

食品部門におけるナノテクノロジー

スイス技術評価センター

1. キッチンに顕微鏡サイズの応用が登場

顕微鏡的に小さな粒子を取り扱うナノ技術は、いまでは食品産業にまで入り込もうとしています。食品中のナノ粒子がもたらす利益は何で、また消費者が結果的に負うことになる危険は何なのでしょう。ナノ粒子は食品包装にどのような影響を及ぼすのでしょうか。このような疑問が、スイス技術評価センターの研究で考察されます。

調味料が固まって容器を塞いだりすることはなく、それを食べ物の上にかけることができるということを、私たちは当たり前だと思っています。これもまた、現代の食品技術に感謝すべきことのひとつなのでしょう。これは珪酸、あるいは技術の世界では、非晶質二酸化珪素ないし E551 として知られているもののお陰なのです。この粉状の物質は湿気を吸着し、したがって調味料の粉がくっつくのを防ぐことができます。この物質は、いろいろな混合調味料に、数十年にわたり使われてきました。

この長く使われてきた分離剤が、ナノ技術の応用に関する論争の中心にきています。この物質粒子の大きさは 5 から 50 ナノメートルほどであり、いわゆるナノ粒子と同程度になります。ナノ粒子というのは、大きさが 1 億分の 1 から 100 万分の 1 ミリメートルほどの粒子のことです。ナノ粒子は、分離剤の製造工程において生成されますが、すぐにより大きな粒子にまとまっていきます。この大小の粒子の混合物は何度となく試験されていますが、専門家のなかには、粒子の大きさごとに健康への危険を研究することが重要だという者もいます。

■自然はナノだ

自然界ではナノ粒子は非常に一般的です。たとえば多くのウイルスの大きさはナノ程度だし、生きている細胞もまた、イオンポンプその他ナノサイズの機関のおかげで機能しています。日常の食品でさえナノ粒子をふくんでいて、乳清の蛋白質やカゼインなどがその例になります。もし料理人が肉を煮こごらせ、あるいはプディングをつくるために澱粉でとろみをつけたとすれば、彼はそうすることによって、2次元ないし3次元の網状ナノ構造をつくったことになります。

ですが食品中でそのように自然に生じるナノ粒子が、健康に危険をおよぼすことはありません。むしろ注意が必要なのは、食品にあらたな機能をくわえるために、特別に添加されたナノ粒子に対してです。そのようなことはたとえば、食品を長く保存するため、あるいは特定栄養成分が身体によく吸収されるようにするために行われます。これらが危険なのは、予測できない副作用にも関連している可能性があるからです。

スイスむけの分析

スイスでも他のヨーロッパ諸国と同様に、金属や無機化合物由来のナノ粒子のような 100%人工合成されたナノ粒子は、同一粒子のより大きな粒子であれば許可されるような場合であっても、食品に添加することが一切許されていません。ですからスイス技術評価センターはむしろ、わが国で年来使用されてきた添加物に注目しています。たとえば前述した二酸化珪素や、カロチノイド、ミセルなどです。後者はしばしば、光に敏感な、あるいは酸化しやすい物質を保護するための、ナノカプセルとして使用されます。食品科学者は、製品にあらたな性質をあたえるためにそういう策略を用いたがりますが、そのような新種の食品こそ、本報告が焦点をあてるものなのです。

ナノサイズの金属あるいは無機物を食品に添加することはヨーロッパでは禁じられていますが、それでもそういう物質と接触してしまうことはあります。ナノ粒子で被覆されたプラスチックの利点に、食品包装産業が関心を高めているというのがその理由です。金属・無機ナノ粒子はたとえば、ペットボトルや、チョコレートバーのまわりのアルミ箔にふくまれています。したがってスイス技術評価センターは、その利益と危険について検討する対象を、せまい意味での「ナノ食品」には限定しません。食品包装産業におけるナノ技術にどれほどの見通しがあるか、そしてナノ技術で改変された容器との直接接触により食品が粒子をとりこむ可能性はどの程度あるか、さらにその結果消費者が被る危険はどれくらいのものなのか、といった問題をも本報告は追求します。

より魅力的に・新鮮に・健康的に：ナノ食品への期待

ナノ技術のおかげで解決されそうな課題のひとつとして、食品と添加栄養成分の取り扱いを簡単にすることがあげられます。食塩をふくむ混合調味料が固まるのを防ぐ二酸化珪素については前述しましたが、凍結した食品をより細かく混ぜるためにもナノ粒子がもちいられることがあります。たとえばネスレ社は、ナノ粒子のために電子レンジ中で均等に解凍する冷凍食品に関する特許を所有しています。

ナノ粒子はまた、たとえば鮮やかな色をつけることにより、食品をより魅力的にするためにも使用されます。ナノ粒子のなかには、食品の見た目をよくするだけでなく、健康をも増進するとされるものもあります。たとえばカロチノイドは、自然界にもみられる黄ないし赤の色素ですが、体内でビタミン A1 に転化します。これは各種の飲料に、着色料として、あるいは眼病や皮膚の老化もふせぐ、いわゆる抗酸化剤として添加されます。

健康に焦点をあてて、ある種の物質が体内に容易に供給されるようにするために、ナノ粒子が用いられることもあります。酸素や光に敏感な、あるいは水に溶けない、一部のビタミン・酵素・香料・微量元素などは、実際にナノカプセルに封入されます。そうすれば分解されるのがおそくなったり、体内によく吸収されるようになったりします。

最後にナノ粒子は、口中での感触をそくなったり、あるいは風味を悪化させたりすることなしに、健康増進物質を食品にまぜるためにも使われます。

ナノ包装：軽量だが重大な任務

食品包装業界においては、ナノ粒子の使用は、食品製造においてよりもさらにすすんだ段階にあります。よりはっきりいうなら、「外側のナノ」が急発展しているのに対して、「内側のナノ」はいくらか遅

れている、というところでしょうか。

たとえばアルミニウムやその酸化物でできた、フィルム状薄膜のかたちをとったナノ粒子によるフィルム包装は、スナック菓子やチョコレートバーを、酸素や水蒸気や香味物質から保護します。ペットボトルにおいても、とりわけ酸素に対する保護性能を向上させるために、ナノ粒子が使用されています。PET の強度や硬度もまた、ナノ粒子に影響されることがあります。

ヨーロッパの一部諸国においては、銀ナノ層で被覆された包装容器に、新鮮な食品が封入されることもあります。ナノ銀の殺菌性のおかげでそのような食品は、長期間保存してもかびることがありません。こういう包装は現在、スイスでは許可されていません。

そして、ナノ粒子を「センサー」としてもちいる包装容器についても、研究がすすめられています。たとえばニュージーランドのジェンキンス社は、熟した果物から放出される香味物質に反応するナノフィルムを発売しました。このフィルムは果物の成熟程度の応じてその色をかえます。ヨーロッパでは、そのようにナノセンサーを備えた包装素材はまだ市販されていませんが、その開発は進められようとしています。

2. これまで安心して摂取してきたものから作られる新しい食品

スイスで入手可能な、ナノ粒子の混入された食品は、以前から知られている物質を基本としたものです。いまのところナノ技術革新の可能性は、食品製造そのものよりも、むしろ食品包装部門でより大きいように思われます。

いまスイスで入手できる食品のなかには、ナノ粒子が添加されたものは少数しかありません。しかも「ナノサイズの」添加物は、長年にわたり使用され、毒性も試験されて無害とみなされてきたものばかりです。冒頭で紹介した固化防止剤 E551 (二酸化珪素あるいは一般に珪酸として知られるもの) は、スイスでもヨーロッパ連合でも、食品添加物として長期間認可されてきたものでした。この物質は、生協やダナーやミグロスの店舗で見られる、あらゆる調味料にふくまれています。

カロチノイドも、マルチビタミン錠や清涼飲料水など、さまざまな食品に混入されます。それは着色ないし健康増進を目的としています。カロチノイドは水にとけず、また光や酸素に敏感であるため、通常は、糖類や助剤でつくられた微小なカプセルに封入されます。そのようなカプセルを製造するための、現在もっとも普通の方法は、2種類の液体をまぜて懸濁液とするところからはじまります。それが澱粉やゼラチンなどにくわえられ、乾燥され、粉へとくだかれるのです。懸濁液中の油滴がほとんど、100 ナノメートルよりも小さなものであるのに対して、粉粒はミリメートル大です。そういう粉粒は胃に入らないかぎり、ナノ粒子へとこわれていくことはありません。こういう方法や製品は決して新しいものではなく、たとえばビタミン封入に関するアメリカの特許は1956年のものであるし、香料封入の特許も1973年のものです。カロチノイドは粉末のかたちで売られています。ヨーロッパの代表的なカロチノイドの製造者といえば、ドイツの BASF・デンマークのクリスチャンハンセン・オランダの DMS でしょう。DMS は2002年に、スイス企業ロッシュのビタミン・精製薬品部門を買収しました。

ナノ粒子の範疇に入る封入技術をもうひとつ挙げるとすれば、ミセルがそれにあたるでしょう。これ

は、水を引き付ける分子とはね返す分子とから構成された、球形の構造物です。その内側と外側の両方に境界層があるので、他の分子を封入するのに適しています。食品技術にもちいられるミセルは、ポリソルベート 20(E432)とポリソルベート 80(E433)です。これらはビタミン・オメガ3 脂肪酸・必須脂肪・エネルギー産生補酵素 Q10 その他、特に健康美容製品にふくまれる成分を封入するのに使用されます。スイスではミセルはミーバイタル社により製造されています。2008 年はじめには、それらはミグロスの「アクティライフ」ブランドスポーツ・健康美容飲料として発売されましたが、そういう製品には「ミセル Q10 含有」と表示されていました。ところが 2008 年 5 月末には、ミグロスはこの種の商品の販売を中止しました。

■フィクションが印象をきめるとき

ナノ食品についてマスコミが概説する際に、好んで用いる例がふたつあります。それらは完全な空想小説の範疇に属するというのに、いまではしばしば引用されているのです。たとえば、ピザをつくるためとしてナノ粒子に封入された風味が、出力と時間設定のちがう電子レンジにかけると、異なる風味を発するというものがあります（『多風味ピザ』）。もうひとつの例は、ミルクケーキのなかのナノ粒子に封入された風味が、かき混ぜ方のはげしさのちがいに応じて、ことなる味を出すというものです。そんな製品が技術的に可能であるかどうかは、大変に疑問のあるところです。かき混ぜたぐらいではエネルギーが小さく、ナノ粒子が破壊されることはありません。またレンジのマイクロ波は、その波長が広範囲にわたっているので、ナノカプセルからことなる風味を選択的に放出させるというのも、実際にできるかどうかについては疑問のあるところです。

個々人に不足している栄養素をナノセンサーで検知して、必要なビタミンや微量元素を投与する食品、というのもフィクションに属します。これについては、技術的可能性は問題にもなりません。こういう製品は食品と医薬品の混合物であって、適切な臨床試験をへなければ、販売することは許されないのです。

「ナノ」という語の汎用が混乱をもたらす

「ナノ」という用語はいまや、まずもって積極的な連想をもたらすものとなっており、広告を出す業者は、その用語をもちいるときにはしあわせであるようにみえます。そのため、本報告でいう意味でのナノ食品と、広告目的のためだけに「ナノ」の表示を使用している製品とを、区別するのは困難です。ネスレやユニリーバなど複数の企業は、脂肪分を最大で 10 分の 1 にへらしながら、コクについては不満を感じさせない、「ナノ結晶」を使用したアイスクリームを、開発しようとしているともいわれています。しかし、きめの細かいアイスクリームや脂肪の結晶は、合成ナノ粒子をふくむものではないし、消費者に健康上の危険をもたらすものでもありません。アイスクリームの結晶は食べればすぐに溶けるのでしょうし、小さな脂肪の粒子も他の脂肪粒子と同様に消化されるのでしょう。

ナノ技術のもうひとつの応用は、表面の加工に関するものです。構造におけるちょっとした変化によってそれは実現します。たとえば、表面エナメル（珪酸塩）の性質をナノ規模でかえることにより、硬いけれどチリを寄せ付けないパイシートをつくることができますが、そのときにナノ粒子が外部から添加されたというわけではありません。

ナノ包装：買い物かごに一杯

ナノコーティングされたフィルムや、ナノ保護層におおわれたペットボトルは、スイスではすでに広く使われています。SIG はナノペットボトルの開発に熱心なスイス企業です。ペットボトルは通常、特に酸素に対する保護性能を向上させるために、炭素あるいは二酸化珪素の層で被覆されています。この層は内側にも外側にもありえます。もうひとつありうるのは、多層粒子をプラスチックの格子にくみこむことによって、フタル酸ポリエチレン格子構造の両側をコーティングするというものです。ナノコーティングにより性能向上されたペットボトルは、グラニニ・ペリエ・コカコーラ等、著名飲料企業によっても使用されています。

ナノ粒子が包装材料から食品に移行するかどうかは、基本的にはナノ層の応用のされ方によります。一般論としていうなら、ペットボトルの両面を被覆する、ナノ層珪酸塩プラスチック格子をともなうラミネートフィルムであれば、ナノ粒子が包装から漏れ出すことは、ほとんどありそうにありません。ですが食品がナノ層と直接に接触している場合には、ナノ粒子が食品にうつる危険がより大きくなります。しかし、ナノ粒子がプラスチックをとおりにぬけて食品に浸透することがあるのか、あるいはどういう状況でそういうことが起こるのか、という問題については、研究はまだ始まったばかりであると、いまでもいわざるを得ません。

3. 世界の関心・スイスの注意

ナノ食品およびナノ食品包装の経済的有用性については、非常に幅広い意見の対立がみられます。スイスにおいては、製造工程においてナノ技術に過度に依存する食品については、疑問を持つ向きが多いのが現状でしょう。しかし他方では、革新的でしかも環境にやさしい食品包装の開発に、ナノ技術が一定に役割を果たせるのも確かです。

ナノ食品の経済的なポテンシャルについてはふたつの研究がありますが、その結論はかなりことなっています。一方の研究によると、食品部門におけるナノ技術の売り上げは現在 2 億ドルにのぼります。ところがもうひとつの分析は、ナノ成分を使用した食品の世界市場規模はすでに 70 億ドルに達したとみており、2010 年にはその規模は 200 億ドルになると予想しています。こういう推計に食品包装が含まれているかどうかは定かではありません。「ナノ技術」になにが含まれるかはしばしば明示されておらず、したがって、そのような数字をとりあつかうには注意が必要です。

ナノ粒子をふくむ食品や添加物の市場規模については、ヨーロッパでも、それにスイスでも、数字はほとんど得られていません。スイスでそのような製品が少ないのを見れば、それも驚くようなことではないのかもしれませんが。しかし調査統計が示すところによると、機能性食品、すなわち保健効果その他栄養以外の追加的利益をもたらす食品が買われることは、スイスでは他の地域にくらべて少ないようです。そういう新種の製品が謳う追加的利益をうたがう消費者の比率が、全世界では 3 分の 1 なのに対して、スイスでは 3 分の 2 にもなるというのです。ですがイギリスのある研究は、ドイツの消費者のあいだでもナノ食品への懸念が強いことを示しています。

■栄養不足とたたかうナノ

栄養摂取の習慣あるいは可能性に関することがらは、西欧の工業国だけをみていたのではわかりません。工業国の住民が、ビタミン・微量元素の必要摂取量をみだすに十分な新鮮な食料をえているのに対して、発展途上国では特定栄養素の恒常的な不足がみられます。そこでコメのような基本食品に、鉄・亜鉛・ビタミン A・葉酸などを強化するために、ナノ粒子を使うことが考えられるのです。

日本のある企業が、ピロリン酸鉄の微粒子を食品に含ませる研究をしています。粒子を小さくすればするほど、体内での吸収率が高まるでしょう。この製品はすでにフィリピンやモロッコやコートジボアールで、低栄養集団の鉄欠乏症を緩和するために使用されています。今後 5 年間に、そういう鉄や亜鉛の製品がさらに市販されると思われます。

推計しにくい市場性

食品包装の世界での売り上げはかなりのものになります。その推計値は年間で 3000 億から 4850 億ドルといわれています。この数字の大きさをみれば、ナノ技術の応用にも重大な経済的意義のあることが分かります。しかしここでも、推計は大きくことなっています。アメリカの一研究によれば、ナノ包装の売り上げは、2006 年に 2 億 1,000 万ドル、2012 年に 27 億ドルであるのに対して、ヨーロッパの別の研究においては、ナノ成分を使用した食品包装の世界市場価値は 2006 年に 9 億 8000 万ドルと、ほぼ 5 倍にも達しています。また別の研究は、ナノ包装の世界市場規模を 2010 年に 47 億ドルと予測していますが、これも最初の数字の 2 倍にあたります。

研究は連鎖する

ナノ粒子はプラスチックと組み合わせて使われるだけではありません。3600 万ユーロが出資されたというヨーロッパ連合の「環境に優しいパッケージ」計画の目的は、天然繊維、とりわけ木材繊維から環境にやさしい包装材料をえて、それでプラスチックを代替することです。その素材をできるだけ浸透性がなく、また力学的にも強固なものにするため、フィロ珪酸塩のナノ粒子が使用されています。ヨーロッパ連合のこの研究班は、13 か国から参加した、35 の研究機関と企業により構成されています。

殺菌性ナノ粒子についても研究がなされていますが、そういう粒子をふくむフィルムで包装された食品は腐らないということがありえます。ナノセンサーとなると、包装された食品が熟しているか、腐っているかということさえ表示します。

4. 利用しても、油断することなかれ

スイスで現在市販されている製品は安全とみられます。ですが、インターネットで他国から購入される食品や添加物については、事情が異なります。ナノ技術で最適化された包装が他方では、環境に利益をもたらすこともありうるでしょう。

ナノ粒子を含む製品のうちスイスで販売されているのは、すでに長期間使用され、潜在的な危険が小

さいとみられる成分を用いたものだけです。しかし毒物学的な研究は、粒子の大きさに特に関心を払うことなく行われています。

危険なナノ食品への入り口としてのインターネット

ナノ成分を含む食品であっても、スイスで販売されているものなら健康に危険をおよぼすことはないと言われている専門家もいますが、他国の製品を同様に安全とみなすことはできません。いまではインターネットでの注文もめずらしくないので、そのように潜在的な危険のある食品がスイスの食卓にならぶこともあり得ます。

たとえばアメリカの多数の企業が、銀・銅・金・イリジウム・白金その他金属の微粒子を含む溶液の宣伝をしています。製造者はそういう製品の効能を、ナノ銀は人体には無害などと断ったうえで、たとえば「あらゆる種類の不快やいたみに対する代替的な療法」の提供などという、非常に一般的な用語で記述します。ところが、銀の致死性には疑問の余地がないので、専門家はナノ銀の無害性に疑問をいただいているし、金ナノ粒子も化学反応を加速するので、体内の生物学的過程に影響をおよぼすと思われる。それだけではなく、人体は金属粒子を処理することができないので、それらの摂取を推奨するに足る、保健上の根拠はまったくありません。

ナノ技術を用いた有効な農薬と肥料？

ナノカプセルは殺虫剤においても食品と同様の方法で、特定成分の効果を増強したり、それを安定化したりするために使用され得ます。BASF を含むさまざまな殺虫剤メーカーが、特許にそのような記述をしています。しかしスイスでもドイツでも、ナノ技術的に最適化された殺虫剤が、実際に特許申請された例はまだありません。その種の研究がどれほどなされているか知るのが困難なのは、それが企業秘密に属することだからです。

しかしナノ成分をふくむ肥料ならスイスでも使われています。それはゴルフ場の芝生の成長制御剤であって、食糧生産に影響することはありません。

ナノペットボトル：印象的な環境性能

ナノ技術はまた、原材料の消費を減らし、ごみの量を減らすのにも貢献することもできます。ナノ技術で最適化されたプラスチックは、遮断性能に優れているので、在来の容器に比べて、ますます競争上有利になっています。応用生態学研究所は、スイス技術評価局による研究の一環として、アルミニウム缶・使い捨てガラス壺およびナノ技術で最適化されたペットボトルの、使用過程における二酸化炭素の排出量を比較しました。その結果はどうだったのでしょうか。アルミニウム缶や使い捨てガラスビンにくらべて、ナノペットボトルはかなり有利でした。製造・輸送・再利用過程における温室効果ガスの排出量を比べると、アルミ缶よりも3分の1少なく、ガラスビンよりは60パーセントも少なかったのです。しかし使い捨てガラスビンにはほかの利点があって、ナノペットボトルの利点の多くは打ち消されます。ところがスイスではアルミ缶で消費されるビールがかなり多いので、節約の可能性がかなり大きいと考えられます。連邦環境局によると、2003年におけるアルミ缶の消費量は3479トンでした。これがすべてナノペットボトルで置き換えられたとすると、二酸化炭素1万トン相当の削減効果があるという

のですが、これはスイスの 1500 世帯の年間排出量に相当します！もしナノペットボトルを再利用可能にすることに成功すれば、その環境性能はほとんどこの上ないものになるでしょう。

5. だれが食べるのか：選好と嫌悪

食べるものは内面にも影響します。単に心理学的な意味においてだけではなく、愛好される習慣や文化的伝統も、食事に関連しているのです。したがって、あらゆる社会集団がナノ食品に同じ感情を抱いているということではできません。食品部門でのナノ技術の取り扱いについては、遺伝子技術に関する論争から学べることも多いでしょう。

食品はおいしく、健康的で、高価でなく、そして調理し易くなければなりません。食習慣や購買習慣について尋ねられたときに、多くの消費者が言及する基準は、ざっとそんなところでしょう。しかしこれら 4 基準のなかでの優先順位は、社会集団によってことなっています。販売の専門家らは、生活様式や食習慣がおおいにちがう 4 個の「栄養型」に、顧客を分類しました。本報告でも、ナノ食品に対する感情が基本的にちがうと思われる、いくつかの集団に人々を分類します。

第一の集団は「健康志向の人々」です。この人々は、意識して健康によいものを食べ、新鮮な野菜や果物をこのみ、エコ製品を買うこともあります。この人たちにとって大切なのは楽しいことですが、食材が旬のもので、できるだけ地のものであることも重要です。第二集団である「日常生活緊張型」にとって大切なのは、食品が短時間で調理できることです。仕事がいそがしくて台所で時間をとれないとか、あるいは単に料理を楽しむことがないとかいうのが、その理由でしょう。第三の集団は、健康やスポーツに熱意を抱いていて、状態を改善する食品を要求します。この人たちにとって重要なのは高品質の食品ですが、その中には有機製品と、加工技術により強化された食品との、いずれもが含まれます。

もしナノ食品が健康に利益をもたらし、しかもその取り扱いが容易であるとすれば、将来それを購入するのは、以上の 3 集団に属する人々でしょう。「健康志向の人々」はすでに、低コレステロールのマーガリンを買い、ビタミンやミネラルの錠剤をうけいれています。それに対して、スポーツに熱意をもつ人々は、体調をよくするために機能性食品を用いるでしょうし、「日常生活緊張型」の人々なら、高度に加工された製品をもちいて時間を節約するでしょう。

しかし栄養に全然関心がない人や、お金だけを気にして献立を考え、むしろファーストフードやレトルトを好む人などが、ナノ食品を購入することは考えにくいでしょう。

遺伝子技術論争に学ぶ

ナノ技術の応用に対する一般の反応は、いまのところ好意的です。2005 年の全ヨーロッパ調査によると、ナノ技術は全般的に有益であって危険はわずかしかないと人々は考えています。ところが栄養のような微妙な分野にあっては、世論が急にかわることもありえます。2007 年のスイス調査では、専門家よりもむしろ一般人の方が、ナノ技術の危険により多に懸念をいだいていることがわかりました。

遺伝子技術に関する論争からわかったのは、技術に対する人々の見解はその応用によって異なるということです。「赤い遺伝子技術」すなわち医療への応用であれば、人々は容易に受け入れるのに対して、

農業分野の「緑の遺伝子技術」については、懸念をいだく人が多いのです。支持者と反対者とのあいだで厳しい意見の対立がみられるようになったのは、専門家があまりに長く世論を放置してきたからでもあります。そのようなこともあるので、第 7 章の勧告では遺伝子技術論争から得られた経験にも言及します。

6. ナノ粒子を含む食品の法的規制

販売されるべき食品や使用されるべき添加物、あるいはそれらの広告のしかたなどを、規制する法令は多数あります。しかし食品へと加工される原材料の試験過程において、粒子の大きさが考慮されることはありません。

新種の食品がスイスの市場に参入する際には、全部で 9 本ある法令の規定がみたされなければなりません。それで十分ではないか、と思われるかもしれませんが、そこにも抜け穴があることを指摘せざるをえません。たとえば、農業生産のなかで肥料や農薬のかたちで用いられた外来の物質が、最終製品において検査されるべき添加物とみなされることはないのです。

ポジティブリスト以外のものは禁止

スイスの食品法制は、いわゆる「ポジティブリストの原則」にしたがっています。食品に使用される添加物は、「ポジティブリスト」に記載されて E 番号をわりあてられ、一定範囲の要求を満足するものにすぎられる、というのがその意味です。その添加物がなければ食品が製造できず、またその添加物が消費者の健康を害することがない、という点はとりわけ重要とされています。

ある種の食品においてはそれに加えて、「優良製造業務 (GMP)」の原則を固守する場合においてのみ、添加物の使用が許されることになっています。所定の効果を発現するのに実際に必要な量だけ添加物が使用され、さらに消費者が誤解させられることはない、というのがその意味です。それだけでなく、製造工程が完全に文書化され、製品とその成分の追跡可能性が保証されることも、要求されています。

食品添加物は、着色料や甘味料、あるいは保存料や抗酸化剤のようなものと理解されています。ナノ粒子もこの範疇に入り、したがってこの基準で試験されねばなりません。その成分が現在「ポジティブリスト」に記載されていれば、たとえナノ粒子のかたちで添加されていても、試験される必要はない、というのが一般論なのですが。

粒子の大きさから推論

許可された添加物の作用は勿論試験されていますが、そのような試験は粒子の大きさを特に考慮しないものでした。現行法制のもとでは、許可された物質は、大きな粒子のかたちでもナノ粒子のかたちでも、同様に使用されていいということになります。しかし現在では、粒子が小さければ小さいほど、体積に対して表面積が大きくなるので、小さな粒子はしばしば大きな粒子とはことなる振る舞いをするということが、わかっています。そうなれば周囲と反応する表面が増えることにもなるので、ナノ粒子に

よる化学反応は、大きな粒子よりも強烈な、あるいはそれとは異質なものにもなりえます。

ナノ粒子の小ささは、「優良製造業務」に関する問題をも引き起こしえます。粒子の小ささはまた、特定成分の量の有効性を証明する際にも重要になってくるでしょう。それというのも、特定成分の大きな粒子に対して測定された有効作用量を、ナノ粒子にそのまま適用することはできないからです。

国際取引は市場開放を要求する

生産者・販売者および輸入者は原則として、取り扱っている製品が、それに適用されるべき規制に適合していることを、自ら保証しなければなりません。もし当該製品が関係法令中に列挙されていなければ、スイス連邦公衆衛生局の認可をえないかぎり、その販売はみとめられません。食品や添加物がヨーロッパ連合に認可されているならば、その輸入者は、その調理法ないし調合法の詳細を特定したうえで、ヨーロッパ連合規制の当該部分を参照することを、連邦公衆衛生局に要求することができます。しかしその添加物のスイスでの使用を許可するかどうかは、連邦公衆衛生局の決定するところとなります。使用されている物質の粒子の大きさについて結論をえることが、勧告された調合法および追加の詳細によって、将来において非常な重要性をもつのはそのためです。

表示の必要：諾か否か

ナノ材料をふくむ食品がそのように表示されるべきかどうかということも、しばしば議論される問題です。食品の表示ないし広告において、どういう情報がどういう形態で掲載されねばならないかということは、スイス食品表示法で規定されています。すべての成分が含有率の高い順に表示されねばならず、したがって、「主」成分が一覧表の最初にくることになります。ところが食品表示法は、表示の最低限度をもみとめています。合計しても最終製品質量の 2 パーセント未満にしかならない諸成分は、一覧表の末尾に順不同で表示してもよいとされているのです。食品中に使用される量は少量でいいとされているナノ材料も、この範疇に属します。ところが、粒子の大きさに関する表示については、なんの義務も課せられてはいません。

市民の懸念

2006 年にスイス技術評価局は、ナノ技術全般に関する市民参加の会合を開催しました。これに参加した市民はみな、さまざまな懸念を表明しました。いわく、ナノ粒子の表示基準が、早急に必要とされている。いわく、もしナノ粒子に毒性があるのなら、研究がもっとなされるべきではないか。いわく、国境を超えてくるものに対しても、明確な規制が必要ではないのか。食品部門については特に問題が多いとみられていたようです。食品と食品添加物に関しては、市民の要求がそれだけ切実なのです。

7. 食品ナノ技術とりあつかいの原則

最適性・透明性および既存の規範的枠組み内での規制。この 3 原則が、食品部門におけるナノ技術をとらあつかう際にも維持されるべきです。

健康にとって危険出ることが判明したナノ粒子が、スイスで使用されているという証拠はありません。ナノ技術的に最適化された食品が入りこむ余地も、この国ではまだ小さいとみられます。市場で入手できる従来の製品から完全に栄養をとることができ、またそのような商品はナノ製品とは非常にことなっていて、食品をこれ以上「機械化」する誘因は低いから、というのがその理由です。たとえば鉄のような、特定栄養素の不足がみられる地域では事情がちがひ、その場合ナノ食品が有用かもしれません。

食品ナノ技術に猶予はない

それに対してナノ技術的に改良された食品包装は、適切な再利用のしくみが整備されるならば、環境的に本当に有用なものになりえます。

だとすれば、ナノ技術的に最適化された包装の、生態学的に有効な利用をさまたげるのは得策ではないので、合成ナノ素材の食品部門での使用に、制限期間をもうける理由はないということになります。

既存法令の中心課題としての予防原則

スイス連邦法では、予防原則は環境保全に関連して言及されていますが、それが食品法制においても考慮されるべきだとする規定はありません。ですがナノ技術のことを考慮するならば、予防原則を食品法制にふくめることについても、なんらかの考慮がなされるべきでしょう。予防原則は、スイス食品当局が、重大な危険、すなわち食品ないし包装中のナノ粒子によりひきおこされる危険の、最初の科学的兆候が出現してからすぐに、危険管理対策を開始するための基礎となりえます。ナノ技術による危険の兆候をすばやくとらえるためには、新技術の開発と、人々を危険から保護するための可能な方策とのあいだに、科学的な協働がすすめられねばならないかもしれません。

しかし、独立した「ナノ食品法」の制定は、賢明でも得策でもないでしょう。もしそのような法律がつくられれば、既存の法との二重性が生じて、法制の透明性がそこなわれることになるので、食品と化学物質に関する現在の法制を強化して、ナノ技術に特有の要求を盛り込むようにする方がいいと思われます。それだけでなく、独立した「ナノ食品法」を制定しようとするれば、今日ではまだ完全に解決されていない、いくつもの疑問に解答しなければならないでしょう。

透明性を維持する

ナノ技術的に改良された食品や包装の製造者にとって、特に重大な課題がこれです。遺伝子技術論争がはっきりと示しているのは、製造者が製品の成分や、あるいはありうる危険を明示していないと疑われたときに、市民はますます疑心暗鬼になるということです。不信をふせぐのは、積極的な情報開示です。

この場合には、ナノ成分を含む食品や包装の加工製造者および販売者が、独自の行動基準をもつことにもまた、重大な意義があるでしょう。ナノ粒子をあつかう際にどのような原則にしたがうべきか、政府と公衆にどう通知すべきか、といったことに関する、硬固に構成された自律的な制度を、関係者は制定すべきです。

明示されるべきこと

遺伝子技術の表示をめぐる論争からわかったのは、消費者は、自分がなにを買っているのか知りたがっている、あるいは少なくとも、製品の成分について知らされる機会を得たがっている、ということでした。したがって製造者や輸入者は、ナノ材料をふくむ商品を流通させたときには、最低でも政府には通知すべきでしょう。商品流通は国際的になっているので、規制はスイス独自のものよりも、全ヨーロッパ的なものか、できれば世界的なものになるべきでしょう。

特定ナノ原料を表示すれば、透明性と情報に対する消費者の要求にもこたえることになります。そうすればまた、消費者の「選択の自由」を保護し、食品安全に対する監督を強化することにもなります。ところが「ナノ粒子含有」というような非特定の表示は、現在までに判明している危険を実際には扱っていないばかりか、製造者にも不当に厳重な制限を課すことになるので、有益ではないと思われます。

製品をいつでも回収できるようにするためには、製品やその成分を追跡できるようにしておくことが、本質的に重要です。食品や成分の追跡可能性を保証することは、食品製造者の重大な義務なのです。このことはまた、製造加工および流通の過程が、正確に記録されるということをも意味します。潜在的な危険があらたに発見されたときのような非常時に、製品が早急に市場から除去されるということをも、追跡可能性は意味します。

最後になりますが、人体と環境に対する毒物学的な研究が、どのようにして促進されるかも明示されなければなりません。特に重要なのは、製品の全履歴を通じてのナノ粒子の影響を考慮することですが、そのなかには製造工程だけでなく、食品包装の場合には、処分あるいは再利用の過程もふくまれます。さらに、食品部門におけるナノ技術製品のさらなる発展を調査し、それについていくための委員会を設置する必要もあるでしょう。

スイス技術評価センターとは

新技術はしばしば、わたしたちの生活の質に、決定的な向上をもたらします。しかしそのような技術は同時に、その結果がときに予想しがたい、あらたな種類の危険をもたらすこともあります。スイス技術評価センターは、生命科学・医学・情報社会・ナノ技術の諸分野における、新技術開発の潜在的な利益と危険を調査しています。当センターでは研究を、政治経済の意思決定者および一般公衆のためにおこなっています。当センターではまた、「パブリフォーラム」や「パブリフォーカス」など一般参加による会合を通じて、科学技術・政治経済の専門家と一般公衆とのあいだでの、情報と意見の交換を促進しています。当センターの実施する委託研究は、新技術の利益と危険についての、独立・客観的かつ広範な情報の提供を目的とするものです。この目的達成のために研究は、関係領域の専門家との共同により実施されています。当センター管理団に属する専門家集団は、当該研究領域の諸側面を広範に網羅するものです。当センターはまた、スイス学術院により指定された重点研究機関でもあります。

原文：Dinner is served! Nanotechnology in the kitchen and in the shopping basket, Abridged version of the TA-SWISS study "Nanotechnology in the food sector ", Centre for Technology Assessment, TA 53A/2009, Bern, 2009

http://www.ta-swiss.ch/a/nano_naf0/KF_Nano_im_Lebensmittelbereich.pdf

この翻訳は、市民科学研究室が共同研究に加わっている、JST（科学技術振興機構）社会技術研究開発センターによる研究開発プログラム「科学技術と社会の相互作用」平成 19 年度採択課題のひとつである「[先進技術の社会影響評価（テクノロジーアセスメント）手法の開発と社会への定着](#)」（研究代表：鈴木達治郎（東京大学 公共政策大学院 客員教授））の研究の一環としてなされたものです。翻訳は、杉野実、畠山華子、上田昌文が行いました。）