

産業技術実用化開発事業費補助金(次 世代鋼材測定・評価手法開発)事業 技術評価報告書(終了時評価) 補足資料

31年3月13日

製造産業局 産業機械課

目 次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省（国）が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 外部有識者の評価等
9. 提言及び提言に対する対処方針

1-1. 事業の概要

概 要	➤ 歯車等の重要機械要素部品に使用される鋼材はISO/JIS等の規格に照らし合わせた品質の鋼材が提供。 ➤ これらの鋼材を元に製造された歯車等が、設計強度に耐えられず損傷する事例が発生。 ➤ 原因は、JIS規格等では表示されない金属中の不純物の影響や、化学成分の濃度分布や組織のムラなどの影響が考えられる。 ➤ こうした課題に対応するため、機械メーカー自らが鋼材を自己評価することが必要 ➤ 現在、適正かつ簡便な評価手法及び評価装置が存在していない。 ➤ 鋼材品質の適正な評価を簡便に測定する機器及び測定手法の開発を実施。
実施期間	平成28年度～平成29年度（2年間）
実施形態	（一社）日本歯車工業会、（公財）応用科学研究所への補助事業）
予算総額	1億円（28年度：0.5億円 29年度：0.5）
実 施 者	（一社）日本歯車工業会、（公財）応用科学研究所
プロジェクト 委員会 委員長	歯車工業会会長

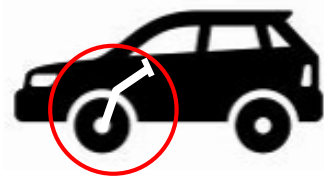
1-2. 歯車について

・歯車は、自動車、建設機械等を始めとするあらゆる機械類の回転運動や動力伝達に用いられる重要な機械要素。

・我が国の歯車製造業者が製造する歯車は、品質の良さに加え、他品種少量生産、短納期対応ができる等小回りの利くところが強み。

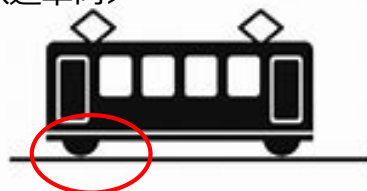
●歯車の主要活用例

<自動車>



- トランスミッション
- 車輪駆動

<鉄道車両>



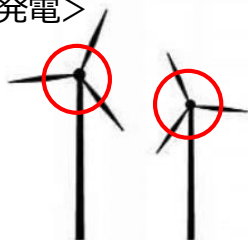
- モーター

<航空機>



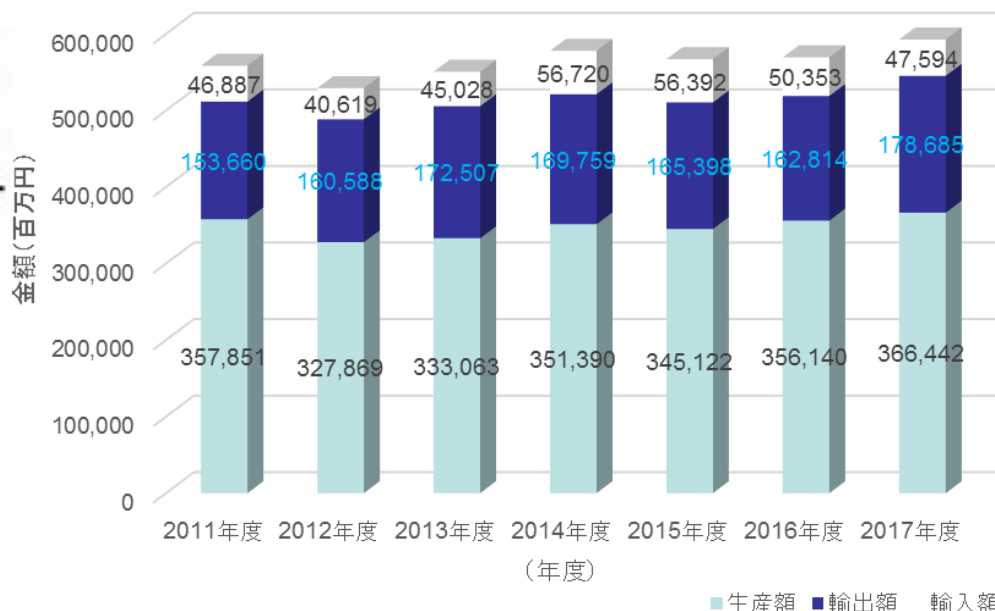
- ジェットエンジン

<風力発電>



- 増速機・減速機

歯車及び歯車装置の生産・輸出・輸入額



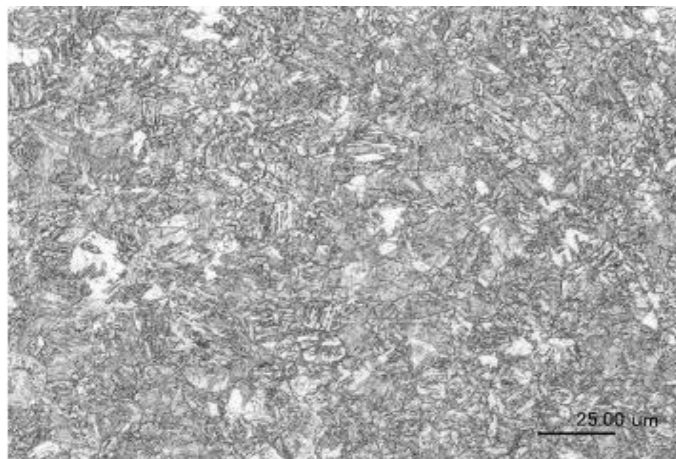
2. 事業アウトカム

	事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値（計画）	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
指標 1	●歯車用鋼材（重要機器等部品）の測定数 【設定の考え方】 装置開発及び計測評価の実施により歯車用鋼材性能に起因する部品損傷の抑制が見込まれる。このため、歯車用鋼材の測定数をアウトカム指標に設定。（我が国産業への影響の大きな自動車、航空機、大型歯車を製造しているメーカーで用いられる重要機器用鋼材の測定件数を目標値として設定。）	5 2 件	5 0 件	装置開発の際に必要な部品供給に遅れが生じたため。
指標 2	●製品損傷要因の把握 【設定の考え方】 鋼材表面の硬さの分布測定を超多点かつ短時間で実施することが可能となる装置の開発により、損傷要因の把握が当該効果として得られることから要因の把握を目標として設定。	損傷要因の把握とともに、当該要因と鋼材強度との関係性を把握。	超多点、短時間測定機の開発により、以下を実現。 ①硬さのバラツキと鋼材強度の関係性を把握。 ②損傷要因が製造工程に起因する場合、又は鋼材そのものに起因する場合の別について把握。 ③異なる鋼材比較を可能とし、鋼材毎の品質を把握。	—

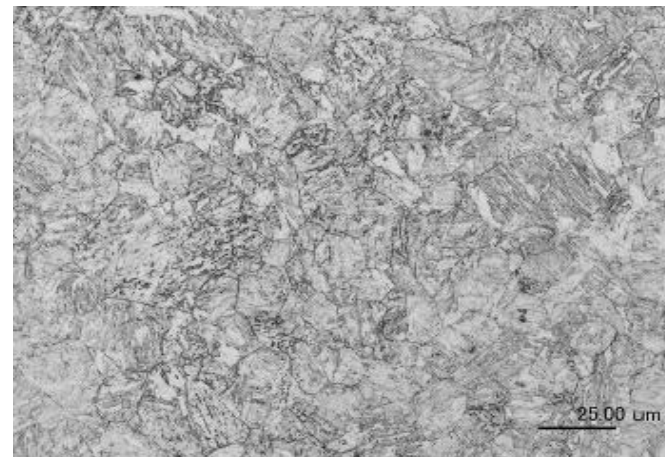
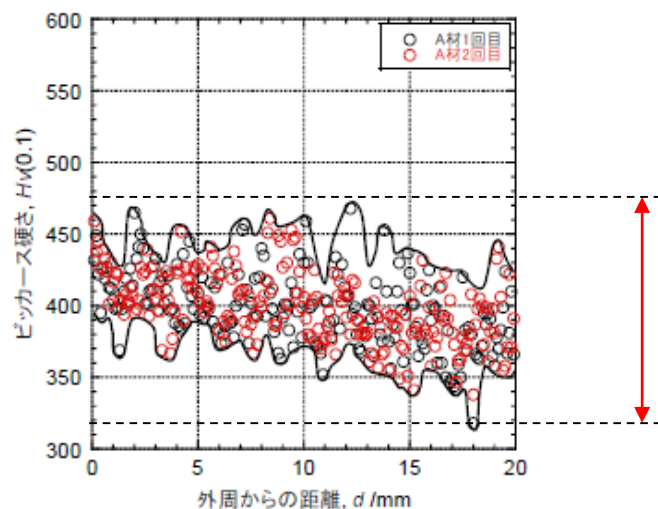
【参考】硬度分布測定をすることによってわかること

- 硬度のバラツキ具合を把握。

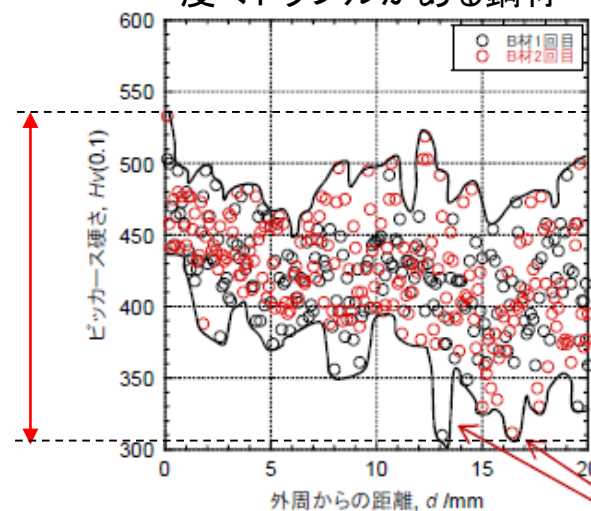
⇒ 極端に硬度が高い箇所は、例えば介在物の存在が原因であることがあり、この周辺は応力が非常に高いため、極端に硬度が低い箇所の材質が破損してしまう。



長年無事故実績がある鋼材



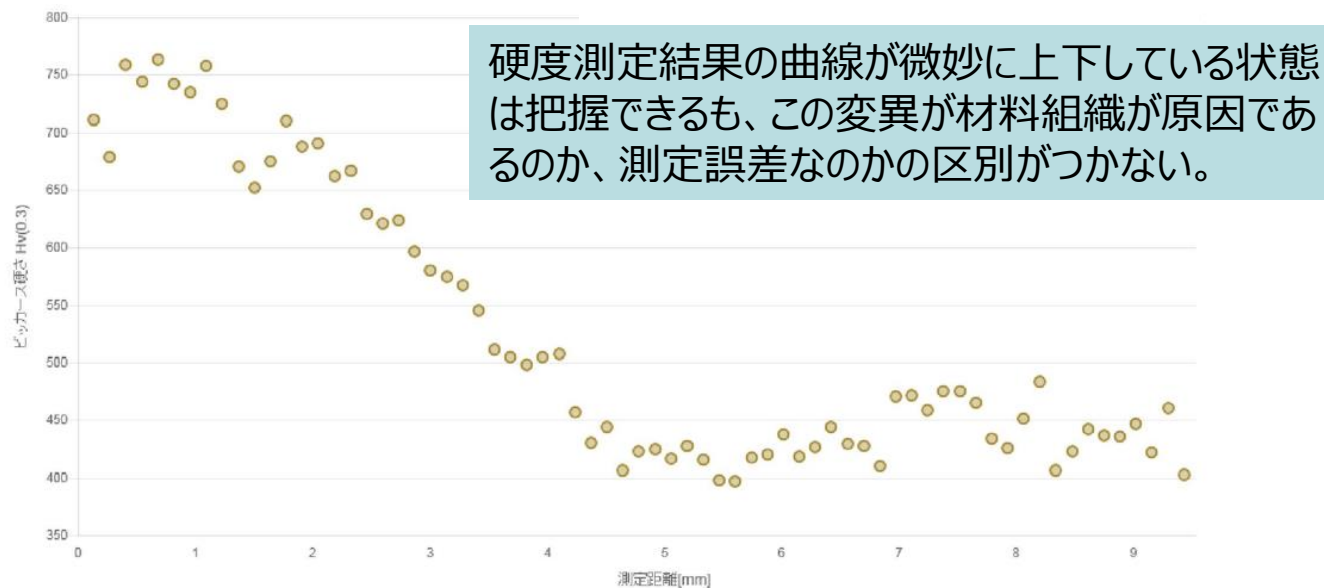
度々トラブルがある鋼材



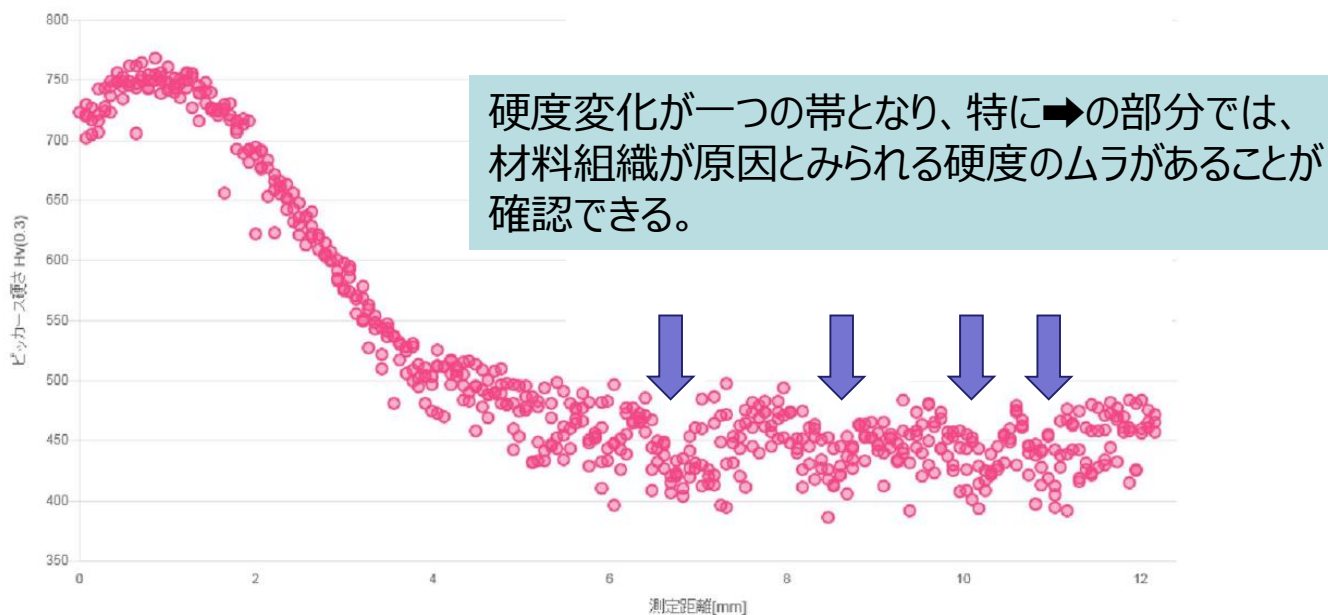
硬度が著しく
低い箇所

【参考】超多点測定だからこそわかること

測定点数：**70**

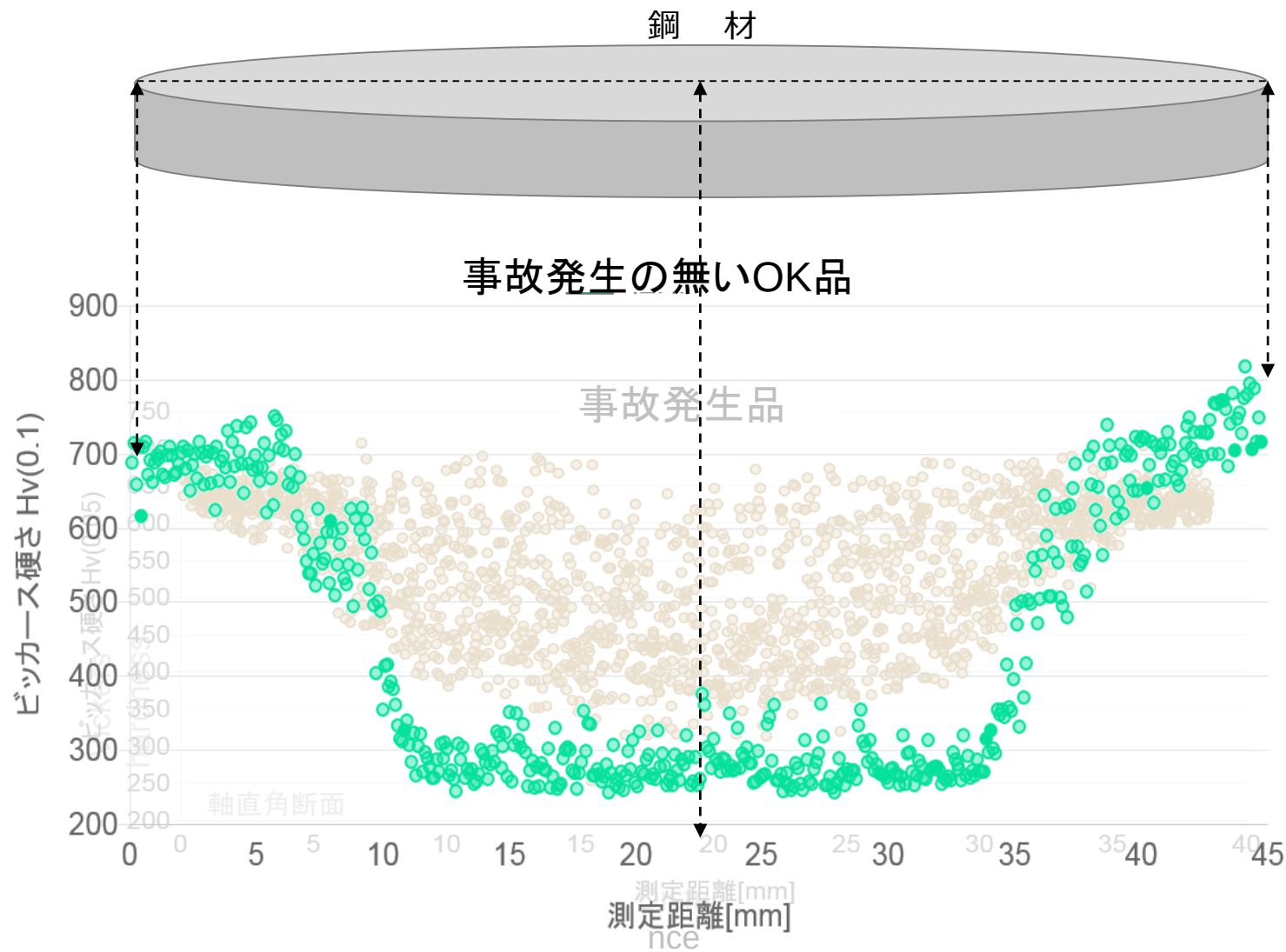


測定点数：**600**



【参考】良品・不良品の硬度分布比較

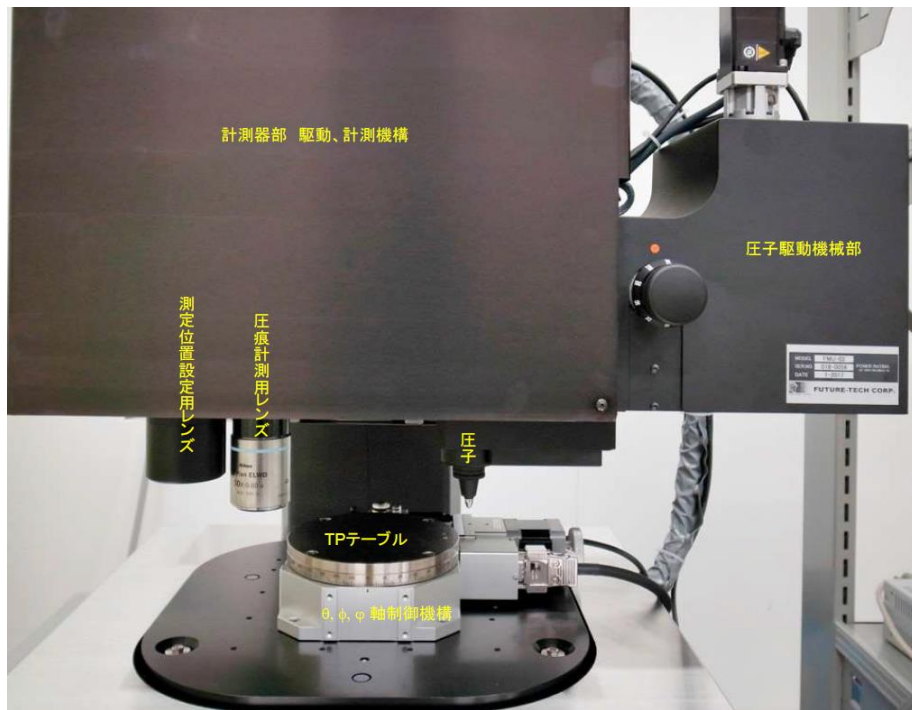
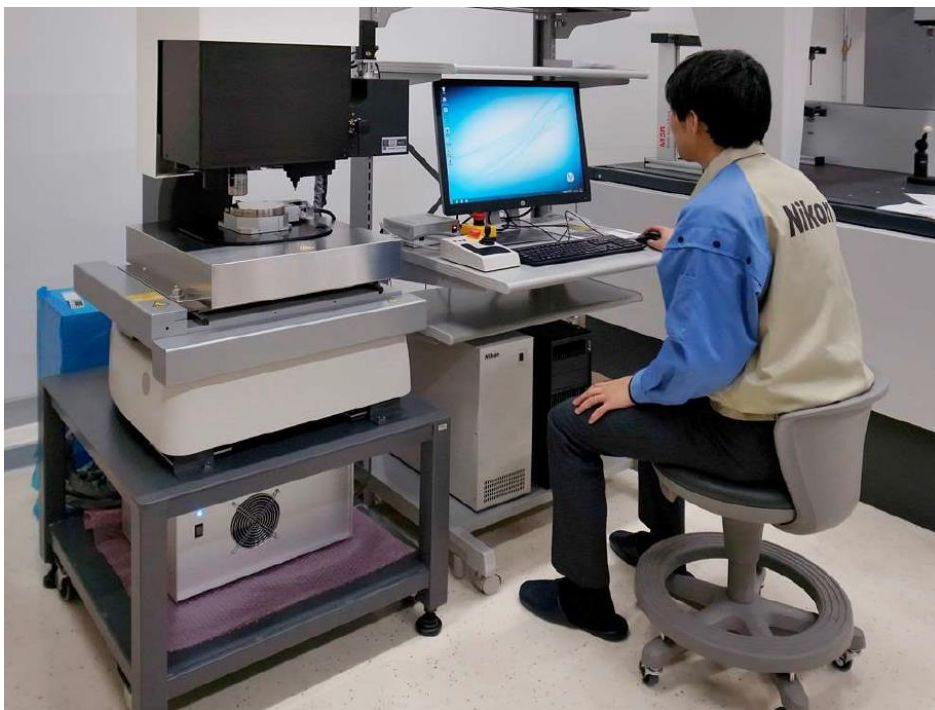
- 鋼材の中心部を硬化させずに行う焼入れが正常。
⇒すなわち、中心部の硬度が下がっている鋼材（下図緑分布）は正常品である。



3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値 (計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
【指標】鋼材品質の適正を簡便に測定するための装置及び評価手法の開発 【設定の考え方】 重要機械要素部品として使用される歯車等が、設計強度に耐えられず損傷する事例が発生。こうした課題に対応するため、簡便に鋼材品質評価を行う装置開発を指標として設定。装置開発に際しては、以下課題への対応についても指標として設定。 ①専門的知見を有することなく評価・分析を行える装置の開発 ②超多点の測定の実現及び短時間での測定を行える装置の開発 ③3D形状評価測定を行える装置の開発 ➤ 具体的には、以下成果目標を設定。 ①測定点数：1200ポイント以上 ②測定時間：120分以内 ③2D評価：硬さのばらつきと鋼材品質、硬さの異方性、材料の降伏応力値との関係の評価を可能とする。 ④3D評価：3D形状評価を可能とする	(事業開始時) 全体計画：1 ①専門的知見を有することなく評価・分析を行える装置の開発 ②測定点数1200ポイント以上の超多点の測定の実現及び測定時間120分以内の短時間での測定を行える装置の開発 ③3D形状評価測定を行える装置の開発	全体実績：1 ①専門的知見を有することなく評価・分析を行える装置の開発を実現 ②超多点（1200ポイント以上）の測定の実現及び短時間（120分以内）での測定を行える装置の開発を実現 ③3D形状評価測定を行える装置の開発を実現	—

開発した実際の評価装置



写真提供: 応用科学研究所

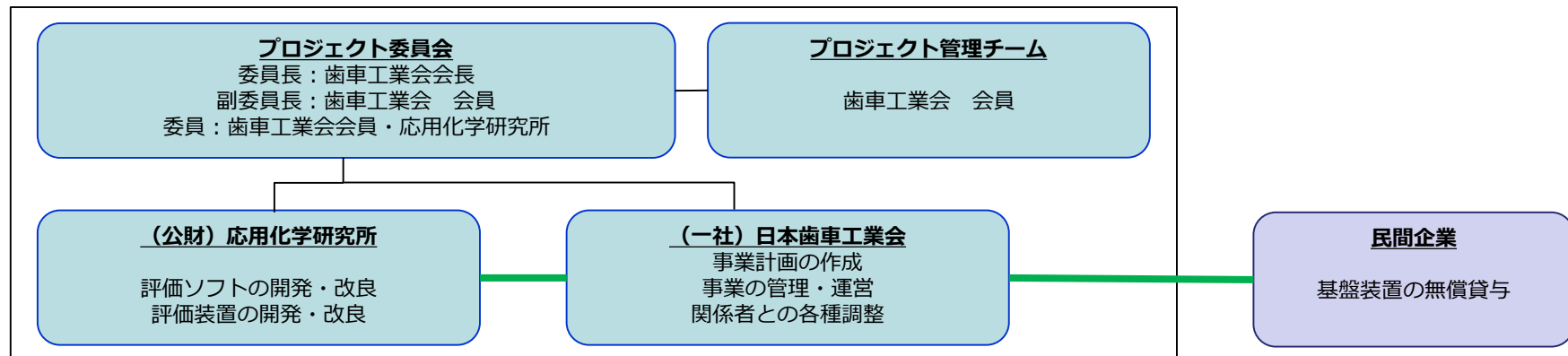
4. 当省(国)が実施することの必要性

- 機械要素技術の根幹部品である歯車用鋼材の性能に起因する損傷を未然に回避することは、歯車業界のみならず、我が国機械製品の信頼性に大きく関わり我が国製造業全体に関わる問題。
- 歯車等製造事業者の多くは全国に広く所在する中小企業であり、こうした中小企業の集まりである業界団体のみで、こうした研究開発を実施するには体制的にも資源的にも限界。
- このため、業界団体にも一部を負担させつつ、国の事業とすることにより研究機関との共同事業及び民間企業からの協力が得られ、当該事業が実現。
- 本来的には当該装置の開発は鋼材を活用する全ての企業に裨益するものであることから国が実施することが必要であり、適切。

- 平成28年度：歯車用鋼材の品質をユーザーが簡便に測定できる評価装置のプロトタイプ及び手法を開発。
- 平成29年度：装置の改良及び当該装置・手法を用いた鋼材評価の実施、データ収集・分析を実施。
- 当該装置を用いて50種類の鋼材測定評価を実施。概ねアウトカム目標は達成。
- 当該事業終了後、平成32年度を目途に、鋼材硬度の分布状況の分析結果に基づく鋼材の性能品質の業界標準制定に向けて取組を行っているところ。

		2016年度						2017年度												2018年度～			
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
評価装置の開発 鋼材の測定・ 評価	2 D評価ソフト開発・改良	→						→															
	3 D評価ソフト開発・改良				→							→											
	装置製作	→						→															
	鋼材測定評価				→												→						
業界標準制定																				→			

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



- 国内歯車製造者の全国団体である（一社）日本歯車工業会が当該事業の管理運営を実施。
- 評価装置及び評価手法の開発、評価装置を用いたデータ分析を（公財）応用科学研究所が実施。

⇒応用科学研究所は、CADデータから歯車をはじめ種々の機械部品を加工し、その幾何形状精度の測定評価、部品表面の粗さや硬さ残留応力状態、組織や元素成分分布状態などの金属の性状評価を同時に行うための機械基盤研究施設を有する研究機関。自主研究開発の他、鉄鋼材料の品質検査・評価、事故品検査と対策提案などの公益事業や、企業、大学との共同研究開発など種々の研究に携わる等、知見、経験を有する研究機関。

- （一社）日本歯車工業会内に「プロジェクト委員会」を設置し、（一社）日本歯車工業会及び（公財）応用科学研究所がそれぞれ委員として参画。

<プロジェクト委員会>

委員長：歯車工業会会長

副委員長：歯車工業会会員

委員：歯車工業会会員及び応用科学研究所所員

<プロジェクト管理チーム（契約関係、調達管理、予算管理、日程管理等）>

メンバー：歯車工業会会員

7. 費用対効果

- 事業開始から2年間で総額約58百万円の費用を投入。
- 超多点硬度測定自動検査装置の開発を実現し、簡便に測定・客観的数値データ確認が可能となった。
- 当該事業において、各種鋼材の測定・評価が行われたことにより、現在流通している鋼材を要因とする損傷可能性が判明。
- 鋼材を要因とする歯車の損傷費用は生産額の0.03%程度と仮定すると、当該装置を活用した場合、歯車業会の総生産高（平成29年工業会統計）3300億円に対し約1億円の損傷費用の防止が期待されることから、年間1億円の効果が見込まれる。

8. 外部有識者の評価等

8-1. 評価検討会

評価検討会名称

産業技術実用化開発事業費補助金
(次世代鋼材測定・評価手法開発) 事業 評価検討会

座長

黒田 隆之助

産業技術総合研究所 産総研-東大先端オペランド計測技術
オープンイノベーションラボラトリ 先進コヒーレント光
プロセスチーム
(兼 計量標準総合センター 分析計測標準研究部門) ラボチーム長

評価検討会委員

委員

黒河 周平

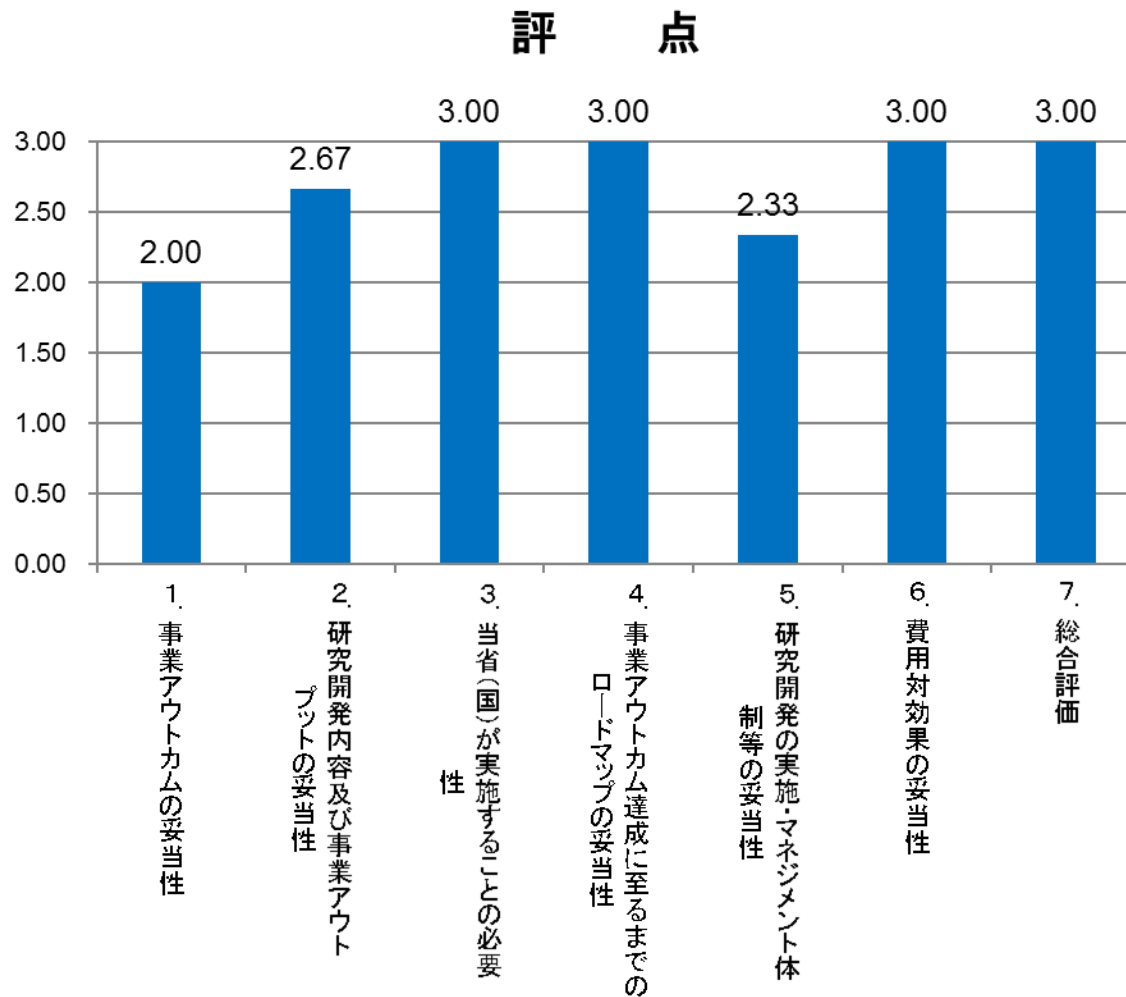
九州大学 大学院 工学研究院 教授

小森 雅晴

京都大学 大学院 工学研究科
機械理工学専攻 教授

8-2. 評点結果

- 「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト終了時評価において、評点法による評価を実施。



【評価項目の判定基準】

評価項目 1.～6.

3点：極めて妥当

2点：妥当

1点：概ね妥当

0点：妥当でない

7. 総合評価

3点：実施された事業は、優れていた。

2点：実施された事業は、良かった。

1点：実施された事業は、不十分なところがあった。

0点：実施された事業は、極めて不十分なところがあった。

8-2. 評点結果(評価コメント①)

1. 事業アウトカムの妥当性

- 超多点の圧痕測定による硬度のバラツキ評価を実現し、鋼材の良否推定を可能とした点を評価する。
- また、同一規格鋼材の良否測定に際して、鋼材メーカー毎の鋼材のバラツキによる比較を可能にした点は大きく評価する。
- 一方で、業界基準の設定は可能な状況であることから、まずはデファクトスタンダードを構築すべきである。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

- 技術動向を踏まえた明確な目標が設定されており、超多点及び短時間での測定の実現等、目標の達成とともに、更なる高速化を目指している点を評価する。
- 加えて、本研究開発は業界において従来から広く用いられている硬度計測手法を飛躍的に高度化したものであり、且つ得られる情報の価値は極めて高い。
- また、時間的な制約からデータ収集が限定的であったが、想定される経済効果は極めて大きいと思われる。
- 一方で、より広いユーザーに活用されるための更なる改善を期待する。

3. 当省(国)が実施することの必要性

- 有益な情報を提供する装置の開発は、一部の業界のみならず我が国機械メーカーに裨益する事業であり、経済産業省が当該事業に予算を措置した意義は非常に大きい。
- 広く活用されれば、産業全体の材料品質向上が見込まれるため、我が国機械産業全般の品質向上に寄与するような装置の開発に国が予算措置を行うことは適正と評価する。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

- 短期間で多くの成果を達成している。本手法は従来から広く用いられている硬度計測手法をベースにしているため、本装置導入への概念的なハードルは低く、ユーザーインターフェイスがより充実されれば、多くのユーザーからの導入が期待できる。
- 今後は、ユーザーインターフェイスに関して幅広くユーザーからの意見を吸い上げていくべき。

8-2. 評点結果(評価コメント②)

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

- 研究開発の実施体制は事業化を実施する者とユーザー業界が関与する体制が十分構築されている。研究開発実施者と装置開発者との連携もあり、実施体制は十分である。
- 今後はデータの蓄積や基準策定の進捗等、時期を十分考慮した上で、上流である素材メーカーとの連携を深めることが重要である。

6. 費用対効果の妥当性

- 当該開発事業は予算措置が必須。多くの成果につながっており、予算規模ともに適正と思慮。また、予算規模に対して十分な成果が出ている。
- 一方、製品化を視野に入れた場合には、他の評価手法のコスト面の比較からコストダウンは必要と考えられる。

7. 総合評価

- 当該測定装置を用いることで、歯車製品の損傷と鋼材強度等との因果関係及び損傷要因を把握するなど多くの成果が実を結んでいる。
- また、限られた予算の中で、かつ2年間という短期間で、120分以内で1,200ポイントでの測定可能なスペックが実現し、十分な成果をあげており、本事業の目的に合致した成果が出ていると評価できる。
- 技術動向を踏まえた明確な目標が設定されており、あらゆる成果が出ているからこそ、本成果を早めに事業化させ、多くの会員企業を持つ工業会のメリットを生かし、会員企業との連携を深めるなど、ユーザーサイドに広く供給させることで、スタンダード化させることを進めて欲しい。それにより、ユーザーの視点から新たなアイデアが生まれ、発展性が見込まれる。
- ユーザーが必要とされる品質の材料を適切に納めることができ、我が国の機械産業の品質向上が一層進むことを期待する。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 当該事業では時間的な制約もあることから、データ収集が限定的であったが、幅広いユーザーからのデータ収集を行い、多くのユーザーに活用されることを期待。
- また、本事業は「押し込み硬さ測定」の多点自動化の開発であったが、これに加えて、硬さ以外にも、弾性率や他の材料特性を評価できる装置の開発も期待
- 将来的なターゲットユーザーの方針もあり、開発事業としては進捗が見られる。
- 今後は、鋼材母材そのものだけでなく、複合材料や接合部材を対象とした評価や各種処理加工に対する評価へも展開が期待できる。
- 定量的な品質評価にはデータの蓄積が必要となるため、今後とも測定実績の増加に努めていきたい。
- また、当該機器の導入促進のためにも製品化の際にはコストダウンは必要。

提言に対する対処方針

- 該事業終了後も装置の開発・改良を継続して行うとともに、開発した装置を活用して鋼材データの収集及び評価を実施。
- 開発された装置については、今後、応用科学研究所等に設置し、工業会会員企業で共有利用できる方向で調整。多くのユーザーに活用いただき、ユーザー側の声、データ等を収集することに努める。
- 今後は得られたデータを活用・分析しながら、鋼材の品質の良否を判断する基準の作成、規格化に向けた取組が検討されているところ。