

大分県における大気常時監視測定局の再配置について

山下 佳史^{*1}、甲斐 太郎^{*2}、安藤 大生^{*3}、森永 由加里

Regarding the relocation of the Air Pollution Monitoring Station in Oita Prefecture

Yoshifumi Yamashita, Taro Kai, Daiki Ando, Yukari Morinaga

Key Words : 微小粒子状物質 PM_{2.5}, 大気汚染常時監視 Air Pollution Monitoring,
クラスター分析 cluster analysis, 相関係数 correlation coefficient

要 旨

大分県が設置している大気常時監視測定局10局を9局に再編するため、2015年度から2022年度までの大気常時監視測定局13局の測定値を解析することにより、廃止する大気常時監視測定局の候補を選定した。その結果、臼杵市の測定値が大分市や豊後大野市に類似していることが明らかになったため、臼杵市の大気常時監視測定局を廃止する再配置案を作成した。

は じ め に

大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準（令和5年11月9日付環水大管発第2311092号及び環水大モ発第2311092号）では、人口75,000人当たりに1つの大気常時監視測定局を設置することとされている。大分県(大分市内を除く)では、大気常時監視測定局が10局設置されているが、令和2年に行われた国勢調査によると、大分県(大分市を除く)の人口は648,238人であり、必要局数は9局となったことから、大気常時監視測定局の再配置案の作成について、県環境保全課から要望があった。

本研究では、大気常時監視測定局の地理的な配置状況及び2015年度から2022年度までの大気常時監視測定局13局(大分県が設置した10局と大分市が設置した測定局のうちの3局)の測定値を解析することにより、廃止する大気常時監視測定局の候補の選定を行ったので報告する。

方 法

1 廃止する大気常時監視測定局の候補の選定

1.1 地理的なバランスからの検討

現在の大気常時監視測定局は、工場が多く立地している地域に重点的に設置されていることから、密

に設置されている地域から廃止する候補を選定することとした。

1.2 階層クラスター分析による類似測定局の検索

階層クラスター分析は、異なる性質のものが混ざり合っている集団から互いに似たものを集めてクラスターをつくり、対象を分類する方法である。

今回は、各大気常時監視測定局の「二酸化硫黄(以下、「SO₂」という。)」「一酸化窒素(以下、「NO」いう。)」「二酸化窒素(以下、「NO₂」という。)」「光化学オキシダント(以下、「Ox」)という。)」「浮遊粒子状物質(以下、「SPM」)」という。)」「微小粒子状物質(以下、「PM_{2.5}」という。)」の1時間値の平均値(2015年度から2022年度までの1時間値を算術平均したもの)を算出し、フリーソフトのRソフトを用いウォード法で分類を行った。分析結果はデンドログラム(樹形図)で示すこととした。

1.3 相関係数の算出による類似測定局の検索

相関係数は、2つのデータの直線的な関係の強さを表す数である。今回は、環境基準を超過するおそれの高いOx(1時間値)とPM_{2.5}(日平均値)の各測定局間の相関係数を算出し、測定値が似ている測定局を検索した。

*1 大分県循環社会推進課

*2 大分県防災局消防保安室

*3 大分県産業科学技術センター

2 光化学オキシダント予報及び注意報の発令対象地域及びPM_{2.5}注意喚起対象区域の検討

Oxの1時間値が0.1ppmを超えてさらに状態の悪化が認められるときは光化学オキシダント予報を、0.12ppmを超過してその状態が継続する場合は光化学オキシダント注意報を発令することとしている。また、PM_{2.5}の1日平均値が70μg/m³を超えることが予測される場合は注意喚起を行うこととしている。

上記1により選定された廃止する大気常時監視測定局の測定値が環境基準を超過した際の挙動について、相関係数の算出により、対象地域（区域）の再編成について検討した。

結果

1 廃止する大気常時監視測定局の候補の選定

1.1 地理的なバランスからの検討

現在の測定局は、図1のとおり工場が多く立地している地域に重点的に設置されていることから、「別府市(廃止候補①)・由布市(廃止候補②)・日出町(廃止候補③)・臼杵市(廃止候補④)・津久見市(廃止候補⑤)・佐伯市(廃止候補⑥)」の中から廃止候補を探すのが適当ではないかと考えた。

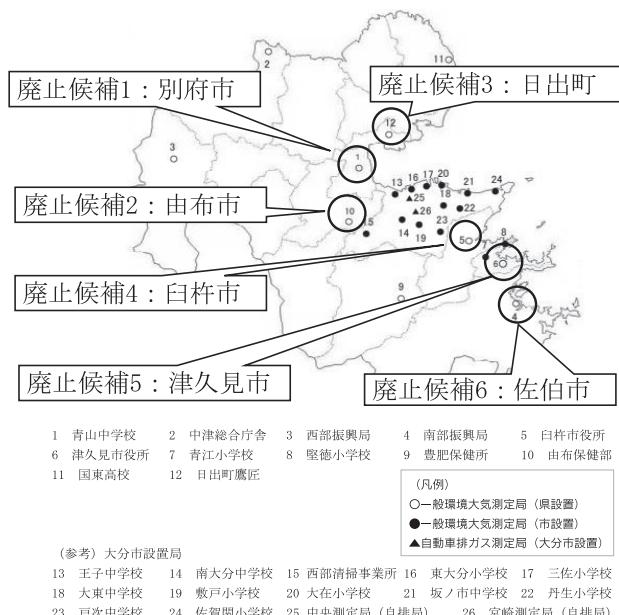


図1 地理的なバランスから選定した廃止測定局の候補

1.2 階層クラスター分析による類似測定局の検索

階層クラスター分析では、縦軸の低い位置でカッピングされた測定局ほど測定値の類似性が高い。解析の結果、図2-1から図2-4に示すとおり、「臼杵市(廃止候補④)と戸次中学校」「別府市(廃止候補①)と国東市」「臼杵市(廃止候補④)と豊後大野市」

の類似性が高いことが明らかになった。

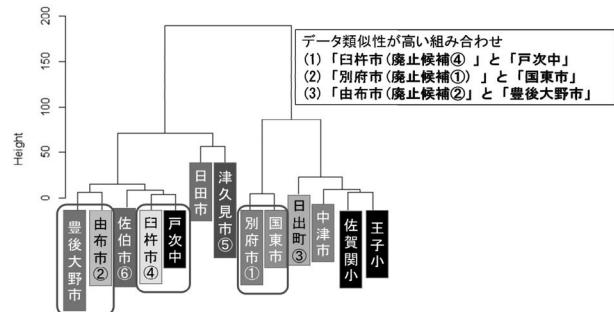


図2-1 県測定局10局

+大分市3局 (戸次中+佐賀閑小+王子中)

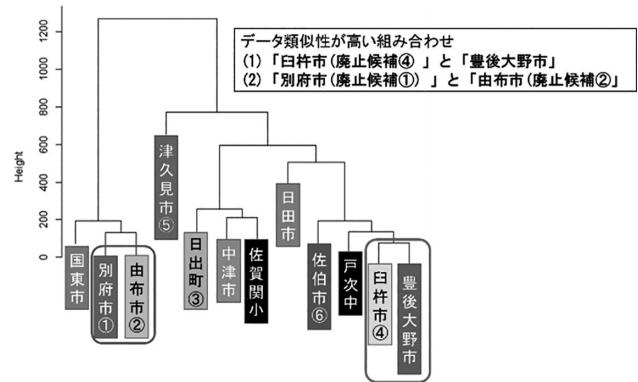


図2-2 県測定局10局

+大分市2局 (戸次中+佐賀閑小)

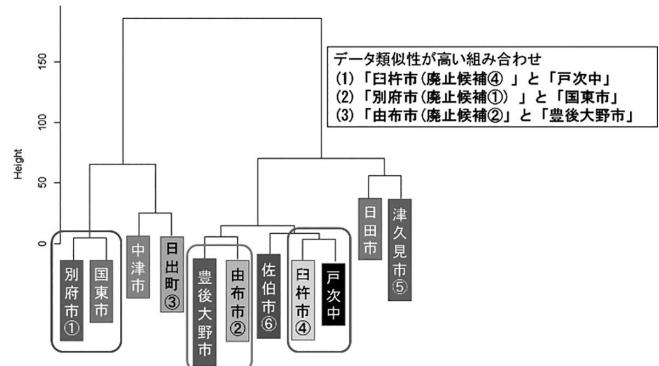


図2-3 県測定局10局 +大分市1局 (戸次中)

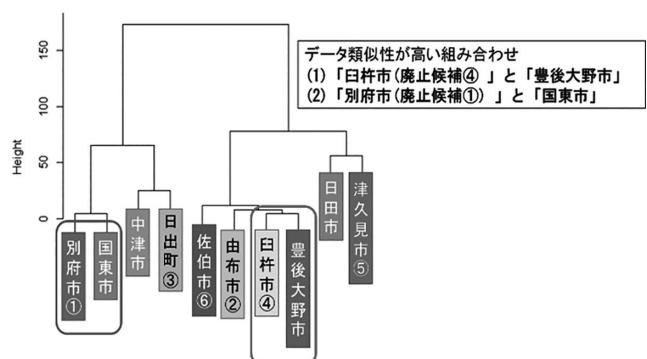


図2-4 県測定局10局

1.3 相関係数の算出による類似測定局の検索

Ox (1時間値)の各測定局間の相関係数を算出した結果を表1に示す。日田市を除く各測定局で強い相関($r>0.7$)が見られた。

表1 Ox (1時間値)の各測定局の相関係数

	別府市	中津市	日田市	佐伯市	臼杵市	津久見市	豊後大野市	由布市	国東市	日出町	戸次中	佐賀開	王子中
別府市	-	0.801	0.685	0.786	0.799	0.753	0.764	0.829	0.828	0.851	0.784	0.794	0.872
中津市	0.801	-	0.824	0.766	0.804	0.718	0.808	0.804	0.787	0.801	0.828	0.712	0.813
日田市	0.685	0.824	-	0.751	0.764	0.644	0.813	0.740	0.686	0.745	0.827	0.628	0.740
佐伯市	0.786	0.766	0.751	-	0.877	0.823	0.847	0.775	0.792	0.807	0.850	0.806	0.831
臼杵市	0.799	0.804	0.764	0.877	-	0.809	0.874	0.798	0.814	0.813	0.890	0.803	0.826
津久見市	0.753	0.718	0.644	0.823	0.800	-	0.764	0.717	0.763	0.736	0.763	0.777	0.758
豊後大野市	0.764	0.808	0.813	0.847	0.874	0.764	-	0.821	0.773	0.795	0.883	0.739	0.796
由布市	0.829	0.804	0.740	0.775	0.798	0.717	0.821	-	0.775	0.780	0.820	0.719	0.805
国東市	0.828	0.787	0.686	0.792	0.792	0.814	0.763	0.773	-	0.817	0.778	0.840	0.815
日出町	0.851	0.801	0.745	0.807	0.813	0.739	0.795	0.780	0.817	-	0.817	0.784	0.864
戸次中	0.784	0.828	0.827	0.850	0.890	0.763	0.883	0.820	0.778	0.817	-	0.747	0.842
佐賀開	0.794	0.712	0.628	0.806	0.803	0.777	0.739	0.719	0.840	0.784	0.747	-	0.822
王子中	0.872	0.813	0.740	0.831	0.826	0.758	0.796	0.805	0.815	0.864	0.842	0.822	-

$PM_{2.5}$ の1日平均値について、各測定局間の相関係数を算出した結果を表2に示す。日田市を除く各測定局で強い相関($r>0.7$)が見られた。

表2 $PM_{2.5}$ (1日平均値)の各測定局の相関係数

	別府市	中津市	日田市	佐伯市	臼杵市	津久見市	豊後大野市	由布市	国東市	日出町	戸次中	佐賀開	王子中
別府市	-	0.893	0.765	0.880	0.923	0.907	0.908	0.932	0.929	0.962	0.921	0.914	0.961
中津市	0.893	-	0.823	0.803	0.837	0.815	0.836	0.863	0.883	0.892	0.851	0.852	0.893
日田市	0.765	0.823	-	0.696	0.737	0.708	0.763	0.771	0.728	0.779	0.731	0.720	0.752
佐伯市	0.880	0.803	0.696	-	0.911	0.929	0.905	0.843	0.852	0.862	0.880	0.914	0.881
臼杵市	0.923	0.837	0.737	0.911	-	0.949	0.934	0.898	0.918	0.930	0.923	0.921	0.921
津久見市	0.907	0.815	0.708	0.929	0.949	-	0.919	0.879	0.896	0.900	0.890	0.922	0.896
豊後大野市	0.908	0.836	0.763	0.905	0.934	0.919	-	0.928	0.863	0.900	0.915	0.878	0.903
由布市	0.932	0.863	0.771	0.843	0.898	0.879	0.928	-	0.867	0.912	0.912	0.852	0.922
国東市	0.929	0.883	0.728	0.852	0.852	0.918	0.896	0.863	-	0.940	0.885	0.922	0.918
日出町	0.962	0.892	0.779	0.862	0.930	0.900	0.900	0.912	0.940	-	0.915	0.910	0.949
戸次中	0.921	0.851	0.731	0.880	0.923	0.890	0.915	0.912	0.885	0.915	-	0.883	0.931
佐賀開	0.914	0.852	0.720	0.914	0.921	0.922	0.878	0.852	0.922	0.910	0.883	-	0.918
王子中	0.961	0.893	0.752	0.881	0.921	0.896	0.903	0.922	0.918	0.949	0.931	0.918	-

1.1～1.3の結果から、廃止する測定局の候補を「臼杵市(廃止候補④)」に絞り込んだ。

2 光化学オキシダント予報及び注意報の発令対象地域及び $PM_{2.5}$ 注意喚起対象区域の検討

2.1 臼杵市の Ox 濃度上昇時の解析

臼杵市においては光化学オキシダント予報及び注意報を過去に一度も発令したことがない。今回解析したデータにおいても予報発令レベルの0.10ppmを超える測定値があったが、注意報発令レベルの0.12ppmを超える測定値はなかった。

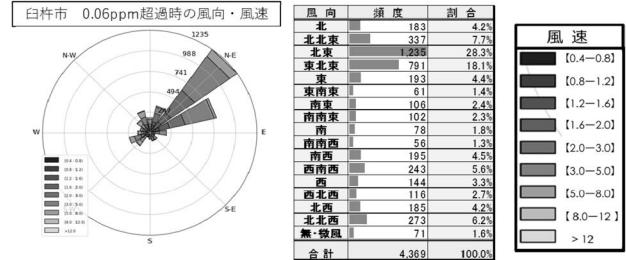
臼杵市の Ox が高濃度になった際の挙動を解析するため、 Ox の1時間値が環境基準である0.06ppmを超えた測定値(2,985時間分)を抽出し、他の測定局との相関係数を算出した結果を表3に示す。臼杵市と最も相関係数が高かったのは別府市($r=0.553$)で、相関係数が0.7以上の強い相関を示す測定局はなかった。従って、臼杵市の Ox が高くなっている

かどうかを他の測定局の単体の Ox の測定値から判断するのは困難である。

表3 臼杵市の Ox が環境基準(0.06ppm)を超えた時間帯の各測定局の相関係数

	別府市	中津市	日田市	佐伯市	臼杵市	津久見市	豊後大野市	由布市	国東市	日出町	戸次中	佐賀開	王子中
別府市	-	0.624	0.552	0.499	0.553	0.482	0.565	0.674	0.602	0.766	0.639	0.483	0.710
中津市	0.624	-	0.589	0.399	0.436	0.381	0.532	0.604	0.597	0.590	0.543	0.452	0.554
日田市	0.552	0.589	-	0.531	0.370	0.330	0.617	0.614	0.486	0.531	0.562	0.381	0.465
佐伯市	0.499	0.399	0.531	-	0.481	0.451	0.569	0.456	0.545	0.549	0.533	0.475	0.511
臼杵市	0.553	0.436	0.370	0.481	-	0.467	0.513	0.419	0.500	0.535	0.538	0.530	0.504
津久見市	0.482	0.381	0.330	0.451	0.467	-	0.445	0.408	0.424	0.407	0.400	0.458	0.397
豊後大野市	0.565	0.532	0.617	0.569	0.513	0.445	-	0.617	0.503	0.530	0.639	0.427	0.500
由布市	0.674	0.604	0.614	0.456	0.419	0.408	0.617	-	0.536	0.542	0.620	0.396	0.518
国東市	0.602	0.597	0.486	0.545	0.545	0.500	0.424	0.503	-	0.607	0.569	0.585	0.575
日出町	0.766	0.590	0.531	0.549	0.535	0.407	0.530	0.542	0.607	-	0.614	0.482	0.767
戸次中	0.639	0.543	0.562	0.533	0.538	0.400	0.639	0.620	0.569	0.614	-	0.502	0.618
佐賀開	0.483	0.452	0.381	0.475	0.530	0.458	0.427	0.396	0.585	0.482	0.502	-	0.559
王子中	0.710	0.554	0.465	0.511	0.504	0.397	0.500	0.518	0.575	0.767	0.618	0.559	-

次に、臼杵市の Ox が環境基準を超えた時間帯の風向・風速を解析したところ、北東方向の海風が卓越していることが判明した(図3参照)。



臼杵市の Ox が予報発令レベルの0.10ppmを超えた時間帯の各測定局の1時間値を表4に示す。臼杵市の Ox が0.10ppm以上になったのは9時間分あったが、そのうち8時間分については周辺の測定局(大分市戸次中学校、佐伯市、津久見市、豊後大野市)でも高い Ox を観測していた。

表4 臼杵市の Ox が0.10ppmを超えた時間帯の各測定局の1時間値

年月日	時刻	別府市	中津市	日田市	佐伯市	臼杵市	津久見市	豊後大野市	由布市	国東市	日出町	戸次中	佐賀開	王子中
2015/4/25	16	0.079	0.077	0.078	0.097	0.102	0.098	0.085	0.080	0.081	0.075	0.040	0.085	0.068
2015/4/25	20	0.085	0.076	0.077	0.098	0.101	0.094	0.075	0.079	0.082	0.076	0.041	0.082	0.069
2015/5/27	17	-	0.095	0.083	0.100	0.102	0.088	0.090	0.079	0.089	0.105	0.073	0.060	-
2016/6/27	16	0.112	0.107	0.078	0.100	0.100	0.094	0.100	0.087	0.100	0.100	0.106	0.090	0.111
2016/6/27	17	0.105	0.106	0.067	0.096	0.110	0.091	0.111	0.093	0.100	0.098	0.098	0.081	0.098
2017/4/30	20	0.097	0.095	0.092	0.056	0.101	0.091	0.097	0.086	0.058	0.083	0.096	0.056	0.089
2018/4/12	18	0.074	0.063	0.056	0.051	0.100	0.070	0.053	0.053	0.062	0.075	0.059	0.057	0.063
2018/4/20	12	0.084	0.063	0.067	0.054	0.110	0.096	0.077	0.079	0.043	0.086	0.078	-	0.091
2019/5/25	16	0.103	0.107	0.099	0.100	0.102	0.087	0.101	0.110	0.109	0.098	0.106	0.098	0.094

このことから、以下の条件が揃った場合に臼杵市に光化学オキシダント予報又は注意報を発令すれば良いのではないかと考えた。

(1) 予報発令の条件

ア 大分市中部、佐伯市、津久見市、豊後大野市のいずれかの測定局において、O_xが0.10ppmを超えるさらに状態の一段の悪化が予測されるとき

イ 白杵市に北東方向の風が吹いていること

(2) 注意報発令の条件

ア 大分市中部、佐伯市、津久見市、豊後大野市のいずれかの測定局において、O_xが0.12ppmを超える、状態の継続が認められるとき

イ 白杵市に北東方向の風が吹いていること

2.2 白杵市のPM_{2.5}濃度上昇時の解析

白杵市においては、PM_{2.5}の日平均値が70μg/m³まで上昇することはなかった。PM_{2.5}の日平均値が環境基準である35μg/m³を超過した測定値(15日分)を抽出し、他の測定局との相関係数を算出した結果を表5に示す。

環境基準超過時は、戸次中学校($r=0.745$)及び日出町($R=0.709$)との相関が高いことが判明した。

表5 白杵市のPM_{2.5}が環境基準を超過した日の各測定局の相関係数

	別府市	中津市	日田市	佐伯市	白杵市	津久見市	豊後大野市	由布市	国東市	日出町	戸次中	佐賀開	王子中
別府市	-	0.036	-0.324	0.617	0.627	0.518	0.466	0.791	0.798	0.896	0.701	0.655	0.920
中津市	0.036	-	0.792	0.261	-0.351	0.261	-0.595	-0.093	0.409	0.143	-0.031	0.583	-0.015
日田市	-0.324	0.792	-	-0.119	-0.371	-0.013	-0.731	-0.400	0.123	-0.077	-0.315	0.114	-0.423
佐伯市	0.617	0.261	-0.119	-	0.588	0.639	0.412	0.722	0.576	0.600	0.767	0.832	0.739
白杵市	0.627	-0.351	-0.371	0.589	-	0.480	0.628	0.611	0.498	0.709	0.745	0.336	0.688
津久見市	0.518	0.261	-0.013	0.639	0.480	-	0.154	0.467	0.784	0.675	0.512	0.696	0.451
豊後大野市	0.463	-0.595	-0.731	0.412	0.628	0.154	-	0.705	0.054	0.338	0.412	0.114	0.560
由布市	0.791	-0.093	-0.400	0.722	0.611	0.467	0.705	-	0.544	0.680	0.635	0.560	0.825
国東市	0.798	0.409	0.123	0.576	0.576	0.498	0.784	0.054	-	0.909	0.570	0.779	0.686
日出町	0.896	0.143	-0.077	0.600	0.709	0.675	0.338	0.680	0.909	-	0.669	0.713	0.765
戸次中	0.701	-0.031	-0.315	0.767	0.745	0.512	0.412	0.635	0.570	0.669	-	0.630	0.829
佐賀開	0.655	0.583	0.114	0.832	0.336	0.696	0.114	0.560	0.779	0.713	0.630	-	0.671
王子中	0.920	-0.015	-0.423	0.739	0.688	0.451	0.560	0.825	0.686	0.765	0.829	0.671	-

3 大気常時監視測定局の再配置の検討

以上のことから、白杵市の大気常時監視測定局を廃止し、図4のとおり大気常時監視測定局の再配置案を作成した。

測定期名	市町村名	人口(令和6年3月1日運転値)	O _x 注意報発令対象地域名	PM2.5注意喚起対象地域名
青山中学校	別府市	112,459	別府地城	別府地城
中津総合庁舎	中津市	81,265	宇佐市	中津・宇佐地域
		50,281		
西部振興局	日田市	59,446		
	九重町	7,884		
	玖珠町	13,354		
南部振興局	佐伯市	62,497	佐伯地城	佐伯地城
津久見市役所	津久見市	14,558		
		14,558		
豊肥保健所	豊後大野市	31,478		
	竹田市	18,564		
				豊肥地城
				豊肥地城
	白杵市	33,918		
				戸次中学校と同じ区域(大分市全城)に含めることが望ましい
中部保健所由布保健部	由布市	32,228		由布地城
国東高等学校	国東市	24,596		
	豊後高田市	21,537	高田・国東地城	高田・国東地城
	姫島村	1,538		
日出町鷹匠	日出町	27,340	杵築・日出地域	杵築・日出地域
	杵築市	26,170		

光化学オキシダントに関する緊急時等発令地域図 PM2.5に関する注意喚起対象測定局及び地域

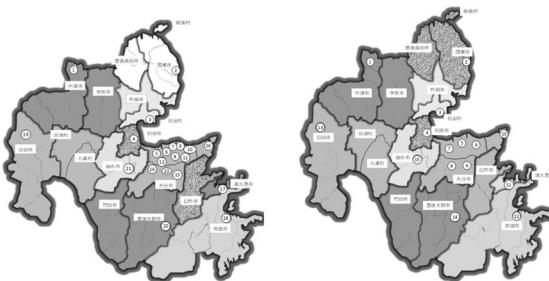


図 4 大気常時監視測定局の再配置計画(案)

考 察

白杵市のO_x濃度上昇の原因について

瀬戸内海沿岸には、O_xの前駆体となる窒素酸化物や非メタン炭化水素を排出する工場が多数存在しているが、海上には船舶以外の窒素酸化物の排出源がほとんどない。燃焼により発生する窒素酸化物は大部分がNOでありO_xを分解する働きを持つが、空気中で酸化されてNO₂になると、逆にO_xの原因となる。沿岸部で生成した高濃度のO_xが陸風で瀬戸内海へ運ばれた場合、海上にはNOの発生源がほとんどなくO_xの分解が進行しにくいため、O_xが高濃度のまま残存する可能性が高い。高濃度のO_xを含む気塊が北東方向の海風により白杵市に向かって流れた場合、白杵市にはNOの大発生源がないためにO_xの分解が進行しにくく、一時的に高濃度になる可能性が考えられる。

なお、この仮説が正しければ、白杵市のO_xが高くなった際に隣接する津久見市のO_xも高くなるはずであるが、白杵市のO_xが環境基準を超過した時間帯の両測定局間の相関係数は $r=0.467$ に過ぎず、O_xの挙動が類似しているとは言えない。この原因としては、津久見市にNOの大発生源が設置されているため、O_xの分解が進むことが考えられる。

(※ 2015年度から2022年度までのNOの1時間値の平

均値は臼杵市で0.0024ppm、津久見市で0.005ppmであり、約2倍の差がある。)

おわりに

廃止する大気常時監視測定局の候補として臼杵市を選定したが、臼杵市のO_xが高濃度になっているかどうかを周辺の測定局のO_xから推測するのは容易ではないことが分かった。今後は、気象データ等を活用しながら、臼杵市の高濃度O_xを把握する手法を検討していきたい。