの時期が5月下旬以降となる品種を栽培している水田（地帯）とする。地域としては九州北部域とするが、同様に適用可能な潜在的地域には九州全域、瀬戸内と四国地方を含む。

3) 成果活用における留意点

農林水産省「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」（平成20－24年）の成果と公開されているマニュアルを参考にする。

4) 今後の課題

各生物群の個体数は、時系列での変動が激しい上に、地域要因の影響を大きく受ける。そのような非生物的要因が複雑に絡んでいるため、指標生物の調査においては調査時期に注意を払うと同時に、生息密度に関する地域性を最大限考慮する必要があると考えられる。このため、指標生物のスコア換算にあたっては、とくに地域性を考慮した修正や補正を適宜行う必要があると思われる。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) イ① | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) イ① 暖温帯低山地景観北部における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 嶺田拓也・農研機構農村工学研究部門水利工学研究領域水域環境ユニット | | |

1) 研究目的

暖温帯低山地景観北部を対象に、農業水利施設における生態系を指標する魚類を選定したうえで、魚類や底生生物など餌資源の消長に及ぼす農業水利施設の諸元を調査・解析することにより、指標種の生息条件に及ぼす配慮工法の影響を解明する。特にビオトープネットワークの断点とされる落差工の規模等と流況変化による水面の連続性を明らかにしたうえで優先的に解消すべき落差工の諸元を解明する。簡易な断点修復工法を開発し、現場に適用した場合の生息種、魚類等の個体群存続、食物網に与える影響を解明し、ビオトープネットワーク修復マニュアルを開発する。

2) 研究成果

① 指標種の生息条件に及ぼす環境配慮工法の影響解明

暖温帯低山地景観北部に位置する岩手県の農業水路において、環境配慮工法と魚類相を表す指標との関連を調査した。同一水路系で工法の異なる9地点（配慮工法7地点、3面張りコンクリート2地点）において、魚類採捕を2013年10月～2014年7月に計3回実施した。採捕では、定置網（幅3m、目合5mm）を、入り口を下流に向けて一晩設置し、捕れた個体の種と個体数を記録した。魚類相の指標の候補として種数や個体数、種々の多様度指数等の12指標を地点ごとに計算した。各指標間の相関関係を考慮して（表1）、種数、総個体数、ギバチの個体数、森下の多様度指数およびPielouの均衡性指数の5指標を選定した。各評価指標の値をもとに「スコア」（0～1点）および5指標の「合計スコア」（0～5点）を算出した結果、配慮工法の5地点で合計スコアは1.9～3.6点と高く、魚類相は多様であった（図1）。一方、配慮工法の2地点と3面張りコンクリートの2地点は0.4～1.2と低かった。以上から、種数や総個体数等の指標から、水路の魚類生息場を評価できることが確認された。

表1 高い相関がみられた指標のペア
(渡部ら (2015) より転載)

| 変数のペア | Spearman順位相関係数 | | |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|
| | 2013年 10月 | 2014年 4月 | 2014年 7月 |
| 種数 — 遊泳魚の個体数 | 0.93** | 0.99** | 0.93** |
| 種数 — I_1 | 0.95** | 1.00** | 0.92** |
| 種数 — I_6 | 0.75* | 0.99** | 0.97** |
| 総個体数 底生魚の個体数 | 0.74* | 0.94** | 1.00** |
| 総個体数 — I_6 | 0.81** | 0.99** | 0.93** |
| 総個体数 — I_7 | 0.73* | 1.00** | 0.93** |
| 遊泳魚の個体数 — I_1 | 0.87** | 0.97** | 0.73* |
| 遊泳魚の個体数 — I_6 | 0.77* | 0.97** | 0.96** |
| 遊泳魚の個体数 — I_7 | 0.73* | 0.98** | 0.86** |
| I_1 — I_2 | 1.00** | 0.82 | 0.83* |
| I_1 — I_4 | -0.96** | -1.00** | -0.77* |
| I_2 — I_3 | 0.97** | 0.73 | 0.98** |
| I_2 — I_4 | -0.97** | -0.82 | -0.72 |
| I_6 — I_7 | 1.00** | 0.98** | 0.95** |

I_1 : Shannon-Weaverの H 、 I_2 : 森下 (1967) の B 、
 I_3 : McIntosh (1967) の多様度指数、
 I_4 : McNaughton (1967) の優占度指数、 I_5 :
Pielou (1969) の均衡性指数 J 、 I_6 : Pielou
(1969) の HN 、 I_7 : 森下 (1967) の繁栄指数 NB 。
*: $p < 0.05$ 、** : $p < 0.01$ 。

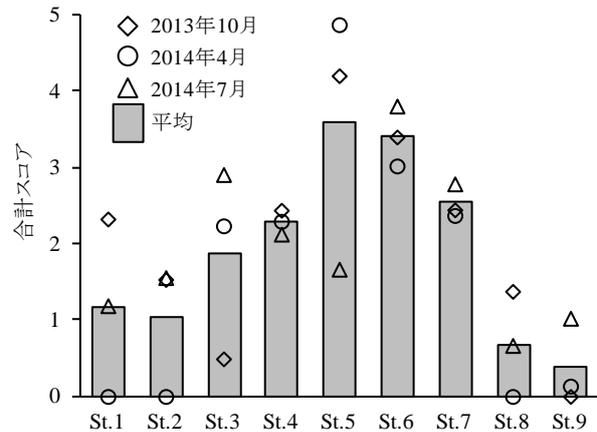


図1 各調査地点における合計スコア (St.1・St.9: 3面コンクリート、St.2~8: 環境配慮工法) (渡部ら (2015) より転載)

転載元: 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士 (2015) : 農業水路の生態系配慮施設における魚類相の多様性評価、農工研技報、217、29-37

② 魚類生息場の簡易評価手法の開発

農業水路における魚類生息場を簡易に評価する手法の開発に向けて、水路の水深、流速等の水理学的な環境指標に基づき、魚類生息場の相対的な良否を表す評価スコアの作成方法を検討した。研究成果①と同じ地区の二面張り水路において、水路環境の計測と魚類採捕を実施した。水路環境の指標については、水深・流速・陸地・植物被覆率・河床材料を計測・記録した。魚類採捕については、研究成果②と同様に、定置網を一晩設置し、捕れた個体の種と個体数を記録した。

2017年7月に19区間で調査した水路環境・魚類の両データを解析し、上記の環境指標を説明変数とする評価スコアの計算式を作成した。種数と総個体数を同時に指標として採用するケース1と片方のみを採用するケース2、3について評価スコアを比較した結果、各区間における評価スコアの傾向はケース間で概ね一致した (図2 a~c)。しかし、各区間におけるケース2とケース3の評価スコアの差の絶対値は平均0.9であり (図3 d)、19区間中8区間では両ケースの評価スコアが1点以上異なった。このことは、ケース2では種数が少なく個体数の多い区間を過小評価し、種数が多く個体数の少ない区間を過大評価する (ケース3では逆になる) 可能性があることを意味する。このため、ケース1のように種数・総個体数の両指標とする方式を採用した。ケース1で評価スコアの高かった区間では、種数・総個体数が高かったことに加え、シャノンの多様度やシンプソンの多様度も高く、総じて魚類生息場として良好と考えられた。これらの結果に基づき、データ入力、評価式の作成およびその後の評価スコアの計算とグラフ表示といった一連の作業をパッケージ化し、表計算ソフト上でデータ入力と解析を容易に行える「評価モデル式作成プログラム」を開発した (図3)。

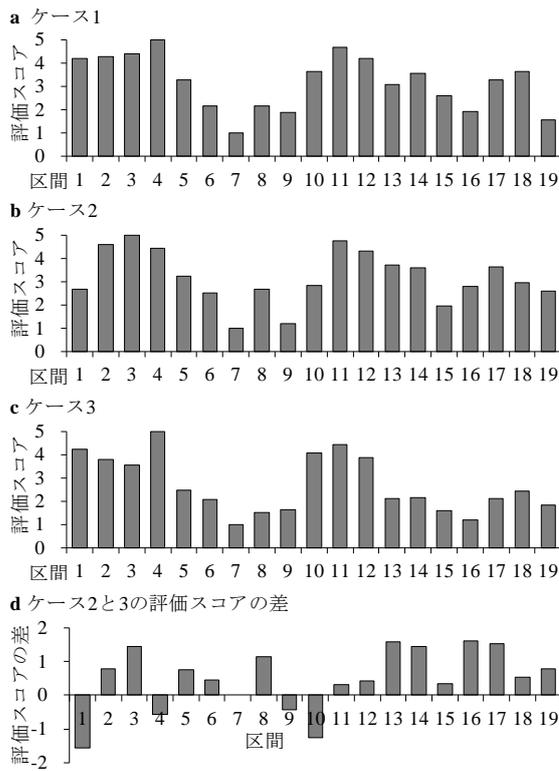


図2 ケース1~3における各区間の評価スコア (渡部ら (2018) より転載)

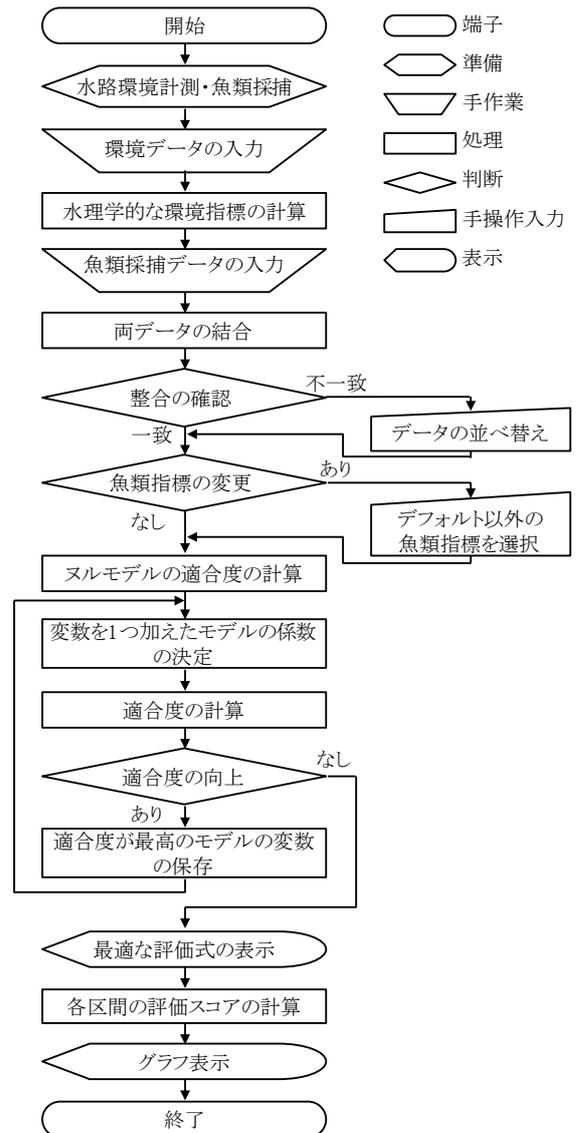


図3 「評価モデル式作成プログラム」の流れ (渡部ら (印刷中) より転載)

転載元：渡部恵司・小出水規行・嶺田拓也・森 淳・竹村武士 (2018)：農業水路における魚類生息場の簡易評価手法の開発、農研機構研究報告農村工学研究部門、2、(印刷中)

③農業水路の魚類調査・評価マニュアルの作成

マニュアル作成については、当初目的のビオトープネットワークの断点修復よりも包括的な内容である、「魚が住みやすい農業水路を目指して ～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～」(図4)を監修し、課題2122~2125の担当者と執筆分担しながら作成した。当マニュアルの主なユーザーは、農業農村整備事業や多面的機能支払交付金の実務を担当する農村振興局および都道府県、並びにそれらの出先機関など、生態系配慮等に関する地元説明を担当する技術者を想定し、改修後の水路等において地元が簡便かつ安価に行える生態系保全活動を後押しするためのマニュアルとなるように留意した。構成は、1. イントロダクション、2. 農業水路の評価方法、3. 農業水路の評価マニュアル、4. 農業水路の修復事例と望まし

い管理、とし、巻末には資料として農業水路で見られる主な魚類の写真と生態の解説や調査でのデータ記録用シートを加えた（図5）。農業水路の評価については、魚類生息場の評価と、生息場を繋ぐビオトープネットワークの評価の両方に焦点を当てた。前者では、上記の評価モデル式作成プログラムの使用方法を解説し、調査水路間の相対的な魚類の住みやすさを誰でも簡単に評価できるようにした。後者では、既存の図面などを用いた簡易推定法から、タイムラプスカメラなどを用いた方法、そして実際の魚類の移動調査を伴う方法まで、取り組みやすさと推定精度の異なる複数の評価手法を解説し、活動団体の実態に合わせた手法を選択できるようにした。また、安定同位体比を用いた食物網解析による生息環境評価など本研究課題で得られた成果もトピックスとして紹介した。

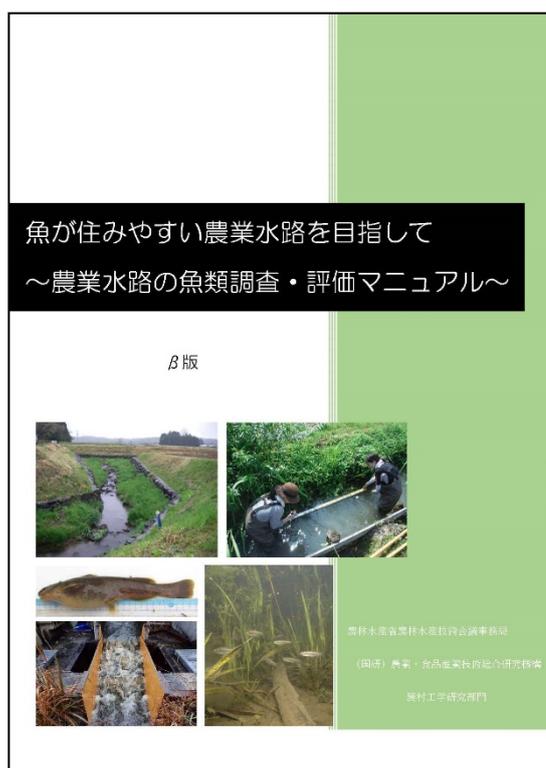


図4 マニュアル（β版）の表紙

1. イントロダクション
 - 1-1. 農業水路の特質と生態系保全の概要
 - 1-2. マニュアルの考え方
 - 1-3. 想定されるユーザー
 - 1-4. マニュアルの構成
2. 魚類相保全に向けた農業水路の評価方法
 - 2-1. 生態系ポテンシャルおよび水路環境を把握する
 - 2-2. 魚類の生息環境をつなぐ移動ネットワークの評価
 - 2-3. 魚類生息環境の評価
 - 2-4. 保全対象魚類の設定
 - 2-5. 生物多様性保全に向けた社会・組織特性を把握する
3. 魚類相保全に向けた農業水路の評価マニュアル
 - 3-1. 生態系ポテンシャルおよび水路環境の評価マニュアル
 - 3-2. 移動ネットワークの簡便な判定マニュアル
 - 3-3. 評価スコア表作成による魚類生息環境評価
4. 魚類相保全に向けた農業水路の修復事例と望ましい管理に向けて
 - 4-1. ネットワーク断点の簡便な解消工法や事例
 - 4-2. 生態系の遷移と生息環境の簡便な修復工法の事例
 - 4-3. 水路維持管理方法の違いが生物多様性に及ぼす影響
 - 4-4. 間伐材を利用した護岸工事の例
 - 4-5. 農業用排水路の望ましい維持管理とそれに向けた課題
5. 資料編
 - データシート
 - 農業水路周辺で見られる淡水魚
 - 執筆者一覧
 - 引用・参考文献

図5 マニュアルの目次案

3) 成果活用における留意点

「農業水路の魚類調査・評価マニュアル」は冊子を印刷・配布予定である。また当マニュアルおよび「評価モデル式作成プログラム」は、農研機構HPでの公開に向けて準備中である。

4) 今後の課題

上記のマニュアルおよびプログラムの現地適用に関するデータを蓄積し、手法の妥当性の検証を行うとともに、必要に応じて手法およびマニュアルの改善を行う予定である。

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) イ② | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) イ② 寡雪地平野景観における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 守山拓弥・宇都宮大学 | | |

1) 研究目的

農業水利施設の整備方法の違いが魚類、両生類等の生息条件に及ぼす影響として、主に生息場に関することと、移動経路に関することの両者がある。さらに、さらに外来種による影響の可能性もあげられている。こうした複数の要因と魚類、両生類等の生息状況との関係を明らかにする。これにより、生物多様性保全評価手法の構築に寄与する。

2) 研究成果

2) - 1 西鬼怒川地区

①経年調査データの集積と生息状況の変化

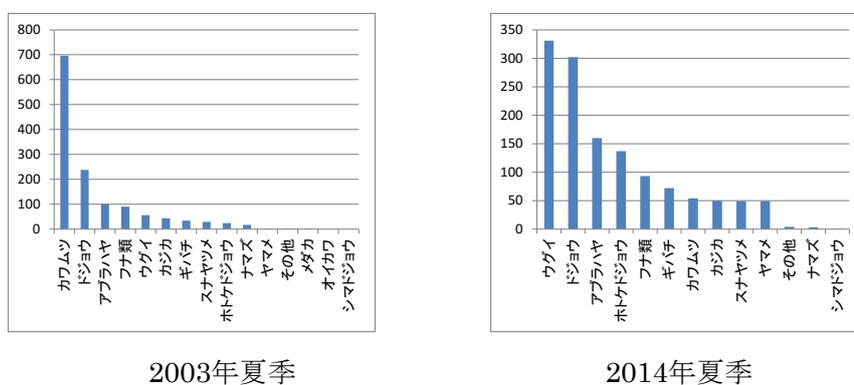


図1. 10年間での魚類生息状況の変化

ミチゲーシヨンの5原則のうち、「回避」を実施している本調査地区において、2013年、2014年に、調査地点17st.でエレクトリックショッカーを用い、1st.(100m)あたり40分の努力量一定での調査を実施した。同時に環境要因(河床構造、河岸構造等)をst.毎に計測した。この手法は、2003年、2010年、2011年に調査対象地域において、先行調査により実施し

ていた手法である。先行調査にて実施していた手法と、本プロジェクトにおける手法を統一することで、本調査地における経年での魚類生息状況の変化の把握を試みた。その結果、ウグイやホトケドジョウなど生息数が減少している種がいる一方、国内移入種であるカワムツの大幅な増加が確認された。

②環境要因と魚類生息状況との関係

複数年での調査結果を用い、特に生息数が激減しているウグイと環境要因および競合関係の可能性のあるカワムツの採捕数との関係を解析した。その結果、ウグイの採捕数はカワムツの採捕数と正の相関関係があるものの、環境要因との関係は見られなかった。したがって、環境要因の変化により本種の減少がおきたことは確認されなかった。

表 1. ウグイと環境要因およびカワムツの採捕数との関係 (重回帰分析)

| 目的変数 | 説明変数 (標準化係数β) | | | R ² | P 値 |
|--------|---------------|----|---------|----------------|-------|
| | 水際植生 | 砂礫 | カワムツ採捕数 | | |
| ウグイ採捕数 | | | 0.403* | 0.162 | 0.003 |

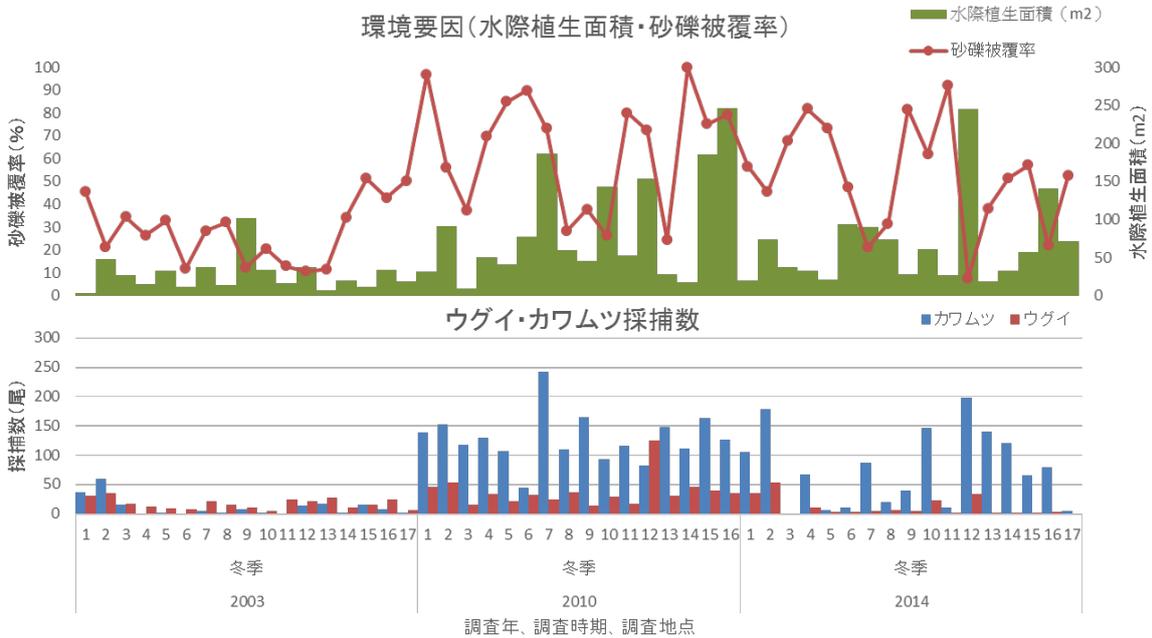


図 2. ウグイおよびカワムツの採捕数と環境要因の経年変化 (地点別)

③ウグイおよびカワムツの生息数の経年変化

2003年、2014年、および新たに、2010年、2011年、2013年の調査結果を加え、複数年での調査結果を用い、魚類等と水利施設の構造の関係をさらに解析した。なお、2010年～2013年の調査データは、小山市役所の森晃氏より提供いただいた。本年度の解析は、森晃氏の協力を

得て、TRend and Indices for Monitoring data (TRIM) を用いて経年変化の推定を試行した。TRIMは各種の個体数の変化傾向とその指数を一般化線形モデルで解析するフリーソフトウェアである。欠損値の予測値はsite-effect (site-parameters) とtime-effect (time-parameters) の関数として表され、欠損値はPoisson回帰を用いて予測値に置き換えられる。谷川における代表的な魚類の個体数変動を整備区間と保全区間で比較した。解析では谷川において夏期に実施された魚類採捕調査のデータを用いた。2004年のSt. 11を除く全St.、2005年から2009年の全St. で調査が実施されていないので欠損値として扱った。これらの手法により、ウグイの個体数指数の経年変化が減少傾向にあること、カワムツの個体数指数の経年変化が増加傾向にあることが把握された。以上の一連の調査結果から、直接的な因果関係は不明出るものの、ウグイの個体数が減少していること、およびその減少と環境要因との間の関連は本調査においては明らかにされなかったこと、国内移入種であるカワムツが増加していることなどが明らかとなった。したがって、ミチゲーションにおける「回避」のように、生態系配慮を実施した地区においても、事業後の経年変化により魚類の生息状況が変化することが明らかとなった。

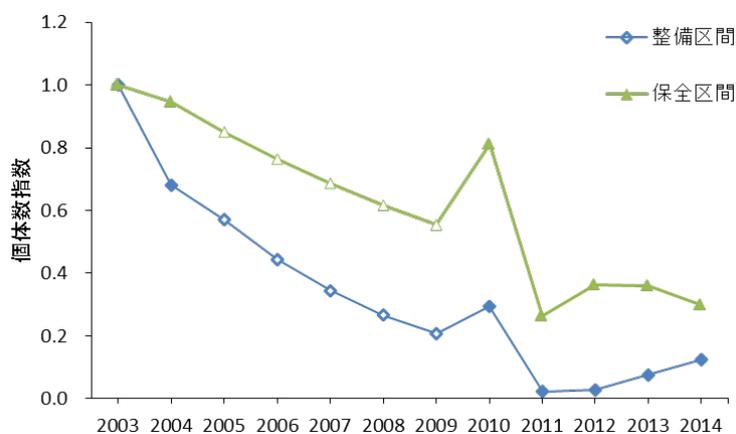


図 3. ウグイの個体数指数の経年変化

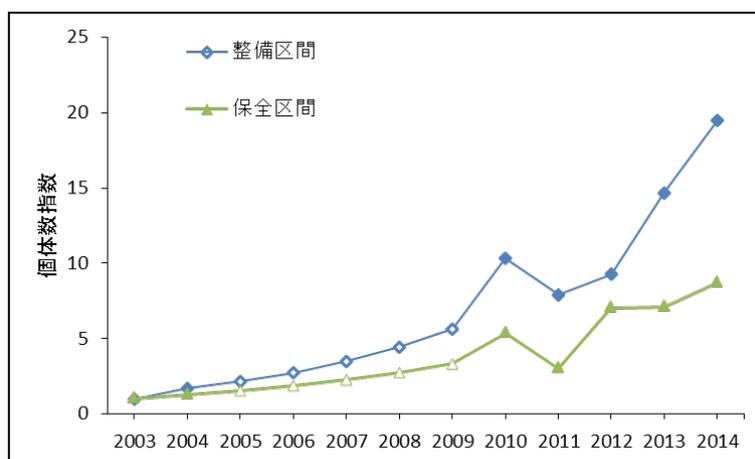


図 4. カワムツの個体数指数の経年変化

④課題共通の調査手法による生物多様性評価マニュアルのデータ集積

簡易な生物多様性評価マニュアル作成にむけて、西鬼怒川地区において定置網調査と環境要因調査を実施し、解析を行った。ただし、有意なモデルは構築されなかった。本調査地は流速が比較的早く、定置網の袖網が流れで広がらなかったことが要因の一つとしてあげられた。

2) - 2 上三川地区

①調査地の選定

上三川地区において全域を踏査し、調査地点の選定を行った。冬季に複数地点で予備調査を実施。冬季には、当該地域の支線排水路のほぼすべてで通水がないことが確認され、魚類調査の実施が困難であった。また、課題2113調査により、カエル類が確認されているが、その越冬場となりうる水辺環境が確認されなかった。このことから、カエル類にとっての越冬良好な越冬環境が乏しい可能性があるものの、有機圃場をはじめとした水田にカエル類、特にトウキョウダルマガエルが生息しており、水辺環境以外での越冬場がある可能性があり、本種の生活史を解明するうえで重要な課題であると考えられた。

②PIT タグ挿入による個体への影響

本研究では、トウキョウダルマガエルの越冬を含めた成体の生活史を明らかにすため、パッシブ型タグであるPITタグを用いた。PITタグを使用するにあたり、はじめにPITタグを挿入することによる本種の生存や成長への影響を調べた。本種20 個体を供試個体としグループ毎に分け飼育ケースで15日間（2015年7月26日～8月9日）飼育した。グループはPITタグを挿入したものとコントロールとしてPITタグを挿入しなかったものとに分けた。PITタグはインジェクターを用い背中側の皮下に挿入した。実験にはBIOMARK社製のPITタグ（BI012B）を用いた。飼育ケースの一端に水辺となるプールを設け、もう一端には隠れ場となるよう園芸用のミズゴケを敷き詰めた。期間中の飼料はペットの生餌として販売されているヨーロッパイエコオロギを与えた。与える餌の量は両グループで均一となるように努めた。なお、飼育個体の多くが飼育下でも餌を旺盛に捕食していた。期間満了後、斃死、体重の増減、PITタグの脱落の有無を確認した。15日間の調査期間において、対象となった20 個体全てが生存し、PITタグの脱落は見られなかった。PITタグ群では体重が増加した。コントロール群では体重が減少した。以上のように、PITタグの脱落および斃死が見られなかったこと、さらには体重変化からPITタグの挿入が成長に影響をおよぼさなかったことから、PITタグは本種への適用に大きな問題は確認されなかった。

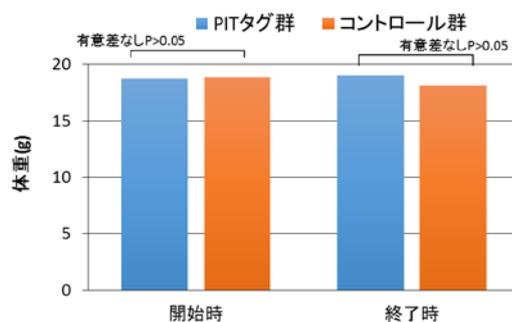


図5. 飼育実験によるPITタグ群とコントロール群の体重の変化

②土中のPITタグ探知可能深度

PITタグ挿入個体を探知するに先立ち、探知可能な深さをあらかじめ実験にて測定した。実験は2016年1月18日に室内にて実施した。PITタグはBIOMARK社製のPITタグ (BI012B) を、読み取り機よびアンテナも同じくBIOMARK社製のHPR-PlusとBP PORTABLE ANTENNAを用いた。験方法は、高さ47.5cm、上端の直径42.5cmのポリ容器の中に水田の土を上端5cmまで入れた試験区を作製し用いた。土の上の5cmの空間には、草(畦畔や麦畑を想定)、落ち葉(林地を想定)、水(湛水した田面を想定)を入れた。なお、コントロールとして、この5cmの空間に何も入れない試験区も作製した。試験区にPITタグ (1個) を土中深さ10cm~40cmまで、実験毎に5cmずつ埋設する深さを変え埋め込んだ。読み取り機はPITタグの真上、試験区の上端に接しない程度の高さを秒速約1mで水平に40回通過させ、PITタグを探知した回数を記録した。実験の結果、PITタグの探知可能距離(地中)を把握し、地中25cm程度までであれば探知可能であることがわかった。

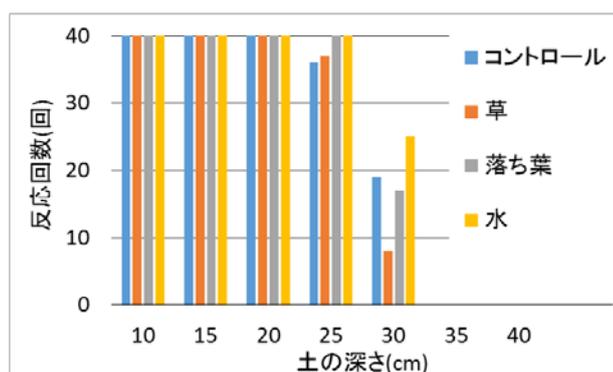


図6. PITタグ探知機の反応距離

③本種の越冬場所の探索

2016年6月から10月にかけて対象地において、本種174個体(頭胴長45~88mm)を採捕した。PITタグ挿入により斃死等の影響を考慮し、45mm未満の個体も多数確認されたが、標識装着の対象としなかった。

調査対象地で行動している個体が見られなくなった2016年11月30日から、2017年3月末まで調査を行った。アンテナを使い、調査対象のメッシュ内にある水田や畑地、水路、林地等を秒速約1mで歩き、アンテナは地表に接しない程度の高さを秒速約1mの速さで調査者の前を往復させた。探知を確認後、探知地点を掘削した。なお、本研究では、PITタグの反応位置位置から越冬個体の位置を掘削前に把握できたことから、なるべく越冬個体を傷つけないよう掘削した。掘削の手順を次に示す。まず初めにBIOMARK社製のHPR-PlusとBP PORTABLE ANTENNAにより探知された位置に目印を設置する。続いて目印の周辺を、トローバン社製のハンドリーダーにより正確な位置を把握しつつ掘削する。掘削の際、土を少しずつ移植ゴテおよび手で払いのけるように掘削し、越冬個体に傷をつけないよう配慮する。さらに、個体の生存が確認された後、生存の有無を目視で確認し、PITタグの標識番号、越冬場所の深さ、探知地点の被覆物を記録した。個体が確認されずPITタグのみ発見された場合は位置のみ記録した。また、越冬個体の周辺に楕円形の空洞がみられたため、こうした空洞を「越冬室」と定義し、その有無および大きさを計測した。以上の計測後、個体の生存に影響を及ぼさないよう速やかに覆っていた土を戻した。以上のように、PITタグにより越冬個体の位置が把握されていたため、個体への影響を最小限に

抑え掘削することが可能であった。対象地にて、土中で越冬している30個体を確認し、うち28個体は畑地で確認された。残り2個体は水田で確認された。このうち畑地での越冬個体は深さ15～19.9cmで確認されることが多かった。さらに土中約20cm以深の赤土層の下で越冬している個体も多く、最も深い場所で27cmであった。残りの2個体は水田の田面にて越冬が確認された。田面で確認された個体は、土中深さ7.4cm、12.5cmであり、畑地で越冬しているものに比べ浅い傾向があった。以上から、PITタグによる越冬場の探索手法の有用性が確認された。さらに、事例研究ではあるが、畑地で越冬する個体がいること、20cm以深に越冬する個体がいることなど、本種の越冬生態としての新たな知見が蓄積された。

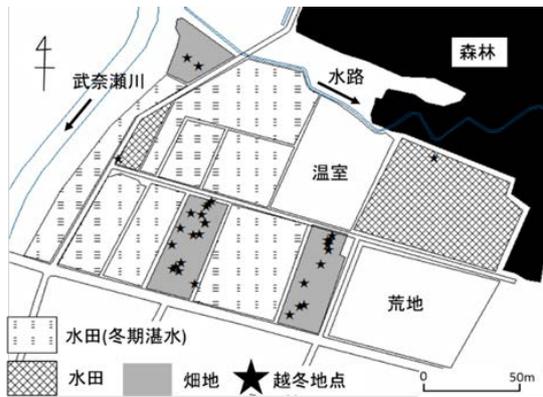


図7. 越冬個体確認位置図

表2. 越冬個体が確認された土地利用

| | 面積の割合 (%) | 越冬個体数 | タグのみ発見数 |
|--------|-----------|-------|---------|
| 水田 | 12.9 | 1 | 6 |
| 冬期湛水水田 | 34.0 | 1 | 13 |
| 畑地 | 21.3 | 28 | 5 |
| 温室 | 6.4 | 0 | 2 |
| 河川敷 | 6.4 | 0 | 0 |
| 荒地 | 6.4 | 0 | 0 |
| 森林 | 12.8 | 0 | 0 |

3) 成果活用における留意点

2) - 1 西鬼怒川地区の研究から、細部課題名「農業水利施設の整備方法の違いが代表種等の生息条件に及ぼす影響の解明」の成果である「農業水路における生物多様性評価マニュアル」において、環境による評価を実施する際、環境の大きな変化がない場合にも、魚類の生息状況の変化が生じうることを留意点として記述した。

4) 今後の課題

2) - 2 上三川地区における研究から、PITタグによるトウキョウダルマガエルの越冬を把握する手法が確立した。また、畑地での越冬および20cm以深での越冬という新たな知見を得た。今後の課題としては、越冬期を含めた周年での生活史を把握することと、土地改良事業が本種の生活史に及ぼす影響とその対策を検討することが望まれる。さらに、PITタグを魚類に適用し、水田水域における魚類の生活史に関する調査研究を進めることで、その保全策の検討を実施することが今後の研究課題となりうる。

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) イ③ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) イ③ 暖温帯低山地景観南部における代表種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 中田和義・岡山大学 | | |

1) 研究目的

暖温帯低山地景観南部において、農業水利施設における生態系配慮工法等の整備手法の違いが魚類等の生息条件に与える影響を解明することを目的に研究を実施する。この場合、同所的に生息する甲殻類等の他の水生動物との種間関係についても検討する。調査の結果に基づき、暖温帯低山地景観南部の農業水利施設における生物多様性保全効果の簡易的評価手法を開発する。

2) 研究成果

1. 環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境の解明

暖温帯低山地景観南部の環境配慮工法が施工された農業水路において、魚類の採捕調査と物理環境調査を実施し、指標種となる魚類の生息にとって重要な物理環境要因について検討した。本研究では、調査時期を魚類の活性状況の違いによって活動期と越冬期に区分し、結果を比較した。

魚類調査の結果、採捕された魚類の種数・個体数・多様度指数は、水路構造によって傾向が異なっていた。それぞれについて活動期・越冬期別に比較すると、魚類の種数は、活動期・越冬期ともに、環境配慮区間において三面コンクリート区間よりも有意に多かった（門脇ら、2017）。

また、魚類の個体数については、活動期では有意な区間差は認められなかったが、越冬期では土水路区間・環境配慮区間・三面コンクリート区間で有意に異なっていた。この場合、越冬期では三面コンクリート区間よりも土水路区間で、また、環境配慮区間において三面コンクリート区間よりも有意に多くの個体が採捕された（門脇ら、2017）。

多様度指数については、活動期・越冬期ともに、環境配慮区間において三面コンクリート区間よりも有意に高かった（門脇ら、2017）。

また、採捕された魚類の種数・個体数・多様度指数を目的変数、水深・流速・沈水植物の植被率・河床材料を説明変数として重回帰分析を行った結果、調査水路の魚類の生息に重要となる物理環境として、活動期では水深多様度・最小流速・平均流速が、越冬期では沈水植

物の植被率・最大水深・平均流速が選択された。したがって、農業水路の環境配慮区間における魚類の生息にとって重要となる物理環境は、魚類の活動期と越冬期とでは異なることが明らかとなった（表1）（門脇ら，2017）。

なお、淡水性ヌマエビ類（カワリヌマエビ属）を対象に同様の解析を行った結果、魚類と同じく、環境配慮工法の有効性と選好する微生物環境の季節変化が認められた（西内ら，投稿準備中）。

引用文献

表1 重回帰分析による魚類の選好環境の抽出結果（門脇ら，2017 より許可を得て転載）

| | | 偏回帰係数（標準偏回帰係数） | | | | R ² | F | |
|-----|-------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| | | 最大水深 | 水深多様度 | 平均流速 | 最小流速 | | | 沈水植物の植被率 |
| 活動期 | 種数 | | 0.30 [*] (0.35) | | -0.31 ^{**} (-0.42) | 0.37 | 13.63 ^{***} | |
| | 個体数 | | | -4.15 ^{**} (-0.48) | | 0.21 | 12.99 ^{**} | |
| | 多様度指数 | | 0.13 [*] (0.33) | | -0.11 [*] (-0.30) | 0.23 | 7.60 ^{**} | |
| 越冬期 | 種数 | 0.25 ^{***} (0.80) | | -0.14 [*] (-0.27) | | 0.57 | 19.67 ^{***} | |
| | 個体数 | | | | | 4.86 ^{**} (0.50) | 0.22 | 8.81 ^{**} |
| | 多様度指数 | 0.08 ^{***} (0.69) | | | | 0.45 | 23.91 ^{***} | |

門脇勇樹・久保田由香・佐貫方城・中田和義（2017）環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境：活動期と越冬期の比較．農業農村工学会論文集，85（2）：II_61-II_70.

2. 農業水路の環境配慮区間における魚類の移動と有効性

暖温帯低山地景観南部の環境配慮工法が施工された農業水路において、環境配慮区間内での魚類の移動および有効性について検討することを目的とし、複数の環境配慮工法が施工された農業水路に5ヵ所の調査地点を設定し、魚類調査を実施した。本調査では、2014年7月から2015年12月にかけて計6回、主要生息魚種のフナ属・アブラボテ・カネヒラ・ヌマムツ・ドジョウ・ドンコの6種を対象としたイラストマー標識魚の追跡を実施した。

調査の結果、計133個体の標識個体が再捕獲され、そのうち114個体は環境配慮区間の同一地点内で捕獲された。すなわち、長期間に及び環境配慮区間内の同一地点に留まる個体が多数認められた（久保田ら，印刷中）。このことから、調査水路に施工された環境配慮工法は、魚類に対して好適かつ恒常的な生息場を提供していると考えられた。したがって、農業水路に有効な保全工法を伴う区間が確保されていれば、魚類の恒常的な生息場として有効に機能すると考えられた（久保田ら，印刷中）。

本研究および上記1）の研究から得られた知見は、魚類の多様性向上を目的とした農業水路の修復において、優先的に改善すべき物理環境等を検討する上で、有益な情報になると考えられる。

引用文献

久保田由香・門脇勇樹・佐貫方城・中田和義（2018）農業水路の環境配慮区間における魚類移動と有効性．応用生態工学，20（2）（印刷中）。

3. 農業水路における簡易な魚類生息環境評価手法の開発

課題番号2121で開発された簡易な環境評価手法（以下、簡易調査）について、暖温帯低山地景観南部（岡山）への適用を試みた。魚類調査では、岡山県総社市の農業水路に調査地点（計15地点）を設定し、全国共通の調査手法により、各調査地点で定置網を用いた魚類の採捕を行った。環境調査の流速測定では、全国共通の方法としてピンポン玉を水面上に流すことで流速を算出する方法を採用した。この環境調査では、ピンポン玉による流速測定値の精度を評価するため、流速計での流速計測も同時に行い、結果を比較した。また、簡易調査と並行して詳細な魚類調査（電気ショッカーを使用。以下、詳細調査）も実施し、得られた結果を調査手法間で比較することで、簡易な環境評価手法の妥当性について検討した。

その結果、電気ショッカーでの採捕に比べ、簡易調査での定置網での採捕では、底生魚や小型魚種が採捕されにくい、7月であれば簡易調査では詳細調査よりも捕獲個体数が多くなることが示された（門脇ら、投稿準備中）。この結果から、簡易調査の実施時期は7月頃が適していると思われた。

また、ピンポン玉を水面上に流すことで算出した流速と、流速計による流速測定値の間には、季節に関わらず有意な正の相関関係が認められた（門脇ら、投稿準備中）。得られたデータより、ピンポン玉での流速測定値から正確な流速を算出するための有意な回帰式が得られた。

4. 農業水路の魚類調査・評価マニュアルの作成

実行課題番号2121と連携することで、2121が開発を進めている、農業水路の物理環境データから魚類の多様性を評価するための評価スコア表作成プログラムの改善に協力した。

また、「魚が住みやすい農業水路を目指して ～農業水路の魚類調査・評価マニュアル～」（実行課題番号2121の図4,5を参照）について、「2-3. 魚類生息環境の評価」の一部の執筆を担当した。

3) 成果活用における留意点

特になし。

4) 今後の課題

特になし。

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) イ④ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) イ④ 暖帯平野景観等における希少種の生息条件に及ぼす農業水利施設の影響解明 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 九州大学 鹿野雄一・山下奉海 | | |

1) 研究目的

農業水利施設の整備方法の違いが、水田や周囲水路の淡水魚類の組成や分布にどのような影響を与えているのかを、九州および沖縄地域において明らかにする。また、九州および沖縄地域の水田生態系における希少淡水魚や指標種を特定し、指標種となりうるかを検討する。さらにこれらの研究成果を通して、農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法を開発するとともに、生物多様性を活用した安定的農業生産技術の啓発の基盤を形成する。

2) 研究成果

本研究ではおもに九州から南西諸島にかけての1783地点にて、淡水の水生動物（魚類・両生類・水生昆虫類・貝類・甲殻類など）を対象に調査を行った。紙面の都合上、研究成果の一部を、以下に報告する。

＜九州本土の水田環境における淡水魚類と両生類＞

[方法] 九州本土地域では広域の167地点の水田環境で、魚類と両生類（成体のみ）を対象として定量調査を行った。定量調査では水生動物の捕獲とともに、15の環境パラメータ（表1）を計測、もしくはGISから算出した。なお「準土水路」はコンクリート排水路でありながら土砂堆積や植生（深さ5cm以上）により、魚類等の生息場として適していると考えられる水路（図1）と定義した。一般化線形モデルとAICによるモデル選択等により、これら水生動物の多様性と環境パラメータがどう関係しているのかを解析した。また定量調査と平行して、地域の農家64名（平均年齢68.1歳）に対して、過去と現在の水田水路の魚類多様性について聞き取り調査を行った。

[結果] 魚類について10目14科48種を確認した（表2）（1地点平均2.3種）。このうちドジョウの出現が48地点と、もっとも多かった。また、国内外からの移入種は10

表1. 水田水路環境のパラメータ

| パラメータ | 単位 |
|---------------|-------------|
| 地理空間 | |
| 1. 経度 | 度 |
| 2. 緯度 | 度 |
| 3. 標高 | km |
| 4. 傾斜 | ラジアン |
| 排水路の状態 | |
| 5. 土水路 | ダミー変数 |
| 6. 準土水路 | ダミー変数 |
| 水路システム | |
| 7. 水路-田面接属性 | 0, 0.5 or 1 |
| 8. 「マス」の有無 | ダミー変数 |
| 9. 「江」の有無 | ダミー変数 |
| 10. ポンプアップ灌漑 | ダミー変数 |
| 11. 用排分離 | ダミー変数 |
| 水質 | |
| 12. 水温 | 度 |
| 13. pH | - |
| 14. 電気伝導度 | mS/cm |



図1. 「準土水路」の例

種であった。南～東南アジア原産である *Aplocheilus panchax* は熊本で確認し、本邦では初報告と思われるが、定着・繁殖しているかどうかは定かではない。両生類については、2目5科8種を確認した(表3)(1地点平均2.0種)。ヌマガエルは157地点(94%)とほとんどの水田環境で出現した。

表4は、水田環境と水生動物多様性との関係を整理したものである。魚類種数は北部九州(佐賀・福岡)で高く、さらに土水路や準土水路で特に有意に正に効いていた。一方、標高や傾斜は負

に効いていた。このような傾向は各魚種の在不在で見た場合でも同じ傾向にあった。ただし、タカハヤだけは高い標高を好む傾向が見られた。土水路や準土水路は多くの魚種に正に効いていた。水路-田面の接続性は、特にドジョウに強く正に効いていた。水質は全般に正負の効果が検出できなかったが、唯一pHがドジョウに負に効いていた。

表2. 魚類各種の出現地点数

| 種 | N. | 種 | N. |
|---------------|----|----------------------------|----|
| ウナギ目 | | ハゼ目 | |
| ウナギ科 | | ドンコ科 | |
| ニホンウナギ | 2 | ドンコ | 40 |
| コイ目 | | ハゼ科 | |
| コイ科 | | アベハゼ | 3 |
| アブラボテ | 6 | ウキゴリ | 3 |
| イトモロコ | 2 | カワヨシノボリ | 3 |
| オイカワ | 18 | クロヨシノボリ | 2 |
| カゼトゲタナゴ | 3 | ゴクラクハゼ | 3 |
| カネヒラ | 1 | シマヨシノボリ | 2 |
| カマツカ | 1 | スミウキゴリ | 3 |
| カワバタモロコ | 2 | トウヨシノボリ | 33 |
| カワムツ | 23 | ヌマチチブ | 2 |
| ギンブナ | 35 | ハゼクチ | 1 |
| ゲンゴロウブナ | 2 | ボラ目 | |
| ヨイ | 12 | ボラ科 | |
| タイリクバラタナゴ | 2 | ボラ | 2 |
| タカハヤ | 26 | シクリッド目 | |
| ツチフキ | 2 | シクリッド科 | |
| ニッポンバラタナゴ | 2 | ジルティラピア | 1 |
| ヌマチチブ | 1 | ナイルティラピア | 1 |
| ヌマムツ | 3 | ダツ目 | |
| ムギツク | 1 | メダカ科 | |
| モツゴ | 11 | ミナミメダカ | 31 |
| ヤリタナゴ | 1 | カダヤシ目 | |
| ドジョウ科 | | アブロケイルス科 | |
| アリアケスジシマドジョウ | 1 | <i>Aplocheilus panchax</i> | 1 |
| カラドジョウ | 1 | カダヤシ科 | |
| チュウガタスジシマドジョウ | 1 | カダヤシ | 11 |
| ドジョウ | 48 | グッピー | 1 |
| ヤマトシマドジョウ | 2 | キノボリウオ目 | |
| ナマズ目 | | ライギョ科 | |
| ナマズ科 | | カムルチー | 4 |
| ナマズ | 18 | スズキ目 | |
| ギギ科 | | サンフィッシュ科 | |
| ギギ | 1 | ブルーギル | 2 |

下線は外来魚

両生類種数については、標高が大きな正の要因であったが、特にアマガエルとトノサマガエルは高い標高を好む傾向があった。準土水路や江の有無も弱く正に効いていた。準土水路はアカハライモリ、ウシガエル、ツチガエルにも正に効いていた。また、アカハライモリは特に江に強く依存しており、くわえて低水温・低pHを好むようであった。ツチガエルは経度に正に効いており、瀬戸内側にやや偏って分布した。また、ヌマガエルはほとんどの水田環

表3. 両生類各種の出現地点数

| 種 | N. |
|-------------|-----|
| 有尾目 | |
| イモリ科 | |
| アカハライモリ | 34 |
| 無尾目 | |
| アマガエル科 | |
| ニホンアマガエル | 48 |
| アカガエル科 | |
| ウシガエル | 10 |
| ツチガエル | 37 |
| トノサマガエル | 44 |
| ニホンアカガエル | 1 |
| ヌマガエル科 | |
| ヌマガエル | 157 |
| アオガエル科 | |
| シュレーゲルアオガエル | 1 |

下線は外来魚

表4. 水田環境と水生動物類の関係. 正の有意な効果は赤色、負の有意な効果は青で示す

| 目的変数 | 水田環境パラメータ (表1を参照) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------|-----|-----|--------|-----|--------|----------|---------|--------|----------|------|----|----|-------|------|
| | 地理空間 | | | 排水路の状態 | | 水田システム | | | | 水質 | | | | | |
| | 経度 | 緯度 | 標高 | 傾斜 | 土水路 | 準土水路 | 水路-田面接属性 | 「マス」の有無 | 「江」の有無 | ポンプアップ灌漑 | 用排分離 | 水温 | pH | 電気伝導度 | 溶存酸素 |
| 魚類種数 | ** | ** | *** | | *** | *** | | | | | | | | | |
| ギンブナ | | ** | | | *** | *** | | | * | | | | | | |
| コイ | | | | * | * | | | | | | | | | | |
| カワムツ | | | | | * | | * | | * | | | | | | |
| オイカワ | | | | * | | | ** | | | | | | | | |
| タカハヤ | | *** | | | | | | | | | | | | | |
| モツゴ | | | | * | * | | | | | | | | | | |
| ドジョウ | | | | | *** | *** | *** | | | | | | ** | | |
| ナマズ | | | | | | * | | | | | | | | | |
| ドンコ | *** | | | | ** | | | | | | | | | | |
| トウヨシノボリ | | ** | | | | | | | | | | | | | |
| ミナミメダカ | ** | ** | | | | | | | | | | | | | |
| カダヤシ | | ** | | | | | | | | | | | | | |
| 両生類種数 | | | *** | | | * | | | * | | | | | | |
| アカハライモリ | * | | | | | ** | | | *** | | | ** | * | | |
| アマガエル | * | *** | | | | | | | | * | | | | | |
| ウシガエル | | | | | | * | | | | | | | | | |
| ツチガエル | ** | | | | ** | * | | | | | | | | | |
| トノサマガエル | | *** | | | | | | | * | | | | | | |
| ヌマガエル | | *** | * | | | | | | | | | | | | |
| 魚類両生類種数 | ** | | * | | *** | *** | | | | | | | | | |

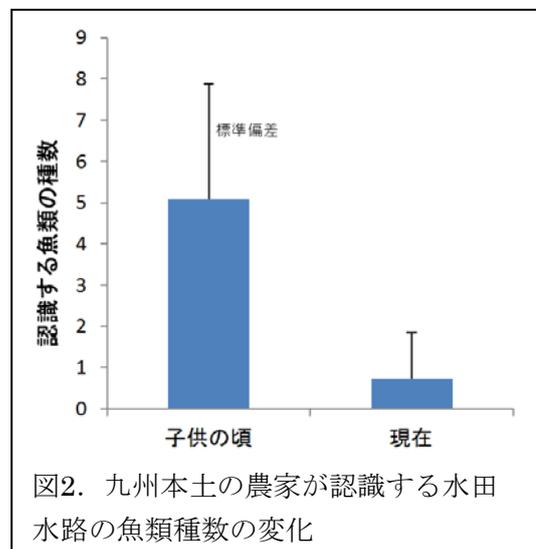
***: $P < 0.001$; **: $P < 0.01$; *: $P < 0.05$

境で出現したとはいえ、高い標高では分布確率が落ちるようであった。

魚類と両生類の両方を合わせた種数では、やはり北部九州で高く、やや傾斜に負の効果があった。ただし、土水路と準土水路がより強く効いていた。

図2は聞き取り調査において、子供の頃と現在において、それぞれ何種の魚類を認識しているのか集計したものである。子供の頃には平均で5種前後を認識していたのに対し、現在は1種以下となっている。さらに図3は、聞き取り調査において、水田水路の魚類多様性がなぜ減少したのか、その要因を複数回答していただいた結果である。農薬がもっとも多くついで水路のコンクリート化、圃場整備の工事となりこれら3つの項目で4分の3を占めた。

〔考察〕全体として九州本土の水田水路における魚類多様性は大きく劣化していることが示された。聞き取り調査からはその原因として農薬が挙げられたが、現地調査では農薬の評価は難しく、定量的にその影響を調べることはできなかった。一方、水路のコンクリート化についてはその具体的な影響を示すことができた。本研究でもっとも注目したいのが「準土水路」の効果であろう。多くの魚類や両生類に対して、純粋な土水路と肩を並べて正に効いていたことは、水田の生物多様性保全における大きな鍵となる可能性がある。も

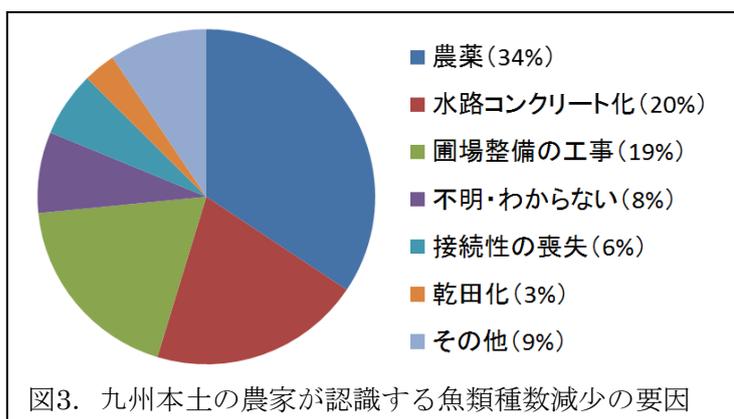


もちろん純粋な土水路が多くの水田生物にとって最適ではあろうが、保全のための土水路化は現実的ではない。そこで、排水路をあまり厳密に管理せず、ある程度土砂の堆積や植生の繁茂を許すだけで、相応の生物多様性が担保される可能性がある。この方法は農作業を減らす意味でも、農家にとって好都合であるとも考えられる。ただし排水路を「きれい」に管理しないことには、地域共同体の中で独自に実行するには敷居が高く、土地改良区などに対するより広い周知や理解の努力が必要であろう。

本結果からは、魚類種数は高い標高にある水田環境ほどポテンシャルとして低くなるため、公正な指標ではないと考えられる。一方で両生類の種数は高標高ほど高いため、こちらも指標とはなりえない。魚類と両生類を合わせた種数では、このような標高による効果は相殺されるため、ある程度は指標として使えると考えられる。ただし、北部九州と南部九州を比較するような場合には適さない。ドジョウの出現は、緯度経度、標高、傾斜などの地理的な条件に左右されることなく、比較的頻繁に出現することが判明した。そのため、ドジョウは水田環境の指標種として優れていると思われる。

<南西諸島地域の淡水魚類>

[方法] 南西諸島においては41島1130地点の農業水路およびそれに接続する湿地・ため池等において定性調査を行い、各島における淡水動物相や水田・湿地環境の状況を明らかにした。同時に地域の農家281名(平均年齢65.8歳)に対して、過去と現在の水田の状況や魚類(特に主



要な純淡水魚5種：ドジョウ、フナ類、ミナミメダカ、リュウキュウタウナギ、タイワンキンギョ)の生物多様性について、聞き取り調査を行った。また文献調査も合わせて行った。

[結果] 現地調査・聞き取り調査・文献調査および水田の近況や侵略的外来魚の侵入状況を考慮した上で、表5に51の各島における水田と主要純淡水魚5種の現況を示す。51のうち12の島については、もともと稲作水田はなかったと考えられる。徳之島や宮古島など15の島においては、かつてあった稲作水田は消滅していた。ただしそのうち8島については、タイモ(田芋)という形で水田が残っていた。また屋久島や久米島など5島については、稲作水田はごく一部にしか残されていない状況であった。

ドジョウの分布が確認できたのは13島であるが、口永良部島、平島、奄美大島、宮古島のは、別の遺伝子研究から国内移入の可能性が高い。また宝島や石垣島など14島で既に絶滅した可能性が高い。沖永良部島、西表島、与那国島では圃場整備されていない水路等にかろうじて残っている状況であり、いつ絶滅してもおかしくない状況であった。フナ類については、種子島や石垣島など12島で確認された。一方、宝島や請島など13島では既に絶滅したと考えられる。なお、体全体もしくは一部が緋色になる「緋鮎」や透明鱗の「青鮎」などが、九州本土(0.1%)に比べると高い割合(6.6%)で出現した。ミナミメダカについては、種子島や沖縄島など4島で確認されたが、奄美大島と伊是名島のは特に個体群が脆弱であったり、カダヤシなど外来魚の侵入があったりするため、危機的状況にあると判断した。また喜界島と伊平屋島では確認はできなかったが、現地聞き取り等から、まだ生残している可能性があ

表5. 各島における水田と淡水魚主要5種の状況

| 島名 | 水田・稲作の状況※ | ドジョウ | フナ類 | ミナミメダカ | リュウキュウタウナギ | タイワンキンギョ |
|-------|----------------|------|-----|--------|------------|----------|
| 種子島 | 稲作水田は多い | ● | ● | ▲ | — | — |
| 屋久島 | ごく一部に稲作水田が残る | × | × | × | — | — |
| 口永良部島 | 水田は消滅 | ◆ | — | ? | — | — |
| 口之島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | — | — | — | — | — |
| 中之島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | × | ◆ | — | — | — |
| 臥蛇島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 悪石島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 平島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | ◆ | — | — | — | — |
| 宝島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | × | × | ? | — | — |
| 奄美大島 | ごく一部に稲作水田が残る | ◆ | ● | ▲ | ▲ | ? |
| 喜界島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | × | × | ▲ | — | — |
| 加計呂麻島 | ごく一部に稲作水田が残る | × | × | × | — | — |
| 与路島 | 水田は消滅 | × | × | × | — | — |
| 請島 | 水田は消滅 | × | × | × | — | — |
| 徳之島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | ▲ | ● | ▲ | — | — |
| 沖永良部島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | ▲ | × | — | — | × |
| 与論島 | 稲作水田は消滅、タイモは残る | × | × | × | — | — |
| 伊平屋島 | 稲作水田は多い | × | ● | ▲ | ? | ? |
| 野甫島 | 元来水田はない | — | ◆ | — | — | — |
| 伊是名島 | 稲作水田はある程度残る | × | ● | ▲ | ▲ | — |
| 屋我地島 | ごく一部に稲作水田が残る | ▲ | × | × | ? | ◆ |
| 沖繩島 | 稲作水田はある程度残る | ▲ | ● | ▲ | ● | ◆ |
| 渡嘉敷島 | 稲作水田はある程度残る | × | × | × | ? | × |
| 久米島 | ごく一部に稲作水田が残る | ▲ | ● | × | ● | ◆ |
| 北大東島 | 元来水田はない | ◆ | — | — | — | — |
| 南大東島 | 元来水田はない | ◆ | ◆ | — | — | ◆ |
| 池間島 | 水田は消滅 | — | ? | — | — | — |
| 大神島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 宮古島 | 水田は消滅 | ◆ | ▲ | — | — | × |
| 伊良部島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 下地島 | 水田は消滅 | — | — | — | — | — |
| 来間島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 多良間島 | 元来水田はない | — | × | — | — | — |
| 石垣島 | 稲作水田はある程度残る | × | ● | — | ▲ | × |
| 竹富島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 小浜島 | 一部に稲作水田が残る | × | ? | — | — | — |
| 黒島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 西表島 | 稲作水田はある程度残る | ▲ | × | — | ? | — |
| 内離島 | 水田は消滅 | ? | ? | — | ? | — |
| 波照間島 | 元来水田はない | — | — | — | — | — |
| 与那国島 | 稲作水田はある程度残る | ▲ | × | — | — | — |

※学校水田や個人の一時的な趣味的水田は考慮しない

- 生残する
- ▲ 生残するが、数は少ない
- ▲ 生残するが、絶滅に極めて近い
- ◆ 現在は分布するが国内外移入と思われる
- ▲ 本調査では確認できなかったが、生残の可能性はある
- ×
- × 野生絶滅したと思われる
- ?
- ? 不明だが少なくとも現在の分布は確認できず
- 元来分布しないと思われる

る。また、加計呂麻島ではごく近年(2012年前後)に絶滅した可能性が高い。リュウキュウタウナギは沖縄島と久米島で確認できた。ただし、目立たない生態や、ニホンウナギを「田ウナギ」とする地方名もあって情報が混乱しており、全体像は見えなかった。タイワンキンギョは沖縄島など4島で確認した。沖永良部島や渡嘉敷島などでは野生絶滅した可能性が高い。なおタイワンキンギョは別の研究から台湾からの移入種である可能性が高い。

[考察] 全体として、南西諸島の水田環境は著しく劣化しており、魚類の多様性も大きく低下していた。南西諸島においては、かつての水田環境がサトウキビ畑へと大きく変容しており、生息場そのものがない、といった状況が多く島の見受けられた。

特に生残が厳しいのがミナミメダカであった。生息環境がごく限られている上、カダヤシ、グッピー、ソードテール等の侵略的外来種とニッチが重複しているため、絶滅しやすいのであろう。例えば伊平屋島では10年ほど前までは、島全体にミナミメダカが生息していたと

の確かな聞き取り情報を得たが、カダヤシが入ってすぐに姿を消し、現在では少なくとも調査したすべての場所(28地点)でカダヤシに置き換わっている状況であった。

ドジョウについても、楽観視できない状況であった。生息環境となる水田環境が少ない上、

残り少ない水田環境でも圃場整備が激しく進んでおり、今後は西表島や与那国島で絶滅が予想される。なお、徳之島、沖永良部島、西表島のものは、新称で「シノビドジョウ」とされる未記載のドジョウと考えられる。沖縄島の一部と与那国島のドジョウについても同様で、新称で「ヒョウモンドジョウ」とされるものであると考えられる。これらのシノビドジョウ・ヒョウモンドジョウについては、南西諸島に固有の可能性があり特に注視と保全の対策が望まれる。

フナ類については、多種に比べれば生残が多く確認されたものの、やはり既に絶滅したと考えられる島が多く、これもまた水田環境の減少・劣化によるものと思われる。緋ブナや青ブナは在来とされる個体群に多く見られたが、特徴的なこれらの「色ブナ」を、保全の象徴として活用していくことも視野に入るであろう。

リュウキュウタウナギについては、現状を把握することができなかった。環境DNAなどの手法による調査が今後必要であろう。

タイワンキンギョは移入種である可能性が高いとはいえ、劣化する湿地環境の指標主として保全すべき淡水魚であると考え。沖永良部島などでは系統保存された飼育個体群が残っており、今後、野生復帰なども期待したい。

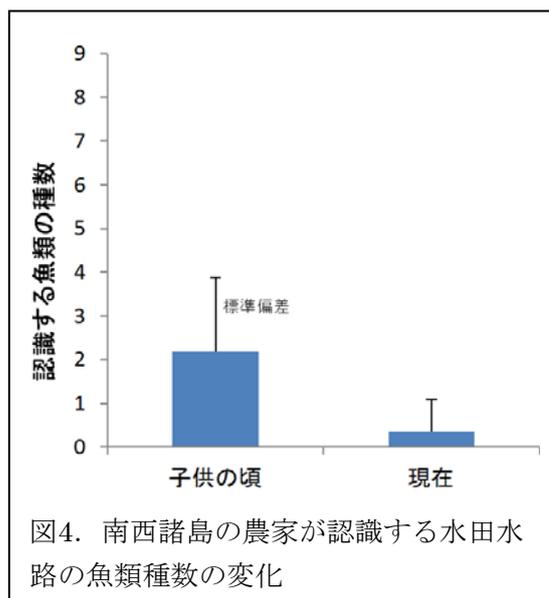


図4. 南西諸島の農家が認識する水田水路の魚類種数の変化

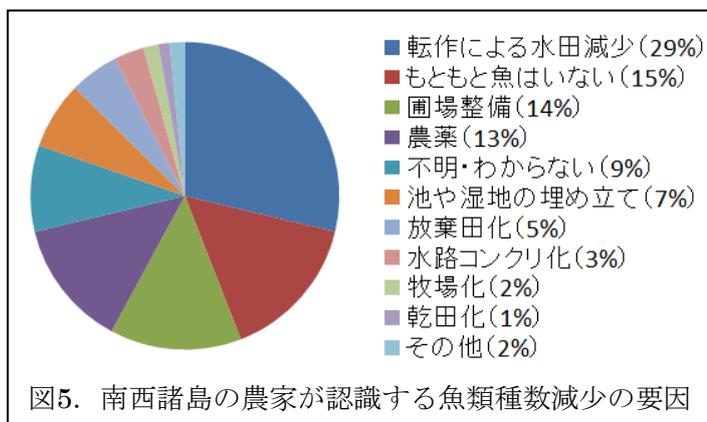


図5. 南西諸島の農家が認識する魚類種数減少の要因

3) 成果活用における留意点

- ・準土水路の定義はおおよその目安である。たとえ堆積物が5cm未満でも、全体として複雑な構造や堆積物があり、魚類にとって生息しやすそうであれば、準土水路と見なしてかまわないと考える。
- ・南西諸島の各島における各種の生息状況について、生残しているものについても、既に国内移入のものに置き換わっている可能性もある。最終的には遺伝子解析等による判断が必要であろう。

4) 今後の課題

- ・南西諸島では陸水生態系の劣化が急激に進んでおり、早急の具体的対策が望まれる。
- ・水生昆虫や巻貝類（おもにタニシ類）についても今後、定量的な解析が望まれる。
- ・本研究の過程で収集した8000点ほどの水生生物の切片サンプルを、広く遺伝子解析等に共有・利用するために、公開データベースの構築が望まれる。
- ・本研究成果については、今後も、複数の論文化を予定している。

| | | | |
|---------------|-------------------------------------|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(1) イ⑤ | 研究期間 | 平成26～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (1) イ⑤ 農業水路における生物相の保全に配慮した維持管理手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 柿野亘・森淳、北里大学 | | |

1) 研究目的

水路維持管理の有無によって、魚類等水生生物の種構成や種ごとの個体数に差がみられるのか、事例的に把握するとともに、水路維持管理作業直後、後の魚類等水生生物の応答有無（移出入および斃死）および経時的な応答有無（種構成や種ごとの生息分布の変化）を把握し、水路維持管理作業の水生生物の生息分布への影響を明らかにする。これを踏まえ、魚類等水生生物の生息分布に配慮した水路維持管理手法を開発する。また、パッチごとの生息分布および生息環境の比較を通じて、農家が農業水路での魚類等水生生物の種多様性がどのように生み出されるのかの理解促進に資する知見を蓄積する。なお、パッチ単位については、水路別（用・排水路）、維持管理区間（水田の一边に相当）とする。

以上の成果をマニュアルに反映し、農家の水路維持管理および多面的機能支払事業等への活用をめざす。

2) 研究成果

2) -1. 青森県での研究成果（報文に投稿済）

①水路維持管理有無による魚類相（魚種構成および魚種ごとの個体数）に及ぼす影響
維持管理された水路（以下、管理水路）と維持管理されていない水路（以下、非管理水路）において複数の調査区（調査区延長は、30m）で魚類採捕調査を実施した結果、管理水路どうしの魚種構成が高い類似性（Jaccard共通係数）を示した。管理水路で採捕された魚種のうち特徴的な魚種は、ドジョウおよびスナヤツメ北方種であった。一連の調査（栃木県での調査結果も含め）から、ドジョウがとくに排水路系（もしくは排水路区間）で多く、これまでの多数の報告からドジョウと水田との関係性が確認された。

②手掘りおよび用水供給が魚類の生息分布に与える影響

泥上げ直後に用水供給によって水路内に河川の水が流入したことで全体の水路幅、水深が増加した。また複数のSt.では泥上げによって底質を除去したことで沈降深さの値（27年の栃木県での調査で、沈降深さの値が概ね堆積シルトの指標になることが推察された）が低くなっていた。泥上げおよび用水供給後の採捕魚種は用水供給前と同様にドジョウ、スナヤツメ

北方種、アブラハヤであった。優占種は、ドジョウであり、ついでスナヤツメ北方種であった。ドジョウは泥上げおよび用水供給前と比較して採捕個体数は標準体長 60mm 以上の個体数が減少したことから、河川に逃避した可能性がある。26、27、28 年の栃木県での調査で、小型油圧ショベルによる浚渫攪乱によって、本種は翌々日に下流方向に多数降下したことから、越冬機能の低下に伴う逃避が確認されている。本水路では、ショベルよりも攪乱が小さいと思われる手掘りではあったが、用水供給が下流への逃避行動を助長させた可能性もある。ドジョウの泥上げ前後の沈降深さと採捕個体数密度との関係性をみると、泥上げ前には、有意差はあるものの関係性はみられ難かったが、泥上げおよび用水供給後では、有意な関係性が認められ、沈降深さが深いほど個体数密度は高いことから、逃避しながら潜行できる場所に依存していることがうかがわれた。一方でスナヤツメ北方種は、泥上げおよび用水供給前と比べて採捕個体数が増加しており、表層の底質が除去されたことで潜行していた個体が浮上し、新たに採捕されたと推察された。本種は、泥上げおよび用水供給前後で沈降深さと個体数密度との関係は、有意な相関関係が認められており、ドジョウとは異なる応答がみられた。

③水域ネットワークに関わる農業水路の活用事例

対象水路の水口に設けたトラップ調査ではドジョウ、スナヤツメ北方種、アブラハヤ、モツゴ、ヒガシシマドジョウが採捕された。この調査ではアブラハヤが5月～7月の調査で二次性徴がみられた成魚が採捕され、さらには、8月には標準体長30mm程度の当歳個体と考えられる個体が採捕されるようになったことから、この水路で再生産していると考えられた。ヒガシシマドジョウは、台風による降水量が多かった8月18日以降に河川から水路に侵入してきたと考えられる個体が複数採捕された。これは降雨で河川が氾濫したことで最下流（水路の水口付近）のSt.が河川での増水に伴って接続したこと、遊泳能力が低いために流速の速い河川から緩やかな水路に退避してきたためと考えられた。また8月25日には水路上流で遡上個体が採捕された。このことから本水路は河川に生息する魚類の一時的な逃避場の機能が確認された。

④地元で行う維持管理作業（農業水路内の刈払い、手掘り浚渫と用水供給、小規模の護岸工事）の歩掛表作成に資する調査

農業水路内（水路幅約3m）の刈払いでは、30m区間を1日、3名（チェーンソー1名：補助2名）の努力量で完了した。護岸している部分を残すなどの留意点も得られた。手掘り浚渫と用水供給については、240m区間（水路幅64±20cm）で、13名、4hの努力量で完了した。小規模な護岸工事では、延べ6日間で完了した。購入した主な資材は番線や土嚢袋のみであった。最も人数を要したのは、施工時の2日間であった（表1）。このうち、専門的な人工は、数名であった。杭柵工で最も労力を要したのは杭打ちであった。杭の径は、φ 10cmを越えると地盤に対して極めて打ちづらかった。本実験施工を通じて労力や必要資材量が整理されたことは、地域で意欲のある住民が地元の生活・生態環境を保全するために活用できるモデルとして意義があったと考えられた。

2) -2. 栃木県での研究成果

①同一農業水路系での魚類相の特徴のちがい

同一水路系の農業用排水路であっても、排水が認められる地点より下流側と上流側では、とくに底質の状況が異なる。すなわち、下流側ではシルトが堆積しやすく、排水路区間と用水路区間では有意な差が認められた。魚類相では、排水路区間でドジョウの採捕密度が高く灌漑期で顕著であった。排水に伴って水田で増殖した本種個体が流下したことも推察された。

②同一農業水路系でのイシガイ科二枚貝の生息分布のちがい

用水路区間と排水路区間とは、前者の区間でイシガイ科二枚貝の採捕密度が高かった。特に用水路区間と排水路区間が隣接した場合、採捕密度では顕著な差が認められた。さらに、用水路区間では、幼貝が複数採捕されており、イシガイ科二枚貝の宿主の移動分散の有無に関わらず、用水路区間で脱落した稚貝が好適に生育しやすいと考えられた。両者の区間で最も差が大きかった生息環境条件は、底質の状況であり、用水路区間では砂礫、排水路区間ではシルトであった。また、ORP値も用水路区間では、通年で高い傾向があり、時期別の24hの底質上の溶存酸素も高い傾向があった。これらのことから、溶存酸素の有無が稚貝の生育環境に影響を与えている可能性について示唆された。通常、浚渫が最も行われる区間は、排水路区間である。本区間でもイシガイ科二枚貝成貝が複数確認されるものの、調査時に排水路区間で幼貝は確認されなかった。以上から、用水路区間が供給源であり、増水時に流下することによって排水路区間に定位することが推察され、浚渫によって陸上げされるものの調査した区間での採捕総個体数が大きく変化することはなかった。一連の調査を通じて、農家が維持管理する区間が、イシガイ科二枚貝の供給源としての生息分布が成立しやすいか否かによって浚渫が局所個体群に負の影響を与えるかどうかが決まるのではないだろうか。浚渫に伴う本科二枚貝の陸上げ割合は、低くなかったことから、供給源で浚渫を実施すると極めて多数の個体が陸上げされると予想される。

③地元で行う維持管理作業（農業水路内での小型油圧ショベルを用いた浚渫）の歩掛表作成に資する調査

26~28年の間の毎年11月に、小型油圧ショベルによる浚渫が実施された。実施区間延長は、いずれも30mであった。小型油圧ショベルによる浚渫深さは、15~20cmであった。また、実施時間は30分前後であった。努力量が必要としないので、これからの浚渫方法のひとつとして有意義な方法と考えられる。一方で、機械の操作者と機械そのものが必要である。本調査では、足場が悪いために粗放的な浚渫になったり、浚渫深さが浅かったりすると、後述するようにドジョウの越冬機能を低下させずに済むことが判明した。

④小型油圧ショベルを用いた浚渫がドジョウの生息分布に与える影響

26年では、浚渫深さ15cmで小型油圧ショベルによる浚渫を実施した。陸上げされたドジョウ個体数はわずかであった。浚渫攪乱による遡上・降下個体数はわずかであった。27年では、浚渫深さ20cmと同様に実施した。この結果、実施した翌日の夕方から翌々日の朝にかけて多数降下した。28年では、浚渫深さを20cmにしたものの、足場が悪く粗放的な浚渫となった（水路床の軟らかさの値は、大きくなった）。この結果、ドジョウの降下はわずかであった。以上から、浚渫圧（ここでは、浚渫する程度）が強いと本種の越冬機能が低下することが推察された。すなわち、浚渫圧が小さいと対象区間で、再度、底質に潜行できる余地が比較的残されるが、大きいと、潜行し難く、下流域に別の越冬場を求めるために逃避する可能性が考えられた。農業農村整備事業後に環境配慮区間が設けられたとすれば、当該区間を浚渫する際に、浚渫圧を大きくすると当該区間から逃避する可能性があり、下流域がコンクリートライニングされていれば下流の末端まで流下するかもしれない。浚渫する区間が地域の中でどのように位置づけるのか（魚類等水生生物の生息分布として）も配慮するポイントと考えられた（図1）。

3) 成果活用における留意点

課題タイトルを踏まえて、青森県と栃木県の二か所で調査を実施した。農業水路は、地形、気候、水文、用水源といった自然的条件および社会的条件に応じた水利システムが地方・地域

ごとで適恰的に選択されてきたことから、地域ごとに施設の維持管理方法、管理規模、管理時期は異なる。これらに伴う魚類等水生生物相も同様に異なる。本調査では、魚類等水生生物の生息環境に与える影響を踏まえ、とくに魚類・イシガイ科二枚貝類を主とする水生生物の生息場機能を保持あるいは高めるために農家個人や地域で組織的に行われる維持管理方法について事例的に言及した。このため、地域の実施規模や魚類等水生生物相に応じた工夫が、環境配慮した維持管理作業に求められる。

4) 今後の課題

本調査のひとつとして、小規模な護岸工事を事例的に実施した。自然素材を用いた杭柵工であり、間伐杉材を用いた。強度や植生、植生が環境構造として周辺に生息する魚類等水生生物にどのように機能するのかについては、より長期的なモニタリングにより検証することが望まれる。

表1. 実験施工に用いた工具、資材および作業ごとにかかった日数

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・使用材料、工具等 混合油(チェーンソー用;4L)、チェーンソー(2台) 切り出した丸太:φ8cm×2.0m 50本、φ10cm×1.8m 60本 購入資材:番線(3.2mm×45m、2セット)、土嚢袋 工具:人カタコ(1つ;締固め用)、木槌、シノー(3つ;結束用)、梯子 ・施工完了までにかかった日数および人数 ・現地打合せ、計画立案 半日(1名)※地権者、含まず。 ・杭の切り出しおよび現地までの運搬 2日(1日目;5名、2日目;3名) ・杭柵工の施工日数 2日(1日目;16名、2日目;14名) |
|--|

| ▼ | 備考 |
|---|---|
| | 浚渫前: 底泥の中で越冬中 |
| | 浚渫後: 小型油圧ショベルで効率的に底泥が除去された後、ドジョウは越冬するための底泥を1~2日かけて探索する |
| | 浚渫後: 越冬するための底泥が十分でないと下流へ降下する |

図1. ショベル攪乱が与えるドジョウへの影響イメージ

| | | | |
|---------------|--|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(2) ア | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (2) ア 農法が代表種の生息条件に及ぼす影響の国土スケールでの評価 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 片山 直樹・大久保 悟（国立研究開発法人農研機構・農業環境変動研究センター） | | |

1) 研究目的

全国各地の自然立地条件の異なる様々な水田景観で収集された鳥類をはじめとする生物データ（魚類、両生類、昆虫、植物等）を統合し、解析することにより、水田の環境保全型農法などの農法が代表種とその餌種に与える影響を国土スケールで明らかにする。

2) 研究成果

1. 水田生態系における既往研究の総合的把握（Katayama et al. 2015）

全国解析のベースとなる知見として水田生態系における生物多様性変動の傾向と要因を明らかにするため、既往研究の収集・整理・分析を行った。その結果、農業の集約化（化学農薬や圃場整備など）が生物多様性に影響を与えてきたプロセスが明らかとなった（図1）。環境保全型農業の取り組み自体が近年増えているものの、その取り組みが生物多様性保全に及ぼす効果を検証した事例は未だに少ないことも明らかとなった。また、環境保全型農業が生物多様性に与える影響を評価するには、気候や景観などのマクロスケール要因を考慮することの重要性も示された。

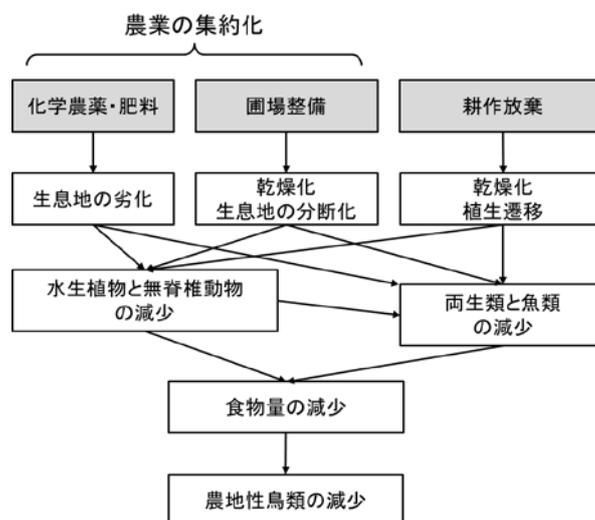


図1. 農業集約化（と耕作放棄）が生物多様性を減少させるプロセスの要約

2. 地域別解析のための統計モデルおよび解析スクリプト作成

2013から2015年度までにプロジェクト内の別小課題で得られた調査データ（生物多様性および農法などの環境データ）を集積し、統一的なフォーマットに整備することで、プロジェクト参加者が解析しやすい形でデータの再配布を行った。さらに、各地域の担当者が、農法と各種生物の関係を解析できるように、統計ソフトR用の解析スクリプトを作成し配布した。これにより、各地域で解析手法を統一できるとともに、農法が生物多様性に与える影響を地域間で容易に比較できるようにした。

3. 全国解析

全国モデルには、一般化線形混合モデルを用いた（`glmmTMB` in R）。応答変数として、広域に分布する生物グループの種数または個体数を用いた（表1）。説明変数としては気候、景観および農法に関わる変数を用いた（表1）。調査努力量は、種数には説明変数として、個体数にはオフセット項として加えた。ランダム効果として年、地区、圃場を用いた（鳥類は年、地区のみ）。分布族はポアソン、負の二項、ゼロ過剰ポアソン、ゼロ過剰負の二項の4種類をAICモデル選択によって比較した。いくつかのベストモデル候補によるモデル平均（**Model averaging**）によって各説明変数の相対重要度（0から1までの値を取り、1に近いほど重要性が高い）を計算し、0.75以上の場合にその変数が重要であると判断した。

その結果、気候、景観、農法のいずれも生物グループに重要な説明変数であることが分かった（表1）。景観については、森林率が負、つまり開けた水田景観であるほどダルマガエルとドジョウの個体数が多かった。農法については、鳥類を除くすべて生物グループが影響を受けており、グループによって異なる農法が重要であることが分かった。これらの結果にもとづいて、「水田の生物多様性を改善するための方法（全国版）」をとりまとめた（詳しくは成果マニュアルを参照のこと）。

表1. モデル平均の結果（✓ = 相対重要度が0.75以上の変数）

| | 気候 | | 景観 | 農法※ | | | | | |
|--------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------|------|
| | 気温 | 降水量 | 森林率 | 除草剤 | 箱剤 | 殺虫剤 | 畦管理 | 冬期湛水 | 輪作裏作 |
| 植物総種数 | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | |
| 希少種数 | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | |
| クモ | | | | | ✓ | | | ✓ | |
| トンボ | ✓ | | | | ✓ | | | | ✓ |
| コウチュウ目 | | | | | | | | ✓ | |
| ダルマガエル | | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | | |
| アマガエル | ✓ | | | | | | ✓ | | |
| ドジョウ | | | ✓ | | | | | | ✓ |
| 水鳥種数 | ✓ | | ✓ | | | | | | |

※除草剤＝本田除草剤の急性毒性、箱剤＝箱剤施用の有無（クモ）または毒性（トンボ）、殺虫剤＝本田殺虫剤の成分数または急性毒性、畦管理＝畦の刈取り回数（ダルマ）または草丈（アマ）、冬期湛水＝実施の有無、輪作裏作＝実施の有無

3) 成果活用における留意点

本成果は主に本州の低地平野部で得られたデータをもとにしており、その他の地域での適用可能性については注意が必要である。特に、異なる気候帯（北海道など）、異なる景観（中山間地）、異なる農法（稲作開始時期が6月以降）の地域にはこの結果が適用できない可能性もある。

4) 今後の課題

本成果をもとに作成予定のマニュアルは、片山が外部委員を務める関東エコロジカルネットワーク・コウノトリ生息環境整備・推進ワーキングで使用される予定となっている。そのほかにも、様々な行政・農業者を含む民間に普及させるための活動を実施していく。また広く国民に成果を知ってもらう方法として、書籍化も検討している。

引用文献

- Katayama, N., Baba, YG., Kusumoto, Y. and Tanaka, K. 2015. A review of post-war changes in rice farming and biodiversity in Japan. *Agricultural Systems* 132: 73-84. (オープンアクセス)
- R Development Core Team, 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.r-project.org>.

| | | | |
|---------------|---|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(2) イ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (2) イ 圃場管理の強度と組み合わせが生物多様性の保全に及ぼす影響の定量化手法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 林 清忠・農研機構 農業環境センター | | |

1) 研究目的

環境保全（代表種の保全）効果があると考えられる農業生産管理技術と農業生産システムを対象とし、それらの管理の強度（集約度）と組み合わせが生物多様性と生態系機能・サービスに与える影響を評価する手法を開発する。

対象とする管理技術は、輪作等の栽培管理、施肥・薬剤散布、不耕起等の耕作管理、水管理等である。それらの個別技術の組み合わせとして、環境保全型農業や有機農業等の農業生産システムを捉える。

2) 研究成果

(1) Web of Scienceを用いた文献サーベイにより、「管理の強度（集約度）」、「生物多様性」、「生態系機能」、「生態系サービス」という4つの概念の間の関係を分析し、「管理の強度（集約度）」と「生物多様性」、さらには「生物多様性」と「生態系機能」、「生物多様性」と「生態系サービス」の関係が相対的に強いことを明らかにした。また、管理の強度（集約度）が生物多様性に対する影響を分析する際における前者に対する操作は、代理変数作成、加重和、主成分分析等に類型化できることを、これまでの研究成果のサーベイに基づいて示した。

(2) 生物多様性と収量の関係を表す関数が、管理の強度（集約度）と生物多様性、ならびに管理の強度と収量の関係を表す関数に分解できることを示した。また、LCA（Life Cycle Assessment）の枠組みにおいて現在提案されている生物多様性の評価手法（土地利用および土地利用変化の生物多様性への影響評価手法）を水稻栽培に対して実際に適用し、利用上の問題点を示した。さらに、その問題点を解決するためには、管理の強度（集約度）に関する情報を適切にLCI（Life Cycle Inventory）データの中に組み入れる必要があることを明らかにした。

(3) 農業生産における管理の強度（集約度）に関する情報をLCIデータの中に組み入れる際に、エキスパートの知識等により得られる主観的評価値を用いている場合が複数みられることを示した。また、生物多様性の評価結果を示す際に、面積当たりの視点と生産物当たりの

4) 今後の課題

生物多様性に関する情報の提示方法（ラベリング等）、ならびにその効果に関する検討は今後の研究課題となりうる。

| | | | |
|---------------|---------------------------------------|------|-----------|
| 中課題番号 | 13406597 | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 実行課題番号 | 2(2)ウ | 研究期間 | 平成25～29年度 |
| 中課題名 | 生物多様性を活用した安定的農業生産技術の開発 | | |
| 小課題名 | 2 農村環境における生物多様性を包括的に評価する手法の開発 | | |
| 実行課題名 | (2)ウ 環境保全型農業の生物多様性保全効果簡易評価法の開発 | | |
| 実行課題責任者名・研究機関 | 池田浩明・楠本良延（国立研究開発法人 農研機構 農業環境変動研究センター） | | |

1) 研究目的

農村環境における生物多様性は、農家がどのような栽培方法を採用するかによって大きく影響される。そのため、栽培管理方法が生物多様性保全に及ぼす影響を農業現場で評価し、農家が自らの行為と生物多様性保全との関係を実感できるような評価手法の構築は、生物多様性保全に貢献する農法を推進する上で非常に重要である。本課題では、細部課題2(1)の成果を基に、代表種である鳥類とその餌生物等を用いて、環境保全型農法が生物多様性保全に及ぼす影響を農業現場で簡易に評価する方法を構築する。

2) 研究成果

1. 指標候補生物の選定

細部課題2(1)の実行課題ごとに、動物には一般化線形混合モデルを、植物には指標種分析を用いて農法の効果を分析した結果により選抜された指標候補生物を取りまとめた(表1)。

表1. 各地域で選抜された指標候補生物

| 分類群 | 山形 | 北陸 | 関東 | 滋賀 | 兵庫 | 九州 |
|--------|--------------------|--------------|---------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| 鳥類 | サギ類(アオサギ) | サギ類(ダイサギ) | サギ類(ダイサギ) | サギ類 | サギ類(アオサギ) | |
| 魚類 | | ドジョウ類 | | ドジョウ類 | | |
| 甲殻類 | | | | | | カブトエビ類 |
| クモ類 | アシナガクモ類 | アシナガクモ類 | アシナガクモ類 | アシナガクモ類 | アシナガクモ類 | アシナガクモ類 |
| トンボ類 | アカネ類(羽化殻) | | アカネ類(羽化殻または成虫)またはイトトンボ類成虫 | | | イトトンボ類成虫 |
| 水生昆虫類 | 水生コウチュウ類 | 水生コウチュウ類 | | | 水生カメムシ類 | 水生コウチュウ類 |
| カエル類 | | ツチガエル | トウキョウダルマガエル | ナゴヤダルマガエル | ニホンアマガエル | |
| 植物(本田) | トキンソウ | 藻類 | ウキクサ、シャジクモ、ハリイ | アオウキクサ、ウキクサ | アオウキクサ、ウキクサ | |
| 植物(畦畔) | ミゾカクシ、ムラサキサギゴケなど5種 | トウバナ、ノゲシ、ヨモギ | ジシバリ、ムラサキサギゴケ、ヨモギなど9種 | オオチドメ、ミゾソバ、ヨモギなど5種 | ヨメナ、ミゾソバ | オオジシバリ、ノチドメ |

※空欄は、対象の分類群に有意な農法効果を示す指標生物が不在であることを表す。

その結果、植物ではどの地域でも有意な指標種を、クモ類（アシナガグモ属）ではどの地域でも有意な農法の効果を、それぞれ検出できた。トンボ・水生昆虫・カエル類の結果は、地域による差が大きかった。一方、サギ類では九州以外の地域で広く農法の効果が認められた。逆に、魚類（ドジョウ類）では、農法の効果が認められた地域は限定的だった。なお、植物では地域によって異なる指標種が抽出されたため、複数の地域に共通して抽出された指標種を全国共通の指標生物とすることにした。その結果、本田のウキクサ類、畦畔のジシバリ類、チドメグサ類、ムラサキサギゴケ、ミゾソバ、ヨモギ類を全国共通の指標候補生物として選抜した（表2）。

表2. 全国共通の指標候補植物

| 立地 | 種群名 | 種名 |
|----|----------|-------------------|
| 本田 | ウキクサ類 | アオウキクサ、ウキクサ、コウキクサ |
| | ジシバリ類 | ジシバリ、オオジシバリ |
| | チドメグサ類 | チドメグサ、ノチドメ、オオチドメ |
| 畦畔 | ムラサキサギゴケ | ムラサキサギゴケ |
| | ミゾソバ | ミゾソバ |
| | ヨモギ類 | ヨモギ、ニシヨモギ |

2. 簡易評価に用いる指標生物の選定

実行課題2（2）アが整備した2013から2015年度までの全国データを用い、農法カテゴリ（有機・特別・慣行栽培）に基づく判別分析を地域別実施し、簡易評価に用いる指標生物を選定した。選定に当たっては、判別精度（ウイルクスの Δ ）を基準として、最も判別精度の高い2種類を農法指標生物として、地域ごとに選んだ（表3）。その結果、どの地域でもアシナガグモ類と指標植物（種数）が指標生物に選ばれた。また、山形、関東、兵庫、九州では、複数のクモ・昆虫類で判別精度が同等であったため、どちらか一方を選んで調査することとした。

表3. 地域別の農法指標生物

| 指標生物 | 山形 | 北陸 | 関東 | 滋賀 | 兵庫 | 九州 |
|-------|------------------|------------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 農法指標 | | | | | | |
| クモ類 | アシナガグモ類 | アシナガグモ類 | アシナガグモ類 | アシナガグモ類 | アシナガグモ類 | アシナガグモ類 |
| トンボ類 | アカネ類（羽化殻または成虫） | | アカネ類（羽化殻または成虫）またはイトトンボ類成虫 | | | イトトンボ類成虫 |
| 水生昆虫類 | | | | | 水生カメムシ類 | 水生コウチュウ類 |
| 植物 | 指標植物（本田・畦畔）の出現種数 | 指標植物（本田・畦畔）の出現種数 | 指標植物（本田・畦畔）の出現種数 | 指標植物（本田・畦畔）の出現種数 | 指標植物（本田・畦畔）の出現種数 | 指標植物（本田・畦畔）の出現種数 |

※灰色のセルの指標生物は、どちらか一方を選択する。空欄のセルは、当該分類群に指標生物が不在であることを表す。

また、水田の代表種であるサギ類の合計個体数とその主要な餌生物であるドジョウ類の個体数（または魚類の合計個体数）の地域別解析では、一部の地域・分類群（滋賀のドジョウ類）を除いて、有意な判別関数が得られなかった。本簡易評価手法では、訴求力の高い鳥類に優しい水田を評価することを重要な目的とした。したがって、農法カテゴリに基づく判別分析により有意な関数が得られなくても、サギ類またはその餌生物を生息環境指標生物として指標化することとした。ここで、サギ類の個体数は地域による変動が大きいことから、これを必須の指標生物とする

のではなく、サギ類またはその餌生物である魚類のどちらかを調査することとした。なお、九州では、魚類がほとんど出現しなかったため、代わりにカブトエビ類を指標生物に含めて選定した。

3. 総スコアに基づく簡易評価手法の開発

上記の検討により、簡易評価手法の枠組みとして農法指標生物2種類（クモ・昆虫類1種類と指標植物）、生息環境指標生物1種類（サギ類またはその餌生物）の個体数または種数をスコア化し、その合計スコアで総合評価することとした（図1）。なお、先行研究の農水プロ（農業に有用な指標生物を用いた評価法）で指標生物として選定されたものが本研究でも再選定された場合、先行研究のスコア表をそのまま使用することとした。

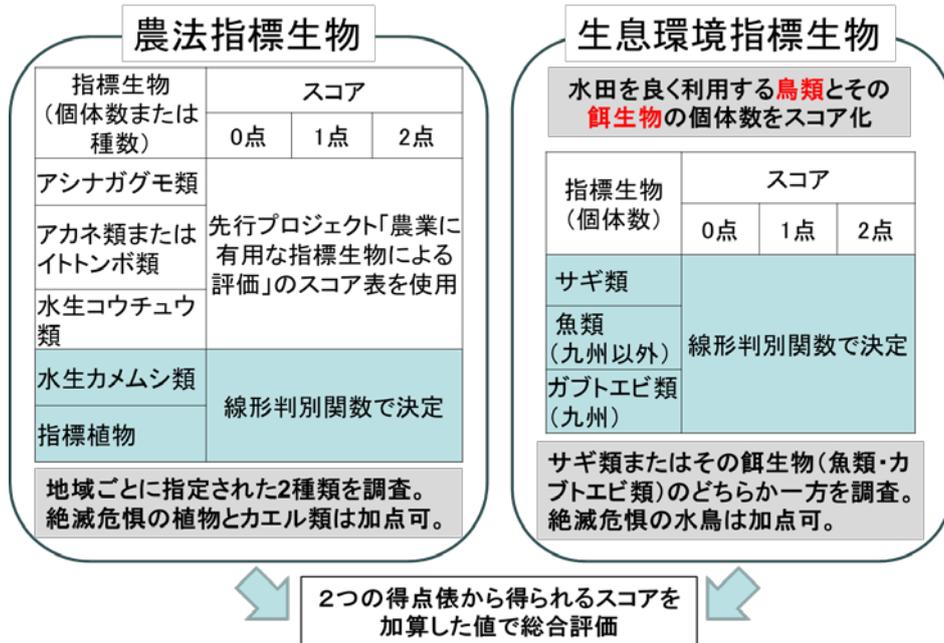


図1. 簡易評価法の概念図。

サギ類個体数については、全国データを用いて農法カテゴリの判別分析を実施したところ、有意な判別関数が得られたので、その関数からスコアの基準となる個体数（全国共通）を決定した。サギ類の餌生物（魚類またはカブトエビ類）と農法指標生物についても、農法カテゴリの判別分析による判別関数からスコアの基準となる個体数（地域別）を決定した。

さらに、評価結果の訴求力を高めるため、水鳥、カエル類、植物（本田・畦畔）の絶滅危惧種を加点できる（調査は任意）こととした（図1）。ここで、絶滅危惧種は環境省または都道府県のレッドリストに指定された種を対象とし、水鳥（準絶滅危惧種以上）が1種でも出現すれば、生息環境指標生物のスコアを加点（+1点が上限）できることとした。また、カエル類・植物（絶滅危惧Ⅱ類以上）が1種以上出現した場合も、農法指標生物の動物・植物のスコアをそれぞれ加点（動物・植物それぞれで+1点が上限）することとした。

農法指標生物と生息環境指標生物のスコア合計値に、絶滅危惧種の加点を行った総スコアで、最終的に水田の評価スコアが定まる（表4）。本評価法では、3種類の種群を調査することになるが、先行研究のマニュアル（農業に有用な指標生物）で調査する種群の数が4-5種類であることから、調査する種群数が1-2種類減少し、かつ、見取り調査する指標生物の割合も増えたため、先行研究の評価法より調査労力が軽減された。

表 4. 環境に配慮した農業の取組による保全効果の評価表（表中の点数は合計スコア）

| 調査する指標 生物の種類数 | 環境に配慮した農業の取組による保全効果 | | | |
|------------------|---------------------|------|------|----|
| | S | A | B | C |
| 3種類 | 5点以上 | 3~4点 | 1~2点 | 0点 |

S: 生物多様性が非常に高い。取り組みを継続するのが望ましい。

A: 生物多様性が高い。取り組みを継続するのが望ましい。

B: 生物多様性がやや低い。取り組みの改善が必要。

C: 生物多様性が低い。取り組みの改善が必要。

旧方式（農業に有用な指標生物を用いた評価法）と新方式（鳥類を代表種とする本評価法）の違いを明らかにするため、同じ全国データに両手法を適用し、農法カテゴリの違いによる保全効果を判定した（図 2）。その結果、慣行栽培の水田では、新・旧方式で評価ランクのヒストグラムはほぼ同等だった。一方、特別栽培と有機栽培の水田では、新方式の方が旧方式より上位の評価ランクが多く、環境に配慮した農業の取組による保全効果の差別化を向上させることができた。

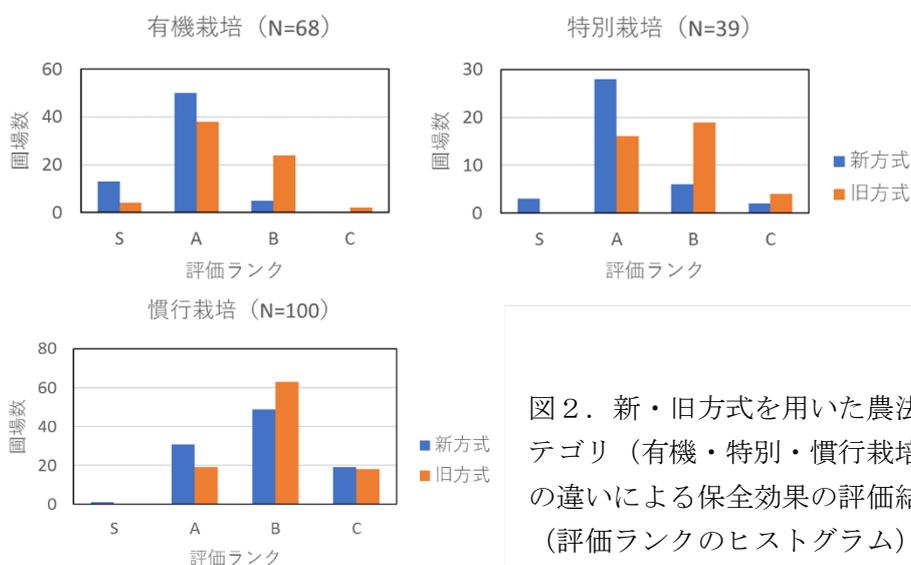


図 2. 新・旧方式を用いた農法カテゴリ（有機・特別・慣行栽培）の違いによる保全効果の評価結果（評価ランクのヒストグラム）

3) 成果活用における留意点

生物多様性の評価では、外来種を除外することが多い。本評価法でも、農法指標生物では在来種で評価することとしている。しかし、生息環境指標生物では、鳥類の餌としての価値を優先して、外来種も含めて評価することにした。すなわち、生息環境指標生物のうち、ドジョウ類とカブトエビ類にはかなり外来種が含まれるが、それも合計した個体数で評価している。

本評価法は、旧方式（農業に有用な指標生物を用いた評価）より調査労力が軽減され、環境配慮の取組による保全効果の差別化も向上したので、基本的には本評価法の利用を推奨する。

4) 今後の課題

開発した評価手法は国内の広範囲に適用可能な手法であるが、生物相が大きく異なる北海道には適用不可とした。今後は北海道での評価手法を別途、開発する必要がある。当面の間、北海道では旧方式のマニュアルで評価することを推奨する。

成果等の集計数

| 課題番号 | 学術論文 | | 学会等発表(口頭またはポスター) | | 出版図書 | 国内特許権等 | | 国際特許権等 | | 報道件数 | 普及しうる成果 | 発表会の主催(シンポジウム・セミナー等) | アウトリーチ活動 |
|----------|------|----|------------------|----|------|--------|----|--------|----|------|---------|----------------------|----------|
| | 和文 | 欧文 | 国内 | 国際 | | 出願 | 取得 | 出願 | 取得 | | | | |
| 13406597 | 16 | 12 | 59 | 22 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 22 |

(1)学術論文

区分: ①原著論文、②その他論文

| 整理番号 | 区分 | 機関名 | タイトル | 著者 | 掲載誌 | 巻(号) | 掲載ページ | 発行年 | 発行月 |
|------|----|------------------------|--|---|--|---------|--------------------|------|-----|
| 1 | ① | 九州大学 | 沖永良部島におけるXiphophorus maculatus(Guenther,1866)の定着記録と新標準和名サザンブラティフィッシュの提唱 | 鹿野雄一・中島淳 | 魚類学雑誌 | 61(1) | 48-51 | 2014 | |
| 2 | ① | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | コウノトリ育む農法実施水田における植物群落の特徴(予報) | 内藤和明・佐川志朗 | 野生復帰 | 3 | 51-55 | 2014 | |
| 3 | ① | 九州大学 | Physiological Parameters Reflecting Longevity of a Parasitoid Wasp (Hymenoptera: Ichneumonidae) | Matsushita K, Ueno K & Ueno T | International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences | 2(4) | 201-205 | 2014 | |
| 4 | ① | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | Using Oriental White Stork as an indicator species for farmland restoration. In: Nishikawa, U. and Miyashita, T. eds. Socio-ecological restoration in paddy-dominant landscapes. | Naito, K., Sagawa, S. and Ohsako | Springer | | 123-138 | 2014 | |
| 5 | ① | 農研機構農業環境変動研究センター | A review of post-war changes in rice farming and biodiversity in Japan | Katayama, N., Baba, YG., Kusumoto, Y. and Tanaka, K. | Agricultural Systems | 132 | 73-84 | 2015 | |
| 6 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | Progress of Rural Aquatic Ecosystem Analysis using Stable Isotope Ratios in Japan | Mori A., Watabe K., Koizumi, N. and Takemura, T. | Japan Agricultural Research Quarterly | 43(1) | 11-16 | 2015 | |
| 7 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | Preliminary experiment for detection method of fish inhabiting agricultural drainage canals using environmental DNA | Noriyuki KOIZUMI, Teruhiko TAKAHARA, Toshifumi MINAMOTO, Hideyuki DOI, Atsushi MORI, Keiji WATABE, Takeshi TAKEMURA | 農業農村工学会論文集 | 297 | IV_7-IV_8 | 2015 | |
| 8 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | 農業水路の生態系配慮施設における魚類相の多様性評価 | 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士 | 農工研技報 | 217 | 29-37 | 2015 | 3 |
| 9 | ① | 農研機構農業環境変動研究センター | 水田の有機農法がサギ類の採食効率および個体数に与える影響 | 片山 直樹, 村山恒也, 益子美由希 | 日本鳥学会誌 | 64(2) | 183-193 | 2015 | |
| 10 | ① | 北里大学 | 青森県七戸川水系の管理、非管理農業水路における魚類の生息分布 | 泉谷有紀、梶仁亮、柿野亘、落合博之、長利洋 | 青森県自然誌研究 | 20 | 53-58 | 2015 | |
| 11 | ① | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | コウノトリ育む水田の陸生および水生動物群集-慣行水田との違いはあるのか?- | 丸山勇氣・佐川志朗・田和康太・内藤和明 | 陸水研究 | 2(1) | 58-60 | 2015 | |
| 12 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | 農業水路に生息するミシシippアカミガメの炭素・窒素安定同位体比 | 森 淳, 澤田英司, 小出水規行, 渡部恵司, 竹村武士 | 農業農村工学会論文集 | 302 | IV_3-IV_4 | 2016 | |
| 13 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | タイムラプス・赤外線機能付きカメラを用いた生息環境モニタリング | 森 淳, 渡部恵司, 小出水規行, 竹村武士 | 農業農村工学会誌 | 84(6) | 523-526 | 2016 | |
| 14 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | 農業水路に設置した粗石付き斜路式魚道の効果 | 森 淳, 渡部恵司, 小出水規行, 竹村武士 | 農業農村工学会誌 | 84(9) | 787-790 | 2016 | |
| 15 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | コンクリート水路で「後から行える」環境配慮策 | 渡部恵司, 森 淳, 小出水規行, 竹村武士 | 農業農村工学会誌 | 84(5) | 399-402 | 2016 | |
| 16 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | 水田においてペットボトルトラップと金網トラップで採捕したドジョウ個体数の比較 | 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士 | 農業農村工学会論文集 | 303 | IV_7-IV_8 | 2016 | |
| 17 | ① | 農研機構農村工学研究部門 | Exploratory environmental DNA analysis for investigating plant-feeding habit of the red-eared turtle Using their feces samples | Koizumi, N., Mori, A., Mineta, T., Sawada, E., Watabe, K., & Takemura, T. | Jurnal Teknologi | 78(1-2) | 9-13 | 2016 | |
| 18 | ① | 九州大学 | Oviposition and Development in Gregopimpla kuwanae Viereck (Hymenoptera: Ichneumonidae, a Gregarious Ectoparasitoid Wasp Attacking the Rice Skipper Parnara guttata | Ueno, T | Journal of Insects | 2016 | Article ID 4706376 | 2016 | |
| 19 | ① | 名古屋大学 | Extensive distribution models of the harvest mouse (Micromys minutus) in different landscapes | Sawabe K, Natuhara Y | Global Ecology and Conservation | 8 | 108-115 | 2016 | |
| 20 | ① | 九州大学 | ペットボトルトラップによる水田面の水生生物調査法と実践 | 鹿野雄一・山下奉海 | 水土の知 | 84(3) | 211-214 | 2016 | |
| 21 | ① | 九州大学 | ニジメバチ亜科 Brachycyrtinae の福岡県からの記録とその寄主の確認 | 上野高敏 | Pulex | 95 | 699-700 | 2017 | |
| 22 | ① | 名古屋大学 | Hierarchical competitive ability and phenotypic investments in prey: inferior competitors compete and defend | N. Ramamonjisoa & Y. Natuhara | Journal of Zoology | 301 | 157-164 | 2017 | |

| | | | | | | | | | |
|----|---|----------------------|---|---|----------------------------------|-----------|---|---------------|----|
| 23 | ① | 九州大学 | 夏季の福岡県沿岸水田地帯における排水路環境と水生動物多様性との関係についての事例報告 | 鹿野雄一・山下奉海 | 水土の知 | 85 (5) | 47-50 | 2017 | 4 |
| 24 | ① | 九州大学 | 南西諸島におけるニホンウナギの生息状況と地方名から推測されるオオウナギとのハビタットの違い、および生息場としての水田環境の重要性 | 鹿野雄一ら | 魚類学雑誌 | 64 (1) | 43-53 | 2017 | 4 |
| 25 | ① | 九州大学 | Genetic disturbance in wild minami-medaka populations in the Kyushu Region, Japan | Nakao R, Kano Yら | International Journal of Biology | 9(3) | 71-77 | 2017 | 6 |
| 26 | ① | 九州大学 | 奄美琉球におけるフナノ生息状況と体色多型 | 鹿野雄一ら | 魚類学雑誌 | 64 (2) | 95-105 | 2017 | 11 |
| 27 | ① | 農研機構 農村工学 研究部門 | Plant species identification using fecal DNAs from red-eared slider and Reeves' pond turtle in agricultural canals for rural ecosystem conservation | Koizumi, N., Mori, A., Mineta, T., Sawada, E., Watabe, K., Takemura, T. | Paddy and Water Environment | | DOI: 10.1007/ s10333- 016- 0576-5 | 2017(印 刷中) | |
| 28 | ① | 九州大学 | Genetic characteristics and possible introduced origin of the paradise fish <i>Macropodus opercularis</i> in the Ryukyu Archipelago, Japan | Kano Yら | Ichthyological Research | 65 (1) | 134-141 | 2018 | 1 |

(2)学会等発表(口頭またはポスター)

| 整理番号 | タイトル | 発表者名 | 機関名 | 学会等名 | 発行年 | 発行月 |
|------|--|---|------------------------|--|------|-----|
| 1 | 環境保全型農法が水田の生物多様性におよぼす影響—滋賀県「環境こだわり」農法の事例— | 中西康介・夏原由博 | 名古屋大学 | 日本環境動物昆虫学会第25回年次大会 | 2013 | 3 |
| 2 | 水稲複合性抵抗性品種「ゆめまつり」における病害虫の発生消長 | 星野滋・浦野光一郎・清水佐知子 | 広島県立総合技術研究所農業技術センター | 日本応用動物昆虫学会 | 2014 | 3 |
| 3 | いさわ南部地区の環境配慮型水路における魚類相の特徴 | 渡部恵司、森淳、竹村武士、小出水規行 | 農研機構 農村工学研究部門 | 第61回日本生態学会 | 2014 | 3 |
| 4 | 水田における農法の違いが雑草の種構成に及ぼす影響—福岡県平野部での事例— | 松尾光弘・坂本祥昌・山中佳樹・酒井泰良・米澤亮・山口修 | 宮崎大学 | 日本雑草学会第53回講演会 | 2014 | 4 |
| 5 | 水田景観の鳥類に有機農法と景観要因が与える影響 | 片山直樹・村山恒也・楠本良延 | 農研機構農業環境変動研究センター | 日本鳥学会 | 2013 | |
| 6 | Insect natural enemies as bio-indicators in rice paddies | 上野高敏 | 九州大学 | 2nd Global Conference of Entomology | 2013 | |
| 7 | どのような天敵が指標生物として農法と生物多様性の同時評価に使えるか？ | 上野高敏 | 九州大学 | 第23回天敵利用研究会 | 2013 | |
| 8 | コウノトリ育む農法と慣行農法による水田の水生物群集構造の差異 | 佐川志朗・宮西萌・奥村大輝・細谷和海・内藤和明・江崎保男 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 応用生態工学会第17回研究発表会 | 2013 | |
| 9 | 水田における環境保全型農法が鳥類に及ぼす影響—滋賀県高島市を事例として— | 李美花・夏原由博・柴田昌三 | 名古屋大学 | 第4回琵琶湖地域の水田生物研究会 | 2013 | |
| 10 | 閉鎖系とした実験水田における回帰法を用いたドジョウの個体数推定 | 竹村武士・森淳・渡部恵司・小出水規行・嶺田拓也 | 農研機構 農村工学研究部門 | 農業農村工学会関東支部大会講演会 | 2013 | |
| 11 | Assessing impacts of land use change and management intensification: A life cycle perspective on agricultural production | Kiyotada Hayashi | 農研機構中央農業研究センター | The 11th International Conference on EcoBalance | 2014 | |
| 12 | Post-war changes in rice farming and egrets in Japan | Katayama, N. and Murayama, H. | 農研機構農業環境変動研究センター | 26th International Ornithological Congress | 2014 | |
| 13 | 水路維持管理手法が異なる農業水路における魚類の生息分布の違い | 泉谷有紀、梶仁亮、柿野直、落合博之、長利洋 | 北里大学 | 農業農村工学会東北支部 | 2014 | |
| 14 | 東・東南アジアの淡水魚類多様性とその生息環境 | 鹿野雄一 | 九州大学 | 日本魚類学会2014年年会 | 2014 | |
| 15 | 非灌漑期における農業水路の整備方法の違いが魚類の生息条件に及ぼす影響 | 門脇勇樹・佐貫方城・中田和義 | 岡山大学 | 平成26年度農業農村工学会大会 | 2014 | |
| 16 | 非灌漑期の農業水路における急激な水位変化が魚類の分布に及ぼす影響 | 中田和義・門脇勇樹 | 岡山大学 | 平成26年度農業農村工学会大会 | 2014 | |
| 17 | Effects of restoration methods in a paddy field channel, western Japan, on habitat factors for fish during the non-irrigation period | Y. Kadowaki, S. Sanuki, and K. Nakata | 岡山大学 | PAWEES 2014 International Conference | 2014 | |
| 18 | Effects of rapid changes in water levels on the distribution of fish during the non-irrigation period in restoration areas of a paddy field channel, western Japan | K. Nakata and Y. Kadowaki | 岡山大学 | PAWEES 2014 International Conference | 2014 | |
| 19 | 特別栽培水田における大型サギ類の場所利用と採餌行動に関する研究 | 江口和洋・中原亨・徳淵信人 | 九州大学 | 第59回日本生態学会九州地区会大会 | 2014 | |
| 20 | 兵庫県豊岡市の42の水田における水生動物群集の類型化—環境保全型水田の生物はリッチか？— | 丸山勇氣・佐川志朗・田和康太・内藤和明 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 応用生態工学会第18回大会 | 2014 | |
| 21 | Scientific implementation based on network strategy for true resettlement —Current status and future of the Oriental White Stork in Japan— | Naito, K. and Sagawa, S. | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | Korea-Japan Network Forum on Oriental White Stork Protection | 2014 | |
| 22 | 水から抽出したDNAを用いて魚類の生息状況を評価する方法の試み | 小出水規行、高原輝彦、源利文、土居秀幸、森淳、渡部恵司、竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成26年度農業農村工学会大会 | 2014 | |
| 23 | Development of a method for detecting inhabitation of the Dojo loach using environmental DNA | Koizumi, N., Takahara, T., Minamoto, T., Doi, H., Mori, A., Watabe, K. and Takemura, T. | 農研機構 農村工学研究部門 | PAWEES 2014 International Conference on Sustainable Water and Environmental Management in Monsoon Asia | 2014 | |
| 24 | 環境保全型農法と慣行農法の水田におけるカエル類の繁殖状況の比較 | 中西康介・夏原由博 | 名古屋大学 | 日本環境動物昆虫学会第26回年次大会 | 2014 | |
| 25 | Biodiversity restoration in intensive rice fields in Japan | Natuhara Y. | 名古屋大学 | Conference on Ecological and Ecosystem Restoration 2014 | 2014 | |
| 26 | 水田におけるクモ類の個体数に及ぼす農法および景観の影響 | 田中幸一・馬場友希 | 農研機構農業環境変動研究センター | 九州病害虫研究会 | 2014 | |
| 27 | 農業と水田の絶滅危惧植物 | 池田浩明 | 農研機構農業環境変動研究センター | 第32回農業環境科学研究会 | 2014 | |

| | | | | | | |
|----|---|--|------------------------|---|------|---|
| 28 | 金網製トラップとペットボトル製トラップで採捕した水田内のドジョウ個体数の比較 | 渡部恵司・森 淳・竹村武士・小出水規行 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成26年度農業農村工学会大会 | 2014 | |
| 29 | 北陸地方の水田地帯におけるサギ類の採餌行動について | 大河原恭祐・木村一也 | 金沢大学 | 2014年度湿地学会大会 | 2014 | |
| 30 | 環境保全型稲作実施水田における植物群落の特徴 | 内藤和明・佐川志朗 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 第62回日本生態学会大会 | 2015 | 3 |
| 31 | 水田生物多様性保全のための評価指標探索 1. 関東地域における畦畔植生に及ぼす管理の影響 | 西田智子・楠本良延 | 農研機構農業環境変動研究センター | 日本雑草学会第54回大会 | 2015 | 4 |
| 32 | カメの爪切り—水田生態系に生息するカメ類の生物化学的分析— | 森 淳、澤田英司、小出水規行、渡部恵司 | 農研機構 農村工学研究部門 | 第2回淡水ガメ情報交換会 | 2015 | |
| 33 | 水田や水路の生物はいったい何を食べているのか？流域としての水田生態系解析の難しさ | 森 淳、森岡伸介、渡部恵司、小出水規行 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成27年度春季水産学会水産環境保全委員会企画シンポジウム | 2015 | |
| 34 | 農村における生態系配慮の取り組み | 小出水規行 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成26年度高知県内水面漁業に関する研修会 | 2015 | |
| 35 | 魚類相の多様性を指標とした農業水路の生態系配慮施設の評価 | 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | 自然環境復元学会 | 2015 | |
| 36 | コウノトリ育む水田の陸生および水生動物群集—慣行水田との違いはあるのか？— | 丸山勇気・佐川志朗・田和康太・内藤和明 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 陸水学会近畿支部会第26回大会 | 2015 | |
| 37 | 小型ショベルを用いた泥上げによる維持管理が水生生物に与える影響 | 柿野亘、落合博之、長利洋、泉谷有紀、梶仁亮 | 北里大学 | 農業農村工学会東北支部第58回研究発表会 | 2015 | |
| 38 | 環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境：活動期と越冬期の比較 | 門脇勇樹・佐貫方城・中田和義 | 岡山大学 | 平成27年度農業農村工学会大会 | 2015 | |
| 39 | 環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の生息場所利用様式 | 久保田由香・門脇勇樹・佐貫方城・中田和義 | 岡山大学 | 平成27年度農業農村工学会大会 | 2015 | |
| 40 | Habitat preference of freshwater fish inhabiting an agricultural channel with restoration methods, western Japan | Y. Kadowaki, S. Sanuki, and K. Nakata | 岡山大学 | PAWEES-INWEPF Joint International Conference 2015 | 2015 | |
| 41 | Effectiveness of restoration areas for freshwater fish conservation during water drawdown due to farmland consolidation in a paddy field channel, western Japan | K. Nakata, Y. Kadowaki, and Y. Kubota | 岡山大学 | PAWEES-INWEPF Joint International Conference 2015 | 2015 | |
| 42 | サギ類の餌起源とコロニーにおける物質フロー | 森 淳、渡部恵司、小出水規行、竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成27年度農業農村工学会大会講演会 | 2015 | |
| 43 | Plant-feeding habit of the red-eared turtle based on analysis of environmental DNA extracted from their feces samples | Noriyuki KOIZUMI, Atsushi MORI, Takuya MINETA, Eiji SAWADA, Keiji WATABE, Takeshi TAKEMURA | 農研機構 農村工学研究部門 | PAWEES-INWEPF Joint International Conference 2015 | 2015 | |
| 44 | 糞からの環境DNAを利用したアカミミガメの食性解析 | 小出水規行、森 淳、嶺田拓也、沢田英司、渡部恵司、竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成27年度農業農村工学会大会 | 2015 | |
| 45 | 農村生態系解明に向けた環境DNAの利用 | 小出水規行、森 淳、渡部恵司、竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | NGS現場の会第四回 | 2015 | |
| 46 | 農業水路における「次善の」環境配慮策 | 渡部恵司、森 淳、小出水規行、竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | 平成27年度農業農村工学会大会 | 2015 | |
| 47 | 兵庫県豊岡市の水田におけるトンボ類の生息状況—農法による違いはあるのか— | 丸山勇気・佐川志朗・田和康太・内藤和明 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 応用生態工学会第19回大会 | 2015 | |
| 48 | 環境保全型農法実施水田における動植物群集の特徴 | 内藤和明・丸山勇気・田和康太・佐川志朗・大迫義人・江崎保男 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 兵庫県立大学 知の交流シンポジウム2015 | 2015 | |
| 49 | Differential phenotypic responses to multiple predators: deadlier predator induces higher defense investment in a tadpole prey | Ramamonjisoa N. Natuhara Y | 名古屋大学 | 日本環境動物昆虫学会第27回大会 | 2015 | |
| 50 | 水田における環境保全型農業が複数の生物群及ぼす効果 | 田中幸一、馬場友希、片山直樹、益子美由希、楠本良延、西田智子 | 農研機構農業環境変動研究センター | 九州病害虫研究会第90回研究発表会 | 2015 | |
| 51 | 関東北部の水田・畦畔における環境保全型農業を指標する植物種 | 池田浩明・楠本良延・西田智子 | 農研機構農業環境変動研究センター | 日本生態学会第63回全国大会 | 2016 | 3 |
| 52 | Effects of landscape and farming method on biodiversity in rice fields | Yoshihiro NATUHARA | 名古屋大学 | EAFES Daegu | 2016 | 4 |
| 53 | Effects of environmentally friendly farming on waterbird use of rice fields in Japan | Katayama N. | 農研機構農業環境変動研究センター | EAFES Daegu | 2016 | |
| 54 | 小型油圧ショベルによる泥上げが水生生物の生息分布に与える影響—水生生物の生息分布に配慮された水路維持管理評価手法の開発に向けて— | 柿野亘、宇佐美公貴、田中裕子、眞家永光、丹治肇 | 北里大学 | 農業農村工学会大会 | 2016 | |
| 55 | 農業水路の維持管理がヨコハマシジラガイの生息分布に与える影響 | 柿野亘、泉谷有紀、梶仁亮、落合博之 | 北里大学 | 淡水二枚貝類研究会 | 2016 | |
| 56 | 南西諸島の農地における在来純淡水魚の生息状況 | 鹿野雄一・山下奉海・中島淳 | 九州大学 | 農業農村工学会 | 2016 | |
| 57 | 環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の季節移動 | 久保田由香・門脇勇樹・佐貫方城・中田和義 | 岡山大学 | 平成28年度農業農村工学会大会 | 2016 | |
| 58 | 農業水路における簡易な魚類生息環境評価手法の検討 | 中田和義・門脇勇樹・久保田由香 | 岡山大学 | 平成28年度農業農村工学会大会 | 2016 | |

| | | | | | | |
|----|---|--|------------------------|--|------|----|
| 59 | Seasonal migration of freshwater fish in restoration areas of an agricultural channel, western Japan | Kubota, Y., Y. Kadowaki, S. Sanuki and K. Nakata | 岡山大学 | PAWEES 2016 International Conference | 2016 | |
| 60 | Evaluation of fish habitats by using an easy investigation method in an agricultural channel, western Japan | Nakata, K., Y. Kadowaki and Y. Kubota | 岡山大学 | PAWEES 2016 International Conference | 2016 | |
| 61 | 農業水路における魚類の生息環境評価スコアの作成 | 渡部恵司・森淳・小出水規行・竹村武士 | 農研機構 農村工学研究部門 | H28農業農村工学会大会 | 2016 | |
| 62 | Trial investigation to estimate relationship between environmental DNA and fish distribution in agricultural canals | Koizumi, N., Mori, A., Watabe, K., Takemura, T., | 農研機構 農村工学研究部門 | PAWEES 2016 International Conference | 2016 | |
| 63 | 農法と景観構造が水田のカエル類の個体群密度に及ぼす影響～環境保全型農法はカエル類の生息に効果的か？～ | 福島庸介・内藤和明・丸山勇気・田和康太・佐川志朗 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 応用生態工学会第20回大会 | 2016 | |
| 64 | Effects of white stork-friendly farming on biodiversity of paddy field | Naito, K., Sagawa, S. and Ohsako, Y. | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | The 7th EAFES International Congress | 2016 | |
| 65 | Importance of paddy field with ditches and levees as foraging habitat of Oriental White Stork | Naito K. | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | The 2nd International Forum on Oriental Stork Conservation in the Korean Peninsula | 2016 | |
| 66 | コウノトリ野生復帰地における取り組みとその効果 | 佐川志朗 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 応用生態工学会第20回大会 | 2016 | |
| 67 | Restoration efforts for the Oriental white stork in paddy-dominated landscapes in Japan | Sagawa, S. and Tawa, K. | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | The 2nd International Forum on Oriental Stork Conservation in the Korean Peninsula | 2016 | |
| 68 | Effects of environmentally friendly farming on abundance and diversity of beneficial arthropods in rice paddy ecosystems of Japan | Baba Y.G., Tanaka K | 農研機構農業環境変動研究センター | EAFES Daegu | 2016 | |
| 69 | 水田におけるアシナガゲム属種組成の地理的傾向 | 田中幸一・馬場友希 | 農研機構農業環境変動研究センター | 第48回日本蜘蛛学会大会 | 2016 | |
| 70 | 環境保全型水田におけるクモ類種組成の地理的変異 | 田中幸一・馬場友希 | 農研機構農業環境変動研究センター | 九州病害虫研究会第92回研究発表会 | 2016 | |
| 71 | 「抵抗性品種「みねはるか」, 「ゆめまつり」によるイネいもち病の抑制」 | 清水佐知子・星野滋・浦野光一郎 | 広島県立総合技術研究所農業技術センター | 日本植物病理学会 | 2017 | 4 |
| 72 | Effects of organic farming and landscapes on biodiversity of rice fields | Yoshihiro NATUHARA | 名古屋大学 | International Congress for Conservation Biology | 2017 | 7 |
| 73 | 「ニホンナシにおける株元草生処理がカンザワハダニ及びカブリダニ類の発生に及ぼす影響」 | 中井善太・武田藍・金子洋平・福田寛・大谷徹 | 千葉県農林総合研究センター | 日本ダニ学会 | 2017 | 9 |
| 74 | 「千葉県のナシ園下草雑草における天敵カブリダニ類の発生」 | 中井善太・武田藍・金子洋平・福田寛・大谷徹 | 千葉県農林総合研究センター | 天敵利用研究会 | 2017 | 10 |
| 75 | 水田における植物の種多様性を簡易に評価する手法 | 池田浩明・楠本良延 | 農研機構農業環境変動研究センター | 日本生態学会第64回大会講演要旨 | 2017 | |
| 76 | 「西南暖地水田におけるクモ類を保全する農法」 | 上村香菜子・清水信孝・手柴真弓・柳田裕紹・石井貴明・梶谷裕二・菊原賢次 | 福岡県農林業総合試験場 | 日本応用動物昆虫学会 | 2018 | 3 |
| 77 | 全国スケール解析から見える特別・有機栽培水田の生物多様性保全効果 | 片山直樹 | 農研機構農業環境変動研究センター | 第65回日本生態学会大会 | 2018 | 3 |
| 78 | コウノトリ育む農法実施水田における動植物群集の特徴 | 内藤和明 | 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 | 第65回日本生態学会大会 | 2018 | 3 |
| 79 | 栽培方法の異なる水田生態系における群集構造の差異 | 馬場友希 | 農研機構農業環境変動研究センター | 第65回日本生態学会大会 | 2018 | 3 |
| 80 | 農業水利施設における生態系の評価と保全 | 森 淳 | 北里大学 | 第65回日本生態学会大会 | 2018 | 3 |
| 81 | 空行は削除する鳥類に優しい水田がわかる生物多様性の簡易評価手法 | 池田浩明 | 農研機構農業環境変動研究センター | 第65回日本生態学会大会 | 2018 | 3 |

(3) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌、③年報、④広報誌、⑤その他

| 整理番号 | 区分 | 著書名(タイトル) | 著者名 | 機関名 | 出版社 | 発行年 | 発行月 |
|------|----|-------------------------------------|----------------|------------------|------------------|------|-----|
| 1 | ① | 人間活動と生態系(農業の特性と生物の応答) | 池田浩明 | 農研機構農業環境変動研究センター | 共立出版 | 2015 | 3 |
| 2 | ① | 人間活動と生態系(二次的な自然環境) | 山本勝利・楠本良延・大久保悟 | 農研機構農業環境変動研究センター | 共立出版 | 2015 | 3 |
| 3 | ① | にぎやかな田んぼ(水鳥の目を通して見る田んぼ) | 片山 直樹 | 農研機構農業環境変動研究センター | 京都通信社 | 2015 | 3 |
| 4 | ① | にぎやかな田んぼ | 夏原由博(編著) | 名古屋大学 | 京都通信社 | 2015 | 3 |
| 5 | ① | 溺れる魚, 空飛ぶ魚, 消えゆく魚—モンスーンアジア淡水魚探訪— | 鹿野雄一 | 九州大学 | 共立出版 | 2018 | 2 |
| 6 | ⑤ | 鳥類に優しい水田がわかる生物多様性の調査・評価マニュアル | 池田浩明ほか | 農研機構農業環境変動研究センター | 農研機構農業環境変動研究センター | 2018 | 3 |
| 7 | ⑤ | 魚が住みやすい農業水路を目指して: 農業水路の魚類調査・評価マニュアル | 嶺田拓也ほか | 農研機構 農村工学研究部門 | 農研機構 農村工学研究部門 | 2018 | 3 |

(4) 国内特許権等

| 整理番号 | 特許権等の名称 | 発明者 | 権利者(出願人等) | 機関名 | 特許権等の種類 | 番号 | 出願年月日 | 取得年月日 |
|------|---------|-----|-----------|-----|---------|----|-------|-------|
| | 該当なし | | | | | | | |

(5)国際特許権等

| 整理番号 | 特許権等の名称 | 発明者 | 権利者 (出願人等) | 機関名 | 特許権 等の種 類 | 番号 | 出願年月日 | 取得年月日 | 出願国 |
|------|---------|-----|---------------|-----|-----------------|----|-------|-------|-----|
| | 該当なし | | | | | | | | |

(6)報道等

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

| 区分 | 記事等の名称 | 掲載紙・放送社名等 | 掲載年 | 掲載月 | 掲載日 | 機関名 | 備考 |
|----|----------------------|-----------------------|------|-----|-----|--------------|--------------------|
| ④ | 生物多様性を保全するIPM評価手法の開発 | 総合的病害虫・雑草管理(IPM)推進検討会 | 2018 | 2 | 20 | 農研機構果樹茶業研究部門 | 農林水産省消費・安全局植物防疫課主催 |

(7)普及に移しうる成果

区分:①普及に移されたもの、製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの

| 区分 | 成果の名称 | 機関名 | 普及(製品化) 年月 | | 主な利用場面 | 普及状況 |
|----|-----------------------------|---------------|---------------|---|---|--------------------|
| ③ | 農工研研究成果情報 | 農研機構 農村工学研究部門 | 2016 | 3 | 本方法は、生息生物の老廃物や糞等に由来する環境DNAを用いた間接的観察法である。個体採捕の代わりに水路の水に含まれているDNAを抽出し、対象魚類のDNAを検出することにより、生息の有無を推定できる。 | 農研機構HP上で公開 |
| ② | 草生管理がりんご樹におけるナミハダニの発生に及ぼす影響 | 長野県果樹試験場 | 2018 | 2 | りんご園 | 長野県のりんご栽培地域7,780ha |

(8)発表会の主催の状況
(シンポジウム・セミナー等を記載する。)

| 整理番号 | 発表会の名称 | 年月日 | | | 開催場所 | 参加者数 | 機関名 | 備考 |
|------|---|------|---|----|---------------|---------|----------------------|--------------------|
| 1 | 日本生態学会第65回全国大会 企画集会T15「環境保全型農業 で水田景観の生物多様性を守る ことができるのか？」 | 2018 | 3 | 15 | 札幌コンベンションセンター | 50(見込み) | 農研機構農業環境 変動研究センター | プロジェクト成果を5名が代表して講演 |

(9)アウトリーチ活動の状況

当事業の研究課題におけるアウトリーチ活動の内容は以下のとおり。

区分：①一般市民向けのシンポジウム、講演会及び公開講座、サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展、大学及び研究所等の一般公開への参画、
③その他(子供向け出前授業等)

| 整理番号 | 区分 | アウトリーチ活動 | 年月日 | | | 開催場所 | 参加者数 | 主な参加者 | 機関名 | 備考 |
|------|----|---|---------------|----|-------|-----------------------|--------|----------------|------------------------------------|---------------|
| 1 | ③ | 与布土自治協議会「農法の違いによる田んぼの植物の特徴」 | 2013 | 11 | 23 | 与布土自治協議会事務所 | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 2 | ③ | 栃木県上三川町における「田んぼの生きもの観察会」への協力 | 2013- 2016 | 7 | | 栃木県上三川町 | 30 | 市民 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | |
| 3 | ① | 第64回鶴見カフェ「農法の違いと水田の植物」 | 2014 | 1 | 19 | なごみ茶屋 | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 4 | ① | コウノトリ育む農法アドバイザー研究会「農法の違いと水田の植物」 | 2014 | 7 | 8 | JAたじま営農センター | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 5 | ① | 平成26年度内水面漁業に関する研修会 | 2015 | 2 | 10 | 高知城ホール | 50 | 漁業者 | 農研機構 農村 工学研究部門 | |
| 6 | ① | 水田や水路の生物はいったい何を食べているのか？流域としての水田生態系解析の難しさ(平成27年度春季水産学会水産環境保全委員会企画シンポジウム) | 2015 | 3 | | 東京海洋大学 | 100 | 市民 | 農研機構 農村 工学研究部門 | |
| 7 | ① | コウノトリ舞い降りる田んぼ認定委員会「環境保全型農業の実施・未実施水田における植生の特徴」 | 2015 | 7 | 7 | 兵庫県豊岡総合庁舎 | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 8 | ① | コウノトリ野生復帰に向けて コウノトリ講習会「コウノトリの生態と野生定着できる環境整備」 | 2015 | 9 | 12 | 福井市AOSSA | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 9 | ② | 兵庫県立大学知の交流シンポジウム2015「環境保全型農法実施水田における動植物群集の特徴」 姫路 | 2015 | 9 | 28 | 神戸市産業振興センター | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 10 | ③ | 「アグリビジネス創出フェア2015: 知の集積と地方創生」でパネル(安田耕司、池田浩明: 環境にやさしい農業を採点する)を展示 | 2015 | 11 | 18-20 | 東京ビッグサイト | 34,860 | 民間企業 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | |
| 11 | ① | 水土里ネット青森主催 多面的機能支払い交付金リーダー研修会 | 2016 | 1 | 26 | 青森市 | 50 | 農業者 | 農研機構 農村 工学研究部門 | |
| 12 | ① | 水土里ネット青森主催 多面的機能支払い交付金リーダー研修会 | 2016 | 1 | 27 | 八戸市 | 50 | 農業者 | 農研機構 農村 工学研究部門 | |
| 13 | ① | 鳥も人も幸せに暮らす環境についての講演会「コウノトリの生態と生き可能な環境整備」 | 2016 | 3 | 27 | 長浜市湖北野鳥センター | 100 | 市民 | 兵庫県立大学 大学院地域資源 マネジメント 研究科 | |
| 14 | ① | H28年度子ども霞ヶ関見学デー | 2016 | 7 | 27-28 | 農水省 | 6664 | 市民 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | |
| 15 | ③ | 「生き物を守るイネ作り」 | 2017 | 4 | 24 | 広島県世羅町「農事法人組合 さわやか田打」 | 5 | 生産者 | 広島県立総合 技術研究所農業 技術センター | |
| 16 | ① | 田んぼの生きもの調査 | 2017 | 6 | 25 | 愛知県日進市 | 3 | 農家 | 名古屋大学 | |
| 17 | ① | 世羅台地のゆめ農業「あの手この手で田の虫サイコー」 | 2017 | 7 | 8 | 広島県せら夢公園 | 28 | 会社員、主婦、学生、行政等 | 広島県立総合 技術研究所農業 技術センター | |
| 18 | ① | H29年度子ども霞ヶ関見学デー | 2017 | 8 | 2-3 | 農水省 | 7222 | 市民 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | |
| 19 | ③ | 「出穂時期の害虫およびその他の生物の発生状況と対応について」 | 2017 | 8 | 10 | 広島県世羅町「農事法人組合 さわやか田打」 | 5 | 生産者 | 広島県立総合 技術研究所農業 技術センター | |
| 20 | ① | 「環境情報交換会」における講演 | 2017 | 11 | 28 | 日本環境アセスメント協会 | 30 | 日本環境アセスメント協会会員 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | |
| 21 | ① | 農業革新支援専門員全国ネットワーク会議「持続可能な農業」基調講演 | 2017 | 12 | 13 | 中央合同庁舎4号館(霞ヶ関) | 100 | 農業革新支援専門員 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | 農水省生産局からの依頼講演 |
| 22 | ① | 中部蜘蛛懇談会で公開特別講演「農地のクモの多様性と働き」 | 2018 | 2 | 11 | 名古屋市ウイル愛知 | 50 | 市民 | 農研機構農業 環境変動研究 センター | |