

視程障害と大気汚染物 (日韓都市間大気汚染度比較評価結果概要)

吉牟田 博子、成富 裕子 土井 由紀子*)

要 旨

当所では、平成8年度より日本側4県(福岡、佐賀、長崎、山口)と韓国側4市道(釜山広域市、全羅南道、慶尚南道、済州道)で日韓海峡沿岸県市道環境技術交流事業を実施している。

平成14年度～15年度には、日韓都市間大気汚染度比較評価を実施した。調査に当たっては、各県市道における大気常時監視項目6項目及び気象5項目の日平均値の1年分並びに特異日の1時間値データという膨大なデータを日韓両国で交換した。さらに、PM_{2.5}については、日韓とも代表地点で1年間測定を実施したデータを交換し、相互に解析を行った。その結果、体感大気指標としての視程障害と大気汚染物質との関係を解明し、さらに、東アジア地域で関心が深まっている広域的な大気汚染現象を確認したので、その概要を報告する。

キーワード：視程障害、広域大気汚染、煙霧

はじめに

大韓民国では体感大気汚染指標としての視程障害現象が一部都市地域で時々起こっており、日本でも黄砂、光化学スモッグ等による視程障害が発現し、気象と大気汚染物質との関係解析が必要となっていた。

また、浮遊粒子状物質(SPM)の中で、ディーゼル自動車の排気ガスからのDEPや、燃焼等に伴うガス状物質から生成される二次粒子が、微小粒子として、人体の肺胞にまで達し健康障害を起こすとされており、日本側では、フィルターパック法により、粒径毎に粒子を採取して、そのイオン成分等の分析も実施した。

調査方法

1 調査地点

日本の調査対象都市は、九州北部の福岡県福岡市、佐賀県佐賀市、長崎県長崎市及び本州西部の山口県宇部市の4都市である。韓国の調査対象都市は、韓国本土南岸の釜山広域市蓮堤区、全羅南道木浦市、慶尚南道晋州市及び済州道西木浦市の4都市である。調査地点は、宇部市を除き、住居地域にある。

宇部市の調査地点は工業地帯に隣接する商業地域にある。

2 調査対象期間

大気常時監視データ及び気象データの調査対象期間は、2002年10月～2003年9月とした。

*) 現：佐賀県環境課

結果と考察

1 事前調査結果

視程データについては、表 1 に示すとおり、佐賀地方気象台の観測は1日3回なされており、他の各県市道は1日に7回以上なされている。そのため、2002年10月からの本調査の前に2001年の1年間について、年間の変化を解析した。視程の経月変化を図-1に、視程とSPM及び風速の経時変化を図-2に、時間毎の視程データ分布を図3に示す。

視程の経月変化では、9月、12月を除き年間を通じて、9時の視程が最低となっている。

視程の経時変化(1年間平均)でも、9時の視程が最低で、15時が最高となっている。

15時は、風速は大きく、SPMの値は小さくなって、視程が良くなっている状況が観察された。

この傾向は1日7回の観測がある福岡県等と同様であるため、3回のデータではあるが、最低と最高をとらえているので、解析に利用できるものと思われた。

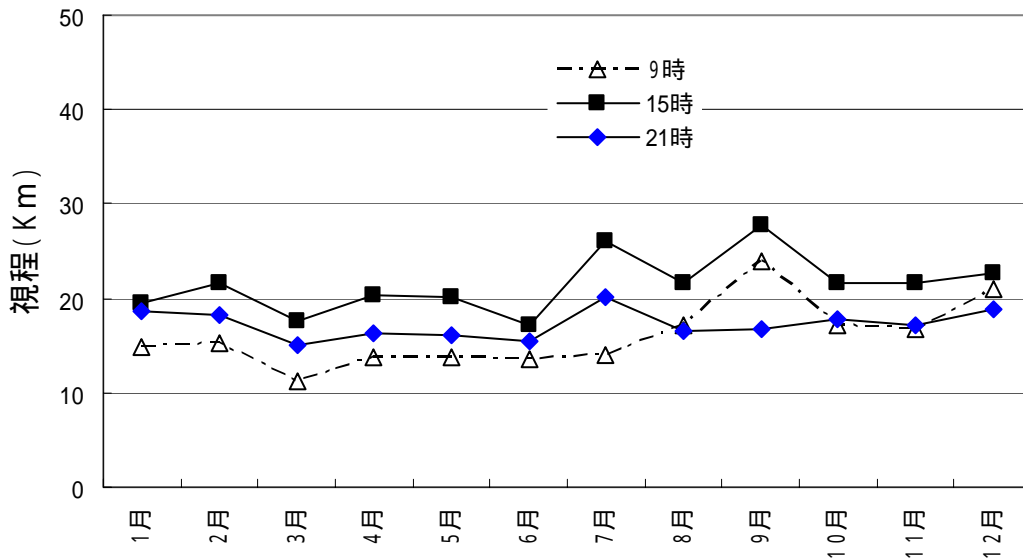


図-1 視程の経月変化(2001年)

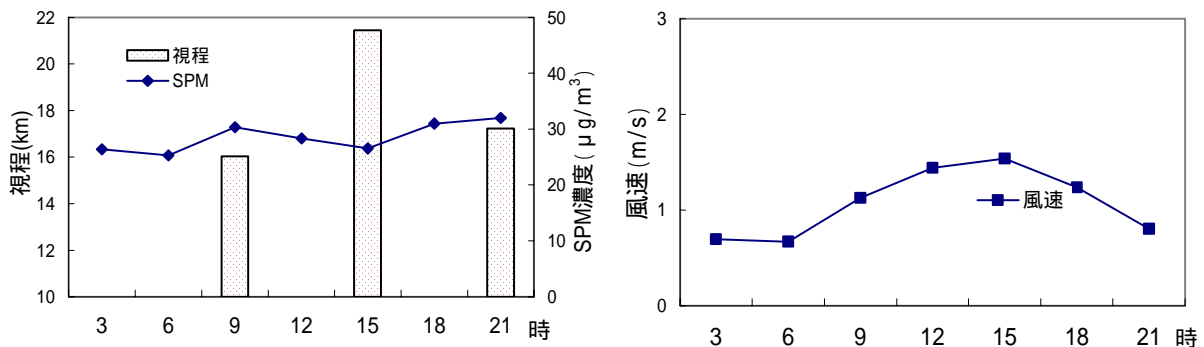


図-2 視程、SPM、風速の経時変化

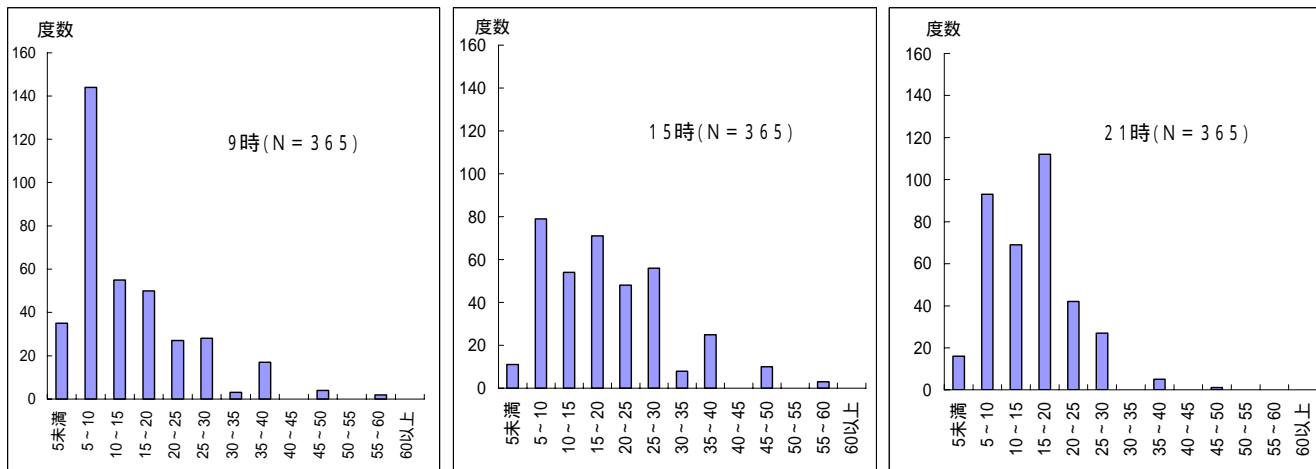


図 - 3 視程の度数分布(単位: km)

2 日韓都市間大気汚染度比較

日本、韓国の大気常時監視データ及び気象の日平均値について、年間平均値、最小値、最大値を比較した。また日平均値の月平均値で季節変化を比較検討した。更に、各地点の大気汚染度を総合的に比較評価するために主成分分析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 二酸化硫黄は、日本、韓国ともに環境基準に適合し、8調査地点とも季節を通じ良好な状態に保たれていた。
- 2) 窒素酸化物は都市間の濃度差が大きく、地域的要因が大きく、釜山広域市蓮堤区ではNO₂、NOともに高い濃度で自動車排気ガスによる影響がうかがえた。日本、韓国とも春季、夏季に低く、秋季、冬季に高い季節変化を示すことが認められた。
- 3) オキシダント及びオゾンは韓国の都市間でやや濃度差が見られたが、日本、韓国の年間平均値はほぼ同じで、5月、6月に最大値を示す季節変化も日本、韓国で同様であった。オゾン濃度は清浄な済州道西帰浦市で最も高

く、これは成層圏オゾンあるいは移流する広域的な大気汚染物質の影響と推測される。

- 4) 浮遊粒子状物質は、韓国ではPM10計で測定しており、日本ではSPM計で測定している。PM10とSPMでは分粒器の捕集粒径が異なり、PM10はSPMより大きい粒子を捕集するため、直接値を比較できない。日本、韓国とも黄砂及び煙霧により広域的な高濃度が観測され、また春季4月～6月に高くなる季節変化が見られた。
- 5) 気温と相対湿度は韓国の方が最大値と最小値の差が大きく大陸性気候を示した。降水量は韓国がやや多く、日射量、気圧は日本と韓国で大差なかった。
- 6) 主成分分析を行った結果、抽出因子数は4主成分で、この累積寄与率は約70%である。第1主成分の因子負荷量はNO₂、Oxで大きく、第3主成分の係数はSPM、視程で大きく、これらの主成分が大気汚染に関係していた。長崎県長崎市で第1主成分であるガス成分が、福岡県福岡市で第3主成分であるSPMにやや高い傾向が見られ佐賀県佐賀市が両者ともに

やや低い傾向が見られるものの、日本では都市域における大気汚染度の地点差は小さかった。これに対し、韓国では釜山広域市蓮堤区の第1主成分と第3主成分の因子スコアがともに高く、済州道西帰浦市の両因子スコアが低くなっており、明確な汚染度の違いが見られた。

3 視程 (Visibility) と大気汚染との関係

視程の年間平均値は、日本は17~19 km、韓国は13~15 kmで、韓国でやや低いものの、日本、韓国それぞれの地点差は小さい。日最低値は、韓国では2 km以下、日本では3 kmの視程が観測されている。

日平均視程が5 kmを割る終日視程低下日は、日本、韓国とも浮遊粒子状物質 (PM10, SPM) の濃度が高い日より、雨等による湿度の高い日に多かった。浮遊粒子状物質濃度が高い視程低下日は大気現象として煙霧となっていた。煙霧の日数は増加傾向にあり、年間40~60回観測されている¹⁾。煙霧時には浮遊粒子状物質中の硫酸塩濃度が高く²⁾、またこの硫酸塩粒子は広域的に移流していることが報告されており³⁾、これが視程低下の要因の一つになっていることが考えられた。

視程と他の項目との相関分析では、日韓とも浮遊粒子状物質と湿度の関係が示唆された。散布図による相関関係では、日本側において湿度75%未満のケースでは視程と粒子状物質の正の相関が認められ、降雨、もやなどの高湿度による視程悪化現象以外に、粒子状物質が視程悪化の原因になっていることが示唆された。

4 PM2.5 解析

PM2.5 は、2.5 μm の粒子の捕集効率が50%

になる分粒器を用いて測定された濃度で、SPM、PM10 より粗大粒子が少なく、主に微小粒子から成る。このため PM2.5 は元素状炭素等の炭素成分及び硫酸塩、硝酸塩の2次粒子等、自然由来の粒子より人為由来の粒子を多く含んでいる。

山口県宇部市と釜山広域市蓮堤区での1年間の測定結果に大きな差はなかった。

山口県宇部市の PM2.5 及び SPM 並びに釜山広域市蓮堤区の PM2.5 及び PM10 の測定結果において、釜山広域市蓮堤区の PM2.5/PM10 比は約50%で、山口県宇部市の PM2.5/SPM 比は約90%であった。PM10 は SPM より粗大粒子が多いことが観測データからも示唆され、SPM は微小粒子を良く捉えていることが解った。

また、SPM、PM10 及び PM2.5 について、大気質、気象要因との関係を重回帰分析により解析した結果、粒子状浮遊物質には、山口県宇部市ではNO₂が、釜山広域市蓮堤区ではSO₂が大きく関わっているものと考えられた。また、視程に対して、SPM及びPM10 よりPM2.5 が関係しており、微小粒子の視程への影響が認められた。

5 広域的現象解析

視程の日平均値5 km以下及びSPM 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、PM10 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を基準として、特異日の抽出を行った。更に、日韓海峡にまたがる広域的現象が考えられる対象日として、日韓4自治体以上で上記の抽出条件を満たした観測日から7つのエピソード現象を抽出し表2及び表3に示す。この日は黄砂あるいは煙霧等であった。

黄砂が観測された11月12日は、特に韓国で高濃度となり、SPM または PM10 の明瞭な移

流ピークが認められ、また PM2.5/SPM , PM2.5/ PM10 比が相対的に低く、2.5 μm を超える粗大粒子の割合が高かった。この日の気圧配置は中国東北部から北海道北部を低気圧が東進し、朝鮮半島及び九州北部はそれに伴う寒冷前線が通過していた。黄砂は寒冷前線の背面の北西風によってもたらされたと考えられた。

煙霧の場合、SPM または PM10 の経時変化の明瞭な移流ピークは認められなかったが、同様の気象での広域の高濃度が確認された。4月28日には山口県と釜山広域市の PM2.5 に同時

性が認められ、微小粒子の移流の可能性が考えられ、また3月25~26日は日本で実施された粒子状成分分析から、この浮遊粒子は硫酸塩濃度が高いことを捉えることができた。これら煙霧の日の気圧配置は、中国華南付近から移動性高気圧が東進し、一方中国東北部には低気圧がある、南高北低であった。

このように浮遊粒子状物質の広域の高濃度は、寒冷前線通過後の北西風による黄砂あるいは中国華南付近から東進する移動性高気圧に覆われた時の煙霧によるものであった。

表 - 2 特異日の抽出結果

年	月	日	SPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
			福岡県 福岡市	佐賀県 佐賀市	長崎県 長崎市	山口県 宇部市	釜山広域市 蓮堤区	全羅南道 木浦市	慶尚南道 晋州市	済洲道 西木浦市
2002	11	10	24	24	14	18	43	-	-	23
2002	11	11	21	23	22	25	72	-	131	88
2002	11	12	92	87	80	83	217	-	177	269
2002	11	13	46	43	38	33	76	-	64	176
2002	11	14	46	41	41	31	67	-	59	92
2003	2	19	88	83	84	68	138	13	132	109
2003	3	25	73	62	72	94	59	68	116	105
2003	3	26	84	65	92	88	85	116	131	
2003	3	27	57	54	71	76	107	89	116	72
2003	4	12	29	23	51	37	71	64	44	45
2003	4	13	54	41	61	54	145	114	127	123
2003	4	14	49	39		51	114	83	123	81
2003	4	28	80	73	89	81	106	101	119	122
2003	5	21	67	65	78	56	122	113	105	104
2003	5	22	87	88	87	41	90	116	147	93
2003	5	23	73	79	77	37	92	100	127	61
2003	9	14	73	53	60	105	35	-	159	-
2003	9	15	105	84	96	74	49	-	175	-
2003	9	16	64	71	93	44	52	121	130	-
2003	9	17	67	56	75	74	83	102	105	19

表 - 3 特異日のPM2.5

年	月	日	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM2.5/SPM		PM2.5/PM10		大気現象 佐賀市
			宇部市	釜山広域市	宇部市	釜山広域市	宇部市	釜山広域市	
2002	11	10	17	21	0.94	0.49			
2002	11	11	28	38	1.10	0.53		雨	
2002	11	12	43	40	0.52	0.18		黄砂、もや	
2002	11	13	17	21	0.50	0.28		黄砂	
2002	11	14	24	29	0.76	0.43		雨	
2003	2	19	76	93	1.11	0.67		雨、もや、煙霧	
2003	3	25	87		0.93			雨、もや、煙霧	
2003	3	26	87		0.99			もや、煙霧	
2003	3	27	72	48	0.95	0.45		雨、もや、煙霧	
2003	4	12	28	36	0.77	0.51		雨、もや	
2003	4	13	36	45	0.66	0.31		黄砂	
2003	4	14	35	44	0.70	0.39		雨	
2003	4	28	75	56	0.93	0.53			
2003	5	21	48	89	0.86	0.73		霧、煙霧	
2003	5	22	38	55	0.92	0.61		霧、煙霧	
2003	5	23	33	71	0.88	0.77		霧、煙霧	
2003	9	14		15		0.43		もや、煙霧	
2003	9	15	63	28	0.84	0.57		もや、煙霧	
2003	9	16	42	27	0.96	0.52		もや、煙霧	
2003	9	17	70	33	0.94	0.40		もや、煙霧	

6 統計解析

視程と各成分との関係を明らかにするために、従属変数を視程と、他の10成分を独立変数として全データ及び相対湿度75%以下のデータについて重回帰分析を行った。各地点ともにSPM、PM10、湿度が比較的大きな負の係数となり、全体でもPM10と相対湿度の標準回帰係数はそれぞれ-0.52, -0.46であった。相対湿度75%以下のデータの場合、PM10、SPMの標準回帰係数は各地点ともに大きくなり、全体でPM10と相対湿度の標準回帰係数はそれぞれ-0.59, -0.23となり、視程に対して湿度よりSPMが大

きく寄与していた。

引用文献

- 1) 山崎誠: 大気環境学会九州支部研究発表会講演要旨集(2004).
- 2) 濱村研吾ら: 九州衛生公害技術協議会(2000).
- 3) I.UNO et.al: Global Environmental Research, 4(1), 3-12(2000).