

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第10回

ゴルフクラブの ●シリーズ● 材料の素顔に迫る

はじめに

ゴルフ人口は1000万人を超え、いまや1300万人とも1500万人ともいわれる。ゴルファーが少しでも自分のスコアを良くしたいと願うのは当然のことであろう。この願望に応えるため、ゴルフクラブには様々な工夫や改良が加え続けられている。すぐれた性能のゴルフクラブの開発・性能の改良に材料が果たす役割は大きい。ゴルフクラブの製造業界は新素材の採用に極めて積極的である。今回はゴルフクラブを調査することにする。

つくり方

ゴルフクラブはヘッドとシャフトから成っているが、その材質の組み合わせは様々である。すなわち、ウッドクラブのヘッドにはオーソドックスなバーシモンのほか、メタルやカーボンがあり、メタルにもチタンやステンレスのほか最近ではジュラルミンなどのアルミ合金も使用されている。ヘッドの成形法にも、鍛造・鍛造のほか板の成形もある。

シャフトにも、スチールのほか最近では炭素繊維や強化繊維を用いたFRP（繊維強化プラスチック）などが盛んに採用されている。ここでは、最近シャフトの主流となっているブラックシャフトのつくり方を例に取り上げる（注1）。

工程	内容
シート作成	カーボン繊維（直径8μm前後）を揃えて、熱硬化性樹脂（注2）を含ませて接着させ、シートをつくる。
裁断	シートから短冊形や筒形など、適当なサイズに打ち抜く。
成形	裁断したシートを心棒に何層も巻き付けて成形する。
硬化	熱を加えて硬化させる。
研磨	表面を研磨して仕上げする。
塗装	塗装して完成。

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（#1、#3）、アイアンクラブ2種類（#5、#7）の計4本である。ウッドクラブはいずれもメタルヘッド、カーボンシャフトで、アイアンはヘッド、シャフトともにスチール製である。



（外観はカット写真参照）。調査したクラブを「表1」の一覧表に取りまとめた。

調査結果

1. ウッドクラブ

【写真1】に、ヘッドのほぼ中央でフェース面に垂直に切断した状態を示す。#1は底板（ソール）を溶接し、#3は天井板を溶接していることがわかる。フェースの肉厚がもっとも厚く、次いでソールとなり、天井はもっとも薄い。#1に比べて#3のほうが肉厚が厚い。たとえば、フェースの肉厚はそれぞれ、4mmと9mmである。いずれもフェースの内側には3ヶ所縦方向に突起部が見られる。フェース面の補強のためであろう。各部の化学成分の分析結果を【表2】に示す。#1のフェース部を含むヘッド本体は、6A1-4V



系（フェース部を含む）のチタン合金で、ソールにはチタンが用いられている。#3では、本体・天井板ともに3%のSiと0.8%のMgを含有するアルミ合金である。ヘッドの金属組織を【写真2】に、硬さの測定結果を【表2】に示す。#1と#3ではフェースの硬さに大きな差がある。#1、#3のシャフトはいわゆるカーボンシャフトである。グリ



【写真1】ウッドクラブのヘッド（切断断面）
【写真2-1】ウッドクラブ(W1)ヘッドの顕微鏡組織（上は本体、下はソール）
【写真2-2】ウッドクラブ(W3)ヘッドの顕微鏡組織
【写真3】ゴルフクラブシャフト（断面）（左はW1、右は#5、いずれもシャフトのほぼ中央部断面）

【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	シャフトの長さ (mm)		重量 (g)	材質		備考
				クラブ	ヘッド		ヘッド	シャフト	
ウッド	#1	W1	A	104	316	チタン合金	カーボン	ロフト角度10.5	
	#3	W3	B	101.5	329	アルミ合金	カーボン	ロフト角度15、全長42.5in.	
アイアン	#5	I5	C	84	403	スチール	スチール	シャフト: トルーテンパー	
	#7	I7	A	83	439	スチール	スチール		

【表2】ウッドクラブの化学成分・硬さ 2-1●化学成分(1)ウッド#1

部位	材質	Al	V	Fe
本体*	チタン合金	6.38	3.82	0.17
ソール板	チタン	0.23	0.02	0.06

(2)ウッド#3

部位	材質	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
本体*	アルミ合金	3.18	0.20	0.03	0.03	0.84	0.02	<0.01	0.16
天井板	アルミ合金	2.89	0.20	0.03	0.03	0.86	0.02	<0.01	0.15

【表3】アイアンクラブの化学成分・硬さ 3-1●化学成分

クラブ番号	部位	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
#5	ヘッド	0.21	0.25	0.57	0.013	0.013	0.14	0.07	0.13	0.03	0.002
	シャフト	0.40	0.34	0.89	0.008	0.005	0.02	0.02	0.92	0.15	0.009
#7	ヘッド	0.28	0.28	0.44	0.019	0.013	0.12	0.05	0.18	0.02	0.004
	シャフト	0.42	0.33	0.91	0.015	0.006	0.01	0.01	0.87	0.15	0.009

*ヘッド取付部までの長さ; グリップ長さを含む

*フェースを含む

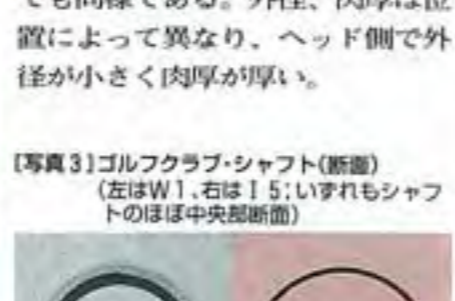
*フェースを含む

*フェースを含む

2]に示す。#1と#3ではフェースの硬さに大きな差がある。#1、#3のシャフトはいわゆるカーボンシャフトである。グリ



アップ側からヘッド側に向かって外径が小さくなりテーパ状になっている。#1クラブについて、シャフトの横断面を【写真3】に示す。外層と内層の2層からなるが、外層それぞれも多層の積層構造となっている。#3のシャフトについても同様である。外径、肉厚は位置によって異なり、ヘッド側で外径が小さく肉厚が厚い。



【写真5-1】アイアンクラブヘッドの顕微鏡組織（上は15、下は17）

クラブ番号	部位	硬さ (HV, 100g)
#1	本体	337
	ソール板	165
#3	本体	88
	天井板	96

クラブ番号	部位	硬さ (HV, 100g)
#5	ヘッド	176
	シャフト	495
#7	ヘッド	202
	シャフト	507

「飛び」の秘密に迫る。

●当社元相談役
邦武 立郎

ゴルフクラブといえば、いまや新素材の実験場の感さえる。あるいは工夫を凝らした形状の新製品が次々と発表される。アマチュアゴルフ人口の膨張下で、なんとかしてスコアを良くしたいという熱意がその市場を支えている。今回は、ゴルフクラブの「飛び」の秘密に迫る。

2. アイアンクラブ

アイアンクラブ#5、#7のヘッドのほぼ中央部でフェース面に垂直に切断した断面形状を【写真4】に示す。#5のヘッドはフェースの裏側がえぐり込まれてスリムな形になっているが、一方#7のヘッドは分厚くソリッドである。シャフトは9段のステップからなり、グリップ側からヘッド側へむかって外径は次第に細くなっている。ヘッド側では外径が小さく、肉厚が厚い。ウッドのカーボンシャフトに比べると、肉厚は随分と薄い（【写真3】参照）。

【写真4】アイアンクラブのヘッド断面



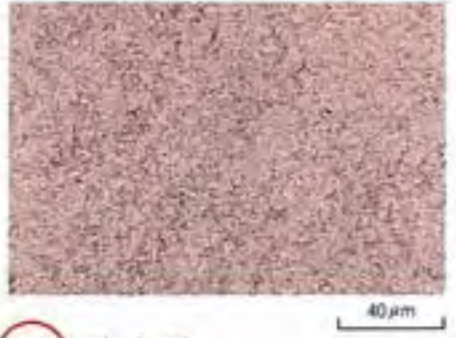
化学成分を【表3】に示す。#5、#7の両者はほとんど同様であり、ヘッドは低炭素ないし中炭素の炭素鋼、シャフトはいずれも0.4% C-CrMo鋼で、JISの構造用合金鋼SCM440に相当する（注3）。

金属組織を【写真5】に、硬さを【表3】に示す。ヘッドはフェライト+パーライト組織であるが、#7の組織は粗く、鍛造後であろう。これに対して#5の組織は細かく、おそらく鍛造後に焼ならしを施しているであろう。シャフトはいずれも焼もどしマルテンサイト組織である。高い硬度 (HV 500) を維持するために、焼もどしは比較的低温で行っているものと考えられる。#5、#7のいずれもシャフトの外表面には厚さ10μm程度のめっきが施されている。

【写真5-1】アイアンクラブヘッドの顕微鏡組織（上は15、下は17）



【写真5-2】アイアンクラブシャフトの顕微鏡組織（15）



まとめ

市販のウッドクラブ2本（#1、#3）、アイアンクラブ2本（#5、#7）を調査した。ウッドクラブのヘッドは二つの部分を溶接した中空ヘッドである。すなわち、#1ではソールが、#3では天井板が本体部に溶接されている。本体は鍛造したものであろう。材料は、#1ではフェースを含む本体に6A1-4V系高力チタン合金、ソール部にチタン、#3では、フェースを含む本体、天井板とも3%Si-0.8%Mg含有のアルミ合金が用いられていた。シャフトは

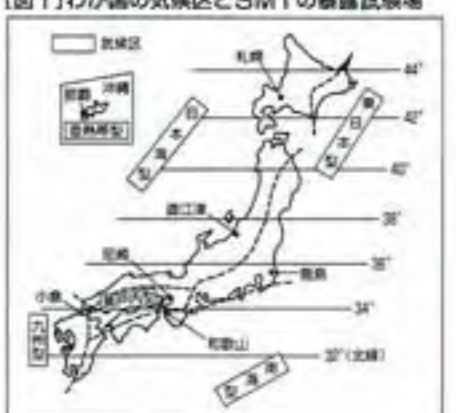
Q&A 暴露試験

近年、酸性雨によって生じる材料の腐食が大きな社会的問題となっています。また、自然環境では酸性雨以外にも様々な腐食因子があり、複雑にからみあって腐食作用をもたらしています。当社では、こうした腐食への対策を練る上で不可欠の暴露試験を、全国7ヶ所の異なる気候区に設置した試験場で実施しています。今回は、その大気暴露試験についてご紹介いたします。

暴露試験の目的は？

A 材料の大気環境での耐食性、耐候性あるいは耐久性を確認するとともに促進試験の促進度を決定する尺度を得るために行います。また材料を使用する上での適材適所を知るのも重要な目的です。

日本の気候区とは？



いずれも炭素繊維強化プラスチック（CFRP）である。フェース部の硬さ（断面硬さ）は、それぞれHV340、HV90であった。

アイアンは#5、#7のいずれもヘッドは低炭素ないし中炭素の炭素鋼で、後者は鍛造のまま、前者は鍛造後に焼ならしを施しているように見受けられる。フェース部の硬さはHV180-200である。シャフトはJIS構造用合金鋼SCM440相当のC-Mn鋼の焼入れ・焼もどし組織で、硬さはHV500近辺で、外表面には厚さ10μm程度のめっきが施されている。

おわりに

プロは別としてアマチュアゴルファーにとって良いクラブとは、どんなクラブであろうか。少しばかり当たり所こなくても大きなミスにつながらないように、多くのメーカーは「スイートエリアの拡大」をめざしてヘッドの大型化に

取り組んでいる。ヘッドの大型化には比重の小さい材料、すなわち強度が大きい材料が望ましいことになる。現在、ドライバーのヘッドはチタンやアルミ系の材料が主流となっており、容積230ccのデカヘッドを有するドライバーが多く市販されている。なかにはヘッド容積250ccとか、300ccに近い超デカヘッドも宣伝されている。今回調査したドライバーはチタン製の中空・薄肉ヘッドであるが、その容積は190ccで、ごく普通の大きさのものであった。（ゴルフクラブのその他の調査事項については次号で紹介したい）

.....
.....
.....
.....
.....
.....

〔注1〕ここで述べるのはシートラッピング法と呼ばれるもので、このほか繊維を心棒に巻きつけた後硬化させるフィルムラッピング法と呼ばれる方法もある。
〔注2〕熱硬化性樹脂は加熱すると硬化するプラスチックのことで、エポキシ系、メラミン系、フェノール系などがある。
〔注3〕アイアン#7のシャフトはトルーパーと表示されている。
【参考文献】
1)「モノづくり解体新書」一巻、日刊工業新聞社、1982

を500mm以上上げ、方位は正南面で、角度は水平面から30度または45度とされています。当社ではこれに準拠し、試験片と暴露架台とが絶縁できるよう磚子あるいは樹脂を介して試験片を架台に取り付けています【写真1】。また、これとは別に試験の目的に合った環境や方法をその都度選定して試験を行うこともあります。

Q 試験をする材料は？

A 土木資材、建材、自動車、家庭用電化製品など、屋外で使用する金属材料、非金属材料、高分子材料（被覆材含む）を目的に応じた形状に加工して試験を行います。

Q 大気暴露以外に何が出来る？

A 海岸近辺では海中あるいは海洋雰囲気での暴露試験【写真2】も実施できます。また、温泉地や都市部あるいはプラント近傍でも可能ですので、ご相談ください。【写真2】海洋暴露試験



Q 暴露試験の方法は？
A 日本工業規格に屋外暴露試験方法（JIS Z 2381）があり、原則として地域の気候が明らかで、環境汚染因子が少なく、周囲に遮蔽物がない場所、暴露架台の設置面と試料の最下端面との間

