

理化学研究所 ニュース

Oct.—1969

No. 13

理化学研究所における

変形工学

—工業材料とその加工との接点—

変形と破断を利用した人間生活は、人類の歴史とともに始まっています。すなわち、人間および類人猿を他の動物と識別するのに、物を曲げたり(変形)、折ったり(破断)して生活に利用する能力が、ひとつの基準に使われます。土器時代の粘土細工、銅、鉄器時代の多くの道具や工芸品などは、それら材料が力を加えれば変形し、その変形が元に戻らない(永久変形あるいは塑性変形)性質を応用して作られました。

また、現在の私どもの身近にある金属製の装身具、硬貨や生活用諸機器などのように溶かして形を作ったり、粉体を固めて作ったものは少なく、ほとんど物体が永久変形する性質を利用して作られています。船舶、自動車、列車、航空機、ロケットのごとき、現代を特徴づける高速移動空間体やその素材は原始時代から現代までに蓄積されてきた人類の変形の利用についての知恵が作ったものです。

しかし、物体が永久変形(塑性変形)する性質を利用して、形状や性質をかえる手法(塑性加工)がひとつの学問分野になったのは、今世紀に入ってからです。学問としての歴史は浅いのですが、

たとえば現代生活における鉄鋼やアルミの多量消費にあたり、素材の製造と利用の技術開発に果たした役割は、科学技術史上に特筆されることでしょう。また、材料革命と呼ばれるプラスチックの出現は、変形工学の研究分野の重要性をさらに高めることとなります。

当所における変形の利用研究は、1930年に入って大河内研究室(主任研究員、大河内正敏)の福井伸二助手(後、塑性加工研究室主任研究員、現、名誉研究員)によって始められました。この研究がわが国の塑性加工研究の出発です。その後、現在にいたるまで、当所の塑性加工の研究は、わが国のこの分野の研究の活動源となってきたと同時に、最近では、新しい研究姿勢で国内ならびに国際共同研究活動の推進力ともなっています。

当所における研究—変形工学研究室の現状—

変形工学という名の研究室は、わが国には当所だけにある珍しいもので、昨年4月から発足しました。この研究室は、物体が持つ永久変形の性質を利用して、材料の形状や寸法を変えたり、品物を作る、機械工学の分野と工業材料の分野を、変形や破断の機構を仲介にして結びつける境界領域

の学問分野の確立を目指しています。

そのため対象とする物体は固体ですが、それを弾性、塑性ならびに粘性という力学的生態をあわせもつ物体と考え、作用する外力と変形の関係(これを力学的状態関係ともいいます)、さらに変形に伴う材料の表面と内部の状態変化の関係(これを材料的状態関係ともいいます)を基礎にして研究を進めます。

研究の例を乗用車の車体の成形技術と材料の関係にとってみます。乗用車の車体の材料は薄鋼板で、板厚は足廻りで約3mm以下ぐらい、外板は0.7mm~0.9mmで、これらの板も材料の永久変形を利用して作られます。車体は、ルーフ、ドア、ボンネット、トランク、フェンダーなどからなっていますが、それらは、これらの板をプレスして作ります。そのとき、しわが寄ったり、破れたり、寸法がくったりするのを防ぐのがプレス技術です。プレスする時の板の変形状態やきびしさを媒体にして、この技術の法則性を作ったり、また技術と材料の結びつきの認識法やそれによる学問的体系化などが、当研究室の研究活動です。研究成果は材料の開発にも通じますので、現在の自動車の車体の素材に、また成形された姿のなかに、当研究室の成果が非常に多く含まれております。

新しい形状の車体や器物さらには構造体を作るときに必要な技術と材料の選定に、変形や破断とそれを生ぜしめる多くの因子の因果関係を調べて作った予測モデルを用います。そのためには電子計算機や研究室で開発した自動ひずみ測定機などを駆使しますが、実際の複雑な現象の予測を一層確実にするには、予測モデルの修正や新しい設定が実験的にも検討されることが重要となります。

それで当研究室では、大小のいろいろな形状のプレス型をたくさんそろえ、生産工場のようにプレス機械を動かす日が少なくありません。図1は実験用の特殊絞りプレスで、前にあるブロック類は、 $\frac{1}{2}$ に縮尺した自動車のフェンダーのモデル型です。

このような実験と同時に、被加工材の材料特性試験が同じ重要性をもって行なわれます。材料試験といえば、単純に引張ったり、圧縮したりして強さとか、伸びとか、応力とひずみ関係などを求め

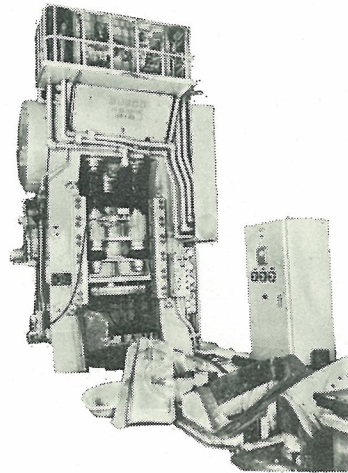
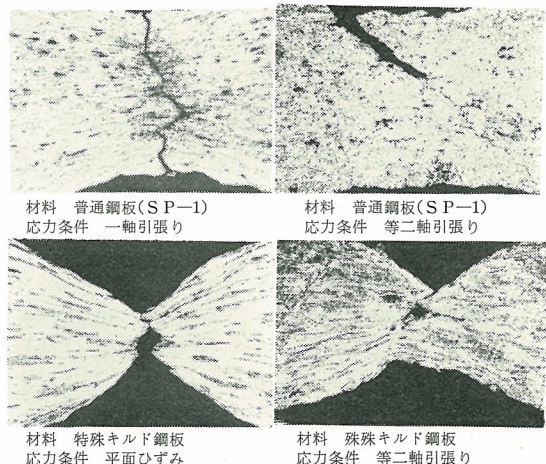


図1 大型の実験用特殊プレス

ることが連想されます。しかし、当研究室では複雑な変形や破断を生ぜしめて、それに現われる特徴を材料特性としてとりあげ、その本質を知り、そして利用を図っています。この研究分野にあっての当研究室の大きな特徴のひとつです。

また、変形と材料状態を結びつけるために光学的ならびに電子的顕微鏡観察も行なわれます。図2は破断にいたる金属材料の内部状態を追って撮ったものの例ですが、これらの観察を通して延性破断の機構や、機構のモデル化の研究も進めています。

また、物体を切断する時に、塑性変形だけを利用して分離しようという研究も進められています。局部的に大きな塑性変形を受けても割れが



材料 普通鋼板(SP-1)
応力条件 一軸引張り

材料 普通鋼板(SP-1)
応力条件 等二軸引張り

材料 特殊キルド鋼板
応力条件 平面ひずみ

材料 特殊キルド鋼板
応力条件 等二軸引張り

図2 薄鋼板の変形条件と破断部との対応挙動の例(倍率80倍)

生していないので、切れたものは精度が高く、そのまま後仕上げなしに使えるのです。プレスで行なうため加工速度も速く、材料ロスもないので大量生産に向く方法として、この研究成果は最近実用化されました。図3は、アルミなどの丸棒を切断途中で停止したのですが、切れ残っている部分の強度も十分あるので、このままクランクシャフトに使えるような気がします。

プラスチックは最近の材料革命といわれますが、加工法は革命的ではありません。当研究室では、プラスチック材料を塑性加工しようと意欲的に取り組んでいます。

いままでプラスチックは加熱して溶かして成形していたものを、金属材料のプレス加工と同じく、常温のまま成形しようとする方法です。図4は鍛造したもので、図5は深絞りをしたものです。図4のような例はわが国では初めての試みであり、外国の文献にもまだみることができませんし、図5も珍しいものです。プラスチックの塑性変形で成形ができるなどは、今まで想像もされていなかったことですが、プラスチック独特の塑性変形機構とあわせて興味ある研究課題です。

(変形工学研究室・主任研究員 吉田清太)

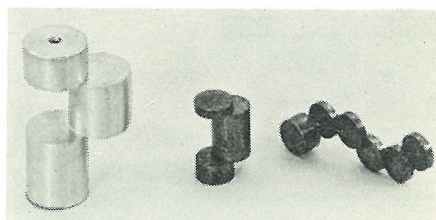


図3 プレスでのせん断の途中で停止したものでいずれも強固につながっている棒
(左アルミ 中、右鋼)

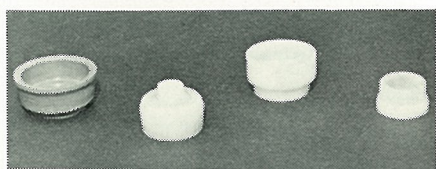


図4 常温で鍛造したプラスチック製品の例

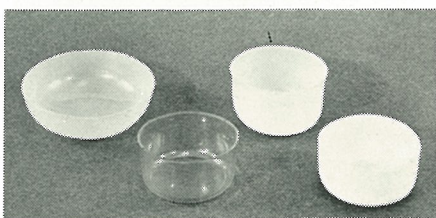


図5 プラスチック板を常温で深絞りしたカップ

核 酸 の 研 究

一 核 酸 と は 一

核酸には、デオキシリボ核酸 (DNA) とリボ核酸 (RNA) の2種類がある。いずれも細胞の生活に欠くことのできない重要物質であるが、特に重要なのはDNAで、生物の特異性はDNAの化学構造によって規定されている。図1はDNAの構造を模式的に示すもので、この図からDNAが4種類の単位分子 (A, G, C, T) から成り立っていることがわかる。この単位分子の並び方は、生物種でいろいろである。そこで、DNA鎖上の4種の単位を文字になぞらえ、DNA文章ま

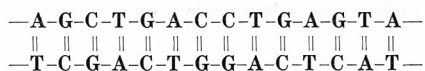


図1 DNAの構造模式図

たは遺伝情報文という。

— 核酸の分解と再結合 —

微生物学研究室では、遺伝情報理論に基づいて微生物の持つ潜在能力の高度活用が研究されているが、今回は酵素によるDNA鎖の切断と再結合に関係する研究のみを紹介することとする。細胞に放射線があたるとDNA鎖の切断が起こり、ついで障害箇所が酵素により修復される。また、遺伝的組み替えはDNA鎖の切断と再結合によって起こるとされている。さらに、DNAが複製するためにはDNA鎖に“裂け目”の入ることが必要とされている。このようなことから、DNA鎖に“裂け目”を入れる酵素 (ニックェースという) と “裂け目”を再結合させる酵素 (リガーゼという) の

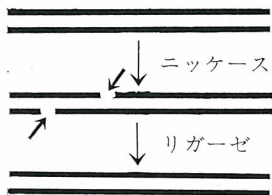


図2 1本鎖切断とその再結合

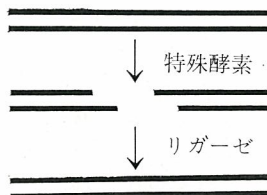


図3 2本鎖切断とその再結合

存在が予想されていた。

ニッケースの存在は、昨年アメリカの研究者と当研究室の研究者により同時に発見された。アメリカの研究者は、ファージ（細菌ウイルス）の感染をうけない大腸菌からこの酵素を分離したが、当所の研究者はファージの感染をうけた大腸菌からこれを分離した。いままでに、T₄ファージ感染菌から2種T₂、T₇、λファージ感染菌からも1種ないし2種分離されたが、この酵素がウイルス感染細胞の中に特に多量見出されることは興味深い。

リガーゼは、一昨年アメリカの研究者により発見された。当所でもこの酵素をさがし求めていたので、アメリカの研究者にしてやられたのは痛恨事であったが、すぐに分離に成功した。最近、λファージの感染をうけた大腸菌からリガーゼを分離したが、この成功は分子生物学の立場からみて

価値が大きい。

図2は、ニッケースによる1本鎖切断とリガーゼによるその再結合を示す。この実験を形質転換DNAで行なうと、ニッケース処理でその生物的活性が低下し、リガーゼ処理で旧に復する。放射線障害の回復はより多様であるが、修復の一つのモデルと見なすことができる。図3は、2本鎖切断とその再結合を示す。λファージDNAを用いての2本鎖結合（リガーゼを用いる）には成功しているが、人為的につくった2本鎖切断を酵素を用いて結合させる実験は、世界でまだ誰も成功していない。幸いなことに、当研究室はDNA鎖を特異的に切断する酵素を多数持っている。これらを用いて2本鎖切断の酵素による再結合、すなわち、遺伝的組み替えの試験管内実現は、放射線障害の試験管内修復の実現とともに当面の課題である。（微生物学研究室・主任研究員 池田庸之助）

発ガン物質



人間にガンを起こすことが知られている環境上の危険な因子は幾つかある。この実証のため、動物実験でガンを作る研究が進められ、数百種の化学物質、放射線、ウイルスに作用が認められている。タバコもその作用を持つことは確実で、われわれも発ガン物質をマウスに与え、その飼育ケージにタバコの煙を吹き込むと肺の発ガン率が倍になることを示した。

さて、秋の夜長の涼風に誘われて盃を傾けることも多いこの頃だが、われわれは60%アルコールに芳香族アミンをsuspendしてネズミに与え、胃ガンを発生させた。ところがこの濃度がくせもので、ウィスキー、焼酎よりわずかに濃いだけにすぎない。焼き鳥などは芳香族炭化水素を含んでいようから、酒で抽出され、胃に吸収され

て、胃ガン発生という事態になりかねない。こうなると酒もタバコも発ガンに関係ありというわけで、庶民の飲みはおのずから限られてしまう。ネズミと人間の寿命を考慮すると、そう簡単に人間にガンが発生するはずはないが、若くして酒、タバコに親しむのはやはり危険というべきか。また平均寿命の延びは長期間自ら発ガン実験を行なっていることになり、死因がガンである率は高くなるだろう。もっとも発ガンするほど、酒、タバコに小遣いを回す余裕はないという陰の声もあるが。

（元有機合成化学研究室研究員 現東工大助手 太田明広）

訂正

本ニュース第11号の「レーザーに関する研究その2」の記事中、3頁左第2図下3行目に、「5ms」とあるのは、「5ns」の誤りです。お詫びして訂正します。なお、「ns」というのは、nanosecondの略で10⁻⁹secすなわち10億分の1秒のことです。