

32. モンゴル・ウランバートル市の複合大気汚染

武本行正¹，栗屋かよ子¹，宮崎 真²，石川 守²，前田浩之³

1 四日市大学環境情報学部（〒512-8512 三重県四日市市萱生町 1200）

2 北海道大学大学院地球環境科学研究院（〒060-0810 札幌市北区北 10 条西 5）

3 （株）数理計画（〒101-0003 東京都千代田区一ツ橋 2 丁目 4 番 6 号）

E-mail: takemoto@yokkaichi-u.ac.jp

近年、モンゴル国首都ウランバートル市では、広範囲の周辺の遊牧地域からの人の流入が顕著となり、市の人口が 120 万人へと約 2 倍に急増し市北側と西側の周辺丘陵地にゲル集落が拡大している。冬季に中心部など一般的な集合住宅では、火力発電所から各家庭への配管を通して温水暖房が供給される。しかしゲル地区では石炭をストーブや地区ボイラーで燃やして暖を取ることから、その黒煙が市内の大気汚染の直接的な原因となっている。冬季には、市域は盆地であり拡散が滞留し、火力発電所の排煙や自動車の排ガスなどと共に複合的な大気汚染(PM, SOx and NOx)をもたらし、住民の健康に深刻な被害を及ぼしていると考えられ、十分な疫学調査が必要である。

Key Words : air pollution, particulate matter, observed data, fine particle meter, environmental education

1. ウランバートル市の粒子状物質(PM)大気汚染

WHO(世界保健機関)では、世界の首都ではUB市(ウランバートル市を略していう)の、特にゲル地区を世界最悪のPM汚染状況だと述べている²⁾。

そこで、冬季調査を2012(平成24)年3月10日に実施し、PMの測定に粉塵計として、光散乱式デジタル粉塵計(柴田科学製LD-3K2)を用いた¹⁾。測定感度は、1CPM(Count Per Minute) = 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ のSPM値とした。厳密にはPM10値とSPM値(10 μm で100%カットするもの)は異なるが、本粉塵計は日本仕様であるので、モンゴルのPM10に類似のものとして計測した。

測定地点は、図1にある6ヶ所である。図中のスパーテル広場は市の中心を示すものとして加えたもので、測定はしていない。



図1 UB市内の測定地点

(1) 測定地点の位置と計測値

測定地点の結果では、やはり昼と夜では異なる。夕方からのゲル地区等での煮炊きや暖房用の石炭燃焼により、夜間の方が汚染で高濃度である。表1の各地点(緯度・経度・標高を示す)でのPM値の測定(表2)では、夜間のガンダン寺すぐ北の幹線道路沿いの計測時に、機材が凍結のため高濃度域にもかかわらず昼よりも低く143の値となり、実際はこの3倍程度あったと推測される(昼間は-11℃～夜は-25℃)。

表1 測定地点の緯度・経度・標高

Air pollution survey (PM) in Ulaanbaatar
on 10 March, 2012

No.	Name	Lat.	Lon.	Altitude
1	16-horoo	47°55' 31.24"N	106°58' 22.35"E	1340m
2	100 ail	47°56' 12.02"N	106°55' 27.02"E	1315m
3	Bayan	47°55' 40.33"N	106°54' 14.56"E	1308m
4	Gandan	47°55' 29.04"N	106°53' 35.65"E	1330m
5	TV tower	47°56' 26.67"N	106°52' 55.33"E	1385m
6	Flower II	47°55' 27.41"N	106°56' 16.29"E	1326m

表2 各測定地点でのPM値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No.	Time	Temp.	PM -daytime	Time	Temp.	PM - night
1	15:15	-13	73	22:20	-25	479
2	16:00	-13	119	22:00	-25	277
3	16:25	-13	107	21:40	-25	544
4	16:40	-13	146	21:20	-24	143
5	16:55	-13	107	20:50	-22	427
6	13:20	-11	30	22:40	-25	260

(2) PM汚染状況の検証

これらのPM値の最高値は3番の地点：バヤン地区での544である。約0.5mg/m³あるので、モンゴルの環境基準の5倍（PM10で1日平均値が100μg/m³）に相当する。表3にモンゴルでの各汚染物質の環境基準値を示した。夜/昼の比は7～8倍から2～3倍と地区によって異なるが、ゲル地区では高くなる。なお、1～2月はこの数倍も汚染が酷かった旨、現地のモンゴルの方々は述べている。

さて、図2にある国設局(Central Laboratory for Environment Monitoring)の連続観測装置6地点(内12457を示す)は、2010年夏から稼動しており、フランス製の常時観測機材を購入している³⁾。CLEM-05は図1の100ailとbayanの中間地点に位置する。このCLEM-05(Y B 5)地点は北側がゲル地区、南側がアパート地区である。

表3 モンゴルでの各汚染物質の環境基準値

汚染物質	日平均値と年平均値	基準値 (μg/m ³)
SO ₂	日平均値	20
	年平均値	10
NO ₂	日平均値	40
	年平均値	30
PM10	日平均値	100
	年平均値	50
PM2.5	日平均値	50
	年平均値	25



図2 国設局(CLEM)の測定位置

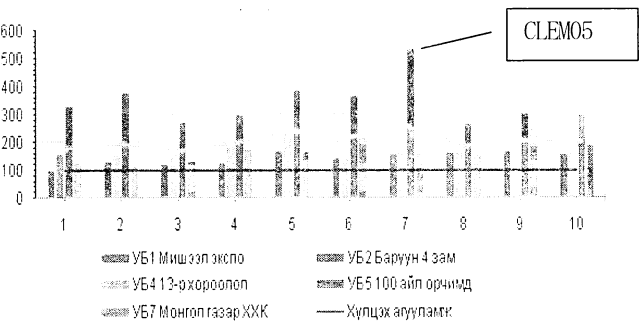


図3 CLEM05等での3/1～10のPM10の日平均値

さて、図3にある国設局のCLEM-05(Y B 5, 100ail, ただし表1の100ailとbayanの中間地点)では、3月10日は日平均濃度は約300μg/m³で、今回の我々の計測値：表2の測定点100ailとbayanでのPM値の昼夜平均（わずか4回であるが）値が262μg/m³であるので、ほぼ同等である（05の年平均値ではPM10で355μg/m³である）。

(3) 今冬の最悪のPM汚染状況

我々は、今回調査出来なかったが、今冬で最も汚染のひどい期間1月について、検討する。

ゲル地区のヒアリングで、今年の冬は石炭使用量が増加したとのことで、西部のソングノハイルハンのズンサラ地区のある家庭では今冬は寒く、例年はゲルとバイシン(レンガの家)で合計7トンの石炭を使用するが、今年は10トンとのことであった。

図4のCLEM-07(Y B 7Mongol gazar XXK)では、1月13日は日平均濃度は2500μg/m³で、一方のCLEM-05(Y B 5 100ail)では、1月中旬6日連続で日平均濃度が2000μg/m³付近で推移している。図2の地点で見ると、CLEM-07はUB鉄道駅の操車場の南西部の工業地帯にありゲル地区から1km以上離れているため、そう高濃度にはならないと考えられるが、ゲル地区の大気汚染が流れてくることがあると言われている。

日平均濃度が2000μg/m³前後と有るので、モンゴルのPM10の日環境基準値100μg/m³と比較して、20倍に相当する。夜間の気温が-40℃ではゲルの各家庭は当然石炭を大量に消費、上記のような大気汚染となる。なお、図中の100の横軸ラインが環境基準値を示している。

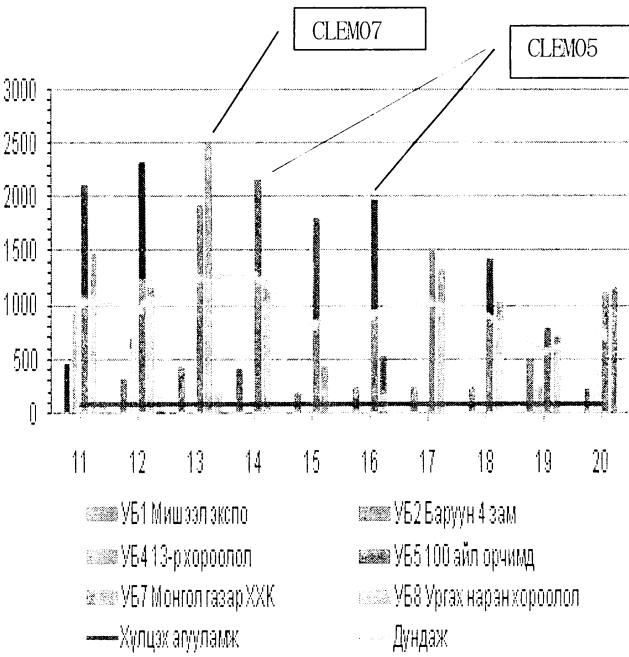


図4 CLEM05, 07等での1/11～20のPM10の日平均値

2. ウランバートル市のSO_x大気汚染

(1) 厳冬期の硫黄酸化物の汚染状況

硫黄酸化物のSO₂についても最も大気汚染が酷いと言われている1月で検討する。図5のCLEM-04(Y B 4 13-r khoroolol (13地区))では、1月13日は日平均濃度は500 μ g/m³で(SO₂で0.18ppm)であり、一方のCLEM-05(Y B 5 100ail)では、1月中旬13日～17日連続で日平均濃度が300 μ g/m³(0.11ppm)付近で推移している。

CLEM-04はUB市の中心部のすぐ東で、相撲会館付近に位置する。我々が宿泊したフラワーホテルの南にあり、東西のメインルートのエンフタイワン通り (Peace Ave.) 沿いにある。特にこの500 μ g/m³はモンゴルの環境基準値日平均20 μ g/m³の25倍である。

ただ、UB市では夏季のSO₂濃度は一般に低いので、年平均にするとかなり低くなる。

このSO₂日平均値0.18ppmは、日本の四日市での1965年の大気汚染公害患者を多く出した磯津地区年平均0.083ppmの2倍に相当する。日本の経験では、0.03ppmで気管支喘息年間累積受診率が30% (四日市市内国民保険加入者の内) となった⁹⁾。表4に、四日市における公害患者と年平均のSO₂値ppmとの関係を我々の過去の調査で明らかにしたので、それを掲載する。0.01ppm年平均SO₂値上昇すると、その地域での患者発生が1%増える。なおSpecial (特級)～3rd (3級)は重度別患者クラス。

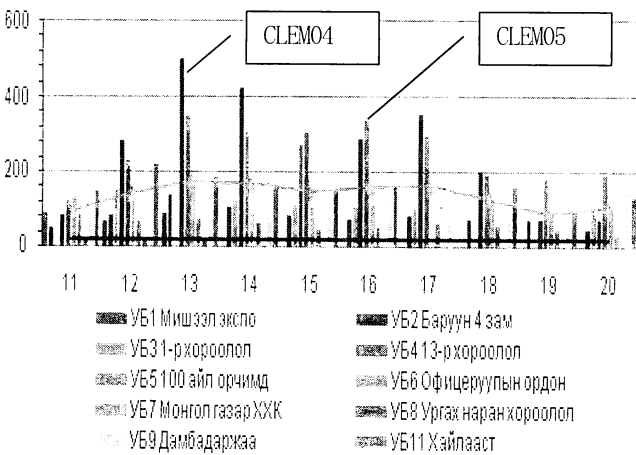


図5 CLEM04, 05等での1/11～20のSO₂の日平均値

表4 四日市でのSO₂の年平均値と患者発生の関係

class /ppm	0.02('74)	*0.05	0.06('67)	*0.08
special class	0.33 (%)	2.3	2.9	4.2
1st class	4.7	23.1	29.3	41.6
2nd class	42.7	35.7	33.3	28.6
3rd class	52.3	38.9	34.5	25.6
certified patients ratio in Yokkaichi	0.02	0.05	0.06	0.08

0.02 is equal to 2%

(2) 年間を通してみた硫黄酸化物の汚染

UB市の場合、PMやその他の汚染物質の混合した複合大気汚染であり、四日市のケースのようなSO₂についてのみの単純なものではないので、患者発生については中国の例などを参考としながら、独自のものを構築していかざるをえない。今後、疫学データに基づく分析等が必要で、学童などを対象にした呼吸器系疾患の調査等も重要であると考えられる。

図6のUB市大気質庁(Air Quality Department of the Capital City) のサイト#1 (AQDCC01)は、図1のgandan寺の真南でエンフタイワン通り (Peace Ave.) 沿いにある。ここの2009年6月～2010年5月の気温とSO₂の月平均濃度推移で観るとサイト#1の年平均値は図から判明するように50.5 μ g/m³で0.018ppm程度である⁵⁾。

一方、国設のCLEM-02も約90m離れてここにある。このCLEM-02の2010年10月～2011年9月までのSO₂の年平均値は31 μ g/m³で1年ずれるが、0.011ppm程度である。

夏にはUB市の人々は、7月にナードム祭があったりするので、帰省するケースも多く、2ヶ月の間に順番に2週間～1ヶ月程度の休暇を取るようで、夏季の2ヶ月間は首都の交通量も少ない。呼吸器管にとり絶好の休息期間となることが期待される。

図6と図7に年間の気温とSO₂の月平均濃度を示す。

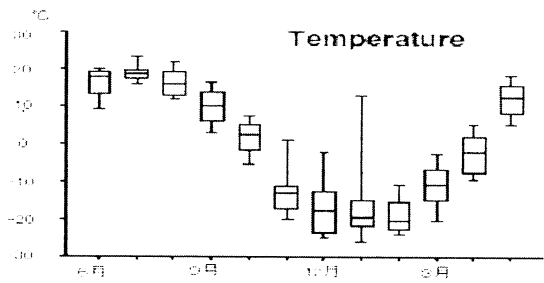
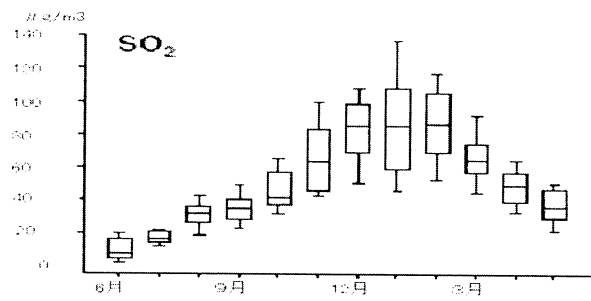


図6 AQDCC01の2009年6月～2010年5月の気温



(Air Qual Atmos Health, 2012, in pressより引用)

図7 AQDCC01の2009年6月～2010年5月のSO₂月平均値

(Air Qual Atmos Health, 2012, in pressより引用)

サイト# 1 (AQDCC01)では、2年前の2010年1月は40～130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、エンフタイワン通り沿いはそれほど高濃度ではない。一方、ゲル集落からの排煙の影響を受ける CLEM-05の2010年10月～2011年9月までの SO_2 の年平均値は53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、約0.02ppmである。モンゴルの SO_2 の年平均環境基準値は10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、かなり厳しい(日本の三重県の年平均環境基準は0.02ppm)。

3. ウランバートル市の NO_x 大気汚染

次に NO_2 についてデータを見てみよう。
日本においても NO_2 について、主に幹線道路周辺で環境基準の日平均値0.04～0.06ppmを辛うじてクリア出来ている。交通量(特にディーゼル車等)が多いところ、つまり自動車 NO_x ・PM法の対策地域内では自排局はかなり厳しい状況にある⁶⁾。自動車からの NO_x ・PM排出の健康影響は環境省によって2005年から実施された大規模な「局地的大気汚染の健康影響に関する疫学調査(そらプロジェクト)」の結果が昨2011年公表された⁷⁾。結果、学童調査では、EC(元素状炭素)及び NO_x 個人曝露推計値を指標とした自動車排出ガスへの曝露と小学生のぜん息発症との間に有意な関連性が認められた。

UB市では、図7のCLEM-04(UB 4)で、今年の1月中旬7日連続で日平均濃度100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上を記録している。ここは東西のメインルートのエンフタイワン通り(Peace Ave.)沿いにある。一方、CLEM-08(UB 8 Orgakh naran khoroolol)では、1月11日～13日の NO_2 の日平均濃度200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上(0.1ppm以上)を計測している。ここは市の中心部から10km程東へ行ったエンフタイワン通り(Peace Ave.)沿いにある。排ガスが汚染源であるが、交通量も少なく、その他の発生源も少ない。更なる確認が必要である。車検以外の排ガス規制がなく、中古車等も数多く走行しているの、ディーゼル車の排ガス対策のDPF装置を装着する単体対策と、渋滞への交通流対策は重要である。

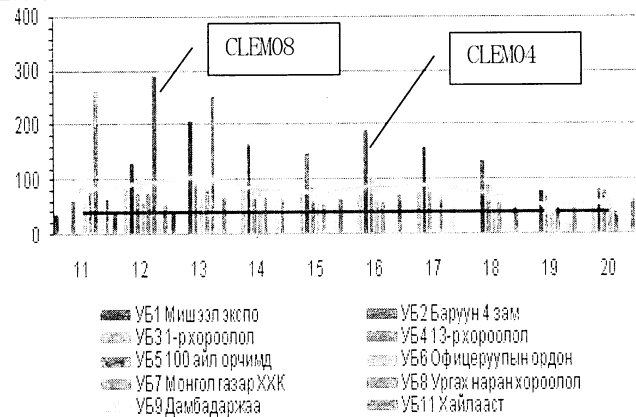


図8 CLEM04, 08等での1/11～20の NO_2 の日平均値

なお、 NO_2 について最悪の地点CLEM-02(gandan寺の真南)の2010年10月～2011年9月までの年平均値は93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、約0.046ppmである。

4. 結語 (ウランバートル市の複合大気汚染)

今回の調査は、まだ最初の一步という段階でPM, SO_x , NO_x について現状を概説した。ゲル地区等では、雑多なゴミの燃焼問題もあり、この汚染濃度があるのに疫学的情報が確認できていない。今後、学童等の健康調査を実施しつつ、既存の疫学的情報についても調査してみたい。

CLEMおよびAQDCCによる常時監視測定公表データに基づく限り、異常値のスクリーニングや、濃度分析による大気汚染の特徴の把握が不十分と考えられる。また、ゲル地区の大気汚染が酷いと言われているにもかかわらず、ゲル地区の中心部には常時監視測定局が設置されていない。一方、拡散シミュレーションによる分析は幾つかの機関で実施されているようである。現地の行政機関、研究機関との共同研究を通じて課題を把握し、UB市の大気汚染解決を支援する研究を行いたい。

参考文献

1) 橋 隆一, 藤江幸一, 鈴木基之: モンゴル国ウランバートル市における大気汚染の予備的調査, 環境科学会年会講演要旨集, pp.100-101, 2009.
2) WORLD POLICY INSTITUTE: Clearing the Air, By Christa Hasenkopf, <http://www.worldpolicy.org/journal/spring2012/clearing-air>
3) CLEM, 観測局データ 2012, 6.: http://tsag-agaar.mn/index.php?option=com_content&view=article&id=960%3A—2012-6—aeoiae-10&catid=36%3A2010-02-10-02-57-01&Itemid=55&lang=mn
4) Takemoto Y. and Kitou H.: Economic Aspects of Environmental Investment in Plant Facilities in Yokkaichi, *J. Faculty of Environmental and Information Sciences, Yokkaichi Univ.* Vol. 11, No. 2, pp. 45-54, 2008.
5) Ryan W. Allen, Enkhjargal Gombojav, Baldorj Barkhasragchaa, Tsogtbaatar Byambaa, Oyuntogos Lkhasuren, Ofer Amram, Tim K. Takaro, Craig R. Janes: An assessment of air pollution and its attributable mortality in Ulaanbaatar, Mongolia, *Air Qual Atmos Health*, 2012, in press (available online).
6) 武本行正, 栗屋かよ子, 千葉賢: 四日市地域の一斉大気汚染調査(NO_2)について, 環境学会研究発表会講演集, pp. 262-265, 2011.
7) 環境省: 「局地的大気汚染の健康影響に関する疫学調査(そらプロジェクト)」: <http://www.env.go.jp/chemi/sora/index.html>, 2011.