

## 第12回

## 「砒素を巡る最近の話題」

徳田 廣

## プロフィール

## 略歴：

東京大学農学部教授を定年退官後、1990年から1994年までJANUSに顧問として在籍

## 専門：

海洋の油汚染、海洋生態学、藻類学

## 著書：

- ・ 海藻資源養殖学（緑書房）
- ・ 海藻検索図鑑（北隆館）
- ・ 図鑑海藻の生態と藻礁（緑書房）

砒素毒をニンニクで消す<sup>1)</sup>

ガンジス川流域ではネパールやバングラデシュとインド東部の西ベンガル州、黄河流域では中国の山西省や内モンゴル自治区、ヴェトナムのメコン川下流域、パキスタンのインダス川下流域など、アジアの大河に沿った広範囲の地域で生じている地下水の砒素汚染は、「世界最大規模の汚染」と言われている。<sup>2)</sup>

井戸で揚水された地下水に、地層中に含まれている砒素が溶け出して混入しているのが原因で、手足などの皮膚や神経系・循環器系などの疾患、肝臓障害、重度の末梢血管障害、内臓がんや皮膚がん等、数多くの深刻な砒素中毒症状による健康被害が起きているのである。

とりわけ、ガンジス川とブラマプトラ川によって形成されたデルタ地帯に位置する国・バングラデシュにおいては、砒素に汚染された井戸水を総人口の約1/4に当たる3,500万人が飲用し続けており、数千万人も慢性的な砒素中毒患者らが苦しんでいる重大な状況である。飲用水の砒素を除去する事は可能ではあるが、高いコストがかかる。多くの人々は未処理の井戸水を

そのまま飲まざるを得ないため、バングラデシュやインドの西ベンガル地方では世界保健機関(WHO)で定めた基準値(10 $\mu$ g/L)の5倍から100倍も高い濃度の砒素を含んだ水を毎日飲んで生活しているのだ。

バングラデシュを例にとると、元々この地域の地下の帯水層の堆積物には砒素が多く存在していたが、これらの地域の住民は1970年代までは池や沼や川など、地表水を使用していたので、砒素に関する被害報告はなかった(ただし、地表水が病原菌に汚染されていて、コレラ、赤痢などに侵される事例が発生することはあった)。

砒素汚染の原因には、モンスーン期にのみ行われていた稲作を乾季にも灌漑用の地下水を汲み上げて三毛作に転換した農耕様式の変化やインド国境に接して建設したダムの影響なども挙げられているが、とりわけ、人口増加に伴う水需要の急増で、水源をチューブウエル(すなわち管井戸・手押しポンプ井戸)で汲み上げる地下水へと求めるようになって以後、地層中から溶け出した砒素によって人々が中毒に侵されるようになったのである。現在、バングラデシュではチュ

ーブウェル全数の約 1/4(約 250 万本)が砒素に汚染され、同国の砒素濃度基準値(50 $\mu$ g/L、WHO の基準値の 5 倍)を超えていると言われている。

砒素を含まない安全な水の供給が望まれるが、この為には日本をはじめ世界各国から個人や団体による実態調査・原因解明の為の研究・治療・水供給対策・援助など、真摯な活動が熱心になされている。

2008 年 1 月発行の科学誌によると、インドのコルカタ(Kolkata)市にあるインド化学生物研究所のケヤ・ショードゥリ(Keya Chaudhuri)女史らがラット(rat:イエネズミ)を対象にした実験を行った結果、ヒトが食べるニンニクが体内に蓄積した砒素を体外に排出する能力を有することを明らかにした。ケヤ女史は、ラットを A 群と B 群の二群に分けて、A 群のラットには西ベンガル地方の人々が飲んでいるのと同じ砒素を含んだ水を与えて飼育し、B 群のラットには砒素を含んだ水の他にニンニクのエキスを与えたところ、B 群ラットでは、A 群ラットに比べ、肝臓や血液中の砒素が 40%少なく、かつ、尿中の砒素が A 群ラットよりも 45%も多かったことが明らかになった。すなわち、ニンニクが体内の砒素を尿中へ排出するのを促進しているわけである。

ケヤ女史は、ニンニクの中の硫黄を含んだ成分が、組織や血液から砒素を切り離す機能を有しており、ヒトの場合は砒素毒の予防策として毎日一かけら〜三かけらのニンニク片を食べるだけで充分だとし、この方法ならば、都市部の住人にとっても、水道敷設のような大規模な設備が無い田園地方に住んでいる人にとっても、直ぐに実施可能な方法であると語っている。

### 砒素汚染米では、糠に用心<sup>3)</sup>

バングラデシュやインド西部ベンガル地方の他に、中国、カンボジャやオーストラリアでも、砒素による汚染地下水が出るのが知られている。こうした汚染水で作物を育てると、砒素が作物に吸収されることが、容易に予測される。コメは、砒素汚染地域のみでなく、多くの国で食されており、イネ植物のどの部分に砒素は沈着するのかが問題である。

英国のアバディーン(Aberdeen)大学のアンドリュー・メハーグ(Andrew Meharg)教授らは、以前から、コメでは、米粒の糠(ぬか)部分に砒素が沈着するのではないかと予測していた。同教授は、定量的に米糠内の砒素を分析する目的で、物流の途中での混入や汚染を防止するため、オンラインで直接中国とバングラデシュから玄米を購入し、これを精米して、糠を分離し、玄米、白米、糠に含まれる砒素分析を行った。この分析結果として、糠には玄米の 4 倍、白米の 6 倍の砒素が含まれている事が明らかになり、同教授の予測通りであることが証明された。

稲に実ったコメは、籾殻(もみがら)に包まれている。籾殻の中身が玄米である。玄米は、米粒の基部にある小さな胚芽とそれ以外の大きな部分とから成る。この大きな部分は、果皮・種皮・糊粉層の 3 層から成る糠層に包まれた胚乳で、胚乳は澱粉粒で満たされている。玄米を精米して糠層を除くと、胚乳部分がむきだしになる。これが白米である。全粒に対する重量比は、胚芽 2~3%・糠層 5~6%・胚乳 92%の割合となっている。だが、一般に市販されている白米は、もう少し搗(つ)いてあるので、胚乳が 91%前後と考えられる。<sup>4)</sup>

多くのコメ生産国が米糠を農業肥料などに利用するのがせめてもの利用法であって、殆どの糠を廃棄処分している中で、我が国では糠を糠漬(ぬかづけ)の材料として利用している。漬物への利用は、世界でもあまり例を見ない貴重な利用方法と言えよう。近年の健康食ブームにあやかって、糠がビタミンに富み、食物繊維を多く含むことから、日本のみならず米国などでも多くの糠加工食品が市販されている。

前述のメハーグ教授は、米国と日本からオンラインで、9 種類の糠製品を購入し、これらの製品中の砒素濃度を分析した結果、kg 当たり 0.48~1.16mg の砒素を含んでいたことを明らかにしている。この内、4 製品は水に溶ける性質を有する製品で、米国アリゾナ州フェニックス市にあるナトラシイ(Nutracea)社の製品であり、発展途上国の子供たちに行きわたっているのだが、メハーグ教授は、砒素を含んだ糠製品を食べさせるのは極めて危険で、糠製品を補助食品計画に

用いるのは不適切であり、糖製品の摂取量の増加と共に、皮膚がん・肺がん・肝臓がんなどの発生が増大するのは明らかだと強い警告を発している。

ナトラシイ社のこの可水溶性糖製品は、メキシコの東南部に接する国であるグアテマラ共和国では、小学校 6,700 校に普及しており、その内 150 校は、使用当初は 37%の学童が栄養不良であったが、週に 5 日、一日 15 グラムの可水溶性糖製品を飲ませたところ、6 ヶ月後には栄養不良児が 15%に減少したという。それ程、この糖製品は栄養不良に有効なのだが、しかし、糖に含有していると思われる砒素の影響については、同教授は言及していない。

しかし、スウェーデンのストックホルム市にあるカロリンスカ研究所の環境毒物学専攻のマリー・ヴァーテル(Marie Vahter)女史は、可水溶性糖製品が栄養的にメリットがあっても、砒素毒によるデメリットを無視することは出来ず、子供たちは特に砒素毒の影響を受け易いことを配慮すべきであり、栄養補助食品であっても、有害物を含まないものにすべきであると注意を喚起している。

## 太古の地球では、生物に砒素は欠かせない養分だった<sup>5)</sup>

元素を原子量の小さい順に並べると、元素の物理的並びに化学的性質が順に少しずつ変わり、かつ、それが周期的に変わることが知られている。この法則を元素の周期律と名付け、周期律に基づいて元素を配列した表を周期律表と呼ぶ。

窒素、燐(リン)、砒素、アンチモン、蒼鉛(ビスマス)は、周期律表では同じグループに属し、いわゆる、同族元素であって、これらを纏めて窒素族元素という<sup>6)</sup>。したがって、これらの元素においては、互いに化学的に似たような性質が見られても当然である。

英国ハーバード大学フェリサ・ウォルフ・シモン(Felisa Wolf-Simon)教授及び米国アリゾナ州立大学ポール・デービーズ(Paul Davies)教授は、砒素は人間を死に追いやる恐ろしい毒物であるが、太古の地球

の海では、砒素は現在の多くの生物に欠かせないリンと同様の働き、又はリンと似たような働きをしていたのではないかと考えている。

すなわち、リンは微生物によって岩石から溶出されて、4 個の酸素原子と結合してマイナスに荷電したイオンを形成し、DNA の骨格となる二重螺旋を形成したり、多くの生物のエネルギー供給の元となったりしているアデノシン 3 リン酸(ATP)を形成している。このようなリンの働きと同様な働きを、砒素が太古の海で果たしていたのではないかとこのうのだ。

太古の海においては、砒素は海底の熱水噴出孔から噴き出され(その量は海水中に溶けているリンより多い)、砒酸イオンを形成し、リンと同様な働きをしていたのではないかと、上記の教授達は考えているのである。南極のような極低温に生きている微生物は、反応速度の速い砒酸塩を活かして進化してきた。しかし、現在の生物では、砒酸塩がアデノシン 2 リン酸塩上に捕捉され、ATP の形成がブロックされてしまうので、砒酸塩は進化に適していないのだと同教授らは考えている。

砒酸をアデノシンと共に試験管内に入れると、容易にアデノシンモノ砒酸塩を得ることができる。これは構造的にアデニンに類似している。地球上に生命体が現れた初期において、生物は砒酸塩を用いており、今日でも砒酸塩を DNA の基礎にしている単細胞生物がリン酸が少ない環境下では居るかも知れないとウォルフ・シモン教授は言っている。つまり、特別な条件下においては、砒酸は生物に対してリン酸と同じような行動をとっていたのではないかと指摘している。

これに対して、米国フロリダのゲインズビル市にある応用分子進化基金のステューブ・ベンナー(Steve Benner)博士は、この考え方のネックは、砒酸ベースの DNA は分解が速い性質があり、数分しか存在し得ない DNA をどの生物も望まないということであるが、しかし、南極のような極低温域に生きる生物においては、体内の生物反応が極めて遅いから、リン酸ベースの DNA よりも、反応が速い砒酸ベースのほうに利点

があるかもしれないと述べている。

砒素は、現代では毒性が大問題になり、多くの人々を苦しめている。一方、地球の長い歴史の中では、砒素がなければ、現在の生物は生れてくることが出来なかったのかも知れない。

2009年 1月

#### 参考文献

- 1)New Scientist, 2008年1月12日号, Garlic helps fight arsenic poisoning, 24p.
- 2)高橋裕(2003)地球の水が危ない、岩波新書、215pp.
- 3)New Scientist, 2008年8月30日号, High levels of arsenic in food-aid rice drinks, 7p
- 4)堀田満編(1989)世界有用植物事典、1499pp.
- 5)New Scientist, 2008年4月26日号, It's arsenic, but not as we know it, 10p.
- 6)津田栄(1959)無機化学通論、裳華房、384pp.