

国立国会図書館

PM2.5 による大気汚染の現状と対策

調査と情報—ISSUE BRIEF— NUMBER 866 (2015. 4. 28.)

はじめに	2 中国
I PM2.5 について	3 日本
1 定義	III PM2.5 対策と課題
2 発生原因	1 濃度上昇時の対応
3 健康影響	2 国内における発生抑制
4 環境基準	3 越境汚染への対応
II PM2.5 汚染の現状	おわりに
1 世界	

- PM2.5 は極めて微小な粒子で、燃料を燃焼したときに発生するほか、硫黄酸化物、窒素酸化物等が大気中で化学反応を起こして生じる場合もある。濃度が高まると死亡等のリスクが増大することが指摘されている。
- アジア・中東などの都市での汚染が激しく、また世界の多くの都市で汚染が悪化する傾向にあるという。とりわけ中国では、一時的に非常に高濃度になることがあり、多くの住民が健康被害を受けている模様である。
- 日本の濃度は低下する傾向にあるが環境基準の達成率は低く、濃度上昇時の対応や排出抑制策の検討がなされている。越境汚染への対応については、関係国間の認識の差を埋める必要性が指摘されている。

国立国会図書館
調査及び立法考査局農林環境課
えんどう まさひろ
(遠藤 真弘)

はじめに

2013（平成 25）年 1 月中旬、中国・北京を中心とした広い範囲で深刻な大気汚染が発生し、現地では体調の不調を訴える住民が続出したほか航空便の欠航も相次いだ¹。この汚染の主な原因は PM2.5²と呼ばれる物質である。我が国でも、PM2.5 に関する汚染の状況や健康影響等の報道が増えるなど国民の関心が高まっている。

本稿では、PM2.5 の定義、発生原因、健康影響、環境基準について概略を説明する。また、PM2.5 による汚染状況を紹介し、最後に PM2.5 対策と今後の課題を整理する。

I PM2.5 について

1 定義

大気中には、様々な大きさの粒子が多種多様な成分の混合物として浮遊しており、これらを総じて粒子状物質（Particulate Matter: PM）と呼んでいる。

粒子状物質は、およそ直径 2.5 μ m を境にして、それより大きい「粗大粒子」と小さい「微小粒子」とに分けられる。粗大粒子は火山灰、花粉など自然起源のものが多く、対し、火力発電や自動車など化石燃料の燃焼で生じるばい煙の多くは微小粒子に属している³。

PM のうち直径 2.5 μ m 以下の微小粒子は PM2.5 又は微小粒子状物質と呼ばれ、多種多様な成分の混合物として大気中に浮遊している。2.5 μ m という長さは、1mm の 400 分の 1、あるいは平均的な毛髪の直径（約 70 μ m）の 30 分の 1 という極めて微小なものである⁴。

2 発生原因

PM2.5 は、大きく一次生成粒子（一次粒子）と二次生成粒子（二次粒子）に分けられる。一次粒子は、発生源から直接排出されるもので、具体的には、①燃料等の燃焼、②堆積物の破砕や研磨等、により人為的に発生するものと、③土壌粒子（黄砂、土砂等）、④海塩粒子、⑤火山噴煙、といった自然起源によるものがある⁵。①については、草木を燃やした場合にも発生し、たばこの煙にも PM2.5 が含まれることが知られている。

二次粒子は、硫黄酸化物（SO_x）、窒素酸化物（NO_x）、塩酸（HCl）、アンモニア（NH₃）、揮発性有機化合物（VOC）などのガス状物質が、大気中で化学反応を起こして粒子化したものである。ガス状物質の発生源もまた、①燃料等の燃焼、②農業（畜産等）、により人為的に発生するものと、③土壌（NH₃ 等）、④植物（VOC）、といった自然起源によるものがある⁶。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成 27 年 4 月 21 日である。

¹ 「北京 大気汚染に苦しむ」『読売新聞』2013.1.14.

² PM2.5 は、本来「PM_{2.5}」と書くべきものとされるが、「PM2.5」という書き方も一般に通用しているため、本稿では原則として「PM2.5」と表記する。

³ 坂本和彦「微小粒子状物質に関する問題の背景と現状」『環境管理』49 巻 6 号, 2013.6, p.5.

⁴ 同上, p.4.

⁵ 大原利眞「発生源と越境汚染状況」編集企画委員会編著『知っておきたい PM_{2.5} の基礎知識』日本環境衛生センター, 2013, p.26.

⁶ 同上, p.27.

3 健康影響

PM2.5 のように粒径が小さい粒子は大気中に比較的長く浮遊するとされ、これを人が吸入すると細気管支や肺胞レベルまで到達して肺の内部に沈着しやすいことから、健康影響が懸念されている⁷。

PM2.5 の健康影響については、1990 年代から米国などで疫学研究の知見が蓄積されてきた。PM2.5 の健康影響には、短期影響（数時間から数日間 PM2.5 にさらされた場合の影響）と、長期影響（数年以上 PM2.5 にさらされた場合の影響）の 2 つの側面があり、それぞれ検討されている。

1993 年には、米国の研究チームが、PM2.5 の長期影響について、PM2.5 の濃度⁸が上昇すると死亡率が高くなることを示した⁹。米国環境保護庁（United States Environmental Protection Agency: USEPA）は、その後の様々な知見も踏まえ、PM2.5 の濃度が 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇するごとに短期影響による死亡リスクが 0.3～1.2%、長期影響による死亡リスクが 6～13%増加し、いずれも死亡との因果関係が存在すると結論付けている¹⁰。欧州における最近の研究でも、PM2.5 の濃度が 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇するごとに、長期影響による死亡リスクが 7%増加し、肺がんになるリスクも 18%増加することが示されている¹¹。

ただし、PM2.5 には、成分の組成が発生源によって異なるという特徴があることから、健康影響の評価に当たっては国や地域の特性やライフスタイルの違いなどを考慮する必要があるとされており¹²、欧米の研究成果をそのまま我が国に適用することは必ずしも適切でない。中央環境審議会の専門委員会は、我が国では PM2.5 の健康影響に関する国内の知見が外国よりも不足しているため、国内知見の蓄積に向けて、疫学研究等をさらに推進する必要があると提言している¹³。

4 環境基準

健康影響に関する知見などを踏まえ、各国で PM2.5 の環境基準が導入されている（表 1）。基準値が小さいほど厳しい基準である。また、「年平均値」と「日平均値」とがあり、それぞれ長期影響、短期影響に対応した基準値となっている。

以下では、諸外国及び日本における PM2.5 環境基準の概要、環境基準が導入された経緯等について紹介する。

⁷ 島正之「健康影響」同上, p.33.

⁸ PM2.5 濃度の単位は 1 立方メートル当たりの重量 (μg)、すなわち「 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 」などと表されることが多い。1 μg （マイクログラム）は、1g（グラム）の 100 万分の 1 の重さである。

⁹ Douglas W. Dockery et al., “An association between air pollution and mortality in six U.S. cities,” *New England Journal of Medicine*, Vol.329, No.24, December 9, 1993, pp.1753-1759. <<http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM199312093292401>>

¹⁰ USEPA, *Integrated Science Assessment for Particulate Matter*, EPA/600/R-08/139F, Washington, D.C.: 2009, pp. 2-11-2-12, 6-200, 7-82. <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/partmatt/Dec2009/PM_ISA_full.pdf>

¹¹ Rob Beelen et al., “Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project,” *The Lancet*, Vol.383, March 2014, pp.791-792.

¹² 島 前掲注(7), p.38.

¹³ 「中央環境審議会大気環境部会 微小粒子状物質環境基準専門委員会報告」2009.9, p.7-4. 環境省ウェブサイト <<http://www.env.go.jp/council/toshin/t07-h2102/01-3.pdf>>

表 1 各国・地域等の PM2.5 に係る環境基準

	年平均値	日平均値	備考
米国 (2013 年)	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1997 年に初めて設定 (年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) され、2006 年の改定 (年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を経て、2013 年に左記のように改定。
EU (2008 年)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	—	第 2 段階の目標値 (2020 年 1 月 1 日までに達成)。これとは別に、第 1 段階の目標値として年平均値 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015 年 1 月 1 日までに達成) を設定。
中国 (2012 年)	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	「2 級」(居住地域等に適用) の基準。「1 級」(年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) の基準は、自然保護区等に適用。両基準は、2012 年から段階的に施行地域を拡大し、2016 年 1 月 1 日から全国で施行。
韓国 (2011 年)	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015 年 1 月 1 日から施行。
WHO (2006 年)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO 大気質指針値として設定。
日本 (2009 年)	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	中央環境審議会の答申を受けて平成 21 年 9 月に告示。

(出典) 米国 : U.S. Environmental Protection Agency, “National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter,” *Federal Register*, Vol.78, No.10, January 15, 2013, pp.3086, 3090-3091.

EU : “DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe,” *Official Journal of the European Union*, L 152, 11 June 2008, p.35.

中国 : 「中华人民共和国国家标准 环境空气质量标准」GB3095-2012, 2012.2.29 发布, 2016.1.1 实施, pp.2-3; 中华人民共和国环境保护部「关于实施《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的通知」(环发[2012]11 号) 2012.2.29.

韓国 : 「環境政策基本法施行令 (환경정책기본법 시행령)」(2011 年 3 月 29 日大統領令第 22768 号) による一部改正) の別表 1 「環境基準」

WHO : WHO Regional Office for Europe, *Air Quality Guidelines: Global Update 2005: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*, 2006, pp.278-279.

日本 : 「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」(平成 21 年環境省告示第 33 号)

(1) 諸外国の環境基準

米国では 1997 年、疫学的知見などを踏まえ、初めて PM2.5 の環境基準 (年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) が導入された。当時は、まだ科学的根拠が十分と言える状況ではなく、産業界が訴訟を起こすなど PM2.5 の環境基準に対する批判もあったことから、USEPA はその後も研究を積極的に進めた¹⁴。その結果、新たな知見を踏まえ、2006 年に日平均値を 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ へと強化する基準値が、2013 年には年平均値を 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ へと強化する基準値がそれぞれ新たに示されている¹⁵。

EU では「第 6 次環境行動計画」(2002～2012 年) に基づき、欧州委員会が 2005 年に「大気汚染に関するテーマ別戦略」を策定した。同戦略は、科学的知見などを踏まえ、大気汚染に係る法規制を改正し、PM2.5 の環境基準を新たに導入するよう求めた¹⁶。その後、2 年以上にわたる議論を経て、PM2.5 の環境基準を盛り込んだ新たな EU 指令¹⁷が採択され 2008 年に発効した。同指令は、PM2.5 の目標値 (年平均値) を 2015 年 (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、2020 年 (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) の 2 段階で設定している¹⁸。

¹⁴ 香川順「米国の粒子状物質に係る環境基準の改定提案の概要—PM_{2.5} のより厳しい基準値と新しく PM_{10-2.5} の基準値の設定提案—」『大気環境学会誌』41 巻 5 号, 2006.9, pp.A55-A56.

¹⁵ 詳しい経緯は、香川順「米国が PM_{2.5} の年の一次基準値を 12.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に低下させた経緯」『大気環境学会誌』48 巻 4 号, 2013.7, pp.206-213 を参照のこと。

¹⁶ Commission of the European Communities, “Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: Thematic Strategy on air pollution,” COM (2005) 446 final, 21.9.2005, p.5. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0446:FIN:EN:PDF>>

¹⁷ “DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe,” *Official Journal of the European Union*, L 152, 11 June 2008, pp.1-44.

¹⁸ *ibid.*, p.35.

中国では2012年2月に環境基準が改正され、新たにPM2.5の環境基準が設けられた。基準値は、「1級」（年平均値15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と「2級」（年平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の2種類があり、「1級」は自然保護区等に、「2級」は居住地域、商業地域、工業地域、農村地域等に適用される。この基準は、2016年1月に全国で施行されるが、それ以前に段階的に施行地域を拡大することになっており、北京市をはじめとする74都市では2012年から前倒しで施行されている。

韓国では2011年3月に環境基準が改正され、新たにPM2.5の環境基準（年平均値25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）が設けられた。この基準は、2015年1月1日から施行されている。

WHO（世界保健機関）の欧州地域事務所は、2001年から2004年まで欧州での大気汚染による健康影響に関するレビューを行い、PM2.5と死亡率等との間に強い関連が認められるとして、WHO大気質指針にPM2.5を加えるよう勧告した¹⁹。これを受けて、WHOは大気質指針の改訂作業を行い、2006年にPM2.5の指針値を盛り込んだ新しい大気質指針を発表した。指針値は、年平均値が10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値が25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、各国・地域の環境基準より厳しい水準となっている。

（2）日本の環境基準

我が国では、米国がPM2.5の環境基準を導入した直後の1997（平成9）年度から、環境庁（当時）がPM2.5の測定方法に関する調査を開始した。続いて、PM2.5の健康影響を明らかにするため、1999（平成11）年度から「微小粒子状物質曝露影響調査研究」を開始し、2007（平成19）年7月に報告書を取りまとめた。さらに環境省は、PM2.5の健康影響評価を行う「微小粒子状物質健康影響評価検討会」（以下「検討会」とする。）を同年5月に設置した。

他方、東京都内のぜん息患者らが国等に対して大気汚染物質の排出差止め、損害賠償などを求めた、いわゆる東京大気汚染訴訟²⁰（同年8月に和解が成立）の和解協議では、ぜん息患者らが国にPM2.5の環境基準を導入するよう求めており²¹、和解条項には、環境省が「環境基準の設定も含めて対応について検討する」と明記された²²。

検討会は、2008（平成20）年4月に報告書を取りまとめ、PM2.5が総体として人の健康に一定の影響を与えていることを支持するとともに、環境目標値の設定についてはリスク評価手法を十分に検討すべきであるとした²³。その後、中央環境審議会に「微小粒子状物質リスク評価手法専門委員会」が設置され、同年11月に報告書が取りまとめられたのを受け、翌月、斉藤鉄夫環境大臣（当時）が中央環境審議会に、微小粒子状物質に係る環境基準の設定について諮問した。翌年9月、中央環境審議会から答申が出され、PM2.5の環境基準（1年平均値で15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、かつ、1日平均値で35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）が告示されるに至った²⁴。

¹⁹ WHO Regional Office for Europe, *Health aspects of air pollution: results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe"*, June 2004, pp.4, 20.

²⁰ 第一次訴訟は、1996（平成8）年5月に提起された。

²¹ 「東京大気汚染訴訟 国と原告 和解協議14日開始」『読売新聞』2007.2.9.

²² 和解条項の内容は、首都高速道路株式会社のプレスリリース「“東京大気汚染訴訟”の和解成立について」2007.8.8. <<http://www.shutoko.co.jp/~media/pdf/corporate/company/press/h19/8/wakai.pdf>> を参照。

²³ 「微小粒子状物質健康影響評価検討会 報告書」2008.4, pp.8-3-8-4. 環境省ウェブサイト <<http://www.env.go.jp/air/report/h20-01/mat08.pdf>>

²⁴ 「微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について」（平成21年環境省告示第33号）

Ⅱ PM2.5 汚染の現状

1 世界

WHO は、世界の 1628 都市（91 か国）における PM10（PM のうち直径 10 μ m 以下のもの）及び PM2.5 の年平均値データを取りまとめ、2014 年に公表した。WHO は、PM10 又は PM2.5 に関する WHO 大気質基準（年平均値 10 μ g/m³）を満たしている都市に住む人の割合は全体の 12%にとどまる一方、人口の大半が基準を大きく上回る汚染にさらされているとし、多くの都市で汚染が悪化する傾向にあると警告した²⁵。

WHO のデータによれば、PM2.5 の年平均値が高い国は、パキスタン、カタール、アフガニスタンなどであり（表 2）、このほか、インド 59 μ g/m³、中国 41 μ g/m³、韓国 23 μ g/m³、英国 14 μ g/m³、米国 12 μ g/m³、日本 10 μ g/m³ などとなっている。都市別では、インド、パキスタンなどの都市で 100 μ g/m³を超えている（表 2）ほか、北京 56 μ g/m³、ソウル 22 μ g/m³、ロンドン 16 μ g/m³、ニューヨーク 14 μ g/m³、東京都千代田区 10 μ g/m³ などとなっている²⁶。

表 2 PM2.5 濃度の高い国又は都市

国	年平均値	都市	年平均値
パキスタン	101 μ g/m ³	ニューデリー（インド）	153 μ g/m ³
カタール	92 μ g/m ³	パトナ（インド）	149 μ g/m ³
アフガニスタン	84 μ g/m ³	グワーリヤル（インド）	144 μ g/m ³
バングラデシュ	79 μ g/m ³	ラーイプル（インド）	134 μ g/m ³
イラン	76 μ g/m ³	カラチ（パキスタン）	117 μ g/m ³

（出典）WHO, “Ambient (outdoor) air pollution database, by country and city,” May 2014. <http://www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/aap_pm_database_may2014.xls?ua=1> を基に筆者作成。

2 中国

中国ではこれまで硫黄酸化物（SOx）など大気汚染対策に取り組んできた経緯もあり、地域によっては 2000 年から 2010 年頃にかけて PM2.5 濃度が低下したとみられる。米国の研究チームが、NASA の人工衛星データを用いて 2001～2003 年頃から 2008～2010 年頃までの PM2.5 濃度の変化を分析し、北京市や北部のいくつかの省では濃度が低下したことを示している²⁷。北京市も、市内の PM2.5 濃度が 2000 年の 100～110 μ g/m³ から 2010 年の 70～80 μ g/m³ まで低下したと発表している²⁸。

近年は、より詳細な測定結果が得られるようになった。2013 年には、中国 74 都市で PM2.5 濃度の測定が始まり、中国政府が測定結果を公表している。74 都市の年平均値は 26～

²⁵ WHO, “Air quality deteriorating in many of the world’s cities,” 7 May 2014. <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-quality/en/>>

²⁶ WHO, “Ambient (outdoor) air pollution database, by country and city,” May 2014. <http://www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/aap_pm_database_may2014.xls?ua=1>

²⁷ Erica Zell et al., “Bottom Up or Top Down? Another Way to Look at an Air Quality Problem,” 3.7.2012, *State of the planet*. Columbia University Website <<http://blogs.ei.columbia.edu/2012/03/07/bottom-up-or-top-down-another-way-to-look-at-an-air-quality-problem/>>

²⁸ 「北京、過去 10 年間の「PM2.5」平均濃度を公表」2012.1.9. 人民網日本語版ウェブサイト <<http://j.people.com.cn/94475/7700074.html>>

160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （平均 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であり、京津冀地域（106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）や北京市（89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の濃度が高い（表 3）。他方、北京の米国大使館が測定している 1 時間ごとのデータによれば、2009～2014 年の年平均値は 90～105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移しているものの、各年とも最高値は 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え、気象条件等によっては非常に高濃度の汚染状態になることが明らかになっている（表 4）。北京市における PM2.5 の主な汚染源（2012～2013 年度）は、自動車（31.1%）、石炭燃焼（22.4%）、工業生産（18.1%）であり、これら合計で全体の約 7 割を占めている²⁹。

北京大学の研究によれば、2013 年の PM2.5 汚染により、北京など中国 31 都市の死亡者数は、WHO 大気質基準（10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を満たした場合と比較して 25.7 万人増加したと推計されている³⁰。また、中国医師協会が北京など 20 都市 68 万人を調査したところ、住民の 77% がのどの炎症や気管の疾患などの異常を、43% が動悸やめまいなど心臓・血液系の疾患を訴えており、その主な原因は PM2.5 とみられるという³¹。

表 3 中国の PM2.5 濃度（中国政府発表、2013 年）

地域	年平均値	備考
全国 74 都市	72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	範囲は 26～160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
京津冀 13 都市（北京市、天津市、河北省）	106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	北京市は 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
長江デルタ 25 都市（上海市、江蘇省南部、浙江省北部）	67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	上海市は 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
珠江デルタ 9 都市（広州市、深圳市、珠海市等）	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	広州市は 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

（出典）中华人民共和国环境保护部「大気環境」『2013 年中国環境状況公報』2014.6.5. <http://jcs.mep.gov.cn/hjzl/zkgb/2013zkgb/201406/t20140605_276521.htm> を基に筆者作成。

表 4 北京の PM2.5 濃度の推移（米国政府発表、2008～2014 年）

	2008*	2009	2010	2011	2012	2013	2014
年平均値（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	85	102	104	99	91	102	98
最高値（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	610	712	980	595	994	886	671

*測定が始まった 2008 年 4 月以降の測定値の平均である。

（出典）U.S. Department of State, “Beijing - Historical Data.” StateAir Mission China Website <<http://www.stateair.net/web/historical/1/1.html>> で公表された、米国大使館の測定値を基に筆者作成。

3 日本

我が国における PM2.5 濃度の年平均値は、一般環境大気測定局（以下「一般局」とする。）³²、自動車排出ガス測定局（以下「自排局」とする。）³³ともおおむね低下する傾向にある（表 5）。これは、ばい煙発生施設（工場等）の排出規制や自動車排ガス規制の強化によるものと考えられている³⁴。ただし、環境基準を達成した測定局の割合（環境基準達成率）は、

²⁹ 北京市环境保护局「北京市 PM2.5 来源解析正式发布」2014.4.16. <<http://www.bjepb.gov.cn/bjepb/323474/331443/331937/333896/396191/index.html>>

³⁰ 潘小川ほか「危険の呼吸 2：大気 PM2.5 对中国城市公众健康效应研究」2015.2.4, p.3. <https://www.greenpeace.org.cn/pm_impact_public_health/>

³¹ 「中国 PM2.5 影響深刻」『東京新聞』2013.6.26.

³² 一般環境大気の汚染状況を常時監視する測定局（都道府県等が設置）。

³³ 自動車走行による排出物質に起因する大気汚染の考えられる交差点、道路及び道路端付近の大気を対象にした汚染状況を常時監視する測定局（都道府県等が設置）。

³⁴ 倉谷英和「環境基準の設定とこれまでの取り組み」編集企画委員会編著 前掲注(5), p.48.

最近の測定結果においても一般局で約 4 割、自排局で約 3 割と低く、特に西日本（九州、中国、四国）の達成率が低い（表 6）。

海洋研究開発機構が日本の PM2.5 がどこから来るのかをシミュレーションにより推定した結果によれば、西日本では大陸からの越境汚染の寄与率が 7 割（中国 6 割、朝鮮半島 1 割）を占めており、大陸からの越境汚染の影響を大きく受けているとみられる（表 7）。ただし、国内発生源についても西日本で 2 割以上、関東では約 5 割の寄与率となっており、国内発生源の影響も小さくない。

表 5 日本の PM2.5 濃度の推移

年度		H13	H14	H15	H16	H17	H18	H22	H23	H24
一般局	年平均値* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28.4 21.4	26.1 15.7	22.8 14.9	23.8 17.0	25.3 16.9	24.3 16.0	15.1	15.4	14.5
	測定局数*	(10) (4)	(10) (4)	(10) (4)	(10) (4)	(10) (4)	(10) (4)	(34)	(105)	(312)
自排局	年平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38.3	34.3	28.6	27.7	29.9	28.8	17.2	16.1	15.4
	測定局数	(5)	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(12)	(51)	(123)

*一般局の年平均値及び測定局数（平成 13～18 年度）は、上段が都市部、下段が非都市部のものである。

（備考）平成 13～18 年度は、環境省の「微小粒子状物質等曝露影響調査」において、ろ過捕集による質量濃度測定方法（フィルタ法）により測定された値。平成 22～24 年度は、環境省「大気汚染状況」に掲載された有効測定局（フィルタ法又は同等の値が得られる自動測定機により測定）における測定値。なお、環境省は、測定局数（都道府県等が設置）を平成 27 年度末までに全国約 1,300 か所に増やす目標を掲げている。

（出典）環境省「第 1 章 曝露評価ワーキンググループ資料編」『微小粒子状物質曝露影響調査報告書 資料編』2007.7, p.23. <http://www.env.go.jp/air/report/h19-03/mats/mt01_2.pdf>; 環境省「大気汚染状況」（平成 22～24 年度）<<http://www.env.go.jp/air/osens/index.html>> を基に筆者作成。

表 6 PM2.5 環境基準達成率の推移及び環境基準達成率が 0% の都道府県

年度	H22	H23	H24	環境基準達成率が 0%（H24 年度）の都道府県
一般局	32.4%	27.6%	43.3%	群馬、兵庫、鳥取、岡山、広島、徳島、香川、愛媛、高知、福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島
自排局	8.3%	29.4%	33.3%	岩手、栃木、富山、三重、滋賀、大阪、奈良、岡山、広島、愛媛、福岡、長崎、熊本、大分、鹿児島

（出典）環境省「大気汚染状況」（平成 22～24 年度）<<http://www.env.go.jp/air/osens/index.html>> を基に筆者作成。

表 7 PM2.5 濃度に対する発生地別寄与率

		九州	中国	四国	近畿	北陸	関東
発 生 地	中国	61%	59%	59%	51%	55%	39%
	朝鮮半島	10%	11%	8%	6%	5%	0%
	日本	21%	25%	23%	36%	33%	51%

（出典）金谷有剛「日本の PM2.5 はどこからくるか～越境汚染の寄与をさぐる～」2014.5.26, p.17. 環境省ウェブサイト <<http://www.env.go.jp/council/07air-noise/y078-2/mat-03/%E8%B3%87%E6%96%99%E7%BC%93%E3%80%80%E8%B6%8A%E5%A2%83%E5%A4%A7%E6%B0%97%E6%B1%9A%E6%9F%93%E7%BC%88%E9%87%91%E8%B0%B7%E5%A7%94%E5%93%A1%E7%BC%89.pdf>> を基に筆者作成。

Ⅲ PM2.5 対策と課題

環境省は2013（平成25）年12月、「PM2.5に関する総合的な取組（政策パッケージ）」を発表し、PM2.5対策として3つの目標を示した³⁵。目標1「国民の安心・安全の確保」は、PM2.5の濃度が上昇した際の対応を改善・強化しようとするものである。目標2「環境基準の達成」は、低迷する環境基準達成率の向上を目指した発生抑制策等である。目標3「アジア地域における清浄な大気の共有」は、主に日中韓の連携協力による越境汚染等への対応である。それぞれの目標に対応する対策とその課題について述べる。

1 濃度上昇時の対応

冒頭でもふれたが、2013（平成25）年1月中旬に中国・北京市内でPM2.5濃度が993 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達する³⁶など高濃度の汚染が続いた。国内でも、福岡市で国の環境基準（日平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を超える濃度が観測され、中国からの越境汚染の懸念や大気汚染観測・予測サイト³⁷へのアクセス集中など国内での関心の高まりが報じられた³⁸。こうした中、福岡市が、同年2月15日から同市ウェブサイトで独自の基準に基づく予測情報の提供を開始するなど自治体の動きも出てきた。

環境省は、急きょ「微小粒子状物質（PM_{2.5}）に関する専門家会合」を設置し、同年2月13日から検討を始めた。その結果、屋外活動を控えるよう注意を促す注意喚起の判断は日平均値70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （以下「指針値」とする。）を超えると予想される場合に行うとの結論を得た³⁹。指針値は、社会的要請を踏まえ、環境基準⁴⁰（日平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）とは別に、法令等に基づかない暫定的な値として示されたもので、「必要に応じ見直しを行う」とされている⁴¹。

注意喚起の運用をめぐるっては、注意喚起したのに実際には指針値を超えなかった「空振り」や、注意喚起しなかったが実際には指針値を超えた「見逃し」が少なくないことが分り、これまでに2度、運用上の改善策が示されている⁴²。また、予測精度を向上させるため、測定局の整備⁴³やシミュレーションモデルの改良等も課題となっている。

³⁵ 環境省「PM2.5に関する総合的な取組（政策パッケージ）」2013.12, pp.2-3. <<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/conf/conf02-00/ref01.pdf>>

³⁶ 993 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ は北京市当局の観測値である（『読売新聞』前掲注(1)）。ちなみに、同時期に米国大使館が観測した最高濃度は886 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

³⁷ 例えば、環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」<<http://soramame.taiki.go.jp>>は、日本、中国、韓国のPM2.5測定値や国内の注意喚起情報を24時間提供している。

³⁸ 「中国から汚れた空気？国内観測値 高い関心」『読売新聞』2013.1.31, 夕刊；「日本の大気 大丈夫？予測サイトにアクセス集中」『朝日新聞』2013.2.3 など。

³⁹ 微小粒子状物質（PM_{2.5}）に関する専門家会合「最近の微小粒子状物質（PM_{2.5}）による大気汚染への対応」2013.2, p.5. 環境省ウェブサイト <<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info/attach/report20130227.pdf>>

⁴⁰ 環境基準は、人の健康を保護する上で維持されることが望ましい水準であるが、これを超過したことのみで健康影響が生じると考えるべきでないとしている（同上, p.3）。

⁴¹ 同上, pp.3-4, 8. なお、指針値は根拠があいまいな面があり、事態収束のために設定された可能性も指摘されている（井上浩義『ここまでわかったPM2.5 本当の恐怖』アーク出版, 2013, pp.166-167）。

⁴² 平成25年11月に従来の「午前中の早めの時間帯での判断」に「午後からの活動に備えた判断」が追加され、平成26年11月に「注意喚起の解除」の判断等が示された。

⁴³ 環境省は、測定局数を平成27年度末までに全国約1,300か所に増やす目標を掲げているが、目標を達成できる都道府県等は全体の7割にとどまるという（「目標の7割が限界 PM2.5測定局」『環境新聞』2014.10.22）。

2 国内における発生抑制

既に述べたように我が国の PM2.5 環境基準の達成率は低く、国内発生源の影響も小さい。環境省は 2013（平成 25）年 12 月、中央環境審議会に「微小粒子状物質等専門委員会」を設置し、国内の排出抑制策を検討した。2015（平成 27）年 3 月の中間取りまとめでは、PM のほか、NO_x、VOC といった化学反応により PM2.5 を生成する原因物質も含め、環境基準達成率の向上に向けた諸課題が示されている（表 8）。

表 8 今後の主な国内排出抑制策（短期的課題）

発生源	短期的課題（要点）
工場等で発生するばいじん、NO _x	従来の「大気汚染防止法」（昭和 43 年法律第 97 号）に基づく排出規制等を踏まえ、追加的な排出抑制策の可能性を検討すべきである。
燃料小売業で発生する VOC	車両への給油時、タンクローリーから地下タンクへの燃料受入時に発生する燃料蒸発ガスの対策を早急に検討すべきである。
自動車から排出される NO _x 、PM 等	大気汚染防止法による排出規制の強化、低公害車等の導入を進める。また、「自動車 NO _x ・PM 法」*による自動車排出ガス対策を進める。
船舶から排出される SO _x 、PM 等	今後予定されている、燃料油中の硫黄に対する濃度規制等を着実に進める。
農地・畜産施設などで発生する NH ₃	当面、硝酸性窒素による地下水汚染の防止策や、指定湖沼等における富栄養化対策を推進する。
野焼きで発生する PM	野焼き**のうち、例外的に認められている農業での草木の焼却等は、濃度上昇が予測される場合は実施しないよう要請すべきである。

*「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（平成 4 年法律第 70 号）

**「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（昭和 45 年法律第 137 号）は、野焼きを原則禁じている。

（出典）中央環境審議会大気・騒音振動部会微小粒子状物質等専門委員会「微小粒子状物質の国内における排出抑制策の在り方について 中間取りまとめ」2015.3, pp.5-11. 環境省ウェブサイト <<http://www.env.go.jp/council/toshin/t09-h2605.pdf>> を基に筆者作成。

3 越境汚染への対応

PM2.5 の越境汚染対策に関しては、「日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM）」、「大気汚染に関する日中韓三カ国政策対話」等で、日中韓での情報共有、研究協力など連携強化を進める方針が合意されている。また、中国との連携については、環境省が「中国大気環境改善のための都市間連携」を推進している。これは、我が国の自治体が持つ大気汚染対策に係る知見やノウハウを中国主要都市の人材育成等に活用するため、日中の都市間連携を促進しようとするもので、数百社の日本企業が参加する「中国大気汚染改善協力ネットワーク」⁴⁴とも密接な連携をとるとしている⁴⁵。韓国との間では、2014（平成 26）年 4 月の「日韓環境大臣バイ会談」で、PM2.5 の測定、予測及びデータ共有に関する協力の促進が合意されている⁴⁶。

⁴⁴ 日中経済協会が日本企業の知見等を中国で活用して問題の改善に貢献するため 2013（平成 25）年 4 月に立ち上げた。

⁴⁵ 「中国大気環境改善のための都市間連携に関する会合について」2013.12.26. 環境省ウェブサイト <<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/conf/conf02-00/mat01.pdf>>

⁴⁶ 環境省「第 16 回日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM16）の結果について（お知らせ）」2014.4.30. <<http://www.env.go.jp/press/18110.html>>

また、「東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET)」⁴⁷が日本の主導により設立され、2001 年から本格的に活動している。EANET のモデルとなった、欧州の「長距離越境大気汚染条約」(LRTAP)⁴⁸は、1970 年代に欧州で越境汚染による酸性雨が国際問題化したことをきっかけに、1979 年、国連欧州経済委員会 (UNECE) で採択され、法的拘束力のある対策が展開された結果、二酸化硫黄 (SO₂)、窒素酸化物 (NO_x) の排出削減などで成果をあげている。2012 年には規制の対象に PM2.5 が追加されている⁴⁹。

しかし EANET は、LRTAP のような法的拘束力がなく、活動範囲も酸性雨の観測等に限られており、このまま続けても越境汚染の解決に貢献しないとの懸念がある⁵⁰。排出削減対策等も含めた活動範囲の拡大や、法的拘束力のある制度への発展などを模索する動きもあるが実現の見通しは立っていない⁵¹。その背景として、アジア諸国間の経済格差⁵²やリーダーシップの問題⁵³等が指摘されているが、まずは、越境汚染問題に対するアジア諸国間の認識の差を埋めることが重要であり、各国が科学と政策の両面で認識の共有を図り、それを政策決定に反映させていけるような基盤を構築すべきであるとの意見もある⁵⁴。

おわりに

PM2.5 の発生源は多種多様である。例えば、2013 (平成 25) 年 7 月上旬に関東・東海地域で PM2.5 の濃度が上昇した際、桜島の噴火が寄与した可能性があることが報告されており⁵⁵、将来的にはこうした情報を予報などに反映することも考えられる。また、タクシーでたばこを吸うと車内の PM2.5 濃度が 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるといった知見もある⁵⁶。私たちが PM2.5 から身を守るには、情報提供をさらに充実させていく必要があるかもしれない。

⁴⁷ 現在、EANET には日中韓のほか、ロシア、モンゴル、東南アジア諸国の計 13 か国が参加している。

⁴⁸ Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. CLRTAP とも略す。1979 年作成、1983 年発効。加盟国は現在 51 か国・地域で、ロシア、米国、カナダも含まれる。加盟国に大気汚染防止の一般的な義務を課す枠組み条約であり、対策の具体的な内容は、同条約の下で採択された各種の議定書が定めている。

⁴⁹ 「酸性化・富栄養化・地上レベルオゾンを低減するための長距離越境大気汚染条約議定書 (ヨーテボリ議定書)」(Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone) の 2012 年改正による。

⁵⁰ 石井敦「越境問題としての PM2.5③ 酸性雨観測の意義 説明不足」『河北新報』2015.3.19。

⁵¹ EANET では、活動範囲の拡大や協定化 (法的拘束力の付与) をめぐる交渉が 2005～2010 年頃に行われた。詳細は、蟹江憲史・袖野玲子「アジアにおける国際環境レジーム形成の課題—EANET 協定化交渉過程からの教訓—」松岡俊二編著『アジアの環境ガバナンス』勁草書房、2013、pp.33-56 などを参照。なお、EANET の活動範囲の拡大については、現在も意見調整が続けられているが具体的内容はまとまっていない。

⁵² EANET は、設立後も財政面、技術面で長く日本に大きく依存してきた。

⁵³ 戦争等の歴史的経緯から、アジア諸国には日本が突出して主導することへの警戒感があるという (蟹江・袖野 前掲注(51), p.53)。他方、近年は中国と韓国の影響力が増しており、効果的なリーダーシップを発揮するには日中韓の協調・連携が重要であるとの指摘もある (田中勝也・金柔美「国際環境条約の有効性とアジア地域の環境協力」松岡編著 前掲注(51), p.206)。

⁵⁴ 例えば、環境省「東アジアの大気汚染対策促進に向けた国際枠組とコベネフィットアプローチに関する研究 (平成 21～25 年度) 終了成果報告書」<https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo_report/h25/pdf/S-7-3.pdf> のうち、鈴木克徳「既存の地域協力枠組み形成プロセスを踏まえた環境分野の合意形成プロセスの研究」pp.8-9、蟹江憲史「政治的経済的動向を踏まえた東アジアの環境協力レジーム形成に影響を及ぼす外的要因に関する研究」pp.56-57 など。

⁵⁵ 田中泰宙ほか「大気汚染と火山噴火：2013 年 7 月の桜島噴火は本州の大気汚染に影響したか？」『日本気象学会大会講演予講集』104 号、2013、p.93。

⁵⁶ 日本禁煙学会「敷地内完全禁煙が必要な理由」2010.12、pp.16-17。<http://www.nosmoke55.jp/data/1012secondhand_factsheet.pdf>