

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580275

研究課題名（和文） ため池の浅場における水生昆虫の多様性確保を目標とした貯水管理計画の検討

研究課題名（英文） An Operational Planning of an Irrigation Pond for Stable Diversity of Littoral Aquatic Insects

研究代表者

角道 弘文 (KAKUDO HIROFUMI)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：30253256

研究成果の概要（和文）：ため池の浅場はトンボ目幼虫をはじめ多くの水生生物にとって重要な生息空間である。ため池の水位低下がトンボ目幼虫の生息に及ぼす影響について現地調査を行い、フタスジサナエやクロイトトンボなどは、水位低下によって引き起こされる池底の露呈により影響を受けることがわかった。フタスジサナエなど池底を選好する種の保全のために、浅場がため池の水位低下の影響を受けないよう周囲に堰堤を配置し、湛水域を部分的に確保する方法が考えられた。

研究成果の概要（英文）：A littoral zone of an irrigation pond is an important habitat for littoral aquatic insects such as odonate larvae. As the results on this study, species and abundance of odonate larvae such as *Trigomphus interruptus* and *Cercion calamorum calamorum* were effected from a long-term surface-exposure by release operation for irrigation. Thus, assuring stable inundated area on the littoral zone was required to conserve species and abundance of odonate larvae by constructing embankment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：ため池、生物多様性、水生昆虫、生態系保全、順応的管理、里山、トンボ目幼虫

1. 研究開始当初の背景

ため池は、農村地域の生物多様性を保全するうえで重要な水域である。しかし、放流操作によって生じる貯水域の水位変動がため池生態系に及ぼす影響は十分明らかになっていない。とくに、植物相を対象に水位変動の影響を明らかにしようとした研究は多いが、より高次の生物相である水生昆虫への影響について解明した研究はほとんどない。

2. 研究の目的

本研究では、水生昆虫の生息場として適し

ている浅場を対象に、灌漑放流という人為に伴って生じる水位変動が水生昆虫の生息に及ぼす影響について定量的に評価することを目的とした。また、水生昆虫の多様性を確保するための貯水管理計画について検討した。

3. 研究の方法

(1) 調査対象地

農業用ため池である安鹿下池（貯水容量 9,800m³、堤高 5.4m）を調査対象地とした。同池では、灌漑放流に伴う貯水低下が 5～8 月を中心に例年のように確認される。また、

水際には浅場が発達しており多様な水生植物が生育し、多種多様な水生昆虫の生息が期待される。

(2) 指標生物

浅場を生息場として選好する水生昆虫のなかから、水位低下の影響を受けやすいトンボ目幼虫を指標生物とした。トンボ目幼虫は、水草掴まり型、沈積物蹲り型、沈積物潜り込み型の3つの生活型に大別される。ため池の水位低下による影響が生活型によって異なることが予想された。

(3) 採集調査

ため池浅場内に設けた調査区画において実施した。調査区画は、過去のため池水位記録から、水位変動の影響を確実に受けることを見込めるよう、満水時水深35cm程度の浅場に設定した。採集作業は、D字型のタモ網(目幅2mm, 口径35cm)を用い、各区画をすくいとる作業を8回繰り返して行った。調査期間は、ため池における水生昆虫の動態を考慮し、夏季から秋季にかけて定期的に数回行った。

(4) 環境調査

環境調査はそれぞれの調査区画において行い、水位低下に伴う池底の露呈・冠水状況、抽水植物の植生被度、沈積物の堆積状況について、トンボ目幼虫の採集時期と連動させて把握した。

①池底の露呈・冠水状況 各区画の冠水・露呈の履歴は、水位計の記録と区画の水深計測結果を用いて推定した。

②抽水植物の植生被度 区画内で生育が確認された抽水植物の基本数を計測し、これを各区画の植生密度(本/2,500cm²)とした。

③沈積物の堆積状況 枯死した水生植物、ため池背後地より降下した落枝落葉を沈積物とした。トンボ目幼虫採集時に採取された沈積物を試料とした。乾燥させて目合い2mmのふるいにかけて、ふるいに残ったものを沈積物とした。

4. 研究成果

(1) 調査結果 (2010年)

①ため池水位変動 2010年の水位変動(図1)より、4月中旬から7月下旬にかけて満水位

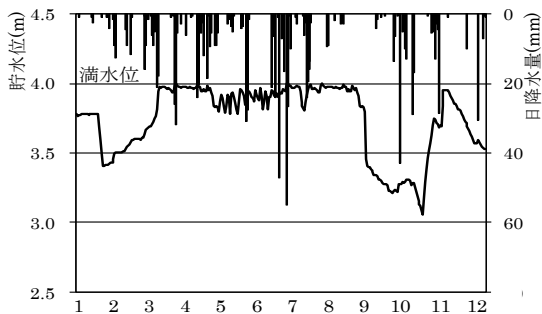


図1 安鹿下池の水位変動 (2010年)

下20cm程度と水位低下はわずかであったこと、細かな水位低下が発生したことが確認される。

その後の顕著な水位低下は8月下旬から11月上旬にかけて見られ、最大で満水位以下90cm程度であった。11月に見られる水位回復は、降雨によるものである。

②トンボ目幼虫の出現状況 6月では、10区画全体で13種31個体が採集され、第一優占種のクロイトトンボは、9つの区画より広範囲に採集され優占百分率は45.2%であった。クロイトトンボを含む水草掴まり型は5種19個体が出現した。これらの総個体数に占める割合を求めると45.2%であった。

7月では、10区画全体で11種54個体が採集され、第一優占種のモノサシトンボは優占百分率40.7%であり、背後地の樹冠により暗所となっている区画を中心に広範囲に採集された。6月に比べ優占種は大幅に異なったが、全体の種数には大きな違いは認められなかった。水草掴まり型7種40個体(41.7%)であった。

11月では、多くの区画が採集調査の直前まで露呈していた(後述)が、10区画全体で8種68個体が採集された(表1)。第一優占種は、6月と同様にクロイトトンボであった。比較的広範囲に採集され、優占百分率70.6%と偏った種構成であり、水草掴まり型6種57個体(74.0%)であった。言い換えれば、砂泥潜り込み型および沈積物蹲り型の構成割合が低いことが11月の特徴であった。

③露呈・冠水の状況 各区画の露呈・冠水の状況は時期によって大きく異なった。それぞれの採集調査前日より90日前までの池底の露呈日数(延べ日数)を表2に示す。6月調査、7月調査では、ほとんどの区画で冠水していた。11月調査では、区画1、2を除く8つの区画で池底の露呈が延べ62日間以上に及んだ。

とくに、区画3、9、10は、露呈が8月31日から生じており、露呈期間は採集調査2日前(11月2日)までの連続した64日間であった。このように、11月では、多くの区画が採集調査の直前まで露呈していたことがわかった。

表1 トンボ目幼虫の出現状況 (2010.11)

種名	区画番号										合計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
クロイトトンボ	9	9	11	6	3	2	7	1			48
コフキヒメイトトンボ			1								1
ホソミイトトンボ			3	3	1	1					8
モートンイトトンボ	1		2								3
ベニイトトンボ				1							1
オオイトトンボ						1					1
モノサシトンボ			1	2							3
オジロサナエ			1	1	1						3
種数	2	1	6	5	3	3	1	1	0	0	8
個体数	10	9	19	13	5	4	7	1	0	0	68

表2 池底の露呈日数 (2010年)

区画	採集調査日		
	6月24日	7月30日	11月4日
1	0	0	58
2	0	0	55
3	1	1	64
4	0	0	62
5	0	0	63
6	0	0	62
7	0	0	62
8	0	0	63
9	0	0	64
10	0	0	64

④抽水植物の植生密度 各月の植生密度の平均値、変動係数は、6月 77.8(本/2,500cm²), 0.363(本/2,500cm²), 7月 89.0, 0.520(図2), 11月 76.4, 0.606であり、各月とも区画による植生密度に違いがみられた。11月では露呈により引き起こされたと考えられる枯死体が見られ、植生密度が低かった区画もあった。

⑤沈積物の堆積状況 6月では10区画の平均は8.4gであり、ほとんどが水生植物由来であった。7月では10区画の平均は13.3gであり、水生植物由来が大半を占める区画が多いものの、背後に樹林を擁する区画1~5には降水由来が卓越する区画もみられた(図3)。11月では10区画の平均は2.4gであり、6、7月に比べて極めて小さかった。調査期や区画によっては乾燥重量や沈積物の組成が異なった。また、植生密度が低くても水生植物由

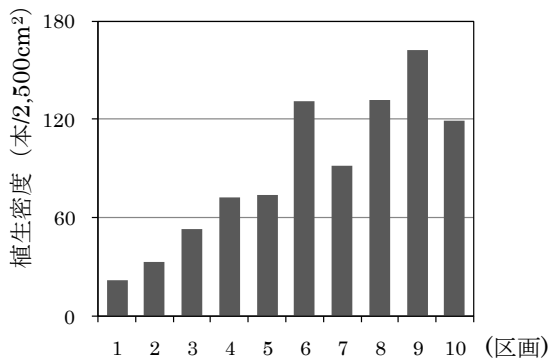


図2 植生密度 (7月)

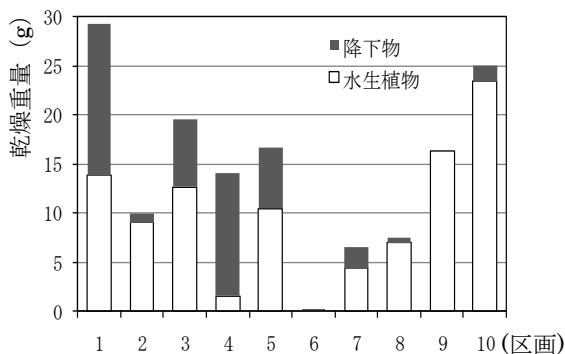


図3 沈積物の乾燥重量 (7月)

来の乾燥重量が大きい区画がみられた。これらのことより、堆積状況の違いは、水生植物の植生状況に依存するだけでなく、ため池水位の低下・上昇に伴う沈積物の浮遊・移動等にも依存すると考えられる。

上記のとおり、11月では採集調査の直前まで露呈していたにもかかわらず、10区画全体での種数・個体数を見る限り、60日間程度の露呈による影響はないものと推察される。なかでも、水草掴まり型が多く採集されていることから、水位回復後は、浅場は水草掴まり型の生息場として再び利用される可能性があるといえる。しかし、水草掴まり型が、本来選好する環境に出現しているかどうかはわからない。

そこで、水草掴まり型が多く出現した区画の環境について、6、7月と11月とを比較する。各調査期において、種数・個体数が多かった区画を抽出するために、生活型ごとに種数、個体数の平均値 (m)、標準偏差 (σ) をそれぞれ求め、個々の区画の種数または個体数が各々の m+σ よりも多い区画を「種数、個体数の多い区画」と判断した。

その結果、水草掴まり型は、6月では区画1、2、5、6、7、8が、7月では区画4、5、8が、11月では3、4が抽出された。ここで、これらの区画のカンガレイ植生密度を確認すると、45~122本/2,500cm² (6月)、72~132本/2,500cm² (7月)、27~47本/2,500cm² (11月)であった。6、7月では、水草掴まり型が多く出現した区画には、植生密度が平均的であるか高かった区画が多く含まれた。一方、11月で種数、個体数の多かった区画は、同月の他の区画に比べ植生密度が低いところであり、6、7月の植生密度との比較においても低いところであった。

以上より、露呈後の再冠水時における水草掴まり型の挙動としては、本来選好しないような植生密度の低いところに回帰した可能性が考えられる。すなわち、生息場として適した環境かどうかにかかわらず、結果として、浅場が水草掴まり型の生息場として再び利用されたものと推察される。

(2) 調査結果 (2011年)

①ため池水位変動 1月から2月中旬まで1m程度の水位低下がみられた。2月下旬に水位は上昇したものの満水位までは回復せず、その後、6月下旬まで満水位下30cm程度で推移し、変動幅20cm程度の水位変動が繰り返して起きていた。6月下旬から7月中旬までは満水位まで水位が回復する日もあったが、7月下旬以降は再び満水位から30cm程度で推移した(図4)。

②池底選好種の出現状況 トンボ目幼虫の3つの生活型のうち、沈積物躊り型、沈積物潜り込み型を池底選好種と定義し、2011年度調査では、池底選好種に及ぼす水位低下に伴う

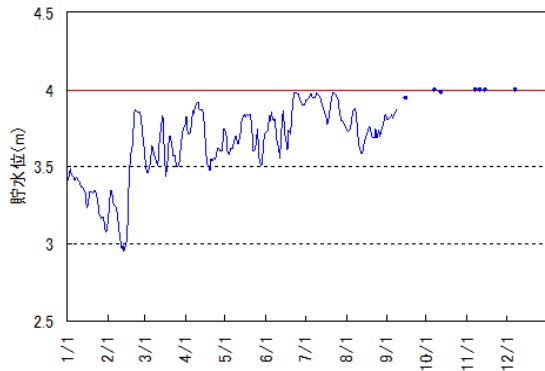


図4 安鹿下池の水位変動(2011年)

池底露呈の影響について検討した。

第一に、2010年度の調査結果をもとづく分析を行った。すなわち、2010年では比較的長期に及ぶ露呈が浅場一帯においてみられた。この露呈の発生前後に行った採集調査結果をもとに、池底選好種の出現状況への影響について検討した。

7月調査では、採集種数・個体数6種21個体のうち3種14個体が水底選好種であった。12個体が出現したフタスジサナエが第一優占種で、水底選好種の総個体数に占める割合は86%であった。11月調査は、約65日間の露呈が継続した後、再冠水後の11月4日に行った。トンボ目幼虫は全部で6種17個体が採集されたが、水底選好種はフタスジサナエ1種が1個体採集されたのみであった。

両月において池底選好種の出現状況に差が認められるかどうかU検定を行ったところ、種数 $p=0.022$ 、個体数 $p=0.018$ と有意な差がみられた。このことから、池底選好種は露呈の影響を受けた可能性が考えられた。

2011年度では、満水時水深45cmのところに調査区画(50cm×50cmの正方形)を5つ設定し、採集調査を行った。池底選好種の特性を踏まえ、調査区画は水生植物の生育がみられない場所から選定した。これらの区画は、採集調査前日より90日前までの間では露呈は生じておらず、冠水状態は100日以上継続していた。

4期の採集調査で10種56個体が出現した(表3)。チョウトンボ(14個体)が第一優占種、コフキトンボ(12個体)が第二優占種であった。第二優占種までの累積優占百分率は約46%であった。区画別にみると、調査期間全体を通して最も多く出現したのは区画4で、8種29個体が出現した(表4)。他の区画に比べて、種数(U検定、 $p=0.017$)、個体数(U検定、 $p=0.006$)ともに有意に多く出現した。

このように、露呈が100日間以上発生していない環境のもとで調査を行ったところ、植生が生育していない浅場からも多くの水底選好種が出現した。同様の環境は、安鹿下池内の浅場に広く存在していることから、相当

表3 水底選好種の出現状況(2011年期別)

種	9月6日	10月7日	10月27日	11月14日	合計
フタスジサナエ		1		1	2
タイワンウチワヤンマ		1	2	4	7
ウチワヤンマ	1				1
ショウジョウトンボ		1			1
チョウトンボ		7	4	3	14
コフキトンボ	4	4	4		12
キトンボ		2			2
コシアキトンボ		2			2
シオカラトンボ	4		2	4	10
オオヤマトンボ			1	4	5
水底選好種種数	3	7	5	5	10
水底選好種個体数	9	18	13	16	56

表4 水底選好種の出現状況(2011年区画別)

種	区画					合計
	1	2	3	4	5	
チョウトンボ	1	2		9	2	14
コフキトンボ	2	1		8	1	12
キトンボ				1	1	2
コシアキトンボ				2		2
シオカラトンボ	4	1	1	4		10
ショウジョウトンボ				1		1
フタスジサナエ			1		1	2
ウチワヤンマ		1				1
タイワンウチワヤンマ			2	4	1	7
オオヤマトンボ	1	3			1	5
水底選好種種数	4	5	3	8	6	10
水底選好種個体数	8	8	4	29	7	56

数の水底選好種が浅場一帯に生息している可能性があることが分かった。

2010年度では3回の調査を通じて8種24個体(述べ30区画)、2011年度では4回の調査を通じて10種56個体(述べ20区画)の水底選好種が出現した。このことから、2010年度にみられたような長期間の露呈が発生した場合、多くの水底選好種が露呈によって生息空間が失われる可能性が示唆された。

③沈積物の堆積状況 調査区画において水底部を3回すくい取って採取された沈積物の乾燥重量を表5に示す。変動係数をみると、区画によって沈積物の堆積状況は大きく異なっていることがわかった。

区画別の出現状況(表4)から、区画1、2、4において出現個体数が多かった。これらの区画では各期ともに沈積物の乾燥重量が大きく、このことが水底選好種の生息に適した環境を形成している主要因であると考えられる。なかでも、区画4は他の区画と比べ

表5 沈積物の乾燥重量(2011年)

区画	9月6日	10月7日	10月27日	11月14日	合計
1	11.3	15.2	14.9	35.0	41.3
2	20.7	14.5	11.5	17.5	46.7
3	9.4	14.8	57.9	96.3	82.1
4	208.7	117.5	282.6	221.3	608.7
5	8.9	109.3	19.3	35.2	137.6
平均	51.8	54.2	77.2	81.1	183.3
標準偏差	78.6	48.4	104.0	75.1	215.5
変動係数	1.52	0.89	1.35	0.93	1.18

(単位:g)

種数・個体数ともに多かったが、同区画は沈積物の乾燥重量が最も大であった区画である。この点からも、水底選好種の生息空間としての沈積物の有効性が示唆された。

(4) 主な成果

クロイトトンボに代表される水中選好種は、長期に及ぶ露呈後であっても浅場一帯で広範囲に採集された。かりに露呈が生じて、水位回復に伴って、浅場は水中選好種に再び利用される可能性があることがわかった。ただし、水中選好種が多く出現した区画では、水生植物の植生密度は決して高くなく、本来なら水中選好種に選好されるとは考え難い区画で多く採集された。

フタスジサナエに代表される池底選好種は、露呈が長期に及んだ前後で行った採集調査結果を比較すると、露呈・再冠水後では種数・個体数ともに有意に減少した。このことから、池底選好種は露呈の影響を受けた可能性が考えられた。また、露呈が100日間以上発生しなかった環境のもとで調査を行ったところ、植生が生育していない浅場からも多くの水底選好種が出現した。同様の環境は、安鹿下池内の浅場に広く存在していることから、相当数の水底選好種が浅場一帯に生息している可能性があり、かりに2010年度にみられたような長期間の露呈が発生した場合、多くの水底選好種が露呈によって生息空間が失われる可能性が示唆された。

以上のことから、池底選好種、水中選好種ともに、水位低下によって引き起こされる池底の露呈により影響を受けることがわかった。水中選好種の出現への影響を抑制するためには、浅場において広範囲に抽水植物等を生育させる方法が考えられた。また、池底選好種に対しては、沈積物が多く堆積している浅場が同種に選好されることから、そのような浅場を対象として堤高50cm程度の堰堤を整備し、放流操作に伴うため池の水位低下とは連動しないように、湛水域を部分的に確保する方法が考えられる。

(5) 国内外における位置づけとインパクト

ため池で見られる人為的な管理は、富栄養化や生態系の遷移を抑制し、結果的に水環境や生態系を安定的に維持してきたと考えられている。このように、ため池は、農村地域の生物多様性を保全する上で重要な止水域である。

農業形態の変化や都市化の進行によってため池が減少しているなかで、灌漑に利用されているため池を水生生物の保全に役立てるためには、ため池における管理と生物相との関係の一つ一つ明らかにしていくことが重要である。本研究では、灌漑放流に伴って生じる水位変動が、浅場に生息する水生昆虫に及ぼす影響を検討したものである。

とくに里山と呼ばれる地域においては、健

全な環境を安定的に保持するためには、適度の人為が欠かせないと考えられている。本研究は、ため池における人為の働きかけの定式化に資する一研究と位置づけられよう。

(6) 今後の展望

水位変動が及ぼす影響は、浅場に生息・生育する動植物をはじめ、水質や底質等の環境基盤を含め、その範囲は幅が広い。本研究では、水位変動はトンボ目幼虫の生息に対しては負の影響をもたらすことがわかった。近年、ため池の水質や底質の改善を期待して冬季に池干しが行われることもある。池干しによってこのような改善効果が発現するとすれば、水位変動は正の影響をもたらすとも言える。水位変動という人為に伴う環境基盤の動態と生物相との関連について、引き続き検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

①角道弘文、ため池の歴史と恵み—水を使う知恵—、Consultant、査読無、259、2013、12-15.

②角道弘文、ため池の水位変動に伴う露呈後の再冠水がトンボ目幼虫の生息に及ぼす影響、環境情報科学論文集、査読有、25、2011、233-238.

〔学会発表〕(計3件)

①角道弘文、生物生息空間としてのため池浅場の特徴、香川大学工学部第7回先端工学研究発表会、2012.1.30、香川大学工学部(高松市).

②角道弘文、ため池の水位変動に伴う露呈後の再冠水がトンボ目幼虫の生息に及ぼす影響、環境情報科学、2011.11.30、日本学会館(東京都).

③角道弘文、ため池の浅場におけるトンボ目幼虫の出現状況について、農業農村工学会、2011.9.7、九州大学(福岡市).

〔図書〕(計1件)

①角道弘文、他、朝倉書店、農村計画学、2012、209頁(148-150).

〔その他〕

「みんなで作る自然史博物館・香川」(<http://nature.27go.net/>)主催の「ため池のいきもの展」(2012.7.20~2012.7.23)にて、市民向けのパネル展およびリレー講座を担当.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

角道 弘文 (KAKUDO HIROFUMI)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：30253256