應力によつて起る鉄合金の $\gamma \rightarrow \alpha$ 變態に おける格子關係について*

西 山 善 次** 土 居 通 安**

Zenji Nishiyama and Michiyasu Doi : The Lattice-Relationship of Gamma $\rightarrow$ Alpha Transformation Caused by Stress in Iron Alloys. For the $\gamma \rightarrow \alpha$ (or α') transformation occurring during temperature variation in iron alloys, the following two lattice-relationships are known to be adoptable in some cases :

Kurdjumow-Sachs⁽¹⁾ (KS) : γ (111) // α' (011), γ ($\bar{1}01$) // α' ($\bar{1}0\bar{1}$),

Nishiyama⁽²⁾ (N) : γ (111) // α (011), γ ($\bar{2}11$) // α ($0\bar{1}\bar{1}$).

Recently, Neerfeld and Mathieu⁽⁴⁾ studied the transformation under tension using 18-8 steels and Fe-30% Ni alloys, and proposed a new relationship :

(NM) : γ [$\bar{1}11$] // α [012], γ [01 $\bar{1}$] // α [100], γ ($\bar{2}11$) // α [02 $\bar{1}$],

since they thought that X-ray patterns taken by them could be interpreted with neither KS-nor N-relationship.

In N-relationship, however, the number of transformation shears is twelve (Fig. 2). In case external force is applied, the possibility of the occurrence of these shears is not equal, the transformation taking place predominantly by shears having the greatest shearing force. When the applied force is tensile in the γ [111] direction, as in the case of Neerfeld and Mathieu's experiment, those prominent shears may be represented by a shear γ ($\bar{1}\bar{1}1$), γ [121] (Fig. 3(a), By), by which an alpha crystal is formed having the orientation different from that of the NM-relationship corresponding to this shear by an amount of only $1^\circ 02'$ about [100] axis of the former, as shown in Fig. 1. Such a small difference of orientation suggests that it must be very difficult to determine

**大阪大学産業科学研究所

*昭和25年4月本会東京大会に発表

which holds better, N-or NM-relationship, by inspecting Neerfeld and Mathieu's Dabye-Scherrer photographs, which were taken with a specimen of poly-crystals of fibrous structure. Therefore, their conclusion that, NM-relationship holds better than N in the present case, was too hasty.

The author's former experiment⁽³⁾, in which a single crystal of stainless invar was transformed by compression, is also insufficient to determine the adoptability of the two relationships.

Neerfeld and Mathieu have stated in addition, that from the theoretical standpoint NM-relationship has the advantage over N-relationship that the atomic movement during the transformation is smaller by the former than by the latter. The advantage, however, may be canceled because the atomic movement by N-relationship becomes nearly equal to that by NM, if the predominance of certain transformation-shears is taken into account as mentioned above.

In short, it may at present be concluded that there is no necessity of the new NM-relationship from the experimental and theoretical standpoint, even in the case of the transformation caused by stress (plastic deformation). Further studies will solve this problem in future.

(Received May 22, 1950)

I. 緒 言

鋼の組織はその鋼の性質を著しく左右することは申すまでもない。しかし組織はまたオーステナイト(γ)よりマルテンサイト(α')への変態あるいはフェライト(α)とセメンタイトへの分解の機構の如何によるのであるから、その機構を究明することは極めて重要である。

変態の機構を論ずるのに先ず必要な資料は変態前後における γ と α (あるいは α')の結晶方向の関係である*。この格子関係(Lattice Relationship)については、1930年 Kurdjumow 及び Sachs⁽¹⁾ 両氏の 1.4% C 鋼の単結晶によつて得た関係(これを以下 KS 格子関係と称する)と 1934 年著者⁽²⁾の Fe-30%Ni 合金の単結晶によつて得た関係(N 格子関係)とが知られている**。それらは次の如くに表わされる。

KS 格子関係: $\gamma(111) // \alpha'(011)$, $\gamma(\bar{1}01) // \alpha'[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$
.....(1)

N 格子関係: $\gamma(111) // \alpha(011)$, $\gamma(\bar{2}11) // \alpha[0\bar{1}\bar{1}]$
.....(2)

あるいは Table 1 の如く表わすことも出来る。この二つの関係の何れが生ずるかは合金の種類及び温度に関すること

Table 1

KS-Relationship*		N-Relationship	
γ	α_{KS}	γ	α_N
$[111] // [011]$		$[111] // [011]$	
$[\bar{1}\bar{2}\bar{1}] // [\bar{2}\bar{1}\bar{1}]$		$[\bar{0}\bar{1}\bar{1}] // [100]$	
$[\bar{1}01] // [\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$		$[\bar{2}\bar{1}\bar{1}] // [011]$	

は一般に認められている如くである。しかるにその他の条件例えば応力による変態の場合はどうなるであろうか。

* α 晶の Habit Plane も亦変態の機構を論ずるに極めて重要な資料となるのであるが、これについては他の機会に論じよう。

(1) G. Kurdjumow, G. Sachs, Zeits. F. Phys., 64 (1930), 325.

(2) Z. Nishiyama, Sci. Rep. Tōhoku Imp. Univ., 23 (1934), 637.

**Greninger 及び Troiano 両氏は [J. Metals, 1 (1949), 590] においてニッケル鋼の単結晶を用いて研究し、KS 関係と N 関係の中間が成立つといっているが、この場合については今は触れない。

上述の二つの実験では焼入あるいは極低温への冷却を行つて変態せしめただけでその間に多少の熱応力は受けているであろうが、特に塑性変形*を起すほどの応力を作用せしめた場合ではない。そのような応力を加えた場合については著者⁽³⁾が 1936 年不変不銹鋼 (36.0%Fe, 8.7%Cr, 54.3%Co) の単結晶によつて研究したのがある。その時の試料は Fe-30%Ni の場合には完全に完全な単結晶ではなかつたために確かさが十分ではなかつたけれども、それで得た結果は一應 Fe-30%Ni の場合と同様に N 格子関係が成立すると考えて説明がついていたのである。

しかるに最近 (1949 年) Neerfeld 及び Mathieu⁽⁴⁾ 両氏は、18-8 不銹鋼並びに Fe-30%Ni を用い、引張応力をかけた場合について研究し、 $\gamma[111] // \alpha[012]$ **が成立つことを見て、Table 2 の如き関係を新しく提出した。この中第一条件 $\gamma[111] // \alpha_{NM}[012]$ のみが実験的に得られたも

Table 2

NM-Relationship	
γ	α_{NM}
$[111] // [012]$	
$[0\bar{1}\bar{1}] // [100]$	
$[\bar{2}\bar{1}\bar{1}] // [02\bar{1}]$	

ので、後の条件は対称性を考慮して N 格子関係における同様なものを仮定したのである。この新関係によるときは、変態に際しての原子の移動が前記二つの関係におけるよりも小さいという点で妥当性があるといっている。(これは速断であることを後で説明する)。しかし、そのとき用いた試料は単結晶ではなく、線引きによつて $\gamma[111]$ 繊維構造を取つたものから出発し、変態後 $\alpha[011]$ なる繊維構造になることから上の如く結論を下したのであつて、著者が不変不銹鋼について得た結果を考察に引用していない。しかも、Debye-Scherrer 写真による繊維構造の変化だけから推論しているに過ぎないが、果して新関係を必要とするかどうか。この意味から著者は Neerfeld 及び Mathieu

* α の場合は精密にはこれと僅かに異なる。

(3) Z. Nishiyama, Sci. Rep. Tōhoku Imp. Univ., 25 (1936), 94; 金属の研究, 14 (1937), 261.

(4) H. Neerfeld, K. Mathieu, Arch. F. Eisenh., 20 (1949), 69.

* A. W. McReynolds 氏⁽⁵⁾の研究によれば Fe-30%Ni 合金では弾性限内の応力では $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態を起さない。

** 著者の以前の論文⁽⁶⁾における表現と合わせるために指数の取り方をかえた。

両氏の研究を著者の不変不銹鋼による研究結果と共にこゝに再検討することにした次第である。

以下考察に当つては従來の如く $\gamma \rightarrow \alpha$ Umklapp 変態は均一 γ り (Homogeneous Shear) なる機構によつて行われるものと仮定する。即ち γ りと膨脹收縮によるものと考え。もつとも最近の例えは McReynolds⁽⁵⁾ 氏の研究等によれば均一 γ りとしては説明し難い事実もあり適当な不均 γ りとすべきかも知れないけれども、変態塑性 (Umwandlung Plastizität⁽⁶⁾) が力の方向に従つて生ずる事実があるから、結果から見てあたかも均一 γ りをして上述の如き格子関係を生ずると見ることは差支えないように思われる。

II. 繊維構造 γ [111] の針金に引張應力をかけた時の変態

Neefeld 及び Mathieu 両氏は線引きによつて得た針金が γ [111] の繊維構造なることを先ず Debye-Scherrer 写真で確かめておき、これに加熱されないようにして應力をかけて $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態を行わせて再び Debye-Scherrer 写真を撮つた結果、廻折環は一樣の強さではなく、Fig. 5 の略図に示す如き集積点 (弧状) を見た。同氏等はそれを α [012] 繊維構造によるとして新しい NM 格子関係を提出したのであるが、こゝで上記 NM, N, KS の三格子関係の何れによつて最もよく説明されるかを検討することにしよう。

それには先ずこれらの関係によつて生ずる α 結晶が試料軸 γ [111] に対して如何なる傾きを有するかを先ず計算しなければならない。

(A) NM 格子関係の場合

この場合は、Table 2 の NM 格子関係から元の γ 結晶に対して 12 種の傾きの α が可能であることがわかるが、 γ [111] 方向に應力がかかる場合にはその方向に [012] 及びこれと同種類の方向に向けた α のみが生じて [012] 繊維構造

Fig. 1

造になると考えるのであるから、試料軸に対する α 結晶の主軸の傾きは、Fig. 1 (a) からわかるように、方向余弦で表わせば次の如く書くことが出来る。

$$\left. \begin{aligned} 0 \\ 1/\sqrt{5} = 0.4472 \\ 2/\sqrt{5} = 0.8944 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

(5) Andrew W. McReynolds, J. Appl. Phys., 20 (1949), 896.

(6) G. Wassermann, Arch. f. Eisenh., 10 (1936), 321.

(B) N 格子関係による場合

前述せる如く N 関係は均一変形によつて生じたものと仮定する。しかるときはその変形は次の 2 項よりなると考えられることは前論文⁽²⁾に述べた如くである。いまそれを変態 γ り γ (111), γ [211] について述べると

1. γ (111) 面を γ り面として γ [211] 方向に $\tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{8}}$ ($\approx 19^\circ 28'$) だけ Simple Shear.

2. γ [011] 方向に 13.3% の膨脹, γ [211] の方向に 7.5% の收縮, これらと垂直の方向に 1.9% の收縮.

ところで変形に際しては γ りが重要な役をすることが多いから、いま第一項の γ りの容易さが変態を支配するものと仮定しよう。このような Shear は Fig. 2 に示す如く 12 種類だけ可能である。こゝに A, B, C, D は γ り面を表わし、

Fig. 2

x, y, z は γ り方向を区別するための記号*である。應力をかける場合はこの 12 種類の γ りの可能性は等しくなく應力の方向に対するその傾きによつて異なる γ り方向並びに γ り面が試料の軸 γ [111] となす角をそれぞれ ψ_1, ψ_2 とすれば、垂力の γ りに有効な成分は $\cos \psi_1 \sin \psi_2$ に比例する。その値は 12 種の γ りに対して Table 3 に示す如くなる。

Table 3

Kind of Shear	$\cos \psi_1$	$\sin \psi_2$	$\cos \psi_1 \sin \psi_2$	Remarks
(i) $B_y C_x D_z$	$\frac{2\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2\sqrt{2}}{9}$	$\psi_1 = \psi_2$
(ii) $B_z C_y D_x$ $B_x C_z D_y$	$\frac{\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{\sqrt{2}}{9}$	
(iii) $A_x A_y A_z$	0	0	0	

従つて Fig. 3 (a) に示す如く (i) に属する B_y 等の 3 種の γ りが最も起り易いであろう**。この 3 種は試料軸に対しては同一の繊維構造を興え、この γ り例えは B_y (γ [111], γ [121]) によつて生ずる α の結晶軸は、Fig. 1 (b) からわかるように、試料軸 γ [111] に対して次の方向余弦を持つ。

* 以前の論文⁽²⁾では x, y, z の上に負号を附けたものもあつたが本論文ではその負号を省略した。

**尤も多結晶体では粒の境界の影響があるから多少 (ii) (iii) も起り得るであろうからそれだけ集積度は低下するであろう。

Fig. 3

この方向は $[0, 1, 2.09]$ で $[012]$ に極めて近いが irrational である。その差は僅かで α_{NM} をその $[100]$ の周りに

$$\frac{\pi}{4} + \sin^{-1} \frac{1}{3} - \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{5}} = 1^\circ 02' \dots\dots\dots (5)$$

だけ傾けたものに過ぎない。

(C) KS 格子関係による場合

この場合の変形は N 関係の場合の変形に迂り面内で $\tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{\pi}{6}$ 即ち $5^\circ 16'$ だけの廻轉を附加して考えねばならない。このことは第二の shear を附加すべきことを意味する。しかし変形の難易を支配するものは近似的には第一の shear 即ち $\gamma(111)$ 面に沿う shear の難易であると考えて差支えないであろう。しかるときは前項の場合と同様に (i) By 等が迂り可能となる。但し第二の shear があるために N 関係におけるよりも $\gamma[111]$ の周りに $\pm 5^\circ 16'$ だけ傾いた α となる。従つて試料の軸に対する α の結晶軸の方向余弦は

$$\left. \begin{aligned} \sin^{-1}(\pm 5^\circ 16') &= \pm 0.0918 \\ \frac{1}{3} \left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \cos(\pm 5^\circ 16') &= 0.4291 \\ \frac{1}{3} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \cos(\pm 5^\circ 16') &= 0.8986 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

である。これは $[\pm 0.21, 1, 2.09]$ と書換えられ N 関係の場合と同じく irrational である。この場合は N 関係ほどに $[012]$ に近くない。

かくして 3 種の格子関係によつて極めて近い 3 種の纖維構造の α が得られたが、次にこれによつて得られる Debye-Scherrer 写真における集積点の位置を算出し、それを Neerfeld 及び Mathieu の実験と比較することにしよう。

Fig. 4 は Debye-Scherrer 写真における廻折状況を示すもので或る格子面の反射点 P の位置 (ε, φ) に関しては次の如く表わすことが出来る。(ε はフィルムを平面に拡げて測る)

$$\tan \varepsilon = \frac{\tan \mu}{\varphi} \dots\dots\dots (7)$$

$$\cos \varphi = \frac{\cos 2\theta}{\cos \mu} \dots\dots\dots (8)$$

$$\sin \mu = 2 \sin \theta \cos \rho \dots\dots\dots (9)$$

但し θ = Bragg 角, μ = 層線角, ρ = 格子面への垂線と試料の軸となす角

しかるに ρ は (hkl) 面に対しては

$$\cos \rho = \frac{1}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} (h \cos \alpha + k \cos \beta + l \cos \gamma) \dots\dots (10)$$

(7), (8), (9), (10) を用い, $\text{Co } K\alpha: \lambda = 1.785 \text{ \AA}$, α の格子常数: $a = 2.861 \text{ \AA}$ なる値を入れて, α の各格子面の現るべき反射点の位置 ε を求めると Table 4 の如くなる。これを図示すると Fig. 5 となるがこれに Neerfeld 及び Mathieu⁽⁴⁾ の撮つた写真(弧状)を書込んで比較すると, KS 関係によるものはよく合わない。 N 関係と NM 関係

Fig. 4

Table 4

{hkl}	ε		
	By NM-Rel.	By KS-Rel.	By N-Rel.
{110}	$18^\circ 14'$	$13^\circ 31'$	$17^\circ 31'$
		$19^\circ 14'$	$19^\circ 19'$
		$21^\circ 35'$	
{200}	0°	$4^\circ 54'$	0°
{211}	$9^\circ 29'$	$1^\circ 02'$	$0^\circ 50'$
		$2^\circ 44'$	$10^\circ 01'$
		$5^\circ 57'$	
		$14^\circ 18'$	

Spots having a large ε are omitted.

Fig. 5 Debye-Scherrer Patterns.

Arcs: Sketches of Neerfeld-Mathieu's photos. Arrows indicate the positions expected from the lattice-relationships annexed to figures

とは両者とも一致し、実験で得た写真は集積度が低く、両者の中その何れがよく一致するかをこの実験からは判定することが出来ない。

III. MN 格子関係と N 格子関係との差異

前章によつて NM 格子関係と N 格子関係とが近いことを知つたが、更に本章でこれら 2 関係の差異を詳細に吟味しよう。Neerfeld 及び Mathieu 両氏は α_N と α_{NM} とを比較するの Table 1, 2 に示したそのまゝの指数を用いて Table 5 の第 1 欄に示す如くにきめている。その関係によると α_N をその $[100]$ 軸の周りに $\tan^{-1} 2 - \tan^{-1} 1 = \tan^{-1}$

Table 5

Comparison of α_N and α_{NM}					
By Neerfeld & Mathieu			By Author		
γ	α_N	α_{NM}	γ	α_N	γ α_{NM}
$[111] // [011] // [012]$			$[111] // [011] [\bar{1}11] // [02\bar{1}]$		
$[01\bar{1}] // [100] // [100]$			$[01\bar{1}] // [100] [0\bar{1}1] // [\bar{1}100]$		
$[2\bar{1}1] // [01\bar{1}] // [02\bar{1}]$			$[2\bar{1}1] // [01\bar{1}] [211] // [012]$		

$\frac{1}{3} = 18^\circ 26'$ 廻轉して始めて α_{NM} が得られ同氏の論文における Bild 6 に示す如くに両関係は大なる差異を有することになる。しかしこの考は速断に過ぎる。何となれば α_N においても α_{NM} においても傾きの異つたものが 12 種あるからその何れと何れとを対応比較するかは單に附号的ではなく物理的考察によらなければならないからである。

第 1 節(2)式における γ - α_N 関係は $\gamma(111)$ 面を迂り面とし $[2\bar{1}1]$ 方向に迂るところの迂り機構と見られるのであるが、そのような迂りをなさしむるのは $\gamma(111)$ 方向に延伸した場合でなくむしろ $\gamma(111)$ 面と 45° の傾きに最も近い $\gamma[\bar{1}11]$ 方向に延伸した場合と考えねばならない。故に α_N と傾きを比較すべき α_{NM} は Table 5 第 2 欄に示す如き関係のものでなければならない。この考えによると、既に前章(5)式に現われていた如く、 α をその $\alpha[100]$ の周りに $1^\circ 02'$ だけ廻轉すれば α_{NM} が得られる。故に最初の γ の主軸と変態後の α_N 及び α_{NM} の主軸との関係は Table 6 の如くなる。なお小数で表わせば Table 7 とな

Table 6

	α_N			α_{NM}		
	x'	y'	z'	x'	y'	z'
$\gamma \begin{cases} x \\ y \\ z \end{cases}$	0	$\frac{1}{\sqrt{6}} - \frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{1}{\sqrt{3}}$	0	$\frac{1}{\sqrt{60}}(2\sqrt{2}-4)$	$\frac{1}{\sqrt{60}}(4\sqrt{2}+2)$
	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{1}{2\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} - \frac{1}{2\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{60}}(\sqrt{2}+4)$	$\frac{1}{\sqrt{60}}(2\sqrt{2}-2)$
	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{1}{2\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{6}} - \frac{1}{2\sqrt{3}}$	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{60}}(\sqrt{2}+4)$	$\frac{1}{\sqrt{60}}(2\sqrt{2}+2)$

る。この表を見ると α_N と α_{NM} との差が少く、Neerfeld 及び Mathieu 両氏の行つたような偏倚の多い繊維構造の変化では到底その差異は見出し得ないはずであつたことが一層理解し易い。

次に Neerfeld 及び Mathieu 両氏が理論的妥当性の根拠としたところの変態による原子の移動の量について一言附加しよう。両氏の計算にならい、Fig. 6 においてある原子 O あるいは O' を規準とし、それに最も近くそれを通る $\gamma(111)$ あるいは $\gamma[\bar{1}11]$ (延伸方向) なる規準線にも最も近い 3 個の原子 A, B, C あるいは A', B, C の移動並びにその和を求めれば Table 8 に示す如くなる。但し計算に

Table 7

	α_N			α_{NM}		
	x'	y'	z'	x'	y'	z'
$\gamma \begin{cases} x \\ y \\ z \end{cases}$	0	-0.1691	0.9856	0	-0.1515	0.9885
	0.7071	0.6969	0.1196	0.7071	0.6990	0.1070
	-0.7071	0.6969	0.1196	-0.7071	0.6990	0.1070

Fig. 6

用いた γ と α の格子常数の比を $a_\gamma/a_\alpha = 1.248$ とした*。この表でわかるように N 関係による場合規準線を $\alpha[011]$ にすれば原子移動の和は $0.69 a_\alpha$ となり NM 関係による $0.35 a_\alpha$ の方が小さくなることは Neerfeld 及び Mathieu 両氏のいう通りであるが、N 関係による場合には前述の理由によつて規準線は $\gamma[\bar{1}11]$ 即ち $\alpha(0, 2.09, \bar{1})$ に取るべきであるから、そのようにして計算すると第 2 行目に示す如く 3 原子移動の和として $0.36 a_\alpha$ を得る。これは NM 関係の場合と殆んど等しい。これも前述の格子関係の差異の小なることより十分予想されることである。かくして変態の際の原子移動という立場からしても NM 関係を特に採用すべき根拠はない。

* 著者の Fe-30%Ni による実測値⁽²⁾ $a_\gamma = 3.576 \text{ \AA}$, $a_\alpha = 2.865 \text{ \AA}$ による。Neerfeld 及び Mathieu は $A_\gamma = 3.60 \text{ \AA}$, $A_\alpha = 2.861 \text{ \AA}$ を用いたから計算の結果に僅かの差を生ずるが論旨には変りがない。

Table 8 Displacement of Atom(Unit= a_α).

Lattice Relationship		N		NM
Reference Line		γ [111] α_N [011]	γ [$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$] $\alpha_N(0,209,\bar{1})$	γ [$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$] α_{NM} [021]
Reference Atom		O: $\gamma(0,0,0)$	O': $\gamma(1,0,0)$	
Displacement of Individual Atom	$\Lambda: \gamma\left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$	0.198	—	—
	$\Lambda': \gamma\left(1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$	—	0.197	0.184
	$B: \gamma\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right)$	0.246	0.082	0.084
	$C: \gamma\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right)$	0.246	0.082	0.084
Sum of Displacement		0.690	0.361	0.352

Table 9 Expected Position of Spot in the Laue Photograph of α Transformed from a Single Crystal of γ . (Axis of Rotation: γ [001], Direction of X-Ray Beam γ [$\bar{1}00$] $\sim$ γ [$\bar{1}\bar{1}0$]).

Transformation-shear and Plane of Reflection		N-Relationship		NM-Relationship	
Upper Spot	Lower Spot	θ Angle of Rotation from γ [100]	δ Position of Spot	θ Angle of Rotation from γ [100]	δ Position of Spot
B_x ($\bar{1}\bar{1}0$)	C_x (110)	3°13'	89°35'	3°50'	89°40'
D_x ($\bar{1}\bar{1}0$)	A_x (110)	16°57'	89°35'	16°13'	89°40'
B_z (110)	C_z ($\bar{1}\bar{1}0$)	9°44'	83°02'	9°48'	83°46'
D_z (110)	A_z ($\bar{1}\bar{1}0$)	10°34'	83°02'	10°28'	83°46'
D_y (011)	A_y (011)	37°37'	65°30'	38°34'	64°50'
A_y (101)	D_y (101)	43°15'	53°35'	43°37'	54°13'
D_x (110)	A_x ($\bar{1}\bar{1}0$)	$\sim 3^\circ 27'$	$\sim 0^\circ$	$\sim 6^\circ 10'$	$\sim 0^\circ$
C_z (011)	B_z (011)	27°21'	-33°59'	27°48'	-35°04'
D_z (101)	A_z (101)	21°17'	-44°56'	22°14'	-44°46'
A_z (101)	D_z (101)	40°29'	-44°56'	39°26'	-44°46'
D_y (101)	A_y (101)	18°21'	-53°35'	18°54'	-54°13'
B_z (011)	C_z (011)	32°38'	-54°06'	32°28'	-53°02'
B_y (011)	C_y (011)	$\nearrow$	$\nearrow$	31°37'	-54°38'
B_x (011)	C_x (011)	$\nearrow$	$\nearrow$	33°48'	-54°38'
C_y (101)	B_y (101)	28°54'	-65°02'	28°08'	-64°28'
C_x (101)	B_x (101)	38°55'	-65°02'	39°23'	-64°28'
A_y (011)	D_y (011)	15°15'	-65°30'	16°20'	-64°50'
A_y (002)	D_y (002)	7°31'	82°55'	8°15'	83°40'
C_y (002)	B_y (002)	21°21'	82°55'	20°36'	83°40'
C_x (020)	B_x (020)	6°33'	44° 0'	8°02'	43°50'
A_x (020)	D_x (020)	33°50'	44° 0'	32°27'	43°04'
B_x (200)	C_x (200)	20°29'	43°08'	20°29'	43°04'
D_x (200)	A_x (200)				
A_z (002)	D_z (002)	$\sim 45^\circ$	$\sim 0^\circ$	$\sim 45^\circ$	$\sim 0^\circ$
C_z (020)	B_x (020)	30°28'	-79°57'	30°30'	-81°01'
D_z (200)	A_z (200)	30°40'	-90°	30°40'	-90°

IV. γ 単結晶を [001] 方向に圧縮した場合の変態

以上で NM 関係が如何に N 関係に近いかが十分説明されその差を実験的に検出することは困難であることが説明されたと思うけれども、さらに念のために著者がさきに⁽³⁾ 不変不銹鋼の単結晶をその [001] 方向に圧縮して変態せしめたときの結果に対して N 関係と NM 関係を検することにしよう。KS 関係は少くとも Fe-30% Ni には適用されないことは既に前論文⁽²⁾ で説明したからここでは述べない。

先ず γ の単結晶より生じたあらゆる傾きの α の X 線廻折について述べる。 N 関係による場合の計算は既に前論文で述べたが、Table 9 にその一例として、 γ [001] の周りに試料を廻轉しそれに垂直な方向より Mo K 線を入射せしめたとき生じ得べき斑点の位置 (δ = 垂直軸からの傾きの角) を X 線の入射角度 θ に対して示してある。 NM 関係による場合も全く同様にして Table 6乃至は 7 を用いて計算すると Table 9 の第 5, 6 欄の如くなる。これを N 関係の第 3, 4 欄と比較すると高々 1° 位の差異である。このことは勿論計算しないでも十分予想のつくことであつて、かゝる僅かの差は、著者の不変不銹鋼の実験をもつてしても試料が多少不完全であつたせいもあり、 N , NM 何れの関係を取るべきの判定とすることは到底出来ない。

次に N 関係に対しても NM 関係に対しても共通にいえることであるが、應力による変態の場合 12 種の傾きの α がすべて同程度に起るとは考えられないことは第 II 章で述べた如くであるから、このことを考慮していまの場合生じ得べき廻折図形が如何ようになるかを調べてみよう。 [001] 方向

へ圧縮する場合は12種のりに対する $\cos \psi_1 \sin \psi_2$ の値は Table 10 に示す如くなる。この値より推せば Fig. 3(b) に示す如く (i) に属する添字 z のつく 4 種のりのみが起

Table 10

Kind of Shear	$\cos \psi_1$	$\sin \psi_2$	$\frac{\cos \psi_1}{\sin \psi_2}$
(i) $A_z, B_z, C_z, D_z,$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{\frac{3}{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$
(ii) $A_y, A_x, B_x, B_y,$ $C_x, C_y, D_x, D_y,$	$-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2}{3}}$	$\sqrt{\frac{3}{2}}$	$-\frac{1}{2}$

ると考えられる。しかし著者が前に撮った写真を見ると必ずしもそうはなっていない。それは試料が不完全なためもあろうが、(ii) に属するりも多少起っていることを示すものであろう。

V. 結 論

應力をかけた場合には剪断應力の最大になるような変態

りが起るべきであることを考慮に入れて西山の格子関係 ((2)式) による 12 種の変態りの中から選定したもの (α_N) を Neerfeld 及び Mathieu 両氏の関係による α_{NM} (Table 5) と比較すれば、 α_N をその [100] 軸の周りに $1^\circ 02'$ だけ廻轉せしめると α_{NM} に一致するようになっている。かくの如くその差が極めて小なるため、Neerfeld 及び Mathieu 両氏の行つた γ の [111] 繊維構造のものによる実験結果からは何れの関係が成立するかを決定するのは困難で、両氏等が NM 関係の方がより適すると考えたのは早計であつた。著者がさきに不変不銹鋼の単結晶によつて実験して得た結果もまたその判定をすることが出来ない。また両氏が NM 関係では原子の移動が最も少いから理論的妥当性があると考えたことも速断で N 関係によつても規準となる延伸方向に合理的な方向を取らしめて考えれば NM 関係におけると殆んど同じであるから、このことから何れとも判定が出来ない。

要するに現在の所実験的にも NM 関係を新しく必要とするとはまだいえない。将来の研究に俟たねばならぬ。