

広域近赤外応答材料を用いた光熱 変換技術：淡水製造・医療応用など

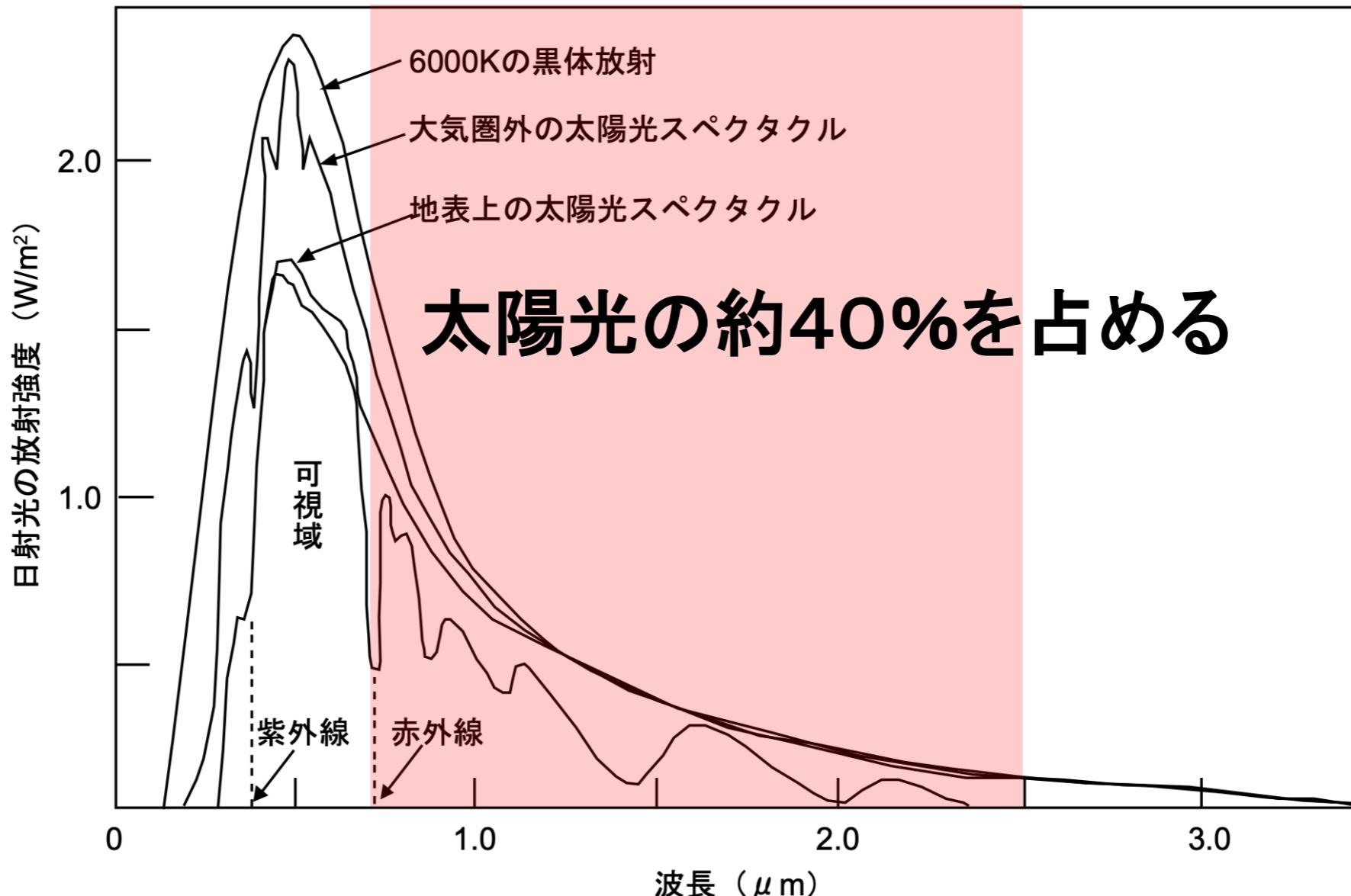
新潟大学 工学部 工学科 材料科学プログラム
准教授 由井樹人

2025年9月25日

近赤外光とは

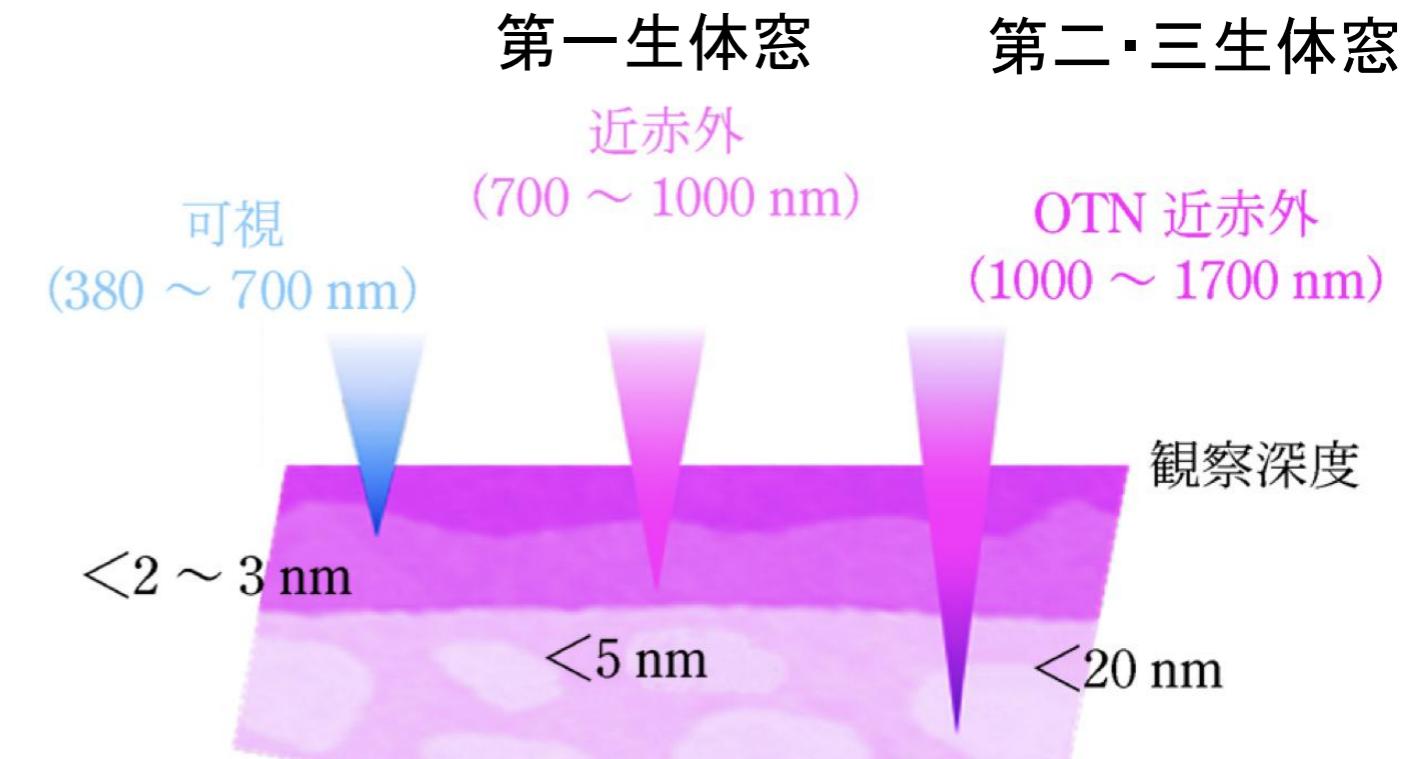
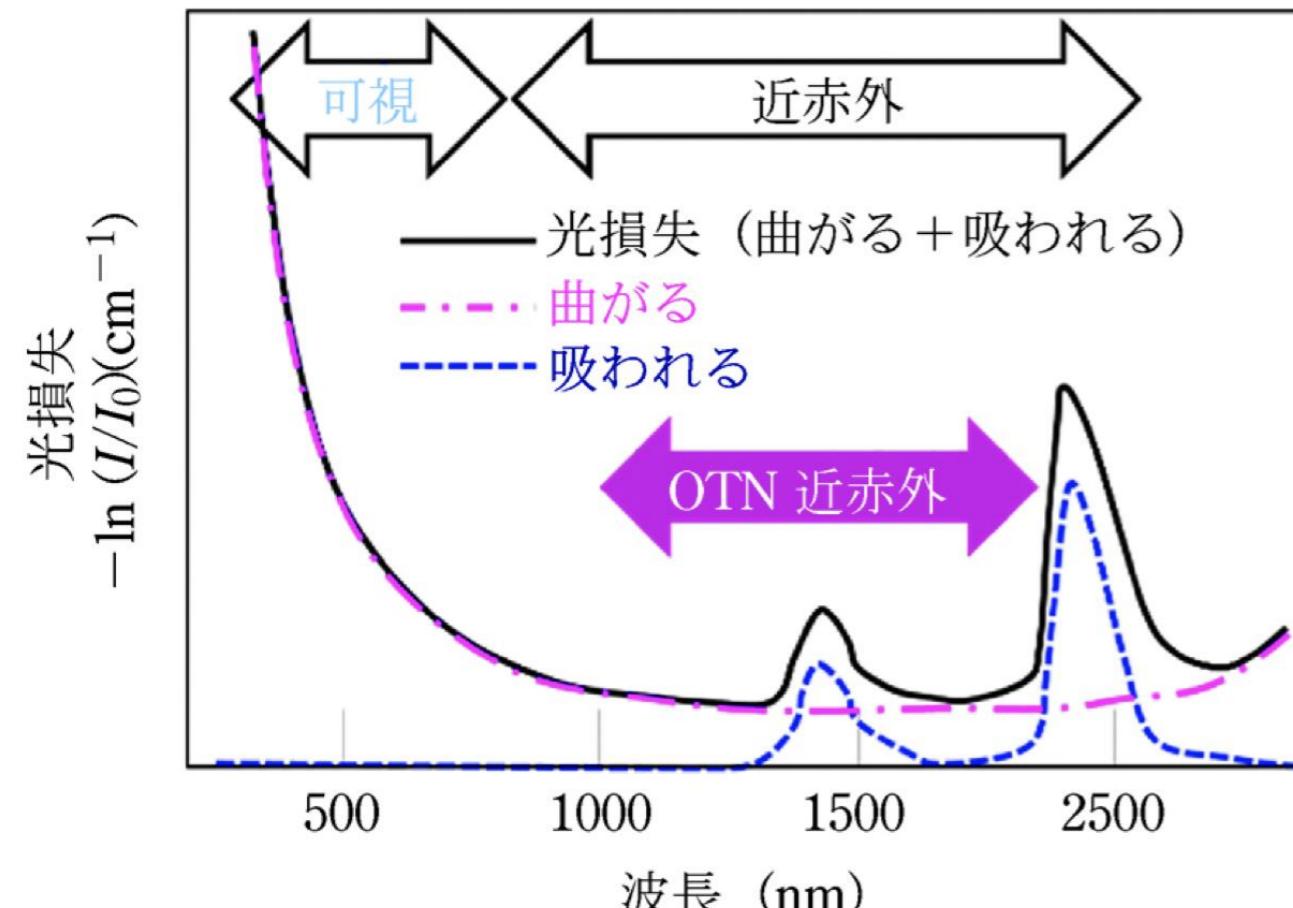
- ・ 波長: 0.75~2.5 μm(エネルギー: 0.4~1.5 eV)程度の電磁波
- ・ 光(可視光)と熱線(赤外光)の中間のエネルギー領域
- ・ 人の目には見えない、高エネルギーな熱線
- ・ 多くの化学種と明確な相互作用がない
- ・ 利点: 透明性・不可視性を持った電磁波(近赤外分光は稀)
- ・ 欠点: 相互作用がないので活用が困難
- ・ **近赤外応答する材料の開発が重要**

太陽光中の近赤外線



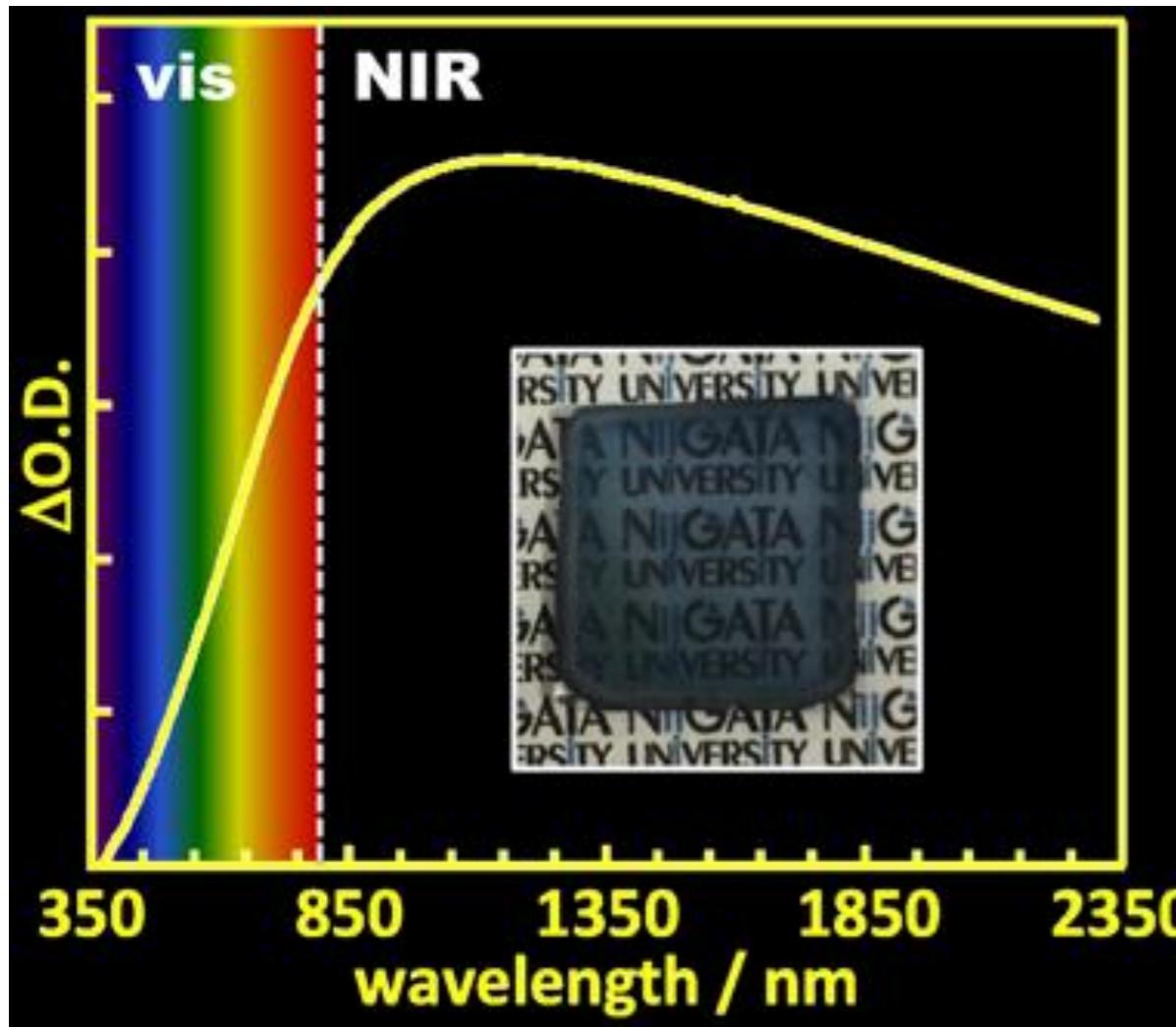
「ソーラー建築デザインガイド」(NEDO)より一部改変

生体の窓



可視・近赤外の観察深度

開発品の光学応答



- 可視～近赤外に極めて強い光学応答を示す
- 素材は二酸化チタンと銀
- 薄膜化可能
- 基材はガラスや耐腐食性金属
- 膜厚制御も可能
- 写真は2x2cmのガラス板に成膜
- 透過性の制御も可能

本技術の特徴と応用例

高エネルギーな近赤外光を熱へと変換する

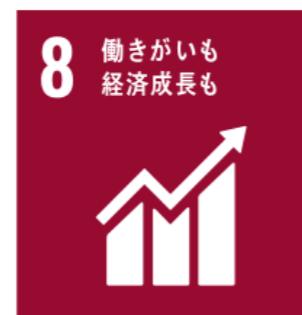
- ・太陽光蒸留(淡水製造)
- ・歯科インプラント材料の光熱殺菌

更なる応用構想

- ・熱線カット材料
- ・不可視インク(セキュリティインク)
- ・融雪材料
- ・etc,,,,,,

太陽光蒸留(淡水製造)

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



太陽光蒸留(淡水製造)

現在、36億人が少なくとも年間1か月は水へのアクセスが不十分な状態にあり、2050年には50億人以上に増加すると予測されている(世界気象機関2023年発表)

産業界の対応例; 食品新聞Web版(24年8月4日)

50億人以上が水不足 水資源保全へ「サントリー天然水」が次世代を啓発し自ら考え主体的な発信を促すプロジェクト始動

本発明の優位性 比較表

	本発明	競合技術1	競合技術2
構成	太陽光の約50%を占め、有効活用されていない近赤外線をも吸収して発熱する材料を用い、海水等を蒸発させ、淡水化等を可能にする技術	海水を蒸発させ、再び冷やして淡水にする技術	海水に圧力をかけて逆浸透膜に通し、塩分を濃縮して捨て、淡水を漉出す技術
エネルギー投入	小(◎)	莫大(×) (化石燃料等)	大(△)
太陽光活用度	大(◎) (近赤外線活用度が大)	無(×)	無(×)
エコ度	高(◎)	低(×～△)	中(○)
適用規模	広範(○:設備費小) (携帯型～大規模プラント)	中～大規模 (△:設備費大)	中～大規模 (△:設備費大)
メンテナンス・交換頻度	小(◎) (光熱変換特性の再生可)	大(△) (構成材の劣化)	大(△) (膜目詰まり)
人命寄与度 (貧困・不衛生地適用)	大(◎) (太陽光利用・小型可)	中(○)	中(○)
得られる特性	水に困る地域・人の救済	短時間で大量の造水可能	短時間で大量の造水可能
適用分野	各種水処理	各種水処理	各種水処理

本発明との比較(要約)

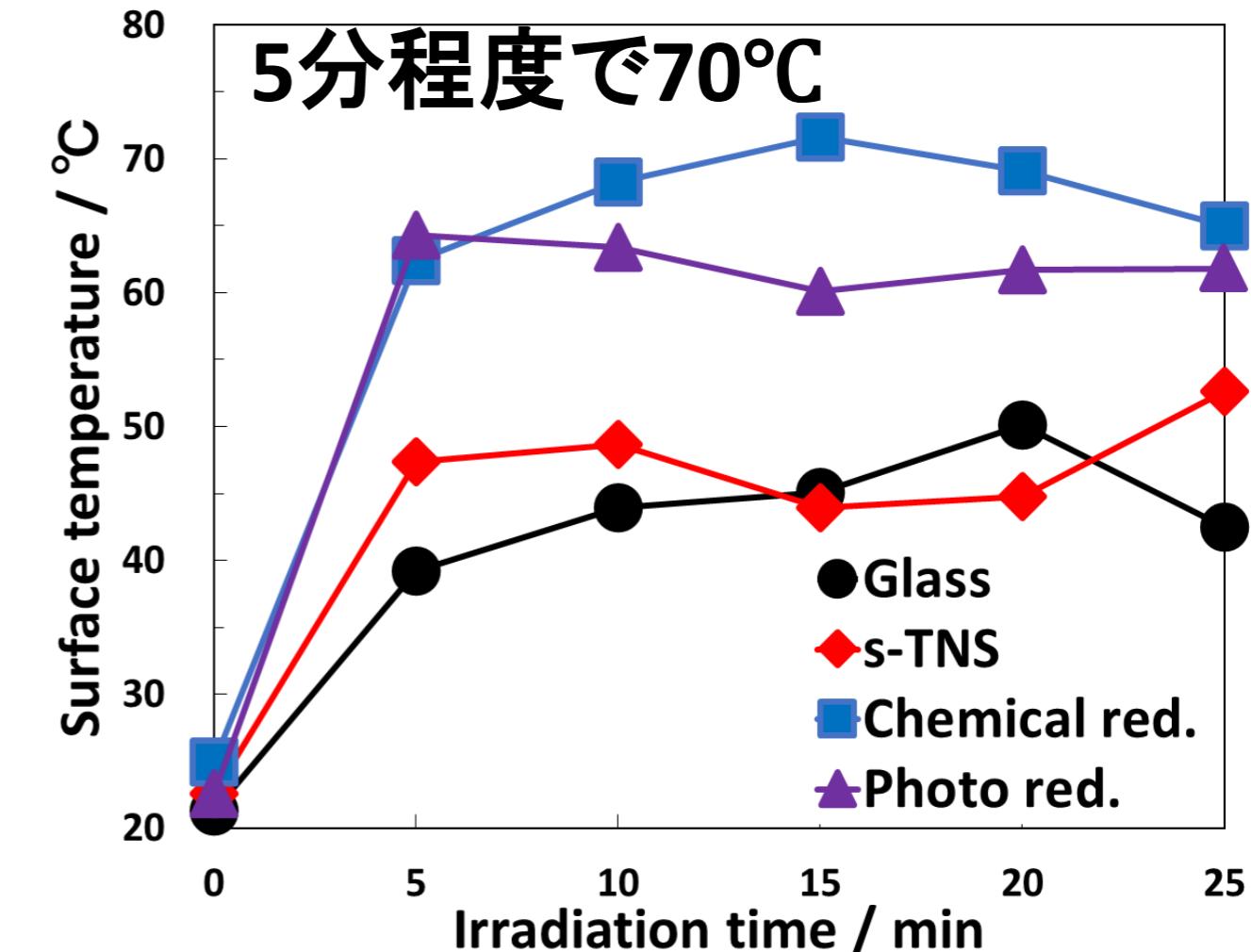
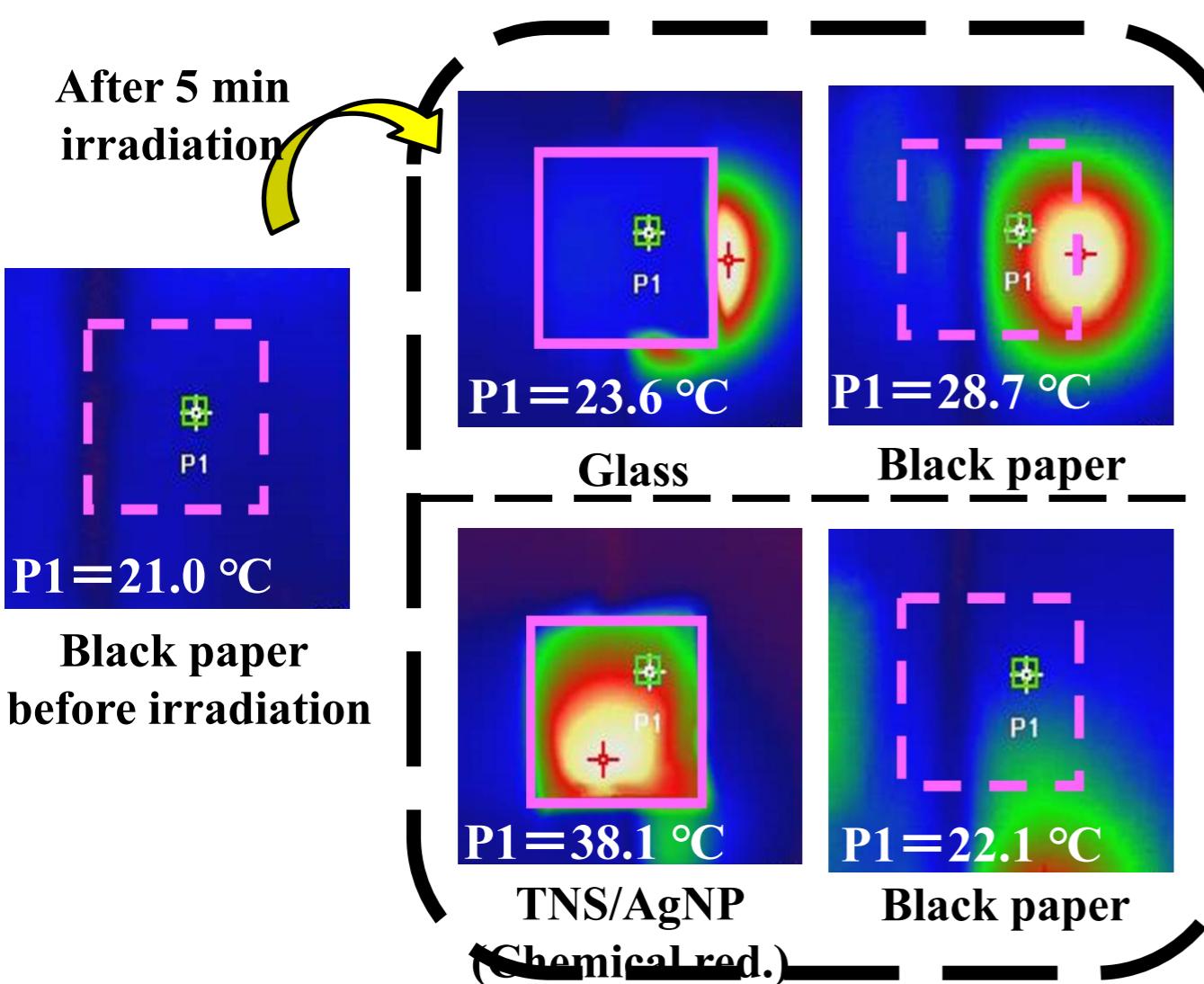
先行・従来技術

- ・大掛かりな設備 → 高度な技術と多大な投資が必要
- ・対象は海水 → 内陸部への運搬困難
- ・多大なエネルギー投入

本発明

- ・エネルギー源は太陽光
- ・太陽光を熱に変換して水を蒸留(極めて簡単な原理と装置)
- ・原水は海水に限定しない(生物・化学汚染・河川水など)
- ・小型オンデマンドを生かし、途上国のある地域で稼働

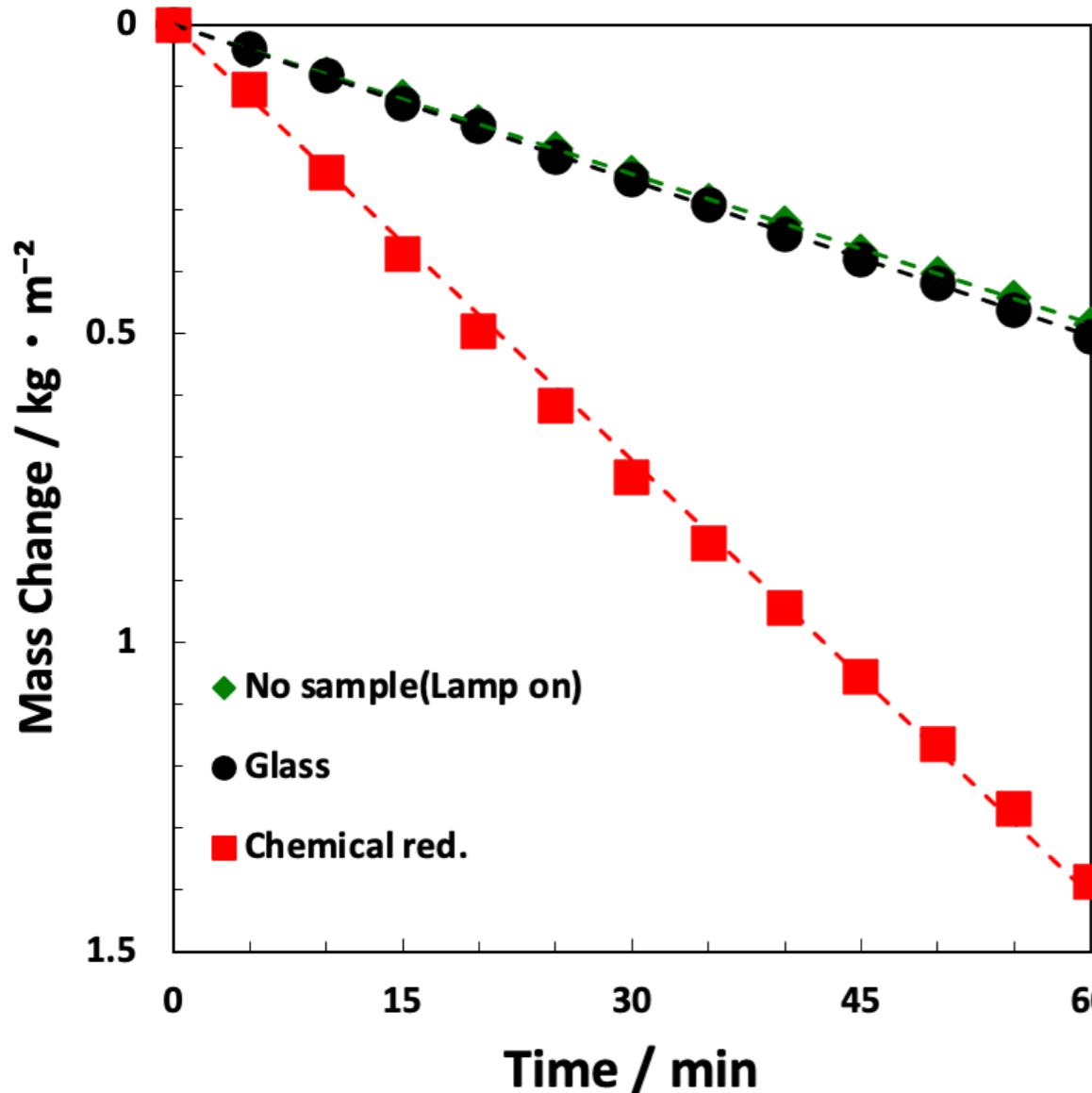
光熱変換特性



Change in the surface temperature

本発明の性能

ラボ内の実験



1 m²の発明品を用いると
60分の光照射で約1.5kg
の水が減少する

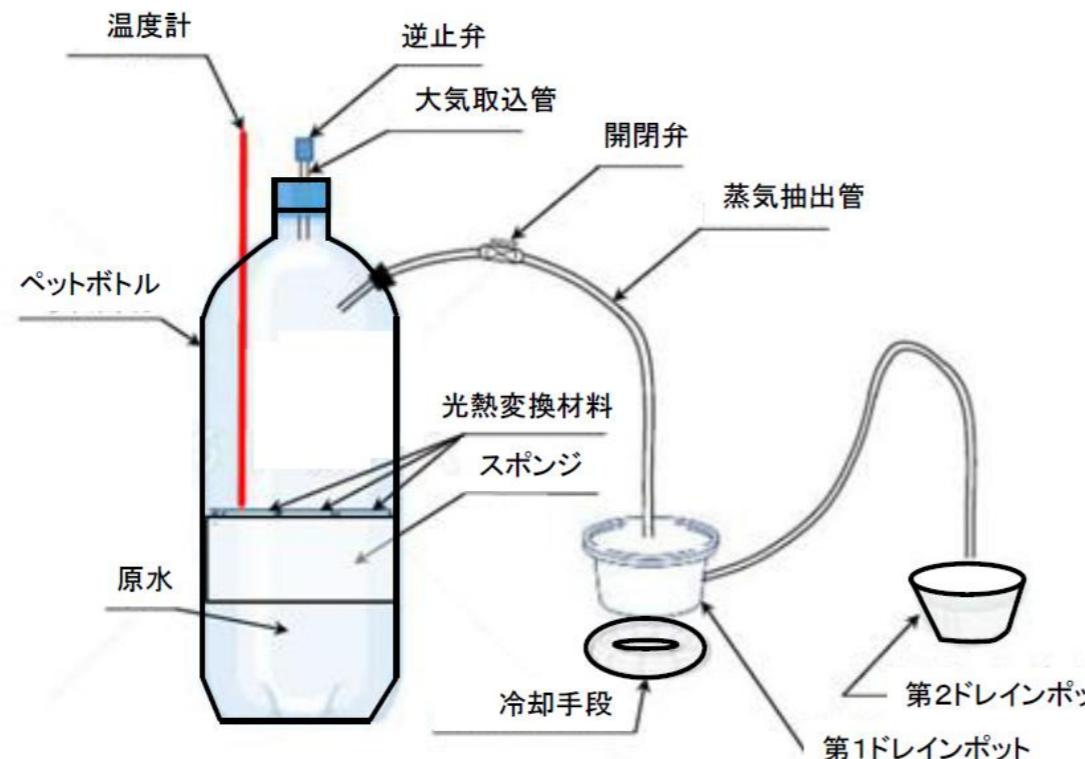
1日の必要水分量2.5L

6時間の稼働を仮定する
と、0.5m² (A1サイズ)の
基材で2.5L得られる

プロトタイプ

【図12】

近紫外線応答特性に優れた光熱交換材料を用いた淡水化システム



太陽光下で水の揮発と
凝集を確認

実用化に向けた課題

- 表面温度70°C、 $1.5 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ での揮発を確認
- 装置設計が不十分
- 特に、凝集・回収装置設計が不十分
- 熱交換・機械工学的な知識が必要
- マーケット・需要・規模など商業規模が不明
- 特に途上国でのマーケットなど

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・広域近赤外応答材料を世界に先駆けて開発	
現在	・淡水製造プロトタイプでの実証 挿発量 $1.5 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ を実現	サンプル提供可能
1年後	・装置の設計・開発・改良 ・熱交換・回収装置の改良	デモンストレーション実施
3年後	・実機を意識した試験機の開発 ・実地試験や耐久性などの確認	実機の公開および提供
5年後	・製造プロセスの確立 ・途上国でのセールスとプロモーション	製造・販路などの確立

企業への期待

- 装置設計・実体物の作成が課題
- 装置設計・熱交換・実機の作成などの技術を有する企業との共同研究を希望
- マーケット探索を念頭に、途上国の事情に詳しい企業との情報連携を希望

企業への貢献、PRポイント

- 広域近赤外応答を示す材料はできているため、材料の提供や技術指導が可能
- 材料に関する基礎的分析技術（X線分析・電子顕微鏡解析・元素分析など）を提供可能
- 社会的責任としてSDGsに貢献可能

本発明に関する知的財産権: 淡水製造

発明の名称: 淡水化システム及び淡水化方法

発明者 : 佐藤達矢、丸山菜桜、由井樹人

出願人 : 国立大学法人新潟大学[100%]

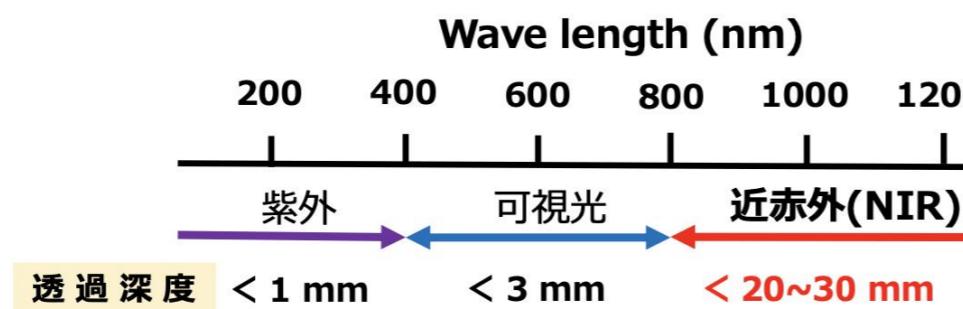
基礎出願 : 特願2024-129150(2024-08-05 出願)

新規性喪失の例外規定の適用: なし

医療応用

光温熱療法 (PTT)

- 外因性刺激による局所温熱療法



NIRが理想的！

- がん細胞や細菌の除去に効果的
48°C未満であれば周囲組織の炎症を回避

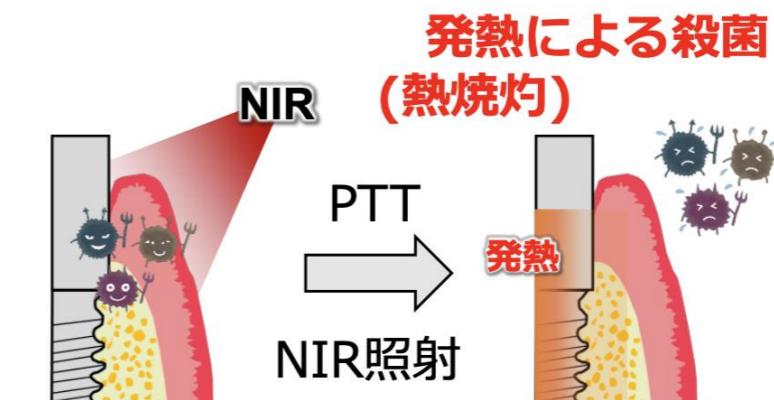
X. Yi et al., *Research* 2021.

K. Zhu et al., *ACS nano* 2022, 16(7), 11136-11151.

- 光温熱剤が必要
近赤外光を吸収する性質
光を熱に変換する性質（光熱変換特性）

新規光温熱剤開発と
インプラント・骨補填材への応用

I. Katzir et al., *Adv. Mater.* 2022.
(DOI: 10.1002/adma.202270324)



定期的なNIR照射により
インプラント周囲炎を予防可能？

医療応用

■歯科用インプラント製品事例

- ・世界の主要メーカーにおいても抗菌機能をもった製品は見当たらない。

【Straumann/スイス】 チタン合金	【Novel Biocare/スイス】 純チタン	【ZimVie/アメリカ】 チタン合金	【ASTRA TECH/アメリカ】 純チタン
https://zimvie.co.jp/products/implant/	https://www.nobelbiocare.com/ja-jp	https://zimvie.co.jp/products/implant/	https://www.dentsplysirona.com/ja-jp/discover/discover-by-category/implant-dentistry.html

■抗菌性インプラントの事例

- ・現状ではまだ研究段階にある状況。

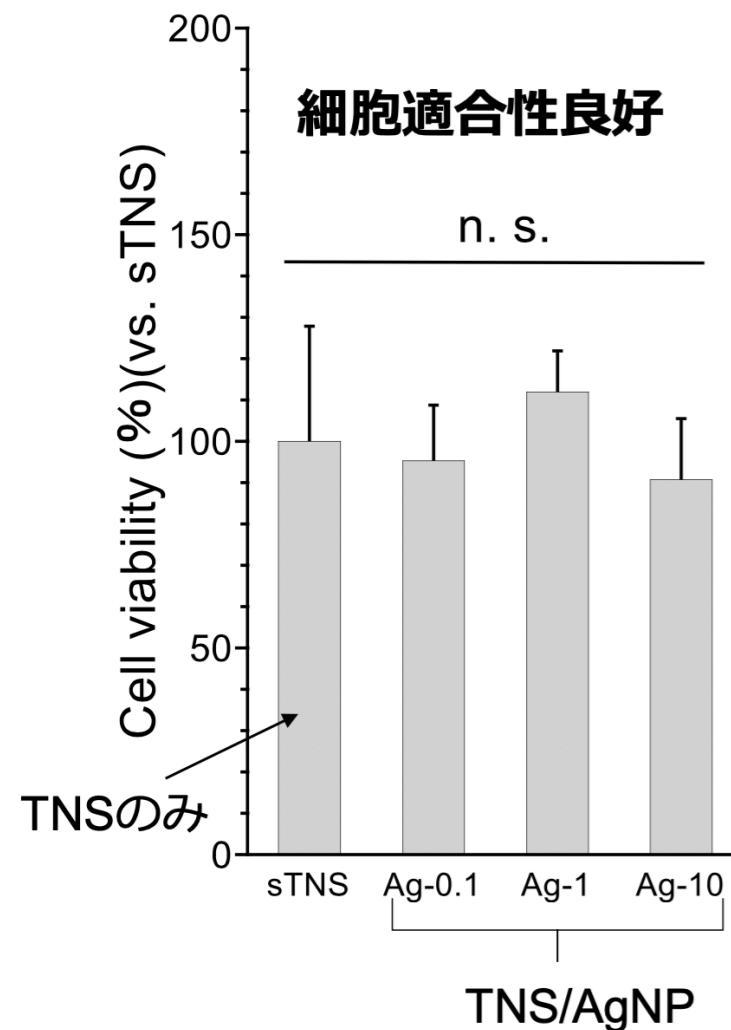
東北大学 Ti-20%Ag合金を用いた歯科用インプラント バイオフィルムの形成抑制をターゲットとした生体組織に極めて安全でマイルドな抗菌機能 https://www.crieto.hosp.tohoku.ac.jp/seedlist/seed40.html	九州工業大学 α -リン酸ジルコニウムを用いた歯科用インプラント 層状の α -リン酸ジルコニウムに、骨形成因子の亜鉛イオンや抗菌性の銀イオンを担持 https://www.ksrp.or.jp/fais/kmde/news/uploads/e2c15da1a187cdfeeaa2ee35994ccfabb.pdf	京セラ(株)、佐賀大学 AG-PROTEX - 銀含有ハイドロキシアパタイトの皮膜を人工関節の骨接合面にコーティング https://www.kyocera.co.jp/prdc/t/medical/ag-protex/	金沢大学 ヨードコーティングによる抗菌インプラント 整形外科領域の抗菌インプラント。ヨウ素化合物をチタン表面に担持 https://www.kokansetu.or.jp/kenkyu/dl/h24/h2401.pdf
--	--	--	---

医療応用

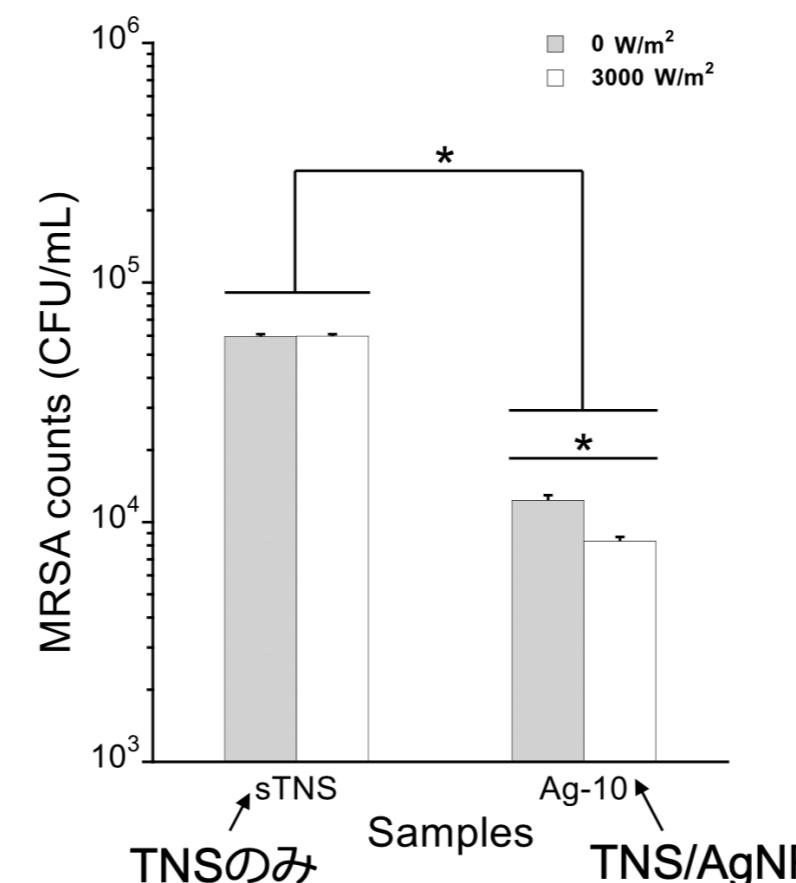
	本発明	競合技術 1 Straumann社 「SLActive」	競合技術 2 Novel Biocare社 「TiUltra」	競合技術 3 Osstem社/ 「ET NH」
原材料 (フィクスチャ)	純チタン	チタン合金	純チタン	純チタン
表面性状	アルカリー加熱処理による表面粗面化(前処理)とTNS/AgNPコーティング処理	サンドブラストと酸エッキングによる粗面化処理 炭素との接触を断つことで親水性を維持	陽極酸化処理(タイナイト)により最大10μmの厚みの酸化被膜をコーティング	サンドブラストと酸エッキングによる表面粗面化と溶液反応法による低結晶性ハイドロキシアパタイトコーティング処理
クラス分類	クラスⅢ	クラスⅢ	クラスⅢ	クラスⅢ
表面機能	抗菌性 <input checked="" type="radio"/> 光熱変換 <input checked="" type="radio"/> 細胞適合性 <input type="radio"/> 骨形成能 <input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

医療応用

細胞毒性試験
(MC3T3-E1細胞)



抗菌性評価
(メチシリン耐性黄色ブドウ球菌)



⇒NIR照射(30 min)による
抗菌効果増強を確認

細胞毒性無し

光照射無しでも抗菌特性発現

光照射で更なる抗菌特性発現

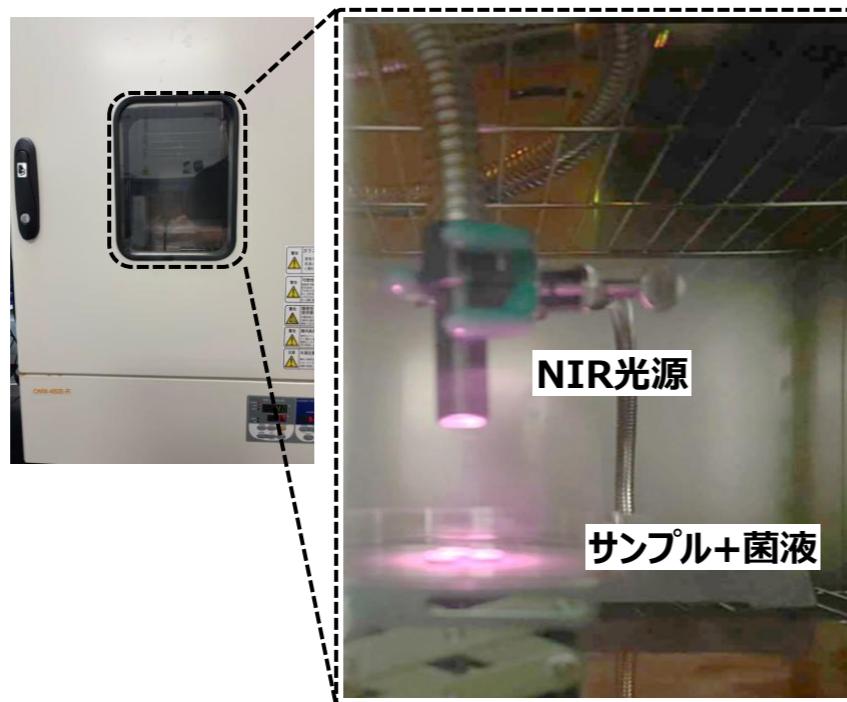
デュアル抗菌特性は世界初

医療応用

■実証実験状況(参考)

・NIR照射による光熱抗菌効果の測定

⇒ 定温装置内にてNIRを照射し、複合材料を
37°Cに調整した状態で抗菌作用を測定



・医療用ネジへの成膜

⇒ 層状化合物にチタン酸ナノシートを
用いた複合材料を、医療用ネジ上
に成膜したサンプル品の製作



複合材料の試験方法、成膜方法については既に確立している

医療応用

	本発明	競合技術 1 Straumann社 「SLActive」	競合技術 2 Novel Biocare社 「TiUltra」	競合技術 3 Osstem社/ 「ET NH」
原材料 (フィクスチャ)	純チタン	チタン合金	純チタン	純チタン
表面性状	アルカリー加熱処理による表面粗面化(前処理)とTNS/AgNPコーティング処理	サンドブラストと酸エッキングによる粗面化処理 炭素との接触を断つことで親水性を維持	陽極酸化処理(タイナイト)により最大10μmの厚みの酸化被膜をコーティング	サンドブラストと酸エッキングによる表面粗面化と溶液反応法による低結晶性ハイドロキシアパタイトコーティング処理
クラス分類	クラスⅢ	クラスⅢ	クラスⅢ	クラスⅢ
表面機能	抗菌性 <input checked="" type="radio"/> 光熱変換 <input checked="" type="radio"/> 細胞適合性 <input type="radio"/> 骨形成能 <input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

実用化に向けた課題

- 現在、デュアル抗菌が可能なことを確認
- 医療用チタンネジへのコーティング技術も確立した
- 臨床データーが（ほとんど）無い
- 臨床応用が可能な組織との連携が必要
- マウス～人体での実試験必要
- 光照射量と時間の低減化が必要

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	<ul style="list-style-type: none"> ・デュアル抗菌特性を確認 ・医療ネジへのコーティング技術を確立 	サンプル提供可能
現在	<ul style="list-style-type: none"> ・動物実験での骨芽細胞の成長などを観察中 ・従来品との抗菌特性を比較中 	サンプル提供可能
3年後	<ul style="list-style-type: none"> ・動物実験による安全性などの確認 ・生体への埋入を行い課題の洗い出し(機械的耐性など) ・ 	サンプル提供可能
8年後	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒトでの臨床試験と安全性の確認 ・医療器具としての認可 	
10年後	<ul style="list-style-type: none"> ・販売開始 ・マーケットは全世界(特に欧州・米国・韓国) ・健康長寿社会を見据えると、日本でもマーケットの拡大予想 	製造・販路などの確立

企業への期待

- 医療用品開発の経験が無い
- 臨床応用から実用化までのスキームを描ける企業との共同研究を希望
- インプラント以外の医療応用（抗がん・熱殺菌など）について、ご提案いただきたい

企業への貢献、PRポイント

- 広域近赤外応答を示す材料はできているため、材料の提供や技術指導が可能
- 材料に関する基礎的分析技術（X線分析・電子顕微鏡解析・元素分析など）を提供可能
- 健康長寿社会の実現に向けて、インプラントのマーケットの拡大が期待できる

本発明に関する知的財産権：医療応用

発明名称： 医療機器、医療機器の製造方法
及び医療機器の発熱作動方法

発明者： 由井 樹人、佐藤 達矢（国立大学法人新潟大学）
島袋 将弥、小林 真美子、川下 将一
(国立大学法人東京科学大学)

出願人： 国立大学法人新潟大学 [100%]

出願番号：特願2024-143430 (2024-8-23 出願)

新規性喪失の例外規定の適用：無し

本技術の特徴と応用例

高エネルギーな近赤外光を熱へと変換する

- ・太陽光蒸留(淡水製造)
- ・歯科インプラント材料の光熱殺菌

更なる応用構想

- ・熱線カット材料
- ・不可視インク(セキュリティインク)
- ・融雪材料
- ・etc,,,,,,

企業への期待

- 本発明品の近赤外応答の新規用途開発のご提案をいただきたい。
- キーワードは；（太陽）光熱変換・不可視性・熱線応答・生体透過性・抗菌殺菌特性

产学連携の経歴

- 2002年-2003年 多摩コンソーシアム（技術・知財の指導や連携）
- 2005年-2009年 企業に所属し产学連携の技術開発を経験
- 2012年- 企業への技術相談・共同研究（複数社）

お問い合わせ先

新潟大学 社会連携推進機構

TEL 025-262-7554

e-mail onestop@adm.niigata-u.ac.jp