化学工学の研究テーマ*

藤 田 重 文**

本誌の昨年5月号に掲載された“化学工学の研究と報文について”と題する永田進治教授の巻頭言は筆者もまったく同感であった。そこで同じようなことを昨秋の名古屋大会で申し上げたところ、それを文章にするようにとのことなので、貴重な紙面をうめさせていただく。

大学の研究と会社の研究

世間ではよく“化学工学的な研究”ということばが使われる。筆者はこのことばを好まないが、これで話が通じるのだからやむを得ない。考えてみれば“化学工学の研究”のほうが妙なことばかもしれないが、ここでは本会の会誌に掲載される報文や、年会、地方大会などで発表される研究報告などを総称して“化学工学の研究”とよぶことにする。

本会の年会が今日のように4月に行なわれるようになったのは1956年からで、それまでは定時総会が1月に開かれ、別に春秋2回の研究発表会が開かれていた。

表1は1956年の第21年会から昨年の第30年会までの報告件数を研究者の所属別に示したものである。この表で注目すべきことが二つある。一つは研究者の所属する大学数が年々増加していることであるが、これは毎年のように化学工学科が新設されている事実から考えれば当然のことであろう。もう一つは、表1の最右欄の数字で、これは会社その他の大学以外からの研究発表件数の割合が意外にのびていないことを示している。これにはいろいろの理由があろう。会社の研究所が大金を投じて得た成果は know-how に属するのでとても公表はでき

ないというのが大きな理由ではないかと思うが、一面では“式にのらないから”、“普遍性がないから”というようなことで発表を遠慮しておられる向きも少なくないのではなかろうか。会社の研究と大学の研究とは、そもそもの目標がちがうのだから、式にのる結果や普遍性のある結果でも実際に役立たない結果ではどうしようもないわけであるのに、なんとなく大学の研究のような体裁のものでないと発表しにくいというようなムードがあるのだとすると問題である。

“大学の研究はむずかしくてわからない”、“会社の研究は普遍性がなくてつまらない”ということでは、せっかくの年会もその使命を十分にはたしているとはいえない。年会は大学の研究者(chemical engineering scientist)と会社の技術者(chemical engineer)とが互いに啓蒙し合い、知識を交換するのに最もつごうのいい場であるべきではなかろうか。会社の研究をきいて、“そんなところに問題があるのか”、“そういうことで困っているのか”というヒントが与えられれば、大学にもち帰ってじっくり取り組んでみたいと思うテーマが得られることになる。逆に、“途中は式が多くてよくわからないが、結果は使えそうだ”という印象を与えられれば、むりをしても式をたどり、仮定に気をつけながら使ってみようということになるだろう。そうなれば、会場で討論の時間がそれほどなくても、大学の研究が年会を通じて技術に貢献し、技術者にサービスすることになるし、大学側もまた意義のある研究テーマを取り上げることができるであろう。年会をこのように実質的な産学協同の場とするためには会社からの研究発表が表1よりももっともっとふえてほしいように思う。

“化学工学の研究が engineering science に片よりすぎている”という永田教授の巻頭言は、ある意味ではそれほど心配することではなく、むしろ当然そうあるべきだという意見もあるかと思うが、これが行きすぎると化学工学は chemical engineering science そのものだけになってしまい、chemical engineering との間にギャップのできてしまう恐れがある。元来、science というものはすぐ役に立たせようとだけ思っているのは進歩しないものであろう。engineering science というのだから

表1 年会報告件数と研究者の所属

所 属 年	A*	B	C	$\frac{B}{C} \times 100$
	大 学	会社その他	合 計	
1956	77 (15)	18	95	19.0%
1957	52 (18)	4	56	7.2
1958	62 (19)	4	66	6.1
1959	86 (19)	11	97	11.3
1960	83 (21)	14	97	14.4
1961	80 (20)	13	93	14.0
1962	92 (25)	23	115	20.0
1963	105 (28)	28	133	21.0
1964	149 (26)	28	177	15.8
1965	193 (35)	32	225	14.2
計	979 (42)	175	1,154	15.2 (平均)

* () 内は発表者の所属大学数

* 昭和41年1月24日 受理

** Shigefumi Fujita 東京工業大学理工学部 化学工学科

表2 会誌に掲載された研究報告件数 ('64, '65は寄書・技術報告を含む)

分類	年										合計 (件)	合計 (%)
	'50—'51	'52—'53	'54—'55	'56—'57	'58—'59	'60—'61	'62—'63	'64—'65				
1 物性定数・相平衡	8	3	9	3	12	6	9	22		72	72	9.4
流体・粒子・気泡・液滴の運動	8	27	25	15	11	11	10	40		147		
2 攪拌	3	1	2	12	2	2	3	8		33	193	25.1
固体混合				3	2	5		3		13		
3 伝熱・蒸発・燃焼	11	10	9	8	9	12	9	16		84	94	12.3
	4	1	1		1	1	1	1		10		
4 反応・反応速度	2	12	5	4	9	3	7	26		68	68	8.9
吸収	5	2	10	2	5	7	10	5		46		
溶解・昇華	1	3	1	5	8	6	3	10		37		
乾燥	4	2	1	4	5	3	1	16		36		
5 蒸留	4	3	1	1	5	1	3	8		26	210	27.3
抽出・浸出	5	1		4	6	3	2	2		23		
調湿・冷水	7	2	3	2			1	2		17		
吸着・イオン交換		1			1	5		6		13		
晶析				1			5	6		12		
粉碎	2	1	6	4	6	4	1	5		29		
集じん		3	4	2	1	1		8		19		
6 戸過			5	5	3		1	3		17		
沈降・沈でん		2	2	1		3		3		11	91	11.9
遠心分離・遠心脱水	1	2			4			1		8		
分級			1	3	1			2		7		
動特性・計測・制御		3	2	8	3	1	2	5		24		
7 材料	1		1				2			4		
経済		2	1		1					4	39	5.1
その他					1	3		3		7		
合計	66	81	89	87	96	77	70	201		767	767	100.0

ら、basic science とはおのずからちがうはずではあるが、engineering という形容詞のついていることを忘れがちになるところに問題があるのだろう。将来役に立つ基礎のしっかりした研究が重要であることはもちろんであるが、現在の技術を向上させるためには、すぐ役に立つ研究の重要性を無視するわけにはいかない。たとえば、±30%の精度の実験式はすでに知られているから、当分の間はそれを使ってもらうことにして、その現象を徹底的に追究するための研究をはじめるのはもちろん意義のあることであるが、そのために何年かかってもいいのではなくて、なるべく早く、精度を±20%にし、さらに±10%にしようという努力と、それが可能であるという見通しが必要であろう。これが basic science とのちがいいといえるかもしれない。

さて、表1のように年会で発表される研究の80%以上が大学で行なわれたものであるのに、本会の正会員のうち大学に籍をおくものは総数の9.6%約600名(68大学)にすぎない(昨年発行の会員名簿による)。また別の調べによると、1965年までの本会会誌に2回以上研究論文を発表したものの数は大学、会社を含めて250名前後にすぎない。一方、本会正会員を1社で20名以上を擁する会社54社の総会員数は2700名を越える。これらの数字から考えると、会社で行なわれている化学工学の研究、あるいは化学工学的な研究がもっともっと会誌や

年会に発表されてもよいのではないだろうか。少なくとも現実には会社で行なわれている化学工学の研究は大学のそれよりも研究費も研究者数も多いであろう。大学の研究は役に立たないから、こちらはこちらで役に立つ研究をやるのだという態度ではいつまでたっても大学の研究が役立つものにはならないような気がしてならない。

化学工学の研究分野

本会の会誌に研究報告が掲載されるようになったのは1944年(第8巻)からであるが、隔月発行になったのは1949年で、1950年には年7回、1951年には年8回となり、1952年から月刊となった。表2は1950年から昨年までの会誌に掲載された研究報告件数を分野別に分類してみたものである。このような統計は過去にも何回か発表されているが、なかなか的確な分類はむずかしい。大体は単位操作別であるが、攪拌の中には動力やフローパターンなどに限り、伝熱、溶解、反応などはそれぞれの項にいった。また、物質移動という表現はやめて、吸収、溶解、昇華など具体的な分類にしてみた。

表2からつぎのようなことがわかる。10数年前に比べて報告件数が2倍以上になっているのは研究者がふえたためで、研究者の増加率と報告件数の増加率とはほぼほとんど同様のようである。研究者の増加とともに研究分野が

表3 装置による分類

表2の分類番号	管	塔	槽	その他	合計 件	計 %
2	22	55	41	40	158	35.9
3	6	43	2	13	64	14.6
4		23	1	9	33	7.5
5	2	103	19	13	137	31.1
6				46	46	10.4
7	2				2	0.5
合計	件 %	32 7.3	224 50.9	63 14.3	121 27.5	440 100.0

表4 塔の形式による分類

塔の形式	合計 件	計 %
充填塔(層)	106	47.3
流動層	43	19.2
段塔	23	10.3
ぬれ壁塔	20	8.9
気泡塔	10	4.5
移動層	7	3.1
その他	15	6.7
合計	224	100.0

しだいに広がってきたことは確かであるが、まだまだ各分野に均等に分散しているとはいいいにくい。この傾向が業界の要求とはば一致しているのならば問題はないが、もしも研究者の自主性を尊重するという立てまえから、業界の要望とは必ずしも一致していないということであれば、なるべく未開かつ必要な分野の研究テーマをとり上げる努力が必要であろう。とはいうものの、表2のように分類してみると、20数種の分野を前述の250名前後の研究者が担当していることになるから、一つの分野にはせいぜい10名あまりの研究者しかいない計算になる。事実も大体そのくらいで、結局各分野を同等に進歩させるためには研究者の絶対数が少ないということかもしれない。なお、表2で“流体・粒子・気泡・液滴などの運動”としたのは苦しまぎれの分類であるが、この分野の研究件数が多いのは、いわゆる基礎的な解析、解明が他の分野を発展させるために必要であるからであって、当然であり望ましい傾向であろう。

表2に示した総計767件の報告件数のうち、装置に直接関係のあるものとそうでないものとに大別してみると(このわけ方も厳密にはむずかしい)、前者は440件で全体の57.4%にあたる。表3はその内訳を示したもので、便宜上装置の種類を管、塔、槽とその他に大別してみた。これによると50%強が塔に関するもので、そのまた半数近くがいわゆる物質移動操作に関するものであることがわかる。この点はあるいは実際の要求にも近い数字なのかもしれない。塔に関する224件を塔の形式で分類してみたのが表4である。ここで、充填塔(層)としたものの中には触媒充填層や単相流の場合なども含まれ

ているから、これが約半数に近いからといってそれほど驚くにはあたらないのかもしれない。しかし、これに比べて段塔のほうはいかににも少ないように思われる。かりに、気液向流接触装置としての充填塔と段塔だけを考えてみると、前者については後者についてよりも研究件数が多いから、それだけ多くの知見やデータが得られている。したがって、充填塔については段塔よりも精度の高い設計が可能のように思う。それはそれで結構なことにはちがいないが、engineerの立場からどちらを選ぶかの判定をくだすためには少なくとも同程度の精度で設計計算ができなければならない。一方が±30%の精度で他方が±50%でははたかな比較はむずかしいであろう。もちろん単に設計上の問題だけでなく、他の観点からも優劣、適否の比較は可能であろうけれども、同じ精度で比較ができるに越したことはない。そういう意味で段塔の研究が少ないように思われるのである。少ない原因の一つは大学などの研究室では段塔よりも充填塔のほうがとりつきやすいように思われるからかもしれないが、もちろんそんなことはないはずである。

ところで、また永田教授の巻頭言を引用させていただくが、同氏は“もっと工業化学分野に近いテーマをとり上げてよいのではないか”ともいっておられる。これもまさしくそのとおりで、いまだとり残されている分野といえるかもしれない。もっとも反応速度や反応装置に関する研究がいわゆる反応工学として近年しだいに増加しつつあるが、表2、表3でもわかるように急激に増加したのはここ2年ばかりのことで、他の分野に比べればようやく軌道にのりかけたところといってもよからう。したがって、今日の段階では工業化学の研究と反応工学の研究との間にはまだかなりのギャップがあるように思われる。このすき間をうめて行くことも考えようによれば新分野の開拓になるかもしれないが、そうなれば工業化学、反応工学、化学工学が一体となって化学工業にサービスできるようになり、今日のようにバラバラのサービスよりははるかに効果的になるのではあるまいか。しかし、従来の化学工学研究者が具体的に工業化学分野のテーマをどうとり上げて行くべきかはむずかしい問題であろうから、こういうことこそ各分野の研究者が一堂に会して十分に討論してみる機会がほしいものである。

最後に、研究分野のことについてもうひとつ付け加えておきたい。毎年、年会のたびに感じることだが、同時刻にいくつかの会場にわかれて研究発表が行なわれるのがいかにももったいない気がするのである。発表期間が限られていて発表件数がふえるのだからやむをえないのではあるが、できれば一会場でやるのが理想的だと思う。表2のように化学工学の研究分野を細分化してそれぞれが同時に各会場で開かれることにでもなっては年会の意義が失われるのではないかとも思う。少なくとも会

社の engineer はあらかじめ目的の講演時間を調べておいて、会場をあっちこっちと飛び歩かなければなるまい。研究者にしても同じ分野の研究発表を聞いているより他の分野の話を聞いているほうが気楽でもあるし、思いがけないヒントが得られるチャンスが多い。いわゆるシンポジウムではないのだから、せめて年会ぐらいは楽な気持ちで直接自分とは関係のなさそうな話をきくほうがいいように思う。もっともそれで楽しく聞けるためにはしろうとにわかるようにわかりやすく説明してもらわなければならないが。

昨秋、徳山大会で筆者が蒸留についてしゃべらせていただいたときに、蒸留と分級という点に触れてみた。これは筆者のアイディアではなく、同じ研究室の早川豊彦助教授の着想であるが、微粒子と粗粒子との混合物を分離するのは蒸留とよく似ていることに着目して分級の場合にも還流をしてみてもどうか考えたのである。遺憾ながら、その後調べたところ同じような考えはすでにソ連の雑誌に発表されていたので、それこそ originality はともかく priority はなくなってしまったが、分級の場合にもなぜ還流の効果があるのかはわかっていない。ソ連の文献に気づかなかったときには、蒸留と似ているからというだけの理由で、半信半疑還流させてみたのであるがまさに分離度は上ったので驚いたわけである。蒸留と分級とは年会では別会場にわけられてしまう。蒸留にまったく無関心であっては分級にも還流をさせてみようという考えは簡単にはでないであろう。これはほんの一例にすぎないけれども、あまり分野を細分化することは望ましいことではあるまい。

研究成果の評価

本会以外の他の学協会には論文賞、学会賞、技術賞、協会賞などの論文に対する表彰制度がある。本会でも従来しばしばこの制度が話題になりながら、受賞者の選考がむずかしいという理由で見送られてきた。確かに、一つの論文の評価はある程度可能であるとしても、たくさ

んの論文の中から限られた数の論文を選び出すことはむずかしいことにちがいない。しかし、こういう論文が称讃に値するのだということが周知されれば若い研究者にとって刺激にもなり参考にもなるように思われる。

それとはやや事情がちがうが、会誌に掲載される論文は大なり小なり編集委員会で掲載の価値ありと評価されたものであるから、評価に際してはなにか基準があるはずである。一つの重要な基準は“その論文が originality あるいは価値あるデータを含んでいるかどうか”という点である。もちろん、originality もあり、価値あるデータも含まれていればそれに越したことはない。しかし実際には、(1) originality はあるが価値あるデータは含まれていないと判定されるものや、(2) とくに originality はないが、価値のあるデータあるいは結果が含まれていると判定されるものがないわけではない。この場合、(1) と (2) とどちらを高く評価すべきか、あるいはまったく優劣なしと考えるべきかは評定者の立場によってちがう可能性がある。本来ならば、originality とはなにか、価値とはなにかの議論をした上でないと (1) と (2) の比較はできないかもしれない。また会誌はだれのためにという目的で発行されているのかという根本的な討議が必要になるかもしれない。そういう討議をぬきにして、論文としては (1) のほうが (2) よりも格が上だという考え方は originality、創造的研究を尊重する立場からは当然であるかもしれないが、価値あるデータや結論だけでは論文としてやや格が下だという考え方があるとすると、価値あるデータを提供しようという意欲がしだいに失われてしまう恐れがある。たとえば、たとい必要があってそういうデータをとったとしても発表はしないでしまっておくということになってしまうかもしれない。そうなってはそのデータをとるために要した時間と経費と労力とが有効に生かされているとはいえない。会社での貴重なデータが発表されない原因の一つはこんなところにもあるのではなからうかなどと思うことが筆者の杞憂であれば幸いである。