

X線分析法より見たる金屬の諸性質

(大正十四年四月三十日講演)

柿 沼 宇 作

○會長(河村曉君) それでは豫て御通知申上げました通り柿沼工學士に X 線分析法より見たる金屬の諸性質と云ふ御講演を御願いたします。

今夕は私のやうな門外漢が御話を申上げますのは甚だ僭越なることと存じますけれども、どうぞ他山の石として御聴取を御願ひいたします。又私の考の誤つて居る點につきましては色々御教示を仰ぎたいと思ひます。それで初に御斷り致して置きますのは、此 X 線分析法が比較的近年に發達いたしましたものでございますから、或は御耳新しい方もあり、又此方に既に大分御研究を積んで御出での方もあると思ひます。で今夕は極く大體のことを申上げる様にとの御頼みでございますから、初の所からざつと申上げる積りで居ります。従つて中には御退屈なさる方もあるかと思ひますが、豫め御許しを御願ひいたします。

1、X 線分析法の由來

X 線は1895年に Röntgen が發見いたしました。何しろ普通の光とは違つて、通常不透明體と稱するものも通り得ると云ふ妙な性質を持つて居りますから、物理學者は非常に興味を覺えまして、色々な物理的研究を致します。エンジヤーは鑄物の巢を検査するとか、或は飛行機材料の木の性質を調べるとかと云ふやうな風に利用いたします。又一方に於きまして醫者は御承知の通り診斷用に利用いたしまして、最近には治療用に大分用ひられるやうになりました。

それで今夕の問題であります X 線を金屬の内部の原子的構造を調べるのに應用しましたことは、最近十箇年の間に進歩であります。それは1912年に獨逸の物理學者 Laue が次の様な事を申出したのに始まります。即ち X 線も矢張り光と同じくエーテル……唯今エーテルの有無は問題になつて居りますが、兎に角……エーテルの波動である、唯波長が非常に短い波動である。従つて普通の光に見出されるやうな廻折現象が矢張りなければならぬ。それならば丁度普通の光を grating と稱する器械に依つて分析して研究すると同様に、X 線を結晶體に投射すれば其處に廻折現象が起つて來るに違ひない。さう云ふことを鉛筆の尖で言出しまして、それを Friedrich 及び Knipping の二人が Zincblende の結晶を用ひまして實驗的に證明いたしましたのであります。其事が X 線の研究に於ての一時期を劃したものであつて、それから後は X 線が單に物を貫くと云ふやうな單純な性質を利用したばかりでなく、唯今の廻折現象を使つて物質の原子的構造を調べると云ふ風に用ひられるやうになりました。

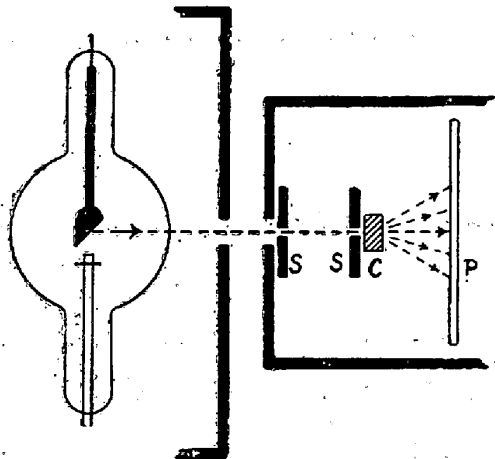
金屬組織に關して X 線を應用したのは既に 1913 年頃から始つたやうであります、最初は餘り大し

た進歩は認められませぬ、先づ1920年以來發達して參つたと申して差支ありますまい。我國の西川及び淺原の兩氏が種々の金屬をロールし次で之を焼鈍した時の状況をX線寫眞に撮影されましたのは、此方面に於ける價值のある研究の第一歩であります。それから後獨逸では Polanyi 及び其他の人々がメタルにデフオーメーションを與へた時の原子的の構造を深く研究いたしました。又瑞典では Westgren 等が鐵鋼に關して貴重なる研究を遂げました。其他最近に於きましては金屬材料に X 線分析を應用することは非常に盛なものでありまして、殆ど應接に追ない位續々と論文が發表される有様でありますから、遠からぬ内にこの方面に於て立派な研究の結果が出はしないかと思ふので、又希望する次第であります。

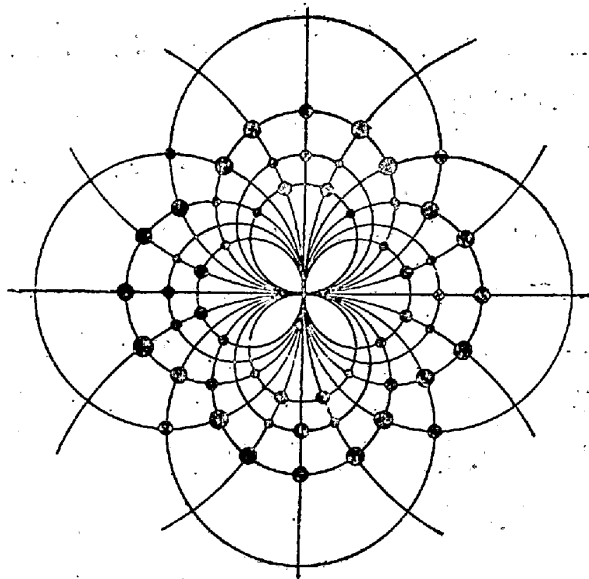
2、X線寫眞撮影装置の説明

それならばX線分析はどんな風にしてやるものであるかと云ふことを……既に御承知の方もございませうけれども、極く簡単に申し上げます。唯こゝでは其中の一つであるラウエ法と稱するものに就きまして御話を致します。

第一圖



第二圖

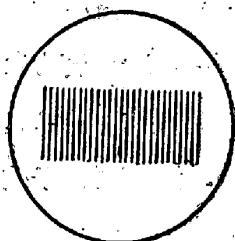


ラウエ法と申しますのは、唯今申しましたフリードリッヒ及びクニッピンがジンク・ブレンドの寫眞を撮つた、其方法と同様のものでありまして、第一圖に其装置の大體が示してあります。左方のX線球から出たX線は小さな孔を明けた鉛のスクリーンSSを通つて、出来るだけ細い平行なX線となりまして、クリスタルCに當ります。之に當ると……固より眞直に參りまするX線はありますが……其外此クリスタルの中の原子的構造に相應いたしまして、X線が色々の方向に曲ります。従つて乾板Pの上には、Photo. 1にあるやうに、大小、それからインテンシティーの強いもの、弱いもの、種々なスポットが現れます。此寫眞は食鹽の結晶を、丁度そのキューブの面に直角にX線を當てた時の像でありまして、かやうに上下左右にシンメトリーを持つた規則正しい斑像が得られます。それでこれらのスポットは色々なサークル(近似的)の交點に存在するやうになつて居ります。(第二圖参照)

3、グレーティングに就て

然らば斯う云ふやうな斑像がどうして得られるかと云ふことを考へて見ます。さうしますと是は皆様御承知でございますが、普通の光を分析いたしますのにグレーティングと稱する装置を用ひま

第三圖



す。是にも色々ありますけれども、先づ代表的のものを御話いたしますと、Speculum bronze のやうなメタルの表面を非常に綺麗に磨きまして……其面が平面のものも或はコンケーヴのものもありますが、兎に角其面を非常に綺麗に磨きます。さうして其上にダイヤモンドポイントで以て無数の平行線を間隔も線の太さも一様に引いたものであります(第三圖は極く大體を示します。)此ラインの数が多し程グレーティングとしての機能が有効なものでありまして、例へば私共の研究所にあります一つのグレーティングは、四時の間に約六萬本の條が引いてあります。即ち條と條との間隔は 0.00017 cm といふ様な極めて精巧なものであります。ところが普通の光の波長はどの位であるかと申しますと、我々が眼に見得る光の波長は約 4000 Å 乃至 8000 Å の間にあります。(Å は Angstrom Unit 即ち 10^{-8} cm を表はす)。前に申上ました條と條との間隔 0.00017 cm はオングストローム・ユニットで言へば 17000 Å になります。それでありますから眼に見える光、及び之に近い波長を持つ紫外線赤外線は、それらの波長と略同程度の間隔を以て條を引かれたグレーティングで分析してスペクトルを得られるのであります。

ところが X線の波長を普通の光の波長に較べると非常に小さいのでありまして、オングストローム・ユニットで言へば短かいので小數點下一位、長い方でも十何オングストロームといふ程度のものでありますから、普通のグレーティングでは到底分析が出来ないと云ふことは直ぐ分るのであります。

是は餘談でありますけれども、グレーティングを切りますのは非常に困難な事でありまして、亞米利加の Pasadena にある Carnegie Institution の研究所では地下室の一つをグレーティングを切る部屋に充てて居りました。そこでは 20吋のグレーティングを切らうと云ふ話でありました。即ち斯う云ふやうな非常に細かいラインを 20吋の幅だけ切るのであります。それに用ひます cutting tool は前に申しました通り diamond point であります。始から終までそれを變へる譯に行かないのであります。何故かといふに、變へれば條の太さが違つて來るからであります。であるから非常にゆつくり條を引かなければならないのでありまして、6吋位の普通のものは三四日で切るさうでありますけれども 20吋となると二ヶ月も掛かるさうであります。さうして cutting device は總て水銀に浮かしてありますが、之を guide する screw は極く精確なことを要しますから、そのピッチの異同を光の干涉作用を利用して測つて適當な補正を加へるのであります。それから温度が其二ヶ月もの間に變つてはいけませんから、前の地下室の壁に沿うてウォーター・パイプをすつかり引きまして、其温度を二ヶ月の間に攝氏で百分の一度の違ひも無い位にコンスタントに致します。

斯様な大仕掛に致しましても、X線の波長と可成りな間隔を有する條を引くことは出来ませ

ぬ。従つて最も精巧なグレーティングを以てしましても、X線を分析することは到底不可能と申さねばなりません。併し幸なことに結晶は丁度其中の原子の配置が非常にギレラーなものでありまして、原子が space lattice (空間格子) をなして居る、即ち非常に規則正しい格子のやうな整然たる配置を持つて居る、さう云ふことが既に前世紀の中頃から考へられて居りました。しかも追々結晶の内部構造に関する考察が進むに従つて、此原子の間隔が丁度オングストローム・ユニット即ち 10^{-8} cm のオーダーのものであるらしく思はれますので、結晶をグレーティングとして使へば何の苦もなくX線を分析し得る譯でありませう。其事に気が付いたのが詰りラウエの卓見でありまして、それに依つてX線が一つには波長の非常に短い波動であると云ふことを證明いたし、同時に物質の原子的構造を調べ得る新しい途を拓くやうになつたのであります。

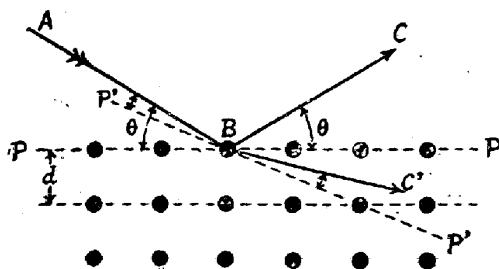
4. ラウエ像の現はるゝ理由

それでは結晶をグレーティングとして用ゐるといふのは何を意味しますか。先づ前に申上げたやうな普通のグレーティングでは、條が一行に並んで居りますからワン・ダイメンションのグレーティングと考へられます。従つて之に光を當てると、一行に並んだスペクトルを得ます。

ところが此條を縦横に切つたと致しますれば、是はツー・ダイメンションのグレーティングでありますから、丁度スペクトルがクロスして出る譯であります。手近な例としまして、成可く目の細かい網を透して遠い電燈を御覧になりますと虹の様なものゝ十字に交叉して見えます。

今度は結晶のやうに規則正しい原子的構造を持つて居る物に、その原子間の間隔と同程度な波長を有する波動が當つたとしますに、今その原子の一つ一つが前のグレーティングの條の一本一本に相當するものと考へますれば、結晶ではかやうな條が空間的に整列されて居るのでありますから、之をスリー・ダイメンションのグレーティングと見做すことが出来ます。従つて之からは或る複雑なスペクトルが得られる譯でありまして、食鹽結晶にX線を投じて得た斑像 (Photo. 1) の如きはその一例であります。複雑とは申しますが其スポットの出方は或規則に従ひます。それはラウエの最初の導き方では非常にむづかしいのでありますけれども、英國の Bragg がそれを簡単な法則に書變へました。

第四圖



即ち第四圖に大體示してありますが、黒い點を以て結晶中の原子一つ一つを代表すると致します。今原子が澤山列んで居る面 (之を原子面と名づけます) PP に、AB の方向からX線が入つて來たと致しますと、普通の光が鏡に當つた時に正反射をするのとよく似たやうな結果になりまして、即ち此入射X線がBCの方向に反射されるのであります。

(この場合眞直に進んで行くX線のあることは勿論であります、今は方向の變化したX線だけに眼をつけて参ります。) さう致しますと、その際の反射の法則は次の式で言ひ表はされます。

$$n\lambda = 2d\sin\theta, \text{ (但し } n \text{ は整数)}$$

こゝに λ と云ふのは入射 X 線の波長、 d は今考へた原子面と、それと平行な隣りの原子面との間の距離、 θ は入射 X 線が原子面 PP となす角であります。是がブラッグの式でありまして、即ち AB の方向から来た X 線が PP なる原子面にあたれば、入射角と等しい角 θ をなして BC の方向に反射されるのであります。丁度是は普通の光の正反射と見て差支ありませぬ。然し X 線の反射の場合には大分趣を異にして居る點があります。御承知の通り普通の光の反射の場合には一つの入射線の方向に對しまして、反射線は一つの方向しかありませぬ。ところが結晶のやうに原子が所謂空間格子状に規則正しく配列して居りますと色々な方向に原子面を想像することが出来ます。例へば PP 面ばかりでなくして、P'P' なる原子面も考へ得る譯であります。この面に前と同じ方向の入射線があたりますと、やはりブラッグの式を満足する BC' の方向に反射を生じます。唯 BC' の方向の反射線の強さが、BC の方向のものよりも弱いであらうと想像されます。何故かといふに P'P' 面上の原子配列の密度が、PP 面よりも遙かに粗であるからであります。然しこの反射線の強さといふことに就きましては、も一つ普通の光の反射と違つた點があります。例へば鏡から日光を反射させます場合に、鏡の向きが何うであらうと、反射線の強さには大差ありませぬ。之に反して X 線の反射では、 θ なる入射角が大きくなるにつれて反射線の強さが急に減少して参ります。即ちこの點から考へますれば、BC' 方向の反射線が BC 方向のものより強かるべき筈であります。これらを綜合いたしますと、BC, BC' の何れが強いが容易に判断を下せぬ譯であります。(殊に異種の原子が交つて空間格子を作つて居る場合には、愈以て複雑なる結果を呈するのであります。)

以上 PP, P'P' の二面について申し上げましたが、かやうな原子面はこの外にいくらかも考へられます。又紙面に直角なものばかりでなく、之に傾いた向きにも、多くの原子面を想像することが出来ます。それらの各から先のブラッグの式を満足する方向に、夫々反射を生ずるとしますれば、同じ一つの入射線に對しましても非常に多くの反射線を得る譯であります。けれどもその中でインテンシティの強いもの……即ち原子が相當に密に列んで、入射線に對する角 θ が比較的小さな原子面からの反射線……だけが寫眞に撮れるのでありますから、先づ割合に簡單なるスポットの像を得ることになります。

兎に角大體でありますけれども、X 線が結晶に這入つて参りますと、それから X 線の反射が起る、ところが其反射は唯單一の方向に反射するばかりでなく、色々な方向に反射を生ずる、従つて Photo. 1 のやうなラウエ像が出る、と云ふことが先づ御分りになつたことと思ひます。

5. 金属試料の生ずるラウエ像

是からメタルに X 線を應用した方の御話を申し上げます。メタルの方では……單一の結晶の場合を除いては……唯今まで申上げた結晶のやうに單純な像を與へませぬ。かなり複雑なる像を與へると云ふことは想像することが出来ます。何故ならばメタルの内部には大小形狀を異にした結晶粒が種々の orientation を以て入れ交つて居るからであります。それで其大體の idea を得る爲にこゝに色々な大

第一表

Group Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	(O)
1	H								He
2	Li (B)	Be (H)	B	C (D), (H)	N	O	F		Ne
3	Na (B)	Mg (H)	Al (F)	Si (D)	P	S	Cl		A
4	K (B)	Ca (F)	Sc	Ti (H)	V (B)	Cr (B)	Mn	Fe Co Ni (B) (F) (H) (F)	
5	Rb	Sr	Y	Zr (H)	Nb	Mo (B)		Ru Rh Pd (H) (F) (F)	
6	Cs	Ba	Rare Earths	Hf	Ta (B)	W (B)		Os Ir Pt (H) (F) (F)	
7		Ra	Ac	Th (F)	Pb	U			Nt

Notations: (F) face-centred cubic.

(H) hexagonal close-packed.

(B) body-centred cubic.

(R) rhombohedral hexagonal.

(D) diamond type (tetrahedral cubic)

(T) tetragonal.

きさの食鹽の結晶を寫眞に撮つたものを御覽に入れます。(此寫眞に就ては、造船協會會報第三十三號に載せたる拙稿の附圖 Pl. I 及び Pl. II を参照せられたし。)即ち大小色々な結晶の向が色々になつて参りますと、Photo. 1 のやうな規則正しい斑像でありませんが、スポットの配置が亂れ、同時に個々のスポットが小さくなつて参ります。それですから、逆にメタルの寫眞を撮つてスポットが大きければ先づ其中の原子の配置が比較的正しい、グリーン・サイズにしますれば大きからうと察せられます。其スポットが不規則で細くなつて居れば、其中の原子の配置が亂れて來て居る、グリーンサイズが小さくなつた、大體さう云ふやうな見當を付けることが出来ます。そして結晶粒が或る程度より小さくなりますれば、最早個々のスポットを識別することが出来なくなつて、唯ぼんやりと暈の様なものが出るだけです。

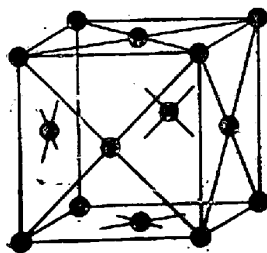
さて金属が單獨にある場合にはやはり規則正しい結晶形を持つて居りますから其中の原子の配置も非常に規則正しいであらうと云ふことは誰しも想像するのでありますが、中にも金属元素の多數は極めて簡単な空間格子を持つて居ることが、X線分析の結果確かめられました。

第一表に示した週期律表の中で (B)(H) 等の記號の付いて居る元素は種々の X線分析法に依りまして原子的構造の明かになつたものであります。是はラウエ法でなく他の方法に依つて得た結果が多いのでありますけれども、兎に角元素の空間格子は大部分研究し盡され、決定し盡されて居ると稱して差支ないと思ひます。ところが我々の使ふ金属材料に於きましては、大小形狀を異にした結晶粒がかなり入れて居りますから、單一結晶の場合を除いては、之に依つて得た X線寫眞を基として内部の原子的構造を判断する場合には、少しく趣を異にした考察を下すことが必要になつて参ります。それで其一例として、メタルをロールした時に其中の原子的構造がどうなるかと云ふことを御話申上げます。それに就きましては先づ銅をロールした時を考へて見ます。

6. ロールされたる銅のラウエ像

銅は單一結晶に於きまして、面中心立方 (face-centred cube) の空間格子を持つて居ります。それは第五圖に示してありますが、キューブの各頂點と各面の中心に一つづゝの原子があるのであります。斯う云ふ配置を無數に列ねて想像して御覽になれば即ち銅の原子的構造の mental picture を得るのであります。

第五圖



併かし一片の銅の中には大小色々な結晶粒が混つて居ります。各の結晶粒の中の原子はやはり單一結晶と同じ空間格子を形成して居るとしても、その orientation は各結晶粒について個々別々でありますから、従つて全體としてはかなり亂雑な配置にあると申して差支ないであります。ところがそれをロールいたしますと段々規則正しい配置に近づいて参るのであります。其事は Photo. 2, 3, 4 を御覽になれば分ると思ひます。Photo. 2 は銅をロール

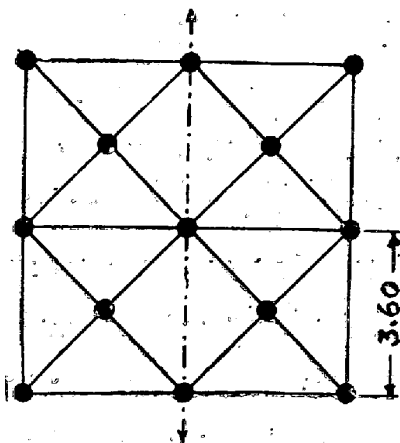
して約 0.3 mm の厚さにした薄片に、垂直に X 線を投じて撮つた寫眞であります。真中の丸い部分は直接に行きます X 線の像でありまして、是は今問題になりませぬ。その周圍にぼんやりではありませんが突出した部分があります。それは銅の原子が或る配置を持つた爲めに、所謂 X 線の反射を生じ、その反射線が乾板に投じた像であります。この像はロールした方向（寫眞はすべてロールした方向を上下にしてあります）に略々シンメトリーを持つて居ることを認めます。ところが此ロールした銅を極く僅かの時間少し高い温度に熱しますと、Photo. 3 の様な像に直ぐ變るのであります。即ち最初のロールしたばかりの銅の寫眞ではロールした方向に対してはシンメトリーを持つて居りますが、之に直角の方向のシンメトリーは割合に少いのであります。ところが此サンプルを例へば 300 度に 1 分間熱しますと、上下左右は申すに及ばず、それに 45 度の方向にもシンメトリーを持つた非常に規則正しい像に變化致します。それでは之を尙續けて熱して参りますと、この變化が愈々甚しくはあるまいかと思はれますが、Photo. 4 にもあります通り諸所にスポットが出て來るだけでありまして、スポットの配置全體としては Photo. 3 の時のシンメトリーを少しも變へて居りませぬ。即ち像のシンメトリーと云ふことから申しますれば、ロールしたものと 300 度に 1 分熱したものととの變化は非常に急激に起るにも拘らず、是から先の變化は 900 度に 5 時間も熱してもさう著しくないと云ふことに気が付きます。兎に角ロールしたばかりの時の原子の配置は温度の影響に對してかなりアンステーブルであります、之を僅か熱した時の配置は餘程ステーブルに違ひないと考へられます。

7、ロールされたる銅の原子的構造

それならばステーブルな配置はどんな配置でありますか、それは詰り銅原子の自然の配置であるフエースセンタードの空間格子が全體として或オリエンテーションに近寄つて居るに違ひない。それを求めます爲に初はサンプルに直角に X 線を當て、寫眞を撮つたのでありますけれども、次には之を少し傾けて撮影いたします。即ち Photo. 5 及び 6 は vertical の位置から 30 度傾けたのと 45 度傾けたのとでありまして、放射條の模様は漸次に變つて参ります。

尙その他の位置で同一のサンプルの寫眞を撮りまして、求むる配置はどんなものであるかと云ふこと

第六圖



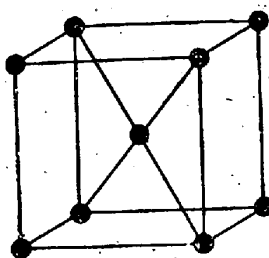
とを計算によつて略々決定するを得ました。それは第六圖の様に立方體の一面をロール面に平行させ、その一邊をロールの方向に一致させた配置に近いのであります。唯若しも全體斯う云ふ配置になつてしまひましたならば、丁度先程申上げた單一結晶と同ことでありますから、あゝ云ふ風なスポットが非常に規則正しい配置を持つた像になければならないのであります。ところが今の場合では原子全體の配置が第六圖の様な向きに近寄るといふのに過ぎないのであります、即ち場所によつて少しづつ、デヴィエーションを持つて居るのであります。従つてスポットが放射狀に列つた像を與へるので

あります。それからアシ—リングを非常に長く続けましても此配置が大體保たれまして、唯益々リクリスタリゼーションが行はれるにつれてスポットの大きが増して来るだけなのであります。先づ銅をロールした時にはその原子的構造が以上の様な配置に近づくことと云ふことが分つたと致します。其次には鐵の場合に移ります。

8、ロールされたる鐵のラウエ像

鐵はナチュラルな状態に於きましては體中心立方 (body-centred cube) の空間格子を持つて居ります(第七圖)。

第七圖



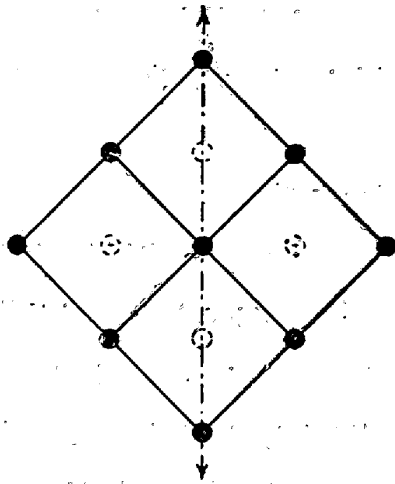
立方體の各頂點に一つ一つの原子を持つことは第五圖と同じであります。尙ボデーのセンターに一つの原子を有して居ります。それで鐵をロールした時の寫眞は Photo. 7 に掲げてありますが、十文字が明かに出て居りまして、尙その外にこの十字に對して45度に交叉した薄いラインが出て居ります。又 Photo. 8 も 同じく鐵をロールして極端に薄く、約 .05 mm の厚さにしたものの寫眞でありまして、兎に角何れも像のシンメトリー

に關しては、ロールした銅をアンニールした時の寫眞 (Photo. 3) と非常に能く似て居ります。従つて鐵をロールしたばかりの時の原子的構造は先の第六圖の配置に非常に近いやうに想像されます。それです。先程のやうに此配置がかなりステーブルなものであるとしたならば、鐵のこのサンプルを少し熱しますことによつて、益々十文字のシンメトリーが発達すると云ふ風に想像されます。ところが其サンプルを極く僅か熱して見ると Photo. 9 の様に變るのであります。是は 850 度に 1 分間熱したのであります。小さなサンプルならば僅々 15 秒乃至 20 秒位で斯う云ふ風に變るのであります。即ち前には太い十文字が出て居りましたが急ち二本づゝの細い條に分れます。さうして之に 45 度の傾きを持つて居たラインが全く姿を隠します (Photo. 7 のサンプルを僅か熱した時の寫眞も Photo. 9 と大差ありませぬ)。尙このサンプルのヒートイングを續けて行きますと像の様子は段々亂れて参りまして終には全部略々一帯にスポットが出て参ります。但し其際でも上下左右にはスポットの集り方が多いのであります。兎に角亂れて来るのであります。

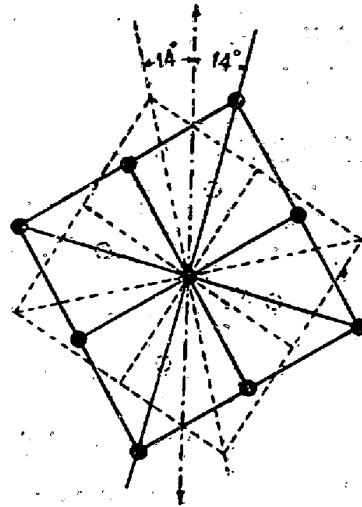
9、ロールされたる鐵の原子的構造

斯やうに鐵をロールした場合の原子の配置はロールした銅を焼鈍した時の配置と寫眞の上では似て居りますが、實質的には餘程違ひまして決してステーブルな配置でないことと云ふことが察せられます。それをどう云ふ風に説明するかと言ひますと、先づロールしたばかりの鐵のサンプルを色々に傾けて撮影し、それらの寫眞についてアナリシスをやつて見ますと、體中心立方の空間格子を第八圖の様に置きましての配置に近いものになります。即ち先程の銅の場合の配置(第六圖)と較べて 45 度喰違つて居るやうに思はれます。次に之を僅か熱した時即ち Photo. 9 に相當する配置は何であるかと云ふと、それは唯今の配置を少し右及び左に傾けた第九圖の様な交錯した配置になるのであります。即ち其爲に寫眞の上では丁度クロスが二重になつて居るやうな像を與へるのであります。これ等の事

第八圖



第九圖

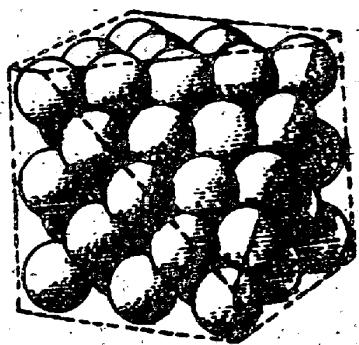


實を解釋しまするに先立つて、まづ一般にメタルをロールする時に一體どう云ふ變化が其中で起るのであるかを知る必要があります。之に就きましては色々な説がありまして、古くは amorphous theory や Tammann の説などもありませう。X線分析が始つてからも Polanyi の説とか Czochralski の説とか云ふやうに、唯今でも多くの議論の焦點になつて居ります。今夕は極く簡単に私の斯うではあるまいかと思ふ所を申し上げます。

10. デフォーメーションのメカニズム

先づ第一に、一體メタルにローリングなり、或はテンションなり、何かのストレスを與へる時にどうなるかと云ひますと、私はそれを原子一つづきの運動に歸したいと思ふのであります。アメリカの G E の Hull …… エレメントの空間格子の形を定めるのに非常に功績のあつた人でありまして、……其ハルが斯う云ふことを言出しました。色々なエレメントの空間格子を比べて見ると、ダクタイルなメタルは面中心立方のものが多し（第一表を参照せられたし）。銅、銀、金、鉛、ニッケル、プラチナ、イリジウム、何れもさうであります。それから體中心のものは割合にダクティリティーが少い。鐵……鐵は取除けかも知れませぬが、クロム、ヴァナヂウム、モリブデン、タングステン、等が之に屬します。それからハルは更に次のやうなアナロジーを提出いたしました。即ち面中心立方のオクタヘドロンを面を截り取つて見ますと、第十圖の様にその面にはアトムが密に存在して居ります。（こゝでは原子を球の様に考へて居ります）。それですから、その面に沿うて上下の二部分を互に離れない様に迂らせるのは雜作ありません。さうして斯う云ふ風に迂り易い方向が今截りとつた面の中だけで三つあります。さう云ふオクタヘドロンが他に三つ合せて四つある譯でありますから、即ち總計 12 の迂りを起し易い方向が面中心立方の配置に存在する譯になります。従つて面中心立方の空間格子がどんな向きにありまして之に shearing stress が働けば、容易に迂りを起してダクダイルになる、斯う云ふ説であります。私はそれを少し變へただけでありまして次の様に考へます。即ちハルの動かし方に於きましては一度迂りを起しますと、アトムの配置がかなり亂雑になるのであります。こ

第十圖



の不都合を避けます爲に、原因の何たるを問はず原子配置の移動が起る時、ある一つの原子はそれに最も近い隣の原子がもと占めて居つた位置に動く傾向……或は probability……が最大であると、斯う云ふ風に考へました。この際原子の動く方向を左右するものは deformation の場合でいへば、その部の max. stress の方向であります。即ち斯う動きますれば一旦迂りを生じましても原子互同士の結合の状況には大した變動もなく、又空間格子の形もそのまま持続される様になります。

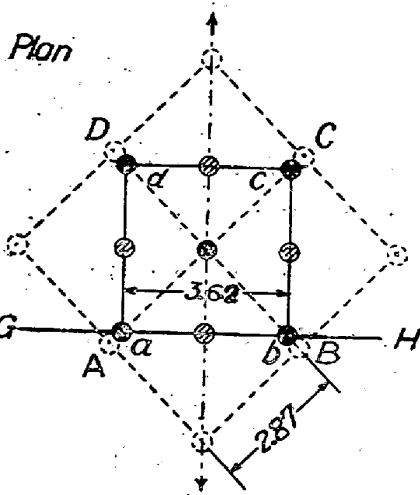
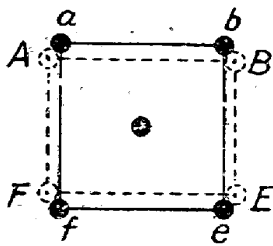
この假説を用ひますれば、やはり面中心立方の空間格子を持つて居るものではスリップがオクタヘドロン面に沿うて最も起り易く、其スリップの方向がオクタヘドロン面に平行するといふことになりまして、これは Mügge が古く銅、銀、金等の場合に認めた事實と、よく符合するのであります。尙又この假説を銅をロールする場合に應用しますれば、面中心立方の空間格子が最初どんな向きにありましても結局は第六圖のやうな配置に近くなると云ふ結論になるのであります。それでありまして所謂 block movement と云ふやうな事も、一つの結晶粒がブロックとして動くといふ風に考へず、それを形作る原子の個々の運動として説明して差支ないやうに思ふのであります。ところが唯今の假説を今度は體中心立方の方に應用いたしますと面白い推論の結果に到達するのであります。體中心立方の場合でも矢張り原子が動きます場合には、その部の max. stress の方向に最も近い隣の原子のもと占めて居つた位置に動かうと努めまして、その結果第八圖の配置に近い……この場合には近いといふ言葉が殊に必要になります……配置になるといふことが導かれるのであります。

11、空間格子の歪み

こゝで私はこの議論を進めます爲に、も一つ重大な假説……寧ろ見解……を提出する必要があります。即ち金屬のやうな比較的ダクタイルなクリスタルにストレスが働きますれば、その空間格子はかなりデフォーームして參りますが、終に plastic の状態に入つた後は、外力を取去つてもストレーンを受けたやうな配置がそのままに残ると云ふことであります。是は唯今でも大分議論のある所でありまして、一方ではデフォーメーションを與へる場合にクリスタルの形は碎かれて小くなるであらうけれども、決して個々のクリスタルの中に空間格子の歪は有り得るものではないと言つて居るかと思ふと一方では原子配置の全く混亂した所謂アモーフスの状態が存在し得ると言つて居ります。私は後の説には賛成いたしません。空間格子の形なり邊の長さなりが一定のものでなくしてかなりデフォーームした状態にあり得るものではないかと思ひます。さう云ふやうに考へまして、鐵をロールした時の状態をもう少し深く究めて見ます。第十一圖の平面圖の點線で書いてある部分は前の第八圖と全く同じでありまして、鐵の自然の空間格子がその一つの面對角線をロールの方向に一致して居る状態を示します。前にはロールした鐵の原子的構造が之に近いと申上げて置きましたが、實は之と少し違つた

第十圖

Section G-H



第十一圖の黒線で表はした様な配置に近づくのではないかと考へます。その中で平面圖の $abcd$ なる四つのアトムに目をつけますれば、正方形を成して居ります事は自然の配置 $ABCD$ と變りませんが、その各邊は短縮されて居ります。しかし正面圖を見ますと自然の配置 $ABEF$ は矩形を成して居りましたのが、一邊は伸び一邊は縮んで $abef$ なる正方形を成すやうになります。この様に原子の位置を *displace* して考へましたのも決して勝手に致したのではなく、前に申上りました原子移動の假説に従つて得た結果であります。更に面白いことはかやうにして得た黒線の新配置は、銅をロールした際の配置(第六圖)に全然同一なことであります。(銅をロールした時の配置の詳細につきましては、茲に申上げることを略しますが、大體第六圖の様であつて唯かなり空間格子の歪が存在します。之を焼鈍致しますれば歪が取り去られて第六圖の配置に殆ど復歸いたし、唯各結晶粒毎に多少 *orientation* の差を持つて居るだけであります。)

又空間格子の *dimension* から考へまするに、銅では面中心立方の一邊の長さが 3.60 \AA であり、鐵では體中心立方の夫れが 2.87 \AA であります。ところが鐵をロールした時の假想面中心立方に於きましては、その一邊 (ab) の長さが約 3.62 \AA となりまして、銅の値と略一致いたします。即ち鐵をロールしますれば、空間格子の形に於ても又そのダイメンションに於ても、銅をロールした時に非常によく類似するのであります。

この事につきましてはつきりした了解を得る爲に、次の様な簡単な實驗をやつて見ます。ピンポンの球なり空氣銃の彈丸なりを箱に入れ、上から板で押へてその板を前後に動かしながら球を成るべく密に押し詰めます。さうすると出來上つた球の配置は第六圖(或は第十一圖の黒線部)と全く同一であることを見出すのであります。即ちアトムが斯ういふやうな球で代表し得ると致しますれば、ロールした時の配置が斯うなるといふことは此 *analogy* でも了解するのであります。但しアトムは申すまでもなく複雑な性質を持つて居りまして、球の様な簡單なものではありません。けれども上の様なアナロジーの場合には、銅原子はかなり球を以て代表させることが出来るやうであります。鐵原子ではその程度は遙かに劣りますが、大約球と見なして差支ないと致します。斯やうな球をギウギウと押し詰めて参りますと、第六圖で示した様な *closest* な配置に歸着するのであります。

即ちロールした鐵ではその原子の配置が斯う云ふ風に歪んで居りますから、それを熱しますと此歪みが元へ歸らなければなりません。其歸ります場合に全部一樣に歸るならば第十一圖の點線で書きましたやうな配置に歸るべきであります。全部さういふ譯には行きませぬ。即ち或部分では右へ、或

部分は少し左へ曲がると云ふやうなことをやりまして、結局第九圖の様な配置になるのではないかと思はれるのであります。でありますから、私の考ではロールした場合ばかりでなく一般に plastic deformation を受けた時には中の原子的構造に歪みが出来るとは思はないか、それで其歪を何もクリスタル全體に一様に大きな歪があると思はなくてもクリスタルの大部分は略レギュラーに近い配置を持つて居りまして、バウンダリーに近づく程歪が大きくなり、バウンダリーに於ては、アモーフス・セオリーで言ふやうな亂雑な配置でないにしても、かなり甚しい程度の歪が出来て居るのではないかと思ふのであります。

12、空間格子の變移

それで近頃 Rosenhain がラッティスのデフォーメーションで色々なことを説いて居りますが、それでも尙バウンダリーの所のアモーフス・セオリーは固守して居るやうであります。私は少なくともこの場合アモーフスといふ言葉を保存する必要は無いかと思ひます。この事に關連してローゼンハインはバウンダリーの所で、隣り合つた二つの結晶粒の空間格子が、少しづつ歪み合つて癒着して居ると考へられないといふことの證據として、次の様に述べて居ります。今アトム間の結合力を破らぬ範圍に於て、その距離の廣がり得る程度を約2%とすれば、アトムが二列に並んで居ると、その一列の原子間の距離を2%づつずらしたときのカーヴェチュアは約 $\frac{1}{50}$ より大きくなる譯に行かない。若しも二層でなくして、千層から出来て居るとすれば是が $\frac{1}{50000}$ よりも大きくなることは出来ない。然るに結晶粒の境は恐くは一千萬層の程度であるから、その屈曲程度は約五億萬分の一よりも大きくなることは出来ない、即ちそこにはつきりした境界が出来やう筈がないと云ふのであります。併し何もアトミック・フォースが到る處均一に働くものと考へずに、或所では殆どそれが働かない事もあると云ふ位に考へても宜しいと思ひます。それで後程申上げませうが、アトミック・フォースと云ふものは本當申せばかなり大きなものに違ないのでありますから、どこからどこまで之が完全に働くと……さう云ふ風に窮屈に考へる必要は無いかと思ひます。(若しローゼンハインの考へる様に、原子の結合力が遺す所なく働くものといたしますれば、氏の所謂アモーフスなる状態が、たとへバウンダリーにしても存在し得ないのではないでせうか。)

餘談に亘りましたが、兎に角ラッティスのデフォーメーションと云ふことでかなり色々なことを説き得ると思ふのであります。鐵をロールした場合も其一つではないかと思ふのであります。こゝで一言申上げたいのは、鐵はアルファ鐵の状態の時體中心立方の配置を持つて居りまして、其ラッティス・コンスタントが 2.87 Å なのであります。ところが Westgren の X 線分析の結果に依りますと、800°C に於ては是が擴がりまして 2.90 Å になります。尙是よりも高い 1100°C 位(即ちガマ状態)の所で測りますと、空間格子の形が變つて面中心となり、ラッティス・コンスタントは 3.63 Å といふ値を與へます。更に溫度を高めて 1425°C の邊……即ちデルタ状態……になりますと、再び初の體中心に歸りラッティス・コンスタントも 2.93 Å といふ初の値に近い値になります。かやうに空間格子が體中心

から面中心へ、面中心から體中心へと變化するのでありますが、その變化が何ういふメカニズムに據るのか未だ分つて居ない様であります。私は之は前に申上りました鐵をロールするときの體中心から面中心への變遷によく似たものではなからうかと考へて居ります。ラッティス・コンスタントが 2.90 Å から 3.63 Å に急に變るといふことも、前の考へ方によりますれば、決して急激な變化ではありませぬ。尙又この考へを以てしますれば、ガムマ状態が常溫に於て不安定であることゝか、A₂變態に際しての色々な性質の變化殊に容積の減りなどに就て、妥當な見解を與へるのではあるまいかと考へます。

尙續て硬性脆性などゝ云ふことも申上げることになつて居りましたが、時間がございませぬから略しまして、最後の原子的構造と原子力と云ふことを簡単に申上げませう。

13、原子的構造と原子力

一體メタルに限らず總ての結晶が夫々特有な原子的構造を持つて居ると云ふことは、其中の原子の間に結合力……目下の説に依りますれば、電氣的の働き……がある爲に違ひないのであります。即ち二つの電氣のチャージがありますれば其間にクーロンの法則に従つて引力、斥力がある。さう云ふことで説明が出来る譯であります。そこで先程銅の原子を球として考へましたけれども之には意味があるのであります。最近の原子の構造に関する學説に依りますと、原子の中心にある核は非常に小さなものでありまして、其外を廻つて居る電子ととても同様に小さいものでありますから、原子の中には随分隙間がある譯であります。丁度太陽系を想像して差支ありませぬ。それで銅の原子はどう云ふ構造を持つて居るか云ふと、是もまだ分つた譯ではありませぬが、兎に角中心の核を取巻いて電子がいくつかの層をなして廻つて居り、さうして一番外に valence electron が一つ廻つて居る、斯う云ふ説が確からしいのであります。それですから此一つの電子を除いた残りは全體としてプラスのチャージを持つて居りまして、此ヴァレンス・電子一つがマイナスのチャージを持つて居ると見なすことが出来ます。即ち銅の原子一つ一つには、プラスの部分とマイナスの部分とがある譯であります。さういふものが寄せ集つてその間の引力、斥力がバランスしてステイブルな面中心立方の配置を持つて居る、斯う考へられます。

斯やうにヴァレンス・電子は原子と原子とを結ぶ連鎖として重要な役目をするものであります。銅原子の様にそれが唯一つしかない場合には、その電子の位置は他の電子の配置には餘り關係する所なく、割合に自由に變轉し得られるのでありますから、或る一つの原子に對しまして其隣の原子はどんな位置にありまして、その間にヴァレンス・電子が這入つて密接な連絡を作り易いのであります。さう云ふ風に皆隣同士で以てくつ付き合ひますと、結局或るプレーンの中だけを考へますれば、一つの原子の周圍に六つくつ付くのがマキシマムであります。(立體的に考へますれば、その外に上下に三つづゝ、總計十二の原子が隣接することになります)。面中心立方の空間格子は全く斯やうな配置を持つて居りまして第十圖のオクタヘドロン面の截口を見ても此事が分ります。即ち面中心立方のラッティスを作る原子をスフェーヤーで以て代表することが出来る

といふのは、つまり原子力の働きがどんな方向に對しても均等であることを意味するのであります。

前の週期律表(第一表)を見ますに、第一グループに屬する一價元素の中、リシウム、ナトリウム等は體中心でありますが、銅、銀、金は面中心でありまして何れもダクタイトであります。前の考へ方に従へばその原子は球で以て代表し得るものであります。其次の二價元素は二つのヴァレンス・エレクトロンを持つて居りまして、その場合にはヘキサゴナルのラッティスが多く、ダクティリティーは減少して居ります。それから第三行で一番外に三つのエレクトロンのあるアルミニウムの如きは又面中心になります。第四グループではテトラヘドラルやヘキサゴナルが交つて居りますが、下方の鉛では面中心になつて非常にダクタイトであるのは著しい事實でありませぬ。第五第六となりましては原子を複雑なる形で代表しなければならぬのであります。そのラッティスの多くは體中心になるのであります。

鐵は第八グループのものでありまして、その一番外には幾つエレクトロンがあるかよくは分りませぬけれども、兎に角かなり多くのヴァレンス・エレクトロンが外側を飛び廻つて居ると思はれます。一般にメタルの性質を考へて見ますと、體中心のラッティスを作るものは割合に複雑なる性質を持つて居ります。鐵は矢張りボディー・センタードでありますから、複雑なる……しかし我々にとつては有用缺くべからざる……性質を現はすものと考へられます。又ヴァレンス・エレクトロンが澤山あるといふことは、一面に於きまして原子の結合力があらゆる方向に對して略同等に働き得ることを許します。前に鐵原子を大約球と見なして差支ないと申しましたのも、この意味に外ならないのであります。ですから同じ第八グループのプラチナ、イリジウム等は面中心になつて居りまして且つダクタイトであります。さう云ふ風に考へますとアトムの構造が色々な物理的機械的の性質に關係があると云ふことが分りますが、それよりも我々エンジニアとしては、アトミック・フォースと云ふことをもう少し實例に就て考へて見る必要があると思ひます。

14. 原子力に關する實例の一二

それは既に御承知のことと思ひますが、一體細いワイヤーに致しますと非常にストレンクスが増すのであります。即ち硝子のやうなものでも非常に細く致しまして、例へばダイアメーターが 0.00016 吋位な細さになると 498,000 lb/sq. inch のストレンクスがあると云ふことであります。それで之は亂暴な計算であります。銅の原子が面中心の配置にあるものとし、そのヴァレンス・エレクトロンが全部同じ様な對稱的の位置に止つて居ると致しまして、クーロンの法則を用ひてざつと計算して見ますと、そのテンサイル・ストレンクスが 1,630 萬ポンドといふ莫大な値になつて参ります。それです。鐵のやうにヴァレンス・エレクトロンの配置が複雑なものでも、兎に角1千萬ポンド位の強さでなければならぬ筈であります。ところが我々は鐵のアルティメート・ストレンクスを7萬とか8萬とか言つて居りまして、其上セーフティー・ファクターまでも採つて居るのでありますから、アトミック・フォースを餘程不經濟に使つて居るに相違ありません。もう一つの實例として、タングステン

云ふことであります。それですから 1,630 萬バウンドのストレンクスがあると云ふこともあながち架空ではないと思ひます。

それならば鐵とか銅とかを引張りました時に弱いのは何が爲であるかと申しまするに、先づ第一に原子間の結合が十分に活用されぬ状態にあるからではないかと思ひます。之に關して色々な機械的若しくは熱的處理は、原子の働きを促進させるといふ事に於て深い意味を持つものであります。第二にはスリッピングといふ事でありませぬ。先程申しましたやうに原子は動き易いものでありますから、スリッピングを止めるには原子の配置に歪を生じさせなければなりませぬ。原子間の間隔が伸び或は縮んで之に反抗する力を生じそれ以上原子の移動を妨げるといふ事は、いはば原子そのものに本質的に存在する働きでありませぬ、それも重要な役目を勤めませぬ。けれども茲には單にさういふメカニカルな歪ばかりをいふのではなくして、寧ろ他の原子が這入り込んで來て、例へば鐵の原子の中にカーボンの原子が這入つて來て、鐵の原子の總體の配置に變化を來たさしめる、さう云ふ事をも歪といふ言葉で、言表はしたいのであります。さうして斯やうな方法でスリッピングを止めると云ふことをすれば一番宜いと思ひます。合金によつていろいろの性質を現はす材料を得られるのも此點に主なる理由があると思ひます。

もう一つはテムペレーチュアの問題でありませぬ。先程は原子が空間格子の角々や面の中心などに存在して居ると考へましたけれども、實を申しますればさう表はしましたのはミーン・ポジションでありませぬ。原子はそれをセンターとして或る運動をなして居るに相違ありません。その運動の状況は未だよく分りませぬが、温度の上るに従つてその運動が大きく劇しくなることは確かであります。運動が大きくなれば原子力の及ぶ範圍が廣くなる、その代り自分のもと占めて居つた位置から飛んで出易い虞もあります。低温度で脆くなり高温度で弱くなるのは一般の現象であります。我々が材料を用ゐます時に温度を注意して、原子の運動をアトミック・フォースが有効に發揮し得る範圍に限ると云ふことの必要なことは申すまでもありませぬ。

以上申上げましたことは、或は架空的に過ぎぬ様でありますけれども、要するに X 線分析法の御蔭に依りまして、メタルの原子的構造が分つて參りましたが爲に、新しい見方から研究の歩を進めることが出来、在來の顯微鏡的研究と相俟ちまして色々なサゼスションを得られるといふ事を、大體御了解下さいました事と存じます。

今夕御話致したいと思ひましたことを十分に申上げませぬ内に時間が遅くなりまして急ぎました爲に御分りにならなかつた點も多いと存じます。又最初に申上げました通り誤つた考もあるかと思ひますから、それ等に就てはどうか御教示を下さいます様御願ひいたします。それで會の果てましたあとでこゝに私共の撮りました X 線寫眞の幾らかを複寫して持つて參りましたから、之を御覽に入れて、同時に大體の御説明を致したいと存じます。

附記、本篇の詳細については日本數學物理學會記事、第 5 卷第 89 頁 (July, 1923)、及び第 150 頁

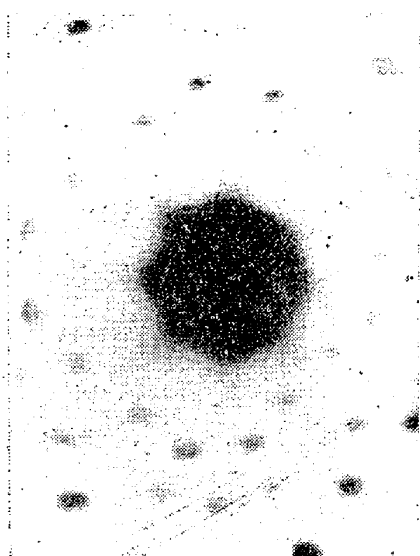


写真 1
NaCl, Single Crystal.

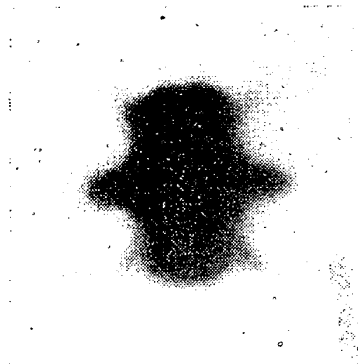


写真 2
Cu, R

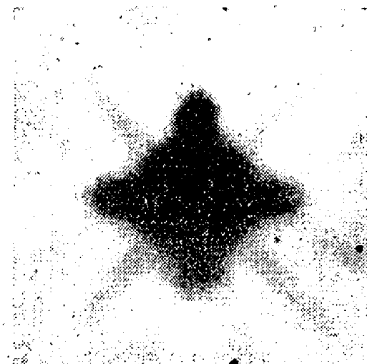


写真 3
Cu, R, H(300°1m)

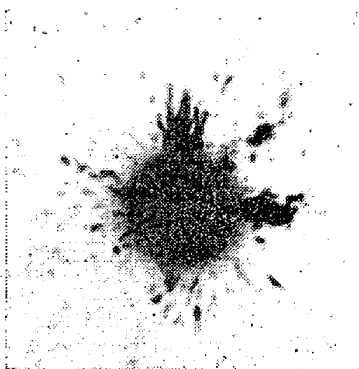


写真 4
Cu, R, H(900°5h)

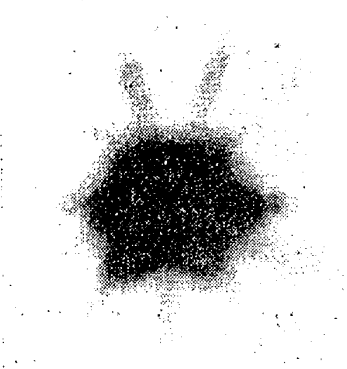


写真 5
Cu, R, H(300°1m), I(30°).

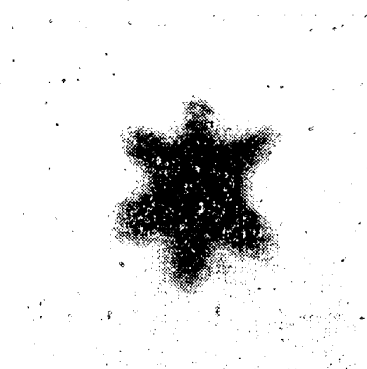


写真 6
Ditto, I(45°).

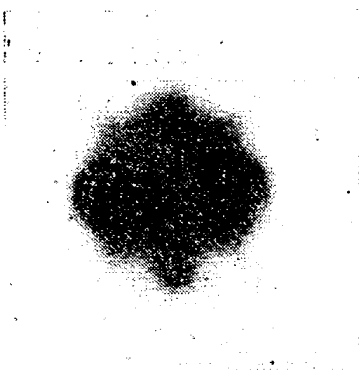


写真 7
Fe, R.

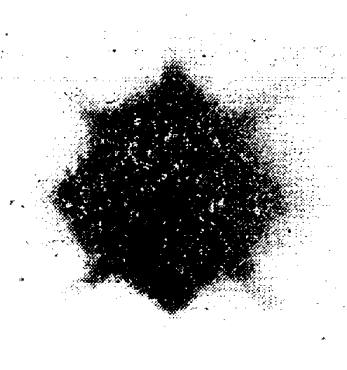


写真 8
Fe, R(→.05).

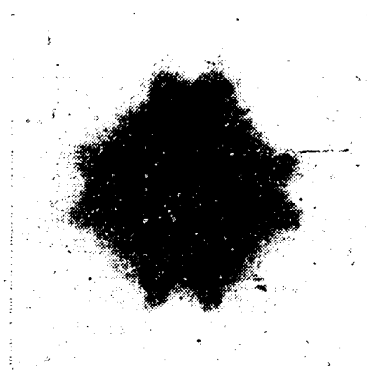


写真 9
Fe, R(→.05), H(850°1m).

Notations: R, rolled to 0.2~0.3 mm. H(300°1m), heated at 300° C. for 1min.

R(→.05), rolled to .05mm. I(30°), inclined forward at 30° from vertical.

(Oct.—Dec., 1923) 或は造船協會雜誌第三十四、五號を参照せられたし。後者の續稿は近々刊行せらるべく、講演の際貴覽に供したるX線寫眞も該誌に登載の豫定なり。尙「鐵と鋼」の中に於ても、大澤與美氏の「X線と結晶構造に就て」(第9年第4號)、田邊友次郎氏の「金屬固溶體と金屬化合物に就て」(第10年第9號)等を参照せられ拙文の不備を補はるれば幸甚なり。(終)

質 疑 應 答

○倉長(河村曉君) 何か御質問のあります方は御遠慮なく……

○尾藤加勢士君 向うのスクリーンと云ふものはどんなものがありますか。

○柿沼宇作君 あれは鉛のスクリーンでありまして、私共の使つて居りますのは實物大に書きますと……(圖を書く)……こんなものでございます。其の真中にダイヤモンド3耗の孔があいて居りまして、それを2枚約8厘の距離に置いて居ります。

○今泉嘉一郎君 此フィギュアはマイクロスコープのインターフェヤレンス・フィギュアと同じやうに考へて行くことが出来るのですか。

○柿沼宇作君 ポーライズド・ライトを使ひますあの事でありませうか、それならば干渉作用によるといふ點につきましては、あれと同じやうに見て宜しいのであります。

○河村曉君 此間或雑誌を見ました處が、銅などを壓延しますと、元の厚さのものを $\frac{1}{2}$ にし、 $\frac{1}{4}$ にし、 $\frac{1}{8}$ にし、段々薄くして行く。さうするとブリネルのハードネスは或點までは殖えて行く、それから先は餘り變らない、斯う云ふやうなことはX線で説明出来るのですか。

○柿沼宇作君 銅の場合でありますか。銅と鐵とは斯う云ふやうなことは餘程違ふだらうと思ひますが、一體ラツティスの歪みには一定のリミットがあつてそれ以上になれば離れてアトミック・フェースが働き得ない様になります。是なども能く考へて見たらばまだ理由があるかも知れませぬが、或程度以上のラツティスの歪みは起らなくて、それ以上には硬くならないと云ふことがあるのではないかと思ひます。

○尾藤加勢士君 極く簡単に鐵にカーボンを入れるとかハードニングをやる時にはどう云ふ風になつて來ますか。

○柿沼宇作君 それは唯今寫眞を御覽に入れますが、その中にスティールの寫眞もありますから、あとで御説明いたませう。

○堀口貞雄君 そのオクタヘドロン面に於る時にフラグメント・ムーヴメントをやるのではないですか。

○柿沼宇作君 フラグメント・ムーヴメントと云ふことを勿論私も考へて居ります。唯それと直ぐ言はずに原子個々に動く……

○堀口貞雄君 さうすると一種メルトした状態になる譯ですれ……

○柿沼宇作君 個々と云ふのは語弊があるかも知れませぬ。原子はラツティスを保たうとする性質があるのでから……併し或る部分が於る時にその一つ一つのアトムに目を着けますれば先の假定に従つて動くと考へるのであります。

○村田英太郎君 ボンドが取れてしまつて動くのですか。

○柿沼宇作君 とれないで動くと考へて差支へありませぬ。オクタヘドロン面でスリップが出来ると云ふのは、その面には一番密にアトムが配列して居ります。従つてオクタヘドロン面の中では最も密接な結合を作つて居ると考へられます。

○堀口貞雄君 オクタヘドロンは澤山ありますが、於る時にはセレクトして行く譯ですれ、さうするとあとにどこか弱い所があると云ふ譯ですか。

○柿沼宇作君 (模型を示して)之を動くグループと致しますと、是が迂り出すまでには全體にかなり歪みを受ける、ところが其中の一番弱い所が破れて迂りを生じますと其爲にこちらの方が歪みを元に戻す、さう云ふやうなことがあるだらうと思ひます。それですから一つのグループの中で一部分が迂つた爲に外の部分の歪みが餘程リリースされると云ふこととなります。斯ういふ風にしてフラグメント・ムーヴメントとか、ブロック・ムーヴメントと云ふものが起ると云ふ譯であります。唯在來のブロック・ムーヴメントの考では是が全體にその位置を變へたり、廻轉を起すと云ふやうに言つて居りますが、私はそれは無理ではないかと思ひます。

○山内弘君 さうしますと、コールドウォーキングをやりますと、アルファがガンマ・アイアンになるかも知れぬと云ふことは言へることになるのですか。

○柿沼宇作君 さう云ふ風に言つても差支ないかと思ひます。併し何パーセントがガンマの配置になるかと云ふことも分りませぬし、又その配置が前にかいたやうに非常にレギュラーなものでなく、矢張りロールした時に歪みを受けた配置になつて居るのであります。唯此配置に近づくと云ふだけで、規則正しいガンマの配置になると云ふことは考へられないことであると思ひます。マグネティック・プロパティーの如きはロールすると悪くなるのも之が原因ではありますまいか。

○志村繁志君 ちよつと御伺ひいたします。プラスチック・デフォーメーションに對しての御説明は御話になりましたが、ファティグに對してはどう云ふ風に御説明になりますか。

○柿沼宇作君 ファティグの問題も原子力で以て大體説明し得ると思ひます。詰り何回も繰返してロードを加へて参りますとアトミック・フォースの働き得ない部分が段々殖えて行くのではないかと思ひます。先程申上ましたやうにアトミック・フォースが完全に働いて居れば非常に強い譯であります、どうもさうではないらしいのであります。殊にオルターネート・ストレスなどを加へて行く内に或る個所の原子間の結合が破れると、アトミック・フォースの働き得ない場所が急に殖へるのではないでせうか。例へば硝子の如きは少し曲げて折れない、併し硝子切でちよつと條を付けますと、僅かに曲げても全體割れてしまふ。さう云ふやうなことも分ります通り、アトミック・フォースの働く働かないと云ふことは非常にデリケートなものではないかと思ひます。唯今のファティグのやうな問題も段々にアトミック・フォースが働かなくなる……働かなくなるといふことばかりでなく、一部分に於きましては働き得るやうな状態に歸る所もあるかも知れませぬが……其兩方加へますと結局働かなくなる部分が多くなつて、割合に小さなストレスに對しても折れると云ふ結果になるのではないかと思ひます。

○會長(河村鑣君) それでは私からちよつと一言御挨拶申し上げます。私が申すまでもなく從來金屬に對しましては、或は肉眼的とか顯微鏡的に依つて結晶粒の大小形状等の組織を鑑別し、それからサーマルアナリシスとか、マグネティックアナリシスとか、エレクトリックコンダクティビティーに依つて色々性質を調べて居つたのであります、唯今の御話の如く最近 X線の進歩に依りまして色々微細なる點まで研究が進みまして一方に於ては金屬の諸性質に對する從來の説明を一層確實にし、從來説明の付なかつた事も説明し得る様になつた、随つて我々應用方面の工業に従事する者も此科學的研究を基礎として將來工業の進歩發達を計らなければならぬと云ふやうな場合になつた、こゝに於てありますから吾々工業者も矢張り其科學的基礎の研究の大要を心得て居る必要があると考へまして、豫て適當なる講演者を求めて居つたのであります、柿沼君はエンジニアであり、さうして科學的のことに非常に御興味を持たれて、多年 X線の發達に付て御研究になつて居ります、丁度我々に取つて御説明を願ふのには最も適當な方と考へまして御願した譯であります、今日は X線の分析法の原理から、銅や鐵のやうな極く重要な金屬の原子的の構造、其他色々の金屬の性質の原子的の御説明を最も明快に且平易に我々に御示し下すつて、會員一同に取りまして誠に有益なことであつたと考へます、一同を代表いたしまして深く御禮申し上げます。(一同拍手)

○會長(河村鑣君) それでは是からどうぞ御自由に寫真なり標本を御覽を願ひます。(終)