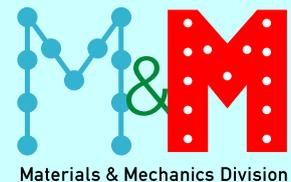


# Materials

&amp;

# Mechanics



Newsletter, Materials and Mechanics Division, JSME, No. 30, November, 2006



## 部門長就任にあたって

第 84 期部門長

東郷 敬一郎

静岡大学 工学部 機械工学科

北村隆行前部門長の後を引き継ぎ、第 84 期の部門長を仰せつかりました。この大役に身の引き締まる思いであります。岡崎正和副部門長、阪上隆英幹事をはじめとしまして運営委員会委員の皆様方のご協力に支えられ、材料力学部門のさらなる発展に向けて微力ではありますが全力を尽くしたいと思っております。

8 月 4 日～6 日、静岡大学浜松キャンパスにて M&M2006 材料力学カンファレンスが開催されました。猛暑の中、盛大に開催できましたことに大変ありがたく思っております。ご参加頂きました皆様方そして実行委員会の方々には厚く御礼申し上げます。

さて、今期の部門活動として特記すべきことは、過去 5 年間の活動に対する部門評価が行われるということ、JSME International Journal が廃止され、部門英文ジャーナルがスタートするということです。部門評価に関しましては、本部からの評価点に対して自己評価し、今後の活動方針を検討していくこととなります。これに対しては、第 2 技術(将来構想)委員会(委員長：岡崎正和副部門長)を中心に議論が進められております。また、部門英文ジャーナルに関しましては、昨年度の議論を経まして、「Journal of Mechanics, Materials and Processing」(補注)を材料力学部門と機械材料・材料加工部門が連合して発刊することになりました。材料力学部門では大野信忠(名古屋大学)編修委員長を中心に 2007 年初めの創刊に向けて準備が進められております。この部門英文ジャーナルがこの分野を代表するジャーナルとして世界に羽ばたいていくには、論文の投稿、校閲、

特集号の企画などにおいて部門の皆様のご協力とご支援が必要であります。よろしく御願申し上げます。

材料力学は、ものづくりの基礎であることはもちろんのこと、社会基盤、安全、安心を支える重要な学問であります。この分野に責任ある材料力学部門の状況について気になることを 2, 3 述べさせていただきます。一つ目は、第 3 位までの部門登録会員が 6 千名弱であるにもかかわらず運営委員会に繋がる各専門分野の人的ネットワークができていないということです。現状で、最もこのネットワークに近いのは部門所属の研究会・分科会、そして各講演会で企画される OS のグループです。これらを発展させて継続的なネットワークを組織化する必要があると思います。二つ目は、材料力学が MEMS やバイオなどの新領域へ進出し発展する一方で、社会基盤、安全、安心を支えるのに必要ないわゆる従来型の分野において人材が不足しシニア研究者の知識、技術の伝承が難しくなりつつあるということです。このことは、材料力学部門において産学連携がうまく進んでいないということとも無関係ではありません。これに対しては、従来のシーズ(学界)主導の研究会・分科会に加えて、ニーズ(産業界)主導の研究会・分科会が一つの鍵を握るのではと思っております。産業界が共通に抱えるニーズあるいは課題を掲げ、それを解決するために産学の若手、シニアの研究者が参加し、その活動の中で知識、技術の伝承も行っていく、必要ならば規格戦略にまで発展させていくというのは、決して夢物語ではないと思います。三つ目は、材料力学部門では、これまでに部門長が産業界から誕生し

ていないということです。もちろん、部門長は、選挙要領に基づいて選考された結果として、学界から誕生しているのですが、もし、産業界からも誕生するならば、材料力学部門に新しい風が送り込まれるのではないかと考えています。

材料力学が社会基盤、安全、安心を支える学問である以上、周辺の学際領域へ進出するとともに、屋台骨もしっかりと支えていかねばなりません。材料力学部門としては、学界と産業界が協力してシーズ主導の研究と

ニーズ主導の研究がバランスよく行われ、学術的にも、実用的にも発展していくことを目指す必要があると思います。今後、運営委員会でも議論を進めて行きたいと思えます。部門の皆様方のご協力とご支援をよろしくお願い申し上げます。

補注：編修委員会での検討により、JSME Int. J., Ser.A のサブタイトルを引き継いだ 'Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering' に変更予定。



## 材料力学の価値を目に見える形に

第 84 期副部門長

岡崎 正和

長岡技術科学大学 工学部 機械系

このたび、歴史のある材料力学部門委員会の副部門長に就任致しました。東郷部門長を支えて、足のついた活動を推進して参りたいと思えます。どうか、皆様のご指導・ご鞭撻をお願い申し上げます。

材料力学の分野は工学・工業の柱をなし、「安全・安心」、「設計」、「維持管理」、「健全性評価とその確保」などをキーワードとして、付加価値の高い一連の研究を行いつつ、工業界、ひいては人類の幸福・発展に寄与してきましたし、今後もその役割を全うすべきです。また、現在の潮流 - 「ユビキタス社会」、「地球環境と調和した社会」、「高齢化・福祉社会」の実現など - は我々の分野無くしてはあり得ません。しかし、その一方で、材料力学の分野は、いわゆる縁の下の力持ちの分野であることも一つの側面で、今後もしばらくその状況は続くでしょう。本部門の発展に長年尽力され、かつての本部門長も務められました村上敬宣教授(九州大学大学院)によれば、上記本部門キーワードの一つ「安全・安心」の確保に費やされる額は、国民総生産 GDP の 4% に相当しているとの試算があります。この値から本部門の価値を数値で計るには抵抗がありますが、本部門は少なくとも GDP の 4% 以上の価値を持っていることにまず誇りを持ちましょう。

ひと昔前まで、よく、機械工学(いや、材料力学か?)の研究者は農耕民族と、一方、IT をはじめとする応用物理学、電気・電子工学の研究者は騎馬民族と称されてきました。根っからの百姓生まれである私自身は、農耕民族であることに誇りを持っています。上記の本部門のキーワードの一つである「安全・安心」は自らの土地にしっかり根を生やし自ら耕してこそ始めて成立するものです。しかし、それは、仲間内にしかわからない感情かもしれません。外に向かって、見えない我々の存在価値をアピールすることが、これまで以上に要求されています。

さて、先般 2006 年 6 月の某原子力発電所のタービンの羽根の破損事故に関し、新聞報道によれば、「A 会社による設計ミスが原因で、補修に要する額は約 370 億円」と報道されました。その記事を議論するつもりは全くありませんが、同業者である我々の仲間が、ここ数ヶ月、この事故対策のため東奔西走していることを聞くにつけ心痛に耐えられません。個人的予想では、きっと、違った部署からも応援部隊が派遣され、対策に追われているに違いありません。今回の事故が被った額は、最低でも「タービン機器の補修+発電プラント停止期間中の電力販売量+突然の事故により設計・製造担当者に余分に発生した対策費+(事故が無かったときに設計・製造担当者が行っていたであろう本来の業務による稼ぎ額)+(応援部隊に余分に発生した対策費)+(事故が無かったときに応援部隊が行っていたであろう本来の業務による稼ぎ額)」を考えるべきことは容易に予想されます。この額は、我々の研究分野の価値に置き換えて見ることも可能でしょう。先般の報道額はきっと、上記の第 1 項のみの額と思われるかもしれませんが、これから考えると、「安全・安心額 GDP の 4% 相当」はもっと高くなるのではないのでしょうか。これを示すためには、目に見えない我々の分野を具体的に数値で表す努力をすることが求められているようです。

現在ほど、価値観念の多極化と仕事の分極化が進んでいる時代はあったでしょうか。これは時代の潮流として受け止めるべきことではあると思いますが、問題は、そのような中で、責任体制の不明確化が進み、プロ意識も薄まっているようにも感じます。本部門の特に若いみなさん、こんな時代だからこそ、目に見えない我々の農耕民族的活動と騎馬民族的存在価値を具体的に数値で表し、それを社会にアピールしましょう。



## M&M2006 材料力学カンファレンス報告記

坂井田 喜久  
静岡大学 工学部 機械工学科

### 部門賞授賞式報告

- 功績賞 岡部 永年 氏 (愛媛大学)  
「脆性固体等の破壊損傷の究明と評価法の確立とこの分野の発展に関する功績」
- 功績賞 清水 翼 氏 (内閣府原子力安全委員会)  
「構造解析技術による電力機器・半導体デバイスの信頼性向上に関する功績」
- 功績賞 関根 英樹 氏 (東北大学)  
「弾性力学, 破壊力学に関する理論的研究および工学的な応用研究とこの分野の発展に関する功績」
- 業績賞 坂 真澄 氏 (東北大学)  
「破壊力学および非破壊評価に関する一連の研究業績」
- 業績賞 服部敏雄 氏 (岐阜大学)  
「製品・機器の強度信頼性評価技術に関する一連の研究業績」



部門懇親会で浜松祭の練り体験

### カンファレンス総括

2006年8月4日(金)から6日(日)の3日間にわたり静岡大学浜松キャンパスにおいて「M&M2006 材料力学カンファレンス」が開催されました。本シンポジウムでは、材料力学に関する幅広い研究成果を発表し、多方面の研究者が議論、かつ、情報収集する場を提供しています。M&M2006では、8月初旬の暑い時期にもかかわらず、440名もの研究者にご参集いただき、307件の研究発表に対して活発な議論が交わされました。

今回のカンファレンスでは、13分野のオーガナイズドセッション(OS)と11分野の一般セッション(GS)を企画するとともに、渥美先生の没10周年を偲んだ「渥美光」記念セッションや、地域性を活かした産学連携フォーラム、技術ワークショップ、若手チュートリアル、部門懇親会などを実施しました。

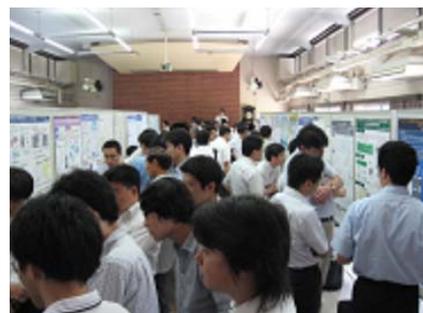
産学連携フォーラムでは、『輸送用機器の軽量化材料技術』と題して、バイクや自動車の軽量化に焦点をあてた材料技術を中心に最先端技術に関する5件の話題提供がありました。同時に、地元企業2社から二輪車の軽量化に関連する技術展示も開催し、実際に先端技術に接する機会を設けました。輸送機産業と材料力学とは密接な関係がある分野ですが、今回の企画を通して研究者・技術者間の交流をより促す良い機会となりました。

また、技術ワークショップでは『MEMSの開発の最新動向と材料力学への期待』と題して、様々な分野で実用化が開始されたMEMS開発の最前線に関する5件の話題提供がありました。MEMSの機能性発現を支える製品開発における材料力学の関わりと必要性を認識する貴重な機会となりました。

さらに、第一線で活躍されている研究者から材料力学に関する技術体系や先端技術を解説頂く場として「基調講演」を一室にまとめ、若手が自由に拝聴できる機会を設けました。また、部門英文ジャーナルに関する説明会の実施や部門賞授賞式でのスピーチ・授賞テーマ概要の掲載など、材料力学カンファレンスを活性化させる様々な新しい試みも実施させて頂きました。新しい試みゆえの問題点や失敗点、課題も多々あったと思いますが、今後の部門活性化の一助となれば幸いです。

学生員および准員の発表に対しては、ポスターによるプレゼンテーションを実施し、正員の皆様に「日本機械学会フェロー賞」の審査をお願いしました。この審査方法は、九州大学で行われた前回のM&M2005の審査方式を参考に、ポスターセッション専用の時間帯を設けて実施したもので、74件の候補者に対して審査員が十分に聴講できる体制としました。また、当該年度35歳以下の正員の口頭発表に対しては、材料力学部門優秀研究発表賞の審査を実施し、32件の候補者に対して厳選な審査が行われました。

最後となりましたが、遠方より多くの研究者・技術者、学生の皆様にご参加頂き誠にありがとうございました。また、オーガナイザーや座長・司会の皆様、講師の先生方、協力企業などのM&M2006材料力学カンファレンスの企画運営にご協力頂いた関係各位に深く御礼申し上げます。



ポスターセッション



## 学生・若手技術者向けチュートリアルを終えて

石原 正行

静岡大学 工学部 機械工学科

写真は企画立案した幹事の辻先生(左)と気楽な幹事の筆者(右)

2006年8月5日、静岡大学工学部(浜松市)において「学生・若手技術者向けチュートリアル」と題した企画を行いました。このチュートリアルは、全国から結集する若手の横断的な結びつきを深める場を提供しようとする企画で、2004年の秋田、2005年の福岡、そして2006年の浜松と、M&Mに併せて開催されています。この場を借りまして、幹事の辻知章先生(中央大学)と私より、ご参加くださった方に感謝したいと思います。ありがとうございます。

チュートリアルの開催時間帯には一般講演はありません。こういう場合、若い参加者はどこかへ出掛けてしまうのではないのでしょうか。若い人に参加してもらわないと始まらない企画ですから、若い人を惹きつけるテーマを決めなければなりません。さてと思案しましたが、そう簡単に思い浮かぶものでもなく、徒に時が流れるばかりです。いよいよ企画を固めなければならない段になって、幹事の辻先生の提案で「博士課程への進学を勧める企画にしたらどうだろう」という話になりました。時間的制約もあり安易に「それで行きましょう」となりました。随分気楽なものです。

とりあえず企画を表に出したのですが、冷静になってみると「参加者がいるのだろうか」と不安になりました。というのも、大学の研究室をご覧になってください。博士課程にいる学生といえば、大方が社会人が留学生ではありませんか？博士課程は若い日本の学生さんにとって魅力がないとまで言えば言い過ぎですが、少なくとも、研究発表を終え、ようやく解放された学生さんを掴むほどの力が、この企画にはないような気がしてきてなりません。実際のところ、人集めには少々苦労しました。

不安を抱えながら始まったチュートリアルですが、北村隆行先生によるご講演「博士課程への進学への勧め」が始まった途端、この企画の成功を確信しました。軽妙な語り口、明快な喩え話に、聴衆の心は見ると同時に惹きこまれていきます。特に私の印象に残ったのは、北村先生は博士課程での研究を明確に教育として捉え、そこに情熱を注がれている点です。北村先生の研



親子のような北村先生(左)と荒木先生(右)

究室にはたくさんの博士課程の学生さんがおいでですが、こういう方だからこそ人が集まるのだと思った次第です。

さて、次は荒木稚子先生のご登壇です。お察しの通り女性です。「私はこうして博士号を取得した」と、まさにこの企画向けのご講演題目です。ただでさえ博士課程に進む方が少ない中、女性ということで、進学に当たっては風当たりがあったとのこと。荒木先生は博士号をお取りになったばかりなので、進学を決意した経緯、研究生活についての体験談は新鮮で、聴衆の多くを占める若い人は我が身に置き換えお話を聞いていたことと思います。

そして次は、東芝の川上崇博士の「博士になって幸せですか in TOSHIBA」というご講演です。なかなか刺激的な題目で、どんなお話しが伺えるのだろうと参加者一同、身を乗り出しておりました。企業にお勤めということで、企業において博士号がどのような意味を持っているのかという観点からお話を戴きました。職場の博士号取得者からのインタビューを沢山盛り込んだユニークな発表です。興味深いのは、博士号を取得するメリット・デメリットを公平にインタビューされていた点です。最後には、進学するかしないかに係わらず、私達が機械技術者としてどうあるべきか、日本機械学会はどうあるべきかという、日本の未来を見つめたお話を伺い、参加者の共感を得られていました。



インタビューをもとに熱弁をふるわれる川上崇博士

お三方のご講演の後は懇親会です。幹事が強引にマイクを回して、参加者の生の声を頂戴しました。まさか、二時間程度の企画で、進路変更して博士課程に進もうとなるものではありませんが、「就職した後に必要となれば博士課程で勉強するのも悪くない」という声を聞きまして、企画した身としては報われる思いでした。

以上、不安の中で始まったチュートリアルでしたが、終わってみれば企画者の予想を超えるものとなり、三名の先生方および参加者の皆様に感謝の気持ちでいっぱいです。そして、今回を超える企画が今後も続いて行くことを期待しています。ご拝読ありがとうございます。

## M&M2006 における「渥美 光」記念セッションと渥美先生の思い出

セッションオーガナイザー：

静岡大学教育学部 畑 俊明

山形大学工学部 渡辺 一実



Professor I. N. Sneddon 宅 (Glasgow) にて

このたび、M&M2006 材料力学カンファレンスの実行委員長ならびに実行委員会の寛大なご配慮をいただき、「渥美 光」記念セッションを成功裏に終えることができました。関係各位に心から感謝申し上げます。今年は東北大学名誉教授・渥美 光先生が平成 8 年 10 月 9 日に亡くなってから丁度 10 年が経過します。昨年、ウーンで開催された熱応力国際会議の折に、議長の F. Ziegler 教授が熱応力の創始者とも呼ばれる E. Melan & H. Parkus の直系のお弟子さんであったこともあり、「Melan-Parkus Session」を企画されました。これを楽しく傾聴した我々も、何か渥美先生を記念するものが出たらいいなあ...と感じたところでした。帰国後、今回の M&M カンファレンスでのセッション公募がありましたので、「渥美 光」記念セッション企画を応募した次第です。

渥美先生は定年の年に“Collected Papers of Akira Atsumi”として 78 編の研究論文をまとめられています。渥美先生が修士の学生に与えたテーマによる論文はご自分が第 2 著者になること、そして博士課程の学生が書いた論文にも添削指導をして戴くのですが、著者名からご自分の名を削除し、学生の単名論文として発表させてられました。これは学生にとって大変有り難く、勉学の励みになりました。また、渥美先生は定年まで自らが計算を行い続けてられました。研究室でのお茶の際に、先生から「渥美君はまだ若い者と競争している」と非難されているとお話を伺いました。しかし、これが渥美先生の真骨頂であり、研究を通じた真の教育者であったことを如実に物語っています。このような真の師匠に縁することが出来たのは我々門下にとって最上の幸せであります。

渥美先生はご自分の研究を大きく 5 つに分類されています。すなわち、(1) 二次元応力集中、(2) 熱弾性、(3) コツセラ弾性、(4) 異方性弾性、(5) 弾性破壊力学、であります。このいずれも時代の先端を行く研究であり、国内外の研究者と競い合いました。終戦後間もない時期に、何もなところから応力集中問題の長大な計算を手回し計算器で行なったことに、今回の記念セッションでも多くの方が驚きを示しておられました。また、新婚の枕元で計算器を回されていたことも奥様から伺った記憶があります。先生は陰で大変な努力をされておりました。先生はいつも午後 4 時半頃には研究室を出て帰宅されず。不審に思い、一度伺ったことがあります。そうすると、5 時に帰宅して晩酌をされた後、7 時には就寝するとのことでした。ところが、午前 2、3 時頃に起床して、朝の NHK 連続ドラマまで研究するとのことでした。これじゃ敵わないのは仕方がない！と、諦めたものです。

今回の記念セッションでは、長岡科学技術大学の古口先生から基調講演をいただき、九州大学名誉教授 西谷先生他、門内外から 18 件の講演をいただきました。技術者として企業で活躍した同窓生も聴講に来てくれました。そして、渥美先生の研究や人となりについていろいろなお話を伺うとともに、企業の技術者として大きく成長した最後の三菱電機・三神泉氏による講演「すばる望遠鏡に用いた材料力学 (渥美先生が教えてくれなかったもの...?)」では、渥美先生は研究者のみでなく、真の人間教育者であったことを思い起こしてくれました。最後に、このセッションにご協力を頂いた方々に深く謝意を表すると共に、このような、先人の業績を忍び古きを訪ねることは、新鮮な感動を研究に提供していただけることと思いますので、このようなセッションが益々盛んになる事を祈っています。



昭和 40 年代中期の渥美先生



特集 最先端材料力学研究トピック 1  
表面改質による材料の高強度化

高橋 宏治

横浜国立大学 大学院工学研究院 機能発現工学専攻

近年、自動車や航空機などの分野では、高性能化、環境問題や省エネルギーに関連して、材料の高強度化が求められています。材料表面の高強度化としては、浸炭、窒化、高周波焼入れ、ショットピーニングなどの表面改質法が知られています。これらのなかで、材料の表面近傍に圧縮残留応力を付与することにより疲労強度を向上させるショットピーニングは、古くから用いられている方法です。ダブルショットピーニング、ストレスショットピーニングや温間ショットピーニングに関する研

究が盛んに行われ、一部では実用化されてきています。近年では、極めて微細な粒子を高速で投射する微粒子ピーニングの開発が盛んになってきています。また、レーザピーニング、キャビテーションピーニングなどのように、ショットを必要としないピーニング技術が開発され、実用化されています。

本特集では、表面改質による材料の高強度化に関して先駆的な研究を行っておられるお二方に、ご自身の研究内容をご紹介します。



キャビテーション・ショットレス・ピーニングによる疲労強度向上

祖山 均

東北大学大学院工学研究科ナノメカニクス専攻

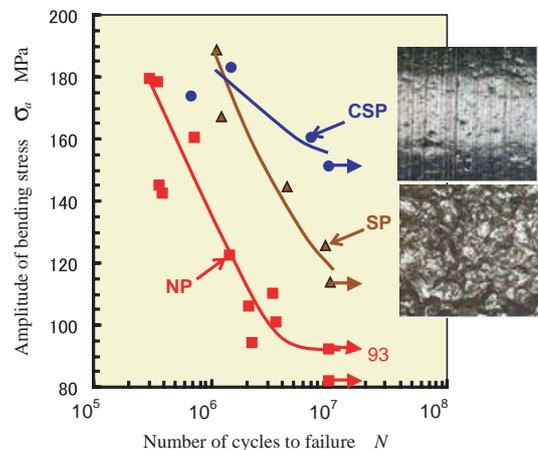
キャビテーションは、その気泡の崩壊時に、マイクロジェットや衝撃波を発生して局所的な領域に衝撃力を生じるので、一般には、ポンプやスクリー、バルブなどの流体機械に致命的な損傷を生じる「害悪」として知られています。しかしながら、キャビテーション衝撃力を制御・強化して、ショット・ピーニング SP のごとく、機械材料の疲労強度などを向上させる表面改質に有効利用することができます。キャビテーションを活用したピーニングでは、ショットを必要とせず、ショットレスでピーニングできるので、「キャビテーション・ショットレス・ピーニング CSP」や「キャビテーション・ピーニング」と呼ばれています。

我々は、ポンプやオリフィスマわりに生じるキャビテーション損傷を研究するなかで、短時間に流体機械を破壊するような激しい損傷をもたらすキャビテーションは、「単一気泡」ではなく、微細な気泡が列を成す「微細気泡列」であることを発見

しました。CSP では、水中に高速水噴流を噴射して、噴流まわりに生じる渦キャビテーションにより微細気泡列を高効率で発生させています。このキャビテーション気泡を伴う噴流をキャビテーション噴流と呼びます。特に、水を満たした水槽内に高速水噴流を噴射した場合を「水中キャビテーション噴流」と呼び、近年、我々が開発した「気中キャビテーション噴流」と区別しています。「気中キャビテーション噴流」とは、大気中に低速水噴流を噴射して、その中心部に高速水噴流を噴射することにより、水を満たした水槽を用いることなく、大気中に直接的にキャビテーション噴流を形成できます。この気中キャビテーション噴流により、水槽に入れられないプラント構成部品



オリフィス下流に激しい損傷を生じる微細気泡列



アルミニウム鋳物合金の CSP による疲労強度向上

や大型機器・部品なども CSP で処理することが可能になりました。さらに注目すべき事実は、「気中キャビテーション噴流」の方が、「水中キャビテーション噴流」よりもピーニング効果が大きいことです。

CSP では、ショットによる固体接触を生じないので、SP よりも表面粗さの増大を抑えて表面改質を行うことができます。近年、CO<sub>2</sub> 削減のための軽量化やリサイクルの観点から自動車部品に多用されつつあるアルミニウム合金やマグネシウム合金などの軽金属材料の疲労強度を、SP 以上に向上させることが可能です。また歯車などに用いられる浸炭したクロムモリブ

デン鋼についても SP 以上に疲労強度を向上できる成果を得ています。また CSP で処理した多結晶金属材料では、圧縮残留応力が導入されるにも関わらず、回折 X 線の強度分布の半価幅が減少するという興味深い現象も発見されています。さらに我々は CSP によりシリコンウェーハをクリーン化するゲッターリング法を提案しています。

現在、様々な実用部品へ展開が試みられており、平成 18 年度経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業に採択され、ピーニングの処理能力をパワーアップした装置を試作して研究開発しております。



## 反射ピーニングによる金属ベローズの疲労強度向上

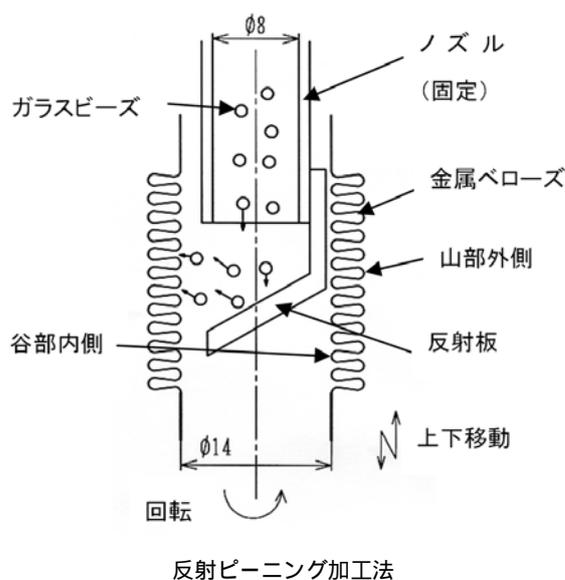
岡田 秀樹

日本発条株式会社 ばね生産本部 開発部

近年、地球環境問題あるいは省資源問題などの観点から自動車部品の小型かつ軽量化による燃費向上は重要な研究課題となっている。この課題を解決するための一つ的手段として自動車部品の疲労強度を向上させて、設計応力を高くすることによる部品の小型軽量化が考えられる。他方、最近の自動車分野においては、信頼性の高いシステムの必要性から気密性の高い金属シールが、従来のゴムや樹脂などの高分子材料のシールに替わって使われ始めている。金属シールの一つとして金属ベローズがあり、蛇腹状に成形された柔軟な機械要素部品であり、伸縮性・ばね性・気密性に優れている。図に金属ベローズの縦断面形状を示す。特に、厚肉小径のベローズは、小型高圧ポンプの伸縮シール部品として期待されている。しかし、従来の手法を用いた疲労強度向上による小型化には限界があり、金属ベローズの疲労強度が不十分なため実用化に至らなかった。一般に、ショットピーニングは、簡便でありながら疲労強度向上の効果が大きい表面改質法としてよく知られている。しかし、従来のショットピーニング法では、小径ベローズのような小径管の内面に対して有効なショットピーニングを行うことができず、疲労強度の向上は達成できなかった。

そこで、図に示すショット反射板を設けた細径ノズルを開発し、空気式ピーニング機械によって小型ベローズの内面にショットピーニング加工を行うことを可能にした。金属ベローズは、一般に自由長から圧縮して使用される。このとき山部（外径）の外側と谷部（内径）の内側には引張応力が働き疲労の起点になる。そこでショットピーニングは、疲労の起点になる山部外側と谷部内側を行った。その結果、反射ピーニングなしの金属ベローズの  $10^7$  回の疲労強度が 240MPa、これに対して反射ピーニングした金属ベローズの  $10^7$  回の疲労強度が 420MPa となり、疲労強度を 1.75 倍向上させることに成功した。

疲労強度を向上させる上で、結晶粒を微細にすること、硬さを高くすること、圧縮残留応力を導入することは特に重要である。そこで、表面を含めた全体改質として結晶粒を  $12\mu\text{m}$  と微細化し、硬さを高くするために析出硬化型のステンレス鋼 SUS631 を用いた。それに加えて反射ピーニングを行うことによって金属ベローズの  $10^7$  回の疲労強度が 585MPa となり、疲労強度をさらに 1.4 倍、合わせて 2.4 倍向上させることに成功した。金属ベローズの板厚が 0.1mm から 0.3mm と非常に薄いという形状面からの制約および加工性の点から伸びのある材料、たとえば廉価なステンレス鋼を適用しなければならないという工業面からの制約を考慮した場合において、最も適した複合表面改質法ではないかと考える。





## 特集 最先端材料力学研究トピック 2 環境に優しい材料

島村 佳伸

静岡大学 工学部 機械工学科

近年、地球温暖化対策のための二酸化炭素排出量削減の必要性や近い将来の化石資源の枯渇を見越して、環境に優しい材料に注目が集まっています。中でも機械材料に関して特に脚光を浴びているのが、植物由来プラスチックおよびそれと天然繊維との複合材料です。これらの材料の特徴は、原材料が植物資源であるため無尽の生産性を有すること、さらに生分解可能な材料が多く廃棄が容易であることに加え、生分解または焼却する場合に排出される二酸化炭素は植物の成長過程で再吸収され

るため結果として二酸化炭素が増えない(カーボンニュートラル)こと、また高い生体適合性を有する材料があることといった利点が挙げられます。一方、従来の石油由来プラスチックや繊維強化複合材料に比べて高コストであり材料特性に劣る点が多いといった問題点もありますが、最近の研究によりこれらの問題点が克服されつつあります。そこで本トピックでは、本分野の気鋭の研究者2名に最新の研究成果をご紹介いただきます。環境に優しい材料に関する理解の一助となれば幸いです。



## 生分解性樹脂ポリ乳酸の力学特性と複合化による高性能化

東藤 貢

九州大学 応用力学研究所 基礎力学部門

イモ類や穀類から採取される澱粉を原料として合成されるポリ乳酸(PLA)は、生分解性を有し、環境に優しくリサイクル可能な高分子材料として注目されている。また、PLAは、生体適合性に優れ、生体吸収性という特殊な機能を有するため、縫合糸や、抜去のための再手術が不要な骨固定材として、整形外科や口腔外科で使用されている。特に、口腔外科の分野では、従来の金属製インプラントを凌駕するまでになっている。

このように医療用材料としての応用が進んでいるPLAであるが、その力学特性は十分に理解されているとは言えない。筆者は、これまでPLA単体およびPLA系のポリマーブレンドや無機/有機複合材料の力学特性、特に破壊特性について研究を進めてきた。材料力学的アプローチに加え、力学特性の高分子化学的解釈および医用材料としての問題点や複合系新材料の臨床応用を見据えて、高分子化学、口腔外科、整形外科の各領域の研究者達との共同研究として研究に取り組んでいる。

PLA単体に関しては、破壊特性に及ぼす高次構造(結晶構造)、延伸、加水分解・酵素分解、変形速度の影響等について明らかにしてきた。PLAはアニーリング処理を施すことで容易に高次構造を制御できる。一例として、結晶成長が高度に進んだ状態の高次構造を図1に示す。また、静的および衝撃破壊特

性値に及ぼす結晶化度の影響を図2に示す。静的 $G_{IC}$ は結晶化度の上昇とともに減少するが、逆に衝撃 $G_{IC}$ は増加する傾向にある。このような興味深い現象は、き裂進展と高次構造との関係に及ぼすひずみ速度効果が重要な影響を及ぼしていると思われるが、その詳細なメカニズムについては未だ不明な点が多い。

複合系については、延性吸収性高分子材料であるポリカプロラクトン(PCL)をPLAにブレンドすることで破壊特性の向上が可能であることを見出している。PLA/PCL系は完全には相溶せず、PCLが球状構造(球晶)を成し分散する。PLA/PCLブレンドのマイクロ構造を図3に示す。球状PCLと周囲のブレンド相は、ナノサイズの分子束で連結されており、単純な相分離構造ではないことがわかる。最近では、このブレンド系にLTIなどの添加剤を加えることでPLAとPCLの相溶性が改善され、破壊特性が大幅に改善されることを確認している。重要な医療用複合材料として、骨の主成分であり生体親和性に優れたハイドロキシアパタイト(HA)の微粒子をPLAに分散させた複合材料があり、骨固定材としての応用がようやく始まったところである。著者らは、HA微粒子の形状が複合材料の破壊特性に及ぼす影響を調べ、最適な粒子形状を明らか

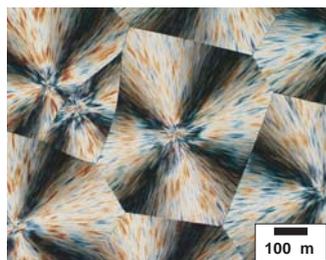


図1 PLA 結晶構造

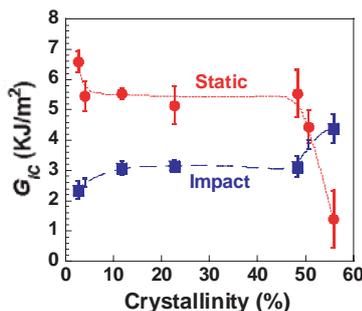


図2 臨界エネルギー解放率の結晶化度依存性

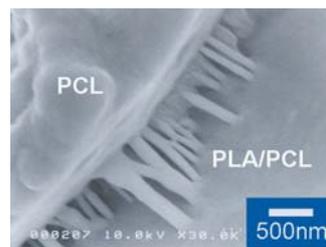


図3 PLA/PCL ブレンドのマイクロ構造

にした。また、HA 粒子の分散により、PLA 単体より破壊特性が低下する傾向にあるが、この複合材料に PCL をブレンドした 3 成分系複合材料は、PLA 単体と同等の破壊特性を有することを見出した。医療材料としての PLA に特化して考えると、今後の重要な課題としては、まず力学特性を向上させた吸収性材料の開発が挙げられる。一方、ほとんどの PLA 製インプラントの形状は、金属製インプラントの形状がそのまま転

用されており、その形状が最適であるかどうかは疑問である。PLA の力学特性を踏まえた上で生体力学と構造力学の観点からインプラントの形状を見直すことも重要であろう。さらに、吸収性材料は再生医療用スキャホールドとしても注目されており、特殊な構造を持つ吸収性スキャホールドも材料力学的に興味深い問題である。



## 循環型社会の実現に貢献するグリーンコンポジット

高木 均

徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部

現在、これまでの大量生産、大量消費、大量廃棄型の社会システムから、資源保全、リサイクル、再資源化を基調とする資源循環型社会への転換が求められています。機械構造用材料の分野では、これまでガラスやカーボンなどの無機繊維でプラスチックを補強して強度・剛性を著しく向上させた FRP (Fiber Reinforced Plastics) が、宇宙・航空産業をはじめ自動車、鉄道、土木建設業、医療分野など幅広い分野で用いられてきました。しかしこのタイプの非生分解性 FRP は、製造ならびに廃棄時における環境負荷が大きいので、来るべき循環型社会の構築に向けて、これに代わる環境負荷の少ない複合材料の開発が社会から求められています。そして 2005 年に愛知県で開催された「愛・地球博」を契機に、環境に配慮した樹脂材料や複合材料がいつそう注目されるようになってきました（一人乗り自動車「アイユニット」のボディはケナフ強化グリーンコンポジットで作られていました）。ここではグリーンコンポジット（天然繊維で強化した環境に優しい複合材料）の特徴と最近の話題について紹介します。

**高強度グリーンコンポジット** 著者の研究室ではこれまで竹繊維束およびマニラ麻繊維束を用いた高強度グリーンコンポジットの開発を行ってきました。2000 年には爆砕処理により抽出した高強度竹繊維とデンプン系生分解性樹脂を組み合わせた一方強化材で 200MPa 以上の引張強度を有するグリーンコンポジットの試作に成功しました。図 1 は試作材内部の断面写真です。色の少し濃い部分が生分解性樹脂で、極めて大量の竹繊維を含んでいることが分かります。2002 年には新しい複合化手法を用いて同一樹脂にマニラ麻繊維束をさらに高い割合（70wt.%）で添加した一方強化材ならびにクロスブラ

イ材の開発を行いました。特性評価の結果、それぞれ材料は 400MPa、200MPa の引張強さを有しており、開発したグリーンコンポジットが構造用材料として十分適用可能なレベルの強度特性を有することを明らかにしました。

**高機能グリーンコンポジット** 天然繊維の中心にはルーメンと呼ばれる空洞があります。この空洞を生かしてグリーンコンポジットを作製すると、生分解性、断熱性、振動減衰性等の機能性を高めることが可能になります。すなわち、生分解性樹脂の強度改善のために天然植物繊維との複合化を行うことは、単に機械的特性の改善のみならず、さまざまな機能の向上にも貢献する可能性を秘めているわけです。またさらには生分解性樹脂と比較して天然繊維は比較的安価であるため、天然植物繊維との複合化によってトータルの材料コストの低減に繋がることも重要な事項です。

**バイオマスマーク** 農林水産省は 2006 年 2 月に新たな環境指標として製品中に含まれるバイオマス資源の割合を示すバイオマス度を提案しました。そして日本有機資源協会と協力して、図 2 のようなバイオマスマークの試験運用を開始しました。今後はこのバイオマスマークの有無によって製品の環境への貢献度を容易に識別できるようになります。このため企業にとってはこのマークの取得が企業価値を上げ、社会的評価を獲得することにつながる重要課題になると考えられています。グリーンコンポジットの多くは 100% バイオマス由来ですので、今後ますますグリーンコンポジットが注目されることになるでしょう。

2006 年には、筐体部分がバイオマス度 90% のグリーンコンポジットを用いた携帯電話も市販されるようになりました。今後は、グリーンコンポジットを様々な機器へ適用するための製造プロセス技術の開発と共に材料力学を駆使して強度特性・機能特性のさらなる改善に取り組む必要があると考えています。

生分解性樹脂 竹繊維

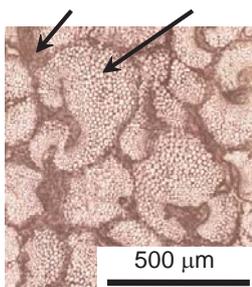


図 1 竹繊維強化グリーンコンポジットの内部組織



図 2 バイオマスマーク

# Materials and Mechanics Division Newsletter No. 30

## 目次

- |  |            |                  |
|--|------------|------------------|
| 1. 部門長就任にあたって                          | 第 84 期部門長  | 東郷 敬一郎 (静岡大学)    |
| 2. 材料力学の価値を目に見える形に                     | 第 84 期副部門長 | 岡崎 正和 (長岡技術科学大学) |
| 3. M&M2006 材料力学カンファレンス報告記              |            | 坂井田 喜久 (静岡大学)    |
| 4. 学生・若手技術者向けチュートリアルを終えて               |            | 石原 正行 (静岡大学)     |
| 5. M&M2006 における「渥美 光」記念セッションと渥美先生の思い出  |            | 渡辺 一実 (山形大学)     |
|  |            | 畑 俊明 (静岡大学)      |
| 6. 特集 最先端材料力学研究トピック 1 「表面改質による材料の高強度化」 |            | 高橋 宏治 (横浜国立大学)   |
| キャピテーション・ショットレス・ピーニングによる疲労強度向上         |            | 祖山 均 (東北大学)      |
| 反射ピーニングによる金属ペローズの疲労強度向上                |            | 岡田 秀樹 (日本発条)     |
| 8. 特集 最先端材料力学研究トピック 2 「環境に優しい材料」       |            | 島村 佳伸 (静岡大学)     |
| 生分解性樹脂ポリ乳酸の力学特性と複合化による高性能化             |            | 東藤 貢 (九州大学)      |
| 循環型社会の実現に貢献するグリーンコンポジット                |            | 高木 均 (徳島大学)      |
| 10. ニュースレター目次                          |            |                  |
| M&M2007 材料力学カンファレンス (東京大学生産技術研究所) ご案内  |            | 泉 聡志 (東京大学)      |
| 編集後記                                   | 広報委員長      | 荒井 政大 (信州大学)     |

### M&M2007 材料力学カンファレンスへのお誘い

<http://jsme.kir.jp/Kouenkai/mmdconf07/>

2007 年 10 月 24 日 (水)~26 日 (金) までの 3 日間にわたり東京大学生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 <http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/>) において、M&M2007 材料力学カンファレンスを開催致します。本カンファレンスでは、50 %以上の企業からの参加登録を目指し、多くの企業研究者の方に運営委員会に加わっていただき、様々な企画 (産学連携ポスターセッション、“材力はこれでもいいのか” パネルディスカッション、学生チュートリアル、多数の技術 O S 等) を準備中です。また、いくつかの大きなチャレンジを試みております。機械学会のサーバーを使った講演申込・論文投稿の Web 化、講演論文集の CD-ROM 化、新英文ジャーナル (Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering) との連携の実現を検討中です。本カンファレンスを通じて、今後の材料力学分野・学会・講演会のあり方について皆様と深く議論できることを楽しみにしております。



<http://jsme.kir.jp/Kouenkai/mmdconf07/>

M&M2007

実行委員長 酒井 信介 (東京大学)  
 運営委員長 吉川 暢宏 (東京大学)  
 幹事 泉 聡志 (東京大学)

### 編集後記

ニュースレターのお仕事、安易にお引き受けしたものの、紙面のレイアウトやデザインといった美的センスを要求する仕事にはまったくもって不向きな広報委員長のため、紙面構成のほとんどは高野直樹前委員長のレイアウトをそのまま踏襲させて頂きました。MS-Wordでの組版がうまく行かず、土壇場で L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X を使って構成作業をやり直す始末で、素人同然の仕事に我ながら呆れてしまった次第です。本号のニュースレターは、M&M2006 材料力学カンファレンスの中からのトピックスを中心とした記事を編集させて頂きましたが、いかがでしたでしょうか。内容に関して御感想などありましたら、ニュースレター発行担当委員会まで忌憚のない御意見をお寄せ頂けたらと存じます。最後になりますが、大変お忙しい中、部門長、副部門長をはじめ、本ニュースレターに記事をご執筆頂いた方々に、広報委員会メンバーを代表し、厚く御礼を申し上げます。(荒井@信州大)

(社) 日本機械学会ニュースレター No. 30

ニュースレター発行担当広報委員会

荒井政大 (信州大)、高橋宏治 (横浜国立大)、脇 裕之 (大阪電通大)、島村佳伸 (静岡大)、真田和昭 (富山県立大)、清水理能 (富山大)

発行 2006 年 11 月 1 日

発行者 (社) 日本機械学会材料力学部門 東京都新宿区信濃町 35 番地 信濃町煉瓦館 5F

TEL:03-5360-3500, FAX:03-5360-3508, <http://www.jsme.or.jp/mmd/>