

# アルミニウム



スムーズな動きで話題となっている  
人間型ロボット

## ロボットの時代がやってきた

21世紀のスタートとともに、いろいろなロボットが話題となっています。

人間と同じように歩いたり、ダンスをしたり、ペットになったり。ロボット技術はここまで進んでいるのかと驚きを感じる方も多いことでしょう。この進歩の陰で、制御、センサー、機械、そして材料などの要素技術はつねに大きな役割を果たしてきました。「鉄腕アトム」の登場からおよそ40年、人間とロボットがいっしょに暮らす時代は、そう遠くないのではないのでしょうか。

**No.151**  
**2001.4**  
日本アルミニウム協会



# 人間の役に立つための ロボットを目指して

## 人間が初めてロボットに会う日

「さあ、P3くんの登場です」  
右、左、右、左。それまで動かなかったロボット「P3」が、とつぜん魂を持ったかのようにゆっくりと歩き始めました。「わあっ」と声を上げる子どもたち。「動いた、動いた」と興奮気味の人、なかにはビデオに収めようといっしょけんめいな人も。ここ栃木・茂木町にある「ツインリンクもてぎ」では、二足歩行する人間型(ヒューマノイド)ロボットの「P3」の歩行デモンストレーションが行われています。

会場に集まったおよそ100人の来場者がざわめくなか、P3は階段の前でじっと立ち止まります。「足元を見て、階段を確認しています」とおねえさんが説明します。ほどなく階段を登り始め、段上で大きく手を振ると、場内は大喝采です。

「中に人が入っているみたい」

「大きいけれど、かわいいね」

全高160cmと大きなP3が動くとき最初は少し圧倒されますが、なめらかに歩いているのを見るうち、しだいに親しみがわいてきます。その後、片足を上げてポーズをとりましたが、



階段を下りるP3

じつは「静止しているように見えるが、たえず関節を動かしてバランスをとっている」ということでした。

最後にP3は両腕を上げ、来場者にお別れのあいさつ。多くの人が、思わず手を上げてあいさつを返します。「21世紀にはロボットが私たちの社会で活躍する」という話が、にわかに現実味を帯びてきたように感じられます。



片足立ちでも安定してバランスをとる

P3のあいさつに、来場者も思わず手を振り返す



## 動歩行を実現した新しいモビリティ

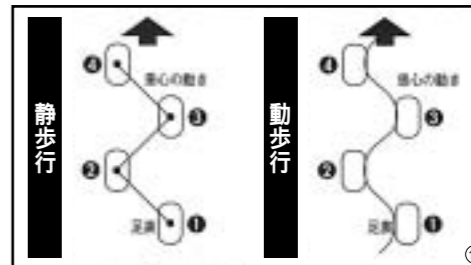
P3を開発したのは、自動車メーカー大手の本田技研工業㈱です。1986年、同社ではこれまでにない新しいモビリティ(移動手段)開発のプロジェクトとして、ロボット研究を開始しました。

「目標としたのは、人間社会の中で人間と共存し、人間の役に立つロボットです。そのためには、屋内で移動したり、階段を昇り降りしたりできることが必要。そこで、人間と同様に二足歩行できるロボットを開発することになりました」(同社広報ご担当)

開発プロジェクトが最初に取り組んだのは、人間がどうやって二本足で歩いているかを解明することでした。たとえば、おもちゃの人形は「静歩行」と呼ばれる歩き方をします。これは、つねに体の重心が足裏にかかる方式です。これに対し、人間の歩行は「動歩行」と呼ばれ、体の勢いを使って歩くので、重心は足裏にあるとは限らず、動きながらバランスをとってスムーズに歩くことができます。プロジェクトでは、多くの人に歩いてもらって足の動きのデータをとったり、医療関係者にヒアリングしたり、またダチョウなど二本足の動物の観察を行ったりしながら、関節の使い方を調べました。この成果を反映し、

時速1.2キロでの動歩行(ただし平らな床面)に成功しました。その後、地面の段差やうねり、斜面、階段での安定歩行や階段昇降も可能になりました。

そして、歩行技術を持つ脚部に上体を付けて、初めて人間型になったのが「P1」(PはPrototype(試作モデル)の頭文字)です。このモデルでは、スイッチのオンオフ、扉の取っ手つかみ、物をつかんで運搬するなど、腕と脚の協調した動きの研究が行われました。



からだの勢いを使ってスムーズに歩く動歩行では、重心がつねに足裏にあるとは限らない

初めての人間型ロボット「P1」では簡単な腕の動作が可能になった



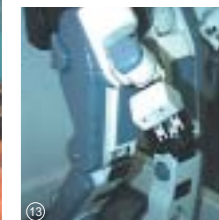
試作機の脚部には押出成形材やダイキャストなどが使われている(E6試作機)



これまでに開発された試作機がずらりと並ぶ(ツインリンクもてぎ)



世界初の人間型自律二足歩行ロボット「P2」は胴体や腕部にアルミダイキャストが使われ、軽量化が図られた



## 人間の生活空間に適したデザイン

1996年、世界初の人間型自律二足歩行ロボット「P2」が開発されました。全高182cm、重量210kg。P1に比べひとまわり小さいながらも、本体内にコンピュータ、モータードライブ、バッテリー、無線機器など、必要な機器をすべて内蔵しました。P2では、手のリンク部や胴体のアウターシェルにアルミニウムが使用されました。「アルミニウムは、ロボットを作るのに広く使われています。軽量化で加工しやすい、身近な材料ですね」(同社広報ご担当)

ロボットを軽量化すると、動力が小さくてすみ、転んだ時も安全です。このため、とくにP2以降は構造や材料選択を工夫し、軽量化が図られました。1997年には、全高160cm、重量130kgと、人間の生活にだけ込めるサイズの「P3」が誕生し、歩行速度は最高時速2km、見た目も人間に近くなりました。その後開発されたP3改良型試作機では、重量はさらに80kgまで軽量化されました。

2000年11月、新しい人間型ロボット「ASIMO(アシモ)」が登場しました。全高は120cmで、ちょうど子どものように見えます。

人間の生活空間で活動しやすいデザインとなった新型ロボットASIMOは2001年4月から賃貸貸出の受付が開始されている。

実際に人間の生活空間で活動することを想定したASIMOは、たとえば住宅の壁スイッチやオフィスのコピー台に腕がとどき、しかも人間が親しみやすさを感じるサイズとなっています。また、予測運動制御の導入により、方向転換時の連続的な歩行と、とっさの動きにも対応できる安定性を実現(i-WALK技術と呼ばれる)しており、動作にぎこちなさがほとんど感じられなくなりました。

同社では今後、さらに運動能力や、音声認識などの知能をさらに高める研究を行っていくということです。つぎに私たちの前にどのようなロボットが登場するのか、おおいに注目されます。



14

# 人と心を通じさせる感情を持つロボット

## 人の動作に反応するアザラシ型ロボット



「人と心を通じするようなロボットを目指しています」産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究官の柴田さん

音がすると驚いてきょとんとする。背中をなでると気持ちよさそうにまぶたを動かす。動物と同じような動きをする「メンタルコミットロボット」の研究について、産業技術総合

研究所の柴田崇徳さんにお話をうかがいました。

「これは人間と相互作用するロボットです。人間と接したときに、ロボットが自律的に行動を作り出し、あたかも意識や感情を持っているように見えるいわば「感情的人工生物」なのです。正確に、速く動作する産業用ロボットとは違い、メンタルコミットロボットは、触れ合った人間が楽しさややすらぎを感じる、といった主観的な評価を得るためのものです。人間に受け入れやすい形としては、ふだん接する機会の多い犬や猫などのペットや、かわいい感じがする動物、人工的なキャラクター、などが考えられます。」

これまでに柴田さんが手がけてきたメンタルコミットロボットのひとつに、アザラシ型ロボットがあります(三協アルミニウム工業(株)と共同研究)。全長約60cm、重量約3kg。骨組みにはアルミニウムが使用されていますが、その理由としては①さわごちや抱きごちを良くするために軽量化できる、②いろいろな形に加工しやすい、③人が無理に力をかけても壊れないじょうぶな構造にできる、などが挙げられます。胴体には、エアバッグ型の触覚センサーが付けられ、なでられたこと、なでられ方(圧力の強さなど)などを感知し、それに応じた反応(首やまぶたを動かす、など)をすることができます。このほか、視覚センサー、聴覚センサー、平衡感覚センサーなども持っており、人間とのふれあいのなかで、ヒレを動かす、鳴き声を出す、などの動作を行います。朝昼夜のリズムによって、眠くなったりもするというのです。



白い毛並みで覆われたアザラシ型ロボット、左が最新型



アルミ製の骨組みとエアバッグ型センサー、白い部分は前足



声をかけると不思議そうに背筋を伸ばす

## ふれあいによる心理的効果への期待

このロボットについて、人間がどのように感じるかを調べた結果があります。何人かの人にアザラシ型ロボットとふれあいを持ってもらい、その感想を聞くと「生き物らしさを感じた」、「抱いてみるとこちよかった」などの回答がありました。

「アザラシのことを実際に良く知っている人はほとんどいません。そのぶん、ロボットにある動作を期待することは少ない。もし犬型ロボットなら「お手」を期待します。だからアザラシの場合、触れ合った人の評価は上がりやすく、効果が期待できるのです」

ある病院では、入院している子どもたちのなかに、不安からくる夜泣きや自閉症などの症状が見られました。そこで、小児病棟のプレイルームにアザラシ型ロボットを持ち込み、1日3回ふれあいの機会を作り、自由に遊ぶようにしてみたところ、明るくなった、夜泣きをしなくなった、病院内での話題になりコミュニケーションがとりやすくなった、などの効果が現れたということです。

ペットなどの動物によるアニマルセラピーは、リハビリテーションや心理的効果などの点で広く認められつつありますが、病院などでは動物にかまれるなどの事故、動物アレルギー、感染症などの理由から、導入するのが難しい場合があります。メンタルコミットロボットは、そのデメリットを克服したものであり、今後は病院だけでなく、高齢者の施設などでも役立つようになっていくことが期待されます。



心理実験では「抱きかかえるところこちよい」という回答も多かった

# さまざまな機能で活躍するロボット

## 将来は「人間のパートナー」となるか

空を飛び、大きなものでも簡単に持ち上げたり、患者をやっつけたりする「ロボット」と聞くと、そんなアニメーションやSFのキャラクターが連想されます。この「ロボット」という名前はチェコ語のrobot(労働の意味)を語源としており、1920年にチェコの劇作家・チャペックが作品の中で人造人間の意味で初めて使ったものだということです。

1960年アメリカで、プレイバックロボット(教示と再生によって物を置いたりつかんだりする)が実用化されました。その後、日本では、1960年代後半に海外からの技術導入によって、産業用ロボットの製造が始まり、1973年には早稲田大学で人間型ロボットが開発されています。

最近、大きな話題となっているのは人と接することを前提としたロボットで、人間型(ヒューマノイド)ロボットが代表的なものです。外形が人間に似ているだけでなく、人間と同様な機能を持ち、歩行などの動作を自律的に行うことができます。1996年に発表された本田技研工業㈱の「P2」は本格的な二足歩行が可能な人間型ロボットとして、世界中から大きな注目を集めました。その後、企業や研究機関で各種の人間型ロボットの研究が進み、2000年には、世界初の「人間共存型のパーソナルロボット」のイベントである「ROBODEx2000」が横浜で開催されました。ここに集まったロボットには、さまざまなセンサー技術、人工知能(AI)技術などが駆使され、人間や動物のような動作能力や、音声認識、学習機能などが搭載されています。人間型のほかにも、個性的なデザインや機能を持つペットロボットやエンターテインメントロボットなどが登場し、話題となりました。



ROBODEx2000でダンスを披露し、人間と同じような動きでいちやく有名になった小型二足歩行エンターテインメントロボット、ソニー「SDR-3X」



PHS回線を利用して遠隔操作制御、画像伝送が可能なテムザック「テムザック」

本物さながらに水中を泳ぐ、シーラカンス型の三菱重工「三菱アニマトロニクス」



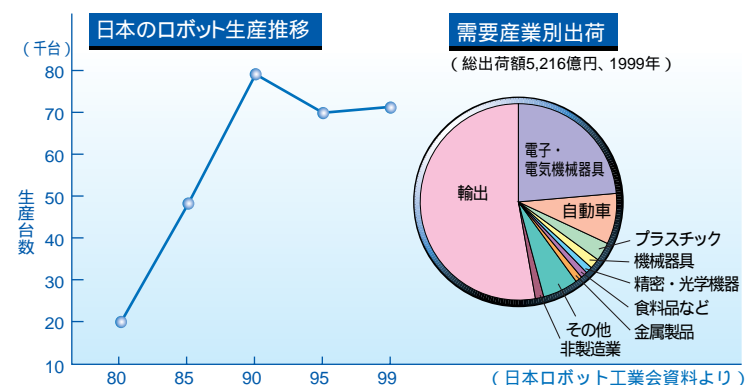
身振りなどで意思を表現し、人間とのコミュニケーションを研究するために開発されたATR「ROBOVIE(ロボビー)」



## 産業用ロボットに使われるアルミニウム

現在、ロボットの多くは製造現場での溶接や組立てを行う産業用ロボットが占めています。日本で産業用ロボットの製造が本格化したのは1970年代のことです。以前は人間が行ってきた危険作業や単純くり返し作業などを人間に替わって行ったり、安全性の向上、品質安定、生産性向上などが図れることから、導入が進みました。とくに、自動車、電機をはじめとする組立て産業での需要が増加し、FA化の推進ともあいまって、産業用ロボット市場が拡大しました。

現在、世界で稼働している産業用ロボットの台数は約70万台といわれますが、その6割が日本で使われています。また、日本で作られたロボットはおよそ50%が輸出されており、国内需要としては、電子・電気機械分野、自動車分野などの製造業向けがおもものとなっています。



産業用ロボットも構成要素には、腕の役割を果たすマニピュレーター、関節を動かす駆動機構であるアクチュエーター、腕の動作を計測したり対象物を認識したりするセンサー、移動機構などがあり、最近では、対象物に応じたフレキシビリティの向上など、機能の高度化が進んでいます。そして、このような各種の部品には、多くのアルミニウムが使用されています。

たとえば、射出成形品取出し用ロボットでは、本体フレーム、上下アーム、前後アーム、回転ユニットなどに寸法精度にすぐれたアルミ押出型材を使い、ねじれなどに強い構造とすることにより、動作時のブレを少なく抑えることが可能となっています。本体だけでなく、マニピュレーターなどを駆動させるエアシリンダーやロータリーアクチュエーターなどの機器も、動作の正確性や耐久性を支える重要な要素となりますが、このような機器では高い寸法精度や信頼性、経済性などの理由から、押出型材などのアルミニウムが使用されています。



②4 正確に効率よく射出成形品を扱うロボットではフレームなどにアルミを使用



②5 エアシリンダー、アクチュエーターなど、ロボットに不可欠な駆動部品には押出型材などのアルミ製品が多く使われる



②7 ガーダー部にアルミニウムが使用されたコンクリート床ならし用ロボットは運搬、組立、解体作業の効率化に貢献



②8 建築物の壁面を点検する外壁自動調査機ロボットのケースはアルミ製

宇宙空間での困難な作業ではロボット技術への期待が高まっている。写真はスペースシャトルにおけるロボットアームを用いた船外活動の様子



### 困難な環境でこそ真価を発揮

最近では製造以外の分野、たとえば農業、建設、医療などでも、ロボットの利用が進んでおり、とくに人間の作業が難しい環境、たとえばエネルギー施設や宇宙環境などでは、ロボットの役割が重要となっています。このような分野では、それぞれの作業に必要な高度な機能を搭載したり、腕の作業能力だけでなく移動機能を向上させたりすることが必要になります。

たとえば建設現場で活躍するコンクリート床ならし用ロボットでは、運搬、組立、解体作業の効率化を考慮し、ガーダー(ロボット本体の移動を導くレール部)にアルミニウムが使われます。またビルなどの外壁調査ロボットでは、高所作業で軽量化する必要があり、アルミ製のケースを使用しています。

ロボットが活躍する特殊環境の一つが原子力関連施設です。解体作業ロボットは、大型の機器を遠隔解体するのに作業性を高めるため、マニピュレーターにアルミニウムを用いて軽量化を図っています。また放射能を自動で測定するロボットでは、内部機器の汚染や外からの衝撃防止のため、軽量のアルミカバーを使用しています。

医療分野では、内視鏡手術に使う鉗子で、確実性を高めるためにロボット技術の導入が進められています。これは細長い鉗子を腹腔内に入れ、先端部(マニピュレーター)で作業を行うものですが、医師側の操作部にアルミニウムが使用された例があります。

このほかにも、求められる動作や対象物に応じて、さまざまな種類のロボットが活躍しています。このような「働くロボット」は、たんに人間の労働力を代替する役割から、今後は、人間には困難な作業を実現する頼もしい存在として、さらに活躍の場を広げていくことでしょう。



②9 原子力関連施設では、解体、点検など、さまざまな作業のロボット化が進められている



③1 操作部にアルミニウムが使用された医療用ロボット鉗子

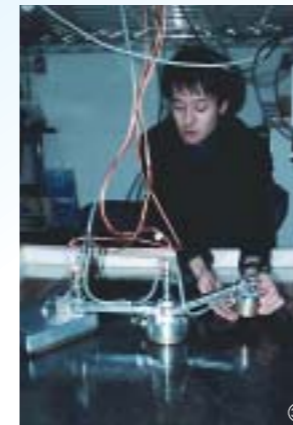
21世紀では、アルミニウムはどのように進化し、その活躍のフィールドはどこまで広がるのでしょうか。これからの時代を担う若い世代の方に、アルミニウムとともに未来への夢を語っていただきました。

## 10年後、ロボットの活躍のステージは宇宙空間へ

上智大学理工学研究所 機械工学専攻 竹中高平さん



### 浮遊するロボットを制御する難しさ



③3 浮上状態で動作する試作ロボットはアルミと真ちゅうで作られている

現在研究しているロボットはどのようなものですか。「フリーフライングロボット」と呼ばれる宇宙ロボットです。これは、人工衛星それ自体がロボットで、それにアームが付いたものです。宇宙空間に浮いている物をつかむといった作業では、ロボット本体もアームの先端も、同時に浮かんで動いています。このとき、各部からの位置情報をインプットし、必要な角度を計算して、動作を行うのです。現在、平面上で浮上させた二次元で、ロボットの制御を研究しています。

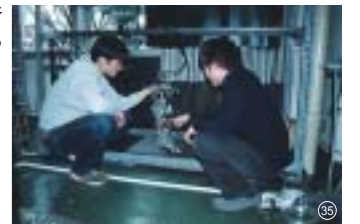
この研究で難しいのはどんな点ですか。このロボットのアームには、関節が2つ。ある目標点を目指して、本体の姿勢と2つの関節の角度を変える制御を行うことがたいへん難しい。もう一つは、ロボットをガラス板上に浮上させて実験する必要があり、そのために材料のアルミと真ちゅうを設計し、試作する、という試行錯誤がありました。4人のチームでこれをつくりましたが、初めてロボットが動いたときはとても感動しました。

他の大学や研究機関でも宇宙ロボットの研究が進んでいるそうですが、いつごろ実用化されるのでしょうか。



あと5年くらいすれば国際宇宙ステーションの建設が終わり、宇宙空間で作業するような時代が本格的に始まります。そのときが本番ですから、そうですね、10年後の2010年くらいにはこんなロボットが使われるのではないのでしょうか。

研究室では二足歩行ロボットの研究にもチャレンジ



### お湯に浸けるとアルミが変わる?

今後は、どんなロボットが登場するのでしょうか。たとえば介護ロボット。手を使わず脚の操作だけで食事ができるとか、介護される人だけでなく、介護する人の手助けをするとか。将来は映画「スターウォーズ」のR2D2のように、ロボットは人と機械、情報の間をつなぐ役割を持つようになると思います。家の中で電話や家電など、あらゆる物がプラットフォームの一つとなりネットワーク化される時代になると、ロボットもたとえば電話みたいな情報発信源になっていく。ロボットは一家に一台なんてことも(笑)。

未来のロボットには、どんなアルミニウムが使われると思いますか。ロボットを作るには、アルミはとでも身近で、使いやすい材料だと思います。軽い、錆びにくい、それに加工性がいい。とくに宇宙ロボットには最適です。加工性という点では、たとえば、ある温度に温めるとやわらかくなるようなアルミが将来できたらいいですね。熱湯に浸けるといろいろな形に変えられるとか、形状記憶機能を持つとか。それから、アルミは手に入りやすいので、研究室ではたくさんのアルミ材を使いますが、同時にくずも多く出ます。これを集めたら簡単にリサイクルできる。そういう特長から考えると、これからのロボットにもアルミが多く使われていくと思います。私個人としてはアルミの光沢が好きで、これは他の金属やプラスチックにはないものです。ロボットは機械なのだから、機械としての美しさ、ハードな感じがある方がいい。アルミが光ると、自分の作ったロボットが、よくできたように見えるからかもしませんが(笑)。

高度な鋭角曲げが可能に  
建築パネル用アルミ板

最近、建築物はデザイン性を重視したものが増加しています。このたび開発されたパネル用材料は、すぐれた曲げ加工性を持つ3003-H24材をベースにしたもので、従来できなかった鋭角曲げを実現。これまでビル外装材には90度曲げが可能な材料が主に使用されてきましたが、より複雑な建築設計のニーズに対応する材料として開発されました。また施工性向上をはかるパネルの大型化にも貢献します。今後高層ビルや大型構造物の内外装パネルなどに使用の増大が期待されています。

[資料提供：古河電気工業(株)]



軽量でデザイン性にすぐれた外観  
アルミ外装品

オーディオ製品、カメラ、情報端末など、その開発競争はヒートアップし、店頭には新製品が次々と登場しています。そのなかで最初に目にとまる製品外装の材料として、アルミニウムが注目されています。軽量であるだけでなく、磁気を帯びないので情報機器に適しており、さらにアルマイト処理や塗装、曲面加工や稜線加工、深絞り加工などにより、ニーズにあった形状が正確に実現できます。ハイテク感のあるアルミの光沢が好印象を与えるとともに、今後ますます人気をあつめそうです。

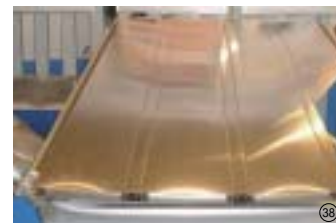
[資料提供：(株)アルテックノ  
三菱アルミニウム(株)]



高強度、高耐食性でメンテナンスが容易  
アルミドーム屋根

さきごろ、飲料水用PC(ポリスチレン・コンクリート)タンク向けの新しいアルミ製屋根が開発されました。従来のコンクリート製屋根は、30年ほどでタンクの天井部分が剥がれ落ちるなどの問題がありました。このドーム屋根はアルミトラス工法を用い、高い強度と耐食性を持つアルミ合金を使用。メンテナンス性にすぐれ、ライフサイクルコストの低減、工期の短縮が可能になりました。さらに外観はメタリックな光沢で美しく、性能と美観を兼ね備えた屋根として話題となっています。

[資料提供：日本軽金属(株)]



クリーンエネルギーで環境にやさしく

ソーラー遊魚船

クリーンエネルギーが注目されるなか、新しい遊魚船が登場しました。この船は全長5.8m、幅1.7mで、太陽光発電をエネルギーとし、軽量化をはかるため船体にはリサイクル可能なアルミニウムが採用されています。船底外板にアルミ合金2.5mm厚、船側外板に2mm厚を使用。船体重量260kgという軽さでスピードアップをはかりながら、安定性を維持できます。また外観は、やわらかい表情にデザインされています。(国立大島商船高等専門学校と(財)太陽光発電普及推進協会の共同開発)

[資料提供：スカイアルミニウム(株)  
瀬戸内クラフト(株)]



苛酷な環境で使用される部品に最適

高強度・耐摩耗性アルミ合金

耐摩耗性にすぐれたアルミ合金は、輸送機器、自動化機器、機械部品の重要な摺動部品に採用され活躍しています。アルミニウムにシリコンを添加すると、シリコン粒子がアルミ中に均一に分散します。このシリコンの添加量に応じて耐摩耗性や引張強さ、疲労強度などが向上します。さらに、ミクロンオーダー、ナノオーダーレベルでの金属組織の制御、製造プロセス制御に取り組み、独自の化学組成を持ち、より高性能な溶解鋳造法による15%もの高シリコン量を添加した、高強度・耐摩耗性合金シリーズが提供されています。

[資料提供：住友軽金属工業(株)]



電子機器の放熱対策に効果的

高強度高熱伝導性合金

高い強度と熱伝導性を兼ね備えた新合金が注目されています。高強度アルミ合金としては5052合金が一般に広く使われていますが、熱伝導性が低いという欠点があります。この新合金は6000系合金をベースとした熱処理型合金で、純アルミレベルのすぐれた熱伝導性、電気伝導性を持ち、また切削加工性にもすぐれています。また、ろう付けの冷却時に焼き入れされ、その後の低温加熱により強度をさらに向上することができます。パソコン、プラズマディスプレイ、液晶ディスプレイの放熱板など幅広い用途で活躍することが期待されます。

[資料提供：昭和電工(株)]



杜の都を彩るハニカムパネル

仙台駅バスプールシェルター

杜の都の玄関口であるJR仙台駅西口のバスプールに、新しいシェルターが完成し、人々の話題となっています。バスプールの上屋部は、木の葉および葉脈をモチーフとしたデザインで、トップライトとの組み合わせによる自然採光を取り入れています。シェルターは、最大幅2m最大奥行き5m厚さ54mmのアルミハニカムパネル(3色塗装)と、飛散防止フィルム張りガラスの組み合わせによって構成され、フラットで広がりのある空間を作り出しています。

施主 仙台市  
設計 (株)山下設計  
施工 (株)大林組

[資料提供：神鋼ノース(株)  
神戸製鋼所(株)]

