

光束面積変化方式による色価連続測定装置

Continuous Colour-value Mesuring System by Varying Light Pass Area

山口 楠雄・桜井 正郎

Kusuo YAMAGUCHI・Masao SAKURAI

1. ま え が き

従来までの糖液等の色価測定は実験室的な off-line 測定 (吸光係数を求める方法やスタインマー比色計による方法) で行なわれてきた。しかし工場の自動化あるいは計算機制御を行なうために色価を連続的に測定することが必要となった。この目的に使用する工場計器として on-line 色価連続測定装置の研究および試作を行なったので報告する。

色価の定義——光が長さ l の媒質中を通過する時、入射光束 I_0 と透過光束 I との間には $I = I_0 e^{-\alpha l}$ なる関係がある (Lambert-Bouguer の法則)。これより

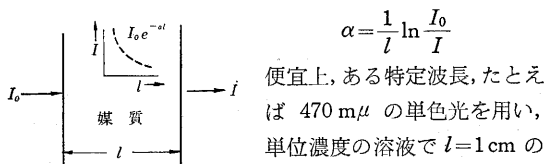


図 1 色価の定義

$$\alpha = \frac{1}{l} \ln \frac{I_0}{I}$$

便宜上、ある特定波長、たとえば $470 \text{ m}\mu$ の単色光を用い、単位濃度の溶液で $l=1 \text{ cm}$ の α を色価と呼ぶ。

2. 色価測定装置概要

図 2 のように $470 \text{ m}\mu$ のブルーフィルターを通った平行光線をハーフミラーで分け、二本の筒に通す。一方の筒は被測定液が入る測定筒で、他方は空気のように $\alpha \approx 0$ とみなせる物質が入る標準筒である。

おのおのの筒の透過光を各光電変換素子 (SBC-Silicon high sensitiv Blue Cell を使用) により入射光束に比例

した電流に変換し、その差を増幅し、サーボモータにより差がゼロになるように標準筒の絞りを動かす。この絞り開度 $K (0 < K \leq 1)$ から α が求まる。本装置は媒質中の透過光の減衰を標準筒側の光束面積変化に変換する Zero Method System である。糖液が $60^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ のため、各装置部品が高温に耐えるように設計した。半導体チョッパーと回路構成を図 3 に示す。

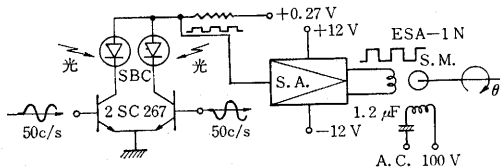


図 3 チョッパーとその波形

色価 α と開度 K との関係——測定筒内を通過した光束 I_1 は被測定液の色価を α とすると $I_1 = I_0 e^{-\alpha l}$ (1) 標準筒から出る光束 I_2 は開度を K 、標準筒内の $\alpha \approx 0$ とすると、 $I_2 = KI_0$ (2) 平衡状態では $I_1 = I_2$ になるように制御しているので

$$I_0 e^{-\alpha l} = KI_0 \quad \therefore \alpha = \frac{1}{l} \ln \frac{1}{K} \quad (3)$$

となる。 l は筒長で既知であるから log ポテンシヨにより K に対応した α が得られる。

3. 結 果

本装置は Zero Method System を採用しているが、はじめに $k=1$ の点を調整する時と色価測定時の測定筒ガラスの被測定液側境界に起こる反射が異なれば誤差が生じる。おのおのの筒に入る光束密度を図 4 のごとく I_{01} ,

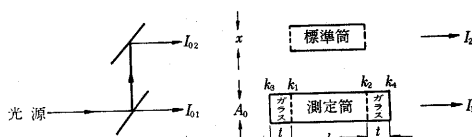


図 4 実測色価に含まれる各要素

I_{02} とし、測定筒側の $k=1$ 調整用半固定絞りの面積を A_0 とする。媒質 0 から媒質 p へ光が通過する時その境界面の透過度を k_{op} で表わし、境界面の位置を図のように数字で表わす。 $\alpha_g, \alpha_a, \alpha_w, \alpha_s$ はそれぞれガラス、空気、蒸留水、糖液の色価を表わす。 $1/2t$ はガラスの厚み、 l は筒長である。

空気を測定筒に入れ、平衡を取った時の標準筒絞りの

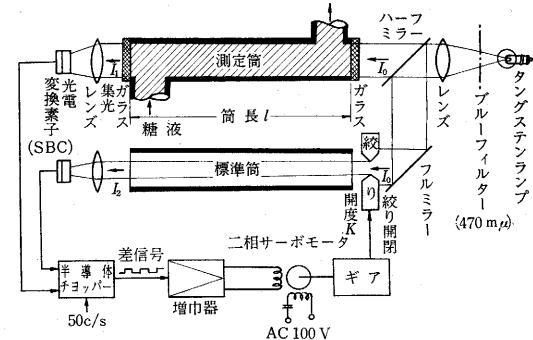
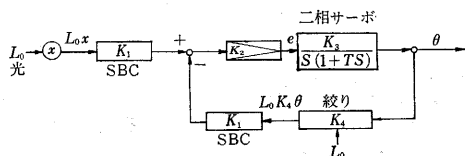


図 2 色価測定装置概要



研究速報
面積を x_a とすると

$$I_1 = k_{3a}k_{1ga}k_{2a}k_{4ga}e^{-\alpha_1 l}e^{-\alpha_2 l}A_0I_{01}$$

$$I_2 = I_{02}x_a$$

$$I_1 = I_2 \text{ より } x_a = k_{3a}k_{1ga}k_{2a}k_{4ga}e^{-\alpha_1 l}e^{-\alpha_2 l}A_0 \frac{I_{01}}{I_{02}} \quad (4)$$

蒸留水、糖液を測定筒に入れ、平衡を取った時の標準筒絞りの面積を x_a, x_w とすると、同様にして

$$x_w = k_{3a}k_{1gw}k_{2w}k_{4ga}e^{-\alpha_{w1} l}e^{-\alpha_{w2} l}A_0 \frac{I_{01}}{I_{02}} \quad (5)$$

$$x_s = k_{3a}k_{1gs}k_{2s}k_{4ga}e^{-\alpha_{s1} l}e^{-\alpha_{s2} l}A_0 \frac{I_{01}}{I_{02}} \quad (6)$$

空気を測定筒に満たした時の絞り開度 K を 1 とすると糖液の測定色価 α_{am} は $K = x_s/x_a$ であるから (3) 式より

$$\alpha_{am} = \frac{1}{l} \ln \frac{x_a}{x_s} = \alpha_s - \alpha_a + \frac{1}{l} \ln \frac{k_{1ga}k_{2a}}{k_{1gs}k_{2s}} \quad (7)$$

蒸留水を測定筒に満たした時の絞り開度を 1 とすると糖液の測定色価 α_{wm} は同様に、

$$\alpha_{wm} = \alpha_s - \alpha_w + \frac{1}{l} \ln \frac{k_{1gw}k_{2w}}{k_{1gs}k_{2s}} \quad (8)$$

ガラスの屈折率 $n_g = 1.5$ 、空気の屈折率 $n_a = 1.0$ 、蒸留水の屈折率 $n_w = 1.338$ 、糖液の屈折率 $n_s = 1.338 \sim 1.5$ であるから、 $k_{ga} = k_{ga} = 1 - \left(\frac{n_g - n_w}{n_g + n_w}\right)^2 = 0.96$ 、同様に $k_{gw} = k_{gw} = 0.997$ 、 $k_{gs} = k_{gs} = 0.997 \sim 1.0$ となり、 $k_{ga} < k_{gw} < k_{gs}$ となる。ゆえに α_{am} 、 α_{wm} は第三項が負のため l を小さくすると α_s に比べ小さくなる ($\alpha_w \approx 0$)。実測結果の図 5 にも明確に表われている。(6) 式の α_{am} に $\ln(x_w/x_a)$ を加えると (8) 式になり実測値の α_{am} もこ

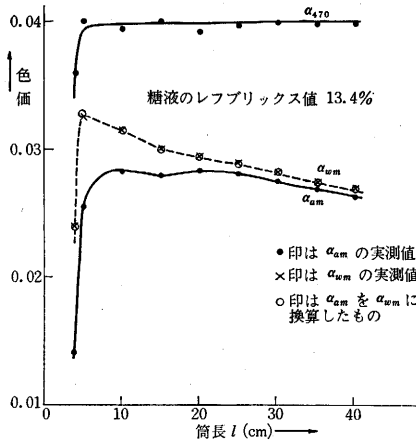


図 5 実測 $\alpha_a, \alpha_w, \alpha_{470}$

の補正を行なうことにより α_{wm} に一致させることができる。また $\frac{k_{1ga}}{k_{1gs}} < \frac{k_{1gw}}{k_{1gs}} < 1$ のため α_{wm} の方が α_{am} よりも α_s との差が小さくなる。

スペクトル分布による影響——タングステン電球、ブルーフィルター、SBC、糖液の分光特性を T_λ, BF_λ 、

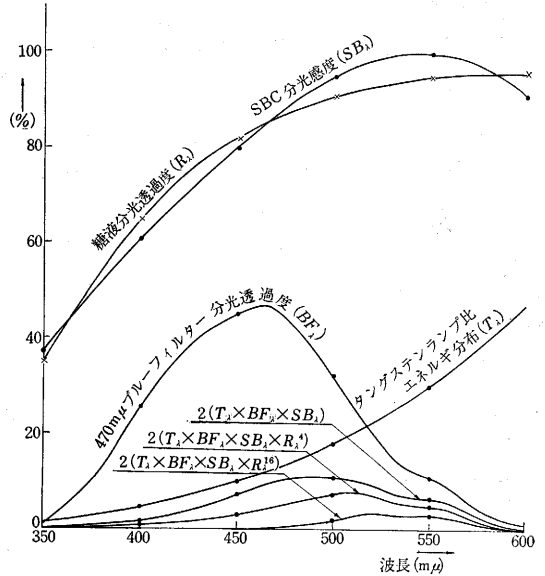


図 6 分光光度特性

SB_λ, R_λ として図 6 に示す。SBC 出力はこれらおのこの特性の、波長に対する積の面積で表わされる。蒸留水は各波長光に対して 100% 透過すると仮定すると開度 1 に対する SBC 出力 S_w は $S_w = \int_\lambda (T_\lambda \cdot BF_\lambda \cdot SB_\lambda)$ で表わされ、糖液測定時の SBC 出力 S_s は $S_s = \int_\lambda (T_\lambda \cdot BF_\lambda \cdot SB_\lambda \cdot R_\lambda)$ で表わされる。よって α_{wm} は

$$\alpha_{wm} = \frac{1}{l} \ln \left\{ \frac{\int_\lambda (T_\lambda \cdot BF_\lambda \cdot SB_\lambda)}{\int_\lambda (T_\lambda \cdot BF_\lambda \cdot SB_\lambda \cdot R_\lambda)} \right\}$$

で表わされ、定義の 470 mμ の波長における色価 α_{470} ($= \frac{1}{l} \ln \frac{1}{R_{470}}$) とは一致しない。また糖液の色価が増すと透過光の帯域が長波長側に移動するための誤差が生じる。この影響を補正すると図 5 の α_{470} のようになる。

4. 結 言

実際の測定にはガラスと糖液の境界面の影響や透過光の帯域移動による影響を補正する必要がある。またタングステンランプや SBC の分光特性の変動が測定色価の変動となって現われるためさらにこれらの検討を要する。on-line 測定が目的なので糖液の不均一性や測定筒内の乱流や泡などの影響の検討が今後の課題である。

終わりに有益なご援助を賜りました名古屋精糖株式会社各位、特に中野和哉氏、西浦隆司氏に厚く感謝する。

(1967 年 1 月 7 日受理)

文 献

- 製糖便覧 精糖技術研究会編
- 照明のデーターブック オーム社
- 山口、桜井 東京大学生産技術研究所電気談話会報告 VOL. 16 No. 22 Dec. 8, (1966).