

# 中京大学大学院博士学位審査論文

## 中国・内モンゴル自治区の小学6年生における 大気汚染程度と体力水準との都市間関係

中京大学大学院スポーツ科学研究科・スポーツ科学専攻

満 倉

(2021年9月14日申請)

指導教員： 渡邊 丈眞

## 目次

第1章	研究の背景と目的	3
第2章	研究対象・研究方法	6
第1節	対象都市の選定	6
第2節	対象都市別の大気汚染の程度	7
第3節	対象都市別の子どもたちの体力水準の程度	10
第4節	分析方法	14
(1)	男子における大気汚染程度と体力水準との都市間関係	14
(2)	大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係における男女の差異	14
第5節	倫理的配慮	14
第3章	研究結果	15
第1節	男子における大気汚染程度と体力水準との都市間関係	15
第2節	大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係の男女間の差異	20
第4章	考察	23
第5章	結論	27

参考文献 28

研究活動業績 32

## 第1章 研究の背景と目的

1978年の中国改革開放以来、著しい経済発展とともに大気汚染が深刻な社会問題となってきた。2013年の大規模なスモッグ発生時には、中国の国土総面積4分の1にわたって、約6億人にその影響が及んだとされている<sup>1)</sup>。現在、世界人口の80%以上が、WHOの大気汚染基準値を超えている都市や地域に住んでいる<sup>2)</sup>。WHOは、大気モニタリングによる大気汚染の健康影響に関する科学的根拠に基づき、世界の都市の大気質量ガイドラインを発表した<sup>3)</sup>。大気汚染を減少させることは、中国を含む発展途上国の優先的に実施すべき課題である<sup>4)</sup>。中国政府は、数千の工場の操業を停止させたり、マイカー規制を厳しく敷いたりしたが、それでも、原因が複雑に絡み合っているため、抜本的な解決には至らず<sup>5)</sup>、現在に続いている。近年の内モンゴル自治区では、経済発展が先行してきた沿海部に遅れながらも、急速に屋外の大気汚染が問題視されるようになった。内モンゴル自治区は、北京市と天津市など発展した都市と同様に最も汚染された地域の1つになった<sup>6)</sup>。さらに、広大な土地面積や地域間の経済発展の違いによって、自治区内に大気汚染程度の都市間の違いが存在している<sup>2, 4)</sup>。そして、呼和浩特市（フフホト）市は内モンゴル自治区で最も早く発展した省都であり、2010年から2016年までのSO<sub>2</sub>濃度は、毎年冬に上昇して夏季に減少する傾向があるが、年間平均濃度はWHOの基準を上回っていた<sup>4)</sup>。

世界的にも大気汚染と健康との関連が注目されている中、中国では大気汚染により毎日平均4000人が死亡し、全死亡者の17%に相当すると概算されている<sup>7)</sup>。そして、人口の38%が、米国の環境基準に準じると、「不健康」な水準の大気に曝露している<sup>7)</sup>。大気汚染への長期曝露は10～18歳の子どもの肺機能の発達に悪影響を及ぼし、成人期までに努力性肺活量が低下し、汚染された地域の子どもの肺機能障害の有病率は高くなる<sup>8)</sup>。大気汚染は大人の規則的なスポーツ活動を制限し、さらに長時間の座位行動につながる<sup>9)</sup>。内モンゴル自治区の東側に隣接している遼寧省瀋陽市の子どもたちに大気汚染による肺機能障害が発生し、工場ばい煙、石炭暖房、自動車排気などから発生したSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM10が主な汚染源であった<sup>10)</sup>。北京オリンピック（2008年）でのアスリートパフォーマンス低下については、屋外大気汚染問題が注目され<sup>11, 12)</sup>、大気汚染は、体力水準の低下、肺機能の低下、さらに身体活動の全般的な減少につながる可能性が

あると考えられている<sup>13)</sup>。屋外大気汚染は、呼吸器系疾患の悪化や乳児死亡率、喘息、アトピー、小児の呼吸器発育不全に関連している<sup>14)</sup>。したがって、大気汚染の子どもたちへの影響は、成人より重大な問題と認識されている。

近年、中国・内モンゴル自治区では、市場経済の発展、国際交流の拡大、文化の多様化に伴って、民族の祭典であるナーダム（祭り）が大小規模で多く開催されるようになった。ナーダムには、「競馬」「弓射」「モンゴル相撲」という、男の子たちをとりこにする遊びの伝統文化が根強く残っている。内モンゴル自治区の男の子たちは、伝統的文化背景の中、屋外で活動的な生活を好むため、大気汚染程度が彼らの体格及び体力水準の低水準に影響しているのではないかと危惧する。男子は、サッカー、バスケットボールなどで遊ぶことを好み、中でもモンゴル相撲が圧倒的な人気スポーツとなっている。したがって、内モンゴル自治区に在住するモンゴル族の男の子どもたちを対象とすることにより、居住都市間の大気汚染の程度の違いが、体格や体力水準の違いに反映しているのかを明らかにしやすいと考えた。

一方、国際的にも、12歳前後の女子の身体活動量は、同年齢の男子に比べてより少なく、より非活動的であった<sup>15)</sup>。モンゴル族の男子は、授業以外のほとんどの時間を外遊びに費やす一方、女子は、ほとんどの時間を教室内で過ごしているのが現状である。中国において、調査された地域は少ないけれども、上海市の小中学生の運動・スポーツの実施時間の調査では、毎日スポーツ活動に参加する男子は9.9%で、女子は4.7%であり、週7-14時間運動する男子は8.7%で、女子は6.2%で、男子は女子より明らかに長かった<sup>16)</sup>。したがって、モンゴル族女子小学生は、男子より、屋外大気への曝露が少なく、身体活動量もより少ない可能性がある。したがって、大気汚染程度と体力水準との都市間関係には男女による違いがあると予測する。

本研究の目的は、中国・内モンゴル自治区内で、大気汚染程度が異なる5つの都市に居住するモンゴル族小学6年生を対象として、①男子において、大気汚染程度と体力水準との間にどのような都市間関係があるのか、及び②大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係に、男子と女子との間でどのように違いがあるのかを明らかにすることとした。

尚、本研究では、(1)男子における大気汚染程度と体力水準との都市間関係については、Man C, Watanabe T, Oshimura K, Nandingbaolige, Li S. Relationship

between inter-city air pollution levels and physical fitness parameters among sixth-grade Mongolian primary school boys, China, 2013-2016 , Public Health in Practice 1, 2020: <https://doi.org/10.1016/j.puhip.2020.100050> での公表内容を、(2) 大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係における男女の差異については、Man C, Watanabe T, Oshimura K, Nandingbaolige, Li S. Impact of air pollution levels on the physical fitness levels of 6th-grade elementary school students in the Inner Mongolia Autonomous Region of China —Comparison of inter-city influences between boys and girls from 2013 to 2016. J Comm Med and Pub Health Rep 2(2), 2021: <https://doi.org/10.38207/jcmphr202100281> での公表内容を中心に記述した。

## 第2章 研究対象・研究方法

### 第1節 対象都市の選定

内モンゴル自治区は1947年に設立され、中国北部辺境地域の東西に広く位置している。自治区全体の面積は118.3万km<sup>2</sup>であり、日本の約3倍である。広大な大地が海から遠く離れて広がり、平均標高1,500~2,200mと海拔が高い内モンゴル自治区は温帯性モンスーン気候に属している。冬は、1月が最も寒く月の平均気温は-10℃~-32℃で、夏は、暑すぎず月の平均気温は16℃~27℃前後で1~2ヶ月と短い、最も暑い7月で気温は36℃~43℃くらいまでになる。「2015年内モンゴル自治区統計年鑑」<sup>17)</sup>によると、2014年末、内モンゴル自治区の総人口は2504.8万人であり、そのうち漢民族は77.54%、モンゴル族は18.65%であった。

「内モンゴル自治区環境質量報告書」<sup>18)</sup>に基づいて、経済発展と大気汚染の程度が異なる西部、中部、東部のそれぞれの地域の中から、モンゴル族小学校が設置されていた呼和浩特市(フフホト市、Hohhot)、包頭市(バオトウ市、Baotou)、赤峰市(セキホウ市、Chifeng)、巴彥淖爾市(バヤンノール市、Bayannur)、錫林浩特市(シリント市、Xilinhot)の5つの都市を研究対象として選定した(図1)。対象都市の標高は939m~1,040mであり、表1に対象都市の2014年末の標高及び人口を示した。

表1 対象都市の2014年末の人口<sup>17)</sup>

都市	呼和浩特市	包頭市	赤峰市	巴彥淖爾市	錫林浩特市
標高(m)	1040	1030	939	1040	988
人口(万人)	308.9	285.7	106.2	55.0	26.5



図1 対象として選定した内モンゴル自治区の5つの都市の地理的位置

## 第2節 対象都市別の大気汚染の程度

大気汚染程度は、「環境空気質量指数（Air Quality Index、以下 AQI とする）技術規定(HJ633-2012)<sup>19)</sup>」（中国生態環境省）に基づいて、「優良日」、「SO<sub>2</sub>」、「NO<sub>2</sub>」、「PM10」（粒径が 10 μm 以下の微粒子）を評価指標として用いた。各都市における 2013 年から 2016 年までの政府公表の年次報告書の中から、年間平均大気汚染データを都市間比較に用いた。大気汚染程度は、「優良日」の割合（以下優良日割合）を本研究の主要な大気汚染指標として利用した。「優良日」とは、「環境空気質量標準 (GB3095-2012)<sup>20)</sup>」に基づいて、AQI が「優」（0～50）または、「良」（51～100）であることと定義されている。AQI を 6 段階に分類し、101～150 は「軽度汚染」、151～200 は「中程度の汚染」、201～300 は「重度の汚染」、301～500 は「深刻な汚染」と評価している<sup>20)</sup>。

「優良日」での健康影響については、AQI が 0～50 の「優」では汚染がなく通常の活動が可能であり、51～100 の「良」では「特に敏感な人に対し軽い影響がある」とされ、健康アドバイスとしては「特に敏感な人は、屋外活動を控えるべき」と明記されている<sup>19)</sup>。AQI が 101～150 の「軽度汚染」では心臓・肺疾患患



者、高齢者及び子ども（高リスクの人）は、長時間又は激しい屋外活動を控えるべき、151～200の「中程度の汚染」と201～300の「重度の汚染」では高リスクの人は、屋外活動を中止、すべての人は、屋外活動を控えるべき、301～500は「深刻な汚染」では高リスクの人は、屋内に留まり、体力消耗を避けるべき、すべての人は、屋外活動を中止すべきと環境省から健康アドバイスとして公表されている。優良日割合は人々の健康に影響が少なく屋外で活動できる水準を示し、大気汚染指標であるSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM10の汚染程度から算出される総合的な指標である。AQIとは、中国環境保護部が独自に作成した指数であり、PM10、PM2.5、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>の6種類対象物質の濃度値を用いて算出されて、AQIが高いほど大気汚染程度が高く、人体への健康被害が大きくなるように設定されている。SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM10の平均濃度値は、本研究では補足的な指標として扱った。

各都市の代表値として、優良日割合は、4年間の毎月の優良日の割合の平均を、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM10の平均値は、4年間の年間平均値の平均を各都市の代表値として利用した。都市間の平均値の比較には、一元配置分散分析（以下、ANOVA）を行い、F値が有意と認められた項目について、ボンフェローニ法によって多重比較検定を行った。統計的有意水準は $p < 0.05$ に設定した。

2013年から2016年までの優良日割合の平均値は、低い方から呼和浩特市：67.3%、包頭市：68.0%、赤峰市：81.0%、巴彥淖爾市：88.2%、錫林浩特市：96.0%の順であった。呼和浩特市と包頭市での優良日割合の平均値は、巴彥淖爾市と錫林浩特市よりも有意に低値を示した。表2に、各対象5都市の大気汚染指標の程度をまとめたもので、ANOVAのF値及び事後分析の多重比較（ボンフェローニ法）の結果を示した。

表 2 2013～2016 年における内モンゴル自治区各都市の大気汚染指標の程度

	Hohhot	Baotou	Chifeng	Bayannur	Xilinhot	F values by ANOVA (p value)
<b>Good days (%)</b>	67.3 ± 8.5 (4)(5)	68.0 ± 12.0 (4)(5)	81.0 ± 8.2	88.2 ± 7.5 (1)(2)	96.0 ± 1.2 (1)(2)	9.17 (<0.0001)
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	42.0 ± 13.2	46.0 ± 13.9 (5)	45.5 ± 10.0 (5)	30.5 ± 3.3	22.0 ± 5.1 (2)(3)	4.43 (<0.0001)
WHO standard values 24μg/m <sup>3</sup>						
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	41.3 ± 2.2 (3)(4)(5)	41.8 ± 3.0 (3)(4)(5)	22.0 ± 3.5 (5)	23.5 ± 4.4 (5)	10.8 ± 1.0 (1)(2)(3)(4)	77.39 (<0.0001)
WHO standard values 40μg/m <sup>3</sup>						
PM10 (μg/m <sup>3</sup> )	116.3 ± 22.3 (5)	119.5 ± 21.2 (5)	90.3 ± 15.2	86.5 ± 12.9	58.3 ± 6.6 (1)(2)	9.00 (<0.0001)
WHO standard values 70μg/m <sup>3</sup>						

(1) p < 0.05 vs There is a significant difference from Hohhot, (2) p < 0.05 vs There is a significant difference from Baotou,  
 (3) p < 0.05 vs There is a significant difference from Chifeng, (4) p < 0.05 vs There is a significant difference from Bayannur,  
 (5) p < 0.05 vs There is a significant difference from Xilinhot

図 2 には、2013～2016 年における内モンゴル自治区各都市の優良日割合の年度別平均値の推移を示した。汚染程度が比較的強い呼和浩特市、包頭市と赤峰市の年間優良日割合の変動から観ると、包頭市と呼和浩特市はほかの都市より大気汚染が改善され、赤峰市が 2014 年に低かった以外少しずつ改善されている傾向がある。一方、汚染程度が比較的小さい巴彥淖爾市では、大気汚染程度が悪くなる傾向があり、錫林浩特市では、ほとんど変動せずに 90%以上であった。

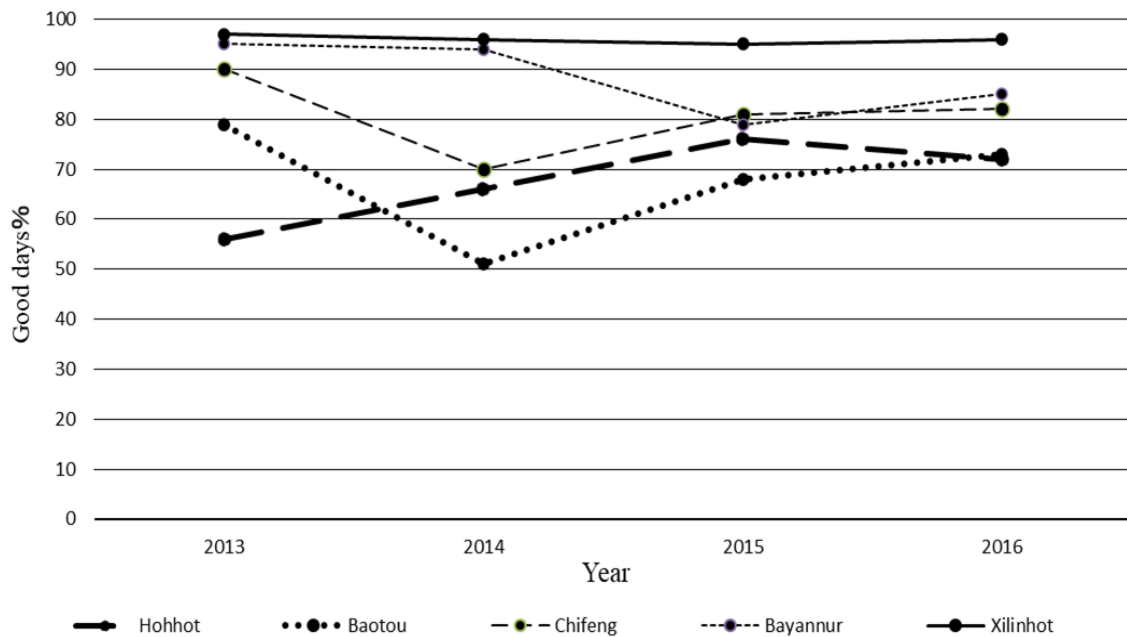


図 2 2013～2016 年における内モンゴル自治区各都市の年度別優良日割合の平均値の推移

本研究で対象とした中国・内モンゴル自治区の 5 つの都市間には、大気汚染程度の主要な指標とした優良日割合に明確な差が確認された。呼和浩特市と包頭市の大気汚染は赤峰市、巴彥淖爾市、錫林浩特市より高度であると判断された。

### 第 3 節 対象都市別の子どもたちの体力水準の程度

#### (1) 対象者の選定

対象 5 都市の中には、モンゴル族の子どもたちだけで構成されているモンゴル族対象の小学校が、呼和浩特市 2 校、包頭市 1 校、赤峰市 1 校、巴彥淖爾市 1 校、錫林浩特市 1 校設置されている。この全 6 校の中から、各都市 1 校を選定し、その 2013 年から 2016 年の 4 年間の所属小学 6 年生全員 2,933 人（男子 1,443 人、女子 1,490 人）を本研究の対象とした。各都市の対象者人数を表 3 に示した。

表 3 2013～2016 年の各都市の対象者人数

	呼和浩特市	包頭市	赤峰市	巴彥淖爾市	錫林浩特市	合計(人)
男子(人)	483	214	243	98	405	1,443
女子(人)	548	223	243	90	386	1,490
計(人)	1,031	437	486	188	791	2,933

## (2) 体力測定方法

体力測定は、2014 年中国教育部が公表した《国家学生体質健康標準》<sup>22)</sup> に基づき実施した。体力測定データは 2013 年から 2016 年の 4 年間の体力測定データである。

測定項目は、男子と女子ともに、身長(cm)、体重(kg)、BMI (kg/m<sup>2</sup>)、肺活量(ml)、50m走(s)、座位体前屈(cm)、50m×8 シャトルラン(s)、一分間上体起こし(回)、一分間縄跳び(回)の 9 項目であった。中国では、50m×8 シャトルラン実行時間を小学 5 年生と 6 年生の全身持久力の評価指標として採用している。

## (3) 体格及び体力水準

体格及び体力の平均値を各都市間で比較するため、都市を固定因子とした一元配置分散分析を実施し、その結果を男子と女子別に表 4 に示した。

男子では、呼和浩特市の身長平均値は、包頭市、巴彥淖爾市、錫林浩特市より有意に高かった。赤峰市の身長平均値は、巴彥淖爾市、錫林浩特市より有意に高かった。呼和浩特市の体重平均値は、包頭市、赤峰市、錫林浩特市より有意に高かった。呼和浩特市と包頭市の BMI 平均値は赤峰市より有意に高かった。包頭市の肺活量平均値は、赤峰市と錫林浩特市より有意に低かった。呼和浩特市の肺活量平均値は、赤峰市、巴彥淖爾市、錫林浩特市より有意に低かった。呼和浩特市の 50m×8 シャトルラン実行時間平均値は、赤峰市より有意に高く、包頭市の 50m×8 シャトルラン実行時間平均値は、赤峰市、錫林浩特市より有意に高かった。他の体力指標の 50m走、座位体前屈、一分間上体起こし、一分間縄跳びにおいても有意な都市間の差が認められた。

女子では、呼和浩特市、包頭市、赤峰市の身長平均値は、錫林浩特市より有意に高かった。呼和浩特市の体重平均値は、赤峰市、錫林浩特市より有意に高

かった。BMI の平均値においては、有意な都市間の差が認められた。呼和浩特市の体重の平均値は、赤峰市、巴彥淖爾市より有意に低かった。肺活量の平均値は呼和浩特市が巴彥淖爾市、赤峰市より有意に低かった。呼和浩特市の 50m×8 シャトルラン実行時間の平均値は、他の 4 都市と比べて最も高く、包頭市、巴彥淖爾市、錫林浩特市、赤峰市の順に有意に低くなり、巴彥淖爾市と錫林浩特市との間には有意差が認められなかった。他の体力指標の 50m 走、座位体前屈、一分間上体起こし、一分間縄跳びの平均値にも、有意な都市間の差が認められた。

表 4 男子と女子別の体格及び体力の平均値の都市間の比較

		Hohhot	Baotou	Chifeng	Bayannur	Xilinhot	F values by ANOVA (p value)
<b>Sex</b>							
<b>Height (cm)</b>							
Boy	152.3 ± 7.7 (2)(4)(5)	150.5 ± 6.7 (1)	152.4 ± 7.8 (4)(5)	149.9 ± 7.2 (1)(3)	149.5 ± 7.5 (1)(3)	10.57 (<0.0001)	
Girl	153.6 ± 8.5 (5)	152.1 ± 6.8 (5)	153.0 ± 6.7 (5)	152.0 ± 6.3	150.2 ± 6.7 (1)(2)(3)	10.57 (<0.0001)	
<b>Body weight (kg)</b>							
Boy	47.1 ± 9.3 (2)(3)(5)	43.9 ± 10.9 (1)	44.7 ± 10.5 (1)	46.0 ± 11.7	44.0 ± 10.5 (1)	6.71 (<0.0001)	
Girl	46.3 ± 9.2 (3)(5)	44.3 ± 10.7	43.9 ± 7.8 (1)	45.9 ± 10.0	42.9 ± 9.1 (1)	6.71 (<0.0001)	
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>							
Boy	20.3 ± 3.2 (3)	19.2 ± 3.9 (3)	19.1 ± 3.3 (1)(2)	20.3 ± 3.9	19.6 ± 3.8	6.38 (<0.0001)	
Girl	19.6 ± 3.1	19.1 ± 3.9	18.9 ± 2.7	19.7 ± 3.4	19.0 ± 3.5	6.36 (<0.0001)	
<b>Vital capacity (ml)</b>							
Boy	1837 ± 492 (3)(4)(5)	1822 ± 534 (3)(5)	2076 ± 548 (1)(2)	2081 ± 412 (1)	2189 ± 493 (1)(2)	30.21 (<0.0001)	
Girl	1747 ± 491 (3)(4)	1927 ± 522	1927 ± 506 (1)	1905 ± 393 (1)	1836 ± 441	6.96 (<0.0001)	
<b>50 m sprint (s)</b>							
Boy	9.4 ± 0.8 (3)(5)	9.6 ± 1.1 (3)(5)	8.8 ± 0.9 (1)(2)(4)(5)	9.5 ± 0.9 (3)	9.3 ± 1.1 (1)(2)(3)	23.75 (<0.0001)	
Girl	10.1 ± 0.7 (3)	10.0 ± 1.3 (3)	9.1 ± 0.7 (1)(2)(4)(5)	10.0 ± 0.9 (3)	10.1 ± 0.9 (3)	67.69 (<0.0001)	
<b>Sit and reach (cm)</b>							
Boy	8.3 ± 4.4 (2)	5.8 ± 5.2 (1)(3)(4)(5)	8.0 ± 5.2 (2)	8.3 ± 4.2 (2)	7.8 ± 4.8 (2)	11.19 (<0.0001)	
Girl	9.3 ± 4.8 (2)	7.5 ± 5.3 (1)(3)(4)(5)	11.3 ± 5.3 (2)	10.2 ± 4.7 (2)	9.6 ± 4.7 (2)	18.16 (<0.0001)	
<b>Shuttle run (50 m × 8) (s)</b>							
Boy	119 ± 17.4 (3)	112 ± 18.0 (3)(5)	102 ± 13.0 (1)(2)(5)	107 ± 11.0	107 ± 15.3 (2)(3)	56.02 (<0.0001)	
Girl	120 ± 15.4 (2)(3)(4)(5)	116 ± 15.4 (1)(3)(4)(5)	102 ± 13.0 (1)(2)(4)(5)	111 ± 10.1 (1)(2) (3)	108 ± 14.4 (1)(2)(3)	67.75 (<0.0001)	
<b>Timed sit-ups (n)</b>							
Boy	35 ± 6.1 (2)(4)(5)	30 ± 6.3 (1)(3)(5)	34 ± 8.0 (2)	31 ± 8.7 (1)	33 ± 7.7 (1)(2)	19.22 (<0.0001)	
Girl	34 ± 5.7 (2)(3)(4)(5)	29 ± 7.1 (1)(5)	30 ± 8.0 (1)	30 ± 7.5 (1)	31 ± 5.5 (1)(2)	39.24 (<0.0001)	
<b>Timed rope-skipping (n)</b>							
Boy	108 ± 25.0 (2)(4)(5)	63 ± 29.7 (1)(3)(4)(5)	109 ± 30.5 (2)(4)(5)	99 ± 28.8 (1)(2)(3)	100 ± 26.9 (1)(2)(3)	113.14 (<0.0001)	
Girl	111 ± 25.5 (2)(4)(5)	71 ± 25.4 (1)(3)(4)(5)	115 ± 27.8 (2)(4)(5)	101 ± 26.8 (1)(2)(3)	105 ± 24 (1)(2)(3)	113.22 (<0.0001)	

Based on a sample size of 2,933 (boys = 1,443; girls = 1,490).

(1) p < 0.05 vs There is a significant difference from Hohhot, (2) p < 0.05 vs There is a significant difference from Baotou,  
 (3) p < 0.05 vs There is a significant difference from Chifeng, (4) p < 0.05 vs There is a significant difference from Bayannur,  
 (5) p < 0.05 vs There is a significant difference from Xilinhot

## 第4節 分析方法

### (1) 男子における大気汚染程度と体力水準との都市間関係

男子 1,443 人を対象として、4 年間の平均大気汚染程度と体格および体力水準との都市間関連をピアソン相関分析を実施した。調査都市の大気汚染指標の 4 年間の平均値と個人体力指標との間の相関係数を算出し、 $0.2 < |r| < 0.4$  を「弱い関連」、 $0.4 \leq |r| < 0.7$  を「中程度の関連」として判断した。次に、各都市の大気汚染指標の各年度別の平均値と個人体力指標との間の  $|r| > 0.2$  の有意な ( $p < 0.05$ ) 相関係数を抽出した。

### (2) 大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係における男女の差異

男子 1,443 人および女子 1,490 人を対象として、ピアソン相関分析を用いて、調査都市の大気汚染指標の 4 年間の平均値と個人体力指標との間の相関係数を算出した。その後、 $|r| > 0.2$  の項目について、回帰分析を実施し、男子と女子との間で回帰係数の差の検定を共分散分析により行った。回帰分析によって、優良日割合と体力水準との間の都市間関係に、男子と女子との間でどのように違いがあるのかを明らかにすることとした。

## 第5節 倫理的配慮

本研究は、中京大学大学院体育学研究科倫理審査委員会の承認（研究承認番号 2019-1、2019 年 4 月 23 日承認）を得て実施された。

### 第3章 研究結果

#### 第1節 男子における大気汚染程度と体力水準との都市間関係

表1-2に大気汚染程度と男子の体格及び体力水準との相関分析結果を示した。優良日割合は肺活量との間で  $r=0.27$  の有意な正の相関を 50m×8シャトルラン実行時間との間で  $r=-0.27$  の有意な負の相関を示した。肺活量は、SO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=-0.21$  の有意な負の相関を、NO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=-0.27$  の有意な負の相関を、PM10濃度との間で  $r=-0.26$  の有意な負の相関を示した。50m×8シャトルラン実行時間は、SO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=0.12$  の有意な正の相関を、NO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=0.29$  の有意な正の相関を、PM10濃度との間で  $r=0.26$  の有意な正の相関を示した。

表1-2 大気汚染程度と男子の体格及び体力水準との相関分析結果

		Good days (%)	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )
Height (cm)	r	-0.13**	0.14**	0.11**	0.12**
Body weight (kg)	r	-0.08**	0.05*	0.09**	0.08**
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	r	-0.04	-0.01	0.05	0.04
Vital capacity (ml)	r	0.27**	-0.21**	-0.27**	-0.26**
50 m sprint (s)	r	-0.07**	-0.03	0.11**	0.08**
Sit and reach (cm)	r	0.04	-0.04	-0.04	-0.04
Shuttle run (50 m × 8) (s)	r	-0.27**	0.12**	0.29**	0.26**
Timed sit-ups (n)	r	0.04	0.03	0.04	0.04
Timed rope-skipping (n)	r	0.08**	-0.07*	-0.11**	-0.10**

Sample size, N = 1,443.

\*\*p < 0.01, \*p < 0.05

表1-3に年度別の大気汚染程度と男子の体格及び体力水準との相関分析結果を示した。優良日割合と肺活量との間で  $r=0.26$  の有意な正の相関を示し、



50m×8シャトルラン実行時間との間で  $r=-0.37$  の有意な負の相関を示した。肺活量は、 $\text{SO}_2$ 濃度との間で  $r=-0.18$  の有意な負の相関を、 $\text{NO}_2$ 濃度との間で  $r=-0.26$  の有意な負の相関を、 $\text{PM}_{10}$ 濃度との間で  $r=-0.26$  の有意な負の相関を示した。50m×8シャトルラン実行時間は、 $\text{SO}_2$ 濃度との間で  $r=0.19$  の有意な正の相関を、 $\text{NO}_2$ 濃度との間で  $r=0.30$  の有意な正の相関を、 $\text{PM}_{10}$ 濃度との間で  $r=0.36$  の有意な正の相関を示した。

表 1-3 年度別の大気汚染程度と男子の肺活量及び 50m×8 シャトルラン実行時間との相関分析結果

		Good days (%)	$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Vital capacity (ml)	r	0.26**	-0.18**	-0.26 **	-0.26**
Shuttle run (50 m × 8) (s)	r	-0.37**	0.19**	0.30 **	0.36**

Sample size, N = 1,443.

\*\* $p < 0.01$

図 1-1 に、各都市の優良日割合と男子の肺活量との関係を示した。肺活量の平均値が高い方から、包頭市、呼和浩特市、赤峰市、巴彥淖爾市、錫林浩特市の順である。図 1-2 に、優良日割合と男子の 50m×8 シャトルラン実行時間との関係を示した。50m×8 シャトルラン実行時間平均値は遅いほうから呼和浩特市、包頭市は、巴彥淖爾市、赤峰市、錫林浩特市の順であった。

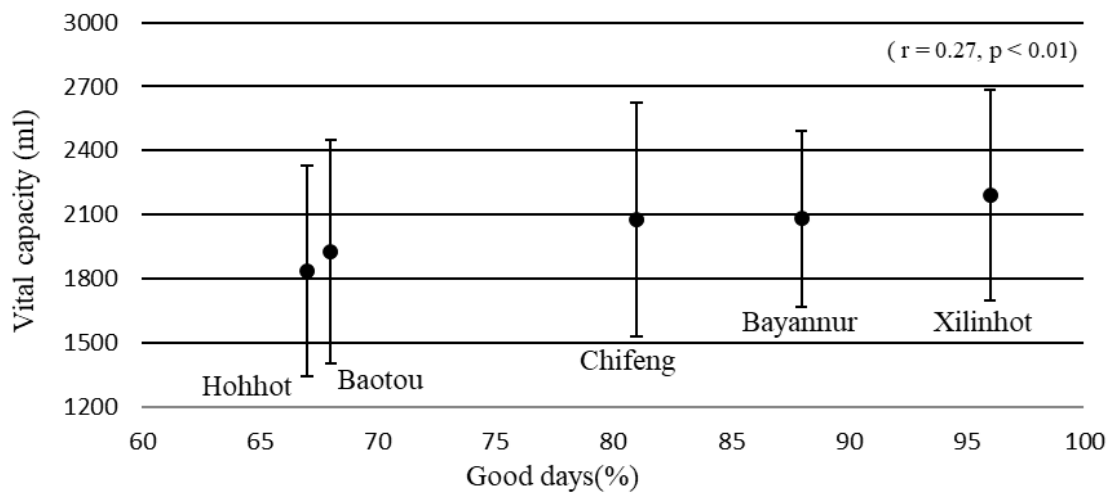


図 1-1 各都市の優良日割合と男子（1,443人）の肺活量との関係  
各都市別の男子の肺活量の平均値（●）±標準偏差を図示した。

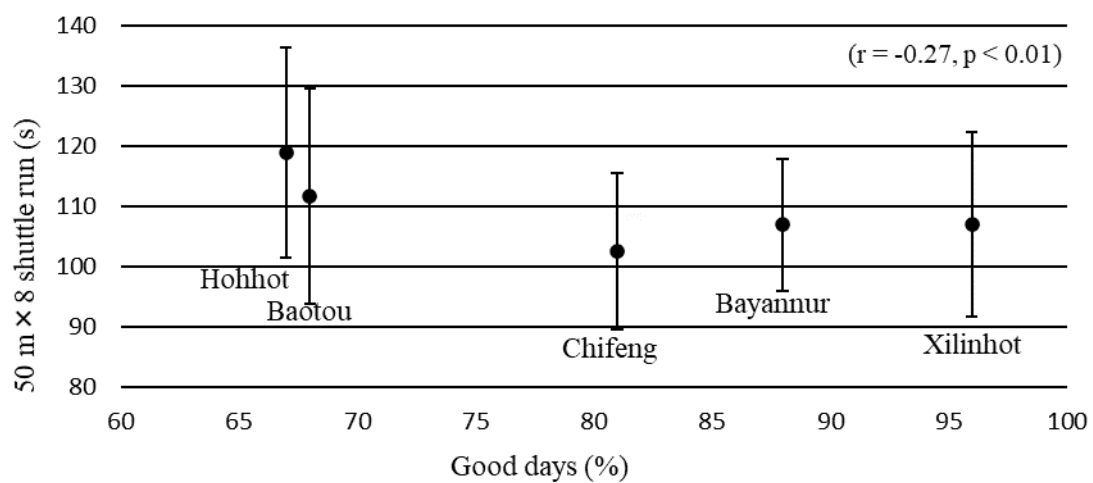


図 1-2 各都市の優良日割合と男子（1,443人）の50m×8シャトルラン実行時間との関係  
各都市別の男子の50m×8シャトルラン実行時間の平均値（●）±標準偏差を図示した。

図1-3に各都市の年度別の優良日割合と男子の肺活量との関係を示した。年度別の優良日割合と肺活量との間で  $r=0.26$  の有意な正の相関を示した。4年間の平均大気汚染程度と男子の肺活量との相関係数が  $r=0.27$  で、年度別の優良日割合と男子の肺活量との間の相関係数が  $r=0.26$  の有意な正の相関を示した。

図1-4に各都市の年度別の優良日割合と男子の50m×8シャトルラン実行時間との関係を示した。年度別の優良日割合と50m×8シャトルラン実行時間との間で  $r=-0.37$  の有意な負の相関を示した。4年間の平均大気汚染程度と男子の50m×8シャトルラン実行時間との相関係数が  $r=-0.27$  で、年度別の優良日割合と男子の50m×8シャトルラン実行時間との間の相関係数が  $r=-0.37$  の有意な負の相関を示した。

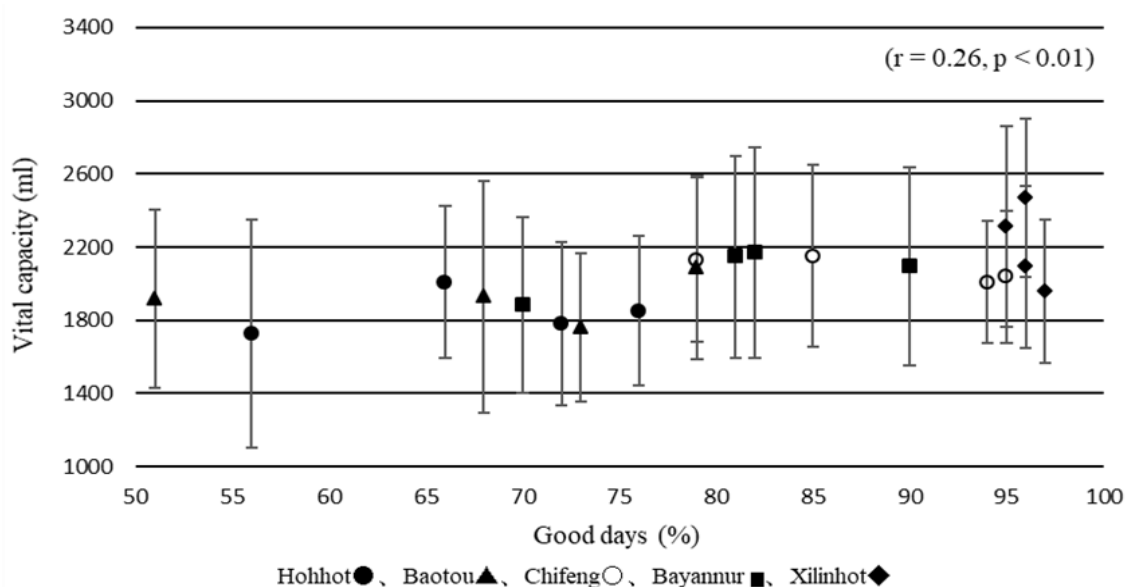


図1-3 各都市の年度別優良日割合と男子（1,443人）の肺活量との関係  
各都市別の男子の肺活量の平均値（Hohhot●、Baotou▲、Chifeng○、Bayannur■、Xilinhote◆）±標準偏差を図示した。

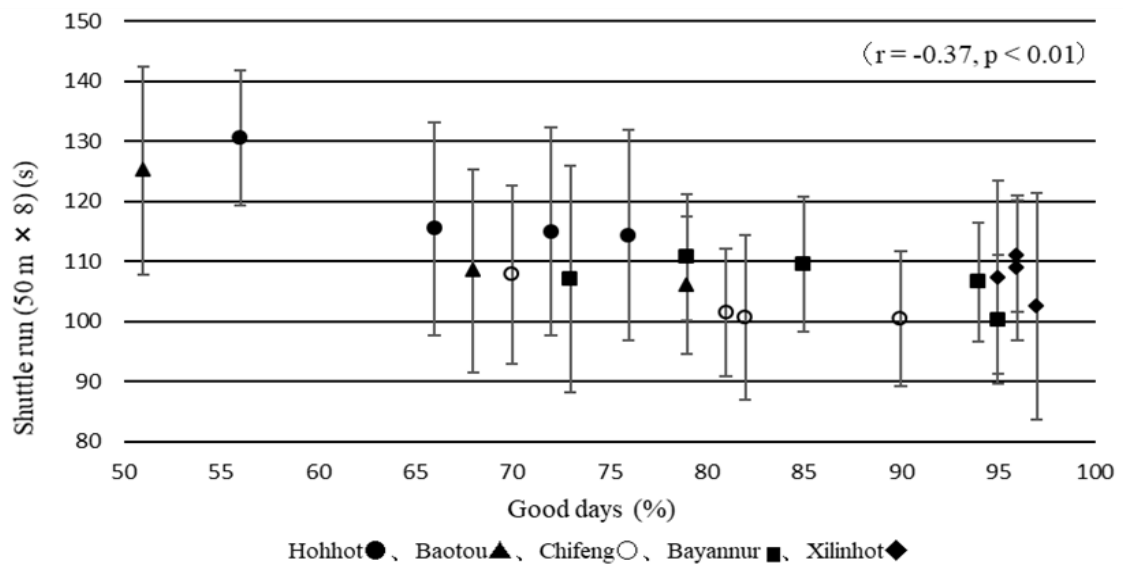


図 1-4 各都市の優良日割合と男子（1,443 人）の 50m×8 シャトルラン  
実行時間との関係

各都市別の男子の 50m×8 シャトルラン実行時間の平均値（Hohhot●、Baotou▲、Chifeng○、Bayannur■、Xilinhot◆）± 標準偏差を図示した。

## 第2節 大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係における男女の差異

表2-1に大気汚染程度と体格及び体力水準との相関分析結果を男子と女子別に示した。男子では、優良日割合は肺活量との間で  $r=0.27$  の有意な正の相関を、50m×8シャトルラン実行時間との間で  $r=-0.27$  の有意な負の相関を示した。肺活量は、SO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=-0.21$  の有意な負の相関を、NO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=-0.27$  の有意な負の相関を、PM10濃度との間で  $r=-0.26$  の有意な負の相関を示した。50m×8シャトルラン実行時間は、SO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=0.12$  の有意な正の相関を、NO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=0.29$  の有意な正の相関を、PM10濃度との間で  $r=0.26$  の有意な正の相関を示した。女子では、優良日割合と肺活量との間で  $r=0.08$  の有意な正の相関を、50m×8シャトルラン実行時間との間で  $r=-0.32$  の有意な負の相関を示した。肺活量とSO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM10の各濃度との間では有意な相関が認められなかった。50m×8シャトルラン実行時間は、SO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=0.16$  の有意な正の相関を、NO<sub>2</sub>濃度との間で  $r=0.34$  の有意な正の相関を、PM10濃度との間で  $r=0.31$  の有意な正の相関を示した。

表2-1 男子と女子別の大気汚染程度と体格及び体力水準との相関分析結果

	Sex	Good days (%)	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )
Vital capacity (ml)	Boy	0.27**	-0.21**	-0.27**	-0.26**
	Girl	0.08**	-0.02	-0.09**	-0.07**
Shuttle run (50 m × 8) (s)	Boy	-0.27**	0.12**	0.29**	0.26**
	Girl	-0.32**	0.16**	0.34**	0.31**

Based on a sample size of 2,933 (boys = 1,443; girls = 1,490).

\*\*p < 0.01, \*p < 0.05

図2-1に、各都市の優良日割合と男子と女子別の肺活量との関係を示した。男子では、肺活量の平均値が包頭市、呼和浩特市、赤峰市、巴彥淖爾市、錫林浩特市の順に高く観察された。一方、女子では、男子で認められた関連は観察されなかった。優良日割合と肺活量との回帰分析では、男子で  $y$  (ml) = 11.47  $x$  (%) + 1097.63、女子で  $y$  (ml) = 3.12  $x$  (%) + 1575.77 の回帰式が得られた。共分散分析

結果では、男子の F 値=30.21 ( $p<0.0001$ )、女子の F 値=6.96 ( $p<0.0001$ )、優良日割合の F 値=95.95 ( $p<0.0001$ )、性別の F 値=16.22 ( $p<0.0001$ )、性別\*優良日割合の F 値=31.48 ( $p<0.0001$ ) であった。図 2-2 に、男子と女子別の優良日割合と 50m×8 シャトルラン実行時間との関係を示した。男子と女子ともに 50m×8 シャトルラン実行時間の平均値は呼和浩特市、包頭市は、巴彥淖爾市、錫林浩特市、赤峰市より高くなり、その関連に男子と女子の明らかな差異は観察されなかった。優良日割合と 50m×8 シャトルラン実行時間との回帰分析では、男子で  $y(s)=-0.38x(\%)+140.72$ 、女子で  $y(s)=-0.40x(\%)+144.75$  の回帰式が得られた。共分散分析の結果では、男子は F 値=56.02 ( $p<0.0001$ )、女子は F 値=67.75 ( $p$  値 $<0.0001$ )、優良日割合の F 値=274.27 ( $p<0.0001$ )、性別の F 値=1.17 ( $p=0.28$ )、性別\*優良日割合の F 値=0.23 ( $p=0.63$ ) であった。男子と女子との間に回帰係数の有意差が認められなかった。

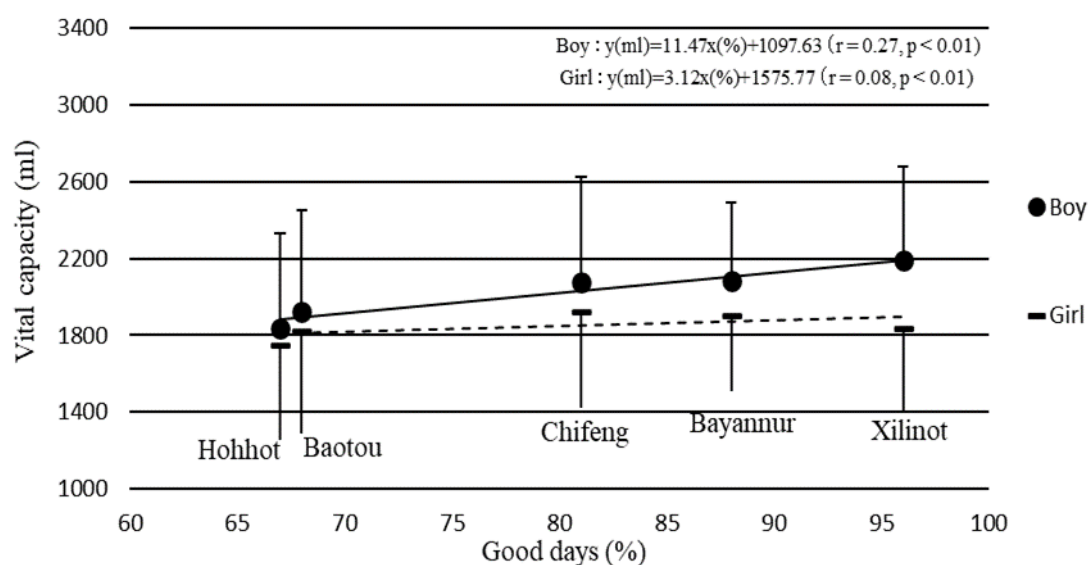


図 2-1 各都市の男子 (1,443 人) と女子 (1,490 人) 別の優良日割合と肺活量との関係

男子では、各都市別の肺活量の平均値 (●) +標準偏差と、回帰式を実線(—)で図示した。女子では、各都市別の肺活量の平均値 (■) -標準偏差と、回帰式を破線(---)で図示した。共分散分析により、男子の回帰係数は女子より有意に高値を示した。

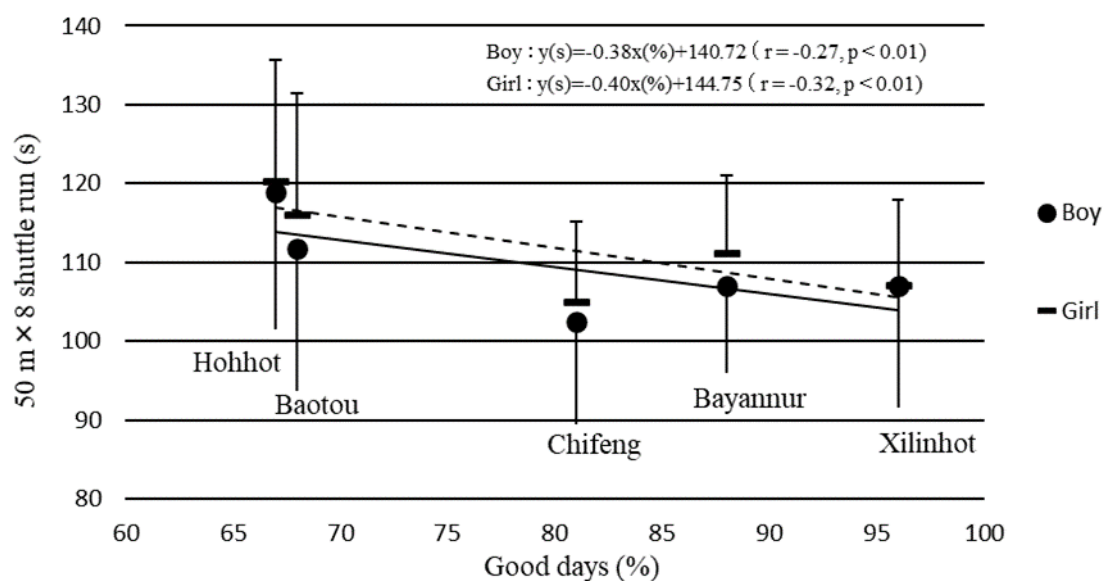


図 2-2 各都市の男子 (1,443 人) と女子 (1,490 人) の優良日割合と 50m × 8 シャトルラン実行時間との関係

男子では、各都市別の 50m × 8 シャトルラン実行時間の平均値 (●) + 標準偏差と、回帰式を実線 (—) で図示した。女子では、各都市別の 50m × 8 シャトルラン実行時間の平均値 (■) - 標準偏差と、回帰式を破線 (- - -) で図示した。共分散分析により、男子と女子との間に回帰係数の有意差が認められなかった。

## 第5章： 考察

本研究の対象とした中国・内モンゴル自治区の5つの都市間には、大気汚染程度の主要な指標とした優良日割合に明確な差があり、呼和浩特市と包頭市の大気汚染は赤峰市、巴彥淖爾市、錫林浩特市より高度であると判断された。SO<sub>2</sub>年間平均濃度は呼和浩特市で42 μg/m<sup>3</sup>、包頭市で46 μg/m<sup>3</sup>とWHOの基準値(24 μg/m<sup>3</sup>)を上回っていたが、中国の基準値(60 μg/m<sup>3</sup>)よりは下回っていた。NO<sub>2</sub>年間平均濃度は呼和浩特市で41.3 μg/m<sup>3</sup>、包頭市で41.8 μg/m<sup>3</sup>と、WHOと中国の両方の基準値(40 μg/m<sup>3</sup>)を超えていた。さらに、5つの都市におけるPM<sub>10</sub>の年間平均濃度は58.3 μg/m<sup>3</sup>~119.5 μg/m<sup>3</sup>の範囲にあり、WHOの基準値である20 μg/m<sup>3</sup>と中国の70 μg/m<sup>3</sup>の両方を上回っていた。内モンゴル自治区と隣接している瀋陽市の子どもたちに大気汚染による肺機能障害が発生し<sup>10)</sup>、2016年の中国大気汚染ランキングによると呼和浩特市は瀋陽市より大気汚染が深刻であった<sup>20)</sup>。これらにより、呼和浩特市と包頭市でも瀋陽市と同様の肺機能障害が発生している可能性があり、本研究課題を解明するにあたり相応しい都市の選定であると判断した。

本研究では、対象都市のモンゴル族対象の小学校全6校中の5校を調査し、2013年から2016年の4年間の所属した6年生全員を対象とした。したがって、本研究の対象者選定により、内モンゴル自治区の都市部に居住するモンゴル族小学生の実態を十分に解明できると考えた。

内モンゴル自治区の男子の小学生たちは、伝統的に屋外で活動的な生活をするため、大気汚染の深刻化が彼らの体力低水準に影響するのではないかと危惧されている。本研究結果は、大気汚染程度と体力水準との間に相関関係が認められ、汚染のより強い都市でのより低い体力水準が注目されるべきであることを示している。屋外で身体活動を行うことにより、子どもたちは大人よりも汚染にさらされる可能性が高くなる<sup>23)</sup>。屋外で過ごす時間が長いほうが肺機能の成長に対する大気汚染の影響が大きい<sup>24, 25)</sup>。長期的な大気汚染曝露は10歳から18歳の少年の肺の発達に悪影響を及ぼし<sup>26)</sup>、より汚染された地域の子どもたちの肺機能の障害が大きい<sup>27)</sup>。本研究では、男子小学生において、優良日割合と肺活量との間でr=0.27の有意な正の相関を、さらに年度別の優良日割合と肺活量との間でもr=0.26の有意な正の相関を示し、大気汚染と肺活量の間都市間の



弱い相関関係が見られた。

大気汚染程度の違いが、内モンゴル自治区の男子小学生たちの肺機能の低水準やより汚染された都市での身体活動の低下などを通じて、体力水準の違いを引き起こす可能性がある。さらに、優良日の割合と 50m×8 シャトルランの実行時間との間には、有意な負の相関関係が見られた。全身持久力の低水準は、肥満や運動不足だけではなく肺機能の低水準によっても引き起こされたのかもしれない。調査都市間の大気汚染の程度の違いが、モンゴル族の子どもたちの肺機能と全身持久力水準の都市間の違いを説明しているのかもしれない。本研究では、内モンゴル自治区における大気汚染程度が、男子小学 6 年生たちの肺活量及び全身持久力の低水準の要因の 1 つであると考えられた。

本研究では、対象がモンゴル族の小学生 6 年生に限られたため、年齢の体力水準への影響は小さいと考えられた。そして、男子の優良日割合と肺活量の間には有意な弱い正の相関が認められたが、女子では認められなかった。一方、優良日割合と 50m×8 シャトルラン実行時間との間には男子と女子ともに、有意な弱い負の相関関係を示していた。各都市間の大気汚染程度の差異が、男子の肺活量の水準に、そして男子と女子ともに全身持久力の水準に、弱いけれども無視できない程度に関連していると考えられた。

中国の小学生の体格（身長・体重）については、どの学年においても性別を問わず経済発展が進んでいる都市の子どもたちの体格は、経済発展が遅れている都市の子どもたちより大きいことが報告されている<sup>28)</sup>。本研究においても、経済発展が比較的発展している呼和浩特市、包頭市の子どもたちのほうが、男子と女子とともに他の都市より体格が大きい傾向が観察された。内モンゴル自治区のモンゴル族の子どもたちにおいて、居住都市の経済発展が体格に影響し、その居住都市での生活様式に差異があると考えられる。

身長と肺活量との正の相関はよく知られているが、本研究では大気汚染程度が高かった都市に居住する男子の平均身長がより高い傾向があった。したがって、男子での肺活量の都市間の差には、大気汚染程度の違いが見かけよりも強く関連しているのではないかと考えられる。大気汚染程度が高い都市の男子の平均身長は大気汚染程度が低い都市の平均身長より高い傾向が肺活量の都市間の差を見かけよりも小さくしている可能性がある。

実際、モンゴル族の男子小学生は日常的に外遊びを好む傾向がある。一方、女

子では、モンゴル族社会での社会・文化的な概念<sup>29)</sup>（「男は外、女は内」という考え方など）が日常的行動に影響を及ぼしている可能性もある。また、屋外で過ごす時間が長いほど肺機能の成長に対する大気汚染の影響が大きい<sup>24, 25)</sup>。内モンゴル自治区と隣接する中国東北部の瀋陽市の子どもたちに大気汚染による肺機能障害が蔓延している<sup>23)</sup>ことから、内モンゴル自治区でも同様の状況が生じている可能性がある。モンゴル族固有の遊び方や屋外での活動時間の違いが、大気汚染環境への暴露状況の違いを通して、本研究で得られた肺活量への影響の男子と女子との違いに反映していたと考えられる。

大気汚染の 50m×8 シャトルラン実行時間に代表される全身持久力水準への影響は、男子女子とともに同程度の弱い関連が認められた。全身持久力低下に関わる生活要因として、国際的にも、肥満の増加や日常生活の低い身体活動量が知られている<sup>30)</sup>。本研究では、肥満指標である BMI 平均値には都市間の差が男子と女子ともに認められなかった。したがって、大気汚染による全身持久力水準への影響には、子どもたちの日常生活様式に都市間の差異があるかもしれない。

「2016 年中国人運動報告」によると、10～18 歳の学生の 1 日の平均歩数は 4,879 歩で、10 歳以上の国民は 5,112 歩で、都市間では、貴陽市 5,941 歩が一番多く、北京 5,136 歩、上海 5,034 歩であり、都市の運動指数ランキングでは、上海 20 位と北京 25 位で、ランキング上位の都市は大気汚染が少ない共通点がある<sup>31)</sup>ことから、大気汚染程度が日常生活の身体活動量の低下に関連していると考えられる。小学校高学年の女子は思春期、美意識、伝統的な社会文化（男の子らしさ、女の子らしさなど）などの要因で、男子が女子よりスポーツ活動に積極的に参加する<sup>32, 33, 34)</sup>。これらのことを考えると、小学校の男子は女子よりスポーツ活動に積極的に参加ならびに社会通念などの影響を受けるなどして、それらの結果が男女における体力・運動能力の差異に結びついたのではないかと考えられた。

本研究で選定した都市間においては、大気汚染程度の比較的強かった呼和浩特と包頭市は内モンゴル自治区内で最も早く経済発展し、現在も最も進んでいる都市である。したがって、男子と女子ともに観察された低水準の全身持久力と大気汚染程度との関連は、肥満の増加まではいたらない程度で日常生活の身体活動量低下を引き起こしているのかもしれない。

中国では、大気汚染を改善するために、長期的な戦略と効果的な政策を打ち出し、大気汚染防止の監視を強化し、国民の環境保護意識を高めるようにしている

が、学校教育における大気汚染対策についての議論は十分にされていない。そして、学校スポーツ施設は大都市のほうが地方都市より早く整備され、都市間や地域間の格差が深刻な問題になってきている<sup>32)</sup>。2019年運動施設充実度調査で上海1位、北京2位で、呼和浩特市72位、包頭市151位、赤峰市207位、巴彥淖爾市284位、錫林浩特市282位であった<sup>33)</sup>。内モンゴル自治区の各小学校での屋内スポーツ施設が次々と建設され始めているが、北京や上海などの大都市とのスポーツ施設整備状況との格差が大きく、一人当たりの利用できる施設は不足状態にある<sup>33)</sup>。内モンゴル自治区内の屋内スポーツ環境は全体として不十分である上に自治区内の発展が遅れている都市や地域での屋内スポーツ施設拡充を早急に促進する必要がある。

本研究には以下のようないくつかの限界がある。(1)内モンゴル自治区では冬の石炭暖房による大気汚染程度の季節変動が大きいとされている<sup>17)</sup>。その意味では、少なくとも大気汚染指標の月別平均値を用いて季節変動との関連を検討する必要があるだろう。(2)小学6年生のみを対象とした2013年から2016年まで比較的短い期間での横断的研究成果である。大気汚染による発育発達を含む慢性的影響についてのより明確な成果を得るためには、少なくとも小学1年生から6年生までの縦断的観察を含めたより長期的な研究デザインを設定する必要がある。(3)本研究では日常生活の身体活動量や活動強度を直接評価するものではなかった。今後は、モンゴル族の子どもたちの日常身体活動の量と強度の実態を明らかにする必要がある。

## 第6章： 結論

本研究は、中国・内モンゴル自治区の5つの都市の小学校男子6年生において、大気汚染の程度と肺機能や全身持久力の水準との間に都市間関係が存在することを示した。2013年から2016年までの大気汚染程度の優良日割合は、呼和浩特市の順に高くなり、大気汚染の強かった呼和浩特市と包頭市の子どもたちの肺機能及び全身持久力がより低水準であった。都市間の大気汚染程度の違いは、モンゴル族の男子小学6年生たちの肺活量及び全身持久力の低水準の要因の1つであると考えられた。

さらに、大気汚染程度と体力水準との間の都市間関係の男女間の差異を検討した。男子の優良日割合と肺活量との間に有意な弱い正の相関が認められたが、女子ではほとんど認められなかった。優良日割合と50m×8シャトルラン実行時間との間には、男子と女子ともに有意な弱い負の相関を示した。したがって、都市間の大気汚染程度の違いが男子と女子ともに日常身体活動量低下による全身持久力低水準を、男子では日常的な外遊びでの汚染物質曝露増加による肺機能の低水準を引き起こしている可能性が示唆された。

結論として、中国・内モンゴル自治区に在住するモンゴル族小学6年生において、各都市間の大気汚染程度の差異が、男子の肺活量の水準に、そして男子と女子ともに全身持久力の水準に、弱いけれども無視できない程度に関連していることを示した。

## 参考文献

1. 北京晚報（新聞）。今年の初め、スモッグは国の4分の1の面積、6億人が影響を受けた。北京晚報、2013年10月29日。（中国語）  
<http://www.people.com.cn/24hour/n/2013/1029/c25408-23365750.html>（2021年5月15日閲覧）
2. World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for particulate matter, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – Global update 2005 Summary of Risk Assessment.  
[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf;jsessionid=CABF4A14A21BF4B47B6404DADFD59D4D?sequence=1,2006](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=CABF4A14A21BF4B47B6404DADFD59D4D?sequence=1,2006).（2021年5月15日閲覧）
3. World Health Organization (WHO). *WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database*.  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/), 2016.（2021年5月15日閲覧）.
4. Rohde RA, Muller RA. Air pollution in China: Mapping of concentrations and sources. *PLoS ONE* 2015;10:e0135749.
5. 中国国務院。大気污染防治行動計画。中国国務院：2013。（中国語）  
[http://www.gov.cn/zhengce/content/2013-09/13/content\\_4561.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2013-09/13/content_4561.htm)（2021年5月15日閲覧）.
6. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Implementation rules for the implementation of air pollution prevention and control action plan in Beijing, Tianjin and Hebei.
7. Robert A Rohde ,Richard A Muller. Air Pollution in China: Mapping of Concentrations and Sources. *PLoS ONE* 10(8): 2015.
8. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Duncan T, Berhane K, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 351: 1057-1067, 2004. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa040610>（2021年5月15日閲覧）
9. An R, Zhang S, Ji M, Guan, C. Impact of ambient air pollution on physical activity among adults: A systematic review and meta-analysis. *Perspect Public Health* 2017;138:111-21.
10. Kasamatsu J, Shima M, Yamazaki S, Tamura K, Sun G. Effects of winter air pollution on pulmonary function of school children in Shenyang, China. *Int J Hyg Environ Health* 209:

- 435-44, 2006.
11. Zhang J, Mauzerall DL, Zhu T, Liang, S, Ezzati, M, Remais, JV. Environmental health in China: Progress towards clean air and safe water. *Lancet* 2010;375:1110-19.
  12. Fitch K. Air pollution, athletic health and performance at the Olympic Games. *J Sports Med Phys Fitness* 2016;56:922-32.
  13. Bates, DV. The Effects of air pollution on children. *Environ Health Perspect* 103: 49-53, 1995.
  14. Suwanwaiphatthana W, Ruangdej K, Turner-Henson A. Outdoor air pollution and children's health. *Pediatr Nurs* 2010;36:25-32.
  15. Sallis et al. Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. *Lancet* 388: 1325-1336, 2016.
  16. 张萌萌。上海市の小中学生の運動・スポーツに参加状況の性差分析。2015年第10回全国スポーツ科学会議論文抄録集(2): 2525-2526, 2015。(中国語)  
[https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=cb22e2218fc2ddb5f12c5aa085444ba8&site=xueshu\\_se](https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=cb22e2218fc2ddb5f12c5aa085444ba8&site=xueshu_se) (2021年5月15日閲覧)
  17. 内モンゴル自治区統計局。2015年内モンゴル自治区統計年鑑: 329-329, 内モンゴル自治区統計局, 2017。(中国語)
  18. 馬笑君、王玉華、王東波、王建国 et al. 内モンゴル環境質量報告書・2016。馬笑君 編: 351-352, 内モンゴル自治区の環境保護庁, 2016。(中国語)
  19. 中国環境保護部。環境空気質量指数 AQI 技術規定(HJ633-2012): 中国環境科学出版社, 2012。(中国語)
  20. 中国生態環境部。環境空気質量標準(GB3095-2012): 中国生態環境部, 2012。(中国語)  
[http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/sthjbgg/201808/t20180815\\_451398.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/sthjbgg/201808/t20180815_451398.htm)  
(2021年5月15日閲覧)
  21. Ministry of Environmental Protection. 2016 China Environmental Status Bulletin: 7-17, 2017.  
<https://www.renrendoc.com/paper/91125815.html> (2021年5月15日閲覧)

22. 中華人民共和国教育部。国家学生体質健康標準（改訂版）。中華人民共和国教育部, 2012。 （中国語）  
<http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s3273/201407/171692.html> （2021年5月15日閲覧）
23. Kasamatsu J, Shima M, Yamazaki S, Tamura K, Sun G. Effects of winter air pollution on pulmonary function of school children in Shenyang, China. *Int J Hyg Environ Health*. 2006;209:435-44.
24. W James Gauderman, G Frank Gilliland, Hita Vora, Edward Avol, et al. Association between air pollution and lung function growth in southern California children: results from a second cohort. *Am J Respir Crit Care Med* 166: 76-84, 2002.
25. 劉小芳。異なる空気質の全身持久力に対する影響に関する研究。科教導刊 2 期（上）：115-116, 2015。（中国語）
26. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Duncan T, Berhane K et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004;351:1057-67. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa040610>.
27. Bates, DV. The Effects of air pollution on children. *Environ Health Perspect* 1995;103:49-53.
28. Jin-Kui Lu, Xiao-Jian Yin, Takemasa Watanabe, Yan-Min Lin, Toyoho Tanaka. Physiques in Migrant Peasant Worker's Children by Comparison with Rural and Urban Children in Shanghai, China. *Advances in Physical Education*(4) : 10-24, 2014.
29. 女性スポーツセンター：女性スポーツオンライン。女子の身体活動 Vol. 1 Start Active! Stay Active!～からだを動かす習慣をつけよう！～。2016。
30. 山内 太郎。子どもの身体に異変が起きている。日本健康学会誌。第 83 巻（6）：174-183, 2017。
31. 騰訊網。2016 年中国人運動報告。2016 年 12 月 30 日。（中国語）  
<https://sports.qq.com/a/20161230/025632.htm> （2021年5月15日閲覧）
32. 楊敬敬。小学校段階のクラス活動の性別の違い研究。曲阜師範大学修士学位論文。2014。（中国語）
33. 谷代 一哉。小学生児童における運動習慣及び体力・運動能力と 性差に関する研究。札幌大学総合論叢 第 36 号（2013 年 12 月）

- 34.魯紅。体育授業で男女学生の体育学習の差異。体育風尚。2019年第2期  
(中国語)
- 35.馬軍。新時代の農村部の学校体育の不均衡と不十分な発展及び解決対策につ  
いての研究。体育研究と教育。第2期：54-60, 2020。(中国語)  
[https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=1m1x0xy0pd770r308c5h0c100n566668&site=xueshu\\_se](https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=1m1x0xy0pd770r308c5h0c100n566668&site=xueshu_se) (2021年5月15日閲覧)
- 36.都市研究所。都市運動施設充実度指数。2019。(中国語)  
<https://kuaibao.qq.com/s/20190701AZPGF300?refer=spider> (2021年5月15日閲覧)



## 研究活動業績

著者は2003年から中国・内モンゴル自治区における牧畜地域と都市部のモンゴル族の中学生の体格・運動能力とスポーツ活動参加状況について比較研究を行った。2008年から中国学校教育における体力測定の利用、実態、課題についての研究及び中国の学童の体力低下の原因と改善対策について研究を行った。2017年から中国・内モンゴル自治区の小学6年生における大気汚染程度と体力水準との都市間関係について研究した。

### 論文

満倉。中国・内モンゴル自治区における中学生の体格・運動能力とスポーツ活動参加状況についての研究、名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要（教育科学）  
第55巻第2号・224－225、2009年

### 総説

Man C, Watanabe T. Analysis on Comprehensive Physical Training of College Student Football Players. Francis Academic Press Frontiers in Sport Research（2019Volume1, Issue 4・74－79）

### 総説

Man C, Watanabe T. Analysis on the Reasons for the Decline of Physical Quality of Pupils in China and Countermeasures for Improvement. Francis Academic Press International Journal of New Developments in Education(2019Volume1, Issue 2・38－42)

### 原著論文

Man C, Watanabe T, Oshimura K, Nandingbaolige, Li S. Relationship between inter-city air pollution levels and physical fitness parameters among sixth-grade Mongolian primary school boys, China, 2013-2016. Public Health in Practice(Volume1, 2020, 100050)

原著論文

Man C, Watanabe T, Oshimura K, Nandingbaolige, Li S. Impact of air pollution levels on the physical fitness levels of 6th-grade elementary school students in the Inner Mongolia Autonomous Region of China- Comparison of inter-city influences between boys and girls from 2013 to 2016. *Journal of Community Medicine and Public Health Reports* (Volume 2 Issue 2, 2021).