製錬による輸入ニッケルと比較して約30%も高くなっていることが大きな問題である。これに対しては政府のタリフオーター制による保護もあるが、スメルターとして一層の合理化と技術改善によってコストダウンに努力し、1年でも早く国際価格に“さやよせ”することがわれわれの切なる念願である。

参考文献

1) 板谷康男：志村化工株式会社のニッケル製錬，日鉱誌，72巻822

- 号，昭和31年12月，pp.221～226
 2) 日本特許第 260,906
 3) 電気化学便覧，昭和39年，pp.1211～1212
 4) 工業技術院ニッケル技術委員会編，国産ニッケル
 5) 前島敬一：ニッケル電解における陰極界面の液薄膜の研究（第1報），日鉱誌，75巻，857号，昭和34年11月，pp.47～50
 前島敬一：ニッケル電解における陰極界面の液薄膜の研究（第2報），日鉱誌，76巻，859号，昭和35年1月，pp.27～34
 6) 日本特許第 260,199 および第 294,430
 7) 日本特許第 281,982
 8) Joseph R. Boldt: "The Wining of Nickel" p. 284～286 Publ. in Canada (1966)

別子鉱業所におけるニッケル製錬

Nikel Smelting and Refining at the Besshi Smelter

正会員 松尾 忠*
 Tadashi MATSUO

正会員 小椋 常和**
 Tsunekazu OGURA

正会員 植田 正明***
 Masaaki UEDA

1. 緒言

住友のニッケル製錬は，昭和14年瀬戸内海中央部に位置する愛媛県四阪島に熔錬設備を，その対岸20kmの愛媛県新居浜市に電解精製設備を建設した時に始まる。その後，終戦時一時中断したが，昭和27年にいたりニューカレドニア島産ガーニエライト鉱を原料として生産を再開し順次生産量を伸長して現在にいたっている。その間とくに次の3点を基本方針として，努力を傾注している。

- (1) 品質の確保
- (2) 安定鉱源の確保
- (3) 製造コストの低下

その結果製造技術の改善，合理化，自動制御，品質管理の充実により，品質的には最も優秀な電気ニッケルを製造している。

また安定鉱源については，ガーニエライト鉱はニューカレドニア島およびセレベス島より，硫化ニッケル精鉱はカナダおよび濠州よりそれぞれ安定した入荷をみており，需要量に応じた生産増強を順次行なっている。

製造コストの低下については，操業フローシートの改善，設備の改善，新技術の開発，生産性向上等の努力を行ない，物品費，人件費の昂騰および関税率の低下による販売価格の低下を企業努力によって充足している。

以下その概要について述べる。

2. 四阪島製錬所における熔錬工程の進歩

2.1 操業の概要

現在実施している操業系統は第1図に示すとおりである。

ニッケル資源は世界的にみて非常に偏在している関係から，ニッケル製錬所は数が少なく，またその製錬方法もそれぞれ異なっている。わが国においては，当所が唯一の鉱石からメタルまでの一貫製錬所となっている。

当所の熔錬は，ニッケル酸化鉱と硫化鉱を混合して熔

第1図 四阪島製錬所における操業系統図

* 住友金属鉱山株式会社別子鉱業所副所長兼第2生産部長
 (現住鉱ISP株式会社常務取締役工場長)
 ** 住友金属鉱山株式会社別子鉱業所第2生産部製錬課
 (現産銅増強推進本部参事)
 *** 住友金属鉱山株式会社別子鉱業所第2生産部ニッケル課

鉱炉、転炉、焙焼炉を用いて熔錬を行なっている。原鉱石のうちガーニエライト鉱は、ニューカレドニアおよびセレベスから、また硫化ニッケル精鉱はカナダおよび濠洲からそれぞれ輸入している。それらはいつたん新居浜港で陸揚げ貯鉱し、ついで四阪島製錬所に輸送されている。

ガーニエライト鉱は、若干のニッケルを含んだかんらん岩等の超塩基性岩石が、適当な気象条件の下で風化され、いわゆる蛇紋岩化、あるいはラテライト化といった変化に伴って、ニッケル分が濃縮されて生成した鉱石であるといわれている。したがってその構成鉱物、すなわちかんらん石 $[2(\text{Mg} \cdot \text{Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2]$ 、輝石 $[(\text{Mg} \cdot \text{Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2]$ 、ニッケル蛇紋石 $[3(\text{Ni} \cdot \text{Mg})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 、鉄モンモリロン石 $[4\text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 、高ニッケル粘土鉱物、針鉄鉱等が種々の割合で複雑に入り混った珪苦土ニッケル酸化鉱である。

一方、ニッケル硫化鉱は磁硫鉄鉱 $[\text{Fe}_7\text{S}_8]$ を主とし黄鉄鉱、黄銅鉱を伴い、ニッケルはペントランダイト $[(\text{Fe} \cdot \text{Ni})_5\text{S}_8]$ の形で存在しているものである。それらのうち代表的な成分分析例を示すと第1表のとおりである。

第1表 原料鉱石成分例 (%)

	Ni+Co	SiO ₂	MgO	Fe	S	Ig. Loss
ガーニエライト鉱	2.6~3	30~44	18~28	10~20	-	9~10
硫化ニッケル精鉱	12~16	10~18	2~5	20~30	20~25	-

ガーニエライト鉱は水分を30%前後保有しているのをこれをハゼマグ式ラピッドドライヤーで、熔鉱炉排ガスの余熱を利用して乾燥し、硫化ニッケル精鉱と混合した後混練を繰返し、双輪式団鉱機にかけて団鉱とする。

熔鉱炉の装入物は団鉱、コークス、石灰石、珪石、転炉カラミであり、これらを層状に装入する。羽口からは400℃の熱風と同時に補助燃料として重油を吹込み還元熔錬を行なう。熔湯は炉底咽喉部を経てスパウトより前床に流下し、ニッケルカワとカラミは、常法のとおり比重差により分離される。ニッケル熔鉱炉カラミは、比較的熔融温度が高いので、その流動性を良くするために前床で電弧加熱を行なっている。

熔鉱炉内における反応は脱水、分解、還元、および置換反応の組合されたもので、多くの反応式が考えられるが、硫化精鉱中の硫化ニッケルは比較的变化を受けず、そのまま熔解し、Ni-Silicate はCの助けにより遊離硫黄あるいはFeSとの反応で硫化され、カワを形成するものと考えられる。

熔鉱炉カラミは前床より連続的にオーバーフローし、水流により水砕され、これを珪カル肥料、あるいはサンドブラスト用として外販している。カワは引き続いて転炉で酸化吹錬して鉄とニッケルを分離する。鉄は珪石と

ともに珪酸鉄カラミとなり、ニッケルは濃カワ (Ni_3S_2) となる。濃カワは粉碎の後にヘレシヨフ炉により大部分は酸化焙焼を行ない、酸化ニッケルを得ている。一部は酸化焙焼と、それに引続いて発生炉ガスによる還元反応を同一ヘレシヨフ炉で連続的に行なつて、還元ニッケルを製造している。

第2表に熔鉱カワ、濃カワ、酸化ニッケルの分析例を示す。

第2表 中間製品の分析例 (%)

	Ni+Co	Fe	S
カワ	27~30	41~44	20~24
濃カワ	75	0.7	20.4
酸化ニッケル	75	0.7	0.3

また、最近約10年間の処理量と産出量の実績は、第3表に示すとおりである。

第3表 最近約10年間の処理、産出量 (dry t)

年 度	処 理 量			産 出 量	
	ガーニエライト鉱	精鉱類	その他	酸ニッケル	還元ニッケル
昭和31年	116,916 t	- t	1,069 t	1,460 t	2,397 t
32	114,154	-	1,202	1,874	2,031
33	52,816	-	848	2,172	-
34	133,444	-	1,363	4,318	333
35	109,837	4,776	1,067	4,807	302
36	52,379	16,017	1,349	4,549	366
37	49,369	17,955	2,088	4,372	478
38	53,360	16,216	2,934	5,088	340
39	44,816	14,036	2,457	5,481	209
40	65,460	16,859	1,481	5,448	274
41	78,495	16,527	1,793	5,890	331

2.2 設備の概要

(1) 団鉱機

団鉱機の仕様は第4表のとおりである。

第4表 団鉱機仕様

型 式	基 数	仕 様
双 輪 式	2	ローラ 680mmφ×435mm 幅 4.3rpm 能力 10t/hr/台

(2) 熔鉱炉

熔鉱炉は長方形で、その仕様は第5表に示すとおりである。

第5表 熔鉱炉仕様

型 式	基 数	仕 様
半 水 套 ス パ ー 式 ア ッ プ テ ー ク	2	No. 1 { 1,200mm幅×8,450mm長 5,325mm高(羽口準一装入床) 羽口数 36本 No. 2 { 1,200mm幅×6,400mm長 5,325mm高(羽口準一装入床) 羽口数 28本

(3) 転 炉

転炉仕様は第6表に示す。

第6表 転炉仕様

型 式	基 数	仕 様
グレートフォ ールズ式	スタン ド 2基 セ ル 3基	3,043mmφ×3,607mm高さ 羽口数 16本、レンガ マグクロ

(4) 焙焼炉

焙焼炉仕様は第7表に示す。

第7表 焙焼炉仕様

型 式	基 数	仕 様
ヘレンヨッフ式	2	No. 1 $\begin{cases} 10\text{段} \\ 5,950\text{mm}\phi \times 10,000\text{mm 高さ} \\ 0.97, 0.646, 0.484\text{rpm} \end{cases}$ No. 2 $\begin{cases} 8\text{段} \\ 5,950\text{mm}\phi \times 7,380\text{mm 高さ} \\ 0.487\text{rpm} \end{cases}$

2・3 最近約10年間にける技術および設備の進歩

(1) No. 2BF 新設 (31年9月)

ニッケル生産設備拡張に伴い No. 2BF (21尺炉) を1基増設した。

(2) 前処理設備および排ガス処理設備増強 (32年10月)

ガーニエライト鉱の乾燥炉を1基増設し、さらに排ガス集塵装置としてスタークロン、洗浄塔を設置した。

(3) 点数制による熔鉱作業の管理 (34年)

装入団鉱の強度、羽口状況等を視察により点数を付し客観的な判定基準を数量化して操業管理を行ない炉況の安定化をはかった。

(4) 硫化ニッケル精鉱処理開始 (35年12月)

ガーニエライト鉱に加うるに、初めて硫化ニッケル精鉱(カナダ)を混合団鉱として処理することとなり、いわゆる混合吹きを開始した。これによりS源が同時に添加されるため石膏、芒硝を添加する必要はなくなった。また素品中のニッケルは高品位となり、精鉱添加により熔解性も向上し燃料率の減少、生産性の増大、実収率の向上等、大幅な操業成績向上を得ることができた。したがって36年1月よりはガーニエライト鉱の焼結を中止し、またニッケル生産量を低下することなく、熔鉱炉2炉操業を1炉操業とすることができた。

(5) 原鉱前処理管理の強化

a. ガーニエライト鉱破碎設備 (36年3月)

ガーニエライト鉱中に混在する塊鉱を破碎する目的で反発式クラッシャ1基をもっていたが、その能力が充分でなく、また雨期等で鉱石が粘稠状態になると閉塞状態となり、その使用が困難となった。その欠点を改良しさらにロータリースクリーンを持った新型反発式クラッシャを設置した。

b. 原鉱石の捏練設備増強 (37年3月)

団鉱強度は、原鉱石の捏練度に影響される度合いが大きい。したがってフレットミルを1基増設して、捏練度の増強をはかった。

c. ガーニエライト鉱の鉱種配合の強化 (35~39年)

舂別の分析値を検定し熔剤量管理を行なっていたがさらに進んで鉱ぐりの許す範囲内で適当な鉱種配合を積極的に実施するようにした。

(6) ニッケル熔鉱炉に熱風羽口重油操業の採用 (39年)

熔鉱炉の送風を予熱し、羽口から重油を噴射する実験を昭和36年から38年にかけて、小型キューポラを用いて実施し、引続いて中規模実験を実施し、昭和39年に本格的に操業に採用した。その詳細については「ニッケル熔鉱炉操業の合理化について」²⁾として発表されているので重複をさけるが、これにより燃料率の減少(指数で示せば100→70)、床能率の増大(100→130)、スラグ損失減少(100→80)、人員減少等の多くの経済的利点を得るとともに、炉況が安定し円滑な操業を行なうことができるようになり、大きな効果を挙げることができた。

3. 新居浜精製工場における精製工程の進歩

3・1 操業系統図

3・1・1 電気ニッケル製造 (第2図参照)

3・1・2 副産品製造 (第3図参照)

3・2 生産量 (第8表)

第8表 各年度別生産量(t)

	電 気 ニッケル	硫 酸 ニッケル	塩 化 ニッケル	化 酸 ニッケル	電 気 コバルト
昭和31年	2,885	606	-	-	-
32	2,725	764	-	-	-
33	1,594	865	-	-	-
34	2,999	973	20	53	-
35	3,109	1,576	96	63	-
36	3,223	1,385	90	118	3
37	2,983	1,517	125	60	25
38	3,262	2,495	137	78	17
39	3,196	2,292	178	68	17
40	3,098	2,268	206	151	-
41	3,746	2,599	219	219	-

3・3 操業および設備の概要

3・3・1 電気ニッケル製造 四阪島熔錬工場で製造された酸化ニッケルは、新居浜市の電解工場へ運搬し、アノード製造を行なう。

アノード製造炉は、B. B. C式アーク炉、住友機械製容量6 t 2基、容量4 t 2基を用いて行なう。すなわち酸化ニッケルに粉コークス、石灰石粉を混合し、電気炉に装入し通電を行ない、粉コークスによる還元反応によつて酸化ニッケルを還元してメタルとする。炉のライニングは、天井—珪石レンガ、側壁—マグクロレンガ、炉底—マグネシヤクリンカーのスタンプによつて構成する。

熔解後、脱炭または加炭操作によつて適正な品位に調整後、炉を傾転してレードルに出湯する。レードルはクレーンによつて鑄造機に運搬され、ウォルカス鑄造機によつて鑄型に1枚125kgの重量になるよう自動看量鑄造を行なう。

電気炉の排ガスはサイクロンおよびバグフィルターによつて完全収塵する。

製造されたアノードは、電解工場に運搬され電解槽に装入する。電解槽はコンクリート製アスファルトライニ

← 第2図
電気ニッケル製造系統図

第3図 →
副産品製造系統図

ングであつて1槽にアノード37枚、カソード36枚を装入し、7,000A、300Vのシリコン整流機によつて6,100Aの電流を通じ、電流密度155A/m²にて電解を行なう。

アノードとカソードは隔膜によつて分離されており、アノード側よりの不純分を含んだ廃液は連続的に電槽より排出されて浄液室へ送液する。

浄液室では電解廃液中の鉄を塩素酸化によつて、3価に変え炭酸ニッケルによつて中和し、水酸化鉄として沈殿除去する。つぎにこの脱鉄液にニッケル粉を添加して液中の銅と置換反応を起こさせ、銅を沈殿として除去する。さらにこの脱銅液に塩素を吹込み、コバルトを酸化して炭酸ニッケルにより中和し、水酸化コバルトとして沈殿除去する。かくして不純分を除去した純液を電解へ環流し、電解のカソード隔膜内に供給する。

電解で製造された電気ニッケルは、切断機によつて種々のサイズに切断された後、看量し包装され各需要家向に発送する。

3.3.2 硫酸ニッケル製造 ニッケル陽極および浄液工程で発生した沈殿銅を熔解して製造した含銅ニッケル陽極を硫酸酸性溶液で電解し、硫酸ニッケル液を製造す

る。大部分の銅は陰極スライムとなり除去される。この液を浄液装置にて鉄および銅を完全に除去し、連続結晶装置にて硫酸ニッケル結晶を生産する。

この製品は2~6mm径の単結晶よりなる美しい結晶であつて、エメラルド硫酸ニッケルの商品名でメッキ用および触媒用に販売する。

3.3.3 酸化ニッケル製造 銅電解で蓄積したニッケル分は、蒸発濃縮してニッケル濃縮泥とし、これを温水抽出して硫酸ニッケル液とする。これは浄液装置にて不純分を除去する。

また前項3.3.2で製造した硫酸ニッケル液をこれと合わせて脱コバルトを行ない、蒸発結晶装置にて硫酸ニッケル結晶を作る。

これをロータリーキルン型焼成炉にて焼成した後粉碎し、酸化ニッケル粉とする。

これはフェライト用酸化ニッケルとして販売する。

3.3.4 塩化ニッケル製造 ニッケル電解より発生する陽極スクラップを原料として、これを塩素溶解し溶解液を滓液する。

その後、この液を蒸発して濃縮し、これを冷却して塩化ニッケル結晶を製造する。この塩化ニッケル結晶は、主としてメッキ用として販売する。

3.4 最近の技術または設備の進歩

3.4.1 電気炉によるアノード製造

(1) 電気炉処理原料を還元ニッケルより酸化ニッケルへ変更

当初、処理原料は熔錬工場のヘレシヨフ焙焼炉で焙焼して得られた酸化ニッケルをさらに発生炉ガスを還元して作った還元ニッケルを用いていた。これを焙焼したままの酸化ニッケルを用いることに変更し、コストダウンおよび実収率が向上した。

(2) 電気炉1回当りの生産量の増加

電気炉操業では、当初アノード量2~3t/回の生産であ

写真1 新居浜ニッケル電解室

つたが、装入の機械化、通電電流増加、作業員の習熟等により5~6t/回の出湯量をみるにいたった。

(3) ライニングの改善

電気炉ライニングは、各種レンガを試用の結果、天井一珪石レンガ、側壁一マグクロ、炉底一マグネシウムレンガのスタンプによるものが好結果であり、当初約50回操業の寿命が100回操業の寿命に延長している。

(4) 収塵装置の改善

電気炉排ガス中には、酸化ニッケルダストが、浮遊しており、この完全回収が必要であるが、当初綿帆布製のバッグフィルタを用いていたものを順次、テトロン製バッグフィルタに交換え、さらに電気炉1回当り処理量の増加に応じて大容量のガラス繊維製バッグフィルタを新たに設置し、ダストの完全回収と作業環境の改善を計り現在順調に稼動している。

(5) 鋳造装置の改善

ニッケルアノードは熔解温度が高く、鋳型材質およびアノードの自動看量機構等に困難があるが、鋳型は自社製造の銅鋳型により、また自動看量機はメーカーとの密接な協同により完成し、故障なく使用している。

またアノードの鋳造、運搬装置を自動化し、少数の人員にて作業できるよう改善した。

3・4・2 ニッケル電解

(1) 高電流密度の採用

需流密度は電解電力費、仕掛品金利、蒸気使用量、浄液剤使用量、起業費償却等を考慮し、最適値で操業すべきであり、過去よりその時々操業規模によつて適正值で操業していたが、生産量の増加に伴い電流密度上昇の必要性が生じ試験を行なった結果、電流密度上昇によつて起こる種々のトラブル、たとえば電気ニッケルの品質、表面状態の悪化、電力原単位の上昇等も改善され、現在155A/m²の電流密度で操業を行なっている。

(2) 電解浴組成の改善

槽電圧を下げ電力原単位を低下させる目的で電解浴組成の各種試験を行ない、高電気伝導度の浴組成にて現在操業を実施している。

(3) 極間距離の短縮による電解能力の上昇および電力原単位の低下

極間距離を短縮させるために、アノードの形状および重量管理、隔膜用カソードボックスの構造改善を行なった。その結果極間距離(陰極一陰極間)は、180mmが150mmとなり電解能力は約2割増加し、電力原単位も約2割低下した。

(4) 低コバルト電気ニッケルの製造

電気通信機向、または合金用として低コバルト電気ニッケルの製造が需要家より要請され、脱コバルト工程を設備し、次のような種類の低コバルト電気ニッケルを製

造した。

超低コバルト電気ニッケル	Co<0.002%
低コバルト電気ニッケル	Co<0.02%
高純度電気ニッケル	Co<0.3%

(5) 高含銅原料の処理

ニッケル原鉱石が、酸化鉱より硫化鉱に変換されるにつれ、原料中の銅品位が年々上昇してきた。

したがって硫化鉱の一部は選鉱分離によつて大部分の銅を除去していたが、これによつてもニッケル電解用アノードではNi92~93%、Cu3~4%になり、浄液操業に支障をきたし始めたので銅浄液工程の浄液槽構造、ポンプ、反応系統を改善し、使用浄液剤としての還元ニッケルの量を以前より減少して、しかも高含銅原料の処理が可能になった。

(6) 電解給液量の減少

ニッケル電解では陽極廃液にアノード中の不純分が大部分溶解し、これを浄液工程で沈殿除去を行なっているが、この浄液の設備、使用資材等は浄液の循環液量に比例してくる。したがってこれを極力減少するため、電解の各隔膜ボックスへの給液量の一定均一化を行なうことによりバラツキを減少し、最低量の循環液量で操業できるようにした。その結果、給液量は約25%減じ、したがって浄液設備能力としては約25%増加した。

3・4・3 硫酸ニッケル製造

(1) 連続結晶装置による硫酸ニッケル結晶の製造

本方法については日本鉱業協会、昭和40年度全国鉱山製錬所現場担当者会議で発表済であるが、硫酸ニッケル結晶“エメラルド”をオスロー式連続結晶装置によつて製造した。その結果

- 製品純度の向上
- 製品サイズ2~6mmの粒度の揃った結晶が製造できる。
- 生産コストが従来法に比し約45%低下する。

の効果をあげた。

(2) 装置の腐蝕について

腐蝕に耐える装置材料として、この10年間に、各種材料が開発されており、当所でも実用化試験を行なった。

各種ステンレス材(SUS 27, 32, 33, 36)、合成樹脂(塩化ビニール、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、フラン)、黒鉛、チタン、ゴム等が、おのおのそれに適したところで使用している。

またとくにステンレス材の、液中の塩素イオンに対する防蝕のため、イオン交換樹脂による液中の塩素イオンの除去を行なつて装置の寿命を延長している。

3・4・4 酸化ニッケルの製造

酸化ニッケルの用途として、最近とくに目ざましい伸長を示しているのは、電気通信機器や電子機器に使用されているニッケル一亜

鉛フェライトである。

この用途に使用される酸化ニッケル粉の製造には主として銅電解産の濃縮ニッケル泥を用い、この中の不純分であるCa, Cu, Fe, Znを除去し、硫酸ニッケル結晶を製造する。その後、この結晶を所定温度のロータリーキルンで焼成し、酸化ニッケルとして製品化する。この工程では、浄液の安定化、ロータリーキルンでの焼成の均一化が重要であり、現在では順調な操業を実施している。

3・4・5 電気コバルトの製造 ニッケル鉱石にはニッケルに対して普通1~3%のコバルトを含有し、ニッケルの製錬工程を通じてともに処理され、電気ニッケル製品中に入ってくるが、とくに電気通信向や特殊鋼向用途には、コバルトの混入が問題とされるので、ニッケル電解の浄液工程でコバルト除去を行なっている。

この除去されたコバルトを別途処理することにより、ニッケルとコバルトを分離し、ニッケル分はニッケル精製工程へ返す。コバルト分は電気炉によりコバルトアノードとし、これを電気分解することにより電気コバルトを得た。

コバルト電解は、原料の関係で比較的小規模で年産最高25 tであつた。

得られた電気コバルトの品位は第9表のようで、主として磁石用として使用された。

第9表 電気コバルト品位

	Co	Ni	Cu	Fe	S	C
品 位 %	>99.4	<0.6	<0.005	<0.005	<0.005	<0.015

3・5 生産性向上

電気ニッケル製造および硫酸ニッケル等の副産品製造部門の技術改善合理化により、工場人員と主製品生産量

は昭和31年度を100とした場合、第10表のようになっている。

第10表 工場人員と主製品生産量

年 度	人 員	電気ニッケル 生 産 量	硫酸ニッケル 生 産 量
昭和31年	100	100	100
32	91	96	126
33	77	92	143
34	72	105	161
35	72	109	260
36	68	113	229
37	67	105	250
38	62	114	412
39	58	112	378
40	57	109	374
41	58	131	429

4. 結 言

ニッケルの需要は化学装置材料の高級化、自動車産業の伸長、家庭および一般需要の増加に伴い年々急速に増大している。われわれニッケル地金の生産に直接たずさわる者として、

- 1) 品質の確保
- 2) 安定鉱源の確保
- 3) 生産技術の改善合理化による、コストの低下と生産量の確保

を計り、いささかでもわが国産業界の発展に寄与したいと念ずるものである。

今日までのニッケル製錬、精製について種々ご指導とご鞭撻をたまわつた官界、産業界の各位に厚く感謝申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 新井田：ニッケル製錬における熔鉱炉の操業管理について、鉱山 No. 5, Vol. 13 昭和35年 5 月
- 2) 村上・道野・小椋・東辻：ニッケル熔鉱炉操業の合理化について、鉱山, No. 10, Vol. 19, 11月 (1966)