

中讃地域の臨海部および島しょ部における 光化学大気汚染について (第三報)

Photochemical Air Pollution above the Coastal Site
and Islands in Chusan Area (III)

中林 正一 三好 健治 山本 務 藤岡 博文
Masakazu NAKABAYASHI Kenji MIYOSHI Tsutomu YAMAMOTO Hirohumi FUJIOKA

串田 光祥 納田 徹也 美澤 競
Mitsuyoshi KUSHIDA Tetsuya NŌDA Takeshi MIZAWA

はじめに

光化学オキシダントによる汚染が気象条件に大きく影響されることから、オキシダントと気象との関係は全国各地で調査研究されているが、地域気象のは握がむずかしいため、いまだ解明されない部分を多く残している。

本県においても、オキシダント汚染解明のため、立体気象を主とした調査を、坂出・丸亀市を中心とした中讃地域で昭和53年、54年に16日間実施し、53年度結果を第一報で、54年度結果を第二報で報告した。

今回は、2年間を通して得られた結果を解析し、この地域の島しょ部から臨海部にかけての風の立体的な構造とオキシダント濃度との関連をモデル化することにより、オキシダントの当日予測のため気象因子を幾つか見い出したので報告する。

解析方法

解析にあたっては、第一報、第二報で報告した気象観測結果を、次のように温度に関する気象条件と風に関する気象条件に整理した。

温度に関する気象条件

- 日最高気温
- 高度 1,500 m での温度
- 高度 1,000 m 以下での逆転・等温層の有無

風に関する気象条件

- 地上での海陸風交替の有無
- 午前 9 時の上層風パターン
- 昼間の上層風の主な構造
- 午前 9 時の地上気圧傾度と地衡風向

これらの気象条件を、表 1 に示したように、この地域の臨海部と島しょ部での各々の日最高オキシダント濃度と対比させ、検討した。

考察

1. オキシダントと温度

調査を実施した16日間について、日最高気温はいずれの日も、光化学反応が急速に進みはじめるとされている24℃以上¹⁾の気温を記録しているが、日最高オキシダント濃度との相関はなかった。

地上気象に影響を与える最大高度と考えられている高度 1,500 m では、オキシダント濃度がピークをむかえる午後の温度に興味深い結果がでている。すなわち、この高度での温度が16℃以上の9日間のうち、7日間までがこの地域の臨海部あるいは島しょ部で90 ppb 以上の日最高オキシダント濃度を記録しているのに対し、16℃未満の7日間で90 ppb 以上の日最高オキシダント濃度が出たのは2日間だけとなっている。したがって、この高度での約16℃という温度は、光化学反応の促進に意味をもつ温度であると考えられる。

高度 1,000 m 以下での逆転・等温層の存在については、地上からの汚染物質の拡散に影響を与えるため、従来から重要視してきた気象因子であるが、オキシダント濃度が高くなる午後にはほとんどの場合消滅している。しかし、今回この地域の臨海部あるいは島しょ部で日最高オキシダント濃度が90 ppb を越えた9日間のうち、7日間までが午前中に高度 1,000 m 以下で逆転・等温層を生じていることから、この逆転・等温層の存在は、オキシダント発生に十分寄与していることが推測できる。なお、午前中に高度 1,000 m 以下で逆転・等温層が認められ、かつ高度 1,500 m における温度が午後には16℃以上になった6日間は、いずれも、この地域の臨海部あるいは島しょ部で90 ppb 以上の高濃度オキシダントが出現している。

表 1. 日最高オキシダント濃度と気象条件

項目 年月日	日最高Ox濃度 (ppb)		日最高気温 (°C)	高度 1,500 m の温度 (°C)		高度 1,000 m 以下での逆転・等温層の有無		地上での海陸風交代の有無	9時の上層風のパターン	昼間の上層風の主な構造	9時の地上気圧傾度 (mb/10km)	9時の地衡風向
	臨海部	島しょ部		9～10時	13～14時	9～10時	13～14時					
53. 6. 6	95	61	26.4	10.9	11.3	無	無	有	V	一部海陸循環風	0.070	ENE
53. 6. 7	72	74	27.1	11.2	12.0	無	無	有	V	不明	0.064	ESE
53. 6. 8	114	104	28.5	13.1	17.2	有	無	有	V	海陸循環風	0.054	WSW
53. 6. 9	92	81	28.2	14.7	17.0	有	無	有	V	一部海陸循環風	0.095	WSW
53. 8. 29	113	114	32.7	16.5	19.5	有	無	有	V	海陸循環風	0.008	NNW
53. 8. 30	98	118	31.8	17.2	16.4	有	無	有	V	一部海陸循環風	0.025	ESE
53. 8. 31	78	98	31.5	16.2	18.1	無	無	無	III	卓越風	0.080	ESE
53. 9. 1	52	54	30.7	15.9	15.7	無	無	無	III	卓越風	0.225	E
54. 5. 29	79	93	31.8	16.7	20.4	有	無	無	I	卓越風	0.069	NW
54. 5. 30	68	72	25.3	11.4	8.4	有	無	無	I	卓越風	0.210	E
54. 5. 31	80	76	24.7	8.2	10.1	有	無	無	V	不明	0.106	E
54. 6. 1	97	84	25.3	12.4	13.2	有	無	有	V	一部海陸循環風	0.042	WNW
54. 8. 28	64	77	31.2	15.0	15.5	無	無	無	V	不明	0.137	ENE
54. 8. 29	60	72	26.9	15.0	16.6	無	有	無	II	不明	0.101	E
54. 8. 30	60	64	28.5	16.4	17.3	無	無	無	V	不明	0.097	E
54. 8. 31	79	136	28.2	16.5	16.7	有	有	無	V	卓越風	0.077	E

- 註 1. 地上での海陸風の交代の有無は、坂出保健所での地上風で判定した。なお、陸風と海風の風向角が 100° 以上あった場合を、海陸風の交代有りとした。
 2. 9時の上層風パターンは、坂出保健所での観測結果を図 1 に基づいて²⁾分類した。
 3. 昼間の上層風の主な構造で、一部海陸循環風と書いてあるのは、海陸循環風の形成時間が短かった場合である。

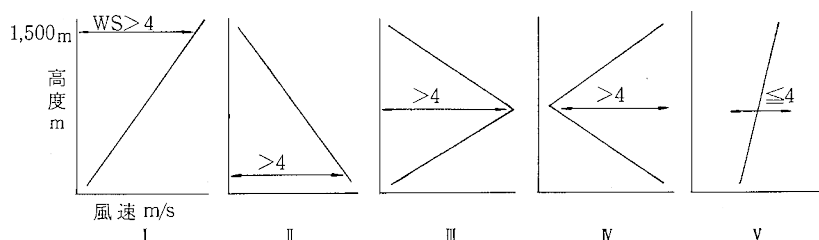


図 1. パターン分類

2. オキシダントと風

地上風については、この地域の臨海部において、午前10時頃までに海陸風の交替があったかどうかの判定を行ったが、こうした局地風が発生するか否かの目安となる9時の地上気圧傾度とは、必ずしも一致しなかった。(この地域では、地上気圧傾度が0.1mb/10km以上になると地衡風速が約10m/s以上になるので、こうした条件下では海陸風のような局地風は発生しない。³⁾)しかし、16日間の調査のうち、海陸風の交替が認められた7日間は、すべて9時の地上気圧傾度が0.1mb/10km未満であり、このうち6日間までこの地域の臨海部での日最高オキシダント濃度が90ppb以上を記録している。また、このうち昼間の上層風に長時間にわたって海陸循環風の形成が認められた53年の6月8日と8月29日には、この地域の島しょ部でもオキシダント濃度が90ppbを越えており、局地風として発生した海陸循環風とオキシダントとは、密接な関係があると考えられる。

一方、海陸風の交替が認められなかった9日間のうち、9時の地上気圧傾度が0.1mb/10km以上であった6日間は、上層風が一般場の影響を受けたと思われる卓越的な風となったため、大気拡散が著しく、オキシダント濃度は、この地域の臨海部、島しょ部ともに低濃度であった。しかし、他の3日間は、地上気圧傾度が0.09mb/10km未満であったにもかかわらず、上層風は強い卓越風構造を示し、しかも3日間とも、この地域の島しょ部のみで90ppb以上の高濃度オキシダントが出現した。この特異な3日間の上層風は、オキシダントの動向からみても一般風とは異なる性質の風であり、この地域特有の東西流⁴⁾(中四国に平行に吹く風)が何らかの理由で勢力を増したものと考えられる。

以上のことから、風の振舞いとオキシダント濃度との間にはかなり特徴的な関係が見い出せたので、この地域のオキシダント濃度に対応した上層風のモデル化を試みた。

3. 上層風のモデル化

上層風のモデル化にあたっては、まず全調査日16日間を、図2に示したように、風に関する条件を与えることによって特徴的な4つのオキシダント汚染パターンに分類した。この各々の汚染パターンに属する調査日は、風に関する条件に共通したものをもっているため、パイロットバルーン・ノンリフトバルーンによって観測した上層風の動向は比較的良好に類似していた。そこで、この上層風の実測データをもとにして、4つのオキシダント汚染パターンに対応したA型～D型の4つの上層風モデルを考案した。

A型モデルを図3-1に示した。このモデルの特徴は、昼間の上層風が下層より海風(sea breeze)、その上にこの海風の反流(back curret)、さらに一般風(general flow)となった海陸循環風構造を長時間形成していることであり、該当する調査日は、この地域の臨海部、島しょ部ともに高濃度オキシダントが出現している。

B型モデルは図3-2に示した。このモデルは、海陸風の交替によって生じた海風の反流が長く続かず、それに代って比較的規模の大きな東西流(constant flow)が生じたと考えられる場合であり、該当する調査日は、この地域の臨海部を中心に高濃度オキシダントが出現している。

C型モデルは図3-3に示した。このモデルでは、早朝から終日、勢力の強い一般風が全層を支配しており、該当する調査日は、この地域の臨海部、島しょ部ともにオキシダントは低濃度である。

D型モデルは図3-4に示した。このモデルでは、瀬戸内海スケールで生じたと考えられる東西流が何らかの理由で勢力を強め、上空かなりの高度まで卓越風として吹いている場合を考えた。該当する調査日は、この地域の島しょ部のみでオキシダントの高濃度が認められた。

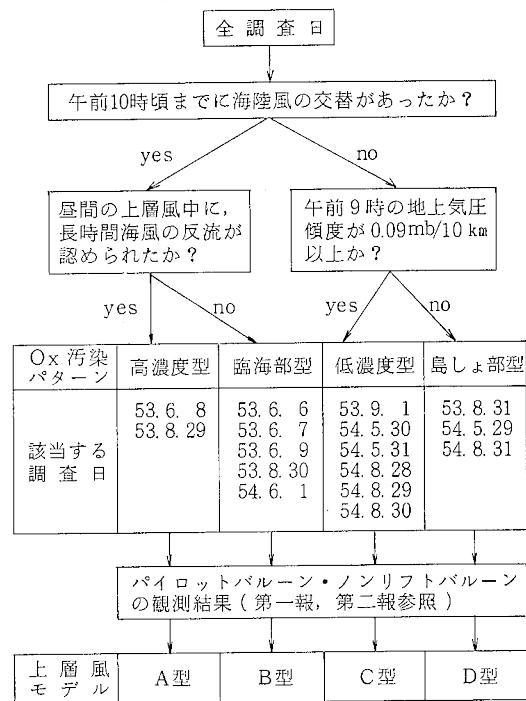


図2. 上層風モデル化のための分類

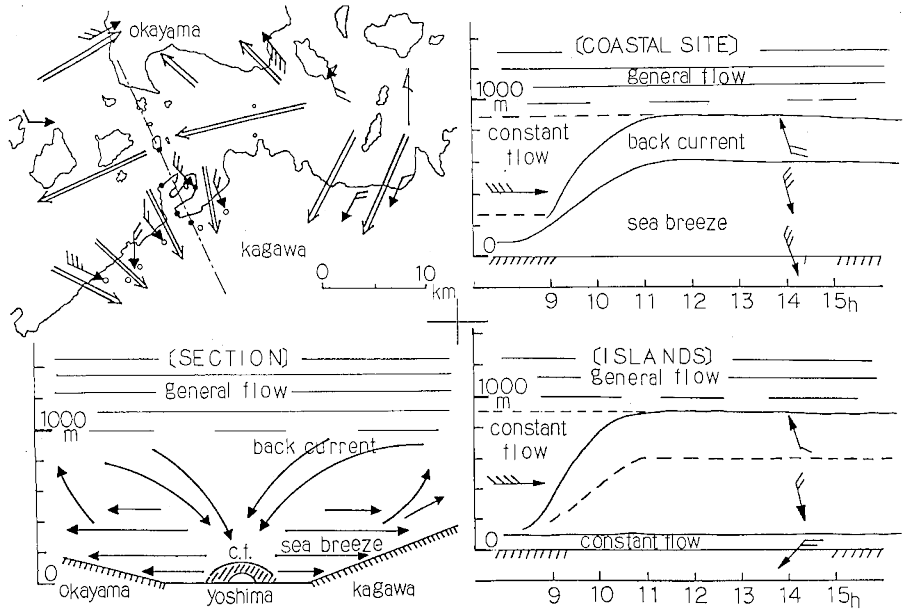


図3-1 上層風モデルA型

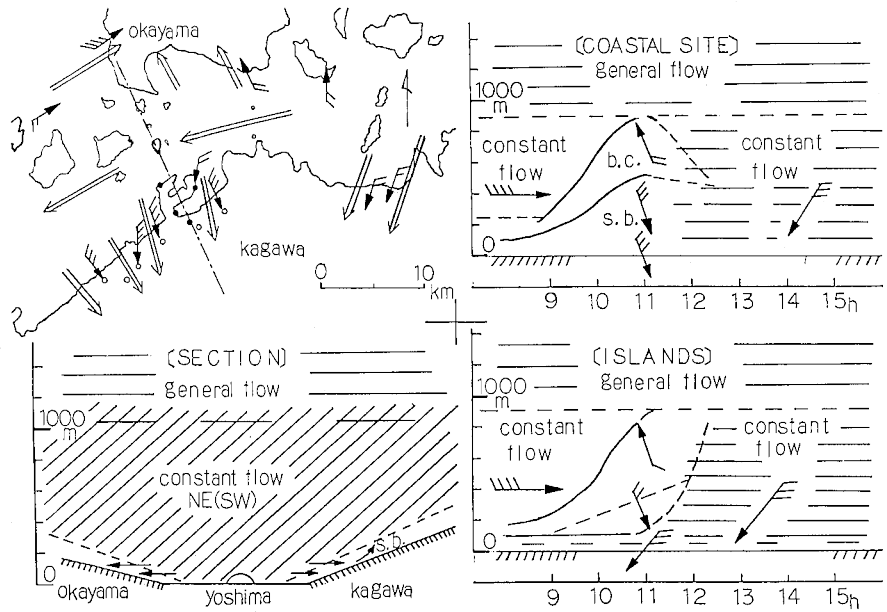


図3-2 上層風モデルB型

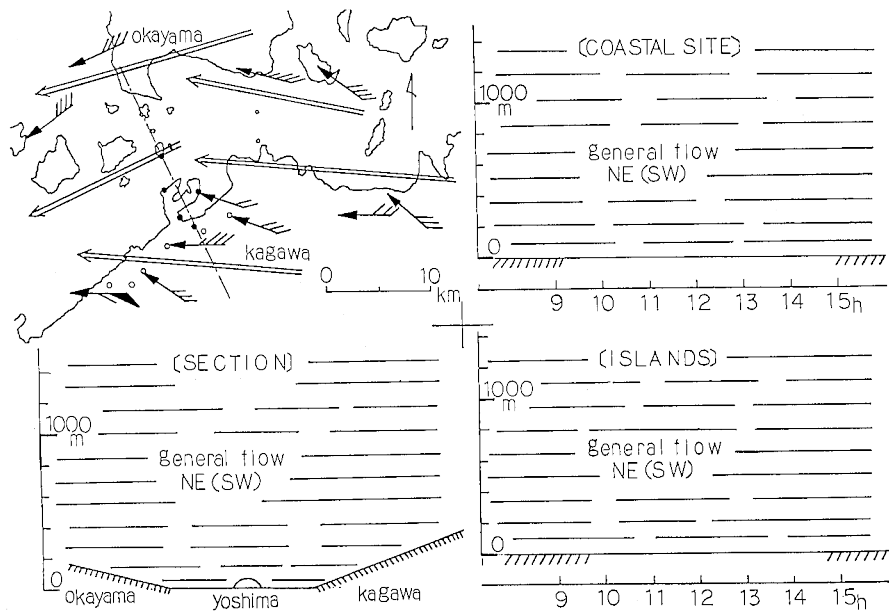


図3-3 上層風モデルC型

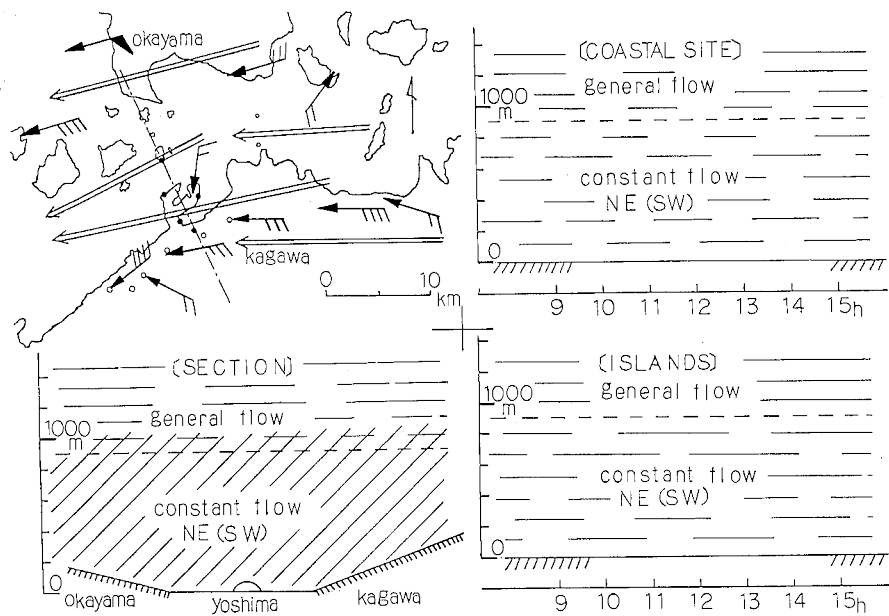


図3-4 上層風モデルD型

4. 高濃度オキシダントの予測

上層風をモデル化することによって、オキシダント濃度が高くなったときの風の状態をある程度明らかにできたが、逆に、高濃度オキシダントの出現を予測するにはこうした上層風が形成されるかどうかの予測をする必要がある。今回考案した4つの上層風モデルのうち、この地域の臨海部あるいは島しょ部で90ppb以上の高濃度オキシダントが出現しているのは、A型とB型、D型であるが、A型とD型では上層風の構造が全く異なっている。このため、3つの上層風モデルを、共通した気象因子で予測するのは困難である。そこで今回は、A型とB型の一部にみられ、しかもオキシダントとの因果関係が明確な海陸循環風構造の形成を予測の対象とし、表1より、当日の午前10時頃までに得られる気象因子として次の4項目をとりあげた。

- (1) 9時の地上気圧傾度が0.1mb/10km未満
- (2) 地上での海陸風の交替が有り
- (3) 9時の上層風パターンがV型
- (4) 高度1,000m以下に逆転・等温層有り

この4項目をすべて満たしている調査日は5日間有り、いずれも上層風中に海陸循環風の形成が長時間ないし短時間認められ、しかもこの地域の臨海部の固定観測局2局以上で90ppb以上の高濃度オキシダントが出現している。

この4項目の他に、従来より経験的にとりあげられている移動性高気圧の後面に位置する場合や、第一報でも触れたが、前夜の二酸化窒素高濃度の出現等を加えると予測の精度はさらに上がるものと思われる。

ま と め

わずか16日間の調査であったが、調査日に恵まれたこともあって、この地域全域に高濃度オキシダントが出現した高濃度型、臨海部を中心に高濃度が出現した臨海部

型、臨海部、島しょ部ともにオキシダント濃度が低かった低濃度型、島しょ部のみに高濃度が出現した島しょ部型というような4つのオキシダント汚染パターンが認められた。そして、この4つの汚染パターンと最も関係が深いと考えられる上層風を実測データに基づきモデル化することによって、高濃度オキシダントが出現する際の上層風の動向をある程度明らかにできたと思う。

また、こうした上層風の出現を事前に予測することが高濃度オキシダント発生の予測につながるのと考えから、予測のための気象因子を数項目とりあげた。これらの予測因子は、必ずしも十分なものではないが、少なくともこの地域のオキシダントを予測するにはかなりの成果をあげるものと思われる。

なお、本調査結果の一部は下記の学会、研究会で発表した。

第20回 大気汚染学会（昭和54年11月）

第21回 大気汚染学会（昭和55年11月）

第7回 環境保全・公害防止研究会（昭和55年12月）

文 献

- 1) 日本気象協会：大気汚染気象予報指針（1976）
- 2) 山本 務：日本気象学会春季大会予稿集，37，92（1980）
- 3) 森 征洋：日本気象学会例会要旨集，13，14（1979）
- 4) 中島暢太郎：京都大学防災研究所年報，21，B-2（1978）