報告番号 ※~~甲~~乙 第 1730 号

主論文の要旨

題名　同位体分離カスケードに関する研究

氏名　山本一良

主論文の要旨

報告番号	※乙第1730号	氏名	山本一良

本研究で得られた結果をまとめると以下のようである。

第1章では、分離要素について議論した。まず、分離要素の概念について整理し、要素は供給流を濃縮流、減損流の2つの流れに分割するタイプを基本とすればよく、分離の程度を示す濃縮側、減損側分離係数α, βは、統計的分離法においては注目成分の濃度Nではなく、注目成分と非注目成分との存在比Rで定義すべきことを示した。次に、要素内で成立する物質収支と、分離係数との関係を検討し、濃縮流の供給流に対する割合のカットθとのアナロジーにより、注目成分に関するカットη（注目成分が濃縮流に移る割合）、非注目成分に関するカットξ（非注目成分が（注目成分の）濃縮流に移る割合）の概念を導入し、η, ξがそれぞれα, βのみで一意的に決定されることを示した。また分離係数が1に近く、濃度が小さければ、α, β, θはそれぞれ一定として扱ってよいこと、またそれらの条件からはずれた場合の変化幅を明らかにした。

第2章では、カスケードの流量方程式について議論した。注目成分、非注目成分に関するカットの概念を用いることにより、混合物の流量を支配する方程式は、注目成分、非注目成分の流れを支配する2つの方程式に分解できるが、3つの方程式は数学的に同じ形をしている。そこで、1-up 1-down カスケードに対するこの方程式を解析的に近似なしに解き、各段の流量とカスケード全体のすべての操作変数との関係を求めた。各段の濃度は3つの方程式のうちの2つの解から求められるから、濃度もカスケード全体の操作変数によって表現されたことになる。また、より複雑な構成のカスケードの流量濃度計算法も示した。更に、準理想カス

主 論 文 の 要 旨

報告番号	※甲第　　　号	氏名	

ケード，方形化カスケードを構成するためにカットに要求される条件について整理した。

第3章においては，分離の質と量とを同時に評価する指標の分離パワーについて議論した。まず，分離パワー概念とその歴史について検討し，分離パワーに内在する問題点を明らかにした。次に，それらの問題点を解決するための現実的な方法を示し，それでもなお残存する理論的矛盾の解決のために，新しい概念：注目成分，非注目成分に関する分離パワーを導入した。この新しい概念により，分離パワーの構造が示され，問題点の生ずる原因，現実的な解決法の意味も明らかになった。また，分離パワーを計算するための価値関数の構造も明示された。更に，分離パワーを表現する関数 $\varphi_b(\alpha,\beta)$，$\varphi_a(\alpha,\beta)$ の意味についても検討し，それぞれ注目成分，非注目成分に関する分離の加法的尺度であることを示した。

第4章では，分離パワーの概念において最も重要な性質である加算性について議論した。分離パワーの加算性とは，カスケード内のどこにも異種濃度の流れの混合がない場合（これを理想カスケードと呼ぶ）には，カスケードを構成する分離要素の分離パワーの総和がカスケード全体の分離パワーに等しくなる性質のことである。種々のタイプの理想カスケードについて，各段の流量を計算し，それによって各段の分離パワーを求め，それらの総和がカスケード全体の分離パワーに等しくなることを解析的に確認した。また，分離パワーをあらわす関数 $\varphi_b(\alpha,\beta)$，$\varphi_a(\alpha,\beta)$ がそれ自身加法的性質を有することを，関数方程式を用いて証明した。

主論文の要旨

報告番号	※甲第　　　号	氏名	

第5章では、前章までの2成分系分離理論を、多成分系へ拡張した。注目成分、非注目成分に関するカットに対応して、各成分に関するカットを定義し、その分離係数による表現は、2成分系の場合と同一であることを示した。また、分離パワーについても、分離係数の定義される任意の2成分ペアに対して、各成分、基準成分に関する分離パワーを定義し、これらが2成分系の場合と同じ形であらわされることを示した。更に、これらの分離パワーの概念を用いることによって、多成分系の価値関数を複雑な数学的操作なしで導いた。また、2成分系における理想カスケードに対応する存在比一致カスケードについても調べた。

第6章では、カスケード設計の諸問題について議論した。これらは、前章までの分離理論の応用例である。主に、遠心分離法によるウラン濃縮カスケードに重点をおいた。まず、カスケード段定数が、故障、制御誤差、製作誤差などのために確定的、統計的に変動した場合の影響について検討し、準理想カスケードについてはその評価式を与え、一般のカスケードについては、その計算法を示した。更に、段内の分離要素定数のばらつきによる内部混合について調べ、カットのばらつきの方が供給流量のばらつきよりも大きな混合損失を与えることを明らかにした。また、カットの値が流量の変動に伴って変化するような分離要素で構成されたカスケードについて検討し、カット変動に対しては自己制御性があり、あまり影響を受けないことと、流量変動に対しては大きな影響を受けることを明らかにした。次にカスケードの製品濃縮度の変更法について、その変動可能幅、変更に伴なう混合損失の大きさについて調べ、供給段カットの制御がよいことを示した。

主　論　文　の　要　旨

報告番号	※甲第　　　　号	氏　名	

また、カスケードの動特性について調べ、1-up 1-downタイプ、2-up 1-downタイプのカスケードの動特性はよく似ていること、カットが流量変化の影響を受けやすいほどカット変化の影響が治まるまでの時間が小さく、また変動前からのずれ幅が小さいことを明らかにした。また、定常到達後の値が、先の段定数変動の定常解析で得られた値と一致することを確認した。次に、種々の濃度の製品が要求される場合の複数カスケードの製品濃度の設計法について検討し、カスケードは高々5基あれば混合損失を十分小さくできることを示した。更に、非対称要素で構成されるカスケードについて調べ、構成が多少複雑になってもm-up n-downタイプの理想カスケードを構成すべきこと、段内還流を用いて1-up 1-downカスケードを構成しても、効率は悪いことを示した。また、等カットカスケード、方形化カスケードの効率についても検討し、等カットカスケードのカットは、準理想カスケードのその値をとるべきこと、分離係数が小さいほど、そのカット制御が重要であることを明らかにし、方形化カスケードについてもその最高効率を与えるカットの付近で効率曲線が鋭いピークを有することを示し、そのカット制御が重要であることを明らかにした。更に、多成分系分離理論の応用として、遠心分離カスケードへの空気洩れ込み、放射性廃ガスの分離回収についても検討した。

以上、本研究は、統計的分離原理に基く分離要素で構成されたカスケードの基礎理論を与えるものである。本研究で導入された概念：注目成分、非注目成分に関するカット、分離パワーによって、分離の理論体系が相当単純化され、また、分離パワーの意味も明確になった。また、これらの概念を用いることにより、分離

主論文の要旨

報告番号	※甲第　　　　号	氏名	

係数が大きく、かつ非対称である要素で構成されたカスケードも容易に解析できるようになった。そこで、システムとしてのカスケード理論は、ほぼ完成したものと考えることができる。けれども、カスケード理論は分離要素と分離プラントの間に位置し、その両方が存在しない限り成立し得ないものであるから、理論のみがひとり歩きすることは許されない。常に分離要素の特質、分離プラントの目的を明確にして理論を応用し、更に発展させるべきであると考える。