

肥料価格高騰の今こそ、目指せ「健康な土づくり」

東京農業大学 名誉教授

全国土の会 会長

後藤 逸男

E-mail : igoto@nodai.ac.jp

1. 土壌肥沃度の二極化が進む日本の農耕地土壌

(1) 地力の低下が進む水田土壌

本来、水田土壌は畑土壌より肥沃であるが、その肥沃度を維持するには適切な施肥と堆肥などの有機物施用が重要である。禾本科植物である水稻では窒素・リン酸・カリより大量のケイ酸を吸収するので、三要素の他にケイ酸質肥料の施用が必要である。しかし、米価の低迷とそれに伴う稲作農家の兼業化などの影響で、けい酸質肥料や堆肥の施用量は減少の一途を辿っている。けい酸質肥料としては高炉スラグを粉砕したケイカルが一般的で 30%程度のアルカリ分を含み土壌酸性改良資材としての役割も果たすが、その施用量減少の影響で地力増進法における水田土壌の基本的な改善目標である pH(H₂O) pH6.0~6.5 の下限値を下回る事例が増えている(図 1)。

従来から「水田には塩安・塩加、畑には硫安・硫加」が土づくりの基本とされてきた。湛水条件で水稻を栽培する水田では作土の還元化が進むと硫化水素が発生して水稻根の生育を阻害して著しい収量減をもたらす。このような現象を秋落ちという。その防止対策として、水田には硫酸イオンを含まない塩化アンモニウム(塩安)や塩化カリウム(塩加)の施用が慣行化したわけであるが、最近では各地で水稻の硫黄欠乏症が見られるようになった。なお、土壌中には鉄が含まれているので、発生した硫化水素が Fe²⁺と反応して硫化鉄となり無害化される。しかし、長年に渡って水稻栽培を続けると作土から Fe²⁺が下層に溶脱して、硫化水素の無害化ができなくなる。このような水田が老朽化水田で、まさ土を母材とする

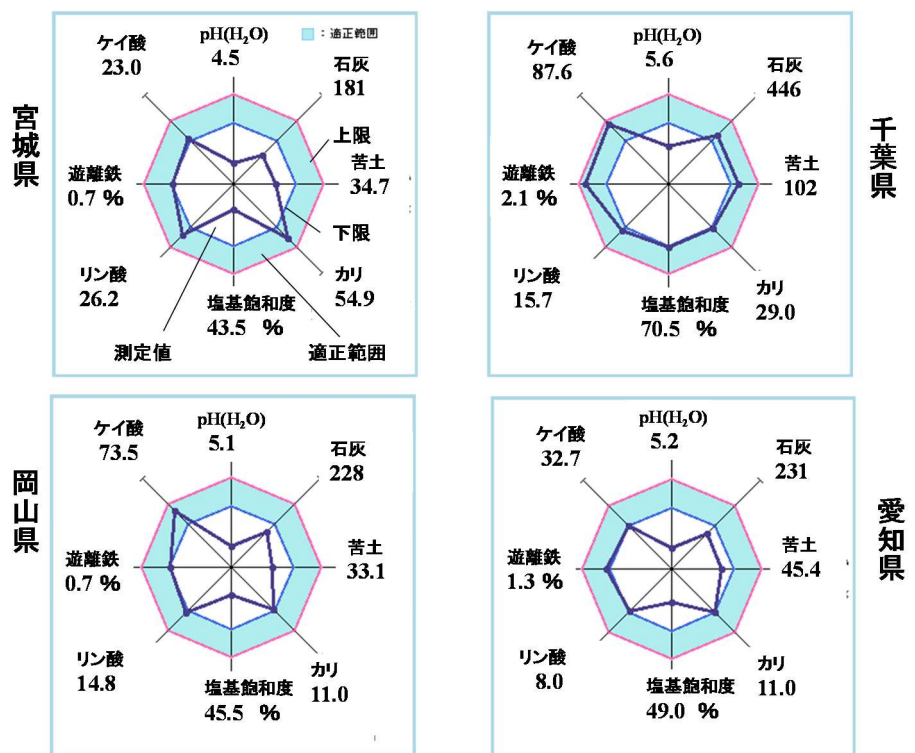


図1 水田の土壌診断分析事例(レーダーチャート)

水田や砂質水田など鉄含有量の少ない水田で生じやすい。その対策として転炉スラグなどの含鉄資材が施用されてきたが、最近ではその施用量も減少している。

(2) 土壌の「メタボ化」が進む畑土壤

一方、畑では土壌中への可給態リン酸や交換性カリ、塩基バランスの崩れなど水田土壤とは逆の現象が生じている。特に、ハウス内で野菜や花卉を栽培する施設園芸土壤では、可給態リン酸過剰が顕著だ。その原因は、水稻作より収益性が高いため土壌改良資材や肥料に経費をかけやすいことから、家畜糞堆肥の過剰施用、特に黒ボク土の畑では意識的に窒素・カリよりリン酸含有量の多い化成肥料や配合肥料を施用するためである。また、土壌に施用されたリン酸は窒素やカリより下層に移動しにくく作土内に蓄積しやすいこと、作物へのリン酸吸収量が窒素・カリに比べて少ないこと、土壌養分の過剰が作物の生理障害に及ぼす影響が窒素・カリとリン酸では異なることも原因している。例えば、窒素多肥栽培では、生育生長から繁殖生長への切り替えが進まず青立ちやつるぼけが起こったり、細胞の軟弱化により病虫害を受けたりしやすくなる。カリ過剰ではカリウムとマグネシウムの拮抗作用によるマグネシウム欠病が生じやすい。また、アンモニア態窒素過剰で植物へのカルシウム吸収が抑制されると細胞が軟弱化して、トマト尻ぐされ症などに罹りやすくなることが知られている。一方、リン酸過剰が作物の鉄欠乏をもたらしことは知られていたが、窒素やカリのように明瞭な過剰障害が出にくいいため、農家のリン酸過剰に対する問題意識が薄かったことも原因のひとつである。しかし、最近では施設スイートピーの葉身白化症状やワケギの葉先の黄化・褐変障害がリン酸過剰による直接的な生理障害であることが報告されている。さらには、土壌のリン酸過剰がアブラナ科野菜根こぶ病(写真1)・ウリ科ホモプシス根腐病・フザリウム病害などの発病を助長することも明らかとなり、土壌のリン酸過剰が大きく問題視されるようになった。

露地畑では、交換性カリの過剰に伴う弊害も各地で見られるようになった。例えば、埼玉県のプロコリー畑では、牛糞堆肥の過剰施用によるカリ過剰が、プロコリー花蕾黒変症(写真2)を引き起こすことが明らかにされている。このような畑・施設土壤の養分過剰やアン

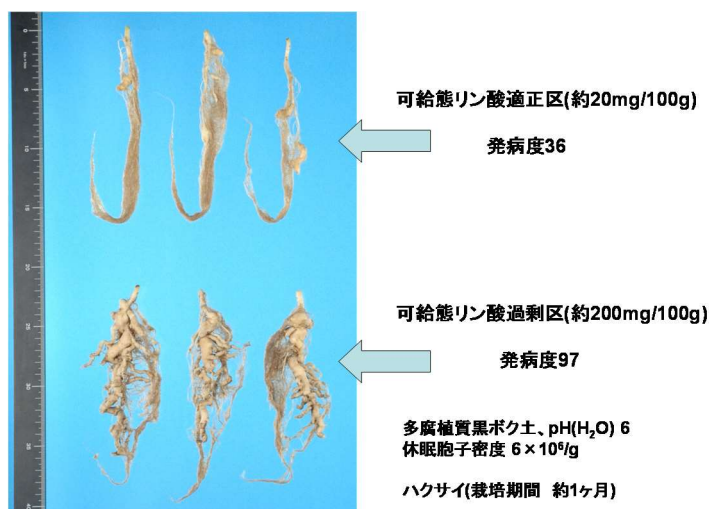


写真1 可給態リン酸過剰がアブラナ科野菜根こぶ病の発病を助長する



写真2 プロコリー花蕾黒変症

土壌中のカリ過剰が原因のカルシウム欠乏により
脆弱化した花蕾部の細胞にべと病菌が感染して発病する

録田 淳(2014)

バランス化は、いわば土壌の「メタボ化」といえる。

2. 目指すは「健康な土づくり」

これまでの「土づくり」といえば、堆肥や石灰・リン酸などの土づくり資材を施すことと思われがちであった。しかし、長年にわたってそのような土づくりを行ってきた園芸産地では、可給態リン酸や交換性カリの蓄積、窒素過多に伴う土壌酸性化など「土のメタボ化」が起きている(図2)。また、連作の他に「土のメタボ化」を原因とする土壌病害が全国で発生している。土をよくするどころか「土こわし」を行ってきたといって過言ではない。

一方、水田で本来の「土づくり」が行われなくなった背景には、米あまりや米価下落などがある。最近では食用米に変わって飼料米の作付面積が増えていて、とくに全稲体を収穫するホールクロップサイレージ(WCS)では、食用米作付水田以上に養分収奪が増加して、これまで以上に「地力」の低下が懸念される。

今こそ、これまでの「土づくり」から、土を健康にするための「健康な土づくり」にシフトすべきである。そのためには土の健康状態を把握することが不可欠であり、そのツールが土壌診断だ。

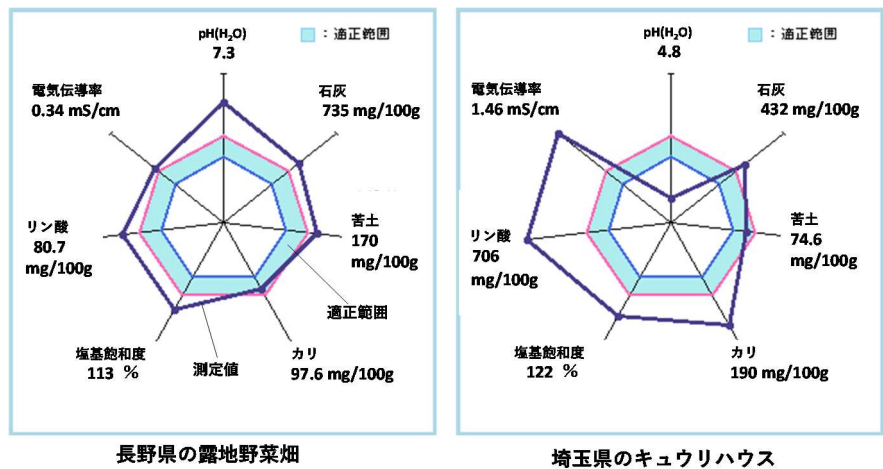


図2 畑と施設の土壌診断分析事例(レーダーチャート)

3. 「健康な土づくり」に欠かせない土壌診断

このところの肥料価格の高騰がわが国の農業界に大きな影を投げかけている。2022年5月末に発表されたJA全農の2022年の秋肥価格では、尿素や塩化カリのような「健康な土づくり」に欠かせない化学肥料単肥が2倍近くに高騰した。一方、リン酸肥料は25%に留まったが、このような肥料価格高騰は今回に限ったことではない。2008年には、中国の輸出規制によりリン鉱石の国際価格が前年比4.7倍に上昇し、「リン酸ショック」と呼ばれた。その際には肥料価格が上昇しても肥料の入手は可能であった。しかし、この度は価格上昇だけでなく肥料そのものが手に入りにくい。特に、輸入化学肥料に大きく依存している養液栽培農家には深刻な状況だ。2023年には、肥料価格が下がる傾向にあるが、以前に比べると高値が続いている。

たびたび繰り返される肥料価格高騰に対して、農林水産省や農業団体では土壌診断による適正施肥と家畜糞堆肥の肥料利用を二大対策として打ち出してきた。また、前回には土壌診



図3 処方箋のない「全国土の会」の土壌診断システム



写真3 「全国土の会」の土壌診断室

断を行った農家に対する補助金制度も導入された。その際には、筆者らが開発した簡易土壌診断キット「みどりくん」が馬鹿売れした。調べてみると水田農家での利用が多かったようであるが、その土壌診断キットは土壌養分が過剰な施設園芸土壌を対象として開発したもので、水田土壌の分析には不向きであった。今回の肥料価格高騰では、土壌診断による施肥設計など化学肥料低減に向けた2つ以上の取組に取り組めば肥料価格高騰分の7割を支援する対策が講じられた。その影響で全国の土壌診断室に分析依頼が急増し、パニック状態となった。また、「みどりくん」の需要も高まり、入手できない状態がしばらく続いた。土壌診断は支援金目的ではなく、「健康な土づくり」のためのツールでなくてはならない。

わが国で土壌診断が本格的に稼働し始めたのは1970年代で、官民あげての「土づくり運動」であった。その後、1981年には農林水産省が中心となり「土壌・作物体分析機器実用化事業(略称 SPAD)」が推進された。その中で土壌・作物体総合分析装置や葉色計、貫入式土壌硬度計など土壌診断のための各種機器が開発され、全国の土壌診断室などに配備された。農林水産省が2006年に行った調査によると、全国に914ヶ所の土壌診断室があり、その50.4%が普及センター(392ヶ所)と公立研究機関(69ヶ所)であった。その後の調査は行われていないようで詳細は不明だが、現状での土壌診断分析はその多くが農業団体や肥料メーカー・肥料商など、資材や肥料の販売に関わる機関の土壌診断室で行われている。しかも、分析手数料が無料であることが多い。土壌診断分析には、高価な分析機器や試薬を使う、それに人件費も必要だ。それにもかかわらずなぜ、無料でできるのか不思議だ。また、土壌診断分析結果には必ずといってよいほど、処方箋が記載されている。農家の多くは、無料の土壌診断を受け、分析結果も見ないで処方箋通りの資材や肥料を注文してしまう。それでは農家のための土壌診断とはいえない。人の健康に対する処方箋は医師しか書けないが、土壌診断の処方箋は農家でも書ける。人と土の健康はそこが異なる(写真3、図3)。

土壌診断を肥料価格高騰対策として活用するには、農家自身が土壌診断結果を判読し、それに基づいた土壌改良・施肥設計を行う。そのためには、土と施肥の基礎知識をしっかりと身につけることが不可欠だ。

4. 「みどりの食料システム戦略」における有機農業について

(1) 「みどりの食料システム戦略」における有機農業の定義

農林水産省では持続可能な食料システムの構築に向けて、2021年5月に「みどりの食料システム戦略」を策定し、中長期的な観点から、調達、生産、加工、流通、消費の各段階の取組とカーボンニュートラル等の環境負荷軽減のイノベーションを推進している。その中で、2050年まで目指す姿と取組方向として、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%削減、耕地面積に占める有機農業の取組面積を25%(100万ha)に拡大することを掲げている。

農 林 水 産 省 の ホ ム ペ ー ジ

(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/yuuki/>)によると有機農業とは、「有機 JAS 認証農地(令和3年現在 15.3 千 ha)+有機 JAS 認証を取得していないが、有機農業が行われている農地(令和3年 11.3 千 ha)」と定義している。後者については、「有機農業推進法」に基づく取り組みとなっている。その有機農業推進法において、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。」と定義されている。

2023年2月10日、岸田文雄首相は新型コロナウイルス感染対策として、政府が検討するマスク着用ルールの見直し案に関連し、2023年春に開かれる小中学校や高校などの卒業式について「国歌等の斉唱や合唱のときを除き、児童生徒と教職員はマスクの着用をしないことを基本としたい。」「決して着脱を無理強いすることがないように求めたい」と述べている。すなわち、「必ずしもマスクをはずさなくてもよい」と明言しているといえる。その論法からすれば、「有機農業では化学合成農薬・化学肥料を利用しないことを基本とする」とは、「有機農業では、化学合成農薬や化学肥料を利用しないことを無理強いしなくてもよい」ということになる(写真4)。



戸田東小学校・中学校を視察後、報道陣への対応前にマスクを取る岸田首相=埼玉県戸田市で
2023年2月10日午前11時(代表撮影)

写真4 報道陣の前にマスクをはずす岸田首相

<https://mainichi.jp/articles/20230210/k00/00m/010/134000c>

(2) 慣行収量を上げるような有機農業を実践すれば、「土の健康」を損ねやすい

「みどりの食料システム戦略」により有機農業への関心が高まっている。しかし、日本農業の歴史からすれば、化学肥料を利用する農業はわずか1世紀余りに過ぎない。過去の有機農業あるいは自然栽培では、自然の物質循環を活用した農業が営まれていたが、現在の慣行農業のような作物収量は望むべくもない。江戸時代の人口は1,400万人程度とされるが、従来の有機農業ではその程度の人口しか養えなかった。しかし、おそらく「土の健康」は保た

れていたと思われる。

現代の有機農業では、様々な工夫や技術が導入されてかつての有機農業に比べて飛躍的に作物生産性が向上していると思われるが、慣行農法並みの作物収量を得るには施肥量を増やすほかに方法はない。有機農業で利用できる肥料や堆肥には必ず三要素が含まれている。三要素である窒素・リン酸・カリは土壌中での挙動や作物吸収量が異なる。具体的に、窒素とカリは雨水に溶解しやすいため下層に溶脱するが、リン酸は極端な砂地土壌でない限り土壌中に残留する。一方、作物によるリン酸吸収量は窒素とカリに比べて数分の一程度に過ぎない。

有機農業で多用される家畜糞堆肥は堆肥化過程で窒素成分がアンモニアガスとして揮散するため、完熟堆肥ほど窒素が効かなくなる。その一方、リン酸は堆肥化過程で有機態から無機態に変化するため、作物に吸収されやすい形態となる。カリは、常にカリウムイオンとして挙動するため、未熟でも完熟でも化学肥料並の肥効を呈する。そのような堆肥のみを利用して作物を栽培するには大量の堆肥を施用する必要があるため、連用すればするほど土壌中にリン酸が蓄積して「土のメタボ化」が進む。

土壌中にリン酸が蓄積するので、次のようなリスクが発生する。

- ①アブラナ科野菜根こぶ病やフザリウム病害などの土壌病害の発生を助長する。
- ②リン酸が蓄積した畑では風蝕によりリン酸を含んだ土壌粒子が水域に飛散降下して、湖沼のアオコや海域の赤潮の原因となる水域の富栄養化をもたらす。
- ③有限で貴重な地球の資源であるリン酸の浪費に繋がる。

土の健康を損ねることなく家畜糞堆肥を活用するには、土壌診断に基づいて堆肥の畜種を決定する。土壌の可給態リン酸が欠乏している場合には、リン酸を多く含む鶏糞や豚糞堆肥を数 t/10a 施用する。可給態リン酸が過剰な土壌では、牛糞堆肥 1t/10a 程度、鶏糞あるいは豚糞堆肥では 0.5t/10a 程度を施用する。その程度の堆肥施用量であれば、土壌のリン酸過剰を助長することはない。ただし、そのような堆肥施用量では窒素が不足して十分な収量を上げることはできない。そこで、堆肥に尿素や硫安などの窒素単肥を併用する。

そのような家畜糞堆肥など国産バイオマス資源＋化学肥料単肥の併用こそが今後わが国で進めるべき「有機物活用型農業」であり、中を省略すると「有機農業」となる。

(3) 下水汚泥の肥料利用と有機農業

昨年 10 月、岸田首相が農林水産大臣に「下水汚泥の肥料利用を進めるように」との指示を出した。その鶴の一声で、下水汚泥を原料とする肥料に大きな注目が集まっている。筆者らは数十年前より下水汚泥の肥料利用を研究してきたが、やっとの事でその機運が高まりつつある。

2019 年 12 月の肥料法改正で、下水汚泥などの汚泥を原料に含む肥料については「汚泥肥料」に一本化されたが、2023 年 10 月に新規公定規格として「菌体りん酸肥料」が設定された。下水処理工程で化学薬品(凝集剤)が使われているとの理由で、これらの肥料では有機 JAS 認証を受けることができない。そのため、家畜糞尿に次いで発生量が多い下水汚泥を原料とする肥料を有機農業に使うことはできない状況にある。下水汚泥の肥料利用は、日本農業の

原点である「下肥農業」に繋がるにもかかわらず、有機農業に利用できないことは、極めて大きな矛盾点である。

(4)2050 年までに有機農業取組面積を 100 万 ha まで拡大できるのか？

2021 年 7 月現在、わが国の農耕地面積 435 万 ha の中で、有機農業取組面積はわずか 2.6 万 ha に過ぎない(図 3)。ほんとうに、目標を達成できるのであろうか。大農業国であるアメリカやフランスなどではすでに有機農業取組面積が 200 万 ha を超過しているが、その約半分が牧草地・採草地であり、野菜・ジャガイモ・サツマイモ畑では 2～3 万 ha に過ぎない(表 1)。

わが国の農耕地面積中水田が 147 万 ha、牧草地が 72 万 ha であるので、有機農業 100 万 ha を目指すにはこれらの農地を主な対象とするのであろうか。畑作物や野菜・花卉・果樹などの園芸作物にも有機栽培を拡大するのであれば、上記のように有機農業の定義を「有機物活用型農業」に変更すべきである。そうすれば、「汚泥肥料」や「菌体りん酸肥料」の利用も可能となる。

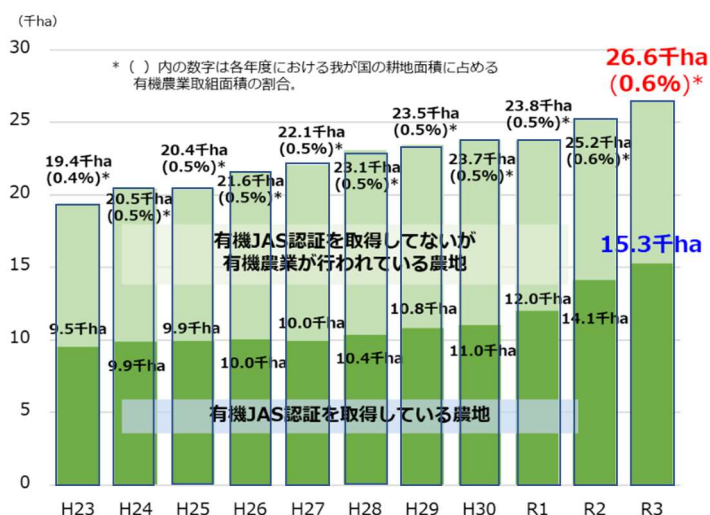


図4 日本の有機農業の取組面積の推移

農林水産省のHP(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/yuuki/>)より引用

表1：各国の有機農地 地目別面積

単位：万ha ()：全体に占める割合

栽培品目	イタリア	フランス	オランダ	米国	(参考) 日本
	有機農地面積合計 約200万ha (2018)	有機農地面積合計 約203万ha (2018)	有機農地面積合計 約6万ha (2018)	有機農地面積合計 約218万ha (2018)	(有機以外を含む 作物全体) (2019年)
水稲	1.8 (0.9%)	0.3 (0.1%)	—	2.0 (0.9%)	147
野菜・じゃがいも・かん しょ等	6.3 (3.2%)	3.1 (1.5%)	1.0 (16.7%)	2.3 (1.1%)	49
麦・豆・コーン・そば等	30.8 (15.4%)	30.1 (14.8%)	0.4 (6.7%)	38 (17.4%)	63
果樹	47.1 (23.6%)	57.2 (28.2%)	0.1 (1.7%)	8.4 (3.9%)	21
茶	—	—	—	—	4
牧草地	39.3 (19.7%)	52.0 (25.6%)	1.1 (18.3%)	32 (14.7%)	72
その他(採取場・放牧地等)	54.0 (27.0%)	72.8 (35.9%)	0.1 (1.7%)	93 (42.7%)	—
工芸作物・未利用地・その他(景観作物・燃料作物等)	16.4 (8.2%)	30.4 (15.0%)	16.4 (8.2%)	16.4 (8.2%)	9

農林水産省のHPの資料より作成

(<https://www.maff.go.jp/tohoku/seisan/smart/attach/pdf/forum2021-8.pdf>)

5. 肥料価格高騰の今こそ、化学肥料単肥を使おう

「みどりの食料システム戦略」では化学肥料低減と有機農業の推進が掲げられた。その後の世界情勢の激変により肥料価格が高騰しているが、それは化学肥料ばかりでなく有機質肥料でも同様だ。統計によると化学肥料の輸入量はこのところ漸減傾向にあるが、有機質肥料の輸入量は増加している。そこで、4種類の単肥について各成分 1kg 当たりの価格を表に示す。有機質肥料あるいはそれらを原料とする配合肥料を多用している園芸農家では、化学肥料の単肥を使うことで大幅な経費削減ができる。緩効性窒素肥料である被覆尿素でも窒素 1kg 当たりの価格はなたね油かすの半額以下に過ぎない(表 2)。

肥料価格高騰の今こそ、化学肥料単肥の活用を勧めたい。ただし、化学肥料一辺倒では土壌動物や微生物のえさになる有機物が不足して腐植含有量が減ってしまう。そのような現象が、今全国の水田で生じている地力の低下である。それを防ぐには土壌生物のえさとなる有機物を補給する、それが健康な土づくりの基本である。すなわち、農地に有機物を補給する目的は腐植を増やすためではなく減らさないためであり、補給する有機物としては堆肥の他にも有機質肥料、緑肥、作物残さなどさまざま。土層中に酸素が入りにくい水田には予め有機物を発酵させた堆肥が最善だが、その施用量が激減している。一方、土層に酸素が入りやすい畑では有機物分解を担う糸状菌の働きが活発なため、堆肥でなくても有機質肥料や緑肥のような新鮮有機物を施用してもよい。特に、緑肥は土壌団粒化促進にも最善だ。すなわち、堆肥は本来水田に施用すべき有機物なのである。

今後、家畜糞堆肥を肥料として活用するには、地域で拠点となるような大型の堆肥センターを設置し、良質な堆肥を大量に生産すれば、品質も均一化できる。それらの堆肥を地元の土壌診断室でも分析可能な 0.5M/L 塩酸抽出法で有効肥料成分量を分析すれば、それらの結果を施肥設計に組み込むことができる。家畜糞堆肥に限らず、下水汚泥や生ごみなどの国産バイオマス資源を原料とする肥料を最大限活用し、不足する養分を化学肥料単肥で補う。そのような「有機物活用型農業」こそが、今後わが国で進めるべき環境にやさしい農業である。

表2 各種肥料の成分含有量(%)と肥料成分1kg当たりの価格(円)

肥料の種類	肥料成分含有量(%)			容量 kg	価格 円	成分kg当たりの価格(円)		
	窒素	リン酸	カリ			窒素	リン酸	カリ
牛糞堆肥(袋入り)	0.1	2.6	3.7	15	540	72,000	1,374	968
豚糞堆肥(袋入り)	0.4	4.5	1.9	15	430	7,544	640	1,493
発酵鶏糞(袋入り)	0.8	3.4	2.9	15	430	3,583	838	992
魚かす	6	7	0	20	3,930	3,275	2,807	
なたね油かす	5	2	1	20	1,530	1,530	3,825	7,650
尿素	46	0	0	20	2,290	249		
被覆尿素	42	0	0	10	2,830	674		
過リン酸石灰	0	17.5	0	20	1,590		454	
塩化カリ	0	0	60	20	2,220			185

注1：某県某JAの2023年11月現在の販売価格

注2：三種家畜糞堆肥の肥料成分含有量は、0.5M/L塩酸抽出分析値