

111 1-留



日鐵八幡製鐵所研究所

研 究 報 告

Vol. XIV No.2



高溫度に於ける鐵鋼の酸化並にスケールの構造に就て

技師 遠藤勝治郎

昭和十年一月

八幡製鐵所

福岡縣八幡市

(代
謄
寫)



始





高温度に於ける鐵鋼の酸化並にスケールの構造に就て

技師 遠藤勝治郎

目次

概要 1

I. 緒言 1

II. 鐵鋼の酸化に就て 1

III. 試料及び酸化測定結果 2

III. 顯微鏡的研究 5

V. X線による研究 8

VI. 酸化の機構 12

VII. 酸化膜中の酸素壓 14

VIII. 結論 16

研究報告

Vol. XIV No. 2

正誤

頁	行	誤	正
2	21	$W^{2+}=kt$	$W^{2+c}=kt$
5	6	} X	x
"	17		
16	7		

高温に於ける鐵鋼の酸化並にスケールの構造に就て

技師 遠藤勝治郎

概要 鐵鋼の高温に於ける酸化進行状況を熱天秤によつて求め又酸化膜を顯微鏡及び X 線にて調べた。
 酸化生成膜は表面より Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、及び Fe_3O_4 と FeO との混合物の結晶構造を有する三層より成りその含有酸素量は温度、時間及び位置の函數である。而してこれより求めた酸化度は熱天秤の結果と同じ式で表はされる。尙鐵の酸化機構を推論した。

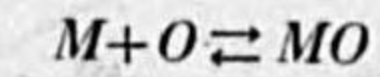
I. 緒言

高温に於ける金屬或ひは合金の酸化は夫れ自身にしても又は還元の問題に關聯しても工業上重要な問題である。従つてそれに関する研究も乏しくない。

本研究は熱天秤を用ひて鋼の酸化状況並びに酸化生成膜の構造を研究したものである。

II. 鐵鋼の酸化に就て

一般に金屬の酸化又は還元は一種の可逆變化で



と表はされる。即ち其の時の酸素の壓力が解離壓よりも大きい小さいかによつてその方向を變ずるものである。

金屬を酸素を含む高温氣體中に置くに其の表面が直ちに酸化し大抵の場合は生成した酸化物は金屬面を覆ふから更に酸化が進行する爲めには酸素は此の層を通過⁽²⁾しなければならない。従つて酸化速度は金屬と酸素の反應速度の外に酸素が酸化物の層を通過する事の難易によつて決まるものである。而して酸化の反應速度は酸素の酸化物を通る速度に較べて十分に大きいと考へらるゝから酸化進行度を支配するものは酸素が酸化物を通る速度によつて決まるものと見てよい。酸化層を酸素が通過するには酸素は固溶體となつて擴散して行くであらうがこれが酸化物又は金屬の空間格子に於ける或る金屬を置換するか又は格子

(1) 内田、齊藤 金屬の研究 1 (1924) 464.

(2) 此の事は已に出來た酸化物中の金屬に接してゐる酸素が金屬と結び、これに接してゐる外の部分よりこれを補ひ順次に酸化進行する場合に於ても、結果より見る時は酸素が酸化膜を通過すると同じ事となる。

の一定の位置を占めるものであらう。而して此の擴散速度は濃度に比例するを考へらるゝがこの濃度は大氣に接する所では大氣中の酸素の分壓、金屬面に接する界ではその酸化物の解離壓に關係ある一定値である事は考へられる。而して中間の濃度は距離と酸化時間との函數でこの關係が求められるれば或る時間内の酸化に要した酸素の量が得らるゝ譯である。

今簡單の爲めに酸化膜の酸素の通過に對して總べての點に於いて等しい抵抗を示す場合を考ふるに二點間の擴散速度は酸素の濃度差、從つて壓力に正比例するから酸素中の單體酸素の壓力は吸着を考へに入れなければ 近似的に Fick の法則によつて理論的に導かれる。(1) 即ち酸化に要した酸素量從つて酸化度 W と時間との關係は次の

$$\frac{dW}{dt} = \kappa \frac{I}{W} \quad \text{又は} \quad W^2 = kt$$

によつて表はさるべきである。但し κ, k は恒數である。Pilling 及び Bedworth (2) が銅、鐵、ニッケル等の薄い膜に就いて得た結果も同様である。松永氏が此の式を用ひて銅、ニッケルの酸化を研究してよく一致する事を指摘してゐる。更に酸化膜が二種又はそれ以上の酸化物より成る時には同様な考への下に

$$W^{2+c} = kt \quad \text{但し} \quad c > 0$$

となる事を推論される。

III. 試料及び酸化測定結果

實驗に使用した熱天秤は感度 0.0044

瓦/耗 のもので各溫度に於いて重量に及

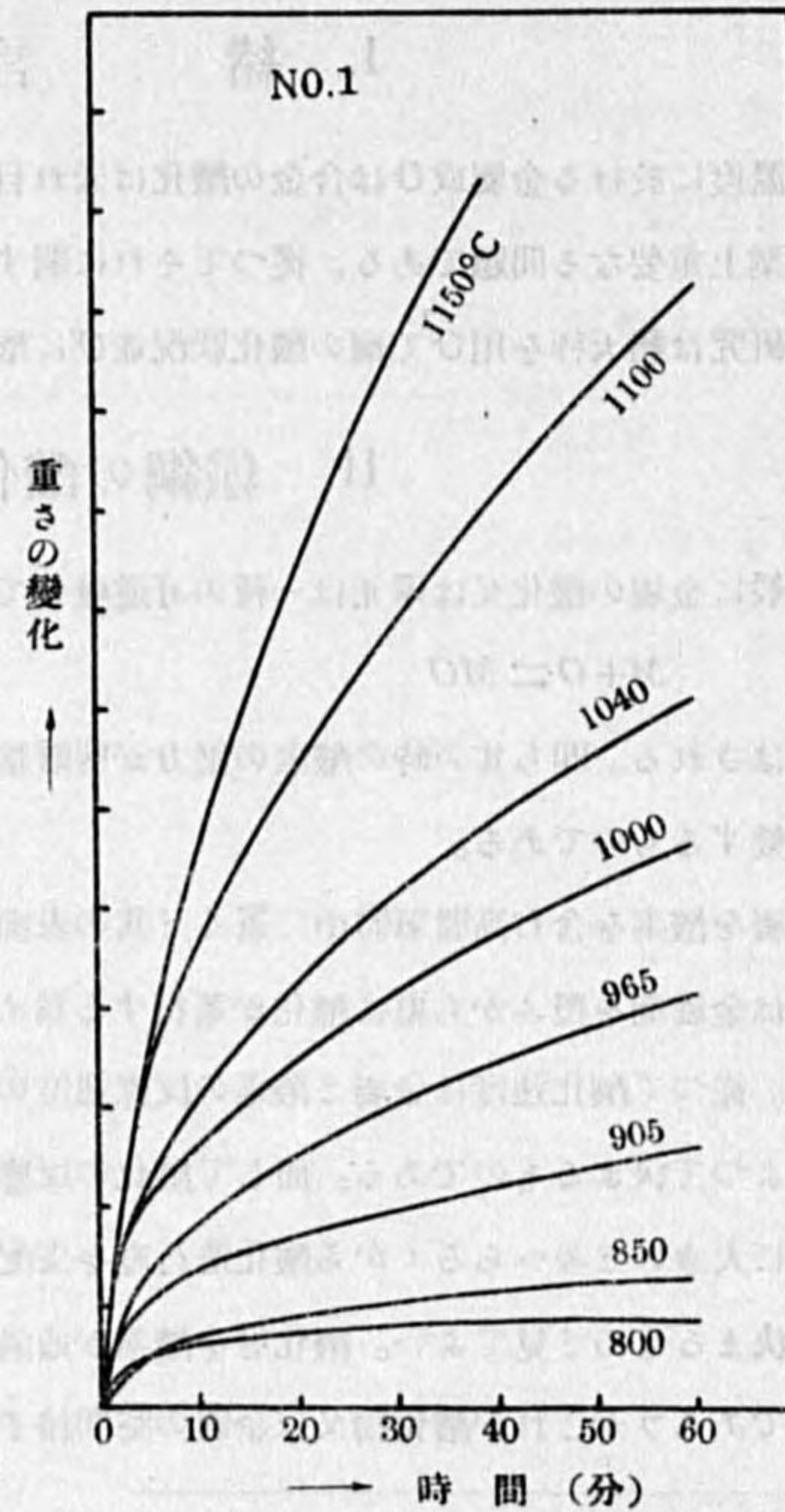
(1) 松永、金屬の研究 3 (1926), 562.

(2) Pilling & Bedworth Journ. Inst. Met., 1 (1932), 529.

(3) 松永 前掲

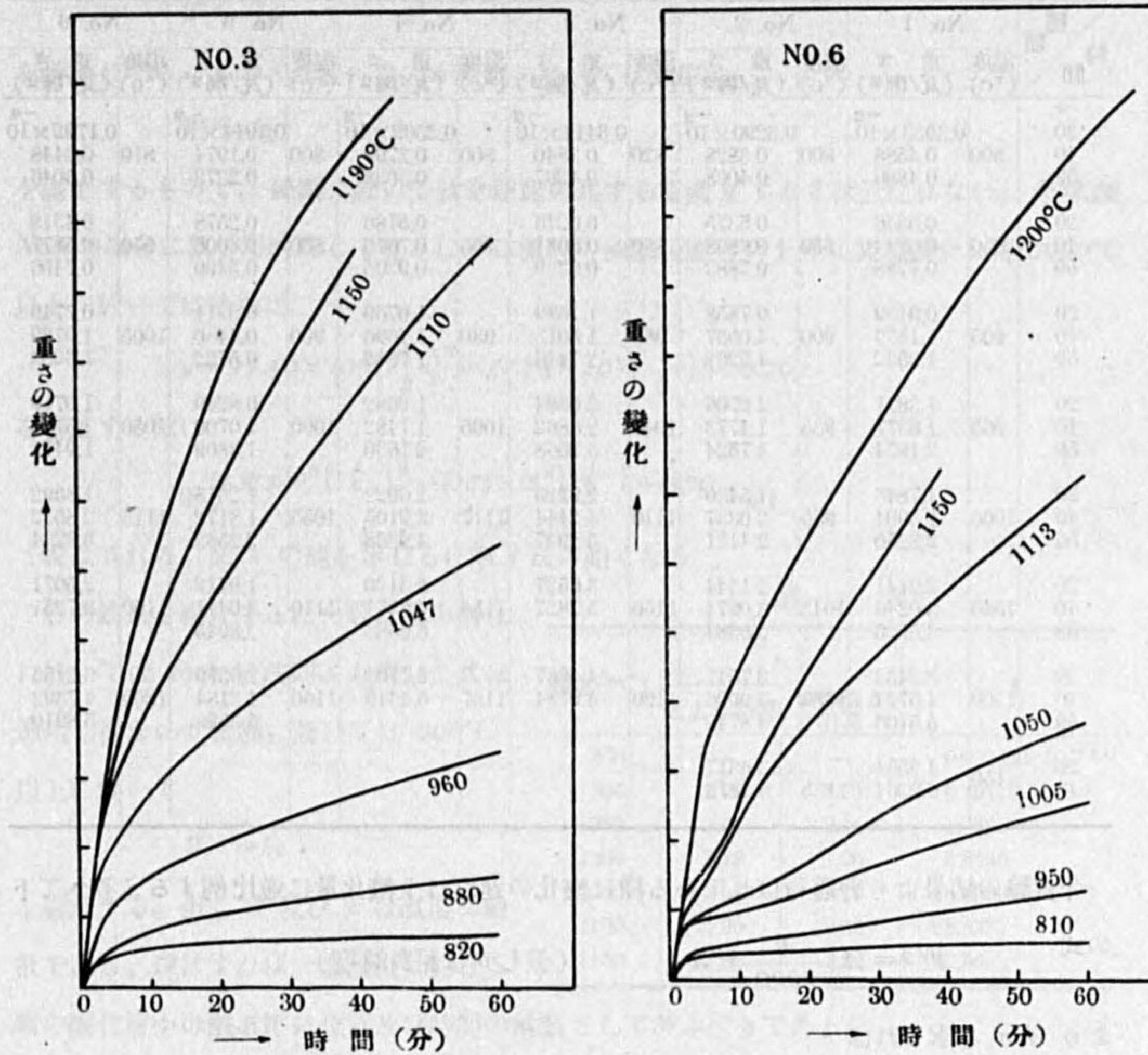
.....(2).....

第1圖 炭素鋼(0.11% C)の酸化曲線



第2圖 炭素鋼(0.33% C)の酸化曲線

第3圖 炭素鋼(0.62% C)の酸化曲線



ばず影響を豫め測定し補正を施した。又加熱爐は白金電氣爐を用ひ試料は直径 3.0 耗の線を用ひた。

先づ試料 5 瓦を採りその表面を磨き螺線狀に捲きベンジン、アルコール、エーテルにてよく洗滌後乾燥器に入れて充

第1表 試料の化學成分

分乾燥し豫め一定溫度に加熱した爐中に吊し 1~3 分毎に測定した。實驗に使用した鋼の成分及び測定結果は第 1~2 表及び第 1~3 圖に示す如し。

試料番號	C	Si	Mn	P	S	Cu
No. 1	0.11	0.007	0.38	0.017	0.048	0.22
2	0.13	0.009	0.39	0.033	0.063	0.18
3	0.33	0.005	0.56	0.016	0.022	0.11
4	0.40	0.005	0.57	0.065	0.034	0.18
5	0.67	0.198	0.74	0.024	0.020	0.11
6	0.62	0.192	0.72	0.021	0.022	0.11

.....(3).....

第 2 表 酸化度—時間—温度の関係

種類 時間	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6	
	温度 (°C)	重さ (瓦/種 ²)	温度 (°C)	重さ (瓦/種 ²)	温度 (°C)	重さ (瓦/種 ²)	温度 (°C)	重さ (瓦/種 ²)	温度 (°C)	重さ (瓦/種 ²)	温度 (°C)	重さ (瓦/種 ²)
20		0.3933×10^{-2}		0.3290×10^{-2}		0.3414×10^{-2}		0.2502×10^{-2}		0.1914×10^{-2}		0.1792×10^{-2}
40	800	0.4588	800	0.3828	820	0.3840	800	0.2799	800	0.1974	810	0.2448
59		0.4886		0.4008		0.4267		0.3038		0.2273		0.3046
20		0.5546		0.5375		0.6246		0.5786		0.2578		0.4318
40	850	0.6844	850	0.6808	880	0.8031	905	0.7676	850	0.3008	950	0.5877
59		0.7788		0.7883		0.9339		0.9305		0.3499		0.7496
20		0.9139		0.7858		1.1689		1.0769		0.3211		0.7749
40	905	1.1573	900	1.0537	960	1.5013	980	1.4696	900	0.4430	1005	1.0789
59		1.3532		1.2263		1.7446		1.7612		0.5722		1.3233
20		1.3871		1.0706		2.0384		1.2682		0.8249		1.0719
40	965	1.8377	935	1.4773	1047	2.6862	1005	1.7482	1000	1.0700	1050	1.5721
59		2.1874		1.7524		3.2568		2.1630		1.3809		1.9473
20		1.7848		1.5430		2.9225		2.6922		1.2318		1.8592
40	1000	2.3994	985	2.0337	1110	4.2444	1117	3.9105	1055	1.8172	1113	2.8512
59		2.8250		2.4121		5.2937		4.9208		2.2563		3.6234
20		2.2141		2.1544		3.6527		3.3120		1.9412		2.5071
40	1040	3.0246	1043	3.0974	1150	5.2827	1158	4.8371	1110	3.0411	1150	3.7251
59		3.5825		3.6584		6.0583		6.0583		3.8945		
20		3.2433		2.7547		4.4067		3.7702		2.6579		3.2155
40	1100	4.5704	1085	3.9006	1190	5.9784	1187	5.4419	1160	4.2184	1200	4.7392
59		5.5166		4.8743						5.3523		5.8910
20		4.2554		3.6317								
40	1150	6.2364	1135	5.1873								

今実験の結果より普通行はれてゐる様に酸化の速度は全酸化量に逆比例するを考へて下の式 $W^2 = A \left(\frac{\theta}{1000} \right)^n \cdot t$ (但し θ は絶対温度)

より A, n を求むれば

試料番號	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
A	1053.2×10^{-10}	935.5×10^{-10}	641.9×10^{-10}	474.3×10^{-10}	158.9×10^{-10}	66.3×10^{-10}
n	19.76	20.10	20.45	20.79	22.62	24.64

となり A は軟鋼より硬鋼に至るに従つて減少し、 n は之れに反して増加する。松永氏がアームコ鐵に就いて

$$A = 1900 \times 10^{-10}$$

$$n = 16.5$$

を得てゐるが上の結果より推して大體一致する事が判る。然し乍ら正確に云ふ時は酸化速

(1) 前 掲

度は全酸化量に逆比例するものではない。即ち実験結果より見るに

$$W^2 = kt$$

を満足してゐるものは云へないが軟鋼に於いては近似的に

$$W^2 = kt$$

を満足するもので、硬鋼に於いては全然此の式すらも満足するとは云はれない。今軟鋼 No. 1 の場合に就いて吟味して見るに X は温度の函数で温度の上昇と共に減少し特に 900°C 以上に於いては殆んど

$$x = 37.50 \times 10^6 \left(\frac{1}{\theta} \right)^2 - 51.75 \times 10^3 \left(\frac{1}{\theta} \right) + 19.70$$

を満足する故に

$$W^2 = 37.50 \times 10^6 \left(\frac{1}{\theta} \right)^2 - 51.75 \times 10^3 \left(\frac{1}{\theta} \right) + 19.70 = kt$$

を満足する。又 k の値を求むるに第 3 表の如くなる。

温度(°C)	x		k
	式より計算	實驗値より計算	
850	—	—	0.00149×10^{-10}
905	2.79	2.75	0.10179
965	2.37	2.36	1.9835
1000	2.19	2.20	6.8235
1040	2.04	2.15	18.9999
1100	1.90	2.00	68.837
1150	1.85	1.82	112.56

鐵の酸化層中の酸素壓は位置及び時間の函数として考ふべきである。

IV. 顯微鏡的研究

この酸化膜を反射顯微鏡下に見る時は整然と三層を爲してゐる。條痕、外觀、磁氣及び X 線等により各層は外氣に接する表面より

第一層 極めて薄く Fe_2O_3 の層

第二層 Fe_3O_4 の層

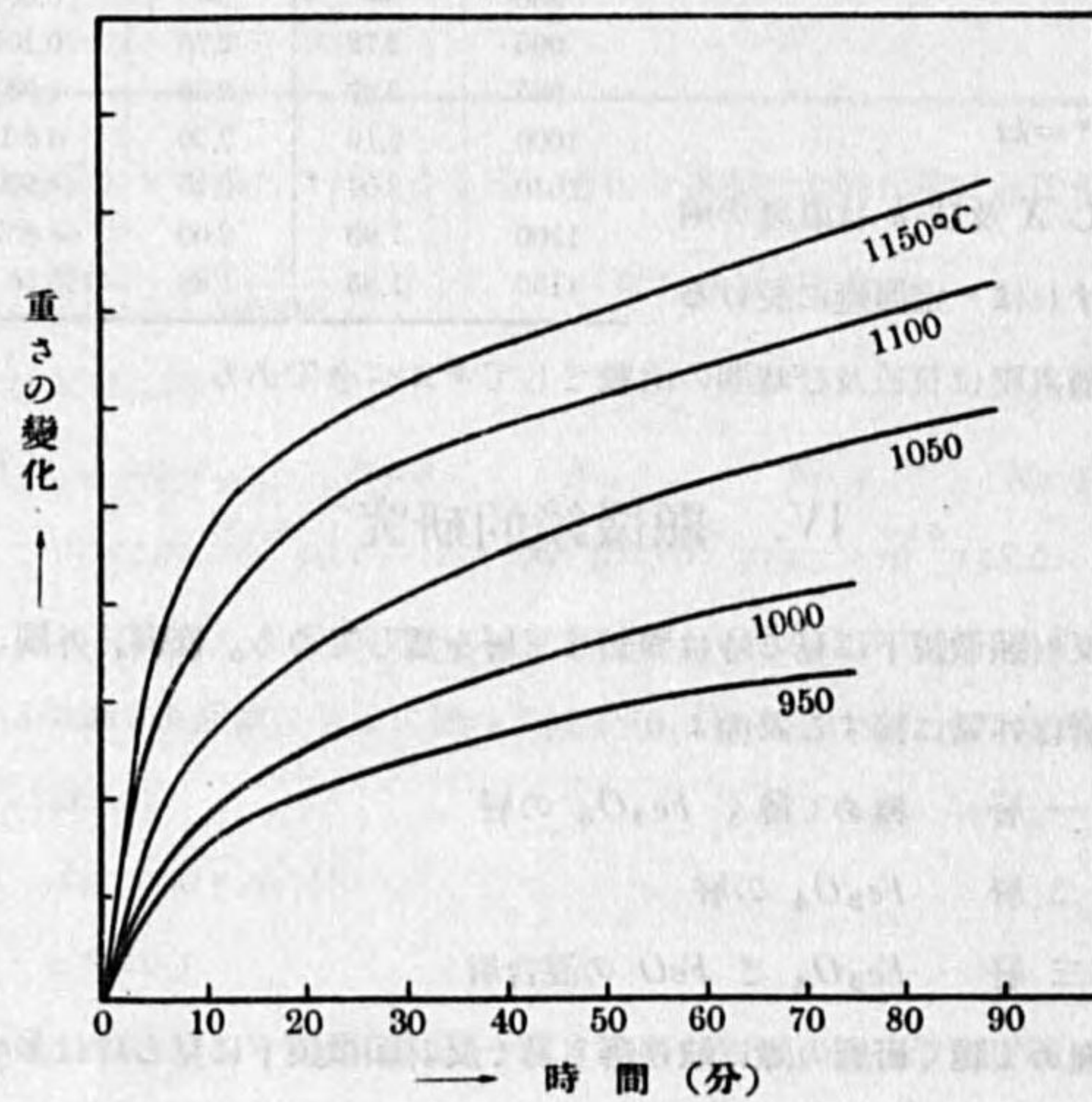
第三層 Fe_3O_4 と FeO の混合層

此の第一層は極めて脆く研磨の際に抜け落ち易く反射顯微鏡下に見る時は多少青味を帯びた多孔質な層となつてゐる。

第二層は一様な層で第一及び第三層との区別が判然と付いてゐる。次に第三層であるがこれは複雑で此の實驗に取扱つた薄いスケールでは充分な研究が困難であるが均熱爐抽出後の鋼塊より採つたスケールを参照すれば金屬に接してゐる部分は FeO でこれと Fe_3O_4 との間は此の二つの混つたものでその割合は連続的に變つてゐる事が判る。第7圖及び第8圖の顯微鏡寫眞は均熱爐抽出後の鋼塊より剝落せるスケールの反射光線による組織であるが更に硝酸を以つて深く腐蝕する時は境界内に多數の龜裂を見出し得る。第10圖は第三層に於ける組織のこの方法によつたものである。この寫眞より見れば第三層は Fe_3O_4 側より次第に結晶粒粗大となり高温度に於いて存在した FeO 組織の崩解を窺ひ得らる。

今アームコ鐵板を長方形に切り研磨して洗滌乾燥を充分にし加熱温度及び時間を變へ各層の變化を見るに外氣に接する表面よりの第一層をI、第二層をII、第三層をIIIとすれば第4表及び第5圖の如くなる。

第4圖 アームコ鐵の酸化曲線

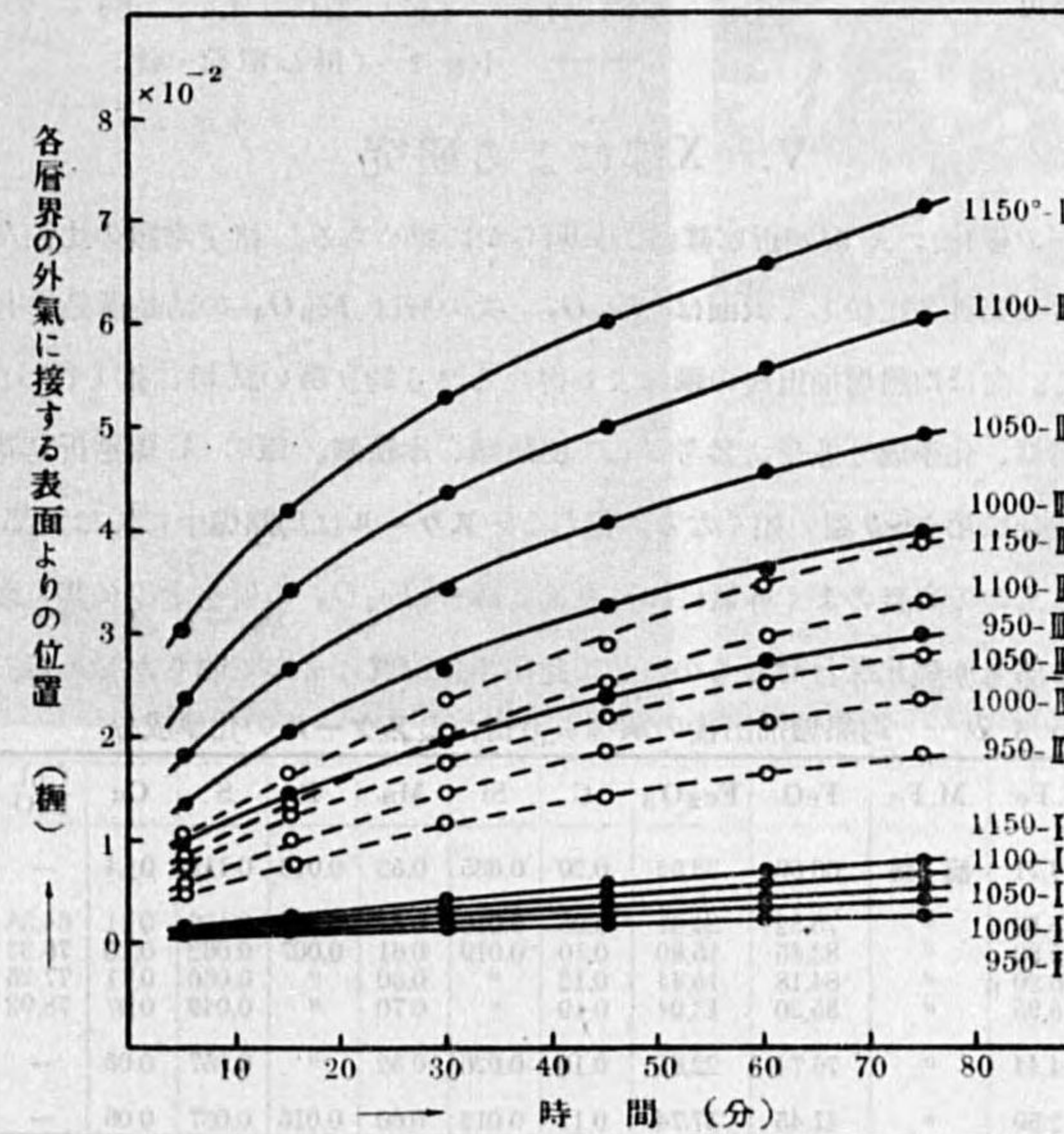


.....(6).....

第4表 加熱温度、時間ミスケール各層の厚さ
(A×10⁻⁵ 層=各層の厚さ
B×10⁻⁵ 層=表面よりの各層界の位置)

温 時 間	950 °C			1000 °C			1050 °C			1100 °C			1150 °C		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
5	(A) 48.0 (B) 48.0	375.0 433.5	513.0 948.0	79.5 79.5	513.0 592.5	789.0 1381.5	102.0 102.0	667.5 769.5	1077.0 1848.0	126.0 126.0	718.5 844.5	1516.5 2368.5	154.5 154.5	825.0 979.5	2092.5 3070.5
15	(A) 106.5 (B) 106.5	663.0 769.5	691.5 1461.0	150.0 150.0	876.0 1026.0	1045.5 2073.0	189.0 189.0	1074.0 1263.0	1441.5 2704.5	225.0 225.0	1216.5 1441.5	2013.0 3454.5	256.5 256.5	1401.0 1657.5	2566.5 4224.0
30	(A) 150.0 (B) 150.0	1006.5 1166.5	852.0 2008.5	237.0 237.0	1236.0 1473.0	1251.0 2724.0	304.5 304.5	1452.0 1756.5	1717.5 3474.0	379.5 379.5	1713.0 2092.5	2298.0 4389.0	423.0 423.0	1966.5 2388.0	2913.0 5301.0
45	(A) 189.0 (B) 189.0	1231.5 1420.5	1018.0 2439.0	319.5 319.5	1579.5 1891.5	1449.0 3336.0	414.0 414.0	1824.0 2238.0	1926.0 4164.0	505.5 505.5	2073.0 2577.0	2475.0 5061.0	583.5 583.5	2412.0 2995.5	3043.5 6039.0
60	(A) 237.0 (B) 237.0	1468.5 1705.5	1117.5 2823.0	387.0 387.0	1807.5 2194.5	1519.0 3714.0	493.5 493.5	2083.5 2577.0	2049.0 4626.0	612.0 612.0	2427.0 3039.0	2586.0 5625.0	733.5 733.5	2794.5 3529.5	3142.0 6670.5
75	(A) 268.5 (B) 268.5	1606.5 1875.0	1161.0 3036.0	457.5 457.5	1989.0 2448.0	1618.5 4066.5	592.5 592.5	2269.5 2862.0	2136.0 4998.0	702.0 702.0	2736.0 3438.0	2680.5 6118.5	832.5 832.5	3162.0 3994.5	3232.5 7227.0

第5圖 酸化層の厚さ—温度—時間の關係



.....(7).....

此の曲線を見るに大體酸化度の曲線（第4圖参照）とよく似てゐる。今この結果より酸化膜の厚さ時間の關係を求むるに第6圖に示せる如く

$$y = \{0.252 \times 10^{-6} \theta^2 - 0.60939 \times 10^{-3} \theta + 0.375203\} t^{(1.0803 - 0.000535\theta)}$$

と表はし得る。

第6圖 酸化膜の厚さ時間の關係

但し y は種單

位、時間 t は分

單位、尚ほ上式

を簡單にせば

$$y = B t^g$$

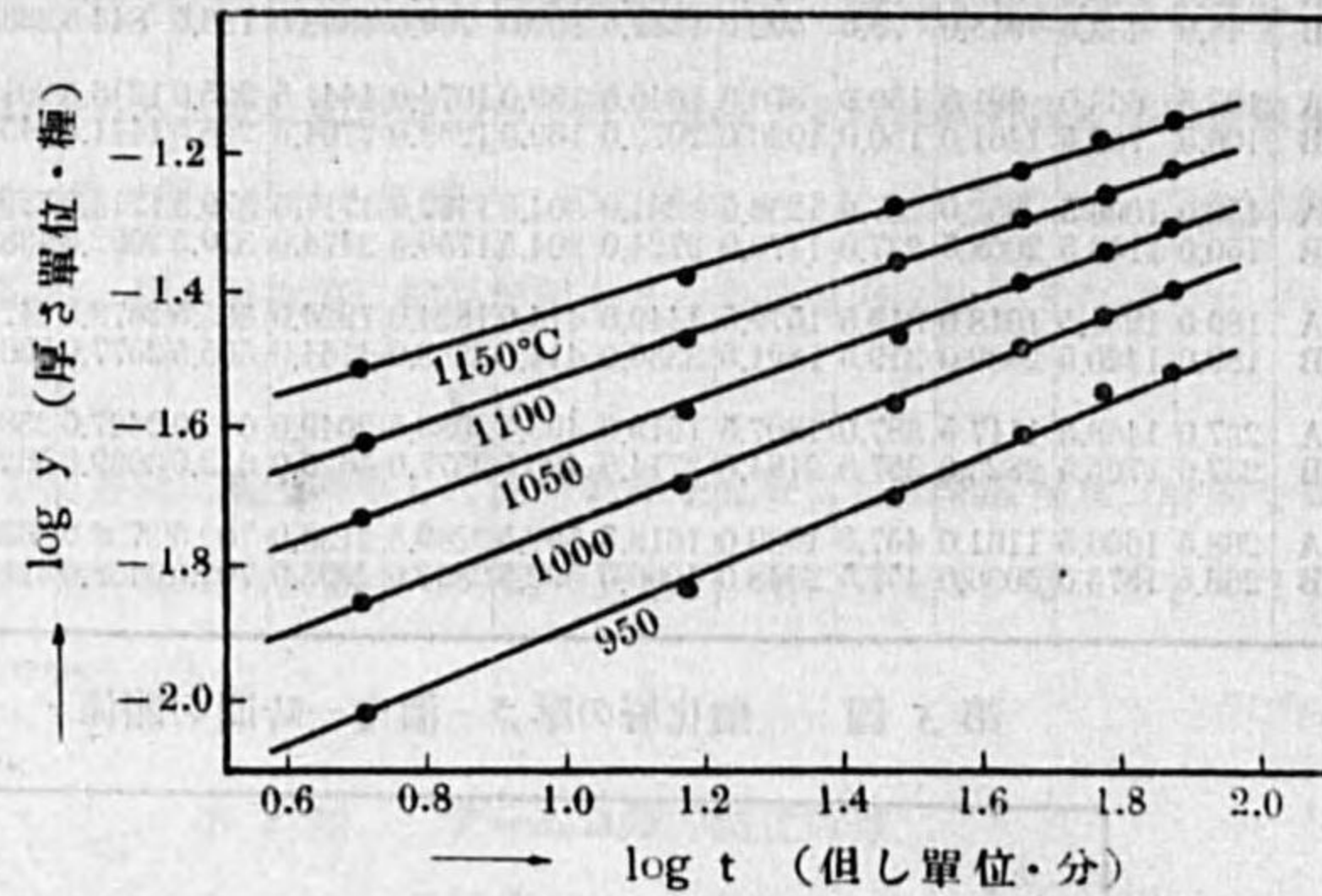
或ひは

$$y^f = C t$$

となる。但し $f,$

g, B, C は溫度

の函數である。



V. X線による研究

酸化膜各層の變化は X 線廻折寫眞により明らかに認めらる。格子常數の比較及び礦石の結晶より得た寫眞と比較して表面は Fe_2O_3 、次の層は Fe_3O_4 の結晶構造を有する事明らかである。尚ほ均熱爐抽出後の鋼塊より得たる厚さ約 3 種の試料に就て行つた X 線及び顯微鏡寫眞、化學成分並びに參考として磁鐵礦、赤鐵礦、鐵の X 線廻折寫眞を擧ぐれば第5表並びに第7~9圖の如くなる。但しこのスケールは均熱爐中には大部 FeO の層が見られるもので高温のまま外氣にふれ表面に薄き Fe_2O_3 の層を生じ又其の後剝落し鋼塊に接せる部も亦酸化進行せるものにして此の事は寫眞によつて明らかである。

第5表 均熱爐抽出後の鋼塊より得たるスケールの化學成分

試料番號	T. Fe	M. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cul. FeO	Cul. Fe ₃ O ₄
11	74.71	痕跡	66.89	32.52	0.20	0.035	0.52	0.010	0.114	0.14	-	-
12		"	75.32	24.31	0.05	0.016	0.51	0.009	0.136	0.11	64.38	35.24
13		"	83.45	15.80	0.10	0.019	0.61	0.007	0.062	0.10	76.33	22.91
14	75.52	"	84.18	15.44	0.12	"	0.60	"	0.060	0.11	77.25	22.36
15	75.89	"	85.20	13.94	0.19	"	0.70	"	0.049	0.07	78.92	20.22
16	76.20	"	76.74	22.61	0.10	0.026	0.52	"	0.057	0.05	-	-
17	75.95	"	41.45	57.74	0.17	0.013	0.60	0.015	0.037	0.06	-	-
18	74.44	"										
19		"										
20	72.59	"										

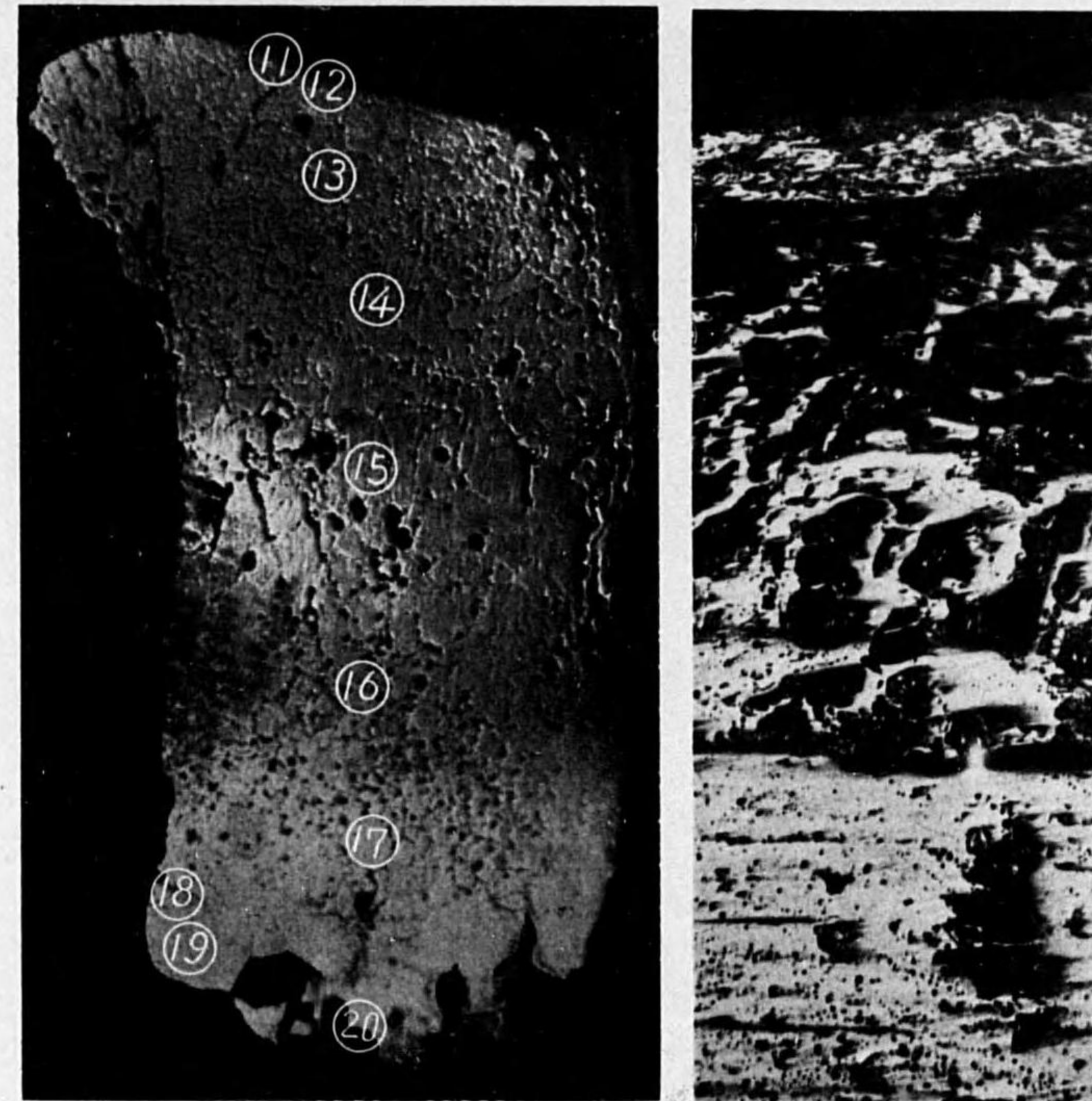
第7圖

試料採取位置—スケールの断面

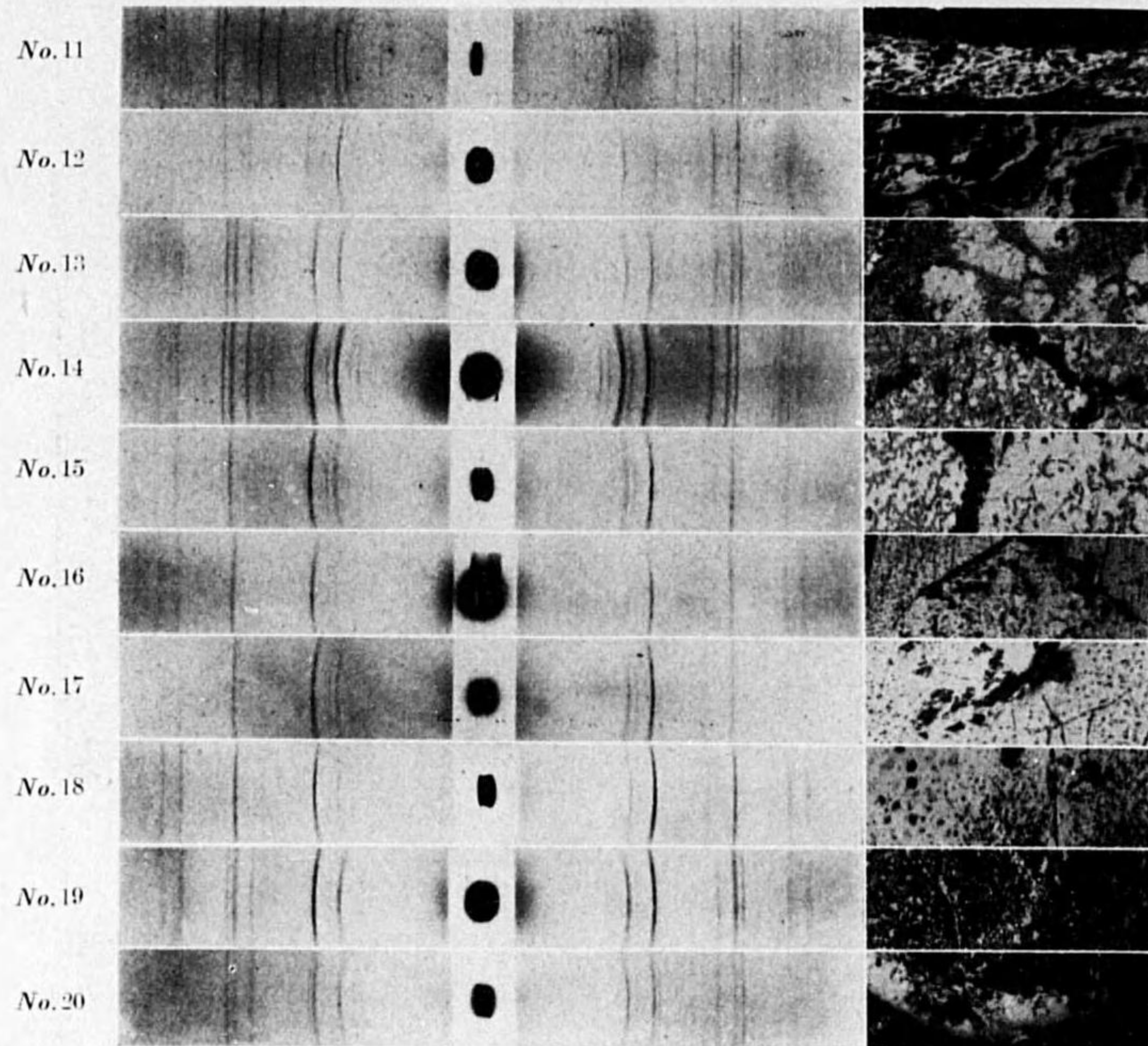
×3.75

スケール表面の断面

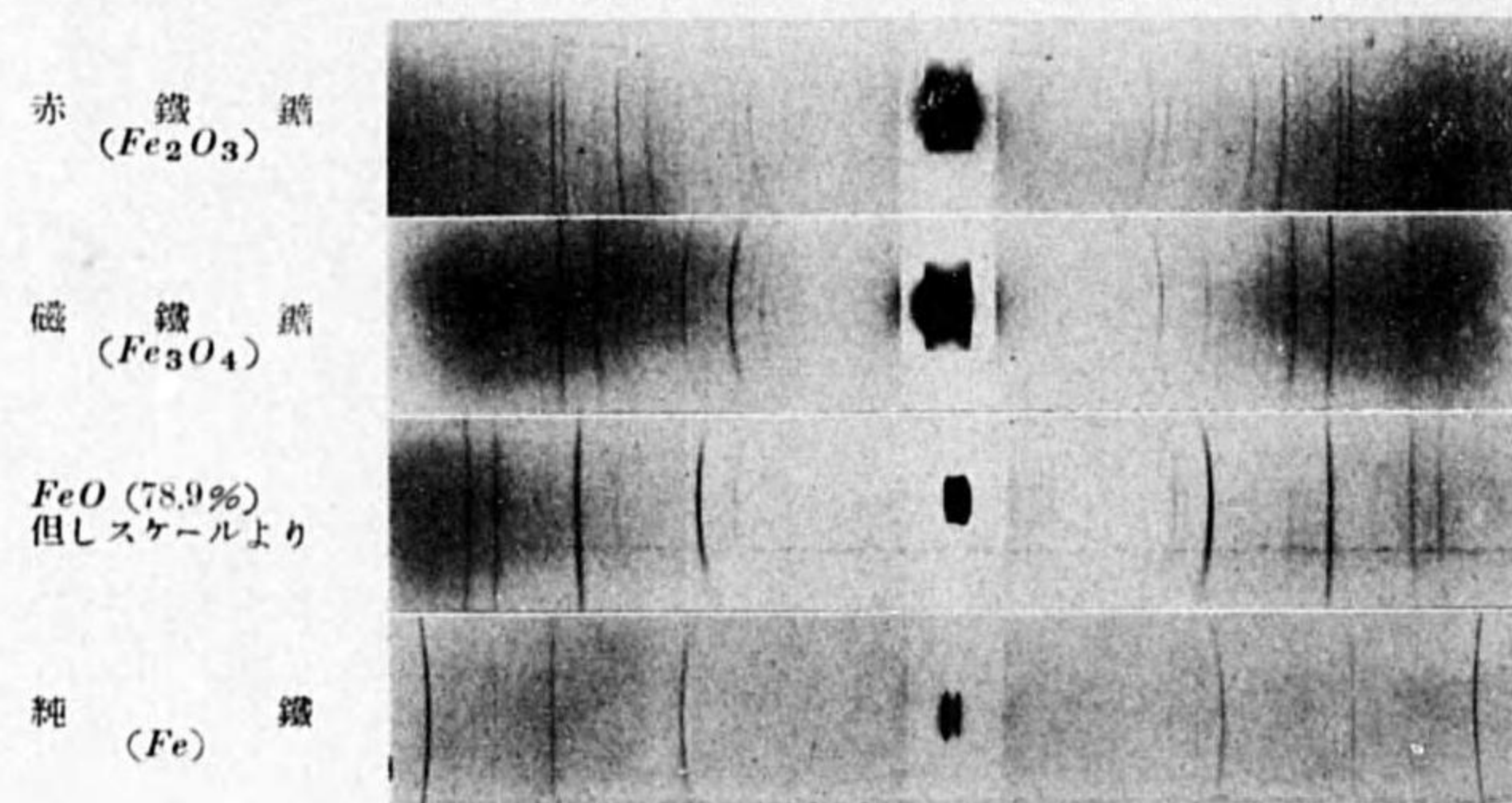
×150 腐蝕せず



第 8 圖 均熱爐抽出後の鋼塊より採つたスケール
 X線廻折寫眞 (Fe-K α β 線による) 顯微鏡寫眞 ($\times 100$)
 ($HNO_3 + HCl$ (少量) 腐蝕)



第 9 圖 X線廻折寫眞 (Fe-K α β 線による)

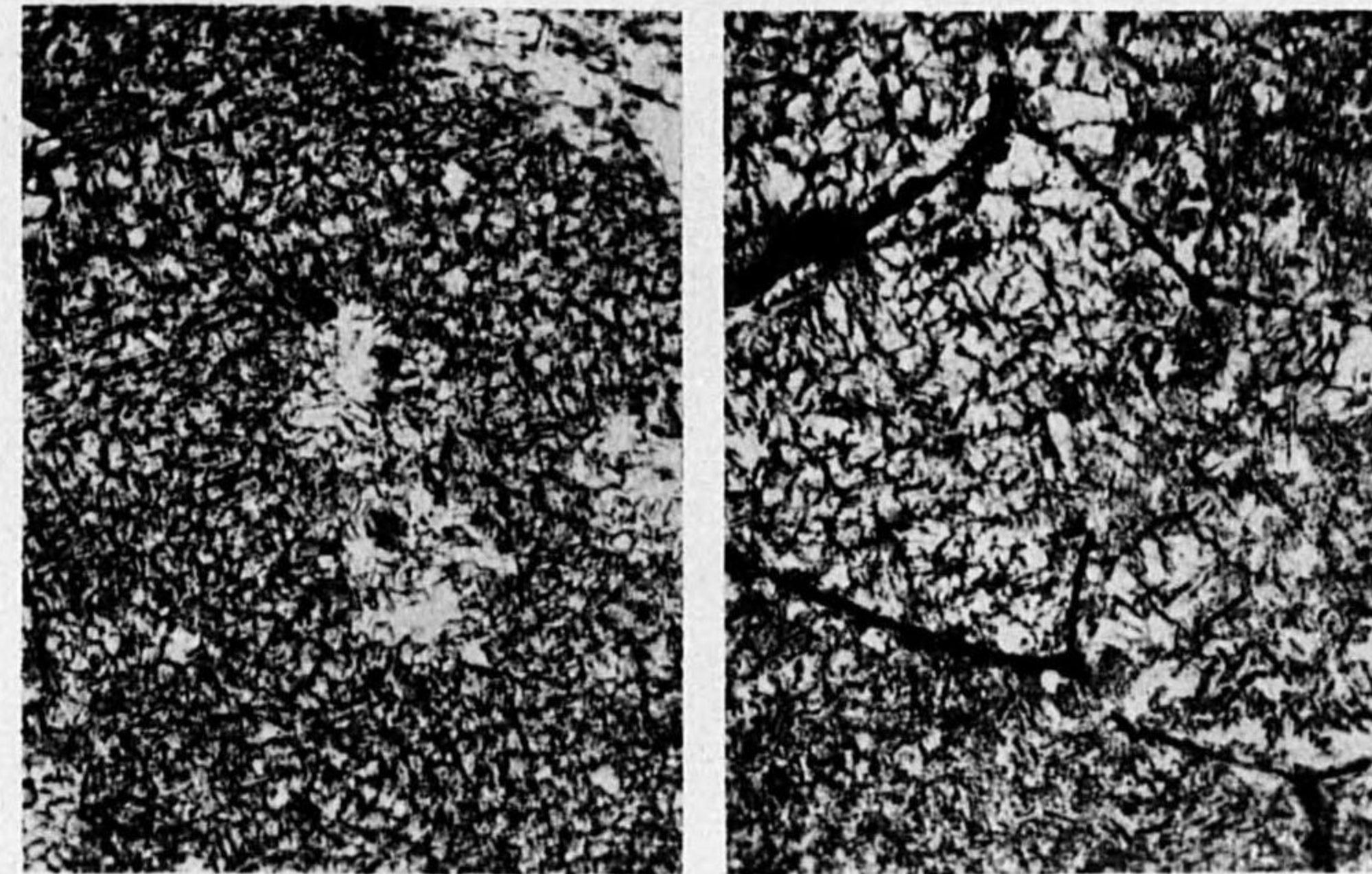


高温度に於ける鉄鋼の酸化並にスケールの構造に就て

第 10 圖 第三層を硝酸にて深く腐蝕せるもの ($\times 200$)

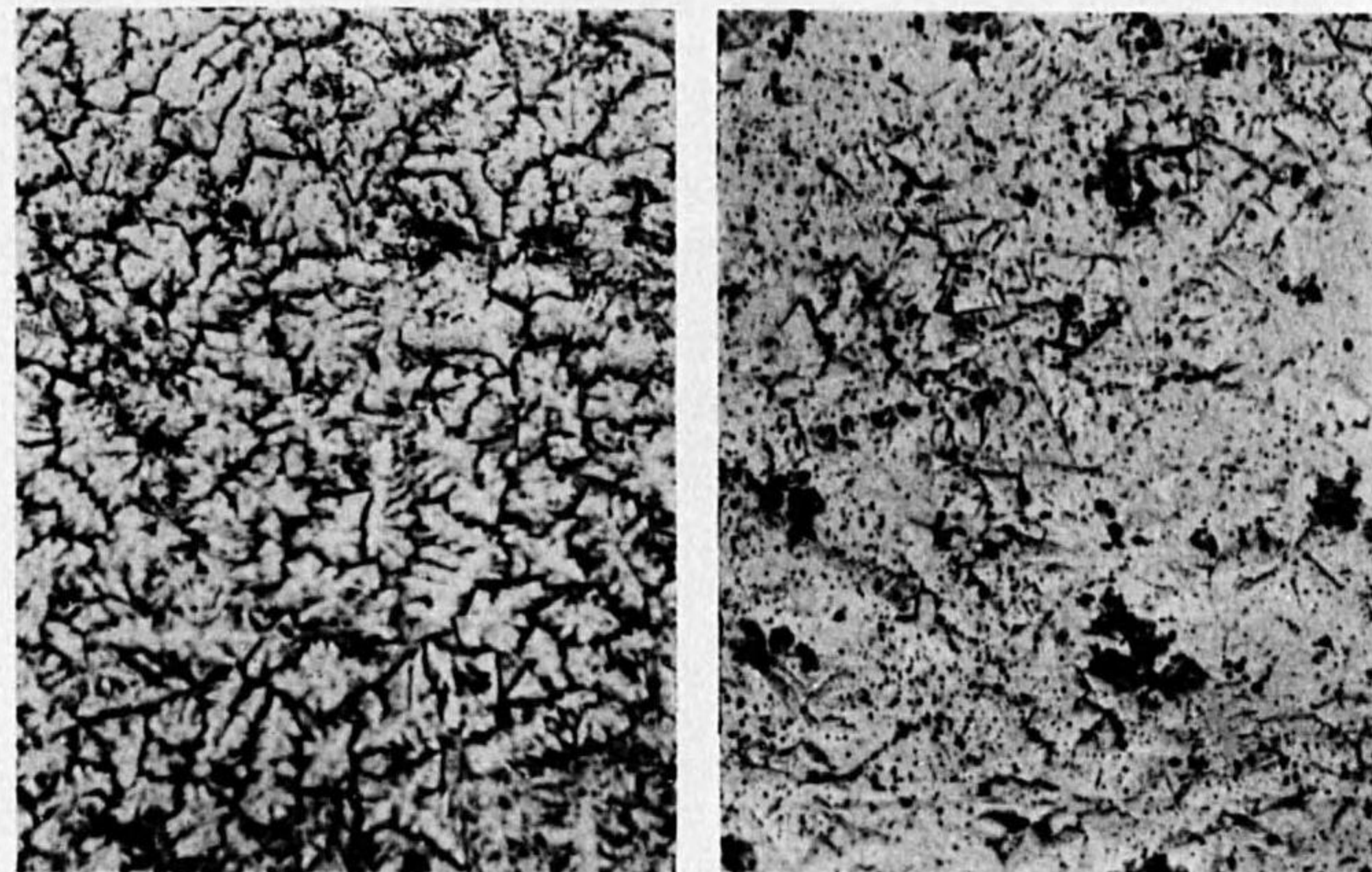
No. 13

No. 14



No. 15

No. 16



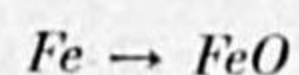
VI. 酸化の機構

Fe の結晶格子⁽¹⁾ α -Fe は體心立方型、格子常数は $a=2.86\text{\AA}$ である。 γ -Fe は面心立方型で $a=3.63\text{\AA}$ (1100°C) である。

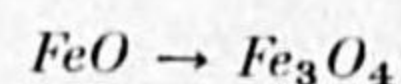
FeO の結晶格子⁽²⁾ NaCl 型、鐵原子格子は面心立方型をなす。格子常数は $a=4.29\text{\AA}$ である (第 11 圖参照)。

Fe₃O₄ の結晶格子⁽³⁾ Spinell 型、鐵原子格子は面心立方型を爲す。格子常数は $a=8.37\text{\AA}$ である (第 12 圖参照)。

Fe₂O₃ の結晶格子⁽⁴⁾ Corundum 型、格子常數 $a=5.42\text{\AA}$, $a=55^\circ 17'$ である (第 13 圖参照)。

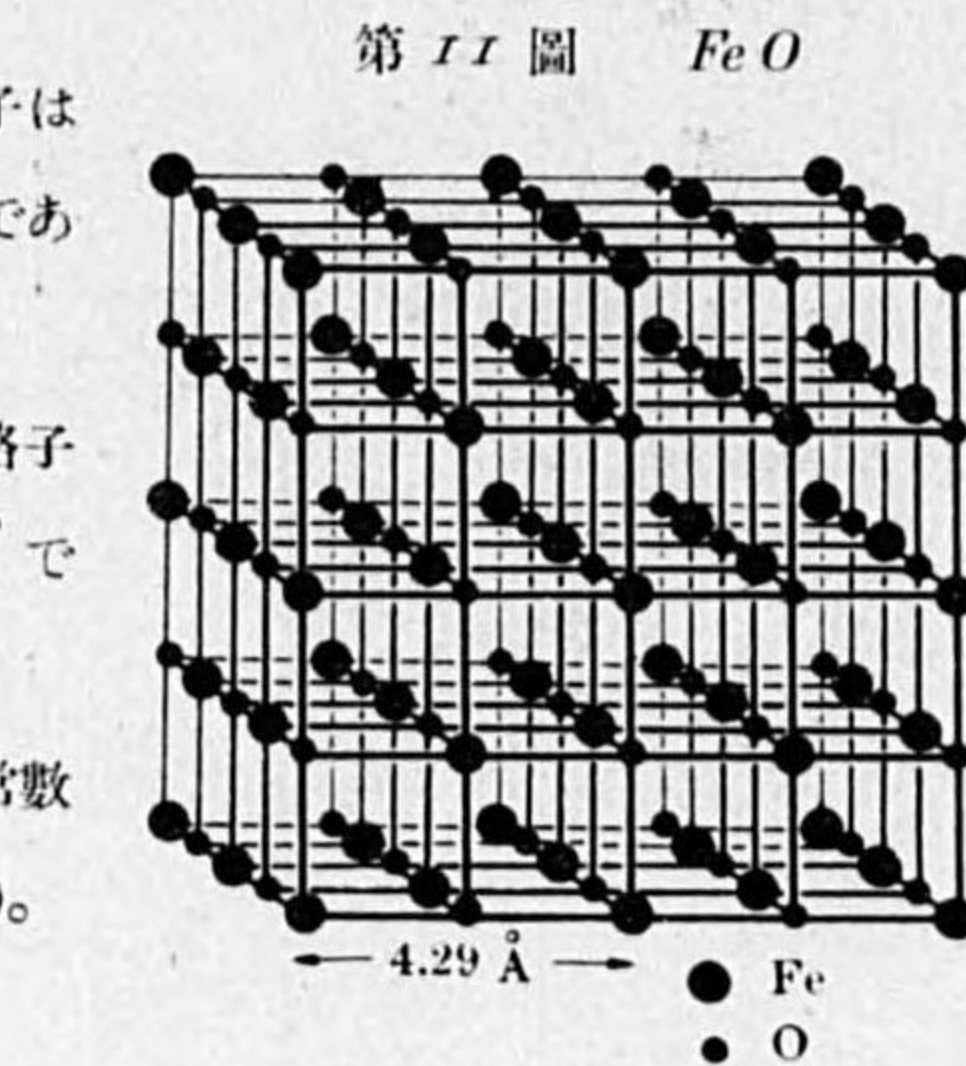


體心立方格子は第 14 圖に示す如く軸比 $1:1:0.707$ の面心正方格子と見る事を得るものにしてこの短軸の方向を伸ばせば面心立方格子と成る關係にあるもので酸素の侵入により鐵の體心立方格子が面心立方格子となり酸素原子は夫々その面心立方格子に於て最も廣い各空隙に入り且鐵原子間の距離を擴げ格子常數が 4.29\AA になつたすれば NaCl 型の FeO の格子を得る關係に在る。

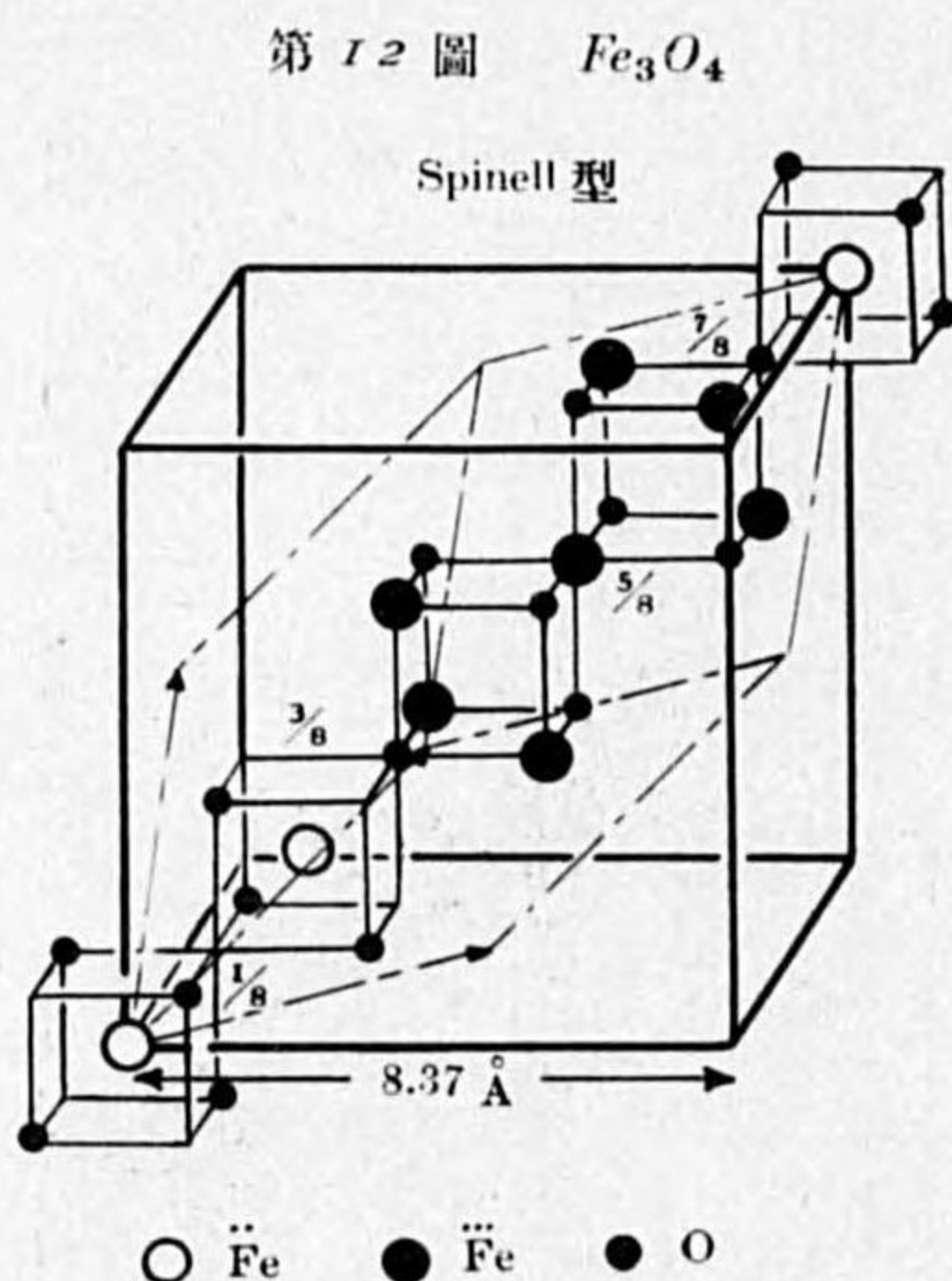


NaCl 型の FeO より Spinell 型の Fe₃O₄ への変化を考ふるに酸素壓の關係上 NaCl 型 (第 11 圖参照) を形作る或る

(1) Internat. Crit. T., 1 (1926), 340.



第 11 圖 FeO

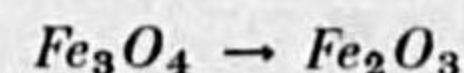


第 12 圖 Fe₃O₄

○ Fe ● Fe ● O

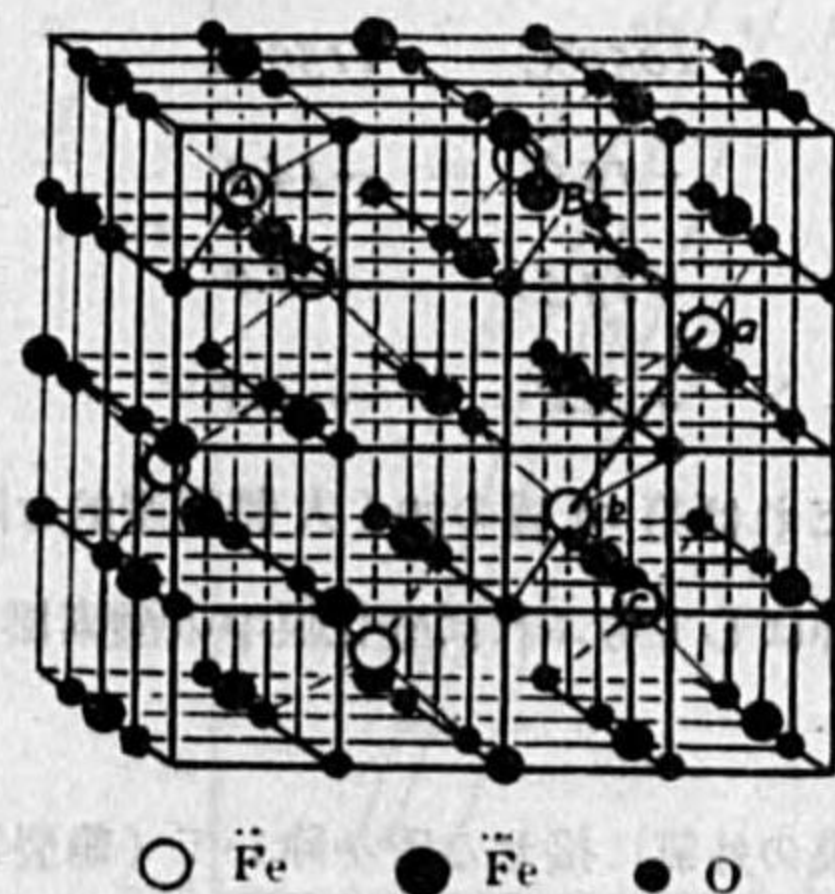
(2), (3), (4), 全 上 342.

鐵原子が新たに侵入して來た酸素と結び元の結晶を離れその周圍の酸素原子間の距離が縮められ鐵原子中の例へば A 點に近い原子が二價のまま A の位置 (第 15 圖参照) に入り次にそれに隣接せる鐵原子が C に入り同様に順次に變化が進んで行くものとすれば第 12 圖の Spinell 型が得られる關係に在る。而して酸素原子は移動せる鐵原子の原位置に向つて距離を縮める結果残りの鐵原子は三價となり平衡を得るものにして空間格子を常溫に於て見れば 8.58\AA より 8.37\AA となり 0.21\AA の收縮を伴ふ事なる。尙此の際過剰になつた鐵原子は過剰の酸素と結び FeO 又は Fe₃O₄ を形成すべく若し此の變化の中途に於て阻止さる時は金屬鐵も存在し得る事なる。此の事は Merwin⁽¹⁾ の實驗をよく説明しスケールを檢鏡する時に金屬鐵存在の事實と一致する。



Fe₃O₄ を形成する鐵原子には二價と三價の二種のもの存在するが酸素壓高い時は三價のものが安定なるを以て Fe₃O₄ が更に酸化して Fe₂O₃ となる際には先づ二價の鐵原子が變化を起し三價となりその

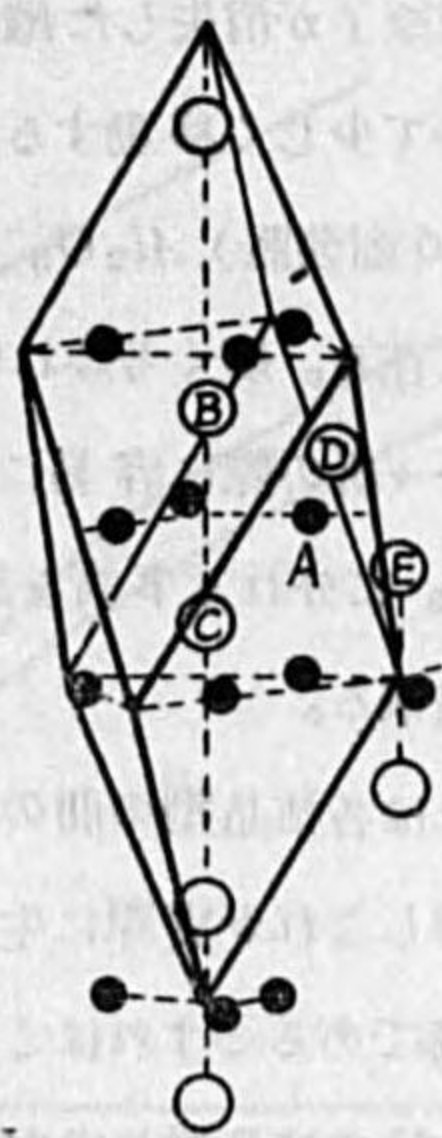
第 15 圖 Fe₃O₄



○ Fe ● Fe ● O

(1) Merwin, H. E., Journ. Am. Chem. Soc., 47 (1925), 2876.

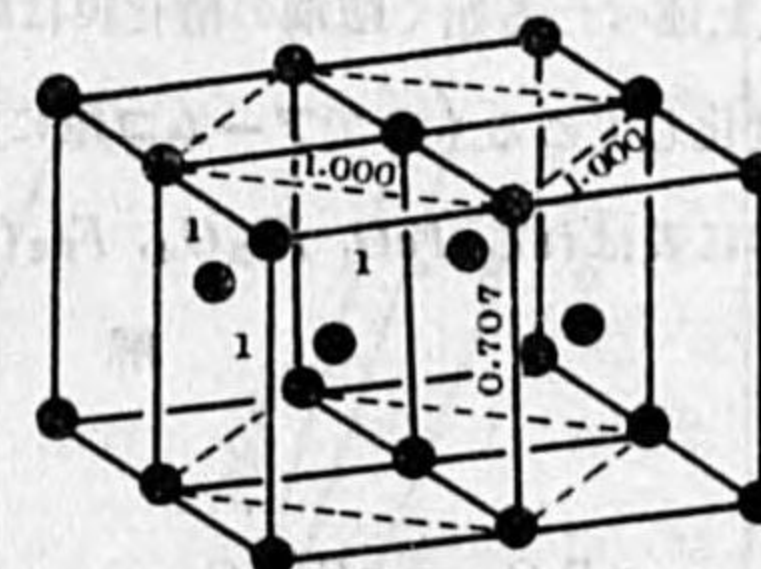
第 13 圖 Fe₂O₃



○ Fe ● O

B 又は C ~ A 2.060 Å
D 又は E ~ A 1.985 Å

第 14 圖 α -Fe



占める空間を減少するであらう。

又酸素壓の關係上鐵原子が例へば B 點 (第 15 圖参照) に近い鐵原子が B 點に入り以下 FeO より Fe₃O₄ を形成する時と同様に順次に變化を進めて行けば鐵原子の配列に關しては殆んど Fe₂O₃ の結晶型 Al₂O₃ 型に近付く。而して此の時鐵原子の過剰になつたものも生ずるがその過剰になつた一原子の鐵に結晶を形成せる酸素原子の一原子

が取り去られ且つその周囲の酸素及び鉄原子が消失した酸素の位置に向つて少しく移動するにすれば(第16圖参照) Al_2O_3 型なる關係に在る。斯く考ふれば Fe_3O_4 の成分々析の際に容易に FeO を Fe_2O_3 に分れる事實を説明する事が出来る。

以上は各結晶型間の關係であるが若しこれが實際に生ずる酸化の機構であるにすればこれによつて酸化鐵の結晶型の成生消失の狀況をよく説明し得る。尙炭素鋼に於ては多少複雑なる事を豫想さるゝが大體上の順序により變化するものではあるまいか。

VII. 酸化膜中の酸素壓

以上述べたる如く鐵鋼の酸化膜は鐵表面より順次 ($mFeO+nFe_3O_4$), (Fe_3O_4), (Fe_2O_3) に變化してゐるものでアームコ鐵に就いて測定せる各層の厚さは已に示した。今この各層の界に表はれる FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 の解離壓を求むるに(第17圖参照)

解 離 壓 (但し對數)

	950°C	1050°C	1150°C
$2FeO = 2Fe + O_2$	-17.4	-15.6	-14.3
$2Fe_3O_4 = 6FeO + O_2$	-15.6	-13.5	-11.6
$6Fe_2O_3 = 4Fe_3O_4 + O_2$	-5.2	-4.8	-2.5

なり。此の壓力の對數に對して各層の厚さの對數をすれば第18圖の如く大體直線的な關係を示してゐる。尙ほこの直線が大氣の分壓迄引き伸ばして考ふれば酸化膜中の酸素壓 P は大體 $P = \text{const. } y^p$ の關係を満足するを見做し得る。即ち酸素壓は酸化膜の外氣に接せる所を除いて(龜裂等

(1) Smits A., and Bigvoet, J. M., Proc. Acad. Sci. Amsterdam 21 (1919), 386.

を生じて大氣の分壓に等しくなるものと思はれる。) 大體鐵表面よりの距離 y の p 乗に比例するものである。勿論この冪数は温度及び時間の函數である。

今酸化膜中の酸素壓が上式を満足するにすれば酸化度 W は

$$W = \int_0^x P dy = Dy^h$$

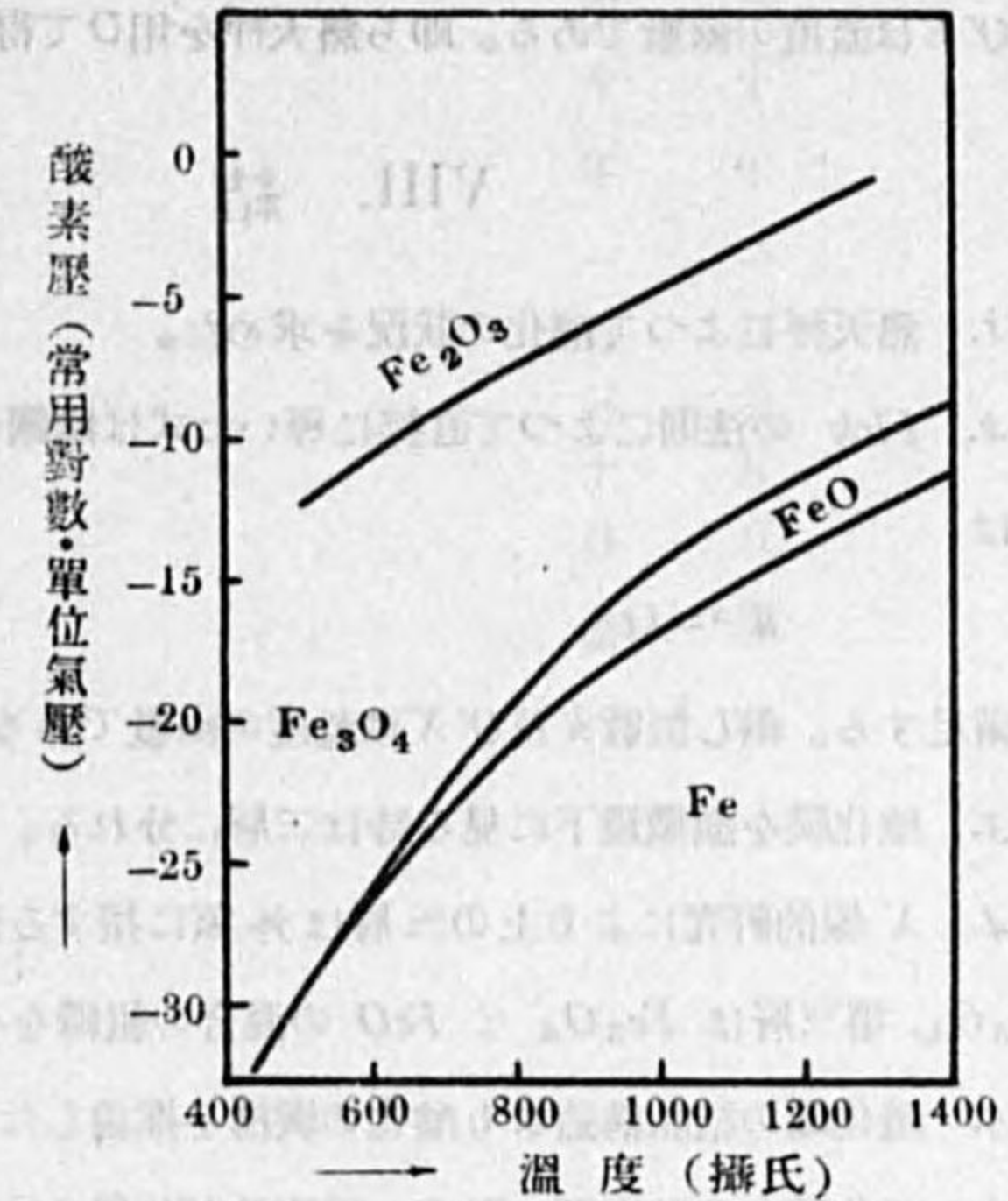
と表はし得る。

先にアームコ鐵に就いて求めた酸化膜の厚さ時間との關係式をより酸化度と時間の關係は

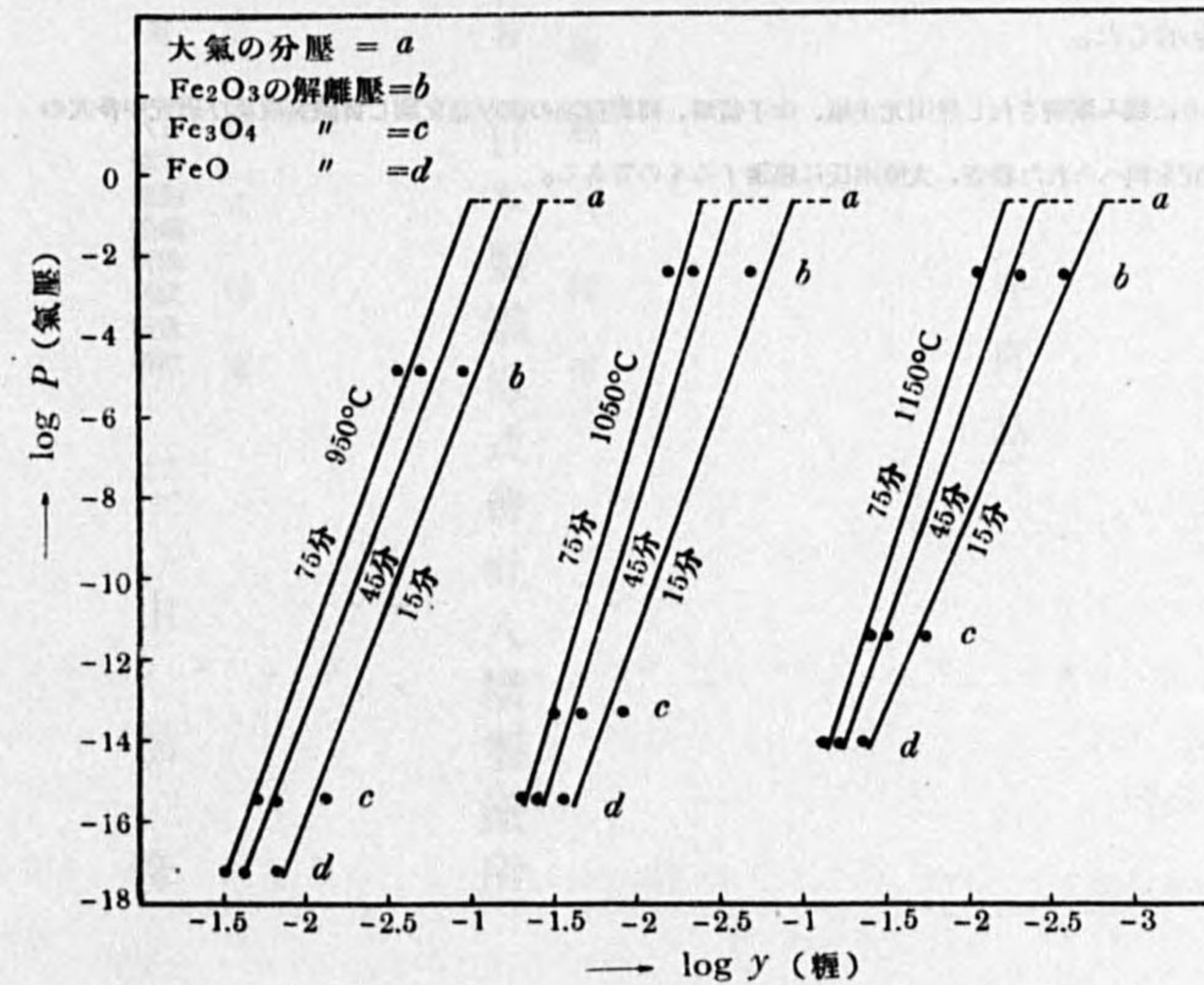
$$W^2 = Et$$

と表はす事が出来る。但し h, l, D

第17圖 酸化鐵の解離壓と温度との關係



第18圖 酸化膜中の酸素壓と厚さとの關係



及び E は温度の函数である。即ち熱天秤を用ひて得たる結果と同様な式となる。

VIII. 結 論

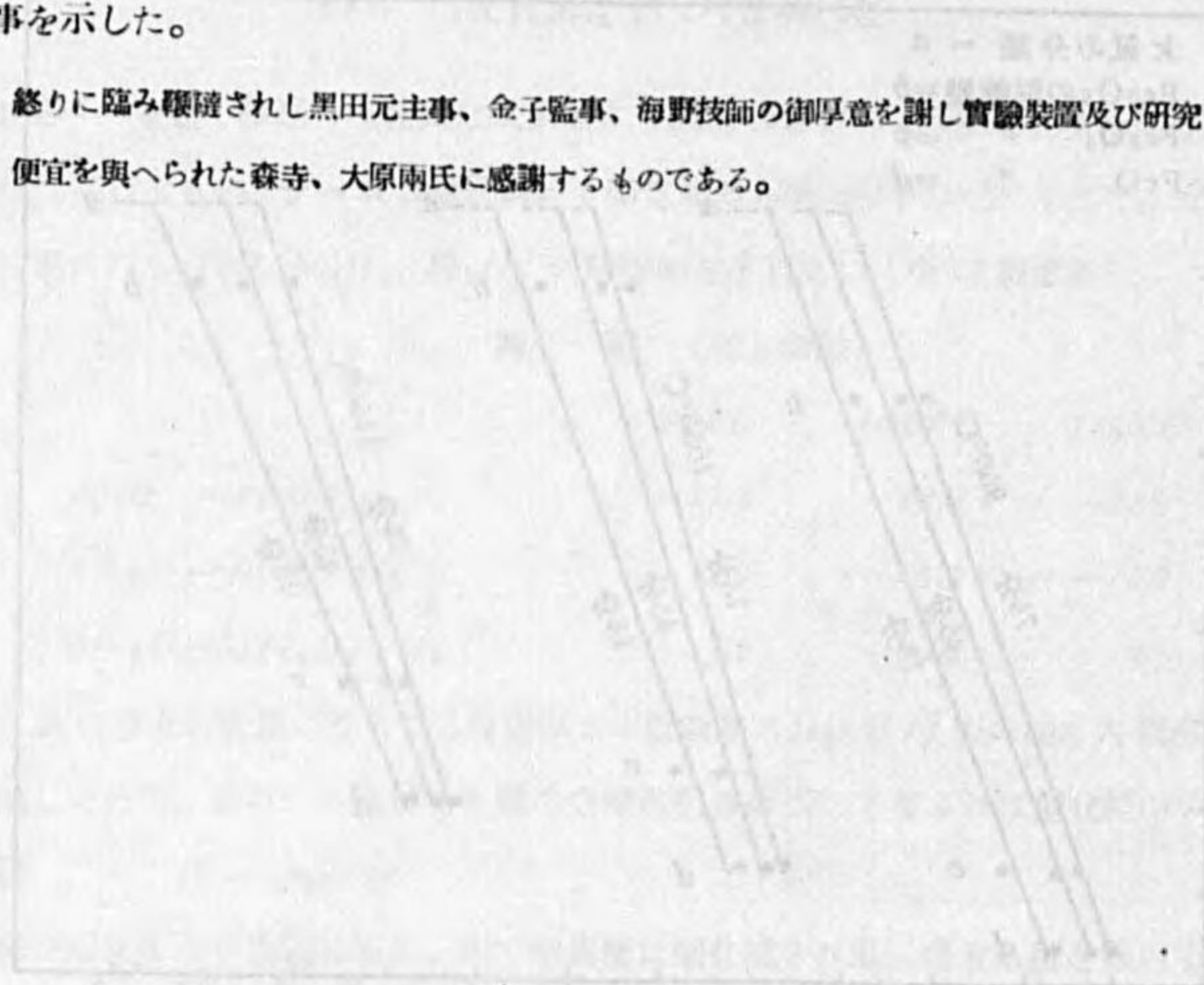
1. 熱天秤によつて酸化の状況を求めた。
2. *Fick* の法則によつて直接に導いた式は鐵鋼に於いては適用出来ないが軟鋼に就いては

$$W^2 = kt$$

を満足する。但し恒数 k 及び X は温度の函数である。

3. 酸化膜を顯微鏡下に見る時は三層に分れる。
4. X 線的研究により上の三層は外氣に接する表面より第一層は Fe_2O_3 , 第二層は Fe_3O_4 , 第三層は Fe_3O_4 と FeO の混合の組織を有する事を確めた。
5. 酸化鐵の結晶構造より酸化の機構を推論した。
6. 酸化膜中の酸素壓は温度、時間及び位置の函数である。
7. 酸化膜中の壓力より導いた酸化曲線は熱天秤による結果と同じ形の式にて表はされる事を示した。

終りに臨み櫻井されし黒田元主事、金子監事、海野技師の御厚意を謝し實驗裝置及び研究中多大の便宜を與へられた森寺、大原兩氏に感謝するものである。



昭和十年一月三十日發行
 昭和十年一月十五日印刷

(非賣品)

編輯兼發行者 日本製鐵株式會社八幡製鐵所
 福岡縣八幡市

印刷者 三由信彦
 福岡縣八幡市
 八幡製鐵所株式會社

終