

成果2. 水田における陸生動物と水生動物の把握

2-1 調査水田の稲の生育経過と物理的環境条件（水温・pH等）

1) 調査方法

①調査場所。

- ・上野（有機）水田・・有機無農薬栽培水田、成苗粗植栽培、品種イセヒカリ
 - ・対照水田・・レンゲ鋤込み減農薬栽培水田、稚苗移植、品種農林48号
- 以下、有機水田、対照水田と略す。なお、詳細は別紙耕種概要表2. 1のとおり

②調査日

移植後1週目より2週間おき（2回/月）に、計8回実施した。

6/3、6/13、7/1、7/16、（7/29）、8/13、8/27、9/3、計8回
（7/29は中干しでベントス調査は未実施）

③調査方法

- ・水稻の生育調査は、参考的に調査したため10株2反復調査とした。
- ・水温及びpHは、水口と水尻で調査した。なお、8月13、23日は中干しで水が無く未実施。

2) 調査結果及び考察

①水稻の生育調査結果

- ・水稻の生育経過並びに水温・pH等の調査結果について、表2. 2に示した。また、水生動物への影響が大きい草丈と茎数について、図2. 1に示した。
- ・株当たり2.3本植の有機水田と、株当たり6本植の対照水田では、茎数の推移がかなり違う経過であった。有機水田では徐々に分けつが取れ、生殖成長期に入る7月下旬が最高分けつ期となり、有効茎歩合が85%とかなり高い稲に育った。対照水田では、7月1日頃には最高分けつ期となり、有効茎歩合が67%と低く、細茎の稲に育った。なお、最高分けつ数は有機水田より3割も多い状況であったが、幼穂形成期の7月下旬にはほぼ同じ茎数となり、最終的には僅かであるが有機水田の方の茎数が多く、また太茎の稲に育った。

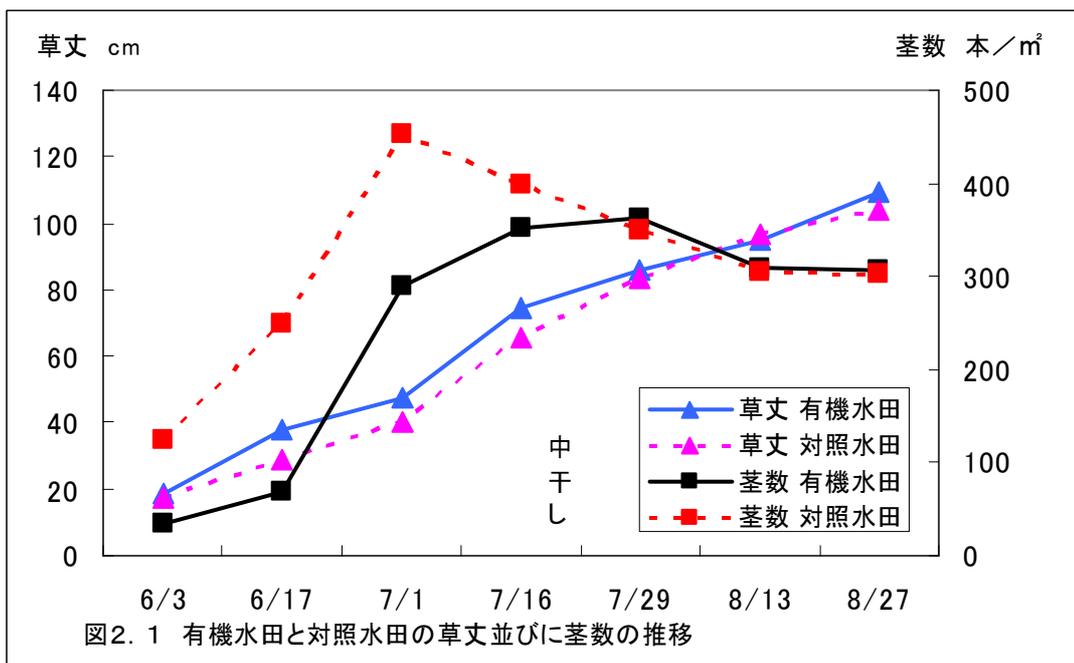


図2. 1 有機水田と対照水田の草丈並びに茎数の推移

②水温について

- ・4回の調査結果であるが、水口よりも水尻側が常に高い結果であった。温度差が大きいのは6月であり、最高水温32度Cも6月に記録された。
- ・その後、7月、8月と後半になるにつれ温度差が少なくなってきたが、これは、水稻の生育に応じて、田面水の水温上昇が抑えられた結果であると思われた。特に8月の結果は、曇りのち晴れの天気にもかかわらず、1度程度の差しかなかったのは、ほとんど田面水に光が届かない条件からと思われた。また、7月1日は小雨の条件であり、この場合もあまり温度差が見られなかった。
- ・有機水田は掛け流し的な水管理であったためか、対照水田よりやや温度が低い結果であった。
- ・6月、天候が良い日は30度C前後に水温が上昇することは、ドジョウの餌となるミジンコやベントス類の生育、さらにはドジョウ自体の初期生育に有効に働くことが推察される。

③pHについて

- ・pHについても、水温同様水口より水尻側の方が高い結果であった。一般に、湖沼や河川では、夏になると繁茂した藻類や水草等の光合成によって、二酸化炭素が大量に消費される結果、pHが高まることが知られている。今回の調査でも、同じ結果が得られた。
- ・6月17日は天気が良く水温も高まったが、アオミドロの量がそれほど多くなかったためか、水尻側のpHが極端に高まることは無かった。アオミドロが大量に繁茂していた7月16日には、有機水田・対照水田ともに水尻側のpHが極めて高まる結果であった。7月1日に差がなかったのは、小雨のせいであり、8月27日に差がなかったのは、水温上昇と同じく田面水に光がほとんど届かなかったためと考えられる。
- ・なお、有機水田の方がやや低い結果であったのは、水温同様、やや多めの掛け流し状態で管理されていた結果と思われた。

2-2 水田内の底生生物（イトミミズ類、ユスリカ類）と水生昆虫類

1) 調査方法

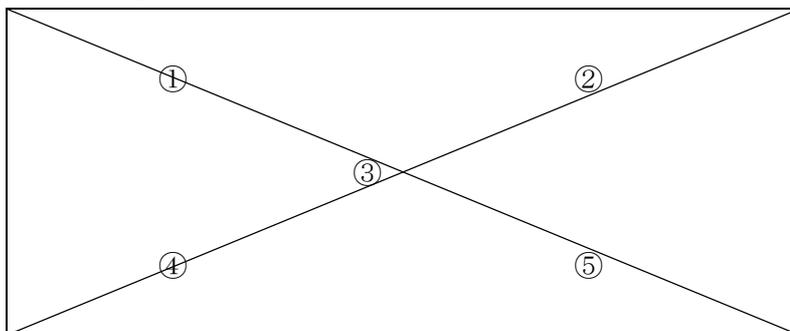
①調査日

移植後1週目より2週間おき（2回/月）に、計7回実施した。

6/3、6/13、7/1、7/16、(7/29)、8/13、8/27、9/3、計7回

②採集方法

- ・採集調査地点・・・水田を対角線にとり、角からおおむね1/4の地点4カ所と中心の5カ所で採集した。



- ・30×30cmの木で作った方形枠を設置し（写真2.1）、枠内の底泥を深さ5cm程度まで充分に手で攪拌し、熱帯魚用のさで網（メッシュ0.5mm）で泥ごと採集、0.85mmメッシュの篩で

泥を洗い落とし、ゴミや水草と一緒にビニール袋に採集した。

なお、枠内に稲株が1～2株入るため、株周囲の泥の攪拌を丁寧に行うとともに、さで網での採集を4反復程度行って篩にかけた。(方形枠写真2. 2)

- ・7月16日以降は、草丈が高くなりすぎて30cm方形枠の設置が困難になったため、1カ所で15×30cmのコドラートを2反復(30×30と同じ面積)採集した。

④サンプルの固定

- ・採集したゴミや水草混じりのサンプルは、おおむね200g前後であり、その後のソーティングの簡略化を図るため、ホルマリン・アルコール液(70%局方アルコールにホルマリン10%加えた液)を20cc程度加えて固定した。

⑤室内でのソーティング及び同定

- ・0.85mmメッシュの篩に固定した標本をあけ、余分な泥を流水で洗い流す。篩上のゴミ混じりサンプルを大きなバットにとり、水をいれて攪拌すると水性動物が表面張力によって浮き、細かい網で簡単に掬い取り、数を数える予定であったが、アオミドロ等が多く、虫体が絡まって浮いてくるのは僅かであったため、ピンセットで拾い上げることとなった。
- ・拾い上げた動物類はシャーレーにとり、種の同定と数を数えた。

⑥目視調査

大型で方形枠に入る確率の少ない水生動物類は、採集の合間に目視調査を実施した。

2) 調査結果及び考察

- ・今回の7回の調査で、昆虫類14種(類)、その他5種(類)計19種(類)の底性動物が採集された。(表2. 3)
- ・個体数の優占種は、イトミミズ類とユスリカ類(移植後50日間)であった。やや多く見られたのはイシビル科と対照水田のマルタニシ、アカネ属幼虫であり、その他の動物類は散発的に採集されたのみであった。なお、イトミミズ類とユスリカ類の発生経過を図2. 2に示した。

①ユスリカ類について

- ・ユスリカ類は、対照水田より有機水田で常に多く、特に田植え後21日目の6月17日に大量に発生したが、その後急激に減少し、8月には僅かに採集されたのみであった。8月下旬～9月上旬に再度出現したが、それほど多いという状況でなかった。なお、6月17日発生ピーク時の個体数は、10⁷に換算すると、260万匹を超える数字となった。また、個体数の違いはあるものの、発生パターンは有機水田、対照水田共に同じ傾向であった。水田では初期にユスリカが大量に発生することが一般的に知られており、また、春発生と秋発生の2回発生することが知られ、今回も同じ発生パターンが確認された。
- ・なお、対照水田はレンゲ鋤込みで有機物が多いはずであり、入水日もほぼ同じであるが、個体数がかなり少ない結果であった。この要因としては、①5月20日と5月31日に散布された2回の除草剤の影響か？ ②対照水田ではアカネ属の幼虫が多く生息し(6～35匹/m²)この捕食圧か？ ③積極的に有機物が投入されている有機水田よりユスリカの餌が少なかったのか？いくつか考えられるが、どれが大きな要因となっているのか今回の調査だけでは明らかにすることが出来なかった。
- ・一方、有機水田ではかなりのドジョウが生息していたため、その捕食圧も大きかったのでは

ないかとも考えられるため、6月17日の調査で有機水田で18倍もの個体数差が生じたのはアカネ属による捕食圧の要因だけでは説明が難しい。

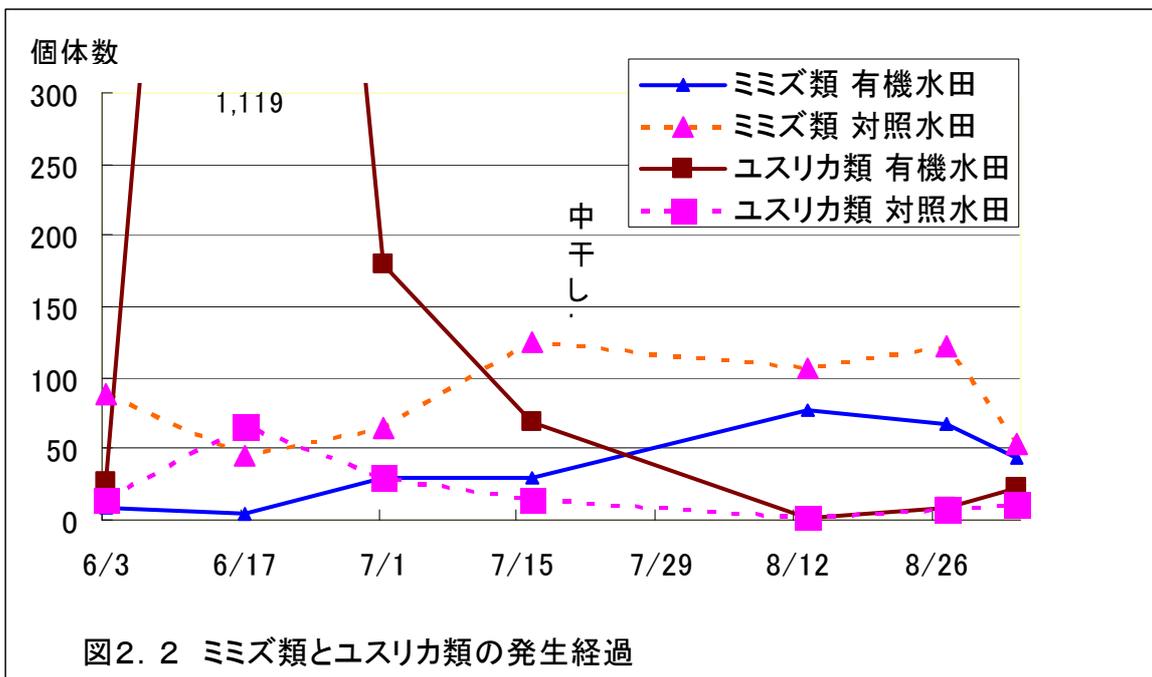
- ・城所(1999)によると、いくつかの殺虫剤と除草剤を用い、水生動物への影響を調査した試験では、アメンボやコモリグモに効果の高い薬剤が、オタマジャクシには全く効かなかったり、たまたま用いた除草剤には感受性が高かったことが報告されている。また、農薬登録時に報告されている水生動物への感受性については、魚毒性は低くても、甲殻類等には感受性の高い剤などもあり、今回の場合、除草剤の影響が最も強かった可能性が高いと推察されるが、水田のその他環境条件が異なるため、今回の調査のみでは明らかに出来なかった。

②イトミミズ類について

- ・イトミミズ類は対照水田で常に有機水田より多かった。両ほ場とも日が経つにつれ増加し、7月下旬から8月下旬がピークであった。なお、7回の平均個体数で計算すると、有機水田で10㎡当たり約8万匹、対照水田で約19万匹生息していたことになる。

対照水田は、レンゲを播いていること並びに冬季やや湿田であり、これらの要因がイトミミズ類を早期から生息させていたことが考えられ、またユスリカは競合相手であり、その密度が低いために増えた等とも考えられる。

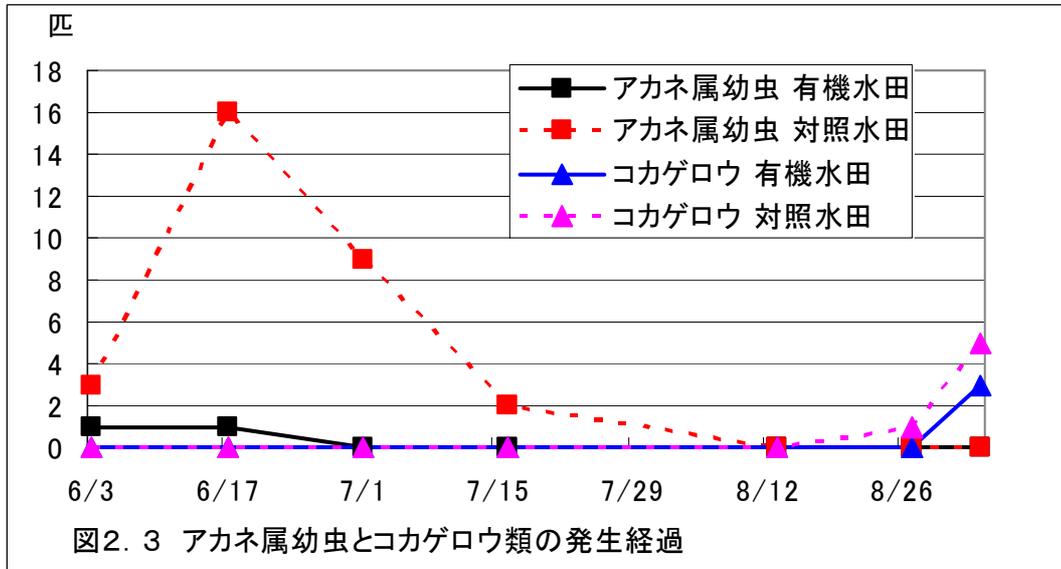
また、有機水田には米糠発酵肥料や鶏糞など大量の有機物が投入されているので、対照水田並に増えても良いのではと思われたが、ドジョウの捕食圧の影響があったのか等要因を特定するには、今年度調査結果のみでは明らかに出来なかった。



③その他水生動物類について

- ・特徴的なこととしては、マルタニシとアカネ属の幼虫が対照水田で多く見られた。(その後の7月1、16日の羽化の観察では、ノシメトンボとアキアカネ)
- ・マルタニシについては、冬季やや湿田での越冬が多いことが知られており、対照水田の方がやや湿田気味であることが要因として考えられる。
- ・アカネ属についても、稲刈り後の産卵や入水前の状況など湿田である対照水田の方が有利で

あったのではと考えられた。また、有機水田は有機物の投入が多く還元化の程度が高まり、田植え後トトロ層が約3週間程度続いていたことなどから、アカネ属には負の圧力として働いたことも要因として考えられた。ちなみに、有機物の影響の少なくなった8月下旬には、コドラートには入ってこなかったが、有機水田、対照水田ともにウスバキトンボの幼虫が観察され、また富栄養化に弱いコカゲロウ類の幼虫も対照水田より2週間程度おくれたが有機水田から採集されている。なお、アカネ属の場合、6月に3回の調査で対照水田では5つのコドラート合計平均9.3匹、有機水田では、0.7匹であり、10²㎡当たり換算すると、対照水田で2万匹、有機水田で1,500匹前後になる。



④中型・大型の水生昆虫類について

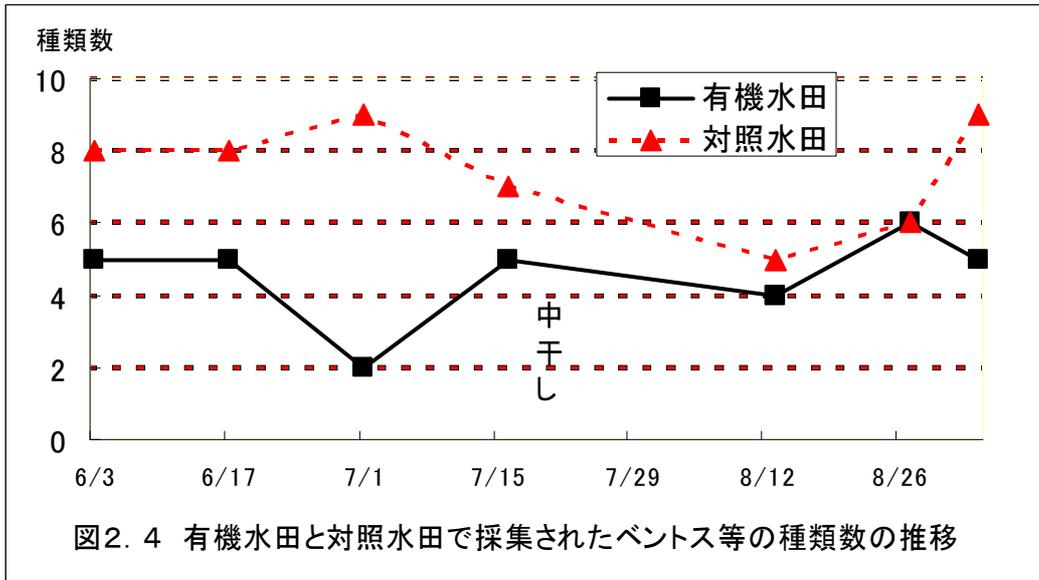
- ・今回、ガムシやタガメ、ゲンゴロウ類などの中型・大型の水生昆虫類がほとんど採集されず、ドジョウ調査用の50cmコドラートを毎回11カ所調査した中で、タガメが1匹(7/29)、タイコウチが1匹(7/16)、コオイムシが1匹(6/3)、ヒメゲンゴロウが1匹(6/17)コガムシ幼虫が1匹(6/17)と確認できたが、極僅かであった。0.25㎡×11カ所×7回調査でそれぞれ1匹は、単純計算では10²㎡当たり50匹レベルの数字となる。なお、これら中・大型の水生昆虫の多くは、ドジョウにとっては天敵であり、これらの昆虫が少ないことはドジョウを増やす場合にはメリットと考えられた。
- ・日比(1998)によると、これら一生を水生動物として生活する仲間は、水稻の生育期間は水田に飛来して生活し、水の無い時期はため池や沼等に移動して生活する種類が多いことが知られている。今回調査した有機水田の周辺には、ため池や沼等が無いことが要因と考えられた。

⑤種の多様性について

- ・コドラート(5カ所合計)で採集された種類数の推移を図2.4に示した。有機水田よりも対照水田の方が常に種類数が多く、多様性に富む結果であった。
- ・有機水田には、除草効果を目的に米ぬか発酵肥料と鶏糞が大量に投入されているため、対照区の水田より有機酸の発生や還元化の程度が強い状態になっていたものと考えられる。有機物の投入により水田土壌内の還元状況が高い場合は、雑草に対する負の圧力だけでなく、有

機質汚濁に弱い水生動物への影響もあり、発生するベントスの種類は少なく、一部の有機汚濁に強いベントスの個体数が多く発生することは一般に知られている。今回の場合もそのような傾向と考えられた。

- ・なお、有機水田は無農薬であり、対照水田も2回の除草剤散布のみで、殺虫・殺菌剤の散布は全くなかったため、全体的にもう少し多くの水生動物類が見いだされることを期待していたが、あまり多いという程でなかった。この地域の水生動物類の生活史を考えた場合、冬季水量の少ない武無瀬川が近くを流れているだけで、止水性の昆虫類の生活史を補完するため池等が近辺にないため、ゲンゴロウ類や水生半翅目類等が少なかったためと推察された。



2-3 水田内の昆虫類とクモ類等陸生動物類について

1) 調査方法

①調査日

- ・陸生動物類の調査は、生息状況の高まる7月16日以降に行った。
7/16、7/29、8/13、8/27 計4回実施

②調査方法

- ・陸生動物類の調査は、虫見板を活用した定量調査も検討したが、調査時の時間的な制約があることと、一般的な水稻害虫調査との比較検討を行うことも考え、径30cmの捕虫網による20回振りスweeping採集法2反復で実施した。

③陸生動物類の処理及び同定

- ・採集後、大きなビニール袋に網ごといれて殺虫し、網ごと風乾してから同定した。採集時間は毎回おおむね11時頃であったが、稲株に水滴が多く付着しており、標本はかなり濡れた状態であったため、水稻害虫類は比較的容易に同定できたものの、クモ類は体が萎縮し、ハエ・アブ・ガ・ハチ・カゲロウ類等の体や翅の柔らかい昆虫類は、同定時に標本がかなり傷んでいる個体が多かった。

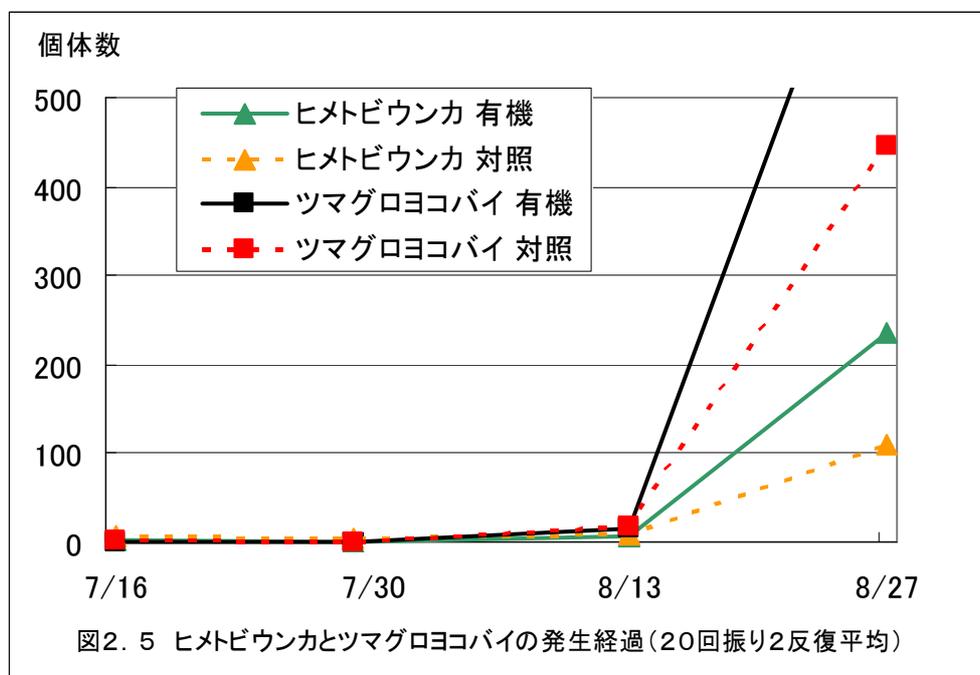
④陸生動物についても、スweeping調査の他目視による観察も行った。

2) 調査結果並びに考察

- ・表2. 4に7月16日から2週間おきに捕虫網でスweeping採集した陸生動物類を示した。有機水田で24種(類)、対照水田でも24種(類)、全体で26種(類)の陸生動物が観察された。アマガエルとクモ類を除くと、残りは全てが昆虫であった。なお、ユスリカ類、ハエ・アブ類、蛾類、クモ類、ハチ類を種まで分類出来ればもう少し種類数を多く数えられたが、これらの種は採集時に稲についている露が多くて網がかなり濡れた状態で、その後風乾して同定するときには体が萎縮してたり、バラバラになっていたり、翅が無くなっていたりと種まで同定するには困難な状態に傷んでいたため、類としてまとめて報告した。

①水稲害虫類の発生経過について

- ・調査期間中に12種(類)の水稲害虫が採集された。(表2. 4)大型の物では、コバネイナゴやフタオビコヤガの幼虫等が多く採集された。イネツトムシも8月上旬にはやや多かったのであるが、網での採集には入ってこなかった。
- ・なお、水稲の重要害虫であるヒメトビウンカとツマグロヨコバイの推移を図2. 5に示した。8月13日調査までは、両者ともに対照水田での個体数が多かったが、8月27日の調査結果では逆転し、有機水田の方が対照水田の約2倍の個体数であった。有機水田ではクモ類が常に多く見られたので、ウンカ・ヨコバイに影響を与え、最後まで少ないのではと期待していたが、結果としては多くなってしまった。
- ・稲の姿は対照水田のものより葉色が濃く栄養状態が良かったため、ウンカ・ヨコバイ類が増殖するための稲の栄養条件が良かったためと思われる。なお、栃木県のツマグロヨコバイの要防除水準は20回振り2,720頭以上であり、経済的に見て防除の必要性のある量では無かった。



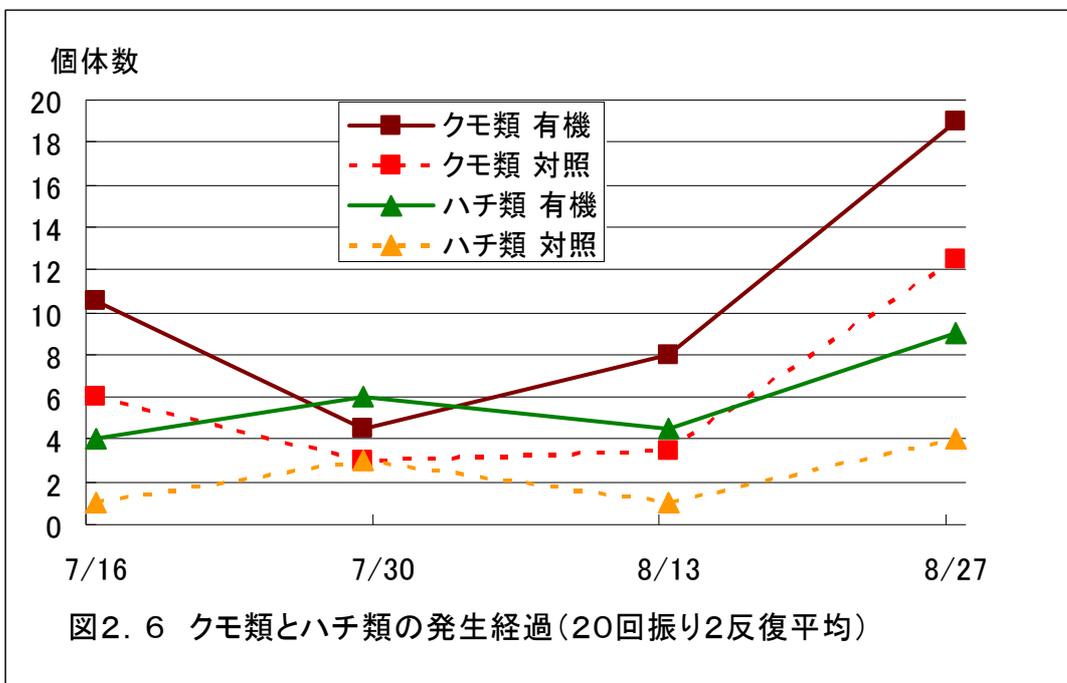
- ・なお、8月中旬までウンカ・ヨコバイ類の個体数が少なく推移しているのは、近年の稲作は基肥水準が低くて害虫の増殖に必要なアミノ酸類が少く、栄養条件が不利なためと、草丈が短く水面への落下、アメンボ等の天敵による捕食、クモ等の天敵による捕食圧等で低く抑えられていたものと思われる。また、8月になると、稲が栄養生殖期に入り、ウンカ・ヨコバイ類の増

殖に適するアミノ酸の濃度が高まることによって急激に増殖率が高まり、天敵の捕食圧以上に増殖したためと思われる。

- ・近年、害虫防除の回数が激減したために増えてきた害虫として、コバネイナゴが知られているが、特に有機水田での発生が多かった。これは、隣接するほ場が長年休耕田となっていることが影響していると考えられ、また、有機水田の稲姿がコバネイナゴ好みであったとも思われた。
- ・イネミズゾウムシについては、移植が遅れた分有機水田の方が2週間遅れで8月中旬に多い結果であった。

②害虫の天敵類について

- ・水稻害虫の天敵類は、12種(類)が採集された。これら肉食系の昆虫類は、常に有機水田の方が対照水田の倍以上採集された。(表2.4) 特にクモ類やハチ類の捕獲数が有機水田で多く見られ、その推移を図2.6に示した。害虫やただの虫の天敵であるこれらの仲間は対照水田より常に倍以上の個体数が捕獲されるとともに、極めて平行に推移し、発生経過が似ている。これは、移植時期は若干異なるが、幼穂形成期や穂ばらみ期、出穂期、成熟期がほぼ同じであり、稲の栄養条件等が一致していたため、それに伴う動物類の発生が一致したためと考えられる。
- ・桐谷(2004)によれば、初期水田におけるユスリカの大発生がクモ類の密度を高め、後期に増加するウンカ・ヨコバイ類の抑止力として働くことを指摘している。有機水田のユスリカの多発がクモ類の個体数を高め、また、全体的に有機水田内の昆虫類の個体数が多かったため、寄生蜂としてのハチ類も有機水田が多かったと思われた。そのため、ウンカ・ヨコバイ類の個体数も、8月中旬までは天敵の多い有機水田の方が少なかったものと考えられた。



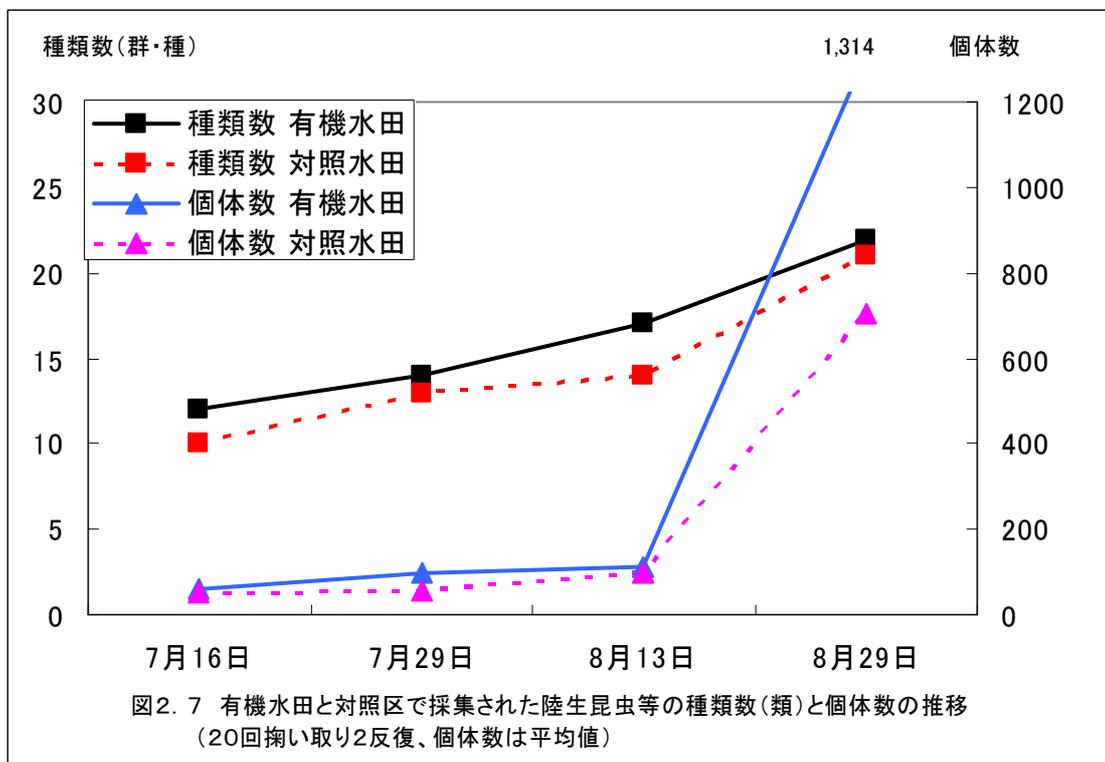
- ・なお、スーピングによる調査では、稲体の上部で獲物を狙っているアシナガグモやコガネグモ類は多く採集されるが、目視による観察で沢山見られたハシリグモ類やコモリグモ類等はあまり捕獲されなかった。採集されなかったこれらのクモ類は、稲株の中・下層に生息し、アメ

ンボと同じで捕虫網には入ってこない。スーピング法は、害虫などの発生予察事業で一般的であるが、水稻群落内の動物類の調査には課題が残り、定量的にかつ簡易に調査する方法として、課題が残った。そのため虫見板との調査の違いが感じられたが、虫見板では虫を分類できる技術者の養成が必要で、また、現場に技術者が行かなければ調査出来ないことも課題である。

- ・トンボ類については、スーピングで捕獲されたのはアジアイトトンボとアキアカネだけであった。特にアジアイトトンボは飛翔力が弱く、水稻群落内に生息している種類であり、有機水田で多く採集された。なお、7月16日の調査時、有機水田の上空を30~40頭のウスバキトンボが水田全体に散らばって飛翔しているのが観察された。当初、産卵のためと思っていたが、ベントス調査の結果、7月上・中旬頃は有機水田からのユスリカの大量発生時期と考えられ、ユスリカを求めて集中していたことが推察された。
- ・その他にも、7月の調査時にシオカラトンボなども、周囲の水田より多く観察され、同じ理由と思われた。なお、7月1日、16日のスーピング調査では、ユスリカ類があまり捕獲されておらず、幼虫の少なかった8月13日、29日に多く捕獲されていた。これは、7月中は稲の草丈が短く、発生したユスリカ類は稲の群落内に止まっていなかったことが要因として考えられる。ウスバキトンボの飛翔位置が4~5mの高さで飛んでいたことでも推察される。

③種の多様性並びに個体数の推移

- ・図2. 7に種類数と総個体数の推移を示した。種類数では、常に有機水田の方が僅かではあるが種類が多く推移し、ベントスとは逆の多様性が高い結果であった。また、個体数についても、対照水田より常に多い状態であった。ただし、これらの推移を見ると、多少個体数の少ない種については違いが見られるものの、相対的には大きな違いが見られなかった。



・近年、筆者が発生予察事業で調査してきた限りでは、殺虫剤を何度か使用している水田では、もう少し種類数が貧弱で、個体数が多いケースが多かったが、今回の対照水田は、除草剤以外は殺虫・殺菌剤が全く散布されていないため、有機水田とあまり変わらない生物相並びに推移を示したものと考えられた。

まとめ

- ①有機水田と対照水田における陸生動物と水生動物の発生生態を把握し、水田内で繁殖するドジョウへの影響等を含めた生態系全体を知るための調査を実施した。
- ②水温は、生育初期の6・7月に稲の草丈が低くて田面に充分光が届き、用水より5度～11度高まって30度C前後になり、ドジョウの繁殖には都合良い条件となると思われた。なお、8月になると水温を上昇させるだけの光が届かず、用水と比較して1度程度の温度差であった。
- ③pHは、水田内に繁茂したアオミドロの影響で、用水よりかなり高まることが認められた。ただし、水温同様、光の届かなくなる8月はほとんど変化がなかった。
- ④ベントス等水生動物類
 - ・調査期間中に19種(類)が採集された。イトミミズ類とユスリカ類が優占種であるが、時期的に発生パターンが異なった。この2類以外ではイシビル類と対照区でマルタニシ、アカネ類の幼虫がやや多く見られたが、その他は散見程度であった。
 - ・有機水田では、除草目的の有機物の大量投入により、ベントス類や水生昆虫の種類数は少なかったが、ユスリカ類幼虫やイトミミズ類が大量に発生し、これらを餌とするドジョウやタモロコ等水田内で繁殖する魚類には良好な生物相となることが推察された。
 - ・今後の課題として、ユスリカ類は入水後約2ヶ月間の発生で、ドジョウはまだ幼体の時期であるため、餌としてどの程度使われていたのか、今後の課題として残った。また、除草剤がユスリカ類に及ぼす影響調査の必要性が認められた。
- ⑤水稻群落内の陸生昆虫類
 - ・4回の調査で、26種(類)の陸生昆虫類が採集された。有機水田、対照水田ともに同じような昆虫が同じ発生パターンで見られ、これは対照水田で除草剤が使われた他は殺虫剤が両方とも使われず、また品種が違うものの稲の生育ステージがほとんど同じためと思われた。
 - ・陸生の昆虫類は、有機水田で種の多様性が高く、またただの虫や肉食性の天敵昆虫類の個体数も多かった。これは、有機水田では6月から7月にユスリカ類成虫の大量発生があり、クモ類の他これらを餌とする天敵類を増やしたことが要因の一つとして推察された。
 - ・これらの陸生の昆虫類が豊富に生息することは、カエルなどの餌として貢献することが考えられるが、ドジョウやタモロコ等の餌として役だっているのかどうか今回の調査では未解明であり、今後の課題として残った。