

タブチ ヒロヤス  
田 渕 浩 康

共同研究者

河原崎 秀志  
(公益財団法人農業・環境・健康研究所  
主幹)

濱口 一宏  
(公益財団法人農業・環境・健康研究所  
研究員)

## 略 歴

1989年 3月 北海道大学農学部農芸化学科  
卒業  
1994年 3月 北海道大学大学院農学研究科  
博士課程 満了  
1994年 4月 財団法人微生物応用技術研究所  
研究員  
(現・公益財団法人  
農業・環境・健康研究所)  
1999年 4月 財団法人微生物応用技術研究所  
農業大学校 講師(兼任)  
2013年 5月 公益財団法人  
農業・環境・健康研究所  
研究担当理事  
現在に至る

## アジアモンスーン地域の農業生態系における生物多様性評価

アジアモンスーン地域として、北海道(亜寒帯)、静岡(温帯)、沖縄(亜熱帯)を選定し、それぞれブドウ、キャベツ、マンゴーの有機農業実践圃場(以下、有機)と近隣の減農薬農業圃場(以下、減農薬)、慣行農業圃場(以下、慣行)の大型土壌動物相について調査を行った。静岡キャベツ圃場では中型土壌動物相、とくにササラダニ類についても調査を行った。

北海道ブドウ圃場、静岡キャベツ圃場、沖縄マンゴー圃場と各周辺林から、それぞれ932個体、977個体、862個体の大型土壌動物を収集し分類した。大型土壌動物の総個体数や重量密度では、静岡のキャベツ圃場や沖縄のマンゴー圃場で有機が慣行より高い傾向にあったが、北海道のブドウ圃場では慣行が有機より高いか同等程度であった。出現群数や多様性指数では、静岡キャベツ圃場の多様性指数を除いたいずれにおいても、慣行に比べ有機で高い傾向となった。気候帯にかかわらず、おおそ有機農業実践圃場は慣行農業に比べて大型土壌動物相が豊かであることが示された。しかし、米糠など易分解性の有機物が施用されたり、有機物施用量が多い場合はヒメミズやミズ類の個体数が増加し、農法にかかわらず総個体数や重量密度が増加したり、多様性指数の低下を招くことが示唆された。

大型土壌動物の目科レベルの個体数は、北海道ブドウ圃場ではクモ類やオサムシ類が、静岡キャベツ圃場ではミズ類やワラジムシ類、オサムシ類、甲虫幼虫が、沖縄マンゴー圃場ではワラジムシ類やゴキブリ類が慣行に比べ有機で高い傾向にあり、それぞれの気候帯において有機農業の指標生物となりうると考えられた。

中型土壌動物では静岡キャベツ圃場と隣接草地からササラダニ類を1,599個体収集し、種レベルまで分類した。ササラダニ類の総個体数、出現種数、多様性指数のいずれにおいても慣行に比べて有機で高く、出現種数では有意差がみとめられた。種レベルの個体数では、自然評点の高い

フトツツハラダニやフトゲナガヒワダニが有機農業圃場でのみ検出され、自然評点の低いトウキョウツブダニが慣行農業圃場で多く生息していたことから、化学肥料による栽培は自然の豊かさを低下させることが示唆された。

ササラダニ類の種レベル個体数と土壌化学性をもとに、正準対応分析法（CCA）による解析を行ったところ、慣行と有機との違いは土壌のECや全炭素の違いが、草質堆肥区と牛糞堆肥区との違いはpHや有効態リン酸の違いが影響していると示された。

## 1. 緒言

地球環境や自然環境の悪化により生物多様性の危機が進み、世界では2万種を超える野生の動物や植物が、深刻な絶滅の危機にさらされている。地球の生物多様性の劣化を示す「LPI: Living Planet Index（生きている地球指数）」は、1970年時点と比較して、世界平均で52%も低下している（WWF 2016）。長い地球の歴史の中で、これまでも生きものの絶滅は起こってきたが、現在はかつてないスピードで進んでいるとも指摘されている（環境省 2012）。生きものが一度絶滅してしまうと、二度と地球上に戻ることはない。それぞれの生きものは自然の中で互いに密接につながっているので、ある生きものの絶滅によって生態系のバランスが崩れ、自然環境全体に大きな影響を与える。

一方、農業と地球環境・自然環境との関係性での視点では、農業は本来、農業生態系に生息する多様な生物から恩恵（生態系サービス）を受けて成り立っている。例えば、有機物を分解して作物に養分を供給する土壌動物や微生物、病害虫の発生を抑制する天敵生物、忌避作用のある植物などがあげられる。わが国の耕地面積は456万ヘクタールに及ぶが、農業の集約化や大規模化に適応した慣行農業（化学肥料と農薬を施用した農業）が主流であるため、農地生態系は生物多様性にきわめて乏しいものとして扱われてきた。一方、有機農業や自然農法は、自然循環機能の維持増進を図る栽培管理方法であり、生態系サービスを活用した農業とも考えられる。近年では、環境保全の視点から持続可能な農業の重要性が指摘され、有機農業や自然農法を実施する農家が増えてきており、国も支援をはじめている。

自然循環機能を担う土壌の分解系は、微生物と土壌動物の相互作用によって成り立っている。有機物の分解は微生物の働きによるが、土壌動物は有機物の粉碎や微生物の摂食などを通して分解速度を増加させ、そこに生育する植物の成長を促進する（Wardle 2002、金子 2007）。また、土壌動物は環境の変化に敏感に反応し、その種や群の組成を変化させることから、環境指標生物として利用されている（青木 1995、Lavelle *et al.* 1997、Paoletti 1999）。

近年、日本の幾つかの地域では絶滅危惧種であるトキやコウノトリを保護するため、農薬や化学肥料を使用しない、あるいは使用量を制限した農業が取り組まれている（上田 2011、水野 2013）。これらから、有機農業の実践は慣行農業のそれに比べて、野生の鳥の餌となる土壌生物の生息を保全する作用があることが予測される。既に我々は有機農業のモデル圃場における土壌微生物群集構造を解析し、その特徴について報告している（Tabuchi *et al.* 2008）。しかし、土壌動物に関する調査研究はあまり行われておらず、アジア圏における調査研究はさらに少ない。

本研究では、アジアモンスーン地域の中で、亜寒帯（北海道）、温帯（静岡）、亜熱帯（沖縄）など異なる気候帯の有機農業実践圃場を対象とした土壌動物相の調査を行い、慣行農業との違いを明らかにし、同時に土壌の理化学性を調査し、土壌環境との関係性について解析を試みることにした。

## 2. 材料と方法

### 2-1. 調査地とその栽培内容

調査地は、亜寒帯地域として北海道二木町・余市町、温帯地域として静岡県伊豆の国市、亜熱帯地域として沖縄県大宜味村に位置する農耕地および周辺の林地または草地とし（図1）、栽培作目、栽培概要については表1に示した。

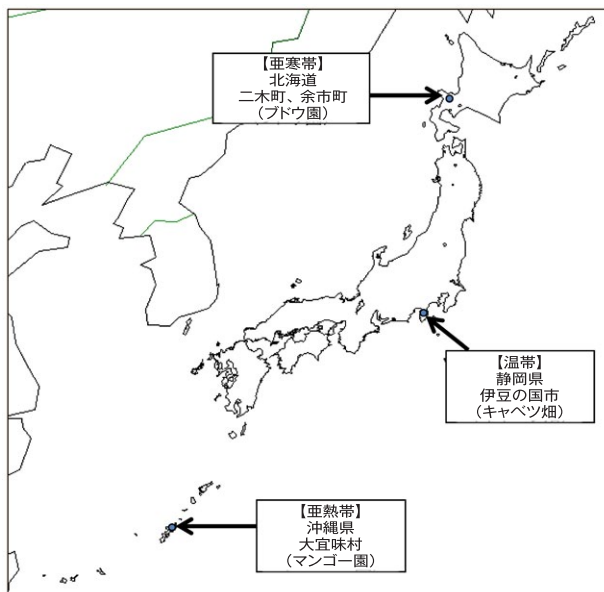


図1. 土壌動物調査の対象地

表1. 土壌動物調査の対象地と耕種概要

気候帯	作目/地域	栽培内容or処理区	化成肥料(kg/10a)	有機物(kg/10a)	農薬(回数)	調査時期
亜寒帯	ブドウ (北海道二木町・余市町)	有機1	—	米糠100	—	'17.8.16-19
		有機2	—	米糠60、油粕・魚粕133	—	
		減農薬	8-7-6(有機50%配合)	8-7-6(有機50%配合)	殺虫:1, 殺菌:1	
		慣行	16.8-12.0-15.6	牛糞貝残さ堆肥1t/10a	殺虫:3, 殺菌:4	
温帯	キャベツ (静岡県伊豆の国市)	有機1(草質堆肥区)	—	草質堆肥+培養土15-19-6	—	'17.6.22
		有機2(牛糞堆肥区)	—	牛糞堆肥15-19-27	—	
		慣行(化学肥料区)	高度化成24-19-24	—	—	
亜熱帯	マンゴー (沖縄県大宜味村)	有機1	—	—	—	'17.11.23-26
		有機2	—	牛糞堆肥1.5t/10a(前年9月)	—	
		減農薬	17.1-24.0-17.1(有機配合)	牛糞堆肥2t/10a2.3年に1回	殺虫:4, 殺菌:4	
		慣行	8.0-12.5-9.0(有機配合)	—	殺虫:8, 殺菌:8, 除草:2	

※ いずれの気候帯においても周辺林地の調査を行った。温帯では隣接草地の中型土壌動物調査も行った。

### 2-2. 土壌動物調査

#### (1) 大型土壌動物

大型土壌動物は、対象となる圃場の株間または条間に25cm×25cmの方形枠を3か所設置し、深さ0-5cm(枠内の地上部の雑草や有機物を含む)、5-10cm、10-15cmの土壌を採取して、ハンドソーティング法により採取した。採取した土壌動物は、実体顕微鏡で形態を観察し、青木の方法(1995)及び図解検索(青木 2015)を用いて、目または科に分類し、個体数とアルコール湿重を測定した。

## (2) 中型土壤動物

中型土壤動物の調査は、温帯地域のみで実施した。対象となる圃場の条間から20cm<sup>2</sup>×5cmのコアサンプラーで2連×3反復、計6か所ずつ採取し、ツルグレン法により抽出した。採集した土壤動物は実体顕微鏡で形態を観察し、青木の方法(1995)及び図解検索(青木 2015)を用い亜目に分類し、個体数を測定した。ササラダニ類はプレパラートにし、光学顕微鏡で形態を観察し、種まで分類し個体数を測定した。

### 2-3. 土壤理化学性の分析

ハンドソーティング法の際に得られた、2mmの篩を通過した土壤を深さ0-15cmで均等に混合させ、既存の方法により各種土壤理化学性を測定した(土壤環境分析法編集委員会、1997)。つまり、含水率は乾燥減量法、pH(H<sub>2</sub>O)はガラス電極法、EC(電気伝導率)は電気伝導率計による測定法、全窒素・全炭素含量は乾式燃焼法、有効態リン酸はトルオーグ法により測定した。

### 2-4. 統計処理

平均値、標準誤差値はMS-Excel 2013(マイクロソフト 東京)、Tukey検定にはMEPHAS(大阪大学大学院薬学研究科 大阪大学遺伝情報実験センター 2002)を用いた。非計量多次元尺度構成法(NMDS)、正準対応分析法(CCA)にはR(version 3.1.2 Pumpkin Helmet 2014)を用いた。

## 3. 結果

### 3-1. 大型土壤動物

#### 3-1-1. 個体数、重量密度、出現群数、および多様性指数

北海道ブドウ圃場と周辺林、静岡キャベツ圃場と周辺林、沖縄マンゴー圃場と周辺林から、それぞれ932個体、977個体、862個体の大型土壤動物を収集し分類した。これら大型土壤動物の総個体数、各目科レベルの個体数、そして重量密度を表2に、出現群数と多様性指数を図2に示した。

北海道ブドウ圃場では、総個体数と重量密度は有機2と慣行で高く、減農薬で低い傾向であったが、有意差は認められなかった(表2)。出現群数と多様性指数では、慣行に比べ有機において高い傾向がみられ、多様性指数では有意差がみとめられた(図2)。

静岡キャベツ圃場では、総個体数と節足動物の重量密度において、慣行に比べ有機1で有意に高かった(表2)。出現群数では、慣行に比べ有機において高い傾向がみられたが、有意差はみとめられなかった。多様性指数では有機1が慣行に比べ低い傾向であった(図2)。

沖縄マンゴー圃場では、総個体数と重量密度において、有機2が慣行より有意に高かった(表2)。出現群数と多様性指数では、慣行に比べ有機において高い傾向がみられ、出現群数では有意差がみとめられた(図2)。

目科レベルの個体数では、北海道ブドウ圃場でクモ目やオサムシ亜科が慣行に比べ有機で高く、静岡キャベツ圃場ではミズ類やワラジムシ目、オサムシ亜科、甲虫目幼虫が慣行に比べて有機で高い傾向にあった。沖縄マンゴー圃場ではワラジムシ目やゴキブリ目が慣行に比べ有機で高い傾向にあった。

表2. ハンドソーティング法による北海道、静岡、沖繩の大型土壤動物生息密度(個体数/m<sup>2</sup>)及び重量密度

網	目・科	北海道ブドウ(亜寒帯)				静岡キャベツ(温帯)				沖繩マンゴー(亜熱帯)			
		林地	有機1	有機2	減農薬	林地	有機1	有機2	減農薬	林地	有機1	有機2	減農薬
ミミズ網	ヒミズ科	123	203	389	11	1008	32	1152	107	32	37	405	
	ミズ類	235	91	224	75	197	443	43	48	224	5	53	59
クモ網	クモ目	64	133	37	16	5	107	16	5	27	32	27	48
ムカデ網	ジムカデ目	32					165	11	27	21	27	16	5
	イシムカデ目	27	27	64	69	43	37	11	5	21	11	5	
ヤスデ網		43		144			112			16	5	224	11
	ワラジムシ目	32					37	43	11	48	1147	752	48
甲殻網	コキアリ目		11		11					32	1248		5
昆虫網	カメシ目	16	21			5	5		5	11	16		16
	ハネカク科	133	128	21	16	37	11	37	53	21	11	11	37
	オサムシ亜科	43	213	53	75		16	48	32	11	11		
	他の甲虫目		5		16	16	32	5	16	5	69	5	11
	甲虫目幼虫	59	37	32	27	16	27	53	21	16			
	ハエ目幼虫	11	16	37	21	11	48	11	5	27			21
	チョウ目幼虫	32	11	11	5		48			16	48		
総個体数計 (/m <sup>2</sup> )		875	907	1035	357	1339	1253	1445	341	411	1461	2432	592
重量密度 (g/m <sup>2</sup> )	マカイ網+ミズ網	19.2	9.9	35.1	1.37	25.5	6.0	13.5	5.5	25.1	1.9	28.3	2.8
	節足動物	3.5	2.6	2.2	2.5	0.6	4.5	5.9	2.1	3.2	9.2	37.3	0.7
	動物計	22.7	12.5	37.3	3.90	26.2	10.6	19.4	7.6	28.3	11.1	65.6	3.1

※ 数値は3反復の平均値

※ 分類別の個体数は全ての気候帯の総合計が50個/m<sup>2</sup>以下となるものは記載を省略した。

※ 社会性昆虫であるアリは、採取場所近辺に巢の有無がデータのバラつきに大きく影響するため、今回は除いた。

※ 異なる文字間に有意差があることを示す (p<0.05, Tukey-Kramer 多重検定)。

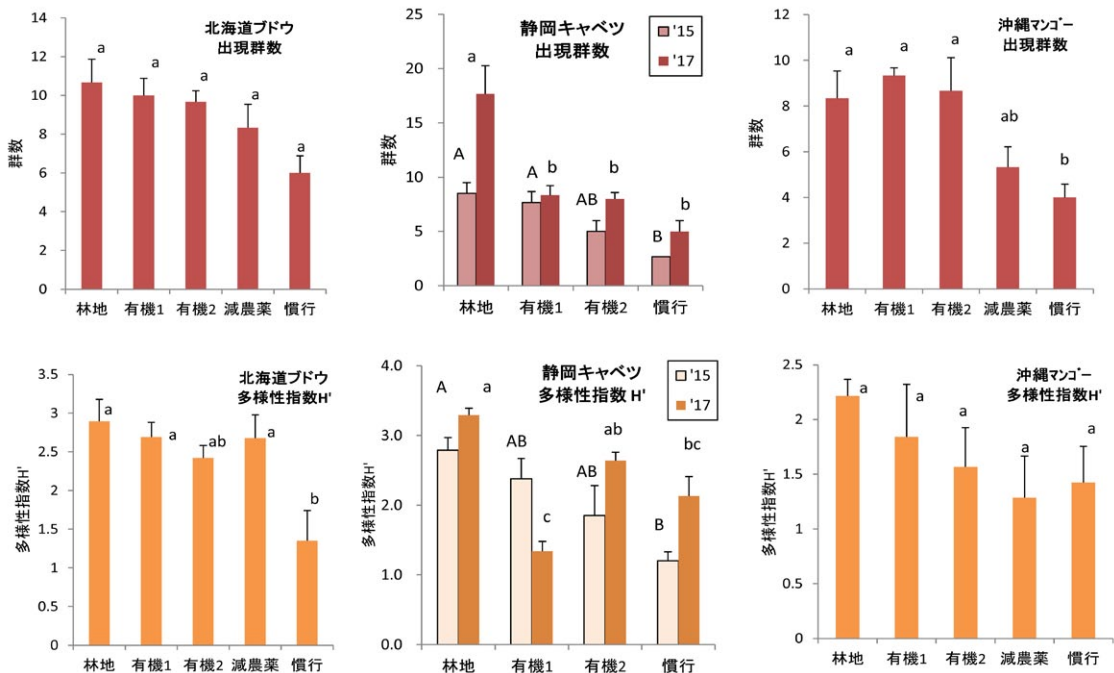


図2. ハンドソーティング法による大型土壌動物の出現群数及び多様性指数

※ 数値は3反復の平均値±標準誤差。

※ 静岡県キャベツには2015年度と2017年度の結果を示した。

※ 大文字・小文字内で異なる文字間に有意差があることを示す (p<0.05、Tukey-Kramer 多重検定)。

### 3-2. 中型土壌動物

#### 3-2-1. ササラダニ類の個体数、出現種数、および多様性指数

静岡県キャベツ圃場と隣接草地から、1,599 個体のササラダニ類を収集し種レベルまで分類した。これらのうち、農耕地のササラダニ類の個体数を表3に、草地を含めた出現種数と多様性指数を図3に示した。

ササラダニ類の総個体数、出現種数、多様性指数のいずれにおいても慣行に比べて有機で高い傾向にあり、出現種数では有機1と慣行の間に有意差がみとめられた(表3、図3)。

種レベルの個体数では、フトツツハラダニとフトゲナガヒワダニが有機1と有機2にはみられたが、慣行では検出されなかった。一方、トウキョウツブダニは有機に比べ、慣行で高い傾向であった。

#### 3-2-2. 多変量解析

ササラダニ類の種レベル個体数をもとに非計量多次元尺度構成法(NMDS)による解析と、環境因子として土壌化学性を用い、正準対応分析法(CCA)による解析を行った。CCAの結果を図4に示す。

CCAの結果、有機1、有機2、慣行の各反復プロットは、それぞれの処理区ごとに分かれてプロットされた。第1軸の正方向に慣行が、負の方向に有機がプロットされ、第2軸の正方向に有機1が、負の方向に有機2がプロットされた。ササラダニは、フトツツハラダニやチビマドダニは有機2付近にプロットされ、フトゲナガヒワダニやヤマトチビマドダニは有機1付近に、トウキョウツブダニやヒメハラミゾダニは慣行付近にプロットされた。土壌化学性のうち、第1軸の正方向にECが、負の方向に全炭素が影響し、第2軸の負の方向にpHが、第1軸と第2軸の負の方向の中間に有効態リン酸が影響していた。

表3. ツルグレン法による静岡キャベツ圃土壌のササラダニ成虫個体密度

ササラダニの種名	青木(2015) の分類群※	有機1	有機2	慣行
フトツハラダニ	A	4753	27672	
フトゲナガヒワダニ	B	17486	2207	
ヒメハラミゾダニ	C		170	2207
ナキナタマトダニ	C	1698	170	
クワガタダニ	D	4074	5093	3395
ナミツブダニ	D	679	340	2716
トウキョウツブダニ	E	5263	2207	18674
ヒメナガヒワダニ	N	29879	24786	4414
ノベオトヒメダニ	N	1019		
チビマトダニ	N	1698	5093	849
ウモウチビマトダニ	N	1188	170	
ヤマトチビマトダニ	N	5772		
オヒメダニ科の一種	N	340	2886	1019
ハネツナギダニ科の一種	N	1019	170	849
総個体数 /m <sup>2</sup>		74,866	70,962	34,123

※ A群(自然林や神社林を主体に生息する種)、B群(自然林から二次林にかけて生息する種)、  
C群(二次林を中心に生息する種)、D群(さまざまな環境に幅広く生息する種)、  
E群(人工的環境に多く生息する種)、N(不明)

※ 種別の個体数はすべての農耕地の総合計が1000個/m<sup>2</sup>以下となるものは記載を省略した。

※ 異なるアルファベットは処理区間に有意差があることを示す  
( $p < 0.05$ 、Tukey-Kramer 多重検定)。

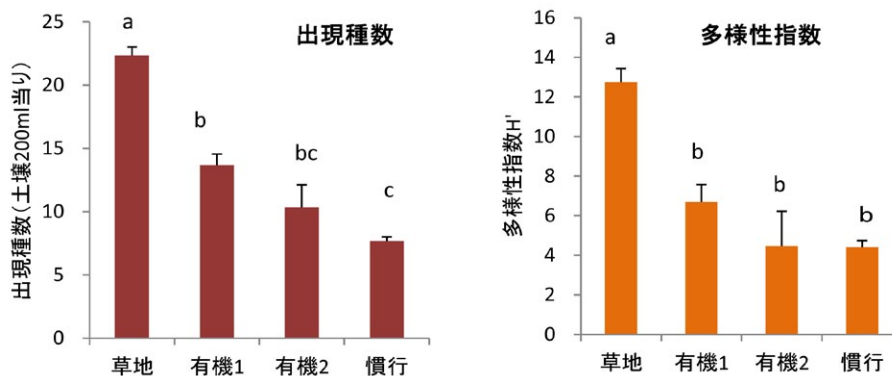


図3. ツルグレン法によるササラダニの出現種数及び多様性指数(静岡、2017年)

※ 数値は3反復の平均値±標準誤差

※ 異なる文字間に有意差があることを示す ( $p < 0.05$ 、Tukey-Kramer 多重検定)。

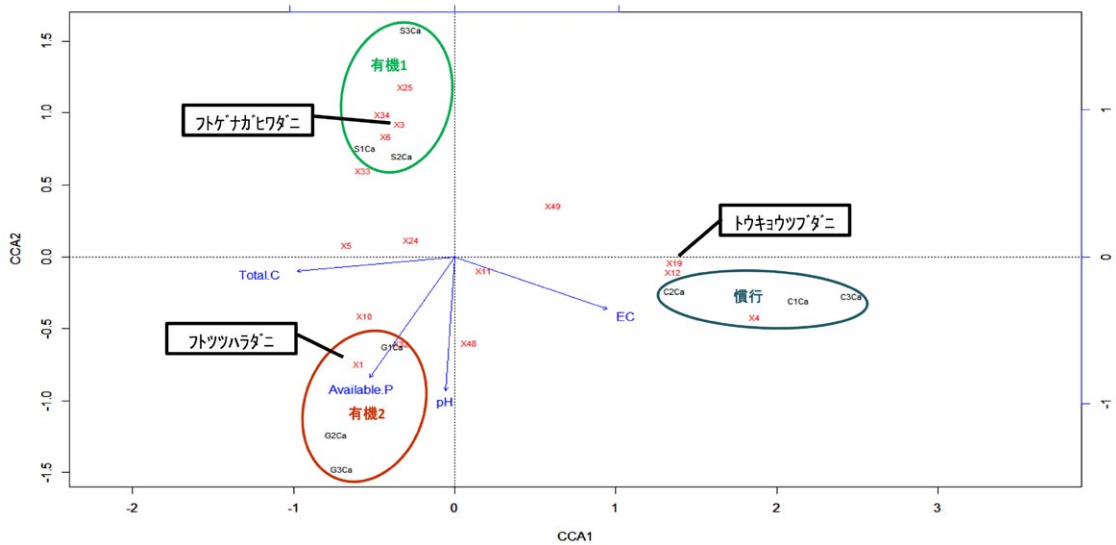


図4. 正準対応分析 (CCA) による土壌の理化学性とササラダニ類の多様性の関係 (静岡キャベツ圃場, 2017年度)  
 S1Ca~S3Ca: 有機1、G1Ca~G3Ca: 有機2、C1Ca~C3Ca: 慣行  
 Xの番号はササラダニ類の種番号を示す

1. フトツハラダニ、3. フトゲナガヒワダニ、4. ヒメハラミジダニ、5. ケバカツツハラダニ、10. ウスイロヒメヘソイレコダニ、  
 11. クワガタダニ、12. ナミツダニ、19. トウキョウツブダニ、24. ヒメナガヒワダニ、25. ノオトヒメダニ、32. チビマダニ、  
 33. ウモウチビマダニ、34. ヤマトチビマダニ、48. オトヒメダニ科の一種、49. ハネツナギダニ科の一種

## 4. 考 察

### 4-1. 大型土壌動物

#### 4-1-1. 個体数、重量密度、出現群数、および多様性指数

大型土壌動物の総個体数や重量密度は、北海道ブドウ圃場以外は、慣行に比べ有機で高い傾向であった。これらから、有機農業実践圃場では慣行農業に比べて大型土壌動物の生息密度が高いことが示唆された。今回の調査では北海道ブドウ圃場の慣行は例外となったが、ヒメミズやミズ類の個体数が高かったことが影響していた。調査対象地の栽培概要をもとに、有機物施用量と大型土壌動物総個体数や重量密度との関係を見たところ、施用される有機物重量と大型土壌動物の総個体数、施用される有機物重量と重量密度は正の相関を有していた (図5)。今回の北海道ブドウ圃場では施用されている有機物の種類はそれぞれ異なるが、その施用量が慣行農業で最も多かったことがヒメミズやミズ類の個体数に反映したと推察された。

出現群数と多様性指数については、静岡キャベツ圃場の多様性指数以外は、慣行農業に比べ有機農業において高い傾向であった。これらから、有機農業実践圃場では慣行農業に比べて大型土壌動物の多様性が高いことが示唆された。静岡キャベツ圃場の多様性指数で、他の異なる傾向がみられた要因は、有機1でヒメミズの個体数が極端に高かったためと考えられた。静岡キャベツ圃場の有機1では、2016年からそれまで使用していなかった米糠を発酵処理などを行わずに施用されており、その年からヒメミズ個体数が増加している。生の米糠を施用する以前の2015年は慣行に比べ有機1で高い傾向にあり、出現群数では有意差があった (図2)。未熟な有機物の施用はヒメミズなど特定の土壌動物を増加させ、多様性指数を低下させることが示された。



目科レベルでの調査結果から、有機農業の指標となりうる大型土壌動物は、亜寒帯の北海道ブドウ圃場ではクモ類やオサムシ類が、温帯の静岡キャベツ圃場ではミミズ類、ワラジムシ類、オサムシ類、甲虫幼虫が、亜熱帯の沖縄マンゴー圃場ではワラジムシ類やゴキブリ類であった（表2、表4）。亜寒帯から温帯の共通指標としてはオサムシ類が、温帯から亜熱帯の共通指標としてはワラジムシ類が考えられた。青木は西南諸島の森林における分解を担う土壌動物として、ゴキブリが主力であると述べており（青木 2010）、今回はマンゴー圃場ではあるが同様な結果となった。

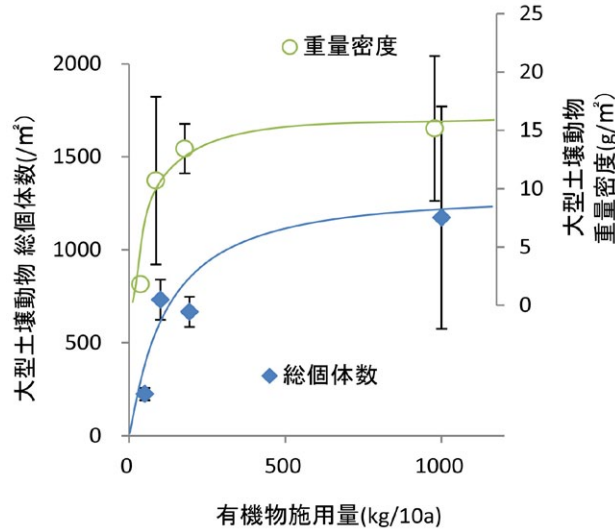


図5. 有機物施用量と大型土壌動物総個体数や重量密度の関係（北海道ブドウ圃場）  
垂直線は標準誤差

## 4-2. 中型土壌動物

### 4-2-1. ササラダニ類の個体数と環境評価

ササラダニ類はトビムシと並び、中型土壌動物の中で個体数が多く、国内に約750万種、世界で約1万種と多様性の高い生物群である。青木（2010）は、環境適応性の違いによる日本産ササラダニ類100種を、A群（自然林や神社林を主体に生息する種）からE群（人工的環境に多く生息する種）の5段階に分類し、「自然の豊かさ」を示す評点とする環境評価方法を開発している。

静岡キャベツ圃場で、フトツツハラダニとフトゲナガヒワダニが有機では検出され、慣行では検出されなかった。青木による環境評価方法では前者がA群（前出）、後者がB群（自然林から二次林にかけて生息する種）と自然評点が高い群に分類されている。一方、有機に比べ慣行で個体密度が高かったトウキョウツブダニは、評点の最も低いE群に分類されていた。静岡キャベツでは有機1は草質堆肥区、

表4. 本調査から得られた有機農業における指標土壌動物

気候帯	場所・作物	指標土壌動物	
		大型土壌動物	ササラダニ類
亜寒帯	北海道・ブドウ	クモ類、オサムシ類	-
温帯	静岡・キャベツ	ミミズ類、ワラジムシ類、オサムシ類、甲虫類（幼虫）	フトツツハラダニ、フトゲナガヒワダニ、ヒメナガヒワダニ （トウキョウツブダニは慣行農業で多い）
亜熱帯	沖縄・マンゴー	ワラジムシ類、ゴキブリ類	-

有機2は牛糞堆肥区、慣行は化学肥料区であることから、化学肥料による栽培は、草質堆肥や牛糞堆肥による栽培に比べて、圃場における自然の豊かさを低下させることが示された。新しい指標としては、ヒメナガヒワダニが慣行に比べ有機で個体密度が高い傾向にあった。このヒメナガヒワダニはAからE群のいずれにも属していなかったため、有機野菜畑での新たな環境指標となるかもしれない。

#### 4-2-2. 多変量解析

ササラダニ類の種レベル個体数と土壤化学性とのCCAによる解析結果では、有機1、有機2、慣行は各処理区ごとに分かれてプロットされた。このことから、キャベツ圃場への化学肥料施用や施用される堆肥の種類によって、ササラダニ類は異なった種構成を有することが示された。土壤化学性因子の結果から、化学肥料区と堆肥区との違いにはECや全炭素の違いが影響し、草質堆肥区と牛糞堆肥区との違いはpHや有効態リン酸の違いが影響していることが示唆された。

今回の調査では、亜寒帯地域として北海道、温帯地域として静岡、亜熱帯地域として沖縄を選定し、ブドウ、キャベツ、マンゴーの有機農業圃場を対象に土壤動物相について調査した。気候帯ごとに栽培作物が異なるため、気候帯の違いによる比較は難しいが、それぞれの作物内ではできるだけ比較可能な近隣の圃場を選定し、施肥や栽培管理以外は同様な条件の調査地を選定した。北海道ぶどうの有機1のみ、他と異なる土壤型であったが、静岡は本研究所の長期栽培試験圃場であり、沖縄のいずれの調査地も同様な土壤型であった。また、有機圃場を複数選定したり、現地生産者圃場を調査する場合は有機農業と慣行農業の中間的な管理を行う減農薬農業も調査することで、同じ気候帯での比較に矛盾がないかチェックできるように設計した。

今後は、今回調査できなかった熱帯地域を対象に、統一した作物での調査や有機物分解など土壤動物の機能性についても評価し、気候帯ごとの特性や共通性をさらに精査していきたい。

## 5. まとめ

アジアモンスーン地域として、北海道（亜寒帯）、静岡（温帯）、沖縄（亜熱帯）を選定し、それぞれブドウ、キャベツ、マンゴーを栽培している有機農業実践圃場と近隣の減農薬圃場、慣行圃場の大型土壤動物相について調査を行った。静岡キャベツ圃場では中型土壤動物相、とくにササラダニ類について種レベルでの調査を行った。

その結果、有機農業実践圃場における大型土壤動物相の特徴は、慣行農業に比べ総個体数や重量密度、出現群数、多様性指数が高い場合が多かった。しかし、慣行農業でも有機物施用量が多い場合は、総個体数や重量密度が高くなること、有機農業でも易分解性有機物が施用された場合はヒメミズなどが多発し、多様性指数を低下させるケースもみられた。目科レベルでの個体数より、有機農業の指標生物として、北海道ブドウ圃場ではクモ類やオサムシ類が、静岡キャベツ圃場ではミズ類やワラジムシ類、オサムシ類、甲虫幼虫が、沖縄マンゴー圃場ではワラジムシ類やゴキブリ類が適することが示された。

ササラダニ類は、慣行農業に比べ有機農業で総個体数や出現種数、多様性指数が高い傾向にあった。種別の個体数では、自然評点の高いフトツツハラダニやフトゲナガヒワダニが有機農業圃場にだけ検出され、自然評点の低いトウキョウツブダニが慣行農業圃場で多く生息していたことから、化学肥料による栽培は自然の豊かさを低下させることが示唆された。

## 6. 謝 辞

本研究は、公益財団法人アサヒグループ学術振興財団からの助成を受け実施されました。北海道および沖縄では調査地として農家圃場を提供いただきました。静岡キャベツ圃場については、当研究所の農業大学校の職員と学生に管理していただきました。関係各位に深く感謝申し上げます。

## 7. 引用文献

- 青木淳一 編 (2015), 日本産土壌動物第二版 分類のための図解検索. 東海大学出版会, pp. 1984.
- 青木淳一 (2010), 新訂土壌動物学. 北隆館, pp. 797.
- 青木淳一 (1995), 土壌動物を用いた環境診断. 千葉県環境部, 197-263.
- 土壌環境分析法編集委員会 (1997), 土壌環境分析法. 博友社, 東京.
- 金子信博 (2007), 土壌生物の多様性と生態系機能. 土壌生態学入門, p.153-174, 東海大学出版会, 秦野.
- 環境省 (2012), 日本の絶滅危惧種と生息域外保全. 自然環境・生物多様性, (2018/12/5 アクセス), <https://www.env.go.jp/nature/yasei/ex-situ/step0.html>
- Lavelle P, Bignell D, Lepage M 1997: Soil function in a changing world. The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.*, **33**, 159-193.
- 水野亮 (2013), トキ野生復帰の取り組みが農業に与えた影響, 水資源・環境研究, **26**, 7-14.
- 大阪大学大学院薬学研究科 大阪大学遺伝情報実験センター (2002), 多重検定: Tukey の方法. MEPHAS, (2018/12/5 アクセス), <http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/MEPHAS/tukey.html>
- Paoletti MG 1999: Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **74**, 1-18.
- Tabuchi H, Kato K, Nioh I 2008: Season and soil management affect soil microbial communities estimated using phospholipid fatty acid analysis in a continuous cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) cropping system. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **54**, 369-378.
- 上田貴昭 (2011), コウノトリをシンボルとした環境保全活動と町づくりに関する研究: 福井県越前市の取り組みと豊岡市の役割. 平成 22 年度 豊岡市コウノトリ野生復帰学術研究奨励補助制度報告書. 47p.
- Wardle DA 2002: Communities and ecosystems. Linking the aboveground and belowground components. Princeton University Press, Princeton and Oxford, pp. 392.
- WWF 2016, Living Planet Report 2016, (2018/12/5 アクセス)  
[http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/lpr\\_2016/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/lpr_2016/)