

論文要旨

1-1 研究背景

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となっており、その健康への被害は、中国国内でも深刻な社会問題として認識されている。近年、内モンゴル自治区でも、上海、北京、天津などの沿海部に遅れながらも急速に経済発展をはじめ、屋外の大気汚染が問題視されるようになった。世界的にも大気汚染と健康との関連が注目される中、大気汚染への長期暴露は子どもたちの肺機能の発達に悪影響を及ぼし、汚染された地域の子どもの肺機能障害の有病率は高いとされている。

内モンゴル自治区の小学生たちは、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水準に影響するのではないかと危惧されてきた。特に男子は授業以外の時間ではほとんど外遊びをし、逆に女子はほとんどの時間を教室で過ごしているのが現状である。

大気汚染による屋内での日常生活時間の増加は、身体活動の減少をひきおこし、子どもたちの健康状態や体力水準に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、内モンゴル自治区におけるモンゴル族の子どもたちにおいて、大気汚染と体力状況との関係に焦点を当てた研究が必要であると考えた。

1-2 研究目的

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。

2 研究対象・研究方法

2-1 対象都市の選定と大気汚染の程度

内モンゴル自治区の呼和浩特（フフホト）市、包頭（バオトウ）市、赤峰（セキホウ）市、巴彥淖爾（バヤンノール）市、錫林浩特（シリノホト）市の5つの都市を研究対象として選定した。

大気汚染程度は、「環境空気質量指数（AQI）技術規定に基づいて、「優良日」、「SO₂」、「NO₂」、「PM10」を評価指標として用いた。「優良日」とは、AQIが「優」（0～50）、「良」（51～100）であることと定義されている。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。

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割合の平均を、SO₂、NO₂、PM10は、4年間の年間平均値の平均を利用した。5つの対象都市の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（表1）。

2-2 対象都市別の子どもたちの体格・体力水準の程度

5つの対象都市の中には、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の小学校全6校の中から、各都市1校を選定し、2013年から2016年の4年間の所属小学生全員2,933人（男子1,443人、女子1,490人）を対象とした。

体格・体力平均値の多くの項目に、男子と女子ともに都市間の差異が観察された（表2）。

表1 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)
Good days (%)	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 ₂ (µg/m ³)	42.0 ± 13.2	46.0 ± 13.9 (5)	45.5 ± 10.0 (5)	30.5 ± 3.3	22.0 ± 5.1 (2)(3)	4.13 (<0.0001)
<u>WHO standard values 24µg/m³</u>						
NO ₂ (µg/m ³)	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)
<u>WHO standard values 40µg/m³</u>						
PM10 (µg/m ³)	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)
<u>WHO standard values 70µg/m³</u>						

(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

2-3 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、ピアソン相関を用いて分析した。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。

2-4 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）を得て実施された。

3 研究結果

3-1 男子における大気汚染程度と体力水準との都市間関係

4年間の平均優良日割合は、肺活量との間で $r = 0.27$ の有意な正の相関を50 m × 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。

各年度別の優良日割合では、肺活量との間で $r = 0.26$ の有意な正の相関を50 m × 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（表3）。

表2 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)
Sex							
Height (cm)							
	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)
Body weight (kg)							
	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)
BMI (kg/m²)							
	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)
Vital capacity (ml)							
	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)
50 m sprint (s)							
	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)
Sit and reach (cm)							
	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)
Shuttle run (50 m × 8) (s)							
	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)
Timed sit-ups (n)							
	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)
Timed rope-skipping (n)							
	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

表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 (%)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/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。図2に、年度別の優良日割合と男子の50 m×8 シャトルラン実行時間との関係を示した。

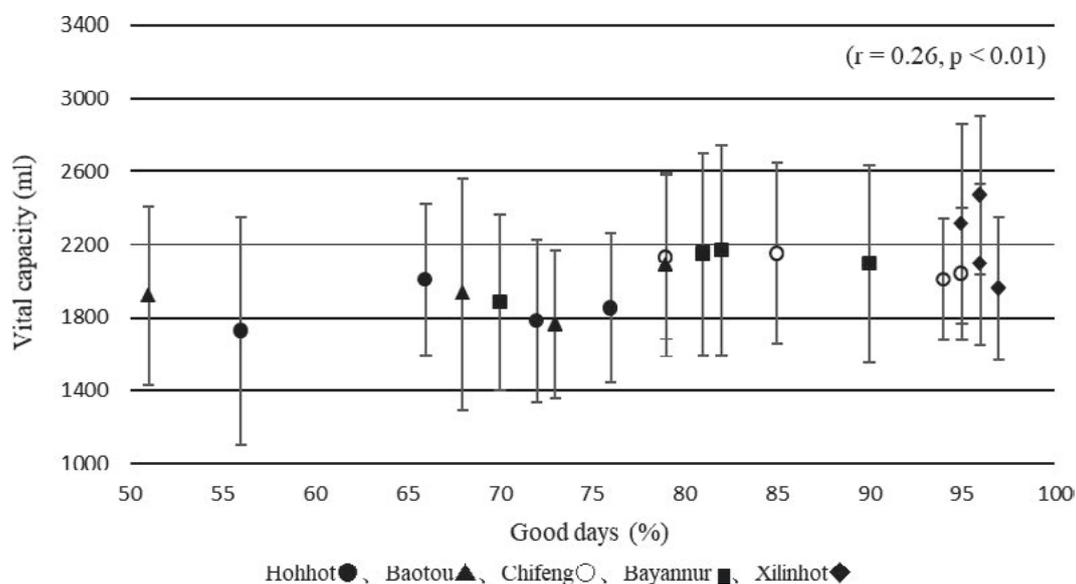


図1 各都市の年度別優良日割合と男子（1,443人）の肺活量との関係
各都市別の男子の肺活量の平均値±標準偏差を図示した。

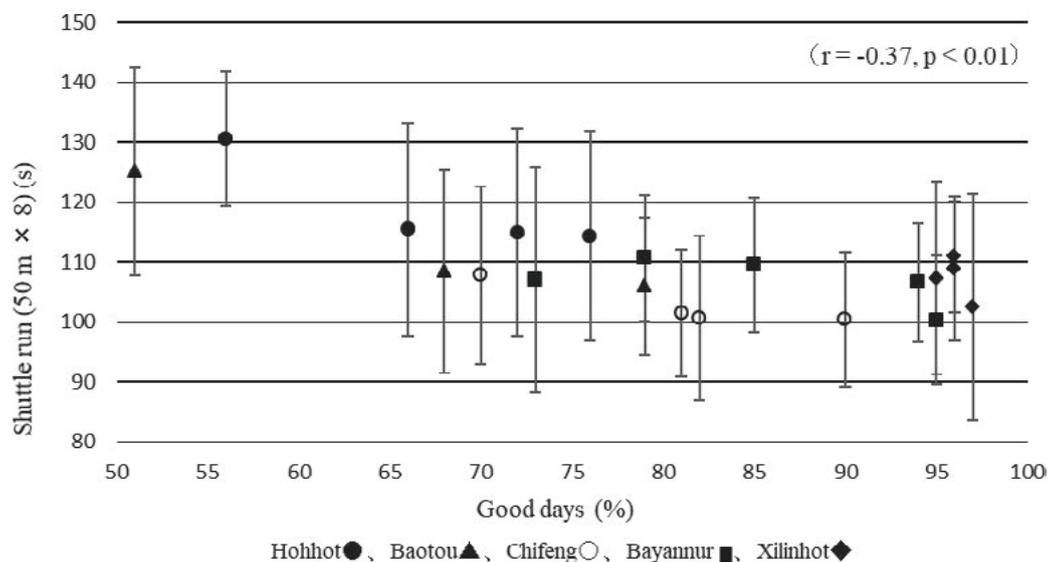


図2 各都市の優良日割合と男子（1,443人）の50 m×8 シャトルラン実行時間との関係
各都市別の男子の50 m×8 シャトルラン実行時間の平均値±標準偏差を図示した。

3-2 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

大気汚染程度と体格及び体力水準との相関分析結果での男子では、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、50 m×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。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、50 m×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。

図3に、男子と女子別の優良日割合と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。図4に、男子と女子ともに50m×8シャトルラン実行時間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。回帰分析では、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。

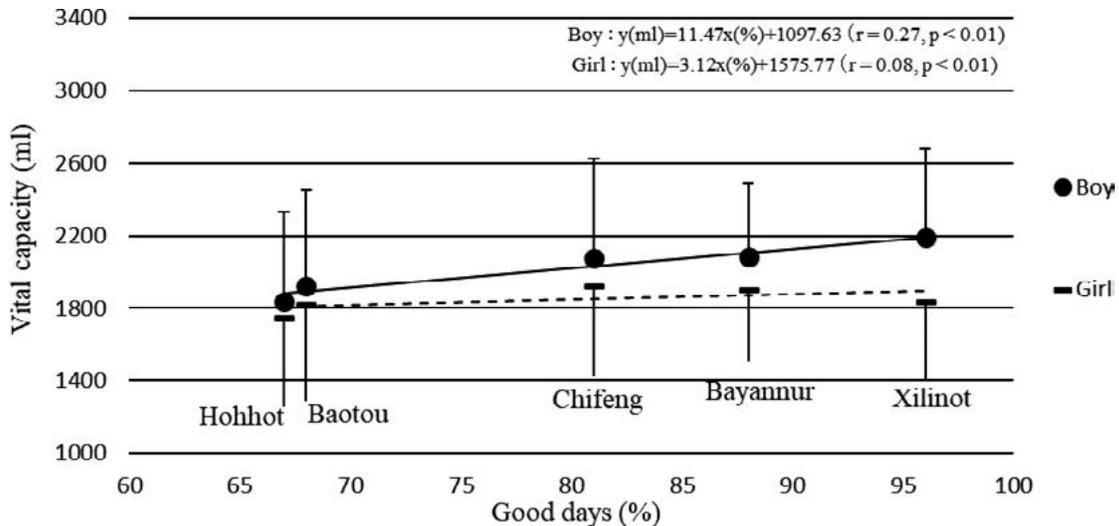


図3 各都市の男子（1,443人）と女子（1,490人）別の優良日割合と肺活量との関係
男子では、各都市別の肺活量の平均値（●）+標準偏差と、回帰式を実線（—）で図示した。女子では、各都市別の肺活量の平均値（—）-標準偏差と、回帰式を破線（- - -）で図示した。

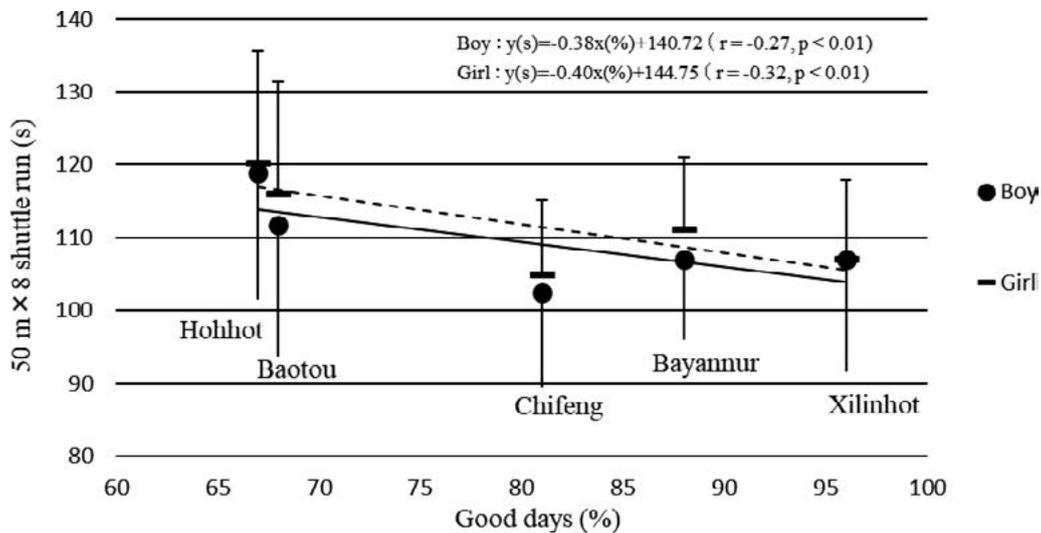


図4 各都市の男子と女子の優良日割合と50m×8シャトルラン実行時間との関係
男子では、各都市別の50m×8シャトルラン実行時間の平均値（●）+標準偏差と、回帰式を実線（—）で図示した。女子では、各都市別の50m×8シャトルラン実行時間の平均値（—）-標準偏差と、回帰式を破線（- - -）で図示した。

4 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。

本研究の対象者は、各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、対象者選定は、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。

モンゴル族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水準に影響するのではないかと危惧する。本研究の結果は、大気汚染程度と体力水準との相関関係が認められ、汚染の強い都市での体力の低水準が深刻な状態になり注目されるべきであることを示している。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ことを示している。

都市間の大気汚染程度の違いが、モンゴル族の子どもたちの肺機能と全身持久力の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年生たちの肺活量の低水準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。

男子の肺活量と優良日割合と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、50m×8シャトルラン実行時間と優良日割合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。各都市間の大気汚染程度の差異が、男子の肺活量の低水準に、そして男子と女子ともに全身持久力の低水準に、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。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。

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。各都市の屋内スポーツ環境は全体として不十分である上に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。

5 結論

本研究の結論として、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。