

定盤ラップ・ハンドラップ・鏡面

目次	(前書き)
	ラップ定盤を作る
	ラップする
	湿式ラップと乾式ラップ
	定盤ラップとハンドラップ —ハサミゲージ製作技術として—
	ハンドラップ技術の究極態について
	ハンドラップとスクラッチ問題
	再び定盤ラップについて
	補足の注記

三輪測範製作所

(前書き)

最近に至って、超硬パーツの再仕上げの仕事をしました。

材質はサーメットで直径8φ厚み0.5程度のパーツについて、表面が損傷しているものを再仕立てするというものです。

どうなっているかと先ずよく見てみると、8φの中心部が損耗しているのですが、オプチカルフラットを当ててみると全体が0.3μmないし0.5μm程度凸形になっています。

つまり、当初は機械ラップで仕上げたものを研磨パッドでか、或いはバフ研磨か研磨シートを用いて鏡面仕立てをしたと推察できるのですが、パッド研磨やバフ研磨とか研磨シートを用いた場合、どうしてもワーク面は曲面となります。

この状態がパーツ製作の元々の状態であるということです。

私のやり方として、パーツ再生の仕事としては、表面を摺り下ろして損耗部分を研削してしまい、改めて鏡面に仕立てる、という2段階のプロセスを考えればよく、前半部分は定盤ラップで、後半部分はハンドラップで対処すれば良いということになります。

もちろん、鏡面になりさえすれば表面が当初のような曲面となっても構わないというのであれば、なにもハンドラップでどうこう考えるまでもなく、研磨シートを用いてシコシコと磨けば良いだけなのですが。

この方法だと誰でも直ぐに慣れて熟練できます。

しかしながら、きちんと平面に仕立て上げた(0.1μmオプチカルフラットで光筋がでない程度)段階で鏡面となっているという技法を考えないと、技術の発展性はありません。

以下に公開するのは、この仕事のプロセスです。

この作業を通じて、鏡面ラップの「論理」を解明していこうと思います。
かなりの長文で論点は多岐にわたっていますが、宜しくお付き合いください

【1】ラップ定盤を作る

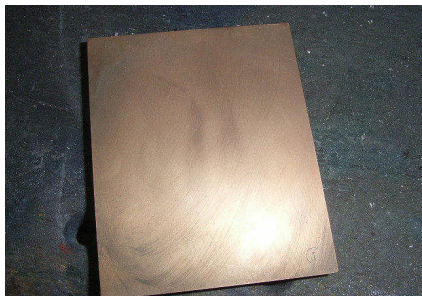
超硬パーツをラップしようとする場合、どうしてもダイヤモンド砥粒を採用せざるを得ず、そうした場合
鋳物定盤では無理が生じます。このような場合、リン青銅を使います。

なぜリン青銅かと言えば、通常、銅を採用される場合がほとんどであろうかと推測されるのですが、銅を
採用すると砥粒の保持力が弱く、また、定盤としての平面維持力に弱いからです。因みに、銅板表面を砥石
で平面に仕立てようとしてみてください。直ぐにこのことが分かります。

当方で作ったのは、そこら辺に転がっていた10T厚の鋼板2枚と3T厚のリン青銅板を2液混合型の接
着剤で接着するというものです。

重ねてヴァイスに固定すると接着面から余分な接着剤が滲み出てきますから、それを除去します。接着剤
の層はできるだけ薄い方が良いので、しっかりと力を加えます。これで厚み23mmの定盤の土台が出来上
ります。リン青銅の板材に関しては厚みについてさまざまにありますから、何も3mmにこだわる必要もあ
りません。また、縦横の大きさは自分のしたい作業内容によって任意です。

3個程度用意しておくといいです。



平面作りは、平面研磨をしてから砥石で仕上げても良いし、砥石
だけで仕上げても良いし、どちらにしてもトータルの時間数
は結果的に変わらないと思います。

「3個程度用意しておく」というと「3枚合わせの技法」が必要
となるのかと先回りされそうですが、そうではありません。

「キサゲ」とか「シカラップ」と呼ばれている定盤作成法だと3
枚合わせが可能ですし、また、3枚合わせをしないと全体の平面度
の実現が困難なのですが、砥石や砥粒を用いて定盤表面を仕上げようとする場合、油分で平面同士が密着し
てしまい、当たり具合の確認もできません。

ここで作成しようとしているのはラップ定盤ですから、完璧で理想定な平面度を追求していくと、実は使
い物にならないものを作ろうとしているのと同義です。全体が中高の凸面になるようにします。

どの程度の中高凸面でなければならないかは、使用する作業者の骨格・筋力・姿勢・運動能力・動作癖・
・・・で自ずと決まってきます。

従って、いったん出来上がった定盤でラップ作業を反復しながら、絶えず定盤面を補正していく作業が必要
です。

よく使い込まれたラップ定盤は作業者の「分身」です。他の者がその定盤を利用しようとしても、まず同
様の成果は得られません。

定盤ラップを試みようとして市販のラップ定盤を探したりしてみても、たとえ購入できたとしても、大幅
な補正作業が必要です。

3個程用意するというのは、ダイヤモンド砥粒の粒度に応じて使い分けをしようとするからです。

3 μm用・2 μm用・1 μm用・・・と、当該粒度専用とした方が後の管理が楽です。

不便を耐えることができるなら、1個だけでも作業は可能です。まず3 μm砥粒で荒ラップをし、砥石で丁寧に定盤平面を仕立て直せばダイヤモンド砥粒はきれいに排除され、そこに1 μm砥粒を塗布すれば良いわけです。

なお、仕立て直しに砥石を使用するのは、それがダイヤモンド砥粒ごとベースのリン青銅を研削してしまうからなのですが、砥石ではなくWA/GC砥粒を使用してみた場合は、たとえ#600～1000の粒度を使用しても、うまくダイヤモンド砥粒を排除できません。

砥石を使用して仕立て直しをした場合、結構深い研磨痕が定盤上に残るので、その後に砥粒で研磨仕立てをしないとイケません。

【2】ラップする

出来上がったラップ定盤にダイヤモンド砥粒を塗布します。

ラップ定盤を使用する場合、油性のダイヤモンド・ペーストを使用すれば充分です。

ただ、砥粒濃度に不足するようで、作業中に何度か補給しなければ円滑に進みません。

これは、ダイヤモンド砥粒が定盤面上に埋まり込んで固定砥粒となってワーク表面を研磨していくわけですが、その際、ダイヤモンド砥粒の角が案外容易に磨損していくからだと思います。

1 μm砥粒までは問題ないのですが、1/2 μmや1/4 μmとなると難しくなります。無理と言った方が良くないと、まだ未解決な点が残っています。

ラップするという作業は、ワーク面を定盤面に押しつけて擦り合わせるという単純作業です。

「8 φ・0.5mm厚のワークを指先で操作できるのか」と言われそうですが、当然、ワーク保持のための道具を作ります。

何らかの形態で固定保持できるようにすれば良いのですから、道具の有り様は無限です。

道具というモノは自己の身体能力の拡張展開ですから、道具作りが職人稼業の醍醐味です。

道具作りに淫して、肝心な本業にちっとも取り掛からないという話は稀ではありません。道具について苦労話や自分の独創性や創造性の自負心を熱く語る職人さんが、本業についてはほとんど残務整理程度の語りしかしない。こういうことが多いです。むしろこのことが自然なことだと思います。

それがうまく工夫できれば仕事は7割方完済したも同然ですから、遠回りする意味は充分あるのですが。

自分にとってありふれたどうということもない道具が、他人には絶望的に使いこなせないモノだ、という話も珍しくありません。

さて、ラップした結果は、オプチカルフラットで光筋が出ない程度までの平面度は楽に実現できます。

リン青銅定盤を用いたラップ作業がいかに研磨能力が高いかが実感されるわけですし、ラップ作業の進展につれて定盤面が摩滅毀損されるということもありません。

もちろん、1 μm砥粒の場合にもそれなりの研磨痕が残っています。

この位の面粗度でこれ位の平面度で充分ではないかと思ってしまうのですが、実際には「この研磨痕を消せ」ということです。

平面度を劣化させてまでも研磨痕を消せば良いなら方法はありますが、平面度は劣化させたくない。

さて、どうするか。

当方で行ったのは、 $1/2\mu\text{m}$ ダイヤモンド砥粒を使用してのハンドラップです。

ラップ油の量を調整（実際には、ラップ工具から表面油分を払拭）することにより、実質的な乾式ラップを行います。これによってほとんど研磨痕のない仕上げができました。

定盤ラップの説明を長々としておいて、結局、ハンドラップでないと満足できる結果が得られないということを言っているのと同然ですが、実際上にも、何らかの形でワークを固定することが可能でさえあれば、 $1\mu\text{m}$ ダイヤモンド砥粒でワーク表面の損傷部分を研削してしまっただけで、 $1/2\mu\text{m}$ ダイヤモンド砥粒で仕上げすることをハンドラップだけで1工程でしてしまいます。

同じラップといっても、定盤ラップの有効射程距離とハンドラップの有効射程距離とは異なるものです。

【3】湿式ラップと乾式ラップ

上記の「定盤ラップ」は湿式ラップに属します。

湿式ラップとは、水や油といった媒質に研磨砥粒を混和し、定盤面とワーク面との間で「浮遊砥粒」を設定することで研磨させるというものです。

湿式ラップの効果として、研磨効率が非常に高いが、効率が非常に高い分だけ研磨痕が残る、全体に平均的な研磨結果が実現できる、ということが語られていますが、「浮遊砥粒」が定盤面とワーク面の間でコロコロと転がることでなぜ研磨効率が上がるかについての説明はなされていないようです。転がるだけなら研磨効率ということはおおよそ期待できないからです。

ラップ作業を通じて、ラップ定盤面とワーク面の間には必ず一定の圧力がかかっているのですが、砥粒が転がることで次々と新しい砥粒の角がワーク面に当たることで研磨効率が維持されるという過程と、研磨砥粒自体が圧力の下で破砕され、粒径は小さくなるが新たに鋭角的な角が自生して研磨能力を発揮するという過程が複合して進展していくものと考えられます。

ハンドラップの場合に顕著なのですが、例えば#3000のWA砥粒を用いてラップを始めた場合、最終的におおむね#6000相当の面粗度でラップが完了する（それ以上はラップ効果が出ない）ということは普通のことです。つまり、#3000WA砥粒を用いた場合、#3000相当の面粗度になるのではなく、必ずそれ以下の微細な面粗度が実現されるということです。

このことは、自己破砕性というものが想定し難いダイヤモンド砥粒を用いた場合にはないことです。

また、#8000や#10000のWA砥粒ではどうなるかと言えば、それぞれに対応した面粗度が実現されますが、なかなかそれ以下の微細な面粗度が実現できるとはならないようです。つまり、人の手の力程度で加わる圧力では砕けてくれない細かさだということでしょうか。

焼き入れ鋼の場合、WAやGCの砥粒の方が、実は、ダイヤモンド砥粒と比べて遙かに研磨能力が高い。

平成16年1月までの半年間ほどGC#8000～#10000を用いてラップ仕上げを行っていたのですが、この方が、現在行っている $1\mu\text{m}$ ダイヤモンド砥粒でのラップよりも表面品質は良好だと判断してい

ます。残念なことにG C 砥粒を使っているのは経済効率が悪い。

ハンドラップの場合にはこのように言えるのですが、機械ラップの場合には、人力に比して大きな圧力を加えれば、WAやG Cの砥粒は容易に破碎されて使い物にならないでしょう。また、超硬素材の場合、WAやG Cだと研磨は困難で、ダイヤモンド砥粒で考えなければなりません。

ダイヤモンド砥粒が湿式ラップにおいてどのような振る舞いをするか。

通常説明されていることは、砥粒が定盤面上に埋まり込んで固定砥粒となり、いわば「ダイヤモンド・ヤスリ」状態でワーク面を研削していく、というものです。湿式ラップの場合には、砥粒を媒質内において均等に攪拌・分布させることによって、ワーク面を均等均一に研磨させる、ということがラップ技術の中心とされています。実際にはラップできているのですから問題はなさそうですが、「説明論理」としてこれは正しいか？

定盤面上にダイヤモンド砥粒が埋まり込んだ場合、もうそれ以上に埋まり込む余地はない。ラップが進行すれば砥粒の角が摩滅し研磨力は低劣化する。そうなると、埋まり込んだ砥粒を除去して、新たに砥粒を埋め込む・・・ということが必要になりそうですが、そんなことはどこもやっていません。必要なことは、砥粒を含んだ媒質（スラリー）を補給していくことです。

実態としては、一定の確率で埋まり込んだ砥粒によって定盤表面に凹凸が生じ、補給された砥粒がその凹凸に引っ掛かって固定砥粒としてワーク表面を研磨する。凹凸に引っ掛かった砥粒は定盤やワークの運動（摺動）によって剥離して新たな所で引っ掛かり、そこでまた研磨力を発揮する・・・という過程がダイヤモンド砥粒を用いた場合の湿式ラップだと考えられます。

すると、例えば1 μ mダイヤモンド砥粒を用いる場合、1 μ mの粒径のものがうまくはまり込んで固着して、あるいは、その固着した所からうまく離別して新たな所にはまり込んでくれるような、そのような凹凸があるような定盤を最初から準備できればラップ効率が非常に良いことになります。

このことは既に理解されているようで、例えば、定盤面をサンド・ブラストして凹凸をつけるとかが試みられているようですが（これだと凹凸がシャープでないので砥粒が固着してくれないでしょうし、また、ラップによって直ぐに定盤面は平滑化してしまうでしょう）、必ずしも定盤材質として鋳物にこだわる理由はないでしょう、と申し上げたいわけです。

つまり、同じく「湿式ラップ」といっても、ダイヤモンド砥粒とWA・G C砥粒とは、全く別異なるラップ過程を辿るものです。

湿式ラップの場合、研磨痕を消せません。

この研磨痕とは何かを次に考えましょう。

普通に考えると、研磨砥粒がワーク面を削り取っていくわけですから、砥粒の通過した痕跡が研磨痕であるわけです。従って、使用する研磨砥粒の粒度が大きいほど（粒径が微細なほど）研磨痕は浅く微細になるわけで、研磨痕の「深さ」は砥粒粒度と相関するものと考えられます。ただし、一概にそう決め込めないのが手業の世界です。

しかしながら、WAやG Cの研磨砥粒とダイヤモンド砥粒とで、同じ粒度のものを使用してラップした場合、面性状は大きく異なり、ダイヤモンド砥粒を用いた場合には光の反射効率が遙かに高いのです。よく見れば研磨痕ははっきりと認められるにかかわらず、全体としてよく周囲の像を映しています。「研磨痕は認められるけれども鏡面になっている」と言えるのです。

WAやGCの砥粒で同じような事象を実現しようとする場合には、「空ラップ」をします。スクラッチが出やすい非常に「危険な」やり方ですが、一応は実現できる。

以上のことは焼き入れ鋼の場合に顕著です。

この現象をどう理解するかを考えると、ラップした場合、研磨痕を生じると同時に、研磨痕の外辺に『毛羽立ち』が生じていて、これが光を乱反射するというこのようです。WAやGCの砥粒では『毛羽立ち』が生じやすく、ダイヤモンド砥粒の場合は『毛羽立ち』が生じにくい・・・原因として砥粒の形状も関わっているでしょうが、関わっているならどう関わっているかについてはよく分からないことです。もっとも、GC砥粒で#10000とか#20000の粒度でのラップの場合、この『毛羽立ち』の影響と認められることがほとんどないと言えそうですから、砥粒自体の硬度も何らかの関わりがありそうです。

このように考えてくると、研磨痕が非常に微細な浅いものとなるように粒度を選択し、ラップ後に非常に硬いラップ定盤で空ラップして「毛羽立ち」を押さえ込んでしまえば、限りなく文字通りの「鏡面」が実現できる、という結論になります。

「非常に硬いラップ定盤で空ラップして毛羽立ちを押さえ込んでしまえば限りなく文字通りの鏡面が実現できるという結論」が、実は、乾式ラップの論理なのです。

ところが、実務的には別異の体系が運用されています。

工程を「ラッピング」と「ポリッシング」とに区分して鏡面加工がなされています。これは、シリコンや硝子という材質に対しての適用例で、私が手掛けているような焼き入れ鋼や超硬素材に対して有効かどうかの適用例は未見です。

比較的柔らかな研磨砥粒を用いて、ワークに対してラッピング工程で生じている凹凸のうち凸部をとばしていくということがポリッシングの意義なのですが、焼き入れ鋼や超硬素材の世界ではこの工程を設定しなければならないものがどうかは分かりません（多分、不要です）。

ただ、ハンドラップの世界では、WA砥粒でラップした後で酸化クロムを用いて磨くということは旧くからされてきており、私自身も酸化クロムや酸化ジルコニウム、フジミのFM5とか、いろいろと磨きについて試みてきてはいたのですが、GC#20000や#30000の砥粒と比べての効果に疑問があると同時に、ラップ定盤が非常に難しいものになります。ともすればスクラッチが頻発して磨きにならないわけですから。

GC#20000と酸化クロムを混和したものがそれなりに効果が出た、と確認できた時点で試行は止めて、ダイヤモンド砥粒 $1/2\mu\text{m}$ を用いてのラップ技術に関心を振り向けています。 $1/4\mu\text{m}$ の適用はまだまだです。

なお、湿式ラップ（ハンドラップ）で鏡面を作ろうとした場合、どのような状態になるかを説明しておきます。

日立金属（株）のYG4（SK4：炭素工具鋼）の場合、非常にシャープな面になります。

SK5の場合は鏡面が少しラフです。YG4との差は、YG4ではマンガンやモリブデンが含まれていて焼き入れ性が優性なためと言えます。

同じくSGT（SKS3：合金工具鋼）の場合、しっかりと濡れたような、硝子質のもので薄くコーティングしたような面になります。これは、材質に含まれているクロム分が酸化クロム層として析出してきている

からと考えられるわけですが、鏡面ラップを阻害するほどの厚さではありません。焼き入れ硬度を保証するタングステンが含まれているためか、YG4と比べて鏡面の面性に優れています。

同じくSA1（SKS2：合金工具鋼）の場合、タングステンが多く含まれているためかどうかGC砥粒でのラップは困難です。ダイヤモンド砥粒でラップした場合、YG4との外見上の差違はあまり認められません。

以上のことは、GC#10000～#20000の砥粒を用いた場合、いっそう顕著です。

このようにみえてくると、同じく「鏡面」といいながら、材質、研磨砥粒の種類・砥粒々度・によって面相に違いが出てくると言えそうです。

なお、本件の超硬素材の場合、定盤ラップの工程を辿らず最初からハンドラップのみで作業は可能で、事実、1 μ mダイヤモンド砥粒で下仕上げし、1/2 μ m砥粒で仕上げラップするというのもしています。超硬素材は焼結素材ですから粘りがなく、従って、SKS3等と比べてもスコスコとラップしやすい材料です。耐摩耗性に優れたゲージが必要だから超硬素材で、という風潮に対して、必ずしも一般的に(?)そう言えるだけで、場合によりけりだろうと思っはいます。

【4】定盤ラップとハンドラップ ハサミゲージの製作技術として

定盤ラップでハサミゲージが製作できるか、という問題があります。

ハンドラップでのゲージ製作にはある種の困難が伴うため、定盤ラップで製作できればその困難さが解決できるし、ハサミゲージ製作の「機械化」も可能となるだろうというわけです。

昔の教科書に「円形定盤に砥粒を塗布したものを回転させ、その定盤面上にハサミゲージの測定面を押しつければラップできる」という説明と図解までされていました。そのような機械を製作したケースがあったということなのですが、うまくいくはずもないことです。

円形定盤を回転させればその定盤面上には周速差があるため、均一なラップは不可能ですし、何よりも、定盤面上に正確に直角にゲージ測定面を押し当てることもできず、ワークが些少でもぐらつけばゲージ測定面は平面にラップされずに丸くなります。

では、他に方法はないのか、とよくよく考えてみれば、いろいろなことが考えつきます。

現実的な方法として、8mm厚程度の幅50mmで長さ200～300mm程度の鋳物プレートを用意して、その一端を固定して、ハサミゲージ測定面を鋳物プレートの長手方向に直角に押し当てながら、長手方向に摺動させてラップしていく、というものです。

やってみたことがあります。

鋳物プレート的一端を固定したものにゲージ面を押し当てると、当然鋳物プレートは中高に湾曲し、ゲージ測定面は平面にラップされます。理屈の上では非常に好都合なのですが、実際には、ワーク・ゲージそのものがワークの摺動につれて揺動し、ゲージ測定面は丸くラップされてしまいます。正確な平面を作るにはかなりの熟練を要します。また、ゲージ測定面の段差部分をラップした場合、基準面との関係での寸法値や平行度を実現していくことはほとんど無理ではないかと思いました。これに習熟する暇があればハンドラップ技術を洗練させていく方が遙かに意味のあることです。

若い頃に、十分に時間をかけて、個々の技法の有効適用範囲や有効射程距離について身をもって学んでお

く・経験しておくという事は有意義なことです。

なお、私どもでも考え至って試みた方法でしたから、或いは、現にこの方法でゲージ製作をされている方がおられるかもしれません。

ゲージ測定面の仕上げに際し、ともすれば仕上げ面が凸Rになる、寸法を出すに際して斜めテーパーとなりやすい・・・といった「難点」を、私どもではとても解決できないと早々に見限ったわけですが、実際どのように克服されているのかお教え頂ける機会があれば幸甚に存じます。

【5】 ハンドラップ技術の究極態について

ハンドラップ技術・技能の究極の形というものは、いわば人間の能力の極限を意味しますから、これが「限度ですよ」とはなかなか言い切れません。そこで、この技法の歴史的経過と当方での現段階を説明することで、その「未来像」を探れればと思います。

ハンドラップ技術とは、別の所でも説明しておりますが、右利きの作業者の場合「左手でワークを保持し、右手でラップ工具を操作してワーク面をラップする」というものです。いわゆる「陸軍式」です。

以下、実際にハサミゲージを製作している者でしか理解・検証しがたい話になります。

大阪陸軍造兵廠でゲージ製作の養成工が大量(?)に育成された際、武用氏という指導者の下で技術が伝授されたわけですが、それだけではありませんでした。日本各地の軍需工場においても徴用工も含めてゲージ工が選抜育成されました。陸軍は当然中央一元の組織ですから、各工場のゲージ場の管理運営やゲージ工の育成・指揮統制も陸軍の一元管理の下にありました。従って、さまざまな方法でゲージ製作技術そのものも一元化が図られたということが容易に想像できます。

しかしながら、個々のゲージ工が消化しきれない技術・技能を強制しても無意味であり、あるいは、個々のゲージ工の創意工夫によって、それぞれのゲージ場で特有の技術改善が図られたことも、技能者のありようとして当然の動きであったわけです。結果としてのゲージ工の技能向上・生産効率の維持向上が実現できれば、ゲージ工個々の作業内容についてまで陸軍監督官の干渉はなかったようです。

もちろん、陸軍造兵廠(及び、傘下のゲージメーカー)を中心としたゲージ工が修得した技術・技能がゲージ製作の主流の(多数派の)技術・技能となりましたが、大枠でそう言っても、既にここでもバリエーションが生み出されてきていたことは言えます。

ここでは主流の(多数派の)技術・技能を「理念的な原型」と指称することにします。

「理念的な原型」に拠れば、非常に高精度なゲージ測定面を実現できる技術という評価がなされてきました。

左手でワークを保持しつつ右手でラップする場合、両手の微妙な連携オペレーションによって作業が進むわけですから、このことは当然の評価です。しかしそれだけに、熟練することが非常に難しい。素質・能力があると認められてゲージ養成工に選抜された者でも全員が技術を修得し切れたわけではなく、ごく限られた者が「一人前」になり得たのでした。

ただ、難点がありました。「理念的な原型」によれば、通常で#3000WAラップが限度で、どう頑張っても3 μ mダイヤモンド砥粒(#5000相当)ラップが限度です。つまり、ゲージ精度をいう場合、寸

法精度としては良好な結果をもたらすものですが、寸法精度を支える面粗度に限界がありました。それはそれで良い、という時代が長く続きましたから、この「理念的な原型」は今日に至っても主流技術であり続けています。

ただ、さまざまなゲージ工のところで「理念的な原型」に修正改善を加えてそれぞれの派生的定型が形成されてきた、というのが実態でありましょう。

しかしながら、この「理念的な原型」とは別異の所で、同様の結果を実現すべき「代替技術」も創出されていました。

私は、この「代替技術」を承継しています。

「理念的な原型」は非常に心身の負担が大きく、熟練が困難です。まず、その心身の負担をどう軽減するかが出発点です。

心身の負担が軽減されれば、熟練は容易です。

1 μ mダイヤモンド砥粒（#15000相当）でのラップが通常技術となります。

この点は、「代替技術」の「理念的な原型」に対する圧倒的な優越性だと自負しています。つまり、心身の負担が大きく軽減されることによって、ラップ工具の選択の幅が大きく拡大し、ハンドラップ技術の有効射程距離が大きく拡張されたわけです。

寸法精度において、ミクロン・レベルの曖昧さは完全に解消され、1.0005mmのブロックゲージを使って0.2 μ mレベルでの平行度・平面度・寸法精度の検証が可能です。

ここまでのものが製作できるならここまでのものが求められる、というのが現在状況だと思います。したがって、時代の進展に即した技術の自己変革が求められ、この「代替技術」の承継展開でしかハサミゲージ製作技術は存続していけないという思いもあるわけです。

ただし、こういうことは言えます。

1 μ mダイヤモンド砥粒でのハンドラップとはどういう技術になるかとまず考えて、こういう技術ならこのようなラップ工具でなければならず、そのようなラップ工具ならこのような身体オペレーションでなければならぬだろう・・・という論理を行きつ戻りつして実現できたのが「代替技術」の承継でした。

実際には、中間工程の#6000～#10000の砥粒を用いたラップ技術の定型化に習熟する作業にほとんどの時間を費やし、その外延的結果として1 μ mダイヤモンド砥粒ラップ技術が確立したということなのですが、いったん確立した現在では、#3000ラップからいきなり1 μ mダイヤモンド砥粒ラップをしています。ダイヤモンド砥粒それ自体の研磨力によるのですが、開発期間中にA・B・Cの3社の砥粒を試用していたのですが、そのうちA社の砥粒だと中間工程を省略することができるのに対し、B・C2社の砥粒だと#3000の研磨痕が除去できないのです。同じ1 μ mダイヤモンド砥粒といっても、研磨力に大きな差があって、全くの別物と言って良いと判断しなければならないようです。

1/2 μ mダイヤモンド砥粒を採用する場合、再度この論理過程を辿り直さないといけない。その意味では、ハンドラップ技術のもう少しの発展が可能ではありましょう。そのような可能性を内含しつつも、現時点では当方の技術はハンドラップ技術の究極を具現するものと自負しています。

なお、1 μ mダイヤモンド砥粒ラップが鏡面ラップと言えるかという問題があります。

同じ1 μ mダイヤモンド砥粒ラップと言っても、実現できる面相には大きな差があります。

通常、加圧力を小さくすることによって鏡面が実現できると言われていますが、少なくとも焼き入れ工具鋼の場合、鏡面にはならない。加圧力を大きくすることによって却って面相が良くなります。研磨痕（幅と

深さ)がよく揃います。実質的な乾式ラップを行うことでほぼ鏡面と言えるレベルが実現できます。1/2 μ mダイヤモンド砥粒ラップが実現できればもう少し技術的には安定することとなります。

ハンドラップ技術は専らゲージ製作技術としてありましたが、機械力の活用が全く不可能と言える「ワークの内側」をラップする技術として機械ラップとは別異な存在となってきました。#3000ラップであっても「そういうもの」として存在し続けられたのでした。

しかしながら、機械力の及び得ない分野へのラップ技術の適用や、量産技術としての機械ラップの補足的支援的技術としての位置づけ、等々の思案は、ハンドラップ技術の可能性がゲージ製作技術の分野のみに留まらない意義を持つものと思います。

1 μ mダイヤモンド砥粒ラップの技術は、機械ラップ技術と同一平面上にハンドラップ技術を押し上げるものです。

ゲージ屋の技能の最終目標は、ブロックゲージと同等の面を創り出すことです。

やっとその端緒に着き得たというところでしょうか。日暮れて道遠し。

【6】 ハンドラップとスクラッチ問題

ラップ技術の最大の問題はスクラッチの発生をどう抑制・回避するかという問題です。

ハンドラップの場合、湿式ラップですから、浮遊砥粒の存在が何らかスクラッチの発生に原因を与えていると見ることは当然のように思えますが、実際にはそうとも言えません。つまり、スクラッチの痕跡は砥粒粒径がもたらす研磨痕よりも遙かに大きなものですから、砥粒々径よりも大きな粒子が生成していると考えする必要があります。

生成原因として、一つには、砥粒がワーク表面から「掘り起こした」もの、二つには、砥粒がラップ工具の表面から剥落させたもの、が考えられます。ラップ動作はワーク表面と工具表面を平行に摺り合わせていくものですから、こういう生成物は考えにくいと理解されそうですが、実際には、ラップ動作は加圧動作を伴いますから、ワーク表面と工具表面には対称的に圧力が加えられています。

スクラッチが生じる場合、ラップ工具表面に生成物がへばり着いていることが認められます。特に、#3000WA/GCで下仕上げしたワーク表面を#6000WA/GCでラップした場合、工具表面に付着物が絶えないことはごく普通のことです。#8000以上の微細ラップの段階では、工具表面に付着物が存在することはごく稀になりますから、この段階でのスクラッチの生起は別の原因があるだろうと容易に想像できます。

微細精妙な仕上げラップでのスクラッチの発生は、一種の「共摺り」状態となることによって、ワーク表面と工具表面とが直接に密着し擦れ合うことでスクラッチの原因となるべき粒子が生成されると考えられます(もしくは、相互の表面で” 筆り合い” が現出する)。

ワーク表面と工具表面との間にラップ油(潤滑油)層が形成されていればこういうことは起こり得ないのですが、一定の圧力を加えることで、ラップ動作中に油膜が排斥されて両面が直接に擦れ合うことになるようです。

つまり、油膜層が砥粒径よりも厚い状態に保たれていると、全くラップはできません。油膜層が砥粒径よりも薄く保たれていれば、ラップはうまく進展していき、ワーク表面と工具表面とが直接に密着することもありません。ところが、「空ラップ」の場合、砥粒がワーク表面と工具表面との間で転がってラップはしていきませんが、やがて破碎されてワーク表面と工具表面とが共摺り状態になります。

ですから、ごく薄く砥粒径の1/3ないし1/4の厚みの油膜層に至るまで展進性のある油で、ワークや工具表面への固着性に優れたものを使用することで、この段階でのスクラッチの発生はほとんど抑制することができることになります。

ラップ工程の各段階でのスクラッチの生成原因が多面的であると言っているわけですから、採用すべきラップ油も当然多面的になり、それぞれが具有すべき性能性状もラップ工程の各段階でそれぞれ独自のにならざるを得ません。

本稿の頭書部分で「リン青銅定盤+サーメット素材」のラップを詳解してきましたが、そこではスクラッチの問題は取り上げていません。

なぜなら、この定盤ラップでは『スクラッチは生じない』からです。

リン青銅自体は柔軟な材料ですから、ラップの進展によって定盤の表面疲労は生じにくく、従って表面崩落は考えずに済みます。

また、ワーク表面からもしもスクラッチ原因粒子が出たとしても、ワーク表面と定盤表面との硬度差が大きいですから、当該粒子は定盤表面の側に埋まり込み、ダイヤモンド砥粒によって破碎されるのみです。

この『ワーク表面と定盤表面との硬度差』は大切な問題で、ワーク表面と対比していっそう柔軟な素材、きわめて硬度の高い素材・・・等々をさまざまに工夫して、最終ラップに至るまでの使用すべきラップ工具の段階区分を設定することが必要なのです。

以上のような観点で言えば、『ラップ定盤の溝入れ』は見当違いの解決策だということになります。

【7】 再び定盤ラップについて

定盤ラップ技能の利用価値については特に語るまでもありませんが、例えば、「丸形ジョウ」の平面を再仕立てするといった、ゲージ屋が使用し活用しているさまざまなものの精度の維持管理には必須不可欠な技能です。

従って、目的や条件によって、今まで述べてきた論理的な考察を超えて、精妙微細なラップ成果も可能となる場合が多いことは念のため注記しなければならないことと思います。

鋳物定盤ではWA/GC # 3000ないし3 μ mダイヤモンド砥粒までが限界だと言ってきていますが、砥粒濃度を思いっきり上げればWA/GC # 10000砥粒なり1 μ mダイヤモンド砥粒の利用も作業条件次第では可能となると思います。もっとも、ラップ圧によって砥粒を含んだラップ油層が薄膜となり、なかなかその効用が発揮されることも難しいかもしれません。

砥粒濃度が高まることで砥粒自身がクッションのように作用してスクラッチの発生は抑制され、砥粒自体が共摺り状態に置かれて角が取れてラップ痕が浅くなり、結構良好な面が出来上がります。ただし、「縁だれ」が生じます。

高精度な定盤ラップのためには、平面度が限りなく良好な定盤を準備すること、砥粒を含んだラップ油層

は限りなく薄い方がラップ精度が高まること、等々の「原則」に対して、「異例な」試行を積み重ねることは定盤ラップ技能の幅と奥行きを延展させることでしょう。

私自身は、「定盤ラップ＝鋳物定盤」という等式が、長年の試行と実用によって選択され確定したものでそれ以外には成り立たない、といったことは「思い込み」の「固定観念」でしかなく、別異なる可能性があるはずだと考えてきました。そこで、その別異なる可能性を実際に証明して実用に供したわけでした。そうであるならば、ここより更に別異なる可能性が当然存在しているだろうことは自明なことですから、その道にさらに踏み出そうとしています。

自己の技能を一般市販の道具で賄っていかうということは無理なことで、自分でいろいろに工夫して創り出すことが大事なことです。

もっとも、道具の素材については一般に入手可能なもので考えないと経済的にも行き詰まってしまう。1/4 μ mダイヤモンド砥粒が一般市販され入手可能だからそれを使いこなせる道具をあこれ思案しているわけです。市販されてなければ、例えば25カラット分だけ1/8 μ mダイヤモンド砥粒が欲しいと言ってみても誰が相手にしてくれるのでしょうか？。

そういった意味では、自己の技能や道具の工夫創出なり変革革新も、現在社会の生産流通に制約されるものです。

補足の注記

リン青銅定盤のラップを採り上げてきていますが、ハンドラップにおいてもリン青銅のラップ工具を使えば1 μ mダイヤモンド砥粒ラップが可能となるのではないのか、と受け止められた向きもあると思います。

結論としては、リン青銅製ラップ工具では1 μ mダイヤモンド砥粒ラップはできません。もちろん銅製のラップ工具でも無理でした。

もっとも、私の試みで駄目だったというわけですから、他の方々に可能となるような試みがあり得るという点は否定しません。それぞれでご試行努力ください。

この点は、定盤ラップとハンドラップのそれぞれ位置する世界が異なっていると言うことを示唆しているわけですが、ラップ定盤＋ラップ砥粒＋ワークの組み合わせは同一で、それらを統括していく心身のオペレーションに違いがあり、その違いの最たるものは加圧力であることは見易い事実です。定盤ラップとハンドラップの両者に通底するものと差違をもたらすものとのいっそうの論理化が必要なのです。

なお、「心身」のオペレーションとって「心」を含めるのは、ハサミゲージ製作におけるハンドラップ技能は「識」と不可分だからです。

この点を指摘した議論は今まで皆無で、一般的には、熟練・経験というのはあくまで定型化された身体オペレーションであるという側面が強調されてきています。これでは現実の技能の確立を阻害するものとなってしまいかねません。