

鐵 と 鋼 第十二年 第九號

大正十五年九月二十五日發行

論 說

直接製鐵法に就て

(大正十五年四月廿七日講演)

俵 國 一

私はほんの通俗な事を、而も唯今杉本氏の講演のやうに詳しい事實に據らずに大膽な數字を出して居りますのであります、併し自分の考としては其大體に於ては間違ない積りで、現在世に廣まつて居ります直接法が成立し得るや否やに付ての考を申述べたいと思ひます、極く簡単に終りたいと思つて居ります、暫く御清聴を煩はします。

現在やつて居ります方法は間接製鐵法、即ち鐵鑛を銑鑛爐で製鍊して、さうして銑鐵を造る、其銑鐵から鋼なり又鍊鐵を造ると云ふ所謂間接製鐵法が今日の有様であります、所が此方法は二行程経る、一旦銑鐵にすると云ふ手數がある爲めに、稍と迂遠の感があります、之に反して直接製鐵法即ち鐵鑛から直ちに鋼を造りますのは一行程である様な氣が致しまするので、古來此問題に付きては多勢の人が頭を悩ました問題であります。

御承知置きの様以前は直接製鐵法……以前と申しますと云ふと太古であります直接製鐵法をやつて居りましたので、それが外國でありますと600年前、日本は夫れがはつきり致しませぬが幾百年前に銑鐵を造り始めた、夫から段々と間接法が出来まして漸次直接法は跡を斷つて、唯今申します様な有様になつたのであります、而して直接法は今日尙未開の國に於てのみ行つて居るとか、或は日本で申しますと今日は極めて微々たるものでありまするが、御維新前は勿論或は今から2—30年前までは山陰地方で鍋押と申して砂鐵からいきなり和鋼を造つて居りました、或は鋼と申しまして日本刀などの原料になるものを造つて居つたのは此直接法であります、日本の鍋押は殆ど世界獨特の方法である如く思はれるのであります、なぜ此直接方法が今日さう廢滅に歸したかと云ふ事は、是は申すまでもなく仕掛は小さいし、鐵の回收率も悪い即ち原料中の鐵分の半ばは棄れるし、夫から燃料も餘計に要るとか云ふ様に總ての點で不經濟の爲で到底競争に堪へない譯である。

夫れに對しまして間接法が盛になりかけた時代、即ち前世記の始頃から直接法の新しい方法が隨分世の中に出て來ましたので、ウェディングなどの本を見ますと詳しく出て居ります、1857年にシュノーと云ふ人の方法があつて、其當時は大變に世を驚かしたもので博覽會で非常な發明だと言つて金牌を貰つたとか云ひます、鐵分の極めて多い純粹な鑛石を原料とした場合にのみ其製品を壓延し得るが、然らざる時は之を用ひ鎔融せねばならぬ、そこに鐵の損失と燃料の不經濟を伴ひます、右様の理由で一時、佛、白及西の諸國にて盛に拵へ掛かつたけれどもやめてしまひました、或はプレーヤーの法でありますとか又はグルトの方法でありますとか、シーメンスの方法でありますとか云ふ様なものが、相當前世紀の半ばから終に掛けて出ましたけれども何れも極めて富良なる鐵鑛にのみに用ゐるので、普通の鐵鑛では出來たものに鐵滓が多くて不成功に終りて皆廢滅に歸したのであります。

此等直接法は昔時、間接法が今日程に經濟的に行かなかつた時代に於て、尙且つ成り立たなかつた、然るに今日間接法は仕掛が大きくなり著しく發達し尙鎔鑛爐廢棄瓦斯の利用が盛んになつたのであるから、夫れと對抗して直接製鐵法を經濟的に實行し得るは眞に困難になつたのである、然るに今世紀の初或は現在屢々此直接法を世の中で唱へて居る、之は一方に製鋼法に要する屑鐵の問題に關聯する屑鐵の缺乏を補ふ考えから來る點もありましようが、何でも失敗した事は或る時期經ちますと云ふと復たそれを繰返すと云ふ事が能く起る事であります、恰かも今日直接法が外國に於きまして屢々唱へられるのはそれと同じ様な事ではなからうか。

今日西洋で行はれて居る方法に付き、ちよつと説明を致しますと今世紀の初、前世紀の終り、伊太利でスタッサノと云ふ人が矢張り以前と同じ様な事を電氣爐でやらうと云ふ企を致しまして年産額4,000 匁の起業をやつて、是は失敗に終りました、或はエールと云ふ人もやりますし、ケラーと云ふ人もやりますし、何れも是れは電氣爐の鋼に付きましては相當な結果を擧げた人もありますが、直接法に付きましてはいつでも失敗致して居るのであります。

又瑞典のヘガネスと申します所でスポンジアイオンを造つた (E. Sieurin Stahl und Eisen, 24 aug. (1911) 1ヶ年4萬匁の製品を得ると云ふ事でありましたが、私が大正10年に行きました時に、不景氣の爲めに此工場はやめて居りました、大正9年頃に佛蘭西の巴里にバセットと云ふ人が一方法を起しました、6,000 法の資本を以て會社を興した、1ヶ年間やりましたけれども是も失敗に終つたと云ふ事であり、之に付きましてはユスト氏が詳細に記載し評論しました。(Wüst, Stahl und Eisen 22 Dec. 1921)

是は御承知でもありませうが、長い回轉爐に一方より鑛石と石炭を混ぜて入れる、他方からは粉塵炭を吹き込み之を燃すに熱風を用ゐます、さうして還元したものを右の爐の最高溫度に成つて居る部分に於て熔かして製鋼するのであります、一時盛んに歐洲では論議され現に私が行きました大正10年頃には盛んに、非常な評判である所を耳にした譯であります。

丁度其頃に瑞典ウィベルグと云ふ人の方法がありまして、是は眞直に立てました爐に塊りのまゝ鑛

石を入れる、而して瓦斯にて經濟的に還元する爲め理論的に瓦斯の成分を加減すると云ふ方法でありましたが、其後實地にやつて居ると云ふ事を聞きませぬ。

又亞米利加に於きましても近年ブルグードと云ふ人がありまして、其れは回轉爐で鐵鑛を還元するに餘り強熱を與えずスポンヂ鐵を造つて、夫れを壓搾し團鑛となして電氣爐でそれを熔かさうとする、フォードの會社でそれを拵へるとか云ふ事が出て居りますし、又亞米利加のシアトルの米國鑛山局研究所に於きましては3人の名が附いた方法か、試みられました、同様スポンヂ鐵を回轉爐にて造りまして、さうして出來上がったものを空氣に曝さないで冷やしまして、それを磁力選鑛機に掛けて不純物を選別し捨てる、而して純粹に爲つたものは團鑛となし、それから尙ほ電氣爐で熔かさうと云ふやうな方法だと言つて居ります。(Reports of Investigations, Department of the Interior... Bureau of Mines; Chem. and Met. Eng. Journ. June, 9, 1924)

又昨年9月には英吉利の鐵鋼協會に於きましてフローデンと云ふ人が發表して居ります、是は瑞典に於きまして豫めストックホルムの工科大学で65回試み、其後ハグフォルスで11回試みて、立派な鋼が出來ました、300 瓩の電氣爐で鋼塊 1 塊に付て 2,700KW を使ひますが、3,000 瓩位の電氣爐を使ひますと應當り 2,162KW 位のもので 1 晝夜に 29 塊の鋼を造ると云ふ事を發表して居る、自分の思ふ様に鋼の炭素量を加減出來て誠に宜しいと云ふ事を言つて居りますので、英吉利の技師連共が13人ばかり論評をやつて居ります、もつと詳しい事が知りたい、實は其報告は爐の構造もありませぬし、唯出來たものが宜しいと云ふ事だけで、何等具體的の事が出て居りませぬ。

發表者フローデンは何等それに付いての返答はして居りませぬ。(P. Flodin, The Journ. of the Iron and Steel Institute, 1925. Vol. II)

大體此直接方法は今まで私が重なものに付て申述べましたものを見ますと云ふと、工程の數を減らすと云ふのが經濟的に出來ると云ふ様に考へて居るにも拘らず、餘り工程が減つて居ない、下の表に一括掲げましたものは多少其の列べ方に修正を要しますが大體の見當は之にて分ります。

第一表 製鋼(鍊鐵)工程數比較表

工程數	方 法	名 稱
1	還元、熔 融	石 炭 (バセツト法)
		電 氣 (フローデン法)
2	還元、熔 融…精 鐵	現 在 鑛 法
	還元……………鍛 鍊	舊 直 接 製 鐵 法
	還元……………熔 融	瑞 典 ヘ ガ ネ ス 法
3	還元……選 別……熔 融	米 國 鑛 山 局 法
		ブ ー ル ク ー ル 法

即ち途中で磁力選鑛機を用ひますとか、或はスタンプをやりますとか、色々な手數の掛ける事をやり、或場合には3工程にもなる様な事でありまして敢て其作業工程の數が著しく減つて居ないと云ふ勘定になるのであります。

大體直接法と間接法を較べますと、間接法に於きましては鑛石の内にある鐵の部分と、鐵でない鑛滓になる様なものを共に鑛融しまして、比重の差で分け様と云ふのが間接法で用ひます第一工程の主眼であるに拘らず、直接法でありますと云ふと、何れも 1,000°C 或は以下の温度を用ひて鐵鑛から鐵を還元する、さうすると云ふと比重の差で分つ譯に行きませぬから或は不純な原料を用ひる場合には機械的にそれを分けなくちやならぬ、或は鑛石の時に機械的に分けて置いて、純粹なる原料を用ひるか、或は一旦還元し得た鐵を機械的に即ち鍛鍊するか磁力選別に掛けるかして純粹なものにする事を要する、然るに此機械的に還元した鐵と不純物とを分けると云ふ事は後に重ねて述べますが仲々困難なる技術上の問題である。

夫れを考慮すると直接製鐵法の最も重要な點は、鑛石の純粹度の如何に係つて來る様であります。

茲に嘗て井上子爵が滿洲鞍山の鐵鑛に付きまして、是非鞍山では選鑛所を設けなくつちやならぬと云ふ時に、其パンフレットを配つた數字があります。

第二表 鞍山鐵鑛製鍊所用材料比較 (井上匡四郎博士に據る)

	鐵鑛中 鐵分	鐵鑛中 硅酸分	骸炭量	鑛石量	石灰石量	鑛滓量	生産割合
	%	%	噸	噸	噸	噸	%
生産銑鐵 1噸に對し	65	6	0.9	1.45	0.36	0.36	1.00
	54	20	1.15	1.74	1.00	1.00	0.66
	40	41	1.55	2.35	2.60	2.58	0.37

鞍山製鐵所では間接製鐵法を行ふものでありまして、鑛山から採掘したまゝの鐵鑛即ち約40%のものを直ちに製鍊するのと、或は一旦之を選別して其鐵分を60%に仕上たものを製鍊するのとは非常に違ふものである、精鍊費で節約するか、選鑛の操作で節約するかと云ふ事が色々經濟問題で場合場合に依つて違ふのでありませう、如何に鐵鑛の中の鐵の含有量と云ふ事が間接製鐵法に於きましては關係するのであります。

然るに是が一層直接製鐵法に就きまして問題になると考へるのであります、それで瑞典の様に鐵分が70%もある様な鐵鑛が容易に得られ、又鐵鑛を豫め選別しまして70%に仕上げる事が樂に出来る様な鑛石を得られる所に於きましては、出ましたスポンヂ鐵は或は直ぐに市場に販賣し得るものも出来るし或は直ぐそれを鍛鍊して製品にする、即ち昔やつて居つた様な事も出来ませうが不純なる鑛石、鐵分の含有量の少ない鑛石しか無いやうな國に於きましては直接製鐵法をどうしたら宜いかと云ふ事が問題になつて來る譯であります。

先づ第一には選鑛所を設けてそれを純粹にすると云ふ事になるが、是亦なかなかの問題でありまして、唯今此間接製鐵法の場合に鞍山の例を引きました。

そこでは40%から60%に上げて居る、60%にしたものを製鍊した方が宜いのか、或は65%に仕上げるに今一層の金を掛けてあとを製鍊した方が宜いかと云ふ事は經濟上大變な問題だらうと思ひますし、又鑛石の種類に依りましては60%から65%に上げる費用と云ふものが非常に澤山掛かる或は殆んど不

可能であると云ふ様な場合もある事であらうと思ふのであります、さう云ふ選鑛が諸種の事情に依り出来ないと云ふと、

次に第二には還元して得た鐵をバセット法の如く、微粉炭、重油又は瓦斯にて鎔融して不純物と分離するか、最後の方法即ち第三には亞米利加の鑛山局の研究所でやりましたやうに、還元鐵を造つて、それから之を磁力選鑛機にかけて普通の雜物と後で分けると云ふ事をやらなくつてはならぬかと思ふのであります。

大體之等の種類の色々な直接法に付きまして考へて見ますと、第一の要點は實際技術上市場に相當なる價值を有する製品が出来るか出来ぬかと云ふ問題であります、夫れには直接製鐵法にかける鐵鑛の鐵分の如何が、最も重要な關係があります、今前記の第一方法即ち豫め鑛石の選別と云ふ事を除きまして直接製鐵作業に参ります鑛石には何程の品位のものを必要とするかと云ふに是れも一一其方法に就きまして利害などを考へると云ふ事はやつても見ましたけれども現に外國に於て此等の方法に用ゐる鐵鑛の鐵含有量を参考とし、其れよりかどうも是れは六ヶ敷いさうだと云ふ様な常識を以て私がここで大膽に申すのでありまして、之に付ては各々御議論があるだらうと思ふのであります、實例に據れば瑞典へガネス法には鐵分70%の鐵鑛を處理し、フローデンは發表しませぬが同様程度のもと思ひます、又バセット法は鐵分62%のものを、米國鑛山局の方法でも鐵分60%のものを扱ひて鐵分80%を有するスポンヂ鐵を造りました。

舊時の直接法にて鐵分の少なき鑛石の場合は何れも失敗に終つて居る、斯様な次第であるから私の考では65%以上位もないと云ふと或種の方法には困難であると思ひます、60%以下の鐵分含有にては到底駄目だと考へます、早い談が出来た還元物を或はスポンヂ鐵として平爐工場に賣却する時、其還元鐵の鐵分の含有量が90%以上ないと困ると云ふ事になつて居る、最も米國に於けるが如くスポンヂ鐵を濕式收銅法の銅沈澱用に供するにはもつと鐵分が低くても差支ない本邦に於ては大に其事情を異にします、今90%以上の含鐵スポンヂ鐵を造るには其酸素量のみを考へると、完全に酸素を除いたものとして原鐵鑛に鐵分60%以上無ければ出来ないと云ふ事、況んや幾分の酸素が残り或はスポンヂ鐵は製造中、貯藏運搬中再び酸素を吸収するから、益々出来たスポンヂ鐵の品位を下げる事になる。

即ちスポンヂ鐵を造る場合に酸化をしないと云ふ事が誠に六ヶ敷いので、實際のラボラトリーで空氣と混ぜないでやりましても、冷える時にヴキュームが出来ると云ふ事、餘程密閉して置かないと云ふと内部の空氣を防ぐ事が出来ないのであります、夫れを考慮してやると装置に於て六ヶ敷いか、或は不經濟になると云ふ様な事があります、そこでスポンヂ鐵を磁力選鑛機にかけて挾雜物を選別する事になる、是が又元の鑛石の成分の存在状態が非常に細かく這入つて居りますと云ふと、鐵鑛を碎くよりか、スポンヂになつてそれを碎くと云ふ事が非常に六ヶ敷い、特に還元作業中に鐵と不純物とか相融合する恐れがある、或は相當細かくしてそれを磁力選鑛機で分けます場合には水の中に漬けないと云ふと分からない、水の中に漬けると云ふとスポンヂ鐵が復再び酸化すると云ふ様な困難があ

第三表 内外鑛鑪熱量

製鐵所名—年代	銑鐵種別 (噸數)	鐵鑛中 鐵分%	鑛滓量 kg	骸炭量 kg	骸炭中 灰分%
オルマービー Ormerby	鑄物銑 (63 t)	38.0	1.48	1.10	7.0
パークゲート One year 1917—1918 (I. & S. I. Vol. I. 1921)	鹽基銑 (190 t)	31.8	1.10	1.44	11.6
米國 1924 ロイスター報告 No. 4 (Blast & St. II, 1924)	鹽基銑硅素 1.3%(500 t)	53.4	0.6	0.92	13.2
獨逸ミネテ鑛 1901(オサン教科書)	トーマス銑	27.0	1.1	1.17	12.5
瑞典電氣銑 (Met. & Chem. 1912)	鼠銑	67.0	0.15	0.3 (木炭)	1.0
八幡 大正五年(私報)	ベセマー銑 (250 t)	55.0	0.75	1.1	17.0
釜石 大正十年(私報)	鑄物銑 (120 t)	52.0	0.80	1.43	20.0
兼二浦 大正十一年(私報)	同 (120 t)	52.0	0.95	1.33	22.0
鞍山 大正十一年(鞍山鐵鋼雜誌)	同 (250 t)	55.0	1.00	1.40	12.0
Basset. (St. n. E. Dec. 22, 1921)	—	62.0	0.246	0.882 (石炭)	—

りはせぬかと云ふので、要するに鐵分の60%以下の様なものは技術上直接法でありますと云ふと非常に困難を招ぐであらう、斯う云ふ考を持つて居ります、現に本邦製鐵業の大問題となつて居る、砂鐵の中にはチタニウムがある、チタニウムは今磁力選鑛で分けにくい、一部分は分れますが、全部のチタニウムを今の砂鐵に於て分ける事は困難であります、チタニウムが分れないと云ふとチタニウムに結合した夫れと略ぼ等量の鐵と是亦還元が困難であるし、従つてスポンジ鐵の品位が悪いと云ふ事になる、砂鐵の方に於きましては鐵の品位の純粹と云ふ事が最も問題になつて來るのであります。

夫れ故に砂鐵を用ひて直接法を行はんとする時、先第一に其製造した品即ちスポンジ鐵は如何なる方面に其用途を開拓すべきであるか、而して鐵含有量は何程のものを要するかを、能く吟味した上に豫め砂鐵の鐵分を如何程に仕上なければならぬかと最初に研究する事が肝要であります。

第二の要點即ち直接法に要する費用に付きましては或は勞働賃金とか、或は固定資本とか、或はランニングエキス Pens、色々な日々のエキス Pensに付きましては、是れは鑪の設備上色々違ひませうけれども、之を擧げる事はデータも持つて居りませぬし、又今日の我々が何百匁以上を造りまらずに熔鑛鑪に較べますと云ふと、是等間接製鐵法に對して今まで稱へたる直接製鐵法はどうしても安いと思はれないのであります。

日本では製鐵用石炭の値が外國に比して高い、而して銑鐵の精鍊費の半分近くも燃料に投ずる、以

出入表 (銑鐵一坩に對し) 大正十五年二月調

排出瓦斯		熱量入			熱量出				
CO 容量%	CO ₂ 容量%	骸炭	熱風	合計 カロリー	銑鐵、鑛滓 (%)	損却 放射等(%)	失水 排出瓦斯 存在間(%)	利用シ得べき CO (%)	合計 カロリー (%)
34.5	10.0	8,217	914	9,131	3,433 (37.5)	1,196 (13.0)	4,502 (49.0)		9,131 (100)
28.5	8.3	9,774	1,012	10,786	4,170 (39.0)	957 (9.0)	5,655 (52.0)		10,782 (100)
25.0	13.0	6,161	527	6,682	3,955 (44.0)	871 (13.0)	2,856 (43.0)		6,682 (100)
30.6	9.4	7,620	925	8,545	3,580 (42.0)	569 (7.0)	4,396 (51.0)		8,545 (100)
54.0	25.0	1,813 (木炭)	1,504 (電力)	3,318	2,013 (61.0)	432 (13.0)	863 (26.0)		3,318 (100)
30.0	11.0	7,161	459	7,650	2,999 (39.0)	743 (10.0)	3,908 (51.0)		7,650 (100)
35.0	10.0	8,484	658	9,142	2,990 (33.0)	914 (10.0)	5,238 (57.0)		9,142 (100)
28.0	11.0	8,112	713	8,825	3,636 (41.0)	908 (10.5)	4,281 (48.5)		8,825 (100)
32.0	9.0	9,252	615	9,867	3,266 (33.0)	1,174 (12.0)	5,317 (55.0)		9,867 (100)
28.5	7.0	6,893 (石炭)	1,109	8,002	2,326 (29.0)	1,779 (22.0)	3,897 (49.0)		8,002 (100)

上の様な次第で殊に日本に於ては燃料の消費量如何が一番大切なものと思ひます、普通の考に於ては直接製鐵法にては非常に燃料が節約出来るかと思つて居りますが、私は強ちさうでないと思つて居るので、多少の數字を持つて参つたのであります。

こちらに此間接製鐵法即ち熔鑛爐を造りまする場合のものを調べて上の第3表に掲げました、是れは統計が古くありますので近來日本の各製鐵所は仕事が進んで居ります。

第3表に於きましては鑛鑛爐内へ入れました骸炭を全部燃やして出すべき熱量を勘定して居ります、それから爐で出まする方の中、鑛滓に要する熱量は其工場々々の地方的關係が影響します即ち鐵分の少ない鑛石の時には其鑛滓量が多く夫れに要する熱量も従つて澤山の骸炭を消費致します、鑛鑛爐の設備の良否又は其操業方法の善惡に依り、消費燃料の増減の現はるるは、此表に於きまして、損失熱量と利用し得べき排出瓦斯の有する熱量の多少であります、然るに此排出瓦斯の成分と其量は骸炭の性質又は其中の灰分の多少に依り違ひますから其工場の特殊の事情に依りまするが、先づ先づ唯今申しました熱量の多寡の比較に依り大約其工場の操業如何を想像し得るものと思ひます。

亞米利加の爐が大變其の使ふ熱量が少ないのでございます、銑鐵1坩に付きまして 6,682 カロリー使つて居ると云ふ様に少ないのであります。之に次きまして八幡製鐵所の10年前の例が能くやつて居る、八幡は今日もつと進歩して居ります。

兼二浦、釜石、鞍山の諸製鐵所の數字も外國の夫に劣つて居りませぬ、況んや此等の工場にても近

時著しく進歩して居ります、從て所要炭量極めて尠く決して外國に負けて居りませぬ。

然るに最も遺憾でありますのは、排出瓦斯を利用する點であります、夫は爐の数が少ないとか色々の事情に依りまするが、本邦の多數の爐にては完全にそれを使用して居りませぬ、之を以て瓦斯エンジン動かしたり、或はボイラーに焚いて居ると云ふ様な譯で、此瓦斯を完全に利用いたして居りませぬと爐に入れました燃料の90%は有効に使用された事になる、即ち間接製鐵法は最も經濟的な作業であります。

夫れで今日の製鐵事業の經濟不經濟は排出瓦斯の完全利用如何に係るのであります、歐米に於ては之が完全に近きものもありますし、又之れに近づくべき道程にあります。

斯様な譯で此間接製鐵法に於きましては燃料が廢つて居ないのである、直接製鐵法に於きましては左様に仲々参りませぬ、排出瓦斯の有する熱量はもう大部分捨てなくちやならぬ事になるのであります。

それで今直接製鐵法に於きまして1坩の鋼を造る爲め所要熱量を勘定して第4表に掲げました。

第四表 直接製鐵法所要熱量比較表
(鋼1坩に就き)

方 法	還元 (カロリー)	製鋼 (カロリー)	合計 (カロリー)
スポンヂ鐵 (ヘガネス)	20,000 (4,000Calを有する石炭5kg)	2,800 (7,090Calの石炭0.4kg)	22,800
バゼット法	8,002 (石炭0.882kgと外に熱風)		8,002
米國鑛山局法	9,000 (石炭1.1kgと石油0.130l)	864 (電力 1. K.W.H.)	9,864
フローゲン法	1,800 (木 炭)	1,869 (電力 2. K.W.H.餘)	3,669
八幡製所間接法	3,800—7,650 (骸 炭)	2,300 (石炭0.4kg.)	7,600—10,455

ところがヘガネスにてスポンヂ鐵を造るに報告には 4,000 カロリーの石炭を鐵の5倍使ふ、2 萬カロリー使ふ。

之を後に平爐で溶かしまする場合に普通の石炭 4.0 坩使ふものとすれば、それが 2,800 カロリーになるし、合計 22,800 カロリーになる、是は大變燃料が要るのであります、バゼット法で是は、ユストの報告中要する石炭 0.882 坩が有する總熱量と外に風を攝氏 1,000 度に熱すべき熱量 1,109 カロリーを加へると 8,002 カロリー要る、最も熱風を得る爐に於ける熱の損失は見て居りませぬ。

米國鑛山局研究所の方法は石炭 1.1 坩と石油 0.0008 バレル即ち 0.13 リットルを要する其有する熱量は石炭の分 7,700 カロリー、石油の分を約 1,300 カロリーとしまして、總計 9,000 カロリーとなります、外に出來たスポンヂ鐵を電氣爐で溶かすとせば、之に 1. K.W.H. 即ち 864 カロリー要るとせば全體で 9,864 カロリーとなります。

ブルクール其他の此種の方法にても略同様と思はれます、唯だ、フローゲン法にては僅に 3,669 カロリーしか要らぬ故に最も少ない事に出て居る。

然るに八幡製鐵所の銑鐵製造の例に於きまして排出瓦斯を完全に利用したとせば僅か 3,800 カロリー之れを少しも利用しないでやると 7,650 カロリー要ります、之れを平爐で鋼に精製する場合に石炭 0.4 噸要ると見て 2,800 カロリー全體で 7,600 から……最も悪い場合に 10,450 カロリー要ります。

そう云ふ様な譯で今日の間接法では今繰返して申します様に所要燃料の 5 倍は之をあとで回収する方法が今日完全になつて居る、又完全になる事を力めて居る譯合であります、之に反して直接法でありますと云ふと、どうしても是れは先程の杉本さんの講演にもありました様に還元する場合一酸化炭素を残さなくちやならぬで、まだ熱量が残つて居ります、簡単な仕掛が出来ませぬ。

而して所要燃料にも色々の種類があり、石炭、骸炭、重油と夫々其單價が違ひます。

殊に電力の場合には更に其關係が複雑します、夫れ故に一般に熱量費に於て兩者の比較は云はれぬが、少なくとも直接製鐵法に於て其費用が、間接製鐵法に比し廉なりとは云はれぬであります。

それから餘事ではありますが、間接直接法の場合に瑞典に於きましては鐵鑛の品位が宜しいし、それから又電力の安いに拘らず電氣爐の作業は熔鑛爐の夫よりか安く行つて居りませぬ、況んや他の國に於きましては鐵鑛の品位が拙いから、六ヶ敷からう、斯く考へるのであります。

其他電解鐵を鐵鑛から直ちにとると云ふ様な事も理研に於きましても大河内研究室で研究されて居りますが、是亦具體的な數字を拜見いたしませぬで、まだ申述べる譯に行きませぬが、今まで電解鐵でやつて居りますのは總て一旦鐵を造り夫から取つて居ります、故に直接方法の内に這入らないので御座います。

ざつと色々としりまして御清聽を煩した次第であります、繰返して一括し直接製鐵法に就ての考を申しますと、夫に掛けます原料なる鑛石を餘程準備して其鐵含有品位を嵩めたものを採用しないと後に市場に販賣し得る製品を造り又は自ら之を鋼にする事は技術上困難である、而して斯る手數を要する爲め製鍊費の價も昇りて之を間接法と競争せしむる事容易の業ではないと云ふ事に歸するのであります。

○會長(鹽田泰介君) 唯今の御講演に對して御質問なり御批評がありますれば……

○今泉嘉一郎君 俵博士の唯今の直接製鐵法に關する御意見は大體に於ては、私も御同感でありまして間接法は遠廻りの方法に違ひないです、けれども今日の如く非常に發達して、而も之に依つて生ずるコークスの關係の副産物と云ふものが、化學工業の上から言つても、製鐵經濟の上から言つても、重要なものとなつて、所謂製鐵事業は化學工業の有力なる誘導者であると云ふ事にもなりました結果どうも間接法の方が今日經濟的にやり易いと云ふ事になつてしまつた、併しながら俵博士は「歴史は繰返す」と云ふ御言葉を以て直接法は何遍やり直しても面白い事はないとの様に言はれましたが私はどう考へて見ましても、直接法と雖も適當に進歩すれば相當成績を擧げる事が出来ないことは限らぬ様に思ひます、それは私の考であります、此處でちよつと具體的に唯今の御講演中私の信ずる事實と違つて居る點を申上げて見たいと思ひます、第一はスポンヂアイオンであります、スポンヂアイ

ヨンに付ては瑞典のヘガネス工場で創められたのはドクトル、シエリーンの方法で其外にありませぬ、此方法は古來直接製鐵法の中で最も經濟的に實用の可能性あるものなる事を獨逸の鐵鋼協會から承知しまして私は大正5年に彼地に參りドクトル、シエリーンの實地の説明を求め遂に其特許權を買つて歸り鋼管會社で作業を初めました、此方法に對し依博士の御講演では需用熱量2萬カロリーと云ふ様に承りましたが、是れはどうして斯ふ云ふ數字が出たか、殆ど想像が付かない、鋼管會社でやつた成績は是より遙かに少い即ち6,500カロリーの九州石炭を用ひ還元用として700 kg 加熱用として150 kg、合計900 kg で1 匁のスポンヂ鐵が出来るのであり又、900 kg と云へば先づ6,000 カロリー以下に相當すると思ひます。

次きは直接製鐵法と云ふものの内に此のスポンヂ鐵製造法を入れる事の可否であります、スポンヂ鐵を最終生産品と見れば直接法と言つて言へぬ事はないのですが、實はスポンヂ鐵は平爐の原料として使ふのでありましてスポンヂ鐵そのものではまだ製品ぢやない、恰も熔鑛爐の中で鑛石が還元され炭化され熔解されると云ふ三通りの順序を採るのを、初の還元されただけの道程に於て引張り出してしまひ、後の炭化や熔解を省略した半製の銑鐵の様な物であります。

次に依博士はスポンヂ鐵の原鑛には瑞典の様な70%も鐵分のある鑛石でなければいかぬと云はれますが、是はさうではない、瑞典では有名なゲリバラ鑛山で撰鑛場から放棄されて居る鐵分35%程度の廢鑛同様のものを原料として用ゆるので、即ち此ゲリバラ鑛山から同國の南端に位するヘガネスまで持つて行つて、そこで粉碎して磁力撰鑛を行ひ其の結果初めて68—70%のものとして使ふのであります。

此瑞典の縦斷的長距離運賃は戰前1匁に付き3.5クローネであつたが私が參りました大正5年は戰争中で19クローネでありました、斯うして鐵分の少い挾雜物の多い貧鑛や惡鑛でも磁力撰鑛を利用して綺麗に分けて、鐵分70%程度の純粹のものとしてスポンヂ鐵を造るのであります、是は廢物を利用すると云ふ關係から行きまして誠に面白い事で、出來たスポンヂ鐵は當時1匁170クローネで主として英國に送つて居りました。

當時銑鐵1匁180クローネでありましたから銑鐵と大差ない價値を認められて居りました、又年間の生産高もヘガネス工場は2萬匁の能力を發揮して居りました、此スポンヂ鐵は英吉利の酸性平爐では原料として珍重されて居つたのであります、其れから又依博士は冷やすにオキソダイズすると云ふ御話がありましたが、實際オキソダイズすると云ふ事は殆んど問題にならないのであります、一寸考へるとスポンヂの状態に居る純粹鐵分が大氣に出される時濕氣を吸つただけでも酸化しやしないか又數日貯藏中に酸化してしまひはしないかと云ふ心配が起る、私も初めは心配しました、然るに實際の作業に移つて見ますと延長200米突にも上る長大なる巡回窯で完全なるカウンターカレント式で加熱及冷却を行ふものでありますから、スポンヂ鐵が窯から出されるのは裝入された時からすると數十日も掛かつて居りまして完全に冷めて外氣の溫度と同じくなつて爐から出で來る事になり、且つ又其形

狀が種油の搾槽の様な堅いケーキになつて居りますから倉庫内なら勿論倉庫外に數日間雨曝しにされても外皮から何程も酸化されないのであります。特に自分で直ちに平爐に使用する様な場合には酸化の事は問題にならない、唯要するにスポンヂ鐵製造事業と云ふ事が古鐵代用品を造ると云ふ事に於て非常に重要な方法であるが極く上等の物を造るには鑛石の適當なものが必要であると思ふのであります。初め私は釜石の鑛石を1 匁ばかり向ふへ送つて瑞典で試験した、所が釜石の鑛石ならば瑞典グリバラ鑛石と同じ様に磁力選鑛で完全に分けられる事を實驗いたしまして大に意を強ふしたのであります。私は又神奈川の日清晒粉會社で使つて居た柵原産硫化鐵鑛の硫酸を取つた後の燒滓をも同國で試験しましたが是れは勿論磁力選鑛などの手数を費さないで相當に良いスポンヂ鐵を得られました。殊に此種燒滓は過酸化鐵でありますから比較的還元石炭を費やす事が僅少で容易に還元致しました唯硫化鐵鑛は一般に較々多量の硅酸を含んで居る、是はマグネティックドレッシングの利かないものでありますから製品も硅酸の全部が残つて存在するスポンヂ鐵になります。硅酸があるまゝと云ふ事になると例令ば硅酸が5%以上もあると云ふ事になると云ふと平爐のスラッグが多く出來過る等の關係から酸性平爐なら兎に角、鹽基性平爐では古鐵代用として餘り歡迎できない恐れがあります。

柵原の鐵鑛の様に割合に硅酸の少いものなれば91%以上の鐵分を含んだもので鹽基性平爐にも充分使用できると考へられるスポンヂ鐵が得られるのであります。そこでスポンヂ鐵の事はまあ其の位に致しまして、次にバセットの直接製鐵法でありますが此バセット法に付ては大正11年歐洲に参りました時に矢張今の御話のプロフェッサー、ウユストなどにも會つて其後の経過や意見を聴きましたが、此バセットは少し山師で本統の冶金技術者ではなく資本金1,500萬フランの會社を滅茶苦茶にしてしまつて仕事は試験的程度で何等の好結果を得なかつたのであります。私の行つた當時パリーで開かれた株主總會でバセットは仕事は全然失敗ではないが更に5,000萬フランの新しい資本を供給して呉れなくては經濟上の好成績を擧げて見せる譯に行かないと辯明した新聞を見ました。兎も角此事業は駄目になつてしまつた、是は私も初めより餘り好望でない方法と思ひました。次に昨年發表されたフローデンの方法に付てであります。私は幾分是は見込があるものと思ひます。尤も此方法が英國のアイヨン、エンド、スチール協會の昨年の大會で發表され色々な人からディスカッションをやられた時にフローデンは經濟的の説明が少しも出來ない、餘り經濟的の精密なる觀察をせず合計200回以上の試験を繰返した事の様で笑止な事と考へられます。

唯だフローデンの報告では1 匁の鋼鐵を鑛石から造るに大規模にやれば慥か2,160 K.W.H. 位の電力を消費するに過ぎない様な事になつて居ります。果して2,160 K.W.H. 位で鑛石から立派なスチールが出来るならば他の費用の事を考慮に入れても相當有望の方法と思はれます。從來私共が電氣爐で鉄鐵を造つた時には鉄鐵でさへも仲々是位の電力では濟まない、それを直ちに有用な鋼にするのが此位の電力消費で濟むと云ふ事ならば、相當に良い成績で、今後尙充分の努力に依つて面白い事になるであらうと思ふ。唯經濟的の返事が充分出來なかつた際に各會員が皆一樣に言はれた通り直接法と云

ふものゝ考は決して悪くはないが唯問題は經濟的に出来るかどうかと云ふ事である經濟的に出来ない内は工業にはならないのであります、併し私の考へるには苟にも一般の人間が直覺で良い事と思ふ以上いつかは成功を見るものであらう、甲がやつてやり損ひ、乙がやつてやり損ひ、丙がやつてやり損ひつて悪い歴史を何遍も繰り返すであらふが他日いつかは私は成功する日が来るのではないか、學問の進歩に依つては他日必ず其所に達するだらうと思ふ、併し今お前は工業家として何れを取るかと云ふと、前申した通り今日は間接法でも非常に進歩して居りまして經濟的にも確實なる成績を擧げて居る以上此進歩した間接法を避けて、成績の不確實な直接法に過大の力を盡すべしと云ふことはどうしても言へないと思ふのであります、併し是はあるが故に直接製鐵法と云ふものは到底駄目だと諦らめて了つて將來此直接法の研究を放棄すると云ふ様な事は不可なりと思ふのであります。

○河村驕君 私も多少此問題に就ては考へて居るのであります、併し直接製鐵法に就て是迄書物に擧げられて居るのを見ても本統に經濟的の詳細に亘つて具體的に研究され發表されたものが無いように思ひますので議論をして見ても矢張常識的の事より外に出来ないと思ふ様な遺憾があると思ひます私が是れから申上げる事も亦此の域を脱しないものであります、先づスポンジ、アイオンの事に就きましては私も瑞典へ参りまして色々聽合せ致したのであります、ヘガネスの方法は矢張り依博士の御話と同様70%以上の鑛石があり而もヘガネスの燃料と云ふものは非常に灰分の多い30%以上もあるもので且つサルファー、フリー、のものである、硫黄の多い石炭だとスポンジの中に硫黄が這入る恐れがある又アツシュの非常に多い爲に通常の用途としては値の少ないと思ふ様な石炭が丁度スポンジを分離するには非常に都合がよい、さう云譯で立派な鐵鑛があり又さう云ふ特別な石炭がある處の瑞典のたつた一箇所……全世界でもたつた一箇所だけでスポンジ鐵が拵えられて居る若しそれが非常に易く出来るものならば他の國でも試みそうなものであるのに特別のコンディションのある瑞典一箇所丈で之を行つて居ると云ふ事は是はどうも何處でも經濟的に此方法が行はれ得ると云ふ譯には行かぬものではないかと思ふ、我國では中々さう云ふ立派な鑛石は得られない又選鑛するにしても損失なしに60%以上に上げると云ふ事は中々困難な事だと思ふ今泉博士は釜石の鑛石は立派に70%以上に選別する事が出来ると云ふ御話であります、其成績を御發表下さつたならば非常に有益であらうと思ふ自分は釜石のものをやつて見た事はありませぬから釜石のものに對しては申上げられませんが日本で一般に磁力選鑛に就て考へますと云ふと60—65%以上まで上げる事は餘程困難であらうと思ふ、さうすると其内のシリカ其他の夾雜物は全部スポンジアイオン内に這入りスポンジの品位は90%内外位のものしか出来ない稍もすると90%以下に下がる、おまけに之を永くヤードに曝して置くと錆が來て鑛石の代用品としては宜しいけれどもスクラップの代用品としては困る、こゝういふ譯で我國ではヘガネスの方法に依るスポンジアイオンは思切つた方がよかるふと思ふ様な結論を持つて居るのであります併し實際其設備を持つて居らるゝ所で十分成績を御擧げ下さつて……日本には特にスクラップも少ない所でもありますからして經濟的に其方法が成功して銑鐵よりも安いスポンジアイオンの

御供給が出来其實効が上ると云ふ事は深く希望する處であります、次にバツセー法に就きましては私は大正9年佛國に参りました時に同氏に會つて話を聞いたのであります是は今御話しがありました如く全く大山師でありまして爐のウェーストガスを熱風爐に使つて熱風で微粉炭を吹き込む際燃えた處の瓦斯を全部 CO にすると云ふ事を申して居たのであるがそう云ふ事はあの装置では逆も出来ない事は分りきつた事でありまして是は最早問題でないのであります、次に瑞典のフロデインの方法は昨年秋の英國鐵鋼協會で發表され相當の規模で半工業的に成功して居ると云ふ事でありまして其内容の詳細がまだ充分に分らないので英國の諸大家の内にも色々議論がある様で之の方法の善惡を批判するには今少し充分データを集める必要があり吾々も之を集める事を心懸けて居るのである、尙も一つエドウィンの方法があるこれは確か矢張り還元瓦斯として CO を捨てる事が主眼となつて居る様で普通の發生爐と異なり還元爐の内で燃えて CO₂ になつたものが再び循環して瓦斯發生爐に導かれ CO₂ は CO になる還元爐はロータリーになつて居り還元瓦斯には CO の外に H もある様である兎に角さういふ様な循環的の作業をしてスポンジを作り夾雜物の多い場合はマグネツトで分離する事になつて居る様であるしかし之の方法の經濟的效果も未だ充分には分らぬ、實は我々も今日の普通の熔鑛爐といふものは頗る經濟的のものであると考へて居る乃ち理想の場合を考へると骸炭爐に使ふ石炭丈であと一塊の石炭を用ひずして熔鑛爐の瓦斯及骸炭爐の瓦斯を動力にも使用し燃料にも使つて全部の製造工程を綜合的に動かす事が出来る無論之は理想であつて此理想に段々近かしむる様努力しつゝあるのでありますから之に匹敵する以上に此直接製鋼法と云ふものが、經濟的でなければ我々は採用する事は出来ないのであります、併し間接法でそう云ふ經濟的の事が今日出来て居るからと云つて直接法を全く見限つて捨て、しまふ可きものであるかどうか例を他の事に取つて見ると空中飛行と云ふ考は無論古からあつたのであるが内燃機が發達して而も輕量で強力なものが出来て實際に空を飛ぶ事が出来る様になり又ディーゼルエンジンや蓄電池の發達が潜航と云ふ事を可能ならしめた様に外部の進歩に促され他の援助を藉りて實現して來た事は中々多く現に鐵の方に致しましても昔は轡が手押とか足踏であつたものを水車に代へ次でワットの發明以來蒸氣送風機を用ゆる事になつて今日の大規模の製鐵法が成立する様になつた兎に角今日より科學の進歩の程度の低い古より考へがあつて實行に至らなかつたものも今日では段々解決して行くのが普通であり殊に今日は電氣が非常に發達して電熱の利用電氣爐の應用が盛んであるから其電源さへ易く得らるるならば冶金術は今日より一層非常の進歩をなす事と思はれますから矢張この直接製鐵法も未だ研究と努力が足りない幾度か繰返し熱心にやつて居たならば終に成功する場合もあるであらふと思ふ、決して之を見捨てしまふ可きものではないと考へるのであります。

○今泉嘉一郎君 唯今河村君の御言葉の内に、鋼管會社の供給したスポンジ鐵が何ふであつたとか…
…兎角御言葉は婉曲ですけれども、非常に愚弄された様な……事を承りました成程河村君の工場がどの位御買ひになつたか、どう云ふ條件で御買ひになつたか、其れは私も能く記憶して居りませぬ、或

は聴いても居りませぬ、併し御覽になつた品物が赤錆になつて居つたとか、鑛石の代りにやつと使はれたとか云はれましてもどう云ふ分析を御取りになつて言はれるのか、其れを承らぬと問題になりませぬ、成程スポンヂ鐵と云ふものは外面は多少赤くなつて居る事があります、併し夫れでも84—5乃至94—5%の鐵分を含んである物であります、古鐵でも市中で集めて來るものには90%以下の鐵分しか無いものが幾らも有るので有ります、又釜石の鑛石を撰鑛しても鐵分60%にするも六ヶ敷からう自分は60%位と思ふと言はれましたが

○河村驕君 釜石の選鑛の結果は十分成績を示して戴きたいと思ひます、私が申しましたのは「一般日本の鑛石は」と云ふので、釜石とは申しませぬ。

○今泉嘉一郎君 磁力選鑛でやれば釜石の鑛石の鐵分を70%にする事は困難ぢやない、鋼管會社でも各處の鐵鑛をやつて見ましたが、上岡の鑛石は幾ら分けましても餘程細かくしなければ硅酸を完全に分離しない、どう云ふ形にシリカが鐵分と結付いて居るか云ふ事も分らぬが、實に能く結付いて居る、それが丁度砂鐵とチタンとの關係の如く砂鐵は如何に磁力選鑛をいたしましても64%か65%位までしか鐵分が上げられない、其様に上岡の鐵鑛はシリカとの關係に於て能く結付いて居る、能く分かる鑛石は各地に多少は發見されましたが余り多くなかつた、兎に角鋼管會社のスポンヂ鐵製造工場は年間6萬噸の生産を目途としてやつたのですが初めに其1/3の工場を完成して使つて見た成績より考へると全部を完成すれば10萬噸は出來さうなので、さうすると鑛石は15萬噸以上も供給を受けなければならぬ、左様に多量の原料鐵鑛を急に求むる事は容易の事でないと思ひました、尤も釜石の鑛石でも充分に供給を受ける事になれば宜いが兎も角今日では多量の能く分けられる鑛石が日本ではないと云ふことが一寸悲感すべき事であります、それで此頃ジ。ホールの鑛石を其儘使つてはと云ふので、ジ。ホールから取つて見ましたが、是は原鑛として鐵分65%以上ある粉鑛でしたが、其儘使つても相當のスポンヂ鐵が出来る、私も曾てジ。ホールに行つて其鑛床を見ましたが量も相當にあるから將來是れが使える事になると面白いと思ふ、要するに我日本で製鋼事業を段々盛にして行くと云ふには、スポンヂ鐵も造らないと云ふと、古鐵供給が間に合はない事になるだらう、行詰るだらうと思ふ、今日も既にそろそろ行詰つて居る、古鐵なしに銑鐵から鋼を造らうと云ふには特別な製鋼法で行くとか、さもなければ平爐に致しましてもタルボット式でやるとか、鑛石、銑鐵法でやるとか或はベルトランド、チール法とかヘツレ法とか何か變つた方法で行なければならぬ、普通の我々今日造つて居る様な平爐法ばかりでは古鐵の供給に差問へてしまふ、其れぢや困どうも古鐵に代る物を何か拵へなければ今日の我平爐工場と云ふものは行詰るであらうと云ふ事を心配する爲に、結局スポンヂ鐵が近道であると認めて掛つた仕事であります、今日でも工場は震災で破れましたが研究は繼續して居る次第であります。

○俵國一君 甚だ何ですが、スポンヂ鐵を90%以上に上げる爲には鑛石の鐵分が65%以上無くちやならぬ、夫れから河村博士が言たれた通りに、殆ど常織的に數字等に付ては、俺は斯う思ふと云ふ様な

事でありました、實際問題に付きましては多年の経験を有せらるゝ方々がディスカッションをなすつたのでありまして感謝します、西洋でも日本でも直接製鐵法は非常に近頃研究されまして……歴史は繰返す、50年目毎に盛になつて居ります、現に鞍山もボダを以て立派なスポンジ鐵を造つて居ります、日本内地滿洲朝鮮等に付きましても實驗に依りまして相當御考への方が澤山あらうと思ふのであります、實は今日はさう云ふ譯で此問題を掲げましたのでありますから、どうか皆さんの内或は方々での實驗の結果を御出しになつて……唯今御話があります様に、是は大切な問題でありますから、進んで考究し、或は本會に於ても會長其他理事などの所にて委員を御置きになつて宜い位に思つて居るのでありますから、私講演者と致しまして、此事を御願したいと思つて居ります。

○會長(鹽田泰介君) まだどなたか御質問若しくは御批評が御座いませんか……夫れでは俵博士に御禮を申します、今日の御講演は最も趣味の有る御講演と存じます、私より批判を申迄もなく只今今泉河村兩博士から御念入りの御批判があつた様な譯で、近頃珍らしい御講演でありました、講演者俵博士に深く感謝の意を表します、皆さんと拍手して御禮を致したいと思ひます皆さんどうぞ……

(一同拍手)

○會長(鹽田泰介君) 夫れでは是で散會致します。

製鐵所使用鐵鑛石に就きて

(大正十五年十一月日本鐵鋼協會第二回講演大會講演前刷)

「要旨」 以下述ぶる事項は既に大方の諸賢により著述出版又は口演による、發表多きも本會を機會に現時製鐵所に於て使用せる主要鐵鑛石の梗概を述べんとするにあり。

使用鐵鑛石の割合と製鉄高

年 度	大 冶 磁鐵鑛	ミヨホール 赤 鐵 鑛	桃 冲 赤鐵鑛	朝 鮮 赤 褐	其 他	鉄 鐵
10	39%	13%	14%	31%	3%	355,635 吨
12	34%	22%	23%	17%	4%	435,765
14	35% * 10%	30%	23%	0.4%	1.6%	482,743

備 考 * 象鼻山鐵鑛、戸畑作業場を含まず

大 冶 鐵 山 附 象 鼻 山 鐵 山

一、位置及地形

支那湖北省大冶縣城より北西約30支里鄂城縣城所在地なる鄂城に通ずる主要道路にあり、輸出港たる石灰窑に到る40支里間には運鑛鐵道有り、石灰窑は揚子江岸にある上海より遡江 533 哩にあり、當地方は揚子江流域に特有なる平原邱崗より成り高さ數 10 乃至數 100 米にして大冶鐵山は即ち此等邱崗に存在するものなり。

二、沿 革