

洋酒製造におけるブレンドタンク 構成の最適化

小西 一郎, 古林 隆

1. はじめに

ウィスキー、ブランデーあるいはリキュールなどの高品質洋酒は何年間もの樽貯蔵による熟成期間が必要であり、分析技術がこれだけ発達した現在でも熟成のメカニズムは、やはりまだまだ『時間』というロマンチックなファクターに包まれているのが現状である。

しかし一方、今や洋酒業界でも新製品開発が急ピッチで進められ、今まで以上に多品種少量生産の重要性が高まっている。このため消費者の顕在的・潜在的ニーズにマッチした、確実な品質を効率よく製品化する必要にせまられている。

ゆっくりと時間をかけ熟成させたいいろいろなタイプの原酒はそのまま、あるいはブレンドされて消費者の好みに合った多種類の洋酒製品となり、市場に送り出されている。このように長年月の熟成を済ませた原酒から製品中味に仕上げるまでの製造工程中で、ブレンド工程は最も重要な工程の1つであり、それだけに慎重で厳重な管理の下に行なわれる工程である。設備的にも多種類のブレンドタンクを必要とし、このタンクの種類と数がブレンド工程の制約となっていることが多い。そこで、待ち行列モデルを用いて現在操業中の或る

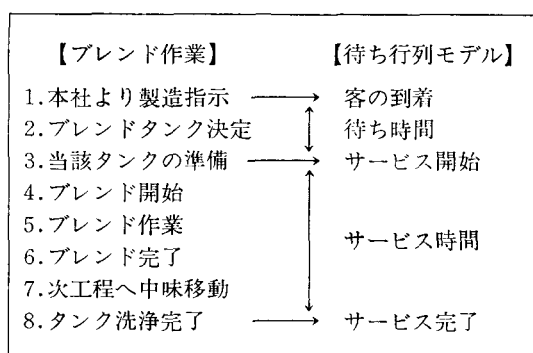


図1 ブレンド工程と待ち行列モデルとの対比

洋酒製造プラントにおける原酒のブレンド工程でのブレンドタンク構成の適正化を行なった。

すなわち、製造指示がランダムに発せられ、その指示によるブレンドの期間も指数分布にしたがうと仮定した場合、タンク本数を変化させるとタンク稼働率、ブレンド待ち本数、ブレンド待ち日数がどのように変化するかを調べ、適正なタンク構成を求めた。

2. 待ち行列モデルの当てはめ

現在の酒類製造におけるブレンド工程を待ち行列モデルに当てはめることにした。まず、ブレンド工程を8個の単位作業に分解し、各作業を待ち行列モデルと対比させたのが図1である。本社よりランダムに発せられる製造指示が客の到着と考えられる。この指示にもとづいてタンク繰りを行ないブレンドタンクを決定するが、該当タンクが

こにし いちろう サントリー株式会社エンジニアリング部*

こばやし たかし 埼玉大学大学院政策科学研究科

*〒530 大阪市北区堂島浜2-1-40

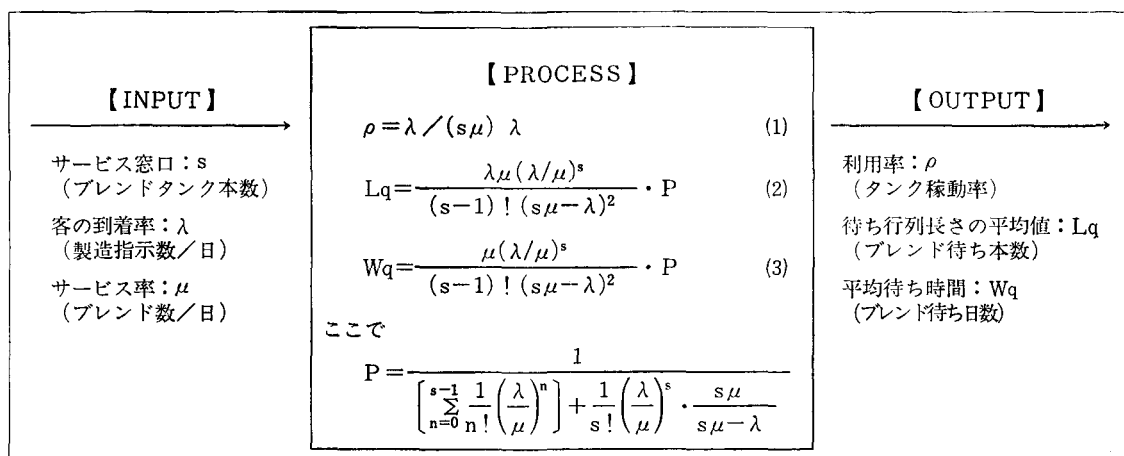


図 2 ブレンド工程におけるM/M/s型待ち行列モデル

空いていない時はブレンド待ちが発生する。タンクが空くとタンクの洗浄と殺菌等のタンクの準備が行なわれ、つづいて酒類のブレンドが行なわれるが、これがサービスの開始に当る。ブレンド作業は複雑で、その必要期間は製成する酒類によってまちまちであり、ブレンド期間は現実には一定ではない。ブレンドされ製成された酒類は品質を確認・保証された上でブレンドタンクから次工程の後熟工程へと払い出され、使用が終ったタンクの洗浄が完了した時点でブレンド作業の完了となる。これがサービス完了に対応する。

このように考えると、ブレンド工程をM/M/s型の待ち行列モデルに当てはめることができる。ここで、ブレンドタンクの本数をサービス窓口数s、1日当りの製造指示の発行数を客の到着率λ、1ブレンドの平均必要日数の逆数をサービス率μとする。s、λ、μから窓口の利用率ρ、待ち行列長さの平均値Lq、平均待ち時間Wqが求められるが、それらはそれぞれタンク稼働率、ブレンド待ち本数(タンクが空くのを待っている製造指示の数)、ブレンド待ち日数に対応する(図2)。

3. 適正ゾーンの決定

次に、利用率ρ、待ち行列長さの平均値Lq、平均待ち時間Wqに対して適正ゾーンを下記のように

に定めた。

(1) 利用率ρ：40～70%

製造現場の経験から利用率70%を越えるとブレンド作業に支障をきたし、タンク不足感が生ずる。一方、利用率40%以下ではタンクが余っている感じがする。この現場経験から適正ゾーンを設定した。

(2) 待ち行列長さの平均値Lq：0.3～0.8

市場ニーズにタイムリーに応えられるようにするために、ブレンド待ち、すなわち待ち行列長さの平均値を0.5を目標とし、経験上からその前後に幅をもたせて適正ゾーンとした。

(3) 平均待ち時間Wq：0.5～2.0日

ブレンド指示から開始までが2、3日であれば、ほとんど待たされるという実感はない。また、指示がきたその日にブレンドを開始することを要求するまでもないので、平均待ち時間が0.5～2日の間に入るのを適正とした。

なお、この適正ゾーンより高いゾーンを高すぎるゾーン、低いゾーンを低すぎるゾーンと呼ぶことにする。

4. 現 状 値

(1) サービス窓口数(ブレンドタンク本数)s：
表1に或るプラントでの酒類群・タンク区分ご

表 1 酒類群・タンク区分別タンク本数

区分 酒類群	A	B	C	D	E	F	G	合計
I	4	2	9	6	5	6	—	32
II	1	—	—	2	—	13	1	17
III	—	—	—	—	4	3	—	7
IV	—	—	—	—	—	2	—	2
合 計	5	2	9	8	9	24	1	58

との現有タンク本数を示す。このプラントでは製造酒類が多いために、ブレンド工程に用いるブレンドタンクだけでも58本を有している。この中でもタンクを共用できる酒類とできない酒類とがあり、共用できる酒類同士をⅠ～Ⅳ群に層別してブレンドタンクを共用している。

また、同じ酒類群のタンクでもタンク容量が2～200kℓまでさまざまであり、これらのタンク容量をA～Gまでの7サイズに区分して使い分けている。これは一般に酒類は空気に触れると香味成分に変化をきたすことが多いため、ブレンドするロットサイズに合ったブレンドタンクを用いることが必要だからである。

(2) 客の到着率(1日当りの製造指示数) λ :

最近の半年間の製造指示数を酒類群・タンク区分別に調べたのが表2である。1日当りの製造指示数、すなわち、客の到着率を求めるには、

$$\lambda = (\text{製造指示数}) / (365/2)$$

にて求め、表3に示した。

(3) サービス率(1日当りのブレンド数) μ :

この半年間のタンク使用延日数を酒類群・タンク区分別に示したのが表4である。この値を製造指示数(表2)で割った値が1ブレンドの平均日数であるから、その逆数、すなわち表2の値を表4の値で割ったものをサービス率とした(表5)。

5. 現状分析

(1) 利用率 ρ : 表1, 3, 5のデータを図2の式(1)に代入して酒類群・タンク区分別の利用率 ρ を求めた。得られた値を表6および図3に示す。

表 2 製造指示数 (単位: 回/半年)

区分 酒類群	A	B	C	D	E	F	G
I	45	34	90	104	41	146	—
II	13	—	—	42	—	157	8
III	—	—	—	—	17	25	—
IV	—	—	—	—	—	18	—

表 3 1日当りの製造指示数 (単位: 回/日)

区分 酒類群	A	B	C	D	E	F	G
I	0.249	0.188	0.497	0.575	0.227	0.807	—
II	0.072	—	—	0.232	—	0.867	0.044
III	—	—	—	—	0.094	0.138	—
IV	—	—	—	—	—	0.099	—

表 4 タンク使用延日数 (単位: 日/半年)

区分 酒類群	A	B	C	D	E	F	G
I	276	232	742	696	281	889	—
II	58	—	—	159	—	1819	69
III	—	—	—	—	82	357	—
IV	—	—	—	—	—	159	—

表 5 ブレンド平均所要日数の逆数
(1日あたりのブレンド回数) (単位: ブレンド/日)

区分 酒類群	A	B	C	D	E	F	G
I	0.164	0.147	0.122	0.149	0.145	0.164	—
II	0.222	—	—	0.263	—	0.086	0.116
III	—	—	—	—	0.208	0.070	—
IV	—	—	—	—	—	0.114	—

表 6 利用率 (単位: %)

区分 酒類群	A	B	C	D	E	F	G
I	38	63	45	64	31	81	—
II	32	—	—	44	—	77	38
III	—	—	—	—	11	65	—
IV	—	—	—	—	—	43	—

評価欄には各タンク区分のうち利用率(ρ)が適正ゾーン内に収まっている区分(ブレンドタンク

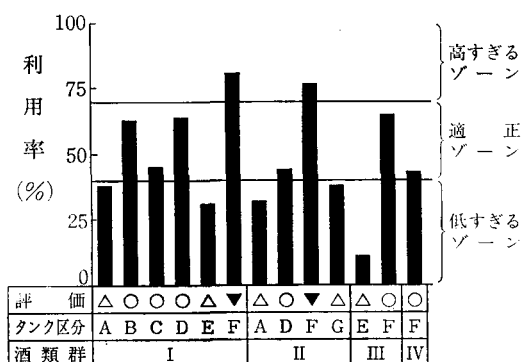


図 3 利用率(p)の現状(○適正, △余裕あり, ▼不足)

数が適正な区分)には○印, 低すぎるゾーンの区分(ブレンドタンク数に余裕がある区分)には△印, 高すぎるゾーンの区分(ブレンドタンク数が不足している区分)には▼印を付して評価した。

(2) 待ち行列長さの平均値 Lq : 同様にして式(2)より得られた待ち行列長さの平均値 Lq を表7と図4に示した(記号は図2と同じ)。

(3) 平均待ち時間 Wq : 同様にして式(3)より得られた平均待ち時間 Wq を表8と図5に示した(記号は図2と同じ)。

(4) 現タンク構成の評価: 図3, 4, 5より各タンク群のタンク過不足を表9に示した。表中で利用率 p , 待ち行列長さの平均値 Lq , 平均待ち時間 Wq

表 8 平均待ち時間 (単位: 日)

区分 酒 類 群	A	B	C	D	E	F	G
I	0.18	4.56	0.04	0.74	0.05	2.97	—
II	1.74	—	—	0.90	—	1.08	4.21
III	—	—	—	—	0.00	5.84	—
IV	—	—	—	—	—	2.04	—

表 7 待ち行列長さの平均値 (単位: ブレンド数)

区分 酒 類 群	A	B	C	D	E	F	G
I	0.05	0.85	0.02	0.42	0.01	2.38	—
II	0.12	—	—	0.21	—	0.93	0.18
III	—	—	—	—	0.00	0.80	—
IV	—	—	—	—	—	0.20	—

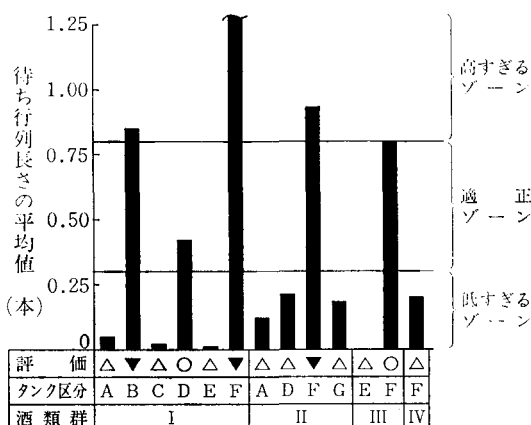


図 4 待ち行列長さの平均値(Lq)の現状(○: 適正, △: 余裕あり, ▼: 不足)

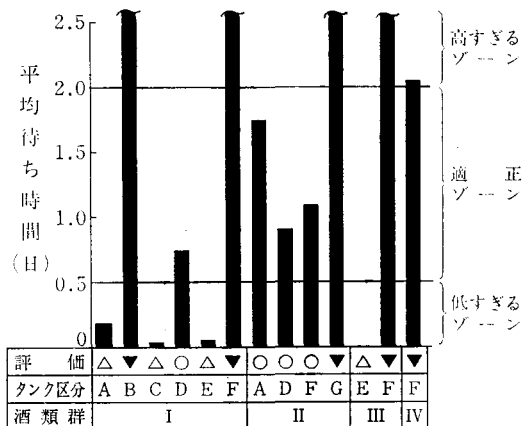


図 5 平均待ち時間(Wq)の現状(○: 適正, △: 余裕あり, ▼: 不足)

表 9 現タンク構成の評価

酒 類 群	I						II				III		IV
タンク区分	A	B	C	D	E	F	A	D	F	G	E	F	F
利用率	△	○	○	○	△	▼	△	○	▼	△	△	○	○
待ち行列長さの平均値	△	▼	△	○	△	▼	△	△	▼	△	△	○	△
平均待ち時間	△	▼	△	○	△	▼	○	○	○	▼	△	▼	▼
総 合 評 価	△	—	—	○	△	▼	—	—	—	—	△	—	—

注) ○印: タンク本数は適正
△印: タンク本数に余裕(タンク本数を減らす)
▼印: タンク本数は不足(タンク本数を増やす)
—印: 評価できず

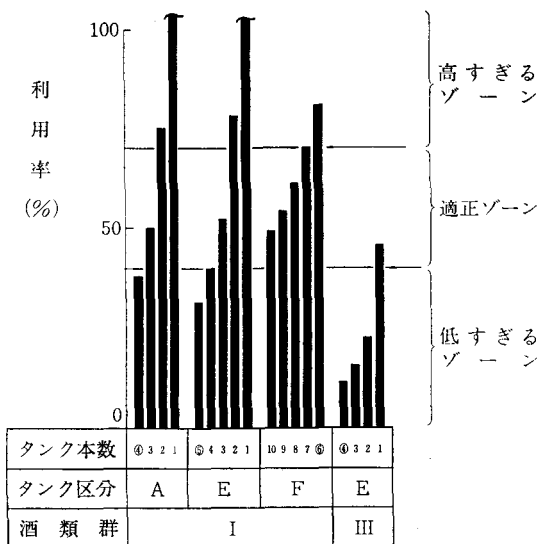


図 6 評価できたタンク区分のタンク本数と利用率(ρ) (○:現状)

の3項目すべて同一の評価を得たタンク群は総合評価判定できたものとし、総合評価欄に○△▼印で記入した。同一の評価を得られなかったタンク群は総合評価できなかったものとして、総合評価欄に一印を記入した。

この結果を実際の作業の実感と付き合わせてみると、それぞれタンクの手詰り感、余裕感が一致し、

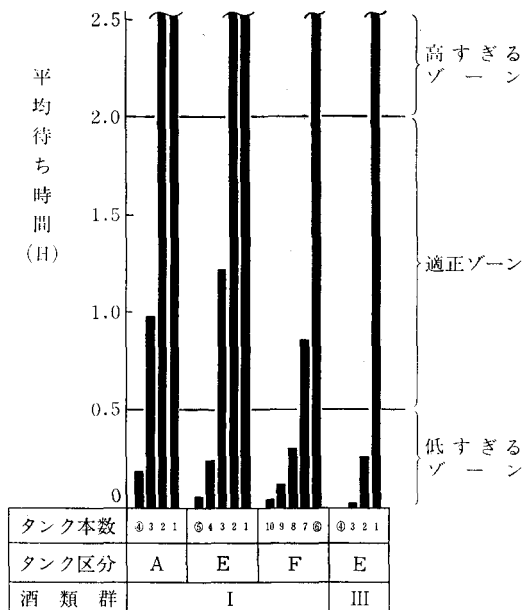


図 8 評価できたタンク区分のタンク本数と平均待ち時間(W_q) (○印:現状)

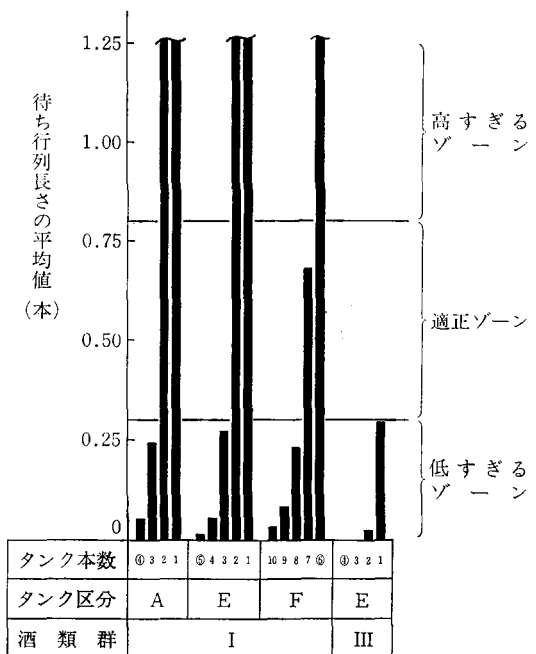


図 7 評価できたタンク区分のタンク本数と待ち行列長さの平均値(L_q) (○印:現状)

待ち行列モデルの適用に大きな間違いのないことがわかった。すなわち、酒類 I 群のタンク A、E 区分がタンクに余裕があり、F 区分が不足している。III 群では E 区分のタンクに余裕がある。また I 群 B、C 区分、II 群すべての区分、III 群 F 区分および IV 群 F 区分のタンク構成については評価できなかった。

6. タンク構成の適正化

(1) 評価できた区分のタンク本数の最適化

表 9 で総合評価できたタンク区分についてタン

表 10 評価できたタンクの本数の適正值

酒 類 群		I			II
タンク区分		A	E	F	E
タン ク 本 数	現 状	4	5	6	4
	図 6 より	3	3	7	1
	図 7 より	3	3	7	1
	図 8 より	3	3	7	2
	適 正 値	3	3	7	2

表 12 タンク本数の現状と適正値の比較

酒 類 群	I						II				III		IV	合 計
タンク区分	A	B	C	D	E	F	A	D	F	G	E	F	F	
現 状	4	2	9	6	5	6	1	2	13	1	4	3	2	58
最 適 値	3	3	6	6	3	7	1	2	14	2	2	4	2	55
タンク増減	△1	▼1	△3	±0	△2	▼1	±0	±0	▼1	▼1	△2	▼1	±0	△3

注) △印：タンク本数の減少 ▼印：タンク本数の増加 ±印：タンク本数の増減なし

れぞれ図9, 図10, 図11に示す。図9～11の適正ゾーンに入っている場合のsの最小値を求めた結果を表11に示す。ただし、これらの区分では、3つの結果が異なる可能性が高いので、適正ゾーンを上にも多少上げたときにsを1だけ減少できる場合を明記した。図9～11からの結果を総合して求めた適正値を同表の最下欄に示す。

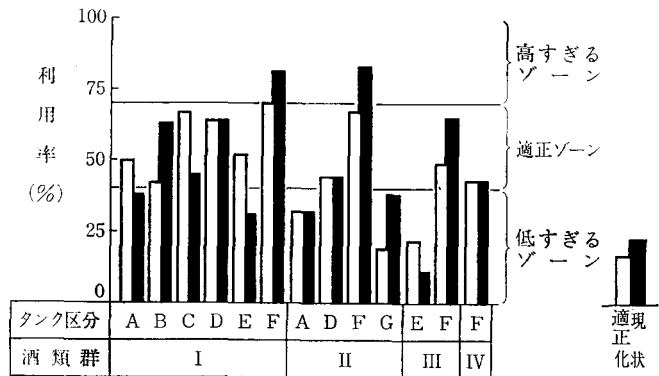
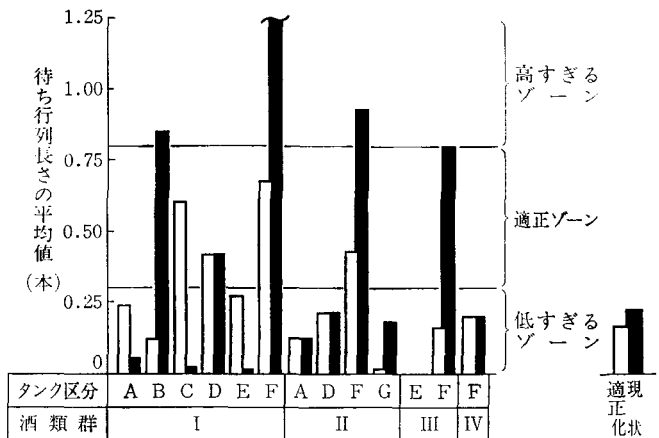
(3) 現状との比較

評価できた区分と評価できなかった区分の適正タンク本数をまとめて表12に示す。これらに対する利用率 ρ 、待ち行列長さの平均値 Lq 、平均待ち時間 Wq を現状と比較したものを図12, 図13, 図14に示す。

これらの図からタンク構成の適正化により、3項目ともに適正ゾーン内に位置するタンク区分が多くなり、しかも、現状に比べてタンク総本数が3本少ない55本で実現できることになる。

7. む す び

最近、『市場変動』が大きくなってきたために、生産現場ではこれに必要なタンクの『ゆとりの度合』[2]を大きくすることが求められているにもかかわらず、生産管理部門ではタンクの『ゆとりの度合』よりもタンクの『利用率』に関心があり、『市場変動』が大きいにもかかわらずタンクの『利用率』が低いことだけでタンクの不足はあり得ないと考えがちになる。ここに製造計

図 12 適正化した場合と現状の利用率(ρ)の比較図 13 適正化した場合と現状の待ち行列長さの平均値(Lq)の比較

画や設備計画が現場の実情にそぐわなくなる危険性がある。

今回のブレンダータンク利用に関する待ち行列モデルは『市場変動』とタンクを層別して各タンク群での『稼働率の変動』の考え方を導入することにより、タンク群の『ゆとりの度合』を定めることができた。ここではとりあげなかったが、このモ

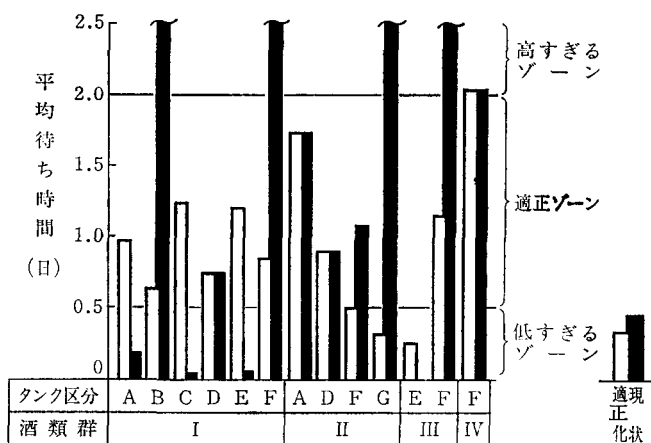


図 14 適正化した場合と現状の平均待ち時間(Wq)の比較

デルの前提条件を変えて、製造指示数 λ のみを変化させて現有ブレンドタンク構成での最大製造能力を求めたり、QCサークル活動による作業改善によって1日の仕込み数 μ を大きくすることにより現有タンク構成での製造能力限界を求めたりしている。このようにこのモデルを利用することにより、静的解析では得られない設備利用に関する

多くの有用な知見を得ることができた。

参考文献

- [1] OR演習部会編：初等ORテキスト、日科技連出版社、1982
- [2] 森村英典，大前義次：ORライブラリー13 応用待ち行列理論、日科技連出版社、1983

中国“OR誌”に紹介された「日本におけるOR発達小史」

中国で唯一のOR雑誌「运筹学雑誌」1985年12月号に「运筹学在日本の発展簡況」(日本におけるOR

発達小史)と題する記事が掲載された。著者は天津大学管理工学系の李 維錚教授。2ページの短いもの

第4巻 第2期 1985年12月 运筹学杂志 CHINESE JOURNAL OF OPERATIONS RESEARCH

Vol. 4 No. 2 Dec., 1985

运筹学在日本的发展简况

李 维 錚

(天津大学管理工程系)

运筹学(以下简称OR)在日本的发展可略分为以下四个阶段:

一、1952~1956,可以说是酝酿和准备阶段

第二次世界大战后,在日本已有人注意并研究运筹学。1952年“日科技速”,约相当于我国的科协)约请河田龙夫等¹⁾的是研究引入运筹学以应用于企业经营²⁾和存贮论为主),并举办研究³⁾合编的《运筹学⁴⁾》⁵⁾

だが、大変簡潔によくまとめられた紹介記事である。

李教授は中国で広く用いられているORの教科書の著者として著名な学者であるが、戦前日本の大学で勉強されており、大変日本語の達者な方である。

李教授は1982年学術訪問団(中国経済および管理工程教育考察団)の一員として来日され、東工大、慶応大、京大等を歴訪された。そのさい持ち帰られたOR学会の年表をもとに書かれたのがこの記事である。(柳井 浩)