

「立山等における東アジア由来の大気汚染物質等の把握」

立山等における越境大気汚染物質の VOCs 測定例

鳥山成一

富山工業高等専門学校

〒939-8630 富山市本郷町 13

1 はじめに

越境大気汚染物質としては、2002 年 3 月、4 月の大規模な黄砂飛来で富山県を始め日本海側の各県で浮遊粒子状物質 () の環境基準達成率ゼロ%⁶⁾に至り、大きな問題となった。また、2007 年 5 月 8 日、9 日には、北九州方面で中国等からのオキシダント(Ox)高濃度飛来でオキシダント注意報の発令等があった。このオキシダントについては、環境省では原因物質の一つとして揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, 以下VOCsという。) の排出抑制対策をスタートしている。

富山県にある標高 2,450m の立山室堂は、飛行機以外で測定の可能な地表の影響の受けない自由対流圏にあり、東アジア由来のガス状大気汚染物質の環境測定のできる唯一の観測地点¹⁰⁾であると考えられる。

そこで、本研究では、自由対流圏の高度にある立山室堂 (標高 2,450m) 及び自由対流圏と境界層の高度にあるゴンドラ (標高 1,180m) において、オキシダント原因物質の一つでもある VOCs を、東アジア由来越境大気汚染物質として測定し解析することを目的とした。

2 調査方法

調査解析期間は 2007 年 8 月から 10 月まで、十数回 VOCs を測定した。

調査地点は、Fig.1 に示す、標高 2,450m の立山室堂 (以下立山室堂という。) と標高 1,180m の立山山麓らいちょうバレースキー場ゴンドラ山頂 (富山県立山黄砂・酸性雨観測局：以下ゴンドラという。) の 2 地点で実施した。

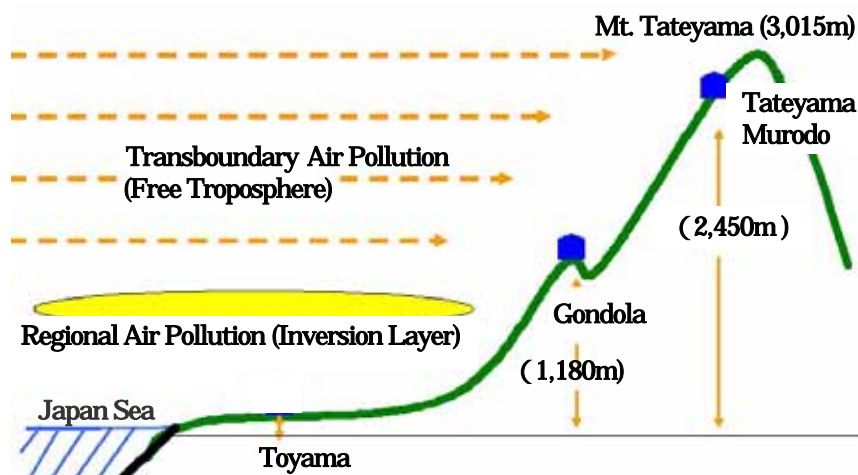


Fig.2 Altitude of observatory at Gondola and Tateyama Murodo.

捕集時間帯は 自由対流圏や境界層の気塊を捕集するため、山里や平野部の影響を受けない、全て山風の吹く 20 時から翌朝の 6 時までの 10 時間で実施した。

VOCs の測定方法は環境省『有害大気汚染物質測定方法マニュアル』に準拠した。先端に除湿管を取付けた捕集管(ORBO-91XL)で 0.5 /min の流量で 10 時間捕集し、持帰り、捕集管から吸着剤を取り出し抽出瓶に入れ、1.0m の二硫化炭素を加え、GC-MS で測定した。VOCs 20 成分の定量限界(定量下限値)は、マニュアルに準拠した。

バックトラジェクトリー(後方流跡線)解析は、ある時間における観測地点の気塊を、気象データを基に一定時間ごとにその位置を遡って行き、飛来経路を推定する方法である。NOAA の ARL が提供している HYSPLIT Model を用いた。

3 結果および考察

後方流跡線解析結果を Fig.2 (1)~(7)に示す。

3.1 9月15, 16日の観測

9月15, 16日は立山室堂, ゴンドラの2地点とも、台風後であったためか、VOCs20成分のすべての測定値(SIM値)がゼロで痕跡もなく、定量限界以下(以下、NDという。)となった。

3.2 9月23, 24日の観測

9月23, 24日は、VOCs20成分の測定値(SIM値)に痕跡は見られたが全てNDとなった。

3.3 9月29, 30日の観測

立山室堂, ゴンドラの2地点ともに、ベンゼン $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と、 $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で非常によく似た値であり、トルエンは $0.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と $1.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ でほぼオーダーが一致し、エチルベンゼンはNDと $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、ゴンドラで僅かに検出された。

後方流跡線解析(Fig.2 (1),(2))によると、立山室堂に飛来した気塊は、中国の遼寧省から北朝鮮を通り日本海上空を経て、福井を経由して飛来し、ゴンドラに飛来した気塊は、吉林省、遼寧省から北朝鮮を通り日本海上空を経て、高山または福井、上越を経由して飛来している。飛来した気塊のVOCsの発生源としては中国及び北朝鮮の東アジアと日本海沿岸の国内が考えられる。

3.4 10月6, 7日の観測

立山室堂は、ベンゼンはND, $0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、トルエンはND, $0.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で7日のみ僅かに検出され、エチルベンゼンは両日ともNDで全く検出されなかった。ゴンドラは、ベンゼンは $0.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、トルエンは $1.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で比較的高い値が検出され、エチルベンゼンは $0.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で僅かに検出された。

後方流跡線解析(Fig.2 (3),(4))によると7日の立山室堂に飛来した気塊は、太平洋や北九州から瀬戸内海を経由して飛来し、一部8日の朝方は、北九州、ソウルを経て飛来し、ゴンドラに飛来した気塊は、太平洋から三重、京都を経て福井経由で飛来し、一部8日の朝方は、黒龍江省から日本海を経て飛来している。飛来した気塊のVOCsの発生源としては中京方面の国内が考えられる。

3.5 10月13, 14日の観測

立山室堂は、ベンゼンはNDで、トルエンはND, $0.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、14日のみ僅かに検出された。ゴンドラは、ベンゼンは $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NDで、トルエンは $0.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NDで、13日のみ僅かに検出された。また、エチルベンゼンは両地点ともにNDで全く検出されなかった。

後方流跡線解析(Fig.2 (5),(6))によると14日の立山室堂に飛来した気塊は、モンゴル、北京、河北省から遼寧省を経て北朝鮮を通り日本海上空を経由して飛来し、13日のゴンドラに飛来した気塊は、ほぼ同じくモンゴルから遼寧省を経て北朝鮮を通り日本海上空を経由して飛来していた。飛来した気塊のVOCsの発生源としては立山室堂及びゴンドラともに中国及び北朝鮮の東アジアが考えられる。

10月に入ると立山は紅葉も標高 1,000m 以下になり、10月中旬には冬に入り、気温も氷点下に

なる日もあり、一般に VOCs などは気散しにくくなるかわらず、立山室堂及びゴンドラで僅かに検出されており、東アジア等にかなり規模の大きな発生源があると考えられる。

3.6 10月19, 21日の観測

立山室堂は、ベンゼンはNDで、トルエンは $0.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NDで、19日のみ僅かに検出され、ゴンドラは19日のみであるが、ベンゼンはNDで、トルエンはNDで、全く検出されなかった。また、エチルベンゼンは両地点ともにNDで全く検出されなかった。

後方流跡線解析(Fig.2 (7))によると19日の立山室堂に飛来した気塊は、河北省、北京から山東省を経て韓国を通り日本海上空を経由して飛来していた。立山室堂に飛来した気塊のVOCsの発生源としては中国及び韓国の東アジアが考えられる。

3.7 既文献データとの比較

既文献の都市部のVOCsのデータをTable 1に、環境省の有害大気汚染物質調査等のバックグラウンドや一般環境のベンゼンのデータをTable 2に示す。

都市部のデータとの比較では、ベンゼンの立山室堂、ゴンドラの最大値($0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$)は、東京都の白金局、八幡山の平均値 $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に近い以外は、他の都市部より $1/6 \sim 1/50$ ほど低く、トルエンの立山室堂、ゴンドラの最大値 (1.14 , 1.21) も東京都の白金局、八幡山の平均値 $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に近い以外は他の都市部より $1/12 \sim 1/98$ ほど低かった。それ以外の項目はエチルベンゼンを除くと全く検出されておらず、立山室堂、ゴンドラの両地点は都市部に比べて極めてきれいな環境にあると考えられる。

バックグラウンドや一般環境のベンゼンのデータとの比較では、立山室堂、ゴンドラの値は富山県内の一般環境観測局の芝園局、魚津局、小杉局に比べて非常に小さく、また、沖縄のバックグラウンドと考えられている一般観測局の大里局、与那城局や国設辺戸岬酸性雨測定所より低く、極めてきれいな環境にあると考えられる。

4 まとめ

自由対流圏にある立山室堂や境界層にあるゴンドラにおいて、オキシダント原因物質の一つでもあるVOCsを東アジア由来越境大気汚染物質として2007年8月から10月まで12回測定した。

VOCs20成分の内、ベンゼンは立山室堂が $<0.2 \sim 0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ゴンドラが $<0.2 \sim 0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、トルエンは立山室堂が $<0.2 \sim 1.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ゴンドラが $<0.2 \sim 1.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、エチルベンゼンは立山室堂が $<0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ゴンドラが $<0.2 \sim 0.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

飛来した気塊のVOCsの発生源としては立山室堂及びゴンドラともに中国及び北朝鮮の東アジアと日本国内が考えられた。

自由対流圏にある立山室堂はVOCs等の東アジア由来越境大気汚染物質の観測地点として可能性の高いことが明らかとなったことから、今後、観測を継続し、東アジア由来越境大気汚染物質の解明につなげたい。

謝辞

本研究は富山県の平成19年度日本海学研究グループ支援事業助成金の援助を受けて実施した。また、調査に際して配慮いただいた富山県立山センター(立山自然保護センター)の大沼進所長、立山黒部貫光(株)の城賀津樹課長補佐に深く感謝いたします。

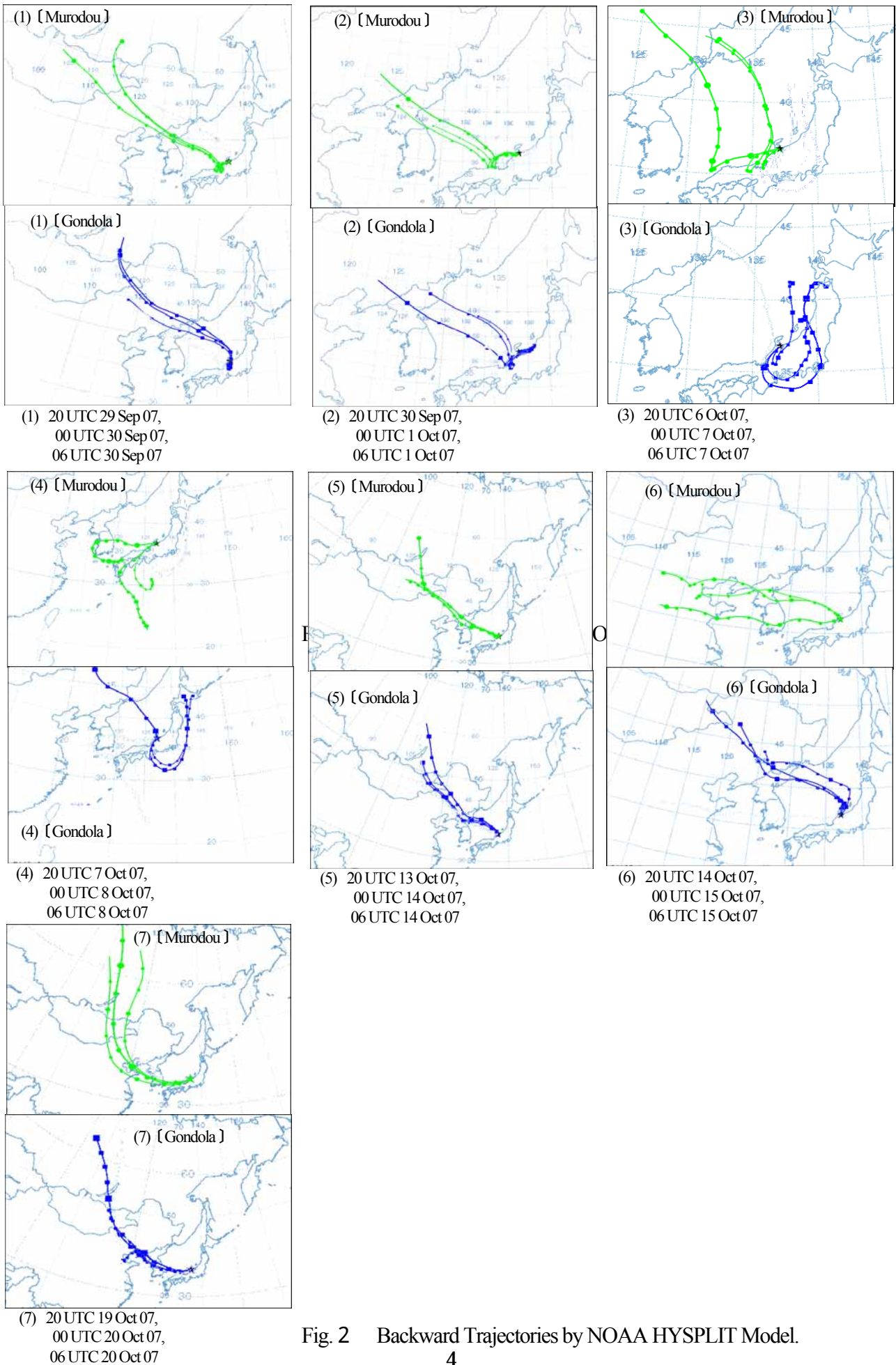


Fig. 2 Backward Trajectories by NOAA HYSPLIT Model.

Table 1 VOCs concentrations the present study and other urban centers.

	Unit concentration : $\mu\text{g}/\text{m}^3$												
	Tateyama Murodo	Tateyama Gondola	Taiwan ¹³⁾	Hamburg ¹⁴⁾	Vienna ¹⁵⁾	Athens ¹⁶⁾	Sydney ¹⁷⁾	Osaka ¹⁸⁾	Chicago ¹⁹⁾	Atlanta ²⁰⁾	Seoul ²¹⁾	Tokyo Sirogane ²²⁾	Tokyo Yahatayama ²²⁾
1 Benzene	<0.20 ~ 0.58	<0.20 ~ 0.55	4.2	10.4	19.5	16.2	8.4	16.5	7.8	28.6	3.2	0.6	1.1
2 1,2-Dichloropropane	<1.7	<1.7											
3 Trichloroethylene	<0.10	<0.10										0.2	0.1
4 Heptane	<0.10	<0.10			2.5	4.3	1.3	3.6					
5 Methyl iso-Buthylketone	<0.20	<0.20											
6 Toluene	<0.20 ~ 1.14	<0.20 ~ 1.21	27.9	31.4	41.7	54.7	34.1	119.0	14.5	56.3	24.9	3.5	4.5
7 Chloro dibromoethane	<0.70	<0.70											
8 Butyl Acetate	<0.80	<0.80											
9 Octane	<2.5	<2.5	5.7		0.7	1.1	0.7	1.1					
10 Tetrachloroethlen	<0.20	<0.20										0.2	0.1
11 Ethylbenzene	<0.20	<0.20 ~ 0.28	4.5	8.3	6.8	10.2	4.9	14.4	2.3	10.6	3.4	0.6	0.7
12 m/p-Xylene	<0.20	<0.20	5.7	19.7	21.6	45.8	14.8	29.1	5.7	28.8	8.7	1.3	1.3
13 o-Xylene	<0.40	<0.40	4.2	6.8	8.7	14.0	5.7	10.6	1.5	10.6	3.8	0.5	0.5
14 α -Pinene	<0.10	<0.10											
15 3-Ethyltoluene	<0.40	<0.40											
16 4-Ethyltoluene	<0.40	<0.40											
17 1,3,5-Trimethylbenzene	<0.40	<0.40	10.9		3.1	40.2	2.2	5.2		7.9	1.3		
18 2-Ethyltoluene	<0.60	<0.60											
19 1,2,4-Trimethylbenzene	<0.40	<0.40	11.4		10.5	17.0	5.7	12.7			3.5		
20 1,2,3-Trimethylbenzene	<0.60	<0.60											

Table 2 Benzene concentrations of the present study and other datas.

	Unit concentration : $\mu\text{g}/\text{m}^3$												
	Toyama Tateyama Murodo	Toyama Tateyama Gondola	Toyama Sbazono ²³⁾	Toyama Uozu ²³⁾	Toyama Kosugi ²³⁾	Okinawa Oozato ²⁴⁾	Okinawa Yonashiro ²⁴⁾	Okinawa Chibana ²⁴⁾	Okinawa Matsuo ²⁴⁾	Okinawa Chuo-kouen ²⁴⁾	Okinawa Hetomisaki ²³⁾	Tokyo Sirogane ²²⁾	Tokyo Yahatayama ²²⁾
	background	background	Public environment	Public environment	Public environment	background	background	roadside	roadside	surrounding	Public environment	Public environment	Public environment
Average	<0.20	<0.20	0.9	1.0	0.9	0.4	0.4	2.5	1.6	1.1	0.4	0.6	1.1
Min.	<0.20	<0.20	0.6	0.5	0.4	0.1	0.1	0.9	0.3	0.3	0.0		
Max.	0.58	0.55	1.2	1.9	1.4	0.9	0.9	5.8	3.4	2.5	1.1		