ISSN 1340-6639

MATERIALS and PROCESSING

Materials and Processing Division Newsletter November 2018

NO.56

日本機械学会
機械材料・材料加工部門ニュースレター

巻頭言

自己治癒・自己治癒修復材料の今後の展望と課題

横浜国立大学大学院工学研究院
中尾　航

自己治癒材料，自己修復材材料研究は，昨年 12 月の自己修復するガラス（東京大学：相田卓三教授，http://wwwitmedia.co.jp/news/articles/1712/18/news 082.html）の研究開発を皮切りに，同 12 月に骨と同様に自己治癒するセラミックス（物質・材料研究機構：長田俊郎博士，https://news.mynavi.jp/article/20171222-561273/），今年 4 月の自己治癒するイオンゲル（横浜国立大学：渡邉正義教授，http://www.ynu.ac.jp/hus/koho/20653/detail.html）など関連する研究成果がプレスリリースされ，世間に注目されている．著者らの研究成果（自己治癒性を有する革新的構造用セラミック材料の開発）についても，海外向け政府広報誌「High-lighting Japan」(2018 年 4 月号，http://dwl.gov-online.go.jp/video/cao/dl/public_html/gov/book/hlj/20180401/html5.html#page=25）において，日本を代表する研究成果として広報されている．さらに，今年 10 月には，日経 X-tech Expo において，自己治癒材料に関する大規模なセミナーが実施されるなど，個々の研究成果への注目度が高いだけでなく，分野としての関心度が日増しに大きくなっている．

本特集では，個々の素晴らしい自己治癒材料・自己修復材料の成果が紹介されるが，本稿では自己治癒材料研究分野が抱えている課題と今後の展望について論じる．

自己治癒材料研究は，各材料系における自己治癒や自己修復（以下，まとめて自己治癒）という挙動に注目されて開始されてきたこともあり，材料の種類ごとに研究が進められてきた．自己修復という 1 つの機能に着目して，いろいろな研究者が集まってきたのは最近のことである．このため，一般的に自己治癒材料や自己修復材料という名称から受けるイメージは，自発的に傷を治すことができる材料というものであり，これらを総じて自己治癒材料，もしくは自己修復材料と呼んでいるのが実情である．（以下ではまとめて自己治癒材料と呼ぶ）．

この用語の未定義，未分類な状態は，多様な研究者を集めることができる反面，自己治癒材料を使いこなす議論をする上では，大きな障害となっている．

例えば，自己治癒材料の大きな分類の方法の一つとなる自己治癒機能を発現するトリガーの種類により，自己治癒材料のアドバンテージの考え方を根本的に変えてしまう．自己治癒機能が損傷発生をトリガーとする場合，自己治癒材料は損傷発生により減じたパフォーマンス（例えば強度など）を稼働中に自ら回復しようとするため，自己治癒機能が良好な期間内は部材としてのパフォーマンスを一定もしくは微減で保持することができるために，メンテナンスフリー性の達成など，信頼性向上が主としたアドバンテージとなる．これに対して，自己治癒機能が何らかの処理（例えば熱を加えるなど）をトリガーとする場合，損傷発生から自己治癒処理までの間は部材としてのパフォーマンスが大きく減じた状態で稼働することになる．しかし，自己治癒処理により損傷を取り除くもしくは減衰させることにより，予寿命を大幅に回復することができる．このため，自己修復材料の主たるアドバンテージは，寿命延長となる．（著者はこのような機能はアンチエージングとした方が魅力的に受け入れられると考えている．）

自己治癒材料研究は，これまでのような研究シーズの創出一辺倒の時代から研究シーズの活用を行う（具体的には，自己治癒材料の一般化，普及）段階に移ってきた．特に，上記した通り，自己治癒材料の本格的な適用を検討し始めるためには，自己治癒材料の言葉の定義，および自己治癒材料の分

類に関する国際的な共通認識を固めることが必要である．

この課題に対して，著者は，VAMAS（ベルサイユ条約に基づく先進材料のプレ標準化に関する国際協力プロジェクト）の運営委員会に，次年度自己治癒材料に関する技術作業領域を新設することを提案している．この技術作業領域では，自己治癒材料の用語の定義，分類を国際的に決定することから開始し，自己治癒能力の定義およびその標準的な評価手法の確立など，自己治癒材料を使いこなすために必要となる技術について，国際的なコンセンサスを確立していくことを目的とする．

さらに，自己治癒材料の普及に必要な国際標準には，計測技術はもちろん，その加工方法など様々な課題が山積している．当部門にこれらの専門家が数多く所属していることもあり，部門挙げてのプロジェクトに発展できると考えている．是非，今後の展開にご期待ください．

■特集：自己治癒・修復材料

□　特集１　ナノ金属粒子分散酸化物複合材料の自己治癒の速度論発現機構　□

長岡技術科学大学
南口　　誠

1. はじめに

構造用セラミックスは，耐摩耗性や耐食性など優れた特性を有するものの，機械加工が難しく，脆性であることから，その利用は大きく広がっているとは言えない状況である．そのため，従来から，靱性が高い構造用セラミックスが開発されている．窒化ケイ素や部分安定化ジルコニアがその代表格であり，最近では,3 元系層状構造炭化物・窒化物であるMAX 相セラミックスもその１つである．さらに，セラミックスファイバーやウィスカーと組み合わせて高強度化，高靱性化を図るセラミックス複合材料，あるいはナノ粒子を分散し，高靱性化を実現するナノコンポジットも多く報告されている．

一方，セラミックスの表面に生じるクラックを無害化する試みも，近年，進められている．安藤らのグループは，構造用セラミックス中に SiC 粒子や SiC ウィスカーを分散し，その高温酸化で生じる酸化生成物によってクラックを埋め，応力集中を緩和することで，機械的強度の回復が可能であることを見出した[1]．この研究は，その後，SiC 以外の非酸化物，例えば，Ni や Co といった金属でも同様の効果があることが確認された．また，前述の MAX 相セラミックスである Ti_2AlC といった単相セラミックスでも酸化生成物で亀裂を埋めることでクラックの無害化が見出され．この分野の研究は世界的な広がりを見せている．高温で利用される構造用セラミックスであれば，クラックが生じてその場で無害化されるので，自己治癒セラミックス(Self-healing Ceramics)と呼称されることが多い．

構造用自己治癒セラミックスであっても，どのように酸化生成物が形成し，表面クラックを充填するかといった物理化学的な側面は自己治癒機能を考える上で非常に重要である．当研究グループでは，ナノ Ni 粒子分散 Al_2O_3[2]やナノ Ni 粒子分散ムライト[3]の自己治癒特性や高温特性を検討するとともに SiC 粒子分散アルミナなどについても検討を行い，表面に生成する酸化生成物の速度論について検討してきた．ここでは，我々の研究結果を中心に，非酸化物粒子分散酸化物セラミックスの自己治癒性について解説する．

2. 非酸化物粒子分散酸化物セラミックスにおける自己治癒機能の分類

図１に非酸化物粒子分散酸化物セラミックスにおける自己治癒機能の分類を示す．まず，酸化時の体積膨張が大きい非酸化物を比較的多く分散した場合を考えよう．この場合，表面クラックで雰囲気に暴露される分散粒子は多くなる．したがって，高温酸化により生成する酸化生成物は体積的にも大きくなる．そのため，クラックは簡単に充填される．この場合，形成する酸化物が陽イオンの拡散が優勢でクラックの空間を埋める形に拡散すれば，クラックの充填は理想的に行われる．そうでない場合は酸化生成物に可塑性がないと，かえって表面クラックを広げてしまう．SiC 粒子分散系では可塑性の高いアモルファス SiO_2 が酸化生成物として形成し，クラックを充填するものと推察される．SiC 分散アルミナや SiC 分散ムライトなどはこのタイプに分類される．Osada らは SiC 分散アルミナに MnO を加えることでアモルファス SiO_2 の粘度を下げ，より低温での自己治癒に成功している[4]．

非酸化物粒子の分散量が少なくなると，表面クラックを埋めるのに充分な酸化生成物が得られなくなる．その場合，マトリックスの酸素透過能に従って，マトリックス内の分散粒子が酸化される．この場合，酸化物イオン（O^{2-}）の透過によって分散粒子が酸化されると，その粒子は体積膨張を起こす．その場合，マトリックスの可塑性が乏しいとマトリックスにクラックが生じる．Ni 粒子分散ジルコニアなどではこのような状態になり[5]，表面クラックの自己治癒は起きない．

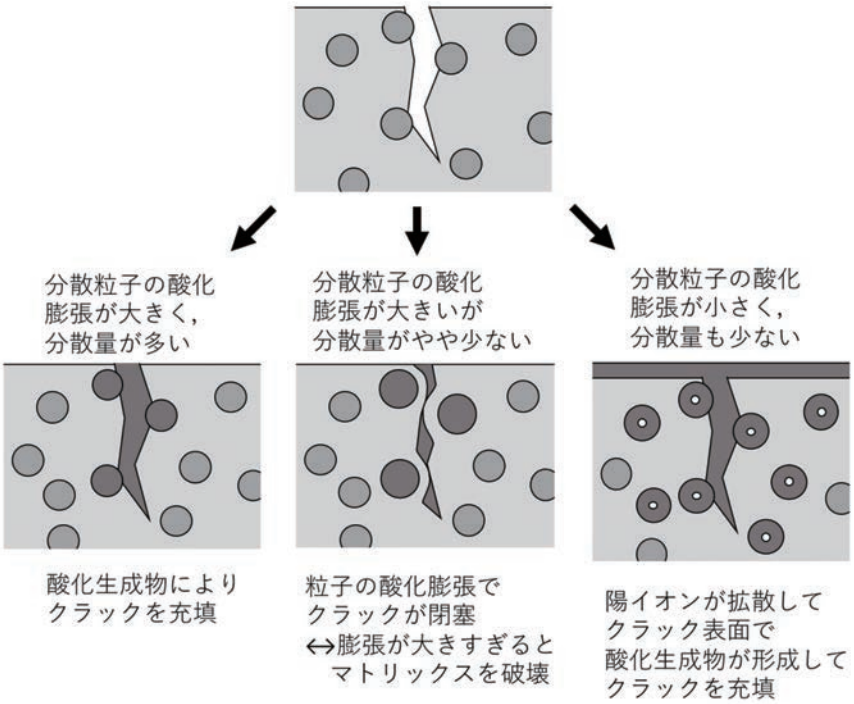


図１　非酸化物粒子分散酸化物セラミックスにおける自己治癒機構の分類

可塑性がある場合は表面クラックが閉じるようにマトリックスが膨張する．しかし，多くの構造用セラミックスは高温で軟化するようでは高温構造用材料として利用できないので，こういったクラックの自己治癒は期待できない．

一方，ある程度の陽イオン拡散が期待できる場合，マトリックス内部から表面に向かって物質移動が起き，表面で酸化生成物が形成する．これによりクラックが充填されれば強度回復が期待できる．Ni 分散アルミナや Ni 分散ムライトはこのようなメカニズムで表面クラックの無害化が起きているものと考えれらる．すなわち，マトリックスの拡散挙動は自己治癒性に大きな影響を及ぼす．

アルミナはその結晶粒界での拡散が主体的となり，酸化物イオンも陽イオンも拡散することが知られている．陽イオン拡散が圧倒的に大きい場合，分散粒子およびその周囲から陽イオンが拡散して材料表面に酸化生成物が形成するので，分散粒子と同程度の大きさのボイドを形成する．アルミナの場合は両方が起きるのでそのボイドの大きさはある程度小さくなる．ムライトの場合，陽イオンの拡散の寄与がさらに小さいようで，ボイドの大きさはさらに小さくなる．

Ni 粒子を分散した Al_2O_3 の場合，Ni イオンが外方拡散して表面に $NiAl_2O_4$ を形成する．この場合，Al_2O_3 粒界における Ni イオンの拡散が主体的になる．そのため，分散粒子を構成する金属粒子の陽イオンが外方拡散する．一例ではあるが，SiC 粒子分散 Al_2O_3 では Al_2O_3 粒界を Al^{3+} か Si^{4+} が拡散する．これらの陽イオンは Al_2O_3 粒界での拡散があまり速くないため，自己治癒の速度はあまり速くない．

3. まとめ

構造用セラミックスとして，非酸化物粒子分散酸化物セラミックスの自己治癒性を物理化学的側面から議論した．こういった議論をするためには，構造用セラミックスである Al_2O_3 やムライトの拡散，特に，陽イオンと酸化物イオンを分けて議論できるデータが必要である．しかし，こういった基礎データが，実のところ，充分にあるとは言えない状況である．こういった分野の基礎研究へも充分な投資がなされることを期待したい．

参考文献

1）Nakao, W. et al., “6. Self-healing of Surface Cracks in Structural Ceramics”, Self-healing Materials-Fundamentals, Design Strategies, and Applications, edited by Ghosh, S. K., Wiley-VCH (2009), pp 183-218.

2）Maruoka, D., and Nanko, M., “Recovery of Mechanical Strength by Surface Crack Disappearance via Thermal Oxidation for Nano-Ni/Al_2O_3 Hybrid Materials”, Ceram. Intl., Vol. 39 (2013) pp. 3221-3229.

3）Pham, V. H., et al., “Self-Healing of Ni/Mullite Hybrid Materials via High-Temperature Oxidation”, Mater. Trans., Vol. 58 (2017) pp. 1081-1088.

4）Osada, T., et al., “A Novel Design Approach for Self-Crack-Healing Structural Ceramics with 3 D Networks of Healing Activator”, Scientific Reports, Vol. 7 (2017), Article number : 17853.

5）Nanko, M., et al., “High Temperature Oxidation of Y_2O_3 Partially-Stabilized ZrO_2 Composites Dispersed with Ni Particles”, Mater. Trans., Vol. 44 (2003), pp. 736-742.

□ 特集 2 自己修復性高分子材料の研究開発動向 □

東京工業大学
大塚 英幸

はじめに

高分子材料は，軽量で加工しやすいといった特徴から，生活を支える汎用性材料から最先端素材まで広く活用されている．材料自身が傷をなおす自己修復性高分子材料（図 1）は，安心・安全な材料という視点のみならず，宇宙・水中・地中・精密機器の内部・人体内など，修理や交換が困難あるいは望ましくない場所での使用が期待されている．

本稿では学術研究を中心に，自己修復性高分子材料に関する研究開発の動向について概説する．参考までに「自己修復」の英語は，“self-healing”である．分野によっては「自己治癒」という用語が使われている．高分子分野では前者が頻繁に使われるため，本稿では「自己修復」という用語を用いる．

修復機構に基づく分類

修復可能な高分子材料に関する研究開発は，近年，極めて活発化しており，多くの報告例があるが，修復機構の違いから物理的アプローチと化学的アプローチに分類した（図 2）．前者は基本的に化学反応を伴わないのに対し，後者は化学反応や積極的な分子間相互作用を利用するという違いである．

物理的アプローチに基づく自己修復性高分子材料

物理的なアプローチによる自己修復の機構は，ほとんどが高分子鎖ネットワークの弾性力に基づいている．高分子材料表面が力学的な刺激によって受けた凹み傷は，弾性エネルギーに変換されて蓄積され，徐々に時間の経過とともに弾性力の復元によって元の形状へと回復する．このアプローチに基づく材料は，表面の傷を修復できるコーティングやフィルムなどに展開されており，学術研究にとどまらず，市販に至っているものも多数ある．

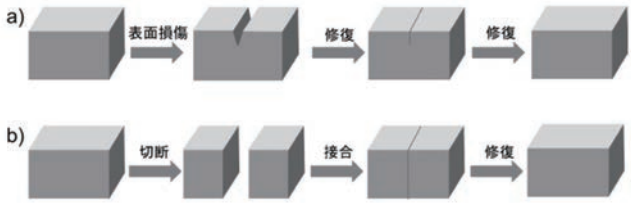


図 1 自己修復性高分子材料の概念図：
a）材料表面の自己修復，b）材料全体の自己修復

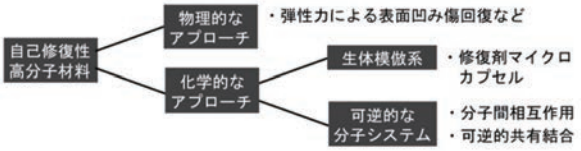


図 2 自己修復性高分子材料の分類

化学的アプローチに基づく自己修復性高分子材料

化学的なアプローチは，高分子材料に修復剤を導入する生体模倣系と，高分子材料を構成する分子鎖そのものに可逆性を付与し，分子レベルでの修復性を実現する手法がある．

2001 年，米国イリノイ大学の研究グループは，修復剤入りのマイクロカプセルを利用した自己修復性高分子材料を提唱した．この修復機構は，損傷部分でのみ修復剤がカプセルから滲み出して固化して傷を修復するため，生体の修復系に似ていることが特徴である．生体模倣系の最大の利点は，既存の硬い高分子材料に対して比較的簡便な手法により自己修復性を付与できる点である．

修復剤を利用する系とは対象的に，可逆的な分子システムを利用する自己修復系は，高分子材料を構成する分子鎖そのものを改変することで可逆性を付与し，分子鎖レベルで修復性を発現させようとする手法である．可逆的な分子システムを利用する自己修復系は，さらに 2 つに分類することができる．1 つは分子間相互作用を利用する自己修復系である．分子間相互作用とは，いわゆる非共有結合であり，静電的相互作用，水素結合，配位結合，などの可逆的な相互作用である．架橋高分子の分子鎖中に可逆的な分子間相互作用が組み込まれると，特定の状況下において高分子鎖は可逆的に解離したり，組み換わったりする．自発的あるいは簡単な外部刺激により，損傷界面で可逆性が確保されると，架橋部分の組み換えが起こり，架橋高分子は自己修復性を発現する．

可逆的分子システムを利用するもう 1 つの自己修復系は，特殊な共有結合を活用するものである．可逆性の共有結合を導入することで，架橋高分子中の分子鎖は互いに交換できるようになり，自己修復性が発現する（図 3）．

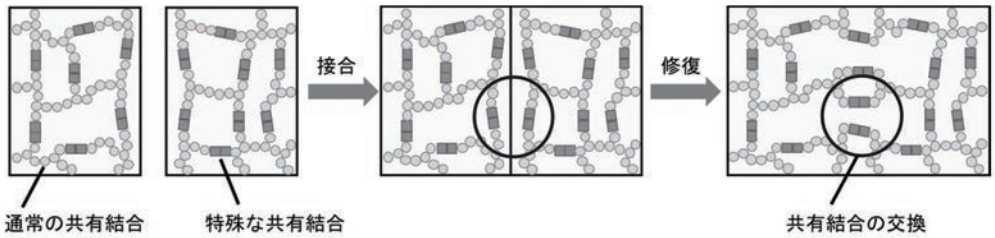


図 3 可逆的分子システムを利用する自己修復性高分子材料の修復機構

修復剤を用いる自己修復系と比較して，可逆的分子システムに基づく自己修復系は，高い割合まで力学物性が回復する系を実現できる．ダンベル型の試験片の中央部分をカミソリ等で 2 つに切断し，切断面を接触させて一定時間が経過した後，引張試験を行うことで自己修復性を評価できる．切断していないオリジナル試験片の破断強度や破断歪みを 100% とすることで，自己修復性を修復率として百分率表示で算出できる．オリジナル試験片と自己修復させた試験片の応力－歪み曲線を比較することで，自己修復性を詳細に解析することも可能である．詳細は紹介しないが，筆者のグループでは，可逆性を有する特殊な共有結合を架橋高分子中に導入することで,95% 以上の修復率で力学物性回復を示す自己修復性高分子の開発にも成功している．

おわりに

ここまで示した通り，自己修復性高分子材料の動作原理は，分子レベルでかなりの解明が進んできた．まだ解決すべき課題もあるが，大きな潜在性を有している材料であることは間違いない．2017 年に開催された自己修復性材料に関する国際会議では,2025 年の自己修復性材料に関する市場規模が約 1 兆円になると試算した調査会社があることも紹介された．今後，自己修復性材料に関する研究開発は，さらに活発化すると予想される．

□　特集 3　バクテリアを用いた自己治癒コンクリート技術　□

アイザワ技術研究所　株式会社
河田　義郎

はじめに

オランダ・デルフト工科大学のヘンドリック M. ヨンカース博士は,2006 年より，コンクリートのひび割れをバクテリアの持つ能力を利用して自己治癒する「バイオコンクリート」の開発に着手し,2010 年に最初の生コンクリート混入型自己治癒材料の開発に成功した．この技術が持つ構造物の長寿命化と，メンテナンス作業及びコストを大幅に削減できることへの可能性は非常に高く評価され,2015 年には欧州特許庁による欧州発明家賞にノミネートされた．

自己治癒機構

この自己治癒システムは，アルカリ耐性を持つ特殊なバクテリアを乾燥状態にして休眠させ，乳酸カルシウムといった栄養素と一緒にカプセル化してコンクリート製造時に混入する．コンクリートが硬化した後にひび割れが発生し，雨水などの水分が浸入すると，バクテリアは乾燥状態で身を守っていた胞子の殻を破り活動を開始する．活性化したバクテリアは，栄養素と酸素を吸収して炭酸カルシウム（石灰石）を生み出しひび割れを閉塞し，水分の浸透を抑制することで内部の鉄筋腐食を防止する．[図 1]

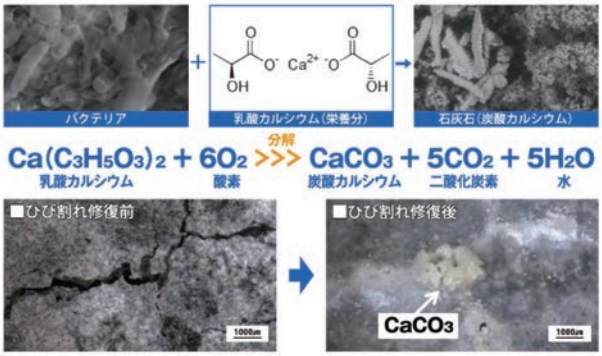


図 1　バクテリアによる修復メカニズム

修復には平均で 6 週間程度がかかる．なお，この特殊なバクテリアは，乾燥環境におかれれば 200 年程度コンクリート中で休眠する事ができる．

Healing Agent（HA）

HA は，生分解性プラスチックでコーティングされた自己治癒コンクリート用カプセル材料で，コンクリート 1 m^3 あたり 5.0～7.5 kg を添加する．添加方法としては骨材と一緒にミキサーに直接投入する方法，ミキサー車への直接添加のどちらも可能である．

生分解性プラスチックでコーティングされた HA は，練り混ぜによる骨材などとの摩擦に耐え，バクテリアはコンクリート内部で休眠を続ける．そして，ひび割れが発生し，水と酸素がひび割れに浸入すると，それがトリガーとなってバクテリアは活性化する．まず覚醒したバクテリアは，乳酸カルシウムと酸素を摂取し，炭酸カルシウムと二酸化炭素，水を作りだす．ここで作られた炭酸カルシウムは，ひび割れ内部に沈着し，徐々にひび割れを埋めて行く．さらに二酸化炭素は周辺の水酸基と結びつき炭酸イオンと水に変化する．この炭酸イオンは，コンクリート中のカルシウムと結びつき炭酸カルシウムを作り出し，さらにひび割れを埋めて行く．[図 2]，[図 3]

HA による自己治癒効果の検証

HA がコンクリートに与える影響について実験を行った．以下に実験結果の一部を示す．

HA の添加により，コンクリートのフレッシュ性状や強度にはほとんど影響がない事を確認した．[図 4]

また，ひび割れ修復能力についても検証を行った．

HA 添加量を変化させたコンクリートを VU 管に詰め，

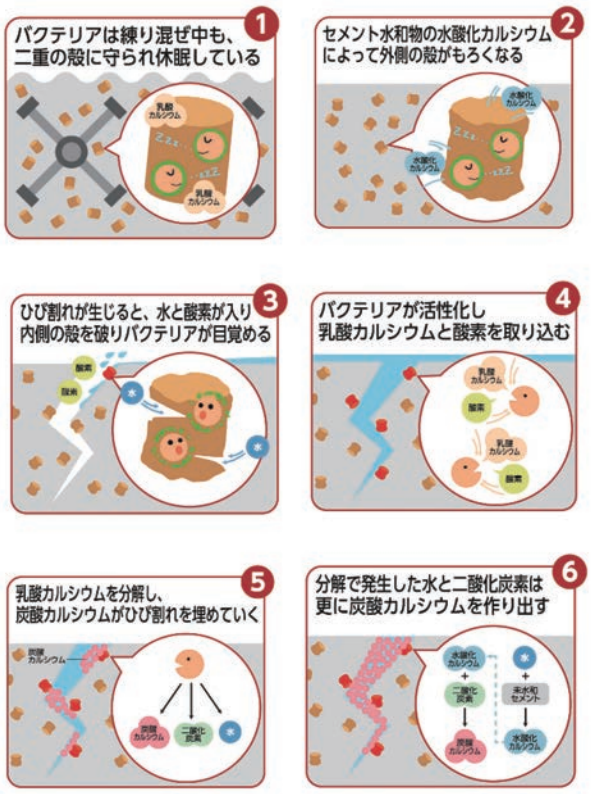


図 2　HA でのひび割れ修復プロセス

$$Ca(C_3H_5O_3)_2 + 6\,O_2 \;>>>\; CaCO_3 + 5\,CO_2 + 5\,H_2O$$

$$CO_2 + 2(OH^-) \;\rightarrow\; CO_3^{2-} + H_2O$$

$$CO_3^{2-} + Ca^{2+} \;\rightarrow\; CaCO_3$$

図 3　炭酸カルシウムの生成反応

表―1　配合，HA 添加後の性状

Mix-design	W/C(%)	S/a(%)	kg/m3			
			水	セメント	AE減水剤	HA
27-18-20N	51.4	48.4	160	311	3.11	0.0
						5.0
						7.5
						10.0

HA添加量 (kg/m3)	スランプ (cm)	空気量 (%)	C温度 (℃)	圧縮強度 (N/mm2)		
				材齢3日	材齢7日	材齢28日
Control 0	20.0	5.0	22	13.4	26.0	35.7
HA 5	20.0	5.4	22	14.1	28.5	36.7
HA 7.5	19.5	5.2	22	12.0	28.5	37.6
HA 10	20.0	5.4	22	9.63	23.3	33.3

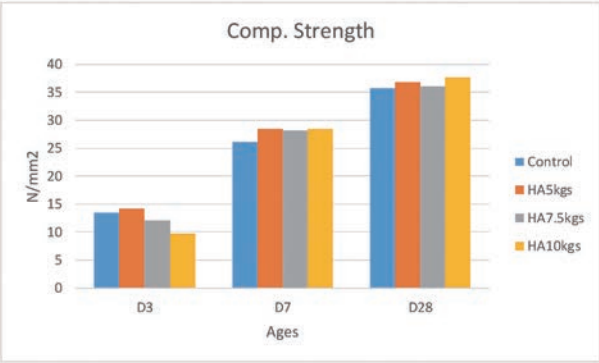


図 4　HA の添加が圧縮強度に与える影響

写真 1　透水試験状況

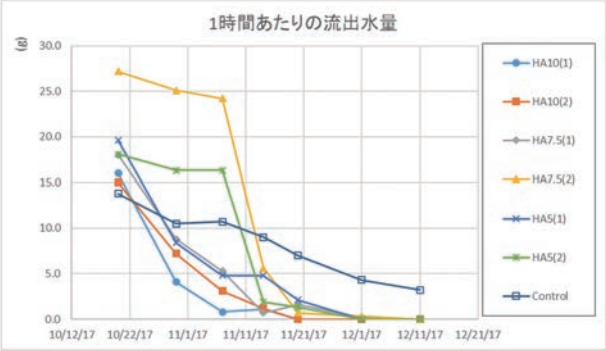


図 5　透水試験結果

ひび割れを導入した後に，上部に更に VU 管を接続して水を張り，1 時間にひび割れを通して漏水する量を測定した．[写真 1] その結果を図 5 に示す．HA を添加したほとんどで 39 日目には漏水が止まった事を確認した．

今後の展望

微生物を利用したコンクリート修復技術は，まだその途に就いたばかりである．当技術の国内普及にあたっては，自己治癒カプセルを混入した生コンクリートが現状 JIS マークを表示できないという問題があり，建築基準法上，建築物の主要構造部に使用する際には国土交通大臣の認定が必要となる．

当面は，工場製作のプレキャスト部材や土木工事への適用で実績を重ね，JIS 規格への組み入れを働きかけていくことが必要と考える．

参考文献

・瀬戸昌之　環境微生物学入門（2010 年）
・R. M. Mors, H. M. Jonkers Feasibility of Lactate derivative based agent as additive for concrete for regain of crack water tightness by bacterial metabolism（2016 年）
・H. M. Jonkers Self-healing concrete：a biological approach. 2007 年

□　特集 4　自己修復性ポリマーゲル～ウィザードゲル～　□

ユシロ化学工業株式会社
高橋　宏明

1. はじめに

最も身近な我々の身体は，軽い怪我を負った傷口は時間を掛けて無意識の間に見事に修復する．このような自己修復とも言い換えられる日常の出来事も，いきものである故，至極当たり前に感じられるのではないだろうか．一方，一度壊れた“材料（プラスチックやガラス）”が自己修復するとなると，当たり前ではなく“非現実的”と考えるのが一般的であろう．

現在，“自己修復（自己治癒）材料”は世界中の科学者によって日々研究されている．その成果としてすでにスマートフォンの画面保護シートや車の塗装に実装されており，自己修復材料は身近に普及している材料なのである．

2. ウィザードゲル（自己修復性ポリマーゲル）

ウィザードゲルは，大阪大学理学研究科原田グループのシーズ技術[1)2)]を基にユシロ化学工業株式会社が共同開発した「自己修復性ポリマーゲル」である．ポリマーゲルを身近なものに例えると，ゼリーや地震対策用除振マットなどが挙げられる，とても弾力のある材料である．またウィザードゲルは，“切断傷をも修復することができる”という特長的な自己修復の機能を実装した．

スマートフォンの画面保護シートや車の塗装などで利用されている「自己修復」の原理は，材料の凹みが時間を掛けて元の形に復元する，いわば低反発枕のように応力を緩和する方法を利用している．しかしながら，もしこの材料が切断傷を負った場合，応力緩和の原理だけでは，凹み傷は修復できても，切り傷を修復することはできない．一方，ウィザードゲルは，凹み傷の修復に加え，切断傷をも修復することを可能にした画期的な材料である（図 1）．

その原理について詳しく説明すると，ウィザードゲルを構成する高分子の中身に秘密が隠されている．化学の世界では高分子と呼称する非常に長い骨格を持つ分子構造中に，β-シクロデキストリン（CD）とアダマンタン（AD）を含み，その CD と AD がそれぞれブロックのように組み合わさる（包接とも呼ぶ）ことで 3 次元的に複雑に絡み合った網目状の高分子を形成している．この構造がまさに，切断傷に対応した自己修復を発揮する鍵を握っている（図 2）．

ウィザードゲルが切断傷を負った場合，CD と AD が選択的に外れ二分される．そして，切断された表面には，切断傷を負った際に包接から外れた無数の CD と AD が現れており，切断面どうしを再接触させることで，特殊な装置や条件に依らず CD と AD は自ずと元の包接体を再形成（図 2，図 3 のイメージ）する．このため，ウィザードゲルのどの場所に切断傷を負っても同様の原理が働き，自己修復することが可能である（図 3）．

ウィザードゲルは自己修復に加え，ヒドロゲル（水を含むゲル）であるのにも関わらず乾燥しにくい特長や，ポリマーの中でも類をみない元の寸法の 10 倍以上の伸縮性を有したり，カッターナイフなど鋭利な刃物が貫通しにくかったりと，様々な機能を兼ねそろえた革新的な新素材である（図 4）．

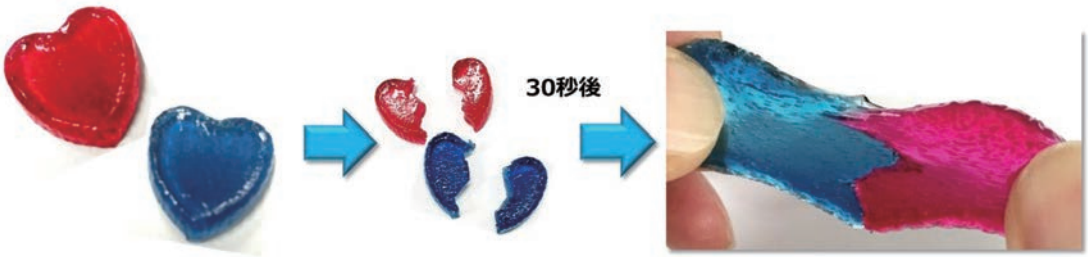


図 1　ウィザードゲルの自己修復の様子（ユシロ化学工業㈱ホームページより）

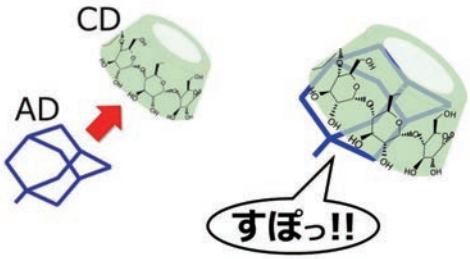


図 2　CD と AD の包接イメージ

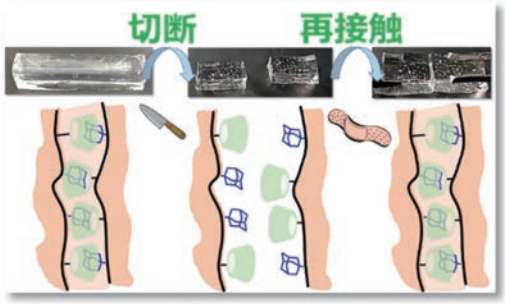


図 3　ウィザードゲル切断時のイメージ

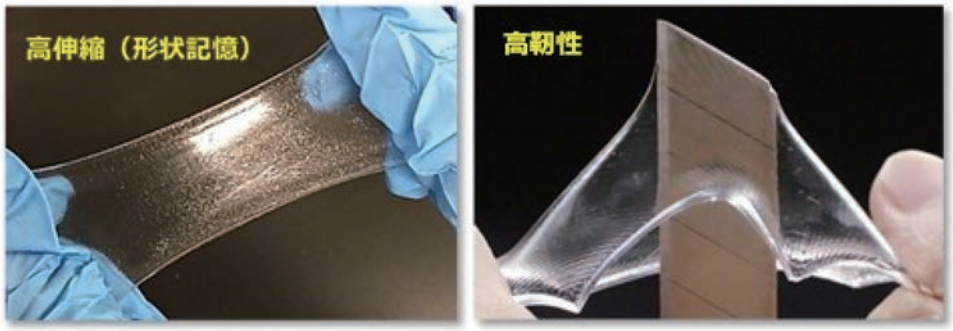


図 4　ウィザードゲルの高伸縮性，高靭性

図 5　ウィザードゲルで作製した医療研修モデル（左：心臓，右：皮膚）

3. 今後期待される応用事例

現在，ウィザードゲルは様々な大学，企業で実用化に向けた検討を行っている．

その 1 例として，自己修復性や水分を含有する特長を利用した「3 次元医療研修モデル」が挙げられる．医師による手技練習や看護師による注射の練習など，医療研修モデルは切断傷や突刺し傷を負うことになる．現用品は自己修復しないためほぼ使い捨ての状態である上，水分を含まないモデルであるため，リアリティーに欠ける．しかし，ウィザードゲルは自己修復することで繰り返しの練習に耐え，なおかつ水分を含むため生体に類似した質感を得ることができ，非常にリアリティーのあるモデルとなる．加えて，着色が可能であったり，CT スキャンなど 3 次元データと 3 D プリンタの組み合わせで作製した鋳型を用いることで，精巧なモデルを作製することができたりする（図 5）．

4. 今後の展望

ウィザードゲルは今まで世の中には無かった“切断傷”に対応した自己修復材料として医療分野をはじめとした様々な分野への応用を期待している．更に，自己修復以外に挙げた壊れにくさをも有する“タフ”な材料であることから，従来の材料よりもメンテナンスの少ない，スマートマテリアルとして応用される日は近い．

参考文献

1）Nature Chemistry 2011, 3, 34. (DOI : 10.1038/NCHEM.893)
2）Adv. Mater. 2013, 25, 2849. (DOI : 10.1002/adma.201205321)

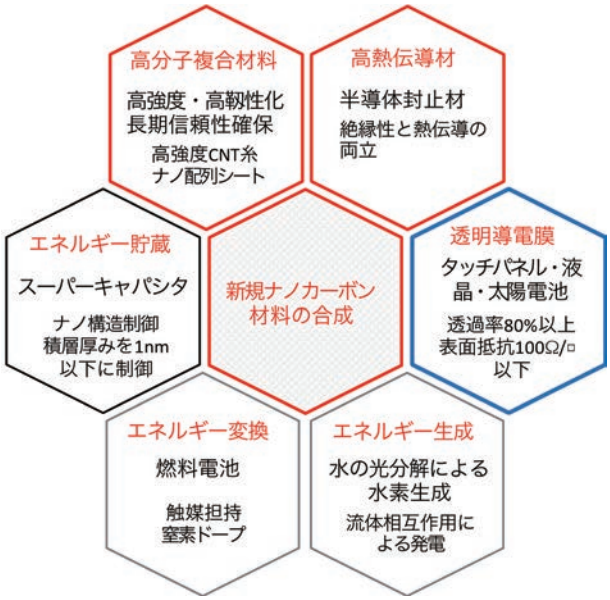
部門分科会・研究会等

「ナノカーボン複合材料の高性能化に関する研究会へのお誘い」

主査　川田宏之（早稲田大学），幹事　細井厚志

機械材料・材料加工部門で新たな研究会「ナノカーボン複合材料の高性能化に関する研究会」を発足させました．カーボンナノチューブやグラフェンといったナノカーボンはその優れた機械的，電気的，熱的特性から，プラスチックなどとの複合化により高性能機械材料の創製が可能となると期待されています．しかし，ナノカーボン材料に特有な凝集現象などによって，期待されているような材料特性を発揮できるような材料創製には至ってはおりません．そこで本分科会では，ナノカーボンに関わる材料科学，化学，機械工学などの幅広いバックグラウンドを持つ研究者や技術者が一同に集い，多様な観点からナノカーボン複合材料の高性能化に関する自由闊達な議論と情報交換を行うことを目的とします．

具体的には，ナノカーボンの製造プロセスと複合化技術の改善によるナノカーボン複合材料の高性能化に関する研究，ナノカーボン複合材料の高性能化に資する実験的，理論的・計算科学的研究などから，ナノカーボン材料の真の実用化を目指します．関連技術を既に研究開発されている方はもちろん，これから研究開発を検討されている方のご参加を歓迎いたします．皆さまの技術と知見，アイディアを持ち寄り，新しい学術領域を開拓したいと考えております．



本研究会の趣旨に賛同し，ご参加を希望される方は，幹事の細井（hosoi@wasedajp）までご連絡下さい．

機械材料・材料加工部門「部門賞・一般表彰」公募のお知らせ

第 3 技術委員会委員長

岸本　　哲（物質・材料研究機構）

機械材料・材料加工部門では，第 96 期部門賞および部門一般表彰候補を下記の要領で公募します．自薦他薦を問わず奮ってご応募下さい．

＊公 募 締 切：2018 年 11 月 30 日（金）厳守

＊推 薦 書 類：推薦・申請用紙を部門ホームページよりダウンロードしてお使い下さい．

＊被推薦者資格：各賞とも日本機械学会会員であることが受賞資格となります．

＊書 類 提 出 先：日本機械学会機械材料・材料加工部門（担当者　市原涼平）
下記宛に郵送ならびに電子メール（PDF）にてご提出ください．
〒160-0016　東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 5 階
電話（03）5360-3506，E-mail：ichihara@jsme.or.jp

推薦された候補者は第 3 技術委員会で審査され，部門運営委員会で受賞者を決定します．結果は今年度中に本人に連絡し，次期（2019 年度）のニュースレターに掲載するとともに，受賞者を 2019 年度年次大会開催時に表彰する予定です．なお，本件に関するご質問・お問合せ等は，第 3 技術委員会委員長（岸本哲，E-mail： KISHIMOTO.Satoshi@nims.go.jp）までお願いします．

各賞の概要

(1) 功績賞：機械材料・材料加工分野に関する学術，教育，出版，内外の交流など諸般の活動において，本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する．

(2) 業績賞：機械材料・材料加工分野に関する研究または技術開発において，顕著な業績のあった者に授与する．

(3) 国際賞：機械材料・材料加工分野における学術，教育，出版などに関する国際的な活動を通し，本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する．

(4) 部門表彰（優秀講演論文部門）：当該年度に開催された本部門企画，担当，主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中，学術・技術の進歩発展に寄与したと認められる論文の著者を対象とする．

(5) 部門表彰（奨励講演論文部門）：当該年度に開催された

本部門企画，担当，主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中，将来当分野の学術・技術の進歩発展に寄与すると期待される若手講演登壇者（2019 年 4 月 1 日現在において 32 歳以下の者）を対象とする．

(6) 部門表彰（新技術開発部門）：機械材料・材料加工分野において本部門企画，担当，主催または共催の集会，出版物等において発表された新技術，新製品の開発者中，工業技術の進歩発展に特に貢献した者を対象とする．

(7) 部門表彰（優秀ポスター発表部門）は，前年度に開催された本部門企画，担当，主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野のポスター発表中，学術・技術の進歩発展に寄与し，特に優秀と認められるポスター発表の著者を対象とする．

(8) 部門表彰（国際貢献部門）：本部門の国際会議や国際交流に関し，特に優れた貢献のあった者を対象とする．

2018 年度年次大会開催報告

第 96 期第 1 技術委員会（年次大会担当）
委員長　佐藤知広（関西大学）
副委員長　山口　誠（秋田大学）

2018 年度の年次大会は,2018 年 9 月 9 日(日)～12 日(水)の 4 日間，関西大学（大阪府吹田市山手町 3-3-35）にて開催されました．

直前に大阪を襲った台風 21 号の影響もキャンパス内には残っておりましたが，無事に開催することができました．開催に向けてご尽力頂いた皆様に感謝申し上げます．

そして，部門同好会も関西大学にて行われ，多くの方にご参加頂きました．厚く御礼申し上げます．また，機械材料・材料加工部門の関係する講演セッション，基調講演，先端技術フォーラム，ワークショップは以下の通りです．本部門主催のセッションには講演発表数を記しています．

G：一般セッション
S：部門単独セッション
J：部門横断セッション

[G 040] 機械材料・材料加工部門一般セッション金属材料とその応用加工（17）
[S 041] 次世代 3 D プリンティング（8）
[S 042] セラミックスおよびセラミックス系複合材料（7）
[S 043] 減災・サステナブル工学（6）
[S 044] 粉末成形とその評価（7）
[J 041] 超音波計測・解析法の新展開（25）
[J 042] ソフトマター・イノベーション（20）
[J 043] 先端複合材料の加工と力学特性評価（14）
[J 044] 実験力学，数値解析を連成させる高品位皮膜創成技術（5）
[J 045] 工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化(20)
[J 046] 知的材料・構造システム（20）
[J 047] 異種材料の接合プロセスと接合部・界面の強度・信頼性評価（18）

部門同好会の様子

[J 027] 材料力学・機械材料・材料加工とバイオエンジニアリング
[J 032] エネルギー材料・機器の信頼性
[J 111] マイクロナノ理工学：nm から mm までの表面制御とその応用
[J 181] 交通・物流機械の自動運転
[J 201] 伝統産業工学および工学/技術教育
[J 223] マイクロ・ナノ機械の信頼性

基調講演：「航空機向け接着技術適用に向けた課題と取り組み」,「AE 法によるミクロ損傷の評価―材料・デバイス・生体への応用―」
先端技術フォーラム：「M&P 最前線 2018」(4)
ワークショップ：「減災・サステナブル学の展開」(9),「企業から見た材料力学,機械材料・材料加工学応用技術の最前線」

第 4 回日本機械学会イノベーション講演会（iJSME 2019）開催のお知らせ

実行委員会　委員長
秦　　誠一

開催日：2019（平成 31）年 1 月 29 日(火)
会場：東京ビッグサイト　会議棟　6 階
HP : http : //ijsme.org/2019/

日本機械学会イノベーションセンター学会発イノベーション推進委員会では，戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）/革新的設計生産技術での採択を受け，革新的な設計，生産，加工技術などものづくりに関する潜在的なシーズ，ニーズの発掘や，多様なプレーヤーの参集と交流など，ものづくりのイノベーションに資する新しいスタイル講演会を企画し，一昨年，昨年に引き続き第 4 回日本機械学会イノベーション講演会（iJSME 2019）として開催します．新しいものづくりの波を日本機械学会から起こせるよう，多くの皆様のご参加をお待ちしております．

本講演会は，本年が最終年度の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）/革新的設計生産技術のプロジェクトリーダの基調講演を中心に，ものづくりに関する幅広い研究者，技術者の交流の場としてポスター発表による一般講演を行います．また，イノベーション講演会で基調講演の一部を有料にて配信いたします．翌日から同会場で nano tech 2019 及び SIP 全体シンポジウムも開催されますので，併せてご参加いただけると幸甚です．プログラム等詳細につきましては HP http : //ijsme.org/2019/をご参照ください．

○ 発表募集分野

ものづくり技術に関する広範なテーマについて募集します．例として，3 D 設計，各種解析技術，3 D プリンティング技術，生産計画，各種加工技術，マイクロマシニング，NEMS/MEMS，新材料，機能性材料，スマートマテリアル，センシング技術，材料創成技術など．新規の成果だけでなく，研究室，企業の技術シーズのご紹介も歓迎いたします．

○ 発表申込方法

ホームページからお申し込み頂き，講演論文（A 4　2 ページ，PDF フォーマット）を，投稿してください．

発表申込締切　2018 年(平成 30 年)12 月 14 日(金)
講演申込締切　2019 年(平成 31 年) 1 月 7 日(月)

○ 参加費

機械学会および協賛学会
正　員 15,000 円，学生員　　5,000 円
会員外 30,000 円，会員外学生 10,000 円
懇親会参加費別途 5,000 円（18：30～）

○ 基調講演の web 配信

一部の基調講演を Web 配信いたします．視聴料は 2,000 円です．

○ 問合せ先

事務局：名古屋大学大学院工学研究科 秦研究室
櫻井淳平
TEL：052-789-5289　FAX：052-789-5032
Email : junpei.sakurai@mae.nagoya-u.ac.jp

2019 年度年次大会のご案内と特別企画のご提案のお願い

第 1 技術委員会（年次大会）　山口　　誠（秋田大学）
佐藤　知広（関西大学）

2019 年 9 月 8 日（日）～9 月 11 日（水）の 4 日 間〔ただし，9 日（日）は市民開放行事を予定〕にわたり秋田大学手形キャンパス（秋田県秋田市手形学園町 1－1）を会場として標記大会が開催されます．2019 年度年次大会は，『まんず，あべ！機械学会さ！－秋田に集うしったげおもうしぇ技術－』というキャッチフレーズおよび「サステナビリティ」，「AI 社会の機会工学」，「少子高齢化・人出不足支えるテクノロジー」の 3 テーマに基づく幅広い企画を募集します．

当部門では，以下の 8 件（他部門との共催含む）がオーガナイズドセッションとして予定されています．

① セラミックスおよびセラミックス系複合材料
② 超音波計測・解析法の新展開
③ 先端複合材料の加工と力学特性評価
④ 工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化
⑤ 異種材料の接合プロセスと接合部・界面の強度・信頼性評価
⑥ 材力・機械材料・材料加工とバイオエンジニアリング
⑦ 交通・物流機械の自動運転
⑧ 伝統産業工学および工学／技術教育

なお，2019 年度年次大会より，以下のような変更，推奨点がございます．

・一般セッションを開催しない．
・学生（博士後期課程を除く）は基本的にポスターセッションへの参加を推奨する．

また，下記の①～④の特別行事の企画を募集しております．

できれば複数部門にまたがる部門横断企画をご検討頂ければ幸いです．

① 基調講演の企画
② 先端技術フォーラムの企画
③ ワークショップの企画
④ 市民フォーラム他（市民向け行事，子供向け行事等）の企画市民向け，子供向け行事は 9 月 8 日（日）開催

部門内の締め切りは,2018 年 12 月 21 日（金）です．奮ってご提案下さい．多くの皆様のご参加をお待ちしております．

特別行事企画申込み・問合せ先：第 1 技術委員会
委 員 長　佐藤知広（tom_sato@kansai-u.ac.jp）
副委員長　山口　誠（yamaguci@phys.akita-u.ac.jp）

編集後記

機械材料・材料加工部門ニュースレター No.56 をお届けいたします．本号を発行するにあたり，巻頭言の中尾航先生をはじめ，ご執筆いただいた方々，発行にご尽力をいただいた皆様に深く御礼を申し上げます．部門の HP をリニューアルいたしました（https://jsmempd.com/）．スマートフォンでも閲覧しやすくなりましたので，どうぞご活用ください．また，それに合わせ公式 twitter（@JSMEMPD）や facebook（@JSMEMandP）を開設しました．皆様に様々な情報を発信して，より魅力のある部門にしていきたいと考えておりますので，ご意見・ご要望等がございましたら，遠慮なく広報委員会・櫻井（junpeisakurai@maenagoya-u.ac.jp）までご連絡ください．

発　行　発行日 2018 年 11 月 27 日
〒 160-0016　東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館
一般社団法人　日本機械学会　機械材料・材料加工部門
第 96 期部門長　秦　誠一
広報委員会委員長　櫻井　淳平
Tel.03-5360-3500　Fax.03-5360-3508