

#### IV 亜鉛・高齢者に多い食欲不振、皮膚障害に劇的な効果 寿命宣言された高齢者がお元気になられた事例から

##### 1 はじめに

およそ 35 年も前、1970 年代はじめのことだが、筆者の祖母が 75 歳のとき脳梗塞で寝たきりになった。3 年 3 カ月の自宅看護の末 78 歳で亡くなったのだが、両親の献身的な看護にもかかわらず、ひどい床ずれであった。深くえぐれて骨まで見えそうにまでなっていた。痴呆も進行し、昼夜の区別もつかず、夜中に大声を出すこともしばしばであった。

そんな経験をもつ筆者が倉澤隆平先生の論文を読み驚いた。拒食症で、祖母のような床ずれ症状も併発し、寿命宣言までされていた 88 歳の高齢者が亜鉛投与でお元気になられたのである。ご家族も驚かれたが、最も驚いたのが倉澤隆平先生ご自身だそうだ。

筆者が倉澤先生を最初に知ったのは日本微量元素学会誌<sup>1)</sup>である。図 1 のデータが掲載されているのを見てそのすばらしさに注目していた。そして、後日何気なく、「亜鉛欠乏対策」をキーワードとして、インターネットで検索していると、東御市のホームページに重点施策として亜鉛欠乏対策がなされているのが目に止まり、東御市の市役所に電話をかけ、事業の内容をお聞きした。その予算で住民の血清中亜鉛調査をされていた。もちろん中心になってやっておられるのは倉澤隆平先生であることもお聞きした。電話に出られた東御市の職員の方は「国も県もどこの市町村もやっていない、変わった予算でしょ」との意味のことを言われた。国や県がやらないことを市がすることに遠慮されているようでもあった。「いやいや、すばらしい事業ですよ。亜鉛は人間の健康に大切に、国や県や多くの方がまだ知らないだけです。大切な事業ですからよろしくお願いします」との意味のことを言って、筆者は電話を切った。今から 1 年以上も前のことである<sup>2)</sup>。

##### 2 高齢者と亜鉛

重大な発見の背景には、そのきっかけになった臨床における多くの劇的な効果が引き金になっている<sup>3)</sup>。倉澤先生ご自身も、またそれを知った筆者自身も感動した。その症例の一部を具体的に紹介する。ただ医学用語が多く出て来るので、次に示した用語解説も参照下さい。

###### 用語解説

**ADL** : Activities of Daily Living の略で、食事、排泄、着脱衣、入浴、移動、寝起きなど、日常の生活を送るために必要な基本動作全てを指す。

**エンシュア・リキッド** : 食事がとれないときに用いる総合栄養剤。腸からも直接吸収できるため経腸栄養剤とも言われる。口から飲めない場合、鼻からチューブで注入されることもある。糖、脂質、タンパク質、ビタミン、電解質ミネラルと共に、微量元素では亜鉛、鉄、銅、マンガンを含んでいる。Zn 量は、13.4mg/250cc 含有。

**褥瘡** : じょくそうと読む。床ずれのこと。

**プロマック** : 一般名 (成分) はポラプレジンク (Polaprezinc)。亜鉛と L-カルシノンの錯体。胃の粘膜を保護する薬で、胃潰瘍の治療に用いられるが、亜鉛を含むことから、亜鉛不足による味覚障害に応用される。プロマック 1 袋 0.5g は 15% (75mg) のポラプレジンクを含む。通常、1 日 2 袋で朝食後と就寝前

に服用。1日のボラブレジンク量は150mg、Zn量は約34mg。

### 寿命宣言をされた89歳の女性が亜鉛で治癒した事例

(この項の文章はほとんど文献3より抜粋引用、〈 〉内は筆者補筆)

1999年8月(87歳)：〈前任者の〉カルテによると急激な食欲不振で受診。下肢の浮腫〈むくみ〉に痴呆様症状の発現やADL〈日常動作〉の低下を認め、更に、口内炎の発症等々があった。エンシュア・リキッドの投与で、症状は軽快し、しばらく受診しなくなった。(後に判明したのだが、このエンシュア・リキッドの意外な意味があった。)

2000年7月(88歳)：〈倉澤先生が赴任した頃〉浮腫と食欲不振にて往診し、エンシュア・リキッドを投与。往診時、室内をポツリ、ポツリと歩く元気のないお年寄りと拝見した。その後、往診の依頼はなかった。

2001年4月：痴呆症状が出現し、ADLは更に低下。昼夜逆転と妄想も生じているとのこと。息子夫婦が大変良く介護しているとの感じを受けた。12月末：口内炎を発症し、痛くて食べられないと殆ど食べなくなり、又、エンシュア・リキッドを投与。

2002年2月(89歳)：左足関節外顆〈か〉部に褥瘡発症。

4月：〈褥瘡の程度は、〉Ⅱ度からⅢ度と〈ひどく〉なり、足背に顕著な浮腫が認められた。5月：転倒して疼痛〈とうつう：ずきずきとする痛み〉のため殆ど動かず。褥瘡は更に悪化して局所的に色々と処置するも軽快せず。8月中頃：食欲不振進行し、褥瘡も左足外顆部に加えて仙骨部、左大転子部にも発症。9月：食べるのを嫌って、食事には背を向け、食べないという拒食状態。味覚障害を疑い、血清亜鉛を測定 Zn 56  $\mu$  g/dl。9月23日：大転子部の褥瘡は皮下脂肪層に深くえぐれて悪化、筋膜が露出する悲惨な状態と言うべきだが、家族は大変良く在宅介護をしており、訪問看護等を入れて支援することとした。

9月30日：殆ど食べず、動かず。外顆、仙骨、大転子部の褥瘡は悪化し、意識状態も低下してきたの89歳。“これはもう寿命だ”、と正直思って家族に寿命宣言をした。しかし、亜鉛欠乏はあるのだからと試みにプロマック 1.0gr/dayの投与をした。

10月16日：往診に行き、驚いた！あれほど食べることを嫌っていたのに、お粥にヨーグルトにジャムと色々と食べるようになっていた。それに、お豆も餅も食べたという。その食欲の回復ぶりに驚嘆したという他ない。褥瘡については〈症例1での経験もあり〉『回復しつつあり？欲目か？』とカルテに記載している。

10月21日：プロマック投与の3週間後、全く寝たきりで、殆ど動けなかった人が車椅子に乗せられてデイケアのついでに外来にやってきた。ほとんど話すこともできなかった人が「味が出て食べられるようになった。まずくて食べられなかった」「先生のおかげだ」と実にハキハキと言って、見違えるような元気さである。褥瘡もハッキリ肉芽が出て来た。

11月11日：褥瘡はグーッと締まって来て、1cmほどの深さの細い瘻孔〈ろうこう：体内の器官と体表との間にできた管のような孔〉を残すだけとなった。この日の血清亜鉛値は73  $\mu$  g/dlであった。

12月2日：食欲良好で褥瘡も治癒してしまった。家族も驚いたようだが、治療していた〈倉澤先生が〉一番驚いた症例である。

2003年3月：食事は普通食を摂り、褥瘡はなく昼間は居間で起きているという。ADLの改善も目を見張るものであったが、そこからは訪問看護のみとなり、4月からは患家か

らの診療依頼は途絶えた。(倉澤先生も) その時点で治療は完了と思った。

6月16日：プロマック投与が中断されて約2ヶ月半。仙骨部に褥瘡が発症したと受診してきた。このときは、全身状態は比較のお元気で食欲もあったが、褥瘡が認められて、Zn値 $53\mu\text{g/dl}$ と低下していた。さっそく、プロマックの投与を再開して、20日ほどで治癒したという。

6月23日：外来に来られたときに「褥瘡どうなったか見せてください」と(倉澤先生の要求に)「尻なんて簡単に見せられない」と大変お元気でニクッタラシイことを言う。

さて、ここでこの症例の褥瘡の治癒経過を写真で示せば、こんな劇的な報告はないのだが、寿命宣言をした2002年9月30日のあの悲惨な状態で、しかも亜鉛の補充療法でこのように褥瘡が治るとは全く思っていなかった時に、臨床医として、当然、写真を撮らせてくれとは頼めなかった。又、写真を撮る意味も見いだせないので、写真はない。しかし、



(倉澤隆平 撮影)

写真 ポラプレジンク摂取により、お元気になられたおばあさん  
に関しては倉澤先生を通じて、ご家族の許可を受けている。)

元気度を含めて、その後の様子をおみせする。

写真は寿命宣言2年後の2004年8月の写真。個人情報保護法があるが、顔を含めての写真です。家族はもちろん、ご本人に承諾済みです。それほど、ご本人の頭もしっかりされている。(ご本人は2006年12月18日、寿命宣言後4年2ヶ月半、1週間前まで、食事を摂られ、褥瘡もなく、普通に生活されて95歳で亡くなった。)〈本誌への写真の再掲載

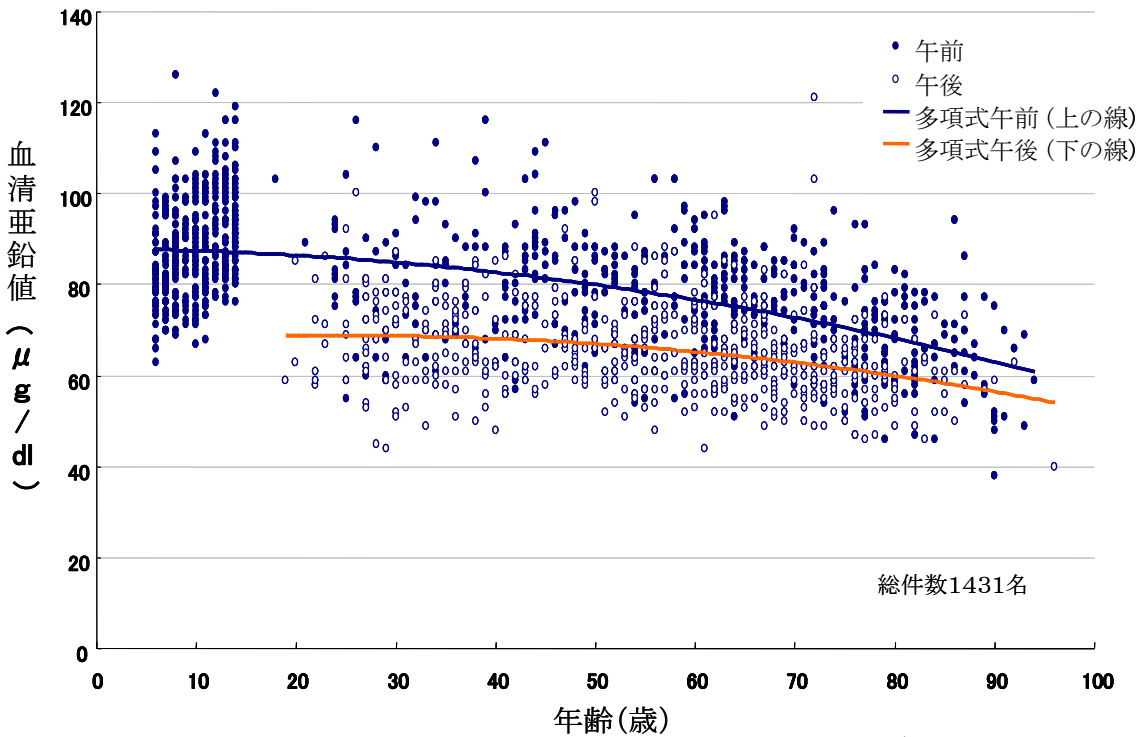
### その他にも多くの亜鉛不足の症例がある

外来の患者や特養の入所者の食欲不振や褥瘡が亜鉛補充療法で次々治癒し、味覚障害はもちろんのこと、舌痛や口腔咽頭症状、種々の皮膚疾患も亜鉛欠乏が関係していることが判りだした。このような亜鉛欠乏症多発の傾向から「これはどうも村民に亜鉛不足の可能性がある。調べてみた方がよい」と診療所で話をしていたら、北御牧村の理事者と議会がその話を聞きつけて、翌2003年度に200万円の予算化がなされた。そこで2003年秋に、1431名の村民の血清亜鉛濃度の調査をした結果が図1である。

ここで、黒丸は午前採血群、白丸は午後採血群で、午後採血群の方が血清亜鉛値が低いこと、また血清亜鉛値は加齢と共に低下している。

図2は、血清亜鉛値の採血時間による変動をできるだけ均一の集団として、ヘルス・スクリーニングの集団について調べた図である。採血時間と共に血清亜鉛値は低下している。日内変動の存在は個人の経時的採血で報告されているが、それが集団として認められた。

したがって、その後の採血の時間は午前9時から10時前後としている。



(倉澤隆平 原図)

図1 血清亜鉛値の分布図 日内変動 (午前・午後)と回帰曲線

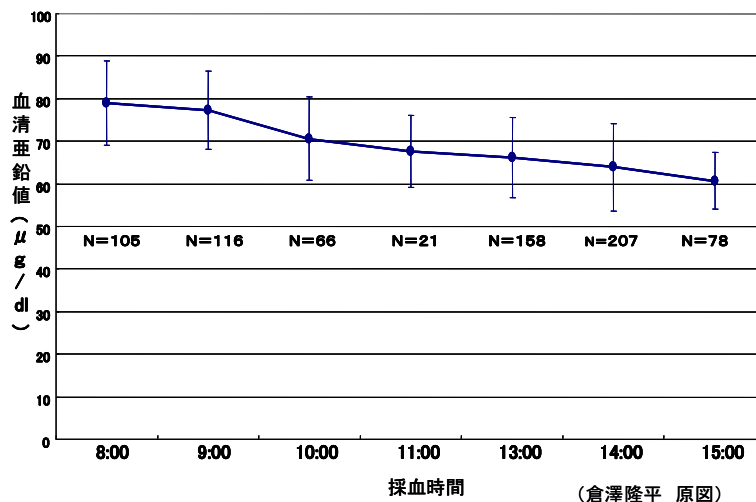


図2 血清亜鉛値の時間による変動(ヘルス受診者751名)

図3は、2002年の秋から2005年の3月末の約2年半の間に、亜鉛補充療法でその症状が改善し、間違いなく亜鉛欠乏症であると確診した98例について、亜鉛欠乏症と疑った当初の症状の割合を示したものである。発現している症状は単独のことも複数のことも含まれ、特に、経験が積み重なった後期には褥瘡と食欲不振に舌炎様症状とか、

問診により複数の症状を捕らえて、より欠乏症の可能性を高めて診断を行う様になりつつある。特に図3に示すように、食欲不振や褥瘡が大きな割合を占めている。いわゆる老人性皮膚搔痒(搔痒: そうようと読む。かゆい所をかくこと)症や搔痒感のみのもの等、ある種の“かゆみ”には亜鉛不足が関与していると考えられ、補充療法が劇的な効果をもたらすが、(倉澤先生は多くの医師の追試を願われている。)

図4は、2005年3月までの亜鉛欠乏症を疑った登録症例236例をそれぞれの群に分けて、初診時の血清亜鉛濃度に症例数の重みを付けた分布図である。亜鉛欠乏症例群の初診

時血清亜鉛濃度は基準値の最低値 65  $\mu$  g/dl 前後から低値に大部分が分布しているが、基準値内の高値 90  $\mu$  g/dl 付近にも存在した。一方、非亜鉛欠乏症と考えられる群では大部分が基準値内に分布しているが基準値の最低値 65  $\mu$  g/dl 以下の低値にも存在する。

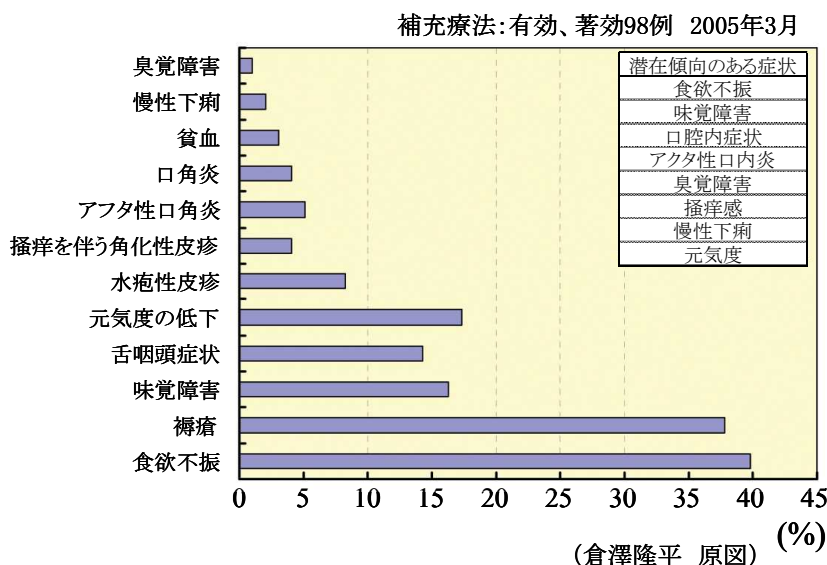


図3 亜鉛欠乏症を疑った当初の症状(%)

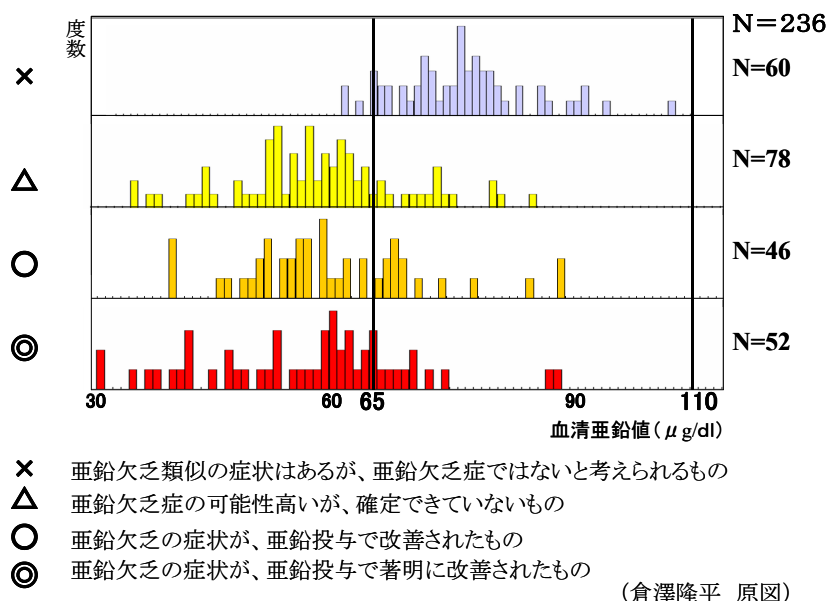


図4 有症状者の初診時亜鉛濃度分布

ここで筆者にとっては重要と思われることが3点ほどある。1点は亜鉛投与を中断すると褥瘡が再発したことである。健康維持に必要な亜鉛量をコンスタントに摂取する必要がある。このことはミネラルの種類にもよるのだが、人間の場合は亜鉛貯蔵能力が低いと推察できる。

2点目は、味覚障害についてであるが、倉澤先生によると食欲不振は亜鉛補充療法で劇的に回復しても、味覚は食欲不振よりも回復に時間を要し、速いものでは、数週~1か月程で効果が表れることもあるが、難治のものもあり、1年余りの補充療法継続で血清亜鉛

医療の現場では、統計的数値である基準値を、うっかり正常値と考えている傾向がある。少なくとも血清亜鉛については、基準値=正常値ではない。つまり、初診時の血清亜鉛値のみで欠乏症であるとか、欠乏症でないとは言えない。しかし、亜鉛値を参考にしてその可能性の程度を想定することができる。〈土壤診断でも同様のことが言える場合が多い。〉〈なお、ここまで執筆し倉澤先生に連絡をとっていたら、ちょうど、ホームページを立ち上げられた<sup>4)</sup>。拝見すると非常に詳しいので、これ以降の研究内容については、同ホームページを参照下さい。〉

### 3 味覚障害より食欲不振が亜鉛補充療法で回復しやすい

値も高値に平衡状態になっても、味覚は回復しない例も経験しているそうだ<sup>5)</sup>。筆者の知り合いの医師に尋ねると「味覚障害の方にプロマック投与はよくしますが、なかなか治りませんよ」とのことである。亜鉛欠乏＝味覚障害と単純に考えない方がよいように思われる。

3点目は、亜鉛サプリメントについてであるが、アメリカやカナダではサプリメントとして亜鉛を摂取している人が多い。過剰摂取への警告もある。神戸大朋<sup>6)</sup>によると、1日100mg以上の亜鉛サプリメントを10年以上摂取している男性に、前立腺がんが発生する頻度が高まるとの報告がなされた<sup>7)</sup>。前立腺がん患者では、亜鉛含量が有意に減少していることはよく知られており、前立腺がん細胞内の亜鉛濃度が上昇すると増殖が阻害されることも報告されている<sup>8)</sup>。前立腺がんの悪性度と亜鉛トランスポーター Znt4 の発現減少率との間に強い相関性が見られることも分かっている<sup>9)</sup>。長期にわたる比較的多量の亜鉛摂取が前立腺亜鉛トランスポーターの発現レベルを微妙に変化させ、前立腺がん発生頻度に影響を与えているかも知れないそうである<sup>6)</sup>。

日本人の食事摂取基準(2005年版)は、18～69歳の男性の場合、1日当たり推定平均必要量8mg、推奨量9mg、上限量30mgである。一方、栄養機能食品の1日当たりの摂取目安量は、下限値3mg、上限値15mgと定められているので、サプリメントも適量の摂取であれば、問題はないと思われる。なお、倉澤先生も一日34mg以上の長期投与の経験はないそうだ<sup>5)</sup>。

#### 4 亜鉛についての基礎研究—トランスポーターについて

作物栄養学でも現場の事例と基礎研究分野の進捗状況の双方を知っておく必要があるように、医学分野でも臨床研究だけでなく、基礎研究のごく一部だけでもその現況を知っておきたい。

大阪大学大学院生命機能研究科教授の平野俊夫らの亜鉛に関する研究がインターネット上で広く紹介されている<sup>10)</sup>。平野俊夫らの発見は、栄養素である亜鉛がシグナルとしても関与していることである。カルシウムがセカンド・メッセンジャーとしてシグナル伝達に関与していることは1960年代の江橋節郎らの世界で最初の大発見であるが、それに次ぐ。

研究は多岐にわたるが、平野俊夫自身が1982年に発見した細胞間の連絡物質サイトカインの1種IL-6は、リンパ球のB細胞に働いて抗体を産生させる。そのシグナル伝達先の一つがLIV1という亜鉛トランスポーターであった。平野俊夫らは、その亜鉛トランスポーターLIV1のノックダウン(遺伝子を壊した)ゼブラフィッシュ胚を作成して、LIV1は、E-カドヘリンの発現を抑制する亜鉛要求性(亜鉛フィンガー)転写因子Snailの細胞質から核への移行を亜鉛依存的に制御していたことを発見している<sup>11)</sup>。

E-カドヘリンは細胞間接合に関与している物質である。臓器や体内の内壁面を覆う細胞は上皮細胞からできており、それらはE-カドヘリンによって細胞相互が接着されている。

傷口の治療、ガンの転移等の際には上皮細胞として密に結合している細胞同士が隣の細胞との接着を解除し、可動性を獲得し他へ移動する。移動するためには上皮細胞は「間葉」細胞の特性を帯びる。間葉細胞はE-カドヘリンを待たない。間葉細胞は移動後、様々なタイプの組織の中で結合組織や血管細胞に生長する。この上皮細胞が間葉細胞に変わることを「上皮—間葉転換」というが、サイトカインからのシグナルにより亜鉛トランスポー

ターの活性が高くなり、細胞内亜鉛濃度が高くなり、結果的に E-カドヘリンの生産を抑制して、細胞が移動しやすくなる。

こうした研究はガン転移の予防薬の開発にもつながると考えられている<sup>10)</sup>。筆者が、飛躍による誤りを恐れずに表現すると、褥瘡が亜鉛補充で治癒するのは、古くから知られている亜鉛の核酸合成、タンパク質合成機能に加えて、「上皮-間葉転換」が生じやすくなっていることも関係しているように思う。

1975 年 8 月、カリフォルニア大学バークレー校に久保雄之介君とテンサイの各種生理障害や亜鉛欠乏症の研究をしていたチャップマンを訪問したとき、筆者が亜鉛に興味があることを話すと、同校にガン細胞と亜鉛との関わりについての研究をしている日系の研究者を紹介された。しかし、当時はガン細胞と亜鉛に関する十分な知識もなく、日本語での会話であったにもかかわらず、ほとんど内容を理解できず大きな勉学の機会を逃したことをはずかしく思い出す。ただ、30 年以上も前から亜鉛とガン細胞の関係について研究していた研究者がいたことは事実である。

亜鉛トランスポーターは大きく 2 つに大別される。細胞内小器官から細胞質へ亜鉛を運ぶ Zip と、細胞内から細胞外への排出に働く Znt である<sup>12)</sup>。ヒトのゲノム解析により、Zip と Znt はそれぞれ 14 種と 9 種のトランスポーターからなるファミリーを形成していることが明らかになっているが、前述の LIV1 は Zip6 で、乳ガンの転移との相関が報告されている<sup>12)</sup>。

なお、植物における亜鉛トランスポーターに関しては鈴木基史らの総説<sup>13)</sup>に詳しい。シロイヌナズナでは 15 個の Zip ファミリーが同定されており、そのうちの 3 つは亜鉛を細胞内に輸送する。また最初に二価鉄イオントランスポーターとして同定された IRT1 も亜鉛を細胞内に輸送する。Zip ファミリーとは ZRT (Zinc Regulated Transporter) と IRT (Iron Regulated Transporter) の総称だそう<sup>13)</sup>。一方、細胞外に ATP 分解のエネルギーを利用して、亜鉛を能動輸送する HMA (Heavy Metal ATPase) は、シロイヌナズナでは 2 つ同定されている。また細胞内に多量に蓄積した亜鉛を細胞外や液胞などへ排出する CDF (Cation Diffusion Facilitator) ファミリーは、酵母、哺乳類にも広く存在するが、シロイヌナズナでも 1 種同定されている。これらの植物体内での発現部位についてもすでに明らかになっている<sup>13)</sup>。

植物では亜鉛輸送はイオンの形態だけではない。キレーターと複合体をつくって、複合体の形で細胞内に取り込まれる機構も存在する。トウモロコシから単離された「鉄・ムギネ酸類複合体」トランスポーター YS1 は、「亜鉛・ムギネ酸類複合体」も輸送することがすでに明らかになっている。ホモロジー検索の結果、YS1 に相同性の高い遺伝子は植物、微生物には存在するが、ヒトをはじめ動物では見いだされていない。植物界では、シロイヌナズナから 8 個、イネから 18 個の 70 ~ 80 % の相同性を示す遺伝子が見いだされている。すでに西澤直子らはイネ科以外の植物ではニコチアナミンが鉄、亜鉛、マンガンなどの金属元素の体内輸送において必須であることを明らかにしている<sup>13)</sup>。「亜鉛・ニコチアナミン」を輸送するトランスポーターは、現在までのところまだ同定されていないが、今後の研究の進展が楽しみである。

## 5 亜鉛の土壌施用の限界

土壌肥料分野で亜鉛と言えば、研究者は過剰問題を考慮しなければならない。それは、次に示す環境庁水質保全局長通達があるためである。非常に重要なため、全文を示す。

### 農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準について

環水土第 149 号 昭和 59 年 11 月 8 日

知 事 殿

環境庁水質保全局長

近年、農用地における地力の増進及び資源の有効利用の観点から、有機性副生物を再生し原料にした資材（以下再生有機質資材という。）を肥料又は土壌改良資材として農用地に使用する傾向がみられるが、再生有機質資材の中にはその成分からみて、それらを長期間過大に連用する等使用方法によっては、重金属等が土壌中に蓄積して作物の生育に影響を生じることが懸念されるものがある。

このため、今般、当面の措置として、再生有機質資材の農用地における適切な使用を図り、土壌中の重金属等の蓄積による作物の生育への影響を防止するため、土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理指標及び管理基準値（以下「管理基準」という。）を暫定的に下記のとおり定めたので通知する。

再生有機質資材が使用される場合にあっては、この管理基準を参考に関係部局間の連携を密にして、使用される再生有機質資材及び農用地の土壌について土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理指標の値を把握し、農用地における重金属等の蓄積防止に努められたい。

また、この管理基準は、汚染土壌の除去等の対策を行うための基準とは異なるものであるので御了知をおきいただきたい。

なお、今後の知見の蓄積によっては、この管理基準の見直しを行うこととしているので申し添える。

記

1. 農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理指標は、亜鉛の含有量とする。
2. 農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準値は、土壌（乾土）1 キログラムにつき亜鉛 120 ミリグラムとする。
3. 管理基準に係る亜鉛の測定の方法は、表層土壌について強酸分解法により分解し、原子吸光光度法によるものとする。

この基準は亜鉛にとっては厳しすぎる。下水汚泥堆肥や豚糞など亜鉛をやや高濃度に含む土壌改良資材をほとんど施用していない地域でも、この値を超える農地は日本に多い。兵庫県で平成 6～9 年に地力保全定点調査で採取した水田土壌 61 点の酸分解による亜鉛分析結果によると、32.8 %の水田がすでに 120mg の上限値を超過している<sup>15)</sup>。すなわち、亜鉛含有土壌改良資材を土壌に施用することは県下一律にはできない。このことは他の都道府県においても同様である。

亜鉛は作物への過剰障害が発生しにくく、人体に有用な元素であることを考慮すれば、同通達に明記されているように、見直しを検討すべきと思う。管理指標の亜鉛を有害元素そのものに、あるいは亜鉛の分析法が改正されれば、普通に肥料として作物にも人間にも必要な亜鉛を公然と土壌に施用できる日も来ると思う。医薬分野で、亜鉛を含む前述のプロマック（ポラプレジンク）は保険適用範囲が狭く、医師が処方しにくいと同様、農業分野でも法律や規則が制限になっている場面は多い。なお長野県では県医師会と社保・国保の両診療報酬審査会とで検討・協議の結果、ポラプレジンクを亜鉛欠乏症の適用と保険



で認めることとなっている<sup>5)</sup>。

日本では前述の通達が今のまま存在する限り、農用地に亜鉛を高濃度に含む再生有機質資材を施用できない。しかし、効果発現促進材（注：日本の肥料取締法上の用語で、亜鉛、鉄、銅、モリブデン等）として亜鉛含有率を高めた各種肥料は市販されている。また、作物への亜鉛供給法は土壌施用ばかりではない。葉面散布がある。効果発現促進材として亜鉛が含まれている葉面散布用肥料は多い<sup>2)</sup>。微量で効果があり、土壌に負荷を与えない。葉面散布用肥料に含まれる硫酸亜鉛などは、人間の医薬原料としても用いられている。作物に障害を及ぼさない亜鉛濃度は、人体に全く無害である。農業生産者は、人間の健康のためにも亜鉛含有率の高い健康な農産物生産に励みたいものである。

## 引用文献

- 1) 倉澤隆平・久堀周次郎・上岡洋晴・岡田真平・松村興広：長野県北御牧村村民の血清亜鉛濃度の実態、*Biomed. Res. Trace Elements*, **16**(1)、61～65 (2005)
- 2) 渡辺和彦：最近目立つ野菜のミネラル不足は、こう補う（その6）、人間も作物も亜鉛の潜在欠乏に注意、全肥商連通信、ひろがる農業、112号、9～12 (2006)
- 3) 倉澤隆平（亜鉛欠乏に関する研究会）：亜鉛欠乏症について－亜鉛欠乏症の臨床および住民の微量元素亜鉛の不足傾向について－、長野県国民健康保険団体連合会および長野県国保直診医師会、2006年3月
- 4) 倉澤隆平ホームページ：[http://www.geocities.jp/ryu\\_kurasawa/](http://www.geocities.jp/ryu_kurasawa/)
- 5) 倉澤隆平：高齢者と亜鉛、南山堂、治療別冊、亜鉛の有用性を探る－臨床での亜鉛補充による効果とその考え方、Vol.87、9～15 (2005)
- 6) 神戸大朋：亜鉛サプリメントの摂りすぎにはご用心、化学と生物、**42**、393～394 (2004)
- 7) Leitzmann M.F., M.J. Stampfer, K. Wu, G.A. Colditz, W.C. Willett, and E. L. Giovannucci : Zinc Supplement Use and Risk of Prostate Cancer, *J. Natl. Cancer Inst.*, **95**, 1004～1007 (2003)
- 8) Liang J.Y., Y.Y. Liu, J. Zou, R. B. Franklin, L. C. Costello, and P. Feng : Inhibitory Effect of Zinc on Human Prostatic Carcinoma Cell Growth, *Prostate*, **40**, 200～207 (1999)
- 9) Beck F.W.J., A.S. Prasad , C.E. Butler , W.A. Sakr , O. Kucuk , and F.H. Sarkar : Differential Expression of hZnT-4 in Human Prostate Tissues. *Prostate*, **58**, 374～381 (2004)
- 10) 平野俊夫研究室ホームページ：<http://www.med.osaka-u.ac.jp/pub/molonic/www/index.html>
- 11) Yamashita S., C. Miyagi , T. Fukada , N. Kagara , YS. Che, and T. Hirano : Zinc Transporter LIV1 Controls Epithelial-mesenchymal Transition in Zebrafish Gastrula Organizer, *Nature*, **429**, 298～302 (2004)
- 12) 織田公光：脚光を浴びる亜鉛ホメオスタシス、新潟歯学会誌、**36**、243～245 (2006)
- 13) 鈴木基史・西澤直子：植物の亜鉛トランスポーター、化学と生物、**44**、233～240 (2006)
- 14) Takahashi M., Terada I., Kakai H., Nakanishi E., Yoshimura E., Mori S. and Nishizawa N.K. : The Role of Nicotianamine in the Intercellular Delivery of Metals and Plant Reproductive Development, *Plant Cell*, **15**, 1263～1280 (2003)

15) 渡辺和彦・松山稔・青山喜典：下水汚泥の農地利用について、再生と利用、26、No.99、37～47 (2003)

16) 渡辺和彦：作物も人間も元気にする肥料・ミネラルの1事例・・・亜鉛、高齢者に多い食欲不振、皮膚障害に劇的な効果、季刊肥料、107号、17～25 (2007)

本稿は季刊肥料、引用文献16)への投稿原稿でもある。

(補)家畜糞堆肥を施用していても作物体亜鉛が増加しない事例

環境庁通達、農用地管理基準の全亜鉛含量 $120\text{mgkg}^{-1}$ の値は低すぎる

家畜ふん尿には亜鉛が多く含まれている。しかし、農作物中の亜鉛は必ずしも増加し

表1 家畜ふん堆肥19作連用試験圃場のタマネギ球部亜鉛含量と土壤の全・可溶性亜鉛

		化成 1*	牛糞			豚糞		
			0.5	1	3	0.5	1	3
作物の 亜鉛	無マルチ	27	18	14	20	20	19	24
	マルチ	41	11	13	21	17	17	34
土壤の 全亜鉛	無マルチ	80	83	81	91	87	93	120
	マルチ	78	78	82	97	87	100	135
可溶性 亜鉛	無マルチ	6	8	11	23	17	27	75
	マルチ	7	9	13	26	15	30	81

注：\*17作までダイコン、以降エダマメとタマネギの交互。堆肥毎作施用。化成はN=18kg/10a 堆肥はT-N相当量 0.5:半量区 3:3倍量区 牛糞:稲わら牛ふん堆肥 豚糞:おがくず豚ふん 亜鉛の単位はppm マルチはシルバーポリマルチ

土壤の可溶性亜鉛は、0.1M塩酸抽出。

ない。リンも多く含まれているため、表1のタマネギ球部の亜鉛含有率は、堆肥を施用しないほうが、高くなっている。

堀兼明ら<sup>2)</sup>は、こうした圃場試験と現地土壤の実態調査から環境庁の全亜鉛含量 $120\text{mgkg}^{-1}$ の管理基準値が著しく低く、家畜ふん堆肥施用土壤に適用する妥当性に疑問を示している。

表2 上記試験土壤のリン含有率とpH

		化成 1	稲わら牛糞堆肥			オガクズ豚糞堆肥		
			0.5	1	3	0.5	1	3
土壤の全 $\text{P}_2\text{O}_5$ (mg/100g)	無マルチ	340	361	400	480	418	486	715
	マルチ	385	357	388	521	423	521	881
Truog- $\text{P}_2\text{O}_5$ (mg/100g)	無マルチ	38	64	71	101	92	127	248
	マルチ	44	67	91	154	92	145	294
水溶性- $\text{P}_2\text{O}_5$ (mg/100g)	無マルチ	3.6	5.0	7.5	10.4	5.2	6.6	10.6
	マルチ	3.4	4.9	7.9	15.0	4.1	7.1	12.7
土壤懸濁液のpH( $\text{H}_2\text{O}$ )	無マルチ	5.3	6.5	6.9	6.8	6.0	5.9	5.8
	マルチ	5.0	6.6	6.8	7.0	5.9	5.9	5.9

当然の指摘である。同環境庁の通達は正確なカドミウム分析が困難であった時代の代替指標として亜鉛が選ばれたものであり、同管理基準値で亜鉛による悪影響が出ることはない。ヒトの健康に関する立場からも改訂されるべき時期がきている。

引用文献

- 1) 堀兼明・福永亜矢子・須賀有子・浦嶋泰文・尾島一史・池田順一：家畜糞堆肥連用圃場における亜鉛の動態、平成15年度近中四農研成果情報、171～172 (2004)
- 2) 堀兼明・福永亜矢子・尾島一史・須賀有子・浦嶋泰文・田中和夫・池田順一：家畜ふん堆肥を連用した野菜栽培農家圃場および試験圃場における亜鉛の蓄積実態、近中四農研報、4、109～128 (2005)