超への挑戦

◆226◆

近未来ドキュメント

ナノテクノロジーから宇宙まで

超高圧下で分子を操る

高性能液晶やバイオにも

超微細技術は、半導体やコンピューターといった先端産業の発展を支えてきた。ここにきて、ナノレベルの技術を駆使して分子を操作し、未知の物性を引き出そうとする試みも始まっている。

九州大学大学院工学研究院の甲斐昌一教授らのグループは、超高圧とナノテクノロジーを使うことで、液晶分子を操り、より高性能のディスプレー材料を生み出す研究開発に取り組んでいる。

この研究開発に使われているのが走査型トンネル顕微鏡（ＳＴＭ）だ。極細の金属針を原子の表面に近づけて、金属針と原子との間に流れる微小な電流を計測することで、物質の表面をナノレベルで観測する。

ＳＴＭは金属探針から１ナノ（１ナノは10億分の１）メートル程度離れた試料面との間に、１ミリボルト―１ボルトの電圧をかけて観測する。対象物は導電性のものか、グラファイトのような原子的に平らな導電性基板上の薄膜に限られる。だが、エックス線などと違い、画像により、対象を見える形で観測できるのが特徴だ。

甲斐教授らのグループでは、このＳＴＭに最大で6000気圧の圧力をかけられる装置を世界で初めて開発し、液晶の分子操作に関する研究を行っている。

❖　❖

液晶の分子操作のため、まず、アルキル鎖の長さが違うシアノビフェニール系液晶を混合。この混合液晶を数千気圧という超高圧力下にさらす。そうすると、アルキル鎖の長い分子は固化が早く、短いほうは液体のままでとどまり、よりグラファイト基盤から離れやすくなる。

この状態の時に、ＳＴＭにより液晶分子の配向を観測しながら、鎖の短い分子だけを飛ばし、新しい液晶分子配列をつくる計画だ。

課題は、圧力をかけるときに使う「圧力媒体の材料」（甲斐教授）だ。現在、圧力媒体にはシリコーンオイルを使用しているが、液晶に溶けてしまうため、満足な研究結果が得られないという。

このため、甲斐教授らのグループでは、液晶自体を圧力媒体として使うことなどを検討、液晶における分子操作の早期実現を目指す。今後、分子操作を行うことで高性能の液晶のほか、超ＬＳＩを超える電子分子素子や機能性薄膜の開発につなげていく考えだ。

❖　❖

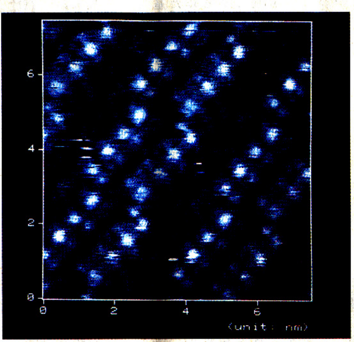
「ソリッド（固体）を扱う技術は20世紀のナノテク」。

甲斐教授はこう強調し、さらなる研究対象の拡大を視野に入れている。その代表例が、遺伝子やタンパク質などの柔らかい有機体を対象にしたバイオテクノロジー分野の研究だ。

ただ、ＳＴＭは電気を使って計測を行うため、絶縁体であるタンパク質の測定には適していない。このため、九州大学工学研究院では、将来的には超高圧ＳＴＭと、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）を組み合わせた新しい研究手法を作り出す構想を持っている。

ＡＦＭは、原子の間に働く力を板バネ（カンチレバー）で計測するシステムで、電気が流れにくい物質も測定できる。ＡＦＭのカンチレバーの変位をＳＴＭで計測することで、超高圧下での有機体も、画像によって観測できるようになるという。いわば、「ＳＴＭ型のＡＦＭ」（甲斐教授）だ。

このシステムを使えば、超高圧を加えて、タンパク質の構造を人為的に変えた上で、その機能をナノレベルで解明できる。つまり、「未知の病原菌などの研究が飛躍的に前進する」（同）可能性を秘めている。さらに、分子操作といった技術が加われば、現在の〝バイオテクノロジー〟が〝ナノバイオテクノロジー〟へと進化するのも、そう遠いことではなさそうだ。



グラファイト基板上のシアノビフェニール系液晶のＳＴＭ像

■走査型トンネル顕微鏡（ＳＴＭ）

極細の金属針を原子の表面に近づけて、金属針と原子との間に流れる微小な電流（トンネル電流）を計測し、物質の表面をナノレベルで観測する顕微鏡。

トンネル電流が一定の値をとるように探針（プローブ）を上下させ、表面を画像として捕らえることができる。ナノテクノロジーで作製したものを測定する基盤技術として定着している。

ＳＴＭの発明以来、試料表面に探針を近づけて測定するさまざまな走査型プローブ顕微鏡（ＳＰＭ）が生まれた。電気が流れにくい物質も測定でき、原子の間に働く力を対象とした原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）もその代表例で、原子・分子レベルの顕微鏡として注目を集めている。

硫酸グリシン結晶における潮解性のＡＦＭ像

原子間力顕微鏡

ＴＧＳ接合性など探る

△潮解性の研究に着手

走査型トンネル顕微鏡（ＳＴＭ）と同様に、試料表面に探針を近づけて測定する走査型プローブ顕微鏡（ＳＰＭ）の１つに、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）がある。ＡＦＭは、試料表面と探針との間のさまざまな現象を利用し、ナノレベルで物質を観測する。

物質間の距離が10ナノ（１ナノは10億分の１）メートル程度に近づくと引力が作用し、さらに0.3ナノメートルの距離になると原子間の反発による力が作用する。この力を利用しＡＦＭでは、板バネ（カンチレバー）の末端に探針を取り付け、試料と探針との間に働く原子間力によるカンチレバーの変位を検出して、対象物を測定する。

九州大学工学研究院では、このＡＦＭを使った研究も行っている。その１つが、硫酸グリシン結晶（ＴＧＳ）の表面観測だ。

ＴＧＳは機械性を持った強誘電体結晶。たたくと電気を発生したり、逆に電気を流すと伸縮するなどの特徴があり、電子部品などに利用されている。

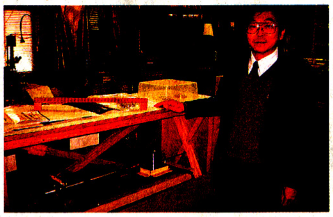
ところが、このＴＧＳは水分があると表面が溶ける（潮解性）という側面を持っており、保存などの点で課題があった。そこで、九州大学工学研究院では、ＴＧＳの潮解性について、ＡＦＭを使った研究に着手した。

△「分極の正負によって違う」

ＡＦＭを使い結晶表面を観測していくと、ＴＧＳの表面が時間とともにポツポツと潮解していくのが映像として観測できる。この過程で、潮解のスピードが「結晶構造が変わらなくても、分極の正負によって違う」（甲斐教授）ことが、甲斐教授らの研究によって初めて解明された。

この研究成果をもとに、今後はＴＧＳの他の結晶との接合性や、より効率的な保存法などの研究につなげていく考えだ。

ＡＦＭもＳＴＭも原子像レベルまでの高分解能による表面観察ができるうえ、高さ方向の分解能に優れ、試料を３次元的に測定できるのが特徴だ。九州大学工学研究院では、ＡＦＭとＳＴＭの両方の知見を生かして対象の観測だけではなく、「将来的には物質の分子レベルでの操作」（同）の実現を目指している。



九州大学大学院工学研究院で開発された超高圧型のＳＴＭと、甲斐昌一・九州大学教授

次回25日は「小さな溝を自然に並ばせる」です

日本工業新聞

甦れニッポン　科学技術創造立国へ

ナノテク抄

素材産業の悲哀

ナノレベルで微細組織を制御すると、金属などの素材に、従来にない特性が付加される。素材メーカー各社は、ナノテクノロジーを駆使して付加価値の高い新素材開発にしのぎを削っている。本来、こうした努力によって開発された素材は、従来の汎用品よりも高く売れるはずだ。

▼ところが、新開発した新素材が付加価値分だけ高く売れないところに素材メーカーの悲哀がある。ナノテクまで駆使しているかどうかは別にしても、鉄鋼各社の高張力鋼板（ハイテン）の開発競争は厳しい。ハイテンは、通常の鋼板よりも引張り強度が高い。

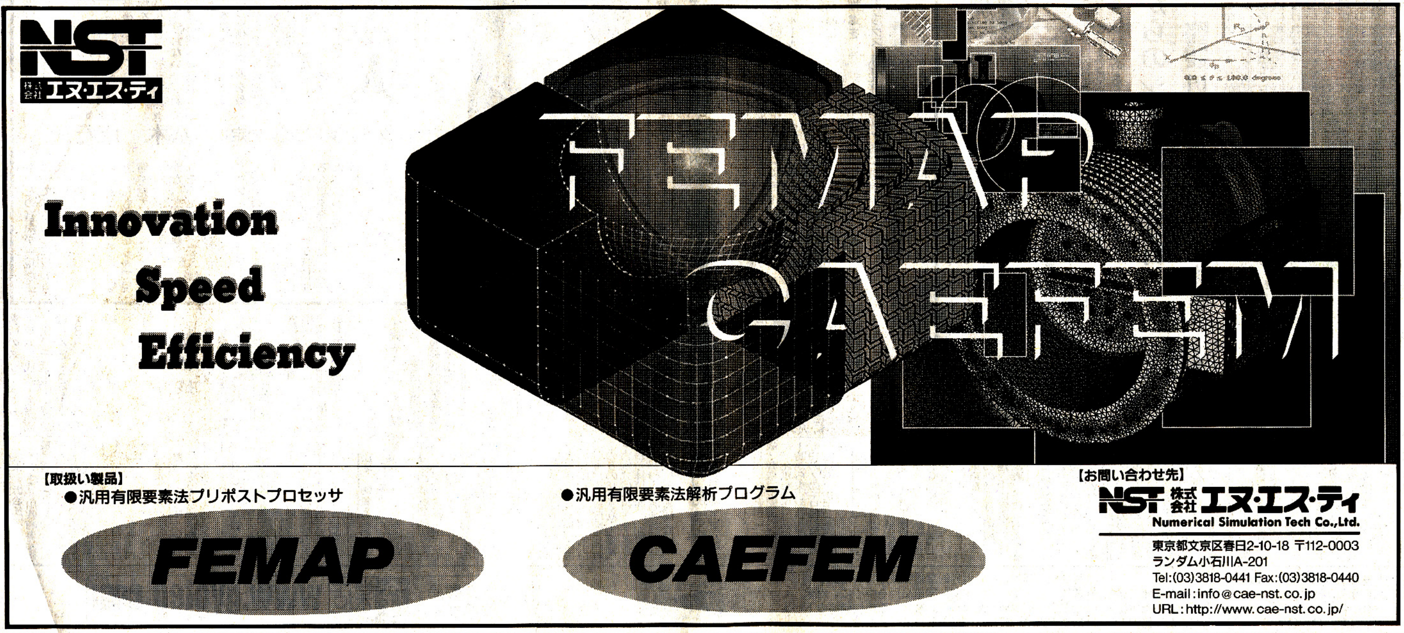
▼ハイテンを使用すれば、これまでよりも鋼材の使用量を減らせる。自動車の重量は軽くなり、燃費も良くなる。ところが、鋼材の商売は一ｔ当たりでなんぼの世界。使用量が減れば、鉄鋼メーカーの収入が減るというジレンマに陥る。

▼自動車などユーザー業界の競争も厳しい。材料をなるべく安く調達して製品価格を抑えたいのは分かる。でも、昔から良いものは高いのが相場だったではないか。

▼このデフレ時代に「寝ぼけるな」と言われそうだが、素材産業が崩壊すれば何も作れなくなる。こう考えると、付加価値分をきちんと価格に反映させる仕組みを真剣に考えるべき時期だろう。（財）

2001.12.21

molex 日本モレックス株式会社
「想造力」
それが、私達の仕事です。
〒242-8585 神奈川県大和市深見東1-5-4　TEL.046(261)4500(代)
営業所／大阪・名古屋・郡山・熊谷・松本・福岡
技術センター／大和　工場／岡山・静岡・栃木・鹿児島


NST 株式会社エヌ・エス・ティ
Innovation
Speed
Efficiency
FEMAP
CAEFEM
【取扱い製品】
●汎用有限要素法プリポストプロセッサ
FEMAP
●汎用有限要素法解析プログラム
CAEFEM
【お問い合わせ先】
NST 株式会社エヌ・エス・ティ
Numerical Simulation Tech Co.,Ltd.
東京都文京区春日2-10-18 〒112-0003
ランダム小石川A-201
Tel:(03)3818-0441 Fax:(03)3818-0440
E-mail:info@cae-nst.co.jp
URL:http://www.cae-nst.co.jp/