

# 持続可能農業に必要な シリカ循環をサポート

— 活性酸素でもみ殻からシリカ抽出 —

株式会社アオヤマエコシステムグループ  
WEF技術開発株式会社  
<https://aoyama-wefit.com>

## 結晶シリカと非結晶シリカ

**結晶シリカ利用**：石英ガラス、セメント、陶磁器、タイヤ、鋳造、油井セメント、化粧品・医薬品・食品添加剤、乾燥剤、研磨剤

**シリカ粉末の市場規模**は、2021年の5億6300万米ドルからCAGR3.94%で成長し、2026年には**6億8400万米ドル（684億円）**に達すると予測

2017年労働安全衛生規則の危険物質の第4章で規制  
**発がん、遺伝性疾患、呼吸器・免疫系・腎臓の障害**

非結晶シリカの需要増大

工業製品系利用

農業系利用

## 非結晶シリカはどこにある？

- ・ 結晶シリカからの再合成
- ・ もみ殻等の植物から抽出

## 今、農業（特に水稲）になぜシリカが必要か？

水稲にとって、ケイ素 (Si) は単なる有用元素というより、**農業的必須元素(agronomically essential element)**とも呼ぶべき性格を有している。すなわち、水稲の生育にとって、Siが欠乏すると、下葉が黄化あるいは褐変・枯死したり、分けつや生育が抑制されたり、葉の先端の萎凋、枯死、さらには不稔を伴う小さな穂となるなどの障害が起こるとともに、栽培管理上重要な問題である病虫害抵抗性、倒伏抵抗性などが著しく低下することが知られている。

- 1) **天然供給量の著しい低下**：水稲は1作期間中にSiO<sub>2</sub>として90kg程度のケイ酸を吸収するが、そのうち灌漑水から26kg/10aも供給されている。近年河川上流にダムが造成されたり、水路がコンクリート化されたりして灌漑水のケイ酸濃度は、山形県の調査によれば、1956年の23.9ppmに対して、1996年には10.2ppmにまで低下している。  
雪解け水はシリカ含有量が少ないので、北海道、東北、北陸地域は本来シリカ不足傾向にある。
- 2) **稲ワラや堆肥還元量の減少**：水稲のケイ酸は、大部分が米以外の稲ワラや籾殻に含まれており、それらをそのままあるいは堆肥として水田に還元すると、1作期間中に還元量の10%前後が再び水稲に吸収利用される。近年これら稲わらや堆肥の水田への還元量が著しく減少している。
- 3) **消費者の無農薬米あるいは有機米に対する関心が高まり**：ケイ酸栄養の改善は各種病虫害抵抗性に大きく貢献し、無農薬栽培あるいは減農薬栽培が期待される。
- 4) **水稲のケイ酸吸収は温度に大きく依存**：稲作の主産地が東北や北陸、北海道など寒冷地に移動しているため稲体のケイ酸要求量が増加している。
- 5) **地球温暖化でCO<sub>2</sub>濃度上昇**：高CO<sub>2</sub>環境下では、水稲茎葉のケイ酸濃度が低下し、病虫害の発生増加が指摘されている。

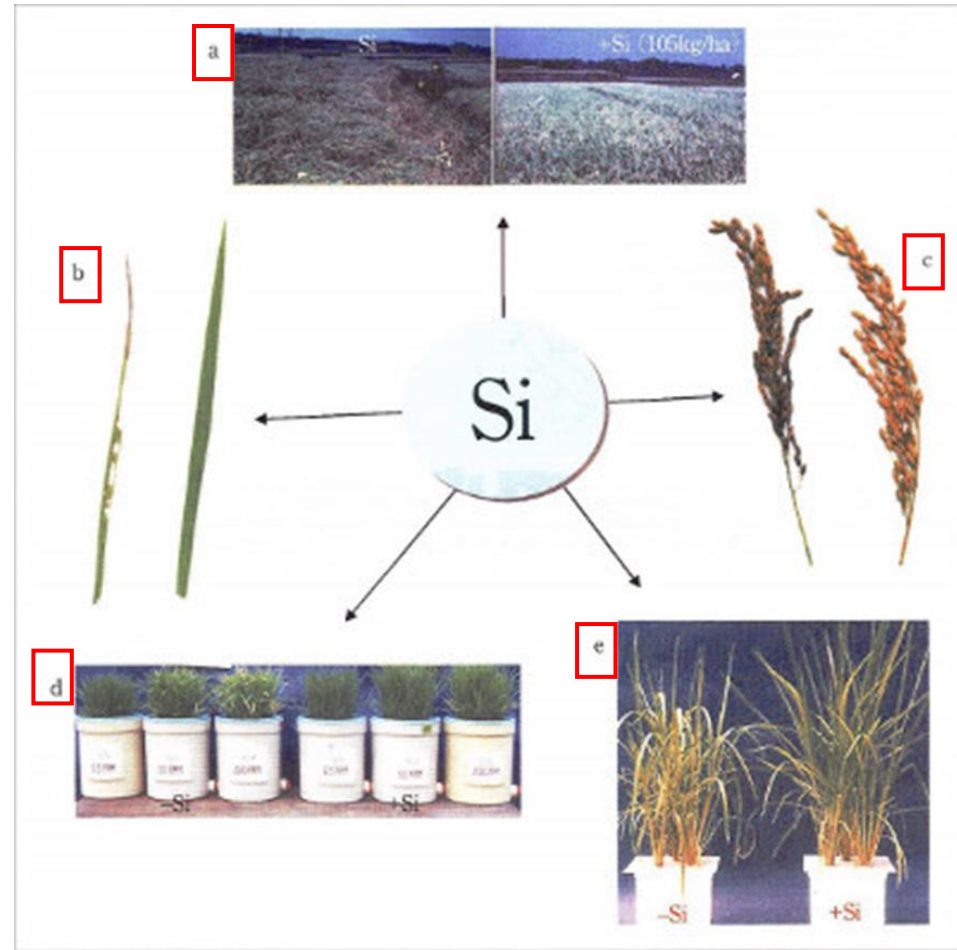
将来的な食糧確保と高付加価値化を考えると、高品質多収栽培が望まれる。  
水稲のケイ酸栄養の強化は光合成や病虫害抵抗性、倒伏抵抗性を高め、高品質多収栽培を可能とする。

## 今、農業（特に水稲）になぜシリカが必要か？（2）

### イネの生育に対するケイ素の有益作用

a～eそれぞれ、左がケイ素不足あるいはなしの場合、（右がケイ素が十分ある場合）

- a: **ケイ素によるイネ倒伏の軽減**: ケイ素が少なくなると、台風による倒伏が起こりやすくなる(左)。
- b: **ケイ素による虫害の軽減**: 害虫は、ケイ素含量の低い葉(左)を好んで食べる。
- c: **ケイ素による病原菌耐性の向上**: 籾殻のケイ素が少ないと、様々な病原菌に侵されて、籾が変色する。
- d: **ケイ素によるリン酸過剰と欠乏の改善**: リン酸が欠乏した場合、ケイ素は体内のリンの有効度を高める。一方、リン過剰の場合、ケイ素はリン酸の吸収を抑える。
- e: **ケイ素欠乏の表現型**: 葉などの組織がやわらかくなり、受光態勢が悪化する。



「（解説）イネのケイ酸吸収機構」より

## もみ殻シリカ・リサイクルシステムの素晴らしさ

ほとんどの植物はケイ素を吸収しているが、特にイネ・麦類、トウモロコシ、ライグラス類、サトウキビ、トクサ、スギナ、珪藻はケイ酸植物といわれ、ケイ素を多く吸収している。

イネはケイ素を地上部乾燥重の10%ほど集積している。このうち籾殻中の成分比率としては、80%弱がセルロースなどの有機物で、残り20%強の無機物は大部分の非晶質シリカと僅かなミネラルで構成されている。

もみ殻排出量は米(もみ)生産量の約20%

国内で毎年約200万トンのもみ殻が排出

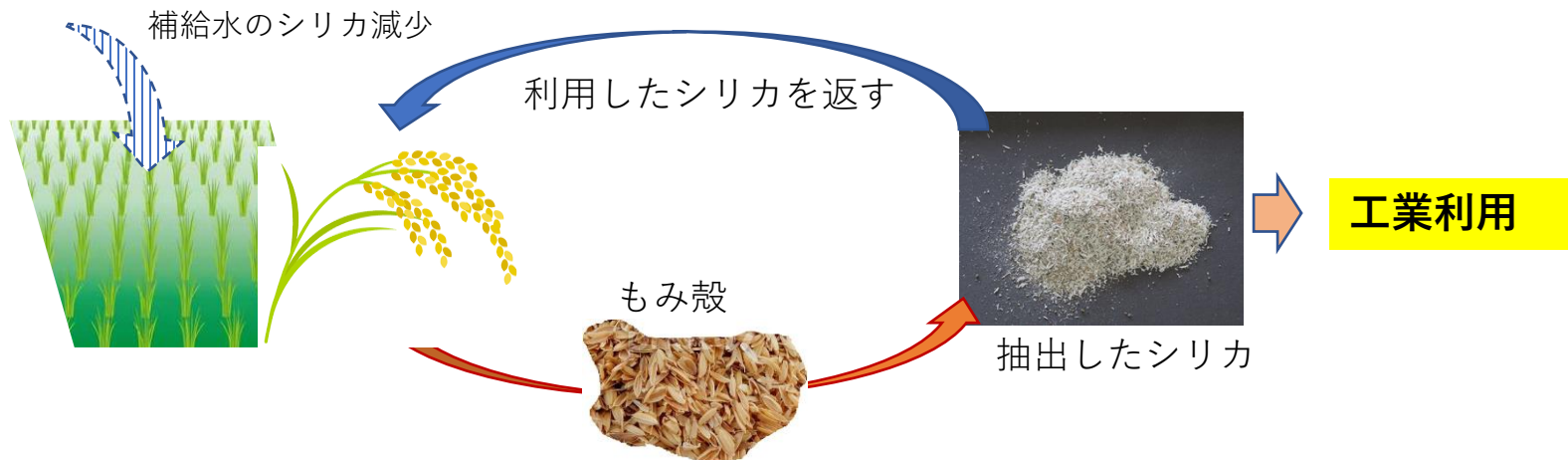
この内1/3が有効利用されていない

67万トンが破棄

もみ殻の20%がシリカ成分

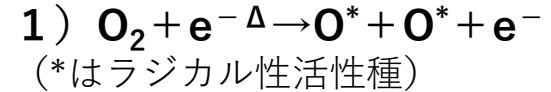
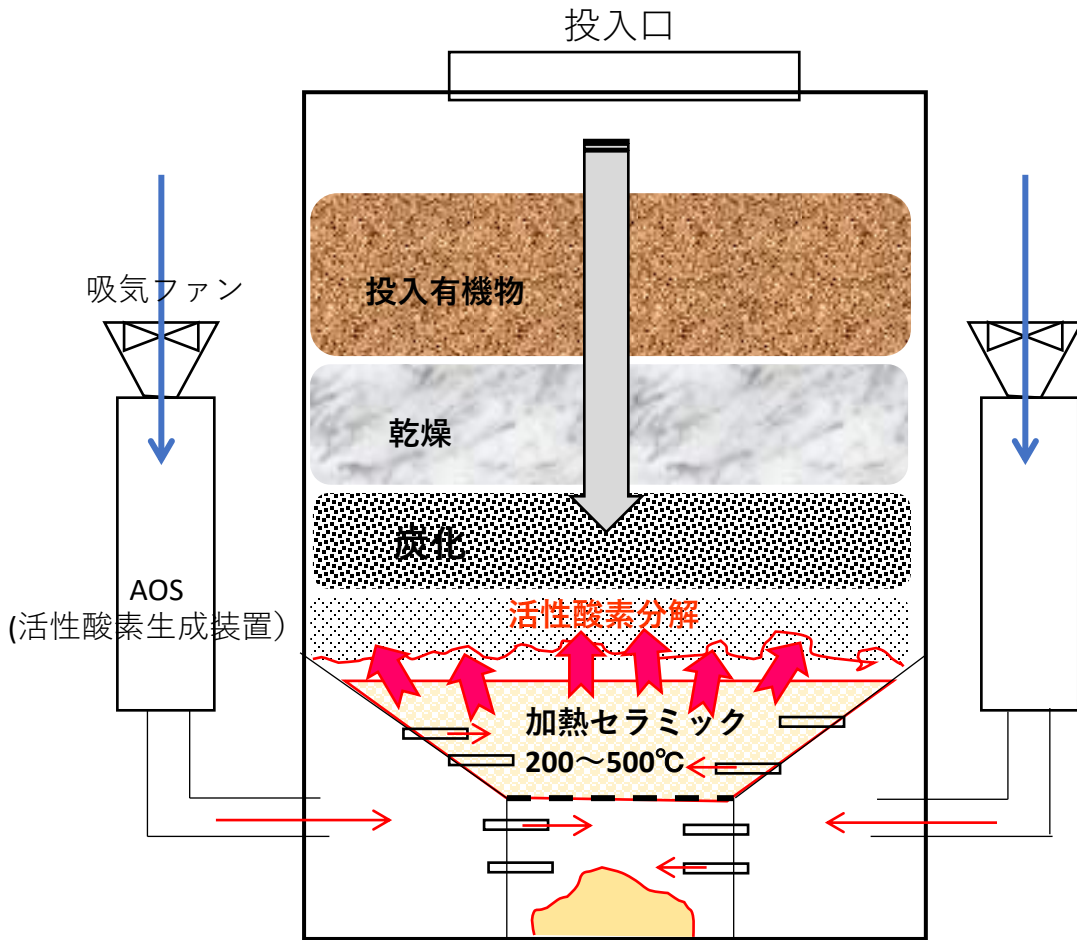
13万トンのシリカ回収が可能

世界では9000万トンのもみ殻が排出

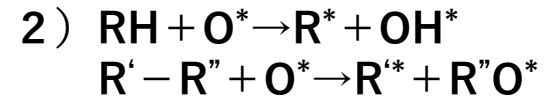


# 活性酸素 + 熱による固体有機物処理（消滅型）

## 基本処理プロセス



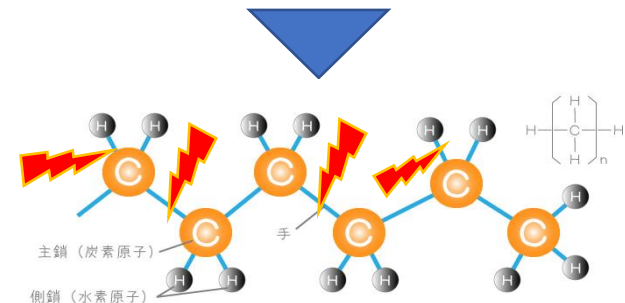
加速電子 $e^{-\Delta}$ によって酸素分子の原子間結合が切れ、極めて不安定なラジカル種の原子状酸素 $\text{O}^*$ を生じます。



空間に有機物の材料RHがあると炭素と水素の結合から水素を引き抜き、同時にC-C結合への割り込みによってアルキル鎖の切断を行います。

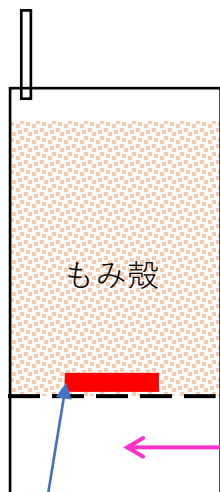
穂積啓一郎（京都薬科大学・薬学部教授）  
「プラズマ化学反応」より

ダイオキシンや環境に負荷を与えるガス類は発生せず、生成物は固体有機物にある炭素がガス化したものと水だけです。



もみ殻のセルロース等をカットしてCO2と水に分解

# 3時間 (300~400°C) でもみ殻がシリカだけに



もみ殻

100V,18A の  
低エネルギー

AOS



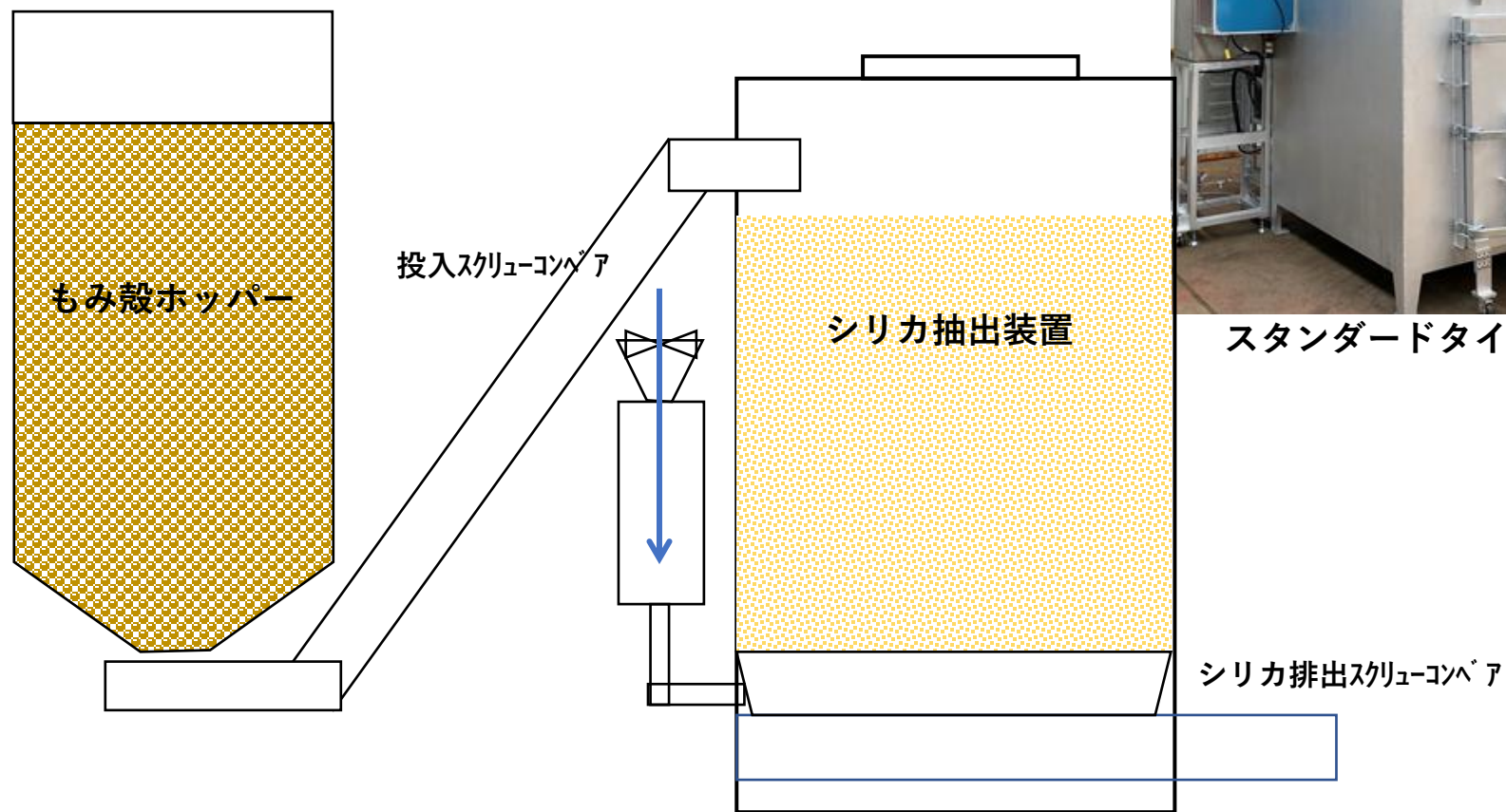
処理試験



熱源  
(スタート時着火)



# もみ殻シリカ抽出連続処理装置（イメージ）



スタンダードタイプ装置

シリカ排出スクリューコンベア





*The creation for the future environment*

# WEF技術開発株式会社

URL <http://aoyama-wefit.com> E-mail: [aoyama@aoyama-wefit.com](mailto:aoyama@aoyama-wefit.com)

19-15 Doo-cho, Ohtsu-shi, Shiga-Pref. 520-2116 Japan

TEL : +81-77-549-8015 FAX : +81-77-549-1432