

食品安全委員会セミナー

「食品分野におけるナノテクノロジーの今 ー世界の動きを中心にー」

(2009.12.11)

食品分野における ナノテクノロジーについて

茨城大学 立川雅司

mtachi@mx.ibaraki.ac.jp

報告内容

- ▶ ナノテクノロジーとは？
- ▶ 食品におけるナノテクノロジー
- ▶ 研究開発の動向
- ▶ 市民参加型イベント

ナノテクノロジーとは？

- ▶ 「ナノテクノロジーとは、原子や分子の配列をナノスケール(10^{-9}m)で自在に制御することにより、望みの性質を持つ材料、望みの機能を発現するデバイスを実現し、産業に活かす技術のことです。

ナノテクノロジーは素材、IT、バイオなど広範な産業の基盤に関わるものであり、21世紀の最重要の技術と捉えられています。」(nanonetウェブサイトより)

- ▶ **ISO/TC229による定義(2008.9) :**

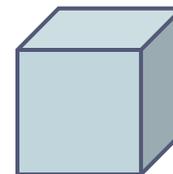
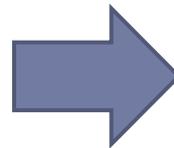
ナノサイズ : ほぼ (typically) 1~100nm

ナノ物質 : 3次元方向の少なくとも1方向がナノサイズ

ナノ構造 : 内部もしくは表面にナノサイズの構造

なぜナノテクが注目されるのか

- ▶ 微小化や軽量化によって、応用範囲が格段に広がる。
- ▶ ナノレベルにまで小さくなると物性が大きく変化
→電導性、反応性、強度、色調、毒性等
(どのように変化するかは予測しがたい)。
例)ナノレベルでは炭素の方が、鉄よりも強靱性をもつ。
- ▶ アメリカ・クリントン政権による「国家ナノテクノロジー・イニシアティブ」(NNI、2000年)により、国際競争に火がつく。



日本におけるナノテク応用分野の特徴

- ▶ アメリカ: 生物医学系に重点
- ▶ 日本: エレクトロニクスに重点

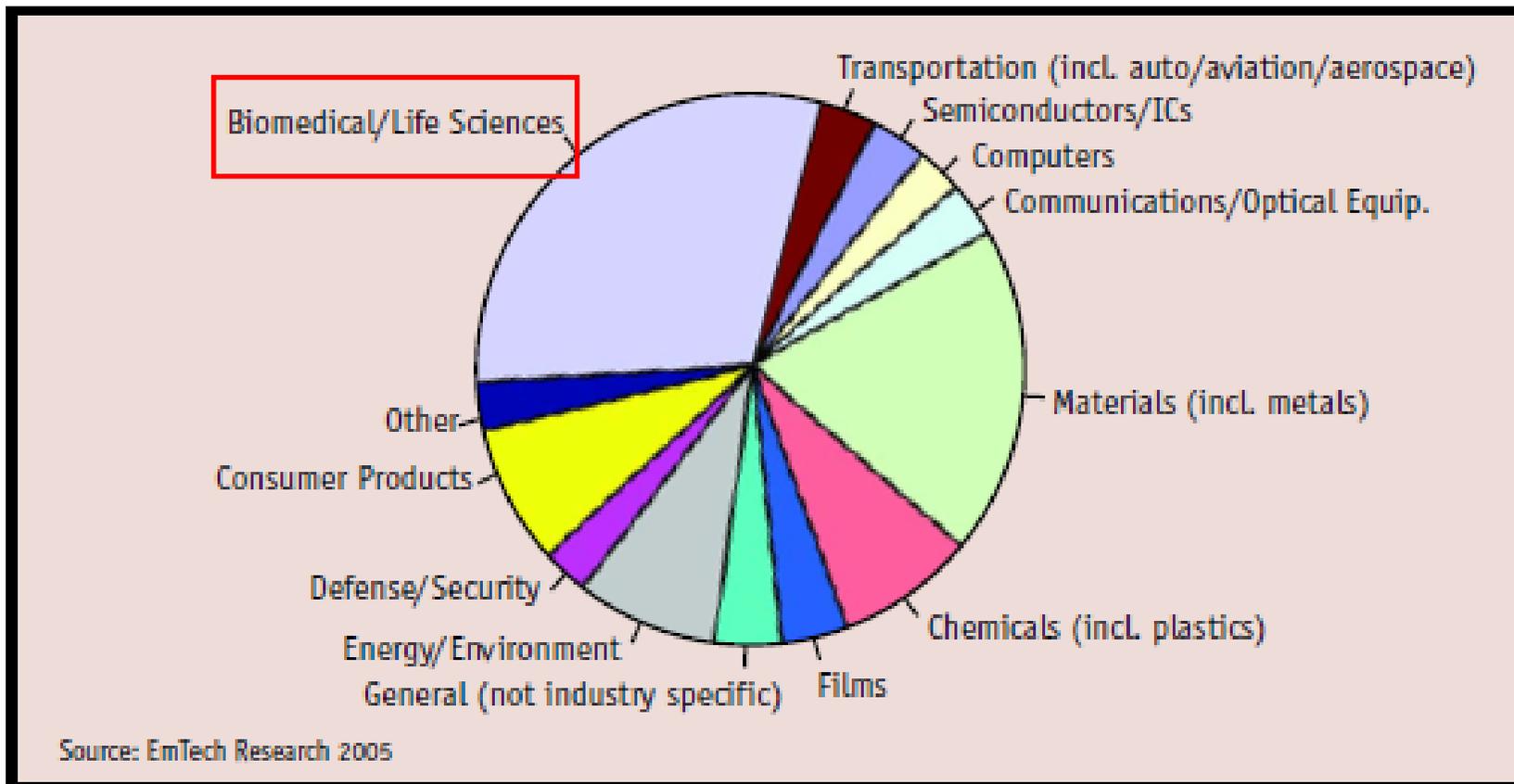


- ▶ 生物医学系の研究開発が盛んなアメリカの方が、食品分野とのシナジー効果が今後見られる可能性大?

アメリカ：生物医学系に重点

Figure 5.

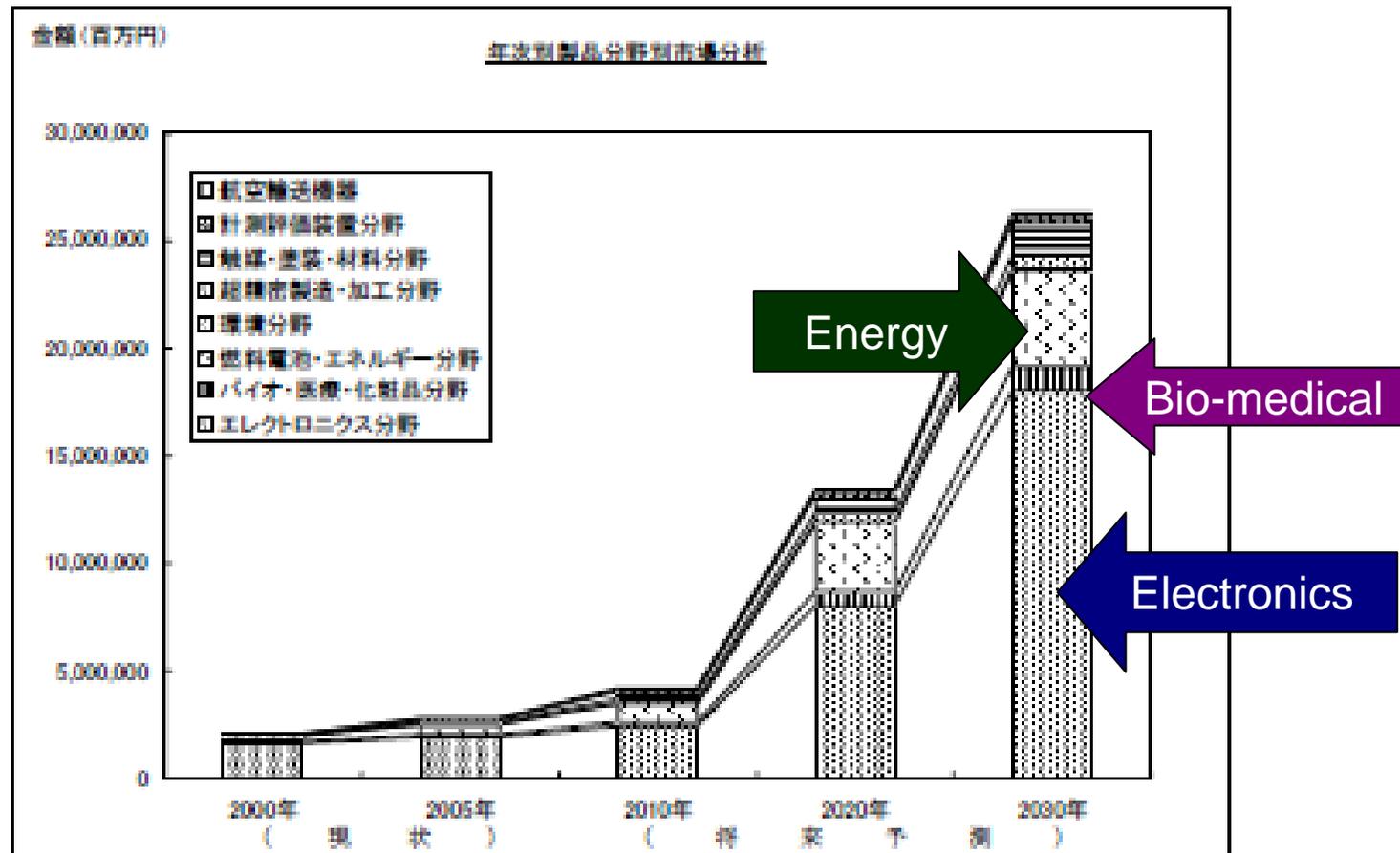
Target Industries for Companies Involved in R&D, Manufacture, Sale, and Use of Nanotechnology in 2004 (Total Number of Companies = 599)



日本: エレクトロニクス、エネルギーが標的市場

3) ナノテク関連市場実態

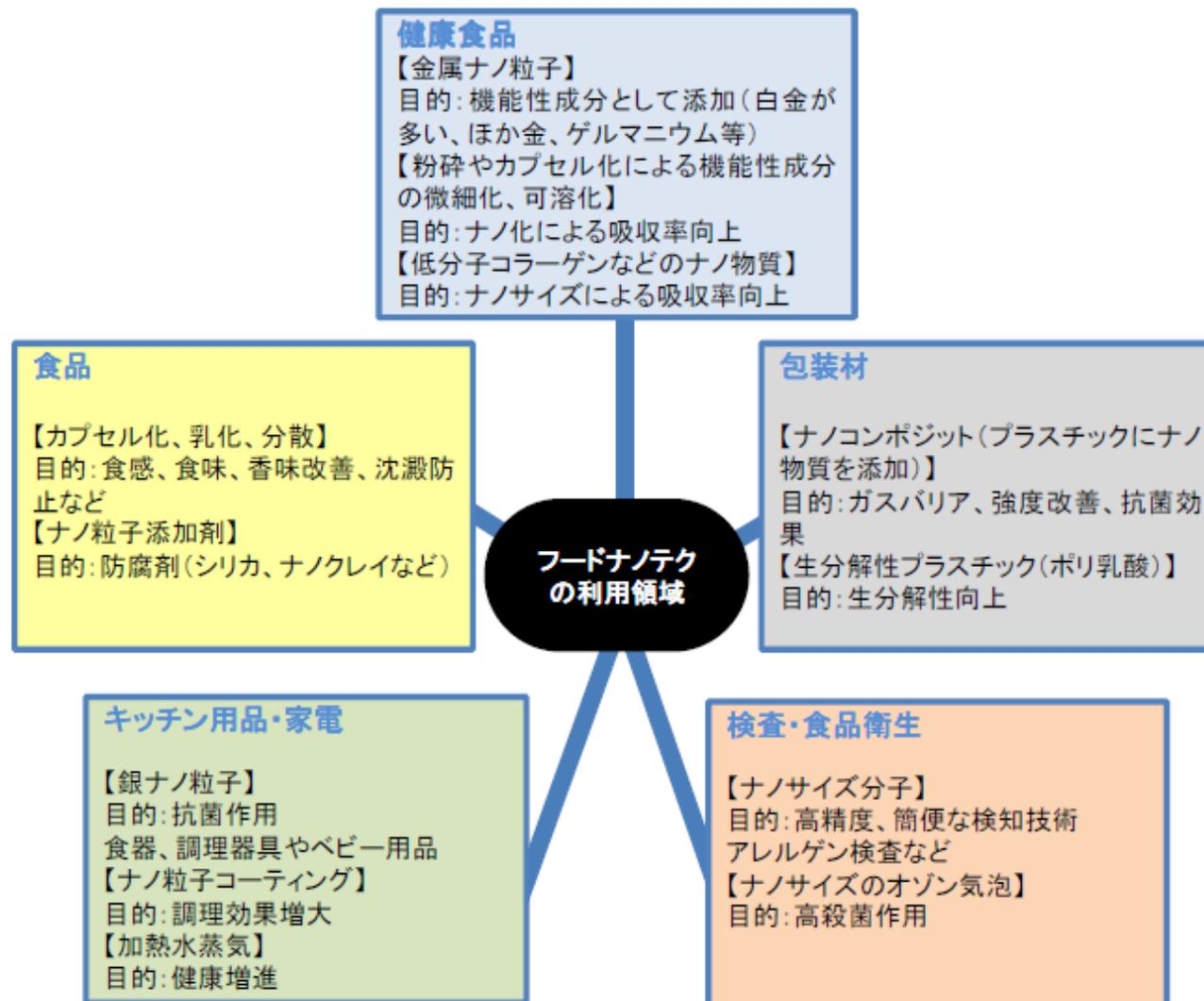
① 年次別製品分野別市場分析

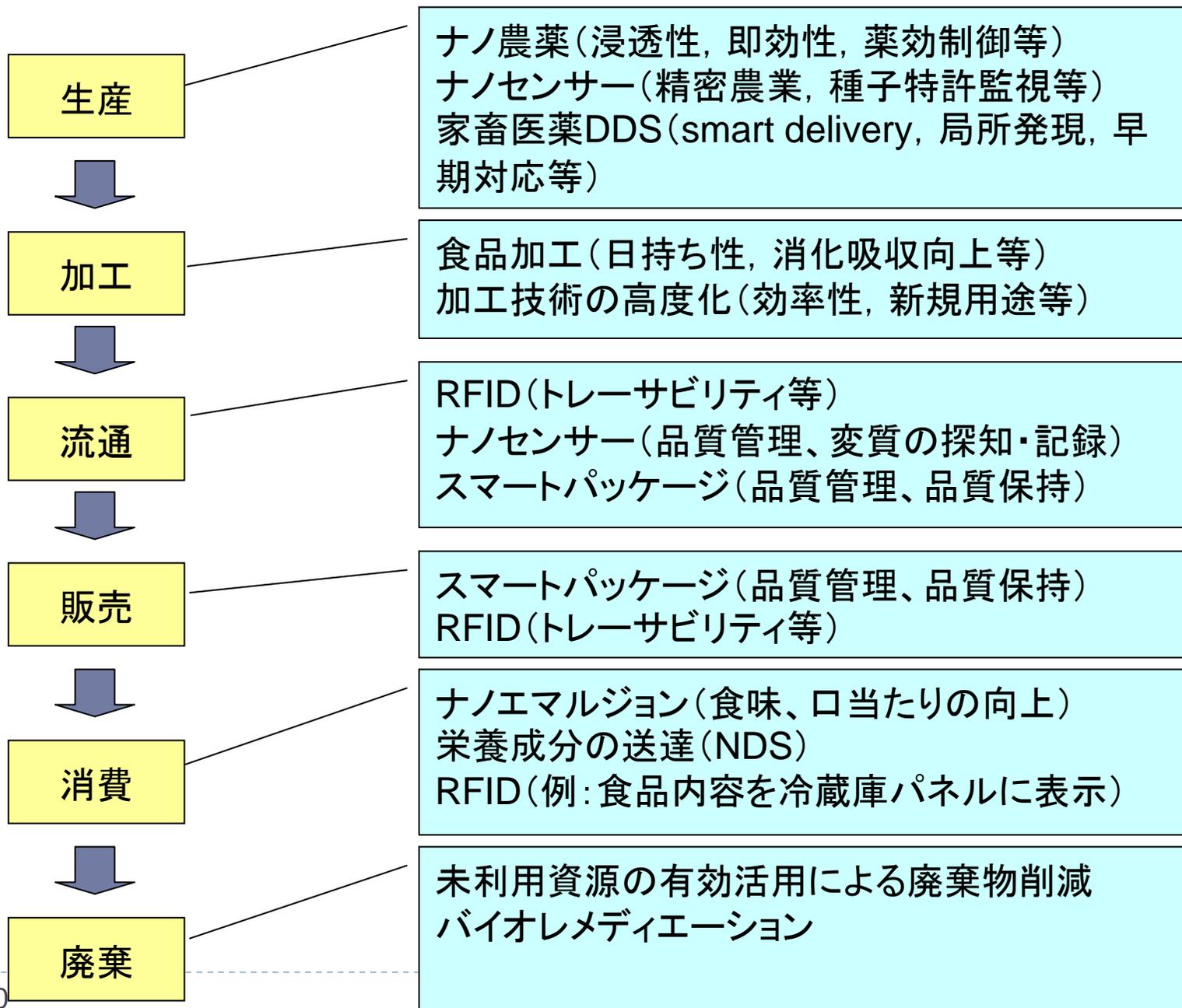


食品におけるナノテクノロジー

- 幅広い利用領域
- メリットとデメリット
- 製品例とインベントリー
- 海外の政策動向

食品関連分野ナノテクの利用領域





期待される効果（食品そのもの）

①吸収効率の向上

腸管からの成分の吸収能力を高めること。

例)キノコ類などに含まれ免疫力を高める作用があるといわれるβグルカンは、通常の摂食では、吸収されにくい。これを摂食の段階でナノサイズにしておくことで、その吸収能力を高めることができる。

②表面積向上による反応性向上

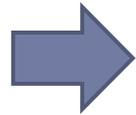
食材がもつ機能性が少ない量で得られる。

③食味、食感の改善

食材を非常に細かくすることで、味や舌触り、香りや臭いをコントロールできる。従来利用できなかったものも食品として利用可能になる（資源の有効利用）。

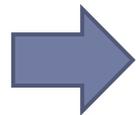
ただし、「効果」はリスクにも

①吸収効率の向上



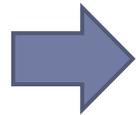
過剰摂取？

②表面積向上による反応性向上



反応性増大による生体影響？

③食味、食感の改善



食味と成分とのかい離？

適切なアプリケーション
リスク評価の必要性

食品および関連製品において ナノマテリアルが使用されている製品例

- ▶ 「食品の用途としては、シリカ、ナノクレイ、リポソーム及び白金ナノコロイドの使用事例が確認されている。

シリカは食品用途として、ナノクレイは食品添加物として利用されている。また、ラクトフェリンを内包したリポソームについては、いわゆる健康食品としての利用事例が確認されている。白金ナノコロイドについても、ミネラルウォーター、ヨーグルト等に利用されている。」

（厚生労働省、『ナノマテリアルの安全対策に関する検討会報告書』、2009.3）

図表1 ナノマテリアルの用途

	医薬品等	化粧品	食品・食品容器包装	繊維	家庭用品・スポーツ	家電・電気電子製品	塗料・インク	その他(紙加工等)
カーボンブラック		○				○△	○	○ ^付
シリカ	○	○	○	○		○	○	○
酸化チタン		○		○	○	○	○△	○
酸化亜鉛	○	○		○	○	△	○	
単層カーボンナノチューブ						○△		
多層カーボンナノチューブ	△			△		○	○	
フラーレン	△	○			○	△		
デンドリマー	△	○△				△		○
銀	△					○△		△触媒
銀+無機微粒子		○	○	○	○	○	○	
鉄						○		
アルミナ		○				○△	△	
酸化セリウム		△				○		
ポリスチレン		○				○	○△	
ナノクレイ	○	○	○△			○	○	○農薬
カーボンファイバー					○	○△		△風力発電プロペラ
顔料微粒子							○	
アクリル微粒子		○				○	○△	
リポソーム	○	○	△					
白金ナノコロイド		○	○			△		○触媒
量子ドット ⁵	△					△		○研究用試薬
ニッケル						○		

注) 表中の○、△、○△の意味は次のとおり。

○：現状の用途、△：将来可能性のある用途、○△：将来用途分野が広がる領域

(平成19年度厚生労働省委託業務ナノマテリアル安全対策調査報告書(株式会社東レリサーチセンター)から引用。一部改訂。)

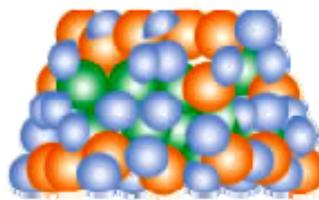
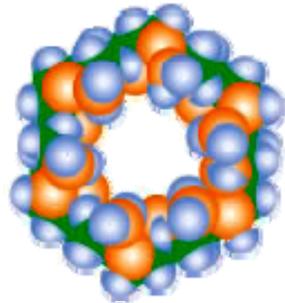
厚生労働省、『ナノマテリアルの安全対策に関する検討会報告書』、2009.3

オールド・ナノテク？

ナノサイズの商品自体は社会にとって新しいものではない

- ▶ 日常摂取する食品にもナノサイズの物質が存在する。
例) 牛乳(カゼインミセル)、乳化
- ▶ また人工的に作り出すナノ物質に関しても、これまでも食品分野での利用例が存在する。

例) シクロデキストリン(環状オリゴ糖)



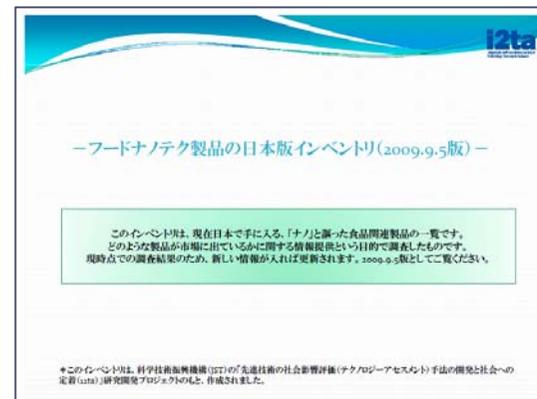
1.3 nm

(チューブわさび等の
風味保持)

フードナノテク・インベントリ

- JST/RISTEXプロジェクト「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」の一環で、フードナノテクの国内の製品情報(インベントリ)を整理中。
- 情報収集の方法: インターネット(ショッピングサイトなど)、食品関連業界誌の関連記事調査等から収集中。(留意点: 「このインベントリは、現在日本で手に入る、「ナノ」と謳った食品関連製品の一覧です。」)
- 5つの分類: 食品関連製品への利用用途で分類

①健康食品	約70
②食品	約10
③キッチン用品	...	約25
④容器・包装材	...	(未整理)
⑤検査・食品衛生	...	数アイテム



(2009年9月時点)

ナノ物質のいろいろ

<製造方法から見たナノ物質>

- ▶ 新たにナノサイズのものを作り出す
⇒ 金属ナノ粒子(ナノコロイド)、ナノカプセル...
- ▶ ある物質等をナノサイズまで細かくする
⇒ 機能性成分等の粉碎、繊維、水蒸気、気泡...

<利用経験から見たナノ物質>

- ▶ 今までも使用されてきたナノ物質
⇒ 乳化／分散(参考資料 p.4)、カプセル分子の一部(シクロデキストリンなど)
* シクロデキストリン: 環状オリゴ糖とも表示される。30年余の利用歴
- ▶ 新しく作り出されたナノ物質
⇒ 金属ナノ粒子(ナノコロイド)、カプセル分子の一部
* カプセルの外側の物質と中身の物質の組合せ次第で、多様な新規物質ができる。

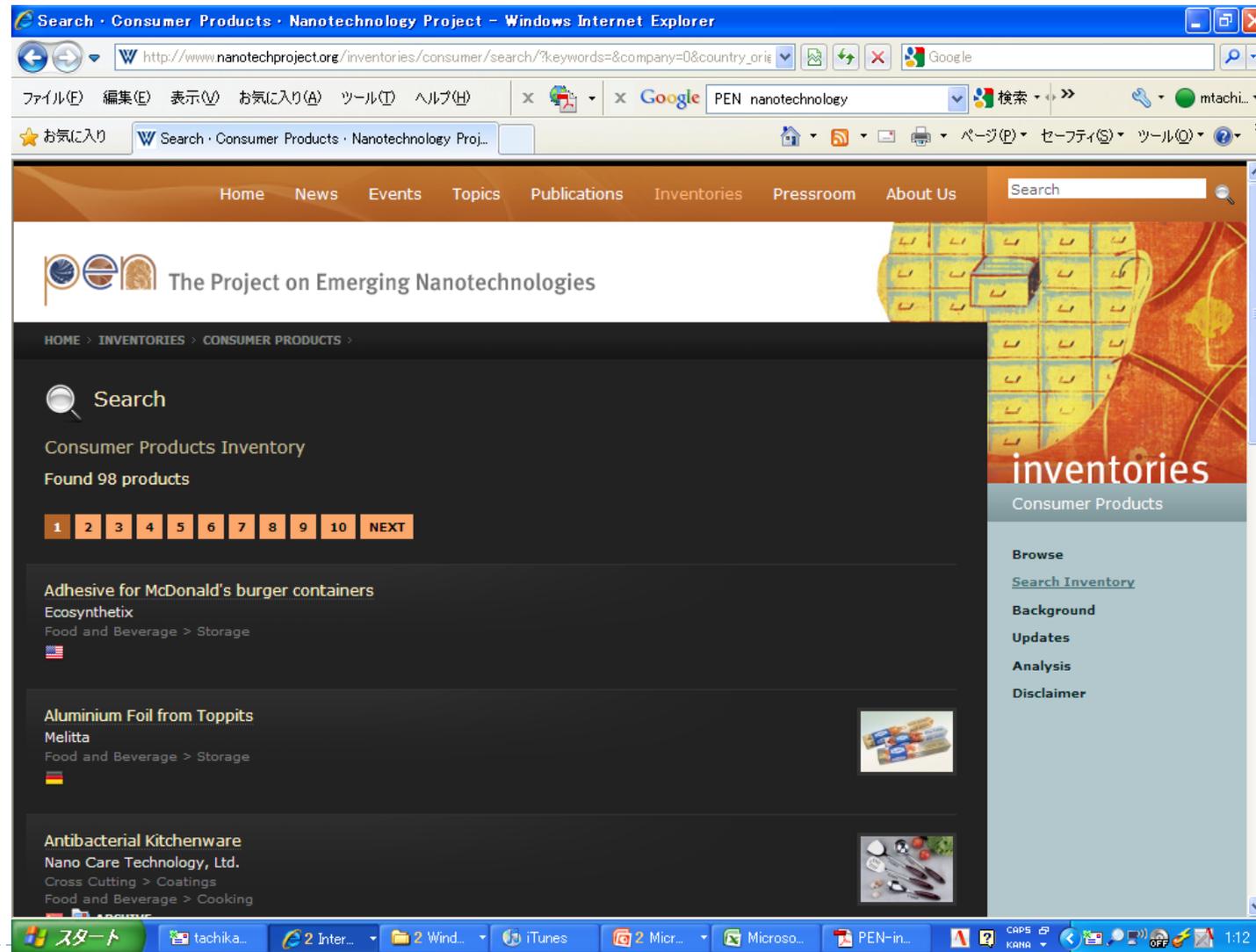


インベントリから見る 日本のフードナノテクの特徴

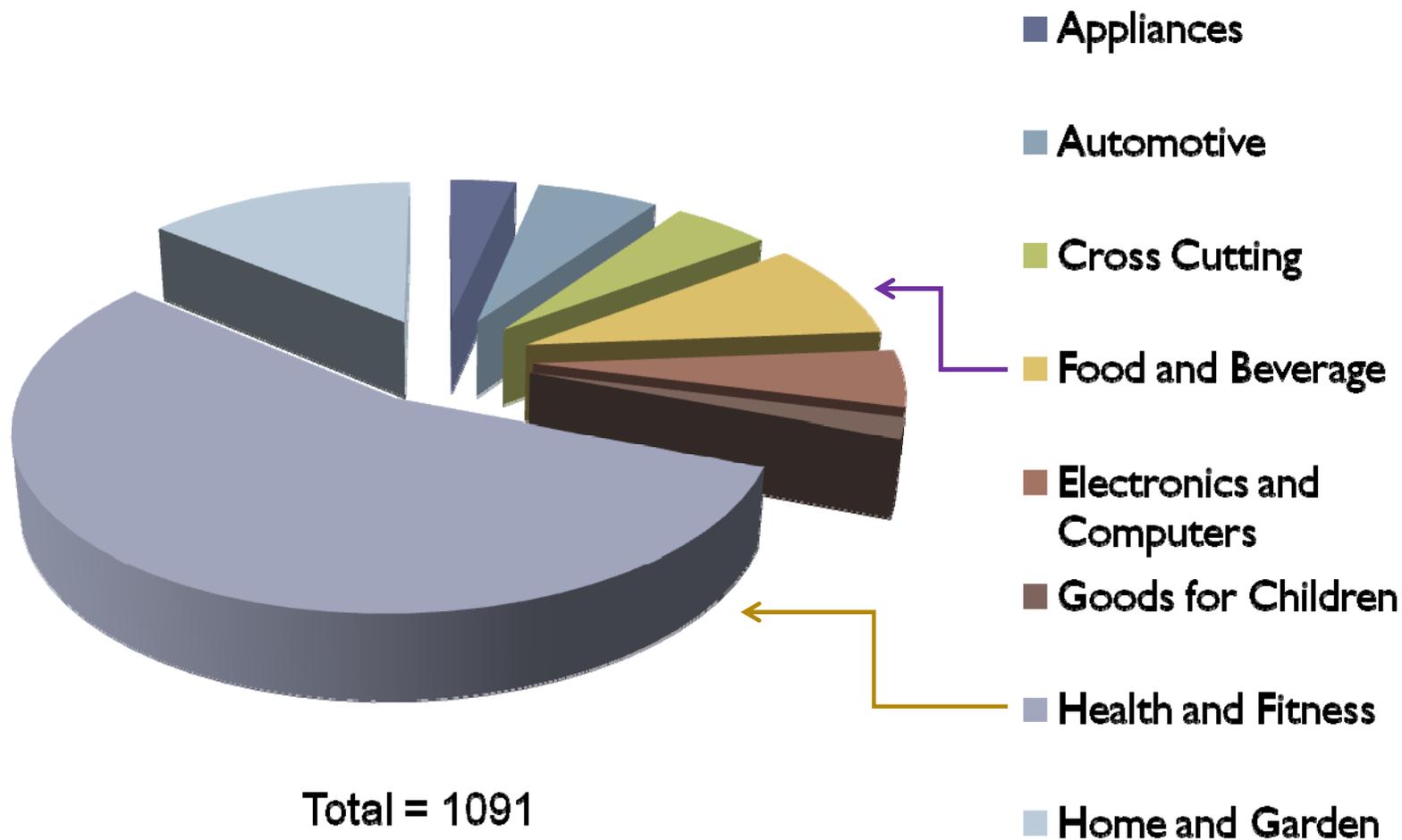
- ▶ 「健康食品」での、白金ナノコロイド製品、ナノ物質を謳った製品の多さ。（機能性成分のナノサイズ化や低分子物質など）
- ▶ 「食品」では、食経験のあるものが多い（乳化、分散、シクロデキストリンなどの一部カプセル）。
*カプセル分子とその中身（芯物質）には、食経験があったり安全性が確認されている物質を使用する傾向。
- ▶ 「キッチン用品」はほぼ銀ナノ粒子による抗菌効果。
- ▶ 「容器・包装材」は、現在はほとんどガス／水分バリア用途。
ナノ物質をフィルムに添加した容器・包装材が開発・特許申請中。

(参考資料 p.9-10)

Woodrow Wilson Center (PENプロジェクト) による 国際的インベントリー作成作業



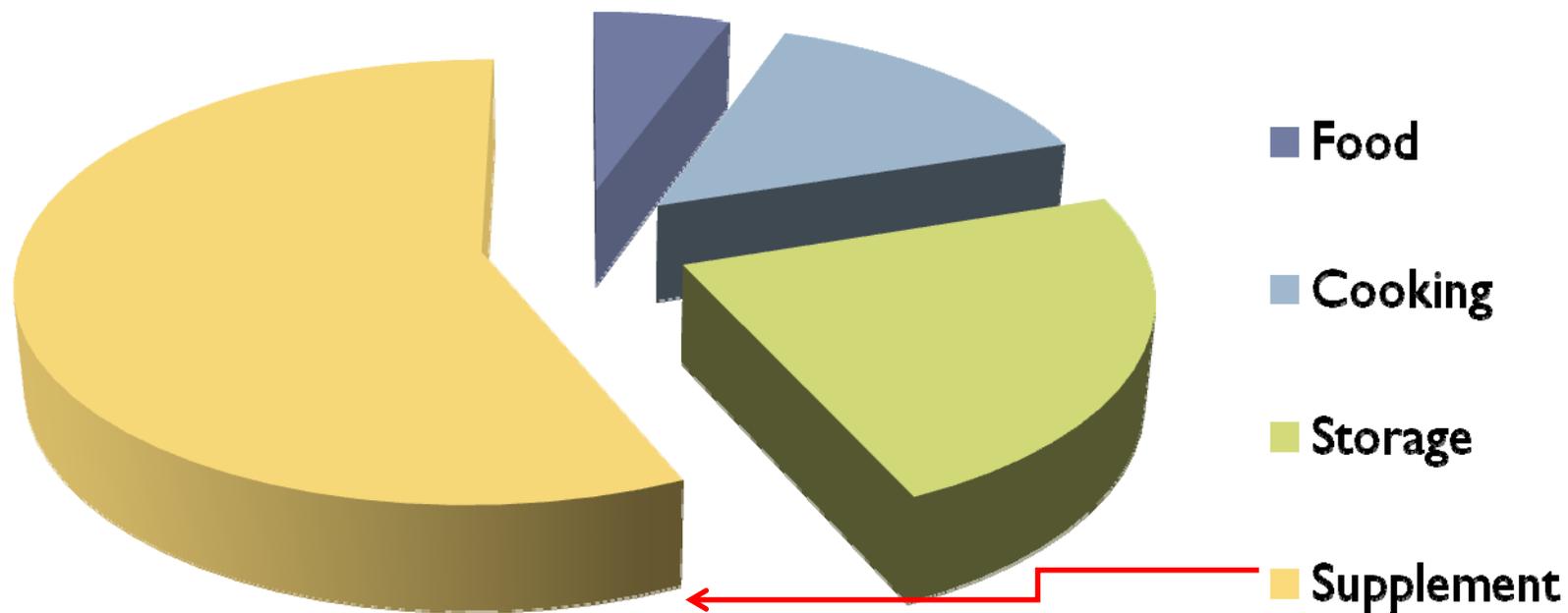
国際的に見たナノテク応用製品の内訳



資料)PENのインベントリーより筆者作成
(20091114)

食品関連分野ではサプリメントが多い

(日本も同様の傾向)



Total = 98

資料)PENのインベントリーより筆者作成
(20091114)

食品ナノテクをめぐる海外の動向

海外の動向：①国際機関

(1) FAO/WHO

- ▶ **INFOSAN(International Food Safety Authorities Network)**: 08年にナノテクに関するインフォメーションノートを作成。安全性に関して生体内への蓄積、吸引や摂取による潜在的な毒性、長期的影響に関する情報が必要とし、更に、廃棄による環境への影響も十分に評価されるべきとしている。特に包装材に使用されるナノ材料やコーティングなど食品に接触するものの人体への安全性について検討する必要性を指摘。ナノ材料が新たな課題を有する可能性があることから、食品関連業界が規制のあり方(上市前の安全性評価やトレーサビリティ)に関心を寄せているとしている。
- ▶ **FAO/WHO合同専門家会議**: 2009年6月に会議開催。食・農分野へ適用されるナノテクのフードチェーンにおける製造過程・包装・消費にいたるすべての技術を対象。(報告書は近々公開→まだ出てない(091118時点))

(2) コーデックス

- ▶ 今後上記FAO/WHO専門家会議の結果を受けてなんらかのタスクフォースが立ち上がるかは現段階では未定

海外の動向：②アメリカ

食品医薬品局(FDA)

- ▶ **ナノテク・タスクフォース(TF)の設置**: 2006年8月に設置. 目的をパブリックミーティングの主催, 科学的知見の現状把握, 現施策・規制の有効性の検討等とする.
- ▶ **FDAナノテクノロジーTF報告書(2007)** :
2006年10月に実施したパブリックミーティングの結果, TFはFDAの規制に関して・・・
 - ① **上市前の承認が課されているもの** (医薬品, biological products, 食品添加物, 着色料)については, 一般的に包括的な権限を持ち合わせているものの,
 - ② **上市前の承認が課されていないもの** (サプリメント, GRASの対象, 化粧品)については, 監督をするに十分な権限を持ち合わせていないと結論.
 - ③ **ナノテクに特化した規制については**, そのような規制を設けるに十分な科学的根拠がないため, ケースバイケースの対応となるが, ナノ材料が従来とは異なる性質を持ちうることも事実であることから, TFはそうした問題に対応できるよう, FDAが各種ガイダンス, 告示をするよう勧告した.
- ▶ **2008年9月パブリックミーティング** → 上記の指針作成勧告に関連して(特に, 企業がナノ製品のどのような情報をFDAに提供しないといけないのか, ナノ物質が規制対象となるのはどのような場合かなどについての)実施された. **指針の作成は2009年末予定.**

海外の動向：③EU

- ▶ **EFSA の「ナノサイエンスおよびナノテクが食品・飼料安全に及ぼす潜在的リスクに関する科学的意見」:**
09年2月10日に採択。既存のリスク評価の枠組みが適用可能であるとしつつも、ENMs (Engineered nanomaterials) に関する情報が限られ、リスク評価に不確実性が伴うとし、ケースバイケースでの対応が必要としている。食品中や生体内のENMsを検知測定する手法の開発、利用状況、暴露評価、毒性に関する情報の蓄積が望まれると勧告。
- ▶ DG SANCO: Nano Dialogueの実施等
- ▶ **新規食品規制の改正案:** 2009年3月に欧州議会が新規食品規則の改正案を検討。ナノテクを利用した食品について、事前認可と表示が必要と提案。この欧州議会案はさらに閣僚理事会で検討される予定。→今後とも注視が必要

海外の動向：④非政府組織、業界団体等

- ▶ 環境NGO: ETC group (2004) や, 地球の友 (2008)
地球の友 (2008): ①表示を義務/インフォームドチョイスの必要性, 企業の透明性の向上の必要性, ②法制度の見直し (現行の法体系では, 管理できない. ナノ材料は新たな物質として規制するべき, ナノの定義を300nmにするべき等), ③持続可能な食と農の観点の必要性, ④意思決定には公衆参加が必須, こうしたことが実現されるまでモラトリアムの実施を主張
- ▶ Woodrow Wilson Center (PENプロジェクト):
各種の政策分析および提言書を公表。(ナノテクの食品利用に対するFDA規制の分析等)
- ▶ スイス流通業界: Code of Conductの作成。製造メーカーからの情報提供を求める
- ▶ イギリス土壌協会: ナノ物質使用製品への有機認証拒否

食品ナノテクノロジー研究開発動向

食品ナノテクノロジーの研究開発

食品へのナノテクノロジーの応用は始まったばかりであり、現状では、世界的に見てもナノ化による効果や生体影響に関する科学的、体系的なデータに乏しい。

「食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発」 (農林水産省委託プロジェクト研究：2007～2011年度)

- 食品素材（穀物、水産物、エマルション等）をナノサイズに加工する技術、ナノ食品を計測評価する技術を開発
- ナノ化による新たな食品機能の解明
- 安全性（生体影響）について、動物実験などにより科学的に検証

対象範囲：数十 μm ～ 10 nm

(資料提供) 食品総合研究所・杉山滋氏

食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発

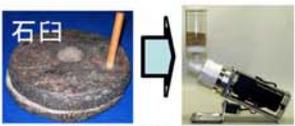
(資料提供) 食品総合研究所・杉山滋氏

背景 ナノテクノロジーの世界的進展

目標 食品素材のナノスケール加工技術の開発及びナノスケール化による新機能の解明を進めるとともに生体影響についても科学的に評価し、新規食品素材の創成に貢献する。

食品素材のナノスケール加工基盤技術の開発

超高速研削技術によるナノスケール臼の開発



マイクロ・ナノバブル作成技術開発

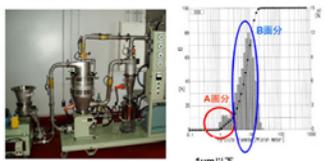


現状

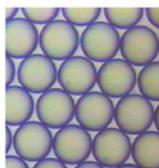
マイクロ

ナノ

ジェットミルによる微粉末体素材製造技術の開発



ナノスケール食品乳化技術開発



試料提供

評価

新たな機能

ナノスケール加工による効果

- ・味覚、食感の変化
- ・物性変化（濁度、粘度、加水率等）
- ・品質安定性向上
- ・過酸化低減・抗酸化性変化
- ・調理時間短縮 etc.

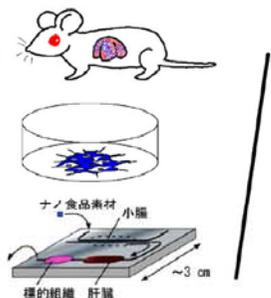
新たな食品素材・食品産業の創成

- ・ナノスケール食品素材の製造加工技術開発
- ・構造、加工適性、物理特性、安定性にまたがる体系的な研究データの蓄積
- ・ナノスケール食品素材の生体影響の評価と安全性の検討

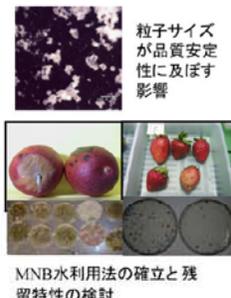
物理化学特性評価／体内動態評価／品質安定性評価



サイズ、分布、形状、安定性、.



実験動物、培養細胞、マイクロチップ等を用いた体内動態・生体影響評価



保存性、品質特性、安定性等について評価

食品素材のナノスケール評価技術の開発と新機能の解明



従来手法では困難なナノスケール領域特有の構造・物性等の計測技術を開発し、ナノ構造に由来する特性を解明

「食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発」

(資料提供)食品総合研究所・杉山滋氏

● ナノスケール食品（素材）の将来的な出口のイメージ（固体系）

	新たな特性or技術	新たな食品or機能	理由
固体系	風味維持*	長期保存後での風味の良い米等	ナノ切削による穀物表面の過酸化層除去
	鮮度維持*	モチモチ感等を長期に保持する食品（和菓子等乾燥に弱いもの）	加水率向上、粒径の均一化による粒間の水分保持
	栄養成分維持*	利用度が低かったふすま部分の利用（ミネラル、ビタミン等）	ナノ加工ミルによる全粒粉微粉碎素材による食感向上
	ナノ化による糊化温度の低下	熱水を必要としないインスタントスープなど	澱粉の低温糊化により、冷水でも粘度調整が可能
	水産物すり身の粘性向上*	無塩・低塩の蒲鉾、竹輪等	魚肉、貝柱などの微細化肉（高ATP）で食塩無添加でも粘度上昇
	食品中の水含有動態の可視化	食感やかみごたえなどに関する指標を提供	水動態の可視化で食感や味等に関連するパラメータを提供できる可能性

● ナノスケール食品（素材）の将来的な出口のイメージ（液体系、気体系）

	新たな特性or技術	新たな食品or機能	理由
液体系	腸管での吸収性増大*	吸収特性の良い食品（高齢者、入院患者向け）	通常サイズの食品に比べて少ない量で、同等の栄養成分を摂取できる
	エマルションのナノサイズ化	乳濁飲料の半透明化	エマルションのナノ化により、従来乳濁していた飲料を半透明にする
	脂質の酸化抑制*	賞味期間の延長／酸化防止	エマルションのナノ化による脂質酸化速度低下
	粒径の均一性が高い液滴	長期保存	粒径が非常に均一な液滴では合一（融合）が抑制
	生体適合性が高い界面活性物質	食品添加物として利用	キトサンを素材としたマイルドな界面活性物質の応用
気体系	酸素ナノバブルによる水の動的特性変化	食品の冷蔵・冷凍保存、溶液保存時	通常の水と代替の可能性（効果の有無は未検証）
	空気ナノバブルの前処理による殺菌効果向上	鮮度維持	殺菌効果向上、殺菌剤低減

▶ 31 ※プロジェクト終了後の可能性であることにご注意下さい（*印は比較的可能性が高いもの）。

市民参加型テクノロジーアセスメントの試行

食品ナノテクをテーマとした 市民参加型テクノロジーアセスメントの実施

ナノトライ(NanoTRI):2008.9~10

科学研究費補助金により、食品ナノテクに対する市民からの提言をもとめる参加型イベント(ミニ・コンセンサス会議等)を実施。

北海道大学科学技術コミュニケーター養成ユニット(CoSTEP)が主体となって実施。

2008年10月に提言まとまる

★詳しくは:

<http://costep.hucc.hokudai.ac.jp/nanotri/>

NanoTRI - Nano technology, Trust, Responsibility, and Integrity

ナノトライ(NanoTRI)参加者募集!
「未来の食」への注文、いっしょに考える3つのイベント

1 ミニ・コンセンサス会議 2008年9月6日(土) 10月4日(土)・5日(日) 9:30~17:30	2 グループ・インタビュー 2008年9月7日(日) 9:30~12:30
3 サイエンス・カフェ 2008年9月7日(日) 15:00~16:30	参加申し込み 締め切りは 8月26日 [火]

ナノテクノロジーは、「わたしが食べたいもの」を作ってくれるの？

ナノテクノロジーは、物質を100万分の1ミリメートルの超微細なレベルでつくり、新しい材料や装置をうみだす最先端の技術です。この技術によって、小さい入れ物にたくさんのお菓子を詰めこめたり、電池の持ち手を長くしたりすることができるようになったことが知られています。食料への応用についても研究がはじまっており、ナノテクノロジーを活用した未来の食料のすがたも想像されています。

しかし、新しい技術がもたらす社会への影響については、光だけでなく陰の部分も存在します。研究者や開発者などの専門家が、自分が期待する技術の社会への普及を目標とするならば、自分が期待する点だけでなく、一般の人々の懸念に配慮することができるかについても考えながら、議論を積みだしていく必要があります。特に、食料については、食料を細かくすることで生みだされる塵埃だけでなく、塵埃や人の健康にどんな影響があるのかも十分に配慮しながら、一般の人々が食べたいと思うものを作りたいということが重要になってきます。

そこで、私たちの食への関心にナノテクノロジーが果たしていることができるのかをみんなで考えることを目的に、ナノテクノロジー(Nano)について語り合う3つの(TRI)イベント「ナノトライ(NanoTRI)」を開催します。ナノトライへの参加には、特別な資格や、ナノテクノロジーについての詳しい知識は必要ありません。未来の食料や、食料へのナノテクノロジーの応用に関心があり、それぞれのイベントに参加して、ほかの参加者や専門家の意見を聞き、考え、積極的に議論していただく方が、どんなでもご応募いただけます。

主催：ナノトライ実行委員会・北海道大学科学技術コミュニケーター養成ユニット(CoSTEP) 会場：北海道大学まが礼島市内

市民提言の内容（目次）

第1章 食べることは生きる喜びであり、生きる原点

第2章 安全性の確立にむけて

- 1 ナノ食品の定義や基準の整備が必要
- 2 消費者が安心して選択・購入できるためのナノ食品の表示の工夫・認証機関による認定
- 3 消費者の声が反映されるシステム
- 4 安全な労働環境の確保

第3章 情報公開

- 1 企業への提案
- 2 公的機関への提案

第4章 私たちの願うもの望むもの

- 1 味・風味・食感などの充実
- 2 吸収率の改善
- 3 外気や菌などから食品を守る技術
- 4 従来は廃棄されていた食材をナノ化により、利用できるようにする技術

第5章 未来の食に親しむ～ナノ・アート教育～



評価と政策的含意

- ▶ ポジティブおよびネガティブ両面からの多角的な提言がなされている。
- ▶ 食品ナノテクに関しては、消化機能障害を有する人々への福音になるといった潜在的可能性を認めつつ、その利用に関しては慎重な面も存在。
- ▶ 食品に新しい技術を適用する場合は慎重な姿勢を示しており、特に知らないで摂取することに対しては反対。
- ▶ 上記に関連して、食品ナノテクに関する表示や情報公開の必要性を指摘している。
- ▶ 消化吸収に関する基礎研究の必要性、コミュニケーションや教育の必要性に関する指摘も盛り込まれている。

謝辞

下記の方々より、貴重な情報提供および支援を頂きました。

- ▶ 農研機構食品総合研究所 杉山滋氏
- ▶ JST/RISTEXプロジェクト「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))



- ▶ 科学研究費補助金「ナノテクノロジーが農業・食品分野に及ぼす影響評価と市民的価値の反映に関する研究」(課題番号: 18380138、基盤研究(B)、平18-20)
- ▶ 科学研究費補助金「ナノ・フードシステムをめぐるガバナンスの国際動向と形成手法に関する研究」(課題番号: 21380135、基盤研究(B)、平21-23)

ご清聴有り難うございました

ご質問・資料請求につきましては、下記まで:

茨城大学農学部 立川 雅司
E-Mail: mtachi@mx.ibaraki.ac.jp

