

File No. 27

野菜の硝酸態窒素

窒素 (N) はりん酸、加里と並び、植物に必要不可欠な三大元素のひとつである。窒素は植物細胞の原形質を構成するタンパク質の主成分で、他に葉緑素、酵素、ホルモン、核酸など体内で重要な働きをする生体成分にも欠かせない成分で、窒素不足は植物の生育を顕著に抑制する。

地球上の窒素は生物の活動によって単体の窒素ガスや窒素酸化物、アンモニア態窒素や硝酸態窒素のような無機態窒素化合物、タンパク質のような有機態窒素化合物など、さまざまな形態を変えながら循環している。植物にとって吸収利用できる窒素は硝酸態窒素とアンモニア態窒素である。特に陸上植物のほとんどは硝酸態窒素しか吸収できない。なお、硝酸態窒素は、硝酸イオン (NO_3^-) の形態で存在する窒素のことである。

植物の根に吸収された硝酸態窒素は茎葉などの地上部へ転流され、光合成でできた糖類などの炭水化物と反応して、タンパク質など植物を構成する生体成分を合成する。そのために植物の茎葉に硝酸態窒素が集積するのはごく普通の現象である。特に葉菜類など軟弱野菜が硝酸態窒素を多く含んでいる。2002～2004年度に独立行政法人農林水産消費技術センターが市販の国産野菜に含まれる硝酸態窒素濃度を調査した結果は表1に示す。

表1. 市販の国産野菜の硝酸態窒素濃度 (2002～2004年度調査結果)

野菜品目	調査サンプル数	硝酸イオン(NO_3^-)濃度 (mg/kg)		
		平均値	中央値	最大値
キャベツ	189	679	641	3,150
ハクサイ	186	1,320	1,210	4,850
結球レタス	174	1,060	965	2,780
コマツナ	197	4,060	4,070	9,490
ハウレンソウ	208	3,070	2,990	9,220
チンゲンサイ	20	2,750	2,690	4,440
ノザワナ	20	2,840	2,840	3,890
カブ (根)	20	1,630	1,750	3,210
カブ (葉)	20	3,540	4,040	6,060
シュンギク	20	2,940	2,830	5,380
ニラ	20	1,780	1,860	2,700
タカナ	20	3,580	3,670	6,650
タアサイ	20	3,340	3,910	4,380

硝酸態窒素は植物の生長に必要な窒素供給源として、野菜に限らず、すべての植物には一般的に含まれている。生長期にある植物は旺盛な生長を満足するために体内の硝

酸態窒素が特に多い。植物体内の硝酸態窒素濃度は野菜の種類（果菜類、葉菜類、根菜類）、収穫時期（季節、朝どり、夕どり、植物体の大きさ）や環境条件（土壌、光量、気温）などにより大きく異なる。概して、生育途中の植物茎葉を食用とする葉菜類（ホウレンソウ、レタス、チンゲンサイなど）は比較的硝酸態窒素濃度が高く、果実を食用する果菜類（トマト、ナスなど）は低い傾向にある。また、過剰施肥により植物の硝酸態窒素吸収量が多くなり、日照不足や高温、低温により十分な光合成が行われない場合などには、吸収された硝酸態窒素がアミノ酸やタンパク質に合成されずに、そのまま植物体中に蓄積される場合は当然硝酸態窒素濃度が高くなる。

野菜中の硝酸態窒素について、いろいろ誤解されることが多い。特に野菜に含まれる硝酸態窒素は猛毒であり、ブルーベビー症候群を引き起し、がんを誘発するのかなどが主な内容である。同時に、硝酸態窒素は有機栽培の野菜に少なく、化学肥料を使う野菜に多いので、有機野菜は安全だの話は有機食品ビジネス関係者が熱心に喧伝した。

以下は野菜中の硝酸態窒素にまつわる間違った認識を正すために正確な情報を伝える。

まず、「硝酸態窒素は毒性が強く、チンゲン菜に含まれる硝酸塩の量が 1.5 株を食べるだけで死に至る」など硝酸態窒素の毒性に関する噂である。

実際に硝酸態窒素は毒性のない普通物である。マウスを使った実験では、硝酸イオンとしての LD₅₀（半数致死量、即ち投与した動物の半数が死亡する用量）は 2500-6250 mg/kg で、硝酸ナトリウムの LD₅₀ は 3700mg/kg であることから、毎日料理に使われている食塩の LD₅₀ 3000mg/kg とはほぼ同程度である。

一方、硝酸態窒素が微生物により亜硝酸イオンに還元されることがある。亜硝酸イオンの LD₅₀ はマウスでは 214mg/kg で、硝酸イオンより一桁低くなる。ただし、硝酸態窒素から亜硝酸イオンへの還元反応には微生物の存在が必要であるため、硝酸態窒素が人体の中で口内細菌などの働きによって微量の亜硝酸塩に還元されることがあるが、乳児を除き、通常の人胃の中では胃酸の存在で硝酸態窒素から亜硝酸イオンへの還元反応が起こりにくいと考えられている。

次いでホウレンソウに含まれている硝酸態窒素は乳幼児のブルーベビー症候群を引き起す噂である。よく流布されたのは、1956 年のアメリカで、赤ん坊に裏ごししたホウレンソウを離乳食として与えたところ、赤ん坊の顔が真っ青になり、30 分もしないうちに死亡に至った事件である。計 278 人の赤ん坊がこの中毒にかかり、その内 39 名が死亡したという噂である。出所は 2000 年に出版された河野武平氏の著書「野菜が糖尿病をひきおこす!？」（宝島社新書）に記載されていることである。しかし、これは真っ赤のウソである。アメリカの公文書と科学論文によれば、1945 年、アメリカのアイオワ州にミルクを飲んだ乳児 2 人がチアノーゼを起こして皮膚が青紫色になったことを初めて報道されてから、研究機関と医師が調査した結果、高濃度の硝酸態窒素を含んでいる井戸水でミルクを作っていたことが原因であることを判明した。また、硝酸態窒素は牧草地に撒いた家畜の糞尿による地下水の汚染から由来したのも確認された。

その研究結論から言うと、ブルーベビー症候群発生の原因は、生後 3 ヶ月未満の乳児が胃酸をほとんど分泌しないため胃内の pH が高く、飲み込んだ井戸水中の高濃度硝酸態窒素が胃内で微生物により還元され、亜硝酸塩を生成する可能性が高いとされている。乳児の胃内で還元された亜硝酸イオンが血液に移行し、赤血球中のヘモグロビンと結合してヘモグロビンの 2 価鉄を 3 価に酸化し、酸素運搬機能がないメトヘモグロビンを生成するので、肺から各器官へ十分な酸素を運ぶことができず、酸欠状態に陥る。酸欠の毛細血管が乳児の皮膚を透けて青く見えるのはブルーベビー症候群である。

1951 年、アメリカ公衆衛生連合の委員会は水に含まれる硝酸態窒素の安全レベルを決めるために、国レベルの調査を行い、278 の事例(うち 39 が死亡)が集められた。最終的にブルーベビー症候群の発生は井戸水の硝酸態窒素濃度と正の相関関係があることを結論付けた。その後アメリカ農村部の飲用水質の改善により、1950 年代からブルーベビー症候群の発生報告が急減し、1960 年代半ばまでに 2 例しか報告されなかった。1960 年半ばから 2000 年現在まで新規の発生報告が全くなかった。

三番目の噂は硝酸態窒素ががんを引き起こすことである。その根拠は硝酸塩が発がん性物質であるニトロソ化合物の生成に関与するおそれがあることである。

前述のように硝酸イオンは毒性が非常に低く、大人が 1 回 10~20g を食べたとしても急性毒性が現れない。但し、硝酸塩が亜硝酸塩に還元され、さらに微生物を介してアミンと結合してニトロソ化合物の 1 種ニトロソアミンが生成されると発がん性が認められる。

硝酸塩の摂取と発がん性の関連性に関する研究が各国で実施されているが、現在のところ、食品中のニトロソ化合物とがんとの関連性が明確に確認された疫学調査報告は出ていない。国連食糧農業機関 (FAO) 及び世界保健機関 (WHO) の合同食品添加物専門家会議は、1995 年に食品添加物としての硝酸塩 (硝酸ナトリウム) について、ADI (一日摂取許容量) を体重 1kg 当たり 0~5mg (硝酸イオン換算で 0~3.7mg) と設定したが、その際、「野菜は硝酸塩の主要な摂取源であるものの、野菜の有用性はよく知られており、その一方において、野菜中の硝酸塩がどの程度血液に取り込まれるのかのデータも得られていないことから、野菜から摂取する硝酸塩の量を直接 ADI と比較することや、野菜中の硝酸塩について基準値を設定することは適当ではない。」というコメントを付記している。

四番目の噂は、牧草を食べた牛が中毒して死亡するから硝酸態窒素を含有する野菜も毒性があるというものである。この噂の出所は、月刊ポラン「ぐうたら百姓のすすめ」(1999 年 10 月号~2000 年 11 月号) に掲載されている西村和雄氏の文章である。内容は 1994 年 (?) 喝水の際に北海道の牛が牧草を食べた直後に次々に死んでしまい、その死因は牧草に高濃度の硝酸態窒素を含んでいることである。

20 年前に発生したとされる事件であるにも関わらず、本件について新聞記事や役所の発表、研究機関の報告が全くなかった。もし本当とすれば、マスコミを始め日本国中に大騒ぎになったはずである。

一方、我が国の農業災害補償制度によれば、牛の硝酸塩中毒と思われる死産事故は年間

数 10 頭発生し、100 頭を超えた年もある。注意すべき点は、硝酸塩中毒は羊、馬ではなくすべて牛である。これは、牛が 4 つの胃を持ち、第 1~3 胃は、一度食べた草を反芻（はんすう）するための存在である。一番大きな第 1 胃の容積は約 100 リットルで、この胃に生息している微生物が草を分解し、牛の消化を助ける。牧草の硝酸態窒素は第 1 胃に於いて微生物により亜硝酸に還元され、中毒症状を引き起こすのではないかと推測される。

五番目は、硝酸態窒素は有機栽培の野菜に少なく、化学肥料を使う野菜に多い。だから、有機野菜は安全だという事実誤認である。特に有機農業を信奉する一部の組織と個人が自主発表した「有機栽培作物の硝酸態窒素含有量が低い」というデータが、一人歩きしている。これらの調査は調査手法、分析方法などを明示せず、結果だけを公表する非科学的な態度を取っているものが多い。

これに対して、日本土壌肥料学会が刊行する日本土壌肥料学雑誌第 71 巻第 5 号（2000 年 10 月）に発表された論文では、市販されている野菜ジュース、トマトジュース、青汁、果実ジュースの国産品 74、外国産 14 の合計 88 サンプルを有機栽培表示と慣行栽培表示に分けて比較したところ、硝酸態窒素濃度に大きな差はなかったという。また、農業および園芸雑誌第 71 巻（1996 年）にも慣行栽培に比べ有機肥料の施用で野菜の硝酸態窒素の集積はむしろ多くなる場合があるという研究結果が記載されている。

植物や農学を研究する科学者のほとんどは、有機栽培と慣行栽培のどちらが硝酸態窒素をより多く蓄積するか、という区別には意味がないと考えているようである。前述したように有機質肥料に存在している有機態窒素はそのままでは植物に吸収されない。施用後、土壤中で微生物によって分解されて硝酸態窒素になってから初めて植物に吸収される。尿素や硫酸などの硝酸態窒素以外の窒素系化学肥料も土壌微生物により分解されて硝酸態窒素になってから植物に吸収される。すなわち、化学肥料であろうと有機質肥料であろうと、硝酸態窒素に分解されないと植物に吸収されない。有機質肥料をたくさんやれば、分解された大量の硝酸態窒素は植物に吸収され体内に蓄積することには変わりがない。植物の生理を考えれば、これは当たり前のことである。1940 年代にアメリカで発生したブルーベビー症候群は牧草地に撒いた家畜の糞尿、いわゆる有機質肥料の地下水硝酸態窒素汚染に起因したものであることも何よりの証拠である。

食品中の硝酸態窒素を一番厳しく管理しているのは EU である。表 2 は EU が 2011 年に改訂した食品中の硝酸態窒素含有量の基準である。

説明すべきことは、2011 年の改訂に於いて、EU は適正農業規範（GAP）に従って栽培した場合でも天候等の影響により基準値を超えることがあること、葉菜類中の硝酸態窒素による乳幼児の健康影響のリスクは低いとの EFSA（欧州食品安全機関）のフードチェーンにおける汚染物質に関する科学委員会の評価を受けたことを元に、基準値を引き上げても健康への影響の程度は小さいと判断して、野菜の硝酸態窒素の基準値を引き上げた。また、若葉を食用するルッコラについては高濃度の硝酸態窒素を含むことが判明されたため、基準値を新たに設定した。

表 2. 食品中の硝酸態窒素の基準 (EU、2011 年)

品目	基準値 (NO ₃ ⁻ 濃度 mg/kg)	
	現在	2011 年改訂前
生鮮ホウレンソウ	3,500	3,000 (10~3 月収穫) 2,500 (4~9 月収穫)
保存加工、冷凍ホウレンソウ	2,000	2,000
結球レタス	施設栽培	2,500
	露地栽培	2,000
その他のレタス	10~3 月収穫、施設栽培	5,000
	10~3 月収穫、露地栽培	4,000
	4~9 月収穫、施設栽培	4,000
	4~9 月収穫、露地栽培	3,000
ルッコラ	10~3 月収穫	7,000
	4~9 月収穫	6,000
乳幼児向けベビーフード、シリアル加工食品	200	200

現在、野菜中の硝酸態窒素の基準値を設定しているのは EU だけである。本邦では、1995 年国連食糧農業機関 (FAO) 及び世界保健機関 (WHO) の合同食品添加物専門家会議が出した結論と野菜中の硝酸態窒素に関するコメントを参考に現段階において直ちに野菜中の硝酸態窒素の基準値を設定する必要は低いとする。アメリカやその他の国も同じ考え方である。

野菜中の硝酸態窒素を低減する技術は、植物の生長に応じて適切な量の窒素肥料を適時に与えて、植物の健全な生長を促しつつ、植物中の硝酸塩濃度の過度の上昇を防ぐことに尽きる。具体的手法は、土壌診断に基づく施肥設計および適期施肥の励行などによる窒素肥料施用量の抑制、肥効調節型肥料の利用による窒素肥料成分の過剰溶出等である。