

水道管工事による水道水における軽質非メタン炭化水素のブランクの変化

猪狩俊一郎^{1,*}

Shunichiro Igari (2018) Change of the light nonmethane hydrocarbon blank values in tap water by water pipe renewal works. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 69 (2), p.105-114, 5 figs, 4 tables.

Abstract: We proposed a method to measure light nonmethane hydrocarbon content in the atmosphere using distilled water, which was heated and cooled down to room temperature, in 2015. However, tap water, which distilled water is made from, originally contains some amount of light nonmethane hydrocarbons and they are not completely removed by a distilling apparatus. Since it is necessary to carefully consider the pollution by a minute amount of organic matter particularly in organic geochemistry, knowing their content in tap water is very important.

In January 2015, waterpipes in a building of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology were replaced. We measured the blank values of light nonmethane hydrocarbons in the tap water before and after the renewal work. The value increased after the renewal work and then decreased gradually. But it did not recover to the prior level after half a year. The relation between the blank values and sampling intervals was also investigated. It is clarified that the longer the flushing interval is, the lower the blank value becomes. This means flushing a large volume of water before the use is effective to temporarily reduce the content of light nonmethane hydrocarbons.

Keywords: nonmethane hydrocarbon, tap water, water pipe renewal work

要 旨

大気中軽質非メタン炭化水素を簡便に測定するために、加熱後室温まで冷却した蒸留水を用いた方法が2015年に提案されているが、蒸留水の原水である水道水中の軽質非メタン炭化水素のブランク(本研究の場合、水を使用して軽質非メタン炭化水素を測定する際に、使用した水が測定値に与える影響)についてはあまり明らかになっていない。特に有機地球化学の分野では微量の有機物による汚染を考慮する必要があるが、蒸留水製造装置では軽質非メタン炭化水素が完全に除去できないこともあり、水道水中の非メタン炭化水素ブランクの把握が重要である。

2015年1月、つくば市にある産業技術総合研究所7-1棟では水道管の屋内配管の全面的な更新工事が行われた。工事による水道水中の軽質非メタン炭化水素(C2-C4)のブランクの変化を把握することを目的とした測定を工事前4ヶ月及び工事後半年間にわたり行った。その結果、更新工事により軽質非メタン炭化水素ブランクは非常に高くなり、その後、徐々に低下したが、半年後でも工事前の水準には戻っていないことが明らかになった。また、

軽質非メタン炭化水素ブランクの採水間隔による変化や、採水前の水道水の廃棄によるフラッシングの効果についても考察し、フラッシングが行われないとブランクが高いこと、使用前に水道水を廃棄するフラッシングがブランク低下に有効であることを明らかにした。

1. はじめに

大気中の非メタン炭化水素は、光化学オキシダントの原料物質であることから、海洋・都市・極地・熱帯域・ガス田地帯・バイオマスバーニング等を対象とした多くの研究がなされている。研究例は猪狩(2015)で紹介されているが、それ以外の最新の研究例としては Petron *et al.* (2014), Kudo *et al.* (2014), Peischl *et al.* (2016), Hornbrook *et al.* (2016), Tzompa-Sosa *et al.* (2017), Abeleria *et al.* (2017) 等がある。

Igari (2004) 及び猪狩(2012) は油ガス田地域を含む新潟県下と非油ガス田地域である茨城・群馬県下の空気中軽質非メタン炭化水素濃度の比較を行った。なお、茨城県に隣接する千葉県下にもガス田が存在するが、そのガスは微生物起源であるため新潟県下の熱分解起源ガスと

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute for Geo-Resources and Environment)

* Corresponding author: S. Igari, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan. E-mail: s-igari@aist.go.jp

比で軽質非メタン炭化水素濃度が極めて低く(Igari, 2001), 空気中軽質非メタン炭化水素濃度に殆ど影響を与えないものと考えられる。この研究において、猪狩(1995)による測定法が用いられている。この方法では試料採取容器中の試料ガスが、水によって押し出されることで軽質非メタン炭化水素濃縮カラムに導入される構造になっているため、実験に使用する水に含まれる軽質非メタン炭化水素の除去が課題となっていた。

大気中軽質非メタン炭化水素測定には、通常はRudolph(1997)の様にステンレス製容器を用いてサンプリングを行い、真空ポンプを用いて濃縮カラムに試料を引き込む方法が用いられる。猪狩(1995)の方法では採取用器等が安価であることがメリットであるが、試料ガスの分析系への導入に水を使用するため、その水に含まれる軽質非メタン炭化水素の除去は重要な問題であって、蒸留水製造装置を通して軽質非メタン炭化水素を完全には取り除くことができないことがわかっている(猪狩, 2015)。そのため、軽質非メタン炭化水素測定の際、加熱後室温まで冷却した蒸留水が用いられるが、その原水は水道水であり、その中の軽質非メタン炭化水素ブランクの把握は、特に微量な有機物質を扱う有機地球化学の分野において重要である。猪狩(2015)は2014年に産業技術総合研究所7-1棟(当時築35年)の猪狩(1995)の方法を用いた場合の水道水や蒸留水中の軽質非メタン炭化水素のブランクを測定するとともに、水道水・蒸留水からの軽質非メタン炭化水素の除去法に関する研究を行った。その結果、水道水と蒸留水どちらの場合でも空気中の測定値に影響を与える濃度の軽質非メタン炭化水素が存在していること、水道水や蒸留水を、沸騰後高温で数時間保温することで軽質非メタン炭化水素のブランクを低くできることを明らかにした。

しかし、今回、産業技術総合研究所7-1棟では2015年1月に屋内水道管更新工事が行われた。この工事により水道水中の軽質非メタン炭化水素ブランクが高くなった可能性がある。猪狩(2015)において水道水中の軽質非メタン炭化水素ブランクの報告が数例あるが、ブランクは変化しており、水道管変更工事の影響はわからない。そこで工事前後の水道水中の軽質非メタン炭化水素ブランクの比較と、工事後半年間の経時変化を調査したので報告する。また、水道水試料の採取間隔による軽質非メタン炭化水素ブランクの変化や、水道水試料の採取直前に、水道水の廃棄により水道管内をフラッシングした場合の効果等、効果的な水道水の使用法についても検討を行ったので報告する。

2. 試料・測定装置及び測定法

2.1 試料

茨城県つくば市の産業技術総合研究所第七事業所7-1

棟では、2015年に建物内の全水道管の更新工事が行われた。このうち8階実験室では2015年1月10日から12日にかけて屋内水道管更新工事が行われた。その前4ヶ月間及び更新工事後2015年6月まで半年間、同実験室の蛇口から水道水を約800 mLステンレスデュワー瓶に採取した。採取は採取日の午前9時ごろ当日の水道水が未使用の段階で行った。試料採取後、約10 Lの水道水を廃棄した(通常の実験室における水道水の使用を模擬するため)。この実験室の水道水は使用頻度が低く、本研究以外で使用されることは多くなかった。

また、水道管に使用されているポリ塩化ビニルの影響を調べるため、98℃で4時間加熱して脱ガス処理を行った蒸留水にポリ塩化ビニル板50 gを浸し、1日間放置した後、その水の中の軽質非メタン炭化水素ブランクを測定した。

さらに、繰り返し時の測定誤差を調べるため2017年11月9日に、2 Lの水道水をポリエチレン容器に採取し、これを試料管である3本のビール瓶に満水になるまで分割して注入し、テフロン栓で栓をするとともにテフロン製シールテープで覆った(気相へのガスの脱離を防ぐため)。その後、測定の直前に栓をはずして測定を行った。

2.2 装置

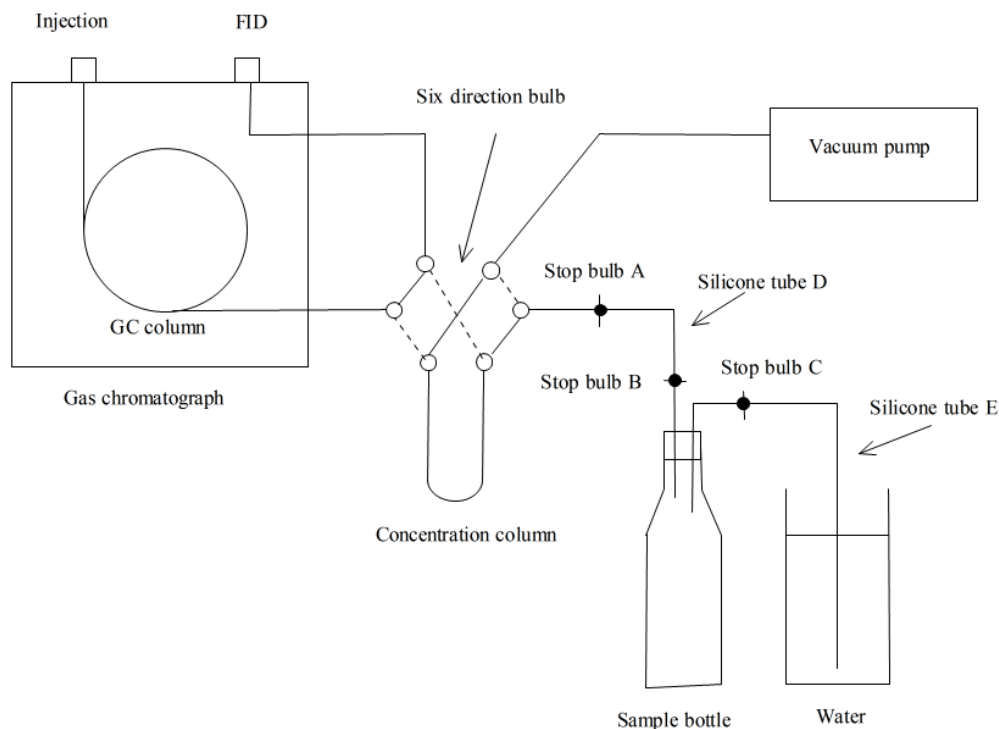
使用した装置は猪狩(1995)による空気中非メタン炭化水素測定装置を、ガスクロマトグラフ(GC)やインテグレーターの種類変更等、一部改良したものであり、詳細は猪狩(2015)による(第1図)。

なお、第1図の真空ポンプと濃縮カラムの間には真空ポンプの排気量調整用のパッドカラム(モレキュラーシーブ5A, 30-60 mesh)が装着されている。猪狩(2015)には記述が無いが、すでに装着されていた。

また、2015年の水道水中の軽質非メタン炭化水素ブランク測定やポリ塩化ビニルを入れた蒸留水中の軽質非メタン炭化水素ブランク測定の際使用した真空ポンプはIwaki社製BA106TN(最大吸引能力6 L/min, 真空到達度410 torr, 濃縮時の実際のヘリウム吸引速度は440 mL/min)であり、2017年10月にポンプを故障により交換したため、2017年に測定誤差を調べるため使用した真空ポンプはアズワン社製NUP1(最大吸引能力12 L/min, 真空到達度500 torr, 濃縮時の実際のヘリウム吸引速度は500 mL/min)であり、濃縮条件に違いがある。アズワン社製NUP1を用いた場合の方が若干吸引速度が速いため、水道水がヘリウムと接する時間が短くなり、気相へ脱離する軽質非メタン炭化水素量が減り、誤差が大きくなった可能性がある。

2.3 測定法

測定法は、猪狩(1995)による空気中非メタン炭化水素測定法を一部変更したものであり、詳細は猪狩(2015)に



第1図 空气中非メタン炭化水素測定装置. 猪狩(2015)より引用. 日本地球化学会より転載許可.

Fig. 1 Measuring system of light nonmethane hydrocarbons in atmosphere. From Igari (2015). Admitted by Geochemical Society of Japan.

第1表 繰り返し測定による測定誤差の計算

Table 1 Calculation of the error by the repetition measurements

Sample	Date	Day of the week	ethane (ppb)	ethylene (ppb)	propane (ppb)	acetylene (ppb)	isobutane (ppb)	n-butane (ppb)	propylene (ppb)
The 1st measurement	2017/11/9	Thursday	1.01	1.82	0.94	0.30	0.17	0.21	0.24
The 2nd measurement	2017/11/9	Thursday	1.04	1.82	0.96	0.19	0.18	0.21	0.28
The 3rd measurement	2017/11/9	Thursday	1.01	1.70	0.89	0.26	0.17	0.23	0.21
Average			1.02	1.78	0.93	0.25	0.17	0.22	0.24
Standard deviation			0.014	0.057	0.029	0.045	0.005	0.009	0.029
Standard deviation/Average			0.014	0.032	0.032	0.182	0.027	0.044	0.118

従った. 空気試料のかわりに純ヘリウムを封入した試料管中の純ヘリウム 400 mL を真空ポンプにより液体窒素で冷却した濃縮管に引き込んだ. その際引き込まれた純ヘリウムと同量の水道水が試料管内に引き込まれ, 水道水に溶存していた軽質非メタン炭化水素のうち一部がヘリウム中に放出され, 濃縮管に濃縮された. その後バルブ操作により濃縮管をGCのキャリアーガス流路に組み込み, 溶存酸素(GCのバックグラウンドに影響を与える)を脱着させるため約40分間放置し, その後室温まで加熱して軽質非メタン炭化水素を脱着させ測定を行った. 測定成分はエタン・プロパン・イソブタン・n-ブタン・エチレン・プロピレン・アセチレンである. 試料測定は試料採取後, 約4時間以内に行った. なお, この測定法で

得られた各成分濃度は溶存している軽質非メタン炭化水素の一部であり, 測定条件が変更されれば変化するものと考えられる. 得られた値は水道水中の軽質非メタン炭化水素の全濃度ではなく, 猪狩(1995)の方法を用いた場合の, 水に由来するブランクの大きさである.

3. 結果及び考察

3.1 測定誤差

第1表に2017年11月朝採取した水道水に由来する軽質非メタン炭化水素ブランクを3回繰り返し測定した結果を示す. エタン・エチレン・イソブタン・n-ブタンでは, 標準偏差/平均値は数%以内であるが, アセチレンとブ

ロピレンではそれぞれ18%・12%になる。これはアセチレンとプロピレンのピーク高さが低く検出限界に近いことによるものと考えられる。なお、この測定のため使用した真空ポンプは、装置の部分で記述したように、水道中の軽質非メタン炭化水素ブランクを測定したときのものとは異なっており、誤差も異なっている可能性がある。また、ここに示した測定値・以降に示す測定値は前述したように溶存軽質非メタン炭化水素の一部が水から脱離したものであるが、脱離した軽質非メタン炭化水素量は溶存軽質非メタン炭化水素量が高いほど高くなるものと考えられるため、相対的な水中の軽質非メタン炭化水素量の変化の指標としては有効である。

3.2 水道水試料の採取間隔による軽質非メタン炭化水素ブランクの変化

産業技術総合研究所7-1棟(測定当時築36年)8階実験室内の水道水の中の軽質非メタン炭化水素ブランクを2015年2月16日から2月27日まで測定した結果を第2表No.18-27と第2図に示す。上述の期間は土曜日・日曜日を除き連続して測定を行っている。2月16日(月曜日)は軽質非メタン炭化水素ブランクが高く、翌日の2月17日(火曜日)には低くなっており、採水後の10Lの廃棄の効果があつたと考えられる。廃棄量をもっと少なくてもブランクは低下するものと考えられるが、3.4項で後述するように廃棄量が多いほどブランクは低下するので、その効果は10L廃棄の場合と比較して小さいものと考えられる。その後の2月18日(水曜日)・19日(木曜日)・20日(金曜日)はほぼ一定になる。水道水が使用されない土曜日・日曜日をはさむと2月23日(月曜日)には軽質非メタン炭化水素ブランクは上昇し、また2月24日(火曜日)に低くなり、その後はほぼ一定になる。また、これ以前の週においても第2表に示すとおり、各軽質非メタン炭化水素ブランクは月曜日に高い傾向があり、これは土曜日・日曜日の水道水の不使用に起因するものと考えられる。また、第3図に示すが、3月2日以降は原則として月曜日と火曜日にのみ測定を行っており、月曜日に軽質非メタン炭化水素ブランクが高くなり、採水後の10Lの水道水廃棄の効果によって火曜日に低くなり、水曜日から土曜日にかけて水道水を使用していないため次の月曜日は高くなることを繰り返している。

3.3 水道管更新工事前4ヶ月間及び更新後半年間の水道水中の軽質非メタン炭化水素ブランク

産業技術総合研究所7-1棟8階実験室内の水道水中の軽質非メタン炭化水素ブランクを工事(2015年1月10日から12日)前の2014年9月から工事後の2015年6月まで測定した結果を第2表に示す。また各軽質非メタン炭化水素ブランクと日付の関係を第3図に示す。前述のように軽質非メタン炭化水素ブランクは曜日と密接な関係が

あるが、第3図において横軸の目盛りの日付のある部分が月曜日である。また、黒マーカーのある採取日は前日に試料採取と10L廃棄を行っておらず、白マーカーのある採取日は行っている。工事4か月前の2014年9月1日は月曜日である。また、工事1か月前の2014年12月10日の前1週間程度はほとんど同実験室の水道水は使用されていない。

エタン・プロパン・n-ブタンは工事(2015年1月10日から12日)前1ppb程度であったが、工事後にはいずれの成分もブランクが高くなった。その後、徐々に各炭化水素ブランクは低下した。しかしながら工事から半年後でも完全には工事前のレベルまでは低下していない。特に、前日に採水を行っていない場合は工事前より明らかに高レベルである。また、2015年4月8日から4月26日の間や、4月29日から5月10日の間のように試料採取が行われず、水道水がほとんど使用されない期間の後は、各成分のブランクは工事前よりもかなり高くなる傾向がみられた。エチレンについても同様の傾向だったが、他の軽質非メタン炭化水素よりもかなり高いブランクを示した。

工事で使用されたポリ塩化ビニルの影響を把握するために、98℃で4時間加熱して脱ガス処理を行った蒸留水にポリ塩化ビニル板50gを入れ、1日間放置した場合の水の中の軽質非メタン炭化水素ブランクを測定したところ、エチレンのブランクが最も高くなった(第3表)。従って水道水の中のエチレンのブランクの高さは、ポリ塩化ビニル管に起因する可能性がある。また、工事関係者への聞き取り調査によると、配管の切削及びシール材に鉱油等有機物が使用されており、これらも軽質非メタン炭化水素のブランク上昇の一因となっている可能性がある。

3.4 水道水採取前の廃棄によるフラッシング効果

上述したように月曜日の採水後に10L水道水を廃棄すると翌日の火曜日の軽質非メタン炭化水素のブランクは低下する。そこで、採水の直前の水道水の廃棄によるフラッシングの効果を調査するために、まず朝、未使用の状態で採取した水道水の測定を行い(5月27日、金曜日)、次に10L廃棄してから採取した水道水の測定を行い(同日)、さらにその後50L廃棄してから(同日)採水した水道水の測定を行った。その結果を第4表及び第4図に示す。

採取前に10Lの廃棄を行うことで、かなり軽質非メタン炭化水素ブランクは低下し、50L廃棄するとさらに低下することが明らかになった。イソブタンは10L廃棄時にやや高くなっている。この原因は明確では無いが、もともと低い値を示していたため、廃棄による効果が現れにくかったものと解釈できる。第4図内には上述した新潟県の油田地帯の空气中軽質非メタン炭化水素の平均値が示してあるが、50L廃棄しても空気測定値に影響を与

水道管工事による水道水における軽質非メタン炭化水素のブランクの変化 (猪狩)

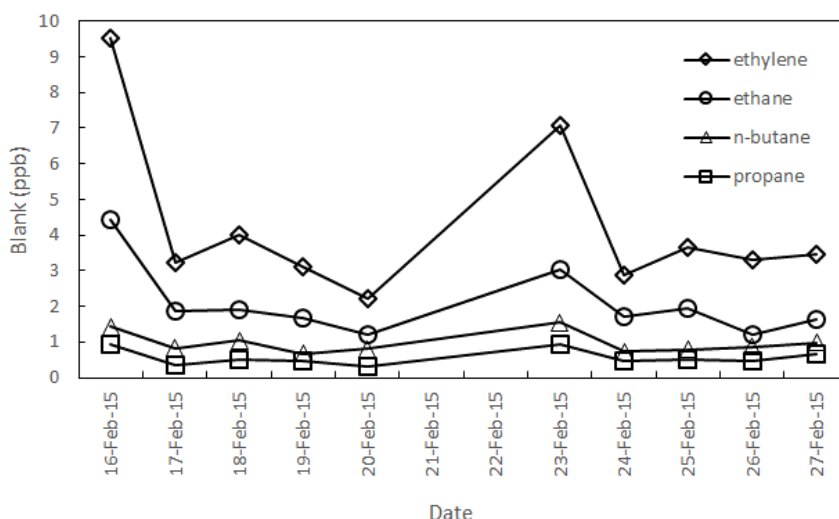
第2表 試料及び測定結果
Table 2 Samples and analytical results

No.	Date	Day of the week	ethane (ppb)	ethylene (ppb)	propane (ppb)	acetylene (ppb)	isobutane (ppb)	n-butane (ppb)	propylene (ppb)
1	1-Sep-14	Monday	0.77	2.19	0.42	0.08		0.44	0.28
2	10-Dec-14	Wednesday	1.19	4.98	0.43		0.1	0.4	0.37
3	11-Dec-14	Thursday	0.52	1.87	0.24			0.19	
4	12-Dec-14	Friday	0.25	0.66	0.5			0.18	
5	21-Jan-15	Wednesday	6.36	40.47	0.99	0.12	0.17	8.84	0.99
6	22-Jan-15	Thursday	2.76	13.73	1.66	0.55	0.16	3.07	0.72
7	23-Jan-15	Friday	5.27	10.52	1.46	0.11	0.3	2.14	1.13
8	26-Jan-15	Monday	5.18	17.96	1.22	0.26	0.16	3.75	0.62
9	27-Jan-15	Tuesday	2.2	6.83	0.86	0.46	0.23	1.4	0.41
10	28-Jan-15	Wednesday	3.79	8.82	1.05		0.23	1.87	0.34
11	29-Jan-15	Thursday	4.14	2.66	1.56			0.6	0.26
12	2-Feb-15	Monday	3.92	11.78	0.78			2.00	0.41
13	3-Feb-15	Tuesday	1.42	4.80	0.49			0.78	
14	6-Feb-15	Friday	3.72	5.54	0.96		0.2	1.26	
15	9-Feb-15	Monday	4.83	13.63	0.92			2.36	0.43
16	10-Feb-15	Tuesday	2.37	3.63	0.51			0.77	
17	12-Feb-15	Thursday	2.82	6.87	0.65			1.34	0.4
18	16-Feb-15	Monday	4.42	9.51	0.95	0.28		1.44	0.22
19	17-Feb-15	Tuesday	1.86	3.23	0.35			0.84	
20	18-Feb-15	Wednesday	1.92	4.00	0.52			1.04	
21	19-Feb-15	Thursday	1.68	3.13	0.47			0.68	
22	20-Feb-15	Friday	1.22	2.24	0.32			0.82	
23	23-Feb-15	Monday	3.02	7.06	0.92			1.56	
24	24-Feb-15	Tuesday	1.72	2.88	0.47			0.74	
25	25-Feb-15	Wednesday	1.93	3.67	0.52			0.8	
26	26-Feb-15	Thursday	1.2	3.31	0.47			0.87	
27	27-Feb-15	Friday	1.63	3.48	0.65			0.98	
28	2-Mar-15	Monday	2.69	7.34	0.63			1.52	
29	3-Mar-15	Tuesday	1.99	3.31	0.67			1.05	
30	9-Mar-15	Monday	4.1	47.95	0.92		0.15	1.8	0.75
31	10-Mar-15	Tuesday	2.33	5.53	0.71			0.95	
32	16-Mar-15	Monday	4.28	20.22	1.16		0.34	2.36	0.69
33	17-Mar-15	Tuesday	1.68	4.59	0.67			0.57	
34	23-Mar-15	Monday	3.69	20.9	0.96			2.14	0.61
35	24-Mar-15	Tuesday	1.8	4.53	0.57		0.16	0.73	
36	30-Mar-15	Monday	3.54	18.85	1.08			2.18	
37	31-Mar-15	Tuesday	2.00	5.17	0.56			0.91	
38	6-Apr-15	Monday	2.88	7.81	1.68			1.06	
39	7-Apr-15	Tuesday	1.99	4.28	0.54				
40	27-Apr-15	Monday	4.01	22.55	1.46			1.89	0.36
41	28-Apr-15	Tuesday	2.24	8.27	1.04		0.25	0.99	
42	11-May-15	Monday	5.23	35.02	1.99		0.34	3.29	0.74
43	12-May-15	Tuesday	2.14	2.51	1.21		0.82	0.85	0.41
44	18-May-15	Monday	3.38	8.75	1.58		0.57	2.43	0.25
45	19-May-15	Tuesday	1.81	6.01	0.89	0.4	0.29	0.97	
46	25-May-15	Monday	3.52	9.08	1.6		0.43	2.44	
47	26-May-15	Tuesday	2.12	5.63	0.92		0.55	1.11	
48	27-May-15	Wednesday	1.31	3.6	0.53		0.23	0.83	
49	1-Jun-15	Monday	1.9	9.41	0.73		0.33	1.37	
50	2-Jun-15	Tuesday	1.35	5.35	0.57		0.3	1.04	
51	3-Jun-15	Wednesday	1.22	5.5	0.59		0.37	0.91	
52	8-Jun-15	Monday	2.35	12.77	0.95		0.24	1.6	
53	10-Jun-15	Wednesday	0.85	4.55	0.52		0.22	0.67	
54	15-Jun-15	Monday	1.83	15.67	1.1			1.9	
55	16-Jun-15	Tuesday	1.08	5.55	0.57		0.33	0.73	
56	17-Jun-15	Wednesday	0.77	4.54	0.39			0.68	
57	18-Jun-15	Thursday	0.5	3.65	0.29			0.5	0.38
58	22-Jun-15	Monday	1.45	12.63	0.67			1.33	
59	23-Jun-15	Tuesday	1.26	5.6	0.74		0.47	0.65	0.36
60*	2017/12/25	Monday	0.58	0.78	0.32	0.56	0.06	0.22	0
Air sample from Niigata*			1.86	1.62	1.30	1.15	0.39	0.54	

Space: not detected

*: Data from Igari (2012)

Dotted line means renewal work



第2図 水準測量平均成果値による上下変動時系列. 左側の数字は水準点番号.
 Fig. 2 Time series of vertical deformations by levering results at each bench mark. BM.No. in left side indicates the number of bench mark.

える高さのブランクであり、空気中の測定に水道水を原水のまま用いるならば、採水前の50 L程度の廃棄では十分で無いことが明らかになった。

約1,000 Lの水道水を採水前に廃棄した結果を第4表と第4図内に示す。まず朝、未使用の状態にて採取した水道水の測定を行い(6月17日、水曜日)、次に1,000 L 廃棄してから(同日)採取した水道水の測定を行った。廃棄後の水道水から放出される軽質非メタン炭化水素ブランクは非常に低くなり、空气中非メタン炭化水素濃度測定に使用可能なレベルになった(エタンに関して約10%の誤差を与える)。しかし、より誤差を少なくするためには検出限界以下までブランクを低くすることができる猪狩(2015)の方法による加熱除去が必要である。また、猪狩(2015)による蒸留水の値と比較した場合、1,000 L 廃棄後の水道水は購入後10年の蒸留水製造装置で製造した蒸留水とほぼ同等であり、購入後半年の蒸留水製造装置よりはイソブタンのブランクが明確に低かった。

エタン・プロパン・n-ブタンのブランクは廃棄無し(No. 48)の場合、10 L 廃棄の場合、50 L 廃棄の場合を並べると直線的に減衰し、実験室内の配管からも実験室から遠い配管からもこれらの軽質非メタン炭化水素が発生していることを示している。一方エチレンの場合、10 L 廃棄によりブランクは急激に低くなり、さらに50 L 廃棄すると少し低くなる。このことはエチレンの大部分が実験室内配管等、実験室に近い部分に由来することを示している。このように成分によって発生箇所は異なっているものと考えられる。

5月25日から6月23日までの、水道水の中のエタン・プロパン・n-ブタンブランクと日付の関係を第5図(a)に、

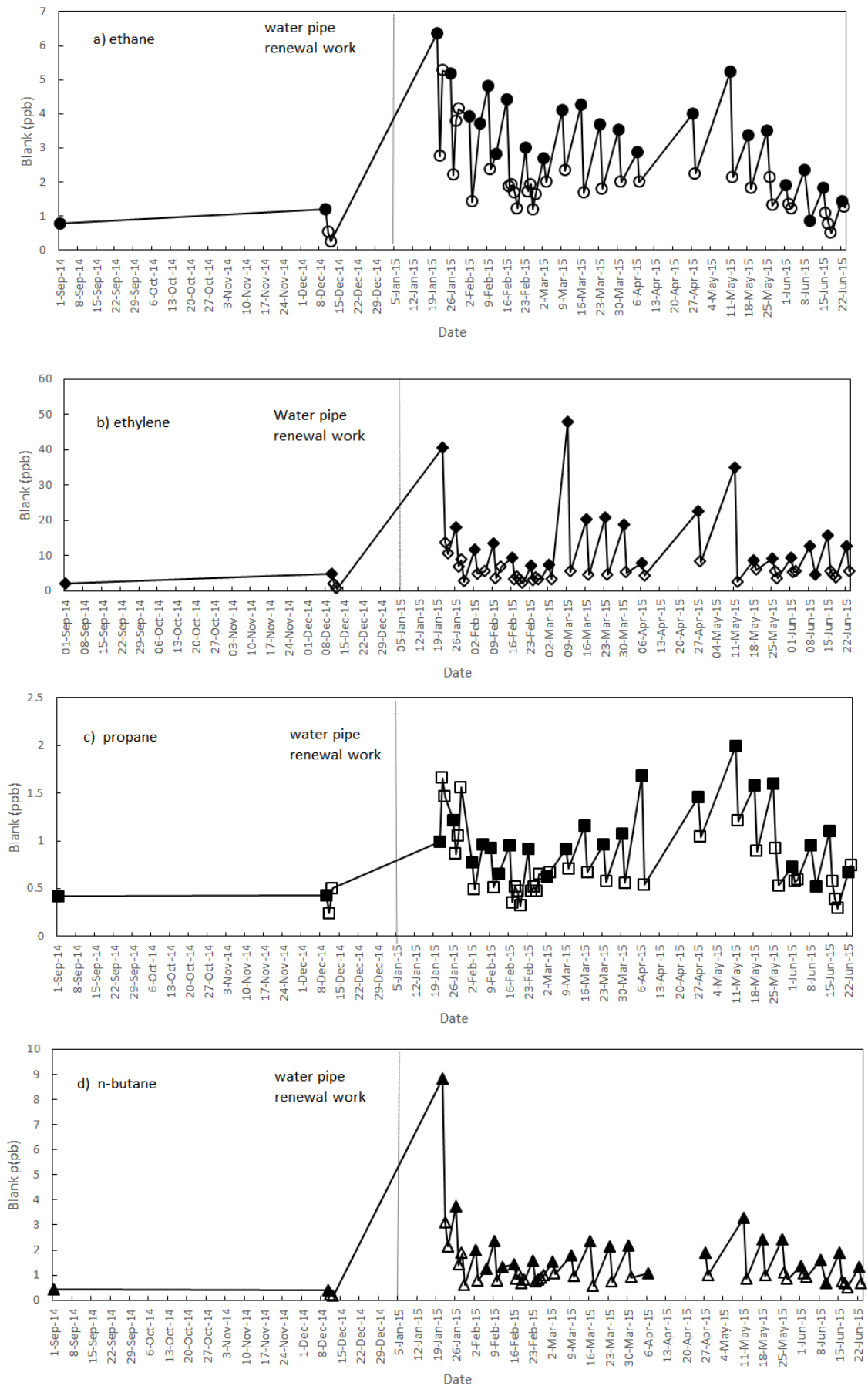
エチレンに関してはブランクが高いため、第5図(b)に示す。これらは、水道水の大量廃棄によるフラッシングが水の中の軽質非メタン炭化水素ブランクに長期的に与える効果を示すための図である。6月16日(火曜日)には、水道水約240 Lを廃棄し、6月17日(水曜日)には1,000 Lの廃棄を行った。いずれの成分も水道水の大量廃棄の影響により6月16日より6月17日の方が、6月17日より6月18日の方が軽質非メタン炭化水素ブランクは低下する。しかしながら6月19日から6月22日にほとんど水道水を使用しなかったため、翌週月曜日(6月22日)にはブランクが高くなっている。このように水道水の大量廃棄によるフラッシングは一時的な軽質非メタン炭化水素ブランクの低下には効果的であるが、長期的効果は低いことが明らかになった。

(→ p. 111)

第3図 水道管更新工事前後の水道水の軽質非メタン炭化水素ブランク。a)エタン、b)エチレン、c)プロパン、d) n-ブタン。更新工事は2015年1月10日から12日にかけておこなわれた。目盛りのある日付が月曜日。黒マーカーは前日に排水が行われなかった。白マーカーは前日に10 Lの排水が行われた。

Fig. 3 Light nonmethane hydrocarbon blank in the tap water before and after the renewal work of water pipes. a) ethane, b) ethylene, c) propane, d) n-butane. The renewal work was done from 10th to 12th, January, 2015. The date with the scale is Monday. The point with the black marker means water drain was not done on the day before. The point with the white marker means 10 L water drain was done on the day before.

水道管工事による水道水における軽質非メタン炭化水素のブランクの変化 (猪狩)



第3表 塩化ビニル板を入れた水中の軽質非メタン炭化水素ブランク
Table 3 Light nonmethane hydrocarbon blank in the water with vinyl chloride board

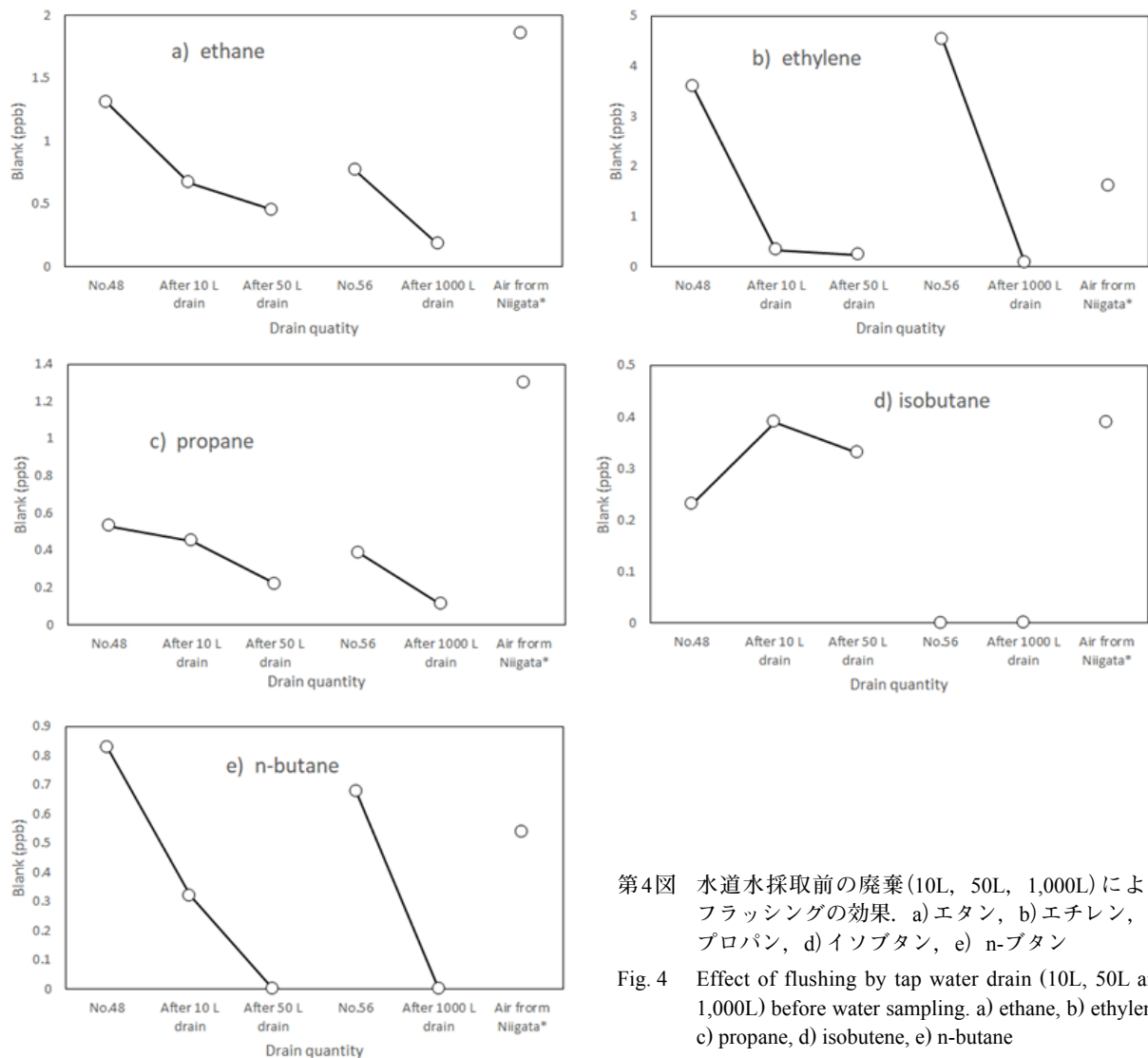
Sample	Date	ethane (ppb)	ethylene (ppb)	propane (ppb)	acetylene (ppb)	isobutane (ppb)	n-butane (ppb)	propylene (ppb)
Vinyl chloride in degassed water	2017/6/26	0.08	0.37	0.04			0.19	
Space: not detected								

第4表 水道水試料採取の前の水道水廃棄によるフラッシングの効果
Table 4 Effect of flushing by tap water drain before sampling

Sample	Date	Day of the week	ethane (ppb)	ethylene (ppb)	propane (ppb)	acetylene (ppb)	isobutane (ppb)	n-butane (ppb)	propylene (ppb)
No.48	2015/5/27	Wednesday	1.31	3.6	0.53	0	0.23	0.83	0
After 10 L drain	2015/5/27	Wednesday	0.67	0.33	0.45	0	0.39	0.32	0
After 50 L drain	2015/5/27	Wednesday	0.45	0.24	0.22	0	0.33	0	0
No.56	2015/6/17	Wednesday	0.77	4.54	0.39	0	0	0.68	0
After 1000 L drain	2015/6/17	Wednesday	0.18	0.09	0.11	0	0	0	0
Air from Niigata*			1.86	1.62	1.30	1.15	0.39	0.54	0

0: not detected

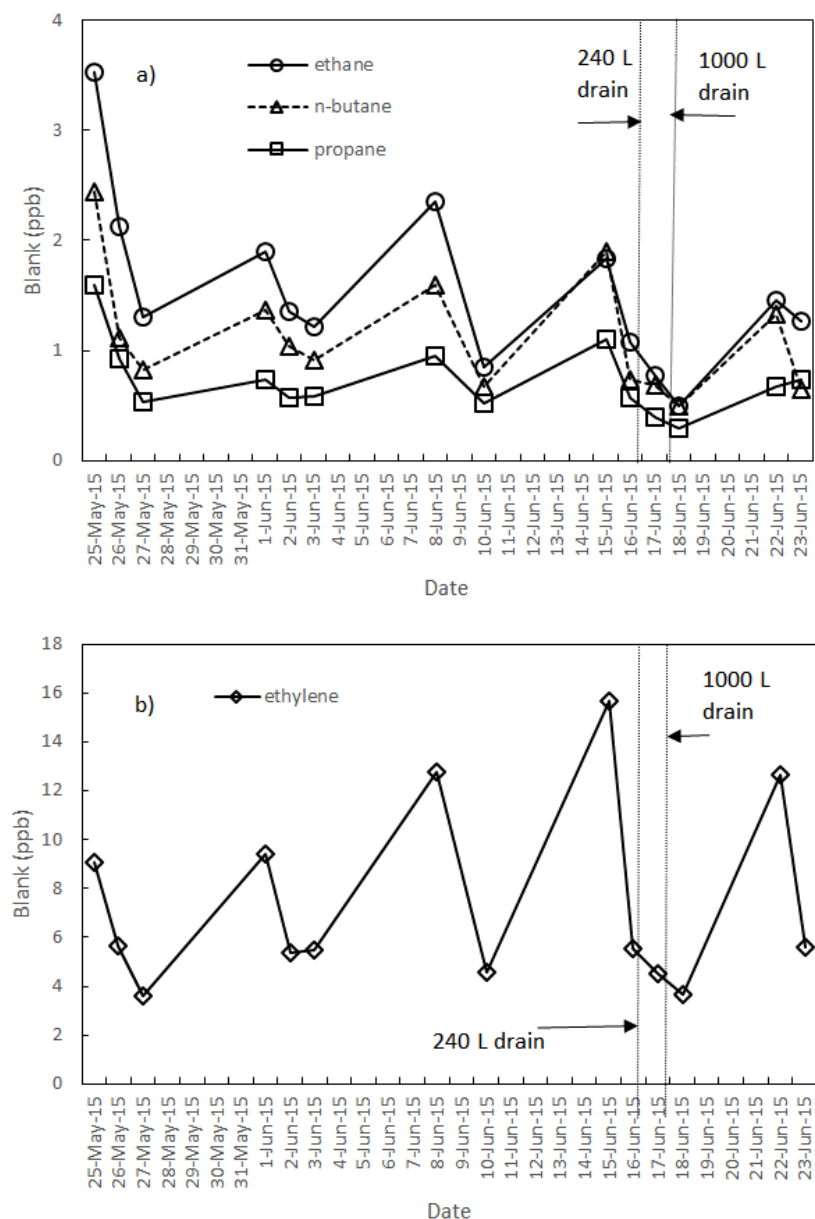
*: Data from Igari (2012)



第4図 水道水採取前の廃棄(10L, 50L, 1,000L)によるフラッシングの効果. a) エタン, b) エチレン, c) プロパン, d) イソブタン, e) n-ブタン

Fig. 4 Effect of flushing by tap water drain (10L, 50L and 1,000L) before water sampling. a) ethane, b) ethylene, c) propane, d) isobutane, e) n-butane

水道管工事による水道水における軽質非メタン炭化水素のブランクの変化 (猪狩)



第5図 水道水の大量廃棄(240 L, 1,000 L)によるフラッシング前後の軽質非メタン炭化水素ブランクの経時変化。a)エタン・プロパン・n-ブタン, b)エチレン, 目盛りのある日付が月曜日。

Fig. 5 Change of light nonmethane hydrocarbon blank before and after the flushing by large quantity tap water drain (240 L and 1,000 L). a) ethane, propane and n-butane, b) ethylene. The date with the scale is Monday.

4. まとめ

産業技術総合研究所第七事業所の屋内水道管更新工事後、水道水の中の軽質非メタン炭化水素ブランクは急激に高くなり、徐々に低下した。半年後でも工事前のレベルまでは低下しなかった。更新工事後や新築の建物では水道水の汚染に注意が必要であるものと考えられる。月曜日等、水道水の使用以前に不使用期間があると軽質非メタン炭化水素ブランクは高くなった。このような場合

には使用前に水を10 L程度廃棄することでブランクを低くすることができ、1,000 L程度の廃棄で非常に低くなることがわかった。しかし、廃棄により一時的に軽質非メタン炭化水素ブランクが低下しても、長期的な低減効果は低いことが明らかになった。

謝辞：本報告をまとめるにあたり査読者と編集担当者から有益なご助言をいただきました。深く感謝いたします。

文 献

- Abeleria, A., Pollack, I. B., Sive, B., Zhou, Y., Fischer, E. V. and Farmer, D. K. (2017) Source characterization of volatile organic compounds in the Colorado Northern Front Range Metropolitan Area during spring and summer 2015. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **122**, 3595–3613.
- Hornbrook, R. S., Hills, A. J., Riemer, D. D., Abdelhamid, A., Flocke, F. M., Hall, S. R., Huey, L. G., Knapp, D. J., Liao, J., Mauldin III, R. L., Montzka, D. J., Orlando, J. J., Shepson, P. B., Sive, B., Staebler, R. M., Tanner, D. J., Thompson, C. R., Turnipseed, A., Ullmann, K., Weinheimer, A. J. and Apel, E. C. (2016) Arctic springtime observations of volatile organic compounds during the OASIS-2009 campaign. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **121**, 9789–9813.
- 猪狩俊一郎(1995) 空気中の非メタン炭化水素の測定法. 地質調査所月報, **46**, 477–481.
- Igari, S. (2001) Organic geochemical study of natural gases from major gas fields in Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **52**, 445–469.
- Igari, S. (2004) Comparison of atmospheric nonmethane hydrocarbons from the oil and gas field area in Niigata and areas without oil and gas fields in Ibaraki and Gunma in Japan, May and June 1995. *Geochemical Journal*, **38**, 285–289.
- 猪狩俊一郎(2012) 油ガス田地域(新潟)と非油ガス田地域(茨城・群馬)における軽質非メタン炭化水素濃度の比較Ⅱ, 1994年～1999年冬季. 地球化学, **46**, 51–61.
- 猪狩俊一郎(2015) 非メタン炭化水素測定時に使用する水から放出される非メタン炭化水素とその除去法. 地球化学, **49**, 37–44.
- Kudo, S., Tanimoto, H., Inomata, S., Saito, S., Pan, X., Kanaya, Y., Taketani, F., Wang, Z., Chen, H., Dong, H., Zhang, M. and Yamaji, K. (2014) Emissions of nonmethane volatile organic compounds from open crop residue burning in the Yangtze River Delta region, China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **119**, 7684–7698.
- Peischl, J., Karion, A., Sweeney, C., Kort, E. A., Smith, M. L., Brandt, A. R., Yeskoo, T., Alkin, K. C., Conley, S. A., Gvakharia, A., Trainer, M., Wolter, S. and Ryerson, T. B. (2016) Quantifying atmospheric methane emissions from oil and natural gas production in the Bakken shale region of North Dakota. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **121**, 6101–6111.
- Petron, G., Karion, A., Sweeney, C., Miller, B. R., Montzka, S. A., Frost, G. J., Trainer, M., Tans, P., Andrews, A., Koler, J., Helming, D., Guenther, D., Dlugokencky, E., Lang, P., Newberger, T., Wolter, S., Hall, B., Novelli, P., Brewew, A., Conley, S., Hardesty, M., Banta, R., White, A., Noone, D., Wolfe, D. and Schnell, R. (2014) A new look at methane and nonmethane hydrocarbon emissions from oil and natural gas operations in the Colorado Denver-Julesburg Basin. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **119**, 6836–6852.
- Rudolph, J. (1997) A novel method for compound specific determination of $\delta^{13}\text{C}$ in volatile organic compounds at ppt levels in ambient air. *Geophysical Research Letters*, **24**, 659–662.
- Tzompa-Sosa, Z. A., Mahieu, E., Franco B., Keller, C. A., Turner, A. J., Helmig, D., Fried, A., Richter, D., Weibring, P., Walega, J., Yacovitch, T. I., Herndon, S. C., Blake, D. R., Hase, F., Hannigan, J. W., Conway, S., Strong, K., Schneider, M. and Fischer, E. V. (2017) Revisiting global fossil fuel and biofuel emissions of ethane. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **122**, 2493–2512.

(受付 : 2017年8月31日 ; 受理 : 2018年3月12日)