

【資料】

岡山県における光化学オキシダント情報・注意報の広域発令の要因解析について (令和元年度)

About Factors Analysis of Wide Area Announcements of Photochemical Oxidants Prediction or Warning in Okayama Prefecture (FY2019)

西村佳恵, 平岡諒也, 山田克明, 赤木正章, 野村 茂, 小川 登, 林 隆義
NISHIMURA Yoshie, HIRAOKA Ryouya, YAMADA Katsuaki, AKAKI Masaaki,
NOMURA Shigeru, OGAWA Noboru, HAYASHI Takayoshi

要 旨

令和元年5月25日に、県内全域を光化学オキシダント（以下「Ox」という。）の発令対象とした平成20年度以降、初めて県内の全27市町村においてOx情報又は注意報が発令された。5月24日から5月26日の3日間にわたりOx濃度が高濃度となり、後方流跡線解析の結果から、大陸方向からの越境汚染の影響を受けていたと推測された。特に5月25日については、①前日の昼間から県南部及び県中部を中心にOx濃度が高濃度となっており、夜間にも高いところでは60 ppb前後の高濃度で推移していたこと、②当日は、地域的な汚染に加えて、大陸からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動したこと、③Oxの前駆物質である窒素酸化物濃度も前日から高くなっていったこと、④当日、県内では、日最高気温が平年値を大きく上回り、最高32.9℃を記録し真夏日となり、Oxが生成されやすい要因となったこと、⑤当日は、大気が安定し低層風が弱く、大気汚染物質が拡散しにくい気象条件であったこと等の複数の要因が考えられた。

[キーワード：光化学オキシダント、高濃度事例、後方流跡線解析、窒素酸化物]

[Key words : Photochemical Oxidants, High Concentration Cases, Back Trajectory Analysis, Nitrogen Oxides]

1 はじめに

光化学オキシダント（以下「Ox」という。）は、工場のばい煙や自動車の排気ガス等に含まれる窒素酸化物（以下「NOx」という。）及び揮発性有機化合物等の原因物質が、太陽の紫外線を受けて光化学反応を起こすことで生じる物質である。全国のOxの環境基準達成率（平成30年度）は、一般環境大気測定局で0.1%、自動車排出ガス測定局で0%と極めて低い水準で推移している¹⁾。

本県では、平成20年度に県北部の3局（津山局、新見局及び久世局）、平成21年度に県中北部の4局（高梁局、美作局、熊山局及び吉備高原局）において、新たにOx自動測定機を増設し、県内全域では45局（岡山市所管分9局、倉敷市所管分16局、玉野市所管分2局及び県所管分18局）でOxの常時監視体制を整備しており、岡山県大気汚染緊急時対策実施要綱（昭和50年2月1日制定、以下「要綱」という。）²⁾に基づき、Ox濃度の1時間値が100 ppb以上かつ継続することが予想される場合には市町村がOx情報（倉敷市は要綱第12条の規定に基づき、環境基準を目安として、気象条件からみて上昇のおそれ

がある場合には「情報1」、1時間値が100 ppb以上となり、気象条件からみて継続するおそれがある場合に「情報2」を、Ox濃度の1時間値が120 ppb以上かつ継続することが予想される場合には県がOx注意報を発令している。

Ox注意報等の発令日数は、風向、風速及び日射量等の気象条件の影響を受けるが、平成30年度の本県のOx注意報の発令日数は12日と全国で最多であった³⁾。

平成20年度から令和元年度までの、Ox情報及び注意報の発令日数の経年変化を図1に、発令回数の経年変化を図2に示す。令和元年度の本県のOx注意報の発令日数は6日と前年より少なかったが、Ox注意報の発令回数は33回と増加傾向が見られた。

過去には平成29年5月30日に、16市町の広い地域でOx情報又は注意報が発令されたことはあったが、令和元年5月25日に、県内全域をOxの発令対象とした平成20年度以降、初めて県内の全27市町村においてOx情報又は注意報が発令された。また、その前後の5月24日及び5月26日にも、県内の広い地域でOx情報又は注意報

が発令されたことから、これら3日間のOx高濃度事例について要因を解析したので報告する。

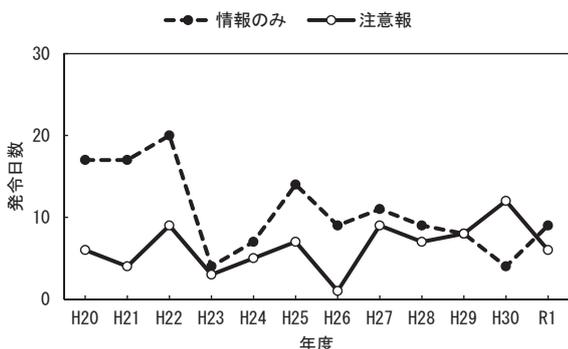


図1 県内のOx情報及び注意報の発令日数の経年変化

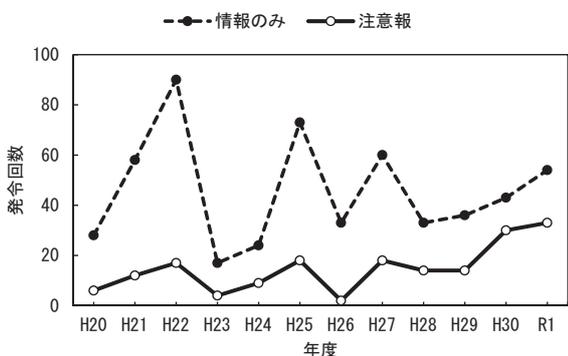


図2 県内のOx情報及び注意報の発令回数の経年変化

2 Ox情報及び注意報の発令状況

2.1 県内の発令状況

県内の市町村の位置を図3に、令和元年5月24日から5月26日までの県内のOx情報及び注意報の発令状況を表1に示す。



図3 県内の市町村の位置図

表1 県内のOx情報及び注意報の発令状況

年月日	時刻	Ox情報発令	Ox注意報発令
令和元年5月24日	11時10分	【県南部】玉野市, 井原市 【県中北部】赤磐市, 和気町	
	11時30分	【県南部】倉敷市 (情報1)	
	12時10分	【県南部】岡山市, 倉敷市 (情報2), 備前市	
	13時10分	【県南部】笠岡市, 総社市, 浅口市, 早島町	
	14時10分	【県南部】里庄町	【県南部】倉敷市, 浅口市
	16時10分	【県中北部】奈義町, 吉備中央町	
令和元年5月25日	11時10分	【県南部】倉敷市 (情報2), 玉野市, 井原市, 総社市, 備前市, 早島町 【県中北部】赤磐市, 和気町	
	12時10分	【県南部】岡山市, 笠岡市, 浅口市, 里庄町, 矢掛町 【県中北部】高梁市, 吉備中央町	【県南部】総社市
	13時10分	【県南部】瀬戸内市 【県中北部】美作市, 勝央町, 奈義町, 西粟倉村	【県南部】備前市 【県中北部】赤磐市, 和気町
	14時10分	【県中北部】津山市, 新見市, 鏡野町, 久米南町, 美咲町	【県中北部】吉備中央町
	15時10分	【県中北部】真庭市, 新庄村	【県南部】倉敷市, 浅口市, 早島町 【県中北部】津山市, 美作市, 鏡野町, 勝央町, 奈義町, 西粟倉村, 久米南町, 美咲町
	16時10分		【県南部】岡山市, 瀬戸内市 【県中北部】高梁市
	17時10分		【県南部】笠岡市, 里庄町 【県中北部】真庭市, 新庄村
令和元年5月26日	13時10分	【県南部】倉敷市 (情報1), 井原市	【県南部】浅口市
	13時50分	【県南部】倉敷市 (情報2)	
	14時10分	【県南部】岡山市, 笠岡市, 早島町, 里庄町	
	15時10分	【県南部】総社市	
	16時10分	【県南部】矢掛町 【県中北部】高梁市, 赤磐市, 和気町	【県南部】岡山市, 総社市
	17時10分		【県中北部】高梁市, 吉備中央町

令和元年5月24日、Ox情報は玉野市、井原市等14市町で、Ox注意報は倉敷市及び浅口市の2市で発令された。令和元年5月25日、Ox情報は県内全域の27市町村で、Ox注意報は総社市、備前市等23市町村で発令された。令和元年5月26日、Ox情報は倉敷市、井原市等11市町で、Ox注意報は浅口市、岡山市等5市町で発令された。

2.2 県際間措置が定められている地域の発令状況

本県では、要綱第11条の規定に基づく県際間措置で、笠岡・広島県福山地域、玉野・香川県直島地域及び備前・兵庫県赤穂地域の3地域における緊急時措置について定めている。これら3地域におけるOx情報（又は予報）の発令基準を表2に示す。各地域（本県分を除く。）における、令和元年5月24日から5月26日の発令状況について表3に示す。

令和元年5月24日、Ox情報（又は予報）が福山地域、直島地域及び赤穂地域で、Ox注意報が赤穂地域で発令された。令和元年5月25日、Ox情報が福山地域で、Ox注意報が赤穂地域で発令された。令和元年5月26日、福山地域でOx情報が発令された。

3 解析方法

3.1 Ox濃度等の時刻別推移及び風向

解析の対象は、本県所管の宇野局、茂平局、総社局、東片上局、早鳥局、熊山局、津山局、寄鳥局、高梁局、美作局、新見局、吉備高原局及び久世局、岡山市所管の出石局並びに倉敷市所管の松江局及び倉敷美和局の16測定局（以下「主な測定局」という。）とした。県内の主な測定局の位置を図4に示す。

また、Ox、NOx及び微小粒子状物質（以下「PM2.5」

という。）の濃度の時刻別推移及び風向は、岡山県大気汚染常時監視システムにより収集した1時間値データを使用した。

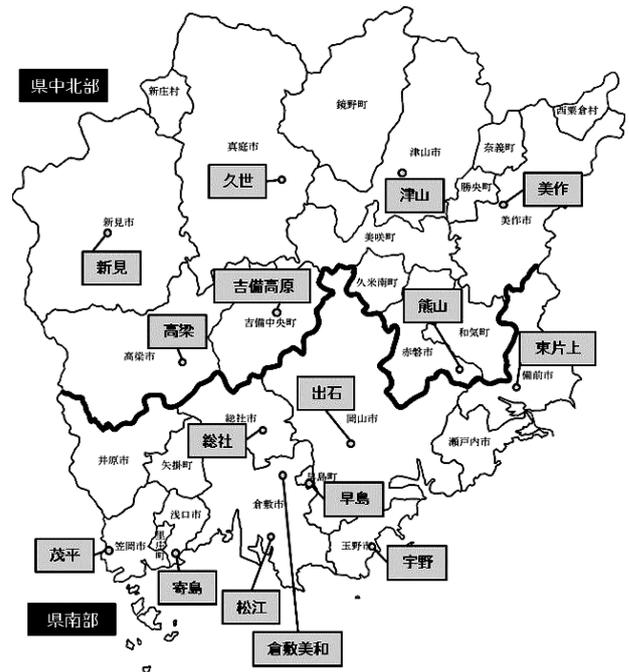


図4 県内の主な測定局の位置図

3.2 後方流跡線解析

気塊の移動軌跡については、NOAA（アメリカ海洋大気庁）のHYSPLIT Trajectory Model⁷⁾を用いて、解析の対象とした測定局の高度500 mを起点に72時間前までの後方流跡線解析を行った。

3.3 気象状況

天気図は、気象庁のホームページで提供されている「日々の天気図（令和元年5月標準版）」⁸⁾を使用した。

表2 県際間措置が定められている地域のOx情報（又は予報）の発令基準

地域	発令区分	発令基準
【広島県】福山地域	情報	1時間値が0.10 ppm以上となった場合 ⁴⁾
【香川県】直島地域	予報	1時間値100万分の0.1以上である大気汚染状態になったとき ⁵⁾
【兵庫県】赤穂地域	予報	オキシダント濃度が気象条件等から注意報の発令基準に達するおそれがあると判断したとき ⁶⁾

表3 県際間措置が定められている地域のOx情報（又は予報）及び注意報の発令状況

年月日	時刻	Ox情報（又は予報）発令	Ox注意報発令
令和元年5月24日	11時15分	【広島県】福山地域	
	12時10分	【香川県】直島地域	
	13時45分	【兵庫県】赤穂地域	
	14時15分		【兵庫県】赤穂地域
令和元年5月25日	11時15分	【広島県】福山地域	
	14時15分		【兵庫県】赤穂地域
令和元年5月26日	14時15分	【広島県】福山地域	

気温は、気象庁のホームページで提供されている「過去の気象データ」から、アメダスの県内観測所（岡山地方気象台）の1時間値データ⁹⁾をダウンロードして使用した。

4 結果及び考察

4.1 5月24日のOx濃度の時刻別推移及び風向

令和元年5月24日の主な測定局におけるOx濃度の時刻別推移及び風向を表4に示す。11時から宇野局、東片上局及び熊山局、12時から倉敷美和局において、Ox濃度が100 ppb以上となり、13時には出石局、茂平局、総社局、早島局及び寄島局、14時から松江局において、Ox濃度が100 ppb以上となった。寄島局では、14時、16時及び17時に、Ox濃度が120 ppb以上となり、主に南西の風が卓越していた。その他、16時に津山局、美作局及び吉備高原局、18時に高梁局でOx濃度が100 ppb以上となっており、100 ppb以上のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。

令和元年5月24日の11時から19時までの、主な測定局の時刻別Ox濃度の最高値の推移を図5に示す。時刻別Ox濃度の最高値を示した測定局は、19時の倉敷美和局及び総社局を除いて、宇野局、東片上局及び寄島局であり、瀬戸内海沿岸付近に位置している測定局であった。また、近県の広島県福山地域、香川県直島地域及び兵庫県赤穂地域にもOx情報等が発令され、瀬戸内海沿岸付近の広い範囲に渡って高濃度のOxが観測された。また、この日の県内のOxの最高濃度は寄島局で17時に観測された123 ppbであった。

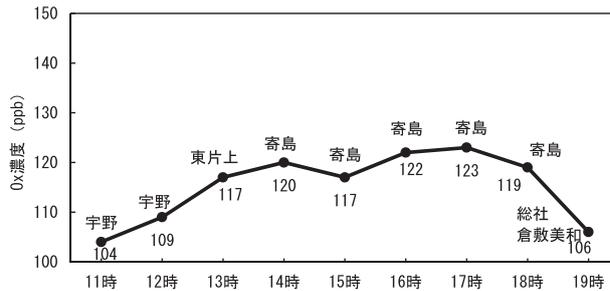


図5 時刻別Ox濃度の最高値推移 (令和元年5月24日)

4.2 5月24日の後方流跡線解析

令和元年5月24日、Ox濃度が最も高濃度となった寄島局の高度500 mを起点に、最も高濃度のOxを観測した5月24日17時（時刻は日本標準時（以下「JST」という。))から72時間前までの後方流跡線解析を行った結果を図6に示す。

後方流跡線は、大陸沿岸沖から東シナ海を抜けて、関門海峡付近から中国地方南部の瀬戸内海沿岸を通過し、寄島局上空に達していた。関門海峡付近に位置する福岡県北九州市門司区地域では前日の5月23日及び5月24日にOx注意報が発令され¹⁰⁾、また、山口県下関市でも、前日の5月23日にOx注意報が発令されていた¹¹⁾。

この日、県内で注意報が発令されたのは水島臨海工業地帯の影響を受ける倉敷市及びその周辺地域である浅口市の2市であったこと、また、4.1で述べたように寄島局ではこの時間帯に南西の風であったことから、より大陸方向からの移流の影響を受けやすい状況であったと推測される。これらのことから、この日の高濃度は、地域

表4 Ox濃度の時刻別推移及び風向 (令和元年5月24日)

市町名	測定局	測定項目	測定項目: Ox 単位: ppb																							
			1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
岡山市	出石	Ox	47	49	44	43	44	40	42	47	75	78	88	93	100	94	87	74	78	86	89	80	63	64	52	51
		WD	CALM	CALM	NNE	CALM	CALM	NW	NE	NW	W	SE	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	NW	SSW	NW	SSW	S	E	NE	NNE	
倉敷市	松江	Ox	54	46	37	26	23	17	34	61	65	69	83	91	97	101	105	112	107	100	89	84	63	54	52	36
		WD	CALM	CALM	NNE	W	CALM	N	N	CALM	SW	SSW	SSE	SSW	SSW	CALM	CALM									
倉敷市	倉敷美和	Ox	—	55	50	54	39	33	40	56	70	78	92	105	109	110	107	103	111	111	106	88	72	72	56	45
		WD	NW	SW	NW	NNE	FNE	NE	NNE	NNE	W	SSW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SSW	SW	SSW	W	NW	W	ENE	NE
玉野市	宇野	Ox	95	89	65	55	36	36	32	57	86	94	104	109	112	113	110	110	104	108	105	100	92	73	62	61
		WD	W	NW	NW	N	NW	NW	CALM	WSW	W	WSW	W	W	W	WSW	SW	SW	WSW	WSW	WSW	SSW	SE	NW	NW	NW
笠岡市	茂平	Ox	51	32	35	48	29	25	40	55	61	77	90	91	100	100	101	108	110	100	96	84	72	65	41	36
		WD	N	N	N	N	N	N	NE	NE	SE	S	SSE	S	SSE	SSE	S	S	S	SSE	SE	CALM	NNE	N	N	N
総社市	総社	Ox	64	60	60	60	61	59	55	58	74	89	93	96	108	108	103	98	104	111	106	96	75	69	59	58
		WD	W	NW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW																	
備前市	東片上	Ox	34	29	25	17	13	12	17	34	57	96	103	107	117	112	98	84	83	78	70	58	48	50	48	46
		WD	ESE	E	ESE	ESE	ESE	ENE	ENE	SSW	W	SSW	E	SE	ESE	ESE	ESE									
早島町	早島	Ox	—	38	19	19	18	16	18	39	59	79	87	95	102	107	100	91	99	104	96	78	61	47	30	27
		WD	NW	WSW	WSW	E	SSE	CALM	CALM	W	SSW	NW	CALM	ENE	NNE	NW										
赤磐市	熊山	Ox	38	35	30	28	22	23	26	37	52	86	103	107	107	98	96	88	79	74	74	62	43	46	44	38
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	E	SSW	NW	CALM	N	NNE	CALM										
津山市	津山	Ox	43	42	35	27	30	31	36	51	63	83	79	86	86	87	93	105	107	101	92	70	63	53	45	41
		WD	NW	WSW	CALM	CALM	CALM	CALM	SE	CALM	SSE	N	N	SE	SSE	SSW	S	S	SSE	SSE	SE	NW	CALM	WSW	CALM	N
浅口市	寄島	Ox	77	75	66	63	70	70	69	71	76	84	96	99	115	120	117	122	123	119	103	81	67	61	69	61
		WD	NW	NW	W	NNE	SW	NNE	NW	NW	SE	S	S	S	SW	SW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
高梁市	高梁	Ox	—	46	43	39	33	26	23	29	43	66	92	90	92	99	99	93	93	101	96	85	79	69	61	55
		WD	NNE	NE	N	N	NE	NNE	ENE	E	ESE	SE	SSW	SSW	SSW	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	NW	CALM	NNE	NE	CALM
美作市	美作	Ox	32	27	21	15	10	8	14	34	52	78	85	85	87	90	97	107	96	94	81	63	59	49	38	35
		WD	NNE	N	CALM	CALM	CALM	CALM	SE	CALM	SSW	CALM	CALM	CALM	N	CALM										
新見市	新見	Ox	50	47	44	41	38	35	37	47	54	62	63	76	72	70	74	72	80	84	71	62	51	47	42	38
		WD	N	NE	NW	N	N	E	ESE	SSW	SSW	S	FNE	WSW	WSW	NW	NW	SSW	SSW	SSW	NW	CALM	N	NW	NNE	
吉備中央町	吉備高原	Ox	74	74	71	73	71	62	69	66	67	84	92	91	91	99	91	102	99	103	105	87	84	84	73	61
		WD	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	ESE	ESE	SSW	SSW	SSW	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	NW	CALM	N	NW	NNE
真庭市	久世	Ox	22	23	23	14	15	16	33	44	55	65	79	80	77	76	81	84	87	93	71	56	48	40	31	33
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NW	NW	NW	NW	W	W	SSW	SSW	W	W	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	CALM	CALM

「—」は欠測

的な汚染に加えて、大陸方向からの越境汚染の影響も受けていたと推測された。

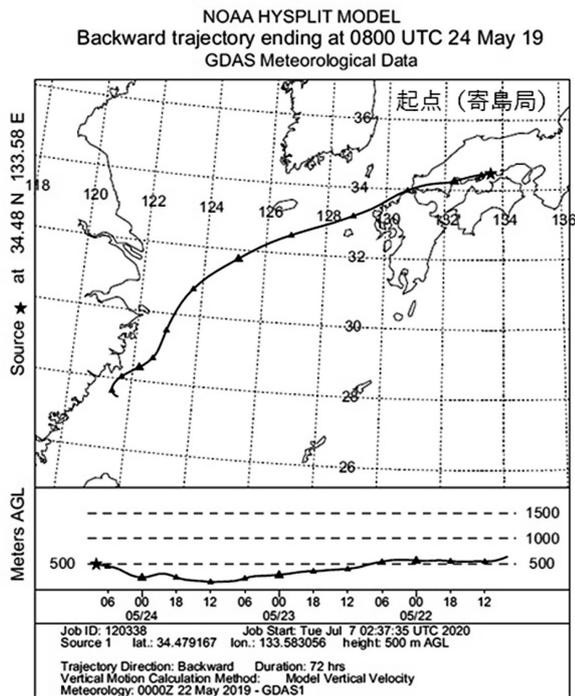


図6 後方流跡線（令和元年5月24日17時（JST））

4.3 5月25日のOx濃度の時刻別推移及び風向

令和元年5月25日の主な測定局におけるOx濃度の時刻別推移及び風向を表5に示す。11時から12時までに、県南部及び中部に位置する出石局、倉敷美和局、茂平局、総社局、東片上局、早島局、熊山局、寄島局、高梁局及び吉備高原局でOx濃度が100 ppb以上となり、12時に

総社局で120 ppb以上となった。13時には松江局及び美作局でOx濃度が100 ppb以上となり、東片上局、熊山局及び寄島局で120 ppb以上となった。14時に宇野局、県北部の津山局及び新見局でOx濃度が100 ppb以上、吉備高原局で120 ppb以上となった。15時に久世局でOx濃度が100 ppb以上、また、同時刻に倉敷美和局、早島局、津山局及び美作局で、16時に出石局及び高梁局で、17時に茂平局及び久世局でOx濃度が120 ppb以上となった。

令和元年5月25日の11時から19時までの、主な測定局の時刻別Ox濃度の最高値の推移を図7に示す。11時の早島局から16時の津山局までは、時刻別のOx濃度の最高値を示した測定局が、時間の経過とともに徐々に北上していった。また、17時以降も津山局及び吉備高原局のOx濃度は継続して高い値で推移していた。この日のOxの最高濃度は津山局で16時に観測された148 ppbであった。

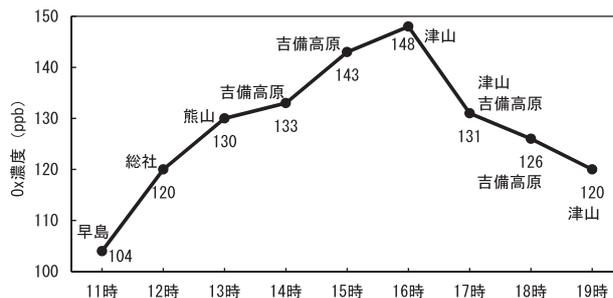


図7 時刻別Ox濃度の最高値推移（令和元年5月25日）

表5 Ox濃度の時刻別推移及び風向（令和元年5月25日）

市町名	測定局	測定項目	測定項目：Ox 単位：ppb																							
			1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
岡山市	出石	Ox	51	54	48	43	44	42	41	49	64	75	91	107	107	105	118	120	100	92	90	92	88	79	68	64
		WD	CALM	CALM	CALM	NE	NE	CALM	CALM	NNW	S	ESE	SE	SW	SSE	SW	SE	ESE	ESE	SE	ENE	ESE	NNE	NNE	NNE	NE
倉敷市	松江	Ox	29	33	31	24	31	31	32	41	54	96	98	90	103	91	96	102	105	104	91	91	72	59	51	48
		WD	NNW	N	N	N	NNW	N	NNE	NE	NE	S	SSW	SW	SSW	SW	S	S	S	SSE	NW	CALM	NNE	NNE	NNE	
倉敷美和	倉敷美和	Ox	48	41	34	38	33	34	37	50	67	88	103	112	113	119	120	120	106	91	97	83	64	63	53	44
		WD	NNE	NNE	ENE	ENE	ENE	E	ENE	ENE	SW	WSW	SW	SW	SW	SW	SSW	S	SSE	CALM	CALM	ENE	ENE	ENE	ENE	
玉野市	宇野	Ox	58	58	55	48	40	32	33	51	52	60	60	86	80	108	111	106	99	73	58	60	45	44	41	34
		WD	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	NNE	ENE	ENE	ESE	ESE	E	SSE	S	ESE	ENE	ENE	NE	WNW	W	WNW	WNW		
笠岡市	茂平	Ox	33	31	32	33	39	32	34	46	58	79	73	101	114	117	113	104	121	109	87	81	62	51	47	42
		WD	N	N	NNW	NNW	CALM	N	NNW	NNE	ESE	SSE	S	SSW	S	SSE	SE	SE	NNE	N	N	N	N	N	N	
総社市	総社	Ox	63	61	56	50	51	46	41	48	64	90	102	120	120	125	126	125	123	108	100	92	70	66	60	63
		WD	WNW	CALM	W	NNE	NNW	NNE	W	WNW	NNW	SSE	SW	SSW	S	SSW	SSW	S	SSW	SSW	WSW	SW	E	W	NW	NW
備前市	東片上	Ox	44	42	39	36	33	32	33	45	64	83	98	110	126	131	127	130	122	113	90	73	65	59	44	32
		WD	CALM	E	SE	E	ESE	ESE	E	SSE	S	SW	SE	ESE	E	SE	SE	S	ENE	ESE	ESE	ESE	E	ESE	CALM	
早島町	早島	Ox	22	16	16	26	21	15	23	38	61	79	104	106	108	114	120	119	104	101	95	91	73	48	49	39
		WD	CALM	ENE	CALM	ENE	CALM	CALM	ENE	ESE	NW	WSW	SW	SSW	SW	SW	S	SSE	SE	CALM	NE	E	CALM	CALM		
赤磐市	熊山	Ox	32	33	37	30	35	37	35	40	56	82	100	114	130	123	116	120	120	115	85	84	78	72	66	61
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	N	NNE	CALM	CALM	ENE	SSW	S	SSW	S	SSW	SSW	WSW	W	CALM	N	N	N	N	N	
津山市	津山	Ox	38	33	30	29	22	21	23	39	53	73	97	94	96	106	123	148	131	124	120	105	76	75	69	58
		WD	SW	NE	N	E	N	SSE	SW	SSW	E	ENE	ENE	NNW	ESE	SE	SE	SE	SE	ESE	NNW	N	NW	NW	NW	
浅口市	寄島	Ox	65	63	58	56	53	50	44	50	68	90	96	112	127	116	120	119	117	117	110	90	83	80	74	71
		WD	NNW	NNW	NNW	N	NNW	NNW	N	E	S	S	SSE	SE	S	SE	S	SSW	S	NNW	NNW	NNW	N	NNW	N	
高梁市	高梁	Ox	49	44	37	31	27	22	20	26	32	51	85	103	106	110	118	124	120	108	95	86	78	70	65	57
		WD	NE	NNE	N	NNE	CALM	NE	NE	SE	SE	S	SSE	S	S	SW	S	W	NNW	NNW	NNE	N	CALM	N	NNE	
美作市	美作	Ox	27	21	18	13	11	10	15	29	44	69	91	93	102	112	138	146	127	113	106	91	82	74	59	50
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNE	CALM	CALM	WSW	SE	SE	NNE	WSW	S	SSW	SW	SSW	SSE	ESE	NE	CALM	CALM	CALM	
新見市	新見	Ox	36	33	29	28	24	23	24	33	38	56	74	91	96	101	105	110	117	105	88	83	71	64	56	54
		WD	N	NNW	N	NW	NNW	ENE	ENE	E	NE	NNW	SW	ENE	SW	ENE	NW	SSW	SW	CALM	CALM	W	W	W	W	
吉備中央町	吉備高原	Ox	59	59	52	49	48	42	48	45	63	80	96	105	114	133	143	138	131	126	111	90	76	75	69	68
		WD	WNW	NW	WNW	NW	CALM	NW	CALM	SE	ESE	SSE	S	SW	SE	SE	SSE	SSE	SE	SE	SE	W	W	W	W	
真庭市	久世	Ox	27	25	20	17	20	15	21	31	42	67	91	92	94	95	101	111	123	121	93	80	71	62	54	54
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	WNW	WNW	WNW	E	WNW	S	E	ESE	SE	SSE	SSE	E	E	NE	CALM	CALM	CALM	CALM	

この日、高濃度のOxを観測した4局（総社局、熊山局、吉備高原局及び津山局）の風配図を図8に示す。総社局及び熊山局は南南西の風が、津山局は南東～東南東の風が、吉備高原局は南東～南南東の風が卓越していた。これら4局の風向がいずれも南寄りの風であったことから、Ox濃度の高い気塊が、県南部から県中北部へ移動していったと考えられた。

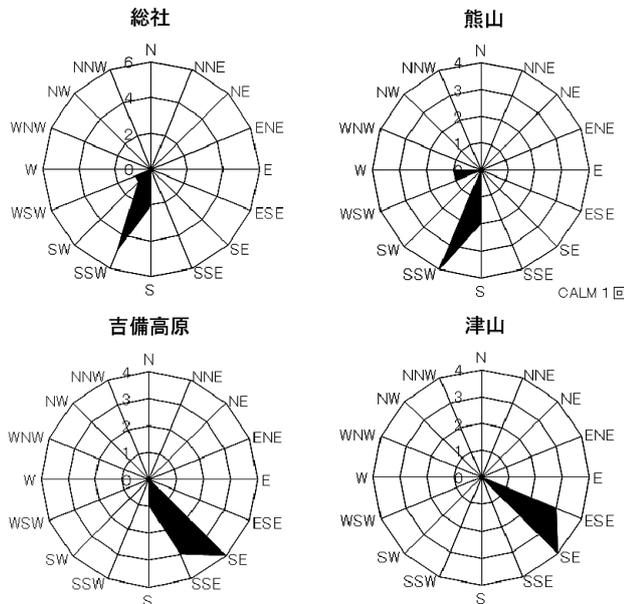


図8 総社局、熊山局、吉備高原局及び津山局における風配図（令和元年5月25日11時～19時）

4.4 5月25日の後方流跡線解析

令和元年5月25日、Ox濃度が最も高濃度となった津山局の高度500 mを起点に、最も高濃度のOxを記録した5月25日16時から72時間前までの後方流跡線解析を行った結果を図9に示す。

後方流跡線は、大陸から東シナ海を抜けて、関門海峡付近から中国、四国地方の瀬戸内海沿岸及び海上を通過し、県南部を経て県中北部に達していた。また、県南部及び中北部ともに南寄りの風が多く観測されていた（表5）ことから、この日も、地域的な汚染に加えて、大陸からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動し、県内全域でOx濃度が高濃度となったと考えられた。

4.5 5月26日のOx濃度の時刻別推移及び風向

令和元年5月26日の主な測定局におけるOx濃度の時刻別推移及び風向を表6に示す。12時までにOx濃度が100 ppb以上となった測定局はなかったが、13時に寄島局で120 ppb以上となった。14時に倉敷美和局、茂平局及び早島局で、15時に出石局、総社局及び吉備高原局で、

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 0700 UTC 25 May 19
GDAS Meteorological Data

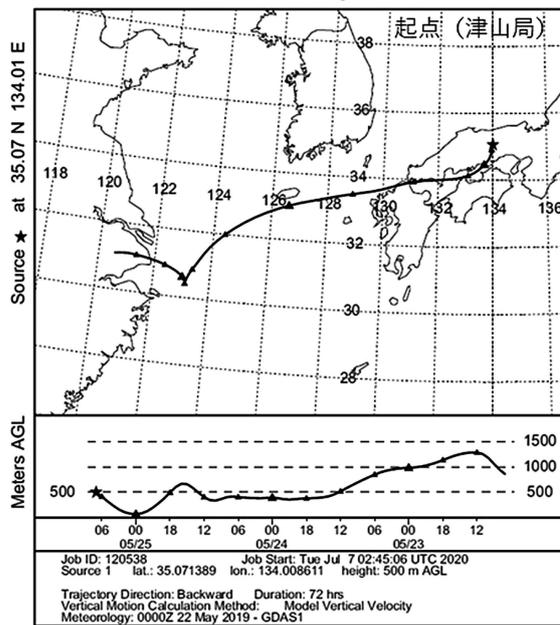


図9 後方流跡線（令和元年5月25日16時（JST））

16時に東片上局、熊山局及び高梁局で100 ppb以上、出石局及び総社局で120 ppb以上となった。17時には、新見局でOx濃度が100 ppb以上、高梁局及び吉備高原局で120 ppb以上となり、高濃度のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。

令和元年5月26日の11時から19時までの、主な測定局の時刻別Ox濃度の最高値の推移を図10に示す。13時から16時までは、寄島局及び総社局を中心にOx濃度が高濃度となり、17時から19時までは吉備高原局でOx濃度が高濃度で推移していた。この日のOxの最高濃度は吉備高原局で17時に観測された130 ppbであった。

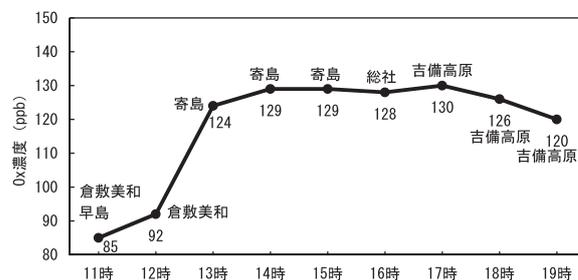


図10 時刻別Ox濃度の最高値推移（令和元年5月26日）

4.6 5月26日の後方流跡線解析

令和元年5月26日、Ox濃度が最も高濃度となった吉備高原局の高度500 mを起点に、最も高濃度のOxを記録した5月26日17時から72時間前までの後方流跡線解析を行った結果を図11に示す。

表6 Ox濃度の時刻別推移及び風向（令和元年5月26日）

市町名	測定局	測定項目	測定項目：Ox 単位：ppb 測定項目：WD 単位：方位																							
			1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
岡山市	出石	Ox	69	59	60	56	52	51	51	55	57	62	75	85	89	98	118	121	118	113	99	94	82	74	63	60
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNE	SE	SE	SW	NNE	CALM	SSE	E	SE	SE	ESE	ESE	SE	SE	E	NE	CALM	CALM
倉敷市	松江	Ox	41	34	37	46	43	41	53	55	60	74	56	66	88	78	95	72	85	97	93	87	78	65	48	40
		WD	NNW	CALM	NE	NNE	NNE	NNE	NE	CALM	SSW	S	SW	S	SSW	SW	SW	SSW	S	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	CALM
倉敷美和	倉敷美和	Ox	44	43	42	43	40	37	43	57	68	74	85	92	98	109	109	111	109	104	94	90	74	58	63	65
		WD	NE	E	NNE	NE	E	E	E	ENE	NE	NE	ESE	W	NNW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	CALM	CALM	CALM	CALM
玉野市	宇野	Ox	32	32	33	30	30	27	26	24	42	41	54	45	53	73	75	80	84	86	69	60	58	61	61	58
		WD	WNW	NNW	NNW	NNW	W	CALM	SE	SE	E	SE	ESE	SE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	ENE	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW
笠岡市	茂平	Ox	38	38	38	42	36	36	45	55	57	67	70	74	84	103	113	110	115	109	96	76	57	44	39	34
		WD	CALM	CALM	N	CALM	CALM	N	CALM	CALM	CALM	S	SSE	S	SSW	SSW	SSW	S	S	CALM	N	N	N	N	N	N
総社市	総社	Ox	60	60	59	55	54	44	46	49	64	75	83	88	89	96	118	128	123	112	107	111	100	78	70	66
		WD	W	NNW	NW	NNW	NW	W	W	W	SSE	S	WSW	SSW	SE	SE	SW	SSW	SSE	SSW	SSW	SSW	SSW	W	NNW	NNW
備前市	東片上	Ox	27	17	19	14	10	8	13	39	50	66	74	81	84	85	94	100	108	108	94	76	70	62	54	47
		WD	CALM	CALM	CALM	E	E	ESE	SSW	CALM	SE	SSE	SE	SE	S	SE	S	SSE	SSE	ESE	ESE	ESE	ESE	CALM	CALM	ESE
早島町	早島	Ox	35	33	31	27	20	23	35	54	64	72	85	91	99	110	107	110	113	93	91	84	78	63	36	28
		WD	CALM	NNE	CALM	CALM	CALM	CALM	SSE	ENE	E	NNW	SSW	S	SSW	SSW	SSW	S	S	CALM	N	N	N	N	N	E
赤磐市	熊山	Ox	53	45	30	27	34	40	41	47	56	61	76	82	84	90	94	104	108	103	97	64	67	58	57	54
		WD	N	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	SSW	SSW	SSW	S	S	S	SW	SW	SW	SW	W	SSE	CALM	CALM	NNE	N	N
津山市	津山	Ox	57	49	44	39	34	28	35	52	63	75	81	87	89	84	94	93	97	99	77	70	60	61	49	
		WD	CALM	W	W	CALM	CALM	CALM	SSE	ESE	CALM	WSW	E	SSW	ESE	SE	NNE	SE	SSE	SSE	SE	NNW	NNW	N	NNE	SSE
浅口市	寄島	Ox	70	64	57	56	54	54	60	62	72	65	73	89	124	129	129	124	126	124	113	95	80	72	65	63
		WD	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	ENE	S	SSE	SSE	S	SSE	SSE	S	SE	NNW	SW	N	NNW	CALM	NNW	NNW	NNW	
高梁市	高梁	Ox	52	45	40	35	30	24	25	29	35	47	61	65	70	83	98	107	120	111	97	80	73	67	61	57
		WD	NE	CALM	CALM	ENE	ENE	CALM	CALM	E	CALM	S	W	S	SSW	SW	SW	SSW	W	CALM	NNW	NNW	N	N	CALM	CALM
美作市	美作	Ox	43	39	30	22	24	25	38	44	50	58	62	72	75	79	85	93	94	96	88	67	56	52	45	36
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	NNE	ESE	CALM	NNW	NNW	NNW	NNW	ENE	W	S	WSW	SW	CALM	NNW	NE	NE	CALM	CALM	CALM
新見市	新見	Ox	47	41	34	30	27	23	27	31	37	42	59	63	74	82	90	99	106	99	86	78	71	64	60	53
		WD	CALM	CALM	NW	CALM	NNW	WSW	W	ENE	W	WSW	SSE	SE	NW	E	N	W	W	SW	WSW	NW	NNE	NNW	NNE	N
吉備中央町	吉備高原	Ox	67	66	61	61	58	53	53	53	59	72	68	70	75	89	100	111	130	126	120	104	76	73	65	64
		WD	W	W	NNW	NW	NNW	NW	CALM	CALM	SE	ESE	ESE	SSW	S	SE	SE	SE	SSE	S	SW	CALM	NNW	NNW	NNW	NNW
真庭市	久世	Ox	49	42	38	35	29	29	37	41	52	61	63	62	73	87	86	90	96	84	71	64	62	52	50	
		WD	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM	W	CALM	W	WSW	W	NNW	E	NNW	SSE	SW	E	E	E	CALM	CALM	CALM	CALM	CALM

後方流跡線は、東シナ海から、関門海峡付近、中国及び四国地方の瀬戸内海沿岸及び海上を通過し、県南部を経て県中部に達していた。また、この日も前日と同様に、南寄りの風が多く観測されていたことから、地域的な汚染に加えて、大陸方向からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動していったと考えられた。

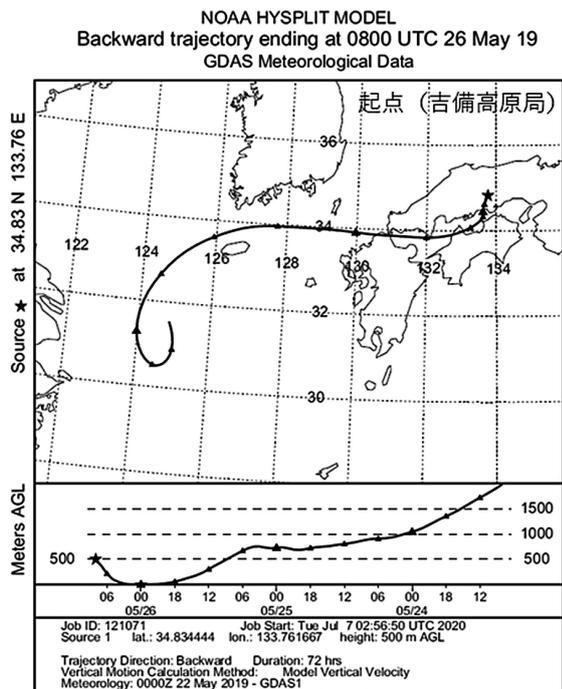


図11 後方流跡線（令和元年5月26日17時（JST））

4.7 寄島局等の風向

令和元年5月24日から5月26日までの3日間に連続し

てOx注意報が発令された寄島局における日ごと（11時から19時）の風配図を図12に示す。5月24日は南西の風が、5月25日は南の風が、5月26日は南南東の風が卓越していた。

また、この3日間の前後を含めた5月21日から5月27日までの1週間の11時から19時の寄島局における風向は、図13に示すとおり、南西～南の風が卓越していた。さらに比較として、1週間前の5月14日から5月20日までの1週間の11時から19時の寄島局における風向は、東～東北東の風が卓越していた（図13）。このことから、Ox注意報が発令された5月24日の3日前の21日から風向が南方向へ変化していた。また、他の測定局でも同様に、5月24日の3日前の21日から風向が東方向から南西～南方向へと変化している場合が多かった。

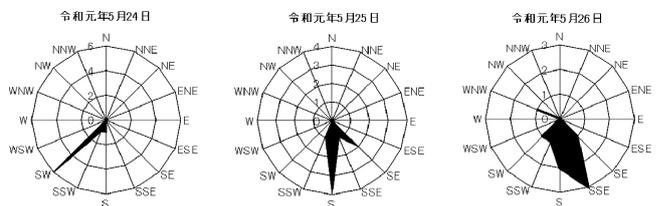


図12 寄島局風配図（各11時～19時）

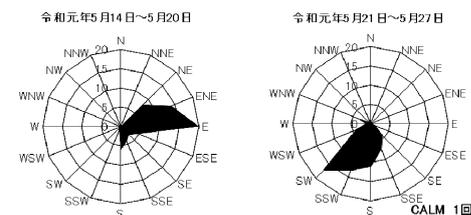


図13 寄島局風配図（各11時～19時）

県南部については、南寄りの風の日にはOx情報等の発令が多く、県南部の工業地域の影響が示唆されている¹²⁾ことから、この3日間に南寄りの風が吹いていたこともOxが高濃度となった要因の1つと考えられる。

4.8 夜間のOx濃度時刻別推移

5月23日の夜間のOx濃度は、宇野局で21時に101 ppb、22時に100 ppb、翌日5月24日の2時まで80 ppb以上であり、高い濃度で推移していた。同時間帯に、総社局、寄島局及び吉備高原局でもOx濃度が60 ppb以上又は80 ppb以上の高い値で推移していた。5月24日夜間のOx濃度は、宇野局及び吉備高原局で24時まで60 ppb以上（表4）、総社局及び寄島局は翌日5月25日の2時まで60 ppb前後で推移していた（表4及び表5）。5月25日夜間のOx濃度は、翌日の2時まで総社局及び寄島局で、4時まで吉備高原局で60 ppb以上で推移していた（表5及び表6）。

5月24日から5月26日までの3日間連続してOx注意報が発令された寄島局、その他総社局では、5月23日21時から5月26日5時までの夜間のOx濃度が60～80 ppb前後の高い濃度で推移しており、昼間の光化学反応で生成したOxが加わることで更に高濃度になりやすい状況であった。

4.9 NOxの濃度推移

Ox生成の原因となるNOx濃度について、県南部のほぼ中心に位置する測定局である早島局において、令和元年5月24日から5月26日のNOx濃度の1時間値を令和元年5月（5月24日から5月26日までを除く）の時刻別平均値と比較した（図14）。

5月24日のNOx濃度は、5月25日及び5月26日と比

べて高濃度となっている時刻が多かった。また、令和元年5月の時刻別平均値と比較しても約2倍前後の高濃度となっており、特に夜間に濃度上昇が見られた。5月25日は、1時、2時、10時及び17時を除いて、5月24日より低い値であったが、1時から13時までは、5月26日及び令和元年5月の時刻別平均値と比較して高い濃度で推移していた。

4.10 Ox及びPM2.5濃度の推移

Ox濃度が高濃度となる時にPM2.5濃度も上昇することが報告されている¹³⁾ことから、令和元年5月18日から5月27日までの、早島局におけるOx及びPM2.5濃度の推移を図15に示す。今回Ox濃度の高濃度が観測された5月24日から5月26日までにおいても、Ox濃度に併せてPM2.5濃度の上昇が見られたことから、この時、PM2.5の二次生成（環境大気中での化学反応による生成）が進んでいたことが示唆された。

4.11 天気図及び気温

令和元年5月24日から5月26日までの天気図を図16⁸⁾に示す。この3日間は、広く高気圧に覆われ全国的に晴れた。また、暖かい空気の流入に加えて強い日差しにより各地で気温が上昇した⁸⁾。アメダスの県内観測所（岡山地方気象台）の観測結果（気温1時間値データ）によると、この3日間の各日の最高気温は、5月24日に久世観測所で32.0℃、5月25日に高梁観測所で32.9℃、5月26日に久世及び高梁観測所で32.0℃を記録し⁹⁾、県内の最高気温は、5月25日が最も高かった。また、いずれの日も、日最高気温が平年値を大きく上回り¹⁴⁾、30℃を超えた観測所が多く、Oxが生成されやすい要因となった。

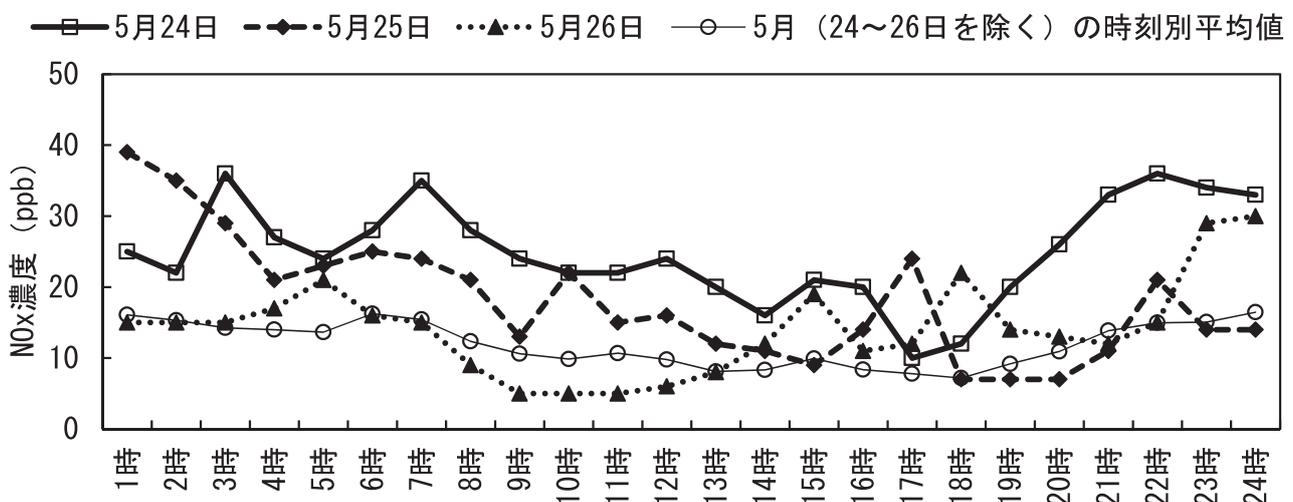


図14 早島局におけるNOx濃度の時刻別推移（令和元年）

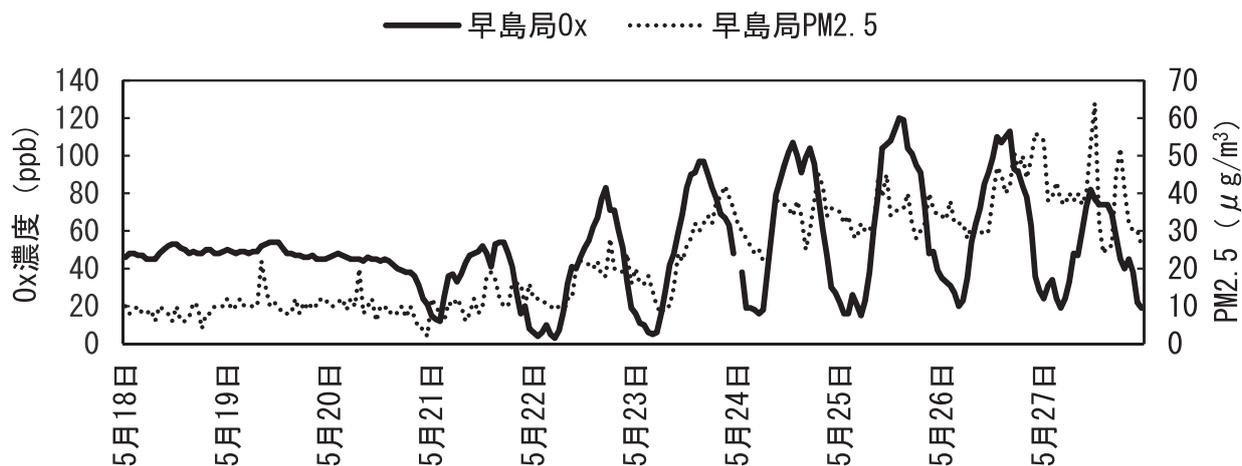


図15 早島局におけるOx及びPM2.5濃度の推移（令和元年5月18日～5月27日）

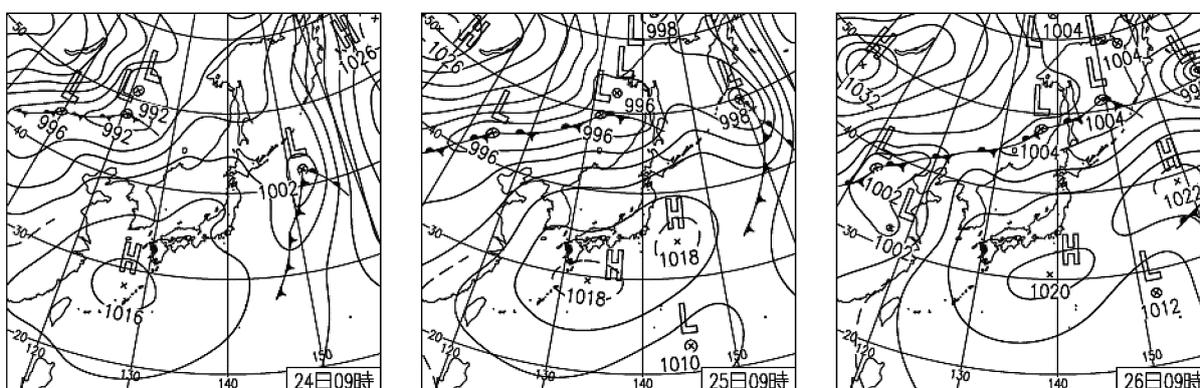


図16 天気図^⑧（令和元年5月）

4.12 岡山地方気象台の観測結果

令和元年5月24日から5月26日までの3日間、岡山地方気象台からスモッグ気象情報（光化学オキシダント）第2号から第5号（5月24日は10時に第2号、16時に第3号）が発表されており¹⁴⁾、Ox濃度が上昇しやすい気象条件であった。

さらに、岡山地方気象台から毎日提供される大気汚染気象通報の状況を表7に示す。岡山地方気象台での観測結果によると、この3日間、低層風は南又は南南西で、5月24日及び5月25日は「弱い」、5月26日は「やや強い」及び「強い」であった。低層風が弱い時は大気汚染物質が拡散しにくく、Oxが高濃度になりやすい傾向となることが示唆された。

表7 大気汚染気象通報（岡山地方気象台）

岡山地方気象台発表日時	視程	低層風
令和元年5月24日10時00分	15 km(当日9時観測)	SSW 弱い
令和元年5月24日16時30分	20 km(当日15時観測)	S 弱い
令和元年5月25日10時00分	10 km(当日9時観測)	S 弱い
令和元年5月25日16時30分	15 km(当日15時観測)	SSW 弱い
令和元年5月26日10時00分	10 km(当日9時観測)	SSW やや強い
令和元年5月26日16時30分	15 km(当日15時観測)	SSW 強い

5 まとめ

今回の解析から以下のことが明らかとなった。

- 令和元年5月24日は、瀬戸内海沿岸付近の広い地域でOx濃度が高濃度となっていたが、100 ppb以上のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。5月25日は、主な測定局のOx濃度の推移から、11時から16時まで時間の経過とともに高濃度のOxが北上し、16時には県北部に位置する津山局でOx濃度が148 ppbと最高濃度に達した。5月26日も、高濃度のOx濃度を観測した測定局は、県南部だけではなく県中北部にも見られた。
- 5月24日から5月26日までの後方流跡線解析の結果から、この3日間は大陸方向からの越境汚染の影響を受けていたと推測された。また、5月25日及び5月26日の後方流跡線は、大陸方向から来た気塊が瀬戸内海沿岸を通過し、県南部を経て県中北部に達していた。さらに、この3日間は南寄りの風が多く観測されていたことから、地域的な汚染に加えて大陸方向からの越境汚染の影響を受けて高濃度となったOxが、時間の経過とともに

県南部から県中北部へと北上していったと考えられた。

(3) Oxの前駆物質であるNOx濃度について、5月24日は、5月25日及び5月26日と比べて高濃度となっている時刻が多く、これら3日間を除いた令和元年5月の時刻別平均値と比較しても約2倍前後の高濃度となっていた。

(4) 早島局において、5月24日から5月26日まで、Ox濃度の上昇に併せてPM2.5濃度の上昇が見られたことから、この時、PM2.5の二次生成（環境大気中での化学反応による生成）が進んでいたことが示唆された。

(5) 5月24日から5月26日までの3日間は、最高気温が30℃を超える真夏日となるとともに、岡山地方気象台からスモッグ気象情報が発表されるなど、Ox濃度が上昇しやすい気象条件であった。

(6) 以上のことから、5月25日に、県内全域を発令対象とした平成20年度以降、初めて県内の全27市町村においてOx情報又は注意報が発令されたことについては、①前日の昼間から県南部及び県中部を中心にOx濃度が高濃度となっており、夜間にも高いところでは60ppb前後の高濃度で推移していたこと、②当日は、地域的な汚染に加えて、大陸からの越境汚染の影響も受けて高濃度となった県南部のOxが、南寄りの風によって県南部から県中北部に移動したこと、③Oxの前駆物質であるNOx濃度も前日から高くなっていったこと、④当日、県内では、日最高気温が平年値を大きく上回り、最高32.9℃を記録し真夏日となり、Oxが生成されやすい要因となったこと、⑤当日は、大気が安定し低層風が弱く、大気汚染物質が拡散しにくい気象条件であったこと等の複数の要因が考えられた。

謝 辞

出石局におけるOx濃度の1時間値データの利用について御協力いただいた岡山市環境局環境部環境保全課、並びに松江局及び倉敷美和局におけるOx濃度の1時間値データの利用について御協力いただいた倉敷市環境リサイクル局環境政策課に、感謝の意を表します。

文 献

- 1) 環境省：平成30年度 大気汚染物質（有害大気汚染物質等を除く）に係る常時監視測定結果，<http://www.env.go.jp/air/osen/matH30taikiosenjokyofull.pdf> (2020.6.12 アクセス)
- 2) 岡山県：大気汚染緊急時対策実施要綱集（令和2年4月）岡山県大気汚染緊急時対策実施要綱，https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/611412_5690979_misc.pdf (2020.11.27 アクセス)

- 3) 環境省：平成30年光化学大気汚染の概要－注意報等発令状況，被害届出状況－，<http://www.env.go.jp/air/%20air/osen/mat.pdf> (2020.6.12 アクセス)
- 4) 広島県：広島県大気汚染緊急時措置要領（令和2年4月），<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/391704.pdf> (2020.10.15 アクセス)
- 5) 香川県：香川県大気汚染緊急時対策要綱に定める光化学オキシダント発令基準及び措置内容，https://www.pref.kagawa.lg.jp/content/etc/web/upfiles/wynfxz200507091248_f01.pdf (2020.10.15 アクセス)
- 6) 兵庫県：関連資料 発令基準及び措置事項，https://web.pref.hyogo.lg.jp/press/documents/20200417_5181_3.pdf (2020.10.15 アクセス)
- 7) NOAA：HYSPLIT Trajectory Model，https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php (2020.7.7 アクセス)
- 8) 気象庁：日々の天気図（令和元年5月標準版），<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/hibiten/2019/1905.pdf> (2020.6.3 アクセス)
- 9) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード，<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2020.6.3 アクセス)
- 10) 福岡県光化学オキシダント速報：福岡県内での最近の光化学オキシダント注意報等の発令，http://www.fihes.pref.fukuoka.jp/taiki/hatsurei_rireki.html (2020.10.28 アクセス)
- 11) 山口県：報道発表「光化学オキシダント注意報」の発令について（令和元年5月23日），<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/201905/043552.html> (2020.10.28 アクセス)
- 12) 小川 登，深見武史，林 隆義，野村 茂，中桐未知代ら：光化学オキシダント情報・注意報の発令と気象測定局の風向の関係について，岡山県環境保健センター年報，36，17-20，2012
- 13) 山田克明，野村 茂，間野遼太，小川 登：平成29年度健康被害を伴った高濃度光化学オキシダントの主要因について，岡山県環境保健センター年報，42，9-12，2018
- 14) 岡山地方気象台：岡山県の気象月報（令和元年（2019年）5月），<https://www.jma-net.go.jp/okayama/guide/geppo/1905.pdf> (2020.6.12 アクセス)