

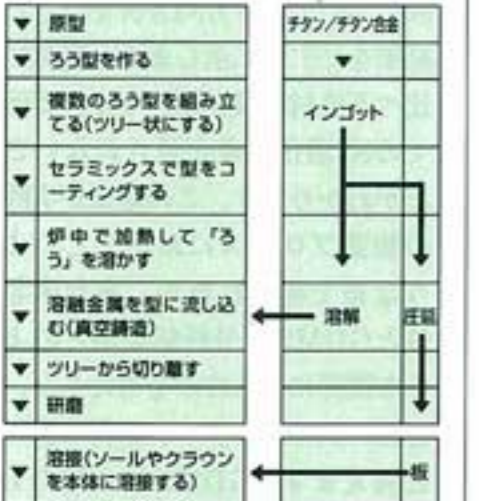
# 身近な金属の ミクロ組織を読む 第11回

## はじめに

前回に引き続き、ゴルフクラブについて調査した結果を述べる。このシリーズの主題である材料やミクロ組織から少し離れた話題、例えば「飛距離を伸ばすにはどんなクラブがよいのか」といった話題にも少し触れてみたい。

## つくり方

前回は、いま人気の高いカーボンシャフトを取り上げ、そのつくり方を説明した。今回は、ヘッドを取り上げる。ウッドにはその名が示すようにもともと木材が用いられ、年輪の密なパーシモンが珍重された。最近はチタンやチタン合金のメタルウッドに人気が集まっているようである。鍛造によるチタンヘッドの粗相の製法の一例を次に示す。



## 調査したクラブ

調査したのは市販のウッドクラブ2種類、アイアンクラブ2種類で、前回報告のとおりである。[表1]にその概要を示す。



[表1] 調査したゴルフクラブ

種類	クラブ番号	記号	メーカー	全長 (cm)	総重量 (g)	材質		備考
						ヘッド	シャフト	
ウッド	#1	W1	A	約111	316	チタン合金+チタン	カーボン	190 倫位型
	#3	W3	B	約108	329	アルミ合金	カーボン	195
アイアン	#5	I5	C	約95	403	軟鋼	0.4%Cr-Mo鋼	
	#7	I7	A	約92	439	軟鋼	0.4%Cr-Mo鋼	

## 調査結果

### 1. ウッドクラブ

1) ヘッド  
ボールが直接に接触するフェース面について表面コーティングと表面粗さを測定した結果を[表2]に示す。数10μmの厚さの塗膜が施されていることがわかる。

X線写真によると両ウッドともにヘッド先端側には「おもり」の役を果たす物体が表裏されている。

調査したところ、W1では鉛粉を合成樹脂で固めてヘッドの先端内部に取り付け、一方、W3ではCu66:Zn34(重量%)の半月形の実録の薄片がヘッドの先端右側外周部に取り付けられている。

### 2) シャフト

W1、W3ともにシャフトはカーボンシャフトである。その断面を[写真1]に示すが、色合いの異なる内外2層(W1のシャフトの中央部でそれぞれ厚さ0.7mm、0.6mm)からなっている。各々を高倍率で観察すると、それぞれ4~5層からなり、各層には直径数μmの多数の繊維の断面が観察される。いわゆる炭素繊維強化プラスチック(CFRP)であり、繊維はシャフトの軸にほぼ平行に配列されている。ちなみに、炭素繊維の合成樹脂中に埋め込まれている密度は極めて高く、断面1mm<sup>2</sup>あたり1万本のオーダーである。ホーゼル部(シャフトとヘッドの接合部)上部から長さ約20cmの試験片を切り出して引張り試験を行ったところ、[表3]に示すようにスチールシャフトに匹敵する高い強度を示している。このように高い強度の実現は、微細な炭素繊維を高密度に配列した複合材料のおかげであろう。

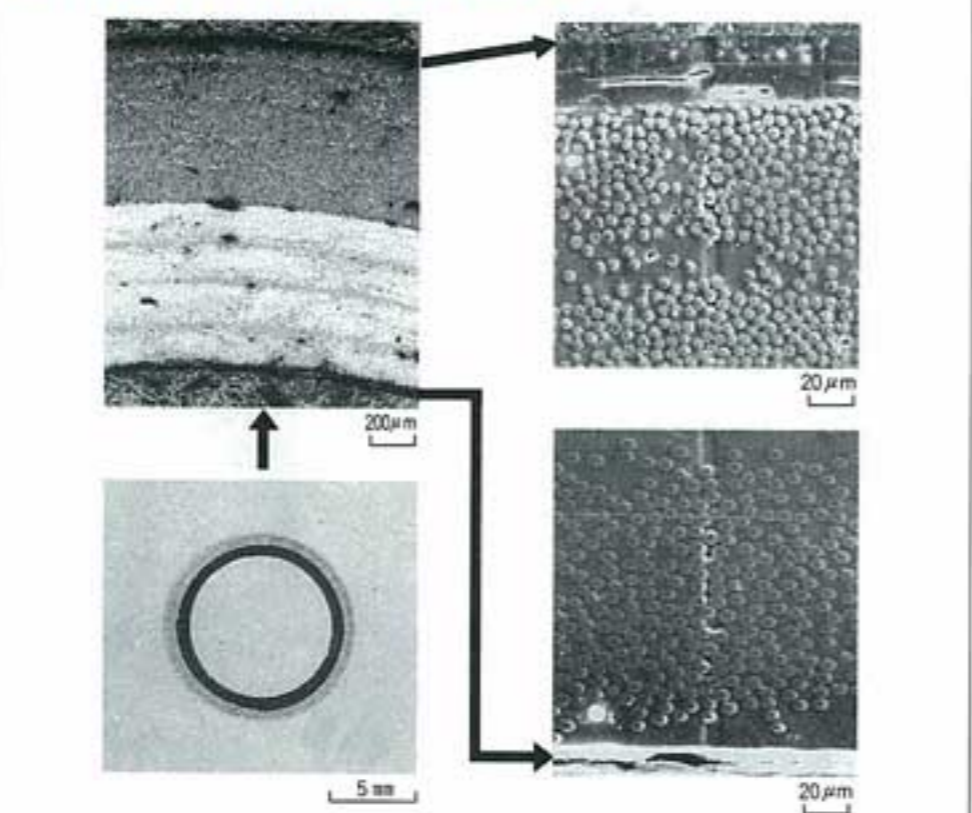
### 2. アイアンクラブ

アイアンクラブのヘッドの断面は、HV約500(換算引張り強さ1670N/mm<sup>2</sup>)の硬さを示した。フェースの断面を観察すると、表面

# ゴルフクラブの シリーズ 材料の素顔に迫る

[表2] クラブフェース

種類	記号	材質	かたさ HV	表面コーティング 厚さμm		表面粗さ Ra
				塗膜	底層	
ウッド	W1	チタン合金	337	塗膜 30~40	底層 60	1.99/0.64
	W3	アルミ合金	88	塗膜		19.84/5.26
アイアン	I5	軟鋼	176	めっき Cr8-Ni82-68		11.02/2.71
	I7	軟鋼	202	めっき Cr8-Ni12-16		6.27/0.70



[写真1] カーボンシャフトの断面(ウッド-W1)

[表3] シャフト

種類	記号	かたさ HV	引張強度 (N)	
			耐力	破断強度
ウッド	W1	-	23,500	24,800
	W3	-	15,000	25,700
アイアン	I5	495	27,000	30,900
	I7	507	24,500	27,400

(直径5~6μm)は、断面密度1万本/mm<sup>2</sup>の高密度で軸にほぼ平行に配列され、調質鋼管に迫る大きな破断強度を示した。

スプーンのフェースは厚さ9mmの肉厚アルミ合金で、表面には厚さ60μmの塗膜が施されている。バランスの調整には実録の薄片を用いている。シャフトはドライバーと同様のCFRPである。

アイアン(5番、7番)のヘッドは軟鋼で、フェライト+パーライト組織からなり、焼入れ・焼もどしは施されていない。断面形状は、5番アイアンはいわゆるキャピティ形、7番アイアンはソリッド形である。フェースの表面には、表層Cr、下地Niの2層めっきが施されている。シャフトは、0.4%Cr-Mo鋼管に焼入れ・焼もどしを行ったもので、表面に厚さ10μmのめっきが施されている。断面硬さはHV500(換算引張り強度約1,670N/mm<sup>2</sup>)で、シャフトそのものの破断強度はそれぞれ30.9kN、27.4kNであった。

## まとめ

ドライバーのフェース(チタン合金、肉厚4mm)の表面には、厚さ40μm程度の塗膜が施されている。ヘッド内部先端に鉛粉末を樹脂で固定してバランスの調整を行っている。シャフトは薄肉のCFRP管である。シャフトの中央部は厚さ1.3mmで、8~9層からなり、各層において炭素繊維

## おわりに

どんなクラブが「良いクラブ」と言えるのだろうか。それは使

# 「飛び」の秘密に迫る。 《後編》

●当社元相談役 邦武 立郎

前回到続いて「ゴルフクラブ」の後編をお送りします。君にはゴルフの指南書があふれ、買いあさって読みふけた方も少なくないのではないかと思います。巷間の書籍とは違った視点で『よりよいゴルフクラブ選び』の「ヒント」をつかんでいただければ幸いです。

用者の技量、体力など個人的な条件によって異なるであろうが、ここではゴルフ人口の大勢を占めるアマチュアを対象として「良いゴルフクラブ」のごく一般的な条件を考えてみる<sup>1)2)</sup>。

アマチュアにとって良く飛ぶということは大変に好ましい条件である。使い易くて飛距離が出れば満足感が得られる。飛距離はボールの初速と飛び出し角度によって決まり、物理学的にはボールが曲がらずにまっすぐ飛ぶと仮定して、初速度が大きく飛び出し角度が45度であれば飛距離は最大となる(注1)。この条件を満たすにはまず、クラブが十分コントロールしやすく、フェースが正しくボールを捉えることが先決であろう。

最近ではどんなクラブが市場に出回っているのだろうか。店頭でゴルフクラブのヘッドとシャフトの材料を調査してみると、ドライバーのヘッドではチタンないしチタン合金、シャフトはカーボンシャフトが圧倒的な強さを示している。アイアンでもヘッドはともかく、シャフトはやはりカーボンである。メーカーの最近のセールスポイントをまとめると[表4]のようになる(注2)。軽量・長尺のシャフト、大型のヘッド、低重心、大きな慣性モーメントなどが宣伝のキーワードになっている。ボールの芯を捉え、大きな初速度と適切な飛び出し角度を出すために、これらのキーワードで表現される項目が寄与することは確かであろう。

振りやすさに関する項目としては、CやDの番号で表わされるバランスという概念がある。バランスの数値が小さい(弱い)クラブが振りやすいとされている<sup>2)</sup>(注3)。クラブは軽くてバランスの小さいものがコントロールしやすいのである。また、シャフトの「硬さ」がSやRの記号で表わされている(注4)。一般にシャフトがやわらかいほどコントロールは楽で、ドライバーのシャフトはやわらかいほうが良いとされている<sup>2)</sup>。

クラブを振るときの空気抵抗の問題も大切である。たとえばスイートスポットを広げるためにヘッドを大きくすると、空気抵抗の点からは不利となる。このためクラ

ブメーカーでは風洞実験を行ったりにしてヘッドの形状を研究している。さらに、クラブの総合的な性能を評価するために、ロボットを使ってコントロールされた条件下で試打を行っている(注5)。

ゴルフファーストとしてクラブ選びは大変に難しい問題である。クラブは一般に高価であり、選択には

[表4] ゴルフクラブのセールスポイント(ドライバーについての最近のトピックスから)

シャフト	ヘッド	クラブ長さ (inch)	ヘッド体積 (cc)	総重量 (g)
密度小あるいは比強度大 例)カーボン(52g)、 ポロン(53g)	密度小あるいは比強度大 例)チタン・チタン合金、 ジュラルミン	長尺 例)45	大(テヘッド) 例)230~300	軽量 例)280~310

そのほか、L.D(重心距離×重心深度)大、低重心、ヘッドの硬さ・肉厚配分など。

慎重にならざるをえない。しかし、要は自らの体力に応じた使いやすい(コントロールしやすい)クラブを選び、あとはもっぱらこれを使いこなすのが最善という平凡な結論に達することになるのか。

[注1] 飛距離にはそのほかボールのスピニングも関係してくる。  
[注2] パーシモンヘッド/スチールシャフトの重量は通常700gといわれているので、たとえばチタンヘッドとカーボンシャフトの組み合わせなど、素材の変更による軽量化は難しいことがわかる(表4)。  
[注3] C、D、Eの3段階があり、各々さらに10段階に分けられる。全体ではC0からE9までの30段階があり、バランスの数値は1.3から23.2までである。バランスはクラブの重心位置と重さで決まる。  
[注4] シャフトの硬さは一般に6段階で表わされ、硬いほうからX、S、R、A、L、Wとなる。各記号はさらに細かく5つに分けられている。たとえば尺の中でR1が一番硬く、R5が一番柔らかい。  
[注5] たとえば「ミズノ・スポーツロード・ギャラリー」(大阪府)の表示。

# BA

## バースト試験

どんなに頑丈な材料や構造物でも一定限度以上の力を加えると壊れてしまいます。同様に内圧を受けるパイプや圧力容器なども一定以上の圧力を受けると膨張して破壊されます。こうした破壊の様子を定量的に試験・評価するのが「バースト試験」です。今回はバースト試験についてご紹介します。

## バースト試験と耐圧試験の違いは?

耐圧試験とは非破壊検査のことであり、大切な製品を破壊することなく、規定圧力に耐えることを証明したり、あるいは耐圧の状態を観察・計測する試験です。一方、バースト試験(あるいは破壊試験)とは、耐圧試験の圧力をさらに上昇させ、破壊の様子を観察する試験です。バースト試験では、製品の常用圧力と降伏圧力の比率(安全率)がつかめ、ベンド管・溶接継手などでは製品単独または組立状態でもっとも弱い場所が観察できます。

## Q バースト試験の必要性は?

バースト試験では、破壊に至る圧力が加わった場合、製品はすぐに破裂するのか、延性によって膨らみながら破裂するのか、あるいは脆く破裂するのか、どの部位がもっとも弱い場所かなどを知ることができます。これらは耐圧試験ではわからないことです。バースト試験は、製品の信頼性や人命にかかわる安全性を確保する上で欠かせない大切な試験といえます。

## Q バースト試験の実施条件は?

バースト試験をするためには、まず加圧装置が必要で、対象製品の用途によって、水・油・空気・ガスなど多様な加圧媒体に対応できる加圧装置、そしてバーストしたときの周辺への被害を避けるために地下ピットなどの防護装置が必要です。当社ではこのほか試験体各部の変形・変位を測定し、外観を観察するためのビデオ装置も完備しています。

## Q バースト試験の設備は?

当社の代表的なバースト試験設備を下表に示します。また、2500kgf/cm<sup>2</sup>までのバースト試験については、お客様の現場まで出向いて試験を実施できるような設備を用意していますので、お気軽にお問い合わせください。



[表] 当社の代表的なバースト試験設備

設備名	特色・仕様
高温バースト試験装置	温度: 常温~500℃ 圧力(水): Max1000kgf/cm <sup>2</sup> 試験体寸法: 80°×350以下
14000kgf/cm <sup>2</sup> 油圧発生装置	温度: 常温 加圧媒体: 油、水
複合試験機	引張、圧縮: 2000Ton ねじり: 8Ton-m 高温加熱: 常温~350℃ 水圧: 3000kgf/cm <sup>2</sup>
大型試験機	引張、圧縮: 800Ton ガス圧(N <sub>2</sub> ): 2400kgf/cm <sup>2</sup> 水圧: 2000kgf/cm <sup>2</sup>
バースト試験設備	温度: 常温 圧力(ガス): 140kgf/cm <sup>2</sup> (水): 1000kgf/cm <sup>2</sup> 試験体寸法: 142°×2000E