

国際環境 NGO : Friends of Earth

ナノ食品/農業の規制を強く勧告

小林 剛*

1. ナノ食品の脅威に立ち向かう環境 NGO

国際環境 NGO の Friends of the Earth (FoE : 地球の友) は、77 カ国に 200 万人以上の会員を有する国際的に著名な世界最大の環境保護ネットで、我が国でも FoE Japan が設立され活躍している。その活動では、気候変動・森林破壊・砂漠化などの環境の重要課題に積極的に取り組んでいる。

各国の FoE の中で、オーストラリア (FoEA) は、特に化学物質の安全性、就中、食品や農業に汎用著しいナノマテリアルのリスクに対する果敢なアプローチで夙によく知られ、2008 年には「ラボラトリーから食卓へ：食品と農業におけるナノテクノロジー」を刊行し、国際社会に対しナノ食品によるリスクを一挙に浸透させる快挙を成し遂げた。

この FoEA によるナノリスク覚醒の書は、各国の大規模食品産業を標的とした世論、“No nano!” (ノーナノ) の抗議のうねりを巻き起こしたが、本年 5 月、今回はさらにその第二弾として規制機関の退嬰的な施策に対するレポート “Way too little : our government failure to regulate nanomaterials in food and agriculture” 「全く情けない：我々の政府は食品や農業におけるナノテクノロジーの規制に失敗している」を発刊した (付属資料)。

この内容は、オーストラリア政府へのナノ規制実施に対する歯に衣着せぬ直言であるが、我が国の場合にも他山の石であることが確かである。

ナノ食品の異常なまでの拡大は、「壮大な動物実験」であり、我々消費者はモルモットにされている (Richardson J, 2013) との強烈な拒否反応を示す事態を招いている。

2. ナノマテリアルの急増を知らされない国民

ナノマテリアルが食品や農業においても急増し、リスクが懸念されると警告しても、一般市民や消費者は、それを実感することはできない。何故なら、ナノマテリアル自体が肉眼視できない物質であるの

*Takeshi KOBAYASHI, M.D. 医学博士 小林 剛 環境医学情報機構
東京理科大学ナノ粒子健康科学研究センター元客員教授
カリフォルニア大学環境毒性学部元客員教授
Email: tak-kob.md@tbc.t-com.ne.jp



はともかく、それらが全く表面に出ない巧妙な仕組みが、ナノ企業とその産官学のサポーターにより確立されているからである。そのために規制機関やナノシンパグループが悪用しているツールは、ナノマテリアルを新規物質とは認めず、登録/表示制度に対する強力な排除措置である。

一般化学物質に対する 10 億分の 1 のサイズダウンによるナノ化加工は、親物質の物理/化学的特性を一変させ、極限の活性が付与され、全く別の新規の物質に「リボーン」(再生)することは科学的常識として確認されている FACT である。それにもかかわらず、ナノ物質を恣意的に conventional (在来タイプ) と同一視することは、規制を回避するための口実として極めて有効ではあるが、悪質なアンフェアな手法である。ナノマテリアルの「ステルス性」は、かくしてアンタッチャブルな聖域として堅固に防護され、非力な情報弱者の一般市民には、到底アクセス不能の状態になっている。これでは、まさに企業の思う壺で、透明性の高い情報開示はおろか、「知らしむべからず」である。

例えば、ナノシルバーの強力な無差別的殺菌作用は、抗生物質耐性菌の多発蔓延を誘発しているが、何ら規制の対象になっていない。また、光触媒のナノチタン粒子放出による健康被害や環境汚染と NOX の誘発による大気汚染(環境医学レターにて既報)などの重大な副作用は検証すら行われず、逆に利用/販売の促進に奔走している。

3. 科学的証拠は果たして不十分か？

規制機関が、ナノマテリアル規制の不作为の非難に対して、エクスキューズとして用いる常套句は「科学的証拠が不十分」である。FoEA は、最近のナノリスクについての科学的データは着実に著しく増加し、それを規制不発動の言い訳にはできないと強く主張している。今回の FoEA リポートには、実に 242 件もの参考文献を提示し、ピアレビュー・データの科学的根拠により、その主張の正当性を実証している。

この FoEA の見解には、全く同感である。そもそも、証拠が不十分とは、何を根拠としているのか？ 科学は常に進歩する。従って、「ある時点」において、「見切り発車」による規制に踏み切るべきである。「百年河清を俟つ」は、実は、規制の無期限延期に他ならない。その時点での最高の科学の導入により、ベストを尽くすべきである。100%の完全な証拠の要求は、ムリな「ないものねだり」に過ぎない。

証拠が不十分な場合に取りべき政策はどうあるべきか？ 現状は、幻影のような完全な証拠を待つ素振り、規制に着手していない。しかし、不十分でもリスクを示唆するデータを活用して予防的措置を取る方が、常識的にも生物学的識見としても正論である。

かつて、我が国の最も恥ずべき環境汚染問題、例えば「水俣病」は、実害の発生後まで、行政は不作为を固執し、「民主主義と正義への挑戦」とまで批判された(欧州環境庁リポート、2012)。また、アスベスト禍の収拾は世界の最後尾に墜ち、未だに救済措置に追われている。適正な規制措置を怠った行政機関はその不名誉を猛省すべきである。

最高裁は 10 月 9 日、石綿被害に対する国の不作为の違法性を指摘し、賠償責任を認める判決を下した。

4. 現状は変えるべきである “This needs to change.”

FoEA は、「オーストラリアの消費者は暗黒の中に置き去りにされている」と、「現状改革」を強く要求している。ナノリスクを真摯に受け止めている EU は、既に、ナノマテリアルの表示実施段階にあり、フランス・ベルギー・デンマークなどは強制登録を実施中である。わが国が、どのような状況にあるかはいうまでもなく「野放し」状態である。

5. 多国籍巨大食品企業集団の暗躍

FoEA リポートは、食品や農業分野におけるナノテクノロジーの研究開発を積極的に進めているハインツ・ネスレ・ユニリーバ・クラフトなどの多国籍企業巨大企業 26 社を挙げ、ナノ製品の増加を推定している。わが国からは、味の素・マルハ・ニチレイ・日本水産の 4 社が含まれている。

これら企業の動向がナノリスクの方向を大きく左右するため、「企業の社会的責任」から、消費者への情報開示に透明性のある対応を期待したいが、過去の事例から見ても、前途の暗雲は晴れそうにない。企業の「自主規制」は、世界各国で既に破綻している。

6. 食品・農業分野でのナノテク利用の爆発的拡大

FoEA リポートは、ナノ利用範囲は、次の通り、驚くべき拡大を見せて、現況は既に「過度」のレベルを超え、適切な歯止めを必要としていると述べている。

機能性食品・ナノサプリメント・ナノカプセル・ナノコーティング（野菜・果物）・ナノ抗菌包装・インテリジェント包装（果実）・ナノ肥料・ナノセンサーその他。

青果物までコーティングしているとは、オドロキで、「過度」以外の何ものでもない。

7. ナノテク農業の問題点

FoEA の主張は、地球における人口増による食糧不足に対して、ナノテク農業が有用かつ不可欠と喧伝されている。しかし、現在、世界の人口 66 億人のニーズに十分以上の生産量があり、最大の問題点は、少数の大企業の寡占状態による「不適正な配分」である。全世界には、5 億人の肥満患者と 8.5 億人の極度の飢餓人口が混在している。食糧需給の不条理を正すのが先決である。この視点に対するナノ企業の反論が聞きたい。

8. ナノ食品による健康リスクの誘発

ナノ食品が誘発する健康リスクは、枚挙に暇がないほど多岐多数に亘っているが、ここでは FoEA による記述を要約する。（詳細は付属資料参照）

ナノマテリアルは消化管吸収により、ヒトの肝臓・腎臓・脾臓・脳において検出、免疫不全・胃腸管

炎症によるクローン病・結腸ガンの誘発。サイズが小さいほど毒性は強力。ナノチタン粒子は胎盤を貫通して胎仔に移行、オス産仔に脳のダメージと精子生成低下の次世代影響(東京理科大学・武田ら、2009)。その他、無害証明は存在しない。

FoEA は、ナノマテリアルの個々の用途・健康影響について、独特なハザードを列記しているのので、付属資料を参照されたい。その有害性は明らかである。

9. ナノマテリアルの環境リスク

FoEA の見解では、ナノマテリアルの廃品・廃水、ナノ農薬・肥料から放出。抗菌剤ナノシルバーは微生物群落に脅威を形成、水生生態系にインパクト、魚類・藻類に極度の毒性発現。土壌へのインパクトは、バイオソリッド(下水処理汚泥)として、その約 1/4 を流出。ナノ粒子類は、究極的には食物連鎖を循環し、濃縮/蓄積される。

10. 研究ニーズについての所見

リスクアセスメントの不確実性を低減するため、EHS(環境・健康・安全)科学知識のギャップを埋める必要は明白であるが、その進展は遅々として進まない。米国研究協議会(NRC)は、20 項目の研究指標のうち、1 年後に達成されたのは僅か 1 件のみで、あとの 19 件の成果はゼロあるいは殆どなし(little)との、悲観的な実情を報告している。

このようなナノマテリアルの安全性問題の解決には、強力な規制により、可及的速やかにメーカーの「挙証責任」を問わねばならない。

しかし、製品の安全性に責任を有するナノメーカーの EHS 研究への投資は、製品 R&D 投資の僅か 1% 程度とされている。しかも、その努力不足を指摘されても、ナノ企業間の激烈な競争を理由として、「安全対策で過度な予防管理を締め付けられると、設備投資の面でも企業は苦しい。中国や韓国に抜かれてしまう」として、恬として恥じないのが実態である(毎日新聞「ナノテク安全対策/企業の自主管理で/国が方針、実効性担保に課題/2009.4.7)。残念だが、この実体は、7 年後の今も変わらない。

ナノ企業は利益追求が第一で、ナノ作業員や消費者の健康は二の次なのである。このような不条理が許されてよいのか。国民の健康を守るべき行政の不作為/怠慢ではないか。

11. FoEA は現状の背景をどう認識しているか

FoEA は、オーストラリアにおけるナノ食品・農業の現状を精査し、実に優れた考察を提示している。すなわち、「我々が生きる現代は、公共の利益から私的な利益に移行し、規制は公的利益を守るためではなく、私的利益の成長を妨害すると見なされている」と糾弾している。換言すれば、ナノテク規制問題については、オーストラリアでは民主主義から資本主義に逆行していると断じ、行政府の規制措置発動を要求している。ナノテクノロジーの R&D は公共の利益を中心に据えるべきと主張している。

この FoEA の高い見識には敬服の至りである。ここで想起されるのは、先年、某省にナノリスクについて研究助成を申請したところ、「情報の収集は良いが、評価は許さない」と門前払いさせられた筆者の苦い記憶である。規制に結びつくおそれのあるアセスメントは、最初から許されないのである。わが国でも、残念ながら、社会正義が通らない産官の相互依存の歪曲構造が既に確立されていたのである。

12. FoEA のナノ食品/農業に関する政府への勧告

- 1) ナノマテリアルの登録および表示の義務化
- 2) 安全テストの実施中におけるナノ製品のモラトリアム（一時販売停止）
- 3) 全ライフサイクルを対象とするリスクアセスメント（特に、光触媒）
- 4) 予防原則の採択：ナノメーカーの安全性挙証責任
- 5) 持続可能モデルの導入
- 6) ナノテクノロジーに No! という権利を認めよ

謝辞：本資料の作成と配布には FoE Japan のサポートを頂きました。ここに深謝申し上げます。

Way too little:

OUR GOVERNMENT'S FAILURE TO REGULATE
NANOMATERIALS IN FOOD AND AGRICULTURE

May 2014

Friends of the Earth Australia

食品と農業におけるナノリスク

FoE オーストラリア (FoEA) の勧告

全く情けない：我々の政府は食品や農業における
ナノテクノロジーの規制に失敗している

May 2014

訳注：小林 剛*

目次

エグゼクティブ サマリー	2
Introduction	4
1. ナノテクノロジーとは何か	5
2. 食品および農業における現在の傾向.....	5
3. 食品および食品加工におけるナノテクノロジーの利用.....	7
4. 食品包装におけるナノテクノロジーの利用.....	9
5. 農業におけるナノテクノロジー	11
6. ナノ食品の展望	14
7. ナノ食品とナノ農業は新しい健康リスクを誘発.....	15
8. 環境リスク	21
9. 研究ニーズ	23
10. オーストラリア連邦の規制枠組み	24
11. 結論	26
参考文献	27

*Takeshi KOBAYASHI, M.D. 医学博士 小林 剛 環境医学情報機構
東京理科大学ナノ粒子健康科学研究センター元客員教授
カリフォルニア大学環境毒性学部元客員教授
Email: tak-kob.md@tbc.t-com.ne.jp

エグゼクティブ サマリー

国際環境 NGO 地球の友オーストラリア (FoEA) により 2008 年に発行された「ラボラトリーから食卓へ：食品と農業におけるナノテクノロジー」のリポート以降、食物連鎖全体にわたるナノテクノロジーとナノマテリアルの使用は増加し続けている。より多くの製品、より多くの加工が存在し、商品化率は加速されている。

ナノマテリアルは、食品添加物・サプリメント・包装材料・センサー・コーティング・スプレー・家畜用ビタミン・農薬・抗菌貯蔵施設などを含む広範囲の製品に用いられてきた。

オーストラリアにおいては、近年、オーストラリア製のナノ製品の入手数が劇的に増加している。オーストラリアの企業は、現在、ナノコーティング・ナノスプレー・ナノポリマー・液状ナノガラス・ナノカプセルなどの製品を製造している。

オーストラリアでは、ナノマテリアルおよびナノマテリアル含有製品の輸入は実質上無制限で、海外から容易に購入できる。食器洗い機によりナノシルバーが放出されるナノベビー哺乳瓶、食卓用刃物類、まな板なども輸入できる。

現在、入手できるナノ製品数の正確なカウントは実質上不可能である。この理由の一部は、2008 年以降の製品数の急激な拡大と、消費されるナノ製品を知るために必要な表示あるいは登録制度がないためである。

本リポートにおいては、商業化のレベルから遥かに遅れた環境・健康影響・安全問題を検討したピアレビューされた科学のペースを明らかにしている。基本的データ・方法・参考資料が乏しいため、一貫した信頼し得るリスクアセスメントは困難である。また、ナノマテリアルへの暴露経路と、長期の環境や健康影響の解明は十分ではない。

しかしながら、2008 年以來、増加している証拠は、特定ナノマテリアルの有害性を示している。

例えば、食品分野で最も広範囲に用いられている、ナノシルバーとナノ酸化チタンのヒトの健康への有害影響の証拠は増加している。

同時に、一般大衆には、ナノマテリアルに関連する環境・健康・安全あるいはそれらを含む多数の製品についての十分な情報提供は約束されていない。

バイオテクノロジーの分野で推し進められ、一般市民を対象とした遺伝子組換え食品の試みから得た教訓を殆ど学んでいないように見える。一般大衆の支持や安全の証拠および規制監督なしに、隠密裡に市場を占拠しようとする企業の意図がここでも見受けられる。

規制への介入は依然として極めて少ない。オーストラリア政府の規制機関は、ナノマテリアルの定義に同意せず、規制の可能性をさらに低減させ困難にしている。オーストラリア政府規制機関は、規制に対しては断固不干涉の態度を堅持し、企業を警戒することなく、支配力のさらなる抑制を望んでいる。

本レポートは、オーストラリアで入手できる食品や農業製品にはナノ材料は含まれていない、という規制官庁の主張が事実を照らして不正確であり、化学会社がそれらの使用を宣言していないことを明らかにした。我々の食品規制機関のオーストラリア・ニュージーランド食品基準庁 (FSANZ)、オーストラリア農薬獣医用医薬品規制庁 (APVMA) が、必要な努力を怠っていることは明らかである。

規制機関が市場に介入するのは過去のことで、現在では、殆ど支配力がなく、余りにも多くの懸念が存在している。もし、我々FoEの活動に進展がないならば、オーストラリア人はかつてないほど大きく、全く不必要なリスクに暴露されるであろう。

FoE オーストラリアは、ナノテク産業に関する本レポートにおいて多くの勧告を提起したが、直ちに必要な三つの基本的かつクリティカルなステップは次の通りである。

1. ナノ材料含有の新製品の製造と販売について、必要な研究の実施とヒトの健康と環境保護の規制が実施されるまで、モラトリアム（一時停止）を行う。
2. オーストラリアにおけるナノ材料とその含有製品の法的かつ公的登録制度。
3. オーストラリア食品表示法の連邦政府レビューにより、すべてのナノ材料含有製品に対する表示要件。

Introduction

本レポートでは、我々が 2008 年に発行した新規食品・食品接触物・農業製品の開発を含むレポート以降の変化を検討している。また、ナノテクノロジーに関連する環境・健康・安全についての現在の文献をレビューし、オーストラリア規制機関の対応を要約している。

本書は、次の諸点を明らかにしている。

- ・ 食品および農業分野におけるナノマテリアルを含む商業化率の加速と商品数の急激な増加；
- ・ ナノマテリアルの放出およびヒトや生態系への暴露の可能性についての情報の不足；
- ・ 放出されたナノマテリアルの追跡を可能とするため、含有製品の表示と登録などによる基本的ステップの欠落；
- ・ 商業化のペースと環境・健康アセスメントとの間のギャップの増大；
- ・ 特定ナノマテリアルのヒトあるいは環境への有害影響発生について、ピアレビュー（査読評価）された証拠資料の増加；
- ・ リスクの証拠増加に対応する規制機関の失敗；
- ・ ナノテクノロジーに関連する特異的な環境・健康・安全を十分に分析するための基礎知識の欠落の重要性。

6 年前には、「不作為」(inaction) はデータ不足の認識の下で行われた。現在では不作為は依然として「規範」(norm)ではあるが、政府が言い訳として利用することはできない。科学者や、米国研究評議会(NRC)のような科学団体は積極的な規制方式を正当化するのに十分な証拠を環境・健康についての最大の関心事を効果的な標的とする R&D プログラムに適切な研究助成を行っている。

残念ながら、我々の連邦政府は、そのような研究や適切な規制に適用するための助成レベルの供与は好まないように見える。予防という理念は、製品が安全であるか否かの責任は企業にあり、規制機関は危害が示された場合にのみ行動するとの態度に置き換えられている。一方、フランス・ベルギー・デンマークでは、ナノマテリアルの強制登録制度を実施し、EU では ナノ食品の表示方式の実施プロセスに入っている。しかし、オーストラリアの消費者は依然として暗黒の中に取り残されている。

このような事態は変える必要がある。(This needs to change.)

1. ナノテクノロジーとは何か？

「ナノテクノロジー」という専門用語は、生物学の構成ブロックや製造素材において用いられる「ナノスケール」のテクノロジーを意味している。大多数のナノテクノロジーの定義では、1-100 nm のサイズを示しているが、100 nm 以上のサイズの粒子類の一部には、極めて高い反応性、生物学的活性、生物学的利用能など、ナノ粒子類に似たビヘービアを有する懸念が存在する。²

ナノマテリアルは、それらの健康や環境リスクの一般的アセスメントが不可能な広範な特性やビヘービアを有している。³ 毒性に影響するサイズ以外の特性には、化学成分、形状、表面構造、表面電荷、ビヘービア粒子の凝集（塊り）あるいは分解、ナノマテリアルへの他の化学物質の付着の有無などが含まれる。⁴ この理由により、同一化学組成のナノマテリアルにおいてさえ、著しく異なる毒性を示すことがある。⁵

オーストラリアにおいて唯一の化学物質規制機関である工業化学品通告評価機構（National Industrial Chemical Notification Assessment Scheme : NICNAS）は、次に述べるようなナノテクノロジーの定義を作成し、現在、それが通用している。⁶

「意図的に製造・加工された工業マテリアルは、ナノスケールにおけるユニークな特性や特異な組成を有し、そのサイズは典型的には 1~100nm あるいはナノ物体（すなわち、ナノスケールにおいて、1、2、3次元の）またはナノ構造体（すなわち、ナノスケールにおける内部的あるいは表面構造）である」。

この定義は、その他のオーストラリアの規制機関によっては、必ずしも容認されていない。ナノリスクについて法的に合意された定義を欠くために、商取引におけるミスリードを禁じる法規の是認を拒否する規制機関のケースが存在している。⁷

2. 食品および農業における現在の傾向

ナノテクノロジーは、食品加工・サプリメント・包装・食品接触材料・食品監視・農薬類・動物ケア製品・農業商品の輸送や貯蔵などを含む食品や農業分野において、広範な商業的利用が行われている。

- ・ 表示義務や登録要件の欠落は、食品・食品接触材料・農業製品中のナノマテリアルの存在についての情報の限定を意味している。また、現在、食品や農業分野の市場にあるナノ製品数の信頼できる推定ができないことも意味している。
- ・ どの製品にナノマテリアルが含まれているかの決定は、企業自身のビヘービアにより阻止されている。ある分野においては、市場の拒絶の恐怖感から、ナノ成分を利用しているにも関わらず、企業はその点に言及していない。一方、サプリメントや農薬などの分野では、その利用が必ずしも明らかでない場合でも、市場製品に「ナノ」を積極的に標榜している。

2013年、フランス政府は、ナノマテリアルの強制登録制度により示されたデータに基づき、フランスにおけるナノマテリアル利用について、最初のアセスメントを公表した。これにより、フランスのみで、

2012年には、50万トン以上のナノマテリアルと3400種類のナノマテリアルベースの製品の使用が明らかにされた。⁸

ウッドローウィルソン国際学識者センター（注：米国の著名なシンクタンク）は、2013年、ナノマテリアルを含む200種類の食品・飲料のインベントリー・ナノ製品リストを公表した。この数は2010年の126種類からの飛躍的増加を示している。⁹

現在では、この推定はあまりにも控え目であると見なされている。

FoE オーストラリアは、オーストラリア国内では、現在、数百種類の食品製品や食品接触製品が入手可能と推定している。我々の推定は、企業の発表や、オーストラリア国内で販売、特許、商標があり、他の国でナノマテリアルの含有が確認された食品や食品接触製品、選定された製品のテストなどの情報に基づいている。図1はナノマテリアルを含む可能性のある一般食品の一部である。

- | | |
|---------------|------------------|
| ・ クリームチーズ | ・ ポップコーン |
| ・ クッキー類 | ・ サラダドレッシング |
| ・ ドーナツ類 | ・ オイル |
| ・ コーヒークリーム | ・ ヨーグルト |
| ・ チョコレートシロップ | ・ 朝食用シリアル |
| ・ チョコレート | ・ キャンディ（Lollies） |
| ・ プディング | ・ クラッカー |
| ・ マヨネーズ | ・ パスタ |
| ・ ハッカ入りキャンディー | ・ スポーツ飲料その他の飲料 |
| ・ チューインガム | |

図1：ナノマテリアルを含む可能性ある食品製品のタイプ

ナノマテリアル含有製品の数や特性についての不確実性は、信頼し得る情報のニーズを強調するのみでなく、ヒトの健康と環境の保全を確保する点において、規制担当者の能力と関心についての直接の懸念を提起している。

ナノマテリアル含有の製品数は急速に増加し続けるであろう。

国連の食糧農業機関（FAO）および世界保健機関（WHO）は、ナノテクノロジーを利用して製造される食品は増加すると推定している。¹⁰ エコノミストは、2015年までには、食品産業の40%はナノテクノロジーを利用し、米国の次にはアジア市場がリードすると推定している。¹¹

ハインツ・ネスレ・ユニリーバ・クラフトを含む世界の最大級の食品会社の多くは、図2に示す通り、食品加工や包装にナノテクノロジーの利用を検討している。¹² また、世界最大級の農業・種子会社も、

ナノテクノロジーの研究・開発プログラムに積極的である。

- | | |
|---------------------------------|------------------|
| ・ Altria (クラフト食品) | ・ Hershey Foods |
| ・ Associated British Foods | ・ La Doria |
| ・ 味の素 | ・ マルハ |
| ・ BASA (訳者注) | ・ McCain Foods |
| ・ Cadbury Schweppes | ・ Mars |
| ・ Campbell Soup | ・ Nestle |
| ・ Dupon Food Industry Solutions | ・ Northern Foods |
| ・ General Mills | ・ ニチレイ |
| ・ Glaxo-Smithkline | ・ 日本水産会社 |
| ・ Goodman Fielder | ・ PepsiCo |
| ・ Group Danone | ・ Sarah Lee |
| ・ John Lust Group PLc | ・ Unilever |
| ・ H.J. Heinz | ・ United Foods |

図 2：ナノテクノロジーの研究開発を実施している多国籍食品会社の例^{13,14,15}

訳者注：原著では BASA となっているが、BASE の誤植と推定される。BASF 社は、ドイツに本社を置く、従業員数 11 万人を超す、世界最大の総合化学メーカー。

3. 食品および食品加工におけるナノテクノロジーの利用

食品加工への利用と食品添加物

ナノスケール加工は最も一般的には「滴下」(trickle) と「滑らかな流れ」(flow) のために利用される。合成多孔性シリカ (SAS-E551) などのナノマテリアルは、例えば、食塩・野菜粉末・乳漿粉末・鶏卵粉末・クリーマー・インスタント飲料粉末 (コーヒー粉末)・味付けブレンド (トウガラシ・ニンニク粉末その他)・粉末砂糖・スープ粉末などを含む食品に添加されている。¹⁶ また、SAS は、固化防止剤・濃厚剤・風味媒体としても用いられている。¹⁷ 食品中で用いられ、市販品として入手できるナノシリカの例には、Evonik's エアロゾル 200F およびエアロゾル 380F などが含まれる。¹⁸

二酸化チタンは多くの食品製品中でよく用いられる一般的な添加物で、菓子類・チーズ・ソース類の漂白や透明化に用いられている。2012 年の研究では、食品グレードの二酸化チタン (E171) では、粒子の約 36% がナノ粒子類であると算定している。¹⁹ その研究では、二酸化チタンは、ドーナッツ・キャンディ・チューインガム・チョコレートなどを含む広範囲で見出している。二酸化チタンの含有量は、ドーナッツでは 100 mg を示した。米国の FoE の実施したテストでは、新鮮な西洋梨、トウガラシ、リンゴのサンプルにおいてナノ二酸化チタンを検出している。

飲料あるいは食品中には、着色料として、200 nm 以上のカロチノイドが用いられている。²⁰ 欧州ア

ライドバイオテック社は、台湾からのカルチノイドを、Altratene ベータカロチンの名前で着色剤として提供している。²¹ また、BASF 社は、ナノリコピンを含む抗酸化剤の LycoVit も販売している。²²

機能的食品類

食品産業は、免疫システムを強化し、消化を促進し、コレステロールを低減すると主張して、ヨーグルトなどにおいて、栄養上のベネフィットをもたらすとして、製品に過大の投資を行っている。酪農製品・シリアル類・パン・飲料などは、ビタミンや鉄・マグネシウム・亜鉛などのミネラルと混合され、生物学的親和性物質・生物学的活性ペプチド類・抗酸化剤・大豆などによりエンリッチ（富化）されている。これらの物質の一部は、ナノ粒子類として添加されている。2005 年の世界市場における機能的食品は約 735 億米ドルである。²³ その市場は年当り 4%の成長を示し、通常食品より大幅に速い。これらの製品の市場は、2003~2010 年の間に 2 倍以上に増加した。²⁴

機能的食品の一部として、ナノコロイド状のプラチナや金を含むヨーグルトや飲料は、「長期保存可能食品」(anti-aging food) として、既に市場に出荷されている。²⁵ また、イスラエルからの Canola Active Oil はコレステロールの減少に貢献すると、主張している。²⁶

国連の食糧農業機関 (FAO) は、健康に良いと主張している緑茶にナノセリウムが用いられていると警告している。²⁷

ナノマテリアルを含むサプリメント

既に市場で販売されている広範囲の食品サプリメントは、ナノマテリアルを含むといわれている。例えば、BASF 社はナノ粒子形状のビタミン類を含むマイクロカプセル・ビタミン類を製造している。²⁸ しかし、それを市場で追跡することは難しい。製品にナノマテリアルが実際に含まれているか否か、あるいは、単に製品を売るためなのかは、不明なことが多い。食品メーカーではなく、食品サプリメントメーカーは、ナノ成分を「不利」ではなく「有利」と見る向きが多い。

例えば、オーストラリアにおいては、サプリメント・ダイレクト社²⁹は、ナノペプチド・ナノクレアチン・ナノポリックス・ナノトリベスタノール・ナノグルタミンを宣伝しているが、販売業者やメーカーのウェブサイトではサプリメントにナノマテリアルを含むか否かについては明らかにしていない。



出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P11 の写真を引用

ナノスケール・カプセル類

ナノスケール・カプセルは、既に、飲料・肉類・チーズその他の食品の保存に利用されている。それらは、薬品・ビタミン類・保存剤・酵素類の封入に用いられている。2008 年、我々は、より多くのメーカーがオメガ-3 脂肪酸（訳者注）、以前に使われていたマイクロカプセルの 1/4000 のサイズの 30-40 nm の、その他の化合物について報告している。

訳者注：オメガ-3 脂肪酸 (ω -3 fatty acid)は、食事から摂取される不飽和脂肪酸で免疫系に關与する。栄養学的に必須なのは ALA (α -リノレン酸)・EPA (エイコサペンタエン酸)・DHA (ドコサヘキサエン酸)で、脂肪の加水分解により生成される酸。

多数の企業が、ナノカプセル入りのビタミン類・カロチン・抗酸化剤を含む栄養処方を提供している。^{30,31}

食用食品コーティング類

食品科学者らは、ナノスケールにおける物質の操作により、食品の保存期間を延長するためのバリア層として利用できる食用ナノラミネートフィルムの創造を可能とした。これらのフィルムは、湿気バリアとしての脂質・クレー（粘土）、酸素や二酸化炭素のバリアとして炭水化物のようなバイオポリマー、味覚・触感・外見を改善させる活性成分などが含まれる。³² また、抗菌物質は肉の包装などの例では、食用コーティングに直接適用される。³³

加工ナノマテリアルを含む食用コーティングは、米国およびカナダにおいては、果物や野菜の保存期間延長のため、既に使用中であると報じられている。米国中部・南部の農場包装作業場で実施されたテストでは、米国およびカナダに出荷されるリンゴ・洋梨・トウガラシ・キューリ・その他の果物や野菜において、多数のナノコーティングを発見している。³⁴



出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P11 の写真を引用

4. 食品包装におけるナノテクノロジーの利用

食品分野における最初のナノトキシコロジーの商業的利用の一つは包装である。³⁵ それはナノ食品分野の最大の範囲を占めていると考えられている。³⁶

ナノ包装は、三つの主要なタイプすなわち ①バリア ②抗菌 ③センサーにより構成されている。ナノ包装製品の商業的利用は、現在、400~500 種類と推定され、次の 10 年間には、すべての食品包装への利用は 25%に達すると予測され、2013 年には、世界のナノ包装市場の総収益は 200 億米ドルに達すると期待されている。³⁹

ナノ包装の重要な目的は、ガス類と湿気の交換および紫外線暴露を減少するため、食品包装のバリア機能の向上により、保存期間を延長させることである。^{40, 41, 42, 43, 44}

シルバーやゴールドのほか、酸化亜鉛・二酸化チタン・シリカ・カーボンブラックのようなナノマテリアルは、食品を紫外線から守るための包装に用いることができる。^{45, 46}

例えば、CSIRO（訳者注：オーストラリア連邦科学産業研究機構の略で、同国最大の総合研究機関）は光線防御の改善のため、瓶類のナノコーティングを開発して保存期間を延長させた。

ガス類と湿気に対するバリア効果は、ナノスケールのシリカ・アルミニウム・クレーにより達成され、肉・ソーセージ・チーズ・果物のほか、電子レンジ製品やプラスチックボトル用の包装用フィルムの製造に適している。⁴⁷

酸素や二酸化炭素のバリアとしての、瓶類におけるナノクレーのようなナノマテリアル複合材の利用は一般的に増加しており、オーストラリアで特許を取得している。⁴⁸ これらはビール・ソフトドリンク・100%ジュース・スポーツドリンク・特殊飲料水の瓶類に利用されている。⁴⁹



出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P13 の写真を引用

ナノ抗菌包装および食品接触材料

ナノ包装および食品接触材料へのコーティングは、包装自体が抗菌材料として作用するように抗菌ナノマテリアルが組み込まれることが多い。これらの製品には、一部にはナノ酸化亜鉛やナノ二酸化塩素が用いられるが、一般的にシルバーナノ粒子類が使われている。^{50, 51}

2011年、イスラエルの科学者らは、コロイド状（ナノスケール）シルバーを用いて、大腸菌を3時間以内に殺す能力を持つ「キラーペーパー」を開発した。それは肉の包装に理想的として宣伝販売されている。⁵²

オーストラリアにおいては、多数のナノベースの抗菌製品が入手できる（付属資料1参照）。

ナノセンサーによるインテリジェント包装

ナノセンサーを備えた包装は、包装食品の内部あるいは外部の状態を探知するようにデザインされている。これらは、例えば温度や湿度の変化、食品の腐敗の指示が可能である。

ニュージーランドの某社では、包装内部の酸素量を測定するセンサーを備えたライブセンス (ripeSense) 包装を提供している。包装外部の表示は、農産物が最適の成熟に達したときに変色する。この包装は、既に西洋梨・キウイ・メロン・マンゴー・アボカドその他の果物に利用されている。この表示は、オーストラリアにおいて、2005 年に、ripeSense および J-Tech として開始されている。⁵³

サイズが 150 nm 以下の“nano-sniffer”については、オーストラリアの特許は保留中である。この“nano-sniffer”は、カーボンナノチューブのアンテナを利用する無線信号による化学物質の検出に用いられるであろう。これは食品包装を含む多様な化学物質の検出を目的としている。これは適用方法によっては“nano-sniffer”体内摂取に適している。⁵⁴

ナノセンサー類の体内摂取によるヒトの健康影響は未知である。また、センサーに用いられたナノマテリアルがどの程度食品内に移動するかも知られていない。

生物分解性ナノ包装

バイオプラスチック（植物ベースのプラスチック）は、一般的には、通常、包装やプラスチックバッグに用いられている石油ベースのプラスチックほどは強くない。これらのバイオプラスチックを強化する問題を解決するため、ナノマテリアルの開発が推進されている。⁵⁵ しかし、これらのプラスチック中のナノスケールの混合物の環境リスクについての信頼できるアセスメントは未だなく、バイオプラスチックが分解の際に環境に放出されるか否かは知られていない。

クイーンズランド大学高機能ポリマーセンターは、ナノポリマー類を開発している。このグループの研究は、Victorian company Plantic Technologies Ltd. の設立を主導した。⁵⁶ 彼らは包装に用いられる澱粉ナノ複合材について、少なくとも 2 件のオーストラリア特許を保有しているにもかかわらず、そのウェブサイトにはナノポリマーについての記述は見られない。^{57, 58, 59}

Plantic の顧客には、Kellogg、Aldi、Sainsbury、Cadbury、Freedom Foods などの世界的な食品企業が含まれている。

5. 農業におけるナノテクノロジー

ナノテクノロジーは、農業用化学品・飼料・家畜のサプリメント・機械・貯蔵施設などを含む農業サプライ・チェーンの全般で利用されている。

農業用化学品

ナノテクノロジーは、毒性の強い農薬類、植物の生長調整剤、化学肥料などの分野に導入され、現在の産業システムを侵害して、化学物質偏重の農業を出現させている。

最初のナノ農薬の一部は、現存の農薬・殺菌剤・植物・土壌・種子処理などのナノリフォームの開発であった。^{60, 61, 62} 農薬企業は現存農薬乳剤の粒子サイズをナノスケールに縮小させてナノカプセル、あるいは、日光や高温、昆虫の胃内のアルカリ状態への反応など一定条件で分解するようにデザインされたナノカプセルに有効成分を封入する。

BASF 社・モンサント社・Syngenta 社などを含む農業用化学品の一流メーカーのすべては、農業におけるナノテクノロジーの利用について積極的に研究し、ナノ成分含有の農薬類は既に市場に出ている。⁶³

過去 10 年間には、ナノスケール成分を有する農薬の 3000 件を超す特許が申請されている。⁶⁴ これらの大多数は現存農薬のナノスケール版である。⁶⁵ インターネット・プラットフォーム www.nano-technologien.com は、「バイエル社はナノサイズの農薬を大量に製造している」と主張している。⁶⁶



PHOTO: BRAIN ROBERT MARSHALL VIA WIKIMEDIA COMMONS

出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P14 の写真を引用

ナノカプセル化

2010 年以降、カナダの Vive 社は、除草剤に利用されるナノスケール・カプセルを供給している。Vive Nano 社は、オーストラリアにおいて、農業用化学品へのナノ粒子類の利用についての特許 1 件を申請している。⁶⁷ 彼らは、ナノスケール農薬の販売を公然と推進している数少ない化学品会社の一つである。

多くの新しい製剤は「マイクロカプセル化剤」(micrencapsulation)として販売されている。ナノカプセル化に似たマイクロカプセル化は、標的害虫に対する取扱いと効果の改善を標榜している。マイクロカプセル化では刈り株からの除草剤の移動を強化し、吸収を低減させ、カプセルからの活性成分の段階的拡散と放出により、土壌中での除草剤の寿命を延長させるであろう。⁶⁸ 大規模の化学メーカーの大多数の特許とマイクロカプセル化製品の販売においては、それらのサイズやマイクロカプセル化の詳細については明らかにしていない。Syngenta 社の Subdue MAXX⁶⁹、Ospray 社の Chyella⁷⁰、Pencap-M⁷¹、BASF 社が申請中の 2 件のマイクロカプセル化農薬^{72, 73}などはナノスケールの可能性が極めて高い。

例えば、Syngenta 社は、オーストラリア特許において⁷⁴、通常のマイクロカプセルは直径 0.1~500 ミクロンとして、これらの化学品の適用メカニズムの一つとしてマイクロカプセル化を認めている。⁷⁵

ナノおよびマイクロ乳剤

生長抑制剤の Syngenta 社の Primo MAXX、芝生の防菌剤の Banner MAXX や Headway および Subdue MAXX などは広く使用されており、オーストラリアにおいても入手できる。これらの特徴はマイクロ乳剤とされているが、Vienna 大学の科学者らは、それらは実際にはナノスケール乳剤であると断定している、一般的に使用されているマイクロ乳剤との用語は、有機ナノ粒子類を含む製剤として用いられているように見える。⁷⁶

国際純粋/応用化学連合 (IUPAC) は、マイクロ乳剤のサイズを 1~100 nm と定義している。⁷⁷ この定義によれば、多くの企業により利用されているマイクロ乳剤はナノマテリアルと解釈すべきである。FoE オーストラリアは、マイクロ乳剤として販売している下記の多くの農業用化学品を確認している。

- ・ Syngenta's Banner MAXX⁷⁸
- ・ Hymal's Maldison⁷⁹
- ・ Thumper's 殺虫剤⁸⁰
- ・ Clipless 植物生長調節剤⁸¹
- ・ Apple 光沢剤 331⁸²
- ・ Rancona C 穀類種子処理剤⁸³
- ・ Greenor, Junction, Plenum84160 ME, Bastion T (ダウ・アグロサイエンス)⁸⁵

これらおよびその他のマイクロ乳剤がナノスケールであるか否かは明らかではないが、逆に証拠を欠くことを推定するのは正当である。同様に、これらの乳剤が農薬のナノ粒子類を含むか否かは明らかではない。それにもかかわらず、マイクロ乳剤中のこれらの活性成分は、分解を遅くし、吸収を早め、生物学的利用能を高め、生物学的活性の早期達成を早めるための新しい製剤と見るのは正当と見られる。⁸⁶

87

米国環境保護庁 (US EPA) は、現在、活性あるいは不活性を問わず、ナノスケール成分を含むすべての農薬の登録を要求している。⁸⁸ また、EU は、ナノ農薬について、活性物質・薬害軽減剤 (safener)・共力剤 (synergist)・製剤化補助剤 (coformulant) などの相互作用を、それらの評価において考慮すべきことを要求している (EU 規則 107/2009)。⁸⁹ オーストラリアの規制機関のオーストラリア農薬・獣医用薬品庁 (APVMA) の立場は明確ではない (10 章参照)。

FoE オーストラリアは、マイクロカプセルおよびマイクロ乳剤の用語が悪用され、企業の規制回避を許している事態を憂慮している。この懸念は、多くの企業がカプセルや乳剤のサイズを明らかにしていないことに基づいている。例えば、ダウ・アグロサイエンス社は、オーストラリアにおいて、高レベルの農業活性を有するマイクロカプセル乳剤の特許を申請中である。さらに、特許規格文書には、カプセルや粒子のサイズの詳細は記述されていない。最近のトピックをレビューすると、「ナノ範囲の製剤を開発中の企業は、ナノマテリアルの最終結末やヒトおよび環境への影響についての大きな社会的不安に関連して、それらの新製品をナノ製剤と言及することは選択しないであろう。⁹¹」

ナノ肥料

肥料をナノスケールと市場で宣伝するのは自由であるが、主要な化学企業はその方法を取っていない。ナノ肥料は、窒素の効率的な利用、作物産出、放出コントロールと浪費抑制、品質改善の方法として推進されている。^{92, 93} ナノ肥料には、ナノ形状の亜鉛、シリカ⁹⁴、鉄⁹⁵、二酸化チタン⁹⁶が含まれるであろう。ある中国の企業は、200 種以上のナノスケール成分を含むと主張する肥料を販売している。⁹⁷

動物飼料

ナノサイズミネラル、ビタミン類、添加物、サプリメントを含む動物飼料は、既に市販されている。例えば、マイコトキシン（訳者注）と結合し、動物をマイコトキシン症から守るイースト細胞壁からの天然バイオポリマー成分の飼料添加物を開発している。⁹⁸ ナノ酸化亜鉛は動物飼料中の成長促進剤の用途で販売されている。^{99, 100, 101} また、ナノ液体ビタミンミックスも、家禽や家畜用に利用されている。¹⁰² タイ国の企業 Framelco 社も、仔ブタの下痢症予防に用いられている。¹⁰³ しかし、動物飼料でのナノマテリアルの利用は、現在、広まっているようには見えない。

PHOTO: FIR0002/FLAGSTAFFOTOS VIA WIKIMEDIA COMMONS



出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P15 の写真を引用

訳者注：マイコトキシン（mycotoxin）とは、真菌により生産された人畜に有害な二次代謝産物で、この中毒症は細菌由来の急性症状とは異なり、慢性症状をたどり、肝・腎などに障害を及ぼす特徴がある。*Aspergillus flavus* の生産するアフラトキシンは、その発ガン性が確認されており、食品衛生法で厳しく規制されている。⁹⁸

肥料については、動物飼料分野の有力企業は、この分野には参入していないように見える。彼らが、ナノマテリアルの利用を明らかにすることなく、ナノ製品を市販するのか、あるいは、この市場に未だ参入していないのかは、未だ明らかではない。

規制機関は、これらの市場サーベイを優先し、適切に特性を解明し、表示を規定し、評価すべきである。

6. ナノ食品の展望

ナノ企業は、ナノテクノロジーの使用について、いつも奇妙な主張をする。これらの開発の多くについて有用性、可能性、商業的成長性の評価は困難であるが、食品および農業に関する主張には価値はない。これらには、以下の諸点が含まれる。

- ・ 多様なナノテクノロジーは、風味と食感は維持している一方で、より少ないカロリー・脂肪・砂糖に基づいている；
- ・ マイクロ栄養素と高感度の生物学的活性の効果的な送達についてのナノスケール媒体；

- ・ 遺伝的および細胞レベルにおける穀類・動物・微生物などの再加工；
- ・ 食品中の病原体・毒素・バクテリアを検出するナノバイオセンサー；
- ・ 消費の原点からの動物や植物と追跡するための確認システム；
- ・ 植物や動物生産についてのセンシング・モニタリング・活性反応介在の統合的システム；
- ・ 水分の検出・所在・報告・直接適用のスマートフィールドシステム；
- ・ 正確でコントロールされた肥料や農薬の放出；
- ・ 干ばつや塩分および過度の湿度に抵抗性を有する植物の開発¹⁰⁴；
- ・ 抗生物質の水耕栽培の送達、抗微生物表面、ナノセンサーの利用、ケージやネット構築用のより強い資材およびナノ食品類を含む範囲での利用。¹⁰⁵

ナノテクノロジーは世界を養えるか？

遺伝子組換え作物の論議での誇張を反映して、ナノテクノロジーは世界を養うのに貢献すると主張されてきた。これらの主張を評価するには、世界の人口 66 億人のニーズを満たすのに十分以上な食料が生産されている点への留意が重要である。^{107, 107} 一方では、5 億人以上が臨床的肥満を発症し¹⁰⁸、8 億 5 千万人以上が極度の飢餓に陥っている。¹⁰⁹

世界の 25 億人以上の人々が農業により生計を立てている。¹¹⁰ しかし、4 兆米ドルにも及ぶ地球の食糧システムは、少数の多国籍企業により支配されている。¹¹¹ 食料配給と小売業務は、産品供給に重大な影響を及ぼす少数の大会社に集中され、農民の生産作物や価格の決定に重要な役割を果たしている。^{112, 113}

世界の農業と食料産業の技術移転の新しい潮流の支持により、ナノテクノロジーは農業企業、食品加工業、食品小売業の市場の拡大が予見される。¹¹⁴

7. ナノ食品とナノ農薬は新しい健康リスクを誘発

食品・飲料・栄養サプリメント・食品包装、食品コーティング・肥料・農薬・種子処理などへのナノマテリアル製品類の組み入れは、ホスト・一般市民および食品産業の労働者に、全く新しい暴露経路を発生させる。¹¹⁵ しかし、食品や食品接触材料において、ナノマテリアルの使用の有無や、それらの量についての登録制度がないため、暴露レベルの定量は極めて困難である。¹¹⁶

我々の 2008 年レポート以降、特定のナノマテリアルについての有害性の証拠は増強されている。ナノマテリアルは、何故、新しいリスクを発生させるのか？

- ・ ナノマテリアルは、同一化学物質のより大きい粒子類と比較して、一般的に、高い化学的活性を示す。

- ・ ナノ粒子類は、より大きい粒子類よりも、我々の身体に対して、さらに高いアクセス能力を示す。
 - より高い生物学的利用能と生物学的活性は新しい毒性リスクを誘発する；
 - ナノマテリアルは我々の免疫系反応を損なう；
 - ナノマテリアルは長期的病理学的影響を派生する。

消化管を介する吸収

ラットおよびマウスを用いた in vivo (生体内) 実験では、消化管へのナノ粒子類^{117, 118, 119, 120, 121} および微小マイクロ粒子類^{122, 123, 124} の取り込みを実証している。ヒトの組織の病理学的検索では、20 μm のサイズのマイクロ粒子類の摂取と移動を示唆している。^{125, 126}

消化管を介する物質の吸収レートは、サイズ・表面構造などの特性に依存するよう見える。ラットによる研究では、小さいサイズのナノ粒子ほど、消化管への取り込みは多いことが認められた。¹²⁷ 他のマウスでの研究では、4nm のゴールド粒子類が投与された。これらは、後に、肝臓・腎臓・脾臓・脳において検出された。58 nm 以上の粒子類は消化管内に残留していた。¹²⁸



PHOTO BY JANET STEPHENS VIA WIKIMEDIA COMMONS

出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P17 の写真を引用

ある研究結果では、ナノマテリアルはヒトの腸に影響を及ぼすことが示された。食品の包装に一般的に用いられるナノサイズのポリスチレンをヒトの結腸に負荷した場合に、鉄の浸透性を高めることが見出された。¹²⁹ Powell らは、サブミクロンサイズのミネラル粒子類に、毎日、暴露される西欧の人々は、腸管におけるこれらの粒子類の負荷による「着色細胞」の存在を認めた。これらの粒子類は、アルミノケイ酸塩および二酸化チタンと、シリカ (SiO₂) や 3-ケイ酸塩マグネシウム (タルク) のような少量のノンアルミニウム含有ケイ酸塩などによる構成が認められた。¹³⁰

予備的な証拠では、加工食品中の数百 nm 以上のサイズのナノ粒子類は、免疫系の機能低下不全レベルの上昇と、クローン病あるいは結腸ガンを含む胃腸管の炎症への関連を示唆し^{131, 132, 133, 134}、ナノマテリアルの腸組織内での存在を見出した。¹³⁵

ヒトの体内におけるナノマテリアル

我々の肺・胃腸管・臓器からナノ粒子類を除去する体の防御メカニズムは、より大きな粒子類の場合に比べて効果的ではない。¹³⁶ ナノ粒子類は、我々に体内表面において、大きい粒子類よりも粘着性が強い。¹³⁷ これらのファクターと極めて小さいサイズによる特性の結果から、ナノ粒子類は我々の細胞や組織に、より大きい粒子類と比較して、多量に取り込まれる。

増加中の証拠資料は、一部のナノマテリアルは、同一化学成分のより大きい粒子類より、質量単位において、より毒性が強いことを実証している。^{138, 139, 140, 141}

ナノマテリアルは、心臓・肝臓・脾臓・肺・腎臓・脳・骨髄などにおいて検出されている。不溶ナノマテリアルは、長期にわたり体内に蓄積される。¹⁴²

ある研究結果では、200~300nm の粒子類は、胎盤を経由して胎児に到達する。これにより、胎盤や出生前の胎児に有害影響を及ぼすか否かについては知られていない。^{143, 144} 現時点では、ナノマテリアルが母乳に移行するか否かについてのデータは存在しない。¹⁴⁵

細胞膜は、ナノマテリアルにとって、より大きい粒子類とは異なり、細胞内に進入する障害にはならない。研究では、30 nm のナノ粒子類は細胞核にまで貫通することを示している。¹⁴⁶

非分解性ナノ粒子類は、急性毒性を欠く場合でも、長期の健康障害を誘発するであろう。少数の臨床研究では、急性毒性反応を誘発しない非分解性ナノ粒子類および微小マイクロ粒子類は、我々の体内に長期間蓄積し、肉芽腫・病変・ガン・血液凝固のような「ナノ病理所見」(nanopathologies) を形成する。^{147, 148, 149} ドイツの連邦リスクアセスメント研究所と環境省は、ある種のナノマテリアルは同一成分のマイクロスケール粒子類よりも強い発ガン性を有すると信じている。¹⁵⁰



出典：FoE Australia (2014). Way too little: Our government's failure to regulate nanomaterials in Food and Agriculture. P18 の写真を引用

食品および食品接触材料中のナノマテリアルによる健康問題

シリカ（無水ケイ酸）

用途：粉末食品における ” trickle and flow ”（滴下と滑らかな流れ）、ビールやワインの清澄剤、食品添加剤、食品コーティング。

健康問題：

- ・最近のいくつかの研究では、ナノシリカを注射された動物において、肝臓毒性が示された。¹⁵¹ 動物研究は、ナノシリカはナノ粒子類として胃腸管から吸収され、全身的に拡散し、組織への蓄積を示している。全身に分布した場合、ナノシリカは肝臓および脾臓に最も多く集中し、他の組織では少ない。その他の研究では、ナノシリカは血液-脳バリアや胎盤の通過を示唆している。¹⁵²

- ・ 合成アモルファスシリカ (SAS) (ナノ構造形状シリカ) 投与のラットにおいては、SAS は肝臓繊維症を発生させ、ナノ構造シリカは脾臓への蓄積が見出された。¹⁵³ 本研究の著者らは、この生物学的影響評価のため、さらなる研究を求めている。
- ・ 最近の消費者による食品からのシリカの摂取は 9.4mg/日で、その中で 1.8 mg/日はナノサイズの範囲と推定されている。¹⁵⁴

ナノシルバー

用途：ウッドローウィルソンのナノ製品インベントリーによれば、シルバーは製品説明書の中で最も多く記載されている。¹⁵⁵ 最近の法廷ケースでは、米国におけるナノシルバーの利用は「普遍的」(ubiquitous)で、消費者がその暴露を避ける方法はないことを見出している。¹⁵⁶ ナノシルバーを含むと確認された食品や食品接触材料には、哺乳瓶・食品容器類・包装・まな板・サラダボール・刃物類・アイストレー・濾し器・折り畳み式クーラーなどが含まれる。農業においては、家禽生産や農業/水耕栽培の消毒剤として用いられている。¹⁵⁷

健康問題：

- ・ ナノシルバーがバルクのシルバーと比べて、より大きな毒性を示す証拠は増加している。ナノシルバーは生物学的バリアを貫通する力が強く、それ自体は細胞の外部に付着する。¹⁵⁸ ナノスケールシルバーは、血流中にも入り、脳・心臓・肝臓・腎臓・脾臓・骨髄・神経組織などを含む身体のすべての臓器に到達できる；
- ・ 動物研究は、ナノシルバーの胎盤移動および胎児の取り込みを示している。¹⁵⁹ この知見は、最近の研究で発見されたナノシルバー暴露によるゼブラフィッシュにおける頭部異常と眼の欠損発生の検討において混乱をもたらしている。ゼブラフィッシュは、ヒトを含むその他の脊椎動物における胎生学研究のモデル生物として広く用いられている。¹⁶⁰
- ・ 健康専門家も、消費者製品におけるナノシルバーの広範囲な使用は、将来において多剤耐性菌 (superbugs) 増加の問題を発生させる懸念を提起している。¹⁶¹

二酸化チタン

用途：食品の増白剤・光沢剤。

健康問題：

- ・ 欧州化学機関 (ECHA) は、現在、環境とヒトの健康への有害性の懸念から、二酸化チタン (ナノ形状を含む) の安全性についてのレビューを実施中である。¹⁶²
- ・ 二酸化チタンのバルク粒子類と比較して、そのナノスケールは生物学的に極めて活性が高い。研究では、二酸化チタンは DNA を損傷し¹⁶³、細胞機能を破壊し、免疫細胞の防衛活性を阻害し、バクテリアの断片を吸収し、それらは胃腸管を通過して「密航」して炎症を誘発させる。^{164,165,166,167,168,169}

二酸化チタンのメスマウスにおける経口高用量単回投与では、腎臓および肝臓に重大な損傷を生じさせることが見出された。¹⁷⁰

- ・ 2010 年、ドイツ連邦リスクアセスメント研究所 (BfR) および環境省 (UBA) は、ナノスケールの二酸化チタンは、吸入による発ガン物質であるとの結論を下した。¹⁷¹
- ・ ナノ二酸化チタンは、体内での移動性が高く、ヒトおよび動物の双方の血液・肝臓・脾臓において検出されている。¹⁷² 妊娠マウスを用いた研究では、二酸化チタンナノ粒子類は産仔に移行した。その結果、オスの産仔に脳のダメージと精子生成低下が認められた。¹⁷³
- ・ ヒトに対する二酸化チタンの暴露分析では、スイーツ中の二酸化チタンは、他のすべての食品よりも多いため、2.5~4.5 歳の幼児において最高の暴露が確認された。また、米国の成人の典型的な暴露は、体重 1kg 当り 1 mg 台/日と算定された。¹⁷⁴

酸化亜鉛

用途：表面コーティング剤。

健康問題：

- ・ ナノスケール酸化亜鉛 (ZnO) は摂取により、肝臓・脾臓・心臓・胃における毒性が見出されている。¹⁷⁵ 消費者の安全を担当する 欧州消費者科学委員会による最近のナノ酸化亜鉛の安全についてのレビューでは、「いくつかのテストにおいて、ヒトに対するリスクの可能性を明確に示している」と述べている。¹⁷⁶ SCCS (EC 消費者安全科学委員会) は、ナノ酸化亜鉛の吸入は肺の炎症を誘発するとして「スプレー製品中の酸化亜鉛の使用は安全と見なすことはできない」との結論を下している。¹⁷⁷

銅

用途：食事サプリメント¹⁷⁸

健康問題：

- ・ ドイツ連邦リスクアセスメント研究所の研究結果では、マイクロおよびナノスケール銅の急性毒性を比較し、マイクロスケール銅には有害影響は認められなかったが、ナノスケール銅では、腎臓・脾臓・肝臓への有害影響が示された。¹⁷⁹

カーボンナノチューブ類

用途：商業用食品および食品接触製品へのカーボンナノチューブの含有は確認されていないが、カーボンナノチューブを含む食品包装や食品センサーが開発されている。^{180,181} 肥料中でのカーボンナノチューブの使用も研究されているが、商品化されているようには見えない。¹⁸²

健康問題：

- ・ オーストラリア国営工業化学品告示・評価機構 (NICNAS) およびオーストラリア労働安全衛生局は、カーボンナノチューブの安全性をレビューし、多層カーボンナノチューブは「げっ歯類における中皮腫の誘発」を見出した。¹⁸³

ナノサプリメントは健康影響を発生

英国中央科学ラボラトリーのナノテクノロジー研究グループ長は、ナノ粒子類およびナノカプセル添加剤の予測できない影響について「それらは望ましいレベルよりも早く吸収され、あるいは他の栄養素の吸収に影響を及ぼす。我々は、もし、何らかの影響があったとしても、極めて僅かしか知らない。」と警告を発した。¹⁸⁴

2009 年、商業的に入手できるナノサプリメントの増加に基づいて、ウッドローウィルソン国際センターの PEN (浮上するナノテクノロジープロジェクト) は、「米国食品医薬品局は、これらのサプリメントの安全を決定するための規制能力も科学的専門知識も持っていない」ことを見出した。¹⁸⁵

ナノ包装に関連する健康リスク

ナノ材料は、食品包装から食品中に移動する可能性がある。従来の食品包装のポリマーや化学物質添加物は、包装から食品製品中への移動が知られている。^{186, 187}

食品安全/技術研究所は、ナノ材料製品は、移動レートや暴露リスクについての未知を残したまま、既に、食品包装に使用されていることに対して懸念を表明している。¹⁸⁸ 現在まで、食品包装から食品へのナノ材料の移動を検討した研究は、僅か数件であり、未だ、その結論は下されていない。

ナノ農業化学品により形成される健康リスク

現存の農業化学品に対する効果的で生物学的活性の高いナノ製剤化には、ヒトの健康のリスク増強を伴う。多くの開発は、現在、R&D の段階と見られるが、将来的には農業分野における大規模なナノテクノロジーの適用が予測されている。その際には、農業分野で使用される農業用化学品への暴露は増加するであろう。¹⁸⁹ 農業化学品に関連する健康リスクデータは多いが¹⁹⁰、ナノ農業化学品について少ない。作業者の吸入暴露に関連する懸念に加えて、食糧農産物中のナノ粒子類の生物学的蓄積に関連するリスク¹⁹¹ および新農薬製剤中の活性と非活性成分との間の相互作用により派生する健康インパクトについても懸念が存在する。¹⁹²

これらを認識すると、ナノスケールの再製剤化は新規の領域で、EU 規則 (1107/2009) では、「共同製剤成分 (coformulants) においては、ヒトおよび動物に対して有害影響を及ぼしてはならないこと」が要求されている。¹⁹³

労働安全衛生 (OHS) の問題

食品分野においては、作業者らは、食品の製造・包装・輸送・廃棄物処理の間にナノ材料に接触する。¹⁹⁴ 現在に至るまで、ナノ材料に対する作業者らの暴露に関連するデータは極めて少ない。

食品産業においては、酸化亜鉛・二酸化チタンなど多くのナノ材料が用いられ、吸入による有害性が示され、それらの材料を扱う作業者らの OHS 問題が提起されている。¹⁹⁵ しかし、登録と製品表示の法的規制を欠くため、多くの作業者らは、ナノ材料を扱っていることに気づかず、保護機材の使用のニーズに無頓着である。

研究結果は、ナノ材料は肺を介して血流に入り、大きな OHS の不安を提起している。¹⁹⁶

オーストラリア労働安全衛生局および NICNAS は、2009 年のレビューに基づき、衛生安全法の目的のため、カーボンナノチューブを有害化学物質と宣言した。¹⁹⁷ この規定はそれらの使用を禁止していないが、作業場で用いられるカーボンナノチューブはデータ安全シートが必要と想定されている。

8. 環境リスク

英国の王立協会および王立工学アカデミーは、ナノ材料の環境放出に対して「可能な限り避け、適切な研究が実施され、ベネフィットがリスクに優ることが実証できるまで、それらの意図的放出を禁止すること」を要請した。¹⁹⁸

しかし、ナノ材料含有の製品の利用は、既に、ナノ材料の環境放出に移行している。現在の傾向では、これらは急速な増加が予想されている。その製造・使用・廃棄・焼却・リサイクルを介した生産・摩耗からの廃品と廃水により、ナノ材料を含む農薬や肥料からの放出を誘発するであろう。

我々が 2008 年に刊行したリポート以来、ナノ材料により形成される環境リスクにおける新しい考察が出現しているが、その危険を評価するには不十分である。しかし、多くの入手可能な研究は懸念を生じさせている。

2013 年 5 月、米国の科学者らは、ナノ材料の環境およびゴミ処理場への排出について、初のグローバル・アセスメントを発行した。2010 年に全世界で製造されたナノ材料 260,000~309,000 トンの最終結末は、ゴミ処理場 (63-91%)・土壌 (8-28%)・水域 (0.4-28%)・大気 (0.1-1.5%) と推定された。著者らによれば、ナノ材料の排出のより正確な推定は、それらの使用について入手し得るデータの欠落により阻まれている。¹⁹⁹

世界の市場におけるナノマテリアルは、年間、約 1,100 万トンと推定されている。現在、ナノマテリアルの最大のシェアは工業用カーボン（重量で 85%）とシリカ（重量で 12%）である。ナノスケールチタンとナノシルバーは、その大部分が食品や食品接触材料における使用と見られている。²⁰⁰

現在の抗菌剤ナノシルバーの商業的使用は深刻な生態学的リスクを形成する

少数の研究ではナノマテリアルの生態学的影響が検討されているが、既に、農業や食品産業におけるナノマテリアルの商業的利用は、環境への有害影響の証拠を示唆している。特に、粘着ラップ・まな板・刃物類・食品保存容器などを含む食品包装と食品接触材料への添加におけるナノシルバーなどの抗菌剤の増加は著しい。

EC の欧州新規確認健康リスク科学委員会は、「消費者および医療用における Ag-NP_s（ナノシルバー）の使用増加は、それらの環境中での存在の発見を意味している。それらを抗菌剤として望ましいものにする活動も、環境中の微生物群落に脅威を形成する」²⁰¹と発表している。

リサイクルされないナノシルバー廃棄物は、ゴミ処理場の固体廃棄物、廃水処理場からの排出物、焼却場の残留廃物として最終結末を迎える。²⁰² 1 件の研究では、抗菌剤に利用された 20 トン以上のナノシルバーの欧州の廃水中への排出が報告されている。²⁰³ ナノシルバー含有製品の種類の急速な増加は、確実に「環境への大量排出」の可能性を高めている。²⁰⁴

水生生態系へのインパクト

シルバー・銅・酸化亜鉛のナノ金属酸化物についての最近の毒性研究レビューでは、それらは藻類・魚類を含む淡水生物種に対して極度の毒性を示すと報告されている。²⁰⁵

二酸化チタンは最も広範囲で使用されているナノマテリアルで、ニジマスにおいて臓器の病変、生化学的障害、呼吸困難を起こす。²⁰⁶ また、藻類やミジンコに毒性を示し、紫外線照射後では特に顕著である。²⁰⁷

208

土壌へのインパクト

米国の研究では、ナノマテリアルの土壌への流出は約 4 分の 1 までに達し、その大部分は農地へのバイオソリッドの処分である。この研究結果は、ナノマテリアルが土壌の有用菌・植物・線虫類・ミミズなどに有害影響を与え、窒素固定を妨害する可能性を示すため、懸念が持たれている。^{209, 210, 211} オーストラリアにおいては、毎年、30 万ドライ（乾燥状態）トンのバイオソリッドが製造されている。この約 55%は農地用である。²¹² Coleman らによる最近の研究では、少量のナノシルバーを含んだ下水バイオソリッドに適用後の長期のフィールド実験では、植物および微生物に対する有害影響が見出されている。²¹³ ナノシルバーの負荷は、微生物群落の構成・バイオマス・細胞外酵素活性のほか陸生植物種の一部に影響を与えた。また、窒素酸化物（N₂O）の流動の増加も誘発する。窒素酸化物は悪名高い温室ガスで、二酸化炭素の 296 倍もの地球温暖化ポテンシャルを有するため重大である。

窒素化合・脱硝作用・窒素固定プロセスなどの著しい破壊は、全生態系にマイナスのインパクトを与える。また、抗菌剤の広範な使用は、有害病原性バクテリアの個体群に大きな耐性を生じさせるであろう。²¹⁴

ナノマテリアルの生物学的蓄積

多くの研究において、植物種による土壌からのナノマテリアルの取り込みを示している。^{215, 216, 217} この結果は、下水廃水からのナノマテリアルの食物連鎖への回帰経路を示唆している。欧州環境省の最近のレポートでは、「特定のナノマテリアルの生物学的蓄積の程度や、不可逆性インパクトへの移行については、未知の部分が多いが、現在の最新の知識レベルでは、ある条件下でのビヘービアの存在が示唆されている」との結論を下している。²¹⁸

ナノスケール活性成分含有の農薬や肥料によるリスク

ナノマテリアルは従来の化学物質よりも強力な作用を有し、ビヘービアが異なるため、大規模農業の広大な農地において大量に使用された場合には、ナノスケール活性成分含有農薬の使用は特異なリスクを発生させるであろう。

従来タイプの農薬・肥料・種子処理剤などの農業用化学品は、既に土壌や水の汚染源となり、生態系を大きく破壊し、生物多様性の喪失を生じさせている。²¹⁹ ナノ化学品の広範な使用は、現存の問題を悪化させる危険が存在する。

ナノ肥料に関する懸念には、土壌微生物および微生物群に対する化学的反応性への慢性暴露を含み、毒性を示し、土壌中のナノ粒子類の生物学的蓄積が起こるであろう。²²⁰

米国農務省の科学者らは、土壌の生物学的反応性に対するナノマテリアルのインパクトについて「種々の NP_s (ナノ粒子類) と微生物個体群との間の用量-反応レベルの極度の変動可能性と植物の機能を調整の可能性」に懸念を提起している。²²¹

ナノ農業用化学品は農薬全体の使用量を減少させるとの主張は、遺伝子組換え農作物に関連して、同じ多くの会社による約束が果たされなかった疑惑を受けるべきである。

ナノテクノロジーは、より大規模の農場運営の傾向も助長し、さらに、特定の作物生産に集中させるようにも見える。^{222, 223} これにより、農業および生態学的多様性の喪失は一層強まるであろう。

9. 研究ニーズ

科学者らは、現在、大多数のナノマテリアルについての基本的リスクアセスメントの実施に必要な情報とツールが不足している。欧州食品安全庁 (EFSA) は、テスト方法やリスクと暴露についてのデータが不足しているため、食品や飼料中のナノ製品のリスクアセスメントにおける大きな不確実性の存在を認めている。²²⁴

食品に関連しては、下記の情報において大きなギャップが存在している。

- ・ 包装やコーティング表面から食品中へのナノマテリアルの移動の程度；
- ・ ナノマテリアル摂取後におけるヒトの体内における分布状態；
- ・ ナノマテリアル摂取による、高感受性集団を含む長期慢性影響；
- ・ ナノマテリアルとヒトの身体および環境との相互作用²²⁵；
- ・ ナノマテリアルの環境への進入のメカニズム・場所・量²²⁶；
- ・ ナノマテリアルの環境放出における持続性・量・変換^{227, 228}；
- ・ ナノマテリアルのライフサイクルにおける最終結末・ビヘービア・生態毒性；
- ・ 複雑な環境中でのナノマテリアルの特性解明・追跡・検出などの方法。²²⁹

2012 年、米国研究協議会（NRC）は、ナノマテリアルの環境およびヒトの健康インパクトをめぐる知識の巨大なギャップに対応する EHS（環境・健康・安全）研究戦略を設定した。この研究戦略は米国の国家ナノテクノロジー戦略（NNI）の一部となり、ナノテクノロジーの発展を確保するため、多くの省庁による統合協力の構想が打ち出された。

その 1 年後、NRC は、レポート「加工ナノマテリアルの EHS 領域の研究進展」²³⁰により、20 項目の指標による進展状況を分析し、19 項目の指標において「殆どない」（little）あるいは（ない）（no）との結果を公表した。

これらにおいては、研究の優先度がわかりにくいのみでなく、理解・確認・評価・コントロールとインパクトの修復には、基本的な研究や知識が求められている。我々がナノ製品の安全を保証するため、首尾一貫した規制を行う場合に必要なのは知識である。放出による予測できないインパクトの発生に対して、我々はそれらに対処するツールを持っている。

10. オーストラリア連邦の規制枠組み

オーストラリアにおいては、食品および農業におけるナノマテリアルの利用に対する効果的な規制がないにもかかわらず、これらの分野におけるナノマテリアルの使用を規制できる多くの規制機関が存在している。しかし、規制を実施するために、規制機関は、2007 年に政府に権限が委任されたナノテクノロジーと規制のレビューにおいて確認された現行規制のギャップを埋める必要がある。²³¹ 一部のナノマテリアルに関連する深刻な健康および環境への懸念を示唆するピアレビュー（査読）文献の増加にもかかわらず、食品や農業におけるナノマテリアルの規制措置は、一般的に介入を回避してきた。

オーストラリアおよびニュージーランドにおける食品基準（FSANZ）では、責任行政機関による食品および食品接触材料の安全の保証と表示要件を次の通り定め、当該行政機関は、「新規ナノ粒子について、申請を受け付ける」²³²とリスクアセスメントの要求を述べている。

FSANZ は申請ハンドブックを「粒子サイズは技術的性能の達成に重要で、毒性の差に関連する」ケースでは、申請者はそれらの特性・分散・形状・サイズの詳細の提供を義務づけるよう改定を行った。こ

れは食品添加物・加工補助剤・栄養物質などに適用されている。²³³

これは現状よりも有用に聞こえるが、現在、ナノマテリアルを含むが、オーストラリアでの販売が既に許可されている食品類には適用されない。²³⁴ 同様に、FSANZ は、食品中でのナノマテリアルの存在の有無や、オーストラリア人が知らない間にそれらを食べていたかについて、積極的なステップを取らないことを明らかにしている。

FSANZ の食品包装におけるナノマテリアルに対する対応は確信的ではないようである。「製品の安全を保証する責任は小売業者に委ねられている」。²³⁵ 登録制度が存在しないことは、FSANZ は、オーストラリアの市場で、包装におけるナノマテリアルの使用を知らないことである。監視の不在はヒトの健康への有害影響の摘発を遅らせ、有害原因の追跡をより困難にする。この基準は、ナノマテリアルを含む食品包装や食品添加物について許可を求める EU の法規制と比べ不十分 (poor) である。

現在、ナノマテリアルを含む食品の表示についての要件は存在しない。2011 年の連邦政府食品表示レビューでは、新技術利用の製品の表示制度を勧告している。しかし、それに対する政府の反応は「これ以上の措置は考えていない」(not to pursue) であった。²³⁷

健康用品協会 (TGA)、一般的にナノマテリアル含有のサプリメントを含む健康用品を規制している。今日に至るまで、TGA はナノマテリアルに対する規制は行わず、サプリメント中のナノマテリアル問題に対しても、特に是对応していない。彼らは、「金属酸化物・リポソーム・ポリマー蛋白質抱合体・ポリマー物質/懸濁液の形状のナノマテリアル含有の健康用品は、オーストラリアにおいては登録されている」と述べているが、評価あるいは規制のステップは取らず、ナノマテリアルを含む健康用品が、バルクサイズの粒子類を含むものよりも大きいリスクを生じさせるとの「証拠がない」との結論を出している。²³⁸ 2008 年に書かれたこの主張は、その後の、この結論を疑問視する極めて多量のピアレビュー研究成果にもかかわらず更新されていない。

APVMA (オーストラリア農薬・獣医用医薬品協会) は、農薬や球威用医薬品に含まれるナノマテリアルの小売段階までの責任を有している。その点では、各州にも責任がある。APVMA は他の規制機関とは異なり、「ナノスケールで再製剤化された現存の物質を新規物質として取り扱う」との結論を出している。²³⁹

APVMA は、ナノマテリアル含有製品に対して、それらを「新規」と見なした場合には登録を要求している。彼らは、「現在、オーストラリアで登録されている農薬・獣医用化学品には、加工ナノマテリアルの含有は確認されていない」²⁴⁰ と主張している。これは、本レポートで提示された証拠と直接的に矛盾している。

APMVA は、ナノマテリアルを含む動物ワクチン 1 件を登録している。

環境省は、国の重要な環境問題にインパクトを与える放出規制に対して責任を有している。²⁴¹ 彼らは 2010 年にこの問題を検討した。²⁴² また、彼らは他の行政機関 (例えば APMVA) のナノマテリアルの利用による環境インパクトに対する勧告責任も有しているが、放出に対する規制措置は取っていない。

州政府は、一般的に、廃棄物・下水処理・その他の大多数の水問題に責任を有しているが、廃棄物に混入するナノマテリアルの増加には対応していない。

11. 結論

我々は、公的な利益のための科学への投資から、私的な利益への投資に取って替わる時代に生きている。我々は、規制解除がイデオロギー上の必要性和規制上の干渉状態になり、公的な利益を守るために働くのではなく、営利の成長を妨害すると見られる時代に生きている。我々は、規制解除がイデオロギー上必要なものとなり、規則による介入が、公共の利益を守る行為としてではなく、商業の発展を妨害する行為として見られるような時代に生きている。

規制機関は規制に抵抗するのみでなく、彼らは有害な証拠を見ようとせず、証拠の提示に対して反対し、不確実性が彼ら自身の行為を失敗させたにもかかわらず、実際の措置を妨げる不確実性を主張している。

オーストラリアの多くの規制機関の主張とは逆に、オーストラリアの食物連鎖や農業化学品には、ナノマテリアルが含まれている。

今や、規制機関に対し、これらのナノマテリアルに対する環境と健康の安全の評価の約束に対し、実行措置を要求すべき時である。

新規で強力なテクノロジーへの慎重な対応の失敗は、規制の失敗のみに留まらず、研究/学術機関の全般的な問題と、リスクに対する企業の怠慢の態度も明らかにしている。

ナノテクノロジーは、多くの先進的でパワフルなテクノロジーの中では唯一の存在であり、現時点では、これらのテクノロジーとは別個に考えるべきである。

以下の勧告は、企業の圧力により決して置き去りにされぬよう、公共の利益をナノテクノロジー R&D の中心に据え、オーストラリアで使用されるナノテクノロジーの政策決定に、国民がどのように、何処で、積極的に参加できるかの点からデザインされている。

勧告

1. オーストラリアにおいて製造・輸入・販売されるすべてのナノマテリアル含有製品の登録の義務化を行うべきである
2. 十分な安全アセスメントの期間中におけるナノマテリアル製品の新規発売のモラトリアム（一時停止）とすべきである
3. より大きなサイズの相対物質の特性が十分に知られている場合でも、すべてのナノマテリアルを新規物質として、環境・健康・安全評価による包括的かつ予防的な規制方式を採るべきである；
 - ・ アセスメントは予防原則に基づき、製品の安全を包括的に実証する責任はメーカーの義務とすべきである。安全データなくして市販なし（No data, no market）
 - ・ アセスメントは、製品の全ライフサイクルとすべきである
 - ・ ナノテクノロジーの食品や農業への拡大の社会的および文化的影響は EHS アセスメントに対応すべきである
 - ・ EHS アセスメントに関連するすべてのデータと決定は公開すべきである
4. 米国研究協議会（NRC）により確認された優先度の高い環境・健康・安全の研究の実施と十分な助成の実施
5. ナノマテリアルについて唯一合意されている定義を 300 nm に引き上げ、特性を定める
6. オーストラリアで販売されているナノマテリアル含有のすべての製品に表示を規定し、消費者の選択の権利を確保する
7. 公衆は、食品および農業分野におけるナノテクノロジーの利用についての政策決定のすべての面に関与すべきである。ナノテクノロジーに対して「ノー」という権利は確保されるべきである
8. 農業や食品の企業モデルを、持続可能なモデルへの移行を開始すべきである

12. 参考文献

※参考文献は原文第 12 章（p12～）を参照のこと。

あとがき：

「ナノ食品」と共に重大視される「遺伝子組換え作物」(GMO) についての新しい動きが、米国で突発した。この稀に見る、しかも貴重な世論の勝利を追加します。恒久的な「消費者の選択する権利」の実質的保証を確立するための着実なフォローが不可欠です。

米国上院、市民運動の熱意に屈し、 遺伝子組換え企業の保護法を破棄

編集 小林 剛

資料：International Business Times

Food Democracy Now

遺伝子組換え作物 (GMO) の全面禁止は、世界的にみると、ロシア・EU・南米など多くの国において検討中である（しかし、日本では逆に GMO の輸入緩和を検討中とも仄聞している）。

このように GMO への警戒が国際社会全体で高まる折から、米国において、

「遺伝子組換え作物 (GMO) により消費者に健康被害が出た場合に、因果関係が証明されない限り、種子の販売や作付けを法的に禁止させることはできない」

と定めた、いわゆる「モンサント保護法」は、市民団体など 25 万人以上による法案撤回を要求する請願書を無視して、オバマ大統領のサインにより 3 月 26 日成立した。

しかし、米国市民による草の根の抗議行動は粘り強く、反 GMO 運動は熾烈な様相を呈した。このような強烈な「意外な抵抗」を受け、当初、モンサント/GMO の支援体制を決定した米国議会は「厚顔無恥」にも、あっさりと、その保護条項削除法案を 9 月 24 日上院で可決したのである。



反 GMO デモ風景：
MONSANTO WANTS YOU DEAD

今回の、米国上院の余りにも理不尽で無定見な政策変更は、選挙民の信頼を裏切る企業との癒着関係のアンフェアな暗部が垣間見える。一方、米国の健全かつ強力な市民運動の大きな勝利として賞賛される。

世界における GMO 問題の根源は、その健康影響、特にその発ガン性の論議の行方である。このたびの食品に対する消費者の選択の権利奪還の成功は、かつてない快挙であるが、今後想定されるのは、国家権力にも匹敵するといわれるモンサント社の巻き返しである。オバマ政権の正念場であろうと物見高い向きも多い。

「利益第一・健康/環境影響第二」の企業の反社会的本質を抜本的に改悛させるには、モンサント保護法案破棄のような、「予防原則の優先」と「汚染者負担の原則遵守」が不可欠である。

筆者注：モンサント社のプロフィール

米国に本社を置く世界でトップを占めるアグリビジネスの多国籍バイオ化学品メーカーで、世界の遺伝子組換え作物（GMO）市場の 90%のシェアを誇っている。同社の 2005 年の総売上高 62 億ドルは 2008 年には 110 億ドルと急成長を続け、従業員数は 21,400 名（2010 年 8 月）、ロックフェラー財団から研究費を援助されている。

しかし、過去においては枯葉剤・農薬・PCB・家畜生長ホルモンなどを発売し、人間の健康や環境汚染など多くの「社会的公害問題」を起こすなど「悪名」の高さでも突出している。

モンサント社では、人工的に耐病性・耐虫性・除草剤耐性などが付与された GMO の種子と除草剤ラウンドアップをセットで発売し、その強引なシェア確保商法に対し、欧州諸国を中心として、米国の世界支配を担う企業として批判されてきた。

このようにモンサント社は、世界屈指の規模と、最高の成長性を誇示し、ビジネスウイーク誌による「世界で最も影響力のある会社 10 社（2008 年）」に選ばれた反面、有機栽培推進団体 Natural Society からは、人間の健康と環境の脅威として、「世界で最悪の企業（2011 年）」と認定されている。