

称号及び氏名	博士(農学) 向井 康夫
学位授与の日付	平成21年3月31日
論文名	稲作水系における水生昆虫の保全生態学的研究
論文審査委員	主査 石井 実 副査 山口 裕文 副査 大門 弘幸

論文要旨

水田やその周辺の水辺環境（稲作水系）には、多様な野生生物が生息している。しかし、近年、稲作水系で普通に見られた身近な生物は減少しつつあり、環境省や地方自治体のレッドリストに掲載されるようになった。稲作水系の水生昆虫についても例外ではなく、個々の種の基本的な生活史形質を明らかにし、生息場所の保全に必要な要因を検討する必要がある。

そこで本研究では、カメムシ目およびカメムシ目の水生昆虫を対象として、生活史と生活場所利用の実態を明らかにするために、大阪府北部の水田地域で野外調査を行った。また、陸上での越冬が確認されたオオコオイムシについては、越冬成虫の生態や生理状態を明らかにするために野外調査と室内実験を実施した。そして、得られた結果にもとづき、稲作水系における水生昆虫類の生物多様性の維持に必要な要因について考察を行った。

水生カメムシ類の生活史と生活場所利用

稲作水系における水生カメムシ類の生活史と生活場所利用について明らかにするために、大阪府能勢町の棚田（以下、調査地）において野外調査を行った。原則として週1回、水田、「堀上」（温水のための素掘りの水路）、棚田上部の湧水湿地、常に湛水状態の「恒常的な池」、周囲の水田と同期させて4月下旬に入水、9月下旬に落水した「一時的な池」の5タイプの水域で掬い取りを行い、標識再捕獲法により個体群動態を解析した。この調査では、タイコウチ *Laccotrephes japonensis* 530 個体、ミズカマキリ

Ranatra chinensis 1168 個体, オオコオイムシ *Appasus major* 1174 個体, タガメ *Lethocerus deyrolli* 99 個体の成虫に標識を行い, それぞれ約 67, 58, 33, 53% が再捕獲された。また, 4 種すべての幼虫が調査地内の水域で確認された。

タイコウチ: 越冬成虫が初夏に繁殖, 8 月から新成虫が羽化, 9 月に個体数がピークに達した後, 冬季に成虫が水中で越冬する年 1 化の生活環をもつことが明らかになった。成虫の寿命は 1 年以内と推定された。成虫は夏季から初秋には全水域で確認されたが, 水田の落水期に各水域間での移動が頻繁に見られ, 冬季には多くの個体が掘上と湧水湿地で確認された。幼虫は全水域で確認された。

ミズカマキリ: 越冬成虫が初夏に繁殖, 7 月から新成虫が羽化, 8~9 月に個体数がピークに達し, 冬季に成虫が水中で越冬する年 1 化の生活環をもつことが明らかになった。成虫の寿命は 1 年以内と推定された。本種は夏季から初秋には全水域で確認されたが, 秋に恒常的な池への移動が優勢になり, 冬季にはほとんどの個体が恒常的な池で確認された。幼虫は湿地を除く水域で確認された。

オオコオイムシ: 越冬成虫が夏に繁殖, 夏から秋に新成虫が羽化, 水中と陸上の両方で越冬する年 1 化の生活環をもつことが明らかになった。成虫の寿命は 1 年以内と推定された。成虫, 幼虫ともに全水域で確認され, 冬季には掘上と落水後の水田で成虫が確認された。

タガメ: 越冬成虫が初夏に水域に現れ, 夏に繁殖, 新成虫が秋に水域から姿を消す年 1 化の生活環をもつことが明らかになった。夏から秋に羽化した成虫は翌年の 6 月以降見られなくなったことから, 成虫の寿命は 1 年以内と推定された。成虫は全水域で確認されたが, 密度は水温が高く, 餌密度の高い水域で高かった。若齢幼虫は産卵基質の存在する水温の高い水域でのみ見られた。また, 中齢以降の幼虫が陸上を移動するのが観察された。

水生コウチュウ類の生活史と生活場所利用

水生コウチュウ類についても水生カメムシ類と同様の野外調査を行い, 7 種 4722 個体の成虫に標識した。この調査で対象とした水生コウチュウ類 (成虫の総捕獲個体数, 再捕獲率) は, マメゲンゴロウ *Agabus japonicus* (426 個体, 45%), クロズマメゲンゴロウ *A. conspicuus* (65 個体, 62%), ヒメゲンゴロウ *Rhantus suturalis* (830 個体, 54%), シマゲンゴロウ *Hydaticus bowringi* (986 個体, 16%), コシマゲンゴロウ *H. grammicus* (848 個体, 19%), ガムシ *Hydrophilus acuminatus* (860 個体, 52%), ヒメガムシ *Sternolophus rufipes* (707 個体, 23%) であった。また, マメゲンゴロウとヒメゲンゴロウを除く 5 種では幼虫も確認された。

マメゲンゴロウ: 5~6 月に新成虫が羽化, 夏季に個体数がピークに達し, 冬季に成虫が水中で越冬する生活環をもつことが明らかになった。成虫は全水域で見られたが, とくに掘上や湧水湿地で多く確認された。

クロズマメゲンゴロウ: 5~6 月に新成虫が現れ, 夏季に個体数がピークに達し, 冬季には水域から減少する生活環をもっていた。成虫は標識後約 80 週まで再捕獲され, 1 年以上の寿命をもつ個体もいることが確認された。成虫は水田を除く 4 つの水域で見られ, 恒常的な池, 一時的な池, 掘上, 湧水湿地の間での移動が初夏から晩秋まで確認

された。幼虫は冬季に恒常的な池で確認された。

ヒメゲンゴロウ：9月から新成虫が羽化，11月に個体数がピークを示し，冬季に成虫が水中で越冬する生活環をもつことがわかった。成虫の寿命は1年以内と推定された。成虫は夏季には全水域で確認されたが，落水期に水域間での移動が頻繁になり，冬季には多くの個体が掘上と湧水湿地で確認された。また，春には湿地からの移出が優勢になった。

シマゲンゴロウ：越冬後の成虫が初夏に繁殖，8月から新成虫が羽化，9月に個体数がピークに達した後，秋以降は成虫が水域から姿を消す年1化の生活環をもつことが明らかになった。成虫の寿命は1年以内と推定された。成虫は晩夏から秋季には全水域で確認されたが，水田の落水と同時に水域から姿を消した。成虫の移動は水田の湛水期に見られ，6月には水田へ向かう移動，8月には掘上へ向かう移動が優勢であった。幼虫は恒常的な池，掘上，水田で確認された。

コシマゲンゴロウ：生活環はシマゲンゴロウとほぼ同じで，成虫の寿命も1年以内と推定された。成虫は晩夏から秋季には全水域で確認されたが，水田の落水と同時に水域から姿を消した。成虫の移動は水田の湛水期に見られ，5～6月には全水域間で，10月には水田を除く4つのタイプの水域間での移動が確認された。幼虫は恒常的な池と水田で確認された。

ガムシ：越冬後の成虫が初夏に繁殖，9月から新成虫が羽化，9月下旬に個体数がピークに達した後，冬季に水中で越冬する年1化の生活環をもつことが明らかになった。成虫の寿命は1年以内と推定された。成虫は夏季から初秋には全水域で見られ，6月には水田へ向かう移動が，9～10月には恒常的な池，掘上，湧水湿地間での移動が確認された。10月以降は湿地へ向かう移動が優勢になり，冬季には成虫が掘上と湧水湿地で確認された。幼虫は全水域で確認された。

ヒメガムシ：越冬後の成虫が初夏に繁殖，8月から新成虫が羽化，9月に個体数がピークに達した後，秋以降に水域から姿を消す年1化の生活環をもつことが明らかになった。成虫の寿命は1年以内と推定された。成虫は全水域で確認され，水田の落水とともに水域から姿を消した。幼虫は掘上と水田で確認された。

オオコオイムシの陸上越冬と耐寒性

越冬成虫が落水後の水田で確認されたため，調査地において冬季に野外調査を実施するとともに，耐寒性，耐乾燥性，低温下での活動性と飢餓耐性を室内実験により調べた。越冬成虫は落水後の水田表土の窪みの中や稲わらの下などで多く確認され，冬季にも活動することがわかった。また，越冬成虫の植氷過冷却点は約 -4°C で，調査地の最低気温（約 -7°C ）より高く，越冬成虫は -2°C において14時間程度の植氷凍結に耐え， 4°C 湿潤・無給餌条件で7ヶ月以上生存することが明らかになった。一方，越冬成虫は乾燥条件では5日以内に死亡した。

調査対象とした11種の水生昆虫には，すべてが成虫で越冬し，成虫の寿命は1種を除き1年以内であり，多くの種で繁殖期が水田の湛水期と一致するなどの共通性が認められた。しかし，生活場所については，10種は全水域で確認されたが，1種は水田以

外で見られるなど、主な繁殖水域は種により異なっていた。越冬場所についても、6種が水域を利用していたが、水域の選好性は種により異なっていた。また、1種は水域と陸上での越冬が確認され、残りの4種は冬季には水域から姿を消し、翌春マーク個体が再捕獲されることから、陸上で越冬するものと考えられた。

本研究の結果から、稲作水系で最も広大な水田は、夏季に幼虫が確認された8種すべてが見られたことから、水生昆虫の繁殖場所として重要であることが確認された。また、落水後の水田はオオコオイムシの越冬場所として利用されていた。堀上や恒常的な池、湧水湿地のような面積は小さいものの常時湛水状態の水域も、水生昆虫の夏季の生活場所としてばかりでなく、越冬場所としても重要であることが明らかになった。調査地では、多様な水域があり、水田は晩春から初秋まで継続的に湛水され、冬季も湿り気が保たれていることにより、水生昆虫の生物多様性が維持されていると考えられた。

これらのことから、近年の稲作水系の水生昆虫の衰退要因として、圃場整備による乾田化や水域越冬種に必要な恒常的な水域の消失、水管理様式の変更などがあげられる。稲作水系における水生昆虫の生物多様性の保全には、水田ばかりでなく、中干しを含む落水期に利用可能な堀上やため池などの恒常的な水域や陸域越冬種の越冬場所の確保も必要と考えられる。

審査結果の要旨

水田やその周辺の水辺環境（稲作水系）には、多様な野生生物が生息していたが、近年、急激に衰退しつつある。水生昆虫についても同様であり、その生息場所保全に向けた基礎研究が必要とされている。本研究では、カメムシ目およびコウチュウ目の水生昆虫を対象として、生活史と生活場所利用の実態を明らかにするための野外調査を行った。また、陸上越冬が確認されたオオコオイムシについては、冬季に野外調査を実施するとともに、越冬成虫の耐寒性、耐乾燥性、低温下での活動性と飢餓耐性を室内実験により調査した。そして、得られた結果にもとづき、稲作水系における水生昆虫類の生物多様性の維持・保全に必要な要因について考察を行った。

水生昆虫類の生活史と生活場所利用についての野外調査は、大阪府能勢町の棚田において行った。調査では、原則として週1回、水田、「堀上」（温水のための素掘りの水路）、棚田上部の湧水湿地、常に湛水状態の「恒常的な池」、周囲の水田と同期させて4月下旬に入水、9月下旬に落水した「一時的な池」の5タイプの水域で掬い取りを行い、標

識再捕獲法により個体群動態を解析した。

野外調査では、水生カメムシ類 4 種 2971 個体、水生コウチュウ類 7 種 4722 個体の成虫に標識し、それぞれ 1481 個体 (49.8%)、1604 個体 (34.0%) が再捕獲された。種別にみると、水生カメムシ類ではタイコウチ *Laccotrephes japonensis* 530 個体、ミズカマキリ *Ranatra chinensis* 1168 個体、オオコオイムシ *Appasus major* 1174 個体、タガメ *Lethocerus deyrolli* 99 個体の成虫に標識を行い、それぞれ約 67、58、33、53% が再捕獲された。また、4 種すべての幼虫が調査地内の水域で確認された。水生コウチュウ類の対象種 (総捕獲個体数、再捕獲率) は、マメゲンゴロウ *Agabus japonicus* (426 個体、45%)、クロズマメゲンゴロウ *A. conspicuus* (65 個体、62%)、ヒメゲンゴロウ *Rhantus suturalis* (830 個体、54%)、シマゲンゴロウ *Hydaticus bowringi* (986 個体、16%)、コシマゲンゴロウ *H. grammicus* (848 個体、19%)、ガムシ *Hydrophilus acuminatus* (860 個体、52%)、ヒメガムシ *Sternolophus rufipes* (707 個体、23%) であった。また、マメゲンゴロウとヒメゲンゴロウを除く 5 種では幼虫も確認された。

オオコオイムシの越冬成虫は落水後の水田表土の窪みの中や稲わらの下などで多く確認され、冬季にも活動することを確認した。また室内実験では、越冬成虫の植氷過冷却点が約 -4°C で調査地の最低気温 (約 -7°C) より高いこと、 -2°C において 14 時間程度の植氷凍結に耐えること、越冬成虫は乾燥条件では 5 日以内に死ぬが、 4°C 湿潤・無給餌条件では 7 ヶ月以上生存することを明らかにした。

調査対象とした 11 種の水生昆虫については、すべてが成虫で越冬し、成虫の寿命は 1 種を除き 1 年以内であり、大部分の種で繁殖期と水田の湛水期が一致するなどの共通性を認めた。生活場所については、10 種は全水域で確認されたが、1 種は水田以外で見られるなど、主な繁殖水域は種により異なっていた。越冬場所については、6 種が水域を利用するものの、その選好性は種により異なっていた。また、1 種は水域と陸上での越冬が確認され、残りの 4 種は陸上での越冬が推定された。

本研究では、水田について、夏季に幼虫を確認したすべての種が利用していたことや落水後にも越冬場所として利用する種がいたことから、水生昆虫の生息のために重要であることを指摘した。また、堀上や恒常的な池、湧水湿地のような面積は小さいものの常時湛水状態の水域も、水生昆虫の夏季の生活場所としてばかりでなく、越冬場所としても機能していることを明らかにした。

以上のような結果に基づき、本研究では、近年の稲作水系の水生昆虫の衰退要因として圃場整備による乾田化や水域越冬種に必要な恒常的な水域の消失、水管理様式の変更などを指摘するとともに、稲作水系における水生昆虫の生物多様性の保全のために必要な要因について提言を行った。この成果は、昆虫学や生態学などの基礎分野ばかりでなく、保全生態学の分野にも寄与するところが大きい。よって最終試験の結果とあわせて、博士 (農学) の学位を授与することを適当と認める。