

水田生態系における生物間相互作用と環境保全型農業技術の多面的評価

高柳 春希
環境動態学専攻

本研究では、水田生態系における生物間の種間相互作用を解明するとともに、これらの相互作用と調和する環境保全型農業技術の開発と評価を試みた。

1. 水田生態系における生物間の種間相互作用

水田湛水中の藻類とそれを餌とするミジンコ類・ドブシジミ (*Sphaerium japonicum*)・ユスリカ幼虫、さらにはミジンコ類およびユスリカ幼虫を餌とするドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*) の直接および間接種間相互作用を要因実験と野外調査を行って解明した。要因実験では、ドブシジミとドジョウが藻類群集の現存量に及ぼす影響を明らかにした。その結果、ドジョウはミジンコ類を捕食することで微小藻類を増加させ (図1a)、ドブシジミは濾過摂食によりドジョウが増加させた微小藻類を消費し減少させた (図1a)。それゆえ、ドジョウはミジンコ類を捕食する間接効果として、ドブシジミの個体数を増加させる可能性があった。一方、ドブシジミは微小藻類を消費することで競争者である糸状藻類を増加させ (図1b)、それが糸状藻類を餌とするユスリカ幼虫の個体数を増加させ、さらにはユスリカ幼虫を重要な餌資源とするドジョウの個体数をも増加させる可能性があった。実際、野外においてドブシジミとドジョウの分布には正の連関が示された。この正の連関は、本研究で示したドブシジミとドジョウ間の互恵的な餌の促進効果に関係していると考えられた (図2)。

在来タニシ類 (マルタニシ (*Bellamya chinensis laeta*) と近年になり分布拡大したヒメタニシ (*Bellamya quadrata histrica*)) の個体密度に対する環境要因と生物要因、とくに近縁種タニシの影響について野外調査に基づき解析した。滋賀県立大学周辺の水田および用水路でタニシ類の個体数調査と環境要因を調べたところ、マルタニシおよびヒメタニシの密度間に強い排他性が確認された (C_s 指数=0)。この背景にはマルタニシとヒメタニシの耐乾性の違いや、雄ヒメタニシが雌マルタニシに及ぼす繁殖干渉の影響があると示唆された。

生きているタニシだけではなく、死んだタニシ (*B. quadrata histrica*) が水田生物群集に及ぼす影響についても実験的に調べた。ポットに生きていた

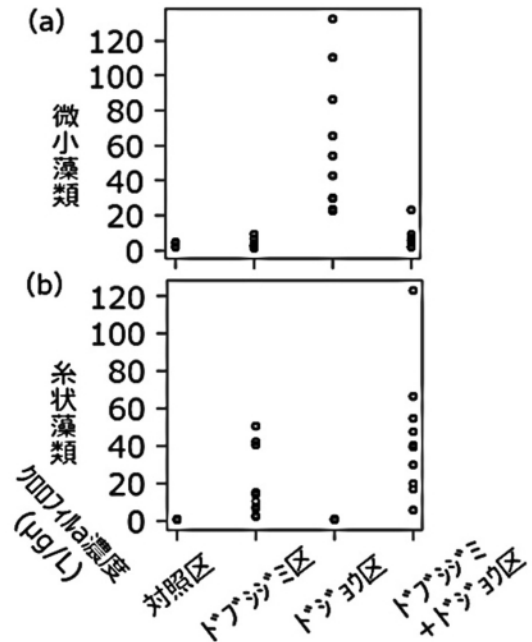


図1. ドブシジミとドジョウが (a) 微小藻類, (b) 糸状藻類のクロロフィルa濃度に及ぼす影響。

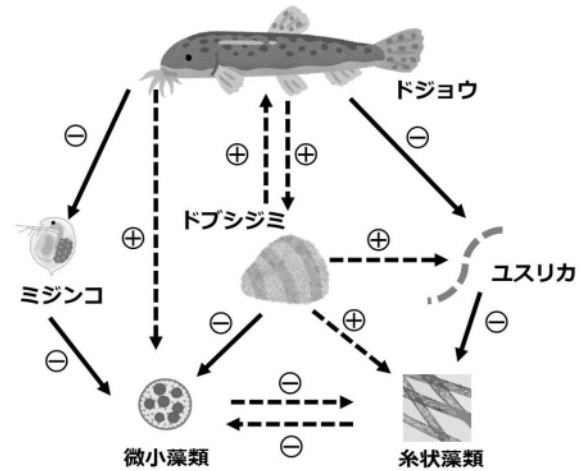


図2. 研究で見出された水田湛水部の種間相互作用網. 点線矢印上のプラス記号は促進効果で、マイナス記号は資源競争による負の作用を示す。

タニシあるいは死んだタニシを加え、それらが水中微生物群集に及ぼす影響を明らかにした。調査の結果、生きていたタニシは緑藻類の密度を0.11倍に減少させるのに対し、死んだタニシはミジンコ類の個体密度を3.74倍、ワムシ類の個体密度を3.38倍に増加させると推定された (図3)。

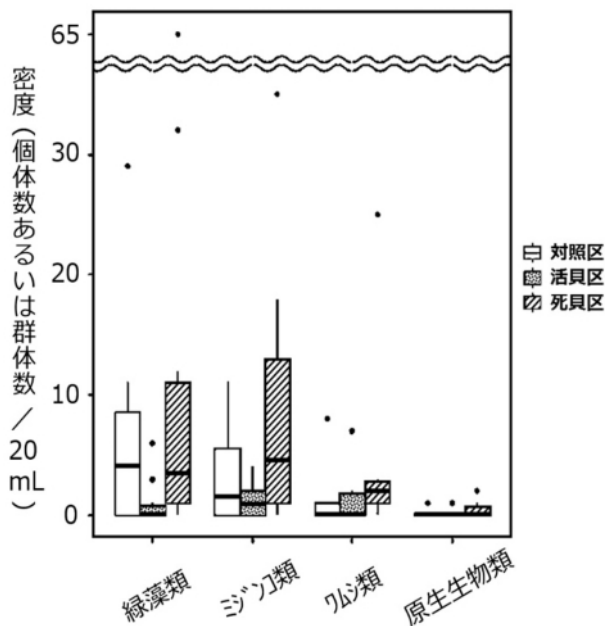


図3. 対照区、活貝区、死貝区における微生物密度の比較。箱ひげ図のプロットは外れ値、ひげの端は最大値および最小値、箱の線は上から第三四分位数・中央値・第一四分位数を示す。

水田の湛水部には、藻類、タニシ類、ドジョウなど多様な生物が生息し、これらの生物由来の排泄物窒素はイネ (*Oryza sativa*) の生育促進に活用できると考えられる。そこで、室内・圃場実験を行い、イネの生育に対し有益であると思われるマルタニシおよびドジョウの相互作用とそれがイネの生育に及ぼす影響について調べた。調査の結果、ドジョウもマルタニシもそれぞれ単独で導入するとイネの生育を促進させた。しかし、2種をともに導入すると、イネの生育への促進効果は単独区と同じかそれ以下であった。2種の行動を観察したところドジョウの動きによりマルタニシは頻繁に殻を閉ざした。この干渉行動がマルタニシの摂食行動に負の影響を与え、マルタニシ由来の排泄物を減少させたと考えられた。また、マルタニシが微小藻類を濾過摂食することはイネの生育に対して正の間接効果をもたらさうが、同時にドジョウの餌であるミジンコ類を減少させ、さらにドジョウの排泄物も減少させると推測された。すなわち単独ではイネの生育を促進するこの2つの相互作用が拮抗的に働くために、単独区と比べ混合区のイネ生育が低下したことが示唆された。

2. 環境保全型農業技術の開発

水田の土壌攪拌は除草の主効果に加え、湛水部の溶存酸素を高める効果や、雑草埋没に伴う地力の向上効果といった副次的な効果も期待されている。

しかし、これら効果がイネに及ぼす影響を評価した知見は見当たらない。そこで複数の実験区（放置区、手取り除草区、埋没・攪拌区、除草・攪拌区）を圃場に設置し、それらを比較することで、イネの生産に対する土壌攪拌の多面的な効果を評価した。評価の結果、イネの生産を向上させる要因は除草効果のみで、攪拌による副次的な効果は認められなかった。それゆえ、空気や雑草を動き込む土壌攪拌はイネの生産にとり必ずしも重要でなく、攪拌の効果は除草にほぼ限定されるものと推察された。

先の実験結果を踏まえ、弱い攪拌能力を持つボール自動掃除機（株CCP, CZ-560）を改造し、自動除草ロボットの開発を試みた。メソコズムでの試運転の結果、高い除草効果が確認された（図4）。自動除草ロボットは次世代農業に貢献するかもしれない。

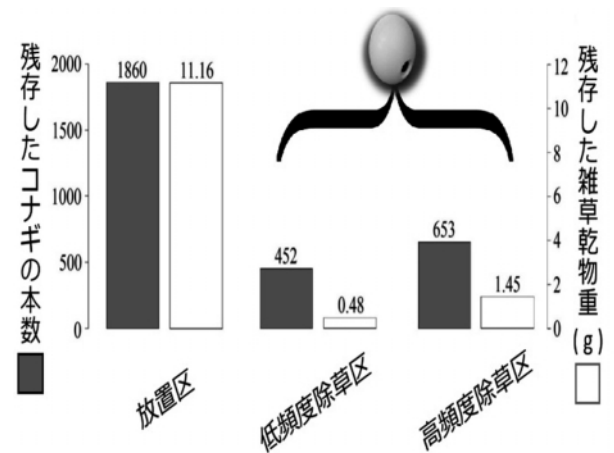


図4. 放置区、低頻度除草区、高頻度除草区における一ヶ月経過後の残存雑草量の比較。

総合的害虫管理IPMに基づく農法には耕作地中における天敵数を増加させる効果があると期待されている。しかし、類似した農法が水田内の天敵数に及ぼす影響を明らかにした知見は見当たらない。そこで、生物農薬、物理的除草農法として知られているアゾラ農法および紙マルチ農法が天敵密度に影響を及ぼすかどうかを調査した。調査の結果、アゾラ (*Azolla japonica*) の存在は水田内の造網性クモや徘徊性クモの密度を増加させる効果があると判明した（図5）。

これは地表面の温度が高くなったことに由来すると推察された。



図5. アゾラと造網性・徘徊性クモの関係性を表した概念図。

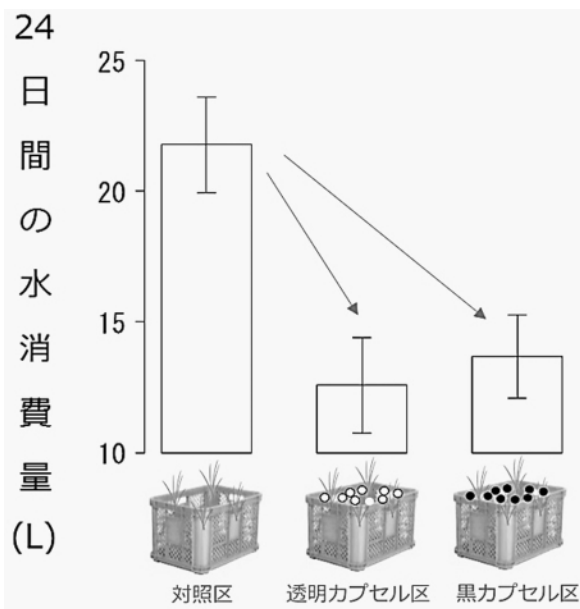


図6. 対照区, 透明カプセル区, 黒カプセル区における水消費量の比較。

水田での水消費の低減について検討した。干ばつによる農業用水不足は水稲栽培を主体とする開発途上国にとり喫緊の問題である。この問題を解決するために、干ばつ耐性がある遺伝子組換えイネの導入や、農業工学技術に基づいた灌漑管理・水資源確保が検討されているが、実用化に至った技術はほとんどみられない。そこで水消費の一因となる田面からの蒸発に着目し、それを防ぐ目的で透明ないし黒のポリプロピレンカプセルを用いて田面被覆した。その結果、カプセルによる田面被覆には栽培コンテナあたり9L程度の節水効果があると分かった(図6)。また、透明カプセルで田面を被覆した区では、葉数が他の区と比べて多く、