

Materials & Structures Laboratory

# NEWS LETTER

No. 25

1 October 2010

## CONTENTS

応セラ研・ノウ：自然の力とエンジニアリングの力	1
研究の展望：「あたりまえ」の背後にあるもの	2
研究の周辺：そう都合よく事は運ばない －防水層の宮古島観測の顛末記	3
プロジェクト・ノウ：低環境負荷無機固体触媒の創生	4
グループによる共同研究・ノウ： 2010年チリ・マウレ地震の被害調査	4
The 10th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF-10) 報告	5
STAC4および元素戦略セッション開催報告	5
ワークショップ・受賞・人事異動	6

全国共同利用  
応用セラミックス研究所  
東京工業大学

# 応セラ研・ナウ： 自然の力とエンジニアリングの力

教授 和田 章

## 自然災害と耐震技術のギャップ

技術者は基本的にものを楽観的に考えるようにできている。発注者の依頼がもととなって何かしたいと考えるとき、必ず阻もうとするものが表れるが、これを過大評価したのでは、したいことができなくなる。技術者は「在る」ものを「無い」とは言わない誠実さと、ある程度の想像力を持って設計を進めプロジェクトを実施するが、起きていないことを起きるかも知れないとして、実行前に止めてしまうことは少ない。もし技術者全員が新しいことをせずに、踏みとどまっていたら文明の進歩は止まってしまう。「わからないことも多く、難しいがやりましょう」という技術者のエネルギーが進歩と発展の原動力である。

理学の研究者は、無論何かをしたいに違いないが、工業製品、建物や橋梁などをつくる使命を直接持っているわけではない。そして、阻むものの大きさや性質について自由に考え、主張することができる。建築物をつくらうとする技術者と、将来起こる地震動を考える理学の研究者の関係がここにある。明治維新以降の地震災害を振り返るだけで、構造技術が未熟であっただけでなく、構造技術者が楽観的すぎたことは明白である。しかし、この間、地震学の研究も同時に進展してきたので、簡単ではない。この未確定・不確実なことの多い中におかれた技術者が140年踏み止まっていたら、今の繁栄する日本はつくられていない。非常に難しい問題である。

地震は運が悪くて起こるのではなく、地球の営みとして必ず起こることを証明したプレートテクトニクス理論が認められた年、十勝沖地震で鉄筋コンクリート構造物が大きな被害を受けた年、高さ100mを超える超高層建築がわが国に初めて竣工した年、これらはどれも1968年であり、耐震建築の分野の大きな変換点であった。ただ残念なことは、1960年代には記録地震動を用いた弾塑性応答解析が可能であり、同じ方法を当時の一般的な建築に適用すると、設計不能になることを気付いていたにもかかわらず、その対処が20年も遅れてしまったことである。これから、40数年そして21世紀の今になっても、地震災害はなくなっていない。弛まない人々の欲望を受けて、楽観的な技術者が進めている文明の進化がその理由にもなっている。自然災害と技術や社会の間のギャップをなくすことが、さらに重要である。地震学は進んだと言われるが、この自然現象を工学の求める精度で説明することはできていない。いつの時代でも、われわれ技術者は建築物の耐震技術のさらなる高度化に取り組まねばならない。

## 耐震構造の基本

### 【剛性と強さ (Stiffness and Strength)】

構造物を構成する構造材料、部材そして骨組は、要求された剛性と強さを持っていなければならない。これは、専門家ではない一般的な人々にも理解でき、細い部材より太い部材、弱い材料より強い材料を用いた方が、耐震性が確保されることは誰にでもわかる。

### 【塑性変形能力と靱性 (Deformability and Ductility)】

構造材料、部材、骨組などには、それぞれが降伏後した後も、抵抗力を維持しつつ変形できる能力を持たせる必要がある。これは塑性変形能力、粘り、靱性などといわれ、専門家にしかわからない力学的性質である。塑性変形能力のない構造材料、構造部材や構造物の場合、構造物が力や変形を受けたとき、各構造部材は別々の時点で最大耐力に達する。ガラスの棒が折れるように、早く耐力に到達した部材から破壊が始まり、全構造体の強さは、各部材の強さの合計値に到達し得ない。これに対し、構造部材が塑性変形能力を持っていれば、早期に耐力に達した部材は降伏するが、のちに耐力を増してくる部材が最大耐力に達するまで、抵抗力を保持しつつ変形することができる。このため、構造物全体の強さは、各部材の強さの合算値まで上がりうる。重ねて、靱性つまり変形能力には、「構造計算で考えていること」と「実際の構造物に起きていること」の間に必ず存在する食い違いを補ってくれる役割がある。さら

に、地震時に構造物が塑性変形を起こすと、その塑性ひずみエネルギーによって、地震入力エネルギーを吸収する役割も持っている。

### 【構造物の一体性 (Structural Integrity)】

建築構造は多様であるが、柱、耐震壁または筋違などが地震時の水平力を受け持つ。これらの構造部材の水平剛性や降伏時の層間変形はそれぞれ異なるから、建物に生じた水平力は床面の中をいろいろな構造部材に向けて流れる。2008年5月の中国地震、2010年1月のハイチ地震での大被害は、積み木のように積み重ねただけでつくられたレンガ、鉄筋コンクリート部材と穴あきプレキャスト版を並べただけの面内剛性と強度のない床構造が原因となり、建築物がばらばらになって崩壊した。これを防ぐためには、各階の床面が骨組の水平剛性や強さに比べて剛強であり、床面は水平面内で歪みにくく、ここを流れる力に対して十分な強さを持っている必要がある。床面内の剛性や強度が十分でない場合は、地震時に同じ階の床でも別々な振動、動きを起こすので、各床位置で建物同一変位を起こす条件で考えられた耐震設計法は使えない。

## 特定層崩壊の防止、全部材参加の耐震構造

100年ほど前、イタリアのシシリー島のメシーナで大地震が起きた。黒船が日本にきて横浜を開港してから50年後の出来事である。ガリレオ・ガリレイが新科学対話を著したのは17世紀の初頭であるから300年が過ぎていた。メシーナ地震の頃、ヨーロッパの人々はすでに構造力学を知っていた。この地震の後、ローマの物理学者が、建築物の耐震設計には、骨組に静的な水平力を与えて計算すればよいことを提案している。

地震時の建物の挙動は、もともと動的な現象である。しかし、普通の建物の耐震設計において、設計用の地震動入力を加速度の時刻歴として設定し、応答解析によってその安全性を調べることは行われていない。等価な水平力を用い、静的な計算に置き換えることが行われている。わが国では1923年の関東大震災の次の年に佐野利器先生の提案した水平震度が法律になり、戦後の建築基準法に受け継がれ、1981年には新耐震設計法として、構造物の保有水平耐力を計算するようになった。2000年には骨組に静的増分荷重を与える非線形解析をもとに、構造物を等価な一質点系に置き換える方法が導入された。これらとともに進められてきた耐震診断、耐震補強工事の方法もほとんどの場合、等価な静的水平力に置き換えて議論が進んでいる。

ここに紹介するすずかけ台キャンパスの建物も多層建築であり、これらが地震を受けたとき、建築基準法で定められたとおりの分布で各層に層せん断力が働くことはありえず、地震動の性質と建物の性質の関係において、いろいろな揺れ方、いろいろな分布の層せん断力が生じる。耐震改修において、この高さ方向の分布を簡単に仮定し、既存建物の不足の層だけを補強することにほとんど意味はない。建物は全体として、動的に地震動に抵抗できるようにしなければならないし、この方が高い耐震性を期待できる。

地震動の研究は進んでいるが、一つの建物に注目したとき、来るかもしれない地震動の性質を決めつけることはできない。何が来ても対処できる構造物をつくるのがわれわれの仕事である。そのために、建物の高さ方向の振動モードを矯正する心棒(連層耐震壁)が有効である。構造物の変形とともに連層耐震壁は曲げ変形を起こすが、脚部を回転自由とし、壁本体に大きなプレストレスを与えておくことで、曲げ破壊しにくい連層耐震壁を構築できる。脚部を回転自由にしたことで基礎・地盤への負担が軽くなり、全体の工事費を抑制できる。幅の広い連層耐震壁の回転に伴って、壁の側面が上下方向に10mmほど変位する。これを利用して、既存の柱との間に鋼材のウェブを降伏させるダンパーを設置し、建物全体を制振構造とすることもできる。

# 研究の展望： 「あたりまえ」の背後にあるもの

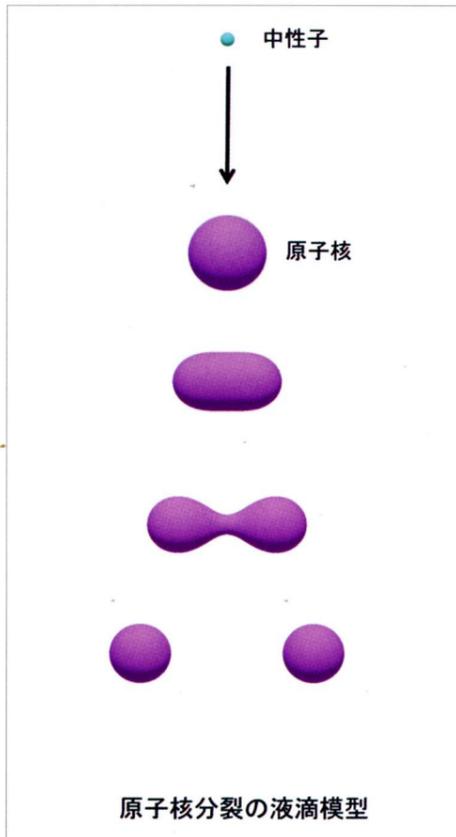
教授 若井史博

輝く太陽が毎日昇るのも、また、子供が親に似ているのも、当たり前のことである。しばしば、「あたりまえ」の背後には驚くような真実が潜んでいる。太陽のエネルギーがいかに生み出されるのか？ 遺伝の分子論的な仕組みは何か？ それらが理解されたのはそう古いことではない。

核融合エネルギーの尽きた星は重力崩壊する。電子の縮退圧が重力を支えることができれば白色矮星となり、そうでない場合は中性子星かブラックホールができる。その限界質量を決定したことで有名な天体物理学者のチャンドラセカールは、1960年代に液滴の安定性を記述するために表面エネルギーテンソルという概念を提案している。高速回転する帯電した液滴の不安定性が原子核分裂のモデルとされていた時代のことである。

一方、原料粉体に熱エネルギーを加えて緻密なセラミック材料を作る焼結も当たり前の技術である。最近、焼結現象をマイクロあるいはマクロスケールの力学系として取り扱おうとするアプローチが始まり、その現象の背後にソフトマターの物理に共通する原理が横たわっていることが見えてきた。チャンドラセカールの表面エネルギーテンソルの考え方を拡張すれば、焼結における収縮の熱力学的駆動力を異方性まで含めて数学的に厳密に表現できたのである。さらに、近年、もう一つのブレークスルーがフランスから始まっている。放射光施設を用いた3次元X線トモグラフィーを使って、複雑に入り組んだ気孔の微細構造が高温で変化する挙動をin-situ計測できるようになった。デジタルデータと理論を組み合わせれば、収縮の背後にある力をテンソル量として手に取るように観測できるだろう。

私たちは少しワクワクしている。セラミックスの分野で半世紀以上前から定説となっている初等的な理論を超えて、確固とした基盤の上に理論体系の再構築が進みそうである。このような新しい展開は、積層体や複合機能デバイスの製造技術・コーティング技術として重要な、収縮速度の異なる材料の同時焼成や基板により拘束された厚膜の焼結に関わる諸問題の解決に役に立つだろう。最後にもう一つ。セラミックスは歴史の古い分野であり、一見「あたりまえ」のような事柄がたくさんある。ただ、それは秘められた本質に気がついてないだけで、実は驚くような可能性の宝庫であるように思う。



## 研究の周辺:

# そう都合よく事は運ばないー防水層の宮古島観測の顛末記

教授 田中 享二

まあ、都合よくはゆかないものである。

数年来、研究室では、台風時の防水層の耐風性研究を行っている。建築物の屋上には防水層という雨合羽がかけられている。建物を雨風から守るためと室内への雨水浸入防止のためである。もともとは接着剤等でしっかり張り付けていたのだが、最近はいろいろな事情で、固定金具で止めつける工法が多用される。海外も同様である。このような工法では台風で吹き飛ばされないか心配になる。勿論、安全なように設計はされている。ただ設計は頭で考えた論理のなかで組み上げられたものであり、実際に確かめられてのことではない。そのため、いくつか風で吹き飛ばされる被害例も出てきた。

実大の建物を作って防水層の挙動を観測しよう。そう思い立った。なけなしの研究費をはたいて、宮古島に小規模ではあるが、1棟の試験建物を建設した。台風銀座のど真ん中の島である。その屋上に防水層を施工した。さらに風工学の専門家にも加わっていただいて、測定機器類を取り付けた。停電に備えて発電機も2基用意した。準備は万全である。

さてここからである。観測をどうするか。研究室から遠く離れた島である。台風接近に合わせて、観測隊を送り込まなければならない。台風の動きを休みなく監視するが、宮古島近辺では気まぐれな動きをする。予測は難しい。早めに観測隊を送り込んだとしても、台風が逸れては無駄になる。かといってぎりぎりまで出発を粘ると飛行機が飛ばない。

それではということで、研究室の学生さんを8月からの台風シーズンに、島に常駐させることにした。勿論、台風時には本土からの観測隊を送り込むが、万が一の時でも最低限の観測データ取得を可能とするためである。ただ台風が来た時は戦争状態になるが、普段はひたすら暇である。毎日サンゴの海を見て暮らすのも悪くは無いが、気の毒であるし、研究費もきつい。たまたま紹介してくれる人がいて、当地の豪華ホテルのバイトをさせてもらえることになった。どの道、台風の時は客が来ないから、その時は休んで結構という好条件である。

ということで、2009年8月10日から学生さんひとりを張り付けて、万全の体制で台風の襲来を待った。ところが、である。この年の台風は、ことごとく宮古島を逸れてしまうのだ。地元のひとつも今年は珍しいねと言うくらい、台風直撃がない。2ヶ月間粘ってもらったが、結局、ひとつの台風も来なかった。それが冒頭のため息である。本当に都合よくゆかないものである。

[後日談]

意地悪なことに学生さんを研究室に戻してすぐの10月の後半になって、やっとほどほどの台風が島を直撃してくれた。そして最低限のデータを取得することが出来た。とりあえず準備した試験体や装置が無駄にならなくて本当によかったと、ひそかに胸をなでおろしたのであった。



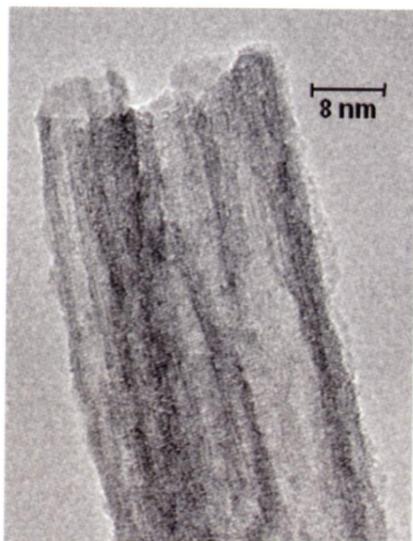
宮古島に建設した試験建物



台風時の強風による防水層の吸い上がり現象

# プロジェクト・ノウ： 低環境負荷無機個体触媒の創生

教授 原 亨 和



チタニアナノチューブの透過電子顕微鏡写真

社会を支える化学品は触媒を使って生産されています。触媒を機能させるには熱エネルギーが必要であり、より少ないエネルギーで高速で働く触媒を開発すれば、エネルギー消費とCO<sup>2</sup>排出を削減できます。我々は産総研、神奈川科学技術アカデミーと共にCO<sup>2</sup>排出削減につながる触媒開発に取り組んでおり、最近、チタン酸ナノチューブが低環境負荷触媒として機能することを見出しました。地球上に豊富に存在し、入手が容易で安価なチタニアをアルカリ水溶液中で加熱することにより、ナノチューブ状のチタン酸が合成できます。このチタン酸ナノチューブを燃料や樹脂、医薬品、洗剤などさまざまな化学品を合成する際に用いられる酸触媒反応に用いると、工業的に利用されている固体酸触媒が100℃程度の熱を加えて進行させる反応を室温でも非常に効率よく進行させることができ、既存の固体酸触媒の3倍以上の性能を有することを見出しました。今後、チタニアナノチューブが高い酸触媒性能を有するメカニズムを明らかにすることにより、さらに高性能なチタン酸ナノチューブの開発を目指し、環境調和型の触媒プロセスを構築します。

# グループによる共同研究・ノウ： 2010年チリ・マウレ地震の被害調査

助教 日比野 陽



2010年2月27日（現地時間）3時34分、チリのChillan（チジャン）の北西約95kmを震源とするマグニチュードMw8.8の地震が発生し、同地域において810,000戸以上の建物が倒壊あるいは損壊し、432人の死者を含む180万人以上の被災者が発生した（3月27日現在）。本地震では、組積造建築物や鉄筋コンクリート造建築物を中心に、多数の建築物に甚大な被害が生じた。複数大学の研究者で構成された、我々、日本建築学会地震被害調査団第2次隊はJICA-JST調査団と協力して、鉄筋コンクリート造被害建物の詳細調査のため、現地にて、被災建物の立入調査、設計図書の入手、関係者へのヒアリングを実施した。



現地では完全に倒壊した建物や甚大な被害により建て替えを余儀なくされた建物等の多数の被害建物の調査を行った。地震の規模を考慮すると鉄筋コンクリート造建物の被害は小さかったと考えられるが、被害を受けた鉄筋コンクリート造壁式構造の建物では、曲げによる耐震壁低層部、耐震壁をつなぐスラブや階段などに特徴的な破壊性状が観察された。調査の資料を基に、今後はモデル解析等で分析していく予定であり、日本の鉄筋コンクリート造建物の耐震設計にも影響を及ぼす結果が得られると考えられる。

# The 10th Russia / CIS / Baltic / Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF-10) 報告

教授 伊藤 満

本会議は RCBJSF 実行委員会主催で、平成 22 年 6 月 20 日(日)–24 日(木)にすずかけホールで開催された。第 1 回 Soviet Japan Symposium on Ferroelectricity は、ソビエト時代、1976 年 Alexander Prokhorov (1964 年ノーベル物理学賞受賞) と早稲田大学 小林謙三教授により Novosibirsk で開催され、それ以降、京都 (1980)、Novosibirsk (1984)、つくば (1988)、Moscow (1994)、野田 (1998)、St. Petersburg (2002)、つくば (2006)、Vilnius (2008) を経て、今回に到っている。途中、ソビエト連邦の崩壊を経て、表記名称に変更している。基調講演 (60 分) 4 件、招待講演 (40 分) 22 件、口頭発表 (20 分) 42 件、ポスター発表約 120 件を 3 日かけて 3 会場で進行させた。参加者は実行委員会メンバーを除く実数で 172 名であり、内訳は、日本 76 名、RCB42 名、その他 54 名であった。それぞれの講演時間を通常の国際会議に比べて長めに設定したため、終始、落ち着いた雰囲気の中で時間内に講演が終了し、十分な質疑も行われ、コーヒブレイクやバンケットでも、和やかな雰囲気の中で議論の花が咲いた。



バンケットの一コマ  
(中央は Wolfgang Kleemann 教授、David Vanderbilt 教授)

## STAC4 および 元素戦略セッション 開催報告

教授 神谷 利夫

6月21日～23日にメルパルク横浜において、第4回先進セラミクス国際会議 (STAC4—Fourth International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics) が開催された。STAC はセラミクス材料の科学から応用までを広く扱う日本発の国際会議として、2007 年に応用セラミクス研究所が主催して始めた。今回の STAC4 は物質・材料研究機構が主催し、162 件の論文発表があり、199 名が参加した。

今回は特に構造材料・材料設計の発表件数が多かった。無機材料工学科主催の STAC2 では伝統的セラミクスから機能・生体セラミクスまで全般的なトピックスを網羅し、応セラ研が主催した STAC1、STAC3 では新材料開発・界面・測定技術など基礎的なトピックスに重点がおかれていたように、毎回、主催者によって重点領域が変わっていくのが STAC の特色であるといえる。

このような事情もあり、回を追うごとに参加者の多様性が広がり、懇親会でも活発に交流が行われた。今回よりポスター論文賞が新設され、金賞 2 件、銀賞 7 件が選ばれた。

また、応セラ研が主催して、ユビキタス元素戦略の特別セッションを開催した。5 件の招待講演、現在セキュアマテリアル研究センターで進めている元素戦略プロジェクトの報告を兼ねた 6 件の講演 (うち口頭講演 4 件、ポスター発表 2 件) と、3 件の一般発表がされ、プロジェクトの今後の進め方も含め、多くの議論が交わされた。



## ● 受賞

受賞者	受賞名	受賞年月	認定団体名	受賞内容
林 静雄	日本鉄筋継手協会功績賞	2010年 5月	日本鉄筋継手協会	前会長(役員、支部長) 経験など長年の功績を表彰
和田 章	第11回日本免震構造協会賞-2010- 技術賞	2010年 6月	社団法人日本免震構造協会	超高層免震建物用大型免震支承部材の実大性能試験の実施
真島 豊	平成21年度工学教育賞文部科学大臣賞	2010年 8月	(社)日本工学教育協会	一般公開向けと学内向けオープンコースウェアの統合ウェブシステムの開発と教育サービスの多面的提供

## ● ワークショップ、シンポジウム等

会議名	開催日	開催場所	主催・共催等
Fourth International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-4)	2010年6月21日～6月23日	メルパルク横浜	(独)物質・材料研究機構 応用セラミックス研究所
日本-ロシア-独立国家共同体-バルト3国強誘電体シンポジウム (共同利用研究)	2010年6月21日～6月23日	東京工業大学すずかけホール	応用セラミックス研究所
第3回日本コンクリート診断に関するワークショップ	2010年7月6日	日本コンクリート工学協会	応用セラミックス研究所
黒鉛-ダイヤモンド変換および新たな炭素系材料創製に関するワークショップ (共同利用研究)	2010年9月9日～9月10日	東京工業大学すずかけ台キャンパス J2棟20階中会議室	応用セラミックス研究所
レーザーを利用したナノ粒子生成に関するワークショップ (共同利用研究)	2010年9月27日～9月28日	東京工業大学すずかけ台キャンパス J2棟20階中会議室	応用セラミックス研究所
衝撃の物理と動的材料ワークショップ2010	2010年10月7日～10月8日	東京工業大学すずかけ台ホール集会室1	応用セラミックス研究所 伊藤忠テクノソリューションズ(株) 日本衝撃波研究会
International Workshop on Elements Science and Technology for Materials Innovation	2010年11月12日	東京工業大学すずかけホール	フロンティア研究機構 応用セラミックス研究所

## ● 人事異動 (平成22年4月～平成22年10月)

平成22年4月1日～平成23年3月31日	因幡 和晃	採用	准教授(兼務)	協力研究部門
平成22年5月1日	原 亨和	配置換	教授	ソリューション研究機構 (兼務)応用セラミックス研究所 セラミックス機能部門
平成22年7月2日～平成22年8月29日	Misochko Oleg Victorovich		外国人客員教授	
平成22年8月1日～平成32年3月31日	神谷 利夫	昇任	教授	セラミックス機能部門(新規機能材料分野)
平成22年9月15日～平成22年12月15日	李 英民		外国人客員教授	
平成22年10月1日	東 正樹	採用	教授	セラミックス解析部門(先端材料プロセス分野)

応セラ研 教員室

J1棟

田中 教授 903室	中村 准教授 913室	9F
東 教授 809室		8F
川路 准教授 701室	伊藤(節) 教授 707室	7F
細野 教授 606室	若井 教授 612室	6F
神谷 教授 615室		
笹川 准教授 503室	佐々木 教授 508室	5F

J2棟

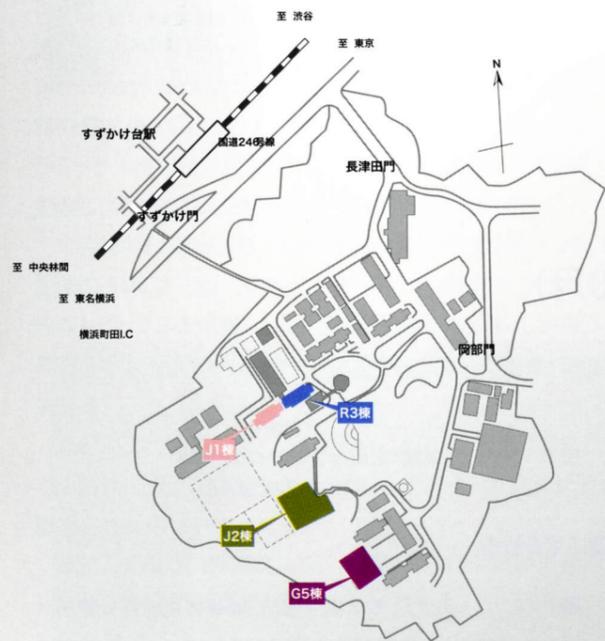
伊藤 教授 703室	山田 准教授 706室	7F
谷山 准教授 707室		

G5棟

笠井 教授 707室		7F
林(静) 教授 601室	藤原 准教授 604室	6F

R3棟

坂田 准教授 606室	和田 教授 609室	6F
岡田 教授 501室	松下 准教授 511室	5F
原 教授 407室	真島 教授 410室	4F
林(克) 准教授 303室	須崎 准教授 305室	3F
阿藤 准教授 310室	赤津 准教授 311室	
松本 准教授 205室	安部 准教授 206室	2F



応用セラミックス研究所 ニュースレター通巻 第25号

発行日 平成22年10月1日  
 編集・発行 東京工業大学応用セラミックス研究所  
 共同利用・研究支援室  
 問い合わせ 東京工業大学応用セラミックス研究所  
 〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259 R3-28  
 TEL.045-924-5968 FAX.045-924-5978  
 電子メール kenkyushien@msl.titech.ac.jp  
 ホームページ http://www.msl.titech.ac.jp