

耕地白糖製造法の清淨に關する研究 (第十九報)

飽充ガスの利用率に就て

濱口榮次郎・清水俊秀・謝伯東

緒 論

製糖工場に於て古くから清淨方法として用ひられた石灰清淨法即ち粗糖製造法は粗汁中に存在する膠質非糖分を凝固せしめて可及的多量に除去するのが目的である。石灰添加に依つて得られた泥狀汁は更に種々の處理に先立ち沈澱せし物質や不溶解性の石灰鹽を分別せねばならない。然し此方法に於ては、石灰添加に依つて生ずるコロイドの沈澱は非常に膨化した粘質物の塊として存在し、是を濾過及び水洗する事は全然不可能である。其處で石灰添加量を増加して之に炭酸ガスを飽充し、CaO を CaCO_3 の形態にして不純物に對する吸着表面を大ならしめると同時に糖汁の濾過を可能ならしたのが現在行はれてゐる炭酸法の起源である。従つて炭酸法に依る耕地白糖製造に於て炭酸ガス飽充の成績の良否は爾後の各製造工程に及ぼす影響が大きい。特にガスの飽充時間が遅延する時は沈澱の物理性が悪く、濾過が困難となるを以て注意を要する。

抑々ガス飽充操作に於て飽充時間の長きに過ぎる主なる原因は飽充ガスの利用率の低き點にあるが、ガスの利用率の低き原因は又次の諸點にある。

- ① 飽充ガス中の CO_2 含量の低き事
- ② 機械設備が不適當にして、汁の循環の不充分なる事
- ③ 添加石灰乳が濃厚に失する事
- ④ 汁の性質の劣等なる事

従つて飽充作業の管理者は屢々ガスの利用率を確認して飽充操作を管理し、飽充時間の短縮につとめ、よりよき濾過作業を得る様注意せねばならぬ。

近年歐洲の甜菜糖工業に於て、飽充ガスの利用率を高める目的で飽充槽にプロペラ攪拌器を設ける事が推奨されてゐる。此事は O. SPENGLER 氏に依つて初めて提唱された。氏は 1938 年 Herzberg で開催された獨逸糖業技術協會總會の席上で、適當なる攪拌機を有する飽充槽に於ては、第一飽充の炭酸ガスの利用率は 90-95% 迄得られたと報告してゐる。⁽¹⁾

飽充ガス中の炭酸ガスの利用率に關する計算式は最初 CLAASSEN 氏によつて與へられ、次式で表はされた。⁽²⁾

$$\text{炭酸ガスの利用率} = 10^4 \cdot \frac{C-c}{C(100-c)} \dots\dots\dots (1)$$

茲に於て C は飽充ガス中の炭酸含量で c は排出ガス中のそれである。今簡單に上式の誘導法を述べて置かう。

炭酸ガス C% を含む飽充ガス 100 部は飽充の際に 100% の炭酸ガス X 部 (即ち利用された炭酸ガス) と c% の炭酸ガスを含む排出ガス (100-X) 部に分けられる。是より次式が得られる。

$$X = 100 \cdot \frac{C-c}{100-c} \dots\dots\dots (2)$$

従つて X は飽充の際に 100 部の飽充ガスが失つた炭酸ガスの量である。而して炭酸ガスの利用率 (y) とは飽充の際に消費された炭酸ガス (X 部) の最初飽充ガス中に存在する炭酸ガス (C 部) に對する百分率であるから次式が成立する

$$\frac{C}{X} = \frac{100}{y}$$

$$y = \frac{X}{C} \cdot 100 \dots\dots\dots (3)$$

(2) 式を (3) 式に代入すれば、

$$y = 100 \cdot \frac{C-c}{C(100-c)} = \text{飽充ガス中の炭酸ガスの利用率となる。}$$

次に炭酸ガスの利用率に影響を及ぼす因子に就て述べよう。かゝる因子としては、糖汁のアルカリ度、温度及びガスと糖汁の接觸表面等が考へられる。H. CLAASSEN 氏の言に依れば、糖汁のアルカリ度が高い程、糖汁は多量の炭酸ガスを吸収し、飽充が速かである。又糖汁の温度はガスの利用率に余り影響がない様であるが稍々高い温度 (85-90°C) が良好である。⁽³⁾ 尙接觸表面に關しては O. SPENGLER 氏の意見を借りて見よう。同氏は糖汁を激しく攪拌して飽充すれば糖汁と炭酸ガスの接觸面が大となりその利用率は一層良好になると報告してゐる。⁽⁴⁾

著者等は某炭酸法工場及び亞硫酸法工場の CO₂ 及び SO₂ ガスの利用率を測定し、製造上何等かの指針を得んと試みたのである。

實驗方法

ガス採取装置

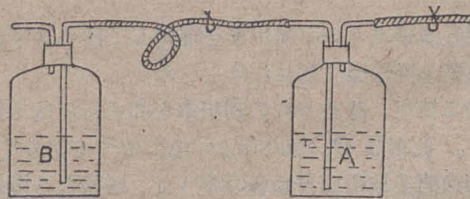


圖 1.

ガス分析に用ふる試料は 100-2000 c.c. であるが、平均した試料を得る爲、ガス採取瓶は 5 立容の瓶を用ひた。即ち上圖の如き二つの瓶をゴム管を以て連結し、A には液體を充滿する。炭酸ガスを分析する場合は液體として重炭酸ソーダ飽和溶液を用ひ、亞硫酸ガスの場合は流動パラフィンを用ひた。試料の採取に先立ち先づ B 瓶の位置を高くして A 瓶中及び附屬ゴム管に液體を充滿し、次に A のゴム管を工場の飽充ガスパイプに連結し、B の位置を低くすれば試料 (ガス) を A 中に採取する事が出来る。次に A のゴム管を分析装置に連結して B の位置を高くすれば試料を分析装置に導入する事が出来る。

ガスの濃度の分析は炭酸ガスの場合はオルザート測定器を用ひ、亞硫酸ガスの場合はライヒ氏法を用ひた。

尙上記のガス採取瓶は常に二組宛用意し、飽充ガスと排出ガスの採取に供した。

實驗結果 1.

第一炭酸飽充に於ける炭酸ガスの利用率

本測定を行へる第一炭酸飽充槽は充填塔式であつて、内部には攪拌装置を設備して居らぬ。飽充作業中の糖汁のアルカリ度は 420 mg CaO/l を標準として居る。今測定結果を示せば次の如くである。

第一表
第一炭酸飽充

飽充ガス中の CO ₂ % = C	排出ガス中の CO ₂ % = c	利 用 率 $y = 10^4 \frac{C-c}{C(100-c)}$
19.7	9.3	53.2
20.5	9.8	53.9
21.7	10.1	59.4
24.1	11.3	59.8
24.7	11.4	60.8
25.2	11.6	61.1
26.5	11.8	62.9

上表より本炭酸法工場の第一飽充に於ては炭酸ガスの利用率は 58.2-62.9% であつて、飽充ガス中の CO₂ % が約 7% 上昇すると炭酸ガスの利用率が約 5% 高い値を示してゐる。即ち本工場の第一飽充に於ける CO₂ の利用率は飽充ガス中の CO₂ % に比例する事が分る。

CLAASSEN 氏は甜菜糖の製造に於て飽充槽内のアルカリ度に影響される CO₂ の利用率に就て次の如き數字を示してゐる。⁽³⁾ 即ち第一飽充槽のアルカリ度は 1500-2000 mg CaO/l にして、そのガスの利用率は 60-70% である。又第二飽充槽に於てはアルカリ度が

800-1000 mg CaO/l にしてその CO₂ の利用率は 50-55% であり、若しアルカリ度が 400-500 mg CaO/l に下れば CO₂ の利用率は 40-45% に低下する。

甘蔗製造に於ては第一飽充のアルカリ度は甜菜糖の場合よりは一般に低い。然し甜菜糖製造と甘蔗糖製造を比較するに、其他充方法が全然異つてゐて同一視する事は出来ない。即ち甜菜糖の場合には所要石灰の全量を一度に加へて、最後に所期の終末アルカリ度に達せしめるが、甘蔗糖に於ては所謂ドハーンス式に従つて石灰添加とガスの飽充は同時に行ひ、常に 400 mg CaO/l のアルカリ度を保持する。従つて甘蔗糖の場合には一定濃度の石灰を一定濃度の CO₂ を以て中和するのであるが、甜菜糖の場合は一定濃度の CO₂ に對して飽充の初期には多量の石灰が存在するが、終末に於ては過剰の石灰を含まず、従つて飽充の全期に亙つてアルカリ度が不平均である。此點より甘蔗に於ける CO₂ の利用率は甜菜糖に比し、必ずしも低くない事が了解せられる。

實驗結果 2.

第二炭酸飽充に於ける炭酸ガスの利用率

本測定は前記の工場に於て行つた。飽充槽の様式は充填塔連続式であつて、飽充の管理は 60 mg CaO/l のアルカリ度を標準としてゐる。測定結果を示せば第二表の如くである。

第二表
第二炭酸飽充

飽充ガス中の CO ₂ % = C	排出ガス中の CO ₂ % = c	利用率 $y=10^4 \cdot \frac{(C-c)}{C(100-c)}$
19.7	9.3	57.7
20.0	9.6	57.5
20.4	10.3	54.9
20.6	10.1	54.8
22.7	11.4	54.6
24.6	12.3	57.0
25.2	12.6	57.2
26.6	13.1	58.4

第二表より第二炭酸飽充に於ては CO₂ の利用率は第一飽充に比して少々低い値を示して居る事が分る。是は飽充槽内のアルカリ度の相違に依るものと考へる。又第二飽充に於ける CO₂ の利用率は飽充ガス%に比例せず。區々な結果を與へてゐる。此原因は恐らく本工場の作業様式(連続飽充)に歸因するもので、炭酸ガスと汁の接觸が一定せざる結果ではあるまいかと考へる。

本工場の第二炭酸飽充に於ては、終末アルカリ度が低いにも拘らずその CO₂ の利用率は少々良好であるが、是は主として飽充槽の適否に歸せらるべきであつて、本工場の第二飽充槽の構造が少々適當であると考へる事が出来る。かゝる觀點に立脚して SPENGLER

氏の推奨するプロペラ攪拌機の使用は、CO₂ ガスの利用率を高める有効な手段であると考へられる。もつとも攪拌機の設置に當つては、プロペラの廻轉數、形狀及び附屬設備に充分の注意を拂はなければ、充分満足の出来る結果を得る事が困難であると信ずる。

實驗結果 3.

亞硫酸ガスの利用率の測定

測定を行へる本工場の飽充槽は、攪拌機及びガスと液體の流動を調整するための内圓筒を設備してゐる。而して飽充中は石灰乳の添加とガスの導入を同時に行ひ、糖液の反應は中性を保つ如く管理す。此飽充槽につき亞硫酸ガスの利用率を測定し次の結果を得た。(第三表)

第三表
亞硫酸ガス飽充

飽充ガス中の SO ₂ % = C			排出ガス中の SO ₂ % = c			利用率 %	攪拌機	液の高さ m		
流出水量	ヨード溶液	SO ₂ % = C	流出水量	ヨード溶液	SO ₂ % = c					
190 c.c	N/10	10 c.c	5.54	1190 c.c	N/200	2 c.c	0.01	100	有	2.78
170	"	"	6.15	960	"	"	0.01	"	"	"
160	"	"	6.51	1310	"	"	0.01	"	"	"
160	"	"	6.51	1820	"	"	0.01	"	"	"
160	"	"	6.51	1800	"	"	0.01	"	"	"
150	"	"	6.91	910	"	"	0.01	"	"	"
140	"	"	7.37	2440	"	"	0.01	"	無	"
120	"	"	8.49	2130	"	"	0.01	"	"	"

飽充ガス中の SO ₂ % = C			排出ガス中の SO ₂ % = c			利用率 %	攪拌機	液の高さ
流出水量	ヨード溶液	SO ₂ % = C	流出水量	ヨード溶液	SO ₂ % = c			
120 c.c	N/10 10 c.c	8.49	1980 c.c	N/200 2 c.c	0.01	100	有	m 2.78
120	” ”	8.49	2010	” ”	0.01	”	”	”
140	” ”	7.37	530	” ”	0.02	”	”	m 1.35
140	” ”	7.37	350	” ”	0.03	”	”	”
140	” ”	7.37	600	” ”	0.02	”	”	”
140	” ”	7.37	530	” ”	0.02	”	”	”

第三表に於ける飽充ガス中の SO₂% = C と排出ガス中の SO₂% = c を $y = 10^4 \frac{C-c}{100-c}$ なる式に代入して得られる利用率は悉く 100% になる。即ち亞硫酸飽充に於ては SO₂ の利用率は攪拌器の有無に拘らず殆んど 100% に近い事が分る。又液の高さや飽充ガス中の SO₂% は全然ガスの利用率に影響を及ぼさぬ事も明かである。是等の點は炭酸ガスの場合と甚だ異つてゐる。

是は糖汁に對する SO₂ の溶解度が CO₂ のそれより遙かに大である事に歸因するものと考へられる。今参考のために水に對する SO₂ と CO₂ の溶解度を表にして表はさう。

第四表

炭酸ガス及び亞硫酸ガスの溶解度

SO ₂ (HUDSON 氏に依る) P _{so2} = 760 mm		CO ₂ (BOHR 氏に依る) P _{co2} = 760 mm	
溫度	水 100 cc に對する SO ₂ の溶解度 (g)	溫度	水 100 g に對する CO ₂ の溶解度 (g)
10	15.39	10	0.2318
20	10.64	20	0.1688
29.9	7.58	30	0.1257
40	5.54	40	0.0973
48.15	4.39	50	0.0761
60	3.25	60	0.0576
70	2.61		

従つて亞硫酸飽充槽に攪拌機を附ける目的は、亞硫酸ガスの利用率を高める事に非ずして、SO₂ の糖液に對する溶解度が餘り大なるため、寧ろ亞硫酸ガスを均一に分布せしめて汁の反應を調理し、汁の總ゆる部分を一樣な pH 値に保たしむる事にあると推察せらる。

實驗結果 4.

次に攪拌機の有無につき、亞硫酸飽充槽の上、中、下、各部より飽充の完了せる汁を採取して、其 pH 値を測定した。實驗結果は第五表の如くである。

第五表
飽充槽内各部の反應

攪拌機 (無)	上 部	中 部	下 部
PH 値	7.258	7.061	7.140
	8.929	7.464	7.007
	7.043	7.166	7.445
攪拌機 (有)	上 部	中 部	下 部
PH 値	6.804	6.871	6.979
	7.156	7.238	7.184
	7.022	7.085	7.101

上表より攪拌機を使用せる場合には、然らざる場合に比して汁の pH 値を均一に保たしめ得る事が分る。

結 論

著者等は某炭酸法工場及び亞硫酸法工場に於て CO_2 及び SO_2 ガスの利用率を測定し、製造上何等かの指針を得んと試みた。得られた實驗結果は次の如くである。

1. 一炭酸法工場の第一飽充に於て、炭酸ガスの利用率は 58.2-62.9% であつて、飽充ガス中の $\text{CO}_2\%$ が高い程その利用率が高い値を示した。
2. 甘蔗糖工場の第一炭酸飽充は、甜菜糖工場のそれに比しアルカリ度が低いにも拘らず、その炭酸ガスの利用率は必ずしも低くない事が分つた。是は兩者の飽充方法の相違に依つて説明されると考へる。
3. 第二飽充に於て得られた炭酸ガスの利用率は區々であつて、而も第一飽充に比して稍々低い値を示した。前者は本工場の作業様式（連續飽充）に依るもので、後者はアルカリ度の相違によるものと推察せらる。
4. 第二炭酸飽充のアルカリ度は低い値を示してゐるが、そのガスの利用率は稍々良好であつた。是は本工場に於ける第二飽充槽の構造がやゝ良好である事に歸因すると考へられる。
5. 一亞硫酸法工場のガス飽充に於て、 SO_2 の利用率が殆んど 100% に近い事が分つた。此原因は恐らく糖汁に對する SO_2 の溶解度が CO_2 のそれより遙かに大なる事に歸因するものであると推察する。
6. 従つて亞硫酸飽充槽に攪拌機を設備する目的はガスの利用率を高める事に非ずして、寧ろ亞硫酸の溶解度高き爲、糖汁の反應が局部的に強き酸性を呈する事を防止する事にある。

文 獻

1. O. SPENGLER: Centrbl. Z-ind. 46, 561. (1938).
2. W. PAAR: Dtsch. Z-ind. 1210. 1931
3. H. CLAASSEN: Die Zuckerfabrikation (1931). 122.
4. O. SPENGLER, St. BÖTTGER u. W. DÖRFELDT.: Wirtschaftgr. Z-ind, 87, 439 (1937)