

大気環境が住宅取引価格に与える影響

—政府の環境規制の観点から—

経済学研究科 経済学専攻博士課程前期課程 2 年

鄒 鵬

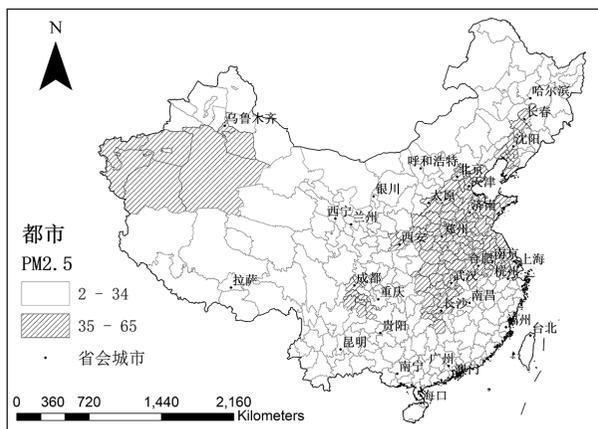
目次

1. はじめに
2. データと研究方法
3. 実証分析
4. 頑健性チェック
5. おわりに

1. はじめに

近年、中国では都市化が急速に進んでおり、それに伴う大気汚染も懸念されている。中国の都市化率は、1982年の20.91%から2020年には63.89%に上昇した（中国国家統計局）。百世帯当たりの自動車保有台数は、2000年の0.5台から2021年には41.8台に増加している（同上）。中国環境省「2021年中国生態環境状況公報」によると、全国339都市のうち、43.1%の都市の空気の質は中国の基準¹⁾を満たさなかった。PM2.5年間平均濃度は $31\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、2021年に設定されたWHO

図 1 2010-2019年PM2.5平均濃度



注) 出所: ArcGisから筆者作成

の基準値である $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく上回っている。

大気環境の悪化や環境保護意識の高まりから、大気環境の変化が中国経済と国民生活に及ぼす影響が研究者の関心事となっている。環境汚染によるマクロレベルの影響については、GDP成長率 (Brock & Taylor, 2010; 王・黄, 2015)、都市化 (邵他, 2019) 等の観点から研究が行われている。個人のミクロレベルでは、より最近になって研究が始まっている。既存の研究では、環境汚染が住民の生活の様々な側面に及ぼす影響について、身体健康 (陳・陳, 2014; 沈・孫, 2020; 関他, 2021)、主観的幸福 (Zhengtao et al., 2014; 楊・章, 2014)、個人の行動 (Sinha & Cropper, 2013; 席・梁, 2015; 李・張, 2019) の観点からそれぞれ検証している。これら研究結果の多くは、環境汚染と住民生活との間に有意な負の相関があることを示している。

経済学の観点から、環境財などのように外部性をもつ非市場財は財の特性上、具体的な市場の形成が困難なことにより、その経済価値を直接に観察することができない。そのため、政策立案者が環境規制をよりよく立案し、実施するために、どの程度の環境水準を目標にすべきか、またその時の費用負担はどうすべきかなどに関して経済的な評価が必要となる (Kolstad, 2010; Kneese, 2011)。そのような研究の入り口となるのが、不動産市場である。Freeman (1974) は、Rosen (1974) が製品および製品属性の分析にヘドニック価格法を用いる基本的な枠組みを開発した後、大気汚染と住宅価格の関係を説明するために、この方法を初めて適用した。その後、数多くの研究がこの方法を用いて、環境汚染と住宅価格との間に有意な負の相関があることを確認している (Rosen, 2002; Blomquist et al., 1988; Gyourko & Tracy, 1991)。

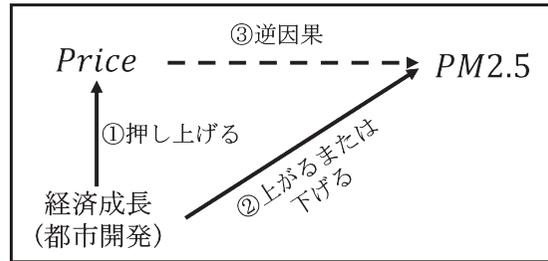
中国の不動産市場に注目した研究者たちは、異なる地域や年のデータ、都市間や都市内のデータを用いて、大気汚染が住宅価格を下げるという証拠を得た。主な研究の概要は表1の通りである。

既存研究の対象は、個別都市や大中都市に限定されており (Siqi et al., 2014; Yu, 2019; 韓・趙, 2021)、賃金や住宅価格、大気汚染などが一般的に高く、選択バイアスが避けられない (王・俞, 2018)。一方で、全国レベルに注目した研究では、データ入手の都合上、クロスセクションデータや期間の短いデータが使われることが多いので、都市の特性を効果的に表現できない。実証過程におけるヘドニック価格法の難しさの一つは、必要とされるデータの完全性の高さである (金本, 1992)。この既存研究のギャップを埋めるため、本稿では2010年から2019年の10年間にわたる中国287都市のPM2.5データを用い、大気汚染が住宅価格に与える影響を政府の環境規制の観点から総合的に検討することをこととした。

データの入手可能性に加えて、この方向の研究にとって大きな課題は図2に示したように、経済発展の度合いに起因する逆因果性に留意することである。つまり、住宅価格は都市の経済水準と正の相関を持つ傾向がある (趙他, 2021)。一方で、経済発展の度合いが環境汚染に影響を与えることもある (Grossman & Krueger, 1995; Avraham et al., 2015; 邵他, 2016)。したがって、住宅価格と環境汚染の間に逆因果が生じ、推計バイアスがかかる可能性がある。

本稿では、研究結果に対する内生性の問題の影響を緩和するために、経済、教育、医療など

図2 住宅価格とPM2.5の因果関係



注) 出所: 筆者作成

の様々な都市特性や固定効果をコントロールすることに加え、Chay & Greenstone (2005), Siqi et al. (2009), Yuyu et al. (2013) などの研究に基づき、大気汚染に関する第一の操作変数として平均気温と降水量を使用することにした。PM2.5には気象的要因が重要な影響を及ぼしている(Herrnstadt et al., 2021)。一方で、気象要因は外生的な自然条件によって決まるため、外生的変数と考えられる。したがって、気象要因はPM2.5の適切な操作変数として使用できる。

本稿で採用した第二の操作変数が、政府の環境規制変数である。近年、中国政府は環境汚染、特に大気汚染の悪影響を緩和するために様々な環境政策²⁾を導入しており、これまでの研究では、政府の行動が環境汚染に与える影響は見過ごされる傾向にあった。本稿では、Chen et al. (2018)に基づき、政府の環境規制政策の強さを測るために、地方政府の「政府活動報告³⁾」に環境関連の用語が登場する割合を第二の操作変数として選択した。

本稿では、住宅価格のヘドニック価格法に基づいて、大気汚染の内生性を制御するための操作変数を使って、中国の278都市における2010年から2019年の大気質改善に対する住民の限界支払意思額 (Marginal Willingness to Pay, MWTP) を推計した。本稿の革新性は主に以下の3点にある。(1) 本論文で選択されたデータは、中国の大多数の都市を含んでいる。既存の研究では、研究対象が個別都市や大中規模都市に限定されているため、どうしても選択バイアスが生じてしまう。本稿で構築したデータセットは、今後の研究の参考に資することができる。(2) 多くの研究と異なり、本稿では、政府の環境規制の有効性をより総合的に評価するために、政府の「政府活動報告」に環境関連の用語が登場する割合を政府の環境規制の操作変数として選択した。この変数は、大気汚染の内生性を緩和するための第二の操作変数として機能し、2SLS法のもとで大気質改善に対する住民の限界的な支払い意思を測ることを可能にしている。(3) 本稿では、第二次産業の比率の異なる都市が政府の環境規制の対象となることの違いを検証している。

本稿の構成は以下の通りである。第2節では使用したデータと推定モデルについて説明し、第3節で推定結果についてまとめる。第4節で得られた結果の頑健性をチェックし、第5節で結論を述べる。

表 1 大気汚染と不動産市場の関係に注目する先行研究

先行研究	分析方法	地域	データ	結果
Kim et al., 2003	空間ヘドニック価格法 (Spatial hedonic model)	韓国・ソウル	1993年住宅調査データ	SO ₂ 濃度が4%減少すること、住宅価格は1.43%上昇。
Chay & Greenstone, 2005	ヘドニック価格法、 IV: Polluters in nonattainment	アメリカ	1972-1983年の住宅価格調査データ、US EPAの大気質データ	大気中浮遊物が1 µg/m ³ 減少すると、住宅価格は0.28%上昇。
Anselin & Lozano-Graia, 2008	空間的2SLSアプローチによる内生性の対応	アメリカ・南カリフォルニア	1990年および2000年のMSAレベルの人口調査データ	空気の質の1%改善で、MWTPは149-185米ドルに相当。
Siqi et al., 2009	ヘドニック価格法、 IV: 快適度指数 (冬の温度と夏の温度)	中国主要35都市	2003-2006年 新築住宅価格指数と年間平均大気汚染指数	PM10の年間平均濃度が1標準偏差増加することにより約9%の住宅価格低下。
Siqi et al., 2014	ヘドニック価格法、 IV: 黄砂の発生源からの距離	中国主要85都市	2006-2009年 新築住宅価格と年間平均大気汚染濃度	汚染物質が10%減少することにより、住宅価格が約0.76%上昇。
張・黄, 2017	ヘドニック価格法、 IV: 温度と降水量	中国全都市 (288)	2011年の新築住宅平均価格とPM10濃度	PM10の年間平均濃度が1 µg/m ³ 上昇することにより住宅価格が約0.9%下落。
周・王, 2018	ヘドニック価格法、 DID: 汚染データの公表時間	中国主要96都市	2010-2016年の住宅価格指数とPM2.5データ	情報公開後、市内のPM2.5濃度が100%上昇することにより、住宅価格が0.8%下落。
Freeman et al., 2019	ヘドニック価格法、 IV: 都市に対する火力発電所の位置と都市の年間風向きの最小角	中国全都市 (285)	2005年1%国勢調査	1単位のPM2.5に対する消費者のMWTPは21.7米ドル。

2. データと研究方法

2.1 研究方法

本稿では、住民のMWTPを推定する手段として、2010年から2019年の10年間にわたる中国287都市の住宅、環境および経済、教育、医療などに関するデータをもとに、大気汚染が住宅価格に与える影響を分析する。大気汚染の住宅価格への影響を調べるために、以下のような回帰モデルを構築した。

$$Price_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 PM2.5_{it} + \alpha_2 X_{it} + Fixed\ Effect + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

ここで、 i は都市、 t は時間を表す。Priceは新築住宅の平均価格、PM2.5は年間平均濃度であり、都市の大気汚染度を測るために用いられる。その係数 α_1 は、住宅の属性を一定とした場

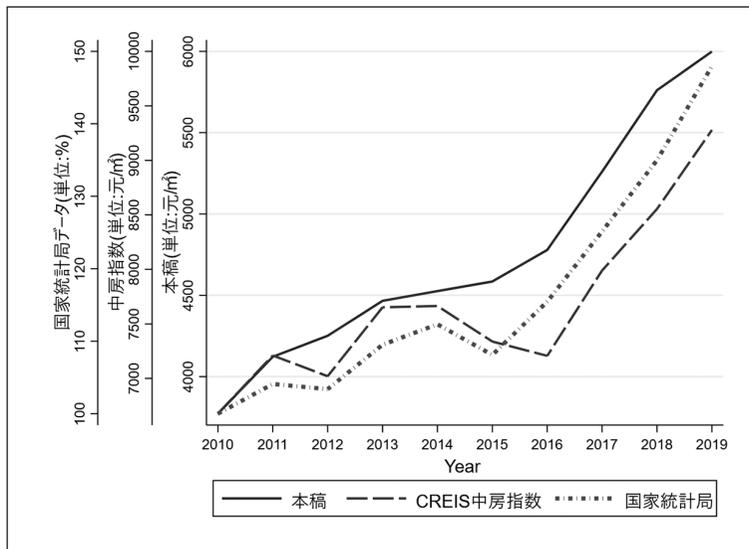
合の住宅価格の変化量であり、大気汚染に対する消費者の限界支払意思額に対応し、関心を寄せているパラメータである。 X_{it} は経済、教育、医療などの都市特性を含めるコントロール変数のベクトルであり、 α_2 の要素の符号はコントロール変数による。もし、様々な都市特性をコントロールしても α_1 がマイナスのままであれば、PM2.5が住宅価格を下げることを示唆している。さらに、除外変数によるバイアスをできるだけ軽減するために、都市と時間の固定効果もコントロールされている。最後に ε_{it} は誤差項である。

2.2 データと記述統計

住宅価格のデータは国家不動産情報センター⁴⁾の公表データを用いる。新築住宅の平均価格は2010-2019年にかけて年々上昇し、2019年には全国平均で5,999元/m²となった。データの80%以上は様々な政府行政機関から提供され、何度も見直されているため、データの正確性、比較可能性は高い。価格は、総販売価格/総販売面積で算出した1m²当たりの住宅価格(単位: 元/m²)で示す。本論文で用いたデータと国家統計局が発表している住宅価格指数の推移を比較すると、本論文のデータは公式データの推移と概ね一致していることがわかる。図3により、使用したデータがサンプル数、統計的特性ともに近年の中国不動産市場を代表するものであることが確認された。なお、データの制約上、住宅の種類(集合住宅、マンション、ヴィラなど)別の分類はしておらず、購入形態(中古住宅)をより詳細に分類することはできない。

大気汚染の指標としては、中国の全国レベルの都市のPM2.5年間平均濃度を用いる。PM2.5は、化石燃料の燃焼と大気中の関連汚染物質のさらなる化学反応を組み合わせたもので、汚染指標と

図3 住宅価格の推移



注) 統計局のデータは70の大中都市のみであり、CREIS中房指数は100都市のみである。
出所: 図中に示した各種資料から筆者作成。

してPM2.5を選択することで、大気汚染を総合的に把握することができるようになる。データはカナダのダルハウジー大学大気成分分析グループ (Atmospheric Composition Analysis Group) が公開している大気汚染ラスターデータ (Raster data) から取得し、ArcGISソフトにより大気汚染指標として都市の年平均PM2.5濃度を抽出した。このデータには3つの利点がある: (1) 中国環境省「環境空気質量監測点位布設技術規範HJ664-2013」によると、地上計測局は、自然保護区や森林公園などの無人地帯に設置されることがある。そうした場所では、都心部と比較して、PM2.5の値が低くなることがある。衛星データは、政府所在地での大気汚染状況をその都市の平均的な汚染状況としている。一般的に、政府は都心に立地しているので、都市の汚染度をよりよく反映させることができる。(2) 地面で大気汚染を直接に測定するのと比較して、衛星データは人為的な操作を避けることができる (Weibin & Kaixia, 2019)。(3) そして、気象条件の変化による汚染拡散の問題が改善できる (Xin et al., 2017)。

都市特性に関するコントロール変数は、先行研究 (張・黄, 2017; 李・張, 2021) を参考に、データの入手可能性を考慮して選択し、経済的特徴、教育、医療、生活環境、住民構成、土地供給が含まれる。関連データは、「中国都市統計年鑑」と「中国都市建設統計年鑑」から取得した。本稿では、PM2.5が住宅価格に与える影響を分析していることを考慮し、除外変数バイアスをさらに軽減するために、第二次産業のシェアなど、汚染と住宅価格の両方に影響を与える可能性のある変数も制御している。人口移動の影響を抑制するため、総人口に占める現地の戸籍を持つ人口の割合 (Pop_rate) を加える。一般的に、外来人口が多い都市では、Pop_rateが小さいほど、

表2 使用するデータの記述統計

VARIABLE	標本数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
Price	2745	4565	2297	2081	18010
Price_tr	2691	4472	1985	2196	14400
PM2.5	2798	43.40	14.19	17.52	86.39
Temp	2338	15.10	4.96	1.10	26.20
Rain	2277	1049	573.30	41.80	3203
Word_ratio	2843	3.47	1.44	0.00	12.39
Word_Second	2823	1.63	0.78	0.00	6.09
GDP	2798	55.27	33.32	3.55	421.40
Second	2843	47	12	10	86
Edu	2857	12.95	2.68	4.37	34.99
Doctor	2580	29.00	9.50	10.22	54.79
Vehicles	2581	1.99	1.39	0.32	7.80
Green	2796	45.65	47.47	0.41	620.10
Pop_rate	2742	89	11	26	100
Pop	2845	887.20	835.40	12.46	11449
Per	2863	17.81	5.19	10.74	28.22
Living	2593	0.24	0.10	0.07	0.55

表3 使用する変数とデータ

分類	変数	定義	出所
説明変数			
住宅価格	Price	新築住宅の平均販売価格 (基準: 2010); 単位: 元/m ²	国立情報センター不動産データベース
	Price_tr	Priceの1%最大値と1%最小値を除外	—
大気汚染	PM2.5	PM2.5年間平均濃度; 単位: µg/m ³	ダルハウジー大学大気成分分析グループ
気象要因	Temp	年間平均気温; 単位: 度	国立気象情報センター
	Rain	年間平均降水量; 単位: mm	国立気象情報センター
環境規制	Word_ratio	政府報告書の全文に占める環境関連用語の割合; 単位: %	各都市の政府公式HP
	Word_Second	環境関連用語の割合 * 第二次産業の割合 (Word_ratio * Second)	—
コントロール変数			
経済の特徴	GDP	一人当たり実質GDP (基準: 2010); 単位: 千元	中国都市統計年鑑
	Second	GDPに占める第二次産業の割合	中国都市統計年鑑
教育水準	Edu	中学教員一人当たりの学生数; 単位: 人	中国都市統計年鑑
医療水準	Doctor	万人当たりの医者数; 単位: 人	中国都市統計年鑑
生活環境	Vehicles	万人当たりの清掃車両; 単位: 台	中国都市建設統計年鑑
	Green	一人当たりの緑地の面積; 単位: m ²	中国都市建設統計年鑑
人口の特徴	Pop_rate	現地の戸籍を持つ人口の割合; 単位: %	中国都市建設統計年鑑
	Pop	人口密度; 単位: 人/km ²	中国都市建設統計年鑑
土地供給	Per	不動産市場の株価収益率; 単位: %	China Banking Regulatory Commission
	Living	万人当たりの住宅用土地面積; 単位: km ²	中国都市建設統計年鑑

不動産市場の競争が激しくなると考えられる⁵⁾。また、住宅用地の供給は政府によって管理されているため、1万人当たりの平均住宅用地の面積 (Living) と不動産市場の株価収益率 (Per) を加えて、土地供給量を測定している。

表2は、説明変数の記述統計の統計的性質を示している。具体的な変数は、表3に示している。

2.3 内生性と操作変数

上記の基準モデルに基づいてPM2.5の住宅価格への影響を直接分析する場合、内生性の問題が議論されなければならない。具体的には、図2に示したように、経済発展が不動産価格を押し上げる一方で、経済発展による環境の悪化は住民の住宅に対する評価を下げ、住宅価格の下落につながる。この2つの側面は逆相関の関係にあり、その結果、推定バイアスが生じる。説明変数PM2.5に対して適切な操作変数を見つけることは、上記の内生性の問題を軽減するために有効な方法である。操作変数は、被説明変数 (住宅価格) に直接影響を与えることなく、説明変数 (PM2.5) と高い相関を持つ必要がある。この点に基づき、本稿では先行研究 (Chay & Greenstone, 2005; 張・黄, 2017) を参考に、PM2.5の第一の操作変数として気温と降水量を選択

図4 地方政府の環境関連用語頻度のカーネル密度

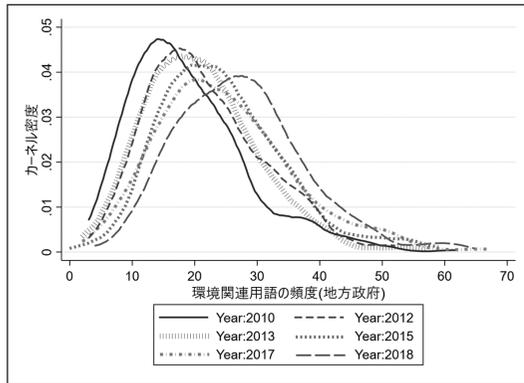
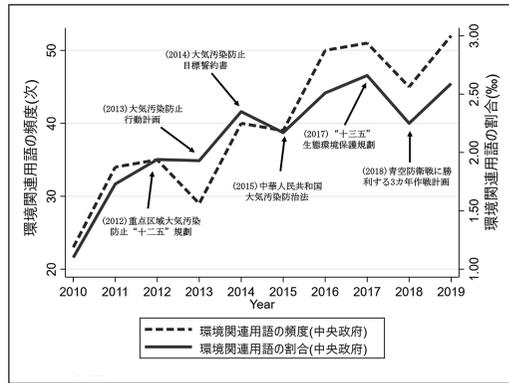


図5 中央政府の環境関連用語の頻度と割合



した。気象要因は外生的な自然条件によって決まるため、外生的変数となる。降雨は大気汚染物質の希釈に寄与し、大気汚染へ有意な負の相関を示す。気温は、大気の安定性を乱し、大気汚染に影響を与える重要な要因である⁶⁾ (Herrnstadt et al., 2021)。

政府の環境規制が大気汚染に与える影響をさらに議論するためには、本稿の目的に合わせて、適切な政府の環境規制変数を構築し、それに従ってモデルを構築することが必要である。先に述べたように、ほとんどの研究は、政府が環境に与える影響を無視している。この効果を検討した研究では、政府の環境規制の指標として、主要会議の開催時期⁷⁾ (韓・趙, 2021)、環境保護への投資額 (Henderson & Millimet, 2007)、環境保護者数 (Keller & Levison, 2002) などが用いられる傾向がある。問題点として、これらの指標は政府の環境規制の一面に焦点を当てる傾向があり、環境規制の全体像を測定することが困難であることが挙げられる。中国政府は環境保護のために、環境保護研究への投資額の増加や税率調整などの経済的手段、環境保護法などの法的手段、さらにはグリーンエネルギーの使用や二酸化炭素の排出削減に関する直接的な行政命令など、さまざまな手段を持っている。また、これらの変数は都市の経済発展に対してより内生性が強いいため、推定結果に偏りが生じる可能性がある。そこで、本稿では、Chen et al. (2018)、陳・陳 (2018) に基づき、地方政府の環境規制の代理変数として、各都市の「政府活動報告」の全文に占める環境関連用語⁸⁾の割合を採用した。報告書は、政府の業務の指針となるプログラム文書で、一般に、(1) 前年度の政府の業務のレビューと概要、(2) 当年度の計画と目標、の2部構成になっている。したがって、環境に関する単語の割合は、政府の環境規制の強さをより包括的に表し、規制政策の全体像を反映している。図4は地方政府の環境関連用語頻度のカーネル密度、図5は中央政府の環境関連用語の頻度と割合を表したもので、両指標とも増加傾向にある。中国では、地方政府首長の昇進は中央政府が決める。1978年の改革開放以来、中央政府はGDPを地方政府首長の昇進を決定する業績評価として用いてきた (Hongbin and Lian 2005; 周, 2007)。近年、中央政府は人事評価指標の一つとして環境指標を追加している。したがって、中央政府が決まった環境政策に地方が敏感に反応する (黎, 2016; 鄧, 2021)。図4と5に示したように、中央

政府の環境政策変更と地方政府の用語増加のタイミングがよく一致している。地方政府が環境問題を重要視していることが確認できる。

本稿では、この割合をPM2.5の第二の操作変数として用いている。操作変数の外生性の仮定を満足させる根拠は、(1) 地方政府の報告書は一般に年初に発表されるが、経済活動は年間を通じて継続するため、逆因果による内生性を回避することが可能である。(2) この変数は、環境に関連する用語のみを測定し、その他の経済活動は反映されない。そこで、この変数を気象条件とともに2SLSモデルに導入することで、モデルの内生性については、可能な限り回避している。

まとめると、本論文の2SLSモデルは以下のように設定されている。

$$PM2.5_{it} = \beta_0 + \beta_1 Word_ratio_{it} + \beta_2 Temp_{it} + \beta_3 Rain_{it} + \beta_4 X_{it} + Fixed\ Effect + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Price_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 PM2.5_{it} + \gamma_2 X_{it} + Fixed\ Effect + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

ここで、 $Word_ratio_{it}$ は t 年における i 都市の政府環境規制変数 (Government Environmental Regulations)、 $Temp_{it}$ は t 年における i 都市の平均気温、 $Rain_{it}$ は t 年における i 都市の年平均降水量である。これらを合わせて、大気汚染の操作変数として、2SLSモデルで使用する。その他の変数は基準モデル式 (1) と同じように設定する。

3. 実証分析

3.1 基準分析

表4は、基準モデル式 (1) の回帰結果であり、(1) (2) 列の説明変数は、当期のPM2.5としている。PM2.5がPriceに与える影響の潜在的なラグと逆因果の緩和を考慮する必要性を考慮し、(3) (4) 列の説明変数は1年間のラグを取った。(2) (4) 列は、(1) (3) 列を基準として、固定効果だけでなく、さまざまな都市特性変数もコントロールした。その結果、PM2.5は住宅価格と有意かつ負の相関があることがわかった。1年間のラグを取った場合も、PM2.5のマイナスの影響は依然として残っており、いずれも統計的に有意である。

内生性をコントロールしない場合、(1) (3) 列の結果は、PM2.5が1単位減少するごとに、平均住宅価格が70元上昇することを示している。コントロール変数を加えた後、(2) (4) 列の結果は、PM2.5が1単位減少するごとに、住宅の平均価格が37元上昇する。つまり、他の条件がすべて同じであれば、大気汚染が高い都市では住宅価格は相対的に低く、空気の質が良い都市では住宅価格は相対的に高い。住宅価格の低さは、大気汚染の高さに対する補償と見ることができる。

他のコントロール変数の係数は、予想とよく一致している。都市の経済水準は住宅価格に正の影響を与え、第二次産業の比率が高い都市は住宅価格も低い。教育、医療、生活環境では、中学教員一人当たりの生徒数が低いほど、教育資源が豊富で、教育施設が充実していることを意味する。この変数の符号は予想通りであるが、有意ではない。その理由として考えられるのは、この

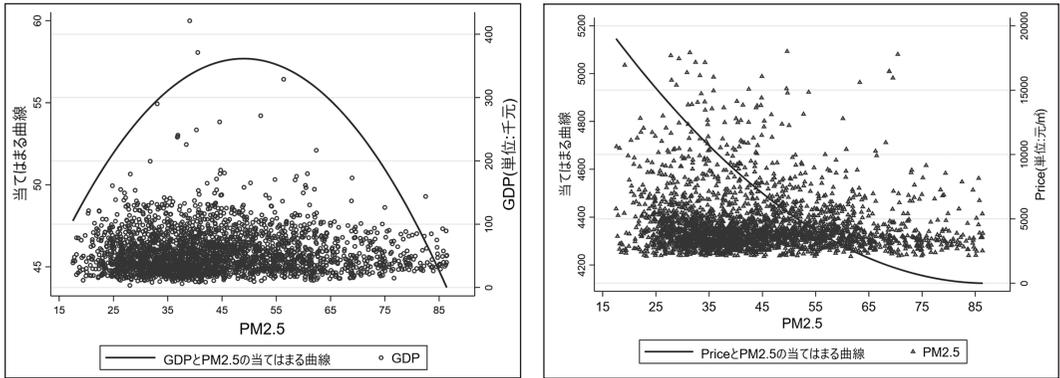
表 4 基準分析

VARIABLES	(1) 説明変数: 当年度のPM2.5		(3) 説明変数: 前年度のPM2.5	
	Price		Price	
PM2.5	-69.66*** (6.332)	-37.65*** (5.619)		
L.PM2.5			-71.54*** (8.032)	-37.34*** (7.074)
GDP		5.64*** (1.833)		4.90*** (1.665)
Second		-12.51*** (3.365)		-16.56*** (3.890)
Edu		-10.34 (15.083)		-16.72 (18.763)
Doctor		7.53* (4.115)		12.62** (5.594)
Vehicles		53.33** (25.753)		66.83** (29.760)
Green		1.24** (0.474)		2.61* (1.348)
Pop_rate		-17.39** (8.014)		-25.20*** (7.803)
Pop		-0.17*** (0.060)		-0.19** (0.084)
Per		-40.78*** (4.752)		-31.26*** (4.934)
Living		-957.21* (472.293)		-1.354.64** (541.733)
Observations	2,689	2,541	2,430	2,291
Adjusted R ²	0.306	0.578	0.277	0.540
Constant	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES
City FE	YES	YES	YES	YES
Province FE	YES	YES	YES	YES

注) ***, **, *はそれぞれ、1%、5%、10%の水準で有意であることを示している。括弧内はクラスターロバスト標準誤差、省レベルでクラスターされている。L. はラグ演算子。

指標は中等教育での教育水準を表すものであり、全体の教育水準を表すものではない可能性があることである。医師数が多い都市は医療施設も多く、住宅価格の押し上げ効果もある。戸籍人口の割合は需要側に属し、この変数が小さいほど外来人口が多いことから、ある程度その都市の人気を反映している。もう一つの需要側の指標である人口密度については、回帰結果は負の値で期

図6 GDPとPM2.5の散布図と当てはまる曲線 図7 PriceとPM2.5の散布図と当てはまる曲線



待通りではないが、これは除外変数や逆因果などの理由によるものと考えられ、その後の2SLS回帰では期待通りの結果となっている。また、供給側の観点からは、地方政府が住宅土地の供給を増やせば、供給増が住宅価格の低下につながるが、これも予想通りの結果であった。不動産市場の繁栄を測る不動産市場株価収益率は、市場が繁栄すればするほど人々の期待が高まり、住宅価格の上昇を促進する。

基準回帰の結果、PM2.5は全体として住宅価格を有意に低下させることが示された。環境汚染の経済的影響には環境クズネッツ曲線効果がある可能性があることが、数多くの研究によって明らかにされている（松岡他, 1998; Kuznets, 2019）。図6は、GDPに対するPM2.5の散布図と当てはまる2次関数曲線を示したものである。明らかにPM2.5とGDPの間には逆U字型の関係があり、PM2.5濃度が $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるとGDPにマイナスの影響を与え始め、そのマイナス効果はPM2.5濃度が上昇するほど大きくなっている。では、本稿でも、環境クズネッツ曲線のように、PM2.5がある程度に達して初めて住宅価格にマイナスの影響を与え始めるという効果が見られるだろうか。これを検証するために、基準回帰モデルにさらにPM2.5の2乗項を加えて実証を行った。しかし、図7に見るように、PM2.5と住宅価格の非線形関係と散布図であり、環境クズネッツ曲線のように逆U字型になっていないことは明らかであり、やはり線形モデルに基づいて以降の分析を行うこととする。

3.2 操作変数分析

表5、表6は、式(2)(3)に基づく操作変数の推計結果を示している。研究結果の頑健性を考慮し、(2)(4)列では、操作変数として政府報告における環境関連用語の割合と第二次産業の割合の交互作用項（Word_Second）を採用している。

全体として、表5の第一段階の回帰結果は、選択した指標にかかわらず、政府の環境規制がPM2.5濃度を5%有意水準で減少させることを示している。表5の尾末3行の統計の値は、本稿で選ばれた操作変数が良い性質を持つことを示している。一般に、Kleibergen-Paap (KP) rk

表 5 第一段階回帰結果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	説明変数: 当年度のPM2.5		説明変数: 前年度のPM2.5	
Panel A: Stage 1	PM2.5		L.PM2.5	
Word_ratio	-0.40*** (0.149)			
Word_Second		-0.007** (0.0038)		
L.Word_ratio			-0.43** (0.208)	
L.Word_Second				-0.007** (0.0034)
Temp	1.03*** (0.103)	1.03*** (0.103)	1.02*** (0.111)	1.03*** (0.111)
Rain	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)
KP rk LM statistic	202.6	201.6	165.6	165.3
KP rk LM statistic P-value	0	0	0	0
KP rk Wald F-statistic	95.21	94.85	77.47	77

注) ***, **, * はそれぞれ、1%、5%、10%の水準で有意であることを示している。括弧内はクラスターロバスト標準誤差、省レベルでクラスターされている。L. はラグ演算子。過剰識別検定-帰無仮説: 全ての操作変数は有効である。弱操作変数の検定-名目10%の有意水準で検定を行う場合の望ましい2SLS最大サイズに対する臨界値が16.38。

Wald F-statisticが10以下であれば、使用した操作変数が弱い操作を示すと言われている (Stock, J & Yogo, M., 2005)。KP rk Wald LM statisticとKP rk Wald LM statisticとそのP値は、過剰識別検定をパスしていることを示す。したがって選択された操作変数がより望ましいと考えられる。表6の第二段階の回帰結果においては、PM2.5の住宅価格への影響は、表4で報告した基準回帰と同様であることがわかった。しかし、数値的には、基準回帰と比較して推定係数の絶対値が大きく、潜在的な内生性の問題はPM2.5の住宅価格への負の影響を過小評価する傾向があることが示唆される。

具体的には、第一段階の回帰結果で、環境関連用語の割合が1%増加するごとに、PM2.5濃度が約0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 減少することが示された。これに対応する第二段階の回帰では、PM2.5が1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加するごとに、住宅価格は約41 $\text{元}/\text{m}^2$ 下落することが示された。なお、この割合の平均値は3.47%、最大値は12.39%だったので、1%増やすと実際にはかなりの増加量になる。さらに表5の(1)(2)列の結果は、GDPに占める第二次産業の割合が大きい都市ほど政府の環境規制に敏感であることを示唆しており、これは予想通りであった。これらの結果を総合すると、PM2.5が住宅価格を大きく引き下げ一方、近年の住宅価格を押し上げる要因として、政府の環境規制が影響している可能性がある。コントロール変数のうち、EduとDoctorの結果は、符号は予想通

表6 第二段階回帰結果

Panel B: Stage 2	(1)		(2)		(3)		(4)	
	説明変数: 当年度のPM2.5				説明変数: 前年度のPM2.5			
	Price		Price		Price		Price	
PM2.5	-41.13***		-40.88***					
	(8.637)		(8.666)					
L.PM2.5					-47.42***		-46.93***	
					(9.579)		(9.610)	
GDP	23.08***		23.08***		21.92***		21.94***	
	(3.372)		(3.372)		(3.355)		(3.358)	
Second	-30.66***		-30.71***		-30.44***		-30.54***	
	(5.436)		(5.429)		(5.863)		(5.864)	
Edu	-6.10		-6.09		-3.65		-3.68	
	(15.718)		(15.707)		(17.597)		(17.585)	
Doctor	4.66		4.66		8.26		8.43	
	(5.504)		(5.504)		(6.049)		(6.051)	
Vehicles	118.74***		118.83***		124.02***		124.41***	
	(34.208)		(34.199)		(37.617)		(37.587)	
Green	4.45**		4.45**		6.94***		6.94***	
	(2.235)		(2.234)		(2.174)		(2.174)	
Pop_rate	-61.60***		-61.63***		-60.30***		-60.44***	
	(7.007)		(7.004)		(7.409)		(7.397)	
Pop	0.52***		0.52***		0.62***		0.62***	
	(0.099)		(0.099)		(0.103)		(0.104)	
Per	-19.53**		-19.53**		-3.92		-4.16	
	(8.435)		(8.431)		(10.948)		(10.934)	
Living	-5,141.73***		-5,138.84***		-5,789.44***		-5,780.22***	
	(577.518)		(577.785)		(631.561)		(633.302)	
Observations	2,541		2,541		2,291		2,291	
Adjusted R ²	0.467		0.467		0.454		0.455	
Constant	YES		YES		YES		YES	
Year FE	YES		YES		YES		YES	
City FE	YES		YES		YES		YES	
Province FE	YES		YES		YES		YES	

注) ***, **, *はそれぞれ、1%、5%、10%の水準で有意であることを示している。括弧内はクラスターロバスト標準誤差、省レベルでクラスターされている。L. はラグ演算子。

りだが、有意ではない。この指標については、統計年鑑に欠落が多く、データの欠落による可能性がある。残りのコントロール変数については、予想通りの結果となった。

表7 ロバストネス・テスト

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Time: 2010-2014	Time: 2015-2019	IV: 来年度の報告書		来年度の制御変数	外れ値の処理
Panel A: Stage 1			PM2.5			PM2.5_tr
Word_ratio	-0.65** (0.306)	-0.49** (0.225)			-0.38** (0.192)	-0.43** (0.185)
F.Word_ratio			-0.38** (0.188)			
F.Word_Second				-0.69* (0.391)		
Temp	0.98*** (0.149)	0.95*** (0.136)	1.10*** (0.107)	1.10*** (0.108)	1.01*** (0.105)	1.02*** (0.102)
Rain	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)	-0.01*** (0.001)
KP rk LM statistic	86.14	129.9	199.7	196.1	190.8	188.2
KP rk LM statistic P-value	0	0	0	0	0	0
KP rk Wald F-statistic	38.31	67.21	95.88	93.83	90.30	89.22
Panel B: Stage 2			Price			Price_tr
PM2.5	-27.16** (11.495)	-56.86*** (12.499)	-36.17*** (8.398)	-37.26*** (8.552)	-47.90*** (10.523)	
PM2.5_tr						-34.92*** (7.958)
Observations	1,170	1,371	2,291	2,291	2,291	2,490
Adjusted R ²	0.423	0.493	0.458	0.454	0.439	0.462
Constant	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Control Variable	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
City FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Province FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES

注) ***, **, *はそれぞれ、1%、5%、10%の水準で有意であることを示している。括弧内はクラスターロバスト標準誤差、省レベルでクラスターされている。L. はラグ演算子。F. はリード演算子。過剰識別検定-帰無仮説: 全ての操作変数は有効である。弱操作変数の検定-名目10%の有意水準で検定を行う場合の望ましい2SLS最大サイズに対する臨界値が16.38。

4. 頑健性チェック

研究結果の信頼性をさらに高めるために、表5と表6の(1)(2)列を基準にして、一連のロバストネス・テストを行った。推定結果は表7に報告されている。

まず、中国政府は5年ごとの発展期間を定め、各期の初めに以後5年間の発展目標を公表する、これは「5カ年計画」と呼ばれている。本稿のサンプル期間は、第12次および第13次5カ年計

画と重なる。2015年から始まる第13次5カ年計画では、初めて環境指標が拘束性の指標として盛り込まれたため、サンプル期間を2010-2014年と2015-2019年の2つに分け、研究結果の頑健性を検証している。推定結果は、前節の結果と一致しており、特に第13次5カ年計画期間中は、消費者がより良い環境に対して高いMWTPを持つことを反映して、PM2.5が住宅価格に与える影響はより大きくなると考えられる。逆因果の影響を避けるために、(3)(4)列では、操作変数として翌年度の環境用語の割合を用いているが、結果は10%水準で有意である。また、操作変数が説明変数の対象となり、コントロール変数の逆因果があるかどうかに関連する問題がある。この影響を避けるために、(5)列ではすべてのコントロール変数に1年間ラグを取った、回帰結果はほとんど変わらない。さらに、PM2.5と住宅価格の異常値が回帰結果に与える影響を調べるために、(6)列でPM2.5と住宅価格のサンプルの上下1%を削除したが、推定結果に変化はなかった。

Rasmussen & Zuehlke (1990); Smith & Huang (1995)によると、モデルが線形かどうかといった形の違いが、回帰結果に影響を与える可能性がある。本稿では線形形式に着目したので、頑健性チェックでは対数形式のモデル設定も用いており、回帰結果は符号の方向が線形モデルと一致しているが、数値には若干の差異がある。その理由は、線形形式は住宅価格の右寄りの分布の影響を受けやすいからである。また、頑健性チェックにはガウス混合モデル (Gaussian mixture model, GMM) と制限情報最尤推定量 (Limited information maximum likelihood method, LIML) が用いられている。GMMは2SLSよりも不均一分散を解決するのに有効であり、LIMLは弱操作変数の推定でバイアスが小さくなる。その結果、3つの推定方法は非常に近い結果を出し、これまでの結論の信頼性を検証することができた。紙面の都合上、これら2つの回帰結果は本稿中では報告していないため、興味のある読者は著者に結果を請求されたい⁹⁾。

5. おわりに

中国では、都市住民や地方政府の大気汚染への関心が高まる中、大気質の価値が徐々に注目され、環境品質の向上に対する住民の要求が高まっている。これまでの研究では、消費者のMWTPの評価には、ヘドニック価格方法が主に用いられている。この方法の実証過程における難しさの一つは、必要とされるデータの完全性の高さである。本稿では、2010年から2019年の10年間にわたる中国287都市のPM2.5と住宅価格データを用いて、大気汚染が住宅価格に与える影響をマクロ視点から包括的に捉えるとともに、大気環境の改善に対する住民の限界支払意思を算出した。表6の分析から、PM2.5が1単位 ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 減少するごとに、住民は住宅に41.13元多く支払うことを望むという結果が得られた。これは、2010年から2019年の住宅の平均価格 ($4,565 \text{元}/\text{m}^2$) の0.9%に相当する。また、ほとんどの研究は環境に対する政府の規制は見落とされがちだった。政府規制を考慮した研究では、選択された指標は環境規制の全体像を測定することが難しく、経済発展の度合いに影響される。このような問題を踏まえて、本稿は地方政府の報告書における環境関連用語の割合をPM2.5を操作変数として、政府の規制がPM2.5に与える影響

を検証するとともに、第二次産業の比率の異なる都市が政府の環境規制の対象となることの違いを検証している。環境関連用語が1%増えるごとに、PM2.5が0.4単位減少している。第二次産業の割合が大きい都市ほど政府の環境規制に敏感であることを示唆している。この結論は、サンプル時間の変更などの一連のロバストネス検定によって変わらないことが検証された。この結果は、今後の政策立案や都市建設で遭遇する可能性のある住宅価格と大気環境のトレードオフ、すなわち青い空を得るためならば消費者が喜んで支払うコストについて情報を提供するものである。

最後に、この研究には、まだ3つの問題点があることを指摘しておきたい。(1) データ。本稿では新築の住宅価格のみを用いた。土地供給側の観点から、新築住宅市場は政府によって強くコントロールされている。モデルには土地供給を示す指標も含まれているが、それでも完全競争市場の前提を満たしていない可能性がある。今後の研究課題として、中古住宅市場のデータが入手できれば、その影響を軽減できる。(2) 理論モデルの仮定。ヘドニック・アプローチでは、人口が都市間で自由に移動できることを前提としている。中国では、特に北京や上海などの大都市圏では、消費者はまだ戸籍上の制約を受けている。現地の戸籍がなければ、教育や医療などに影響を及ぼす。人口移動の傾向を把握するために、現地の戸籍率をモデルに加えたが、それでも戸籍政策が需要側に与える影響の全容を把握することはできない。(3) 地域格差。本稿では全国的なマクロ視点で実証分析にとどめているが、都市によって大きな地域格差がある。今後の研究では、異なる都市間の異質性、特に大都市圏と地方都市の差異をよりよく分析する方法に取り組む価値があると検討している。

謝辞: 本稿執筆にあたっては、大東文化大学経済学研究科教員各位から講義等を通じて多くの教えと助言をいただいた。特に2021年12月の演習成果発表会、2022年5月のランチタイムセミナー、同年7月の修士論文中間報告会において、大浦あすか先生、岡田知久先生、顧濤先生、角田保先生、郡司大志先生、津布久将史先生、布袋正樹先生、山下東子先生から有益なコメントをいただいたことに深く感謝する。もとよりあり得べき誤りは筆者の責に帰するものである。

注

- 1) 基準: PM2.5年間平均濃度 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、出所: 中国環境省 (2021)。
- 2) 「生態環境保護の第13次5カ年計画」、「大気汚染防止行動計画」、「北方地区における冬季のクリーン暖房計画 (2017-2021年)」、「青空防衛戦に勝利する3カ年作戦計画」など。出所: <http://www.gov.cn/>
- 3) 地方政府は、この報告書を毎年初めに人民代表大会と政治協商会議 (通称「两会」) の事務局に提出し、出席する代議員と政協委員に提出することが義務付けられている。一般的に、前年の政府の業務のレビューと、政府の当年の目標が含まれる。
- 4) 出所: <http://www.crei.cn/>
- 5) 中小都市の場合、住宅を購入すると、現地の戸籍を取得することになる。しかし、北京や上海などの大都市の場合、住宅を購入しても現地の戸籍を取得するのは難しい。戸籍がなければ、教育、医療、福祉の面で影響が出る。したがって、大都市におけるPop_rateは、中小都市よりも小さい。
- 6) 実証分析の結果、気温とPM2.5の間には逆U字型の関係があることがわかった。最初は温度とともにPM2.5が増加し、 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以降は温度とともにPM2.5が減少する。

- 7) 政府は、「两会」やAPECなどの主要な国際会議が開催される年の初めに、環境保護政策を採択していた（石他、2016）。
- 8) 採用したのは次の15語: 環境保護、環保、汚染、エネルギー使用量、排出抑制、汚染防止、生態、緑色、低炭素、空気、化学的酸素要求量、二氧化硫、二酸化炭素、PM10、PM2.5。
- 9) E-mail: s21221003@st.daito.ac.jp

参考文献

- Avraham Ebenstein, Maoyong Fan, Michael Greenstone, Guojun He, Peng Yin and Maigeng Zhou. "Growth, Pollution, and Life Expectancy: China from 1991-2012", *American Economic Review*, 2015, 105(5), 226-231.
- Anselin, L., and Lozano-Gracia, N. "Does Energy Consumption Drive Housing Sales in China?—Based on an Optimal Dynamic General Equilibrium Model and Spatial Panel Data Analysis", *Empirical Economics*, 2008, 34(1), 5-34.
- Blomquist, G.C., M.C.Berger, and J.P.Hoehn. "New Estimates of Quality of Life in Urban Areas", *The American Economic Review*, 1988, 89-107.
- Brock, W., and Talyor.M. "The Green Solow Model", *Journal of Economic Growth*. 2010, 15(2), 127-153.
- Chay, Kenneth Y. and Greenstone, Michael. "Does Air Quality Matter? Evidence from the Housing Market", *Journal of Political Economy*, 2005, 113(2), 376-424.
- Chen Zhao, Matthew E.Kahn, Liu Yu, Zhi Wang. "The consequences of spatially differentiated water pollution regulation in China", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2018, 88, 468-485.
- Daniel J. Henderson and Daniel L. Millimet. "Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflows to U.S. States: A Nonparametric Reassessment", *The Review of Economics and Statistics*, 2007, 89(1), 178-183.
- Freeman, Richard, Liang, Wenquan, Song, Ran and Timmins, Christopher. "Willingness to pay for clean air in China", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2019, 94, 188-216.
- Freeman AM, "On estimating air pollution control benefits from land value studies", *Journal of Environmental Economics and Management*, 1974, 1(1), 74-83.
- Grossman M. Gene and Krueger B. Alan. "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(2), 353-377
- Gyourko, J., and J.Tracy. "The Structure of Local Public Finance and the Quality of Life", *Journal of political Economy*, 1991, 99(4), 774-806.
- Herrnstadt, Evan, Heyes, Anthony, Muehlegger, Erichand Saberian, Soodeh. "Air Pollution and Criminal Activity: Microgeographic Evidence from Chicago", *American Economic Journal: Applied Economics*, 2021, 13(4), 70-100.
- Hongbin, Li and Lian, Zhou "Political Turnover and Economic Performance: The Incentive Role of Personnel Control in China", *Journal of Public Economics*, 2005, 89, 1743-1762.
- Kim, Chong Won, Phipps, Tim T.and Anselin, Luc. "Measuring the benefits of air quality improvement: A spatial hedonic approach", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2003, 45(1), 24-39.
- Keller Wolfgang, Levinson Arik. "Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflows to U.S. States", *The Review of Economics and Statistics*, 2002, 84(4), 691-703.
- Kneese, Allen. "Measuring the Benefits of Clean Air and Water", RFF Press, 2011.
- Kolstad, Charles D. "Environmental Economics", Oxford University Press, 2010.
- Kuznets, Simon. "Economic growth and income inequality", Routledge, 2019.
- Rasmussen D W, , Zuehlke T W. "On the choice of functional form for hedonic price functions", *Applied Economics*, 1990, 22(4), 431-438
- Rosen, Sherwin, "Hedonic Prices and Implicit Markets, Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, 82, 34-55.
- Rosen Sherwin, "Markets and Diversity", *American Economic Review*, 2022, 92(1), 1-15
- Smith V K, Huang J. "Can markets value air quality? A meta-analysis of hedonic property value models", *Journal of Political Economy*, 1995, 103(1), 209-227.
- Sinha, Paramita and Cropper L. Maureen, "The Value of Climate Amenities: Evidence from US Migration Decisions", *National Bureau of Economic Research*, 2013, No.18756.

- Siqi, Zheng, Matthew, Kahn E. and Hongyu, Liu "Towards a system of open cities in China: Home prices, FDI flows and air quality in 35 major cities", *Regional Science and Urban Economics*, 2009, 40(1), 1-10.
- Siqi, Zheng, Jing Cao, Matthew E. Kahn and Cong, Sun. "Real Estate Valuation and Cross-Boundary Air Pollution Externalities: Evidence from Chinese Cities", *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 2014, 48(3), 398-414.
- Stock, J and Yogo, M. "Testing for Weak Instruments in Linear IV Regression. In: Andrews DWK Identification and Inference for Econometric Models", New York: Cambridge University Press, 2005., 80-108.
- Van Donkelaar, Aaron, Hammer, Melanie S., Bindle, Liam, Brauer, Michael, Brook, Jeffery R., Garay, Michael J., Hsu, N. Christina, Kalashnikova, Olga V., Kahn, Ralph A., Lee, Colin, Levy, Robert C., Lyapustin, Alexei, Sayer, Andrew M. and Martin, Randall V. "Monthly Global Estimates of Fine Particulate Matter and Their Uncertainty", *Environmental Science & Technology*, 2021, 55(22), 15287-15300.
- Weibing, Li and Kaixia, Zhang. "Does Air Pollution Crowd Out Foreign Direct Investment Inflows? Evidence from a Quasi-natural Experiment in China", *Environmental and Resource Economics*, 2019, 73, 1387-1414.
- Xin, Zhang, Xiaobo, Zhang and Xi, Chen. "Happiness in the air: How does a dirty sky affect mental health and subjective well-being", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2017, 85, 81-91.
- Yu Qin, Jing Wu, Jubo Yan. "Negotiating housing deal on a polluted day: Consequences and possible explanations", *Journal of Environmental Economics and Management*, 2019, 94, 161-187
- Yuyu, Chen, Avraham, Ebenstein Avraham, Greenstone and Hongbin, Li Hongbin. "Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(32), 12936-12941.
- Zhengtao, Li, Henk, Folmer and Jianhong, Xue. "To what extent does air pollution affect happiness? The case of the Jinchuan mining area, China", *Ecological Economics*, 2014, 99, 88-99.
- 金本良嗣・中村良平・矢澤則彦「ヘドニック・アプローチによる環境の価値の測定」『環境科学会誌』1989年第2巻第4号、251-266頁。
- 金本良嗣「ヘドニック・アプローチにおける変数選択」『環境科学会誌』1992年第5巻第1号、45-56頁。
- 松岡俊二・松本礼史・河内幾帆「途上国の経済成長・環境問題—環境クズネツ曲線は成立するか—」『環境科学会誌』1998年第11巻第4号、349-362頁。
- 陳永偉・陳立中「為清潔空氣定價：來自中國青島的經驗證據」『世界經濟』2012年第35巻第4号、140-160頁。
- 陳碩・陳婷「空氣質量與公共健康：以火電廠二氧化硫黃排放為例」『經濟研究』2014年第8巻、158-169頁。
- 陳詩一・陳登科「霧霾污染、政府治理與經濟高質量發展」『經濟研究』2018年第53巻第02号、20-34頁。
- 鄧輝・甘天琦・塗正革「大氣環境治理的中國道路——基於中央環保督察制度的探索」『經濟學（季刊）』2021年第21巻第5号、1591-1614頁。
- 馮皓・陸銘「通過買房而擇校：教育影響房價的經驗證據與政策含義」『世界經濟』2010年第12号、89-104頁。
- 閔楠・黃新飛・李騰「空氣質量與醫療費用支出——基於中國中老年人的微觀証據」『經濟學（季刊）』2021年第21巻第3号、775-796頁。
- 韓璇・沈豔・趙波「房價中的優質教育溢價評估——以北京市為例」『經濟學（季刊）』2020年第20巻第5号、257-276頁。
- 韓璇・趙波「奢侈的藍天——房價中的優質空氣溢價估計及其異質性」『經濟學（季刊）』2021年第21巻第03号、755-774頁。
- 李衛兵・張凱霞「空氣污染對企業生產率的影響——來自中國工業企業的証據」『管理世界』2019年第10巻第95号、95-112頁。
- 李衛兵・張凱霞「空氣污染是否會影響犯罪率：基於斷點回歸方法的估計」『世界經濟』2021年第44巻第06号、151-177頁。
- 黎文靖・鄭曼妮「空氣污染的治理機制及其作用效果——來自地級市的經驗數據」『中國工業經濟』2016年第4巻、93-109頁。
- 邵帥・李欣・曹建華「中國的城市化推進與霧霾治理」『經濟研究』2019年第2巻、148-162頁。
- 邵帥・李欣・曹建華・楊莉莉「中國霧霾污染治理的經濟政策選擇——基於空間溢出效應的視角」『經濟研究』2016年第51巻第09号、73-88頁。
- 沈煜・孫文凱「污染信息公開如何影響健康消費決策」『世界經濟』2020年第43巻第7号、98-121頁。
- 石慶玲・郭峰・陳詩一「霧霾治理中的“政治性藍天”——來自中國地方“兩會”的証據」『中國工業經濟』2016年第5巻、40-56頁。
- 王健俊・俞雪蓮「呼吸的成本：房價空間分異視角下城市居民對霧霾污染治理的支付意願測度」『環境經濟研究』2018年第3巻第04号、23-45頁。
- 王敏・黃滢「中國的環境污染與經濟增長」『經濟學（季刊）』2015年第14巻第2号、557-577頁。
- 席鵬輝・梁若水「城市空氣質量與環境移民——基於模糊斷點模型的經驗研究」『經濟科學』2015年第4巻、30-43頁。

- 楊繼東・章逸然「空気汚染の定価: 基于幸福感数抛的分析」『世界經濟』2014年第37卷第14号、162-188頁。
- 張博・黄璇「中国空氣質量的價格評估」『經濟与管理研究』2017年第38卷第10号、94-103頁。
- 趙扶揚・陳斌開・劉守英「宏觀調控、地方政府与中国經濟發展模式轉型: 土地供給的視角」『經濟研究』2021年第56卷第7号、4-23頁。
- 周黎安「中国地方官員的晉升錦標賽模式研究」『經濟研究』2007年第7号、37-51頁。
- 周夢天・王之「空氣質量信息公開會影響城市房價嗎?——基于我国各城市公開PM2.5監測数抛的自然實驗」『世界經濟文彙』2018年第3号、20-42頁。
- 銀行監督委員會「データシステム」、関係各年。<http://www.cbirc.gov.cn/>、(参照2021-12-18)
- 中国国家统计局「第7回国勢調査データ」、2022年。<http://www.stats.gov.cn/tjsj/pcsj/rkpc/7rp/indexch/>、(参照2022-10-15)
- 中国經濟社会大数据研究平台「データシステム」、関係各年。<https://data.cnki.net/>、(参照2022-08-01)
- 中国環境省「環境空氣質量標準GB3095-2012」、2012年。
<https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqhjzlbz/201203/W020120410330232398521.pdf>、(参照2022-07-01)
- 中国環境省「重点区域大氣污染防止第12次5カ年計画」、2012年。http://www.gov.cn/gongbao/content/2013/content_2344559/、(参照2022-07-01)
- 中国環境省「環境空氣質量監測点位布設技術規範HJ664-2013」、3-6頁、2013年。<https://www.mee.gov.cn/>、(参照2022-07-01)
- 中国環境省「大氣污染防止目標誓約書」、2014年。http://www.gov.cn/gzdt/2014-01/07/content_2561650/、(参照2022-07-01)
- 中国環境省「2021中国生態環境狀況公報」、7-16頁、2021年。http://www.gov.cn/xinwen/2022-05/28/content_5692799/、(参照2022-07-01)
- 中国国務院「大氣污染防止行動計画」、2013年。http://www.gov.cn/zwggk/2013-09/12/content_2486773/、(参照2022-07-01)
- 中国国務院「中華人民共和國大氣污染防止法」、2015年。http://www.gov.cn/zhengce/2015-08/30/content_2922326/、(参照2022-07-01)
- 中国国務院「生態環境保護の第13次5カ年計画」、2017年。http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/05/content_5143290/、(参照2022-07-01)
- 中国国務院「青空防衛戦に勝利する3カ年作戦計画」、2018年。http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158/、(参照2022-07-01)
- 中国国家统计局「データシステム」、関係各年。<http://www.stats.gov.cn/>、(参照2022-07-15)