

密着性が高く摩耗に強い WC-Ni硬質皮膜の低温形成技術

新潟大学工学部 工学科材料科学プログラム
准教授 大木 基史

2025年9月25日

高速度工具鋼への硬質皮膜付加

- ・ 切削工具や金型材料として使用
- ・ 高硬度・高密着性・高耐摩耗性が望まれる



- ・ 「寿命延伸」によるコスト低減
- ・ 成形・加工の容易性の確保
- ・ 「機能分担」により様々な機能付与が可能

硬質皮膜付加の具体例

- WC-Co皮膜×高速フレイム溶射（HVOF）
→皮膜施工時の熱的負荷による脆弱相形成
- 硬質薄膜（TiN等）×物理・化学蒸着
→皮膜施工時の熱的負荷による脆弱相形成

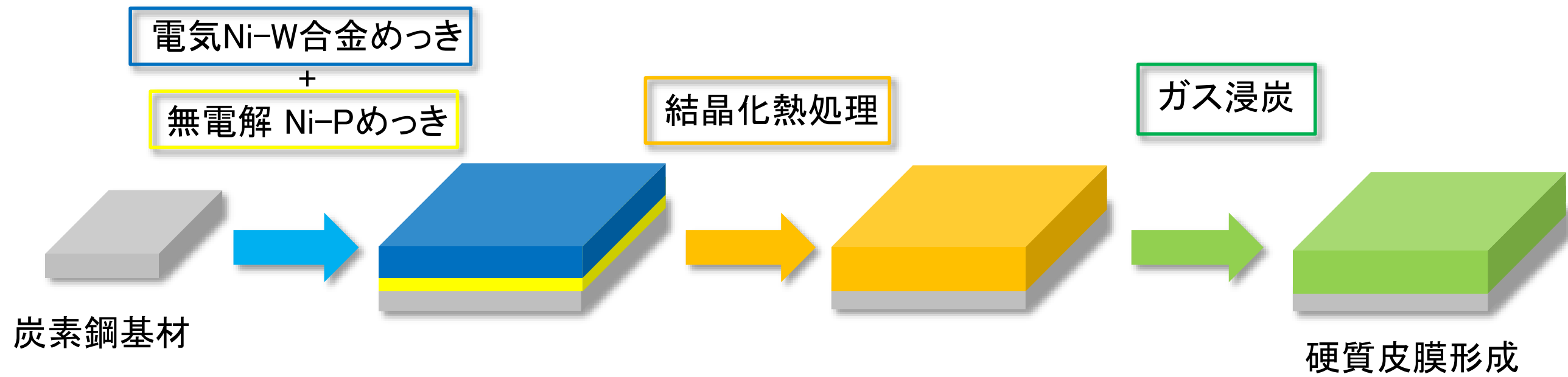


高硬度・高密着性・高耐摩耗性硬質皮膜の必要性

先行特許(2020年出願)の概要

- ・ 湿式めっき・ガス浸炭複合法により，炭素鋼基材上に
WC-Ni硬質皮膜を形成
- ・ WC-Ni硬質皮膜の機械的特性(硬度，耐摩耗性)を評価
- ・ 対象材料との機械的特性の比較

皮膜作製方法(先行特許)



皮膜	無電解	電気	結晶化熱処理		ガス浸炭処理	
	めっき厚さ	めっき厚さ	温度(保持時間)	雰囲気	温度(保持時間)	雰囲気
①	≒ 1μm	≒ 2.5μm	～700℃(短)	H ₂ +Ar	～950℃(短)	C ₂ H ₂ +Ar
②	↑	↑	// (中)	↑	↑	↑
③	↑	↑	// (長)	↑	↑	↑
④	↑	↑	↑	↑	// (長)	↑

観察・分析・評価方法

皮膜性状解析

- ・ X線回折(XRD) : Rint2100
- ・ 表面・断面観察 : JSM-5310LVB SEM
- ・ 成分分析 : JSM-6330F SEM & EDS

学内設備

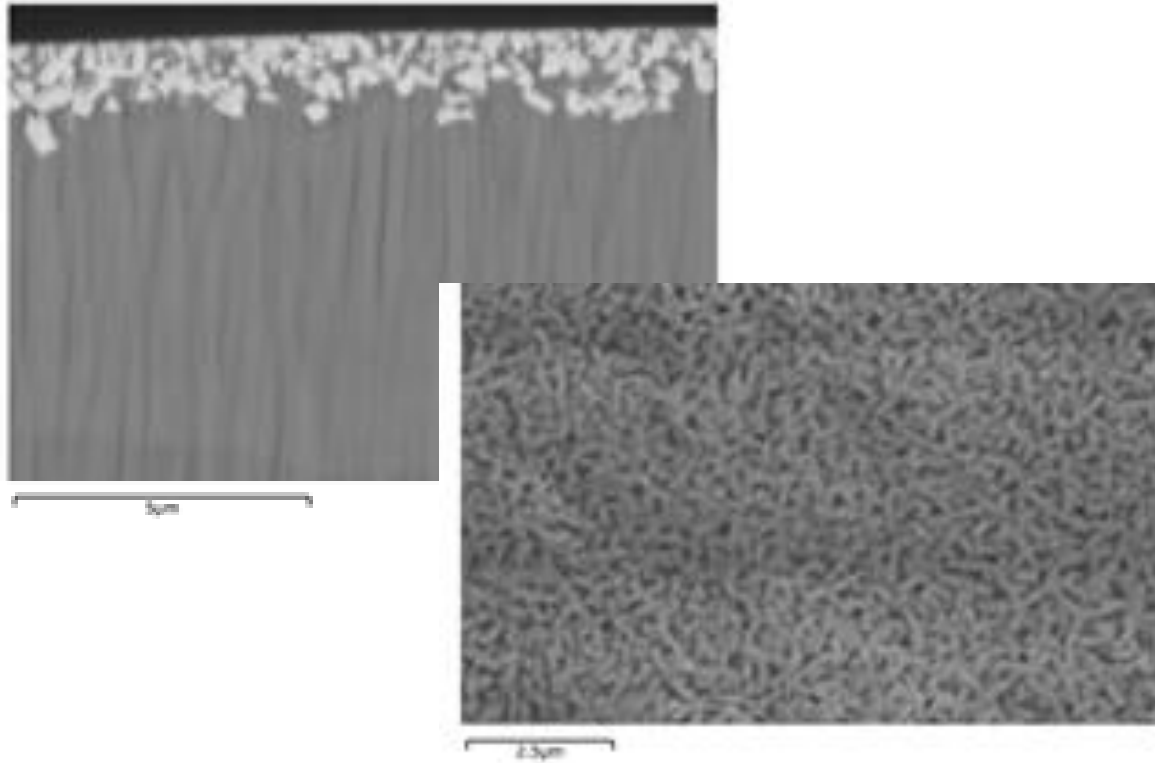
機械的特性評価

- ・ 表面硬さ試験 : PICODENTOR HM500
- ・ 摩擦摩耗試験 : Tribometer

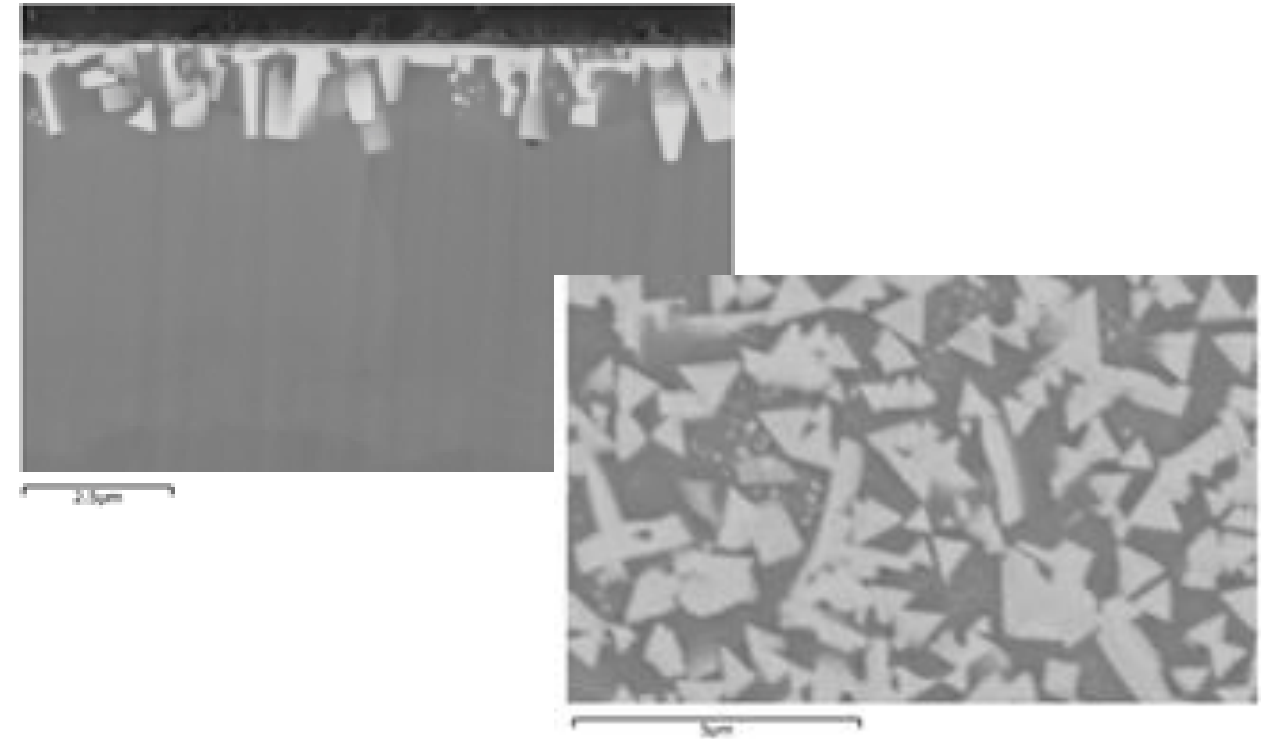
新潟県工業技術総合
研究所設備

東京都立産業技術研究
センター設備

表面・断面SEM観察結果(先行特許)



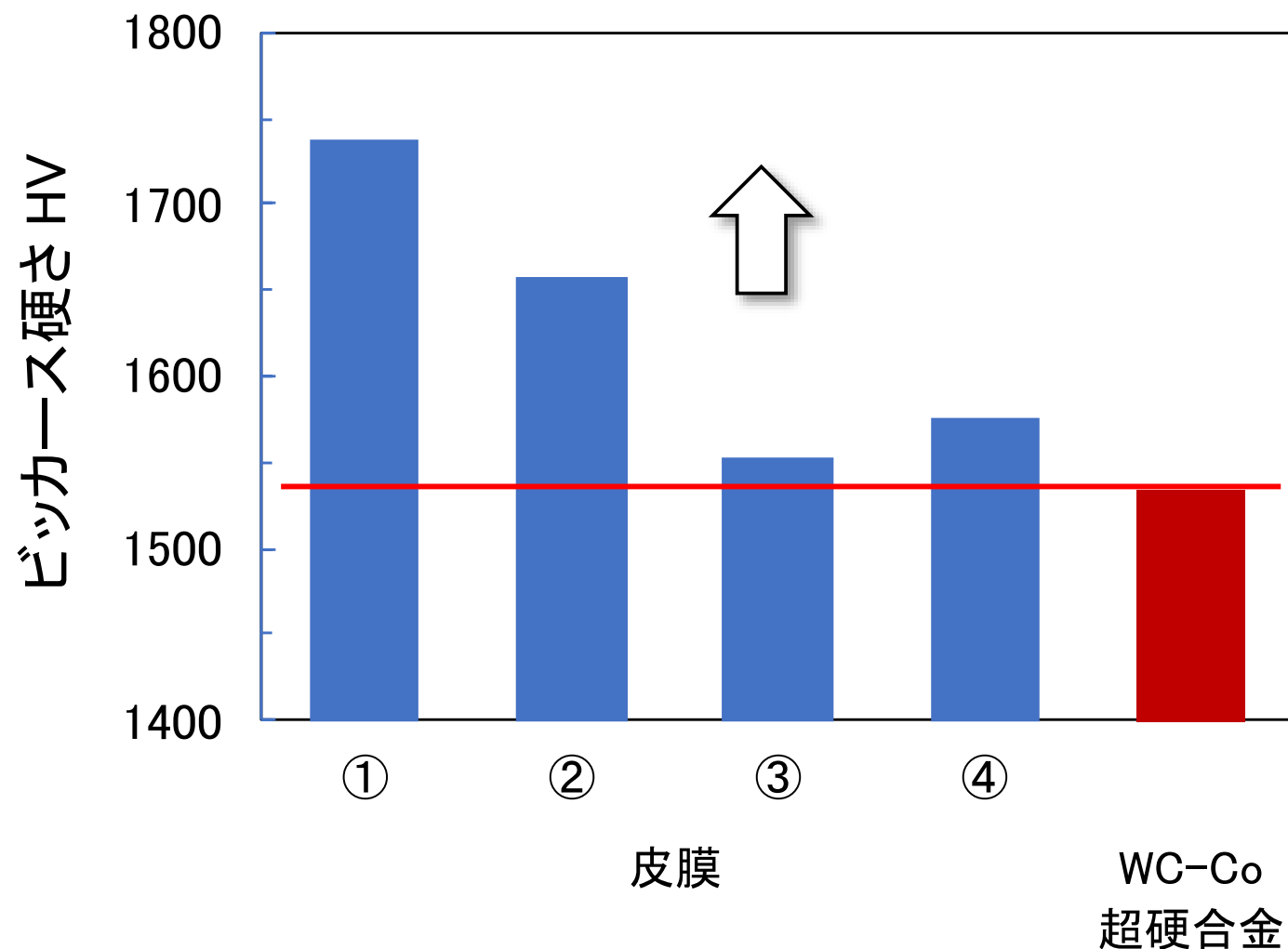
皮膜①（結晶化熱処理保持時間：短）



皮膜②（結晶化熱処理保持時間：中）

結晶化熱処理条件により，WC-Ni硬質皮膜の組織制御が可能！

表面硬さ試験結果(先行特許)

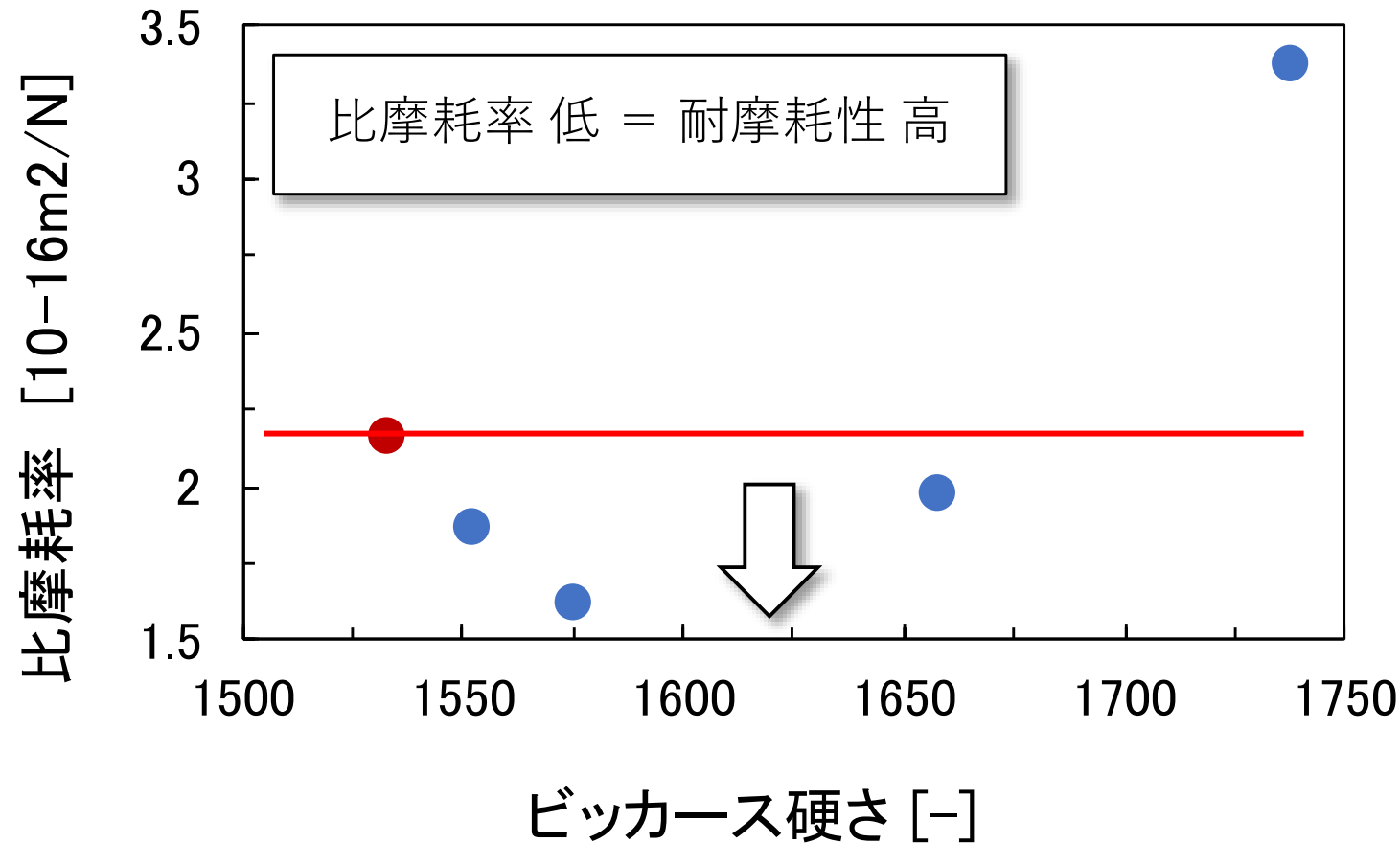


◎条件の異なる全ての
WC-Ni硬質皮膜

一般的なWC-Co超硬合金
を上回る硬さ値を示した

皮膜①～④とWC-Co超硬合金における表面硬さの比較

摩擦摩耗試験結果(先行特許)



皮膜②～④においてWC-Co
を上回る耐摩耗性を示した

- ・皮膜①：硬さ値は最高であつた反面，耐摩耗性は劣る



皮膜①～④とWC-Co超硬合金における表面
硬さと比摩耗率の関係

○WC粒子形状に起因？

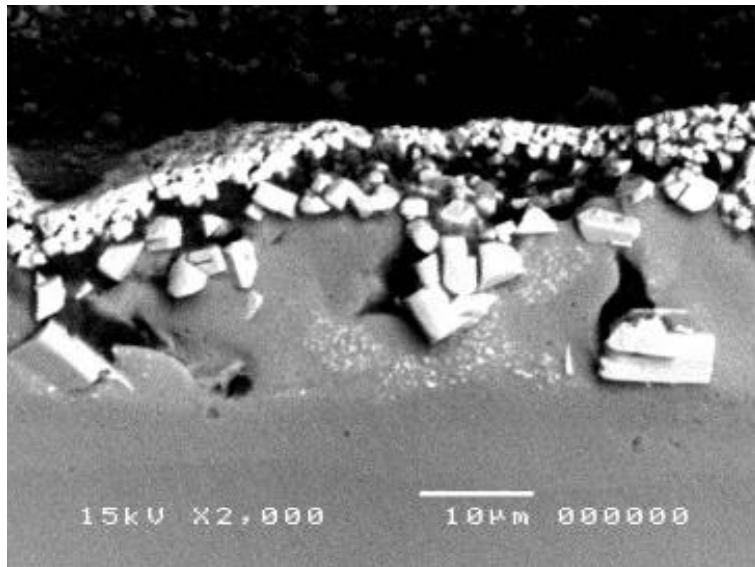
先行特許の技術的問題点

- Ni-W電気めっき膜厚増加(10~20 μm)
→結晶化熱処理+ガス浸炭を付与した結果

◎ WC結晶粗大化

◎ 硬質皮膜組織崩壊

が発生

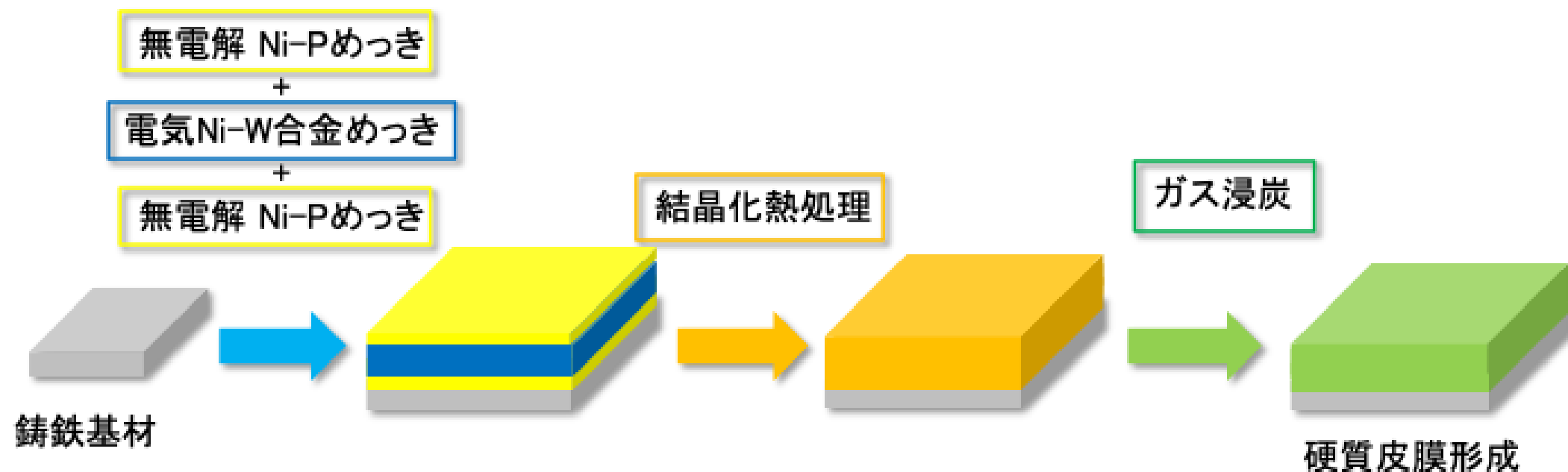


先行特許技術では形成可能な膜厚に制約あり($\sim 2.5\mu\text{m}$ 程度)?

本技術の概要

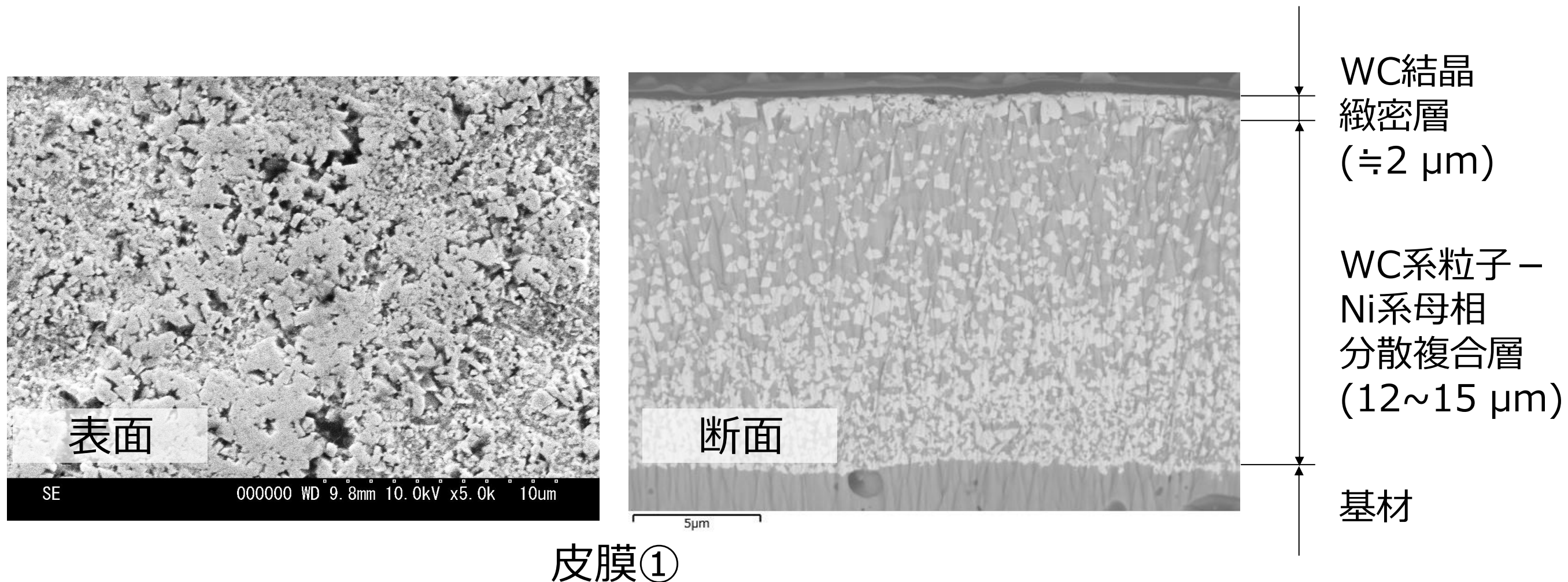
- ・ 従来とは異なるめっき層構造の採用により、湿式めっき・ガス浸炭複合法を用いて鋳鉄基材上にWC-Ni硬質厚膜(15~20 μ m)を形成可能とした
- ・ WC-Ni硬質厚膜の機械的特性(硬度, 耐摩耗性)を評価

皮膜作製方法(本技術)



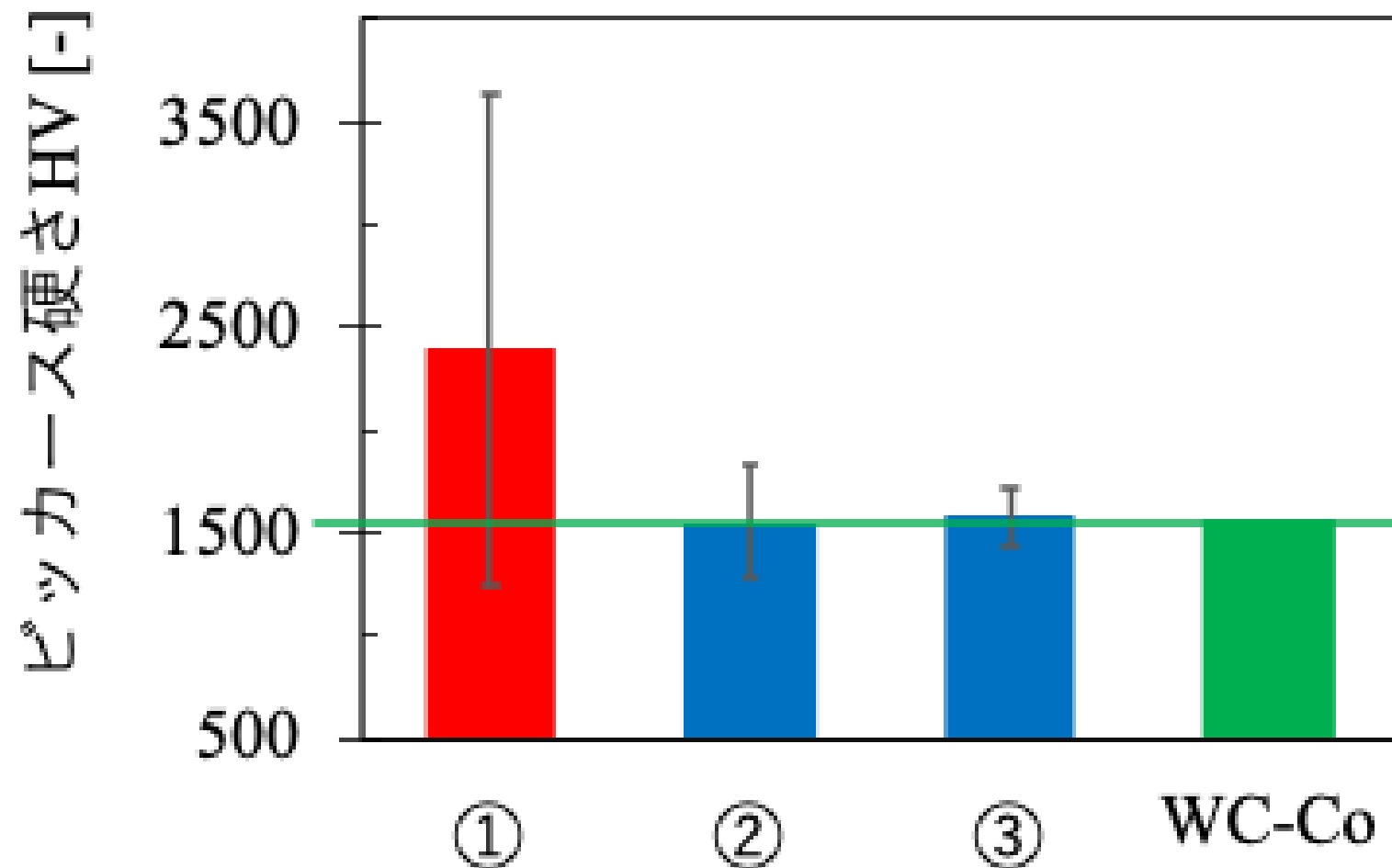
皮膜	無電解めっき厚さ	電気 めっき厚さ	結晶化熱処理		ガス浸炭処理	
			温度(保持時間)	雰囲気	温度(保持時間)	雰囲気
①	0.5~0.7 μ m (1・3層目とも)	12~15 μ m	~700°C(中)	減圧(<1Pa)	~900°C(中)	C ₂ H ₂ +Ar
比較用② (先行特許)	≒ 1 μ m (1層目のみ)	≒ 2.5 μ m	~700°C(長)	H ₂ +Ar	~950°C(短)	↑
〃 ③	↑	↑	↑	↑	〃 (長)	↑

表面・断面SEM観察結果(本技術)



WC結晶緻密層は先行特許と同様にWC柱状結晶の特異的配向

表面硬さ試験結果(本技術)



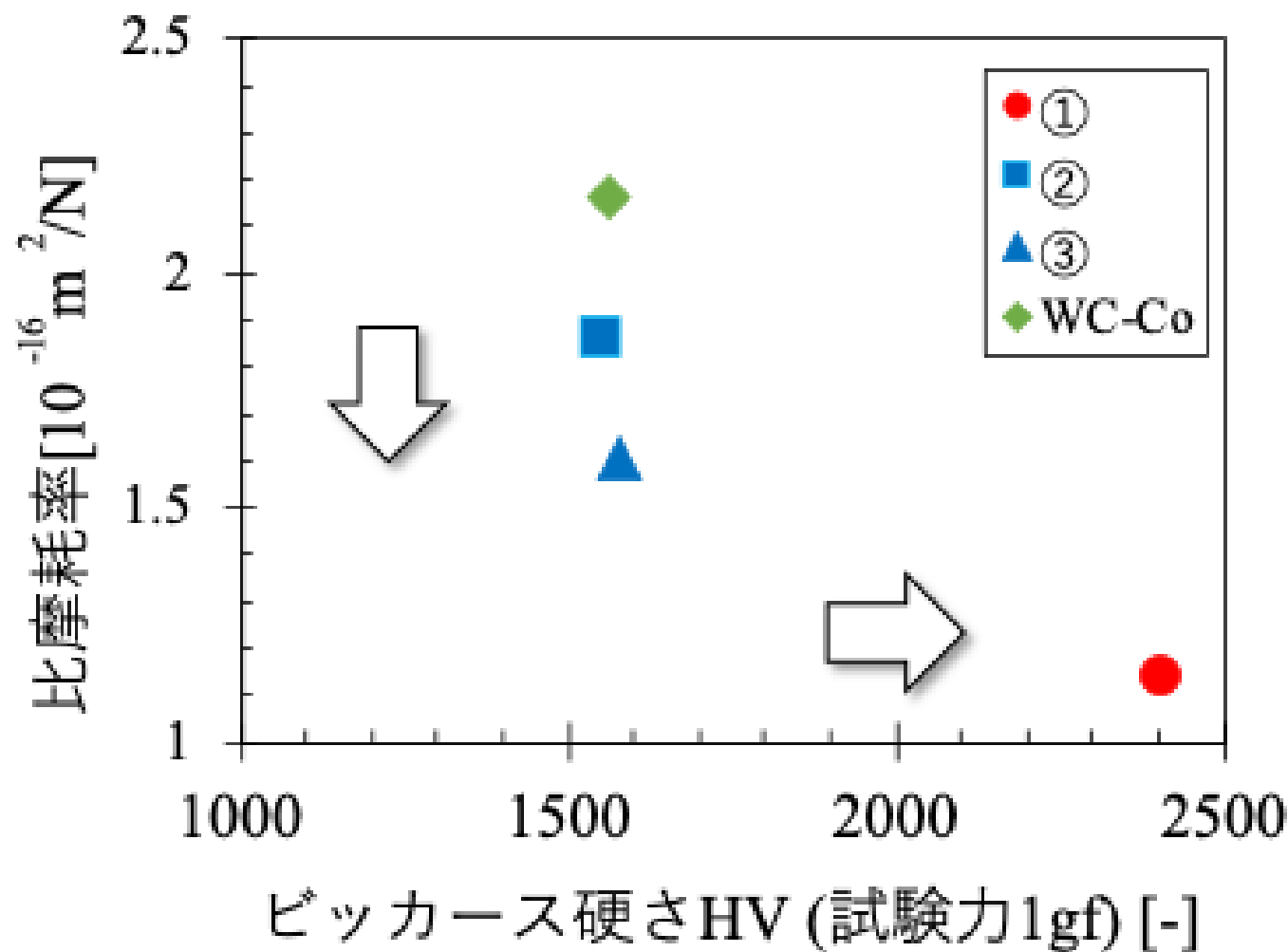
本技術①，先行特許②・③およびWC-Co超硬合金における表面硬さの比較

◎ 本技術のWC-Ni硬質厚膜



先行特許技術による
WC-Ni硬質皮膜や、
一般的なWC-Co超硬
合金を大幅に上回る
硬さ値を示した

表面硬さ試験結果(本技術)



本技術①, 先行特許②・③およびWC-Co
超硬合金における表面硬さと比摩耗率の関係

◎ 本技術のWC-Ni硬質厚膜

先行特許技術による
WC-Ni硬質皮膜や、
一般的なWC-Co超硬
合金を大幅に上回る
耐摩耗性を示した

本技術の特徴まとめ(先行特許との比較)

①高硬度・高耐摩耗性の硬質厚膜形成が可能

→6～8倍の膜厚増加, 摩耗寿命延伸を期待

②硬度・耐摩耗性の向上

→硬さ値で+50%程度, 比摩耗率で-30%程度

③プロセスの低温化

→先行特許技術(950℃以下)よりさらに50℃低温化

想定される用途

- 金型材料の耐摩耗皮膜として適用することで、**金型寿命延伸によるコスト低減効果**が大きいと考えられる。
- 上記以外に、**摩耗低減による寸法精度向上効果**が得られることも期待される。
- また、達成された耐摩耗性や密着性に着目すると、**高速度鋼工具用保護皮膜**といった用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 施工条件により硬質皮膜組織の制御が可能な点を示した。
しかし、**組織制御のメカニズム解明**や、**施工条件最適化**が未完結である。
- 特に電気めっきの影響（**浴組成や濃度、めっき条件**）について検討の途中である。
- 今後、施工条件の最適化を進めるとともに、**皮膜作製設備のスケールアップや汎用化**に関する検討も着手する。

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	社会実装への取組みについて
現在	<ul style="list-style-type: none">・ 硬質厚膜施工が実現	
1年後	<ul style="list-style-type: none">・ 電気めっき条件の影響の解明・ WC結晶緻密層の拡大による皮膜性能向上 (硬さ値で+15%, 比摩耗率で-20%)	実部材への適用を目的とする 共同研究開始
3年後	<ul style="list-style-type: none">・ 硬質皮膜組織形成メカニズムの解明・ 皮膜品質の向上および複雑形状への皮膜施工を実現・ 実部材を模擬した耐久性試験における部材寿命延伸効果を確認	商用レベルでの硬質皮膜施工 を見据えた設備および施工条件の検討
5年後		製品化の実現

企業への期待

- 組織制御のメカニズム解明に関する研究
→新潟県工業技術総合研究所・東京都立産業技術研究センターと既に共同研究を開始済

- 企業に対して期待すること



本技術の実用化に
関する検討への協力

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は簡便かつ安価なプロセスであるため、導入に際しての初期コストが低いことが、企業にとってポジティブな面であると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能である。
- 本格導入にあたっての技術指導等が実施可能である。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 硬質材の製造方法、及び 硬質材
- 出願番号 : 特願2025-067866
- 出願人 : 新潟大学
- 発明者 : 大木基史

産学連携の経歴

- 2022年-2025年 アドヴィックス社と共同研究実施

お問い合わせ先

新潟大学 社会連携推進機構

T E L 025－262－7554

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