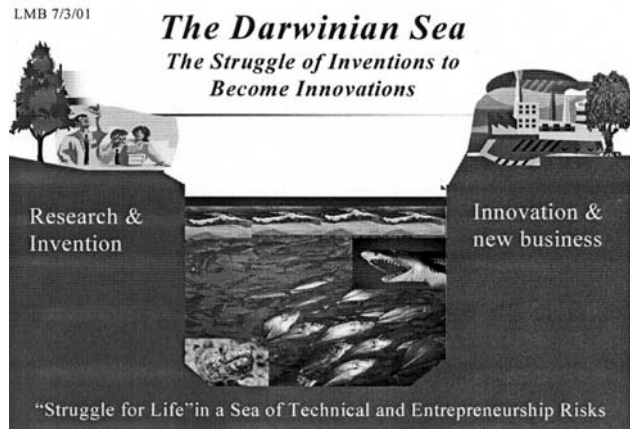


TODAY

ダーウィンの海



新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事 青柳 桂一



「ダーウィンの海」のイメージ図
(出所・ハーバード大 Lewis M. Branscomb 教授 米国議会証言より)

現在、わが国の低迷する経済活性化の切り札として、ナノテクノロジー・材料分野、情報通信分野、バイオテクノロジー分野、環境分野、製造技術分野等における先端技術の開発に大きな期待が寄せられていますが、研究の成果がどのようにして経済発展のためのイノベーションまで到達するかについて面白い論議があります。

きびしい経済状況を反映して、近年わが国の研究費の伸びは低迷しつつありますが、企業の設備投資額がそれ以上に急減してきている状況が見受けられ、研究開発が設備投資を通じて事業を生み出すことの困難性が指摘されています。

このような事情は米国等先進諸国においても同様のように、米国では発明と市場化・イノベーションとのギャップについて前から「死の谷」(Valley of Death)と称して、研究段階から市場投入に移るまでの過程の障壁の大きさを示しています。すなわち研究を終えて実用化する途中に、「死の谷」という気候条件のきびしい荒涼たる砂漠(資金調達が困難という意味)を通り抜ける必要があり、これを予算面で支援するのが国の役割というロジックです。この「死の谷」の概念がわが国にも導入され、これを克服するということで来年度の予算要求において「競争力強化のための

実用化技術開発プロジェクト(いわゆるフォーカス21)」の創設が提案されています。

一方、最近になってハーバード大のBranscomb教授らは、イノベーション・プロセスのイメージを彷彿させるものとして、「死の谷」より「ダーウィンの海」(The Darwinian Sea)の表現がふさわしいと主張しています。すなわち研究成果は、生存競争している多くの生命体が満ちあふれる「ダーウィンの海」に入り、サメ等の怖い外敵や荒れ狂う嵐(技術的困難や企業化リスクのこと)にも耐えて生き抜いたものが、進化してイノベーションやニュービジネスの岸にたどり着くというわけです。

「死の谷」と「ダーウィンの海」のどちらも比喩が巧みですが、個人的には「ダーウィンの海」の表現が気に入っています。現在、われわれが推進している多くの技術開発プロジェクトが進化を育む豊かな海のなかにあって、やがて生存競争に勝ち抜き新製品・新事業として開花する。想像するだけでも胸がときめいてきます。

オーストラリア大陸の北部に本当の「ダーウィンの海」が存在することですので、進化のメカニズムとの出会いの夢を抱きつつ、いつかぜひ訪れてみたいと思っています。

超軽量機械要素部品の開発に関するフィージビリティスタディ

日本鋼管テクノサービス(株)技術情報事業部調査研究部 村上勝彦

① はじめに

運輸部門における省エネルギーに関する技術開発の一環として、JRCMでは平成13年6月から平成14年3月まで、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて経済産業省の指導のもとに、システム開発事業として(財)機械システム振興協会から委託された「超軽量機械要素部品の開発に関するフィージビリティスタディ」を実施してきた。

本スタディの主体は、自動車を中心とする輸送機関に対する軽量化手段として、材料自体の軽量化が期待できる中空金属(以下MHS: Metallic Hollow Spheres)の適用検討に関するもので、MHSの単純形状成形体に対する基本的な材料特性の把握、自動車における適用可能な部品・部位の検討に併せて、その適用性と効果に関する評価を試みた。

本スタディは、(財)機械システム振興協会内に「総合システム調査開発委員会」を設け、またJRCM内に「超軽量機械要素部品開発委員会」を設置することによって実施された。

特性評価のための中空金属成形体はドイツ・フラウンフォーファー研究所(Fraunhofer Institute Manufacturing Advanced Materials)から購入して評価に供した。機械的特性の評価は、(財)日本自動車研究所と香川大学工学部が分担し、金属成形体としての冶金学的調査は、日本鋼管テクノサービス(株)が担当した。また、将来的な日本国内における成形加工技術の確立を想定して、大同特殊鋼(株)において、フラウ

ンフォーファー研究所から購入したグリーン体及び、焼結済みの未成形個別球を用いた成形試験も併せて実施した。

② 研究開発の目的

一般的に、構造部材を考える場合、材料固有の強度とその密度との関係は、その材料系が決まれば、ほぼ一義的に強度レベルと高密度が所定範囲内で決定される。

これに反して、本スタディにおけるアプローチ手法は、既存の金属材料系に対して、全く新しい製造プロセスを適用して軽量化を図ろうとするものである(鉄系の場合、バルク材に対して最小1/15程度の高密度までの製造が可

能)。すなわち、粉体原料を出発点として焼結により1次成形されたMHS成形体に対して、基本的な材料特性の把握と、そのデータベースの構築により、適用可能な超軽量機械要素部品の実用化の可能性を目指して検討を行った。

③ 研究開発の内容

3.1 MHSの試作と冶金学的特性

(1) MHS成形体の製造方法と評価試験用サンプル

所定サイズに成形された球形スチロール表面に、流動床プロセスを用いてバインダーとともに原料粉がコーティングされたグリーンMHSを焼結して、成形体もしくは個別球のMHSを得る。この過程でバインダー及び、コーティ

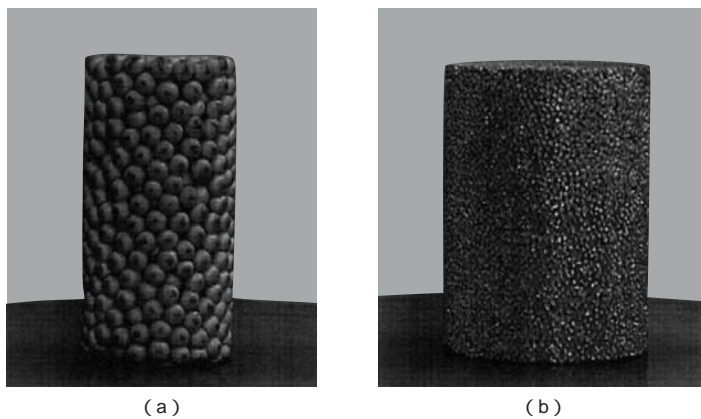


写真 - 1 試験に供したMHS成形体の外観例
(a) 形状: 50×100mmH、MHSサイズ: 8mm、シェル厚: 200µm
(b) 形状: 80×100mmH、MHSサイズ: 3mm、シェル厚: 40µm

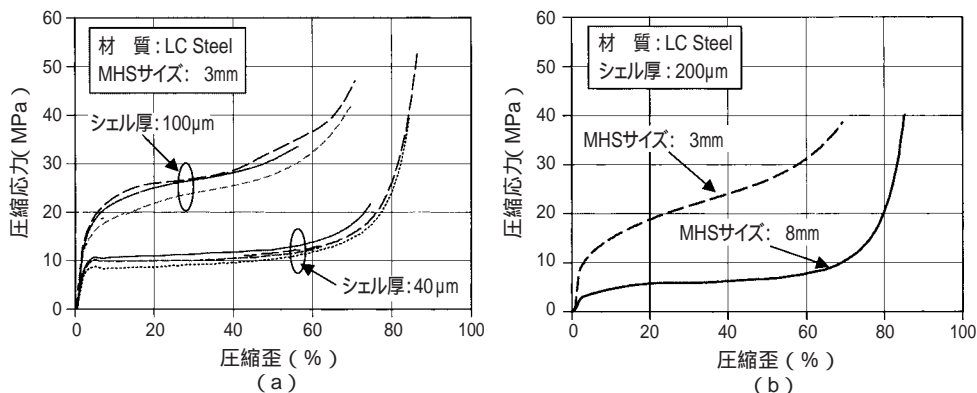


図 - 1 圧縮変形時の応力変化
(a) MHSシェル厚の影響 (b) MHSサイズの影響

ング基体として用いられたスチロール球は、熱分解ガスとして消滅して中空金属球体が成形される(特許DE10018501、DE19929760)。

今回、試作したMHSは、球サイズが直径 3mmと 8mm、シェル厚が40 μ m、100 μ m及び200 μ mの組み合わせに対して、直径 30mm、50mm、80mm、長さが100mmと130mmの円柱状に成形して機械的特性の評価に供した。材料系は低炭素鋼を主体としたが一部SUS304も評価対象とした。また成形体の高密度は、その製造条件により0.4~1.1g/cm³であった。写真-1に試験体の外観例を示す。

(2)成形されたMHSの冶金的特性

MHSシェル断面では、隣接するMHS球との接触部において、原料粉の数倍の再結晶粒が観測され、極めて良好に焼結されていることが認められた。またシェル断面には2~8 μ mの微細な空隙が多数存在しており、その空隙率は8~16%であった。

3.2 MHSの機械的特性

(1)シングルMHS

直径3mm、シェル厚40 μ m程度のシングルMHS(個別焼結球)に対する圧縮変形時の応力と歪との関係を見ると弾性変形はほとんど認められず、直径比で75%歪付近まで圧下率の増大とともに直線的に応力が増大し、50%歪下時の応力は、炭素鋼の場合3kgf、SUS304の場合4~6kgfであった。

(2)成形体の圧縮特性

上記に示した種々の異なる成形体に対して、準静的な圧縮試験を実施した結果の一例を図-1に示す。図-1に見られるように、いずれのケースでも変形に伴う応力の平坦域が認められ、平坦域の範囲とその応力値はMHS成形条件によって多く異なっている。MHS球サイズ 3mm、シェル厚40 μ mと、球サイズ 8mm、シェル厚200 μ mの両ケースでは、ほぼ完全な平坦域が70%歪近くまで観察されており、MHS成形体が極めて高安定なエネルギー吸収

素材であることを裏付けている。

このような結果を受けて、直径80mm、肉厚0.3mmのSUSパイプにMHS成形体を内挿したサンプルの圧縮特性を見ると、ほぼ完全な軸対象変形モードで圧潰(パイプ圧潰皺ピッチは、1.5~2.0mm)することが判明しており、衝突時のエネルギー吸収部材への適用が期待される。

さらに、図-1に見られるように、MHS成形体の圧縮変形特性は、MHS球サイズとシェル厚により、広範囲で制御することが可能であり、要求特性に応じて広い部位への適用が可能となる。

なお、落錘方式による衝撃圧縮試験により確認された圧縮変形時の歪速度の影響は比較的小さく、60%歪で比較してみると、10⁻⁴から10²までの歪速度変化に対して、最大40%程度の応力増大(30~42MPa)が認められている。

(3)成形体の曲げ特性

直径30mmのMHS成形体に対して3点曲げ試験を行ったが、50~230kgf程度の小さな荷重で容易に破断し、破断荷重はMHSサイズやシェル厚に大きく依存している。

一方、SUS304のパイプ(外径35mm、肉厚0.7mm)に内挿した試験体に対しては、パイプ単独時に比較して約4倍の最大変形荷重が観測されており、MHS充填により大幅に剛性が向上することが確認された。

3.3 MHSの成形試験

フラウンフォーファー研究所から購入したグリーン体MHSと焼結済みの個別球MHSに対して成型加工試験を実施した。基体であるスチロール球とバインダーの熱分解温度、焼結温度、雰囲気制御及び焼結時の与圧力の最適化により、良好な成形体を確保できることを確認した。焼結条件により加炭現象も認められるが、これは雰囲気制御で対処可能であることが判明している。

3.4 自動車部材への適用可能性の検討

(1)適用可能な部位とその期待効果

確認されたMHS成形体の基本特性

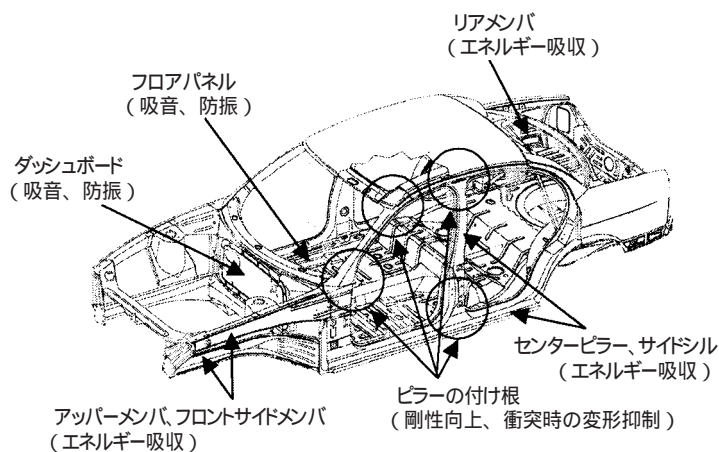


図-2 自動車への適用部位とその期待効果

表-1 パイプ構造材(材質SUS304)に対する軸方向圧縮変形時のMHS充填有無によるエネルギー吸収量の比較

外径×長さ (mm)	要素 (MHS充填の有無)	吸収エネルギー比 (50%変形)		吸収エネルギー重量比 (50%変形/重量)	
		パイプ基準	MHS基準	パイプ基準	MHS基準
50×100	パイプ単体(肉厚3mm)	1.0(基準)		1.0(基準)	
	MHS(3mm×40 μ m)	1.4	1.0(基準)	0.6	1.0(基準)
	パイプ+MHS(3mm×40 μ m)	2.3	1.7	0.7	1.3
80×100	パイプ単体(肉厚3mm)	1.0(基準)		1.0(基準)	
	MHS(3mm×40 μ m)	2.5	1.0(基準)	0.7	1.0(基準)
	MHS(3mm×100 μ m)	8.5	3.4	1.2	1.0
	パイプ+MHS(3mm×40 μ m)	4.2	1.0	0.9	1.3
	パイプ+MHS(3mm×100 μ m)	11.5	2.7	1.5	1.2

をふまえ、現行の自動車構造を前提とした適用可能な部位と、その期待効果を図-2に示す。いずれの部位においても、大きなエネルギー吸収と剛性向上及び、防振/吸音効果等を期待することが可能である(防振/吸音特性に関して今回は試験を実施していない)。

なお、記述のような特性からMHS成形体は、そのままの状態で使用することは不利であり、パイプ形状やチャネル形状への局所的な充填により、効果的に部材の特性を向上することが可能になる。

(2) 実装を想定した軽量化試算

実装時の軽量化試算例として、部材重量と吸収エネルギーとの比からその

軽量化効果を試算した。試算結果例を表-1に示すが、SUS304製のパイプ単独の場合に比較して、パイプ内部にMHSを充填した場合には、4~12倍のエネルギー吸収量が確保されており、MHS充填による重量増加分を考慮しても最大1.5倍程度のエネルギー吸収量が得られている。すなわち、同じエネルギー吸収量を想定すると、MHSの利用で最大50%の軽量化が期待可能と結論される。

④ 今後の展開

中空金属MHSの実用化を目指して、具体的な適用部品の選定と設計試作を行い、これらの部品特性評価に基づい

て、プロトタイプ実車搭載テストに向けて早期に移行することが必要である。併せて、原材料からMHS成形に至るまでの一貫した低コスト化を意識したMHS特性安定化技術の確立と、品質保証のための非破壊試験方式の検討が不可欠と考えられる。

⑤ おわりに

おわりにあたり、「超軽量機械要素部品開発委員会」の委員各位、(財)機械システム振興協会、並びに本事業の企画に際して支援いただいた経済産業省製造産業局鉄鋼課をはじめとして、ご指導とご協力をいただいた多くの関係者の方々に感謝を申し上げます。

第22回四次元サロンの お知らせ

日時：平成14年10月15日(火)
15:00~17:30

場所：JRCM会議室

話題：「超精密・超微細機械
加工の先端技術」

提供：理化学研究所
素形材工学研究室
大森 整 氏

くわしくはJRCMホームページを
ご覧ください。

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第192号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発行 2002年10月1日
発行人 小島 彰
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階
TEL (03) 3592-1282(代)/FAX (03) 3592-1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp