

葉物野菜への

化学肥料施用を考える

あるハウレンソウ

栽培農家の技術

私が以前、農林水産省の연구원として勤めていたとき、優良農家の見学を行う機会がありました。関西の大消費地にハウレンソウを出荷するある農家は、ハウスで1年間に6作もの栽培を行っており、経営的にも安定していました。ハウレンソウ栽培技術の説明の中で最後に話した言葉がとても印象的で、いつまでも忘れることができせん。「出荷1週間前に、葉色を濃くするために窒素肥料をまいていきます。そうすると市場での評価が高くなるんです。これはお化粧です。」と得意げに説明してくれました。同席した研究者の中から、「ハウレンソウの硝酸濃度が高くなりすぎませんか？」という質

問も出されましたが、農家からは「測定したことはない。気にしてない。」という回答が返ってきました。

植物の葉色は、葉に含まれる葉緑素(クロロフィル)に由来します。葉緑素含量と体内の窒素濃度は高い相関関係があることが分かっています。葉色が濃いことは体内の窒素濃度が高いことを意味します。農家はこれを利用して作物の窒素栄養状態をある程度判断して、施肥量をコントロールしています。農業研究においても葉色値という指標を設け、植物の窒素養分状態を示す基本データとして広く用いています。この農家さんはハウレンソウ栽培について熟練しており、どの程度の窒素肥料を与えれば、どれくらい葉色が高くなるかを知っていて、収穫前に「お化粧」をする技術を身につけたのだと

思います。そしておそらく、この農家だけでなく、多くの葉物野菜農家も同様なことをしているのではないかと想像を巡らしました。

現在、私は大学で「食品材料学」という授業を担当しており、主に野菜の栽培特性や高品質な野菜の見分け方を講義しています。そして毎年、学生さんに「ハウレンソウをスーパーで購入するとき何を基準に選んでいますか？」と訊いています。「大きさ」、「鮮度」、「虫食い」などとバラバラですが、必ず出てくるのが「葉色」です。やはり同じ野菜なら色が濃いものを選んでいるという学生がほとんどでした。「色が濃い方が栄養がたくさん含まれているように思える。」というのが学生たちの理由でした。その農家は消費者の

気持ちを察して、要望にちゃんと答えていたわけです。

植物における

硝酸吸収と化学肥料施肥

植物が必要とする元素は18種類程度と言われており、水素、酸素、炭素、窒素、リン、カルシウム、カリウム、マグネシウム、塩素、硫黄、ホウ素、鉄、マンガン、亜鉛、銅、モリブデン、ニッケル、ケイ素などを主に根から吸収しています。このうち窒素



上野 秀人

国立大学法人愛媛大学
農学部准教授

カリフォルニア大学デービス校
客員研究員、(公財)自然農法国際研究開発センター理事

著書に「除草剤を使わないイネづくり」(農文協)、「有機栽培技術の手引」(日本土壌協会)など。



は多量に吸収される養分であり、窒素養分量が作物生育を決める大きな要因であるため、農家は窒素濃度が一定濃度以下にならないように気をつけています。

土の中には様々な形態の窒素化合物があります。最も量が多いのは有機態窒素であり、これは動植物遺体や腐植物質など、複雑な構造で大きな分子量をもち、微生物分解性が異なる土壌有機物の形態で存在します。この土壌有機物が本来、「地力の源」であり、無機態窒素である硝酸やアンモニアは、全体の数%程度にすぎません。しかしながら作物が吸収しやすいのは、この硝酸やアンモニアであり、ハウレンソウなどの畑作物の多くは、水に溶けやすい硝酸イオン (NO_3^-) の形態で窒素養分のほとんどを吸収すると考えられています (図1)。そのため、多くの農家さんは吸収速度が速く、即効性の高い化学肥料 (アンモニアや硝酸が主成分) を施用し、作物の生育を急速に高めると同時に、施肥作業の省力化を行い、栽培の効率を高めているわけです。

植物への硝酸蓄積

植物が根から硝酸を吸収すると、その多くは地上部の葉や茎まで水と一緒に運ばれて、そこで硝酸還元酵素によりアンモニアに変換されます。このアンモニアは体の組織を作るグルタミン酸などのアミノ酸を作る原料として使われ、アミノ酸はさらに細胞を合成するためのタンパク質や遺伝子、葉緑素等に合成されて、植物体がどんどん大きくなります。そして窒素養分の供給量が多いと葉色も濃くなります。

無機態窒素の吸収は非常に効率よく行われるので、農家が化学肥料を多量に施用すると、植物は必要以上に硝酸を吸収してしまいます。体内に入った多量の硝酸は、アミノ酸合成に最大限利用されますが、それ以上に吸収した分は消化されないまま、植物体内に蓄積してしまふこととなります。

硝酸が人体に与える影響

硝酸態窒素を多く含む野菜を食べるとメトヘモグロビン血症や癌になる健康リスクが高いことが知られています。メトヘモグロビン血症は、硝酸が体内で亜硝酸に還元されて吸収されると血液中のヘモグロビンと結合して、酸素を運ぶ能力がなくなり、酸欠状態になって死に至ることがあるというものです。特に乳幼児

は罹病しやすく、「ブルーベビー候群」と呼ばれます。また亜硝酸がアミンと結合するとニトロソアミンに変化して発がん物質になり、遺伝子を傷つけることとなります。

草をたくさん食べる牛でも、発症が多く見られ、許容量の1.5倍量では貧血、チアノーゼ、呼吸困難で急死したり、それより低濃度の場合には慢性的に影響し、胎児の流産、発育遅延、乳量の減少がおこるために

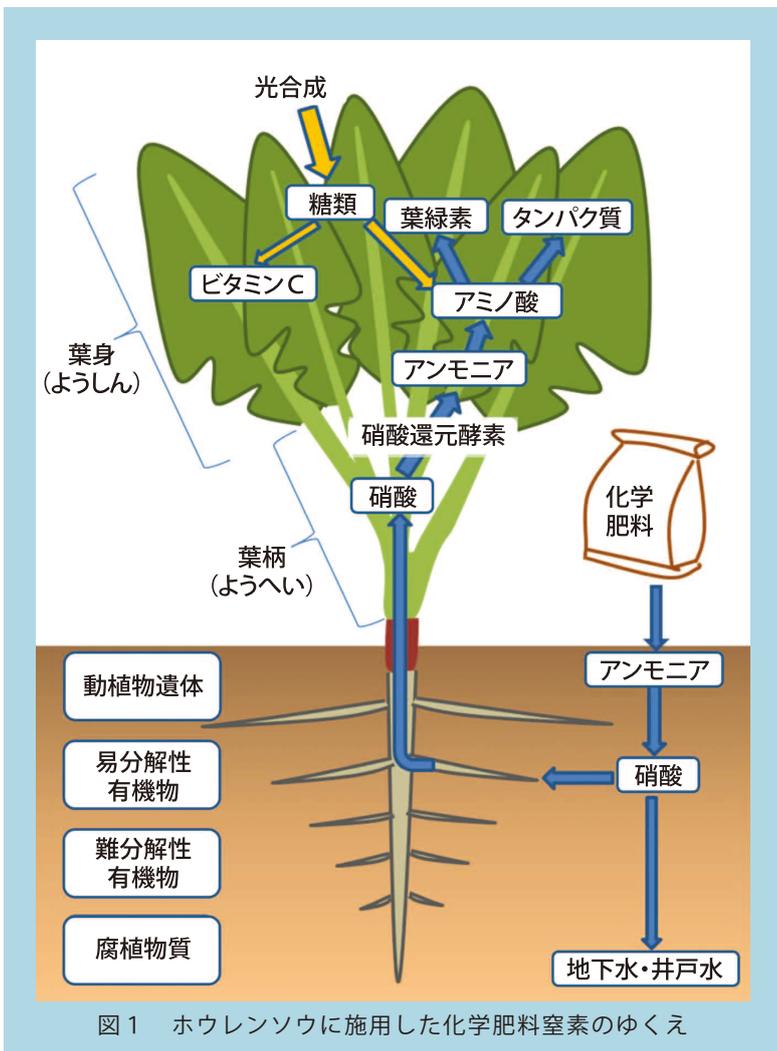


図1 ホウレンソウに施用した化学肥料窒素のゆくえ

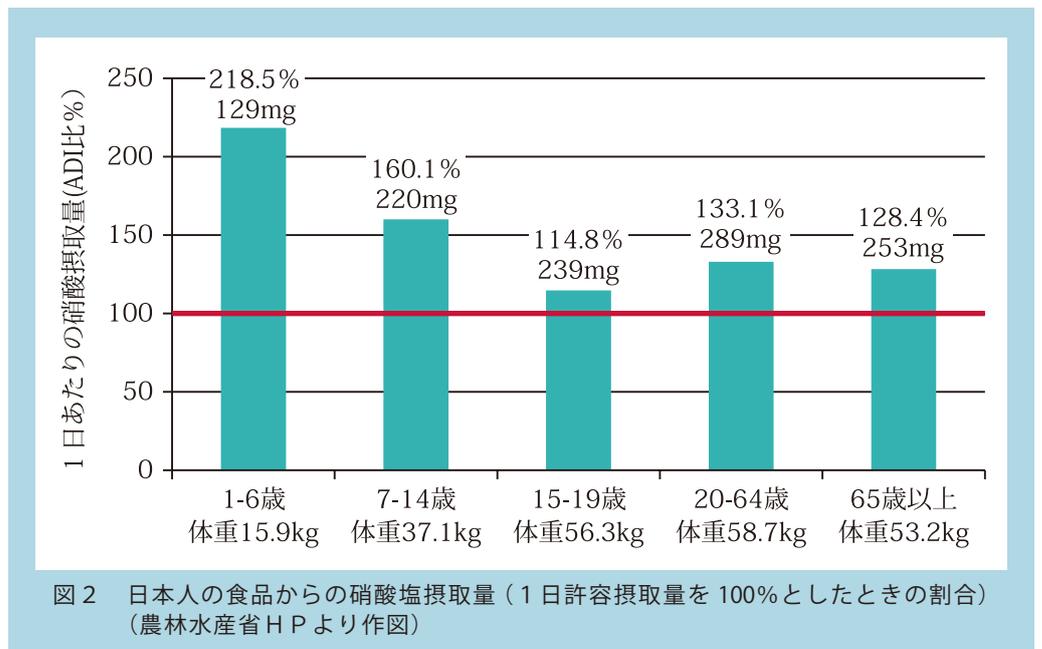


図2 日本人の食品からの硝酸塩摂取量（1日許容摂取量を100%としたときの割合）
（農林水産省HPより作図）

3・65kgと決めてい
ます。体重60kgの人
なら1日に219mg
までなら摂取しても
健康に被害はないで
あろうという基準で
す。

硝酸摂取による

健康被害について
は、これを否定する
研究者もおり、むし
る硝酸の摂取は健康
を増進するとする説
も出てきて、論議も
されていますが、欧
州食品安全機関は、
2008年に膨大な
データを元に、野菜
に含まれる硝酸の安
全性について再検討
を行い、最終的に一
日許容摂取量基準を
そのまま維持するこ

うまでもありませんが、硝酸濃度の
低い野菜を食べれば何も問題はあり
ません。

日本人の硝酸摂取量

日本人が摂取する硝酸量は農水省
や厚生労働省が統計を取っており、
残念ながら世界トップクラスです。

図2は年齢別の硝酸摂取量を基準と
して相対的な値を示しています。全
ての年代において基準値を上回って
おり、1〜6歳は基準値の2倍以上
となっており、健康被害リスクが非
常に高いといえます。特に体重の軽
い乳幼児は、ホウレンソウの裏ごし
したものを与えて急死するなどの急
性毒性事故が過去に多発しており注
意が必要です。硝酸のほとんどは野
菜由来であることが分かっています
。日本人は野菜をたくさん食べる
から高いのではなく、日本人が食べ
ている野菜に硝酸が多く含まれてい
ることが原因であり、農業研究者と
して胸が痛むところです。

この対策として、農林水産省は、
2006年3月に「野菜の硝酸イオ
ン低減化マニュアル」を作成して、
農家に硝酸濃度を下げるための技術

情報を提供しています。また農村部
においては、妊婦が飲料用に使用し
ている井戸水の硝酸濃度を保健所が
チェックしている取り組みもあるよ
うです。井戸水に混入する硝酸は、
畜産廃棄物や化学肥料によるものと
考えられています。

硝酸が野菜品質に 与える影響

野菜の品質について、ある青果市
場の責任者から話を聞いたことがあ
ります。「昔の葉物野菜は、朝入荷
したものが夕方までしっかりしてい
たが、今の野菜は半日も持たずに簡
単にしおれてしまうので、保冷した
り水分を与えるなど、慎重に扱って、
早く出荷しなければならぬ」とい
うものでした。「昔の野菜の方が、
品質が優れている」ということにつ
いて衝撃を受けましたが、すぐに思
い当たりました。この方が言われる
「昔」というのは、昭和20〜30年
頃の時期です。これ以降、日本の
農業技術は、多くの化学肥料と水を
与えることによって増産することの
できる品種や栽培方法が開発されて
普及しつつあり、野菜栽培が大きな

畜産農家は、牧草の硝酸量には気を
つけるようにしています。

このように硝酸は、健康被害リ
スクを伴うため、ヨーロッパ共同
体・食品科学委員会が1日許容摂
取量（ADI）を体重1kgあたり

とになりました。これは硝酸の健康
被害リスクはあるが、野菜自体の健
康増進効果も必要というメリット・

デメリットのバランスを保つという
視点で判断されたようです。日本の
政府見解もこれに従っています。言



転換期を迎えました。大面積の農地に単一栽培を行って、さらに産地を形成し、流通販売経路を大型化するなど、効率化が一気に進みました。そして大量の水と化学肥料を与えてホウレンソウを早く大きくさせて1年間に何度も栽培できる体系ができあがりました。こうしてできあがったホウレンソウは膨軟で鮮度も低下しやすいと思われれます。

味の低下もすぐ分かる硝酸の影響です。硝酸濃度の高い葉物野菜を食べると特有の「えぐみ」を感じます。子供の野菜嫌いは、硝酸の味を嫌うからではないかと私は思っています。葉物野菜は下ゆでしたり、塩漬けにしたり、水にさらして調理し、硝酸やシュウ酸をある程度減らして食べることが多く、感じるが少ないかも知れませんが、生でかじるとよく分かります。特に葉柄は硝酸が蓄積しやすい場所であり、品質チェックには適した部位です。

さらに硝酸が多い野菜は糖分が少なくなります。これはアミノ酸合成のために糖分が分解されてしまうからであり、糖分蓄積が減り、野菜の甘さ（＝美味しさ）が失われてしまっています。

有機栽培の葉物野菜

「有機栽培の野菜は硝酸が少ないですか？」と訊かれれば、私は、「少ない場合もあれば、多い場合もある。」と答えます。もちろん有機栽培ですので農薬は使っていません。しかし有機肥料を多量に施用している有機栽培農家の野菜は、分析してみると明らかに硝酸濃度が高く、化学肥料を多投入しているものと変わリません。味も化学肥料を少なめに使っている農家の方がむしろ美味しいと感じます。

自然農法では、化学肥料を使わず、有機質肥料も多量に使用しないため、土壌中の硝酸濃度は低く、野菜の硝酸濃度も低くなります。さらに土壌表面を敷きわらなどで覆うので、過剰な養分は吸着され、硝酸は常に低いレベルに保たれます。この低養分というストレスの中で野菜が生物機能を最大限に発揮して成長することで、野菜本来の味が生まれてくるものと考えます。

野菜の硝酸濃度を決める要因の大部分は土壌中の硝酸やアンモニアなどの無機態窒素濃度ですが、表1に示すように、その他に色々な要因が

あることが分かっています。農業は刻々と変化する自然の中で行わなければなりません。品質の高い作物を栽培するためには、観察力を養い、自然のシステムを理解して、作物成育を適切にサポートすることがとても重要といえます。

感動を与える野菜

私は大学の授業の中で、学生さんに色々な野菜をできるだけだけ有機栽培で育てさせて、「野菜の本当の味」

を体感してもらっています。野菜を旬の時期に育てて生でかじらせませう。そうすると、「自分で育てた野菜」であるという愛着もあるかもしれません。どの学生もその美味しさにびっくりします。「今まで持っていた野菜の概念がひっくり返った。」と言う学生もいます。特に冬野菜では、柿のような味のカブ、甘いホウレンソウが人気です。もちろん硝酸はわずかししか検出されません。このような驚きを多くの人たちに感じてもらいたいと日々願っています。

表1 ホウレンソウの硝酸濃度を高める要因

要因項目	硝酸濃度を高める状態
日射量	低い（硝酸還元酵素活性の低下）
気温	高い（土壌中の硝酸量増加）
土壌水分	低い（硝酸還元酵素活性の低下）
季節	秋～冬（日射量が少ない）
土壌特性	可給態窒素が多い
高度	高い（秋から冬の日射量が低い）
場所	温室（日射量が低く、気温が高い）
窒素施肥量	多い（土壌の硝酸濃度の増加）
施肥窒素形態	水溶性肥料（土壌の硝酸濃度増加）
施肥時期	収穫前（施肥が硝酸を高める）
カリウム施肥	多い
塩素施肥	少ない（拮抗阻害がない）
品種	サボイ型＞スムーズ型
除草剤散布	多い（硝酸還元酵素阻害）
生育ステージ	成熟期（硝酸が蓄積しやすい）
収穫時刻	朝収穫（葉中の硝酸濃度高い）
栽植密度	高い（葉身／葉柄比が低い）

Muramoto 1999 より抜粋して作成