

理学的視点に立った金属工学

——格子欠陥の導入による原子の結合変化——

佐藤研究室

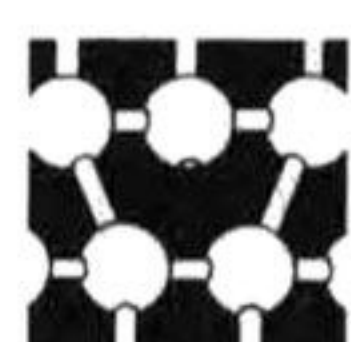
材料科学専攻

金属といった言葉からは鉄鋼業といった重厚長大なものが連想されるが、実際には様々なことが研究されている。長津田の大学院総合理工学研究科材料科学専攻で破壊力学講座を受け持っておられる佐藤彰一教授の研究内容は物理の物性と変わらないように思われる。

佐藤先生の研究室は他の研究室との共同研究が多いせいか開放的であり活気にあふれていた。そういった雰囲気の中取材は行われた。



佐藤彰一教授



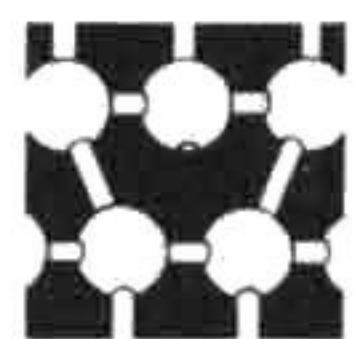
研究内容—原子間の結合変化を見る

他の研究室との協同研究も多いことから佐藤先生の研究は多彩であるが、現在行われている主な研究テーマとして次のようなものがある。

- Fe-Mn-Si 形状記憶合金の研究
 - 析出、変態などにおける磁場効果の研究
 - 金属材料の高温強度と破壊靱性の研究
 - 1000kV の超高压電子顕微鏡やサイクロトロンを使った照射、つまり金属に電子、陽子などをぶつけるとどのようになるかという研究
- 各テーマに共通なことは「材料に格

子欠陥が導入された際、原子間の結合がどう変化するか」といった視点のようだ。

多彩な研究テーマの中から「Fe-Mn-Si 形状記憶合金」と「析出、変態などにおける磁場効果」の研究について特に話して頂いた。



形状記憶合金の原理およびその応用

形状記憶合金は、結晶構造の温度による変化を利用したものであってその変化も使用する材料によって千変万化なものである。

従来使われてきた形状記憶合金は高価な金属を使用したものが多い。しかし、先生が研究されているのはFe-Mn-Si形状記憶合金という、鉄を使った比較的安価にできる形状記憶合金である。

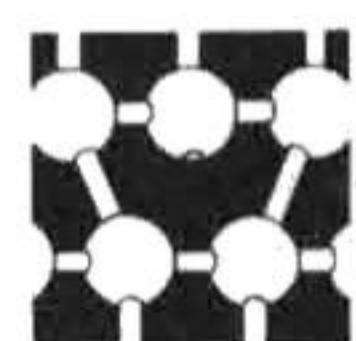
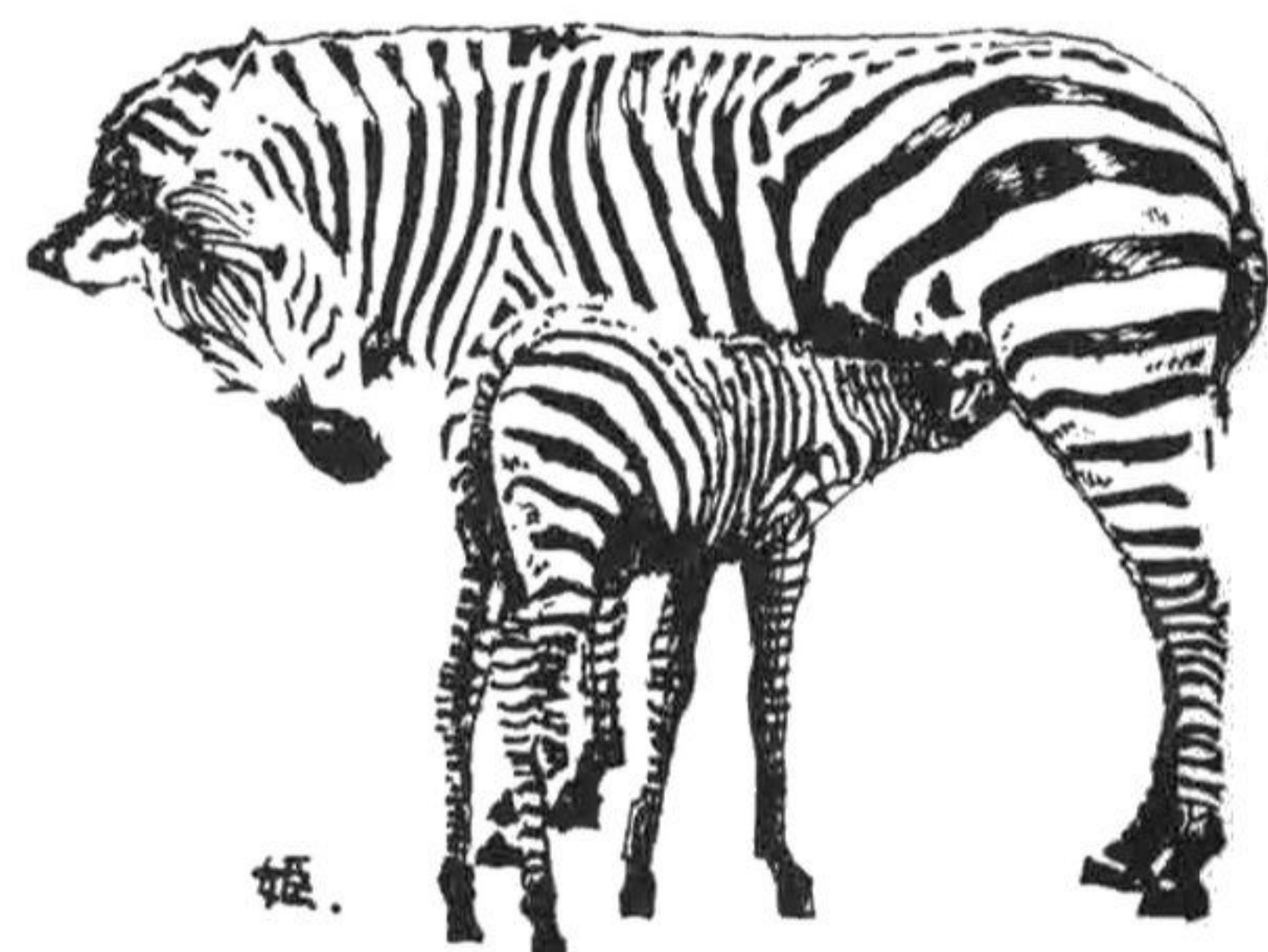
ポピュラーな形状記憶合金にはニチノールという、チタンとニッケルを用いた合金がある。これは、もともとアメリカのNASAで発見された合金で宇宙に持っていくアンテナのために使われたものだ。これなどは暖めたり冷やしたりということによって動くロボットなどに使ったりすることができる。

形状記憶合金の形の覚えさせ方にもいろいろな方法があって1つの温度だけを覚えさせるのと、2つの温度を覚えさせるのがある。

ニチノールは両方構成で低い温度と高い温度で形を覚えていて、その形状が温度の上げ下げだけによってリバーシブルに変化する。しかし

Fe-Mn-Si形状記憶合金は、1つの温度だけを覚えていて一度変形させて温度を上げると変形前の形に戻るが、そうするともう温度を上げても下げても変化しない。だから、これなどは永久的なもの、例えばパイプの継ぎ目に使う締め具なんかに使うことができる。

基本的にはどういう構造からどういう構造に移る物質かによって両方向きと片方向きになる場合があるのだが、これにも色々な問題がある。例えば、ニチノールにしても格子点の中にどのようにニッケルとチタンが入るかによってあるいはニッケルやチタンの一部を他の元素で置き換えることによって結晶構造が異なってくる。一般にニチノール系の合金で形状変化を担う構造変化は、FCC（面心立方構造）からBCC（体心立方構造）のような大きな変化ではなくもっと微妙な変化である。高温と低温でそれぞれ安定な相があって、力学的な力と温度変化による化学的な力のバランスが温度の上げ下げによって変化し、形状記憶効果を示すのでリバーシブルとなるのだ。



変態、析出における磁場効果

これはある種の相変態や析出現象が起こるときに磁場をかけるとどうなるかという研究である。

即ちマルテンサイト変態と呼ばれある温度を境に物質の結晶構造が変化するとき磁場をかけ、どのような現象が起こるかということを研究している。勿論、相変態が磁氣的性質の変化を伴う場合の話である。

例えば鉄は低温では体心立方構造でこのとき磁石につくのだが高温ではもう磁石につかない。そしてさら

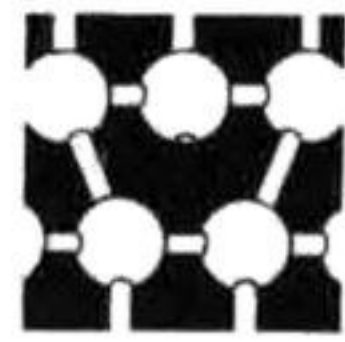
に高温では面心立方構造に変わってしまう。面心立方構造の銅の中に析出させた鉄はかなり低温でも銅と同じ面心立方構造をしており、この鉄は塑性変形によって低温相の体心立方構造へと変態する。このとき磁場をかけるとどうなるかというのが変態に対する磁場効果の研究である。

なお、析出現象とは、例えば——鉄の中に高温で窒素を入れて焼き入れをしてそのまま200度程度の温度に保つと窒素原子が移動し、安定な

場所に集まってくる。——といったこと、すなわちある物質がグループを作って特定の場所に集まってくる現象のことである。

上の例の場合だとこの析出物は板状で3方向のものが普通はできる。しかしある方向に磁場をかけると3

つのうちの2つの方向には出にくくなってしまう。つまり析出するときに窒素の方向性は3つあるのだが、磁場によって窒素原子はエネルギー状態の低い方向を選んで動くわけである。



着想：Fe-Mn-Si形状記憶合金の発見

高温の鉄に磁場をかけようとなぜ思ったのかお聞きした。

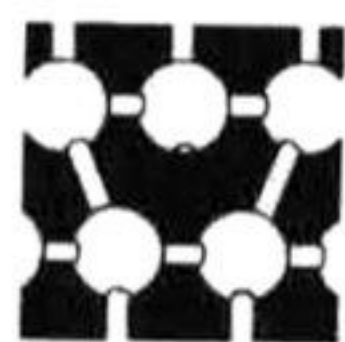
「マルテンサイト変態の研究にしても昔から磁場をかけてそれによって特殊な磁性材料を開発しようという研究があり、それなりのネタはあるわけです。新しい現象を初めて発見するというのはいかなるわけでもありません。

Fe-Mn-Siが形状記憶合金になるというのを発見したのは、まれに見る当たりです。Fe-Mn-Si合金の研究はマルテンサイト変態の基礎を勉強する為に始めたわけで形状記憶合金の開発がそもそもねらいではなかったのです。しかし研究によっては理論で予測されたことを実証して理論の正当性を確かめるという場

合もあります。例えばノーベル賞を受けたメスバウアー氏の研究がそうです。これは修論の仕事だと聞いています。メスバウアー氏の先生が考えた理論の実証が困難で、その理論を誰も信用していなかった。それをこつこつと修士のときに研究して正しいのを示して、かなりあとになってみんながやり始めて、そしてはじめてメスバウアー氏がいわゆるメスバウアー効果の実験的証明でノーベル賞をとることになったんです。かなり後になってからね。」ということであった。

注) メスバウアー効果

原子核から反跳をとまなうことなくγ線が放出され、同種原子核によって共鳴吸収される現象



総合理工学研究科：理学と工学の調和

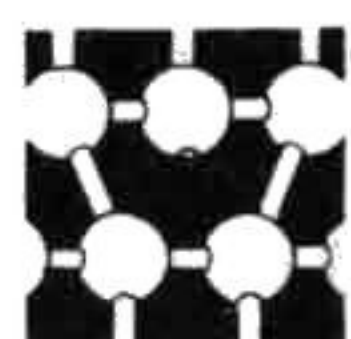
理学をやる人間に“研究が何の役に立つのか”などの質問はヤボであろう。“何の役に立つかだって？オレは面白いからやっているだけだよ。”というのが理学をやる人の決まった答えである（と思う）。逆に役に立つことをやるのが工学であろう。では佐藤研究室でのこの研究は何の役に立つのであろうか。

「何の役にも立たないよ。将来どうなるかは解らないけど、そんな目的で研究をしているんじゃないからね。本当に自然がどうなっているかそれを知ることが面白いわけ。」

このように非常にいわゆる理学的

であり、予想外であった。佐藤研究室は金属“工学”，つまり工学の研究室と聞いていたためである。しかし考えてみれば、佐藤研究室は総合理工学研究科の中に位置していて、工学部にあるわけではなかったのだ。

このことは、東工大の総合理工学研究科の性格をよく表しているのだろう。この研究科は理学と工学がうまく調和していると言えるのではないだろうか。佐藤研究室には実に様々な学科から人が来ている。佐藤先生自身、金属出身ではなく、物理出身なのである。



新材料開発に必要とされる金属の知識

金属というとあまりパツとしないように私達は思いがちであるが最近盛んになってきている研究などについてたずねてみた。

「昔は鉄鋼業が盛んでしたが、通常の鉄鋼だと、最近では韓国の方が同じものを安く作れるようになってきています。だから今はステンレスのような高級な鉄鋼に力を入れて生きのびようと企業なんかではしているようですね。」

「結局、金属に人気がないというのは金属って大変歴史が古いから新しいものが見つかるということはあまりないからでしょう。しかし大学を出て、会社に入って結構金属の人も活躍しています。本当の材料の知識を持っていますから。」

「セラミックスの関係は、いまどんどん新しいものを作っているという意味では面白さがあります。新しいものを作りだすというね。しかし実用材で金属はまだまだ重要な役割を果たしています。例えば飛行機など

は安全性を考えるとセラミックスやプラスチックだけでは無理があります。延性に富み破壊に至る基礎知識が貯えられた金属と、セラミックスやプラスチックの長所を取り入れた複合材料の研究にも金属の知識は欠かせません。なお最近盛んに研究されている高温超伝導材料について我田引水な見方をするとこれもミクロにはセラミックスと金属の複合材料になっています。そして超伝導状態をもたらすのはその金属の部分なのです。」

「金属はかなり完成された基礎的な学問ですから、新たな材料を開発する際には金属の知識が必要とされるわけです。」

昨今、新聞では金属の不況が伝えられる。しかしこれは金属が「量」から「質」の時代へ転換したことによる「量」の側の不況であって、「質」の側におられる先生には関係のないことのようなのだ。

なお、佐藤研究室の博士2年の渡辺氏にも取材に協力していただきました。
(小林)

