

最近の機械の研究

公益財団法人応用科学研究所

常務理事

久保愛三

公益財団法人応用科学研究所 における研究

高周波焼入れ技術、プラズマ窒化技術 → 他にマネのできない経験の蓄積、丁寧な加工

応用科学研究所の経営を支える中心技術として貢献

松岡理事、川崎理事

→ 現在の機械産業が必要としている新技術の開発

超伝導コイルの実用性に関する材質強度特性の向上

長村理事

磁石の基本的物理特性の把握と性能向上

松浦特別研究員

鉄鋼材料の特性値決定のための検査方法

秋山招聘研究員

超耐高温材料の劣化防止技術の開発

長江研究員

超高速金属材料評価装置の開発

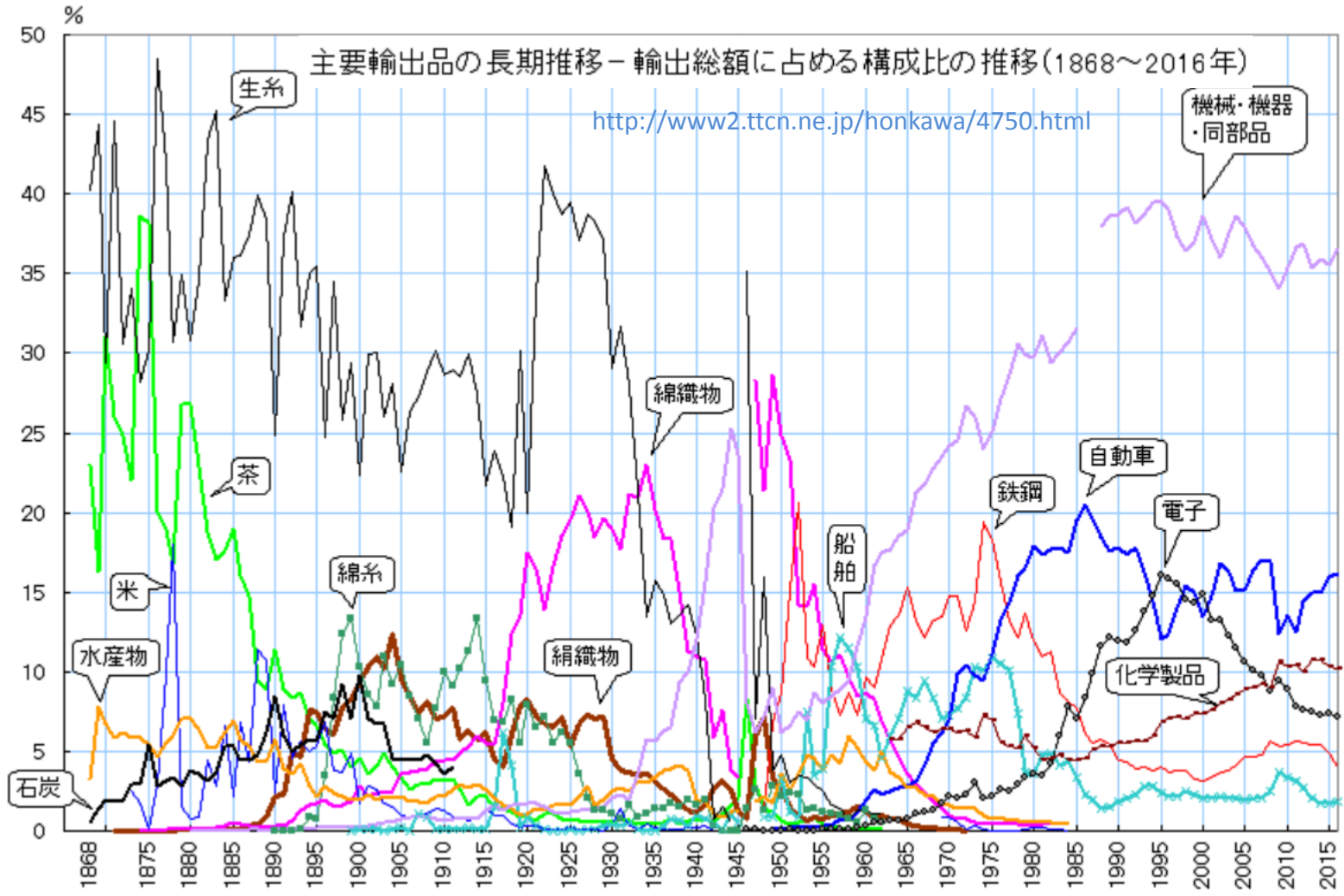
歯車等機械部品の損傷原因の把握と対策

久保常務理事

機械部品の新加工技術の改良、検査技術の開発

最近の機械の研究

機械なんて大昔からあるのにまだやることってあるの

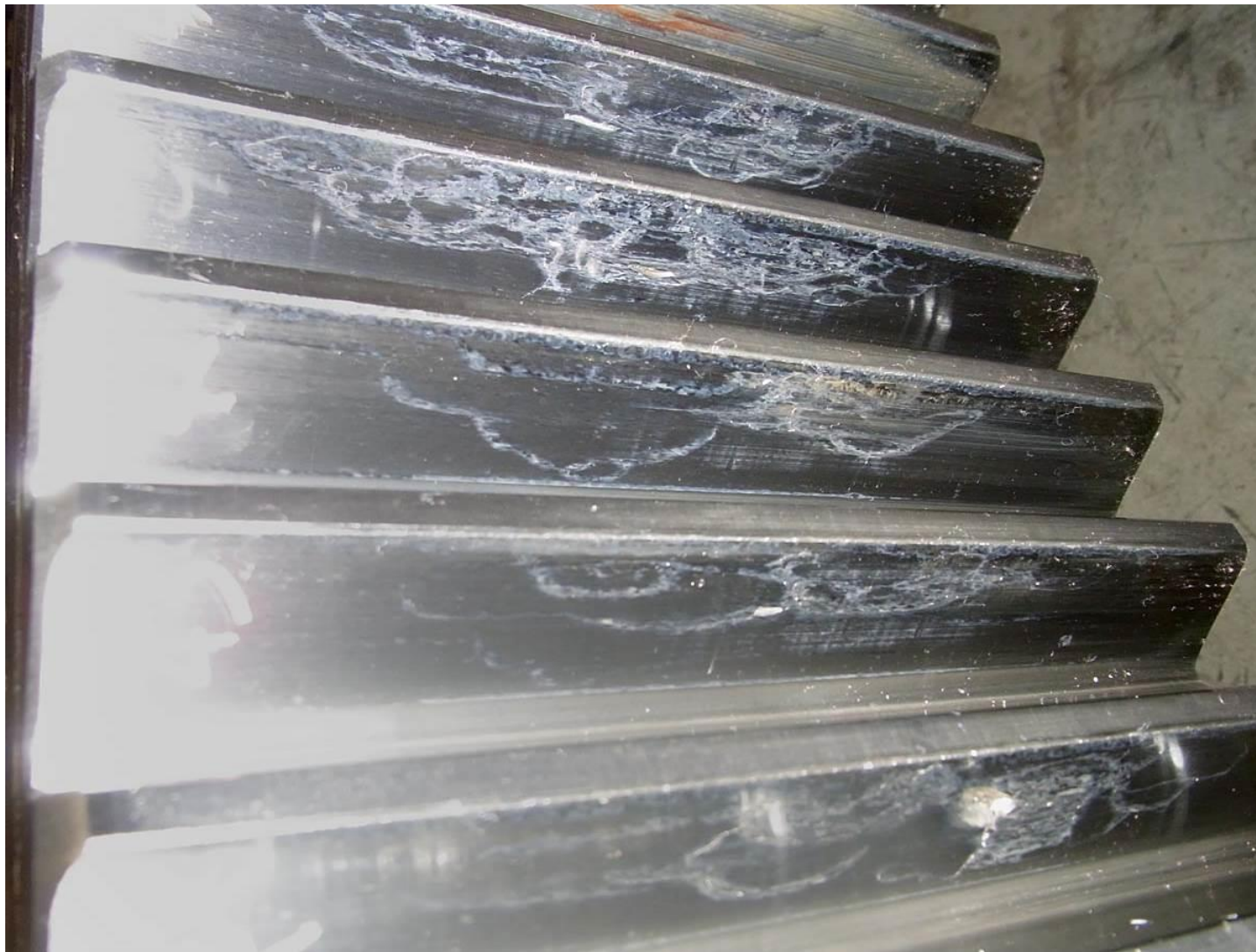


(注) 機械・機器・同部品は「機械類及び輸送用機器類」(1985年以前)又は「一般機械」「電気機器」「輸送用機器」の計(1988年以降)から電子、自動車、船舶を除いたもの。電子=事務用機器(コンピューターを含む)+半導体等電子部品(ICなど)、水産物(1908-45年)=塩蔵・乾燥魚介類+缶・罐詰魚介類、水産物(1947年以降)=生鮮魚介類+魚介類調整品

(資料) 財務省貿易統計、日本長期統計総覧、日本の長期統計系列(HP)、外国貿易概況平成5年6月号、明治以降本邦主要経済統計

風力発電の大形羽根車の回転力を取り込む歯車装置の歯車の歯面に起こった損傷事故例

世界中で風力発電設備はおよそ24%程も壊れている。不便なところにある塔上設置の重量物の交換は容易ではなく、このような事故にあった風力発電装置はほとんどの場合、もう電力を作ることはできない。



この事故の原因は、歯車素材の製造工程にあった。

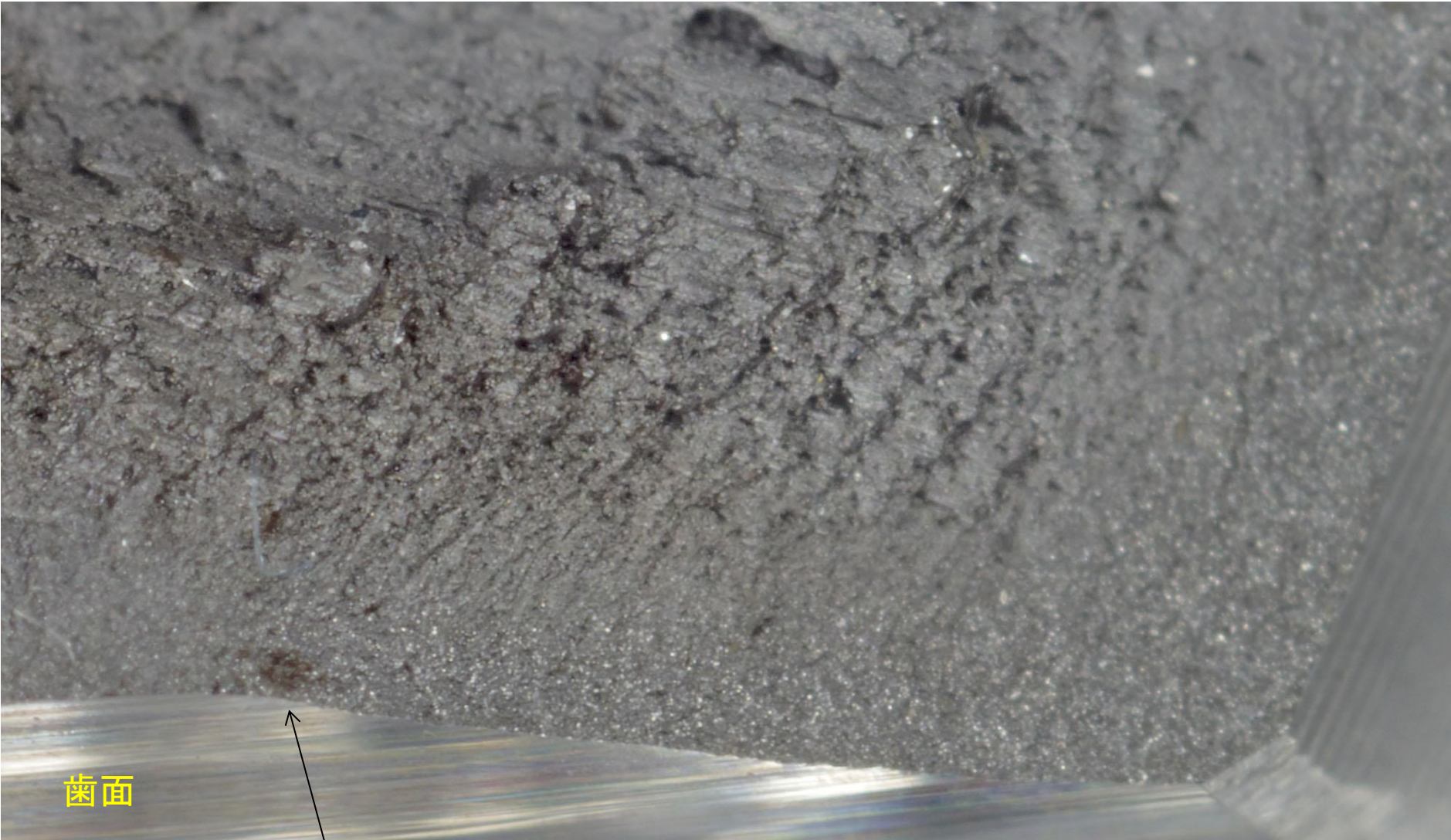
C ピニオン

折損は P-12 歯

超重荷重で 2.4×10^7
負荷運転後、歯 P-12 の
みに激しいスポーリング
様歯面剥離が発生。

他の全ての歯の歯面
には損傷の兆候はない。





歯面



これは異常析出物 ??

現在の多くの鉄鋼販売業者にとって、物の外観がOKで、ミルシートがついていれば、多くのお客は疑問も持たずに買ってくれます。

このような状況の下、鉄鋼メーカーの興味は、韓国、中国、インドなどの製品と価格的にも競争力のある製品を作るための、製造コスト削減をいかに達成できるかに集約される。



鉄鋼の製造コストを下げるためには、まず、製造時のエネルギーコストをケチる必要がある。そのためには、:

1. 高温状態での保持時間を可能な限り短くする。たとえば、鉄が融けている状態、あるいは、鉄の組織が十分拡散するような高温状態
2. 歩留まりを良くするために、破棄する鉄の分量を少なくする
3. 鋼材に十分な塑性変形を与える鍛錬がされない。

鉄の焼きならし温度が低く時間が短いと、成分が十分拡散せず、組織が均質化しない。

不純物のある個所や偏析の箇所も、売り物の鉄の中に残っている。



下記のようなやり方で、一つの鉄鋼メーカーが利益を上げると、他もそれに追従して会社としての利益を上げられるようにする。でなければ、会社の業績が良くない。



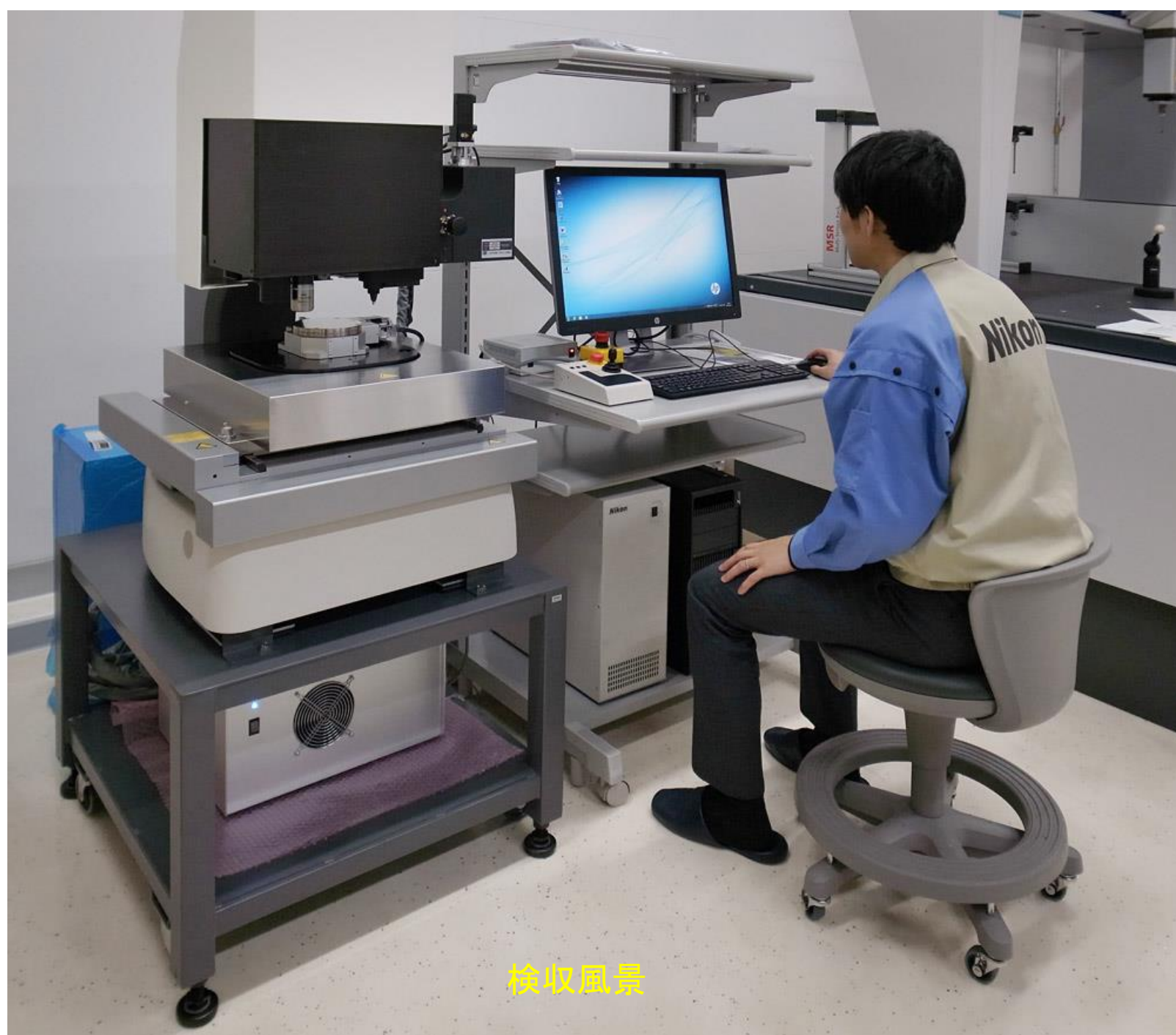
結果として、歯車のトラブルが増えている。

鉄は熔融状態の比重差で不純物を取り除く。温度が低く、時間が短いと不純物を取りきれない。

不純物析出物を微細にし、材料中に均質に分布させられない。

融点が高い硫化マンガンや燐酸鉄などの不純物が叩きだされない。

組織が微細、緻密、均質にされない。



検収風景

試し打ちで圧痕の直径を知る



測定開始点を設定

測定点数を設定

Go

測定時間： 90分 / 1200点

? 硬さ: 495.6, 0.03314, 0.03387

? 硬さ: 460.8, 0.03474, 0.03475

? 硬さ: 496.0, 0.03371, 0.03327

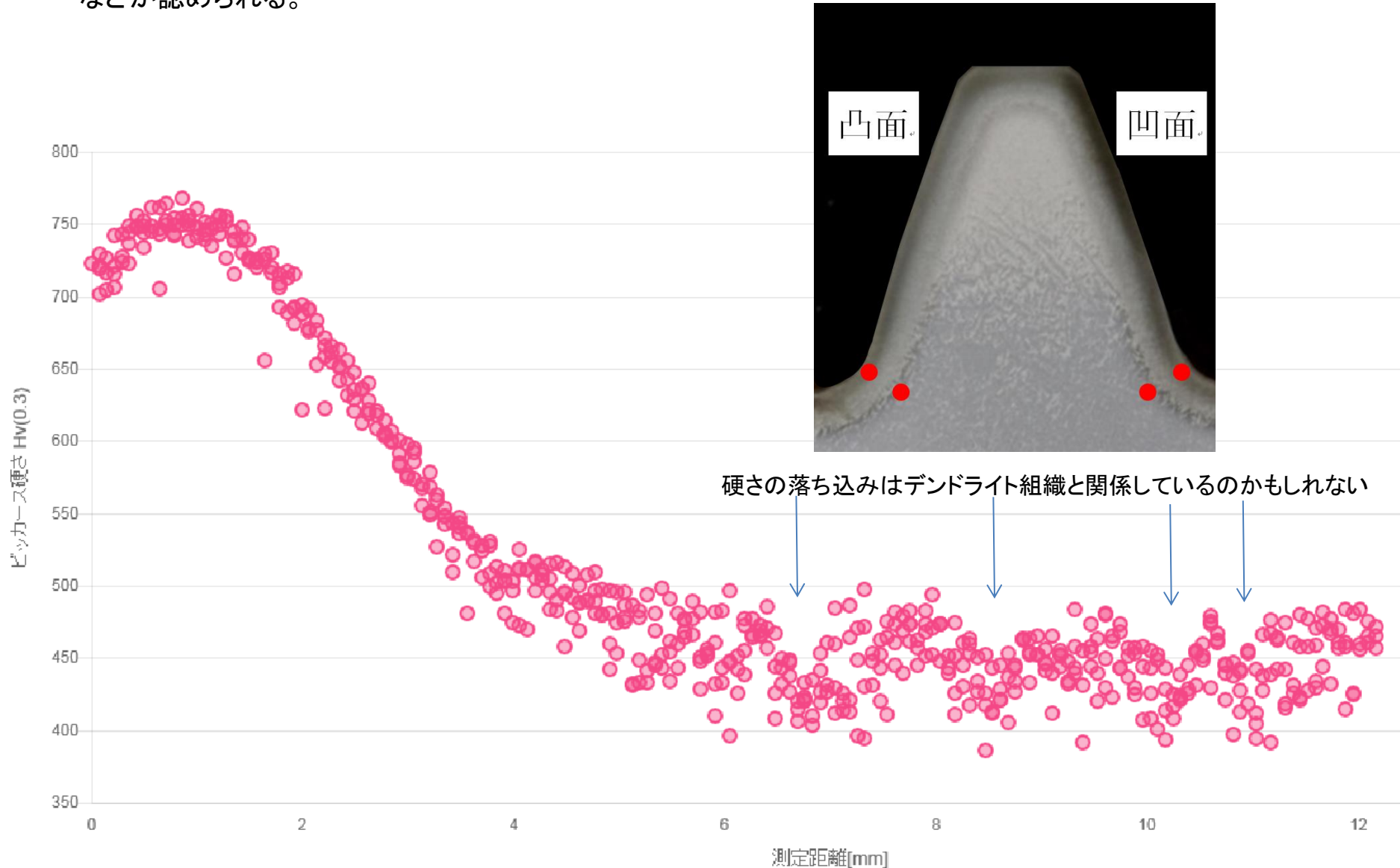
測定終了点を設定



デフォルトでは測定点の間隔は圧痕緒系の5倍
設定した測定点が多い場合には自動的に複数本の線で測定



600点測定をすると硬度測定結果の曲線が高度差のバラツキを表わすバンドとなって表現され、これが測定誤差あるより材料組織の問題を示していることがかなりはっきりと認められる。
すなわち、心部の非硬化層では材料の組織ムラに起因する硬度のバラツキがかなり残っているが、硬化層では組織変化時に結晶が調整され硬度のバラツキがかなり小さくなること、表面では明確に硬度が落ちていること、などが認められる。



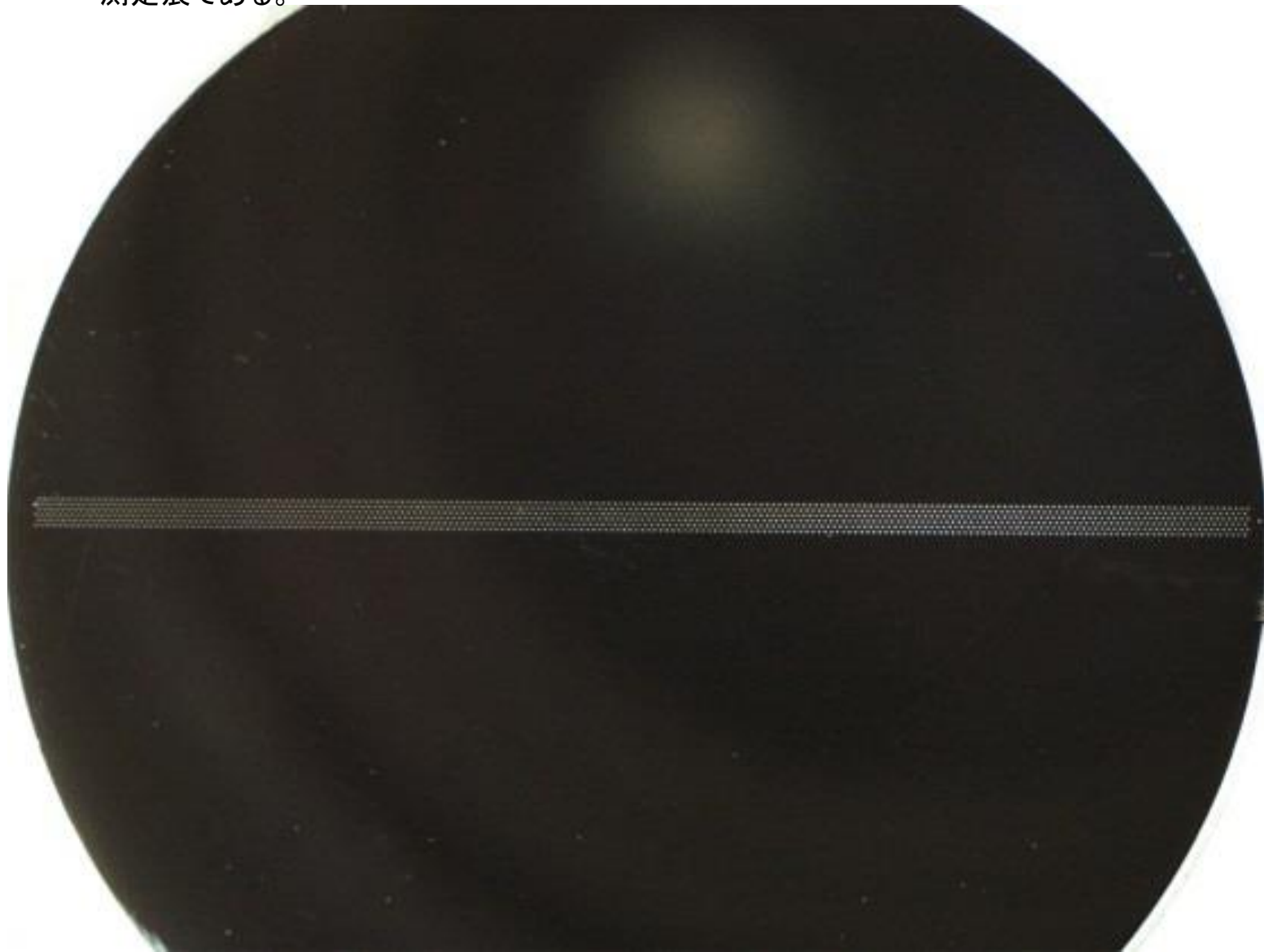
直径位置で、1200点のビッカース硬度を測定した。

SK4試験片

直径35mmの棒鋼から直径25mmの試験片を切り出して試験に供している。

TP 表面は鏡面に磨き上げたが、その表面には何等の異常点は認められない。
下の写真は測定後の被検面を示している。

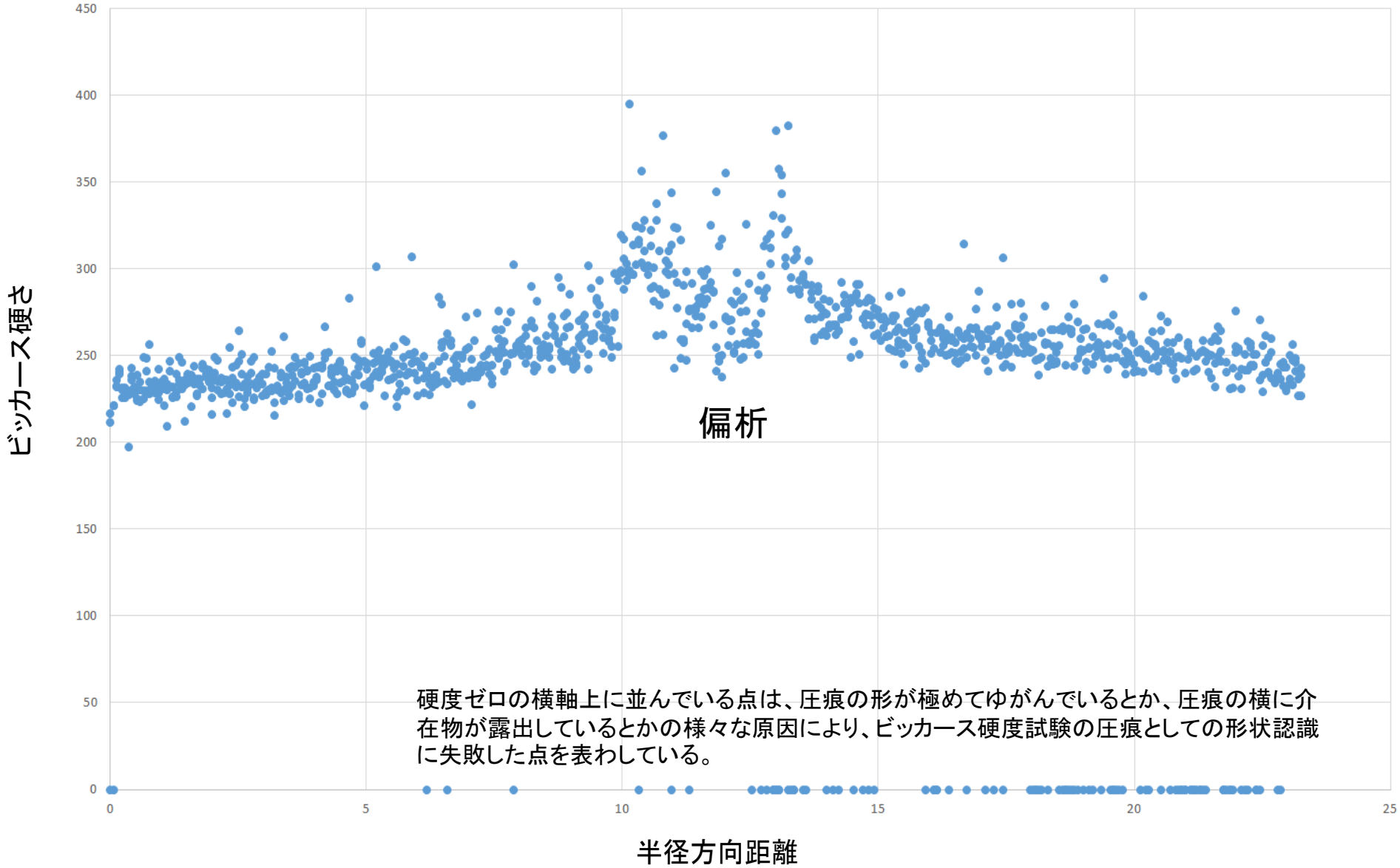
黒くなっているのは鏡面を斜めから光を当てて見ているためで、直径部の白い斑点が測定痕である。



1200点Hv 測定結果

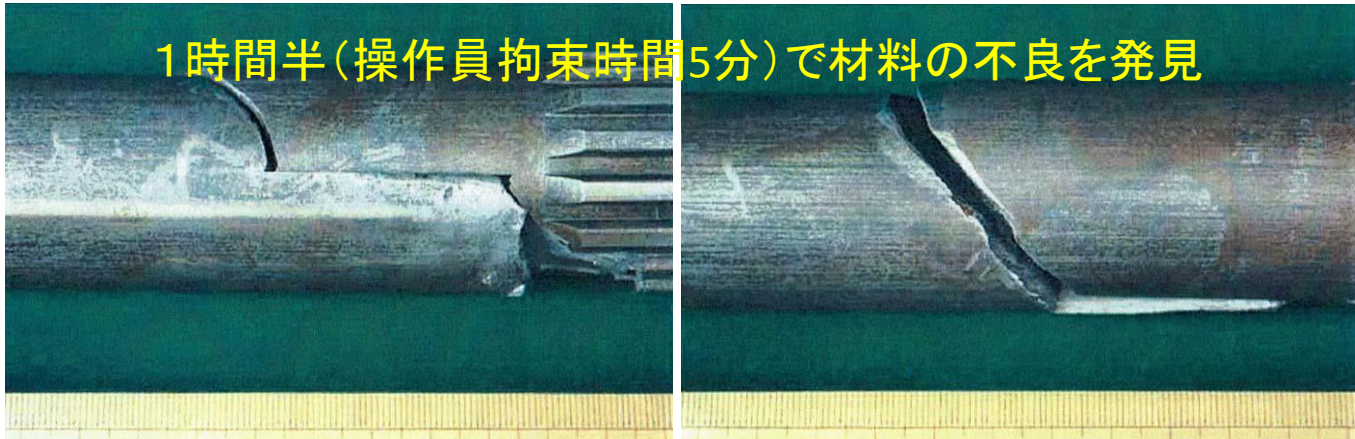
測定結果は、試験片中央部において硬度が上昇し、正常では無い様相を示している。
TPに於いて外観的には全く認識できなかった棒鋼中心部の偏析等の存在が明らかに測定されている。

この測定結果は本試験装置が、当初目的の鋼材の問題点発見について大きな能力を示すものである一例と考えられる。



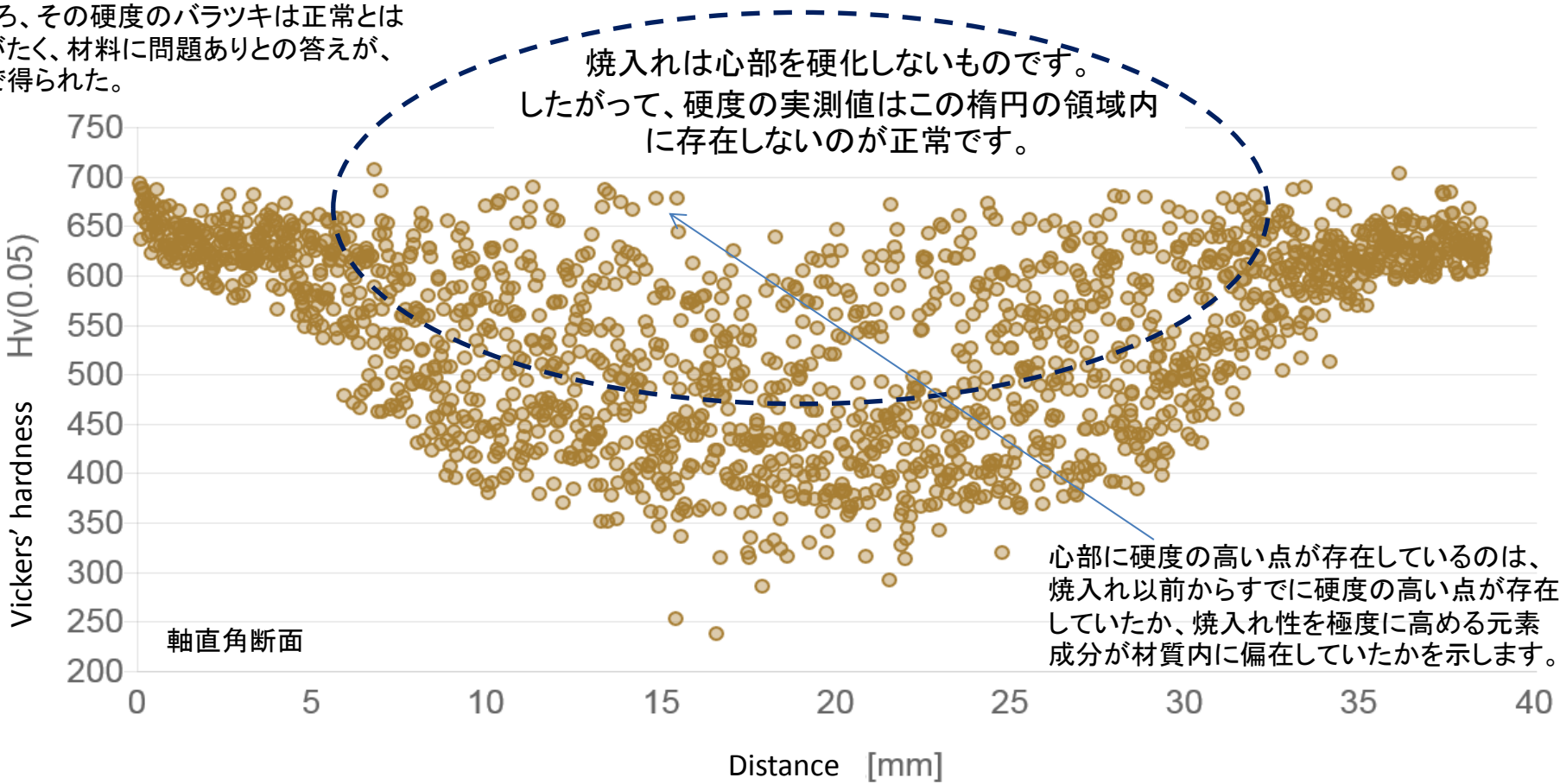
高周波焼入れされた SCM440 製歯車軸が稼働1年6か月後に破損

大きなお金と時間をかけて材料を詳細に調査したところ、層状の硫化マンガとアルミ系の介在物の存在が事故原因とされた。しかし、この材料は JIS 規格に合格しており、鉄鋼メーカー側としては、規格合格品の材料で問題ないはずですよ、と言う。



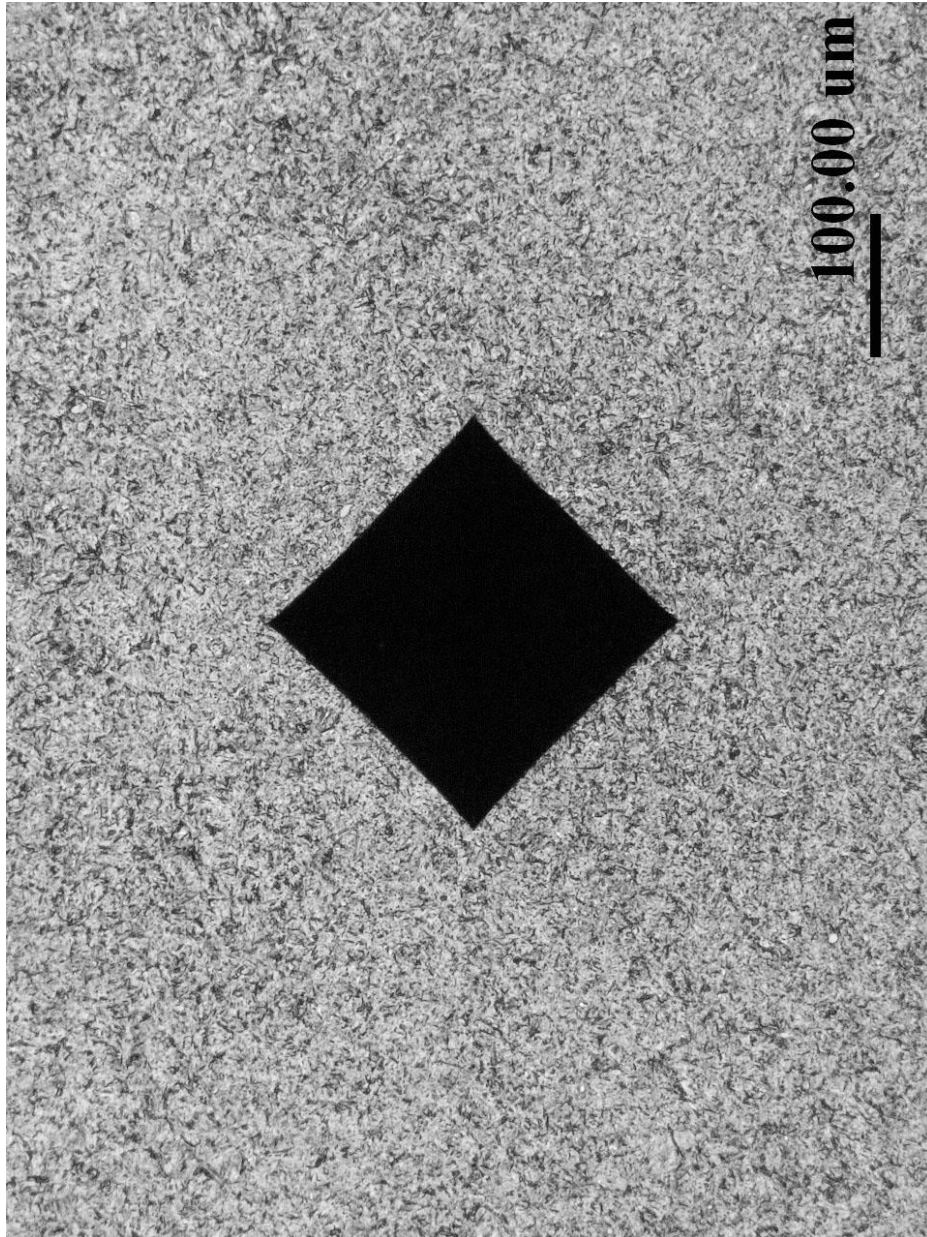
1時間半(操作員拘束時間5分)で材料の不良を発見

開発した試験機で多点硬度分布を測定したところ、その硬度のバラツキは正常とは考えがたく、材料に問題ありとの答えが、90分で得られた。

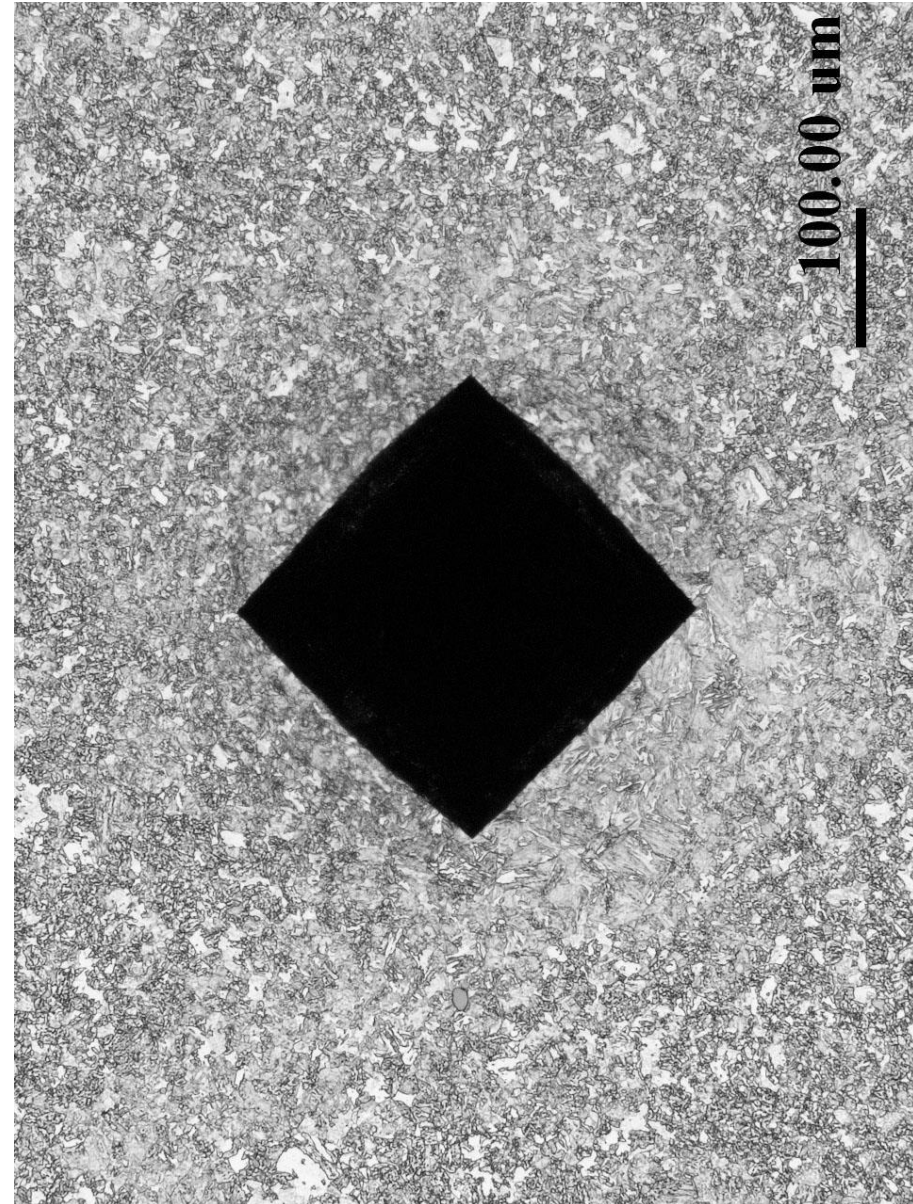


浸炭焼入れ前と後のビッカース圧痕の形状の相違

Case: 圧縮残留応力の存在

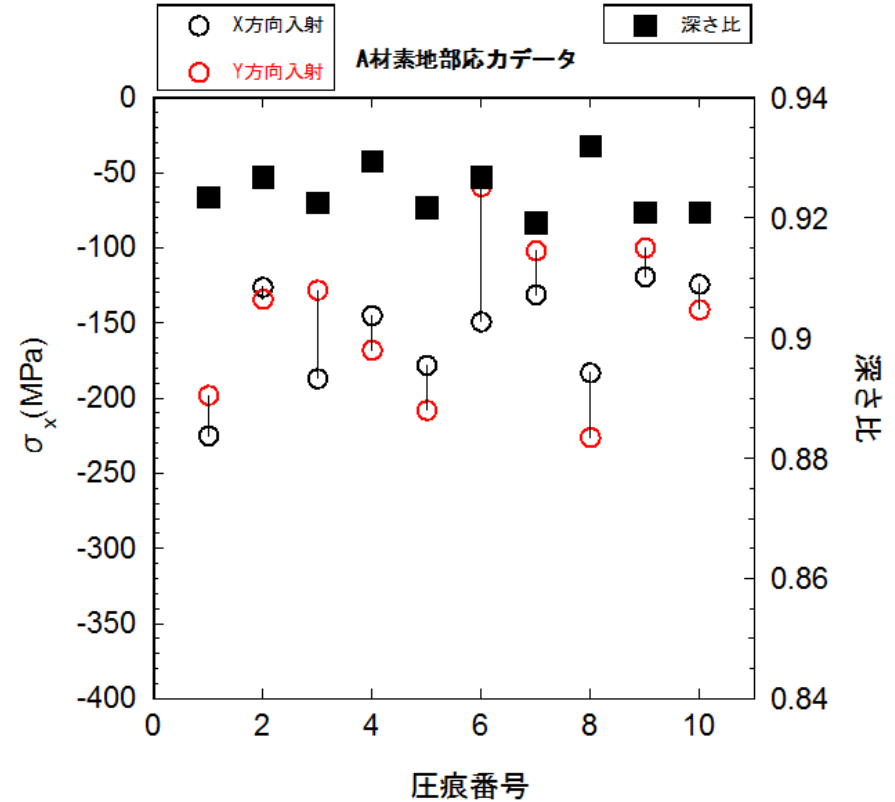
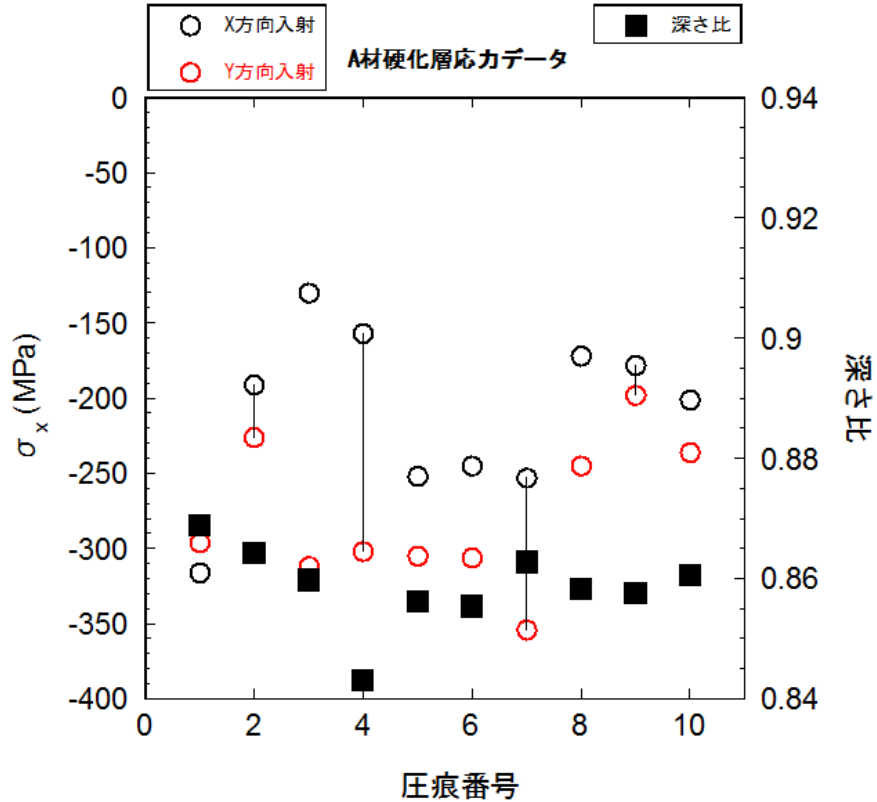


Core: 引っ張り残留応力の存在



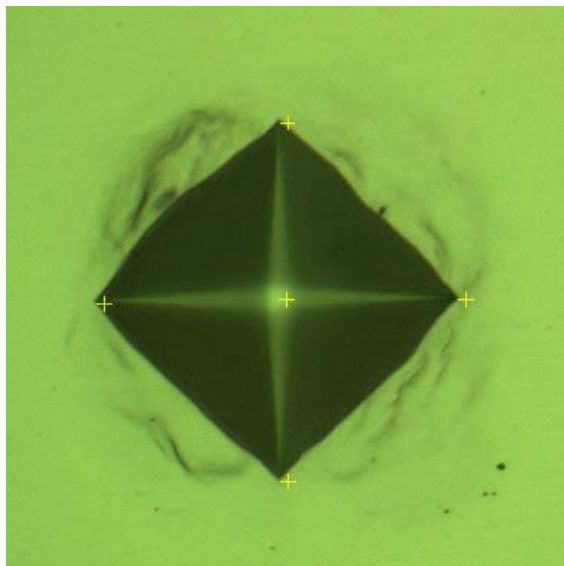
深さ比

試験荷重: 5kgf

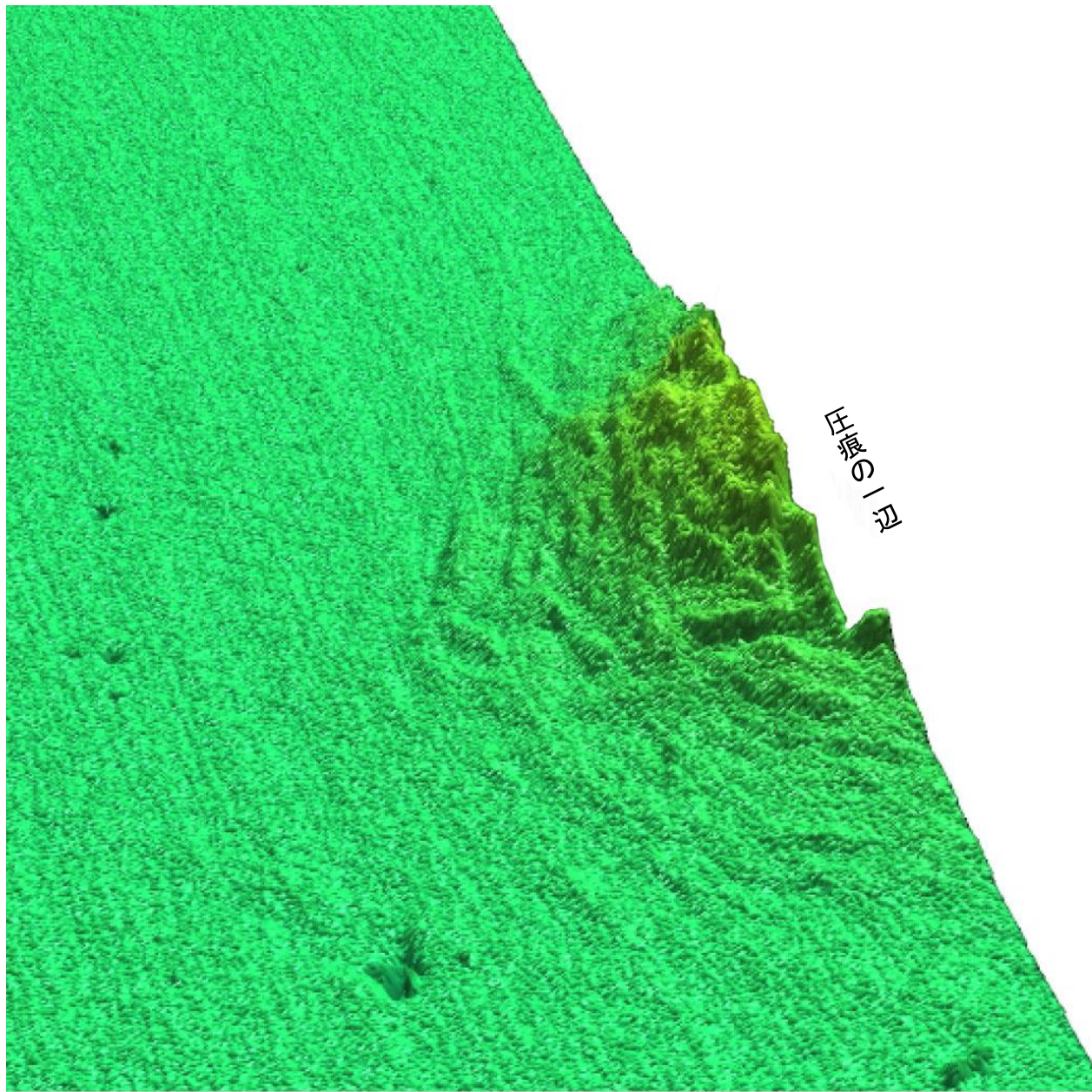
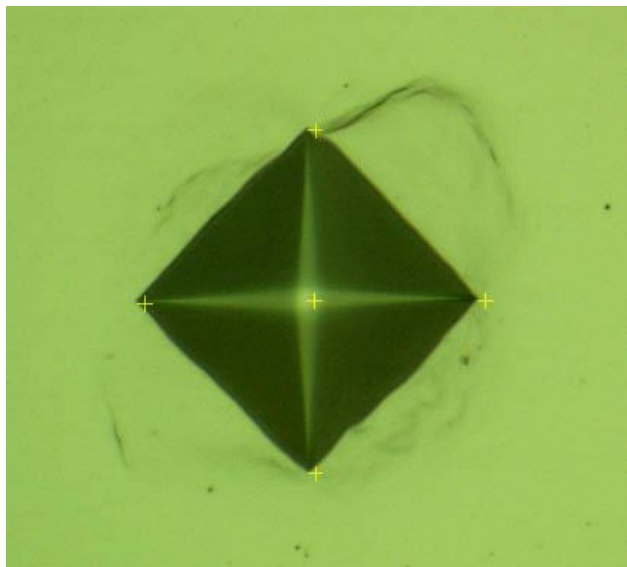


同一TP内で残留応力の大小と圧痕深さ比の間には明確な相関が認められないが、硬化層と素地部を比較すると、次のような傾向が認められる。

- (i) 硬化層の圧縮歪 > 素地部の圧縮歪 & 硬化層の圧痕深さ比 > 素地部の圧痕深さ
- (ii) 硬化層の硬さ > 素地部の硬さ & 硬化層の圧痕深さ比 > 素地部の圧痕深さ比



圧痕まわりの塑性変形褶曲



2) 競合技術との対比(目標値)

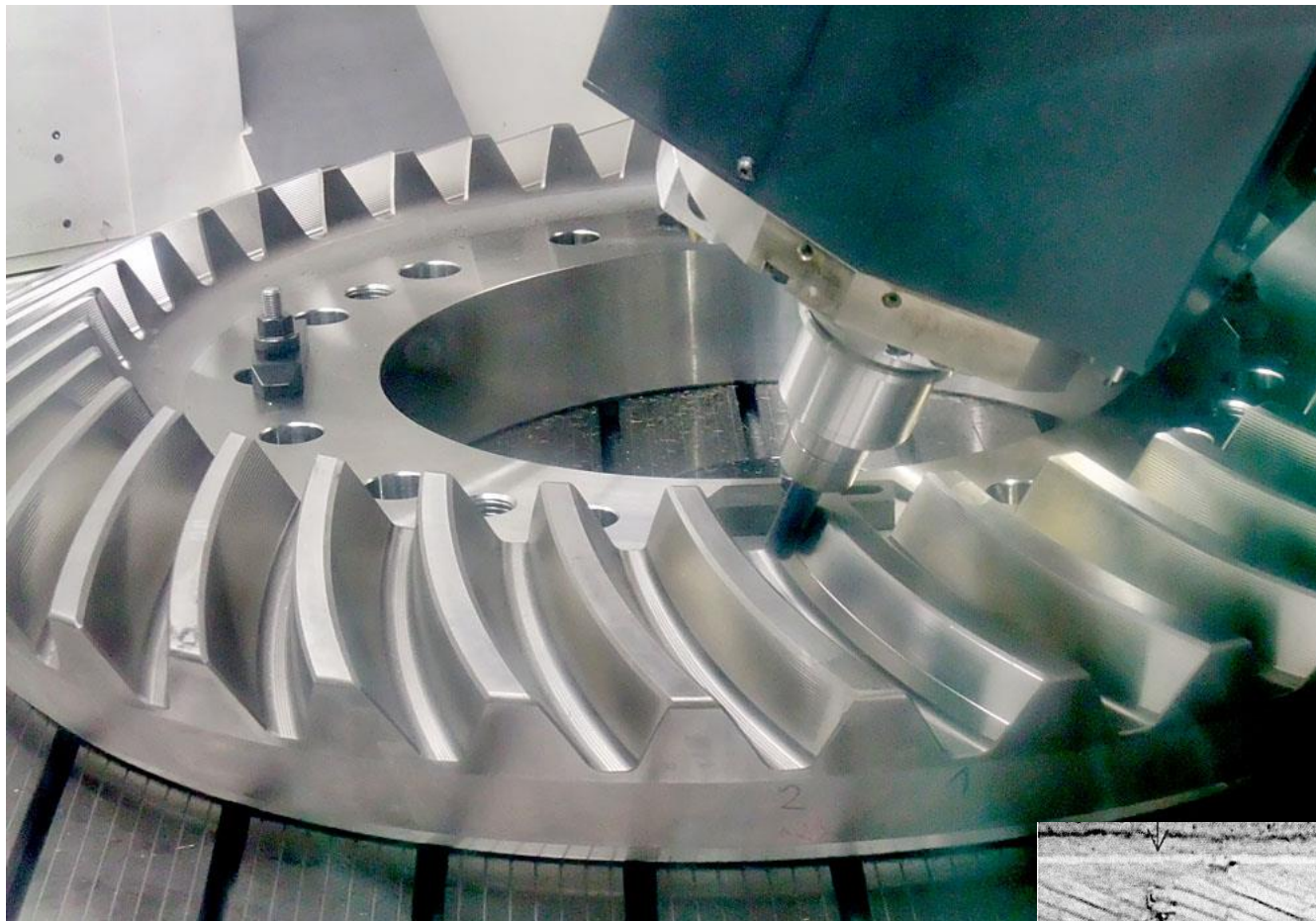
ここに開発している測定装置は、従来の硬さ検査よりはるかに詳しい材料の強度特性が把握でき、エッチングによる組織検査より定量的で鉄鋼材料の専門家以外でも良否を判断できる技術をもたらすものである。

開発している鉄鋼材料検査装置と現在使用されている装置の特性を比較すると表1-1の通りである。

表1-1 競合技術との対比

鋼材品質・性状検査装置	本研究開発	競合機能装置	
		硬さ試験	エッチング 組織検査
鋼材性質検査精度	優	良	優
検査装置コスト	高い	普通	高い
検査オペレータの必要技量	不用	並	要専門技 量・知識
検査の手間、時間費用	少ない	並	多
安全性	良	良	有害薬品使 用

鉄鋼の品質については世界中の機械技術者製造者が問題を感じているのに、適切な評価技術が無い現状を鑑みると、多くのところで受け入れられそうである。



5軸加工機による大形
ベベルギヤのミリング
加工

歯面粗さの畝部に生じた
マイクロピッチング



5軸加工機による大形ベベルギヤのミリング加工の問題点

1. 加工に時間がかかる
2. 仕上げられた歯の表面性状が悪い

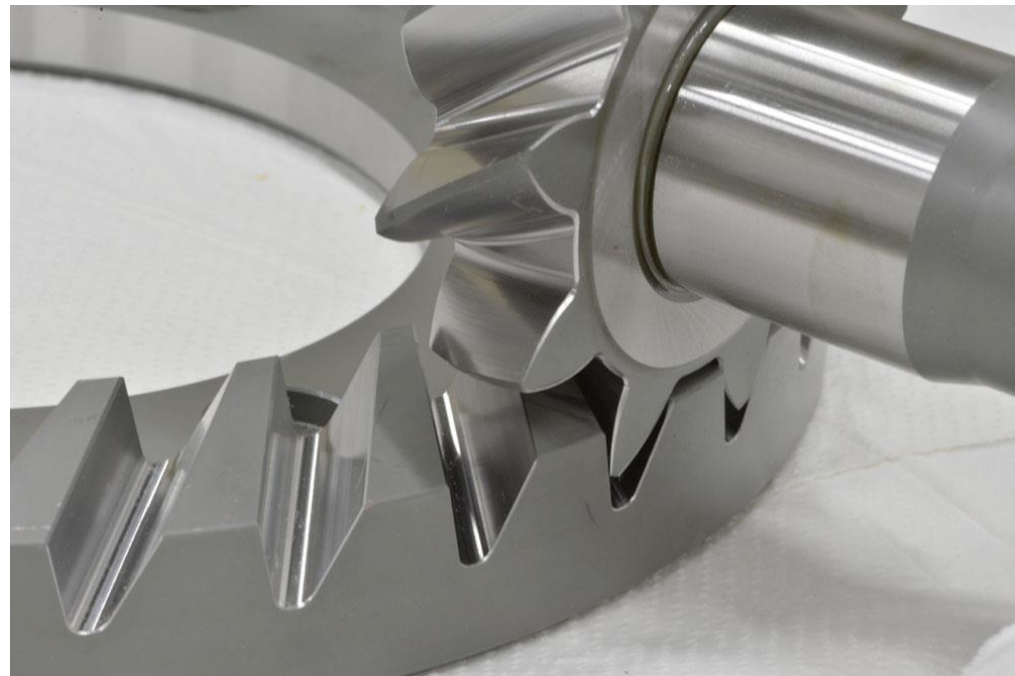


製作に時間のかかる大歯車の
歯面を平面にすれば加工能率
は一桁以上改善される。

もし、ピニオン、ギヤとも 5Xマシン で
加工するなら、IPベベルギヤは既存の
クリングエルン歯形やグリーンソン歯形の
ベベルギヤよりも優れていそうです。

しかし、まだ実績は無いですが・・・

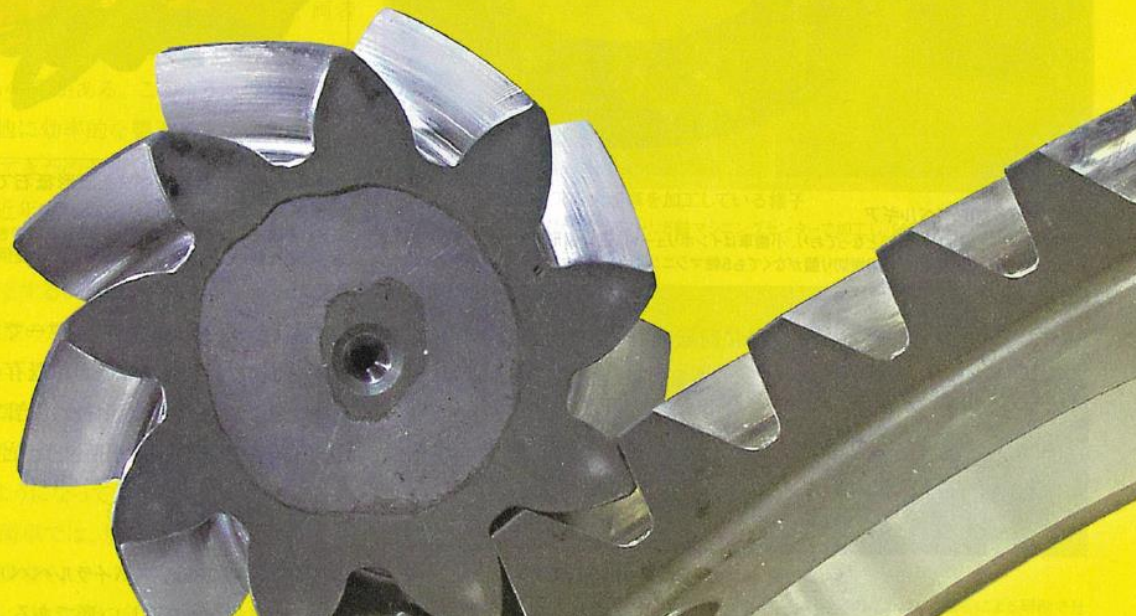
Fig.24 IPB gears in good mesh and
smooth working



生産性10倍の新形状歯車

造り方の常識破る

May 2017 NIKKEI MONOZUKURI 63



数千年の歴史がある歯車だが、

現在主流となっている歯形は

加工方法の制約を受けているものが多い。

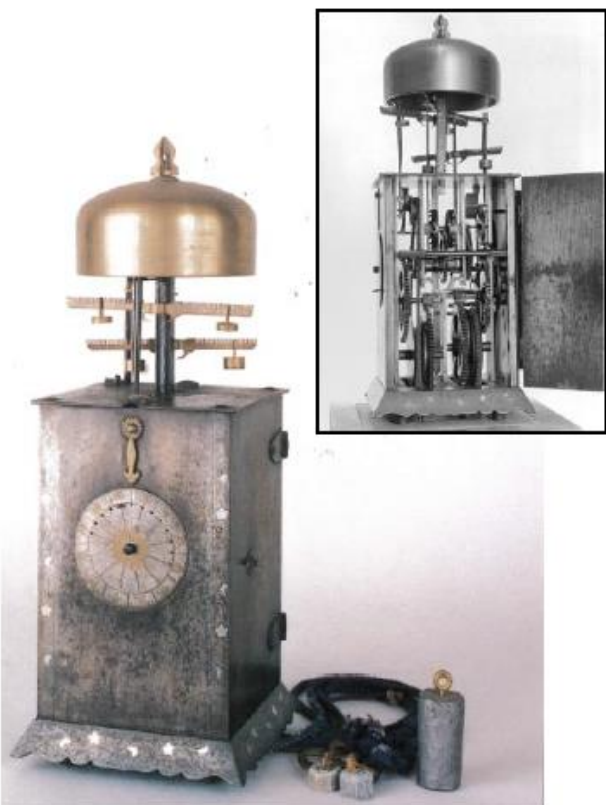
しかし近年、5軸制御のマシニングセンターなどの性能が向上し、

自由な歯形を精度良く効率的に加工できるようになってきた。

そんな中、これまでにない全く新しい歯形の

スパイラルベベルギア(まがりばかさ歯車)が登場した。

セイコーミュージアムが所蔵する三代目津田助左衛門信貫が貞享五年(1688年)に製作した二挺天符櫓時計



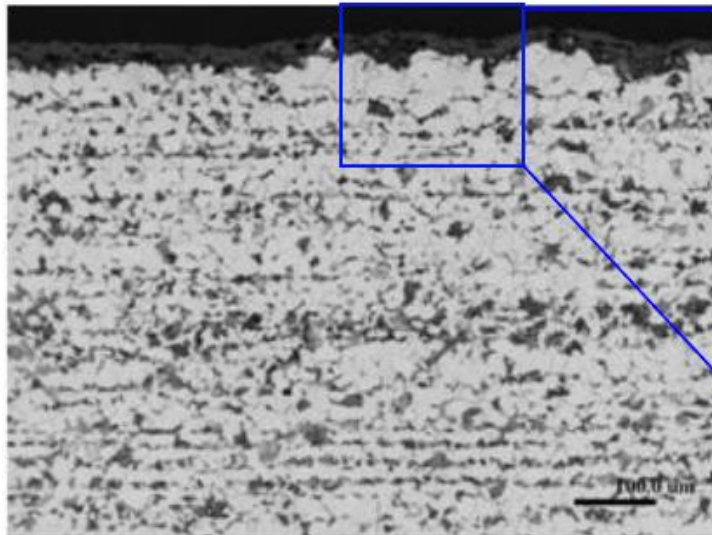
(a) Appearance, T=W=115, H=360

(b) Innards

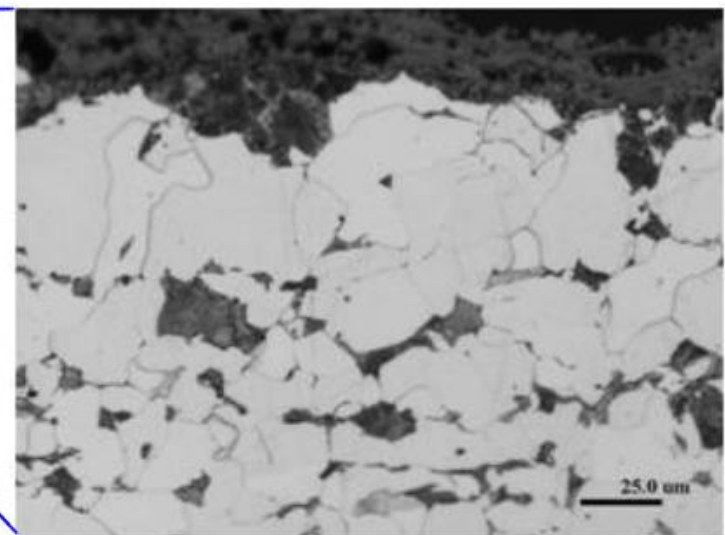
(c) Plate of the author

Fig.3.1 Traditional Japanese clock (Double swing bar type), (A.D. 1688), Made by 3rd Sukezaemon TUDA

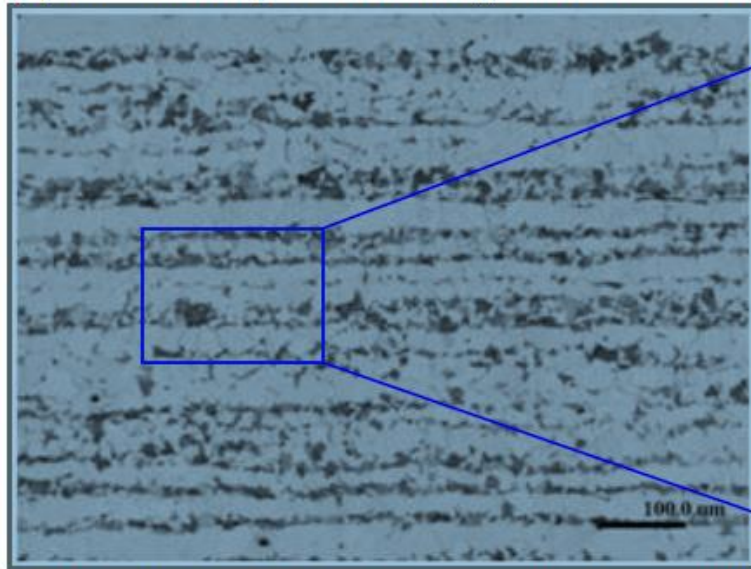
現在のS25Cの組織



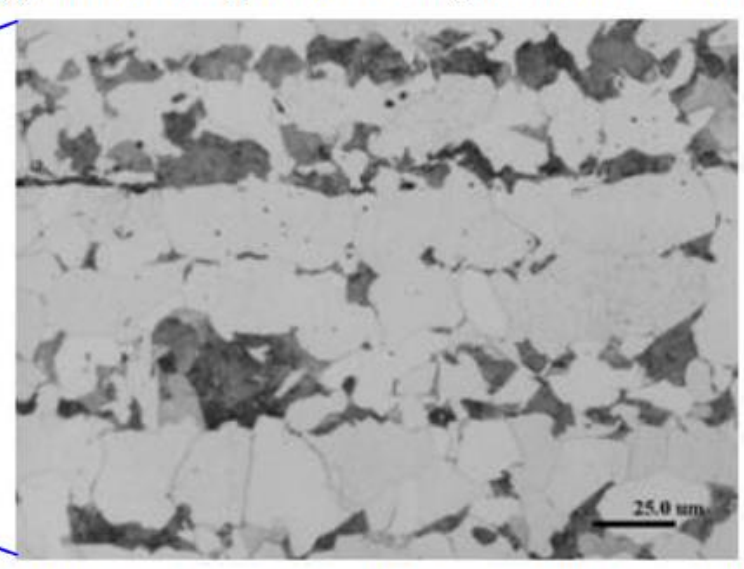
(a) The surface part section organization ×100



(b) The surface part section organization ×400



(c) The axis core part section organization ×100



(d) The axis core part section organization ×400

Fig.7.9 Metal surface organization photograph, The normalizing organization by the atmosphere fireplace heating

現在のS25CよりC%の低い昔の鋼の方が高強度である

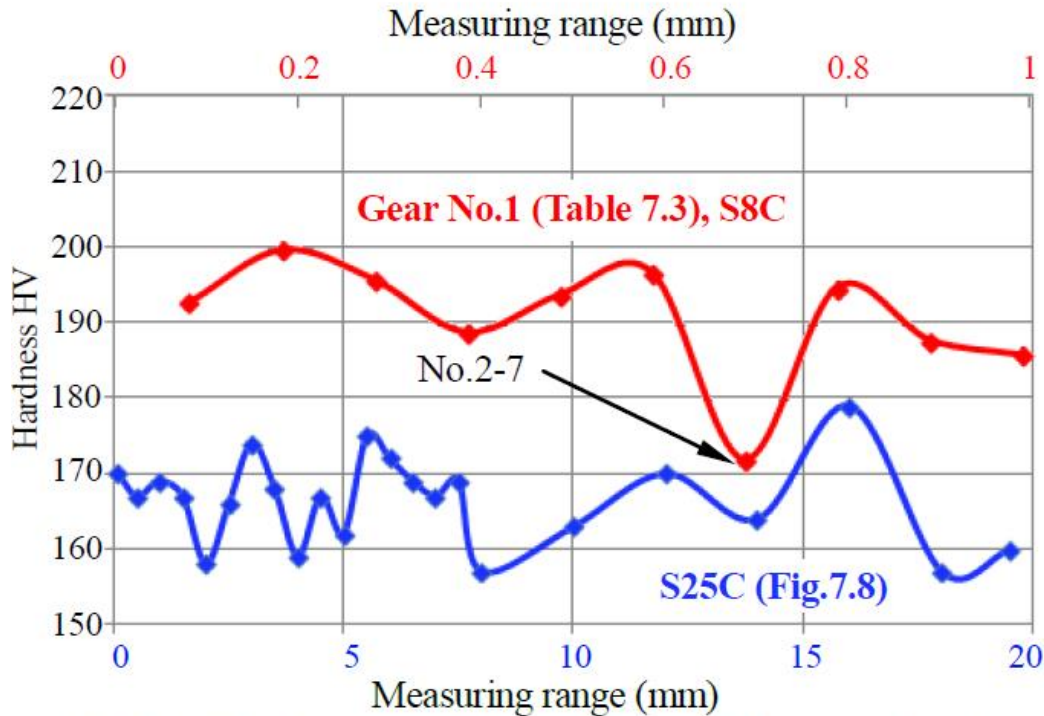


Fig.7.10 The hardness of the watch gear blank material and the test block

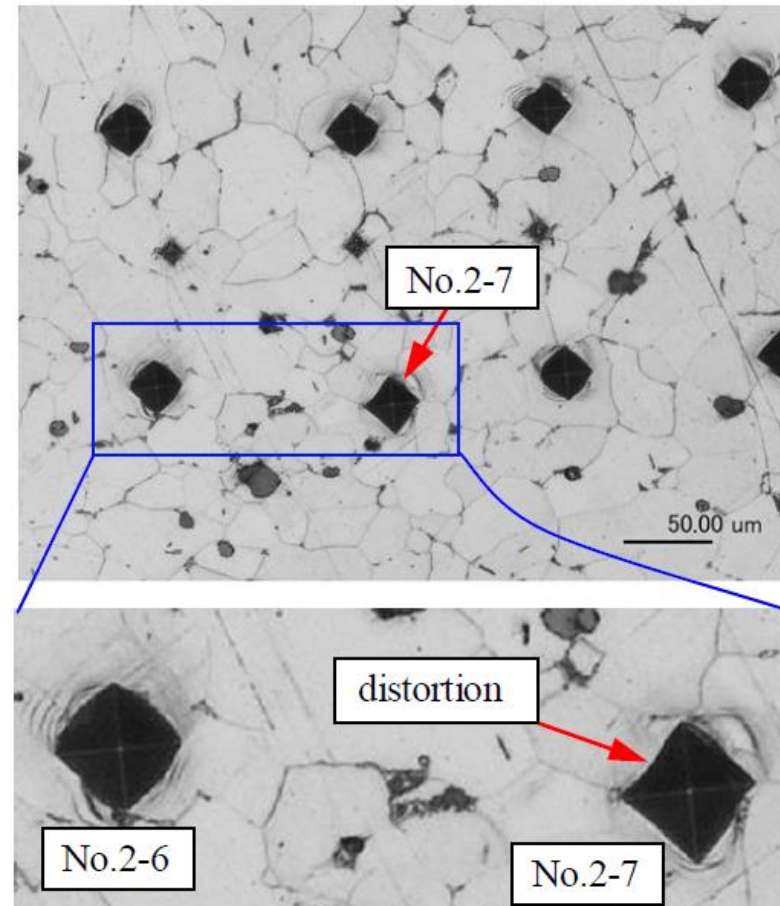


Fig.7.11 Vickers impression and HV (×200) After corrosion processing

昔の刀鍛冶は折り返し鍛錬をするなどして鋼を鍛えていたのです。こだわりですね。今の世の中のように、合理化、コストなんてことばかりを言うのではなく、まじめに技術者の仕事をしていたのです。ギリシャ・ローマでも、技術とアートは同じ意味だった。日本でも明治時代の初めはそうだったのです。



鉄は鍛えるもの。

刀鍛冶は精神を鐵に叩き込むと言っていました、今振り返ってみると、

鉄の性質を劣化させる硫化マンガンや燐酸鉄などは融点が低く、鍛錬中に火花となって除去される。

鍛錬により、析出物や介在物などが細かくなり、均一に分散するようになる。

鍛錬により、偏析は分散され組織は均一で結晶粒の細かいものになる。
など、

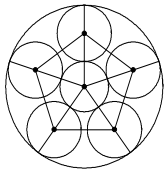
今、忘れられている鉄の強度特性を改善する技術としてのまともなことを、経済原則とは関係なくやっていたのですね。

現在はあまりに効率とコストに縛られ過ぎて、良い性能と長寿命の観点が忘れ去られているようです。これがサステイナブルなのでしょうか。

稲荷山 小鍛冶。

刀匠・粟田口の三条小鍛冶宗近が稲荷の使いに相づちを打たせ、[小狐丸](#)という名刀を作り上げた。

おしまい



KBGT (Kubo's Gear Technologies)
公益財団法人 応用科学研究所 常務理事
京都大学名誉教授

久保愛三

