U. D. C. 620.172.225 : 669.15

各種鉄鋼材料のヤング率

Measurement of Young's Modulus of Various Steels

添野　浩*　馬場光代**　土屋正利**
Kô Soeno　Mitsuyo Baba　Masatoshi Tsuchiya

内　容　梗　概

板状試料を用い，横振動の共振周波数（約700～900 c/s，試料にかかる最大ひずみ 10^{-6} のオーダ）を測定することにより，炭素鋼（C＜0.9%），低炭素 Cr 鋼（Cr＜13%），Ni-Cr 系（Ni：9～25%，Cr：15.5～19.5%）および Mn 系（Mn：13～16.5%，Cr：13%）オーステナイト鋼のヤング率を室温から450℃までの間で測定した。フェライト鋼のヤング率は Cr 量が 10～13% くらいに増加すると明らかに大きくなるが，全測定試料にわたり室温で約 21×10^3～22.4×10^3 kg/mm^2，450℃ で約 18×10^3～19.2×10^3 kg/mm^2 の範囲にある。オーステナイト鋼のヤング率はフェライト鋼に比較して一般に小さく，室温で約 19×10^3～20.2×10^3 kg/mm^2，450℃ で約 16×10^3～17×10^3 kg/mm^2 の範囲にある。なお Ni-Cr 系オーステナイト鋼と Mn 系オーステナイト鋼のヤング率には大きい差が認められない。

1. 緒　　言

弾性率を測定するには，静的方法と動的方法とがあるが，動的測定法の利点は，測定試料に過大な応力を作用させることなく弾性率を求め得る点にある。この報告で採用した方法は次節で述べるように，板状試料を横振動させ，その共振周波数からヤング率（以下 E と略記する）を求めたものである。

鉄鋼の弾性率についてはかなりの測定結果[1]~[8]が発表されているが，比較的高い温度における測定結果は非常に少ない。高温では材料の軟化に伴い非弾性ひずみがあらわれやすくなるので，動的測定法が適当である。また高温においては，試料の熱処理法のいかんによってある温度範囲に大きい非弾性ひずみがあらわれる場合があるので，内部摩擦の測定もあわせ行なって検討を加えた。

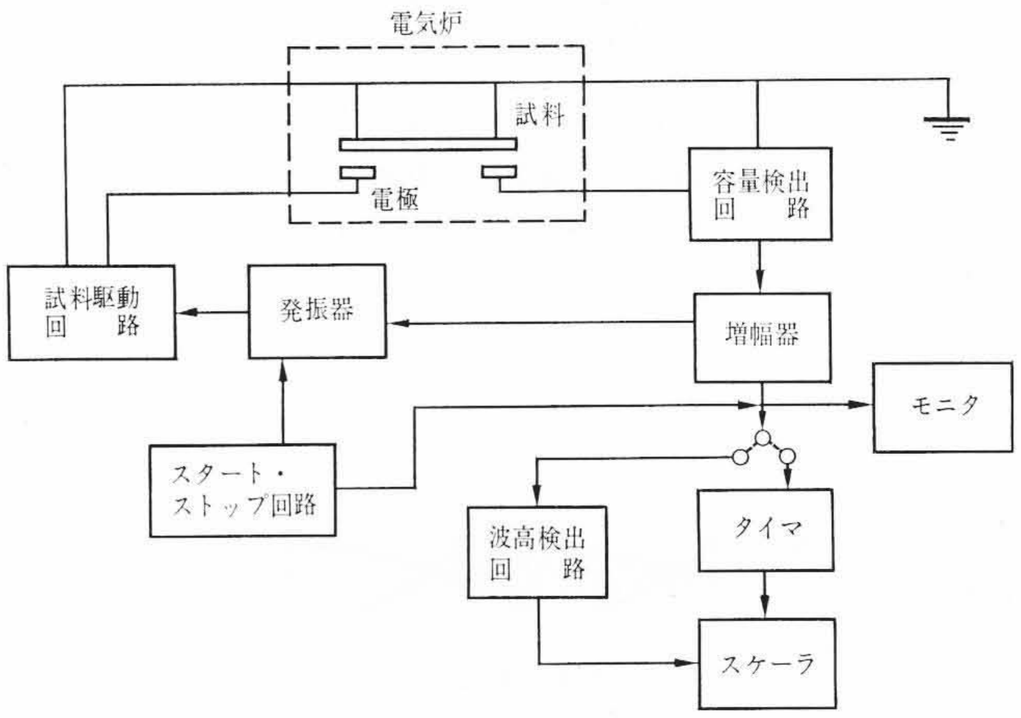
2. 実　験　方　法

測定に用いた試料を**第1表**に示す。それぞれ約 3(t)×11(w)×121 mm(l) 寸法に切削加工後熱処理を行ない，フェライト鋼の場合は約 2(t)×10(w)×120 mm(l) に，オーステナイト鋼では約 2.5(t)×10(w)×120 mm(l) に仕上げ加工してから測定に用いた。後述するように，試料寸法の誤差は E の精度に大きく影響するので，とくに仕上げ加工に注意した。フェライト鋼ではいずれも熱処理後約3～5日後，オーステナイト鋼では約 10 日後に測定を行なった。

第1図は共振周波数の測定に用いた装置のブロック線図である。すなわち試料を2個の振動の節でつり，試料の両端に電極をおく，一方の極に V_0(=1 kV DC) をかけ，これに発振器からの交番電圧 V (=6.3 V AC) を重畳させる。試料と電極間のクローン力 F は，$F\propto(V_0+V)^2$ になるが，$V_0\gg V$ であるから，

$$F\propto(V_0^2+2V_0V) \quad \cdots\cdots(1)$$

になり，F と V の周期が一致する。**第1図**の回路は自励発振方式になっているので試料の共振周波数でのみ発振する。試料が振動すると他方の極と試料間に静電容量の変化がおこるので，これを井上式回路で電圧の変化に変換して増幅する。共振周波数を測定するには発振周波数をタイマで一定時間に区切り，その間ゲートを開いてスケーラでカウントする。タイマは 0.01，0.1，1.0 および 10 s に切換えられるが，この測定では 10 s 間の波数をカウントした。この装置を用いて内部摩擦も測定できる。すなわちスタート・ストップ回路



第1図　測定装置のブロック線図

の信号で発振がとまり，検出回路からの出力を波高検出回路に入れ，ここでリミッタを働かせてある範囲の波高値のみをスケーラでカウントする。この実験ではリミッタを 60～30 V の範囲にしたので，振幅が 1/2 に減衰するまでの波数 m をカウントしたことになる。すなわち，

$$A_n=A_0\exp(-n\delta) \quad \cdots\cdots(2)$$

A_0：ある原点から数えて最初の振動の振幅

A_n：n 番目の振動の振幅

のように減衰する振動の対数減衰率 δ が $(\ln 2)/m$ として容易に求められる。したがって普通 Q^{-1} なる記号であらわされる内部摩擦は

$$Q^{-1}=\frac{\delta}{\pi} \quad \cdots\cdots(3)$$

として求められる。

さて，板状試料の原振動の場合，E(kg/mm^2) と共振周波数 f(c/s) との間には次式が成立する。

$$E=0.96535\times10^{-8}\times\left(\frac{l}{a}\right)^3\frac{g}{b}f^2 \quad \cdots\cdots(4)$$

a, b, l：それぞれ試料の厚さ，幅および長さ　(cm)

g：重　　さ　(g)

この実験では a，b をマイクロメータ，l をノギス，g を化学天びんで測定した。試料の加工精度および f の測定誤差からくる E の最大誤差を見積ってみる。(4)式から，

$$\left|\frac{\Delta E}{E}\right|=3\left|\frac{\Delta l}{l}\right|+3\left|\frac{\Delta a}{a}\right|+\left|\frac{\Delta g}{g}\right|+\left|\frac{\Delta b}{b}\right|+2\left|\frac{\Delta f}{f}\right| \quad \cdots\cdots(5)$$

*　日立製作所日立研究所　工博
**　日立製作所日立研究所

第1表　測定試料の化学成分および熱処理

No.		化学成分 (%) C	Si	Mn	Ni	Cr	Co	Mo	W	その他	熱処理
1	炭素鋼	0.09	0.13	0.31							950℃×30 min→F.C.
2		0.24	0.10	0.31							
3		0.52	0.14	0.32							
4		0.70	0.14	0.33							
5		0.91	0.13	0.33							
6	フェライト系低合金鋼	0.14	0.37	0.70	0.04	0.09		0.55		Cu 0.25 V 0.24	950℃× 5h→A.C. 750℃× 6h→F.C.
7		0.19	0.38	0.68	0.05	0.10		0.48		Cu 0.24	950℃× 5h→F.C.
8		0.41	0.17	0.65	0.35	0.06	0.02	0.54		V 0.36	950℃× 2h→O.Q. 650℃× 4h→A.C.
9*		0.10～0.20	0.10～0.35	0.30～0.60		0.80～1.20		0.85～1.10		V 0.15～0.25	1,050℃× 2h→A.C. 700℃×12h→F.C.
10*		0.15～0.25	0.30～0.50	0.60～0.80		1.00～1.50		0.90～1.20			1,050℃×10h→A.C. 700℃×12h→F.C.
11		0.10	0.15	0.34		2.01		1.08			950℃× 2h→F.C.
12		0.06	0.54	0.81		2.32		0.94			1,050℃× 2h→O.Q. 700℃× 2h→F.C.
13	フェライト系高合金鋼	0.08	0.28	0.59		5.12		0.76		Cu 2.01	1,050℃×2h→O.Q. 700℃×2h→F.C.
14		0.09	0.37	0.62		7.51		0.94			
15		0.05	0.20	0.48		10.75		0.92			
16		0.21	0.51	0.64		12.79		1.08			1,050℃× 1h→O.Q. 650℃× 4h→A.C.
17		0.19	0.33	0.79	0.05	10.15		0.68		V 0.15 Nb 0.23 B 0.023	1,150℃ → O.Q. 700℃ → A.C.
18		0.20	0.30	0.72	0.92	12.30		1.07		W 0.93 V 0.39	1,035℃× 2h→O.Q. 610℃× 4h→A.C.
19		0.23	0.28	0.67	0.71	11.88		1.10		W 1.23 V 0.25	1,050℃× 2h→O.Q. 625℃× 4h→A.C.
20		0.18	0.39	1.27	0.45	12.83	5.25	0.07		W 2.93 V 0.27	1,050℃× 2h→O.Q. 625℃× 3h→A.C.
21	Ni-Cr系オーステナイト鋼	0.13	0.56	0.60	12.26	19.58			1.74	Nb 1.36	1,050℃×1h→O.Q.
22*		<0.08	<1.00	<2.00	8.0～11.0	18.0～20.0					
23		0.06	0.60	1.28	24.38	15.42			0.6	Ti 0.44	
24		0.05	0.23	1.48	23.86	16.98			1.09	Ti 0.08	
25		0.04	0.25	1.53	24.56	17.15				Ti 0.56	
26		0.08	0.89	1.98	25.44	17.15		6.14			
27		0.11	1.72	1.47	20.07	25.82					
28	Mn系オーステナイト鋼	0.34	1.35	13.00		13.69				V 1.22	1,050℃×1h→O.Q.
29		0.55	1.40	16.50		13.40					

（注）＊印の試料成分は規格値である。
F.C. は炉冷，A.C. は空冷，O.Q. は油中焼入れ。

第2表　試料寸法および共振周波数の測定誤差によるヤング率の最大誤差

	フェライト鋼 (%)	オーステナイト鋼 (%)
$3\left\lvert\frac{\Delta l}{l}\right\rvert$	0.125	0.125
$3\left\lvert\frac{\Delta a}{a}\right\rvert$	0.750	1.200
$\left\lvert\frac{\Delta b}{b}\right\rvert$	0.050	0.050
$\left\lvert\frac{\Delta g}{g}\right\rvert$	0.005	0.004
$\left\lvert\frac{\Delta f}{f}\right\rvert$	0.014	0.011
$\left\lvert\frac{\Delta E}{E}\right\rvert$	0.944	1.390

（注）室温における共振周波数 f は，個々の試料で，若干異なるがフェライト鋼で約 740 c/s，オーステナイト鋼で約 880 c/s である。

が得られるが，すでに述べたように，フェライト鋼とオーステナイト鋼とで試料の仕上厚さが異なるので，重量と共振周波数が異なり，また厚さの加工精度もフェライト鋼のほうがよいので，E の測定精度も若干異なってくる。**第2表**はそれぞれの試料について室温での測定値から計算した E の最大誤差である。実際には約 450℃ まで加熱して E と温度との関係を測定したので，熱膨張による寸法変化を考慮しなければならない。(4)式から明らかなように，熱膨張の補正は b に対してのみ行なえばよい。室温～450℃ 間の平均熱膨張係数はフェライト鋼で約 1.5×10^{-5} 以下，オーステナイト鋼で約 1.9×10^{-5} 以下とみられるので，熱膨張の補正を行なわない場合 450℃ でそれぞれ約 0.6%（フェライト鋼）および約 0.8%（オーステナイト鋼）小さく計算されることになる。E の温度係数を厳密に検討する場合これが重要になるが，測定値として示したものは熱膨張の補正を行なっていない値である。なお測定の際試料に発生する最大ひずみは 10^{-6} のオーダである。

3. 実験結果および検討

E の測定結果をまとめると**第3表**のようになる。用いた試料は，その組成を系統的に変化させたものではないので，成分の影響を十分詳細に検討できないが，この表の結果からある程度の知見が得られるので，まず成分の影響を検討してみる。

第3表の結果を簡易化して E と温度との関係を図示すると**第2図**のようになる。すなわち測定結果をフェライト系合金とオーステナイト系合金に大別できるので，まずフェライト系合金に着目してみる。

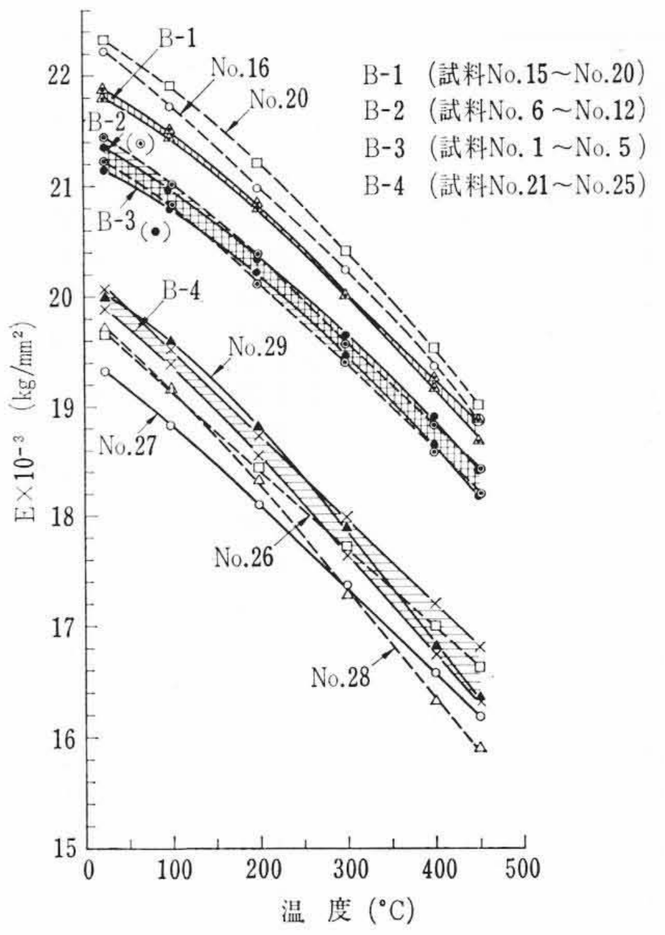
炭素鋼（バンドB-3）とフェライト系低合金鋼（バンドB-2）とでは類似した E が測定されているが，これら両者の成分上のおもな差は Cr と Mo 量である（**第1表**参照）。すなわち Cr，Mo 量がそれぞれ約 2.5% および約 1% 以下の場合，E には測定誤差範囲内の影響しかあらわれないことがわかる。

5% Cr-2% Cu 合金の No. 13 および 7.5% Cr 合金の No. 14 では，それぞれバンド B-2 の下限および上限に相当する E が測定されたが，そのほか大部分のフェライト系高合金鋼では，炭素鋼およびフェライト系低合金鋼より約 0.4～0.6 kg/mm² 大きい E（バンドB-1）が測定されている。B-1 と B-2 の中間に相当する Cr 量の試料数が少ないことと，Cr 以外の合金成分にも変化があることなどのために，E と Cr 量との関係を明確に規定しうるまでには至らないが，Cr 量が約 10～13% 程度に増加すると E が約 2～3% 増加することがわかる。ただ問題になるのは，No. 16 と No. 20 の E が B-1 に比較して大きく測定されていることである。No. 20 の E が大きい原因

第3表　各種試料のヤング率(kg/mm²)測定結果

No.		室温(約25℃)	100℃	200℃	300℃	400℃	450℃	500℃*
1	炭素鋼	21.32×10³	20.88×10³	20.22×10³	19.46×10³	18.65×10³	18.22×10³	17.80×10³
2		21.36	20.98	20.33	19.65	18.82	18.36	17.90
3		21.28	20.89	20.33	19.64	18.82	18.33	17.80
4		21.16	20.80	20.27	19.62	18.90	18.42	17.90
5		21.24	20.87	20.27	19.54	18.73	18.29	17.82
6	フェライト系低合金鋼	21.34	20.94	20.26	19.47	18.67	18.26	17.85
7		21.28	20.87	20.23	19.46	18.66	18.26	17.82
8		21.36	20.93	20.29	19.55	18.79	18.28	17.82
9		21.24	20.82	20.18	19.42	18.62	18.20	17.78
10		21.44	21.00	20.37	19.64	18.83	18.40	17.96
11		21.23	20.85	20.20	19.46	18.63	18.27	17.87
12		21.33	20.92	20.27	19.57	18.76	18.30	17.78
13	フェライト系高合金鋼	21.24	20.84	20.17	19.52	18.62	18.12	17.63
14		21.40	21.03	20.39	19.63	18.86	18.46	18.05
15		21.80	21.43	20.79	20.00	19.25	18.87	18.48
16		22.24	21.72	20.98	20.23	19.37	18.86	18.34
17		21.84	21.46	20.82	20.10	19.17	18.66	18.17
18		21.88	21.47	20.82	20.02	19.15	18.66	18.14
19		21.88	21.49	20.81	20.03	19.16	18.67	18.14
20		22.32	21.90	21.21	20.41	19.52	19.02	18.52
21	Ni-Cr系オーステナイト鋼	20.00	19.39	18.58	17.73	16.84	16.40	15.97
22		20.02	19.39	18.54	17.64	16.74	16.31	15.90
23		19.90	19.45	18.66	17.80	16.94	16.52	16.10
24		20.04	19.53	18.74	17.98	17.18	16.80	16.40
25		19.92	19.39	18.66	17.93	17.18	16.78	16.40
26		19.66	19.15	18.42	17.72	17.01	16.62	16.28
27		19.33	18.83	18.11	17.34	16.58	16.19	15.82
28	Mn系オーステナイト鋼	19.71	19.14	18.32	17.30	16.36	15.90	15.50
29		20.00	19.60	18.80	17.90	16.81	16.35	15.90

*（注）　500℃ の値は室温 ～450℃ 間の測定結果を外挿して求めたもの。



第2図　各種試料のヤング率と温度の関係

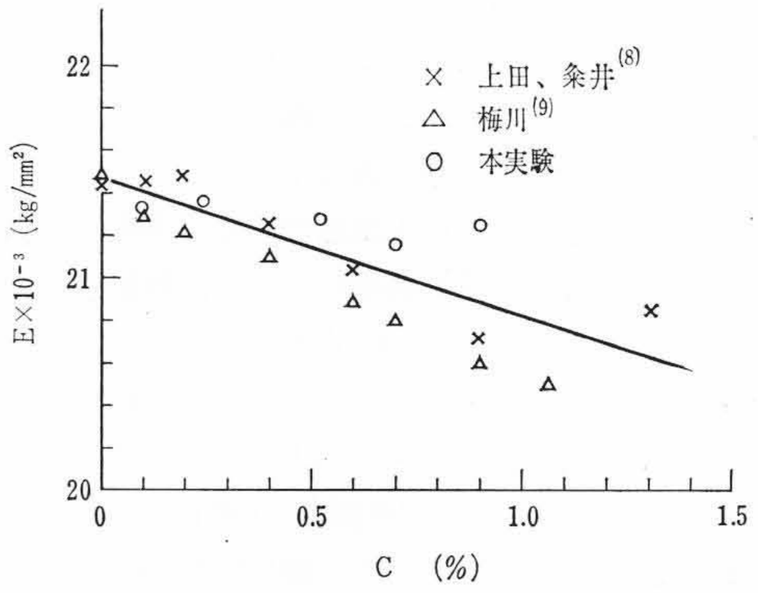
はおそらくCoによると思われるが（Coの影響については改めて報告したいと考えているが，Eの増加にかなり有効である），No. 16については目下のところ理由が明らかでない。分析された成分以外にもなお不純物の検討が必要なように思われる。

次にNi-Cr系オーステナイト鋼に着目してみると，No. 21～25のEはかなり接近していてバンドB-4の範囲にはいる。これらの試料はCrが約15.5～19.5%の範囲であまり大きい開きがないが，Ni量が大きく異なっている。すなわちNo. 23～25グループはNo. 21～22の約2倍に相当するNi量である。したがってこれから直ちにEに対するNiの影響が比較的小さいと推定される。ただNo. 26とNo. 27がB-4のバンドからはずれている。No. 26とB-4に属する試料とのおもな差は，No. 26が約6%のMoを含有する点にある。しかし**第2表**から明らかなように，オーステナイト系合金の室温における測定誤差は最大約1.4%くらいと推定されており，No. 26とB-4との差がだいたい誤差のオーダなので，EとMo量との関係については明確な結論をさけておく。B-4とNo. 27との差は誤差に比較して明らかに大きい。No. 27のCr量がB-4に属する試料よりもかなり多くなっていることがEを減少させた原因のように思われる。後に明らかにされるように，フェライト系合金の場合，Cr量を著しく増加するとEが大きく減少することが知られている。B-4とNo. 27との比較からみると，オーステナイト系合金にも同様な傾向があるように思われる。

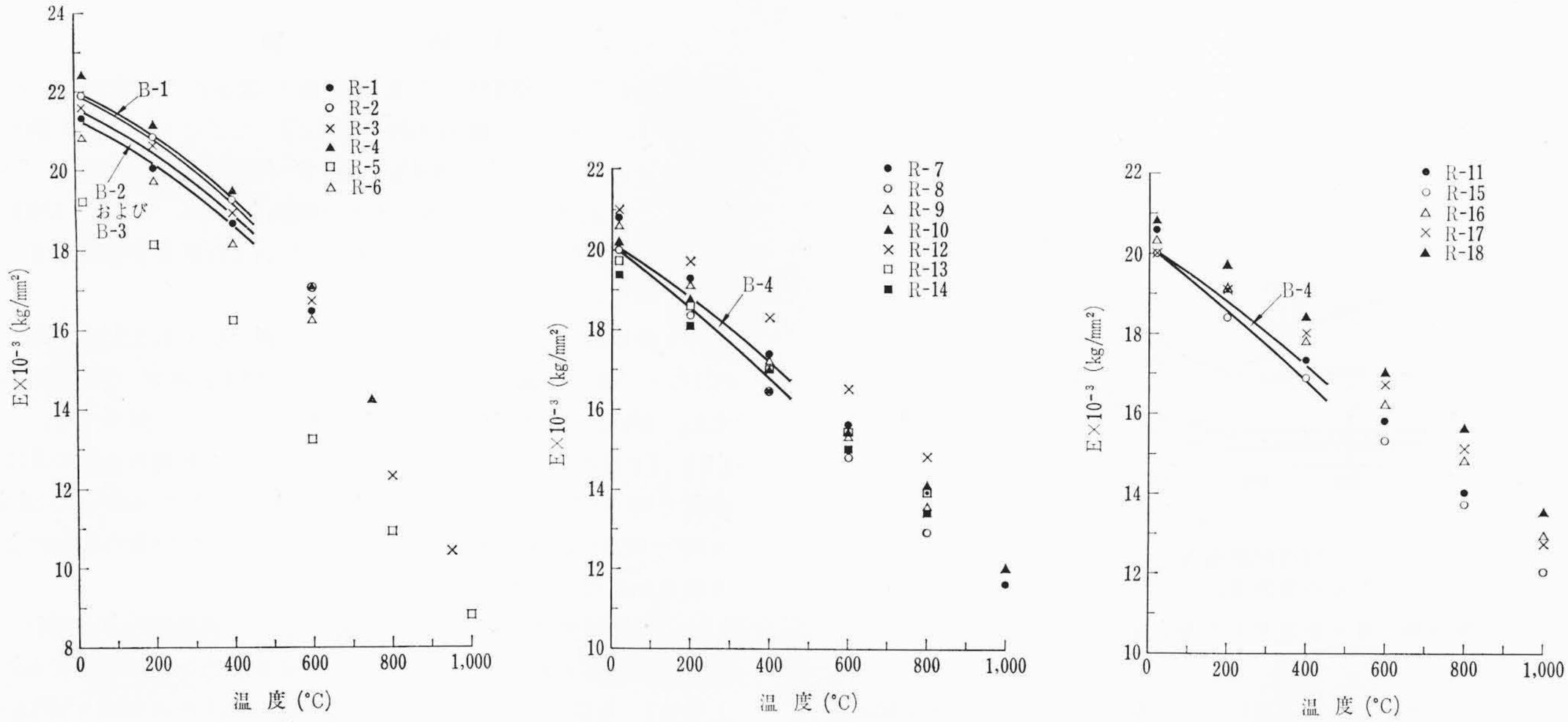
Mn系オーステナイト鋼のEも測定された成分範囲の合金に関する限りNi-Cr系オーステナイト鋼と大差ないが，Mn系オーステナイト鋼では温度の上昇にともなうEの減少がNi-Cr系オーステナイト鋼よりかなり大きいことが注目される。またNo. 28とNo. 29の測定結果を比較すると，Mn量を増加するとEが減少するようにも見受けられるが，成分の問題については測定例が少数なので今後の研究によって明らかにしたい。

なお鉄鋼材料ではEとC量との関係が問題になる場合が多いと思われるが，これは添加される特殊元素のいかんによって介在する炭化物の組成および種類が異なってくるので，一様にCの影響を論ずることはできない。しかし炭素鋼ではC量を多くしてFe_3Cの介在量を多くすると室温におけるEが減少することが知られている[8]~[10]。これはFe_3CのEがα-Feに比較してやや小さいことによるとされているが[10]，そのほか各種の炭化物が介在する場合にどうなるかについては，著者らの知る範囲では系統的研究がなされていない。試料No. 1～5の測定結果および他の研究者によるデータをまとめて炭素鋼の場合のE（室温）とC量との関係を検討してみると**第3図**のようになる。C量の低下にともないわずかながらE（室温）の減少が認められるが，さらに高温のEについては，著者らの測定では誤差範囲内の差しか認められないため明白でない。

Eを比較的広い温度範囲にわたって測定したデータとしては，Robert氏[6]らの結果があるので，これを著者らの測定結果と比較してみると**第4図**（a）～（c）のようになる（試料の化学成分を**第4表**に示す）。Robert氏らの測定も本実験の場合と同様横振動であるが（400～1,000 c/s），試料は丸棒である。著者らの試料と類似した成分のものも一部含まれているにもかかわらず（たとえばR-1～2とNo. 1～2，R-3とNo. 14，R-4とNo. 18，R-9とNo. 22，R-15とNo. 27など），**第2表**に示した測定誤差では説明できない程度



第3図　炭素鋼（焼鈍材）のヤング率（室温）とC量との関係



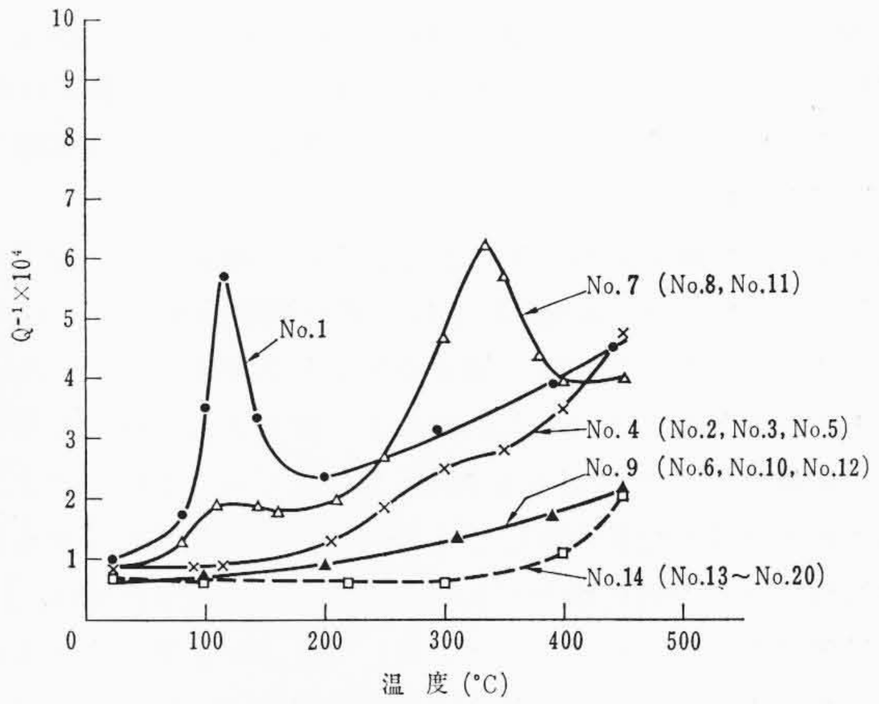
第4図　Robert, Nortcliffe の測定結果[6] との比較

第4表　試料の化学成分 (Robert, Nortcliffe[6])

No.	化学成分 (%)										熱処理
	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	Mo	Ti	Co		
R-1	0.09	0.21	0.22	0.09	0.06						N.930℃
R-2	0.31	0.30	0.66	0.11	0.07						N.860℃
R-3	0.43	3.4	0.48	0.29	7.7						O.H.990℃, T.750℃
R-4	0.32	0.21	0.21	0.81	12.2						O.H.990℃, T.750℃
R-5	0.09	0.86	0.40	1.97	29.3						W.Q.620℃
R-6	0.26	0.17	0.49	2.27	0.39		0.4				A.C.650℃
R-7	0.32	1.35	0.52	7.97	20.3	3.85					A.C.1,050℃
R-8	0.15	0.87	0.43	8.3	18.6	0.21		1.1			A.C.1,050℃
R-9	0.15	0.5	0.7	10.0	18.0					Cb 1	.....
R-10	0.21	1.65	0.56	11.8	23.0	3.1					A.C.1,050℃
R-11	0.41	1.43	0.71	14.4	14.4	2.5					A.C.950℃
R-12	0.4		4.0	18.0	14.0		4		7	Cb 4	.....
R-13	0.2	0.5	0.7	18.0	14.0		4	0.7	7	Cu 3.5	.....
R-14	0.1	0.5	0.7	18.0	14.0		4	0.7		Cu 3.5	.....
R-15	0.12	1.43	0.79	21.2	24.3						A.C.1,050℃
R-16	0.40	2.35	1.32	27.7	15.4	4.5					A.C.1,050℃
R-17	0.10	0.98	1.0	58.6	14.2	0.46					A.C.1,050℃
R-18	0.16	0.76	1.22	62.1	13.9						A.C.1,050℃

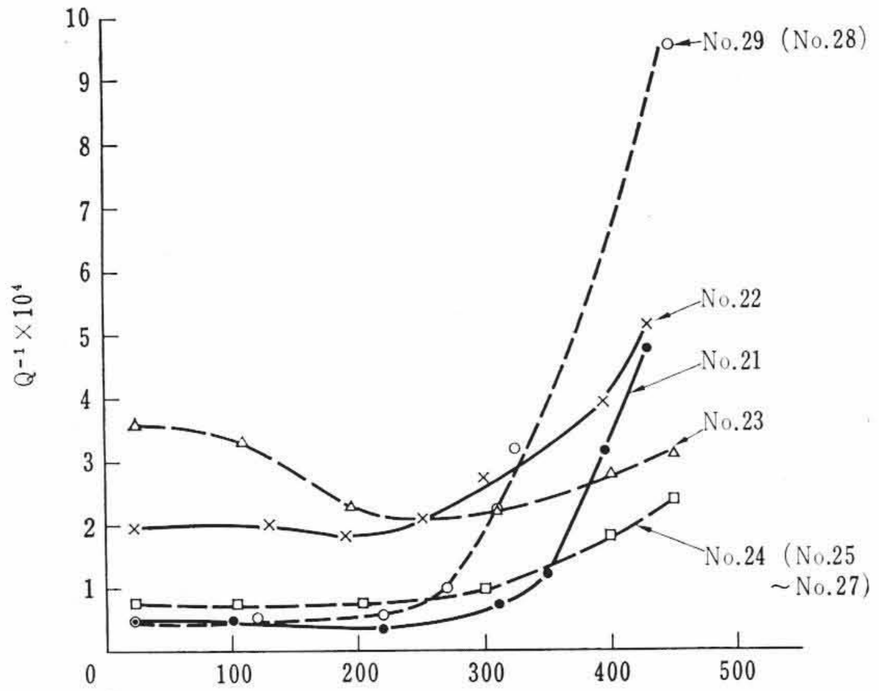
に測定値間に食い違いが認められる場合がある。Robert 氏らのデータでは類似した成分のたとえばR-1とR-2およびR-8とR-9などの測定値間にもかなり大きい差が認められ，また**第3図**から明らかなように，著者らの測定値には他の研究者による結果に比較して問題になるほど大きい差が認められないなどの理由から，おそらく Robert 氏らの測定誤差が著者らの場合より多少大きかったのではないかと推定している。しかし**第4図**を検討してみるときわめて興味ある知見が得られる。すなわち**第4図**(a)に示したフェライト系合金の場合 Cr 量の高いR-5のEが著しく減少していること，また一般にオーステナイト系合金の場合Eと温度との間に比較的よい直線関係が認められるにもかかわらず，フェライト系合金では400～600℃間のEの減少がかなり大きく，また室温～400℃の間でもあまりよい直線関係が認められないことなどである。**第3表**に示した著者らの測定においてもまったく同様な傾向が認められた。ただしMn系オーステナイト鋼では200～300℃以上でのEの減少が大きく，室温～450℃間の直線性が悪いことは**第2図**から明らかである。

さて，鉄鋼の場合試料の熱処理法のいかんによっては内部摩擦(Q^{-1})と温度との関係曲線上にQ^{-1}の山があらわれ[11][12]，いわゆるΔM効果[13]~[15]とよばれる現象によってEが小さく測定される場合が考えられる。**第5図**および**第6図**はそれぞれフェライト系合金



(注)　かっこ内の試料番号は同様なQ^{-1}が測定されたものである。

第5図　フェライト系合金の内部摩擦測定例



(注)　かっこ内の試料番号は同様な Q^{-1} が測定されたものである。

第6図　オーステナイト系合金の内部摩擦測定例

およびオーステナイト系合金について測定された Q^{-1}（本実験においては，測定に際して試料にかかる最大ひずみが 10^{-6} のオーダなので工業的意味におけるダンピングキャパシテーとは多少意味が異なる）の代表的結果を示したものである。まず**第5図**について検討してみると，約 100～150℃ にみられる Q^{-1} の山は Snoek's Peak[13][14]，また約 300～350℃ にみられる Q^{-1} の山はいわゆる加工ピーク[12]とよばれるものである。Snoek's Peak はフェライト格子中に侵入型に固溶されているC，Nによるもので，加工ピークはCあるいはNと転位との相互作用によるものである[16]。約 350℃ 以上における Q^{-1} の増加は一応粒界緩和によるピークのすそに相当するものとしておく（詳しくは文献(17)を参照されたい）。炭素鋼ではC量の少ない No. 1 にのみ Snoek's Peak が認められたが，No. 2～5 では測定されなかった。また測定に用いた炭素鋼は焼鈍材にもかかわらず小さい加工ピークが認められるようである。おそらくこれは熱処理後における試料の切削加工中若干のひずみが導入されたことによると思う。フェライト系低合金鋼には Snoek's Peak と加工ピークが認められるものと単に粒界緩和ピークだけが認められるものとがあった。フェライト系高合金鋼では単に粒界緩和ピークのみしか測定されなかった。**第6図**のオーステナイト系合金においても約 350℃ 以上における Q^{-1} の増加原因は複雑であるが，一応粒界緩和ピークのすそに相当するものとしておく。とくに注目されるのは Mn 系オーステナイト鋼の Q^{-1} が約 350℃ 以上でかなり急激に増加することである。またNi-Cr系オーステナイト鋼には低温で Q^{-1} の大きい試料も認められたが，その原因については本報では詳細な検討を省略する。

第5図および**第6図**から明らかなように，測定された Q^{-1} の山はいずれも小さいので，本実験における E の測定精度からみて，Q^{-1} の山をとりあげて E の測定値に補正を加える必要はまったくないが，このような複雑さをさけるためにはよく焼鈍された材料を用いればよい。焼鈍によって Snoek's Peak も加工ピークも除去でき，また組織を粗大化すれば約 350℃ 以上における粒界緩和ピークもある程度高温側にずらせ得る場合がある。純鉄の Snoek's Peak のように，よく性質がわかっているピークに対しては ΔM 効果の大きさを計算で求めることができるが，鉄合金の Snoek's Peak や加工ピークあるいは粒界緩和ピークなどについては簡単な理論計算では ΔM 効果の大きさを求められない。E の測定とともに Q^{-1} の測定が望ましい理由は ΔM 効果に対する考慮が必要なためである。

4. 結　　言

板状試料を用い，横振動の共振周波数の測定から炭素鋼（C 約 0.9% 以下），低炭素 Cr 鋼 (Cr 約 13% 以下) などのフェライト鋼および Ni-Cr 系 (Cr : 15.5～19.5%，Ni : 9～25%)，Mn 系 (Mn : 13～16.5%，Cr 約 13%) オーステナイト鋼数種について室温～450℃ 間のヤング率 (E) を測定したが，得られたおもな結果を要約すると次のようになる。

(1)　炭素鋼およびフェライト系低合金鋼（Cr＜約2.5%，Mo＜約 1%）の E は室温で約 21×10^3～21.6×10^3 kg/mm² の範囲にあるが，450℃ では約 18×10^3～18.6×10^3 kg/mm² に減少する。

(2)　Cr 量の高い (Cr : 10～13%) フェライト系高合金鋼の E は室温で 21.6×10^3～22.4×10^3 kg/mm² の範囲にあり，450℃ で 18.5×10^3～19.2×10^3 kg/mm² に減少する。すなわちCr量の増加により明らかに E の増加が認められる。

(3)　他の研究者によるデータも総合して，炭素鋼の E (室温) とC量との関係を検討した。すなわちCが 0 から 1% に増加するにともない，室温における E は 21.5×10^3kg/mm² から 20.8×10^3kg/mm² に減少する。

(4)　本報で測定したオーステナイト鋼においては，大部分室温の E が 20.2×10^3～19.4×10^3 kg/mm² の範囲に測定され，450℃では約 16×10^3～17×10^3 kg/mm² に減少する。

(5)　Ni-Cr 系，Mn 系いずれの場合も本実験に用いた成分範囲の試料に関する限り E に大きい差が認められないが，Mn 系オーステナイト鋼の場合温度の上昇にともなう E の減少傾向が Ni-Cr 系に比較して大きいことが明らかになった。

(6)　Ni-Cr 系オーステナイト鋼の E に対する Ni 量の影響は，Ni 量 9～25% の範囲では実験誤差範囲内であることが推定された。

なおフェライト系合金の E に対する Co, Ni-Cr 系オーステナイト鋼の場合の Cr, Mn 系オーステナイト鋼の場合の Mn などの影響に関しても若干の知見が得られたが，これらの諸問題については今後の研究によって十分明らかにしたいと考えている。

この実験を行なうに当たり，ご懇切なご指導を賜わった日立製作所日立研究所副所長小野健二博士，主任研究員根本正博士に厚くお礼申し上げるとともに，種々有益なご討論を賜わった日立工場粂野課長，日立研究所佐々木主任研究員ならびに測定に従事された坂本，橋本の両君にもあわせて謝意を表する次第である。

参　考　文　献

(1)　本多，松下：Tôhoku Sci. Rep., **8**, 89 (1919)
(2)　松下：ibid., **9**, 247 (1920)
(3)　本多，橋本：ibid., **10**, 75 (1921)
(4)　本多，田中：ibid., **15**, 6 (1926)
(5)　W. Köster, W. Rauscher : Z. Metallk., **39**, 11 (1948)
(6)　M. H. Roberts, J. Nortcliffe : J'l. Iron & Steel Inst., **157**, 345 (1947)
(7)　F. W. Jones, J. Nortcliffe : ibid., **157**, 535 (1947)
(8)　上田，粂井：日本金属学会誌 **17**, 623 (1953)
(9)　梅川：ibid., **19**, 473 (1955)
(10)　F. Laszlo, H. Nolle : Jl. Mech. Phys. Solids, **7**, 193 (1959)
(11)　青木，関野，藤島：鉄と鋼 **48**, 156 (1962)
(12)　W. Köster : ibid., **50**, 79 (1964)
(13)　C. Zener : Elasticity and Anelasticity of Metals (1948)
(14)　A. S. Nowick : Internal Friction in Metals (Progress in Metal Physics Vol. 4) (1953)
(15)　阿部，井形：応用金属物理学実験法 (1961，コロナ社)
(16)　G. Schoeck : Acta. Met., **11**, 617 (1963)
(17)　市山，川崎，高階，斎川，草間：日本金属学会誌 **23**, 418 (1959)