

大気汚染問題とクリーンエネルギー転換：
北京市の事例を中心に

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学人文社会科学部 公開日: 2014-06-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 黄, 愛珍 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00007833

論 説

大気汚染問題とクリーンエネルギー転換 —北京市の事例を中心に—

黄 愛 珍

はじめに

中国の大気汚染問題は古くて新しい問題である。これまでさまざまな対策を講じてきたが、いまだに解決への道筋が見えていないと断言は難しい。2013年1月北京をはじめ、中国全国にわたり濃霧に覆われ、数百メートル先が見えないほど視程が悪化し、大気汚染問題は目に見える身を感じるほど表面化され、その汚染の深刻な状態が世界中に大々的に取り上げられた。

大気汚染問題の主因は石炭を中心とした中国独特のエネルギー構造にあるといわれる。エネルギーに占める石炭の割合は年々減ってきたが、いまだに7割ちかくという高い割合を占めている。「BP世界エネルギー統計年鑑2013」によると、2012年の中国の石炭消費量は、はじめて世界総消費の50%を超えた。そのうえ、中国の石炭の硫黄含有量が高いことから、同量の石炭を消費しても排出される汚染物の量が多い。これまで、中国の石炭に依存した産業構造から脱却しなければ、大気汚染問題は解決されないと多くの研究者の間の共通認識とされてきた。

2000年以降、中国では、「両控区」（酸性雨抑制区域とSO₂抑制区域）や排汚費政策など大気汚染対策が強化された。にもかかわらず、第10次5カ年計画（2000—2005年）の目標年である2005年におけるSO₂の排出量は、削減目標値を41.6%も大きく超過しSO₂排出量の削減効果はあまりみられなかった⁽¹⁾。その主な要因としては、①2001年WTO加盟を契機として、経済過熱による工業化の再加速による石炭などエネルギー消費量の急増、②環境政策の実効性問題、③排煙脱硫装置の設置・運行コストが高いなどがあげられる。

ところが、その後、排煙脱硫装置の国産化および企業参入による競争の結果、排煙脱硫装置の導入コストは大幅に低下した⁽²⁾。2000年時点における排煙脱硫装置の導入コストはキロワットあたり800～1,300元であったが、2005年には同150～250元にまで低下した（堀井，2010）。これによ

⁽¹⁾ 第10次5カ年計画において、大気汚染環境改善目標として2005年にSO₂、粒子状物質の排出量を2000年比で10%削減するとされた。また規制の重点対象地域として指定された「両控区」においては20%の高い削減目標が設定されたが、結果としてこれも削減目標値を39.8%超過した。

⁽²⁾ その背景には、2003年に中国環境保護総局による火力発電所のSO₂排出基準の改正（GB13223-2003）が行われ、SO₂総量規制の数値目標が明確に設定されたことがある。

り中国では2004年ころから排煙脱硫装置の普及が急速に進むようになった。特に、中国のSO₂排出量の半数を占める火力発電所の排煙脱硫装置の整備が急ピッチで進展した。2005年、全国の火力発電所の脱硫設備の設置比率（火力発電設備総容量に占める脱硫設備容量の比率）はわずか14%であったが、2010年には同86%に増加した。その結果、2010年における火力発電所のSO₂排出量は926万トンであり、2005年の1,300万トンに比べ約29%の削減となった。これは第11次5カ年計画（2006-2010年）の目標³⁾を1年前倒しで達成できたことになる。全国のSO₂排出量についても、2010年は2005年に比べて14.29%減少し、目標を上回る達成となった。

このように、第11次5カ年計画期において、コストダウンとともに排煙脱硫装置の導入が急増した結果、SO₂排出量は低下に転じ、長年石炭利用のボトルネックとしてあげられていたSO₂を主因とする煤煙型汚染問題は解決への道筋が見えてきたように思われる。しかし、SO₂の総排出量の削減は新たな火力発電所の拡張建設を可能にさせた。2010年末火力発電所の設備総容量は2005年より倍増した。これにともなって増加したのは石炭燃焼によるNO_xやその他の汚染物の排出量である。中国の大気汚染問題を抜本的に解決するには、末端処理だけではなく、石炭消費量の削減が必要だという（于軾、2008）。

2013年1月の深刻な大気汚染をうけ、中国政府は石炭消費総量の抑制とクリーンエネルギーの利用加速を発表し、国内のエネルギー総消費量のうち石炭が占める割合を2017年までに65%以下という計画を打ち出した。北京市は、中国の首都としてこれまで2回の五輪招致の経験もあって、大気汚染対策を特に重視してきた。全国のどこよりも早くから石炭燃料の天然ガスなどのクリーンエネルギーへの転換事業を実施してきた。北京市のこれまでの経験は中国その他都市の大気汚染問題の改善に示唆を与えることができると期待される。

本稿では、北京市の大気汚染の現状を分析した上で、これまでの大気汚染の対策、特に石炭燃料のクリーンエネルギー転換を中心に取り上げ、その政策の到達点と課題を明らかにしたい。また、今後北京市の大気汚染をさらなる改善するためには、これまで軽視してきた農村郊外住宅冬季暖房期の石炭利用による汚染問題の改善が重要であることを示す。本稿の構成は以下の通りである。まず第1章において、北京市の大気汚染問題の歴史的変遷を概観した上、データから大気汚染問題の現状および特徴について考察する。続く第2章においては、これまでの大気汚染対策の現状、特に石炭燃料のクリーンエネルギー転換を中心に取り上げ、その成果と問題点を明らかにする。そして第3章では北京市郊外農村地区における冬季暖房の石炭利用量及び大気汚染への影響について分析を行う。最後のおわりには本稿のまとめと今後の課題をまとめる。

³⁾ 第11次5カ年計画から、それまでの「計画 (Plan)」の名称を「規画 (Guideline)」の名称に変更された。2010年のSO₂と化学的酸素要求量 (COD) の排出量は2005年に比べそれぞれ10%削減という達成義務のある拘束性指標を導入した。拘束性指標の概念はこの時に初めて導入された。第12次5カ年計画 (2011-2015年) においてはさらに2つの主要汚染物質 (アンモニア性窒素 (NH₃-N) とNO_x) を拘束性指標として追加された。

1 北京市の大気汚染問題の現状と特徴

1-1 北京市大気汚染問題の歴史の変遷

北京市は2000年のオリンピック招致活動において、シドニーに惜敗した理由の一つが大気汚染問題であった⁽⁴⁾。北京市の大気汚染問題はいまに始まったものではない、遡って1950年代初めに北京市の市街地区において、すでに石炭の燃焼による大気汚染が確認された。1950年の国慶節において、当時の毛沢東主席が天安門の上方に指を指し、近い将来にここから見えるのは一面煙の出る煙突であるといった⁽⁵⁾。中国はソビエトと同様に重工業優先の発展戦略を選んだ。そのう え、石炭を中心とするエネルギー構造の特徴が、同じ発展段階のほかの国々よりも環境への圧力が大きいと言える。

急速な工業化および都市開発の進展にともなって、石炭の消費量は急増し、1980年代、北京市の大気汚染は石炭燃焼に起因する二酸化硫黄（SO₂）と総浮遊粒子状物質（TSP：Total Suspended Particulate Matterの略、粒径100μm以下）等に代表される典型的な煤煙型汚染であった。1970年代、北京市のсмоッグ発生日数は年平均150日であった。それが1981年になると190日に増加した。1981年北京市のSO₂の濃度とTSPの濃度は、それぞれ0.111mg/m³（年平均値、以下同）、0.870mg/m³であった。1985年には少し低減したものの依然としてそれぞれ0.105mg/m³、0.765mg/m³という高い水準を示し、2級基準⁽⁶⁾（SO₂：0.060mg/m³、TSP：0.200mg/m³）を大幅に上回り、煤煙型汚染の深刻さを物語っている。

1990年代以降、急速な経済成長によるエネルギー消費量の増加、都市化による人口の増加及び自動車の増加等により、北京市都市部における大気汚染はより一層深刻化していった。石炭燃焼起因のSO₂やTSPに代表される伝統的な煤煙型汚染に加え、自動車排気ガス起因の窒素酸化物（NO_x）に代表される移動型汚染が広がっていた。1990年代から北京市の自動車保有量は年平均10～15%の高い比率で増加し続けてきた。1990年は50万台、2000年には157万台を超え、わずか10年で3倍以上の増加である。建国初期の2,300台から1997年2月の100万台に達するまで48年もかかったが、それから1997年2月の100万台から2003年8月の200万台まで到達するのにたった6年

⁽⁴⁾ 北京市は2000年のオリンピック開催を目指していたが、1993年の開催地選考時にシドニーに惜敗した主な理由は大気汚染と1989年の天安門事件の影響と言われている。このことからわかるように北京はそれまであまり大気汚染を重視していなかった。その後次の2008年オリンピック招致に向けて大気汚染を中心とする環境対策の強化を目指した。

⁽⁵⁾ 張鶴（2007）

⁽⁶⁾ 中国における環境大気の質は、機能別に3つの区分に分類され、それぞれに対して環境基準を制定している。第1区分は自然保護区、風景名勝区および特殊保護区を指す。1級基準が適用される。第2区分は住宅区域、商業・交通・住宅混合区域、文化地区、一般工業区域および農村区域を指す。2級基準が適用される。そして第3区分は特定工業区域を指す。3級基準が適用される。

半の時間しか必要としなかった。このように、自動車保有量の急増に伴って、空気中のNO_xの濃度は急上昇した。1980年初期頃の0.06mg/m³から上昇し始め、1997年は0.133mg/m³になり、1980年代初期頃に比べると2.2倍以上に上昇し、1998年はピーク（0.151 mg/m³）に記録した。一方、TSP濃度については、1997年は0.377mg/m³であり、1985年に比べ大幅な減少が見られた。SO₂濃度にかんしては、1997年の0.124mg/m³（東京都1969年のSO₂濃度は0.123mg/m³）をピークに達し、その後減少に転じた。この時期の大気汚染問題の特徴は、1980年代の伝統的な煤煙型汚染から、「煤煙型+移動型」という混合型汚染に変わったことである。

1990年代後半になると、北京市の大気汚染が一層深刻となっていた。1998年9月28日午後、北京市の空気には異常状態が発生、多くの人々が街で歩くだけで、目の痒みなど目に対する刺激や喉の痛みなどを訴えた⁷⁾。かつて1940年代米国のロサンゼルス、1970年の東京で観察された光化学スモッグ現象が北京にも起きていたのである。北京市の大気汚染はもはや一刻も早く手を打たなければならない深刻な状態に増していた。1998年12月に、北京市政府はついに大気汚染防止緊急措置の実施に踏み切った。市内における粗悪炭の使用禁止令や低硫黄炭、無煙炭などの良質炭への使用促進策、火力発電所などに汚染防止装置の強制的設置など18項目の緊急大気汚染措置を実施した。その対策の効果もあって、その後石炭燃焼起因のSO₂濃度は明らかな減少傾向がみられた。また、1999年1月より自動車の排気ガス規制の導入を境に、上昇し続けてきたNO_x濃度も1999年から低下を見せ始めた。

2000年以降の北京市大気汚染の主要汚染物質は、PM10、PM2.5を代表とする粒子状物質⁸⁾（Particulate Matter）に変化した。この頃の北京市の大気汚染問題は、粒子状物質汚染と既存の煤煙型汚染と移動型汚染と絡みあったより複雑な「複合型汚染」になっていた。粒子状物質の発生源は非常に複雑である。黄砂や森林火災など自然由来のものもあれば、工場の煤煙、自動車の排気ガスなどの人為由来のものもある。また直接粒子として排出される一次粒子とSO₂、NO₂などの気体状汚染物質が大気中で化学反応によって生成される2次粒子がある。最近の研究では、北京市の微小粒子（PM2.5）汚染に対する大気中で生成される2次粒子の影響がますます大きくなってきている（彭应登，2000）。2次粒子の前駆物質であるSO₂、NO₂といった気体汚染物の削減は依然として重要であることがいえよう。

⁷⁾ 「首都藍天的宣言—北京治理大气污染5年纪实」《中国环境报》2003-2-26） <http://www.envir.gov.cn/info/2003/2/226578.htm>（アクセス日：2013年9月）

⁸⁾ PM10は、粒径10μm（0.01mm）以下のもの（ただし、10μmの粒子の捕集効率は50%で、これ以上の粒径の粒子も含む）。PM2.5は、粒径が2.5μm以下のもの（ただし2.5μmの粒子の捕集効率は50%で、これ以上の粒径の粒子も含む）。日本で採用されているSPM（Suspended Particulate Matter）は、粒径10μm以下のもの（ただし粒径10μm以上の粒子は100%含まない）、PM6.5-7.0に相当する。粒径分布からいうとPM2.5<SPM<PM10の順となる。

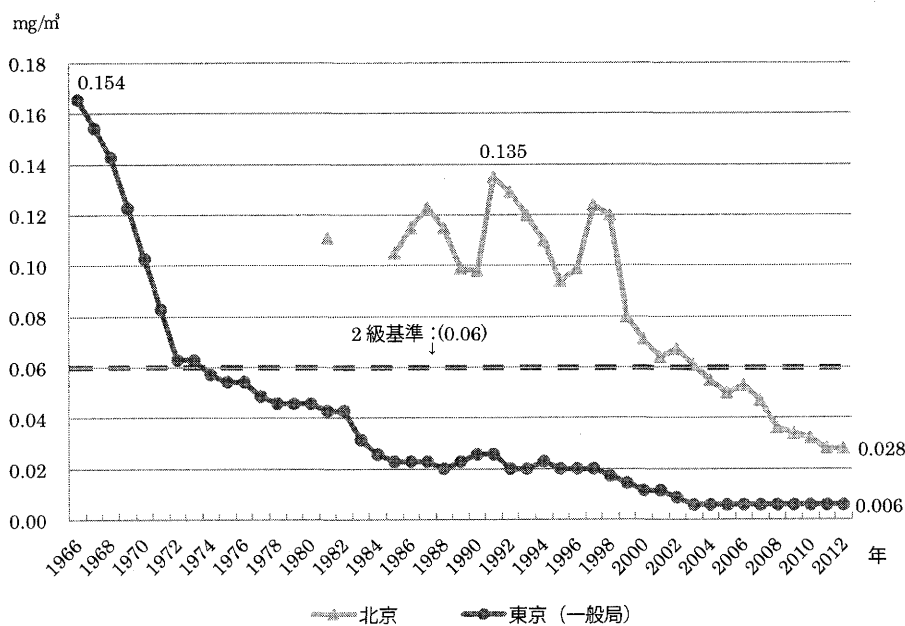
以上でみてきたことをまとめると、北京市の大気汚染問題は古くから存在し、1980年代まではSO₂やTSP等に代表される典型的な「煤煙型汚染」であった。1990年代は自動車の増加とともに自動車排気ガス起因の移動型汚染が既存の煤煙型汚染に加えて「混合型汚染」に変化し、2000年以降はPM₁₀、PM_{2.5}に代表される粒子状物質汚染が顕著となり、既存のSO₂に代表される煤煙型汚染およびNO₂に代表される移動型汚染とは、単なる並存だけでなく、互いに絡み合い、影響しあいより複雑な「複合型汚染」に変遷した。

1-2 データから見る大気汚染問題の現状と特徴

本節ではまず、北京の大気汚染がどの程度の水準なのか、日本の東京と比較しながら、データで概観しておこう。次に北京市の大気汚染問題の特徴について述べる。

図1-1は、北京市と東京都における大気中SO₂の年平均濃度の推移を示したものである。

図1-1 SO₂の年平均濃度の推移



(注) SO₂については1mg/m³ = (22.4/28) ppmとして換算した。

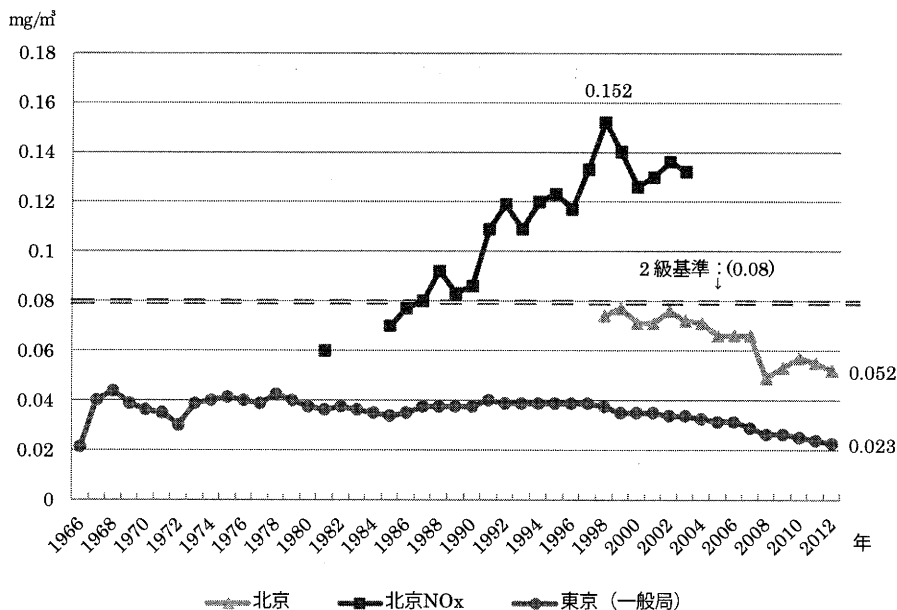
(出所) 北京のデータについては『中国統計年鑑』各年版、東京のデータについては『環境統計集』平成25年度より作成

全体的に見て北京市のSO₂濃度は下落傾向にある。1998年がひとつの大きな転換ポイントとして見て取れる。1997年までは変動しながらも平均0.1mg/m³を超える高い水準（東京の1960年代末の水準に相当）となっていた。後で述べるように、北京市は1998年末に大気汚染防止緊急措置が

実施された。それを境に北京市のSO₂濃度は明らかな減少傾向が見て取れる。特に1999年のSO₂濃度は1998年より33%以上も改善され、その後2012年まで下落し続けている。2004年における北京市のSO₂濃度は0.055mg/m³に低下し、はじめて2級基準の0.06mg/m³をクリアした。2012年のSO₂濃度は0.028mg/m³であり、1998年の0.120mg/m³より約77%も大きく改善された。これは東京の1980年代初めの水準に相当する。2012年の東京のSO₂濃度は0.006mg/m³であるから、北京市はこれの約5倍近くである。このように、1998年の大気汚染防止緊急措置及びその後引き続き実施された一連の大気汚染対策の結果、北京市のSO₂濃度は大きく改善されたものの、東京に比べると依然として汚染水準が高いことがいえよう。

図1-2は北京市と東京都のNO₂の年平均濃度の推移を示したものである。

図1-2 NO₂の年平均濃度の推移



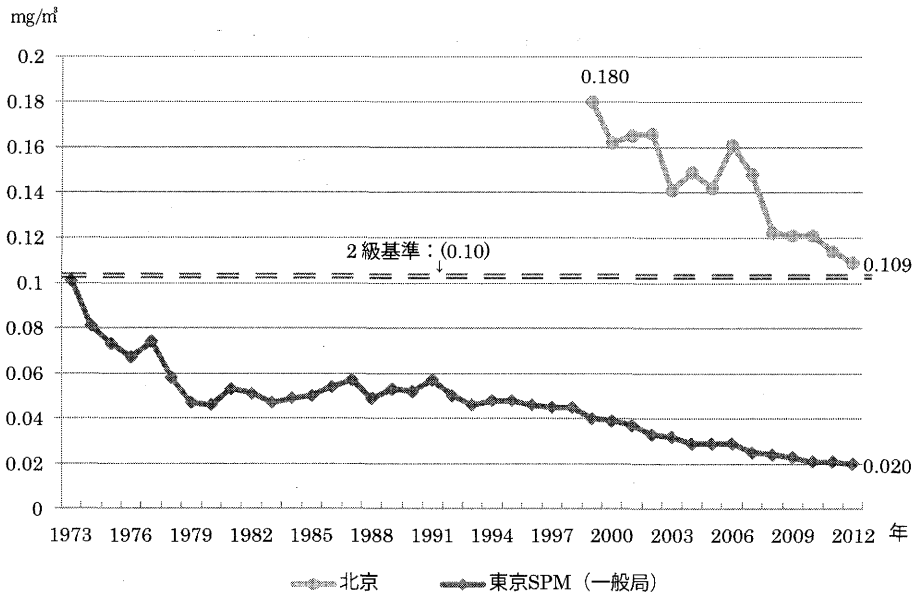
(注) NO₂については1mg/m³=(22.4/28)ppmとして換算した。
 (出所) 図1-1に同じ

NO₂汚染にかんしては、北京が中国主要都市の中で最も深刻である。自動車の増加による排気ガスが主要な原因である。北京市のNO_x濃度は1980年代の前半から上昇し始め、1998年には0.152mg/m³に上昇しピークを記録している。1999年以降は低下に転じたものの、高い水準のままであった。2000年以降、中国はNO_x濃度に代わってNO₂濃度を公表するようになった。北京市のNO₂濃度にかんしては、1998年から全体として緩やかな低下がみられる。2012年のNO₂濃度は0.052mg/m³であり、2000年より約27%改善された。しかしながら、これは1966年から2012年の全

期間の東京の最高水準よりも高い。2012年東京のNO₂濃度は0.023mg/m³であるから、北京市は東京の2倍以上である。しかも比較可能な1998年から2012年の全期間を通じて、この2倍以上の差がほとんど縮小していないことがわかる。北京市のNO₂濃度は2級基準⁹⁾に達しているが、東京に比べると依然として改善の余地が大きいといえよう。

図1-3は北京市のPM10の年平均濃度の推移と東京のSPMの年平均濃度の推移を図示したものである¹⁰⁾。

図1-3 PM10の年平均濃度の推移



(注) 東京のデータは一般局のSPMの年平均濃度
(出所) 図1-1に同じ

北京市のPM10濃度にかんしては、全体として下落傾向にあることが見て取れる。2012年北京市のPM10濃度値は0.109mg/m³であり、2000年の0.180mg/m³からは約33%改善された。しかしながら、2012年時点においても北京市のPM10濃度は2級基準の0.10mg/m³をクリアできていないし、2012年に公表された新基準の0.07 mg/m³を約36%も超過している。また、全く同じ指標ではないので直接比較できないものの、2012年北京市のPM10濃度は東京のSPM濃度より5倍以上も大きい。北京市のPM10汚染は依然として深刻であることは否定できない。

以上でみてきたように、データで見える限り、北京市の主要大気汚染物質 (SO₂, NO₂, PM10)

⁹⁾ 2012年に公表された新基準0.04mg/m³はクリアできていない。

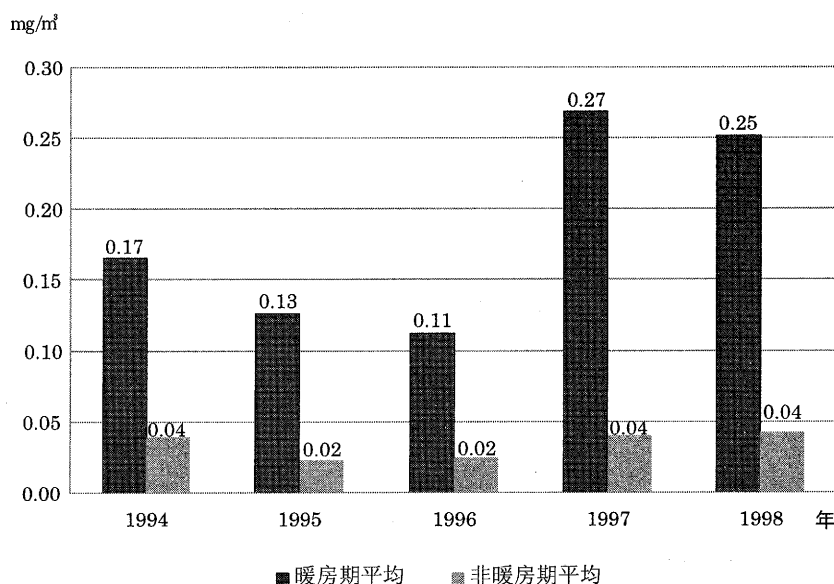
¹⁰⁾ 日本はPM10という指標を用いておらず、SPM (PM6.5-7相当) を利用している。

の濃度は全体として低下傾向にある。1998年の北京市大気汚染緊急措置やその後の一連の大気汚染対策が一定の成果を上げたと言えよう。しかしながら、東京に比べると北京市の主要大気汚染物質の濃度値は依然として高く、しかもSO₂とNO₂とPM10が高濃度水準のままで同時に存在することが東京都にない北京市大気汚染問題の特徴の一つである。

また、北京市の大気汚染問題のもう一つの特徴としては、空気の質に鮮明な季節性変動が存在していることである。一般的に暖房期（11月半ば～翌年3月半ば）の空気の質は非暖房期より悪い。

図1-4は北京市街地区におけるSO₂濃度の季節別変化¹⁰⁾を示したものである。

図1-4 北京市街地区におけるSO₂濃度の季節別変化

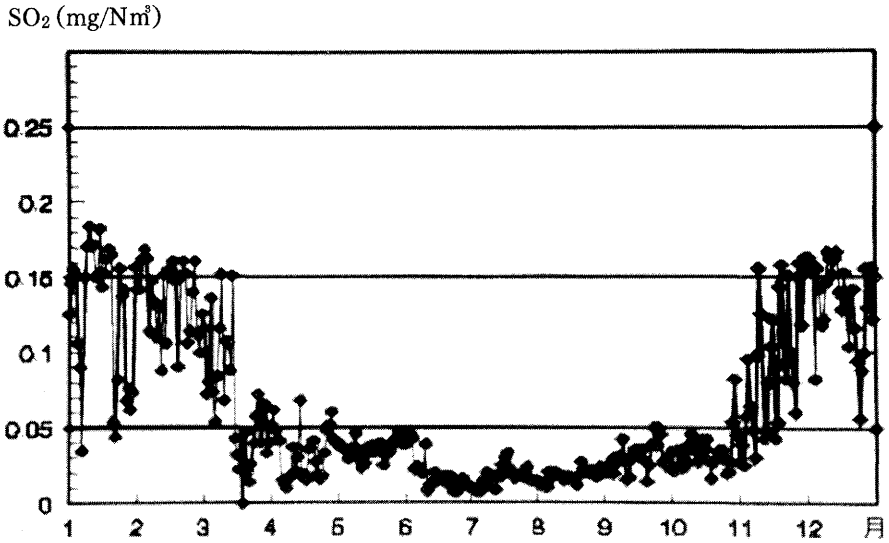


(出所)『北京市環境状況公報』1995年版～1999年版より作成

一見して明らかとおり、暖房期のSO₂の濃度は非暖房期より圧倒的に高く、非暖房期の約4～7倍である。1994年から1998年にわたって、非暖房期におけるSO₂の濃度は0.02～0.04mg/m³であり、2級基準（0.06mg/m³）を大きく下回っていることがわかる。これに対して暖房期におけるSO₂の濃度は0.11～0.27mg/m³となり、2級基準の約2～5倍と非常に高い水準にある。2002年の北京市街地区及び近郊地区のSO₂濃度の月別変化（図1-5）からみてもわかるように、11月半ばから翌年3月半ばまでの暖房期におけるSO₂濃度はその他の月との差が歴然である。

¹⁰⁾ 北京市の主要汚染物の暖房期と非暖房期別のデータに関しては、1999年以降公表されていない。

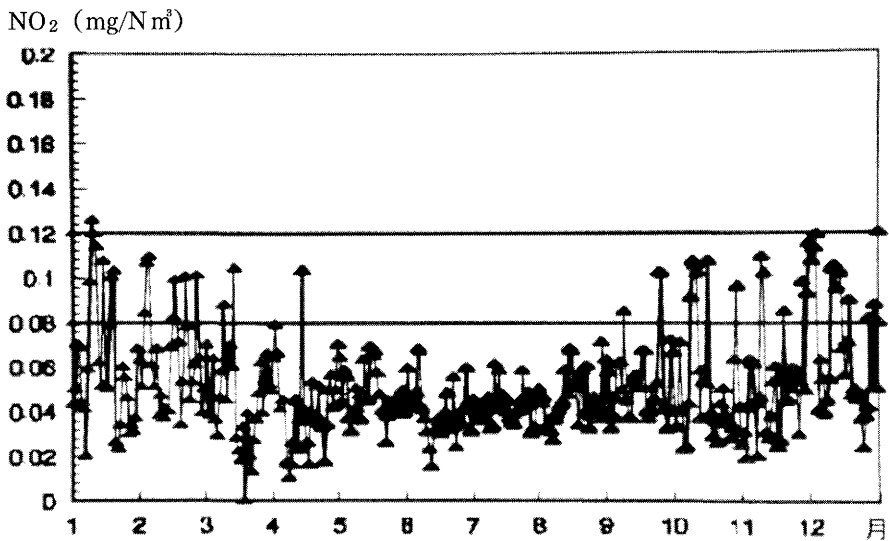
図1-5 2002年における北京市街地区SO₂濃度の月別変化



(出所) 郭印誠, 滕樹竜「北京市大気汚染総量規制と削減メカニズム研究」より

一方, NO₂濃度の変化はSO₂濃度ほど季節性変動が見られないものの, 暖房季節のNO₂濃度は非暖房季節より高い水準にあることが見て取れる (図1-6).

図1-6 2002年における北京市街地区NO₂濃度の月別変化

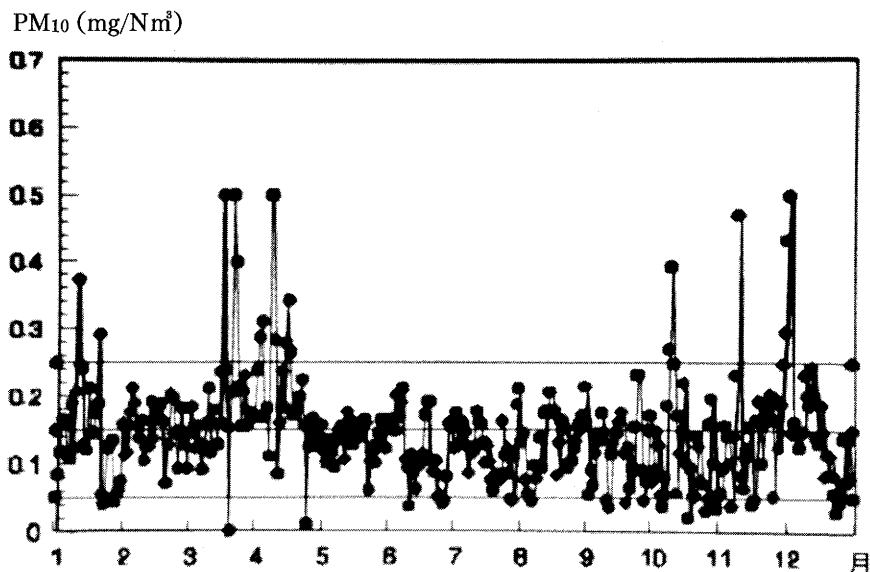


(出所) 図1-5に同じ

北京市のNO₂の主要発生源は自動車の排気ガスであることは事実であるが、冬季暖房期における石炭燃焼によるNO₂の排出量も無視できない。NO₂排出量は自動車保有量の増加に伴って、都市中心地区のNO₂濃度は一年を通じて高い水準にあるが、それに冬季暖房季節の石炭燃焼による排出量を加えると、暖房期のNO₂濃度はその他の季節より高いことが見られる。

また、PM10の濃度にかんしては、年中高い水準にあるが、暖房期や春の黄砂などが吹く砂塵嵐季節において、ほかの季節より特に高い濃度水準を示していることが読み取れる（図1-7）。

図1-7 2002年北京市街地区におけるPM10濃度の月別変化



(出所) 図1-5に同じ

以上で述べてきたように、北京市の大気汚染には鮮明な季節変動がある。冬季暖房期の汚染物の濃度水準はその他の季節に比べると飛び出て高いことがわかる。冬季暖房期の汚染物の削減は、汚染物のピークカット効果はたらき、北京市の汚染問題の深刻な状態を改善することができると思われる。

II 北京市の大気汚染対策の到達点と課題

2-1 北京市大気汚染対策の取り組み

1998年末、北京市の深刻な大気汚染を抑制するために、北京市政府は大気汚染緊急措置を実行し、北京市の大気汚染対策の幕が開いた。国務院の批准を経て、北京市政府は、煤煙型汚染、自

自動車排気型汚染とフライアッシュ汚染など18項目の大気汚染緊急措置を採用した。1999年2月15日に、当初の目標を基本的に達成し、大気汚染の深刻化の勢いを弱めることができた。

この大気汚染緊急措置の成果を強化するために、1999年3～9月に第2段階の大気汚染措置を実施し、2010年まで16段階にわたって一連の大気汚染対策を実施した。その後、2011年には「清潔空気行動計画2011年措置」、2012年には「北京市2012-2020年大気汚染予防措置」、2013年には「2013-2017年清潔空気行動計画」がそれぞれ打ち出され、これまでの大気汚染対策をさらに強化してきた。

大気汚染問題の具体的な対策の内容は、年によって若干違いがあるものの、以下のような大枠の中で、政策を強化してきた。

(1) 煤煙型汚染対策：

- ・小規模な石炭燃焼ボイラー、飲食店などにおける石炭からクリーンエネルギーへの燃料転換
- ・石炭ゼロ地区の設置
- ・石炭の品質規制の導入：高硫黄炭の使用禁止、硫黄や灰分の含有量の高い粗悪炭から低硫黄炭、無煙炭などの良質炭への使用促進。

クリーンエネルギーへの転換が実現不可能な1トン以上の暖房石炭燃焼ボイラーは低硫炭の使用と高性能集塵機の設置をし、北京市ボイラー大気汚染物排出基準を達成するように努める。

- ・20トン以上の石炭燃焼ボイラー（全市の火力発電所の石炭燃焼ボイラーを含む）に対してはオンラインの汚染排出監視測定機器の設置を義務付ける。
- ・排煙脱硫装置の設置：低硫炭使用できない工業石炭燃焼ボイラーは脱硫装置の設置義務、期間を設定し、排出基準及び汚染物排出総量削減指標の達成に務める。
- ・露天バーベキューの取締・禁止

(2) 工業汚染対策

- ・北京市汚染物排出総量削減の排出基準を達しない企業に対して、生産を停止し期間を設け対策を行うように義務付ける。
- ・高汚染企業の生産停止や市外への移転：北京市製紙工場（北京市造纸一厂）、燕山セメント工場、国華北京火力発電所など汚染企業に対して生産停止や移転。
- ・低効率・高汚染の生産技術・設備や製品の淘汰
- ・重油からの脱硫化：重油ボイラーには高性能脱硫剤の使用など
- ・火力発電所の排煙脱硝装置の設置、粉炭炊きボイラーにはすべて低窒素バーナーを設置

(3) 自動車排気汚染対策

- ・自動車汚染物排出基準を厳格化
- ・使用車の基準達成改造・淘汰

- ・天然ガス公共自動車の拡大

(4) フライアッシュ汚染対策

- ・緑化責任書の契約：関係機関・事業単位・個人企業に対して“門前三包”（清潔秩序的，環境衛生的，緑化義務），住居団地，庭園の緑化を義務付ける。
- ・建築工地，道路，水利工事の施工，運搬車輛の防塵対策の監督強化
- ・裸露地面对策，山積みそのまま放置される原料・原炭・炭灰の防塵対策の監督強化
- ・植林・緑化面積の拡大

これらの対策の成果として，第1章で見てきたように各汚染物質の濃度の低減，空気の質の改善，オリンピック基準を満たすという目標の達成，北京に青空を取り戻したことがあげられる。これには上記の一連の継続的な対策に加え，オリンピック前後の一時的な措置が重要な役割を果たした。

オリンピック開催期間中，大気の質がWHOのガイドライン基準値を満たすために，北京市政府は天津市，河北省，内モンゴル自治区，山西省と連携対策を実施した。オリンピック大会開催直前に，北京市政府は環境緊急事態対応計画を実施し，さらに105の重度汚染企業やその生産プロセスの一時停止を実施した。天津市では14の汚染企業の生産一時停止，河北省の164の汚染企業に対して排出削減や生産削減，そして山東省，山西省および内モンゴル自治区については重度汚染企業の一部の閉鎖が実施された。また大会開催期間中において，北京市内での「黄標車」（黄色ラベルの車）の走行禁止，ナンバープレートによる車両乗り入れ規制，土木工事やコンクリート打ちなど建築現場の作業中止，重度汚染企業の一部閉鎖・生産削減・生産中止が実施された。

しかし，これらの一時措置はオリンピック終了後，一部（ナンバープレートによる車両乗り入れ規制）は継続されたものの，基本的には解除された。オリンピックその後，北京市の大気の質をいかに確保していくのか多くの関心が寄せられた。2013年1月，北京を含め中国の多くの地域が深刻な大気汚染に悩まされた。北京市の大気汚染がなぜこれほど深刻になったのか，それとも単なる深刻な状況が表面化しただけなのか。これまでの大気汚染対策を検証していかなければならない。

中国科学院の研究によると，石炭燃焼と自動車は北京市汚染の主要元凶である。北京市大気汚染を分析するにあたっては，自動車の急増にともなう顕著になってきた自動車排気汚染に関する分析はきわめて重要であるが，本稿では紙幅の関係上，分析対象を煤煙型汚染に絞り，北京市の石炭燃料のクリーンエネルギー転換に焦点をあてて分析を進める。

以下では，北京市がこれまで実施してきた石炭燃料の天然ガスなどのクリーンエネルギー転換政策の経緯を概観したうえで，実施過程における問題点及びその効果について考察したい。

2-2 石炭燃料のクリーンエネルギー転換の経緯

北京市においては、発電所を含む工業だけではなく市民の生活、特に冬季暖房に大量の石炭が利用されている。石炭の燃焼による大気汚染問題を抑制するために、北京市政府は石炭燃料の天然ガスなどクリーンエネルギーへの転換政策を実施してきた。石炭燃料のクリーンエネルギー転換の原則は、茶炉・かまどからスタートし、汚染総量が大、比較的改造しやすい小規模ボイラーから、数量は少ないが、改造難度大の大規模ボイラーへ、市街地中心エリアから郊外地区へと、できるところから順に実施することである。クリーンエネルギー転換方式は、大きく分けると2つある。ひとつは「煤改電」方式、すなわち石炭から電気への燃料転換である。市街地中心エリアにおいて、石炭から天然ガスへの転換が困難な地域の平屋住宅における暖房石炭利用に対して、これまでの「小煤炉」⁰²から電気暖房に転換する。もうひとつは「煤改気」方式、すなわち石炭から天然ガスへの燃料転換である。工業（発電を含む）用石炭燃焼ボイラーと地域集中暖房の石炭燃焼ボイラーについて、ボイラーの燃料を石炭から天然ガスへ転換する。

(1) 「煤改電」プロジェクト

「煤改電」プロジェクトは、北京市の市街地中心エリアのうち、天然ガス暖房への転換が歴史的な要因で不可能な区域を対象に、これまで「小煤炉」で暖房を取っていたのを電気暖房へ転換する事業である。北京市の「煤改電」プロジェクトは2001年からスタートした。まずは市街地中心部にある「文保区」(文化保護区域)の平屋住宅を対象に「小煤炉」の電気暖房への転換から着手した。

北京市環境保護局によると、2001年市街地中心エリアの「文保区」の基礎施設条件と文化保護の要求に基づいて、北京市、区政府の関連部門の厳選のもとで、「蓄能式」(エネルギーを貯蔵できる)電気暖房を主要暖房方式への改造を決定した。“先试点, 再示范, 后扩大”(まず試す, 次に模範モデルを示す, 最後に拡大)という漸進的な改造方式を導入された。

2001年から2007年の「煤改電」プロジェクトの実際の効果を参考に、2008年初め、北京市委員会、市政府が2年間をかけて「文保区」内の平屋住宅にたいして、冬季暖房の燃料を全面的に石炭から電気に換える目標を示した。2009年末まで累計16万戸の平屋住宅の冬季暖房燃料を石炭から電気への転換が完了し、北京市市街地中心エリアの「文保区」内の「煤改電」プロジェクトが基本的に完成された。

2010年からは「煤改電」プロジェクトの範囲を、市街地中心エリアの「文保区」から市街地中心エリアの東城区、西城区の中にある「非文保区」(文化保護区域として指定されていない区域)に拡張した。一部クリーンエネルギー供給の条件が完備し、かつ都市計画の中で「保留」と分類

⁰² 「蜂窝煤」(蜂の巣の形をした石炭の塊、練炭)を使った家庭用の小型のコンロ。これで暖をとったりお湯を沸かしたりする。

される平屋と簡易楼^③に対しては、冬季暖房燃料のクリーンエネルギー転換事業をスタートした^④。これまでの電気暖房を中心としたものから、条件に応じて、壁掛式ガスボイラー個別暖房供給や地域集中暖房供給方式の多様化方式を採用された。政府の統計によると、2012年末まで、累計20万戸の市街地中心エリアの住宅がクリーンエネルギー暖房に変えた。

(2) 「煤改気」プロジェクト

「煤改気」プロジェクトとは石炭燃焼ボイラー燃料の石炭から天然ガスへの転換事業である。1998年からスタートし、まず、最初に実施されたのは茶炉や大かまどの改造である。次に20トン以下の小規模石炭燃焼ボイラー、最後に20トン以上の大規模石炭燃焼ボイラーへと順に拡大した。

オリンピックが行われる2008年以前は、市街地区内の大量の小規模石炭燃焼ボイラー室の改造を中心に行った。そのうちの一部は取り壊され、一部は大規模ボイラー室へ、残りの一部は天然ガスへの転換を通じて改造を行った。2007年までは、「城六区」(市街地6つの地区)において1.6万台の20トン以下の石炭燃焼ボイラーを改造した。

オリンピック開催された後は、20トン以上の大規模ボイラー室の改造に移った。ボイラー室の規模が大きくなるにつれ改造の難度が大きくなる。石炭燃焼ボイラーと天然ガス燃焼ボイラーの原理が異なるため、ボイラーと煙突をすべて取り壊してから、再度建て替える必要があるため、改造というより再建といってもいいほどの大変な作業になるという。

政府統計によると、これまで4.4万戸の石炭燃焼かまどを淘汰し、1.7万台の石炭燃焼ボイラーのクリーンエネルギー改造を完成した。

2-3 クリーンエネルギー利用の促進策

北京市政府は、石炭から天然ガスなどクリーンエネルギーへの燃料転換を促進するために、以下のような補助金政策を実施してきた。

① 電気料金に関する政府補助

個別暖房の電気暖房利用に関する政府の補助政策の一つは電気料金補助である。まず、暖房期において電気暖房利用住宅に対して、夜間(夜22時から翌朝6時までの間)の電気料金は0.3元/KWhを適用させ、通常料金の0.4883元/KWhより低く設定されている。しかも暖房機器のみではなく、すべての家電に適用されることになっている。次に、暖房期が終了後、暖房期間に実際に利用した電気の量(暖房期夜22時から翌朝6時の間)に対して0.2元/KWhの政府補助が申請に基づいて支払われる。ただ利用した電気の量が一定量以上(電気暖房を利用して

^③ 1960~70年代に建てられた古い共同住宅ビル。キッチンやトイレが共同使用。

^④ 2010年の「煤改電」事業の内訳は、電気暖房供給の平屋1.1万戸、壁掛式ガスボイラー個別暖房供給家庭約400戸、区域集中暖房供給は43棟簡易楼1800戸である。

いる証明となる)であることが補助条件となっている。以上のような2つの補助金政策を合わせると、暖房期電気暖房の夜間電気料金は実質上0.1元/KWhになる。通常料金よりはるかにやすいことがわかる。

② クリーンエネルギー暖房利用に関する補助金政策

2006年発表の「北京市住民住宅クリーンエネルギー個別暖房補助暫定方法」の規定に基づいて、近年の新築住宅あるいは大気汚染対策統一改造の要求に基づいて、天然ガス、電気などのクリーンエネルギー利用の個別暖房に転換された既存住宅を対象に、建築面積平方メートルあたり15元の補助金を出す。このほか、天然ガス価格の上昇に伴う負担増を軽減するために、北京市政府は天然ガス個別暖房利用に対して、暖房期天然ガス使用量820m³を上限とし、立方メートルあたり0.38元の補助金を支払う⁸⁵⁾。

③ 石炭燃焼ボイラーの「煤改気」プロジェクトに関する補助金政策

2002年に、北京市政府は首都大気環境の質のさらなる改善のため、市政府が各段階の大気汚染措置における石炭燃焼ボイラーのクリーンエネルギー改造の目標達成を確保するために、「北京市ボイラー改造補助資金管理方法」を公表し、ボイラー改造の指定会社にたいして改造費用補助を行うことを決定した。主な内容は以下の通りである。

市の行政機関と市営事業単位がボイラーの「煤改気」プロジェクトを実施し、世銀貸付でボイラーを購入する場合、全額市財政支出で運営する事業単位に対してトンあたり23万元の基準で補助を行う。プロジェクト完了後、市財政評価審議センターの審査結果に基づき、市財政局が次年度に補助金の清算を行う⁸⁶⁾。一部市財政支援を受けている事業単位については通常改造費用(トンあたり23万元)の半額で補助する。補助資金は市財政局が大気汚染対策特別資金から支出する。

世銀貸付利用でボイラー改造の実施単位のうち、市の自営事業単位、国有企業と各区の行政事業単位、国有企業に関しては、市財政局はトンあたり2.5万元の基準で補助を行う。各区のその他の地方単位については、市計委(現北京発展と改革委員会)によるトンあたり3万元の基準で補助を行う。

熱供給、電気などその他クリーンエネルギーへのボイラー改造が本当に必要な会社にたいしては、市営(全額市財政支出)事業単位は市財政局によるトンあたり35万元の改造費用基準の80%、一部財政支援の市の事業単位は同改造費用の50%を補助する。各区の行政事業単位や国有企業について、1トン未満のボイラーに対してはトンあたり2.5万元、1トン以上のボイラーに対してはトンあたり5.5万元の基準で補助を行う。

⁸⁵⁾ 北京市政務情報(zhengwei.beijing.gov.cn)より

⁸⁶⁾ あまりがあれば戻してもらい、足りない部分は追加支払いをする。

2-4 考察

以上、北京市政府がこれまで実施してきた石炭燃料のクリーンエネルギー転換政策の経緯及びそれらの促進策について述べた。ここでは、クリーンエネルギー転換過程における問題点及びその効果について考察を行う。

まず、石炭燃料のクリーンエネルギー転換過程における問題点について論じる。

(1) リバウンド問題

すなわち、「煤改電」改造を行った住民の一部が再び石炭を燃やして暖房を取るという「電改煤」（電気から石炭へ）問題である。その理由は以下の2つを上げることができる。

一つは性能問題である。これは、電気暖房は温かくない、あるいは保温の持続性がないことをいう。北京市が採用したのは「蓄能式」電気暖房である、すなわち電気料金の安い夜間にエネルギーを蓄積し、昼間には電気暖房の電源を消しても蓄熱で温めることができる。建物の保温性問題と電気暖房の性能問題、また建物の大きさと電気暖房器具の熱供給能力が合わないことが原因として考えられる。この問題は特に定年退職後の老人家庭や子どものいる家庭など、昼間もずっと家にいるので、一日中暖房を使う家庭において多くみられる。

二つは価格問題である。政府補助金が支給されたとしても、少ない退職金で暮らしている老人家庭など、昼間の暖房利用が必要な在宅時間の多い家庭は、先ほども述べたような性能問題から考えると、昼間も電気暖房を利用し続けることによって、高い電気代を払うことになる。少ない退職金で暮らす人々や出稼ぎなどの貧困層は高い負担となる。

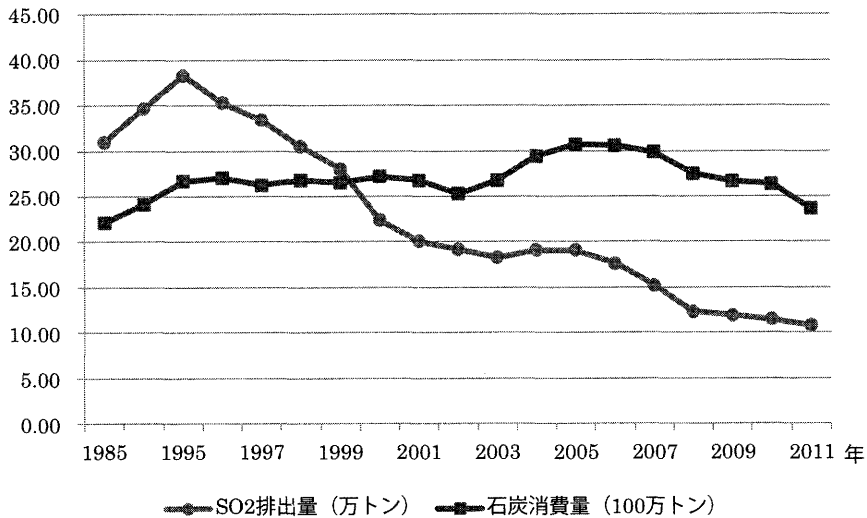
以上のような理由で、石炭から電気に転換した家庭が再び石炭暖房を利用することがしばしばみられる。石炭の消費量がなかなか減らない原因の一つとなる。

(2) 政策問題

石炭燃料の電気、天然ガスなどクリーンエネルギーへの転換に関する補助金政策は、石炭から電気、天然ガスへの利用促進のために行われるので、電気料金、天然ガス料金を通常よりはるかに低い料金で設定されている。このため省エネのインセンティブが働かず、電気や天然ガスの消費量を必要以上に増加させることにつながる。また電気の消費量の増加は発電の原料が石炭である以上、結果的に石炭の消費量を逆に増加させてしまうという政策の逆効果問題や天然ガス供給不足問題が生じる。

次に、クリーンエネルギー転換による石炭消費量およびSO₂排出量の削減効果について分析する。図2-1は1985年から2011年まで、北京市の石炭消費量とSO₂排出量の推移を図示したものである。1990年代後半から2011年までSO₂の排出量は大きく減少したことがみてわかる。これにたいして、石炭の消費量はあまり大きな変化がみられない。2002年から2005年までは経済の急成長に伴って石炭の消費量は増加に転じ、その後緩やかな減少傾向にある。SO₂の排出量は大きく

図2-1 北京市の石炭消費量とSO₂排出量の推移



(注) SO₂排出量は、2011年から統計口径と計算方法が調整された。
 ここでは2011年のSO₂消費量は調整前のものに合わせた。
 (出所)『北京統計年鑑』と『中国エネルギー年鑑』より作成

低下したものの、2010年の石炭消費量は1998年に比べてほとんど減っていないことは、これまでの石炭燃料のクリーンエネルギー転換政策によるSO₂の排出量削減効果はあったが、石炭消費量の削減効果があまりなかったことを意味するだろうか、以下においてそれについて検討する。

$$\text{SO}_2\text{排出量} = \text{石炭消費量} \times \text{SO}_2\text{排出原単位 (石炭単位あたりのSO}_2\text{排出量)}$$

この式に従えば、石炭消費量の変化はない場合、SO₂排出量の削減はSO₂排出原単位の低下によって実現される。北京市のSO₂排出原単位を低下させる要因としては、①石炭の硫黄含有量の低下と②脱硫率の上昇が考えられる。

1990年代後半から2000年代前半頃までは、脱硫装置の設置があまり普及していなかった時期においては、①の要因によってSO₂排出原単位の低下をもたらした一番大きい要因であると推測できる。北京市は良質炭の利用促進のため、1998年に「低硫良質煤及び製品標準」という石炭品質に関する基準を作成され、硫黄含有率が0.5%以下のものしか使ってはいけないとされる。また高硫黄炭から低硫黄良質炭への利用推進のため、「北京市ボイラー大気汚染物排出標準」、SO₂排污費の引き上げなどの政策も実施された。

そして、脱硫装置の設置が普及される2000年代後半ころからは、②の脱硫率の上昇がSO₂排出原単位の低下に対して重要な役割を果たしたと思われる。

以上の分析から、SO₂排出量の削減は、石炭燃料のクリーンエネルギーへの転換によってもた

らされたよりも、粗悪炭から良質炭への利用を通じて石炭の硫黄含有量の低下および脱硫装置の普及による脱硫率の上昇によるものだといえよう。

では、石炭燃料のクリーンエネルギーへの転換による石炭消費量の削減効果はなかったのか？2010年における北京市のエネルギー消費量は標準炭換算で6,954万トン、2000年の同4,144万トンに比べて約1.7倍に増加した。これに対して、エネルギー消費量に占める石炭の割合は、2000年の54%から2010年の約30%に低下した。この石炭比率の低下は石炭燃料のクリーンエネルギー転換から、天然ガスなどクリーンエネルギーの消費量の増加によってもたらされたのである。したがって、石炭燃料のクリーンエネルギーへの転換による石炭消費量の削減効果はなかったというより、その効果は経済成長にともなうエネルギー需要の増加によって打ち消されたのである。

III 北京市郊外農村地域における冬季暖房による大気汚染への影響

すでに述べたように、北京市政府が長年にわたって取り組んできた様々な大気汚染対策は、北京市空気の質の向上には一定の成果を遂げている。統計データを見る限りでは煤煙型汚染は大分改善され、北京市空気の質は年々改善されてきた。しかし北京市の大気汚染問題の実態はいまだに深刻である。北京市大気汚染に関しては、一般的に暖房季節の空気の質は非暖房季節より悪い。2013年1月に起こったような重度汚染の日は冬季暖房季節において多発する傾向があることから、冬季暖房季節における煤煙型汚染は依然として深刻であることがいえる。

都市部の暖房利用の汚染対策に関しては、前述したとおり、「煤改電」、「煤改気」といったクリーンエネルギー転換事業を通じて、都市部における暖房燃料は基本的に石炭から天然ガス、電力などへ転換された。しかし、郊外農村地域の住民の冬季暖房期における石炭燃焼による汚染対策はほとんど取り組んでこなかった。北京市の郊外農村地域には都市部のような集中暖房システムが普及されておらず、冬季暖房の燃料はいまだにほとんど石炭に頼っている。実は、郊外農村地域の暖房用石炭はどのくらい利用されているのか、正確な統計はない。以下においては、まず北京市郊外農村地域における冬季暖房の石炭消費量の算出を試みる。次にそれによる北京市大気汚染への影響について考察する。最後に郊外農村地域の住民の冬季暖房利用における問題点を明らかにしたい。

3-1 暖房石炭消費量の算出

北京市郊外地域の農民の主要エネルギー源は石炭、LPガス、太陽エネルギーである。LPガスは価格が相対的に高く、一般的に冬季以外の季節における炊事用エネルギーとして利用される。太陽エネルギーは一般的にシャワー用エネルギーとして利用される。そして冬季暖房季節におけ

る炊事や暖房のエネルギーは基本的に石炭に依存している。北京工業大学と北京交通大学の調査によると、平均住宅面積100m²の農村住宅が一つの暖房期における暖房のために燃やされる石炭の消費量は約3～4トンである⁰⁷⁾。

以下、郊外農村地域暖房期石炭消費量の算出方法について説明する。

まず、北京市郊外農村地域の住宅総面積（＝総人口×一人あたり住宅面積）を求める。

北京市統計局のデータ⁰⁸⁾によると、2012年末北京市農村常住人口は285.6万人、一人あたりの農村住宅面積は49.08m²である。単純に計算すると、北京市郊外農村地域住宅の総面積は約140.2百万m²になることがわかる。

次に、郊外農村地域暖房期石炭消費量を求める。

農村住宅一戸あたりの平均住宅面積を100m²と仮定する。上で求めた北京市郊外農村地域の住宅総面積を用いて計算すると、農村地域住宅総戸数は約140.2万戸となる。そして一戸（100m²）あたりの農村住宅の暖房用石炭消費量を乗じれば、農村地域暖房期石炭総消費量を求めることができる。

ここでは北京工業大学と北京交通大学の調査結果を参照にして、3つのケースに分けて、それぞれのケースについて暖房用石炭消費量を算出する。ケース1はひとつの暖房季節における農村住宅一戸あたりの暖房石炭消費量は3トン、ケース2は同3.5トン、ケース3は同4トンとする。

計算した結果は表3-1に示した。ケース1の場合、北京市郊外農村地域の暖房期石炭消費量は約421万トン（標準炭換算約300万トン）である。これは2012年北京市の石炭総消費量（約2,300万トン）の約18.3%に相当する。そしてケース2とケース3の場合は、農村地域の暖房期石炭消費量はもっと多くなり、それぞれ491万トン（標準炭換算350万トン）、561万トン（標準炭換算401万トン）に上る。それぞれ北京市の石炭総消費量の約21.3%、24.4%を占めることになる。

以上の計算結果から分かるように、北京市農村地域の冬季暖房に利用される石炭の消費量は全体の約2割を占め比較的に多い。また農村地域の暖房に使われる石炭のほとんどが処理を行われていない原炭であり、かつ8割以上が硫黄や灰分の含有量の多い粗悪炭であるため、農村地域の冬季暖房石炭の燃焼による排出される汚染物の排出量は、北京市都市部の同量の石炭利用よりも多くなることと推測されよう。

以下、農村地域暖房石炭の燃焼による排出されるSO₂、煙塵、NO_xのそれぞれの排出量はどのくらいなの、大まかな計算をしてみよう。

⁰⁷⁾ 陈鹭（2009）を参照

⁰⁸⁾ 「北京市2012年国民経済と社会発展統計公報」北京統計情報網
http://www.bjstats.gov.cn/xwgb/tjgb/ndgb/201302/t20130207_243837.htm より

表 3 - 1 北京市郊外農村地域における暖房期石炭消費量、汚染物排出量及び暖房費用の推算

		ケース1	ケース2	ケース3
住宅一戸 (100m ²) あたり暖房石炭消費量 (トン)		3	3.5	4
2012年末農村常住人口 (万人)		285.6		
一人当たり農村住宅面積 (m ²)		49.08		
農村地区住宅総面積 (万m ²)		14017		
農村地区暖房石炭消費量 (万トン)		421	491	561
	標準炭換算	300	350	401
農村地区暖房期汚染物排出量 (万トン)	SO ₂	5.20	6.06	6.93
	煙塵	1.46	1.70	1.95
	NO _x	2.92	0.00	0.00
石炭価格 (元/トン)	粗悪炭	800		
	良質炭	1,300		
住宅一戸あたり暖房費用 (元)	粗悪炭	2,400	2,800	3,200
	良質炭	3,900	4,550	5,200
住宅面積1m ² あたり暖房費用 (元)	粗悪炭	24	28	32
	良質炭	39	46	52

(注) 汚染物排出量は表 3 - 2 の 2005 年の汚染物排出係数を用いて計算

(注) 石炭価格はネット情報より

3 - 2 SO₂, 煙塵, NO_x の排出量の算出

北京市郊外農村地域暖房石炭利用によって排出される汚染物の計算式は以下のとおりである。

$$\text{汚染物の排出量} = \text{石炭の消費量} \times \text{汚染物排出係数}^{(4)}$$

石炭の消費量は上で算出した結果を利用する。しかし、石炭燃焼の汚染物排出係数のデータは利用できるものがない。

ここでは、比較的入手しやすい全国火力発電の関係データを用いて、火力発電所の石炭燃焼の汚染物排出係数を算出する。具体的には中国電力企業連合会 (2011) 及び中国電力網などのネット資料から得られた発電石炭消費原単位 (発電単位あたりの石炭消費量) と発電汚染物排出原単位 (発電単位あたり汚染物の排出量) のデータを用いて、汚染物の排出係数を算出する。その結果を表 3 - 2 に示した。

計算結果によると、2005年火力発電所のSO₂, 煙塵, NO_xのそれぞれの排出係数は0.0173, 0.0049, 0.0097である。2010年の同係数はそれぞれ0.0081, 0.0015, 0.0078となり、2005年に比べて特にSO₂の排出係数と煙塵の排出係数が大きく改善されたことがわかる。2005年時点にあまり導入されていないなかった脱硫装置が2010年には急速に普及したからだと考えられる。

また火力発電にかんしては石炭品質や汚染物排出基準が設定されており、一方北京市農村地域

⁽⁴⁾ 石炭消費単位当たり排出される汚染物の量のことを指す。

表3-2 中国火力発電の石炭による汚染物排出係数の算出

	2005	2010
火力発電石炭消費原単位（標準炭換算：g/kwh）	370	333
火力発電SO ₂ 排出量原単位（g/kwh）	6.4	2.7
火力発電煙塵排出原単位（g/kwh）	1.8	0.5
火力発電NO _x 排出原単位（g/kwh）	3.6	2.6
SO ₂ 排出係数	0.0173	0.0081
煙塵排出係数	0.0049	0.0015
NO _x 排出係数	0.0097	0.0078

(出所) 中国電力企業連合会（2011）と中国電力網などのネット資料より作成。
 (注) 火力発電所は発電設備容量6,000kw以上のものである。
 (注) 各種汚染物の排出係数は、石炭（標準炭換算）燃焼単位当たりの各種汚染物の排出量である。石炭消費原単位と汚染物排出原単位より筆者推算。

の石炭利用に関する石炭品質や汚染物排出基準の規定はない。農村地域のほとんどが高硫黄高灰分の粗悪炭を利用しているため、汚染物排出係数は2005年の火力発電の排出係数よりも大きいと推測される。

過小評価とはなるだろうけど、ここでは2005年の火力発電所の汚染物排出係数を用いて、北京市農村地域の冬季暖房石炭燃焼による汚染物排出量を算出した（表3-1）。

以下において、算出した汚染物の結果を用いて、郊外農村地域暖房石炭燃焼による北京市大気汚染への影響について考察を行う。

最も低く見積もったケース1の場合を見てみると、北京市郊外農村地域の暖房石炭によるSO₂の排出量は5.20万トンであり、2012年の北京市のSO₂総排出量（9.38万トン）の約55%を占める。煙塵の排出量は1.46万トンであり、同北京市の煙粉塵総排出量（6.68万トン）の約22%、そしてNO_xの排出量は2.92万トン、同北京市のNO_x総排出量（17.75万トン）の約16%に相当する。北京市“12・5”時期環境保護と建設計画において、2015年北京市SO₂の総排出量は2010年に比べ13.4%（削減目標量：1.4万トン）削減の目標が設定されている。これに対してひとつの暖房季節で郊外農村地域の暖房石炭利用から排出されるSO₂は5.20万トンであるから、その27%削減できれば、北京“12・5”計画の5年間削減目標を達成できてしまう。

このように、郊外農村地域住宅暖房の石炭燃焼による汚染物の排出量が相当大きく、その削減効果も大きいことがわかる。北京市都市部住民の人口は全人口の86%を占める。しかし都市暖房燃料の石炭から天然ガスなどのクリーンエネルギーへの転換など、これまで北京市政府は都市暖房の汚染削減にいろいろな対策を取り組んできた結果、都市暖房のSO₂排出量は年々減ってきた。これにたいして、農村地区の暖房に依然として大量の粗悪炭を利用しており、上でみてきたように汚染物排出量も相当多い。北京市空気の質に与える影響が大きいと思われる。

郊外農村地域の冬季暖房石炭燃焼による汚染物の削減が今後北京市大気汚染の質の改善に大きく貢献できると期待できる。

3-3 暖房費用と貧困格差問題

まず、北京市郊外農村地域の暖房費用はどのくらいかかっているのかを見てみよう。

現在、北京市の一般炭の価格は800～1,000元、品質の良い無煙炭になると価格はより高く1,200～1,300元ぐらいといわれる⁸⁹。ここでは、粗悪炭の価格を800元とし、良質炭の価格を1,300元とする。これを用いて計算した北京市郊外農村地域の暖房費用は表3-1の示す通りである。

表3-1によると、粗悪炭を利用した場合、住宅一戸（100㎡）あたりの暖房費用は2,400～3,200元、住宅面積平方メートル当たりのコストに換算すると、24～32元になる。そして良質炭を利用した場合は、住宅一戸あたりの暖房費用は3,900～5,200元、住宅単位面積の暖房費用は39～52元に上る。

北京市統計局のデータによると、2012年に北京市農村住民の一人当たり平均純収入は16,476元である。北京市農村住宅一戸当たり平均人口を2.48人で計算すると、一戸当たりの年間総収入は約40,860元である。月平均収入に直すと約3,405元となる。一つの暖房季節の期間は4カ月であるため、農村住宅の一戸当たり暖房期総収入は約13,620元である。これに対して、粗悪炭利用の暖房費用は2,400～3,200元である。暖房期総収入の約17.6～23.5%を占める。もし良質炭利用の場合、暖房費用は3,900～5,200元に上昇し、暖房期総収入の約28.6～38.2%という高い割合を占めることになる。このように北京市農村住宅の冬季暖房費用は農村住民の生活への影響は相当大きい、農民の実際の生活レベルの向上に支障を与えるといえよう。

次に、農村住宅の暖房費用と都市部住民の暖房費用と比較してみよう。表3-3は北京市都市住民の暖房価格を示したものである。北京市が提供する集中暖房の場合は建築単位面積当たり24元、石炭燃焼ボイラー暖房の場合は同16.5～19元、天然ガス（石油、電気）ボイラー暖房の場合は同30元である。これに対して農村住宅の粗悪炭利用暖房の場合は24～32元、良質炭利用暖房の場合は39～52元に上る。農村住宅の暖房費用の方が断然高いことがわかる。

図3-1は北京市都市住民の一人あたり可処分所得と農村住民の一人あたり純収入を示したものである。一見して明らかのように、1990年に両者の格差はほとんどないが、その後格差がどんどん広がり、2012年には2倍以上の格差がある。

このように、都市住宅の暖房費用は農村住宅より低いだけでなく、市政府から多くの住宅暖

⁸⁹ ネット資料より

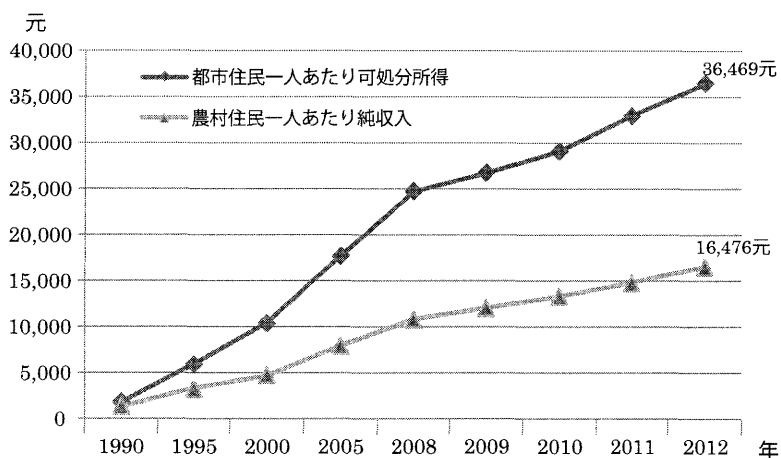
表 3-3 北京市都市住民暖房価格

単位：元/m²（建築面積）

供給方式		住民	非住民
市集中暖房		24	42
石炭ボイラー	直接供給	16.5	
	間接供給	19	
天然ガス（石油、電気）ボイラー		30	

（出所）首都の窓HP(zhengwu.beijing.gov.cn)より作成

図 3-1 北京市住民の一人あたり所得



（出所）『2012年北京統計年鑑』より作成

房手当を受けている。これに対して農村住宅の暖房費用は高く、市政府からの暖房手当もない。これは、実質上都市部と農村部との間の格差をさらに拡大させることになっている。

3-4 対策

以上でみてきたように、北京市郊外農村地域では大量の粗悪炭を冬季暖房に利用されている。それによる汚染物の排出量も非常に多い、北京市の大気汚染の質をさらなる改善するには、農村地域の粗悪炭の暖房利用を抑制する必要がある。しかし、都市部暖房対策のように、平屋の多い農村郊外地域にまで市政府の集中暖房というシステムを張り巡らせるのも、天然ガスの導管を個々の農家まで引き入れ、暖房燃料の粗悪炭から天然ガスなどのクリーンエネルギーへの転換は短期的には非現実である。郊外農村地域の暖房汚染を比較的低コストで削減できる対策として、粗悪炭から良質炭への使用転換を上げられる。

北京市の石炭のほとんどが山西、河北地域から運ばれている。平均硫黄含有量は1%前後、高

いのは 2～3% に上る。仮に郊外農村地域の暖房燃料用石炭の硫黄含有量が平均の 1% であるとしても、北京市石炭製品基準の 0.5% 以下の良質炭に転換することができれば、SO₂ の排出量は半減となる。また、硫黄含有量が 2～3% の石炭を使っている場合は、同 0.5% 以下の良質炭に転換すると、SO₂ の排出量は転換前の 1/4～1/6 に減少する計算となる。

北京市は低硫低灰良質炭の使用を推進するため、「北京市石炭品質」や「ボイラー大気汚染物排出」に関する地方基準を制定されている⁹⁰⁾。しかし、これらの政策は、粗悪炭に頼らざるをえないお金のない貧困家庭や郊外農村地区に暮らす人々や小規模工場についてはあまり効果がない。根底にあるのは貧困問題、格差問題である。このため、政策効果をあげるためには、短期的には政府の価格補助によって、良質炭を貧困層の人々も利用可能な価格にし、そのうえ、良質炭の供給ルートを確認してあげることが大事である。

長期的には、環境税などを導入して、環境への汚染物排出に対する支払いをエネルギー価格に反映させ、適正なエネルギー価格を用いて、価格メカニズムを通じて省エネや汚染物の削減を実現していくことが重要である。当然貧困問題を解決されることが重要となる。

おわりに

北京市の大気汚染問題は、1980年代まではSO₂やTSP等に代表される典型的な「煤煙型汚染」から、1990年代は自動車排気ガス起因の移動型汚染をくわえ、「煤煙型+自動車排気型」という「混合型汚染」へ、2000年以降はPM10、PM2.5に代表される粒子状物質汚染が顕著になり、より複雑な「複合型汚染」に変遷した。

第 1 章では、北京市大気汚染問題の現状と特徴を分析し、以下のような 2 点を明らかにした。①汚染物の総排出量は依然高く、改善の余地が多いこと。北京市は1998年から2012年まで、汚染物濃度は低下し大気の質が連続14年の改善を実現したものの、東京と比べると大気汚染のレベルは依然として高く、今後さらなる改善が必要とされる。②季節性変動が鮮明であること。一般的に冬季暖房期はその他の季節に比べて汚染物（特にSO₂）の水準が圧倒的に高い。これは冬季暖房期において北京市はいまだに多くの石炭が暖房燃料として燃やされているからである。冬季暖房期の石炭燃焼による煤煙型汚染は依然として深刻であることを明らかにした。

第 2 章では、北京市の大気汚染対策のうち、特に石炭燃料のクリーンエネルギー転換政策を中心に取り上げ、政策の効果と問題点を明らかにした。煤煙型汚染を抑制するため、北京市政府は

⁹⁰⁾ 1998年北京市はSO₂抑制地区として指定され、SO₂汚染状況を改善するために、低硫低灰の良質炭の使用を推奨してきた。そのために、1998年7月23日に「低硫炭及び製品」に関する地方基準を発表し、石炭の使用について監督管理を行う。また1998年11月6日に「ボイラー室大気汚染物排出基準」を発表。硫黄含有量が0.5%以下の良質炭の使用を規定。

これまで低硫黄低灰良質炭の使用促進、石炭燃料の天然ガスなどクリーンエネルギーへの転換など一連の対策を実施してきた。SO₂の排出量削減は全国においてもトップレベルの成果を実現した。特に高硫黄粗悪炭から低硫黄良質炭への利用促進によって暖房石炭の硫黄含有量の低下と、脱硫設備の普及によって脱硫率の上昇がSO₂の排出量削減において重要な役割を果たした。暖房燃料の石炭から電気、天然ガスなどクリーンエネルギー転換政策は、天然ガスの利用率の向上、石炭の利用率の低下をもたらしたが、しかしその効果は、経済成長や都市化による人口の増加などから生じるエネルギー需要増によって打ち消され、2010年石炭の消費量は1998年に比べてほとんど変わっていないことがわかった。これはまさに政策の限界といえよう。

また政策実施過程において以下のような問題点があることを明らかにした。まず、リバウンド問題である。暖房性能や価格の理由から、暖房の石炭利用から電気暖房への改造を行った住民の一部が再び石炭を燃やして暖房を取るという「電改煤」（電気から石炭へ）現象がしばしば生じている。次に、政策問題である。補助金政策は省エネのインセンティブが働かず、電気や天然ガスの消費量を必要以上に増加させる効果がある。また電気消費量の増加は発電の原料が石炭である以上、結果的に石炭の消費量を逆に増加させてしまう問題や天然ガス供給不足問題がある。

第3章は、これまであまり重視されてこなかった北京市郊外農村地区における冬季暖房期の石炭利用が大気汚染の重要な要因の一つである可能性について検討した。以下の3点を明らかにした。①冬季暖房石炭利用による汚染物排出量が非常に多い。計算結果によると、郊外農村地域住宅暖房石炭消費量は北京市石炭消費量の約2割を占めている。ほとんどの石炭が高硫黄粗悪炭のため、暖房石炭利用による排出される汚染物の量は北京市総排出量に占める比率は、低く見積ってもSO₂排出量は約55%、煙塵の排出量は約22%、NO_x排出量は約16%に上る。郊外農村地域の暖房石炭利用が北京市大気汚染への影響が無視できない。②農村住宅の暖房費用は高く、都市住民との貧困格差の拡大の要因であること。③汚染削減の対策として、粗悪炭から良質炭への転換が有効であること。ただ、実効性を保障するためには、政府による価格補助を通じて、良質炭を貧困層の人々も利用可能な価格にし、そのうえ、良質炭の供給ルートを確保してあげることが大事である。ただし、長期的には、やはり環境税などを導入して、環境への汚染物排出に対する支払いをエネルギー価格に反映させ、適正なエネルギー価格を用いて、価格メカニズムを通じて省エネや汚染物の削減を実現していくことが重要である。

最後に本稿の課題について言及する。本稿では北京市を限定して大気汚染問題について考察を行ったが、微粒子汚染の原因が複雑で、空气中微粒子が長期間滞留し、長距離移動する特徴から考えると、もはや一地域だけの問題ではない。北京市周辺地域との連携対策を実施することが重要である。また、自動車汚染対策に関する検討はきわめて重要であるものの、紙幅の関係で本稿では論じることができなかった。これらについては今後の課題として稿を改めて論証したい。

参考文献

- Chen, J., Xie, Y., Li, W. (2013), Health impact assessment of Beijing's residents in exposure of chief air pollutants from 2010 to 2015 based on energy consumption scenarios, *Procedia Environmental Sciences*, 18, 277-282.
- He, k., Yang, F., Ma, Y., Zhang, Q., Yao, X., Chan, C.K., Cadle, S., Chan, T., Mulawa, P. (2001), The characteristics of PM_{2.5} in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 35, 4959-4970.
- Li, Y., Cao, J., Li, J., Zhou, J., Xu, H., Zhang, R., Ouyang, Z. (2013), Molecular distribution and seasonal variation of hydrocarbons in PM_{2.5} from Beijing during 2006, *Particuology*, 11, 78-85.
- Song et al. (2006), Source Apportionment of PM_{2.5} in Beijing by Positive Matrix Factorization, *Atmospheric Environment*, 40, 1526-1537.
- Streets, D. G., Fu, J. S., Jang, C. J., Hao, J., He, K., Tang, X., Zhang, Y., Wang, Z., Li, Z., Zhang, Q., Wang, L., Wang, B., YU, C. (2007), Air quality during the 2008 Beijing Olympic Games, *Atmospheric Environment*, 41, 480-492.
- Sun, Y., Zhuang, G., Tang, A. (2006), Chemical Characteristics of PM_{2.5} and PM₁₀ in Haze-Fog Episodes in Beijing, *Environ. Sci, Technol.*, 40, 3148-3155
- Zhang, M., Salmon, L.G., Schauer, J.J., Zeng, L., Kiang, C.S., Zhang, Y., Cass, G.R. (2005), Seasonal trends in PM_{2.5} source contributions in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 39, 3967-3976.
- Zhou, J., Zhang, R., Cao, J., Chow, J., Watson, J.G. (2012), Carbonaceous and Ionic Components of Atmospheric Fine Particles in Beijing and Their Impact on Atmospheric Visibility. *Aerosol and Air Quality Research*, 12, 492-502.
- 相川泰 (2008)『中国汚染「公害大陸」の環境報告』ソフトバンク新書
- 植田和弘 (2008)「大気汚染対策の到達点と課題」『中国の環境政策』京都大学学術出版社
- 高橋克行・森育子・西川雅高・全浩・坂本和彦 (2008)「北京と東京における都市大気エアロゾル中の炭素成分の特徴」『エアロゾル研究』23 (3)
- 堀井伸浩 (2010)「大気汚染問題と技術的対応の進展」アジア研選書No.20『中国の持続可能な成長』アジア経済研究所発行
- [中国語文献]
- 彭应登 (2013)「北京“蓝天工程”助力环境改善」『城市管理与科技』第4期
- 潘小川・李国星・高婷编著 (2012)「危険の呼吸—PM_{2.5}の健康被害と経済損失に関する評価研究—」中国環境科学出版社
- 陈鹭 (2009)「北京市農村住宅暖房の都市空気の質への影響」《都市問題》第4期

- 于軾・盛洪・杨富强等 (2008)『煤炭的真实成本—大气污染不公众健康』第1版, 煤炭工业出版社
- 鲁兴・吴贤涛 (2004)「北京市暖房期大気中PM2.5とPM10の質量濃度の変化分析」『焦作工学院学报』23卷, 6期.
- 李娜・林骋 (2009)「北京市農村住民エネルギー消費回帰分析と省エネ提言」『中国電力教育』2期
- 江亿 (2011)「我国建筑省エネ戦略研究」『中国工程科学』第13卷第6期
- 劉鑑強主編 (2013)『中国環境發展報告2013』社会科学文献出版社
- 徐俊芳・田昕・江青文・王皆騰・杨威 (2011)「北京市住宅団地建筑エネルギー消耗分析」『节能技术』03期
- 張鶴 (2007)「北京市大気污染防治法律問題研究」『東北林業大学修士論文』
- 中国電力企業連合会 (2011) 編『中国電力行業年度發展報告』中国市場出版社
- 国家統計局・環境保護部編 (2013)『2012中国環境統計年鑑』中国統計出版社
- 国家統計局編 (各年版)『中国統計年鑑』中国統計出版社
- 国家統計局工業交通統計司・国家發改委エネルギー局編 (各年版)『中国エネルギー統計年鑑』中国統計出版社
- 北京市環境保護局 (各年版)「北京市環境狀況公報」北京市環境保護局HP
- 郭印誠, 滕树龙「北京市大気汚染総量規制と削減メカニズム研究—グリーン五輪の空気の質—」中国持続可能なエネルギープロジェクト『百度文献』
- <http://wenku.baidu.com/view/58d9923643323968011c9233.html>