



新素材の夢と現実



素材ブームは、未知の素材が可能にする産業と社会の希望に満ちた未来像を描き出して見せてくれた。しかし、景気の停滞とともに、各企業の研究開発への姿勢は、より現実路線へと復し、新世紀を切り開く画期的な技術に対しての情熱は薄れて来たかのようにも見える。そうした試練の時を迎える新素材の現状を探ってみる。

ブームが去って……

80年代後半から90年代はじめにかけて、新素材ブームといわれる現象があった。次々と未知なる素材の可能性が示され、それらの高機能素材が薔薇色の未来を築くだろうといったイメージが敷衍された。

そしてブームから数年後の現在。景気低迷の長く薄暗いトンネルの中、各社はすぐには回収のメドがたたないテーマに多額の研究開発費をかけることにあまり積極的でなくなってきたかのようにも見える。多くの企業がやりかたを改め、既存の素材を発展させて、より高度な機能をもたせることで少しでも収益向上につなげていこうという姿勢になっている。

ブームで頭を出した技術の芽が淘汰される時期と見る向きもある。が、やはり日本のハイテク受難時代という感拭えないだろう。そうした時代背景を意識しつつ、ここでは現在健闘している新素材のいくつかをハイライト的に概観してみたい。

—金属系の新素材— 高純度合金・傾斜機能材料・水素吸蔵合金

金属系の新素材として現在大きな関心が集まっているもののひとつとして高純度金属がある。東北大学の金属材料研究所では、純度99.995%という史上最高純度の鉄を作り、そこに50%（重量比）のクロムを混ぜることに成功した。この合金は1000℃という高温に耐えるという。通常、鉄にクロムを30%以上混ぜるとボロボロにモロくなってしまふ。これまでの常識では50%もクロムを混ぜた合金鉄などは考えられなかった。ところが、99.995%という高純度にしたことで、劇的に鉄の性質が変化し、高い延性が生れるとともに50%ものクロムを混ぜても使用可能な鉄—クロム合金ができたのである。さらに同研究所では、高純度鉄42%、高純度クロム50%、タングステン8%の合金を作成。この合金はフェライト系ステンレス鋼の3倍の強度を示すという。

豪速球ストレートが高純度メタルだとすれば、高度な変化球にあたるのが傾斜機能材料だろう。名称が示すとおり、表から

裏にかけて組成が連続的に変化していく素材だ。単体での素材開発技術というよりは、アイデアと加工技術から生まれた新素材とも考えられる。例えばスペースシャトルは金属の躯体の上にセラミックタイルを貼ることで強度と耐熱性を高いレベルで両立させているが、セラミックと金属の傾斜機能材料を作ることができたら、宇宙船材料としてきわめて優秀な素材となりうるわけだ。そうした発想をもとに、科学技術庁ではすでに1987年から92年にかけてのプロジェクトでスペースプレーン用の素材として、外側1700℃、内側700℃という温度勾配に耐える傾斜機能材料の開発に成功している。

産業レベルでも94年に川崎重工が発表している。軽量構造材であるチタン・アルミとセラミックの材料にも使われる耐熱材のジルコニアを両端に使い、連続的に含有量が変化する10層を合わせたものだ。チタン・アルミの耐熱温度は1000℃だが、この傾斜機能材では、1600℃まで向上した。

傾斜機能材料の大きなメリットは、組成の変化がゆるやかなため、剥離の心配がないことにある。ただし、スペースプレーンが実用化されるのは2020年以降と考えられているから、それまでの間の用途開発が、産業レベルで存続していくうえでは重要になるかもしれない。

水素自動車実現のための技術として注目されてきた水素吸蔵合金は、ここへきて違った切り口から需要が伸びている。ニッケル水素電池の電極としてである。ニッケル水素電池は、高性能の充電式電池で、現在主流のニッケル・カドミウム電池（ニッカド電池）の次世代に来ると考えられているもの。水素吸蔵合金を充電式電池の負極に使うニッケル水素電池ではニッカド電池よりもさらに大幅な軽量化と性能向上が可能になる。

水素吸蔵合金には、鉄-チタン系、マグネシウム-ニッケル系、希土系など、10数種類以上があるが、94年に工学院大学で開発されたフッ化水素吸蔵合金は、水素の吸蔵速度がきわめて速く、従来のもののおよ100倍におよぶという。この新たな素材の登場も、さらに水素吸蔵合金熱に刺激を与えているようだ。

水素吸蔵合金は、体積比にして約1000倍もの水素を吸蔵することができる素材。爆発力の強い水素を安定した形で貯蔵する技術として有望視されてきた。将来、水素自動車など水

素エネルギーを実現する際にはキーテクノロジーとなると考えられている技術でもある。水素エネルギー実現の見通しそのものがかなり先だということもあり、景気低迷とともに開発熱も薄れていた。だがここで電池用電極素材としての需要拡大・生産増がコストダウンへのステップとなれば、水素貯蔵という当初から考えられていた用途にも、さらに使いやすい状況が生まれることも考えられる。

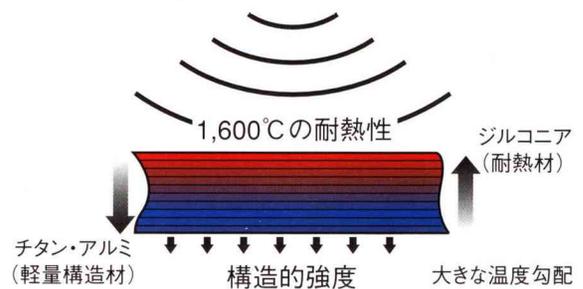
ープラスチック系の新素材ー スーパーエンブラ・導電性ホリマー・生分解プラスチック

プラスチック系の新素材のうち、機能面でまず注目すべきものといえば、スーパー・エンジニアリング・プラスチックだろう。スーパーという名前からも分かる通り、従来のエンジニアリング・プラスチックをさらに上回る強度、耐熱性、寸法安定性などを持つプラスチックである。代表的なものとしては、PEEK（ポリエーテル・エーテル・ケトン）、ポリイミドといったものがあげられる。

これらスーパー・エンブラは樹脂そのものの値段の高さ（1キロ数万円から数千円）から一時は伸び悩んできた経緯もあったのだが、折からのパソコンブームが突破口となって新たな需要が生まれてきた。すなわちスーパーエンブラはハウジングと配線基盤を一体成形したり、樹脂そのものの表面に回路を作り込んでしまう技術などを可能にする。半導体そのものや、携帯電話、ノートパソコンなどに代表される電子・情報機器にこうした技術が採用されることで、小型軽量化がさらに進み、歩留まりも改善される結果を生んだ。またそれが総体としての商品のコスト低減につながるなど、相乗効果となり、採用が増加しているという。

三井東圧化学とデュボンが共同開発している炭素繊維で強化

■傾斜機能材料の構造例



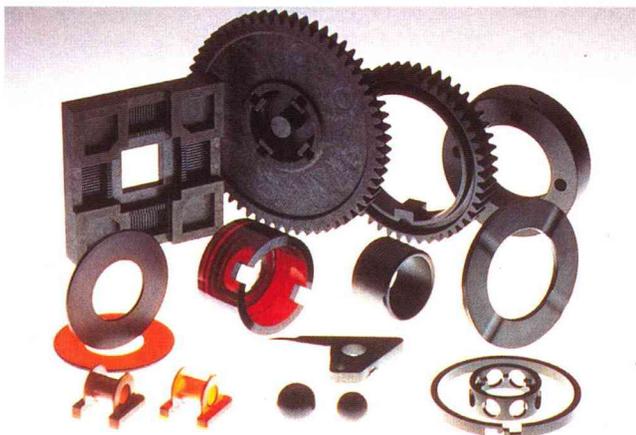
水素吸蔵合金の種類は10数種にわたるが、写真はランタンリッチミッシュメタルのニッケル系合金。左から塊状合金、粉碎したもの、水素吸蔵・放出を繰り返したもの（写真提供：日本重化学工業）

したポリイミドは、米国で開発中の次世代超音速旅客機の胴体や翼の材料として使われる。このカーボン強化ポリイミドは、現在航空機の機体材料であるアルミ系やチタン系などの合金と比べ、比重が2分の1から3分の1程度ときわめて小さい。航空機の素材としては理想的だ。性能面でも200℃におよぶ高温下で飛行時間10万時間以上をクリアできるという。

液晶ポリマーも、新たな高機能樹脂として注目されている。ポリマーの高分子が真っ直ぐで、曲らない性質を持つ樹脂である。製造時に引っ張りを与えてやると方向が揃い、高分子のラインがちょうどガラス繊維などで強化した場合と似たような役割を果たし、高い強度が得られる。10%ガラス繊維強化エンブラに匹敵する強さを持ち、しかも流動性が高く寸法安定性に優れているため成形がしやすいというメリットがある。OA機器用の素材として需要が出てきているという。

プラスチック系としてはユニークなものに導電性ポリマーがある。ポリマーであるにもかかわらず電気が流れる素材で、鐘紡と京都大学が共同で開発に成功したポリアセンがすでにリチウム電池の電極として実用化されている。電気を貯える能力が高く、大幅に電池サイズを小型化できるうえ、高い電圧をかけた後も性能の劣化がないなど、優れた特性を発揮する。また電極に重金属を使わずに済むようになるため、環境汚染の心配がなくなる。次世代型として理想的な性質を持った電池が製造できるのである。

大きな需要が見込まれるプラスチック系の新素材としては、プラスチック光ファイバーがある。かつて光ファイバーはガラス製のものが主流と考えられていたが、1995年にガラス製光ファイバーなみの伝送能力を持ったプラスチック光ファイバーが登場し、にわかに脚光を浴びている。ガラス製光ファイバーはもろくて扱いが難しく、光ファイバーそのものの値段も比較的高価。対するプラスチック光ファイバーは比較的廉価で曲げても折れにくいなど取扱いが容易。とりわけ敷設コストはガラス製に比べて約10分の1ですむという。



スーパー・エンブラの代表格ポリイミドで作られた製品群
(写真提供：三井東圧化学)

プラスチック製光ファイバーの素材は、ポリメチルメタクリレート (PMMA) といわれる樹脂で、樹脂繊維の中心部と周辺部の屈折率を変えたグレード・インデックス構造によって毎秒3ギガビットという伝送能力を可能にした。今後日本の光ファイバー網の整備に大きな需要が見込まれる。また建築物などのライティング・アップやデコレーションに多用されるなど照明用の素材としても需要が伸びている。

時代的な要請から、環境関連の新素材も需要が伸びている。代表的なところでは生分解性プラスチックと呼ばれるものがある。自然の素材が腐ると同じように、微生物によって分解され、無害な物質に変わるプラスチックである。昨今プラスチック廃棄物による海洋汚染によって、野生動物が傷付いたり死んだりする例が増えている。廃棄物の海洋投棄は国際的にも禁じられているものの、漁具、漁網、釣糸などはやむをえず流出するケースも多く、半永久的な安定性を持つプラスチックではなく、自然に分解されるプラスチックへの要請が高まっている。農業用のフィルムや環境土木用、アウトドアなどレジャー用なども採用が待たれる分野である。

現在60社以上が参入し、開発競争が続いているが、当面の問題は価格で、ごく一般的な汎用樹脂の値段が1kgあたり100円前後であるのに対して、生分解性プラスチックでは1,000円前後と、十倍近い価格となっている。現在の価格はパイロットプラントによるサンプル出荷（生産規模が年間数100～1,000トン程度）時点でのものであり、生産規模が年間10万トン以上になれば、200～300円程度まで下がり、一般の汎用樹脂とも十分に競争できる見通しだという。

大きなマーケットとして期待できるものとしては、生ゴミをコンポスト（有機堆肥）として処理するためのゴミ袋という用途。生ゴミのみを分別収集して発酵させ、土に還そうというもので、1995年に広島市で実際に生分解性プラスチックの袋を使ったモデル事業がおおよそ3カ月にわたって行われている。ゴミの分別体制の改変という制度上の変革を前提としているものの、昨今のゴミ事情の悪化を考えると、必要とされる可能性が高いものと考えられるだろう。



導電性ポリマーを電極として使うオールポリマー電池は、充電式電池の大幅な小型軽量化を可能にした (写真提供：鐘紡)



プラスチック製光ファイバーとライティング・アップ用の照明設備に採用された例
(写真提供：三菱レイヨン)



生分解性プラスチックの経時変化。左から新品、2週間経過、4週間経過、6週間経過の順（写真提供：昭和高分子）

生分解性プラスチックは燃やした場合の熱量もポリエチレンなどの半分であるため、ゴミになった後、焼却してその熱を発電などのエネルギーに使用することが可能だという。実用化が期待される素材といえそうだ。

—セラミックス系の新素材— 高次構造制御セラミックス

新素材としてのセラミックスは、すでにさまざまな形で実用化されているが、最近の話題としては、高次構造制御セラミックス（シナジー・セラミックス）と呼ばれるものが新たに有望視されている。これまで金属で行われてきたように、原子単位のマクロ構造から、組織レベルでのマクロ構造までを巧妙に制御し、必要とされるさまざまな性質をコントロールして高機能なセラミックスを作ろうというものだ。

セラミックスの構造は、強度を得るためには細かく均質なほうがよく、韌性を出すには微視的レベルで不均質なほうがいい。その両方の性質をどう両立させるかが、構造材としてのセラミックスを開発するに際しての課題となってきた。

通産省工業技術院では、高次構造制御によって従来のものより強度で1.4倍、韌性が1.7倍というセラミックス（アルミナ系）の試作に成功した。このシナジー・セラミックスでガスタービンを作ることで、きわめて効率のよいコージェネレーション（利用地密着型発電）用の発電システムが可能になるという。試作された出力300キロWの小型タービンでは、入り口温度1200℃、熱効率33.1%という高性能が検証され、セラミックス・ガスタービンへの道が開けた。セラミックス・エンジンの実現にも、この技術が鍵になるであろうことはいままでの間。

通産省ではさらに、自動車、電気関連などの企業15社が参加する「シナジーセラミックス開発計画」をスタート。シナジー・セラミックスの応用へむけて研究が進んでいる。

厳しい試練に向かう新素材と日本のテクノロジー

新素材には、開発のコストが伴う。世は総じてコスト低減の

大合唱。開発成功が即収益改善につながる保証のない新素材関連の研究開発から撤退していく企業も目立つ。例えば新素材開発に成功し、それを商品化したにしても、さして需要が伸びない。高度な機能・性能にもかかわらず、どうしても欲しいモノではなかったりする。コストがかさむ新素材を使うよりは、多少質は落ちてでも安いものを使ったほうが、現状のニーズに合っている……etc.

そんな情勢下、サバイバルに成功しているのは、官が強力に主導する特定のテーマに属するもの、本来的にその素材にかけられていた大きな夢とは別に「日々の米を稼ぐ」ことができるもの、情報化・パソコンブームの潮流を背景とするもの、の三つくらいに集約されてきたように思われる。

バブル期から現在にかけ、多くの製造業は生産コストがかさむ日本国内で製造していたのでは十分な国際競争力が保てず、海外へと製造拠点を移した。さらに国際的なマーケットの構造として、NIES、ASEAN、そして中国といった国々が、大きな消費需要を生み出し、中国系の事業者たちが、すでに過去の技術となったテレビやビデオ、自動車などの技術を自らのものとして、そのビッグマーケットにアプローチしていくといった動きが現実のものとなりつつある。

こうした昨今の世界市場の中で日本が活力を保っていくには、他国にマネのできない高度なテクノロジーを開発し続けることが肝要であるといわれてきた。にもかかわらず、国内での景気停滞と空洞化の中で、「未来の夢」へと橋を架けるだけの余裕がなくなっていることも否めない。景気は緩やかに回復しているという見方もあるが、ここ3年くらいの間に金融機関が抱え込んできたバブル後のツケが回ってくることも予見されている。

経済とテクノロジーの歯車が、いまひとつシンクロナイズしていない現在、日本の産業が見出だすべき活路はどこにあるのだろうか。その答えは未だ見つかっていない。

〔取材協力・写真提供：鐘紡(株)、昭和高分子(株)、日本重化学工業(株)、三井東圧化学(株)、三菱レイヨン(株)〕