

氏名	池田有光 いけだゆうこう
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第671号
学位授与の日付	昭和49年3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	都市域における大気汚染濃度予測に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 高松武一郎 教授 平岡正勝 教授 山本剛夫

論文内容の要旨

本論文は都市域の大気汚染濃度の定量的な予測法の開発と、大気の浄化能力と気象条件との関係の定量化を試みたもので、序文と2編計15章から成り立っている。序文では研究の背景と動機について説明し、研究内容の概要と研究の意義について述べている。

第1編は6章からなり、都市域の平均大気汚染濃度の予測と、浄化能力に関するものであり、その第1章では大気中の輸送伝播過程、定量的な濃度推定を行なおうとするときに遭遇する問題点と、研究されるべき内容について指摘している。第2章では、大気汚染と気象の空間的スケールとの関係および汚染に関する気象条件について述べている。第3章ではこれまでに他の研究者が行なってきた研究経過を述べ、濃度計算に必要な広域拡散の数式モデルを提示している。このモデルは、大気の浄化能力を表わす3つのパラメーターを含んでいる。このパラメーターは気象条件によって定まってくるもので、新たに汚染ポテンシャルの評価法として浄化指数を定義している。第4章では濃度計算の入力となる気象要素の詳しさと予測精度の関係を明らかにするため、気象要素に気圧配置の時間的変動のみが与えられたときについてのパラメーターと気圧配置との関係を明らかにしている。なお気圧配置は13個のカテゴリーに分類されている。その関係を使って日平均汚染濃度と時間平均濃度の予測を行なっている。そして予測精度を明らかにし、日平均濃度の推定には同方法が有効であることを示している。第5章では、入力となる気象要素に風速、日射量、雲量、雨量の時間変化を与えて、モデルのパラメーターとの関係を考察し、浄化指数の時間変動を明らかにしている。また、これら関係式を使って日平均汚染濃度と時間平均汚染濃度の予測を行なっている。そして予測精度を明らかにし、時間平均濃度の推定に同方法が有効であることを示している。第6章では、本編の研究の成果をまとめた述べている。

第2編は9章からなり、都市域内の局地の大気汚染濃度予測法を開発している。第1章では、汚染濃度計算の数式モデルの問題点と現状および汚染予測の方法論を述べている。第2章では、実用を目的とした都市域上空の風速分布と大気混合度を気温、風速の観測値を使って関係づけている。第3章は、従来多数

の研究者によってなされてきた大気乱流拡散理論についての研究成果の要約である。これらのほとんどは、接地境界層内部の大気の流動を対象としたものである。次いで、新たに都市域を対象とした汚染物質輸送数式モデルを定式化している。このモデルは容量を考慮した1階の微分方程式とおくれを考慮した定常拡散式との2つの式の組み合わせで表わされている。第4章では、第3章で提示した数式モデルを適用するときの計算条件を明らかにしている。すなわち汚染物質排出強度、気象要素、数式モデル中のパラメータ推定法とその取り扱い方について考慮している。同時に、推定したパラメータのもつ特徴と気象条件、すなわち風速、気温、雨量との関係を明らかにしている。第5章では、第1編で論じた広域数式モデル中の拡散浄化パラメータと、前章で考察した数式モデル中パラメータとの関係を明らかにしている。第6章は、局地汚染濃度の予測に関するものである。すなわち、第4章で求めたパラメータと気象条件との関係を使って、毎時刻ごとに6時間先までと第5章で求めたパラメータの関係式を使って毎時刻ごとに8時間先までの予測計算を行なっている。その結果、広域の拡散浄化を考慮した後者による方法がより精度の高いことが認められている。これら一連の計算では適応論的パラメータを導入することによって従来行なわれている決定論的方法よりも予測精度を高めうることを示している。第7章では、本論で得られている予測精度を他の数式モデルと比較して本論文の成果を明らかにしている。他の数式モデルとは、これまでに最もよく使われているパスキルの公式である。第8章では、予測計算の結果を利用して行なう緊急時のフィードフォワード制御のアルゴリズムを開発している。第9章は、第2編の研究成果のまとめと、予測計算制御に必要な演算時間等についての記述である。

論文審査の結果の要旨

大気汚染による災害を未然に防止するという意味から大気環境の汚染濃度の予測と排出源の緊急時制御の実施が都市域で急がれている。最近ようやく何らかの汚染予報が行なわれるようになってきたが、その予測は定性的ないしは半定量的な方法であり、かつ発生源とその汚染への寄与についての因果関係はほとんど明らかにされていない。これまでに汚染物質の大気中の伝播過程を表わす数式は数多く研究されてきたが、実際に予測計算を行なおうとするときに一般的な気象要素をどのようにその数式中のパラメータと関係づけるべきかまだ十分明らかとなっていないため、計算精度は極めて悪い。著者は最近普及の目覚ましい電子計算機を十分活用することによって大都市の汚染濃度を定量的に予測する方法ならびにそれに必要な現象の解析について総合的な研究を行った。とくに大都市の汚染状態がもつ二面性、すなわち広域汚染と局地汚染の両面から予測を行なって、両者を関係づけていることは特筆に値する。

本論文で得られた全体的な成果は次のとおりである。

1. 実際に常時、予測、観測されている気象因子はごく限られており、大気拡散伝播を検討するのに必要な上空の状態を表わすデータが無いにも拘らず、汚染源強度と汚染濃度との因果関係を、限られた気象因子をパラメータとする物理モデルによって明らかにしている。その結果、それら気象要素が合理的に予測できるようになれば予測の精度の面から十分実用性のある予測を行ない得ることを示すと同時に、将来の細かい気象条件の予測を全く行なわない場合の汚染濃度予測の精度にも言及している。これは緊急時における発生源の排出制御による汚染災害の効果的な防止に寄与するところが少なくない。

2. 広域と局地の両汚染濃度の定量的な予測を行なうと同時に、予測精度も明らかにしている。このように広域と局地に対する数式モデル中のパラメーターの間の関係を明らかにすると同時に、物理モデルによって得られた予測結果の精度を使用しうる入力情報との関連において明らかにしている研究はこの論文以外にほとんどないといってよい。

また個々の研究内容に対して得られた成果は次の如くである。

1. 一般的ないくつかの代表的な気象条件が与えられたとき、それを使って汚染濃度の計算ができ、なお数式モデル中のパラメーターが気象状態の物理的意味をよく表現している簡単で合理的な数式モデルを開発した。

2. 気象要素として風速、日射量、雲量、雨量などを与えた場合と、気圧配置のみを与えた場合とを設定して汚染濃度の予測計算を行ない、2つの方式による予測値の精度の違いを検討している。これは与えべき気象条件の詳しさが汚染予測精度にどのように影響するかを明らかにすると同時に、工学的立場から汚染物質の伝播の定量的表現のために必要な気象要素の種類とそのとり方の指針を与えている。

3. 広域の平均汚染濃度を表現する数式モデル中のパラメーターの関数として新しく浄化指数を定義し、パラメーターと汚染濃度の挙動から従来困難とされていた海陸風の交代による汚染大気の挙動を定量的に表現することができた。

4. 新しく容量を考えた動的モデルを提案することにより従来の煙流モデルではどうしても表現しえなかった汚染物質の蓄積、動的挙動ならびに無風状態での濃度計算を可能にした。

5. 数多くの実測データを解析することにより降雨による硫黄酸化物の浄化速度を明らかにした。

6. 大気汚染の予測に制御工学の分野でしばしば使われる適応論的概念を導入して予測計算精度をあげること成功している。

以上要するに本論文は、従来どちらかといえば理想状態における拡散方程式の解の挙動を中心として発展してきた大気汚染の研究に、はじめて実際の都市を対象とした汚染濃度の予測と制御に関する工学的研究の指向を加えたものであり、学術上、および実際の環境保全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。