

## File No. 39

## 化学肥料中の有害成分

ドイツのフリッツ・ハーバー氏が1909年にアンモニアの人工合成方法を開発したことにより化学肥料の幕開けとなった。化学肥料の大量使用は第2次世界大戦後の1950年代からであり、世界人口の爆発的な増加に伴う食糧の供給に大きな役割を果たしている。

化学肥料は化学的合成工程や物理的加工工程を経て製造されたものであるため、原料に存在する有害物質や製造工程に生成された有害成分が製品に残留されやすい。

農地は食糧生産と生態系機能維持の要として貴重な資源である。肥料の施用に伴い、肥料に含まれている有害成分も農地に入り、作物は土壌から養分を吸収する同時に土壌に存在している有害物質も吸収し、生育が阻害され、収穫物も汚染される恐れがあると指摘される。1950年代からすでに化学肥料が土壌を劣悪化し、家畜や人間の健康を損ねるのではないかという懸念があった(図1)。その懸念を払拭するために、本邦では昭和25年(1950年)に肥料取締法が成立し、その後も科学技術の進歩と時代の要請に合わせて、22回も改正を行った。アメリカも化学肥料に関する調査が行われ、「未だに人間又は家畜の健康に有害な影響が生じたという確かな証拠は無い(アメリカ合衆国下院の委員会)」という結論が出ている。そのためかどうかは定めではないが、アメリカやEUは化学肥料を含む肥料だけを規制対象とする法律がなく、化学物質または食品安全に関する法規で総合的に厳しく管理する。

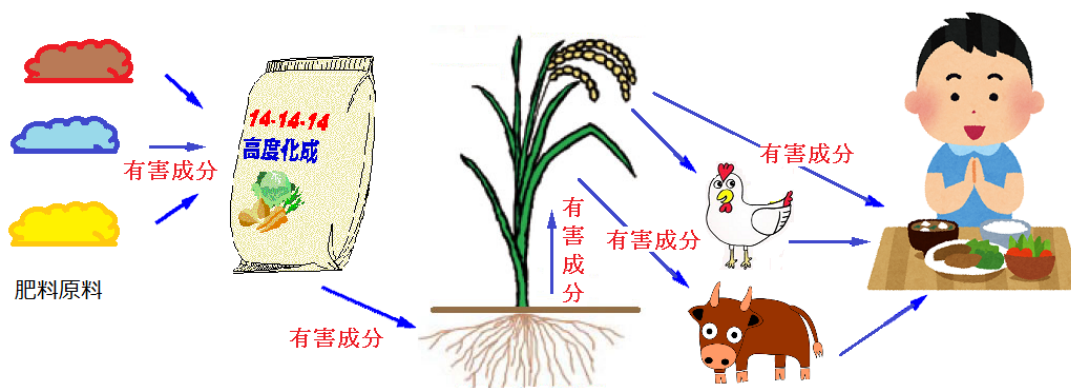


図1. 肥料中の有害成分が作物、家畜を通じて人間の健康に影響を及ぼす

化学肥料に含まれている有害成分はその物性から有機系物質と無機系の重金属に大別される。大体、有機系の有害成分は製造工程から発生したもので、重金属は原料に由来し製造工程で除去されず、製品に残留されたものである。本邦の肥料関係法令「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制すべき有害成分は、硫青酸化物、スルファミン酸、ピロレット、亜硝酸、ヒ素、カドミウム、ニッケル、クロム、チタン、水銀、鉛の計11種類である。以下はこれらの有害成分について簡単に説明する。

## 1. 硫青酸化物

硫青酸化物 (sulfocyanate) はチオアミン酸塩とも呼ばれ、硫青酸イオン(SCN)<sup>-</sup>を含む化合物の総称である。硫酸とアンモニアが反応して硫安を生成する際に微量の硫青酸化物も生成する。

硫青酸化物は植物の細胞分裂を阻害して、根の伸長と養水分の吸収機能を抑制する。植害試験では、硫青酸化物を添加した試料の 5mg/pot 以上の添加区に於いて立ち枯れ症状が見られる。また、昆虫に強い毒性を表し、殺虫剤・殺菌剤の原料として使用される。但し、人間等の哺乳動物に対する毒性が低く、硫安・塩安と同じレベルである。土壤中に微生物に分解され、残留しない。なお、本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は窒素成分 1%につき 0.01%である。

## 2. ビウレット性窒素

ビウレット (biuret) は、尿素が融点 (133℃) 以上に加熱すると、尿素分子からアンモニアが離脱して生成した成分である。尿素の造粒工程に必ず発生する。

ビウレットは生物体内のタンパク質合成を阻害して、特に葉のクロロフィル合成に強い影響を与え、若葉にクロロシスが現れる。図 2 はビウレットによる植害の写真である。A は尿素の葉面散布により発生したビウレットのクワ葉の植害で、B はヒペリカム苗がビウレットによるクロロシスの発生である。また、ビウレット性窒素を添加した試料では 10mg/pot 以上添加区で葉のクロロシスの症状が認められたが、根には急激な障害症状は現れなかった。



図 2. ビウレットによる植物のクロロシス症状である。

- A. ビウレットが引き起こしたクワ葉のクロロシス、
- B. ビウレットが引き起こしたヒペリカム苗のクロロシス (長野県南信農試より引用)

ビウレットは、動物に対する毒性が非常に低く、施用した尿素中のビウレットは土壤微

生物によりアンモニアと二酸化炭素、水に分解され、残留しない。なお、本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は窒素成分 1%につき 0.02%である。

### 3. スルファミン酸

スルファミン酸 (sulfamic acid) は、硫酸の合成工程で発生した成分で、比較的強い酸性を示す。スルファミン酸は水生動物に毒性を示すが、植物や哺乳動物に対する毒性が非常に低い。水垢を除去する機能があり、小林製薬の「ポット洗浄剤」の主成分である。スルファミン酸は冷水中では徐々に、80℃以上の熱水では速やかに加水分解して、硫酸水素アンモニウムになり、土壌には残留しない。なお、本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は窒素成分 1%につき 0.01%である。

### 4. 亜硝酸

亜硝酸 (nitrous acid) は、硝酸石灰など硝酸を原料とする化学肥料の生産工程で生成した成分である。窒素系肥料が施用後、アンモニア又は硝酸が土壌微生物の働きで亜硝酸に還元されるため、常に土壌中に存在している成分でもある。

亜硝酸は植物に毒性がなく、窒素養分として吸収利用される。一方、哺乳動物に於いて、亜硝酸が血液中のヘモグロビンを酸化してメトヘモグロビンを生成してメトヘモグロビン血症などの酸素欠乏症を引き起こす可能性があるうえ、2級アミンと結合して発ガン性物質のニトロソアミンを生じる恐れがあると指摘される。但し、微生物の繁殖を強く抑制する効果があり、防腐剤、発色剤としてソーセージなどの加工肉類に使用されている。なお、本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は窒素成分 1%につき 0.04%である。

### 5. ひ素

ひ素 (As) は植物には不要とされている元素である。ひ素は植物に対する毒性が動物に対する毒性よりも強いことから、土壌中の濃度が上昇した場合、まず、発芽の抑制や幼若植物の生育抑制をはじめいろいろ生育阻害が発生する。但し、植物に吸収されたひ素は体内に有機化に転換され、毒性が低くなる。また、根に吸収されたひ素が地下部に留まり、地上部にはあまり移行しない。研究結果によると、高濃度のひ素を含有する土壌に生育した水稲子実中のひ素含有量が 1ppm を越えることはまずないとされている。従って、ひ素が収穫物を通じて人間や動物に被害をもたらす可能性が低い。なお、本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は窒素、りん酸、加里合計値 1%につき 0.004%である。

### 6. カドミウム

カドミウム (Cd) は植物には不要とされている元素であるが、比較的吸収されやすい元素でもある。植物に吸収されたカドミウムは遊離のイオンとしてはほとんど存在せず、植物体内のタンパク質やファイトケラチンと呼ばれるペプチドなどと結合している。また、カドミウムは地上部へ移行しやすい。

カドミウムは植物より哺乳動物に対する毒性が強い。吸収されたカドミウムは主に腎臓に蓄積し、カドミウム濃度の高い食品を長年にわたり摂取すると、近位尿細管の再吸収機能障害により腎機能障害を引き起こす可能性がある。また、カドミウム骨症を発症し骨がもろくなり、関節痛、背部痛が起き、骨折のリスクが高まる。

従って、カドミウムは土壌中の濃度が高いときに植物の生育を阻害し、植物の生育阻害が認められる水準以下であっても、収穫物を食べた人間や動物に被害を生ずる可能性がある。神通川流域のカドミウム汚染に由来するイタイイタイ病がその典型である。肥料中の有害成分として一番厳しく規制されている。本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値はりん酸肥料中のりん酸含有量 1%につき 0.75～1.5ppm である。

## 7. ニッケル

ニッケル (Ni) は微量では植物の必須元素であるが、高濃度では逆に生育を阻害する。但し、土壌中のニッケルは植物に吸収されにくいいため、高濃度の場合を除き、植物の被害が発生しにくい。また、植物の発芽や初期生育に影響を与えにくい。ニッケルは動物に対する毒性が低く、植物中のニッケルが動物に有害となるほどの濃度まで蓄積されない。本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値はりん酸肥料または加里肥料中のりん酸または加里含有量 1%につき 0.005～0.01%である。

## 8. クロム

クロム (Cr) は植物には不要とされている元素である。土壌中のクロムは植物に吸収されにくい、土壌中に水溶性のクロム酸塩が高濃度に存在する場合は、植物の生育を阻害する。また、吸収されたクロムは根に蓄積するが、地上部への移行もあり、特に葉のクロム濃度が地上部の他の部位より多く、クロロシスが発現される。高濃度のクロムが植物の生育に障害を与え、特に根の伸長と養水分の吸収機能を強く阻害し、枯死に至る。ひ素と同様に植物に対する毒性が動物に対する毒性よりも強いために、動物に対して有害となるほどのクロムが植物に蓄積されない。なお、本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は肥料中のりん酸または加里含有量 1%につき 0.05～0.1%である。

## 9. チタン

チタン (Ti) は水溶性の硫酸塩が土壌中に高濃度に存在する場合に限って、植物の生育を



阻害するが、肥料中のチタンは難溶性の酸化型であるため植物に吸収されにくい。また、酸化チタンは人間や動物に対しても安全性の高いものと分類される。本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は肥料中の窒素、りん酸と加里含有量合計値 1%につき 0.02%である。しかし、酸化チタンは植物を含むすべての生物に対する毒性の分類からみれば、肥料のチタン濃度を規制する理由が分からない。

## 10. 水銀

水銀 (Hg) は植物の生育を阻害する元素であるが、被害の症状が現れるのは高濃度の場合に限られる。また、根は多量の水銀を吸収するが、ほとんど地上部に移行しない。これは銅や鉛と同様に水銀は、根に吸収されてからすぐ根細胞内のタンパク質と反応し、沈積して地上部に移行しにくいと考えられている。動物に対して水銀は中枢神経・内分泌器・腎臓などの器官に障害をもたらし、口腔・歯茎・歯にも損傷を与える。特に有機水銀は毒性が強く、蓄積されることによって毒性を発揮し、中枢神経と肝臓に障害を与える。水俣病がその典型である。本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は肥料中の窒素、りん酸と加里含有量合計値1%につき5ppmである。

## 11. 鉛

鉛 (Pb) は植物には不要とされている元素である。溶解性が低いため、植物に吸収されにくく、土壤中の濃度が高い場合だけ植物の生育を阻害する。鉛は新陳代謝に司る酵素の働きを阻害して、その毒性は植物よりも動物に強く現れる。但し、根に吸収された鉛はすぐ根細胞内のタンパク質と結合して、沈積するため、地上部への移行がほとんどない。動物の鉛中毒は排気ガス等に含まれている鉛が植物の地上部に沈積することで引き起こすことが多く、土壤中の鉛が農作物を経由して人間と動物に被害を与えることは少ない。本邦の「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に定めた規制値は肥料中の窒素、りん酸と加里含有量合計値 1%につき 0.003%である。

無機系の有害成分は亜硝酸を除き、すべて重金属元素である。重金属元素は肥料原料に由来するもので、化学肥料の製造工程の中で揮散等によりその大半が除去されるが、製品に微量に残ることが避けられない。例えば、りん鉱石には必ず微量のカドミウムとヒ素が含まれているため、りん鉱石を原料とするりん酸系肥料には微量のカドミウムとヒ素が検出されることが多い (表 1)。

また、注意すべきことは、ピウレット性窒素や硫青酸化物、スルファミン酸の有機系有害成分は、施用後、植物、特に幼少期の植物に害を与えるが、人間や哺乳動物に対する毒性が非常に低く、土壤微生物等に分解され、残留しない。一方、重金属元素は土壤中に分解せず、植物が多量に吸収すると過剰障害を発生し、生育阻害や枯死等の症状として現れる。また、吸収された重金属が収穫物に転流され、蓄積して、収穫物を食べた人間に健康

被害を引き起す恐れもある。従って、有機系の有害成分に比べ、重金属に対する規制を格段に厳しくする。現行の肥料取締法では、肥料由来の重金属量が過剰障害を生じる濃度までにまで土壌中の重金属の濃度を上昇させないことと肥料の使用実績の中で、これに起因する健康被害の事例が現在まで報告されていないことを基準に制限値を設定して、数 100 年にわたって連続施用しても農作物と人間に被害を引き起さないよう規制している。

表 1. りん鉱石中のひ素とカドミウム含有量

元素	りん 鉱 石 産 地							
	フロリダ		モロッコ		イスラエル		ナウル (グアノ)	
	サンプル数	平均濃度(ppm)	サンプル数	平均濃度(ppm)	サンプル数	平均濃度(ppm)	サンプル数	平均濃度(ppm)
ひ素	44	19.4	13	35.2	2	28.8	9	20.3
カドミウム	40	11.8	23	26.3	2	23.9	19	76.4

出典： 独立行政法人農業環境技術研究所資料

科学技術の進歩により化学肥料の製造工程に有害成分の発生が最小限に抑えられ、原料由来の有害成分も製造工程にほとんど取り除かれる。また、メーカーが製品を出荷する前に品質検査等を行い、有害成分含有量が基準値を超えた製品を出荷しないことが保証される。本邦では 1980 年代以降、化学肥料から基準値を超えた重金属が検出された事例が全くなかった。