

## 北国から見た肥料の違い

北海道農業試験場畑作研究センター

畑作研究センター長 西 宗 昭

### 1. 肥料のイメージ

熊澤先生の「豊かな大地を求めて(1989)」に、「肥料」は明治以後の造語で、もとは「こやし」であり、土壌を肥沃にするものとされている(熊澤喜久雄 1989)。今の土づくり資材や有機物のイメージである。一方、「施肥の理想は作物の必要な時に、必要な養分を供給すること」といわれ、この場合の肥料は化学肥料のイメージになる。

21Cに入ろうとする時に19Cの話で大変恐縮だが、約160年前、肥料の科学的基礎は、急速に展開する近代化学を駆使した「植物の生育に必要な構成成分とその補給法」の追求により構築され、以後、西欧における肥料の考え方は腐植説から無機栄養説へ転換して化学肥料の時代へと進んだ。一方、工業が発展途上にあった日本、特に北海道では、約130年前の開拓から戦前までは自給肥料と有機質肥料に依存した肥料不足の時代が続いたといえる。戦後の化学工業の発展が、尿素を始め、今日の多様な化学肥料の潤沢な供給を可能にしたが、30年ほど前から多肥化の問題が顕在化してきたといえる。例えば、北海道のてん菜でも1961年から1971年の10年間に窒素施肥標準は堆肥2~3

t/10a 施用の前提で1.6倍のN16kg/10aに高まり、有吉佐和子の複合汚染の出された直後の農家施肥実態調査によるてん菜の最高窒素施肥量はN40kg/10aの多肥が記録されている。また、30年前の米の生産調整の始まりとともに有機栽培指向が進み、昨年、JAS法に「有機農産物の認証制度」が盛り込まれるに至っている。時代とともに肥料の意義や肥料への期待の違いが続いており、農業への要求もこの60年の間に「食糧増産→多収→高品質→高収益→計画生産→安全・機能性」といったように大きく変わってきている。

しかし、化学肥料を否定するだけでは食糧生産の維持は極めて難しく、新農業基本法に盛り込まれた「肥料の適正な使用の確保」は、問題点は反省するとして必要以上の施肥を改め、肥料の違いに留意した「上手な環境保全型施肥技術の開発の期待」を意味すると理解している。

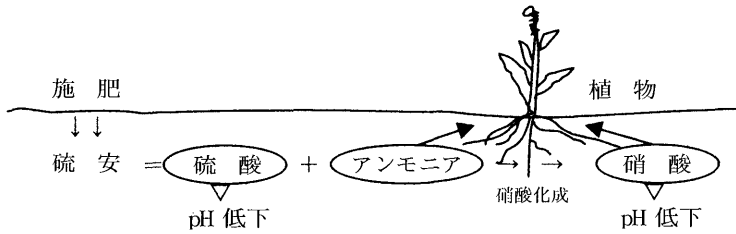
### 2. アンモニア態窒素と硝酸態窒素

入省直後、新肥料の肥効試験を担当しながら、植物の生活における窒素(プリヤニシニコフ:1865-1948)に次のようなことをことを学んだ。錬金術の時代から硝石(硝酸-N)は「肥沃の塩」と

## 本号の内容

|  |    |
|--|----|
| § 北国から見た肥料の違い.....                         | 1  |
| 北海道農業試験場畑作研究センター<br>畑作研究センター長 西 宗 昭        |    |
| § 被覆肥料を用いた畝内条施肥による<br>ハクサイの施肥改善試験.....     | 9  |
| 茨城県農業総合センター農業研究所<br>土壌肥料研究室<br>主 任 池 羽 正 晴 |    |
| § 薬用植物栽培の現状と薬用植物園の役割.....                  | 12 |
| 富山県薬事研究所付設薬用植物指導センター<br>副主幹研究員 寺 西 雅 弘     |    |

図1. 肥料の生理的酸性の仕組み



して広く知られていたが、肥料の科学的基礎が確立しつつあった19世紀に、チリ硝石がはじめてハンブルグに着いた時、買い手が現れずに海に投げ捨てねばならなかった。また、当時、農場では作物生産に対する硝石の効果が認められていたが、土壌の有機物が硝石をアンモニアに還元するからであると説明された。理由は、植物が利用できる窒素はアンモニアであるとの学説が当時の主流だったことにある。逆に、19世紀後半の硫酸を用いた水耕栽培の結果から、植物はアンモニア-Nを利用できないと結論づけられたりした。理由は、生理的酸性肥料の考えが確立されておらず(図1)、アンモニアが吸収された後に残った硫酸により水耕液が酸性になって植物の生育を妨げたからである。当時も農場では作物生産への硫酸の施用効果

が石灰の施用により高まることが既に知られていたが、水耕栽培でアンモニア-Nも硝酸-NもpHを調節することにより植物に有効利用されることが科学的に定着したのは20世紀直前である。

生理的酸性の被害回避の必要性は今日の圃場にも当てはまり、畑地ではアン

モニアが硝酸に変化して作物に吸われることは現在ではごく普通の考えであるが、生理的酸性や硝酸化成の考えが成立する以前には、これとは反対の解釈が常識として定着していたわけである。

また、入省当時、十勝の乾性火山灰土壌の生産力が低い要因の一つに土壌からの肥料成分の流亡、特に降雨による表層からの硝酸-Nの急速な消失が問題視されていた。そこで、硫酸とチリ硝石を単独で施用し、窒素の土壌中の移動とてん菜の施肥窒素利用率との関係を調べてみた。硝酸-Nはアンモニア-Nより施肥位置から下へ、作土層から下層土へ確かに早く移動したが、てん菜の最終的な施肥窒素の利用率は両窒素間に大差がなかった。この場合の根の伸張をみると、根は下層に移動する両窒素を追うように伸びていた。一方、硝酸系の

表1. 各地域、各作物の施肥窒素利用率の事例

(西宗 1980 より作表)

| 地域     | 作物                            | 施肥条件                   | 施肥窒素利用率(%)      | 降水量 mm                   | 備考  |
|--------|-------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|---|
| 十勝     | てん菜                           | 硫酸安・全量作条基肥施用           | 71              | 543                      | 降水量は5-9月積算<br>乾性火山灰土壌                     |
|        |                               | チリ硝石・全量作条基肥施用          | 71              |                          |   |
|        |                               | 硫酸・チリ硝石併用<br>全量作条基肥施用  | 71-86<br>63-79  | 481                      | 降水量は5-9月積算<br>乾性火山灰土壌                     |
|        | ばれいしょ<br>とうもろこし<br>豆類<br>秋播小麦 | 硫酸安・全量作条基肥施用           | 62-78           | 666                      | 湿性火山灰土壌<br>沖積土壌<br>枯葉未回収の影響あり<br>冬枯れの影響あり |
|        |                               |                        | 64-89           |                          |   |
|        |                               |                        | 46-70           |                          |   |
| 36-67  |                               |                        |                 |                          |   |
| 網走     | てん菜                           | 硫酸安・チリ硝石併用<br>全量作条基肥施用 | 60-76           | 364                      | 降水量は5-9月積算<br>重粘土壌                        |
| 東京     | 陸稲                            | —                      | 53              | —                        | —   |
| 埼玉     | 大麦                            | —                      | 45              | —                        | —   |
|        | とうもろこし                        | —                      | 50-67           | —                        | —   |
| 鹿児島    | ホウレンソウ                        | —                      | 21-34           | 770/月<br>(平年値)           | 夏作  |
|        |                               | こまつな                   | —               |                          |   |
|        | 畑作水稻                          | —                      | 37              |                          |   |
|        |                               | 窒素肥料分追肥                | 80              |                          |   |
|        | 冬小麦                           | —                      | 61              |                          |   |
| 5輪作/3年 | —                             | 60-65                  | 1400/年<br>(平均値) | 陸麦・小麦・砂糖黍・<br>えん麦・ローズグラス |   |
| タイ     | とうもろこし                        | 尿素                     | 10              | 600                      | アルカリ土壌による脱窒多                              |

肥料をどうもろこしに施用した場合、特に低温時の生育初期の茎葉がリン酸欠乏の症状に似た赤紫色を呈し、低収になる現象をしばしば観測した。

実際に圃場に施用される肥料の作物生育への影響の程度は、気温や降水量の気象条件、土壌のpHに限らず養分や水の保持能、作物の根の伸張や栄養特性によって左右され、肥料の違い、特に窒素利用率に関する違いは環境保全の面から極めて今日の問題でもある。その参考に、15年ほど前に集めた資料であるが、各地における施肥窒素の作物による利用率の違いを紹介しておきたい(表1)。

### 3. 分散施肥

肥料が不足した時代には少ない肥料を作物に効率的に吸収させるために、肥料が潤沢になると肥料をより十分に吸収させるために、品質が求められると必要以上の肥料を作物に吸収させないように、作物の顔色、空の気まぐれ、土壌の力をうかがいながら様々な施肥技術が工夫されてきた。多肥化の過程では濃度障害の回避、品質重視の過程

では収穫物の糖、窒素化合物、水分の調節が必要となる。何れも「作物の必要な時に、必要な養分を供給する」ための工夫であるが、これらの施肥法を「分散施肥」といった考えで表2に整理してみた。これを大まかにみれば、本州の野菜作ではより分散度の大きい全面施用を、北海道の大規模畑作では集中度の大きい作条施用を基本にした分散施肥がとられてきたといえる。

しかし、26年前の第二次オイルショックの年、大根の芽が出なくて困っている内地の野菜農家を訪れたことがある。理由は、肥料代を節約するために施肥量を若干減らして種子近くに作条施用したとのことであり、濃度障害であった。「普通、肥料を作条施用する場合、全面施用の1/3-1/5の施肥量で全面施肥の生育・収量が確保でき、それも種子から3-5cm程度の側方に離して施肥しないと発芽障害が起きる」といった情報を提供したことがある。

第6項で被覆肥料による質的分散の新しい事例

表2. 分散施肥

(西宗 1985 に加筆)

|           | 分散方式  | 特徴   | 利点                                     | 備考     |
|-----------|---|--|--|--------|
| 非分散施肥     | 施肥溝に播種・移植<br>(混合施肥・播種、間土)                   | 発芽、生育障害がない範囲の少肥水準                                      |  | 環境負荷微少 |
| 時期的分散     | 追肥  | 発芽、移植後の栄養成長促進<br>分けつ、花芽の制御<br>穂の生長、着果の促進<br>子実・果実肥大の促進 | 体内濃度の一時的な積極的上昇<br>(水による調節可)            |        |
| 面・深さによる分散 | 片および両側方施肥*1                                 | 障害のない範囲で初期生育に有利<br>(例：大規模畑作)                           | 体内濃度の持続的な高水準維持                         | 環境負荷誘導 |
|           | 作条混層施肥                                      | 多肥による塩類濃度上昇の軽減<br>(例：大規模畑作)                            |  |        |
|           | 全面混層施肥*2                                    | 土壌養分の多い場合<br>(例：野菜、施肥効率は低い)                            |  |        |
|           | 全面表面施肥*3                                    | 作土に混層できない場合<br>(例：草地)                                  |  |        |
| 質的分散      | 特殊性肥料の利用                                    | 例：てん菜における硝酸態窒素による生育促進とアンモニア態窒素による肥効維持                  | 体内濃度の持続的調節の自由度大                        | 環境負荷軽減 |
|           | 造粒(粒度、硬度)<br>被覆肥料                           | 溶出速度の調節  |  |        |
|           | 緩効性肥料<br>硝酸化成抑制剤                            | 無機化の調節   |  |        |
| 不均一分散     | 精密スポット施肥<br>(コンピュータ制御により時期、面・深さの分散に共通的应用が可) | ・衛星情報による地力、生育を把握して局所施肥<br>・トラクタ搭載センサーにより地力、生育を把握して局所施肥 | 最低限の施肥による生育、品質の齊一化<br>地域および大規模圃場へ適用できる | 環境保全促進 |

\*1 基肥依存型施肥：利用効率依存型、地力依存型(大規模畑作)

\*2 追肥依存型施肥：利用効率軽視型、地力富化型(野菜作)

\*3 少肥不足型施肥：厩肥利用重視型、地力消耗型(牧草地)

を紹介するが、第1項で紹介したように低コストで高品質・健全な作物を環境への負荷を抑えて生産するシステムの構築が求められる今、施肥の分散度と集中度を組み合わせる方式を検討する意義は高いかもしれない。

#### 4. 窒素肥料によるpHの制御

現在、北海道の畑地のpH低下が問題になっている。理由は、基幹作物のばれいしょのそうか病やてん菜のそう根病が多発し、高pH圃場でこれらの被害が大きいので、石灰施用が控えられているからである。加えて、pH5.6が適するばれいしょでは酸度調節資材（硫酸第1鉄など）と硫酸の局所多用によるpHを下げる対応が検討されている。逆に、pH6.8が適し、カルシウムを必要とするてん菜では石灰資材の局所施用の対応が検討されている。GPS（衛星位置測定システム）を用いて作付け畦を固定し、ばれいしょへの塩安やてん菜への硝酸カルシウム等を同じ位置に数年間続けて施用するのも効果的かもしれない。この対応は、アンモニア-Nも作物に利用されるとの考えが定着する以前に繰り返された混乱現象の主因（生理的酸性肥料）の逆利用である。しかし、ある意味では「土壌を肥沃にするもの」としての肥料を否定することになり、低pH化による畑作全体の収量低下も懸念されている。

現在の対応が「緊急避難的対応」と位置づけられているように、最近開発された両病に強い抵抗性を持つ品種を用いたり、肥料の違いをうまく使い分けて収量水準を維持するとしても、早期に健全な輪作に戻ることがこれからの持続的畑作には重要となる。

#### 5. 緩効性窒素肥料と硝酸化成抑制剤

1964-65年の農業技術研究所による「緩効性窒素肥料と硝酸化成抑制剤」の連絡試験を担当した。当初、硝酸化成抑制剤は施肥されるアンモニア-Nを土壌に保持させる上で有利と思われた。しかし、当時の硝酸化成抑制剤はアンモニア-Nの硝酸化成を極端に遅らせ、畑作物の初期生育の遅延による減収を招いた。硝酸化成抑制剤が水稻の乾田直播用に開発されたためか、乾性火山灰土壌はもともと硝酸化成能が低いこと、十勝の春先の温度上昇が遅いこと、全量作条基肥施用の畑作では全面施

肥の水稻より多肥条件で、窒素が局所的に集中されていること等が影響した結果と考えられている。

一方、緩効性窒素肥料の中でも肥効発現に微生物作用を強く受けるクロトニリデン2尿素(CDU)は低温の十勝では最も不利と思われた。しかし、窒素肥沃度の低い乾性火山灰土壌で慣行施肥水準にCDU-Nを上積みすることによる増収効果が各作物でみられ、1971年度の北海道農業試験会議に提案し指導参考事項に採択されている。CDU-N10kg/10a上積みにより窒素肥沃度の高い湿性火山灰土壌の慣行施肥とほぼ同レベルの窒素吸収量になるという、多肥・増収を求めた時の試験結果である。当然、CDUより肥効発現が早く、当作に対して有利な緩効性窒素肥料もあった。しかし、CDUは、窒素利用率が40-50%と低いがその無機化が作物の土壌窒素の吸収パターンに類似したことは大変興味あることであり、その後の研究で、土壌の窒素肥沃度の違いを考えるための多くのヒントを与えてくれた。

#### 6. 被覆肥料

現在、粒状の速効性肥料を樹脂膜等で被覆し、肥料分の溶出を調節する被覆肥料が環境に優しい肥料として注目されている。被覆肥料の開発の歴史も古く、ちょうど30年前、3日で8%の窒素が溶出する条件の被覆チリ硝石を試験的に製造してもらった。この被覆硝酸-Nで標準施肥N12kg/10a（硝酸-N4kg/10a＋アンモニア-N8kg/10a）のアンモニア-Nの半量を置き換え（表2の特効性肥料による分散施肥）、てん菜を全量作条基肥施用で栽培して約10%の増収効果を見た（表3）。十分な解析調査をしていないが、被覆硝酸-N区では移植後40日までの茎葉の生育は標準区に劣るが根の生育は標準区に優り、その後は茎葉の生育も逆転して増収に結びつくパターンであった。てん菜に特効性の硝酸-Nの割合を高めた影響も反映されていると思われるが、移植後は極めて高温・乾燥条件下で推移したため、施肥窒素の1/3を被覆肥料に置き換えたことが塩類濃度の上昇を抑えて根の生育に有利に働き、施肥効率を高めた可能性が高いと考えている。何れにせよ、多肥によらない増収の可能性が示唆された貴重な体験で

表 3. 被覆チリ硝石のてん菜への肥効

(西宗 1983 より加筆作表)

| 土 壤     | 施肥処理 kg/10a<br>NN+(C-NN)+AN | 根重<br>t/100a | 根中糖分<br>% | 糖量<br>kg/10a | 施肥N利用率<br>% |
|---------|-----------------------------|--------------|-----------|--------------|-------------|
| 乾性火山灰土壤 | 4 + (0) + 8                 | 5.3          | 17.45     | 833          | 87          |
|         | 4 + (4) + 4                 | 5.8          | 17.75     | 947          | 96          |
| 湿性火山灰土壤 | 4 + (0) + 8                 | 5.1          | 17.55     | 807          | 86          |
|         | 4 + (4) + 4                 | 5.5          | 17.50     | 860          | 100<        |
| 沖積土壤    | 4 + (0) + 8                 | 6.1          | 16.53     | 900          | 91          |
|         | 4 + (4) + 4                 | 6.8          | 16.70     | 1040         | 105<        |

試験実施場所：十勝芽室町 (1970)

NN：硝酸態窒素 (チリ硝石)，(C-NN)：被覆チリ硝石，ANアンモニア態窒素 (硫安)

施肥N利用率：無窒素栽培の窒素吸収量の差し引き法

あった。

一方、最近、当センターでは直播キャベツを速効性化成 (速-N) と40日で窒素が溶出するタイプの被覆化成 (緩-N) の全量作条基肥施用で栽培し、移植キャベツの慣行施肥 (速-N 22kg/10 a の半量を全面基肥・追肥) に対して施肥量を大幅に減らしても球の肥大を確保でき、90%に近い施肥窒素利用率になることを確認した (表 4)。速-N 4kg/10 a と緩-N 4kg/10 a の作条基肥施用の球肥大が慣行施肥を上回った結果は、作条施用では全面施用の1/3程度に減肥しても施肥効率が高まって生育・収量水準を維持することが可能とのこれまでの知見を肯定するものである。なお、作条の緩-N 施用量を増やすと球肥大はさらに進むが、施肥窒素利用率は低下する。

目標にある程度の我慢も加え、「肥料の違いも使いよう」であることを意識し、色々の作物に対

表 4. 被覆肥料の直播キャベツへの肥効

(増田2000, 平成11年度研究成果情報・北海道農業より抜粋)

| 施肥量 kg/10a      |                 | 結球重<br>t/ha | 施肥N利用率<br>% |
|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
| 全量作条基肥<br>速N+緩N | 速N全面施肥<br>基肥+追肥 |             |             |
| 4 + 4           | —               | 2.8         | 102         |
| 4 + 8           | —               | 3.4         | 87          |
| 4 + 12          | —               | 3.5         | 81          |
| 12 + 10         | —               | 3.8         | 66          |
| —               | 11 + 11         | 2.5         | 46          |

速N：速効性窒素 (硝加燐安化成)

緩N：緩効性窒素 (被覆燐硝安加里化成)

施肥N利用率：無窒素栽培の窒素吸収量の差し引き法

する被覆肥料の上手な活用方法を考えることも環境保全型施肥体系の構築に重要であろう。

### 7. 肥料がなければ作物生産はどうなるか？

当センターでは、1976年から十勝芽室の乾性火山灰土壤で、1958年からオホーツク海沿岸の紋別の重粘土壤で、窒素、リン酸、加里の単用あるいは欠如処理をした三要素試験を続けている (1976-1881年の芽室では湿性火山灰土壤と沖積土壤でも実施)。この試験では土壤養分供給力と作物養分反応特性を知ることができるが、両者を総合すると肥料を使わなければどの程度の作物生産になるかをイメージできる (表 5)。

肥沃度の低い乾性火山灰土壤における標準施肥に対する無肥料の収量指数は、豆類が20~41、秋小麦が17~43、てん菜が4~22、ばれいしょが8~16で、13年平均で約25となる。各要素欠如の影響は、4年目までは無リン酸の収量指数が無窒素より高いこと、無リン酸の大豆および無カリのばれいしょの収量低下の大きいことが特徴である。しかし、重粘土壤での無肥料、無カリの収量指数は23、35であり、肥沃度が低いなりにカリ供給能が高いといわれるこの土壤の特徴がうかがえる。なお、腐植層の厚い湿性火山灰土壤や肥沃度の高い沖積土壤での無肥料の収量指数は各作物を通しておよそ50~100の範囲にあり、肥沃度の高い土壤では肥料が無くても標準施肥の70~75%の収量水準を維持できることになる。このように、肥料の違いは土壤でも異なり、土壤の養分供給量を考慮した施肥がだいじになる。

一方、厩肥2t/10aのみを施用した場合の標準施肥に対する収量指数は、乾性火山灰土壤が38-97、

表 5. 異なった土壌および作物の三要素試験

| 処<br>理 | 芽   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|        | 菜豆  |     |     | 秋小麦 |     |     | てん菜 |     |     | 菜豆  |     |     | 秋小麦 |     |     |
|        | 1年目 |     |     | 2年目 |     |     | 3年目 |     |     | 4年目 |     |     | 5年目 |     |     |
|        | 乾性  | 湿性  | 沖積  | 乾性  | 湿性  | 沖積  | 乾性  | 湿性  | 沖積  | 乾性  | 湿性  | 沖積  | 乾性  | 湿性  | 沖積  |
| -F     | 41  | 72  | 80  | 43  | 83  | 71  | 22  | 62  | 69  | 20  | 62  | 83  | 35  | 48  | 50  |
| -N     | 53  | 107 | 50  | 45  | 82  | 60  | 33  | 70  | 63  | 45  | 57  | 89  | 43  | 59  | 47  |
| -P     | 78  | 129 | 96  | 74  | 105 | 84  | 55  | 96  | 108 | 53  | 115 | 94  | 35  | 109 | 119 |
| -K     | 97  | 117 | 103 | 118 | 106 | 114 | 88  | 81  | 92  | 124 | 106 | 102 | 119 | 114 | 124 |
| F      | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| M2     | 85  | 108 | 49  | 78  | 98  | 80  | 67  | 88  | 83  | 87  | 102 | 79  | 96  | 91  | 85  |

F: 標準施肥 -F: 無肥料 -N: N無施用 -P: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>無施用 -K: K<sub>2</sub>O無施用 M2: 堆厩肥のみ2t/10a

湿性火山灰土壌が60-108, 沖積土壌が49-97で, それぞれ平均で70, 90, 80となる。乾性火山灰土壌では厩肥によってかなりの生産水準を維持できることになるが, 当然のことに, 肥沃度の高い土壌では厩肥の効果も大きくない。ただ, なお, 厩肥の利用にはいくつかの問題点があることを忘れてはならない。濃厚飼料依存度の高い酪農での厩肥は海外資源とみることができ, 移動・集積・散布のためには機材や施設への投資, エネルギー, 労力を要し, 作業競合や雑草対策も考慮しなければならない。また, 厩肥の窒素の肥効は極めて緩効的で, その利用率は10~15%と低い。厩肥に依存し過ぎて生育・収量水準を高めるために多量に連用すると, 化学肥料の多用以上に環境への負荷を大きくする可能性があり, バレイショのでん粉やてん菜の糖含量を下げることになる。新農業基本法に盛り込まれている「家畜排泄物等の有効利用」を進めて行くには, 多面的なコスト収支を計算した上で上手な厩肥の施用法式を検討していく必要があるといえる。

## 8. 有機物の効果

これまでに, 実に多用な有機物が各作物に利用されており, 各地で多くの試験事例がある。数年前にマレーシアで日本における有機質肥料と化学肥料の組み合わせ利用の事例紹介をする機会を得た。その一つとして緯度的に約20度離れた南の鹿児島と北の十勝で実施された下水汚泥の施用結果の比較したので, 有機物の有効利用を考える上で

の参考に紹介してみたい。

鹿児島は十勝より, 夏期の積算温度より1000℃高く降水量が3倍あり, 土壌の全窒素含量が2.5倍である。鹿児島における南国の豊かな農業環境がうかがえる。こうした条件の鹿児島で, 夏作のサツマイモを1t/10aの下水汚泥を標準施肥に上積み施用して栽培すると, 標準施肥に対して窒素吸収量は2倍高まり, 収量は約20%増となるが, これ以上の下水汚泥多用の効果はみられない。逆に, 冬作のキャベツで下水汚泥を標準施肥に上積みしていくと, 標準施肥に対して, 窒素吸収量は汚泥0.5t/10a施用で15%増の頭打ちとなるが, 結球は汚泥2t/10a施用まで増収する。この反応の違いを, 汚泥では, サツマイモのいもの生育に必要なカリを十分に供給できないこと, キャベツの要求度の高い石灰を十分供給できることが上げられている。さらに, 他の野菜類では汚泥施用により減収する場面がありそうである。

一方, 十勝における作物の生育期間の積算温度は表6に区分した鹿児島の冬期より実際には若干高いと考えられるが, 十勝でもてん菜の収量は汚泥1.5t/10a施用で頭打ちになる。しかし, 十勝の汚泥施用による増収率は鹿児島の2~4倍と高いのが特徴であり, 減肥をした場合の汚泥施用効果も高く, 麦稈との汚泥堆肥の効果が安定的に高い。鹿児島と十勝の1000℃の積算温度差が汚泥の効果の違いにどの程度反映されているかを詳細に論じることはできないが, 汚泥1tの施用により

(北海道農試畑作部 1981, 1985 より作表)

| 室   |     |     |     |     |     |       |     |      |        |      |       | 小 向   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|------|--------|------|-------|-------|
| てん菜 |     |     | 大 豆 |     |     | 乾 性   |     |      |        |      |       | 重粘土   |
| 6年目 |     |     | 7年目 |     |     | 8年目   | 9年目 | 10年目 | 11年目   | 12年目 | 13年目  | 37年目  |
| 乾性  | 湿性  | 沖積  | 乾性  | 湿性  | 沖積  | パレイシヨ | 秋小麦 | てん菜  | トウモロコシ | 大豆   | パレイシヨ | パレイシヨ |
| 4   | 59  | 67  | 24  | 97  | 104 | 16    | 17  | 13   | 23     | 28   | 8     | 23    |
| 35  | 57  | 52  | 73  | 100 | 100 | 33    | 25  | 50   | 19     | 97   | 28    | 41    |
| 11  | 93  | 102 | 49  | 108 | 98  | 19    | 32  | 24   | 22     | 56   | 28    | 47    |
| 64  | 90  | 106 | 91  | 80  | 107 | 30    | 93  | 46   | 23     | 73   | 2     | 35    |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100   | 100 | 100  | 100    | 100  | 100   | 100   |
| 47  | 79  | 78  | 70  | 60  | 97  | 58    | 38  | 58   | 58     | 97   | 60    | 46    |

F+2M: 標準施肥に堆厩肥上積み 乾性: 乾性火山灰土壌 湿性: 湿性火山灰土壌 沖積: 沖積土壌

表 6. 下水汚泥施用効果の地域間差 (市来: 1989, 脇本: 1990, 新田: 1988より作表)

| 処 理                    | 試 験 地     |           | 収 量 指 数              |            |          |       |                     |     |     |
|------------------------|-----------|-----------|----------------------|------------|----------|-------|---------------------|-----|-----|
|                        | 汚泥施用量     |           | 鹿児島・大隅 <sup>2)</sup> |            |          |       | 十勝・芽室 <sup>3)</sup> |     |     |
|                        |           |           | 5年連用交互作平均            |            | 3年連用輪作平均 |       | 単年度施用/夏作            |     |     |
|                        | 夏作: サツマイモ | 冬作: キャベツ  | 夏作: 根菜類              | 冬作: 葉菜類    | テンサイ     | パレイシヨ | 秋小麦                 |     |     |
| 現物 t/10a <sup>1)</sup> | TNkg/10a  |           |                      |            |          |       |                     |     |     |
| 無 施 肥                  | 0.5-0.7   | 8.0-11.6  | —                    | —          | 88       | 44    | —                   | —   | —   |
|                        | 1.0-1.5   | 16.0-23.2 | —                    | —          | 93       | 57    | —                   | 115 | —   |
|                        | 2.0-2.2   | 32.0-34.8 | —                    | —          | —        | —     | —                   | 124 | 108 |
| 2/1標準施用                | 0.5-0.7   | 8.0-11.6  | —                    | —          | 92       | 74    | —                   | 137 | 105 |
|                        | 1.0-1.5   | 16.0-23.2 | ↓ ( ) 内はN吸収量Kg/10a   |            | 89       | 78    | —                   | —   | —   |
| 標 準 施 肥                | 0         | 0         | 100 (10.2)           | 100 (18.7) | 100      | 100   | 100                 | 100 | 100 |
|                        | 0.5-0.7   | 8.0-11.6  | 109 (15.4)           | 105 (21.1) | 94       | 74    | 138                 | —   | —   |
|                        | 1.0-1.5   | 16.0-23.2 | 118 (19.3)           | 110 (21.3) | 97       | 102   | 147                 | —   | —   |
|                        | 2.0-2.2   | 32.0-34.8 | 105 (19.9)           | 119 (21.3) | —        | —     | 144                 | —   | —   |
|                        | 1.1(汚泥堆肥) | 18.0      | —                    | —          | —        | —     | 142                 | 150 | 121 |

1) 十勝の汚泥施用量は鹿児島の水分: 26%, 全窒素1.6%の汚泥に換算した。

2) 鹿児島 土壌 TN: 0.48%

3) 十勝 土壌 TN: 0.20%

夏期(6-10月): 積算温度3615℃, 降水量1473mm, 降水効率2.59

夏期(5-9月): 積算温度2520℃, 降水量577mm, 降水効率1.33

冬期(11-5月): 積算温度2534℃, 降水量1071mm, 降水効率2.45

4) 標準施肥量: Nで, サツマイモ6-9, キャベツ17, 根菜類15, 葉菜類15-20, てん菜16, パレイシヨ10, 秋小麦11kg/10a

全窒素として16kgが投入され、鹿児島での分解実験から汚泥の分解・無機化がかなり早いことが推定されるので、汚泥の施用限界を知る上で大変興味ある地域間の違いかもしれない。

### 9. 温度と有機物の分解

気温の高い地域での有機物の分解、肥効が早まるのは当然のことだが、どの程度の違いがあるのか? CDU-Nの肥効発現を明らかにする過程で石橋、尾和、金野氏らが検討した温度変化による窒素無機化の推定数式を用いて、専門家に緑肥えん

麦の全窒素の50%が分解(無機化)する期間(半減期)を表7のように試算してもらった。

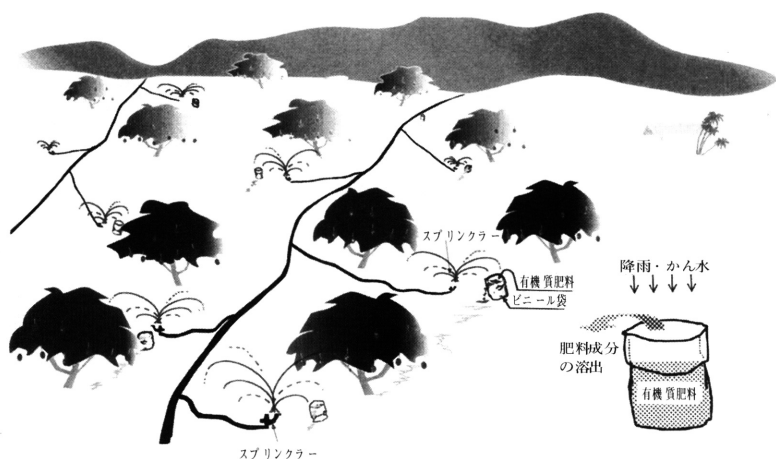
このような見方をすると、冷温帯の十勝の半減期は5ヶ月、暖温帯の鹿児島の夏期で3ヶ月、冬季で6ヶ月と試算され、亜熱帯の冬季では4-5ヶ月と十勝の夏期、鹿児島の冬季なみの半減期であるが、亜熱帯の夏期および熱帯の全期では半減期が2-2.5ヶ月と短くなる。つまり、南方ではえん麦のような緑肥は6ヶ月以内に分解されてしまい、有機物による土づくりなどは期待できないことに

表 7. 緑肥えん麦窒素の50%無機化に要する日数 (清野による試算・未発表を基本に作表)

| 気 候 | 地 域             | 緯 度  | 積算温度℃ |       | 降水量 mm |       | 窒素の50%無機化日数 |          |
|-----|-----------------|------|-------|-------|--------|-------|-------------|----------|
|     |                 |      | 5-10月 | 11-4月 | 5-10月  | 11-4月 | 5-10月       | 11-4月    |
| 冷温帯 | 札幌              | 43.0 | 2,934 | -135  | 591    | 543   | 149         | —        |
| 暖温帯 | ソウル             | 37.3 | 3,701 | 373   | 1,028  | 230   | 117         | —        |
|     | 水戸              | —    | —     | —     | —      | —     | 106         | 172(30%) |
|     | 鹿児島             | 31.3 | 4,256 | 1,907 | 1,599  | 737   | 94          | 124(30%) |
| 亜熱帯 | 台北              | 25.0 | 4,783 | 3,142 | 1,368  | 732   | 84          | 159      |
|     | 那覇              | 26.1 | 4,750 | 3,325 | 1,372  | 851   | 79          | 147      |
|     | ハノイ             | 21.0 | 5,163 | 3,591 | 1,454  | 228   | 71          | 137      |
| 熱 帯 | バンコック           | 13.5 | 5,250 | 4,999 | 1,780  | 289   | 66          | 81       |
|     | クアラトレンガヌ(マレーシア) | 5.2  | 5,002 | 4,712 | 981    | 1,937 | 75          | 85       |
|     | ジャカルタ           | 6.1  | 4,962 | 4,803 | 496    | 1,303 | 77          | 80       |

緑肥えん麦：北海道での緻込み初年度の窒素利用率は15-25%、(30%)：TNの30%が無機化する日数

図 2. 有機質肥料入りのビニール袋を配置したマレーシアの果樹園



なる。逆に、このことは南方では有機物中の緩効性成分の速効性がかなり高まり、分解し易い有機物の速効性肥料的な利用の有利性を示唆することになる。例えば、図2のようなビニール袋を果樹園に点在させている光景をマレーシアで見た。ビニール袋の中には食品加工の副産物が有機質肥料として入っており、袋の上部が開かれている。従って、灌漑や降雨により水が満たされれば、分解・抽出された肥料分を含んだ液肥が果樹園に流れる仕組みの、自然に任せた肥培灌漑システムのようなものである。また、同じ有機質肥料がビニ-

ルハウスのバラや野菜にも使われていた。化学肥料のコスト高もあろうが、それ以上に、有機物の分解速度の早さ、集中降雨による養分溶脱の大きさに上手に対応した施肥技術を見た感であった。

一方、北方では半減期が長くなり有機物施用の効果も低く試算されることになるが、このことは有機物中の緩効性成分を土壤にストックする上での有利性を意味し、日本あたり、特に北海道の気候くらいが有機物を土づくり的に有効利用するのに最も適しているの

かもしれない。であれば、高品質で健全な作物を低コストで環境保全的に生産するためには、土壤と有機物の関係を温度変化を軸にもう少し定量的、高精度に評価する必要があるといえる。その上で、肥料の違いを上手に利用した施肥メニューを作物別に構築していく努力が必要である。

新農業基本法の「肥料の適正な使用の確保」に過去に経験した肥料の違いを重ね合わせ、変化を定量的に扱いやすいCDUや被覆肥料の有効利用を見直す意義は高いと思いながら。