

鐵と

鋼 第六年 第十一號

大正九年十一月二十五日發行

歐米に於ける電氣製鋼業に就て

齋藤 大吉

私は昨年八月中旬以降本年一月まで歐米の各地を旅行し電氣製鋼業に就て多少取調べましたから此題目に就て報告したいと思ひます、乍去私の旅行は極めて短時日でありましたから永く一所に止つて調査する暇なく従つて其内容は至つて貧弱であることを豫め御斷り致して置きます。

第一 戰時中電氣製鋼業の發達

過去四ヶ年半の大戰中歐米に於ける各種の工具鋼、飛行機、自動車等の材料として合金鋼の大需要並に瑞典産純鐵の缺乏とは大に此事業の發達を促したことは各位の既に承知せらるゝ所であります。今米國雜誌アイアン、エーヂ昨年十二月號に由つて見ると、去る一九一三年乃至一九一八年の世界電氣鋼の製産額は第一表の如くであります。

第一表 世界電氣鋼製産額 (注意 米國記事中の噸は特記せざる限り皆米噸なり)

一九一三年	一八二、四三三 ^噸	一九一六年	五四九、五三四 ^噸
一九一四年	?	一九一七年	八四四、〇七四
一九一五年	三〇一、四八〇	一九一八年	一、一五五、二七三

(The Iron Age, 1919, Dec, 25.)

即ち一昨年の電氣鋼産額は一百十五萬餘噸に上り之を戰前一九一三年の十八萬餘噸に比すると實に六倍三分強に激増して居ります。

歐米に於ける電氣製鋼業に就て

更に之を國別にして見ると第二表の表くであつて米國は世界總產額の四四%以上を産して居ります。

第二表 一九一八年米、英、獨三國の電氣鋼製產額

世界	米	英吉利	獨逸	佛蘭西	瑞典
一、二五五、二七三 _噸	五一一、三六八	一四七、九二二	二二一、八二四 _噸	不詳	不詳
	四四・三%	一二・八	一九・二%		

又世界に於ける電氣爐増加の趨勢は第三表の如くである。

第三表 世界に於ける電氣製鋼爐増加の趨勢

爐數(一月現在)	一九一八年	一九一九年	一九二〇年
一九一三年	一四〇 _基	七三三 _基	八一五
一九一七年	四七一	一九二〇年	一、〇二五

即ち本年一月現在の、〇・二五爐を戰前の一四〇爐に比較すると實に七・三二倍に相當致しますから其發達は誠に驚く可きものであります、又其熔解量にしても戰前は二噸以下のもの多數を占めたるに拘らず兩三年以來新設さるゝものは多く五、六噸以上のものでありますから其製鋼額も急速に増加する次第であります。

次に目下世界に行はるゝ電氣製鋼爐の様式は其數二十餘種に上つて居りますが今米國、加奈陀及び英吉利等に於ける各様式の爐數を擧げて見ると第四表の如くであります、但し獨逸、佛蘭西等に於ける統計は不明であるから省くことにしました。

第四表 米國、加奈陀及英吉利に於ける各様式の爐數

一九二〇年一月現在	一九一九年五月現在
北米合衆國	英吉利
加奈陀	其他の諸國
一五二 _基 (四七%)	五三 _基 (三五・一%)
一八 _基 (四五%)	

エール式

スチイダー式	四六	三	七
ムアー式	二〇	一	一
レンナーフェルト式	一八	一	七
グリーンヴス、エツチエルス式	一二	一	三三
エレクトロメタル式	一二	一	三三
ストービー式	一	一	八
其他の式	三六	一七	一〇
合 計	三二三	四〇	一五一
世界 總 計	一、〇二五基		
	三二三	四〇	一五一

一般に云ふと目下世界に於て使用せらるゝ爐の最大多數は弧光爐であつて誘導爐は最早時代後れの感がある、現に米國の如きは僅に後者の三爐を有するに過ぎぬのである、然らば弧光爐中何式が最も廣く行はるゝやと謂ふに此表に示すが如くエルール式である、此式は最初米國ユ、エス、スチール、コーポレーションに於て採用し現今も此會社が之を製作して居るから米大陸に於ては殊に優秀の位置を占めて居る、又英吉利に於ても現今はエルール式が優勢であるが近來エレクトロメタル式、グリーンヴス、エツチエル式及びストービー式等が大に其勢力を増大しつつあることは特に注意すべき事項である。

又昨年六月發表された米國電氣鋼協會委員の報告中米國及び加奈陀に於て鋼塊及び鋼鑄物を造る電氣爐の數及び大さ等を擧げて居るが好參考なりと信ずるから之を第五表に掲げることにした。

第五表 北米合衆國及加奈陀に於ける電爐數及び其大さ等
(Iron & Coal Trade Review 1919. p. 743)

世界の電鋼爐總數(一九一九年)

八一五基

北米合衆國電鋼爐數

二九〇基

加奈陀 同上

四四基

歐米に於ける電氣製鋼業に就て

兩國電鋼爐の總熔解量(一裝入)合計

一、一三〇噸

同 上の平均熔解量(一裝入)

三・四噸

鋼塊を造る兩國電鋼爐數

一〇三基

同 上の平均熔解量(一裝入)

七・三噸

同 上を有する工場數

六〇

同 上最大爐の熔解量(一裝入)

四〇噸

同 上を備ふ最大工場(五爐)の熔解量

一〇五噸

鋼鑄物を造る兩國電鋼爐數

二三一噸

同 上の平均熔解量(一裝入)

一・七噸

同 上を有する工場數

一二六

同 上最大爐の熔解量(一裝入)

一五噸

同 上を備ふ最大工場(二爐)の熔解量

三〇噸

之れに由つて見ると鋼塊を造る兩國の爐數は一〇三基で其平均一裝入熔解量は七・三噸であるが其最大量は四〇噸に達して居る即ち近來漸次大容量の爐を用ふるに至つたことが分る、次に鋼鑄物を造る爐數は二三一基に達し其工場數一二六の多數に上つて居るが其平均熔解量は僅に一・七噸に過ぎぬから此目的に對しては未だ一般に小さき爐が用ひられて居ることが分る。

次に本年四月米國ボストン市に開かれたる電氣爐協會(The Electric Furnace Assoc.)に於て會長マチソン、スミス氏は米國及び加奈陀に於ける電氣製鋼爐の大發展を述べて熟鍊せる電氣爐技術家養成の急務なることを唱導して居るが今其謂ふ所を籍つて申述べると兩國に於て作業せる電鋼爐は一九一三年に其數二二基に過ぎざりしものが一九二〇年には三六三基に増加して居る、又之れに由つて造らるゝ鋼鑄物の量が一九一三年には僅に九、二〇七英噸に満たざりしが一九一八年には一〇八、二九六英噸に激増して居る、又第六表は一九一三年以降米國に於ける坩堝鋼及び電氣鋼の消長を語るものであつて實に興味津々たるものがある。

第六表 北米合衆國に於ける坩堝鋼及電氣鋼の消長

	坩堝鋼		電氣鋼	
	英倫	英倫	英倫	英倫
一九一三年	一二二、二二六	三〇、一八〇		
一九一四年	八九、八六九	二四、〇〇九		
一九一五年	一一三、七八二	六九、四一二		
一九一六年	一二九、六九二	一六八、九一八		
一九一七年	一二六、七二六	三〇四、五四三		
一九一八年	一一五、一二二	五一、三九四		

(Chem. & Metall. Eng. 1920. April 14. p. 714)

即ち坩堝製鋼法の製産高は戦前より最近に至るまで一高、一低殆ど増加なく近來は寧ろ下り阪にあるに拘らず電氣製鋼法の製産高は戦前僅に三萬餘噸で坩堝鋼の四分の一に満たざりしものが五年後の一九一八年には五十一萬餘噸に達して十七倍の増加を示し同年産出の坩堝鋼に比して四倍四分餘に相當するに至つたと謂ふことは又異常の發達と謂はねばならぬ、此等の結果に由つて見ると將來電氣製鋼法技術の進歩と共に電氣爐が全く坩堝爐の位置を奪ふに至る可きは自明の理であると考へるのであります。

又現時合金鋼(Alloy Steel)の製造に電氣爐を使用することは世界一般の風潮であるが第七表は一九一八年米國に於て各様式の製鋼爐に由つて製造する合金鋼の鋼塊及び鑄物の産額を示すものである。

第七表 北米合衆國に於て各種の製鋼爐に由る合金鋼の製産額

	鋼塊		鋼鑄物		計
	英倫	英倫	英倫	英倫	
平	一、〇一三、九一三	一、〇七二、四	一、〇二四、六三七		九五五
爐(鹽基性)					
歐米に於ける電氣製鋼業に就て					

鐵と鋼	第六年	第十一號	九五六
同	上(酸性)	三二三、九一三	英順
轉	爐	四一、二八六	二九、一九一
坩	埚	五四、三七〇	二二、四三〇
電	氣	二八七、八八五	六四
爐		一、七二一、三六七	三、〇七六
合	計		六六、四八五
			一、七八七、八五二

(Chem. & Metall. Eng. 1920. April 14. p. 714)

此表に由つて見ると合金鋼の製造に於ても坩埚爐は最早電氣爐の敵でないことが分る、尙ほ將來電氣爐の單位裝入量が一層増大するに至らば遠からずして平爐の壘を摩するに至る可きは見易き道理であると信ずる。

第二 歐米に於ける見學工場概説

私が歐米に於て見學した多數の工場の中で電氣製鋼爐を設備して居るものが丁度二十個所あつた、而して其内委しく調査することの出來たものもあり又餘り要領を得なかつたものもあります、私は一々此等の工場に就て細説するの煩を避けて夫等の名稱、位置、爐の種類、數及び操業上の要點等を摘記した第八表を造りました、勿論其内容は極めて粗雑なるものであるが將來此方面の調査をさるゝ諸君に對し聊かても參考となれば幸甚であります。

以下私は旅行中見學したる英、佛、伊、瑞、米等の電氣製鋼業に就き各別に極く概括的の記載をして見たいと思ひます。

一 英吉利

私が昨年十月同國を視察した當時に於ては戰後合金鋼の需要激減したると、鑄物職工の大ストライキ進行中なりし爲めセフィールド市の大工場に於ても僅に其一、二爐づゝしか操業して居なかつたのでありますから此の種事業の視察には最も惡しき時でありました、夫れに同國に於ける電力費は

I	II	III	IV	V	VI	VII
Name and Locality of Plant.	Type of Furnace. Capacity, Number.	Electrodes. Quality, Number, Diam. Consumption p. ton Steel.	Current. Phase, volt, Intensity.	Power Consumption. k. w. hrs p. ton Steel. Cost.	Roof and Bottom. Durability, Materials.	Smelting Materials. Products.
1. Stobie Electric Steel Co. Dunston upon Tyne, England.	15 tons Stobie—1.	graphite—4. 6.5 lbs for Common Steel 13 " " Special Steel 10 " diam.	2 phase current 80-90 volts 550 Amp. 40 cycles.	740 k.w. hrs for Com- mon Steel. 900 k.w. hrs for Special Steel. 1 d. p. k.w. hr.	Roof-Silica bricks. 2 weeks. Bottom-dolomite.	Turning Scraps of medium thickness. { Carbon Steel. { alloy "
2. Vickers Works. Sheffield, England.	8 tons Héroult—4. 2 " " —2.	Carbon—3. 70 lbs.	3 phase	1 d. p. k.w. hr.	Roof-60 heats. bottom-6 month. dolomite.	Turning Scraps. { Carbon Steel. { alloy "
3. Hadfield Steel Works. Sheffield, England.	6 tons Héroult—8. for ingots 6 tons Héroult—2. 1½ " " —1. for steel castings	graphite (12" diam)—3. or Carbon (18" ")—3. 10 lbs graphite. 30 " Carbon.	3 phase	1 d. p. k.w. hr.	Roof-100 heats. bottom-1000 heats. dolomite.	Turning Scraps. { Forgings. { Steel Castings.
4. Bedford and Sons Co. Neeppend, Sheffield, England.	½ ton Gleanes-Etchells —1. conducting bottom.	graphite—2. 3" diam.	2 phase 65 volts 2000 Amp. 50 cycles.	800 k.w. hr.	Roof-260 heats.	Turning Scraps. Carbon tool Steel.
5. Thomas Andrews Co. Sheffield England.	1½ tons Gleanes- Etchells—1.	graphite—2. 7" diam. 9-10 lbs. graphite electrode costs £ 120 p. ton.	2 phase 75 volts 3500 Amp.	750-950 k.w. hr. according to the kind of Steel.	Roof-120-150 heats. bottom-12 months.	Turning Scraps { Carbon Steel. { alloy " High Speed "
6. Cie de Fonderie et Acierie electrique. Usine, Savoie, France.	3—25 tons Girod—8.	Carbon—4. 42 cm diam. in 15 tons Furnace. 26-24 kg. iron bottom electrodes-14 rods			Roof-1 week. bottom-600 heats.	Various Scraps. Ingots.
7. Les Usines de Mr. Schneider. Creuzot, France.	4 tons Electrometals —1. conducting bottom.	Carbon—2. 40 cm. diam. 20-25 kg.	2 phase 75-80 volts 2000-2500 Amp.	900-1000 k.w. hr.	Roof-100 heats. bottom-1100 heats. dolomite + magnesite.	Various Scraps. Tool Steel Castings.
8. Fonderie Milanese di Acciaio. Milano, Italy.	1 ton Stassano—1. 3 tons Héroult—1. 3 " Electrometals —1.	→ graphite—2. 11" diam. 5 kg.	2 phase 75-80 volts 4000 Amp.	850 k.w. hr. 5 centimes p. k.w. hr.	Roof-45 heats. bottom-400 heats.	Various Scraps. Steel Castings.
9. Cie Sulzer Frères. Winterthur, Switzerland.	3 tons Stamm—1. conducting bottom. Similar to Electro- metals.	Carbon—2. 40 cm. diam. 10-15 kg.	3 phase 110-120 volts	800-900 k.w. hr.	Roof-50-80 heats.	Turning Scraps. Steel Castings.
10. Luderum Steel Co. Watervliet, Albany, N.Y. U.S.A.	5 tons Luderum—2. 9 " —2. Elliptical form.	→ graphite—3. 10" diam. 10 lbs.	3 phase 70-100 volts 500-10,000 amp.	600 k.w. hr. with only one Elog. 1¢ p. k.w. hr.	bottom-magnesia.	Various Scraps. { Carbon Steel ingots. { alloy " "
11. General Electric Co. Schenectady, N. Y.	2½ tons Héroult—1.	Carbon—3. 8" x 8" square. 30 lbs for Carbon Steel 35 " for alloy "	3 phase		Roof-30 heats.	good tool Steel Scraps. Tool Steel.
12. Hull Iron & Steel Foundry. Hull, Quebec, Canada.	6 tons Héroult—1.	Carbon—3. 17" diam. 55 lbs. 5¢ p. lbs electrode.	3 phase 110 volts 60 cycles.	about 1200 k.w. hr. 15¢ p. 1-P-year.	Roof-60 heats. bottom 800 heats. magnesia.	low grade Scraps. Steel Castings.
13. Electro Metal and Steel Co. Welland, Ont. Canada.	6 tons Héroult—2.	Carbon—3. 17" diam. 40-50 lbs.	3 phase 110 volts 25 cycles.	800 k.w. hr.	Roof-25 heats in 1 shift work p. day. 10-150 heats in continuous work. bottom-magnesia.	low grade Scraps. Steel Castings.
14. National Malleable Casting Co. Cleveland, Ohio, U.S.A.	6 tons Héroult—2.	Carbon—3. 17" diam.		1¼¢ p. k.w. hr.		Scraps. Steel Casting Chain.
15. Standard Steel Casting Co. Chicago, Ill.	5 tons Snyder—1. conducting bottom.	graphite—2. 8" diam. 6-7 lbs.	2 phase 140 volts 4000 Amp.	530-550 k.w. hr.	Roof-75 heats. bottom-magnesia.	low grade Scraps. Steel Castings.
16. Hercules Electric Steel Co. Milwaukee, Wis.	6 tons Vons Raur—1. elliptical form.	Carbon—3. 55 lbs.			Roof-75 heats. bottom-acid.	Various Scraps. Steel Castings.
17. Crucible Steel of America (Park-works) Pittsburg, Pa.	6 tons Héroult—2.	Carbon—3. 16" diam. 50 lbs.	3 phase 100 volts 3000 Amp.			good Scraps. { Tool Steel. { alloy "
18. Carbon Steel Co. Pittsburg, Pa.	6 tons Héroult—2.	Carbon—3. 16" diam.				good Scraps. { Tool Steel. { alloy "
19. Latrobe Electric Steel Co. Latrobe near Pittsburg, Pa.	6 tons Héroult—2. 3 " " —1.	→ Carbon—3. 17" diam. 30-50 lbs according to the kinds of steel.				good Scraps. { alloy Steel. { High Speed Steel.
20. Crucible Steel of America. (Athen-works) Newark, N. Y.	6 tons Héroult—3. 3 " " —1.	→ Carbon—3. 16" diam. 45 lbs.	3 phase 100 volts 4000 Amp.	3¢ p. k.w. hr.	Roof-100-125 heats. bottom-magnesia.	good Scraps. { alloy Steel. { High Speed Steel.

N. B. 1 English ton=2240 lbs, 1 Metric ton=1000 kg=2205 lbs. 1 American ton=2000 lbs.

一般に一キロワット時に付一片^{ペンス}で他國に比して不廉でありますから戰時中一時勃興した電氣製鋼業も假令一時的とは云へ多少廢れはせぬかと考へるのであります。然し英國では戰時中坩堝鋼の主要原料たる瑞典純鐵の供給に苦しんだ結果電氣爐に由つて坩堝材料の製造を始めたのであるが段々研究の結果普通の原料を使用して直ちに高級坩堝鋼に匹敵するものを製造し得ることが明瞭になつたので戰時中一時盛大を極めたのである。夫れて今日では普通の炭素鋼、合金鋼等は勿論のこと從來至難と稱せられたる高速度鋼の製造でさへも電氣爐に由るもの漸次多きに至りましたから如何に保守的の英吉利に於ても原料の如何を選ばざる電氣爐は遠からずして操業不廉なる坩堝爐を驅逐するに至る可きは當然のこととあります。

又同國に於ける電氣爐の様式に就て謂ふと目下エルール式が優勢でありますが近來エレクトロメタル式或はグリーヴス、エッチェル式等の如き^{コンダクティング、ボットム}電導爐底を有するものが盛に行はるゝに至りました。此等の爐では電流が熔鋼中を上下に流れ全成分の混和を促進するを以て合金鋼の製造に適すると信じますから此目的に對しては余程の將來を有するものと考へます。又最近發達しかけたストービー式の如きも一五噸以上の大容量のものを使用するに至り且つ同氏の特許に係る電極エコノマイザーの如き大に電極消費量を減じ得るものと信じます。要するに保守的の英吉利では電氣爐が從來特種鋼の製造に至大の勢力を有する坩堝爐の爲めに阻まれ、同時に電力は比較的不廉であり且つ電極も黒鉛製のもは遙に米國より輸入する等の煩がありましたから其の發達に關し米國に比して余程不利の位置に立つて居つたことは争ふ可からざる事實であります。が今後は等の困難は漸次除かるゝに至りますから將來の發展は期して待つべしである。終りに私は英國のステッド博士が本年五月同國鐵鋼協會々長就任演説の一節を引用して此項を終りたいと思ひます。(多少重複の嫌はあるが)『英國では戰前唯少數の電氣製鋼爐を使用するに過ぎなかつたが一九一四年以後主としてエルール

ル式電氣爐が多數セフィールド附近に建設され同國各地に産する砲彈削屑の多量を處理するに至つた、此等の爐は坩堝爐の代りに使用されて成効し合金鋼の多量を供給した、戦後に於ても或る大なる工場では既に坩堝爐の大部分を驅逐するに至つた。

戦前獨逸に於ける電氣爐の發達は著しかつた、之れ同國では劣等なる鹽基性ベッセマー鋼を精製して優良なる鋼を造るに此爐を用ひたからである、故に同國では戦前既に一爐の容量三〇噸に達するものがあつた、其他米、佛伊等の諸國に於ても其産額は皆英吉利以上であつた。

戦前英國に於ける電氣鋼の産額は恐らく一萬噸以下であつた、爐數も僅に十一基、變壓器の全容量は四、五〇〇キロワットを算するに過ぎなかつたのであるが、一九一八年の終りには爐數一四〇基、變壓器の全容量十萬キロワルト、アンペヤーの多きに達し電氣鋼の産額も約十五萬噸の多きに上つた、今現在の爐が其全能力を發揮したならば一ヶ年三十萬噸の産額を得ることは難事でないといふ、而して戦時中電氣爐の生産品は防楯鋼板、飛行機及自動車材料、甲板、打抜用砲彈及びヘルメット用鋼板等で一九一八年には鋼鑄物として四萬餘噸、鋼塊として十萬餘噸を産出したが、戦と共に其需要は激減した。

米國及び獨逸ではベッセマー鋼或は平爐鋼を電氣爐にて精製する仕事が大分發達して居るが、此複製法プロセス或は三重製法トリプロセスは將來益々發達するであらう、又英國でも燐多きクリーヴランド鐵鑛より造る鹽基性平爐鋼を電氣爐で精製して酸性平爐鋼と競争することが漸次行はるゝに至るであらう。

二 佛蘭西及伊太利

此兩國では私は半ば休止せる三、四の電氣爐工場を見しに過ぎませぬから概括的に御話する材料を持つて居ないことを遺憾と致します、而して佛蘭西ではユージヌにあるチロー電鋼會社の如く多數の爐をチロー式で一貫して居る所もあるが彼のクルーゾー會社の如きは遙に英國から使用

し易きエレクトロメタル式を輸入して試験して居る所もあります、故に同國でも將來は漸次エルル式或はエレクトロメタル式等が盛に行はるゝであらうと考へる、又伊太利でも彼國で創始されるスタサノ式は頗る不評判で目下はエルル式或はエレクトロメタル式等に由つて置き換へられて居ります、要之此兩國は英米等に比して石炭の産出少く反之水力豊富なるを以て今後は矢張り電氣爐の方面に發達して來るものと想像することが出來ます。

三 瑞 西

此國に於ては唯ブルツァー會社の電氣爐を見たのみであるが此所にある爐は所謂スタンム式と名けて居るが私の見た所ではエレクトロメタル式に酷似した電導爐底を有するものである、當時同國に駐在せる海軍機關中佐八卷萬次氏の語る所に據るとスタンム氏(Dr. H. Stamm)は以前獨逸のクルツプ會社フイツシャー會社及びベラー會社等に在つて鋼の製鍊に關し充分の智識を有する技術家であるが數年來此國に在り會社の委託に應じて自らスタンム式電氣爐を造り且つ其操業を監督して職工を養成し一通りの仕事をなし得るに至つて又他の會社に移り更に新設工事に従事すると云ふ工合にして同國に電氣爐を發達せしむるに勉めて居ると謂ふことである、又同中佐の語る所に由れば同氏は人格高潔にして營利に汲々たらず近頃頻りに日本に行くことを望んで居ると云ふことである、左れば若し本邦に於て同式の爐二、三基を造らしめ同時に其操業を監督せしめたならば我が製鋼界を利益すること多大であらうと信ずる、最近八卷氏から受取つた通信中にもブルツァー會社で造るデイーゼル、エンダンの薄鋼鑄物も此爐を用ひて好成績を擧ぐるに至つたと謂ふことである。

今參考の爲めスタンム氏が昨年十二月同中佐に送つた此爐の要點記述せるものを摘記すると左の如くであります。

(一) 價格		電氣設備		電氣設備	
電極調整裝置		爐體		爐體	
計		約六五、〇〇〇フラン		五噸爐	
		二五、〇〇〇		八〇、〇〇〇フラン	
		二二、〇〇〇		三五、〇〇〇	
		一一二、〇〇〇		二二、〇〇〇	
				一三七、〇〇〇	
				二二二、〇〇〇	
				一五〇、〇〇〇フラン	
				五〇、〇〇〇	
				二二、〇〇〇	
				一一二、〇〇〇	

此外に製圖費若干を要す

(二) 電極消費量製鋼一噸當り
小 爐 一〇一五瓩
大 爐 六一〇瓩
但し連續的に操業する場合、鑄鐵を熔かす場合には約二〇%を減す

(三) 電力消費量製鋼一噸當り
大 爐 八〇〇—九〇〇キロワット時
小 爐 七〇〇—八〇〇キロワット時
鑄鐵を熔かす場合 五〇〇—六〇〇キロワット時

(四) 電 流
三相交流 一一〇—一二〇ヴォルト
五〇—八〇同
八〇—一〇〇同

(五) 天井耐久度
鋼 熔 解 五〇—八〇同
鑄 鐵 熔 解 八〇—一〇〇同

(六) 職工養成期間 四—八週間

四 米國及加奈陀

戰時中此兩國の電氣製鋼業が至大の發達をなしたことは第四表乃至第六表に縷説したが不幸にして私の見學した總ての工場は冷材を處理するものであつて彼のユー、エス、スチール、コーポレーションの市俄古工場で行へるが如きベッセマー轉爐或は平爐より來る熔鋼を處理する所謂複製法或は三重製法を見學するの機會を得なかつたことは私の大に遺憾とする所である、此工場では七、八年前一五噸のエルール式電氣爐を採用して研究して居つたが近來は三〇噸、四〇噸と云ふ大電氣爐を採用して燐、硫黄共に〇・〇二%内外のニッケル、クロム鋼等を製造して居る、又或工場ではベッセマー轉爐二百五十餘噸のタルボット式平爐及び三〇噸のエルール式電氣爐を併用して所謂三重製法を行ひ

以て優良の炭素鋼或は合金鋼を造つて居る所もある、即ち米國では不廉なる原料を使用すべく餘儀なくさるゝ酸性平爐に代ふるに如上の合併法を以てすることに成功しつゝあるのである。

高炭素鋼合金鋼及び高速度鋼等の製造に於て電氣爐が如何に坩堝爐を壓迫しつゝあるかは前述ステッド氏の演説で明かであり、又米國でも第六及び第七表に示す所に由つて明瞭である、米國最大の特種鋼製造會社として有名なるクリューシブル、スチール、オブ、アメリカ會社の工場を見ても坩堝爐の數は以前に比して著しく減少して居る、又至難と稱せらるゝ高速度鋼の製造も亦電氣爐で試験して居る、更に進んではラトロップ電鋼會社の如きは全然電氣爐に由つて高速度鋼は勿論のと各種の合金鋼を製造して好成績を擧げて居る、要するに米國及び加奈陀では水力豊富であり、又特種鋼の多量を需要する自動車工業は盛大であり同時に事業家が多く進取的である爲め電氣製鋼業は歐洲諸國に比して格段の進歩をなして居る様に感じました。

第三 電氣製鋼爐の特徴と其内に起る化學的變化

此等の事項に就ては私は曩に水曜會誌第參卷第二號に記述したことがあります、が蛇足ながら茲に之を繰返して其足らざる所を補いたいと思ひます。

今電氣爐が他の製鋼爐に比して優れる特點を擧げて見ると次の如くである。

(一)他の爐に比して一層高き溫度を起すことを得、從つて脱磷用の酸化性鋼滓或は除硫用の還元性鋼滓に十分の鹽基性を與ふることを得、然かも其流動性を十分に保つことが出来る。

(二)爐内溫度の調整が他の爐に比して遙に容易である。

(三)他の爐例へば轉爐、平爐等は常に酸化熔解であり、坩堝爐は中性熔解であるのに對し電氣爐は酸化、中性、還元等何れの製鍊をも行ふことが出来る、從つて脱磷、除硫の目的を十分に達すると出来る。

(四)電氣爐内の大氣は常に清淨なり、燃料を用ふる他の爐では燃燒瓦斯中の硫黃及び酸素が鋼中に入

り其性質を害することがあるが此爐では其憂がない。

(五)以上の理由により脱酸劑其他酸化し易き調合劑は其量の三分の一乃至二分の一を節約することが出来る。

(六)以上の理由に由り不純、廉價なる鋼屑を原料として高級の製品を造ることが出来る。

(七)爐の熔解作業の中止或は再始が他の爐に比して遙に簡單容易である。

次に電氣爐中に起る精製作業の原理に就ては先年、前述の水曜會誌に述べたのであるが次に之を補足したいと思ふ、今此爐に於ける操業の順序を述べると次の如くである。

(一)冷材を投入して之を熔解す、但し其炭素量は〇・三乃至〇・六%を好適とする。熔材を使用する時は此作業を要せず。

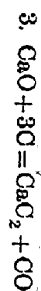
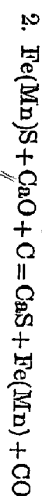
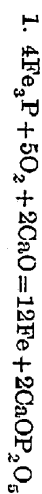
(二)鐵鑛及び石灰の一定量を裝入して酸化性の鹽基性鋼滓を造り脱磷作業をなす、此場合熔鋼中の炭素は〇・一%以下に下るを便とす。但し磷分少き原料を使用する時は此作業を要せず。

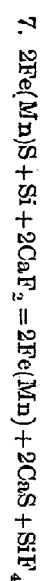
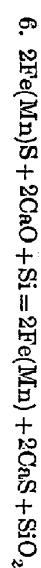
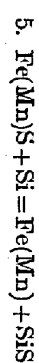
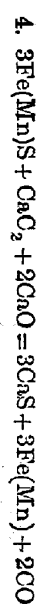
(三)脱磷を終れば磷酸を含む鋼滓を排出す。

(四)清淨なる熔鋼面に加炭劑を加ふ、此目的に對しては望む炭素量に應じ二分の一乃至四分の一吋粒大を有する無煙炭の一定量を用ふ、但し實驗上其内にある炭素の約六〇%が熔鋼中に入る者とす。

(五)次に除硫の目的に對し先づ少量の無煙炭粉と一定量の石灰及螢石を加へて熔解し更に一定量の硅素鐵を與へて還元性鋼滓を造る、尙ほ造るべき鋼の成分に應じ相當の調合劑を加へて製鍊を終る。

而して此等の作業中に起る除磷及び除硫の化學的作用は次の如きものである。





即ち第一は鐵中の燐を燐酸石灰として鋼滓中に驅逐する作用であり、第三では鋼滓中に炭化石灰を生じ、第二、第四、第六、第七では硫黄を硫化石灰として驅除する作用である、又第五では硫黄は硫化硅素となつて氣化し去るのである。

第四 英國に於ける製鋼の實例

電氣爐に由る製鋼の實例に就ては曩に前述水曜會誌に載せたことがあるが最近私は永く英國に留學し親しく同國某社にある一噸半のエルール式電氣爐に就て研究された某氏から詳細なる報告を得たが私は特に同氏の許諾を得て其二、三を茲に拜借することにした。

一 坩堝材料の製造

裝入 削屑

三、六九六封度

酸化熔解 石 灰

一二〇封度

鐵 鑛

三〇封度

裝入後電流を通じ始めてより鋼滓排出までの時間 三乃至二時間

還元熔解

石 灰
螢 石
硅 素
無 煙 炭 粉

八四封度
三〇封度
二〇封度

鋼滓が白色になる程度に投入す

出鋼までの時間 一時間乃至四五分

出鋼 此際取瓶中にチタン鐵三封度を投入す

使用動力 一二〇〇乃至一一〇〇キロワット時

歐米に於ける電氣製鋼業に就て

噸當り動力 八〇〇乃至七三〇キロワット時

歩留り 九一%

成分 炭素—〇・〇五乃至〇・一% 硅素—〇・〇〇五乃至〇・〇一% 滿俺—〇・〇五乃至〇・一%

磷—〇・〇一乃至〇・〇〇五% 硫黄—〇・〇〇五乃至〇・〇一%

二 高速度鋼の製造

装入 高速度鋼屑

三、六九六封度

酸化熔解 石 灰 鐵 鐵

一二〇封度
三〇封度

装入後電流を通じ始めてより鋼滓排出までの時間 三時間

石 灰	八四封度
螢 石	三〇封度
硅 素 鐵	一九封度
クローム鐵	五六封度
還元熔解 ヴァナデニウム鐵	五〇封度
タングステン鐵	八〇封度
瑞典 銑	五六封度
チタン鐵	三封度
無煙炭粉	

出鋼までの時間 二時間

使用動力 一、五〇〇キロワット時

噸當り動力 一、〇〇〇キロワット時

歩留り 九一%

成分 タングステン—一六〇% クローム—六% 滿俺—〇・一% 炭素—〇・六%

三 ニッケル、クローム鋼の製造

装入 ニッケル、クローム鋼屑及び普通鋼屑 三、一三六封度

酸化熔解 石 灰 八四封度
鐵 鐵 三〇封度

装入後電流を通じ始めてより鋼滓排出までの時間 三時間

還元熔解

石 灰	八四封度
螢 石	三〇封度
硅 素 鐵	二五封度
滿 庵 鐵	四封度
クローム鐵(六〇%クローム 六%炭素)	四〇封度
ニツケル	三三封度
鏡 鐵	五三封度
チタン鐵	三封度

出鋼までの時間 二時間

使用動力 一、二二〇キロワット時

噸當り動力 八七〇キロワット時

歩留り 一〇〇%或は以上

成分 ニッケル—三・五〇% クローム—〇・六五% 炭素—〇・三%

硅素—〇・一% 滿庵—〇・五%

四 爐部分の耐久力及職工數

天井(硅石煉瓦) 六〇熔解

壁地(苦土煉瓦) 八〇熔解

爐底(ドロマイト) 天井の壽命の三〇倍

歐米に於ける電氣製鋼業に就て

電極消費量(グラフアイト電極) 製鋼一噸當り三五封度(甚だ大なり)

職工數 熔解工二人、補助二人、労働者一人、造塊一人、起重機工一人 計 七人(二交代)

五 製 産 費

今英國にて戰時中一噸半のエルール式電氣爐を用ひ坩堝材料を造るとして製産費は次の如くである。

(一)資本償却及利子

(a) 一噸半エルール式電氣爐及附屬設備費(發電所、建物等を除く) 二、〇〇〇磅

(b) 償却及利子を併せて一五%とすれば

$$2000 \times \frac{15}{100} = 300 \text{ 磅}$$

(c) 操業日數を一ケ年二六〇日とし一回の熔解時間年平均五時間とすれば一ケ年の製鋼量は

$$260 \times \frac{24}{5} \times 1.5 = 1872 \text{ 噸}$$

(d) 故に一噸當りの償却及利子は

$$\frac{300 \times 20}{1872} = 3.2 = 3 \text{ 磅} - 2 \text{ 片}$$

(二)修繕費 一噸當り六志——六片

(三)動力費 一噸當り電力使用量を平均八〇〇キロワット時とし當時一キロワット時の値を〇・七片とせば

$$800 \times 0.7 = 560 \text{ 片} = 2 \text{ 磅} - 6 \text{ 志} - 8 \text{ 片}$$

(四)週末、爐を保温状態に保つ爲めに要する費用 一噸當り二志——六片

(五)電極費 グラフアイト電極一封度の値は一〇・七片にして一噸當り消費量は平均三五封度なる

に由り

$$10.7 \times 35 = 374.5 \text{ 片} = 1 \text{ 磅} - 11 \text{ 志} - 3 \text{ 片}$$

(六)原料費 製鋼一噸に對し○九九噸削屑(一噸六五志)及○一一噸鋼屑(一噸一〇五志)を要す故に

$$65 \times 0.99 + 105 \times 0.11 = 75.9 \text{ 磅} = 3 \text{ 志} - 11 \text{ 志} - 11 \text{ 片}$$

(七)調合劑 一〇封度硅素鐵、三封度チタン鐵、其他鐵鑛代等 一噸當り六志

(八)勞銀 一噸當り一磅——八志

(九)間接費 一四志(勞銀の二分の一とす)

上述の九項を合計すると一噸當り計一〇磅——一四志となります。

以上は一噸半と云ふ小電氣爐の製産費であるから一、六の二項の外は萬事が大層不廉になつて居るが之れを近頃一般に行はるゝ五噸以上の爐で遣つたならば遙に廉價に付くことは勿論である。

第五 結 論

戰時五年間歐米に於て幾多の試鍊を經來りたる電氣製鋼爐は以上述べたるが如く各種の工具鋼或は合金鋼の製造に於て頻りに坩堝爐を壓迫し得る程度に發達して參りました、而して目下此等の目的に使用するものは五噸内外の容量を有するものが大多數を占めて居る、勿論冷材を處理する爐としては餘り大容量のものは不便であり、且つ工具鋼或は自動車材等の如き大なる鋼塊或は鋼鑄物を要せざる場合に對しては斯かる容量のものが至極手頃であると信じます、乍去電氣製鋼爐の將來大に發展する分野は酸性平爐との競争にあると信じます、御承知の通り酸性平爐では瑞典銑或はヘマタイト銑の如き低磷、低硫の高價なる原料を使用して軍器或は造船用の鋼鑄物或は合金鋼塊等を造るのであります、若し之を目下米國某々工場に於て一部營業的に行へるが如き轉爐或は平爐との合併法を採用して熔材を處理する様に致したならば原料の選擇も困難ならず且つ大容量の爐を用

ふることが出来る譯であります、此事實は本邦の如き純良なる鐵鑛の産せざる所に於ては特に注意す可きことであると信じます。

偕て本邦に於ては戰時中小規模ながら電氣製銑、製鋼等の事業が各地に起り一時盛に我事業界を賑はしたものであります、が休戰と共に多くは其影を潜め目下は唯々五の工場が漸く其餘喘を保つに過ぎぬは悲む可きことであります、然し近來八幡製鐵所、吳海軍工廠、大阪砲兵工廠及び其他二、三の新進民間工場等が稍々大規模に且つ學術的に研鑽を積んで居らるゝことは聊か吾人を慰むるに足ります、而して原料の蒐集、販路の開拓等に便利なる阪神地方に在る民間製鐵所に於ては能く其利點を會得して夫々調査を致して居るのであります、が何分にも此等の地方に於ける電力の逼迫と禁止的高値とは其採用を躊躇せしむる所以であると信じます、故に將來水電事業の發達と火力發電所の改良と相待つて工業の中心地に今少し廉價なる動力が供給さるゝ様になりましたならば此事業の勃興は期して待つ可きものがあると考へます、去れば私共の希望としては此際民間の有力なる會社が其研究に勉むるは勿論のことであります、が一方に於て官業の製鐵所或は陸海軍の工廠等に於て經濟の許す範圍に於て此事業を擴張して技術家及職工の養成に勉められ一朝民業の勃興するに當つては其技術を民間に傳へて範を世に示すこと恰も大戰當時の一般製鐵業に於けるが如くされたならば大に我邦工業の發達を扶け得ることと信じます。(大正九年八月三十一日稿)