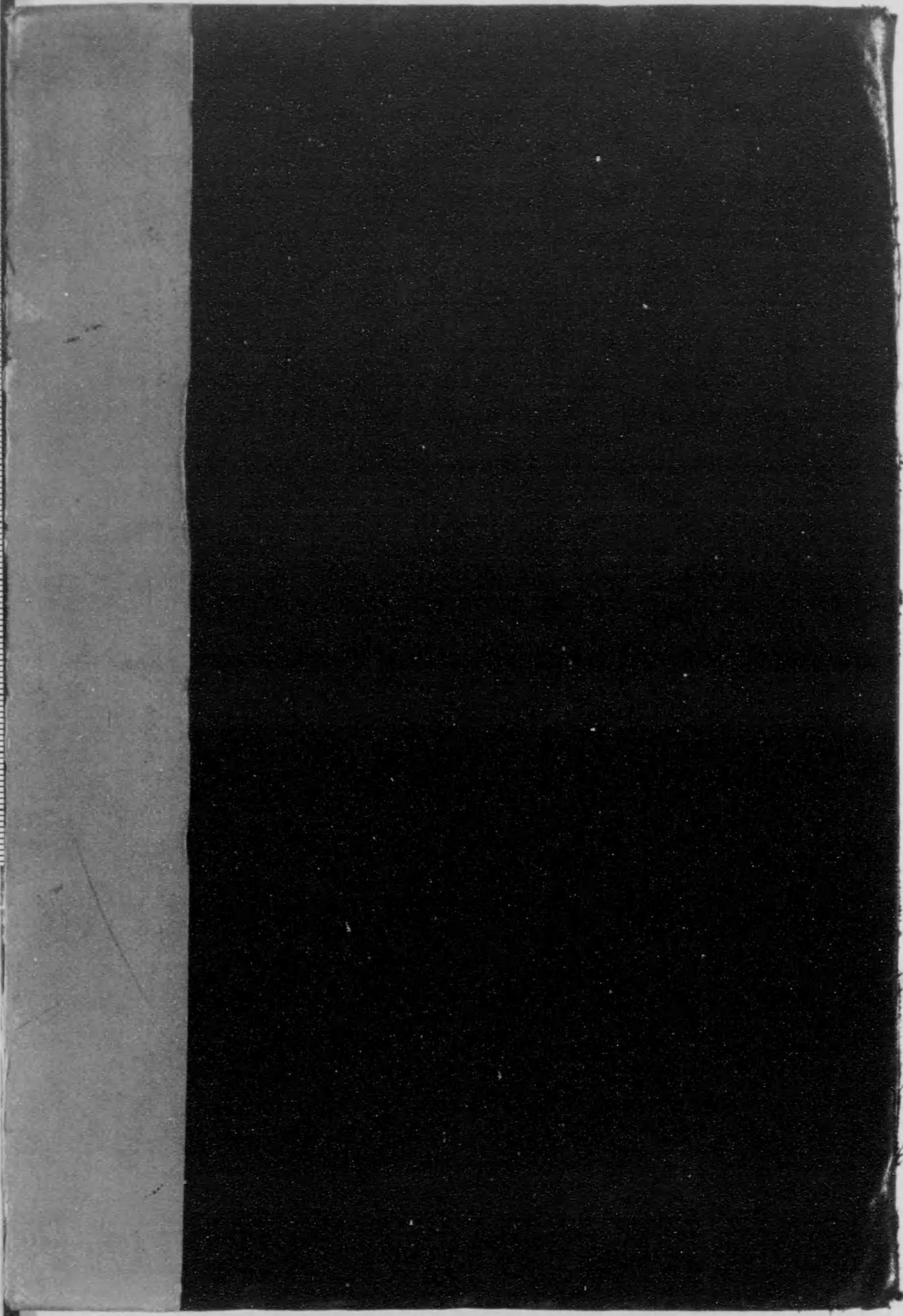
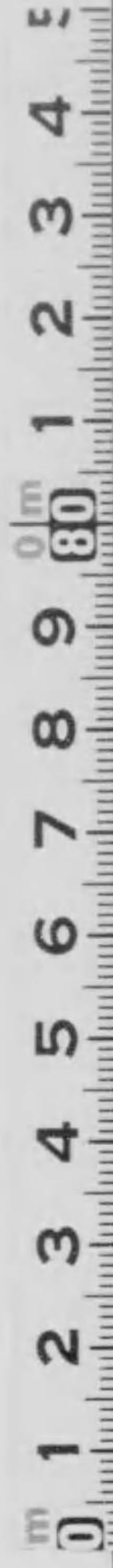




始



5014
Y39
(1)

38/18/

501.4
Y39
(1)



◻		◻
山ノ内 弘 著	金屬材料學 上	早稻田大學出版部刊行

大正
11. 7. 24
内交

序

金屬工業及機械工業の素として供用さるゝ各種金屬材料は其數擧げて數ふるに違あらずと雖も其等材料の性質並に取扱を攻究して適材を適所に應用し以て誤用其他より生ずる危険を避け優良なるものを完成し使用すべき事は一般技術家の一大要件とす、されば金屬材料の研究は日を逐ふて盛んなるは當然の趨勢なるが過ぐる歐洲大戰の影響も與つて大なる方あり、殊に我國は今日自給自足の目的の爲め國産奨勵の聲は高く響いて紙上に又口上に常に論議せらるゝを以て我が工業界は愈々多事ならんとす、予は淺學ながら常に機械工學の方面より使用材料の性質を充分に發揮せしむるには其性分と加工法によりて生ずる變化とを攻究するは勿論其根本たる製造方法を明かにして性質上に及ぼす影響を明かにすること最も重要なりと信ずるを以て特に選んで金屬材料を、各方面より研究するに勉め、早稻田大學理工學部機械工學科及電氣工學科學生の爲めに金屬材料の講義を爲すこと

既に數年なるが未だ適當の參考書あるを見ず、これ淺學をも顧みず餘暇を利用して統一的に本書を編纂せる所以なり。

本書の目的は歐米の學者、技術者並に我が先輩諸賢によりて物理的及化學的兩方面より研究せられたる一般金屬材料の製造法、性質、加工法及用途に就て叙述し工學工業に携はる諸彦を初め是等の工業に志す學生並に篤志家諸君の參考に資せんとするに在り、而して本書に叙述すべき金屬材料の種類極めて多く且つ其性質も其取扱方法によりて千態萬異なるにより多少の冗文を厭はず成るべく多くを説明するに勉むると共に機械工學の方面には比較的等閑視せらるゝ製造法に就て注意を惹起する目的を以て特に詳述するに努力せり、併し尙不備の點多く又説明の不明瞭なる點の多きは今更嗽々を要せず、幸に諸彦の一顧となり其參考となると共に御教示を賜はるを得ば本懷の至りなり。

本書は便宜上上中下三卷に別ち、上卷には金屬材料の研究に必要な一般基礎的事項並に銑鐵に就て、中卷は鍊鐵及各種鋼に就て、又下卷は鐵鋼以

外の各種金屬材料に就て叙述せるを以て此點に就て本書を繙かるゝ各位の便宜ともなるを得ば幸甚の至りなり。

本書に用ゐたる術語は成るべく一般に用ゐらるゝものゝ平易なるものを選び、又必要なる事項には原名を附記して了解に便ならしめ卷尾には索引を附し置けり、又度量衡單位は特種の場合を除きてはメートル制に據り、温度は總て攝氏に據ることにせり、併し目下メートル制採用の過渡時代に在るを以て便宜上英米單位並に華氏温度を夫々併記したる箇所もあり、尙上卷の終りには各種度量衡單位の比較表を作製添附し置けるを以て参照ありたし。

各卷の終りには又各卷の内容に相當する範圍にて著名なる書籍及雜誌類を列舉し置けり、本書の編纂には是等書籍及雜誌類の大部分を參考とせり。

終に臨み參考書籍及雜誌の執筆者に對し謹んで敬意を表す。

大正十一年五月

編 者 誌

上 卷 目 次

緒 言	1
第一編 汎論	
第一章 有用金屬材料	5
1、有用金屬	5
2、金屬の工業上に於ける價值の選定條件	5
(一) 金屬の價格	5
(二) 金屬の物理的及機械的等の諸性質	6
(三) 金屬の腐蝕	6
(四) 金屬の光澤	6
3、合金	6
第二章 金屬材料の諸性質	7
(イ) 物理的性質	7
(イ) 比 重	7
(ロ) 比 熱	7
(ハ) 融解性	8
融解論、又は原子説	8
(ニ) 熱及電氣の傳導性	11
(ホ) 磁氣感應性	11
(ヘ) 膨脹係數又は膨脹率	12
(ト) 同質異態	13

(チ) 結 晶	14
5、機械的性質	15
(リ) 強 度	15
(ヌ) 弾 性	16
(ル) 硬 度	17
硬度測定法 第一法 掻き削り方法	17
第二法 プリネル試験法	18
第三法 ショアー氏法	20
各試験法による硬度の比較及抗張力抗壓力との関係	21
(ヲ) 粘 性	28
(ワ) 鍛錬性	28
(カ) 可延性	29
6、 <u>化学的性質</u>	32
(ヨ) 金属元素と非金属元素	32
(タ) 金属の化合力	33
(ニ) 金属の化学作用	34
(イ) 化学的熔體	35
(ツ) 化学的平衡	37
第三章 冶金學	39
7、金属の存在	39
8、原鑛	40
9、冶金術の意義及其方法	40
10、酸化劑及還元劑	41

11、熱化学	42
反應熱	43
(附)熱量の單位	44
12、冶金上の化学反應	46
13、鐵冶金上主要なる元素の化学的性質一般	47
14、炭素	47
15、鐵	49
16、硅素	50
17、アルミニウム	53
18、滿俺	54
19、硫黄	55
20、磷	58
21、カルシウム	60
22、マグネシウム	61
23、アルカリ	62
24、窒素	63
25、水素	64
26、鑛滓の性質及媒熔劑	65
27、燃料	66
28、爐及耐火爐材	72

第二編 鉄鐵

第四章 緒説	77
--------	----

✓ 29、鐵及鋼	77
30、鐵の分類	79
31、製鐵製鋼術發達の概史及將來	86
第五章 銑鐵製造法	111
32、鐵鑛石	111
✓ 33、鐵鑛石の種類	112
(イ) 赤鐵鑛	112
(ロ) 褐鐵鑛	113
(ハ) 磁鐵鑛	114
(ニ) 炭酸鐵鑛又は菱鐵鑛	115
(ホ) 硅酸鹽鐵(鐵滓鑛滓等)其他	116
(ヘ) 硫化及硫砒鐵鑛	117
34、鐵鑛石の價值	121
35、鐵鑛石の特種準備法	125
(イ) 焙燒法	125
(ロ) 選鑛法	131
(ハ) 團鑛法	134
36、鎔鑛爐及附屬機	136
鎔鑛爐各部名稱	137
鎔鑛爐各部寸法割合	140
爐 壁	143
爐底部	144
羽 口	144

鑛滓孔	145
原料裝入裝置及瓦斯集捕器	145
原料捲上裝置	145
排出瓦斯洗滌法	147
送風及送風機	151
熱風爐	153
骸炭爐	156
37、鎔鑛爐の鎔解作業	158
(イ) 吹き込み	158
(ロ) 裝入物の鎔解	159
(一) 豫熱層に於ける化學反應	161
(二) 還元層に於ける化學反應	162
(三) 加炭層に於ける化學反應	163
(四) 鎔解層に於ける化學反應	164
炭 素	164
硅 素	164
硫 黃	165
滿 俺	166
磷	167
鼠銑及白銑	169
38、鎔鑛爐作業に於ける効率	169
(イ) 鑛鎔爐に於ける骸炭の發熱量	170
(ロ) 熱風の熱量	171

(ハ) 爐内にて有効に費やさるゝ熱量	171
(ニ) 熱の損失原因	173
(ホ) 例	174
(ヘ) Sir Lowthian Bell氏の推算法	177
39、各種銑鐵の製造法	178
鼠 銑	178
木炭銑	179
白 銑	179
木炭白銑	179
鏡 銑	179
滿俺銑	180
硅素銑	181
クローム銑	181
40、鎔鑛爐操業上の故障及吹留め	181
41、鎔鑛爐鑛滓竝に装入原料配合計算法	184
鑛 滓	184
装入原料配合法	189
42、鎔鑛爐鎔銑	192
銑鐵鑄場	193
機械的鑄造法	194
混銑爐	195
43、電氣還元法	196
44、銑鐵の種類及分級法	198

✓ 銑鐵の種類	198
銑鐵の分級	200
鼠、斑及白銑	200
第一號銑	204
第二號銑	205
第三號銑	205
第四號銑	205
各種銑鐵の化學成分	205
白 銑	209
斑銑及其化學成分	210
合金銑	211
鏡 鐵	211
滿俺銑	211
滿俺硅素銑	212
硅素銑	212
クローム銑	212
合金銑の化學成分	213
第六章 銑鐵の性質	213
45、銑鐵中の各元素の影響	213
✓ 性 質	213
(i) 炭 素	214
黒 鉛	215
無定形炭素	217

炭化炭素	217
可淬炭素	218
銑鐵の收縮	219
(ii) 硅 素	222
(iii) 滿 俺	225
(iv) 磷	226
(v) 硫 黃	227
(vi) アルミニウム	228
(vii) 他元素類 (チタニウム、銅、砒素、鉛、錫、其他)	228
46、鑄鐵の諸性質	229
(i) 蜜 度	229
(ii) 融解性	231
(iii) 流動性	233
(iv) 鑄造溫度	233
(v) 收縮度	233
收縮度の試験法	235
(vi) 收縮による諸現象	237
(イ) 鑄物中に應力の成立	237
(ロ) 鑄物中に收縮孔又は管の成立	237
(ハ) 化學成分の關係及其影響を除去する一般的方法	238
(vii) 分 凝	239
(viii) 銑鐵の結晶	240

(ix) 銑鐵の瓦斯及其影響	241
(x) 硬度及冷硬鑄物	242
(xi) 強度、及韌性	243
強 度	243
韌性試験法	246
鑄鐵の強さに關係する化學成分	247
實地上の作業例	247
工作機械製造業者の鑄造法	249
例(I) 特種工作機械製作工場	249
例(II) 精密機械製作工場	251
例(III) 大型旋盤製作工場	251
(xii) 韌 性	252
(xiii) 耐熱性	254
(附) 鼠銑鑄物の生成	255
(xiv) 電氣的性質	258
電氣傳導率	258
透磁率	258
ヒステリシス	260
(xv) 銑鐵の酸化及腐蝕	260
(xvi) 摩擦係數	262
(xvii) 可鑄性	262
ポーター教授の區別したる鑄鐵の主要物理的性質	265

47、特種鑄鐵	266
(イ) セミステール	267
(ロ) ヲナヂウム合金鑄鐵	268
(附)硬質鑄鐵	269
(ハ) 其他の合金鑄鐵	271
第七章 鑄鐵の試験	272
48、鑄鐵の強さの規格	272
試験目的	272
破壊試験	274
屈曲試験	274
屈曲試験片の形状寸法及強さの規格	275
引張試験	278
屈曲試験と引張試験との比較	279
エフ、エ、ネーブル氏の試験成績	280
落重試験	282
穿孔、剪断及振り試験	283
衝撃試験	283
硬度試験	283
研究室有利論	284
49、鼠銑鑄物に對する標準仕様書	285
50、鑄鐵の顯微鏡試験	288
第八章 鑄造作業	299
51、模型製作	299

材料—木型—金屬型—込め型—分離型—挽き型— 搔き型—中子—鑄型と木型との關係重さ—木工機械	
52、鑄型製作	302
鑄物砂—生型—乾型—挽き型—中子—金屬型—日本 型—土間型—鑄型製作上最も注意すべき事項—湯口 —鑄物の形状— 冷硬鑄物—可鍛鑄物—鑄型製作上機械力の應用—製 砂機械—鑄型製作機械—中子製作機械	
53、鑄造	311
爐—キウボラ—キウボラの種類—キウボラ鎔解作業 鑄湯上の注意事項	
第九章 可鍛鑄鐵	328
54、可鍛鑄鐵の一般	328
55、可鍛鑄鐵の製造法	329
黒心鑄物—白心鑄物—黒色鑄物	
56、可鍛鑄鐵用地金	332
57、可鍛鑄鐵鑄造作業	339
鎔解作業—鎔解爐の比較—鑄型製作	
58、なまし作業	347
なまし爐—なまし溫度及時間	
59、可鍛鑄鐵の性質及特長	357
60、可鍛鑄鐵規格其他	362
(一) 戸畑鑄物會社検査要項	362

- (二) 米國、J.I. Case會社仕様書……………364
 (三) 海軍技術本部規格……………364
 (四) 鐵道省規格……………365

附 錄 諸 表

I、度量衡比較表(日、英、佛)

- (一) 尺度比較表……………367
 (二) 面積比較表……………368
 (三) 容量比較表……………369
 (四) 斗量比較表……………370
 (五) 重量比較表……………371
 (六) 單位長さ上の重量比較表……………372
 (七) 單位面積上の重量及壓力比較表……………372
 (八) 單位容積に付ての重量比較表……………373
 (九) 單位重量に付ての容積比較表……………373
 (十) 仕事及モーメント比較表……………373
 (十一) 工率の單位比較表……………373
 (十二) 單價比較表……………373
 (十三) 熱比較表……………374

II 製鐵製鋼作業に於ける溫度……………374

參考書籍及雜誌類

索引

金屬材料學

(上 卷)

緒 言

本科は天然に産出する原料を精鍊して必要なる金屬材料となす方法及装置、並に其材質及用途に就て研究するものなり。

抑も製造法は其材料の化學的成分を變して目的の材質のものを製出するか、又は其外形を變して目的の形狀となすかにあり、故に製造作業を大別すれば化學的と機械的との二つとなる、而して製造作業の多くは一部化學的にして一部機械的なり、例へば鐵鑛石を鎔融して鐵を製する如きは化學的作業にして鐵材の壓延、鍛冶、鑄造、仕上等は機械的作業といふべし。

此機械的製造作業は金屬、木材或は纖維質材等の諸材料を以て目的物を造るものにして常に外形を變化せしむるを目的とし其材質には化學的變化を與へず又作業には必ず機械力又は人力を要し従て其目的に應して工學に關する相當の智識を必要とす、併し其工學の原理は多くの場合に共通のものと云ふべし、故に一般に製造作業は次の二者中孰れかに據りて説明することを得、即ち

- (一) 天然産原料より目的物を造る方法
 (二) 特別の場合を除き一般的機械的作用及方法等に關する一般
 的原理、

扱て廣き工業界に於て大に肝要とするは前記二項に關する智識にして殊に其作業方法を科學的に分類して其原理を一般に活用し得べき應用力を養成すべき事たるは言を俟たず。

又各種機械及構成物の各部分は夫々其目的に適應したる性質を有する諸材料を利用して造らる、例へば粘性の大なる金屬材料は常溫の儘型に押壓して成形し、又鍛鍊性あるものは鎚打等によつて目的物を鍛造す、是れ鍛冶工場に於ける作業なり、又或る材料は高熱の下に鎔解して流動性大となり鑄型に鑄造して鑄物となす、是れ鑄造工場に於ける作業なり、或は又剪斷機、鋸、鑿、錐、旋盤及平削機の刃物等によりて材料の切削を行ふ、是れ仕上工場に於ける作業なり、而して各工場に於ける作業は先づ素材より始めて鑄造、鍛造、壓延等の作業となり、次に仕上工場に於ける切削作業となりて目的のものは造らる。

故に製造作業方法は四部に大別することを得、即ち

- (一) 各種性質の金屬材料の製造作業、
- (二) 可鑄性を利用しての鑄造作業、
- (三) 鍛鍊性及可延性を利用しての壓延、及鍛冶作業、
- (四) 鑄造品、鍛冶物等の機械仕上作業、

而して本書は金屬材料に就て第一、二、及三項に相當する範圍換言すれば一般工業界に必要な金屬と其合金とに付て製造法、性質、加工法、並に其製品に就て説明するを目的とす、

今日一般に識られたる金屬材料の中最も必要なるは鐵にして其工業上の需要著しき事は既に知る處なり、故に本書は次の如く大別し

て各項の大略を説述せんとす、

- (イ) 銑鐵、鍊鐵、及鋼鐵の製造法、性質、加工法、並に其製品に就て、
- (ロ) 鐵以外の諸金屬の製造、性質、並に製品に就て、
- (ハ) 鐵以外の諸金屬より造り得べき合金の製造、性質、加工法、並に其製品に就て、

蓋し米國博物學者フオグト教授が地球上及地殻が藏する諸元素の量に關して調査せし處に據れば

酸 素	50%	ポタシウム	2 $\frac{1}{4}$ %	硫 黄	$\frac{1}{10}$ %
硅 素	26	水 素	1	バリウム	$\frac{1}{33}$
アルミニウム	7 $\frac{1}{2}$	チタニウム	$\frac{1}{4}$	弗 素	$\frac{1}{33}$
鐵	44	炭 素	$\frac{1}{4}$	窒 素	$\frac{1}{30}$
カルシウム	3 $\frac{1}{2}$	クロリン	$\frac{1}{8}$	クロミウム	$\frac{1}{100}$
ソヂウム	2 $\frac{1}{2}$	磷	$\frac{1}{32}$	ニッケル	$\frac{1}{200}$
マグネシウム	2 $\frac{1}{4}$	滿 俺	$\frac{1}{14}$		

にして其他の元素の存在量極めて僅少の割合なりと、斯くの如くアルミニウムは金屬中最も多量に存在し其分布も廣きにも拘らず輒近まで其製造費高價なる爲め重視せられず、漸く其製造費低廉となり其用途は日を追ふて擴大せらる、故に將來アルミニウムの精練一層容易となり其性質、加工法等の研究も進まば現在に於ける鐵の如く重要視せられて遂にはアルミニウム時代の到來することゝならん、鐵はアルミニウムに次ぎて多量に存在し精練容易にして値廉に、併も強さに於て最も優れるものなる故吾人の生存上缺くべからざるも

の、今日は實に鐵萬能の時代なり、而して鐵に關する研究は日に進みて益々其眞價を發揮し止まる處を知らざる有様なり。又鐵以外の各種合金の性質及製造法の研究も進みて其數の増加著しきを見る、併し此合金に關しては尙研究すべきもの多くありて盡くる所あるを知らずと云ふ有様なり、故に鐵鋼材料に就ては特に精細に記述せん。

第一編 汎 論

第一章 有用金屬材料

1. 有用金屬 數多の金屬元素中地球上に存在すること比較的多く、且つ工業上の應用廣くして吾人の生存に直接關係を有する金屬を有用金屬 (useful metal) とす、今有用金屬を必要の度に應じて類別すれば大略次の如し、

(イ) 最も必要なる金屬、

鐵、銅、亞鉛、錫、鉛、ニッケル、アルミニウム。

(ロ) 稍々必要なる金屬、

銀、金、白金、蒼鉛、アンチモニー、カドミウム、水銀。

(ハ) 其應用尠く且つ殆ど常に合金として用ゐらるゝ金屬。

マグネシウム、コバルト、バナヂウム、タングステン、モリブデン、パラヂウム、ロヂウム、イリヂウム、クローム、滿俺、

而して白金以上の十種を十種の有用金屬と稱して最も重視せらる。

2. 金屬の工業上に於ける價値の撰定條件 金屬の工業上に於ける價値を定むるには次の各項を標準とす、

(一) 金屬の價格 産出量多く且つ精鍊容易にして其の價格の低廉ならざれば工業上廣く利用する事困難なり、例へばニッケルの如きは其性質鋼に優り、軌條材料等として最も適當なるも高價なる爲めに實際の使用は狭き範圍に限定され居るが如し。

(二) 金屬の物理的及機械的等の諸性質 工業上金屬を使用するに當り吾人の最も注意すべき性質にして其強度、硬度、比重、比熱、膨脹、可延性、鍛錬性、融解性、熔融點、色澤、電氣及熱の傳導性等なり、例へば建築材料として適當の強度、彈性、硬度等を有する事必要なり、然るに亞鉛、鉛の如きは或る方面よりは建築材料として有用なれども前記の物理的性質を有せざる爲めに主要なる建築材料となすこと能はざるが如し、又目的の形を與ふる爲めに鍛冶し易き事、或は鑄造し易き等の性質は工業上必要なる條件なり。

(三) 金屬の腐蝕 腐蝕し易き金屬は工業用材料となす事能はず、故に今日鐵材の防錆塗料問題は重大なる研究事項なり。

(四) 金屬の色澤 裝飾品の如き特種の目的物に對しては特に其色澤の良きものを撰ぶ必要あり。

3、合金 單體の金屬にして前記の條件を満足に具備するものは稀にして殆ど悉無と云ふべし、従て二種以上の金屬と金屬又は金屬と非金屬を配合して其長短を相補ふ、是れ合金術なり、例へば純鐵は柔軟に過ぎて使用途少きを以て是に炭素を加へて各種の鐵類となす如き、又銅に廉價なる亞鉛を加へて眞鍮を造るが如きは皆純鐵並に純銅よりも其強度、粘性、彈性、硬度等大なるのみならず熔融點低くして鑄造し易き等の便利あり、是は合金が前述の條件を満足せしむるに有利なる一例なるが併し一方には鍛錬性、可延性を害する等の不利あるを以て夫々其目的及用途に適應すべき性質となる様原料を配合すべきなり、是等の點を研究するは即ち金屬材料學の主旨なり。

第二章 金屬材料の諸性質

4、物理的性質 一般に金屬材料の諸性質は物理的、機械的、及化學的の三部に分つことを得。而して物理的性質には比重、比熱、融解性、熱及電氣の傳導性、磁氣感應性等を抱括す。

(イ) 比重 或る物質の單位容積の重さと溫度 4°C に於ける同容積の水の重さとの比を其物質の比重と云ふ、而して 4°C の水一立方寸の質量を一瓦と定めたるを以てC.G.S.單位にては水の密度は一なり、故に或物質の比重はC.G.S.單位にて表はされたる密度と其數値を等しうす。

(ロ) 比熱 或る物質一瓦の溫度を 1°C だけ昇すに要する熱量をカロリーにて表はせる數を其物質の比熱と云ふ。

液體の比熱		氣體の比熱		
		定積	定壓	
水	100	水素	2.411	3.409
アルコール	6.58	メタン	0.47	0.59
エーテル	0.54	水蒸氣	0.37	0.48
ベンジン	0.40	窒素	0.173	0.244
硫黄	0.33	空氣	0.168	0.237
水銀	0.033	酸素	0.155	0.217

比熱の測定法は次の如し。

某體	水
質量	質量
m	m'

初めの温度	t	t'
混合物の温度	T	T'
比熱	C	C'

とせば、某體の失へる熱量は水の得たる熱量に相等し。

$$\text{即ち } Cm(t-T) = m'(T-t')$$

$$\therefore C = \frac{m'(T-t')}{m(t-T)}$$

若し水の代りに比熱 C' なる液體を用ひたりとせば

$$Cm(t-T) = C'm'(T-t')$$

$$\therefore C = \frac{C'm'(T-t')}{m(t-T)}$$

(ハ)融解性 固體を充分熱する時は化學變化を起さざる限りは物質にまりて一定せる或る温度に至りて液體となる性質をいふ、此現象を融解といひ、融解するときの温度を熔融點といふ、物體の融解中は温度一定に止まるものにして是は融解の潛熱を要する爲めなり、即ち熱の吸収を供ふ、此液體が冷却して或る温度に達する時は固體となる、此現象は凝固にして其温度を凝固點を稱し同一物體にありては熔融點と相等し、凝固と融解とは全く逆の現象にして凝固の際は融解潛熱と同量の熱を發生す。

而して固體が液體となる現象を物理學上説明せるものが融解論(Theory of fusion)又は原子説(Atomic theory)なり、茲に聊か説述し置かん。

現今の學說によれば固體は凡て結晶體或は結晶質にして非結晶質の物質は假令ひ固體の如く硬きも固體と見做さずして粘性の極めて大なる液體と考ふ、されば固體の原子は悉く其結晶形に相當する空間

格子(Space-lattice)に沿ふて配列せられ整然たる秩序を有す、然るに液體の如き非結晶質の物質に於ては分子相互の位置は雜然として絶へず變化しつゝあり、而して原子の電磁氣的構成上及固體の比熱に關する學說よりして結晶體內に於ける原子の配列及運動に就て次の如く結論して居る、即ち結晶體內に於ける原子は結晶形に相當する空間格子に沿ふて配列せられ、皆一定の共通の向きに向ふ、又各原子は三自由度を以て單振動をなし、且つ一定の向きの周りに小なる廻轉振動をなす、但し此振動は單振動に附屬的のものにして單振動と同週期のものと考ふべきなり、此廻轉振動は常溫以下に於ては甚だ小なりと雖も高速度に於て急速に増大するものと考へらる、而して固體の融解に就てリンデマン氏は次の如く説明して居る、固體の各原子は空間格子に沿ふて配列せられ其平均の位置の周りに熱的振動をなす、若し温度上昇すればそれに從て原子の振動が益々増大し、遂に各原子が隣の原子と衝突するに至れば融解を生ずるものなり、故に理論的に原子の振動數 V と其熔融點 T_m との間には次の關係成立す $V = 2.12 \times 10^{12} \times \sqrt{\frac{T_m}{w v^2}}$ 式中 w は原子量、 v は原子容、にして係數は實驗値なり、此結果は略ぼ多くの實驗に適合するが如しと雖も、原子と原子とが衝突して始めて相互の強大なる作用を生ずと云ふが如きは上記の如き現今の原子構造説より見る時は適切なる考ならずとの理由の下に本多光太郎博士は次の如く説明し居らる、

原子の單振動をなすと共に同時に一定の向きの周りに爲す小なる附帶的廻轉は温度の昇るに從て次第に増加し、物體の温度が熔融點に

近づけば廻轉振動の振幅は著しく増加し遂に振動が變して連續的廻轉運動となる、然る時は原子の整然たる配列が破れて混亂的狀態となり、廻轉は併進運動より獨立し、此の如く原子間の束縛より自由となりたる原子は二つ或は三つの廻轉自由度を増す、故に各分廻轉の角速度は次第に増し遂に分廻轉のエネルギーが鎔解點に於ける一自由度のエネルギー即ち $\frac{1}{2}kT$ に等しきに至つて定常狀態に達す、若し各原子が上記の變化を受くる時は固體が融解して液體となれるなり、但し是れと同時に各原子間の距離は一般に多少増大して體積の増加あり、而して今若し金屬の一瓦分子中に N 箇の原子あるものとすれば融解の間に原子の得たる總廻轉エネルギーは

$$\frac{1}{2}nNkT = \frac{1}{2}nNE_T$$

式中 n は廻轉自由度にして 2 或は 3 の値を有す、

E_T はプランクのエネルギー分布説による一自由度に就てのエネルギーにして $\frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$ に等し、

$$e^{h\nu/kT} - 1$$

而して h はプランクの萬有定數

ν は原子の振動數

k は一原子に對する氣體定數

T は絶對溫度

(以上、本多光太郎博士講演、鐵及鋼の研究第二卷參照)

(註) 原子説又は分子説(molecular theory)とは上述の如く物質の組織に關する現象を最も簡単に説明する所の一の假説にして假説は決して事實にあらず、唯事實を説明する爲めに設けたる假定なり、尙原子或は分子の性質なるものは種々の自然現象に恰度適合する様に選びたるものなることは既に讀者の既知の事ならん。

多くの金屬元素及合金の融解性は固體より直ちに液體となれども白鉄及白金の如く融解し始むる前に暫く中間の狀態即ち糊狀を呈するものあり、又殆ど總ての金屬は融解するに當りて膨脹し凝固には收縮するものなるが例外としてアンチモニー及蒼鉛は凝固の際膨脹す、此性質は多少其等金屬の合金にも與ふるものにして鑄造に適す、此處に注意すべきは此融解性と流動性とは全く異なる性質なるを以て混用するべからず、種々の金屬及合金は其融解狀態に於て異なる流動性を有し其流動性は鑄造作業に大なる關係を有す。

(二)熱及電氣の傳導性 一般に金屬は熱及電氣の傳導性大なるものにして此點に就て非金屬と差別することを得、電氣傳導性は金屬中の不純物により甚だしく害せられ又温度の上昇と共に減少するものなり、故に金屬の是等傳導性は純粹なるものを常溫に於て測定するを要す、銀は熱及電氣の最良傳導體なるを以て普通是を標準とし銀と各金屬の傳導力の比を比傳導力(relative conducting power)と呼ぶ。

(*)磁氣感應性 磁石の一極に近く鐵、鋼、ニッケル、コバルト、クロム、又は滿俺の一片を持來す時は金屬は磁石に吸引せらる、其は是等の金屬片が感應によつて磁石となり其相對する端に異名の極を、遠き端に同名の極を生ずる爲めにして此等の磁性體を常磁性體といふ、是に反して蒼鉛、燐、アンチモニー、亞鉛、鉛、銀、及銅は磁石に近き端に同名の極、遠き端に異名の極を生じて磁石に反撥せらる、是等を反磁性體(diamagnetic metals)といふ、軟鍊鐵は常磁性體中最も強く、ニッケルの磁氣感應作用を受くる事は銑鐵及

鋼に比して甚だ弱く他の金属は更に弱し、而して軟鉄は是を磁石に近づく時は感應によりて容易に磁氣を帯ぶと雖も、是を磁石より遠ざくるときは直に磁氣を失ふ、然るに鋼及或る程度まで鑄鐵は其感應作用を受くることは少なけれども一旦磁氣を帯ぶ時は是を磁石より遠ざくるも容易に磁氣を失はず。

(へ)膨脹係數 物體は熱せられて温度の上昇する時は體積を増すを常とす、此現象を熱膨脹と云ふ、其體積の増加を全膨脹と云ひ、單位體積毎の膨脹を膨脹の割合と云ふ、而して物體の膨脹の状態をしらんには其膨脹係數を測るを要す、膨脹係數とは或る物質が温度一度の上昇の爲めに生ずる體積の膨脹の割合を其物質の膨脹係數又は膨脹率と云ふ、固體にありては長さの膨脹を知るを便とす、長さの膨脹を線膨脹(Linear expansion)と云ひ、是に對して體積の膨脹を體膨脹(Cubical expansion)と云ふ。

金属材料の線膨脹係數(0~100°Cの平均値)

亞鉛	0.0000288	銅	0.0000171
鉛	0.0000284	金	0.0000153
アルミニウム	0.0000222	ニッケル	0.0000126
錫	0.0000207	鍊鐵	0.0000117
銀	0.0000198	鑄鐵	0.0000108
眞鍮	0.0000189	鋼	0.0000108
洋銀	0.000018	白金	0.0000089
		硝子	0.0000088
		等	

斯の如き線膨脹係數は極めて小なれども其膨脹せんとする力は甚だ大にして是を阻むこと容易ならず、例へば脆き物體を一部急速に熱するときは其部分のみ膨脹するにより物體は容易に破砕する如し、又固體の膨脹係數は小なる故固體の體膨脹係數は線膨脹係數の三倍に等しと見るを得、されば固體にありては線膨脹係數を知るを以て足れりとす。

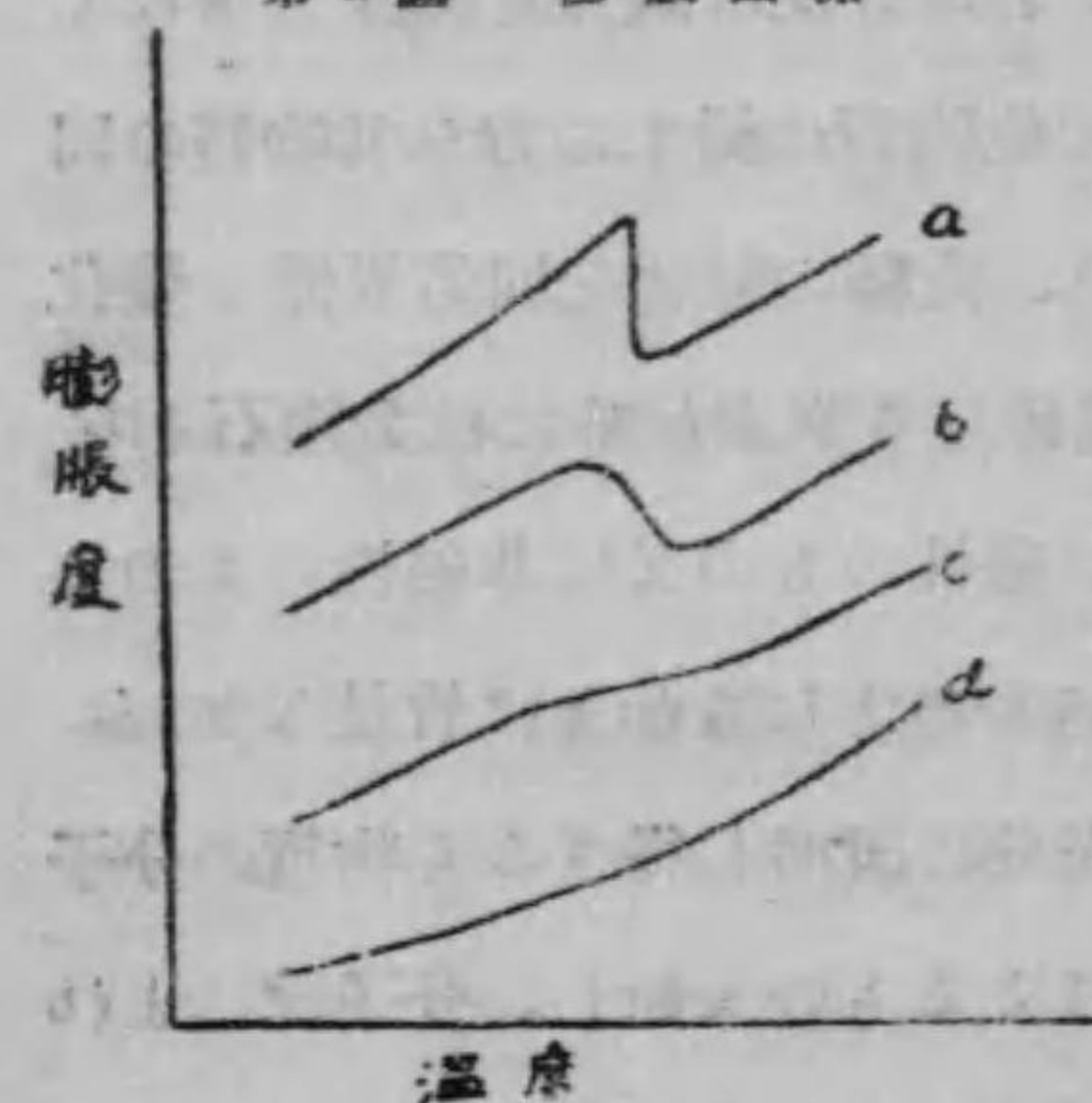
(ト)同質異態 單一なる物質を取りて其温度を次第に昇すときは或温度の前後に於て諸種の物理的或は機械的性質に非連続的變化を生ずる事あり、斯く單一なる物質が其成分又は純度を變ずる事なく其物質の内部に特殊の變化を生じて他物質に變ずる力を其物質の同質異態又は同素體(allotropy)と云ひ、此種の變化を同質異體の變化(allotropic change)と云ふ、例へば純粹なる炭素が時には金剛石となり、或は黒鉛、又は木炭となり、鐵が磁性のもの又は非磁性のものとなり、尙硫黃が脆きもの又は萎性のものとなる如きは皆是なり。

同質異態の真相に就ては現今猶十分に説明し得ざるも物質の分子内部に於ける原子の異なる關係によるものゝ如し、分子説によれば變態の生ずる或る温度以下に於いては分子或は原子の一配列が安定なるも、温度是より昇りて其運動のエネルギーが一定の値を超過するときは分子或は原子は最早其配列によりて釣合にある事能はずして安定なる他の配列を取るなり、即ち物質中の一分子内部に於ける原子が他分子中の原子と結合して性の異なる分子を作るか或は一分子中の原子の數に相違を來たす場合もある、従て電氣抵抗、磁氣の強さ、熱膨脹、弾性等凡て變化すべく、又熱容量を異にせるが故

に熱の吸収或は発生もあるべきなり。

元來此變態は一定の溫度に於て起るべきも實際は或る溫度の範圍内にて起るを常とす、其は一般に變態が或る速度を以て進行するが故に速度小なる物質は變化を結了せしむるに相當の長き時間を要する爲めなり、されば此變化を試験するには加熱又は冷却を徐々に行ひて變化に充分の時を與へ其間一定の溫度にて進行して其溫度の區域比較的小なるときは是を一種の相の變化即ち同質異態の變化と判定して可なり。

第1圖 膨脹曲線



第一圖は長さの變化と溫度の曲線にして其中 (a) 曲線は長さの異常變化大にして其溫度の區域比較的小なるを示す、是は同質異態の變化と見做し得べきも (b) 曲線は何等の變態を有せざる物質の膨脹曲線なり。

(チ) 結晶 物質は單體にても又は化合物にても多くは整一なる状態に其自身を配列する傾向あり此状態を結晶 (crystallization) と稱し實に自然界に於ける大なる力なり、同一物質の結晶形は多くは同一又は極めて相似なるも他物質の結晶形とは異なる、各結晶體は更に小なる結晶體より成り其小なる結晶體は更に小なるものより成る、斯く整一なる結晶形を生ずる事は明礬を以て容易に實驗する事を得、今若し明礬の一結晶を碎きて其大部分を明礬飽和溶液中に浸す

時は次第に碎かれたる部分に明礬の結晶を生じて遂に破壊せざる以前の形となる、此時明礬溶液中に不純物を含有するとも結晶するのは總て純明礬にして不純物は總て溶液中に残留す。

現今の學說によれば (前記融解の項参照) 固體は總て結晶體或は結晶質にして非結晶質の物質は假令固體の如く硬きも固體と見做さずして粘性の極て大なる液體と考ふるなり、されば固體の原子は悉く其結晶形に相當する空間格子に沿ふて配列せられ、整然たる秩序を有す、而して物質が其種類によりて數多の異なる結晶を作るは結晶體内に於ける成分原子の配列各々異なるによる、斯く原子が種々の配列をなして鈎合ふ事を得るは各原子より出づる力線が各方向に一樣ならずして方向によりて疎密の度を異にするによる。

5. 機械的性質 機械的性質とは強度、彈性、硬度、粘性、鍛錬性及可延性の諸性質を總稱す。

(リ) 強度 引張りの外力を受けたる物體が切斷に耐ゆる性質を強度 (tenacity) と呼び、其切斷に要したる最大の強さを結局の引張り強さといひ、普通物體の横斷面一平方吋又は一平方吋に對して耐を以て示し (英米にては一平方吋に對し耐度又は噸を以て示す) 材料試験機により引張り試験を行はば容易に知ることを得、此單位面積上の強さを内力と云ひ若し内力が其動く面に直角ならざるときは是を其面に直角の方向及切線の方向に分解して考ふるを便とす、直角分力を縦内力 (Longitudinal stress) と云ひ、切線分力を横内力 (tangential stress) と云ふ。

金属材料の強度は不純物の含有量、鍛造、及壓延の如き機械的所

理竝に温度によりて大に變化す、而して材料の強度に就ては引張り内力のみならず又壓縮又はつぶし、剪斷、屈曲、及振りに對する抵抗力をも考ふる必要あり。

(ヌ) 彈性 物體に外力を加ふれば其力の大小に係らず其物體は必ず形狀に變化を起す、是を變形又は歪みと云ふ、而して實驗の結果夫々の材料には何れも加ふべき力の大きさに一定の限度あり其限度以内の力を加ふる時は力を去ると共に原形に復するものなり、此性質を物體の彈性(Elasticity)と云ふ、其限度を彈性界限(limit of elasticity)といふ、若し此彈性界限以上の力を加ふる時は外力を去るも原形に復さず所謂永久變形(Permanent set)を起す、夫故に構成物各部の材料には此彈性界限以内の内力を生ずる様になすを要し、彈性界限以内に於ける變形の量は外力に正比例す、即ち歪みと内力とは正比例するを以て歪みと内力との比は材料の種類により一定數なり是を彈性係數(modulus of elasticity)と云ふ、例へば切斷面積A平方耗、長さL耗の鋼材が外力W 耗の引張りを受けてe耗延びたりとせば、其引張り内力は $\frac{W}{A}$ 耗平方耗、歪みは $\frac{e}{L}$ 従て彈性係數Eは $\frac{\text{内力}}{\text{歪み}} = \frac{W}{A} \div \frac{e}{L} = \frac{W \times L}{A \times e}$ 耗平方耗なり。

今外力を取り去るも原形に復さる物體は粘性又は萎性ある物體と云ふ、故に萎性(Plasticity)とは此意味に於て彈性なきものと云ふべし、萎性の最も大なるは含水粘土にして又總ての金屬は多少此萎性を有す。

又彈性界限を超へたる後破壊し易き性質を脆さ(Brittleness)とい

ふ、故に極めて脆き物體とは其彈性界限が結局の強さに極めて接近したるものにして永久變形なく又萎性のなきものなり。

(ル) 硬度 物體の表面に壓迫して突入せんとする外力に抵抗する力なり(アンクイン氏の定義)、故に硬度(Hardness)大なれば摩擦に耐ゆること大なり、而して從來硬き鋼は一方脆きもの、如く考へられしも今日に於ては硬くして尙粘韌のものを製造し得るに至れるを見れば是等性質を充分區別するを要す、

硬度は實際の目的に對して極めて重要な性質なり、是を測定するに現在三方法あり尙其外鑽孔法あれども測定に困難なるを以て餘り用ゐられず、

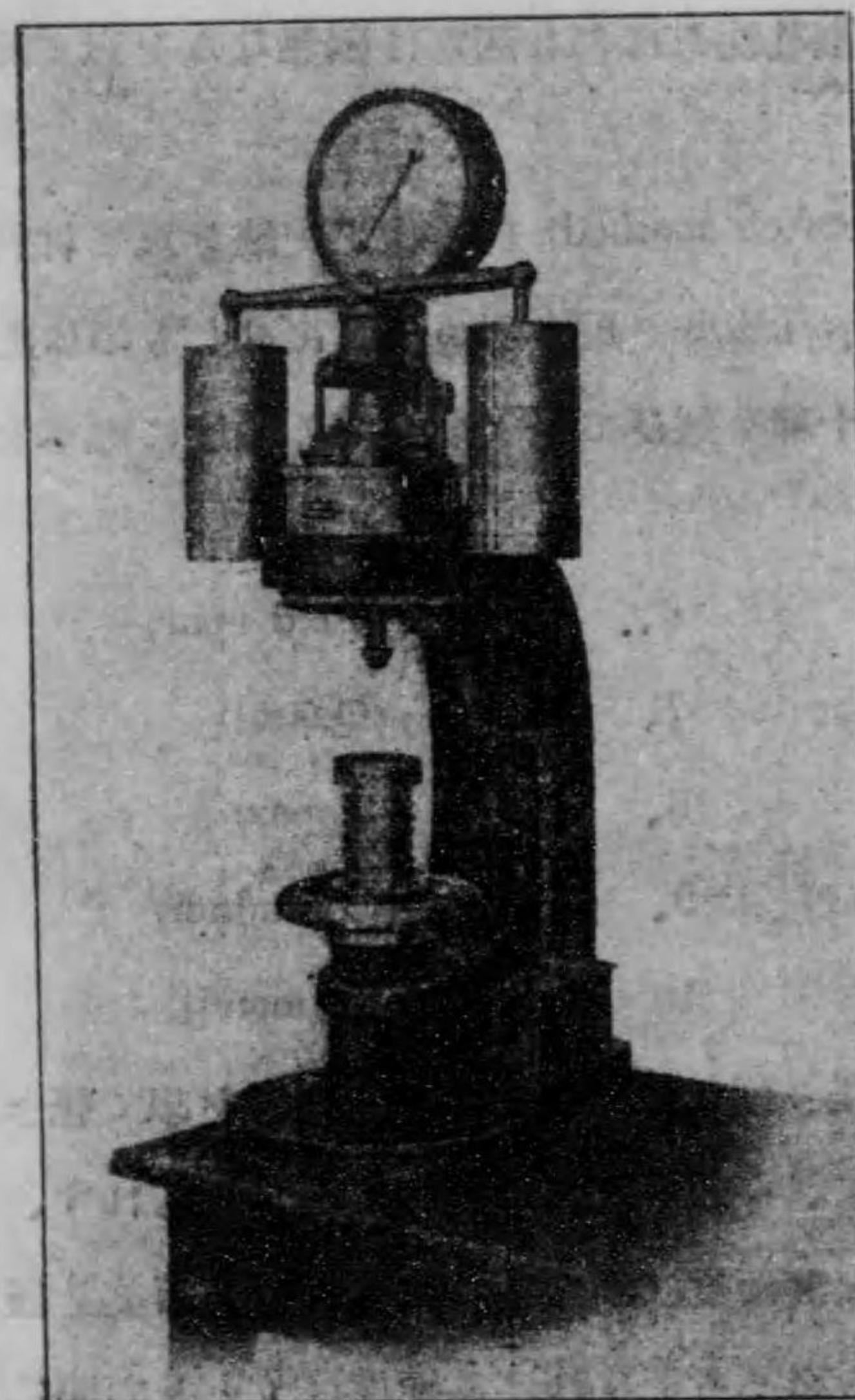
第一法 掻き削り方法(Scratch method) 普通職工が鑢を以て材料を削り其硬度を測る、モース(Mohs)氏の創めて考出せしものにして同氏は普く知らる、鑢石十種を選びて掻き削り得る順序に標準を附したり、則ち

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1、滑石 (Talc) | 6、長石 (Feld spar) |
| 2、石膏 (Gypsum) | 7、石英 (Quartz) |
| 3、方解石 (Calcit) | 8、黄玉 (Topaz) |
| 4、螢石 (Fluor spar) | 9、鋼玉 (Corundum) |
| 5、磷灰石 (Apatite) | 10 金剛石 (Diamond) |

金剛石は他の總ての物體を掻き削り得るも決して他物體を以て掻き削られず、其の硬度を10とす、今或物體が黄玉にて掻き削られず、又黄玉を掻き削り得ざる時は其硬度は8なり、又他物體が石英を掻き削り得るも黄玉を掻き削る事不可能なれば其硬度は7と8の間に

ありと云ふなり、又パーミンガムのターナー教授 (Prof. Turner) は此掻き削り法を利用して硬度測定器を考案しスケロメーター (Sclerometer) と稱したり、此測定器は平衡腕の一端に金剛石を附し試験片の研磨せし面を掻き削る、硬度数は顕微鏡にて測定したる標準の幅の掻き痕を試験片の表面に附するに要する金剛石上加へたる重さ (瓦にて表はしたる) を取る、併し此方法は寧ろ精巧に過ぎ熟練を要するを以て工場にて日常用ふるには不適當なり。

第2圖 ブリネル硬度試験器



第二法 ブリネル試験法
 瑞典の技師ブリネル氏 (Brinell) が1900年に此方法を發表し、爾來廣く使用せらるゝに至れり、第2圖に此ブリネル硬度試験器を示す、直徑10耗の焼入したる鋼球を3000斤 (柔かき金屬には500斤) の常壓力を以て試験材の平滑なる表面に壓迫すること15秒間 (柔かき金屬にありては30秒間) の後生じたる孔の直徑及深さを顕微鏡測器を以て測定す、此顕微鏡測器は $\frac{1}{20}$ 耗まで測ることを得、而して硬度は

數字を以て示し次の公式より算出す。

$$\text{硬度數} = \frac{\text{全荷重}}{\text{生じたる孔の面積}} = H \quad \text{即ち硬度數は單位表面積に於ける壓力なり。}$$

今 P は全荷重 (斤) 即ち3000斤又は500斤

D は鋼球の直徑 (耗)

d は生じたる孔の直徑 (耗)

h は生じたる孔の深さ (耗)

$$\text{とせば、孔上の壓力} = H \frac{\pi}{4} d^2 = \pi H (Dh - h^2)$$

$$\text{故に } d = 2\sqrt{hD - h^2} \quad \text{又は } h = \frac{1}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

$$\text{生じたる孔の表面積} = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad \text{又は } \pi Dh$$

$$\text{故に硬度數 } = H = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \text{又は } \frac{P}{\pi Dh}$$

而して d と H 及 h と H との略表を次に掲ぐ、

第1表

d	H	d	H	h	H	h	H
2.00	945	6.40	82.5	1.00	95.5	3.00	31.8
2.40	654	6.80	71.6	1.10	86.8	3.20	29.8
2.80	477	7.20	62.4	1.20	79.6	3.40	28.1
3.20	363	7.60	54.6	1.40	68.2	3.60	26.5
3.60	285	8.00	47.8	1.60	59.7	3.80	25.1
4.00	229	8.40	41.7	1.80	53.0	4.00	23.9
4.40	187	8.80	36.4	2.00	48.0	4.50	21.2
4.80	156	9.20	31.4	2.20	43.4	5.00	19.1
5.20	131	9.60	26.5	2.40	39.8	5.50	17.4
5.60	111	9.90	22.2	2.60	36.7	6.00	15.9
6.00	95.5			2.80	34.1		

但し H は 3000 斤の荷重に對するものを示す。

此方法は簡單にして適用上有効のものなり、然れども極めて薄き材料並に充分反淬したる材料には例外とす、試験材は鋳等の外皮を去りて用ふべし。

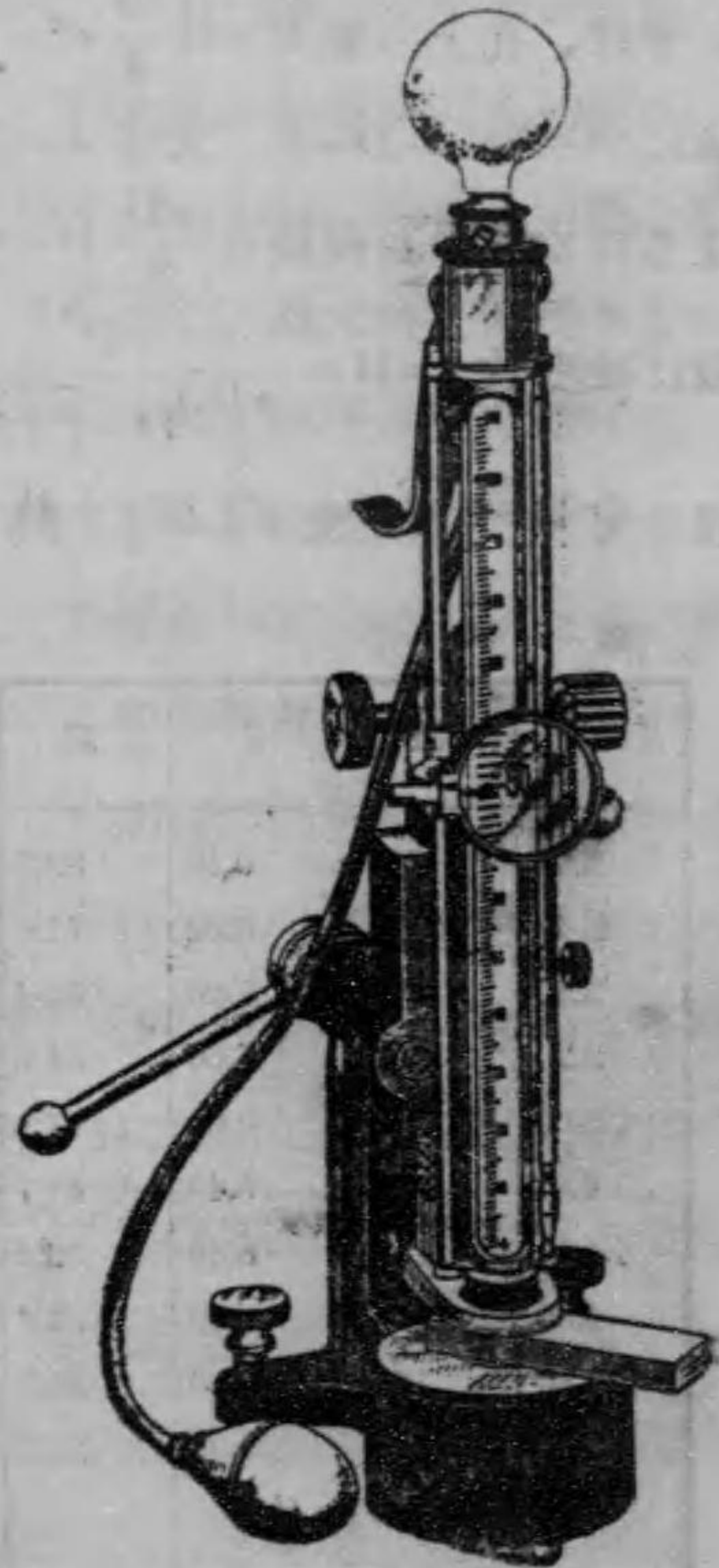
此方法に於ては一度壓迫せる荷重を去りたる後試験材を取り、球痕の孔徑を測定するものなるが負荷の状態にありては材料が永久變形を受くる外更に彈性的變形を生ず

ること明かなり、故に硬度の測定に際して負荷時に於ける鋼球の壓入せる實際の深さを求むる時は更に正確なる硬度を試験し得べし。

第三法 ショアー氏法 A. F.

Shore 氏の考案したる硬度試験器スクレロスコープ (Scleroscop) を以て試験する方法なり、本器は硝子製の垂直なる管の中に頗る堅硬なる鋼製圓錐ありて此圓錐は下端尖りて標準大の金剛石を固定す是を槌と稱し 40 瓦の重さあり、是を試験材に對して約 10 吋 (250 耗) の高さより落下せしむるとき其撥ね返る高さを以て硬度を定む、槌の落下する高さ一定なる故其の衝

第 3 圖 スクレロスコープ



撃の速さも一定なり、而して落下の高さ、槌の重さ、及槌の試験材に接觸する面積は試験材の性質に應じて彈性界限を超へたる衝擊力を與へ得る様調整するを得、硝子管には 140 の目盛を附し、レンズ (Lens) を附して其目盛の讀みを正確ならしむ、此目盛の讀みを以て硬度を示し是をショアー氏硬度と呼ぶ、第 3 圖に本器を示す、スクレロスコープは試験材の表面を害する事なく容易に硬度を知る事を得れども其表面の研磨状態によりて多少硬度數異なり、又時には極めて不正確なり、例へば同一材料に對して

錘にて仕上をなしたる時	槌の撥ね返りの高さ	25~30
錘にて平滑に仕上したる時	„	27~32
金剛砂砥第一號を以て磨きたる時	„	32
金剛砂磨き紙第二號を以て磨きたる時	„	32
金剛石砂を以て磨きたる時	„	33

故に本器を用ふる時は試験材の表面を充分研磨するを要す、又護謨の硬度は 23 にして軟鋼の硬度 16 乃至 24 よりも大となり、松材は 40 にして軟鑄鐵の 24 の殆ど二倍となり、硝子は 130 にして硬鋼の 93 よりも大なる事あり、然れども普通の金屬材料に對しては他の試験方法と殆ど一致せる結果を得、即ちターナー教授の試験に依れば次の如し。

第 2 表 硬度の比較

金屬材料	ターナー	ブリネル ÷ 6	ショアー
鉛	1.0	1.0	1.0
錫	2.5	2.5	3.0
亞鉛	7.5	6.0	7.0

銅 (軟)	—	8.0	8.0
銅 (硬)	12.0	—	12.0
極軟鐵	14.5	15.0	—
軟鋼	16乃至24	21.0	22.0
軟鑄鐵	24	21乃至24	24.0
軟條鋼	26乃至35	24.0	27.0
硬鑄鐵	35.0	36.0	40.0
硬白色鐵	75.0	72.0	70.0
硬鋼	93.0	—	95.0

又有用金属中硬きものより順次列記すれば次の如し。

- | | | |
|-------|-----------|-------|
| 1. 鋼 | 4. 銅 | 8. 金 |
| 2. 鍊鐵 | 5. アルミニウム | 9. 錫 |
| 3. 白金 | 6. 銀 | 10. 鉛 |
| | 7. 亜鉛 | |

金属材料の硬度と其抗張力との間には密接の關係ある事實は極めて妙なり、従て實地に於ては硬度を試験して引張り試験を省略することあり、今 R.R. Abbott 氏の實驗の結果による硬度數と抗張力との關係を示せば次の如し。

炭素鋼に對しては(炭素含有量を變化して)

$$M = 0.73B - 28 \dots\dots\dots (1)$$

$$M = 4.4S - 28 \dots\dots\dots (2)$$

$$B = 5.6S + 14 \dots\dots\dots (3)$$

M = 1000#/sq. を單位とせる最大抗張力

B = ブリネル硬度數

S = ショアー硬度數

而してショアー硬度に對して(2)及(3)式により得たる抗張力及ブリネル硬度數は

第 3 表

ショアー硬度	最大抗張力(#/sq'')	ブリネル硬度
20	60,000	126
30	104,000	182
40	148,000	238
50	192,000	294
60	236,000	350
70	280,000	406
80	324,000	462
90	368,000	518
100	412,000	574

3.5%ニッケル鋼に對しては(炭素含有量を變して)

$$M = 0.71B - 32 \dots\dots\dots (4)$$

$$M = 3.5S - 6 \dots\dots\dots (5)$$

$$B = 5.0S + 48 \dots\dots\dots (6)$$

而してショアー硬度に對して(5)及(6)より得たる抗張力及ブリネル硬度數は

第 4 表

ショアー硬度數	最大抗張力(#/sq'')	ブリネル硬度數
20	60,000	148
30	99,000	198

40	134,000	248
50	166,000	298
60	204,000	348
70	239,000	398
80	274,000	448
90	309,000	498
100	344,000	548

低ニッケルクローム鋼(1.5%ニッケル、0.5%クローム)に対しては
(炭素量を変して)

$$M = 0.68B - 22 \dots\dots\dots (7)$$

$$M = 3.7S - 1 \dots\dots\dots (8)$$

$$B = 5.4S + 33 \dots\dots\dots ; (9)$$

シヨアー硬度に対する(8)及(9)式より得たる抗張力及ブリネル硬
度数は

第5表

シヨアー硬度	最大抗張力(#/sq")	ブリネル硬度
20	73,000	141
30	110,000	195
40	147,000	249
50	184,000	303
60	221,000	357
70	258,000	411
80	295,000	465
90	332,000	519
100	369,000	573

高ニッケル、クローム鋼(3.5%ニッケル1%クローム)に対しては(炭
素量を変して)

$$M = 0.71B - 33 \dots\dots\dots (10)$$

$$M = 2.7S - 3 \dots\dots\dots (11)$$

$$B = 4.8S + 58 \dots\dots\dots (12)$$

シヨアー硬度に対する(11)及(12)式より得たる抗張力及ブリネル硬
度数は

第6表

シヨアー硬度	最大抗張力(#/sq")	ブリネル硬度
20	71,000	154
30	108,000	202
40	145,000	250
50	182,000	298
60	219,000	346
70	256,000	394
80	293,000	442
90	330,000	490
100	367,000	538

バナジウム鋼に対しては(炭素量を変して)

$$M = 0.71B - 29 \dots\dots\dots (13)$$

$$M = 4.2S - 21 \dots\dots\dots (14)$$

$$B = 5.5S + 27 \dots\dots\dots (15)$$

シヨアー硬度に対し(14)及(15)式より得たる抗張力及ブリネル硬
度数は

第7表

ショア-硬度	最大抗張力(#/sq")	ブリネル硬度
20	63,000	137
30	105,000	192
40	147,000	247
50	189,000	302
60	231,000	357
70	273,000	412
80	315,000	467
90	357,000	522
100	399,000	577

第8表の硬度と抗圧力の関係表

第4圖の硬度と抗張力、抗張力関係曲線圖表

は共にサー、ロバート、ハッドフィールド氏が英國瓦斯工業協會に於て發表せし論文の附表の一部なり、参考となる處多大なるを以て掲載す。

第8表 硬度と抗張力及抗壓力との比較表(第4圖参照)

種別	ス硬ク レ ロ ス コ ー ブ 數	ブル ネ ル 硬 度 數	抗張力				抗壓力(試験片寸法 直 徑564耗、高70耗)		
			降伏點		最大抗張力		彈性限界及 25%壓縮		壓縮量 (%)
			噸 平 方 吋	近 平 方 吋	噸 平 方 吋	近 平 方 吋	噸 平 方 吋	近 平 方 吋	
F		150	20	31	36	57	17	27	49.
		175	26	41	41	65	19	30	40.

	34	200	32	50	46	72		21	32	35.
E	38	225	38	60	51	80		23	36	31.
	42	250	44	69	56	88		26	41	27.
	46	275	50	79	61	96		30	47	23.
	50	300	56	88	66	104		34	54	19.
D	54	325	61	96	71	112		38	60	15.
	57	350	67	105	76	120		43	68	11.3
	61	375	73	115	81	128		49	77	8.
	64	400	79	124	86	135		55	87	5.6
C	68	425	84	132	91	143		61	96	3.8
	71	450	90	142	96	151		67	105	2.4
	75	475	96	151	101	159		74	116	1.3
	78	500	102	161	106	167		81	127	.6
B	80	525	107	169	111	175		87	137	.23
	83	550	113	178	116	183		94	148	.21
	86	575			121	190		101	159	.20
	89	600			126	198		108	170	.18
A ₁	92	625			131	206		115	181	.16
	96	650	測定せず		136	214		122	192	.14
	99	675			141	222		129	203	.13
	101	700						136	214	.12
A ₂		725						144	227	.11
		750						151	238	.09
		775	測定せず		測定せず			159	250	.08
		800						166	261	.07

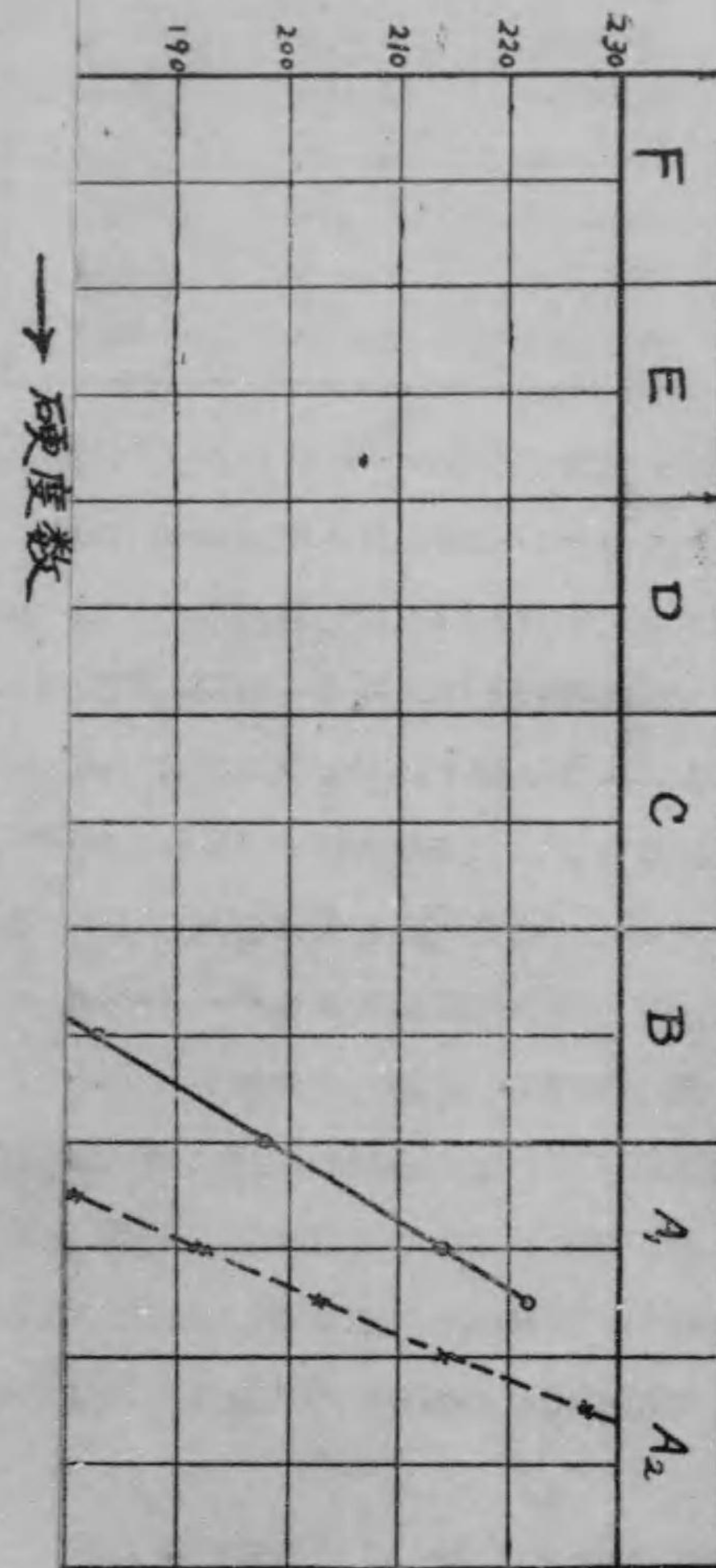
而して上表中の種別 F E D C B 及 A の範圍は次の如し

種別	ブリネル硬度数	スケロスコープ 硬度数	降伏点 (噸平方吋)	最大抗張力 (噸平方吋)
F	150~200	34 ~ 35	20 ~ 32	36 ~ 46
E	200~300	35 ~ 50	32 ~ 56	46 ~ 66
D	300~400	50 ~ 65	56 ~ 79	66 ~ 86
C	400~500	65 ~ 80	79 ~ 102	86 ~ 106
B	500~600	80 ~ 90	102~測定せず	106 ~ 126
A	600~700	90 ~ 101	測定せず	126~測定せず

(エ) 粘性 粘性 (Toughness) は反覆曲げ又は振りによる切斷に耐ゆる力にして針金の試験に普通用ふる如く短片を一定角度前後に曲げて切斷する迄の数を以て此性質の大小を表はす、斯く材料に動く反覆曲げ又は反覆振り等の外力を總稱して反覆荷物 (Repeated load) と稱し外力の大きさは變ずれども其向きは一定なり、又此の如く外力の大きさの變ずるものを活荷物 (live load) と稱す。

(ウ) 鍛錬性 物體が鎚打又は壓延によりて變形して容易に擴がり薄き板となり得る性質を鍛錬性 (Malleability) と云ふ、曰はゞ鍛へることを得る性質なり、而して此性質の大小は打延ばして薄片となし得る厚を以てす、金は金属材料中に於て最も大なる鍛錬性を有し $\frac{1}{300,000}$ 吋の薄きものに打延ばすことを得、此鍛錬性は一部硬度及強度に關係し又不純物の含有量並に溫度に大なる影響あり、有用金屬十種の常溫に於ける鍛錬性の大なるものより順序列記すれば次の如し。

- 鎚打による時
- | | | |
|------|------|-----------|
| 1. 金 | 2. 銀 | 3. アルミニウム |
| 4. 銅 | 5. 錫 | 6. 白金 |



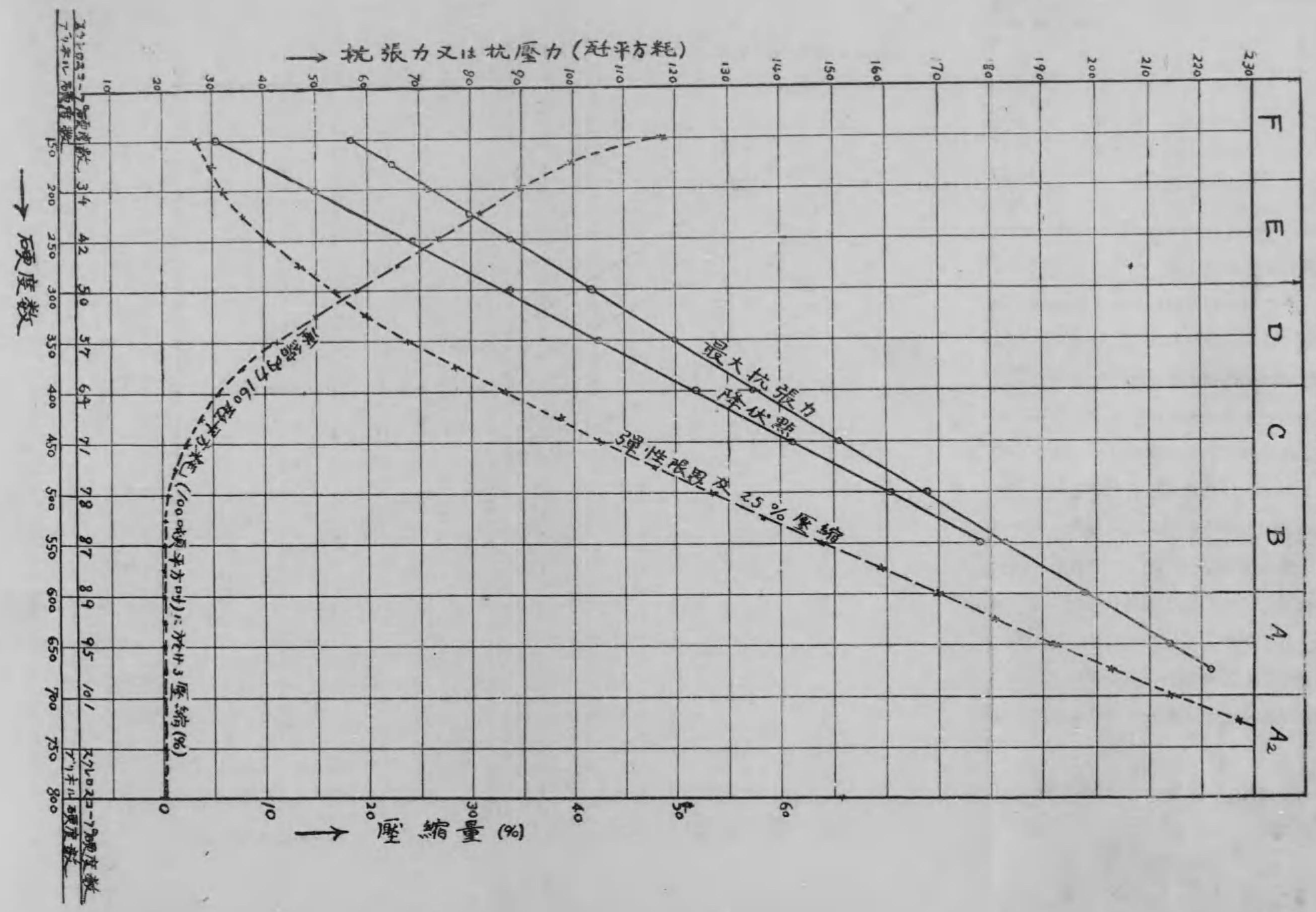
第4圖 硬度と抗張力關係曲線圖 (第8表参照) (28-29)

降伏点 (噸平方吋)	最大抗張力 (噸平方吋)
20 ~ 32	36 ~ 46
32 ~ 56	46 ~ 66
56 ~ 79	66 ~ 86
79 ~ 102	86 ~ 106
102 ~ 測定せず	106 ~ 126
測定せず	126 ~ 測定せず

は反復曲げ又は振りによる切斷に耐
用する如く短片を一定角度前後に曲
げの大小を表はす、斯く材料に動く
を總稱して反復荷物 (Repeated load)
其向きは一定なり、又此の如く外力
(Live load) と稱す。

は打延によりて變形して容易に擴が
る性質 (Malleability) と云ふ、曰はゞ鍛へ
る性質の大小は打延ばして薄片とな
る材料中に於て最も大なる鍛錬性を有し
ることを得、此鍛錬性は一部硬度及
引張強度に温度に大なる影響あり、有用金
属大なるものより順序列記すれば次の

- 1. 銀
- 2. 銅
- 3. アルミニウム
- 4. 鉄
- 5. 鋼
- 6. 白金



第4圖 硬度と抗張力抗壓力關係曲線圖 (第8表參照) (28-29)

7. 鉛 8. 亞鉛 9. 鐵
 10. ニッケル
- 壓延による時 1. 鉛 2. 錫 3. 金
 4. 銀 5. アルミニウム 6. 銅
 7. 白金 8. 鐵

(カ)可延性 物體を長手の方向に引延ばし得る性質即ち引延ばして長き針金となる如き性質を可延性 (ductility) と稱し鍛錬性に相似たり、併し此兩性質は必ずしも相伴ふものにあらず、可延性は強度に大なる關係を有し又硬度にも關係するものにして結局の強さ又は強度は引抜き板の孔を通して針金となす時の引張る力よりも大なるを要す、金屬の可延性は普通高温の時よりも冷温の時の方大なり。故に總て冷温にて引延ばして針金を造る、之に反して硝子は高温の時其可延性大なるものにして極めて細き絲狀に引延すことを得、金は金屬材料中最も可延性に富み一オンスの金を以て1300哩の長き針金に引延ばしたる記録あり、常温に於ける可延性の大小順に列記すれば

1. 金 2. 白金 3. 銀 4. 鐵 5. 銅
 6. アルミニウム 7. ニッケル 8. 亞鉛 9. 錫 10. 鉛

又可延性に就て實際上特に延びある材料と脆きものとを區別する爲めに次の如く説明す、前記強度測定に用ふる引張り試験に於て可延性材料は切斷前に料度し得る量の延びを生ずれども脆き材料は長さの延びなし、而して試験片には豫め二箇の標點を刻し、其標點間の距離と切斷後に於ける標點間の距離との差の原距離に對する百分

6、**化学的性質** 金属の化学的性質を考査するは化学の範圍にし
(単體金属の製造は全く此化学的性質を應用して化学的に行はる、
次に各種化学的性質を説述せん。

(ヨ) **金属元素と非金属元素** 金属の化学的性質を考査するには先
づ金属と非金属とを明かにするを要す、而して金属元素と非金属元
素との分類法は普通物理的と化学的性質との兩方面より區別す、即
ち

金属 (Metallic element)	非金属 (Non-metallic element)
物理的性質に於て	
(一) 單體は通常の溫度に於て水銀 (液體 なり) を除くの外總て固體なり。	單體は通常の溫度に於て氣體 (酸素の如 き) 液體 (臭素の如き) 若くは固體 (炭素 の如き) なり。
(二) 單體は特殊の光澤 所謂金属光澤を有 す。	必ずしも然らず。
(三) 單體は概して熱及電氣の良導體なり。	單體は概して熱及電氣の不長導體なり。
化学的性質に於て	
(四) 水素と化合し難し。	大抵水素と化合す。
(五) 酸素と化合して鹽基性酸化物 (Bases) を造る。	酸素と化合して酸性酸化物 (Acids) を造る。
(六) 鹽素との化合物は 大抵水の爲めに分 解せらるゝことなし。	鹽素との化合物は水の爲めに分解せら る。

併し水素、砒素、アンチモニー、蒼鉛の如きは兩者の間に判然たる
區界なく、兩者の何れにも屬するものなり。

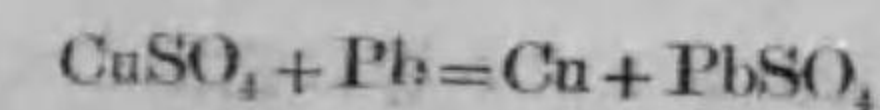
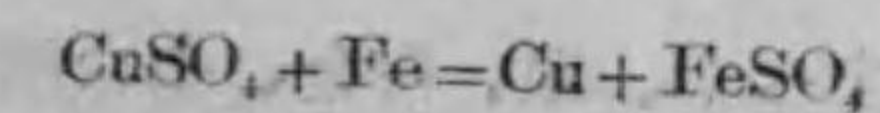
而して鹽基性化合物はリトマス紙 (litmus paper) を青色にし酸性
化合物はリトマス紙を赤色となす、鹽基性化合物を造る元素を鹽基

(basic radical) をいひ、酸性化合物を造る元素を酸根 (acidic radical)
といふ。此鹽基と酸根とは其親和力極めて大にして中和して鹽とな
る。例へば製鐵製鋼等の際生ずる鹽基性鐵滓が酸性爐材を又酸性鐵
滓が鹽基性爐材を侵蝕する事實は其大なる親和力によりて互に中和
せんとする特性に基くものなり。

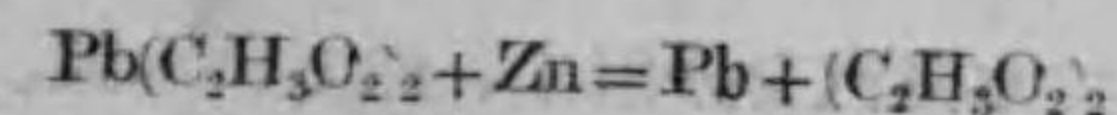
(タ) **金属の化合力** 金属と金属との間には化学作用の起る事概ね甚
だ微弱にして一定の化合物を造り難し、然れども金属と非金属とは
一般に化合し易く安定の化合物を造る。例へば金属の鹽化物 (例、鹽
化ナトリウム ClNa)、酸化物 (例、酸化亜鉛 OZn) 硫化物 (例、硫化鐵
 SFe)、水酸化物 (例、水酸カルシウム $[\text{OH}_2]\text{Ca}$) 硫酸鹽 (例、硫酸銅
 SO_4Cu) 等に於けるが如し。

而して其非金属元素に對する化合力には金属の種類によりて大に
強弱あり、次に例を以て之を説かん。

(1) 硫酸銅の溶液に鐵又は鉛を浸せば銅は沈澱して硫酸鐵又は硫酸
鉛の溶液を得。

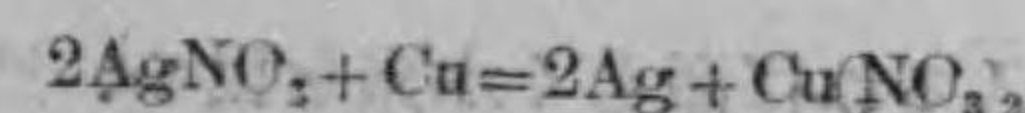


(2) 醋酸鉛の溶液に亜鉛を浸せば鉛を沈澱し醋酸亜鉛の溶液を得。



此際鉛は美麗なる樹枝狀をなして亜鉛の表面に附着す、之を鉛
樹と名く。

(3) 硝酸銀の溶液に銅を浸せば銀を沈澱し硝酸銅の溶液を得。



此の如く化合力の弱強に従て主要なる金属元素(及水素)を列すれば

- (1)カリウム (2)ナトリウム (3)バリウム
 (4)ストロンチウム (5)カルシウム (6)マグネシウム
 (7)アルミニウム (以上軽金属) (水素を除き以下重金属)
 (8)亜鉛 (9)カドミウム (10)鐵
 (11)コバルト (12)ニッケル (13)錫
 (14)鉛 (15)水素 (16)銅
 (17)水銀 (18)銀 (19)白金
 (20)金

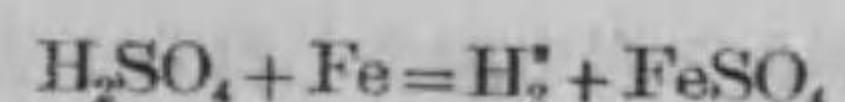
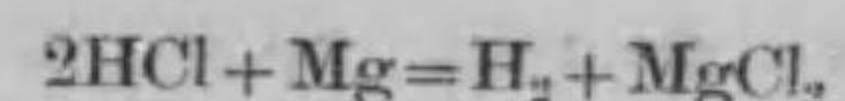
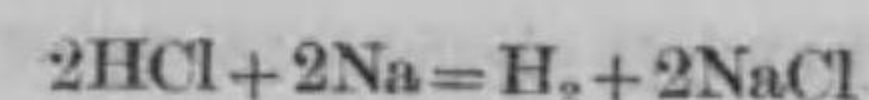
即ち上記の順序にて上方の金属は下方の金属を其鹽の溶液中より追ひ出すを得べし、軽金属は總て化合力強く重金属は弱し。

(レ)金属の化学作用 上記金属の順序は金属の化学作用(chemical action)の強弱を示す。

例へばカリウム、ナトリウム、カルシウム等は空気中にて直ちに酸化し、亜鉛、鐵等は徐々に酸化し、錫、鉛、銅、水銀は常温にては酸化し難くして高温度に於て酸化すべく、銀、白金、金は酸化する事なく永く其光澤を保存すべし、又ナトリウム等は常温にて水を烈しく分解し、マグネシウムは 100°C に於て水に作用し、アルミニウム、鐵等は赤熱に於て初めて水蒸気を分解す、然るに水銀、銀、白金、金は甚だ高き温度にても水を分解することなし。

又上記の順序に於て水素より上方の亜鉛、鐵等を酸類(水素化合物)の水溶液中に入れば水素を發生し、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、カリウム等を入れば激しく水素を出す、然るに

水素より下方の銅、水銀、銀、白金、金は酸類に作用して水素を發生することなし。



然れども硝酸及び熱濃硫酸の如き酸化性あるものは往々下方の金属(銅、水銀、銀)に作用し得ることあり、此場合には何れも水素を發生せずして酸化窒素若くは二酸化硫黄を出す。

(ツ)化学的熔體 化合物は數種の物質の化合によりて生ずる物質にして換言せば數種の物質に分解せられ得べき物質なり。例へば水、炭酸瓦斯、酸化鐵等何れも化合物なり、而して混合物即ち機械的混合物と異なる點は次の如し、

- (一)化合物の性質は其成分物質の性質と異なる、
- (二)化合物の生ずる時は熱を發生す、
- (三)化合物は其成分物質間の化合力によりて結合す、
- (四)化合物は常に其成分物質の原子量の一定せる割合を以て結合す、

然るに化学的熔體(chemical solution)は二種以上の物質が相融合して成りし混合物にして前記化合物及混合物とも異なるものなり、即ち

- (一)熔體の性質は其成分物質の性質と異なれども其程度は化合物に於けるが如く甚だしからず、

- (二) 鎔體の成生するときは熱の發生又は吸收を伴ふ、
- (三) 鎔體は其成分物質の化合力によりて結合するも是を完全に分離せしむるには唯化學的方法(分析又は分解)又は電氣分解に據るのみ、
- (四) 併し其成分の相融合する割合は化合物の如く一定ならず比較的廣き範圍に各種の割合を以て融合し得ることは混合物に似たり。

而して時には金と銀の如く其配合割合無制限なるあり、又是に反して極めて狭き範圍に融合するものあり例へば融解せる鐵は炭素を約5%迄又炭素は鐵を約1%迄融合す。又或る物質にありては恰も他物質との化合力を有せざる如くに全く融合せざるのあり例へば多くの鹽類及液體類は溶解力の大なる水にも溶解すること極めて僅少にして實地上不溶解と見做す、鐵と水銀、融解鉛と亞鉛も亦然り。

此鎔體の状態に就ては今日尙未だ完全に説明し得ざるも融合せる物質の原子又は分子(是等をソリュート solute と稱す)が溶劑の分子に保持さるゝものと見做されて居る、混合物が鎔體と其性質著しく相違せるはソリュートが占むべき空所なき爲なり、今若し熱せる水中に其四分の一の重さの食鹽を投入するときは容器の水面は食鹽の量に相當するだけ上昇すれども水が食鹽を溶解するや水面は降下して元に復す、茲に水は其量變せずして更に四分一量の物質を含有し従つて此物質の比重は25%増加したる次第なり、尙斯の如くして二種又は二種以上の物質が融合したる場合に同容積中に普通以上に多數の分子の存在する數多の事實あり、例へば滲透壓(osmotic pressure)表

面張力(surface tension)、等是なり、二種以上の金屬元素が融合するときは同量の單體金屬(其成分金屬の)よりも重し。

而して物質の融合する力(Solubility)は普通溫度の昇降度に比例して増減するものなり、故に例へば高溫度中に27%の食鹽を溶解せしめ次に是を冷却すれば一部の食鹽は溶體より分離して再び結晶す、又5%又は以上の炭素は高溫度に於て鐵中に融合すれども鐵の冷却すると共に一部炭素は鐵と分離す、此現象を沈澱(Precipitation)と云ふ、化學上重大なる作用の一なり。

此沈澱の現象は又飽和せる鹽類水溶液中に更に溶解性の大なるものを投入したる場合にも起る、即ち水は新しき鹽を溶かして其量に相當せる量だけ前の鹽を沈澱せしむ、又金屬鎔體に於ても同様にして例へば炭素含有量5%の鐵中に金屬質の硅素を加ふる時は鐵は炭素を黒鉛の状態にて沈澱せしめ硅素を融合す。

前述する金屬合金(Metallic alloy)は此鎔體に屬す、即ち合金は二種又は二種以上の金屬と融合して成生せしものなり、併し今日に於ては合金は必ずしも二種以上の金屬たるを要せず、金屬と非金屬との鎔體も合金と見做す、合金に就ては其條に精しく説述すべし。

(ツ) 化學的平衡 一般に二種以上の物質が化合する割合は其原子價(Valence)によるものなるが其重量組成を見ると種々なる割合に化合して數種の化合物を作る、例へば炭素と酸素とは互に化合して一酸化炭素(CO)及二酸化炭素(CO₂)を造り、又炭素と水素とは約二百種の化合物を造る、同様に鐵も酸化第一鐵(FeO)酸化第二鐵(Fe₂O₃)及四三酸化鐵又は磁酸化鐵(Fe₃O₄)等を造る。而して是等化合物の化

合割合は夫々異なる、FeOのFeは原子價二にして Fe_2O_3 中のFeは三なり、然れども是等化合物の化学的平衡(chemical stability)は異なるものにしてFeOは極めて強き還元作用の場合に得られ又更に酸化し易きものなり、鐵は又硫黄と化合して硫化第一鐵(FeS)及二硫化鐵(FeS_2 黄鐵礦と稱し天然に産出す)を造る、併し FeS_2 中の鐵は原子價四にして其化合力はFeSの如く強からずして少しく加熱すれば直ちに分解して $FeS_2 = FeS + S$ となる。

是等化合物を云ひ表はすに原子價少きものを第一化合物、多きものを第二化合物と稱す、例へばCOは酸化第一炭素又は一酸化炭素(Carbonous oxide又はCarbon monoxide)⁽¹⁾、 CO_2 は酸化第二炭素又は二酸化炭素(Carbonic oxide又はCarbon bi-oxide)⁽²⁾と云ひ、FeOは酸化第一鐵又は一酸化鐵(Ferrous oxide又はiron monoxide)、 Fe_2O_3 は酸化第二鐵又は二酸化鐵(Ferric oxide又はiron bi-oxide)と云ひ、FeSは硫化第一鐵又は一硫化鐵(Ferrous sulphide又はiron mono-sulphide)、 FeS_2 は硫化第二鐵又は二硫化鐵(Ferric sulphide又はiron bi-sulphide)と呼び、他は皆同様なり。

(1) mono はラテン語にて一の意味なり。

(2) bi-oxide を di-oxide とも云ふ。

(3) Fe_2O_3 は iron sesqui-oxide とも云ふ、是はラテン語の三の意味なり。

(註) 若し極めて原子價低きとき例へば Fe_2O (若し造り得るとせば) の如きを iron-suboxide といひ、又原子價甚だ高き時例へば FeO_2 (若し造り得るとせば) の如きを iron peroxide といふ、 Fe_7S_8 の如きは iron-subsulphide といひ、其他炭化物にも subcarbides 等あり。

第三章 冶金學

7、**金屬の存在** 金屬は稀に單體として産する事あるも概して非金屬元素と化合して酸化物、硫化物、ハロゲン化物、硝酸鹽、硫酸鹽、炭酸鹽、硅酸鹽、磷酸鹽の礦物となりて産出す、次に各種金屬に就きて其存在の大略を述べれば

(1) アルカリ族(ナトリウム、カリウム)等

單體としては産せず、ハロゲン化物、硝酸鹽、硅酸鹽、として出づ

(2) アルカリ土族(カルシウム、ストロンチウム、バリウム)

單體としては産せず、炭酸鹽、硫化鹽、硅酸鹽、磷酸鹽として出づ

(3) 土族(アルミニウム)

單體としては産せず、硫化物、硅酸鹽等として出づ

(4) 亜鉛族(マグネシウム、亜鉛、カドミウム)

單體としては産せず、硫化物、鹽化物、炭酸鹽、硅酸鹽として出づ

(5) 鐵族(クローム、マンガン、鐵、ニッケル、コバルト)

稀に單體として見出さるゝことあり(隕石中にあり)大抵硫化物、酸化物、炭酸鹽として出づ

(6) 鉛族(鉛、錫)

單體としては産せず、酸化物、硫化物として出づ

(7) 銅族(銅、銀、水銀)

單體として産するも多くは硫化物として出づ

(8) 貴金屬(金、白金)

主に單體として産出す、

8. 原鑛 以上の天産物即ち鑛物より各金屬原體を製するには原料を得ること容易にして且つ其製造の方法割合に簡單なるものを選ぶ、此の如く單體金屬の製造に用ゐて商業上利益を擧げ得べき鑛物を其金屬の原鑛(Ore)と云ふ。

鐵鑛石の如きは産地の位置、燃料及媒鑛劑等を得るの便否等諸種の關係により異なれども少くとも25%以上の鐵を含有せざれば一般に鐵の原鑛(iron ore)として使用せられず。

9. 冶金術の意義及其方法 冶金術(Metallurgy)とは原鑛より金屬を製出して目的の用途に適する性質のものとなす方法なり。例へば鐵冶金術と云へば鐵鑛石より鐵を製出するのみならず、斯く製出したる鐵を更に其用途に適するものとなすを要す、而して原鑛より金屬單體を製する方法は大略次の四項に分つことを得。

(1) 酸化物若くは炭酸鹽を炭素と共に強熱す。

(ナトリウム、カリウム、亞鉛、錫、鐵、滿俺等に應用せらる)

(2) 金屬の化合物と他の金屬との作用による。

(マグネシウム、銀等に應用せらる)

(3) 硫化物と酸化物との混合物を強熱す。

(鉛、銅、水銀に應用せらる)

(4) 金屬化合物の電氣分解

(カルシウム、アルミニウム等に應用せらる)

次に是等の方法によりて得たる金屬單體を目的の用途に適するものとなすには他の各種物質を加へて化合せしむるにあり、此の如き方法を化學的合成(synthesis)と云ふ。例へば鐵中に $\frac{1}{10000}$ 容の或物質を加ふるときは鐵の性質に大なる影響を興ふるものなり、故に此等の化學的合成は極めて注意して行ふことを要す。

以上の方法は金屬の條下に於て述べん。

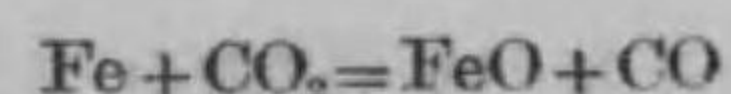
10. 酸化劑及還元劑 諸物質の酸素と化合する作用を酸化作用(oxidation)といひ、生したる物質を酸化物(oxide)といふ、斯く酸化作用は或る物質に原子 O_2 を加ふる事なれども現今は或る分子に或る原子を増加する事即ち廣意に解するに至れり、例へば $2FeO + O = Fe_2O_3$ も $FeS + S = FeS_2$ も共に酸化作用と見做す、又還元作用とは元來酸化物よりの酸素原子を奪ふ事を意味したるも現今にては或る化合物の分子より原子を取り去る事をも意味するに至れり、而して酸化作用及還元作用は化學上の可逆反應なり。

冶金學上酸化及還元は共に必要なる作用にして一般に冶金は聚合物より金屬を還元せしめ又酸化によりて不純物を驅除するにあり、例へば融解せる鉛が酸化すれば其酸化鉛は直ちに他と分離して鉛の表面に浮び出づ又逆に此酸化鉛を木炭によりて還元せしむれば還元せし鉛は酸化鉛より分離して爐の底に溜るが如し、而して酸化作用を起し得るものを酸化劑(Oxidizing agent)といひ冶金學上最も普通に用ゐらるゝ酸化劑は空中の酸素にして又製鐵及製鋼法に於ては Fe_2O_3 及 Fe_3O_4 に富める鑛滓是に次ぐ。

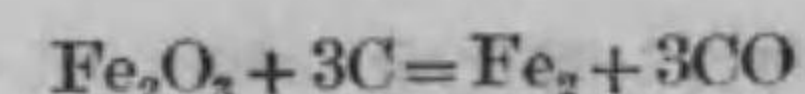
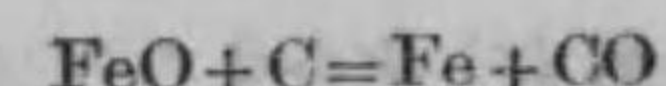
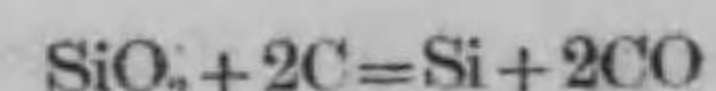




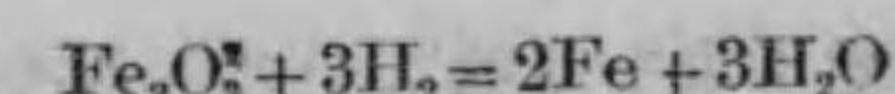
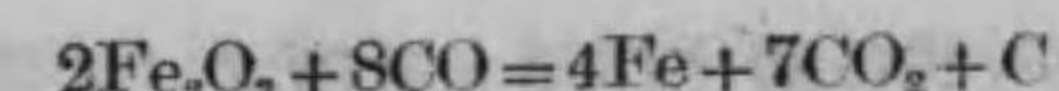
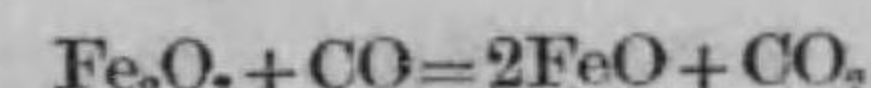
又二酸化炭素も必要なる酸化剤なり。



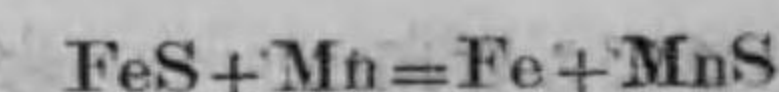
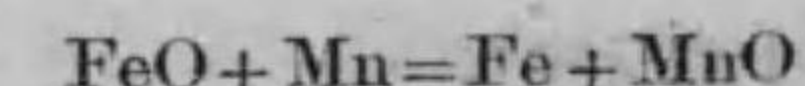
還元を起さしむるものを還元剤(Reducing agent)と稱し冶金學上最も普通に用ゐらるゝものは炭、木炭等の炭素なり。



一酸化炭素及水素も亦有効なるものにして



殊に錳は鐵に對して必要なる還元剤なり。



11、熱化學 物質が化學反應をなす際には多少の熱を發生するか或は吸收するものなり、前者は化學エネルギーを熱エネルギーに變じて仕事をなし又後者は吸收せし熱エネルギーを化學的工作に變じたるものなり、然し斯く化學的工作に變じたる熱エネルギーは消滅せず、逆反應によりて再び前と同量の熱エネルギーを得べし、例へば酸化鉛を還元するには熱を消費すれども之に反して鉛が酸化するときは同量の熱を發生す。

一般に化學的合成(syntheses)と酸化(oxidation)とは發熱作用(Exo-

-thermic reactions)を生じ、分解(Decomposition)と還元(reduction)とは吸熱作用(endothermic reaction)を生ずるものなり、而して此の如く反應に當つて發生し或は吸收する熱量を反應熱(Heat of chemical reaction)と云ふ。

熱化學(Thermochemistry)は斯く化學變化に伴ふ熱變化を取扱ふ科學にして冶金學上大切なるものなり、即ち冶金は高熱の下に行はるる化學にして化學變化に伴ふ熱の變化を最も明かになす必要あり。

今融解せる酸化鐵にアルミニウム粉末を混合せしむればアルミニウムは酸化鐵中の酸素を奪ひて鐵を還元す($Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3$)之はアルミニウムの酸素に對する化合力及其化學的平衡は鐵より大なる爲にして同様に總て化合力大なる物質を以て其より小なる化合力を有する物質を還元せしむ、(第二章、6.の(タ)同(ツ)参照)例へば融解鐵にアルミニウム存在する時はアルミニウム全部の酸化せざる間は決して鐵の酸化する事なし、是はアルミニウムの高價なるに拘らず、製鋼作業其他の冶金學上屢々應用せらるゝ理なり。

反應熱、鐵の酸化して Fe_2O_3 となる際は195,600カロリーの熱を發生し又アルミニウムの Al_2O_3 となる際は392,600カロリーの熱を發生す、從てアルミニウムを用ゐて Fe_2O_3 を還元する反應に於ては $392,600 - 195,600 = 197,000$ カロリーの熱を發生す、之に反して Fe_2O_3 が炭素によりて還元せらるる反應($Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$)に於ては熱の吸收あり、即ち炭素が酸化して一酸化炭素となる際は僅かに29,160カロリーの熱を生ずるのみなるが Fe_2O_3 が分解するには195,600

カロリーの熱を吸収するを以つて更に $195,600 - 29,160 = 166,440$ カロリーの熱を要す。又同様に FeO を炭素にて還元する反應 ($\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$) に於ては $65,688 - 29,660 = 36,528$ カロリーの熱を要す、斯の如き反應に於ては吸収せらるゝだけの熱量を他より常に供給せざれば反應を繼續せしむること能はず、此事實は冶金學上極めて重大なるものにして實地の場合に酸化鐵を焦炭(炭素)にて融解するに絶えず加熱せざれば還元を行ふことを得ざるもアルミニウムを以て酸化鐵を還元するには反應を起すに必要な熱を唯最初に與ふれば可なり。

(註) 熱量の單位 總て物體は熱の或量を有し其溫度とは異なる、單位質量の水を溫度1度昇すに要する熱量は鐵よりも大にして又鐵は銅、鉛、又は金よりも大なる熱量を要す、而して熱量の單位には二種あり
 C.G.S. 式單位(C.G.S. thermal unit) 水1瓦の溫度を 1°C (Centigrade) だけ昇すに要する熱量をカロリー(calory)と名づけ、又1瓦の水を 1°C 温むるに要する熱量を單位とするときは之を大カロリー又は大カロリーと云ふ、之に對して前記の單位を小カロリー又は瓦カロリーと云ふ、即ち 1 大カロリー = 1000 小カロリー
 B.T.U. 式單位(British thermal unit)
 水1封度の溫度を 1°F (Fahrenheit) だけ昇すに要する熱量を 1B.T.U. と云ふ、而して水は $4^{\circ}\text{C} = 39.1^{\circ}\text{F}$ に於て最大の密度を有するを以て孰れも此溫度に於ける水を標準とす。
 故に熱量 = 水の質量 \times 溫度の變化
 而して 1 大カロリー = 3.968 B.T.U.
 1 B.T.U. = 0.252 大カロリー
 (1大カロリー、立方尺 = 8.9 B.T.U. 立方呎)
 上記の如く水、鐵、銅等の物體は溫度一度を昇すに要する熱量異なる、斯くの如く或る物體の溫度を一度だけ昇すに要する熱量を其物體の熱容量 (Thermal capacity) と云ふ、故に 熱量 = 熱容量 \times 溫度の變化。

今鐵冶金に必要な元素の酸化熱を擧ぐれば次の如し

第10表

單體	合成物	熱量 (大カロリー)	備考
Fe	FeO	1173	
..	Fe ₂ O ₃	1746	
..	Fe ₃ O ₄	1612	
C	CO	2430	
Cr	Cr ₂ O ₃	300	正確ならず
C	CO ₂	8100	
CO瓦斯	CO ₂	2400	
H	H ₂ O	28780	
Mn	MnO	1650	
..	Mn ₂ O ₃	2300	假想にして未だ實驗上正確なる値を得ず
Si	SiO ₂	7000	正確ならず
P	P ₂ O ₅	5892	
Al	AlO	7272	
Zn	ZnO	1305	

第10表によりて各條下に説明する冶金作業に於て使用する物質の量より生ずる熱の總量を知り得べし、又若し最後に得たる物質の總重量と比熱とを知らば其反應に要する溫度を理論的に決定することを得べし、即ち

- 1、 熱量 = 水の質量 \times 溫度の昇降 (水の場合に限る)
- 2、 熱量 = 熱容量 \times 溫度の昇降
- 3、 熱量 = 比熱 \times 質量 \times 溫度の昇降

又 比熱 = 或物質の或質量の熱容量 \div 同質量の水の熱容量

今總熱量を W 、燃燒組成物の熱度を T 、燃熱組成物を構成する各物質の比熱を S_1, S_2, S_3, \dots 、其等の各質量を Q_1, Q_2, Q_3, \dots とすれば

$$W = (S_1 Q_1 + S_2 Q_2 + S_3 Q_3 + \dots) T$$

$$T = \frac{W}{S_1 Q_1 + S_2 Q_2 + S_3 Q_3 + \dots}$$

然れども實際に於ては燃燒組成物の外に熱を振奪する物質の存在する爲めに此式にて得たる理論上の熱度よりは常に低し。

今日 300°C 以上の熱度を測るには測熱計(Pyrometer)を用ふ測熱計には數種あり。

(一)白金棒の一端に齒輪仕掛にて指針を装置し、熱度により白金が展伸膨脹して指針を動かし度盛板上の目盛を指示す。(二)豫め熔解點の確定せる金屬又は合金を耐火質の器に盛りて熱に當らしめ其融解によりて熱度を測定す。(三)電流は熱度の高低によりて其抵抗を加減す。(四)一定の光力と比較して測熱す。一般に熱測計を以て適當なる熱度を確定することは冶金上最も必要なるものなり。

12、冶金上の化學反應 化學の研究には便宜上有機及無機化學並に濕式及乾式の部門に分つ、動植物を構成する物質及其生活によりて生ずる物質は多く炭素化合物にして是を有機化合物と稱し其數極めて多し、斯く炭素元素を含有する有機化合物を攻究する部門を有機化學(Organic chemistry)と稱す、又無機化學(Inorganic chemistry)は金屬及比較的炭素含有量の少き化合物に就て論述す、故に冶金學上の化學反應は無機化學の部門に屬す。又彼の化學實驗室に於ては固體も瓦斯體も先づ適當の液體に溶解して化學反應を行ふ、是は固體なれば兎角反應遅く、又瓦斯體なれば調整及取扱ひ困難なる爲め

にして是れ即ち濕式化學(Wet chemistry)の部門に於ける方法なり、然るに例へば鐵冶金に於ては各物體を高热融解して液體となして其反應の發生反進行に便ならしむ、是は即ち乾式化學(Dry chemistry)の部門に於ける方法なり。

乾式化學に於ける化學反應は濕式化學に於けるものと其原理は同一なれども此二つの部門の相違せる點は後者に於ては物體を溶劑(Solvent)に溶解すれども前者に於ては物體が自身融解して他物質と直接化學作用を起す事なり。

13、鐵冶金上主要なる元素の化學的性質一般 現今知られ居る元素は約七十種以上あり、鐵冶金に關係あるものは其中の數種のみ、故に茲には鐵冶金に關係ある元素即ち炭素、鐵、硅素、アルミニウム、滿俺、硫黃、磷、カルシウム、マグネシウム、アルカリー、窒素及水素に就て其化學的性質(chemical behavior)並に主要なる合成物等必要なる事項一般を簡單に逐次説述し置かん。

14、炭素 炭素單體(Free carbon)は金剛石、黒鉛(石墨とも云ふ)及無定形炭素との三種の状態をなして天然に産出す、金剛石及黒鉛は互に異なる結晶を造り無定形炭素は一定の晶形を有せざる黒魂なり、是等三種は其形體及性質を夫々異にすれども同質異態(又は同素體とも云ふ)なり。

而して無定形炭素は其量極めて多く植物の如き有機物を稍高温度に熱するときは黒色の物質(木炭)を生すべし、木炭、骨炭、油煙、煤、石炭、散炭、瓦斯炭等之に屬す、炭素は實に酸素、水素、窒素等と化合して廣く動植物界に存し、又酸素及金屬と化合して有機化合物と

なりて存在す、又石灰石 (lime stone) 結晶體なれば大理石 (marble) 又は方解石と稱する炭酸カルシウム (Carbonate of cal.) (CaCO_3)、菱鐵礦 (炭酸第一鐵 FeCO_3)、白雲石と稱する炭酸カルシウム、炭酸鹽マグネシウム ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 等となりて地殻中に存在す。

今瀝青炭を密閉器中にて強熱し種々の氣體及揮發物を除去せる後不純炭塊を得、之れ骸炭 (Coke) にして質固く半金屬光 (銀白色) を有す、骸炭の表面には屢々黒鉛の結晶存在する事あり、此骸炭は92%以上の炭素を有し燃焼する時は煙及臭氣を放つこと極めて少く火力も從て強し、故に燃料としては良好なり、されば骸炭は冶金上重要な燃料なると共に還元劑として缺くべからざるものなり。

瓦斯炭は骸炭の生ずると同時に器の内壁に附着する甚だ堅き炭塊にして無定形炭素中最も純粋なるものなり、電氣の良導體なれば電極板に用ゐらる。

石炭を乾溜して得べき可燃性の氣體は石炭瓦斯 (coal gas) と稱し燈用、燃料等に供す、之も亦冶金上重要な燃料となる。

炭素は又水素と化合して炭化水素 (Hydro-carbon H_xC_x) を作り其種類頗る多し、炭素及水素は共に酸化し易きを以て燃料及還元劑として用ゐらる、炭化水素中メタン (CH_4) は沼澤の泥中に於て植物質の腐朽するときに發生し沼氣の名あり、彼の炭坑内に於て往々爆發の起るはメタンと空氣との混合氣の點火して烈しく爆發するに據る事は讀者既知の事なり、故に此混合氣を火氣と云ふ炭山にて甚だ恐怖す。

第一酸化炭素 (CO) 及炭酸瓦斯 (CO_2) 炭素は通常の溫度にては酸素と作用することなきも燃すれば容易に化合して CO 及 CO_2 を生ず、

CO 化合には29,160 カロリーの熱を發生し、 CO_2 の化合には29,200 カロリーの發熱あり、 CO は不完全燃焼にして更に自ら酸化して $\text{CO} + \text{O} = \text{CO}_2$ となる、此際、68,040 カロリーの發熱伴ふ、故に炭素が CO となり更に酸化して CO_2 となるときに於ける發熱總量は炭素が直接 CO_2 となる時と全く相等し、即ち $\text{C} + 2\text{O} = \text{CO}_2$ の時の發熱量 97,200 カロリーにして、 $\text{C} + \text{O} = \text{CO}$ の時 29,160 カロリー、又 $\text{CO} + \text{O} = \text{CO}_2$ の時 68,040 カロリー、其和は 97,200 カロリーとなる。

CO_2 は酸根にして種々の鹽基と作用して炭酸鹽 (Carbonates) を造る、普通のもの炭酸カルシウム (Carbonate of calcium CaCO_3) 炭酸マグネシウム (Carbonate of magnesium MgCO_3) 炭酸ナトリウム (Carbonate of sodium Na_2CO_3) 等なり、而して CO_2 は極めて揮發し易く、若し上記炭酸鹽を熱すれば分解して CO_2 瓦斯を生ず、 $(\text{CaCO}_3 = \text{CO}_2 + \text{CaO})$ 。

斯く炭素は總ての燃料の主成分にして重要な發熱劑なり、又還元劑として用ゐらるゝことは既述せる所なり。

15、鐵 鐵は硫酸 (Sulphuric acid H_2SO_4) 硝酸 (Nitric acid HNO_3) 鹽酸 (Hydrochloric acid HCl) 醋酸 (Acetic acid $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) 等多くの酸液に侵され易く、又熱せられたる時は酸素にも侵され易し、若し空氣中に濕氣多き時は常溫にても酸化し易く赤熱に於ては水蒸氣を分解す ($2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}$)、酸素との化學作用大にして尙炭素、硅素、硫黃、磷及水素等の少量も化學作用を起し易し、殊に水素の如きは赤熱に於ては直ちに鐵中に入りて化合物を造る。されば鐵は地球上

酸素又は他の諸元素との合成物となりて出顯するのみ。

鐵を含有する主要礦物を擧ぐれば黃鐵礦 (iron pyrite FeS_2) 黃銅礦 (Chale pyrite Cu_2S , Fe_2S_3) 磁鐵礦及砂鐵 (Magnetite 及 magnetic sand Fe_3O_4 —Ferro-Ferric oxide)、赤鐵礦 (Hematite Fe_2O_3)、褐鐵礦 (Limonite 含水酸化第二鐵 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、菱鐵礦 (Siderite FeCO_3) 等なり、而して黃鐵礦及黃銅礦は多量に産出すれども鐵礦石として使用せらるゝ事稀にして其以外は皆重要なる鐵礦石なり、是等鐵礦石中の鐵量は世界産出鐵量の約30%を占む。尙又動物の赤血球、植物の葉綠粒中に微量の鐵元素を含有す。

16、硅素 硅素 (Silicon) は酸素に次て地球上多量に存在すれども單體としては天然に存在せず、酸素及諸種の金屬元素と化合して岩石の主成分をなし實に地殼の四分之一を占む、硅素量は斯く饒多なるにも拘らず硅素單體を熟知するもの比較的少きは是が爲めなり、重なる合成物は石英、水晶、玉髓等の二酸化硅素 (Silicon anhydride 又は Silica SiO_2) 及長石、陶土等の硅酸鹽 (Silicate) とす、而して硅素の廣く礦物界に存在する事は恰も炭素の生物界に於けるが如し。

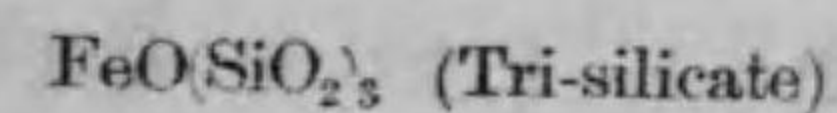
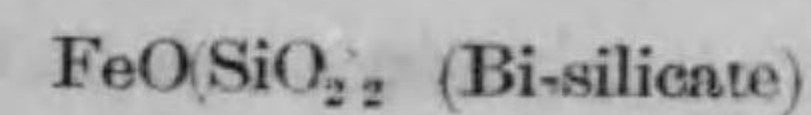
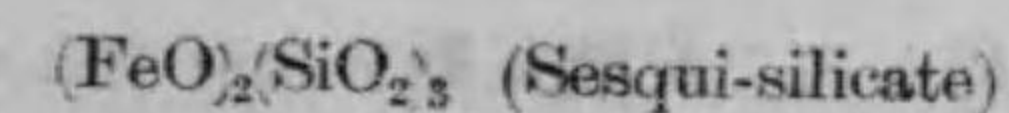
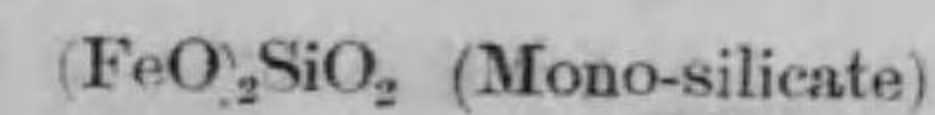
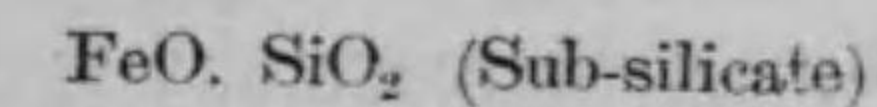
硅素は炭素と同じく種々の同質異態あり、黒褐色の粉末及鐵灰色の光澤ある硬き結晶とにして、前者は無定形質、後者は結晶質なり、酸素との化合力は極めて強く其際多量の發熱 (180,000 カロリー) ありて二酸化硅素即ち硅酸を生ず。

硅酸は分解し難きも鎔鑪にて強熱せらるゝときは炭素の爲めに還元せらる、 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$ 。此時 $180,000 - 2 \times 29,160 = 58,320$ カロリーの熱を吸収す、又此際還元せられたる硅素は銑鐵中に

入りて銑鐵の性質に大なる影響を與ふるものなり。

硅酸には結晶體と無定形體とあり、天然に廣く散布する砂は殆ど是より成る、其結晶體は石英にして其最も純粹なるは水晶なり、水晶中着色せるものあるは多少の夾雜物を含有するによる、無定形體として天然に存在するものは燧石 (white flint) 碧石 (jasper) 瑪瑙 (agate) 蛋白石 (Opal) 等にして瑪瑙の如く美麗なる色を帶ぶるは酸化鐵其他の金屬酸化物を含有する爲めにして又蛋白石は含水二酸化硅素なり。

硅酸は乾式化學に於ける親和化合力大なる酸根にして融解状態にて各種の鹽基と化合して鹽を造る、是れ即ち硅酸鹽なり、地殼を構成する岩石の大部分は種々なる金屬の硅酸鹽より成り又總て冶金上生ずる鑛滓 (Slag)、及爐材として重用なる耐火煉瓦 (Refractory fire brick) の主成分も亦是なり、故に硅酸鹽は最も重用なる物質なれども多くは甚だ複雑なる組成を有して化學上の研究は頗る不充分なり鐵と結合せる硅酸鹽の主なるものは



又石灰、^{マグネシア}苦土等とも同様の化合物を造る、^{アルミナ}尙礬土の硅酸鹽は特別、鑛滓の成分として必要なるものなれども其組織は複雑なり。

以上各種の金屬硅酸鹽類は融解すれば互に融合するのみならず金

屬酸化物及他の各種酸化物と融合する性質あり、然れども金屬元素又は還元せられたる物質を決して融合せず、されば冶金上不純物を酸化して融解状態に於て鑛滓として除去するに最も有効なる働きを爲す。

一般硅酸鹽の主要なる鑛物を列挙すれば

長石 (Feldspar)	{	正長石 (Orthoclase)	$K_2Al_2Si_6O_{16}$	
		斜長石 (Microcline)	曹達長石 (Albite) ..	$Na_2Al_2Si_6O_{16}$
			灰長石 (Anorthite) ..	$CaAl_2Si_2O_8$
雲母 (Mica)	{	白雲母 (Muscovite)	$KH_2Al_2Si_4O_{12}$	
		黒雲母 (Biotite)	$K_2H_2Mg_4Fe_6Al_2Si_4O_{16}$	
綠泥石 (Clinochlore)			$H_8MgAl_2S_3O_{13}$	
蛇紋石 (Serpentine)			$H_4Mg_3Si_2O_9$	
電氣石 (Tourmaline)			$(MgCaFeMn)_2Al_2(OH)_2(SiO_4)_3$	
柘榴石 (garnet 又は caruncle)			$(CaMgFeMnCr_3AlFeCr_2Si_3O_{12}$	
黃玉 (Topaz)			$Al_2F_2Si_2O_9$	
陶土 (磁土) (Kaoline 又は potter's clay)			$Al_2Si_2O_7 \cdot H_2O$	

而して長石は地殻の主成分なるが多年雨露風雪にさらされ所謂風化作用によりて次第に破碎し次で炭酸瓦斯を含有する水によりて分解せられるたものは粘土 (clay) となる、其純良なるものは陶土 (含水硅酸アルミニウム) と稱し白色なり、粘土は多く崩壊せる他の岩石を含有し水分を含む時は極めて粘性強し、良質の粘土は耐火力大なるを以て耐火爐材の原料となし又其結合材として廣く用ゐらる、併しカリウム、又はソヂウムの多きものは耐火性小にして耐火性爐材

に使用すること能はず、粘土中には一定量の結晶水含有せらる、即ち水が硅酸鹽の分子と化學的に結合す、今若し強熱して結晶水を除去するときは再び粘性のものとなること能はず、陶土は陶磁器の原料となす。

耐火煉瓦は耐火粘土を以て造る、耐火粘土は陶土に近き成分を有し硅酸の量更に多きものなり、此粘土を高熱にて焼きたる後粉碎して燒粉となし是に粘土を混和して煉りたる後型に入れて強壓し空氣中に放置して乾燥せしめたる後煉瓦燒窯に入れて焼き固むるときは耐火煉瓦を得、但し此際には普通煉瓦よりも高熱するを要す。(後節耐火爐材の項参照)

17、アルミニウム アルミニウム (Aluminium) は酸素との化合力甚だ大にして銅製造の際には硅素と共に還元劑として使用せらる、 $3Fe + 2Al = 3Fe + Al_2O_3$ 、此反應には極めて高熱を發生するを以て冶金の際には最初の反應に必要な熱を與ふるのみにて反應作用を繼續せしむることを得、而してアルミニウムの酸化力は實に硅素よりも大にして其酸化物を還元するには普通の冶金用爐 (最高熱度約 1500°C) にては不可能なり、是れ即ちアルミニウムの酸化する時の反應熱極めて高き (3000°C にも達す) を示し、アルミニウムの酸素化合力の大なると相俟つて冶金上應用の廣き所以なり。

アルミニウムは硅酸鹽(長石、粘土、雲母等)酸化物 (鋼玉 corundum 紅玉 ruby 綠玉石 Emerald 等) 又は水酸化物(水酸化アルミニウム $Al(OH)_3$...アルミニウムの原礦) 等となりて岩石土壤の大部分を構成する元素なり故に土屬金屬と名けらる、現今アルミニウム金屬は多くのアルミナ族、礬土 (Al_2O_3) の比較的純粹なるものを原礦とし是を電氣分解して廉價に製造せらるゝに至れり、精しくは合金各論の條下に於て記述せん。

酸化アルミニウム即ち礬土 (Alumina Al_2O_3) は上記の如く高熱に

も融解せず耐火力大にして又中性なるを以て酸にも鹽にも侵され難し、故に爐の内面を中性の材料にて造る必要ある場合には賞用せらる。普通礬土は鹽基と考へらる、是は前述の如く廣く硅酸と結合して粘土の如きアルミニウム硅酸鹽を造るによる、然るに鹽基性物質多量にして硅酸少き時は礬土は酸根の如く作用して鹽基性物質と化合する事は恰も硅酸の鹽基性物質との中和を援助するが如し、されば鎔鑄爐作業等に於て礬土は鑄滓の主要成分にして鑄滓の流動性を増し又不純物を除去するに有效なり。

18、滿俺 滿俺(manganese)は鐵よりも硬き金屬にして一般的用途は甚だ少し、併し酸素及硫黃との化合力は銀よりも大なるを以て鐵及銅中より酸素及硫黃を除去すべき脱酸劑(De-oxidizer) 又は脱硫劑(De-Sulphurizer)として用ゐらる、若し滿俺に富む金屬が融解状態に相當時間保たると時は滿俺は悉く酸素又は硫黃と化合して金屬を還元し金屬中には酸素又は硫黃の存在を認めざるに至る、例へば $FeO + Mn = MnO + Fe$, $FeS + Mn = MnS + Fe$ 是等の酸化滿俺及硫化滿俺は鐵滓となりて鐵の表面に浮ぶ、斯く滿俺は鐵及銅中に加へて其質を良好ならむる作用あれども單體の滿俺としては所要の性質を有せず、併し滿俺は鐵との融合容易にして合金を造る、故に鏡鐵(Spiegel Eisen 5~25%Mn)、滿俺鐵(Ferro-manganese 25~80%Mn)等多量の滿俺を含有する滿俺鐵合金を造りて前述の目的に使用する、彼の製鋼操業の終りに於て滿俺鐵を加ふるは全く是が爲めなり又滿俺を比較的多量に含有する銑鐵を製鋼原料となすは滿俺の酸化によりて強き反應熱を生ぜしめ以て高温度に保持して銑鐵を鋼に

變し易からしむる爲めなり、又銑鐵製造の際には鎔鑄爐に滿俺鑄を装入する事もあり。

滿俺の天然に存在するものは主として軟滿俺鑄(Pyrolusite MnO_2) 又は褐石(Braunite Mn_2O_3)なり。軟滿俺鑄は重なる滿俺原鑄にして滿俺單體を得んには是に粉狀アルミニウムを加へて強熱して還元せしむ、 $3MnO_2 + 4Al = 2Al_2O_3 + 3Mn$ 、今重要な滿俺鑄の成分を擧ぐれば

	滿俺	硅酸	磷
八幡製鐵所用(湖南産).....	57.27	0.77	0.84
八幡製鐵所用(豊後産).....	49.20	6.80	0.51
釜石製鐵所用(北海道瀬棚産).....	50.12	6.25	—
露國コーカサス産.....	50~55	—	0.1~0.15
印度産.....	51.43	9.52	0.09

滿俺鑄石は多く50%の滿俺を有し、而して磷及硫黃の少きものが賞用さる、現に八幡製鐵所に於ては滿俺鑄石購買規則を造る、其標準成分は滿俺50%、硅酸5%、磷0.2%、硫黃0.1%、鐵5%、銅0.2%と規定せり、但し含有物の多少によりて割増及割引の率を定めあり。

19、硫黃 硫黃(Sulphur)は單體となりて火山地方に産出し我國の如きは諸所に是を産す、元素としては金屬と化合して硫化物(Sulphide)即ち黃鐵鑄(FeS_2) 硫銅鑄又は輝銅鑄(Chalcocite Cu_2S) 黃銅鑄(Chalcopyrite $Cu_2S \cdot Fe_2S_3$) 辰砂(Cinnabar HgS) 硫銀鑄又は輝銀鑄(Argentite Ag_2S) 閃亜鉛鑄(Zinc blende ZnS) 方鉛鑄又は輝鉛鑄(Galena PbS) 等並に硫酸鹽(sulphate)即ち石膏(Gypsum $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)、重晶

石 (Barytes BaSO_4) 明礬 (Alum rock $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 + 12\text{H}_2\text{O}$) 等となりて多量に産出す。又動植物の體中、特に蛋白質 (炭素、水素、窒素及硫黄の化合物) 中に存在す。天然の硫黄は時に斜方錐に結晶すれども多くは球狀或は鐘乳狀なり屢々土砂を混するを以て是を融解して夾雜物を除去し、尙是を熱溜して精製す。

硫黄は淡黄色の脆き物質にして水には溶解し難きも二硫化炭素 (CS_2 液體) には溶解す、 115°C にて融解して黄色の液體となり温度の上昇と共に次第に濃褐色に變し飴狀となり容器を轉覆するも流出せざるに至る、 300°C 以上にては再び液體となり 440°C にて沸騰す。

今硫黄を 350°C 以上に熱して融解したるものを急に水中に投ずれば彈性ある褐色の固體となる、之を護謨狀硫黄或は彈性硫黄 (融解點 115°C) と云ひ比重 1.95 あり、急冷せざるものは比重 2.05 乃至 1.98 (融解點 120°C) あり、斯く硫黄には種々の同質異態あり、又硫黄の蒸氣にも二種の同質異態 (S_8 及 S_2) あり。

即ち	温度 (C)	448°	500°	600°	1000°
	比重	128	101	70	32
	分子量	256	203	140	64
	分子式	S_8	S_8 及 S_2 との混合		S_2

是により S_8 は 4S_2 に等しく、 S_8 は温度上昇すれば分解して S_2 となる、然れども温度下降すれば S_2 は再び S_8 となる故に S_8 之 4S_2 の熱解離なり。

硫黄は液體及固體の時は其分子量不明なるを以て實驗式 S を以て

示す、空氣中にて熱すれば淡青燄を放ちて燃焼し (發火點約 250°C) 刺激性の臭を有する二酸化硫黄一名亞硫酸瓦斯 (Sulphuric dioxide SO_2) を生ず $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ 又亞硫酸瓦斯と酸素との混合物を充分に乾燥して微熱したる白金粉上を通過せしむれば、化合して三酸化硫黄 (Sulphuric trioxide) 一名無水硫酸 (SO_3) を生ず、($2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$)、 SO_2 及 SO_3 は共に常溫にて揮發し易く全く呼吸に適せず、殺菌力大なるを以て煙蒸消毒法に使用す、又は溶解して夫々亞硫酸 (Sulphurous acids $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$) 及硫酸 ($\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$) を造る、即ち硫黄は硫酸根 (Sulphuric acids) 及各種の硫酸鹽 (Sulphates) の基因となる。

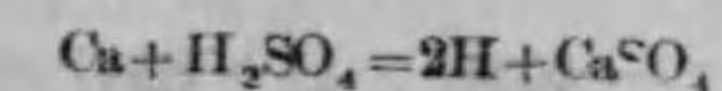
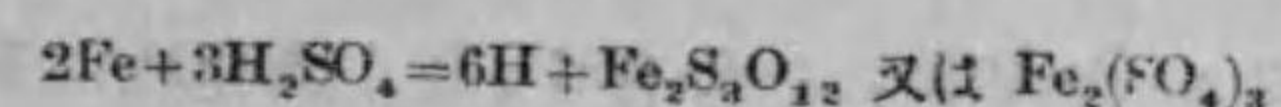
綠礬 (硫酸鐵) FeSO_4 Sulphate of iron

硫酸加里 K_2SO_4 Sulphate of potash

硫黄曹達 Na_2SO_4 Sulphate of soda

皓礬 (硫酸亞鉛) ZnSO_4 Sulphate of zinc

(註) 濕式化學に於て硫酸は金屬を溶解して硫酸鹽を造る。



上記硫化物 (Sulphides) 中硫化第二鐵 (Iron bi-sulphides FeS_2) は黃鐵礦 (Iron pyrite) とも稱し極めて多量に産出す、真鍮の如き色を呈し輝きし結晶狀の切込を有す、是より鐵を造る事難し硫酸及綠礬 (green vitriol $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) を造るに用ふ、又硫化第一鐵 (FeS) は硫化水素 (H_2S) の製造に用ゐらる、一般に鐵の硫化礦石としては黃鐵礦 (Iron pyrite FeS_2) 白鐵礦 (Marcasite FeS_2) 磁硫鐵礦 (Pyrrhotite Fe_7S_8)

等あれども鐵鑛石としては餘り使用せず、其は鐵の性質に有害なる影響を與ふる硫黃を除去するに高價を要する爲めなり。

硫黃元素は酸根なるを以て鐵中に這入り又時には這入らざることあり、併し他元素の場合には直接カルシウム或は滿俺と結晶してCaS或はMnSとなり滓となる、此硫化物は常に鑛滓中に見出さる、夫れ故銅、銀、鉛、亞鉛、水銀等の硫化物は共に夫々の金屬單體を製造する重要なる原鑛となる。

20、磷 磷(Phosphorus)は極めて酸化し易きものなれば單體としては天然に存在することなし、然れども元素としては廣く磷酸鑛物(Mineral phosphate)となりと天然に散布す、主なるものは磷酸石灰(Phosphate of lime 又は Calcic phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)にして其天然に産出するものを磷灰石(apatite $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + \text{CaCl}_2$ 或は $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + \text{CaF}_2$)と稱す、其他磷の微量は多くの岩石の成分なるが故に是等岩石よりなれる土壤は常に磷の少量を含有す、而して植物は磷化合物を土壤中より吸収し又動物は必要なる磷元素を植物より取り動物の骨等は多量の磷酸カルシウム $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ を含有す、斯く磷化合物は動物等の生活體に必要なものにして溶解し易き磷化合物は好肥料なり従て磷に富める鐵鑛石(例へば舊獨逸領ミネツテ地方産鑛石等)より造りし銑鐵を鹽基性製鋼爐(普通鹽基性ベツセマー^{コッパラー}轉爐を用ふ)に於て精鍊鋼化する際生ずる鐵滓は往々14乃至20%の磷を含有するを以て是を粉末になして肥料となすことを得、而して冶金爐に裝入すべき原料中には磷化合物の存在するを常とす故に冶金學上磷は等閑視するべからざる元素なり。

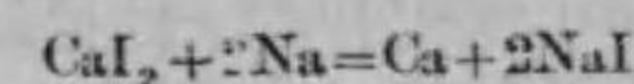
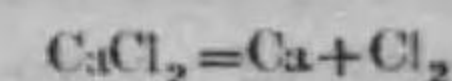
純粹なる磷は蠟(Wax)に似たる柔き固體にして小刀にて切る事を得、無色透明なれども普通は淡黄色なり、是を黃磷と稱す、黃磷を空氣に觸れしめず約 240°C に長時間熱すれば赤色の粉末に變ず、是を赤磷と稱す、黃磷と赤磷とは同質異態にして赤磷は空氣に觸れしめず更に高熱する時は黃磷に復る、磷は動物の骨を焼きし骨灰より製し、極めて酸化し易きを以て常に水中に貯ふるを要し又磷寸の製造に用ゐらることは讀者の既に知る處ならん。

磷は酸化する程度によりて數種の酸化物を造り三酸化磷一名無水亞磷酸(Phosphorus anhydride 又は trioxide P_2O_3)及五酸化磷一名無水磷酸(Phosphoric anhydride 又は Pentoxide)を主なるものとす、磷は酸根にして其酸化物は酸性なり、されば PO_4 なる磷酸根(Phosphate radical)は金屬の酸化物と化合して鹽を造り酸化鐵、酸化マグネシウム及酸化カルシウムとの化合力は強く殊に酸化カルシウムに對して頗る強し、併し硅酸に比較すれば酸性弱し、故に鹽基性物質と作用する時に若し僅かの硅酸が遊離状態に存在するも硅酸は其物質を奪ひて磷酸根を遊離せしむ、弱き酸根の強きものゝ存在する爲めに生ずる此現象は鹽基性爐に於て脱磷作用(De-phosphorization)の進行上に鑛滓の成分が大なる影響を有する所以にして鑛滓中には硅酸を中和して猶餘分の鹽基が存在するに非ざれば磷化合物が假令磷酸根として存在するとも是と中和して鹽を造り鑛滓中に除去せらるゝ事不可能なり、故に若し冶金の際餘分の鹽基なき時は磷酸根は遊離せられ次に還元せられ、還元せし磷は融解金屬中に入る、例へば鹽基性平爐に於ては強き鹽基性鋼滓を造りて鋼中より完全に脱磷し得れども鎔鑛爐の鹽基性鑛滓は脱磷するには稍々弱き爲め得たる

銑鐵中には磷を含有す。

21、カルシウム カルシウム (Calcium) は黄白色の元素にして酸化力極めて大なる爲め單體として天然に存在する事なく、又還元作用も困難なり、併して單體としては特に有用なる性質なきを以て還元する必要もなき次第なるが其酸化物なる石灰 (Lime CaO) は頗る有用なるものなり、又カルシウムは炭酸カルシウム (Carbonate of Calcium CaCO_3) 即ち大理石 (Marble) 石灰石 (Lime stone) 方解石 (Calcite) 白堊 (Chalk) 等。硫酸カルシウム即ち石膏 (Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 磷酸カルシウム即ち石灰石 (Apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 + \text{CaCl}$ 又は CaFe)。及硅酸カルシウム即ち灰長石 (Anorthite) 輝石 (Augite) 等の中に存在して地層を構成し且つ地球上廣く多量に散布す。

(註) 單體のカルシウムを造るには鹽化カルシウム (CaCl_2) を融解して之に電氣を通ずるか或は沃化カルシウム (CaI_2) にナトリウムを加へて熱するにあり。



石灰即ち酸化カルシウム (CaO) は俗に生石灰 (quick lime 又は burnt lime) と稱せられ用途廣く頗る重要な物なり、これを造るには石灰石等の炭酸カルシウム CaCO_3 を石灰爐中にて焼く時は分解して炭酸瓦斯を放出し生石灰を生ず、併し炭酸瓦斯を其儘冷却すれば再び化合して炭酸カルシウムに復る、即ち一の熱離をなす、 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ 故に石灰爐中に空氣を通じて分解したる CO_2 を排除したる後冷却す。

生石灰は融解し難き白色の固體にして之を酸水素吹管の高熱に當ても強き白光を放つのみにて融けず、之を空中に放置すれば水分及

炭酸瓦斯を能く吸収す、故に乾燥劑として用ゐらるゝ事あり。

生石灰を空中に長く放置して充分水分を吸収せしめ或は水を加ふれば熱を發して化合し水酸化カルシウムの白粉に變ず、 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ 是は俗に消石灰 (slacked lime) といひ、之に水を加へて乳狀の液體となしたるを石灰乳 (Milk of lime) と云ひ、更に多量の水を加へて得たる澄液を石灰水 (lime water) と云ふ、生石灰及消石灰は漆喰、モルタル、セメント、硝子及漂白粉の製造に用ゐ又肥料、消毒劑に供す。

石灰石を冶金爐の媒熔劑 (Flux) として使用する時は鹽基性なる石灰は原鑛中の硅酸質の夾雜物と化合して鑛滓となり、夾雜物と還元金屬とは容易に分離す、又製鋼爐に生ずる鐵滓中に石灰を加へて其鹽基性を増さしむ、是等の媒熔劑としては石灰石の外螢石 (Fluor spar 又は Fluorite CaF_2) を用ふることあり。(後節媒熔劑の項参照)

22、マグネシウム マグネシウム (Magnesium) は白色、銀の如き光輝ある金屬にして線及板となすことを得べく空中にて燦然たる光輝を發して燃へ白色の酸化物苦土 (Magnesia MgO) を造る、此光は暗所にて寫眞撮影等に使用せらる、マグネシウム及其化合物はカルシウム及アルミニウム並に其等化合物に極めて類似す、マグネシウムは白雲石又は苦灰石 (dolomite $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$) 炭酸マグネシウム即ち菱苦土鑛 (Magnesite MgCO_3) 及び種々の硅酸鹽となりて廣く散布す、又鹽化物及硫酸鹽となりて海水、鑛泉中に存在する元素なり。

白雲石及マグネサイトは煨焼し、主に製鐵及製鋼爐の内面に塗布する耐火性爐材に用ふ、苦土即ち酸化マグネシウムは水に溶け難き

白色の輕き粉末にしてマグネシウム又はマグネサイトを強熱して得べし、而して苦土は炭酸瓦斯を吸収してマグネサイトとなり、 $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$ 又水に作用して水酸化マグネシウムに變ずる事は酸化カルシウムに類似す、若土は耐火性大にして鹽基性耐火爐材として白雲石よりも耐久力あるにより坩堝の製造にも使用せられ冶金上缺くべからざるものなり尙醫藥にも用ゐらる。

次に今日耐火爐材として用ひる白雲石、マグネサイト煉瓦及硅酸煉瓦の成分(%)を参考までに比較し置かん。

成 分	白 雲 石	マグネシア煉瓦	硅石煉瓦
炭酸カルシウム	53.44	—	—
苦 土	44.19	85.96	0.20
礬 土	0.60	3.82	1.80
硅 酸	0.75	1.44	95.10
酸 化 鐵	0.68	7.98	0.60
石 灰	—	—	2.00
アルカリー	—	0.80	0.50
含水其他	$\frac{0.34}{100.00}$	$\frac{—}{100.00}$	$\frac{—}{100.20}$

(後節耐火爐材の項参照)

23、アルカリー カルカリー(alkalis)に屬するものはナトリウム、カリウム、リチウム、ルビヂウム、及セシウムの五種にして其中最も必要なるはナトリウム及カリウムとす。

ナトリウム一名ソヂウム(Sodium)は銀白色の軟き固體にして金屬光澤を有す、頗る酸化し易く、水に觸るれば直ちに酸素と一半の

水素とを奪ひて水酸化物(NaOH)となり他半の水素を遊離せしむ、最も普通なる化合物は鹽化物(chloride)にして食鹽(NaCl)是なり、其水酸化物(Hydrate)なる苛性ソーダ(NaOH)は主に石鹼を造るに用ゐ、又其硅酸鹽(silicate)は硝子を造るに用ゐらる。此金屬も亦天然に單體として存在することなく、化合物となりて食鹽(NaCl)岩鹽(NaC)硝酸鹽(智利硝石 $NaCO_3$) 硅酸鹽(長石)等となりて廣く散在す。又其化合物は動物界に存在す。

カリウム一名ポタシウム(Potassium)はナトリウムに類似せる密接の關係ある金屬なり、天然遊離して存在せず、數多の礦物(長石雲母等)及び植物の成分たり、又鹽化カリウム(KCl)硝酸カリウム(硝石 KNO_3)等の鹽類となりて廣く散在す。

ナトリウムとカリウムとは屢々共に産出し、又其化合物は同一の目的に使用せらる。是等は石炭及薪材を燒きて得たる灰中に少量存在し又時には鑛石の不純物及石灰石中にも存在す、故に鑛爐よりの鑛滓中にも少量含有せらる、

是等のアルカリーはシヤン(Cyanogen C_2H_2)に對し特に親和力を有し其化合物(Alkaline cyanides)は鑛爐の反應に就て大なる影響を與ふるものなり。

24、窒素 窒素(Nitrogen)は無色無味無臭の瓦斯にして空氣と區別する事能はず、空氣は酸素及窒素との混成物に過ぎず、窒素の化學作用は極めて不活動にて他元素と化合する事尠し、されば鑛爐に送入したる空氣中の酸素は悉く消費せらるれども窒素は大部分變化せずして排出せられ極めて少量は爐内の高熱を爲め炭素と化合し

でシヤン一名青素(Cyanogen C_2N_2)を造る、此のシヤンは可燃性の有毒瓦斯にして藍晶石(Cyanite)の主成分なり、例令窒素は酸素と混和して燃焼及生活に必要な空気を造れども單獨なる時は酸素缺乏の爲めに火焰を消滅す、されば其存在は一般に必要なれども冶金學上直接には左程重要なものに非ず。

25、水素 水素(Hydrogen)は純粹なる時は無色、無味、無臭の瓦斯にして外觀酸素、窒素及空氣と區別する事能はず、諸氣體中最も軽く空氣の重量の約 $\frac{1}{14.5}$ なり。

水素は物の燃焼を維持する事能はざるも空氣中にて自ら燃ゆるの性あり、是れ酸素に對する化學作用大なる爲めにして水素の焰は光輝弱きも多くの熱を發生す、 $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 故に高熱を要する際屢屢利用せらる。

彼の酸水素吹管(Oxy-hydrogen blow-pipe)を用ひて水素と酸素とを水を生ずる割合に送出し、是に點火すれば極めて高温度を起さしむるを得べく、此火焰は酸水素焰と稱し、白金の如き通常の焰にては融解し難き物質を熔かすに用ひ、又此焰を石灰の如き不融解の物質に吹き著けて燦然たる光輝を放たしむ、此光は幻燈に用ふる事あり所謂ドラモント光是なり、併し水素の酸素又は空氣との混合氣は爆發し易きを以て其取扱ひには注意を要す。

而して水素の酸素との親和力大なるを利用して酸素と化合せる他元素の還元劑として有效なる作用をなさしむ、例へば酸化鐵に作用せしむれば比較的低温度に於て容易に鐵を還元し得、此際水を生ずべし。

26、鑛滓の性質及媒熔劑 金屬を其原鑛より還元する時、若しくは金屬を精鍊せんとする時には必ず相伴ふて鑛滓(Slag)を生ず、爐内に於て融解せる鑛滓は接觸する總ての酸化物を鑄し込み又一方には還元せし物質を沈澱せしむ、されば一般に原鑛より還元せられたる金屬は直ちに沈澱して其夾雜物と全く分離す、併し磷は前述の如く酸化して他の鹽基と化合し磷酸鹽となる時は鑛滓中に入れども此際他に遊離せる硅酸存在し其鹽基を奪はるゝ時は遊離せし磷酸根より磷は還元せられて沈澱し金屬中に這入る。斯の如く鑛滓は金屬の製造精鍊に不用なる物質即ち夾雜物が酸化するや直ちに是れを取り去るに有效なるものなり、而して鑛滓は爐操業中に生成すること多量なるを以て數次に適宜の時爐より流出せしむる爲め鑛滓は流動性の大なるものたるを要す、彼の鑛滓爐操業中に鑛滓の流動性を失ひたる爲め出滓口(Cinder notch 又は slag hole)閉塞され遂に作業を一時中止するの止むなきに至る場合往々にあり。

然るに普通多くの金屬原鑛中には可溶性鑛滓を造り得べき成分を有するもの殆どなし、又骸炭を燃料として用ふる場合には其灰燼も亦可溶性ならず、されば總て是れ等を融解して熔融點の低き又流動性大なる鑛滓を造る爲には必ず或る配合劑を附加す、是を媒熔劑(Flux)と云ふ、例へば鐵鑛石の夾雜物は大抵硅酸、礬土等の酸根に富み石灰等の鹽基に乏し、故に鐵冶金上前述の石灰石は主要なる媒熔劑にして又白雲石、時には川砂等用ゐらる。

一般に鑛滓には酸性及鹽基性の二種あり、共に其主成分は殆ど同一なれども前者は酸性物質に富み後者は鹽基性物質に富む、又酸性

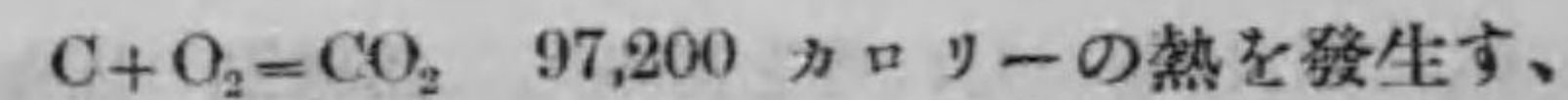
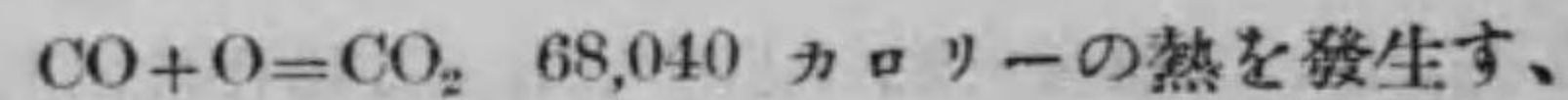
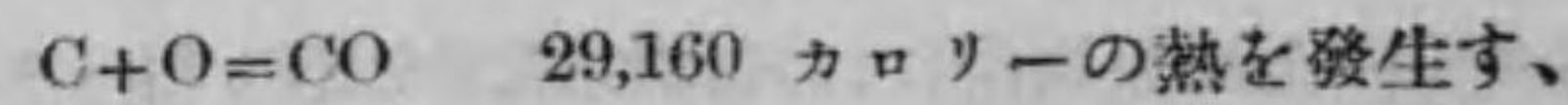
耐火爐材を以て造られたる爐即ち酸性爐に生ずる鑛滓は酸性となり、鹽基性耐火爐材を以て造られたる爐即ち鹽基性爐に生ずる鑛滓は鹽基性となる、今鐵冶金の際生ずる兩性鑛滓成分の一例を擧ぐれば

鑛滓	SiO ₂	FeO	CaO	P ₂ O ₅	MnO	MgO	Al ₂ O ₃
酸性	56.36	11.27	2.86	—	20.86	—	6.16
鹽基性	13.80	21.50	47.12	0.9	6.59	7.72	7.54

にして數字は百分率を示す、此成分中酸性を表すものは硅酸 SiO₂にして他は總て鹽基性なり、併し礬土 Al₂O₃ は前述の如く鹽基性强き鑛滓に在りては酸性を呈し、之に反して酸性強き鑛滓中にありては鹽基として働くものなり。

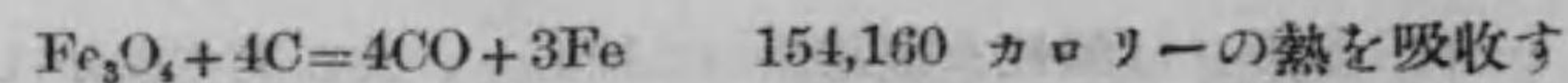
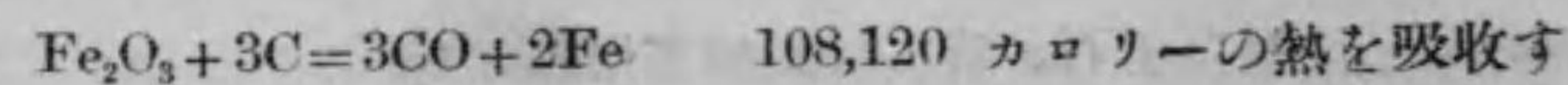
27、燃料 冶金上最も多く用ふる燃料(Fuel)は炭素なり、鐵冶金に於ては炭素は三つの作用をなす。

第一、融解に必要な熱を得る爲め炭素は主として空氣中の酸素と混合して次の反應をなす。



此の發熱によりて原鑛の還元は起り又進行す。

第二、原鑛の還元進行は炭素が還元劑となりて還元作用を起すによる



第三、斯くて還元せられたる鐵中に炭素は直接又は間接に這

入る、是が爲めに銑鐵中には多量の炭素を含有す。

此炭素を自然に含有するもの、中冶金に必要なものを擧ぐれば

- (1) 木炭(charcoal) (2) 無煙炭(anthracite)
- (3) 骸炭(cokes) 以上固體燃料(solid fuel)
- (4) 石油(petroleum) 重油(heavy oil)等の液體燃料(liquid fuel)
- (5) 發生瓦斯等の瓦斯體燃料(gaseous fuel)

是等燃料に就て簡単に説明せん。

銑鐵を製造するに當り若し生の燃料即ち薪材、石炭を用ふる時は次の缺點あり、(1) 爐の内部にて乾溜して熱を吸收し局部的冷却を惹起す、(2) 又乾溜する時には容積の變化を起して裝入物の下降を不平均ならしめ、(3) 爐の高さ大なるを以て殊に石炭の如きは粉狀となり易く又或る種の石炭にては團塊(caking)を形成して爐の内部に蟠る爲めに送風の通路を塞ぎ鑛爐操作を困難ならしむ。

故に生燃料を用ふることは能はず、併し無煙炭及スコットランドに限り産出する堅き石炭の如き揮發分の含有量少く其他の缺點も比較的少なるものは生の儘用ふることもあり、石炭を用ふる場合に於ても實際には多小骸炭を混用す、南ロシア、北米合衆國等に於ては其實例あり。

されば一般に銑鐵用鑛爐には薪材及石炭を乾溜して其揮發物を除去したる殘留固形物即ち木炭及骸炭を用ひ、共に主要なる燃料なり。

樹木及石炭の平均成分を擧ぐれば次の如し、但し灰分及び水分を取去りたるものに就く各々百分率にせしものなり。

品別	炭素	水素	酸素(外に少量の窒素)	獨立水素	比重	
樹木	44	6	50	—	0.35	
泥炭	60	6	34	2	0.60	
褐炭	65	7	28	3	1.00	
石	有焰炭	77	6	17	4	1.25
	瓦斯炭	80	6	14	4	1.30
	骸炭用炭	85	5	10	4	1.35
炭	乾炭	90	4	6	3	1.40
	無煙炭	95	2	3	1.5-2.0	1.50

(1) 木炭は不純物即ち硫黄、磷等の含有少く、上等品は平均固定炭素84%灰分3%揮發物9%なり、鐵冶金の發達の中頃に於ては唯一の燃料なりしも碎け易く又是を用ふる爐の内部は比較的低温なるを以て今日の如き大規模の爐には適用し難し、然し低温の爲め炭素以外の元素が還元して銑鐵中に加入すること少く比較的純良なるを以て特に木炭銑鐵と稱して其價格高し、彼の瑞典銑は良鐵鑛石より得たる木炭銑鐵なり。

(2) 無煙炭は炭素95%を含有し強熱を出し得れども其質緊密に過ぎ送風の抵抗を大にし爐の操業を困難ならしむ。

(3) 骸炭は堅牢緻密にして光澤を有し炭素分約85%灰分8~20%にして硫黄分少く、今日製鐵冶金上主要なる燃料にして、1713年 Abraham Darby 氏が初めて是に成功せるものなり、當時木炭の不足を感じたる際とて全く銑鐵製造上に根本的活路を啓開したものと云ふべし。

鑛爐に用ふる骸炭は灰分及硫黄分少く其質堅牢緻密なるを選ぶべし、灰分多きものは骸炭の發熱量を減じ鑛滓の量を増し又從て媒

熔劑を多量に要す、硫黄は有害なること前述の如し又其質軟弱なるものは運搬及爐へ裝入の際又は爐内にて粉末となり易く又緻密ならぬものは爐底部に達せざる以前に瓦斯の爲めに燃燒して爐の熱效率を減す、故に鑛爐に用ふる骸炭は各國其規格を制定す、例へば獨逸國の規格を見るに、

硫黄	1%以下	磷	0.018%以下
水分	4.0%以下	灰分	9.0%以下
受入場所に於て粉狀骸炭量	6.0%以下		
空虛孔の割合	40~50%		
但し鑄造用としては	25~40%		
抗壓力	毎平方糎につき	80斤	
攝氏百度に乾燥せし一立方糎の骸炭	800~900斤		

又北米合衆國ピッツバーグ (Pittsburg) 附近の Connellsville 地方よりの骸炭は

揮發物	0.67%	固定炭素	87.05%
灰分	10.60%	硫黄	0.74%
磷	0.016%		

あり、又我國八幡製鐵所使用骸炭は

配合石炭	灰分	揮發分	固定炭素	硫黄	磷	備考
二瀬、本溪湖	19.10	7.40	73.50	0.687	0.087	(大正八年十月分析)
二瀬、開平	20.70	7.30	72.10	0.797	0.109	(同上)
二瀬、鹿町	17.70	5.80	76.50	0.618	0.224	(同上)

又

内地製特一號	10.77	1.50	87.73	0.90	—
内地製一號	15.00	2.00	83.00	0.90	—
内地製二號	20.00	2.00	78.00	1.90	—

一般に我國の骸炭は其質粗にして硫黄及灰分も夥し、是は全く良質の石炭に缺く爲めなり、然るに骸炭の性質は製鐵事業全般に互る最大要素にして該事業の難易は骸炭によつて決定せらるゝ程なり、されば我國製鐵業の困難は主に骸炭の不良なるに基因するものと云ふも過言に非ず。

元來鐵鑛石の還元に要する骸炭は鐵鑛石に對し1對2の比(重量)なり。而して原鑛及石炭が相伴ふて同じ所に産出する事は稀にして孰れかを他處より運搬し多量に集中するを要す、斯る際には重量半分なる骸炭を運搬集中する方經濟的なるが如きも、實際骸炭は其の質脆くして取り扱ふ際碎け易く、小塊に碎けし骸炭は爐に装入したる後送風を閉塞し易く、爐の作業上恐るべき故障の原因となる故に骸炭は硬きものを撰ぶと共に一方鐵鑛石を運搬して骸炭製産地に製鐵所を集中することは特別の場合を除き今日一般的の趨勢と見るべし。

此點に於ても骸炭となすべき良質の石炭に乏しき我國は製鐵所の集中に甚だしき自然の不利を有し、我國製鐵業者の等しく苦心する處なり。

骸炭を造るには比較的粘結性(Caking power)の強き瀝青炭(Bituminous coal)を適當に配合し、先づ粉碎し洗滌機にて洗滌して不純物を除去し純碎なる粉炭となす、次に是を骸炭爐(Coke-oven)に入れ

て乾溜(Dry distillation)をなす、斯くて装入せる粉炭の約60%は骸炭となる。(第二編第五章 36. 骸炭爐參照)

(4) 液體燃料は瓦斯燃料と共に其量の調整に於ては前述の固體燃料よりも遙かに便宜なり、されば一般に石油の如きは原鑛より金屬を還元する場合よりも寧ろ精鍊作業に多く用ふ、液體燃料は油燃焼器によりて燃やし、主として製鋼用平爐の如き反射爐に用ふ。

(5) 瓦斯燃料は天然瓦斯を利用する所(北米ピッツバーグ地方)あれども稀なり又製鐵用鎔鑛爐瓦斯を用ふ(後章に説述す)、然れども一般には石炭を不完全に燃焼して酸化炭素を造り是を空氣と共に適當に爐内に導きて完全燃焼をなさしむ、反射爐、製鋼爐、なまし爐等に用ゐらる、此の瓦斯は市中に用ふる燈火用瓦斯(illuminating gas)と異り瓦斯發生爐(gas producer 又は gas generator)と稱する爐にて造り一般に發生瓦斯(generator gas)と稱す、併し最近にはなまし爐等に燈火用瓦斯を使用し其成績良好なりと聞く。

瓦斯發生爐に用ふる原料は普通瀝青炭を用ゐ、其成分(容量百分率)は次の如し。

	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	N
獨逸フェニックス	5.5	22.6	9.8	—	—
英國ドーソン	5.5	22.9	11.55	3.45	56.65
八幡製鐵所	5.0	26.8	12.0	3.50	—

(瓦斯發生爐に就ては後編製鋼法平爐の部參照)

一般に燃料より可及的高熱度を發せしめんとするには乾燥せる燃料を用ゐ、尙強熱を發せしむるには固體燃料を瓦斯となして燃焼せ

しむべし、尙一層の高温熱度を得るには其の瓦斯又は燃焼に要する空氣の孰れかを熱して燃焼せしめ若し兩者を豫熱すれば更に良好なり、又同時に充分注意して熱の反射放散するを避け燃焼熱を有効ならしむべし。

28、爐及耐火爐材

冶金術に於て原鑛より金屬を還元し、或は其金屬を精鍊 (Refining) するに用ふる装置を爐 (Furnace) と稱し、三種に大別することを得。

(一) 簡單なる爐一名火床又は炎土 (Simplest hearth 又は Finery) 最も簡單なるものにして土中に長方形の穴を掘り或は煉瓦を以て長方形の箱を造り、高さは幅より大なる事なし、爐の一側面に送風用羽口を設く、此爐は從來鍊鐵の直接製造法等に用ゐられ現今は餘り使用せられず、燃料より發生せし熱の有効に使用せらるゝ割合即ち爐の熱效率は僅かに 5% なり。

(二) 豎型爐 (Shaft furnace) 爐の切斷面は正方形、圓形等種々あり、高さは相當に高くして原料は總て上部より装入す、羽口は下部に設けられ送風す、鎔鑛爐及鑄造作業に用ふるキツボラ (Cupola) 等是に屬す、爐の熱效率は約 30% なり。

(三) 反射爐 (Reverberatory furnace) 前二型爐は燃焼より生ずる焰及瓦斯が固形原料に觸れて其完全燃焼には不利なる上に熱の傳導は遅し、然るに反射爐は其焰及瓦斯の一部が原料に直接觸るゝに留まる、されば装入原料は焰竝に爐頂及爐側壁等よりの副射熱によりて熱せらる、而して火焰は其の周圍より熱を放射し又爐の壁は全表面より副射熱を出すを以て原料は一様に加熱せられて極めて有利な

り、又燃料よりの焰及瓦斯が加熱すべき原料に觸るゝこと尠きは原料の化學成分に變化を起さしめざる點に於ても好都合なり⁽¹⁾。されば反射爐の創めて造られたる當時シーメンス及マルチン氏は反射爐有利論を説へて世人の注意を惹起せしめたり、是が爲め現今は製鋼用製鐵用其他の加熱爐に盛んに使用せらる、但し爐自身の熱效率は約 10% なり。

⁽¹⁾ 火焰は既に燃へたる瓦斯と尙ほ燃焼すべき物質との混和物なり、而して焰の種類には酸化、還元及中性とあり、酸化焰は酸素を過分に飽和し最高熱度を發するも熱すべき物體上に酸化作用を爲す、されば最高熱度を要し酸化するも差支へなきものにのみ此焰を以て作業することを得、還元焰は炭素を餘剰に包含し酸化作用を爲さず還元作用を爲す、發生する熱度は酸化焰に比して低し、されば酸化作用を忌避するものゝ加熱に使用す、中性焰は燃焼して炭酸 CO_2 を組織するに必要なだけの酸素を供給したる時に生じ更に餘分の酸素を含有せず、從て酸化竝に還元の兩作用の孰れをも起さず全く中間に位する焰なり、爐内に生ずる焰は酸素供給の調節換言せば送入空氣量の調節困難なる爲めと、燃料の順次燃焼との爲めに中性焰を得ることは殆ど不可能にして常に酸化又は還元焰の生ずるものなり。

耐火爐材 (Fire proof furnace material) 前述の冶金用爐を構造するに要する爐材は唯其外部に一般建築用材料を供給すれども、高熱なる部分には高熱に耐へ、熱度の急變に逢ふも伸縮尠くして罅裂を

生せず融解金屬又は酸化金屬、鏽滓等に接觸するも化學的作用を起さず侵蝕又は鎔化さるゝことなく且つ耐久力あるものを用ふ、而して耐火爐材は天然に産出する純良なる耐火物質を用ふ、其不純なるものは耐火性少なり、此耐火物質には酸性、鹽基性及中性の三種あり。

酸性耐火爐材の主成分は珪酸(90%以上)にして石英、燧石等の類なり、酸性材の最も忌むべき不純物はアルカリ、アルカリ土、酸化鐵、酸化錳等の如き鹽基性物なり、又強熱の際伸縮の度大なるを以て注意を要す。

鹽基性耐火爐材は鹽基性化合物にして石灰、苦土、白雲石、クローム鏽等なり、又或目的に對しては酸化鐵(鐵皮)珪酸鐵(鐵滓)の如きものを用ふ、鹽基性材に對して最も忌むものは珪酸なり。

中性のものは前記兩性の相平均せるものにして黒鉛及耐火粘土乃ち珪酸礬土、蠟石の類なり、而して若し兩性の中一方が過分に混和するときは極めて鎔け易し、例へば酸砂等の如し。

此三種は各々特殊の場合に使用せられ天産材を其儘使用すれども今日一般には天産材を適當に配合して人造爐材を造る是を耐火煉瓦(Fire brick)と云ふ、即ち

	天産材	人造材
酸性爐材	ガニスター砂(珪酸石末)	珪石煉瓦
鹽基性爐材	石灰、白雲石、マグネシア クローム鐵鏽(Chromite)	マグネシア煉瓦、クローム煉瓦 ドロマイト煉瓦
中性爐材	黒鉛、耐火粘土	耐火煉瓦、素灰 <small>(木炭末に粘土及水を混ぜし物)</small>

珪石煉瓦は天然のまゝ若くは一度焙焼したる珪酸鹽(珪酸石)を碎粉して細かき粒と爲し之に極めて少量の石灰水又は粘土を結合劑として加へ濕ふして混和し模型に入れ推壓機にて強壓するか又は叩き固めて成形し乾して素焼したるものなり。

マグネシア煉瓦は炭酸マグネシウム(マグネサイト)を強く焙焼して炭酸を除去して苦土(マグネシア)となし是を碎粉して結合劑を加へ推壓機に掛けて成形し乾燥したる後白熱して強く焙焼す、斯く強熱するはマグネシアが兎角水分を吸収し延ひて炭酸を吸収して使用に耐へざるに至る爲めなり。

クローム煉瓦はクローム鐵鏽を碎粉して製し、又ドーロマイト煉瓦は白雲石(苦灰石)を碎粉して製しマグネシア煉瓦よりも一層強き焙焼をなす。

中性耐火煉瓦はシャーマット煉瓦又は單に白煉瓦と稱す耐火粘土を原料とす、耐火粘土を焙焼粘土(シャーマット)(燒粉)となし是を碎粉して少量の粘土を結合劑として加へ濕ふして捏ね成形したる後乾燥し更に焙焼す。

(前述 16 節珪素及 22 節マグネシウムの項参照)

粉狀の儘天産材を用ふるものゝ中ガニスター砂は珪石煉瓦と其質同しくして酸性爐の爐床を塗布するに用ふ、鹽基性爐材として最も広く用ゐらるゝは白雲石(苦灰石)即ちドーロマイトとす、是は原鏽を強熱焙焼して炭酸を驅除し且つ水分及炭酸を吸収せしめざる様になしたる後碎粉して使用す、之を爐床に塗布する時は水を用ふべからず、水を以て濕ふときは大氣中の炭酸を吸収して終に使用に

耐へざるに至る、故に必ずコールターの熱したるものを以て濕ふすべし、マグネシア、及クロム鐵礦は鹽基性爐床に用ふ、石灰は水に溶かして多く結合劑に用ふる外直接爐材に用ふることは稀なり。

耐火粘土は元來強き粘性を有し其まゝ造形して焙燒するときは頗る硬く收縮すること甚だしく罅裂を生ず故に耐火煉瓦を造るときは必ず燒粘土(燒粉)となして用ふ、又粘土は砂、酸化鐵、アルカリ等を夾雜混和し不純質となる、然るときは耐火の度を減するを以て水干になして是等物質を除去するを要す、黒鉛は主に坩堝を造る材料となし、素灰は木炭銑鐵を製造する爐材に用ゐらる。

爐内に耐火煉瓦を積むには接合劑(俗にドロと云ひ其織目をメヂと云ふ)を用ふ、接合劑は必ず其煉瓦と同一質のものを用ふるを要す、故に多くは同一の煉瓦屑を碎粉したるもの若くは同一質に配合せるものを以てす、是を耐火モルタルと云ふ。

メヂは成るべく狭くするを要し殊に重要な部分の築造には煉瓦を摺合せて殆ど接合劑を用ゐざる様になす、是はメヂ即ち織目が煉瓦に比し緻密ならずして兎角火熱に侵され易き爲めなり。

第二編 銑鐵

第四章 緒 說

29、鐵及鋼 鐵は吾人の生存上一日も缺く可からざるものなり、1906年頃に於ける工業用諸材料に關する統計を見るに世界に於ける鐵と他金屬總てとの需要高の比は重量にて22:1なるに其價格の比は實に9:10なり、斯くの如く鐵は極めて廣く世上に供需せられて尙其需要の増加率は日を追ふて大なる所以は全く鐵が此地球上に廣く散在して最も多量に産出し従て其價格頗る廉價なる上に多様の性質を鐵は具備して工業上の總ての目的を満足せしむる爲なり、されば其製鐵法は益々發達して停止する所を知らず、即ち鐵は地球上にアルミニウム(礬素)に次で多量に存在し、價格の比が前述の如く、又其性質は種々に變ず。

純鐵は極めて粘性に富み鍛鍊容易なり、併し是が製造に手數を要して現今の冶金術並に電氣によりても純鐵を得難く尙0.007%の他元素を含有す、従て純鐵は價格不廉なる上に其性質は柔靱に過ぎ工業上の應用に適せず唯化學上に用ふるに過ぎず、是に他元素を加入する時は始めて工業上に應用すべき鐵類を得、されば工業上吾人の用ふる鐵類は純鐵と他金屬元素或は非金屬元素との合金にして是等附加元素は其用途に應じて特に鐵中に加ふるものと、又自然に製鐵作業中に混入して存在するものとあり、而して是等諸元素中常に鐵中に存在して鐵の性質に最も大なる影響を與ふるものは炭素にして

硅素、滿俺、磷、硫黄之に亞ぐ、又極めて少量の銅及砒素 (arsenic) 蒼鉛 (antimony) チタニウム (titanium) 等も殆ど必ず鐵中に存在す、是等諸元素の鐵類中に含まるゝ範圍は普通次の如し。

炭素	0.05	乃至	5%
硅素	痕跡、	乃至	5%
滿俺	同	同	2%
磷	同	同	3%
硫黄	同	同	0.3%

但し特別の場合には上記以上の多量を或は此外の元素を多量に含むものあり、是等は特種の目的に使用すべきものに屬す、尙ニツケル、タングステン、クロミウム等の諸元素の少量を加ふれば鐵の性質を變ずること著し、偕て鐵が其性質に大なる變化を生ずる事實は、

イ、鋼製刀物は銑鐵を容易に切削し、又鍊鐵及び鋼を切削し得、
ロ、冷硬せられたる白銑の先端は砲彈として發射すれば鋼鐵板を穿ら得、

ハ、強度に付て見るも或るものは僅かに16疋平方耗なるに他のものには60~95疋平方耗の大なるあり、前者は鼠銑後者はニツケル鋼なり、

ニ、高溫度より自然に冷却したる低炭素鐵例へば鍊鐵又は軟鋼に電流を流すれば鐵は磁氣を帯び、電流を閉づる時は忽ち磁氣を失ふ、(trancient magnetism を表はす) 之に反して高炭素鋼を約700°Cに加熱して、之を水中に急冷したるものを前と同様に取扱ふ時は鋼は永久磁氣を帯び、數年其性質を變ずることなし、

以上は僅かに鐵の表はす諸性質が不純物の影響により又其取扱方法とによつて著しく異なる事實の二三を擧げたるに過ぎず。

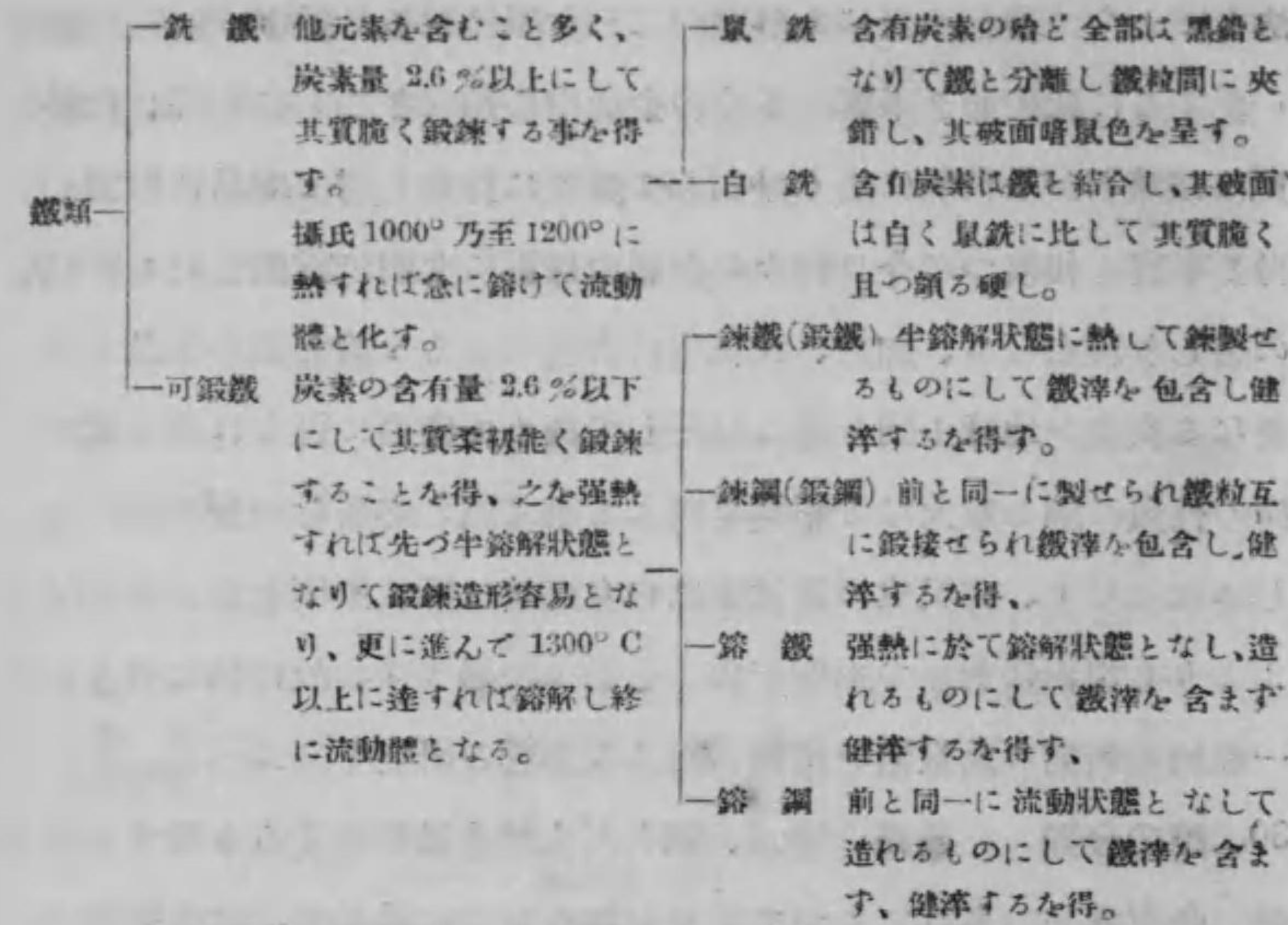
要するに此の如き事實は多くの金屬中に類なきことにして、此事實は鐵鑛石が全世界に廣く分布して廉價に採集し得て容易に精鍊し得る事實と相俟つて今日種々の金屬中殊更に文明に貢獻したる事績の著しき理由なり、加之、又鐵中に含有せらるゝ諸元素の中最も重要な炭素が地球上到る處に存在して極めて廉價に得られ此元素が鐵の性質に頗る重大なる影響を與ふる事は鐵の必要を一層不變ならしめたるなり、尙又他の諸元素は自身直接に鐵に影響を與ふると云ふよりも炭素に對して影響を與ふと云ふに過ぎず、故に鐵に付ての一般的の研究は此炭素が純鐵に與ふる影響の研究と云ふべし。

30、鐵の分類 銑鐵、鍊鐵、鋼と吾人が普通稱呼するも要するに鐵の含有成分の多寡によつて區分したるものに過ぎず、故に取扱ひ方法によつて各種に變化することを得、即ち銑鐵→鍊鐵→鋼。

而して製鐵法が現今の如くに發達せざりし時代に於ては鐵の分類至つて簡にして鐵を赤く熱して水中に急冷し、其硬度を増すものを鋼と云ひ其然らざるものを鐵と稱せしが製鐵術發達して今日の如く種々なる方法を以て製出せらるゝに至りては鐵の分類甚だしく複雑して或は化學的成分即ち炭素の含有量の多寡等に據り、或は物理的性質乃ち其強度、鍛鍊性等に據り、或は又製鐵の作業方法に據つて是を分類すと雖も未だ萬國共通の分類法を見ず。

西曆1876年北米合衆國に大博覽會開催されたる際、萬國製鐵大會を催し各國共通分類法を得ん爲め議定せしが、其に據れば、鐵を二大

別し更に之を細別せり、即ち

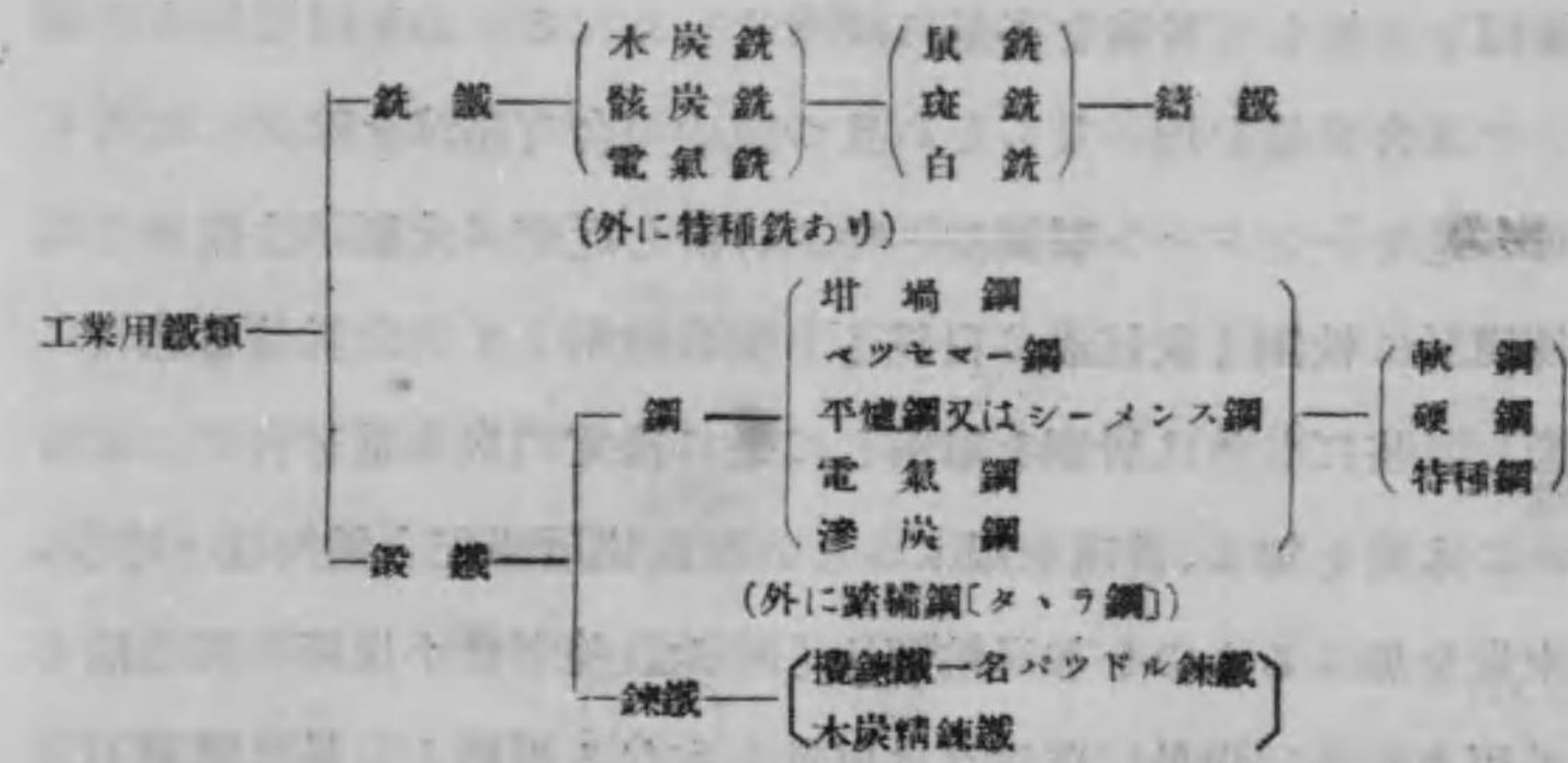


此分類は炭素の含有量及健滓によつて爲せるものにして鉄鐵と可鍛鐵との限界は略々明瞭に定め得べきも、可鍛鐵に屬する兩分系は製造する状態によりて先づ區別し、次に鐵及鋼の兩種を單に炭素含有量の多寡、健滓の如何によつて直ちに分界せり、併し近時製鐵術の進歩に従ひ、此兩種間の分界次第に曖昧となれり、例へば炭素を含有すること微量なるにも拘らず多量の金屬元素を含有するときは健滓して大なる硬度を得るものあり、故に此分類法は要領を盡せるものとは云ひ難し。

又強度50軒平方耗以上のものを鋼とし其以下を鐵と爲せるものあり然れども鐵は加工の程度により同一のものにても強度に大小あり

て分類の標準としては不完全なり。

此の如く鐵及鋼の分界は近年に至り全く其根本意義を失ひ、鍊製せるものは悉く之を鐵とし、鑄解して製せる總てのものを鋼と爲すこと多し、現今英、米、佛及我國等にて行はるゝ分類法は次の如し即ち工業用鐵を鉄鐵と可鍛鐵とに二大別し、更に製造方法により夫々細分せり。



而して是等鐵類の中にて今日用ゐらるる名稱の種類は實に多數にして鉄鐵27種、鐵 117種、鋼 127種合計 271種に達し尙調査せば是以上にも達すべし。

斯く鉄鐵、鋼、鍊鐵と區別せしは炭素量を基とし、鉄鐵は炭素含有量約 2.5% 以上、鋼は .25% 以上 2.5% 以下、鉄鐵は .05% 以上 .25% 以下とす、又鐵は炭素其他の元素を多量に含み鑄融點比較的の低く鑄物に用ふる故鑄鐵の名あり、(併し理論的には炭素 1.7% 又は 2% を鑄鐵と鋼との限界とするが適當なり)、次に此細分法を明かならしむる爲めに其製造法を附言せん。

銑鐵は木炭又は骸炭を燃料とし鑄鐵爐中に鐵鑛石を融解し還元したるものを夫々木炭銑又は骸炭銑と呼び、電氣爐中にて電氣熱により鐵鑛石を還元して造りたるものを電氣銑と呼ぶ、其作業によりて鼠、斑及白銑の種類あり又是に硅素、滿俺、ニッケル等を主成分として特に配合せるものを特種銑となす。

坩堝鋼は鋼の中にて最も古くより造らる、其舊きものは低炭素量の鍊鐵を赤熱して炭素を多量に浸滲せしめたるものを坩堝爐中に融解して其含炭量を均一ならしめ且つ鐵中の含有鐵滓を除去したるものなり是をハンツマン製鋼法と呼ぶ、併し近來は此製鋼法複雑となり鍊鐵又は軟鋼と鼠銑或は白銑とを配合融解して其含炭量を適當に調節し、甚だしきは屑鋼を融解して是に豫定の炭素量を有せしむる爲めに木炭を加ふ、銑鐵を用ふるものを銑鐵屑鐵配合鑄解法と呼び、又木炭を加ふるものを加炭鑄解法と呼ぶ、後者は小規模の製造法として用ゐらる、尙外に白銑又は鼠銑を主なる原料とし是に鐵鑛石の如き酸化劑を配合して銑鐵中の炭素分を低めて鋼となす方法も行はる、然し要するに是等方法は總て坩堝爐を用ゐて融解作業を行ふ故坩堝鋼の稱あり。

ベツセマー鋼はベツセマー轉爐(ベツセマー、コンバーター)と稱する旋回爐に鑄銑を装入し是に風を吹き込み銑鐵中の炭素其他の不純物を酸化して鋼となしたるものなり。

平爐鋼は屑鐵鋼と銑鐵、或は銑鐵と鐵鑛石、或は又屑鐵鋼と鐵鑛石と銑鐵の如き配合材を平爐(シーメンス爐)と稱する爐に装入し是に石灰石を媒鑄劑として加へ、發生爐瓦斯を燃料として融解し不

純物の量を低減したるものなり。

電氣鋼は電氣爐中に銑鐵と鐵鑛石又は屑鐵鋼を配合装入して融解し炭素其他の不純物殊に磷及硫黃を容易に燃焼除去して得たる良質のものなり。

滲炭鋼は低炭素量なる鍊鐵に炭素を附加する爲め大氣との流通を斷ち木炭粉又は骨炭粉末に密接せしめて長時間赤熱以上に保ち固體の儘鐵中に炭素を吸収せしめて鋼となしたるものなり。

踏鞴鋼は我國固有のものにして古くより中國地方にて行はれし製鋼法により得たるものなり、此製鋼法は前述のものと全然趣を異にし直接鋼塊を造るものと銑鐵を造るものとあり、而して是は小屋を築造し其中に爐として小穴を掘り木炭を燃料とし原鑛に砂鐵を用ゐ融解作業を開始して後約二晝夜の間は銑鐵が先づ溶けて流出し鋼塊は爐内に残る、三晝夜の後爐を破壊して鋼塊を取出すなり、操業中送風には踏鞴即ち俗に天秤と稱するものを爐の兩側に設置し各々二人に交互に絶へず踏みて送風するにより此名あり。

而して是等の鋼は前記範圍の含炭量の多寡によりて其質異なるにより軟硬に種別す、軟鋼は炭素含有量 0.25~0.50% 硬鋼は 0.50% 以上とす、尙製鋼法の發達したるより極めて低炭素量のものも造らるゝにより今日に於ては至軟鋼(炭素 0.25% 以下)、軟鋼(0.25~0.5%) 硬鋼(0.5% 以上) 至硬鋼(1% 以上) の四種に分つ、

軟鋼は其性質健滓すること能はず鍊鐵に類似し鍊鐵の代用として一般建築材、汽鐘材、機械部分等に盛んに使用せらる、硬鋼は健滓することを得軌條、發條、工具等に用ゐらる。

併し鋼は其含炭量が僅か異なるも其性質大に異なり又健淬性も炭素含有量の何れの點に於て失はるるや甚だ不明(0.3%を限界とする説あれども一般に0.5%を限界とす)なる故實用上鋼の機械的性質を基とし我國八幡製鐵所等に於ては更に是を細別す、八幡製鐵所に於ける分類法に據れば、

鋼質	番號	抗張力(屯平) 延平方吋(方吋)	最低延伸 細薄品 厚きもの	焼入	鍛合	屈曲
極軟鋼	一號	38以下(24以下)	25%20%	否	良	良
軟鋼	二號	38~44(24~28)	22 18	同	同	同
半軟鋼	三號	44~50(28~32)	20 16	同	可	可
半硬鋼	四號	50~60(32~38)	15 12	可	否	同
硬鋼	五號	60~70(38~45)	19 9	良	同	否
最硬鋼	六號	70以上(45以上)	8 6	同	同	同

但し坩堝鋼は全く異なりたる種別を爲し一號最も硬く六號は最も柔軟なり。

以上の區別は炭素を主要成分とする所謂炭素鋼(carbon steel)の分類なるが他に特種の目的の爲め炭素以外の元素を主要成分とする特種鋼あり、合金鋼(alloy steel)と呼ぶ、此特種鋼の中にはタングステン鋼、タングステン、クローム鋼(高速度鋼)、ニッケル鋼、ニッケルクローム鋼、マンガン鋼等あり、是等は健淬容易にて炭素鋼に比し性質大に改善せられ、工具、兵器、裝甲板(armorplate)、又は飛行機、自動車等の部分品其他強材を要する處に使用せらる、前記の特種鋼即ち合金鋼を普通鋼に加へて造らる、而して合金鋼及合金鋼を總稱して合金鋼と云ふ。

鍊鐵の中攪鍊鐵はバツドル爐等の反射爐中にて鼠銑又は主として白銑を酸化劑に觸れしめ、石炭を燃料とし其燃燒反射熱によりて半鎔状態となして銑鐵中の不純物を燃燒除去して低め、最後に含有する鐵滓を搾り出したるものなり、故に一名バツドル鍊鐵の稱あり。

木炭精鍊鐵は炎土と稱する小穴を地中に掘りて木炭と共に鐵鑛石若くは銑鐵を散亂させずして可及的一箇所に堆積せしめ、木炭を燃燒せしむるに竊を以て送風す、鐵鑛石を裝入するときは一部分は鎔解還元して鐵となり、又銑鐵を裝入するときは銑鐵半融解して滴狀を爲し羽口に於て炭素、硅素等は燃燒し、全く不純物の燃燒除去されたる後鐵滓を搾り出して柔軟なる鐵となしたるものなり。

尙又以上の分類法の外に我國に於て從來より實地及商業上行はれ今日も一部に用ゐらるゝ分類法あり、即ち

- 和鐵 …… 中國地方に於て産する木炭精鍊鐵(庖丁鐵)
- 本スウィツル …… 瑞典産木炭精鍊鐵(蹄鐵、蹄釘鐵)
- ローモール鐵 …… 英國産最上等攪鍊鐵(Lowmoor iron)
- B. BB. BBB. 鐵 …… 英國産上等攪鍊鐵
- 鐵 洋鐵 { 並鐵 …… 普質の攪鍊鐵
- { ベルデツク …… 普質の攪鍊鐵(屑鐵を主原料とす)
- { 新スウィツル又は單にスウィツル …… 主に獨逸産軟鋼
- 他に軟鋼をシーメンス又はベツセマー鐵と稱することあり
- 和鋼 …… 中國地方に産する踏鞴鋼即ち木炭鍊鋼(頃鋼、玉鋼等)
- 鋼 鍊鋼 …… 攪鍊鋼等
- 洋鋼 …… 鎔鋼

而して鍊鋼中には鐵滓を有すれども鎔鋼は融解して製造したるを以て鐵滓を含有せず。

31、製鐵製鋼術發達の概史及將來 人類が鐵を使用し始めしは歴史の示す以前よりの事にして、果して如何にして是を得しかは詳かならざるも、地球上種々自然に起る作用によつて鐵石中より還元露出せるものか(グリーンランド西岸にある玄武岩中にあり)、又は地球上に落下せる天隕石(meteorite)より得たるものなるべし、又金、銀、銅、錫及諸種の合金を用ゐたる如きも是等は皆自然作用によつて還元せられたるものを其光澤、重量、強度及硬度等を認めて利用したるものならん、人文歷史上鐵器時代(iron age)は恐らく石器時代(stone age)骨器時代(bone age)青銅時代(bronze age)に次で起れるものならんとの説あり、然れども青銅は銅及錫との合金にして此等金屬の相伴ふて産する事は稀なるを以て青銅を得るには少くとも銅及錫の冶金を知ると共に商業上の取引行はるゝを要す、故に安價なる鋼の利用法は青銅時代以前ならんとの説もあり、實際に於て鐵の遺物は青銅の遺物よりも少し、而して或る考古學者は鐵は腐蝕すること甚だしき故後世に其遺物少き事の理由となしたるより見るも遺物によりては鐵器時代と青銅時代と何れが前なりしか明かならず、併し「エヂプト」の「ピラミット」中より鐵片の遺物を發見せる事あり、此の「ピラミット」は西歷紀元前3000年なれば少くとも其時代に鐵を用ゐし事は明かなり、而して「エヂプト」に於ては鐵を Baenpet (the celestial metal) と呼びて大に珍重したるものゝ如し、又「エヂプト」の諺言に曰く、「鐵を用ふる人は一生滅すべからざる道德上の汚濁を

受く」と、其理由は不明なれども、要するに不可思議なるものと考えたるものゝ如し、是等の點より見れば鐵は青銅よりも早く用ゐられたるも腐蝕する缺點ある爲め其後充分に發達したる青銅時代の爲に一時壓倒せられたるものゝ如く推せらる。

斯くて人智の開進するに従ひ、初めて極めて還元し易き鐵鐵石を焚火中に於て還元し鐵を得たるより茲に人工的に鐵を造ることを覺へたり、而して始めて鐵を造ることを發明したる人は誰なりしか世界史上明かならず。

斯くの如く冶金的製鐵法は世の開くるに従て鐵の需要増進したる爲め盛んに擴がりたるが最初鐵鐵石は木炭を以て處理せられ爐の如きも至て簡單にして丈低きものを用ゐ、送風法は極めて手輕なる鞆を用ゐ又は自然通風に留まる、鐵鐵石は世界到る處に分布し又木炭は容易に得らるゝを以て何れの國民も其製鐵法を行へるものにして現時未開の蠻地に於て使用するものを見ても推知せらる、此方法にては其熱度低きを以て鍊鐵を得るに過ぎず、即ち當時にあつては直接に鐵鐵石より鍊鐵を造りしものなり。

其後十五世紀頃に至りて歐洲に於て水力を利用して強壓の風を多量に送つて爐の熱度を高め、爐の形も大となり、又鐵は充分鎔解して還元せられ、銑鐵を製造せり、是れ現今の鎔鐵爐の創始にして又其製鐵所の位置は勢ひ水流の附近に集中せり、斯く木炭製銑鐵の出現と共に鑄造方法も案出せられ、又一方には銑鐵を精鍊して(數回反覆鎔解して)鍊鐵を製することも發明せり、此新法は極めて有利なるを以て十四世紀に於て全盛なりし鐵鐵石より直接に鍊鐵を造る

所謂直接法に代つて、先づ鑛石より銑鐵を造り、進んで鍊鐵及鋼を造る所謂間接法行はるゝに至れり。

又是等の製鐵時代に於ては歐洲各國各々鐵を造りしも殊に良好なる鐵鑛を産出する所は英國の外にウラル山地方及瑞典等有名なるものなりし又其等の鐵は質も極めて良好なりき。

我國に於ても此頃中國地方に於て砂鐵を木炭にて處理し鍊鐵及鍊鋼を造り、銑鐵の製造は餘程後年に至つて知りたるものなり、此砂鐵を利用して鍊鋼或は銑鐵を造る踏鞴製鐵法は前述の如く全く世界獨特のものにして又此状態にて維新時代まで其儘行はれ來たりしなり。

然るに歐洲文明の益々進むに従ひ、鐵の需要は愈々増加し又其製産額も大に増加せる爲め終に木炭の缺乏を來たすに至り英國の如きは森林の切伐を法律を以て制裁するに至り製鐵業に一頓挫を來せり、爰に於て石炭を薰燒して骸炭と爲して製鐵燃料に應用すること發明せられ又銑鐵より鍊鐵を造るに石炭を用ふるバッドル法も1880年 Henry Cost 氏によりて發明せられたり、(此法は50年後 Joseph Hall 氏によりて改良せらる) 又一方には原動力に蒸氣を用ひて強壓なる送風を爲し得るに至れり。

而して鑛鑪に骸炭を用ひたるは英國にては1709年以來、歐洲大陸諸國は1796年以後とす、一般に1850年以後は木炭を用ふる事極めて寡し、從て製鐵所は益々炭田地方に集中せり、是等の製鐵術上に大革新を與へたる諸發明は英國人の爲したるものなり、且つ英國は天賦の富源を有し同一鑛山より鐵鑛石及石炭を採掘し得たるを以て

其製鐵業は頗る盛大を極め十九世紀の初め頃よりは殊に絶大の進境を呈し遂に1870年乃至1885年頃迄は全世界總産出額の半ば以上を製造し居たり。

當時獨逸國には三十年戦争ありしが此の戦争は又製鐵業に大なる影響を與へ、爾後大規模の組織にて多量生産主義の必要を餘義なくせしめたり、斯くて十九世紀に於ける製鐵事業は大に進歩したると共に銑鐵を精鍊する製鋼法も殆ど此時代に發明せられて全く完全なる域まで發達せり、又是れにより、鐵道、船舶等の交通機關は發達し、機械工業上には一大進歩をなし、是等の進歩に促進せられて愈々製鐵業の多産主義は必要となり、又其實行も容易となるに至れり。

鑄鋼(ingot steel)の製造に就ては西歷1730年頃坩堝を以て鋼鐵を鑄製することを Huntsman 氏によりて發明せられたるも其の量大ならず、専ら尙鍊製のものを以て百般の需要を充たせり、然るに西歷1855年英人 Sir Henry Bessemer 氏、ベッセマー鑄鋼法を發明したるより茲に製鐵上の一大革命となり、鑄製鋼の量は非常に増進を爲し、更に1852年英人 W.M. Siemens 氏はシーメンス瓦斯火法を發見し、1858年佛人 P.E. Martin 氏はシーメンス法瓦斯火法を利用して鑄鋼を製出するに至り益々長大足の發達をなし、又炭素寡き鑄鋼をも盛に製造し得るに至れり、而して此新地金は鍊鐵の代用となし得るものなるを以て全く鍊製法を壓倒し、現時の製鋼は殆ど此製鋼法の専有に歸せり、又近年に至り電氣製鋼及製鐵法漸く發展せんとす、期くの如く世界文明の進むに従ひ、鐵及鋼の製造法は進歩發達を遂げたるが殊に鋼の産出は其増加著しく、現今之を利用すること頗

る廣く所謂鋼時代を出現せり、西歴1800年に於ける銑鐵の世界全産出額は80萬噸なるが1905年には約69倍の増加をなし1912年には約90倍(全産額7,400萬噸弱)の多額に達し、其銑鐵の大部分は製鋼用原料となる次第にして、次の表は其突飛なる増額を明かにす。

	銑鐵全世界産出額		鑄製せる鋼の産出額	
	(佛噸)	増加倍率(約)	(佛噸)	増加倍率(約)
明治 3 年(1870)	12,150,000	1	320,000	1
13 年(1880)	18,320,000	1.5	1,930,000	6
23 年(1890)	27,630,000	2.5	11,880,000	37
33 年(1900)	41,030,000	3.5	28,730,000	90
43 年(1910)	66,320,000	4.5	58,140,000	182
44 年(1911)	63,210,000	5.2	58,270,000	182

按ずるに専ら木炭を燃料となせる銑鐵製造時代は其規模極めて小なりし故良鑛石を産出する所例へば瑞典、ウラル山附近等にて良質銑鐵を小額製出するのみにて國家の富力には大なる關係を有せざりき、然るに骸炭を用ひ大規模の銑鐵製造の出現するに至りて各國の製鐵業は其國內に産出する鐵鑛及石炭の如何によりて著しき差異を生じ、又其産額は一般交通、運輸、竝に一般工業界に大なる關係を及ぼし、國家の富力は製鐵業の消長に依りて計り得べき状態を表はしたり、此の傾向は二十世紀の今日尙止まず、

次に各國の状態につきて攻究するに、輓近、米國北部大湖の近傍地域に良鑛を發見してより大仕掛に多量の鑛石を採掘し、適良なる石炭坑を有する東部ペンシルバニア州に遠く送つて、盛に製鐵事業を行ふてより國運俄かに進み1895年には其産額英國を凌ぎ 1905 年には英、獨合計産額よりも更に多額を産出し遂に世界第一の製鐵國と

なれり。

蓋し人類の特に必要とする物を生材なり製品なりとして多く産出する國は必ず繁榮する國家なり、此意味に於て米國は頗る有利なる條件を備へ居るものにして鐵も其一例なり、而して米國は現に石炭の世界産額の約52%を占め、あらゆる原動力を起す根本燃料の所有上主要なる位置に立ち、又鐵の製産に於ては40%強を占む、其外油及アルミニウムの産出は全世界の過半を占む等、米國の富源は原料の所有と其諸産業上に於て全く優秀の位置に立てり。

獨逸に於ては、古き時代より製鐵事業盛んなりしが中途英國の爲めに壓倒せられたる傾あり後其勢を回復し1880年より1890年に於て特に普佛戰爭によりて鐵鑛に富む北部「アルサスローレン」を合併するに至りてより約30年間に6倍の産出額を見、尙同國は西部に廣大なる炭田を有する爲め遂に1903年に至りて英國を凌ぎ、米國に次ぐ世界第二の製鐵國となれり。

英國は年々製造額を増し1905年には過古40年間に約22倍の増加ありたるも米獨二國の進歩には及ばざりし爲め遂に1903年に於て世界第三位の製鐵國となれり。

佛蘭西は1860年に於ては約百萬噸を生産し英國に次ぐ第二位の製鐵國なりしが1880年には普佛戰爭其他の原因により僅かに170萬噸に上りたるに過ぎず、依て英、米、獨、に亞ぐ世界第四位となり、1900年には270萬噸となり米、英、獨、露に亞ぎ第五位に下れり、然れども1910年には露國を凌駕して再び第四位を恢復するに至れり。

露西亞は1890年漸く頭角を顯し、1905年には過古40年間に約7倍の増加ありたり。

埃太利、匈牙利は同時代に於て約10倍の増加ありたり。

今主要製鐵國(英、米、獨)の消長を示し又製鐵事業の概を知るため歐洲大戰前後に於ける製鐵及製鋼の生産統計を示さん。

第 11 表 三大製鐵國の過古四十年間に於ける銑鐵產出額(千佛噸單位)

年次 國別	1870		1880		1890		1900		1910	
	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
英 國	6060	50.1	7880	43.1	8030	29.2	9000	22.4	10380	15.8
米 國	1690	14.0	3880	21.3	9350	34.0	14010	34.9	27740	42.2
獨 逸	1390	11.5	2730	14.9	4560	16.6	8520	21.2	14790	22.5
三ヶ國合計額の世界總額に對する百分率		75.6		79.3		79.8		78.5		80.5

但し A は生産額(千佛噸單位)を示し B は世界總額に對する百分率を示す、

此表は歐洲大戰前40年間に於ける銑鐵產額の驚くべき激増を示し又三大國の關係狀態を明示せり、其變遷著しきにも拘らず尙世界總產額との對比の上に是を見れば差したる變化なきは又奇なる現象と云ふべし。

第 12 表 世界各國の銑鐵及鋼生産額(千佛噸單位)

年次 國別	大正元年	二年	三年	四年	五年	六年	七年	八年	九年	(A) 備考
	(1912)	(1913)	(1914)	(1915)	(1916)	(1917)	(1918)	(1919)	(1920)	
北米合衆國	30,203	30,966	23,332	29,916	39,435	38,621	39,055	30,586	36,284	
獨 逸	17,853	19,000	14,159	11,601	13,071	12,931	11,672	6,192	7,000	
英 吉 利	8,751	10,260	8,924	8,794	9,048	9,322	9,086	7,393	8,290	

佛 蘭 西	4,872	5,126	2,648	577	1,465	1,707	1,286	2,374	3,000	銑 鐵 生 產 額
露 西 亞	4,198	4,484	4,189	3,631	3,678	—	—	—	—	
埃、匈、	2,313	2,343	1,956	1,928	2,379	—	—	—	—	
白 耳 義	2,301	2,428	1,432	67	126	8	—	—	774	
加 奈 陀	1,015	1,015	706	825	1,070	1,046	1,066	—	—	
瑞 典	702	718	635	749	721	816	738	489	—	
西 班 牙	403	425	—	—	—	—	—	—	—	
伊 太 利	380	428	339	372	460	463	—	309	—	
日 本	235	236	296	320	391	501	695	800 ^(e)	730	
北米合衆國	31,751	31,301	23,513	32,151	42,774	45,061	44,462	34,000	41,863	
獨 逸	17,301	18,631	14,707	13,046	15,924	16,322	14,738	7,644 ^(c)	8,400	
英 吉 利	6,796	7,664	7,835	8,550	8,992	9,717	9,539	7,594	9,754	
佛 蘭 西	4,078	4,614	2,614	1,071	1,921	2,196	1,780	2,151 ^(d)	2,800	
露 西 亞	4,498	4,760	4,656	4,822	—	—	—	—	—	
埃、匈、	2,785	2,584	2,125	2,631	3,277	2,872	—	—	—	
白 耳 義	2,515	2,428	1,370	97	97	9	—	—	—	
加 奈 陀	853	1,043	743	913	1,287	1,562	1,690	1,000	1,400	
伊 太 利	801	918	826	993	1,249	1,311	976	—	—	
瑞 典	568	582	499	590	604	572	517	462	400	
西 班 牙	317	365	—	—	—	—	—	—	—	
日 本	219	230	282	342	384	529	550	552	570	
北米合衆國	—	2,746	1,550	2,535	6,101	6,439	5,375	4,336	4,305	附、 鐵及 鋼輸 出額
獨 逸	—	5,664	—	—	—	—	20 ^(a)	113	200	
英 吉 利	—	5,049	3,972	3,248	2,356	2,345	1,617	2,225	3,304	
佛 蘭 西	—	578	338	39	59	69	26 ^(d)	452	827	

- (A) 豫定額
- (a) 十一ヶ月分を示す
- (b) 1918年以後附近各縣の輸出額を含まず
- (c) 1919年十一月及十二月の豫定量を示す
- (d) 1919年以後アルサスローレン産額を含む
- (e) 實際生産額を示す

以上第12表は大體の趨勢を示すに過ぎざるが聊か大戰亂後の狀況を述べれば米國以外は戦争の爲め却て幾分宛を減少したり、特に最近兩三年は鐵價不況の爲め各國共に生産額を手控へたる傾向あり、然れども大體として現今に於ける世界鐵産額は戦前と比較して殆んど同額或は稍増加したる位の程度なるべし、然れども近き將來には各國共復舊事業一段落と共に戦後の經濟策として銳意之れが生産額増加に勉むべく今日に於て既に生産増加の趨勢を示せり、茲に問題とす可きは戦前世界第二の産國なりし獨逸がアルサス、ローレン州の鐵鑛産出地を佛國に譲渡したる爲め其鐵産額著しく減少して戦前の約 $\frac{1}{3}$ となれる事なり、元來アルサス州は獨逸石油生産額12萬噸の内4割2歩を占め又約10萬噸を算する加里鑛山あり、

又ローレン州は實に獨逸鐵鑛石の總埋藏量の $\frac{2}{3}$ 、採掘額の同じく $\frac{2}{3}$ を占む、而してローレンの去就は自然之と密接なる關係を有するルクセンブルグをも同一運命に導くものにして、之をも計算に入る時は、獨逸は實に鐵鑛石産出額の八割を喪ふ事となれり、斯く鐵鑛の喪失は聽て製鐵業に影響せざるを得ず、即ち獨逸製鐵總額の $\frac{1}{4}$ を占むるローレン鐵工業（銑鐵約三百九十萬噸鋼材二百三十萬噸）は勿論、獨逸銑鐵の過半を産するウエスト、フアリア地方製鐵業も亦、主として其鑛石をローレンより仰ぎたる關係上非常なる苦境に瀕すべし、されば獨逸がアルサス、ローレン二州を佛國に割讓したる爲め獨逸製鐵業者の最も苦痛を感ずるは鐵鑛及其他原料の供給不十分なる點にして、是が爲め獨逸は戦後瑞典及西班牙諸國よりの輸入に努め、又南米ブラジル國に於て採掘權を獲得する抔苦心の跡歴

然たるものあり、又滿俺鑛は黒海地方より其供給を仰ぎつゝあり、而して獨逸政府は此種の統計發表を禁止したるを以て戦後の獨逸製鐵業に關する詳細なる調査は頗る至難の事に屬すれども、次第に復活しつゝあり又國內には製鐵業及炭坑業者の併合即ち大トラストを組織し、又其國民性とも云ふべき科學的研究心を以て新に製鐵研究所を設立しウエスト博士監督の下に各製鐵會社の技師を指導しつゝあり、又各製鐵所の外にハイン博士監督の下に金屬研究所なるものを設立し、銳意復活を計れるを以て豫想以上に早く再び優秀なる地位を占むるやも計られず。

佛蘭西は戦前1913年に至る數年間は毎年50萬噸の銑鐵生産額の増加を見、製鐵業次第に進歩せり、然れども元來佛蘭西は鐵の製造に必要な石炭の産出額比較的少く石炭消費額の $\frac{1}{3}$ は輸入に俟つ状態なるを以て他製鐵國に比し炭價高く（佛國平均石炭價19法、英國は7法、獨逸は5法、白耳義は2法なるを以て佛國の炭價は英、獨白に比して夫々平均60%、36%、12%高價なり）、又勞力の缺乏と共に甚だ不利の地位にあり、従て國內に産出する鐵鑛石を白耳義、獨逸、英吉利等に多量に輸出し鐵鑛石輸出は佛國にとりて重要なる財源なり、故に佛國は製鐵國としては第四位なれども鐵鑛石産出額は戦前既に世界第三位を占め居たり、佛國人の勞働を忌むは國民性とも云ふべく國內勞働者不足の爲め外國勞働者の輸入に努め是等勞働者は伊國人最も多數にして白耳義人及ルクセンブルグ人之に次いで多數なり、而して佛蘭西は戦後ア、ロ二州を占有するに至りたるを以て其製鐵業は銑鐵生産額上、又鋼材生産額の上より殊に其鐵鑛産

出額の上より全然戦前と其面目を一新し歐洲に覇を唱へ得べく前途洋々たるものなり、茲に少しく其内様を説述して参考とせん。

(イ) 鐵鑛 佛國本土に於ける埋藏鐵鑛量は約三十三億噸と測定せられ、獨逸ローレンの埋藏豫想高は十八億三千萬噸に上る、此兩者を合算するときは五十億三千萬噸となり、歐洲に於て他に比肩すべきもの無き地位を占むべきなり、而して一方獨逸は其鑛量三十六億噸より十七億七十萬噸に下りて歐洲第二位となり、次では十三億の英國、十一億五千八百萬噸の瑞典と云ふ順序となるべし、

佛國本土に於ける鐵鑛石産地は大別 ムールト、エ、モーゼル。ノルマンデイ。アンジュー。ブルターニュ。ピレネの諸地方に分れ、海を越えたるアルジェリー、チュニスにも亦一億四千萬噸の鐵鑛石を有す。

ムールト、エ、モーゼル地方 最も多量に産出す、鑛石は水酸化鐵に屬し品位一般に良好ならず、鐵分30~42%

ノルマンデイ地方 赤鐵鑛又は炭酸鐵鑛にして或は兩者混在す 品位は前者45~55、後者は約50

アンジュー地方 主として赤鐵鑛及磁鐵鑛にして往々炭酸鐵鑛を混す 含鐵量41~62%

ブルターニュ地方 赤鐵鑛にして品位40を普通とす

ピレネ地方 赤鐵鑛又は炭酸鐵鑛にして品質優良、鐵分50乃至55%にして全然燐を含まず

アルジェリー並にチュニス地方 品位概ね良好にして鐵分50%

(1) 1910年ストックホルムに於ける萬國地質學會々議の調査による。

以上、

含燐量極めて少し

又之を1913年に於ける實際採掘額に就て看るに

佛國本土 19,800,000 噸

アルジェリ並にチュニス 1,900,000 噸

獨逸ローレン 21,100,000 噸

42,800,000 噸 に上り、歐洲諸國中群を抜

いて第一位に居り、北米合衆國(59,500,000 噸)の壘を摩せむとするの勢を呈すべし、而して一方獨逸は僅かに7,400,000噸となり、英、西班牙、露諸國に次ぎ歐洲第五位に在るに止まる。

(ロ) 銑鐵 1913年に於ける佛國銑鐵生産額は約5,100,000噸にして之に加ふるに獨逸ローレンの約3,900,000噸を以てする時は9,000,000噸となり、獨逸は反對に千九百八十萬噸より千六百萬噸に降るべし、尙若しザール(百五十萬噸)も亦佛領となるが如き場合には佛は千〇五十萬噸、獨は千四百五十萬噸となり、兩者極めて接近するに至るべし。

但し獨逸に關しては鐵鑛供給状態が戦前同様なる假定の下に計算せるものにして、其鑛石の $\frac{3}{4}$ は割讓し、加之、ルクセンブルグよりの供給亦之を望むべからざる戦後に於ては自ら上に掲ぐる處と異なる結果に到着するべきは喋々を要せず、即ち第十二表1919年及1920年の統計を見ても明かなり。

(ハ) 鋼鐵 1913年に於ける佛國鋼鐵生産額は約四百十萬噸にして

獨領ローレンの生産額は二百三十萬噸合計六百四十萬噸となり、獨逸は千七百三十萬噸より千五百萬噸に下ることとなる。尙若しザール(二百十萬噸)の佛國併合を見る際には佛は八百五十萬噸、獨は千三百萬噸となり両者は益々接近するに至る。

但し此の計算も亦獨逸に於ける銑鐵供給状態が戦前と同様の假定の下に於けるものなるを忘るべからず。

然れども前記の如く炭價の高く、勞力の缺乏等諸條件を考慮に入る時は未だ樂觀的觀察を許さざるものなり、又經營組織も不備にして獨人が有する勞働の習慣延いては不斷の努力、規律の精神、組織の觀念に缺くを以て今後佛人が此等の點を改めざる限り之が經營上到底獨逸の如く優秀なる能はざるを以て多少其鐵産額は前記計算額より減少すべきものと思はる。

翻つて我國に於ては前に述べたる如く維新前迄は、中國地方に於て砂鐵と木炭を用ひて鐵材を造りて僅かに日需の小具及小兵器類に應用したるに止まり、需用供給共に大ならず、且つ鐵の産額も極めて微々たるものなりしを以て、木炭の不足を感ずる迄には至らざりし。

我國に於ける製鐵の紀元も亦微すべき記録に乏しく詳かならず往古は支那朝鮮の製鐵業頗る發達して朝鮮より鐵の輸入あり又其製法も傳はりたるものならん、而して所謂神話によつて見れば現に出雲國能義郡に祭られある金屋子神が踏輪製鐵法を諸民に教へたりと傳へられ、又一説には鐵鑛石より製鐵せしは天智天皇の治世なりとあり、併し此等に依つて見るも鍊鐵鍊鋼製造の最も早く行はれたる時代は他諸國と殆ど同一時代と考へらる。

明治維新以降歐米文明の輸入と共に年々鐵材の需要増加したるを

以て政府は製鐵業の必要を認め明治十五年陸中釜石及上野中小坂に製鐵を開始せしも不結果に終りたり、明治十八年田中長兵衛氏は獨力を以て釜石製鐵所を再起し爾後苦楚20年間に50回の失敗を繰返して漸く其効果を擧げ今日我國屈指の私設製鐵所たる田中製鐵所となれり、又明治十五年海軍は東京築地に坩堝鋼製造所を設け今日に至れり、其後製鐵業は國家の生存に大關係あり、又軍器獨立に大切な爲め國家の大問題となつて明治二十七八年戰役後直に(明治二十九年三月)政府は九州八幡に製鐵所を起して同三十四年二月其一部完成し鑛石は主として支那大冶鐵山に求め各種の鐵及鋼を悉く供給せんとし今日に至る迄逐次其事業を擴張し三十九年より第一期擴張、四十四年より第二期擴張、大正五年より第三期擴張をなしたり、又陸中仙人鐵山、栗山鐵山、北海道輪西等に銑鐵製造は創められ又滿洲本溪湖、九州東洋製鐵、朝鮮兼仁浦等稍々大規模なる銑鐵製造所建設せられたり、又中國地方の砂鐵製鐵法は小規模ながら尙其の事業を行ひつゝあり。

製鋼所は前記八幡、釜石の外大阪、吳、横須賀、佐世保等の陸海軍工廠、大阪、神戸、長崎、室蘭及東京附近に大規模の製鋼所ありて鋼鑄物及各種鋼材を供給す、今参考の爲め主なる私設製鋼所を列擧すれば次の如し、

百噸以上の鑄鐵爐を有する製鐵會社中

現在製鐵事業のみを營むもの 東洋製鐵株式會社(九州戸畑)

大倉鑛業會社本溪湖製鐵所(滿洲)

南滿鐵道會社鞍山站製鐵所(滿洲)

- 製鉄、製鋼事業兼営のもの 田中鑛山會社釜石鑛業所(陸中)
 日本製鋼所(元の北海道製鐵會社を合併せるもの)
 三菱製鐵兼仁浦製鐵所(朝鮮)
- 普通鋼材製造所にして二十五噸以上の平爐を有し且つ壓延工場を有するもの
- 日本鋼管會社(神奈川県川崎)
 尼ヶ崎住友製鋼所
 大阪製鐵會社
 川崎造船所兵庫及葺合工場
 安川製鋼所
 淺野小倉製鋼所
 東海鋼業會社淺野製鐵所
 關西製鐵會社
 富士製鋼會社
 等

斯の如く我國の製鐵業は次第に進歩したるが銑鐵の生産額の増加は第13表に示す如し。

第13表 吾國に於ける銑鐵及鐵鑛の産額並輸移入高(單位 千佛噸)

年次	鐵 鑛			銑 鐵			
	内地	産額	輸移入高	計	内地産額	輸移入高	計
40年	105	31	122	258	144	98	243
41年	176	27	190	391	146	96	243

42年	218	24	187	429	166	119	284
43年	253	21	243	517	189	168	298
44年	226	21	231	478	204	159	400
45年(大正元年)	275	18	321	614	239	232	471
2年	295	18	422	735	242	273	515
3年	296	14	460	770	301	172	471
4年	328	17	510	855	320	172	492
5年	385	18	470	873	391	232	621
6年	370	24	417	821	501	232	733

殊に大正三年以降の歐洲大戰亂の影響を蒙りてより我國は愈々鐵材自給の必要に迫られ、製鐵業の勃興を促したるを以て前記の如く八幡製鐵所は第三期大擴張に着手し、又内地、朝鮮及滿洲に於て製鐵工場の起るあり、又舊工場の擴張あり従て戦前に比すれば其製産額は激増せるを見るべし。

併し今日尙我國製鐵業者は吾人の要求する鐵材の一部を供給するのみにして輸入は年々増加し、原料及製品の形に於て莫大の輸入額あり、其實況は第13表に見ることを得べく又39,40,及41年の三ヶ年の平均を見ても銑鐵 100,000 噸鋼材 344,812 噸に達す、されば今日に於ても未だ鐵鋼材の完全なる自給は行はれざる状態にありと云ふべし、殊に歐洲戰亂の休戦と共に製鐵業者は市況の大變動に會して窮狀を呈するに至りたる如きは大に考慮すべき大問題なり、次に聊か此點に就て延びては我國製鐵製鋼業の將來に就て記述せん。

(鐵價暴落の原因) 歐洲戰亂勃發以來諸物價の騰貴甚だしき中にも鐵價の昂騰率は他に比類なかりし、然るに一方休戦以來其反動も亦著しかりしは鐵其物の如何に戰争的需要の大なりしを知ると共に世界的需供の大勢を知ることを得べし、先づ試みに開

戦當時より今日に至る鐵價の趨勢を辿るに第5圖の如き激變を見たり、即ち鋼板の最低及最高價を比較するに實に130割の大激變をなし、鉄鐵は同しく87割、丸鐵は45割の大暴落をなせり、就中鋼板の斯る激變を告げたるは戦争の進展と共に戦前我國に對して殆ど唯一の供給國たりし英國が自國造船用としての需要激増したる結果其輸出を禁止したるを以て是が代用を米國に求めたる折柄米國も亦參戰し同時に是が輸出を禁じたる爲め海外よりの供給は全く杜絶の已むなき有様となれり然るに一方内地の海運界の繁榮に伴ふ造船業の繁忙と共に其需要殆ど無限に増加して遂に斯る暴騰となりたり、鉄鐵も殆ど同様の事情にして英國及印度は大正六年下期に何れも輸出を禁じ、米國も亦大に制限を加へて禁出の如き有様となりて内地製鐵業の産出額のみにては愈々供給不足となりたるなり、然るに大正七年十一月休戰の報傳はりて遂に一大恐慌を來し、八年六月頃には約30割の暴落を見るに至れり、斯く騰落の原因は全く需給關係にあるを以て少しく詳細に記述せん、製鐵業調査會の調査に係る統計に依れば鉄鐵及鋼材の需要増加割合次の如し、

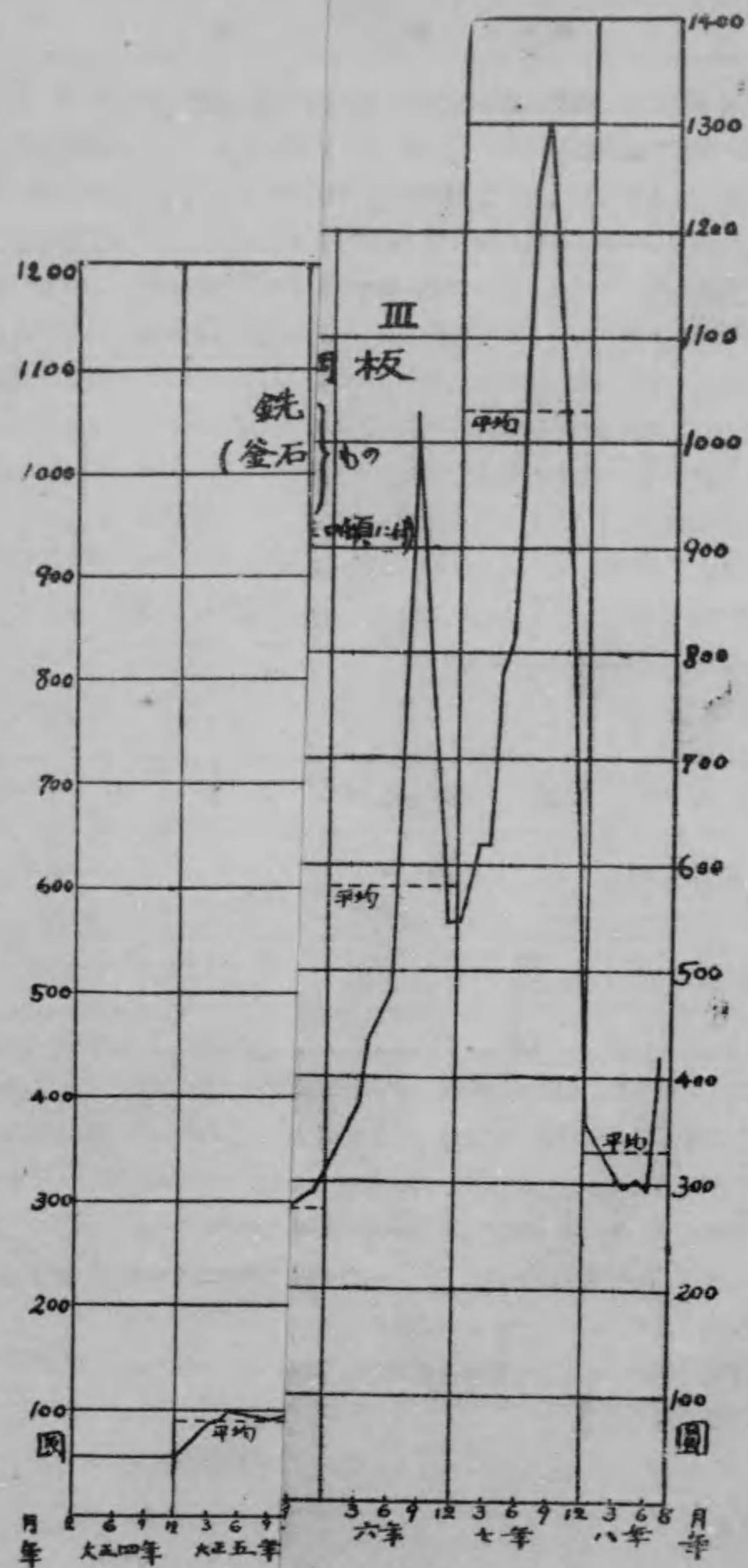
第14表

年次	鉄鐵 (佛噸)	鋼材 (佛噸)
大正二年	247,907	765,672
三年	170,178	661,361
四年	154,034	553,881
七年	360,900	1,113,000

併し實際に需要増加の割合を正確なる數字的に調査する事は困難なる事にして此表の大正三年四年は却つて減少したる傾あれども這は需要其物の減退に非ず戦争の影響により輸入額減少したるが爲めなり、大正七年には戦前の需要額と推定すべきものを比較して製鐵は十一萬餘噸、鋼材は二十四萬八千噸の需要を増したる割なり、但し此増加は全く大正二年の需要額を基とし其5年間の需要増加額と増加額の増率とを加へたるものを基とし推定せるものにして大略のものなり、

需要の増加は斯の如くなるも供給方面は果して如何、

(i) 輸入額を見るに

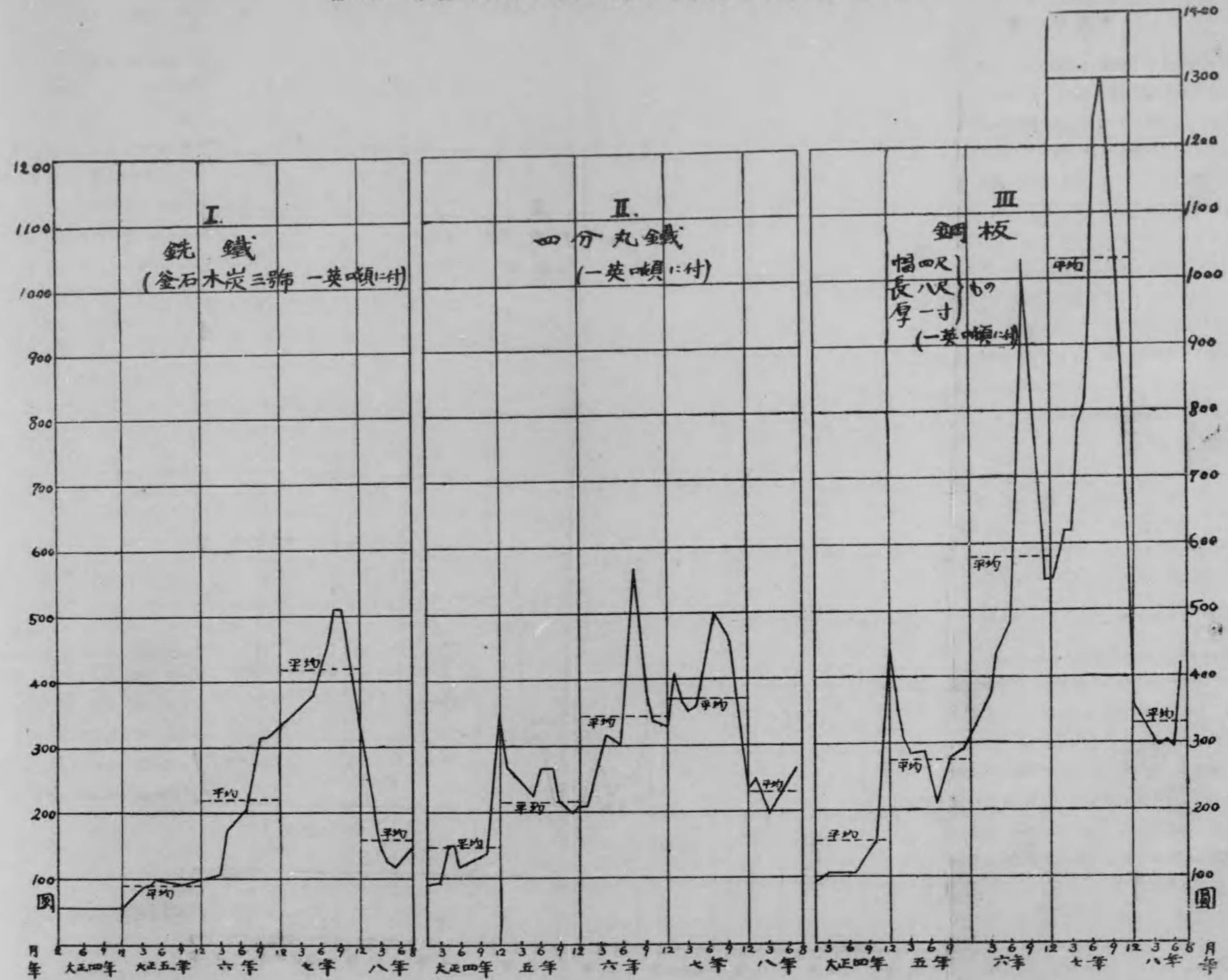


鋼材の趨勢を辿るに第5圖の如き激變を見たり、
 鋼材比較するに實に130割の大激騰をなし、鉄鐵は同しく87割、
 なせり、就中鋼板の斯る激騰を告げたるは戦争の進展と共に戦
 一の供給國たりし英國が自國造船用としての需要激増したる結
 果を以て是が代用を米國に求めたる折柄米國も亦參戰し同時には
 海軍の供給は全く杜絶の已むなき有様となれり然るに一方
 陸軍造船業の繁忙と共に其需要殆ど無限に増加して遂に斯る暴
 騰と同様の事情にして英國及印度は大正六年下期に何れも輸出
 制限を加へて禁出の如き有様となりて内地製鐵業の産出額のみ
 ならず、然るに大正七年十一月休戦の報傳はりて遂に一
 月頃には約30割の暴落を見るに至れり、斯く騰落の原因は全く
 少しく詳細に記述せん、製鐵業調査會の調査に係る統計に依れ
 ば割合次の如し、

鉄 鐵 (佛 噸)	鋼 材 (佛 噸)
247,907	765,672
170,178	661,361
154,034	553,881
360,900	1,113,000

割合を正確なる數字的に調査する事は困難なる事にして此表の
 減少したる傾あれども這は需要其物の減退に非ず戦争の影響に
 由る爲めなり、大正七年には戦前の需要額と推定すべきものを比
 較し、鋼材は二十四萬八千噸の需要を増したる割なり、但し此増
 加額を基とし其5年間の需要増加額と増加額の増率とを加へた
 るものにして大略のものなり、
 然るも供給方面は果して如何、

第5圖 歐洲大戰亂中我國に於ける鐵價の變遷 (102-103)



第 15 表

	鉄 鐵 (佛 噸)	主 なる 鋼 材 (佛 噸)		
		壓 延 棒 鋼	鋼 板	計
鉄 鐵 大正三年	188,000	171,000	97,500	268,500
四年	184,000	64,200	86,000	150,200
五年	256,000	158,000	177,500	235,500
六年	256,500	218,000	330,000	548,000
七年	249,500	294,000	177,000	471,000

斯の如く輸入額は各國の制限禁止等あるに拘らず相當多額の増加を示し需要増加率と殆ど同等なるを見れば前記需要増加率は全く供給力を基礎として割出したるものと見るを得べし、然るに戦時中の需要は造船業を始め各種鐵工業空前の大盛況により著しく激増したるを以て前記の如き僅少なる割合に非ざりしなるべし、加之、戦時中の輸入品中には使用に堪へざる粗品も含まれたるを以て遂に一般的現品逼迫の状態となりて驚くべき暴騰を見るに至れるなり。

(ii) 次に内地の生産状況を見るに相當の増加率を示せども到底激増せる需要額を緩和するに足る程の増加は見る能はざりし、即ち(農商務省其他の調査によれば)

第 16 表

年 次	鉄 鐵 (佛 噸)	鋼板及鋼材(佛噸)
大 正 三 年	301,726	282,516
四 年	320,627	342,870
五 年	391,892	384,025
六 年	501,402	526,614
七 年	695,000	550,000
八 年	800,000	552,000
九 年	730,000	570,000

又我國の資本經營に係る鉄鐵及鋼鐵生産能力(一ヶ年に付き)は大略

	民間	政府	計
鉄 鋼	500,000	350,000	850,000
鋼 鋼	100,000	400,000	500,000

而して此等の増加は全く鐵價の暴落に刺戟せられて製鐵業者が工場擴張又は新設せる結果にして又一方輸入額も亦鐵の高價なるによりて次第に増加したるを以て大正七年末には供給漸く潤澤となりたるが其時に當りて休戦となりたるを以て遂に鐵價暴落となりたる譯なり、是れ當然の成り行きと云ふべし。

(將來)扱て更に進んで將來に於ける我國需給状態を考察するに製鐵業調査會の調査に係る大正九年度以降の需見込額は次の如し、

	鉄 鋼(佛噸)	鋼 材(佛噸)
大 正 九 年	430,000	1,295,000
同 十 二 年	533,890	1,568,000
同 十 四 年	617,500	1,736,000
同 十 七 年	743,000	2,112,000

此見込額算定法は大正二年の需額を基とし其五ヶ年間の需増加額と増加額の増率とを加へたるものを七年度の需額とし、以下之に倣ひて算定したるものなれば特別の場合を除き平和時代に於ける多少の標準とするに足るべし、斯る需増加率に對し我國全生産能力は全國製鐵所を總括して大略次の如き増産を見るものと推定するを得べし。

	鉄 鋼(佛噸)	鋼 材(佛噸)
大 正 九 年	1,310,000	1,132,000
同 十 二 年	1,500,000	1,580,000

之れを需増加率と比較するに鉄鋼、鋼材共に供給却つて過剰の状態となるも、然し需方面は鉄鋼は鉄鋼として鋼材は鋼材としての需額なるに反し、生産方面は鉄鋼を以て製鋼原料となす關係上兩者を合したる數字を以て直ちに鐵全生産額といふ能はず、即ち若し大正九年に於て鉄鋼43萬噸、鋼材129,5000噸を需要すとせば130萬噸の鉄鋼生産額中より43萬噸の鉄鋼需要を差引き残り約7萬噸は製鋼原料となる譯なるを以て之れに依つて得る鋼材は其需額の約半數に過ぎず、故に此計算よりすれば大正九年には尙八九十萬噸の鉄鋼又は五六十萬噸の鋼材を他から輸入するに非ざれば需給の均衡を保ち得ざる勘定なり。

然れども這是製鐵業若くは一般産業の相當盛んなる當時を基礎として推測したるものなれば鐵價暴落したる九年度には果して豫期の如き結果は得られざりき、即ち小製鐵業者は相次いで事業を中止し、又大製鐵業者は其生産額を四分の一に減じ居る状態にあり。

併し兎に角戦前二十五萬噸乃至三十萬噸に過ぎざりし鉄鋼生産額は大正七年には倍額以上の六十萬噸に上り更に九年度には百萬噸以上に達するものと豫想せらるゝに至れる一事を以ても我國製鐵業の發達著しきを證するものと云ふべし。

因に實際の調査によれば我國全製鐵所を總合したる全生産能力は約百七十萬噸に達し居れりとも傳ふ。

孰れにしても漸く自給自足の域に達したりと云ふべく國家の爲め慶賀すべき事なり。(考慮すべき諸點)次に更に一步を進め我國製鐵業者が考慮すべき諸點に論及する時は前述佛蘭西に於けると同様に統計上の自給自足可能なるに樂觀するを許さざる事情存在す。

其は製鐵事業の三大要素なる原料、技術及資本に就てなり故に是等に關し、心得置くを緊要とするを以て次に項を逐つて説述すべし。

原料は即ち鐵礦石と石炭とにして我國に於ける是等埋藏量は極めて尠し、此の大患に缺くる我國は製鐵業發展の爲め多様な手段方法を要するは勿論にして内地の鐵礦開發に勉むると共に附近海外の鐵礦並に石炭の利用法を考究するを要す。

我國に於て利用し得べき範圍は印度、南洋、支那其他東洋の各方面にして調査せる處によれば、今日の處運賃の不廉なる爲め印度は大なる望を囑する能はざる如きも比律賓は印度に比し有望なり濠洲方面殊にニウカレドニア附近には相當の鐵石を有して買續を歓迎す、次に南米、或は北米西海岸には真品多きも西半球の鐵鋼を購入するは困難なり、露西亞は邦人直接採掘に當らんとするは研究の餘地あるも鐵石購入を以て良策とす、瓜哇、ボルネオ、スマトラ等は甚だ有望にして良質のもの諸所に在り、運賃も比較的低廉なるが故に將來有望とす、次に馬來半島及佛領安南には大なる鐵床あり、殊に馬來半島には南洋工業公司(邦人經營)が採掘權を得て我國へ輸入を企てつべし、次に支那に就て見るに滿洲は非常に多量の鐵鋼を有し該炭とすべき石炭も相當埋藏す、本溪湖(大倉鐵業會社經營)以外南滿鐵道經營撫順炭坑區内にも多量に發見せられたるは國家の爲め慶賀すべき事なり、殊に廟兒溝、安山站には磁鐵礦の埋藏量偉大なるも(南滿鐵道經營)品位尠なり、故に磁力選礦に依りて優良の鉄鋼を得べく、

近き將來に於て我國の需要を大半供給し得るものは或は滿洲の製鐵事業若くは其原料なるべし、但し、品位40の貧鐵礦を内地に輸送する事は運賃關係上考慮を要す、兎に角滿洲は鐵礦と共に石炭存在せる故に先づ優長なる製鐵地方と稱すべし、揚子江沿岸地方は今日悉知の鐵礦埋藏地なり、殊に九邱より鐵路南宜にある漢冶と而して迂回したる萍鄉の三角形大炭鐵礦區は偉大なるものにして漢冶萍鐵公司(支那人)の經營に係り其中大冶鐵礦は大部分我が八幡製鐵所へ供給せられ、製鐵所としては内地鐵礦と混用し、主要なる原料となす。

又桃沖鐵礦も大なるものにして大冶同様大部分は我國に供給せらる、又山東福建兩者等にも鐵礦多く、我國への輸送には最も便利なり、尙是等以外にも鐵礦分布の天恵多く、之が利用は最も有利なるが一面石炭に就ても山西省の井經及六河橋、山東省の縣、及淄川、直隸省の開峰(開平炭)等主なるものにして各炭山の埋藏量は殆ど無盡藏を呈し有望なるものなり。

而して支那人は近時國內の産業に大なる注意を拂ひ、大冶、桃沖の如き以前に採掘權を得たるもの以外の鐵礦は悉く國有として容易に採掘權を許さず、極力鐵石の海外輸出防止に努むると共に内地に於ける製鐵業の發展を大に奨励し以て鐵鋼を製出して輸出すべき方針を取れり、支那國內に於ける鐵の需要は極めて少量なるにも拘らず、製鐵事業を起す所以のものは支那より原料の供給を受くる日本に製品を輸出する方原鐵輸出よりも利益の大なるに着目したるためなり、而して現存の製鐵所は近頃新に漢口に百噸鑄鐵爐を据付け製鐵を開始せるものあり、又漢冶萍煤鐵公司是目下大冶に四百噸鑄鐵爐二基を据付中にて近々竣工すべく又目下創立計畫中のものは英支合辦事業なる開鑛鐵務總局經營の下に秦皇島に東洋第一の大製鐵所を建設すべく開鑛炭礦に新に二炭坑を採掘して生産増加を圖ると云ふ、此製鐵所(百五十噸鑄鐵爐二基)へ供給する鐵山は龍煙(直隸宣化附近)鐵礦及寶興鐵公司(拷老山、平山、凹山、大凹山、銅羅山、鐘山等の鐵山を所有し鑄量千萬噸以上と云ふ)なりと傳ふ、又南京浦口に於ける民間の大規模製鐵所は大冶鐵礦隣接地象山鐵礦より原鐵を供給し、石炭は山東省嶧縣産を採る筈なり、尙又支那炭坑に於ける坑口迄の石炭生産噸當り2圓乃至5圓位にして之に運搬其他の諸掛を加へ本邦着10圓内外の見當なり、又鐵礦は大冶漢冶萍公司と我製鐵所との契約價格は一噸に付き3~2.2圓にして運賃其他の諸雜費を合算する時は製鐵所着17圓に達す、斯の如く低廉なる原料を使用する製鐵所の支那内地に盛んに起るは我國に對して大打撃となるべきも、彼の紡績業の如くに自國産を自國內にて消費

するものと異なり、製鐵目的が外國相手なる事は其事業の成功上我國以上の困難あらんかと思はる。参考の爲め世界主要鐵石の市價を掲ぐれば次の如し、
重要鐵石の市價

	戦前	戦後
瑞 典 鐵	19~20 馬克	280 馬克
西 班 牙 鐵	23.5~17 志	45~53 志
露國クリウオイロク鐵	25 馬克	不明
新佛領ミネツト鐵 (採掘費)	4~5 馬克	8~9 法
英國 { クリーブランド鐵礦 (山元市價)	5 志	13~15 志
{ カンバーラント及ランカツシャー (山元にて)	12志0.65片	28志9.68片
佛國エスト地方	約 10 法	10 法

茲に鐵石及石炭の製鐵事業に直接關係ある事を明らかにする爲め鐵一噸當り生産費を擧ぐれば歐洲戰亂以前に於ては第17表(商業會議所調査)の如し。

第 17 表 (單位 邦貨圓とす)

	八幡製鐵所	釜石田中製鐵所	東洋製鐵會社	英クリーブランド	英クヘマイト	獨ロレン	獨ウエストリア	米ヒツツパーク	米アラバマ
鐵 鐵	10.28	4.50	11.99	7.80	12.30	4.00	10.70	16.00	7.80
滿 俺 鐵	.88	—	.68						
石 灰 石	.65	.45	.48	.70	.50			.50	.50
炭	6.83	13.50	8.80	7.80	10.20	10.80	6.30	10.10	12.30
製鍊職工費	1.10	.80	1.00	1.86	1.95	1.46	1.46	1.46	1.47
雜 役 人 夫		.75							
煉瓦、粘土、汽罐燃料		.85	.60	.32	.16				
電燈其他雜費		.25							
經費及俸給		.70							
諸 稅 金	3.92	.50	1.12			1.46	1.46	.97	.99
資 本 償 却		2.00							
備品費(機械等)			.50	1.12	1.03				
建造物修繕費			.20						

倉庫割				.32	.14				
合計	23.36	27.30	25.45	20.00	26.28	17.72	20.02	29.13	23.06

(但し英米獨は1904年英國關稅委員の報告による)

此表に示す如く鐵礦石及燃料は生産費の約75~80%勞銀其他諸經費は25~30%と見るを得べし、而して生産費は會社により自ら事情を異にし、例へば釜石田中製鐵所の如きは鐵石は比較的安價なれども骸炭費は高く之に反して東洋製鐵會社の如き全く反對の立場にあるが如く、一概に云ふこと能はざれども大體に於て現今は鐵石、骸炭、勞力費其他の諸物價著しく騰貴せる爲め生産費も次の如く高價となれり、我國に於ては

鐵 礦 石	20.00
骸 炭 (1.35噸)	50.00
石 灰	1.50
滿 俺 鐵	1.50
勞 力	4.00
動 力	2.00
修 繕 費	12.00
資 本 償 却	
俸 給 其 他	12.00
計	90.00 圓

又北海道又は釜石方面に於ては(大正八年調査)

鐵 礦 石	60.00	鐵石一噸30圓として2噸を要す
骸 炭	50.00	骸炭一噸40圓として1~1.3噸を要す
石 灰	10.00	石灰石一噸7圓として1.5噸を要す
勞 力	10.00	
營 業 費 其 他	15.00	
雜	5.00	
需要地迄の運賃	5.00	
計	150.00 圓	

然し鐵礦石の如き一時は30圓以上にも騰貴せし事あり又會社によりては基業費其他の關係上平均 110~120 圓位と見做せば大差なからず、諸製鐵國に於ける生産費の騰貴

の割合は正確なる所は知る事困難なれども大約次の如し。

	戰前の平均	大正八九年頃
米 國	22.35	60~70
獨 逸	24.45	97(305馬克) (1919年2月ラインハ ウゼン工場に於て)
英 國	24.50	50~60
佛 國	15.40	35.

是等と我國の生産費の騰貴とを比較すれば其生産費の膨脹著しくして到底戰前に於けるが如き差違に非ず、是は全く我國が鐵價に何等の制限なく徒に其需給による暴騰を放任したる結果なるべし、而して將來の生産費は鐵石及骸炭の價格並に其等を左右すべき主要原因なる勞銀の變化如何によりて變動すべきは勿論の事なれども他諸國の例に遵據すれば先づ歐洲戰爭以前の價格の二倍位が適當なる價格と認めらる。

技術方面に就ては昔英國が骸炭鑄鐵爐又は鍊鐵製造法等を發明したる當時獨逸は勿論佛國の如きナポレオンの威力を以てすら容易に其秘術を究め得ざりし時代は既に過ぎ今日は全く三大要素なる資本によりて是を獲得し得る事は鐵礦石及石炭等の原料購入と共に左程困難ならず、即ち我國の製鐵業は海外に派遣したる又は國內にて習得熟練せしめたる技術者を以て殆ど全部經營せられ又其製品々質に就ても諸製鐵國に比して大なる遜色を見ざる程度にまで到着せり、然れども未だ模倣するのみにして殊に特殊のものに對しては尙研究すべきもの多々あり、又諸國のものを模倣するのみに留めず更に進歩發達する爲めには大に諸方面に互りて研究する事肝要なり、現今官設及大規模の私設工場に於ては夫々研究所を設置し各方面に互りて研究も行はれ、又東北大學附屬鋼鐵研究所も竣成して本多光太郎博士指導の下に研究の行はるゝ等大に慶賀すべき事なり、尙歐洲大亂中には製鐵業者が一般に品質に關せず極端なる多産主義に陥れるも休戦となり漸次平常態に復しつゝあるなれば爾後製鐵業者は大に經濟的作業を行ひて品質及多産主義を摺るを要す、是が爲めには一層學術を應用して種々なる改良を企圖せればならぬし又需要者側も益々良質のものを望むべきに至るべし、故に學術的研究を益々發達せしむる様努力せざるべからず。

最後に製鐵等に關する資本の状態を考ふるに我國の現状は小資本分立の状態にありて是が爲めに生ずる不利益は尠ならず、即ち有害の競争、職工の爭奪、粗製濫造の弊原鐵山の無用の占有等なり、歐洲戰亂後の我國製鐵業者の窮狀著しきは是に起因す、尤も製鐵事業は大資本を要し其本業が對國家的事業なる故國家の助成補給を要するこ

と勿論なり、故に私設製鐵所は政府に對して保護關稅、鐵材の標準價格規定等の製鐵救濟運動をなし又一部には民間各製鐵所の合同説あり、或は官民製鐵所の合同説、更に進んで製鐵業の國有化を論じ朝野の問題となれり、大正十年三月帝國議會は政府が提出せし製鐵保護の爲めの關稅引上げ問題及製鐵獎勵法を可決せり、併し將來愈々通商上の競争は劇しく、國家の必要品自給が益々急務となるに於ては我國製鐵業は大資本の下に合同を要すべき時機に到着すべしと思はる。

漸く擡頭し來りし我國の製鐵業は將來幾多の難關門を經由せざるべからず、獨人シカマ氏が1916年一月獨逸製鐵組合に報告せし一節に「獨逸製鐵業の今日あるは全く獨逸人の有する高遠なる知識と聰明なる才能と勞働の習慣とに俟つものと云ふべし」とあり、獨逸製鐵業が大戰前の飛躍を茲に考ふる時は此精神は首肯し得べく、我が製鐵業の精神として學ぶべき處あるは論を俟たず、又英國に於ては大戰後鐵鋼工業の狀況殊に國際的競争に關しての形勢を調査せんが爲め通商局は十名の委員を任命せり、而して該調査の遂行上委員は各會社及工業商業勞働の各機關より精細なる報告を得ることになり、其事項は大に參考となるべきを以て次に列記せん、

1. 取引の範圍、地方及正しく使用せられたる資本
2. 材料及什器の供給に對し英國以外の財源に俟つもの、
3. 勞働に關係せる事柄、勞働の制限(若しあらば)及事業に於ける各種の比較状態
4. 外國に於ける輸出業に關する方針に比較したる英國の對外事項方針
5. 國の内外に於ける製造及商業に關し貿易取引上の效果
6. 英國工業が(イ)(ロ)何れかに關して障目的影響を與へたる範圍
 - (イ)從來或は以前に得たる事業繼續權
 - (ロ)該事業が外國稅又は製造業者、輸出業者が外國政府、鐵道、協商より得たる先取的協約、補助金、保護金及特別の補助の存在によりての事業擴張能力、
7. 支拂及債權に關する約束
8. 使用人の工業上の教育、熟練及性質
9. 通行稅又は鑛山使用稅或は他の印稅が内國、取引或は外國取引の孰れかに關し工業上に及ぼしたる影響(若し在らば)。

第五章 銑鐵製造法

32、鐵鑛石 鐵鑛石 (Iron ore) と稱し得るものは之を採掘して冶金製鍊法により鐵を得て經濟上十分利益を得べき程度に鐵分を含有し、且つ製鐵に適したる性質をも具備するを要す、斯くて鐵鑛石の有すべき鐵分の割合は鐵鑛石産地の地位、並に燃料及媒鎔劑等を得るの便否等種々の關係によりて異なれども一般には少くとも25%以上なるを要す、併し又時と場合とに據りて多少の相違はあるものなり、此外鐵鑛石は種々の挾雜物(gangue materials)を有す、最も普通なるは

硅酸 (SiO_2) 石灰 (CaO) 苦土 (MgO) 礬土 (Al_2O_3) 滿俺 (MnO にて) 硫黃 (FeS_2 にて) 磷 ($\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ にて) 銅

等にして稀には砒素、チタニウム等なり、是等挾雜物は製鐵の際適量の媒鎔劑(石灰石)を加へて燃料中の灰分と共に可鎔性鑛滓となすに有利なるものあり又不利なるものあり、されば例へば米國ピツパーク地方に於ては銑鐵1噸を造る爲めに石灰石約550 噸、骸炭1000 噸、鐵鑛石1800 噸の多量を要す、然れども各種原料の使用量は次第に増加する傾向あり、其は鐵分多き即ち含鐵品位高き鐵鑛石は順次消費せられて減少する爲め不純物多き即ち含鐵品位低きものを使用するによる、

されば近來他鐵鑛石と同様に濕式選鑛法(Wet concentration)に據りて鐵分を高め或は鑛山附近に洗滌機(Washer)を備へて輸送すべき、又爐に裝入すべき不純物の量を遞減し、或は又磁力選鑛機(magnetic

concentrator) を用ふる事等次第に旺んとなれり、磁力選礦機は米國東部に於て最も盛んに用ゐらる。

33、鐵鑛石の種類 今日製鐵に用ゐらるゝ鐵鑛石は普通鐵と酸素との化合物にして上記不純物の外多少の水分を含有す、此水分は單に moisture の状態のものあり、又結晶水(Crystallization water) となりて結合せるものもあり。

(イ) 赤鐵鑛 (Red iron ore or Hematite) 赤鐵鑛は酸化鐵(Fe_2O_3) を主成分として他の夹杂物を有すれども鐵分に富み又磷分の少きを以て有名なり、普通50~65%の鐵分を含み時には70%のもの産出す其色は赤色を帯ぶ、而して磷分の少き鉄鑛は特種の用途を有し頗る高價なり、斯る低磷鉄鑛を製造するには磷分の少き赤鐵鑛が最も適したるものにして赤鐵鑛中の磷は含有鐵量に對して普通 0.1% 以下なり。

(註) 英國カンバーラント地方には最も純粹なる赤鐵鑛を産出し従て低磷鉄鑛を造るには必ず此鑛石を用ゐたり、此習慣上今日「ヘマタイト・ロック」と云へば其原料の赤鐵鑛ならぬとも低磷鉄鑛の意味に用ゐらる。

主なる産地は北米合衆國の北部レークスウベリオル地方最も有名なり此地方は今日最も多量の産出額を有し時には鐵分68%のものを産出し實に米國製鐵事業の根元をなす。

英國カンバーラント地方も有名なるがスウベリオル地方には及ばず、又北部西班牙のビルバオ (Bilbao region) 地方 (重に英國に輸出す)、南露西亞クリボエ、ロック (Kurivoi Rog) (露國製鐵事業の近世に於て膨脹せしは全く此鑛石の利用に係る) 又玖馬島西南沿岸ナル

タコ (Santiago) 等有名なり。

我國に於ては越後の赤谷鐵山 (八幡製鐵所所屬) 陸中の仙人鐵山 (主として木炭鉄鑛を造る) 等なり。

主なる赤鐵鑛の有する化學成分は第18表に示す。

(ロ) 褐鐵鑛 (Brown iron ore) 主成分は酸化鐵 ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (hydrated hematites) にして多量の結晶水を含有するを以て鐵分は少し、此鐵鑛石には二種あり。

(一) 其質比較的純粹にして炭酸鐵鑛、黃鐵鑛、又は磁鐵鑛等より變生して結晶水を約20%有すものを Limonite ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) と稱す、鐵分は普通 25~50% にして時には 59.9% のものも産出さる、磷分は比較的少し其色は黄色に近し、

主なる産地 柵原 (美作)、川柵 (肥前) (八幡製鐵所にて使用す) 般栗、載寧 (朝鮮) (近年大鑛床なること知られ、其性質純良なる故我國に於ける大切なる原料なり)。

北部西班牙のビルバオ (世界に於て有名なり)

(二) 其質不純にして含鐵水溶液より單獨に、又は有機物の働により沈澱せるもの、或は不純鐵鑛石より變生したるものにして其含鐵品位低く且つ屢々多量の磷分を含む、之を鱗狀赤鐵鑛 (Ölitic hematite) ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) と稱す、此鑛石は球粒又は小粒の狀態にて産出し時には石灰石を含有す、往時は餘り利用せざりしも鹽基性製鐵法 (トーマス法) 發明せられて鐵分のみならず石灰石を媒鎔劑として利用するに至りたる爲め主要なる鐵鑛石となれり。

産地 佛國新領土アルサスローレン(Alsas-Lorraine) (前名Alsas-Lothringen)のミネツテ鐵(Minette)、ルクセンブルグ(Luxemburg)、白耳義等にして其中アルサスローレンのミネツテ鐵床は獨、佛、白、三ヶ國に跨る有名なるものにして其埋藏量は世界無比の稱あり、其採掘額は世界第二に位す(前章31節参照)、實に獨、佛、白三ヶ國製鐵事業の根本を形成し鐵分30~35%にして此鐵石より造りたる鐵鐵は磷分約2%を含有し、トーマス製鋼法の重要なる原料となる。

又北歐海岸に近き沼地、石狩川の下流沿岸其他にも少量産出す。

(註) 各種褐鐵鐵の成分は第18表に示す。

(一) 磁鐵鐵(Magnetite) 主成分は磁酸化鐵 Magnetic oxide of iron Fe_3O_4 にして最も純粹なるものは鐵分72.4% (他は酸素)にも達し磁石を引き著くに足り、世に知られたる鐵鐵中最も鐵分に富む、普通鐵分60~68%にして磷又は硫黃等の含有尠し、概して塊状をなし其色鋼灰色乃至黑色なり。

(註) $Fe_3O_4 = FeO + Fe_2O_3$ 即ち鐵分の多量なるは第一酸化鐵(FeO)の状態にある爲に Fe_2O_3 よりも平衡を保つに少量の酸素にて足る爲めなり。

主たる産地は次如し
我國に於ては最も重要なる鐵鐵石にして釜石鐵山、支那大冶鐵山其他到る所無數に産出さる、小鐵鐵床は多く是に屬す、又古來山陽地方に製鐵に用ふる砂鐵(Iron-sand)及本州東北部太平洋海岸と北

海道室蘭灣の海邊に産する砂鐵も亦此鐵鐵石の碎けて細粒となりしものなり。

(註) 砂鐵は元、花崗岩の如き火山岩の成分の一なりしか風化作用によりて岩石崩壊され、比重の関係により土質と分離したるものなり、中國地方に於ては砂鐵を次の種類に分つ

眞砂 大粒にして光澤黒く鋼を造る原料とす

赤目 小粒にして赤味を帯び、鐵鐵を造る原料とす

濱小鐵 海底、河岸等に自然に堆積したるものなり

又瑞典は世界に於て有名なる産地なり、其鐵石は磷及硫黃等の挾雜物少く極めて良質なる上に無數の大鐵床ある故産出額も多量なり有名なる瑞典鐵の原料となり又此瑞典鐵は工具鋼製造原料として英國シェフィールド地方に輸出せらる。露國ウラル山地方は専ら此鐵鐵石を産出す、北米合衆國(紐育の東部、ニュージャージー、及ペンシルバニア)にも多く産出す、併し是等地方に産出するものは硅酸、チタニウム、磷等の挾雜物を多量に有して含鐵品位低く、製鐵製鋼原料に適せざるものもあり。

(註) 此鐵鐵は其強さに差異あれども總て磁性を有す、故に磁針に及ぼす力によりて鐵床の存在を知るに便なり、又此性質は磁力選鐵機を發見するに至りき。

(二) 炭酸鐵鐵又は菱鐵鐵(Spathic iron ore 又は Siderite) 主成分は炭酸鐵(Carbonate of iron CO_3Fe)なり、含鐵量は普通28~38%にして時には48.8%のものを産出す、此鐵鐵は風化作用によりて褐鐵鐵(リモーナイト)又は赤鐵鐵に變することあり。

炭酸鐵鐵は二種に分たる、一は其質純粹にして磷及硫黃等を含有すること少く屢々多量の滿俺を含む、普通是を Siderite と云ふ古が製鋼原料として用ゐらる。二は不純鐵鐵にして粘土又は石炭を挾

雜含有す、其粘土の多きものを粘土鐵鑛 (clay iron ore) と稱し常に鱗狀を呈し、少量の綠砂を交ゆ、石炭を有するものを黒帶 (Black band) と稱す、此不純鐵鑛は含鐵品位低きも古來英國に於ける主要鐵鑛にして英國製鐵事業の根本を形成す、有名なるローモア鐵も此粘土鐵鑛より造らる、主として中部諸州に於て採掘す、米國には餘り用ゐられず、近來是等の鑛石は殆ど常に焙燒して炭酸瓦斯を除去して其含鐵品位を高めたる後鎔鑛爐に裝入し以て爐上部に於ける熱作用を少なからしむ。

各種炭酸鐵鑛の主要産地は次の如し、

良質炭酸鐵鑛 (シデーライト) は獨逸ジエゲン (Siegen an Rhain) 埃國スタイエルマルク、及匈牙利等。

粘土鐵鑛は英國中部諸州及東北部ミッドルズブロー附近 (此附近に於ける粘土鐵鑛は近來盛んに用ゐられ英國製鐵業の中心點となり居る状態なり) 竝にヨークシャー州の北東クリーブランド地方 (我國にも盛んに輸入せらるゝクリーブランド鐵鑛の原料となる) 等。

黒帶は昔時中央アイルランド即ちスタッフォートシャー及ヨークシャー地方に産出し英國に於ける屈指の製鐵原料なりし。

我國には純良の炭酸鐵鑛は極めて少量に産出すれども粘土鐵鑛及黒帶は更に産出せず。

各種炭酸鐵鑛の成分一例は第18表に掲ぐ。

(ホ) 硅酸鹽鐵 (鐵滓、鐵滓等 其他 硅酸鹽鐵 (Silicates of iron) の天然に産すものは多く其含鐵量低きか或は産出量少くして鐵鑛とし

ては不適當なり、併し種々の冶金例へば鍊鐵鍊鋼等に於て得たる鐵滓又は鑛滓中に多量の鐵分を含有するものは是を製鐵原料に利用す即ち此種硅酸鹽鐵は時には55%以上の鐵分を有す、併し一般に媒鎔劑なる SiO_2 を 20~30% 含有するを以て製鐵の際多量の鑛滓を生ずれども含鐵品位高き鐵鑛石を混用する時は極めて有利なり。

我國に於ては山陰山陽地方にて古來より遺棄して顧みざる鑛滓を今日採掘して見るに含鐵量頗る豊富なるものあり、されば當時廣島縣下にては之を鐵鑛の製造に利用したることあり、又大冶鐵山は明治二十三年 (光緒十三年) に發見せられしものなるも其時古代に於て行はれし製鐵法よりの鑛滓が非常に堆積せるを發見せし事あり、又銅鑛 (別子銅山、獨逸等) 中に多量の鐵分あるものは之より銅及硫黃を濕式收銅法により除去したる鑛滓を利用することを得但し其鑛滓は細粒にして取扱ひ困難なり。

尙又鋸打作業又は壓延作業の際赤熱せる鋼材より生ずる黒色の酸化鐵 (scale) は多く FeFe_2O_4 (ferrous ferrate) の如き成分を有し、其含鐵量或る程度まで大なるものは製鐵原料となすことを得べし。

主なる鐵滓の成分は第18表に示す。

(一) 硫化及硫砒鐵鑛 硫化鐵鑛には前述の如く黃鐵鑛 (FeO_2) 白鐵鑛 (FeS_2) 磁硫鐵鑛 (Fe_3S_3) 等あり又硫砒鐵鑛 (mispickel $\text{FeS}_2 + \text{FeAs}_2$) は一名素砂とも稱す、共に含鐵分相當にして中にも黃鐵鑛は含鐵量50%以上、又硫砒鐵鑛は同しく34%にも達す、然れども硫黃及砒素 (arsenic) を多量に含むを以て鐵鑛石としては應用せられず、

現今黃鐵鑛より濕式選鑛法によりて硫黃及磷を除去したるものを

粉鐵(purple ore)と稱し、粉状をなせるも、之を團鐵(brick)になして製鉄の原料となす方法歐洲にて行はるゝに至れり、又前記銅鐵を滓も同様に團鐵となす。

第18表 各種鐵鐵石の分析表

(イ) 赤鐵鐵										
品別	鐵	硅酸	礬土	石灰	苦土	酸化マンガン	硫黄	燐	銅	化合物
仙人鐵山不動	52.39	24.23	—	—	—	0.03	0.39	0.008	0.01	—
赤谷鐵山	65.94	4.53	—	—	—	0.07	痕跡	0.03	—	—
源兵衛澤	60.23	5.64	—	—	—	0.07	0.07	0.46	痕跡	—
陸中砂子澤	63.64	7.08	3.97	0.26	0.27	0.21	0.20	0.02	0.02	1.68
朝鮮屈山	53.61	21.25	—	—	—	0.11	0.037	0.023	痕跡	—
々々安兵	62.36	5.21	0.702	2.12	0.65	0.57	0.103	0.036	0.138	—
支那金嶺鎮	62.91	5.89	1.39	0.70	0.42	痕跡	0.05	0.11	—	—
レーク、スウペヨール地方平均	66.00	5.66	0.06	0.70	—	0.19	痕跡	痕跡	—	—
カンパナムニル	58.85	7.55	4.56	0.22	0.21	0.23	0.03	0.03	—	—
クリホエ、ロック	58.63	5.25	3.20	1.36	痕跡	2.28	—	—	—	—
ピルバオ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(ロ) 褐鐵鐵										
棚原(美作)	50.34	13.73	0.80	0.18	0.06	0.02	1.05	0.04	痕跡	9.81
川棚(肥前)	43.14	19.82	6.23	0.13	0.04	0.14	0.04	0.14	同	11.40
彼杵(同)	36.44	39.83	2.26	0.53	0.15	0.23	0.02	0.17	同	9.6
虻田(北海道)	56.56	2.10	2.70	0.93	0.22	0.34	0.85	0.04	同	12.5
沼鐵鐵(石狩)	48.76	3.3	1.92	0.77	0.48	—	0.36	0.21	—	—
股栗(朝鮮)	54.82	6.66	0.92	0.03	0.19	2.04	0.03	0.10	痕跡	11.89
載寧(同)	54.9	9.84	4.70	2.04	0.27	0.69	0.05	0.01	0.01	—
ピルバオ(西班牙)	54.80	8.80	1.15	0.50	0.02	0.57	0.05	0.02	—	10.55
ミネツテ鐵佛領	22.31	4.52	1.72	29.31	0.85	0.41	—	0.56	—	—
ステアグラド坑	34.48	23.55	5.75	12.00	1.20	0.50	0.20	0.27	—	18.60
同上(赤色のもの)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(ハ) 磁鐵鐵											
品別	鐵	硅酸	礬土	石灰	苦土	酸化マンガン	硫黄	燐	銅	酸化チタニウム	—
中小坂鐵山	62.16	7.18	—	—	—	0.344	0.027	0.62	0.01	—	—
釜石鐵山	62.00	5.20	0.9	2.4	0.10	0.17	0.60	0.05	0.07	—	—
同(新山)	64.28	4.37	1.20	2.0	—	—	1.12	0.03	0.24	—	—
同(佐賀内)	48.82	14.55	3.56	11.89	—	—	0.02	0.04	痕跡	—	—
廣島縣砂鐵(鉄押用)	56.88	9.80	1.75	0.80	0.52	0.66	0.008	0.031	—	5.82	—
前香紙鐵(鉄押用)並り小鐵	58.05	6.24	4.55	0.29	0.20	0.88	—	0.038	—	5.40	—
同龍ヶ次小鐵	58.64	5.03	5.80	0.34	0.13	1.42	—	0.030	0.04	4.60	—
同上り小鐵	60.37	4.41	4.03	0.72	0.21	0.91	—	0.086	—	4.73	—
同下り小鐵	60.38	7.23	4.17	0.32	0.05	0.67	—	0.058	—	2.69	—
室蘭灣砂鐵	50.00	9.19	9.85	1.53	4.25	0.49	—	0.26	—	9.00	—
大冶鐵山	65.80	4.07	1.15	0.29	0.66	0.12	痕跡	0.04	0.18	—	—
同	58~68	3~7	1~2	—	—	0.2~0.4	0.15~0.1	0.01~0.025	0.01~0.025	—	—
瑞典ターペルヒ	63.73	6.48	1.35	0.75	2.14	0.26	—	0.02	—	—	—
露領ウラルウネキヤゴラ	63.00	3.12	1.90	2.15	1.40	1.60	—	0.03	—	—	—
(ニ) 炭酸鐵鐵											
品別	鐵	硅酸	礬土	石灰	苦土	酸化マンガン	硫黄	燐	炭酸	有機物	水分
奥國アイゼンエルトン生鐵	38.64	4.10	1.25	5.90	4.00	2.71	0.08	0.01	27.60	—	—
同焙燒鐵	50.6	8.20	1.60	6.20	4.15	2.99	0.19	0.02	2.60	—	—
國造シーゲンストウツトフエテン	38.86	0.22	—	2.70	0.51	9.20	0.03	痕跡	—	—	—
英國ローヒーア粘土鐵	29.12	17.37	6.74	0.70	2.17	1.07	0.95	0.17	26.57	10.40	1.77
英國クリーブランド粘土鐵	28.86	10.22	6.95	6.63	3.73	0.70	0.10	0.5	22.02	—	11.00
英國セルトン黒帶鐵鐵	36.20	1.93	1.23	2.44	1.39	1.97	0.18	0.29	30.77	10.41	1.47
(ホ) 鐵滓又は鐵滓											

品別	鐵	硅酸	礬土	石灰	苦土	酸化マンガン	硫黄	燐	銅	酸化チタニウム
錫押トイ鐵滓 伯吉國紙造	30.30	31.30	10.42	2.95	0.70	1.29	—	0.093	—	8.85
同 下リ鐵滓	37.72	24.45	11.71	1.68	0.52	1.17	—	0.068	—	2.04
銃押鐵滓 廣島縣 下リ鐵製造の 鐵滓(廣島縣)	32.27	24.80	7.10	2.80	1.60	1.29	0.01	0.105	—	20.00
刀鍛煉中の鐵滓	50.19	—	—	—	—	—	—	0.066	—	—
大冶鐵(古式)鐵滓	55.13	20.76	3.31	1.16	0.43	1.01	0.041	6.283	0.48	—
木炭鐵製造法 トイ鐵滓(平均)	60.00	12.00	—	—	—	—	—	—	—	—
パツドル製造法 下リ鐵滓	60.52	15.79	—	—	—	2.18	—	0.725	—	—
鐵滓(獨逸國 にて用ひしもの)	65.80	1.66	—	0.10	痕跡	痕跡	0.67	0.01	0.02	—

而して全世界の鐵埋藏量に關し米國商務省最近の調査によれば

鐵 鑛 埋 藏 量 31,800,000 (千噸)(英噸)

此量に相當する鐵分 14,310,000 (千噸)

今一ケ年の産額を70,000千噸として其供給力を推測すれば向後將に二世紀の壽命を維持するを得べしと云ふ、上記の統計は北米合衆國、玖瑪、ニウファウンドランド、ブラジル、瑞典及諾威、中央歐羅巴、英本國、西班牙、露西亞、埃太利、グリース、智利、ペネツラ、墨西哥、加奈陀

諸國の埋藏量を計上しありて、各國の状態に就ては次の如し、

北米合衆國に於て使用に堪え得る鐵鑛埋藏量は7,000,000(千噸)にして此内には品位粗惡なるクリントン鑛石、又はレーキシユベリオル地方の含硅酸鐵鑛石は含有せず。

英本國は低品位の鐵鑛石(品位30%の鐵)約三百萬噸を埋藏す、此外別にカンバーランド、及ランカッシャー地方に於て磷分の少き赤鐵

鑛(鐵分50%)四千萬噸、並に侏羅記の鐵鑛約2,700,000(千噸)を埋藏す。

西班牙に於ては630,000(千噸)、スカンデネビアに於て1,469,000(千噸)の鐵鑛石(鐵分54%)を有す。

中央歐羅巴に於てはアルサス、ローレンにて六千萬噸、ルクセンブルグ、自耳義に於て5,000,000(千噸)を抱有す、

諾威、及露本國は約200,000(千噸)を有す。

ブラジルに於てはメリアン並にレース地方に於て7,500,000(千噸)其他玖瑪に於ては未採掘に屬して居る鐵鑛石が1,903,000(千噸)、又ニウファウンドランドにては3,635(千噸)を有し、加奈陀にては150,000(千噸)を埋藏す、英領印度に於ける埋藏量の詳細は未發表なるが數百萬噸に達するならん、亞弗利加の北部並に西部に於ける鐵鑛石は225,000(千噸)以上ならん、唯濠洲に就ては目下研究中に屬し發表すべき數字なし。

34、鐵鑛石の買値 鐵鑛石の價値を定むるには種々の條件に因るものにして少くとも次の四ツの條件は充分考究せざるべからず、即ち含鐵量(richness)産地の位置(accessible location)及組織(physical condition)並に化學成分(composition)なり、(鑛石量の多少も亦然り)。

含鐵量は百分率を以て表はし、例へば60%のものは品位60と呼ぶ、此の品位は製鐵上の直接費用のみならず採掘運搬等の費用にも大に關係すべきを以て價値を定むる第一の條件とす、

例へば採掘、運搬等の費用同一なる場合に於て鑛石一噸中に酸化鐵一封度多きことは鐵滓となすべき挾雜物一封度少きことを意味し

其だけ媒鎔劑を少くし又鎔解作用を簡易になすことを得べし、従て鐵鑛石の價格は任意に増加するものなり。

例へば 品位 50~55 間のもは各品位毎に	12錢
同 55~60	14錢
同 60~65	16錢

となるが如し。

含鐵品位高きものにてても其出産地の位置が邊地又は交通不便なれば其價值は劣る、故に品位に次て考研すべき事は採掘費及運搬費の點なり。

例令鑛床は需鐵地に近く其品位は高くとも鑛石の組織硬くして大なる採掘費を要する事あり或は良質の鐵鑛床が餘りに需鐵地に遠隔せる時は大なる運搬費を要し或は又媒鎔劑原料、燃料等の集中に困難を感ずべし、斯くの如き場合は鐵鑛石の價值を低下するものと云ふべし。

鐵鑛の組織は其種類極めて多く、各鑛床によつて夫々特色あり又同一鑛床にても所異なる爲めに全く異種なるものありて此組織は採掘及鐵鑛作業に大なる關係を有するものなり、例へば酸化鐵は極めて細かに分離し居る軟き鑛床のものより硬質にて板状のものあり、前者は蒸汽鏟 (steam shovels) を以て掻き取り得べく、後者はダイヤモンド錐を以て穿孔せざるべからず、而して石炭其他の鑛石は坑道を造り爲めに充分投資して採掘費嵩むとも恐れず、之に反して鐵鑛石の如きは低採掘費なる所謂露天掘式を最良とす、北米合衆國レークスウペリオル地方にては鐵鑛床上に縦横に走る鐵道を布設し蒸氣鏟

を以て容易に採掘を行ひ以て採掘費の遞減に勉む。

次に製鍊の點より考ふれば鐵鑛石は採掘したる儘鎔鑛爐に裝入し得べきものを主觀とす、此點より見れば硬質鑛床よりのものは採掘に困難にして又爐に裝入するには適當の大きさ (總て約25~75耗直徑) の大を可とす) に碎く必要ありて採掘費大なれども開放裝入をなし得て熔塵となりて排出せらるゝ損失少なし、故に裝入には好都合なり、之に反して軟質の紅粒鑛は採掘及取扱ひ容易なれども送風を遮斷し易く従て爐の綠業に故障を起し易し、又兎角細粉となりて排氣中に混じ排出せらるゝ量多し、但し、其質餘りに堅且つ密なるものは瓦斯の進入困難にして還元され難し、例へば磁鐵鑛の如きは其組織良好なれども極めて緻密なる故此鑛石を單獨に鎔鍊するには多量の燃料を要して最も還元され難し、故に此の如き鑛石には焙燒等の準備加工をなして使用するに至れり、又質脆く又は粉状のものは團鑛ともなす、是等準備法は後篇に説述せん。

一般に鐵鑛石の理想的組織は餘り緻密ならず、爐瓦斯の進入容易にして還元及精鍊の容易なる塊状のものを欲す、而して褐鐵鑛及焙燒後の炭酸鐵鑛は最も還元し易く赤鐵鑛は是に次ぐ、又磁鐵鑛は最も困難なり。

假令前述の如く含鐵品位高く、採掘、運搬等容易にして又組織の適度な鐵鑛石にても其成分中に鐵鋼に有害なる影響を與ふるものを含有する時は鑛石としての價值なし、されば鑛石中の挾雜物の總てが有害とは限らぬ故鑛石の價值を定むるには又其化學成分を攻究する事を肝要なりとす、而して挾雜物は次の三種に大別し、

- (一) 鎔解精鍊の間に鐵中に入らざるもの
- (二) 這入り易きもの
- (三) 常に入るもの

となす。(一)に相當するものは硅酸、礬土、石灰、苦土、アルカリ(チタニウム酸)等にして鑛石中に最も多量に存在すれども鑛滓となりて鎔鐵と分離す、されば礬土及石灰を除く他挾雜物多き時は鐵鑛石の含鐵品位を低め、又多量の燃料及媒鎔劑を要し精鍊の費用を不廉ならしむ、故に少きを可とす、但し前記の Ölitic hematite の如き鑛核に石灰を有するものは精鍊の際石灰が媒鎔劑として作用するを以て別に媒鎔劑を装入する必要なきによる、斯の如き成分を自給媒鎔劑 (Self fluxing material) と呼ぶ、例へば含鐵量40%にして媒鎔劑として自給するに足る量の石灰を含有するものは含鐵量50%にして鑛石1噸に對し石灰 $\frac{1}{4}$ 噸を附加するを要する程度に硅酸を有して尙自身石灰分の悉無なるものと同値なり、又礬土は前述の如く時によりて酸性又は鹽基性となり以て自給媒鎔劑の作用をなすものなり、(二)の部類に入るものは硅素、硫黃、滿俺、チタニウム、砒素等にして爐操業の状態によりて多量に鎔鐵中に入る、故に銑鐵の種類に應じて其量を加減するを要す、併し鑛石中に存在するチタニウム及砒素の量は常に寡し、而して滿俺及硅素は銑鐵の性質を良好ならしむる作用あれば特殊の場合に限り有利なるものなり、されど其他の一般なる場合には少量なるを可とす、硫黃及砒素は鐵に對して最も有害なる影響を與ふるもの故前記の如く硫鐵鑛及硫砒鐵鑛等共含鐵量多きものにては鐵鑛石として用ゐられぬ理由なり、(三)の部

類は單體なる磷素なり、されば高磷鐵鑛より低磷銑鐵を得る事難く其含鐵量に對して磷分約 0.1%以上を磷鐵鑛と稱し、鹽基性製鋼法原料又は鑄造用銑鐵の原料となす、0.1%以下を低磷鐵鑛と稱し酸性製鋼法又は特種の鑄造用銑鐵の原料となす、斯く磷分の多少によりて其用途著しく異なるを以て含磷量には大に注意するを要す。

我が國八幡製鐵所にては次の如く標準鐵鑛成分を規定せり、

第 19 表

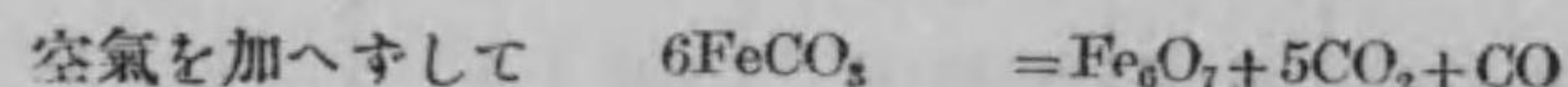
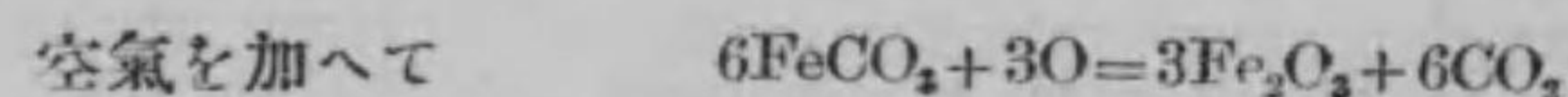
成分		標準割合 (%)	最低又は最高限 (%)	
鐵	鑛石 {	磁鐵鑛	65%	50 以上
		赤鐵鑛	60	50 以上
		褐鐵鑛	50	40 以上
滿俺	同	0.5	0.5 以上	
硅酸	同	10	20 以下	
硫黃	同	0.1	1 以下	
磷	鑛石中含有鐵一萬分中	5 (0.05%)	0.25 以下	
銅	同	0.4	0.1 以下	

35、鐵鑛石の特種準備法 鐵鑛石の多くは採掘したる儘直ちに鎔鐵爐に装入せらるゝものにして他金屬原鑛の如くに複雑なる準備法 (Calcination) を施さざるを常とす、是は鐵の廉價なる爲めそれだけの勞費相償はざるによる、併し近來は鐵鑛石を冶金に適したる性質となす爲め種々の準備法を行ふこと盛んとなれり、其主なる方法を次に説明せん。

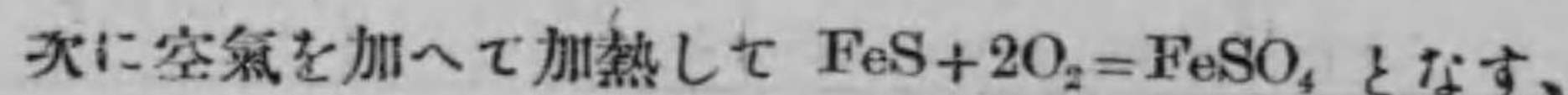
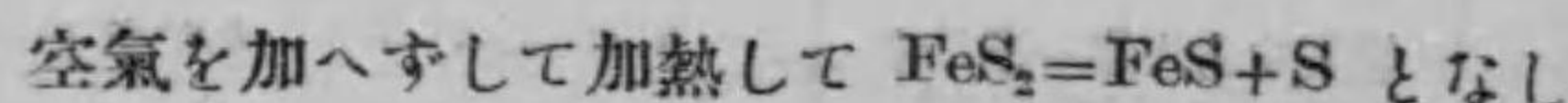
(1) 焙燒法 (Kiln Calcination 又は Roasting) 其主要目的は含水鑛石より結晶水を、炭酸鐵鑛より炭酸を夫々除去し或は緻密質の含

水鐵石を變じて瓦斯との接觸を自由ならしめ、磁力選鐵機を用ふるに便宜なる鐵石となし、或は又磁鐵礦中の硫黃分を除去すると共に其酸化を増して其組織を粗ならしむる等なり、之が爲めに鐵石を焙燒爐(Kiln)に裝入して焙燒せしむ。

而して結晶水除去を目的とするのみなる時は普通焙鐵爐頂部に於て爐熱の爲め分解蒸發し去る故特に焙燒法を行ふことなれども炭酸鐵礦又は硫黃分多き鐵石には夫々炭酸及硫黃を除去する爲め殆ど總て此準備法を行ふ、Wedding 法によれば、



炭酸鐵礦が分解して1封度(0.45疋)の炭酸を生ずるには 465B.T.U.の熱を要する故廉價に熱を得る所に於て是を施す、又硫黃は多く FeS_2 として存在する故 Valentine 法によれば



是にて除硫の目的を達し得たり。

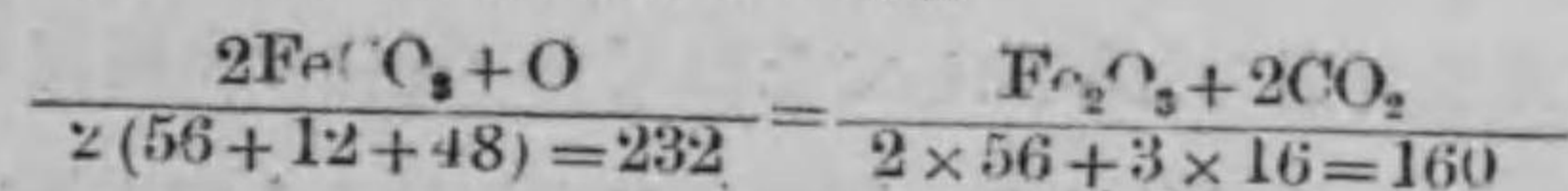
又緻密質の Fe_3O_4 又は Fe_2O_3 は磁性を有すれども還元作用に困難なるを以て是を相當時間空中にて赤熱すれば Fe_2O_3 と變し磁性を失ふ、 $2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}$ 又は $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{Fe}_2\text{O}_3$ 此の Fe_2O_3 は還元容易なり、逆に磁力選鐵法を必要とする時は Fe_2O_3 を加熱して酸素を遞減し Fe_3O_4 又は Fe_2O_3 とせば可なり。

而して焙燒法により失はるゝ重量は鐵礦石の種類によれども褐鐵

礦の如きは 5~10%、粘土鐵礦及黑帶は 40% 又は其以上又炭酸鐵礦は 30% にも達す、斯の如き鐵礦は多く鑛山にて準備法を行ひて運搬費の低減を計る。

計算法 鐵礦石の成分を知り、準備法を行ふ際に生ずる變化を推知し又施行後の低減重量を計算することは容易なり、此の計算には常に(1)焦塊法により失はるゝ重量の百分率及(2)準備法を施したる鐵石中に含有する鐵量の百分率を求むべきなり、其化學變化は極めて簡單なり。

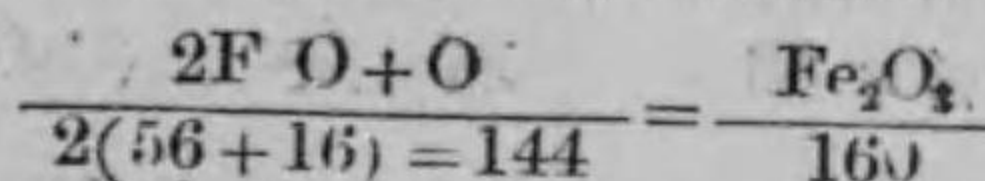
(1)炭酸鐵礦が第二酸化鐵となる場合



即ち炭酸鐵 232 原子は 160 原子の第二酸化鐵となる、故に 1 原子は

$$\frac{160}{232} = .6897$$

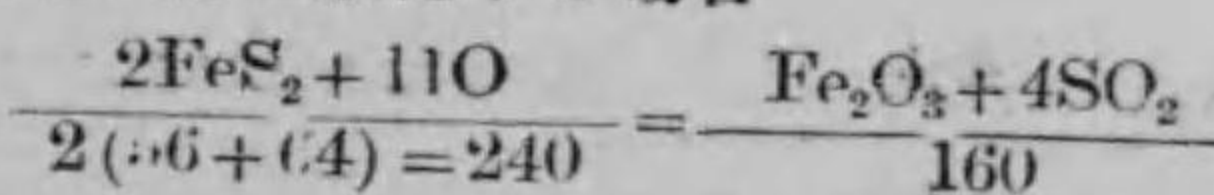
多くの分析に於て炭酸鐵は第二酸化鐵と炭酸とよりなる、炭酸が驅逐さるれば第一酸化鐵は第二酸化鐵に變ず。



故に 144 原子の第一酸化鐵は 160 原子の第二酸化鐵となり又は 1 原

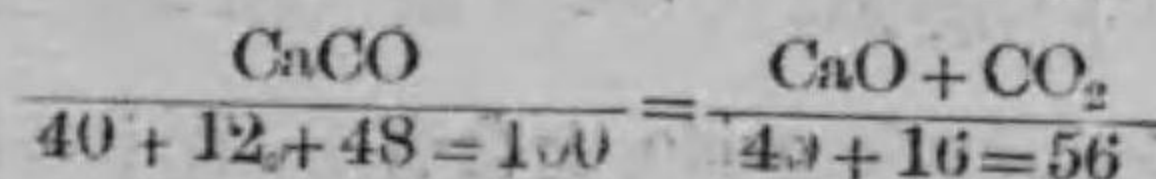
は $\frac{160}{144} = 1.11$ となる。

(2)硫化鐵が總て酸化する場合



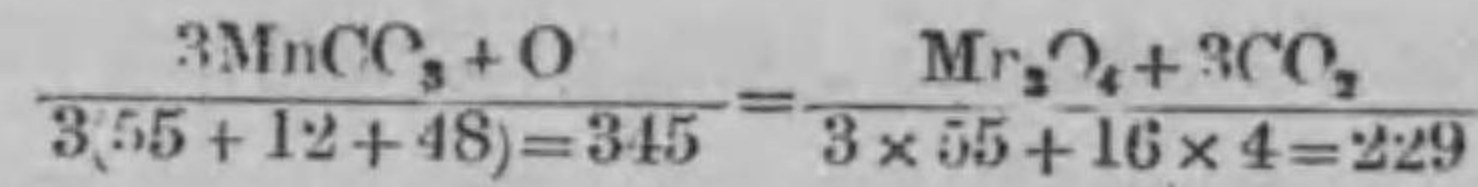
故に 1 原子の硫化鐵は $\frac{160}{240} = .666$ の第二酸化鐵となる。

(3)石灰石(炭酸カルシウム)が分解せられ石灰が残る場合



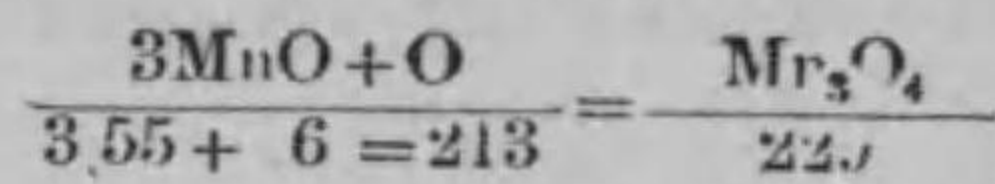
故に1原子の石灰石は $\frac{55}{100} = .56$ 原子の石灰となる。

(4) 満俺は通常炭酸満俺 ($MnCO_3$) として存在し、是はが熱により酸化満俺 (Mn_2O_4) となる。



一原子は $\frac{229}{345} = .66$ 原子の酸化満俺となる。

若し其を第一酸化満俺と考ふれば



MnO 一原子は Mr_2O_4 1.075 原子と相等し。

(5) 水分及有機物を驅除して土壤質物の變化せず残留する場合次の例は恐らく計算法を一層明白ならしむるものと思はる。

準備法施行前		施行後	
炭酸鐵 $FeCO_3$	70% × .6897	第二酸化鐵 Fe_2O_3	48.98
硫化鐵 (FeS_2)	1% × .67	同上	.67
炭酸カルシウム $(CaCO)$	10% × .56	石灰 (CaO)	5.60
炭酸満俺 $MnCO_3$	1.5% × .66	酸化満俺 (Mn_2O_4)	.99
有機物質	8.5%	—
土壤物質	5%5
水分	4%	—
	<u>100.</u>		<u>60.54</u>

即ち生の鐵鑛石 100 量が準備作業を施したる後 60.54 量となり其減少は 39.46 なり、其 60.54 量中には 48.95 量の第二酸化鐵換言せば $\frac{48.95 \times 100}{60.54} = 80.85\%$ の ferric oxide を含有す、而して第二酸化鐵

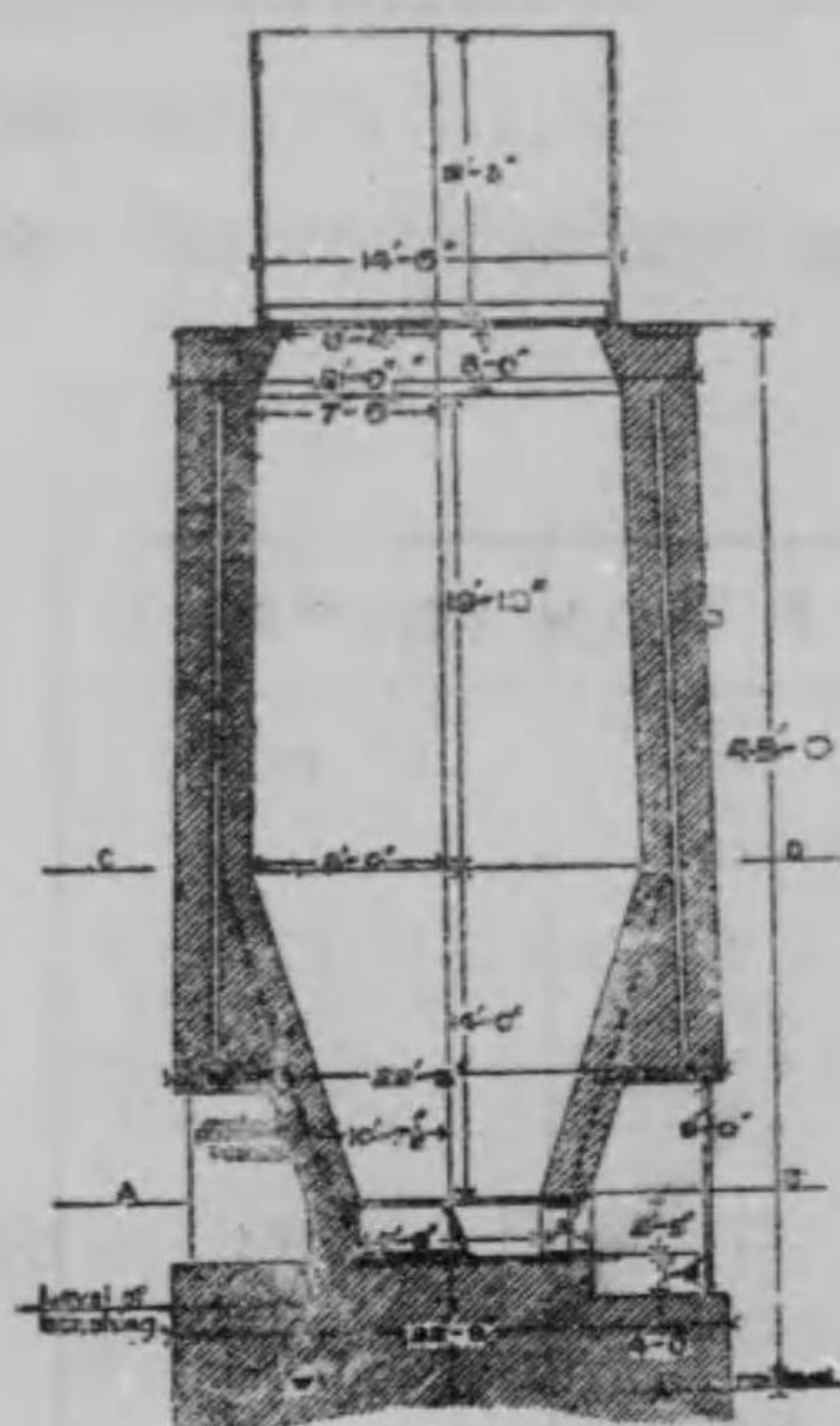
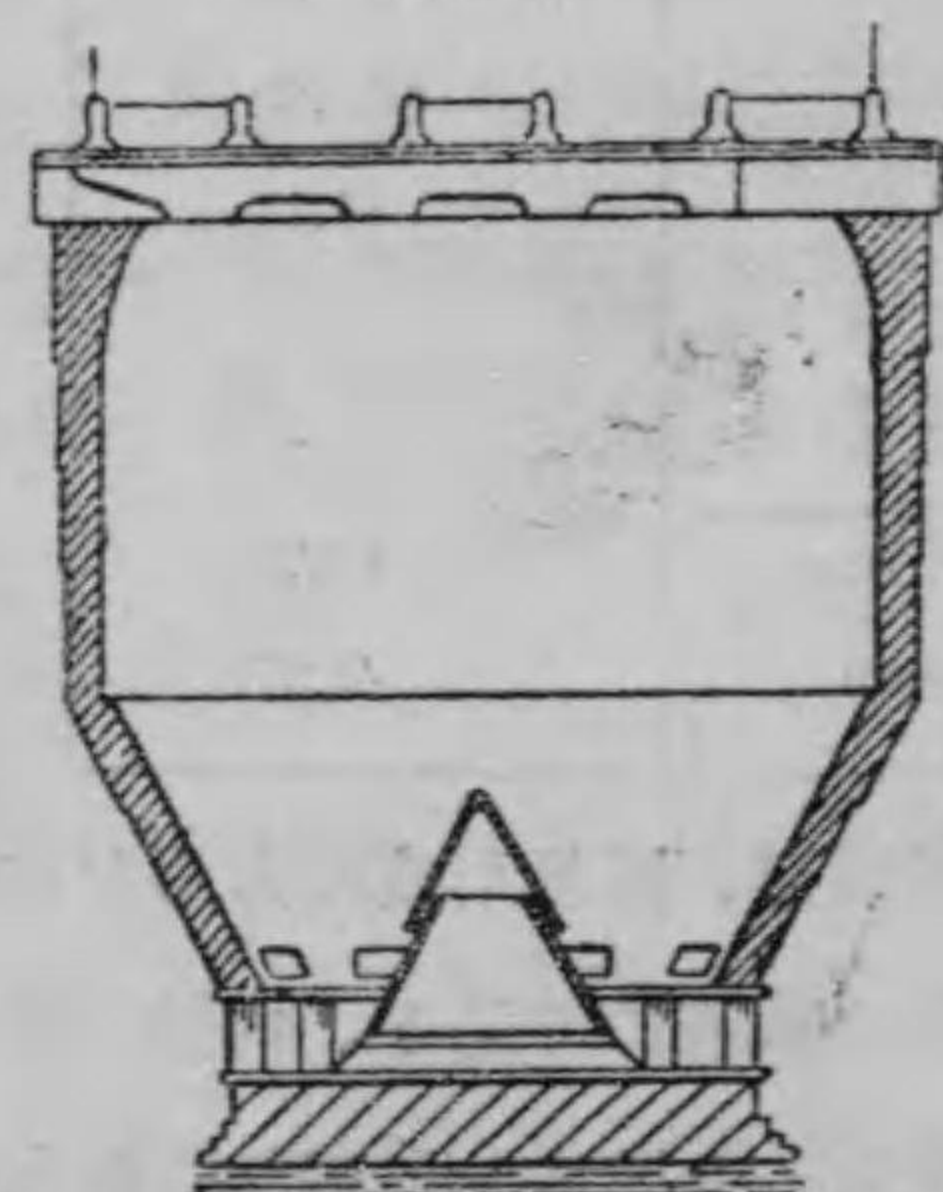
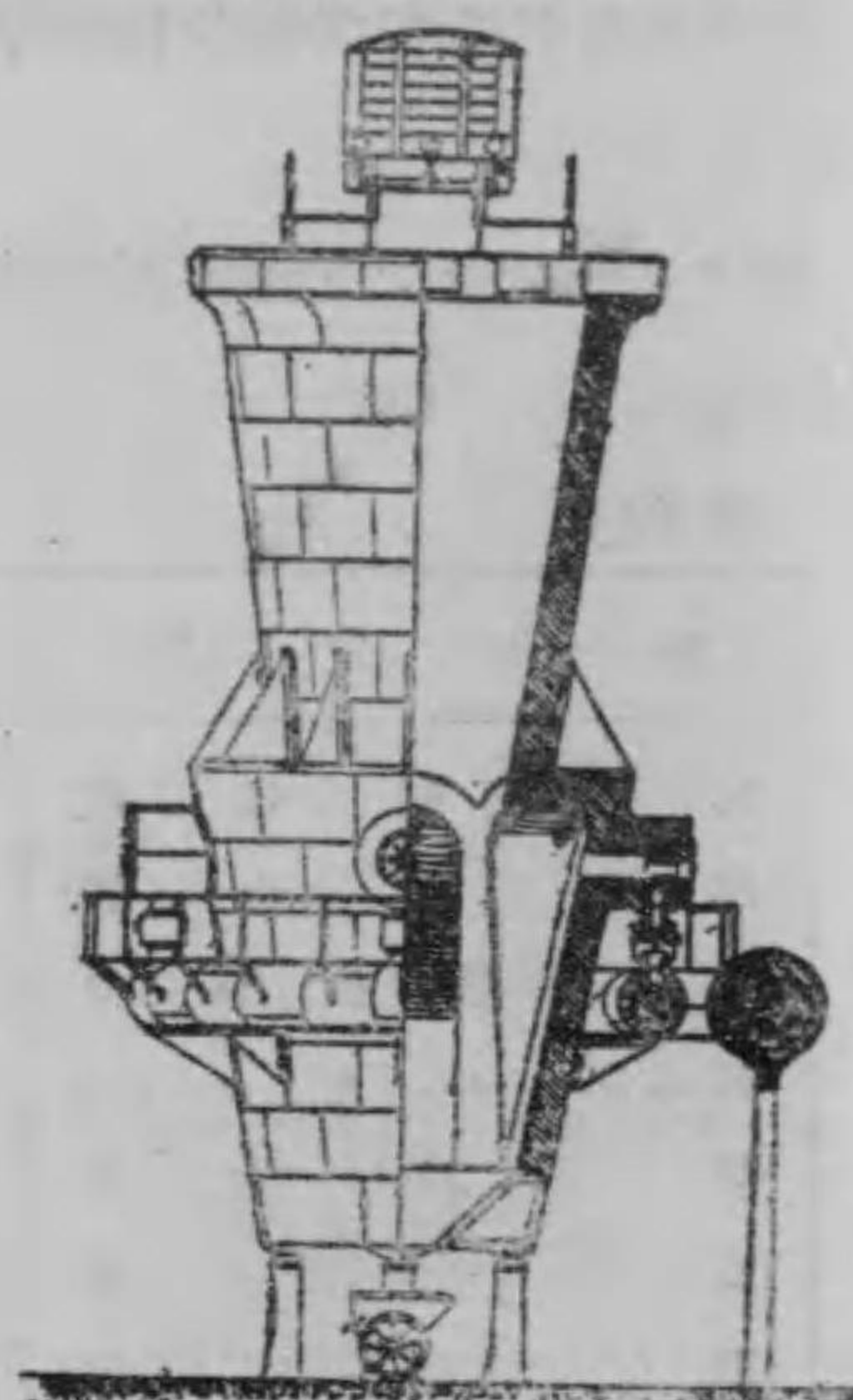
が鐵分70%を有するものとせば準備作業後の鐵鑛の鐵分は $80.85 \times .7 = 56.595\%$ にして満俺含有百分率は $\frac{.99 \times 100}{60.54} \times .721 = 1.178(\%)$ なり。

尚クリーブランド鐵鑛石の焙燒法施行前後の成分を次に掲げて參考とせん。

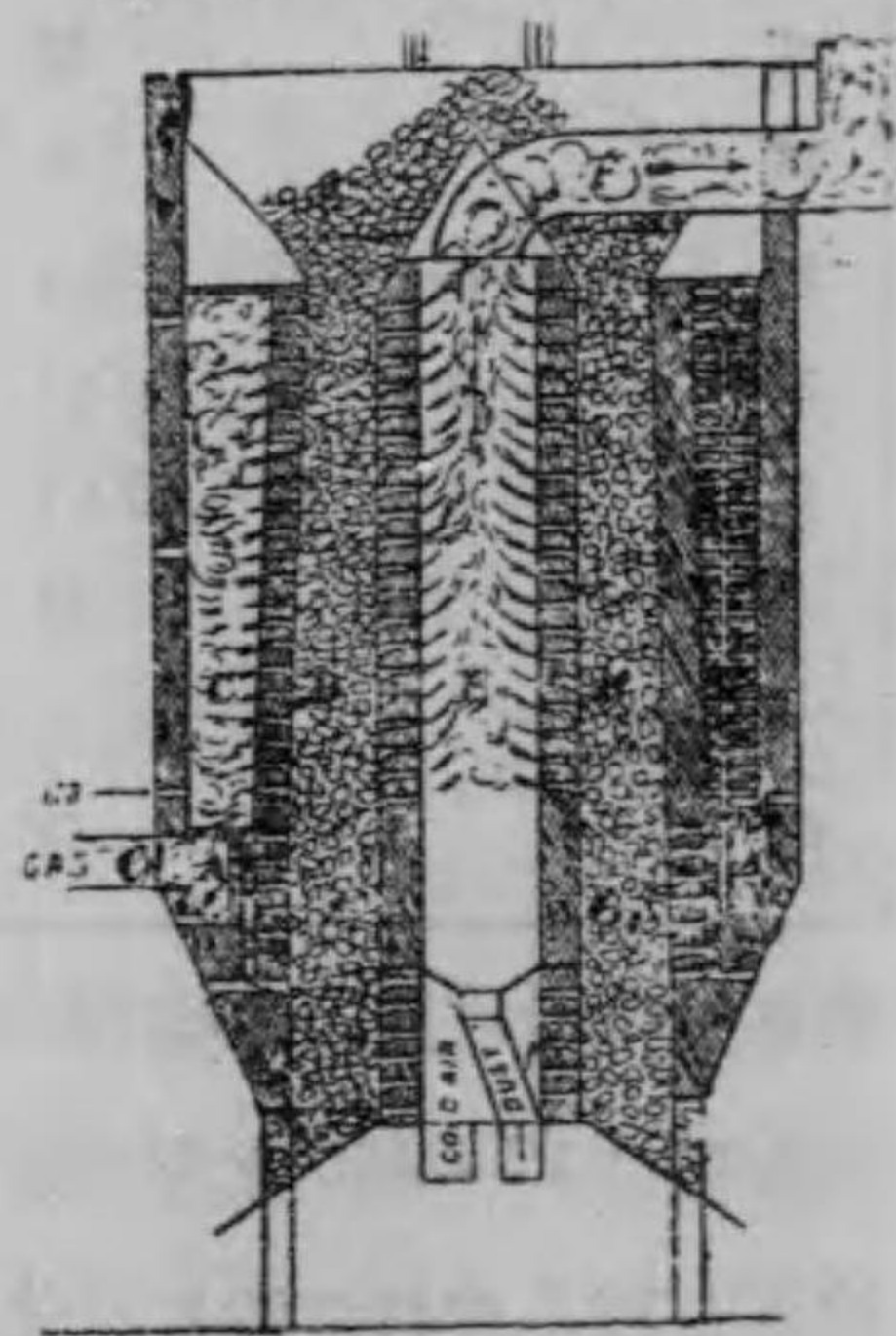
第 20 表

成分 (%)	生の鐵鑛石	準備後の鐵鑛石
第二酸化鐵	2.80	66.25
第一酸化鐵	38.06	—
第一酸化満俺	.74	—
第二.....	—	.65
紫土	5.92	7.72
石灰	7.77	6.46
満俺	4.16	4.78
ボツタース (水酸化カリウム、炭酸加里等)	痕跡	.02
硫酸	10.36	11.87
硫酸黃	.14	—
無水硫酸 (SO_3)	—	.90
無水磷酸 (P_2O_5)	1.97	1.13
炭酸 (CO_2)	22.06	—
水分	4.45	—
	<u>97.33</u>	<u>99.78</u>
鐵分	30.69	46.37

此準備作業に用ふる爐 (Kiln) は其形圓筒形、圓錐形或は方形をなし其容積は 17~450 立方米迄あり、外周は鋼板にて造り、内壁は耐火煉瓦を積み重ねて造る、先づ燃料を爐頂より装入して底部に點火

第6圖 スコッチキルン
(英國)第7圖 ゲアースキルン
(英國)第8圖 ダビスコルビー
(米國) 瓦斯キルン

第9圖 瓦斯キルン

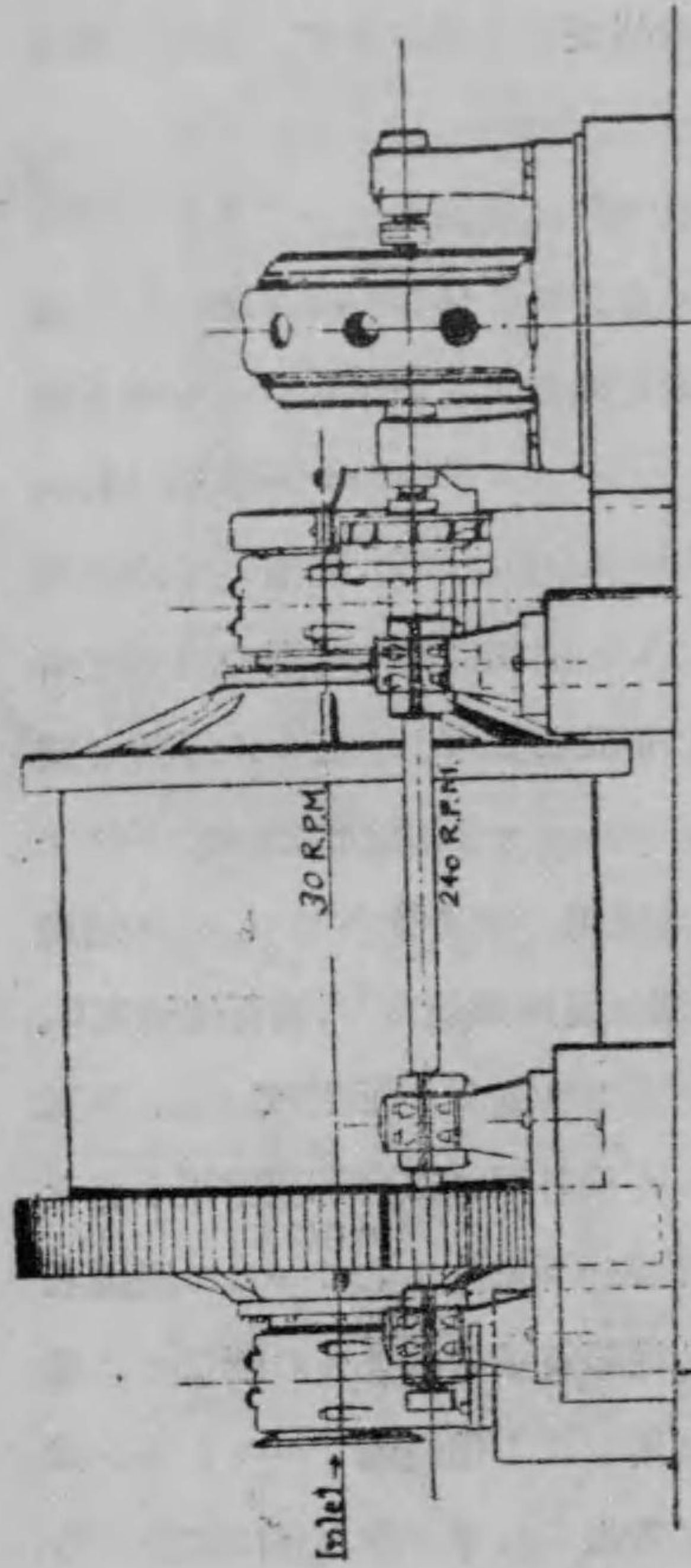


し爐を適當の溫度まで加熱したる後生鐵石と燃料とを交互に與ふ、燃料は木炭、骸炭又は粉狀石炭を用ゐる時には瓦斯を用ふ、使用燃料量は鐵石の約5%にして爐の中腹部に於て盛んに燃焼し、茲に鐵石は充分焙燒されて次第に降下する故爐底より掻き出す、極めて簡易にして間斷なく操業することを得べし。

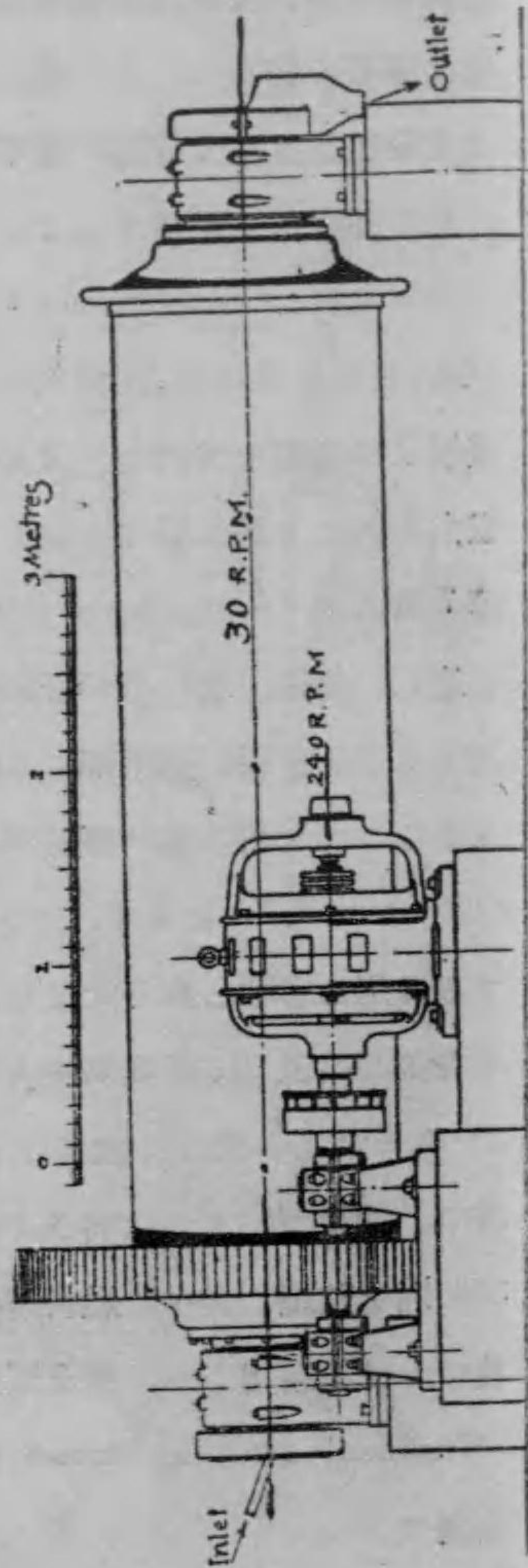
スコッチ、キルン(Scotch Kiln) (第6圖)は圓筒形にして高さ4.25~14米、直徑5米なり、能力は24時間一立方米に付0.5~3.5 噸にして磁鐵礦又は黑帶を焙燒して其含有硫黃を除去するが主なり、我國釜石鐵山に於ても是に似たるシレジアン、キルン(Silesian Kiln)を用ふ、第7圖のゲアース、キルン(Gjers Kiln)は高さ10米、直徑7米以上にも達し、鐵礦1 噸に付45 疋の燃料にて一週間に約800 噸の鐵石を焙燒することを得、爐頂部には軌條を布設し貨車より直ちに原料を装入することを得、第8圖はタビス、コルビー式瓦斯焙燒爐(Davis-Colby Gas Kiln)を示す、主として磁鐵礦の硫黃分多きものを焙燒するに用ゐる容積は餘り大ならず、此爐は瓦斯燃焼室C、鐵石焙燒室B、中央部の焰道E、及瓦斯送入口A、とより成る、而してCとB及BとE間との壁には數多の小孔あり又外周には内部觀察用小孔を有す、標準型のもの高さ14米、直徑7.5米位にして一日に鐵礦石300 噸を焙燒し得べく燃料消費量は鐵石重量の約2%の割なり、瑞典に於ては鎔鐵爐よりの排出瓦斯を利用したる焙燒爐ウエストマン式(Westman's roasting furnace)盛んに用ゐられ今日歐米各地に於ても使用する。

(ロ)選鑛法(Concentration 又は dressing process) 此準備法は磁

第10圖 ボールミル



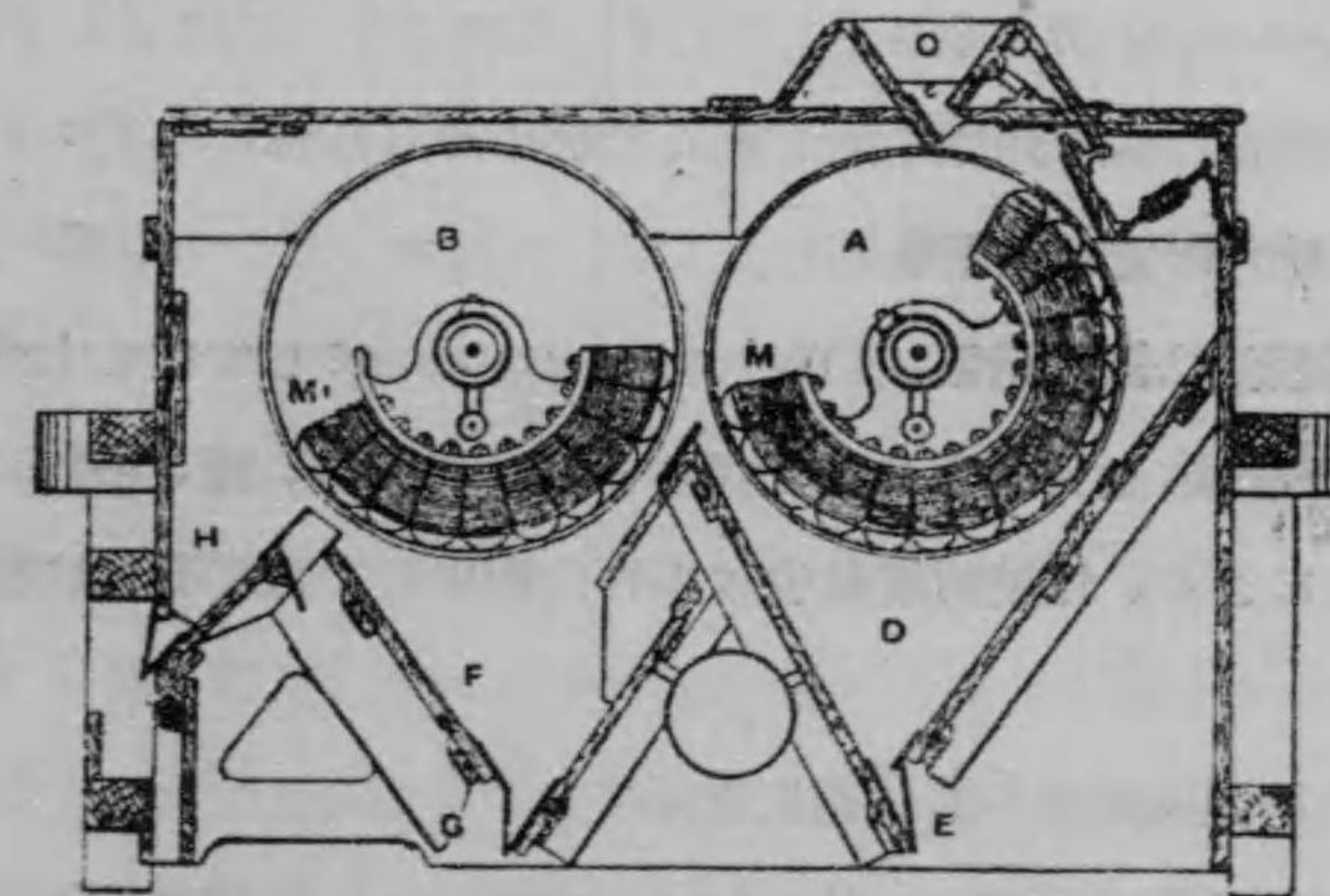
第11圖 チューブミル



力選鑛機又は機械選鑛法によりて鑛石中の鐵分を高むると共に挟雜物を除去するを目的とす。

磁力選鑛機 (Magnetic separator) を用ふるものを磁力選鑛法 (Magnetic concentration) 一名乾式選鑛法 (dry concentration) といふ、主に磁鐵鑛に應用す、先づ鑛石を約25粒位に細碎したるものをボール、ミル (Ball mill) (第10圖) に装入し次にチューブ、ミル (tube mill) に入れて充分碎きたる後磁力選鑛機に装入して磁性物と非磁性物とに分つ、大なるボール、ミルは銅板製圓筒中に石にて内壁を造り直徑約100 粒の鑄鐵製球を入れ細かき鑛石と共に一分時約30回轉して細碎する装置なり又チューブ、ミルは内壁を同じく石にて造り一分時の回轉約25~30となす、磁力選鑛機には數多の種類あり、第12圖に示すものは其一例なり、圖中圓筒A及Bは普通銅製にして回轉早し、其内部圓周約 $\frac{1}{3}$ は電氣磁石 M 及 M' を以て覆はる、電氣磁石 M, M' の極

第12圖 ホールノルトン式磁力選鑛機



は相互反對に竝列せらる、鐵鑛石を C 口より装入すれば直に磁石 M の影響を受け磁性物は圓筒の表面に附着し、又非磁性物はホツパー D に堆積するを以て戸 E を開きて排出す、磁性物は磁場を離るれば圓筒より分離して落下し更に磁石 M' の爲めに吸引せらる、磁石 M' は M より稍々弱くなすか、或は圓筒 B の回轉は A より稍々大となす、此再度選鑛の際落下せし非磁性物は F 部に堆積し戸 G より排出す、又磁性質物は H に堆積す、以上の装置は箱中に收められ、作業中は扇風機を以て常に通氣を行ふ。

而して磁石 M 及 M' の極は夫々反對に竝列せらるゝを以て圓筒に附着せる磁性物は轉々其位置を變じて其間に介在する非磁性物を分離せしめ圓筒の回轉よりの遠心力にて圓筒より振り落されて全く磁性物と非磁性物とは分別せらる、圓筒の直徑 500 耗、長さ 650 耗にて鐵鑛石 (16 番又は 20 番篩にて篩ひしもの) を一時間に 15~20 噸取扱る得べく其所要電動力は $1 \sim 1\frac{1}{2}$ 馬力なり、又圓筒及扇風機運轉用として $\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4}$ 馬力を要す。

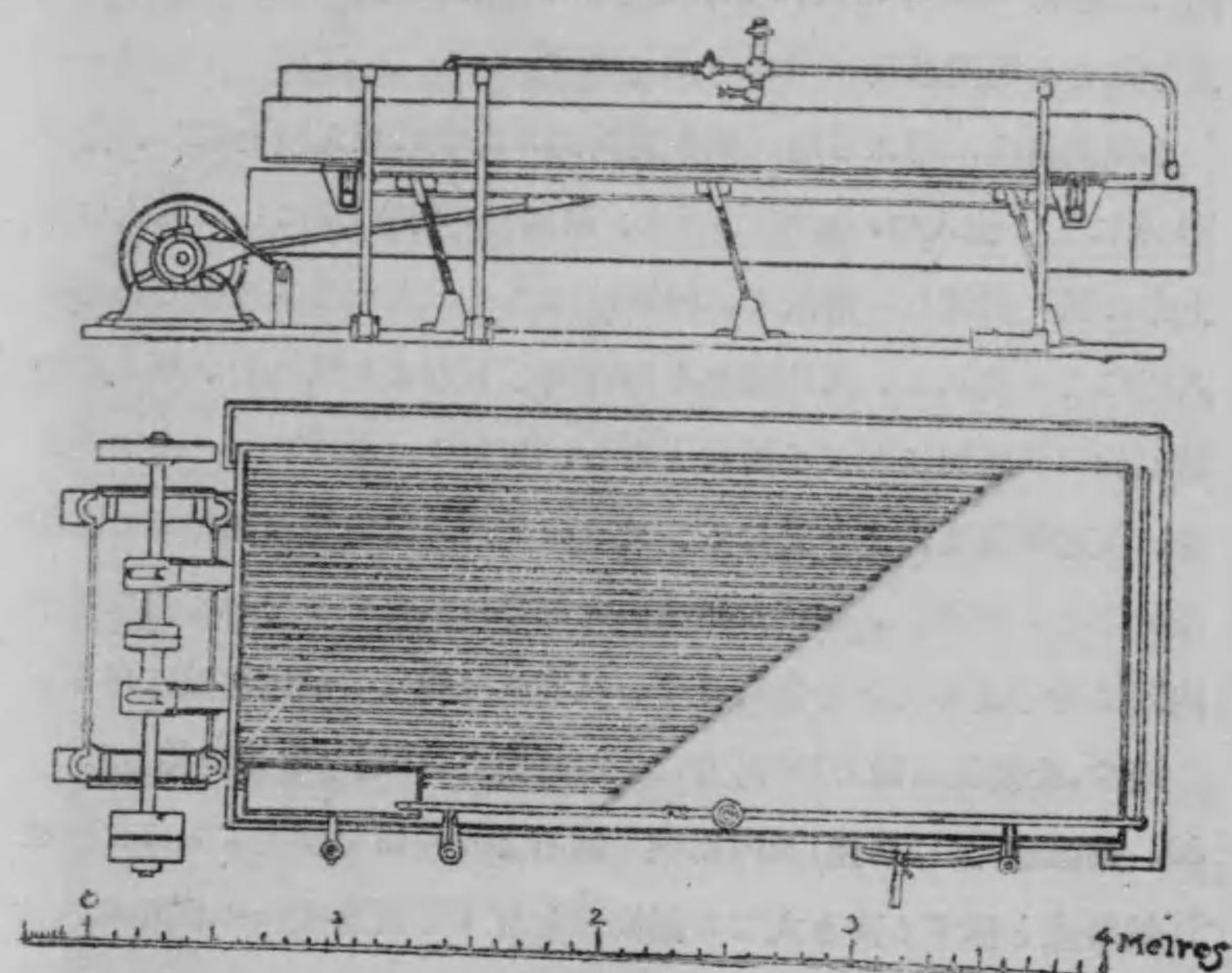
磁力選鑛法は最も米國に於て旺んに使用せられ殊にエヂソン (Edison) 氏の研究は效果著し。

機械選鑛法は濕式選鑛法 (Wet concentration) にして主として粘土礫砂等の驅除を目的とし粘土多きものは洗滌し、礫、砂等は篩ひ (jigging) による、比較的鑛量少き場合に應用し、鐵鑛石には稀に行ふ。

第 13 圖は機械選鑛機の篩ひ装置を示す。

(ハ) 團鑛法 (Briquetting 又は Agglomeration) 粉狀鐵鑛又は粉粒

第 13 圖 機械選鑛機の篩ひ装置



となり易き鐵鑛石は前述の如く鑛鑪操業に困難を感ず、今日此粉鑛は塊鑛と混用すれども操業を完全ならしむるには其混用割合を全装入物の約一割程度にせざるべからず、故に此粉鑛を多量に使用せんには團鑛法によりて塊狀になす、此團鑛法は一般に鑛解鑛滓、石灰水、コールター、樹脂 (ロージン)、糖密、膠、其他の結合材を用ゐて約一晝夜高熱蒸汽に曝して押壓し後爐にて乾燥して團鑛を作る、第 14 圖に其装置の全般を示す、但し此團鑛法は實地上困難なるものにして漸く最近に於て解決するを得たる程なり、此方法の利用更に進歩する時は砂鐵を更に有利に使用することを得べし。

尙米國 (National Metallurgical Company, of N.Y.) にては粉鑛を高

熱なる廻轉 Kiln 中に入れて小塊とする方法を發明し實地に使用す、此方法を小塊團鑛法(nodulizing)と稱す。

小塊團鑛法に用ふる爐は鋼板製圓筒の内壁に煉瓦積をなし、長さ30米にして装入口の直徑は1.8米、取出口の方2.1米にして装入口を上方に少々傾斜して横置す、粉鑛にはコールターを1%混じ自動装入器により装入し、又乾燥せる細粉炭を下方より吹込む、斯くて粉鑛は約1.5時間にして小塊狀となる、其大きさは溫度、コールターの量、及廻轉速度により異なる、又コールターは集塊の開始する迄結合材として作用し、硫黃及砒素の大部分は蒸發するを以て得たる小塊鑛は殆ど是等元素を含有せず、又其組織粗なる故鑛鑪に用ふるに適す、此装置は動力150馬力にて24時間に175廻を取扱ひ得と云ふ。

36、鑛鑪(又は高爐)及附屬機 鑛石より銑鐵を製造するには一般に鑛鑪と稱する高さ大なる圓筒形を有する直立爐にて作業す。

(註) 銑鐵は之を鑄物の原料とし或は進んで鋼及鍊鐵を造る原料にするが故に此銑鐵を造るは總ての製鐵法の第一階段なり。

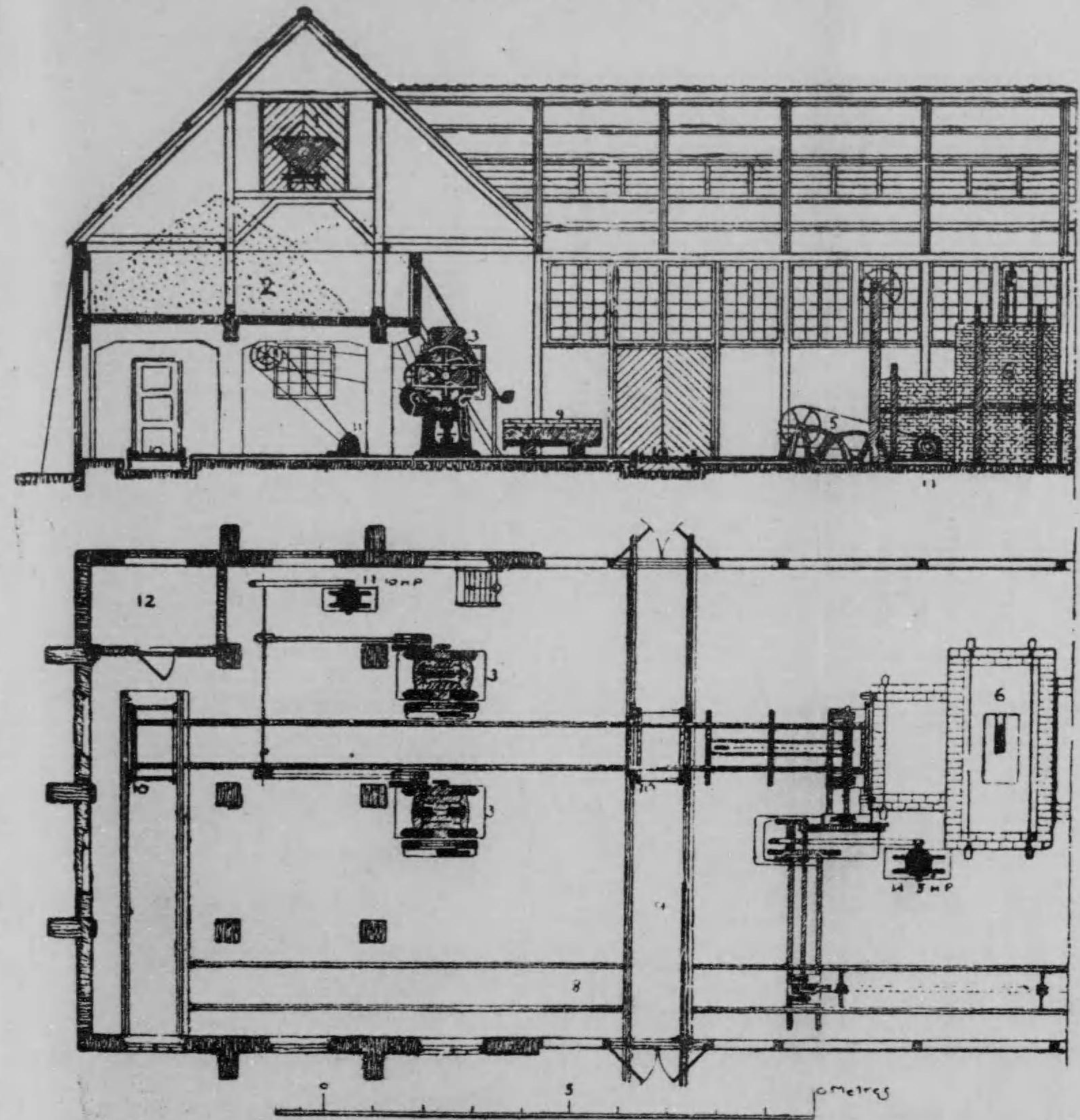
鑛鑪は一名高爐と稱し、初めて獨逸にて建造せらる、而して其大きさも亦生産力も頗る微々たるものなりし、其爐高は5~7米、其徑は2米に過ぎず、従て一週間に僅に3廻の銑鐵を造るに過ぎざりし、爾來次第に其大きさも、生産力も劇増せり。即今日に於ては高さ20~30米、直徑7~10米、24時間の生産銑は700~800廻に達せり。

然し是は骸炭爐にして木炭爐は木炭の破碎し易き爲めに最大生産

◎一般に大規模に鑛鑪作業をなす爐は次の理由により常に圓筒形となす

(i)強さ (ii)風の分布を均一ならしむるため (iii)装入物が平均に且つ容易に降下する爲め、

第14圖 鑛鑪法装置の全般 (136-137)



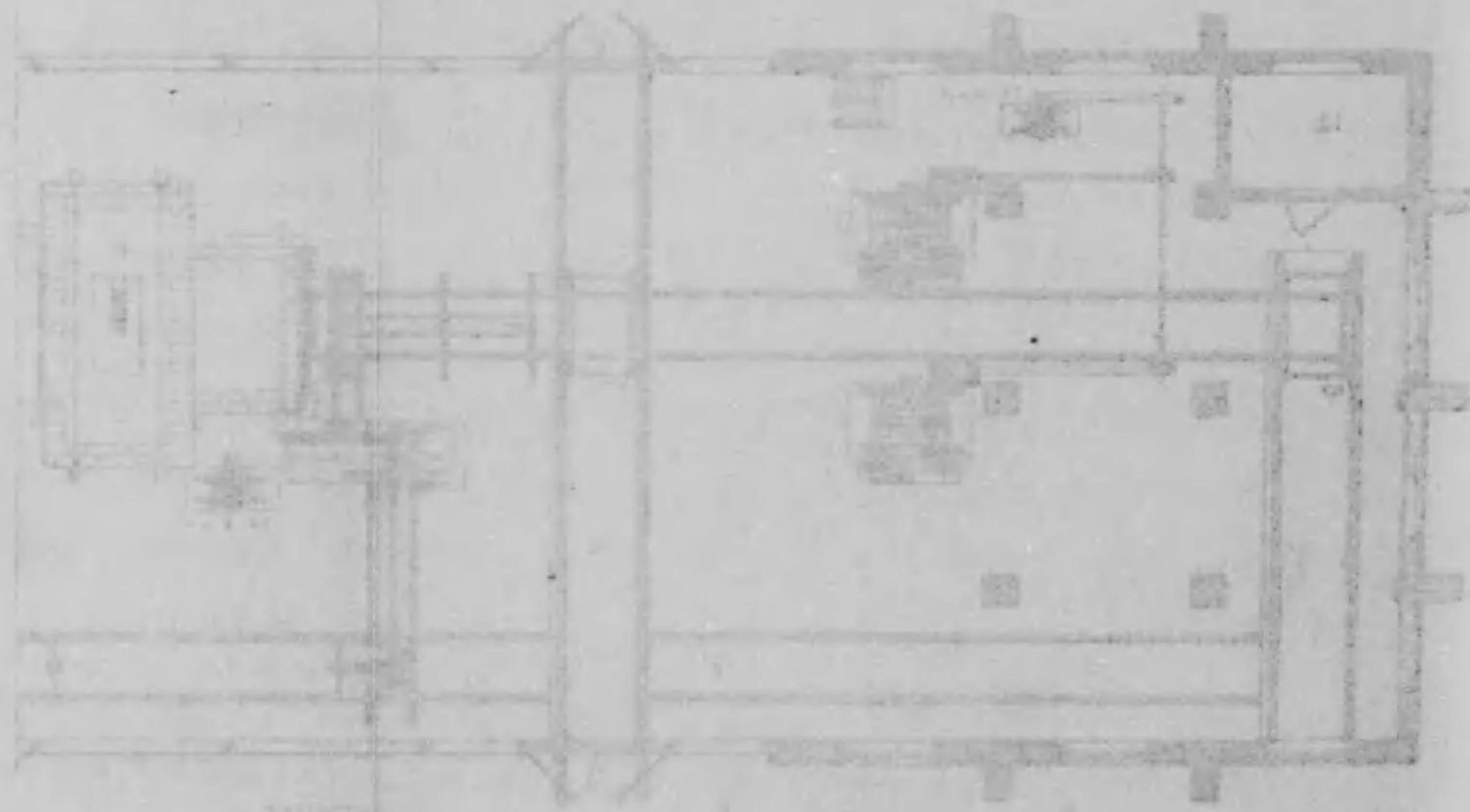
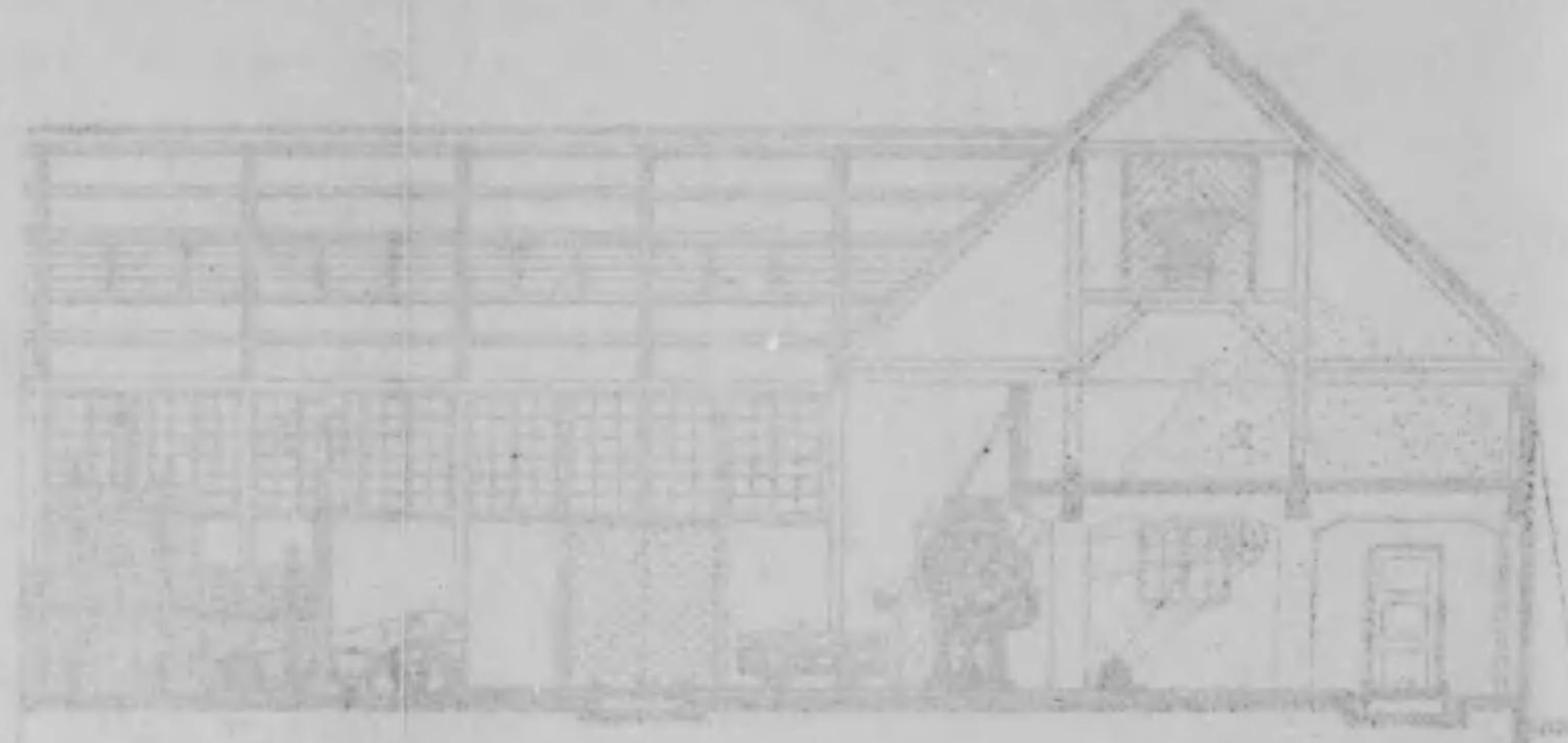
- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. Entrance of concentrate | 7. Furnace track |
| 2. Store of concentrate | 8. Return track |
| 3. Presses | 9. Transfer tracks |
| 4. Truck | 10. Transfer trucks |
| 5. Charging mechanism | 11. Electric motors |
| 6. Furnace | 12. Foreman's office |

高は24時間50 噸位に制限せらる。

爐の上部より鑛石、媒鎔劑、及燃料を交互に投入し、下方より強風(風壓は一平方呎に付 .15~.20 疋に達することあり)を送れば燃料燃焼して CO 又は CO₂ となり其時發生せる熱は上方の原料を熱す、爐の上部に於ては水蒸汽及瓦斯となり易きものを悉く蒸發せしめ、中部に於ては鑛石より鐵を還元し、又鎔鐵に炭素を吸收せしむると共に鑛石中の挟雜物を媒鎔劑と共に鎔解して鑛滓となす、還元に無關係なりし一部の CO 瓦斯は還元によりて生ぜし CO₂ 瓦斯及送風中の窒素水蒸汽等と共に爐の上部より排出せらる、底部に於ける鎔鐵と鑛滓とは比重の關係によりて別箇の層をなすを以て或る時間を経て適當なる方法により排出す。

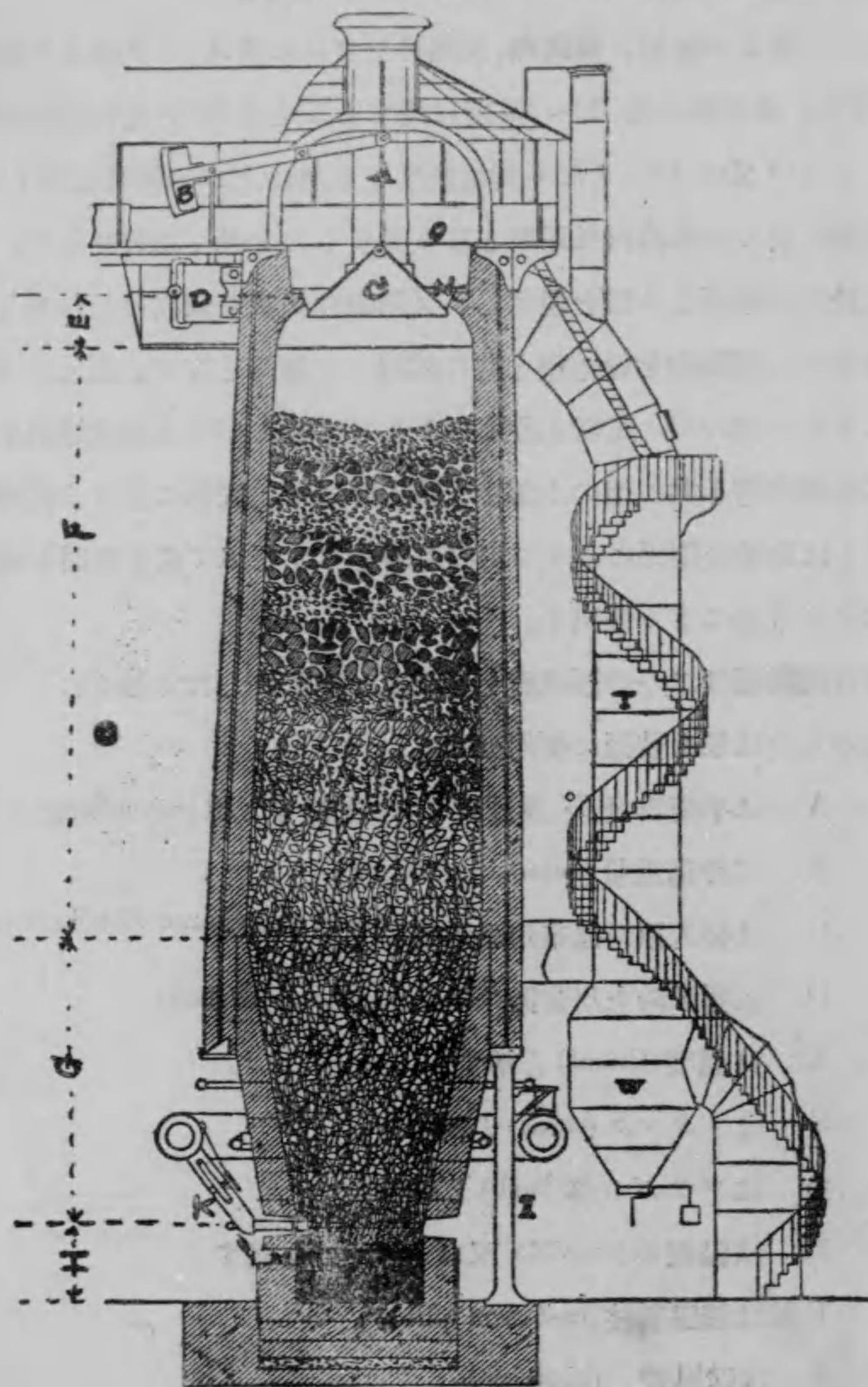
爐の縦斷面は二つの圓錐體を其底面を突き合したる如くにして第15圖のものは最も普通に使用せらる。

- A は平衡重量 B 及圓錐 C を支持する桿 (connecting rod)
- B は平衡重量 (balancing weight)
- C は裝入原料撒布用圓錐帽子 (bell 又は charge distributing cone)
- D は圓錐釣上用裝置 (handling power of bell)
- E は爐喉 (throat) と稱す
- F はスタック (stack) と稱す
- G はアサガホ部 (bash) と稱す
- H は湯溜め (crucible 又は hearite) と稱す
- I は鑄鐵製柱 (cast iron pillow)
- J は送風管 (blast pipe)



1. Extension of connecting rod
 2. Slab of iron
 3. Furnace
 4. Blast pipe
 5. Crucible
 6. Cast iron pillow
 7. Connecting mechanism
 8. Blast pipe
 9. Furnace

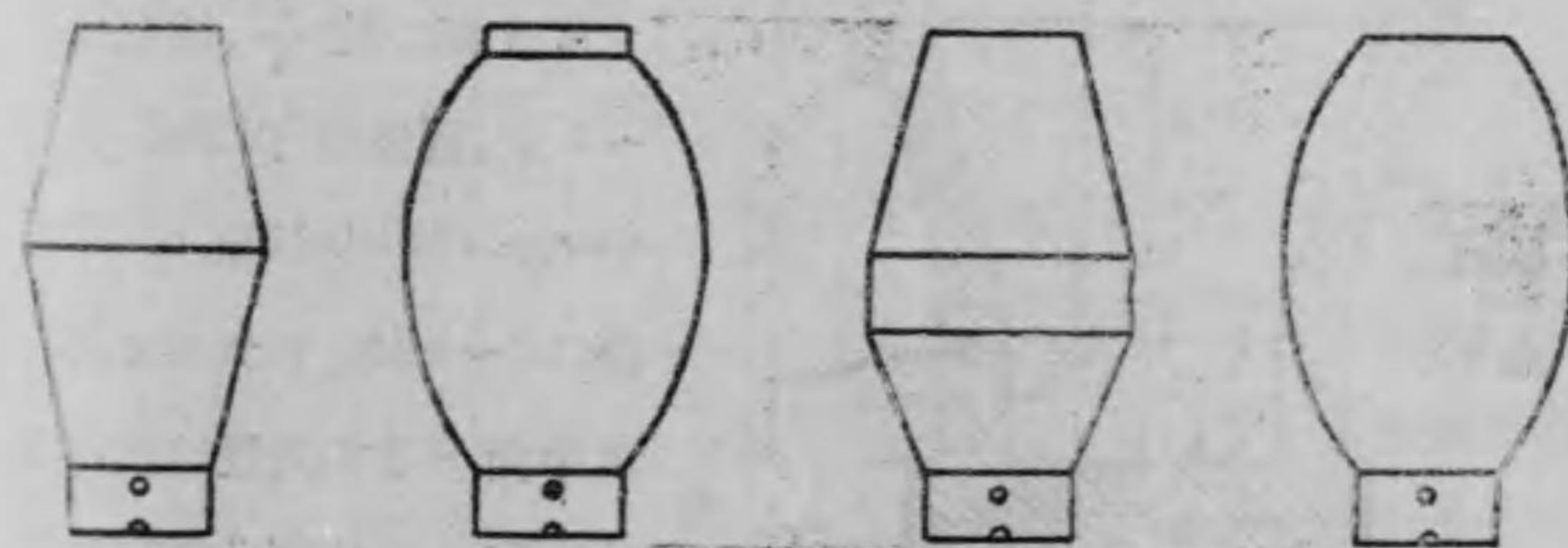
第15圖 鑄鐵爐



- K は羽口 (tuyer)
- L は出鉄口 (tap hole)
- M は鑄滓流出口、又は鑄滓孔 (slag hole 又は cinder notch)
- N は鑄鐵製無底摺鉢縁 (lip)
- O は鑄鐵製無底摺針 (hopper)
- T は瓦斯導引管 (gas conducting pipe 又は down commer)
- W は塵埃集捕器 (dust catcher)

斯く爐形は上部(E)より其中部(F)まで下方の次第に稍廣がり居るは原料の降下を容易ならしむる爲めにして此の分部に於ける装入原料は瓦斯の爲に熱せられ膨脹する傾あり又瓦斯を出すこと大なり、然し原料が一度鎔解し始むるや其容積は減少するもの故 G より以下は次第に爐徑を小となす、殊に底部(H)は鎔鉄及鑄滓の溜る所にして又羽口よりの送風が能く中心まで達して爐の熱度は最も強し。一般に爐形及其内容は鑄石、燃料、媒鎔劑等の性質及地勢關係等に

第16圖 爐形



よつて一定ならず従て第16圖の如き各種形狀のもの用ゐらる。

然し爐内各部の寸法及其割合は多年の經驗に基き略々一定し其主

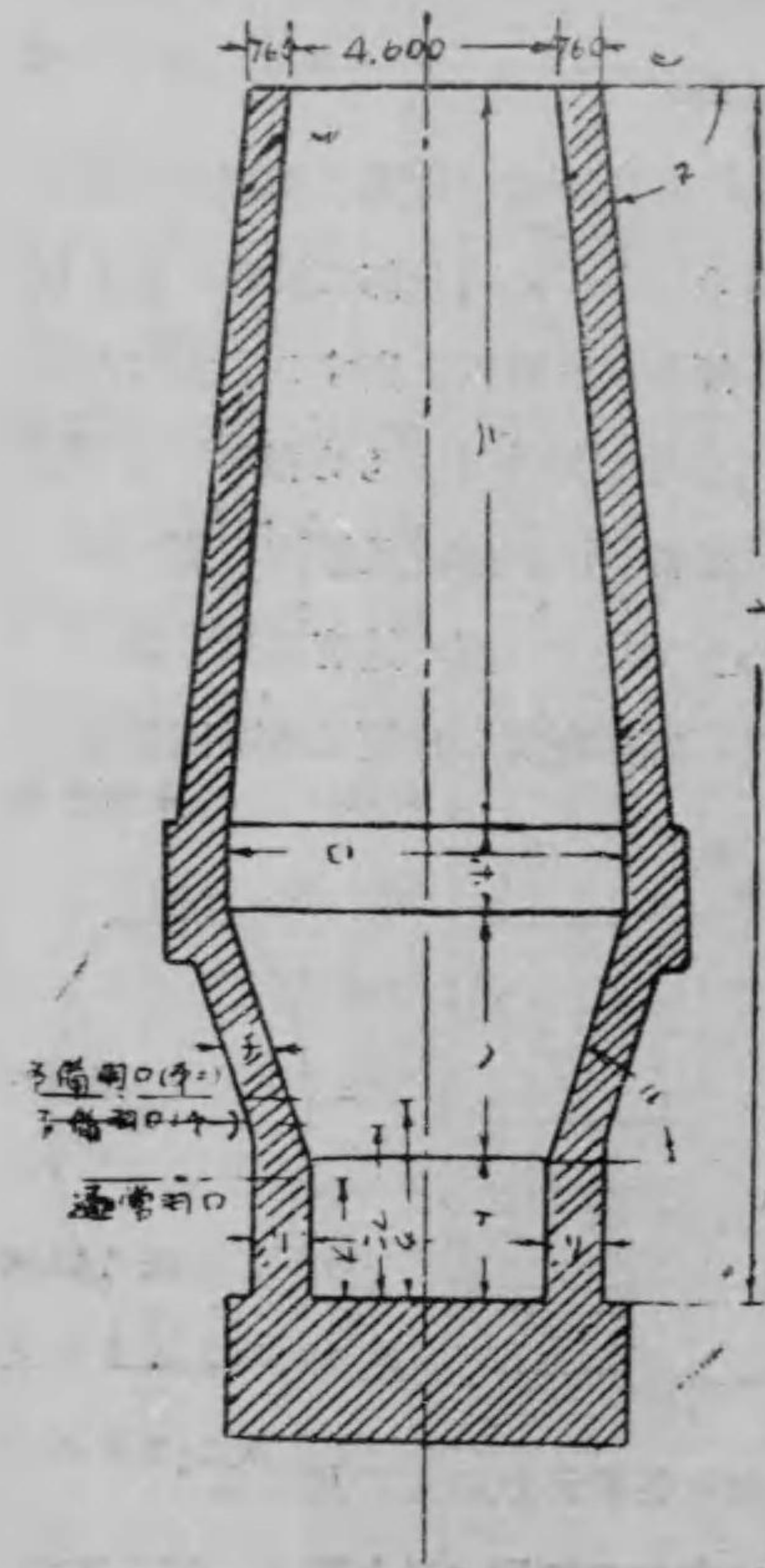
なるものは

爐の高さと爐腹部の最大直径との比は 3~4:1

(普通3.5:1にして4:1以上の時は高き爐(tall furnace)と呼び

3:1以下の時は低爐(low furnace)と呼ぶ)

第17圖



爐腹部と爐頂との直径の比

は 1.3~1.5:1

爐腹部と羽口面との直径の

比は 1.4~2:1

而して爐高は堅牢なる骸炭

なれば25~30米、軟く割

れ易き石炭なれば16米とな

すべく羽口面の直径は通風

壓力.25~.28 呎平方呎(3.5

~4^{1/2}/6")なれば約2.5~3米、

ストック最上部の直径はア

サガオ部の約 $\frac{2}{3}$ 、爐喉は3

~4米、圓錐帽子(Bell 又は

charge distributing cone)の

径は3~4.5米、アサガオ部の

水平面となす角度は約75度

位に取る、我國八幡製鐵所

に於て築造せる鑄鐵爐の各

部寸法は第17圖及第21表に

示す如し。

尙又實地經驗上爐

の内容積を大にせば

生産量を増すと共に

燃料を節約すること

多大なるを以て現今

約1150立方米まで擴

大したるものあれど

も一般には300~600

立方米を普通とし又

木炭爐に於ては最大

100 立方米位なり、

爐の設計には普通内

容積一立方米につき

約400 呎の鉄鐵を製

出し得るものとして

計算す。

J.L. Stevenson氏(En

gineer, August 25th.

1905) は米國式鑄鐵

爐の標準の大きを表

はすに次の式を用

たり。

第 21 表	吹立年月日	内容積 立方米	イ 耗	ロ 耗	ハ 耗	ニ 耗	ホ 耗	ヘ 耗	ト 耗	チ 耗	リ 耗	セ 耗	ソ 耗	タ 耗	カ 耗	力 耗
第 一	(1) 34-2-5	495	19,500	7,000	4,000	10,080	1,520	5,600	2,300	760	1,250	75	1,300(8)	2,900(8)		
	(2) 37-7-28	480	19,500	7,000	3,600	10,080	1,520	5,600	2,300	760	1,450	73	1,900(8)	2,900(8)		
	(3) 43-10-20	440	19,500	6,500	3,600	11,380	1,520	4,400	2,300	760	760	72	1,900(8)	2,600(8)	3,250(8)	
	(4) 8-4-5 作業中	445	21,000	6,000	4,000	13,450	1,520	3,730	2,300	250	970	75	2,100(9)	3,100(9)	6,000(5)	
第 二	(5) 38-2-23	340	19,500	5,600	2,800	10,980	1,520	4,700	2,300	760	1,250	73	1,900(8)	2,900(8)		
	(6) 44-6-7	440	19,500	6,500	3,600	11,480	1,520	4,200	2,300	760	850	71	1,900(8)	2,900(8)	3,400(8)	
	(7) 8-3-17 築造中	458	21,000	6,200	4,000	13,480	1,020	4,200	2,300	756	948	75	2,100	3,100	3,600	
	(8) 42-10-18	495	21,000	6,000	3,800	12,900	1,500	4,200	2,400	760	1,400	72	2,000(8)	3,000(8)	3,500(4)	
第 三	(9) 4-3-20 作業中	490	21,000	6,500	4,000	11,700	2,230	4,670	2,500	760	970	75	2,200(8)	3,200(8)	3,700(8)	
	(10) 3-4-30 作業中	520	21,000	6,800	4,200	12,680	1,520	4,300	2,500	760	970	73	2,200(8)	3,200(2)	3,600(6)	
第 四	(11) 7-12-16 作業中	599	21,200	6,900	4,700	13,640	860	4,100	2,600	762	970	75	2,300	3,800	3,800	

適當に設計されたる鑄鐵爐の生産高（二十四時間に於ける）は

$$M = b^2 \times h \div 100$$

式中 $b =$ アサガオ部の直径(呎)

$h =$ 爐の高さ (呎)

又所要生産高 M に對して

$$b = 2.85 \sqrt[3]{M}$$

$$h = 12.5 \sqrt[3]{M}$$

2.85 及 12.5 = 常數

鑄鐵爐の容積又は積量を算出するには種々の方法用ゐらる、湯溜め部アサガオ部、圓錐部の三部に分ち

湯溜め部の内容積は

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

$d =$ 直径

アサガオ部に對しては d を最小直径 \hat{d} を最大直径とせば其内容積

$$V = (\hat{d}^2 + \hat{d}d + d^2) \pi h \div 12$$

總て呎單位とす

所要生産高 M に對する湯溜め部の直径 $= 1.8 \sqrt[3]{M}$

羽口の面積(平方呎) $= 1.25 M$

熱風爐の加熱面(平方呎) $= 444 M$

所要空氣量(一分時立方呎) $= 140 M$

以上は有用なるとのなれども英國式及獨逸式に對しては多少相違する點あること勿論なり。

次に各部築造法に就て説明せん。

爐壁 鑄鐵爐創造時代に於ては熱の放散を防ぐ爲め特に爐壁を厚くして殆ど爐徑と等しかりしも次第に内容積を擴大したる結果築造費大なるのみならず反つて過熱せられて爐壁を害する事甚だし、故に近年は爐壁の耐久上及燃料の節約の點より却つて外部より是を冷却する方法を用ふるに至れり、冷却法は爐壁内に冷水を常に循環せしむる方法にして羽口面より以上數米又は爐壁全部に鑄鐵製中空箱を装填し、冷水を箱中に循環せしむるなり、又爐底と基礎との間に空氣間隙を造り或は冷水を循環せしむる様構造せるものもあり。

爐壁は最も良質の耐火煉瓦にて築造し底部羽口のある所は約1米爐頂部は約0.7米位の厚さとなす、更に其内部には全部一様にガニスター(硅酸95~92、礬土5~2)又は硅石質耐火物を以て相當の厚さに撞き固むるを普通とす、時には硅石質耐火物にて撞き固むる代りに硅石煉瓦を用ふることあり。

此煉瓦積みと外皮との間には約50耗の間隙を設けて普通空氣間隙となせども冷水を循環せしむる場合もあり、又爐頂部には原料の運搬又は爐操業の爲めに鋼板を張りたる装入床あり、此装入床は此外皮によりて保持せらる、此種の爐を scotch 式爐と稱し英、米、佛、等に用ゐられ、我國釜石にて使用す。

(註) 釜石製鐵所の爐は最初英人の築造したるものなり。

此式は爐壁を保護して風雨に曝さるる故爐壁の外部より腐る恐れなし、然し修繕及築造費は大なり。

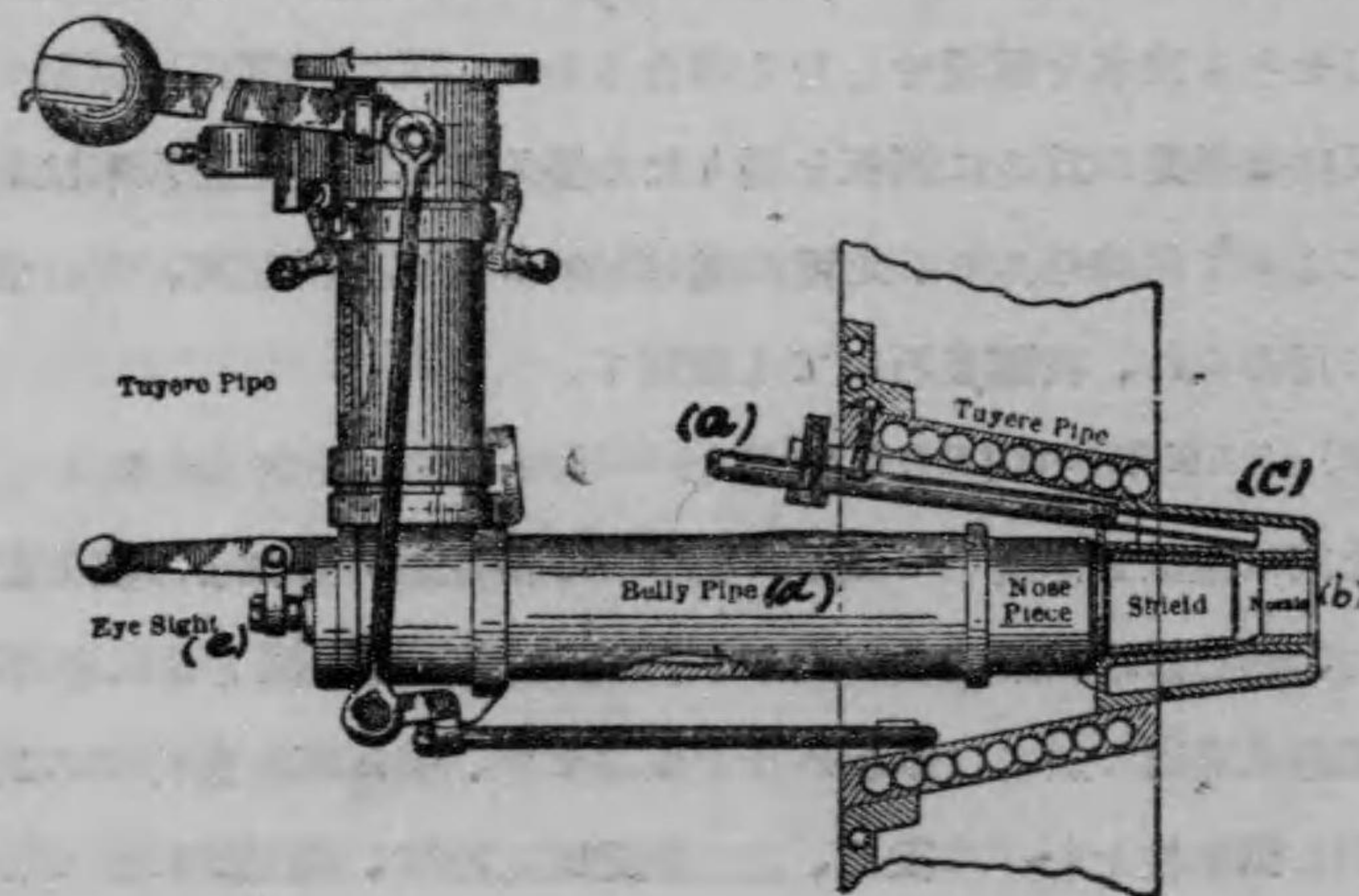
獨逸及奧國に於ては鋼板外皮を使用せず、装入床を支持する爲めに別に鋼架柱を4~8本設く、之を獨逸式と稱す、獨逸式に於ては容

易に爐壁に接近し得て修繕困難ならず、又外部より冷却し得る利あり、時には外面にコールター等を塗布して風化作用を防ぐ、我國八幡製鐵所の爐は之に據る。

爐底部は鎔銑及鑛滓を貯ふる所故殊に嚴重に築造し、獨逸式にても往々鐵板にて外皮を施すことあり、此部に送風せられ、燃燒は盛んにして最高熱なる故爐壁は最も破損侵蝕を受く、されば此部分は爐の他部と關係なく屢々修繕し得る様上部と分離して造り、上部の支へには別に鑄鐵製柱を設く、之を free standing type と稱す、第15圖に之を明にすることを得、尙此部分は多數の青銅製冷却箱を嵌め循環水にて冷却す。

羽口は底部に設けられ、其數は8~16箇にして多くは磷青銅にて造り、爐壁を貫通せる小孔中に取付く、此附近は爐中最高熱なる故爐内に突出せる羽口端の鎔解する恐れあり、されば羽口は二重張

第18圖 羽口



りとなし、其内部を水にて冷却す。

第18圖は羽口の構造を示し、圖中

e は磷青銅製水羽口

a は冷水送入管

b は通氣吹出口

d は横管

e は檢視孔にして羽口の尖端(b)の状態を見るに用ふ。

羽口管の内徑は100~180耗にして其大き及數は爐底部の徑、内容積、及衝風壓力等によつて異なるも爐の中心まで衝風の達すること、及各羽口の方向は爐の中心にて畫く小圓に切線になる様になす、然るときは通氣は爐の中心に於て whirling motion (旋廻運動)を起して風の分布を殆ど一樣ならしむ。

鑛滓孔 羽口より稍々下方に設く、主として鑛滓の流れ出づる口にして鐵栓にて開閉さる、水羽口と同様のものを嵌めて循環水にて冷却す。

出銑口 爐の最底部に設く、鎔銑の流れ出づる口にして普通粘土彈にて閉塞す、然し近來は機械的閉塞法としてマッドガン (mud gun) と稱するものを用ふ。

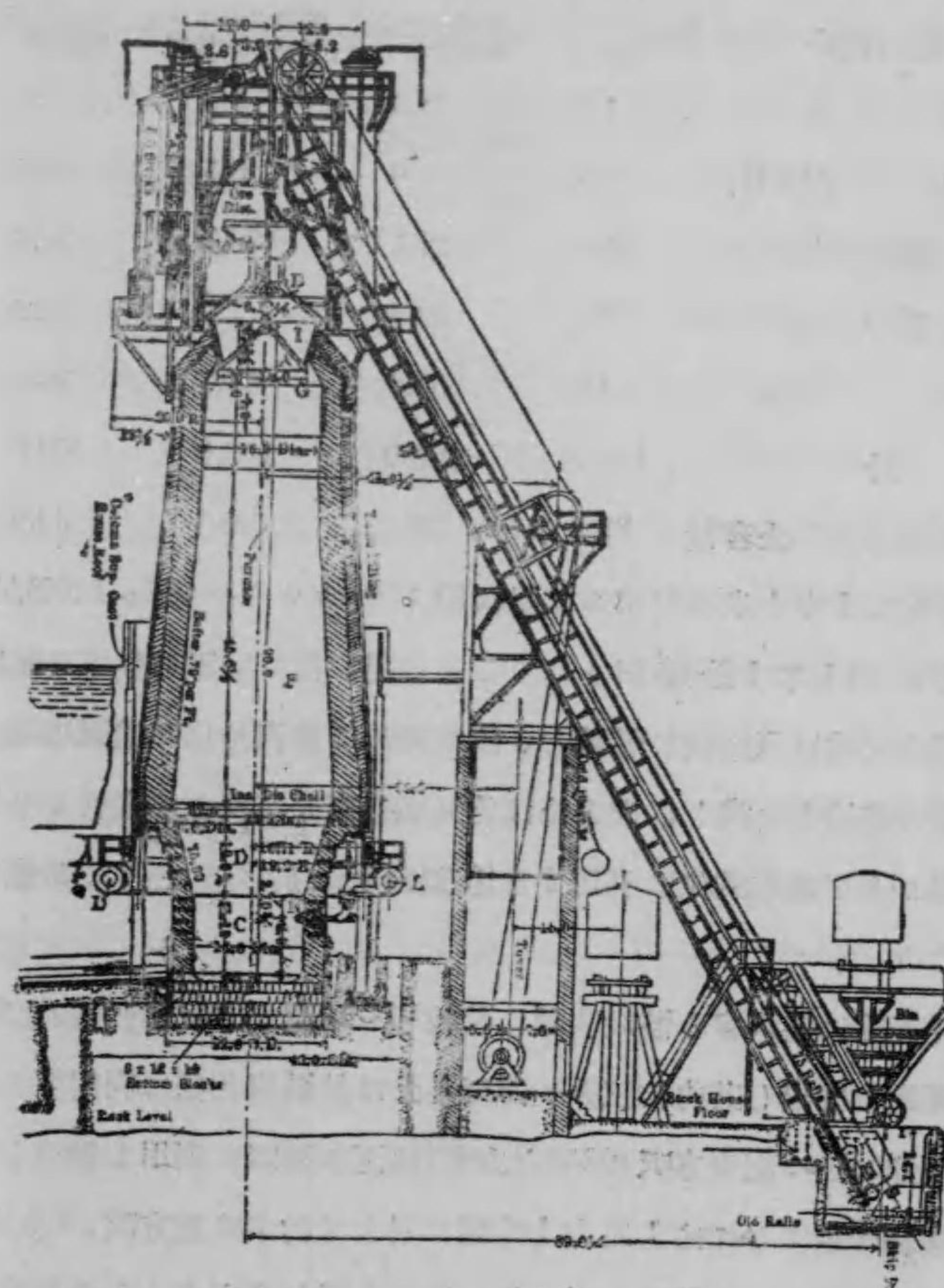
原料装入装置及瓦斯集捕器 爐の上部には原料を容易に装入し且つ爐内に一樣に分布すると共に爐よりの排出瓦斯の放散を防ぐ装置あり第15圖に於て爐頂には(N)なる鑄鐵製無底摺鉢縁と是に適合せる圓錐帽子(C)とあり、(C)は(B)なる重量によつて押上げられ常に爐口を密閉し、瓦斯の漏出なし、今原料を装入するには先づ(C)の

上部 (O) に装填す、圓錐帽子は其重さの爲めに降下して摺鉢縁 (N) との間に間隙を生じ原料は其間隙を通じて爐内に擴がりつゝ一様に落下し、(C) は其上の重量の減すると共に直ちに上方に引上げられて爐口を再び密閉す、此の如き装置をパリー装入装置 (Parry charging apparatus) と稱す、爐口にて集捕したる 排出瓦斯は瓦斯導引管 (T) を經て地上に導かる、而して (C) の降り居る間排出瓦斯の漏出あるを以て其漏洩瓦斯量を減する爲め近來無底摺鉢及圓錐帽子とを上下二箇併用するものあり、我國八幡製鐵所に於ても是を使用す、然れども木炭を燃料とする小形爐に於ては爐口の一部は常に開放して原料の装入をなし排出瓦斯を集捕する爲めに其中央部に圓筒を垂下したる極めて簡單なるものを用ふ。

原料捲上装置 原料を爐口まで捲上ぐる方法にして二種あり、從來の方法は捲上槽を設けて機械力により鑛車を垂直に装入床まで捲上げ、次に装入床上を人が手押して爐口に装入す、小形鑛爐には此方法にて可なるも近來の如く鑛爐の内容積は膨大し其生産額著しく大なるものは二十四時間に取扱ふ原料は鐵鑛石、燃料、及溶劑を併せ2000噸にも達し又其装入には一年三百六十五日の間更に間断なく繼續するを要するを以て近頃は地上に於て操業し又調整し得る機械的自動装入法を用ふ、第19圖に示す如く即ち約60度の傾斜軌道を設け鑛石箱は之に沿ふて上昇し直ちに爐口上に達し此處に自動的轉覆をなして原料を爐内に投入す。

原料は傾斜軌道の下部まで鐵道により運搬せられて此處に配合せられ鑛石箱に移さる。

第19圖 鑛爐原料捲上装置



排出瓦斯洗滌法 鑛爐に用ゐたる骸炭中の炭素分は其約 $\frac{1}{3}$ 容は完全燃焼をなして CO_2 となれども他は不完全燃焼をなして CO となり他の窒素等と共に排出瓦斯となる、今各國鑛爐瓦斯の成分

の一例を示せば次の如し、

瓦斯の成分	英國スコット ランド地方	米國オハイオ 州地方	獨逸ウエストフ アールン地方	日本八幡 製鐵所
水素(H ₂)	4.6	1.3	3.3	2.0
沼氣(CH ₄)	3.5	0	0.5	0.6
一酸化炭素(CO)	25.8	27.1	30.7	27.6
炭酸瓦斯(CO ₂)	7.2	12.4	7.8	11.8
窒素(N)	58.9	59.2	57.7	58.0
計	100.0	100.0	100.0	100.0
可燃瓦斯の全容積	33.8	28.4	34.5	30.2

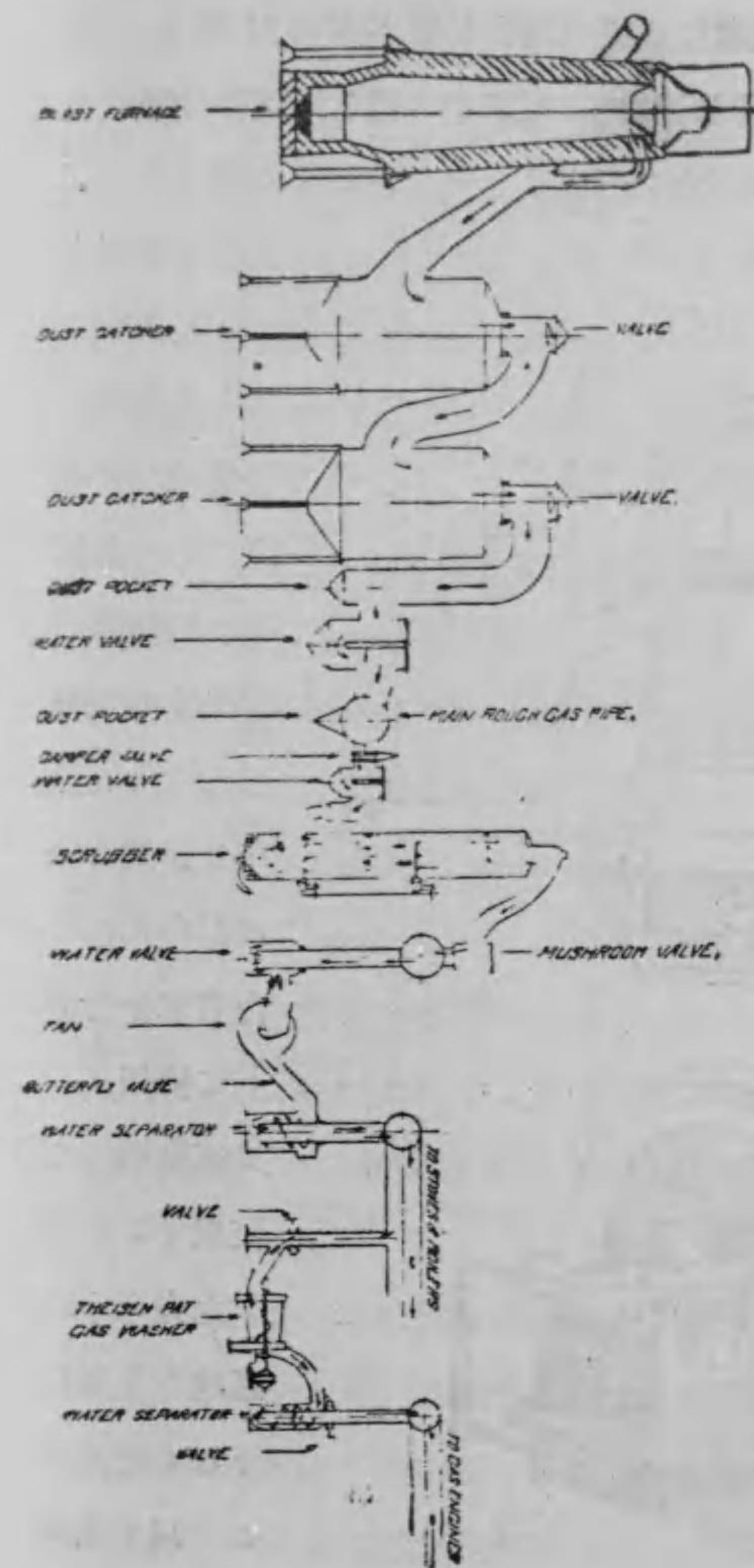
而して1立方メートルの有する熱量は約 800 カロリー (85~110 B.T.U./立方呎)にして十分燃料となすことを得、従て送風を熱する熱風爐に用ゐ、或は汽罐内に燃焼し、依て得たる蒸汽を以て送風機起重機其他の機械を運轉し、尙近時は此瓦斯を充分洗滌して直接瓦斯機關を動かして發電其他に利用する等製鐵所に於ける主要なる燃料の一なり。

鑄鐵爐に裝入する骸炭 1 噸に付約 15~16 萬立方呎 (約 4500 立方メートル) の瓦斯を發出し其内約三分一乃至半分は熱風爐其他に利用するを以て殘餘の 7~8 萬立方呎 (2250 立方メートル) は瓦斯機關に利用し得べし、瓦斯機關に用ふるには 1 馬力 1 時間に對して約 150 立方呎 (4 立方メートル) の瓦斯を要し、又骸炭 1 噸に付約 銑鐵 1 噸を産出するものなり、故に瓦斯機關に利用し得べき馬力を容易に算出し得べし。

今百噸鑄鐵爐よりの排出瓦斯より得べき動力を略算するに爐の 1 時間生産高は銑鐵約 4.2 噸にして 1 時間裝入骸炭量も約 4.2 噸の割合

と見做す、發生瓦斯量の半分を瓦斯機關に利用するものとすれば生

圖 20 鑄鐵爐瓦斯洗滌装置の全概

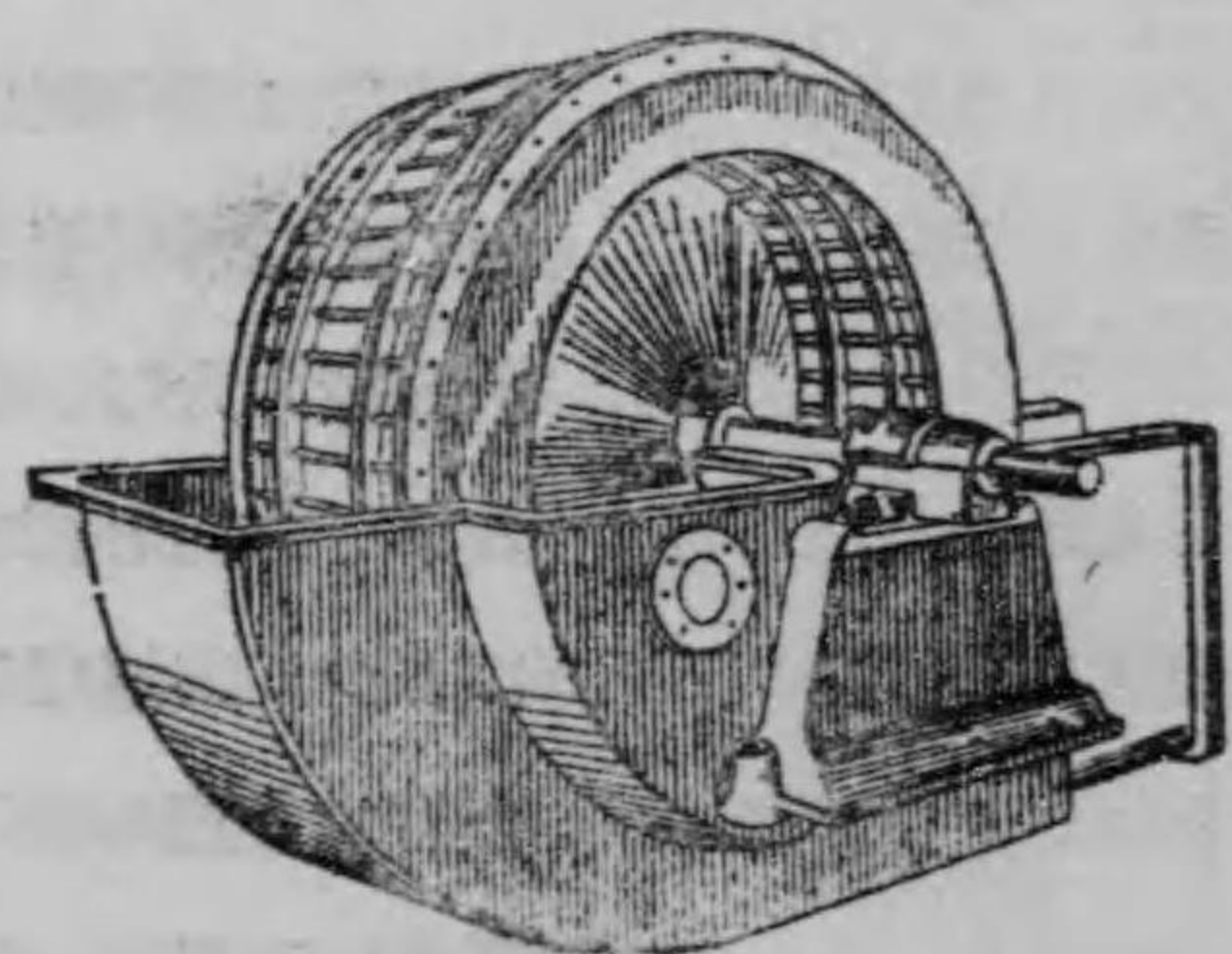
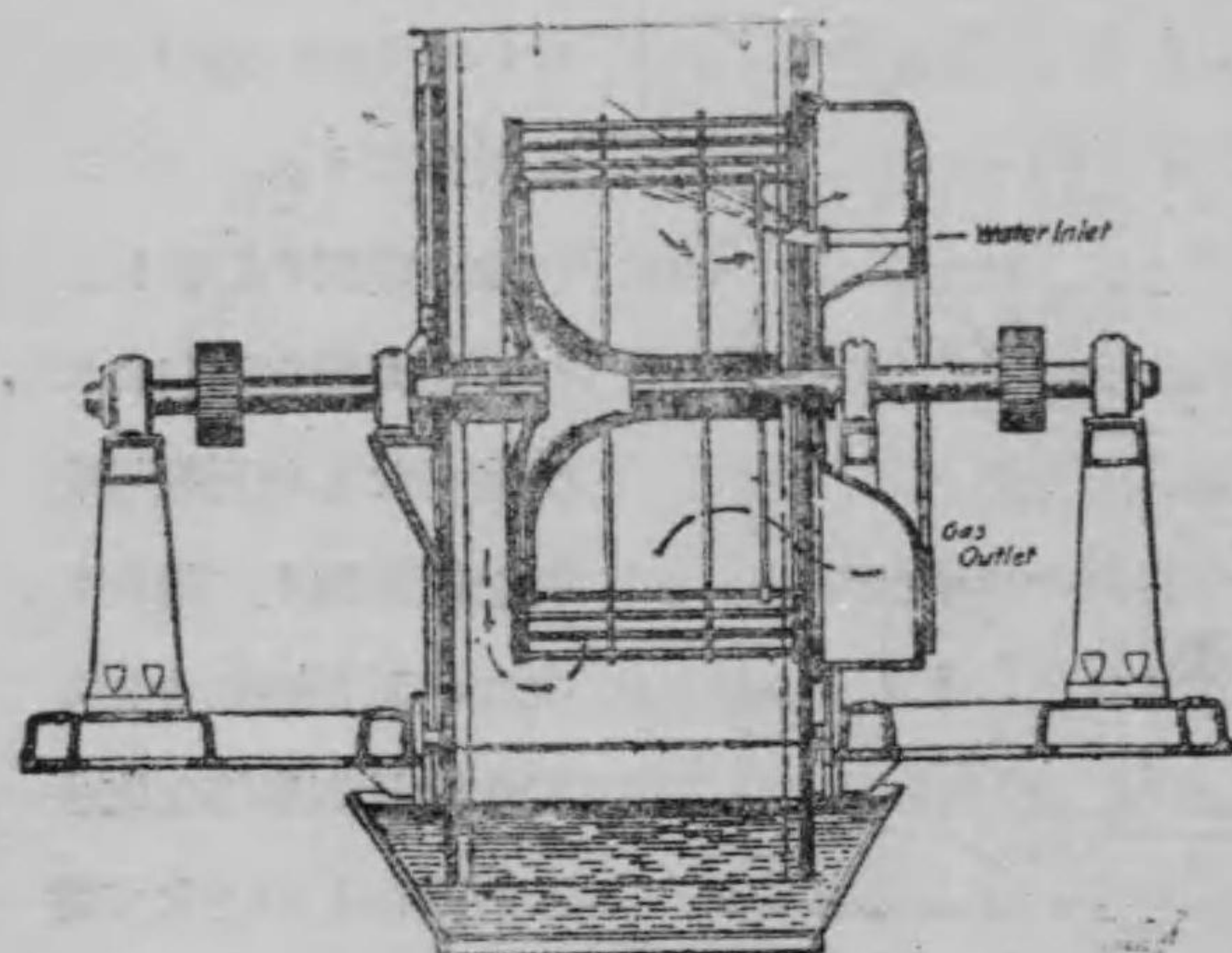


産銑鐵 1 時間 1 噸に對して $\frac{75000}{150} = 500$ 馬力の動力を得らるべく従て百噸爐一時間に發生し得べき動力は $500 \times 4.2 = 2100$ 馬力となる割合なり。

故に前記の装置によつて此瓦斯を爐口にて捕集したる後瓦斯導引管を経て地上に導きて、次に、瓦斯中に含まるゝ水分及烟塵等を取去り清淨のものとなす爲め洗滌法を行ふ、其洗滌装置は第 20 圖に示す如く先づ導引管より切斷容積の大なる處に来る事と方向を變ずる事によつて其速度を減じ含有する塵を塵埃集捕器中に殘留す、集捕器

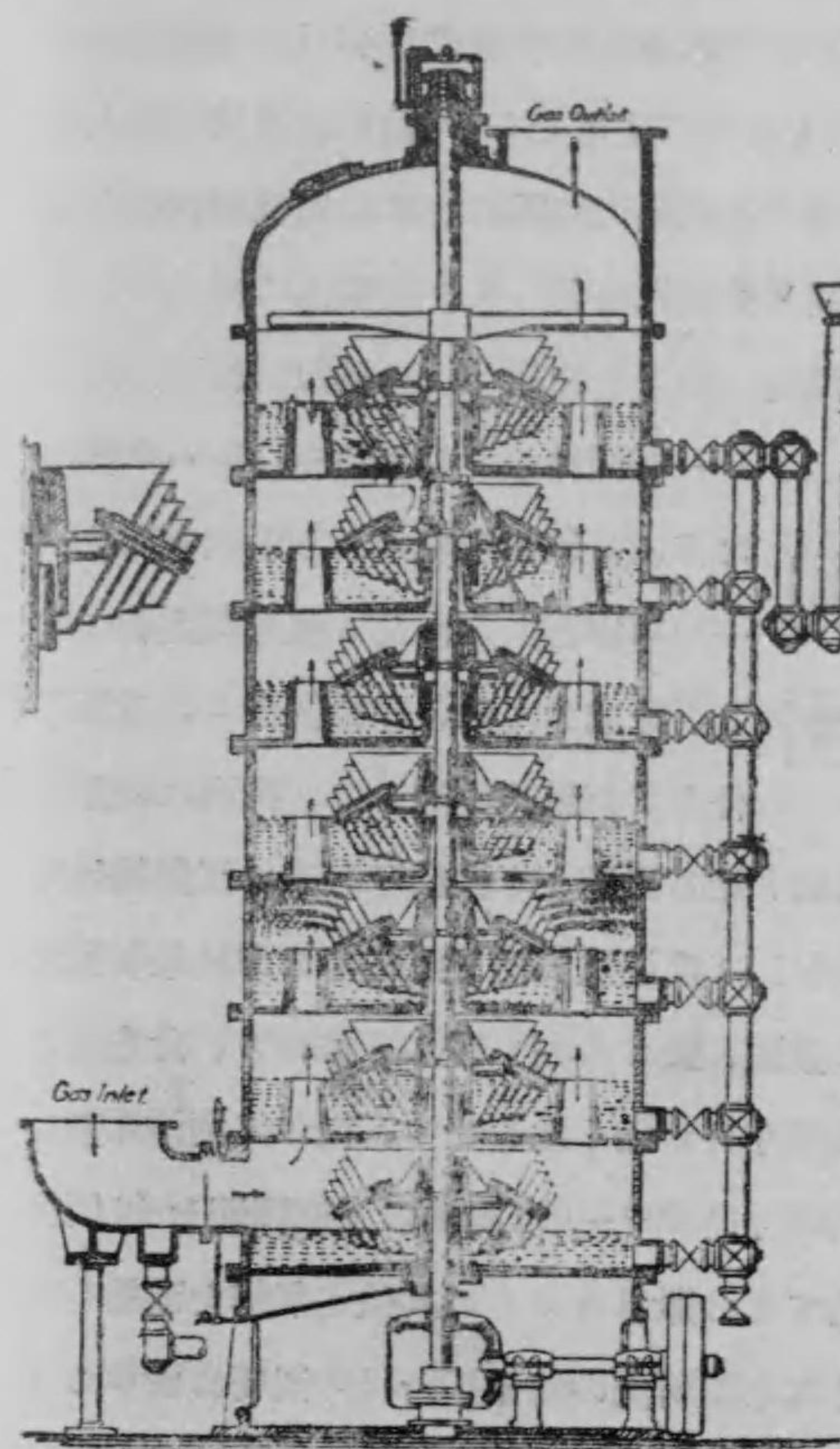
の底部は槓杆装置によりて開閉自由にして塵の溜るに從て容易に是を取棄て得、瓦斯は次に直立瓦斯清淨器 (Vertical gas purifier 又は scrubber) に入る、此器は適當なる徑の鐵管を數本直立竝列し瓦斯は此管内を上下すること數回、其間に瓦斯中の塵を大部分分離せしむることを得、又特に管内に水を噴出せしめて洗條する事もあり、

第 21 圖 瓦 斯 洗 滌 器



此器を通過したる瓦斯中には1立方米に付塵埃0.5瓦位にして熱風爐、汽鐘等を使用する瓦斯としては充分なり、故に分水器に入れて含有水分を去りて使用す、又瓦斯機關に使用するには1立方米中に塵埃0.1瓦以下なるを要するを以て更に

第 22 圖 瓦 斯 洗 滌 器



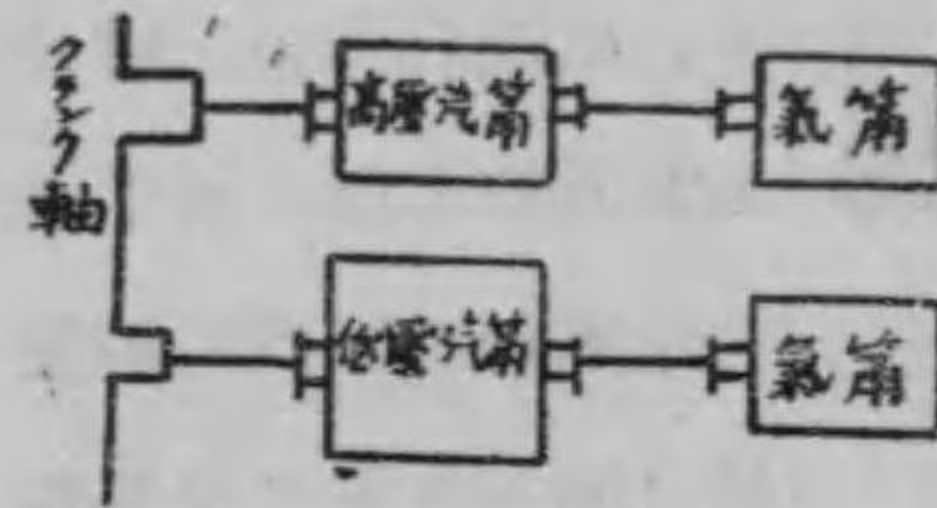
洗滌する爲從來は小徑管中に散炭又は鋸屑を充填して瓦斯を濾過せしも現今は旋風器にて水と共に瓦斯を烈しく回轉して塵と蒸汽とを同時に除き去る様になす、此洗滌器の一種は第21及第22圖に示す。

送風及送風機 鑄鐵爐の鑄解作業に要する空氣量は銑鐵1題に付約4~5題を要す、即ち銑鐵1題を造るに要する空氣量は1分間に約3立方米或は以上となる、從て150題爐に於ては約575題 (1分時約450立方米) の空氣

を送入するを要し又送風の爐中心部まで達するためには相當の壓力を有せざるべからず、其壓力は普通0.2~0.5氣壓なれども米國にありては1~2氣壓のものを用ふ、是等が爲めには送風機を用ゐざるべからず。

送風機は手鞆、足踏鞆より水力利用と進歩して現在は主に蒸汽力に依る、是には直立式(主として英、米、)と横置式(主として獨逸)とあり、二者孰れも長短あれども盛んに使用せらる、共に二箇又は以上の送風筒を一軸に連絡し、多く複式蒸汽機關にして高及低壓汽筒を並列に配置し第23圖の如く高及低壓汽筒共に夫々送氣筒に直結す、(釜石製鐵所は前者、八幡製鐵所は後者を使用す)、廻轉數は從前一分時

第 23 圖 送 風 機



10~20回轉なりしも現在は30~40回轉なり、是等二送氣筒よりの空氣は先づ一つの容器に入れたる後送風主管に導き、此處にて他の送風機よりの送風と合して熱風爐に送らる、此機に使用する

蒸汽は鑄鐵爐瓦斯を燃料とせる汽罐より供給せらる、又鑄鐵爐瓦斯を動力とせる瓦斯機關を以て直接送風機を運轉する方法最初獨逸國に起り目下英米其他の諸國に於ても漸く盛んとなれり、此方法の起りし當時は尙瓦斯洗條法今日の如く進歩せず、從つて清淨瓦斯を得るの困難なりしこと及一分時300~400回轉の瓦斯機關を40回轉以下の低速送風機に連結するの難事ありしが其後空氣弁を改造して空氣の出入瓣を廻轉瓣となして研究の結果100~150回轉に耐ゆる送風機を造り得、又瓦斯洗滌法は前記の如く完全となりたるより近時送風機及瓦斯機關の大きさも増大し、

瓦斯機關汽筒の徑は1,300耗、送風氣筒内徑は1,700耗、衝程は1,400耗

にして送風機の馬力は2,500に達し1馬力1時間當り2.8立方メートルの空

氣量を供給し得るに至れり。

又最近にはタービン式旋風機を用ひて容易に一定の高壓の送風をなし得るに至れり。

(註)製鐵所に於ける瓦斯機關利用法の進歩と共に動力の經濟的使用の結果動力の餘剰を生ずるに至りたり即ち汽罐を省略し得るのみならず製鐵部に於て之を利用して電力を得て鋼材壓延機を動かす或は又之を工場の燈火に供する等從て製鐵所の經濟を善くして大に製鐵事業の進歩を促進せり、但し我國に於ける利用法は未だ歐米諸國に比し遙かに劣れるは大に考究すべき主要條件の一なり。

熱風爐 前述の如く鑄鐵爐に送るべき風は昔時冷風なりしが1825年蘇格蘭人ネールソン(Neilson)氏は始めて熱風を用ひたり、同氏は送風管の一部を少しく擴大して其下に火床を置き薪材を以て送風を加熱せり、然し煩勞多く且つ得たる鉄鐵は冷風鉄鐵と其質異なりたる爲此方法は重用せられず、其後1830年に至り南方獨逸に於て送風の加熱に鑄鐵爐瓦斯を利用すること行はれ又經濟上熱風の有利にして又得たる熱風鉄鐵の使用法も考研せられてより次第に發達して一般に用ひられ今日に至りては殆んど總て熱風鉄鐵製造法によるものと云ひ得べし唯小形鑄鐵爐にて極めて純良鉄鐵を製造する場合のみ冷風を用ふ。

一般に送風を加熱するは爐底部に熱を集中し得て原料の鑄解には極めて良好なり。從て要すべき燃料の節約となり、又送風量も遞減して排出瓦斯中に窒素分を少なからしむることを得、然れども強熱の下に於ては總ての元素の還元作用盛んなるを以て自然鐵鑛石中の不純物は多量に還元せられて鑄鐵中に這入る、從て熱風鉄鐵は冷風鉄鐵に比して他元素及瓦斯を多量に含有す。

(註) 故に熱風鉄鐵は実用上其質の鉄鐵と混合して再溶解をなし是等缺點の工作品に出願せざる様注意を要す、殊に鑄造業者の研究すべき問題とす。

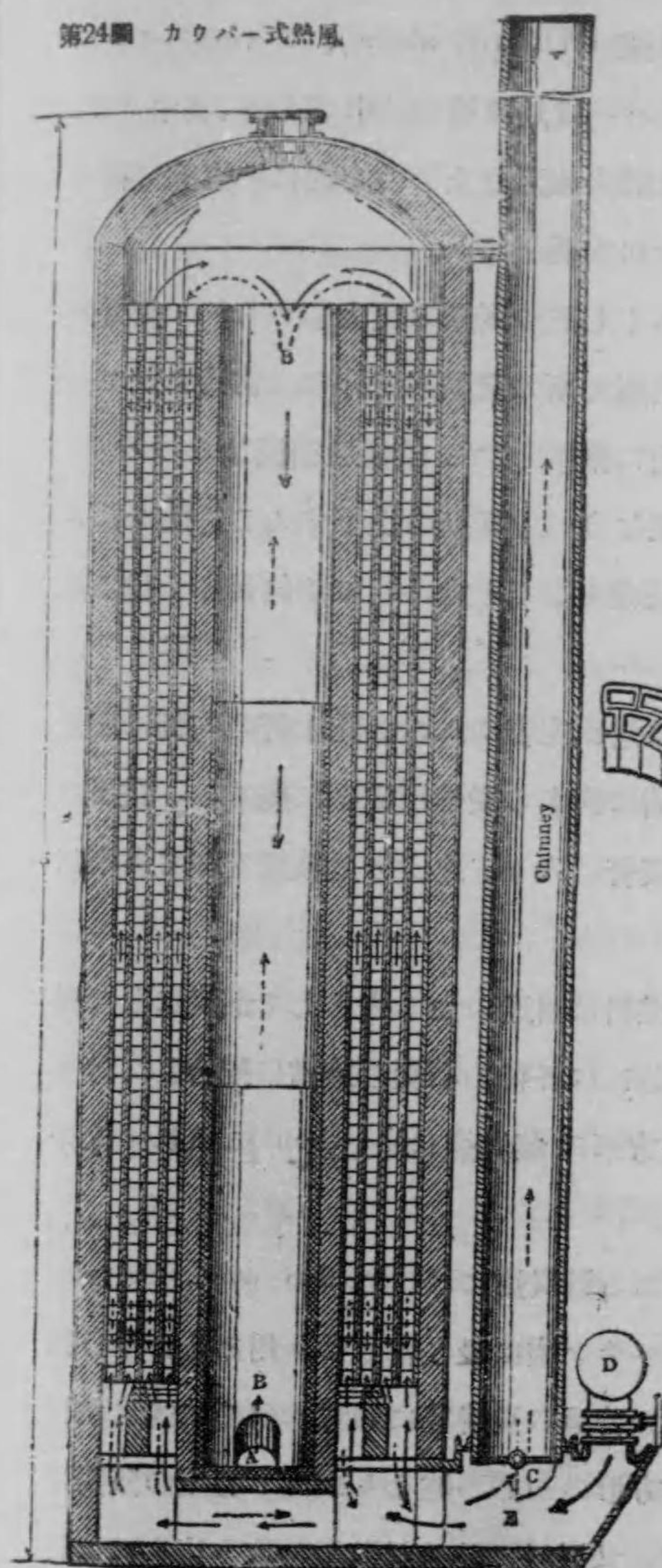
今日採用さるゝ熱風装置には二種あり、一は鐵管式(iron pipe system)にして他は蓄熱式(regenerative system)とす。

鐵管式に於ては密閉煉瓦室中に鐵管を垂直又は横に並べ、是を外部より燃燒瓦斯を以て絶へず熱す、送風は管内を通過し加熱せらる、鐵管の性質上空氣の加熱温度は最高 500°C にして普通 $300^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ なり、殊に横置管は次第に屈曲して修繕も煩多なり、故に従前釜石鐵山にて使用せしも放棄せし位なり、直立管も亦同様故障多からず併し仙人鐵山にては是を使用す、唯此鐵管式は送風の加熱比較的均一にして強からぬ故比較的良質の熱風鉄鐵を得る利あり、普通小規模の鑄鐵爐に使用せられ、修理の爲め鑄鐵爐1基に2基の加熱爐を設置して交互に使用す。

蓄熱式に於ては耐火煉瓦の密閉室中に耐火煉瓦を積み、鑄鐵爐瓦斯を燃燒して豫め其煉瓦を 1000°C 内外に熱し、次に瓦斯を斷ちて送風機よりの冷風を通すれば風は煉瓦より熱を採りて約 800°C の温度となる、但し風の加熱度は最初と終りとに於て異なる故其相違を少なからしむること肝要なり普通加熱時間は30分乃至1時間位となす、従て鑄鐵爐1基に付數基の蓄熱式爐を設備するを要し普通交互代用、修繕豫備を併せ4乃至5基とす、

今日最も重用せらるゝはカウパー式熱風爐(Cowper's hot-blast stove)にして第24圖に示す、鋼製圓筒槽にして高さ約25~35米、直徑6~7米にして其内壁は耐火煉瓦にて積み其内部を二分す、一は中空にし

第24圖 カウパー式熱風



て瓦斯燃燒室なり他は並形又は異形耐火煉瓦を格子形に積みたる蓄熱室なり、鑄鐵爐瓦斯及空氣は中央瓦斯燃燒室の底部(A)より入り(B)にて燃燒して上昇し次に蓄熱室に入りて其中の煉瓦を加熱して其有する熱の大部分を與へたる後降下し辨(C)より煙筒に出づ、點線矢印は其瓦斯の進路を示す、爐の加熱終れば送風機よりの冷風は反對の進路を取りて(D)より焔道(E)に入り進みて蓄熱室にて加熱せられ次に中央部に集まりて降下し(A)より出づ、其の方向は實線矢印を以て示す、爐の熱效率は約50%なり。

其他ウキットウエル式熱風爐 (Whitwell stove)、フオールドモンク
ーア式(英國)、ケネデーカウパー式熱風爐(米國)等あり、其中ウキ
ットウエル式熱風爐の蓄熱室は耐火煉瓦を上下の方向に一直線に積み
重ねて瓦斯は數回上下運動をなす構造なり。

一般に蓄熱室は加熱面を多くし且つ瓦斯の速力弱められて充分與
熱及加熱に便なり、但し鎔鑛爐瓦斯の洗滌不充分なる當時に於ては
瓦斯中の多量の烟塵等は爐内に推積したる故構造簡便なるウキット
ウエル式熱風爐の方實用上便なりしも瓦斯の上下すること屢々なる
爲めに瓦斯又は送風の力を減殺すること大にして加熱面少く爐の熱
効率カウパー式に劣る。

熱風爐より出でたる熱風は送風主管に入る、此主管の内部は充分
保温装置をなし又膨脹及收縮に對する設備は完全に施さる、送風は
此主管より鎔鑛爐の周圍の環管に入り、之より其枝管を経て各羽口
に入り爐内に達するなり。

① 骸炭爐 鎔鑛爐に用ふる燃料は前述の如く主として骸炭にして稀
に木炭を使用す、骸炭の製造には各種の石炭を適當に配合して碎き
洗滌後耐火煉瓦よりなる長方形の骸炭爐(coke oven)に入れて充分
爐を密閉し其外部より熱す。

而して製鐵所にて普通に用ふる骸炭爐には Bechive oven, Solve's
oven, Kuppe's oven等あり、ベチブ爐は最も古くより用ゐられ今日尙
小規模の所にては使用す恰も普通の炭燒釜に類す、他の二式は孰れ
も小室を竝列して細長き長方形の一群の爐より成る。各室の壁間に
燃焼瓦斯を通ずる曲路を有し又原料の裝入及骸炭の取り出しには特

別の機械的裝置 (pusher) を用ふ、骸炭製造中に石炭より發生する瓦
斯は直ちに利用して燃料となし、又コールタール、アンモニア、ベ
ンゾール等を副産物として抽集することを得、ソルブ式にては爐の
上部に於て之等副産物を捕集する裝置あれどもクツペ式にありては
之を有せざる點が前者と異なる、而して銑鐵1噸を造るに要する骸
炭量は約1~1.3噸にして石炭1噸より約 $\frac{3}{4}$ 噸の骸炭を得べし、從て
骸炭爐の内容積(大約)は容易に算定し得べし。

又骸炭爐瓦斯は次の成分を有す、

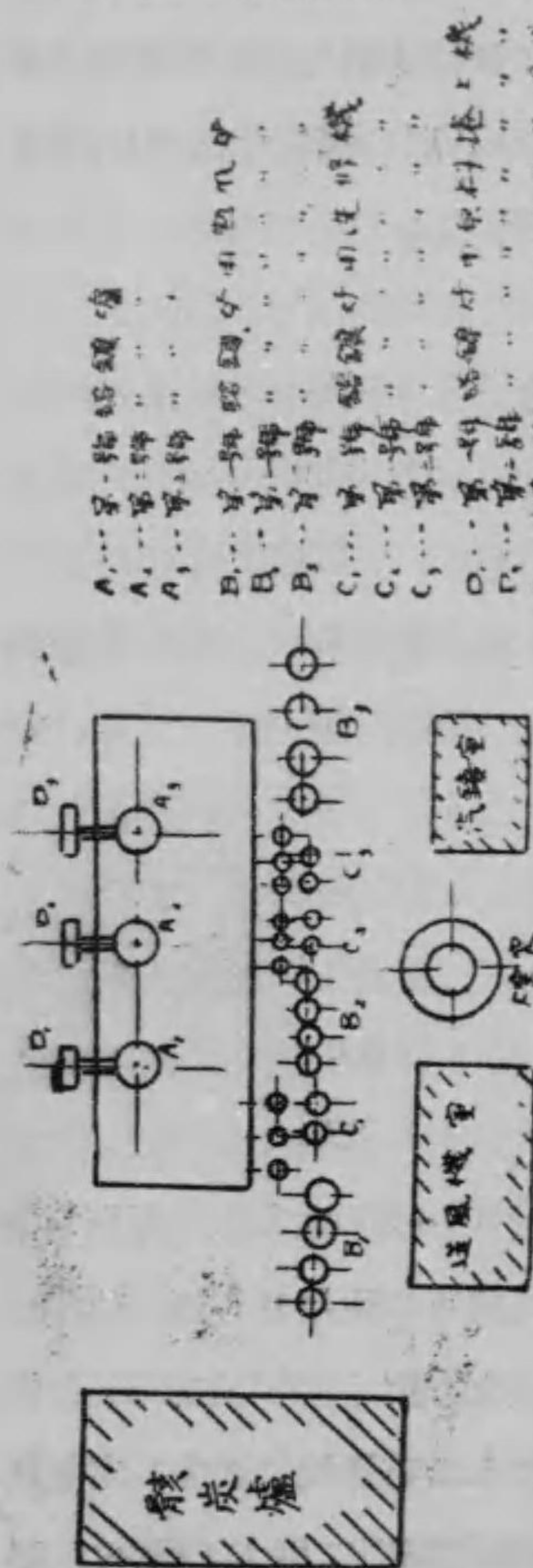
水 素	H ₂	52.7	44.7
沼 氣	CH ₄	35.7	33.2
重炭化水素	C _m H _n	2.2	2.2
一酸化炭素	CO	6.4	7.0
炭 酸 瓦 斯	CO ₂	1.4	3.5
水 蒸 汽	H ₂ O	1.2	—
硫 化 水 素	H ₂ S	0.4	—
窒 素	N ₂	—	9.4
計		100.0	100.0
可燃瓦斯の全容積		97.0	87.1

而して骸炭爐に裝入したる石炭1噸に付200~250立方メートルの瓦斯を發
生し此瓦斯の約半容積は骸炭爐を熱する爲めに使用せられ、他半は
瓦斯機關の運轉に使用せらる、此瓦斯1立方呎(.0283 立方メートル)を燃
燒して得べき熱量は400~550 B.T.U. にして其燃焼に要する空氣量
は4~5立方呎(.11~.16立方メートル)なり、又瓦斯關機に用ふる場合には1

馬力1時間に對して30~40立方呎(0.85~1.15立方米)の瓦斯を要す。

以上各附屬品を有する鑄鐵爐製鉄工場を圖示せば第25圖の如くにして尙此外に生原料及製品置場並に鑄滓利用工場等に廣大の場所を

第25圖 鑄鐵爐製鉄工場配置圖



要するを以て其等配置は工場内の運搬等より特に注意するを要す。

37、鑄鐵爐の鑄解作業 (イ)吹き込み、

新に築造せる鑄鐵爐に初めて火を入れ(是を吹き込み Blow in と稱す)

操作するには先づ最底部に一時的火床を造り薪又は石炭の如き燃料を用ゐて乾燥すれば約一週間にして外部より温味を感じるに至るを以て次に

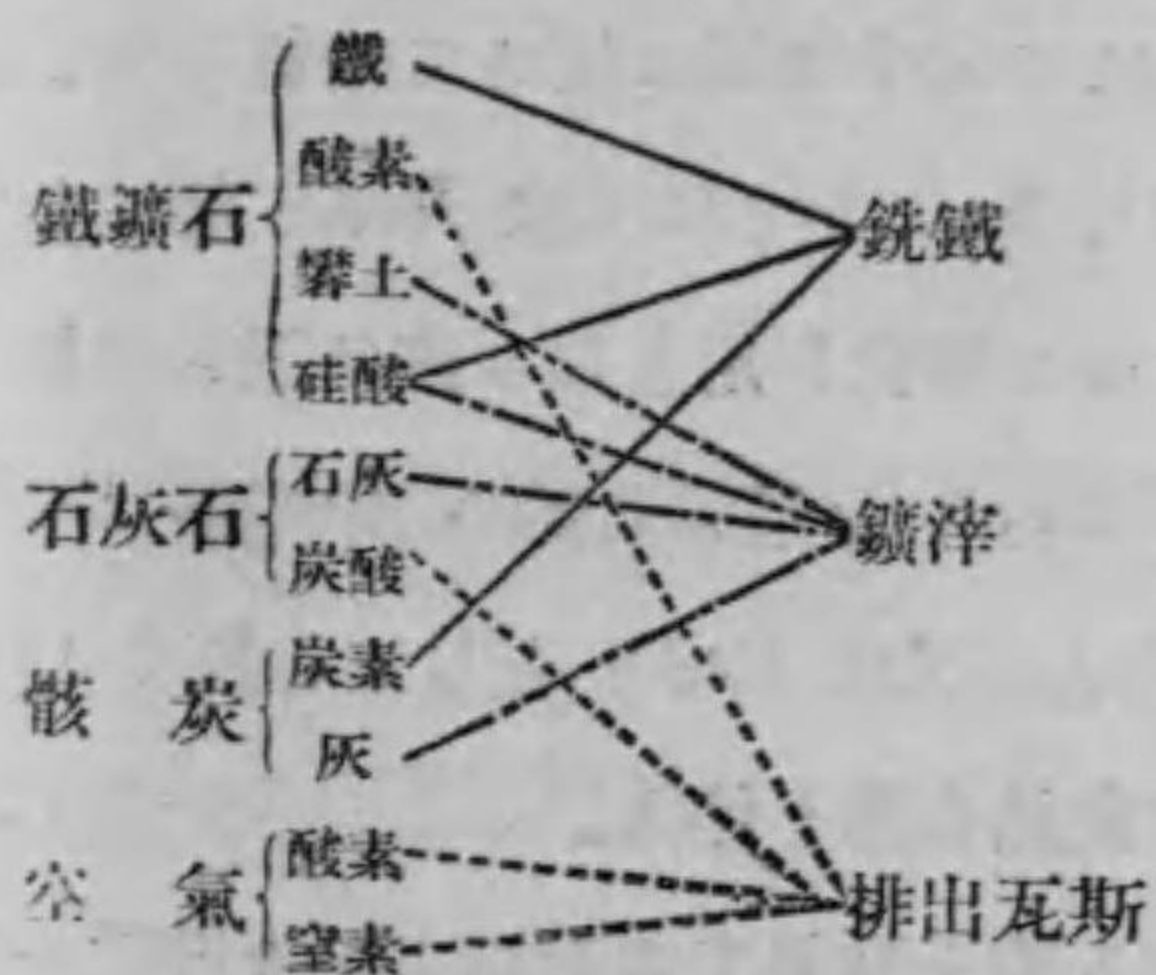
吹き込みをなす、即ち前の假火床を去り、底部より木炭又は薪材を順次積み重ねて最大直徑の處まで充滿せしむ、其上に他の鑄鐵爐よりの塊狀鑄滓を積み、其上に鐵鑄石、其上に木炭又は骸炭(但し燃料の種類による)、次に鑄劑と交互に積み 爐口まで満たす、此際装入する媒鑄劑は石灰石少量と他の爐よりの鑄滓との混合物を用ゐ、又鐵鑄石の量は他原料に比し漸次上部に至るに従ひ少し

宛増加せしむ、但し平常の作業に比較せば極めて少し、例へば普通鑄石と燃料とを2~1の割合とせば、吹き込みの時には第一層には0.1:1 爐口にて0.5:1位とす、

次に底部に點火し、燃料の燃へて装入物の鑄解降下するに應じて爐口より各種原料を順次装入す、其装入量は普通の装入量の約八割とす、斯くて鑄解したる鐵は出鉄口より流出し且つ排出瓦斯が可燃性とならば此處に初めて弱き送風をなす、底部に點火後是までの操作に約1~2晝夜を要す。

斯くて次第に鑄石量を増して繼續操作に入り、爐に大なる故障の起らざる限り長日月繼續操作す、其期間は最小一ヶ年最大八ヶ年間なり。

(ロ)装入物の鑄解 鑄鐵爐に於ける鐵鑄解作様の外觀は比較的簡單なるものにして装入せられたる鑄石、燃料、媒鑄劑及空氣は變じて鉄鐵、鑄滓及排出瓦斯となる、即ち



而して爐頂より装入せられたる各種原料は羽口の上方約1米の處即ちアサガオ部の最上部までは交互の層をなして次第に降下す、是

等装入物は爐壁との摩擦力、送風壓力、及底部の骸炭層によりて保持せられ故障なき限り平均に順次降下す、羽口より稍々上方の所は羽口より送入する高壓、高熱の衝風によりて既に自熱化せる骸炭を燃焼し最強熱なり、此處に装入物は全く鎔解して銑鐵及鑛滓となるを以て鎔解層(Smelting zone 又は zone of fusion)と稱す、其位置は爐の大小、装入物の性質、送風等によつて多少上下すべし。

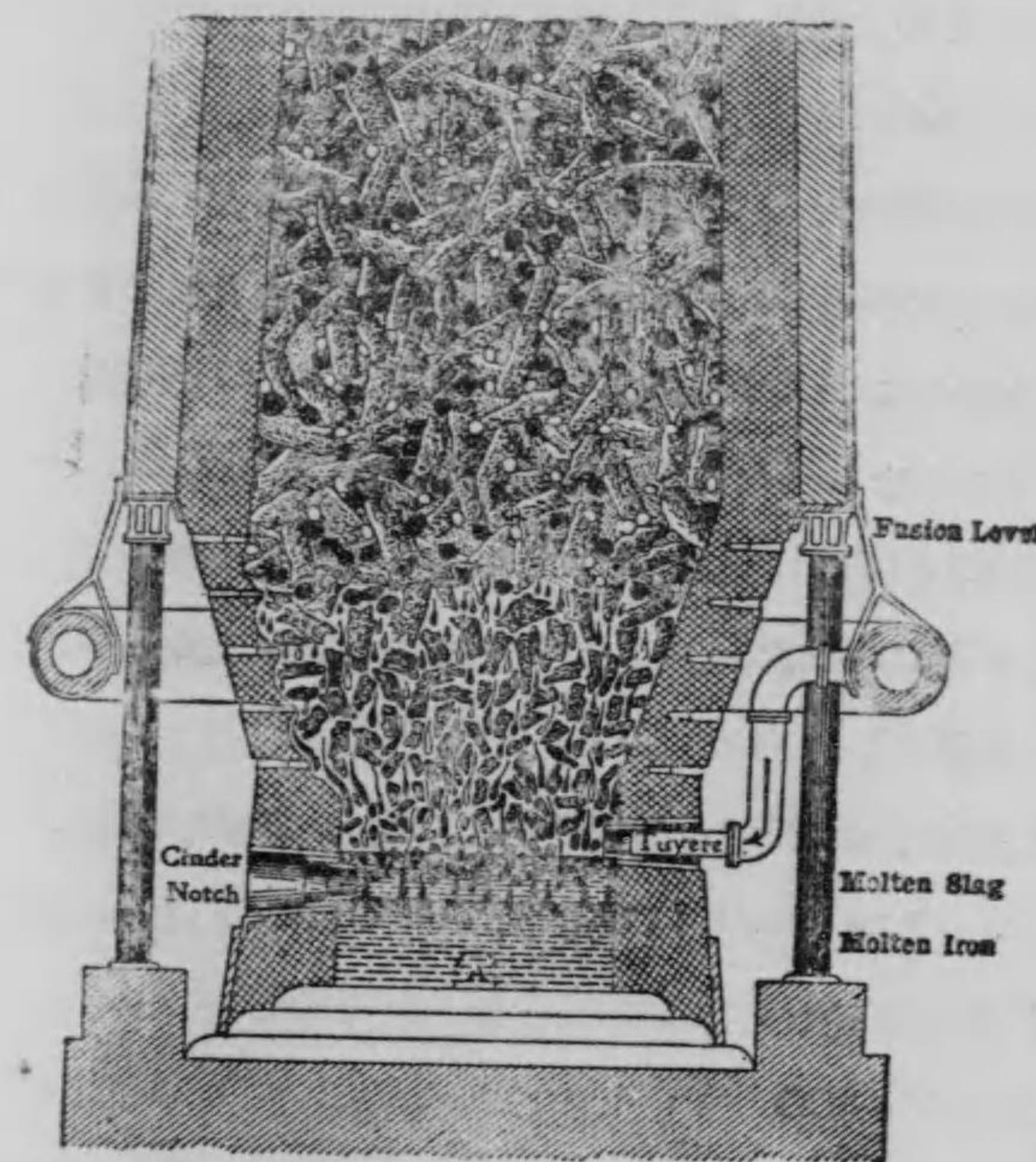
羽口よりの衝風は此層に於て二様の働きをなす、即ち燃料を燃焼して其火力にて銑鐵及鑛滓を充分鎔解し又一方には此處に生じたるCO 瓦斯が爐内を上昇して上部の鐵鑛を熱し又は之に反應して鐵を還元し、自らは酸化せられて一部 CO₂ となる、又燃料燃焼の際生じたる CO₂ は更に多量の骸炭と接觸して還元せられ CO となる、尙送風中の窒素の少量は炭素と結合して CN (Cyanogen) となれども大部分は毫も變化せず高熱せられたる儘 CO₂ 瓦斯と共に爐内を上昇して上層の装入物を加熱す。



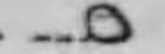




是等の CO 及 CO₂ 瓦斯が爐内にて爲す作用は極めて複雑なり、其化學反應に關係するものは Fe₂O₃, FeO, Fe₃O₄ 又は Fe₆O₇ 等にして各層に於ける溫度及瓦斯量によつて酸化作用となり或は還元作用となる、CO 瓦斯は 250°C に於て Fe₂O₃ を還元し始め 400°~450°C に於て最も烈しく、Fe₂O₃ は Fe₃O₄ 又は Fe₆O₇ となる、斯く CO 瓦斯が酸化鐵を還元する時には發熱作用を伴ふ。

總て爐内の瓦斯は上層部の装入物を豫熱するを以て略々 300°~400°C に冷却せられ爐頂部より排出せらる、此排出瓦斯は主要なる燃料なることは前述の如し。

爐頂より装入せられたる鐵鑛は爐上層に於て加熱瓦斯にて豫熱せられ次で次第に瓦斯の爲めに還元せられ、終に 800°~900°C の層部に達する頃には軟化して鎔解金屬鐵となり更に他元素を吸収して銑鐵となる迄の化學反應は是を次の四層部に別ちて説述せん。

第 26 圖 鎔鐵爐鎔解層附近に於ける装入物の鎔解状態



- Legend: - Lumps of Cok: 
 Lumps of Iron Ore: 
 Lumps of Lime: 
 Drops of Slag: 
 Drops of Iron: 
 Layer of Molten Slag: 
 Layer of Molten Iron: 

- (一) 爐最上部
即ち豫熱層に於ける化學反應、
- (二) 還元層に於ける化學反應、
- (三) 加炭層に於ける化學反應、
- (四) 鎔解層、

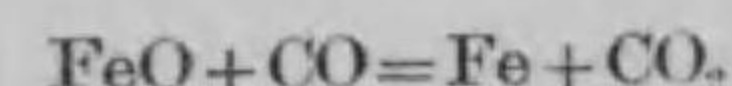
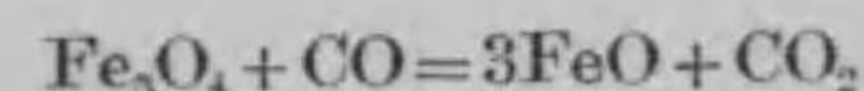
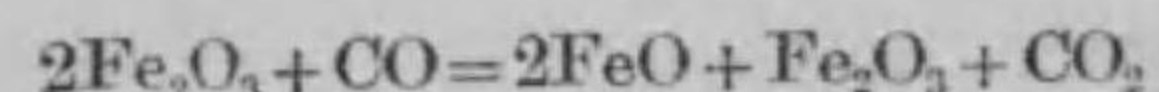
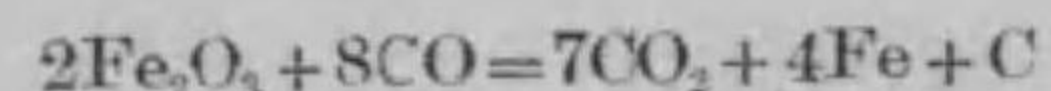
尙第26圖は鎔解層附近に於ける装入物の變化する状態を示す、

(一) 装入物中の混和物、水分、

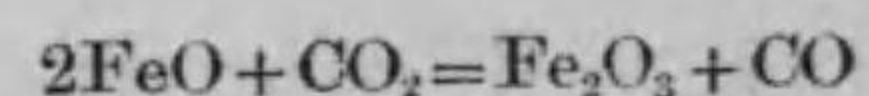
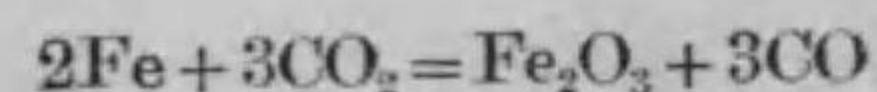
及炭酸等は昇騰する瓦斯の熱の爲めに蒸發せられ又装入物は豫熱せ

らる。

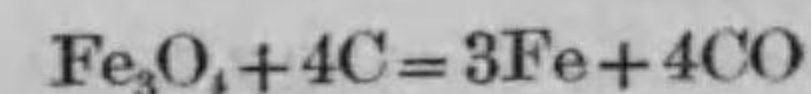
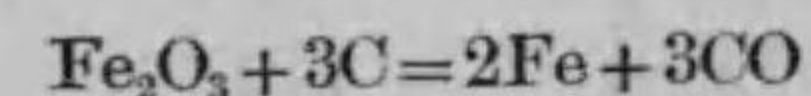
(二) 還元層に於ける鎔鑄爐瓦斯は一酸化炭素及窒素より成り、鐵鑛石は此一酸化炭素の爲めに變化して



是等の反應は鐵鑛石の強熱せらるるに従ひて益々速に増大し、其中の遊離したる炭素は丁度油煙の如き状態にて鑛石の表面及罅に附着す(此炭素の一部は鐵中に滲入す)、装入物の爐頂より約1米強降下して300°C(575°F)に熱せられたる時は爐内の状況によりて



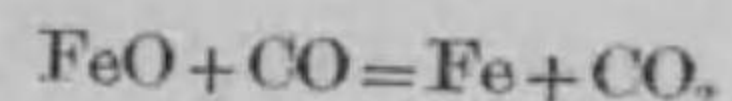
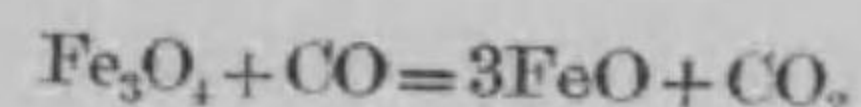
等の酸化の作用も起る、尙 300°~400°C 間に於ては Fe_2O_3 は Fe_3O_4 となる即ち $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$ 、又 400°C(750°F)に於て遊離炭素も酸化鐵を還元し始む



又此還元層に於て CO 瓦斯は鑛石の酸素を吸収し又は直接炭素に觸れて CO_2 となる、然るに偶々組織せる CO_2 は約 535°C(1000°F)又は爐頂より約6米降下したる所に於て骸炭の爲めに酸素を奪取さる即ち $\text{C} + \text{CO}_2 = \text{CO}$ 此反應は 535°C 以上の高熱に於ては常に生ずる

により炭素單體の遊離は 590°(1100°F)に於て停まる。

而して鐵鑛石の還元は其降下と共に甚だしく遂に590°C以上の強熱に於ては事實 Fe_2O_3 は悉く變質し又 Fe_3O_4 も還元せらる、併し FeO は一部還元せられるれども尙一部は殘留す、



(Fe_2O_3 は普通400°C以上の溫度に於て既に變質して存在せず、700°C(1300°F)に於て熾熱せる骸炭即ち炭素固體は FeO を還元し始め斯くて爐頂より約9米以下の處に到れば鐵鑛石は約800°C(1475°F)に熱せられて全く海綿狀の金屬鐵に還元せられて $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ なる反應は全く終る。

石灰石は約800°Cに於て分解し $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ となる、其中 CaO は鎔解層に入り、 CO_2 は他の瓦斯と混合するが實驗の結果によれば殆ど總て CO となりて爐外に排出せられ排出瓦斯となる、而して此層附近には他の化學反應殆ど起らざるが故に羽口の附近に至りて充分熱を集中することを得、併し羽口附近は外部より循環水を以て常に冷却するを以て其熱は實際には多少變化するものなるが金屬鐵の鎔解には充分強熱なり。

(三) 加炭層即ち爐頂より10.5米以下鎔解層までの部分に於ては海綿狀還元鐵は其表面に附着せる細塵狀の遊離炭素及骸炭中の炭素の一部を吸収して鐵炭素合金を造る、斯く多量の炭素の滲入したる鐵は其融解點低下して鎔解し易きものとなる。

而して此部分の熱度高き程鐵は炭素を吸収する事益々旺んなり、

其炭素は鐵の冷却せる後黒鉛となり鐵と分離す(鼠鉄)之に反して熱度低き時は容易に結合炭素として存在す(白鉄)、併し共に還元せる他元素の爲めに往々其成生を變ずることあり、譬へば滿俺は鐵に最高の炭素含有を促がすものなれども常に結合炭素として存在せしめ、
 硅素は黒鉛として分離せしむるが如し。

(四) 鎔解し易き鐵は羽口より稍々上層に於て全く鎔解し、羽口面に於ては雨滴の如く降りて(第26圖参照)更に接觸する骸炭より炭素を吸収し、炭素飽和状態となる、是に要する熱度は此層に於ける骸炭の急速燃焼にて足る、即ち骸炭は送風の爲めに急速燃焼してCOを組成す、此急劇なるCOの組成は熱度を高むるに頗る有效なるものにして若し此際酸素過剰なれば鐵は酸化してFeOとなり鑛滓中に混入するに至るべし。

又此熱度は石灰(CaO)と鐵鑛石中の挟雜物と並に燃料中の灰分との化合物即ち可鎔性鑛滓を鎔解し、此鑛滓は爐底に鎔鐵滴と共に落下して湯溜に聚集すること第26圖の如し。

鑛滓の成生と共に一方高熱せる骸炭は此層に於て他の酸化物に還元作用を爲す、普通是等の酸化物は鑛滓となるべきものなれども爐の強熱甚だしき爲めに還元せられて遊離せし元素は鎔鐵中に吸収せらる、されば其還元程度は鉄鐵の性質を決定するに大なる關係を有す、而して還元せし元素の主なるものは前記炭素の外硅素、滿俺、磷及硫黄等なり。

硅素は鑛石及骸炭灰中の硅酸より還元せられ、爐内強熱にして低鹽基性鑛滓なる時は多量の硅素が還元せられて鐵中に入る、其は強

熱に於て酸素が硅素に對するよりも炭素との親和力大なる爲 $SiO_2 + 2C = Si + 2CO$ なる反應を起すに因る、而して此反應は(一) 鎔解層を滴下するに要する時間の長さ、(二) 還元力の強さ、(三) 鑛滓の硅酸を保持する程度、とに關係す。

(註) 鹽基性の強き鑛滓は其鎔解點高きを以て粘着性(Viscosity)大なり、故に鎔解層を滴下するに比較的長時間を要し是が爲めに鑛滓は還元作用を受くる機會多く又鐵滴と接觸する機會も多き故硅素分を鐵中に増す事となる、併し一般より見れば強き鹽基性鑛滓は低硅素鉄鋼を作るに缺くべからざる條件なり。

而して爐の高溫度を得るには送風の熱度を高め、或は多量の骸炭を用ふべし、斯く多量の骸炭を用ふれば其灰中に多量の硅酸を増すものと見做すことを得、故に多量の骸炭を使用する事は爐の熱度を高め、硅素分を増し又從て還元劑の増加を必要とするに至るを以て鐵中に硅素を増す爲めには極めて有效なり。

(註) 又一般に多量の硅酸を含有する鑛滓及硅石質の鐵鑛石は高硅素鉄鋼を製造するに適す

然れども鑛滓が強き鹽基性なる時は硅酸の如き酸性物質を中和して鑛滓中に保持する力大なるを以て反つて硅素の鐵中に入る量を尠なからしむ是れ低硅素鉄鋼製造に鹽基性爐を用ふる所以なり。

硫黄は主として骸炭中に含まれ、FeS又はFeS₂となりて鐵中に入り、又少量はMnSとなりて入る、併しFeS₂は豫熱層に於て硫黄一分子を失ふてFeSとなる、是等の硫化物は硫酸を含有すること少くして石灰分の含有多き鑛滓又は多量の滿俺を含有する鑛滓の存在する場合には鑛滓中に多く混入して鉄鐵中に含有せらるゝこと微量となる、ハウ教授(Prof. Howe)の説明する所によればFeS+CaO

+C=CaS+Fe+CO なる反応ありて CaS は鑛滓中に入る、故に爐より流出する鑛滓は極めて硫黄の臭氣を帯ぶ、併し此還元作用は極めて強きものなるにより鎔解層の附近に於て鐵中に硅素含有量を増す如き強き還元作用の起る場合に行はるゝものなり、されば此事實は高硅素銑鐵は低硫黄銑鐵なりと断定し得る程確實なるものなり。

(註) 前述の如く強き還元作用には多量の骸炭を使用するを要す、骸炭使用量多き時は硫黄の總量を増加して間接には鐵中に硫黄分を多からしむる如き事となる。然し前記反應は炭素が少量に存在すれば益々強大となる故に殆ど相殺さるゝものと思ふことを得べし。

尙強き鹽基性鑛滓は鐵中の硅素を減すると共にCaSを鑛滓中に吸収する故鐵中の硫黄分を減少する作用あり、斯くの如く鐵中の硅素及硫黄は複雑なる關係によりて互に相殺し或は互に扶くるものにして之を一括して次の如く云ひ表はすことを得べし。

- (1) An iron with high Si. & low S. may be obtained by running the furnace at a high temperature with a slag sufficiently basic to hold the S. but not basic enough to keep Si. from being reduced.
- (2) An iron with low Si. & low S. by using a lower temperature with a somewhat more basic slag, or a high temperature with a much more basic slag.
- (3) An iron with low Si. & high S. by using a low temperature with a slag not sufficiently basic.
- (4) An iron with high Si. & high S. by using a high temperature with a slag not sufficiently basic.

滿俺 は鑛石中の酸化滿俺 (MnO₂等) より還元せられて鐵中に入

る、即ち $MnO_2 + 2C = Mn + 2CO$

鐵中に吸収さるゝ量は全量の約 $\frac{2}{3}$ にして他の $\frac{1}{3}$ は鑛滓中に入る、一般に装入さるゝ鑛石の性質によれども鎔解作業中に生ずる鑛滓の性質によつて調整することを得、即ち鑛滓の酸性強き程多量の滿俺を MnSiO₂ の状態にて吸収す、而して多量の滿俺が鑛滓中に存在すれば鑛滓の鎔解及流動を良好ならしめ又還元せるものは銑鐵に炭素の吸収力を増し白銑の組成を促かし其含有量増大すれば銑鐵となり更に増大なれば滿俺鐵となる。(第18節参照)、故に鑛石中に滿俺量少き時は特に滿俺を加ふることあり。

磷 は鑛石中の磷化物より還元せられて鐵中に入る、而して其還元せられたる磷は銑鐵を造るに必要な高熱度に於て竝に現存する硅酸の作用する場合に悉く鐵中に吸収さるゝ故高磷

第 27 圖 鎔鐵爐に於ける化學反應

