

メルボルン（オーストラリア）における 浮遊粒子状物質（SPM）の現状

中山 榮子

Problems Due to Suspended Particulate Matter (SPM) in Melbourne, Australia

Eiko NAKAYAMA

A clean, safe living environment is necessary for people to be happy. However, because of a lack of awareness regarding the influences of pollution, air contaminants are not intuitively understood. Once the understanding of air pollutants among city residents is improved, the dissemination of information is easily accomplished. Environmental studies have been conducted in several major Asian cities to evaluate the influence of pollution on global weather conditions, and the results have been made public. This paper reports on Melbourne, in order to facilitate comparison with cities in Asia.

Melbourne, located in southeastern Australia, is not influenced by the air pollution of the northern hemisphere because it is located south of the “chemical equator.” Moreover, since Melbourne is not prone to haze, the air is not polluted and its environment is known to be excellent.

The researcher visited Melbourne in August 2013 and February 2014. Measurements of suspended particulate matter (SPM) were logged in the center of the city and measured in areas within a 20 km range. The values in both winter and summer were extremely low, and their mean values were much lower than the background value of Shanghai. This interesting result warrants further discussion in the context of the metropolitan environment of Asian countries.

Key words: SPM (浮遊粒子状物質), contour map (コンターマップ), Melbourne (メルボルン), visibility (視程), living environment (生活環境)

1. はじめに

地球環境問題の解決には、地球規模で考えねばならない温暖化やオゾン層の問題もあるが、それぞれの地域の問題解決と同時にグローバルな立場で環境問題を考える必要があるものが多いことは、2013年初めからの北京PM_{2.5}騒動でも明らかである。アメリカ航空宇宙局（NASA）のEarth Observatory サイト内には1850年から2000年までのデータを比較し、大気中の粒子状物質による大気汚染が原因で死亡した人の1年ごと、1000 km²あたりの平均人数を示したグラフが掲載されている（図1）^[1]。図中色が濃い地域は薄い地域と比べて、死亡者数が多いということになる。PM_{2.5}に代表される大気中の微粒子は、東中国、北インドおよび西ヨーロッパに特に大きな影響を与えていることが読み取れる。ただし、フロリダからアラバマ～サウスカロライナにかけては大気環境が改善した地域であ

る。しかしながら、“見えない”，“臭わない”など五感に訴えない大気汚染に関しては、都市住民も関心を持ちにくく、行政の対応も後手に回りがちである。

酸性雨の問題に関しては、「東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（The Acid Deposition Monitoring Network in East Asia: EANET）」^[2]が構築され、ここでのデータ

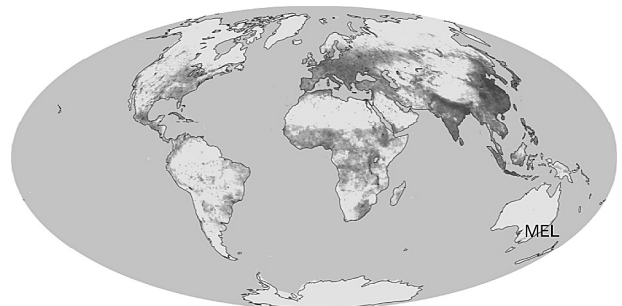


図1 微小粒子状物質の地球規模の被害^[1]

を元にガス状大気汚染物質の排出量データ整備や長距離移動モデルの計算などが可能となってきた。また、アジア大都市ネットワーク 21 共同事業として、「自動車排出ガス対策実務担当者会議」^[3] が行われ、自動車排出ガス対策が図られている。しかしながら、後者では窒素酸化物 (NO_x) と粒子状物質 (PM) が具体的なパラメータであるにもかかわらず、前者では大気汚染物質として窒素酸化物や硫黄酸化物 (SO_x) といったガス状物質の測定が中心であり、PM はなかなか一緒に測定されることが無いのが現状である。しかしながら、PM_{2.5} などの大気汚染物質による発がんリスクが最高レベルであることは、世界保健機関 (WHO) の専門組織である国際がん研究機関 (IARC) が 2013 年 10 月 17 日に警告を出している^[4] とおりである。

大気中の粒子状物質は、成分ではなく粒径で分類されており、PM の中でも粒子径が 10 μm に満たないものを浮遊粒子状物質 (SPM: Suspended Particulate Matter) と呼ぶ。日本では昭和 48 年 5 月に「1 時間値の 1 日平均値が 0.10 mg/m³ 以下であり、かつ、1 時間値が 0.20 mg/m³ 以下であること。」と環境基準が定められている^[5]。2009 年にはさらに粒径の小さい PM_{2.5} についても日本では環境基準が定められた^[6]。残念なことに、環境悪化因子の移動発生源となる都市交通と大気環境問題との関連は、問題視されていながらも、なかなか各都市で公的なデータが整備されず現状の把握すら難しい状態が続いてきている。

本研究室では、今まで生活空間における SPM の面測定とそのシミュレーションを試みてきている。同時に大気環境状況や関連法規などの国際比較にも取り組んでおり、上海 (2001 年 3 月, 2008 年 3 月, 2013 年 3 月), 香港 (2001 年 3 月, 2002 年 3 月, 2006 年 3 月, 2007 年 9 月, 2010 年 9 月), シンガポール (2002 年 9 月, 2005 年 8 月, 2009 年 2 月), クアラ・ Lumpur (2002 年 9 月, 2007 年 8 月), バンコク (2003 年 8 月, 2008 年 2 月), チェンマイ (2003 年 8 月), ソウル (2006 年 8 月, 2008 年 4 月), ハノイ (2007 年 2 月, 2009 年 9 月), ホー・チ・ミン (2007 年 2 月), 北京 (2007 年 3 月), ウラジオストク (2008 年 9 月), ジャカルタ (2008 年 12 月, 2009 年 8 月), 高雄 (2009 年 3 月), マニラ (2010 年 3 月), 釜山 (2010 年 8 月), 那覇 (2011 年 2 月, 8 月, 2012 年 3 月), メキシコシティ (2011 年 9 月, 2013 年 2 月), プノンペン (2012 年 9 月, 12 月) に簡易測定調査に赴き、その結果を報告してきた^[7]。この測定結果を可視化し公表することにより、それぞれの都市の市民が各自の生活環境に関心を持ち、希望する市民は簡単に測定をしたり、測定結果をダウンロードしたりすることが可能となり、大気汚染状態を把握できることを最終目的と考えている。

今回は、今まで主に訪れてきた東～東南アジアの都市と

の比較対象として、オーストラリアのメルボルンを選び、同様の調査を行ったので報告したい。

2. 調査方法

調査方法の詳細に関しては、先に^[8]報告しているので、ここでは概要を記す。

メルボルンではチャーター車を利用し、2013 年の 8 月と 2014 年 2 月それぞれ延べ 39 箇所、52 箇所を面測定した。測定項目は、測定場所の緯度経度、温湿度、SPM 濃度、風向風速、紫外線強度である。同時に測定場所の写真撮影を行った。また、メルボルンシティ中心部に宿泊し、ホテルにて SPM 濃度のロギング測定を 5 分ごとに行った。

SPM 濃度分布を視覚的に把握するため、研究用に提供されている早狩進氏作成のコンターマップソフト Contour Map 97.xla ver.1.0^[9] を用いて図化した。測定日の気象状況は Weather Underground^[10] よりデータを入手し、整理し図化した。

本測定に用いた機器類を記載する。SPM の測定には柴田科学社製レーザー粉塵計 LD-3B (ロギング測定用), LD-3K (面測定用) を用いた。SPM 面測定時には、温湿度と風速を FUSO 社製デジタル温湿度風速計 FUSO-8918 で、紫外線量はジオ社製簡易型紫外線測定器「UV-モニ (UV-MONI)」で測定した。ただし、紫外線量は十分な直射日光が必要なため、条件の整った測定地点でのみ測定を試みた。また、測定地点の緯度と経度を Holux 社製 Wireless GPS Logger (M-241) にて確認した。また、測定場所の記録として、Canon EOS Kiss Digital X+Canon macro lens ef 100 mm および Ricoh Caplio GX100vf にて写真撮影を行った。

3. 結果と考察

3.1. 冬季 (8 月) 調査結果と考察

メルボルンでは 4 月から 10 月が冬季 (Cool season) である。2013 年 8 月 12～16 日にメルボルン市内の測定を行った。この期間の結果には 1308MEL と付記した。

この期間の気象データ^[10] を入手し、図 2～4 を作成した。図 2 には測定期間の気象状況から気温、相対湿度 (RH)、海面圧を示した。また降雨の状況を×印で示した。なお、グラフの横軸はオーストラリア東部時間 (EST) であり、協定世界時 (UTC) +10h である。図 3 には測定期間中の風向を風配図にて示した。風が主に北寄りであったことが明らかとなった。また、この期間の平均風速は 9.2 m/s であった。さらに図 4 には測定期間内の視程距離を示した。香港天文台が、視程距離と大気汚染との関連を指摘しており^[11]、8 km を一つの基準として考えている。今までの

われわれの特定で、時によっては強い相関を得られている^[12]。今回の測定期間に、視界不良(8 km 以下)となった測定値は0.9% あったが、水滴の影響を避けるため雨霧時のデータは用いないことになっており、その時間帯をデータから除くと、視程距離が8 km 以下になることはなかった。実際、東京からメルボルン入りして感じたのは、“遠くまでよく見える” 空の状況であった。

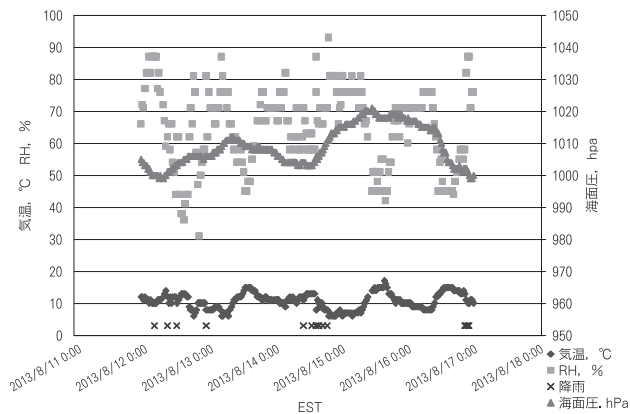


図2 気象状況 1308MEL

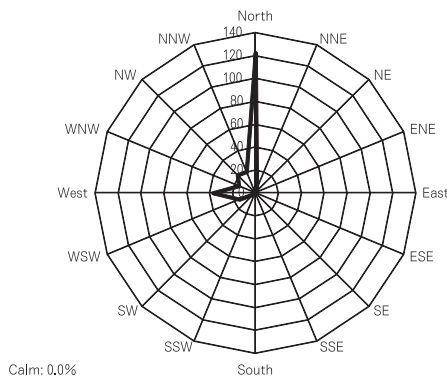


図3 風配図 1308MEL

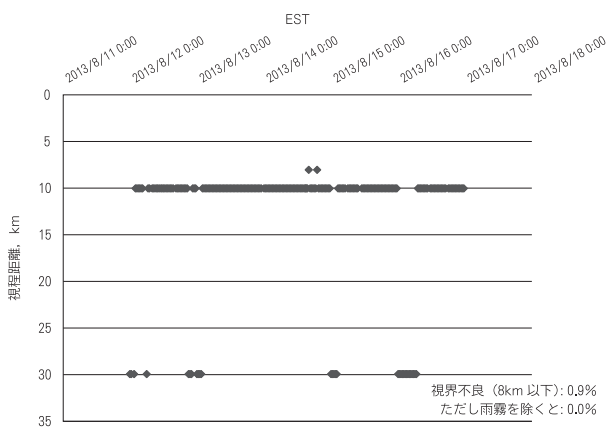


図4 視程距離 1308MEL

次に、宿泊ホテル窓辺にてロギング測定を行った結果を図5に示す。日本から窓の開く客室というリクエストを入れていたが通っておらず、一泊目は測定ができなかった。そこで窓の開く客室のホテルに現地で移動し、2, 3泊目にロギング測定を行うことができた。前述の通り、日本の環境基準(1時間値の1日平均値が $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)と比べて、大変低い値で推移し、SPM ロギング測定平均値は $12.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、5分値とはいえ日本の環境基準を超える時間帯は観察されなかった。なお、日本の環境基準と比較するのは、SPMの環境基準を設定している国がほとんどないためである(多くの国が設定しているのは PM_{10} である)。また、多くのアジアの都市では「夕方からSPM濃度が上昇しだし、夜中から明け方にかけて大気が安定化し大気汚染物質が地表近くに蓄積するため高濃度を示し、朝になり陽光が差し込み、それによって上昇気流が生じるようになるとSPM濃度が下がる」といった傾向が見られたが(ジャカルタの例^[13])、メルボルンではこのような傾向は見られず、ずっと値が低いままであった。



図5 ロギング測定結果 1308MEL

面測定結果を表1に示す。ただし、表内のUV値が空欄のところは、条件が整わず測定できなかったところである(表2も同様)。また、図6には面測定箇所および図7にその結果から作成したコンターマップを示す。

図6に示すように面測定はメルボルン中心街から概ね20 km 圏内を、できるだけ碁盤の目状に39地点で行った。メルボルン近郊には以前はごみ処理場などが存在したが、現在は更に郊外に移転したようで、SPMの大きな固定発生源はない。ただビクトリア湾沿い(特に西部)には倉庫街などが存在している。面測定値の平均値は $12.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、他都市でのバックグラウンド値(人為的および自然的汚染の影響を受けないその地域独自の値)となるレベルの測定値であった。たとえば、2013年3月の上海での測定で

表1 メルボルンの面測定結果 1308MEL

Position No. 1308MEL	Date	Time (EST)	Day of Week	天気	Temp.; °C	RH; %	Wind Direction	Wind Velocity; m/s	Measurement Place	SPM, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	UV インデックス mW/m^2		Ref No. 1402MEL
1	2013/8/13	11:55	Tue	晴～薄曇	14.3	53.6	NW	1.3	Essendon	5.0	3	69	1
2	2013/8/13	12:20	Tue	晴	18.8	46.2	C		Coburg	5.5			2
3	2013/8/13	12:45	Tue	晴～薄曇	15.4	49.4	NEE	0.9	Preston	10.5			3, 38
4	2013/8/13	13:15	Tue	晴～薄曇	18.5	48.6	NWN	3.4	Heidelberg	8.7	5	136	4
5	2013/8/13	14:30	Tue	曇	16.1	54.6	NE	2.7	Doncaster	7.5			5
6	2013/8/13	15:00	Tue	曇	14.0	55.7	NEN	4.3	Nunawading	7.5			7
7	2013/8/13	15:20	Tue	曇	18.4	53.2	NWN	1.9	Box Hill	9.3	3	74	6
8	2013/8/13	16:00	Tue	曇	18.1	48.8	C		Glen Waverley	10.0			8
9	2013/8/13	16:35	Tue	曇	15.5	57.5	NE	4.2	Springvale	14.7			9
10	2013/8/14	9:50	Wed	曇	18.3	50.2	NE	4.5	MEL Central	4.5			20
11	2013/8/14	10:50	Wed	少雨	13.5	57.8	SW	3.7	Moorabbin	8.5			10
12	2013/8/14	11:18	Wed	少雨～曇	14.7	65.2	NW	6.6	Sandringham	11.7			11
13	2013/8/14	11:35	Wed	曇	14.5	66.5	NW	0.6	Brighton Beach	12.0			12
14	2013/8/14	12:05	Wed	曇	17.8	55.4	C		Carnegie	7.5			13
15	2013/8/14	12:20	Wed	曇	15.7	55.5	C		Caulfield	6.5			14
16	2013/8/14	13:35	Wed	曇	16.3	59.4	C		St. Kilda	13.7			15
17	2013/8/14	13:55	Wed	曇	17.7	51.9	C		Port Melbourne	10.0			27
18	2013/8/14	14:25	Wed	雨	15.4	58.5	NE	1.3	Altona North	15.0			29
19	2013/8/14	14:55	Wed	曇	15.2	57.1	C		Sunshine	17.0			31
20	2013/8/14	15:25	Wed	晴	14.3	61.1	C		St. Albans	12.7	3	81	32
21	2013/8/14	16:05	Wed	雨	10.5	62.7	W	2.7	Keilor East	14.0			34
22	2013/8/14	16:25	Wed	曇	11.7	59.6	NW	0.7	The Royal Melbourne Zoological Gardens	15.0			47
23	2013/8/14	16:45	Wed	晴	12.9	53.4	NW	1.5	Carlton	12.5			39
24	2013/8/14	17:15	Wed	晴	11.4	61.6	NW	3.6	Fitzroy	19.0			21
25	2013/8/14	17:25	Wed	晴	11.5	63.1	S	3.3	East MEL	10.5			
26	2013/8/15	10:25	Thu	晴	16.7	62.2	C		Clifton Hill	19.3			23
27	2013/8/15	10:40	Thu	晴	15.9	54.7	SWS	1.9	Fairfield	16.0	4	105	
28	2013/8/15	10:53	Thu	晴	18.0	51.3	C		Kew	16.3			26
29	2013/8/15	11:20	Thu	晴	19.7	45.3	C		Balwyn	18.0			
30	2013/8/15	11:40	Thu	晴	20.5	45.8	C		Malvern	18.3			
31	2013/8/15	11:57	Thu	晴	22.4	46.3	C		Toorak	13.7	5	136	17
32	2013/8/15	12:20	Thu	薄曇	22.8	44.8	C		South Yarra	15.3			18
33	2013/8/15	12:40	Thu	曇	19.4	42.7	C		Richmond	14.7			19
34	2013/8/15	13:50	Thu	曇	21.5	39.2	C		Abbotsford	12.3			22
35	2013/8/15	14:40	Thu	曇	19.1	38.5	C		Footscray	9.3			45
36	2013/8/15	15:00	Thu	曇	20.9	45.8	C		Ascot Vale	13.3			48
37	2013/8/15	15:15	Thu	曇	19.8	51.5	SE	1.5	Maribyrnong	13.7	2	53	50
38	2013/8/15	15:35	Thu	曇	18.8	45.1	C		Essendon	14.7			51
39	2013/8/15	16:40	Thu	晴	17.6	48.7	NW	0.7	Melbourne Airport	14.7			52

C: calm

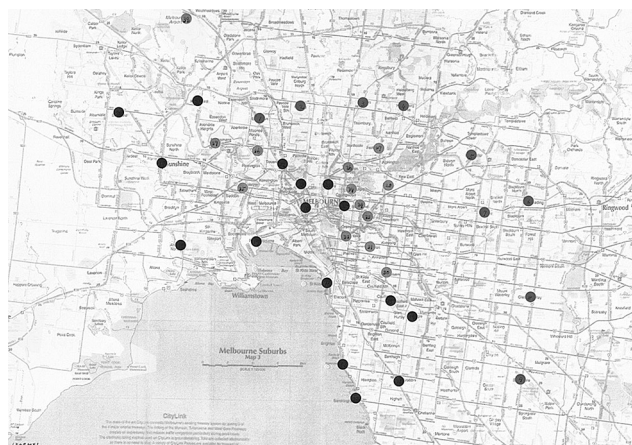


図6 測定場所 1308MEL

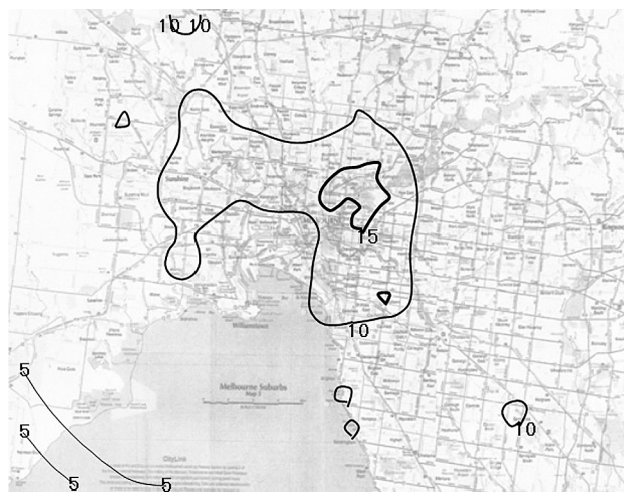


図7 コンターマップ 1308MEL

は、バックグラウンド値を $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ として作図している⁽¹⁴⁾。図7のコンターマップは、バックグラウンド値を $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で作成した。また面測定での最大値は $19.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。コンターマップからメルボルン市街地東側とビクトリア湾東部に若干の濃度勾配が見られた程度で、交通の要所や繁華街での大きなSPMの集中は

見られなかった。また、メルボルン市内を走るトラムのブレーキの効きを良くするために線路に砂利が撒いてあったが、SPM測定に影響は無かった。

3.2. 夏季（2月）調査結果と考察

メルボルンでは11月から3月が夏季（Warm season）である。冬季（8月）の調査時と同様に結果を整理した。この期間の結果には1402MELと付記した。図8には測定期間の気象状況を、図9には風配図を、図10には視程距離を示した。各々のグラフの横軸は冬季と同様ESTである。ただし、調査時にはサマータイムを採用していたので、UTC+11hであった。この期間は図9に示すように南寄りの風で夏の終わりの南極からの風が吹きこんでいた。風速の平均は4.1m/sであった。図10に示すように雨霧時を除くと視界不良の時間帯は観測されていなかった。

次に測定期間のロギング測定の結果を図11に示す。この期間の測定値の平均は12.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、冬季と同様日本の環境基準と比較しても大変低い値での推移であった。

面測定を冬季と同様に計画した。測定箇所は図12に示すように52箇所であり、冬季の測定結果を踏まえ時間の許す限り測定箇所を増やした。その結果（表2）より作成したコンターマップを図13に示した。夏季の面測定値の平均値は11.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、こちらも低い値であった。測定値の最大値は44.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値は検出限界以下（測定器

の表示では0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であった。冬季よりはSPMの濃度勾配が見られ、メルボルン市街地の東側のYarra川沿い（South YarraとRichmond）およびビクトリア湾東岸で濃度が高いところが見られた。

冬と夏の変化率が最も大きかったのは、Keilor EastとSunshineで、冬季の測定値が夏季の5倍以上であった。といっても夏季の測定値がそれぞれ2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大変小さかったからである。ほぼ同じ地点で測定できた測定点同士で比較してみると、夏季の方が大きな値を示したのが16箇所、その逆は18箇所であった。

4. おわりに

メルボルンは、イギリスの経済紙 *The Economist* の調査部門 Economist Intelligence Unit (EIU) が発表した「世界で最も住みやすい都市 World's Most Livable Cities」2013年版で3年連続ランキング1位を獲得した都市である^[15]。このランキングは世界140の都市を、安全性、健康管理、文化・環境、教育、社会基盤（インフラ）の5つのカテゴリと30以上の指標とともに量的・質的に調査・評価が行われたものである。

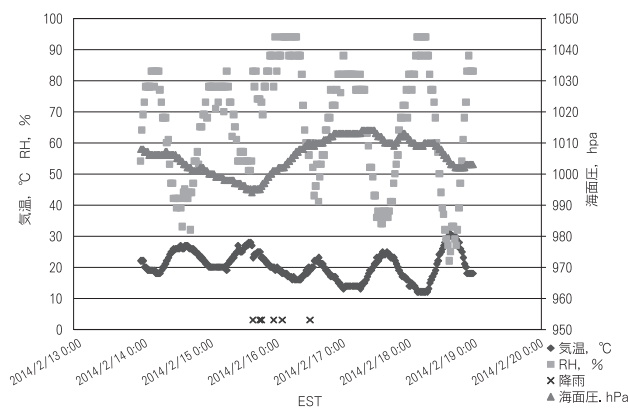


図8 気象状況 1402MEL

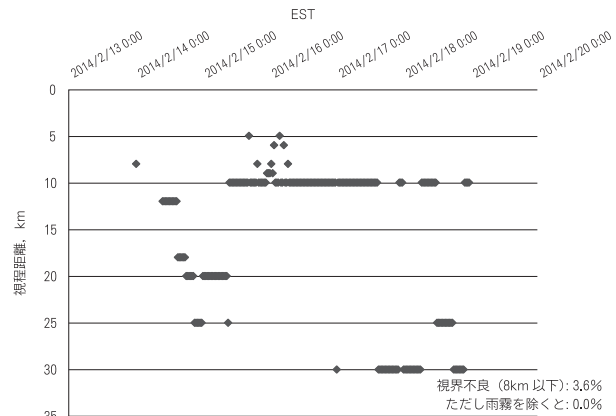


図10 視程距離 1402MEL

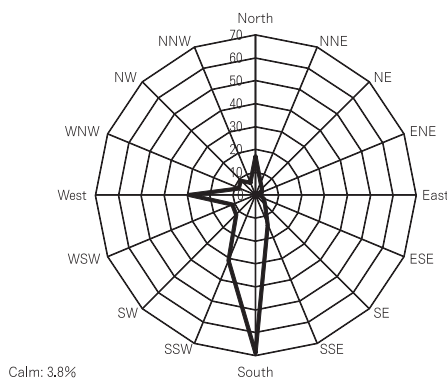


図9 風配図 1402MEL

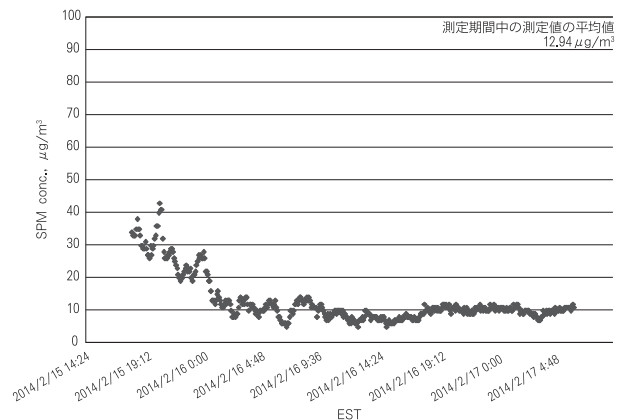


図11 ロギング測定結果 1402MEL

表2 メルボルンの面測定結果 1402MEL

Position No. 1402MEL	Date	Time (EST)	Day of Week	天気	Temp.: °C	RH: %	Wind Direction	Wind Velocity: m/s	Measurement Place	SPM, µg/m³	UV インデックス mW/m²	Ref No. 1308MEL	
1	2014/2/15	12:45	Sat	曇	25.4	72.0	C		Essendon	2.7		1	
2	2014/2/15	13:05	Sat	曇	27.3	64.8	C		Coburg	23.7		2	
3	2014/2/15	13:25	Sat	曇	27.1	62.7	SE	0.9	Preston	10.0		3	
4	2014/2/15	13:40	Sat	曇	27.4	60.6	C		Heidelberg	6.7		4	
5	2014/2/15	14:10	Sat	曇	29.7	64.4	C		Doncaster	4.3		5	
6	2014/2/15	15:00	Sat	曇	27.0	61.6	C		Box Hill	11.3		7	
7	2014/2/15	15:15	Sat	曇	29.3	58.8	C		Nunawading	13.3		6	
8	2014/2/15	15:35	Sat	曇	29.2	57.5	C		Glen Waverley	21.7		8	
9	2014/2/15	16:00	Sat	曇	29.3	56.9	C		Springvale	21.3		9	
10	2014/2/15	16:20	Sat	曇	28.7	60.4	C		Moorabbin	21.3		11	
11	2014/2/15	16:50	Sat	薄曇	27.6	68.5	C	5.7	Sandringham	27.0	2	54	12
12	2014/2/15	17:10	Sat	薄曇	28.9	63.7	C		Brighton Beach	18.7		13	
13	2014/2/15	17:25	Sat	晴	29.4	58.1	C		Carnegie	17.0	2	50	14
14	2014/2/15	17:35	Sat	薄曇	28.2	58.3	C		Caulfield	18.0		15	
15	2014/2/15	17:55	Sat	薄曇	28.5	66.1	C		St. Kilda	31.3		16	
16	2014/2/15	18:15	Sat	薄曇	27.5	63.7	S	2.6	Prahran	18.0		17	
17	2014/2/15	18:30	Sat	曇~晴	26.5	71.2	S	0.7	Toorak	26.7		31	
18	2014/2/15	18:40	Sat	薄曇	25.2	68.1	SE	1.2	South Yarra	39.0		32	
19	2014/2/15	18:55	Sat	曇	25.4	68.3	S	0.8	Richmond	44.0		33	
20	2014/2/16	9:30	Sun	雨	21.1	78.0	C		MEL Central	6.3		10	
21	2014/2/16	9:40	Sun	強雨	19.3	80.0	C		Fitzroy	6.7		24	
22	2014/2/16	10:00	Sun	雨	19.2	86.6	SE	2.4	Abbotsford	3.3		34	
23	2014/2/16	10:10	Sun	少雨	20.5	83.6	C		Clifton Hill	4.0		26	
24	2014/2/16	10:30	Sun	少雨	18.9	82.4	C		Alphington	6.0		25	
25	2014/2/16	10:50	Sun	少雨	19.2	78.5	S	2.2	Ivanhoe	4.7		27	
26	2014/2/16	11:10	Sun	少雨	20.9	71.1	C		Kew	9.3		28	
27	2014/2/16	11:50	Sun	薄曇	21.7	61.8	SSW	1.8	Port Melbourne	0.0		17	
28	2014/2/16	12:35	Sun	曇	20.8	70.8	SSE	2.7	Williamstown	4.0		18	
29	2014/2/16	13:00	Sun	薄曇	20.0	67.8	SSW	3.9	Altona North	5.0		19	
30	2014/2/16	13:15	Sun	薄曇	24.7	58.0	S	3.4	Laverton North	0.5		20	
31	2014/2/16	14:45	Sun	晴	24.3	59.7	S	2.6	Sunshine	3.3	7	170	19
32	2014/2/16	15:10	Sun	晴	22.1	56.0	SSE	2.9	St. Albans	4.7		20	
33	2014/2/16	15:30	Sun	晴	22.2	55.2	SSE	3.4	Taylors Lakes	3.3		21	
34	2014/2/16	15:50	Sun	晴	23.3	52.1	SSE	2.9	Keilor East	2.7		22	
35	2014/2/16	16:35	Sun	晴	24.2	45.9	S	2.9	Broadmeadows	2.7		23	
36	2014/2/16	17:00	Sun	晴 風強し	22.8	50.0	W	5.7	Thomastown	15.7		24	
37	2014/2/16	17:10	Sun	晴 風強し	23.0	54.9	SSE	2.2	Reservoir	1.7		25	
38	2014/2/16	17:25	Sun	晴	24.1	52.0	S	1.1	Preston	2.0		3	
39	2014/2/17	9:35	Mon	晴	21.1	54.4	C		Carlton	10.7		23	
40	2014/2/17	9:55	Mon	晴	21.9	51.7	C		Royal Exhibition Building	10.0		24	
41	2014/2/17	10:30	Mon	晴	22.3	51.0	C		Shrine of Remembrance	11.3		25	
42	2014/2/17	11:00	Mon	薄曇	20.2	55.1	SE	1.7	South Melbourne	9.7		26	
43	2014/2/17	11:15	Mon	薄曇	19.7	59.4	WSW	2.7	Albert Park	11.7		27	
44	2014/2/17	12:05	Mon	晴	22.9	50.0	SE	1.4	Docklands	10.0	7	169	28
45	2014/2/17	13:35	Mon	晴	29.1	41.0	C		Footscray	21.3		35	
46	2014/2/17	13:45	Mon	晴	26.2	48.3	C		Flemington Racecourse	11.7		29	
47	2014/2/17	14:05	Mon	晴	26.8	46.3	NE	0.3	The Royal Melbourne Zoological Gardens	10.0		22	
48	2014/2/17	14:25	Mon	薄曇	28.7	47.2	C		Ascot Vale	10.3		36	
49	2014/2/17	14:40	Mon	薄曇	27.2	46.0	C		Moonee Ponds	11.7		30	
50	2014/2/17	14:55	Mon	薄曇	27.9	43.6	C		Maribyrnong	11.0		37	
51	2014/2/17	15:55	Mon	薄曇	27.2	45.0	S	0.7	Essendon	10.3		38	
52	2014/2/17	16:20	Mon	薄曇	28.4	41.0	C		Melbourne Airport	10.3		39	

C: calm

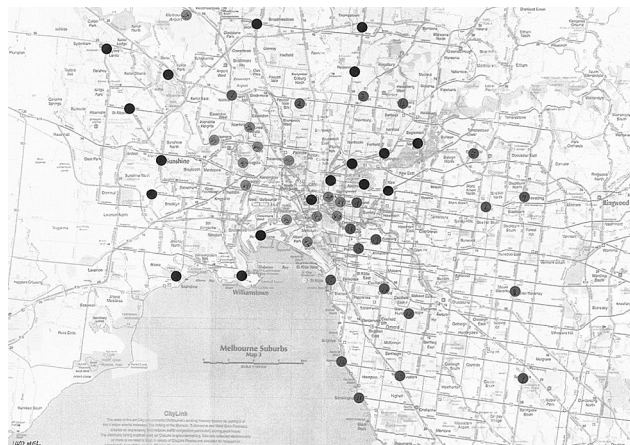


図12 測定場所 1402MEL

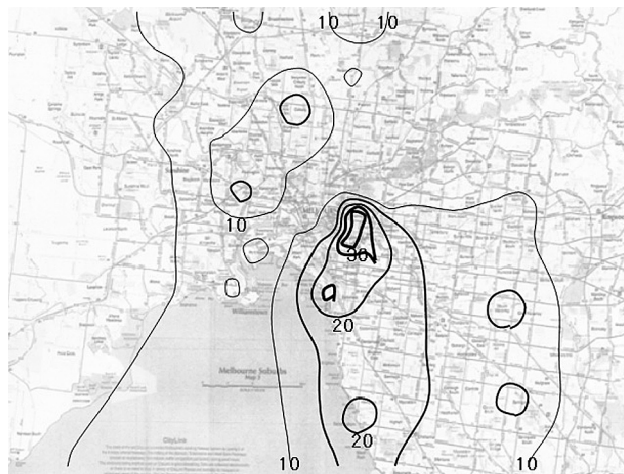


図13 コンターマップ 1402MEL

また、*National Geographic* の記事によると、化学赤道すなわちオーストラリア北側部分には地球全体に及ぶ幅 50 km の大気上の境界があり、北半球の汚染された大気と南半球のきれいな大気の間でバリアの役目を果たしている(図 14)と考えられている^[16]。さらに、シンガポールやインドネシアなどで森林火災などを原因として発生する Haze^[17]の影響もメルボルンまでは届かない。そのため今回は、これまでの測定都市とは異なり、SPM に関しては大変良好な状況が期待できる都市での環境測定であった。

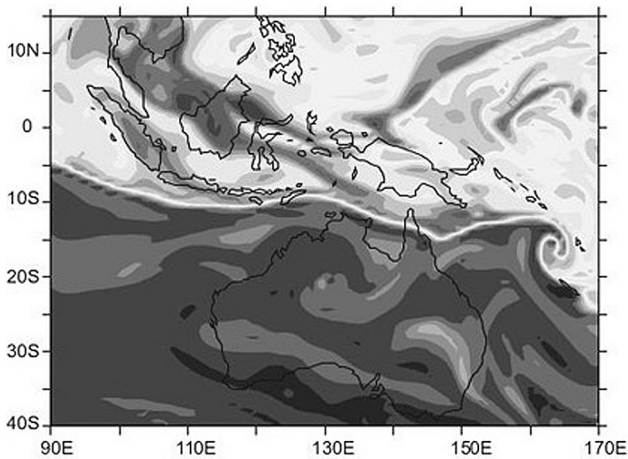


図 14 化学赤道^[16]

オーストラリア環境省によると、1988年から1996年の平均値(1時間値の24時間平均値)でPM₁₀が18.97 μg/m³、PM_{2.5}が9.4 μg/m³ということである^[18]。なお、オーストラリアの環境基準はWHOと同じく1時間値の24時間平均値でPM₁₀が50 μg/m³、PM_{2.5}は25 μg/m³である。この基準を超えた日数が、2001年のメルボルンでは、PM₁₀が1日、PM_{2.5}では5日であった^[19]。オーストラリア環境省の報告では最近ではあまりPMについて触れられておらず、2008年にwoodheaters(薪ストーブ)の使用形態とPMの放出率を見積もるための基礎的データが必要であることが指摘されている程度である^[20]。すなわち、PMはオーストラリアでは問題となっていないということであろう。

2013年8月(冬季)と2014年2月(夏季)の2回、メルボルンを訪れ、SPMのロギング測定と面測定を実施した。メルボルン市街地および20 km圏内を調査対象とした。その中には、いわゆる繁華街、高級住宅地、低所得者用アパート街、倉庫街、アングロサクソン系が多い街、中国人やベトナム人が多い街など様々な地区を調査したが、SPM濃度が突出して高いところは無かった。車の燃料は無鉛ガソリンあるいはディーゼルで、環境基準も日本と特

に変わりは無かった。そのような中、SPMが低濃度で推移している様子は大変興味深いものであった。

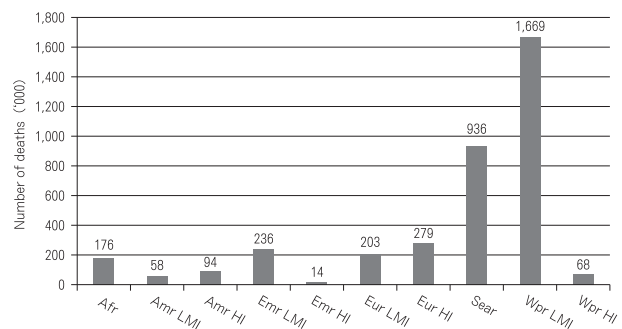
世界銀行が発表している各都市の大気汚染データ^[21]より、本研究室で調査した都市の人口(2010年)とPM₁₀(1990年, 2011年)のデータをピックアップした(表3)。どの都市もこの20年で改善が見られるが、メルボルンが1990年の時点で既に大変低濃度であったことがうかがえる。

表3 これまで調査した都市の人口とPM₁₀の公式データ

(世界銀行のデータ^[21]より作成)

国名	都市名	人口 千人 2010年	PM ₁₀ μg/m ³ 1990年	PM ₁₀ μg/m ³ 2011年
Australia	Melbourne	3,853	21	13
China	Beijing	12,385	178	118
	Shanghai	16,575	113	74
Indonesia	Jakarta	9,210	62	50
Japan	Tokyo	36,669	48	23
Korea, Rep	Busan	3,425	52	46
	Seoul	9,773	55	48
Malaysia	Kuala Lumpur	1,519	59	47
Mexico	Mexico City	19,460	95	54
Philippines	Manila	11,628	57	44
Singapore	Singapore	4,837	42	25
Thailand	Bangkok	6,976	46	46

WHOがPMなどの大気汚染物質が原因で亡くなった人が2012年に推計700万人であったとの報告を出した^[22]。そのうち、屋外の大気汚染による死者は世界で370万人、地域別の死者数グラフを図15に示す。Wpr LMI地区167万人とは、太平洋西部地域の中低位所得国、すなわち中国がほとんどであり、Sear地区94万人は東南アジア地域で、その大半はインドが占める。特に中国では石炭系の燃料が指摘されており、大気汚染による中国とインドの健康被害は深刻になってきている。



Amr: America, Afr: Africa, Emr: Eastern Mediterranean, Sear: South-East Asia, Wpr: Western Pacific, LMI: Low-and middle-income; HI: High-income.

図 15 屋外の大気汚染地域別死者数^[22]

都市住民が自分たちの住んでいる環境に関心を持ち、正しい情報を得、更にその情報が更新されていくことは必要不可欠となっている。今回調査対象としたメルボルンでは、SPMを判断基準とすると大気汚染の発生も流入も少なく、澄み渡った空のもと良好な状態であった。今まで本研究室で取り組んできた東～東南アジアの都市とは全く異なる状況であった。ただ、実際にメルボルンに暮らすとなると落書きの多い街並みや高い物価など、東京と比べても心配な点が無いわけではない。

PMの問題は地域の問題であるとともに地球規模の問題でもある。今後もPMを中心としたの大気環境に注意を払い続け、生活者・生活空間の目線から環境問題の解析や国際比較を試みていきたいと考えている。

【謝辞】この研究には昭和女子大学・学長裁量研究費の援助を得た。併せてメルボルンでの測定に関して、現地在住の川上英二氏、前田優美恵氏のご助言をいただいた。

本研究の一部は2014年6月に開催された日本環境学会第40回研究発表会にて口頭発表を行った。

【References】

- [1] NASA Earth Observatory, The Global Toll of Fine Particulate Matter:
<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=82087>
- [2] EANET: <http://www.eanet.asia/jpn/>
- [3] 自動車排出ガス対策実務担当者会議:
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/policy_others/international/gas_network/index.html
- [4] たとえば、2013年10月18日産経ニュース「PM_{2.5}」に最高レベルの発がん性 WHO 専門組織が警告:
<http://sankei.jp.msn.com/world/news/131018/erp13101811060005-n1.htm>
- [5] 環境省、大気汚染に係る環境基準:
<http://www.env.go.jp/kijun/taiki.html>
- [6] 環境省、平成21年9月9日「微小粒子状物質に係る環境基準について」(告示)について(お知らせ):
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11546>
- [7] たとえば、中山榮子、プノンペン(カンボジア)における浮遊粒子状物質(SPM)の現状、昭和女子大学紀要「学苑」、873, p 23-31 (2013)
- [8] 中山榮子、アジア各都市におけるSPM簡易測定法の開発、昭和女子大学大学院生活機構研究科紀要, 18, p 1-9 (2009)
- [9] Excel アドイン工房:
<http://www7b.biglobe.ne.jp/~hayakari/>
- [10] Weather Underground:

- <http://www.wunderground.com/>
- [11] Hong Kong Observatory:
http://www.weather.gov.hk/cis/statistic/hko_redvis_statistic_e.htm
 - [12] 中山榮子ほか、第34回日本環境学会予稿集, p 309-312 (2008)
 - [13] 中山榮子、いくつかのアジアの都市における浮遊粒子状物質(SPM)の現状—ジャカルタとハノイ、昭和女子大学紀要「学苑」、849, p 50-60 (2011)
 - [14] 中山榮子ほか、第39回日本環境学会予稿集, p 263-264 (2013)
 - [15] *The Economist*, The Melbourne supremacy, Aug. 28th 2013:
<http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2013/08/daily-chart-19>
 - [16] *National Geographic*, “Chemical Equator” Divides Earth’s Hemispheres, Oct. 2nd 2008 (National Geographic News):
<http://news.nationalgeographic.com/news/2008/10/081002-chemical-equator.html?source=rss>
 - [17] The Atlas for Emigration, 大規模な森林火災などのばい煙(ヘイズ: haze):
<http://emigration-atlas.net/environment/air-pollution.html#haze>
 - [18] Australian Government, Department of the Environment, Atmosphere Theme Report, Australia State of the Environment Report 2001 (Theme Report):
<http://www.environment.gov.au/node/21530>
 - [19] Australian Government, Department of the Environment, Indicator: A-22 Concentration of Particles PM₁₀ and PM_{2.5} in urban areas:
<http://www.environment.gov.au/node/22302>
 - [20] Australian Government, Department of the Environment, Measurement of real-world PM₁₀ emission factors and emission profiles from woodheaters by in situ source monitoring and atmospheric verification methods:
<http://www.environment.gov.au/resource/measurement-real-world-pm10-emission-factors-and-emission-profiles-woodheaters-situ-source>
 - [21] World Bank, 2014 Environment, 3.14 World Development Indicators: Air pollution:
http://wdi.worldbank.org/FileDownloadHandler.ashx?filename=3.14_Air_pollution.pdf&filetype=wdistatic
 - [22] WHO, Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012:
http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf?ua=1

なお、Websiteの最終アクセスはすべて2014年5月24日である。

(なかやま えいこ 環境デザイン学科)