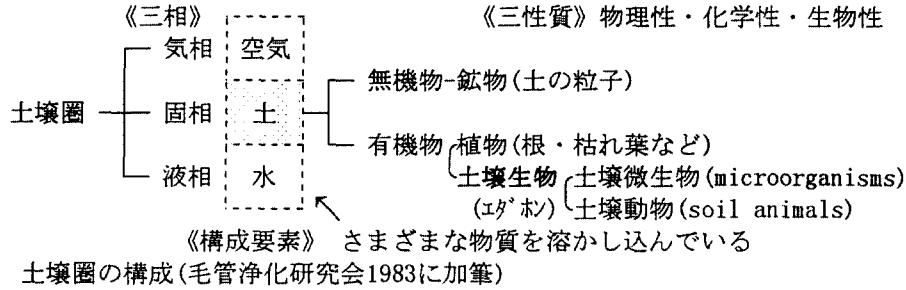


土壌動物と農業

中村好男(日本・東北農業試験場)

①土壌圏：構成と機能

土壌動物の生息場は、土壌圏である。地球の表面を覆うその薄い層は生命の塊である。その構成は：



②つまり土壌圏とは

土壌圏は森林生態系すなわち動植物などの生命を産み出し、川の水を産み出し、魚(海の生物)を育て、そして我々人類を育てる。

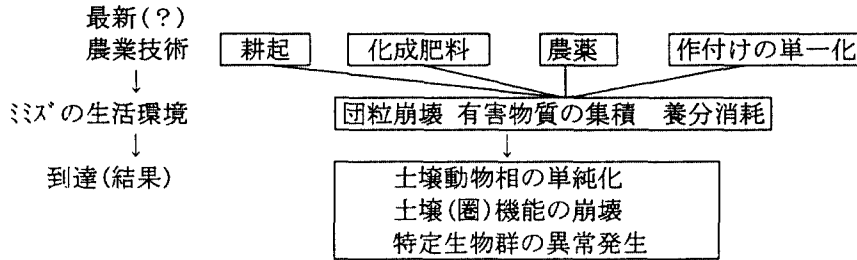
③土壌動物はその土壌圏をつくり支えるもの

農業生態系において例をあげると、次のように3機能と土のいきものの生活が有機的に関連する：

【現場の現象】	【三機能】(有機的関連)	【土のいきものの生活】
大豆・リンゴの成長(生産)	←	ミミズがふんをする
堆肥・枯葉の消失(分解)	←	カビが生え、ミミズが食べる
雨水・空気の浸透(調整)	←	ミミズが孔をあける
病気・害虫の抑制(調整)	←	ミミズがセチュウや大腸菌を食べる
産熱エネルギーの放出(調整)	←	ミミズが生きている

④土壌動物を無視した農法がもたらす問題

要因：攪乱(農作業:裸・耕起・化学物質・重圧)→雑草防除・病虫害防除・栄養補給
 化学化・機械化



④-1 土壌圏の荒廃

土壌動物の種類組成や密度は、植生に大きく影響される(例:日本の北部、石狩浜(北海道):中村・山内、未;Fujioka 1972)。また土地利用形態にも大きく影響を受ける(例:日本の中部栃木県;中村 1972)。

一般的に土壌動物は林地→草地→耕地の順に組成が貧弱に、密度が低い。つまり耕地の環境(土壌動物にとって)は単純である。単純は、その管理が容易である反面暴走しやすく、その代償として失ったものが多いことは現在の農業をめぐる情勢(例えば土壌劣化に伴う生産力低下、土壌汚染、環境負荷など)にあらわれている。

	林地	草地	耕地
	自然土壌→		→人工土壌
④ 土壌有機物量	減少
土壌動物群集多様性	低下
課題の発生源	無施肥	無耕起	化性肥料/農薬
	:	根群層/糞	無機物
検討課題	循環	循環	有機物

いろいろな生態系における土壌動物をめぐる特徴(中村 1986)

④-2 食べ物の安全度低下

健康な体は、健全(健康)な食べ物、つまり健全(健康)な作物に依存し、さらに健全(健康)な作物は『健全(健康)な土』から生産される。健康な食べ物は、次の性質を示すと考える：

◎特性のある内容(トマトはトマトらしい)◎きっちりした組織(煮くずれし難い)◎劣化がおそい(長期間の保存可能)。
 しからは『健康な土』とはどのようなものであろうか。言うまでもなく、農業(経営)は、短期的収益(利益)を追求するのではなく、永続的な食糧生産という社会的要請に応えるものでなければならない。その社会的責務を果たすという視点を踏まえて『健康な土』を定義すれば：
 『高い土地生産性が永続し、無機有機成分が程良く、土壌圏の機能の正常な土』(中村 1990)。

④-3 公害発生

④-4 経費増大(農業経営のための設備費、医療費、福祉費等々)

病気をひきおこす心身状態、先天性障害、また後天的障害をもたらす事故を誘引する心身の状態などは、その大半が食べ物の質と食べ方に起因する、と考えられる。

⑤ 日本の農業の現況

化学物質の許容性からの区分(○:許容;×:不許容)

対象物質\農法	日本で普及している概念					私の提唱
	自然農法	有機農法	生態系調和型農法	水耕栽培	従来型	土壌圏活用型農法
農薬	×	×○	○	×○	○	×
化成肥料	×	×○	○	○	○	×

各生態系における推進(重点)項目

対象生態系	自然農法	有機農法	生態系調和型農法	土壌圏活用型農法
水田	有機物 微生物	合鴨	直播 無耕起	有機物 生物
畑	有機物 微生物	無耕起	無耕起	有機物 生物
果樹	有機物 微生物	草生	草生	有機物 生物

⑥土壌動物の存在を尊重する農法とは土壌圏活用型農法

土壌圏活用型農法～私(土壌動物の観点から)なりの定義

『土壌機能維持回復のための輪作体系や、多品目栽培および作物残さ・有畜による堆きゅう肥の利用、共生植物や天敵利用による生物的防除など。』

とくに土壌動物に関連して『豊かな構成と正常円滑な機能を有する土壌圏維持のための諸々の攪乱因子の排除』
 これに対する疑義への回答は十分でない～その理由は問題(Question)が多いのではなく、研究課題(Subject)が多い現状による。

疑義の例：哲学的誤まり(農学の哲学)；収量は増加しない(むしろ減少)；質は変化しない(むしろ劣化)；
 作業効率(時間)は短縮されない(むしろ長くなる)

土壌圏活用型農法の具体的内容を、1970年以来日本の農林省の一員として研究してきたことから紹介する。

⑥-1 名寄市(北部 44°25'N, 142°26'E)重粘土(1976-1986年)(藤川ら 1979AB, 中村ら 1979, 中村・藤田 1980, 中村ら 1981, 中村・藤田 1981, 西村ら 1981, 藤田ら 1987, Nakamura 1987, Nakamura & Fujita 1988, Fujikawa 1995)

調査地概況：亜寒帯気候区(年最高32.5、最低-36.2、年平均5.1℃、年降水量1200mm)

調査区面積：100m x 60m(1976-1977)→300m x 20m(1978)→100m x 20m(1979-1985)(1反復)

処理条件：大型機械年7-12回(耕起・整地・除草・播種・収穫用)；無農薬・無化成肥料；作物残さ還元；畝間に牧草や燕麦播種、熊笹堆肥・落葉・豆殻・麦藁施用；作物は毎年変更結果

作物：収量は初年目(1976)皆無、1977は農協目標60%、1978は刈り倒し、1979-1982は農協目標50%以下、1983は農協目標と同じ、1984-1985は農協目標の50-70%。質は豆(品種:金時)の粒が大きくなる(55.0→90.5g/100粒)。

土壌(圏)：

物理性・三相分布、容積重、含水量ともおおきな変化はなかった。

化学性・CEC値とK₂O含量が減少傾向、その他は傾向不明確であった。

生物性・年4回(春・夏・秋・厳冬)調査。

大型動物類：10年で計49群(種属科目)1723個体採集され、個体数割合が10%以上であったのは蜘蛛(17.1%)ゴミムシ(21.4%)百足(12.3%)ハネカクシ(15.4%)であった。個体数、湿重量及び動物類数とも最大値が春以外にあらわれた年度が多く、また最小値が春にあらわれた年度が多かったなど季節消長がみられた。しかし、調査枠間の変異幅が大きく個体数及び湿重量とも年度経過とともに増加あるいは減少するという傾向はなかった。食性別(捕食性、植食性、腐食・微生物食性)の個体数では捕食性の占める割合の高い季節が多かった。湿重量では腐食・微生物食性の占める割合の高い季節が多かった。これは1個体当たりの重量が高いミミズ類の出現によっていた。ミミズ類は、3種類(いずれもLumbricidae)が採集され、その個体数は厳冬に多かった。3種類のうち*Allolobopora rosea*が畑地で確認できたのははじめてであろう。

中型動物類：湿性群としてEnchytraeids、乾性群としてCollembola、Oribatids、Acari(除Oribatids)の個体

数が多かった。Enchytraeidsの調査は1981-1986に行われ、5624個体採集されたが、そのうち32.0%は同定するには体が小さすぎた。採集された6属のうち*Lumbricillus*の個体数割合が多く、ついで*Fridericia*と*Enchytraeus*であった。これら3属が同定された個体数中の91%を占めた。大形で水性や海浜性種を多く含む*Lumbricillus*が畑地に出現し、しかも個体数が多かった。個体数の季節消長には調査枠間の変異幅が大きく一定の傾向はみられなかった。各年度とも春の個体数が前回(厳冬)に比べ常に少なかった。個体数の多い3属では季節消長がみられ、*Lumbricillus*は春から厳冬にかけて増加、*Fridericia*は春から夏に増加していた。水平分布の状況のうち基本集合度指数は、5cm以下では0より小さい季節が多く、個体間の関係は明確でなかった。ところが0-5cmでは1983厳冬から1984厳冬まで0より大きく個体間の正の集合性を示した。密度集合度指数から小面積内水平空間分布は集中的であった。調査区に隣接した甜菜滓銚混み実験では、滓量の増加に伴いEnchytraeids組成が単純となった。

Oribatidsは31種類、成体20,167個体、未成熟段階1,836個体採集された。このうち12種1亜種は新(亜)種で、別の3種は日本新記録か北海道新記録であった。個体数の多い優占種は4種(*Oribatula sakamorii*, *Punctoribates insignis*, *Oppiella nova*, *Tectocephus velatus*)で、この4種とも最終年の個体数が初年よりも有意に多く、消化管内容物の質は多様の傾向を示しあるいは内容物の量の増加がみられる。しかも春から秋までと厳冬との間の差はみられたにもせよ冬期間の摂食と産卵の可能性の増大が共通に見られ、枠間のばらつきは小さくなっていき、そして種間の関係に特別ひきあいやさけあいがなくなっていった。

固有の現象(4種での比較)

大	<i>Oribatula sakamorii</i>	両性生殖、産卵数最高、最高個体数(/100ml)が最大、耕起の影響無し
型	<i>Punctoribates insignis</i>	体の大きさ最大、個体数最少、産卵春と夏のみ、夏個体数減少、耕起後減少
小	<i>Oppiella nova</i>	体の大きさ最少、個体数最多、種として産卵は春、体の大きさに季節消長(年1世代)
型	<i>Tectocephus velatus</i>	最高個体数(/100ml)が最小、雄無し、周年産卵可能

最終年の4種共通：個体数は有意に多い、消化管内容物は質多様で量増加、冬の摂食と産卵の増大、空間分布の関係の引き合いやさけあいが小さくなる、最高産卵数は夏。

これらOribatids優占種4種の大型種と小型種のちがい：

大型種：体長体幅の変動は2-3年おきの消長、形質の数における異常は退化例が多毛例より多い。1雌が10個も産卵可能。摂食菌糸は細いから太いのに変化。サビ菌冬胞子食べる。集中分布が初年より有意に個体数多くなった。夏から冬に最高個体数。

小型種：geは退化、他は多毛化。1雌が3個産卵可能。摂食物は不定形から定形物質に変化。サビ菌冬胞子食ない。集中分布しているが集合部分はランダムのことあり。冬に最高個体数に達すること無い。調査前半の1978秋と1979春のみ初年より有意に個体数多し。

大型種は小型種よりも食べ物が大きいので畑に粗腐植が蓄積されてきた調査後半に増加してきたのであろう。両性生殖なので環境の変化にも耐える力あり、産卵能力も大きいので厳冬下でも個体群を維持できるのであろう。1世代期間は長いのかかもしれない。

小型種が前半に多かったのは小型で単為生殖のため同一条件の環境下ではそれが良くても悪くても適応が容易であり、しかも食べ物も微小のものでたとえ裸地状態でも繁殖可能であったが、後半に畑の条件が変わってくるとつまり環境が大きく変化しつつある条件下では単為生殖故に、また産卵数が少ないため食べ物を変えるなどのことも含めて再適応に時間がかかったのではないか。他季節より冬多くなれないのもそのためではないか。

*T. velatus*について：

	畑	林(アカエゾマツ-苔林)
体長	313.8±0.76	269.2±1.44
cuspl(遊離棘)	先細	先幅広
ss(胴感毛)	細長	球状
脚の毛	細	太い
an(肛扉毛)数の変異	有	無
ge(性扉毛)数の変異	有	減少
iad(肛側裂孔)	変異多	変異少
異常発生率	10%以下	14-40%
可視消化管内容物	10.9-81.7%	0-14.9%
最大密度(/100ml)	60	100
空間分布	単一とコロニー	コロニー
基本単位の最大面積	160cm ²	300cm ²
個体数	少	多
季節変動	夏>春>秋>冬	冬>春
同種個体間関係	低密度 高密度	ひきあう
	ひきあう さけあう	春は冬より強い
他種個体間関係	ひきあう	さけあう

(Fujikawa 1995, Tab. 5から)

*T. velatus*でみる限り林に比べて畑では、体が大きいということは食べ物は充分にあるが、しかし100ml中の最大個体数が少ないことや同種、異種(*O. nova*)ともさけあうことがない。つまり同一場所にあつまっている傾向は

食べ物となる物質が林でのように多種多様には存在せずに局所的に限られているためではないか。それは繁殖にも十分とは言えず、よって個体数も少なくコロニーの面積も小さいのではないか。単為生殖する *T. velatus* が畑では林よりも異常発生率が少ないのは環境が林に比べれば、より一様で変化が少ないからではないか。それにもかかわらず異常形態の個々の例をみると、種の安定化にかかわるかもしれない。geやanのような形質に変異多く、体表皮の損傷に反応しているというiadの変異も多く、畑の環境条件は *T. velatus* が種として安定するには必ずしも安全で良好とはいえないようにかんがえられる。また畑が暗渠などにより乾燥していくに伴い *cuspa* が反応して細くなってきている。ssが細くなるのは木に登る必要のない環境への適応であろうか。

⑥-2 つくば市(中部 36°01' N, 140°01' E)火山灰(黒ボク)土(1982-1988年)(Nakamura 1988, 1989)

調査地概況：温帯気候区(年最高36.5、最低-2.2、年平均13.7℃、年降水量1300mm)

調査区面積：13.5m x 5.5m(2反復)；作物：陸稲(夏作)小麦(冬作)

区記号	処理条件
A	無耕起+無農薬+有機物被覆(草や広葉樹の堆積物, 半年間野積; 3.4('84)1.7('85)0.8kg('86, '87)/a
B	無耕起+無農薬+無肥料
C	耕起+農薬(DCPA, Simazin)+化成肥料(8-8-8:14kg/a陸稲; 6-9-6:10kg/a小麦)
D	無耕起+農薬(DCPA, Simazin)+化成肥料(8-8-8:14kg/a陸稲; 6-9-6:10kg/a小麦)

結果

作物：収量はA, B区の初年目(1984)がC区の10%以下であった。A区はその後増加し、4年目はC区の73%に達した。

質は測定成分すべてがC区に比べA区で高く、また穂長と千粒重も高かった。玄米として室温貯蔵したところ、C区では米粒そのものにくずれがあり、それに反しA区では変化がなかった。そのアミノ酸はA区はasparagin acidなど67%が検出されたが、C区はglutamin acidとValineが検出されたにすぎなかった。

4年目(1987収穫)の陸稲の生育様相と成分(指数)(中村・未)

処理	成分				生育様相					
	Mg	K	P	Niacin	千粒重	77重	稔実重	茎長	穂長	収量
A	125	103	117	107	120	620	185	191	153	732
B	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100
C	100	100	100	100	104	1116	171	207	146	1000
D	-	-	-	-	103	1084	171	204	143	889

8年間貯蔵した精米(ハタネチ)のAmino acidとNH₃含量(mg/100g)(中村 1994)

	Glycine	Valine	Aranine	Serine	Asparagin acid	Glutamin acid	NH ₃
A区	0.5	1.2	1.3	2.0	2.8	4.2	1.7
C区	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.6	2.2

土壌(圈)：

物理性・pHはA区がしだいに上昇し、C区がは変化なかった。水分、灼熱損量及び貫入抵抗は0-5cmでA区がしだいにC区に近ずき、1988はA<C区で、下層は常にC<ABD区であった。

化学性・NとC含有量はA区がしだいに上昇し、とくに0-5cmで顕著で、C区は変化なかった。

生物性・年6回(隔月)調査。

大型動物類：B, C区は低密度、D区は中密度、A区は高密度

中型動物類：Enchytraeidsは5属採集され、3属が4処理に共通であった。*Henlea*がA区に固有であった。優占属はA区が *Fridericia*、B, D区が *Achaeta* およびC区が *Enchytraeus* であった。個体数は最初の調査が区間の差異は無かったが、その後A区は徐々に増加した。D区も調査後期に増加した。それに反しB, C区は低密度であった。

Oribatidsの種類数はA区が33、他区が7-8で、B, C, D区の固有種はなかった。このうち4種、*Transoribates agricola*(新種)、*T. velatus*、*Galumnidae* sp., *Vepracarus hirsutus*、が4区に共通で、*T. agricola*が優占種(全個体数の79.2-84.7%)であった。A区では最初の調査(調査前2年間同じ処理)で11種で、それ以降新しい種類が追加した。1調査期での最大は16種であった。個体数はA区で常に他処理よりも高かった。時間経過とともに増加あるいは減少など一定の傾向はなかった。

⑥-3 福島市(東北 37°43' N, 140°23' E)火山灰(黒ボク)土(1989-現在)

調査地概況：温帯(寒冷地)気候区(年最高39.1、最低-18.5、年平均12.6℃、年降水量1060mm)

⑥-3-1 生産への寄与

I-A ミミズ移入効果

A-1 ポット(1/2000a)試験(板倉 1990; 板倉・中村 未)

大麦収量(子実重)はミミズ(*Pheretima hilgendorfi*)移入数の増加にともない増加し、ミミズ8個体(約100個体/m²)で化成肥料区の82%であった。大豆は淡色黒ボク土で89%、灰色低地土では165%に達した。茎が伸長した(ホルモン効果か?)

大麦収穫時の子実と茎葉の各要素(板倉1990より抜粋)

ポット番号	穂長(cm)	茎長(cm)	千粒重(g)	重量(g/pot)
-------	--------	--------	--------	-----------

④化成肥料区	23.0	2.50	2.12	23.0
①無肥料区	2.3	1.38	1.21	2.3
②枯れ葉区	8.7	1.25	1.20	8.7
③ミズ2個体	9.7	1.34	1.24	9.7
③ミズ4個体	14.3	1.29	1.18	14.3
③ミズ8個体	18.9	1.34	1.23	18.9

収穫後の大麦の子実と茎葉の成分は、化成肥料に比べ、ミミズ移入が移入したミミズの個体数の多少にかかわらず茎葉と子実ともT-N、Prot-N、P、Kの含有量が低い。ところが茎葉のCa含有量がミミズの移入によって著しく増大した。さらにビタミン類のNiacin含有量がわずかであるが高まった。

A-2 枠(3.3m x 3.3m)試験(大麦、大豆; 1990-1996-)

区記号	土壌型	処理条件
A	腐植質黒ボク	無耕起残さ被覆ミズ移入(1990, <i>P. hilgendorfi</i> , 100ind./10m ²)
B	腐植質黒ボク	耕起稲藁堆肥
C	腐植質黒ボク	耕起化成肥料
D	淡色黒ボク	無耕起残さ被覆ミズ移入(1990, <i>P. hilgendorfi</i> , 100ind./10m ²)
E	淡色黒ボク	耕起稲藁堆肥
F	淡色黒ボク	耕起化成肥料

各処理区の収量(dg/10m²)

	1995大麦(子実)	1996大麦(子実 苻)		1995大豆
A	3200	2350	2950	1308(928)
B	1870	1600	1090	1108(675)
C	1990	500	350	1068(770)
D	3650	2190	3100	1384(1050)
E	3020	710	1100	920(850)
F	2090	210	340	891(745)

ミミズ移入は収量を増加、その効果は作物で異なる。ミミズの生活(摂食、排糞、徘徊)が土壌圏に寄与した。

I-B ミズ糞効果

B-1 糞の内容

ミミズ(*P. hilgendorfi*)糞は>4mmの粒径の大きな粒子が大半を占め、耐水性団粒量の割合は50%以上であった。SEM分析によれば糞の表面を微粒の物質が覆っていた。

ミズ糞と飼育土の化学的性質(板倉・中村・未)

	pH (H ₂ O)	T-N (%)	T-C (%)	C/N	P ₂ O ₅ (mg/dg)	置換性塩基(mg/dg)			腐植酸 (g/100dg)
						K	Ca	Mg	
ミミズ糞	6.07	0.24	3.34	13.9	0.53	1.53	2.34	0.51	2.63
飼育土	5.56	0.08	1.24	15.5	0.21	0.87	1.15	0.29	0.18

B-2 糞は効果あるか(ハクイ)

播種後13日目には、ミミズのいない土では本葉がすこし伸びていたのに対し、ミミズ(*P. hilgendorfi*)糞では本葉が展開。

B-3 *Eisenia fetida*(compost worm)糞と*P. hilgendorfi*(soil dwelling worm)糞の比較(作物:白菜)

顕著な差異は無いようである。

B-4 ミミズ(*E. fetida*)糞の混合割合(作物:小松菜)

1/6混合でも効果有り。

B-5 他有機物との比較(作物:小松菜)(Horikawa & 中村 1989)

ミミズ糞を1/4混ぜても、その効果はあられ、とくに*P. hilgendorfi*糞で顕著であった。その効果(全量に対する混合割合)の減少程度は茎葉重にたいし腐葉土で少なく、根重にたいしては腐葉土で大きかった。

B-6 *P. hilgendorfi*糞の水溶液(作物:白菜、大麦)

水溶液にも作物の生育に必要な栄養分が含まれる(水溶性が多い)。生育促進物質を現在分析中、ジベレリンとは異なるようである。

B-7 *E. fetida*のvermicompostとアミノ酸(板倉・中村ら 1993)

稲藁で飼育した*E. fetida*の糞(vermicompost)と、ミミズが生活していない稲藁堆肥の窒素分布はミミズ糞が水抽出部の割合が多かった。また水抽出部のアミノ酸を比較したところ、稲藁堆肥では6種類のアミノ酸に対しミミズ糞では33種類が検出され、その量にもかなり差があった。

⑥-3-II 分解への寄与

II-A 組み合わせ実験、微生物と動物

微生物単独、あるいは動物単独は分解消失(裁断大麦茎)効率が悪かった。

II-B 埋め込み実験(裁断桑条)網目条件(板倉・中村 1993)

桑枝を長さ2cm程に切断し2mm目と細かい1μm目の袋に入れ埋設した。分解消失量は常に粗い2mm網目で大。

II-C リターバック(裁断大麦茎)設置場所条件(横田・中村ら 1996)

消失量は耕起よりも無耕起被覆条件下で激しかった。

⑥-3-III 調整への寄与

III-A 通水・通気性

ミミズの生活孔は通水通気割合を拡大した。

III-B 生物群集調節

ミミズ糞と腸内容物は微生物の組成が異なった。

地表面に放置された糞から多数のCollembola, Oribatids, Acariが抽出された。

III-C 生物防除(C1-5:東北農業試験場関連のみ)

C-1 Earthwormと根こぶ病

根こぶ病(*Plasmodiophora brassicae*)の発生率が、ミミズ(*P. hilgendorfi*)移入で低下した(中村ら 1994)。

C-2 Earthwormと生姜の腐敗

生姜保存のさいミミズ(*E. fetida*)を加えたところ、腐敗が回避された(江波ら 1966)。

C-3 Collembolaと土壤伝染性糸状菌病

胡瓜つる割病(*Fusarium oxysporum cucumerinum*)、などの感染率が、トビムシ移入により低下あるいは回避された(Nakamura et al 1992;白石ら 1993)。

C-4 Oribatidsと土壤伝染性糸状菌病

立枯病(*Rhizoctonia solani*)の感染率が、ササラダニ移入により低下あるいは回避された(Enami et al 1996)。

C-5 Nematodaと土壤伝染性糸状菌病

立枯病(*R. solani*)の感染率が、線虫移入により低下あるいは回避された(岡田 1996)。

C-6 生物防除のいろいろ

このようなミミズなどの土壤動物を活用した作物病害の生物防除は、病原菌摂食・分泌物が菌を増殖不能とするなどの直接型と、落ち葉で越冬する病原菌を、その落ち葉をミミズが食べることで越冬場を無くす・拮抗微生物の細菌、放線菌や糸状菌の土中での拡散を助けるなどの間接型がある。

土壤動物による生物防除の試み(ミミズ関連のみ)

形態	病名	病原菌名
直接型-1<摂食>		
細菌		<i>Aeromonas hydrophila</i> (Pedersen & Hendricksen 1993)
糸状菌	苗立枯病	<i>Rhizoctonia solani</i> (Stephens et al 1993)
直接型-2<分泌物>		
糸状菌	根こぶ病	<i>Plasmodiophora brassicae</i> (中村ら 1994)
	腐敗	? (江波ら 1996)
間接(連鎖)型-1<生活場を食べる>		
糸状菌	リンゴ'黒星病	<i>Venturia inaequalis</i> -<枯葉> (Mills' 76)
間接(連鎖)型-2<糞>		
糸状菌	根こぶ病	<i>Plasmodiophora brassicae</i> (Szczecz et al' 93)
	疫病	<i>Phytophthora nicotianae</i> (Szczecz et al' 95)
	萎ちょう病	<i>Fusarium o. lycopersici</i> (Szczecz et al' 95)
間接(連鎖)型-3<拮抗菌運搬>		
	立枯病	<i>Gaeumannomyces graminis</i> -< <i>Pseudomonas corrugata</i> > (Doube et al 1994)

⑥-3-IV 農作業の土壤動物への影響に関する実験

IV-A 耕起

15cm巾耕起+被覆→溝切り+被覆の順に土壤動物に対し密度への影響が少なかった。

IV-B 化成肥料

福島市(日本中部)火山灰(淡色黒ボク)土(1990-1992年)(板倉・中村 1991, 板倉ら 1992, 1993, 1994AB)

区記号	処理条件(施用量は10m ²)	区記号	処理条件(施用量は10m ²)
A	化成肥料(N=0.2, P2O5=0.2, K2O=0.2kg)	F	無施用
B	1/2化肥+稲藁堆肥(18.9kg; 石灰窒素混入, 約6ヶ月堆積, 全窒素1.65%)	G	稲藁堆肥(37.8kg)
C	1/2化肥+ボ'カシ堆肥(6.6kg; 油粕主体, 他に骨粉, 米糠など約3ヶ月堆積; 3.50%)	H	ボ'カシ堆肥(13.2kg)
D	1/2化肥+桑条堆肥(61.7kg; 春切り条裁断, 約1年野積; 0.90%)	I	桑条堆肥(123.4kg)
E	1/2化肥+枯草堆肥(59.5kg; ススキ, チ'ヤ主体, 約2年野積; 0.70%)	J	枯草堆肥(119.0kg)

基肥として窒素量0.2kg/10m²。手除草、無農薬、耕起。調査区面積: 14.7m²(1反復)

各区とも乾性中型類でAcari(except Oribatids) > Collembola > Oribatids > Enchytraeidsの順に高密度であった。これら4動物類の密度は、3作物とも化肥のみ、あるいは4資材とも全量に比べ1/2代替(化成肥料との混合)で高い区が多かった。特にAcariは、葱栽培区の稲藁、里芋栽培区の桑条とミニトマト栽培区の枯草1/2代替で高かった。Oribatidsはミニトマト栽培区から13種、葱栽培区から11種、里芋栽培区から10種の計13種採集された。そのうち9種が3作物に共通であった。このうちTectocephus minorは全区から、T. agricolaなど8種が有機物区から採集されたが、特定の作物あるいは資材にのみ出現する特異種は明確でなかった。種類数は葱栽培区のボカシ全量を除いて、化肥のみに比べ、あるいは全量代替で多く、特に枯草1/2が多かった。

IV-C 薬剤

福島市火山灰(腐植質黒ボク土及び淡色黒ボク土; 1991-1994年)年次変動(Enami et al 1996)

区記号 処理条件(施用量は10m²)

- A(K) 化成肥料(N=0.2, P₂O₅=0.2, K₂O=0.2kg)
- B(L) 1/2化肥+稲藁堆肥(18.9kg; 石灰窒素混入, 約6ヶ月堆積, T-N1.65%)
- C(M) 1/2化肥+ホカ堆肥(6.6kg; 油粕主体, 他に骨粉, 米糠など約3ヶ月堆積; T-N3.50%)
- D(N) 1/2化肥+桑条堆肥(61.7kg; 春切り条裁断, 約1年野積; T-N0.90%)
- E(O) 1/2化肥+枯草堆肥(59.5kg; ススキ, カヤ主体, 約2年野積; T-N0.70%)

調査区面積: 11.2m²(1反復); K-Oは農薬散布(エルサン, スミチオン, シマジン)

生物性: Enchytraeidsには3-4年目には薬剤散布の各区とも個体数は0であった。Acari, Oribatids, Collembolaにたいしては効果が明確でなかった。

OribatidsはO. nova, T. velatus, T. minor, T. agricolaが主要種で、薬剤の影響はそれぞれ異なっていた。

IV-D 有機物

D-1 生・乾草(ライ麦)→(作物: 大豆, 大根)(梅津・中村 1990)

すき込み処理で4動物類(Enchytraeids, Oribatids, Acari, Collembola)とも密度が高かった。その推移は動物類間で異なり、Enchytraeidsはすき込み直後に密度が高く、Collembolaはやや遅れて高くなった。EnchytraeidsとOribatidsとも出現種類は同じであった。

D-2 堆肥化→(作物: キャベツ)(中村・未)

使用有機物(7素材)はいずれも4動物類(Enchytraeids, Oribatids, Acari, Collembola)の密度を高めた。堆肥化(稲藁と羊糞)は密度を低下させ、とくにEnchytraeidsとOribatidsを減少させた。

D-3 木質と家畜糞素材→(作物: キャベツ・胡瓜)(中村・板倉・未)

使用有機物(2素材)はいずれも4動物類(Enchytraeids, Oribatids, Acari, Collembola)の密度を高めた。その密度増加効果は土壌型でやや異なった。

D-4 各種有機物→(作物: 小松菜)(Horikawa・中村 1989)

使用有機物(5素材)はいずれも3動物類(Oribatids, Acari, Collembola)の密度を高めた。その密度増加効果はCollembolaが腐葉土、Acariが桑条堆肥が高かった。

⑥-3-V 土壌圏機能活用型農法に転換すると、どのような変化があらわれるか

土壌動物の調査例(日本では少ない): Oribatids(Fujikawa 1976) Enchytraeids(1977調査、中村・未) Macrofauna・Enchytraeids(中村・箱石 1981) Acari, Collembola, Enchytraeids(藤田 1989) Enchytraeids(藤田 1991)

- 検討項目 作物: 量は増すか; 質は良くなるか
- 土壌(圏): 物理・化学・生物性は程良くなるか

V-A 枠試験

A-1 有側壁(1989-1996-) (板倉・中村 1992, Enami et al 1996)

区記号	土壌型	施肥素材	処理条件	区記号	土壌型	施肥素材	処理条件
A	灰色低地土	麦茎葉堆肥	無耕起雑草刈取被覆	J	黒ボク土	大豆茎葉堆肥	無耕起雑草刈取被覆
B	褐色森林土	麦茎葉堆肥	無耕起雑草刈取被覆	K	灰色低地土	大豆茎葉堆肥	無耕起雑草刈取被覆
C	黒ボク土	麦茎葉堆肥	無耕起雑草刈取被覆	L	褐色森林土	大豆茎葉堆肥	無耕起雑草刈取被覆
D	灰色低地土	化成肥料	耕起雑草除去	M	黒ボク土	稲藁堆肥	耕起雑草除去
E	褐色森林土	化成肥料	耕起雑草除去	N	灰色低地土	稲藁堆肥	耕起雑草除去
F	黒ボク土	化成肥料	耕起雑草除去	O	褐色森林土	稲藁堆肥	耕起雑草除去

化肥: N-2kg/a, P₂O₅-2kg/a, K₂O-2kg/a; 堆肥: Nが2kg/aとなるよう施用; 無農薬; 面積3.3mX3.3m(1反復)

作物: 夏作玉蜀黍(5作)ミニトマト(1作); 冬作キャベツ、葉類

結果(1995のミニトマト作付年の大まかな傾向)

	雑草管理条件 被覆と無被覆	被覆条件下の堆肥 大豆茎葉と麦茎葉	無被覆条件下の肥料 稲藁堆肥と化成肥料
Oribatidsの個体数	被覆 > 無被覆	大豆 > 麦	稲 > 化成(除く黒ボク)
土壌NO ₃ -N量	被覆 > 無被覆	大豆 > 麦	稲 > 化成
生長	被覆 < 無被覆(特に灰色)	大豆 > 麦	稲 > 化成(除く灰色)
収量	被覆 < 無被覆(特に灰色)	大豆 > 麦	稲 > 化成(除く灰色)
裂果率	被覆 < 無被覆(特に黒ボク)	大豆 > 麦	稲 > 化成(除く黒ボク)

アミノ酸量	被覆<無被覆(特に黒ボク)大豆>麦	稲>化成(除く黒ボク)
酸度	被覆>無被覆(除く黒ボク)大豆<麦	稲<化成(除く灰色)

A-2 無側壁(7号;淡色黒ボク土;1995-)

耕起処理		無耕起処理	
区番号	他条件	区番号	他条件
1	化成肥料	2	化成肥料(土表面散布)
3	ミミ糞	4	枯草(被覆)
5	稲藁堆肥	6	稲藁堆肥(土表面散布)
7	無	8	無

調査区面積 : 3.5m x 5.0m (3反復)

1年目の収量(ピーマン個数、大根重量)は有機物の素材が異なっても耕起>無耕起であった。

V-B 圃場試験 : 火山灰(黒ボク)土(1989-1996年-)

区記号	処 理 条 件
A	無耕起(1989-91部分耕15cm,以降は溝切)・化成肥料(696;大豆 大麦)・農薬(春秋播種前)
B	無耕起(1989-91部分耕15cm,以降は溝切)・前作残さ(A+B500kg風乾重)被覆
C	耕起(ロー刈、春秋播種前)・化成肥料(696;大豆 大麦)・農薬(春秋播種前)

作物:大豆(夏作1989ス²ムカ、以降ホレイ);大麦(冬作1989カン²コ²ル²テン、以降ペンケイオ²キ²);面積:35mx16-18m(1反復)

結果

作物:収量のうち大豆は区間に大きな差異がなく、大麦はA区で常に低かった。B区の大麦は3年目、C区は4,5年目が高かった。質はB区の大豆で病虫害による無効粒が多くなった。大豆の根が無耕起のAB区で直根が伸長せず、側根が土壌表層(0-5cm)に集中していた。

土壌(圈):

物理性・硬度は耕起(C)区と無耕起(AB)区間で差異が、年経過とともに明確となった。6年目(1995)の大豆収穫後の固・液相・硬度はA>B>C区、気相・孔隙率はC>B>A区であった。

化学性・6年目(1995)の大豆収穫後の分析では、区間の差異が明確となった。C・N・P量はC区が4層(0-5, 5-10, 10-15, 15-20cm)ともほぼ同量であったが、AB区は0-5cmが最も多く、しだいに減少し、その傾向はB区で顕著であった。K量・CEC値はC>AB区、Na・Ca量はAB>C区、Mg量・EC値はAC>B区、pH値はB>C>A区であった。このうちB区ではMgを除く各値が0-5cmで高かった。

生物性・

大型類:年1回大豆収穫後調査。個体数は各年ともC区で低く、その組成も単純であった。無耕起処理(AB)区間では調査開始年(処理2年目)に差異が無く、次年はA区が増加したがその後は常にB区に比べ少なかった。処理7年目(1995)からB区の密度が急増した。

中型類:Enchytraeidsは各月1回、他中型類は不定期に調査。Enchytraeidsは4属が採集され、C区の属数が少なかった。優先属はA区がAchaeta、B区がFridericiaとAchaeta、C区はいずれも少なかった。個体数は各年ともB>A>C区で、C区では春(3月)から夏(7月)にかけて0またそれに近かった。腸内容はAchaetaとFridericiaは周年土壌粒子が多く、その他は植物片が多く、とくにHenleatはほとんどが植物片であった。B区から碎片分裂種Enchytraeus fragmentosus と重金属を体後部切断によって排除するような形質を示すEnchytraeus sp.が採取された。

Oribatidsは処理5年(1993)目に12種類採集され、このうち3種(O.nova T.velatus, T.minor)が3区から得られた。種類数はB(11)>A(10)>C(4)区であった。処理8年(1996)目に8種類に減少し、このうち3種(O.nova T.velatus, T.agricola)が2区から得られた。種類数はB(8)>C(3)区であった。

⑥-4 まとめ(土壌動物の研究意義)

名寄市重粘土試験からは、現象を把握でき、Oribatidsの変化を知った。

つくば市火山灰土試験からは、生産物の質の変化を知った。

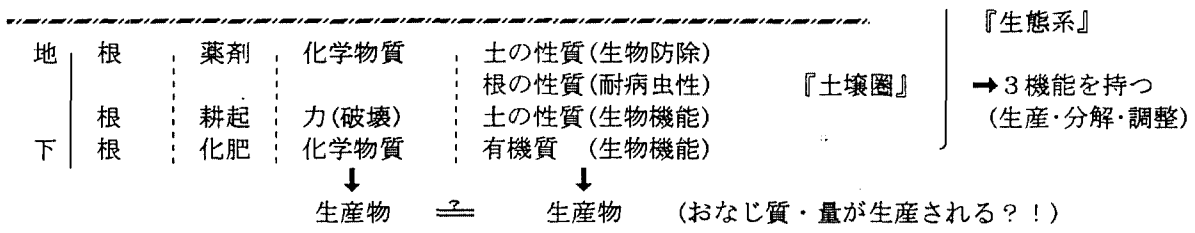
福島市火山灰土試験ではこれまでの知見を実証した。碎片分裂enchytraeidsと菌食oribatidsを得た。

⑦ 土壌圈(機能)活用型農業の構築

⑦-1 『新しい情報』→『新しい農業技術(農法)』

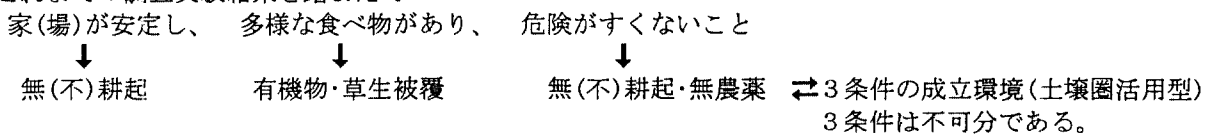
これまで土壌動物のおおくは”害”動物とされ、防除の対象であった。しかしながら今日では、上記の我々の調査実験や多くの報告が、土壌動物は土壌圈を構成する重要な生物であり、かつ土壌圈の3機能と有機的に関連していることを明らかにしている。これからは新しい情報にもとづく新しい農業技術(農法)の構築が望まれる。

地	対象	内容	慣行栽培	土壌圈活用型栽培	『気圏』
			有(依存物)	無(依存機能・性質)	
上	茎葉	薬剤	化学物質	環境の性質(生物防除)	}
	実			茎葉の性質(耐病虫性)	



⑦-2 土のいきものが生活しやすい条件とは？ 土壌圏を豊かににする条件とは？

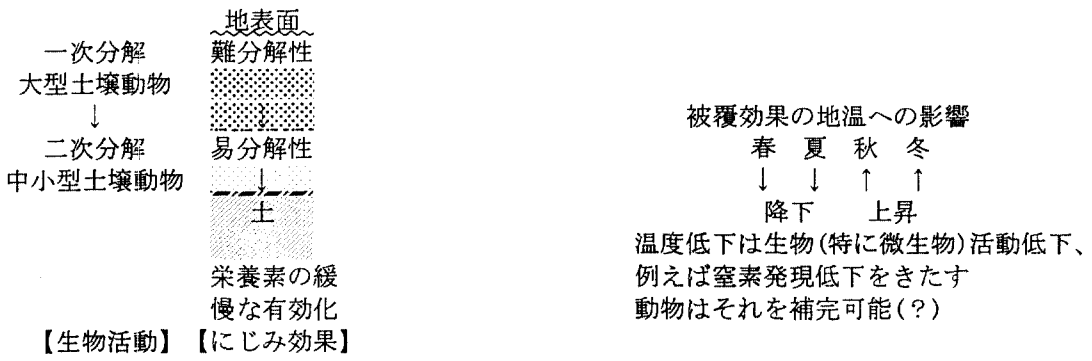
これまでの調査実験結果を踏まえて：



発想の転換			
土壌圏の構成を貧しくする 機能を不正常にする		豊かにする 正常にする	
依存対象		課題	発想の転換
機械	枝		
耕起	無耕起	雑草	雑草も肥料
化成肥料	有機物	被覆	保全
合成薬剤	天然素材	生物	自浄

⑦-3 土壌動物の活用～有機物の有効化(土壌動物の組成を豊かにし、密度を高める有機物の内容と施用法)～二重被覆の意義

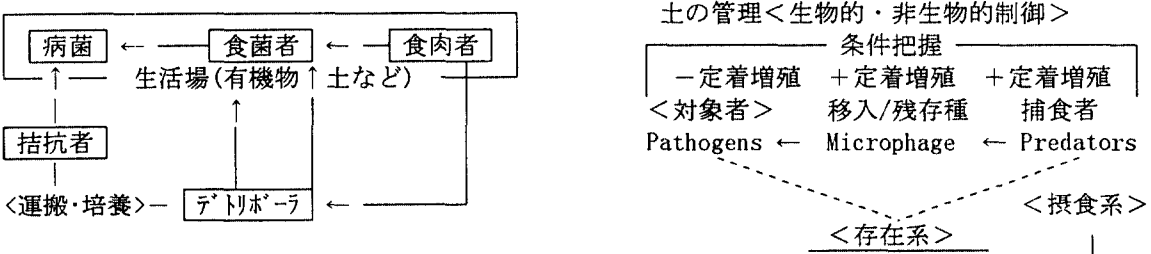
有機物の量と質、とくに質の多様化(木質か草質か、分解難易と程度など)は、土壌動物の多様化と密接に関連する。土壌の攪乱をさけるため、無耕起とならざるを得ない。地表面はまず堆肥など分解消失しやすいものを、ついでその堆肥の材料で被覆(つまり二重被覆になる)する(被覆物は草質・木質混合の多様な素材からなるのが望ましい)。これらの被覆物が土壌動物の住みかを提供し、かつ餌となり、しだいに分解消失し、作物の栄養素がじわじわと土壌ににじみ込む。被覆物は土壌表面を、雨、太陽光、風などから保護し、雑草の発芽を抑制する。



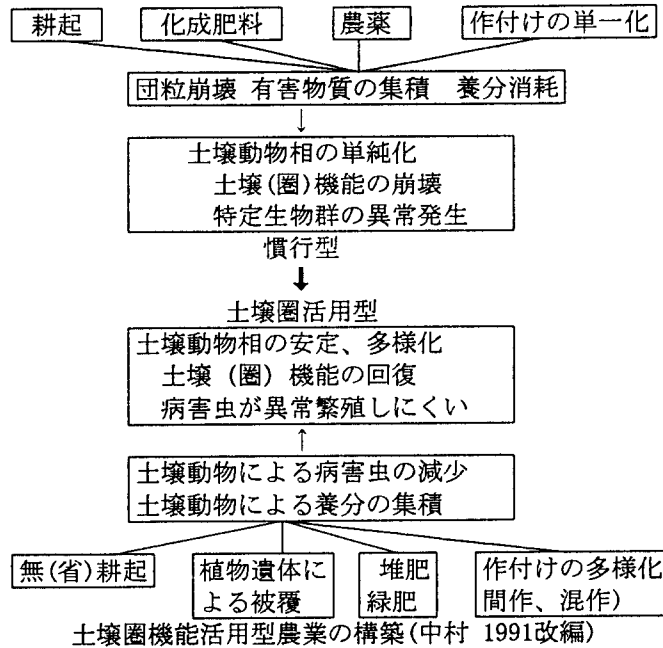
土壌表層の状態と土壌動物活動(中村 1991改編)

⑦-4 土壌動物の活用～生物防除

積極的に土壌動物による作物病害の生物防除を行おうとする場合、外から移入しようとする動物群の定着増殖に必要な条件と、もともとそこに定着し残存する動物群の増殖条件を把握する。これはとりもなおさず個々の種類についての生態(個体・個体群段階)およびその種類をめぐる群集段階の生態を明確にすることである。例えば作物根周囲(根域)における生物間の食う～食われるせめぎあいの解明である。その解明を踏まえた土の管理が必要である。



⑦-5 土壤圏活用型農業



⑦-6 四つのパターン解析把握～今後の大きな課題

1) 生物活動、2) 有機物分解消失、3) 養分溶出(にじみ)、4) 根養分吸収
各項目、例えば1)は個体、個体群、群集;234)は要素(NCP---)や植物種類について

⑦-7 現場の作業

収穫→雑草刈→播種→被覆→雑草刈