XXIV. 蒸 留

編集 山 田 幾 穂*

蒸留のレビューは、1960年9月号、1963年7月号につづいて3度目である。今回のレビューにあたって、いつものことながら執筆者各位に多大のお骨折りをいただいたのであるが、とくに前回に引きつづいてソ連文献の紹介を担当下さった内山氏には編集者として深甚の謝意を表わすものである。内容の分類は、およそ前2回のを踏襲したのであるが、前回に省略されていた気液平衡関係を、共沸蒸留・抽出蒸留を含めてあらたにつけ加えた。なお、相当数にのぼる読者に興味のある装置および効率のレビューが都合によってなされなかったことは、編集者として会員諸兄に深くおわびを致す次第である。今回省略された内容は、どなたかが次の編集を担当されても、必ずレビューしていただくということにしてお許しをいただきたい。

XXIV-1. 気 液 平 衡**

——共沸蒸留・抽出蒸留を含む——

平 田 光 穂***

ま え が き

1. 気液平衡関係データ

前回の蒸留レビュー（1963年7月号）では「物性定数」⁹⁾にでているからという理由で気液平衡関係は省略したのであるが、今回ふたたびとりあげられたのは「物性定数」という本協会の刊行物が会員の方々に充分に知られていないということと、気液平衡に密接な関係をもつ共沸蒸留および抽出蒸留についても簡単にレビューをしておこうということのためであろうと思われる。「物性定数」は、1963年から年一回刊行されており、このレビューがでる頃には第5集が刊行されていることと思う。その中には気液平衡、蒸気圧、溶解平衡などの詳細なレビューがなされており、特にソ連関係のデータが豊富にえられることが一つの特徴である。

以下に4集までの中に気液平衡データがのっている系の名を紹介し、また気液平衡関係と共沸蒸留および抽出蒸留についての最近の諸研究について解説してみたいと思う。

1・1 2成分系

表1・1~4参照。

1・2 3成分以上の系

表1・5~8参照。

1・3 以上のデータの他に多数のソ連関係のデータが「物性定数」に集録されているが、ここでは紙数の関係から省略する。また「蒸留工学ハンドブック」⁹⁾には気液平衡実測データの広汎な文献リストがのっているので参照されたい。

1・4 測定法については「蒸留工学ハンドブック」に広瀬が解説をおこなっており、また高圧における気液平衡測定装置については須田¹⁰⁾が発表している。

2. 気液平衡の理論

気液平衡関係の理論的な研究は、最近では高圧での推算と2成分系から多成分系の推算という2つの問題が中心である。まず後者について頼実が「物性定数」の第2集に総説してまとめており、3成分系特有の定数につい

* Ikuho Yamada 名古屋工業大学 助教授

** 昭和42年11月10日 受理

*** Mitsuho Hirata 東京理科大学 工学部

表 1.1 (1集, 1963年, 143頁, 164頁)

2 成 分 系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成 分 系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
Acetic acid—Chloroform	760	Methyl alcohol—H ₂ O	760
Acetic acid—H ₂ O	760	Methylcaprate—Methylaurate	30, 40, 50, 100
Acetone—Furfural	760	Methylcaprate—Methylcaprylate	20, 30, 40, 50
Benzene—2,3-Dimethylpentane	760	Methylcaprylate—Methylcaprate	30, 40, 50, 100
Benzene— <i>n</i> -Heptane	180, 400	Methyl ethyl ketone—H ₂ O	760
Benzene—2,2,4-Trimethylpentane	35, 45, 55, 65, 75	Methylaurate—Methylmyristate	30, 40, 50, 100
Biphenyl— <i>o</i> -Terphenyl	760	Methylmyristate—Methylpalmitate	30, 40, 50, 100
<i>n</i> -Butyl alcohol—Acetic acid	700~710	Methylpalmitate—Methylstearate	30
<i>n</i> -Butyl alcohol—Ethylbenzene	100, 760	Perfluoroheptane—Perfluorocyclohexane	760
<i>n</i> -Butyl alcohol—H ₂ O	760	Phenanthrene— <i>o</i> -Terphenyl	760
Isobutyl alcohol—H ₂ O	760	<i>n</i> -Propyl alcohol—Acetic acid	706*
Carbon tetrachloride—Furfural	760	2-Propyl alcohol—2,2,4-Trimethylpentane	760
Carbon tetrachloride—Titaniumtetrachloride	30, 40, 50	2-Propyl alcohol—H ₂ O	150, 200, 250, 275, 300
Cyclohexanol—Cyclohexanone	100	<i>m</i> -Terphenyl— <i>o</i> -Terphenyl	760
Cyclohexanol—Phenol	90	Toluene— <i>p</i> -Cresol	760
1,2-Dichlorohexafluorocyclopentane—Perfluorocyclohexane	760	2,2,3-Trichloroheptafluorobutane— <i>n</i> -Heptane	760
1,2-Dichlorohexafluorocyclopentane—2,2,3-Trichloroheptafluorobutane	760	2,2,3-Trichloroheptafluorobutane—Perfluorocyclohexane	760
Diethylene glycol divinylether—Diethylene glycol diethylether	10	H ₂ O—Butyl glycol	110
Ethyl acetate—Furfural	760	Benzene—H ₂ O	290~3100 psia : 180~360°C
Ethyl acetate—H ₂ O	760	<i>n</i> -Butane—Nitrogen	236~3402 psia : 100~280°C
Ethyl alcohol—Acetic acid	700~710	Deuterium—Nitrogen	90, 95°K
Ethyl alcohol—Benzene	180, 400	Ethane— <i>n</i> -Heptane	100, 200, 300, 400, 500, 600 psia
Ethyl alcohol—Benzene	100~927 psia	Ethane— <i>n</i> -Pentane	200~10000 psia
Ethyl alcohol— <i>n</i> -Hexane	760	Ethane— <i>n</i> -Pentane	40, 100, 160, 220, 280, 340, 400, 460°F
Ethyl alcohol—Methylcyclopentane	760	Helium を含む天然ガス	100~500 psia : -275~0°F
Ethyl alcohol— <i>n</i> -Pentane	100~826 psia	Hydrogen—Ammonia	500~6000 psia : 40~250°F
Ethyl alcohol—H ₂ O	700~710, 760	Hydrogen—Light Hydrocarbon	500~4000 psia
Ethyl alcohol—H ₂ O	150, 200, 250, 275, 300, 325, 350, 400	Hydrogen—Nitrogen	90, 95°K
Ethyl benzene—Hexylene glycol	10, 20, 50, 100, 200	Hydrogen sulfide—Carbon dioxide	—
Ethyl benzene—Styrene	400	Nitrogen—Ammonia	40, 100, 160, 220, 250°F
Ethylcyclohexane—Ethylbenzene	400	Nitrogen—Oxygen	1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10atm
Ethylcyclohexane—Hexylene glycol	400	Methane—Cyclohexane	600~10000 psia : 70~340°F
Ethylether—Diborane	25, 50, 100 psia	Methane—Ethane	100~1300 psia : -200~50°F
Formic acid—Acetic acid	760	Methane— <i>n</i> -Heptane	100~1500 psia : -200~340°F
Formic acid—Chloroform	760	Methane—Propane	100~1300 psia : -200~50°F
Formic acid—H ₂ O	760	Propane—Hydrogen sulfide	20~400 psia : 32°F ~臨界点
Furfural—Furfuryl alcohol	25		
<i>n</i> -Heptane—Toluene	760, 733~741		
<i>n</i> -Hexane—Methylcyclopentane	200, 400, 600, 760		
1-Hexanol—1-Octanol	30, 50, 100		
Methyl alcohol—Acetic acid	700~710		
Methyl alcohol—Benzene	100~1155 psia		

表 1.2 (2集, 1964年, 162頁)

2 成 分 系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成 分 系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
A—O ₂	481~7666	1,3-Butadiene—Chloroprene	760
Acetic acid—Acetic anhydride	100, 760	<i>tert</i> -Butyl alcohol—H ₂ O	25°C
Acetic anhydride—Methylene diacetate	100, 760	Carbontetrachloride—1,1,2-Trichloroethane	740
Acetone—Acetic anhydride	760	Chloroform—Benzene	760
Acetone—Pyridine	760	Chloroform— <i>n</i> -Butyl alcohol	760
Benzene—Aniline	400	Chloroform—Ethyl acetate	760
Benzene—Cyclohexane	760	Chloroform—Methyl alcohol	760
Benzene—Furfural	400	Cyclohexane—Acetic anhydride	760
Benzene—Hexylene glycol	400	Cyclohexane—Methyl isobutyl carbinol	760
Benzene—Methyl isobutyl carbinol	760	Cyclohexane—Pyridine	760
Benzene—Trichloro ethylene	760	Diethylamine—Triethylamine	350~850
Benzene—Trichloro ethylene	50, 70, 80°C	2,4-Dimethyl pentane—Benzene	250, 400, 760

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
2,4-Dimethyl pentane—Hexylene glycol	400	Methyl acetate—Benzene	760
Ethyl acetate—Benzene	760	Methyl acetate—Chloroform	760
Ethyl acetate—Toluene	760	Methyl acetate—Cyclohexane	760
Ethyl acetate— <i>p</i> -Xylene	760	Methyl alcohol—Ethyl acetate	760
Ethane—Propane	100, 120, 140, 160, 180, 200°F, -80, -20, 40, 220, 280°F	Methyl formate—Dimethyl formamide	100~760
Methane— <i>n</i> -Butane		<i>n</i> -Pentane—Acetone	760
		Pyridine—Acetic anhydride	760

表 1.3 (3集, 1965年, 178頁)

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
Benzene—Aniline	50, 70, 90°C	Hexane—1-Propyl alcohol	760 mmHg
Benzene— <i>n</i> -Hexane	55°C	H ₂ O—Acetic acid	760, 200, 70 mmHg
Benzene—1-Propyl alcohol	760 mmHg	H ₂ O—Formic acid	760, 200, 70 mmHg
<i>n</i> -Butyl alcohol—Benzene	760 mmHg	H ₂ O—Propionic acid	760, 200, 70 mmHg
1-Butyl alcohol—Toluene	760 mmHg	Methyl alcohol—Ethyl acetate	760 mmHg
Carbontetrachloride— <i>n</i> -Butyl alcohol	760 mmHg	Ne— <i>n</i> -D ₂	24.56°K
Carbontetrachloride—Cyclohexane	760 mmHg	N ₂ — <i>n</i> -Decane	100°F
Cyclohexane—2-Propyl alcohol	760 mmHg	N ₂ — <i>n</i> -Decane	160°F
<i>n</i> -Decane—CO ₂	40, 100, 160, 220°F	N ₂ — <i>n</i> -Decane	220°F
Dioxane—H ₂ O	35°C	N ₂ — <i>n</i> -Decane	280°F
Ethyl alcohol—Benzene	55°C	NH ₃ —A	25.33, 49.78, 74.92, 100.60°C
Ethyl alcohol—Cyclohexane	760 mmHg	<i>n</i> -Octane—Butylcellosolve	400 mmHg
Ethyl cyclohexane—2-Propyl alcohol	400 mmHg	<i>n</i> -Octane—Ethylcyclohexane	400 mmHg
He—N ₂	77~120°K	<i>n</i> -Octane—2-Propyl alcohol	400 mmHg
Hexane—Benzene	760 mmHg	2-Propyl alcohol—Carbon tetrachloride	760 mmHg
<i>n</i> -Hexane—Ethyl alcohol	55°C	Propylene—Propane	320 psia

表 1.4 (4集, 1966年, 141頁, 158頁)

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
Acetic acid—H ₂ O	760±1	H ₂ —He	15.5~32.5°K
Acetone—Ethyl acetate	760	H ₂ O—Phenol	200
Acetone— <i>n</i> -Propyl acetate	760	Methane— <i>n</i> -Butane	-140°F
BrF ₃ —UF ₆	69.5, 89.3°C	Methane— <i>n</i> -Octane	25~150°C
<i>n</i> -Butane— <i>n</i> -Decane	100~460°F	Methyl alcohol—Ethylene glycol	760
<i>n</i> -Butane—H ₂ S	100~275°F	Methyl alcohol—Toluene	760
Butyl acetate—Phenol	200, 760	Methyl oleate—Methyl stearate	199°C
<i>n</i> -Butyl alcohol—Benzene	760	Nitromethane—H ₂ O	50°C
1,2-Dichloroethane—1,1,1-Trichloroethane	710	<i>n</i> -Octane—Ethyl cyclohexane	50, 100, 400, 500, 760
Diethyl ether—Dichloromethane	742.7	Silicon tetrachloride—Silicon trimethyl chloride	760
Ethane—Methyl alcohol	50, 75, 100°C	Hydrocarbon—Volatile component (N ₂ , CO, Ar, CH ₄)	159~4489 mmHg, 77.4~128.4°K
Ethyl alcohol—Cyclohexane	5~65°C	Se—Te	大気圧
Ethylene—Chloroform	0~100°C		
<i>n</i> -Heptane—Toluene	760		
H ₂ —He	20.4~31.5°K		

表 1.5 (1集, 1963年, 163頁)

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
Acetic acid—Chloroform—H ₂ O	760	Ethyl alcohol—Benzene—Methylcyclopentane	760
Acetic acid—Formic acid—Chloroform	760	Ethyl alcohol—H ₂ O—Ethylene glycol	760
Acetic acid—Formic acid—H ₂ O	760	Ethylbenzene—Ethylcyclohexane—Hexylene glycol	400
Acetone—Benzene—Chloroform	760	Formic acid—Chloroform—H ₂ O	760
Benzene—Dimethylpentane—Perfluorotributylamine	760	H ₂ —N ₂ —Methane—Ethane	-100, -200°F
Benzene—Methylcyclopentane— <i>n</i> -Hexane	760	Methane—Ethane—Propane	100~1300 psia (-200~50°F)
<i>n</i> -Butane—1-Butane—H ₂ O	52~558 psia (100~280°C)	Methane—Propane— <i>n</i> -Butane	725~1765 psia (100°F)
Cyclohexanol—Phenol—Cyclohexanone	90	Toluene—Pyridine—1-Butanol	760
Ethyl alcohol—Benzene— <i>n</i> -Heptane	400	Benzene—Ethanol—Methylcyclopentane— <i>n</i> -Hexane	760
Ethyl alcohol—Benzene— <i>n</i> -Heptane	180		

表 1・6 (2集, 1964年, 178頁)

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
Chloroform—Methyl alcohol—Ethyl acetate	760	<i>n</i> -Hexane—Methyl cyclopentane—Ethyl alcohol	760
2,4-Dimethyl pentane—Benzene—Aniline	400	Methyl acetate—Benzene—Cyclohexane	760
2,4-Dimethyl pentane—Benzene—Furfural	400	Methyl acetate—Chloroform—Benzene	760
2,4-Dimethyl pentane—Benzene—Hexylene glycol	400	<i>n</i> -Hexane—Methyl cyclopentane—Ethyl alcohol—Benzene	760
Ethane— <i>n</i> -Butane— <i>n</i> -Pentane	150°F		

表 1・7 (3集, 1965年, 189頁)

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)
Acetone—Methyl alcohol—H ₂ O	760 mmHg	Methane— <i>n</i> -Decane—N ₂	100°F
Benzene—Ethyl alcohol— <i>n</i> -Hexane	760 mmHg	Methane— <i>n</i> -Decane—N ₂	160°F
<i>n</i> -Butane—Methane—N ₂	100, 160, 220, 280°F	Methane— <i>n</i> -Decane—N ₂	220°F
Carbontetrachloride—Cyclohexane—2-Propyl alcohol	760 mmHg	Methane— <i>n</i> -Decane—N ₂	280°F
Ethane— <i>n</i> -Butane— <i>n</i> -Pentane	200°F	Methyl alcohol—Ethyl acetate—H ₂ O	760 mmHg
Ethane— <i>n</i> -Butane— <i>n</i> -Pentane	250°F	<i>n</i> -Octane—Ethylcyclohexane—Butyl cellosolve	400 mmHg
Ethane— <i>n</i> -Butane— <i>n</i> -Pentane	300°F	<i>n</i> -Octane—Ethylcyclohexane—2-Propyl alcohol	400 mmHg
<i>n</i> -Hexane—Ethyl alcohol—Benzene	55°C		

表 1.8 (4集, 1966年, 150頁, 158頁)

2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°C)	2 成分系	圧力 (mmHg) または温度 (°F)
Acetic acid—H ₂ O—Alkaline earth chloride	760±1	Methane—Propane— <i>n</i> -Heptane	-20, 40°F
Benzene—Cyclohexane—Isopropyl alcohol	760	CO ₂ —NH ₄ —NH ₄ NO ₃ —H ₂ O	60~150°C
Benzene—Cyclohexane—Toluene	760	Ethane— <i>n</i> -Pentane— <i>n</i> -Heptane	150, 200, 250, 300, 350°F
HCl—KCl—H ₂ O	75.9°C	Methane— <i>n</i> -Butane—CO ₂	-100~-140°F
H ₂ O—Ethyl alcohol—NH ₄ Cl	760±2	Methane—CO ₂ —H ₂ S	-34.4, -51°C
H ₂ O—Propionic acid—KNO ₃	760±2	Ne—He—N ₂	82.7, 113.13°K
H ₂ O—Propionic acid—NaNO ₃	760±2		
Methane—Propane— <i>n</i> -Decane	-40~70°F		

ての自己の研究を中心とした優れた内容のものである。その後の発展としては Prausnitz¹⁴⁾ によって紹介された Wilson²⁰⁾ の活量係数の式による推算法がもっとも重要なものと考えてよいと思う。

Wilson の式は N 成分系の k 成分の活量係数を γ_k とすると次のごときものである。

$$\ln \gamma_k = -\ln \left(\sum_{i=1}^N x_i A_{ki} \right) + 1 - \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i A_{ik}}{\sum_{j=1}^N x_j A_{ij}} \right)$$

ここで、 x_i は i 成分の液組成 (モル分率) で A_{ij} は i, j 2成分系の定数である。何成分でも2成分系のデータだけから推算できることが、Wilson の式の特徴である。

高圧における気液平衡関係の推算については Prausnitz らの研究が有名であるが (文献は「物性定数」1集を参照されたい), その他としては Hoffman ら⁷⁾ の仮想フガシチの研究が重要なものであろうと筆者らは考えている。高圧の気液平衡関係の計算では成分の純粋な状態でのフガシチが必要となることが多く、指定された圧と温度ではある成分は液状 (またはガス状) でありえない

ということが起こることがしばしばある。そのような時のフガシチの推算について Hoffman らは論じているのであって、完全なものではないが、教えられるところが多い。

なお、本誌に発表された最近の報文のなかでこの方面に関係のあるものを列挙すると平沼ら¹⁾, 広瀬⁶⁾, 頼実ら²³⁾, 平田ら²⁻⁴⁾, 大江ら¹³⁾, 小島ら¹⁰⁾ がある。

3. 共沸蒸留と抽出蒸留

共沸蒸留に関する研究のなかでもっとも重要と思われるものの一つは頼実ら²⁴⁾ のインプロパノール水溶液のベンゼンによる共沸蒸留に関する研究であろう。著者らはこの3成分系気液平衡関係を詳細に測定し、さらに種々な条件下で蒸留をおこない、また計算をおこなって蒸留曲線およびピンチポイントを決定し、最小還流比をもとめる方法を確立している。共沸蒸留の最小還流比の決定法については田中ら¹⁷⁾ が簡単な図解法を提案しており、迅速に近似値をうるには適しているものと思われる。また設計計算法については山田ら²¹⁾ の研究が興味深い。

共沸混合物のデータについては、Horsley⁸⁾が第2巻をだしている。また「物性定数」のソ連文献のなかには多数まとめられているので参照されたい。その他新しい文献としては n -ヘプタン $\sim n$ -ブタノール系の共沸点が圧力の変化でどのように移動するかを調べたもの¹⁹⁾があることをつげ加えておく。

抽出蒸留の研究としては Kyle ら¹¹⁾の Solvent Selec-

tion for Extractive Distillation という論文は重要なものであり、またデータとしては van Winkle¹⁶⁾の n -ヘキサンとヘキサン1の系への溶剤の影響を調べたものが興味深い。また設計算法としては Nagel ら¹²⁾、山田²²⁾、田中¹⁸⁾の研究があり、この方面の研究者にとって見のがすことのできない論文である。

文 献

- 1) 平沼, 久郷: 化学工学, 29, 681 (1965); 30, 311 (1966); 31, 94 (1967)
- 2) 平田, 小松: 同誌, 30, 129, 989 (1966)
- 3) 平田, 中原: 同誌, 28, 2 (1964); 29, 746 (1965)
- 4) 平田, 須田: 同誌, 31, 759 (1967)
- 5) 平田, 頼実: 「蒸留工学ハンドブック」朝倉 (1966)
- 6) 広瀬: 化学工学, 30, 315 (1966)
- 7) Hoffman, D. S. et al.: A. I. Ch. E. Journal, 8, 508 (1962); 10, 901 (1964)
- 8) Horsley: "Azeotropic Data II", Am. Chem. Soc., (1967)
- 9) 化学工学協会編「物性定数」I, II, III, IV, 丸善
- 10) 小島, 越智: 化学工学, 28, 26 (1964)
- 11) Kyle, B. G. & D. E. Leng: Ind. Eng. Chem., 57, 43 (1965)
- 12) Nagel, O. & R. Sinn: Chem. Ing. Tech., 39, 275 (1967)
- 13) 大江, 平田: 化学工学, 29, 94 (1965)
- 14) Orye, R. V. & J. M. Prausnitz: Ind. Eng. Chem., 57, 18 (1965)
- 15) 須田, 化学工学, 28, 397 (1964)
- 16) Sunyanarayana, Y. S. & M. van Winkle: J. Chem. Eng. Data, 11, 7 (1966)
- 17) 田中, 山田: 化学工学, 29, 118 (1965)
- 18) 田中, 山田: 同誌, 28, 661 (1964)
- 19) Vijayaraghavan, S. V. et al.: J. Chem. Eng. Data, 12, 13 (1967)
- 20) Wilson, G. M.: J. Am. Chem. Soc., 86, 127 (1964)
- 21) 山田, 杉江: 同誌, 31, 395 (1967)
- 22) 山田, 杉江: 同誌, 31, 994, 1001 (1967)
- 23) 頼実, 吉村: 化学工学, 30, 1093 (1966)
- 24) 頼実, 吉村: 同誌, 29, 229 (1965)

XXIV-2 蒸 留 計 算*

山 田 幾 穂**

物質収支, エンタルピー収支および気液平衡関係が基礎となって組立てられた蒸留計算法は, 理想塔に関するかぎり一応の完成をみたとされているにもかかわらず, かなり多くの報告がある。以下, 解析的方法, Matrix および逐次段法, 最小還流比, 図式解法, 回分蒸留, 充填塔による蒸留の順序にしたがって最近の文献を紹介したい。なお, 共沸蒸留と抽出蒸留については気液平衡の項にゆずった。

1. 解析的方法

2成分系では, Smoker⁴⁵⁾の方法に属した Ramalho⁴³⁾の報告, よく知られた Fenske の式に基礎をおき, 沸点差による最小理論段数の推算に関する Bitar⁴²⁾の報告がある。また, 段階接触を微分接触に近似し, しばしば超分留計算に適用されている Lewis³²⁾の方法は Holland ら³⁰⁾および Wilcox⁶¹⁾によって受けつがれている。し

かし以上の報告は, いづれも理想系に関するものであったが, Martin³³⁾は非理想系の蒸留計算法および抽出計算法を提出した。すなわち, 操作線および気液平衡関係の一般形を (1) 式, (2) 式で表わした。

$$y_n = ax_{n+1} + bx_{n+1}y_n + c \quad (1)$$

$$y_n = a'x_n + b'x_ny_n + c' \quad (2)$$

(1) 式, (2) 式からえられる Riccati の差分方程式

$$y_{n+1}y_n + Ay_{n+1} + By_n + C = 0 \quad (3)$$

$$\text{ただし, } A \equiv (a+b'c)(b'-b)^{-1} \quad (4)$$

$$B \equiv (a'+bc')(b'-b)^{-1} \quad (5)$$

$$C \equiv (ac'-a'c)(b'-b)^{-1} \quad (6)$$

の解を次のように与えた。

Case 1. $(A+B)^2 - 4C > 0$

$$h = \frac{-(A+B) \pm \sqrt{(A+B)^2 - 4C}}{2} \quad (7)$$

のいずれか1つの h の値を用い, e_1, e_2 を

$$e_1 \equiv A + h \quad (8)$$

$$e_2 \equiv B + h \quad (9)$$

とそれぞれ定義し, 与えられた気相組成 y_0 から y_N ま

* 昭和42年10月30日 受理

** Ikuho Yamada 名古屋工業大学 工業化学科教室