

## 立山等における東アジア由来の大気汚染物質等の把握

## - 21 年度新 GC-MS による再測定 -

富山高等専門学校 (〒939-8630 富山市本郷町 13) 鳥山成一

## 1 はじめに

2007 年春季に、中国からのオキシダント( $O_x$ )高濃度飛来で北九州から日本海側の広い地域でオキシダント( $O_x$ )注意報が発令され、そのため、工場の発電電力量やボイラーの使用量が 20%カットされ、国内の工場が大きな損害をこうむった。国内工場を想定した法律が中国からの飛来によって適用されたのは始めてである。また、このようにガス状物質の飛来が日本の常時観測局で直接観測されたのは珍しい。オキシダントの原因物質として、近年、窒素酸化物( $NO_x$ )よりむしろ揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, 以下 VOCs という。)が注目され、法的にも規制が始まっている。

標高 2,450m の立山室堂は、日本海の気流が直接当たり、しかも、飛行機以外で地表の影響を受けない自由対流圏 (2000m ~ 4000m) にある天然の観測地点である。

本研究では、地の利を生かして立山室堂において、越境大気汚染物質の揮発性有機化合物 (VOC) を測定し、越境大気汚染物質の特定、飛来経路、飛来量を解析し、越境大気汚染物質の飛来メカニズムを解明することを目的とする。2007 年度は 2007 年 9 月 ~ 10 月末まで週 2 回 (土、日) 測定、2008 年度から、2008 年 5 月 ~ 10 月末まで週 3 回 (日、火、木) 測定の調査を行った。今年度は昨年と同様、2009 年 5 月 ~ 10 月末まで週 3 回測定で VOCs 22 成分の調査を実施した。

今回、更に、2009 年 8 月末 ~ 10 月末までのサンプルについて、新型 GC-MS による再測定を行い、その結果について報告する。

## 2 調査方法

## 2.1 調査解析期間

2009 年度の 8 月末 ~ 10 月末まで、室堂 30 回、ゴンドラ 28 回 VOCs 31 成分を再測定し解析を試みた。

## 2.2 調査地点

立山室堂 (標高 2,450m) とゴンドラ (標高 1,180m : らいちようバレースキー場ゴンドラ山頂駅付近) の 2 地点 (Fig.1) で実施した。

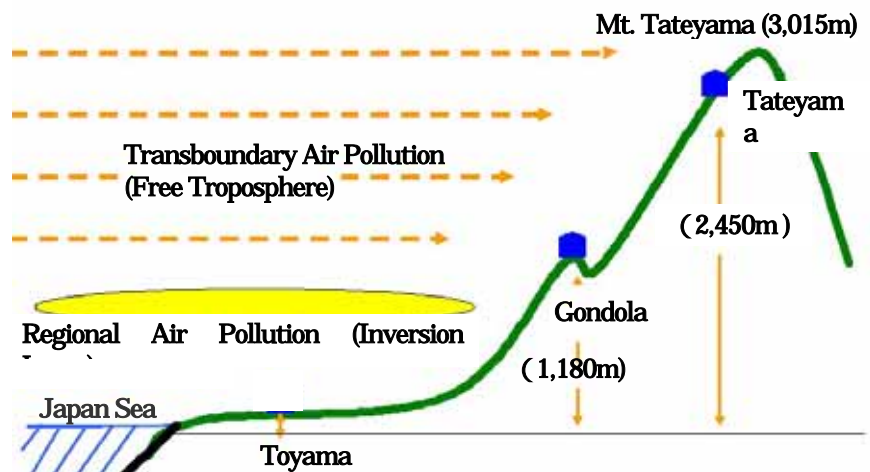


Fig. 1 Altitude of observatory at Gondola and Tateyama Murodo.

## 2.5 VOCs の測定方法

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。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 l/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、新型の GC-MS (Agilent 5975C) で Toruen-d8 を内部標準として再測定した。VOCs 31 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 (Fig. 2) を用いた。

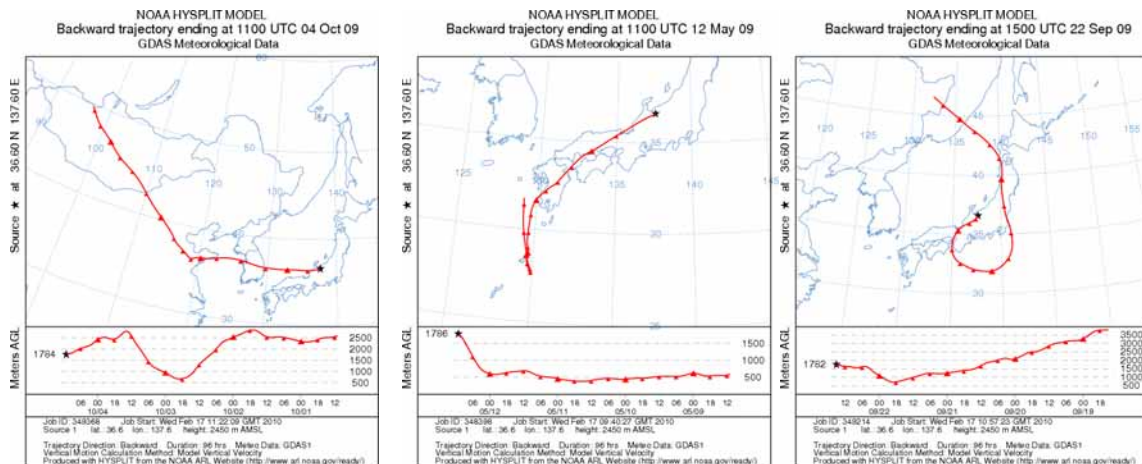


Fig 2 Backward Trajectories by NOAA HYSPLIT Model.

### 3 結果及び考察

結果は Table 1, 2 に示したとおりで、31 成分中、両地点で全データが定量限界以下であったのはディプロモクロモエタン、2-エチルトルエンの 2 項目で他の 29 成分はいずれかのデータに検出がみられた。その中で  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の比較的高い濃度のみられた成分では、クロロホルムの立山室堂は  $<0.02 \sim 1.1 \mu\text{g}/\text{m}$ 、ベンゼンのゴンドラは  $<0.2 \sim 2.3 \mu\text{g}/\text{m}$ 、トルエンの立山室堂は  $<0.3 \sim 1.9 \mu\text{g}/\text{m}$ 、ゴンドラは  $<0.3 \sim 4.8 \mu\text{g}/\text{m}$ 、エチルベンゼンの立山室堂は  $0.02 \sim 4.7 \mu\text{g}/\text{m}$ 、ゴンドラは  $0.03 \sim 1.2 \mu\text{g}/\text{m}$ 、m, p - キシレンの立山室堂は  $<0.03 \sim 1.5 \mu\text{g}/\text{m}$ 、o - キシレンの立山室堂は  $<0.03 \sim 1.1 \mu\text{g}/\text{m}$  であった。

Table 1 の文献の都市部のデータと比較すると、立山室堂、ゴンドラの両地点のデータは共に東京都の白金、八幡山の平均値のデータよりはほぼ低く、他の都市部のデータよりは極めて低い値であった。

また、Table 2 のバックグラウンドのデータと比較すると、立山室堂、ゴンドラの両地点のデータは、ベンゼン、トリクロロエチレン、ヘプタン、トルエン、オクタン、テトラクロロエチレン、エチルベンゼン、m, p - キシレン、o - キシレンの最大値が、バックグラウンドの辺戸岬集中観測 4 方面 (中国, 韓国, 日本, 太平洋) からの平均値より高いが、平均値で見ると極めてきれいな環境にあると考えられる。

後方流跡線解析によると飛来した気塊の VOCs の発生源としては立山室堂及びゴンドラともに日本国内の影響もあるが、中国、韓国及び北朝鮮等の東アジア地域の影響も考えられた。

### 謝辞

本研究は富山県の平成 21 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）の武田和正所長、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。

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

	Unit concentration : $\mu\text{g}/\text{m}^3$														
	Tateyama Murodo	Tateyama Gondola	Taiwan <sup>30)</sup>	Hamburg <sup>31)</sup>	Vienna <sup>32)</sup>	Athens <sup>33)</sup>	Sydney <sup>34)</sup>	Osaka <sup>35)</sup>	Chicago <sup>36)</sup>	Atlanta <sup>37)</sup>	Seoul <sup>38)</sup>	Tokyo Shirogane <sup>39)</sup>	Tokyo Yahatayama <sup>39)</sup>	Tokyo's 23 wards <sup>40)</sup>	Japan's environmental air quality standard
1 Chloroform	<0.02 ~ 1.1	<0.2 ~ 0.5													
2 2,4-Dimethylpentane	<0.01 ~ 0.09	<0.01 ~ 0.05													
3 1,2-Dichloroethane	0.02 ~ 0.68	<0.02 ~ 0.25													
4 Benzene	<0.2 ~ 0.8	<0.2 ~ 2.3	4.2	10.4	19.5	16.2	8.4	16.5	7.8	28.6	3.2	0.6	1.1		3
5 1,2-Dichloropropane	<0.06 ~ 0.21	<0.06 ~ 0.07													
6 Isooctane	<0.07	<0.07 ~ 0.10													
7 Bromodichloromethane	<0.02	<0.02 ~ 0.03													
8 Trichloroethylene	<0.02 ~ 0.03	<0.02 ~ 0.22										0.2	0.1		200
9 Heptane	<0.03 ~ 0.25	<0.03 ~ 0.30			2.5	4.3	1.3	3.6							
10 4-Methyl-2-pentanone	<0.05 ~ 0.58	<0.05 ~ 0.25													
11 Toluene	<0.3 ~ 1.9	<0.3 ~ 4.8	27.9	31.4	41.7	54.7	34.1	119.0	14.5	56.3	24.9	3.5	4.5		
12 Dibromochloromethane	<0.05	<0.05													
13 n-Butyl acetate	<0.05 ~ 0.44	<0.05 ~ 0.86													
14 Octane	<0.05 ~ 0.24	<0.05 ~ 0.21	5.7		0.7	1.1	0.7	1.1							
15 Tetrachloroethylene	<0.08	<0.08 ~ 0.09										0.2	0.1		200
16 Ethylbenzene	0.02 ~ 4.7	0.03 ~ 1.2	4.5	8.3	6.8	10.2	4.9	14.4	2.3	10.6	3.4	0.6	0.7		
17 m,p-Xylene	<0.03 ~ 1.5	<0.03 ~ 0.39	5.7	19.7	21.6	45.8	14.8	29.1	5.7	28.8	8.7	1.3	1.3		
18 Styrene	<0.01 ~ 0.01	<0.01 ~ 0.02													
19 o-Xylene	<0.03 ~ 1.1	<0.03 ~ 0.28	4.2	6.8	8.7	14.0	5.7	10.6	1.5	10.6	3.8	0.5	0.5		
20 Nonane	0.06 ~ 0.73	<0.05 ~ 0.30													
21 $\alpha$ -Pinene	<0.02 ~ 0.19	<0.02 ~ 0.39												0.6	
22 3-Ethyltoluene	<0.02 ~ 0.22	<0.02 ~ 0.28													
23 4-Ethyltoluene	<0.02 ~ 0.11	<0.02 ~ 0.14													
24 1,3,5-Trimethyltoluene	<0.05 ~ 0.14	<0.05 ~ 0.13	10.9		3.1	40.2	2.2	5.2		7.9	1.3				
25 2-Ethyltoluene	<0.6	<0.6													
26 $\beta$ -Pinene	<0.01 ~ 0.05	<0.01 ~ 0.11												0.2	
27 1,2,4-Trimethylbenzene	<0.05 ~ 0.30	<0.05 ~ 0.55	11.4		10.5	17.0	5.7	12.7			3.5				
28 p-Dichlorobenzene	0.02 ~ 0.29	0.02 ~ 0.55													
29 1,2,3-Trimethylbenzene	0.01 ~ 0.10	<0.01 ~ 0.28													
30 Limonene	<0.05 ~ 0.37	<0.05 ~ 0.63													
31 1,2,4,5-Tetramethylbenzene	<0.01 ~ 0.12	<0.01 ~ 0.31													

Table 2 VOCs concentrations of the present study and background datas.

	Unit concentration : $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
	Toyama Tateyama Murodo	Toyama Tateyama Gondola	Okinawa Hetomisaki <sup>41)</sup> From China	Okinawa Hetomisaki <sup>41)</sup> From Korea	Okinawa Hetomisaki <sup>41)</sup> From Japan	Okinawa Hetomisaki <sup>41)</sup> From Pacific Ocean	Japan's environmental air quality standard
1 Chloroform	<0.02 ~ 1.1	<0.2 ~ 0.5					
2 2,4-Dimethylpentane	<0.01 ~ 0.09	<0.01 ~ 0.05					
3 1,2-Dichloroethane	0.02 ~ 0.68	<0.02 ~ 0.25					
4 Benzene	<0.2 ~ 0.8	<0.2 ~ 2.3	1.2	0.52	0.47	0.26	3
5 1,2-Dichloropropane	<0.06 ~ 0.21	<0.06 ~ 0.07					
6 Isooctane	<0.07	<0.07 ~ 0.10					
7 Bromodichloromethane	<0.02	<0.02 ~ 0.03					
8 Trichloroethylene	<0.02 ~ 0.03	<0.02 ~ 0.22	0.04	0.03	0.03	0.01	
9 Heptane	<0.03 ~ 0.25	<0.03 ~ 0.30	0.03	0.02	0.02	0.02	
10 4-Methyl-2-pentanone	<0.05 ~ 0.58	<0.05 ~ 0.25					
11 Toluene	<0.3 ~ 1.9	<0.3 ~ 4.8	2.1	1.3	2.2	2.1	
12 Dibromochloromethane	<0.05	<0.05					
13 n-Butyl acetate	<0.05 ~ 0.44	<0.05 ~ 0.86					
14 Octane	<0.05 ~ 0.24	<0.05 ~ 0.21	0.03	0.01	0.01	0.01	
15 Tetrachloroethylene	<0.08	<0.08 ~ 0.09	0.07	0.05	0.05	0.03	
16 Ethylbenzene	0.02 ~ 4.7	0.03 ~ 1.2	0.16	0.05	0.72	0.05	
17 m,p-Xylene	<0.03 ~ 1.5	<0.03 ~ 0.39	0.06	0.03	0.04	0.05	
18 Styrene	<0.01 ~ 0.01	<0.01 ~ 0.02					
19 o-Xylene	<0.03 ~ 1.1	<0.03 ~ 0.28	0.05	0.03	0.03	0.03	
20 Nonane	0.06 ~ 0.73	<0.05 ~ 0.30					
21 $\alpha$ -Pinene	<0.02 ~ 0.19	<0.02 ~ 0.39					
22 3-Ethyltoluene	<0.02 ~ 0.22	<0.02 ~ 0.28					
23 4-Ethyltoluene	<0.02 ~ 0.11	<0.02 ~ 0.14					
24 1,3,5-Trimethyltoluene	<0.05 ~ 0.14	<0.05 ~ 0.13					
25 2-Ethyltoluene	<0.6	<0.6					
26 $\beta$ -Pinene	<0.01 ~ 0.05	<0.01 ~ 0.11					
27 1,2,4-Trimethylbenzene	<0.05 ~ 0.30	<0.05 ~ 0.55					
28 p-Dichlorobenzene	0.02 ~ 0.29	0.02 ~ 0.55					
29 1,2,3-Trimethylbenzene	0.01 ~ 0.10	<0.01 ~ 0.28					
30 Limonene	<0.05 ~ 0.37	<0.05 ~ 0.63					
31 1,2,4,5-Tetramethylbenzene	<0.01 ~ 0.12	<0.01 ~ 0.31					