



Q

化学肥料



&A

総集編

**安全・安心な食料生産と
豊かな農業のために**

日本肥料アンモニア協会

はじめに

化学肥料は、食料生産に欠くことのできない重要な基礎資材ですが、近年、環境問題や有機志向などへの関心が高まる中で、様々な批判を受けるようになりました。

このようなことから、日本化成肥料協会では化学肥料を巡るいろいろな疑問にお答えして事実を知っていただき、誤解を解いていただくために、平成7年に「化学肥料Q & A」を作成いたしました。その後、農業や肥料に係りのない方々にも農業の重要性や化学肥料の役割などを理解して頂くため、イラストや図表を多用し、「化学肥料Q & A」シリーズとしてPARTIV、まで刊行してまいりました。

このシリーズは、毎号主要なテーマをその時々々の情勢にマッチするよう、内容の充実を図り、農業に従事されている方や消費者の皆様方、小中学校の先生方等に配布し、各方面から多くのお問合せや追加配布の希望など、高い評価を頂きました。

今回の総集編は今までの集大成とし、更に近年、BSEの発生、食品表示の偽装、無登録農薬等の問題の発生を契機に、国民の間で食の安全・安心への関心が高まっていることを背景に、「安全・安心な食料生産と豊かな農業のために」を主なテーマとして作成しました。従前同様ご活用頂きたいと存じます。

尚、本年7月1日より日本アンモニア協会と日本化成肥料協会が合併し、名称を「日本肥料アンモニア協会」として新たに発足いたしました。なにとぞ倍旧のご支援を賜りますようお願い申し上げます。

平成15年7月

日本肥料アンモニア協会

目 次

第 1 部 安全・安心な食料と肥料

- Q 1 日本の食料生産が不安だと聞くことがありますが、
どんな心配があるのですか ……………2
- Q 2 化学肥料を使っても食料は安全ですか ……………4
- Q 3 安全な食料を生産するために、
どのような方法がありますか ……………6
- Q 4 いろいろな規制が作られています、
消費者は安心できるのですか ……………8

第 2 部 世界の人口と食料

● 増え続ける世界の人口

- Q 5 世界の人口が増えているといいますが、
地域によってどんな違いがありますか……………12
- Q 6 世界の人口がこのまま増え続けると、
社会や環境にどのような影響がありますか……………14
- Q 7 飽食の時代だというのではないですか。世界で食料は、
あまっているのではないですか……………16
- Q 8 食料を増産するために農耕地をもっと
増やせないのですか……………18

- Q 9 科学技術をもっと進歩させて食料生産を飛躍的に増やせないのですか。どんな方法が有望ですか……………20
- Q10 肥料は食料の増産に役立っていますか……………22

● 農業と環境

- Q11 今世紀は環境の世紀といわれますが、
 ということですか……………24
- Q12 環境問題にはどのようなものがありますか。
 農業は関係があるのですか……………26
- Q13 世界の各地で異常気象が発生しているといいますが、
 温暖化が原因なのですか。どうして温暖化するのですか…28
- Q14 温暖化するとどんな問題がおきますか……………30
- Q15 異常気象は実際に日本の農業に影響していますか
 対応技術はあるのですか……………32

第3部 日本農業の現状と将来

● 日本農業の問題点

- Q16 日本の農業にはどのような問題があるのでしょうか……………36
- Q17 日本の食料自給率はどのようになっていますか。
 ほかの国と比較するとどうですか……………38
- Q18 輸入食料を生産するために海外に必要な
 農耕地面積はどのくらいになりますか……………40
- Q19 自給率を高めるためには、どうしたらいいのですか……………42
- Q20 日本の農業は衰えていると聞きましたが、

	日本は農業に適していないのですか……………	44
Q21	農業のハイテク化技術にはどのような ものがありますか……………	46

● 農業の多面的機能

Q22	農業は食料生産以外にも役立っていると聞きましたが、 どうのことですか……………	48
Q23	水田は特に多面的機能が大きいということですが、 具体的に教えてください……………	50
Q24	棚田は保護すべきだと聞きましたが、どうしてですか…………	52
Q25	農業が衰退すると大気や水質にも悪い影響がでますか…………	54

第4部 肥料と土壌の基礎

● 肥料についての基礎知識

Q26	植物の栄養とはどういうことですか。 肥料とはどういうものですか……………	58
Q27	肥料はいつころから使われてきたのですか……………	60
Q28	肥料の三要素とは何ですか。三要素以外にどんな 成分が必要なのですか……………	62
Q29	肥料の原料は何ですか。鉱物資源は たくさんあるのですか……………	64
Q30	肥料の品質を保証するためにはどのような法律が ありますか……………	66

● 肥料の役割

- Q31 日本農業は多肥農業だといいますが、世界で一番なのですか。また、どうして多肥農業となったのですか……68
- Q32 肥料代は農業生産費のうちどのくらいになっていますか。化学肥料を使うために農産物の生産コストは高くなっているのではないですか……70
- Q33 化学肥料の代わりになるものはないのですか。たい肥などの有機資材（肥料）をもっと使うことはできないのですか……72

● 土壌の基礎知識

- Q34 作物の生産に向いているのはどのような土壌ですか……74
- Q35 日本の土壌は農作物を育てるのに適していないのですか……76
- Q36 土壌を改良するためにはどうしたらよいのですか……78
- Q37 肥料を使うと土壌は悪くなるのですか……80
- Q38 土づくりに役立つ肥料にはどのようなものがありますか…82

第5部 化学肥料と有機肥料

● 化学肥料と有機肥料

- Q39 化学肥料とはどのような肥料ですか……86
- Q40 有機肥料とはどのような肥料ですか……88

- Q41 有機質肥料はもっと安くないのですか……………90
- Q42 有機質肥料は多量に輸入しているということですが、
国産で間に合わないのですか。海外からの供給は
十分なのですか……………92
- Q43 廃棄物からもっと有機質肥料を作ることは
できないのですか……………94
- Q44 有機質肥料があれば化学肥料は不要なのでは
ないのですか……………96

● 多様な化学肥料の発展

- Q45 化学肥料にはどのような肥料がありますか……………98
- Q46 肥料は重いという苦情を聞くことがありますが、
もっと軽い肥料にはならないのですか ……………100
- Q47 肥効調節型肥料とはどういう肥料ですか ……………102

第6部 環境保全型農業と肥料

● 環境保全型農業

- Q48 環境保全型農業とはどのような農業ですか。
これまでの農業とどう違うのですか。
また有機農業と同じですか ……………106
- Q49 環境保全型農業に取り組む農家は増えていますか。
どんな利点があるのですか ……………108
- Q50 環境保全型農業では化学肥料はどのように

- 使ったらよいのですか110
- Q51 環境保全型農業は低コストでできますか。
高収益農業になりますか112

● 有機物のリサイクリング

- Q52 日本は世界一の食料輸入国です。それから発生する
廃棄物で日本はいっぱいになってしまわないのですか …114
- Q53 家畜排せつ物は充分に利用されていますか116
- Q54 食品工業でゼロ・エミッションということを
聞きますが、どういうことですか118
- Q55 バイオマスとはなんですか。どうして最近注目
されているのですか120
- Q56 家庭や食堂の生ごみで作るコンポストとは
どういうものですか。失敗しないためにはどんな
注意が必要ですか122
- Q57 下水汚泥などの有効利用にはどのような点に
注意する必要がありますか124
- Q58 化学肥料を使わなくても有機性廃棄物の
リサイクリングだけで良質の農産物を作る
ことができますか126

● 環境に及ぼす肥料の影響

- Q59 肥料が環境に及ぼす影響にはどのようなものがあ
りますか128
- Q60 地下水で硝酸態窒素が増加すると人の健康に
どのような悪影響が考えられるのですか130

- Q61 地下水の硝酸態窒素が増える要因は何ですか。
 どうしたら軽減できますか ……………132
- Q62 野菜中に硝酸が集積すると聞きましたが、
 どうしてですか。人の健康に実際に悪影響が
 与えているのですか ……………134
- Q63 野菜中に硝酸を集積させないために施肥法は
 どうしたらよいのですか ……………136
- Q64 肥料中の重金属は悪影響がないのですか ……………138

第7部 農産物の品質と肥料

● 農産物の品質

- Q65 品質のよい農産物とはどういうものですか ……………142
- Q66 米の品質は機械で測定できるということですが、
 どのようにするのですか ……………144
- Q67 野菜の品質はどのようにして評価するのですか ……………146
- Q68 果物の品質についても教えてください ……………148

● 品質のよい農産物を作る施肥法

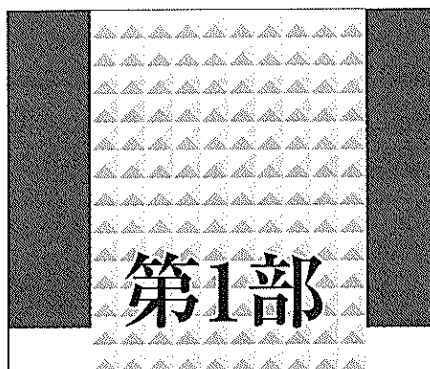
- Q69 品質がよくなるというオールマイティな肥料はある
 のですか ……………150
- Q70 有機農産物が安全で美味しいと聞きますが、
 なぜですか ……………152
- Q71 有機質肥料を使うと味がよくなるといいますが、
 本当ですか ……………154

- Q72 化学肥料では美味しい農産物は作れないのですか ……156
- Q73 化学肥料では安全な農産物は作れないのですか ……158
- Q74 水耕栽培や養液栽培では無機肥料を水に溶かして
使っていますが、品質はどのようなのですか ……160

● 化学肥料の上手な使い方

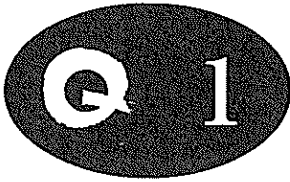
- Q75 肥料の使い方では品質は変わりますか ……162
- Q76 おいしい米を作るためには、肥料をどのように
使えばよいのですか ……164
- Q77 高品質の野菜を作るためには、肥料をどのように
使えばよいのですか ……166
- Q78 おいしい果物を作るためには、肥料をどのように
使えばよいのですか ……168
- Q79 化学肥料と有機質肥料の両方を上手に使うにはど
うしたらよいのですか ……170

おわりに



第1部

安全・安心な食料と肥料



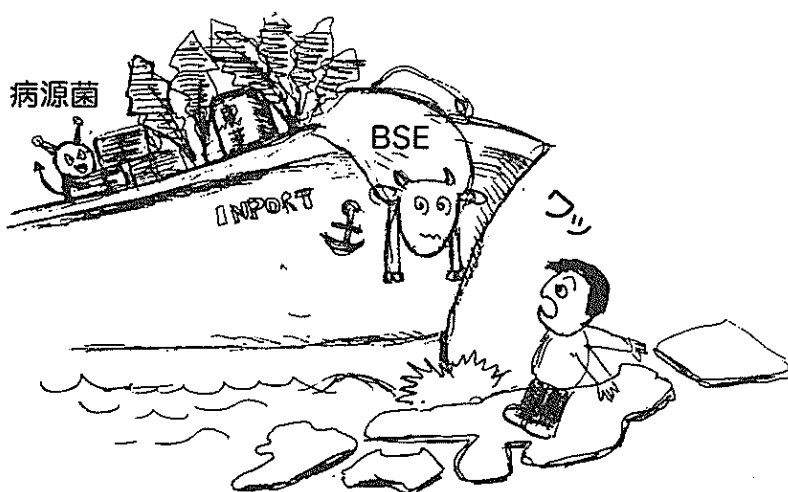
日本の食料生産が不安だと聞くことがありますが、どんな心配があるのですか

食品の「安全・安心」が最近の農業のキーワードになっています。BSE（牛海綿状脳症）、偽装表示、無登録農薬、遺伝子組換え植物などで深刻な問題があります。このような食品の質の問題とともに、量の問題も重大です。日本では食糧の自給率が低下するばかりで海外依存度が高くなっています。国際紛争、異常気象などの影響でいつまでも輸入が確保できるか、不安な点があります。

食べる物がないという不安、食料を確保する苦労は戦中派には今でも忘れることができないものです。幸い工業製品を輸出して稼いだお金で食料を輸入するという政策で、現在の豊富な食生活が可能になりました。しかし海外からの輸入食料に依存していると今まで経験したことのない質の面での不安があることがBSEの教訓です。この病気の原因物質プリオンが肉骨粉などを経て伝達することがイギリスで明らかになりました。日本では何らかの形で輸入した飼料類（肉骨粉か獣脂か判りませんが）に原因があったはずで、輸入野菜中に無許可の農薬（現地では合法的だという）が検出されたり、輸入ワラに口蹄疫（こうていえき）などの病原菌が付着していたり、ヒ素があったりと不安の種はつきません。

しかし心配ばかりしていても物事は進みません。杞憂（きゆう）という言葉があります。昔、中国で杞（き）という国の人々が「天が崩れる」と心配しておろおろした故事から、とり越し苦労のことを意味する言葉が生まれました。食料の不安についても、なにが本当に心配なのか。有効な対策はなにか。冷静に科

学的に検討し、対処することが必要です。



食料輸入には危険が伴う

化学肥料を使っても食料は安全ですか

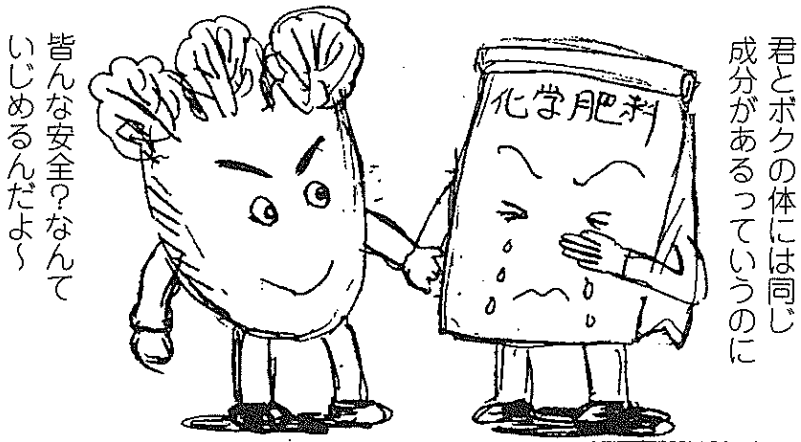
まじめに考えている農家が安全でない食料を作るはずがありません。肥料の研究者も技術者も、安全な食料を作ることは当然と考えていますし、そのように努力してきました。化学肥料は150年以上も前から使われています。肥料が安全な食料を豊富に作ってきたことは、歴史が証明しています。

肥料は植物の栄養となるものです。肥料成分（窒素、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウム、微量元素など）は、植物が吸収したあとは同化され、植物の成分になります。その植物の養分を動物や人間が食べて栄養とするのですから、本質的に肥料は有害になるものではありません。人間に養分が必要なように、植物は肥料成分が必要なのです。

一方、農薬は虫やかびを殺し、あるいは除草する薬剤ですから、人間や家畜に有害になりうる成分が含まれます。人間の薬も同じです。虫がいなく、病気がなければ農薬は不要です。しかし養分となる肥料は、どのような場合にも必須な成分です。

化学肥料は、化学的な方法で合成し、あるいは天然の鉱石を使って作りますので、原料によっては不純物に由来する夾雑物が含まれることがあります。このような有害成分については公定規格があり、害作用がでないように最大量が規制されています。さらに現在、肥料取締法が「人間・家畜の安全の視点」から見直しされています。もちろん、今までもこのような視点について検討していなかったとは考えていませんが、改めてもう一度見直すということです。

窒素肥料については、硝酸の問題もあります。これについては後の章で詳しく説明します。



肥料成分は植物の成分と同じ



安全な食料を生産するために、どのような方法がありますか

リスクについては、その科学的な評価、有効な管理、生産者－消費者へ情報の伝達（透明性）が求められています。食料生産の場合も同じです。

人間生活にはいろいろなリスク（危害）が伴っています。杞（き）の人の「天が崩れる」心配、白装束の人たちの電磁波障害から、身近には交通災害、医療災害、薬物災害などもあります。

食品の安全性の問題もリスクをどう考えるかの問題です。リスクとして可能性のある事柄の一つ一つについて科学的に調査し（リスクの解析）、その発生する確率を考慮して、リスクの種類と大きさを決め（リスクの評価）、そのうえでリスクの大きいものから有効な対策を立てる（リスクの管理）ことが重要だと考えます。

対策は行政で一方向的に決めても実効があがりません。生産者－流通業者には指示された対策を的確に実行することが求められますし、消費者には対策が働いていることを理解してもらうことが必要です。すなわちリスクの評価・管理についての必要な情報がいつでも入手できる（透明な）体制、また消費者の声が生産者、あるいは行政に聞こえる体制が必要だと思えます。農業団体でも「安全な農産物」を作る動きが活発になっています。消費者の支持がない農産物生産では存在価値がありません。

食品安全基本法の概要

基本理念

- 国民の生命および健康の保護
- 食品の供給に関する一連の行程の各段階における安全性の確保
- 最新の科学的知見および国際的動向に即応した適切な対応

関係者の責務・役割

国の責務

- 食品の安全性の確保に関する施策を総合的に策定し実施

地方公共団体の責務

- 国との適切な役割分担をふまえて、食品の安全性の確保に関する施策を策定し実施

事業者の責務

- 食品の安全性を確保するための一義的な責任
- 正確かつ適切な情報の提供

消費者の役割

- 食品の安全性に関する知識および理解を深める
- 意見の表明の機会等の活用

Q 4

いろいろな規制が作られていますが、消費者は安心できるのですか

食品の安全を確保するために法律、規制などの見直しが進められています。ただ規制を作り、通達したとしても、それを忠実に実行し、実行していることを保証するシステムが必要です。生産者と消費者が信頼できる体制がなければ安心とはならないのです。

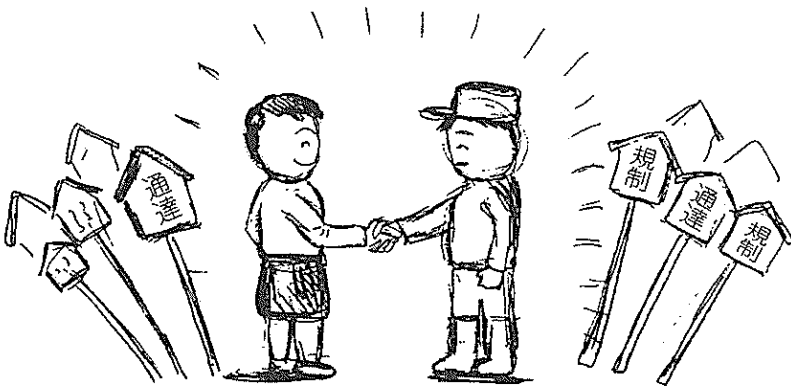
食品の安全を確保することを目的とした食品安全基本法が本年5月に成立しました。この法律に示された方針に合うように肥料取締法や、これに基づく規制も見直しが進められています。

Q2で述べた有害成分の規制についても「人間や家畜に対する被害を防止する視点」が加わり、またこれまで農林水産省だけで行っていた規格の設定も、今度からは厚生労働省の関係者も加わることになりそうです。

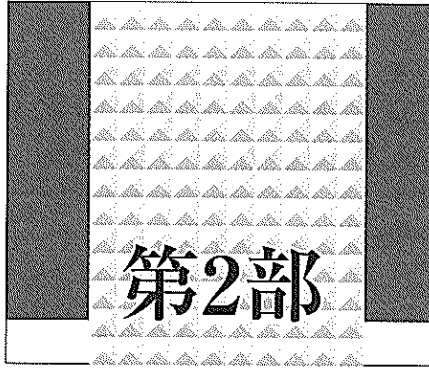
このように安心できる体制が整備されています。ところで食品の安全性についてカナダの育種学者マキュアンは次のように書いています。

「食品はあぶない…とマスコミはしょっちゅう報じるけれど、60億の人が毎日何かを食べていて、からだにも環境にも特別な害は起きていない。食品にからむ事故もめったに起きない。食の安全を心配するなど言っているのではなく、ものごとを正しく見ようと言っているだけ…食品が起こす最大の健康被害をひとつあげるなら、いったい何か？ GMO（遺伝子組替え体）か、合成殺虫剤か、天然毒素か、食中毒か、有機食品の不純物か、サルモネラ菌などの微生物汚染か、アレルゲンか？ どれも違う。いちばん健康に悪いのは、食物にいつも不安を感じるその姿勢

だ... この食品は安全か、殺虫剤、繊維、... とくよくよしない
で（どれもまず心配ない）、暮らしと食事をシンプルに考えよ
う。いろいろな食品をバランスよくとればよい。ほぼ間違いな
く、あなたより食品のほうが健康である。」（遺伝子組替え食品
——どこが心配なのですか、平成14年、丸善）



消費者と生産者の信頼関係が大事



第2部

世界の人口と食料



世界の人口が増えているといいますが、地域によってどんな違いがありますか

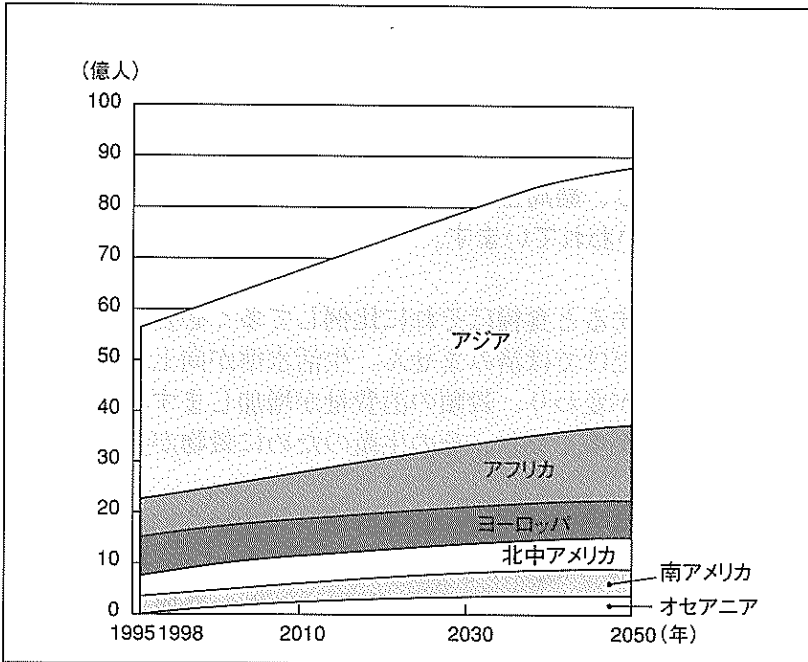
人口は先進国ではほとんど頭打ち状態です。日本ではむしろ人口減が問題です。アジアでも韓国、台湾ではすでに出生率は低下しており、中国でも「一人っ子政策」で出生率は低下し始めています。インド、バングラデシュでも増加率は2%を下回り始めました。人口増加率が高いのはアフリカ、南アジア諸国です。

世界の人口は2002年7月現在で62億人を越えたと推測されています。1700年ころには6億4,000万人でしたから、300年間に10倍以上に増えました。産業革命を契機に科学技術が発達し食料生産が増えたため、人口の増加が可能だったのです。世界人口は2030年には84億人、2050年には現在の1.5倍、93億人に達すると予測されています。

人口が増加するのには、出生率とともに死亡率（特に乳幼児の）が関係しています。中国などでは出生率は下がり始めていますが、衛生・医療の改善による死亡率の低下はもっと急速です。やがては少産少死で人口増加は停止するのでしょうか、それまでには時間的な遅れが生ずるのです。

2050年までに増加する30億人分の食糧を確保する技術、方策が50年以内に果たして可能になるのでしょうか。手遅れにならないうちに、今から私たちがすべきことがあるのではないのでしょうか。

世界人口の推移(中位推計)



Q 6

世界の人口がこのまま増え続けると、社会や環境にどのような影響がありますか

1人当たりの食糧消費可能量が生きてゆくのに必要な量を割り込むと、そこで飢饉が発生し、疫病が流行し、戦争が勃発して人口が減少し、結局生存するのにぎりぎりの生活水準で人口は落ち着くといわれています。

人口が増加すると食糧はそれに比例して多く必要になりますが、実はそれだけでは済みません。生活水準が向上するにつれて食事の内容が変わり、穀類の消費量が増加します。すなわち畜産物の消費が多くなり、その生産のために穀物が多量に必要になります。

1kgの牛肉を生産するためには11kg、豚肉で7kg、鶏肉で4kg、鶏卵では3kgのトウモロコシが必要です。今、先進国では1年1人当たり穀物135kg、肉類76kgを、発展途上国では穀物181kg、肉類21kgを消費しています。食料の重さではほぼ同量です。しかし肉類の生産のための穀類を計算すると、先進国で肉類の生産のためにトウモロコシは684kg必要になり（牛肉と豚肉を50%ずつ食べると仮定）、直接食べる穀物を合計すると819kgになります。発展途上国では同じように計算すると穀物必要量は合計370kgですから、先進国のほうが2.2倍も多く消費していることになります。

金持ちが貧乏人の、また先進国が発展途上国の食べる穀物を奪っているという図式がみえてきます。これが社会の中で、また国際的に緊張を高める、そんな悲惨な状況に世界中が追い込まれてよいものでしょうか。

畜産物を 1kg生産するのに必要な穀物の量

(トウモロコシに換算、kg)

牛肉	豚肉	鶏肉	鶏卵
11	7	4	3

農林水産省の試算。肉は部分肉ベース

食糧需要増加率の要因別予測 (2050年/1995年)

%

	人口の増加	食生活の変化	全体
アフリカ	3.14	1.64	5.14
中南米	1.80	1.07	1.92
アジア	1.69	1.38	2.34
北アメリカ	1.31	1.00	1.31
発展途上国	1.95	1.40	2.74
先進国	1.02	1.00	1.02
全体	1.76	1.28	2.25

資料 FAO：食料需要と人口増加 (1996) / (JA 全中, 2000)

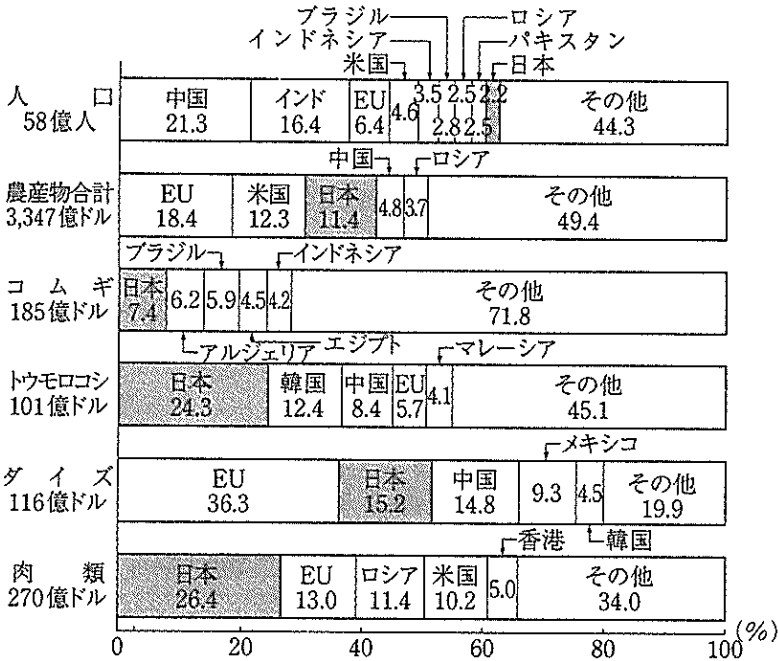
Q 7

飽食の時代だというのではないですか。世界で食料は、あまっているのではないですか

飢餓に苦しむ子供たちの映像をみたことがあるでしょう。今でも、栄養が不足している人口はサハラ以南アフリカで2億1,000万人、総人口の40%近くに達しています。南アジア、東アジア、近東、ラテンアメリカでも栄養不足の人たちが大勢います。世界で食料があまっているはずがありません。

食糧の輸出余力がある国はアメリカ、オーストラリア、カナダなど特定の国に限られ、国際的に取引される量も案外に多くないのです。日本の人口は世界の2.1%（1999年）に過ぎませんが、農産物輸入額（金額ベース）は世界の11.4%を占め世界3位です。コムギ、トウモロコシ、肉類では世界1位です。また輸入額から輸出額を差し引いた純輸入額で見ますと日本は346億ドルに達し、2位のドイツの103億の3.4倍、ダントツの1位です（2000年）。（オリンピックでもあるまいし、世界一になってもあまり嬉しくありません。）

トウモロコシ・ダイズなどの世界的な需給はほぼ10年ごとに過剰と不足が繰り返されています。最近の情勢をみても、80年代には穀物は供給過剰で価格は低下しましたが、90年代に入るとアメリカ・欧州での生産調整、北アフリカなどでの干ばつ、中国での輸入の増加（95/96年から輸入国になった）などがあって、96年には国際価格は過去最高に達しました。コメは貿易量が少ないため、乱高下はさらに大きくなっています。



わが国の世界人口および世界農産物輸入額に占めるシェア(1997年)

食料を増産するために農耕地をもっと増やせないのですか

世界の農耕地面積はこのところほとんど増えていません。農業に向いているところはすでに使われています。新たに開墾するところは水が不足したり、傾斜地などで農業に不適なところが多く、無理に開墾すると砂漠化が進んだり、侵食を受けて山崩れになることがあります。アマゾンの熱帯雨林の開発は気候変動になるともいわれています。

農耕地の面積は1961年から最近まで9%しか増えていません。特に1970年代からあとはほとんど増加していません。人口はこの間に約2倍に増加していますから、1人当たりの農耕地面積は減少するばかりです。すなわち1961年には1人当たり21アールだった農耕地面積（収穫面積）は2000年には11.1アールと53%までに減少しています。この限られた面積で食糧を生産するのですから、面積あたりの収量を増やすしかありません。

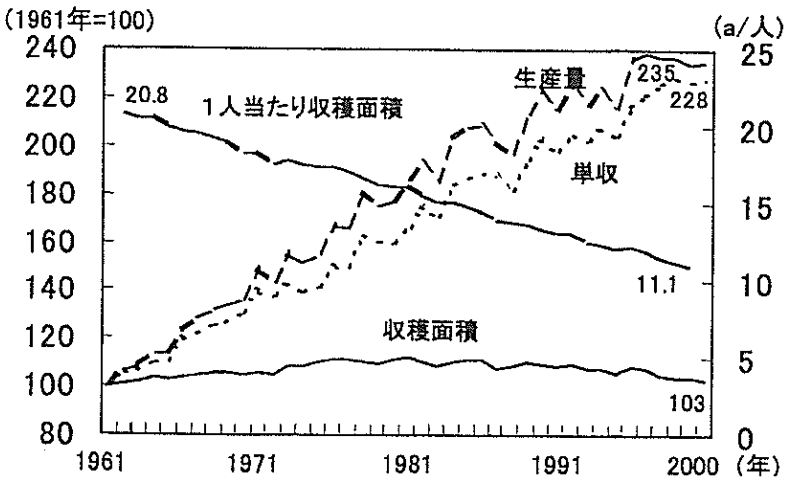
環境的に弱いところ（水が不足するところ、傾斜地など）を無理に開墾すると環境破壊になるからといっても、このような地域に住む農民も食べてゆかねばなりません。アマゾンの熱帯雨林地帯の開墾が環境に影響があるからといって、他の国が一方的に止める権利はありません。このような地域の農民を農耕に向いている地域に移住させ、そこでの農業の生産性をあげて人口を吸収する政策が必要なのです。

中国西部の砂漠周辺では次第に砂漠化が進行しています。その原因として、今まで食糧を生産していた農耕地で換金作物（日本向けのコムギ、トウモロコシなど）の栽培が増え、農民

に必要な食糧の生産が砂漠周辺地域に移行しているからだ与中国の科学者が非難しているのを聞いたことがあります。換金作物を栽培するのはテレビを買うためのお金を得るためというのですから複雑な気持ちになります。

生産量、単収及び収穫面積

1人当たり収穫面積





科学技術をもっと進歩させて食料生産を飛躍的に増やせないのですか。どんな方法が有望ですか

世界の科学者は努力しています。しかし農業は太陽光エネルギーを固定して植物体を作るものですから、土地面積、すなわち光を受ける面積に支配されやすく、生産を飛躍的に増やすのにはいろいろな制約があります。

農業生産とは、太陽光をエネルギー源として植物に光合成作用を行なわせ、その生産物である炭水化物、タンパク質、脂肪などを利用する産業ということです。畜産は植物が合成した炭水化物、タンパク質、脂肪などを動物に食べさせて大きくし肉を利用する、あるいは動物の生産物（乳とか卵）を利用する産業です。いずれにしても緑の葉で行なわれる光合成（二酸化炭素同化作用）が基本になります。

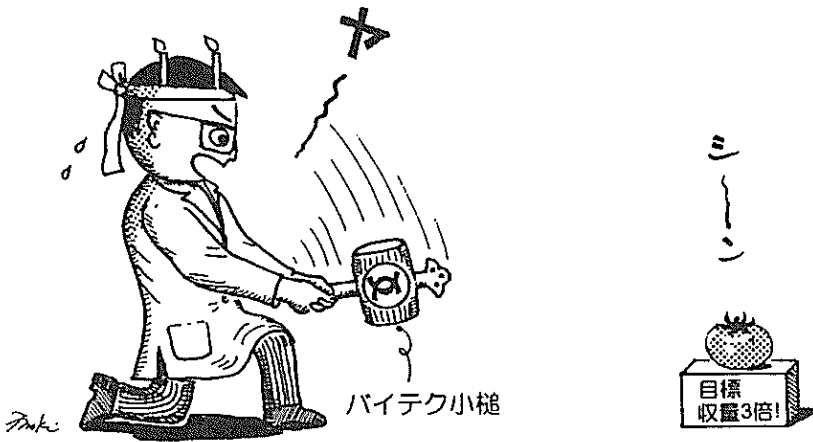
太陽光のエネルギーは地表の面積当たりほぼ一定です。葉1枚に当たる光の量もほぼ一定です。光合成の際に、太陽光エネルギーを固定エネルギーにする効率が大きくできればよいのですが、これはかなり難しいようです。1枚の葉を大きくしても他の葉が陰になれば植物群落として利用できる光の量に限界ができます。

太陽光のエネルギーは、量としては多いのですが、薄くばらまかれた状態なので、土地面積の制約を打ち破るのはなかなか困難です。ここが集中的に大量生産ができる工業とは違う点です。

いっそタンク培養したらどうかと聞かれますが、太陽光をどのように取り込むのか、人工光では電気エネルギーが多量に必要ですから、農業生産の主力になるとは考えられません。第一、

光を十分に浴びて生育したコメや野菜を食べ、広い草地で育った健康な牛肉を食べたいではないですか。

バイオテクノロジーは万能ではない



Q10

肥料は食料の増産に役立っていますか

肥料成分がなければ植物は育つことができません。不足していれば栄養分が少ない貧弱な農作物にしかありません。キャベツやハクサイは結球することもできなくなります。肥料は増産に役にたつどころか、なければ農業生産そのものが成り立たないのです。

農業生産を増やすためにはいろいろな技術が必要です。育種では、植物が光を受ける効率がよくなるように植物の形を変え(受光体勢がよくなる)、また植物体のうち人間が利用する部分が大きくなるように植物の形を変えるなどにより植物生産を増加しています。一昔前のイネに比べて最近のイネは背が低く茎や葉の比率が小さくなっています。

このように育種によって植物生産は目覚しく増加することが可能になりました。国際イネ研究所で育種した品種で東南アジアの水稲収量は飛躍的に増加し、「緑の革命」といわれました。コムギなどでも同様なことが起きています。

しかし植物に大きくなる能力があっても、養分がなければ実際に大きくなることはありません。「緑の革命」は肥料成分があってはじめて実現したともいえます。同じように、かんがいの効果、病害虫防除などもあってはじめて安定した増収が得られるのです。

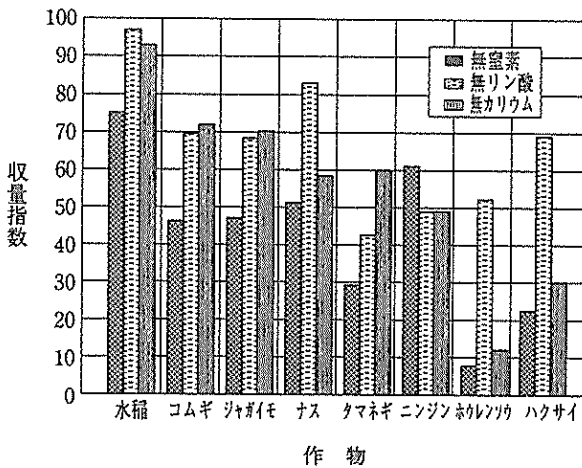
国際イネ研究所の試算を表に示しました。1965～1980年にコメ収量が増加するのに貢献した割合は、改良品種の効果が23%、肥料の効果は24%、かんがいの効果は29%、その他24%と見積もられています。緑の革命は育種の勝利とみるむきもあるようですが、育種した本家では、肥料などの貢献を忘れては

いません。

コメの収穫増量の要因

	貢献度 (%)
改良品種の効果	23
肥料の効果	24
かんがいの効果	29
その他の要因	24
コメ収量の増加	100

国際イネ研究所の試算、1965—1980.



肥料欠如の影響

Q11

今世紀は環境の世紀といわれますが、どういうことですか

21世紀では、人類がこれまで以上の生活水準を実現するために、よりよい居住空間を確保できることが必要です。この意味で環境は食料などとともに重要な課題になっています。

20世紀は、科学技術が発展し大量生産、大量消費が可能になった世紀でした。科学技術文明が開花しそのすばらしい成果により、先進国では便利で豊かな生活が可能になりました。食生活についても日本などでは過去にない豊かさが実現しています。平均寿命が伸びたのも、医療の進歩、衛生状態の改善とともに、豊かな食料があったからです。（豊か過ぎて成人病が増えたというのは、食べ方に問題があるからで食料そのもののせいではありません）。

このように豊かな生活が実現した反面、多くの問題も発生してきました。大量生産・大量消費による資源・エネルギーの枯渇が心配になり、地球温暖化、オゾン層破壊などの地球規模での環境問題が発生しています。酸性雨、森林破壊、砂漠化の進行も世界の各地で報告されています。廃棄物処理、ダイオキシン、環境ホルモンなどの問題も明らかになっています。一部の先進国が豊かな食生活を享受している反面、食料不足、飢餓が深刻な国も増えています。貧富の差が激化し、階級間や民族間の差別を生み、国際間の緊張を高めているとも指摘されています。

生産活動においても、これまでの効率・コスト至上主義から、持続性のある生産方式に重点をおくことが求められています。すなわち資源・エネルギーの使用を最少にし、あるいは再生循

環させる、生産に伴う環境影響を最小にする、など視点を優先的に考えることが求められています。



異常気象は地球の温暖化が原因か？

環境問題にはどのようなものがありますか。農業は関係があるのですか

環境問題には、いわゆる公害問題、すなわち大気汚染、水質汚染、土壌汚染、悪臭、騒音などの地域環境の問題もありますが、現在では地球温暖化、オゾン層の破壊、砂漠化の進行、越境する酸性雨などの地球規模での環境問題が注目されています。どの問題にも農業は関係がないとは言えません。

環境の問題は、これまでの特定汚染源に由来するいわゆる公害問題として考えられていました。1970年代には「公害国会」が開かれ、対策のための多くの法律、規制が作られました。そのころ農業は、水質、土壌汚染などで被害者として関係することが多かったと思います。このような公害問題については、それぞれの対策がすでにとられており、国際的にも注目されるほどの成果を挙げてきました。

現在、注目されているのは、このような特定汚染源に由来する問題でなく、広くほとんどすべての生産活動や人間活動に起因するものです。例を挙げて説明しましょう。

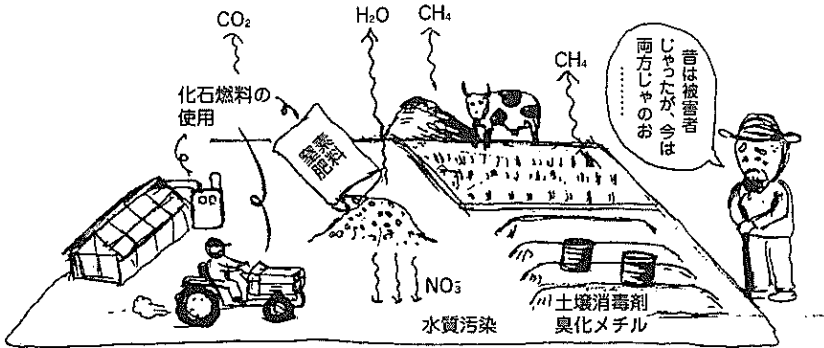
地球温暖化に影響するのは温室効果ガスといますが、その最大のもは二酸化炭素です。この発生は化石燃料の燃焼によるものが多く、発電、自動車などの交通機関、ボイラー、家庭暖房などに関係しています。農業ではハウスの加温、農業機械の使用で多量に使っています。実は窒素肥料の生産にも天然ガス、石油は使われています。窒素は空気中に無尽蔵にあります。これを水素と反応させてアンモニアを作るときに化石燃料が必要なのです。

温室効果ガスには、亜酸化窒素もあります。このガスの発生

に最も影響するのは窒素肥料を施用した畑だと指摘されています。メタンも関係しますが、この発生源について、欧米の科学者は東南アジアの水田を非難し、日本の科学者は畜産を非難しています。(牛のルーメンや、堆肥化の際にメタンは発生します。)

オゾン層の破壊には、亜酸化窒素のほかに、土壌消毒に使う臭化メチルが非難されています。臭化メチルが使用禁止になったのはそのためです。

地球規模の環境問題は、発生源が多く、個々の人のライフスタイルにもからみますので解決にはすべての人の協力が求められています。農業についてもまったく同様です。



農業が関係する環境問題

Q13

世界の各地で異常気象が発生しているといいますが、温暖化が原因なのですか。どうして温暖化するのですか

ここ10年間に各地で気象災害、あるいは気象変動が報告されています。このすべてが温暖化のせいと断言できるのか分かりませんが、少なくとも温暖化ガスの大気中濃度は上昇しており、温暖化を推測する根拠はあります。温暖化は大気中に二酸化炭素などの温室効果ガスが多くなったせいです。

異常高温、洪水の多発、氷河が融けだしたなどと各地で異常気象が報告されており、これらは温暖化で説明できます。

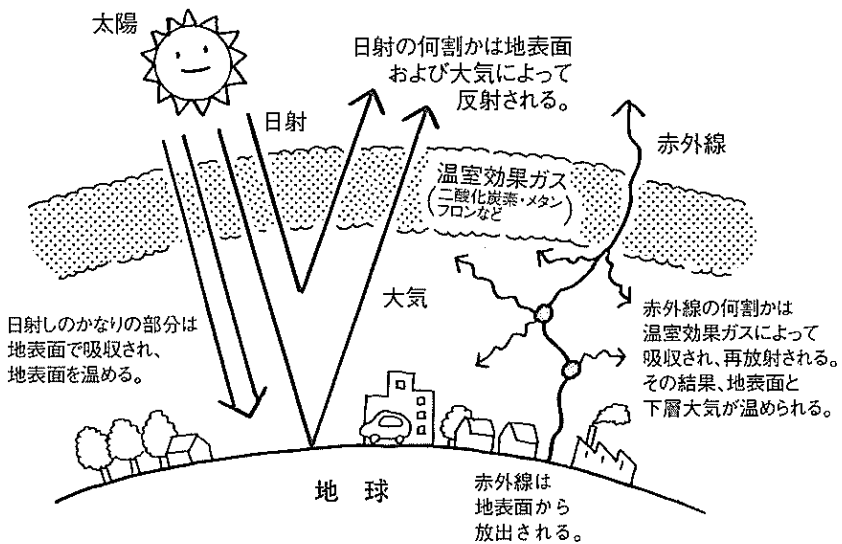
大気層に二酸化炭素があると、地球表面で反射する太陽光エネルギーを吸収し、その輻射熱で大気が温まります。ちょうど温室で直射光によって加熱された空気がガラスで逃げられないために温まるのに類似しているのです、これを温室効果といい、原因ガスを温室効果ガスといいます。温室効果ガスには、二酸化炭素のほかに、亜酸化窒素、メタン、フロンなどもあります。

大気中の二酸化炭素濃度は、20世紀初頭までは300ppmくらいでほぼ一定だったのですが、その後、年々増加して現在は370ppm程度になっています（1ppmは1m³中に1cm³存在する濃度）。このためこの100年の間に大気温度は約0.5℃上昇したといわれています。二酸化炭素は化石燃料の燃焼などで発生しますので、大気中濃度はその後も増加し続けており、ほうっておくと21世紀末には最大970ppm、現在の2.6倍にもなるかも知れません。地球表面の平均温度も5.8℃も上昇するという推測もあります（IPCC第3次評価報告書）。

二酸化炭素ばかりではありません。亜酸化窒素もメタンも大気中で増加しています。どのガスも農耕地で発生し、肥料の生

産・消費に関係しています。

温室効果のイメージ



江川・鷹取 (2002) より

温暖化するとどんな問題がおきますか

生育期間の温度が上がるといままでの品種ではうまく栽培できなくなるかも知れません。温度ばかりでなく、雨の降り方が変わり、温帯地帯では熱帯なみの多雨・豪雨が降り、気象災害が増えると予測されています。もっと深刻なのが、北極、南極、ヒマラヤなどの氷山や氷河が解け出して海水面が上昇する影響です。水温が上がると体積の膨張による水面上昇もあります。平坦地の農耕地が水没し、今までの堤防、揚水施設などが役に立たなくなることも予想されています。

寒冷地では温暖化は望ましいように思えるかも知れません。今まで草しかできなかった北海道の天北や根釧地方でトウモロコシが栽培できるようになり、札幌や旭川でもコシヒカリが栽培できるようになるかも知れません。しかし逆に九州や関東での予測では100年間に15%も減収になる可能性が指摘されています。

温暖化すると北アメリカのコムギ栽培の適地は北上し、ヨーロッパではコムギ、トウモロコシの栽培可能地域は消滅、中国では内陸部の栽培可能地域が減少するという予測があります。地域によっては降水量が減少して乾燥化する影響が強くなります。表に示した農業環境技術研究所の推測ではアメリカでは穀物生産量は30%もダウンするようです。これとは別に国際農業研究機関（CGIAR）では50年間にトウモロコシ生産量は10%減収となり、1億4,000万人分の食料が失われると予測しています。

温暖化が進むと温度が上がるだけでなく、雨の降り方が変わり、熱帯のスコールのような雨が多くなります。ただでさえ気

象災害の多い日本では困った事態です。

海水温が上昇すると、魚が獲れなくなることも心配ですが、もっと心配なのは海水面の上昇です。温度が上がると水が膨張して体積が増えるため水面が上がります。極地方やヒマラヤ・アルプスなどの氷河が解け出しているというニュースもよく聞かれます。海水面が上がると平坦地の耕地が水没します。太平洋の島々に住む人にとっては、住むところなくなるのですから問題は深刻です。

大気中の二酸化炭素濃度が2倍になったときの純一次生産力(NPP)

国名	現在		温暖化後	温暖化後/現在の比
	穀物収量 (100万トン)	NPP (100万トン)	NPP (100万トン)	NPP
ブラジル	46	1492	2637	1.8
カナダ	47	151	1307	8.7
中国	397	1609	3449	2.1
インド	212	1795	1988	1.1
ロシア	79	297	1715	5.8
アメリカ	357	2112	1387	0.7
合計	1155	7460	12507	1.7

平成9年度農業技術研究所研究成果情報

Q15

異常気象は実際に日本の農業に影響していますか。対応技術はあるのですか

温暖化の影響についてはシミュレーションで研究されており、地域によっては、かなりのマイナスが予想されています。すでに夏の高温による被害が各地で報告されており、いま問題になっている乳白米の発生も高温のせいと考えられています。畜産でも高温で泌乳量や産卵量が落ちるばかりでなく、家畜の斃死も増える報告が多くあります。

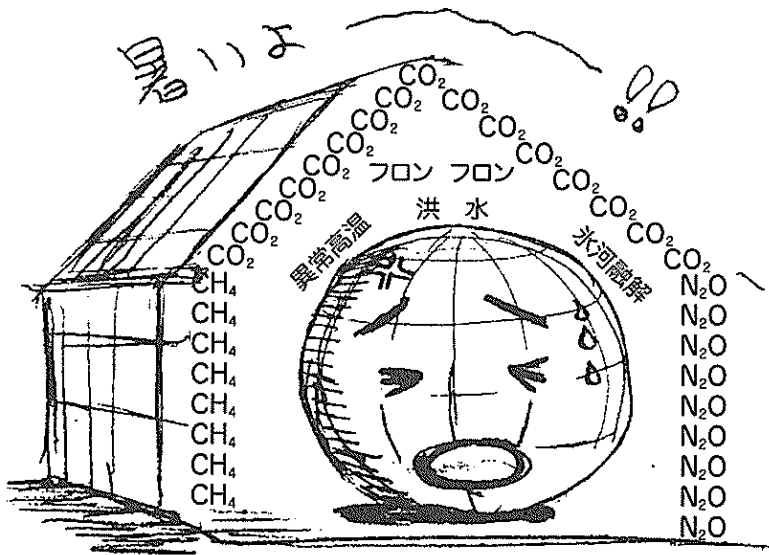
異常気象は世界の各地で報告されています。昨年もヨーロッパ、アメリカ、バングラデシュなどから洪水のニュースが聞かれ、また高温の被害についても報告がありました。バングラデシュのデルタ地帯では海水面上昇もあって被害が大きくなっているようです。

日本でも毎年気象災害はありますが、最近、特にその頻度が大きいようです。このような現象は温暖化でほとんど説明ができます。

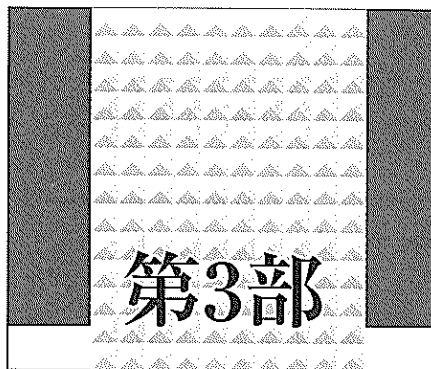
水稲の場合、今までと同じ時に移植したのでは出穂までの生育期間が短くなり、日射量が不足して乾物生産が低下します。今、北陸地方などで乳白米が問題になっていますが、これも出穂期以降の高温が原因のようです。そのため出穂を遅らせるように指導している県もあります。しかし逆に収穫が遅くなると台風被害を避けられないなど別の問題も生じます。

対応技術としては、なによりも世界全体として気候変化を緩和する努力が必要です。石油・天然ガスの埋蔵量が限定されていることから、エネルギー供給形態を変えてゆかねばなりません。風力発電、ハイブリッド車（トラクターなども含めて）

などの利用も増えると思います。二酸化炭素の排出を抑制する政策として、炭素・エネルギー税の問題も議論されるでしょう。肥料の生産・使用にも微妙に影響する可能性があります。



温暖化要因と異常気象



第3部

日本農業の現状と将来

Q16

日本の農業にはどのような問題があるのでしょうか

食料自給率の低下、農産物の輸入拡大があり、農産物の価格が低落し、農業収入が低下しています。それにつれて農地面積の減少、若年・成人層の脱農業が促進され、農家の高齢化、農村の活力の低下が深刻になっています。

農業基本法（1961年公布）では、農業生産性と農家の生活水準を向上させ農工間の格差を是正するために、生産政策、構造政策が進められました。そのためコメなどの国内農産物価格は国際価格に比較して高く維持された反面、コムギ、ダイズ、トウモロコシなどは輸入に依存する政策がとられてきました。しかしその後の経済成長、国際化の進展により、これまでと同じ農業生産、食料の供給でよいのか、その限界と問題点が明らかになりました。それに対応するために1999年7月に食料・農業・農村基本法が成立しました。

この基本法では、①食料の安定供給の確保、②多面的機能の十分な発揮、③農業の持続的な発展、④農村の振興が4つの基本理念となっています。この①では良質な食料の合理的な価格での安定供給、国内農業生産の増大を図ることを基本とし、輸入と備蓄を適切に組み合わせる、不測時の食料安全保障などを目指しています。②についてはQ22～Q25で解説します。③については農地、水、担い手等の生産要素の確保と望ましい農業構造の確立、自然循環機能の維持増進、④では農業の発展の基盤として生産条件の整備、生活環境の整備等福祉の向上を図ることになっています。



日本農業の抱える問題

Q17

日本の食料自給率はどのようになっていますか。ほかの国と比較するとどうですか

日本の自給率（カロリーベース）は40%にまで低下しており、主要先進国の中では最低です。主食用穀物（コメなど）の自給率は60%を保っていますが、飼料用穀物（トウモロコシなど）を加えた全穀物の自給率は28%に過ぎません。この穀物自給率は世界175か国中128番目です。

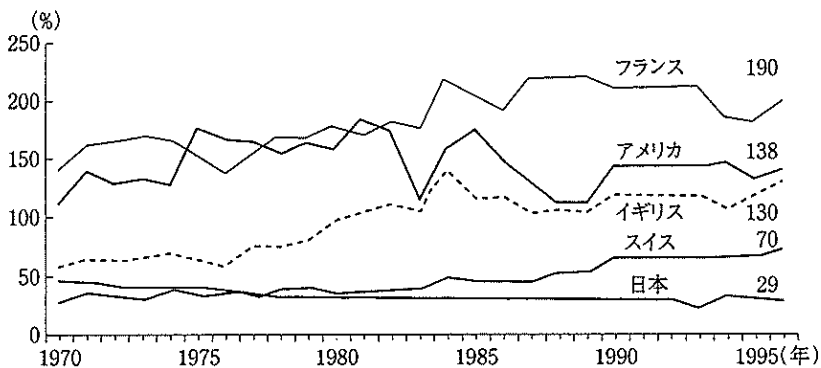
日本の食料自給率（カロリーベース）は1965年度には73%でした。その後、食生活の変化によりコメ消費が減退、油脂・畜産物消費が増加、飼料輸入の著しい増加があつて自給率は年々減少し、2000年度には40%になりました。このままではまだまだ低下しそうです。

自給率を穀物だけで計算するともっと深刻です。コメの自給率は92%（2001年）を保っていますが、ムギ・ダイズを含めた主食用穀物の自給率は60%です。家畜の飼料用穀物（トウモロコシ・ソルガムなど）を加えた全穀物自給率は28%にまで低下しています。

農産物輸入の相手国はアメリカが36.9%と第1位、次いで中国、オーストラリア、カナダ、タイとなり、この5か国で70%を占めます。トウモロコシに至っては90%、ダイズも80%近くがアメリカに依存しています。国際紛争、テロなどの影響を受けることが心配になります。

諸外国と比較しても日本の自給率の低さは目立ちます。カロリーベースで100%を越える国は、カナダ、フランス、アメリカなどですが、ドイツ、イギリス、スイスなども100%にはならないものの、日本よりはずっと高く維持しています。穀物の

自給率では、日本は世界の下から数えたほうがよいくらいです。穀物については中国、インド、インドネシア、パキスタン、ロシアなどでも90%以上を維持しています。これには穀物を直接食べるか、いったん飼料にするかが関係しています。



主要先進国の穀物自給率の推移

Q18

輸入食料を生産するために海外で必要な農耕地面積はどのくらいになりますか

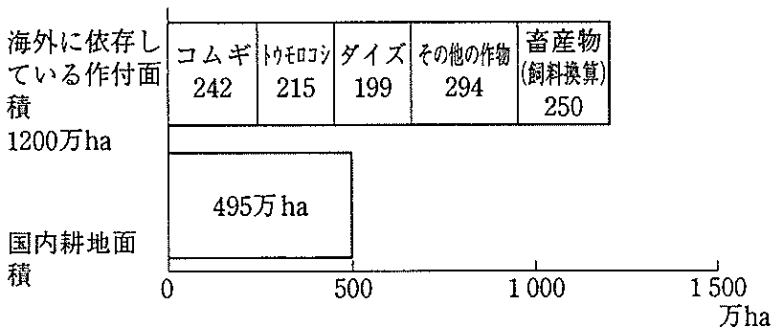
膨大な輸入食糧を生産するために必要な農地面積は1,200万haと見積もられています。これは国内耕地面積の2.4倍に相当します。土地を使うばかりではありません。農産物の生産に必要な水も養分も形を変えて日本に輸入していることになります。

自給率はカロリーベースで40%であり、これを生産する国内の耕地面積は495万haです。輸入する60%分を生産するのに必要な耕地面積は、コムギ、ダイズ、トウモロコシ、畜産物（飼料換算）でそれぞれ200万～250万ha、その他も合計して1,200万haと推定されています。これだけ海外に領土があるなどと錯覚しないでください。そこでは日本の農家が働いているのではありませんから。

輸入農産物を生産するには土地を使うだけではありません。水、肥料成分も多量に使い、これが形を変えて日本に入ってくるのです。

先日の世界水フォーラムで農産物生産に必要な水の量が議論され、日本の輸入農産物の生産に必要な水の量は640億 m^3 と推定されました。国内で農業、工業、生活用水として使われる水量は890億 m^3 ですから、その72%にも相当する水が日本に入っています。アメリカを含めて世界中で水は決して豊富ではありません。

肥料成分（窒素、リンなど）の輸入は、まさに畜産公害の原因となっているものです。



主な輸入農産物の生産に必要な海外の作付面積

Q19

自給率を高めるためには、どうしたらいいのですか

平成12年3月に閣議決定された食料・農業・農村基本計画では10年後の自給率の目標を45%にすることになっています。趨勢では現在の値を下回りそうなのですから、その流れを変え目標を達成するためには農産物の生産ばかりでなく消費の面でも取り組んでいく必要があります。

農産物価格の低迷や高齢化の影響もあって耕作放棄地が全国的に増えており、農地面積中に占める耕作放棄地の比率は5.1%に達しています（2000年）。放棄までには至らなくても不作付け地となっている面積も増えています。このような地帯での生産条件の不利性を是正するために、農地の基盤整備、効率的・安定的な経営体への農地の利用集積などを図るための政策、支援が必要です。

耕作放棄を抑制する施策の効果があがっても、今後10年間に農地面積は470万ha（1997年の面積495万haの95%）に減少すると推定されています。減った面積で農産物の生産を増加させようというのですから容易ではありません。基本計画では耕地利用率を105%と見込んでいます。主要品目を栽培するほかに、雑穀や花などの作付けも見込み、需要の増加、作業の省力化・低コスト化、新品種の開発などの要素も考慮しています。

経営の効率化を目指して、農地の集積、規模拡大も図られるでしょう。規模が拡大し、しかも面積当たり収量を増やすとなれば、化学肥料の出番が増えると考えるのが自然ではないでしょうか。

消費の面では、家庭内での食事から、外食、あるいは中食

(弁当、購入する惣菜など) への変化、いわゆる食の外部化に対応することが必要です。また食べ残しや食品廃棄物についても注目されています。結婚式やパーティーのほとんど食べない(しかも高価な食品)をみると、「輸入してまで食べ残す」ことの批判は当然だと思います。

食料自給率と農地面積の現状と目標

	1997 年度	2001 年度	2010 年度
		(参考)	(目標)
カロリーベース総合食料自給率(%)	41	40	45
主食用穀物自給率(%)	62	60	62
飼料用を含む穀物全体の自給率(%)	28	28	30
飼料自給率(%)	25	25	35
延べ作付け面積 (万 ha)	472	452	495
耕地利用率(%)	95	94	105
農地面積 (万 ha)	495	479	470

農林水産省資料.

日本の農業は衰えていると聞きましたが、日本は農業に適していないのですか

日本農業の中心である水田稲作では1000年以上連作を続けても連作障害はでていません。水も豊富ですから、世界各地で問題になっている塩類集積もほとんどなく（ハウス栽培を別にして）、砂漠化にも無縁です。土壌の肥よく度も特に良いとはいえなくても、不良というほどではありません。農業に適していないなどとはいえないはずです。

日本農業をアメリカの農業と比較するのはあまりに違い過ぎてむなしくなります。農用地価格が113倍と高いのですから1戸当たりの耕地面積は1/110と小さくても、農家が土地に投資する金額（新規に土地を買って就農すると仮定して）は1戸当たりでほぼ同じです。投資に見合った収入を得るためには面積当たり農業収入は100倍以上にならなければならないことになります。農家としては収入のよい農作物を作るしかありません。製造業の賃金をみると日本はアメリカを上回っています。これを都市労働者の収入とみると、農業においても時間当たり労賃は同じ程度まで上げる必要があります。都市と農村で格差があることは許せないことです。これも農産物のコストが高くなる要因になっています。

旧農業基本法の時代には選択拡大といって収益性の高い作物に切り替えられ、結果としてダイズ、ムギ、飼料作物の生産は急激に減少したのです。この流れを変えて、自給率を高めることは至難のことです。農家の努力ばかりでなく、国の支援、消費者の理解と協力が必要です。

農業生産にかかる費用の日本とアメリカの比較

	調査年度	日本	アメリカ	日本/アメリカ
農家1戸当たりの耕地面積(ha)	1998	1.6	176	1/110
農用地価格(千円/10 a)	1995	1,697	15	113倍
製造業賃金(円/時間)	1998	2,293	1,724	1.3倍
電気料金(円/kWh)	1997	17.7	5.3	3.3倍
トラクター価格(万円)	2000	177	134	1.3倍
ガソリン代(円/リットル)	1997	104.4	39.4	2.6倍
肥料(硫アン)価格(円/トン)	1998	34,550	27,228	1.3倍

農林水産省資料.

肥料は、日本では20 kg 袋詰め、アメリカはバラ積みでの価格.

Q21

農業のハイテク化技術にはどのようなものがありますか

育種ではバイオテクノロジーを応用して、耐病性、耐干性、耐塩性などの能力を高める研究が行われています。組織培養の応用ではイチゴなどが有名ですが、さらに高級ランの大量生産などが可能になっています。機械の発達も著しく、ロボット化も進んでいます。施肥の面では精密農業の考えを推し進めて、もっと効率を高めることも課題です。

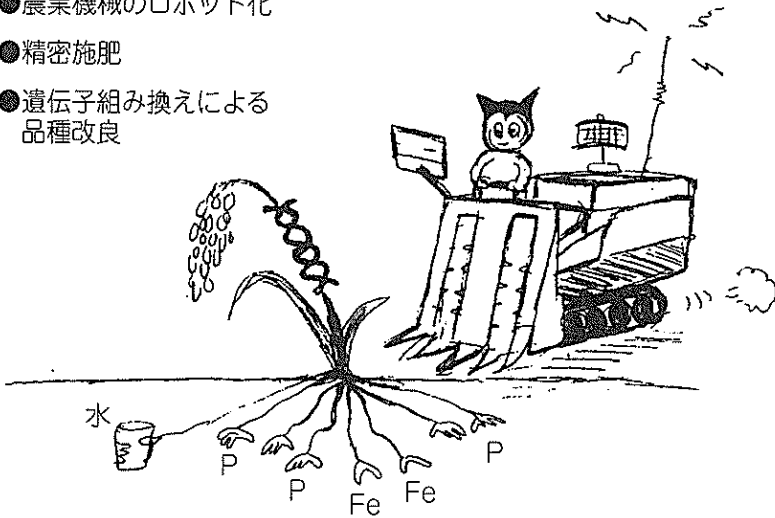
育種では従来型の技術による新品種も作られています。時間と労力がかかります。バイオテクノロジーを応用し遺伝子を組替える技術を使うと、望ましい形質をもった作物を比較的短時間に作るできるようになりました。耐病性、耐干性、耐塩性のほか、特定の除草剤に耐性をもつ組替え植物も作られており、それを利用するとその除草剤だけで他の除草剤がいらなくなる技術もあります。害虫の被害も少なくする組替え植物もあります。これらはアメリカ・カナダなどで広範囲に実用化されています。まだ研究段階ですが、リンや鉄が欠乏した条件でも土壌の難溶性成分を吸収する能力をもたせる技術は肥料との関連で注目されます。

ただ遺伝子組替え作物については安全性について国際的にも一致していない面があり、議論の余地があります。

農業機械ではロボット化の研究が盛んです。播種・移植から収穫・選別などでかなり実用化がされています。ただこの場合には機械のコストが問題です。大型機械化が進んでいるアメリカでも、野菜などの収穫は中南米からの安い労力があるため必ずしも自動化が研究されていません。

施肥では精密農法の技術に注目しています。走行中の収穫機に自動収量測定装置を付け、あるいは自動土壌養分測定装置を付け、さらにカーナビ技術で位置情報を同時にとって、収量分布または養分分布のマップを作り、次年の施肥の際にその情報を取り入れながら可変型施肥機で施肥をするというアイデアです。しかし土壌分析のコスト、装置のコストを考えると小規模の日本でどこまで実用化するか、今後の検討課題です。

- 農業機械のロボット化
- 精密施肥
- 遺伝子組み換えによる
品種改良



農業のハイテク技術

Q22

農業は食料生産以外にも役立っていると聞きましたが、どういうことですか

農業は農作物を育てたり、家畜を飼育するなどにより食料を生産することが第一の働きです。しかし同時に植物がもっている「緑の効用」で国土や自然環境を守る働きももっています。

農業がもつ機能のうち、食料などを生産する以外の機能を合わせて多面的機能と言います。WTO（世界貿易機関）での農業交渉で日本は基本的な重要事項として「世界的な農政上の課題として農業の多面的機能と食料安全保障の追及」を挙げていますので、農林水産大臣の挨拶などでもこの言葉はよく聞かれます。政府が行なった世論調査（2000年）でも、64.7%の人が「農業が食料生産・供給以外の役割を果たしている」と答えており、また多面的機能をもつ農業を今後に残すことについては、ぜひとも残したい54.9%、できれば残したい37.8%と圧倒的な支持を受けています。

多面的機能の多くは目にみえないので金額に換算するのは難しいのですが、いろいろな方法で評価したのが次の表です。洪水防止機能、水資源涵養機能、保健休養・安らぎ機能などが大きく、合計すると8兆2,000億円以上になります。農業総産出額は8兆9,000億円程度ですから、これにほぼ見合う金額です。

日本の農業を守るためには、農産物の国内生産と食料の確保を主張するだけでは農産物輸出国とかみ合いません。多面的機能と食料安全保障で自国の農業を守るための理論武装が必要です。

農業の多面的機能の貨幣評価

機 能	評価の概要	評価額(億円/年)
洪水防止機能	治水ダム建設単価	3兆4,988
水資源涵養機能	同 上	1兆5,170
土壌浸食(流出)防止機能	同 上	3,318
土砂崩落防止機能	最新基礎的データによる	4,782
有機性廃棄物処理機能	最終処分場の建設コスト	123
気候緩和機能	水田の気温低下を冷房 の電気料金に換算	87
保健休養・安らぎ機能	旅行費用で評価	2兆3,758
合 計		8兆2,226
(参考)農業総産出額	(2001年)	8兆8,521

資料：日本学術会議(答申),2001年11月/ファクトブック2003.

Q 23

水田は特に多面的機能が大きいということです が、具体的に教えてください

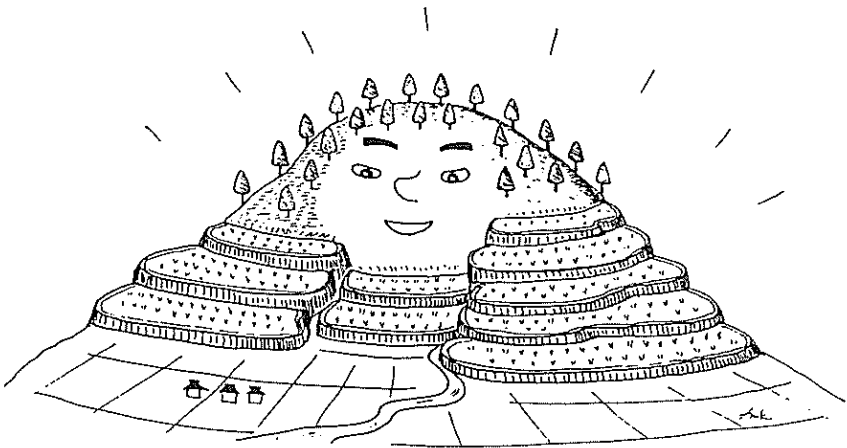
水田に水を貯め洪水を防止し水源を涵養する機能を、同じ貯水力をもつダム为建设費に換算すると、5兆円を越えます。これだけで農業の多面的機能の60%以上になります。

日本のように傾斜地が多く、しかも降水量が多いところでは土砂くずれや侵食が大きな問題です。大量に降る水を一時的に貯留し、少しずつ流すことにより洪水防止になり、また水源として利用するのも役立ちます。

水田でどのくらい水を貯めることができるか計算されています(関矢、1992)。日本の水田面積は約270万haですが、ダムとして役に立つのは傾斜地にある水田ですので、この面積を220万haと推定します。このうち区画や水路の整備されている水田は深さ30cm、未整備の水田では10cmまで水を貯められると考えます。水稻の生育のためには常時深さ3cmの水が必要ですから、残りの27~7cmが貯水能力となります。このように計算すると、水田に水の入っているイネの生育期間だけでも35億6,800万トンの貯水ができます。

さらにすべての水田を整備したら51億トンの貯水能力があります。この量は黒部ダムの30個分に相当し、これだけのダムの建設費と維持費を計算すると年6兆1,200億円になりました。

水田の効用



6兆円の貯水・砂防機能

棚田は保護すべきだと聞きましたが、どうしてですか

先祖代々、営々と築いてきた棚田は貴重な文化遺産であり、農村の原風景として、国民の心のふるさとになっています。同時に小さなダムが連なった構造で、洪水防止、水源涵養に役立ち、また多様で貴重な動植物の生息空間も作っています。美しい風景は多くの写真家を惹きつけています。

棚田（千枚田）は東南アジア、中国などにもたくさんあります。文字どおり「耕して天に至る」風景をみると思わず息が止まる思いがします。風景として美しいとともに、これを作り維持してきた先祖の努力と汗、コメづくりに掛けた執念に心を打たれるからでしょう。

棚田は、いわば小さなダムの集合体です。雨水はいったんそこに貯留され、一度に流出することを防いでいます。洪水防止機能、水源涵養機能が働いているのです。それを金額に換算したものはQ22で説明しました。このような山間地にある棚田は周辺の林地とともに多様で貴重な動植物の生息空間になっています。農村の原風景であり、日本人の、あるいはコメを作ってきたアジア人の心のふるさとなのです。

傾斜地で面積が小さく不整形な水田では大型機械が使えず（今でも手で田植えをすることもあります）、生産効率は低くなります。棚田を作る石垣も補修が大変です。環境維持のための特別な補助政策が必要であり、国民の支持が重要です。

棚田を守るために全国棚田（千枚田）協議会が結成され、棚田サミットが平成7年から毎年開かれています。今年（2003年）は岐阜県恵那市、来年（2004年）は佐賀県相知町で開かれる

ことになっています。農水省では平成11年に棚田百選を選定しており、インターネットで写真を見ることもでき、所在地などの情報も入手できます。一度、見に行かれてはいかがでしょうか。



岐阜県恵那市の棚田 —— 今年サミットが開催される

**農業が衰退すると大気や水質にも悪い影響が
できますか**

農業の多面的機能には、大気環境改善機能、水質環境改善機能、土壌環境改善機能、生物環境改善機能などがあると考えられています。大気環境では二酸化炭素の吸収固定と酸素の放出が大きく評価されており、水質環境では水田での洪水防止、水源涵養のほかに水質浄化機能も見逃すことができません。

植物は光合成の際に、二酸化炭素を吸収し酸素を補給しています。

人間や動物が呼吸をする際に酸素を吸っていますが、その時に減った酸素は植物が補給しているのです。二酸化炭素が増加するのは地球温暖化の原因となっており、その濃度をどのようにして減少させるかが問題ですが、固定の能力が大きいのは植物です。大気中の二酸化炭素を測定した結果を図で見ると、毎年リズムカルに変動しているのが分かりますが、これは夏季の植物生育が盛んな時期に二酸化炭素濃度が減少し、活動の衰える冬季に減少しているのを反映しています。

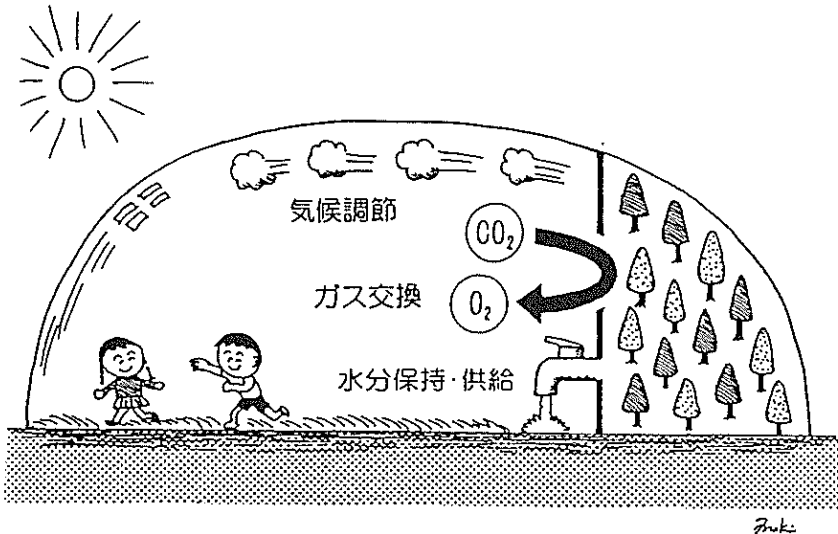
水田、畑、草地では大気汚染ガスの吸着も評価されています。特に亜酸化窒素は畑から脱窒で放出されますが、同時に土壌などに吸着される量も無視することはできません。排煙脱硫・脱硝装置の減価償却・維持費を代替する費用でこの大気浄化機能を評価して99億円という額が出されています。ただ耕作放棄地でもほとんど同じとも考えられたため学術会議では評価の対象外にしています。

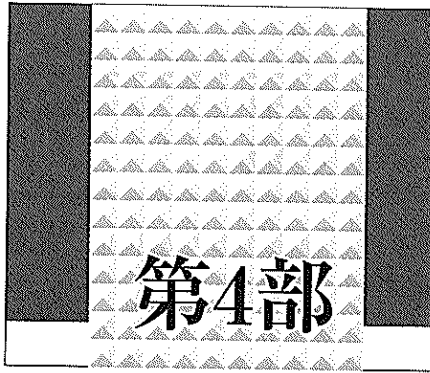
それよりも大きいのが気候緩和機能でしょう。水田による夏季気温の低下を冷房の電気料金に換算すると、全国で105億円

と見積もられています。

水質の関係では、畑・樹園地などからは硝酸塩などの流出がありますが、水田では沈殿池の働きでリンなどの浄化が行なわれており、またイネによる吸収や還元土層での脱窒などにより窒素の浄化機能が働いています。

植物生産は人類の「生命維持装置」





肥料と土壌の基礎

Q26

植物の栄養とはどういうことですか。肥料とはどういうものですか

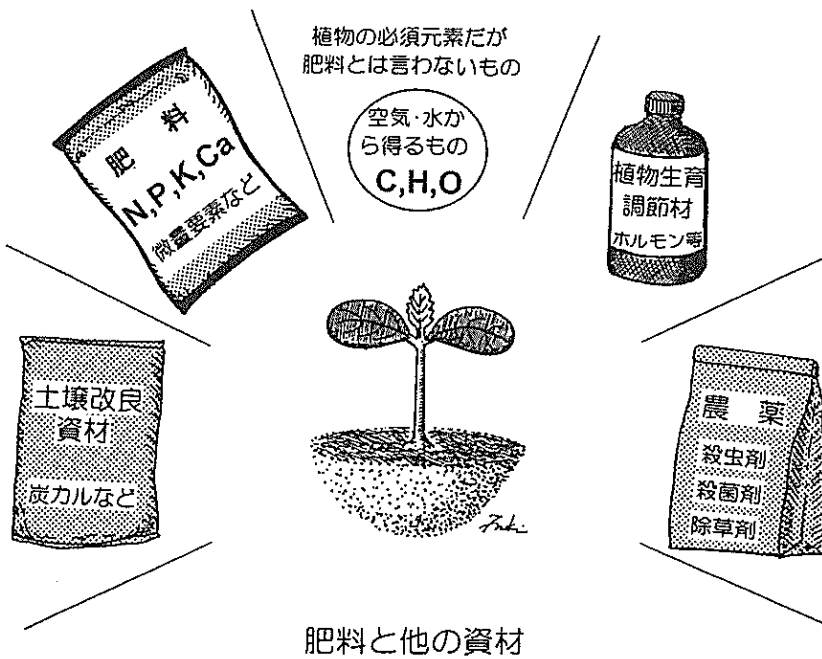
植物の正常な生育を保証するためには、植物に必要な栄養（元素）を必要量確保しなければなりません。一定量を確保できる必要元素は、土壌や灌漑水からでは十分供給できないために、肥料によって補う必要があります。肥料は植物、とりわけ作物生産にはきわめて重要な栄養剤といえます。

肥料は、植物の正常な生育を保証する多くの必要元素を含んだ資材です。植物が正常に生育するための元素は、炭素、水素、酸素、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、硫黄、ホウ素、塩素、銅、鉄、マンガン、亜鉛、モリブデンの16元素が必要とされます。これら元素のうち、炭素、水素、酸素、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、硫黄は多量必須元素、ホウ素、塩素、銅、鉄、マンガン、亜鉛、モリブデンは微量必須元素と分かります。なお、炭素、酸素及び水素は大気中、及び灌漑水や雨水から十分供給できますので、肥料として補充してやる必要がありません。しかし、その他の元素は、土壌中に不足する場合が多く、肥料等から供給する必要があります。また、植物生育に必須元素と認められてないケイ素は、植物の細胞を強固に維持するうえから肥料としての供給価値が高いといわれます。

肥料取締法において、「肥料」とは「植物の栄養に供することまたは植物の栽培に資するため、土壌に化学的変化をもたらすことを目的として土地にほどこされる物及び栄養に供することを目的に植物にほどこされる物をいう」と定義されています。たとえば、石灰資材は土壌の化学性改良を目的とした肥料とい

えます。

このように、植物が必要とする元素を不足のないようにおぎなうのが肥料（施肥）の役割ですから、植物（作物）にとって肥料は必要不可欠な存在です。



肥料はいつころから使われてきたのですか

化学肥料ができてからおよそ115年たっています。

植物が無機養分だけでも生育できることを証明し、それに基づく肥料技術の基礎となる最初の本は、ドイツの化学者であるリービッヒによって、1840年に出版されました。1842年にはイギリスのローズが過リン酸石灰の製造を始め、すぐに化成肥料の原形であるアンモニア化過リン酸を作っています。

わが国では高峰讓吉・澁澤榮一が1887年（明治20年）に東京人造肥料会社を設立し、釜屋堀（現江東区大島1丁目）で過リン酸石灰を作り始めました。多木製肥所も1890年には過リン酸石灰を作っています。

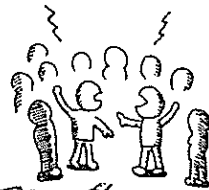
20世紀初頭までの窒素肥料は、1809年にチリで発見された硝酸ナトリウム（チリ硝石）が主体でありました。しかし、「このような鉱石に依存しては急増する人口を養えない、空中窒素を固定する技術を開発する必要がある」と主張したイギリスのクルックスの演説（1898年）は有名です。このように窒素固定が要望されていた背景があって、フランクとカロ（ドイツ）は1906年に石灰窒素をイタリアで製造し始め、さらに、1913年にハーバー・ボッシュら（ドイツ）はアンモニア合成の工業化に成功し、近代化学工業が開花しました。

日本への石灰窒素の製造技術の導入は素早く、1908年に野口遵・藤山常一が日本窒素肥料会社を設立し、1909年には生産を開始しています。アンモニアの合成は導入技術を使って日本窒素肥料によって1923年に延岡工場で成功しました。国産技術でのアンモニア合成は1918年に農商務省臨時窒素研究所（のち東京工業試験所を経て化学技術研究所）で始まりましたが、成功

するには1931年（昭和6年）までかかりました。

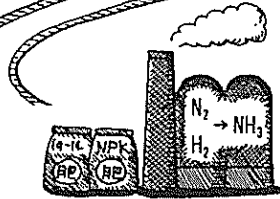
昭和初年には、すでに有機質肥料（ダイズかすなど）に代わって硫酸アンモニウム、過リン酸石灰、硫酸カリウムが肥料の主体となってきました。

大昔から、動物の排泄物・草木灰が植物の肥料となることが知られていた。

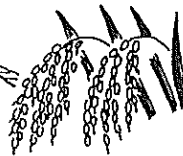


多くの人々
がその実体の
解明に挑戦。
諸説紛々。

1840年、リービヒが肥料分の実体は、無機塩であると結論づける。



その後の化学工業の
発達で、肥料を合成
できるようになる。



農業生産の
飛躍的増加

肥料の歴史

肥料の三要素とは何ですか。三要素以外にどんな成分が必要なのですか

肥料の三要素とは、植物の生育を大きく左右する窒素・リン・カリウムをいいます。

植物の生育に必要な三要素は、土壌中からの供給だけでは足りないので、肥料で補う必要があります。

窒素は、空気中に78%も含まれていますが、植物は、このガス状窒素をそのまま吸収することができません。植物が一部のタンパク様物質を吸収するという報告もありますが、吸収の主体はアンモニウムまたは硝酸の無機態窒素であります。空中窒素をアンモニアの形で固定する方法がアンモニア合成であります。アンモニア合成では水素が不可欠であり、水素を作るための化石燃料が必要となります。合成されたアンモニアは、窒素肥料や窒素を含む複合肥料等の原料として使われます。

リンを供給できるリン酸肥料（またはこれを原料にした複合肥料）は、リン鉱石由来のものがほとんどです。リン鉱石中のリン酸は水に不溶であることから、植物にはそのままではほとんど吸収されません。そのため、リン鉱石に硫酸やリン酸などを反応させるか、熱分解して植物に吸収されやすい形態に変えた肥料を作ります。リン鉱石によっては、微粉碎するとその一部が植物に吸収されやすくなるといいますが、そのようなリン鉱石はごく限られたものです。なお、リン鉱石は、日本にはほとんどないばかりか、世界の資源の有限性からみて、今後、リン酸の溶解性や利用率を高めるなどの方策が重要となります。

カリウム肥料は、全量輸入されるカリウム鉱石から作られます。カリウムは海水からも吸収できますが、経済コストがかか

りすぎます。

三要素以外にも、カルシウム（石灰）、マグネシウム（苦土）などの二次要素、マンガン、ホウ素などの微量元素も植物の生育に必要となります。

植物における三要素・二次要素の主な働き

要素	主な働き
窒素	タンパク質、葉緑素などの重要な植物成分を作る。不足すると葉が黄化したり、小さくなり減収する。
リン	核酸、酵素など重要な植物成分を作り、光合成や各種代謝に関与する。
カリウム	光合成、炭水化物の蓄積過程に関与する。細胞の膨張圧を維持したり、水分調節をおこなう。
カルシウム	細胞膜の生成に関与する。有機酸の中和を行う。
マグネシウム	葉緑素を作る。酵素活性に関与する。
硫黄	タンパク質、ビタミン、酵素を作る。におい成分などの特殊な成分を作る。
ケイ素	植物の必須元素ではないが、水稻では草型がよくなり、倒伏軽減などの効果がある。

肥料の原料は何ですか。鉱物資源はたくさんあるのですか

肥料の原料は、石油・石炭などのエネルギー原料、リン鉱石、カリ鉱石などです。わが国では国産の原料はほとんどなく、輸入に依存しています。

化学肥料は、窒素、リン、カリの三成分を含む肥料が大勢を占めています。窒素肥料は先ず、空気中に75%含まれる窒素ガスを原料にして、これと水素を反応させて合成アンモニアを作り、つづいて、合成アンモニアをもとに窒素量やその形態の異なる多様な肥料ができます。なお、窒素ガスは植物には直接吸収されないことから、ドイツのハーバーとボッシュによって開発された窒素ガスと水素の反応によるアンモニアの合成法が高く評価されたのです。また、水素は天然ガス中に含まれる水素を利用できるので、天然ガス由来のものが一番廉価な原料といわれます。

アンモニアを原料としない窒素肥料に石灰窒素があります。石灰窒素は、カーバイトで多量の電力をかけて作り、これに窒素ガスを反応させます。

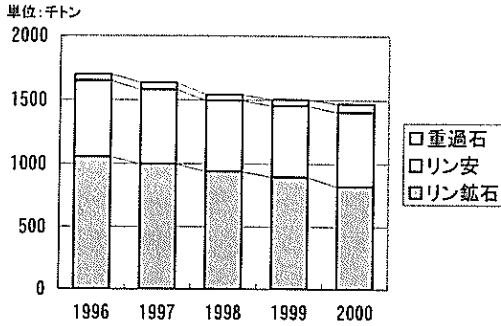
リン酸肥料の主原料はリン鉱石です。日本には資源がありませんので、リン鉱石は中国、モロッコ、南アフリカ、ヨルダンなどから輸入しています。リン鉱石は水に不溶で、植物はそのままではほとんど吸収できませんので、硫酸やリン酸等を加えて反応させるか、あるいは熱分解をして植物にリン酸を吸収させやすい形に変える必要があります。なお、リン鉱石は有限ですので、有効利用を図ることが重要な課題となっています。

わが国のカリ肥料は、全量輸入のカリウム鉱石から作ります。

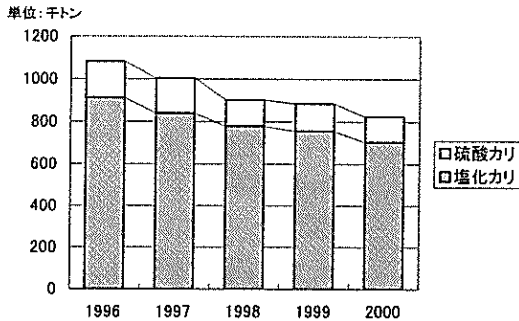
カナダなどから産出されるカリウム鉱石は、リン鉱石ほど資源枯渇の心配はありません。一方、海水中にはカリウムが無尽蔵に含まれておりますが、その回収にはエネルギーが必要で、現在のところは経済的に引き合わないといわれます。

その他、魚粉、骨粉、草本性植物油かすなどの有機質肥料があります。有機質肥料は、輸入に依存する割合が高い状況にあります。

リン酸肥料及び原料の輸入量



カリ肥料の輸入量



Q30

肥料の品質を保証するためにはどのような法律がありますか

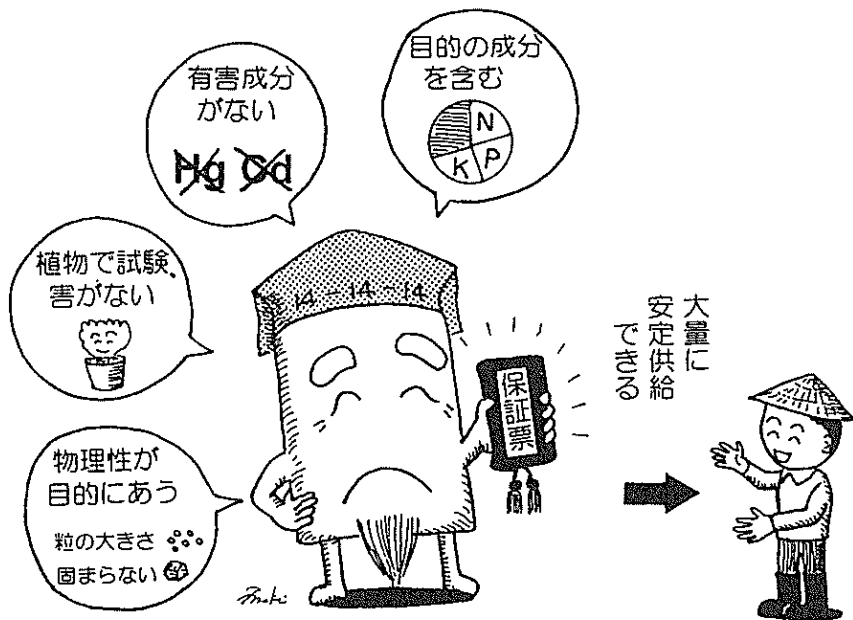
肥料取締法は、肥料中の有効成分や有害成分に係わる品質を保全し、その公正な取引を確保するために、規格の公定、登録、検査等を行い、農業生産力の維持増進に寄与するために制定された法律です。

肥料取締法は昭和25年5月1日に制定され、その後、社会情勢の変化に対応して改訂を重ねています。「この法律は、肥料の品質を保全し、その公正な取引を確保するため、肥料の規格の公定、登録、検査等を行い、よって農業生産力の維持増進に寄与することを目的とする」と明記されています。

肥料取締法でいう肥料は、「普通肥料」と「特殊肥料」に大別されます。普通肥料については、「農林水産大臣は、その種類ごとに、含有すべき主成分の最小量または、最大量、含有を許される有害成分の最大量、その他必要な事項についての規格（以下公定規格という）」を定めています。なお、公定規格は必要に応じ、新たに設定し、変更または廃止ができます。また、普通肥料は窒素、リン酸、カリウム等の主成分量によって評価され、公定規格に基づく保証成分量や正味量を記載した保証票の添付など、肥料の品質保全が確実に確保されています。

特殊肥料は、農家の経営と五感によって識別できる米ぬか、魚かすなど、及びその施用効果を必ずしも含有主成分だけに依存しない堆肥など、さまざまな肥料のなかで農林水産大臣が指定した肥料に限られています。特殊肥料は、登録を受ける義務がなく、その生産または輸入に際しては都道府県知事に届け出さえすればよいなど、品質の保全及び公正な取引の確保のため

の特別な措置が講じられています。最近、品質保全や安全性確保の見地から、特殊肥料に対しても規制を見直す方向で、検討が進められています。



化学肥料に必要な品質

Q31

日本農業は多肥農業だといいますが、世界で一番なのですか。また、どうして多肥農業となったのですか

農耕地面積当たりの施肥量が一番多いのはオランダで、ついでベルギー、日本の順となっています。多肥農業である理由は、高い土地生産性の確保、集約農業の推進、多雨による養分の溶脱等が考えられます。しかしいま、持続型農業の推進や食糧安全性等の見地から、施肥量は着実に低下の方向にあります。

肥料を使わずに同じ場所で作物栽培を継続すると、収量が確実に低下し、持続的な農業生産は困難になります。いくつかの要因が考えられますが、植物の生育に必要な養分が土壤中で不足することが、かなり大きく影響しているとみられます。焼畑農業では生産力を維持するために、森林を焼き払い、樹木等に蓄積された養分を土地に還元し、それを必要養分として植物生育に有効に使います。そこでの生産が落ちてくると、また、栽培場所を移動し、焼畑を繰り返すこととなりますが、焼畑農業はわが国のような土地の狭い国では不可能な農法です。また、森林破壊は地球環境保全の見地からも、推奨できない農法といえます。

わが国では地力増強の手段として、下草や山野草を刈り集めて田畑に入れる作業を実施してきました。草刈りの全国大会は、昭和初期にも開かれ、草刈りの碑はいま、岩淵水門（東京都北区）の近くにたてられています。里山の管理が放棄されている現代では、農家がそこに入ることができなくなり、山野草の利用などいまでは不可能です。

化学肥料を使わないで、土壌に肥よく度を維持向上するためには、人間や家畜のふん尿を使うことが考えられます。江戸時代

には、農民が代価（または収穫物）を払って下肥を集めました（代価は家主の権利）。人間のふん尿をそのまま利用する方法は、衛生的視点等からも好ましい方法とはいえません。

一方、家畜ふん尿をうまく使うことは、地域の養分循環を促進するうえに重要な課題と認識されています。しかし、においや水分の低減化、肥料成分の安定化、有害成分の除去など、農家にとって使いやすく、流通しやすい資材（肥料）とするために、研究機関等でその技術開発が進められています。

Q32

肥料代は農業生産費のうちどのくらいになっていますか。化学肥料を使うために農産物の生産コストは高くなっているのではないですか

10アールあたりの生産費でみると、肥料代は米でおよそ6%、小麦でおよそ13%、大豆で7%となります。三作目とも労働費が圧倒的に高く、ついで農機具費となり、生産コストに占める肥料費の割合はそれほど高いとはいえません。

生産費は、作目、規模、地域などによって大きく異なります。

米の生産費を面積当たりでみると、労働費が約41%と高い比率になっています。しかし、このほとんどが家族労働費ですから、現金として収入になるわけではありません。実はこのように家族労働を入れて計算し、農業粗収入と総費用を比較すると、稲作では作付規模が2~2.5haクラスまでは赤字になっています。

労働費の次に多いのは農機具費で、米の生産費の21%を占めています。そのうち償却費が4/5となっています。

肥料費は10アール当たり8,331円であり、生産費の6.2%です。この費用のうち購入肥料は8,111円で、6%程度、残りは自給肥料の費用です。このように肥料費は、比率的には必ずしも大きいとはいえませんが、購入費用のなかでみると、15%と大きい比率となります。

なお、農薬費は肥料費よりもやや少ない程度です。

小麦及び大豆の生産費をみると、肥料費は米より少なく、それぞれ6,455円と3,919円となります。ただ肥料そのものが米より少ないので、肥料に占める比率は上昇しています。

10アール当たりの生産費（平成11年度）

費用項目	米		小麦		大豆	
	円	(%)	円	(%)	円	(%)
種苗費	3,639	2.7	2,863	5.7	2,301	4.1
肥料費	8,331	6.2	6,455	12.9	3,919	7.0
農業薬剤費	7,492	5.5	3,527	7.0	3,973	7.1
光熱動力費	2,921	2.2	1,112	2.2	1,200	2.1
農機具費	28,480	21.0	9,040	18.0	7,367	13.2
労働費	54,810	40.5	10,718	21.4	24,177	43.3
費用合計	135,338	100.0	50,179	100.0	55,875	100.0

農林水産省「農業経営統計調査」

化学肥料の代わりになるものはないのですか。たい肥などの有機資材(肥料)をもっと使うことはできないのですか

植物養分の補給や地力の維持向上のためには、たい肥、家畜排せつ物などの有機資材をもっと積極的に使うことが求められています。しかし現在では、たい肥をつくるのには大変な労力と時間が必要で、農家の負担になっているのも事実です。

日本国内で1年間に排出される家畜ふん尿には、窒素で約68万トン、リン酸で約45万トン、カリで約55万トンが含まれています。この量は、国内で1年間に使用される化学肥料の成分量にほぼ匹敵するといわれます。これをすべて有効利用すれば、化学肥料はほとんど必要ないといってもよいでしょう。しかし、有効利用するための処理や流通には、解決すべき多くの問題があります。

年間の発生量が28,143万トンと見積もられる家畜ふん尿、下水汚泥、生ごみ、かす類など各種の有機性廃棄物は、物質循環の見地から農耕地が一翼を担うことが期待されています。しかし、家畜ふん尿や汚泥肥料など有機性廃棄物には、重金属など有害元素が少なからず含まれていることから、一方では健全な農耕地を確保するための土壌管理が求められています。また、都市ゴミは堆肥化すると、良質の有機資材となりますが、腐敗が速く家庭からの収集が大変であることや、家庭での分別収集を徹底しないとガラスやビニールが混入して、肥料として使えないなどの問題があります。その他、食品かすなどの利用も考えられますが、これらの未利用資源は発生場所が偏ること、成分が安定しないことなどの欠点が指摘されます。

このように、各種の有機性廃棄物の農地還元には、まだ、確

かな利用の道筋がたてられていませんが、持続型社会の構築に向けて大きな期待が寄せられています。いずれにしても、持続的な作物生産を確保するには、化学肥料と有機資材の利点を組み合わせての資材の有効利用が重要と考えられます。

わが国の有機性廃棄物の年間発生量

生物系廃棄物	資 材	発生量 (万トン/年)
農業系	稲わら	1,094
	麦わら	78
	もみ殻	232
	小 計	1,404
畜産系	家畜ふん尿 (堆肥)	9,430
	畜産物残さ (堆肥)	167
	小計	9,597
林業系	樹皮	95
	おがくず	50
	木くず	402
	小 計	547
食品製造業	動植物性残さ	248
建設業	建設発生木材	632
生ごみ	生ごみ	2,028
草木類	木竹類	247
汚泥類	下水汚泥	8,550
	し尿汚泥	1,995
	浄化槽汚泥	1,359
	食品汚泥	1,504
	農業集落排水汚泥	32
	小 計	13,440
合 計		28,143

(生物系廃棄物リサイクル研究会資料、1999)

Q34

作物の生産に向いているのはどのような土壌ですか

作物を育てるうえでよい土壌とは、ほどよい水分と養分及び空気を保ち、有害生物や有害物質（元素）の悪影響がほとんどでない土をいいます。

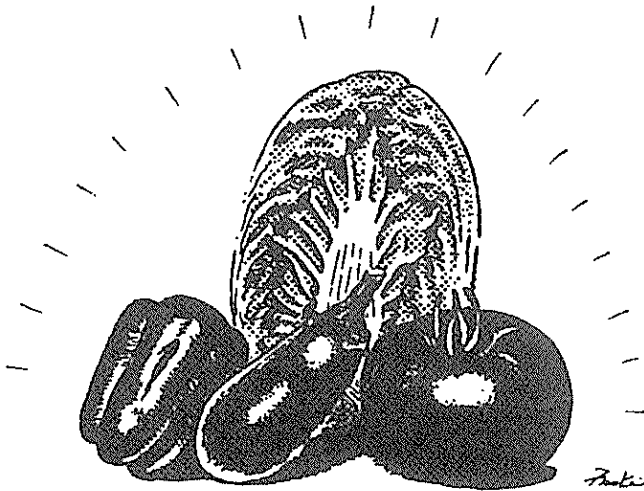
作物根が良好に伸張でき、根の機能を最大限に生かせるような土壌環境にあり、安定した作物生産を維持できるような状態がよい土壌といえます。これには、土壌の物理性、化学性、生物性に関して、作物が生育するのに好適な条件にあることが必要です。

根の伸張や養水分吸収が適切に行われるようにするため、通気性、透水性、保水性等を改善する効果的な手段として、一般に、深耕や有機物施用等の土づくりが知られています。また、土壌pHを適正範囲に保ち、土壌緩衝能に基づく養分の保持及び供給機能を適正に管理するためには、土壌診断に基づく肥料、土壌改良資材及び有機物施用が効果的です。

一般に、土壌中に生息する小動物や微生物は、その種類が多く、ほどよい数量が確保されていることが望ましいといわれます。これは、小動物や微生物の働きによって施用有機物の分解が促進され、肥料養分の供給が増大するばかりでなく、土壌病害虫の発生を制御できるからです。

このように、土壌の物理性、化学性、生物性に優れた環境にある土壌条件がよい土壌といえます。土づくりが大切といわれますが、その方法は有機物の投入や深耕以外にも、いくつかあります。同一作物の連続栽培（連作）をさげ、数種類の作物による交互栽培（輪作）を実施することは、土壌病害の蔓延を防

ぐための有力な手段となります。また、土づくりには、重金属など有害元素のできるだけ少ない肥料や有機性廃棄物の選択も重要となります。



Q35

日本の土壌は農作物を育てるのに適していないのではないですか

いま農耕地土壌は、水田では灌水や排水施設が完備した区画整備と土壌改良が進展し、肥培管理や機械化に適した高位水田に変わりました。畑では造成が進むなかで、機械化や土づくりが普及し、土の機能が大幅に改善されました。このように、わが国の農耕地は歴史的に改良されてきましたが、なお、継続的な農業生産ができるような新たな土壌管理が求められています。

歴史をたどると、確かに日本の農耕地土壌は、透水性や通気性の悪い湿田、養分の溶脱しやすい秋落ち水田、リン酸欠乏や酸性を示す黒ボク土畑など、いくつかの不良土壌をたくさん抱えておりました。これら不良土壌を改善するために、国の耕土培養事業、地力保全事業等を通じて、行政、研究、団体、農家、民間等の連携のもとに、国を挙げて土づくり運動を全国的に展開してきました。その結果、わが国の農耕地土壌は飛躍的に改善され、水稲では土地生産性（単位面積当たりの収量増）や労働生産性（単位面積当たりの労働時間の減少）が大幅に上昇しました。畑では深耕、有機物やリン酸資材の投与を骨格とする土づくりにより、作物の安定生産及び品質向上をもたらしました。農家の微量要素資材に対する認識も、高品質な作物生産に少なからず貢献しました。

戦後の経済の高度成長と相まって、わが国の農業事情が変わり、農業の化学化（化学物質の多量投与）、機械化（大型機械の導入）、装置化（ハウス栽培）、連作化（連作栽培）が急速に進みました。その結果、土壌の塩類集積（土壌にリン酸等が多量に蓄積）、耕盤層の形成（作土直下の土層が堅くなり、排水

不良)、地下水汚染（地下水の硝酸性窒素やリン酸濃度の上昇）、連作障害等土壌環境のひずみが生じ、土壌診断や施肥指導が見直されました。

近年、地球環境の保全、持続型農業の構築、食糧の安全性確保が地球規模で叫ばれるなかで、農地の新しい土壌管理のあり方が注目されます。土壌改良資材や肥料の適正施用、地域内で排出される有機物の有効利用（農地還元）、有害物質のできるだけ少ない農業資材の使用については、その適切な管理指針を早急に示す必要があります。また、近年、面積拡大の一途をたどる遊休農地や耕作放棄農地を対象とした土壌管理にも対処することが重要と思われれます。いずれにしても、農耕地等の貴重な環境資源を健全な姿で次世代に継承したいものです。



Q 36

土壌を改良するためにはどうしたらよいのですか

土の物理性、化学性及び生物性を植物の生育しやすい状態に変えるために、土づくりや施肥等の人間の管理が必要となります。

土壌改良の基本は土づくりにあります。土づくりは、土壌の物理性、化学性、生物性を改良することにより、作物根が良好に伸張し、根の機能を最大限に生かせるように土壌環境を整え、安定した作物生産を維持するために実施します。

土壌物理性の改善とは、土壌の通気性、保水性、透水性を改善し、作物の根が張りやすい環境をつくることです。このような状態をつくるには、土を深くまで耕すこと、有機物施用によって土壌の団粒形成を促進することです。

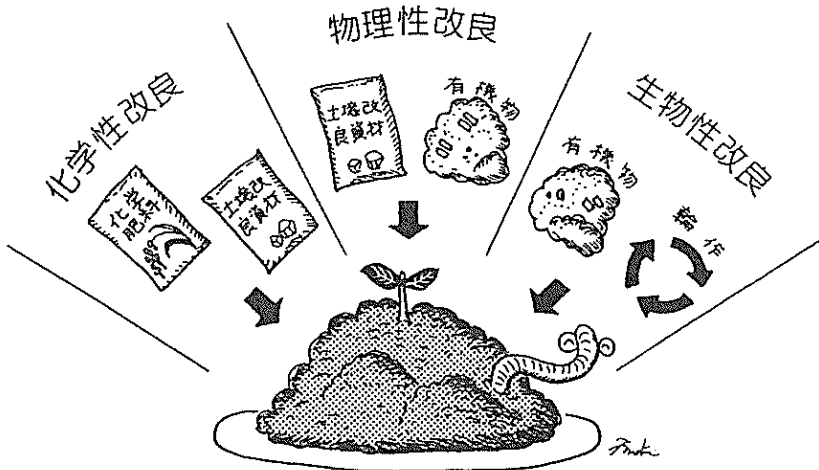
化学性の改善とは土壌のpHを適正にし、土壌の緩衝能を増大することにより、蓄積した養分を作物に過不足なく供給できるようにしてやることです。このためには、土壌診断に基づいた肥料、土壌改良資材及び有機資材の施用が必要です。

生物性の改善とは、土壌中に生息する小動物や微生物の種類やバイオマスを増やしてやることです。そのためには、良質な有機物を適量施用してやるのが効果的です。豊富な生物を育む土壌では、土壌中での有機物分解が容易になり、肥料成分の供給が増大するばかりでなく、生物間の拮抗作用が働き、土壌病害の発生が抑制されます。

このように、土づくりの目的は、土壌が物理的、化学的、微生物的にも優れた土壌環境につくり変えることです。なお、土づくりといえは有機物の投入だけを考えがちですが、他にも方

法があります。たとえば、作物を連作しないで異なる種類の作物を交互に栽培する輪作も土づくりには大切です。

土壤診断に基づいた土壤pHの矯正、適正施肥、有機物施用、深耕など土づくりを継続的に実施し、さらに連作をさけることが重要となります。そうすれば、安定した作物栽培を可能とするよい土壤になります。



良い土にするには？

肥料を使うと土壌は悪くなるのですか

肥料の不適切な使用は土壌を悪化させる原因となります。

肥料は作物成分のうち、天然供給量で満たせないものを人為的に補給するものです。しかし、作物の必要元素を必要量だけ肥料で適正に補給することは、実際には大変難しいことです。それは、作物が必要とする元素の種類や量が、作物の種類、生育様式、目標収量、土壌条件、気象条件等に大きく左右されることに原因があります。

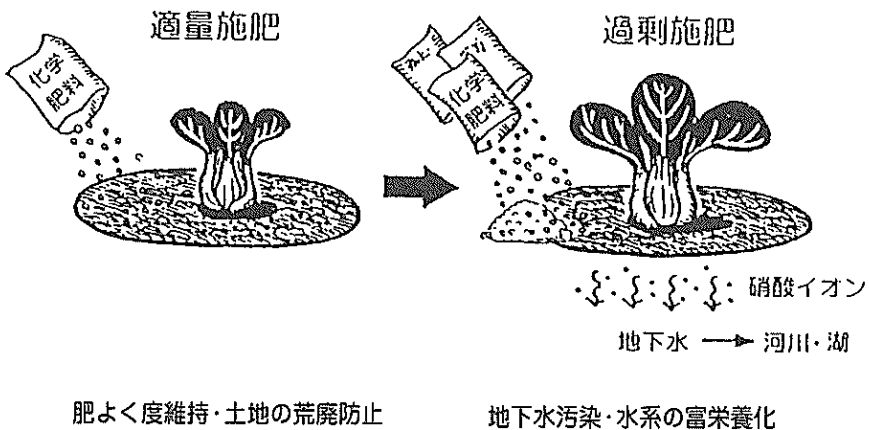
農家では従来から経験的に、田畑のくせ、作物の生育具合、天候などをよく観察して施肥を実施してきました。一方、土壌、作物及び肥料の科学的知識に基づく施肥を行うため、土壌診断、作物の栄養診断及び施肥診断を効果的に実施するための機器や試薬等が、研究機関や民間企業の協力のもとに飛躍的に開発されてきました。いま、農家ほ場を対象とした診断事業はJA、普及センター等の指導のもとに広範囲に行われるようになり、適正な施肥による作物の安定生産に貢献しました。

ところで農業の集約化、工業化は、農地に対する負荷を次第に増大させています。そのため指導機関に対して農家から、土が硬くなった、土の包容力が小さくなった、養分が過剰に蓄積し作りにくくなった、土壌病害の発生が多くなった等の多くの苦情が寄せられるようになりました。これについては、生産現場における生産、環境、経済感覚のバランスに大きな偏りができたのではないかと考えられます。

もともと肥料は、やればやるほど作物生産に好影響をもたらすものではありませんし、受容量を超えた施肥は、土壌中に肥料塩類や有害成分を過剰に蓄積させたり、蓄積されない養分が作

土から下層土に移行し、地下水中の硝酸やリン酸濃度を高めます。また、亜酸化窒素等の発生によってオゾン層を破壊するなど、環境負荷に加担することも知られています。

いずれにしても、有害成分のできるだけ少ない肥料の選択と適性施肥に基づく肥料利用率の向上は、土壤環境を健全な状態に維持し、確かな持続型農業の確立を保証するものとなります。



Q 38

土づくりに役立つ肥料にはどのようなものがありますか

化学肥料は、土づくりのなかでとくに、土壌の化学性の改善を目的とするものですが、その目的に応じてふさわしい肥料を選択します。

土づくりとは作物生育が正常に行われるように、土壌の物理性、化学性、生物性を総合的に改善するものです。そのうち化学肥料はとくに、土壌の化学性を改善する役目があります。化学性の改善とは、土壌中の養分バランスを適正に保ち、また、土壌pHを適正な範囲に調節することです。化学肥料は、成分やその形態を異にするさまざまな肥料がありますが、土壌中で不足する養分の状態やpHに応じて適切に使われます。

窒素、リン酸、カリの三要素は、作物生育に必要とする量が多く、土壌中で不足がちなので、肥料で補給することが一般的に行われます。補給（施肥）するのが単一成分だけの場合、窒素肥料として硫酸、尿素、塩安など、リン酸肥料として、過リン酸石灰、ようりん、重焼リンなど、カリ肥料として塩化カリ、硫酸カリなどがそれぞれ用いられます。これらの肥料は単肥といい、必要成分だけを補うことができる便利で、経済的な肥料です。農家では比較的安価で、使いやすい、一粒の肥料粒に窒素、リン酸、カリの三成分がほぼ同量含まれた化成肥料、または単肥の粉状配合肥料や粒状配合肥料を使うことが多いです。

作物の生育にあまり適さない酸性土壌では、炭酸カルシウムなどの石灰資材、水酸化マグネシウムなどの苦土資材を用いて、土壌pHを中性付近に矯正します。

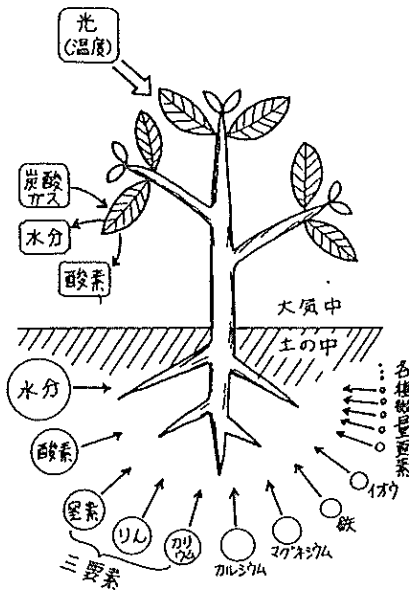
水田では、いもち病の抵抗性を高めることやコメの品質向上

をねらって、ケイ酸カルシウムなどのケイ酸資材をしばしば投与します。

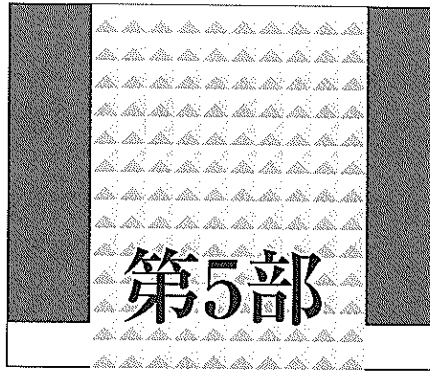
畑では、作物の微量元素が不足がちとなるために、マンガン、ホウ素、亜鉛等が混入された微量元素肥料を施用します。

上記の施肥とは別に、農耕地では土づくりの一環としてイネわら等の有機物施用と同時に、その分解促進のための石灰窒素やリン酸資材、ケイ酸資材を秋に施用し、地力を回復させています。

いずれにしても、毎年実施する土壌診断の結果に基づいて、過不足なく肥料の種類と施用量を決定し、作物ごとの施肥作業をタイムリーに行います。



植物生育に必要な条件 (加藤、1988)



第5部

化学肥料と有機肥料

Q 39

化学肥料とはどのような肥料ですか

化学肥料は、化学的に合成し、あるいは天然産の原料を化学的に加工して作った肥料です。品質の公定規格が法律で決められていて、品質チェックが厳重に行われています。

給源が動物、植物である動植物肥料に対して、化学肥料は生産方法が化学的あるいは工業的方法により製造されているものをいいます。また、原料の給源も鉱物が占めています。19世紀の中頃にリン鉱石と硫酸の反応から過リン酸石灰を製造したのが、化学肥料の始まりといわれます。とくに、20世紀初頭にアンモニアの合成が発表されて以来、アンモニアをもとに多くの窒素肥料が製造され、化学肥料の生産が飛躍的に伸びています。日本では、日本窒素肥料の野口氏によって、大正12年延岡に建設したアンモニア合成工場で製造されたのが最初です。

肥料取締法では、表のように肥料が分類されます。普通肥料のうち、窒素質肥料、リン酸質肥料、カリ質肥料、石灰質肥料、ケイ酸質肥料、苦土肥料、ホウ素質肥料等、及び窒素、リン酸、カリウム、石灰、ケイ酸、マグネシウム（苦土）、マンガンをそれぞれ主成分とする肥料があります。また、窒素、リン酸、カリウムのうち2種類以上含む複合肥料やマンガンを、ホウ素を含む微量要素複合肥料なども化学肥料といえます。

このように、化学肥料は化学的に合成したもの（アンモニアなど）、リン鉱石などの天然産の鉱物を化学的に処理して肥効を高めたもの、カリ鉱石のように採掘した鉱石を浮遊選鉱や再結晶したものなどを、さらに混合、粒状化して扱いやすくした肥料です。一般的には速効性肥料が多いですが、窒素化合物の形態を変えたり、肥料粒子の表面を樹脂などで被覆して肥効を

遅く調節した肥料（被覆肥料）もあります。肥料は公定規格に沿って、保証票を添付するなど、品質が厳重に管理されています。

肥 料 の 分 類

分類基準	名 称	適 用
入手経路	自給肥料	自家生産するもの。手間肥。
	販売肥料	購入するもの。金肥、購入肥料ともいう。
生産手段	天然肥料	天然に産するものと、これに加工を加えたもの。
	化学肥料	化学的操作を加えて製造したもの。人造肥料。
原料の給源	動物質肥料	動植物肥料ともいう。
	植物質肥料	動植物肥料ともいう。
	鉱物質肥料	化学肥料、無機質肥料と内容はほとんど同じ。
化学的組成	有機質肥料	有機化合物の形。動、植物質肥料。
	無機質肥料	無機化合物の形。大部分の化学肥料。
主成分	窒素質肥料など	窒素などをとくに多量に含むもの。
	特殊成分肥	マグネシウム、ケイ酸を主成分とするもの。
	微量要素肥料	微量要素一つ以上含有するもの。
	複合肥料	三要素のうち、二つ以上を含有するもの、三要素を含むものを完全肥料ともいう。

(土壌・植物栄養・環境事典、博友社)

有機肥料とはどのような肥料ですか

有機肥料は肥料成分が低濃度で、その肥効が緩効性を示すこと、土壌に副成分があまり残存しないため、塩類集積が起これにくいことなどの特徴があります。しかし、価格の高いことや供給量に制限のあることなどの難点があります。

原料の給源からみて動物質あるいは植物質の肥料は有機肥料といえます。また、肥料成分が有機化合物の形態である肥料は、有機肥料と呼びます。しかし、尿素やシアナミドは化学的には有機態窒素ですが、無機化が比較的速いことから、肥料としては無機態窒素として扱われています。

肥料取締法では、魚肥類、骨粉類、草本性植物油かす類等の動植物質の肥料を有機質肥料といいます。有機質肥料は、土壌中でその分解に応じて、無機態の窒素やリン酸に形態変化するために、肥効は一般的に緩効的です。また、窒素、リン酸、カリ以外の微量元素も含まれます。肥料取締法で定められている有機質肥料は、肥料の種類ごとの公定規格にそって品質が保証されています。一方、地力の維持・向上のために施用される生わら、堆肥等の粗大有機物も、広義には有機肥料に含めることもあります。

肥料取締法では、米ぬか、魚かすのような農家の経営と五感によって識別できる単純な肥料、及び堆肥のような肥料の価値または施肥基準が必ずしも含有成分のみに依存しない肥料として特殊肥料を定めています。肥料取締法で特殊肥料に属する肥料のうち、一部の肥料は普通肥料に属する有機質肥料と同様に、広義の有機肥料として扱われることもあります。

有機肥料には副成分があまり含まれてないので、施用後の土

壤では塩類の集積による濃度障害の起こる危険性は少ないといわれます。緩効的な肥効や濃度障害の少ない特徴を示す有機肥料は、作物のつくり易さと品質向上をねらって、篤農家で継続的に使用されています。

なお、市販の有機入り化成とは、有機質肥料を原料の一部とした化成肥料を示します。有機入り化成は、全農の品質基準では原料として20%以上の有機物を含み、有機物に由来する窒素を1%以上保証するものとされますが、普通肥料の公定規格では認められていません。本肥料は、養分補給としての効果ばかりでなく、土壤物理性に対しての効果も期待されます。また、慣用語として有機化成の用語がしばしば用いられますが、有機入り化成と呼ぶ方が適切です。

主要有機質肥料の生産量* (1,000 t)

年次	油粕類合計	ナタネ油かす	ダイズ油かす	ワタ実油かす
1980	456	392	33	9
1985	499	393	8	26
1988	511	377	10	14
1990	472	426	4	19
年次	油かす類合計	ナタネ油かす	ダイズ油かす	ワタ実油かす
1980	65	35	75	28
1985	55	38	67	23
1988	107	91	101	29
1990	116	91	61	22

*特殊肥料（粉末にしてないもの）を含む

（土壌・植物栄養・環境事典、博友社）

Q41

有機質肥料はもっと安くないですか

油かす、魚かす、骨粉などのいわゆる有機質肥料の価格が割高である理由は、本肥料が有害成分の少ない良質な有機物及び肥料資源であるにもかかわらず、肥料以外に家畜飼料等のさまざまな用途があり、肥料としての優先度が相対的に低く、供給量が限られることが考えられます。

有機質肥料は、易分解性の炭素化合物及び低濃度の窒素、リン酸、カリウム等の肥料成分を含む良質な資材です。

ところで、本資材は肥料以外にもさまざまな用途があり、用途に応じて価格が変動します。一般に、価格は有機物としての価値を最大限生かす用途によって支配され、価格の高い順から用途先が配分されます。

図に示したように、有機物の用途には6つの用途先（F）があり、それぞれに優先順位があります。タンパク質として良質であれば、先ず食料（food）になり、ついで飼料（feedstuffs）、繊維（fiber）、工業原料（feedstock）、肥料（fertilizer）、燃料（fuel）の順に、前者ほど優先順位が高くなります。

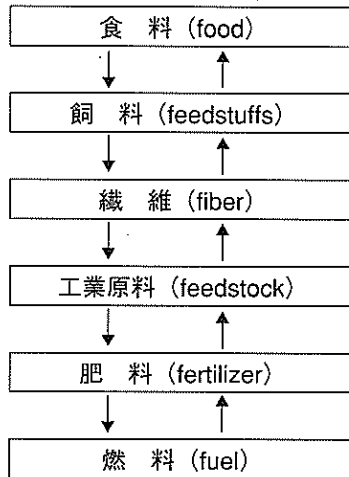
肥料として本資材を土壤に施用すると、含有有機態窒素（タンパク態窒素）が微生物作用によって速やかに無機態窒素に形態変化します。したがって、作物は、資材中の有機態窒素を直接吸収するよりも、無機態窒素の形態で吸収することが圧倒的に多くなります。つまり、吸収する窒素の主体は、無機態窒素であります。とすると、作物の収量や品質を左右する施用窒素の形態が、どうしても有機態窒素である必然性はないということです。その結果、肥料（fertilizer）の優先度が食料や飼料等より劣るとともに、その価格が優先度の高いものの価格に左右

されるということになります。

歴史的にみても、明治中期の金肥（きんぴ）であったダイズ油かすは、その後飼料として多く使われるようになり、最近では人工肉の原料となるため、肥料にほとんど回らなくなりました。また、骨粉はフィルム用のゼラチン原料と競合しています。

日本は世界中から有機質肥料（または原料）を買い集めて需要を満たそうとしていますが、供給量が限られ、しかも価格は、高くなる傾向が強いです。

有機物利用の段階



有機物利用には上図のような段階があり、有機物の相対的な価値の変化により階層が上下する。

有機質肥料は多量に輸入しているということですが、国産で間に合わないのですか。海外からの供給は十分なのですか

日本の全農地に毎年施用される窒素量（約50万トン）を、すべて有機質肥料で代替するには、膨大な有機質肥料（約1,000万トン）が必要となります。わが国で生産できる有機質肥料には限界があり、輸入に頼らざるを得ません。

わが国の魚かす、ダイズかす、ナタネかすなどの有機質肥料は年間、およそ95万トンが肥料として生産され、およそ17万トンが輸入されます。したがって、特殊肥料以外の有機質肥料は年間、112万トンが施用されることとなります。

有機質肥料由来の窒素量は、約5.6万トンと試算され、窒素全施用量のおおむね10分の1であります。現在、わが国の農耕地に年間投与される全窒素量の約1割が、市販の有機質肥料で供給されているとみてよいでしょう。

有機質肥料は、わが国では農家の経営条件、地理的・社会的条件などの諸要因と相まってその増産があまり期待できません。また、作物生産における有機質肥料へのこだわり（需要）がある限り、有機質肥料の供給量を減らすわけにはいかないでしょう。気象条件や社会条件等の理由により、外国からの制限がない限り、不足分の有機質肥料は結局、輸入によって満たされることとなります。なお、わが国ではBSEの安全確認のために、肉骨粉等の動物性有機質肥料の輸入が禁止されるなかで、リン酸補給のための有機質肥料は不足しています。

表に示すとおり、わが国のダイズかす、ナタネかす及び魚粉の総輸入量は、相当な量になりますが、これは肥料以外に、飼料等の他の用途にも使われます。

なお、主な輸入先は、ダイズかすではインド、ブラジル、米国であり、ナタネかすでは中国、カナダ、インドであり、魚粉ではチリ、ペルー、米国であります。

有機質肥料の国別輸入量

ダイズ油かす

(単位：トン)

国	7 暦年	8 暦年	9 暦年	10 暦年	11 暦年
ブラジル	92,854	180,796	360,755	392,829	373,434
米 国	287,177	187,442	205,100	201,886	168,183
中 国	300,311	21,588	13,776	2,922	3,553
オランダ	20	16	17	28	19
インド	94,187	254,574	180,033	203,452	327,897
カナダ	1,241	1,031	—	—	—
アルゼンチン	74,778	91,862	41,411	7,114	—
その他	—	1,457	1,494	65,896	—
計	850,568	738,766	802,586	874,107	873,086

なたね油かす

(単位：トン)

国	7 暦年	8 暦年	9 暦年	10 暦年	11 暦年
中 国	45,749	70,204	50,766	8,498	15,642
カナダ	130,744	117,374	86,390	75,607	8,222
オーストラリア	79	—	—	4,894	148
インド	28,352	36,515	26,784	34,585	8,162
米 国	—	2,861	3,015	—	—
その他	—	—	2,406	23	108
計	204,924	226,953	169,361	123,807	32,282

魚 粉

(単位：トン)

国	7 暦年	8 暦年	9 暦年	10 暦年	11 暦年
ペルー	103,9644	55,796	121,490	35,953	91,618
米 国	19,362	11,808	13,827	17,124	17,050
チ リ	377,239	238,518	210,338	182,422	174,701
ロシア	39,623	27,549	20,073	17,496	8,970
エクアドル	8,032	37,002	25,690	3,951	7,111
アルゼンチン	5,150	4,858	6,840	40,017	4,841
サモア	7,368	7,259	9,308	10,563	6,325
カナダ	46	303	297	—	400
その他	27,593	24,851	24,169	46,304	29,701
計	588,377	407,944	432,032	323,830	340,717

廃棄物からもっと有機質肥料をつくることはできないのですか

肥料取締法の公定規格上、作物残さ、樹皮、家畜排せつ物等の有機性廃棄物は、その内容を変化させても、有機質肥料としての取り扱いができません。

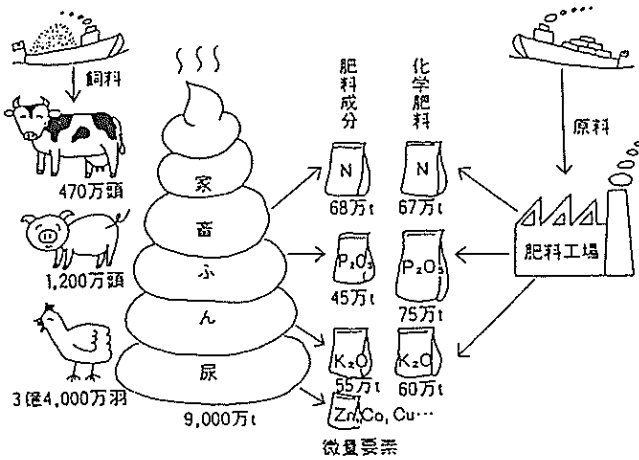
有機質肥料は、動植物に由来する肥料です。窒素、リン酸、カリウムのいずれかを一定量以上含有することが必要であり、原料の種類ごとに公定規格があります。規格がないものは有機質肥料として売ることができません。原料は加熱、乾燥、粉碎などの加工をしていますが、化学的処理はしません。

たい肥は、稲わらなどの収穫残さ、樹皮などの木質物、家畜ふん尿など有機質資材をたい積して腐熟させたものです。家庭からの生ごみからつくったものはコンポストと呼ばれていますが、これもたい肥のことです。このような有機質資材は窒素含量が低く、そのまま施用すると土壤中の無機態窒素を不動態化（有機化）して、植物の生育に障害をきたすことがあります。また、有害微生物や雑草の種子を含むために、腐熟発酵の過程で殺す必要があります。

作物の収穫残さなどの粗大有機物は、もともとの形がほぼ残ったままの資材です。コンバインで収穫したあとに、多量の稲わらが土壌表面に残りますが、これを焼くと煙公害で問題になります。土壌への有機物施用が年々減少していることから、その代わりに生わらをそのまま、すき込むことも必要になってきます。しかし、量・時期・施用方法などによっては、後作に悪影響を及ぼすことがあります。野菜栽培では、病害の発生を激化することもあり、その対策が必要です。

いずれにしても、市販の有機質肥料とは異なり、有機性廃棄物の土壌還元には特段の注意が必要となります。

家畜ふん尿の肥料成分(1989年度)(羽賀、1993)



有機質肥料があれば化学肥料は不要なのではないですか

作物生産に必要なだけの有機質肥料は入手できないばかりか、価格が割高となります。化学肥料を使わなければ、いまの作物生産量を維持することは不可能です。

有機質肥料が安価で豊富な時代には、化学肥料を使わなくても農業を営むことができました。江戸時代後半には、ワタやアイなどの換金作物栽培に魚かす等が使われていました。明治時代中期では、中国東北部から安いダイズが出回るようになり、国内で肥料として大量に使うことができました。しかし、このような有機質肥料は飼料など他の用途があり、それとの競合により、肥料としての必要量を確保することが困難となりました。農業の生産性を上げるためには、価格の安い化学肥料を使って生産効率を上げることが必要です。

現在、約35種類の有機質肥料は普通肥料としての規格が設定されています。ナタネ油かすや骨粉などは、その代表的なものです。

このように、有機質肥料の種類は多いのですが、国内での生産量は限られています。現在、複合肥料（化成肥料・配合肥料など）だけで300万トン前後、毎年使われますが、有機質肥料の生産量は100万トン前後です。有機質肥料の成分は低いので、成分量と同じにして化学肥料に替わるためには、いまの10倍の有機質肥料を必要とします。

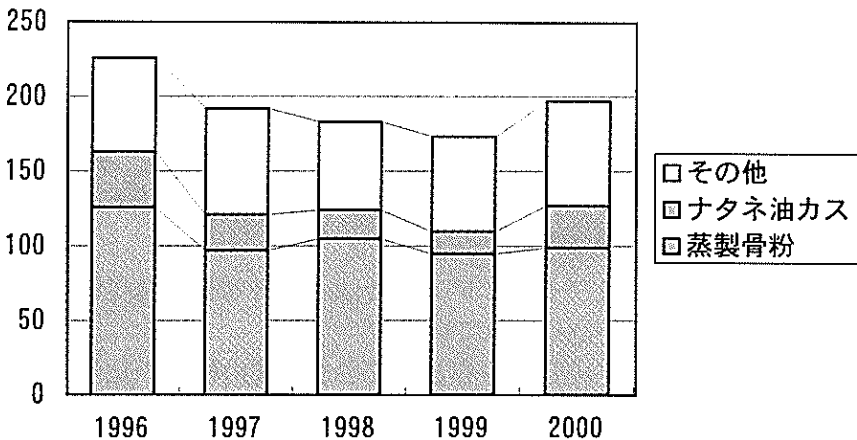
有機質肥料で一番多く使われるのは、ナタネ油かすですが、原料となるナタネはほぼ全量輸入に頼っています。骨粉なども多量に輸入しています。

このように、有機質肥料は供給量に制限があるばかりでなく、他の用途の競合があるために価格が高いのです。

一方、有機資材には成分量が低く、その変動幅の大きいたい肥等がありますが、それらの資材は、肥料取締法で特殊肥料の指定を受けています。特殊肥料は発生量が多く貴重な資源ですが、資材によっては肥効発現にむらがある、かさばる、臭い、有害元素を比較的多く含むなどの問題点があり、改善の余地が残されています。

有機質肥料の輸入量

単位：千トン



化学肥料にはどのような肥料がありますか

化学肥料は、窒素、リン酸、カリなどの主成分を保証したもの、カルシウム、マグネシウム、硫黄などの二次成分を保証したもの、ホウ素、マンガンなどの微量元素を保証したもの、緩効性肥料や被覆肥料などの肥効調節肥料など、さまざまなものが生産され、施用目的に応じて使い分けています。

肥料取締法でいう肥料とは、植物の栄養に供するものと、土壤に化学的変化をもたらすものとに分かれます。栄養に供するものは、植物生育に不可欠な必須元素が主たるものであり、それ以外にナトリウムとケイ素が含まれます。土壤に化学的変化をもたらすものには、石灰があげられます。

他方、土壤や灌漑水などから天然供給できる成分のうち、肥料として加えても効果があまり明確でない成分は、あえて肥料成分として保証することもないし、あるいは無視して施用することにもなります。

肥料成分のうち、窒素、リン酸、カリ、アルカリ分、ケイ素、マグネシウム、マンガン及びホウ素は、保証票に記載することが取締法で義務づけられています。

鉄、銅、亜鉛及びモリブデンなどは、肥料効果の発現促進材料としての使用が認められています。

このように、主成分を中心としてさまざまな種類の化学肥料が生産されています。それ以外には、化学合成緩効性肥料、被覆肥料、硝酸化成抑制剤入り肥料、液状肥料、葉面散布肥料など、肥料成分の効き方を調節した肥料も多く生産されます。また、施肥と農薬散布の省力化をねらう目的で開発された農薬入り肥料があります。なお、肥効調節肥料は、地下水汚染や湖沼

の富栄養化防止など環境負荷低減に向けて、その使用が注目されています。

肥 料 の 種 類

分 類	内 容
窒素質肥料	硫酸アンモニウム、尿素、石灰窒素、塩化アンモニア等
リン酸質肥料	過リン酸石灰、よう成リン肥、重過リン酸石灰等
カリ質肥料	硫酸カリ、塩化カリ、腐植酸カリ肥料、重炭酸カリ等
有機質肥料	魚かす粉末、ナタネ油かす、ダイズ油かす等
複合肥料	化成肥料、配合肥料、被覆複合肥料等
石灰質肥料	炭酸カルシウム肥料、生石灰、消石灰等
苦土肥料	硫酸苦土、水酸化苦土等
ケイ酸質肥料	鉍さいケイ酸質肥料、軽量気泡コンクリート粉末肥料等
マンガン質肥料	硫酸マンガン、鉍さいマンガン肥料等
ホウ素肥料	ホウ酸塩肥料、よう成ホウ素肥料等
微量要素複合肥料	よう成微量要素複合肥料等
指定配合肥料	指定配合肥料
特殊肥料	魚かす、くん炭肥料、家畜及び家さんのふん、たい肥等

**肥料は重いという苦情を聞くことがあります
が、もっと軽い肥料にはならないのですか**

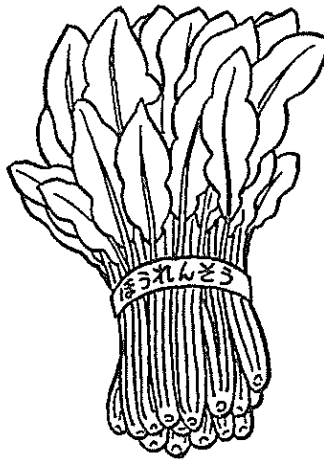
肥料1袋の目方が、通常20kgであることから、高齢者や婦女子による施肥作業は重労働となりかねません。これを1袋が5kg程度の肥料に変えた場合には、肥料の運搬は楽になるかもしれませんが、肥料単価が上昇します。

農薬より肥料の方が、1袋の目方が7倍くらい重いことは確かです。これは、一定水準の作物収量を達成するための窒素、リン酸、カリ等の必要養分量が多いことからやむを得ません。肥料はそれらの養分を人為的に補うために使うものですが、肥料中には必須元素ばかりでなく不必要な元素も含まれることから、肥料重の増加に加担することもあります。しかし、化学肥料に含まれる不必要な元素は、有機物よりもはるかに少ないことから、目方もかさも小さく、施肥作業は大変楽になりました。

従来から、施肥作業をできるだけ容易にできる方策が講じられてきました。一つは高度化成肥料で代表されるように、肥料三成分が高濃度に含まれる肥料が開発されました。これによって、面積当たり散布する肥料袋の数は、低度化成より半分くらい少なく済みます。二つは畝施用、溝施用などのいわゆる局所施用が、肥料利用率の向上をもたらすことから、施肥量は、全面施用より2～3割少なくてもよいことが証明されています。三つ目は施肥の機械化です。ケイカルやようりん等の土づくり肥料は、重量がかなりあり、散布量の多いことから施肥機を用いた作業の共同化が重要となります。その場合、機械対応のできる物理性のよい肥料が求められます。2～4mm程度の粒状で、吸湿性のないものが好まれます。なお、機械施肥としては、

上記の溝施用のできる施肥田植機などが開発され、農家に普及されています。

このように、化学肥料を用いた施肥作業は、大幅に改善されてきましたが、さらに、育苗箱施肥、流し込み施肥など、施肥の省力化に向けての取り組みは継続的に行われています。



肥効調節型肥料とはどういう肥料ですか

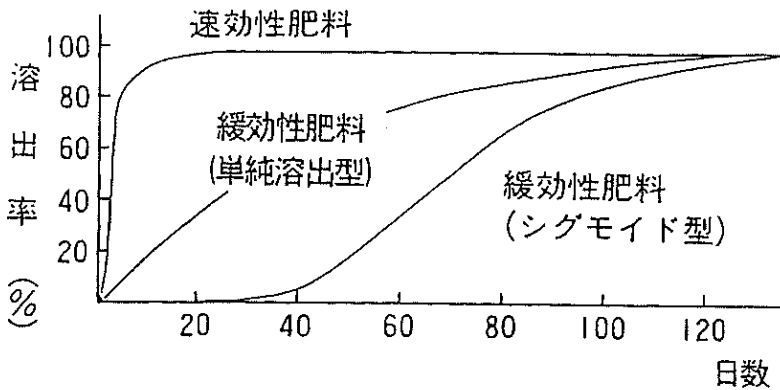
肥料成分の溶出を化学的または物理的に抑制し、ゆっくり効く肥料をいいます。

近年、環境に優しい農業が叫ばれるなかで、施肥のあり方が注目されています。作物の生育に見合った施肥を行うのも一つの方法ですが、養分の溶出を制御し、施肥効率を高める肥料が開発されています。多くの化学肥料は水に溶けやすく、速効性ですが、本肥料は有機質肥料のようにゆっくり効くのが特徴です。本肥料には二つのタイプがあり、ひとつは肥料粒の表面を膜で被覆した、いわゆる被覆肥料であり、ふたつは水に溶けにくい化合物を用いた、いわゆる緩効性肥料です。

被覆肥料は樹脂や硫黄で肥料の表面を被覆し、土壌中での肥料成分の溶出を人為的に調節し、肥効の持続性や肥料成分の利用率の向上をねらった肥料です。最近、生分解性の被覆膜を用いて製造された被覆肥料は、その厚さを変えるなどして溶出速度をかなり微妙に制御できるとともに、溶出後の被覆膜が土壌中に長期間残存しないことから、環境負荷低減にも役立っています。農業の現場ではしばしば、被覆肥料と速効性肥料との組合せ施用によって、コスト低減を図り、環境に優しい持続的農業が展開されています。

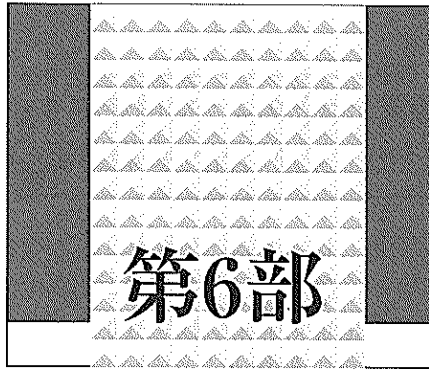
水に溶けにくい化合物を使った緩効性窒素肥料には、ウレアホルム、IB、CDU、オキサミドなどがあります。本肥料は内容成分の水に対する溶解性が小さいこと、あるいは微生物作用に依存されやすいことなど、土壌中で肥効が現れるのに時間がかかります。本肥料も被覆肥料と同様に、速効性肥料との組合せ施用が行われています。

その他、肥効調節型肥料として、硝化抑制剤入り肥料があります。土壤中での微生物作用を硝酸化成抑制剤によって人為的に抑えることのできる肥料です。アンモニウム態のまま土壤中に長くとどめさせることができるため、硝酸による地下水汚染や窒素の揮散を抑えるのに効果的といわれます。



緩効性肥料の溶出模式図

被覆肥料の成分の溶出—披覆によって
溶出のはやさ、パターンが変えられる



環境保全型農業と肥料

環境保全型農業とはどのような農業ですか。これまでの農業とどう違うのですか。また、有機農業と同じですか

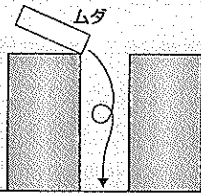
「環境保全型農業」は、農薬や肥料の適正な使用や、稲わらや家畜排せつ物等の有機物の有効利用による土づくり等によって、農業の自然循環機能の維持増進を図ろうとする農業生産のやり方です。その取組の形態としては、①地域の慣行を基準とした化学肥料窒素成分の投入量縮減、②地域の慣行を基準とした化学農薬の投入回数縮減、③たい肥による土づくりなどが挙げられています。大切なポイントは、化学資材の多投入等による環境負荷が大きいシステムから、より小さいシステムに転換することであり、その際に、新しい農業技術を必要に応じて適切に組み入れることなどによって、労働時間の増加、コストの上昇、収量の低下などの経営面でのマイナスが極力生じない工夫をしていくことです。

「有機農業」も「環境保全型農業」のひとつの形態として位置づけられますが、「環境保全型農業」はより幅広い取組方策を含みます。「有機農業」についての細部にわたる厳密な定義は国や団体によって異なる部分がありますが、農薬や化学肥料を使わずに自然の力を最大限に利用した農業が基本になります。これは、土のもつ生産力や自然循環機能を維持活用した栽培法であり、環境に配慮した農業ということが出来ます。

環境保全型農業とは

**肥料・農薬などの
資材の適正施用**

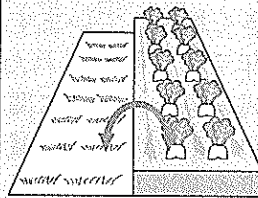
作物に吸収されないで、
地下水や川に流れている資材は
減らしましょう。
コストの低減にもなります。



現 行 環境保全型農業

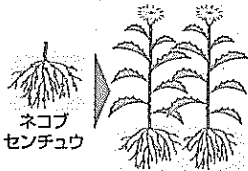
**地域の条件にあった
合理的な
輪作体系の確立**

連作障害(忌地)が出ないように、
また土の中に残った肥料を吸収する
ために地域で相談しましょう。



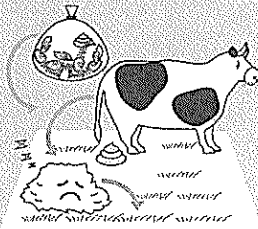
環境にやさしい防除

病害虫の発生状況に対応した
防除に努めましょう。
フェロモン・天敵・拮抗植物
(マリーゴールド・クローラリア)
などを利用しましょう。



**有機物資源の
リサイクルによる
土づくり**

家畜ふん尿・作物の収穫くず・
稲わら・もみがら・生ゴミなどを
有効利用しましょう。



(農林水産省広報資料より)

Q 49

環境保全型農業に取り組む農家は増えていま すか。どんな利点があるのですか

環境保全型農業に取り組む農家数は、2000年の農業センサスによれば約50万戸余りであり、販売農家数全体（約234万戸）の21.5%です。これを1995年の調査結果と比べると、図1に示したように、水稻で2.5倍、野菜で1.6倍、果樹で2.6倍と各作物ともに大きく増加しています。

平成11年7月に制定された「持続農業法」（持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律）に基づいて、土づくりや化学肥料・農薬の使用低減を一体的に行う「導入計画」を提出し、知事が適当と認める場合、環境保全型農業に取り組んでいる農業者「エコファーマー」に認定されます。

「エコファーマー」になると認定を受けた「導入計画」に即して、農業改良資金の償還期限延長や農業機械購入時の課税の特例等の金融・税制上の特例措置が受けられるなどの利点があります。

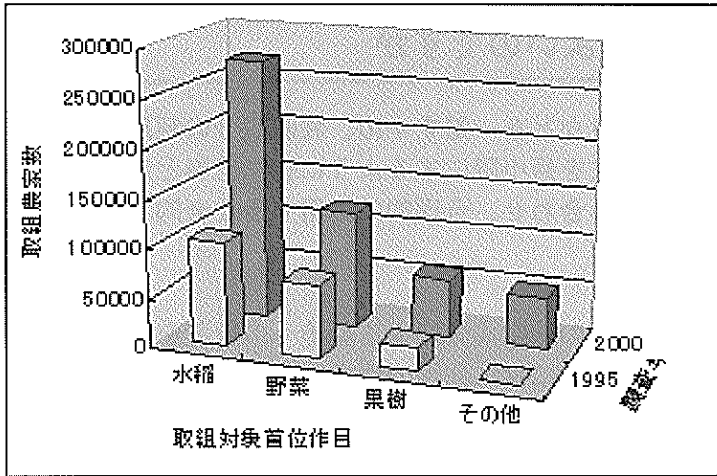


図1 環境保全型農業への取組農家数の推移

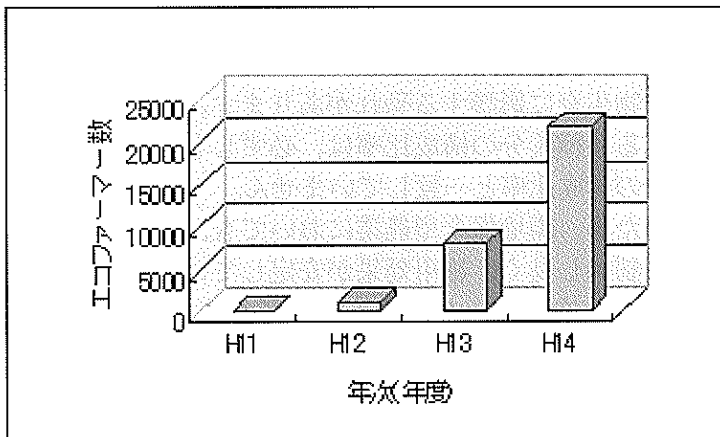


図2 エコファーマー認定者数の推移

Q50

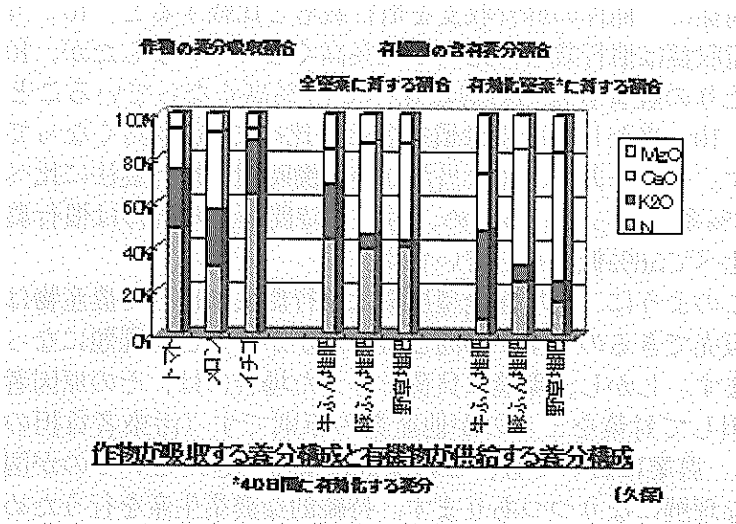
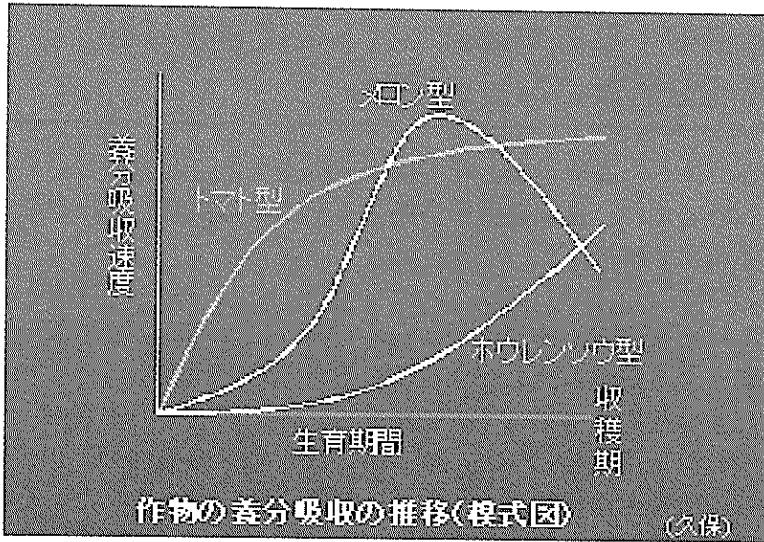
環境保全型農業では化学肥料はどのように使ったらよいのですか

土づくりなどを一層すすめ、施肥成分の利用効率を高め、環境への損失を最小限にするように化学肥料と地域にある有機性資源を組み合わせ、合理的に施用する総合的な養分管理技術が必要です。

窒素などの施肥成分による環境への負荷を低減しつつ作物生産を行うためには、作物の要求に過不足のない養分供給を行うことが基本になりますが、養分要求の量とパターンは、作物の種類によって大きく異なります。

一方、堆肥などの有機質資材や地力による養分の放出は温度条件に影響を受けるため、低温期で少なく、高温期で多いなどの季節的な変動があります。そのため、有機質資材や地力のみで低温期の養分を賄おうとすると、夏場に養分が過剰に放出され、作物生育に影響する恐れがあります。また、有機質資材に含まれる各種養分の構成比率は、必ずしも作物が必要としている養分の構成比率と一致していません。

そのため、環境保全型農業においても、養分の種類ごとに施用量を制御し易く、施用効果が安定している化学肥料を併用することが、施肥成分の利用効率を高める上で有効な手段です。また、化学肥料についても、多様な養分溶出パターンを有する肥効調節型肥料、土壤に残存する副成分を含まない低ストレス型肥料などの環境保全に対応した改良が行われています。



Q51

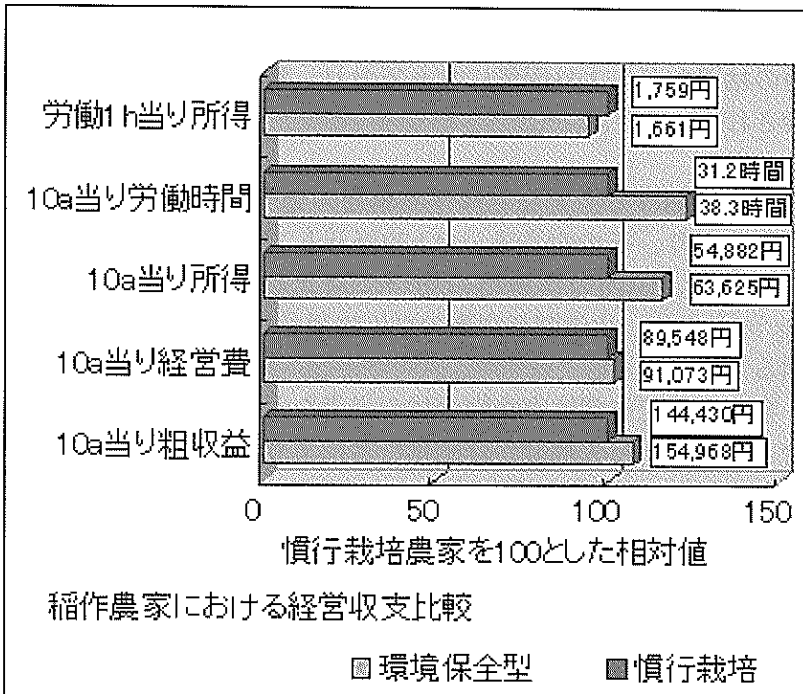
環境保全型農業は低コストでできますか。 高収益農業になりますか

低コスト、高位生産と環境保全を両立することは難しい点が多いのですが、日本農業を持続するためには克服していかなければなりません。

農林水産省が平成10年度に行った調査によれば、環境保全型農業による野菜部門の経営収支を慣行栽培と比較すると、10a当たりの販売量は慣行栽培に比べて10%下回っていますが、1kg当たり販売価格は16%上回っていました。その結果、10a当たりの所得では慣行栽培に比べて8%上回っていました。その一方で、10a当たりの労働時間についてみると、野菜部門全体では、慣行栽培に比べて4%多くなっていました。

同様に、稲作の経営収支を慣行栽培と比較すると、10a当たり粗収益は慣行栽培に比べて7.1%高くなっていますが、10a当たりの経営費は慣行農法に比べて1.7%高くなっていることから、10a当たりの所得は慣行農法に比べて15.9%高くなっています。その一方で、10a当たりの労働時間は慣行農法に比べて22.8%多くなっているため、労働1時間当たり所得は慣行農法に比べて5.6%低くなっています。

このように、環境保全型農業は慣行農法に比べて農産物は高く販売できるのですが手間と労力がかかることが課題になっています。しかし、環境に負荷を与えた場合には、その原因者が負担して対策をとるのが他産業の原則です（汚染者負担の原則）。農業においても、この原則によるべきだというのが国際的な理解になりつつあります。持続的な農業生産を行うためには、環境保全的であることが必要なのです。



Q52

日本は世界一の食料輸入国です。それから発生する廃棄物で日本はいっぱいになってしまわないのですか

廃棄物処理は大量消費・大量廃棄を続けてきた20世紀の負の遺産であり、人類が対策を求められている最大の課題です。従来の焼却や埋め立てによる処理が、ダイオキシンの発生や埋立地の枯渇などにより困難になっており、新たな処理・利用が模索されています。

日本における主要な有機性廃棄物の発生総重量は約280百万トンであり、その窒素成分は1.32百万トンに相当します(表)。この量は、国内の農耕地に均一に還元したとしても平均260 kg/haとなり、化学肥料窒素の平均施用量150 kg/haを大きく上回る量です。

窒素換算で有機性廃棄物全体の過半を占める家畜ふん尿の場合は、従来から大部分が堆肥化などにより農地へ還元利用されてきました。しかし、飼料自給率がTDNベースで25%に過ぎず、75%が飼料生産に再利用されない状況にあります。また、約90%が埋立または焼却されてきた農業外の生ごみや食品産業の廃棄物の場合も、熱量ベースで60%が輸入農産物に由来しています。その一方では農地が減少していく状況下にあるため、有り余る有機性廃棄物を農地への還元利用で対応することは困難です(図)。基本的には、飼料や食料の自給率向上に裏打ちされた循環利用の形成が重要ですが、短期間での改善は見込めません。また、これまで利用されていなかった新たな廃棄物素材から製造した堆肥や飼料の特性は伝統的なものと異なるため、農業で上手に利用するための技術開発が必要です。

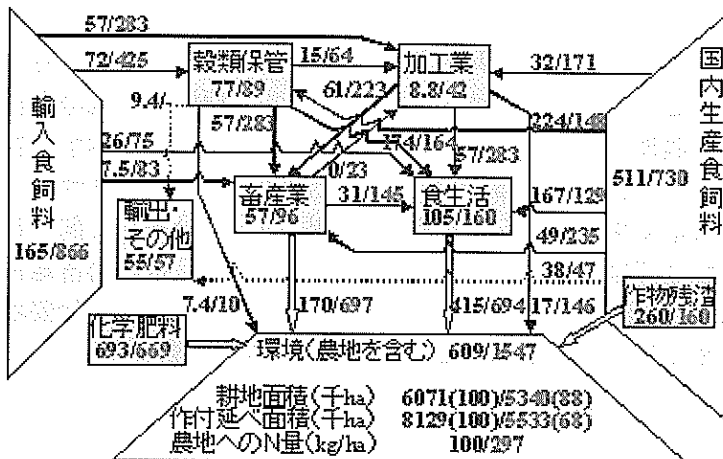
そして、何よりも農業が活性をもって持続していることが有

機性廃棄物の循環利用には必須であり、農地においては環境保全に配慮した適正な利用が求められます。

表 有機性廃棄物の発生量及び成分含有量

廃棄物の種類	発生量(万t)	近年の増減傾向	成分含有量(万t)		
			窒素	リン酸	カリ
わら類	1,172(H8)	減少(米收穫量及び麦收穫量減少)	6.9	2.4	11.7
もみから	232(H8)	減少(米收穫量減少)	1.4	0.5	1.2
家畜ふん尿	9,430(H9)	減少(家畜飼養頭数の低迷)	74.9	27.4	51.9
畜産物残渣	167(H7)	減少(と畜頭数の減少)	8.4	11.9	6.2
樹皮(ノーク)	95(H8)	減少(木材生産量及び業材輸入量の減少)	0.5	0.1	0.3
おがくず	50(H8)	同上	0.1	0	0.1
木くず	402(H8)	同上	0.6	0.1	0.6
動物性残渣	248(H5)		1.0	0.4	0.4
食品産業汚泥	1,504(H5)		5.3	3	0.6
建設発生木材	632(H7)	減少	1.0	0.2	0.9
生ゴミ(家庭、事業系)	2,028(H7)	増加(一般廃棄物の排出量)	8.0	3	3.2
木竹類	247(H6)	都市緑化、ガーデニング等の進展に伴い増加	1.9	0.5	0.9
下水汚泥	8,550(H8)	施設整備の進展に伴い増加	8.9	9.2	0.6
し尿	1,995(H7)	下水道・浄化槽の整備の進展に伴い減少	12.0	2	6
浄化槽汚泥	1,359(H7)	施設整備の進展に伴い増加	1.4	1.5	0.1
農業集落排水汚泥	32(H8)	同上	0.0	0	0
合計	28,143		132.1	6.1	84.6

(生物系廃棄物リサイクル研究会)



わが国の食システムを通る窒素の循環(千kgN) ('60年値/'91年値)

家畜排せつ物は充分に利用されていますか

有機性廃棄物の中でも作物養分を豊富に含む家畜排せつ物は、発生量の大部分が農地へリサイクル利用されています。しかし、畜産過密地帯では家畜排せつ物の肥料としての農地還元は限界にきていることが指摘されています。

国内で発生する家畜排せつ物の量は、ふんと尿の合計で、約1億t弱であり、有機性廃棄物全体の発生量約3億tの約30%を占めています。生物系廃棄物リサイクル研究会の報告(1999)によれば、主要な有機性廃棄物の発生量に対するリサイクル率の現状は、わら類が94%、家畜排せつ物が94%、食品産業汚泥が4%、生ごみが不明、下水汚泥が30%と推定されています(図1)。このように、家畜排せつ物は発生量も多いが、農地へのリサイクル利用率が高いことが示されています。

家畜排せつ物に含まれる養分は窒素で72万t、リンで12万tと試算されていますが、堆肥化などの処理過程における損失分があるため、農地に施用し得る量は窒素36万t、リン11万t程度になると考えられます。これに対して、標準的な栽培を行う場合の農地への家畜ふん堆肥の施用可能量を窒素で示すと約58~71万tと試算されるので、農地全体としては充分リサイクル可能な量です。しかし、家畜は国内に均一に分布して飼われているわけではないため、図2に示したように、畜産過密地帯では発生する家畜排せつ物を農地還元した場合作物の養分要求量を大きく超えてしまうことが問題になっています。

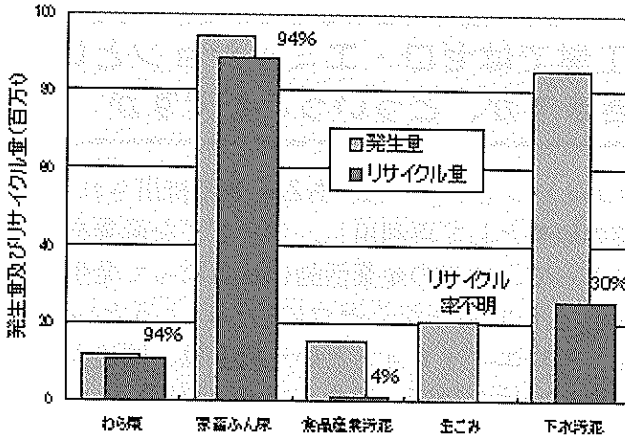


図1 有機性廃棄物の発生量とリサイクル率
(生物系廃棄物リサイクル研究会、1999)

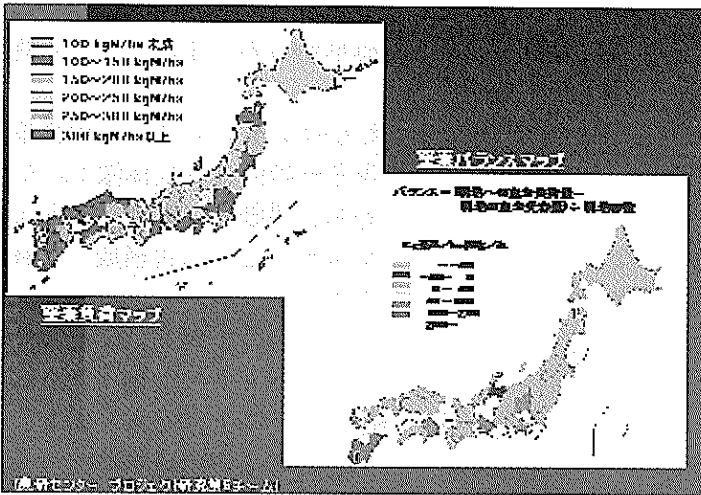


図2 農地1ha当たりの家畜排せつ物中窒素負荷量
(農研センター・プロジェクト研究第6チーム)

**食品工業ではゼロ・エミッションということ
を聞きますが、どういうことですか**

「ゼロエミッション」とは、ある産業で排出される廃棄物を、別の産業の原料として再利用し、さまざまな産業を組み合わせることによって、個々の産業活動にともなって発生する廃棄物を社会全体として限りなくゼロに近づけようという考え方です。元々、ゼロエミッションという概念は、国連大学の「持続可能な発展に向けた経済・社会システム再編」というプログラムの一環として開始された「ゼロエミッション研究構想」に端を発しています。

食品産業が関与して具体的に取り組まれている例としては、ビール醸造業と水産養殖業との組み合わせ、ヤシ油から派生するパーティクルボード事業、海草からのバイオケミカル物質抽出などが挙げられます。

「ゼロエミッション」の考え方のポイントは、資源採取から廃棄に至るまでの物質・エネルギーの流れを全体像（システム）として捉えることです。すなわち、単独のプロセスとしての最適化ではなく、ネットワークシステムとして再構成し全体としての最適化を図ることにあります。

したがって、厳密に言えば、1社のみで例えば工場内で廃棄物を処理・加工して再び自社の生産ラインで利用するといったクローズドな取り組みは、「廃棄物ゼロ化」であっても、国連大学でいう「ゼロエミッション」そのものではありません。また、廃棄物をゼロにするからといって、その大部分を焼却や埋め立てに回すようでは、これも「ゼロエミッション」とは呼べません。しかしながら、最近ではゼロエミッションすなわち「廃棄物ゼロ化」ということで、システム的なアプローチでな

い単独プロセスでの取り組みも「ゼロエミッション」といわれることが多くなっています。

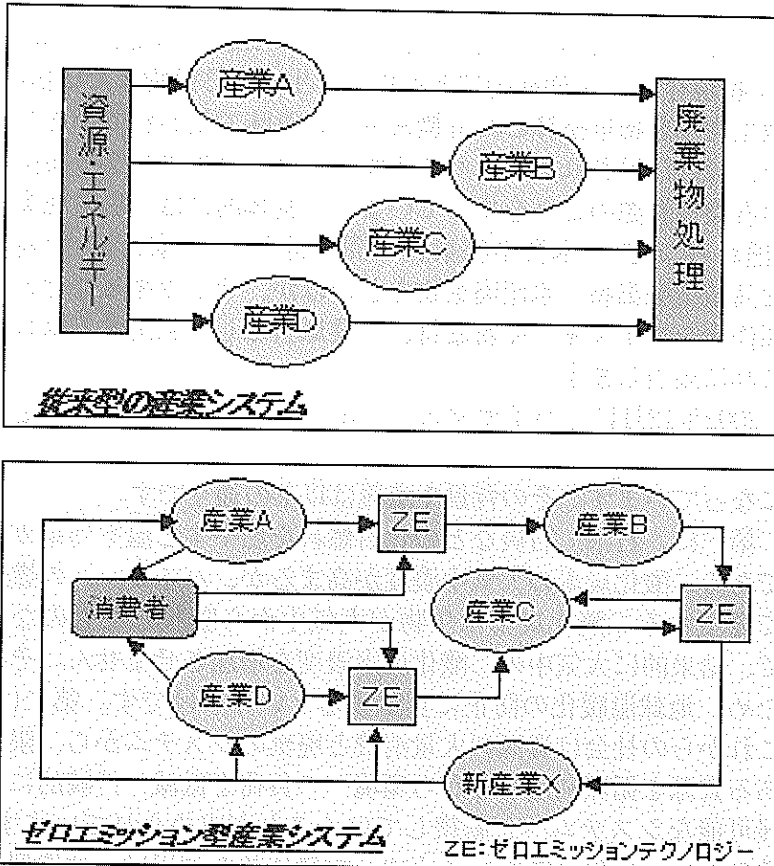


図 従来型の産業システムとゼロエミッション型の産業システム

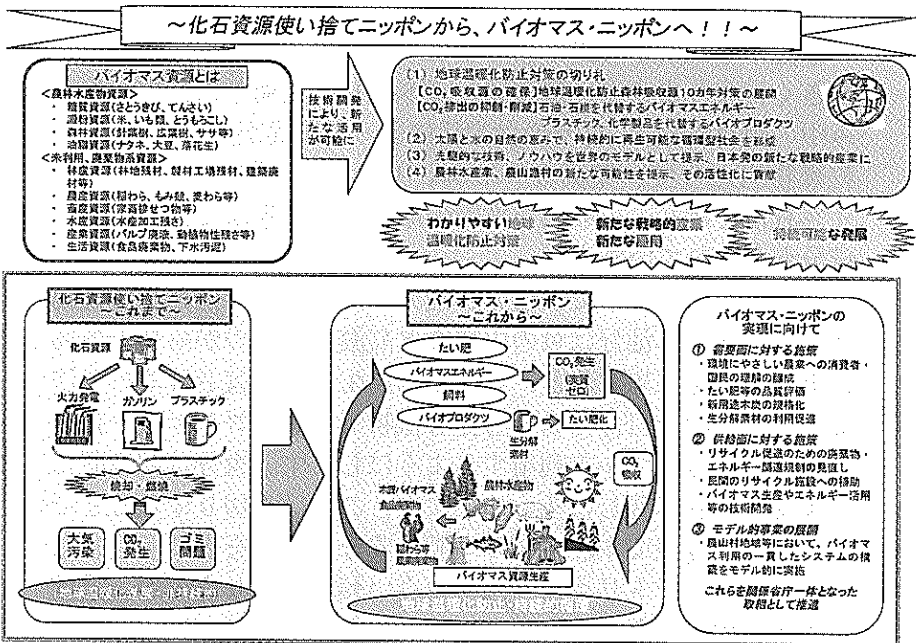
バイオマスとはなんですか。どうして最近注目されているのですか

元々「バイオマス (biomass)」とは生態学の専門用語で、「生物現存量」(生態活動にともなって生成する動物または植物、微生物体を物量換算した有機物量)の意味で使われていましたが、最近注目されているバイオマスとは、再生可能な生物由来の有機性資源のことを指しています。具体的には、農業廃棄物(稲わらなど)、木質系廃棄物(間伐材など)、家畜排せつ物、食品産業廃棄物、水産廃棄物などのほか、サトウキビなどの資源作物をエネルギーや新素材、工業原料として利用する場合はこれに該当します。

2002年12月に「バイオマスニッポン総合戦略」が閣議決定され、バイオマスの利用は、今後国を挙げて取り組む重要な課題になっています。その背景や意義は以下の通りです。

第一に、石油・石炭などの化石燃料を燃やすと温室効果ガスである二酸化炭素の大気中濃度が高まるが、バイオマスの燃焼で発生する二酸化炭素は生物が大気中から吸収したもので、結果的に大気中の二酸化炭素濃度を増加させません。そのため、地球温暖化の防止に貢献するというわけです。第二に、これからの社会は資源の大量消費と廃棄のシステムから、限りある資源を循環利用しながら環境への負荷を低減し持続的に発展可能なシステムへと転換していくことが求められています。そのため、再生可能なバイオマスの積極的な利用は、循環型社会の形成促進の手段として注目されています。第三に、バイオマスの利用をすすめることは、環境調和型の新たなバイオマス関連産業の育成とそれに伴う雇用の創出への期待があります。第四に、バイオマスは農山漁村に広くかつ多量に存在す

ることから、バイオマスの供給源として農山漁村の活性化が期待されています。



家庭や食堂の生ごみで作るコンポストとはどういうものですか。失敗しないためにはどんな注意が必要ですか

「コンポスト」は「堆肥」と同じ意味で、生ごみについても適当な水分条件下で通気性を確保して微生物による有機物の分解を行い、土壤に施用して作物に害を示さず、生育に有効な資材にしたものです。

家庭や事業所から出される生ごみの量や組成は条件によって大きく異なりますが、調理屑と食べ残しに大別されます。生ごみ中の肥料成分は、日々の食生活によって差異が大きいものの、乾燥物当たりで、窒素3～6%、リン酸1～2%、カリ1～4%程度を示し、一般的な堆肥の原料である牛ふん以上の肥料成分が含まれています。

生ごみコンポストでは塩分と油分が品質上の問題として提起されています。油分は魚の内臓など高濃度のものがあり十数%以上のものを施用すると、発芽や初期生育が阻害されるので注意します。油分自体は易分解性有機物ですからコンポスト化の過程で分解させてから利用するようにします。塩分は調理屑には少なく、食べ残しに多いのですが、これは水切りすることで濃度低下が可能です。生ごみ堆肥の成分分析例を表に示しましたが、塩分（ナトリウム）はやや高い傾向はありますが、過度に問題にする程度ではありません。

生ごみコンポストの肥料的効果は高いので、使い方によっては、化学肥料の代わりに使えます。しかし、製品のバラツキが大きく、動物性の生ごみが多い場合は肥料効果が高く、野菜屑など植物性の生ごみ多くなると肥料効果が低くなりますので、利用する際には注意が必要です。

家庭の生ごみ処理物の化学組成 (成分は現物%)

処理方法	水分	pH	C/N比	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ナトリウム
乾燥型	12.0	5.4	11.2	4.54	1.37	1.33	8.26	0.31	0.57
分解型A	12.2	7.1	10.1	3.75	1.80	1.55	14.92	0.40	0.86
分解型B	31.0	8.2	17.5	2.52	1.15	1.83	6.75	0.36	0.68

(神奈川農総研)

事業系生ごみ堆肥の化学組成 (成分は現物%)

排出場所	水分	pH	C/N比	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ナトリウム
ホテル	7.5	5.2	10.1	4.60	1.42	1.05	3.57	0.18	0.78
スーパー	24.6	6.1	8.2	4.09	1.27	2.11	2.69	0.32	0.83
市場	12.8	7.5	10.3	3.31	1.26	4.62	2.56	0.60	0.53
レストラン	7.7	5.6	11.8	3.63	1.45	1.09	3.95	0.20	0.80

(東京農大)

下水汚泥などの有効利用にはどのような点に注意する必要がありますか

下水汚泥を農地利用する場合に最も留意すべき点は重金属含量です。肥料取締法の改正により、有害重金属については含有を許される最大量が設定され、銅や亜鉛などについても一定濃度以上の場合には含有濃度の表示が義務づけられるようになりました。しかし、他の堆肥と比較すると、重金属濃度は高いことが多いため、工場等の重金属発生源で下水への流入を最大限除去して重金属濃度の低い汚泥にすることや、含有重金属濃度を明示して利用者が内容を把握できるようにすることが必要でしょう。

また、下水汚泥は、生物分解されやすい有機物を豊富に含んでいるため、これをそのまま農地に施用すると、急速に有機物が分解されて土壌が還元化され、作物の根腐れを起こす可能性があります。また、臭気もあり、病原菌、寄生虫等による安全性の問題が指摘されます。そのため、堆肥化によって易分解性の有機物を分解して安定化し、臭気の発生を抑えるとともに、堆肥化過程における発熱によって病原菌や寄生虫、ウイルス、雑草種子の死滅あるいは不活性化を図る方が利用に当たっては有利になります。

肥料成分的には、一般の堆肥に比べて窒素とリン酸に富み、カリウム分が少ないのが特徴です。そのため、牛ふん尿などと組み合わせた融合コンポスト化によって肥料成分バランスを調整することが可能です。また、カリウムが集積している土壌への有機質肥料としての利用が考えられます。

施用量は各自治体の土壌特性や栽培作物等を考慮した施用基準や施用指針に準じて設定します。



生ゴミコンポスト、下水汚泥は使えるか？

化学肥料を使わなくても有機性廃棄物のリサイクルだけで良質の農産物を作ることができますか

日本のように、輸入食飼料に由来する有機性廃棄物が豊富にある条件では、短期的には可能な場合があるでしょう。しかし、有機性廃棄物のリサイクルのみで地球規模で必要な食糧生産に応えることはできません。また、単に化学肥料を有機質資材で置き換えただけの利用を続けると、土壤養分バランスの悪化や硝酸性窒素の溶脱などによる環境への負荷が却って大きくなる可能性が考えられます。

堆肥などの有機質資材に含まれる養分は、化学肥料中の養分と同じ効率で作物に吸収されるわけではありません。窒素を例にとると、牛ふん堆肥は肥効率（化学肥料を100とした場合の肥料効果の比率）が約30%ですので、化学肥料の窒素で150kg/haに相当する可給態窒素を堆肥で代替しようとするれば総窒素量が500kg/haの堆肥を施用する必要があります（図）。この窒素量は平均的な牛ふん堆肥の数値を用いて窒素含量を0.6%、水分を73%とすると、現物として56t/haに相当します。施用後最初の栽培期間で可給態にならなかった残存部分は、いずれは堆肥の分解とともに可給態の窒素になりますが、作物が要求する時期に必要な量だけ都合良く可給化してくるわけではないので、残存部分が余り多いと必要量を超えるおそれがあります。また、その時期に作物が栽培されていないと、環境への負荷源になってしまいます。さらに、堆肥中に含まれる養分の構成比率は作物に必要な比率と一致しているわけではないので、窒素を目安にした場合には他の成分に過不足が生ずるおそれもあります。これらへの対策も取組まれています。有機性廃

棄物のリサイクルのみですべてがうまくいくようにはなっていません。そのため、通常は必要な養分の一部を堆肥で代替し（牛ふん堆肥の場合は約30%が目安）、化学肥料と堆肥の各々の長所を生かした施用が行われるのです。もちろん、有機性廃棄物を資源としてとらえ、農地施用に適した資材に変換し、安全かつ有効に利用可能な範囲でリサイクル率を高めることが重要な課題であることは言うまでもありません。

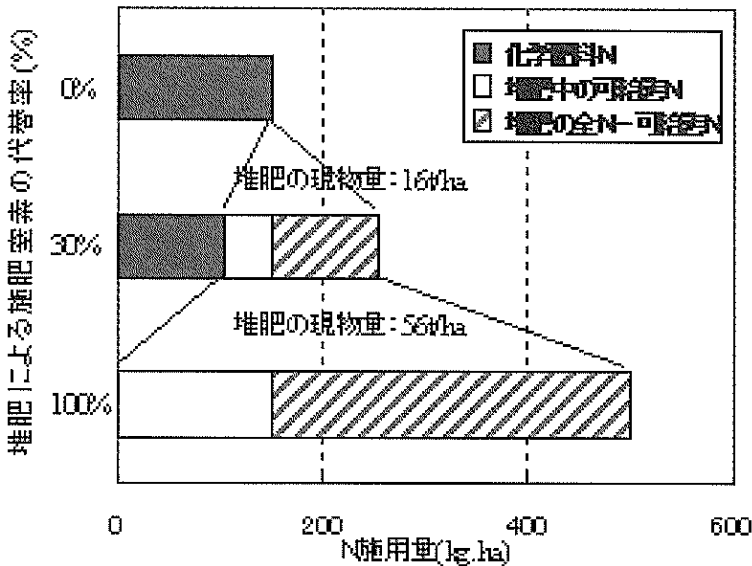


図 施肥窒素の堆肥による代替率と総施用率
堆肥のN肥効率:30%、水分:73%、N含有率:0.6%とした

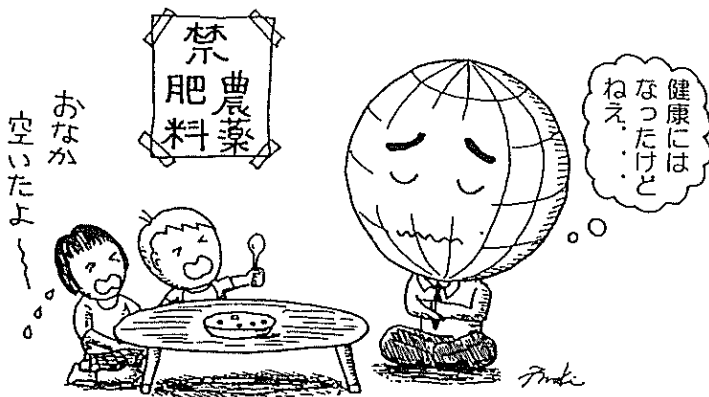
Q59

肥料が環境に及ぼす影響にはどのようなものがありますか

肥料は農業を支える基本的な要素ですから、農業が環境に及ぼす影響に直接及び間接的に関与します。特に土壌、水質、大気組成の変化などに影響することが指摘されています。

肥料を使わずに作物の収穫によって地力を収奪する生産を続けると、土壌の養分量が低下し、やがては農地の荒廃化をもたらします。肥料を上手に使って養分を適量供給すればこうした地力の低下は止められますが、過剰施肥や不適切な施肥をすると、養分バランスの不均衡や塩類集積によって土壌環境が悪化します。また、作物に吸収されずに残存した養分が農業系外へ流出し、河川や湖沼の富栄養化や硝酸性窒素による水質の悪化をもたらします。

さらに、窒素肥料は土壌中で形態変化する過程で温室効果とオゾン層破壊作用を有する亜酸化窒素を生成します。そのため、農地への窒素施肥は大気中の温室効果ガスの供給源のひとつになっていることが指摘されています。



有機農業は大切だが・・・

地下水で硝酸態窒素が増加すると人の健康にどのような悪影響が考えられるのですか

我が国では、人口の約1/4の飲料水を地下水に依存しています。飲料水等に硝酸性窒素・亜硝酸性窒素が多量に含まれていると、血液中のヘモグロビンと結合してメトヘモグロビンとなります。ヘモグロビンは血液中で酸素の運搬機能を担っていますが、メトヘモグロビンになると酸素との結合機能が失われます。そのため、血中のメトヘモグロビン濃度が高くなると酸素不足になり、貧血症状を呈する急性中毒である「メトヘモグロビン血症」を発症します。メトヘモグロビン血症は乳児に起こりやすく、欧米では死亡例も報告されています。

また、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素は、体内で食品中タンパク質に由来する二級アミン類と反応して、発ガン性を有するニトロソアミンに変化するとの研究報告もあります。

硝酸性窒素、亜硝酸性窒素の摂取にともなう健康影響を考慮して飲料水の基準が設定されています。国内では、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の合計量として10mg/L未満であることが必要です。なお、地下水及び河川などの公共用水域には平成11年2月から飲料水基準と同じ値の環境基準が設けられています。

硝酸性窒素・亜硝酸性窒素汚染の状況(平成6年度～8年度)

調査水域	調査地点数	検出数	検出率・指針超過率(%)	超過数	超過率(%)	最高濃度(mg/L)	指針値(mg/L)
地下水	5,548	4,410	79.5	259	4.7	61	10
公共用水域	6,887	6,718	97.5	5	0.1	16.1	10
うち河川	4,263	4,244	99.6	5	0.1	16.1	10
湖沼	990	914	92.3	0	0	3.2	10
海域	1,634	1,560	95.5	0	0	5.3	10

(注1)都道府県及び環境庁の測定結果(年間平均濃度)による。

(注2)指針値とは、長期間摂取に伴う健康影響を考慮して算定した値(環境庁水質保全局長通知により規定)。

(注3)硝酸性窒素・亜硝酸性窒素の他に、公共用水域での指針値超過率が高いほう素(超過率21.5%)、フッ素(同11.0%)が環境基準化された。

(環境庁)

Q61

地下水の硝酸態窒素が増える要因は何ですか。 どうしたら軽減できますか

地下水の硝酸性窒素が増える主要な要因として、農地への窒素施肥が挙げられています。化学肥料や堆肥等の有機質資材を問わず作物の要求量以上の施肥を行うと、作物によって吸収されなかった窒素が土壤中で微生物の作用を受けて硝酸イオンとなります。土壤の粒子の表面は全体としてマイナスに帯電しているため、マイナスイオンである硝酸イオンは土壤に吸着されずに水の移動とともに地下に溶脱して地下水系に流入します(図)。

農業以外にも、生活排水や工場からの硝酸性窒素の負荷がありますが、農地面積当たりの施肥量の増大とともに地下水の硝酸性窒素濃度が上昇していることや、施肥量の多いことで知られる茶園地帯では特に硝酸性窒素による地下水汚染が進行していること、また、果樹園、野菜畑においても硝酸性窒素の汚染地が広く分布していること、畜産経営は近傍の地下水の硝酸性窒素の大きな汚染源となっていることなどが指摘されています。これらのことから、農業地帯においては、農地への施肥に起因する硝酸性窒素が地下水の硝酸性窒素汚染の主因になっているケースが多いと推定されています。

施肥に由来する地下水への硝酸性窒素の移行を低減するためには、畑における養分収支を基本にした環境保全型の施肥基準が設定されていますので、これを守り、過剰施肥の防止に努めることが第一です。また、作物による養分吸収がなくなる無作付け期間を少なくすることも有効です。

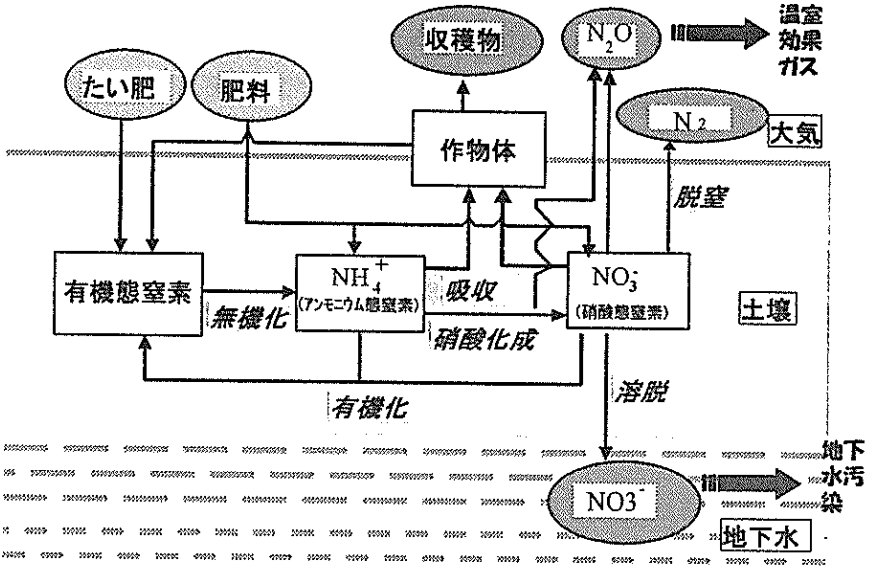


図 農地における窒素の形態変化

Q 62

野菜中に硝酸が集積すると聞きましたが、どうしてですか。人の健康に実際に悪影響がでているのですか

化学肥料や堆肥等の有機質資材に含まれる窒素は畑に施用されると、微生物の作用を受けてやがては硝酸態窒素へと変化します。野菜の多くは硝酸態窒素を好んで吸収する性質があります。吸収された硝酸態窒素は作物の根や葉身で還元されてアンモニウム態窒素になり、さらにアミノ酸、タンパク質となり作物体の様々な構成成分として利用されます。野菜は生育の初期から栄養成長期にかけて旺盛に窒素を吸収して急速に生長しますが、このとき、作物体内では窒素吸収が利用を上回り、高濃度の硝酸態窒素が葉柄や茎に集積します。そのため、栄養成長の過程が収穫対象になる葉菜類では、生育を確保するのにある程度の硝酸の体内蓄積が生じます。また、窒素の施用量を増やすことにより、葉柄や茎の硝酸態窒素の集積量は増大します。

野菜を摂取することで、含まれる硝酸態窒素によって健康に悪影響が出ているということはありませんし、野菜にはビタミン類などの成分の主要な供給源としての機能や発がん抑制の機能も期待されています。しかし、硝酸は、ヒトの体内でその一部が亜硝酸に変化して急性毒性を示したり、発癌性物質を生成するおそれがあることや、ヒトが摂取する硝酸態窒素の相当部分は野菜がその供給源であるため、野菜の硝酸態窒素濃度は可能な限り低い方が良くとされています。そのため、EUではレタスやホウレンソウなどの葉菜類を対象に硝酸濃度の上限値が設定されています(表)。また、日本でも野菜の硝酸態窒素濃度を高めない施肥や栽培技術が求められています。

EUにおける野菜の硝酸濃度上限値の概要

作物	収穫時期	上限値*
ホウレンソウ	11/1～3/31	3000
ホウレンソウ	4/1～10/31	2500
ホウソウ(缶詰・冷凍)	4/1～10/31	2000
レタス	10/1～3/31	4500
レタス	4/1～9/30	3500
レタス(施設栽培)	10/1～3/31	4500

*mg/kg fresh product

Commission Regulation (EC) No.466/2001 より作表

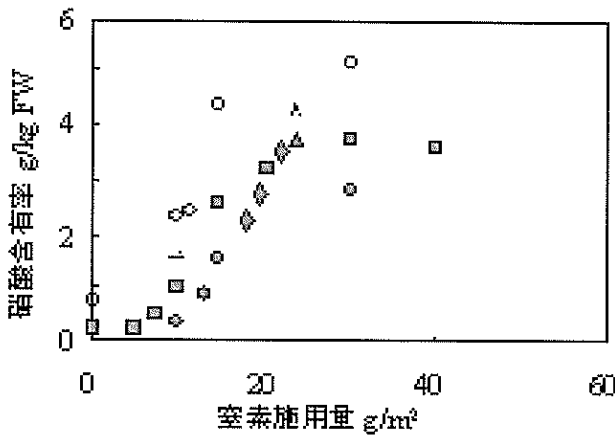
**野菜中に硝酸を集積させないために施肥法は
どうしたらよいのですか**

野菜の硝酸濃度は、直接的には施用する窒素量によって制御されます。

ホウレンソウやコマツナを用いた試験によれば、窒素施用量が100~200kg/haの間での硝酸濃度変化が著しく(図1)、この範囲では窒素施肥量を制限すれば作物中の硝酸濃度の低減に効果があると推定されますが、実際には収量や見た目の品質を重視する傾向が強いため窒素多施用になりがちで、施肥量の制御は困難な場合が多いといわれています。

収量等への影響を考慮し、窒素施用量を極端に落とさずに作物中の硝酸濃度を低減する手段として、作物が吸収する硝酸態窒素の割合を減らし、アンモニウム態窒素の割合を増やすことが考えられています(図2)。水耕栽培では収穫前の一定期間のみ窒素濃度を下げたり、アンモニア態窒素の培地や水に置き換えることでホウレンソウの硝酸含量の低下が可能です。土耕栽培でも緩効性のアンモニウム系肥料を施用するなどしてアンモニウム態として吸収させる窒素の割合を増やせば作物中の硝酸濃度も低下するはずですが、降雨等の影響が大きい露地栽培条件では安定した効果は得られにくい結果になっています。

堆肥や有機質肥料などは、自身の緩効的な肥料効果やコロイド粒子による硝酸イオンの吸着によって土壤中の硝酸濃度を低下する方向で働く場合には、作物中の硝酸濃度の低減への効果が期待されます。しかし多量に施用すれば硝酸濃度の上昇につながります。



1遠賀1995, 2伊達1980, 3目黒1991, 4松本1999

●ホウレンソウ1 ▲ホウレンソウ2 ■ホウレンソウ3
◆ホウレンソウ4 ○コマツナ1 △コマツナ2

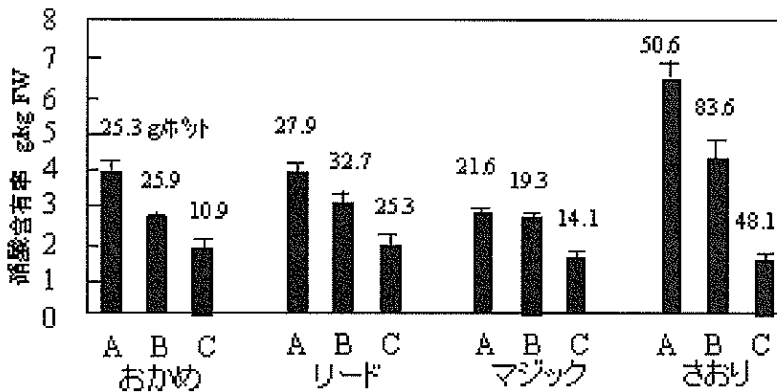


図2 地地ND₄-N:NH₄-N比を変えた場合のホウレンソウ、コマツナの硝酸含有率の変化
A 10:0, B 5:5, C 2:8, 图中的数値は生量を表す

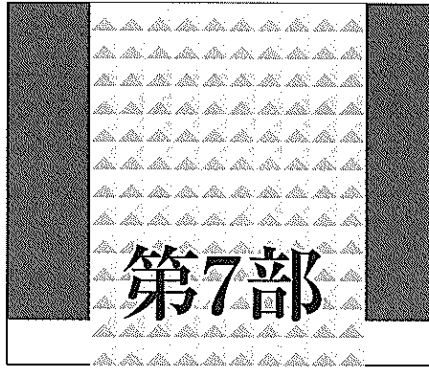
肥料中の重金属は悪影響がないのですか

肥料中の重金属含量は、肥料の種類、原料、製造工程などによって異なります。一般に窒素及びカリウム肥料は重金属を殆ど含みません。また、石灰石は、その産地によって重金属濃度が広範囲に変動しますが有害となる可能性の高い元素の濃度は低いといわれています。リン鉱石には多くの種類の重金属元素が様々な濃度で含まれています。

重金属元素の含量が高い肥料としては下水汚泥が挙げられますが、平成11年7月に肥料取締法が改正され、それまで特殊肥料であった汚泥肥料等は普通肥料になりました。それに伴い、汚泥肥料等では公定規格として、「含有を許される有害成分の最大量 (%)」が定められています(表)。その値は、100年間連用し続けても安全と考えられる量として設定されました。また、「その他の制限事項」として、植害試験の調査を受け、害が認められないものであることも保証されています。さらに、堆肥等の品質表示と同様に、窒素、リン酸、カリウムの他、銅(現物1kg当たり300mg以上含有する場合)、亜鉛(現物1kg当たり900mg)、石灰(現物1kg当たり150mg以上含有する場合)、炭素窒素比(CN比)も保証票中に記載されるようになっています。

普通肥料に移行した汚泥肥料の種類と含有を許される有害成分の最大量

肥料の種類	内 容	含有を許される有害成分の最大量 (%)	
①下水汚泥肥料	下水道終末処理場の汚泥や、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの。		
②し尿汚泥肥料	し尿処理施設の汚泥、集落排水処理施設植物質又は動物質の原料を混合したもの。・し尿、家畜及び家きんのふん尿に凝集材又は消臭材を使用したものや、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの。	ヒ素 カドミウム	0.005 0.0005
③工業汚泥肥料	工場等の排水処理施設の汚泥や、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの。	水銀 ニッケル クロム	0.0002 0.03 0.05
④混合汚泥肥料	①、②、③を混合したものや、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの。	鉛	0.01
⑤焼成汚泥肥料	①、②、③、④を焼成したもの。		
⑥汚泥発酵肥料	①、②、③、④を腐熟させたものや、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの。		



農産物の品質と肥料

品質のよい農産物とはどのようなものですか

安全で、栄養があって、美しく、おいしいことが基本です。

農産物の安全・安心が強調されるなか、農産物の品質に高い関心が寄せられています。農産物の種類が多く、色々な食べ方があるため、品質の意味は漠然としています。 「安全で、栄養があって、美しく、おいしいこと」が基本になります。

安全性は、食品である以上、当然の問題です。生命に危険があるような毒性は論外ですが、長期間食べた場合に有害物が人体に蓄積しないことも大切です。

栄養性は、タンパク質、脂質、炭水化物、ビタミン、ミネラルなどの生命を維持するために必要な栄養が含まれていることです。また、単純に栄養価を示すだけではなく、体に活性を与える機能性食品としての食品の効果も近年は大きく期待されています。

美しさは、色や形などの外観を示します。食品は、食べたくなるような外観であることが大切であり、現在の市場取引では、外観品質が特に重視されています。

おいしさも食品としての基本です。しかし、おいしさは味、香り、食感などの総合的な嗜好特性であるため、要因が複雑であり、現在の分析技術では十分に評価できません。

また、これ以外に、貯蔵性や加工特性も品質の要因です。

これらすべてが満足されて「高品質」になるのですが、農作物は種類や調理方法によって、見た目を楽しむ物、味覚を楽しむ物、栄養が重要なものなど品質に対する要求度が異なってきます。現在、市場取引では外観が最も重視されていますが、安全性や栄養特性、嗜好特性を含めた総合的な品質によって作物

の評価がなされることが理想です。



米の品質は機械で測定できるということですが、
どのようにするのですか

米の味を構成する、水分、タンパク質、アミロース、脂肪酸の4成分を赤外線によって測定する食味計を使います。

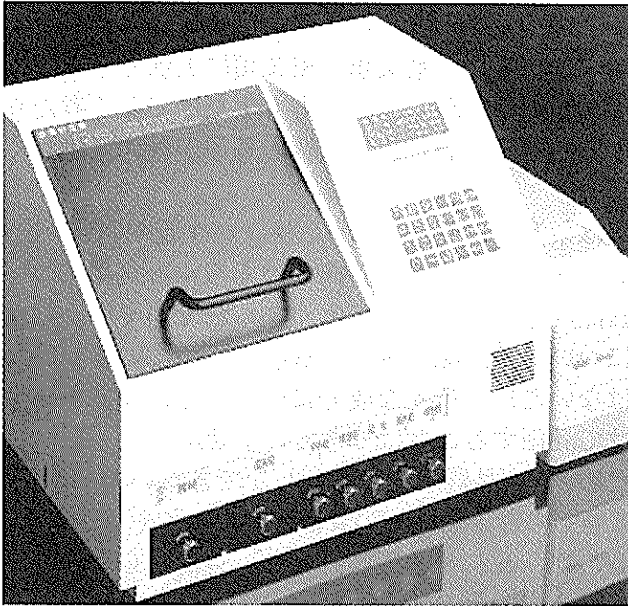
米のおいしさは、香りや味、噛みごたえなどが総合化されたものですが、米の味には、次の4つの要因が大きく影響しています。

- ①水分：米は、水を加えて炊いて食べますが、貯蔵には水分が大きく影響します。昔は保管設備が整っていなかったため、できるだけ乾燥させて保存していましたが、現在では、味が一番よいとされる14.5～15.5%で保管しています。
- ②タンパク質：米のうまみと粘りに重要な関わりをもつのがタンパク質です。タンパク質が、多すぎると粘りが不足し、少なすぎるとうまみが不足します。
- ③アミロース：米の粘りと硬さを大きく左右するのがアミロースです。アミロース含量が高いと粘りがなく、老化が早いとされ、アミロース含量が低いほど食味がよいといわれています。
- ④脂肪酸：米が古くなると酸化がすすみ、脂肪酸の値が増えます。そのため、脂肪酸が少ないほど新鮮だといえます。

以上の4成分がバランスよく含まれると、おいしい米となります。現在、おいしいといわれるコシヒカリは、水分15.5%、タンパク質7.0%未満、アミロース20.0%未満です。

食味計は、これらの成分を近赤外光をあてて測定する装置で、測定結果をコンピューター解析し、100点満点で表示します。各メーカーによって測定方法に工夫がなされており、数値は微

妙に違いますが、大まかには次の区分になります。おいしいといわれる米は80点以上であり、輸入米でおいしいといわれるカリフォルニア米は60～70点、タイやオーストラリア米は60点くらいであり、国産米に比べると劣ります。



食味計の例（静岡精機）

測定値（点）	食味
90点以上	きわめておいしい
80～90	おいしい
70～80	まあまあおいしい
60～70	ふつう
60以下	まずい

野菜の品質はどのようにして評価するのですか

野菜は種類が多く、食べ方も多様なので、おいしさよりも外観品質で判断されることが多いようです。

野菜類は、果菜類、葉菜類、根菜類に大別できますが、それぞれに種類が極めて多く、食べ方も生だけでなく煮たり焼いたり加工するなど多様なため、品質の基準が極めて難しくなります。

野菜類は栄養分に優れており、タンパク質や脂質、炭水化物、ビタミン、ミネラル等の栄養成分はあらゆる食品について分析され、食品成分分析表として広く知られています。しかし、おいしさについては、味や香り、食感についての学問的な解明が十分ではないため、色々な成分について分析はできても品質に関連づけて評価することはできていません。

このため、外観品質中心の評価しかできないのが現状ですが、現在、市場での野菜類共通の評価は、大きさや重さにより3L、LL、L、M、S、SS等に区分し、外観から、秀、優、良に区分しています。その他の評価は次に示しました。

1)果菜類の品質評価

メロンやスイカなど高価なものは外観が重視されます。変形や傷はもちろん内部に空洞があっても評価が下がります。とくにマスクメロンでは味とは直接関係ないネットの形状が評価に大きく影響します。次いで重要なのは糖度で、高糖度のものが好まれます。

果菜類でもキュウリやカリフラワーなどは、新鮮さと形状、色沢が評価の大きな基準になります。また、キュウリでは曲がりや色・光沢にも注意が払われています。

2) 葉菜類の品質評価

新鮮さが大きな要因になります。評価は外観中心で、大きさ、形状、色、光沢で評価がほぼ決定されます。内容成分については、ホウレンソウなどでは硝酸やシュウ酸が多いものは嫌われます。

3) 根菜類の品質評価

果菜類と同様に、新鮮さが評価されます。評価は外観中心で、大きさ、形状、色、色沢が重視されますが、とくに肌の色と荒れに注意が払われます。

トマトの標準規格

等級	A			B
	A 1	A 2	A 3	
品位基準	①品質、形状及び色沢が特に良好で玉揃えがよいこと。 ②着色状態が特に良好斉一であること。	①品質、形状及び色沢が良好で玉揃えがよいこと。 ②着色状態が良好斉一であること。	①品質及び色沢がA 2に次ぎ形状にやや変形のあるもの。 ②着色状態がA 2に次ぎ斉一であること。	①最低基準を満たしA 3に次ぐこと。 ②空洞のおそれのあるもの。
重欠点果	混入していないこと。			
軽欠点果	混入していないこと。	ほとんどないこと。	おおむねないこと。	

果物の品質についても教えてください

産地名と外観、糖度で価格が決定されることが多いようです。

果物は生で食べることが多いため、おいしさに敏感になる農産物ですが、市場での価格決定は、糖度と外観品質に重きがおかれているようです。また、産地によるブランドも大きく影響します。品質の判定基準は作物や生産地によって異なりますが、おおむね次のような項目で品質が決定されます。

1) 外観的評価

大きさ：重量から3 L、LL、L、M、S、SS等に区分。

形状：果実としての特徴を持った形態がよく出ているか否かを評価します。また、外観的な傷や変形も評価の対象になります。

果色：熟度の判定に主眼がおかれ、果実の色や着色程度を色票を使って評価します。肌の障害や汚染はマイナス要因になります。

総合評価：外観の総合評価から、秀、優、良に評価します。

2) 化学的評価

糖度：味の中心になる成分です。糖を分析するのが正確ですが、一般には屈折式糖度計を用いて測定し、Brixとして表示する。

酸度：酸っぱさの測定であり、糖酸比（糖度/酸度）としての表示も行われています。

その他の成分：ビタミンCやデンプンなどの量が測定されることがあります。

3) 物理的評価

硬度：やわらかさの程度を硬度計で測定します。

4) 食味による評価

試食して、食味を総合的に評価し、良好、やや良好、普通、やや不良、不良等に区分します。

5) 栽培による評価

生産地や収穫時期により評価します。

リンゴの品質評価基準(秋田県果樹試)

外観的評価

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| ① 大きさ、重量 | 果実の縦径、横径の最大部分を測定 |
| ② 着色度 | 品種によってはカラーチャートによる方法(品種“ふじ”など) |
| ③ 地色 | 品種によってはカラーチャートによる方法(品種“ゴールデン”など) |
| ④ 外観の総合評価
(調査果数 : 10個以上) | 秀、優、良、並。総合評価は形状、着色歩合、熟度の影響が大である |

食味による評価

甘味、酸味、歯ざわり、香りを中心に食味を総合的に判定している

化学的成分による評価

- | | |
|-----------|---|
| ① 糖 | 屈折計を用いて10個体を測定し、平均値をBrixで表示。食味との関連が強い。 |
| ② 酸 | |
| ③ デンブ | 果肉部の果汁を0.1N-NaOHで滴定し、リンゴ酸として表示。総合的な食味は、糖と酸の微妙なバランスによる |
| ④ アントシアン | 果実を赤道部から切断し、ヨードカリ液をぬり、デンブの程度を肉眼で判定する |
| ⑤ 呼吸量 | 一果実につき、一定面積の果皮を4ヶ所切り取り塩酸メタノールで抽出し、分光光度計で吸光度を測定。品質との関連が深い |
| ⑥ エチレン発生量 | |
| | C ₂ H ₄ 発生量をガスクロマトグラフで測定。収穫時期との関連が強いようである |

物理的測定による評価

- | | |
|-------|--|
| ① 硬 度 | 果実の赤道部上の陽光面とその反対側の2ヶ所を、マグネステラーで測定。熟度及び貯蔵性との関連が高い |
|-------|--|

品質がよくなるというオールマイティな肥料はあるのですか

品質は栽培条件によって決定されるため、品質向上のための魔法の肥料はありません。

高品質の農作物は、土壤環境、施肥、栽培管理が優れてはじめてできるもので、肥料だけで品質を向上させるには限界があります。

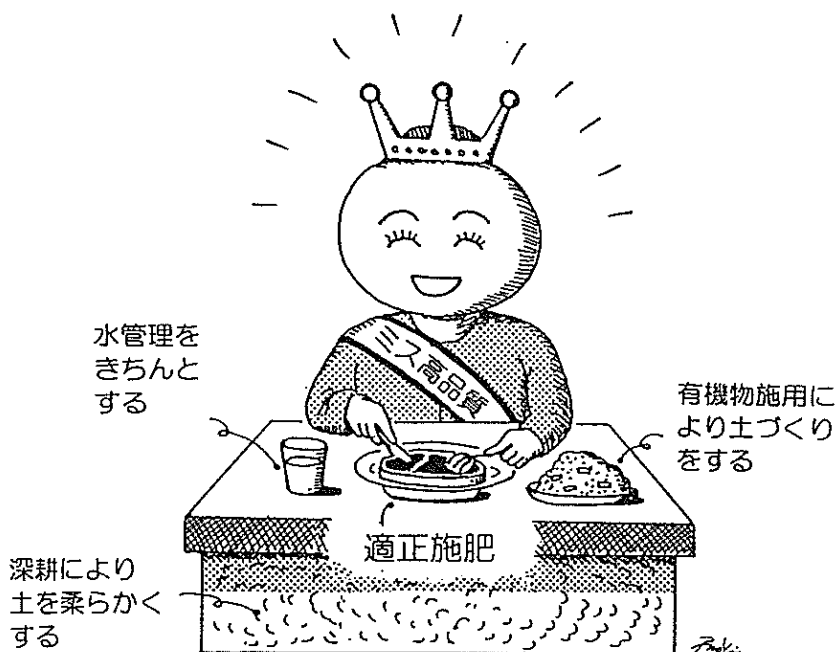
高品質の農作物を生産するには、耕うんや深耕などにより土を柔らかくし、たい肥を施用して土壤環境を改善したうえで作物を植え、作物の生育に応じた養分を肥料として供給することが必要です。さらに、十分な光（太陽）や適切な水が供給されることも不可欠です。

とくに肥料は重要で、土壤環境を改善し、ゆっくりと長期間効果を出したい肥、生育初期に養分を供給する基肥、生育が旺盛になったときに養分を供給する追肥など、作物の性質に適した施肥が必要です。

有機肥料などの緩効性肥料はゆっくりとした効果を現するため作物生育にあった肥料供給ができるため、それだけで十分と考えがちですが、緩効性肥料だけでは、作物の初期生育に必要な養分が不足するので速効性の肥料が欠かせません。最近では、速効効果と緩効効果を組み合わせた肥効調節型肥料も開発されています。これを使えば品質向上は期待できますが、この肥料でもたい肥を組み合わせた方が効果があがります。

現在、品質向上をうたった資材や肥料が一部で販売されていますが、使用の場は限定されます。特定の肥料を使えば確実にあらゆる農産物の品質が向上するというオールマイティな魔法

のような肥料や資材はないと考えたほうがよいでしょう。



おいしい作物を作るには？

Q70

有機農産物が安全で美味しいと聞きますが、なぜですか

有機肥料で栽培された農産物も化学肥料で栽培された農産物も適切な施肥量で栽培されたものは差がありません。

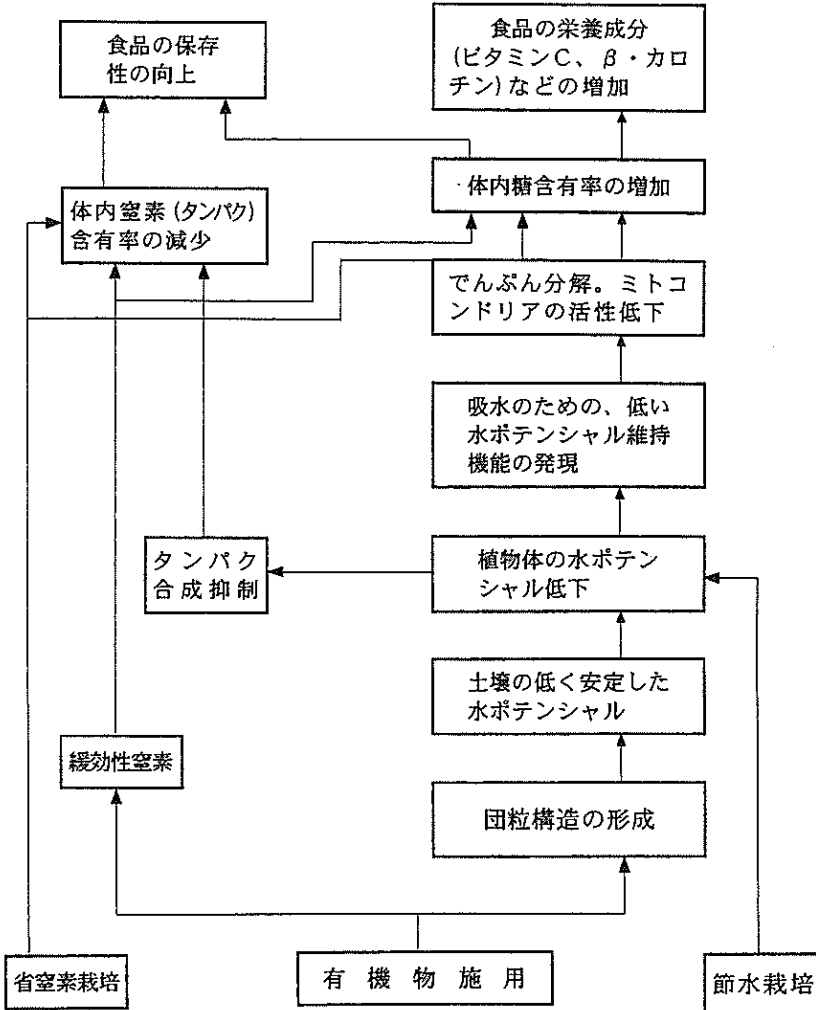
有機農産物は安全でおいしいといわれますが、正確に栽培して比較した試験では、化学肥料で栽培した農産物に比べ味が特別に良くなるということはないようです。

一般に、化学肥料は扱いやすく、効果が速効的であるのに対し、有機肥料は緩効的な肥料効果を示すため、作物の生育相の違いが、おいしさに影響することがあるようです。つまり、肥料効果とりわけ窒素栄養がゆっくり供給されるため生育が抑制され、含水率が低い農作物ができます。水分が少ないと味が濃く、歯切れも良く感じます。

窒素肥料と水分が農産物のおいしさに影響するメカニズムは、森敏先生（東京大学名誉教授）が模式図を使って明快に説明されています。これによると、おいしさに最も関係が深い糖類は、窒素肥料と水が少ない条件で蓄積する傾向にあります。窒素肥料が多いとタンパク質が合成される回路が働くために、糖成分が少なくなって味や貯蔵性が低下するとされています。

有機肥料は、土壤中で分解して徐々に窒素を放出するのに対し、化学肥料では急に効くので糖が減少しやすい傾向にあるのですが、化学肥料でも、緩効性窒素肥料を上手に使えば有機肥料との差はできません。むしろ、化学肥料の方が窒素量のコントロールがしやすいので、糖の多い作物が栽培しやすいほどです。

省窒素、節水栽培による「食品の質」向上のメカニズム (森、1989)



Q71

有機質肥料を使うと味がよくなるといいますが、本当ですか

有機肥料だけでおいしい農産物ができるわけではありません。

有機肥料で栽培したものはおいしく、化学肥料で栽培したものはおいしくないといわれることがあります。これらは感覚的にいわれており、違いを数値で明確に示した例はあまりありません。ここでは、有機肥料と化学肥料栽培による作物品質の違いについて、ホウレンソウとニンジンで研究した例を示しました。

コマツナ栽培の事例を表1に示しました。生鮮物のビタミンC含量は有機栽培では9%高くなっていますが、乾物あたりに計算すると2%の差にすぎません。これは、肥料の違いによる生育が異なり、有機肥料区の水分含量が低いために内容成分の濃度が濃くなったものであり、乾物あたりの量に換算すると大きな違いがなくなります。

また、新しい研究としてニンジンについて調査した結果が日本土壤肥料学会誌（74巻1号）に発表された結果をまとめて表2に示しました。このニンジンの事例では、食味検査結果、化学肥料区のほうがおいしいことが示され、内容成分では可溶性全糖、β-カロテンなど有機物は化学肥料区が多く、リン、カルシウム、マグネシウムなどミネラルは化学肥料区が多いことが示されています。

これらの事例のように、有機栽培と無機栽培の差は小さく、化学肥料も上手に使用すれば有機肥料と差はないのですが、ややもすると使い過ぎるために、作物が育ちすぎて栄養成分が低下するといわれるのです。

表1 コマツナの水分とビタミンC (米沢, 1981より作成)

栽培方法	水分含量	ビタミンC含量	
		生鮮物(比)	乾物含量(比)
化学肥料栽培	93.78%	109mg(100)	1754mg(100)
有機肥料栽培	93.36%	119mg(109)	1788mg(102)

表2 ニンジンの官能審査と内容成分

(中川祥治ら, 2003年日本土壌肥料学会誌)

調査項目		統計検定結果	
官能審査結果	色	化学肥料	> 有機肥料
	香り	化学肥料	> 有機肥料
	硬さ	化学肥料	> 有機肥料
	総合	化学肥料	> 有機肥料
内容成分	可溶性全糖	化肥 4.9%	> 有機 4.6%
	β -カロテン	化肥78mg/kg	> 有機71mg/kg
	リン	有機187mg/kg	> 化肥176mg/kg
	カルシウム	有機244mg/kg	> 化肥215mg/kg
	マグネシウム	有機92mg/kg	> 化肥85mg/kg

(注1) ニンジン1999年栽培、品種 同陽

(注2) 統計検定結果5%以上の危険率で有意な項目のみ表示した

化学肥料では美味しい農産物は作れないのですか

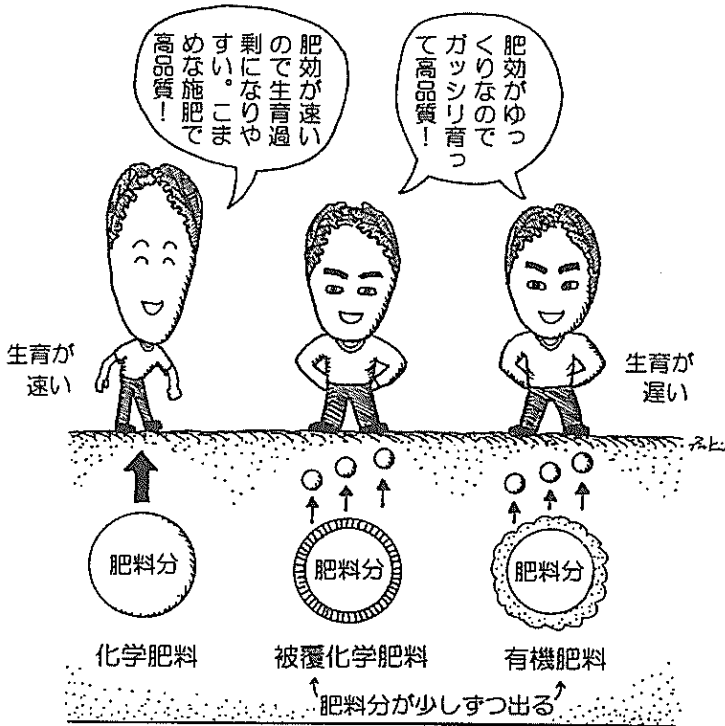
作物の生育特性に合わせて適量施用をすれば、高品質農作物が生産できます。

農作物は、生育に必要な養分を、窒素、リン酸、カリ等の無機成分を吸収することによって合成することができます。ごくわずかの有機物も直接吸収できるようですが、大部分の栄養は無機塩類の吸収によってまかさないます。

有機肥料は、施用後土壤中で微生物により分解され、窒素成分はアンモニアや硝酸に、リン酸やカリは無機塩となって作物に吸収されるので、作物に吸収されるメカニズムは、化学肥料と変わりはありません。有機肥料の糖含量が高くなるのは、土壤中で微生物に分解されてゆっくりと肥料効果が現れるためです。

肥料成分の中でも窒素が過剰になると農産物が肥大成長し、味が悪くなったり、日持ち（貯蔵性）が悪くなることがあります。これに対し、有機肥料は土壤中でゆっくり分解するため肥料効果が悪く、過剰な生育を防げるため、有機肥料で栽培したものが品質が良いといわれています。化学肥料を使っても、基肥をできるだけ抑え、作物生育に応じてこまめに追肥を行えば、高品質の農産物生産が可能になります。このため肥料成分溶出の微妙なコントロールを可能にした肥効調節型肥料が開発されています。

有機肥料も無機肥料も作物に吸収されるメカニズムは同じなので、作物生育に応じた肥料成分の供給が高品質栽培のためには重要になってくるのです。そのために緩効性肥料や肥効調節型の被覆肥料等が開発されているのです。



肥料の種類と作物の品質

化学肥料では安全な農産物は作れないのですか

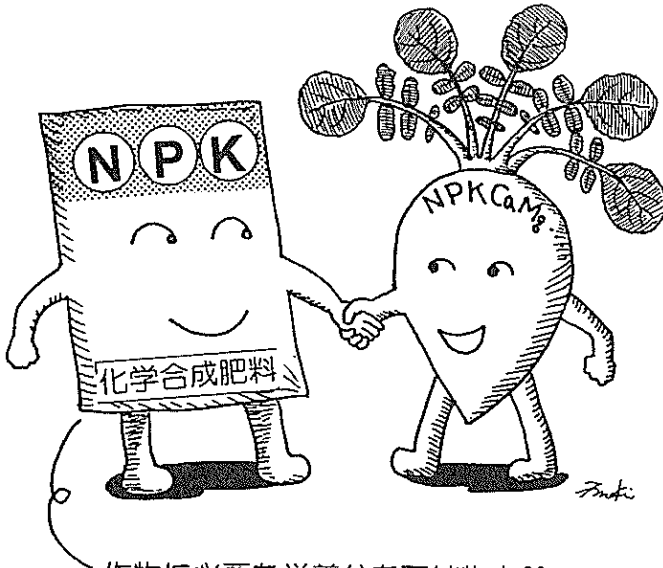
化学肥料は安全で、高品質農産物の栽培に適しています。

農作物は、窒素、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウム等の無機成分を根から吸収して生育します。これらの成分を、安定して作物に供給するために作られたのが化学肥料です。そのため、作物生育には最も適した肥料であるといえます。作物生育のためには、これらの成分以外に、鉄、亜鉛、ホウ素、モリブデン等の微量要素を少量必要とするのですが、これらの成分は化学肥料には普通あまり含まれていません。これは、化学肥料が不純物が少なく製造されているためですが、微量要素を含んだ肥料も製造されています。このように、化学肥料は肥料成分を重視して、できるだけ不純物を少なく製造しているため、危険な物質は含まれていません。

化学肥料は、扱いやすく、農作物の生育に適したように作られているので、ややもすると使いすぎることがあります。肥料成分の中でも窒素が過剰になると農作物が肥大成長し、味が悪くなったり、日持ち(貯蔵性)が悪くなる等の品質が低下することがあります。これに対し、有機肥料は土壤中でゆっくり分解するため肥料効果が悪く、過剰な生育が防げるため、有機肥料で栽培したものが品質が良いといわれています。

化学肥料を使っても、基肥をできるだけ抑え、作物生育に応じてこまめに追肥を行えば、高品質の農作物生産が可能になります。むしろ有機肥料よりも肥料効果のコントロールがしやすいので、農作物の高品質生産には適した肥料であるといっても過言ではありません。最近では、作物生育に適した窒素肥料の発現性がある肥効調節型肥料が製造されているので、これを上

手に使えば高品質農産物生産が可能になります。



作物に必要な栄養分を不純物を除いて濃縮したもの —だから安全

Q74

水耕栽培や養液栽培では無機肥料を水に溶かして使っていますが、品質はどうなのですか

養液栽培でも上手に管理すれば品質の優れたものがつくれます。

植物は、生育に必要な養分を、窒素、リン酸、カリ等の無機成分を吸収することによって合成することができます。ごくわずかの有機物も直接吸収できるようですが、大部分の栄養は無機塩類の吸収によってまかさないます。これらの養分を水に溶かして与え、作物を栽培するのが養液栽培です。

養液栽培は、根の支持方法によって砂礫（れき）耕（砂や礫に作物を栽培する）、ロックウール耕（ロックウール培地に作物を栽培する）、水耕（根を支持体で固定し、直接養液を根にふれさせる）、噴霧耕（養液を霧状にして与える）などに区分されます。

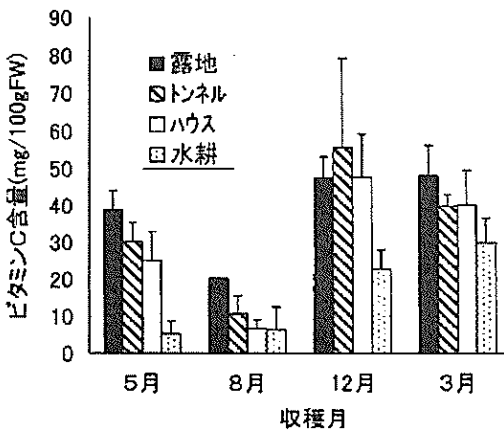
養液栽培は、作物に養分を効率よく吸収させるために開発した方法であり、作物を早く生長させることができます。しかし、生育が早いと水分含量が高くなり、作物体に含まれる糖やビタミンなどの内容成分が少なくなることがあります。

千葉県で露地、トンネル、施設（ハウス）、水耕栽培のハウレンソウに含まれるビタミンCを測定した事例を図に示しました。露地や施設の土耕栽培に比べて水耕栽培のビタミンCは少ないですが、これは栄養がよく短期間に生育したためです。このように、早期多収穫のための栽培法では高品質農産物は生産できないのですが、肥料を適切に使い、光線が十分に当たるように株間を広くして栽培すれば、養液栽培でも品質の高いものが生産可能です。また、養液耕は自動化しやすいため、植物工

場のような大規模生産で環境制御をすることにより病害虫の発生しにくい栽培方法にすることもできます。



養液耕栽培（ロックウール耕） トマトの例



栽培形態の異なるホウレンソウのビタミンC含量
(千葉県農試)

Q75

肥料の使い方と品質は変わりますか

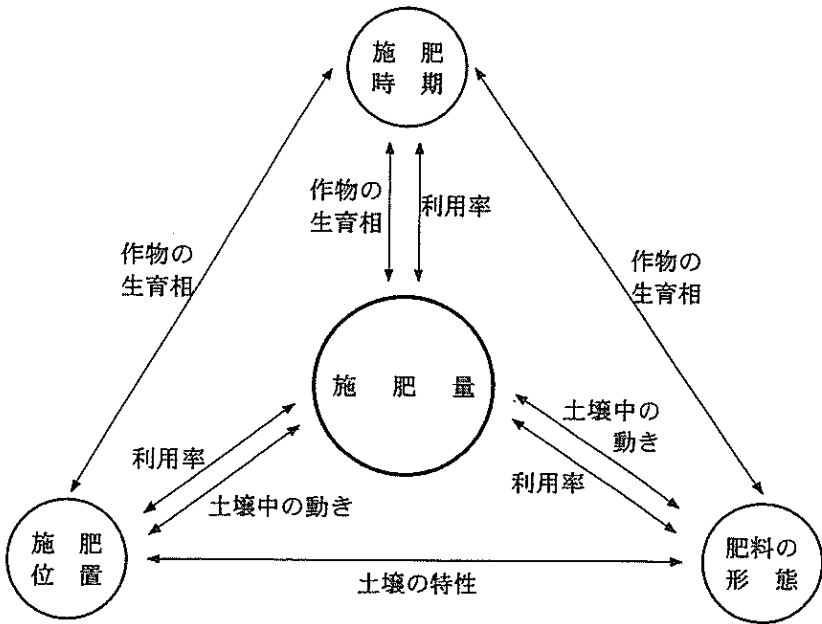
施肥の方法によって農産物の収量が変わるように、品質も変わります。

施肥は、作物の生育に適した養分を供給することです。肥料のやり方を考えるうえでは、対象とする作物の栄養特性を把握し、土壌条件や環境条件、作業性を考慮し、それに適した方法を決定することが必要です。

施肥技術には、右の図に示したように、施肥量、施肥時期、肥料の形態、施肥位置の4つの要因があります。これらは、作物の栄養特性、生育状態などの作物の生育相、土壌中での肥料成分の挙動、作物への利用率などによって決定されます。この組み合わせによって、最大収量が得られるように施肥方法が決定されています。これらの考え方は、肥料成分のうち、窒素が最も大きく影響します。

同様に、品質向上のためにも、これらの要因は大きく関係しますが、現在のところ個々の要素と品質の関係の研究は十分ではありません。現在わかってい範囲では、次のことがいえます。稲や果物などの穀物や果実を収穫するものでは、収穫期まで窒素成分が十分にあると品質が低下するものがあります、このような作物に対しては、生育後期に窒素成分が低下する施肥法にする必要があります。また、みずみずしさを要求される葉菜類では生育全期を通じて十分な栄養が供給されるような施肥法が必要となります。

また、窒素成分だけでなく、他の成分も品質に影響してくる場合があります。リン酸やカリの多量施用は収量を高めながら糖含量を増加することもあります。



施肥技術を構成する四要因

Q76

おいしい米を作るためには、肥料をどのように使えばよいのですか

たい肥を施用したうえで、基肥重点の施肥にすることが大切です。

米の食味には、粘性、弾性、加熱吸水率、膨張容積、糊化温度、ブレイクダウンなどの理化学性が影響するといわれています。これらの特性とタンパク（窒素）含量の間には関係があり、タンパク含量が少ない米が高品質であるとされています。

施肥による品質への影響は窒素が最も大きく、表に示したように、ササニシキ、フジミノリともに基肥窒素施用量が10 aあたり8 kgから12kgに増量されると玄米中のタンパク含量が増加しています。また、穂肥や実肥の窒素施用量を3 kgから6 kgに増量すると玄米のタンパク含量が増加しています。また、この米を使ってパネルによる食味試験をした結果を図に示しました。タンパク含量と味の間には負の相関がみられています。

リン酸やカリとタンパク含量や食味に明確な影響はないとされていますが、無リン酸や無カリ栽培ではタンパク含量が増加し、品質が低下するとう報告があります。また、たい肥を施用した場合は、施肥量を減少させないとタンパク含量が増加することになります。

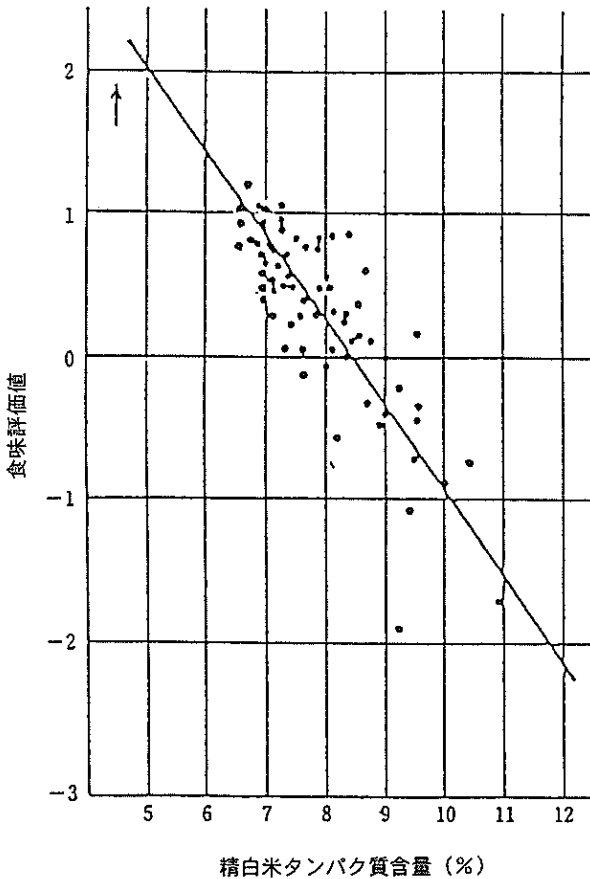
いままでに研究された結果から、おいしい米をつくるための施肥法を考えると、たい肥を施用して土づくりを行ったうえで、基肥の窒素をやや少な目にして、リン酸とカリは基準量施用して収量のある程度まで確保し、実肥は避けることが大切な条件となります。

窒素施肥と玄米のタンパク含量(山下, 1974)

(施肥量はkg/10a)

窒素施肥量	8-0-0	12-0-0	8-3-0	8-6-0	8-0-3	8-0-6	8-3-3
ササニシキ	6.43%	7.56	6.37	8.15	7.79	8.63	8.09
フジミノリ	7.50%	8.69	8.15	9.46	8.93	9.58	9.76

注：窒素施肥量の項は、左から基肥、穂肥、実肥である。



Q77

高品質の野菜を作るためには、肥料をどのように使えばよいのですか

野菜の施肥特性にあった、適切な施肥で栽培することです。

野菜は種類が多いために、おいしさに対する考え方も異なります。葉菜類では新鮮さやビタミン含量が、根菜類では食感や甘さが、果菜類では酸と糖が重要な要因になります。施肥によってこれらがどの程度影響するかの解明は十分には行われていません。野菜の食味の重要な成分である糖類と施肥との関係を表に示しました。これによると、糖含量と窒素栄養とは関係が深く、窒素が多いと糖含量は低下しているが、リン酸やカリはほとんど影響がありません。有機質肥料区の糖含量が最大ですが、注意してみると糖含量は収量と反比例の関係にあることがわかります。糖含量の高い野菜を作るためには窒素成分を抑えて栽培し、必要以上に作物を大きくしないことが重要です。

野菜は種類によって栄養特性が違い、その特性に合わせた無駄のない施肥が重要になります。野菜の養分吸収特性を、3区分したものを図に示しました。

尻上がり型は、生育前期の肥料を抑制し、生育後期に肥料を効かせるもので、カボチャ、ダイコン、スイカなどです。基肥を少なくし、追肥で補います。

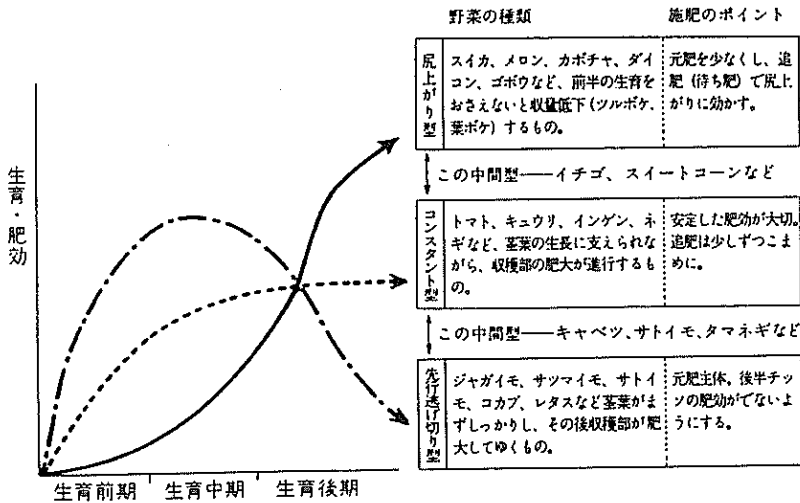
コンスタント型は、生育に比例した養分吸収を行うもので、トマト、キュウリ、ネギなどです。安定した肥料効果が必要なため、こまめな追肥が必要です。

先行逃げ切り型は、養分吸収が生育とともに増大し、その後に減少するタイプで、タマネギやジャガイモ、レタスなどです。基肥中心の施肥になります。

おいしい野菜をつくるためには、このような肥料特性に合わせた無駄のない施肥が必要です。

キャベツの施肥条件と糖含量(矢野, 1981)

処 理 区	収 量	グルコース	フラクトース	スクロース	全 糖
標準施肥	448kg	1.52%	1.65%	0.13%	3.30%
窒素多施用	529	1.35	1.44	0.13	2.92
リン酸多施用	472	1.51	1.65	0.12	3.29
カリ多施用	458	1.58	1.73	0.19	3.48
有機質肥料	359	1.84	2.13	0.29	4.26



野菜の栄養タイプと施肥のポイント(伊達, 1983)

おいしい果物を作るためには、肥料をどのように使えばよいのですか

たい肥で土づくりをし、適切な栽培管理で栽培することです。

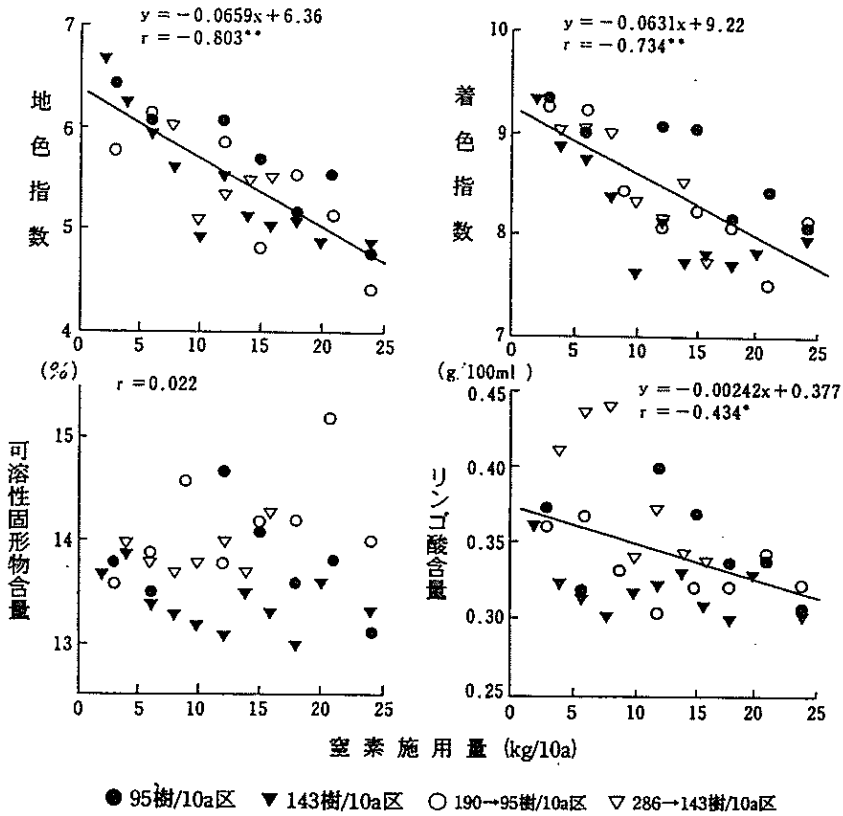
おいしい野菜や果物を生産するためには、土壌の物理性や化学性を改良する土づくりと適切な施肥管理が基本です。窒素肥料の減肥と節水栽培が農産物の糖度増加に効果があることが知られていますが、この場合も土づくりが十分でないと、作物生育が安定せず、高品質な作物生産はできません。

土壌の物理性改良のためには深耕を実施し、化学性改良のためには土壌のpHを適正值（一般には6程度）に調節し、必要があればリン酸改良を行う必要もあります。そのうえで、完熟したたい肥を適量（2t/10a程度）施用します。

適切な栽培管理は、土壌診断に基づいた無駄のない施肥に心がけることが必要であるとともに、適切な水管理を行うことが大切です。窒素は作物生育のためには欠かせない重要な成分ですが、おいしい野菜や果実には窒素成分が少なく炭素成分が多く含まれています。このため、適切な窒素施肥を行い過剰な窒素栄養を供給しないと甘みの多い、おいしい農産物が生産できません。さらに、水分が多いと糖の生産力が落ちるので、過剰な灌水を行わないようにすることも大切です。

窒素栄養と水の抑制は、高品質農産物の生産だけでなく、作物生育の抑制にもなり、収量は減少するのですが、堆きゅう肥が十分に施用され、土づくりが完全に行われていると、生産量も確保され、安定しておいしい果物を生産することが可能となります。

窒素施用量とリンゴ果実の品質 (日笠ら)



Q79

化学肥料と有機質肥料の両方を上手に使うにはどうしたらよいのですか

持続的農業生産のためには、化学肥料と有機肥料の特徴を生かして使うことが必要です。

化学肥料は取り扱いやすく、価格が安く、色々な成分の配合ができる特徴があります。これに対し、有機肥料は種類により成分は異なりますが、一般に窒素成分が多く、カリが少ない特徴があります。また微生物分解を受ける必要があるため、ゆっくり分解し、温度依存性が高いという特徴があります。

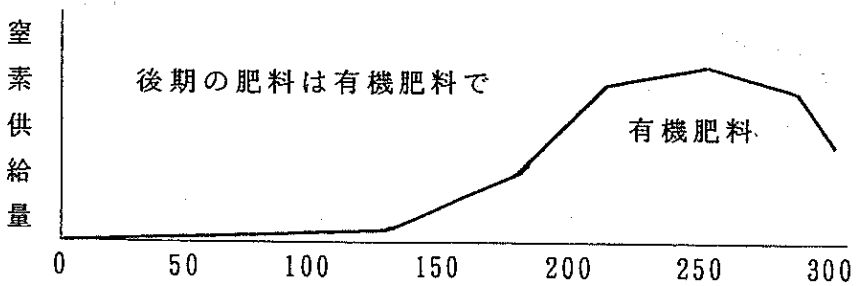
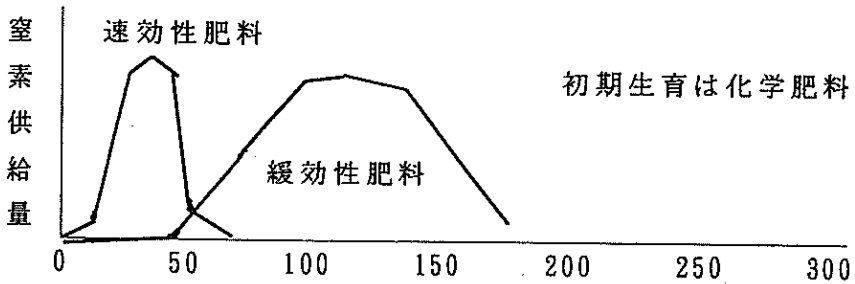
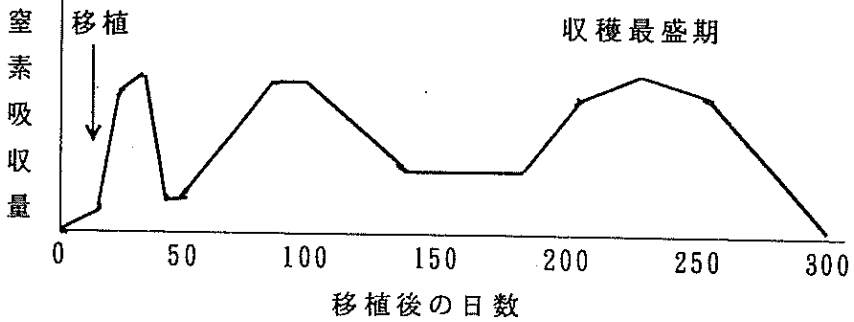
このように異なる性質を持った資材であるため、有機肥料の特徴と化学肥料の特徴を合わせれば、作物生育に理想的な肥料ができる可能性があります。とくに有機肥料ではカリを含む資材は、草木灰や油かす家畜ふんなど数が少なく、有機肥料だけではカリが十分に供給できず、化学肥料で補うことが必要になります。

イチゴの例をとって、有機肥料と化学肥料の併用の考え方を図に示しました。イチゴの窒素は、図に示したように、養分吸収のピークは2つあります。花芽分化の進む前期の微妙な時期を化学肥料で供給し、後期の収穫最盛期を有機肥料で供給するなど、新しい考え方が必要となってきます。

このように、農産物の生育と養分供給にみあった肥料の供給を行うためには、化学肥料と有機肥料の結合が不可欠な技術となってくると考えられます。現在でも、高品質化を求める果実や果菜類では、有機入り配合肥料が広く使われています。

イチゴ栽培にみる窒素の養分吸収と施肥の考え方

イチゴの時期別窒素吸収量の変化



(チッソ旭肥料(株)資料より作成)

おわりに

安心・安全な食料生産と豊かな農業の発展のために

世界ではじめて作られた化学肥料は、1843年にイギリスで作られた過リン酸石灰です。日本でも1887年に工場が作られました。窒素肥料の原料であるアンモニアの合成はドイツで1913年に開始されました。日本では1923年に工業生産が始まっています。窒素肥料、リン酸肥料ともに100年近い、あるいはそれ以上の歴史があります。

化学肥料が食料生産に大きな功績を果たしてきたことは肥料の歴史の中で明白にみることができます。例えば、太平洋戦争が終ったとき、日本は大変な食料不足でした。当時、肥料工業は戦争の被害でほとんど壊滅状態だったのですが、食料供給のためにまず肥料生産が戦後復興の最優先工業に指定され、肥料を確保して食料を増産したのです。同様のことは、いま中国でもみることができます。2030年問題というほど、人口増加に伴う食料不足の問題が議論になっていますが、中国では肥料を大増産して食料を確保しようとしています。その結果、中国は今、窒素肥料の生産では世界一になっています。インドなどでも肥料は大増産されています。

肥料は食料の増産に寄与するとともに、農作物を健全に育て、養分を多くし人や家畜の健康の増進にも大いに役立っています。化学肥料を使ったからといって、食料が安全でなくなることはありません。

ただ化学肥料はすぐ効果が現れ収量が増えることから、過剰に使われる例がみられるようになりました。その結果、生産物の品質が低下することがあります。コメでは窒素が多くなりタ

ンパク質が増加すると、硬くなり食感が低下することが判明しています。野菜や果物では窒素が不足気味（そして水分も少なめ）のほうが糖度が高くなることから、窒素肥料が多いと品質が低下するといわれています。

有機質肥料は、窒素などが有効化するのに時間がかかるため、化学肥料のように一時に土壤中で濃度が高くなることはありません。そのため品質の高い生産物が作りやすいのです。果物、野菜などで有機質肥料が愛用される理由です。しかし有機質肥料の供給は不足しており価格が高いのです。外国から多量に輸入していますので、食料の安保が議論されると同様に、有機質肥料についても国際間の緊張があるときには安保問題が生じます。

有機質肥料、あるいは堆肥などの有機性資材には価格以外にも問題があります。成分含量が低いために、量が多く必要です。堆肥などでは水分が多いため、重くなります。また有機質といっても、内容は千差万別で成分含量も違い、また分解の仕方（効果の現れ方）も原料、工程などで大きく違います。農家は施用した肥料が不足して生育が悪くなるのをおそれますので、堆肥などは、分解が遅れて生育初期に成分不足にならないように施用量を多くしがちです。そのため吸収されない肥料成分が土壤中に多く残留し、これが夏の高温時に分解が促進され、生育後半で窒素過剰になって農産物の品質を落とし、さらに吸収されない成分は溶脱して地下水汚染になることが考えられます。有機質資材を使ったからといって環境的に良くなるとは限りません。

化学肥料を有機質資材と併せてうまく使う工夫が必要だと考えています。化学肥料も、施肥位置、時期などを含めた施肥技術が改善され、また新しい肥料が開発されて、環境に悪影響を及ぼさないようになっています。

今、日本の農業は国際化の中で、生産コストの低減、生産性

の向上の問題と、競争力に打ち勝つための高品質化が課題になっています。一方、農業を通じてよい環境を作ってゆく視点、農業の多面的機能を高めてゆく見地も重要です。農業生産に近道はありません。マジックはないのです。基本に立ち返って着実に農業生産の目標を達成していくしかありません。そのような農業生産の中で化学肥料がこれからもお役に立ちつづけることを願っているものです。

化学肥料Q&A

総集編

安全・安心な食料生産と
豊かな農業のために

執筆委員

- 藤 沼 善 亮 農学博士
元、農林水産省 中国農業試験場 場長
- 越 野 正 義
元、農林水産省 農業環境技術研究所 資材動態部長
- 樋 口 太 重 農学博士
元、独立行政法人 農業環境技術研究所
化学環境部 重金属研究グループ長
- 藤 原 俊六郎 農学博士
神奈川県農業総合研究所 農業環境部長
- 木 村 武
独立行政法人 農業技術研究機構
中央農業総合研究センター 土壌肥料部 資料利用研究室長
- 村 上 敏 文 農学博士
独立行政法人 農業技術研究機構
近畿中国四国農業センター 四国研究センター主任研究官

平成15年7月

編集・発行 日本肥料アンモニア協会
東京都中央区日本橋室町3-1-6
磷酸倶楽部ビル
TEL 03-3241-0101
FAX 03-3241-0919

