

カバー ストリーム



Vol.16

2017.08

Zoom Up Copper

製糖工程の
熱交換用伝熱管

腐食に悩む製糖装置の伝熱管に キュプロニッケル管を採用



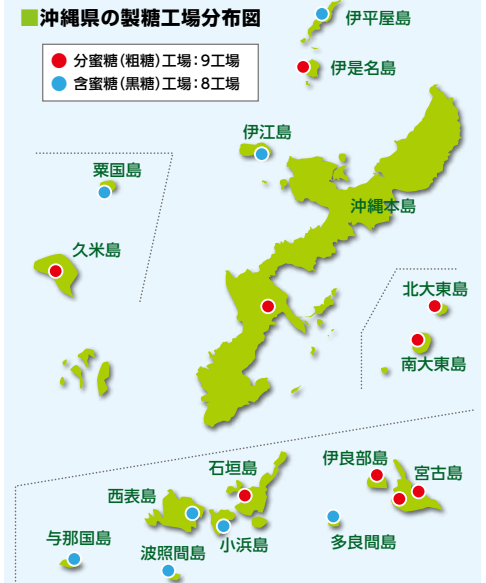
沖縄県の地域経済を支える重要な産業である製糖業。沖縄本島や各島に広がるさとうきび畑は、県内の耕地面積の約半分を占めるといわれ、栽培に約7割の農家が携わっている。製糖関連工場も分蜜糖工場が9つ、含蜜糖工場も8つと多い。

そんな沖縄県の製糖業界が抱える悩みが「製糖工程の各装置に使用している熱交換用伝熱管に、どの管材を選択するか」である。これまで黄銅管などを採用してきたが、工場によっては腐食により短期間で交換しなければならない場合もあった。腐食対策と伝熱性、この両方を満たす管材を求め、たどり着いたのが使用環境に適した黄銅管の選択と「キュプロニッケル管」の採用である。

白銅と呼ばれるこの銅合金は、伝熱性、展延性に優れ、淡水、海水への耐食性が良く伝熱管として多用されている。

現在、沖縄では管材の更新時期がくると、キュプロニッケル管に切り換える工場が増えていると聞く。沖縄製糖業の現場を訪ね、実際にどのようにキュプロニッケル管を使用し、評価されているのかを伺ってみた。

■ 沖縄県の製糖工場分布図



Zoom Up Copper

腐食に悩む製糖装置の伝熱管にキュプロニッケル管を採用

製糖工程で効率的な加熱が必要な各装置に 長年、伝熱性に優れた黄銅管を使用

梅雨明けやらぬ東京を発ち、沖縄へ。7月初旬の沖縄は、すでに気温は連日35°C近くまで上がり夏真ただ中。ジャージャーと激しく鳴くクマゼミの声をシャワーのように浴びながら、那覇市内の日本分蜜糖工業会へと向かう。

日本分蜜糖工業会は、さとうきびを原料とした白糖などの製糖業者が会員で、8社9工場で構成されている。まずお聞きしたいのは「分蜜糖」とはなにかだ。

「製糖は、大きく分蜜糖と含蜜糖に分かれます。簡単に言えば、さとうきびの搾り汁を加熱・濃縮してそのまま使うのが含蜜糖で、黒砂糖などの原料になります。一方、分蜜糖は、さらに製造工程で一手間かけ、結晶・分離させたもので、白砂糖などの原料になります」と総務課長の金城(きんじょう) 充氏と業務課長の池間 智政氏。

沖縄の分蜜糖会社がつくっているのは、あくまで原料。これを本土のメーカーが最終製品化する。製品は実に多彩でグラニュー糖、上白糖、角砂糖、

氷砂糖、液糖(ガムシロップなど)、さらに見た目は白より茶色といった三温糖などもある。

では、製糖のどの工程・装置に銅合金管が使用されているのだろう。

「製糖工程では、さとうきびを圧搾し搾り汁を取り出した後、清浄・濃縮・結晶の工程に移りますが、その際、搾り汁を素早く加熱する必要があります。これら工程の各装置の熱交換用伝熱管に、黄銅管を使用してきました。銅は、他の管材に比べ伝熱性が良く生産効率を高めることができるからです」

沖縄の製糖業界にキュプロニッケル管を採用・普及させたのは日本分蜜糖工業会である。その実績を評価し、日本銅センターは第44回日本銅センター賞を贈呈した。では、どうして黄銅管からキュプロニッケル管への切替を検討することになったのか。

「会員たちは、長年、製糖装置に黄銅管を使い続けていますが、中にはピン

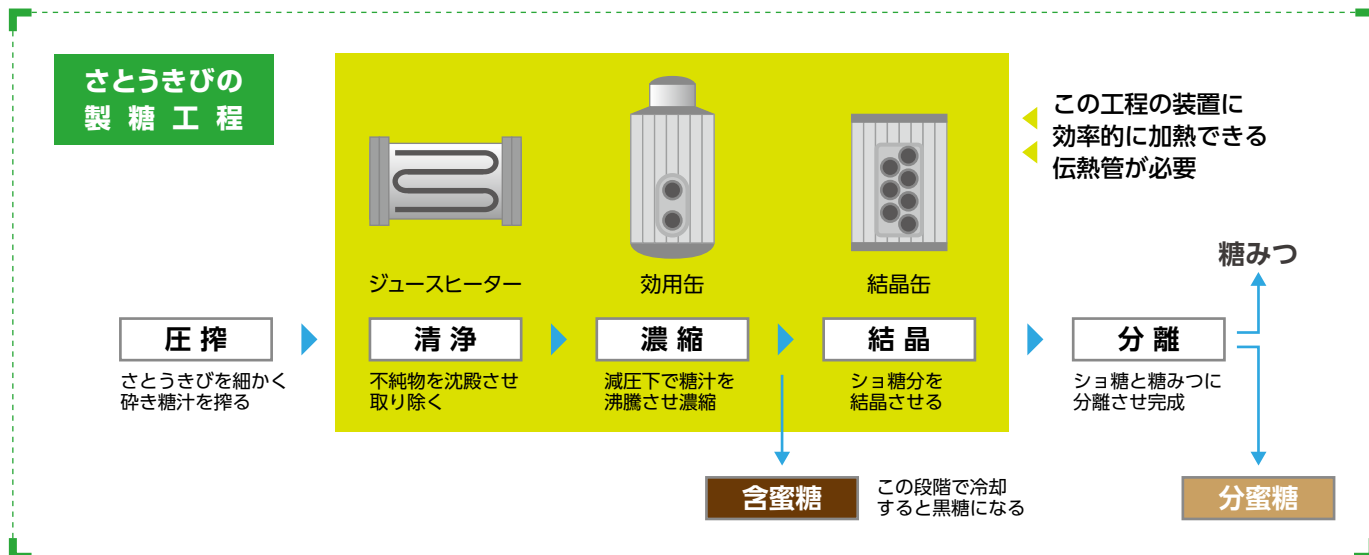


日本分蜜糖工業会
総務課長 金城 充氏



日本分蜜糖工業会
業務課長 池間 智政氏

ホールなどの問題で短期間で交換が必要になると困っている会員もいました。原因もはっきりせず、とりあえず耐久性のあるステンレスにしてはという意見も出ましたが、伝熱性を比較するとやはり黄銅の方がはるかに優れています。なんとか解決できないだろうか悩んでいた時、伸銅メーカーから、使用環境に合わせた黄銅管の採用とキュプロニッケル管の提案があったのです。そこで、伸銅メーカーに腐食の原因を探ってもらい、いかに銅合金が製糖用伝熱管に適しているかを講習会で説明してもらおうことにしたのです」



Zoom Up Copper

腐食に悩む製糖装置の伝熱管にキュプロニッケル管を採用

腐食の原因を調査し、各使用環境に適した管材選びなどの対策をレクチャー

耐食性に優れた黄銅を使用しているのに、なぜ腐食が発生しているのか。伸銅メーカーは、各工場を訪ねて腐食の原因などを調査。黄銅管の使用量に対して、腐食発生数は僅かではあったが、被害程度を考えると重大な問題であると判断し、さらに具体的な原因と対策を追求した。

その結果、各工場の使用環境により「応力腐食割れ、脱亜鉛腐食、アンモニアアタック」などが発生していたことが判明。これに対応するため、表Aの①～③の対策を講じることが肝要と言う結論に達した。また、さとうきびの刈り入れの機械化により、いままでの手作業に比べ、さとうきびと共に少なからず土砂が含まれてしまい、それを圧搾（細かく砕き、糖汁を搾る工程）していたことが、管内汚れの原因とわかった。

管内が汚れると伝熱性が落ちたり、

腐食の遠因ともなるため、工場では頻繁に洗浄を行っている。その際使用するブラシの毛足は、短毛より長毛の方が摩耗度合いが低いことも明らかとなった。

「黄銅管を使うにしても使用環境に適した規格のものを選ぶこと。さらに劣悪な使用環境の場合は、キュプロニッケル管の使用を検討するなど、ケースバイケースの判断が大切ということでした。こうした調査報告と説明を講習会で行ってもらい、各工場の製糖現場にどのような管材が適しているかを、具体的な表Bにして、わかりやすく説明してもらいました。これを機に会員の多くが、ジュースヒーター、効用缶、結晶缶などの製糖工程の各装置の管材を更新する際に、黄銅管の管種変更やキュプロニッケル管への切り換えをはじめたのです」

表A 腐食内容と対策

① 応力腐食割れ	適切な熱処理により残留応力を除去した黄銅管を使用。
② 脱亜鉛腐食	亜鉛含有量20%以下(例C2400)の黄銅管を選定。
③ アンモニアアタック	銅ニッケル系合金(キュプロニッケル)を選定。

※銅合金管内面の摩耗抑制には、長毛ブラシの使用が有効。

表B 製糖用伝熱管腐食発生状況と推奨材

製糖工場	現状使用材質	確認された腐食			推奨材	
		応力腐食割れ	脱亜鉛腐食	アンモニアアタック	材質	推奨理由
A	C2700	—	●	—	C2400	亜鉛含有量小
B	C2600 C2700	●	●	—	C2700	残留応力除去
					残留応力除去品	
C	C2700	●	—	—	C2700	残留応力除去
					残留応力除去品	
D	C2600 C2700	●	●	—	C2700	残留応力除去
					残留応力除去品	
E	C2600	●	●	●	C2400	亜鉛含有量小
					C2700	残留応力除去
F	C2700	●	●	●	C2700	残留応力除去
					残留応力除去品	
					C7060	耐食性良好
					C7060	耐食性良好

9/1キュプロニッケル管

LOOK! さとうきび栽培を安定させた世界有数の地下ダム



沖縄製糖株式会社 専務取締役 工場長 砂川 玄悠氏

現在、国内で生産される砂糖の原料は年間約81万t。そのうち約7万tが沖縄産で、北海道、鹿児島に次いで多い。「いくらさとうきびが沖縄の気候に合う作物と言っても、水をきちんと確保できなければ安定した栽培は難しい」と沖縄製糖株式会社 専務取締役 工場長の砂川 玄悠氏。

宮古島には年間約3.6億tもの雨が降るが、水を通しやすい琉球石灰岩層のため、約1.4億tが地下水となり海へ流れ出てしまい、慢性的な水不足に悩んでいた。そこで地下にコンクリートの壁を築き、福里に貯水量約1050万t、砂川に約950万tと世界有数の地下ダムを建造した。「ダムから汲み上げた地下水は、島内に6カ所あるファームポンドと呼ぶ巨大な貯水タンクに貯めておきます。そこからパイプで各畑に配水し、設置したスプリンクラーで必要な時に散水することができます」



Zoom Up Copper

腐食に悩む製糖装置の伝熱管にキュプロニッケル管を採用

それぞれの工場に最適の管材を選択し より効率的な熱伝導と耐久性を実現

さとうきびの収穫は秋から冬で、夏場の工場では製糖作業を行わず装置をメンテナンスする時期にあたる。これは装置内部が見られるまたとない機会だと、翌日は、宮古島と伊良部島の会員工場を案内いただくことにした。

宮古製糖株式会社の城辺(ぐすくべ)工場では、清浄工程のジュースヒーターに、伊良部工場では、搾り汁を濃縮する5基の効用缶にキュプロニッケル管を使用している。

2つの工場の装置の中を見せていただいたが、配管された姿はまるで蜂の巣のようだ。

「黄銅管を効用缶に使用していた

時は、ピンホールが発生し短期間で変えなければなりませんでしたが、提案通りキュプロニッケル管のJIS H3300 C7060に切り換えて2年経ちましたが、なにも問題はありません」と取締役総務部長の饒平名(のひな)健二氏と工務部製造課課長の砂川勝哉氏。

「ジュースヒーターには、ステンレス管を使っていましたが、いまは効用缶と同じ規格のキュプロニッケル管を使っています。製糖装置の伝熱管は、強度だけではダメ。やはり伝熱効率アップには銅合金でなければ」



宮古製糖株式会社
取締役総務部長
饒平名 健二氏



宮古製糖株式会社
工務部 製造課 課長
砂川 勝哉氏

とお二人は口を揃える。

お話を伺っていると各装置に使用されている銅合金管の規格型番まで明確に出てくる。会員のみなさんも同じように把握されているのだろうか。

「以前は“新しい黄銅管がほしい”と言うだけで、具体的な規格型番までは注文していませんでした。しかし伸銅メーカーから“各工場で製造工程も条件も違うのだから、それぞれの環境に合った規格製品を正しく使用すれば、より長持ちするし効果も高くなる”と聞き、会員に向けてJIS規格の講習会を実施してもらいました」。

日本分蜜糖工業会の中には、製糖技術や設備に関する最新情報を会員に広める製糖技術研究会があり、砂川氏は、運営委員長を勤めている。

「講習を受けてから会員の意識も変わり、みんな一所懸命に勉強して、自分の工場・装置に合った規格の銅合金管を注文するようになりました(笑)。まだ経過を見ながらですが、キュプロニッケル管には十分手応えを感じていますよ」とお二人は結ばれた。



▲宮古製糖(株)の城辺工場のジュースヒーター

直径38mm×長さ3,656mmのキュプロニッケル管を352本使用している。



▲宮古製糖(株)の伊良部工場の効用缶

1基につき直径50.8mm×長さ1,586mmのキュプロニッケル管を798本使用。
5基で計約4,000本にもなる。

