

重慶市の大気環境と日中対話

関根嘉香*¹, 太田 葉*²

(*¹ 東海大学理学部化学科教授, *² 東海大学大学院理学研究科修士課程)

〔調査報告〕

Atmospheric Environment of Chongqing and China-Japan Dialogue

Yoshika SEKINE*¹ and Shiori OTA*²

*¹ Professor, School of Science, Tokai University

*² Graduate School of Science, Tokai University

Air pollution in China has been inviting a great social concern even for Japanese people due to a possible long-range transport of air pollutants which is a potential issue of conflict between China and Japan. This study then aims to explore the ways of China-Japan dialogue at the age of new era by investigating some aspects of environmental quality, especially air pollution. In March 2014, a fieldwork was conducted in Chongqing, China. Chongqing is one of the largest cities in China with a heavy industry, smoggy climate and the modern history-oriented sentiment, and may play a key role in the China-Japan dialogue. The air quality of Chongqing has been improved since 1990s as a result of great efforts on the pollution control. However, based on a rapid economic growth in the city, the air of Chongqing is still highly polluted by pollutants, one of which are dusts including coal fly ash, even under continuous efforts of the local government such as a three-dimensional arrangement of public transportations, use of CNG for buses and removal of road dusts. The work suggested education is required for citizens and students for developing a common understanding about the environment, and that must be a subject which works for the China-Japan dialogue.

Accepted, Sep. 25, 2014

1. 問題の所在

日本と中国の間には、領土問題、歴史問題、環境問題、技術移転、商標問題等々の争点が存在する¹⁾。筆者の専門分野である大気環境問題では、2013年冬季に中国東部において微小粒子状物質(PM_{2.5})による視程障害を伴う深刻な大気汚染が発生し、以後、西日本を中心とするPM_{2.5}の越境汚染の可能性が連日のように報道され、中国の大気汚染が日本国民の重大な関心事となっている。

筆者はこれまでに四川省成都市および遼寧省瀋陽市を拠点とし、中国内陸部の経済発展と環境保全の両立に関する学際的研究に関わり、東アジア大気網の建設、簡易脱硫技術バイオブリケットの導入実験、室内空気汚染調査、植林によるクリーン開発メカニズムの実践研究等を行ってきた^{2,3)}。重慶は中国西南部に位置する内陸都市であり、もともと重工業都市として知られ、三峽ダム建設を契機として1997年に四川省から分離し、全国で4番目の中央直轄市となった。重

慶の場合、戦時日本軍による爆撃などにより、反日感情が一般に高いと言われており、成都や瀋陽に比べて「日中関係」というキーワードがより重要な意味を持つてくる。

本研究の目的は、重慶の環境問題(特に大気汚染)とその対策に焦点を当てる中で、日中間の新時代の対話を模索することである。そこで重慶における今後の活動指針を探るため2014年3月12日~15日にフィールドワークを実施した。本稿では、重慶の大気環境およびその変遷を踏まえ、フィールドワークで得られたいくつかの知見を述べ、今後の活動指針を提案する。

2. 重慶の大気環境の変遷

市内中心部の書店で購入した「中国国家地理」2014年2月号の特集は「重慶人」。その中で「美女」が重慶の名刺代わりという趣旨の記事があった⁴⁾。同記事によると、重慶人の美肌には気候が大きく関わっているという。重慶は四川盆地に位置し、年平均気温は18.3℃、相対湿度は72%、曇天の日が多いため日照時間は年間812時間で北京の約1/3、このような温暖湿潤で日照の少ない気候が重慶女性の肌を美しくしているという⁴⁾。一方、このような気候であるがゆえに、大

気汚染物質が発生すると拡散しにくくなり、深刻な大気汚染を引き起こす。1990年代、酸性雨が環境問題として大きく取り上げられたとき、重慶市では「黒い雨が降る」と形容され、工場等からのばい煙による大気汚染が大きな問題となった。

図1は国家環境保護局が編集する「中国環境年鑑」で公表された重慶における大気汚染物質濃度の年平均値の経年変化である⁵⁾。同資料の値は、測定点の場所・数、モニタリング方法が必ずしも明らかではないため、科学的評価に十分耐えるものではないが、おおよその汚染レベルと傾向の把握には有用である。顕著な傾向として、1990年代前半では降下ばいじん量および二酸化硫黄(SO₂)濃度が顕著に高いという点である。ハーバード大学公衆衛生学教室では、1995年1月～12月に重慶でPM_{2.5}およびSO₂濃度と日死亡率の関係について疫学調査を行い、SO₂濃度の増加により日死亡率が増加すると報告している⁶⁾。SO₂は主として当時使われていた硫黄含有量の多い石炭の燃焼に起因すると思われる。また、降下ばいじんは、土壌粒子、建設現場で発生する粉じん、石炭フライアッシュなどで構成されると考えられる。

中国では改革開放以後、沿海地域の開発に力点が置かれ、重慶は経済発展において遅れをとった⁷⁾。しかしながら1990年代前半から外資企業の進出が相次ぎ、日本のいすゞ、スズキ、ヤマハ、ホンダなどの有力企業も進出、1997年に直轄市に昇格後、重慶経済技術開発区が設置され、市中心部からの工場の移転、重工業中心からハイテクなどを含む多様な産業構造への転換がはかられ、大気汚染の状況は徐々に緩和されていった。2000年代になるとSO₂濃度は自動車排

気ガス等の燃焼過程に由来する窒素酸化物(NO_x)と同等の濃度レベルにまで減少した。しかしながら、大気汚染の程度は先進国と比較して尚深刻な状況にあり、近年新たに環境指標として導入されたPM_{2.5}についても配慮が必要と思われた。

このような背景のもと、重慶市においてフィールドワークを実施した。

3. フィールドノートより

重慶空港から市内に入り、まず括目したのはモノレールである。重慶は「山城」とも言われ、長江と嘉陵江が合流する地点の小高い丘に市街地がある。このモノレールは、重慶市内の交通渋滞と排気ガス対策を目的に導入されたものであり、日本の資金援助により日立製の跨座式車両が導入され、2005年7月に開業した⁸⁾。今後、空港と市内を結ぶモノレールも開通する予定である。さらに、市内には地下鉄路線網がある。山城の地形を生かし、公共交通機関の立体的に組み合わせにより大気汚染の緩和を図ろうとする重慶市の意図が伝わってくる。また、市内を走行する車は、乗用車、バス、タクシーなど様々であるが、路線バスの多くが圧縮天然ガス(Compressed Natural Gas, CNG)を燃料に採用していた。天然ガスを燃料とする場合、軽油を燃料とするディーゼル車よりも大幅に大気汚染物質の排出を削減することができる。このような路上観察から、重慶市では自動車の排ガスによる都市大気汚染の緩和に積極的に取り組んでいる姿勢が伺える。

大気中のPM_{2.5}濃度は、筆者らが重慶に到着した3月12

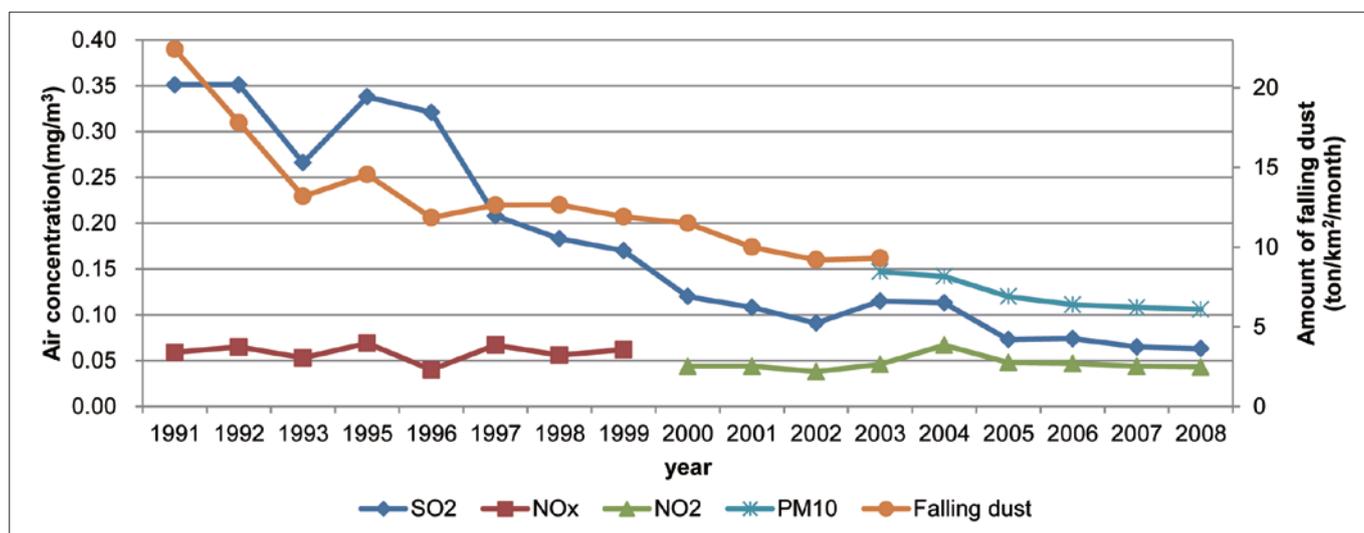


図1 中国・重慶市における大気汚染物質濃度の変遷 (出典：中国環境年鑑)



図2 市内を走るバスは圧縮天然ガス（CNG）を使用



図3 重慶市内の植物：葉の表面に大量の埃が付着

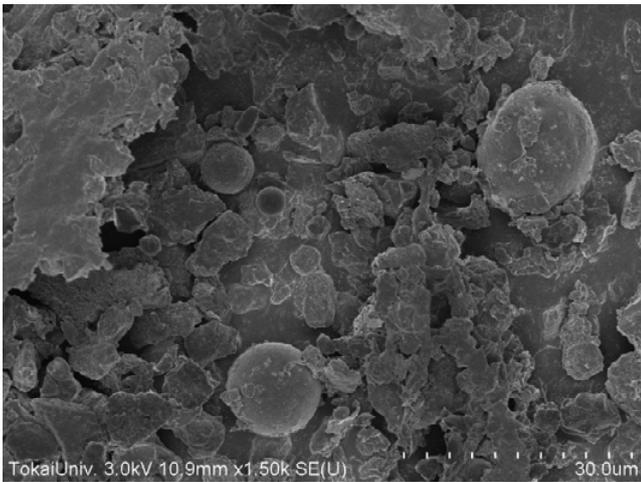


図4 葉の表面から採取した埃の電子顕微鏡写真（日立 FE-SEM S-4800、倍率1500倍）：大小様々なサイズの球形粒子は石炭フライアッシュと考えられる

日は日平均 $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で中国の環境大気質基準（濃度上限） $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を大幅に超過、翌日から降雨があったが、13日は $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、14日は $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、15日は $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い水準であった⁹⁾。ただし、中国環境保護部の定めた大気質の判定基準に従えば空気質はいずれも「良」と判定され、これがネット上に公表されている。また13日に訪問した在重慶日本国総領事館・鶴岡千晴主席領事も重慶は空気がきれいであるとの所感を述べられたが、よほど深刻でない限り空気汚染を知覚することは困難である。したがって感覚に頼るのではなく、科学的方法によって常に空気質をモニタリングしなければならない。

市内を歩いていると、自動車のフロントガラス、葉の表面などに埃（粒子状物質）が付着していることに気付く。このような埃は、大気中の粒子状物質が降下ばいじんとなって付着したものであり、触れば容易に手や衣服に着く。そこで、植

樹の葉から表面の埃を採取して日本に持ち帰り、電子顕微鏡を用いて観察した。

図4に結果を示す。様々な形状の粒子が観察されるが、極めて特徴的なのは球形の粒子である。球形粒子の直径は数 μm ～数十 μm に分布しているが、これらは石炭を燃焼したときに発生するフライアッシュ（飛灰）と思われる。フライアッシュは、石炭燃焼施設から直接大気中に放散される場合と、建設工事に伴って飛散する場合がある。火力発電所等の大型施設では、石炭フライアッシュを回収し、建築材料の原料の一部として再利用することがあり、建築材料の破碎・粉砕に伴いフライアッシュが大気に飛散する可能性がある。葉から検出されたフライアッシュが、どちらの経路で発生したものかは判別が難しい。

そこで、EPMA（電子線マイクロプローブアナライザー）を用いて元素マッピングを行った。元素マッピングとは、観察する視野（今回は $525 \mu\text{m} \times 525 \mu\text{m}$ ）のどこにどのような元素があるかを調べる手法であり、元素毎にシグナルを検出して分布を知ることができる。図5に元素マッピングの結果を示す。カルシウム（Ca）、ケイ素（Si）、アルミニウム（Al）、硫黄（S）が比較的明瞭に検出された（炭素（C）は観察に用いたカーボンテープの影響の可能性があるので考察から除外）。カルシウムはセメントやセッコウの主成分の一つであり、建築材料に由来する可能性がある。元素間の分布位置を比較すると、硫黄とカルシウムの分布は類似しており、硫黄とカルシウムを主成分とする微粒子が存在している可能性がある。これはおそらく、硫酸カルシウム、いわゆるセッコウの粒子とも考えられる。葉の上に付着している埃粒子は、降下

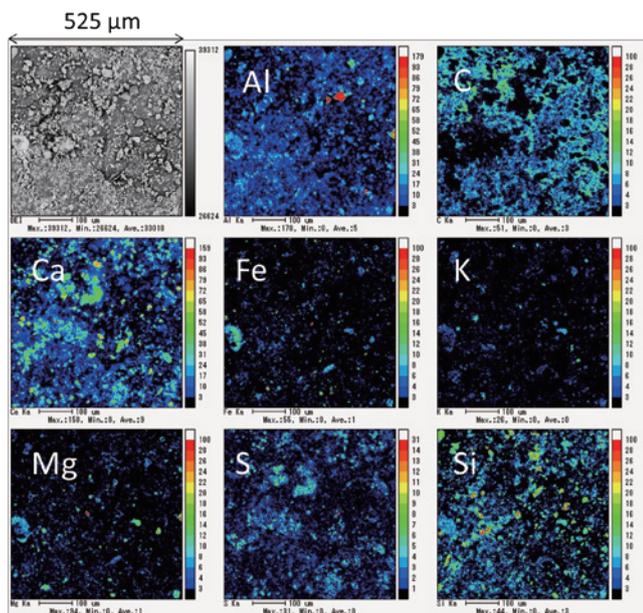


図5 葉の表面から採取した埃の元素マッピング
(島津製作所製 EPMA-1610, 視野525 μ m角)

ばいじんの中でも水に溶けにくい成分が残存したものと考えられ、水に溶けにくいセッコウ粒子や石炭フライアッシュ（ケイ素、アルミウムが主成分）が検出できたのであろう。重慶市内では未だに建設ラッシュであり、建築材料に由来する粒子状物質が大気に飛散し、PM_{2.5}のような浮遊粒子として振る舞った後、降下ばいじんとなって地表に振りそそぎ、一部が自動車のフロントガラスや植生の葉の上に沈着、堆積したものと考えられる。

尚、降下ばいじんが道路上に沈着した場合、路上堆積物となる。車道と歩道との段差にどのくらい砂状の路上堆積物がたまっているかを観察することで、粒子状物質による空気汚染の程度を推し量ることも可能であるが、重慶市内では目立って多くの量を観察することが出来なかった。その理由は明確で、市内では定期的に水を撒きながら路上清掃車による清掃がなされているのである。筆者は少なくとも、昼と夜に路上清掃車の水しぶきを浴びたので、一日数回実施されていると思われる。ここにも大気および環境保全に対する重慶市の意図が見える。

市内を歩く人たちを観察すると、痰を吐く行為が散見される。これは公衆衛生上あまり好ましい行為とは言えないが、気道上部に沈着した比較的粒径の大きい粒子を排除するための防御機構でもある。一方、PM_{2.5}のような微小粒子は、気管支や肺などの気道の下部にまで達し、痰として排除しきれない。したがって、PM_{2.5}濃度が高い場合、PM_{2.5}の体内



図6 市内設置されている分別用ごみ箱（再資源化可能物，その他，さらにタバコの吸殻に分類）

への侵入を防ぐ必要がある。調査時、重慶市内は比較的空気質が良好であったためか、いわゆるマスクを着用する人はほとんど見かけなかった。薬局等ではPM_{2.5}保護用マスクが販売されていたが、必ずしも目立つ場所に陳列されておらず、重慶市民のPM_{2.5}に対する関心は、中国東部に比べると低いと感じられた。

市内に設置されている公共のゴミ箱は、以前とは異なり、再資源化可能物とその他に分別できるようになっている（図6）。しかしながらその中身を見ると、十分に分別できているようには見えない。また重慶市の生活ごみ収集業務を行っている民間企業に聞き取り調査したところ、収集した生活ごみは特に分別することなく、重慶市郊外で焼却処理されているとのことである。ここに重慶市の意図と現実のギャップを見ることが出来る。ゴミの分別回収は、再資源化に資するだけでなく、焼却時のダイオキシン類等の発生抑制にも寄与する。しかしながら現状では、ごみの分別回収システムが構築されておらず、市民レベルでもその重要性の認識が十分になされていないように思われた。

4. おわりに

重慶は環境問題において3つの重要項目がある。一つ目は、長江上流に位置するため水質汚染源にならないよう水質の管理が特に必要である点。二つ目は上述のように、四川盆地に位置するため大気汚染の発生には細心の注意を要する点。三つ目は、工業都市と知られる重慶ではあるが、人口2970万人（2013年）の約2/3は農業人口であり、環境に配慮し

た農村の経済発展をいかに図るかという点である。

今回のフィールドワークを通じて、市政府の環境保全に対する前向きな姿勢が随所に見受けられたが、一般市民レベルの環境意識は未だ十分ではない。鶴岡主席領事によれば、重慶は現在も GDP 成長率が 10% 超、経済発展が最優先であり、一般の環境意識は低いとのことである。今後、農村を都市化・工業化することによって経済発展を進捗させるとすれば、また再び環境汚染が「目に見えて」深刻化する可能性がある。これを未然に防ぐ手段の一つとして、市民レベルでの環境意識の啓発が挙げられる。この場合、環境汚染源を過度の社会悪と見なすことなく、環境を良くすることが経済発展に寄与することを具体的な例を通じて示すことが重要である。この環境意識の啓発活動において、重慶市を舞台にした日中間の新時代の対話は十分に可能であろう。そのための具体的方策を検討し、次年度以降の活動で実行に移したい。

参考文献と略記号

- 1) 高橋祐三 (2013) 「日中関係の新たな構築：重慶市の視点から」『文明』 18:119-121.
- 2) 関根嘉香, 王雪萍, 楊治敏 (2008) 「第 3 章 中国内陸部の人と生態系に関わる環境政策の実践」『SFC 総合政策学シリーズ 日中環境政策協調の実践』小島朋之, 巖網林編, 東京, 慶応義塾大学出版会.
- 3) Wang, X.P., Sekine, Y. (2009) *Policy coordination beyond borders: Japan-China environmental policies in Shenyang and Chengdu, China*, in Umegaki, M., Thiesmeyer, L., Watanabe, A. Eds., *Human insecurity in east Asia*, N.Y., United Nations University Press.
- 4) 山哈 (2014) 「美女, 火辣的山城名片」『中国国家地理』 2:104-117.
- 5) 国家環境保護局・中国環境年鑑編集委員会 (1992-2009) 『中国環境年鑑』, 中国環境年鑑社
- 6) Venners, S.A., Wang, B., Xu, Z., Peng, Z., Xu, Y., Wang, L., Xu, X. (2003) "Particulate matter, sulfur dioxide, and daily mortality in Chongqing, China", *Environmental Health Perspectives*, 111 (4) :562-567.
- 7) 西澤正樹, 関満博 (2000) 『挑戦する中国内陸の産業』 pp87-108, 東京, 新評論
- 8) Sekitani, T., Hiraishi, M., Yamasaki, S., Tamotsu, T. (2005) "China's first urban monorail system in Chongqing", *Hitachi Review*, 54 (4) :193-197.
- 9) 重慶空気質指数 (2014 年 3 月 19 日 11 時公開) <http://www.pm25s.com/jp/chongqing.html>