

鐵 と 鋼 第十四年 第九號

昭和三年九月二十五日發行

論 說

最近鐵鋼科學研究の趨勢

(昭和三年三月三十一日日本鐵鋼協會第十三回通常總會講演)

本 多 光 太 郎

是までは製鐵の實際に關する色々有益な御研究の御話がありました。私の御話することは極く科學的研究が此近年どう云ふ方向に向いて居るか、或はどう云ふ問題が主に研究されて居るかと云ふやうなことを大體御話したいと思ひます。随つて是から申上げることの内には餘り實際的方面の研究は考へに這入つて居りませんからその心算で御聽きを願ひます。

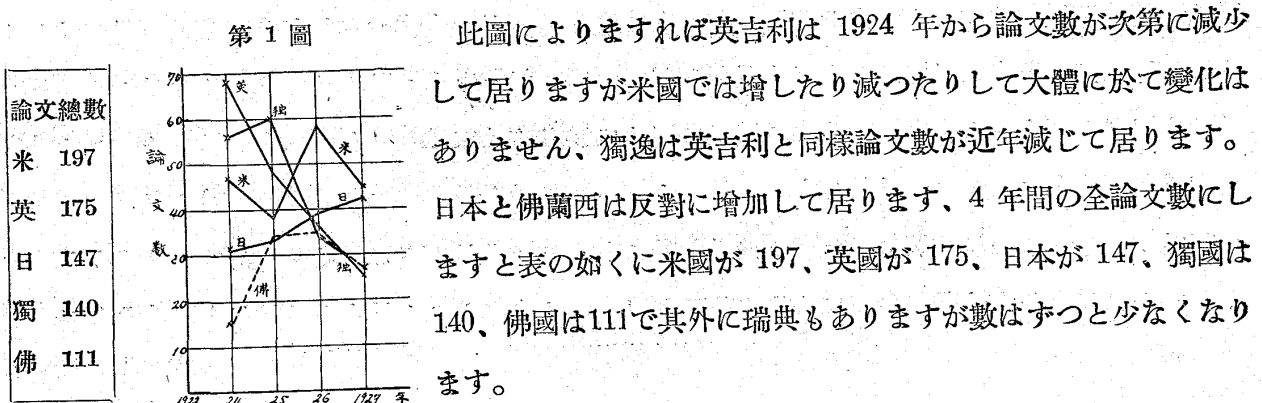
一、世界に於ける重なる研究機關 先づ第一に御話し申すことは世界に於ける研究所、重なる研究機關といふことに付て御話します。

現今官立或は公立の鐵鋼に關する研究機關の最も著名なものを申しますと、亞米利加では御承知の Bureau of Standards の冶金部、英吉利では National Physical Laboratory の冶金部、獨逸ではジュツセルドルフに在る Kaiser-Wilhelm-Institut の鐵研究部、本邦では金屬材料研究所等が主要なものであります、それから瑞典のストックホルムには規模は少し小さいが物理冶金研究所と云ふものがあります。其外大學或は大きな鐵鋼工業會社に於て研究室を持つて研究して居りまして斯ふ云ふ種類の研究機關も亦隨分澤山あります。

以上の多數の研究機關から毎年發表される論文は隨分澤山ありますが、それがどれ位あるかと云ふことを一通り調べて見たのであります。先づ米國で申しますれば主なる研究はどう云ふ雜誌で發表されるかと申しますと Transactions of American Society for Steel Treating と Journal of American Iron and Steel Institute であります。英國では Journal of Iron and Steel Institute と Metal Industry であります。佛國では Revue de Métallurgie と Compt Rendus の二つが主なるものであります。獨國では Stahl und Eisen, Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung とであります。尙 Zeitschrift für Physik の雜誌にも屢々鐵に關する重要な論文が出ます。終りに日本では鐵と鋼、金屬の研究、東北大學の理科報告が重なるものであります。其外京都大學の水曜會誌

或は八幡製鐵所の製鐵研究會誌などにぼつぼつ出て居ります。

それで私は最近4年間に發表された科學的の論文がどの位あるかと云ふことを調べて見たのであります、次表は其結果であります、又下圖は之を年度分けに表はしたものであります。



勿論論文の數ばかりで直に研究の價値を批評することは出来ませんが色々調べて見ますに、西洋に於ても可成り價値のあるものもありますが又價値の無いものも澤山あります、日本の研究にしましては極く重要なものもありますが左程價値のないものもあります、然し全體として日本の論文の價値が歐米諸國のに比して少ないと云ふこともありません。従つて前の表が科學的方面の研究の態を現はすものと見て宜しからうと思ひます。之に依つて見ますと日本の研究も所謂五大國の研究に較べて肩を併べ得る程度になつて居ると見られるのであります。それから此處に注意すべきは獨逸と英吉利の研究が一昨年、昨年と次第に數が少なくなつて居ることであり、之は近年能率の問題がやかましくなりました實際に關係する論文が殖えて來て隨つて科學的論文が割合に少なくなつて來たことと思はれるのであります。無論實際に關係する論文が多くなつても必しも科學的方面の研究が減つて宜いといふ譯ではありませんけれども、兎に角近年急に減つて居るのはさう云ふことが一つの原因であると思ひます。

二、研究方法の進歩 研究機關と研究の大體の形勢と云ふやうなことはこれだけにしておきまして次には近年に於ける研究方法の進歩と云ふことに就いて御話申します。

今より 10 數年前までは金屬の冶金學的研究の方法としては化學分析と熱分析 (Thermal analysis) と顯微鏡的研究とが重なるものでありましたが、近年になりまして色々な物理的方法が出て參りました、例は磁氣分析法、電氣抵抗法、熱膨脹法、X 線分析法等であります。その内でも最後の X 線分析法が用ひられる様になりましてから冶金學は非常に精密に研究される様になりました。即ち金屬内に於ける原子の配列を論ずることが出来る様になつて參りました。

なほ詳しく磁氣分析に就て申上げます、磁氣分析法は一定の磁場に於ける磁氣の強さと温度との關係を觀測して曲線の異常變化によつて變態又は相の變化を知る方法であります、その特長とします所は化學分析では知り得ない成分の状態が判斷出来ることであり、例は鋼中に在る炭素が黒鉛としてあるかセメントイトとしてあるか或は又他の炭化物を作つて居るかを判定することが出来ます、又

セメンタイトにしましても之が游離の状態にあるか又は固溶體としてあるかを此方法によりますと區別することが出来ます。

又非常に鋭敏な磁氣分析装置を用ひますれば所謂強磁性體の磁性の無くなる溫度以上に於ける微小な磁性をも測定することが出来て鐵の A_3 、 A_4 點に於ける磁氣の非連續的變化をも觀測することが出来ます、従つて磁氣分析法によりまして精確に A_3 、 A_4 等の變態點を決定することが出来ますのみならず熔解點に於ては鋼の磁性が急に變化しますから熔解點の決定にも用ひられます。通常は熱分析即ち變態點に於ける熱の出入によつて此點を定めることになつて居りますが熱は一度發生すると散逸に時間を要しますから熱の發生の初めは之を知ることが出来ませんが其終りは良く知ることが出来ません従つて熱分析では相の變化或は變態點を精密に知ることは出来ませんが、磁氣分析或は他の物理的性質の變化を利用しました方法は變化の各段階を精確に表はしますから變化の内容及溫度を正確に知ることが出来ます。此磁氣分析法は我々の研究所で創案されたものであります。

次に電氣抵抗法に就いて申し上げます。此方法は電氣抵抗を各溫度で測りまして電氣抵抗對溫度の曲線の異常變化から相の變化或は變態を知るのであります、抵抗を測るには試料に一定の電流を通じて試料の2點間の電位差を電位計によつて測るのみで至つて簡單であります、従つて單に固相に於ける變態のみでなく固相線、液相線をも容易に測定することが出来ます、此方法を狀態圖の決定に盛に利用したのは矢張我々研究所でありますが今日では廣く使用されて居ります。

次に熱膨脹法に就て申します。此方法では溫度を連續的に變化して長さの變化を測定しまして長さ對溫度の曲線の異常變化から變態又は相の變化を知るのであります。此方法は固相のみに使用されませんが場合によりますと中々有益な材料を吾々に供給します、殊に鋼の燒戻に關する研究は此方法に負ふ所が少なくありません。此方法を冶金學に應用したのは佛國の Chevenard であります、本邦にをきましては同氏の器械を我研究所で改良したものが盛に使用されております。

次にX線分析法を冶金の問題に盛んに利用したのは瑞典の Westgren が始めてであると思ひます。最も我研究所でもずつと前に此方法を利用して黒鉛と鋼中の燒戻炭素と同一のものであることを決定しました。今日では諸金屬の變態の研究に盛に使用されて居ります。又二元系或は多元系の狀態圖を決定するにも最も有力な方法であります、例ばX線によつて二元合金の狀態圖を定めるには先づ種々の成分の合金を作りまして之をX線に晒してスペクトルを取つて其線の配置及線の濃さ等より二元素が互に化合物を作るか或は又一部固溶體を作るか或は一部共融晶の如き混合物を作るかを判定することが出来ますから是等の智識を基として熱分析や顯微鏡的研究を行つて容易に狀態圖を決定することが出来ます。X線スペクトルを取るには試料を約1mm位の線狀としまして之に直角にX線の細束を當て、此線を軸とした直徑數厘の圓筒狀にフィルムを巻いてX線に晒せばスペクトルの線列が得られます。試料が粉狀で得られる場合には1mm位の硝子線の周圍に粉を貼り付けて前と同様にスペクトルを取るのであります。

X線分析のもう一つの應用は加工した鋼或は焼入鋼の内部歪力の測定であります、加工鋼におきましては或小部分は張力を受け之に隣れる他の小部分は壓力を受けて壓力と張力とがお互に釣つて居ります、かゝる張力及壓力の無数の組織は加工鋼内に在るのでありますから之をX線に晒してスペクトルを取れば線の幅は歪を受けない場合に比べて多少廣くなければなりません、即ち内部歪を受けた鋼のスペクトル線は多少擴散して居ります、従つて此の線の擴散を測定すれば逆に内部歪或は歪力の大きさを知ることが出来ます、かくして加工した諸種の金屬の内部歪力を求めますと其金屬の抗張力より少し小さい程度の値が得られます、又焼入鋼のスペクトル線は非常に擴散して居りますが此擴散度から内部歪力を求めますと矢張焼入鋼の抗張力の程度の値が得られます、此結果は頗る合理的で如何なる場合にも内部歪力は抗張力を越えて大となることは不可能で其前に材料の降伏を生ずるものであります。

以上の諸種の分析法は何れも冶金學上大切なものでありますが無れも長所もあれば短所もあります、従つて我々は短所を捨て長所を利用し今まで申し上げた諸法を併用しなければなりません。

金屬の内部の状態は吾々が直接に明瞭に見ることが出来ないから間接法によらなければなりません、之は恰も醫者が病人の病氣を診断すると同様であります、醫者は病人の熱の状態、脈搏の多少、呼吸の多少、便通の質等から體内の故障を判定します、我々も金屬の内部の状態を知るのに顯微鏡で斷面を檢查したり、發熱の状態を見たり、磁場を作用させて其反應を見たり、電氣的反應を見たりして居りますが、多數の方法を用ひれば用ひる程内容が明瞭になります、従つて諸分析法を併用することが必要であります。

一般に人は自分最負のものでありますから或新しい方法を發見すると何でも彼でも之によつて研究して行ふとして他の在來の方法を等閑にし易いものでありますが無れも之は研究者の慎むべきことでもあります、何れの方法も一得一失がありますから良く諸方法の長所を取つて是等を併用しなければなりません。

三、最近の重要な研究

I 状態圖の研究

(a) 鐵珪素系の状態圖 此系の状態圖に就ては主に村上博士によつて研究され充分明瞭になりましたが其他に露西亞の Kurnakow 及 Urasow, 獨逸の Oberhoffer, Hengstenberg, Bamberger, Einerl, Nussbaum, 瑞典の Phragmen 等も此状態圖の決定に預つて力あるものであります。又此系に炭素の加つた三元系は實際上から見て最も重要なものでありますが無れも未だ充分に研究されて居りませんが村上博士が已に研究に着手して居ります。

(b) 鐵モリデン系は最近米國の Sykes によつて大體決定されましたが尙本邦では 武井、村上兩氏によつて一層委しく研究され Sykes の状態圖の不充分な所を改善されました。又鐵炭素モリブデンの三元系状態圖は 武井氏が研究中であります、モリブデン炭素の二元系は Westgren, 大澤兩氏が X 線的に研究し又他の二元系も已に知られて居りますから三元系の完成するのも遠くないと思ひます。

(c) 鐵タングステン系の状態圖は村上、小澤兩氏によつて研究せられ鐵側は略決定されたものと考えてよいと思ひます。又タングステン炭素間の化合物は Westgren によつて X線的に研究されて居りますから三元系状態圖も我研究所で近く完成されるものと思ひます。

(d) 鐵マンガンの状態圖は Tammann が始めて研究し從來は至つて簡單でありましたが最近石原寅次郎氏の研究によりますと頗る複雑になりました、殊にマンガンは高溫度に二つの變態點を持つことが發見せられて從來の状態圖が一大變更を來しました。

(e) クロム鋼の研究は村上氏の多方面に涉る研究がありますが、其後 Russel, Oberhoffer, Deuves, Moneypenny, Bain, 等の研究がありまして状態圖の一部は餘程明瞭になりました。村上氏は最近又クロム鋼の組織圖を研究されました。

(f) 鐵炭素バナヂウム系の状態圖に就いては數年來大屋氏が我研究所に於て研究せられ今や殆んど完成しました。

(g) 鐵、コバルト、ニツケルの各二元系に就きましては數多の研究があります、殊に鐵コバルトに就ては金子、ルアー兩氏の研究がありますが、最近 増本氏はコバルトに 470°C 附近に變態點のあることを發見せられ、又此變態點が鐵又はニツケルの加はるに従つて如何に變化するかを研究しまして状態圖に多大の變更を加へられました。又加瀬氏は鐵ニツケル系の状態圖を研究し從來行はれて居る擬共融式平衡圖の不合理を證しまして一つの不均一域を有つ固溶體式平衡圖を提出されました。同氏は更に進んで鐵・ニツケル・コバルトの三元系の状態圖を完成せられました。

以上二元系或は三元系に關する状態圖の多くが最近本邦人によつて解決せられたことは甚だ愉快と云はざるを得ません。

II 鑄造に關する研究

(a) 鑄物の收縮 鑄物が注入されて凝固點に達してから常溫に至るまで何程收縮するかは重要な問題でありまして之に關する研究を盛に發表されて居ります、即ち獨逸では Schwindung と云つて最近にも數多の研究が發表されましたが何れも其方法が不完全でありますから精確な結果は得られません

歐米で用ひられて居る方法は水平の長方形の鑄型の一端に膨脹計の桿の一端を入れておきましてそれに熔融物を注ぎ込みます、若し融液が凝固して收縮しますと桿を動かしますから之を擴大して記録せしむるのであります。此方法では凝固の際の收縮は殆んど見逃がし凝固後の收縮のみを測定することになりますから著しく小さい値を與へて居ります。夫故に我研究所では凝固の際の收縮と凝固後の收縮とを別々に測定して居ります、凝固の際の收縮は熱天秤を用ひまして浮力を利用して精確に測ることが出来ます、又凝固後の收縮は熱膨脹計によつて容易に測定されますから此二者を加へて全體の收縮が得られます。

例へば純鐵の凝固の際の體積收縮は 3.8% であります、又融解點から常溫までの收縮は約 5% でありますから全體の收縮は 9% にも上ります。然し Wüst の研究では 6% 位の値を出して居りますが

之は重に凝固後の收縮に相當して居ります。又 4.2%炭素の鑄鐵の凝固の際の收縮は白鑄鐵では3.6%であります。鑄鐵に於ては黒鉛化の増すに従つて收縮が小さくなります。例ば黒鉛化 2%のとき體積の收縮は零となつて 3%のときは 1.65%の膨脹となります。即ち鑄鐵の凝固の收縮は凝固の際の黒鉛化の量の多少によつて或は正となり或は負となります、之は液相から先づ第一に析出するものはセメントイトで之が析出後直に分解して比容積の大きな黒鉛と鐵とに變化するからであります、即ち凝固の際には常に收縮を伴ふがセメントイト分解は膨脹を伴へますから實際は其差引となつて體積の變化が上述の様に黒鉛の量によつて異なるのであります。此事は極めて重要な事實で鐵炭素系の所謂二重状態圖を否認するものであります。

(b) 繰返し加熱による鑄鐵の膨脹 鼠鑄鐵を 8-900°C まで繰返して加熱及冷却をしますと著しく膨脹することは良く知られて居る事實であります。之の原因の研究は Carpenter, Keeling, 大河内佐藤兩氏、菊田氏、Andrews, 最近は Benedicks によつて研究されて明瞭になりました。即ち其原因は第一にセメントイトの分解、第二に A_1 點附近を加熱冷却するに際して生ずる裂隙、第三に鐵中の珪素の酸化等によるのであります、従つて繰返し加熱冷却を受ける所に鼠鑄鐵を使用するのは禁物であります。

(c) 黒心可鍛鑄鐵の製法 戸畑鑄物會社の菊田氏及京都大學の澤村氏は熱膨脹計を利用して黒心可鍛鑄鐵の黒鉛化の狀況に就て深く研究され従來の方法に一大進歩を與へられました。此新研究方法是大河内、佐藤兩氏に創りまして菊田、澤村兩氏によつて盛に利用されました、其後歐米でも Chevenard, Andrews, Oberhoffer 等によつて同様の研究に利用されて居ります。菊田氏は黒鉛化の狀況を A_1 點以上と夫以下との二段に區別して考へられ是等の溫度に於ける黒鉛化に要する時間を實驗的に精細に決定せられ従來の加熱の時間を短縮したばかりでなく一層好結果を得られるに至つたのは可鍛鑄鐵工業上一大進歩と言はなければなりません、尙同氏は燃料を電化して好成績を擧げること而努力して居られます。又澤村、菊田兩氏は黒鉛化に對する他の元素の影響をも深く研究されました。

(d) 鑄物砂 鑄物砂の研究は最近福岡、東京、仙臺の各大學に於ても進捗して居ります。又英國に於ても Cast iron Association の重要な問題の一つに掲げてあります、要するに重なる研究は各地の鑄物砂を集めて之を分析するとか、其有孔率を測るとか、或はその耐火度を測るとか、或はその粘着力を測ることであり、更に大切な研究は鑄物砂の人工製造であると思ひます。鑄物砂に必要な諸性質は已に充分明瞭になつて居ります、即ち耐火度の高いこと、有孔率の大なること、結合力の大なること、鑄物の肌を奇麗ならしめること等であります。然し天然の砂は著名な産地から出るものでも長所もあれば短所もありますから理想的の性質を持つ砂はどうしても人工的に配合によつて作らなければなりません、即ち配合によつて鑄物に必要な性質だけを具備する砂を作らなければなりません。我研究所では昨年以來に此方面に研究を進めて居ります、鑄物に必要な性質中耐火度及び有孔率の大きな砂を得ることは容易であります。最も困難なのは人工的に砂に粘着力を與へることであり、即ち粘土の研究になります、粘土の粘着力は SiO_2 , AlO_2 等の非常に微細なる所謂コロイドの

状態のものが大粒の砂の周圍に附着するために生ずる様でありますから此方面の研究はつまりコロイドの研究になります、即ち結合力を有する粘土は如何なるものか、又如何にして之を人工的に製造し得るかの研究になりますから相當困難な問題であります。

III 焼入及焼戻

焼入の理論に就ては従來種々の説がありましたが最近 X 線的研究の結果此問題は解決されたものと見てよいと思ひます。A₁ 變態は其變化の内容に於て二つの變化を含むで居ります、即ち A₁ 點以上に於て安定なる大洲田は鐵原子に就ては面心立方型の配列を有し炭素原子は其格子間に散布されて居ります、之が A₁ 點以下に於ては變化して鐵原子は體心立方型の配列を取り炭素は鐵と化合してセメントイトを作り鐵と混合して存在して居ります。従つて A₁ 變態は二つの變化即ち鐵原子の配列が先づ面心立方型から體心立方型に變化すること、次に炭素原子が鐵格子内より析出してセメントイトを作ることとから成つて居ります。高温度から徐々に冷却すれば此二段の變化は完全に進行しますが急速の冷却に於ては第一の變化が終る頃には試料の温度が常溫近くになりますから第二の變化は鐵の粘性の大なるために進行しません、即ち常溫で鐵原子は體心立方の格子を有し炭素原子は未だ格子内に残留して居ります、此状態は普通麻留田と稱せられ非常に堅くあります、即ち麻留田は A₁ 變化の一部のみ行はれた状態即ち中間物であります、又最近 X 線的研究によりますと麻留田の鐵格子に二種あります、即ち冷却の速かな試料の外側には軸比 1.07 を有つ體心六方晶の麻留田が存在し、冷却の比較的緩慢な内側には體心立方型の麻留田が存在します。此現象は大洲田から麻留田への變化の途筋を明瞭に示すものであります。即ち

六方晶系 (軸比 = $\sqrt{2}$) \equiv 大洲田 \rightarrow 六方晶系 (軸比 = 1.07) \rightarrow 六方晶系 (軸比 = 1)

數年前松下博士は麻留田に α , β , の二種あることと、 α は β より不安定であることを發見されましたが前者は軸比 1.07 の六方晶系に相當し後者は軸比 1 の六方晶系即ち體心立方型に相當します、即ち α , β 麻留田は鐵原子の配列の相違によるものであります。以上で麻留田生成の機構は明かになりましたから次に焼戻に就いて申し上げます。

麻留田は變化の途中の組織であるから不安定であります、従つて之を少しく高温度に熱すれば格子中の炭素は析出して鐵とセメントイトとの混合物となります。今麻留田を徐々に熱しながら炭素の析出の状態を調査しますれば α 麻留田は 150°C 附近で β 麻留田に變化し其際電氣抵抗の減少、體積の收縮、磁氣の増加、硬度の増加を伴ひます。更に加熱して 260°C 前後に於て β 麻留田は分解して電氣抵抗を減少し、磁氣を増し、硬度の減少を來します。勿論 β 麻留田の分解は多少 100°C 以下から始まりますが 150°C 以上から盛になつて 260°~270°C で終ります。

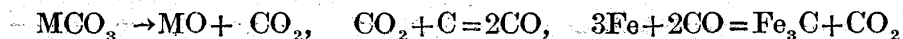
焼戻組織は吐粒洲、粗粒波等で硬度は、麻留田から吐粒洲、吐粒洲から粗粒波と次第に減少します、然しこれと反對に鋼の粘性は次第に増加します。

普通粗粒波組織は一旦鋼を焼入した後 5-600°C に焼戻して得て居りますが、此方法は手数を要する

以外に焼入の際焼割を起す危険があります、若し焼割が肉眼で発見出来れば良いが内部の目に見えない所にあれば後に疲勞の原因となつて破壊する憂があります。夫故水中よりも寧鹽類の高温槽に焼入して一度で粗粒跛を得るが安全で且つ便利であります。高温槽焼入に就いては我研究所から已は發表して居ります。

IV 滲炭法 鐵が滲炭される機構に就きましては從來二つの學説がありました、第一説は Stead, Brearley, Gioletti 等の主張した學説で炭素が CO, CH₄, CN 等の瓦斯によつて鐵中に侵入すると云ふものと、第二説は Arnold, Mac william, Day 等の主張する學説で炭素原子の形で鐵中に侵入すると考へるものとの二つであります。然し CO, CN 等の瓦斯が容易に鐵中に侵入し得ないことは直接實驗的に證明することが出來ます、又 X 線的研究によれば大洲田組織では炭素原子は鐵格子内に散在して其間を移動することが出來るのでありますから炭素自身が鐵中に侵入すると考へる方が事實に近いと思はれます。

最近英獨米の諸國に於ても滲炭に關する數多の研究が發表されて居りますが多くは瓦斯説の方に傾いております。高橋源助氏は我研究所に於て數年來此問題を研究せられ數個の論文を發表されました、氏の結論によりますと炭素が鐵中に侵入するのは瓦斯の作用ではなく直接炭素が侵入するものであります。又氏は炭酸鹽が滲炭を助ける作用を研究し從來の説が不合理であることを證明されました、即ち從來の説によりますと。



であります。氏の研究によりますと實際炭酸鹽が未だ分解しない温度でも其助成作用が大であります、又炭酸鹽がありますと炭素が無くても CO の氣流中で滲炭作用が催進せられますし、又 CO の氣流なく木炭に炭酸鹽を混じた場合は炭酸鹽無く CO の氣流中で炭素で滲炭する場合よりも滲炭の程度が著しく大であります。是等の事實は瓦斯説では説明し得ないもので高橋氏は炭酸鹽は CO より炭素を游離して (MO + 2CO → MCO₃ + C) 此の發生期の炭素が直接鐵中に侵入すると結論されました、之は CO を分解する物質を傍に置けば滲炭が促進されることよりも推論することが出來ます、尙同氏は諸元素が鐵の滲炭に及ぼす影響をも研究され滲炭に關する論文を完成されました。

鐵中に炭素以外の元素例ば窒素、硼素、珪素、クロム、タングステン等を表面より滲入させることは輓近歐米の工業家の注意する所となりました、其中最も有效と思はれるのは窒素滲入法であります、之にもクルツプ法とかキエー法とがありますが大同小異であります、普通鐵に窒化法を施せば外皮が硬いが脆くて實用に適しませんが鐵に Co, V, Al, Ti, Cr, 等の元素を二種位少量に加へた合金鋼を 500°C にてアンモニア氣流中で 2-3 日間加熱すれば純鐵の場合よりも多量の窒素が固溶體となつて滲入し剥離しない外皮が得られます、此窒化鋼は焼入の効果はないが徐々に冷却してもブリネルで 500 位の硬度を持ちます、又仕上げた物品を 500°C 附近に熱するのでありますから形の變化もなく硬化されま

すから、此點は滲炭鋼に優るのであります、滲入の深さは普通 0.7~0.8 mm であります。

キエーは又 510°C で 90 時間アンモニア氣流中にて熱し窒化された Cr-Al 鋼と普通焼入鋼の表面硬化せるものと就て硬度を比較しましたが其結果 -180°C より 600°C までの凡ての溫度で窒化鋼の硬度は常に大でありました。

硼素、珪素、クロム、タングステン等を滲入させるには何れも之等の合金鐵を細粉狀として其中に鐵を埋め 900°~1,100°C に熱すれば 0.5 mm の厚さの硬い層が得られますが加熱溫度が高いため滲炭鋼に凡べて優つて居るとは考えられません。

V 加工硬化の理由 低温加工に關する研究は英獨に於て最も盛に研究されて居ります。殊に諸種の金屬の單結晶が造られるに至つて著しく進歩しました、即ち古くは Heyn, Baner 近くは Bridgman, Czochralski, Jeffries, Archer, Ludwick, Sacks, Carpenter, Elam 等のなしたる方面の研究によつて硬化の原因が明かになつたのであります。其結果によりますと原因は主に次の二つに皈着させることが出來ます、即ち第一は結晶粒が碎けて微細化し且つ境界が複雑になることで、第二は小結晶が略一定の最も迂り難い方向に向ふことであります。此二つの原因は何れも迂りを妨げ硬化の原因となるのであります、然し内部に存在する歪力自身は直接硬化に關係がないのであります。

VI 擴大度の大なる顯微鏡 普通顯微鏡の擴大度は約 1,500 倍を限りとされて居りましたが米國ウエスターン・エレクトリック Lucas はレンズの光學系を改良して 3,000 倍位の顯微鏡を明瞭に取ること成功して大洲田、麻留田、吐粒洲、粗粒坡組織に關する數多の寫眞を撮つて微細組織に就いて有益なる知識を啓發しました、尤も氏は 9,000 倍位の寫眞を掲げて居りますが多少明瞭を欠いて居りますから先づ有效擴大度は從來の擴大度の 2 倍と見て良いと思ひます、近頃氏は更に進んで普通光線の代りに紫外線を用ひて擴大度を増すことの研究中であります之が成功しますれば擴大度を更に 2 倍即ち 5—6,000 倍まで進めることが出來ると思ひます。

VII 鋼の磨耗度 鋼の磨耗は實際上非常に必要な事柄でありますから歐米に於ても盛に研究せられ、英國では前に委員會を組織して研究したこともあります、又最近米國では French と Herschman の兩氏も此問題を研究して居りますが其結果はまちまちであつて互に比較し得る様な一致する結果を得ておりません。その重なる原因は單に二つの金屬を磨擦して其磨耗量を比較して居りますが、磨耗は單に兩物體の性質によるのみでなくて大いにその接觸面の状態即ち兩面間の磨擦係數の大小に因りますから此係數が一定でない以上磨耗量の大小と云ふも意味をなしません、従つて磨耗を論ずる以上は磨擦係數が何程であるかを指定しなければ 2 人のやつた實驗は互に比較することが出來ません、從來の研究は此點に注意してないから價値が少ないのであります。

私は以前山田良之助氏と共に先づ此點に注意して鐵の諸組織とエメリー盤間の磨耗を研究しました。又鐵道省技師鈴木益廣氏はレールの磨耗を研究する見地から上記の點に注意して低炭素鋼間の磨耗を研究して重要な結果を得られました。即ち磨擦係數 μ を一定にすれば三つの物體 A, B, C 中

A, B 及 A, C の相對磨耗量が知れば B, C の磨耗量は簡単な式で表はされる、即ち

$$\frac{w_{AB}}{w_{AC}} = kw_{CB} \quad k = a\mu^2$$

此關係は炭素鋼間の如き其性質の余り異なる物質系間に於て成立するものでありまして a は略々一定の値を有しますが他の物質系、例ば亞鉛の量を異にする眞鍮系に於ては a は炭素鋼の場合に比して異なる値を有しております。上述の關係式は或標準物質に對して他の物質の磨耗を測定して置けば任意の二つの物體間の相對磨耗を與へるもので極めて重要な關係であります。炭素鋼の諸組織に就いて言へば磨耗量は標準組織、粗粒波、吐粒洲、麻留田と云ふ順序で次第に減少します、即ち a の値はこの順序に次第に減少します。

四 研究と工業との連絡 以上の諸研究に對しまして各國人の貢獻した所を見まするに日本は決して五大國中で劣つて居るとは申されません、然し實際の鐵工業より見ますれば遺憾ながら日本は歐米の諸國に大いに遅れて居ると申さなければなりません、其原因は色々ありませう、例ば日本は歐米に遠く離れて居て早く歐米の工業を輸入することを得なかつたこと又日本は天産物に就いて恵まれる所が少ない等であります。然し是等の事は今更我々の力でどうすることも出来ませんが我々日本人として本邦の工業の急速發展上努力を要することは我々の研究の結果を實際に應用することでありませう。換言すれば研究家と工業家との連絡を密にすることでありませう。歐米では兩者の關係が密接であるばかりでなく學者と技術者とが接觸を密にする機會を務めて作る様にして居ります、例ば或特殊の問題を解決するために學者と事業家とから成る委員會を作つて事業家からは相當の研究費を提供して之を學者に研究させ一步一步實際問題を解決して行くといふ方法は英獨では屢々行はれて居ります。又歐米諸國で毎年開かれる學會に於ても殊に此點に注意した催もあります。

日本では研究と工業との關係の薄いことが大きな缺點であります、我々は努めて此間の關係を密接にすることに務めなければなりません、之は研究家と工業家双方の努力に俟たなければなりません、一方だけの努力は効果が少ないと思ひます。

科學的研究事項の利用方面の研究は工場の技術者の手腕に依らなければなりません、學者の方で之をすることは設備を有たないのみでなく亦學者の得意とする所でありませう、夫で學者の方よりは改良の創意を提出し工場の技術者が之を巧に利用して工業の進歩改良を測らなければなりません、然し技術者が日々の仕事の傍ら研究試験をすることは大工場でなければ中々行れ難いと言ひますのは研究試験をすれば現在の工場能率に多少の影響を及ぼすこととなります、尙又善良なる製品を得るといふことは單に理論が明かになつただけでは不可であります、最も大切な職工の熟練と云ふことを必要とします、いくら良い方法でも技術の熟練が伴はなければ決して成功しません、従つて改良試験も一度二度やつて不成績に終つたと言つて棄てる様では成功しない従つて新規改良研究は餘程の自信と努力とを以つて決行しなければ假令良い方法と雖も成功することは出来ませう、従つてかかる研究は工場技術家の非常な決心と努力を要します、然もその試験中は工場能率に影響を來しますが之は將來工場

能率を大に揚げることになりまますから技術家の一層の努力を望むのであります。然し工場技術者の努力を望むと共に工場監督の任にある人々に一言御願も致したいと思ひますことは是等の人々が研究の必要を充分了解せられ現在の能率は多少犠牲にしても將來の大發展のために研究の必要を高調し研究者を激勵することでありまます。技術者と雖も人間である以上いくら研究に熱心であつても監督が之に冷膽であつては研究は永續しないのであります。

製造工場は幾多の部分より成立し其各部の秩序ある運轉によつて時々刻々製品が出来て行くことは恰も時計の如くであります、時計はスプリング中に蓄積されたポテンシャル、エネルギーが齒車より齒車に移つて之を動かし其運動は更に時針、分針、秒針に傳はります、又齒車の運動はゼンマイによつて調整されて時計の完全なる役目、針の等速度の進行を見るのであります、然し機械の一部分にでも故障があれば正確なる針の進行を見ることは出来ません。工場に於ても同様上は重役より支配人、技術者、職工に至るまでの精神上及技術上の調和が取れて始めて工場の完全なる運轉即ち善良なる製品が出来るのでありますから全工場員の協同一致が極めて必要であります。一部分の故障は全體の故障で工場能率を著しく低下します。

我々は皆様と共に一致協力して本邦工業の促進の爲めに努力したいと切望して止まないであります。

白銑の黒鉛化に及ぼす種々の瓦斯の影響

(昭和2年11月日本鐵鋼協會第三回講演大會講演)

澤 村 宏

Synopsis.

The influence of various gases on the graphitization in white cast iron. The author carried out the present investigation by devising a dilatometer of new type in which a specimen of white cast iron can be annealed in a voluntary atmosphere, and found the following important new facts:—

- (1) In the atmosphere of carbon dioxide, the graphitization in the first stage of white cast iron completes in a far shorter time than in that of other gases.
- (2) Nitrogen is not indifferent to the graphitization in white cast iron.
- (3) Hydrogen, ammonia and methane strongly retards the graphitization in white cast iron.

目 次

緒 言	第四章	白銑の第一段黒鉛化に及ぼす或種の混合瓦斯の影響
第一章 研究の方法	第五章	白銑の第一段黒鉛化に及ぼす窒素氣流速度的影響
第二章 試料及其製作方法が實驗の結果に及ぼす影響		總 括
第三章 白銑の第一段黒鉛化に及ぼす種々の瓦斯の影響		文 献