大気汚染物質の濃度コンターと腐食速度—豊栄市

加藤皓一, *伊藤保子

新潟大学 工学部

(〒950-21 新潟市五十嵐2の町8050)

(*現住所 新潟県衛生公害研究所 〒950-21 新潟市曽和314-1)

[平成4年7月13日受理]

Contours of Air Pollutant Concentrations and Corrosion Rates of Low Carbon Steel-Toyosaka City

Koichi KATOH and *Yasuko ITOH

Department of Material and Chemical Engineering,

Faculty of Engineering, Niigata University

(8050 Ikarashi 2-no-cho, Niigata 950-21)

(*Present address: Niigata Prefectural Research Laboratory
for Health and Environment, 314-1 Sowa, Niigata 950-21)

[Received July, 13, 1992]

Summary

Each of local self-governing bodies has accumulated data of air pollutants. We have tried to make the concentration contours for the pollutants in Niigata city and Kubiki village using the data.

In this paper, we report the contours of chloride ion, sulfate ion, sulfur oxides and nitrogen oxides as air pollutants in Toyosaka city. To express the contours, the equation of smoke diffusion was utilized. The concentrations of nitrogen oxides and sulfur oxides were almost constant all the year round, while those of chloride and sulfate ions decreased in summer season. Probably, the difference depend on the location of the city, since the city is located near Niigata city and Niigata East Harbor (Industrial area).

The specimens of low carbon steel were spread out in the city and the contours of corrosion rates were also drawn. The expected values of corrosion rates were calculated by a multiple regression analysis with chloride and sulfate ions. The values agreed well with the observed values in winter season.

Key words: Contour, corrosion rate, low carbon steel, air pollutants

1. 緒言

各自治体等では工場地帯の汚染監視等で大量のデータを蓄積している。このデータの利用の一つとして、大気汚染物質濃度コンターの作製をすることができる。大気汚染物質コンターを作製することによって、そのデータを収集した地域の季節的特徴、地理的特徴が表わされるために、どの季節、どの地域にはどのような大気汚染物

質がどのような広がりであるか図的に把握することができ、市の用途別区分などの参考になると思われる。

研究室独自のデータを昭和53年3月から昭和55年5月までの期間で測定し使用した。豊栄市内15の測定地点を定め、塩化物イオン及び硫酸イオン等はガーゼ法、硫酸化合物と窒素酸化合物はアルカリろ紙法で集めたほか、同一地点に低炭素鋼板を吊し大気腐食による腐食速度を測定した。新潟市及び頸城村の測定については既に報告し

である²⁾。

2. 実験

2.1 調査地点の概要

豊栄市は新潟市に隣接し、面積約77m²、人口約46,000人で主として農産物は米、野菜、豚及び果実を生産し、産業としては紙加工製品、金属製品、窯業・土石、電気機械及び木材を生産している。北部に新潟東港と工業団地があるため、市内への潮風及び大気汚染物質の影響をみるための調査を行なった。

2.2 腐食速度の測定

低炭素鋼板の試験片(2.5cm×11cm×0.6mm)を豊栄市内に設置した。設置地点は15か所、地上20m、地点間の距離はおおよそ1～1.5kmとした。

腐食速度の測定は腐食減量法^{2,3)}によった。試験片重量はあらかじめ重量を測定してから測定地点に吊し、1か月後に収集した。生じた腐食生成物のみを取る方法は次の順に作業した。1) ナイフで削って大部分のサビ(腐食生成物)を除去する。2) 剛毛ブラシで付着しているサビを落とす。3) 3%硫酸水溶液に有機インヒビターを液で残りのサビをとる。4) アセトンで洗う。この方法をとってから乾燥して重量を測った。腐食速度(mm)は(1)式により算出した。

$$\text{腐食速度} = (10 \times A) / (\rho \times S) \quad (1)$$

ここで、Aは腐食減量³⁾(g)、S(cm²)は試験片の表面積そしてρは比重(g・cm⁻³)である。

2.3 大気汚染物質の試料採取

塩化物イオン、硫酸イオンはガーゼ法によった。これは、10cm×10cmのプラスチック枠にガーゼを張ったもので、1か月暴露後適当に浸出し、塩化物イオンはクロム酸銀法^{3,5,6)}、硫酸イオンは塩化バリウムゼラチン比濁法^{3,7)}によった。硫黄酸化物及び窒素酸化物はアルカリロ紙法で採取したが、定量分析はそれぞれクロラニル酸バリウム法^{3,8)}及びN-(1-ナフチル)エチレンジアミン塩酸塩法^{3,9)}によった。

2.4 データの前処理

1年間のデータは四季にわけた。つまり、3月から5月を春、6月から8月を夏、9月から11月を秋及び12月から翌年の2月までを冬として、データを季節ごと平均値を求めた。地域割は海岸からの距離で分けた。

2.5 コンターの計算

コンターの計算には煙の拡散式を利用した。

$$C = C_0 \exp(-y^2/2 \sigma y^2) \quad (2)$$

Cはある地点でのある汚染物質の濃度、C₀はC付近での濃度の高い地点、yはC-C₀間の距離、そしてσyは標準偏差である^{1,2)}。実測にあうようにこれを式(3)のように変形した。

$$B = A \exp(-dx^2) \quad (3)$$

BはC(ppm)、AはC₀(ppm)に相当する。xは地図上の距離でcm又はmmで表わされる。dは定数で1/2σy²に相当する。作図の方法をFig. 1に、コンターを書くための区分け値をTable 1に示す。当然この区分け値を大きく取るか、小さく取るかによってコンターの線があらくなったり、密になったりする。この報告では濃度の

$$B = A \exp(-dx^2) \quad (1)$$

$$x = [1/d \cdot \log(B/A)]^{1/2} \quad (2)$$

Where A and B are concentrations (ppm) and x (mm or cm) is the distance between site A and B on a map.

1. Case of one highest point in an area

2. Case of two highest points in an area

Fig. 1. Calculation and drawing

Table 1. Classification of the pollutants and corrosion rate

Substance	Unit	Rank I	II	III	IV	V	VI
Chloride	C	~10	10~20	20~35	35~50	50~70	70~
Sulfate	"	~10	10~20	20~30	30~35	35~40	40~
SOx	C*1000	~.05	.06~.08	.09~0.10	.11~.15	.16~.28	.29~
NOx	C	~.06	.07~.12	.13~.20	.21~.35	.36~.55	.56~
Corrosion Rate		~35	35~45	—	45~55	55~75	75~

Chloride, Sulfate, SOx, NOx, Corrosion rate: '78, June~'80, May

C: 10^{-6} g/day $\cdot$ 100cm², Corrosion Rate: 10^{-4} mm/month

Table 2. Mean values of the pollutants and corrosion rate for four seasons

	Unit	Spring	Summer	Autumn	Winter
Chloride ion	C	35.1	8.1	24.4	51.8
Sulfate ion	C	13.9	11.3	20.3	27.7
Sulphur oxides	C*1000	0.20	0.14	0.17	0.19
Nitrogen oxides	C	0.12	0.11	0.11	0.12
Corrosion rate		47.1	34.8	49.9	60.1

Chloride, Sulfate, SOx, NOx, Corrosion rate: '78, June~'80, May

C: 10^{-6} g/day $\cdot$ 100cm², Corrosion rate: 10^{-4} mm/month

小を問わず6つに区分けした。

3. 結果および考察

3. 1 大気汚染物質濃度の季節変化

3. 1. 1 塩化物イオン

冬が高く、夏が低い分布を示している。この様子を季節別に各大気汚染物質及び腐食速度の平均値を Table 2 に示す。海岸からの距離との間には明確な関係は認められなかった。春は人口密度の高い地帯5地点付近がVランク、北東部の果実畑のある1地点付近がIランク、Vを示した周辺と南東部の田園地帯と人口密集地の混在している12地点付近がIVランクとなり、その周辺の田園部は1ランク低くなりIIIを示した。夏はIとIIランクが全域を占め、秋は春を1ランク下げた形に似ており、冬は冬の腐食度コンターに似ていた。この春の例を Fig. 2 に示す。

3. 1. 2 硫酸イオン

秋と冬が高く、春と夏が低い分布を示している。春では5地点付近に塩化物イオンのときと同様な形のIIIランクが示され、夏はIとIIランクが全域を占めたが、塩化物イオンのコンターとは異なった。秋では5地点付近と東南部12地点付近でVランクを示したが、この付近に硫酸イオンを発生するような所はない。冬でもこの地点に

Fig. 2. Contour of chloride ion in Toyosaka (Spring)

Ⅵランクが示された。今後原因を検討する必要がある。
硫酸イオンの春の例を Fig. 3に示す。

3. 1. 3 硫黄酸化物

冬が最も高く、夏が最も低い分布を示している。春は15地点付近にⅥランクが示され、約80%がⅣランク以上であったが、これが夏になるとほぼ全面的にⅡランクとなった。秋になると10地点付近がⅣランクとなり、市の周辺がⅡランクだったが、冬では市街部のやや南側の中央部にⅢランクが見られた。冬にⅡとⅢランクを示した1地点付近が夏にⅢランクを示したのは奇異であった。春の例を Fig. 4に示す。

3. 1. 4 窒素酸化物

春は非常に複雑な形を示した。つまり9地点付近がⅥランク、4地点付近にⅤランクがあってその間にⅣランクがあった。南部はⅠランクだった。夏では7地点付近にⅥランクが移ったが、ここにバイパスがある。秋もこの7地点付近がⅥランクであった。冬ではこの地域が広がり6、7と11地点付近がⅥランクとなった。春にⅠランクを示した南部は四季を通して汚染度は低かった。細かいところを除けば夏秋冬のパターンが似ていた。春の例を Fig. 5に示す。

Fig. 4. Contour of sulfur oxides in Toyosaka (Spring)

Fig. 3. Contour of sulfate ion in Toyosaka(Spring)

Fig. 5. Contour of nitrogen oxides in Toyosaka (Spring)

3. 1. 5 腐食速度

冬が最も高くⅣランク以上が大部分を占め、夏はⅠとⅡランクが大部分を占めた。春は5と7地点付近Ⅴランクが示された他、1地点付近と南部にⅠランクが示された。秋は2, 4, 5と6地点付近にⅤランクが示され、市の中央から南にかけて細長くⅠランク地帯が示された。この付近は田園地帯である。春の例をFig. 6に示す。

3. 2 腐食速度の予測

先に新潟市における重回帰分析⁴⁾を行なった。この際、腐食速度を目的変数、大気汚染物質因子(塩化物イオン、硫酸イオン、硫黄酸化物及び窒素酸化物)と気象因子(風速、気温、日照時間、日射量、降雨量及び湿度)を説明変数として変数減量法¹⁰⁾を用いて検討した結果、塩化物イオンと硫酸イオンのデータから腐食速度を予測できることが分かったので、豊栄市についても同様に予測してみた。重回帰式の寄与率は春で0.8930, 夏で0.1089, 秋は0.6016, 冬は0.8098であった。冬の例をFig. 7に示す。春は硫酸イオンが1%有意を示し、冬は塩化物イオンが5%有意を示した。冬は季節風が強く塩化物イオンを海から運ぶが、春は風が弱いので海から運ばれる硫酸イオンと陸の硫酸イオンとが重なって相対的に塩化物イオンの影響が弱まるものと思われる。実測値と予想値の一致は良好といえる。

要 約

各自治体等で大量に蓄積している大気汚染監視データを利用する1つの方法として大気汚染濃度コンターの作製を試みた。すでに新潟市と頸城村について行なったので、豊栄市で試みた。コンターには煙の拡散式を利用した。大気汚染物質として塩化物イオン、硫酸イオン、硫黄酸化物及び窒素酸化物を調査した。全体的にみて、冬に高く夏に低い傾向はあったが、窒素酸化物は年間を通してほとんど変動なかった。また、硫黄酸化物は夏と冬の差が小さいなどの特徴があった。これは、新潟市と新潟東港と隣接しているためと思われる。

謝 辞

この研究を進めるにあたりデータを収集に協力して下さいた豊栄市の職員の皆様に感謝します。

文 献

- 1) J. CRANK: Mathematics of diffusion, Oxford Univ. Press, London, 2-5, (1975)
- 2) Koichi KATOH: Contours of air pollutant concentrations and corrosion rates of low carbon steel, *Analytical Sciences*, 7, Supplement, 1017-1020 (1991)
- 3) 安川三郎, 加藤皓一, 安田守宏, 今泉 洋: 新潟市

Fig. 6. Contour of corrosion rates in Toyosaka (Spring)

Fig. 7. Expected values of corrosion rates by multiple regression analysis
Expected: ●, Observed: ○

における炭素鋼の1か月大気暴露による腐食, 防食技術, 29, 609-614 (1980)

- 4) 安川三郎, 加藤皓一, 安田守宏, 田中 肇: 新潟市における炭素鋼の大気腐食に関する重回帰分析, 防

- 食技術, **32**, 195-201 (1983)
- 5) Koichi KATOH and Shinichi TAKAHASHI: Interferences of Anions or Cations in Spectrophotometric Determination of Chloride Ion by Silver Chromate Method for Natural Water, Research Reports of the Faculty of Engineering, Niigata University, No.34, 21-25 (1985)
- 6) 塩化物イオン: JIS K0101 (1966) 25. 3
- 7) 硫酸イオン: JIS K0101 (1966) 31. 2
- 8) 硫黄酸化物: JIS K0103 6. 1. 3
- 9) 窒素酸化物: JIS K0104 参考法
- 10) 奥野忠一ほか5名: 統多変量解析法, 日科技連出版社 (1976)