

冬季五輪間近！
2020年には東京大会

オリンピック・
パラリンピックで

“活躍”する

金属

スポーツ競技の裏側では、選手が能力をいかに発揮するための用具開発の競争もある。とくにオリンピックやパラリンピックなどの一流選手が出場する大会では、製造開発者たちが技術の粋を集めて、選手たちを用具の側面から支援する。

木材、炭素繊維、合成樹脂と、さまざまな材料が用具に使われるなかで、さまざまな金属も主要な材料でありつづけてきた。

平昌大会が間近に迫り、そして2年後には東京大会が控えている。オリンピックやパラリンピックで“活躍”が期待される金属と、その加工技術に光を当ててみた。

下町ボブスレーネットワークプロジェクト推進委員会
ゼネラルマネージャーの細貝淳一氏
手前は、平昌大会でジャマイカ女子代表が
使用する10号機。マテリアル社内にて

取材協力：株式会社マテリアル、株式会社オーエックスエンジニアリング、公益財団法人 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会

下町の中小企業が結集 平昌大会にボブスレーを提供

平昌オリンピックの開会式は2月9日。7競技15種目で約5000人の選手が競い合う。

日本の技術力の挑戦としてとりわけ注目を集める種目がボブスレーだ。東京都大田区の中小企業などが取り組む「下町ボブスレーネットワークプロジェクト」の成果に期待がかかる。同プロジェクトは2011年、大田区産業振興協会の職員の発案で始まったもの。世界トップレベルのボブスレーを作り、大田区のモノづくりの力を世界に発信することを目的としている。メンバーは当初ボブスレーの製造経験をもっておらず、仙台大学に協力を仰ぎソリを解体・分析することから始まった。2012年に第1号機を完成させ、以降は改良を重ねて新たなボブスレーを開発していく。そして2017年10月には最新の10号機を発表した。平昌オリンピックに向けて、ジャマイカ男子・女子の代表チーム、ともに2人乗り用に採用され、6号、8号、9号、10号の4台の中から使われる予定だ。

入念な金属材料の選択 “溶接なし”で歪みを抑える

ボブスレーのつくりを見てみると、前後にランナーとよば

れる滑走部が二つずつあり、またハンドルとブレーキが備わっている。国際大会では国際ボブスレー・スケルトン連盟(IBSF)による細かい競技規則があり、材料についても例外ではない。水面と接するランナーには「IBSF標準材」とよばれる規定の鋼材を使うことや、骨格に当たるフレームには前後とも「基準を満たす鋼材」^{*1}を使うことが定められている。

そうした制約があるなかで、どのような「基準を満たす鋼材」を使うか、そして規定のないパーツにどのような材料を使うか。製造開発者たちの知恵や技術が問われる。

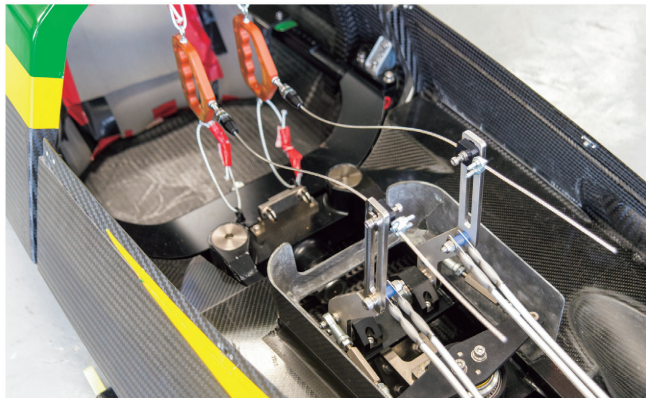
同プロジェクトのボブスレーに使われている金属は、鋼材のほか、アルミニウム合金、そしてステンレス鋼だ。一例を挙げると、ハンドルシステムは「超々ジュラルミン」^{*2}ともよばれるアルミニウム合金「A7075」でできている。プロジェクト推進委員会のゼネラルマネージャーで、金属販売・機械加工業、株式会社マテリアル社長の細貝淳一氏は、「アルミニウム合金のなかで硬いし、ハンドルシステムの比重は2.7でなく2.8で行くのが最適と判断しました。ただし、薄く削っていくと“跳ね”^{*3}が生じるおそれもあります。そこで、削るのは大変だが、より硬くて精度を出しやすいNAK材^{*4}の採用も検討しました」と言う。材料選びの入念さが感じられる。

金属加工も腕の見せどころだ。6号機以降は、鋼材のイン

ゴットから、大型のマシニングセンタで削り出しをおこない、溶接なしの後部フレームをつくっている。インゴットの段階では約160 kgだったのが、部品段階では約16 kgとなる。「溶接を加えていくと歪みを生じて軸芯に対するバランスが悪くなるおそれがあります。無駄に思えても、すべて削り出しにして精度を高めようと考えました」と、細貝氏は意図を説明する。

「前4：後6」の重量バランスにたどりつく

国際競技規則には重量についての制限もある。最小重量は、男子2人乗りの場合170 kgだ（選手を含まない）。重量をめぐっては前後のバランスをどうするかが大きな検討課題となる。「各国の技術者たちと情報交換を重ねて“前4：後6”と



(上) ハンドルシステム。奥に二つある輪状のハンドルを引くことで、手前のアルミ合金（A7075）製の可動部が動き、舵が切られる。



(左) ボブスレーを後ろから見たところ。手前の底部の四角い枠に鉛製の重しを置く。

いう重量バランスが最適だという結論に達しました。前を重くしてハンドルを取られてしまうのを避けるねらいがあります」と細貝氏は言う。だが実際ボブスレーで金属が集中するのは前部のほう。そこで、チームによってはボブスレーに「重し」を載せることがある。同プロジェクトチームは、ブレーカー（後席の選手）が助走時に持つグリップの設計を工夫するなどして、後部中央の底面に重しを置けるようにした。重しには鉛を使う。

こうした細部に至るまでの設計をし、それを実際にボブスレーとして具現化する。そこには、金属加工などを事業とする中小を中心とする130社以上の協力企業の技術の結集がある。「今回、とくに初出場となるジャマイカの女子選手には入賞を果たしてもらいたい。」

さらに将来の夢も語る。「このプロジェクトから『株式会社大田区』のような組織ができて、世界の困りごとを受注して資金を稼げるとしたら、選手たちに2大会連続で金メダルを獲ってもらいたい。」

CFRP 導入以降もアルミ合金が根強く使われる

パラリンピックなどの障がい者スポーツ大会の人気も年々高まっている。「パラリンピック」という表現が公的に使われだしたのは1964年の東京大会において。2020年8月、再び東京にパラリンピックが帰ってくる。

障がい者スポーツでは、車いすなどの用具がまさに選手の体の一部分と化す。「人車一体」といった表現もあるほどだ。用具に金属が使われることも多く、パラリンピックなどの競技大会を経るごとに、その用具は進歩している。

日常用とともにスポーツ競技用途の車いすを開発し、トップレベルを含む国内外の多くの選手に頼られているのが千葉市にある株式会社オーエックスエンジニアリングだ。競技用では1993年、テニス用車いすの販売を開始し、以降、バスケット用、マラソンレースや短距離などの陸上用なども展開してきた。

近年、スポーツ用具には炭素繊維強化プラスチック（CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics）が多用されている。前述のボブスレーもボディはCFRP製だ。オーエックスエンジニアリングが開発するレース用車いすでも、2007年より主要部品にCFRPを採用しはじめたという。だが、CFRP導入以前から使われ続けてきたアルミニウム合金へのニーズはいまも高い。メインフレームをアルミニウム合金にするかCFRPにするか選択の分かれる車いすに陸上競技用があるが、同社で開発を担当する飯星龍一氏は「およそア

※1 基準を満たす鋼材：IBSFは「重量の50%以上が鉄成分である鉄と炭素の合金、あるいは、IBSFの化学的検査に明らかに反応する合金」と定義している。

※2 超々ジュラルミン：亜鉛5.1～6.1重量%、マグネシウム2.1～2.9重量%、銅1.2～2.0重量%が含まれる。

※3 跳ね：切削工具が加工物に食込み跳上る現象。

※4 NAK材：大同特殊鋼が製造しているプラスチック成型用途などに使われる鋼。ニッケル3.0重量%、アルミニウム1.0重量%、銅1.0重量%、ケイ素0.3重量%、モリブデン0.3重量%、炭素0.15重量%などが含まれる。



オーエックスエンジニアリング 飯星龍一氏

ルミ合金製が7, CFRP製が3といった割合で使っていた」と現状を話す。アルミニウム合金製のほうが安価であることに加えて、「人車一体」に関わる利点もあるようだ。「全てをCFRP製にすると耐久性や振動吸収性が高いといった特性はあるものの、成形用金型に限りがあり選手の要望に合わせる事がむずかしい。一方、アルミニウム合金であれば切削や溶接ができるので、ミリ単位で調整できます。競技を始めて上達すると、最適の座位置が変わってくる選手もいるのです」と飯星氏は話す。

2017年7月、ロンドンで開催された世界選手権では、T52クラスの佐藤友祈選手が同社のアルミニウム合金製車いすに乗り、400 mと1500 mの2競技で金メダルに輝いた。「佐藤選手はずっとアルミニウム合金製を使っています」（飯星氏）。

時効硬化を利用して加工 フレーム断面は「ひょうたん形」「モナカ形」

材料選択や加工技術などにより、アルミニウム合金製の競技用車いすは進歩を遂げている。同社は当初、少量でも入手でき、マグネシウムを主要添加元素とした、中強度で汎用性の高い「A5052」を採用してきた。だが、競技中に強い衝撃がかかるとフレームが折れるなどの不具合もあった。そこで1999年に、亜鉛とマグネシウムの含有量が高い「7N01」を車いす用としては初採用した。「7N01は時効硬化が生じるので扱いやすい」と、飯星氏は利点を挙げる。時効硬化とは、アルミニウム合金に対して高温にしてから急冷する「焼入れ」を施したのち、適当な温度で放置しておくことで硬くなる現象のこと。加熱により固溶していた亜鉛原子やマグネシウム原子が時効中に析出し、これで転位の移動が妨げられ強度が高まる。7N01に熱を加えて曲げや溶接などの加工をしたあと、常温に放置しておけばこのアルミ合金は1週間ほどで硬化するという。

同社は7N01の加工しやすさも活かしながら、車いすのフレームの断面形状に改良を重ねてきた。納入時にフレーム材

料は丸形の断面をしているが、同社はこれを引抜成形し、まず「おむすび形」の断面にする。その上部両側面を改めて加圧する引抜成形を施し、最終的には「ひょうたん形」の断面にする。フレームにくぼみが入るため、選手の複雑な動きに対して高い剛性を保てるわけだ。さらに「モナカ形」も開発した。断面が「コ」の形をした半円パイプどうしを溶接して作るフレームだ。これで選手ごとに路面から受ける力などを考慮に入れたフレームの製造が可能となった。

現状では「ひょうたん形」と「モナカ形」が併存している。使い慣らしてきた選手はいまも「ひょうたん形」を使い続けるなど、選手ごとに好みがある。同社は選手ごとの要望にきめ細かく対応する。

マグネシウム合金も 試す

アルミニウム合金以外の金属も積極的に導入している。

同社は2016年、陸上競技向けに、シートフレームにマグネシウム合金を使った車いす

を開発し、一部の選手が使用した。マグネシウム合金の強度はアルミニウム合金より劣るが、比重はアルミニウム2.7に対してマグネシウム1.7と実用金属のなかで最も小さい。力で勝負する選手には不向きだが、「トップスピードがさほど出ない選手や女子選手には向いている」（飯星氏）。同社では過去にもマグネシウム合金製の競技用車いすを開発したことがあるが、開発休止後、アルミニウムの成分量が5.5~7.2重量%と比較的高い「AZ61」が登場した。こうしたことを機にマグネシウム合金に再挑戦することにした。

同社はさらに、2020年東京大会に向けて、新たな特徴を備えた競技用車いすの投入にも積極姿勢だ。開発する車いすは、パラリンピックなどの大きな大会までに選手に試してもらい、採用するかどうかが決まっていく。どのような車いすで、選手のどのような活躍が見られるか、いまから楽しみだ。

大会ごとに技術は進歩していく

オリンピックもパラリンピックも、世界トップレベルの選手が能力の限りを発揮しようとする機会だ。用具の開発製造



上から、「おむすび形」「ひょうたん形」「モナカ形」のフレーム断面。

者も、これら世界規模の大会に照準を合わせて、新たな材料、加工技術、そして発想で勝負に出る。その努力は開発製造者たちにとって、スポーツ競技はもとより、それ以外の広い社会の分野にも技術の進歩をもたらすものとなる。

用具のなかで金属の材料が果たしている役割はいまも大きい。選手を応援するとともに、競技で使われている用具の材料に着目すると、スポーツ競技の見方はより深まりそうだ。

ライター／漆原次郎



リオ大会でも使用されたシートフレームにマグネシウム合金を使った車いす。
(写真提供：オーエックスエンジニアリング)

オリンピック・パラリンピック 史上初！

「都市鉱山」から、金・銀・銅メダルをつくる

金属の“活躍”の場は表彰式でも……。2020年東京大会に向けて「都市鉱山からつくる！みんなのメダルプロジェクト」が話題をよんでいる。使用済みの携帯電話、パーソナル・コンピュータ、小型家電などを回収し、抽出した金属で金・銀・銅メダルをつくり、資源活用社会を推進する取り組みだ。

公益財団法人 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会などが大会に向けた準備を進めるなかで、持続可能性に関する専門委員会の有識者や全国の自治体などから「都市鉱山でメダルを」と提案があり、決定に至った。同委員会でプロジェクトを担当する杉尾透氏は「リサイクルを社会に根づかせることを、大会のレガシー（遺産）にしたい、東京以外の地域に住む多くの方にも大会への参加意識ももっていただければ」とねらいを話す。

「イノベティブ（革新的）な大会にする」（同氏）ことも念頭にある。求められるのは金属リサイクルの技術だ。

金銀銅のうち、必要量が多いのは銀と銅。とくに銀は、銀メダルに使われるほか、金メダルの母体に使われるため最低でも約1230kgを必要とする。銀と銅については、現行の銅製錬プロセスを利用してリサイクルを行う。まず、廃棄物原料を鉱石原料と一緒に高温の炉に投入して不要物を除去し、銀を含む粗銅を作る。その後、水溶液中での電気分解を利用して、高純度の銅と銀を分離回収する。「得られた銀・銅の中身の2～3割が都市鉱山由来」（杉尾氏）という。

一方、金は、廃棄物由来100%の金を作ることを目指す。まず、携帯電話などに含まれる金を塩化アンモニウムと硝酸アンモニウムを添加した王水で溶解し、合成樹脂などと分離する。王水に溶けた金イオンに還元剤を加えて高純度の金を析出させる。効率良く抽出分離するには高度な技術が必要で、日本の技術力を世界にアピールする機会になりそうだ。

2017年9月現在で、全国で小型家電リサイクルを実施している自治体の約9割にあたる1136自治体がプロジェクトに参加している。「金属原料提供者や回収自治体など、協力していただく方々の想いが反映されたメダルにしたい。さまざまな方に参加していただきたいと思います」と杉尾氏は呼びかける。



小型家電回収ボックス。ボックスを置いている携帯電話企業の店舗では、使用済みの携帯電話、スマートフォン、タブレットを、また自治体の設置するボックスでは、使用済みの携帯電話、パソコン、デジタルカメラなどの小型家電を受け入れている。