

デュラルミン及び超デュラルミンの海水腐蝕による 疲労強度の減少に就いて

(日本鐵鋼協會第十七回講演大會講演 昭和十二年四月)

五十嵐 勇*
深井 誠吉*

ON THE DECREASE OF FATIGUE LIMITS OF DURALMIN AND SUPER-DURALMIN BY SEA WATER CORROSION.

Isamu Igarashi and Seikichi Fukai.

SYNOPSIS:—The determination of fatigue limits by an Ono's Repeated Bending Machine was made on duralmin and super-duralmin which has been immersed in sea water for a definite period. The results show that the damage due to the corrosion of sea water is very great in spite of a short period of immersion. The purpose of these tests is not for the discussion on general theory of "Corrosion Fatigue", but is merely to investigate the decrease of fatigue limits when the materials are accidentally corroded.

I 緒 言

腐蝕疲労に関しては幾多の權威により、種々なる方法にて研究されてゐるが、之を大別すると次の3種類とならう。

- 即ち 1. 腐蝕作用と疲労作用を同時に行つて疲労強度を求めめるもの。
2. 豫め應力を加へて腐蝕作用を促進せしめたる試片の疲労強度を求めめるもの。
3. 豫め腐蝕せしめたる試片の疲労強度を求めめるもの(2の特別なる場合である)。

筆者等はデュラルミン及び超デュラルミンを用ひて3による疲労強度の減少を測定し、併せて抗張性の減少をも測定した。

II 試 料

供試材料は何れも工場にて熱処理したる直徑 25mm 抽伸棒より採取、その成分並に機械的性質は第1表に示す。

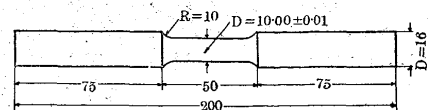
III 試 験

1) 腐 蝕 各供試材料は

- 腐蝕方法 1. 一定期間中「連続海水中に浸漬す」。
- 腐蝕方法 2. 一定期間中「海水中に浸漬」と取出して「大氣中に放置」する事を隔日繰返へす。
- 腐蝕方法 3. 一定期間中「海水中に浸漬」「大氣中に放置」及び次に浸漬の直前「表面の生成物を機械的に除去」する事を隔日繰返へす。

の3方法により腐蝕した。試片は第1圖に示めす如き形状(平行部は理研コラムダムクロス B-8 及び B-0 にて仕上げ摺り部分は旋盤にて荒削りのまゝとす)に作製し、大

表 1 圖 試片形状



阪市築港住友倉庫岸壁下の海水中に浸漬した、その浸漬方法は第2圖〜第5圖に示めす如く、デュラルミン及び超デュラルミン各6本宛を1組として同一の木枠に取付け、試

第 1 表 試料の成分並に機械的性質

材 質	成 分 (%)					機 械 的 性 質				
	Cu	Mn	Mg	Si	Fe	耐力 (0.2%) (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	ブリネル硬度 (10/500/30)	ロックウエル硬度 (1/16" Bスケール)
デュラルミン	3.74	0.45	0.46	0.35	0.36	25.1	40.8	26	103	65
超デュラルミン	4.40	0.59	1.45	0.11	0.26	30.8	48.7	24	118	78

* 住友金屬工業株式會社伸銅所研究部

片の中心線を水面に垂直になる様に保持し、干潮時水面下約1mの位置に吊した。尙腐蝕方法3に於て機械的に生成物を除去(コラムダムクロスにて擦る)したる後は揮発油で洗滌して手脂の附着する事を防いだ。

腐蝕期間は昭和11年9月8日午後3時より20日間及び40日間とし、此の期間中毎日枠を動搖して試片の表面に附着する種々なる有機物を除き、腐蝕が一様に進行する

第2表 腐蝕期間中の氣温水温並に關係湿度

期 間	氣温(°C)	水温(°C)	關係湿度(%)
9月8日~9月28日	27	24	62.2
9月28日~10月18日	25	20	55.0

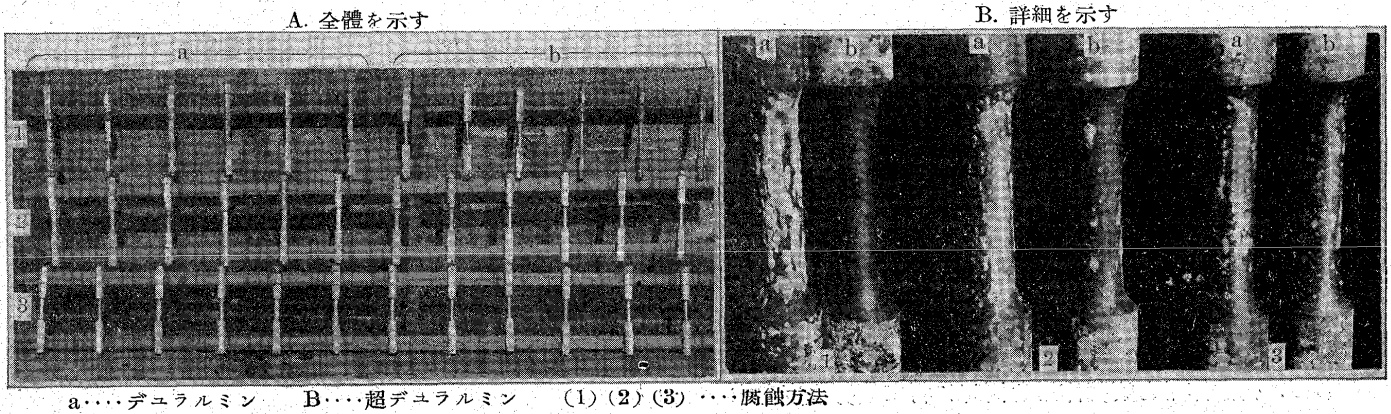
様にした。腐蝕期間中同地に於ける氣温、水温及び關係湿度の平均値は第2表に示す。

2) 腐蝕後の處理 一定期間を経過したる試片は海水中より取出し、直ちに水洗し、硬毛ブラシで擦り、腐蝕による生成物を除去し、乾燥したる後摺み部分を直径 = 15.00 ± 0.01 に仕上げ、小野式繰返彎曲試験機で試験した。

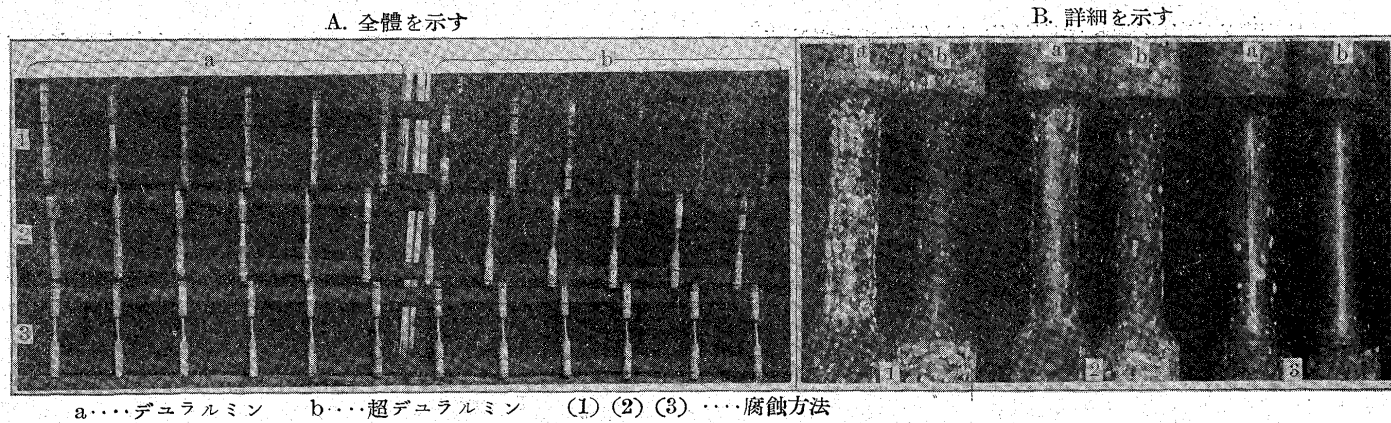
IV 試験結果

試片表面の腐蝕状態は第2圖~第5圖に明なる如く、兩者共抽伸方向に蝕孔を生じ、之が結びれて一本の黒線とな

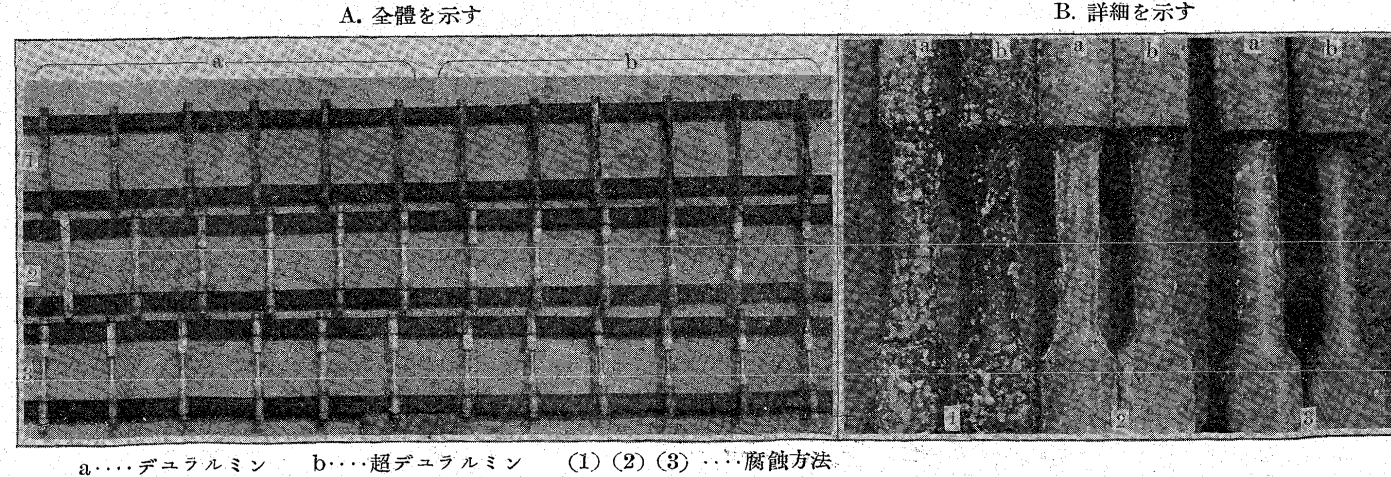
第2圖 腐蝕期間10日を経過せる試片



第3圖 腐蝕期間20日を経過せる試片



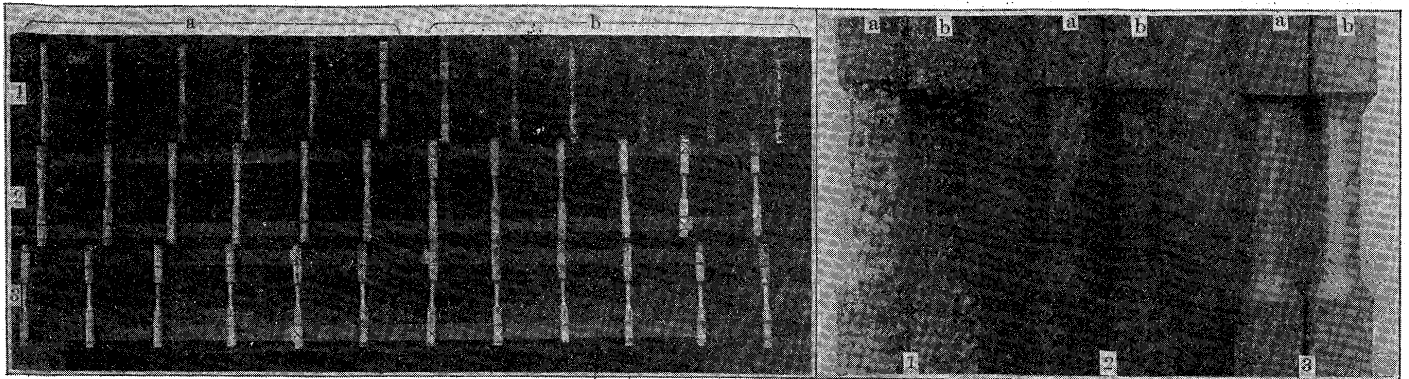
第4圖 腐蝕期間30日を経過せる試片



第5圖 腐蝕期間40日を經過せる試片

A. 全體を示す

B. 詳細を示す



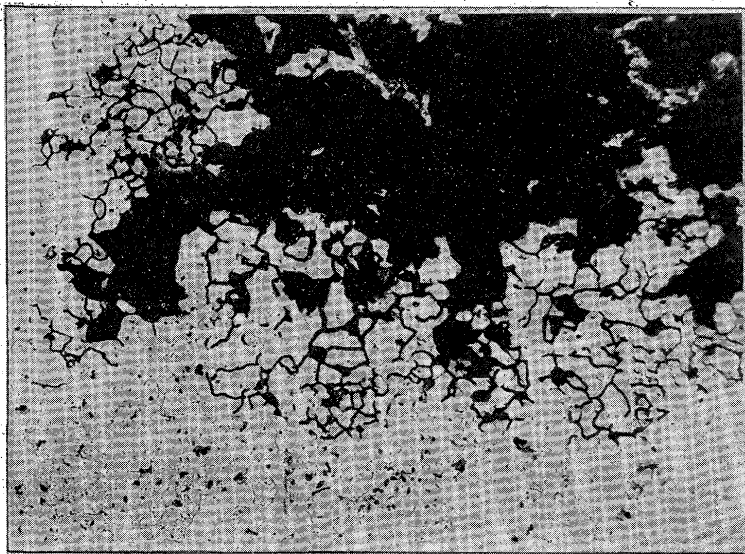
a...デュラルミン b...超デュラルミン (1)(2)(3)...腐蝕方法

るが、その蝕孔の深さ及び数は何れの方法に於いてもデュラルミンが超デュラルミンより大である。尙仔細に表面を検するに超デュラルミンには極く小さい無数の點蝕孔が全表面に在る事が解る。次にその各々に就き詳述すると。

1) デュラルミン 試験結果は第3表、第5圖及び第7圖に示めす。

腐蝕方法1による時は浸漬後直ちに表面沈澱物を生じ、同時に光澤は失はれて淡灰色となり、次第に薄墨色に變じた。20日以後は白色沈澱物塊の量は依然として増加するが、その割合は減少し、全表面にわたり、沈澱物の色も茶色を帯びて來た。而して顯微鏡で材料内部への侵蝕状態を見ると第6圖の如く、侵蝕は結晶粒の境界に沿うて進行するものが大部分を占めてゐる事は何れの方法によるも變りない。

第6圖 材料の侵蝕状態 (×100)



材料デュラルミン腐蝕期間20日 繰返應力 ±11 kg/mm² 繰返回轉數 702,500 の後破壊したる断面

腐蝕方法2及び3に於ては海水中から取出し、大氣中に放置すると沈澱物は試片表面に密着し、次第に全表面に擴りて行く状態は方法1と大差なく、唯方法3よる時は表面の沈澱物を除去し、次に僅かに1日浸漬した時にも新に相當多量の白色沈澱物を生じた。

第3表 デュラルミンの疲労試験結果

i) 腐蝕前

平行部徑 (mm)	最大繰返應力 (± kg/mm ²)	繰返回轉數	繰返回轉數	摘要	平行部徑 (mm)	最大繰返應力 (± kg/mm ²)	繰返回轉數	繰返回轉數	摘要
10.00	20	253,600	10.01	14	5,831,400				
10.00	18	474,200	10.00	13.5	10,880,000	未斷			
10.00	16	2,657,100	10.00	13.5	7,355,700				
10.02	14	1,672,600	10.00	13.5	12,060,500	未斷			
10.01	14	8,652,000	10.00	13	11,226,900	未斷			

ii) 20日間腐蝕後 腐蝕方法1

10.01	14	370,400	10.00	11	1,796,900				
10.01	13	1,583,300	10.00	9.5	8,308,300				
10.01	12	762,500	10.00	9	21,845,300	未斷			

腐蝕方法2

平行部徑 (mm)	最大繰返應力 (± kg/mm ²)	繰返回轉數	繰返回轉數	摘要	平行部徑 (mm)	最大繰返應力 (± kg/mm ²)	繰返回轉數	繰返回轉數	摘要
10.00	14	684,300	10.01	10	8,131,100				
9.98	12	2,801,100	10.01	10	18,228,900	未斷			
10.00	11	5,878,100							

腐蝕方法3

9.96	14	1,162,600	9.93	10	10,997,900				
9.93	11	3,940,000	9.93	9.5	18,966,100	未斷			
9.94	10	6,344,100							

iii) 40日間腐蝕後 腐蝕方法1

9.99	11	1,045,800	9.98	8	18,025,300	未斷			
9.98	10	2,219,600	10.00	7	21,530,500	未斷			
9.99	9	2,863,700							

腐蝕方法 2

平行部徑 (mm)	最大線返應力 (kg/mm ²)	繰返回数	摘要	平行部徑 (mm)	最大線返應力 (kg/mm ²)	繰返回数	摘要
10.00	14	806,600		9.98	10	6,846,200	
10.00	12	1,953,200		9.99	9	20,305,300	未斷

腐蝕方法 3

9.90	12	1,974,300	9.98	9	7,382,000	
9.92	10	4,301,300	9.91	8	34,102,300	未斷

(平行部徑は腐蝕後のものである)

2) 超デュラルミン 試験結果は第4表、第5表及び

第8圖に示す。

腐蝕方法1による時は浸漬後2日目に始めて極く局部的に白色沈澱物を生じ、金屬光澤は次第に失はれたが、その進行状態はデュラルミンに比し頗る緩慢であつた。而して20日經過後海水中より取出して表面に固着した沈澱物を除た跡には極く小さい點蝕孔が生じ、之は抽伸の方向に結ばれる傾向が見えた。その後白色沈澱物の量は次第に増加し、點蝕孔は抽伸方向に結ばれて1本の黒線となつた。亦沈澱物を除去した跡には腐蝕孔を中心に幾分の金屬光澤を残してゐた。

腐蝕方法2及び腐蝕方法3による時もデュラルミンと略同様であつたが、全體の表面状況のみより判断する時は超デュラルミンはデュラルミンより耐蝕性優秀と思はれた。

尙材料内部への侵蝕はデュラルミン同様、結晶粒の境界に沿ひ奥深く進行してゐる。

第4表 超デュラルミンの疲勞試験結果

i) 腐蝕前

平行部徑 (mm)	最大線返應力 (kg/mm ²)	繰返回数	摘要	平行部徑 (mm)	最大線返應力 (kg/mm ²)	繰返回数	摘要
10.01	30	175,600		10.01	18	6,182,300	
10.02	25	814,500		10.015	16	35,134,600	未斷
10.01	23	1,360,600					

ii) 20日間腐蝕後 腐蝕方法 1

9.99	16	616,600	9.99	13	2,193,300	
9.98	14	1,394,100	9.99	12	22,231,000	未斷

腐蝕方法 2

10.00	16	953,400	10.01	12.5	4,037,100	
9.98	13	6,885,000	10.00	12	24,361,300	未斷

腐蝕方法 3

9.96	14	726,600	9.94	12.25	8,628,300	
9.96	13	2,664,300	9.96	12	19,035,400	未斷
9.95	12.5	4,593,200				

iii) 40日間腐蝕後 腐蝕方法 1

9.99	14	1,270,800	9.98	11.5	10,111,400	
9.98	12	4,984,900	10.00	11.25	24,913,500	未斷
9.99	11.5	5,720,500				

腐蝕方法 2

9.99	16	1,653,900	9.99	12	8,844,700	
9.98	14	2,622,600	9.97	11.5	32,003,000	未斷

腐蝕方法 3

9.92	16	369,700	9.92	11.25	22,304,500	未斷
9.94	12	6,796,800	9.92	11	15,034,300	未斷
9.92	11.5	8,408,900				

(平行部徑は腐蝕後のものである)

試片は侵蝕が頗る不規則であるため重量の平均を失し、爲めに著しく振動を生じた物もあり、結果は相當の擴散を免れなかつた。

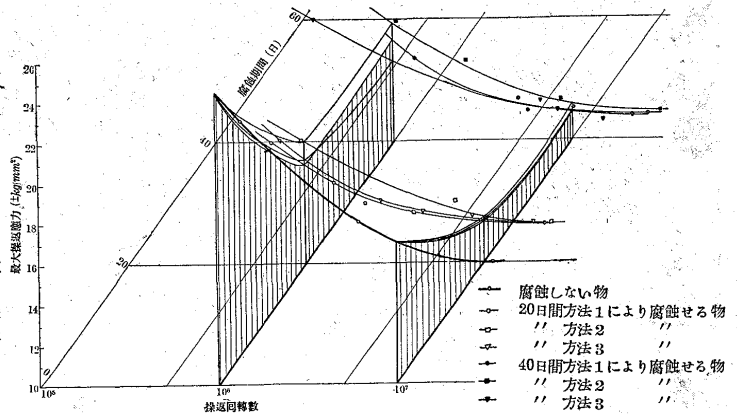
第5表 機械的性質の變化

腐蝕期間 (日)	材 質	腐蝕方法	抗張性の變化				疲勞性の變化	
			抗張力 (kg/mm ²)	減少率 (%)	伸 (%)	減少率 (%)	疲勞限度 (kg/mm ²)	減少率 (%)
0	デュラルミン		40.8		26		13.5	
	超デュラルミン		48.7		24		17.0	
20	デュラルミン	1	41.0	—	25	4	9.2	31.8
		2	40.6	0.5	27	—	10.2	24.5
		3	40.9	—	26	0	9.9	26.7
	超デュラルミン	1	49.1	—	23	4	12.0	29.4
		2	48.2	0.1	24	0	12.3	28.0
		3	47.9	0.7	23	4	12.1	28.8
40	デュラルミン	1	37.3	8.6	24	8	8.2	39.3
		2	38.9	4.7	26	0	9.5	29.6
		3	38.7	5.2	25	4	8.7	35.6
	超デュラルミン	1	49.0	—	20	17	11.4	32.9
		2	49.9	—	20	17	11.75	30.9
		3	49.9	—	21	13	11.4	32.9

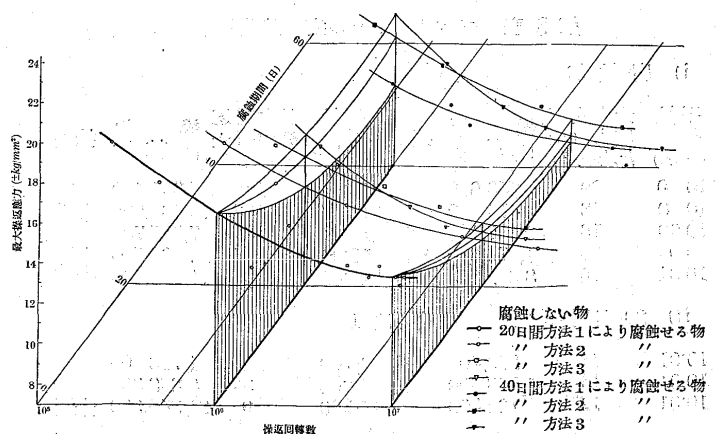
1) 疲勞限度に対する繰返回数 = 10⁷

2) 腐蝕後、抗張力、伸は2本平均値にして且 G.L. = 4√A = 35mm

第7圖 デュラルミンの海水腐蝕による疲勞強度の變化 (應力-繰返回数-腐蝕期間線圖)



第8圖 超デュラルミンの海水腐蝕による疲勞強度の變化 (應力-繰返回数-腐蝕期間線圖)



V 總 括

以上は試片が小數であつたから充分な結果は得られなかつたが、大體次の事が解た。

- 1) デュラルミン及び超デュラルミンの機械的性質は、短期間に於ても海水のために著しい影響を受ける。
- 2) 同一腐蝕液を使用した場合でも、その方法により結果は相當の差違を生ずる。

3) 材料内部への侵蝕は結晶粒の境界に沿うて進行し、疲労による「割れ」は蝕孔に始まり結晶を横切て進む。

4) 腐蝕期間に對する疲労限の減少は最初急にして次第に緩となる。

5) 腐蝕による疲労限度、變化は重量並に他の機械的性質の變化に比し頗る明瞭にして短期間の腐蝕試験結果は疲労限度の變化による測定法が最も適切と思はれる。

砂鐵鑛を原料とする製鐵計畫

(日本特殊鋼管株式會社大湊工場(東京日日新聞4月30日記事同會社専務中島統一氏談)

砂鐵は古來日本精神の神隨である日本刀の材料とされてゐるほど優秀なる鐵の素材であるが未だ世界中どこにも採算の立つやうな砂鐵製鍊法は發明されてゐなかつた、しかるに國際情勢の變化に伴ふ新しい製鐵國策はわが國の鐵資源たる

砂鐵を取り上げることに一決し、官民擧て諸外國で失敗した砂鐵製鍊法の研究に没頭したのであつたが、あゝ恐るべきは日本人の智能である、數年ならずして新式砂鐵製鍊に成功したのであつた、政府はその發明權所有者たる日本特殊鋼管株式會社に對し喜んで砂鐵鑛業を認可した

同社は果然わが國有數の砂鐵保有地青森縣下北半島に著目した、そして同半島大湊海岸に十六萬坪同埋立地十八萬坪、計三十四萬坪を買收し第1期の總工費千五百萬圓を投じて大規模な工場の建設に著手した、鐵鑛に乏しいわが國が鐵の自給自足に向て今正にスタートを切らうとしてゐるのである、國際情勢のますます逼迫しつつある今日、しかも玉散る名刀を産出純良そのものゝ砂鐵を以て鐵の自給自足を圖らうといふのである、何と愉快なニュースではないか

日本特殊鋼管の大湊工場は今秋9月ごろ運轉を開始するといふが何と待ち遠いことではないか、これを單に青森縣そのものより見るも氣候寒冷で冬期の生産に困難を感じてゐる縣民として、かゝる大會社が出来ることは種々の仕事を與へられることになるから非常に歓迎すべきで、また下北半島の砂鐵は同社で分析の結果

△出戸川砂鐵 45.30% △野牛沼砂鐵 48.60% △野牛澤砂鐵 50.62% △岩屋入口砂鐵 60.338% △出戸川二ノロ砂鐵 61.36%

といふ多量の含有量を保有してをり、しかも前述の通り砂鐵を原料とするだけ無比の良質だ、特に特殊鋼即ち内地材料では不足を告げてゐたボールベアリング及び高級工作機械の材料として最も適してゐるのであるから學界、業界としても大きな期待をかけてゐるのである、特殊製鍊法は國策の上からもこゝに發表する自由を持たないが製鍊に要する機械を一瞥すると

製鐵用回轉爐(日産百五十噸のもの) 3基 △石灰石乾燥回轉爐 1基 △砂鐵乾燥回轉爐 2基 △原料並にセメント製粉ミル 3基 △粗碎ミル設備 1基 △微粉炭製造ミル設備 1基 △微粉炭乾燥回轉爐 2基 △コソトレル集塵装置一式 △空氣壓縮機(百馬力) 4基等

これによる年産額は 鐵炭素鐵鑛十萬噸 △セメント十萬噸 △鐵塊九十五萬噸の豫定、このセメントは新製鍊法の副産物で高級なポルトランド・セメントが生産されるもので、砂鐵の採取量は差し向き野牛海岸三萬噸箕部川一萬噸出戸川一萬噸の豫定となつてゐる

昨年8月製鐵國策に従て製鐵事業法が實施せられ政府助成の下に積極的増産計畫が樹てられたが支那事變の勃發により増産計畫は一段と強化され數年後には今日の2倍に伸展する事になつた、しかし

これが計畫には原料關係よりして幾多の困難が伴ふ事が豫想され、70%以上も原鑛を輸入してゐたのではまづ原料難に陥る虞がある、そこで考へられるのは國內の貧鑛の處理と砂鐵の利用で製鐵事業法もまたこれに期待し獎勵法を講じてゐるが免稅の特典があるばかりで政府に積極的開發に乗り出す特別の施設のないのは遺憾である

それはともかくわが國における砂鐵の賦存地域は非常に廣く埋藏量は十億噸と稱せられたが技術上の困難があるため今日まで利用を見なかつた、それが新製鍊法の發見によつて經濟的曙光を見出したので、この間における先覺者の研究は寔に多としなければならぬ、當社は昭和10年1月鋼管鋼材の製造を目的として創立され、東京市城東區砂町工場で電氣製鋼を行ひ埼玉縣戸田工場で鋼管壓延を行つてゐるが、製鋼能力に不足を感じこれが自給を計畫するに當り原料より製品までの一貫作業を行ふ必要を認め國力資源の開發に向て研究を進めてゐるうちまたまわが製鐵界の某權威者より佛人の發明にかゝる新式製鐵工場の調査報告を得た

それは硫酸滓を原料とするものでわが社の希望と合するものと確信し昭和11年6月私は渡佛して親しく調査し、歸來研究に著手したがわが國の硫酸滓には銅の含有量多く結局適當な製鐵原料を得ることに困難したが最後に砂鐵に著目し試験を重ねることおよそ百回、信念を得るに至つたその製鐵方法は目下特許出願中だが先づ荒選鑛を経た砂鐵を更に完全選鑛により品位55%以上のものとし先に還元劑として適量の無煙炭粉と石灰石粉を混合し回轉式傾倒熔解爐の上端から繼續的に一定量を装入し下端から微粉炭を燃料として加熱するものである、工程において含有鐵分は還元せられて金屬鐵となり、同時にその他の不純物成分は固體の狀態で石炭と化合しセメント成分を構成する

そしてこのセメント成分は高鹽基性であるため酸化チタンがこれに含まれるので、從來砂鐵製鍊に非常な障害となつたチタンの除去が完全且つ容易に行はれるのである、そしてこのクリンカーはポルトランド・セメントの成分に類似しこれに酸化チタン約4%を含有しセメントに對してバインダーの働きをなし強度と對酸性を與へるのである、當社が建設せんとする製鐵工場は差當り年産十萬噸の計畫でこれに要する原料の總量は四十五萬噸、製品總量二十萬噸余、出入合計六十五萬噸に及ぶ從て運轉の關係上水陸至便の地を必要とするので砂鐵の存在の多い青森縣下北郡田名部町地域内の大湊灣に沿ひ工場を建てることにした

同港は水深く、埠頭設備を完全にすれば一萬噸級の貨物船を横付けにすることが出来る工場敷地の他の側は省線大湊線路に沿ひその間に大間線分岐の新驛が設置せられるから同驛構内より自由に引込線を敷設することが出来る、元來この地方は冷害の甚だしいところで、毎年東通村一村のみにても六百名の壯丁が北海道、樺太等へ出稼ぎに行くといふ經濟的に恵まれぬ地方である、當社がこの地の資源を開發し、こゝに工場を建設するは政府の東北振興策にも副ふ所以である、この點においてもまた有意義なものと信ぜられる。