

＜業界レポート＞ 中国の新型肥料

(2016年3月5日作成)

2015年2月17日、中国農業部（日本の農林水産省に相当）は「到2020年化肥使用量零增长行动方案」（2020年までに化学肥料使用量を増加しない行動に関する案）を発表した。

その背景には、

- ①. 中国農地への化学肥料施用量が異常に多く、10アール(1,000m²)あたりに平均で32.9kgもの化学肥料が施用され、世界平均値12kgを大きく超えて、アメリカの2.6倍、EUの2.5倍となっている。
- ②. 地域と作物種類の違いにより肥料施用量が大きく異なる。経済が発達している東部地域、揚子江中下流地域と大都市の郊外では施肥量が多く、野菜、果物など経済作物には肥料の過剰施用がよく見られる。
- ③. 有機肥料の使用率が低い。中国には約7,000万トンの有機肥料資源があるものの、実際の利用率が40%未満で、廃棄物として処理されたことが多く、環境悪化の一因となる。
- ④. 養分バランスが悪い。窒素系化学肥料が多用され、りん酸、加里、中量・微量元素が軽視される傾向がある。また、伝統的な手撒き施肥が主流で、肥料成分の流失が生じやすく、肥料の有効利用率が低い。

中国の化学肥料業界はすでに生産能力過剰の泥沼に陥って、尿素、DAP、塩化加里、化成肥料など伝統型化学肥料の価格競争が激しく、稼げない状態となった。従って、中国政府の呼びかけに応じ、肥料業界も迅速的に行動し、伝統型化学肥料から利益率の良い新型肥料へと舵を切ることに躍起した。2015年、新型肥料を手掛けるメーカーが遂に6,600社を超え、生産能力が3,500~3,700万トンに達し、実生産量と消費量の具体的なデータがないものの全世界新型肥料消費量の40%を占めるようになったと報道された。

中国のいわゆる新型肥料は主に微生物肥料、緩効性肥料、中量・微量元素肥料、水溶性肥料、土壌改良材の5種類を指す。これらの新型肥料は理に適うものもあれば、眉唾のものもある。以下は、著者が収集した資料を基にそれらの新型肥料を紹介しながら、著者個人のコメントを併記する。なお、誤解を避けるため、著者のコメントは青色の文字とする。

一、微生物肥料

微生物肥料とは1種または数種類の微生物から構成される肥料である。微生物は主に下記の種類が使われている。

- ①. マメ科の根粒菌
- ②. 大気中の窒素を固定する能力を有する細菌や藻類
- ③. りんを含有する土壌鉱物（りん灰石やりのん粘土鉱物）を分解し、りんを放出する能力を有する微生物

- ④. 加里を含有する土壤鉱物（長石類等）を分解し、加里を放出する能力を有する微生物
- ⑤. 植物残渣を加速的に分解する微生物
- ⑥. 土壤や植物病原菌を抑制する放線菌や真菌その他の微生物
- ⑦. 代謝物が植物ホルモンのような効果がある微生物

微生物肥料を使うことにより、大気中の窒素固定や植物残渣または土壤鉱物の分解を促進して土壤有効養分を増加させることにより肥料使用量を削減することや、土壤病原菌を抑制することにより植物病虫害を減少させることや、微生物が生成した代謝物質が植物の生育を促進するなどの効果があり、収量の増加と品質の向上に役立つと宣伝される。

2014年3月現在、中国国内では微生物肥料メーカーがすでに850社を超え、生産能力が850万トン／年、中国政府農業省に登録済みの微生物肥料の数が1824件、数100種類が市販されている。ほとんどが中小企業またはベンチャー企業である。図1は市販される一部の微生物肥料の写真である。



混合微生物製剤というもの 植物病原菌を抑制するもの 化学肥料に微生物を添加したもの
図1. 中国で市販されている一部の微生物肥料

土壤微生物相は、その土壤の理化学性質、特に土壤 pH、土壤構造、土壤含水量、土壤有機物量などの影響を受け、各種微生物が増殖または死滅して、最終的にその土壤に適合するように相対的に安定な状態を保つ。土壤理化学性質を変えない限り、土壤微生物相を変化させることが難しい。外部から投入した微生物が土着微生物との競争で勝つことが非常に困難であることは多くの実験結果で証明された。

一方、微生物が有機物の分解に非常に重要な役割を果たすが、無機の土壤鉱物を分解して、りんや加里を放出することはほとんど期待できない。もし、微生物が素晴らしい土壤鉱物を分解する能力があれば、特に太古の昔に熱帯や温帯の地表は岩石が全て分解され、残されなかったはずである。

微生物自身は肥料成分ではなく、ただの分解者であり、肥料の代替にできないことを覚えてほしい。従って、微生物肥料の施用により植物生育に必要な養分を作り出すことができないため、肥料の代替にもならないことが明白である。

中国肥料メーカーもそれを感じたようで、2015年から有機肥料や無機・有機混合肥料に微生物を添加したものが多数生産されるようになった。

発酵した有機肥料に微生物が多く生息しているが、それを微生物肥料の名義を用いて販売することは農家を詐欺する可能性がある。化成肥料に微生物を添加することは論外である。高濃度の無機塩類は微生物を殺す可能性が高いからである。

土壌環境を改善する、いわゆる「土づくり」には微生物肥料ではなく、有機物の施用が一番有効である。豊富な土壌有機物がそれを餌とする微生物を増殖させ、微生物相を多様化させる。微生物相の多様化は、微生物間の相互作用（拮菌作用や拮抗作用等）の強化により根圏での微生物的緩衝能を高め、植物根の発達に好ましい土壌環境をもたらしていると考えられる。また、有機物に含まれている養分が微生物の分解によりゆっくり放出され、植物に吸収利用される。これは正道である。

二、緩効性肥料

緩効性肥料とは、施用後肥料効果がゆっくり現れ、長く続くように工夫された肥料である。肥効調節型肥料とも呼ばれる。日本と同じ、中国の緩効性肥料も加工方法と養分の放出方式により生物的安定性肥料、化学的緩効性肥料と物理的緩効性肥料の三つに大別される。

21世紀の初頭から中国肥料メーカーは外国から緩効性肥料の製造技術を導入し始めたが、その普及が非常に速く、2009年には生産能力がすでに約250万トンに達し、2015年には1,000万トンを超え、世界最大の緩効性肥料生産国になったと推定される。

この3種類の緩効性肥料の中に、ウレアゼ抑制材と硝化抑制材などを使用する生物的安定性肥料は技術レベルが低く、生産コストが安く、初期投資も抑えられるため、中小メーカーが揃ってこの技術を導入した。中国の緩効性肥料生産能力の70%以上がこの生物的安定性肥料である。2015年現在、中国国内数100社、生産能力が1,000万トン弱と推定される。

ウレアホルム(UF)、IB、CDUなど化学的緩効性肥料は生産コストが高く、養分の分解速度も土壌や天候に強く影響され、緩効性効果が表れにくいいため、中国国内では歓迎されず、研究開発は進んでいるものの、生産メーカーが10数社しかなく、製品も輸出に供することが多い。生産能力は数10万トンと言われる。

一方、コーディング肥料に代表される物理的緩効性肥料はその発展傾向が2極化している。カナダとアメリカから導入された硫黄コーディング尿素肥料は生産コストが安く、中量元素の硫黄も含まれて、トウモロコシ、小麦など畑作物に緩効性効果がはっきり示しているため、その普及が速く、2015年現在、硫黄コーディング尿素肥料のメーカーが10数

社、生産能力が 200 万トンを超えている。これに対して、樹脂コーティング肥料については、日本から生産技術を導入したものの、設備投資が嵩み、生産コストが高く、畑での肥料効果ははっきりしないことに加え、養分が溶出した後に残った樹脂殻の後始末に困るため、普及が遅く、現在は数社で生産して、生産能力が 50 万トン未満で、ほとんど輸出用である。

他に、中国が独自に開発された緩効性肥料も次のようなものがある。

1. 亜鉛入り尿素： 亜鉛が植物生育に必要な微量元素であるうえ、尿素の分解を遅らせ、硝化作用と脱窒を抑制する効果があると宣伝される。2015 年現在、10 数社が製造販売して、生産能力が 200～500 万トンと喧伝される。現在、中国では、この亜鉛入り尿素的の普及に力を入れているようである。

亜鉛入り尿素は次の種類もある。

①. **単純の亜鉛入り尿素：** 尿素生産の最終工程に尿素液に亜鉛を添加して造粒することにより得たもの。亜鉛濃度は 0.05～0.08% である。

②. **糖アルコール亜鉛入り尿素：** 糖アルコール溶液に亜鉛を溶けた後、尿素に添加し、造粒することにより得たもの。大体糖アルコール亜鉛液は 1 リットル中、亜鉛 250g、糖アルコール 90g、尿素への添加量が 0.08～0.1% である。糖アルコールを使う理由は糖アルコールが有機物質で、分子量が小さく、容易に根細胞壁と細胞膜を通して根に進入するため、肥料成分の吸収利用率が高くなるというものである。

③. **ペプチド加里亜鉛入り尿素：** タンパク質の分解液に塩化加里を添加し、ペプチド加里液を作り、亜鉛を溶かして得たペプチド加里亜鉛液を尿素に添加して、造粒することにより得たもの。ペプチド加里亜鉛液 1 リットル中、亜鉛 210g、カリウム 40g、尿素への添加量が 0.06～0.12% である。ペプチドを使う理由は糖アルコールと同じである。

④. **腐植酸亜鉛入り尿素：** フルボ酸（腐植酸の可溶性区画）液に亜鉛を溶かして、尿素に添加して、造粒することにより得たもの。腐植酸亜鉛液 1 リットル中、フルボ酸 125g、亜鉛 2g、尿素への添加量が 0.1～0.15% である。但し、フルボ酸は天然腐植酸から抽出したものではなく、植物残渣を原料にして微生物で分解したいわゆる「生化学フルボ酸」というニセものである。フルボ酸を使う理由は、土壌中のウレアーゼ活性を抑えるうえに、尿素と結合して、加水分解速度を遅らせる効果があると説明される。

2. SODm 尿素： SODm (Superoxide Dismutase Mimics) はスーパーオキシドディスムターゼ (Superoxide dismutase、SOD) を模擬して人工で合成されたものである。それを添加した尿素、いわゆる SODm 尿素が国営の中国石油化学公司から発売されている。その生産能力が 100 万トン以上もあると言われる。

SODm 尿素は微生物の活性を抑制して、尿素の分解速度を抑えて、肥料効果が長くなると宣伝される。

3. ポリアスパラギン酸入り尿素： ポリアスパラギン酸入り尿素とは、ポリアスパラギン酸 (poly-aspartic acid) を添加した尿素である。添加量が 0.01~0.05% である。ポリアスパラギン酸はアミノ酸の 1 種アスパラギン酸のペプチドであるが、そのペプチドが活性因子として、植物根の窒素吸収及び吸収された窒素成分を植物体内の転流を促進する効果があると宣伝される。また、ポリアスパラギン酸は尿素的窒素成分の流失を防ぎ、土壤中に長期間存在して、吸収利用率が高める効果もあると宣伝される。従って、窒素成分の吸収利用率が普通の尿素より 24~32% も高く、同じ条件下に尿素使用量が 15~20% を減らすことができるといわれる。2014 年、数社がこの尿素を生産して、生産能力が 300 万トンを超えている。



亜鉛入り尿素



ペプチド加里亜鉛入り尿素



腐植酸亜鉛入り尿素



SODm 尿素



ポリアスパラギン酸入り尿素

図 2. 中国が開発した各種のいわゆる緩効性尿素

4. リン鉱石または熔燐コーディング尿素： 尿素有吸湿潮解特性を利用して、リン鉱石粉または熔燐粉を尿素粒子に振り落してその表面にくっ付けさせるもの。リン鉱石粉または熔燐粉の添加率が 20%以上である。コーディングした尿素は表面が不溶性のリン鉱石または熔燐に覆われているため、吸湿性と溶解性が抑制される一方、リン成分もあり、作物生育に有利と言われる。1990年代から研究開発を続けているが、窒素成分が低いうえ、粉化率も高く、硫黄コーディングや樹脂コーディング肥料に比べて長所がないため、いまだに実用されていない。

緩効性肥料は、その養分放出速度は土壌環境、主に土壌温度、水分、微生物に支配される。日本の長年に蓄積されたデータでは、完全に信頼できるのは物理的緩効性肥料、いわゆるコーディング肥料だけである。ウレアゼ抑制材と硝化抑制材を使用する生物的安定性肥料はその緩効性効果が不安定であることが中国国内でも多く報告された。それでも中国メーカーがこの種類の緩効性肥料に力を入れているのは、生産コストが安く、儲けが多いほかない。

一方、亜鉛が尿素有養分溶出や脱窒を遅らせることについて、科学的根拠もなく、キテレツな発想しか言いようがない。それでも普及に努めているのは生産コストが安く、儲けが良いと考えているだろう。

SOD は細胞内に発生した活性酸素を分解する酵素である。酸素消費量に対する SOD の活性の強さと、寿命に相関があると言われ、SOD が活性酸素を分解することで寿命を延ばしているとするものであり、動物の中でも霊長類、とくにヒトは SOD の活性の高さが際立ち、ヒトが長寿である原因のひとつとされている。しかし、土壌微生物の活性への影響が不明で、その存在が尿素有アンモニアへの加水分解、アンモニアから硝酸への硝化、硝酸から窒素ガスへの脱窒に関わる微生物の活性が抑制される証明がない。また、SODm は人工合成した類似物で、SOD そのものではないことも注意すべきである。

ポリアスパラギン酸入り尿素も眉唾のものである。ポリアスパラギン酸は植物根が吸収できる低分子有機物質の一つではあるが、アンモニアや硝酸イオンの植物根による吸収促進及び吸収された窒素が植物体内の転流促進効果が確認されていない。また、ポリアスパラギン酸は窒素成分の流失や脱窒を防ぐことも証明されていない。

三、 中量・微量元素肥料

苦土、ケイ酸、石灰、硫黄などの中量元素及び鉄、亜鉛、銅、マンガン、ホウ素などの微量元素を含有する肥料を指す。中国の国土が広く、土壌母材も異なり、地方風土により中量・微量元素の欠乏する土壌が多い。例えば、中国南部に広げる酸性の強い赤土、黄土地帯は石灰や苦土、ホウ素と亜鉛が不足がちで、北部乾燥地域によく見かけるアルカリ土壌は硫黄、亜鉛、マンガン等が欠乏するところが多い。2013年中国政府農業部が行った「第2回全国土壌調査」のデータによれば、耕作地の中に亜鉛欠乏土壌が 51.5%、ホウ素欠乏土壌が 34.5%、モリブデン欠乏土壌が 46.8%、マンガン欠乏土壌が 21.3%、銅欠乏土壌が

6.9%、鉄欠乏土壌が 5.0%と示されている。また、2015 年のある調査報告によれば、微量元素欠乏土壌の面積がさらに広がっている。

いままで、中国の肥料メーカーと農家が窒素、りん酸、加里の三大養分しか注目せず、中量・微量元素の土壌への補給を疎かにした。中量・微量元素を有する肥料の施用で農作物の生育と収量に良い影響を及ぼしたことが多くの実験結果で証明された。従って、中量、微量元素の市場が非常に有望である。現在、数 100 社が中量・微量元素肥料の生産に手かけている。多くは亜鉛、銅、ホウ素などを化成肥料に添加するか、微量元素を粒子状にして粒状肥料に混ぜ込む形で販売している。

中国が 13 億人以上の膨大な人口を抱えているが、耕地面積が 1 億 2000 万ヘクタールしかない。すなわち、一人あたりの耕地面積が 800m²だけで、食料を確保するために、二毛作や三毛作が中心である。耕地の酷使で土壌は中量・微量元素が欠乏しやすく、その関係で植物生育に悪影響を与えていることが事実である。しかし、中量元素は別にして、微量元素がその濃度が高くなると逆に植物生育に有害である。そのさじ加減が非常に重要で、中国メーカーがそのことを理解できるかがカギである。

四、水溶性肥料

水溶性肥料とは水に迅速に溶解でき、不溶性の残渣がない肥料で、溶液栽培、点滴栽培など節水型農業に適する。その特徴は速効性と吸収利用率が高く、灌漑用水の節約などが挙げられる。

中国政府が水溶性肥料を推し進める最大の理由は、中国北部と北西部乾燥地域の水資源不足である。北京が位置する華北地域を例にして、年間降雨量 250~600mm しかなく、降雨が 6~9 月に集中しているが、地表蒸発量が 800~1200mm と高く、生活用水の供給にも足りなくて、農地灌漑用水の確保がほとんど無理である。それを解決するために点滴灌漑などの節水灌漑栽培方式を採用し、灌漑と施肥を一体化にして、作物の生育に合わせて養分と水分を供給し、慣行栽培より節水と節肥ができるうえ、高収量も見込まれるということである。

2008 年以降、中国はイスラエルやスペイン企業の協力と技術支援を受け、点滴灌漑のシステム開発と現場試験を行ってきた。2014 年からその実用化に目途を付けたので、広範囲に普及させようとする。点滴灌漑など節水型農業に対応するために、中国メーカーは尿素、硫酸、塩化加里や硫酸加里、りん酸一安などを配合して、微量元素を添加するものを水溶性肥料として販売され始めた。このような水溶性肥料は、原料が安く、生産工程が非常に簡単であるうえ、販売価格が設定されやすく、利益率が高いため、水溶性肥料のメーカーがすでに数 100 社に数え、生産能力が数百万トンに達したといわれる。

点滴灌漑の利点としては局所的な灌水とリーチングを抑えることによる肥料と肥料養分の損失を最小にして、高い水分配効率と土壌浸食の最小化、低い労働コストで多収量が得られる。

欠点としては初期投資が高く、灌漑システムの寿命が短く、メンテナンス費用が嵩む。肥料の品質や水質、装置が適切に維持管理されなかったりすると、パイプやノズルの目詰まりが多発することもある。

また、作物生育需要に合わない水溶性肥料が使われると、肥料や水の無駄だけではなく、作物生育を阻害することさえある。中国が生産している水溶性肥料は溶解性の高い汎用性肥料を配合するだけのものが多く、その品質と効果が安定しない。

日本など先進国では溶液栽培に使う水溶性肥料は品質を最重視するために、尿素や硫酸、塩化加里など汎用肥料を使わず、硝安、硝酸加里、りん酸一安、りん酸一加里など工業グレードの高品質薬品を原料にする。また、点滴灌漑や溶液栽培は初期投資と稼働コストが高いため、一部の国や地域を除き、普及には至らなかった。

中国の場合も同じである。現時点では点滴灌漑の導入は補助金に依存するところが大きく、経験も乏しいが、地方政府の役人が自分の業績のために、強引に普及させるところが多い。現時点では、中国水溶性肥料の普及活動は絵に描いた餅に止まる可能性が高いと考える。



図 3. 中国に市販されている水溶性肥料

上述の水溶肥料のほか、2013年から中国がUAN（尿素硝安溶液）の発展にも力を入れている。UANは尿素と硝安から成る液体の窒素肥料である。1970年代にアメリカに開発されてからその廉価性、安全性、速効性、機械施肥適応性等の長所が認められ、アメリカやヨーロッパ先進国、中東諸国を中心に広く普及してきた。統計データによれば、2012年のUAN生産量が2,000万トンを超え、その内訳、アメリカ1,360万トン、フランス200万トン、カナダ、ドイツ、イギリス、オーストラリア、ベラルーシ、ロシア、アルゼンチン等も100万トン以上を生産していた。

一方、中国では大手尿素メーカーと硝安メーカーは尿素と硝安の過剰生産能力を解消するために揃ってUANの生産に手掛けている。2014年末現在、メーカー18社、生産能力が1,000万トン以上と報告されているが、実生産量が50万トン未満で、国内販売量が1万トン未満で、大半が輸出に供した。

UANが中国で普及されない理由は中国関係者が次のように指摘する。

- ① 貯蔵・輸送に手間がかかる。液体肥料であるため、密閉の容器が必要で、長距離輸送と保管に費用がかかる。
- ② 施用に手間がかかる。液体肥料であるため、点滴灌漑や溶液栽培に向いているが、慣行栽培には特別な施肥機械が必要である。肥効も短く、少量多頻度の施肥が必要である。
- ③ 単位養分の価格が高い。UANが尿素や硝安に比べ、窒素1%あたりの価格が高い。また、窒素だけの肥料であるため、植物の生育に必要な養分を満足させるには別途でりん酸や加里成分を添加する必要がある。化成肥料に比べ、手間暇がかかり、施肥コストが高くなる。



図4. 中国輸出用のUAN製品

UANが欧米、特にアメリカによく販売される理由は、センターピボット方式の灌漑農業が普及されているためである。センターピボット (Center pivot irrigation) とは、アメリカのグレートプレーンズや、サウジアラビア、エジプトなど乾燥地域において大規模に作物を栽培できるよう、農園の中心に回転する散水用アームの軸を置いて、中心から伸びる回転式散水器 (スプリンクラー) を設置する灌漑方式である (図5)。地下水をくみ上げ、肥料を混入した後、散水器に圧送し、平均は半径400m、大きいものは半径1kmにも及ぶ円形の耕地に水を撒く (図6)。散水器の周回数は気候や土壌、作物により異なるが、おおよそ一日1~12回程度で、移動速度の速い周辺部の散水量を多くして、散水の不均一を防いでいる。UANがこの灌漑方式に最適な肥料である。

センターピボット灌漑は広大な耕地面積と安定な電力供給が必要で、現代農業の象徴の一つである。中国のような小農経済が強く残される国では実現不可能ともいわれる。農業経営の基礎を無視して、強引に普及させないことを祈願する。



図 5. センターピボット灌漑方式



図 6. 自走回転式散水器

五、土壤改良材

中国の土壤改良材に関する研究開発の開始が遅く、化学肥料が普及された 1990 年代から土壤劣化を防ぐために始まって 20 数年しかなく、日本や韓国の研究結果を確認するものがほとんどで、独創的なものがない。

現在、中国では主に炭カル、苦土石灰（ドロマイト）、ベントナイト、泥炭、珪藻土など非金属鉱物の土壤改良材が販売・使用されている。また、産廃の有効利用を兼ねて、りん酸肥料の副産物りん石膏や金属精錬に排出したスラグも土壤改良材への応用が勧められている。しかし、販売価格が高いが、肥料効果が見られないため、農家の土壤改良材に対する評判がよくなく、実際の消費量が数 1,000 トンに留まる。メーカーはその対策として、最近では炭カルや苦土石灰に化学肥料または有機肥料を添加する土壤改良材も多数発売されている。



図 7. 中国に販売されている土壤改良材の一部

厳格に言えば、土壤改良材は肥料ではない。当然新型肥料の範疇にも入れられない。りん石膏やスラグ類が多量の重金属や有害物質を有し、産廃として処理すべきであるものは土壤改良材への転用が論外である。中国の農家は科学知識が乏しいため、肥料のよし悪し

について購入価格と施用後に得られた収量との比較、いわゆるコストパフォーマンスで判断することが多い。農家への啓発活動が必要である。また、中国の土地はすべて国が所有するもので、農家と言っても使用权しかない。土地がいつ取り上げられるかはわからない状態では、土壌改良材を使用して、土壌改良を行うことに必要性が見られない。日本のように「土づくり」のために積極的に土壌改良材を使用するには時間がかかるだろう。