

「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた 高機能性素材等の開発」研究戦略

【参 考 資 料】

- ・高機能性素材の原料供給の可能性について
- ・研究開発の現状について
- ・米国の農林水産物を用いた高機能性素材開発に関する動き
- ・異分野融合研究の推進について(抜粋)

高機能性素材の 原料の供給可能性について

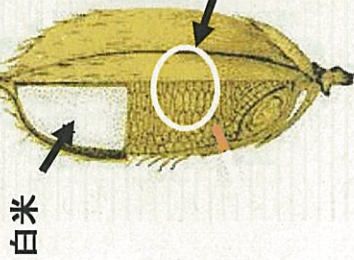
平成26年3月18日

農林水産技術会議事務局研究推進課産学連携室

もみ殻の利用状況

もみ殻の発生

もみ殻：年間発生量196万トン → シリカ40万トン含有
 (もみ殻中の非晶質シリカ割合：約20%)

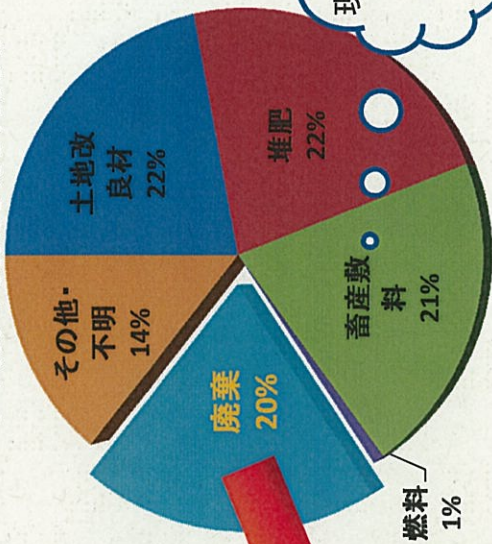


(参考)

稲わら：年間発生量960万トン
 → シリカ115万トン含有
 (稲わら中の非晶質シリカ割合：約12%)

もみ殻：40万トン
 (シリカ8万トン含有)
 利用可能

もみ殻の利用状況(現状)



現在のもみ殻の
 取引価格
 400~600
 円/トン

工業分野への利用

- ・シリカの年間需要・市場規模
 国内：3.1万トン・75億円
 海外：8.0万トン・173億円

グレード・粒径	価格帯(円/トン)
破砕品(30μm)	14万~18万円
球状品(30μm)	18万~25万円
球状(<1μm)	<100万円

樹脂基板材料

1μm未満の高グレード品の主な用途
 1μm未満のシリカ販売量は3,600トン(シリカ全体の3.2%)



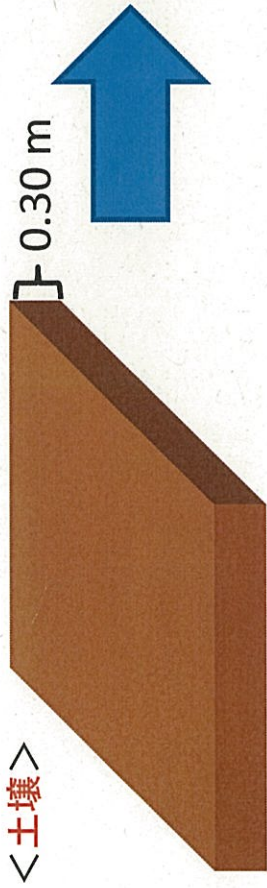
半導体封止材(ファイバー)
 シリカの主な用途(シリカ全体の94%、10.4万トン)

セメント強化材(10%~15%添加)
 価格(将来推測値)：10万円/トン、販売量(将来推測値)：5万トン

シリカ肥料(ケイ酸石灰：可溶性ケイ酸20%含有)
 価格：32,800円/トン、生産量：17万トン
 現在は主にスラグ(鉱滓)を粉碎してつくられる。

稲によるシリカへの吸収が土壌に及ぼす影響

10a(1000m²)の圃場を想定して算出(ケイ酸質肥料を用いない場合)



土壌300m³(375t)中に含まれるシリカ **56.25t**
 (水田の土壌の密度を1.25g/cm³
 水田の土壌中に含まれるシリカの割合を20%と仮定)



収量(kg/10a)	シリカ含有量(kg/10a)
稲わら 500kg	60kg
もみ殻 100kg	20kg

・稲が灌漑水から吸収するシリカ 27.4kg
 (10aあたりの灌漑水量を1440t、
 水溶性シリカ濃度を19ppmと仮定)

・稲が土壌から吸収するシリカ **52.6kg**

$$\frac{\text{土壌中のシリカ } 56250\text{kg}}{\text{土壌から稲に吸収されるシリカ } 52.6\text{kg}} = 1069.4$$

対象とした土壌中には56.25tのシリカが含まれ、一作期間中に吸収される量は52.6kgであるため、ケイ酸質肥料を施肥しなくとも約1000年は枯渇しない

近藤委員資料

奥谷 猛 様資料(社)植物情報物質研究センター

ケイ酸植物と石灰植物(高橋英一著 農山漁村文化協会)を参考に当該において算出

セルロースの存在量

＜様々な作物の残渣中に含まれるセルロースの重量＞

	生産量 [千t/年]	残渣率 [%]	残渣発生量 [千t/年]	含水率 [%]	残渣中のセルロース量 [千t]
米	8,520	143	12,184	20	9747
小麦	806	253	2,039	28	1468
大麦	16	250	41	9	38
トマト	722	100	722	80	144
ナス	327	100	327	80	65
大豆	198	214	424	60	170
サトウキビ	1,108	52	576	80	115
トウモロコシ	4,787	110	5,266	47	2,537
木材(間伐材)	3,480	281	9,800	15	4,900



利用可能なセルロース: 380万トン
 (残渣中のセルロースの20%を利用可能と仮定して算出)

作物統計(農林水産省H24,H25)、松村幸彦(2008)「太陽の恵みバイオマス」(コロナ社)を参考に農林水産省で算出

※残渣率=廃棄物の重量/目的とする生産物の収穫量(生産量)
 間伐材は利用量を生産量とし、未利用量/利用量で計算。
 ※木材のセルロース含有率は50%

研究開発の現状について(メンバーからの意見)

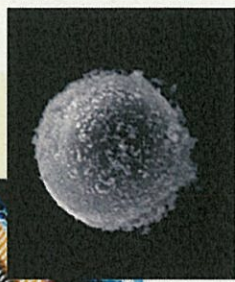
有望な農林水産物・副産物	左記に含まれる機能性物質 及び製造される工業製品等	需要(量・額)、資源国の輸出制限等	農林水産物・副産物から製造するメリット
<p>籾殻</p>	<p>バイオシリカ ↓ ○工業製品 ・半導体封止材(ファイラー) ・セメント、コンクリート強化材 ・タイヤ潤滑材 ・ゼオライト ○農業におけるシリカ肥料</p>	<p>・需要量(最も高価なファイラー)全世界のファイラーの生産量:12万7千t(2010年)うち25%が日本国内で消費。 ・価格:25~50万円/t(平均粒径30μmの場合)ナノレベルまで微細化できればさらに高付加価値。 ・現状の産出国 インド、中国、タイ、台湾、ブラジル、オーストラリア、スウェーデン、韓国</p>	<p>・籾殻は一部東南アジア地域で燃料として利用されているが、日本など多数は未利用量が多く、廃棄されているのが現状。 ・珪石から破碎する現状と比べて生産に要する電力量が小さいことから、籾殻産出国への適用が可能となる。 ・約200tの籾殻の有効利用(数値は平成24年度生産量85tより算出)</p>
<p>竹 間伐材等の木材 農作物の非可食部</p>	<p>セルロースナノファイバー(CNF) ↓ ・樹脂、ゴムと複合した工業用材料 ・透明な紙を用いた、タッチパネル、ペーパートランジスタ ・複合インク ・家電、自動車、航空機、農業設備等の強化材</p>	<p>ナノバイオベースファイバーの市場規模:約22億円(2011年)</p>	<p>・軽量かつ強度が高い。 ・植物由来であるため、環境負荷が少なく、未利用植物の有効利用につながる。 ・資源量が膨大。(約1兆8千億t)</p>
<p>林地残廃材 古米 さのこ廃培地 果実の種子</p>	<p>ナノカーボン ↓ ・活性炭キヤパシタ ・吸着剤 ・家電、自動車、航空機、農業設備等の強化材</p>	<p>活性炭市場:18億ユーロ(2011年)</p>	<p>・軽量かつ強度が高い。 ・植物由来であるため、環境負荷が少なく、未利用植物の有効利用につながる。 ・植物が生物として有する構造の特徴を活かしたカーボン材料の開発が可能</p>
<p>木粉</p>	<p>機能性木粉・プラスチック複合材(電磁波シールド材)</p>	<p>現在、電磁波シールドの素材には、銅、ニッケル、銀等が使われている。</p>	<p>・天然物由来であるため低コスト ・木質感、デザイン性</p>

高純度・非晶質シリカの用途(単一素材)

①シリカ肥料(農業)



②半導体封止材(電子部品)



③コンクリート強化材(シリカフェュームの代替)

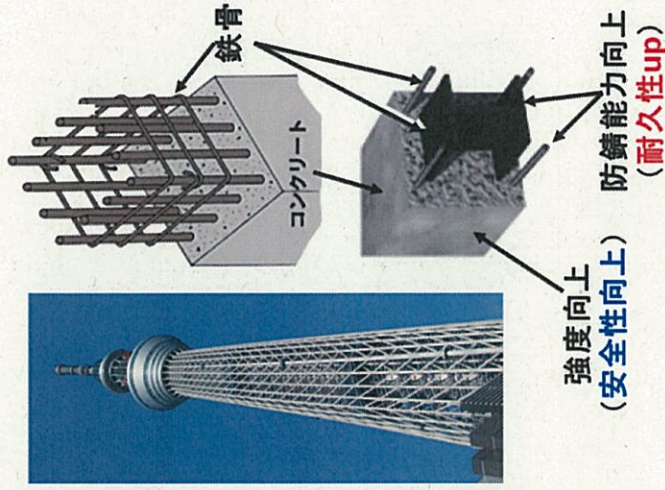
非晶質シリカの「高ポゾラン活性」の利用

効果①:ポゾラン反応によるコンクリート強度up

⇒ 建築物・構造体の安全性向上(高耐震性)

効果②:コンクリート内でのアルカリ性の維持

⇒ 鉄骨材の防錆効果=耐久性の向上



④化粧品・食品添加材, タイヤ補強材 etc.

大阪大学 接合科学研究所 副所長 教授 近藤委員
第2回「農林水産・食品分野と異分野との連携に係る研究戦略検討会」発表資料より引用

ナノセルロースを用いた工業素材の開発

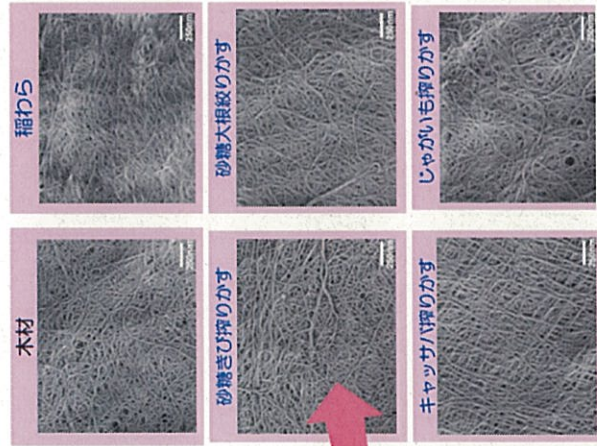
・石油資源

- 合成過程が低コスト
- 特定地域に偏在
- 約40年で枯渇

・植物由来ナノセルロース

- 植物由来であるため、膨大に存在
- 薄く広く存在しているため、回収にコストがかかる

様々な原料からの
ナノファイバー



バイオナノマテリアル
による未来材料

自動車



軽量で強いポディ材料。
燃費向上

家電品



耐衝撃に優れ、
リサイクル容易な筐体材料

建材



高強度でリサイクル可能な
建築材料

IT部品



高性能・高性能で
環境に優しいIT部材

包装・容器



ガスバリア性、耐衝撃性に優れ、
環境に優しい容器

米国の農林水産物を用いた高機能性素材開発に関する動き

「国家ナノテクノロジー・イニシアチブの戦略案」抜粋（邦文要約）

米国の「国家ナノテクノロジー・イニシアティブ（NNI）」（政府関係機関の連携プラットフォーム）は2013年11月、「国家ナノテクノロジー・イニシアチブの戦略案」を公表し、パブリックコメント求めている。

以下は、戦略案のUSDA（農務省）関係の記述の要点を仮訳したもの。

- ナノテクノロジーは食料、農業、農村地域開発、栄養、環境などの分野において潜在力を有す。USDAの内部組織である農業研究部（ARS：Agriculture Research Service）、森林局（FS：Forest Service）、国立食料農業研究所（NIFA：National Institute of Food and Agriculture）は合同委員会を組織し、ナノ物質や生物由来の素材等の活用を目的とした研究を推進中。
- ARSでは、長期的な視点で農業生産量、食の安全性、品質、栄養の持続的向上を可能にするため、サルモネラ菌を検出するナノレベルのバイオセンサー等の科学技術を推進中。
- ナノテクノロジーは、再生可能な資源の活用において、根本的な変革と大きな利益をもたらす。例えば、木材由来のナノセルロース物質のうち、結晶質ナノセルロース（CNC）はケブラー（合成繊維）より強度が高く、石英と同等の圧電性を有す。
- 森林局では、パデュー大学、ジョージア技術研究所、メイン大学等と連携してナノセルロース物質の物性、予測モデル、表面改良、新たな製品開発についての研究を進めている。ナノセルロース物質の近年における研究方向としては、石油化学由来物代替として、軽くて、強い紙類、建設資材、耐久性を有する木質材料、自動車や航空機の合成樹脂パネル、電子機器、生物医学的な製品を検討中。

（Public Comment on Draft 2014 NNI Strategic Planの仮訳抜粋）

DRAFT FOR PUBLIC COMMENT

NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE

STRATEGIC PLAN

National Science and Technology Council

Committee on Technology

Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology

DRAFT

FOR PUBLIC COMMENT

DRAFT FOR PUBLIC COMMENT

**National Science and Technology Council
Committee on Technology (CoT)
Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology
(NSET)**

CoT Chair: Thomas Kalil, Office of Science and Technology Policy
CoT Executive Secretary: Randy Paris, Office of Science and Technology Policy

NSET Subcommittee Co-Chairs:

Altaf H. Carim, Office of Science and Technology Policy

Lloyd J. Whitman, Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology

NSET Subcommittee Executive Secretary:

Tarek R. Fadel, National Nanotechnology Coordination Office

National Nanotechnology Coordination Office:

Robert Pohanka, Director

NSET Subcommittee Participants

Office of Science and Technology Policy (OSTP)

Altaf H. Carim*

Office of Management and Budget (OMB)

James Kim*

Celinda Marsh*

Consumer Product Safety Commission (CPSC)†

Mary Ann Danello*

Trey A. Thomas*

Department of Commerce (DOC)

Bureau of Industry and Security (BIS)

Kelly Gardner*

Economic Development Administration (EDA)

Thomas Guevara*

National Institute of Standards and Technology (NIST)

Ajit Jillavenkatesa*

Debra L. Kaiser

Lloyd J. Whitman*

U.S. Patent and Trademark Office (USPTO)

Gladys Corcoran*

David R. Gerk*

Bruce Kisliuk*

Department of Defense (DOD)

Mostafiz Chowdhury

Jeffrey DePriest*

Akbar Khan*

Heather Meeks

Brian D. Pate

Gernot S. Pomrenke*

Lewis E. Slotter*

David M. Stepp*

Peter Vandeventer

Department of Education (DOEd)

Peirce Hammond*

Krishan Mathur*

Department of Energy (DOE)

Harriet Kung*

George Maracas*

John C. Miller*

Andrew R. Schwartz*

Brian G. Valentine*

Department of Health and Human Services (DHHS)

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)

Candis M. Hunter

Food and Drug Administration (FDA)

Carlos L. Peña*

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

Charles L. Geraci*

Vladimir V. Murashov*

National Institutes of Health (NIH)

Piotr Grodzinski*

Lori Henderson*

Department of Homeland Security (DHS)

Eric J. Houser*

Richard T. Lareau*

Department of the Interior (DOI)

U.S. Geological Survey (USGS)

Sarah Gerould*

Department of Justice (DOJ)

National Institute of Justice (NIJ)

Joseph Heaps*

Department of Labor (DOL)

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Janet Carter*

Department of State (DOS)

Christopher M. Cannizzaro*

Ken Hodgkins*

Department of the Treasury (DOTreas)

John F. Bobalek*

Department of Transportation (DOT)

Peter Chipman*

Jonathan R. Porter*

KEY * Official NSET Representative

† Denotes an independent commission that is represented on NSET but is non-voting

DRAFT FOR PUBLIC COMMENT

**Environmental Protection Agency
(EPA)**

Tina Bahadori*
Nora F. Savage*
Philip G. Sayre*
Thabet Tolaymat*

Intelligence Community (IC)

**Director of National
Intelligence
(DNI)**

Richard Ridgley*

**National Reconnaissance
Office (NRO)**

Matthew Covert*

**National Aeronautics
and Space Administration (NASA)**

Michael A. Meador*

National Science Foundation (NSF)

Parag R. Chitnis*
Khershed Cooper*
Barbara Karn
Fred Kronz
Thomas P. Rieker*
Mihail C. Roco*
Grace J. Wang*

**Nuclear Regulatory Commission
(NRC) †**

Brian Thomas*

**U.S. Department of Agriculture
(USDA)**

**Agricultural Research Service
(ARS)**

Robert Fireovid*

Forest Service (FS)

World L.-S. Nieh*
Theodore H. Wegner*

**National Institute of
Food and Agriculture (NIFA)**

Hongda Chen*

**U.S. International Trade
Commission (USITC) †**

Elizabeth R. Nesbitt*

(原文／オリジナル)

U.S. Department of Agriculture

Nanotechnology has the potential to impact all areas that the U.S. Department of Agriculture provides leadership on: food, agriculture, natural resources, rural development, nutrition, the environment, and related issues. The Agricultural Research Service (ARS), Forest Service (FS), and National Institute of Food and Agriculture (NIFA) participate in the NSET Subcommittee to promote coordinated research, development, commercialization, education, and outreach on nanoscale science, engineering, and technology in support of a variety of applications, including cellulosic and other nano- and biomaterial, agricultural production, and human nutrition as well as food safety and food quality. The USDA also contributes to the NNI EHS efforts toward responsible development and deployment of nanotechnology.

Agricultural Research Service

ARS is the USDA's chief in-house scientific research agency. ARS research leverages science and technology, including ENMs and NEPs, to enable substantial improvements in long-term agricultural production, in food safety and quality, and in human nutrition. Examples of this research include the development of nanorod-based biosensors to rapidly, accurately, and selectively identify *Salmonella*; the incorporation of nanoemulsions, nanoparticles, and microfibrils into edible films to develop food products with improved barrier and mechanical properties, greater nutritional value, and improved taste; and the use of nano-cantilevers to detect toxin molecules with high sensitivity.

Forest Service

Nanotechnology has enormous promise to bring about fundamental changes in and significant benefit from our Nation's use of renewable resources. For example, cellulose nanomaterials derived from trees: (1) are renewable and sustainable; (2) are produced in trees via photosynthesis from solar energy, atmospheric carbon dioxide, and water; (3) store carbon; and (4) depending upon how long cellulose-based products remain in service, are carbon negative or carbon neutral. Cellulosic nanocrystals, for example, have strength properties greater than Kevlar®, piezoelectric properties equivalent to quartz, and can be manipulated to produce photonic structures. The USDA FS, in collaborations with Purdue University, Georgia Institute of Technology, the University of Maine, and others, has been conducting research on characterization, predictive modeling, surface modification, and development of new applications for cellulosic nanomaterials. Current global research directions in cellulose nanomaterials indicate that this material could be used for a variety of new and improved product applications including lighter and stronger paper and paperboard products; lighter and stronger building materials; wood products with improved durability; barrier coatings; body armor; automobile and airplane composite panels; electronics; biomedical applications; and replacement of petrochemicals in plastics and composites. The U.S. forest products industry, the major supplier and a user of cellulose nanomaterials through its Agenda 2020 Technology Alliance, has initiated a Cooperative Board for Advancing Nanotechnology.

(別添)

「異分野融合研究の推進について」
(平成25年8月30日 農林水産技術会議事務局)

(抜粋)

異分野融合研究の推進について

<背景>

- **農林水産・食品産業**は食を通じて、人の生命や健康の維持に直結し、人が自然環境を手に加えることにより継続する産業であることから、その研究には**医学、工学、理学など異分野との境界領域が多く存在**する。
- 近年、遺伝子工学、医療、IT、ロボット工学等の異分野の技術にめざましい進展がみられ、これらとの連携により**技術革新及び農林水産業・食品産業の成長化が期待される状況**。
- 「**科学技術イノベーション総合戦略**」(平成25年6月7日閣議決定)
府省連携により「科学技術イノベーションの活用による農林水産業の強化」を言及。
- 「**日本再興戦略**」(平成25年6月14日閣議決定)
「新たな育種技術や高機能・高付加価値農林水産物の開発、**IT、ロボット技術等の科学技術イノベーションを活用した生産・流通システムの高度化**等を通じ、市場・産業の拡大・発展を図る。」旨を言及。

農林水産省でも、医学、工学、理学などの異分野と連携した研究開発を推進する必要

<研究推進戦略の検討>

本年5月25日 「農林水産・食品分野と異分野との連携にかかる研究戦略検討会」を設置

検討内容: 異分野との融合研究における、重点分野の設定及び研究の推進手法を策定

6月19日: 第1回検討会、7月9日: 第2回検討会、7月19日: 第3回検討会を開催

8月30日 「**異分野融合研究の推進について**」(戦略)を公表

<25年度補正予算及び26年度予算(概算決定)>

「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」(25年度補正予算: 30億円程度) 及び
「民間活力を活かした研究の推進」(26年度予算(概算決定): 10億円)の中で、「異分野融合研究」を創設

＜まとめ＞

- 農林水産省は関係府省と連携の上、これまで以上に異分野との融合研究を推進していく必要がある。研究の推進に際しては、研究の出口を見通したものとなるよう、広く産業界の技術開発ニーズを把握するとともに、産学連携を推進する等して、達成すべき目標をもとに研究を組み立て、推進するバックキャスト型の研究推進を徹底していくべき。
- 今後、農林水産省は具体的な研究領域を選定し、異分野との融合研究を推進する場合にあっては、本戦略に沿って研究領域を選定するとともに、選定された研究領域ごとに研究推進戦略を策定した上で研究を推進していくべき。

- 「攻めの農林水産業」につながるもの
- ・ 食と健康の研究（医→農・食）
 - ・ 分子情報を活用した農林水産物、食品の探索（医、薬→農・食）
 - ・ NBT（遺伝子編集技術）による新品種作出（理→農）
 - ・ 遺伝子や代謝物に着目した栄養、生産制御技術（理→農）
 - ・ 遺伝子組換え技術を利用した臓器作成用家畜作出（理→農）
 - ・ ICT、ロボット技術の活用による現場技術の開発（工・情報→農）
- 新たな産業の創出につながるもの
- ・ 再生医療、医薬品への農畜産物の活用（農→医、薬）
 - ・ 農林水産物、食品の産生物質を活用した薬剤開発（農・食→薬）
 - ・ バイオミメティクスを活用した機能性素材開発（農→理、工）
 - ・ 農林水産物由来の物質による機能性素材等開発（農→工）
 - ・ 農林水産物によるエネルギー及び関連材料の開発（農→工）

※（ ）内の分野表示は（「主たる技術シーズを有する分野」→「当該技術が貢献可能な分野」）を示す。

推進手法のイメージ

農林水産省 (戦略検討会)

● ○○研究戦略の策定(農林水産省) ☆ 国民、産業界のニーズに基づき、実用化、海外展開を見通した研究戦略

○○プラットフォーム

拠点大学・研究機関等

※研究推進能力を有する機関を選定



☆連携協定の締結

(独) 農研機構生研センター

☆研究委託、技術支援

● 研究ワークショップの開催(主催:拠点大学等)

☆戦略に基づく研究課題の検討

● 異分野融合研究

計画研究(拠点大学)

公募研究

攻めの農林水産業を実施するためのイノベーションの創出