

慣行農法水田と有機農法水田におけるアメリカカブトエビTriops longicaudatus(LeConte)の発生

誌名	日本応用動物昆虫学会誌
ISSN	00214914
著者名	浜崎,健児
発行元	日本応用動物昆虫学会
巻/号	43巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 35-40
発行年月	1999年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



慣行農法水田と有機農法水田におけるアメリカカブトエビ *Triops longicaudatus* (LeConte) の発生

浜 崎 健 児

愛媛大学農学部

Occurrence of American Tadpole Shrimp, *Triops longicaudatus* (LeConte), in Paddy Fields Cultivated under Conventional and Organic Farming Methods. Kenji Hamasaki (College of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Matsuyama 790-0905, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43: 35-40 (1999)

Abstract: The American Tadpole Shrimp, *Triops longicaudatus*, a possible biological weed control agent, was studied in paddy fields using conventional farming (with pesticides and chemical fertilizer) and organic farming methods at three localities in Hiroshima Prefecture. The results indicate that *T. longicaudatus* did not occur in six fields using organic farming, but occurred in five of 8 fields using conventional farming. To understand this difference, the seasonal abundance of *T. longicaudatus* and its predator aquatic insects was investigated. Preliminary results suggested no impact of predator aquatic insects on the abundance of *T. longicaudatus* in conventional and organic paddy fields. An experimental inoculation of 50 metanauplii of *T. longicaudatus* was conducted in artificial paddy containers using soil from conventional and organic farming methods. In the organic containers, all metanauplii died within 6 days of inoculation, but about 50% survived in the conventional containers. The water pH in the organic containers was approximately 4.9, much lower than that in the conventional containers, which was more than 6.3. A similar difference in pH was observed between conventional and organic paddy fields at HigashiHiroshima. These results suggest that the low pH of water in paddy fields using organic farming affects the survival of *T. longicaudatus*, especially young larvae.

Key words: *Triops longicaudatus*, paddy field, biological weed control, organic farming, water pH

緒 言

カブトエビ類 *Triops* spp. は、鰓脚亜綱 Branchiopoda, 背甲目 Notostraca に属する淡水産の甲殻類である。日本では、アメリカカブトエビ *Triops longicaudatus*, アジアカブトエビ *T. granarius*, ヨーロッパカブトエビ *T. cancriformis* の3種が、いずれも水田にのみ生息している(片山, 1973)。

カブトエビ類は雑食性で、発育が進むと雑草の芽生えを摂食するほか、摂食や産卵の際に土壌表面を攪拌して雑草の芽生えを掘り起こす、あるいは土壌表面を攪拌して田面水を濁らせ、雑草の芽生えの光合成を阻害する作用によって、水田雑草を防除すると言われている(片山, 1972, 1977)。とくに一年生雑草については、これまでに防除効果を確認した報告がいくつかあり(片山ら, 1974b; 片山, 1977; 米倉, 1979), カブトエビ類の生物的防除への利用が期待されてきた。しかし、カブトエビ類の発生量は年によって大きく変動し、除草効果が不安定となるため一般には普及していない。カブトエビ類を水田雑草の生物的防除に利用するためには、雑草が芽を出す時期に適度な密度を維持することが重要である。

これまで、発生密度を変動させる要因として、卵の孵化に関する研究は多数行われているが(高橋, 1975; Takahashi, 1977a, b; Fry and Mulla, 1992; 篠川, 1995, 1997), 孵化後の個体数変動に関する研究は少ない(片山ら, 1974a; 渡辺ら, 1985; 高橋ら, 1980)。水田では施肥や農薬散布を含めて様々な栽培管理が行われており、これらがカブトエビ類の個体数変動に影響を与えると考えられている(高橋・黒岩, 1981)。しかし、水田の栽培管理法は地域や農家によって様々であり、個々の管理技術と発生との関連を比較するのは困難である。そこで、本研究では、農薬や化学肥料を使用している水田を慣行農法水田、これらを使用していない水田を有機農法水田と定義して、アメリカカブトエビの発生を比較した。さらに、各農法水田から採取した土壌を用いて作製した人工水田に本種幼生を接種して、生存率を比較する実験を行った。本稿では、その結果を報告するとともに、本種の発生活長に影響を及ぼす要因について考察する。

本稿に入るに先立ち、ご校閲いただいた愛媛大学農学部の大林延夫教授に、また、調査および実験にご協力いただいた愛媛大学農学部附属農場の日鷹一雅助教授、ならびに大久保直樹氏に感謝申し上げます。

材料および方法

1. 調査地の概要と栽培管理

広島県内で有機農法による水稻栽培が行われている東広島市吉川町、三原市本郷町および豊浦郡安浦町に、それぞれ有機農法水田を2筆ずつ、これに隣接する慣行農法水田を2または3筆ずつ調査地として設定した (Fig. 1). 東広島市の N-1 と N-2 は、ともに 1975 年に、三原市の Mn-1 は 1978 年、Mn-2 は 1989 年に、安浦町の Yn-1 と Yn-2 は 1965 年にそれぞれ慣行農法から有機農法に転換した水田である。

聞き取り調査の結果、有機農法水田では農法の転換以後、農薬や化学肥料は一切使用しておらず、基肥として東広島市、安浦町では堆肥、三原市では堆厩肥を使用していた。また、除草は、手押しあるいはガソリン発動型の除草機で行われていた。一方、慣行農法水田では基肥として各種の化学肥料を用い、除草剤や殺虫剤、殺菌剤などを使用していた。除草剤は、東広島では田植え後 10 日目前後にベンスルフロンメチル、ベンチオカーブ、メフェナセット混合粒剤かジメタメトリン、ピペロホス、MCPB 混合粒剤を用いる 1 回処理、三原、安浦では代かき時にオキサジアゾン、ブタクロール混合乳剤かプレチラクロール、ベンゾフェナップ混合水和剤を散布し、田植え後 15 日目前後にもう一度ベンスルフロンメチル、ベンチオカーブ、メフェナセット混合粒剤かダイムロン、ベンスルフロンメチル、メフェナセット混合粒剤を散布する 2 回処理が行われた。

殺虫剤は、カブトエビの発生期間中に限れば、1994 年に Mc-1, Mc-2 で田植え 2 週間後にシクロプロトリン粒剤が散布された以外、使用されなかった。

2. 管理法の異なる水田におけるアメリカカブトエビと水生昆虫類の発生活長

1993 年と 1994 年の 2 年間、各水田におけるアメリカカブトエビの発生活長を調査した。また、1995 年と 1996 年は、アメリカカブトエビおよびその捕食者と考えられる水生昆虫類の発生活長を東広島市の N-1 と C-1 圃場限定して調査した。調査は注水された日から 1~12 日間隔とし、最初の 2 年間はアメリカカブトエビの生息が確認されなくなるまで継続した。1995 年と 1996 年は、注水後 20 日前後を調査期間とした。

面積 $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 、深さ 10 cm のステンレス製調査枠を水田の畦から 20~30 cm の所に置き、調査枠内のアメリカカブトエビ、およびこれを捕食すると考えられるゲンゴロウ類幼虫、ガムシ類幼虫、トンボ目幼虫、ミズカマキリ、タイコウチなどの水生昆虫類を、目幅 0.3 mm のハンドネットですくい取る方法で調査した。調査は、水田 1 筆当たり 10~30 地点で行った。採集した個体はポリエチレン製の容器に入れ、約 70% のアルコールで固定して保存した。アメリカカブトエビについては後日、背甲長をノギスを用いて 0.05 mm 単位で測定し、産卵時期を知る目安として卵嚢に卵を持っているかどうかの判別を行った。発生活密度は 1 調査枠当たりの平均値を m^2 当たりに換算して示した。

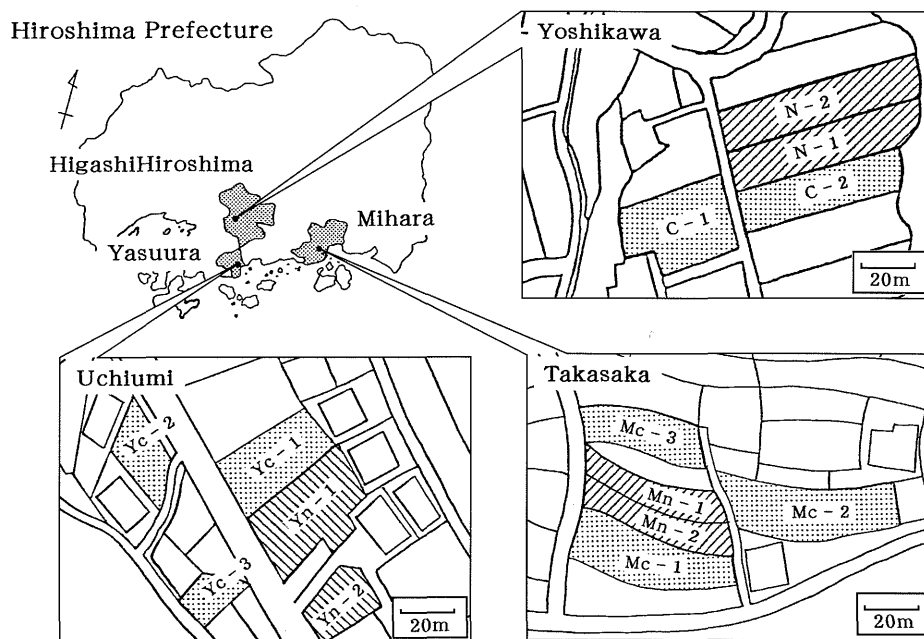


Fig. 1. Maps showing surveyed paddy fields in Hiroshima Prefecture. Dotted fields (C, Mc, Yc) indicate conventional farming and shaded fields (N, Mn, Yn) indicate organic farming.

1996年には東広島市の両農法水田において、畦際に1筆当たり10～15地点を選び、C-1では注水後2日目、9日目、20日目に、N-1では注水後2日目、5日目、8日目、19日目に、pHメーター（HORIBA, compact pH meter B112）を用いて田面水表面のpHを測定した。

3. 管理法の異なる水田土壌がアメリカカブトエビ幼生の生存率に及ぼす影響

東広島市の慣行農法水田（C-1）と有機農法水田（N-1）から採取した土壌に、井戸水を加えて水田の湛水初期環境を再現し、そこにアメリカカブトエビのメタノープリウス幼生を接種して、経時的に生存率を比較する実験を行った。1997年4月に現地の両水田の中央部表層から土壌を各20kgずつ採取した。土壌は採取時の状態をできるだけ維持するため、土嚢に入れた後、ポリエチレン製の袋で覆い、温度変化の少ない冷暗所に保存した。両農法水田の土壌は、実験開始の2日前に目幅5mmのふるいにかけてよく混合した後、農法ごとに3個ずつ用意した幅436mm×奥行630mm×高さ230mmのポリプロピレン製容器に5kgずつ入れた。そこに井戸水を15lずつ加えてよく攪拌し、24時間後、あらかじめ孵化させておいたアメリカカブトエビのメタノープリウス幼生を一容器当たり50個体ずつ接種した。実験期間中、餌は与えなかった。実験は、1998年3月に愛媛大学農学部附属農場のガラス温室で行った。日中は水温が上がり過ぎないように、天井に30%遮光ネットを張り、夜間は最低気温が15℃以下にならないよう暖房した。

生存個体数は、水槽の水を抜いて1個体ずつ取り出しながら計数し、同時にノギスを用いて背甲長を0.05mm単位で測定した。また、産卵時期を知る目安として卵嚢に卵を持っているかどうかの判別を行った。抜いた水は別の水槽に移し、計数後、土壌の攪拌が起こらないように元の水槽に戻した。生存個体数の調査は、接種6日目から4日間隔で行った。さらに、水槽の水のpHを、pHメーター（HORIBA D-24）を用いて接種直前から5日目までは1～2日間隔で、その後は生存個体の計数のために水を抜く前日または直前に測定した。

結 果

1. 管理法の異なる水田におけるアメリカカブトエビと水生昆虫類の発生活長

3地域における2年間の調査の結果をTable 1に示した。慣行農法水田ではいずれの地域でもアメリカカブトエビが発生する水田と発生しない水田があった。Mc-1, Mc-3, Yc-2, Yc-3圃場では2年とも発生したが、発生密度は年によって大きく異なっていた。C-1圃場では1993年には発生が認められたが、1994年には発生しなかった。また、C-2, Mc-2, Yc-1圃場では2年間ともに発生が確認

されなかった。各地の発生状況をまとめると、慣行農法水田では8筆中5筆で発生したのに対して、有機農法水田では6筆すべてで発生が確認されなかった。

次に、東広島市のN-1とC-1圃場における1993年から1996年まで4年間のアメリカカブトエビとその捕食者と考えられる水生昆虫類の密度変化をFig. 2に示した。C-1圃場では1993年、1995年および1996年に、注水から代かき、田植えが行われるまでの湛水期間中、アメリカカブトエビの発生が確認された。発生経過を見ると、1993年は湛水2日目に密度がピークに達し、その後は徐々に減少した。湛水12日目には平均背甲長が9.02mmに達し、抱卵個体が確認された。1995年は発生が遅く、密度も低く推移し、明瞭な発生のピークは認められなかった。1996年には湛水9日目にピークに達し、その後は徐々に減少した。これに対して、N-1圃場では、調査期間中一度もアメリカカブトエビの発生が確認されなかった。

一方、捕食者と考えられる水生昆虫類は、1994年のC-1圃場で調査開始時期にゲンゴロウ類幼虫が確認されたのを除くと、湛水10日目までは低密度で推移し、その後、徐々に上昇する傾向が認められた。

両圃場の田面水のpHの変化をTable 2に示した。慣行農法水田のC-1圃場では、湛水2日後の平均pHが7.2であり、その後、入水9日目、20日目と経過するに従って、それぞれ7.7, 8.9と上昇した。これに対し、有機農法水田のN-1圃場では、入水2日後の値は平均5.7と明らかにC-1圃場よりも低く、最低値は5.4であった。その

Table 1. Occurrence of *Triops longicaudatus* in paddy fields of different farming methods during 1993–1994

Farming method	Location	Field No.	Maximum density of <i>T. longicaudatus</i> (number/m ² ±S.E.)	
			1993	1994
Organic	Higashi-Hiroshima	N-1	0	0
		N-2	0	0
	Mihara	Mn-1	0	0
		Mn-2	0	0
	Yasuura	Yn-1	0	0
		Yn-2	0	0
Conventional	Higashi-Hiroshima	C-1	38 ± 16.5	0
		C-2	0	0
	Mihara	Mc-1	10 ± 7.6	98 ± 37.3
		Mc-2	0	0
		Mc-3	60 ± 23.7	25 ± 21.0
	Yasuura	Yc-1	0	0
		Yc-2	5 ± 4.61	73 ± 34.4
		Yc-3	2.5 ± 0.35	2.5 ± 3.46

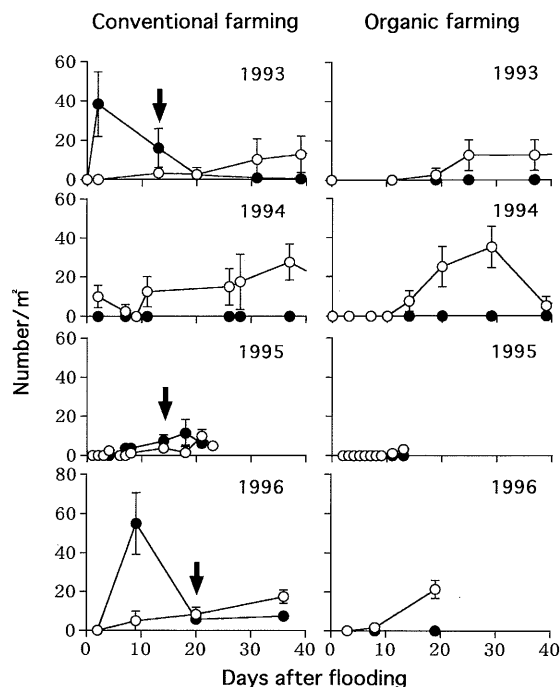


Fig. 2. Changes in density of *Triops longicaudatus* (solid circles) and predator aquatic insects (open circles) in paddy fields cultivated under conventional (left) and organic (right) farming methods at HigashiHiroshima during 1993–1996. Vertical bars show standard errors. Arrows indicate the appearance of ovipositing individuals.

Table 2. Changes in water pH in paddy fields using conventional (C-1) and organic (N-1) farming methods at HigashiHiroshima in 1996

Field	Days after flooding	pH		
		Mean $\pm$ S.D.	Max.	Min.
C-1	2	7.2 $\pm$ 0.05	7.3	7.2
	9	7.7 $\pm$ 0.21	8.0	7.1
	20	8.9 $\pm$ 0.27	9.2	8.2
N-1	2	5.7 $\pm$ 0.31	6.5	5.4
	5	5.7 $\pm$ 0.07	5.9	5.6
	8	5.6 $\pm$ 0.13	5.8	5.4
	19	6.4 $\pm$ 0.17	6.8	6.2

後、8日目まではほとんど変化が認められなかったが、19日目には平均6.4にまで上昇した。

2. 管理法の異なる水田土壌がアメリカカブトエビ幼生の生存率に及ぼす影響

慣行農法水田土壌のC-1水槽と有機農法水田土壌のN-1水槽でのアメリカカブトエビ幼生の生存率の変化をFig. 3に示した。C-1水槽での平均生存率は、接種6日目までに60%近くまで低下したが、それ以降は50%前後を保ち、

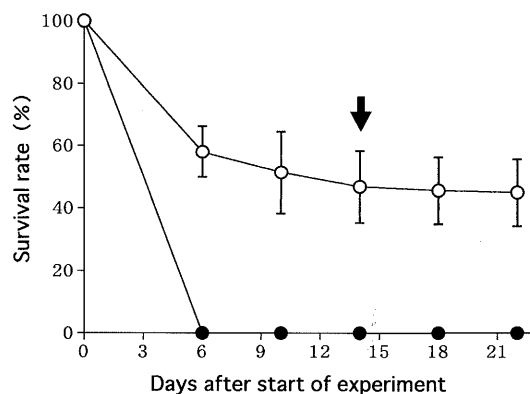


Fig. 3. Changes in survival rate of *Triops longicaudatus* in artificial paddy containers with soil from conventional (C-1) (open circles) and organic (N-1) (solid circles) farming. Fifty metanauplii of *T. longicaudatus* were placed in each of 6 containers at the start of the experiment. Vertical bars show standard deviation ($n=3$ replicates). Arrow indicates the appearance of ovipositing individuals.

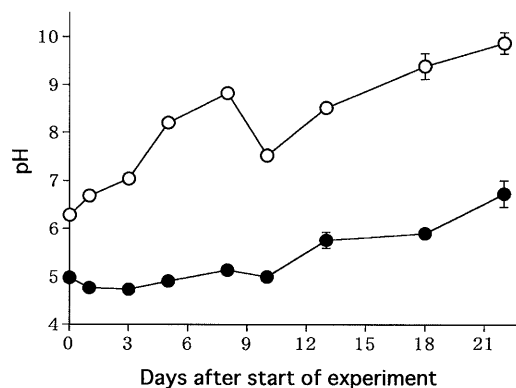


Fig. 4. Changes in water pH in artificial paddy container with soil from conventional (C-1) (open circles) and organic (N-1) (solid circles) farming. Vertical bars show standard deviation ($n=3$ replicates).

22日目まで経過した。14日目には平均背甲長が7.37 mmに達して抱卵個体も確認された。一方、N-1水槽では接種6日目までに平均生存率が0%となり、産卵可能な個体が出現する前に接種した幼生は全滅した。

次に水槽内の水のpHの変化をFig. 4に示した。接種当日のC-1水槽のpHは6.3であったが、その後徐々に上昇して8日目には8.8になった。その後変動はあるものの、さらに上昇を続け、22日目には9.9に達した。これに対し、N-1水槽では接種1日目から10日目まではpH 4.9前後で推移し、その後徐々に上昇して22日目にはpH 6.7となった。

考 察

カブトエビ類は、かつては日本に分布していなかった帰化生物と考えられている。日本における最初の記録は1916年(谷津, 1916)であるが、その分布を拡大したのは第2次世界大戦前後と言われている(片山・高橋, 1980)。日本では水田のみで生息が確認され、現在は3種が分布することが知られている(片山, 1973)。このうちヨーロッパカブトエビは山形県に局所的に分布しているだけであるが、アジアカブトエビとアメリカカブトエビは関東以西から九州北部にかけて、瀬戸内沿岸を中心に広く分布している(片山・高橋, 1980)。しかし、これらの地域の水田で必ずカブトエビ類の発生が認められるわけではない。発生する水田と発生しない水田が隣接する現象も観察されている(五十嵐, 1970)。カブトエビ類が発生しない理由としては、生息地からの移入が制限されているか、もしくは移入しても発育できないためと考えられる。

1993年と1994年に行った本調査の結果、慣行農法水田では6割以上の圃場でアメリカカブトエビが発生したのに対し、有機農法水田では全く発生が認められなかった(Table 1)。今回の調査時には卵の有無を調べていないが、東広島と三原の有機農法水田では農法を転換する以前にカブトエビ類が発生していたという農家の証言がある。また、隣接する慣行農法水田ではアメリカカブトエビが発生していることから、有機農法水田にも卵や幼生が移入する可能性は高い。したがって、有機農法水田には卵や幼生が移入しても定着できない何らかの要因が存在すると考えられる。

一般に、侵入種が定着できない要因の一つとして天敵の存在が挙げられる。カブトエビ類には特定の天敵は確認されていないが、高橋ら(1978)は、鳥類や両生類、魚類、あるいは水生昆虫類などが捕食者として考えられるとしている。また、高橋・黒岩(1981)は広島県東広島市の水田を調査して、除草剤や殺虫剤、殺菌剤の施用は、アメリカカブトエビの発生密度に多少の影響を与えるが、それによって全滅するわけではないことを示し、これは農薬が捕食者の発生密度を抑制するためであると考察している。しかし、本調査の結果、慣行農法水田と有機農法水田ではアメリカカブトエビの発生に大きな違いが認められるにも関わらず、捕食者の一つと考えられる水生昆虫類の発生状況には大きな差異が認められなかった。さらに、アメリカカブトエビの発生密度がピークとなるのは注水後2~10日目であるのに対し、水生昆虫類の密度が増加してくるのはそれよりも遅れる傾向が認められた(Fig. 2)。これは水生昆虫類の多くが、注水後外部から水田に侵入して繁殖するなどの生態を有することに起因すると考えられる。また、水槽実験の結果、有機農法水田の土壌を用いた水槽(以下、

有機土壌水槽と略記)では、アメリカカブトエビ幼生を接種したにも関わらず、接種6日以内にすべての個体が死亡した(Fig. 3)。このことは、有機農法水田の土壌中に、アメリカカブトエビ幼生の生存に影響を及ぼす何らかの要因が存在することを示している。これらのことから、水生昆虫類が、有機農法水田でアメリカカブトエビが発生しない要因であるとは考えにくい。また、水生昆虫類以外の捕食者については、今後、アメリカカブトエビの発生に及ぼす影響を検討する必要があるが、水槽実験の結果から、とくに土壌中に存在する生物の影響を検討する必要があると考えられる。水田土壌に注水すると、動物プランクトンや植物プランクトンなど様々な生物が発生する。これらの中には、捕食者以外にもアメリカカブトエビ幼生の餌となる生物も含まれていると考えられ、水田で行われる農薬散布や施肥などの栽培管理の影響を受けている可能性がある。

このほか、有機農法水田でアメリカカブトエビの発生が全く認められなかった理由として、生息環境としての水質の影響が考えられる。水槽実験の結果、両水槽の水のpHには明らかな相違が認められ、慣行農法水田の土壌を用いた水槽(以下、慣行土壌水槽と略記)では接種時のpH 6.3前後から徐々に上昇して8日目には8.8前後になったが、有機土壌水槽では接種後10日目まで4.9前後で推移した(Fig. 4)。このようなpHの変化は、1996年に現地圃場で測定した結果と同様の傾向を示した(Table 2)。土壌を採取した有機農法水田では、12月上旬の耕起時に基肥として米糠80 kg/10 a、すくも(粃殻)250 kg/10 aが施肥されていた。これに対し、慣行農法水田では、11月中旬の耕起時に「ケイカル」が200 kg/10 a施肥され、注水から2週間後の代かき時に基肥としてFOX264(N:P:K=12:16:14)が40 kg/10 a施肥されていた。「ケイカル」は、珪酸カルシウムを主成分とする土壌改良剤で、アルカリ成分を含んでおり、水田土壌への施用によって土壌pHが高まることが知られている(加藤ら, 1996)。本調査で対象とした慣行農法水田では、3地域のいずれにおいても「ケイカル」の施用が奨励されているのに対し、3地域の有機農法水田は、多くが農法の転換後15~28年を経過し、その間、米糠や堆肥などの自給肥料のみを使用していることから、有機物の分解にともなう有機酸の生成などによって、有機農法水田では慣行農法水田に比べ酸性化していると考えられる。一般に、pHの低下は、多くの水生生物の生存に悪影響を及ぼすことが知られており、その影響は、サイズが小さいほど、あるいは成長の初期段階であるほど大きくなると言われている(Doyle and McMahon, 1995)。カブトエビ類の場合、どの程度のpHで影響を受けるかは明らかにされていない。しかし、有機土壌水槽に接種した幼生が、接種後のはやい段階ですべて死亡したことを考えると、この水槽で測定されたpHは、アメ

リカカブトエビ幼生の生存率を低下させる要因の一つである可能性が高い。これについては、今後、アメリカカブトエビ幼生の生存に適した pH の範囲を明らかにして、検討する必要がある。

摘 要

1. 水田における栽培管理の違いがアメリカカブトエビの発生に与える影響を明らかにするため、広島県下 3 地域の慣行農法水田と有機農法水田で、アメリカカブトエビの発生を調査した。慣行農法水田では 8 筆中 5 筆でアメリカカブトエビが発生したのに対し、有機農法水田では 6 筆すべてで発生しない現象が観察された。

2. 東広島市吉川町の両農法水田で、アメリカカブトエビとその捕食者の一つと考えられる水生昆虫類の発生を調査したところ、両者の発生経過には関連性が認められなかった。よって、水生昆虫類は有機農法水田でアメリカカブトエビが発生しない要因ではないと考えられた。

3. 東広島市吉川町の両農法水田から土壌を採取して人工水田を作製し、アメリカカブトエビ幼生を接種する実験を行った。慣行土壌水槽では、接種 6 日目以降、生存率が 50% 前後で推移したのに対し、有機土壌水槽では接種 6 日目までにすべての個体が死亡した。有機土壌水槽で測定された田面水の pH は、慣行土壌水槽に比べて明らかに低く、現地水田で測定された結果と同様の傾向を示したことから、田面水の pH は、有機農法水田でアメリカカブトエビ幼生が生存できない要因の一つとして関与することが示唆された。

引 用 文 献

Doyle, J. E. and B. R. McMahon (1995) Effects of acid exposure in the brine shrimp *Artemia franciscana* during development in seawater. *Comp. Biochem. Physiol.* 112A: 123-129.

Fry, L. L. and M. S. Mulla (1992) Effect of drying period and soil moisture on egg hatch of the tadpole shrimp (Notostraca: Triopsidae). *J. Econ. Ent.* 85: 65-69.

五十嵐敬司 (1970) 庄内地方におけるカブトエビ *Triops longicaudatus* (Notostraca) の生態学的研究 II. 山形農林学会報 27: 33-39.

片山寛之 (1972) カブトエビと水田雑草の生物学的制御 I. ミチュールン生物学研究 8: 29-37.

片山寛之 (1973) 大阪附近のカブトエビの種類と分布. *Nature*

Study 19: 62-67.

片山寛之 (1977) 水田雑草の生物学的制御におけるカブトエビの除草効果に関する研究, 第 2 報: タイヌビエと多年生雑草についての野外実験 (予報). 雑草研究 22(別): 57-59.

片山寛之・高橋史樹 (1980) カブトエビ: 日本への侵入と生態. 日本の淡水生物: 侵略と攪乱の生態学 (河合禎次・川那部浩哉・水野信彦 編). 東海大学出版会, 東京, pp. 133-146.

片山寛之・村上希代子・奥田洋子・桂考次郎・白上博之 (1974a) カブトエビと水田雑草の生物学的制御 IV. ミチュールン生物学研究 10: 107-115.

片山寛之・植木邦和・曾我 実・松本啓志 (1974b) 水田雑草の生物学的制御におけるカブトエビの除草効果に関する研究, 第 1 報: アジアカブトエビの除草効果についての野外実験. 雑草研究 17: 55-59.

加藤直人・伊森博志・尾和尚人 (1996) 鉱さいケイ酸質肥料の湛水土壤中における溶解過程. 土肥誌 67: 640-647.

篠川貴司 (1995) 高知県で発見されたアメリカカブトエビ *Triops longicaudatus*, および田面水の溢水が本種の発生に及ぼす影響について. 応動昆 39: 168-170.

篠川貴司 (1997) アジアカブトエビ *Triops granarius* 卵の孵化率を高める土壌水分条件. 応動昆 41: 237-239.

高橋史樹 (1975) アジアカブトエビ卵の孵化における光の効果. 生物環境調節 13: 29-33.

Takahashi, F. (1977a) Pioneer life of the tadpole shrimps, *Triops* spp. (Notostraca: Triopsidae). *Appl. Entomol. Zool.* 12: 104-117.

Takahashi, F. (1977b) High water temperature prevents egg hatching in *Triops granarius* (Notostraca: Triopsidae). *Appl. Entomol. Zool.* 12: 196-197.

高橋史樹・黒岩祐治 (1981) アメリカカブトエビの発生に及ぼす農業散布・有機質肥料施肥の影響: 水田雑草生物防除のためのカブトエビの生態学的研究. 自然農法研究 (阪本平一郎・金森正雄 編). 環境科学総合研究所, 京都, pp. 101-108.

高橋史樹・秋田正人・五十嵐敬司・祝原道衛・谷本智昭 (1978) 水田雑草生物防除のためのカブトエビの生態学的研究: とくに分布を制限する要因について. 環境科学総合研究所年報 6: 129-135.

高橋史樹・郷田雅男・赤山敦夫 (1980) カブトエビ 3 種の生命表の比較. 応動昆 24: 229-233.

谷津直秀 (1916) 日本の「エーパス」. 動雑 28: 152.

渡辺朋也・福島信夫・高橋史樹 (1985) 水田におけるアメリカカブトエビの個体数変動. 応動昆 29: 314-320.

米倉正直 (1979) カブトエビによる水田雑草の生物防除: カブトエビの発生数と除草効果. 雑草研究 24: 64-68.