

製紙工場周辺の臭気に関する調査研究 (3)

—— 大気拡散式による環境濃度の計算

佐野 惲*・大矢 公彦**・鶴泉 彰恵**
坪井 勇***・松村 龍樹***

Studies of the Malodor around a Paper-mill (3)

—— Calculation of the Ground-level Odorant Concentration
by Means of the Diffusion Formula Application

Isamu SANO, Kimihiko OHYA, Akie TSURUIZUMI,
Isamu TSUBOI and Tatsuki MATSUMURA

With two of the data presented in the preceding report, we calculated the ground-level odorant concentrations by employing a diffusion formula; the one (dated July 16, 1985) relates to site D and the other (January 22, 1986) to site A, the atmospheric stabilities judged being class A~B or B in the Pasquill-Gifford system for site D and class C~D or D for site A. The odorants measured were hydrogen sulfide, methyl mercaptane, methyl sulfide and dimethyl disulfide; they were supposed to be discharged from five stacks of the mill.

It has been found that the calculated concentration is distinctly different from the measured, the latter for site D being as large as 150 times or more the former and for site A, 4,000 times or more.

To explain the discrepancy, we examined closely some draw-backs involved in the formula, and finally, we have come to the conclusion that odor escaping from chip-digesting work-shops is the primary one and those from waste-water clarifiers and the like may join to it; the mixture thus produced will travel over the ground down-wind to form the ambient odor.

Additional mention was made of the result of our calculation reckoning account of surface roughness of the study area.

いとぐち

前報¹⁾にも記載した如く春日井市ではO製紙(株)K工場周辺の臭気環境について、多年、調査研究を継続し対策を設定、実施しているが、工場が内陸に位置し四囲に住居が存在するため事情には厳しいものがある。

筆者らも調査研究班の一員として協力中の者であるが、今回、工場内数ヶ所の発生源から排出或は漏

洩する臭気の影響を探求する目的で大気拡散式による環境濃度の計算を試み、対策設定上、興味ある結果を得たので、以下に、これらの概略を報告する。

因に、大気拡散に関する又はその数式表現を使用した理論的或は実験的の調査研究は、従来、数多く発表されているが、猶、解明が期待される問題も少なからず残っている。ここ数年のところでは、下水・尿尿処理場や化学工場からの臭気拡散の実測による

* 名古屋大学名誉教授
** 応用化学科
*** 春日井市環境分析センター

追跡と拡散式による計算の間の対応についての吟味とか拡散式の拡散パラメーターや煙突有効高さに対する実験的の検討、或は地形及び気象の複雑な地域に於ける拡散状況の監視・測定とそのモデル化への模索などに関する報告²⁾が見られる程度であるが、これらから最近に於ける調査研究の動向の一端、延いては拡散式のもつ欠陥のプロフィールを知ることができるであろう。

拡散計算の実際

拡散計算の対象資料は前報¹⁾の表5-2(昭60. 7. 16; 地点D)と表6-2(昭61. 1. 22; 地点A)で、これらの場合には臭気成分の4物質が悉く測定でき、臭気サンプリングの折の気象条件も安定している(表1)。表中の気象要素の大気安定度はPasquill-Giffordの分類方式³⁾に則ったもので、地点Dに対しては階級をA~BとかBなどと、又Aに対してはC~DとかDなどと、日射量を配慮して、2通りに設定してある。

拡散計算式³⁾は、下の如く、ブルーム型シグマ式を簡略化したもので、臭気物質は煙突から間断なく排出され、地表面(Z=0)に触れても反射されて吸収されることがなく、更に化学変化も起らないなどの仮定が置かれている。

$$C(x, y, z=0) = \frac{Q \times 10^6}{\pi \sigma_y \sigma_z U_0} \times \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (1)$$

x: 煙突からの風下距離(m)
y: 風向(x軸)に直角(横風)方向の距離(m)
z: x-y面(地表面)に鉛直方向の距離(m)

C(x, y, z=0): 煙突の風下地点(座標 x, y, 0; 例, 地点D)の臭気物質合計濃度(ppm)

Q: 煙源強度——煙突の臭気物質排出速度(m³(15°C)/s)

H_e: 煙突有効高さ(m)

U₀: 煙突実体高さ H₀(m)に於ける風速(m/s)

σ_y: 煙の水平方向の拡がり幅(水平方向の拡散指数)——臭気物質の水平方向に於ける濃度分布の標準偏差(風下距離 x の関数)

σ_z: 煙の鉛直方向の拡がり幅(鉛直方向の拡散指数)——臭気物質の鉛直方向に於ける濃

度分布の標準偏差(風下距離 x の関数)

因に、拡がり幅 σ_y及び σ_zはPasquill-Giffordの、σ_y-x 及び σ_z-x 間の線図(ノモグラム)^{*1}から各安定度階級毎に読み取るか或は計算式 σ_y(x) = α_yx^{β_y} 及び σ_z(x) = α_zx^{β_z}から弾き出せばよく(α_y, β_y, α_z, β_z: 安定度階級毎及び距離範囲別の定数^{*2})、又、風速 U₀は地上10mの風速 U* の測定値から次の関係

$$U_0 = U_* \times \left(\frac{H_0}{H_*}\right)^{\frac{n}{2-n}} \quad (2)$$

によって推測し(n: 大気安定度指数と呼ばれる定数で、強いてい減のとき0.20, 弱いてい減乃至中立のとき0.25, 中位の逆転のとき0.33, 強い逆転のとき0.50などと与えられているが、通常、昼間の場合には、n=0.25と置いて計算)、煙突有効高さ(H_e)は下式(Con-CAWE式)

$$H_e = H_0 + 0.175 \times \frac{Q_h^{\frac{1}{2}}}{U_0^{\frac{3}{4}}} \quad (3)$$

によって算定する。但し

$$Q_h = V_0 \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Q_h: 煙突排ガスの放出熱量(cal/s)

V₀: 煙突の排ガス量(15°C, m³/s)

ρ: 排ガスの密度(15°C, 1.23kg/m³)

C_p: 排ガスの定圧比熱(15°C, 0.24kcal/°K·kg)

ΔT: T_s°K(煙突排出口に於ける排ガスの温度) - T_a°K(環境大気(の温度))

臭気発生源(煙突)関係の調査資料は表2の通りである。発生源は5号, 7号及び9号各回収ボイラー用の煙突3本と2号及びクラフト各石灰キルン用の煙突2本の合計5本で、臭気物質としては硫化水素が最も多く、二硫化ジメチルが最も少いとか発生源としては7B及び9Bが主なものであるなどのことが見られる。これらの煙突は図1の如く、工場敷地内を西端部から東端部へかけて9B及び2K(以上, 上質紙製造関係), 7B, kK及び5B(以上, クラフト紙製造関係)の順に、ほぼ、直線的に並び、風向がWNWとかNWの際、殊に前者の下では、殆ど風向線上に在ることが認められる^{*3}。

表3-1, 2は拡散式(1)から地点D及びAの、それぞれ、環境濃度 C(x, y, 0) の算出のために式中の各

* 1 P-G 線図の σ_y及び σ_zの中、前者は平均化時間3分前後の測定値(3分間に互る程度の測定値の平均値)

* 2 例えば、安定度Bの場合には σ_y(0~1,000m) = 0.282X^{0.914}, σ_y(1,000~) = 0.396X^{0.865}及び σ_z(0~500m) = 0.127X^{0.964}, σ_z(500~) = 0.0570X^{1.094}

表1 拡散計算対象資料―環境濃度(測定成績)と気象要素

地点及び 距離 ^{*a} (km)	臭気強度		物質濃度(ppb)					臭気濃度 (三点比較 式臭袋法)	嗅覚強度 (算定値)	気象要素				参 照	
	時刻	嗅覚 強度 ^{*b}	硫 化 水 素	硫 化 メ チ ル カ ブ ド キ ソ ン	硫 化 メ チ ル	二 硫 化 メ チ ル	合 計			天気	気温 ^{*c} (°C)	風向 ^{*c}	風速 ^{*d} (m/s)		大気安定度 ^{*e}
								天	温					向	
D 0.7	14:56	1.2	0.7	1.7	6.5	0.6	9.5	65	2.6	晴	32	WNW	2.8	A~B, B	前報, 表5-2 (昭60. 7. 16)
A 0.4	10:20	2.1	1.8	2.1	7.7	1.2	12.8	38	2.7	晴	4	NW	4.6	C~D, D	前報, 表6-2 (昭61. 1. 22)

* a 工場の中からの風下距離

* b 6点スケール法(六段階強度法)

* c 煙突の煙の方向から判定

* d 地上10m高さの風速(風速計によって測定)

* e Pasquill-Gifford方式(文献3)及び公害防止の技術と法規(大気編), 昭62. 6. 25(三訂), p.154などを参照のこと

表2 臭気発生源(煙突)関係調査資料

発生源(煙突) 種類 記号	煙突 実体高 (m)	昭60. 7. 16(表1)				昭61. 1. 22(表1)						
		排ガス量 ^{*a} (15°C, m³/s)	排ガス温度 ^{*b} (°C)	排出濃度(ppm) ^{*c}		排ガス量 ^{*a} (15°C, m³/s)	排ガス温度 ^{*b} (°C)	排出濃度(ppm) ^{*c}				
				硫化水	硫化メ			硫化水	硫化メ			
5 B	70	26.6	64	<0.01	0.07	0.03	24.4	61	<0.01	0.01	0.02	<0.01
7 B	70	33.9	66	0.50	0.05	0.05	33.2	62	0.01	0.10	0.10	0.02
9 B	60	38.7	66	0.10	0.19	0.06	41.5	58	0.84	0.37	0.23	0.09
2 K	24	5.8 ^{*d}	60	(0.085)	0.015	<0.01 ^{*d}	5.8 ^{*d}	60	(0.085)	<0.01	0.015	<0.01 ^{*d}
k K	27	8.5	51	0.02	<0.01	<0.01	8.8	42	22	<0.01	<0.01	<0.01

* a 工場による測定, 乾きガス

* b, c 春日井市環境分析センター測定

* d 60年度月別測定値(工場提供)の平均

表3-1 環境濃度算出用数値の一覧——地点Dの場合

煙突 (発生源)	地点Dの 座標 (m)		煙の拡がり幅 (m)				風速 (煙突の 排出口に於ける) U_0 (m/s)	煙突の有効高 H_e (m)	排出強度 $Q \times 10^6$ (15°C, m ³ /s)			
	x	y	大気安定度A~B		大気安定度B				硫化水	メチルメ	硫化メ	二硫化
			σ_y	σ_z	σ_y	σ_z						
9 B	918	183	172	238	144	99.4	3.6	102	3.87	1.94	7.35	2.32
2 K	773	88	147	172	123	82.3	3.2	40	0.50	<0.06	0.09	<0.06
7 B	425	93	85.3	62.5	71.2	43.5	3.7	121	17.0	3.73	3.05	2.03
k K	423	23	85.0	62.2	70.9	43.3	3.2	43	0.17	<0.09	<0.09	<0.09
5 B	385	105	78.1	54.9	65.1	39.5	3.7	110	<0.27	<0.27	1.89	0.80

表3-2 環境濃度算出用数値の一覧——地点Aの場合

煙突 (発生源)	地点Aの 座標 (m)		煙の拡がり幅 (m)				風速 (煙突の 排出口に於ける) U_0 (m/s)	煙突の有効高 H_e (m)	排出強度 $Q \times 10^6$ (15°C, m ³ /s)			
	x	y	大気安定度C~D		大気安定度D				硫化水	メチルメ	硫化メ	二硫化
			σ_y	σ_z	σ_y	σ_z						
9 B	663	238	59.0	32.0	46.3	22.4	5.9	97	34.9	15.4	9.5	3.7
2 K	563	83	50.8	27.7	398	19.6	5.2	40	0.52	<0.06	0.09	<0.06
7 B	240	43	23.0	13.1	18.0	9.7	6.1	104	0.33	3.3	3.3	0.66
k K	265	115	25.2	14.2	19.7	10.5	5.3	43	194	<0.09	<0.09	<0.09
5 B	195	50	19.0	10.8	14.8	8.1	6.1	99	<0.24	<0.24	0.49	<0.24

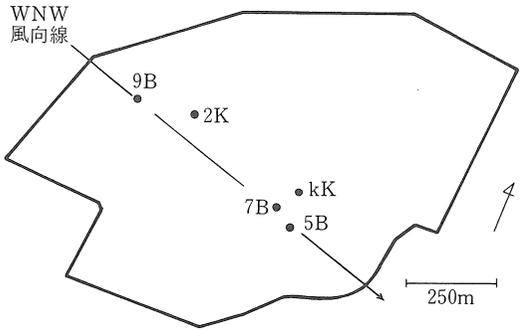


図1 工場内発生源(煙突)の位置及び WNW風向線

量に代入した数値を掲げたもので、これらは、表1、2及び図1を参照しつつ、Pasquill-Gifford線図³⁾から読み取ったり計算式(既記)から勘定したりなどして求めている。尚、座標 x 及び y は、風向線を x 軸に選り煙突の位置を原点としているので、例えば地点D(表3-1)の場合には西北西の方向が x 軸で、9Bを原点とすると地点Dは風下距離918m(x)及び横風距離183m(y)の場所にあることを表わし、又2Kに関し773m(x)及び88m(y)であることを示している。

計算結果とその考察

計算結果は表4-1、2の如くで、各煙突毎の、大気安定度別に見た、4物質の合計濃度(最右端)、各物質別の煙突全部に亙る合計濃度(最下欄)の他、煙突全部に係る4物質の総計濃度(右下コーナー)が挙げてある。

表5に計算値と測定値の4物質総計濃度——地点D及びAの環境濃度(ppb)——が比較してあるが、地点Dについては150倍以上の開きが認められ、Aについても4,000倍以上の開きが見られる。尚、表中、()で括った数値は硫化水素の計算値又は測定値をそれぞれ1とした相対濃度で、臭気の組成を吟味

するためのものである(後述)。因に、測定値の部の{ }で囲んだ箇所は硫化水素のバックグラウンド濃度を0.4ppb⁴⁾と看做した場合である。

開きの原因については、濃度測定の実際に処理困難な泣き所が伏在する——例えば高温度の、湿り排ガス中から水溶性成分の硫化水素やメチルメルカプタン⁵⁾をサンプリングし、保存し、定量することが容易でない——ためとか風向・風速の変動に対する補正(時間稀釈係数^{*4)}が考慮されていない——臭気物質が発生源から放出されて地点D或はAに到達する迄の経過時間は風下距離と風速(表1)から推して数分前後と見られ、P-G線図の σ_y 及び σ_z の平均化時間(3分程度、*1参照)と、まず、等しいし、又臭気のサンプリング時間も5分で(前報参照)、實際上、3分に近いので今回の計算では補正が省略してある——ためとか、更に大気拡散式が理論的に、猶、完全でなく解決困難な弱みを内蔵している——例えば対象区域内に煙突や建屋や原材料置場、更に立木や民家などが在り、従って地表面が粗い場合にはダウンウォッシュやダウンドラフトなどの影響が加わるので拡散計算値に精度が不足する(付記参照)——ためとかその他^{*5}色々の理由が挙げられるが、又

(1)臭気物質が拡散式の期待通りには振る舞わず、謂わば団塊状で着地したり、(2)上質紙工場とかクラフト紙工場の蒸解室やタンク、ダクトなどから臭気が漏洩して地表面を風下へ流れたりし、これらが環境濃度の実勢値を形成する、など

の場合が考えられる。この中、(1)はガス拡散に関する基本的の問題であるが、目下のところ、これに関する知見は殆ど皆無に等しく、今後とも環境測定を繰り返えし併せて気象状況の把握に努めるなどの方針で資料を収集し、その上で事情を分析する方が賢明であろうと思われる。但し、粒子拡散については、環境測定の際、又日常でも時々、煙突から吐き出された白煙が地表面

*3 春日井市では冬期NNW、NW、WNWなどの北西の風が多く、夏期にはSSE、SE、ESEなどの南東の風が多い。尚、表2右半部(昭61. 1. 22)のkK排出ガス中の硫化水素濃度が異常に高く22ppmと測定されているが、このkK排出ガスの臭気濃度も高く41,000と測定されており、これを9B排出ガス(硫化水素0.84ppm)の臭気濃度が17,000と測定されている(表に示されていない)ことと思わせるとこの異常濃度は必ずしも測定の際によるものではなかろうと思われる(詳しくは、春日井市環境分析センター測定資料を参照のこと)。

*4 平均化時間係数、Lowry係数などとも呼ばれる。

*5 例えば H_2 算定値の不確定性(文献2)参照)

表4-1 地点Dの環境濃度(計算値)

発生源 (煙突)	大気 安定度	環 境 濃 度 (ppb)				
		硫化水素	メチル メルカプタン	硫 化 メチル	二硫化 ジメチル	合計
9 B	A~B	$4.3_3 \times 10^{-3}$	$2.1_7 \times 10^{-3}$	$8.2_2 \times 10^{-3}$	$2.6_0 \times 10^{-3}$	0.017 ₃
	B	$6.3_0 \times 10^{-3}$	$3.1_5 \times 10^{-3}$	$1.2_0 \times 10^{-2}$	$3.7_8 \times 10^{-3}$	0.025 ₂
2 K	A~B	$1.6_0 \times 10^{-3}$	$<1.8_8 \times 10^{-4}$	$2.8_5 \times 10^{-4}$	$<1.8_8 \times 10^{-4}$	$<0.002_2$
	B	$3.3_8 \times 10^{-3}$	$<3.9_8 \times 10^{-4}$	$5.9_7 \times 10^{-4}$	$<3.9_8 \times 10^{-4}$	$<0.004_7$
7 B	A~B	$2.3_2 \times 10^{-2}$	$5.1_0 \times 10^{-3}$	$4.1_7 \times 10^{-3}$	$2.7_8 \times 10^{-3}$	0.035 ₂
	B	$4.2_0 \times 10^{-3}$	$9.2_2 \times 10^{-4}$	$7.5_6 \times 10^{-4}$	$5.0_4 \times 10^{-4}$	0.006 ₃
k K	A~B	$2.4_3 \times 10^{-3}$	$<1.2_2 \times 10^{-3}$	$<1.2_2 \times 10^{-3}$	$<1.2_2 \times 10^{-3}$	$<0.006_0$
	B	$3.1_9 \times 10^{-3}$	$<1.5_9 \times 10^{-3}$	$<1.5_9 \times 10^{-3}$	$<1.5_9 \times 10^{-3}$	$<0.007_9$
5 B	A~B	$<2.9_5 \times 10^{-4}$	$<2.9_5 \times 10^{-4}$	$2.0_6 \times 10^{-3}$	$8.8_5 \times 10^{-4}$	$<0.003_5$
	B	$<5.0_9 \times 10^{-5}$	$<5.9_9 \times 10^{-5}$	$3.5_6 \times 10^{-4}$	$1.5_3 \times 10^{-4}$	$<0.000_6$
合計	A~B	$<0.031_5$	$<0.008_9$	$<0.015_9$	$<0.007_6$	<0.064
	B	$<0.017_1$	$<0.006_1$	$<0.015_2$	$<0.006_4$	<0.045

表4-2 地点Aの環境濃度(計算値)

発生源 (煙突)	大気 安定度	環 境 濃 度 (ppb)				
		硫化水素	メチル メルカプタン	硫 化 メチル	二硫化 ジメチル	合計
9 B	C~D	$2.9_5 \times 10^{-6}$	$1.3_0 \times 10^{-6}$	$8.0_3 \times 10^{-7}$	$3.1_3 \times 10^{-7}$	$5.3_7 \times 10^{-6}$
	D	$2.8_5 \times 10^{-10}$	$1.2_4 \times 10^{-10}$	$7.6_8 \times 10^{-11}$	$2.9_8 \times 10^{-11}$	$5.1_1 \times 10^{-10}$
2 K	C~D	$2.1_1 \times 10^{-3}$	$<2.4_8 \times 10^{-4}$	$3.6_3 \times 10^{-4}$	$<2.4_2 \times 10^{-4}$	$<2.9_6 \times 10^{-3}$
	D	$5.7_8 \times 10^{-4}$	$<6.6_7 \times 10^{-5}$	$1.0_0 \times 10^{-4}$	$<6.6_7 \times 10^{-5}$	$<8.1_1 \times 10^{-4}$
7 B	C~D	$2.0_5 \times 10^{-16}$	$2.0_5 \times 10^{-15}$	$2.0_5 \times 10^{-15}$	$4.1_0 \times 10^{-16}$	$4.7_2 \times 10^{-15}$
	D	$6.2_1 \times 10^{-28}$	$6.2_1 \times 10^{-27}$	$6.2_1 \times 10^{-27}$	$1.2_4 \times 10^{-27}$	$1.4_3 \times 10^{-26}$
k K	C~D	$9.9_8 \times 10^{-6}$	$<4.6_3 \times 10^{-9}$	$<4.6_3 \times 10^{-9}$	$<4.6_3 \times 10^{-9}$	$9.9_9 \times 10^{-6}$
	D	$5.1_2 \times 10^{-10}$	$<2.3_7 \times 10^{-13}$	$<2.3_7 \times 10^{-13}$	$<2.3_7 \times 10^{-13}$	$5.1_3 \times 10^{-10}$
5 B	C~D	$<1.0_8 \times 10^{-21}$	$<1.0_8 \times 10^{-21}$	$2.2_1 \times 10^{-21}$	$<1.0_8 \times 10^{-21}$	$<5.4_5 \times 10^{-21}$
	D	$<1.2_7 \times 10^{-36}$	$<1.2_7 \times 10^{-36}$	$2.5_9 \times 10^{-36}$	$<1.2_7 \times 10^{-36}$	$<6.4_0 \times 10^{-36}$
合計	C~D	$2.1_1 \times 10^{-3}$	$<2.4_2 \times 10^{-4}$	$3.6_3 \times 10^{-4}$	$<2.4_2 \times 10^{-4}$	$<2.9_6 \times 10^{-3}$
	D	$5.7_8 \times 10^{-4}$	$<6.6_7 \times 10^{-5}$	$1.0_0 \times 10^{-4}$	$<6.6_7 \times 10^{-5}$	$<8.1_1 \times 10^{-4}$

表5 計算値(表4-1, 2)と測定値(表1)の比較

地 点	計 算 値 (ppb)*						測 定 値 (ppb)				
	大気安定度	硫化水	メチルメ	硫化メ	二硫化	総 計	硫化水	メチルメ	硫化メ	二硫化	総 計
D	A~B	0.03 ₂ (1)	0.00 ₉ (0.2 ₈)	0.01 ₆ (0.5 ₀)	0.00 ₈ (0.2 ₅)	0.06 ₅ —	0.7 (1)	1.7 (2.4)	6.5 (9.3)	0.6 (0.8 ₆)	9.5 —
	B	0.01 ₇ (1)	0.00 ₆ (0.3 ₅)	0.01 ₅ (0.8 ₈)	0.00 ₆ (0.3 ₅)	0.04 ₄ —	{ 0.3 (1)	1.7 (5.7)	6.5 (21.7)	0.6 (2.0)	9.1 —
A	C~D	0.00 ₂ —	0.00 ₀ —	0.00 ₀ —	0.00 ₀ —	0.00 ₃ —	1.8 (1)	2.1 (1.2)	7.7 (4.3)	1.2 (0.6 ₇)	12.8 —
	D	0.00 ₀ —	0.00 ₀ —	0.00 ₀ —	0.00 ₀ —	0.00 ₀ —	{ 1.4 (1)	2.1 (1.5)	7.7 (5.5)	1.2 (0.8 ₆)	12.4 —

* 不等号省略

表6 蒸解室建屋周辺の臭気物質濃度(ppb)

上 質 紙 工 場	測定日	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化ジメチル	合計
	60. 4. 12	7	2	13	3	25
	7. 9	9	1	3	0	13
	10. 7	8	1	3	2	14
	61. 1. 13	6	0	1	0	7
	平均	7.5	1	5	1	15

ク ラ フ ト 紙 工 場	測定日	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化ジメチル	合計
	60. 5. 13	9	2	12	3	26
	8. 20	9	3	11	5	28
	11. 29	2	0	2	0	4
	61. 2. 18	8	0	0	2	10
	平均	7	1	6	2.5	17

目掛けて沈降しつつ風下へ動いて行くことが観察されている*6。これは、煙道ガス*7中の水分が大気中で凝縮、水粒子の群れを生じ、大気が穏かな場合には、これが一団となって落下しながら風に流されるため、硫化水素やメチルメルカプタンは、硫化メチル

や二硫化ジメチルと違い、水に溶けるので白煙は即ち臭気物質の運搬者と考えられるし、一方、硫化メチル*8や二硫化ジメチルは、殆ど水に溶けないが、空気より2~3倍重いいため地表面に到達、環境濃度を高める向きに働く可能性があるため沈降性白煙の着

* 6 例えば、昭60. 9. 13 調査の際がその一例で(詳しくは、春日井市：王子製紙春日井工場公害防止状況総点検報告書、第14報(昭61. 11), p.63~64及び表10(p.82)を参照のこと)、調査中の大気安定度は気象要素(表1)から勘案すると Pasquill-Gifford 方式のC~D或はD階級(弱不安定~中立)程度であったかと思われる。

* 7 60℃前後(表2)

* 8 溶解度：0.3mg/l程度 詳しくは、Y. G. Adewuyi, G. R. Carmichael : Env. Sci. Technol., 20, (10), 1, 017-1, 022, 1986を参照のこと

表7 臭気物質の濃度測定成績 (ppb) —— 3個所の比較

測定個所	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化ジメチル	合計
建屋周辺	6.7 (1)	0.8 ₃ (0.1 ₂)	5.2 (0.7 ₇)	1.7 (0.2 ₅)	14.4 —
	{ 6.3 (1)	{ 0.8 ₃ (0.1 ₃)	{ 5.2 (0.8 ₃)	{ 1.7 (0.2 ₇)	{ 14.0 —
建屋内	38 (1)	548 (14.4)	1,544 (40.6)	379 (10.0)	2,509 —
工場外*	0.6 ₉ (1)	0.1 ₈ (0.2 ₆)	0.3 ₂ (0.4 ₆)	0.04 ₆ (0.06 ₇)	1.2 ₄ —
	{ 0.2 ₉ (1)	{ 0.1 ₈ (0.6 ₁)	{ 0.3 ₂ (1.1 ₀)	{ 0.04 ₆ (0.1 ₆)	{ 0.8 ₄ —

* 工場の南東、敷地境界より300mの地点。自動分析装置により測定

地区域では臭気強度も亦高くして当然と思われる。

表6は(2)に関する資料⁶⁾で、上質紙及びクラフト紙各工場のそれぞれ蒸解室建屋周辺に年間を通じ臭気物質が4成分合計で16ppb前後低迷していることが窺われる。恐らく、建屋からの漏洩分と考えられるが、これは建屋内の臭気物質の分析結果(ppb)として硫化水素38、メチルメルカプタン548、硫化メチル1,544、二硫化ジメチル379などの高濃度が報告⁶⁾されていることから見て妥当な考え方であろうと思われる。

表6から夏期(6~9月)の測定値を除いた残り(6回)の平均、建屋内臭気の結果(上記)及び春日井市設置⁹⁾の臭気自動分析装置による測定成績⁶⁾などを一括して掲げると表7の通りである。()内の数値は硫化水素に関する他物質の相対濃度を示したものであるが、更に硫化水素のバックグラウンド濃度を0.4ppbとした場合が{ }の部に記してある。

表7によると、工場内建屋周辺の物質濃度は自動分析装置設置個所に於ける濃度より高く併し相対濃度は両者互に対応していることが見られるが、一方、

建屋内については物質濃度も相対濃度も遥かに高い¹⁰⁾。これらの事実は建屋から漏洩した臭気が北北西~西北西の風に乗り沿面的に風下の自動分析装置の方へ向っていることを想わせるものである。因に、表5の右半部に地点D及びAの測定値を示し、更に相対濃度が挙げられているが、この場合にもこれらの両濃度共に建屋周辺のそれらと殆ど並走していることが見られ、臭気の沿面拡散の考え方を裏付けているものの如くである。

結論

以上、拡散計算値と環境測定値の間の開きの原因を種々の角度から検討したが、その結果によると、煙突排出臭気の地点D及びAに対する拡散着地量は、事実上、無視することができ、これらの地点に於ける環境測定値はその大部分が風上の工場内建屋からの漏洩による分で占められているのではなかろうかと考えられる節が多いとの結論に達するようである。但し、本報では(1)対象が2地点に過ぎないため資料不足の憾みがあることを否めず、(2)発生源及び環境——特に前者——に於ける臭気のサンプリング

* 9 工場を中心及び敷地境界線から、それぞれ、730m及び300mの地点。冬期には北北西~西北西の風のため工場の風下になることが多い(*3参照)。

* 10 尚、建屋周辺と建屋内との間で相対濃度が劇然と変化しているが、この理由については、例えば建屋内臭気の影響の現れかとも思われる。工場では建屋内の臭気物質をフード吸引しボイラーに導いているが、吸引し切れない際には一部分が外部へ漏洩するらしく、この場合、硫化水素は硫化メチルや二硫化ジメチルに比べて1/2~1/3程度に軽いいためこれを引き離して逸散するであろうと見られ、これが原因の殆どであろうかとも思われるが、詳細は不明。

グ・保存・分析などの方法論の展開が、現在のところ、不十分である上、(3)拡散計算の過程で地面粗度の影響が無視されているなど諸々の難があるので、今後とも知見の収集や測定の実施に力めてこれらの点の補完を心掛ける予定である。

まとめ

前報中の調査成績を吟味して工場周辺の地点D及びAを選び(表1)、拡散計算を行ってこれら各地点の臭気物質濃度の実測値を拡散式による計算値と比較した。但し、後者は臭気発生源が回収ボイラー用煙突3本と石灰キルン用煙突2本の計5本(表2)のためにこれら一つ一つによる着地濃度の和を地点

別に勘定し求めたものである(表4-1, 2)。実測値の方が計算値より大きく、両者の間に150倍以上の開きのあることが見出されたのでその理由を種々の観点から探求し、工場内の建屋からの漏洩部分が沿面的に風下へ流れ、これが実測値の大勢を左右しているとの結論が得られた。

表9 地点D(昭60. 7. 16, 表1)の着地濃度 —Z₀=30cmの場合

(a) 計算資料**

発生源* (種類 記号)	地点Dの 座標(m)		煙の拡がり巾(m)			
			大気安定度 A~B		大気安定度 B	
	x	y	σ _y	σ _z	σ _y	σ _z
9 B	918	183	215	130	180	86
2 K	773	88	185	100	160	75
7 B	425	93	125	70	100	49
k K	423	23	125	70	100	49
5 B	385	105	110	62	90	43

* a 風向, 風速, 煙突有効高などについては表1 ~ 3 参照

* b 表2 参照

表8 粗度定数

地表面		粗度定数, Z ₀ (cm)	
		範囲	代表
草原		1 ~ 10	3
農作地		10 ~ 30	10
家屋・樹林		20 ~ 100	30
ビル	散在(都市)	100 ~ 400	100
	密集(大都市)	400 ~	> 300

(b) 計算結果

発生源 (煙突)	大気 安定度	環 境 濃 度 (ppb)				
		硫化水素	メチル メルカプタン	硫化メチル	二硫化ジメチル	合 計
9 B	A~B	6.2 ₆ × 10 ⁻³	3.1 ₄ × 10 ⁻³	1.1 ₉ × 10 ⁻²	3.7 ₆ × 10 ⁻³	0.025 ₁
	B	6.5 ₂ × 10 ⁻³	3.2 ₇ × 10 ⁻³	1.2 ₄ × 10 ⁻²	3.9 ₁ × 10 ⁻³	0.026 ₁
2 K	A~B	2.2 ₂ × 10 ⁻³	< 2.6 ₆ × 10 ⁻⁴	3.9 ₉ × 10 ⁻⁴	< 2.6 ₆ × 10 ⁻⁴	< 0.003 ₁
	B	3.0 ₉ × 10 ⁻³	< 3.7 ₁ × 10 ⁻⁴	5.5 ₆ × 10 ⁻⁴	< 3.7 ₁ × 10 ⁻⁴	< 0.004 ₄
7 B	A~B	2.8 ₄ × 10 ⁻²	6.2 ₄ × 10 ⁻³	5.1 ₀ × 10 ⁻³	3.4 ₀ × 10 ⁻³	0.043 ₁
	B	9.1 ₈ × 10 ⁻³	2.0 ₁ × 10 ⁻³	1.6 ₅ × 10 ⁻³	1.1 ₀ × 10 ⁻³	0.013 ₉
k K	A~B	1.5 ₇ × 10 ⁻³	< 8.3 ₃ × 10 ⁻⁴	< 8.3 ₃ × 10 ⁻⁴	< 8.3 ₃ × 10 ⁻⁴	< 0.004 ₁
	B	2.2 ₉ × 10 ⁻³	< 1.2 ₁ × 10 ⁻³	< 1.2 ₁ × 10 ⁻³	< 1.2 ₁ × 10 ⁻³	< 0.005 ₉
5 B	A~B	< 4.4 ₈ × 10 ⁻⁴	< 4.4 ₈ × 10 ⁻⁴	3.0 ₈ × 10 ⁻³	1.3 ₃ × 10 ⁻³	0.005 ₃
	B	< 1.1 ₅ × 10 ⁻⁴	< 1.1 ₅ × 10 ⁻⁴	7.9 ₄ × 10 ⁻⁴	3.4 × 10 ⁻⁴	< 0.001 ₄
合計	A~B	0.038 ₉	0.010 ₉	0.021 ₃	0.009 ₆	< 0.081
	B	0.021 ₂	0.007 ₀	0.016 ₆	0.006 ₉	< 0.052

附記——着地濃度に及ぼす地面粗度の影響

本文中で先きに又上にも触れた如く地表面の粗さが着地濃度に影響する。表8に地表面の粗さの尺度、粗度定数 (Z_0 cm), を示したが、本文中の式(1)は Z_0 (代表) = 3 cm の場合に対応するもので、一般にはこの式によって着地濃度の計算が行われる。併し、今回の対象地域は煙突、建物、木立などのため凹凸があるのでこれを考慮し、一例として地点D(昭60.7.16, 表1)に対し $Z_0=30$ の場合の着地濃度(環境濃度)を計算した。

計算の資料及び結果は表9-a, bの通りであるが、表a中の煙の拡がり幅はP-G線図に補正が加わったP-G-S線図*11から読み取ったものである。

表9-bの右下コーナーの計算値(総計濃度)を表4-1の計算値と比較すると、大気安定度A~B及びBの場合、それぞれ、0.08対0.06及び0.05対0.05で、大気安定度A~Bの場合の如く相対値に30%程度の違いの出ることもあるが、この場合でも絶対値は共に0.1ppb以下の低レベルにあるので結論は前通りで差し支えないとの決着に達する。

引用文献

- 1) 佐野 惲, 太田 洋, 坪井 勇, 松村 龍樹, 椎野 純一: 製紙工場周辺の臭気に関する調査研究(2)——特に臭気強度と物質濃度について, 愛工大研報, 23, 47-56, 1988
- 2) 佐野 惲: 下水処理場からの臭気発散量の日間変化, 悪臭研究, 12(56), 1-5, 1983; 白石直典, 東房 健一, 黒田 俊夫: 官能試験法を用いる大気拡散予測法, 環境技術, 12(11), 4

-7, 1983; 黄 光輝, 大気拡散高度依存性パラメーターの経験式について, 大気汚染学会誌, 22(3), 220-229, 1987; M. M. Millan, E. Otamendi, L. A. Alonso, I. Ureta: Experimental Characterization of Atmospheric Diffusion in Complex Terrain with Land-sea Interactions, J. Air Poll. Contr. Assoc., 37(7), 807-811, 1987; J. L. McElroy: Estimation of Pollutant Transport and Concentration Distributions over Complex Terrain of Southern California Using Air-born Lidar, J. Air Poll. Contr. Assoc., 37(9), 1046-1051, 1987; C. Y. Chuang: Dispersion Characteristics of Plumes from Two Major Taiwan Power Plants, J. Air Poll. Contr. Assoc., 37(10), 1197-1199, 1987

- 3) 佐野 惲: 悪臭の大気拡散, 悪臭研究, 6(26), 3-9, 1977; 下水処理場からの臭気拡散量の日間変化, 悪臭研究, 12(56), 1-5, 1983; 通産省立地公害局: 公害防止の技術と法規(大気篇), 3. 大気中に於けるばい煙の拡散, 1987
- 4) 太田 洋, 佐野 惲, 坪井 勇, 鈴木 徹, 長太 幸雄: 製紙工場周辺の臭気に関する調査研究——特に臭気強度と物質濃度について, 愛工大研報, 21, 73-82, 1986
- 5) 佐野 惲, 市川 俊子, 村手 哲雄, 坪井 勇, 太田 洋: メチルメルカプタンの水に対する溶解度, 愛工大研報, 15, 273-275, 1980
- 6) 春日井市: 王子製紙春日井工場公害防止状況総点検報告書, 第14報, 1986; 表7 (p.78), 表12 (p.84), 表14 (p.85)

(受理 昭和63年1月25日)

*11 F. Pasquill (1974) が同じくイギリス気象局の F. B. Smith に従って Pasquill-Gifford 線図の σ_z に対し補正を加えているが、これに基づいて所謂 P-G-S 線図が作られた。詳細については、日本気象協会: 昭和54年度環境庁委託, 環境影響評価予測技術検討調査報告書(昭55.3)を参照のこと