

# IT×ロボット研究分野において 革新的イノベーションが期待できる 有望な研究テーマ

## ○ 「暗黙知」と「形式知」の統合による スマート農業システム

減少する熟練農家の知識・知恵をデータとして保全・活用  
農業の魅力を高め、若い世代の新規就農を促進

## ○ 農業ロボットの研究開発

農業就業者の減少、高齢化による労働力不足を解消  
農業生産の低コスト化

**IT農業、農業ロボットなど先端技術の輸出産業化**

# 「知」の分類と活用

## 形式知

Public knowledge

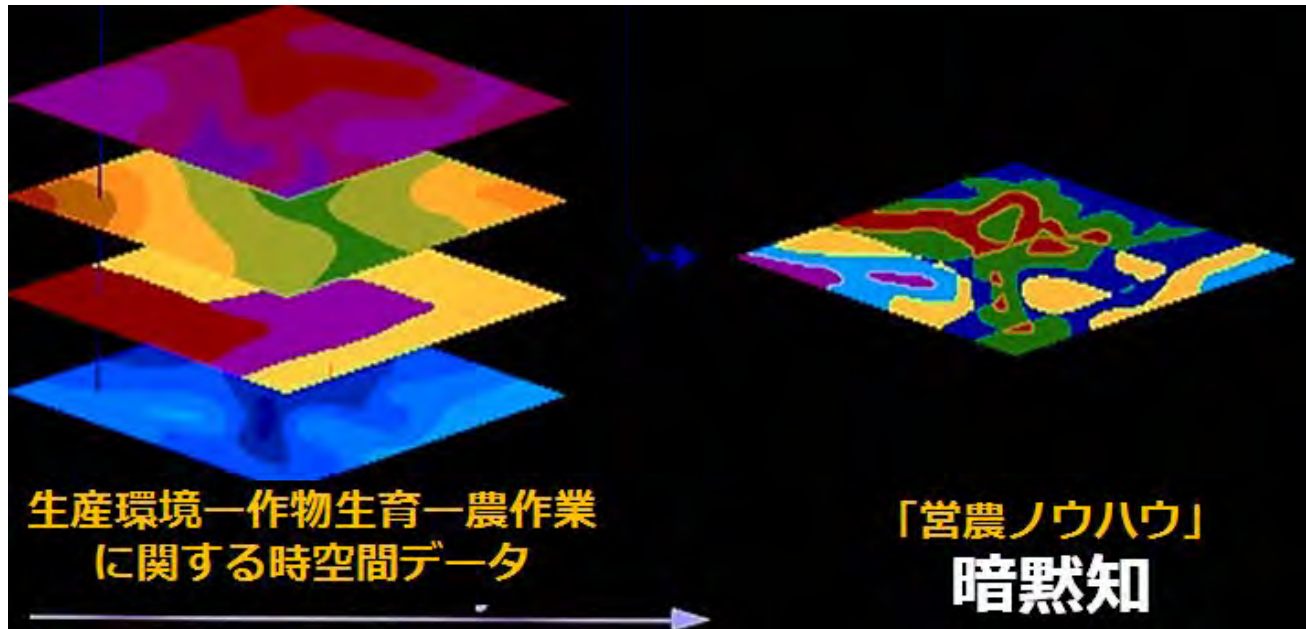
- 言葉や文章、数式、図表などによって表出することが可能な客観的な知識

## 暗黙知

Private knowledge

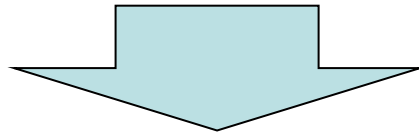
- 経験や勘に基づき言葉などで表現が難しい知識

## データマイニングによる暗黙知（営農ノウハウ）の抽出



# 『暗黙知』活用の課題

- 土地基盤型では多くて年2回の生産、施設園芸でも年4.5回が限界
- 気象条件の自由度からすると、実際の環境・生育情報が取得できる回数は極めて限定的



- 作物栄養学、作物学、農業気象学の知見などパブリックな「形式知」の活用が必須
- 「暗黙知」と「形式知」の統合を図るためにメタデータを含めて「知」の構造化が不可欠

**問題解決のポイント：「農学」 & 「情報科学」の融合**

# IT農業に必要な科学技術

- **低コストで良質なG空間情報収集技術**

(リモートセンシング、センサネットワーク、生体センサ、  
土壌センサ、センサ融合技術、フリートマネージメントなど)

- **作物栽培モデリングと形式知の体系化**

(生産環境－作物生育－農作業の統合モデリング、リレーショナル  
データベース設計など)

- **形式知と暗黙知の融合技術**

(ビッグデータ処理技術、データマイニングなど)

- **農業情報の利活用技術**

(営農シミュレーションシステム、タブレット・スマホなど汎用  
プラットフォーム開発、農業情報の標準化など)

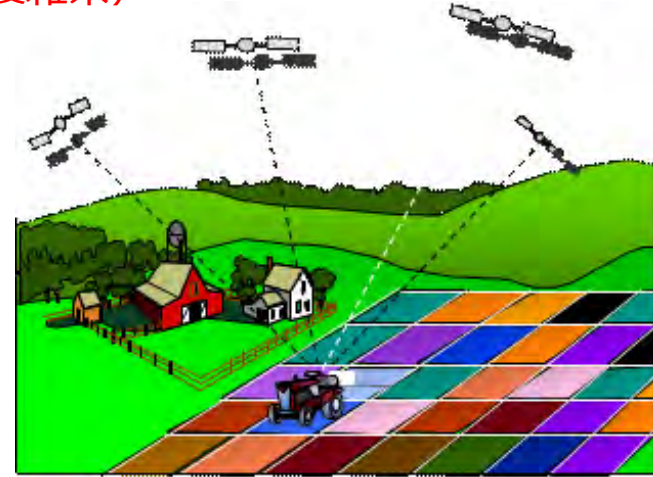
# 農業ロボット

## 農業ロボット研究開発のポイント

- 作業環境が複雑で整備されていない。(非線形・複雑系)
- 作業環境が刻一刻変化する。(時変系・適応系)
- ロボットは農家(ヒト)の代わりに作業をする。  
(スマートシステム、ユーザーインターフェース)

## 農業ロボットの要件

- 安全性
- 信頼性
- 自律性
- 作業性(能率)
- 操作性
- 柔軟性・拡張性
- 省エネルギー
- コスト

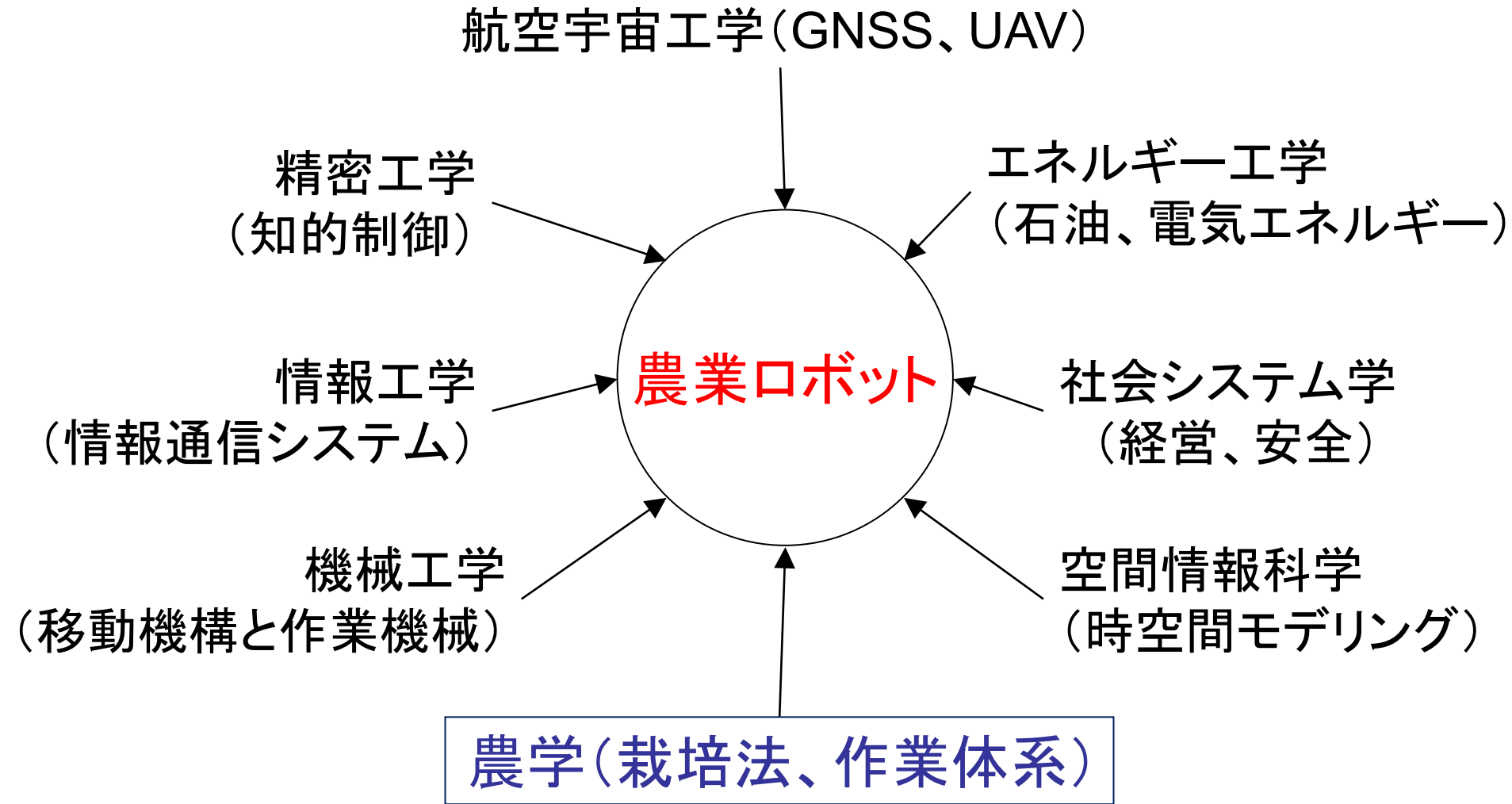


土地基盤型農業



施設園芸

# 農業ロボット(土地基盤型)に必要な学術分野



**農業ロボットはまさに異分野融合技術**

# IT×ロボット研究分野の 異分野融合研究手法

拠点大学 (大学B)

農学系

工学系

情報系

社会科学系

• 独法A

• 大学B

• 大学C

• 独法D

研究課題- 1

共同研究機関E, F, 企業G

研究課題- 2

共同研究機関H, 企業I, J

研究課題- 3

企業L

研究課題- 4


共同研究機関M, 企業N

⋮

コンソーシアム

# 参 考

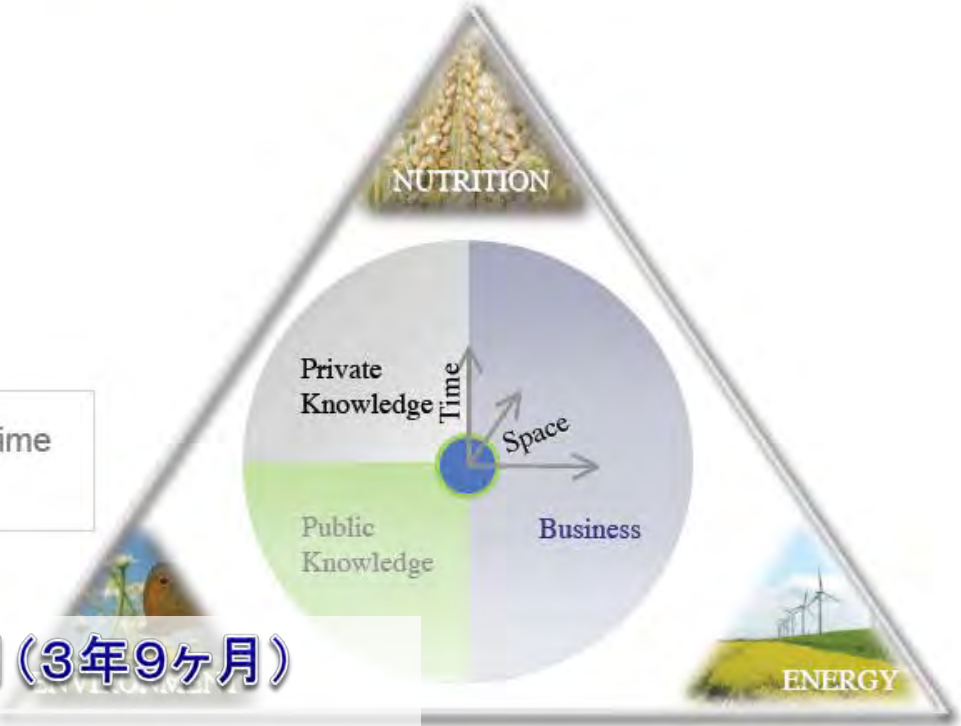
## ドイツにおけるIT農業に関する異分野融合研究プロジェクト (拠点研究機関:ドイツ人工知能研究所)

**iGreen** Knowledge Management in the Agriculture 



**iGreen** gets Services and Knowledge to the Point

**iGreen** technology enables real-time prognoses directly on site.



期間: 2009年4月から2012年12月(3年9ヶ月)  
研究費: 1,400万ユーロ(約18億円)  
参画機関: 試験研究機関、企業、農業団体など24機関



第二回 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

FUJITSU

shaping tomorrow with you

農業におけるICTの役割

2013年7月9日  
富士通株式会社  
政策渉外室長 河野 誠

## 異分野融合研究のインフラ

### 異分野融合研究を支援・加速化するツール

- 計算科学、シミュレーションを支えるスパコン
- ビッグデータ分析・活用による新たな価値創造

演算能力の向上、超低消費電力化等の基礎研究

## 農業の発展のためのツール

### 経営・生産・販売の見える化

最先端のICTを活用した見える化によって

- 生産性と品質の向上
- 生産プロセスの革新、後継者育成
- 産業としての競争力強化

# 異分野融合研究のインフラ

## 新薬開発のためのシミュレーション

スクリーンをご覧ください

細胞のガン化を進めるタンパク質と医薬候補の反応

# 富士通の農業への取り組み

## ■ JA様向けシステムビジネス 1970年～

## ■ 生産者と共に 2009年8月～

- 新福青果（宮崎県：露地野菜）
- フクハラファーム（滋賀県：稲作）
- イオンアグリ創造（茨城県など：露地野菜など）
- 早和果樹園（和歌山県：みかん）

## ■ 食・農クラウドサービス Akisai発表 2012年7月

- 企業的農業
- 三つの見える化
  - 経営の見える化
  - 生産の見える化
  - 顧客の見える化

農業の生産現場を中心に、2008年10月から全国10ヶ所の農業法人様と実証実験を实践



# 食・農クラウド Akisai コンセプト

FUJITSU

「豊かな食の未来へICTで貢献」

食品加工・卸・小売・外食  
生産者と連携した  
新しいバリューの構築

消費者  
いつでも安心して  
おいしい食事を

食・農クラウド  
Akisai

生産者  
企業的農業経営  
の実現

自治体／団体  
6次産業化を核とした  
地域活性化

生産現場でのICT活用を起点に  
流通・地域・消費者をバリューチェーンで結ぶ

# 食・農クラウド「Akisai」の概要

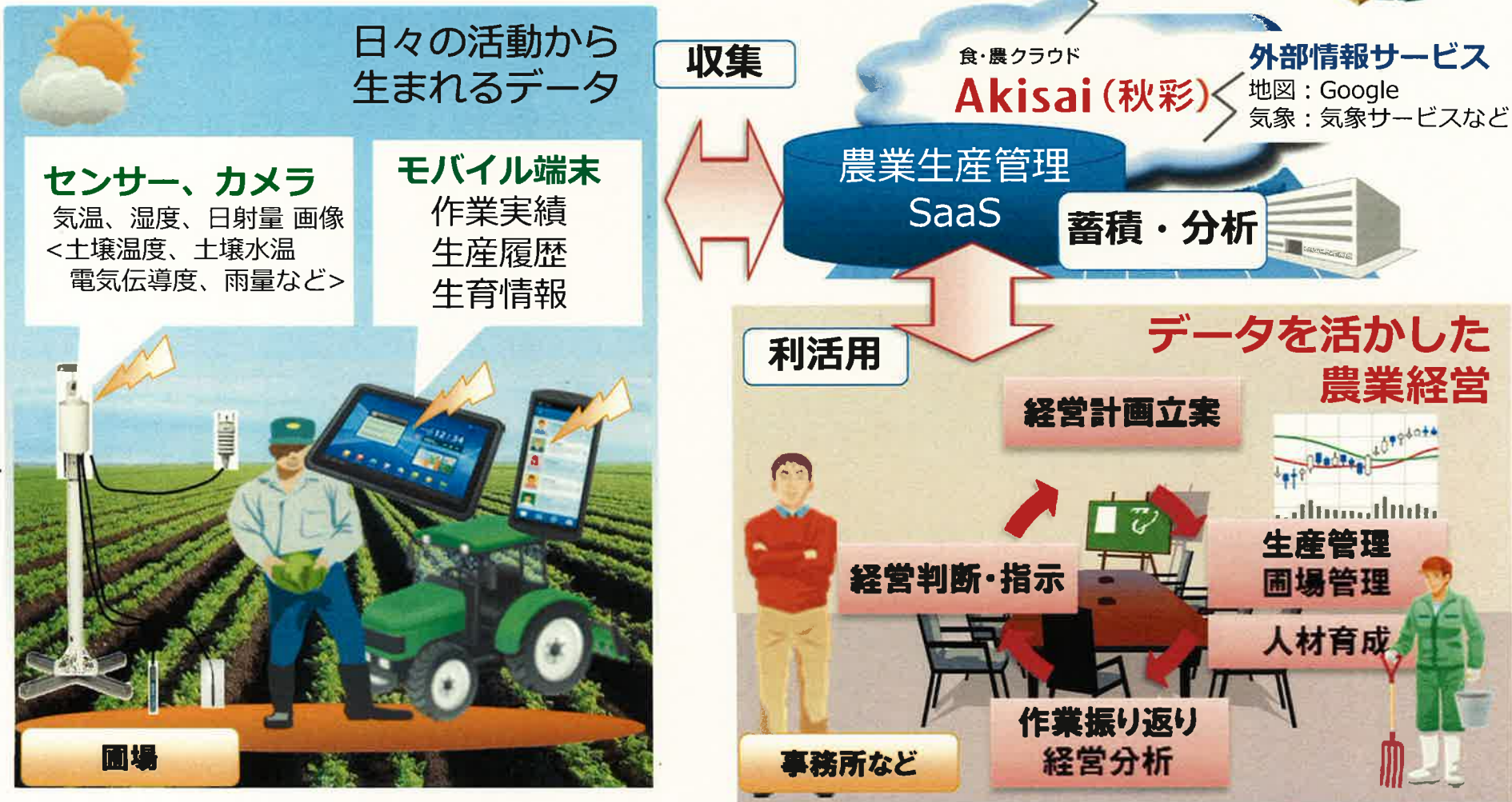


- 現場から経営まで企業の農業経営を実現するサービス
- 土地利用型・施設園芸・畜産をカバー
- 組織的マネジメントをサポートするイノベーション支援サービス



# 農業生産管理SaaSの概要

## データを活かした農業経営の実践



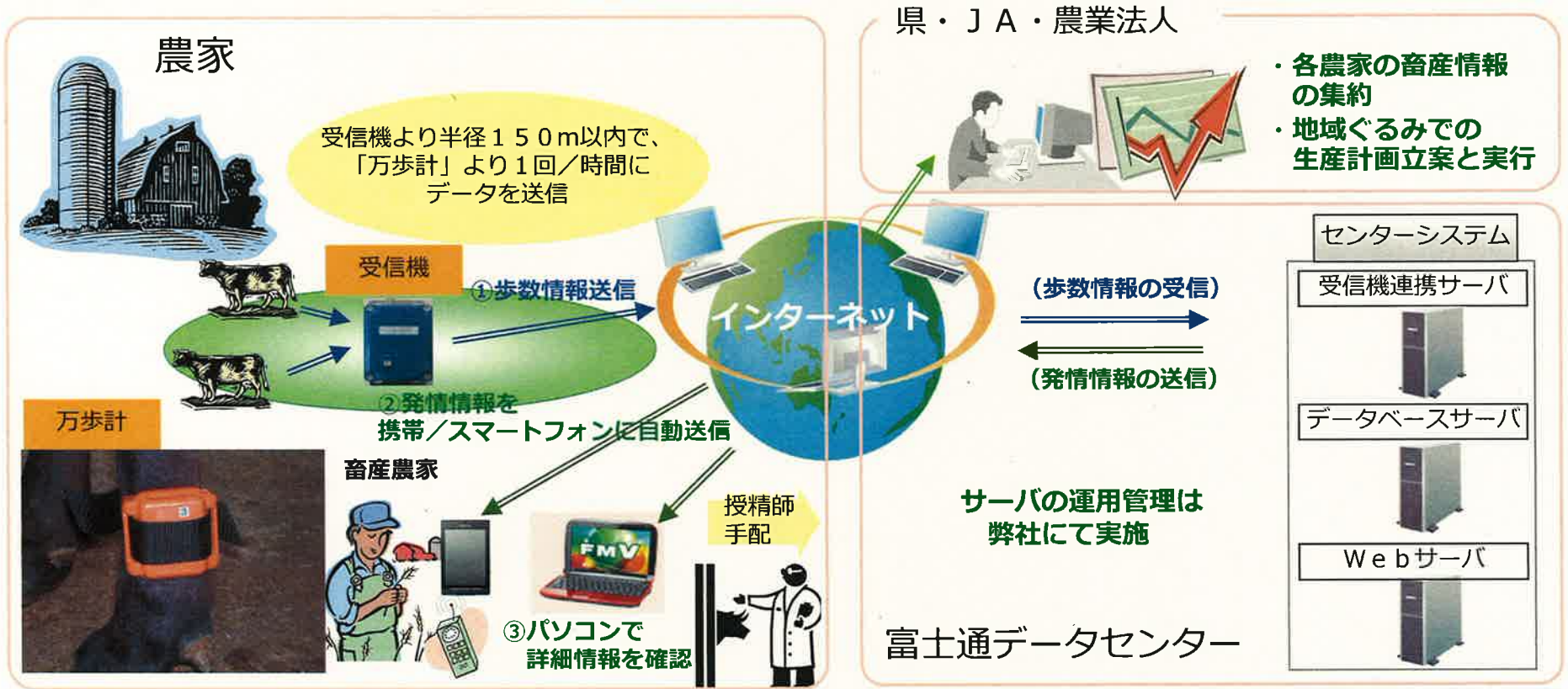
- 現場で使いやすい
- 経営へ活かせる分析
- 集約マネジメント

# 牛歩SaaSの概要

## 【牛歩SaaSとは】

牛歩は牛の行動特性を利用して、万歩計を活用した歩数データの推移で発情時期を検知し、高い受胎率で繁殖させることを可能にするシステムです。

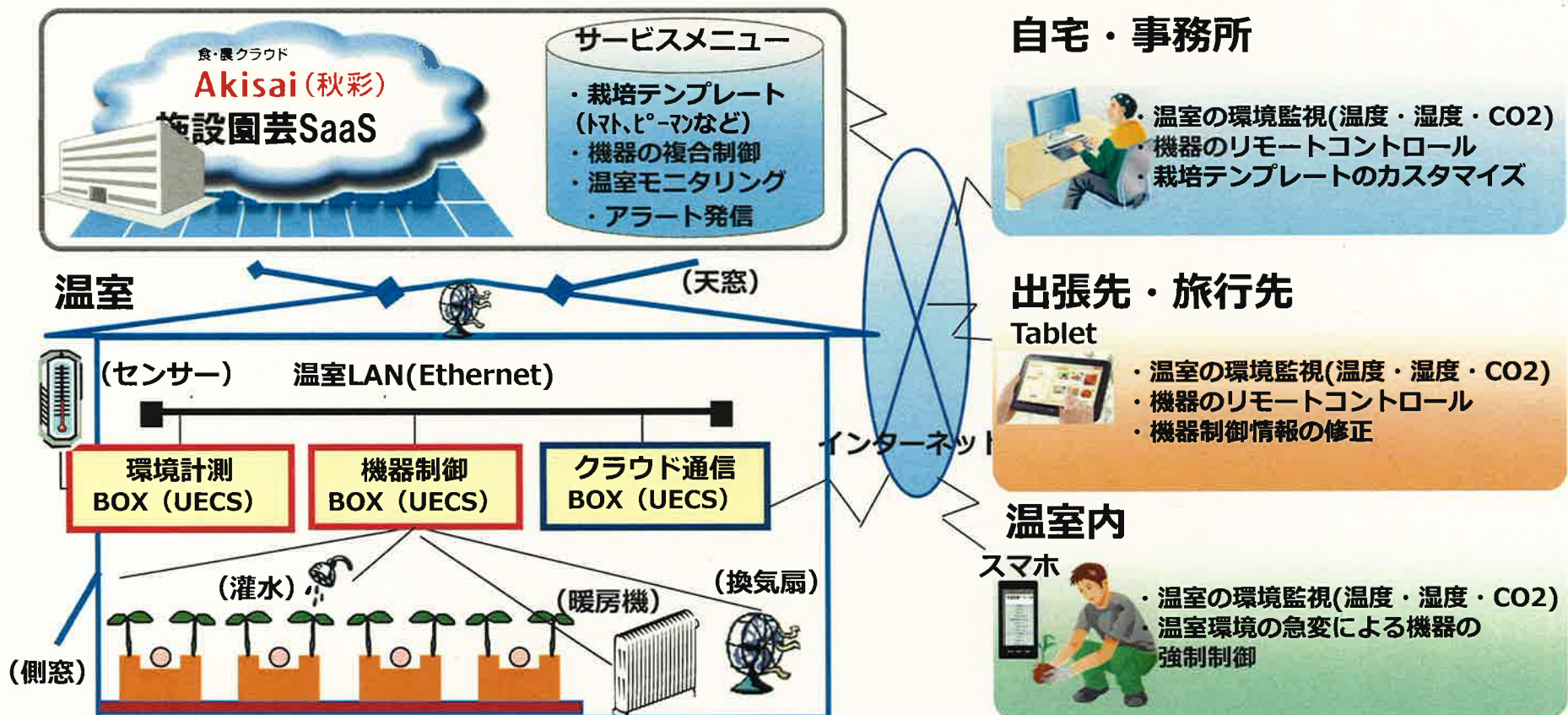
種付けタイミングの見逃しによる酪農・畜産家の損失を激減させ、かつ、雄雌の産み分けにも活用でき、経営効率化の支援を行います。





# 施設園芸への取り組み

- 温室とクラウドをつなぎ、PC/携帯からの遠隔監視・リモート制御を可能に
- クラウドに蓄積したデータを活用し、栽培技術の向上を図る
- 日本発の施設園芸／植物工場複合環境制御システムUECSを採用



# 沼津・Akisai農場

- 「Akisai」 活用のもと自社農場を沼津工場に開設
- 実践から得るデータ、検証結果をもとにサービス開発を更に加速

食・農クラウドAkisai (秋彩)

Akisai農場はじめました。

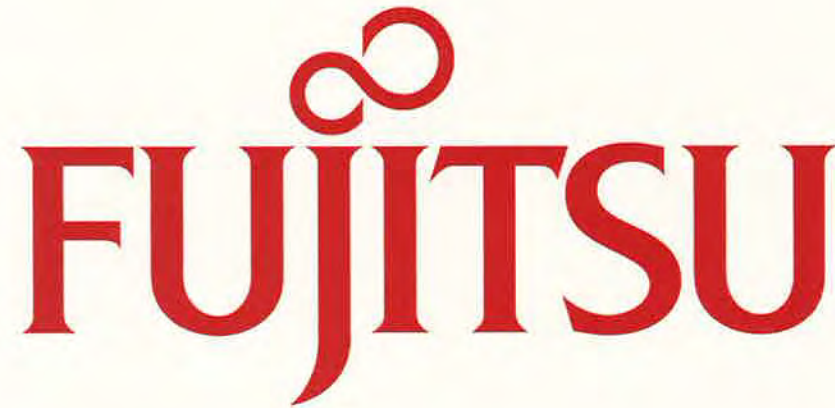


施設園芸  
SaaS

農業生産管理SaaS  
(モバイル端末検証)

農園情報  
センシングNW

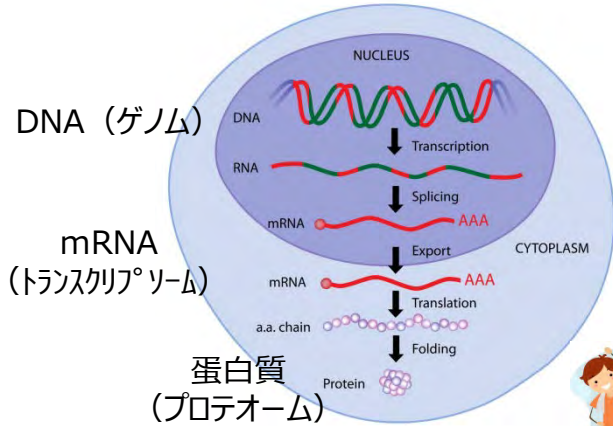
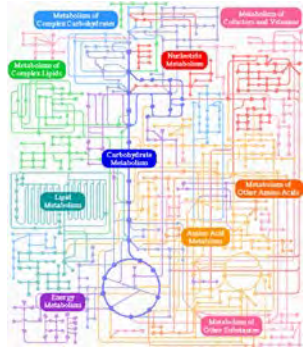
圃場センサー



shaping tomorrow with you

# メタボローム解析技術をコアにした農産物・食品と健康・医療の融合研究プラットフォームが世界中で形成されつつある

資料5-3



低分子化合物  
(MW < 1000)  
(メタボローム)

アミノ酸、核酸、脂肪酸、  
フラボノイド、カロテノイド、...

農産物・食品



植物資源



メタボローム  
解析技術



健康・医療



薬学



<http://www.metabolomicscentre.nl/>



**MetaboHUB**  
Infrastructure Nationale  
en Métabolomique

- (i) ヒト疫学コホートや農産物のbiochemical phenotyping、システム生物学による解明
- (ii) ヒト生体試料や植物、微生物、動物の代謝産物の同定、等

<https://www6.inra.fr/metabohub/>



UCD Institute of Food and Health  
Institiúid Bia agus Sláinte UCD

Personalised Nutrition - An Integrated Approach

栄養メタボローム解析を用い、科学的な個別化栄養研究を実施し、ゲノム情報等とあわせて、テーラーメイドの食事アドバイスを実現する

<http://www.ucd.ie/foodandhealth/>



# 農産物－食品－健康を先端分析技術と疫学研究で結ぶ 融合研究プラットフォーム（案）

農作物・食品

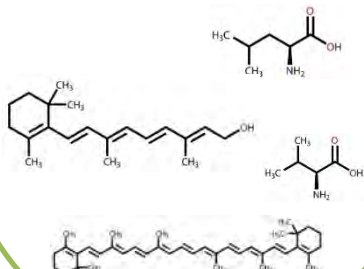
異なる地域・  
食習慣での検証

各地域の  
コホート研究

## 融合研究プラットフォーム

機能性成分情報

### 先端分析ユニット

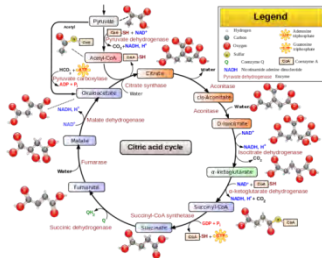


メタボロミクス  
プロテオミクス  
ゲノミクス

### 農・食と健康の 科学的知見の創出

生体情報の  
網羅的解析  
および  
疫学＋データサイエンス  
による有効性の確立

### 疫学研究ユニット



健康者コホート

有効な  
機能性成分

介入試験

健康への有効性の検証  
＋安全性情報の取得

ITの活用による  
ヘルスコミュニケーションの実践

### 農・食・健康コミュニケーションユニット

- ・健康情報コミュニケーション
- ・安全性情報コミュニケーション

消費者



- ・ ヒトにおける健康、疾病予防への効果を明らかにするためには疫学研究が不可欠
- ・ 従来、健康情報は、「なぜ＝医学的機序」が不明のままであったが、先端的な網羅解析技術を疫学研究に用いることで、食が体内で「どのように効果があるか」が明らかに
- ・ 食に基づく個別化健康・予防医療実現を目指した融合研究プラットフォームを整備
- ・ あわせて、ヘルスコミュニケーションを担うユニットを設置

# 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 資料

明治大学バイオリソース研究国際インスティテュート (<http://muiibr.com/>)  
所長 長嶋比呂志

背景：現代の医療と社会が抱える課題（10～20年スパンでの解決が必要）

- ◆臓器移植以外に救済法のない末期臓器不全に対する医療は、臓器提供の絶対的不足という難題を抱える。
- ◆WHO渡航移植制限の指針：移植用の臓器不足という課題は、各国が自ら解決しなければならない世界的風潮となっている。
- ◆iPS細胞の利用には、(i)疾患特異的iPS細胞を利用した難治性疾患の発症機構の解明・新薬開発、(ii)細胞療法、(iii)臓器や組織の作成、の3つの方向があるが、臓器の作成は最も困難で研究開発に時間を要する。
- ◆健康・健全な社会の維持には、現在の医療では救済されない難治性疾患・稀少疾病患者の救済が必要。稀少疾病の救済は特に立ち後れている（医療経済の影の部分）。
- ◆技術の先端化に伴う医療コストの拡大に歯止めをかけるために、真に有効な医療の選択が必要となる。
- ◆iPS細胞に代表される高度再生医療の適応範囲や効果を、科学技術（自然科学）と社会（人文社会科学）の両方の目から見極める新たな仕組みが必要。

# ブタをプラットフォームとする臓器再生・移植研究

ブタ臓器をベースに  
ヒトに近づけていく

ヒト化臓器作製

慈恵医大・自治医大・明大

ブタの体内でヒトの  
臓器を作る

臓器欠損ブタ体内での  
ヒト臓器形成

東大・明大  
熊本大・生理研

ブタ→ヒト臓器・組織移植

異種臓器・臍島移植

阪大・広島大・鹿大  
明大・DOL社・東北大

希少疾患・難病治療法  
研究、新薬開発

難病・稀少疾患モデル

阪大・慶応大  
成育医療センター・明大  
順天堂大・日大・筑波大・慈恵医大

人工臓器・組織

ブタ臓器を足場とするヒト臓器作成

東京医科歯科大  
自治医大・明大・京大

iPS細胞の評価・検定

免疫不全ブタによるヒト  
多能性幹細胞評価

自治医大  
筑波大・明大

医療用無菌ブタ  
Medical Grade Pig



## 臓器再生移植研究拠点(ネットワーク)形成によって期待される成果

- ◆臓器再生・臓器移植医療の臨床応用の実現化方策として、我が国ではブタの利用をプラットフォームとする医農連携研究が世界に先駆けて進行中である(JST/ERATO, JST/CREST, 科研費ほか)が、これらの研究が加速化される。
- ◆人工的培養技術によるiPS細胞からの臓器作成は非常に困難:ブタという大型動物の生体機構を利用することによって、医学単独や従来の医工連携の枠組みだけでは実現し得ない、臓器再生・臓器移植医療が実現する可能性がある。
- ◆個々の研究グループが独自の戦略で共通ゴールに向かうだけでは、投下された研究資源が成果に結びつかず、研究段階で終わることが懸念されるが、成果の集約によって実用化・産業化に近づく。
- ◆個々の取り組みが持つ課題(死の谷)を共有化することで、分散している成果が相補的に課題解決に結びつく。
- ◆再生・移植医療の臨床応用という視点から研究全体を俯瞰し、それに基づいて研究体制を構築することで、真の実用化や産業応用が実現できる(研究拠点形成の意義)。
- ◆医療用ブタ(メディカル・グレード ピッグ)の樹立は、ブタをプラットフォームとする臓器再生・移植医療のインフラとして不可欠。省庁間の谷間?に埋もれていた重要課題の解決。拠点(ネットワーク)のハブとなり得る。

# 農業の高度化に向けた農工連携研究の取り組み — 農業廃棄物の再資源化による高付加価値化 —

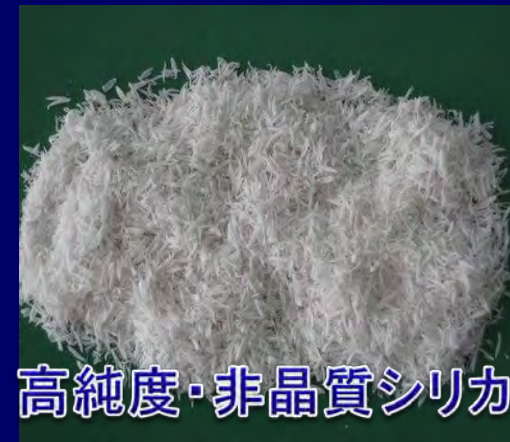
農業廃棄物



+



⇒

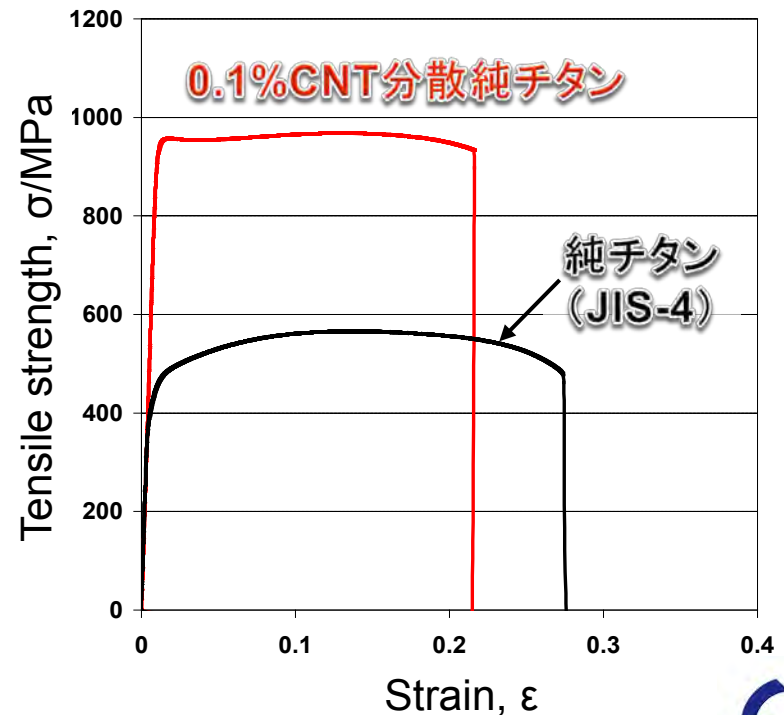
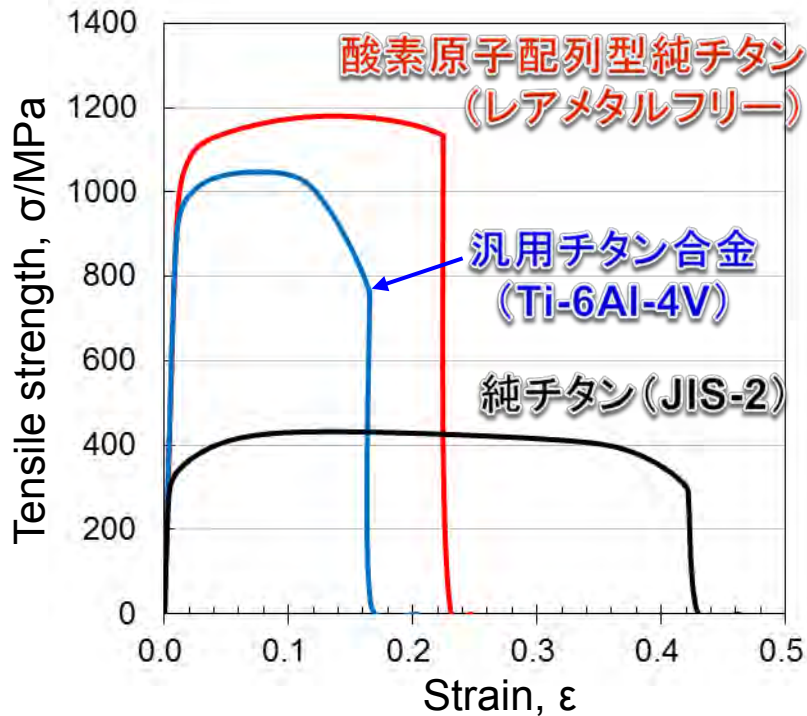
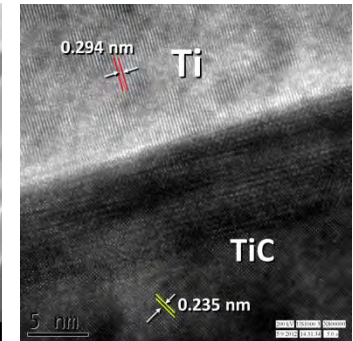
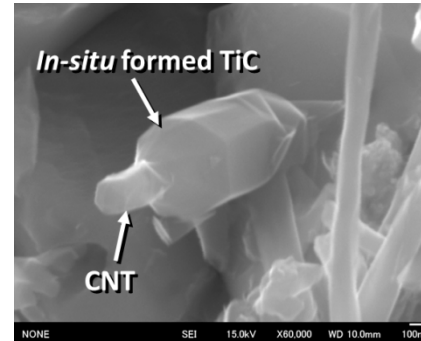
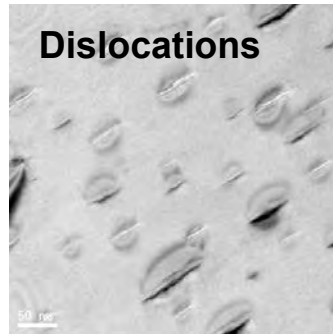
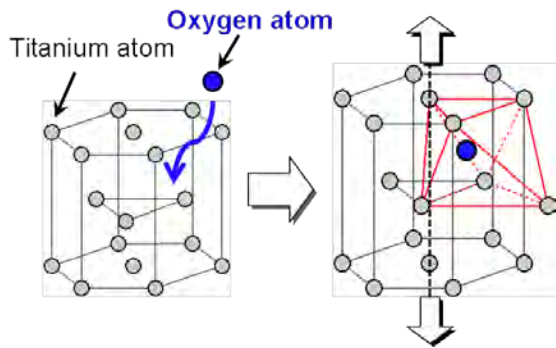


工業用素材・エネルギー

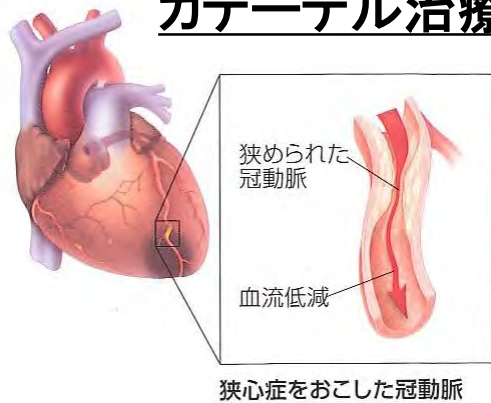
2013年7月9日

大阪大学 接合科学研究所 近藤 勝義

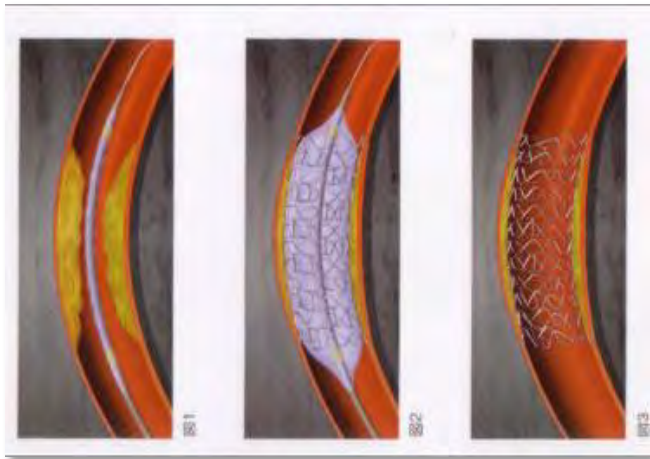
## ● 原子配列・ナノ構造制御による金属の高次機能化(相反特性の両立)



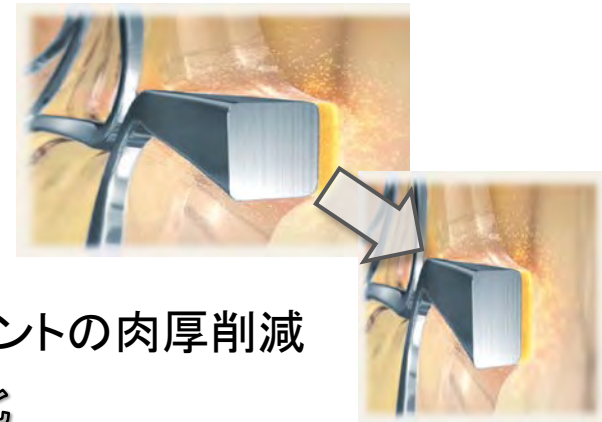
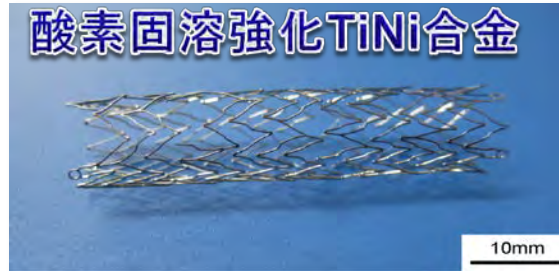
## カテーテル治療



## ステントによる狭窄部の拡張

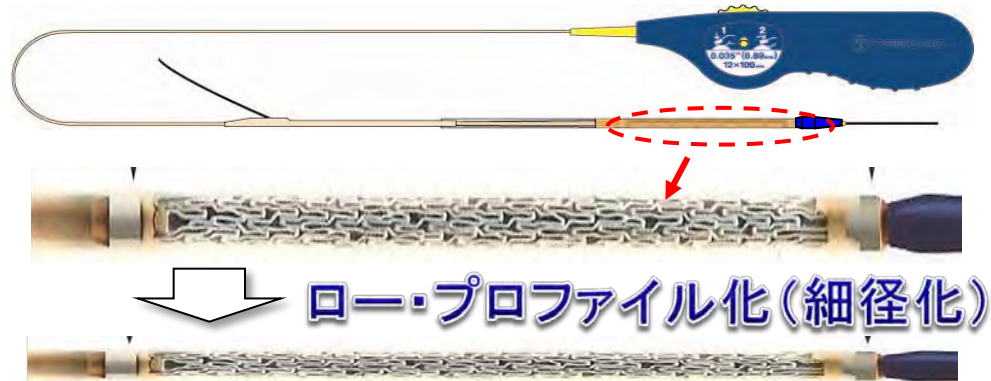


## 酸素固溶強化TiNi合金



素材の高強度化によるステントの肉厚削減  
⇒医療デバイスの細径化

## 素形材の高機能化による低侵襲医療デバイス



平成24年度 JST 戦略的イノベーション創出推進プログラム  
「革新的医療を実現するためのバイオ機能材料の創製」

# 農業の高度化に向けた農工連携研究の取り組み

- 農業・畜産業における廃棄物の高度再資源化に資するAgri-Engineering  
～安全・安心なエネルギー回収・素形材再生技術と大規模フィールド実証～

殻(**籾殻**⇒ $\text{SiO}_2$ ／**卵殻**⇒ $\text{CaCO}_3$ )からの高付加価値素材の再生

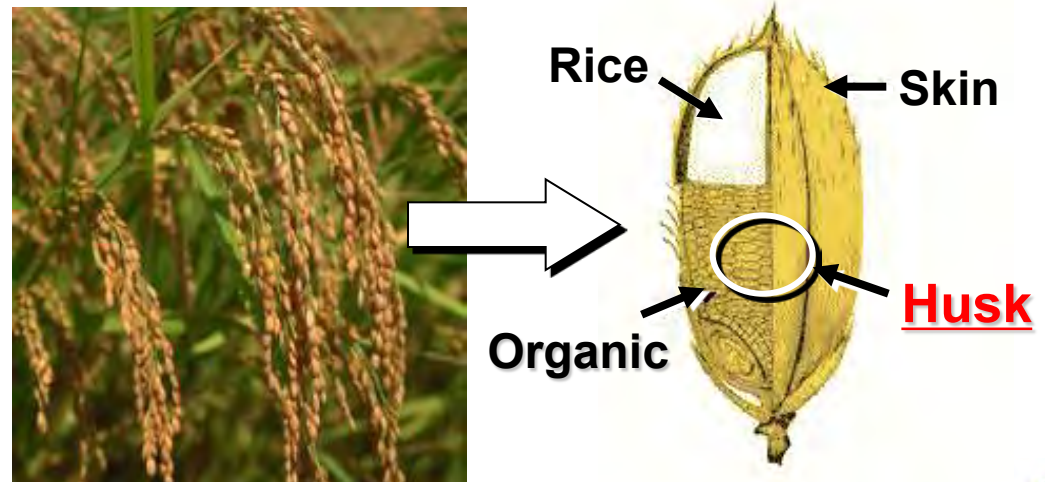


## 籾殻の構成主成分(wt.%)

～70% 有機物 ⇒ バイオマス利活用

～20% **非晶質シリカ( $\text{SiO}_2$ )**

～10% 水＋不純物金属元素



# 現状の籾殻発電における課題－籾殻の収集コストと発癌性物質の処分

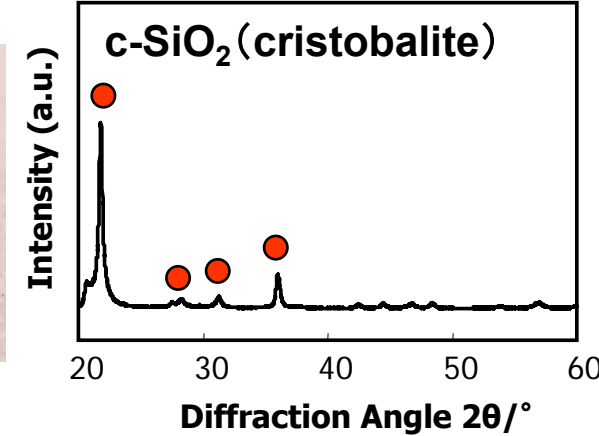
原料籾殻



発電所(タイ10MW)



籾殻燃焼灰

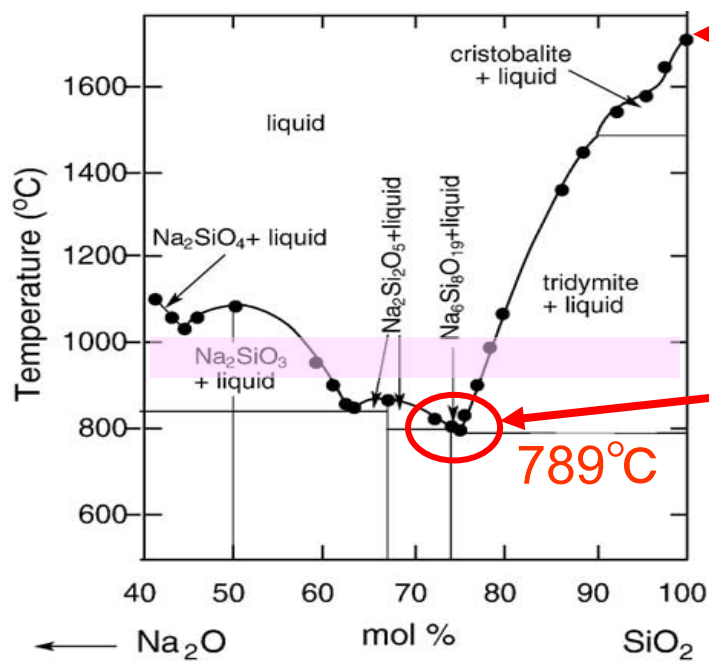


- ① 低比重0.12g/cc ⇒ 空気を輸送(50km圏内に限定)
- ② 粒状原料 ⇒ 瞬時に燃焼(長時間の安定燃焼・難)
- ③ 燃焼灰のシリカ純度~95% ⇒ 低級用途に限定(水田散布肥料)
- ④ 結晶性シリカ(クリストバライト) ⇒ IARC; グループ1(人に対する発癌性)  
cf. 非晶質シリカ; グループ3(発癌性に関して分類できない)

- 籾殻の棒状固形化(緻密) ⇒ 課題①・②
- 燃焼時のシリカ溶融を抑制 ⇒ 課題③・④



# 土壌(肥料)由来の金属不純物によるシリカ溶融現象と結晶化・純度低下

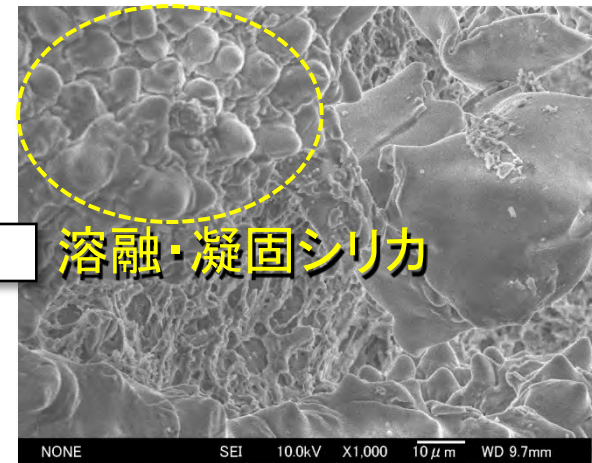


シリカSiO<sub>2</sub> 融点: 1713°C

SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>Oの共晶反応

NaやKの存在による融点低下: ~789°C  
大気焼成過程でのシリカの溶融現象

- ① 溶融シリカが徐冷凝固時に結晶化
- ② 溶融シリカ内に有機物由来の炭素が溶込み, 凝固後に炭素が残留

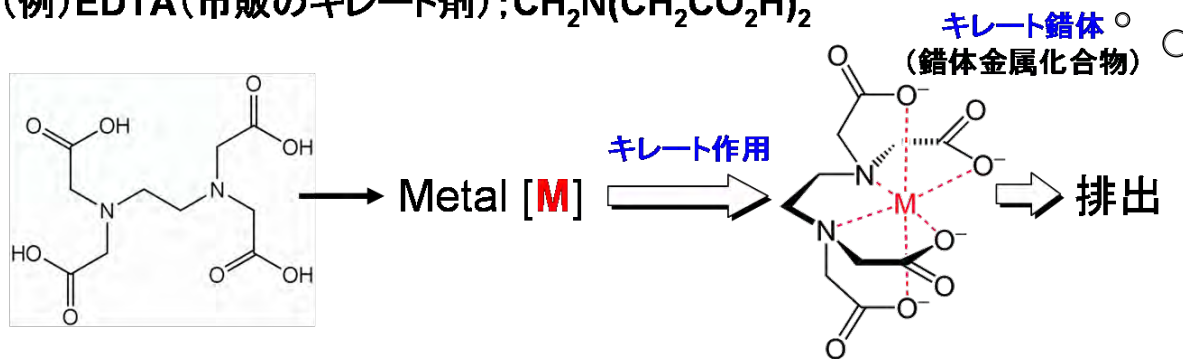


KやNaの事前除去による高純度・非晶質シリカの生成

## 有機酸を利用した廉価・低環境負荷処理プロセス

- ① **キレート**による粉殻中の微量な金属不純物元素の除去  
⇒カルボキシル基(COOH)と錯体を形成, 溶液中に排出

(例) EDTA(市販のキレート剤);  $\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2$



~~無機強酸による  
イオン化・排出  
(環境負荷・大)  
(処理費用・大)~~

キレートによる重金属  
(Cd, Hgなど)の除去  
【2次的効果】

- ② 弱酸性による多糖類(セルロース・ヘミセルロース)の加水分解  
⇒単糖化による構造緩和=ほぐし効果(内部の金属との反応)

- ①-COOH配位数(キレート)  
②生分解性能(廃棄処理)  
③残留リン ④価格(経済性)  
⑤人体・環境への影響

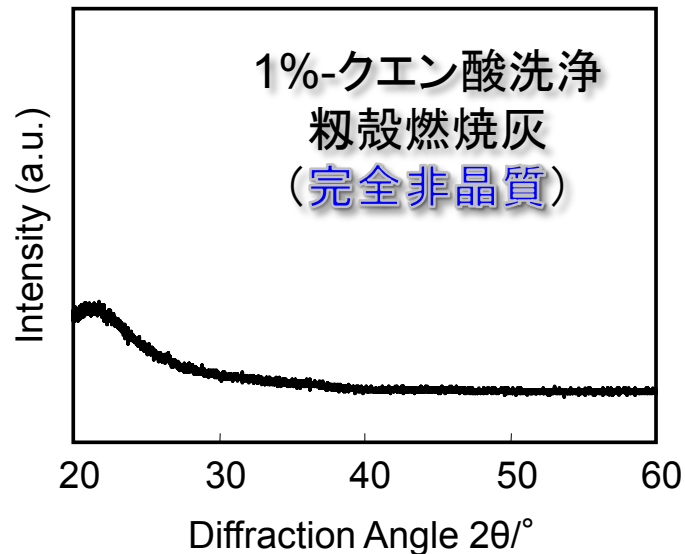


クエン酸  
Citric acid





# 金属不純物元素の除去による高純度・非晶質シリカの生成



1%-クエン酸洗浄後の籾殻燃焼灰

Table クエン酸洗浄後の籾殻焼成灰の成分

(mass%)	0%	1%	3%	5%	7%
SiO <sub>2</sub>	97.25	99.52	99.54	99.56	99.47
MgO	0.29	0.04	0.03	0.02	0.03
Na <sub>2</sub> O	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13
S	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
K <sub>2</sub> O	1.39	0.03	0.02	0.01	0.02
CaO	0.46	0.16	0.13	0.11	0.12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04
MnO	0.13	0.02	0.02	0.01	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.02	0.05	0.02	0.04
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
CuO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MoO <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.15	0.08	0.06	0.04	0.03

# 高純度・非晶質シリカの用途(単一素材)

粃殻由来高純度シリカ

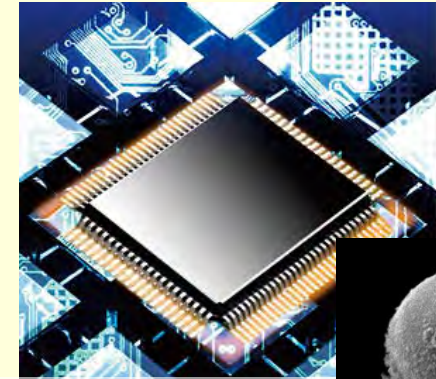


①シリカ肥料(農業)



地産地消

②半導体封止材(電子部品)



球状化处理粃殻シリカ

③コンクリート強化材(シリカフェームの代替)

非晶質シリカの「高ポゾラン活性」の利用

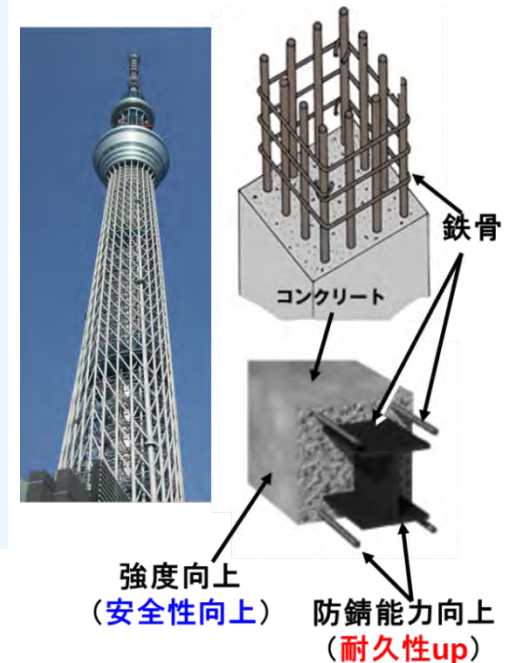
効果①:ポゾラン反応によるコンクリート強度up

⇒建造物・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.



## WHO-国際がん研究機関 (IARC) による発癌性リスク分類\*

\* IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 58 (1993) 41-61.

---

**Group 1**: ヒトに対する発癌性が認められる (Carcinogenic)

石英結晶 (Silica, crystalline), アスベスト (Asbestos)

---

Group 2A: ヒトに対する発癌性がおそらくある (Probably Carcinogenic)

Group 2B: ヒトに対する発癌性が疑われる (Possibly Carcinogenic)

---

**Group 3**: ヒトに対する発癌性が分類できない (Not Classifiable as to its Carcinogenic)  
珪酸 (Silica, amorphous)

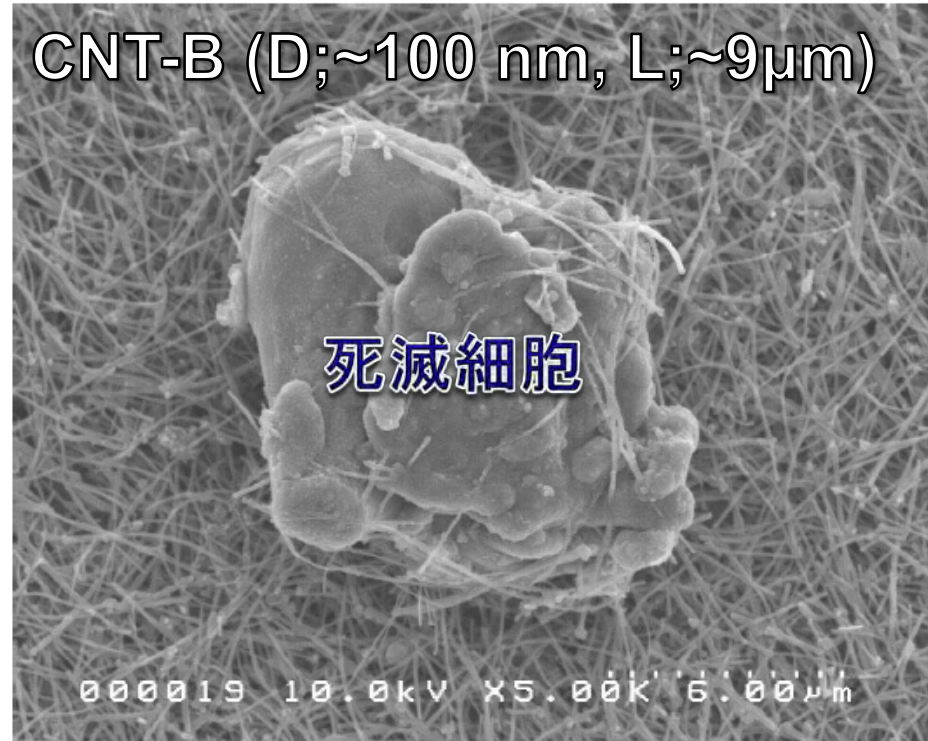
---

Group 4: ヒトに対する発癌性がおそらくない (Probably Not Carcinogenic)

シリカの高付加価値利用のためには”非晶質化”は必須

- 原子配列・ナノ構造制御による金属の高次機能化(相反特性の両立)  
 ～非溶解法による軽元素(O, C, N, H)を利用した特異構造形成～

## Ti 基材表面へのCNT-net形成による骨芽細胞の成長促進



E. Nishida, H. Miyaji, J. Umeda, K. Kondoh, B. Fugetsu, S. Tanaka, A. Kato, I. Kanayama, M. Kawanami :  
 Preparation and biological evaluation of titanium coated with CNT-net, 98<sup>th</sup> Annual Meeting of American  
 Academy of Periodontology in collaboration with J. Society of Periodontology, L. A, USA (2012.9.30-10.2).

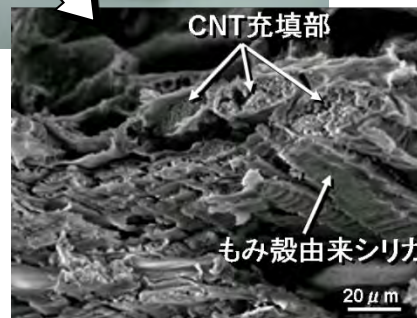
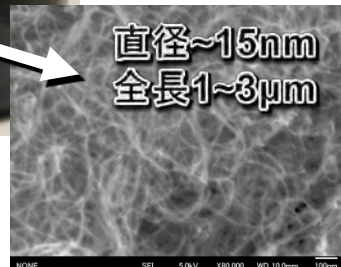
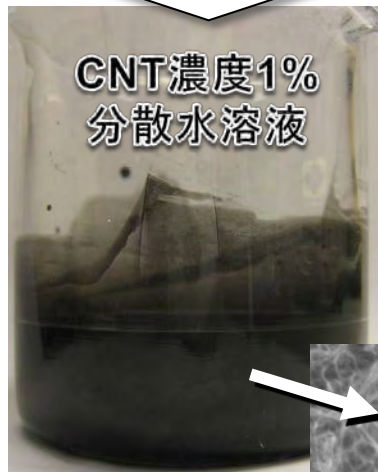
籾殻由来シリカ  
CNT分散水溶液

水分除去(ろ過)・乾燥  
⇒CNT内包型シリカ

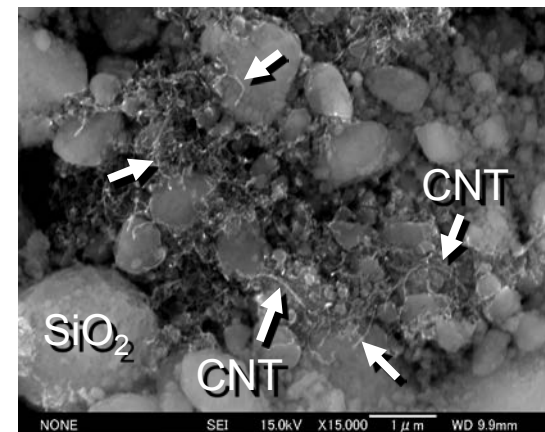
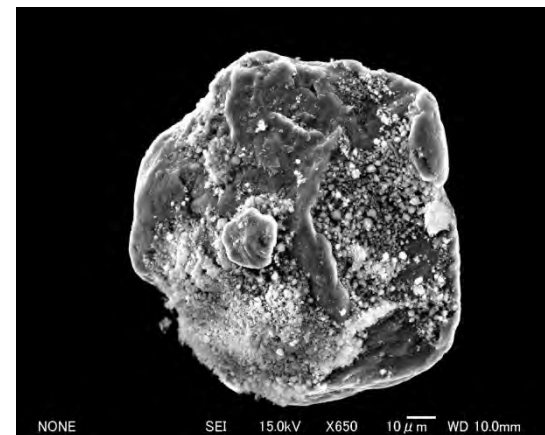
粉碎処理(粒状化)  
⇒CNT内包型シリカ粒子



浸漬



シリカの空孔内にCNTが充填



## 高付加価値工業用素材としての籾殻由来高純度シリカの利用 金属との複合化による機能発現(フリクション低減効果)

