

千葉市沿岸における揮発性有機化合物 (VOC) 調査

後藤 有紗、島 美倫、武蔵 沙織

(環境保健研究所 環境科学課)

要 旨 光化学オキシダントの発生要因を明らかにするため、2018 年 3 月から東京都、横浜市との共同調査に参画し、2019 年度は 6 月 20 日、7 月 9 日に市内の東京湾沿岸 1 地点において調査を行った。これらの調査結果を活用し、本市沿岸部における O_3 と VOC の関連について解析を行った。朝方の気象条件が類似する 2 回の調査において O_3 濃度上昇に差が生じる中、上昇時の VOC 濃度に差が見られ、オゾン生成能では、アルデヒド類、芳香族炭化水素およびアルケンが高かった。

Key Words : 光化学オキシダント, VOC, 実態調査

1. はじめに

本市の 2019 年度における光化学オキシダント (O_x) の環境基準および千葉市環境基本計画における環境目標値 (いずれも、昼間における 1 時間値が 0.06ppm 以下であること。) の達成状況は全測定局で未達成であった¹⁾。 O_x の主成分は O_3 であり、発生原因物質である窒素酸化物 (NO_x) と非メタン化水素 (NMHC) が減少している²⁾にも関わらず、依然として夏季に光化学スモッグ注意報発令レベル (O_x 濃度が 0.12ppm 以上である状態になり、かつ気象条件からみてこの状態が継続すると判断されるとき) を超える O_x が発生している状況である。

常温常圧で大気中に容易に揮発する有機化学物質である揮発性有機化合物 (VOC) は、その一部が大気中で二次反応を起こし、 O_x や $PM_{2.5}$ に変化することで知られている。そこで、 O_x の前駆物質の 1 つである VOC に着目し、2018 年 3 月から東京都、横浜市との共同調査に参加し、市内の東京湾沿岸 1 地点において VOC 調査を実施した^{3),4)}。この調査結果を活用して、本市沿岸部における O_3 と VOC の関連について解析を行った。

2. 調査方法

調査は、2019 年 6 月 20 日 (調査①)、7 月 9 日 (調



図 1 調査地点

査②) に実施し、各日 6~14 時の 1 時間毎に試料の採取を行った。調査地点は稲毛海浜公園内にある美浜公園緑地事務所屋上とした (図 1)。

調査対象物質はアルカン 28 成分、アルケン 23 成分、芳香族炭化水素 20 成分、アルデヒド類 2 成分、植物起源炭化水素 5 成分、ケトン類 3 成分、含酸素化合物 9 成分、 O_3 、その他 33 成分の合計 124 成分とした。

試料採取は「有害大気汚染物質等測定方法マニュアル」(環境省, 2019) の容器採取ーガスクロマトグラフ質量分析方法 (アルデヒド類および O_3 以外)、固相捕

集—高速液体クロマトグラフ質量分析法（アルデヒド類および O₃）に従った。アルデヒド類以外の VOC は容量 6L の容器（シリカコーティングキャニスター）を加圧洗浄後に減圧し、80mL/min 程度の流量で 1 時間大気を捕集した。アルデヒド類および O₃ については、1L/min の流量で 1 時間大気を吸引し、BPE-DNPH カートリッジに吸着させた。

なお、捕集した試料の分析は、横浜市環境科学研究所で実施した。

3. 結果と考察

3.1 気象状況

地域気象観測システム（アメダス）から、調査①は最高気温 27.8℃、最低気温 20.2℃、平均気温 23.1℃、日積算降水量 0mm、日照時間 4.2 時間であった。調査②は最高気温 22.9℃、最低気温 18.2℃、平均気温 19.9℃、日積算降水量 0mm、日照時間 0.4 時間であった。図 2、3 に日照時間、気温のグラフを示す。

風向風速は、稲毛海浜公園近傍の真砂公園（一般大気測定局、調査地点より北北東 2.0km）の 5 分値データを採用した。風向は、調査①および②ともに北東よりであり、風速は、調査①で 1.9~2.9m/s、調査②で 3.0~5.0m/s であった（表 1）。

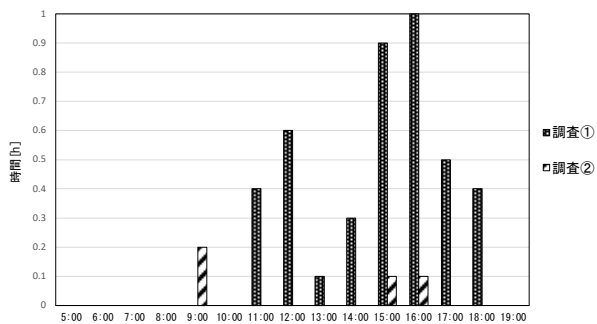


図 2 日照時間

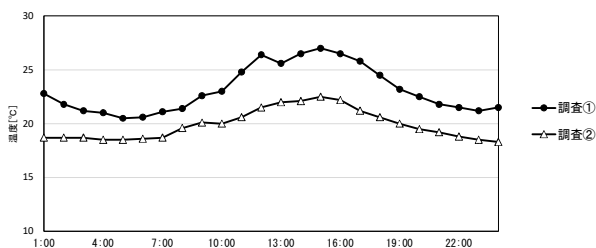


図 3 気温

表 1 時間毎の風向風速 (m/s)

	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
調査①	WD	NE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	E
	WS	2.2	2.8	2.9	2.5	2.8	2.5	1.9	2.5
調査②	WD	NNE	NNE	NNE	NE	NE	NE	NE	NNE
	WS	3.2	3.6	3.9	5.0	3.0	3.4	4.1	4.0

3.2 VOC 組成

図 4、5 に調査①、②における各時間帯の VOC 濃度および O₃ 濃度を示す。

調査①では、6 時~14 時の調査時間帯において、O₃ 濃度が 24ppb~50ppb までと上昇傾向にあった。9 時までは 24ppb~28ppb と緩やかな上昇であったが、9 時~12 時にかけては 50ppb まで等差的に濃度が上昇した。Total VOC 濃度は、16ppb~22ppb と増減を繰り返しながらわずかに上昇した。VOC 組成は大きな変化が見られず、アルカン 28%、アルケン 7.7%、芳香族炭化水素 5.4%、植物起源炭化水素 0.74%、アルデヒド類 19%、ケトン類 17%、含酸素化合物 8.0%、その他 13% であった。

調査②では、O₃ 濃度は 19ppb~30ppb と上昇傾向にあったものの、調査①と比較し低く推移した。Total VOC 濃度については 14ppb~11ppb とほとんど変化が見られなかった。VOC 組成についても、アルカン 16%、アルケン 4.0%、芳香族炭化水素 5.7%、植物起源炭化水素 0.69%、アルデヒド類 21%、ケトン類 21%、含酸素化合物 9.9%、その他 22% と大きな変化が見られなかった。

3.3 オゾン生成能

各 VOC 濃度に最大オゾン生成効率を乗じて、最大オゾン生成能 [O₃]max (以下、「最大生成能」という。) を算出した。図 6、7 に調査①、②における各時間帯の最大生成能を示す。

調査①は、最大値が 11 時の 143μg-O₃/m³ であった。O₃ 濃度が高い 10 時~14 時における最大生成能の組成は、アルデヒド類が 41% と一番高く、次いでアルケン、芳香族炭化水素が 20% と高かった。

調査②においては、最大値が 10 時の 99μg-O₃/m³ で、調査①と比較し全体的に最大生成能が低かった。組成割合は調査時間帯においてほとんど変化が見られなかったが、10 時は芳香族炭化水素が 30% と他の時間帯より高かった。

3.4 風向別 VOC 濃度割合と 2018 年度結果との比較

風向別の各 VOC 成分の濃度割合を図 8 に示す。調査①および②の風向は北北東 (n=9)、北東 (n=8)、東 (n=1)

の3方向であった。2018年度の調査結果^{3),4),5)}(2時間毎の試料採取)と比較すると、2018年度は芳香族の濃度割合が北北東(n=4)のときに高かったが(17%)、本調査では6%であった。また、本調査では北北東のとき、アルカンが26%と一番高く次いでアルデヒド類が20%となり、異なる傾向を示した。

3.5 考察

調査①、②におけるO₃濃度変化を比較すると、6時～9時までの間はともにわずかな変化に留まり濃度もほぼ同等で推移したが、10時以降の濃度上昇に差が見られた。両調査日の気象条件は、調査開始時(6時)から調査①で濃度上昇が見られた10時まで、天候、日照時間、気温およびその上昇、風向風速いずれも類似しており、これらの数値変化がO₃濃度上昇の差に影響したとは考えられなかった。O₃の生成過程において太陽光照射(特に紫外線)は二酸化窒素を分解し、酸素と結合する原子状酸素を生み出す上で必要となるが、調査を行った初夏においては日照時間が観測できない天候であっても、O₃生成に要する太陽光照射量は一定量得られているものと考えられる。加えて、気温上昇についても関係性が見られなかったことから、朝方の日照時間や気温から、その後のO₃濃度上昇を予測するのは難しいことを示す結果となった。

一方、調査①、②における最大生成能を比較すると、9時以降に大きな差が見られた。特に調査①の8時から9時にかけてのアルケン、アルカン、芳香族炭化水素の最大生成能の変化が顕著であった(アルカン 7.9 $\mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3 \rightarrow 18\mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ 、アルケン 15 $\mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3 \rightarrow 31\mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$ 、芳香族炭化水素 12 $\mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3 \rightarrow 32\mu\text{g}\cdot\text{O}_3/\text{m}^3$)。これらの結果を踏まえると、調査①で見られたO₃濃度上昇は、VOC濃度の上昇が影響したものと考えられた。

調査地点の北東5km範囲は居住地域が広がっており、VOC固定発生源は確認できないことから、移動発生源の影響に着目した。調査地点は、海岸線に沿って設置されている海浜公園内にあり、北東100mに市道が通っている。平成29年交通量調査結果⁶⁾から調査地点に接続する道路の交通量は日中変化なく、朝(7時)から一定の交通量があり、移動発生源の差による影響は受けにくいと考えられた。

文献

- 1) 千葉市:令和元年度大気環境測定結果, 2019
- 2) 千葉市:平成30年度千葉市大気環境測定結果報告書, 2019, 49, 86.

- 3) 坂元宏成, 後藤有紗, “東京湾沿岸における揮発性有機化合物(VOCs)調査”, 千葉市環境保健研究所年報 第25号, 2018, 76-77.
- 4) 後藤有紗, 島美倫, 坂元宏成, “千葉市沿岸における揮発性有機化合物(VOC)調査”, 千葉市環境保健研究所年報 第26号, 2019, 85-87.
- 5) 福崎有希子, 他, “東京湾岸地域における風向別VOC濃度割合を用いた発生源地域の推定”, J. Jpn. Soc. Environ. Vol.55 No.2, 2020, 92-99.
- 6) 千葉市:交通量調査結果, <https://www.city.chiba.jp/kensetsu/doro/keikaku/kouturyotyousa.html>(2020.10.1アクセス)

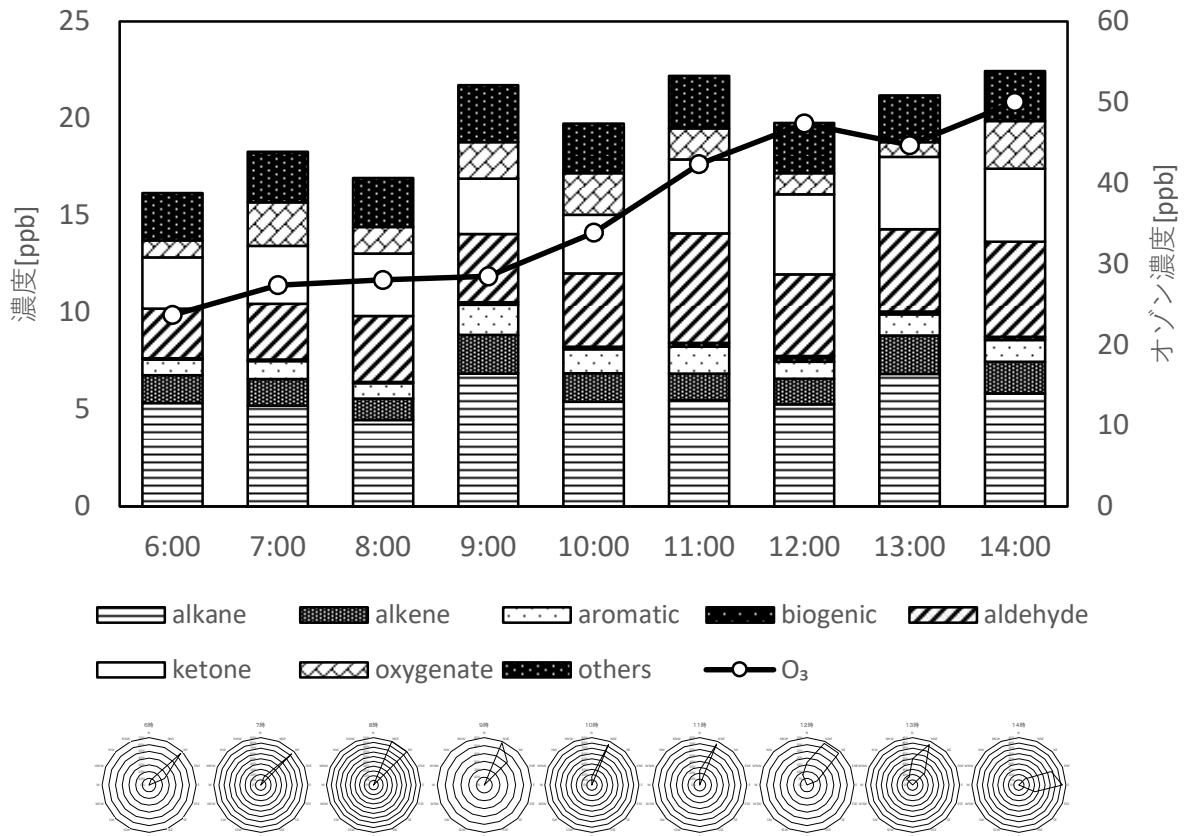


図4 VOC濃度(調査①)

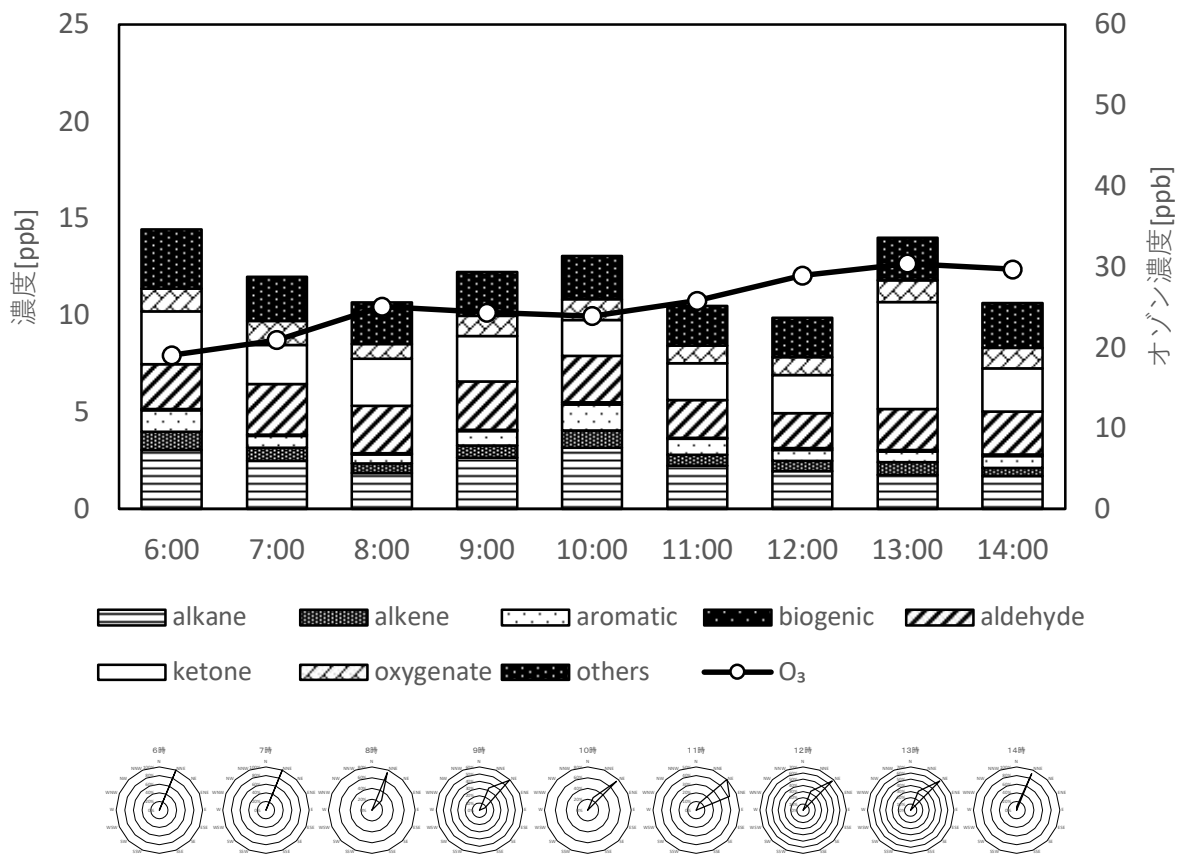


図5 VOC濃度(調査②)

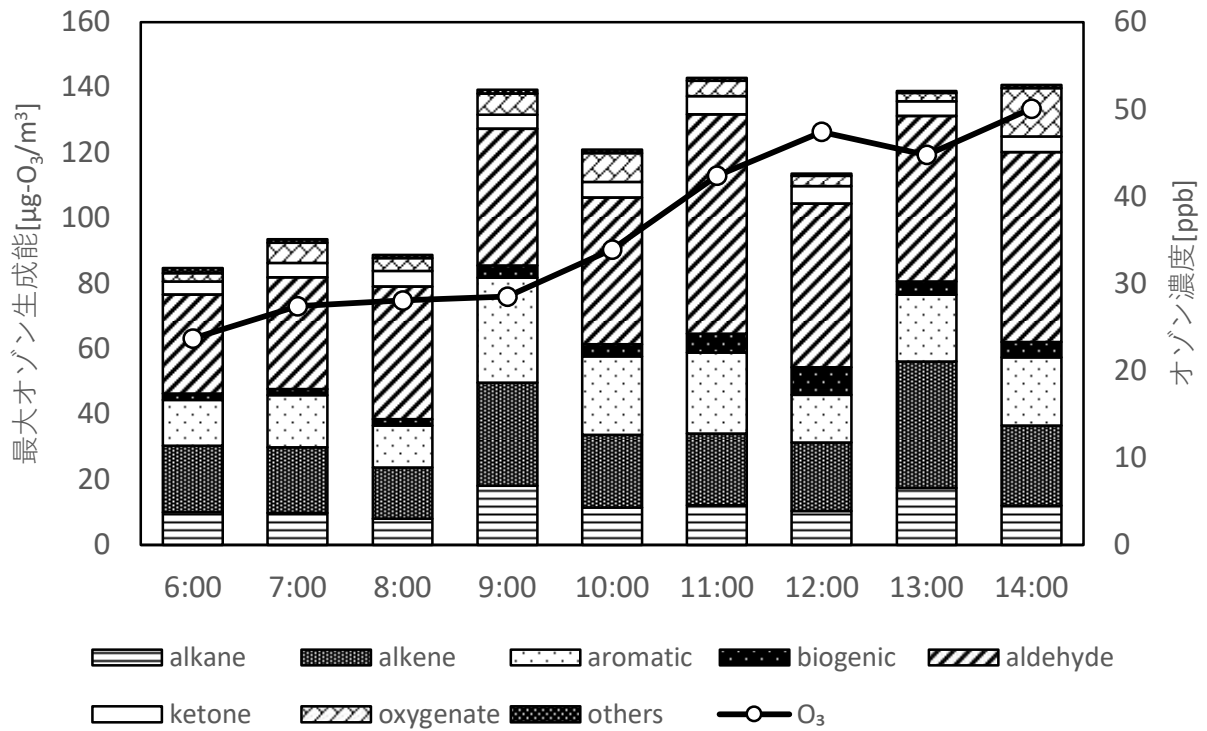


図6 最大オゾン生成能 (調査①)

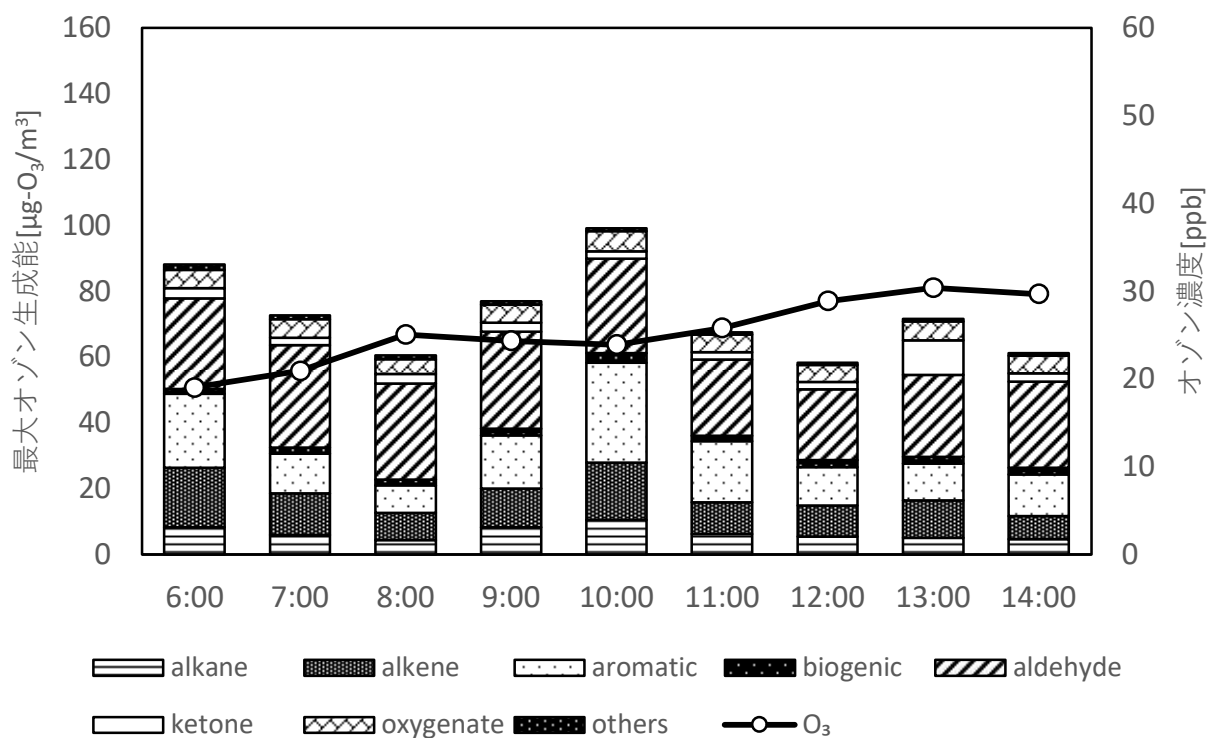


図7 最大オゾン生成能 (調査②)

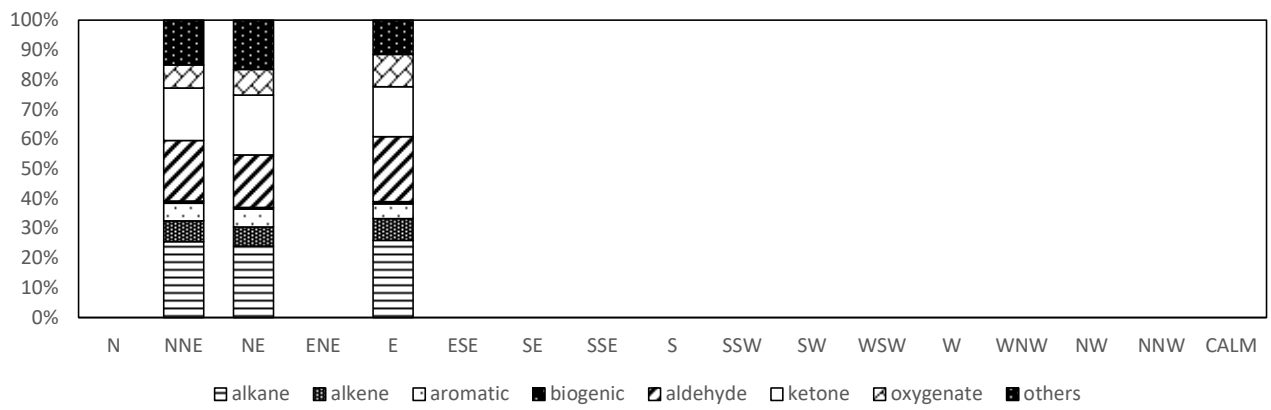


圖 8 風向別 VOC 組成