

鑄 鐵 の 熱 傳 導 率 に 就 い て

(第 2 報)

(日本鐵鋼協會 第 10 回講演大會講演)

菊 田 多 利 男 *

ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF CAST IRON.

(Second Report)

Tario Kikuta.

SYNOPSIS:— In the first report, the authour described on the thermal conductivity of white and gray cast irons making chilled Rolls. It was an important thing to calculate the thermal stress induced in the roll and to consider the other heat relations on the roll, the ingot making practice and the internal combustion engine. From the result of the former experiment, it was seen that the thermal conductivity of cast iron was much influenced by the microscopic structure than by the chemical composition.

In this paper, he reports on the results of the thermal conductivity measuring on gray cast irons of various chemical composition with the same apparatus as that was described in the first report. The temperature range experienced extends over the ordinary temperature to about 800°C and the chemical composition of specimens is varied as follows:

1. Carbon Series; four specimens whose carbon contents are varied from 2.5% to 3.69%.
2. Silicon Series; five specimens whose silicon contents are varied from 1.42% to 3.84%.
3. Phosphorus Series; Six specimens whose phosphorus contents are varied from 0.108% to 1.156%.

The thermal conductivity of cast iron is much affected by the microscopic-structure as shown in the first report, hence he measured it first on the specimens as cast in which remained some pearlites, and then on the annealed one whose structure is consisted of the graphite flake and the ferritic matrix, that is convenient to see the effect of the chemical composition on the thermal conductivity.

It will be seen from the result of the experiment that the thermal conductivity of the well annealed gray cast iron is gradually decreased as the contents of carbon, silicon and phosphorus are increased, although the rate of the influence is not the same on each element; and also that the influence of the microscopic-structure on the thermal conductivity is much larger than that of the chemical compositions.

I. 緒 論

前報告に於てはチルドロール折損の大なるフックターである熱歪力の算出の基礎をなすものとして、各種チルドロール鑄造用地金の白鉄及び灰鉄の状態に於ける熱傳導率の測定結果を掲げ、且つ鑄鐵の熱傳導率とその顯微鏡組織により非常に影響されるものであると言ふ事實を認め、同一化學成分の鑄鐵に於てその顯微鏡組織と熱傳導率との間の關係を明かにせんとし、黒心可鍛鑄鐵製造に用ふる熔金より白鉄鑄物を作り、それより試験片を工作すると共に、此等同一の熔金より鑄造せる白鉄鑄物を適當に焼鈍して基地がパーライト組織とフェライト組織となし、その各々より試験片を工作し、此等三組織の鑄鐵について熱傳導率を測定し、鑄鐵の顯微鏡組織と熱傳導率の間の關係を明かにした。

本報に於ては前回と同様なる装置に多少改良を加へ、即

ち高温度に於ても電氣の漏洩を少からしめ、装置内をより氣密になる様等考案を加へたるものを使用し、主として灰鉄鑄鐵に關し化學成分を種々に變へて、熱傳導率を測定した。此の研究の目的が銅塊製作用のインゴットケース、チルドロールの鑄造に用ふるチラー、内燃機關のシリンダー及びシリンダーヘッド等に就て熱的關係を明かにせんための主旨なりし故試料の温度範圍は常溫より 750° までに亘つて居る。化學成分に就ては炭素珪素及び磷の三元素を種々變へたのであるが、炭素及び珪素はその含有量に依り鑄造したまゝの鑄鐵の顯微鏡組織に大に關係するものであるから本研究に於ては鑄造したまゝの試料について熱傳導率を測定した後更にそれを焼鈍して基地を全部フェライト組織として熱傳導率に對する此等元素のみの影響をも見た。但し磷は炭素及珪素程黒鉛化に對する影響激しくない故これについては多少炭素及び珪素含有量を増加して鑄造のまゝにて大部分フェライト組織になる様にした。

最後にこれ等測定の結果を文獻に掲げてある各種鑄鐵の熱傳導率の値と對比して論及した。

* 戸畑鑄物會社

II. 試料及測定の方法

前報告の試料は夫々の材料より機械仕上し又は一度タンマン式電氣抵抗爐にて熔融して直徑 35 mm の丸棒に鑄造し後機械仕上げしたものであつた。

本報告に於ける試料は炭素珪素等の量を夫々變へてそれ等に依る熱傳導率の變化を見るのであるから種々の原料を種々配合して、タンマン爐にて熔融して試料を作つた。使用した原料を挙げると第 13 表の如くなる（表及び試料番號は便宜上第 1 報のものより繼續せしめた）。

第 13 表

名 稱	C%	Si%	Mn%	S%	P%
白鉄(可鍛鑄鐵甲)	2.65	1.07	0.21	0.049	0.169
鞍山一號鉄	3.44	3.86	0.16	0.005	0.134
本溪湖鉄	3.49	3.76	0.22	0.003	0.108
兼二浦白鉄	3.97	0.04	0.07	0.005	0.020
普通鉄鑄物	3.51	2.32	0.59	0.046	0.240
フェロシリコン	—	78.81	—	—	—
硫 化 鐵	—	0.5	0.23	27.83	0.068
磷	—	—	—	—	23.56

以上の原料鉄を種々配合してタンマン式電氣抵抗爐にて熔融し直徑 35 mm 長さ約 160 mm の丸棒を作り、それを第 1 報の第 1 圖に示す如き試料に機械仕上した。此際試料鑄造に使用した型は凡て上記寸法になる様な良く乾燥した砂型である。それでも炭素量少なきか、珪素量少なきものは相當のパーライトを基地に残して居つた故、此等 2 種の系の試料に就いては、砂型鑄造のまゝのものと、それを一度焼鈍せるものについてと 2 回實驗を行ふた。磷含有量の種々なる系の試料は炭素量及び珪素量相當に含有して居つた故パーライトの残留は極めて少なく、第 1 回の測定に於て 750°C に達した後、2 回目により測定を行ふて見ると全く同じ結果が得られた。各種系の試料の分析結果を挙げると下記の如し。

第 14 表 炭 素 系

試料番號	C%	Si%	Mn%	S%	P%
No. 13 A	2.50	2.38	0.19	0.032	0.236
No. 13	2.57	2.38	0.19	0.039	0.232
No. 14 A	2.84	1.94	0.20	0.037	0.163
No. 14	2.87	1.93	0.20	0.035	0.163
No. 15 A	3.39	2.25	0.15	0.010	0.152
No. 15	3.37	2.12	0.15	0.007	0.152
No. 16	3.69	2.12	0.18	0.007	0.172

A は焼鈍せる試料、但し No. 13 A と No. 13 とは別口の鑄型に鑄造し A 附號のものは焼鈍せるものである

第 15 表 磷 素 系

試料番號	C%	Si%	Mn%	S%	P%
No. 17	2.94	1.42	0.17	0.032	0.152
No. 18	3.04	2.07	0.17	0.028	0.172
No. 19	2.96	2.43	0.17	0.025	0.120
No. 20	3.11	3.22	0.18	0.018	0.188
No. 21	2.99	3.84	0.19	0.190	0.180

第 16 表 磷 素 系

試料番號	C%	Si%	Mn%	S%	P%
No. 22	3.27	2.23	0.73	0.046	0.108
No. 23	3.29	2.28	0.67	0.045	0.312
No. 24	3.32	2.20	0.73	0.040	0.596
No. 25	3.31	2.18	0.77	0.042	0.854
No. 26	3.28	2.13	0.70	0.045	1.092
No. 27	3.23	2.19	0.69	0.046	1.156

第 17 表 磷 素 系 (白鉄)

試料番號	C%	Si%	Mn%	S%	P%
No. 28	2.89	0.59	0.17	0.043	0.112
No. 29	2.82	0.64	0.19	0.043	0.770
No. 30	2.75	0.67	0.18	0.040	1.222

以上の試料の顯微鏡寫眞を示すと寫眞 X III 乃至 XXX の如くなる、これについては實驗の結果と對照して述べる事とする。

測定裝置及び方法は第 1 報に説明した如くであるが、唯その裝置に於て Pt+Ph 及び Pt の熱電推の代りアルメル、クロメル熱電推を使用し、此等弱電流測定の電路系及び強電流の電路系は試料其他に電氣の漏洩せぬ様充分絶縁する様にした。裝置全體の氣密度を良くするために爐に入るステープライト管の兩端を改造した位のもので他は前と同様である。

III. 測 定 の 結 果

各種灰鉄鑄鐵に就いて熱傳導率を測定した結果を挙げると以下の如くなる。

(1) 灰鉄鑄鐵の熱傳導率に對する炭素の影響。

先づ鑄造のまゝの試料につきて結果を述べれば

第 18 表

試料 No. 13

溫 度	80°	225°	338°	493°	640°	730°	857°
熱傳導率	0.0813	0.0752	0.0722	0.0688	0.0656	0.0649	0.0633

試料 No. 14. これは第 1 回目の測定に於て電流の漏洩ありし故約 700°C まで測定して後冷却をなし再試驗せるものである。

溫 度	58°	195°	304°	425°	535°	614°	745°
熱傳導率	0.1060	0.0950	0.0896	0.0803	0.0768	0.0760	0.0760

試料 No. 15

溫 度	70°	215°	336°	493°	590°	718°	796°
熱傳導率	0.1080	0.0945	0.0870	0.0781	0.0749	0.0718	0.0706

試料 No. 16

溫 度	77°	235°	337°	450°	576°	724°
熱傳導率	0.0921	0.0855	0.0810	0.0761	0.0737	0.0714

これ等の結果を示圖すれば第 9 圖の如くなる、これと顯微鏡寫眞及び前節に掲げた化學成分を對照する時は、これ等の曲線即ち熱傳導率に對する化學成分の影響を説明する

事が出来る、顯微鏡寫眞 XIII より XVI に示せるものは鑄造せる丸棒の端部より採取せるものであるから實際熱傳導率を測定する部分に比し多少パーライトの量多きものであることを念頭に置かれたい。試料 No. 13 は炭素量最も少ないものであるが一方その爲に熔金鑄入後に起る黒鉛化作用最も緩慢なるもので寫眞 XIII よりも知らるゝ如く遊離狀のセメントイトを残留して居る、従つてその熱傳導率は最も低くなつて居る。試料 14 と 15 とは黒鉛化作用の難易によるパーライト残留の多寡に依る熱傳導率の影響と炭素量夫れ自身の多寡による熱傳導率の影響とが相反する方向なる故結局に於て同様な價を有する事となる。試料 No. 16 は炭素量最も高く、磷の量も多少多くなつて居る故パーライトの減少よりも炭素量の影響の方が勝ちて熱傳導率の低下を來したものである。

次に以上の試料と別に鑄造せる試料を 850°~800°C にて約 2 時間焼鈍し 650°C 位まで緩かに冷却した後試料に機械仕上したものにつき熱傳導率を測定して見た。但し試料 No. 16 A は No. 16 の測定後爐中冷却したものを、翌日繼續實測せしものである、従つて此の場合の焼鈍温度は他のものより可なり低くなつて居るのである。

第 19 表

試料 No. 13 A						
温度→	51°	258°	413°	493°	593°	785°
熱傳導率→	0.1235	0.1075	0.0956	0.0934	0.0876	0.0809

試料 No. 14 A				
温度→	90°	256°	320°	377°
熱傳導率→	0.1181	0.1063	0.1001	0.0969

此温度以上は故障の爲め價正確ならず、故に採用せず、而して温度は 843°C まで上昇した故黒鉛片より地鐵に炭素の擴散ありて顯微鏡寫眞 XVIII の如くパーライトが生じたる事測定後知られた。

試料 No. 14 A'						
温度→	40°	189°	309°	452°	580°	706°
熱傳導率→	0.1050	0.0935	0.0839	0.0746	0.0698	0.0638

試料 No. 15 A						
温度→	68°	87°	207°	357°	490°	608°
熱傳導率→	0.1095	0.1078	0.0996	0.0798	0.0792	0.0768

試料 No. 16 A							
温度→	87°	220°	319°	442°	535°	636°	750°
熱傳導率→	0.1162	0.1073	0.0975	0.089	0.0846	0.0805	0.0800

以上の結果を示圖すると第 10 圖の如くなる、圖の各曲線と顯微鏡寫眞とを對照して考慮すれば炭素含有量多くなるに従つて、熱傳導率は次第に低下する、試料 No. 14 A'

は良く焼鈍したる後實測中 843°C まで上昇されたもの故黒鉛片より基地中に炭素を擴散しパーライトを可なりに發生し居るを以てその熱傳導率は可なり減少したのである、此温度まで加熱せられぬ以前には 13 A の次位になつて居る試料 No. 15 A は他の試料に比し可なり低い熱傳導率を有して居る、これは顯微鏡寫眞より見てもパーライトの存在がなくその理由判然とせぬのであるが、その焼鈍中に於て生長の生起他の試料よりも多かりしためその影響に起因せしものにあらざるかと思考せらる、後説する如く鑄鐵をその變態點を超えて加熱してその生長の甚しき程熱傳導率が低くなる事實ある故である。

第 9 圖及び第 19 圖の諸曲線を對比して見ると、明かに化學成分の影響よりも顯微鏡組織の影響の方が大となつて居ることが知らる。

(2) 灰銑鑄鐵の熱傳導率に對する珪素の影響。

最初鑄造せるまゝの鑄鐵につき測定した。

第 20 表

試料 No. 17								
温度→	55°	276°	351°	479°	566°	669°	756°	
熱傳導率→	0.1093	0.0950	0.0924	0.0895	0.0847	0.0818	0.0805	

試料 No. 18							
温度→	65°	221°	327°	460°	542°	636°	708°
熱傳導率→	0.1161	0.1066	0.0990	0.0914	0.0903	0.0885	0.0880

試料 No. 19							
温度→	72°	215°	361°*	476°	591°	689°	765°
熱傳導率→	0.1160	0.1040	0.0868	0.0905	0.0875	0.0862	0.0862

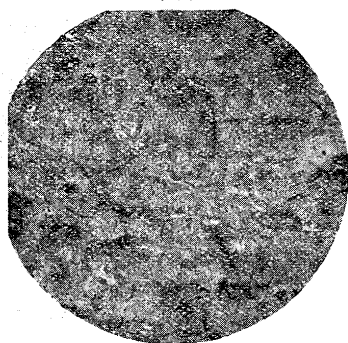
* 361°C にては温度の平衡を多少失した如く思はる

試料 No. 20								
温度→	54°	192°	279°	416°	510°	608°	707°	797°
熱傳導率→	0.0980	0.0877	0.0843	0.0788	0.0763	0.0713	0.0729	0.0704

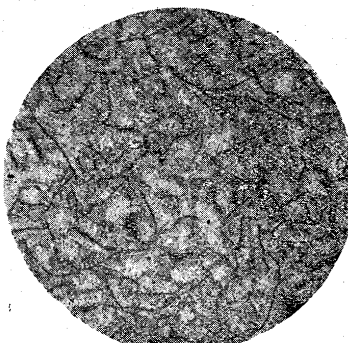
試料 No. 21								
温度→	65°	182°	370°	470°	541°	615°	710°	800°
熱傳導率→	0.0945	0.0867	0.0775	0.0754	0.0752	0.0725	0.0719	0.0712

以上表示せられた結果を以つて温度に對する熱傳導率の變化を示圖すれば第 11 圖の如くなる、試料 No. 17 の熱傳導率の低きは主として珪素量の低きに起因する残留パーライトに因るものと思ふ。No. 18 及び 19 はパーライト残留程度大抵同等にして No. 19 の方の熱傳導率の微に低きは珪素含有量の多寡に因るものと思考して居る。No. 20 及び 21 が他のものに比し著しく熱の傳導不良となるは珪素含有に起因する薄片狀黒鉛の形狀如何と、珪素含有量の高きためとの二重の結果と思考せらる、而していづれの場合にても温度高まると共に初めは急に熱傳導率が低下するが 500°C 以上になればその低下の率は僅少となる。

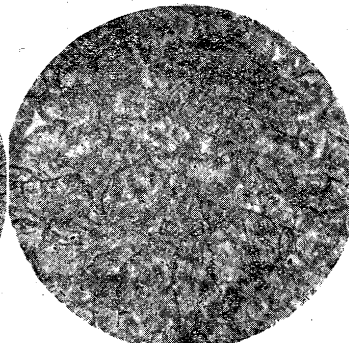
XIII. 試料 No. 13



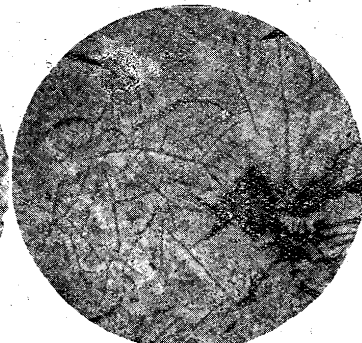
XIV. 試料 No. 14



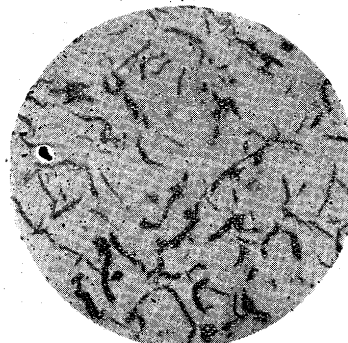
XV. 試料 No. 15



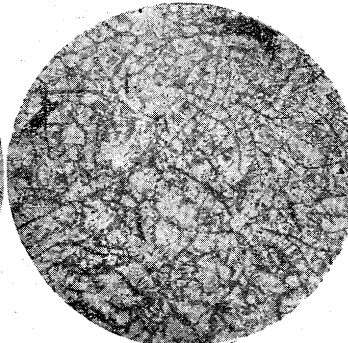
XVI. 試料 No. 16



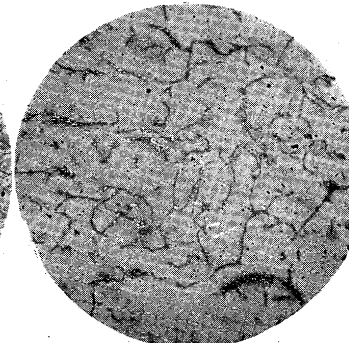
XVII. 試料 No. 18A



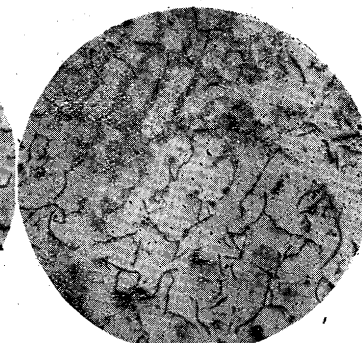
XVIII. 試料 No. 14A



XIX. 試料 No. 15A



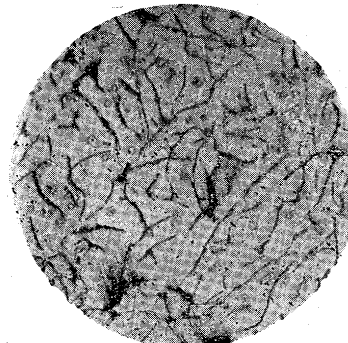
XX. 試料 No. 17A



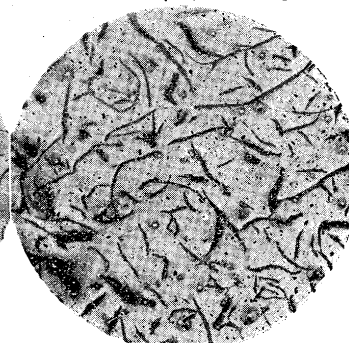
XXI. 試料 No. 18A



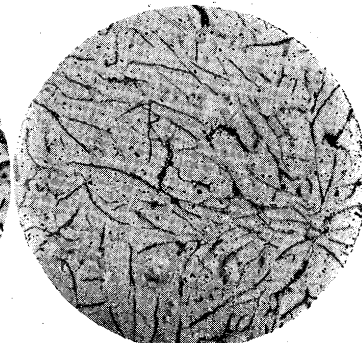
XXII. 試料 No. 19A



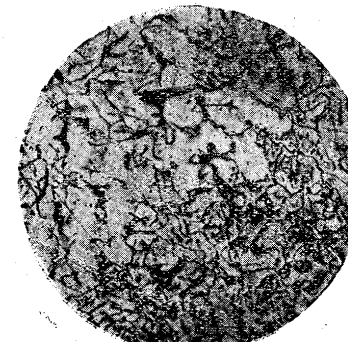
XXIII. 試料 No. 20A



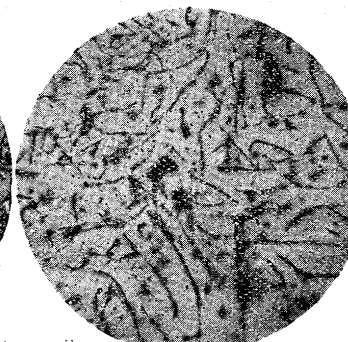
XXIV. 試料 No. 21A



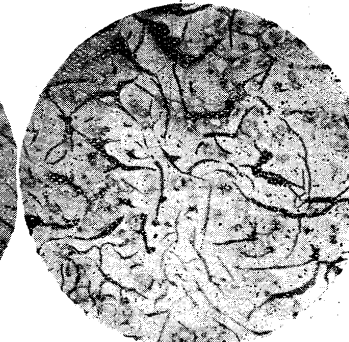
XXV. 試料 No. 22A



XXVI. 試料 No. 23



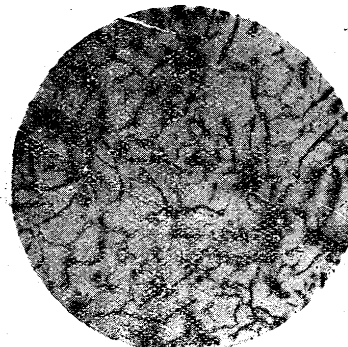
XXVII. 試料 No. 24



XXVIII. 試料 No. 25

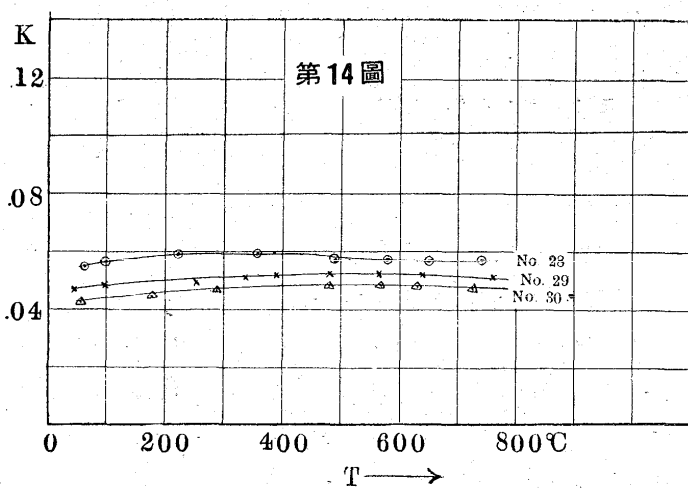
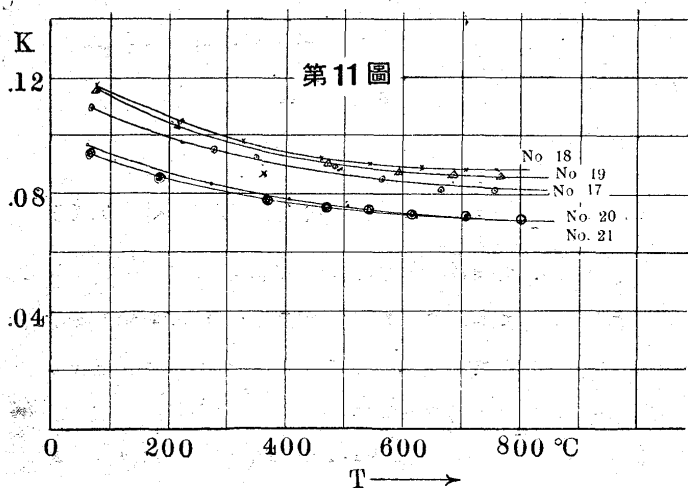
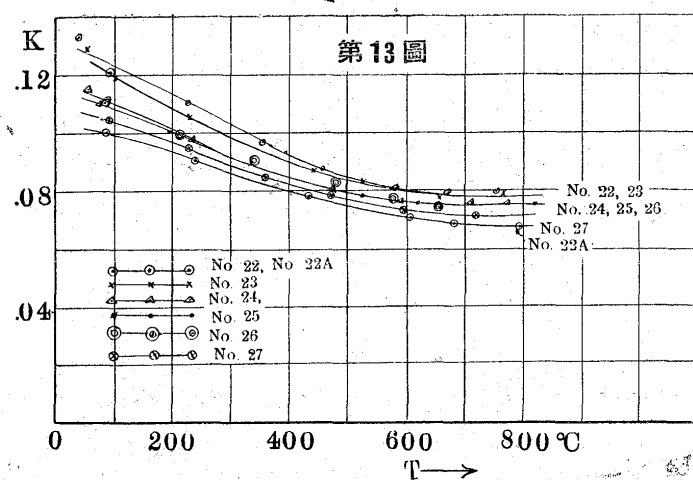
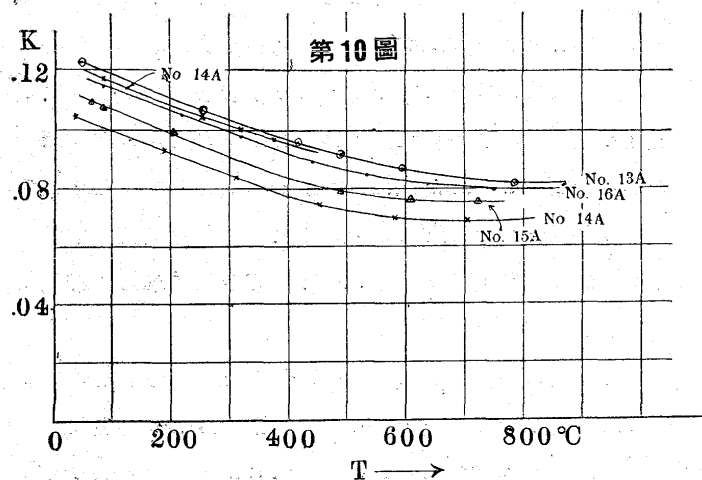
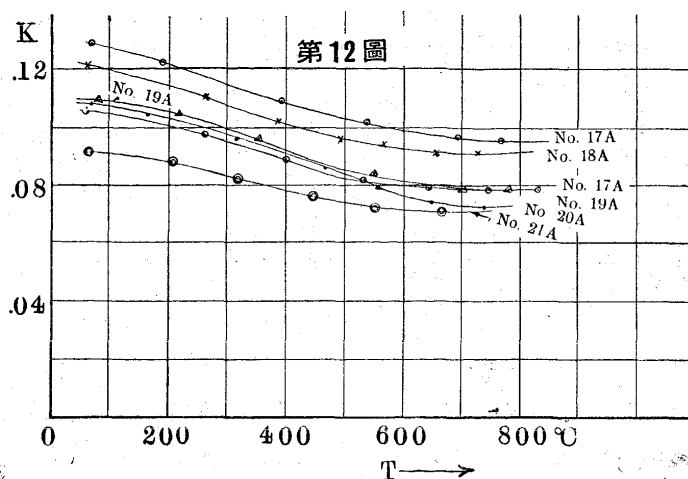
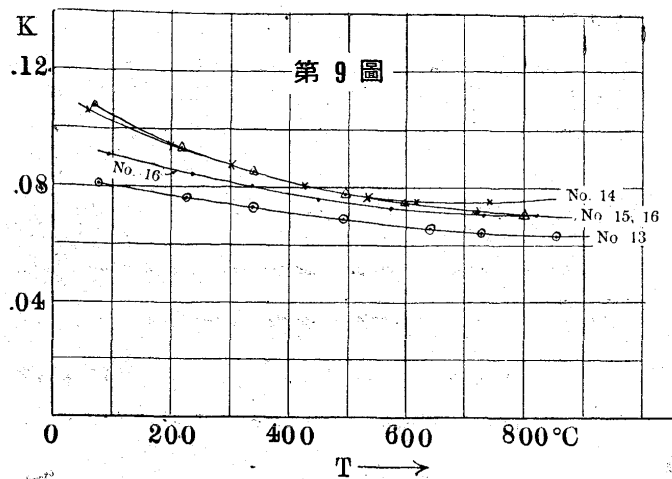


XXIX. 試料 No. 26



XXX. 試料 No. 27





次に同上試料を電気抵抗炉に入れて 900°C まで加熱し約 1 時間保ちたる後 800°C 乃至 600°C の間を緩冷して焼鈍を行ひ基地のフェライト組織の場合に於ける熱電導率を測定した。此處に注意すべきは此焼鈍に於て試料は凡て僅かに生長した事である。

第 21 表

試料 No. 17 A

温 度	69°	192°	395°	540°	695°	766°
熱電導率	0.1280	0.1227	0.1087	0.1020	0.0955	0.0947

同一試料に就き再試験を行ふて見ると

試料 No. 17 A'

温 度	60°	267°	405°	504°	640°	741°
熱電導率	0.1060	0.0978	0.0890	0.0836	0.0800	0.0789

No. 17 A' の方の熱電導率は前の No. 17 A に比し著しく小となつて居るこれは珪素量少なきため第一回の試験に於て略 A 變態點に達しパーライトの發生ありしものと思考せらる、寫眞 XX は No. 17 A' 試料實驗後その中央部を切斷して撮つた顯微鏡寫眞である。

試料 No. 18 A

溫度→ 66° 257° 386° 491° 563° 651° 724°
熱傳導率→ 0.1216 0.1117 0.1017 0.0957 0.0942 0.0912 0.0912

試料 No. 19 A

溫度→ 65° 230° 357° 550° 697° 775°
熱傳導率→ 0.1091 0.1026 0.0943 0.0838 0.0780 0.0782

試料 No. 20 A

溫度→ 56° 166° 316° 466° 553° 679°
熱傳導率→ 0.1088 0.1042 0.0949 0.0859 0.0780 0.0731

試料 No. 21 A

溫度→ 65° 204° 321° 449° 549° 670° 749°
熱傳導率→ 0.0900 0.0886 0.0819 0.0775 0.0720 0.0719 0.0719

以上の結果を示圖すれば第 12 圖の各曲線の如くなる。

鑄鐵を焼鈍するため A₁ 點を通過して加熱すると、普通の場合大抵生長を伴ふものである、その量は化學成分加熱の時間等により一定でない、而して此生長により黒鉛片と基地間に幾分の間隙が出来ることとなり且つその間隙は酸化鐵により沈澱せらるゝ事となり傳導に對し複雑なる影響をなすものである、上の結果に於て No.17A' は前述の如くパーライトの發生ありしたため熱傳導率の低下を來したのであるが、他のものは寫眞 XXI 乃至 XXIV に示せる如く殆んどパーライトを認められぬものであるから、此等熱傳導率の差は化學成分及び黒鉛片の形狀並びに加熱後に於ける生長の如何により定まるものと思ふ、而して後の二原因が大體同様と見れば此等熱傳導率の價は大部分化學成分により影響せらるゝものと考へなければならぬ、即ち灰鉄鑄鐵の熱傳導率は珪素の含有量多くなるに従ひ遞下するものである。而して鑄造のまゝのものに於ては珪素量低い場合にパーライト残留に由る影響あれども No. 19 A 以上にもなればその影響は割合に少くなる。

(3) 灰鉄鑄鐵の熱傳導率に對する燐の影響

此の場合にはなるべく基地にパーライト組織を残留せしめる様に炭素含有量を多少多くしてある故、測定は凡て 2 回宛行ふたが、2 回とも全く同様な結果が得られた。次表には第 1 回の測定結果を與へてある。

第 22 表

試料 No. 23

溫度→ 43° 96° 224° 353° 451° 580° 670° 751°
熱傳導率→ 0.1330 0.1218 0.1102 0.096 0.0872 0.0805 0.0794 0.0779

試料 No. 23

溫度→ 53° 99° 230° 437° 528° 660° 767°
熱傳導率→ 0.1295 0.1189 0.1047 0.0871 0.0828 0.0781 0.0769

試料 No. 24

溫度→ 57° 80° 233° 475° 587° 696° 763°
熱傳導率→ 0.1148 0.1100 0.0989 0.0814 0.0770 0.0764 0.0755

試料 No. 25

溫度→ 75° 210° 385° 524° 612° 715° 820°
熱傳導率→ 0.1097 0.1005 0.0852 0.0795 0.0757 0.0757 0.0741

試料 No. 26

溫度→ 88° 210° 343° 480° 583° 654° 722°
熱傳導率→ 0.1105 0.1004 0.0903 0.0837 0.0782 0.0742 0.0742

試料 No. 27

溫度→ 73° 230° 368° 480° 595° 716°
熱傳導率→ 0.1055 0.0956 0.0840 0.0782 0.0736 0.0719

以上の結果を示圖して熱傳導率對溫度の曲線を畫くと第 13 圖の如くなる、此等試料は顯微鏡試験其他よりその基地にパーライトを残留せしめること少く、殆んど熱傳導率に對する燐の影響と見做すことが出来る、これより見ると燐は少しではあるが熱の傳導を妨ぐるが如く働く、珪素にては大部分は鐵と固溶體を作つて居るが燐は約 0.4% か 0.5% 位は固溶體を作るが残りには鐵炭素及び燐の三元共晶を作ることある故熱傳導其の他の物理的性質に及ぼす燐の影響は珪素の如く漸進的には行かぬ、而して熱の傳導に對しては燐は僅少ではあるがそれを遞下せしむる様に働く、溫度に對する熱傳導率の變化は前の場合と同様なる経過をとる。

次に試料 No. 22 を一度 980°C まで加熱し後爐中にて緩冷し特に 800° 乃至 600 C の間を極緩冷し基地にはパーライトを全然残らぬ様にした試料に就いて熱傳導率を測定して見ると次の如く却つて減少する様になる。

第 23 表

試料 No. 22 A

溫度→ 91° 247° 434° 599° 677° 797°
熱傳導率→ 0.1004 0.0911 0.0787 0.0708 0.0694 0.0674

これの溫度に對する熱傳導率の變遷を畫いて見ると第 13 圖下部の曲線の如くなる。可なり熱傳導率は悪くなる。初め焼鈍用爐より出た試料を見ると多少生長をなし、測定装置に取附けるのに再機械仕上げを要した。位であるこれ等より考へて此試料の熱傳導率の遞下は鑄鐵の生長に起因せしめなければならぬ、試料 No. 23 についても同様の結果が認められた。

次に最近鑄鐵の熱傳導率¹⁾に對する記事に於て燐の多量に含みたる鑄鐵の方が傳導が良好になつて居る由記載してあつた故、黒鉛片のない白鉄鑄物について燐の含有量を種々變へて熱傳導率に對する燐のみの影響を見た、その結果を挙げると次表の如くなる。

¹⁾ H. Thyssen, Jean R. Maréchal and Paul Lénaerts; Foundry Trade Journal, Vol. 44, No. 773, 1931

第 24 表

試料 No. 23

溫度→ 63° 91° 231° 354° 486° 576° 645° 745°
 熱傳導率→ 0.0541 0.0564 0.0583 0.0587 0.0577 0.0570 0.0570 0.0575

試料 No. 29

溫度→ 45° 97° 257° 333° 387° 482° 565° 637° 740°
 熱傳導率→ 0.0474 0.0484 0.0483 0.0511 0.0516 0.0521 0.0527 0.0515 0.0510

試料 No. 30

溫度→ 58° 171° 290° 474° 558° 628° 720°
 熱傳導率→ 0.0434 0.0450 0.0466 0.0479 0.0482 0.0480 0.0479

以上の結果を示圖すれば第 14 圖の如くなり、各曲線の形狀は前報告に於ける白鉄の場合と同様で溫度に對し熱傳導率は餘り變化せぬ、而して燐の含有量多くなる程熱傳導率は減少する、これより見ても灰鉄鑄物の熱傳導率に對する燐の影響は第 22 表及び第 13 圖の如くなる事了知せらるゝ事と思ふ。

以上の事を綜合して見ると、灰鉄鑄物の熱傳導率に對し炭素及び燐の影響はあまり大でない、特に燐の影響は少ない、けれども珪素の影響は最も大である、孰れの場合にてもパーライト組織の残留即ち顯微鏡組織の影響は可なり大なるものである、又灰鉄鑄物を生長するが如く熱處理をなすときは、その生長の爲めに黒鉛片周邊に間隙が形成され酸化鐵の如き熱の不良導物質により沈澱さるる關係上一般に熱傳導率は不良となるものである。それ故に灰鉄鑄物をして熱に對し傳導を良くせしむるためには、パーライトの残留せぬフェライト基地の材質にする事必要で若しパーライト組織が残留するときは、その Ac_1 點以外の低溫度にてパーライトを黒鉛化せしめることが肝要である Ac_1 點以上の高溫に加熱して鑄鐵の生長を惹起せしめるときはその熱傳導率は可なりに低下するものである。

IV. 餘 論

熱は傳導輻射及び對流の三様式にて一物體より他物體に傳つて行くものである、而して物質に依り相違あることではあるが鐵鋼の如き場合には、棒狀試料の一端より他端に傳導に依り熱の移動あると同時に、その周圍を何等特別の裝置を施すことをせぬ時は熱は棒の周圍より輻射及び對流により相當量逃るゝものである。前報告に於て掲出せる文獻中最近の測定に依るものにて、此の點に就いては多少遺憾の點があつた、従つて文獻中に記述してある熱傳導率の價は大小種々ありて孰れを信用して宜しきや採否に迷ふ

次第である、以下二三の論文につき論評して見よう。

(1) I. H. Thyssen., Jean R. Maréchal 及び Paul Lénaerts の 3 人が 0~100°C 間に於て鑄鐵の熱傳導率を測定した、その方法は直徑 30 mm, 長さ 60 cm の試料の一端は水蒸氣に依り 100°C に保持し他端は氷水にて 0°C に保ち、定常状態になつた時の試料二點間の溫度差を測定し、計算により純銅に對比して相對的熱傳導率を求めて居る、此測定に於ては試料を圍み相當の空氣空間を置いて 15°C の水により一定に保持されて居る水管があり、試料より輻射する熱は銅の場合も鑄鐵の場合も同じと見て補正してゐる又試料の水蒸氣部に接近する高溫部と氷水に接する低溫部とは空氣を以て連絡してあるを以て相當の對流により熱の移動ある筈である、此等の點は殆んど考慮に入れてない、それ故その結果は實際の價よりも可なり大きく出て居る事となる、此方法に依り求められた結果を表示して見ると次の 2 表の如くなる。

第 25 表 Composition of Metal V sed.

試料符號	TG	Si	Mn	P	S	Transverse Tensile strength.	
						Tons Per sq. in.	Tons per sq. in.
F.M.O.	3.27	1.84	0.426	1.18	0.085	26.6	12.7
F.M.A.	3.21	1.31	0.776	0.22	0.088	33.6	17.6
F.M.B ₁	3.49	1.82	0.500	0.88	0.095	25.4	13.3
F.M.B ₂	3.61	1.96	0.639	0.28	0.066	21.8	10.1
F.M.Z.	3.48	2.01	0.532	0.93	0.080	22.2	10.8

以上の試料にて長さ 60 cm. で直徑が夫々 30, 40, 50, 60, 70 mm の 5 種の試料を作りそれを直徑 30 mm に仕上げて測定したのである。

第 26 表 Relative Conductivities of the Irons.

Diameter in mm	30	40	50	60	70	Averages.
F.M.A.	0.1908	0.1656	0.1835	0.195	0.1632	0.1776
F.M.B ₁	0.220	0.182	0.195	0.160	0.172	0.1858
F.M.B ₂	0.215	0.144	0.1675	0.176	0.160	0.17252
F.M.O.	0.357	0.245	0.310	0.375	0.340	0.3254
F.M.Z.	0.365	0.325	0.245	0.295	0.280	0.3020

これより見ると燐を多く含むものは熱傳導率は良くなつてゐる。これは前説の如く燐のみの影響としては寧ろ僅かではあるが熱傳導率を減少せしむるものである、又上表にて試料の太さの差違による影響は多少あることなれども各測定に於て可なりの不同ある様に思考せらる、これに對し増本博士の熱傳導率の測定結果は充分正確なる價を與へて居る事と思考せらるゝのである。

(2) J. W. Donaldson 博士の熱傳導率に關する論文は初め前掲の如く一昨年(1924)の 7 月に Foundry Trade Journal 誌に發表されてあつたがその測定の方法は與へてなか

つた、其後本年に至り Iron and Steel Institute の特別出版である Fourth Report on Steel Ingots 1932 を見ることが出来、同博士の熱傳導率に関する論文に接しその測定の方法を知ることが出来た、それに依れば試料の直径 0.75 吋、長さ 15.5 吋なるものを使用し、一端には電流により加熱さるゝ熱源を置き他端は水を以て冷却する、而して試料の周囲は絶縁物にて充分熱を絶縁し且つその外に試料と同様な温度分布を有する保護管を設けてある故輻射及び対流による熱流は消去さるゝ事となる、而して一端より他端へ流れ行く熱量は一種のカロリメーターに依つて測定せらるゝ、此試料の適當の箇所の温度を測定し、著者の實驗と同様の式にて熱傳導率を求めて居る、此方法によりて求められた價の一部を採掲すれば

第 27 表 化 學 成 分

試料番號	T.C%	C.C	G.C	Si	Mn	S	P
1	3.77	0.82	2.95	1.81	0.43	0.096	0.037
2	3.48	0.74	2.74	2.08	0.74	0.039	0.042
3T	3.43	0.83	2.60	2.46	0.78	0.083	0.029

これ等の試料は Ingot Mould Iron より採りたるものである。

第 28 表 測 定 の 結 果

Ingot Mould Iron No. 1

Test No.	Temperature Range. °C	Mean Temperature. °C	K
1	44 to 122	83.0	0.095
	122 " 200	161.0	0.095
2	63 " 152	107.5	0.095
	152 " 242	197.0	0.095
3	79 " 190	134.5	0.092
	190 " 302	246.0	0.093
4	90 " 211	150.0	0.093
	211 " 335	273.0	0.091
5	105 " 214	173.0	0.091
	241 " 378	309.5	0.090
6	119 " 273	196.0	0.090
	273 " 428	350.5	0.089
7	130 " 303	217.0	0.088
	303 " 475	389.0	0.088
8	143 " 330	236.5	0.088
	330 " 520	425.0	0.086

Ingot Mould Iron No. 2

Test No.	Temperature Range. °C	Mean Temperature. °C	K
1	37 to 114	75.5	0.104
	114 " 192	153.0	0.102
2	61 " 150	105.5	0.102
	150 " 240	195.0	0.100
3	83 " 193	138.0	0.101
	193 " 304	248.5	0.100
4	94 " 214	154.0	0.100
	214 " 337	275.5	0.097
5	115 " 250	182.5	0.099
	250 " 387	318.5	0.098
6	120 " 274	197.0	0.098
	274 " 431	352.5	0.096
7	124 " 295	209.5	0.098
	295 " 469	382.0	0.096
8	142 " 330	236.0	0.097
	330 " 521	425.8	0.095

Ingot Mould Iron No. 3T

Test No.	Temperature Range. °C	Mean Temperature. °C	K
1	46 to 124	85.0	0.088
	124 " 205	164.0	0.085
2	54 " 147	102.5	0.087
	147 " 239	193.0	0.084
3	77 " 188	132.5	0.087
	188 " 302	245.0	0.084
4	88 " 210	149.0	0.085
	210 " 335	272.5	0.082
5	96 " 233	164.5	0.084
	233 " 373	303.0	0.082
6	111 " 264	187.5	0.081
	264 " 421	342.5	0.081
7	110 " 302	216.0	0.083
	302 " 477	389.5	0.080
8	141 " 330	235.5	0.082
	330 " 521	427.0	0.079

なほ此試料の顯微鏡寫眞等をも含めて考ふるに此價は可なり信用するに足るものと思はるゝのである。唯此測定裝置に於て熱量の測定に Calorimeter を使用して居る故余程熟練せぬと信用され得る價が出来難き嫌ひはある、従つて前掲文獻に示せる Foundry Trade Journal 誌に掲出のものは多少價が多く出て居り多少信用をなし難き點ある故これについては論及せぬことにした。

總 括

以上の結果を總括して述べて見ると。

(1) 炭素珪素及び磷の三元素を種々に變へて作つた灰鉄鑄鐵の熱傳導率を測定し、これ等元素の熱傳導率に及ぼす影響を明かにした。

(2) 鑄造したまゝ灰鉄鑄鐵に於ては炭素少き時は黒鉛化充分ならざる關係上パーライト組織を残留せしめて熱傳導率の遞下を來すが、ある一定量以上に炭素含有量を増すと炭素量と共に熱傳導は不良となる。

(3) 一度焼鈍して基地中にパーライトの残留を消失せしむると炭素の影響は明瞭となる、即ち熱傳導率は炭素含有量増すに従ひ次第に不良となる。

(4) 珪素は炭素と同様に黒鉛化作用に及ぼす影響大であるから鑄造したまゝの鑄物にては珪素量少きものは却つて熱傳導に對し不良の影響あれども、珪素量ある一定量以上となるか又は一度焼鈍して基地を全部フェライト組織にすると珪素量多くなるに従ひ熱傳導率は次第に遞下する。

(5) 磷は熱傳導率を遞下せしむる影響を呈するがその程度は炭素及び珪素より僅少である。

(6) 鑄鐵を加熱して A_{c1} 點以上にも達し鑄物をして生長せしめる様にすれば、それにより熱傳導率は著しく不良となる。

(7) 本研究より、諸種の文獻に於ける熱傳導率測定法及び結果に就いて論評を試みた。

終りに本研究の公表に對し快諾を與へられた戸畑鑄物株式會社に對し深謝す。