アルキルベンゼンの合成化学

徳 久 寛*

Synthesis of Alkylbenzenes.

Hiroshi TOKUHISA*

緒 言

アルキルベンゼンの合成化学に関し、全般を少ない紙面で述べることは至難であると共に、読者にとっても有効とは考えられない。したがって今回は読者が、通常の芳香族のアルキル化について、既刊の図書、文献、総説を一応読まれ、かなり高度の基礎を有されることを前提とし、さらに現在行なわれている石油化学工業も十分承知しておられるとして、既設工業プロセスを検討し、その欠陥を述べ、つぎに来るべきアルキルベンゼンの工業的合成法として、トランスアルキレーション、分解アルキレーションが重要な意味を有することに言及したい。

われわれが研究の対象として、自然科学そのものに目標を置くか、工業に目標を置くかでは、ときにより全くの異質と考えられる程の開きがある。工業を対象とした場合の研究は、科学それ自身よりも、さらに多くの考え方が加味されなくてはならない。本稿は「芳香族系の合成化学と工業」特集号の一部であり、したがって、アルキルベンゼンの工業的合成に主点を置くことにする。

I. 現在のアルキルベンゼンの工業的合成法に対する批判

有機合成化学の教科書には、原料はすべて純粋と仮定して、種々なる反応が書かれている。したがって、いつとはなしに工業においても原料は、純粋であることが必要であるかのごとき錯覚に陥り易い。シクロヘキサン製造用のベンゼンとエチルベンゼン製造用のベンゼンとは教科書的には同一であっても、工業的製法には大きな差

異がある場合がある。

いま例としてエチレンとベンゼンよりアルキレーションによってエチルベンゼンを工業的に合成する場合、そのおのおのの原料の純度を考えても、5通りの方法がある。

- a) Pure+Pure $\longrightarrow$ Pure Product
- b) Impure+Pure $\longrightarrow$ Pure Product
- c) Pure+Impure $\longrightarrow$ Pure Product
- d) Impure+Impure $\longrightarrow$ Pure Product
- e) Impure+Impure $\longrightarrow$ Impure Product

通常工業的には、現在有機の教科書と同様 a) が行なわれ一部アルカー法の如く b) も行なわれている。c), d) は行なわれていなく、c) はよい方法ではないが d) は当然行なわれてよいはずである。e) はエチルベンゼンが最終目的でなく、スチレンが目的であるならば可能性があり、さらにポリスチレンが目的であるならば、スチレンにはある種の不純物があっても差支えない場合も将来は生じてくるであろう。有機合成工業においては、原料より最終製品迄の全段階を考慮して、各段階の純度（不純物が反応に支障をきたすか否か）を考慮するとき、新しく工業的進歩の1つが生れる。

通常アルキレーション原料である芳香族は、石炭系においては、粗ベンゼンを水添、抽出、石油系では改質油の抽出、あるいはナフサ分解残油の水添、抽出を行なって純粋にし、これをさらにアルキル化しているが、原料沸点を限定しそのままアルキレーションをする場合は抽出行程を不要とすることも可能である。すなわちアルキレーションに用いたオレフィンが、芳香族を高沸点化せしめこれがため抽出工程を兼ねたことになる。すなわち粗芳香族油の成分は、パラフィン、ナフテンおよび芳香

* 東北大学工学部応用化学科（仙台市桜小路）

* Dept. of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Tohoku Univ. (Sakura-koji, Sendai, Japan)

族であり、オレフィンによるアルキレシジョンにおいて、パラフィンおよびナフテンは異性化を伴うのみで高沸点化せず、芳香族のみアルキレシジョンが行なわれるからである。

近代化学工業を代表するといわれる石油化学工業は装置工業であり、製品コストの切下げは如何にして装置の費用を軽減するかにかかっている。それには各装置の簡素化は勿論であるが、原料より最終目的製品までの全行程の簡素化、たとえば3工程を2工程に、2工程を1工程に如何にするかが工業的合成反応の研究主体ともなる。

現在日本の石油化学工業の1例としては、ナフサを原料として、熱分解し、低温分留し、オレフィンを純粋に単離し、一方残油は、水添し、抽出して芳香族を得ている。あるいは重ナフサを改質し、抽出し芳香族を得ている。これらをさらにアルキレシジョンして、たとえばエチルベンゼンを得ている。すなわち**5工程**を要している。これを4工程に、3工程に、さらに**2工程**にできるか否かが鍵である。工程の減少は従来のプロセスの改良程度では決して達成できない。これには原理が異ったものでなくてはならない。

最近エチルベンゼンの製造法において、従来のベンゼンとエチレンとの合成法以外に、石油改質油を原料とし、抽出工程を経て、混合キシレンを得、さらにこの中に少量含まれているエチルベンゼンを直接分留する、Cosden Chemical Co. と Badger Co. Inc. が共同開発したプロセスがある。工程は原料から改質、抽出、精密蒸留の工程である。現在この方法により製造されたエチルベンゼンは米国において全生産能力の約10%を占めていると報告されている。わが国においても検討中であるが、混合キシレン相互の沸点差がきわめて少なく、(約2°C)エチルベンゼンの分離に、精留塔の段数が極端に多くなり、分留に高さ600ft(3つに分離)の精留塔を要し、ホールドアップは1日の処理量の1.5倍にも達すると報ぜられ、たとえ工程数が少なくとも、原料混合キシレンの量、エチルベンゼンを分離した残油である混合キシレンの用途などの点より、この方法は、価格も合成法に比して格段に低廉であるともいえない。

エチレンとベンゼンよりの合成エチルベンゼンさらにスチレンまでの原価に関し報告がある。(Hydrocarbon Processing, Jan. 1965 p. 119~125, The Oil and Gas Journal Jan. 18 1965 p. 78~82)エチルベンゼンはベンゼン価格23円/kg, エチレン価格38円/kgの場合32.6円/kgと報告している。(日本では現在40~45円/kg位であろう)

エチルベンゼンの合成法がベンゼンとエチレンを原料とする以上、それが、触媒として塩化アルミニウムを用いても(液相90°C)、シリカアルミナを用いても(60 atm, 310°C)、三フッ化ホウ素を塩化アルミニウムの代りに用いても(37 atm, 120°C)、固体の担体にリン酸を付加したものをを用いても(60 atm, 275°C)、さらにまたエチレン、プロピレン混合ガスを用いても、多くのプロセスに多少の特長はあっても、それぞれの欠点が相殺し、エチルベンゼンの価格はそれ程変らない。

根本的にエチルベンゼン合成法を変更するためには、原料として、**エチレンとベンゼンを用いないでエチルベンゼンを得る道しかない**。しかも工業である以上原料が低廉でなくてはならない。果してこれができるかどうか。以下ここに焦点を合わせよう。

II. トランスアルキレシジョンの工業的意義

繊維工業において、天然物をそのまま加工した綿糸、天然物を半分化学的処理をしたレイヨン、完全に合成品であるナイロン、テトロンに如き合成繊維がある。アルキルベンゼン、たとえばエチルベンゼンを製造するのに、天然物すなわち原油にそのまま含まれているきわめて少量のエチルベンゼンを、そのまま分離する方法があるとすれば、これは綿糸に相当し、原油よりのナフサを熱分解し、原料を一たんバラバラにして、純粋なエチレンとベンゼンとし、さらにエチルベンゼンを合成する方法は、ナイロン、テトロンに相当する。しかし、まだレイヨンに相当する半合成品のエチルベンゼンは世界で生産されていないし、またプロセスになってもいいない。これについてよく考えて見よう。

エチルベンゼンを製造するに、**エチレンがなくともエチル基があればよい**はづであり、従来無意識的にまた教科書的にエチレンにこだわり過ぎたのではあるまいか。このエチル基は、芳香族核に常圧、常温でフリーデルクラフツ型触媒の存在下で自由に移動する。すなわちトランスアルキレシジョンが行なわれる。

原油の成分は飽和脂肪族炭化水素、脂環炭化水素、芳香族炭化水素であり、その各炭化水素にはかなり多くのエチル基が付加されているが、それらの中トランスアルキル化するの**は芳香族核のアルキル基のみである**。

石油精製の工程において、高オクタン価揮発油製造のため、重質ナフサの改質(このさい脂環炭化水素すなわちナフテン炭化水素は脱水素され芳香族となる)が行なわれており、その改質油中の芳香族含有率は約40%ないし60%である。なお、通常設置されている1,000kl/日の改質装置よりの改質油中には約**3万t/年のエチルベ**

ンゼンに相当するエチル基が存在している。しかも炭素数8および9の芳香族に集中している。日本全国の改質装置の規模、数量を考えると、日本の現在のエチルベンゼン量および将来においても全量(100万t/年)賄えるだけのエチル基は賦在している。なお経済的にも世界最低コストのエチルベンゼンを得る可能性があると考えている。

III. アルキル芳香族のトランスアルキル化反応およびその応用

アルキル芳香族のアルキル基が触媒の存在下で、他の芳香族環に移動することは、すでに1800年代より報告されており、その後特に AlCl_3 , HF-BF_3 , $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ が最も多く研究されている。 AlCl_3 触媒では多くの場合液相、常圧下で、 HF-BF_3 触媒では液相、加圧下で、また $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 触媒では気相、常圧または加圧下で行なわれているが本稿はアルミニウムハライド系触媒に絞って述べることにする。

1. 芳香族核メチル基の移動 触媒として主に、アルミニウムハライド系、フルオライド系およびシリカ-アルミナ系が研究されている。芳香族核のメチル基は、高級アルキル基たとえばエチル基、プロピル基またはブチル基に比べ、他の芳香族核への移動反応速度はきわめて小である。したがって一般に高温を必要とするため、触媒としてはシリカ-アルミナ系が用いられ温度 400°C 以上 570°C 、圧力も数十気圧、気相反応である。 AlCl_3 を触媒として用いた研究^{1-3, 9, 18-20, 23, 30}は主として高級アルキル基との対比として行なわれ、反応温度も一般に 100°C 以下であり、メチル基の移動は顕著ではない。しかし、反応温度が上昇するにつれ、たとえば活性炭に AlCl_3 を多量に付着せしめ、温度 $250\sim 300^\circ\text{C}$ の条件下ではメチル基の移動は活発となる¹⁴⁾。

2. 芳香族核エチル基の移動 触媒としてアルミニウムハライド系が多く研究^{1-6, 10-13, 23, 25, 31-35, 37, 39, 42, 43}され、反応温度は一般に低く、エチル基の移動はきわめて活発である。なおエチル基の異性化、不均化が併発する。しかし、メチル基の移動とエチル基の移動反応速度に大きな差異がみられ、したがってそれらが共存していても、ほとんどエチル基のみを他の芳香族核に移動せしめることが可能となり、工業的に大きな意義をもつこととなる。エチル基の移動に関する動力学解析ならびに反応機構に関し、多くの研究^{9, 23, 25, 34, 37, 42, 43}があり、またメチル基、エチル基、プロピル基およびブチル基の順にトランスアルキル化速度は大となり、その相対速度も報告^{3, 23, 42, 43}されている。

3. 芳香族核プロピル基の移動 古くより研究³⁾され、近年に至るも多くの発表^{5, 7, 9, 21-23, 26, 40, 42, 43}がある。この中イソプロピル基に関する研究^{3, 5, 9, 21-23, 40, 42, 43}とノルマルプロピル基に関する研究^{7, 9, 26, 43}があるが、いづれもそれらアルキル基の移動はエチル基より速い。プロピル基が、他の芳香族核に移動するとき、イソはイソとして、ノルマルは外見的にはそのままノルマルとして移動する。このことは、将来工業的にノルマルプロピルベンゼン製造法の1指針ともなろう。プロピル基の移動に関し動力学解析ならびに反応機構の研究^{9, 23, 26, 42, 43}は多くなされており、ラベルされた炭素14をアルキル基に用いた反応機構の研究、すなわちエチル基^{28, 34, 37}、ノルマルプロピル基²⁶⁾、ノルマルブチル基²⁷⁾の移動機構は特に興味深いものである。

4. 芳香族核ブチル基の移動 すでに多くの研究^{3, 9, 16, 23, 24, 27, 36, 41, 44, 45}があり、プロピル基の場合より一般に他の芳香族核に移動する速度は速いがきわめて類似性がある。しかし、オルトキシレンおよびメタキシレンに対し、他の芳香族核のエチル基、プロピル基、*n*-ブチル基は移動するが、パラキシレンに対しては、エチル基、プロピル基は移動するが*n*-ブチル基は移動しない^{44, 45}。このことは工業的に混合キシレン中よりパラキシレンの工業的分離に、重要な指針を与えている。

なおアミル基^{3, 9)}、シクロヘキシル基⁹⁾その他のアルキル基の移動に関しては省略する。

5. 工業的応用(その1)

前節に述べた個々の反応に基づいて、種々の工業的に新しい利用が考えられるが、以下にその数例について述べる。

一般に石油原油中の成分は、脂肪族炭化水素、脂環炭化水素および芳香族炭化水素に大別されるが、いづれの原油も揮発油留分中には、脂肪族炭化水素および脂環炭化水素が多く芳香族は比較的少ない。揮発油留分の重質部分、すなわち重質ナフサを改質すると、芳香族分は40%以上となり、石油精製工業においては、これを高オクタン価揮発油製造用として、軽質ナフサに混入している。一方石油化学的には、この芳香族留分を抽出しているが、沸点の低い C_6 芳香族すなわちベンゼンの含有率はきわめて少なく、 C_7 , C_8 , C_9 , C_{10} になるにつれ含有率は急激に高くなる。現在抽出油中に C_9 の留分が、きわめて多く含有されているにもかかわらず、その利用は単に揮発油に戻す程度でほとんど利用されていない。この原料(改質油中に C_9 芳香族の占める割合は約20%である。)である C_9 芳香族の組成にはつぎのような文献値がある。

C ₉ 芳香族	b.p.°C	A	B	C
i-プロピルベンゼン	152.2	0.4	0.6	0.7
n-プロピルベンゼン	159.4	5.7	5.2	7.1
1-メチル-3-エチルベンゼン	161.1	21.0	17.4	28.7
1-メチル-4-エチルベンゼン	162.2	9.6	8.6	9.6
1,3,5-トリメチルベンゼン	165	9.3	7.6	12.2
1-メチル-2-エチルベンゼン	165	9.0	9.1	7.2
1,2,4-トリメチルベンゼン	169	34.8	41.3	34.5
その他		10.2	10.0	0

以上の C₉ 芳香族原料は上表の如く沸点が近接し分離が困難であるが、これにベンゼンを加え、エチル基を移動せしめるときはエチルベンゼンを生じ残油は全部有効利用可能なしかも分離容易な芳香族に変換できる。すなわち、

となり右边はきわめて利用価値ある芳香族に変換され、その分離も沸点差が開き容易となる。反応条件の1例としては、温度 80°C、圧力常圧、触媒として塩化アルミニウムを使用する。なおこのエチル基移動の反応は可逆反応であり、反応系より、トルエンを留出除去系外に取り出し、ベンゼンは系内に一部循環することにより、原

料中のエチル基をほとんどエチルベンゼンとして取り出し得ることとなる。さらに付言するならば、トルエンはつぎの反応によって、ベンゼンに変換し、原料に加えるベンゼンを自給することが可能と考える。

すなわち、従来ほとんどその利用を考え得なかった C₉ 混合芳香族に、トランスアルキル反応を応用することにより価値ある芳香族、すなわちスチレン原料としてのエチルベンゼン、イソプロピルベンゼン、ノルマルプロピルベンゼン（将来きわめて有用なる石油化学原料である）、1,3,5-トリメチルベンゼン（1,2,4-トリメチルベンゼンに異性化可能）、1,2,4-トリメチルベンゼン（石油化学原料として将来きわめて有用）を収量よく純粋に製造し得ることとなる。（目下、本プロセスに関する中間工業試験装置が建設中である。）

6. 工業的応用（その 2）

パラキシレンは合成繊維テトロン（¹⁵）の原料として重要な芳香族であり、現在工業的には混合キシレンより結晶化法によって分離されている。従来この分離法として、結晶化、包接化、付加化合物の生成、抽出、共沸蒸留、透過膜の使用、静電的方法、アルキル化、スルホン化、ニトロ化などが試みられているが、種々複雑な工程を含むか、または選択性が完全でなく工業的に満足すべきものはほとんどない。メタキシレン（139.1°C）、パラキシレン（138.3°C）混合物の分離は沸点が近接しているため蒸留によって分離することは不可能であるが、*t*-ブチル基が、パラキシレンには移動せず、メタキシレンに移動する事実⁽¹⁵⁾より分離がきわ

めて容易となる。反応温度は 80°C 以上である。

（なお、本プロセスに関し、中間工業試験を準備中である。）

7. 工業的応用（その 3） 改質油の原料をやや高沸点留分にするとときは、生成物中に C₁₀、C₁₁、C₁₂ の芳

香族を多量含むこととなり、それらを分留し、さらにトランスアルキル化することによって、トルエン、エチルベンゼン、混合キシレン、プロピルベンゼン、特に多量のナフタレン類を得ることができる。この点より、きわめて安価なナフタレンを原料とした工業が急速に発展する可能性が予見される。

8. 工業的応用(その4) 原油を蒸留する場合、揮発油原料(軽ナフサおよび重ナフサ)の他に灯油留分、軽油留分も留出される。灯軽油中には芳香族炭化水素を含有し、灯油に対してはスモークポイント、軽油に対してはセタン価の点で、芳香族がない方がよい。灯軽油にトランスアルキレISHONを応用し、この芳香族類を、低沸点化せしめるときは、脱芳香族が可能となり、無煙灯油、高セタン価軽油(ディーゼル燃料油)を得ると共に、分離された芳香族は、石油化学的にきわめて有用なる芳香族を多量副生することになる。

IV. 分解アルキレISHONの工業的意義

従来エチルベンゼン製造にあたり、現在すでに行なわれている、ベンゼンとエチレンのアルキレISHONによる合成法、さらに前述のエチル基の移動によるトランスアルキレISHON法以外に、エチレンまたはエチル基がなくともエチルベンゼンを合成する方法がある。

古く1930年代にIpatieffは炭素数5以上の脂肪族炭化水素とベンゼンをフリーデルクラフツ系触媒の下に、やや高温(120~180°C)にて反応せしめると、プロパン、ブタン、トルエン、エチルベンゼン(主生成物)、混合キシレンが生じることを報告したが、その後本反応についての研究はほとんどない。

もしこの反応で混合キシレンの副生を抑制し得るならば、エチルベンゼンの合成法として、工業的にも意義があると考えられる。

分解アルキル化反応およびその応用 筆者は、ノルマルヘキサンとベンゼンとの反応において、

の主反応の他にトルエンおよびキシレン混合物を得たが、このキシレンはトルエンの不均化によって生じることを確かめ、本反応においてベンゼンの量を増大せしめ、副生するキシレンをトルエンに変換し、トルエンが少量生成しても、キシレンをほとんど副生しない条件を得た。また同様の条件で、脂環炭化水素とベンゼンを反応せしめた時も、少量ではあるがエチルベンゼンは生成したがキシレンの生成は全くなく、さらにベンゼンのみ同条件で反応せしめると、きわめてわずかであるがエチルベンゼンの生成を認め、このときもキシレンの副生は全くない。

このことは広く原料を適当に選べば、エチルベンゼンの工業的製造法として将来考慮すべきものと考えられる。なお、この反応はトランスアルキル化反応に比して、触媒の寿命がやや短く、多量を要することが欠点ではあるが、この点の改良は進歩するであろう。

V. 結 語

従来の石油化学工業は、原料を先ず純粹にし、ついで合成反応を行なわせる思想の下に組立てられているに對し、今後の新しい石油化学形態^{46,47)}を確立するため、混合物である炭化水素原料をそのまま選択的に、反応分離する発想に基づき、トランスアルキレISHONおよび分解アルキレISHONを特に選び述べたしだいである。

(昭和40年7月30日受理)

文 献

トランスアルキレISHONに関する文献

- 1) Anschutz, Immendorff, *Ber.* **18** 657 (1885)
- 2) R. Heise, Töhl, *Ann.* **270** 155 (1892)
- 3) Boedker, Halse, *Bull. Soc. Chim.* **19** 444 (1916)
- 4) Milligan, Reid, *J. Am. Chem. Soc.* **44** 206 (1922)
- 5) Berry, Reid, *ibid.* **49** 3142 (1927)
- 6) Cline, Reid, *ibid.* **49** 3150 (1927)
- 7) Baddeley, Kenner, *J. Chem. Soc.* 303 (1935)
- 8) Corson, Ipatieff, *J. Am. Chem. Soc.* **59** 645 (1937)
- 9) Nightingale, *Chem. Rev.* **25** 329 (1939)
- 10) Nightingale, Smith, *J. Am. Chem. Soc.* **61** 101 (1939)
- 11) Nightingale, Carbon, *ibid.* **62** 280 (1940)
- 12) Nightingale, Shackelford, *ibid.* **76** 5767 (1954)
- 13) Nightingale, Shackelford, *ibid.* **78** 1225 (1956)
- 14) Shuikin, Prokhorova, C.A. 2010 e (1947); *J. Gen. Chem. (U.S.S.R.)* **16** 835 (1946)
- 15) Hoffman, Kaufler, *Aust. P.* 149,032 (1952)
- 16) Kinney, Hamilton, *J. Am. Chem. Soc.* **76** 876 (1954)
- 17) Schlatter, *ibid.* **76** 4952 (1954)
- 18) Brown, Jungk, *ibid.* **77** 5579 (1955)
- 19) Akiyoshi, Kobayashi, Matsukane, *J. Chem. Soc. Japan* **59** 28 (1956)
- 20) id, *ibid.* **59** 178 (1956)
- 21) Enos, Jr., *USP* 2,744,150 (1956)
- 22) Distillers Co., Ltd., *BP* 764,338 (1956)
- 23) Brown, Smoot, *J. Am. Chem. Soc.* **78** 2176 (1956)
- 24) Roberts, Brandenberger, *Chem. & Ind.* **1955** 227
- 25) Roberts, Ropp, Neville, *J. Am. Chem. Soc.* **77** 1764 (1955)

- 26) Roberts, Brandenberger, *ibid.* **79** 5484 (1957)
- 27) Roberts, Brandenberger, Panayides, *ibid.* **80** 2507 (1958)
- 28) Roberts et al., *J. Org. Chem.* **23** 1080 (1958)
- 29) Roberts, Han, Schmid, Davis, *J. Am. Chem. Soc.* **81** 640 (1959)
- 30) Allen, Yats, *ibid.* **81** 5289 (1959)
- 31) Streitwieser, Jr., Reif, *ibid.* **82** 5003 (1960)
- 32) Allen, Yats, Erley, *ibid.* **82** 4853 (1960)
- 33) Allen, *ibid.* **82** 4856 (1960)
- 34) Ünseren, Wolff, *J. Org. Chem.* **27** 1909 (1962)
- 35) Hine, Harris, *J. Am. Chem. Soc.* **85** 1476 (1963)
- 36) Robert, Han, *ibid.* **85** 1168 (1963)
- 37) Streitwieser, Jr., Rief, *ibid.* **86** 1988 (1964)
- 38) Olah, Mayer, Overshuk *J. Org. Chem.* **29** 2310 (1964)
- 39) id. *ibid.* **29** 2313 (1964)
- 40) id. *ibid.* **29** 2315 (1964)
- 41) id. *ibid.* **29** 2317 (1964)
- 42) 徳久, 大沼, 日本化学会 15 年会 (1962)
- 43) 徳久, 大沼, 石油学会 第 5 回 研究発表会 (1962) 講演要旨 p. 107
- 44) 徳久, 大沼, 日本化学会 17 年会 (1964)
- 45) 徳久, 大沼, 石油学会 第 7 回 研究発表会 (1964) 講演要旨 p. 14
- 46) 徳久, 石油学会誌 **6** 593 (1963)
- 47) 徳久, 石油学会誌 **8** 425 (1965)

☆

☆

☆

書 評

「反応速度と触媒」

パンチェンコフ, レベデフ著 (広田, 高井訳)
(朝倉書店発行) 438 ページ, 定価 2,500 円

本書はモスクワ大学における原著書の「化学反応速度論および触媒論」(本書原題名)の講義を基礎とした典型的な教科書である。化学反応速度論についての成書は多いが, 本書は反応速度論全般について, 深い理解を読書に平易に与える目的で, 数式の誘導等も省略せず, やさしく, しかも詳述している点を大きな特色としている。また欧米の教科書に見られない点は, ソ連の特色ある学説を含む部分が詳しく説明されている点で, 気相反応とともに連鎖反応と, Roginskii, Balandin, Kobozev, Vol'-

kenohtein 等の固体触媒についての業績に重点が置かれている。しかし逆に, 固体触媒反応が詳述されているにもかかわらず, B E T 吸着式に触れていないこと, 気相反応に比して液相反応のスペースが少なく, Hammett 則も出て来ない点は本書だけの特色かもしれないが, ソ連流の一つの考えである。さらに広範囲の読書を予想しているためと考えられるが, 流通法についての説明が含まれているのも特色の一つである。

以上の特色からみて, 本書は化学反応速度論の修得を目的とされる学部および修士コースの学生諸君の有益な参考書であると考えられる。また気相反応や固体触媒についてソ連流の考え方を概観するために, 研究者の方々も参照されるのにも便利であろう。

特色あるソ連の教科書が平易な訳文によって, 手近かに得られるようになったことを喜ぶたい。

(正木 澄)