

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18380138
 研究課題名 (和文) 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
 研究課題名 (英文) Nanotechnology and its Application to Agriculture and Food -Implications to Food System and Civil Society-
 研究代表者
 立川 雅司 (TACHIKAWA MASASHI)
 茨城大学・農学部・准教授
 研究者番号：40356324

研究成果の概要：

ナノテクノロジーは、その基盤技術的特性から、フードシステムの広範な領域への応用可能性を有している。ただし、現在のところ開発は栄養食品や包装資材などに限定されている。またナノテクの農業・食品分野への応用は、健康や環境に関わる未知のリスクや不確実性も同時に存在していることから、その社会適用にあたっては、技術の開発段階から市民社会との対話が求められている。本研究では、市民参加型技術評価手法を適用し、市民の懸念や期待を集約し提言としてとりまとめ、社会に発信した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2007年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
総計	8,000,000	2,400,000	10,400,000

研究分野：農業

科研費の分科・細目：農業経済学

キーワード：ナノテクノロジー、フードシステム

1. 研究開始当初の背景

ナノテクノロジーに関する研究開発は、これまで主として工業・通信・エネルギー分野を中心として、その基礎研究および応用研究が急速に展開している。しかし、これらナノテクノロジーの適用分野は、社会生活のあらゆる分野に広がり、農業や食品分野においても、今後様々な技術開発が進められ、生産・流通・消費の様々な段階で大きな変化をもたらす可能性がある。とはいえ、これまでのところ、農業・食品分野からのナノテクノロジーに対する関心は相対的に低く、農林水産省におけるナノテク関連予算も、省庁全体のナ

ノテク予算全体の3%以下と非常に小さい。しかし、ナノテクノロジーの基盤技術的特性から、ナノテクノロジーが新技術の影響が特定の部門に限定されない広範な応用可能性を秘めていることが考えられ、これまで想像もされていなかった分野でのブレイクスルーが、農業・食品分野に大きな変化をもたらす可能性や、DNA などナノレベルにおける生命科学の進展が、他の工学・材料分野の知見と融合することで、農業・食品分野に革新的な変化をもたらすことも想定され、農業・食品分野がナノテクノロジーと相対的に無縁な分野と見なすことはできない。

このように農業・食料分野に対するナノテ

クノロジーの影響を真剣に検討する必要性が指摘できるが、この必要性は緊急性を帯びた課題でもある。なぜならば、遺伝子組換え作物の例に見られるように、農業および食品における革新技術が、健康や環境に関わるリスクや不確実性があると想定される場合、市民社会との間での早い段階におけるリスクコミュニケーションが不可欠となる。特に、環境や食品に関わるリスクに対して高い関心を示す欧州においては、市民社会の懸念や批判から遺伝子組換え作物の規制が紆余曲折をたどり、規制のあり方に関して政治的な決着をみるまでに、10年以上もの時間を要することになり、結果的に遺伝子組換え技術開発において、アメリカに大きく遅れを取る事となった。

ナノテクノロジーに関しても、既に環境団体などから批判的見解が示されつつある。例えば、ETC グループによるナノテクのリスクや規制の空白に対する批判報告（ETC Group, 2004, 2005）や、途上国との格差助長などへの批判がなされていると共に、2002年にはアフリカにおける各種市民団体によりケープタウン宣言が提起され、予防原則の適用、および規制体制が確立されるまでナノテク製品の商業化に関するモラトリアムの必要性が訴えられている。

ナノテクノロジーの応用と商業化は、まだ現実的には緒についたばかりであり、本格的な商業利用はこれからである。国際的な標準化や、規制システムのあり方についても、今後の議論に委ねられている段階であり、遺伝子組換え技術分野で規制システムが1980年代後半に各国で整備され始め、90年代半ば以降急速に商業化が展開した事と照らし合わせるとすれば、今後の5～10年前後の期間が、ナノテクノロジーに関する規制システムの方向性を決定づける重要な時期に相当すると考えられる。その意味で、ナノテクノロジーに対する可能性を幅広く把握すると共に、市民的価値との両立可能性を模索しておくことは、現在の喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、2つある。ひとつは、農業・食品分野におけるナノテクノロジー（以下、「ナノテク」という。）が今後もたらす社会・経済・倫理的含意について、フードシステム全体を視野に入れつつ明らかにすることである。もうひとつは、ナノテクの適用により懸念される影響に関して、市民的価値を反映させるための政策形成手法を明らかにすることにある。研究期間内において、社会・経済・倫理的含意に関する現段階における評価を行うと共に、懸念される影響に関しては代表的な事例について、市民的価値を反

映させるための手法の開発と適用を試みる。これらを通じて、ナノテクが農業および食品分野にもちうる可能性を、市民的価値と両立させつつ実現できる政策形成のあり方を明示することが最終的な目的である。

3. 研究の方法

本研究においては、課題の性格上、農業経済分野、科学技術社会論、フードシステム論など関連分野からの参画を得つつ、社会実験的要素も組み込みながら実施した。また同時に国内外の農業・食品分野におけるナノテクノロジーの適用動向および関連政策の推移に関して、情報収集を進めながら実施した。

4. 研究成果

本研究において得られた成果に関しては、目的に述べた2つの柱に分けて記載する。

課題Ⅰ．農業・食品分野におけるナノテクの社会・経済・倫理的含意の解明

ナノテクが農業・食品分野においてどのように適用されていくのかに関しては、いまなお未確定な要素が残されているものの、こうした可能性を現段階において検討し、今後の農業・食品分野への含意を明らかにすることが課題Ⅰである。立川および河野が担当した。

（1）ナノテクの応用可能性に関する文献収集および関係機関ヒアリング

文献収集を行うとともに、海外情報に関しても定期的に収集し、本研究グループ内での情報共有をはかった。なお、収集した情報は、食品安全委員会、農林水産省などの行政機関の担当者や、大学や独立行政法人でナノテク研究に携わる研究者に対しても積極的に提供した。また、行政機関、開発企業および研究機関に所属する専門家に対してヒアリングを実施し、ナノテクの農業・食品分野への応用動向について把握した。

農業へのナノテクの応用は、薬効の浸透力を高めた農薬の開発といった発想はあるものの、具体的な製品の開発例は極めて乏しい。一方、食品への応用は、サプリメントや健康食品への開発と結びつけた加工技術への適用がみられ、技術の使用を謳う製品の販売も開始されている。また、乳化などにおいて、従来の技術を進展させた例もみられる。ただし、農業・食品分野におけるナノテクの定義は確立していないことから、産業的な広がりを把握することは困難である。ナノテクの農業・食品分野への適用に関するリスクアセスメント、リスクマネジメントは始まったばかりであり、国際的に見ても明確な方向性が定

まっておらず、関係機関で議論され始めた段階である。

(2) ナノテク研究者および関連産業に対する郵送アンケート調査

ナノテクの農業・食品への応用に関しては、最終製品を販売している企業も現時点では一部の企業に限定されており、研究開発状況に関しても公表情報は限定されている。このため、アンケート調査よりも個別の企業および研究者に対するヒアリングの方が有効であると判断した。またナノテクをどのように定義するか業界団体での共通認識が確定されていないという点でも、アンケート調査に対する方法論的な限界が示唆されたため、実施を見合わせる事となった。またヒアリングを通じて得られた知見およびコンタクト先に関しては、課題Ⅱで実施した模擬的市民参加型会議への参加者として協力依頼した。

(3) フードシステムを構成する主体間関係への影響に関する分析

農業・食品への応用動向に関しては、上記で述べたように加工技術への適用および健康食品分野への応用が散発的にみられる段階であるものの、ナノテクの応用領域はフードシステムのすべての段階（生産、加工、流通、包装、検知、衛生管理等）で将来的には進展することが予測される。このような進展は、ナノテクと他の科学技術分野（情報学、化学、生物学、物理学）との融合によって、さらに高度な応用への可能性をもたらされる。この方向性は、フードシステム間の緊密な連携や協調を実現することで、さらなる予測可能性や品質管理の可能性をもたらすことが予測される。

課題Ⅱ. ナノテクの影響・懸念に市民的価値を反映させるための政策形成手法の解明

ナノテクの農業・食品分野への応用に関しては、幅広い恩恵をもたらす可能性が指摘されている一方で、不確実性やリスクの面での懸念も指摘されている。特に、技術が食べ物への直接的な関連性を有するという点で、市民の関心は高く、リスクに対して懸念を抱きやすい。組換えDNA技術の農業・食品分野への社会適用にあたり、生じた様々な社会的問題の教訓は、農業・食品分野への革新的技術の適用にあたっては、市民に正確な知識を獲得させることで技術の社会適用への同意を促そうとする種々の活動、すなわちパブリック・アクセプタンスだけでは限界があることといえよう。そこで、ナノテクの農業・食品分野への応用においては、研究開発の早い段階から、様々なステイクホルダーから情報を

収集しつつ、市民社会と適切なリスクコミュニケーションを実施していくことによって、ナノテクに関する市民的価値を把握し、これを研究開発に反映させていく枠組みづくりが必要と考えられる。これが課題Ⅱである。研究は、杉山、三上、山口、高橋が担当した。

(1) ナノテク利用の懸念に関する文献収集および関係機関ヒアリング

ナノテク利用に関する懸念に関しては、とくにカーボンナノチューブの利用に関して国際的に懸念が高まり、ハザード分析に関する国際的な取り組みが着手されたという状況が存在したものの、農業・食品分野に限定した懸念に関してはまだ十分に評価されるという段階には至っていない。国内外のリスクアセスメント機関（食品安全委員会、欧州食品安全機関、FAO/WHO 専門家会合）も情報収集を開始しつつある段階である。

(2) メディア・市民団体におけるナノテクをめぐる言説構築の動向分析

研究開発段階および市民の意識形成という点において、「萌芽期」にあるナノテクに対して、市民を関与（エンゲージ）させるためには、商業化が目前の科学技術、あるいは市民が明確な意識と態度を形成しているケースとは、明らかに異なったアプローチが求められる。この意味でナノテクの社会適用の過程に市民をエンゲージしてゆく方策の設計は、新たな取り組みであると同時に工夫を必要とする。そこでどのような視点あるいは方法論上の工夫が考えられるのか、英国の事例を参照しつつ、「規範の継続的評価」を行うこと、過剰に楽観的（悲観的）な枠組みのシナリオを描かないこと、また調査論としては、多様な認識論に立った不確実性に配慮するべく質的調査法でアプローチを行うことが望ましいとの知見が引き出された。

(3) 市民参加型テクノロジー・アセスメント（PTA）の実践による市民的価値の把握と分析

市民社会との適切なリスクコミュニケーションをはかりつつ、ナノテクの食品への応用に対する市民的価値を抽出するための方法を模索するため、模擬的にPTAを実施した。具体的には、コンセンサス会議、グループインタビュー、サイエンス・カフェという、参加人数、費用、アウトプットの形態が異なる3つのPTAの手法を同時に行う会議設計を行い、これを「NanoTRI<ナノトライ>未来の食への注文、いっしょに考える3つのイベント」と名付け、杉山、三上が所属する北海道大学科学技術コミュニケーター養成ユニット（CoSTEP）と協同で実施した。NanoTRIの実施により、専門家と市民との相互作用、

抽出される意見の相違に関して知見を得ることができ、テーマの特性と市民参加実践の適用手法との関連性について示唆を得ることができた。特に、NanoTRI で設計されたコンセンサス会議は、予算や会場規模の関係から、市民の参加人数は10人（通常は18人程度）、会議日数は3日間（同4～5日間）と小規模とした（「ミニ・コンセンサス会議」と呼んだ）にも関わらず、この会議を通じて得られた市民提言は、ナノテクの食品応用に対し、広範でバランスのとれた提言がなされたことは特筆すべきである。この理由は、参加した市民と専門家が交わりながら少数で議論を行っていき設計としたことにより、元々テーマに対して関心の高い市民が、専門家の認識と齟齬のない知識を短期間で獲得することとなり、さらに個々の市民の経験があいまって、適切に文章に反映されたものと考えられる。この事実は、社会未適用の革新技术をテーマとするPTAの実施は有効でないとしていた多くの社会科学者の認識を改めるものとなっただけでなく、新たなPTAの手法を構築していく上でも有用な知見を得ることとなった。

この市民提言は、NanoTRI で実施した他のイベントの概要や経過も含め、ウェブサイト (<http://costep.hucc.hokudai.ac.jp/nanotri/>) に掲載して発信するとともに、特に関係の深い行政部局、研究機関、企業等に対し、積極的に情報提供を行っている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 3件）

- ① 立川雅司、「食品・農業におけるナノテクノロジー—遺伝子組換え作物規制からの示唆—」『科学技術社会論研究』6: 68-75、2008.3（査読あり）
- ② 山口富子、「萌芽期の科学技術を取り巻く社会的文脈の考察：ナノテクノロジーを事例に」『科学技術社会論研究』6: 99-107、2008.3（査読あり）
- ③ 立川雅司、「ナノテクノロジーの農業・食品分野への応用と社会」、『農業と経済』73(14): 20-27、2007.12（査読なし）

〔学会発表〕（計10件）

- ① 高橋祐一郎、「<ワークショップ>ナノテクノロジーと市民的価値3つの参加型手法「ナノトライ」の試み」、科学技術社会論学会第8回年次大会、大阪大学、2008年11月9日
- ② 三上直之ほか、「「ナノトライ」の実践結果」、

科学技術社会論学会第8回年次大会、大阪大学、2008年11月9日

- ③ 山口富子、「「未来の食への注文」に見られる市民的価値」、科学技術社会論学会第8回年次大会、大阪大学、2008年11月9日
- ④ 藤田康元、「ナノトライを評価する—「関与的エバリュエーター」の立場から—」、科学技術社会論学会第8回年次大会、大阪大学、2008年11月9日
- ⑤ 山口富子、「科学者とマスメディアの相互行為に介在する言説実践」、科学技術社会論学会第6回年次大会、東京工業大学、2007年11月11日
- ⑥ 立川雅司・河野恵伸、「ナノテクノロジーが食品分野に与える影響に関する研究課題—社会的受容性の視点から—」、日本フードシステム学会、2007年6月9～10日、宮城大学食産業学部
- ⑦ Masashi Tachikawa、「Agri-Food Nanotechnology in Japan,」 paper presented at the International Nanotechnology Workshop: What is Agri-Food Nanotechnology?, Institute for Food and Agricultural Standards, Michigan State University, 2007.4.2-3.
- ⑧ 立川雅司・河野恵伸、「ナノテクをめぐる政策と市民：バイテクの経験から学ぶこと」、科学技術社会論学会第5回年次大会ワークショップ「ナノテクノロジーと市民的価値」、北海道大学、2006年11月11～12日
- ⑨ 三上直之・杉山滋郎・高橋祐一郎・山口富子、「ナノテクの社会適用における市民参加型手法の可能性」、科学技術社会論学会第5回年次研究大会ワークショップ「ナノテクノロジーと市民的価値」、北海道大学、2006年11月12日
- ⑩ 立川雅司・高橋祐一郎、(依頼報告)「農業・食品分野へのナノテク応用とその社会経済倫理的含意—遺伝子組換え作物の経験から学ぶこと—」、第5回ナノテクノロジーの倫理・社会影響に関する委員会、(独)物質・材料研究機構東京会議室（平成17年度科学技術振興調整費ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究）、2006年1月27日

〔図書〕（計 1件）

山口富子編著、『科学技術をめぐる言説論的アプローチの展望：ナノテクノロジーを事例に』、国際基督教大学社会科学研究所、164頁、2007年

〔その他〕

ホームページ：「NanoTRI<ナノトライ>未来

の食への注文、いっしょに考える3つのイベント」(北海道大学)

「未来の食」への注文～「ミニコンセンサス会議」からの提言～ナノテクノロジーの食品への応用について

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

立川雅司 (Masashi Tachikawa)

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号：40356324

(2) 研究分担者

杉山滋郎 (Shigeo Sugiyama)

北海道大学・理学部・教授

研究者番号：30179171

三上直之 (Naoyuki Mikami)

北海道大学・理学部・特任准教授

研究者番号：00422014

山口富子 (Tomiko Yamaguchi)

国際基督教大学・教養学部・准教授

研究者番号：10392573

河野恵伸 (Yoshinobu Kono)

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構・

中央農総研セ・主任研究員

研究者番号：70355478

(3) 連携研究者

高橋祐一郎 (Yuichiro Takahashi)

農林水産政策研究所・主任研究官

研究者番号：10392573

若松征男 (Yukio Wakamatsu)

東京電機大学・教授

研究者番号：10266869