

水田における水生生物の調査手法の検討

山中省子 長尾文尊 山中悟 畑中満政 好岡江里子*¹

Studies of research methods for assessing aquatic organisms in a rice paddy

Shoko YAMANAKA, Fumitaka NAGAO, Satoru YAMANAKA,
Mitsumasa HATANAKA, Eriko YOSHIOKA

Methods for assessing aquatic organisms in a rice paddy have yet to be established. In the present study, we examined methods for their assessment in a quantitative manner. It was found that most of the aquatic organisms could be collected in a 1.0 mm sieve, and that most of the benthos was collected when the sediment was sampled to a depth of 5 cm below. We also found that a quadrat that was made of transparent acrylic plates was a useful tool for the study of aquatic organisms and benthos. These findings seem to be helpful in future research.

Keywords :rice paddy, aquatic organisms, benthos, quadrat

はじめに

有機農業は、環境への負荷を低減するものであり、さらには生物多様性の保全に資するものといわれているが¹⁾、水田内の定量的な調査手法については、大澤ら²⁾による箱型採集器を用いた調査や長³⁾によるプラスチック製コンテナによる調査以外に有効な研究事例は少ない。また農林水産省では、農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法を開発するため、2008年から農林水産省委託プロジェクト研究が実施されてきたが、水生生物に対する調査では、すくい取りや水中ライトトラップによるものが多く^{4,5)}、対象種も限定されている。筆者らは2009年から農林水産研究所で実施した有機栽培技術確立試験に参画して水稲の有機栽培圃場における生物多様性評価試験を実施し、2011年には水田の水生生物の定量調査としてコドラート調査が有効であることや最適な調査時期等について明らかにした⁶⁾。本報では、コドラートによる水生生物の採集方法について検討するとともに透明アクリル板によるコドラート枠を試作し、その有用性について検討したので報告する。

調査方法

1 調査場所

愛媛県松山市上難波の農林水産研究所の水田で調査を実施した。

2 コドラートによる採集方法の検討

(1) ふるい別調査

調査に用いるネットの最適な目合いを確認するため、ふるい別に採集される水生生物の調査を実施した。

調査は2010年6月22, 23日に有機農業を実施しているA1号田(布マルチ直播栽培)で、4地点に木製のコドラート枠(縦20cm, 横50cm)を設置し、枠内を約0.3mmのネットで底泥ごとすくい取り、試料とした。試料を濾すふるいは、下から順に0.5mm, 1.0mm, 1.4mm, 2.0mmメッシュのふるい(内径200mm, 深さ45mmST製(榊飯田製作所)を重ねて試験ふるいとした。試料は流水下で漉しとり、各ふるい上に残った水生生物を採集した。採集した水生生物は、縦20cm, 横30cm, 高さ5cmの白色バットに小分けして移し、肉眼で同じ種もしくは種群ごとの個体数をカウントした。同定の困難なものは80%エタノールで固定後実体顕微鏡下で観察し同定した。

(2) 土壌の深さ別調査

愛媛県立衛生環境研究所 松山市三番町8丁目234番地

*1 愛媛県農林水産部農業振興局農地整備課

イトミズやユスリカ幼虫など、土壌中や土壌表面に生息しているベントス類を調査するため、最適な採集土壌の深さを調査した。

調査は2010年に有機農業を実施しているA2号田(機械除草栽培)で中干し開始直後の7月8日に実施した。調査地点は田面水が土壌表面にまだ残っている場所3地点を選定し、木製のコードラート枠(縦20cm, 横50cm)を設置後、枠内の土壌を上層(0~2cm), 中層(2~5cm), 下層(5~10cm)に分けて採集し、1mmメッシュのふるいにかけてベントス類(イトミズ及びユスリカ幼虫)を採集し、個体数をカウントした。

3 透明アクリル板によるコードラート枠の有用性の検討

厚さ5mmの透明アクリル板を用いてコードラート枠とT字型のヘラを作成した(写真1)。コードラート枠(以下「コードラートA」という)は、稲の条間(30cm)内に設置できるよう縦20cm, 横50cm, 高さ25cmの大きさとした。T字型のヘラは土壌の採集を短時間で正確・確実にを行うためのものである。

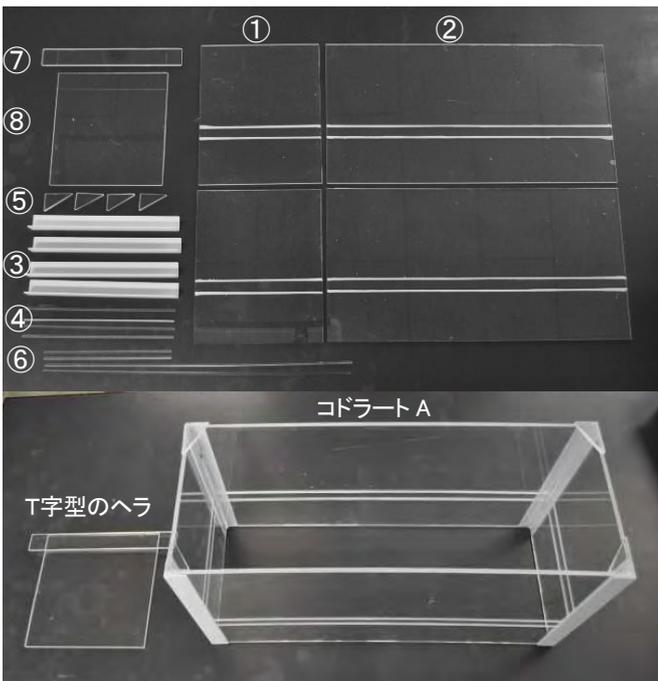


写真1 透明アクリル板によるコードラート枠(コードラートA)

コードラートA: ①透明アクリル板A, ②透明アクリル板B, ③L型アングル, ④透明アクリル三角棒A, ⑤透明アクリル板C, ⑥透明アクリル三角棒B

T字型ヘラ: ⑦アクリル板D, ⑧アクリル板E

コードラート枠の作成方法は、アクリル板A(縦25cm, 横21cm)2枚とアクリル板B(縦25cm, 横50cm)2枚をL型ア

ングル(20mm×20mm)とアクリル三角棒A(径5mm×250mm)で固定するとともに、上部の4角を三角形のアクリル板C(20mm×20mm)で補強した。また土壌中に埋め込みやすくするため、底部にアクリル三角棒B(径3mm)を貼り付け、さらに試験枠を埋め込む深さや採集する土壌の深さが確認できるよう、コードラートAの底部から一定の高さに白線を引いている。

T字型ヘラはアクリル板D(縦3cm, 横25cm)にアクリル板E(縦25cm, 横19cm)を張り合わせたものである。使用方法は、アクリル板Dを上にしたT字型ヘラをアクリル板Aと平行になるよう土壌中に差し込んだコードラート枠内に入れる。アクリル板Dのコードラート枠から左右にはみ出した部分はコードラート枠の上辺に乗せ、水平に移動させることを繰り返して使用し、土壌をそぎ取る。また、アクリル板Eは高さを変えることで採集土壌の深さを変えることができる。

調査は2013年7月22日にA18号田(慣行栽培)でコードラートA及び対照として縦20cm, 横50cm, 高さ25cmの木製のコードラート枠(写真2。以下「コードラートB」という)を使用し、おのおの4地点にコードラート枠を設置して生物調査を実施するとともに作業時間を調査した。またベントス類は2cmまでの深さの土壌中に生息するものを対象とし、コードラートAは、5cmの深さの土壌に埋め込んで設置した。また作業の効率化を図るため、田面水と土壌を分けて採集することとした。すなわちコードラートA内の田面水をポリエチレンスコップ(間口16cm)を用いて全てすくい取った後、1mmメッシュのD型フレームネット(幅28cm)でふるいにかけて田面水中の水生生物を採集した。その後2cmまでの深さの土壌をT字型のヘラを用いてそぎ取った後、ポリエチレンスコップを用いて土壌をすくい取り、同じネットでふるいにかけて水生生物を採集した。

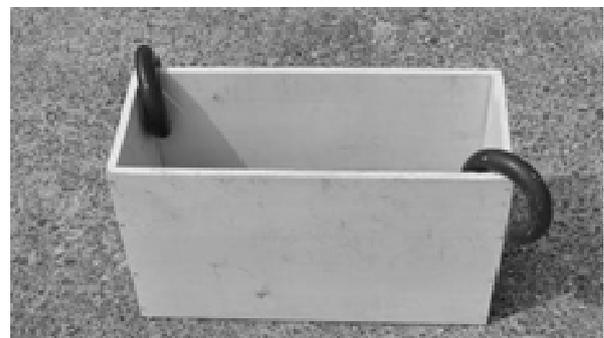


写真2 木製のコードラート枠(コードラートB)

コードラートBの生物調査ではコードラートBを水田に設置後、1mmメッシュのD型フレームネット(幅20cm)を用いて枠内の田面水内の水生生物を肉眼で見えなくなるまで複数回に分けてすくい取った後、深さ2cmまでの土壌を同じネット

表1 ふるい別の水生生物の個体数及び種数

(個体数/0.1m²)

網目	科	種	学名	ステージ	試験ふるい				計		
					2.0mm	1.4mm	1.0mm	0.5mm			
両性	無尾	アマガエル	アマガエル科の一種	Hyliidae	幼生	0.50				0.50	
			線形動物門の一種	Nematoda			26.50	27.25	28.50	11.75	94.00
マキガイ	ニナ	エゾマメタニシ	ヒメマルマメタニシ	<i>Gabbia kiusiuensis</i>		1.25				1.25	
		モノアラガイ	サカマキガイ	サカマキガイ	<i>Physa acuta</i>		0.25	0.25			0.50
			モノアラガイ	ヒメモノアラガイ	<i>Austropeplea ollula</i>		0.50	0.25	0.50		1.25
			ヒラマキガイ	ヒラマキミズマイマイ	<i>Gyraulus chinensis</i>		1.75				1.75
				ヒラマキガイモドキ	<i>Polypylis hemisphaerula</i>		0.25				0.25
				ヒラマキガイ科の一種	Planorbidae		2.00	0.25			2.25
		計				4.75	0.75	0.50		6.00	
小計						6.00	0.75	0.50		7.25	
貧毛	ナガミズ	イトミミズ	イトミミズ科の一種	Tubificidae		3.75	1.25	4.50	4.75	14.25	
ヒル型	ヒル	イシビル	イシビル科の一種	Erpobdellidae		2.25	0.25		0.25	2.75	
甲殻	背甲目	カブトエビ科	アジアカブトエビ	<i>Triops granarius</i>		1.00				1.00	
			カブトエビ科の一種	Triopsidae		0.25					0.25
小計						1.25				1.25	
昆虫	半翅目	アメンボ	アメンボ科の一種	Gerridae	幼虫	0.25				0.25	
						0.25					0.25
	鞘翅目	ゲンゴロウ	ハイイロゲンゴロウ	<i>Eretes sticticus</i>	幼虫	0.25				0.25	
			チビゲンゴロウ	<i>Hydroglyphus japonicus</i>	成虫	0.25					0.25
			ゲンゴロウ科の一種	Dytiscidae	幼虫				0.25		0.25
		ガムシ	ガムシ科の一種	Hydrophilidae	幼虫				0.25	0.25	
	計					0.50		0.50		1.00	
双翅目	ユスリカ科	ユスリカ科の一種	Chironomidae	幼虫	31.00	8.00	12.75	45.50		97.25	
		ヌカカ科	Ceratopogonidae	幼虫	0.50	0.50	0.50			1.50	
		ミズアブ科	Stratiomyidae	幼虫	0.25					0.25	
	計				31.75	8.50	13.25	45.50		99.00	
小計					32.50	8.50	13.25	46.00		100.25	
		個体数計			72.75	38.00	46.75	62.75		220.25	
		種数計			16	8	5	6		17	

※1 種数は、種名が「・・・の一種」で他の種と重複する可能性がある場合はカウントから除外した。

トで採集し、ネット内で漉し取ることで水生生物を採集した。またコドラート内に残った水生生物を把握するため、追加調査としてコドラートB内に残った田面水をポリエチレンスコップで全てすくい取り、同じネットでふるいにかける、残った水生生物を採集した。採集した水生生物は、上法により同じ種もしくは種群ごとの個体数をカウントし、同定の困難なものは80%エタノールで固定後実体顕微鏡下で観察し同定した。作業時間調査は、コドラートA及びコドラートBの設置から水生生物の採集までの時間を計測した。

結果

1 コドラートによる採集方法の検討

(1) ふるい別調査

採集された水生生物の種類及び個体数を表1に示した。個体数の割合は、2mmメッシュ33.0%、1.4mmメッシュ17.3%、1.0mmメッシュ21.2%、0.5mmメッシュ28.5%となり、1.0mmメッシュ以上で71.5%の採集率となった。確認種数は全体で17種であったが、2.0mmメッシュでガムシ科幼虫を除く16種が確認された。

(2) 土壌の深さ別調査

採集されたベントス類の個体数を表2に示した。深さ別の採集個体数の割合は、イトミミズは上層72.9%、中層25.2%、下層1.9%、ユスリカ幼虫は上層90.7%、中層9.3%、下層0%となり、中層までの土壌で高い採集率を示した。

表2 土壌の深さ別のベントス類の採集数

(個体数/0.1m²)

種類	0~2cm	2~5cm	5~10cm	計
イトミミズ	639.67 (72.9)	221.33 (25.2)	16.67 (1.9)	877.67 (100)
ユスリカ幼虫	16.33 (90.7)	1.67 (9.3)	0 (0)	18.00 (100)

※()内は採集率(%)を示す。

(3) 試作したコドラート枠の有用性の検討

コドラートAでは、田面水を全て採集したが、枠内の浸水もなくその後の作業に支障を及ぼすことはなかった。コドラートBでは田面水のすくい取りを行った際、田面水が

表3 コドラートの違いによる水生生物の個体数及び種数

網目	科	種	学名	ステージ	コドラートA			コドラートB		
					(個体数/0.1m ²)		コドラート調査	追加調査	計	
					水中	土				計
マキガイ	ニナ	エゾマメタニシ	ヒメマルマメタニシ	<i>Gabbia kiusiujensis</i>		0.25	0.25			
	モノアラガイ	ヒラマキガイ	ヒラマキガイ科の一種	Planorbidae		0.25	0.25	1.50		1.50
小計						0.50	0.50	1.50		1.50
ヒル型	ヒル	イシビル	イシビル科の一種	Erpobdellidae			0.25	0.25		
昆虫	カゲロウ	カゲロウ	カゲロウ目の一種	Ephemeroptera	幼虫	0.50		0.50	1.00	1.00
	トンボ	トンボ	トンボ科の一種	Libellulidae	幼虫	0.75		0.75	0.25	0.25
	コウチュウ	ゲンゴロウ	チビゲンゴロウ	<i>Hydroglyphus japonicus</i>	幼虫	0.25		0.25	0.25	0.25
		ガムシ	ヒラタガムシ属の一種	<i>Enochrus</i> spp.	幼虫	0.25		0.25	0.25	0.25
			トゲバゴマフガムシ	<i>Berosus lewisius</i>	成虫	0.25		0.25	1.25	1.25
			ゴマフガムシ属の一種	<i>Berosus</i> spp.	幼虫	0.50	0.50	1.00	0.50	0.25
			ガムシ科の一種	Hydrophilidae	幼虫	0.25		0.25		0.75
計						1.50	0.50	2.00	2.25	0.25
ハエ	ユスリカ	モンユスリカ亜科の一種	Tanypodinae	幼虫	2.25	0.50	2.75	3.00		3.00
		エリユスリカ亜科の一種	Orthocladinae	幼虫	0.25		0.25	2.75		2.75
		ユスリカ亜科の一種	Chironominae	幼虫	126.25 ab	121.50 ab	247.75 ab	363.75 a	8.00 b	371.75 a
		ユスリカ科の一種	Chironomidae	幼虫	133.50 ab	47.25 b	180.75 a	211.25 a	31.50 b	242.75 a
		双翅目の一種	Diptera	幼虫	1.25		1.25	1.50	0.00	1.50
				蛹	4.50	2.50	7.00	19.25	0.50	19.75
計					268.00 bc	171.75 bc	439.75 ab	601.50 a	40.00 c	641.50 a
小計					270.75 bc	172.25 bc	443.00 ab	605.00 a	40.25 c	645.25 a
		個体数計			270.75 bc	173.00 bc	443.75 ab	606.50 a	40.25 c	646.75 a
		種数計			8	5	10	9	2	9

※1 種数は、種名が「...の一種」で他の種と重複する可能性がある場合はカウントから除外した。
 ※2 表中の異なるアルファベット間には有意差があることを示す(Tukey-Kramer, p<0.05).

濁り、肉眼での確認が困難となったため、7~8回のすくい取りを行うに留めた。

採集された水生生物の種類及び個体数を表3に示した。個体数は、コドラートAでは443.75個体/0.1m²でコドラートBの646.75個体/0.1 m²を下回ったが有意差は認められなかった。種類数ではコドラートAは10種、コドラートBは9種であった。またコドラートAにおける田面水中の調査ではユスリカ幼虫や貝類などのベントス類以外の大半の水生生物を採集することができた。また種類別の個体数は、ユスリカ幼虫などのハエ類ではコドラートBに比べ有意に少なかったが、その他の種では有意差は認められなかった。コドラートBの追加調査では、新たに40.25個体/0.1 m²の個体を確認したが、大半がユスリカ幼虫で種数に変更はなかった。採集時間は、コドラートAでは水中のみでは設置時間を含め3分21秒となり、コドラートBの2分32秒との間に有意差は認められなかったが、土壌を含む調査では6分53秒となり、コドラートBに比べ有意に多かった(図1)。

考察

水田内の水生生物調査では、様々な目合いのネットを用いて実施されている(表4)。魚類や大型の水生昆虫などが対象であれば目合いの大きなネットで十分であるが、小型の水生昆虫やイトミズ、プランクトンなどを対象とする場合は目合いが小さいネットを使用する必要がある。当然目合いが小さくなるほど取りこぼしも減少するが、ベントス類を対象とした調査では土壌や砂礫などが混入する割

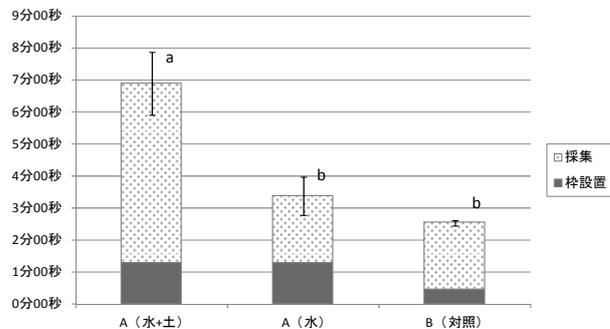


図1 コドラートの違いによる水生生物の採集時間

縦線は標準誤差を示す(n=4)
 図中の異なるアルファベット間には有意差があることを示す(Tukey-Kramer, p<0.05).

表4 水田の水生生物調査に用いる目合いの大きさ

目合い (mm)	主な対象生物	採集方法
大澤ら ²⁾ 1.5	水生生物	箱型採集器
—	水生動物	プラスチック性コテナ
長 ³⁾ 0.5~4.75 (4段階)	土壌動物	塩化ビニール性パイプ
伊藤ら ⁷⁾ 0.2	イトミズ(卵嚢含)	円筒採土管
北澤ら ⁴⁾ 2	水生生物	すくい取り
畑中ら ⁶⁾ 0.6	水生生物	コドラート

合が高くなるため、作業能率は低下し、同定作業にも時間を要することとなる。筆者らが2009年に行った調査⁶⁾では約0.6mmメッシュの網を使用して水田土壌ごと採集したが、土壌が網目に詰まって作業を中断する場面も多かった(未発表)。今回実施したふるい別調査では、流水下で漉しとる方法ではあったが、1.0mmメッシュ以上のふるいで71.5%の水生生物を採集することができ、イトミズでは66.7%、ユスリカ幼虫でも53.2%採集することができた。また試作したコドラート枠の有用性の試験では、1.0mmメッ

シュのD型フレームネットで水田土壌を漉し取ったが、土壌が網目に詰まって作業に支障を及ぼすこともなかったことから、調査に用いるネットの目合いは採集率及び作業効率を考慮すると1.0mmが適当ではないかと思われた。但し、プランクトンや藻類など肉眼では確認が困難な1.0mm以下の微少な水生生物を調査対象とする場合には、より目合いの小さいプランクトンネットなどを使用することが必要である。

イトミズやユスリカ幼虫などのベントス類の調査では、その生息域である水田土壌をかき取る必要がある。一般にイトミズは頭を下にして泥中に生息しており、尾部を水中につき出して呼吸し、また泥を摂取してバクテリアのような有機物を食べて泥の表面に糞を排泄する⁸⁾。一方ユスリカ幼虫の多くは巢管をつくりその中で生活する。また雑食性で泥とともにその中に含まれる栄養物を摂取する⁹⁾ことが知られているが、土壌中の深さ別の生息密度に関する報告事例はない。今回の調査では、1.0mmメッシュのネットで採集されるイトミズ及びユスリカ幼虫について、水田土壌の深さ別の採集割合を調査した結果、深さ2cmまでの土壌中にイトミズは72.9%、ユスリカ幼虫は90.7%、2~5cmではイトミズは25.2%、ユスリカ幼虫は9.3%となり、5~10cmの深さではイトミズがわずかに採集されるのみであった。一般に水田は田植え前に耕起・代かき作業を行うため、10~15cmの作土層が形成される。水生生物の調査において10cm程度の土壌を掘り取ると、水田によっては作土層の大半が失われて水漏れを引き起こすなど、営農に支障を来す可能性が考えられることも考慮すると、ベントス類を対象とした調査では、5cmまでの土壌を採取することが適当ではないかと思われた。

大澤ら²⁾の調査では、箱型採集器を設置後肉眼で目視可能な水生生物が捕獲されなくなるまですくい取りを繰り返すことにより水生生物を採集している。今回実施したコードラートBの調査でも同様の方法ですくい取りを7~8回繰り返したが、水田土壌が攪拌されることによって田面水が濁り、肉眼での確認が困難な状況であった。しかしユスリカ幼虫以外の大半の水生生物を採集することができたことから、ベントス類以外の水生生物を対象とする場合には本手法でも十分採集が可能であると思われた。試作したコードラートAは、枠内の田面水を全てすくい取るため、田面水が濁って水生生物が確認できなくなることもなく、さらに2cmまでの深さの土壌をすくい取ることから、確実に水生生物を採集できる方法である。採集時間は従来の方法の2倍以上を要するが、ユスリカ幼虫などの比較的小さな水生生物を取りこぼすこともなく、有効な調査手法として

利用できるものと思われた。またベントス類を除く水生生物を対象とする場合は、田面水のみでの採集でも対応が可能であり、作業時間も短時間となることから、調査対象によっては従来の方法以上に効率の良い手法として期待できるのではないかと思われた。なお本手法では田面水を全て採集するため、コードラート枠は水圧に耐えうる素材・厚さが必要である。実際、3mm厚の亚克力板で作成したコードラート枠を水田内に設置したところ、亚克力板が内側にかなりたわみ、作業性・耐久性に問題があると思われた(未発表)。今回使用した5mm厚の亚克力板では、多少内側にたわむが、作業に支障がなく、耐久性の面でも使用頻度にもよるが、底面の亚克力三角棒の補修が必要となる以外は、複数年の使用も可能であった。また本手法ではコードラート枠を確実に土壌中に埋め込むことが必要であるが、水稻栽培においては、田植え後1か月経過すると、水田内の水を全て排出して田面を乾燥させる中干し作業が実施される。農林水産研究所の水田でも本作業が行われており、中干し終了後は水田土壌が硬化し、コードラート枠を確実に埋め込むことが難しく、またT字型のヘラによる土壌の採集も困難となる。従って中干し後の調査においては、園芸用の立鎌で枠内の土壌をかき取る¹⁰⁾など、さらなる検討が必要と思われた。

現在、全国各地で農業者や地域住民による田んぼの生き物調査が実施されているが、今回試作したコードラート枠による調査は、農家や市民レベルでも比較的簡単に定量調査を行うことができるものとする。中干し後の調査手法等、改善が必要な部分もあるが、本手法が有機農業や環境保全型農業の推進に、或いは地域の身近な自然環境保全の取り組みにおいて、多くの方に活用され、水田の持つ多面的機能の一つである、たくさんの生きものの生育・生息場所の実証とその確保に役立つことを期待するものである。

まとめ

- 1 コドラート調査におけるふるい別調査では 1.0mm メッシュ以上で大半の水生生物を採集することが可能である。
- 2 5cm までの深さの土壌を採集することにより、大半のベントス類を採集することが可能である。
- 3 試作した透明亚克力板のコードラートは、水生生物及びベントス類の有効な調査手法として期待できる。

謝辞

今回の調査研究にあたり、ご協力いただいた農林水産研究所の関係者各位にお礼申し上げます。

文献

- 1) 農林水産省:有機農業の推進に関する基本的な方針(2007)
- 2) 大澤啓志ほか:ランドスケープ研究, 67, 4, 335-338(2004)
- 3) 長雄一:北海道環境研報, 2, 41-45(2011)
- 4) 北澤健ほか, 滋賀農技セ研報, 50, 61-97(2011)
- 5) 三田村敏正ほか:福島農総セ研報, 5, 43-61(2013)
- 6) 畑中満政ほか:愛媛衛環研年報, 13, 34-40(2010)
- 7) 伊藤豊彰ら:土と微生物, 65, 2, 94-99
- 8) 栗原康:化学と生物, 21, 4, 243-249(1983)
- 9) 橋本碩:日本産水生昆虫検察図説(川合禎次編), 東海大学出版会, 336-357(1985)
- 10) 畑中満政ほか:愛媛農林水研報, 7, 33-41(2015)