

UDC 66.04046:661.321.3

## スチームチューブドライヤーによる重曹の焼について

利 光 極

西 村 義 毅

## The Calcination of Sodium Bicarbonate with Steam Tube Dryer.

Itaru Toshimitsu  
Yoshiki Nishimura

In September, 1956, Toyo Soda installed a Steam-tube Dryer, imported from the United States, to decompose sodium bi-carbonate at the Solvay process plant. This report deals with the working of the apparatus on the basis of records of its actual working in the past two years, and presents a comparative appraisal of the new and the old equipments.

## まえがき

従来わが国のアンモニアソーダ工業では重曹の焼工程において、間接加熱式回転乾燥機（重油、石炭、または発生炉ガスによる）が用いられていたが、最近スチームチューブドライヤー（STDと略記す）がアメリカより導入されるに至り、当工場も31年秋これに切替えて使用するようになった。STDはアメリカではすでに50年以上の歴史を持つ最も代表的な間接加熱乾燥機であり、ソーダ灰製造装置も約20年前より逐次STDに置換えられ安価に天然ガスのえられる小数の例

外を除いて、ほとんどこれにかわっている。わが国にSTDが導入されて以来、期間的には短い能力、熱効率および操作面などに非常な特長があり、劃期的な意味のあるものとして、ソーダ工業では競ってこれを採用し、現在では各工場ともほとんど操業している。当工場における試運転も当初に若干の問題はあったが短期間に解決し、現在ではほぼ予想通りの満足すべき状況で運転されている。よってSTDの紹介をかねてわれわれの試運転結果に基づいて、この報告を行うこととした。

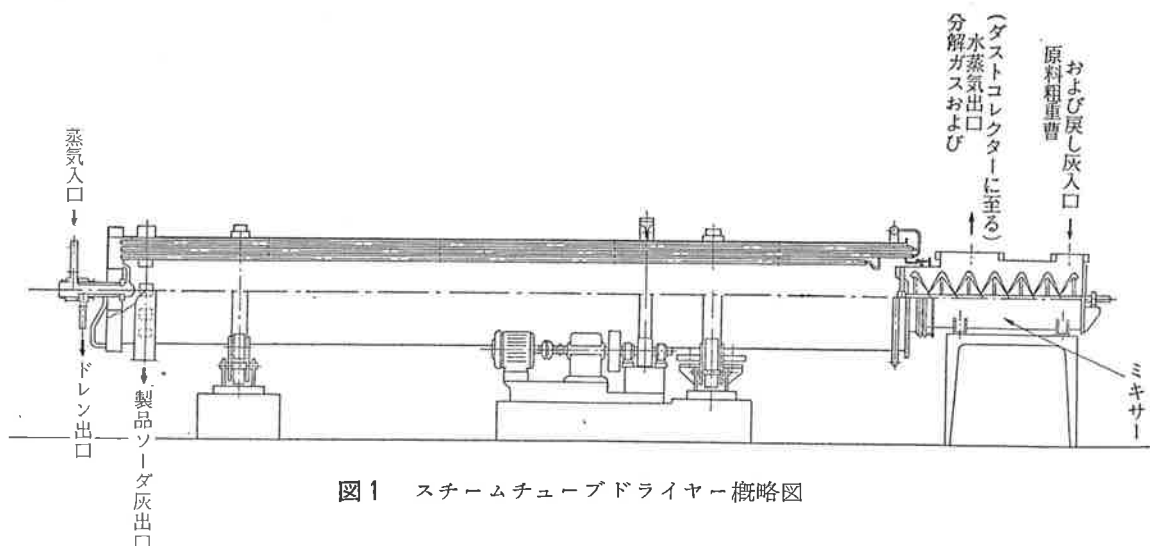


図1 スチームチューブドライヤー概略図

## 2. STDの構造および特質

## 〔1〕STDの構造

STDは京大桐栄氏<sup>1)</sup>の乾燥装置の分類によれば材料攪拌型—伝熱加熱攪拌型—回転多管束乾燥装置であ

るといえる。

STD本体は図1に示すように、内部に多数の蒸気管を備えた回転円筒型乾燥機である。乾燥機は乾燥製品排出側にわずかに傾斜しており、蒸気管は乾燥機の全長にわたって同心円状に1~3重に配列され、乾燥

機とともに回転するが、必要に応じてフィンをつけることもある。湿った原料は円筒の一端より投入され、乾燥機の傾斜と回転により移送されながら乾燥され、排出端近くの円筒周辺の取出口より排出される。

蒸気管はすべて原料排出端のマニホールドで円筒に固定、他端は熱膨張可能な構造にして、これらの集合環より常時わずかに不凝縮ガスを抜く、水蒸気はマニホールドに連絡したスチームネックを経て排出される。

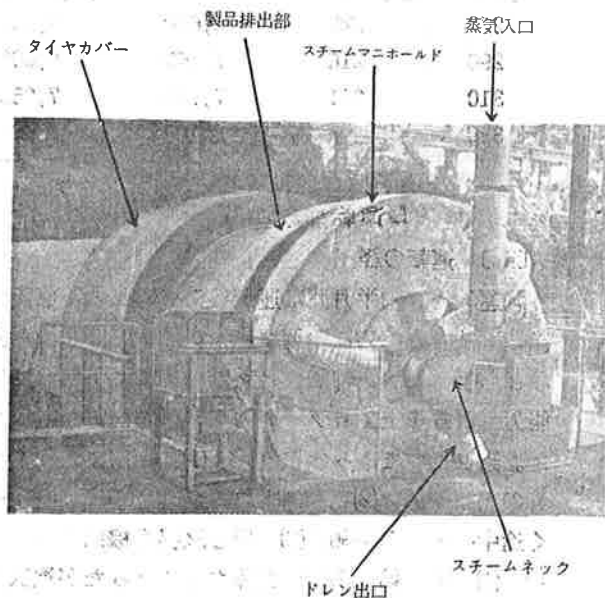
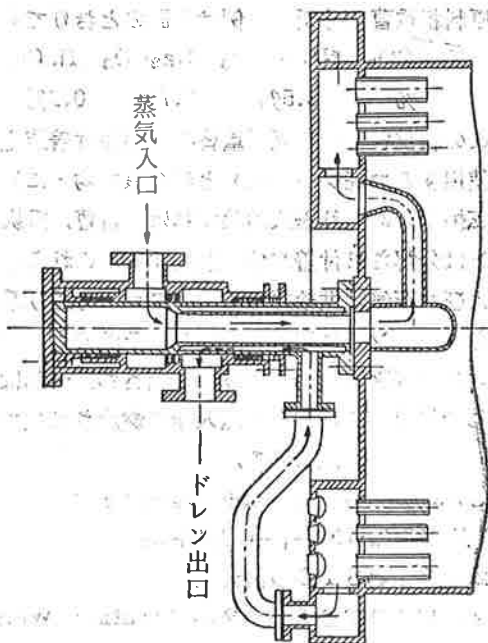


図2 スチームマニホールドおよびスチームネック図面

る。マニホールドおよびスチームネックは、図2(次ページ)に示す。

蒸発した水分は供給端より除かれ、必要に応じてダストコレクターなどを経て系外に排出される。

またSTDの材質について付言すれば、一般的には軟鋼であるが、腐食性のものには総ステンレス鋼またはアルミニウム(セルは内張)も使用されているという。



(2) STDの特質 (1) STDの特長としてつぎのことがあげられる。  
 (1) 処理量の大きいこと。蒸気管にフィンをつけることによる加熱面積の増大と、蒸気凝縮熱利用のため総括伝熱係数(Uと略記す)が大きいことなどによる。General American社カタログによれば、最大のものは径10ft、長さ100ft、加熱面積2100m<sup>2</sup>以上といわれ、総伝熱量も21,000×10<sup>3</sup>kcal/hrといわれる。Perryのハンドブック<sup>2)</sup>に述べられている同じ乾燥温度と乾燥機容積を基にした場合の能力の比較は約次のとおりである。

直接型	1.0	間接直接型(2重円筒)	1.35
間接型(熱ガス)	0.7	STD	3.0
(2) 熱効率の高いこと。蒸気の潜熱のみを利用するためドレンをボイラーに返えして熱回収を計れば熱効率は非常に高い。同じPerryのハンドブックによれば熱効率はつぎのとおりである。			
直接型(高温)	55~75%		
直接型(蒸気加熱空気)	30~55%		
間接直接型(高温)	75~85%		
間接型(熱ガス)	40~65%		

STDは75~90%

(3) 運転管理の容易なこと。多くの乾燥機は投入量を一定にして、被乾燥物質の製品温度により熱源の調節を行っているが、STDは乾燥機能力の限界内では、製品温度は蒸気圧力によりほとんどきまり、投入量には関係が少ない。投入量とその含有水分の変動に対して蒸気凝縮量が比例して増減するだけで製品温度はほとんど変わらず、一種の自動調節機構を備えた形になっている。また蒸気加熱であるため、温度上昇による製品変質の心配もなく、製品温度の変動も少ない。

(4) ダストの多い粉状物質または溶剤回収に適当  
 STDは間接加熱乾燥機であるので円筒内のガス速度が小さく、したがってガスに伴うダスト量も少なくこの回収装置は簡単になる。また温度は一定以上にあがることなく、溶剤回収に適している。

(5) 多くの場合非常に経済的な乾燥機である。以上(1)~(4)で明らかのようにSTDは燃料費、人件費、補修費ともに少ないので、多くの場合も経済的な乾燥機といわれる。

この反面つぎのような欠点がある。

(1) 構造やや複雑なこと。直接またはほかの間接乾

燥機に比較すると構造がやや複雑である。

(2) 経済的設備としては、残留水分の減少率に制限がある。

### 3. 粗重曹力焼とSTD設備の概要

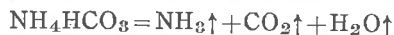
#### 〔1〕粗重曹の力焼について

従来粗重曹の力焼には、重油、発生炉ガス、または石炭を熱源とする間接加熱回転乾燥機が、多く用いられてきた。

原料粗重曹の分析の一例は下記のとおりである。

NaHCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaCl	H <sub>2</sub> O
77%	3.5%	6.7%	0.2%	12.6%

この粗重曹を戻し灰（重曹の加熱面付着防止のために使用する力焼ソーダ灰）と混合機で均一に混合して回転炉の一端より送入加熱すれば、重曹、重炭酸アンモンは分解され付着水分も蒸発する。これら分解ガスおよび水蒸気は供給端よりサイクロンを通り系外に排出され、アンモニア、炭酸ガスはそれぞれ回収される。ソーダ灰は排出端より取り出され、一部は戻し灰として使用する。燃料は送入端で燃焼され熱ガスは乾燥原料と並流に送られる。



#### 2. 当工場STD設備計画

当工場のSTD設備は米国 Struther Wells 社より購入の図面に基づくもので、その仕様の概要は表1のとおりである。蒸気はわずかに過熱された状態で供給され排出されたドレンはドレンタンクを経て、フラッシュタンクに至る。ここで 2kg/cm<sup>2</sup>(g) に減圧、発生した蒸気はプロセススチームとして使用し、ドレンはボイラーに返すように計画した。

表1 STD仕様概要

ソーダ灰生産量	300t/d
原料水分含有量	15%
製品水分(最大)	0.5%
戻し灰循環量	1 : 1
製品温度	216°C
蒸気圧力	32kg/cm <sup>2</sup> (g)
蒸気温度(飽和)	238°C
蒸気使用量	18.2t/h
ドライヤー内径	8ft
ドライヤー長さ	60ft
回転数	6.7 prm.
ドライヤー勾配	1/96
駆動電動機	90hp
加熱面積	1,095m <sup>2</sup>
フィンチューブ	4½", 3", 2½", 各36本と同心円状に配列

フィン寸法 幅16m/m, 厚さ6m/m, ピッチ36m/m, ラセン状に取付

フライバー 幅50m/mのもの円筒軸方向に36本ダストコレクターおよびミキサー附属

表2 STD能力と製品温度

UΔt 関係表

ソーダ灰生産量	製品出口温度	総伝熱量	UΔt
t/d	°C	10 kcal/h	kcal/h・m <sup>2</sup>
270	221	6,640	6,050
290	216	7,250	6,600
310	211	7,750	7,050
330	205	8,100	7,400

### 4. STD運転成績の概要

#### 〔1〕運転の経過

試運転当初約半月間は運転員の不慣れと一部設備機器の不具合のために順調な運転ができず、整備手直しなども行ったが、時間とともにいずれも解決して生産能力も計画を上回りソーダ灰340t/dを記録するに至った。当初不調であった機器は (1) 回収ガス圧力調節計の調整困難 (2) ダストコレクターからの飛散灰多く途中の配管の閉鎖 (3) 戻し灰混合機内の重曹の固着 (4) 製品輸送系統の故障などであったが逐次解決した。

未解決の点及び問題点をあげると

(ア) ダダストコレクターからの灰の飛散

現在もソーダ灰生産量の約8%の飛散灰があり、これは途中のダクトに洗浄液を循環スプレーして捕集回収しているが、この飛散灰をなくするために、高性能の捕集率が得られるような、設備を研究中である。

(イ) 戻し灰混合機内の重曹の固着及び羽根の腐食混合機内の重曹の固着は、未だ発生し、羽根の腐食も甚だしく運転上の、難点の大きい原因の一つとなっている。これらについても目下対策を検討中である。

(ウ) その他、スチームネック中のカーボンパッキン、ドレンのフラッシュ部の摩耗等があるが、定期的に更新する事で一応解決している。

また、蒸気原単位、残留水分などもほぼ予想どおり、または予想を上回る成績を示しており、故障もきわめて少なく、満足すべき結果となっている。つぎに使用したSTDの能力、熱効率、その他についての運転成績を従来の間接加熱重油燃焼炉と比較しつつ簡単に述べてみたい。

#### 〔2〕乾燥機能力と製品温度

当工場のSTDはソーダ灰300t/dとして設計されたものであるが、実際には設計を上回る能力で運転でき

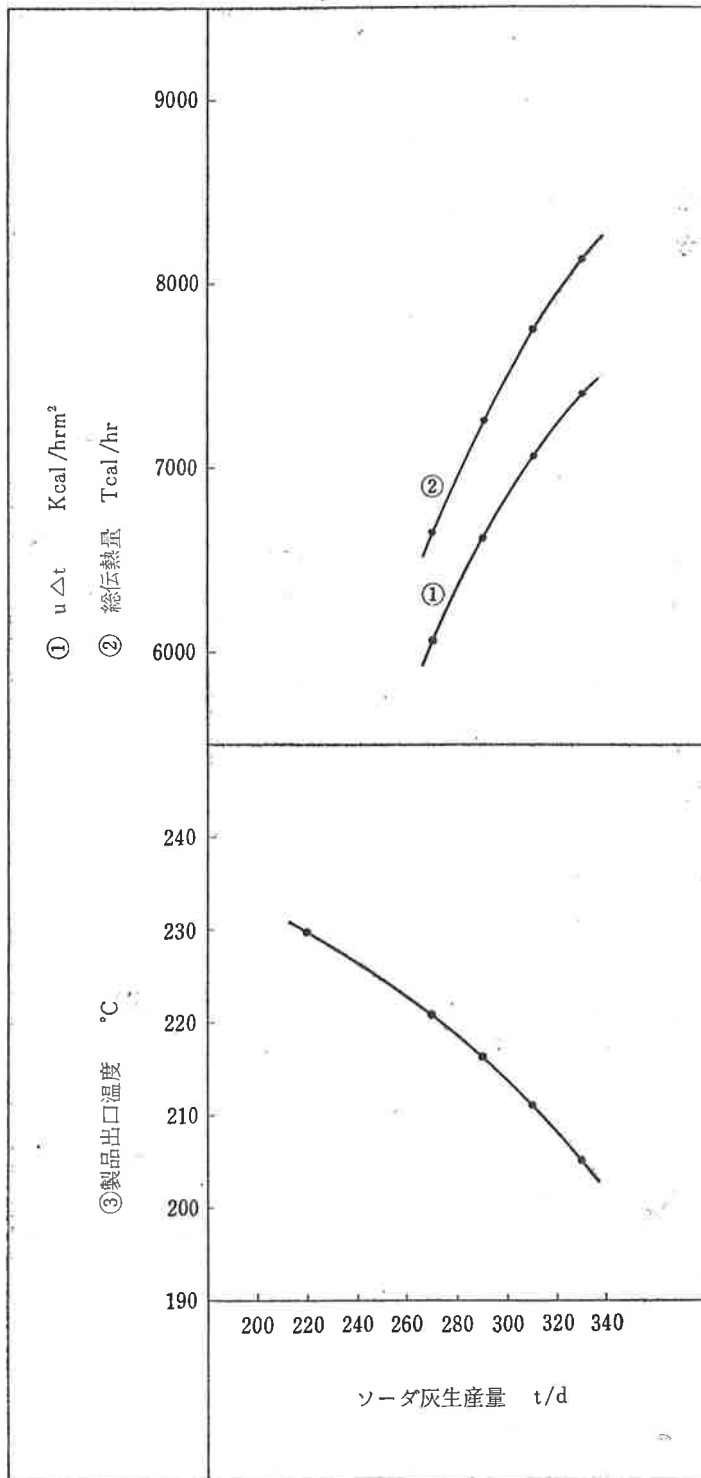


図3 乾燥機能力と製品温度、 $u\Delta t$ 関係図

た。図3および表2は乾燥機能力と製品温度などの実績を示す。この表で明らかのように処理量の増大は製品温度の降下となり、その許容限度が能力の限界と考えられる。

本乾燥機の場合、製品温度205°Cを限度とすれば能力はソーダ灰330t/dとなる。

$U\Delta t$ , いかえれば、単位表面積当りの伝熱量は6240~7360kcal/h・m<sup>2</sup>となり、Perryのハンドブッ

クに149°Cの蒸気を使用したとき、乾燥物質に対し810~5420kcalh./m<sup>2</sup>といているのに比較すれば、大きな値を示している。このことはBill<sup>3)</sup>のいうようにSTDの能力は高圧蒸気の使用により、大幅にあがることを意味するものと思う。

従来の重油燃焼炉の能力は径6ft., 長さ54ft.の場合、ソーダ灰54t/dであった。本STD1基はこの重油燃焼炉6基に相当し、同じ容積に対する比能力は重油炉1に対してSTD2.8となる。

〔3〕 熱効率および燃料費

STDの熱効率を求めた結果、輻射などの熱損失はわずか8.9%にすぎず、広義の熱効率(輻射などの熱損失のみを控除しソーダ灰、ガスなどの顕熱は有効熱量とした場合)は91.1%に達しており、狭義の熱効率(有効熱量は重曹などの分解熱と、水分の蒸発潜熱のみとした場合)でも76.5%になった。STD自体の熱効率はこのように高いが、熱源に蒸気を使用するため、重油または石炭の直接燃焼の場合と比較する場合は、ボイラーを含めた総合熱効率を考える必要がある。今ボイラー熱効率80%, 蒸気管およびドレン配管の輻射漏洩熱損失を5%とすれば総合熱効率  $n = 91.1 \times 0.80 \times (1 - 0.05) = 69.2\%$  となる。

重油燃焼炉の場合は、広義の熱効率63.6%, 狭義の熱効率は51.5%に過ぎず、STDより低かつた。特に当工場においてはボイラー炭には低品位灰を使用しており、低品位炭は重油に比較して、カロリー当りの単価はかなり安いのでさらにSTDの方が有利となる。

〔4〕 運転の難易

従来の重油燃焼炉では、わずかの粗重曹の水分および投入量に対しても、必ず重油バーナーの調節を行う必要があり、かつこの調節は手動で行うために製品温度の変動範囲を±15°C以内に納めることを基準としていたが、この範囲を外れることもあった。STDの場合は前述の

ように、原料水分、投入量の変動に対して人為的に調節の必要なく、かつ製品温度の変動は投入量10%の変動に対し、わずか10°C以内である。

また分解ガス中のCO<sub>2</sub>は、つぎの工程に使用するためにできるだけ高濃度で取り出す必要があるが、STDは大容量のため基数が少なくすむので、外部からの空気の漏洩が少なく、容易にCO<sub>2</sub>濃度93~94%まで上昇し得た。従来の炉ではここまで上昇させることには困

難を感じていた。

その他、蒸気加熱であるため、停電時でもセルの局部過熱の恐れがなくなるなど、運転面では著しく改善された。

#### 〔5〕 滞留時間および保有量

乾燥機内部の滞留時間を求めるには、実際には蒸気管、チューブサポートなどあり複雑であるが、単純に考えてPerryのハンドブックですすめている Sullivanの次式による。

$$\theta = \frac{0.19 \times L}{N.D.S.} = \frac{0.19 \times 60}{6.7 \times 8 \times \frac{1}{6}} = 20.4 \text{ (min.)}$$

$\theta$  : 乾燥機内部の滞留時間 (min), L : 乾燥機長さ (ft), N : 回転数 (r.p.m.), D : 乾燥機直径 (ft) S : 乾燥機勾配 (ft./ft.)

乾燥機内部のソーダ灰保有量は、生産量300t/d戻し灰1t/t製品、見掛け比重0.5とすれば8.5tまたは17m<sup>3</sup>となる。チューブを差引いた乾燥機容量を73.7m<sup>3</sup>とすれば保有量は乾燥機容量の23%となる。実測値もほぼこれに近い数字となり、Perryのハンドブックの5~15%と喰い違う結果となった。このことは上述のように原料粗重曹の附着性により、1:1の割合で戻し灰を使用することに起因すると思われる。

〔6〕 乾燥機内のガス速度とダスティング粗重曹カ焼においては乾燥機内部のガス速度を考えるに、大部分のガスは分解および蒸発によって発生するので排出端ではほとんどなく、供給端に近づくにつれて加速度的に増大する。今ソーダ灰300t/d生産のときの供給端におけるガス速度を求めると、乾燥機内部の断面積は、チューブおよび乾燥物質の占める断面積を除けば約3.1m<sup>2</sup>、発生ガスは10.7t/hであるから、ガス質量速度は3,460kg/h.m<sup>2</sup>、ガス速度1.2m/secとなり、大きな数字を示している。またソーダ灰中にはかなり細かい粒子もあるので、ダスティングは相当に多くこれはダストコレクターおよび洗浄塔で回収している。従来の重油燃焼炉の場合、ガス質量速度850 kg/h.m<sup>2</sup>、ガス速度0.36m/sec.であり、このためダスティングも非常にわずかであった。この点がSTDに切換えて唯一の不利な点となっている。

#### 〔7〕 STDと間接加熱重油熱焼炉の比較

以上STDと重油熱焼炉との主な差異について比較したが、これ以上に運転人員、据付面積、設備費、動

力費などにも差異あり、今ソーダ灰生産量300t/dとして比較表をつくれれば表3のとおりである。

表3 STDと重油燃焼炉比較表  
(ソーダ灰300 t/D)

乾燥機寸法	STD 径8 ft × 長さ60 ft	重油燃焼炉 径6 ft × 長さ54 ft
必要基数	1 基	6 基
製品t当り 燃料原単位	蒸気1.31t	重油 90t
熱効率(広義)	91.1%	63.6%
〃 (狭義)	76.5%	51.5%
運転操作	簡単	やや複雑
ダスティング	やや大	小
ガス質量速度	3,460kg/h.m <sup>2</sup>	850kg/h.m <sup>2</sup>
必要据付面積 (輸送設備共)	420m <sup>2</sup>	720m <sup>2</sup>
必要設備動力 (〃)	144hP	284hP
必要設備費比率 (〃)	100	170
運転所要人員 (1直)	3 人	6 人

## 5. むすび

上述のようにアンモニアソーダ工業では重曹カ焼工程において、STDを採用することにより、従来の重油燃焼炉に比して著しい進歩を遂げた。STDは米国においてはソーダ灰製造のごとき30kg/cm<sup>2</sup>程度の高圧蒸気の使用はむしろ例外であり、多くは10kg/cm<sup>2</sup>以下で広く使用されているということである。わが国においても今後広い分野において、応用検討されるべき乾燥装置であろう。

附記 則本報告を発表する機会を与えられたことに對し岩谷前製造部長、今村前研究部長ならびに各種の指導、協力をいただいた方々に厚く謝意を表する次第であります。

## 参考文献

- 1) 桐柴良三: 化学工学, 17, 163, (1953).
- 2) Perry, J. H.: "Chem. Eng. Handbook" 828 ~ 833, 859 ~ 862, 3rd, Ed (1950)
- 3) Bill, C. H.: Ind. Eng. Chem. 30, 997(1938)