

化学工学における RI の利用

河 添 邦太朗・竹 内 雅

最近数年間の化学工学分野におけるラジオアイソトープの利用を概説した。ラジオアイソトープは、トレーサーとしてあるいは線源として、化学工学においても広範に利用されている。流速、混合度、フローバタン測定へのトレーサー応用が依然として多いが、液々抽出、ガス吸収などの物質移動操作研究への応用、あるいは流動層の特性研究にも進歩がみられる。

1. 緒 言

ラジオアイソトープ（以下簡単に RI という）の利用は近年ますます盛んになってきた。最近では、RI の入手も容易になり、輸入によるほかに、国内の原子炉による、おもに短半減期核種の生産や、各種の粒子加速器による放射化も行なわれるようになってきた。

そこで化学工学関係の最近の進歩をふり返ってみよう。元来化学工学とは、物質の化学的ないしはある種の物理的变化を含む生産工程を解析し、その進歩発展をはかる工学であるから、問題とする系内の物質の移動や分散状態を追跡し、あるいは反応の進行状態を追跡するのに RI が有効に利用されるのはむしろ当然である。ただ与えられた装置内で起こるこれらの変化の検出法と、結果の解析に必要な精度が問題であって、さらに実用にあたっては経済的問題も大きい。

この意味では、化学工学的研究への RI の応用と、化学工業への RI の利用はおのずから異なる場合が起こるのであろう。しかしながら、経済的問題を正しく評価するのは困難であるから、ここでは一括して述べる。

第 1 表は、最近数年間に著名な雑誌や著書に発表された、RI の化学工学への利用に関する文献の一覧表であって、特に単位操作別に分類して示した。この方面の解説的文献も少ないわけではないが¹⁻¹¹⁾、単位操作の全般にわたって述べられたものは少ないようである。

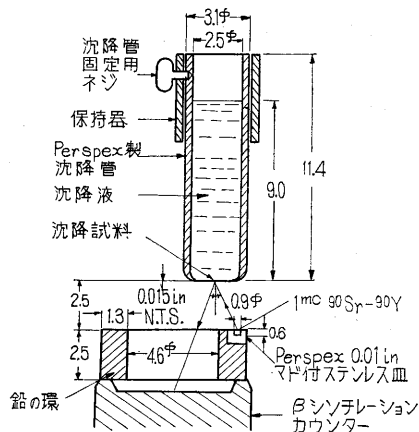
2. 機械的分離、流動操作への応用

(1) 粉体の粒度分布、比表面積測定などへの応用

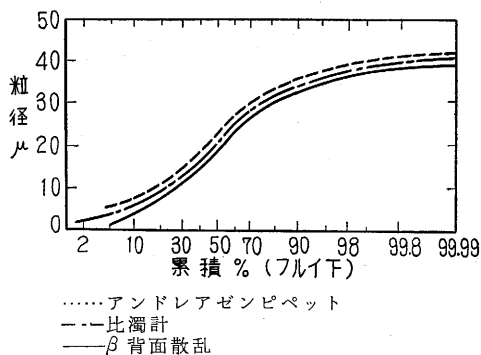
P. Connor¹²⁾ は、 β 線の背面散乱を利用して、トリア、ウラニア、ジルコニア、リトボンなどの微粉末の粒度分布を測定した。測定装置を第 1 図に示した。線源からの β 線は、底のうすい沈降管にたまった粉末によって背面散乱をうけてシンチレーション・プローブに入る。ここで注意すべきことは、有効原子番号 >16 以上の粉末に適用可能なことである。遠心沈殿を併用することにより 5μ 以下の粒子の粒度分布測定も可能である。

第 2 図はえられた結果を、アンドレアゼンピベット法、比濁計法による結果と比較したものである。この図から判るように、傾向は良く一致しているが、曲線は必ずしも一致しない。この原因についてはごく少量の大きな粒子が急速に沈降するためと解釈している。

放射性の粉末を用いて空気あるいは液中の沈降速度を



第 1 図 沈降分析装置
線源、沈降管、カウンターの配置
(寸法は in と記載した以外はすべて cm である)



第 2 図 トリアに関する粒度分布測定法の比較

測定し、あるいは粒子の比重を求めた報告がある¹³⁾。核種は明らかでないが、側方から二個の GM 管で検出し、こうして有効径 $150\sim 100\mu$ 以下の粒子に適用可能なことが知られた。

M.C. Kordecki & M.B. Gandi¹⁴⁾ は ^{14}C でラベルした脂肪酸数種を用いて吸着法によりカーボンブラック、シリカ粉末などの比表面積を測定し、気孔構造の研究を行っている。

D. W. Aylmore & W. B. Jepson⁷¹⁾ は ^{85}Kr を混じた Kr を用いて BET 法と同じ装置で、比表面積の小さい粉末の比表面積を測定した。平衡圧測定に代わり、計数を行なって、精度を検討した。比表面積 $1\text{m}^2/\text{g}$ の範囲では誤差 1.5% 前後であった。

第1表 RI の化学工学における利用一覧表

単位操作	使用目的あるいは方法	RI の利用方法	使用した核種	検出器	関係文献
粉体	沈降法による粒度分布測定	β -背面散乱	$^{90}\text{Sr-Y}$	シンチレーション・カウンタ	12)
	沈降速度, 密度測定	トレーサー	—	GM管	13)
	吸着法による比表面積, 気孔構造	"	^{14}C	"	14)
	BET 法による比表面積測定	"	^{85}Kr	"	71)
	合金の気孔分布	オートラジオグラフィ	^{109}Pd	—	15)
沈降分離	濃厚スリラーの濃度と沈降速度	トレーサー	^{32}P	オートラジオグラフィ	16)
	ドルシクナー内のフロー・パタン	"	"	および計数	17)
	ドルシクナーの流動特性	"	"	シンチレーション・カウンタ	18)
	パコーレィティング・フィルター内の滞留時間	"	"	—	19)
	サンド・フィルターの汙過特性	"	"	—	20)
遠心分離	汙材の効率, RI 使用と顕微鏡法の比較	"	"	—	21)
	沈降槽内の汚水滞留時間	"	"	—	22)
	濃厚スリラーの濃度と沈降速度	トレーサー	照射スレート粉およびビシルコニア	GM 管	23)
	ドルシクナー内のフロー・パタン	"	^{32}P	GM 管	24)
	ドルシクナーの流動特性	"	"	シンチレーション・カウンタ	25)
混合攪拌	混合の均一性管理	トレーサー	$^{131}\text{I}, ^{111}\text{Ag}, ^{59}\text{Fe}$	シンチレーション・カウンタ	26)
	ゴムの混合過程	オートラジオグラフィ	($^{131}\text{I}, ^{132}\text{I}$)	—	27)
	ゼーダーベルグ電極用ペーストの混合過程 (綜説)	トレーサー	^{35}S	—	28)
	液およびガスの流速測定	トレーサー	^{24}Na	—	29)
	パイプ内の流速測定	"	"	—	30)
流動 (フローパタン)	天然ガスの流速測定	"	$^{24}\text{Na}, ^{82}\text{Br}$	—, GM 管	31)
	フロー・メーターによる流量管理	線源	$^{124}\text{Sb}, ^{134}\text{Cs}$	シンチレーション・カウンタ	32)
	肥料原料へ製品の移動速度	トレーサー	^{41}Ar	—	33)
	触媒の流れ	"	^{60}Co	電離箱	34)
	触媒の Stack loss	"	^{24}Na	GM 管およびシンチレーション・カウンタ	35)
	触媒の混合模様	"	$^{95}\text{Zr-Nb}$	シンチレーション・カウンタ	36)
	フルイドコーカー中のフロー・パタン	"	$^{46}\text{Sc}, ^{144}\text{Ce}$	"	37), 38)
	ガラス製造工程の原料流れ	"	"	"	39)
	ガラス熔融炉内の流れ	トレーサー	^{24}Na	—	40)
	セメントキルン内の流れ	"	$^{140}\text{Ba}\sim\text{La}$	—	41)
	"	"	$^{60}\text{Co}, ^{65}\text{Zn}$	—	42)
	"	"	^{32}P	GM 管	43)
	"	"	^{24}Na	—	44)
	KCl 電解槽内の液の流れ	線源	^{42}K	GM 管	45)
	攪拌槽のフローパタン	"	^{32}P	"	46)
セメント原料の水分管理	"	^{60}Co	"	47)	
流動層	ガス流動層の特性, 密度分布	線源	X 線	シンチレーション・カウンタ	48)
	ガス流動層の密度分布	"	$^{144}\text{Ce-Pr}, ^{170}\text{Tm}$	"	49)
	ガス流動層の特性 (均一性と安定性)	トレーサー	$^{226}\text{Ra}, ^{137}\text{Cs}$	"	69)
	流動層内のガスの滞留時間	線源	^{55}Kr	"	70)
	気液混相流動の特性	トレーサー	^{75}Se	"	50)
物質移動一般 (物性定数)	触媒再生装置の混合特性	—	$\text{He } (^{85}\text{Kr})$	(質量分析計)	51)
	石炭へ水系流動層の特性	—	—	—	52)
	三成分系ガスの $^{14}\text{CO}_2$ の拡散速度 (綜説)	トレーサー	^{14}C	電離箱	53)
	物理化学 (物性定数) えの応用	—	—	—	54)
	多成分系反応速度の測定	トレーサー	$^{14}\text{C}, ^{35}\text{S}$	—	55)
蒸留	蒸気圧測定	"	$^{65}\text{Zn}, ^{32}\text{P}$	—	56)
	蒸留塔の飛沫同伴測定	トレーサー	—	—	57)
	ヨードの吸収, 蒸気圧	トレーサー	$^{140}\text{Ba-La}$	シンチレーション・カウンタ	58)
	充填塔のホールドアップ, 流速分布	線源	"	シンチレーション・カウンタ	59)
	充填塔内の液の流下速度	トレーサー	^{131}I	"	60)
抽出	固体吸収剤の吸収量測定	線源	$^{208}\text{Hg}, ^{170}\text{Tm}$	GM 管	61)
	ホールドアップ測定	トレーサー	^{32}P	シンチレーション・カウンタ	62)
	液々抽出塔の流動特性	"	—	シンチレーション・カウンタ	72)
	ウラン抽出塔の操業管理	線源	"	"	63)
	液々接触面積測定	トレーサー	^{131}I	シンチレーション・カウンタ	64)
乾燥および吸着	乾燥機構造	トレーサー	^{137}Cs	電離箱	65)
	活性炭によるフェノール吸着と回収率	"	^3H	液体シンチレーター	66)
	乾燥機構造	トレーサー	^{131}I	GM 管	67)
	活性炭によるフェノール吸着と回収率	"	^{14}C	GM 管	68)

S.M. Mukin¹⁵⁾ はパラフィンに ¹⁰⁹Pd を加えて、鑄造により Mg 合金中に生じる気泡の分布をオートラジオグラフィーで調べた。このような方法は粉体の気孔構造の研究にも適用可能と考えられる。

このほか、放射性トレーサーによって粉体層中の流体の流れを研究した報告¹⁶⁾がある。これは、 PO_4^{3-} と砂との間のイオン交換を利用したもので、砂層をエポキシ樹脂で固めて H_3PO_4 液を通しつつ一点より $H_3^{32}PO_4$ を注入し、水洗乾燥後、この層を薄く切って計数した。その結果から砂層内の水の横方向の拡散を求めている。

また砂岩を用いた透水実験によって、地下水の流れを追跡するための RI トレーサーを比較した報告¹⁷⁾がある。

(2) 沈降、沝過、遠心分離への応用

Richardson ら¹⁸⁾は、沈殿濃縮に関して沈降速度と固体濃度の関係を求めるために放射性粉末を用いている。粒度分布を有するスレート粉末およびジルコニア粉によって研究を行なった。これらの粉末に Harwell で照射したものを一部加え、沈降管の側方から GM 管で計数して放射能の時間的変化を求めた。その結果、初期沈降速度をとれば固体濃度との関係が単一粒子系の沈降速度と類似の式で表わすことができた。

RI を沈殿濃縮操作に利用した例として、ドルシクナーの特性を研究した木村らの報告、Erwall らの報告が挙げられる。

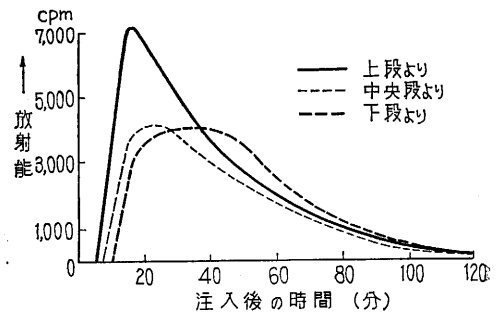
アルミナ製造工程でアルミン酸ソーダ水溶液と赤泥の分離をドルシクナーで行なう際、シクナー内部のフローバタンと滞留時間を測定するのに ³²P が使われた¹⁹⁾。

ビート糖液の炭酸飽充による精製工程中の炭酸石灰分離を行なう三段並流ドルシクナーについて、Erwall ら²⁰⁾は研究を行なった。各段への溶液とマッドの分配、および各段における滞留時間を調べるために放射性トレーサーが用いられた。沈殿は ¹⁴⁰La で、また溶液は ²⁴Na で標識した。¹⁴⁰La(OH)₃ の溶解積は $10^{-20}M$ であるから、溶液中の ¹⁴⁰La イオンは無視できる量である。トレーサーはすべてシクナーのトップの給泥口においてスラリーに加え、シクナーの各段から出る清澄液および排泥の放射能をシンチレーション・カウンターで検出した。測定結果を第 3 図に示した。

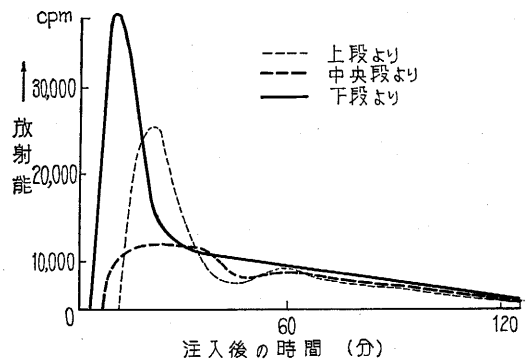
Eden²¹⁾は下水処理用パーコレイティング・フィルター中の液の滞留時間測定に RI をトレーサーとして用いた結果、核種として ⁶⁰Co あるいは ⁵⁸Co が最も適していることを見出している。

K.J. Ives²²⁾は、¹³⁷Cs で標識したクロレラなどの球形藻を用いて、サンドフィルターの沝過特性の研究を行なった。

砂層に懸濁液を流して沝過を行なった後、砂を押し出して切片を作り、放射能を計数して捕集粒子の分布を求



(a) シクナーから出る液の放射能の変化



(b) ドルシクナーより排出されるマッド相の放射能変化
第 3 図 ドルシクナー内の流動に関する実験結果

め、理論的考察を行なっている。

このほかに、沈降槽内の平均滞留時間の測定に ²⁴Na をトレーサーとして、槽出口で放射能を検出した例がある²⁴⁾。

この項は放射性廃液処理とも関係が深い。

(3) 混合、攪拌、捏和への応用

この方面への応用例は非常に多く、加藤の解説⁴⁾もあるので簡単にのべる。

A.M. Hoffman²⁵⁾は 60, 600, 2000 ポンド入りの Z 型ミキサーでポリウレタン混合物を作る際の混合状態を研究した。バインダーのトレーサーとして ¹³¹I を一沃化ベンゼンの形で用い、また ¹¹¹Ag₂CO₃, ⁵⁹Fe を固体添加物のトレーサーとして用いた。検出はシンチレーションカウンターで行なった。Z 型ミキサーでは均一に混合されず、刃の軸とプロペラの表面では混合がおくられること、液体よりも固体粉末の分散が早いことなどが知られた。また混合機の寸法、粉末の添加法などについても興味ある結果がえられた。

混合の均一性を迅速に決定して品質管理を行なうためにトレーサーを用いる場合の注意をのべた報告がある²⁶⁾。

その他^{27)~29)}は第 1 表にまとめて示した。

(4) 流動操作への応用

RI を利用した流速の測定はあらゆる分野で広く行な

第2表 各種の流量測定法の比較 (C.G Claytonによる)

測定法	精度 (誤差)%	適用範囲	注 意
流量計(Current meter)	±1~2	>2 ft/sec	デリケート, 較正を要す, パイプ径必要, 短時間で連続測定可能, 圧力損失なし, 速度に比例.
ピトー管	±2	>2 ft/sec	面倒, 正確にパイプを移動させる要あり. パイプ径の測定必要.
標準オリフィス盤	±1.5	圧力さえ充分なら制限なし	安価, きれいな液体であること. 圧力損失大.
較正したオリフィス盤	較正したところまで	—	大部分は小さなパイプ (32 in まで通常これ以下) 連続測定可能.
ベンチュリー管	±1.5	—	高価, 圧力損失小, よごれた液にも使用可能, 連続測定可能.
ギブソン法	±2	用途による	テスト部分のパイプ径必要, 緊急時, パイプの流れを止める要あり, 間ケツ測定.
化学的トレーサー希釈法	±2	制限なし	間ケツ測定, 圧力損失なし, 断面積に無関係, 注入した化学的トレーサーの完全混合に充分なパイプ長さを要す.
化学的トレーサー速度法	±2	制限なし	間ケツ測定, 圧力損失なし, 断面積を知る必要あり, 混分に十分な長さ必要, 塩水に適用不能.
放射性トレーサー希釈法	±1.5	制限なし	化学的トレーサー希釈法に比し, 注入量小でよい. 塩水にも適用可能.
放射性トレーサー速度法	<±1	制限なし	化学的トレーサー速度法に比し, 注入量小でよい. 塩水にも適用可能.

われており, いままでで紹介されたことも多いので簡単にのべる.

C.G. Clayton³⁰⁾は, 各種の液体およびガスの流量測定法を比較して, 放射性トレーサー利用の特色をのべ (第2表), その測定法について検討を行なった. 特別に設計された注入器を用い, 希釈法と Pulse Velocity 法の両方法によって, 径 110~220 in のパイプ内の液流速を測定して精度を報告した. 総合で誤差は 2% 程度であった. ガス流の場合は, ⁸⁵Kr および ⁸²Br (CH₃*Br) を用いてプラスチックシンチレーターで検出した.

D.E. Hull³¹⁾は, ¹²⁴Sb (トリフェニルスチビン) および ¹³⁴CsCl₂ を用いて全計数法により流速を測定した.

ロータメーターのフロートに ⁶⁰Co を入れて外側から電離箱で線源の位置を求め, 流量測定および流量管理を行なう方法もある³³⁾.

フローバタンの研究に RI を用いた例は枚挙にいとまのないほどであるので, 第1表を参照されたい^{34)~47)}. これらの多くは実際に工業的な規模で行なわれたものであって, 放射線取扱上有用なデータを与えた報告³⁹⁾もある.

セメントキルン内のカリウムの昇華を ⁴²K で追跡した報告⁴⁴⁾は, 物質収支を取り扱った点に特長がある. 同様にキルン内の物質の動きを扱った木村ら⁴²⁾, 杉村ら⁴³⁾の報告がある.

セメント工業における湿式粉碎工程で, 水分管理に ⁶⁰Co の γ 線を利用した報告⁴⁷⁾がある. 予備実験につき, 現場実験では ⁶⁰Co 28.8 mc を用いた. キルン出口で線源~GM 管の距離を 30 cm として, スラリーの含水量~計数率の変化を記録した. 定常運転下の操業状態とレートメーターの指示の変化を調べた結果, ±2~3% の水分変化があるので水分管理が必要であるとの結論がえられた.

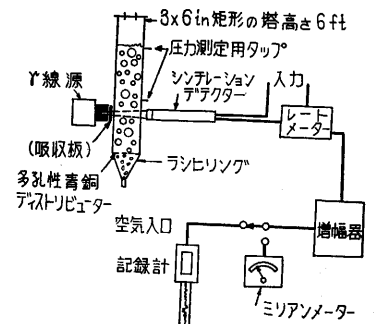
(5) 流動層への応用

流動層内の粒子の運動, 密度分布の研究に放射線を利用

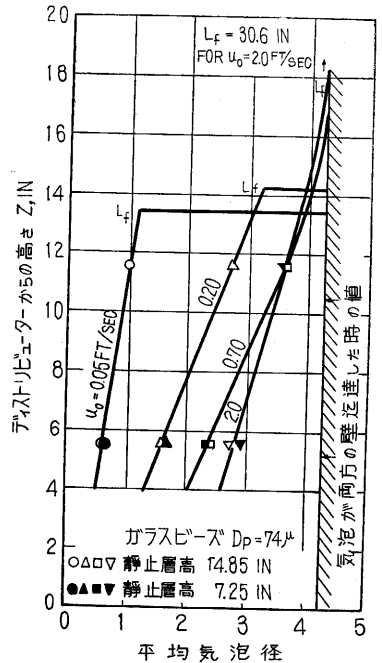
したのは数年来のことである.

E.W. Grohse⁴⁸⁾は X 線を利用して, それが流動層を通過する際の吸収から流動層の密度分布などを研究した. これに関し

ては白井の著書に詳細な解説がある. このような研究は当然軟 γ 線を用いても行ないうる. R. K. Baumgarten⁴⁹⁾は, ¹⁴⁴Ce-¹⁴⁴Pr および ¹⁷⁰Tm を線源として流動層の研究をした. 装置を第4図に示した. 固体粒子としてガラスビーズ (径~500 μ まで) 三種およびそれらの混合物, そしてシリカアルミナ触媒 (平均径 14 μ)

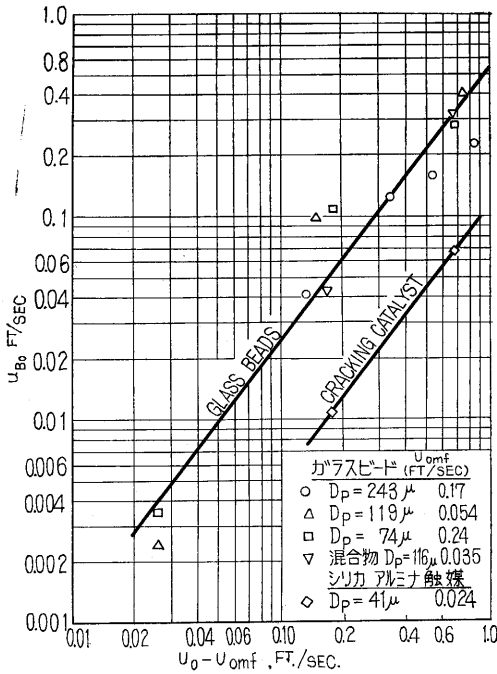


第4図 γ 線吸収法による流動層の研究装置



第5図 垂直方向の気泡の大きさ

を用いた. 検出はシンチレーション・カウンタで行なって, その出力パルスをオシログラフに記録した. 同時



第 6 図 気泡の速度～空気流速の効果

にミリアンメーターで標準偏差を記録した。装置の各部を走査することにより、気泡の見掛密度、平均径の変化を求めた。結果の一例を第 5, 6 図に示した。

なお、この報告とほとんど同じ方法でガス流動層の研究を行ない、充填層の密度のフラクチュエーションから変動を求め、同様にして流動層について求められた変動との比を不安定度指数 $IIS = \sigma_f^2 / \sigma_p^2$ として層高とか、ガラスビーズの粒度配合などによる変化を報告した R. C. Railie らの研究⁶⁹⁾は興味深い。なお、ガス流動層内のガスの滞留時間の測定に、⁸⁵Kr を利用した報告⁷⁰⁾がある。

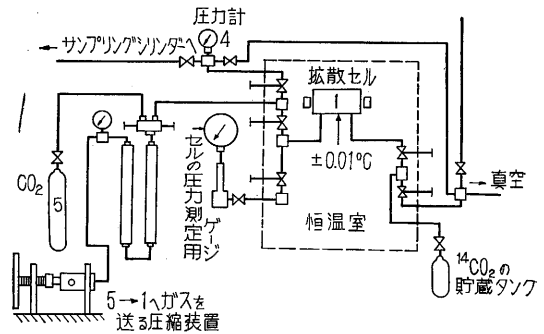
流動層ではないが、気液混相流動における気相の占める容積の測定に、上と同様に γ 線吸収を用いた H. S. Isbin ら⁵⁰⁾の研究は特筆される。

線源としてでなくトレーサーとして用いてもよいわけで、He ガスにより流動層触媒再生装置の混合特性を測定した報告がある⁵¹⁾。将来 ⁸⁵Kr その他の不活性ガスがトレーサーとして利用されるであろう。

3. 物質移動操作への応用

RI を用いて物質移動操作に関する研究を行なった例は混合などへの利用に比して少ないように思われる。しかしながら、充填塔のホールドアップの測定や、吸着、イオン交換の研究などには割合活発に使われている。ここでは、核種の分離とか、放射性物質の除去、物理化学的研究への応用は省略して、RI の物質移動操作への応用をのべる。

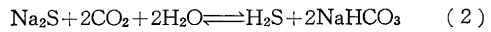
¹⁴CO₂-CO₂-H₂ および ¹⁴CO₂-CO₂-C₃H₈ の三成分系における ¹⁴CO₂ の拡散速度の測定⁵³⁾は興味深い。測定温



第 7 図 ¹⁴CO₂-CO₂-H₂ 系の拡散速度測定装置

度は 35~100°C、圧力は 6~250 気圧であった。第 7 図のような配置で二つの電離箱にそれぞれのガスを通した後、電離箱間の多孔質プラグを通して起こる拡散による電離電流の変化をよみとった。

多成分系の反応速度恒数を求めた報告⁵⁶⁾がある。



上記の反応速度を ³⁵S, ¹⁴C で標識して求めた結果は、理論値と数 % 以内の誤差で一致した。

(1) 蒸留への応用

1955 年までの報告はすでに成書^{9), 10)}に引用されており、また W.H. King, Jr. の解説⁵⁸⁾もあるので、ここでは飛沫同伴を測定した例を示す⁵⁹⁾。

石油工業における真空フラッシュ蒸留の際、石油に混じるが操作温度で蒸発しない Amberol の ¹⁴⁰Ba-¹⁴⁰La 塩を注入して飛沫同伴を求めた。その結果、石油ピッチの留出液への同伴量は 0.02~0.08% にすぎなかった。同時に、飛沫同伴の分布状態、分布の機構についても興味ある結果がえられた。

(2) ガス吸収への応用

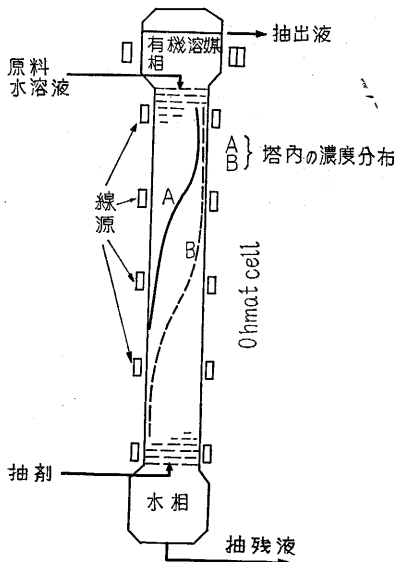
R.F. Taylor⁶⁰⁾は、ヨード蒸気の溶解度および Disc 型吸収塔における物質移動係数を測定するために ¹³¹I を用いた。

充填塔内の吸収液のホールドアップおよび流速分布の研究に RI を用いた報告がいくつかある。

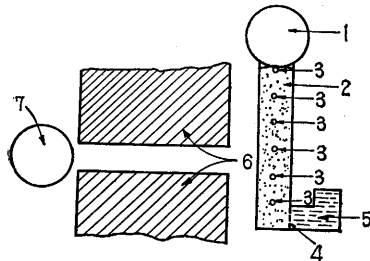
第 3 表 Hwa and Beckmann⁶¹⁾の実験条件

項目	6" 塔	12" 塔
塔寸法	6"φ×4' (約0.15φ×1.2m)	12"φ×20' (0.30φ×6.1m)
塔材質	バイレックスガラス	鋼
充填物	1/2", 3/4", 1" のランシリング	1" のランシリング
液流量	1,000~10,000 lb/hr · ft ² (4.9~48.8 kg/m ² hr)	1,310; 13,000 lb/hr · ft ² (6.3; 63 kg/m ² hr)
ガス量	空気 0~400 lb/hr · ft ² (約0~1,500 Nm ³ /m ² hr)	0, 530 lb/hr · ft ² (0, 2,590 kg/m ² hr)
線源	²⁰³ Hg ($E_\gamma = 0.279\text{MeV}$ 半減期 45.8d)	¹⁷⁰ Tm ($E_\gamma = 0.084\text{MeV}$ 半減期 127d)

Hwa and Beckman⁶¹⁾は第 3 表のような条件で実験した。径 6 in の塔を横方向および縦方向に走査してえた



第8図 ウラン抽出塔の配置と濃度分布



1. 熱風
2. 乾燥試料(砂層)
3. 熱電対
4. ガラス網
5. ^{131}I を含む KI または NaI の飽和水溶液
6. 遮蔽用鉛
7. GM カウンター

第9図 乾燥機構実験装置

結果より、液流速、ガス流速が全ホールドアップに与える影響を求めた。その結果、液の供給速度で変わることを、ローディング点以下ではガス量で変わらないこと、充填物の大きさによって変わることを示した。これらの結果を Schulman らの結果⁷³⁾と比較した。直径 6 in の塔では 1 in のラシヒリング充填の場合、チャンネルングの影響で良い一致がみられなかったが、直径 12 in の塔では液速があまり大きくない場合 ($<2000 \text{ lb/hr} \cdot \text{ft}^2 \approx 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$) 良く一致した。

トレーサーを用いて希硫酸製造塔(ケイ石充填)における灌液の流下速度と流出分布を測定した例が園田らの報告⁶²⁾にみられる。

固体の吸収剤によるガス吸収量の測定に RI を線源として利用した報告⁷²⁾がある。熱天秤と似た装置で、スプリング～線源～試料を配置し横方向から線源の位置を知る一種のレベル計である。

(3) 液々抽出への応用

ガス吸収の場合と同様にしてホールドアップを測定した報告⁶³⁾がある。回転円板型抽出塔における分散相のホールドアップを求めるために、 ^{131}I (ヨード化トリオレインに標識しピーナツ油でうすめたもの)をトレーサーとしてトルエン～水系の抽出を行なった。これと同様な方法で充填塔による液々抽出の流動特性が研究された⁶⁴⁾。

線源利用の代表例として、ウランの目皿抽出塔の操業管理に関する報告⁶⁵⁾が挙げられる。この場合 U の原子番号が大きいためか、線源としては他の水の場合に比してエネルギーがやや高い ^{137}Cs を用いた。Ohmat Gauge (電離箱の一種)を用いて、第8図の配置で給液量を管理した。

混合槽における分散相と連続相の接触界面の面積測定に RI を用いた Mitsis らの報告⁶⁶⁾は興味深い。

接触面積に対する攪拌速度、攪拌羽根の形状、邪魔板などの影響を検討している。水～キシレン系によって研究を行なっているが、液体シンチレーターを含むキシレンと、トリチウムを含む水を用いて、シンチレーターに入る水側のトリチウムの β 線の測定より接触面の面積を求めた。トリチウムの β 線の飛程は 6μ である。

(4) 乾燥、吸着への応用

乾燥工程への新しい応用例として、 ^{131}I (NaI または KI として使用)を用いて熱風乾燥における乾燥機構を研究した報告⁶⁷⁾がある。第9図のような配置で砂層を上方の熱風により乾燥し、砂層の垂直方向の放射能を検出した。水分の蒸発面における沈殿析出に伴う放射能の増加から、蒸発が砂層内部において起こることを結論している。

A.S. Golden ら⁶⁸⁾は ^{14}C -フェノールを活性炭で吸着し、これの有機溶媒による抽出脱着および非放射性フェノールによる溶離を行なって回収率を測定した。化学変化によるロスはほとんどないこと、不可逆吸着をうけたフェノールの回収に少なくとも二回の溶離を行なう必要があることが知られた。

あとがき

主として1956～1961年の6年間の発展を概説したが、種々の都合でソ連、ドイツ、フランスなどの文献に関しては調査が不十分に終わった。

今後特に物質移動操作への RI の利用が期待される。

(1962年3月28日受理)

引用文献

- 1) 合業修一: 最近の化学工学 (1955) 丸善刊
- 2) 合業修一: 日科技連 RI の工業への応用第1回シンポジウム報告集 p. 145 (1956)
- 3) 斎藤辰男: 第2回日本アイントープ会議論文集 p. 6 (1957)
- 4) 加藤正夫: 化学と工業 13, (5) 465 (1960)
- 5) R.T. Overman and F.A. Rohman: Chem. Eng. 68, Feb. 20, 151～156 (1961)
- 6) C.E. Mellish: Chem. Eng. 41, 83 (1960)

- 7) J.L. Mc Farling et al: BMI-1499, (TID-4500) (1961)
- 8) G.G. Eichholz: Nucleonics 18, (10) 116 (1960)
- 9) アイントロブの工業利用: 名工試編 (1958 化学工業社刊)
- 10) 工業アイントロブ: 工業技術院編 (1956 日刊工業新聞社刊)
- 11) J.Kohl, R.D. Zentner and H.R. Lukens: Radioisotope Applications Engineering (Van Nostland Co., Inc 1961 刊)
- 12) P.C. Connor et al: Jr. App. Chem. 9, 525 (1959)
- 13) F.E. Adley and R.H. Scott: International Jr. Applied Radiation and Isotopes 2, 88 (1957)
- 14) M.C. Kordecki and M.B. Gandi: SRO-55 (Apr. 20, 1961)
- 15) S.M.Mukin: Intn. Jr. App. Rad. & Iso. 4, 253 (1958)
- 16) H.E. Skilitzke et al: ibid. 10, 38 (1961)
- 17) R.J. Heemstra et al: Nucleonics, 19, (1) 92 (1961)
- 18) J.F. Richardson and F.A. Shabi: Trans. Instn. Chem. Eng. 38, 33 (1960)
- 19) 木村外: 第 2 回日本アイントロブ会議報文集 T-21, 106 (1957)
- 20) L.G. Erwall and K. Ljunggern: Proc. of 2nd Geneva Conf. 19, 3 (P/166) (1958)
- 21) G.E. Eden and K.V. Melborne: Intn. Jr. App. Rad & Iso. 8, 172 (1960)
- 22) K.J. Ives: ibid 9, 49 (1960)
- 23) J.W. Webb: AERE-R-3027, NSA 14, (15) 19280 (1960)
- 24) J.M. Valentine and M.M. Bluhm: Intn. Jr. App. Rad. & Iso. 5, 302 (1959)
- 25) A.M. Hoffman: Ind. Eng. Chem. 52, 781 (1960)
- 26) R.M. Main: Symposium on Applied Radiation and Radioisotope Test Methods, ASTM Speical Tech, Publikation No. 268, 74 (1961)
- 27) 横瀬外: 第 2 回日本アイントロブ会議報文集 T-20, p. 102(1957)
- 28) U. Been and E. Saeland: Proc. of 1st Geneva Conf 15, 170, p/882 (1956)
- 29) D.E. Hull et al: Nucleonics 14, (5) 50, 51~53 (1956)
- 30) C.G. Clayton: ibid 18, (1) 96 (1960)
- 31) D.E. Hull: Ind. Eng. Chem. 50, 199 (1958), Intn. Jr. App. Rad. & Iso, 4, 1 (1958)
- 32) D.V. Kniebes et al.; Nucleonics, 18 (6) 140 (1960)
- 33) N.S. Korshunov and M.V. Khatchevich: ilid. 4, 124 (1958)
- 34) A.M. Wildblood: Chem. and Ind. March 23 (1957)
- 35) R.H. Hull and A.E. Rosenberg: Ind. Eng, Chem. 52, 2989 (1960)
- 36) D.B. Todd and W.B. Wilson: ibid. 49, 20 (1957)
- 37) E.S. Singer, D.B. Todd and V.P. Guinn: Ind. Eng, Chem. 49 11 (1957)
- 38) V.P. Guinn: Nucleonics 14, (5) 69 (1956)
- 39) J.M. Ausmann et al.: Chem. Eng. Progress Symposium Series 56, No. 28, 72 (1960)
- 40) R.S. Baker: Jr. Soc. Glass Tech. 42, (205) 19T (1958)
- 41) 安倍外: アイントロブ利用研究総覧 (1955)
- 42) 木村, 安立, 岡田: 第 2 回日本アイントロブ会議論文集 T-21, p. 106 (1957)
- 43) 杉村外: 第 3 回日本アイントロブ会議論文集 T-1, p. 101(1958)
- 44) L.G. Erwall & K. Ljunggern: 前出 20)
- 45) 園田, 平山, 浜田: 第 2 回日本アイントロブ会議論文集 112 (1957)
- 46) 合業修一: A.I. Ch. E. Jr. 4, 485 (1958), 化学工学 20, 280 (1956)
- 47) 斎藤精志郎外: 第 3 回日本アイントロブ会議論文集 T-33, 196 (1958)
- 48) E.W. Grohse: A.I. Ch. E. Jr. 1, 358 (1955)
- 49) R.K. Baumgarten and P.L. Pigford: ibid. 6, 115 (1960)
- 50) H.S. Isbin et al: ibid. 3, 136 (1957)
- 51) A.E. Handlos et al.: Ind. Eng. Chem. 49, 25 (1957)
- 52) P.M. Yavorsky and E. Gorin: NYO-2596-97, NSA 14, 20 (1960)
- 53) Chan-Hui Chou and J.J. Martin: Ind. Eng. Chem 49, 758 (1957)
- 54) M.B. Neiman: Intn. Jr. App. Rad. & Iso. 3, 78 (1958)
- 55) A.A. Zhoukhovitzky: ibid. 5, 159 (1959)
- 56) D.M. Himmelblau and A.L. Babb: Ind. Eng. Chem. 51, 1403 (1959)
- 57) H. Nesmeyanov: Intn. Jr. App. Rad. & Iso. 4, 16 (1958)
- 58) W.H. King Jr.: Ind. Eng. Chem. 50, 203 (1958)
- 59) C.D. Wagner et al.: Nucleonics 14, (4) 78 (1956)
- 60) R.F. Tailor: Chem. Eng. Sci. 10, 68 (1959)
- 61) C.S. Hwa and R.E. Beckmann: A.I. Ch. E. Jr. 6, 359 (1960)
- 62) 園田, 平山, 浜田: 前出 45)
- 63) E.Y. Kung and R.E. Beckmann: A.I. Ch. E. Jr. 7, 319(1961)
- 64) S.E. Markas and R.E. Beckmann: ibid. 3, 223 (1957)
- 65) B.G. Ryle: Chem. Eng. Progr. 53, 551 (1957)
- 66) G.J. Mitsis et al.: A.I. Ch. E. Jr. 6, 505 (1960)
- 67) A.S. Shubin: Intn. Jr. App. Rad. & Iso. 2, 110 (1957)
- 68) A.S. Goldin et al.: Proc. of 1st Geneva Conf. 15, 47, P/232 (1956)
- 69) R.C. Railie et al: Ind. Eng. Chem. 53 567 (1961) ; Jr. chem & Eng. Data. 6, 469 (1961)
- 70) A.R. Huntley et al: and. Eng chem. 53, 381 (1961)
- 71) D.W. Aylmore and W. B. Jepson: Jr. Scientific Instruments 38, 156 (1961)
- 72) J.O. Osborn and D. L. Allen: chem Eng Jan. 22, p. 144 (1962)
- 73) H.L. Schulman et al: A.I. Ch. E. Jr. 1, 247 (1955)

東京大学生産技術研究所報告予告

第 12 卷 第 2 号 宮本明雄・沢井善三郎著

「磁心における磁束逆転機構と磁気増幅器の動作について」

本論文は自己飽和磁気増幅器の動作を明らかにするために、磁心における磁束逆転過程を理論的に解析し、実測結果との比較検討により磁心の非線形特性の生ずる機構を調べ、さらに磁気増幅器の動作を正確かつ簡便に解析するために試作したシミュレータについて説明し、その演算結果を示したものである。

磁心における磁束逆転過程についてはすでにいくつかの物理模型が提案されているが、いずれも完全なものとは言えず、これらの模型の前提を検討してその相互関係と長短を明確にし、修正拡充した模型を設定して磁束逆転過程を理論的に解析し、実験によりいくつかの重要な検証を得た。

他方、新たな着想から試作したシミュレータは、磁心の直流非線形特性のみならず、動的非線形特性をも考慮し得る点に特徴があり、磁心の磁化特性と整流器の特性が分かっているならば、任意の設計仕様の磁気増幅器の制御特性を正確に算出し得ることを確認した。

(1962年7月発行の予定)