
伸 銅 品 特 集

日立無酸素銅（日立 OFC）の開発	57
日立無酸素銅線の諸特性.....	62
各種耐熱性高導電用銅合金の比較.....	66
耐高温酸化性導電用クラッド材の諸特性.....	70
はんだごて先用材料“エターロイ”の諸性能	75
金色合金“サンゴールド”の諸特性	79

日立無酸素銅（日立 OFC）の開発

Development of Hitachi Oxygen-Free Copper (Hitachi OFC)

市川 寛* 川西 六郎*
Hiroshi Ichikawa Rokurô Kawanishi

要 旨

従来、純銅材料のなかの特殊な高級用途向と考えられていた無酸素銅を、今後の一般用純銅材料として普及を図るため開発し量産を行なっている。

本稿ではその特性、製造法、管理方式、品種区分、製品および用途について概要を述べた。

1. 緒 言（無酸素銅の工業的意義）

純銅材料はすぐれた電気伝導性および良好な加工性、耐食性を有するため基礎的工業材料として各方面に広く使用されている。導電用材料としてはタフ・ピッチ銅が、またそれ以外の用途には燐脱酸銅が普通に使われている。無酸素銅は特殊な高級品種として考えられてきた。

元来タフ・ピッチ銅の反射炉溶解-水平鑄造方式による溶製法は銅の乾式精練法と結びついて 19 世紀の中ごろ、英国のウェールズ地方において形成され、発達した方法である。この方法によるタフ・ピッチ銅の溶製には当時の比較的純度の乾式精練銅を使用し、かつ鑄造技術も未発達であった状況のもとにおいては、一つは適度の酸素の添加により不純物を酸化物として銅基地中への固溶を防止し、比較的安定した主として電気的性能を得られること、また一つには溶銅中酸素-水素の平衡関係を利用して、押湯を要することなく容易に加工用小形鑄塊を溶製し得ることからきわめて巧妙なる方法であった。

しかるに 1920 年以降湿式精練法としての電解精練方式が実用化し急速に普及してきた。もちろん電解精練法が他の有用金属の分離回収に果たした役割は高く評価さるべきであるけれども、この電解精練銅の純度は 99.996% 程度にまで達することができた。しかしこのような精練方式における根本的革新にもかかわらず、以降の改鑄方式は本質的にはなんらの進歩もせず今日まで旧態をとどめ精練方式に追随してこなかった。すなわち電気銅を使用してもなお製品として使用されてきたのは依然タフ・ピッチ銅種であって銅純度は 99.95% 程度にとどまり酸素を 0.030% 程度含有しており、これがむしろ種々の短所を招来している。しかしながらタフ・ピッチ銅の主用途は電線用線材であり、この場合にはこれらの欠点も決定的ではないので今日もなお導電用純銅種の主流を占めてきている。

一方 1930 年ごろより銅の良好なる加工性、耐食性を主として利用する用途に対しては燐脱酸銅が製造されるようになってきた。このものはタフ・ピッチ銅への燐の添加により電気伝導度を犠牲として、加工性、耐水素ぜい性などの改善を図ったものである。したがって銅純度は 99.95% 程度である。このものは従来の溶解鑄造技術をもって容易に溶製され今日では非導電用純銅種の代表的なものである。

無酸素銅は 1931 年より生産されてきた。当時はタフ・ピッチ銅を木炭槽を通して脱酸する方式により製造されていた。しかし 1948 年ごろより低周波誘導チャンネル形炉および連続鑄造設備からなる連続溶解鑄造方式が確立され、電気銅を保護ふん囲気下に溶解鑄造することが行なわれるようになり安定量産もまた可能となった。この無酸素銅は純度 99.996% 程度の電気銅と同じ銅純度に達してい

る。したがってこの無酸素銅の量産こそ上述の銅精練における根本的革新すなわち電解精練法の普及に対応しその成果を生かすものである。

かくして無酸素銅の製造には全連続溶解鑄造方式はかならずしも必要なものではない。しかしその工業的安定量産はこの方式の均一な操業条件により達成されたものである。すなわち無酸素銅自体としてタフ・ピッチ銅を木炭脱酸する旧式法から連続溶解鑄造法による新方式への移行により、その性格は特殊なタフ・ピッチ銅の一変種より、次の一般的品種へと脱皮したと考えるべきであろう。

しかしながら連続鑄造方式による無酸素銅の溶製は従来の伝統的な溶解鑄造技術より飛躍したきわめて高度の技術を要するため、今日までその製造者は限られ⁽¹⁾ており、無酸素銅自体の性格の変ぼうにもかかわらずなお依然として特殊な高級品種として考えられ続けてきた。

日立電線株式会社は次の一般的純銅品種としての無酸素銅の将来性に着目してこの量産化に踏み切った。いまやアルミニウム、プラスチック材料および複合材料などの進出により一部の銅材料の分野は代替えされつつある。かかる状況のもとにおいて今後もなお銅材料を使用分野としてとどまる範囲においてはより高度の諸性能が要求されるであろう。この場合従来の純銅品種ではもはや進歩向上の余地もなく、当然よりすぐれた無酸素銅の要求が高まるであろう。このような認識のうえに立って一般用純銅材料として無酸素銅の量産と普及を行なったのは日立電線株式会社が最初である。

2. 無酸素銅の特性の概要

無酸素銅をタフ・ピッチ銅、燐脱酸銅と比較し、基本的性質、実用性能とその相関についての概要を表 1 に示す。表中には差異のある諸点について述べたが、いずれも純銅材料のなかの品種区分である以上同一性能もかなりある。主として冷間加工に依存する機械的諸性質などはそうである。表からわかるように無酸素銅はほかの純銅材料の長所を兼ね備えすべての諸性能において同等またははるかにまさっており、劣っている点はまったくない。無酸素銅はこれらの諸特性がすぐれており、それぞれの用途の要求に合致することはもちろんであるが、なかでも特に重視されるのは無酸素銅が高純度の均一相系の材料であり、かつまた鑄塊がきわめて健全であることである。後続加工はあくまで、本質的には成形法であるので最終製品の品質の安定はほとんど材質の均一性と鑄塊の健全性にかかっているといつて過言ではない。この点で無酸素銅製品がほかの純銅製品に比べロットの均一性と信頼性ははるかに高いといえるしまた実績でも示されているところである。

3. 無酸素銅の製造

3.1 無酸素銅の製造方式の概要

製造設備の概要を図 1 に、鑄造階および装入階の状況を図 2 に

* 日立電線株式会社 土浦工場

示す。

電気銅を天井走行起重機により装入階上へ運搬する。そして電気銅装入機、装入コンベヤを経て溶解炉中に装入する。装入は溶湯温度指示記録計の指示により行なわれ、溶湯温度が $1,160^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ になるようにする。

連続的装入に伴い装入量に相応する溶湯は溶解炉より移送といを経て連続的に保持炉に流入する。移送といもまた炭化ケイ素発熱体を備えた密閉形電気炉であって、そのなかを溶湯は10mmφ程度の流れとなって通過していく。保持炉は自動制御されており、このなかで溶湯温度を $1,190^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ に調整する。溶湯はさらに保持炉炉体に接続した鑄造といより鑄造されていく。鑄造とい、給湯部および鑄型部の断面構造は図1左下に示すとおりである。すなわち溶湯は鑄造とい中で黒鉛製ストップとコランダム製ノズル間で流量の調整が行なわれながらカーボランダム製下降管を経て鑄型中に注がれる。

鑄型は水冷ジャケット形である。ライナは長さ400mmの純銅製で、鑄型下には2段1組にて2組のシャワーを備えており、鑄型装置全体は上下動を行なっている。鑄型中に流入した $1,150^{\circ}\text{C}$ の溶湯は周縁より凝固して殻を形成し収縮しつつ下降していく。鑄型下端においてほとんど完全に凝固しシャワーにて常温まで冷却された鑄塊は床面上にあるピンチロールにより引きとられ、さらに地下室に下降しトランジスタ制御の自動丸のこ機により設定長さに切断され、鑄塊傾倒機、移送ローラ搬出コンベヤを経て床面上の検査台に至る。

溶解炉および保持炉中溶湯面は厚く木炭をもって被覆され、さらに保持炉および移送とい中には $\text{CO } 12\% \text{ CO}_2 \text{ } 10\% \text{ H}_2 \text{ } 2\% \text{ 残 N}_2$ なる組成の還元性保護ガスを通して行なわれている。また鑄型中においては厚いカーボン層下にて鑄造が行なわれている。かくしてまったく空気と遮断した状態で電気銅を溶解鑄造している。

表1 無酸素銅と他の純銅種との比較
(基本的性質および実用性能の概要)

基本的性質		タスビッチ銅	磷脱酸銅	無酸素銅
組成	Cu O P	99.95% 0.035% —	99.95% (0.005%) 0.02%	99.995% (0.0006%)
含有酸素に就いて		過飽和であってCu ₂ Oとして析出	磷含量と平衡して存在	きわめて少ない従って極度に不飽和である
組織		組織中Cu ₂ Oが存在する不均一相系	磷を固溶した銅の均一相系	高純度銅の均一相系
鑄塊の健全性		水平鑄造機では表面高酸素層ピンホールが存在	良好但し鑄造法及び技術による	きわめて良好
密度(g/cm ³)		鑄塊 8.4~8.6 加工品 8.89	鑄塊 8.90 加工品 8.94	鑄塊 8.93 加工品 8.94
高温に於けるガス放出		ない	高温真空中にて磷揮発	きわめて少ない

実用性能

	無酸素銅	タスビッチ銅	磷脱酸銅
材質の均一性	優	可	良
導電率平均(%)	優 101.8	優 101.2	不良 78.0
熱伝導度比較	優 100	優 100	不良 78
耐水素脆性	優	不良	優
耐屈曲性耐ねじり性	優	可	良
耐衝撃性	優	可	良
深絞性	優	可	良
加工性	優	可	良
ろう付性はんだ揚げ性	優	可 加熱時還元剤にて酸化の危険あり	良
酸化膜密着性	良	優	不良
圧接性	優	不良	—
軟化温度	高目	低目	高目

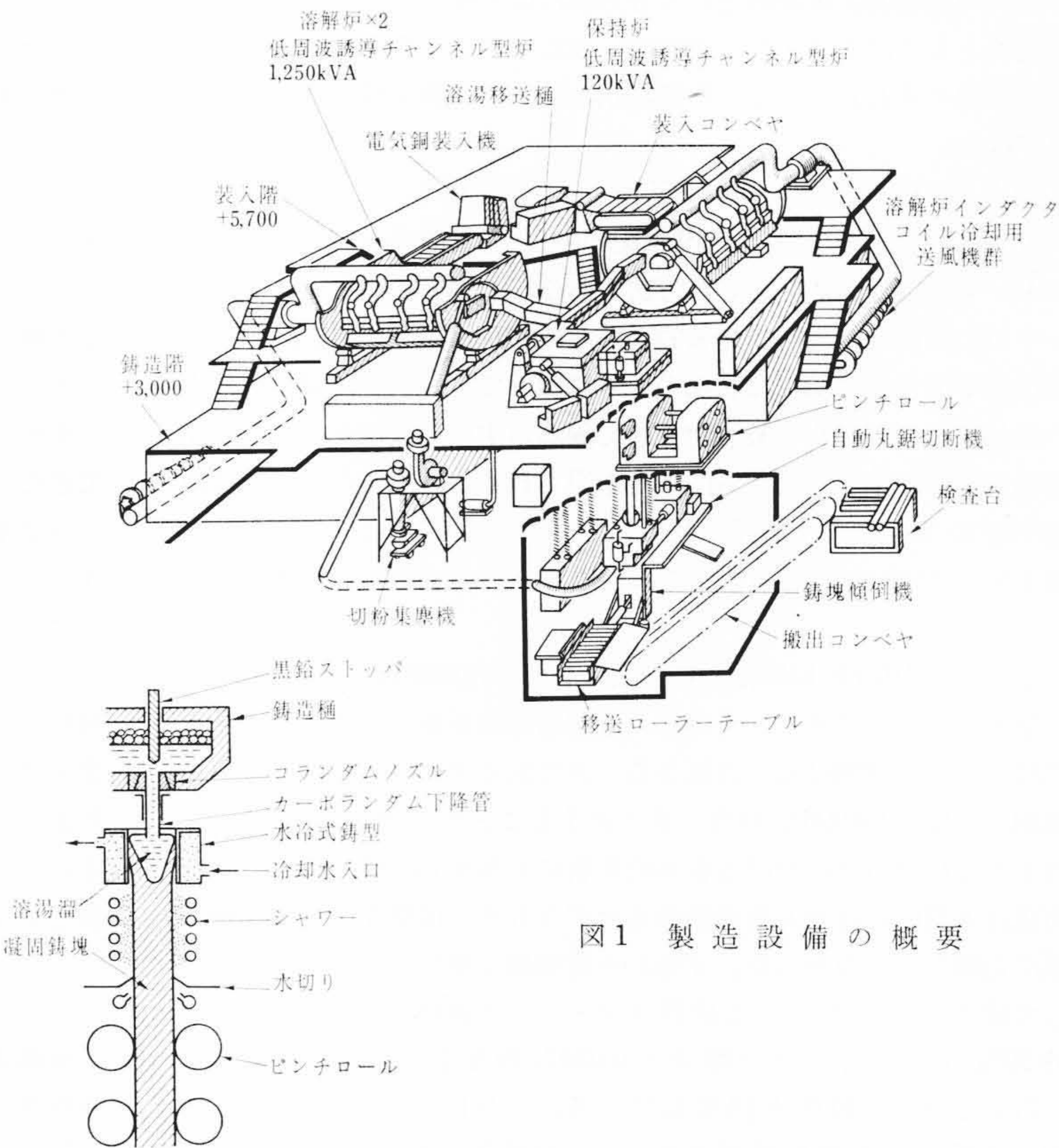


図1 製造設備の概要

表2 設備の計装関係

	記録計	記録調節計	指示調節計	指示計
装入装置				12
溶解炉 I, II		4		112
保持炉	1	1	1	17
移送とい			2	12
鑄造装置	4			20
丸のこ切断機	1			7
搬出装置				4
ガス発生装置				30
冷却水系				6
電源関係	1			31
自家発電				37
計	7	5	3	288
総計				303

自動記録諸元

溶解炉内溶湯温度、装入口側、流出側	鑄型使用水量
保持炉内溶湯温度	鑄型、シャワー、冷却水入口温度
保持炉、移送とい内ふん開気ガス組成 CO, CO ₂ , H ₂	鑄型冷却水出口温度
鑄造速度	シャワー冷却水出口温度
冷却水系使用水量	自動丸のこ切断装置切断電流
	電源電圧

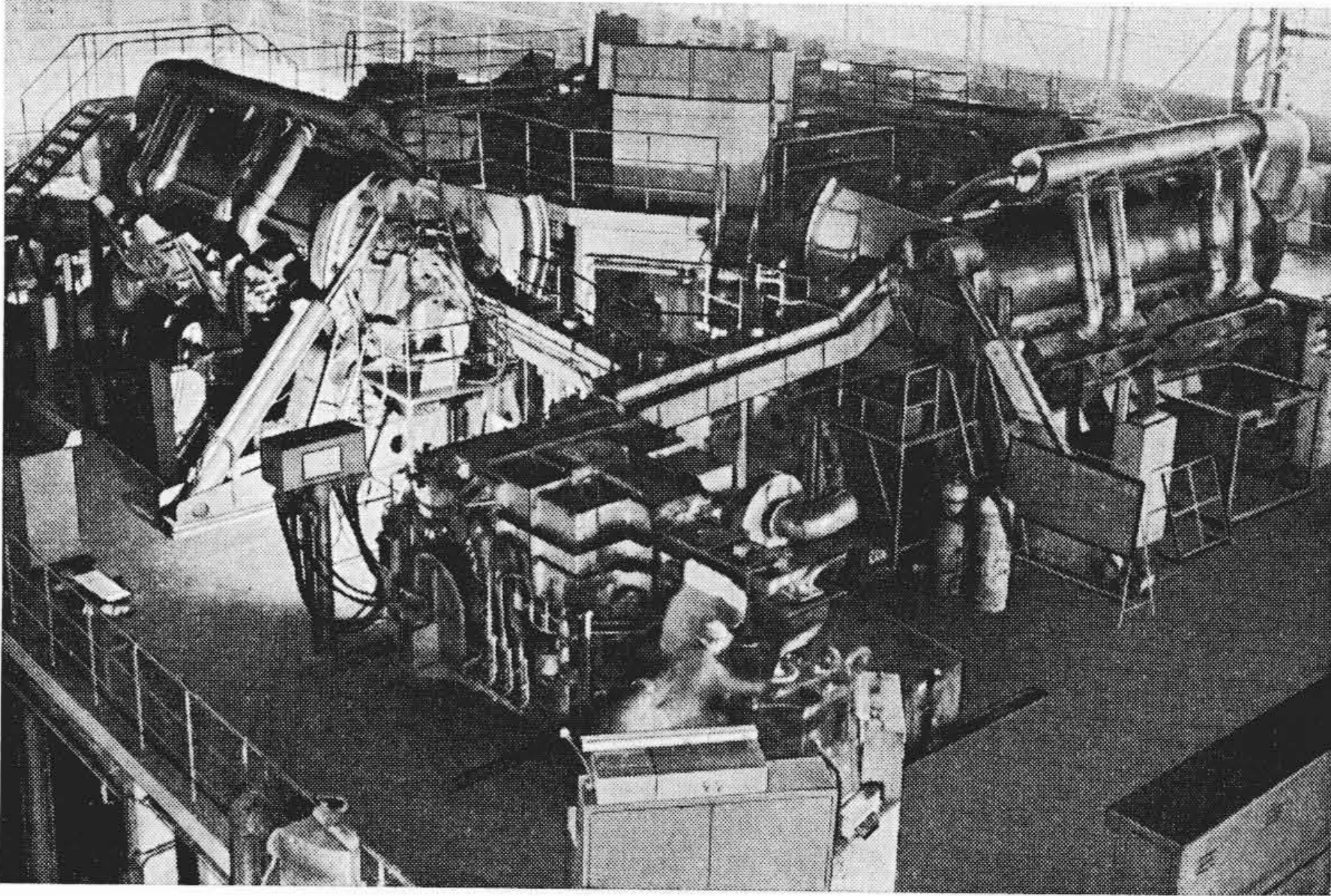


図2 鑄造階および装入階

3.2 遭遇した技術的問題点

3.2.1 低周波誘導チャンネル形炉インダクタ耐火物の寿命

この種の設備の稼動にとってはインダクタ耐火物の寿命は決定的なものである。一般に銅に対しては8-12ヶ月と言われている⁽²⁾。しかしこれはある程度の技術水準に達した場合のことである。日立電線株式会社の場合にも当初耐火物中への銅浸透によるインダクタ事故には著しく悩まされた。各部設計の改良，築造，予熱起動および焼成作業の研究，改善により現在では2年半を経てもなお異常なく稼動を続けている段階に至った。

3.2.2 溶銅の水素吸収

溶銅を還元していくと溶銅中酸素-水素の平衡関係によりきわめて水素を吸収しやすい状態となることはよく知られている。したがって無酸素銅の溶製における冶金技術としてはこの水素吸収の防止と水素含量の制御が問題であった。これについても独自の冶金理論により，溶銅中水素含有に対する管理方式を確立し，現在では密度8.93 g/cm³以上の鋳塊を安定して生産し得るようになった。

3.2.3 連続鋳造における凝固過程

連続鋳造における溶湯の凝固過程については多くの理論や実験結果が発表されている。しかしながら実操業においては決してすべてがこれらの理論どおりにいくものではなく，多くの要因により多種多様の現象や鋳造欠陥が発生した。これらの原因を解明し，要因を制御してほとんど完全な鋳塊を安定量産し得る段階に達した。これは一つには連続溶解鋳造方式においてはすべての諸元を容易にかつ高精度で制御できることに起因している。

3.3 生産と操業

無酸素銅連続溶解鋳造設備は昭和40年初めより6月まで試操業され，それまでに上記の技術的諸問題を解決し，同年7月より生産操業にはいった。以後現在まで2年余無事故で順調な生産を続けている。現在は溶解炉1基を使用し1本鋳造を行なっているが月間1,500~1,800 tの各種無酸素銅ビレット，ケーフおよびさお銅を鋳造し累計35,000 tに達している。

操業は鋳型内溶湯面位置制御以外は完全な計器ないし自動操業を実施している。設備の計装関係を表2に示す。

操業は3交替24時間作業にて2週間連続して行なわれる。月2回の休止日は炉関係を保持状態とし，鋳塊種類変更のための鋳型替作業および設備の保守点検に当てている。2週間連続操業の継続実施を可能ならしめるため設備全般にわたり絶えざる改善を加えてきた。

さらに無酸素銅の需要増大に対処して昭和43年春より溶解炉2炉使用2本同時鋳造操業を行ない月産3,000 tの能力に引き上げるよう準備中である。

表3 無酸素銅連続溶解鋳造設備の操業および設備管理

項 目		記 録		目 的
		記 入 者	間 隔	
管 理 記 録				
装 入 関 係	装 入 時 刻 装入材内訳明細 木炭使用量 溶湯温度 在炉溶湯量 電力原単位 装入量，電力量，電力原単位	装入作業者	随 時 随 時 随 時 1時間ごと 1時間ごと 1時間平均 および1日平均	材料管理（日報用） 装入作業管理
溶解炉関係	全炉給電関係 電圧電流（R.S.T.）電力量 インダクタ関係（4基/炉） 一次電流（R.S.T.）力率 タップ二次電圧二次電流（S） コイル電流（R.S.T.） コイル冷却風温度（2/基）	鋳造作業 交替要員	1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと	電気関係異常の有無 インダクタ関係異常有無
保持炉関係	溶湯温度 在炉溶湯量 一 次 側 電圧，力率，電力，電力量 インダクタ関係 マグアンプ電圧二次電圧 二次電流 コイル電流 コイル冷却風温度	鋳造作業 交替要員	1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと	電気関係異常の有無 インダクタ関係異常有無
移送とい 関 係	とい内温度 電流（R.S.T.）（4セット） 電 力 量	鋳造作業 交替要員	1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと	とい中温度の管理 発熱体老化度管理
ふん囲気 関 係	保護ガス組成 CO，CO ₂ ，H ₂ 保護ガス流量圧力（代用特性）	鋳造作業 交替要員	1時間ごと 1時間ごと	保持炉とい中ふん囲気，還元作用管理
鋳造関係	鋳造速度 鋳型振動数 冷却水関係 水量，鋳型，1段，2段シャワー 水温，鋳型入口，出口，シャワー 排水 積算水量 水 圧 鋳造とい中溶湯面高さ ピンチロール関係 は持力位置	鋳造作業 交替要員	1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと 1時間ごと	鋳造作業の管理
切断機関係	切 断 No. 切断設定長さ 実際長さ 補正值 鋳造速度 切断機電流値	切断作業者	随 時	切断作業管理 のこ刃状況の管理
鋳塊検査 関 係	鋳塊 No. 表面状況 欠陥数種類 切断面状況 判 定 時 刻	検査作業者	随 時	鋳塊品質の管理
重量測定	鋳塊 No. 本 数 重 量	運搬作業者	随 時	日報用，密度管理用（1日分をプロットする）
パトロール チェックリスト				
作業，設備に関し上記記録状況およびメーター指示以外分のチェックおよび記録 技術員用 34項目 組 長 用 36項目 傍 心 用 23項目		組 長 傍 心 員 技 術 員	各3時間ごとしたがって1時間ごとにだれか計る	表2に示した自記録とあわせて管理記録状況その他全般状況を管理する
日 常 点 検 表				
材料装入機，装入コンベヤ 溶解炉，保持炉，移送とい 鋳型関係，ピンチロール 切断機 切粉吸引機 鋳塊受，ローラーテーブル，搬出コンベヤ 電気室設備 自家発電設備		装入作業者 鋳造作業 交替要員 切断作業者 切断作業者 電気担当者 組 長	毎 日 毎 日 毎 日 毎 日 毎 日 毎 日	主として電気関係以外の機械関係の点検
台 帳 類				
インダクタ性能台帳 各インダクタ，各タップ出力性能試験		技 術 員	毎 月	
インダクタ履歴台帳 各インダクタ履歴および解体時耐火物状況		技 術 員	毎 月	
鋳 型 台 帳 鋳型履歴，各部寸法およびその変化		技 術 員	使用前後	
潤滑油管理台帳 老化状況調査 交換履歴		技 術 員	3ヵ月ごと	
予 備 品 台 帳 主要消耗品使用状況，在庫管理		技 術 員	随 時	

4. 無酸素銅の生産管理

4.1 操業および設備管理

設備の高稼働率の維持，2週間操業の継続実施，また品質の安定した鑄塊の量産のために採用している操業および設備管理方式の概要は表3に示すとおりである。長期安定操業実施のためには，設備および鑄塊状況における異常の早期発見と迅速なる処置が肝要である。このような意味でも表のような管理方式を実施しているが，万一異常発見の際にも操業への影響のできるだけ少ない応急処置法，工作法についても工夫，開発に努めてきた。またこれらの各種管理記録より得られるデータを集積解析してたとえば，炉関係インダクタ性能の経時変化，各種要因の変動の鑄塊状況，品質に及ぼす影響とその限度，各種形状および構造の鑄型における各部寸法変化と使用時間の関係などの長期的課題の解明に努めている。

4.2 鑄塊品質管理

無酸素銅の鑄塊管理方式を表4に示す。
実体検査は全数について行なっているがそれ以外は一定時間ごとに抜き取って行なっている。しかし実際には鑄造品の大部分を社内において伸銅および線材まで加工しているので，その製品材質検査結果の推移と比べ合わせているが，その結果によれば現在の鑄塊品質管理における抜き取り回数は十分な精度を保証し得るものである。

5. 日立無酸素銅の区分

5.1 日立無酸素銅の材質仕様

日立無酸素銅は材質上1種と2種に区分されている。それぞれの材質仕様は表5に示すとおりである。
日立無酸素銅1種は従来の純銅材質，すなわちタフ・ピッチ銅，燐脱酸銅では不十分である用途ならびに特に重要な用途に対するものである。日立無酸素銅2種はそれ以外の一般的用途向けである。表5に示した材質仕様はそれぞれの材質指定に対する保証性能を示すものである。日立無酸素銅の需要中1種関係は2種関係に比べてまだ少ない。一方上述の品質管理結果では1種合格品の比率は著しく大きい。したがって日立無酸素銅2種指定製品であっても2種材質仕様以上の材質の材料を使用しているものもかなり大量にある。

5.2 日立無酸素銅1種と2種の差異

日立無酸素銅1種と2種は製造上，管理上また検査上完全に区分されている。すなわち1種製品の場合には特に精選した電気銅のみを使用し，操業上最も条件の安定する操業中央期間の鑄塊を指定する。品質管理においても特に抜き取り回数を多くしている。熱間加工素材においてはさらにチェック試験を行ない材料に色別を施して冷間加工工程を通していき，特別の管理を行なっている。製品材質検査においても特に抜き取り本数を増し，また各種特殊試験を行なっている。
2種製品については普通電気銅を使用し1種鑄造期間以外の鑄塊を使用する。品質管理，加工工程における管理，または製品材質検査の方式はすべて通常規定に従っている。しかしながら上述のように2種用として溶製した鑄塊においても品質管理結果ではかなり大量に，1種に合格している。これらの鑄塊はすべて2種鑄塊として取り扱われ1種指定製品用には引き当てない。

6. 日立無酸素銅製品

(1) 日立電線株式会社において生産している純銅伸銅品中銅管および銅条にはすべて日立無酸素銅を使用している。そのほかの銅棒，銅帯，厚物銅条，整流子片および成形銅には原則としてタフ・ピッチ銅を使用している。燐脱酸銅はまったく使用されていない。

表 4 無酸素銅鑄塊材質の品質管理

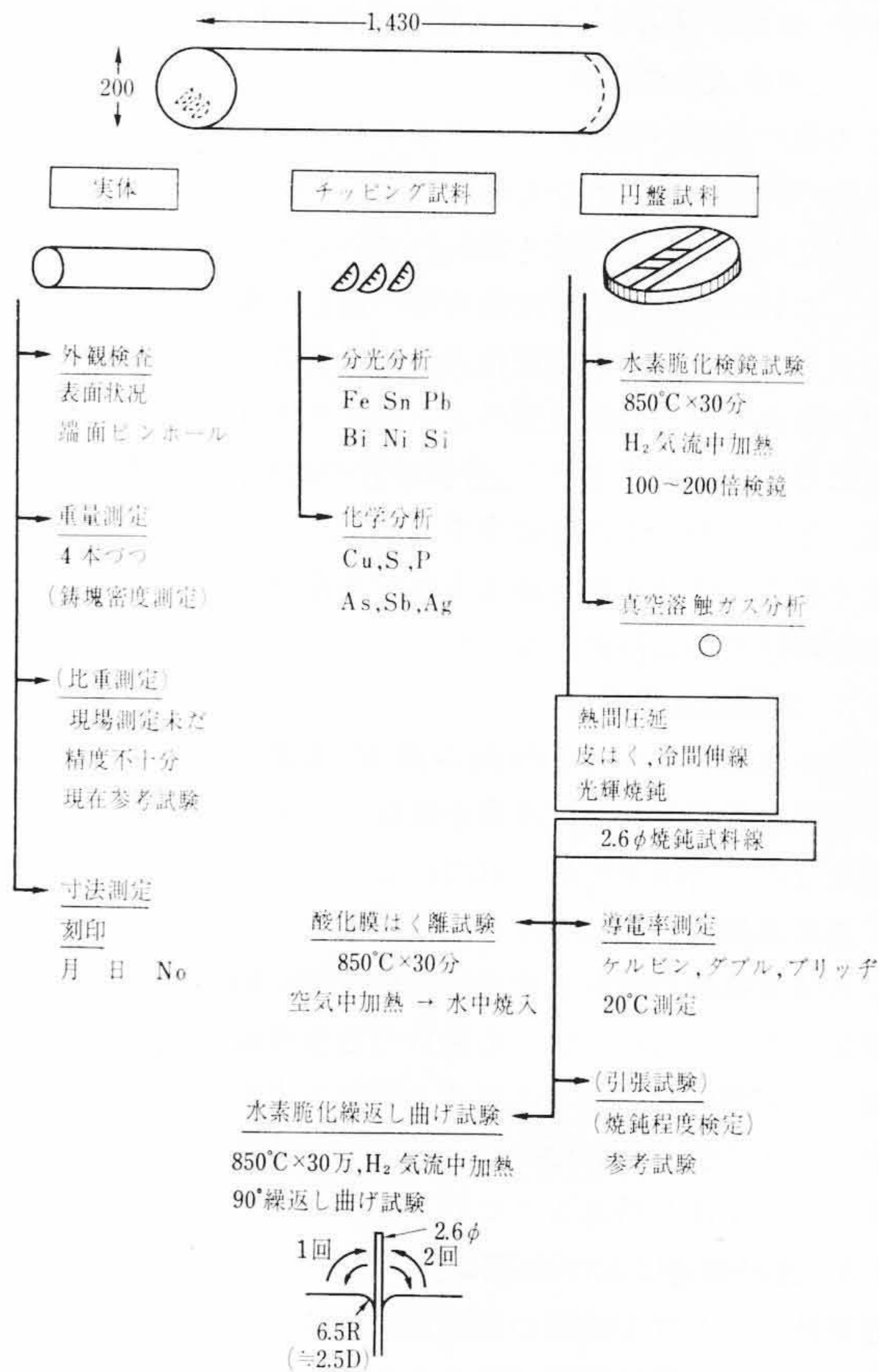


表 5 日立無酸素銅材質仕様

		日立無酸素銅 1 種(日立 OFC-1)	日立無酸素銅 2 種(日立 OFC-2)
組 成	電 気 抵 抗	Cu: 99.99% 以上 (ただし Ag は Cu として算定) 不 純 物 P: 0.0003%> S: 0.0018%> Pb: 0.0010%> その他の蒸発性元素 As, Sb, Bi, Cd, Mn, Se, Te, Zn の合計 0.0050%> ただしそれぞれの元素は 0.0025% 以下	Cu: 99.96% 以下 (ただし Ag は Cu として算定) 不 純 物 Bi: 0.0010%> Pb: 0.005%> S: 0.010%> 不純物合計 (Ag を含む) 0.03% 以下
	水 素 ぜ い 化 試 験 (1) 顕 微 鏡 試 験	0.15176Ω-g/m ² 以下 (20℃) (101% I.A.C.S. 以上) 試 料: 2.6φ 焼鈍線 500~550℃×30 万焼鈍	0.15328Ω-g/m ² 以下 (20℃) (100% I.A.C.S. 以上)
水 素 ぜ い 化 試 験 (2) 繰 返 し 曲 げ 試 験	酸 化 膜 は く 離 試 験	切取試料線を 800~875℃×30 分 H ₂ 気流中で加熱後試料を 200 倍の顕微鏡にて観察し亜酸化銅存在のこん跡である空孔，き裂，介在物などの認められないこと。	2.6φ 試料線を 800~875℃×30 分 H ₂ 気流中で加熱後 90 度曲げ試験を行なう。曲げ R: 6.5R (≒2.5D) 90 度曲げ次に元に戻しこれをもって 1 回と数える 10 回曲げても破断しないこと。
	参 考 規 格	試料: 2.6φ 線 前処理: 脱脂-酸洗-水洗-蒸留 水洗-乾燥 800~875℃×30 分 空气中加熱 次いで水中に焼入する。 判定: 亜酸化銅被膜は銅に固着し火ぶくれなどなく着色一様であること。	4 回曲げても破断しないこと。
参 考 規 格		B. S. 1954~1964 A. S. T. M. F68-66T	B. S. 1861~1964 A. S. T. M. B170~59

日立無酸素銅 1 種製品としてはすべての種類の伸銅品および線材を製造している。
(2) 日立無酸素銅 1 種および 2 種鑄塊もまた製品の一部として

販売している。

(3) 日立無酸素銅鋳塊および伸銅製品をさらに鍛造、機械加工、プレスあるいはその組み合わせにより製造する成形部品類も各種生産している。

(4) 無酸素銅の軟化温度ならびに耐クリープ性を高めた日立銀入無酸素銅も鋳塊、各種伸銅品、線材および成形部品として生産している。標準銀含量は0.03%および0.08%である。

(5) 日立無酸素銅1種は従来真空溶解無酸素銅が使用されていた用途に代替えされたものであるが、性能上まったく遜色ない。真空溶解無酸素銅が小規模のロット生産品であるのに比べ、日立無酸素銅は量産品であるのでむしろ品質の変動は少ない。

日立無酸素銅2種は従来タフ・ピッチ銅、燐脱酸銅、または亜鉛脱酸銅などが使用されていた用途に代替えされて十分にそれぞれの要求を満足するのみならず従来の純銅材質では見られなかった用途に特有の利点を生み出している。

7. 用 途

日立無酸素銅は製品としてすでに20,000 t以上を生産してあらゆる分野に広く使用されている。わかっている範囲での用途の代表例を特性との関連において示したのが表6である。

高級な用途としては電子管用があるが、一般用純銅材料としても無酸素銅の普及は絶えず拡大しつつある。

8. 結 言

以上を要約すると次のとおりである。

(1) 従来一般用純度材料としては主としてタフ・ピッチ銅および燐脱酸銅が使われ、無酸素銅は高級用途向けの特殊品種として考えられてきたが、日立電線株式会社は無酸素銅を量産し次の一般用純銅材料として普及に努めている。

(2) 日立無酸素銅はタフ・ピッチ銅燐脱酸銅の長所を兼ね備えるのみならず、そのいずれよりもはるかにすぐれた諸特性を有している。特に材質は均一で信頼度が格段と高い。

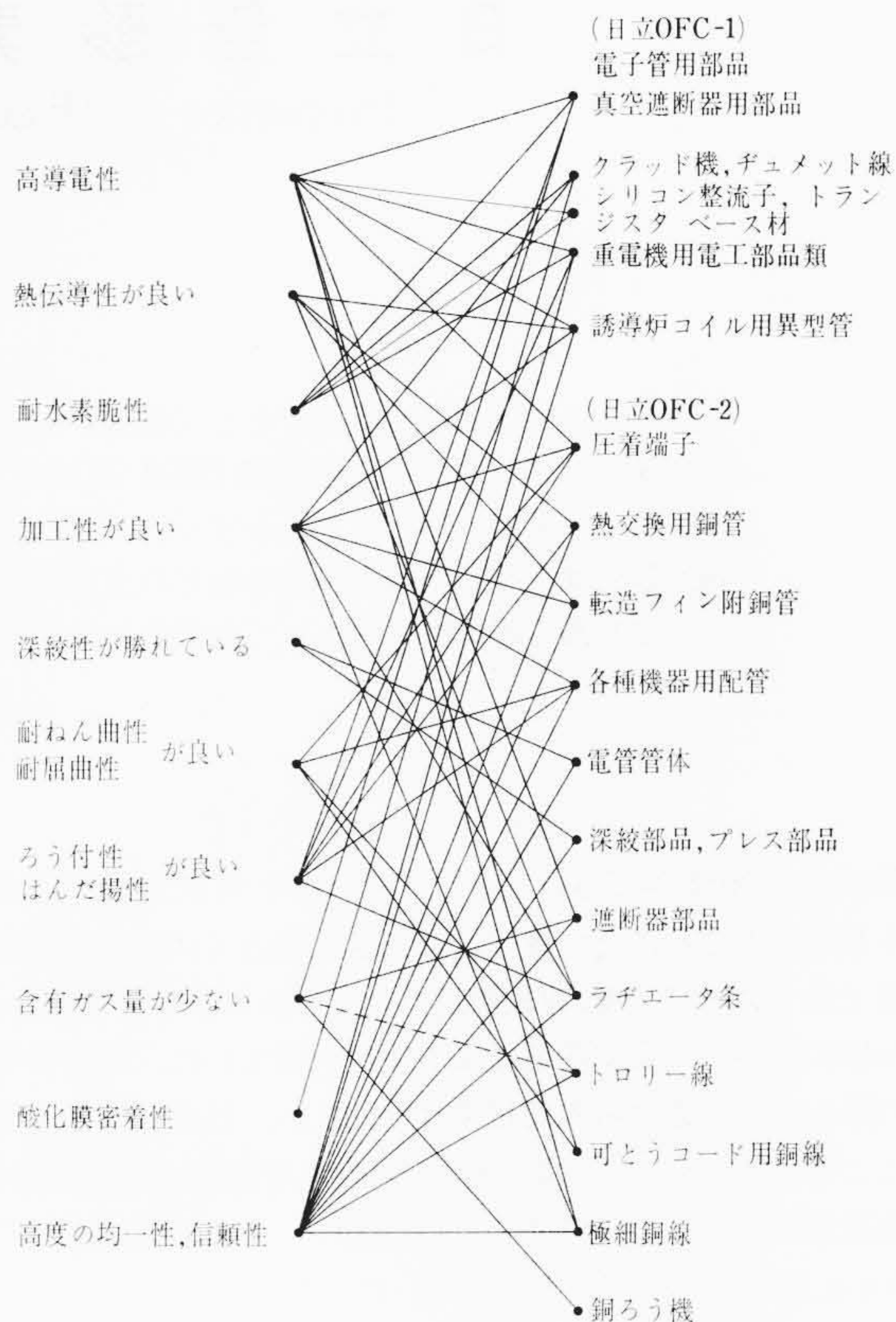
(3) 日立無酸素銅は連続溶解鋳造設備をもって全計器操業により安定して作られている。

(4) 日立無酸素銅は高級用途向けの1種と一般用途向けの2種とに区分されており、それぞれの材質仕様に合致している。

(5) 日立無酸素銅は鋳塊、伸銅品、線材および成形加工部品として製品化されている。

本論文においては無酸素銅自体について総合的に報告するのを目

表6 日立無酸素銅の用途例と特性



的としたので定量的諸性能については省略した。

いまや無酸素銅は一般的純銅材料である。したがって従来の一般的純銅材料を使用していた分野にも広く使用され、無酸素銅のすぐれた特性が随所に生かされていくものと考えられる。

この開発と量産には日立電線株式会社内のほとんどすべての部門はもとより日立製作所各部門から多大のご援助をいただいた。関係各位に厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) Janivijevic: Zeitschrift Electrotechnika (1959) (Beograd)
M. F. Heberlein: Zeitschrift für Metallkunde 45, 6, 317 (1954)
- (2) J. P. Rohn: Zeitschrift für Metallkunde 50, 5, 294 (1959)