

氏 名	江 頭 進 治 え がしら しん じ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1317 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	密 度 成 層 場 の 流 れ と 混 合 機 構 に 関 す る 基 礎 的 研 究

(主 査)
論文調査委員 教 授 芦 田 和 男 教 授 中 川 博 次 教 授 岩 佐 義 朗

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、密度成層せん断乱流場を対象として、界面混合や抵抗則、流速および拡散係数の分布など、流れと混合機構に関する基礎的な問題について研究を進めるとともに、その適用例として貯水池の濁水現象の解析法を考察したもので、緒論、結論と5章からなっている。

緒論では、密度流に関する研究の現状と問題点を示すとともに本研究の全般の内容を概説している。

第1章では、平均流が存在する場における連行現象について定量的評価を行っている。まず、質量保存則に基づいて連行速度の概念を明確にし、ついで、連行率 E と Overall Richardson 数 R_i^* との間に $E = K/R_i^*$ の関係があることをエネルギー的立場から考察するとともに、著者および従来研究成果から、それを確かめ、広い範囲の R_i^* ($0.4 \leq R_i^* < 100$) に対して、 $K = 0.0015$ を得ている。さらに、この関係を用いて水温躍層の低下過程の定式化を行い、水路実験や実際の貯水池の測定結果から、その妥当性を示している。

第2章では、界面抵抗則に関して、従来ほとんどの場合考慮されていなかった界面混合現象の重要性を指摘するとともに、これを導入した抵抗係数の推定式を提案している。すなわち、混合を考慮した一次元運動量保存則と連行速度や質量保存則などに関する方程式を用いて、抵抗係数 f_i をレイノルズ数 R_0 、内部フルード数 F_i および層厚比 $(H-d_1)/H$ の関数として表示する式を導いている。ここに H 、 d_1 はそれぞれ全水深および下層流の厚さである。これによると、 f_i は R_0 が 10^5 程度になると、 F_i および $(H-d_1)/H$ のみによって規定され、これらの値が大きくなるにつれて増大する。この抵抗則は、従来からよく用いられている抵抗則 $f_i = a\phi^{-b}$ ($\phi = R_0 F_i^2$) に含まれる内部フルード数が大きくなるにつれ、 f_i が減少するという事実との矛盾を解消するものであって、広い R_0 と F_i の範囲に対して適用しうる。

第3章では、密度成層流の流れの各形態すなわち、上層流、中層流および下層流の生起条件を考察するとともに各形態における流速、水温および密度分布則を混合距離理論を用いて導き、実験によってその妥当性を確かめている。この際、混合距離の分布をいかに仮定するかが重要であるが、著者は、界面における混合距離を考え、これを界面における拡散係数の理論を用いて決定する一方、混合距離の分布を規定す

るカルマン定数については加速度平衡式などを用いて定めている。

第4章では、連行速度を用いた一次元質量保存則と連続成層流に関する二次元移流拡散方程式を用いて、境界面における渦動拡散係数を理論的に考察し、界面の密度勾配、密度差および連行速度によって表示されることを示している。さらに、前章で考察された質量や熱量に関する混合距離を用いて、拡散係数の鉛直分布則を導き、上層流および中層流におけるトレーサー実験によってその妥当性を示している。

第5章では、密度成層場における輸送現象の典型的な例として、水温成層化したダム貯水池における濁水現象を取り上げ、これについて考察している。すなわち、貯水池を潜入点水深を境に上流の拡散型と下流の密度流型の領域に分割し、前章までに求めた抵抗則、流速分布則および拡散係数の分布則を適用して、貯水池濁度を解析する方法を提案し、これを実際の貯水池に適用して、その妥当性を示している。

結論では、本論文の研究成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

密度成層流は、水工学の分野では、貯水池や河口部での水温・水質現象を支配する重要なものであって、その水理に関して従来多くの研究が行われているが、乱流連行現象や密度境界面の抵抗則などに関してさらに普遍性の高い法則の確立が望まれている。本論文は密度成層せん断乱流場の流れと混合機構に関して基礎的な研究を行ったものであって、得られた成果の主要なものは次のとおりである。

(1) 連行現象の評価尺度である連行率 E と Overall Richardson 数 R_i^* との間に $E=K/R_i^*$ の関係があることを、エネルギー的立場から考察し、著者および従来研究成果から、それを確かめるとともに、広い範囲の $R_i^*(0.4 \leq R_i^* < 100)$ に対して、実験定数 K がほぼ0.0015になることを示した。さらに、この関係を用いて水温躍層の低下過程の定式化を行い、水路実験や実際の貯水池の測定結果からその妥当性を示した。

(2) 界面抵抗則に関して、従来一般に考慮されていなかった界面の混合効果を導入した新しい抵抗係数の推定式を提案した。これによると、抵抗係数 f_i は、レイノルズ数 Re 、内部フルード数 F_i および層厚比 $(H-d_1)/H$ の関数として表示され、 Re が 10^5 程度以上になると、 F_i および $(H-d_1)/H$ のみによって規定され、かつこれらの値が大きくなるにつれて増大する。この事実は、従来からよく用いられている $f_i = a\phi^{-b}$ ($\phi = Re F_i^2$) 型の抵抗則における F_i が大きくなるにつれ f_i が減少するという事実との矛盾を克服するものであって、著者の導いた抵抗則が広い Re と F_i の範囲に対して適用できることを示している。

(3) 密度成層流の上、中および下層流各形態の生起条件を考察するとともに、それぞれに対する流速、水温および密度分布を混合距離理論に従い、かつ界面における混合距離の考察や加速度平衡式などを用いて導き、実験によってその妥当性を確かめた。

(4) 連行速度を用いた一次元質量保存則と連続成層流に関する二次元移流拡散方程式を用いて渦動拡散係数を理論的に考察し、その表示式をうるとともに、実験によりその妥当性を確かめた。

(5) 著者の求めた密度成層場の抵抗則、流速分布および拡散係数の分布則を適用して、貯水池濁度を解析する方法を提案し、これを実際の貯水池に適用して、その妥当性を示した。

以上要するに本論文は、密度成層場で生起する諸現象に関して理論と実験の両面から基礎的な研究を行い、多くの新たな知見を得たものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。