



2026年4月30日

各位

国立大学法人東北大学  
グリーン未来創造機構  
グリーンクロステック研究センター

脱・化学薬品の研磨へ  
— “ナノバブル” と『NanoTerasu』が拓く  
環境調和型ものづくり—

【発表のポイント】

- 研磨工程における環境負荷低減を目指し、数十ナノメートルサイズの泡であるウルトラファインバブル（UFB、通称ナノバブル）<sup>（注1）</sup>を研磨助剤として利用する新しい手法の有効性を実証しました。
- 国内最先端の放射光施設 NanoTerasu（ナノテラス）<sup>（注2）</sup>を活用し、「表面の非常に薄い改質層」の状態を、高い精度で特定することに成功しました。
- 炭素鋼およびアルミニウム合金において、UFB によって研磨に適した表面改質層が顕著に形成されることを確認しました。UFB が化学薬品の代わりとなる「研磨助剤」として機能する可能性を科学的に立証しました。

【概要】

半導体や MEMS デバイス（微小電子機械システム）の製造においては、材料基板の表面を原子レベルで平滑にする必要があります。その加工効率を高めるために、現在は多量の化学薬品（研磨助剤）が使用されていますが、環境負荷が高い工程で、使用後の洗浄に多大なコストがかかるという課題があります。

東北大学グリーン未来創造機構グリーンクロステック研究センター（兼 大学院工学研究科、大学院医工学研究科）水谷正義教授、東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター（兼 多元物質科学研究所）虻川匡司教授と赤羽優子大学院生（株式会社ティ・ディ・シー）の研究グループは、研磨工程における環境負荷低減を目指し、ウルトラファインバブル（UFB）を研磨助剤として利用する新しい手法の有効性を実証しました。3GeV 高輝度放射光施設「NanoTerasu（ナノテラス）」を用いた詳細な表面分析を実施したところ、UFB が炭素鋼やアルミニウム合金の表面に「削りやすい層（脆性層）」が形成されていることが判明しました。本成果は、化学薬品に頼らないクリーンな超精密加工技術の実現に大きく貢献するものです。

本研究結果は、2026年4月10日付けで、砥粒加工学会誌に掲載されました。

## 【詳細な説明】

### **研究の背景**

従来の精密研磨プロセスでは、加工効率を高めるために多量の化学薬品（研磨助剤）が使用されています。しかし、これらは使用後の廃液処理による環境負荷や、作業者の安全性、コストが大きな課題となっていました。そこで本研究グループは、近年さまざまな分野で注目されているウルトラファインバブル（直径1マイクロメートル未満の微細気泡）の化学的作用に着目しました。

### **今回の取り組み**

本研究グループは、研磨プロセスの環境負荷低減を実現するため、化学薬品に依存しない新たな研磨助剤としてウルトラファインバブル（UFB）に着目しました。UFBが圧壊する際に発生するヒドロキシラジカル（OHラジカル）を利用し、加工対象物の表面をあえて微細に酸化・脆化させることで、削り取りやすくする「表面改質」のメカニズムを検証しました。

検証にあたっては、3GeV高輝度放射光施設「NanoTerasu（ナノテラス）」の硬X線光電子分光法（HAXPES）<sup>（注3）</sup>を活用しました。高輝度の硬X線を利用し、ナノレベルでの極めて薄い表面改質層の変化を詳細に解析しました。その結果、炭素鋼およびアルミニウム合金において、UFBによる顕著な表面改質効果を確認し、UFBが実用的な研磨助剤として機能する可能性を科学的に立証しました。

### **今後の展開**

本研究により、水と気泡というシンプルな構成で、従来の化学薬品と同等以上の研磨効果を得られる可能性が示されました。今後は、さらに多様な材料への適用性を検証するとともに、実用化に向けた装置開発を進めます。これにより、半導体製造や精密機械部品の製造現場における「環境負荷ゼロ」の実現を目指します。

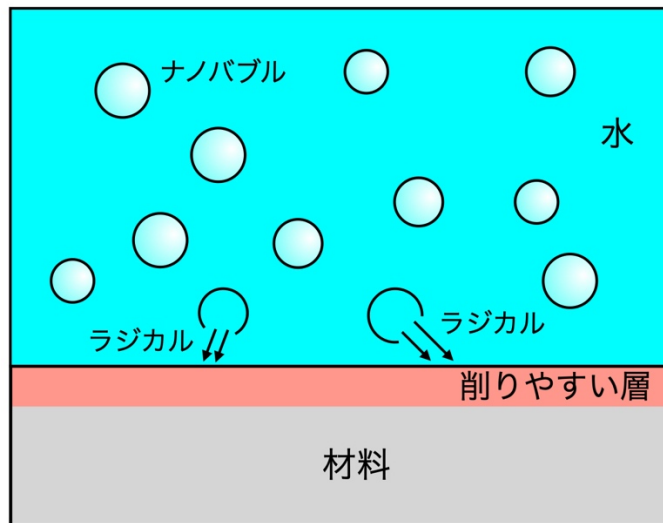


図 1. ウルトラファインバブルが表面を改質するイメージ

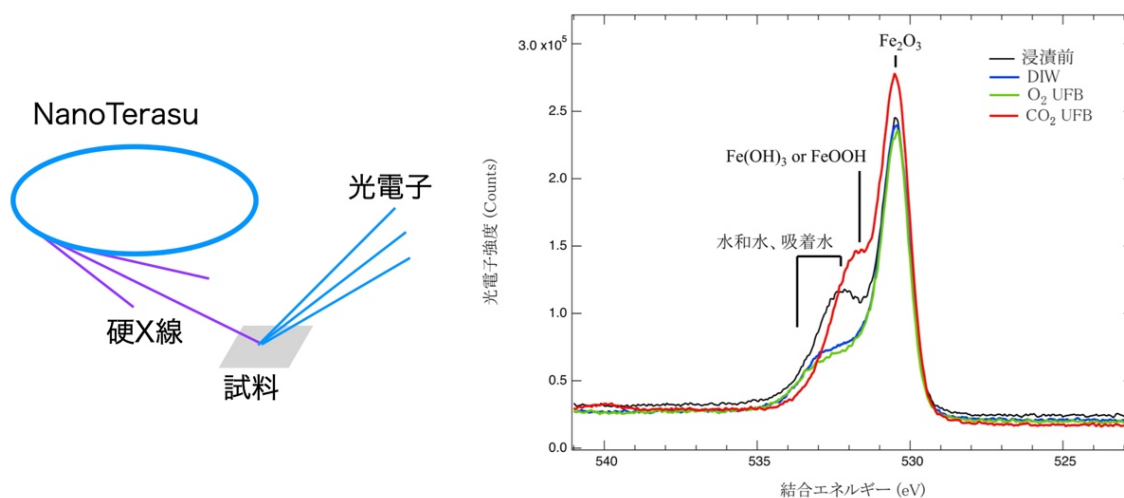


図 2. UFB 処理を行った炭素鋼表面の NanoTerasu 硬 X 線光電子分光スペクトル

【謝辞】

本研究では仙台市が提供する「NanoTerasu シェアリング 2000」の利用枠を活用して実施しました。また、研究グループは「ナノテラスでの計測について一般財団法人光科学イノベーションセンターの高田昌樹先生、八木直人先生、渡辺義夫先生のご指導に感謝申し上げます。ナノテラスでの計測では一般財団法人光科学イノベーションセンターの小針聡真様、川原隆爾様のサポートに感謝申し上げます。」と述べています。

なお、本研究の一部は、公益財団法人工作機械技術振興財団「特別研究助成」(RU-14、RU-23)を得て実施しました。

#### 【用語説明】

- 注1. ウルトラファインバブル（UFB）：直径 1 $\mu$ m 未満の目に見えないほど微細な気泡。液体中に長期間滞留し、特異な物理的・化学的性質を持つ。
- 注2. NanoTerasu（ナノテラス）：2024年に本格運用を開始した3GeV高輝度放射光施設。ナノレベルで物質の構造や状態を「見る」ことができる。
- 注3. 硬 X 線光電子分光法（HAXPES）：物質内部の電子状態を非破壊で詳細に調べる手法。

#### 【論文情報】

タイトル：研磨助剤としてのウルトラファインバブルの可能性 -ナノテラス 硬 X線電子分光法による表面改質層の評価-

著者：赤羽 優子、虻川匡司、水谷 正義\*

\*責任著者：

東北大学グリーン未来創造機構グリーンクロステック研究センター  
（東北大学大学院工学研究科/東北大学大学院医工学研究科 兼務）

教授 水谷 正義

掲載誌：砥粒加工学会誌

DOI：10.11420/jsat.25-00003

URL：<https://doi.org/10.11420/jsat.25-00003>

**【問い合わせ先】**

(研究に関すること)

東北大学グリーン未来創造機構グリーンクロステック研究センター

(東北大学大学院工学研究科/東北大学大学院医工学研究科 兼務)

教授 水谷正義 (みずたにまさよし)

TEL : 022-795-6946

Email : masayoshi.mizutani.b6@tohoku.ac.jp

東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター

(東北大学多元物質科学研究所 兼務)

教授 虻川匡司 (あぶかわただし)

TEL : 022-217-5364

Email : abukawa@tohoku.ac.jp

株式会社ティ・ディ・シー 代表取締役 赤羽優子

TEL 022-356-3131

Email : tdc@mirror-polish.com

(報道に関すること)

東北大学グリーン未来創造機構グリーンクロステック研究センター

事務室長 渋谷 耕司

Email: green-x-tech@grp.tohoku.ac.jp

株式会社ティ・ディ・シー 代表取締役 赤羽優子

TEL 022-356-3131

Email : tdc@mirror-polish.com