

ソ連における多成分系蒸留の研究

内山 久*

この摘録は手もとにあるソ連の雑誌中から1960年以降1969年のNo.0号位までの多成分系蒸留の研究を摘録したものである。蒸留計算や理論を主体としたので、工業的応用例の記載ははぶいた。

原誌名とその略号は次のとおりである。

IVUZ., Khim. Khim. Tekhnol. (Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniĭ, Khimiya i Khimicheskoi Tekhnologii)

IVUZ., Neft i Gaz (Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniĭ, Neft i Gaz).

Khim. Prom. (Khimicheskaya Promyshlennost).

Khim. Tekhnol. Topliv i Masel (Khimiya i Tekhnologiya Topliv i Masel).

Teor. Osn. Khim. Tekhnol. (Teoreticheskie Osnovy Khimicheskoi Tekhnologii).

Zh. Prikl. Khim. (Zhurnal Prikladnoi Khimii).

A. 蒸留計算

- (1) 数値計算機による沸点の近い成分の蒸留計算。

Platonov, V. M., B. G. Bergo, Ya. D. Monko, B. O. Kogan: Khim. Prom., No. 8, 656~660(1960).

o, m, p-Xylene + Ethylbenzene 系についての計算例。100段、計算時間2分、棚による組成分布。

- (2) 成分の相互の溶解度に制限のある3成分系混合物の精留過程の研究。Aerov, M. E., G. L. Motina: Khim. Prom., No. 5, 368~372(1962).

化学工学誌蒸留レビュー(第7号, 1963)で広瀬氏が紹介。Isopropyl alcohol + Diisopropyl eth-

er + H₂O系。

- (3) 精留過程における理論段数の解析的計算法。Susanov, E. Ya.: Zh. Prikl. Khim., **35**, No. 2, 366~370~(1962).

非平衡向流中における組成分布法則を示す式。隣接棚上における組成分布の計算、理論段数 N の簡単な計算式、各還流比における理論段数と最小理論段数 N_m の簡単な関係式。*o, m, p*-Xylene + Ethylbenzene系についての計算例。

- (4) 多成分混合物を精留する場合の分離製品の組成と還流比。Susanov, E. Ya.: Zh. Prikl. Khim., **35**, No. 2, 371~377(1962).

- (5) 多成分精留過程の近似計算法について。Bergo, B. G., V. M. Platonov: Khim. Prom., No. 7, 516~519(1962).

従来の近似計算法の検討計算と批判。R. I. Hengstebeck の方法が最良。近似計算法は塔の高さに沿っての蒸気と液の流量が一定であるという仮定が実際と一致しない。

- (6) 塔の作業データを用いる多成分混合物の精留過程の数学的模型の作成。Zykov, D. D., V. P. Maikov, V. A. Nikitin, A. G. Trebin: Khim. Prom., No. 12, 889~894(1963).

組成分布計算式、効率 η^+ と η^- の式。Benzene + Toluene + Ethylbenzene + Styrene 系で泡鐘棚塔についての計算例。 $\eta(V/L)^{0.3}$ と V の関係図、 $[n_m]/[n_m]_{max}$ と L^+ の関係図(パラメータはFeed量)、 $[n_m]/[n_m]_{max}$ と供給段の関係図。 $[n_m]$:全還流の場合の互えられた分離に必要な理論段数、 $[n_m]_{max}$:全還流の場合の最大分離に必要な理論段数。+:濃

* 静岡大学

縮部。—：回収部。

- (7) 大型電子計算機による多成分系連続精留の計算。Popov, V. V., B. S. Sverchinskiy: Khim. Tekhnol, Topliv i Masel, No. 3, 47~54(1963)。

13成分の理想系。逐次段法とUnderwood法、両者よく一致。convergence criterion ω_i を使用。

$$\omega_i = \sqrt{\frac{[(R+1)y_{im} + Hx_{iw}](R+1)y_{im}}{[Rx_{i(m+1)} + (H+1)x_{iF}](Rx_{i(m+1)} + x_{iD})}}$$

$$H = \frac{W}{D} = \frac{x_{iD} - x_{iF}}{x_{iF} - x_{iW}}$$

ここでは、 m ：供給段。

- (8) 多成分系精留の熱力学的効率に関する問題によせて。Platonov, V. M., Ya. D. Monko, B. G. Bergo: Zh. Prikl. Khim., 36, No. 4, 768~779(1963)。

エントロピの変化 ΔS を用いて効率を表示。

$C_2H_4 + C_2H_6 + C_3 + C_4$ 系についての計算例。

- (9) 精留塔の濃度式。Mel'nikov, B. G.: Zh. Prikl. Khim., 37, No. 9, 1966~1971(1964)。

n -Hexane + n -Heptane + n -Octane + n -Nonane系について検討計算。棚に沿っての成分濃度の分布。

- (10) 精留塔の理論段数の計算によせて。Manovyan, A. K., L. A. Baiburskiy, N. A. Goncharova: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 2, 50~56(1964)。

Mikhailovskiy, B. N. (Zh. Khim. Prom., No. 4, 45(1954))とAmerik, B. K. (Nef. Khoz., No. 5(1934))の方法で計算。Mikhailovskiyの方法は推薦できない。Amerikの図解法は簡単であり、塔の検討計算には推薦できる。

- (11) 連続多成分精留の計算—数学的プログラミングの問題。Popov, V. V.: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 12, 38~39(1964)。

W_i : convergence criterion 使用。 $K_i = (W_i - 1)^2$,

$$Q(W_1 \cdots W_t) = \sum_{i=1}^t K_i, \quad t: \text{成分の数}, Q \text{ の min を求}$$

める。 W_i はPeiser, A. M. (Chem. Eng. 67, No. 14, (1960))が最初に提出。

- (12) 分離される諸成分の蒸気による多成分混合物の精留過程の研究と計算。Serafimov, L. A., V. S. Timofeev, A. S. Mozhukhin, L. M. Popova, Z. P. Chirikova, I. D. Tyurikov: Khim. Prom., No. 1, 42~45(1965)。

L'vovの方法による計算値と電子計算機による計算値の比較。L'vovの方法は電子計算機による計算

におとらない。 $C_3 + \text{Butane}$ 類 + C_5 系についての計算例。 R_{min} , 各棚における x と y , 理論段数。

- (13) 電子計算機による多成分混合物の精留過程の計算。Kuznetsov, V. A., V. I. Astakhov, D. D. Zykov: Khim. Prom., No. 4, 302~305(1965)。

逐次段法を用いない。各sectionの高さに沿って物性、比揮発度、液と蒸気の流量が不変、断熱的と仮定。この仮定から少しづつでも適当に訂正することによって計算可能なモデル。理解を簡単にさせるために3成分系について説明。最小還流様式、全還流様式、作業時の還流様式における計算。

- (14) 精留過程の理論と計算におけるキ成分対の役割りについて。Platonov, V. M., V. G. Bergo: Khim. Prom., No. 10, 763~766(1965)。

- (15) 軽質炭化水素の混合物の相分離の場合の線形補内法。Politanskiy, Yu. V.: Khim. Prom., No. 10, 773~774(1965)。

$\sum n_i = N$ (n_i はモル数), $y = N - f(N)$, y vs N 図について、 $y = 0$ の点の A を直線 A_1 ($y = 0$)であらわす。

- (16) 多成分混合物の精留の場合の全還流様式の計算について。Kondrat'ev, A. A.: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 5, 40~42(1965)。

- (17) 電子計算機による多成分精留の計算法。Suchkov, B. A.: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 5, 42~45(1965)。

$e_j = Dy_{nj}/Ff_j$ を用いる計算。 n : 理論段数。

- (18) 電子計算機による多成分混合物の精留計算法。Aristovich, V. Yu., A. I. Levin: Khim. Prom., No. 5, 382~385(1967)。

$|1 - \Pi_k| < \epsilon$ なる条件を用いる。 Π_k : Peiser数。第1 cycleで理論段を求める。第2 cycleでは理論段を固定して塔頂と塔底物の組成を求める。収束までの計算回数を示している。

- (19) 数値計算機による炭化水素の多成分混合物の精留過程の模型化。Grubov, V. I., V. I. Dem'yanenko, I. F. Malezhik: IVUZ., Neft i Gaz, No. 2, 63~66(1967)。

棚上の温度の計算法。Benzene + Toluene + Xylene系での計算例。

- (20) 連続的混合物の精留過程の計算法。Astakhov, V. I., E. V. Vsemirnov, D. D. Zykov: IVUZ., Neft i Gaz, No. 6, 65~68(1967)。

一定温度における組成分布の計算法。

- (21) 連続的混合物の精留過程の計算法。Vsemirnov, E. V., D. D. Zykov, V. I. Astakhov: IVUZ., Neft

i Gaz, No. 9, 61~65(1967).

一定温度における組成分布の計算式の実験による検討。n-Heptane~n-Hexacosane 系(6成分)。

- (22) 電子計算機による多成分系精留の計算。Sverchinskiĭ, B. S.: Khim. Prom., No. 8, 601~604(1967).

逐次段法。iteration 法。計算法のプログラミングと流れ図。X_{i,D}, X_{i,W}.

- (23) 多成分混合物の精留過程の近似計算について。Platonov, V. M., L. A. Serafimov, B. G. Bergo: Khim. Prom., No. 9, 705~706(1967).

R_mの近似計算法。

- (24) 複雑な混合物の精留の場合の全還流様式と1回蒸発の計算。Kondrat'ev, A. A., K. F. Bogatykh: IVUZ., Neft i Gaz, No. 2, 47~51(1968).

全還流の場合の組成の計算式。真の沸点曲線の計算式。計算例。

- (25) 特性温度法による多成分精留の計算。Filippov, G. G., A. V. Shinkarenko, L. L. Shchevypeva, M. P. Nekrasov: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 2, 32~36(1968).

濃縮部の温度 T_c と回収部の温度 T_b を選んで計算する方法。留出物の組成については逐次段数による計算結果と一致。

- (26) 多成分精留の計算によせて。Popov, V. V.: Zh. Prikl. Khim., 41, No. 3, 567~570(1968).

$$H = \frac{W}{D} = \frac{\sum_{i=1}^K x_{i,D} - \sum_{i=1}^K x_{i,F}}{\sum_{i=1}^K x_{i,F} - \sum_{i=1}^K x_{i,W}}$$

$$E_y = \frac{\sum_{i=p}^i x_{i,F} - \sum_{i=p}^i x_{i,D}}{\sum_{i=p}^i x_{i,F}}$$

$$E_i = \frac{(\sum_{i=1}^K x_{i,F} - \sum_{i=1}^K x_{i,W})}{\sum_{i=1}^K x_{i,F}}$$
 を用いると計算が

容易となる。成分 1, 2, ..., k, p, ..., t, k, p は境界成分。

$$x_{p,D} = (1 - E_y) \sum_{i=p}^i x_{i,F}, \quad x_{k,W} = (1 - E_i) \sum_{i=1}^k x_{i,F},$$

$$y_i = \frac{\alpha_i x_i}{\beta}, \quad \beta = \sum_{i=1}^i \alpha_i x_i$$
 塔中の最適供給段の位置。

- (27) 階段的向流相間物質交換の濃度式の解析。Mel'nikov, B. G.: Zh. Prikl. Khim., 41, No. 3, 571~578(1968).

相間物質交換係数 K_{ij} = Y_{ij} / X_{ij}, 濃縮係数

$$\beta_{\xi} = \frac{G_{\xi} K_{\xi j}}{g_{\xi}}$$
 を使用。ξ: 棚の番号, G_ξ: ξ 段から

上昇する蒸気の流れ, g_ξ: ξ 段へ下降する液の流れ。

- (28) 精留塔における多成分混合物の分離の検討計算。Mel'nikov, B. G.: Zh. Prikl. Khim., 41, No. 4, 816~821(1968).

温度の検討, 棚に沿っての蒸気組成の計算値。

Hexane + Heptane + Octane + Nonane 系。

- (29) 連続的組成の混合物の精留計算法。Petlyuk, F. B., M. Kh. Yampol'skaya, V. M. Platonov: Teor. Osn. Khim. Tekhnol., 3, No. 2, 192~198(1969).

CH₄~C₅ 系, Feed, 留出物, 缶出物の組成の計算。プログラミングの流れ図。

- (30) 2成分系および多成分系の精留用の塔の効果の近似的計算法。Popov, V. V.: Zh. Prikl. Khim., 42, No. 3, 643~647(1969).

理論段数 n の計算値。(26)と同様に E_y, E_i を用いる計算法。

- (31) 連続精留の近似計算法。Sverchinskiĭ, B. S., V. V. Popov, M. B. Gutman: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 10, 35~39(1969).

x_{i,D} と x_{i,W} につき近似計算法による計算値と電子計算機(Minsk-2)による計算値の比較。近似計算法は十分実用に供しうる。

- (32) 不可逆過程の熱力学の観念に基づく多成分混合物の連続精留過程の計算。Vigdorov, A. S.: Zh. Prikl. Khim., 42, No. 10, 2244~2250(1969).

蒸留過程においては、いかなる場合でも真の熱力学的平衡状態には達せず、最大の確率的状態であるような定常状態すなわち過程の中でエントロピの生成(production, generation)速度が最小であるような定常状態に達して過程が行なわれるものとして、この観念を用いて蒸留計算を行なうべきであるとしている。まことに興味のある問題提起であるが、本論文の内容は難解であり、浅学のため、どこに問題提起の核心があるのやら、はっきりつかむことができない。

B. 物質移動係数を用いる蒸留計算

- (1) アナログ計算機による精留の計算。Bergo, B. G., V. M. Platonov, M. E. Aerov, V. A. Evtushenko: Khim. Prom., No. 7, 555~560(1959).

β_x, β_y [mol/hr·m] を用いる計算式の導出。β_x, β_y: それぞれ液濃度と気相の濃度を用いた場合の充てん層 1m 当たりの総括物質移動係数。C₂H₄ + C₂H₆ + C₃ + C₄ 系, H₂ + CH₄ + C₂H₄ + C₃H₈ + C₃ +

C₄系についての計算例。充てん塔の高さに沿っての組成分布図。

- (2) 物質移動式による精留計算法。Bergo, B. G., V. M. Platonov: Khim. Prom., No. 4, 282~287 (1960)。

上記と同じ β_x, β_y を用いる計算式を導出しているが、上記論文中の式と異なり、相対揮発度 α_i が塔中で変化しているとしている。アナログ計算機。充てん塔。H₂+CH₄+C₂H₄+C₂H₆+C₃+C₄系についての濃縮部における計算例。高さと組成の関係図。理論段の式による計算値とかなり一致。

- (3) 物質移動式に基づく多成分混合物の精留過程の動力学に関する問題によせて。Vogoslovskii, V. E., A. N. Planovskii: Khim. Tekhnol. Topliv i Masle, No. 1, 11~15 (1963)。

Methanol + Ethanol + H₂O系における β_x, β_y の決定。泡鐘棚 (6段)。7泡鐘。塔径170mm。

この場合の β_x と β_y は上記文献(1), (2)におけるものと異なり、それぞれ液境膜とガス境膜物質移動係数 [kg·mol/m²·hr]である。 β_x は $k_x a_F$, β_y は $k_y a_F$ に当たる。 a_F は単位作業断面積当たりの接触面積 [m²/m²]。

- (4) 棚段塔における多成分混合物の精留過程の研究。Vogoslovskii, V. E., A. N. Planovskii: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 4, 11~16 (1963)。

Methanol + Ethanol + H₂O系。境膜係数 β_x, β_y [kg·mol/m²·hr]の測定。5泡鐘棚, 7泡鐘棚, sieve plate。6段。塔径170mm。

- (5) 4成分混合物の精留の場合の物質移動の研究。

Konstantinov, E. N., A. M. Nikolaev: IVUZ., Khim. Khim. Tekhnol., 7, No. 3, 492~496 (1964)。

物質移動係数 k_{ij} を用いる y_i の計算式の誘導。

C₃H₁₂+C₆H₁₄+C₆H₆+n-C₇H₁₆系についての計算と実験。電子計算機《U_{ral} 1》による計算。4泡鐘棚 (4段), 塔径86mm。C₇H₁₆についての棚効率は実測値とかなり一致。 y_i の計算値と実測値と一致。

- (6) 多成分混合物の精留の場合の物質移動。Konstantinov, E. N., A. M. Nikolaev: IVUZ., Neft i Gaz, No. 1, 53~58 (1964)。

上記(5)と同じ内容。

- (7) 多成分混合物の精留の場合の物質移動の動力学によせて。Chekalov, L. N.: Khim. Prom. No. 10, 746~749 (1964)。

Methanol + Ethanol + Propanol + H₂O 系につ

いて境膜係数 β_x と β_y [kg·mol/m²·hr]の決定。気液組成の計算例。

- (8) 膜装置中における多成分混合物の精留の場合の物質移動の動力学の研究。Puchkov, Yu. A., A. N. Planovskii, P. G. Boyarchuk: Khim. Prom., No. 11, 841~845 (1965)。

濡壁塔。C₆H₆+Toluene+Ethylbenzene系。軽質分についての境膜係数 β_x, β_y [kgmol/m²·hr]の測定。

$$Nu_{a,\Pi} = 0.0066 Re_{\pi}^{0.8} Pr_{d,\Pi}^{0.4} Nu_{a,\Pi} = 22.4 \beta_{ay} \cdot de / D_{b,CM} \quad Pr_{d,\Pi} = 3600 \mu \cdot CM / D_{b,CM} \cdot \gamma_{\Pi,CM}$$

$$Re_{\Pi} = u_{nd} \gamma_{\Pi,CM} / g \mu_{\Pi,CM}$$

$Pr_{d,\Pi}$: 気相混合物の拡散プラントル数 (シュミット数)。b: Benzene, Π : 蒸気, CM: 混合物。

- (9) 多成分系の精留の場合の物質移動の動力学について。Chekalov, L. N., A. N. Planovskii: Khim. Prom., No. 12, 923~925 (1966)。

Sieve plate。D=170mm, F_c=9%, 6段, せきの高さ25mm。Ethanol + Propanol + H₂O系,

Methanol + Ethanol + Propanol (Isopropanol) + H₂O系について全還流の場合の境膜係数 β_x, β_y [kg·mol/m²·hr]の測定。

$$Nu_{d,\Pi} = 1.47 Pr_{d,\Pi}^{0.5} Re_{\Pi}^{0.7} We^{-0.38}$$

$$Nu_{d,\Pi} = 22.4 \beta_y h_{CT} / D_{\Pi}$$

$$Re_{\Pi} = w_n h_{CT} \gamma_{\Pi} / 9.81 \mu_{\Pi}$$

$$Pr_{d,\Pi} = \nu_{\Pi} / D_{\Pi}, \quad We = \sigma / h_{CT}^2 \gamma_L$$

h_{CT} : 棚の上の液の静水位, ΔPr : 棚上の液の静水位圧 [kg/m²], μ_n : 蒸気の粘度 [kg·sec/m²], γ_L : 液の比重量 [kg/m³], D_{Π} : 気相における拡散係数, σ : 表面張力 [kg/m], Π : 蒸気。

- (10) 多成分混合物の精留の動力学の研究方法について。Bogoslovskii, V. E., A. I. Shamolin: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 2, 6~7 (1967)。

物質移動係数を用いる方法の批判。物質移動速度の研究や計算に最も都合のよい成分としては最低沸点成分を選ぶべきである。

- (11) 多成分混合物の精留の動力学を研究する際の偽2成分平衡曲線の特殊性。Bogoslovskii, V. E., A. I. Shamolin: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 6, 3~6 (1967)。

物質移動係数を用いる方法と偽2成分平衡曲線に対する批判。Methanol + Ethanol + H₂O系について例示。各成分についてのKoyが異なって出る。

OrlovとPlanovskiiの方法で得た境膜係数 β_y は2

成分系の場合と一致するが、境膜係数 β_x の値は15~20%の誤差が出る。

- (12) 電子計算機による計算のための精留の動力学的誘導。Astakhov, V. I., A. N. Planovskii: *Khim. Prom.*, No. 4, 304~305(1967)。

以前に提出した式よりも計算の容易な式を導出。

- (13) 多成分蒸留の棚段塔の定常様式の数学的模型化。Vetokhin, V. N., A. I. Voyarinov, V. V. Kafarov: *Zh. Prikl. Khim.*, 40, No. 10, 2286~2291(1967)。

塔の高さに沿っての濃度の分布。Acetone + H₂O + Isopropylbenzene + α -Methylstyrene系。

- (14) 均一な液状およびガス状混合物の分離過程の動力学的基礎。Susanov, E. Ya.: *Zh. Prikl. Khim.*, 40, No. 11, 2474~2478(1967)。

基本的な物質移動式。

- (15) 多成分混合物の精留の動力学的の研究に関する問題について。Popov, V. V.: *Khim. Tekhnol. Topliv i Masel*, No. 3, 17~19(1968)。

Bogoslovskii らの方法の3原則は原理的に正しいことを認め、これに対してなお補足すべき意見を述べている。偽2成分系を用いなくても、移動単位数を用いて、実際の作業棚について上段から下段に逐次段法でなしうる計算法を提出している。

- (16) 電子計算機による多成分混合物の精留計算。Konstantinov, E. N., V. P. Zhelokin, M. G. Tabashnikova: *Teor. Osn. Khim. Tekhnol.* 3, No. 4, 622~623(1969)。

2成分混合物に対する物質移動係数 r_{ki} を用いる多成分系精留の計算式。 $k=1, 2, \dots, p, i \neq k, p$ 成分数, y_{ij} の計算式(j は段の番号)。

- (17) 全還流様式において複雑な混合物を精留する場合の充てん塔と棚段塔の計算。Kondrat'ev, A. A., K. F. Bogatykh, D. D. Zikov: *Teor. Osn. Khim. Tekhnol.*, 3, No. 5, 667~671(1969)。

移動単位数 N を用いる計算式。 x_w, y_D の計算式。

C. Complex tower

- (1) 複雑な精留塔の中間sectionの計算の2, 3の特殊性について。Monovyan, A. K., L. A. Baiburskii: *Khim. Tekhnol. Topliv i Masel*, No. 4, 20~26(1963)。

- (2) 複雑な塔のストリップング作業について。Baiburskii, L. A., A. K. Monovyan: *Khim. Tekhnol.*

Topliv i Masel, No. 9, 55~59(1963)。

側塔(3区分)つき。作業についてで計算式はない。

- (3) 分割塔を用いる加熱分解ガスの低温精留様式の研究。Dalín, M. A., B. G. Bergo, V. S. Gersh, P. I. Markosov, Ya. D. Monko: *Khim. Prom.*, No. 10, 785~790(1964)。

上下に重ねた2塔(分割されている)。下塔には中間蒸発器付, 上塔には中間凝縮器付。H₂ + CH₄ + C₂H₄ + C₂H₆ + C₃ + C₄系についての計算例。

- (4) 熱力学的に可逆的な多成分系精留。Petlyuk, F. B., V. M. Platonov: *Khim. Prom.*, No. 10, 723~725(1964)。

reversible flow(図のA, B, C B, C, D A, B C, D B, Cの部分)を用いるcomplex towerの計算法と計算式。エントロピー変化 ΔS の計算式。

図のようにreversible flow(あるいはreversible flow mixingという)を用いる精留をreversible rectificationと称している。

- (5) 多成分混合物の熱力学的最適分離法。Petlyuk, F. B., V. M. Platonov, D. M. Slavinski: *Khim. Prom.*, No. 3, 206~211(1965)。

reversible flowを用いるcomplex towerの計算法と計算式。3つの型図示。エネルギー消費を31%節約できる。

- (6) 多成分混合物の精留の最適様式について。Petlyuk, F. V., V. M. Platonov, V. S. Avet'yan: *Khim. Prom.*, No. 11, 865~868(1966)。

reversible flowを用いるcomplex towerの計算法。8つの型を図示。Ethylbenzene + *o, m, p*-Xylene系, C₂H₆ + C₃H₈ + *i*-C₄ + *n*-C₄ + *i*-C₅ + *n*-C₅ + C₆系, アルキルベンゼン系(7成分系と9成分系), CH₂Cl₂ + CHCl₃ + CCl₄系についての計算結果。蒸発器や凝縮器の数を減らしうる。エネルギー消費を20~50%低減できる。

D. 最適化

- (1) 数値計算機による精留設備の最適設計。Platonov, V. M., F. B. Petlyuk, I. V. Girsanov: *Khim. Prom.*, No. 10, 764~769(1962)。

2塔カスケードの最適設計計算法。

- (2) 現行の工業塔の静的最適化に対する精留過程の数学的記述。Markov, V. P.: *Khim. Prom.*, No. 10, 772~776(1964)。

2成分系と多成分系。

(3) 連続精留の場合の最適還流比の計算によせて。V. Popov: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 1, 44~47(1964)。

(4) 多成分精留過程設備の静的最適化。Maikov, V. P., V. A. Abramov: Khim. Prom., No. 11, 853~860 (1965)。

逐次分岐カスケード。カスケード。

E. 供給段上の組成

(1) 多成分混合物の精留の場合の供給棚上の組成に関する問題によせて。Serafimov, L. A., S. V. L'vov: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 11, 32~34 (1961)。

Acetone+Methanol+Ethanol 系。非理想系。

(2) 多成分混合物の精留の場合の原料供給の最適条件について。Platonov, V. M., Ya. D. Monko, B. G. Bergo: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 6, 12~16 (1963)。

エントロピーの変化で論じている。H₂+炭化水素系。

(3) 多成分混合物の精留の場合の供給棚上における組成の計算によせて(最小還流様式)。Marushikin, B. K., K. A. Kondrat'ev: IVUZ., Neft i Gaz, No. 10, 55~59 (1964)。

(4) 多成分系混合物の精留の場合の供給棚上の限界成分の濃度の計算。Serov, V. V., D. D. Zykov: Khim. i Tekhnol. Topliv i Masel, No. 4, 40~41(1968)。

実測値との比較。x_{iD}

(5) 多成分混合物の精留の場合の供給棚上における濃度の決定。Serov, V. V., D. D. Zykov: IVUZ., Neft i Gaz, No. 8, 49~52(1968)。

計算例。CH₄~C₆(8成分)。

F. 共沸蒸留

(1) ヘテロ共沸精留過程の計算によせて。Gorodetskiy, I. Ya., V. M. Olevskiy: Khim. Prom., No. 5, 350~354(1961)。

相平衡図を用いる理論段数の計算法。Cyclohexane+Cyclohexanol+H₂O系。

G. 平衡

(1) 多成分混合物の偽2成分混合物への還元。T-Y, X図とX-Y図。Belugin, V.F., A. N. Planovskil: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 7, 36

~40(1963)。

(2) 還流比を考慮に入れた多成分混合物の偽2成分混合物への還元(X-Y図)。Belugin, V. F., A. N. Planovskiy: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 9, 6~10(1963)。

理論段数の階段図による計算。n-Pentane~n-Octaneの4成分系。

(3) 多成分混合物の精留の場合の諸成分の物性の変化の計算。Belousova, I. M., L. M. Selivanov: Khim. Prom., No. 10, 782~784(1964)。

$$t = A \log \sum_{i=1}^n \alpha_{ii} x_i + B, K_{Hi} = at^2 + bt + c,$$

$$K_{ii} = \beta K_{Hi}^0, \theta = 0.06 + 0.2483j, \beta = C + Dj,$$

t: 温度, α : 相対揮発度, K_{Hi} : 温度t°Cにおけるn-Butaneの相平衡定数, K_{ii} : t°Cにおけるi成分の平衡定数, j: 各成分に特有な定数, CとDは圧力Pの関数。

(4) 多成分混合物用のt-x, y線図。Belugin, V. F. A. N. Planovskil: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 2, 9~13(1965)。

(5) 相の非理想性を考慮に入れた場合の炭化水素の混合物の平衡の計算。Petlyuk, F. B., V. S. Avet'yan, V. M. Platanov: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 8, 13~16(1967)。

CH₄+C₂H₆+i-C₄H₁₀系について、非理想性を考慮した場合としない場合の平衡定数Kの計算値と実測値の比較。

(6) 相の図示と多成分溶液の精留。Zharov, V. T.: Zh. Prikl. Khim., 42., No.1, 111~117(1969)。

(7) 非理想系の気液平衡の計算について。Popova, L. M., L. A. Serafimov, V. V. Popov: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 2, 41~44(1969)。

電子計算機(Minsk-2)使用。2成分系の相平衡と多成分系の沸点組成関係の計算。

(8) 相平衡の偽2成分曲線と多成分系の諸成分の分離される蒸気に対して作成された曲線との比較。Gol'berg, Yu. E., L. S. Serafimov, S. V. L'vov: Khim. Tekhnol. Topliv i Masel, No. 5, 12~14 (1969)。

Methanol+Ethanol+H₂O系。

(9) 多成分系における気液平衡の計算法。Morachevskiy, A. G.: Teor. Osn. Khim. Tekhnol., 3, No, 2, 163~180(1969)。

解説論文。3成分系と4成分系の計算例。