

# 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×高速フレーム溶射 (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

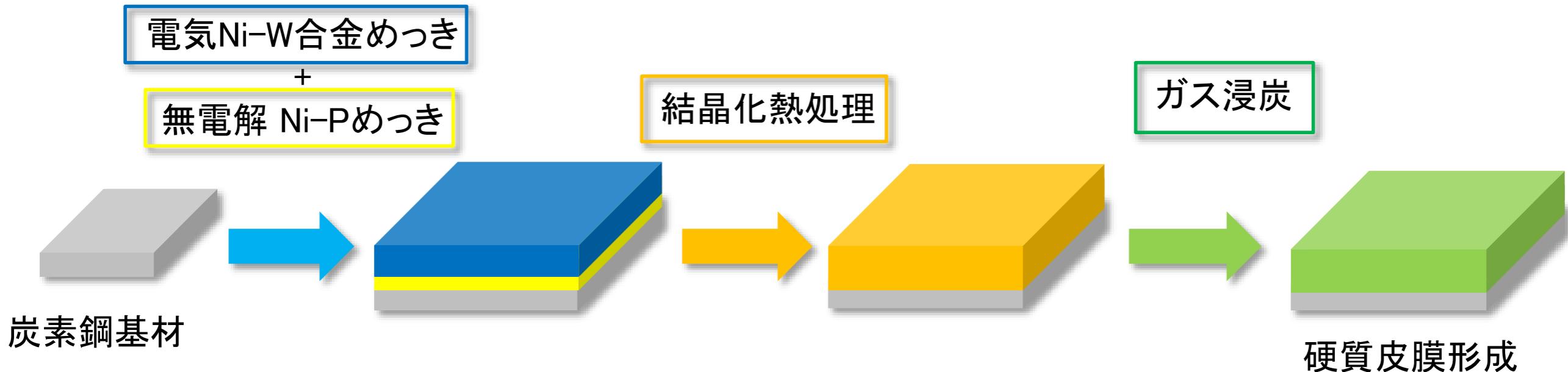


高硬度・高密着性・高耐摩耗性硬質皮膜の必要性

# 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 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)	温度(保持時間)
①	≒ 1μm	≒ 2.5μm	~700°C(短)	H <sub>2</sub> +Ar ~950°C(短)
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

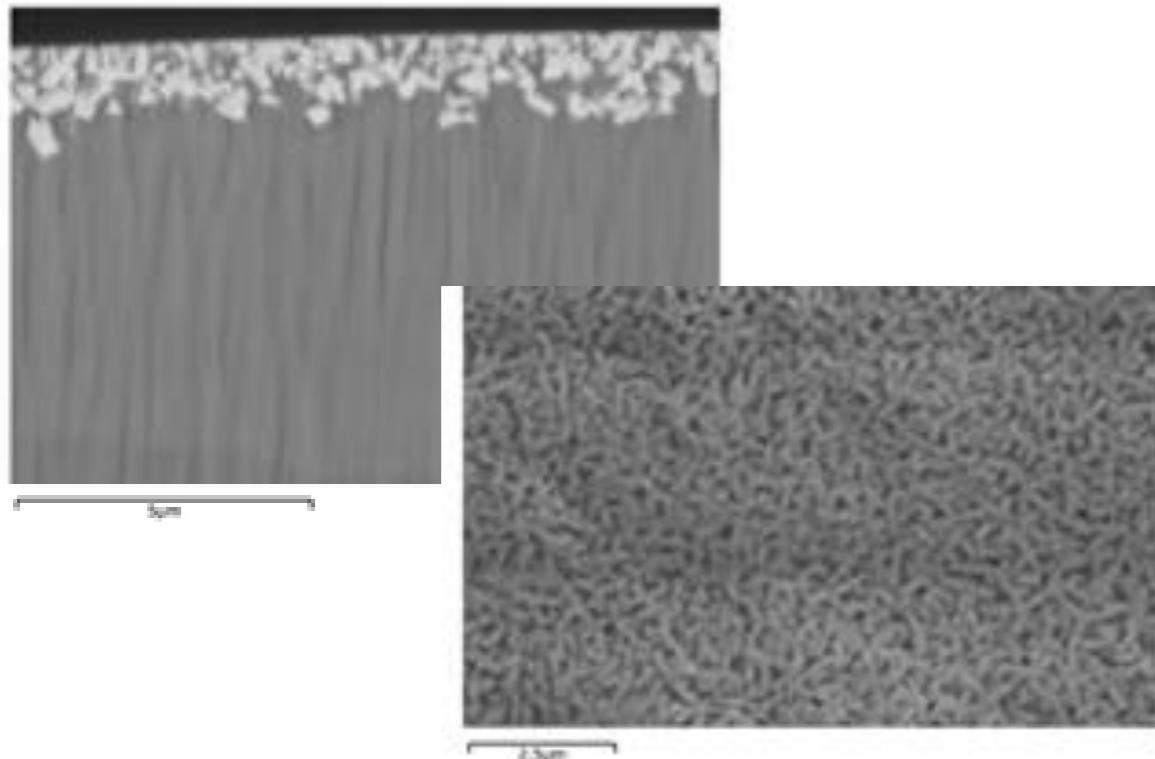
## 機械的特性評価

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

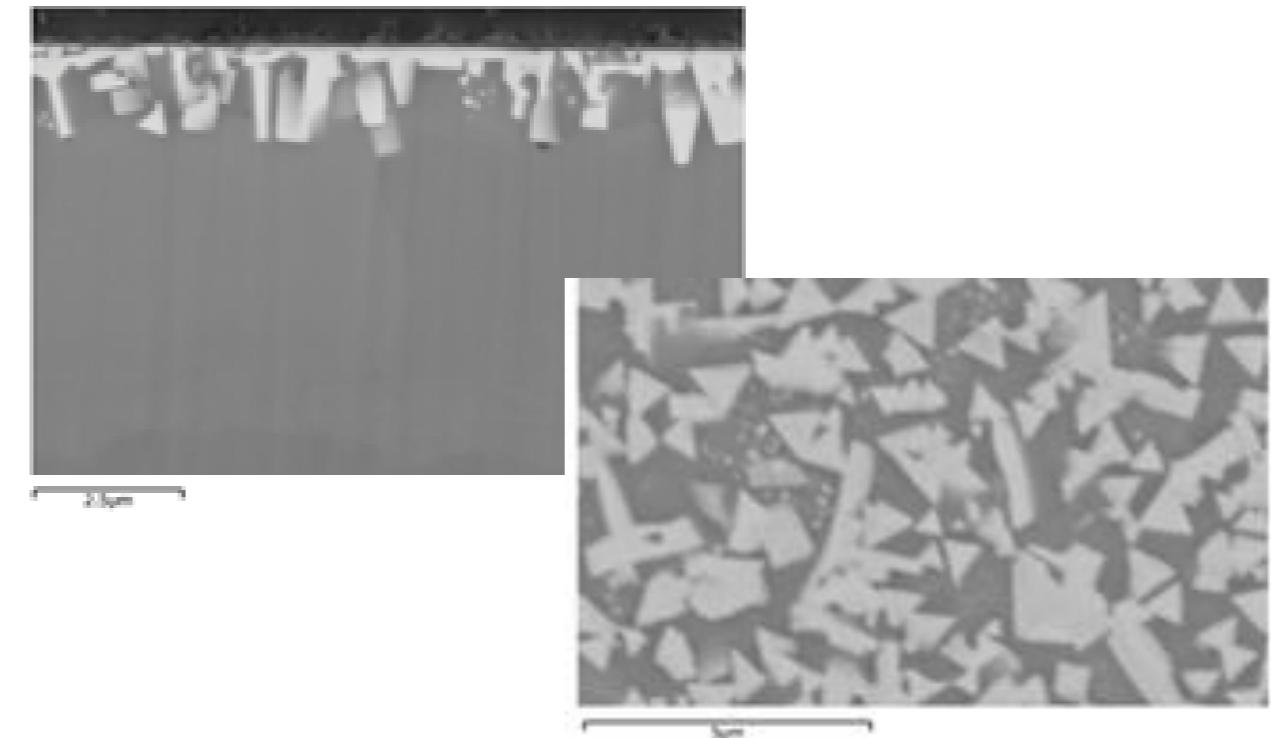
新潟県工業技術総合  
研究所設備

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)



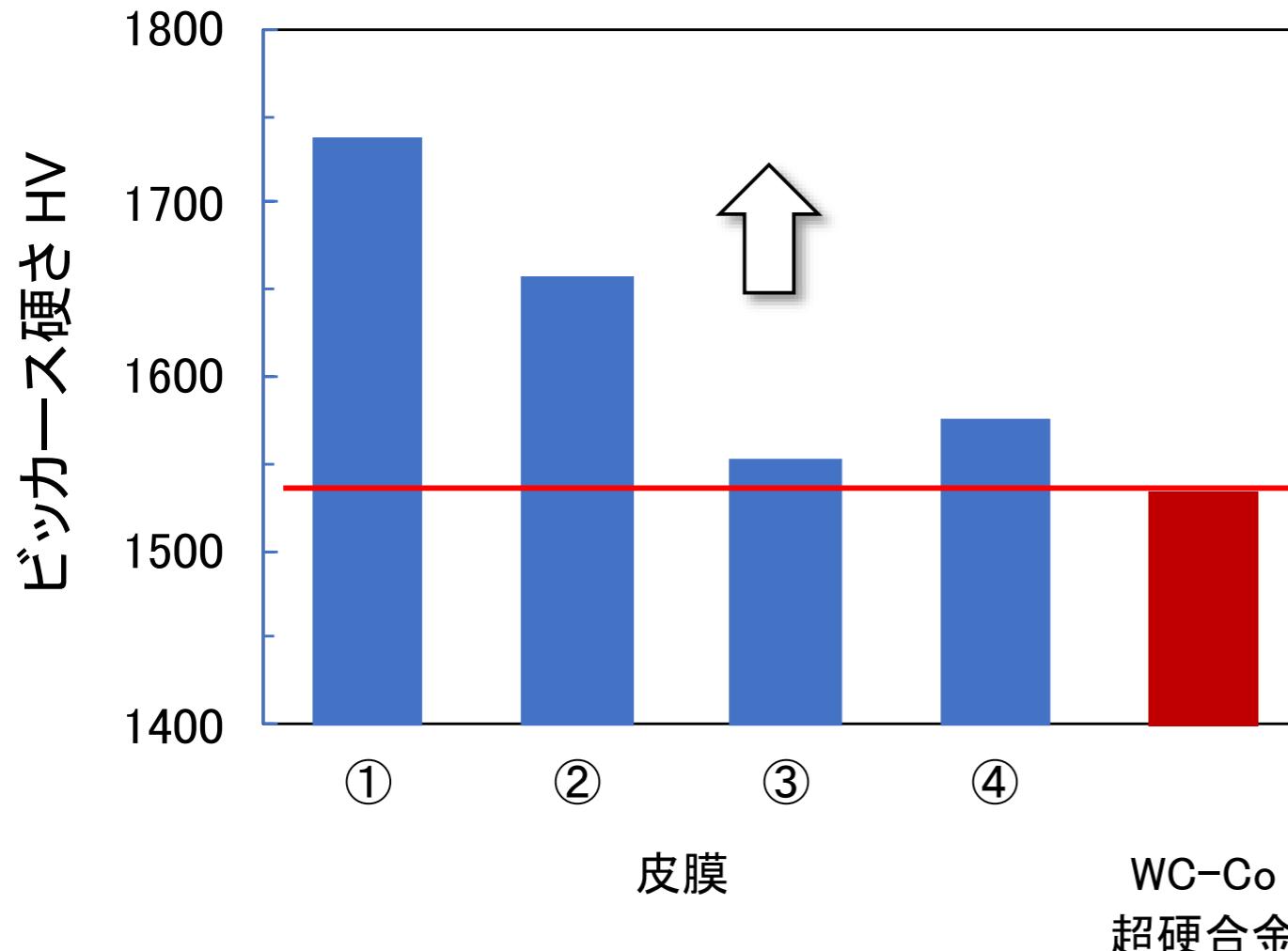
皮膜①（結晶化熱処理保持時間：短）



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)

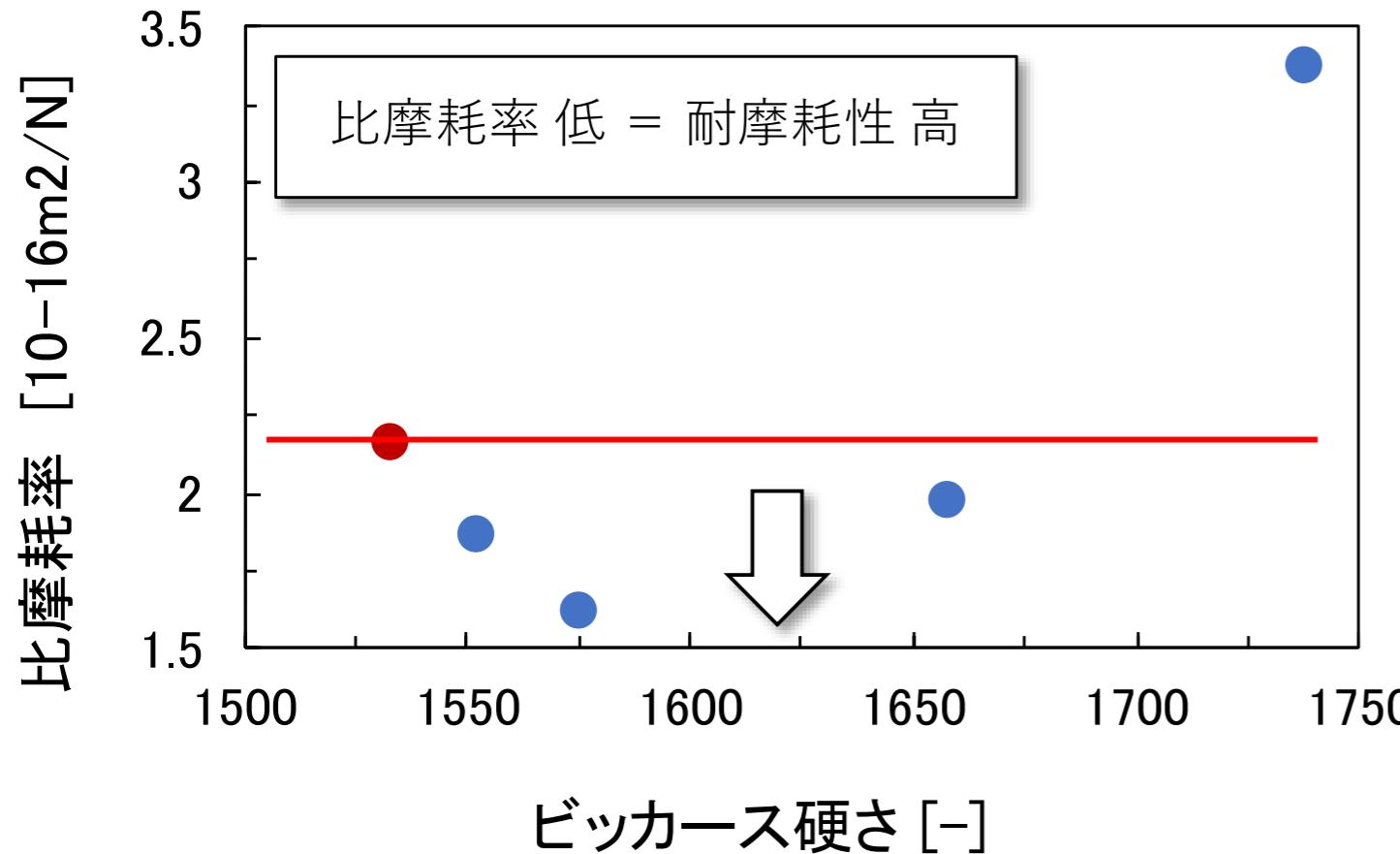


◎ 条件の異なる全ての  
WC-Ni硬質皮膜

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

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

○WC粒子形状に起因？

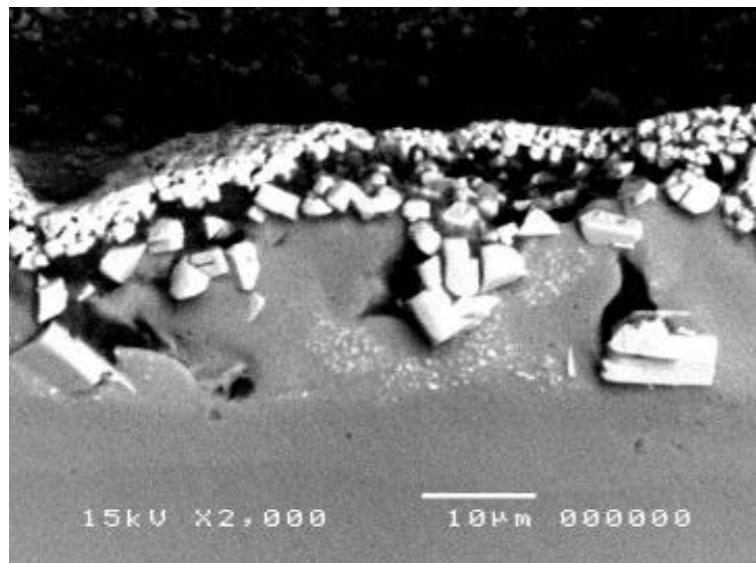


# 先行特許の技術的問題点

- Ni-W電気めっき膜厚增加(10~20μm)  
→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

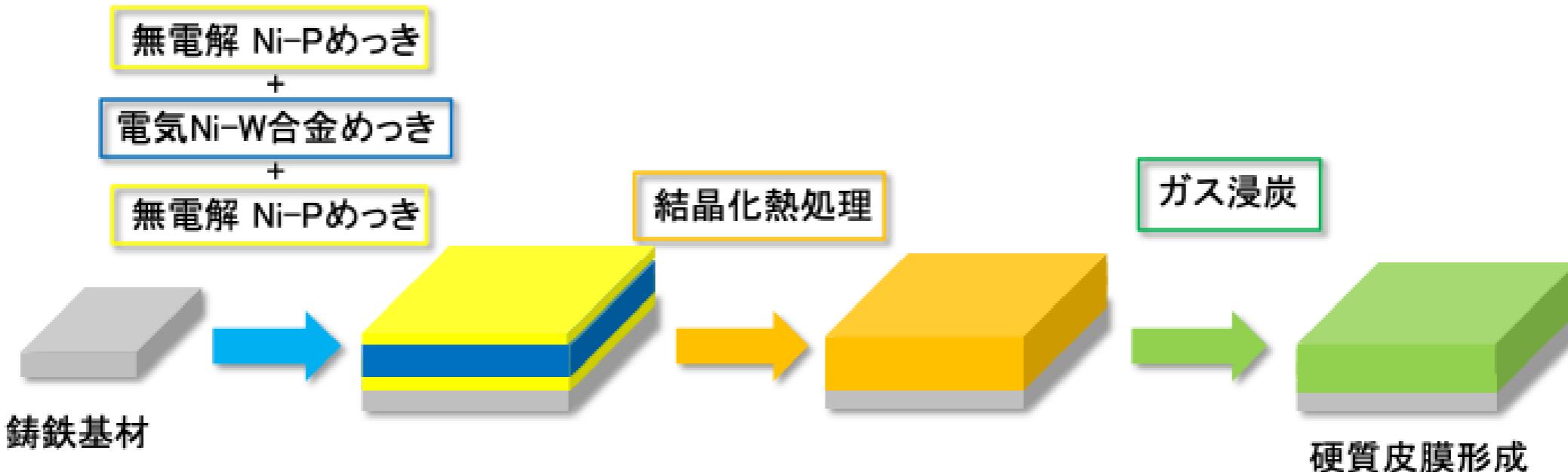


先行特許技術では形成可能な膜  
厚に制約あり(~2.5μm程度) ?

# 本技術の概要

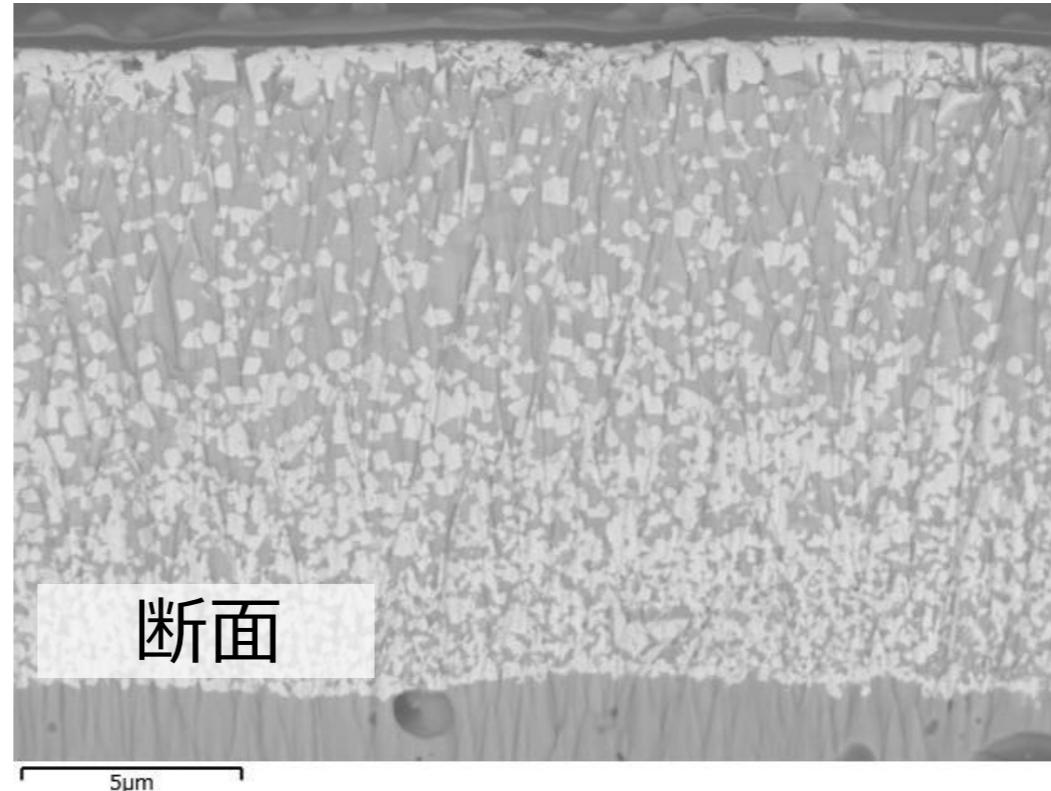
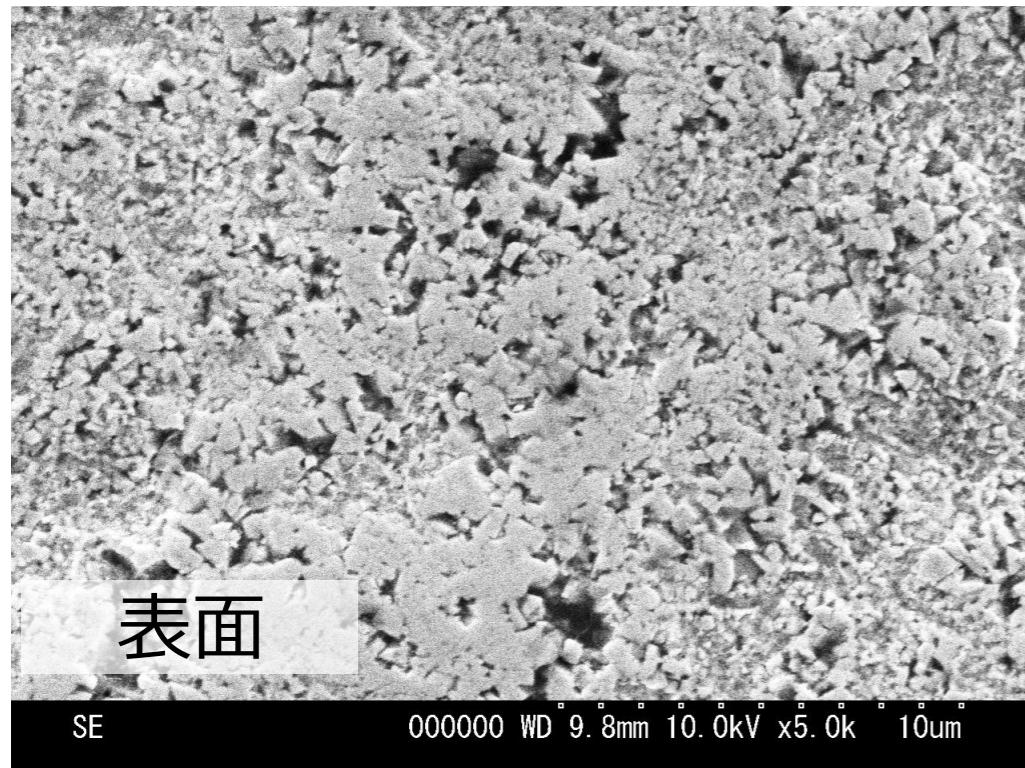
- ・従来とは異なるめっき層構造の採用により、湿式めっき・ガス浸炭複合法を用いて鋳鉄基材上に**WC-Ni硬質厚膜(15~20μm)**を形成可能とした
- ・WC-Ni硬質厚膜の機械的特性(**硬度**, **耐摩耗性**)を評価

# 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	ガス漫炭処理	
		温度(保持時間)	雰囲気	温度(保持時間)	雰囲気
①	0.5~0.7μm (1・3層目とも)	12~15μm	~700°C(中)	減圧(<1Pa)	~900°C(中)
比較用② (先行特許)	≒ 1μm (1層目のみ)	≒ 2.5μm	~700°C(長)	H <sub>2</sub> +Ar	~950°C(短)
" ③	↑	↑	↑	↑	" (長)

# 表面・断面SEM観察結果(本技術)



WC結晶  
緻密層  
( $\approx 2 \mu\text{m}$ )

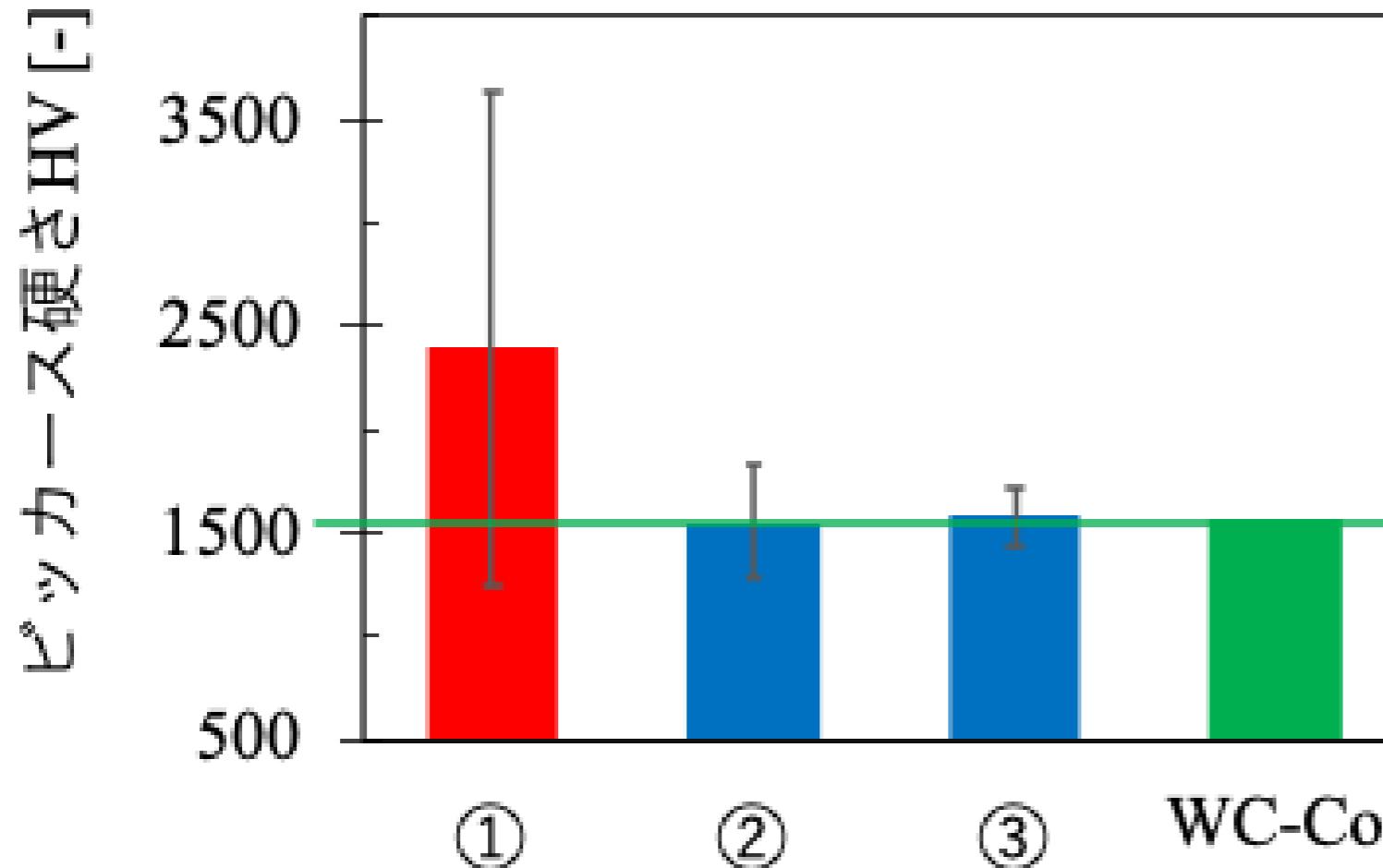
WC系粒子 -  
Ni系母相  
分散複合層  
(12~15  $\mu\text{m}$ )

基材

皮膜①

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)



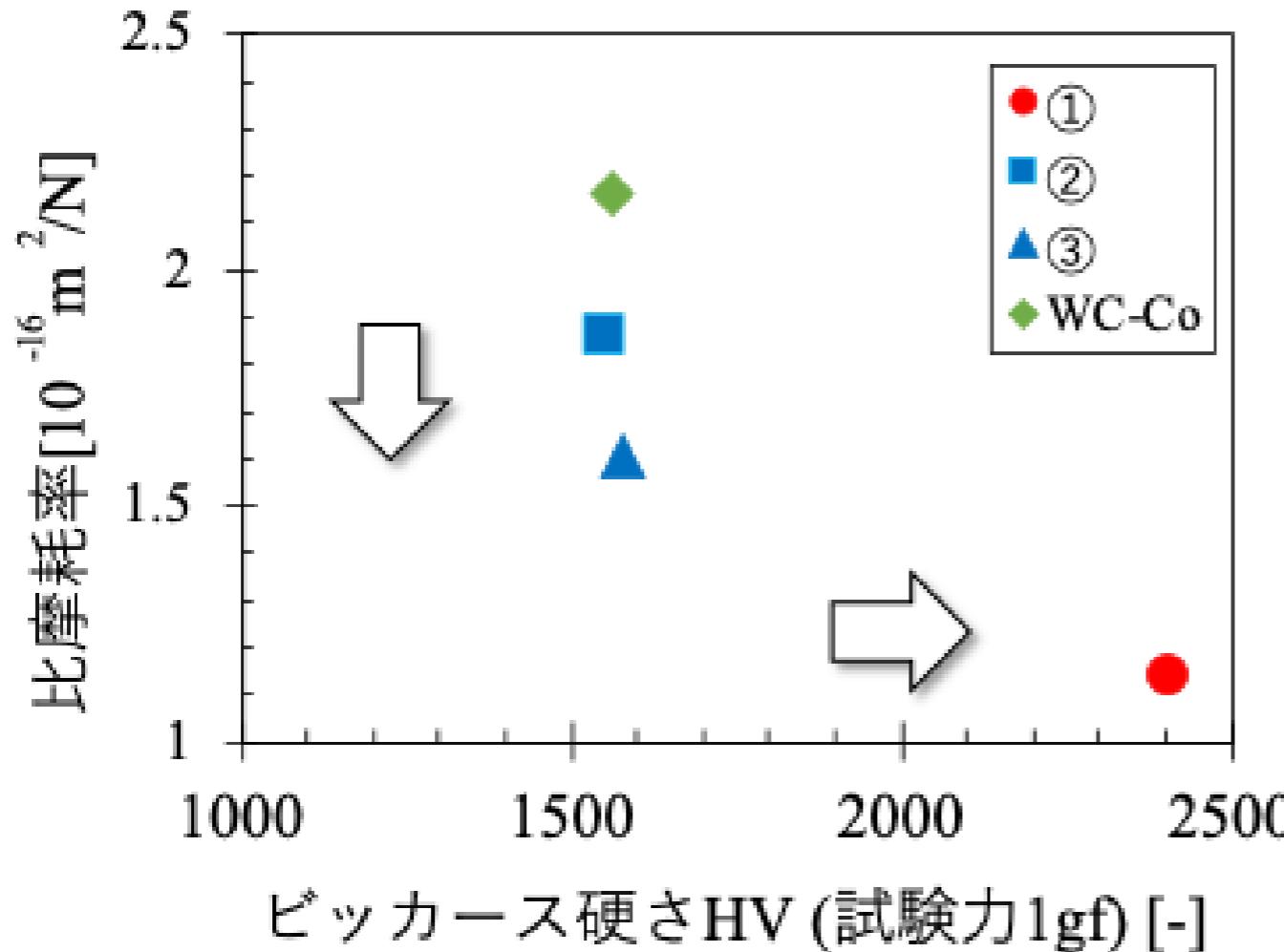
本技術①、先行特許②・③およびWC-Co超硬合金における表面硬さの比較

◎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°C以下)よりさらに50°C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"><li>・硬質厚膜施工が実現</li></ul>	
1年後	<ul style="list-style-type: none"><li>・電気めつき条件の影響の解明</li><li>・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%)</li></ul>	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"><li>・硬質皮膜組織形成メカニズムの解明</li><li>・皮膜品質の向上および複雑形状への皮膜施工を実現</li><li>・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</li></ul>	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

# 产学連携の経歴

- 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

TEL 025-262-7554

e-mailonestop@adm.niigata-u.ac.jp