

7. オキシダント濃度上昇時の事例 について(昭和57年度)

加藤賢二, 山田克則, 八幡仁志
落井 勅, 石田幸洋, 稲津悦朗

I 緒 言

光化学オキシダントは、自動車や工場から排出される窒素酸化物と炭化水素が太陽光の照射を受けて光化学反応を起こすことにより生成される二次汚染質と云われているが、昭和57年度の濃度上昇事例について、その状況を整理したところ、当該年度では夜間に高濃度が出現するといった特異な現象が目立った。これらの事例解析の結果、高層気象の影響等、若干の知見を得たので報告する。

II 昭和57年度の濃度概況

オキシダント濃度が高くなりやすい、4月から10月までの昼間のデータ(6時～20時)について集計すると、当年度のオキシダント濃度は、55年度、56年度に比べて環境基準の60ppbを超えた日数、また80ppb以上になった日数とも増加したが、100ppb以上になった日数は減少した。表-1に集計結果を示した。

また、オキシダント濃度90ppb以上出現時の状況を表-2に示した。表には、1局でも90ppb以上になった日について記載し、当日の天気、9時の気圧配置、最高気温と他局での最高濃度と出現時間を示した(出現時刻は、○印内に、また90ppb以上の値は、二重のアンダーラインで示した)。このように、90ppb以上

表-1 61ppb, 80ppbおよび100ppb以上の濃度出現日数と月別最高濃度

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
61 ppb 以 上 出現日数 (日)	53年度	24	29	15	18	15	5	2	108
	54年度	18	28	17	14	11	8	6	102
	55年度	23	16	13	7	6	5	3	73
	56年度	20	22	17	9	11	7	2	88
	57年度	29	24	19	12	6	7	6	103
80 ppb 以 上 出現日数 (日)	53年度	7	15	8	7	2	1	0	40
	54年度	1	10	5	3	1	1	0	21
	55年度	1	7	6	2	4	1	0	21
	56年度	3	4	8	4	3	0	0	22
	57年度	9	9	6	4	0	1	2	31
100 ppb 以 上 出現日数 (日)	53年度	1	1	2	0	0	0	0	4
	54年度	0	0	0	0	0	0	0	0
	55年度	0	2	1	0	1	0	0	4
	56年度	1	1	1	1	0	0	0	4
	57年度	1	1	0	0	0	0	0	2
月 間 最高濃度 (ppb)	53年度	100	105	128	90	91	84	66	128
	54年度	97	96	93	83	90	86	77	97
	55年度	85	120	108	98	104	85	74	120
	56年度	106	110	100	117	98	74	65	117
	57年度	101	112	88	91	72	84	93	112

出現した日数は、全体で10日間あり、これを気圧配置型で分類¹⁾すると移動性高気圧中心型が3日間、移動性高気圧後面型が3日間、南高北低型が2日間と、気圧の谷型および低気圧後面型がそれぞれ1日ずつであった。前者3種類の気圧配置における高濃度出現パターンについては、前報²⁾³⁾で明らかにされた高濃度の出現しやすい気圧配置に一致し、10日間のうち8日間を占めた。特に、嶺南地区である中郷局と敦賀局にその影響が多く現われた。しかし、気圧の谷型、低気圧後面型が

表-2 オキシダント濃度90ppb以上出現の状況(昭和57年4月~10月:昼間データ) (単位 ppb)

月日	天 気	当日9時の気圧配置	最高気温(℃)	三 国	丸 岡	坂 井	福 井	セ ン タ ー	麻 生 津	神 明	鯖 江	武 生	中 郷	敦 賀	備 考
4. 7	☉→●	気 圧 の 谷 型	18.2	85 ⁽¹⁹⁾	90 ⁽¹³⁾ 18	90 ⁽¹⁴⁾	64 ⁽¹³⁾	56 ⁽¹⁴⁾	75 ⁽¹⁷⁾	72 ⁽¹⁷⁾	52 ⁽¹⁵⁾	62 ⁽¹⁶⁾	55 ⁽¹⁶⁾	60 ⁽¹⁶⁾	夜間最高濃度 坂井局100 ⁽²⁴⁾
8	●→①	低 気 圧 後 面 型	17.3	80 ⁽⁶⁾	86 ⁽⁷⁾	101 ⁽⁶⁾	84 ⁽⁶⁾	61 ⁽⁶⁾	86 ⁽⁶⁾	78 ⁽⁶⁾	60 ⁽⁶⁾	72 ⁽⁶⁾	71 ⁽⁷⁾	77 ⁽⁶⁾	夜間最高濃度 坂井局106 ⁽¹⁾
25	○	移動性高気圧後面型	20.4	75 ⁽¹³⁾	76 ⁽¹²⁾	88 ⁽¹⁶⁾	68 ⁽¹⁴⁾	61 ⁽¹³⁾	89 ⁽¹²⁾	73 ⁽¹²⁾	65 ⁽¹²⁾	75 ⁽¹³⁾	90 ⁽¹⁵⁾	61 ⁽¹⁵⁾	
26	①→①	"	23.8	72 ⁽¹⁴⁾	81 ⁽¹²⁾	82 ⁽¹⁵⁾	68 ⁽¹²⁾	60 ⁽¹²⁾	86 ⁽¹²⁾	72 ⁽¹²⁾	63 ⁽¹²⁾	76 ⁽¹⁶⁾	91 ⁽¹⁵⁾	54 ⁽¹⁵⁾	
5. 8	①	南 高 北 低 型	22.3	43 ⁽¹⁵⁾	63 ⁽¹²⁾	60 ⁽¹⁵⁾	52 ⁽¹²⁾	57 ⁽¹²⁾	76 ⁽¹²⁾	76 ⁽¹⁴⁾	55 ⁽¹⁵⁾	68 ⁽¹⁵⁾	96 ⁽¹⁷⁾	57 ⁽¹⁵⁾	
13	①	"	31.9	69 ⁽¹⁷⁾	56 ⁽¹⁶⁾	69 ⁽¹⁷⁾	53 ⁽¹⁶⁾	59 ⁽¹⁶⁾	77 ⁽¹⁶⁾	71 ⁽¹⁶⁾	48 ⁽¹⁶⁾	73 ⁽¹⁶⁾	96 ⁽¹⁵⁾	93 ⁽¹⁵⁾	
24	①	移動性高気圧中心型	27.2	80 ⁽¹¹⁾	61 ⁽¹⁵⁾	74 ⁽¹⁶⁾	65 ⁽¹⁷⁾	60 ⁽¹⁵⁾	68 ⁽¹¹⁾	88 ⁽¹⁸⁾	68 ⁽¹⁸⁾	88 ⁽¹⁸⁾	108 ⁽¹⁶⁾	112 ⁽¹⁶⁾	
25	○	" 後面型	28.6	90 ⁽¹⁷⁾	70 ⁽¹⁴⁾	87 ⁽¹³⁾	71 ⁽¹⁸⁾	63 ⁽¹⁸⁾	75 ⁽¹¹⁾	79 ⁽¹³⁾	71 ⁽¹⁸⁾	86 ⁽¹⁸⁾	90 ⁽¹⁸⁾	95 ⁽¹⁷⁾	
7. 2	①	" 中心型	28.1	76 ⁽¹⁶⁾	78 ⁽¹³⁾	69 ⁽¹²⁾	66 ⁽¹⁴⁾	63 ⁽¹³⁾	73 ⁽¹³⁾	73 ⁽¹⁵⁾	65 ⁽¹⁵⁾	71 ⁽¹⁵⁾	91 ⁽¹⁸⁾	77 ⁽¹⁸⁾	
10.14	①	" "	26.6	93 ⁽¹⁴⁾	71 ⁽¹³⁾	72 ⁽¹⁴⁾	46 ⁽¹³⁾	46 ⁽¹³⁾	55 ⁽¹⁵⁾	66 ⁽¹³⁾	65 ⁽¹⁶⁾	55 ⁽¹³⁾	74 ⁽¹⁵⁾	58 ⁽¹⁵⁾	

出現した4月7日および8日の出現状況については、備考欄にも示したが、夜間しかも降雨時に高くなり、7日の夜間最高濃度は坂井局で100 ppb(24:00)、8日は坂井局で106 ppb(1:00)を記録した。表-3に同日の各局のオキシダント濃度状況を示した(100 ppb以上は黒枠□, 90 ppb以上は二重のアンダーライン, 80 ppb以上は一重のアンダーラインで示した)。このように、オキシダント高濃度は、坂井、三国、丸岡局を中心に広域的に広がっていた。

また、表-2には昼間最高オキシダント濃度が90 ppb以下であったため記載しなかったが、5月19日から20日にかけても同じように夜間オキシダント濃度が上昇し、敦賀局で最高濃度92 ppb(22:00)を記録、気圧配置も4月7~8日のそれと似ており、且つ20日の12時から降雨となった。

表-3 57年4月7~8日における各局の濃度状況 (ppb)

局 名	4/7 19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	4/8 1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
三 国	85	76	74	76	88	94	95	89	90	94	89	80
丸 岡	80	73	65	59	69	83	85	85	84	80	85	85
坂 井	77	78	72	71	93	100	106	95	99	90	102	101
福 井	48	55	55	51	65	76	83	81	86	81	85	84
セ ン タ ー	41	43	43	40	50	58	64	63	61	58	60	61
麻 生 津	63	53	44	43	57	77	90	90	89	87	91	86
神 明	52	47	40	47	53	68	81	84	80	82	84	78
鯖 江	41	39	38	38	35	52	56	59	58	60	66	60
武 生	51	50	47	47	46	65	72	78	74	76	78	72
中 郷	43	43	57	62	60	50	56	64	69	67	72	67
敦 賀	52	47	60	61	61	60	76	77	77	80	77	77

Ⅲ 降雨時における高濃度オキシダント出現事例解析

前項で示した4月7~8日にかけての夜間、しかも降雨時に高いオキシダント濃度が観測された事例について検討した。

1. オキシダント濃度状況と気象状況

図-1に、4月6～8日にかけての坂井局のオキシダント濃度状況を、図-2に、4月8日3時の気圧配置図を示した。図-1のように、オキシダント濃度は、6日、7日とも夜間20時ごろに低下するが、7日の20時には低下しきれずに再び上昇をはじめ、8日の1時には106 ppbに達した。この時の気象状況を次に示す。

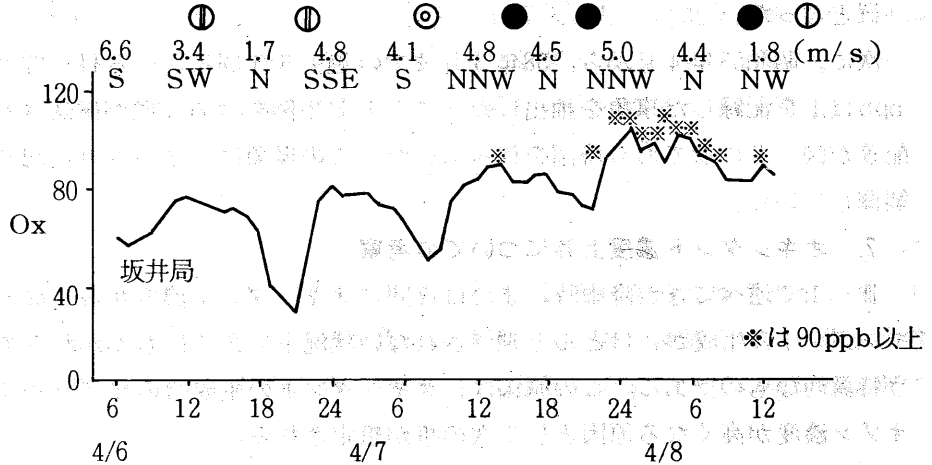


図-1 坂井局におけるオキシダント濃度の経時変化

(1) 降 雨

7日の12時ごろから8日の12時ごろまで雨が降った。

(2) 気温逆転

三国町新保に設置してある各層温度差計による特殊気象局の気温逆転は、6日20時～7日1時ごろまで比較的強かったが、その後解消し、7日18時～8日20時ごろまではほとんど現われなかった。

(3) 気圧配置

4月6日9時の気圧配置は、移動性高気圧後面型で台湾付近に小さな低気圧があり、寒冷前線を伴っていた。この低気圧は少しずつ発達しながら北上し、4月7日9時に2個に分裂した。さ

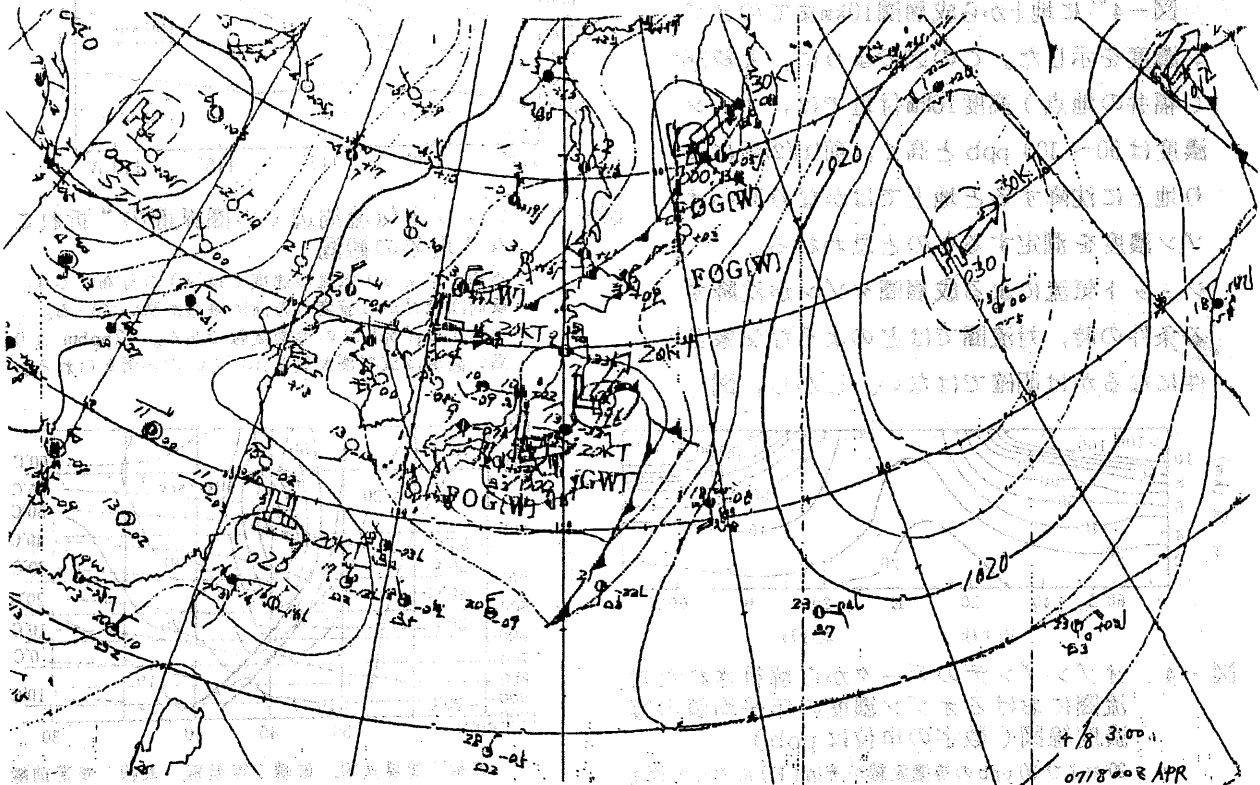


図-2 4月8日3時の気圧配置図

らに、朝鮮半島内陸部にあった低気圧は、日本海に移動して4月8日3時に、図-2に示す気圧配置となった。

次に、昭和53年4月から、58年3月までの過去5年間における昼夜間共にオキシダント濃度が80 ppb以上を記録した事象を抽出したところ上記2例を含め9例が確認された。そのうち7例の気圧配置が図-2に似ており降雨を伴っていた。この現象は、3～6月に起こり、特に、5月に5例を観測していた。

2. オキシダント濃度上昇についての考察

Ⅲ-1.で述べてきた降雨時、または夜間にオキシダント濃度が高くなるという事例は、光化学オキシダントの生成が、ほとんど期待されない状況下であるにもかかわらず、高濃度を観測したという特異的なものである。この原因は、オキシダントの主成分のオゾンが95%以上であること⁴⁾、即ちオゾン濃度が高くなる原因として次の事が想定される。

(1) 成層圏オゾンの沈降

成層圏オゾンの沈降現象は春に卓越すると云われており、この機構は、図-3のように温帯低気圧の後面でのジェット気流の下側へ圏界面が折れ込む(Tropopause folding)現象⁵⁾によって生ずると云われている。

(2) 下降気流によるオゾンの沈降

図-2に示した気圧配置のように、数個の低気圧が近接して降雨を伴っている場合、低気圧と低気圧の間では、下降気流が生ずる。今回の事例では降雨が下降気流を促進したため、前項のオゾン沈降を促したものと考えられる。

(3) オゾン層のオゾン濃度

図-4⁶⁾に地上から成層圏10kmまでのオゾン濃度を示した。この図のように、北緯36°(福井の地点)高度10km付近では、オゾン濃度は90～100 ppbと高く、前(1)(2)項により地上に沈降すると地上ではかなり高いオゾン濃度を測定するものと思われる。

ジェット気流による成層圏オゾンが沈降する条件の時、対流圏ではどのような気象条件になるかは明確ではない。しかし、図-

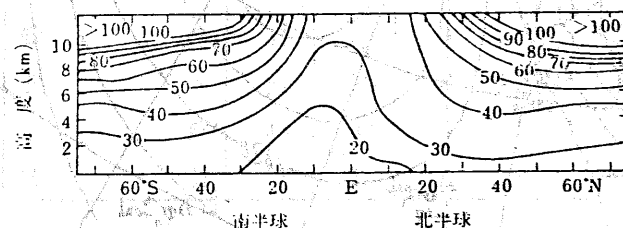


図-4 オゾンゾンデのデータから解析された対流圏におけるオゾン濃度の年平均値の等濃度線図(数字の単位は ppb)

20および30 ppbの等濃度線が赤道(E)に対して両半球で非対称的になっていることに注目される。

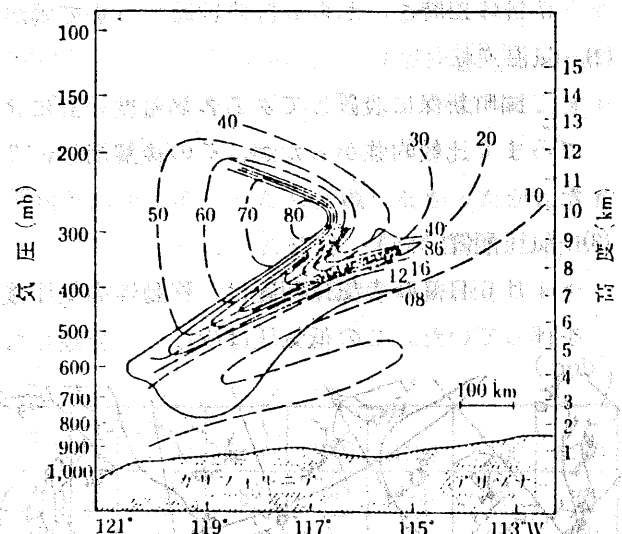
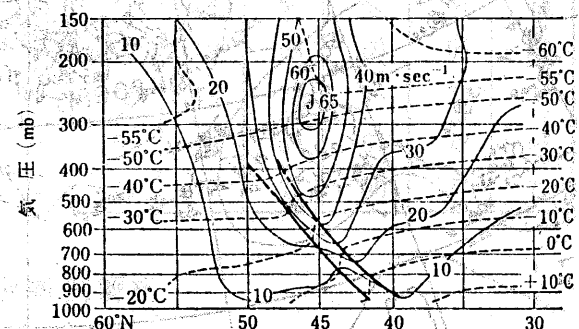


図-3 ジェット気流周辺での圏界面の“折れこみ”現象の観測

点線はジェット気流の速度(m/s)の分布を示す。風向は紙面から読者の方向に垂直に吹いている。実線はO₃(pphm)の等濃度線である。12pphmより高い濃度は成層圏大気を示していると考えられる。



実線：等風速線、破線：等温線、太線：寒帯前線

図-5 ジェット気流の80°Wに沿う垂直断面図

5に示したように寒帯前線をともないやすいこと、特に、850mb面での強風を下層ジェットとも云い、しかも、この時は集中豪雨になりやすい⁶⁾など、地上気圧配置図としては低気圧を中心に前線を伴っている場合が多いと考えられ、ほぼ、Ⅲ-1で述べて来た気象条件に一致するものと考えられる。ただし、この気象条件になったとき、必ずオキシダント濃度が高くなるかという点については、地形、風の方向、気圧の発達状態等による検討が今後必要である。

IV 結 語

以上の事例解析から、高層気象(オゾン層からのオゾン沈降)の影響による高濃度オキシダント出現の可能性について述べてきた。こういった自然現象によるオゾンでも窒素酸化物、炭化水素等に影響を及ぼす可能性が十分あると考えられるため、地上での気象等も含めて今後の検討が必要である。

参 考 文 献

- 1) 酒井信行 他：本報6, 115, (1976)
- 2) 皆川信行 他：本報10, 146, (1980)
- 3) 山田克則 他：本報11, 142, (1981)
- 4) 石田幸洋 他：本報7, 100, (1977)
- 5) 村尾直人 他：天気5, 63, (1982)
- 6) 高橋浩一郎 他：理科年表読本 気象と気候, 60, (1980)(丸善)