

身近な金属の  
ミクロ組織を読む  
第●回  
**55**

# 身近な筆記用具

●シリーズ●  
●材料の素顔に迫る●

筆記具としては欠かせないボールペン。  
恥ずかしながら、私は最後まで使い切った事がなく、  
いつもどこかに忘れてしまいます。  
今回はボールペンのお話です。

●はじめに

ボールペンは、鉛筆や万年筆と同様に三大筆記具の一つに数えられ、世界中の人々に愛用されています。私たちの生活に身近で、最も親しみのある筆記具です。しかし、その歴史はそう古くはありません。ボールペンは1943年にハンガリー出身のジャーナリスト、ピーロー・ラースローによって考案され、その翌年アメリカで商品化されましたが、インク漏れをほぼ完全に防止でき、安定した製品が市場に出されるのは1950年代になってからです。

日本でも戦後になって始めて私たちの目の前に登場するやいなや、あっという間に普及しました。これは日本だけの現象ではなく世界中に同じように広まり、その広がりやの速さ、大きさにおいて極めてまれな筆記具であったと言えるでしょう。

●ボールペンの種類

ボールペンは先端部のボールが筆記時に紙の抵抗を受けて、回転しながらインクを引き出しボールに付着させ、その付着したインクを紙に転写するという、いわば超小型の印刷機です。

昨今はボールペンも多様化し、現在では0.18mmの極細ボールペンから1.6mmボールの極太ボールペンまであり、インクの種類も油性(溶剤の大半がアルコール系。着色料が油に溶けた状態のインク。安くて丈夫。高い筆圧で、速記などに適する。)、水性(着色料は水に溶けており、可視光線を選択的に吸収し色を示す。滑らかな書き味。水や油に溶ける。)、ゲルインク(無機質、有機質の微粒子の固体粉末。顔料インクのため耐水性、耐光性に優れている。写真などにも直接書ける。)等様々です。

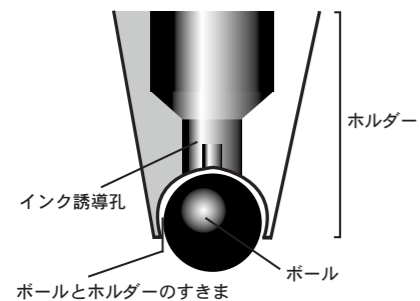


図1 ボールペンチップの構造

超高粘度インクを利用した消しゴムで消せるボールペンなども市販されています。また、紙で作られたボールペン(通称紙ペン)や、スペースシャトルの無重力状態の中で利用できる上向きで書いてもインクが途切れないエアペン(インクを窒素ガスで強制的に送り出す特殊なペン)と呼ばれるものまで出現しています。長期的に保存したい書類に向くインクや、水や油などで落ちないインクなどがあるので、用途によって使い分けるとするのが理想的です。

●ボールペンの構造

安価で使い捨て感の強いボールペンですが、ペン先端のチップと呼ばれる部分は、腕時計などと同様の高度な精密加工によって造られています。図1にボールペンチップ(先端部)の構造を示します。ボールとそれを支えるホルダーの隙間をマイクロンの単位で精密に保つ微細構造となっています。

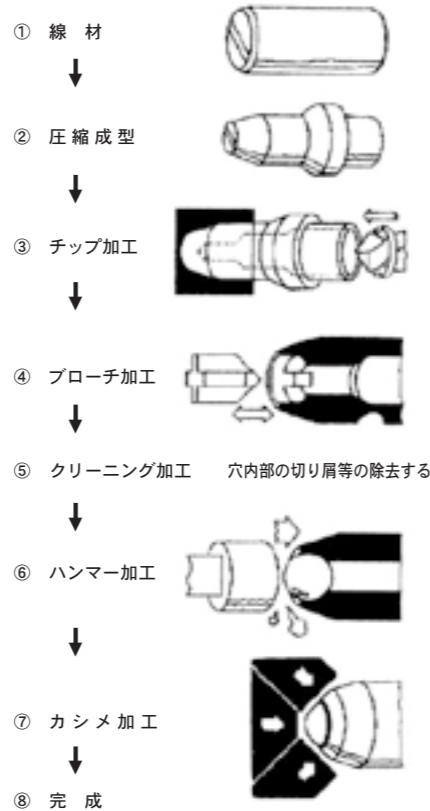


図2 ボールペンチップの製造過程

図2にボールペン先端部が完成するまでの工程を示しますが、詳しくは次の通りです<sup>1)</sup>。

- ① 線材から圧縮成型によりホルダー部の形状にする。
- ② インクの誘導孔をドリル加工する(チップ加工)。
- ③ 写真1に示すような、ホルダーの先端にインクの流れる溝をつける(ブローチ加工)。
- ④ 穴内部の切り屑等を除去する(クリーニング加工)。
- ⑤ ボールを先端から入れ、ハンマーで押し込む(ハンマー加工)。
- ⑥ ボールが落ちないように周りをカシメる(カシメ加工)。

という工程でボールペンが完成します。写真2にSEM(走査型電子顕微鏡)による完成品ボールチップ部の断面を示します。インク吐出のメカニズムには、異なった4つの力の存在が挙げられます<sup>2)</sup>。

- (1) 転写力  
ボールの表面に付いたインクがボールの回転力によって紙に転写される。
- (2) 揚力  
例えば飛行機や自動車が高速で走るときに、表面に沿って流れる空気は速く密度が希薄になるので圧力が低くなり、機体または車体は浮き上がる。同じように立っている人のそばをトラックが猛スピードで走り去るときも、吸い込まれるようにトラックに巻き込まれる。ボールペンではボールの高速回転により、これらと同じ現象が起こり、インクが外(紙面)へ流し出される。
- (3) 毛細管力  
ボールとホルダーの細い隙間をインクが流れる。
- (4) 負圧  
インクがペン先から吐出されるときに、減少した体積分の空間が発生して、負圧が生じ、それに向かってインクタンク側からインクが押し流されて、

# ボールペン

大阪大学 接合科学研究所 教授  
工学博士 小溝 裕一



空間を埋めようとする力が働く。これらの力が相互に関係しあってボールペンの滑らかな書き味が生まれます。

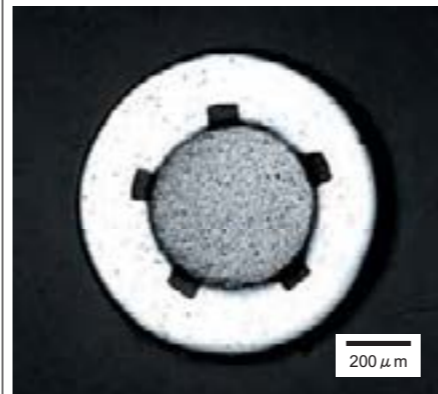


写真1 ホルダー先端部のインク誘導孔

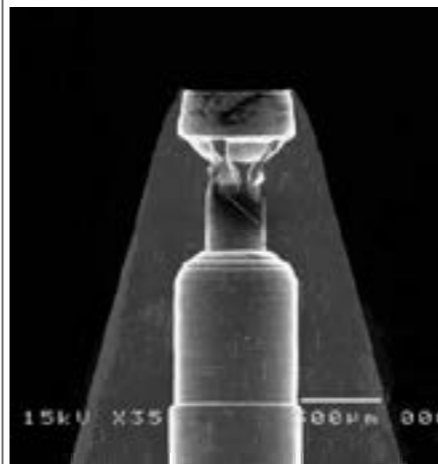


写真2 ボールペンチップ部断面のSEM写真

●ボールペン用ボール

ボールペンの性能はチップ(ボールとそれを支えるホルダー)とインクにかかっていますが、特にボールの真球度は高い精度が必要です。今回測定したボールの真球度は3μm以下でした。また、1秒間に10cmの線を引くと、0.7mmボールで約45回転、0.5mmボールでは約64回転にもなり、これは新幹線の車輪よりも速く廻っていることになります。従って、この摩擦に耐えられるようにボールの材質は図3、EDX(エネルギー分散型X線分析装置)分析結果に示すように、タングステンカーバイドにCoをバインダーとして焼結し

た超硬合金が用いられていました。油性ならびに水性ボールペンのボールのSEM(走査型電子顕微鏡)ミクロ組織を写真3に示します。今回の調査では水性用ボールの方が細かな組織をしていました。ピッカース硬さを測定すると油性ボールペンで1662HV、水性やゲルでは1800HV以上もありました。また、それを受けるホルダーは耐摩耗性や耐食性に優れた快削ステンレス鋼(今回調査したものはフェライト系ステンレス鋼でした)が使用されるのが普通です。

一般にタングステンカーバイドは次のようにして造られます<sup>3)</sup>。

- ① WC(炭化タングステン)粉末をバインダー金属のCo(コバルト)粉末とともに圧縮成型機で加圧して球形に固化する。
- ② 必要な温度で焼成(焼結)させボールの素材とする。
- ③ ボール素材を2枚の円盤で挟み、圧力をかけて回転させ、球状を整える荒研磨を行う。
- ④ 形状精度と表面荒さを向上するため精研磨・ラッピングを行う。
- ⑤ ボール表面に付着した研磨剤、研磨カスなどの付着物を除去するため洗浄を行う。
- ⑥ 外観検査により不良品を取り除く。

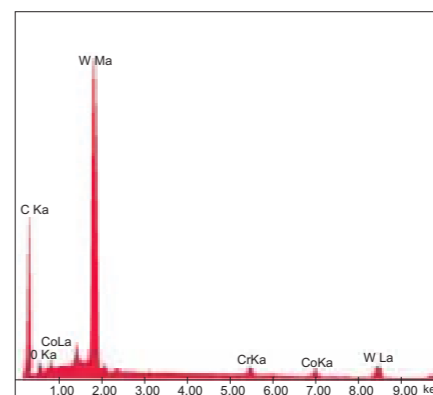
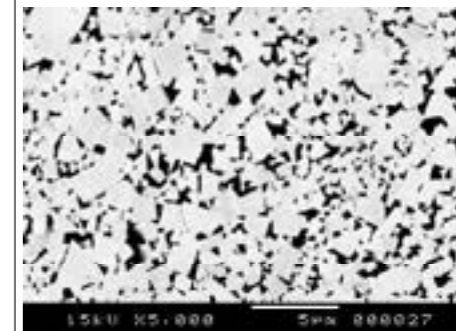
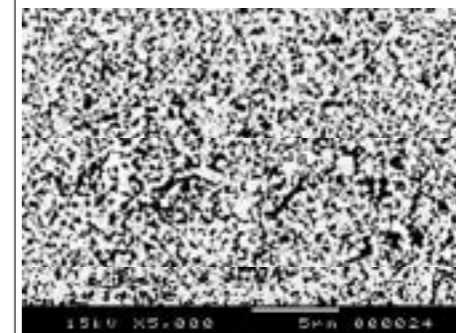


図3 チップ部ボールのEDX組成解析結果

このボールの精度によって、インクが滑らかに出るかどうかが、書き味が変わるの



(a)油性用ボール



(b)水性用ボール

写真3 ボールのSEMミクロ組織

ですから、ミクロンオーダーの精度が要求される非常に重要な部品です。

ワープロやパソコンの普及以来、私たちは以前と比べて文字を書くことが少なくなりました。しかし、時代とともに進化するボールペンは、文字を書くことの楽しさをあらためて教えてくれます。確かに筆記用具を使わなければならない場面は数多く存在します。ちょっとしたメモや、フォーマルな場面以外でも、数式を含む思考過程の記録や、ラフスケッチなど、文章以外のアイデアを書き留める手段としてはまだまだ紙とペンを使わざるを得ません。

時代が変わってもいつも身近に、お気に入りの筆記用具を置いておきたいものです。

参考文献

- 1) 株式会社 天辻鋼球製作所ホームページ  
<http://www.aksball.co.jp/seir.htm>
- 2) [http://www.idea-support.com/column\\_pen.html](http://www.idea-support.com/column_pen.html)
- 3) 佐藤鉄鋼株式会社ホームページ  
<http://www.satotekkou.co.jp/technical/other process.php>