

BHRA 国際会議にみる固液混相輸送研究の現状

葛原 定 郎*
Sadao KUZUHARA

1. まえがき

固形物（粉体、粒体、塊体など）を、水を媒体として管路で輸送するいわゆる「固形物の水力輸送」は、空気を媒体とする空気輸送と共に、化学、窯業、食品などの工業あるいは土木工事などに応用されて発展してきたが、特に最近では石炭、鉄鉱石、鉱さい、土砂などの長距離輸送や荷役の手段として着目され、環境問題や輸送経済面からも有利であることが認められている。そして、水や石油の単相の管路輸送と同様に、世界各地で採用され十分実用に耐えうる段階にいたっている。

わが国においても、坑内からの石炭の場送（北海道）、65 km に及ぶ鉱山廃さいの輸送（秋田県）、土砂の大量輸送による海面の埋立（鹿児島市）などの大規模な実施例がある。いずれも従来の車両やコンベヤによる輸送方法に比べて、安全で能率的で、かつ、輸送公害が出ない点で注目され、良い成績を挙げている。

水力輸送は空気輸送に比べて、輸送される固形物の種類と大きさに制限が加わるけれども、空気に比べて水の比重が 800 倍もあるために、固形物を容易に懸濁状態にすることができ、空気に比べてはるかに低速で輸送することが可能である。しかし、管内の流れはいわゆる固液二相流となり、単相流に比べて流動状態は極めて複雑になることは、説明を要しない。流動状態に影響を及ぼす因子は極めて多く、限界流速や設計流速の決定、管摩擦による圧力損失の推定などは、なかなか難しい問題である。

加えて、管路の閉そくとその除去、ポンプなどの機器を含めた管路の摩耗、腐食などに関する問題が生じてくる。しかし、以上は流体力学的に、混相流れの問題として興味のある、そして理論的、実験的に、あるいは経験的に解決されなければなら

ない問題であり、今日まで多くの研究成果が発表されている。

2. BHRA 水力輸送国際会議

固形物の水力輸送の研究は最近になって注目され、さかんになってきたと考えられるが、BHRA (British Hydromechanics Research Association) は、その活動の一つとして、1970 年以来今日まで計 5 回にわたって水力輸送国際会議 (International Conference on the Hydraulic Transport of Solids in Pipes) を主催して、この問題研究の発展に寄与してきた。筆者も第 3 回と第 5 回の 2 回にわたって会議に参加し、発表する機会を得た。

第 1 回については、岩浪ら⁽¹⁾によって詳しく紹介されており、筆者も第 3 回までのまとめ⁽²⁾について簡単に発表した。ここに改めて、過去 5 回の会議論文集⁽³⁾⁻⁽⁷⁾を分析して、固液混相輸送研究の、現状と動向を探ってみることにする。

2.1 開催年月と開催地 表 1 に開催年月と開催地（国）を示す。開催国はいずれも土砂、石炭、鉄鉱石などの水力輸送の研究面と実施面での先進国であると言える（日本でも 1980 年に開催が予定されている）。

2.2 国別の論文発表件数 表 2 に国別の論文発表件数を示す。中には発表者が欠席して当日発表されなかったものも若干含まれているが、すべて会議に採択されたものである。応募数は毎回こ

表 1 開催年月と開催地

回	年 月	開 催 地	国 名
1	1970-9	Coventry	イギリス
2	1972-9	Coventry	イギリス
3	1974-5	Golden, Colo.	アメリカ
4	1976-5	Banff, Alberta	カナダ
5	1978-5	Hannover	西ドイツ

* 正員、三重大学工学部 (〒 514 津市上浜町 1515)。

の件数の倍くらいあると聞いているから、各国における固形物の水力輸送の研究状況が推測できるかと思われる。アメリカ、イギリス、カナダについて西ドイツ、日本の研究発表が多い。

なお、会議への出席者は毎回20数箇国から200~300名で、わが国からも毎回若干名が参加している。

2.3 発表者の所属 発表者を所属する機関によってわけてみると、表3のようになる。学校や研究所関係で全体の60%ほどを占めている。また国際間の共同研究や、同一国内の異種機関の間の共同研究も、毎回約10%弱が数えられる。

3. 発表論文の分類——研究の動向

発表論文の内容は、理論面から実施面、その研究対象は管路や機器類、土砂、石炭、鉱石から廃棄物、等質流れ、不等質流れ、輸送経済的検討など、極めて広範囲にまたがっている。

表2 国別論文発表件数

国名	回					計	%
	1	2	3	4	5		
オーストラリア	1	1		1	3	6	
カナダ	4	12 ^{1/2}	8	9	5	38 ^{1/2}	17.7
チェコスロバキア	2		1			3	
フランス	1	1	1		1	4	
西ドイツ	3	2	2	6	13	26	12.0
ハンガリー	1	3		1	3	8	3.7
インド		2	1			3	
イタリア		1				1	
日本	4	3	6	2	7	22	10.1
オランダ		1	1			2	
ニュージーランド			1/2			1/2	
ポーランド		1		1	1	3	
南アフリカ	1	2	2	1	2	8	3.7
スウェーデン					1	1	
スイス		2				2	
イギリス	10	11 ^{1/2}	10 ^{1/2}	3	3 ^{1/2}	38 ^{1/2}	17.7
アメリカ	18	3	8	8	10	47	21.7
ベネズエラ				1	1	2	
ユーゴスラビア					1	1	
ザンビア					1/2	1/2	
論文計	45	46	41	33	52	217	100.0
国数計	10	14	11	10	14	—	—

(注) 表中1/2とあるのは、1件について複数の発表者の所属が2箇国にまたがるものを振りわけたものである。

論文の内容は二つ以上の分野にまたがっているものもあって、分類は難しいが、5回の会議のセッションの分類をもとに、適当に組み合わせると、数えてみると、おおよその内容とそれに属すると思われる論文数は、表4のようになる。各回のセッションの分類は必ずしも統一されていないが、ここ10年近くの研究動向が伺える。

特に流動機構については等質流れ、不等質流れ、非ニュートン流、微粒子と粗粒子の混在する流れ、初期流動などにわたって毎回発表され、流動機構に関連する摩擦損失の件数を合わせると、論文総数の1/3以上になり、問題の奥深さを示している。

ターボ形ポンプ、容積形ポンプ、気ほうポンプ、ジェットポンプやパイプフィーダ、ハイドロホイストなどの装置の開発やシステムの実施例も連続

表3 発表者の所属

No.	機 関	回					計	%
		1	2	3	4	5		
1	大学 など*	25	21	16	14	18	94	43.3
2	研究所・協会	8	12	10	4	5	39	18.0
3	民間会社	8	8	13	10	22	61	28.0
4	コンサルタント**	2	1	1		1	5	—
5	① + ②			1	1	2	3	7
6	① + ③	2	2				2	6
7	② + ③			1		1	1	3
8	② + ④					1	1	—
9	① + ② + ③					1	1	—
計		45	46	41	33	52	217	100.0

(注) * 大学以外の学校も含む。

** 会社または個人。

表4 論文の分類

分類項目	回					計
	1	2	3	4	5	
一般	5					5
流動機構・レオロジー	12	10	10	8	20	60
摩擦損失	6	11		3		20
限界流速・設計流速			4			4
摩擦・侵食		2	4	2	7	15
ポンプ・フィーダなど	11	6		4	8	29
計測・制御			3		6	9
セメント・コンクリート	2					2
カプセル輸送	5	5	5	4		19
パイロットスタディ				6	4	3
鉱山システム				6	6	12
海洋システム				3		3
経済的評価	4	5	7	2	8	26
計	45	46	41	33	52	217

して発表され、これらを含む管路の摩耗や腐食の測定や対策の問題も、毎回取り上げられている。

カプセル輸送については、最初のころは空気によるものも発表されたが、これは最近では空気輸送国際会議のほうに回されて、現在は水力によるカプセル輸送のみが扱われている。石炭や廃棄物の管路輸送、1000 m くらいの深い坑内からの石炭の場送などの経済的評価も発表され、データを挙げて説明している。数千mの深海底からのマンガノジュールの採取システムについての発表が増えているのも、時代を反映しているものと言える。

4. あとがき

BHRA の5回の国際会議において、発表された論文を概括して、最近の固液混相輸送研究の動向を探ってみた。表4の数字には分類の仕方により

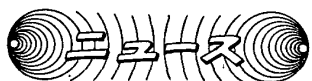
若干の変動が生じるかも知れないが、全体として国別、機関別の研究活動状況と、研究内容のおおよその動向はつかめるものと思う。

なお、BHRA では隔年に、固形物の空気輸送に関する国際会議 (Pneumotransport) も主催しており、Proceedings が発行されていることを付記したい。

(原稿受付 昭和53年11月15日)

文 献

- (1) 岩浪・嵩, ポンプ工学, 8-3 (昭 47-3), 151.
- (2) 葛原, 配管と装置, 15-12 (昭 50-12), 31.
- (3) BHRA, *Proc. Hydrotransport* 1, (1970).
- (4) BHRA, *Proc. Hydrotransport* 2, (1972).
- (5) BHRA, *Proc. Hydrotransport* 3, (1974).
- (6) BHRA, *Proc. Hydrotransport* 4, (1976).
- (7) BHRA, *Proc. Hydrotransport* 5, Vol. 1, 2, (1978).



エネルギー政策「21世紀への戦略」(その1)

総合エネルギー調査会基本問題懇談会はこのほど総合的なエネルギー政策の方向を「21世紀への戦略」としてまとめ通産大臣に報告した。

それによると同報告は、増大するエネルギー需要に対しエネルギー供給構造のぜい弱性をいかに克服するかに基本的に留意しなければならないとし、(1) 省エネルギー政策の推進、(2) 石油安定供給確保、(3) 代替エネルギーの開発・導入の促進、(4) 電源多様化の推進——などについて具体策を提言、とくにこれらを実現するためには電源多様化に際し受益者負担を考えるべきであること、石油関係諸税の用途の見直しを検討することなど、資金確保策の重要性を指摘している。

以下、大要次のとおり。

【第1章 エネルギー問題検討のための視点】 50年代において年率6%程度の経済成長を維持し、さらにそれ以降においても一定の持続的な経済成長がなされる必要がある。国内のエネルギー資源が少なくその輸入依存度がきわめて高いわが国としては、国際的な動向を無視したエネルギー政策はとりあえず国際協調と国際協力に立脚したエネルギー政策の展開が不可欠である。

エネルギー供給源の特質と今後のエネルギー供給構造をみると、21世紀初頭でも輸入石油のわが国のエネルギー

として地位は急激には低下しない。

原子力は、わが国が利用できる石油代替エネルギーの中で中長期的にみて大きな供給可能性を持つ。

石炭、液化ガス、水力、国内石油・天然ガス、地熱、新エネルギーも期待される。

【第2章 総合エネルギー政策の基本課題】 エネルギー供給面での制約の強まりの中で需給の均衡をはかっていくためには、第一に需要面において省エネルギー形産業構造への移行をめざしつつ、産業、民生、輸送の各部門の特性に応じた実効性のある省エネルギーを推進することが必要である。第二に石油代替エネルギーの消費に関連する諸施設の整備(石油代替エネルギーの受け入れ基地など)や需要の組織化(LNGの経済的な利用をはかるためのユーザの組織化など)消費設備や機器に関する技術開発の確立などをはかる必要がある。

供給面での基本的課題は、(1) 輸入石油の安定供給の確保、(2) 石油代替エネルギーの開発・導入の促進、(3) 新エネルギー技術開発の推進、(4) 電源立地の促進に取り組むためには所要資金の確保とパブリック・アクセプタンスの向上をはかる必要がある。

(257 ページへつづく)

【服部 敏夫】