

国際農林業協力

JAICAF

**Japan Association for
International Collaboration of
Agriculture and Forestry**

特集：有機農業と途上国の農業
有機農業の展望と課題

キューバの有機農業のための農民参加型種子開発
開発途上国におけるコンポストの有効利用に向けて

Vol. 30 (2007)
No. 4

社団法人
国際農林業協力・交流協会

巻頭言

多様な有機農業	西尾 道德……………	1
---------	------------	---

特集：有機農業と途上国の農業

有機農業の展望と課題	片野 學……………	2
キューバの有機農業のための農民参加型種子開発	吉田 太郎……………	19
開発途上国におけるコンポストの有効利用に向けて	五十嵐 孝典……………	27
	古畑 哲	

資料紹介

保全型農業における熱帯作物・畜産システム —ブラジルの経験から—	……………	37
-------------------------------------	-------	----

JAICAF ニュース

2007 年度 食料・農業協力講演会	……………	38
--------------------	-------	----



多様な有機農業

前筑波大学農林工学系教授

西 尾 道 徳

昔の農業は有機農業であった。第二次大戦後、先進国は化学合成した肥料や農薬などを多用して、収量や生産性を飛躍的に向上させて豊かな食生活を実現した。しかし、環境汚染や食品の安全性を懸念させる事態が起きた。この反省から、化学合成資材の使用などを原則として排除する有機農業が、先進国の生産者と消費者の支持を得て拡大してきている。他方、収量や生産性は低く肉体的にきついが、化学合成資材を輸入する資金力が乏しいために、物質循環や伝統的な農法を利用した有機農業を行っている途上国も少なくない。

統計をみると、欧州と北米は、有機農業を拡大しているが、国内生産だけでは足りずに多量の有機農産物を輸入し、金額ベースで世界の有機食品の97%を消費している。他方、オセアニアや中南米には、自国での需要を大幅に超える有機農産物を生産して、欧州、北米や他の先進国に輸出している国が多い。これらは有機認証農産物での統計であり、途上国などにおいて自国内で生産・消費されている莫大な量の非認証有機農産物が存在する。

無論、化学合成資材を全廃すれば、収量や生産性が低下し、農産物価格が上昇してしま

う。欧州や北米などの先進国では慣行農産物によって食が満ちており、高めの価格の有機食品を購入できる消費者が多く、危機的状況にある食品の安全性と環境の保全を優先する観点から、有機農業が評価されている。

現在、化学合成資材などを使用しないことだけを、有機農産物の条件とみている生産者や消費者が少なくない。日本の有機野菜農家には、油かすなどの購入有機質肥料を用いて、ハウスで特定の種類の野菜を年に数回も栽培し、土壌伝染性病害虫が集積したら、太陽熱や蒸気によって物理的に土壌を消毒して、再び特定の野菜を連作しているケースも多い。日本では油かすなどの有機質肥料は大部分輸入であり、養分の国土への集積を加速している。しかも、有機質肥料を多量に施用して、余剰になった硝酸性窒素が地下水汚染を起こしているケースもある。こうした集約的な有機農業は望ましいものではない。

輪作や地域の有機物資源を活用し、生産者の労働負担を少なくしつつ、持続的な生産を行って環境汚染を最少にし、身近な生物と共存しながら、安全な農産物を生産するには、国や地域の条件に合わせて、様々な努力が必要である。



有機農業の展望と課題

片 野 學

なぜ今、有機農業なのか

1. 化学物質の脅威

第二次大戦後、全世界で生産、使用され、公衆衛生や農業生産に多大な貢献を果たしていた DDT などの化学合成殺虫剤、殺菌剤などの農薬が生態系の食物連鎖の過程で生じる生物学的濃縮によって野生生物の生存に重大な悪影響を及ぼしている実態を描き出し、人間活動が環境へ及ぼす影響を配慮することの重要性を指摘した“Silent Spring”が出版されたのは1962年であった。

水に溶けず、代謝を受けにくい化学物質は、尿などとして体外に排出される割合が低いため、生物体内の膜系・脂肪組織・脳神経細胞などにある脂質中に蓄積されていき、これらの化学物質を含んだ生物を多量に摂取する捕食者では、体内での物質濃度がさらに上昇する。図1に示したように食物連鎖の過程を繰り返すうちに、化学物質濃度は上昇し続け、生態ピラミッドの最上位に位置する肉食動物では数千万倍から数億倍にも達する。

農薬や食品添加物などの化学物質摂取の第1の問題点は、活性酸素を生体内で発生させることである。生物が遺伝的に獲得した活性酸素消去能力を超えた活性酸素は、遺伝子

DNA を含む生体内の様々な物質を酸化し、物質の変性とタンパク質合成系に攪乱を起こし、その結果、細胞のガン化、奇形と老化を進め、さらに、損傷した遺伝子は遺伝毒性として次世代にも引き継がれることである（西岡1993）。

第2の問題点は、1996年に出版された“*Our Stolen Future*”で明らかにされた内分泌攪乱に生態系に放出された化学物質が関与していることである。人間を含む野生動物の内分泌系に重大な攪乱を及ぼし、生殖、知性と生存が脅威に晒されているメカニズムを示した。25mプールに一滴、濃度が1兆分の一（ppt）レベルで胎児の胚発生過程に重大な障害をもたらすとされる外因性内分泌攪乱化学物質は、日本では環境ホルモンと呼ばれる。疑わしい129物質の内、殺菌剤19種、殺虫剤38種、除草剤23種、農薬3剤で80種、62%を占めている（片野2005a）。この中には、中国輸入冷凍餃子で話題になった殺虫剤ジクロロボス（DDVP）も含まれ、著名な毒物であるダイオキシン、PCB、水銀、TBTO などもあり、また、これらほとんどの物質が活性酸素発生にも関与している。

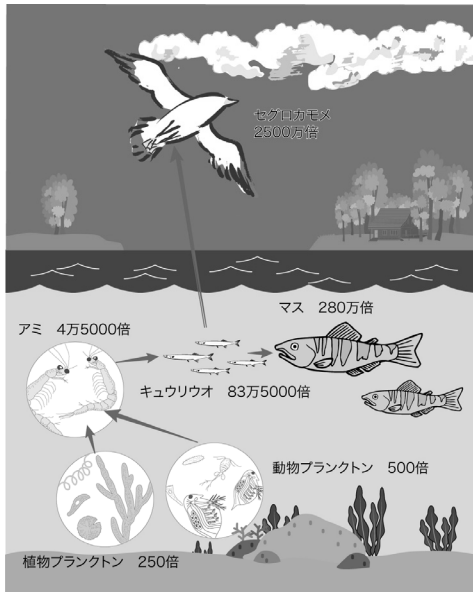


図1 アメリカ・オンタリオ湖における食物連鎖に伴う PCB の生物濃縮 (Colborn ら 1996)

2. 人間の健康と食物の安全性

第2次大戦後、医学の進歩、巨額の医療費投入にもかかわらずガン、心臓病をはじめとする病気が増え続け、ますます不健康になっている根本原因を解明するためにアメリカ合衆国上院に「栄養問題特別委員会」が1968年に開設され、1977年12月までの10年間に及ぶ活動の結果、病気は現代の間違った食生活が原因になって起こる「食源病」であり、食生活を改める以外に病気を予防し健康になる方法はないと結論し、「食事改善目標」を提示した(今村 2002)。人間や動物の細胞の原材料は水と食物であり、これらの化学物質汚染が問題であり、摂取食物の量と質に対する関心の高まりこそ有機農業が注目される第2の要因である。

3. 農業生産におけるエネルギー危機と持続性

Pimentel ら(1973)は、表1に示したように1945年から1970年にかけて収量が飛躍的に増大し続けていたアメリカのトウモロコシ生産における投入エネルギーの推移に着目し、種苗、機械、燃料、化学肥料、農薬、灌漑、電力、乾燥、輸送など大量の投入エネルギーとその増大によって支えられ、投入に対する収量産出比率が1945年の3.70から1970年には2.82(76%)に減少し、化石エネルギーに依存した現代アメリカ農業生産や緑の革命には持続性がなく、Alternatives(代替)生産様式を探索する重要性を指摘し、改善への方策も提示した。

Pimentel らの手法を用いて宇田川(1976)は、日本における水稻栽培における投入エネルギーの推定を行った。1950年から1970年の結果は表2に示した通りであり、20年間に投入されたエネルギーは4.0倍になり、玄米収量で換算した産出は1.49倍、産出/投入比は、1950年は1.27、1955年も1.11となり、エネルギー的には黒字を維持していたが、1960年に0.82と赤字に転じ、1965年に0.58、1970年には0.47、1975年には0.33と急落の一途をたどった。宇田川(1977)は、水稻を含む食用作物7種、露地野菜7種、施設野菜3種および果樹5種を対象に同様の解析を進めた結果(表2)、産出/投入比は、すべての作物で赤字になっており、平均値では、食用作物0.561、露地野菜0.116、果樹0.113の順に低下し、施設野菜では0.022と顕著に低くなっていた。この表にはPimentelらのトウモロコシ生産の場合も併記したが、日本における作物栽培に比べ、投入エネルギーが格段に低く、日本における作物栽培には持続性はほとんどありえないことを示すものであった。

表1 アメリカのトウモロコシ生産における投入エネルギー（10³kcal/ha）、
産出エネルギー（10³kcal/ha）および産出/投入比の推移

投入	1945	1950	1959	1970	1970 構成比	1970/1950
労働力	30.89	24.22	18.78	12.11	0.2%	0.50
機械	444.80	617.77	864.88	1037.86	14.5%	1.68
ガソリン	1342.79	1521.70	1790.30	1969.46	27.5%	1.29
窒素質肥料	145.30	311.36	851.04	2324.80	32.5%	7.47
リン酸肥料	26.19	37.56	60.05	116.39	1.6%	3.10
カリ肥料	12.85	25.95	149.25	168.03	2.3%	6.48
播種・種子量	84.02	99.83	90.19	155.68	2.2%	1.56
灌漑	46.95	56.84	76.60	84.02	1.2%	1.48
殺虫剤	0.00	2.72	19.03	27.18	0.4%	10.00
除草剤	0.00	1.48	6.92	27.18	0.4%	18.33
乾燥	24.71	74.13	247.11	296.53	4.1%	4.00
電力	79.07	133.44	345.95	766.04	10.7%	5.74
運搬	49.42	74.13	148.27	172.98	2.4%	2.33
全投入エネルギー	2286.99	2981.12	4668.38	7158.25	100.0%	2.40
収量(産出)	8468.91	9465.26	8508.45	20175.94		2.13
産出/投入比	3.7	3.18	2.88	2.82		0.89

出典：Pimentel et al.,1973

4. 農業生産による環境汚染

アメリカ合衆国科学アカデミーは、現代的農業生産による表流水の汚染、全米中の井戸水を網羅した農薬と肥料由来硝酸塩による地下水汚染全米地図を作成し、土壌侵食、農薬耐性病害虫と雑草の出現と増大、農薬の食物への残留などの諸問題を解決するために1984年、委員会を開設し、Alternative Agriculture（代替農業）の必要性、具体的方法と事例を研究し、1989年に448ページもの大著を出版した。さらに、1980年代、農業生産で施用される厩肥や化学肥料によって主要飲料水となっている地下水の硝酸塩汚染問題が深刻化していたヨーロッパ共同体（1989）でも改善への方策を提示し、環境汚染税採用の可能性を検討していた（片野 2005a）。こう

して、欧米では農薬だけでなく肥料由来の硝酸塩問題も浮上し、今後の農業は、Low Input Sustainable Agriculture（LISA、低投入持続型農業）であり、環境への負荷が少ない有機的農業生産の必要性が認識されるようになっていた。

以上のように、多肥多農薬の悪循環による負の遺産が堆積し、野生生物に及ぼす脅威のメカニズムが、1962年以降、次々に明らかにされてきた。生態系と環境の保全、生物多様性の維持、農業の永続性、食の安心と安全などあらゆる観点から見て、人類に残された農業生産は有機農業しか残されていないのではなかろうか。

表2 日本の作物生産における投入エネルギー

(1975年・10³kcal/ha)

作物名	投入エネルギー	産出エネルギー	産出/投入比
水稲(1950)	9,140	11,600	1.269
水稲(1955)	13,350	14,800	1.109
水稲(1960)	19,420	15,900	0.819
水稲(1965)	27,650	15,900	0.575
水稲(1970)	36,960	17,300	0.468
水稲(1970/1950)	4.040	1.490	0.370
水稲	54,511	17,693	0.325
小麦	17,790	9,020	0.507
六条大麦	25,402	12,090	0.476
かんしょ	36,823	34,788	0.945
ばれいしょ	31,189	24,001	0.770
大豆	18,762	7,448	0.397
落花生	20,770	10,162	0.489
食用作物平均	29,321	16,457	0.561
きゅうり	234,939	6,157	0.026
とまと	312,696	25,522	0.082
なす	197,221	19,211	0.097
きゃべつ	58,894	10,433	0.177
はくさい	50,898	10,529	0.207
だいこん	54,282	12,105	0.223
にんじん	77,420	20,005	0.258
たまねぎ	62,546	17,932	0.287
露地野菜平均	131,112	15,237	0.116
施設・きゅうり	958,542	8,986	0.009
施設・とまと	666,740	24,318	0.036
施設・なす	974,222	23,351	0.024
施設野菜平均	866,501	18,885	0.022
みかん	97,614	20,688	0.212
りんご	118,153	13,245	0.112
ぶどう	151,295	11,726	0.078
なし	195,933	19,875	0.101
もも	134,797	13,199	0.098
果樹平均	139,558	15,747	0.113
US・トウモロコシ(1970)	7,158	20,176	2.820
日本・水稲/US・トウモロコシ	5.160	0.860	0.170

注1：産出は主産物であり、水稲では玄米などの食用部分。

注2：US・トウモロコシはPimentelら(1973)。

出典：宇田川，1977；水稲は1976

有機農業・有機食品の定義

FAO (2002) によれば、「有機農業という用語は、生産段階から流通と加工に至るまで、環境に配慮した方法を展開する過程のこと」をいい、具体的な基準は二つの国際組織が作成している。FAO と WHO が 1962 年、国際的な食品規格の策定とそれによる消費者の安全確保に取り組むために設置した国際食品規格委員会 (Codex Alimentarius Commission、通称、コーデックス委員会) は、「有機農業は、生物学的循環および土壌生物活動を含む生態系全体の健全さを促進および増強する総合的な生産管理体系のことである」とし、一方、1972 年フランスのベルサイユで農民、農作物改良研究者、科学者、消費者たちが有機農業を世界的に普及させる目的で設立した IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements 世界有機農業運動連盟) では、「有機農業とは持続可能な生態系、安全な食物、より良い栄養、動物福祉および社会的公平を目指す一連の行程を基礎にした総合的体系である」としている。有機食品とは、「簡単にいうと、農薬や化学肥料、抗生物質や成長ホルモンなどを使わずに栽培、飼育した農畜産物やそれらの素材を合成添加物を使用せずに加工した食品のことを指し、生産・流通面などで厳しい基準が定められており、その基準を満たしたことを認証団体などの第三者がチェックし、認めたものが初めて有機食品と呼ばれる」(山口 1996)。

1980 年代から有機認証団体がつくられ有機食品認定が行われていた欧米に対し、日本では、1999 年 7 月、国際基準に準拠し、有機食品の表示を定めた JAS 法の一部を改訂し、2001 年 4 月から、「有機」という名称が欧米

並みに認証機関から認定を受けた農産物と農産加工品だけにしか表示できなくなった。2006 年 12 月、「有機農業の推進に関する法律」が施行され、第 2 条で「有機農業」とは、「化学的に合成された肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本として、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業をいう」と定義した。

世界における有機農業の現状

IFOAM では毎年、有機農業に関する統計を含め年次資料を作成、出版している。表 3 には、2005 年度に認定を受けた大陸別と主要国における有機農業の農地面積、全農地に対する占有率および有機農業者数ならびに面積を農業者数で除した平均有機農業農地面積を示した。

全世界の有機農業農地面積は 3056 万 ha で全農地面積に対する割合は 0.74%、有機農業農家数は 63 万 3891 人である。大陸別に見ると、有機農地はすべての大陸に分布し、最大面積はオセアニアの 1185 万 ha であるが、ここでは 97%が永久牧草地である。次いでヨーロッパ 692 万 ha、ラテンアメリカ 581 万 ha、アジア 289 万 ha、北アメリカ 220 万 ha、アフリカ 89 万 ha の順となっている。これらの農地では穀類、マメ類、イモ類、野菜、果樹などの食用作物と牧草や永久牧草地などの飼料作物、ワタ、茶、コーヒーなどの工芸作物といった主要な作物が栽培されている。

主要先進 8 カ国の場合、4 万 ha のロシアと日本を除く 6 カ国の場合、1980 年代から健康志向が高まり、1990 年にオーガニック食品生産法を制定し、2004-2005 年の一年間、世界

表3 大陸別と主要国における有機農業の農地面積、
全農地に対する占有率および有機農業者数（2005）

大陸と主要国	農地面積 (ha)	全世界比	占有率	農業者数	平均農地面積 (ha)
アフリカ	890,504	2.9%	0.11%	124,805	7.1
アジア	2,893,572	9.5%	0.21%	129,927	22.3
ヨーロッパ	6,920,462	22.6%	1.38%	187,697	36.9
ラテンアメリカ	5,809,320	19.0%	0.93%	176,710	32.9
北アメリカ	2,199,225	7.2%	0.56%	12,063	182.3
オセアニア	11,845,100	38.8%	2.59%	2,689	4,405.0
合計	30,558,183	100.0%	0.74%	633,891	48.2
日本	8,109	0.03%	0.16%	4,636	1.7
世界の順位/カ国中	75位/121カ国	***	68/110	29/106	***
アメリカ合衆国	1,620,351	5.30%	0.50%	8,445	191.9
カナダ	578,874	1.89%	0.86%	3,618	160.0
イギリス	619,852	2.03%	3.90%	4,285	144.7
フランス	560,838	1.84%	2.03%	11,402	49.2
ドイツ	807,406	2.64%	4.74%	17,020	47.4
イタリア	1,067,102	3.49%	8.40%	44,733	23.9
ロシア	40,000	0.13%	0.02%	40	1000.0
中国	2,300,000	7.53%	0.41%	1,600	1437.5
オーストラリア	11,800,000	38.61%	2.68%	1,869	6313.5

注：オーストラリアでは11,430,000ha(97%)が永久牧草地・草地である。

出典：IFOAM & FiBL (2007). 2005年度の統計。

最大の30万ha増加を示したアメリカ合衆国で162万ha、1991年にEU統一有機農業基準を制定したEU諸国のイタリアで107万ha、ドイツで81万ha、イギリスで62万ha、フランスで56万haと、いずれも50万haを越えている。それに対して、日本の農地面積は8109haで調査121カ国中75位、有機農業農地面積率は調査110カ国中68位の0.16%、有機農業者数は106カ国中29位の4636人であり、食料自給率と同様に、日本における有機農業の遅れは明らかである。

世界各国における有機農業

表4に、大陸別に分類した121カ国における認定制度の有無、認定有機農業の農地面積、有機農業者数、全農地に対する占有率を一覧した。世界初の有機認定基準は1980年、ドイツに本部を置くIFOAMが作成した。前述したように、1991年、ヨーロッパ連合(EU)は有機生産基準、表示と検査基準、国際貿易基準を含む統一有機農業基準を制定し、1990年代にヨーロッパ、ラテンアメリカ、アジア

表4 大陸別各国における認定制度、認定有機農業の農地面積順、有機農業者数、全農地に対する占有率(2005)

No	国名	認定	農地面積 (ha)	農業 者数	占有率 (%)	No	国名	認定	農地面積 (ha)	農業 者数	占有率 (%)
1	中国	◎	2,300,000	1,600	0.4	E09	ボルトガル	◎	233,458	1,577	6.3
2	バングラデシュ		177,700	100	2.0	E10	スウェーデン	◎	200,010	2,951	6.3
3	インド	輸出	150,790	5,147	0.1	E11	ポーランド	◎	167,740	7,183	1.0
4	大韓民国	◎	38,282	5,447	2.0	E12	フィンランド	◎	147,587	4,296	6.5
5	カザフスタン		36,882	1	0.0	E13	デンマーク	◎	145,636	2,892	5.6
6	タイ	◎	21,701	2,498	0.1	E14	ハンガリー	◎	123,569	1,553	2.9
7	東チモール		21,526	18,388	6.3	E15	ラトビア	◎	118,612	2,873	4.8
8	シリア		20,500		0.1	E16	スロバキア	◎	92,191	196	4.9
9	パキスタン		20,310	28	0.1	E17	ルーマニア	◎	87,916	2,920	0.6
10	アゼルバイジャン	△	20,308	332	0.4	E18	リトアニア	◎	69,430	1,811	2.5
11	インドネシア	△	17,783	15,473	0.0	E19	エストニア	◎	59,862	1,013	7.2
12	フィリピン	○	14,134	34,990	0.1	E20	オランダ	◎	48,765	1,377	2.5
13	サウジアラビア	△	13,730	3	0.0	E21	アイルランド	◎	35,266	978	0.8
14	スリランカ		10,049	35,000	0.4	E22	スロベニア	◎	23,499	1,718	4.8
15	日本	◎	8,109	4,636	0.2	E23	ベルギー	◎	22,996	693	1.6
16	イスラエル	輸出	6,685	420	1.2	E24	ブルガリア	◎	14,320	351	0.3
17	ベトナム	△	6,475	1,022	0.1	E25	ルクセンブルグ	◎	3,243	72	2.5
18	レバノン	△	2,465	331	0.7	E26	キプロス	◎	1,698	305	1.1
19	台湾	◎	1,441	914		E27	マルタ	◎	14	6	0.1
20	ネパール		1,000	1,247	0.0	1	ウクライナ		241,980	72	0.6
21	パレスチナ		1,000	500	0.3	2	スイス	◎	117,117	6,420	10.9
22	マレーシア		963	40	0.0	3	トルコ(IFOAM)	◎	93,133	14,401	0.2
23	カンボジア		952	1,421	0.0	4	ノルウェー	◎	43,033	2,496	4.1
24	アルメニア	△	265	40	0.0	5	ロシア	△	40,000	40	0.0
25	キルギスタン		221	225	0.0	6	モルドバ	◎	11,075	121	0.4
26	ブータン	○	150	65	0.0	7	アイスランド	◎	4,684	23	0.2
27	グルジア	△	130	38	0.0	8	クロアチア	◎	3,184	269	0.1
28	香港	△	12	20		9	アルバニア	○	1,170	93	0.1
29	ヨルダン		10	1	0.0	10	リヒテンシュタイン		1,040	35	27.9
1	スーダン		200,000	650	0.1	11	セルビア・モンテネグロ	◎	591		0.0
2	ケニヤ		182,586	15,815	0.7	12	ボスニア・ヘルツェゴビナ	△	416	26	0.0
3	ウガンダ		182,000	40,000	1.5	13	マケドニア	◎	249	50	0.0
4	チュニジア	◎	143,099	515	1.5	1	アルゼンチン	◎	3,099,427	1,736	2.4
5	南アフリカ	△	50,000		0.1	2	ブラジル	◎	842,000	15,000	0.3
6	タンザニア		38,875	34,791	0.1	3	ウルグアイ		759,000	500	5.1
7	エジプト	△	24,548	500	0.7	4	ボリビア	○	364,100	6,500	1.0
8	モロッコ		20,040	12,051	0.1	5	メキシコ	○	307,692	83,174	2.9
9	ガーナ	○	17,261	2,000	0.1	6	ペルー	○	84,782	33,474	0.4
10	マリ		14,600	3,672	0.0	7	パラグアイ	○	59,500	2,827	0.2
11	カメルーン	△	7,000		0.1	8	ドミニカ	○	51,391	819	1.4
12	ザンビア		2,884	9,248	0.0	9	ニカラグア	△	51,057	5,977	0.7
13	セネガル		2,500	3,000	0.0	10	チリ	◎	45,000	1,000	0.3
14	マダガスカル	△	2,220		0.0	11	エクアドル	◎	44,661	2,427	0.6
15	アルジェリア		887	39	0.0	12	コロンビア		33,000	4,500	0.1
16	モザンビーク		716	1,904	0.0	13	ベネズエラ		16,000	4	0.1
17	ベニン		500	600	0.0	14	キューバ	△	15,443	7,101	0.2
18	マラウイ		325	13	0.0	15	グアテマラ		12,110	2,830	0.3
19	モーリタニア		175	5	0.2	16	コスタリカ	○	9,473	3,987	0.3
20	ルワンダ		105		0.0	17	エルサルバドル	○	5,256	1,811	0.3
21	トーゴ		90	1	0.0	18	パナマ		5,244	7	0.2
22	ニジェール		39		0.0	19	ホンジュラス	◎	1,823	3,000	0.1
23	ブルキナファソ		30		0.0	20	ベリーズ		1,810		1.2
24	ジンバブエ		25	1	0.0	21	ジャマイカ		376	7	0.1
E01	イタリヤ	◎	1,067,102	44,733	8.4	22	ガイアナ		109	28	0.0
E02	スペイン	◎	807,569	15,693	3.2	23	トリニダードトバゴ		67	1	0.1
E03	ドイツ	◎	807,406	17,020	4.7	1	アメリカ合衆国	◎	1,620,351	8,445	0.5
E04	イギリス	◎	619,852	4,285	3.9	2	カナダ	○	578,874	3,618	0.9
E05	フランス	◎	560,838	11,402	2.0	1	オーストラリア	輸出	11,800,000	1,869	2.7
E06	オーストリア	◎	360,972	20,310	14.2	2	ニュージーランド	輸出	45,000	820	0.3
E07	ギリシャ	◎	288,255	14,614	3.1	3	フィジー		100		0.0
E08	チェコ	◎	254,982	829	6.0						

注1：アジアに属するが、EU(E)加盟候補国になっているトルコはIFOAM統計ではヨーロッパに属している。

注2：有機認定制度の◎は完全実施、○不完全実施、輸出は輸出品のみ実施、△は立案中を示す。

出典：IFOAM 2007

の各国にこの法令が導入された。コーデックス委員会では、1999年に作物栽培、2001年に畜産に関する有機基準を承認した。アメリカでは2002年に合衆国有機計画が施行された。2005年段階での121ヵ国における有機認定基準実施状況は国や大陸によって顕著に異なっている。

全世界における有機登録認定機関数は2003年度には364であったが、2006年度には395に増加した。大陸別に見ると、ヨーロッパに160（ドイツ31、スペイン26、イタリア16、イギリス10）、アジアに93（日本34、中国32、インド11）、北米80（アメリカ59、カナダ21）、中南米43（ブラジル18）、オセアニア11、アフリカ8（南アフリカ、ケニア、ウガンダ、タンザニア、エジプト他）となっている。表4には、認定有機農業の農地面積、有機農業者数、全農地に対する占有率も示したが、国によって様々である。総じていえることは、ヨーロッパ、北アメリカとラテンアメリカ諸国で盛んであるが、アジアとアフリカ諸国ではこれからという傾向が見られる。表5に主要作物の栽培面積を示した。小麦を含む穀類はEU諸国と北アメリカが上位を占め、イネはタイ、ワタはトルコ、コーヒーはメキシコ、カカオはドミニカ、オリーブはイタリア、バナナはエクアドル、熱帯果樹全体ではメキシコとパラグアイ、柑橘類とブドウはイタリアが最大であり、特産地が形成されている観がある。有機農業農地面積の大半を占めているのは永久牧草地である。ここで注目すべき点は、病害虫との戦いが予想され、高い所得も期待される熱帯果樹を含めて、世界中で栽培されているほとんどすべての作物で有機栽培が行われていることである。

有機食品と飲料の世界市場

有機農産物の世界市場での総収入は2002年には230億ドル（以下、USドル、1ドル＝110円とすると2兆5300億円、以下同様）であったが、2005年には43%増加して330億ドル（3兆6300億円）に達した。世界的には、有機農産物の生産と需要との間には、総じて供給不足が続いている。ヨーロッパ市場は170億ドル（1兆8700億円）で世界全体の過半を占め、その大部分が西ヨーロッパ諸国の需要であり、ドイツ、イギリス、フランス、イタリアの4ヵ国で75%、人口の少ないデンマーク、スウェーデン、オランダでも需要は高い。人口一人当たり年間有機農産物消費額の最高はスイス人の140ドル（1万5400円＝1283円/月）、次いでデンマーク人、スウェーデン人、オーストリア人の順である。最近EUに加盟した中東ヨーロッパ諸国の消費額は2%に過ぎない。アメリカとカナダでは149億ドル（1兆6390億円）で世界の45%を占めている。健康増進に寄与する栄養素が豊富な有機農産物に対する需要の高まりによってアメリカは有機農産物の世界最大消費国であるとともに、世界最大の生産国であり、輸出国である。アメリカにおける急成長は2002年連邦政府が「National Organic Program」を施行後、年率16%という高度成長を続けている結果である。アジアではインド、中国、タイとインドネシアが世界規模での有機農産物供給国になりつつあり、大半が北アメリカとヨーロッパに輸出され、日本、韓国、台湾、シンガポール、香港は大きな消費国になろうとしており、日本の市場規模は7億5000万ドル（825億円）である。有機農産物の巨大輸出国であるオーストラリアの市場は3億ドル

表5 作物別にみた認定有機栽培面積が広い国

(単位: ha)

作物名	国名	栽培面積	作物名	国名	栽培面積	作物名	国名	栽培面積
穀類 01	イタリア	258,848	コーヒー01	メキシコ	147,137	柑橘類 01	イタリア	18,044
穀類 02	アメリカ	228,108	コーヒー02	ペルー	71,241	柑橘類 02	アメリカ	4,107
穀類 03	ドイツ	185,000	コーヒー03	インドネシア	10,836	柑橘類 03	ギリシャ	2,002
穀類 04	カナダ	154,152	コーヒー04	ウガンダ	18,135	柑橘類 04	スペイン	1,810
穀類 05	フランス	95,417	コーヒー05	ニカラグア	8,950	柑橘類 05	キューバ	1,735
穀類 06	オーストリア	67,073						
穀類 07	スウェーデン	52,799	カカオ 01	ドミニカ	30,902	ブドウ 01	イタリア	33,885
穀類 08	イギリス	47,694	カカオ 02	メキシコ	17,314	ブドウ 02	フランス	19,187
穀類 09	フィンランド	44,493	カカオ 03	エクアドル	12,842	ブドウ 03	スペイン	15,991
穀類 10	ポルトガル	41,996	カカオ 04	ペルー	6,368	ブドウ 04	アメリカ	9,209
			カカオ 05	パナマ	4,850	ブドウ 05	モルドバ	8,155
小麦 01	イタリア	177,840				ブドウ 06	トルコ	4,624
小麦 02	アメリカ	115,601	オリーブ 01	イタリア	106,938	ブドウ 07	シリア	4,000
小麦 03	カナダ	75,816	オリーブ 02	スペイン	91,485			
小麦 04	オーストリア	21,717	オリーブ 03	チュニジア	80,016	永久牧草地 01	オーストラリア	11,430,000
小麦 05	ルーマニア	15,768	オリーブ 04	ギリシャ	39,636	永久牧草地 02	アルゼンチン	2,296,123
			オリーブ 05	ポルトガル	28,152	永久牧草地 03	アメリカ	923,253
稲 01	タイ	17,328				永久牧草地 04	ウルグアイ	752,400
稲 02	フィリピン	14,134	バナナ 01	エクアドル	14,915	永久牧草地 05	中国	692,000
稲 03	イタリア	11,444	バナナ 02	コスタリカ	2,021	永久牧草地 06	ブラジル	672,000
稲 04	アメリカ	10,695	バナナ 03	ドミニカ	4,875	永久牧草地 07	イギリス	428,330
稲 05	パキスタン	6,360	バナナ 04	ペルー	2,411	永久牧草地 08	ドイツ	410,000
						永久牧草地 09	フランス	347,860
綿 01	トルコ	9,130	熱帯果樹 01	メキシコ	25,605	永久牧草地 10	スペイン	268,239
綿 02	アメリカ	3,859	熱帯果樹 02	パラグアイ	20,000	永久牧草地 11	イタリア	227,610
綿 03	マリ	1,822	熱帯果樹 03	エクアドル	17,979	永久牧草地 12	オーストリア	214,213
綿 04	パキスタン	880	熱帯果樹 04	コスタリカ	4,953	永久牧草地 13	チェコ	209,956
綿 05	ベナン	500	熱帯果樹 05	ドミニカ	7,185	永久牧草地 14	ギリシャ	184,770

注1: 小麦は普通小麦(パン小麦)とスペルト小麦の合計。

注2: 熱帯果樹はアボカド、サボテン、ココナツ、グアバ、レイシ、マンゴー、パパイヤ、パッションフルーツ、パイナップルなど。

出典: 2005; IFOAM 2007

(330 億円)に過ぎない。有機農産物の主要な生産国としてラテンアメリカ諸国が急成長しており、90%が輸出されている。ドバイ、リヤドやクウェートなどの中東の大都市部でも有機農産物に対する需要は高まってきた。以上のように、有機農産物市場規模は2006年度には400億ドル(4兆4000億円)に急成長する見通しであり、有機農産物に対する需要に比べ生産が追いつかない状況が続くものと考えられる。

日本の農業: 多肥多農薬の実態

日本における有機農業の顕著な立ち遅れは、第2次大戦後、日本農業の高い収量や高品質が多肥多農薬で支えられ、その結果、環境保全型農業ではなく環境破壊型農業に変質しているという現状認識が不足していたためではないかと考えられる。以下に、多肥多農薬の実態について改めて考えよう。

1) 稲作

表6は、FAOが公表した1986年度「世界の米生産と農薬使用金額」と題する統計データである。この年、日本における米作付面積は230万haで全世界の作付面積1億4420万haの1.60%、日本の籾収量は単収が高いために全世界の3.11%を占めていた。問題は1.60%の日本の水田で使用された農薬使用金額である。日本で使われた農薬使用金額の占める全世界に対する割合を計算すると除草剤62.1%、殺虫剤38.9%、殺菌剤69.8%、3剤合計で54.6%にも達していた。籾1kgを生産するために使われた農薬使用金額を計算すると、日本では12円50銭となり、この数値は日本より単収の高い韓国の5.7倍、アメリカの6.1倍、世界最大の米輸出国タイの28倍、インドの50倍、中国の78倍になっていた。因みに、2007年度の日本の場合を併記してみた

が、世界第一級の多農薬の実態は20年間変わっていない。

2) 稲作以外の作物栽培

「食料・農業・農村基本法」施行40日後の1999年8月25日、農林水産省統計情報部は「農業生産環境調査、農家調査結果の概要」を公表した。1997年7月から1998年6月までの1年間、イネを除く国内で経済栽培されている露地野菜28種、施設野菜12種、露地果樹18種、施設果樹2種、露地花卉8種、施設花卉8種、畑作物23種、合計97種類の作物栽培について、全国1万6158戸の販売農家を対象に1作あたりの肥料と農薬の投入実態を明らかにした。

表7に作物分類別に平均値を一覧した。投入有機質肥料のうち窒素成分に換算した投入量は、水稲ではわずかに3.2kgであったが、野菜、果樹、花卉、畑作物のすべてで水稲の

表6 世界の米生産と農薬使用金額 (1986年; FAO)*

国	作付面積 (百万ha)	籾生産量 (百万トン)	農薬使用金額 (億円)				合計	農薬経費**			
			除草剤	殺虫剤	殺菌剤	合計		ha当たりと比	籾1kg当たりと比	ha当たりと比	籾1kg当たりと比
日本	2.3	14.5	712.5	525.0	576.0	1813.5	¥78,848	1.0	¥12.50	1.0	
韓国	1.2	7.9	30.0	75.0	67.5	172.5	¥14,375	5.5	¥2.18	5.7	
中国	32.2	172.0	30.0	180.0	66.0	276.0	¥857	92.0	¥0.16	78.0	
インド	41.0	90.0	27.0	172.5	24.0	223.5	¥545	144.6	¥0.25	50.0	
アメリカ合衆国	0.9	6.0	90.0	30.0	3.0	123.0	¥13,667	5.8	¥2.05	6.1	
タイ	9.2	18.4	21.0	45.0	15.0	81.0	¥880	89.6	¥0.44	28.4	
フィリッピン	3.5	9.0	18.0	40.5	9.0	67.5	¥1,929	40.9	¥0.75	16.7	
ブラジル	5.8	10.0	37.5	33.0	4.5	75.0	¥1,293	61.0	¥0.75	16.7	
その他	48.1	138.9	181.5	249.0	60.0	490.5	¥1,020	77.3	¥0.35	35.4	
合計	144.2	466.7	1147.5	1350.0	825.0	3322.5	¥2,304	34.2	¥0.71	17.7	
日本の割合**	1.60%	3.11%	62.1%	38.9%	69.8%	54.6%	-	-	-	-	
日本(2007)***	1.669	11.6	551.60	576.55		1128.15	¥67,594	1.2	¥9.72	1.3	

* : 出典 上村振作他編『農薬毒性の事典』(1988)三省堂.

** : 片野(1992)の計算、比は日本の経費を各国の経費で除した数値.

*** : 2007年度の籾生産量は農林水産省・玄米収量/0.75で計算、農薬使用金額は農薬工業会公表(日本農業新聞2007年12月18日).

表7 日本における1作当たりの作物栽培で投入される有機質肥料、化学肥料および農薬の量

作物の区分	調査販売 農家数	有機質 肥料 (N換算 kg/10a)	化学肥料成分量		農薬投入量・成分 (kg/10a)						
			窒素 (kg/10a)	N+P+K (kg/10a)	殺虫剤	殺菌剤	除草剤	その他	PGR**	合計	イネに 対する比
野菜類、露地栽培	5,797	22.0	21.4	62.6	2.1	0.8	0.0	0.2	0.0	3.1	5.2
果菜類	1,658	31.6	23.3	69.4	2.5	1.7	0.0	0.3	0.0	4.5	7.5
葉茎菜類	2,458	22.8	25.2	71.5	1.1	0.8	0.0	0.4	0.0	2.3	3.8
根菜類	1,159	13.5	15.5	48.8	3.3	0.3	0.0	0.1	0.0	3.7	6.2
その他の野菜	522	32.6	20.3	56.0	2.4	0.4	0.1	0.0	0.0	2.9	4.8
野菜類、施設栽培	1,217	38.2	21.0	59.2	4.7	1.1	0.0	0.1	0.0	5.9	9.8
果樹、露地栽培	4,023	10.9	14.7	39.9	3.4	3.2	0.1	1.4	0.0	8.1	13.5
果樹、施設栽培	382	35.7	18.4	48.7	1.8	2.3	0.1	0.5	0.0	4.7	7.8
花卉、露地栽培	890	13.3	14.1	39.7	1.7	1.1	0.2	0.1	0.0	3.1	5.2
花卉、施設栽培	580	24.8	27.5	79.1	3.8	2.1	0.1	0.0	0.0	6.0	10.0
畑作物	3,269	9.0	16.9	50.9	2.7	0.8	0.1	0.3	0.2	4.1	6.8
水稲	参考	3.2	7.8	27.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1.0

* : 16,158 販売農家 (30aの耕地あるいは500,000円以上の販売高) .

** : PGRは植物生長調節剤(植物ホルモン)を示す.

出典: 1997年7月~1998年6月、農林水産省1999年8月25日公表

何倍もの有機質肥料が投入されている。投入化学肥料は窒素質と三要素について示したが、すべての作物で水稲の何倍もが投入されていた。農薬の投入量については、まず、合計量をみると、わずかに0.6kgであった水稲に比べ、露地の果樹は8.1kgで水稲の13.5倍、施設の花弁6.0kgで10.0倍、施設の野菜5.9kgで9.8倍、施設の果樹7.4kgで7.8倍、畑作物4.1kgで6.8倍、露地の野菜と露地の花弁はともに3.1kgで5.2倍となる。この数字を、消費者が見たら何という答えが返ってくるかを考えてみるのが重要である。なお、農産物の残留農薬基準では、食品衛生法一部改正によるポジティブリスト制度が2006年5月29日から施行され、国産、輸入を問わず、基準が設定されていない農薬等が一定量(0.01ppm=10ppb)以上残留する食品の販売

等を原則禁止することになり、農薬規制は格段に強化された。

日本における有機農産物と農産加工品の現状

表8に有機食品の検査認証制度で認定を受けた有機農産物および有機加工食品の格付実績を一覧した。まず、注目すべきは有機農産物の種類である。量の多少はあるが、日本で栽培されている作物がほとんど網羅されている。このことは、欧米に比べ、高温多湿による病虫害多発、だから有機農業は不可能であるという考え方は成り立たないということを示している。1982年度、農林水産省は各県の専門家に病虫害防除用農薬の供給水準を低下させた場合、作物の減収程度を公表したが、

表8 有機食品の検査認証制度で認定を受けた有機農産物および有機加工食品の格付実績

区分	格付数量(平成18年度・2006年度)			国内比率 D=A/C	
	国内 A(t)	外国 B(t)	合計 C=A+B		
1. 有機農産物					
野菜	1	29,949	106,119	136,068	22.01%
果樹	2	1,766	131,538	133,304	1.32%
米	3	10,811	21,777	32,588	33.17%
麦	4	558	7,528	8,086	6.90%
大豆	5	974	63,647	64,621	1.51%
その他の豆類	6	110	21,403	21,513	0.51%
雑穀類	7	26	5,085	5,111	0.51%
緑茶(荒茶)	8	1,538	449	1,987	77.40%
紅茶(荒茶)	9	2	639	641	0.31%
コーヒー生豆	10	0	6,070	6,070	0.00%
ナッツ類	11	0	9,578	9,578	0.00%
さとうきび	12	0	839,937	839,937	0.00%
こんにゃく芋	13	1,365	3,743	5,108	26.72%
パームフルーツ	14	0	68,873	68,873	0.00%
その他の農産物	15	1,496	8,880	10,376	14.42%
計		48,596	1,295,266	1,343,862	3.62%
1. 有機加工食品					
冷凍野菜	1	278	5,450	5,728	4.85%
野菜びん・缶詰	2	6	6,409	6,415	0.09%
野菜水煮	3	1,099	9,323	10,422	10.55%
その他野菜加工品	4	884	2,029	2,913	30.35%
果実飲料	5	3,025	7,520	10,545	28.69%
その他果樹加工品	6	919	4,881	5,800	15.84%
果実飲料	7	1,479	524	2,003	73.84%
茶系飲料	8	3,353	343	3,696	90.72%
コーヒー飲料	9	10,272	0	10,272	100.00%
豆乳	10	21,971	0	21,971	100.00%
豆腐	11	73,570	0	73,570	100.00%
納豆	12	36,919	107	37,026	99.71%
みそ	13	3,396	803	4,199	80.88%
しょうゆ	14	6,655	128	6,783	98.11%
ピーナッツ製品	15	1,941	5,818	7,759	25.02%
その他豆類の調製品	16	6,231	495	6,726	92.64%
乾めん類	17	100	2,746	2,846	3.51%
緑茶(仕上げ茶)	18	1,132	156	1,288	87.89%
コーヒー豆	19	2,615	509	3,124	83.71%
ナッツ類加工品	20	1,541	2,974	4,515	34.13%
こんにゃく	21	2,649	1,323	3,972	66.69%
砂糖	22	0	14,657	14,657	0.00%
牛乳	23	134	0	134	100.00%
その他の加工食品	24	7,287	3,581	10,868	67.05%
計		187,455	69,777	257,232	72.87%

注1：格付実績は、平成11年(1999年)7月22日、有機食品の表示等を定めたJAS法一部改正に準拠し、農林水産大臣認可各登録認定機関(現在、国内外に70機関)が、農林水産大臣に報告した格付実績を集計した数値。有機表示の厳格化は平成13年度から始まった。

注2：外国で格付された有機農産物は、主に外国で有機加工食品の原材料として使用されているが、それ以外にも、外国で消費されたもの、日本以外に輸出されたもの及び有機加工食品以外の食品に加工されたものも含まれる。

出典：農林水産省

減収率 94%とされた施設のキュウリ、90%のリンゴなど、無農薬では経済栽培は絶対不可能とされた作物でも有機栽培が可能である（日本有機農業研究会 1999、Xu,2006、木村 2007）。次に量をみると、国産 4 万 8596 t に対して輸入は 129 万 5266 t で、国産自給率はわずか 3.6%に過ぎない。

一方、有機加工食品の種類も広範囲に及んでいる。国内で 1 万 t を越えたのは豆腐、納豆、豆乳およびコーヒー飲料の 4 品目で、いずれも輸入有機農産物によって作られている。

表 9 は国内総生産量に占める格付有機農産物の割合である。合計をみると、2001 年度は 0.10%だったが、2006 年度には 0.17%と 1.5 倍化した。極めて微々たる状態であり、表 9 で示した IFOAM の農地面積割合 0.16% に近似した数値であった。割合の最大は荒茶の 1.68%、次いでダイズの 0.43%、野菜 0.19%、米 0.13%、果樹 0.05% の順であった。

日本における有機農業の経済性

有機農業が農業経営として成立するか否かをめぐる統計資料は皆無に等しかったが、有機農業に関する関心の高まりから農林水産省が大規模な調査を開始するようになった。2006 年秋、生産者米価＝農協仮渡し金急落の中で、稲作経営として残り得るのは有機稲作しかないのではないかと考えられる（片野 2008）。表 10 に農林水産省が 2002 年度に行った環境保全型農業（稲作）推進農家の経営分析調査結果の概要を示した。10a 当たり所得に注目すると、最高は有機 JAS 認定農家の 7 万 4350 円で、自称・有機（6 万 4870 円）より 15% 高く、慣行栽培より 90% も高くなっていた。これは 60kg 当たりの販売代金が有機

JAS 認定農家では 2 万 6918 円で、自称・有機（2 万 5281 円）より 6%、慣行栽培より 77% も高くなっていたためである。慣行栽培に対する有機 JAS と自称有機栽培の 10a 当たり収量は 84% と 93% で収量は若干減少し、労働時間は 161% と 166% でかなりの労力がかかっていた。以上の結果は、有機 JAS 認定を受けることで、経営的には有利になっていることを示している（片野 2005b）。

有機農業の将来と課題

国内外を問わず、環境保全、生物多様性維持、農業生産の持続性、食の安心安全と健康増進、農業経営、農家の健康、地産地消とスローフードによる農村地域の活性化などあらゆる角度から有機農業は、今後とも、世界各国でますます注目されざるを得ないものと考えられる。国を挙げて有機農業を实践せざるを得なくなったキューバの経験（吉田 2002）には最も注目すべきものがある。

有機農業の栽培技術はほとんどが日本を含め世界各地の民間、農家自身の力で創造されてきた。人類が各地の自然環境の下で創造し続けてきた多様な農業生産活動には 1 万 5000 年の歴史の重みが存在する。この長さに比べると、有機農業で使用禁止となっている化学肥料と農薬、遺伝子組換え作物の歴史は 200 年にも満たない。

ドイツの Liebig の無機栄養説提唱は 1840 年、イギリスの Lawes が世界初の化学肥料である過リン酸石灰の特許取得は 1842 年、1890 年に製造が始まった硫酸が日本に輸入されたのは 1896 年、1901 年には国内生産が開始し（高橋 1984）、化学肥料の歴史はわずか 165 年しかない。無機合成殺菌剤であるボルドー

表9 国内総生産量に占める格付有機農産物の割合

区分	2001年度	2003年度	2006年度	06/01年度
野菜	0.11%	0.17%	0.19%	173%
果樹	0.03%	0.06%	0.05%	167%
米	0.09%	0.13%	0.13%	144%
麦	0.08%	0.08%	0.06%	75%
大豆	0.43%	0.34%	0.43%	100%
緑茶(荒茶)	1.10%	1.62%	1.68%	153%
その他の農産物	1.42%	1.47%	2.17%	153%
合計	0.10%	0.16%	0.17%	170%

出典：農林水産省

表10 環境保全型農業（稲作）推進農家の経営分析調査結果の概要

区 分	調査 農家 戸数	水稻	作付	作付率 (B/A)	粗収益 (円)	経営費 (円)	所得 (円)	10 当たり 労働時間	10a	60kg
		作付 総面積 (a)A	面積 (a)B						当たり 収量 (kg)	当たり 販売代金 (円)
有機栽培 (有機 JAS 認定農家)	73	497	168	34%	204,910	130,560	74,350	44.23	443	26,918
無農薬・無化学肥料栽培	76	270	95	35%	180,359	115,489	64,870	46.11	432	25,281
無農薬栽培	50	277	68	25%	150,744	102,456	48,288	51.98	433	21,209
無化学肥料栽培	69	250	136	55%	140,120	101,420	38,700	33.77	461	17,670
減農薬・減化学肥料栽培	82	291	221	76%	122,492	81,416	41,076	21.31	476	15,065
有機 JAS /無農薬・無化学肥料栽培		184%	176%	96%	114%	113%	115%	96%	103%	106%
有機農業/慣行栽培					144%	126%	190%	161%	84%	177%
無農薬・無化学肥料栽培 /慣行栽培					143%	121%	209%	166%	93%	152%
無農薬栽培/慣行栽培					128%	113%	180%	135%	91%	158%
無化学肥料栽培 /慣行栽培					106%	100%	127%	124%	92%	129%
減農薬・減化学肥料栽培 /慣行栽培					106%	94%	139%	101%	93%	113%
無農薬・無化学肥料栽培 /慣行栽培 (平成 10 年度・九州)					139%	112%	179%	123%	84%	171%

注：慣行栽培との対比は、有機栽培～減農薬又は減化学肥料栽培までのそれぞれの環境保全型栽培農家が、当該ほ場において農薬、化学肥料を用い、概ねその地域の一般的な方法で栽培したとした場合の経営収支、労働時間等を 100 とした対比である。

出典：平成 14 年産、平成 15 年 7 月調査実施；農林水産省平成 16 年 3 月 24 日公表

液をフランスの Millardet が発明したのは 1883 年であり、殺菌剤の歴史は 125 年（西村 1984）、スイスの Müller が 1874 年に合成されていた DDT の強力な殺虫作用の発見は 1939 年、ノーベル医学生理学賞受賞は 1948 年度（八杉ら 1996）で、殺虫剤の歴史も 66 年である。アメリカの Zimmerman による植物生長ホルモン・ナフタレン酢酸（NAA）の選択的除草効果発見は 1935 年、1944 年にさらに強力な 2,4-ジクロロフェノキシ酢酸（2,4-D）が強力な選択的殺草効果を持つことをアメリカの Hammer らが発見したのは 1944 年、以後、画期的な除草剤として実用化、日本では 1950 年に水田雑草防除剤として実用化され（植木・松中 1978）、除草剤の歴史も 60 年にしか過ぎない。遺伝子組換作物（Genetically modified organism、GM 作物、GMO）の歴史は 10 年である。日持ちトマト・Flavr Savr（フレーバーセーバー）が最初であり、1992 年にアメリカ食品医薬品局承認、1994 年に販売が開始され、1996 年にはアメリカで GM ダイズの栽培が始められて以降着々と普及し、2007 年現在、全世界のダイズ作付け面積の約 6 割、トウモロコシで約 2 割、ワタは約 4 割が GM 作物となっている。

欧米主導の近代化農業技術の粋を結集したのは「緑の革命」である。開発途上国の人口増加による食糧危機克服のため、多収品種の開発と普及による農業革命で、国際トウモロコシ小麦改良センター(CIMMYT) で 1950 年代後半から高収量・メキシコ系半矮性小麦群が育成され、1960 年代から始まる緑の革命の口火を切った。メキシコでは小麦の自給率 100%が達成されるなど、この革命は世界中へ拡大した。アジアでは、フィリピンの国際イネ研究所 (IRRI) で多収穫品種「IR8」が 1966

に育成され、ミラクルライスと呼ばれ、単位面積当りの収量を画期的に向上させ、アジアの多くの開発途上国において耕作が奨励された。1960 年代から 1980 年代にかけて世界各地に拡大した緑の革命によって世界の穀物生産量は 2.5 倍になった。

しかしながら、これらの多収新品種は多量の水や化学肥料、農薬を必要とし、砂漠化や農薬汚染など環境への影響、さらには先進国（化学肥料、農薬供給国）と開発途上国、金持ち階級と貧困層との間に深刻な社会経済的な問題も引き起こした。ヴァンダナ・シバがインド北西部、パンジャブ州とその周辺に導入された「緑の革命」によって引き起こされた悲劇の顛末を描き出した『緑の革命とその暴力』が出版されたのは 1991 年であった。1997 年に邦訳された本書の扉には「民衆の農業知識を残すことに生涯を捧げたりチャリヤ博士に」とある。1 万 5000 年もの歳月、我々の祖先は、営々と農業生産活動に従事し続けてきたのであり、その途方もない永続性を支えた知恵こそ「民衆の知識」ではないだろうか。筆者（1990）もまた、永続的自然農法稲作栽培技術確立の一端を担ってきたが、その方法は自然農法稲作実施農家自身が作り出したものである。先進国の技術を後進国に導入・教授するのではなく、その土地の先住民からひたすら聞く耳を持つことが、根本問題解決への近道ではないかと思うのである。

参考文献

- 1) Carson, R. 1962 Silent Spring 青樹築一訳 1964 沈黙の春（旧訳書名は「生と死の妙薬」）新潮文庫 1-358
- 2) Colborn T., D. Dumanoski and J. P. Myers 1996

- Our Stolen Future : Are we threatening our fertility, intelligence, and survival ? -A scientific detective story 長尾 力訳 1997 奪われし未来 長尾力・堀千恵子訳 2001 増補改訂版 翔泳社 1-466
- 3) Committee on the role of alternative farming methods in modern production agriculture, Board on agriculture, Natuional Research Council (U.S.) 1989 Alternative agriculture National Academy Press, Washington D.C 1-448
- 4) ECSC-EEC-EAEC, Brussel-Luxemboug 1989 intensive farming and the impact on the environment and the rural economy of restriction on the use of chemical and animal fertilizers Commision of the European Communities Belgium 1-82
- 5) Helga, W. and M. Yussefi (eds.) 2007 The world organic agericulture Statistics and emerging trends 2007 IFOAM & FiBL., Bonn Germany 1-250
- 6) 今村光一抄訳・編 (2002) 今の食生活では早死にする,改訂最新版,ーアメリカ上院栄養問題特別委員会レポートー自分の健康を守るための指針ー 経済界 東京 1-251
- 7) 片野 学 1990 自然農法のイネづくり 農文協 1-246
- 8) 片野 学 1992 環境保全、人間健康型作物栽培のすすめ 九州東海大学地球環境問題研究会編 熊本発地球環境読本 東海大学出版会 99-110
- 9) 片野 学 2004a 自然農法の出番がきた！ (3)大量の農産物輸入には未来はない？！ 財団法人・自然農法国際研究開発センター発行機関誌 自然農法 50 : 2-8
- 10) 片野 学 2004b 自然農法の出番がきた！ (4)食料・農業・農村基本法のめざすものが見えてきた 財団法人・自然農法国際研究開発センター発行機関誌 自然農法 51 : 2-8
- 11) 片野 学 2005a 自然農法の出番がきた！ (5)化学合成農薬・化学肥料の問題点が明らかになってきた 財団法人・自然農法国際研究開発センター発行機関誌 自然農法 52 : 2-9
- 12) 片野 学 2005b 自然農法の出番がきた！ (6)経営的にも、人間としても魅力満載の自然農法 財団法人・自然農法国際研究開発センター発行機関誌 自然農法 53 : 2-8
- 13) 片野 学 2008 有機稲作における生産性と除草問題 植調 41 : <印刷中>
- 14) 木村秋則 2007 自然栽培ひとすじに 創森社 1-159
- 15) 日本有機農業研究会編 1999 有機農業ハンドブック 農文協発売 1-352
- 16) 西村正暢 1984 農薬 平井ら共著 最新植物病理学概論 改訂版 養賢堂 171-189
- 17) 西岡 一著 日本消費者連盟編 1993 食べものからわかるガンの秘密ー活性酸素の正体 三一書房 1-243
- 18) Pimentel,D., L.E.hurd, A.C.Bellotti, M.J. Forrster, N.Oka, O.D.Sholes and R.J.Whitman (1973) Food production and the energy crisis Science 182: 443-449
- 19) Scialabba N.E. and C.Hattam eds. 2002 Organic agriculture, environment and foodsecurity FAO Environment and Natural Resources series No.4; Environment and Natural Resources service Sustainable Development Department 1-252
- 20) 高橋栄一 1984 施肥農業の基礎 養賢堂 251-256
- 21) 宇田川武俊 1976 水稻栽培における投入エネルギーの推定 環境情報科学 5(2) : 73-79
- 22) 宇田川武俊 1977 作物生産における投入補助エネルギー 環境情報科学 6 : 77-91

- 23) 植木邦和・松中昭一 1978 雑草防除大要 養賢堂 83-85
- 24) Vandana Shiva 1991 The violence of the green revolution 浜屋喜美子訳 1997 緑の革命とその暴力 日本経済評論社 1-302
- 25) 山口智洋 1996 オーガニック食品 日経BP出版センター 1-215
- 26) 八杉ら編 1996 岩波生物学辞典 第4版 岩波書店 557
- 27) 吉田太郎 2002 有機農業が国を変えた コモンズ 1-251
- 28) Xu,Hui-lian 2006 Nature farming in Japan. Research Signpost Kerala India 1-168.
- 注) 片野 學が1984年から2007年にかけて公表した「農業・食物・人間の健康・環境保全」に関する論文・論説集『食育の原点を考える』(B5版192ページ)を「食とみどり、水を守る熊本県民会議」から2007年9月に発行しました。問い合わせは著者まで

(九州東海大学農学部 教授)



キューバの有機農業のための農民参加型種子開発

吉田太郎

喪失する遺伝資源と 農民たちが自ら行なう品種改良

「自然はとても複雑ですね」。熟したトウモロコシを調べながら、あるキューバ農民が口ずさむ。「良い結果を見込んでも実際には悪いこともありますし、その逆のこともあります。でも、ある土地で良くなかったからといって、その品種を捨ててはいけません。また別の機会を与えてやるべきなのです」

キューバでは、農民参加型の品種改良と呼ばれる新たな運動が始まっている。この運動では、試験研究の多くは現場の畑でなされ、農民たちは研究パートナーとして研究者とともに働く。農民が研究をリードすることも多く、育種家から資材を得て自ら種子交配することもある。農家の手にある在来品種は地元の土地条件に適しているから、成功することも多い¹⁾。

日本では、消費者が食の安心・安全でまず関心を持つのは農薬や化学肥料を使っているかどうかだ。だが、農薬等の多投をもたらした近代農業「緑の革命」のもう一面の深刻な側面課題は、農業生物多様性と遺伝資源の喪失にある。何千年にも及ぶ農民たちの実験を通じ、人類は多様な環境条件に応じた何千種

もの品種を育成してきたが、今、全世界で広く栽培されているのは150品種ほどでしかない。世界の食料の3/4はたった12品種だけから産み出され、うち半分は、米、小麦、トウモロコシ、ソルガム、ミレット、ジャガイモ、サツマイモと数品種だけなのだ。国際食糧農業機関（FAO）は、農業に利用可能な25万もの植物品種のうち、3%未満の7000種だけしか用いられていないと指摘し、FAO's 1998 report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture（世界の食料と農業のための植物遺伝資源状況報告）では「従来の育種戦略の再考が必要だ」との危機意識を表明している。そして、この見直しで着目されているのが、遺伝資源の保全管理や維持で果たす農民たち役割を再認識した「参加型育種」（participatory plant breeding）なのである¹⁵⁾。そして、この参加型育種で注目を集めているのがキューバなのだ。2004年7月にローマでFirst World Conference on Organic Seed（第1回世界有機種子会議）が開催された折には、Humberto Rios Labrada（ウンベルト・リオス・ラブラダ）博士がその経験を披露している¹⁴⁾。日本では有機農業や食の安全保障において育種が果たす役割はあまり話題にされないが、本論では育種を中心にキューバの有機農業の取組みを紹介してみよう。

YOSHIDA Taro : Participatory Plant Breeding for Organic Agriculture in Cuba

経済危機で種子生産力が半減

1980年代には、キューバは面積当たりではラテンアメリカはもちろん、世界でも最大級の農薬使用国だった^{12,14)}。石油や農薬に依存する農業が70%以上を占めていたうえ¹⁰⁾、肥料や農薬の95%は輸入されていた⁹⁾。このため、ソ連圏の崩壊でそれらが入手できなくなると、農業生産は以前の60%以下まで急落し、生産は低迷し続ける¹⁴⁾。キューバは国をあげて有機農業への転換を図っていくが、バイオ農薬を活用した無化学合成農薬栽培への転換が比較的スムーズに進んだのと比べ、育種面での対応は時間がかかった。植民地支配が長く続いたキューバでは、サトウキビを中心としたプランテーション農業が発達し、1959年のカストロの革命以降も近代農業が推進されたために、本来は豊富にあるはずの在来品種がほとんど失われていたためである³⁾。ことに加え、品種改良や種苗の生産・流通体制も中央集権的なもので、国土全域に適合する品種育成が推進されてきた。

その技術力は開発途上国としては高く、世界各地から品種を手に入れ、突然変異育種、体細胞変異、交雑等の技術を用いて品種を育成できる力を兼ね備えていた。だが、経済危機の中で研究は縮小を余儀なくされ、投入資材不足で、この種子生産体制は大打撃を受ける¹¹⁾。種子供給体制の回復と拡充は緊喫の課題であったが、その財源にもこと欠き98年にはトウモロコシやマメの種子生産力は89年時の50%に落ち込む^{4,9)}。加えて、従来の高収量品種は近代農場向けのものであったため、化学肥料や農薬がなければその威力を発揮できず、無用の長物と化した⁴⁾。

種子多様化に向けたプロジェクト発足

政府は、食料の安全保障に向け、新たな種子生産の方策を見出さなければならなかった。99年4月にようやくその試みが始まる。Instituto Nacional de Ciencias Agricolas (INCA, 農業科学研究所)の育種部は、Grupo de Accion Cubana de Agricultura Organica (ACAO, キューバ有機農業実践グループ)と協働し、2日間のワークショップと種子フェアを開催する。フェアには農民、育種家、土壌専門家、研究者、Asociacion Nacional de Agricultores Pequenos (ANAP, 全国小規模農業協会)の代表ら18名が参加したが、その目的はまず、研究機関から農民たちに種子を提供し、各地区の状況に適した品種選抜を奨励することにあった。その核となったのは、UNDPの「アグロエコロー灯台プロジェクト」に参加していたハバナ州の28 de septiembre (9月28日)、Gilberto Leon (ヒルベルト・レオン)、Jorge Dimitrov (ホルヘ・ディミトロフ)の3協同組合農場だった。

だが、ハバナ州は地形が平坦で環境も比較的均質である。数十年來の近代農業で遺伝資源の多様性がほとんど失われていた⁹⁾。化学肥料や農薬の万能時代に農民たちはほんの一握りの品種しか栽培しなくなっていた。だが、生物多様性やその知識は完全に失われていたわけではなく⁴⁾、東部の山岳地や西部のピナル・デル・リオ州のように伝統農業が優位な地域もあり¹⁰⁾、自給菜園でも様々な作物や薬草が栽培されていた。近代農業が盛んな時代には伝統的な小規模農家は過小評価され、省みられることもなかったが⁴⁾、その知識や能力が経済危機の中で、重要な役割を演じたのだった¹⁰⁾。

例えば、フェアで供給されたのは、ピナル・デル・リオ州由来の種子だった⁹⁾。ワークショップに先立ち、2人の育種家が同州でトウモロコシの種子を収集し、ハバナ州産のものも含め、66種の在来品種が集められた。

モノ不足の中、実験圃場では一度しか灌水ができず、農薬も化学肥料もなかったが、その条件下では高収量品種よりも在来品種の方が好成績を示し、かつ、ピナル・デル・リオ州産の在来種はハバナ州産のものよりも収量が高かった⁹⁾。

翌2000年、農業科学研究所は、カナダ国際開発センター（Internarional Development Research Center）の援助を受け、参加型育種プロジェクト（MPP =El mejoramiento participativo de plantas）に本格的に着手する¹⁾。その目的は、減農薬減化学肥料栽培に適したトウモロコシやマメ品種を育種することにあった⁹⁾。目的を達成するため、農業科学研究所のプロジェクト・チームは次の二つの目標を設定した。

- ①品種についての地元農民の知識を高め、同時に農民自身が品種選抜をできるしくみを創り出す。
- ②農業科学研究所や大学、種子公社を含め、現場の実践を通じて学ぶことで関係機関の研究開発力を高める。

この取り組みの鍵を担うのは、新たに結成された Grupos de Investigacion Campesina como elemento basico del proceso（GIC's, 農民実験グループ）だった¹⁾。プロジェクトには、前年の3協同組合農場に加え、ピナル・デル・リオ州の La Palma（ラ・パルマ）の El tejlar la Jocuma（エル・テハル・ラ・ホクマ）集落でも着手された⁵⁾。農民たちはトップダウン型の品種改良に慣れてしたが、この新たな参加型アプローチに前向きに応じた⁹⁾。

農民参加型の種子改良運動のはじまり

この参加型品種改良プロジェクトが行われたのは2000～04年にかけてだが、そのルーツは経済危機が始まった90年代にプロジェクトを中心となって率いた農業科学研究所の Rios 博士が、カボチャの品種改良のために実験ステーションに配属されたことにまで遡る⁶⁾。カボチャはキューバではごく一般的な野菜で、良く食されるだけでなく、ベータカロチンを多く含むことから医薬品にもなり、宗教儀式でも使われている。だが、1990年代には化学肥料や農薬不足に加え、灌漑給水も滞り、収量の落ち込みによって市場から姿を消すほどだった⁷⁾。配属された実験ステーションにすら化学肥料もなければトラクタ用のガソリンもなかった⁶⁾。

「支援したいとは思いますが、肥料や投入資材がないのです。トラクタの燃料やスペア部品もないので試験地も準備できていません。実験ステーションではそう告げられました。つまり、環境意識からではなく、経済状態により有機農業が必要だったわけです¹²⁾。農薬や化学肥料を必要とする品種では栽培が難しいことは明確でした。科学的な育種が役立つに気づき、従来の発想を転換しなければならなかったのです⁶⁾」。

実験ステーションは機能せず、博士はやむなく農民に助力を求め現場に出て行く。それが後に農民参加型の品種改良という果実を産み出すことになる^{6,12)}。だが、博士も始めから参加型アプローチを頭に描いていたわけではない⁶⁾。

「はじめは意識することなく始めたのです。値段が高い農薬や化学肥料を使わなくても干ばつ、高温、病害虫、病気等に対して収量をあ

げられる品種の模索をはじめたわけです」^{4,6)}。

博士らは 33 の在来のカボチャ品種と 20 ほどの近代品種を評価した。そして、研究は実験ステーションではなく農民の畑で行われた。それが農民参加型の品種改良がキューバで誕生した瞬間で⁴⁾、後に低投入でも近代農法に匹敵する 6~8 t/ha の収量をあげる有望な 2 品種の開発につながるのである。このことは二つの点で重要だった。たとえ投入資材が少なくても品種選択で生産性を高められることが判明したこと。そして、低投入条件にも見合った遺伝子は在来品種の中にあつたことである⁷⁾。

後に博士はこう語っている。

「カボチャの収量と所得を調べてみると、有機栽培ではヘクタール当たり 372 ペソの純益がありますが、近代農業では 462 ペソの赤字になることがわかったのです¹⁴⁾」。

近代農業の弱点は明白だった。低投入型農法に適した品種改良を農民参加の下で行なう方が、エネルギー面でもはるかに効率が良い。そうした議論が巻き起こり、以来、研究者たちは農民と協働で参加型の品種改良に取り組んでいくことになる⁷⁾。

また博士は、農民たちの品種選抜のやり方を目のあたりにする中で、古典的な品種改良とは異なる現場の実践に多くを学んだ。例えば、農民たちは数種類のカボチャを植えていたが、博士から見れば病気のような葉を持ち、実の格好も良くない品種を好んでいた。その理由を農民たちは「病気には少し弱いが、実が多くなる」と説明した。博士はこのカボチャが大量の花粉を付け、他のカボチャを受粉させていることに気づく⁶⁾。品種は交配受粉で増やされ、それにはミツバチが頻繁に使われていた⁷⁾。

とはいえ、すべての品種が役立つとはとても思えなかった。いったいなぜ農民たちはこれほどまでに多くの品種を維持しようと努力するのだろうか。博士は疑問に思い、ある農民にその理由を問いかけてみた。すると、聞かれた農民はこう答えたのである。

「お前さんの考え方は間違っている。私には家族がある。子どもの何人かは出来が良いが、出来が悪い子もいる。だが、みんな私の子どもなんだ。私は彼らを養わなければならない。それは、品種だって同じことだ」⁶⁾。

種子交換フェアで品種が 20 倍に

Ríos 博士らが、新品種や未知の品種を農民たちに紹介するうえで独自に編み出した手法の一つに種子フェアもある。フェアは、農業科学研究所の実験ステーションで開催されたが、初めは農民たちはこの新たな試みに慎重だった。だが、研究者たちは、実用品種や地元の在来品種を含め、トウモロコシ 92 品種とマメ 63 品種を集めた。そこには、有望な遺伝資源もあつた。好奇心から参加した農民たちは感動した。

「フェアは、作物がいかに多様かを農民たちに示しました。私たちは、自分の畑で試してみるよう農家に種を選ばせませす。つまり、多くの選択肢の中から農民は、自分で種を評価し、選べるのです。選抜が育種家だけにある能力ではないことが示されたのです」。

フェアは好評で、ごく自然に多くの農民たちが自分たちのコミュニティでも同様のフェアを開くようになっていく。フェアでは、農民、育種家、普及員が一同に介し¹⁾、品種を評価し、農民たちは各自の環境に最適の品種を選ぶよう勧められ⁶⁾、自分の農場でも試し

てみるよう種子が配付される。

このフェアは農民と研究者との関係を深め、農民たちの実験力を高めることにつながったし、若者から老人まで農村住民が互いに連れ立ち、知識や経験をわかちあう社会的、文化的なイベントの場となった¹⁾。フェアは大成功をおさめ、その成果は博士らの期待をはるかに超えるものとなっていく⁶⁾。



写真 1

ピナル・デル・リオ州のホセ・マリア・ペレス (Jose Maria Perez) 協同組合農場のオスカル・アルモラス・モラレス (Oscal Almorás Morraers) 組合長 (左) と有機農業に取り組むアントニオ・ベラスコ・メランダ (Antonio Velasco Meranda) 氏 (中)。「品種は大切に、自分たちが最も出来が良いものを選んで」と語る。背景は小さな育種場。2007年8月著者撮影

「革命後は、高い収量をあげるにはハイテク農業と農薬が必要だと考えられ、地元の農民は脇に追いやられていました¹³⁾。他の多くの国と同じく、キューバでも農民は、上から下ろされる知識の「受益者」でしかなく、政治的な方針が研究内容も決めていました。『緑の革命』の絶頂期には、どのような作物や品種を植え付けるかの選択肢すらほとんどなく、農民たちが手にしていたのは、研究機関、全国科学会議、地区の指導員というヒエラルキ

一体制を通じて開発された『承認品種』で、それも現場から程遠い場所で育成された品種だったのです。農民たちは、科学者たちの品種特性への見解が狭く、汎用的な品種だけが選ばれているとも感じていました¹⁴⁾。

実際、増産に向けた品種改良の仕事は、農民たちが関与するまでは好転しなかった。

「増産に向けた挑戦は、農民たちと科学者たちが手を携えて働くことで、応えられました¹³⁾。農民たちが、多様な種子を手にできるようになり、品種改良の真のパートナーとなった時、何が起こったのでしょうか。農場の遺伝子多様性が 5~20 倍も増えたのです^{12,13)}。農民たちの知識が種子選抜に用いられ、これが品種を増やし、生物多様性、知識、収量増加という連鎖応答を生み出したのです。病害虫への抵抗力は格段に高まり、農民たちが研究に参加することで、あらゆる環境下での育種の助けとなり、気候不順にも対応できました。また、それが信用を産み、幸せになるにつれ、農民たちの態度も変わっていきます。有機農業で土が肥沃になるにつれ、食料生産のコストも下がります。誰もが恩恵を受けたのです¹³⁾。

あるコミュニティには以前はたった 4 品種しかなかったが、いまでは 100 種以上のマメ、100 種以上のコメ、90 種以上のトウモロコシが栽培されている⁶⁾。ピナル・デル・リオ州のラ・パルマでも、以前のほぼ倍の 6~7 品種が用いられるようになったし、導入された新品種の半分が以前のものよりも優れていると評価された。ハバナ州の協同組合農場でも、以前の 2、3 から 14 種まで増え、導入された新品種の 86% が優れているとされた¹⁾。

各自の好みに応じた多様な育種

プロジェクト・チームは、農民たちの嗜好をさらに深く知るため、フィールド・デーも開催した¹⁾。ここでも博士は重要な事実を目にする。

「どんな狭い地域内でも農民たちの品種への好みは大きく違っていました。ですから、各自に見合った品類を選べるよう、遺伝子の多様性が保たれ、それを手にできることが大事なのです¹³⁾。

嗜好は、男性と女性でも違っていた。男性が、収量や病害虫への抵抗性、大きさを優先するのに対して、女性は収量については同じでも、色、形などの美観や料理するうえでの特性を重視する。そして、フィールド・デーが開催された数週間後に「最も人気のある種子」が農民たちに提供されることになる。農民たちの品種への意識や態度も変わった。

「どの品種も捨てるべきではなく広めるべきです。その品種が最適な環境を見出せるよう別の畑で栽培してみるべきです」とある農民がいえば、別の農民がこう付け加える。「私にとって役立つものが、他の農民に良い必要はありません。私は3品種を試してみますが、それ以外は隣人にあげるつもりです」。また、ある農民はこんなユニークな哲学を口にした。

「品種のことを考えると、人間に似ていると思うのです。人間と同じでどれ一つとして同じではありません。人間でも一生懸命に働くことが好きなものもいれば、怠け者もいます。ですが、怠け者からさえ、何かを学ぶことができるのです」。

こうした発言こそ、まさに博士が聞いたかったことだった。プロジェクトは遺伝資源の多様化の点でも品種改善のうえでも成功を治め、食料安全保障にも貢献した¹⁾。

高収量品種よりも優れたもの ～農民たちのトウモロコシ選抜実験

参加型育種で、トウモロコシの害虫、ツマジロクサヨトウ（fallarmyworm, *Spodoptera frugiperda*）に抵抗力があるトウモロコシ^{7,11)}や低投入の条件下でも高収量をあげるマメ等、次々と新品種が産み出されていく⁷⁾。

とりわけ、博士が誇りにしているのは、Gilberto Leon 協同組合農場の農民たちが作りだし、その開発に貢献した農民のニックネームにちなんで Felo（フェロ）と命名されたトウモロコシの新品種である¹⁾。

「この新品種は、トウモロコシ品種フェアで、協同組合農場の農民たちが選別し、農場に持ち帰った15系統から育種されたのです。すでに2度の激しい病害虫発生にも耐性を示し、以前に使われていた高収量品種よりも平均30%も収量が多いのです。それだけでなく、施肥量も30%少なくてすみ、水も半分以下しか要しません。おまけに、味も高収量品種よりも甘いのです」。



写真2

フェロについて説明するヒルベルト・レオン農場の技師。2006年5月 著者撮影

フェロは雨後の竹の子のように広まり、協同組合農場は販売用の種子生産も始めた。この成功から、それ以外の農民や種苗家、政府職員たちの間でも、農民たちが品種改良を成し遂げられるとの認識が高まったし、育種や新品種の普及でも農民参加がいかに重要であるかも示された。博士はこう続ける。

「農民たちは、いま作物多様性の管理を自分たちでやりはじめました。農民参加によって、遺伝子の多様性もかなり高まっています。プロジェクトに直接参加している農民たちは、他の農民と種子を交換しはじめています」¹⁾。

農民たちを信頼することで 経費もエネルギーも削減

博士は、文字情報以外での知識伝達も重要だと指摘する。

「農民たちは無学のように見えても頭の中には育種や選抜の知識が入っています。もし、自分が国際誌に何か論文を発表しても、全世界でも数年間で150人ほどが読むだけでしょう。ですが、もし、農業の音楽CDを作れば、たった一日で300人の地元住民がそれを聴くのです」。

だから、普及では音楽を含めた文化運動も用いられたという。さすが、音楽大国キューバだけのことはある¹⁴⁾。

農民たちは、農民圃場の学校 (Farmer Field School) を開校することも決める^{12,14)}。その有機農業試験地では、開発された様々な品種を農民たちが選べるようにしてある¹⁴⁾。だが、博士は地元の農民たちに管理をゆだねてしまうことをまったく心配していない。

「いま、何千人もの研究者が、自分と一緒に

働いているのです。お陰で、私の仕事はさらに安全なのです¹³⁾。農民たちは元気になり、農民たちは単なる『エンドユーザ』ではなく、品種改良の全工程に関与しています¹⁴⁾。そして、金銭上の収益だけでなく『育種の過程が自分たちのモノで、それに関わっている』と自覚しています¹⁴⁾。科学者たちの役割は、品種を決めることから、ファシリテーターへと変わりました^{12,14)}。農民たちが参加することで、キューバでは、ジャガイモの種生産が可能となったのです¹²⁾。

キューバにはどんな遺伝子組換え作物もありません。農民たちは自ら管理し、より安く、より健康な有機農業の成功を経験しています¹³⁾。例えば、研究者たちはデータを収集し、収益性を測定・比較しましたが、4年間でプログラムに参加した農民たちの86%に前向きな進展がみられたのです¹⁴⁾。

以前のわずか数分の一の資金やエネルギーで、従来の近代農業の収量や品質を担保することも見えてきた¹⁴⁾。

「農民たちには起業家の能力があります。農場が研究室になれば、イノベーションや技術移転の経費は下がります。キューバにおける低投入型農業や参加型品種の経験は、経済危機に対応したのみならず、真の開発の選択肢でもあるのです¹²⁾。経験は、それ以外のラテンアメリカ諸国とも分かち合わせ、ラテンアメリカ全域に広がり同様の成果を生み出しています^{12,13)}」。

おわりに

今、先進国を含め、多くの国の農業生産は、大量の化学投入資材や石油に依存している。それは、長期的には持続可能ではない。確か

に、キューバの状況は特殊とはいえ、ピーク・オイルの時代を迎え、将来的には工業型の近代農業の崩壊は先進国でも起こり得るであろう。その時、キューバの経験は恐らく参考になるに違いない。キューバの種子改良の取り組みは、貴重な未来への一つの道を示している¹⁾。FAOも農場における品種改良と地元種子体制に資源を提供すると公約している¹⁴⁾。

参考文献

- 1) Vernooy, R. 2003, Farmers and Researchers Reshape Cuba's Agriculture, Necessity drives the search for alternatives, Case studies: Participatory Plant Breeding Seeds that give : Participatory Plant Breeding, Ottawa P100.
- 2) Uphoff, N. 2004, Report on Field Research Visit to Cuba, July 7-14, To Assess the system of Rice Intensification.
- 3) Murphy, C. 1999, Cultivating Havana, Food First Development Report, No12 CA, P57.
- 4) Ríos Labrada H. 2002, Participatory plant breeding, Information for Agricultural Development in ACP countries.
- 5) Projects in Cuba : Introducing Participatory Plant Breeding for Strengthening Agro-Biodiversity in Cuba, Internarional Development Research Center, 2002.
- 6) Shore, K. J. 2005, Researcher Profile:Breeding New Respect for Farmers in Cuba, Internarional Development Research Center.
- 7) Changes in plant breeding of pumpkins as response to socio-economic limitations Cuba, Alternative Breeding Criteria and Partcipatory Research, FAO. Rome, 2002.
- 8) Innovations in plant breeding and seed systems in Cuba - are they relevant for the UK?, Henry Doubleday Research Association, 28th February 2007.
- 9) Ríos Labrada H. et.al. 1999, Early attempts at stimulating seed flows in Cuba, LEISA Magazine, December.
- 10) Ríos Labrada H. et.al. 2000, The Cuban response to scarcity of inputs Crop associations, LEISA Magazine, December.
- 11) Farmer Participation and Access to Agricultural Biodiversity: Responses to Plant Breeding Limitations in Cuba, Conservation and Sustainable Use of Agricultural Biodiversity, CIP- UPWARD, 2003.
- 12) Ríos Labrada H. 2005, Seeds of the future: When will they switch ON?, BC Organic Grower, Volume 8, Number 1.
- 13) Green, T. 2007, The Quiet Green Revolution of Cuba, The Newsletter of the Bristol Federation of Green Parties, April.
- 14) Dillon, Matt. 2004, First World Conference on Organic Seed, Rome, Italy, New Farmer.
- 15) Vernooy, R. 2003, in focus: Seeds that give, Participatory Plant Breeding, IDRC, Canada.

(長野県農業大学校農学部総合農学科 教授)



開発途上国におけるコンポスの有効利用に向けて

五十嵐 孝 典*
古 畑 哲**

開発途上国において今、何故有機性廃棄物のコンポスト化が求められているのだろうか。開発途上国の多くの都市では人口の流入・増大に伴い、産業廃棄物や都市廃棄物も溢れ出しその大部分は埋め立てあるいは焼却により処理されている。このため、これらの集積地では土地の荒廃、悪臭、水汚染、大気汚染がひろがり、特に処理しきれない都市廃棄物の集積地では大きな人工山が形成されて、その周辺に貧しい人々が住み着き、廃棄物を収集している悲惨な情景がしばしばテレビで放映されている。このような都市廃棄物の集積は全く利用価値もなく、衛生面・社会面からみても彼等の生活改善を早急にはかる必要がある。都市の有機性廃棄物の集積を減らすためにはこれをコンポスト化して、化学肥料を充分に利用できない農業サイドで肥料として有効利用することが最も望ましいと思われる。

都市の有機性廃棄物のコンポストはブラジルのサンパウロやタイのバンコクなどにみられるようかなり以前から利用はされてきているが、原料としてガラスやプラスチックなどを含み、多様の廃棄物が混合していることもあり、品質として問題点の多い不均一なコンポストになっている場合もみられる。一方、

湿潤熱帯における農村地域では有機性廃棄物に関する発生量は稲わらおよび籾がらを除いては不明であるが、各種の有機性廃棄物には恵まれている。AICAF (JAICAF の前身：(社)国際農林業協力協会) が 2001 年に実施した JICA 専門家によるアンケート調査⁷⁾ では各専門家の指導も含め、稲わら、作物残渣、山野草などと家畜ふん尿の組み合わせで、それぞれの農地に見合ったコンポスの製造も実施され、作物の生産に及ぼす効果も確認されており、関係者の関心も深く理解されているが、その規模は小さく、社会・経済的条件から広く普及していないところが多いようである。

雨季にしばしば局地的な干ばつ害を受けるタイの畑地で稲わらマルチ (4t/ha) および都市ごみコンポスト (以降、都市コンポスト) すき込み (20t/ha) の効果が、1976 年から 20 年以上にわたり検討されてきた。これはわが国とタイの共同研究によるものであるが、これらの処理で対象作物になったトウモロコシの生産が多年にわたり、高水準で安定的に推移し得ることが実証されてきた⁶⁾。この試験の 14 年間における収量推移をみると (表 1、図 1)、施肥は無施肥に比べ、マルチは無マルチに比べ、都市コンポスト施用は無施用に比べ、いずれも収量は優っている。無施肥の場合、無マルチおよびマルチの平均収量は 1.76t および 2.36t と低く、年次間変動も大きい。

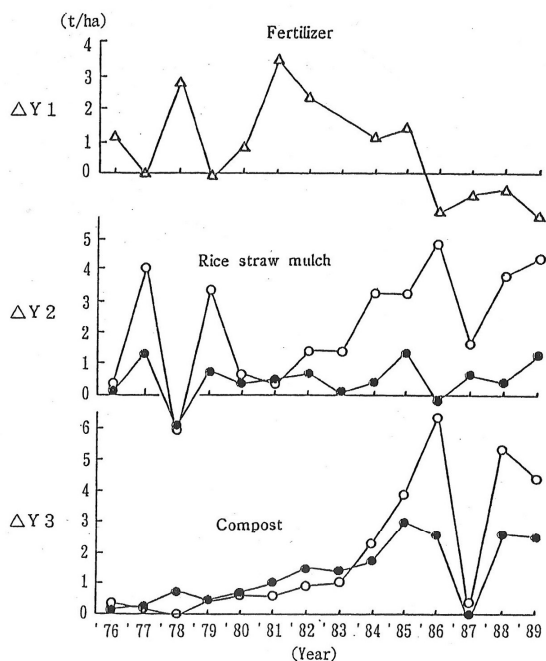
IGARASHI Takanori and FURUHATA Akira : Toward the Effective Utilization of Composts in Developing Countries

これに比べ、施肥の場合には無マルチは平均2.44tで0.22t～5.55tと大きく変動したのに対し、マルチでは4.91tの高収量を示し、年次間変動も小さく、安定した生産が継続した。都市コンポストの場合には最初の数年間は対照との差は小さいが、1983年以降は収量が著しく増大して、稲わらマルチに匹敵する水準に追いついている。ただ、干ばつ年には生育不良となることもあるので、0.68t～5.88tおよび1.02t～8.24tと年次間の変動はみられる。このように、熱帯においてもコンポスト施用あるいは稲わらマルチ被覆による有機物の連用により、畑作物の生産安定を長期間にわたり、維持し得るのである。

このほかに、タイでは河川に繁茂するホテアオイ、山野草、稲わら、水牛ふんなどを主材料とするコンポストを製造して、経時的に温度や品質の変化を調べ、ポット試験でトウモロコシを栽培し、その肥料効果を確認している^{9,10)}。その結果によれば、

1) 化学肥料単用に比べ、コンポスト施用により生育が促進され、特にホテアオイ主材のコンポストの品質が高く、トウモロコシの収量（化学肥料を100とした指数で119～156）が山野草主材のそれ（指数で103～137）に勝った。

- 2) ホテアオイはN、P、Kなどの養分に富むため、ほかの資材との組み合わせでコンポストを作ると品質が向上した。
- 3) 稲わらをコンポスト化する場合にホテアオイを混用すると、水牛ふんや石灰窒素を用いるのと同等の効果を示した。



△Y1：化学肥料による増収分 △Y3：コンポストすき込みによる増収分
 △Y2：稲わらマルチによる増収分 *1987年には登熟期にきびしい干ばつ害
 ● 化学肥料無施用
 ○ 化学肥料施用

図1 トウモロコシ子実収量に及ぼす施肥、マルチ、コンポストの効果
 (井上、1991)

表1 有機物の長期連用および施肥の有無がトウモロコシ子実収量に及ぼす影響

有機物処理	施肥	1981/1985	1983/1987	1985/1989	平均	最小-最大
対照	無し	1.84	1.82	1.64	1.76	0.39-3.10
稲わらマルチ	無し	2.16	2.46	2.46	2.36	1.43-4.28
都市コンポスト	無し	2.34	2.45	3.79	2.58	0.68-5.88
対照	あり	2.72	3.46	1.23	2.44	0.22-5.55
稲わらマルチ	あり	4.21	5.43	5.10	4.91	3.92-7.56
都市コンポスト	あり	3.05	5.28	4.19	4.17	1.02-8.24

(井上、1982)

このように熱帯地域でも地域の廃棄有機物活用により作物生産に役立つコンポストの製造が可能であることが実証された。

その後、タイでは2003年に農業省による公示で⁸⁾、化成肥料(化学肥料)の使用量を10%削減して代わりに有機肥料を使用する方針が出され、2005年には16項目にわたる有機肥料の品質基準を定めた。その基準は以下のようである。1)肥料の形状12.5×1.5mm以下、2)水分含有率35%以下、3)岩石(5mm以上)の含量5%以下、4)プラスチック、ガラス、金属を含まない。5)有機物含有率30%以上、6) pH 5.5~8.5、7) CN比(炭素率)20以下、8) EC(電気伝導度)6 d m・m以下、9) 熟度80%以上、10)成分含有率 N:1.0%以上、P₂O₅:0.5%以上、K₂O:0.5%以上、As:50mg/kg以下、Cd:5mg/kg以下、Cr:300mg/kg以下、Cu:500mg/kg以下、Pb:500mg/kg以下、Hg:2mg/kg以下。

タイではこの基準を定める直前に販売されている328の有機肥料を検査したところ、80%以上がこの基準を満たしていなかったという。この厳しい基準に合格して2006年から月産3000tのコンポストを製造し、タイ国内のほか、ラオス、マレーシア、日本にも輸出している会社がある。工場は北タイのチェンライにあり、牛ふんコンポストであるが、最終製品を農家が使い易いように粉状あるいは粒状にして出荷している。この会社では農地の土壌診断を実施した後に土壌肥沃度に応じた施肥をするよう、農業コンサルタントを兼ねながら、コンポストの販売を行っているという。今後、このような大規模のコンポスト製造が途上国においても急増することも考えられる。

作物生産におけるコンポストの機能

以上のような事例ではコンポストが作物生産に大きく貢献することが認められたが、どのコンポストでも作物生産に有効に機能するのだろうか？

わが国では昔から家畜ふんの主材に対して、稲わら、麦わら、籾がらなどを副資材として、また数十年前からはオガクズ、バークなど林業廃棄物を副資材としてコンポストが作られてきており、作物生産に関連しているいろいろ検討され、これらの情報も多数ある。しかし、近年、廃棄有機物として従来は焼却あるいは埋め立てられていた下水汚泥や生ごみをリサイクルして活用することが緊急に要請されることとなった。このため最も有効な利用法としてコンポスト化が浮上した。そして全国各地でいろいろな汚泥コンポストあるいは生ごみコンポストが製造され、農地へ投入されはじめた。日本土壌協会でも、ここ数年にわたり、汚泥コンポストあるいは生ごみコンポストの作物への効果を検討し、併せて生ごみコンポストの適切な製造条件などに関する試験を実施してきたので、その結果などから作物生産に役立つコンポストとはどのようなものかをご紹介します。

コンポストの主な発酵方式として製造プラント段階では堆積発酵タイプと攪拌発酵タイプに大別され、堆積発酵タイプには自然通気型と強制通気型があり、攪拌タイプには開放型と密閉型がある。また、小規模の生ごみ処理機の場合には全てが減容タイプであり、乾燥型、発酵型、消滅型の3方式に分けられる(写真1、写真2)⁴⁾。堆積タイプは堆肥舎などで堆積発酵されているもので、施設・設備は簡単であるが、切返しや移動などに労力



堆積発酵タイプ



攪拌発酵タイプ・ロータリー式



攪拌発酵タイプ・スクープ式



攪拌発酵タイプ・密閉式

写真1 コンポスの発酵方式

がかかる。攪拌タイプの開放型は上部が開放された発酵槽に専用の攪拌機が取り付けられ、毎日1~2回運転して通常15~25日処理した後、堆肥舎などに堆積して2次発酵をさせる。攪拌機としては軸についた回転羽根が前進するパドル式、ロータリーで攪拌するロータリー式あるいはキャタピラが上下に動いて、攪拌しながら前進するスクープ式がある。攪拌タイプの密閉型は円筒状の発酵槽が上下数段に分けられ、各段の回転羽根により材料を攪拌しながら連続して下方へ移動させる。この時、温風を通気させながら、乾燥・発酵を促進させるので、通常2~5日で処理しているところが多い。乾燥型の生ごみ処理機では生ごみを破碎後、乾燥・発酵させたもので、例えば15kg/日タイプの場合には1日で容積を1/5

~1/10に減らす能力をもっている。



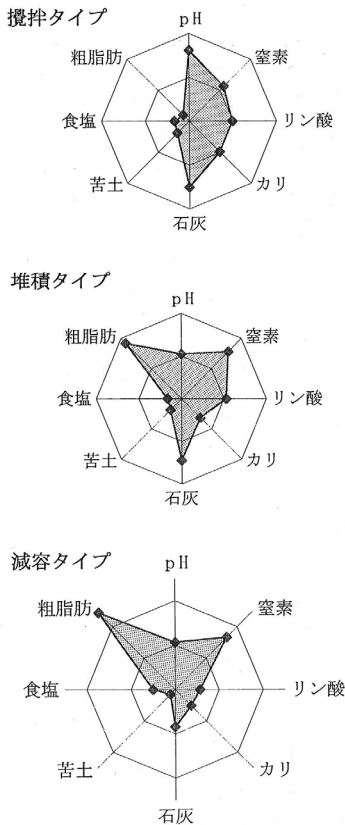
小さな学校に、
小さな生ごみイーター。

写真2 乾燥型生ごみ処理機

出所：「生ごみリサイクル先進事例ー関連企業」特集
松下電工広告、月刊廃棄物 Vol.28 No.327,32

生ごみコンポストの成分組成

生ごみコンポストはどんな成分組成をもっているのだろうか？成分組成は主原料や副資材の種類、混合割合、製造方式などにより、多種多様の製品が作られている。全国30ヵ所から収集した生ごみコンポストの分析結果を攪拌発酵タイプ、堆積発酵タイプ、乾燥型に分けて、その平均値をレーダーチャートで表示したのが図2である²⁾(この図ではpHは5、窒素・リン酸・カリ・石灰・苦土は2%、食塩・粗脂肪は5%を標準として描いている)。



注) 図はpH 5、窒素・リン酸・カリ・石灰・苦土は2%、食塩・粗脂肪は5%を標準として描いている。

図2 タイプ別にみた生ごみコンポストの成分組成

これによれば、タイプによる成分組成の変異が大きい、一般に窒素が高い。攪拌タイプは3要素のバランスがほぼ保たれ、粗脂肪が1%以下と低く、pHが8.1の弱アルカリ性になっている。堆積タイプは攪拌タイプに比べ、窒素は多いが、カリが少なく、ややアンバランスである。粗脂肪は9.2%と高く、pHが5.3の弱酸性で攪拌タイプとは大きく異なる。乾燥型は窒素が高いがリン酸やカリは少なく、3要素はアンバランスである。粗脂肪は12.2%と最も高く、pHが5.3の弱酸性を示している。このようにそれぞれのタイプによって成分組成に特徴がみられる。乾燥型の組成は原料の組成をほぼ示していると考えられる。これら30点についてpHと粗脂肪の関係をみると図3のように、粗脂肪の高い場合にはpHは6.5以下になり、pH7以上では粗脂肪は5%より低くなっている。

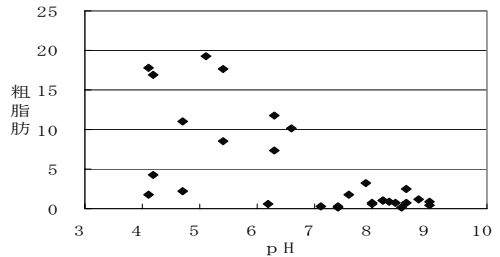
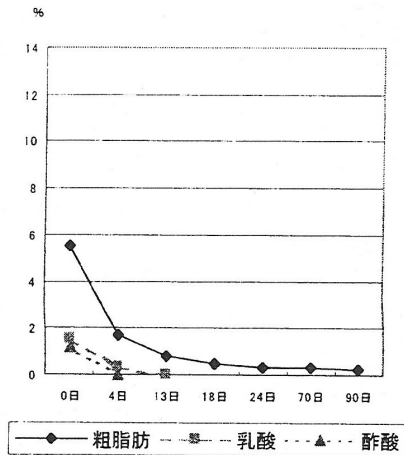


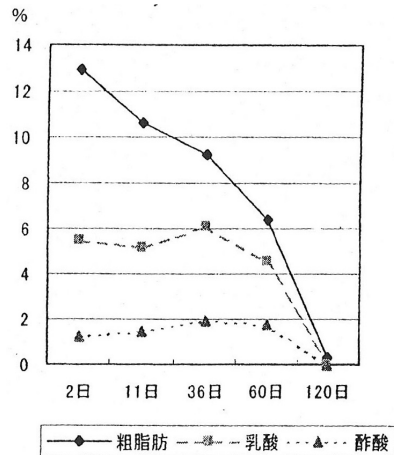
図3 pHと粗脂肪含量の関係

コンポストの発酵過程の物質変化

異なる成分組成を持つこれらのコンポストは発酵過程においてどのような物質変化をするのだろうか？主として好氣的発酵をした攪拌タイプの堆肥Kと主として嫌氣的発酵をした堆積タイプの堆肥Fの物質変化をみたのが図4である¹⁾。両図を比較してみると、発酵過程の通気条件の違いによる物質の推移の特徴が粗脂肪、乳酸、酢酸に明瞭に現れている。



堆肥 K



堆肥 F

図 4 堆肥 K および堆肥 F における発酵過程の物質変化

好気的な堆肥 K では始めの 4 日間で粗脂肪、乳酸、酢酸はいずれも急速に減少し、きわめて少なくなっている。嫌気的条件下の堆肥 F では粗脂肪の減少が緩やかであり、さらに 60 日頃から急激に減少しているが、乳酸と酢酸は 36 日頃まではやや増加傾向にあり、その後、消失するまでさらに 60 日を要している。嫌気的条件下では粗脂肪の分解が遅く、粗脂肪の中間分解物がさらに有機酸へと変化したため、有機酸の分解がさらに遅れたとみられる。従来から未熟のコンポストが作物の初期生育に障害を及ぼすことが知られているが、このような有機酸が影響していたものと思われる。

05 年 5 月に千葉県淡色黒ボク土にインゲンマメを栽培したコンポストの比較試験においても、写真 3 に見られるように左側の嫌気的発酵をした堆積タイプの堆肥 S では、ほとんど発芽しない、あるいは子葉が出て本葉が展開していない株が多く発生した¹¹⁾。右側の好気的発酵をした攪拌タイプの堆肥 K ではほとんどの株で本葉がよく展開しており、収穫期の収量では堆肥 S の 10a あたり 154kg に対し、202kg と明らかに高い収量が得られた。このことから、堆

肥 S は未熟部分を含んでいたため、土壌中で有機酸など生育阻害物質が生成されたためと思われる。もっとも堆肥 S の製造元ではコンポストの施用時期を種子・苗の植え付け日の 10 日以上前にするよう注意している。一般に堆積タイプの場合には切り返しを頻繁に実施しないと発酵に必要な酸素の供給が不十分になり易いので、製造時には特に留意する必要がある。堆肥 S のような、コンポストを農地へ施用するには、ある期間を置いて生育阻害物質が消失するのを待って、栽培を開始することが重要である。



左畝: 堆積発酵(堆肥 S) 右畝: 攪拌発酵(堆肥 K)

写真 3 生ごみ堆肥を施用したインゲンマメの初期生育

表2 作物可食部の収量指数

年次・季節	01年 春作	01年 秋作	02年 春作	02年 秋作	03年 春作	04年 春作	平均	
作物	スイート コーン	キャベツ	スイート コーン	ブロッコリー	サツマイモ	ニンジン	春作	秋作
N-P2O5-K2O	15-15-15	20-20-20	15-15-15	20-20-20	5-15-15	15-15-15		
生ごみ堆肥F	104	96	107	82	130	92	108	89
生ごみ堆肥K	108	112	104	94	137	136	121	103
牛ふん堆肥	109	99	107	72	96	159	118	86
下水汚泥コンポ	109	91	113	82	106	132	115	87
パーク堆肥	100	98	107	96	99	111	104	97
化学肥料	100	100	100	100	100	100	100	100

コンポストの作物収量に及ぼす影響

このようにコンポストが作物の発芽にも影響を及ぼす場合がみられたが、生ごみコンポストは作物収量にどのような影響を与えているのであろうか？

生ごみコンポストの製造箇所は全国各地で増大しつつあるが、肥料として登場したのはごく最近のことなので、従来からの家畜ふん堆肥などに比べると作物生育に対して検討した事例はきわめて少ない。01年～04年に千葉県淡色黒ボク土において6作物の連作によるコンポストおよび化学肥料単用の比較試験(表2)が実施された³⁾。この栽培試験では、窒素施用量のうち50%をコンポストから供給し、残りは硫安で施用した。ただし、サツマイモだけは窒素全量をコンポストのみから供給した。リン酸およびカリもコンポストに不足する分は過石と硫加で調整して、各区の3要素施用量は同一とした。

収量指数をみると、春作のスイートコーン、サツマイモ、ニンジンではコンポスト各区の多くが化学肥料よりも勝っている。春作(4作)の平均をとると、生ごみK区が121で最

も高く、次いで牛ふん堆肥区が118、下水汚泥コンポが115と続いている。一方、秋作のキャベツでは化学肥料区に比べ生ごみK区が多いが、コンポスト各区は劣っている。またブロッコリーの場合には全てのコンポスト区が劣っている。秋作(2作)の平均をとると生ごみK区で103とわずかに高く、次いでパーク堆肥区が97で、残りの各区は80台で低い。コンポストの可給態養分は気温の高い春作では放出され易いので、化学肥料区に比べ作物生育に対する効果が勝り、特に生ごみK区の効果が高くなったと思われる。気温の低い秋作ではコンポストの可給態養分は放出され難くなり、作物による利用が劣ったのであろう。低温化に伴い、土壤微生物の活動も弱くなったことが伺われる。同じ生ごみコンポストでも効果が異なったのは、生ごみF区では発酵が遅れて未熟部分を含み、有効利用される可給態養分の放出量が減少したことに起因すると思われる。これらの試験では生ごみコンポストに含まれる同一量の窒素を施用したにもかかわらず、作物に対する施用効果に大きな違いが生じたのは、既述したように、好氣的発酵をした攪拌タイプと嫌氣的発酵を

した堆積タイプの違いのほかに、それぞれの主原料と副資材の質および混合割合の違いが反映されていたといえる。このことはコンポスト全般にもいえることであり、それぞれの特徴をよく理解して利用することが重要である。

上記のバーク堆肥あるいは剪定枝、おがくず、籾がらなどが多いコンポストを連用すると、土壌の透水性、土壌硬度、土壌の三相分布など土壌物理性の改善が認められているが⁵⁾、過剰に施用された場合には透水過多、干ばつ、環境汚染など大きなマイナス効果が見られる場合があるので注意を要する。

コンポストの作物品質に及ぼす影響

コンポストの施用は作物品質に影響を及ぼすのだろうか？

上記の圃場試験の場合(表3)、スイートコーン、キャベツ、ブロッコリーの糖分やブrix示度について大半のコンポストは化学肥料区より高いが、下水汚泥コンポ区では低い傾向がある。糖分は窒素供給との関係が深いとみられており、下水汚泥コンポ区では化学肥料区と同様に窒素の放出が他の区よりも早くなったため、初期生育は早かったが、生育後半には窒素が切れて可食部の登熟も進み、

糖分の低下がみられたのであろう。糖分の蓄積には窒素がゆっくり作物に吸収されることが重要であると推定される。キャベツ、ブロッコリーのビタミンCについては化学肥料区に比べコンポスト施用により明らかに高いことが認められる。すなわち、緩効的に窒素を可給化できるコンポストの施用は化学肥料よりは供試作物の糖分やビタミンCの濃度を高め、品質の向上に役立っていることを示している。このほかにも、融合生ごみ汚泥コンポスト(下水汚泥、生ごみ、牛ふんの混合物を発酵させたコンポスト)の施用によるダイコン品質の向上や温室メロンの一果重および糖度の増大など品質向上の事例も化学肥料と比較して報告されている⁵⁾。

また、最近、山梨県の種なし巨峰栽培地帯では下水汚泥コンポストの5年間の連用により、糖度が高く、着色が良好で玉張りの良い種なし巨峰の生産に成功したことが報告されている¹⁴⁾。産地は標高600m~800mの南面した緩傾斜地であるが、ブドウ園では1t/10a/年のコンポストを雑草の草生栽培あるいは不耕起栽培の園に表面散布する新しい管理法で成功しているという。これはコンポストの成分特に早く効く窒素がツルの生長に役立ち、さらに果実の栄養が必要な時期に遅く効く成

表3 作物可食部の糖分・Brix示度・ビタミンC

年次・季節	01年	01年		02年	02年	
	コーン	キャベツ		コーン	ブロッコリー	
調査項目	Brix示度	糖分 (g/100g)	ビタミンC (mg/100g)	Brix示度	糖分 (g/100g)	ビタミンC (mg/100g)
生ごみ堆肥F	18.8	4.9	48.1	15.8	2.4	127.7
生ごみ堆肥K	18.6	4.9	48.1	18.0	2.0	120.1
牛ふん堆肥	18.6	5.2	48.4	14.4	2.1	117.5
下水汚泥コンポ	18.1	4.8	46.4	14.8	1.8	121.8
バーク堆肥	18.8	5.0	46.4	14.6	2.0	121.1
化学肥料	18.0	4.8	44.7	15.0	1.7	110.8

分が役立っているためと推測している。このように地元にあるコンポストが作物の収量や品質の向上に役立つことが実証されれば、使用量の拡大は容易になるであろう。しかし、逆に未熟部分が多い、品質の不良なコンポストが提供された場合には、たとえ無料配布であっても農家からは無視されるようになるので、作物生産に真に役立つようなコンポストの製造を心がける必要がある。

コンポスト利用上の留意点

コンポストの施用は概して安全で有益だが、作物の生育期間、栽培時期によりその効果が違うので、今後は土壌診断の結果を参考にし、それぞれの作物の生育に見合ったコンポストを選定するよう留意すべきであろう。コンポストとして作物に好ましい一般的な特性としては ①悪臭の無いこと、②病原菌、害虫、雑草種子などの死滅していること、③取り扱い性が良いこと、④生産阻害物質を含まないこと、⑤塩類濃度や重金属濃度の高くないこと、⑥養分のバランスがとれていることなどがあげられるが、主要作物についてみると、各作物に対するコンポストの品質別重要度は異なっている¹⁵⁾。

水稲は地力窒素への依存度が高いので、例えば、牛糞コンポストのように安価で腐熟度の高いコンポストが求められる。野菜では腐熟度が高く、土壌改良効果の大きいコンポストが求められるが、栽培期間が長く、旺盛な養分吸収をする特性のあるピーマンの場合には肥料効果の大きいことも同時に要請される。一方、果樹類では肥料効果よりも土壌改良効果が高く、取り扱い易いコンポストが期待されている。果樹のように土壌改良効果が期待

される場合には剪定枝、バーク、オガクズなど木質系資材の割合の多いコンポストの使用により、土壌の物理性も改善され、良質の果実生産も可能になろう。

コンポストの適切な施用量は地域（気温・降雨量など気象条件の違い）、土壌の肥沃度、作物の種類、栽培時期などにより異なるが、土壌中での分解の早さや、分解に伴い放出される窒素の多少などにより施用条件を決めている。土壌肥沃度の著しく高い農地を除いて、コンポストの単用は避けて、化学肥料と併用することが望ましい。何故ならば沖縄など亜熱帯地域をのぞいた、わが国の環境条件下では併用によって生育前半において効きが遅くなり易いので、速効性の化学肥料で補う必要があるからである。生育中期においては集中降雨が続くと化学肥料由来の窒素が流出するのに反し、コンポストから有効化した窒素が作物に利用され易くなる。千葉県のだんご土でコンポストの土壌中における窒素成分の変化をみると無機態窒素は降雨等により、急激に減少し易いが、リン酸緩衝抽出による可給態窒素の濃度は降雨の有無に関係なく12～15週間にわたり一定の水準を保っていることが、数年間の調査で認められている。この種の安定した有機態の窒素が順次、作物に吸収利用されているものと推察されている。¹²⁾

年間を通じて気温の高い熱帯・亜熱帯の開発途上国におけるコンポストの窒素の有効化はわが国に比べ速いが、化学肥料の購入が難しい場合には、それに代わる速効性の窒素を分解し易いマメ科緑肥等で供給してやるなどの工夫も必要である。また、開発途上国では畜産業の発展が遅れ、コンポスト製造の重要な原料であるふん尿が十分に確保出来ない地域が多いので、家畜ふん尿を無駄なく使用し、

それぞれの現地で入手し得る有機質資材を添加・利用して、コンポストを製造する事が望ましい。

わが国の有機性廃棄物の発生量は年間2億8千万tで、廃棄物ごとに肥料成分含量を推測して試算してみると、全生物系廃棄物には窒素132万t、リン酸62万t、加里85万tが含まれているという¹³⁾。これはわが国で平成8年度に使用された化学肥料を100%とすると、窒素260%、リン酸102%、加里193%に相当する。

探してみれば、各種の未利用バイオマスが開発途上国には未だ多く残されていると思われる。これらのバイオマスを利活用することにより、有機物のリサイクリングが進み、土壌肥沃度の向上、作物の収量・品質の改善、環境保全、温暖化防止にも役立つことが期待される。

参考文献

- 1) 古畑哲、柏倉文夫、五十嵐孝典、2003、生ごみ堆肥の発酵過程における物質変化、季刊 肥料 第96号、97～102
- 2) 古畑哲、五十嵐孝典、長南忠義、2005、生ごみ堆肥の成分組成、季刊 肥料 第101号、126～134
- 3) 古畑哲、2003、下水汚泥コンポストの作物・土壌への施用効果、再生と利用 Vol.28, No.17, 25～33.
- 4) 古畑哲、2006、生ごみ堆肥の活かし方—事例に学ぶ 生ごみリサイクル全国ネットワーク全国交流大会 平成18年12月19日講演要旨
- 5) 古畑哲、2007、融合下水汚泥コンポストの土壌・作物への施用効果、再生と利用 Vol.30 No.115, 56～71.
- 6) 五十嵐孝典、2002、VI 有機物のマルチ・すき込みの効果、熱帯土壌の土作りハンドブック 国際農林業協力協会、47～58.
- 7) 「国際農林業協力」編集部、2001、JICA プロジェクトへのアンケート結果の集約、国際農林業協力 Vol.24、No.4、2～10.
- 8) ㈱ コンポストゆい、2008、会社パンフレット
- 9) Masaaki SUZUKUI, Maleewon THEPOOLPON, Puanglek MORAKUL, Samnao PECHAWEE and Wisit CHOLITKUL, 1980, Composting trials of water hyacinth, rice strow and weeds in combination with buffalo dung, Soil Chemical Studies on Rotting Process of Plannt Remains in Relation to Fertility of Upland Soils in Thailand., 138～152.
- 10) Masaaki SUZUKUI, Maleewon THEPOOLPON, Puanglek MORAKUL, and Takanori IGARASHI, 1982, Composting Traials of Water Hyacinth in Thailand, 熱帯農業 第26巻2号、55～62.
- 11) 日本土壌協会、2007、生ごみたい肥の製造・施用指針、平成18年度 都市近郊有機性資源循環利用推進事業報告書、16～17.
- 12) 日本下水道協会、2007、IV 各種土壌における円筒土壌試験(窒素成分の変化)、融合下水汚泥コンポストの施用試験報告書 平成19年3月、10～29.
- 13) 日本農魚運土木総合研究所、2002、2.1.有機性廃棄物の農地還元の現状、「水土の知」Vol. 2、9～16.
- 14) 園田直喜、奥山正好、2008、汚泥コンポストに係わる販売戦略と巨峰栽培での成功例、下水汚泥の利用促進に関する講演会講義資料(平成年月日、日本下水道協会)、21～34.
- 15) 財団法人 畜産環境整備機構、2005、たい肥づくりの手引き 技術解説編、1～124

* 財団法人 日本土壌協会 専門職
** 財団法人 日本土壌協会 参与



Tropical crop–livestock systems in conservation agriculture

The Brazilian experience

保全型農業における熱帯作物・畜産システム —ブラジルの経験から—



生態学的な持続性と経済効率性、そして農業生産性を両立する農業が求められている今、地表土を保護し表土生物の働きを活発にする「不耕起栽培」が、保全型農業システムとして評価されつつある。

ブラジルでは、放牧地を獲得するために熱帯の森林が広範囲にわたって伐採されてきた。これにより本来の肥沃な土壌が使い尽くされ生産性が失われ、さらなる牧草地の拡大は森林伐採も引き起こしてきた。しかし、放牧地と農作物の輪換と再播種による「不耕起栽培による総合的作物・畜産システム (ICLZT)」は、牧草地の高収量生産を維持し、ひいては森林伐採を防止する最も効果的な方法の一つである。本書は、ブラジルの熱帯地方において、放牧地・飼料生産および畜産をこのシステムに組み込んで、さらなる森林破壊を起こさず持続的に牧草の高収量を達成した事例などを紹介したものである。

ブラジルの経験は、地域による管理の違いはあるものの、類似の環境にあるアフリカ等の他地域において、貴重な知見となるであろう。熱帯農学研究者や農業従事者、農業普及員、農業に関する政策立案者の方々に、ぜひご活用いただきたい1冊である。

ブラジルの経験は、地域による管理の違いはあるものの、類似の環境にあるアフリカ等の他地域において、貴重な知見となるであろう。熱帯農学研究者や農業従事者、農業普及員、農業に関する政策立案者の方々に、ぜひご活用いただきたい1冊である。

目次

- 第1章 はじめに
- 第2章 乾湿および湿潤熱帯環境にあるブラジルの畜産および作物生産
- 第3章 主要な「不耕起栽培による総合的作物・畜産システム」
- 第4章 不耕起栽培および土壌肥沃度管理における機械化作業
- 第5章 不耕起栽培による総合的作物・畜産輪換技術・財政分析
- 第6章 持続的農業と政策についての論考

(FAO 日本事務所)

※ この資料は、<http://www.fao.org/documents/> からダウンロードできます。

2007 年度 食料・農業協力講演会

第 1 回講演

演題： これからの農林水産分野の国際協力のあり方
 講師： 井上 龍子 氏 農林水産省大臣官房国際部国際協力課長
 日時： 2007 年 6 月 14 日 (木) 14:00～15:30
 場所： 農林水産政策研究所 霞ヶ関分室 セミナー室 中央合同庁舎第 2 号館 9 階
 配布資料： ・ODA の位置付け (講演会資料 1) ・報告書要旨 (講演会資料 2)

第 2 回講演

演題： 途上国農業を支援する FAO の役割
 講師： 木本 長 氏 国際開発支援コンサルタント (前 FAO カンボジア事務所代表)
 日時： 2007 年 7 月 18 日 (水) 15:30～17:00
 場所： 農林水産政策研究所 霞ヶ関分室 セミナー室 中央合同庁舎第 2 号館 9 階
 配布資料： ・スライド (PDF)

第 3 回講演

演題： JICA のアフリカ農業農村開発の現状と課題
 講師： 西牧 隆壯 氏 独立行政法人国際協力機構(JICA)農村開発部 課題アドバイザー
 日時： 2007 年 10 月 9 日 (火) 14:00～15:30
 場所： 浜松町 世界貿易センタービルディング 3 階 Room B1
 配布資料： ・講演要旨 (PDF) ・スライド (PDF)

第 4 回講演

演題： 農業開発における『人的能力』の重要性と国際協力 ～東南アジアの農村から学ぶ～
 講師： 板垣 啓四郎 氏 東京農業大学国際農業開発学科 教授
 日時： 2007 年 10 月 24 日 (水) 14:00～16:00
 場所： 飯野ビル 8 階 第 5 会議室
 配布資料： ・スライド (PDF)

第 5 回講演

演題： 国際農業研究協力と日本 ～日本人の食料の量・質と安全をどう確保するか？～
 講師： 岩永 勝 氏 国際トウモロコシ・コムギ改良センター (CIMMYT) 所長
 日時： 2007 年 11 月 21 日 (水) 15:00～17:00
 場所： 農林水産政策研究所 霞ヶ関分室 セミナー室 中央合同庁舎第 2 号館 9 階
 配布資料： ・スライド (PDF)

第 6 回講演

演題： 食料をめぐる国際情勢とその将来
 講師： 塩川 白良 氏 農林水産省大臣官房参事官
 日時： 2007 年 12 月 19 日 (水) 14:00～16:00
 場所： 農林水産政策研究所 霞ヶ関分室 セミナー室 中央合同庁舎第 2 号館 9 階
 配布資料： ・「世界の食料需給の現状」 ・「世界の食料需給の見通し」
 ・「人口大国における食料需給の状況」 ☆全て PDF

第 7 回講演

演題： おいしい日本～農林水産物の輸出促進
 講師： 青戸 直哉 氏 農林水産省大臣官房国際部貿易関税チーム輸出促進室長
 日時： 2008 年 1 月 31 日 (木) 14:00～16:00
 場所： 農林水産政策研究所 霞ヶ関分室 セミナー室 中央合同庁舎第 2 号館 9 階
 配布資料： ・「農林水産物等の輸出促進について」
 ・「農林水産物の輸出取組事例」 ☆全て PDF

第 8 回講演

演題： TICADIV に向けた我が国の取り組み
 講師： 松尾 裕敬 氏 外務省 中東アフリカ局 アフリカ第二課 首席事務官
 黒木 弘盛 氏 農林水産省 大臣官房国際部国際協力課 国際農業機関調整官
 日時： 2008 年 2 月 25 日 (月) 14:00～16:00
 場所： 財団法人 法曹会館 (2 F 高砂) 千代田区霞が関 1-1-1
 配布資料： ・「外務省資料」 ・「農林水産省資料」 ☆全て PDF

第 9 回講演

演題： アフリカ開発セミナー 「アフリカの飢餓撲滅と農業・農村振興」
 日時： 2008 年 3 月 4 日 (火) 10:00～16:45
 場所： JICA 広尾センター (地球ひろば) 講堂
 主催： (社) 国際農林業協働協会： J A I C A F
 後援： 農林水産省、独立行政法人 国際協力機構： J I C A (予定)
 協賛： 海外貨物検査 (株)： O M I C、(財) アジア人口・開発協会： A P D A
 配布資料： ・「07 アフリカセミナー配布資料」 ☆PDF (28MB)

各配布資料は、http://www.jaicaf.or.jp/news/lecture_2007.htm からダウンロード可能です。

農林業技術相談室

－海外で技術協力に携わっている方のための－

ODA や NGO の業務で、熱帯などの発展途上国において、技術協力や指導に従事している時、現地でいろいろな技術問題に遭遇し、どうしたらよいか困ることがあります。JAICAF では現地で活躍しておられる皆さんのそうした質問に答えるため、農業技術相談室を設けて対応しております。

相談は無料です。ご質問に対しては、海外技術協力に経験のある技術参与が中心になって、分かりやすくお答え致します。内容によっては他の機関に回答をお願いするなどして、できるだけ皆さんのご要望にお答えしたいと考えております。どうぞお気軽にご相談下さい。

相談分野

作物：一般普通作物に関する問題、例えば品種、栽培管理など
(果樹、蔬菜、飼料作物を含む)

土壤肥料など：土壤肥料に関する問題、例えば施肥管理、土壤保全、有機物など
病虫害：病虫害に関する問題、例えば病虫害の診断、防除(制御)など

質問宛先

国際農林業協働協会技術相談室 通常の相談は手紙または FAX でお願いします。

〒107-0052 東京都港区赤坂8丁目10番39号 赤坂 KSA ビル 3F

T E L : 03-5772-7880 (代), F A X : 03-5772-7680

E-mail : info@jaicaf.or.jp

JAICAF 賛助会員への入会案内

当協会は、開発途上国などに対する農林業協力の効果的な推進に役立てるため、海外農林業協力に関する資料・情報収集、調査・研究および関係機関への協力・支援等を行う機関です。本協会の趣旨にご賛同いただける個人、法人の賛助会員としての入会をお待ちしております。

※団体統合により、2007年4月から賛助会員区分とサービス内容が変更となりました。

1. 賛助会員には、当協会刊行の資料を区分に応じてお送り致します。
また、本協会所蔵資料の利用等ができます。

2. 賛助会員の区分と会費は以下の通りです。

賛助会員の区分	賛助会費・1口
正会員（旧正会員）	50,000 円／年
法人賛助会員（旧法人賛助会員）	50,000 円／年
個人賛助会員 A（A 会員：旧 JAICAF 個人会員）	5,000 円／年
個人賛助会員 B（B 会員：旧 FAO 協会資料会員）	6,000 円／年
個人賛助会員 C（C 会員：新設）	10,000 円／年

※ 刊行物の海外発送をご希望の場合は一律 3,000 円増し（年間）となります。

3. サービス内容

平成 19 年度 会員向け配付刊行物等(予定)

主なサービス内容	正会員・ 法人賛助会員	個人 賛助会員 A (A 会員)	個人 賛助会員 B (B 会員)	個人 賛助会 C (C 会員)
国際農林業協力（年 4 回）	○	○	—	○
NGO と農林業協力（年 2 回）	○	○	—	○
世界の農林水産（年 4 回）	○	—	○	○
FAO Newsletter（年 12 回）	○	—	○	○
その他刊行物** （カンントリーレポート、 世界食料農業白書*、 世界の食料不安の現状*）	○	—	—	—
JAICAF および FAO 寄託図書館 の利用サービス	○	○	○	○

* インターネット web サイトに全文を掲載。

** 内容は変更されることがあります。

なお、これらの条件は変更になることがあります。

- ◎ 入会を希望される方は、裏面「入会申込書」を御利用下さい。
Eメールでも受け付けています。

e-mail : member@jaicaf.or.jp

平成 年 月 日

〔法人〕
〔個人〕 賛助会員入会申込書

社団法人 国際農林業協働協会

会長 真木 秀郎 殿

住 所 〒

TEL

法 人

ふりがな
氏 名

印

社団法人国際農林業協働協会の〔法人〕
〔個人〕 賛助会員として平成 年度より入会
いたしたいので申し込みます。

なお、賛助会費の額及び払い込みは、下記のとおり希望します。

記

1. ア. 法人 イ. A会員 ウ. B会員 エ. C会員
2. 賛助会費 円
3. 払い込み方法 ア. 現金 イ. 銀行振込

- (注) 1. 法人賛助会費は年間 50,000 円以上、個人賛助会費は A 会員 5,000 円、
B 会員 6,000 円、C 会員 10,000 円（海外発送分は 3,000 円増）以上です。
2. 銀行振込は次の「社団法人 国際農林業協働協会」普通預金口座をお願い
いたします。
3. ご入会される時は、必ず本申込書をご提出願います。

みずほ銀行本店 No. 1803822
三井住友銀行東京公務部 No. 5969
郵便振替 00130-3-740735

入館無料 要予約

FAO 寄託図書館の御案内



18年4月1日よりFAO日本事務所内(横浜)に
(社)国際農林業協働協会(JAICAF)が運営しています。

FAOは、「世界最大の食料・農林水産業に関するデータバンク」といわれており、毎年多くの資料を発行しています。FAO寄託図書館では、それらの資料を誰でも自由にご利用いただけるよう一般公開していますので、どうぞお気軽にお立ち寄りください

■開館時間

10:00~12:30/13:30~17:00

■休館日

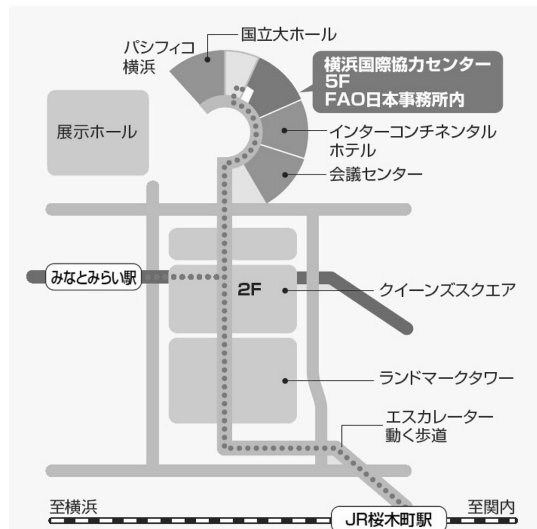
土曜日、日曜日、祝祭日、年末年始
臨時休館(その都度お知らせいたします)

■サービス内容

- ・FAO 図書資料の閲覧(館内のみ)
- ・インターネット蔵書検索
(www.jaicaf.or.jp 「目録検索」より)
- ・レファレンスサービス
(電話、E-mailでも受け付けています)
- ・複写サービス(有料)

■主な所蔵資料

- ・FAO年報各種(生産、貿易、肥料、林業、水産)
- ・FAO各種会議・委員会資料
- ・The State of Food and Agriculture
(世界食料農業白書)
- ・Food Balance Sheets(食料需給表)
- ・FAOシリーズ各種(灌漑、林業、漁業、畜産など)
- ・CODEX(国際食品規格)資料



■ACCESS

- ・地下鉄みなとみらい線 みなとみらい駅
クイーンズスクエア連絡口 徒歩5分
- ・JR、市営地下鉄 桜木町駅 徒歩12分
- *クイーンズスクエア2階より連絡橋を渡り、ヨコハマ グランド・インターコンチネンタル・ホテル入口を越えた先にある国際協力センター入口のエレベーターより5階へお越しください。

FAO 寄託図書館

〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい1-1-1 パシフィコ横浜 横浜国際協力センター5階
TEL: 045-226-3148/FAX: 045-222-1103/E-mail: fao-library@jaicaf.or.jp

「国際農林業協力」誌編集委員（五十音順）

池上彰英	（明治大学農学部助教授）
板垣啓四郎	（東京農業大学国際食料情報学部教授）
勝俣誠	（明治学院大学国際学部教授）
紙谷貢	（前財団法人食料・農業政策研究センター理事長）
二澤安彦	（社団法人海外林業コンサルタント協会専務理事）
西牧隆壯	（独立行政法人国際協力機構農村開発部課題アドバイザー）
安村廣宣	（社団法人海外農業開発コンサルタント協会専務理事）

国際農林業協力 Vol. 30 No. 4 通巻第 150 号

発行月日 平成 20 年 3 月 31 日

発行所 社団法人 国際農林業協働協会

編集・発行責任者 専務理事 佐川俊男

〒107-0052 東京都港区赤坂 8 丁目10番39号 赤坂KSAビル 3 F

TEL(03)5772-7880 FAX(03)5772-7680

ホームページアドレス <http://www.jaicaf.or.jp/>

印刷所 株式会社 創造社

International Cooperation of Agriculture and Forestry

Vol. 30, No.4

Contents

Varied Forms of Organic Farming

NISHIO Michinori

Special Topics: Organic Agriculture

Prospect and Problem of Organic Agriculture

KATANO Manabu

Participatory Plant Breeding for Organic Agriculture in Cuba

YOSHIDA Taro

Toward the Effective Utilization of Composts in Developing Countries

IGARASHI Takanori • FURUHATA Akira