



室蘭地域の大気汚染濃度の予測

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-07-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 佐藤, 伸一, 金木, 則明, 原, 弘, 城本, 義光 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3647

室蘭地域の大気汚染濃度の予測

佐藤伸一, 金木則明
原弘, 城本義光

Air Pollution Forecasting to the Near Distance from a Source Area in Muroran

Shinich Sato, Noriaki Kaneki

Hiroshi Hara and Yoshiteru Jounoto

Abstract

SO₂ concentration of pollution to the near distance from a source area in Muroran was propotional relation to air flow in a direction, and the air pollution forecasting was offered.

緒言

近年, 大気汚染が問題となっているが, 防止手段として, 汚染濃度推定によって汚染源からの排出濃度を基準値以上に排出させぬよう制御することも1方法である。

その推定法に対する一般論^{1,4,5)}あるいは実用例^{9,3)}は数多くなされているが, 既知の方法による汚染予測手段を汚染の形態および状況がことなる地域環境にそのまま適用させることは困難である。

本報は特に冬期において, 汚染濃度が風速の増加とともに増す, いわゆる他の工業地域とはことなる面源近距離による汚染形態を示す地域の大気汚染濃度予測手段の確立を目的としている。

本報は大気汚染の拡散式として Pasquill 式を用い, 式の適用方法と予測手段について検討を行ない, 予測実証として SO₂ ガス実測値と比較した。

1. 面源近距離からの拡散式

1. 1 室蘭地域の冬期成層状態

成層状態の検討には気温の鉛直分布のデータがえられていないため, Pasquill¹⁰⁾ および Cramer³⁾ の安定度分類に従った。すなわち, 前者では室蘭の冬期の風速は Fig. 1 に示すように 6 ~ 11 m の風が最も出現頻度が高く, 冬期の日射は弱い事から, 安定度として C ~ D がえられる。また, 後者の分類も室蘭気象台の 11 月の観測日原簿より水平方向の 10 分間風向変動標

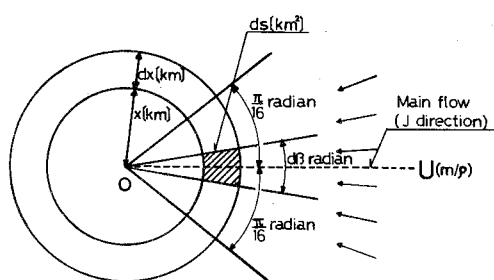


Fig. 2 The model of contamination

準偏差 σ_e として $6^\circ \sim 10^\circ$ が 80% 以上と計算され、安定度は D である。したがって以下の室蘭の大気成層安定度を D とした。

1. 2 拡散式

大気汚染拡散式には、理論あるいは実験的に導入される拡散係数を直接代入して拡散方程式を解く方法と、煙の幅を乱流理論と結びつけて表現する方法がある。前者として、Robert¹¹⁾、Bosanquet⁷⁾、坂上¹²⁾ 等の式があり、後者には、Sutton¹⁴⁾、Cramer³⁾、Pasquill¹⁰⁾ の式等がある。いずれにしても汚染質拡散は大気の乱流の場によって起き、乱流状態は大気成層状態に応じて

変化するため、上述の拡散式はそれぞれの状態に応じたパラメータの設定が必要になる。そこで、拡散式の選択には式の表現が簡単で、高さおよび横方向の拡散を理論的に定められ、大気安定度に対し実験的に豊富な線図が示され、かつ日野等⁷⁾ の実証結果からも、Bosanquet-Person 式で約 0.65、Pasquill (英国方式) 式で約 0.83 の一致度があると報告されている Pasquill 式を採用した。

1. 3 室蘭地域における汚染質拡散式

Pasquill の拡散式は次式であらわされるが

$$C_I = \frac{2.79 \times 10^{-3} Q_p}{Ux\theta h} \exp \left\{ -2.3 \left(\frac{H}{h} \right)^2 \right\} \quad \dots (1)$$

室蘭地域では、汚染源は工業地区で高さ 50 m、住宅地区で 5 m の面的に均一に分布していると仮定した。その場合の汚染モデルを Fig. 2 に示した。主風向は J で、1 時間の J 方向の風向頻度を 100% とし、方位を気象学的に 16 に分け、汚染は次のような仮定で行なわれるものとする。

- 1) 風は J 位を中心に両側に $\pi/16$ radian 内の角度で均等に吹く。

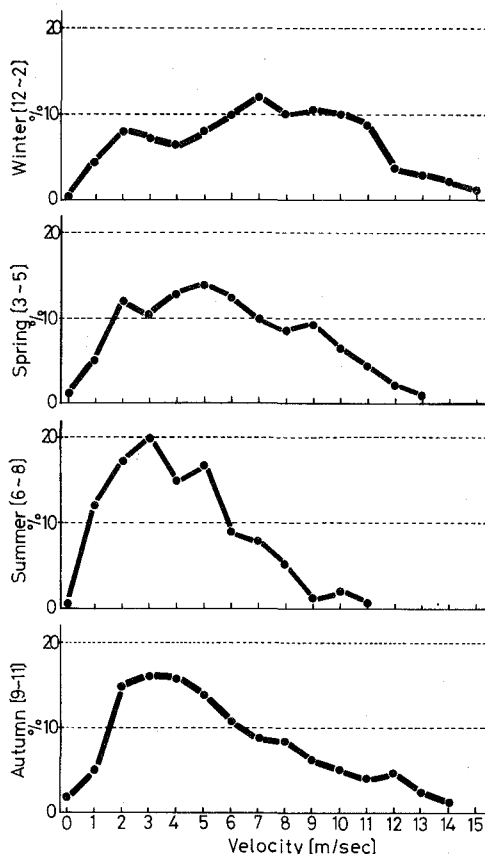


Fig. 1 The monsoon in Muroran

- 2) 風速Uによる有効煙突高さの変動を考慮しない。
- 3) 汚染には $\pi/8$ radian 内の汚染源が寄与する。
- 4) 点Oは面源の風下主軸濃度によって汚染される。

また、室蘭地域の11～2月の成層安定度は前述のようにDであるので、Eq. (1)中の θ , h は次式で示され

$$\theta = 16x^{-0.1} \quad \dots(2)$$

$$h = 70x^{0.86} \quad \dots(3)$$

$X_2 \sim X_1$ 間の面排出源による点Oの汚染濃度は上記仮定より次式となる。

$$C_I = \int_{x_1}^{x_2} \frac{9.78 \times 10^{-3} q_p}{Ux^{0.76}} \exp \left\{ -2.3 \left(\frac{H}{70x^{0.86}} \right)^2 \right\} dx \quad \dots(4)$$

しかし、上述のEq. (4)は $\pi/8$ 内の汚染源によって一度に均等に汚染される事を示しているが、風向は常に標準偏差内の角度で変動しているため、 $\pi/8$ 内の面源の主軸濃度によって点Oが汚染されるのではなく、面源の各々の部分が同時に点Oを汚染するので、平均汚染濃度は汚染源の角度を考慮しなければならない。また、Pasquill式は30分間値を表わしているので、1時間に対しては、さらにRice⁶⁾の雑音理論より約 $2^{-1/2}$ に低減するため、1時間当りのJ方位の面源による汚染濃度はEq. (4)に $1/20$ を乗じて表わされなければならない。上述の結果を考慮したJ方位の拡散係数はEq. (5)で表わされる。

$$f_f(x_1 - x_2) = \frac{UC_I}{q_{pf}} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{4.89 \times 10^{-4}}{x^{0.76}} \exp \left\{ -2.3 \left(\frac{H_f}{70x^{0.86}} \right)^2 \right\} dx \quad \dots(5)$$

2. 室蘭地域の汚染濃度

2. 1 風向別による汚染濃度と風速について

室蘭地域の各観測点における汚染濃度の1例をFig. 3に示した。図示したように SO_2 ガス濃度は風速に比例する傾向を示しているが、さらに各方位別による詳細な汚染濃度と風速の関係について検討し、その結果例をFigs. 4, 5に示した。図はJ方位の出現頻度が80%で、風向がJ+1, J-1方位にのみ変動する点を取りプロットした。それぞれの相関関係のt-分布検定はS～E, N～ENE, W方位で95%, NNW, NW, WSW～SSW方位で99%以上の相関を示し、えられた相関結果をTable Iに示した。WNW方位以外の汚染濃度と風速との間には正の相関関係がある。このことは汚染濃度と風速は逆比例関係にあるという理論結果(Eq(4))および通常の経験とはことなる。

本報のように汚染濃度と風速が比例関係を示すのは次のような条件の時に発生するものと考えられる。すなわち、Bosanquet式より、煙突高さ Δh を求め、また、単位排出強度での風速と最大地表濃度地点の関係をPasquill式より求め、その関係をFigs. 6および7に示した。図中

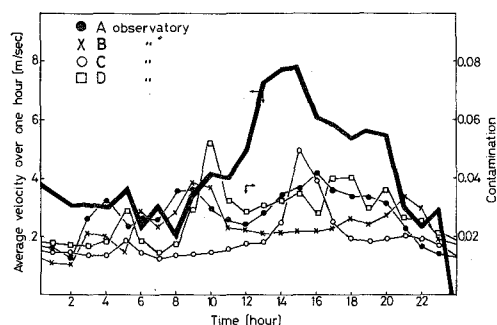


Fig. 3 Relation between average velocity and contamination in process of time

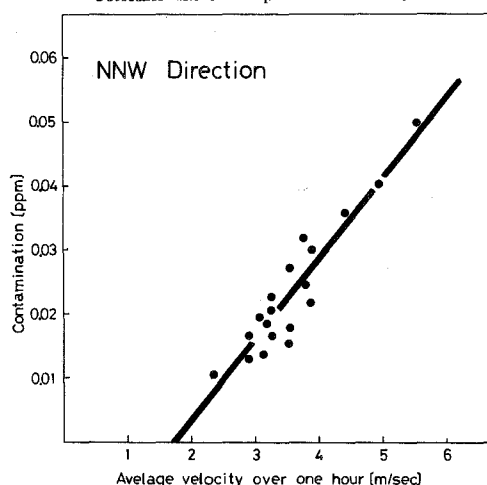


Fig. 4 Correlation between contamination and average velocity in NNW direction

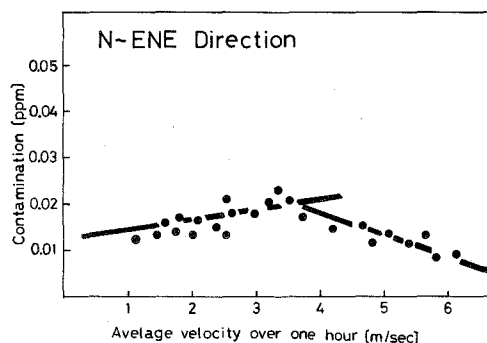


Fig. 5 Correlation between contamination and average velocity in N-ENE direction

Table 1 Correlation in each direction

Direction	Correlation
S ~ E	$C_{S-E} = \begin{cases} (2.8U + 6.7) \times 10^{-9} & (36 \text{ m/sec} \geq U) \\ (-3.4U + 29.0) \times 10^{-9} & (36 < U) \end{cases}$
N ~ ENE	$C_{N-ENE} = \begin{cases} (2.1U + 12.0) \times 10^{-9} & (3.6 \geq U) \\ (-3.4U + 31.8) \times 10^{-9} & (3.6 < U) \end{cases}$
NNW	$C_{NNW} = \begin{cases} (125U - 2.1) \times 10^{-8} & (6.5 \geq U \geq 1.76) \\ (-4.3U + 88.2) \times 10^{-9} & \end{cases}$
NW	$C_{NW} = \begin{cases} (6.2U + 9.1) \times 10^{-9} & (6.5 \geq U) \\ (-4.3U + 77.4) \times 10^{-9} & (6.5 < U) \end{cases}$
WNW	—
W	$C_W = \begin{cases} (7.85U - 4.98) \times 10^{-9} & (6.5 \geq U \geq 0.64) \\ (-4.3U + 74.0) \times 10^{-9} & (6.5 < U) \end{cases}$
WSW ~ SSW	$C_{WSW-SSW} = \begin{cases} (6.4U + 3.5) \times 10^{-9} & (5.0 \geq U) \\ (-4.3U + 57.0) \times 10^{-9} & (5.0 < U) \end{cases}$

の点線部分は煙排出速 30 m/s で、0.75~2.25 km に均一に面源汚染されている部分である。

図より、風速が 3~7.5 m/s の範囲では、観測地点が面源による最大濃度地点となり、そのような条件では最大濃度が風速とともに増加することを示している。しかし Fig. 5 に示したように N~ENE 方位の汚染濃度のように風速 3.5 m/s 以上でも濃度は減少する場合がある。排出源が住宅地域で、煙排出速度 30 m/s 以下と煙突高さが 5 m 程度の低い条件では、図から明らかなように観測地点が最大濃度地点からずれて

しまうためである。したがって Fig. 6 に示した条件よりも極端に小さな条件すなわち、観測地点が最大濃度地点からずれてしまう条件では、汚染濃度は風速に比例しなくなるが、上述のように汚染源と観測地点とが近距離であって、煙突高さが極端に小さくなければ汚染濃度は風速

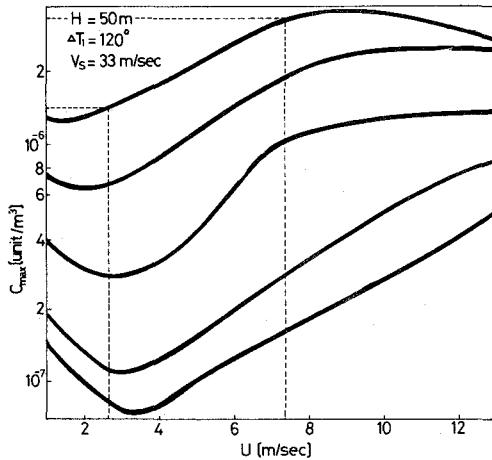


Fig. 6 Relation between maximum concentration site of pollution and fluid velocity

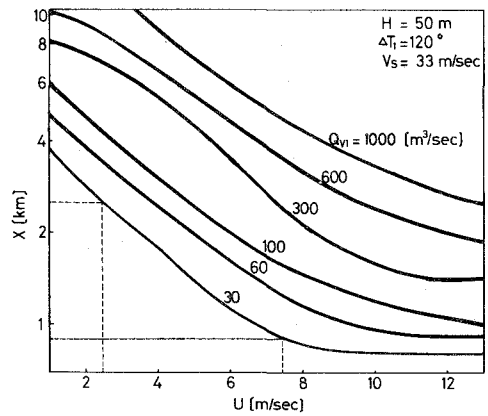


Fig. 7 Relation between maximum ground concentration of pollution and fluid velocity

に比例するものと思われる。

2. 2 風速および面排出源一観測点間の立体関係によるパラメータ $X(U)$ の導入

前述したように有効煙突高さ ΔH が汚染濃度に寄与する度合は距離および排出源と観測点との立体関係によっても相違するため、汚染質拡散式として ΔH の変動を考慮しなければならないが、本報のように、濃度と風速が比例関係にある場合は、濃度 C_f は次式のようなパラメータを考慮して求めた方が容易である。

$$C_f = \frac{q_{pf} f_f(x_1 - x_2)}{U} \cdot \alpha_f(U) \equiv q_{pf}(A_f U + B_f) \quad \dots(6)$$

$$\alpha_f = \frac{A_f U^2 + B_f U}{f_f(x_1 - x_2)}$$

この場合の α_f は面源、近距離汚染の立体関係を示すパラメータである。上式中予め q_{pf} の詳しいデータがえられないため実測値 C_f から Eq. (6) を用いて推定した。その結果は、市の調査による報告値と Eq. (6) の計算でえられた濃度排出量はほぼ一致した。したがって、Eq. (6) は排出量推定の計算にも利用できるもので Eq. (6) の計算結果を Table 2 に示した。

3. 汚染濃度予測

現在までに汚染濃度予測として2通りの方法があり、1つは東京都⁸⁾に代表される気象学的要素のパターン分類による汚染濃度予測と、大阪府のような大気の流れを完全混合モデルと仮定し、カルマンフィルターを適用する手段である。

本報の場合は他地域とことなり、汚染濃度に時間遅れがなく最大濃度地点が被汚染地点に近接している場合の予測法である。その予測方法を以下に述べる。すなわち、風速および風向頻

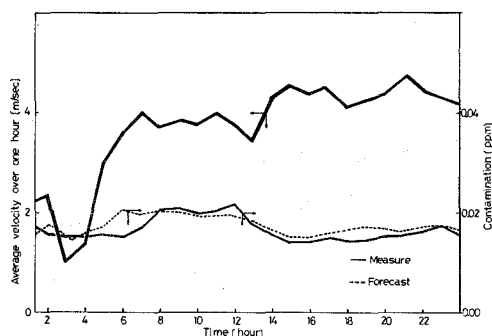


Fig. 8 Comparison with measure and forecast

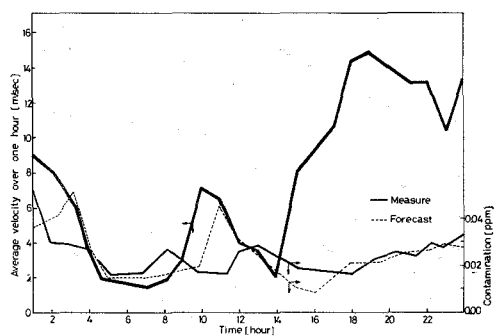


Fig. 9 Comparison with measure and forecast

Table 2 Values calculated by Eq. (6)

N_j	$x_1 \sim x_2$ [Km]	$f(x_1 \sim x_2)$ [100 min/s]	Q_{0j} [Nm ³ SO ₂ /min·100m ²]	A_j [100 min/s/m ²]	B_j [100 min/m]	$\alpha_j(U)$ [—]
S-W	0.35-0.75	3.055×10^{-3}	1.97×10^5	142×10^{-4} -1.73×10^{-4}	34.0×10^{-4} 14.68×10^{-4}	$(4.65U + 11.13U) \times 10^{-2}$ $(-5.66U + 4.80U) \times 10^{-2}$
N-ENE	0.35-3.55	1.160×10^{-2}	6.07×10^6	3.46×10^{-4} -5.60×10^{-4}	19.79×10^{-4} 52.40×10^{-4}	$(2.98U + 17.06U) \times 10^{-2}$ $(-4.83U + 4.517U) \times 10^{-2}$
NNW	0.75-2.25	2.738×10^{-4}	1.43×10^3	8.74×10^{-6} -3.01×10^{-6}	1.47×10^{-5} 61.68×10^{-6}	$(3.19U + 5.37U) \times 10^{-2}$ $(-2.00U + 2.253U) \times 10^{-2}$
NW	0.75-2.25	2.738×10^{-4}	1.63×10^3	3.80×10^{-6} -2.64×10^{-6}	5.58×10^{-6} 4.748×10^{-6}	$(1.39U + 2.04U) \times 10^{-2}$ $(-0.96U + 17.34U) \times 10^{-2}$
WNW	0.75-2.25	2.738×10^{-4}	1.29×10^3	6.09×10^{-6} -3.33×10^{-6}	-3.86×10^{-6} 57.42×10^{-6}	$(2.22U + 1.41U) \times 10^{-2}$ $((1.22U + 20.97U) \times 10^{-2})$
W	0.75-2.25	2.738×10^{-4}	1.09×10^3	7.20×10^{-6} -3.94×10^{-6}	-4.57×10^{-6} 67.89×10^{-6}	$(2.63U + 1.67U) \times 10^{-2}$ $(-1.44U + 24.80U) \times 10^{-2}$
WSW-SSW	1.25-2.25	2.004×10^{-4}	8.86×10^4	7.22×10^{-6} -4.85×10^{-6}	3.95×10^{-6} 64.33×10^{-6}	$(3.60U + 1.97U) \times 10^{-2}$ $(-2.42U + 32.10U) \times 10^{-2}$

度が正しく予測され、各面源の排出強度が1日続くと仮定して、排出強度は Table 2 に示した値を用いて計算した。また、1時間汚染濃度の推定値は各方位別風向頻度を考慮して次式で計算した。

$$C_e = \sum_{j=1}^{16} C_j \left(\frac{\Delta \tau_j}{\tau} \right) \quad \dots (7)$$

SO₂ ガスによる予測例と実測値の結果例を Figs. 8 および 9 に示した。実際は 20 例を計算予測したが、いずれもほぼ 20% 以内で予測値と実測は一致したが、それ以上のずれのある場合には、原因として排出強度に不連続な変化があったためと考えられ、特に WNW 方位の汚染に不連続な場合が多く、その方位の面源から時折かなりの SO₂ 排出があったものと推定される。

以上の結果より、Eq. (6) の関係よりえられる排出強度を使用しても風速、風向の頻度が正しく予測されるならば、本報による推定法はかなりの一致度を示した。

結 言

近距離、面源による汚染濃度は各方位別風速と比例関係にあることを示し、その汚染濃度推定法を示した。

(昭和 51 年 5 月 10 日受理)

Literature Cited

- 1) Ben, J. of the Air Poll. Cont. Assoc., **17**, 154 (1967)
- 2) Bosanquet, C.H. and T.L., Person : Trans. Farady SoC., **32**, 1294 (1936)
- 3) Cramer, H.E. : Paper presented at First National Conference on Applied Met., (1957)
- 4) Francis, P.J. : Int. J. Air and Water Poll., Pergamon Press, **4**, 199 (1961)
- 5) George, C.H. : J. of Applied Met., **6**, 1039 (1967)
- 6) Hino, M. : Karyoku, **63**, 012 (1961)
- 7) Itou, K. : Air Pollutants Handbook, **3**, 207 (1970)
- 8) Kitabayashi, K. : Instu. and Control, **10**, 20 (1972)
- 9) Osaka Koogai Kansi Center, No. 2, 3 か 1968, 1969)
- 10) Pasquill, F. : Meteorol. Mag., **90**, 1063 (1961)
- 11) Roberts, O.F.T. : Proc. Roy. Soc. London, A104, 640 (1923)
- 12) Sakagami, J. : Natural Science Report of the Ochanomizu Univ., **11**, 2 (1960)
- 13) Savas, E.S. : Water and Air Resource Mang., IBM, White Planes, New York (1968)
- 14) Sutton, D.G. : Micrometeorology, McGraw-Hill, New York (1953)