

## 徳島県における大気中のアンモニア濃度について

徳島県立保健製薬環境センター

山田 健太・森兼 祥太\*・山下 大輔  
三宅 崇仁・三好 寛幸・立木 伸治

Study of Atmospheric Ammonia Concentration in Tokushima Prefecture

Kenta YAMADA, Shota MORIKANE, Daisuke YAMASHITA, Takahito MIYAKE, Hiroyuki MIYOSHI and Shinji TATSUKI

Tokushima Prefectural Public Health, Pharmaceutical and Environmental Sciences Center

### 要 旨

徳島県内における大気中のアンモニア濃度を、パッシブサンプラーを用いて測定した。季節毎に濃度を比較すると、夏に濃度が高くなる傾向にあった。地域毎に比較すると、県東部が高濃度となる傾向にあり、県南部は低濃度となる傾向にあった。県東部のうち、特に上板が高値であったが、畜産施設由来のアンモニアによる濃度上昇であると推測した。次いで川内が高濃度であったが、その由来については追加調査中である。県南部の美波では夏季と冬季における濃度差が小さく、降水量の影響を受けていると推測した。また、全国の値と比べ、県東部は高い値となっており、中部地方から東北地方の太平洋側の都市に近い値であった。県内の測定結果において、アンモニア濃度とPM2.5質量濃度の関連性は低いと推測された。

Key words : アンモニア ammonia , パッシブサンプラーpassive sampler

### I はじめに

アンモニア等の反応性窒素は、食料増産や工業用途等、人類に多大な恩恵をもたらす一方で、環境中に排出されることにより大気・水質汚染、土壌の酸性化等の様々な環境問題を引き起こす。この問題は窒素問題と呼ばれ、2019年3月に国際連合環境計画は、新たに懸念される環境問題として窒素問題を挙げ、窒素管理の重要性を指摘している。また、2020年10月に日本政府が行ったカーボンニュートラル宣言により、二酸化炭素を排出しない燃料としてアンモニアが注目されているが、アンモニアの燃焼による窒素酸化物の増加が懸念される。

これらに加え、アンモニアは、大気中の酸性物質と中和反応することによって、硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムとなる。これらの物質はPM2.5の主要構成成分であるため、アンモニアはPM2.5主要前駆物質であると見なせる。

しかしながら、アンモニアには環境基準が設定されておらず、国内のデータは限られている。

今後、窒素化合物の利用と排出が増加する可能性を考慮すると、県内の状況について把握し、監視できる体制を整えることは重要である。また、PM2.5濃度の大小のみならず質的な検討を行うことは、PM2.5対策を行うにあたり重要なことである。したがって、徳島県内における大気中アンモニア濃度のデータを得ることを目的に、本研究を開始した。

### II 測定地点及び方法

アンモニア濃度の測定地点を図1に示す(自動車排出ガス測定局は「自排徳島」と表記)。アンモニアの捕集はパッシブサンプラー(小川商会製, OG-SN-S)を、PM2.5の捕集にはオープン型5段ニールフィルターホルダー(東京ダイレック製, NL-O-01-05)を用いた。分析にはイオンクロマトグラ

\*現 環境管理課

フ（メトローム社製 850 Professional IC）を用いた。

試料の前処理、分析方法は、全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会第6次酸性雨全国調査実施要領<sup>1)</sup>

（以下、「酸性雨全国調査実施要領」という。）に従い、実施した。

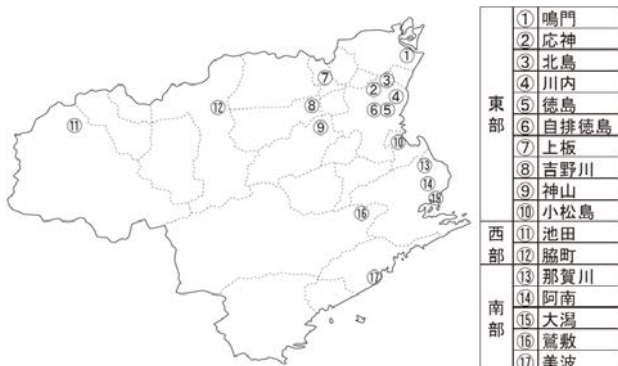


図1 県内におけるアンモニア濃度測定地点

試料採取期間は、酸性雨全国調査実施要領<sup>1)</sup>に合わせ、表1に示した日程で採取を行った。ただし、小松島、那賀川、阿南、大湊、鷺敷、美波の6箇所については、サンプリングの都合上、採取期間を1日後ろに遅らせている。

また、フィルターバック法によるPM2.5の捕集については、表2に示す日程で、⑤徳島のみ採取を行った。

表1 アンモニア試料採取期間

	採取期間	日数
4月	2021/3/29 ~ 2021/4/26	28
5月	2021/4/26 ~ 2021/6/7	42
6月	2021/6/7 ~ 2021/7/5	28
7月	2021/7/5 ~ 2021/8/2	28
8月	2021/8/2 ~ 2021/8/30	28
9月	2021/8/30 ~ 2021/9/27	28
10月	2021/9/27 ~ 2021/10/25	28
11月	2021/10/25 ~ 2021/12/6	42
12月	2021/12/6 ~ 2022/1/4	29
1月	2022/1/4 ~ 2022/1/31	27
2月	2022/1/31 ~ 2022/2/28	28
3月	2022/2/28 ~ 2022/3/28	28

表2 PM2.5 試料採取期間

	採取期間
春季	2021/5/20 ~ 2021/5/28
夏季	2021/7/26 ~ 2021/8/2
秋季	2021/10/26 ~ 2021/11/2
冬季	2022/1/24 ~ 2022/1/31

### III 結果及び考察

#### 1 大気中アンモニア濃度

イオンクロマトグラフィーを用いて定量した結果を、酸性雨全国調査実施要領<sup>1)</sup>に基づく次式に従い、大気中アンモニア濃度 (ppb) を算出した。

$$\text{NH}_3 \text{ (ppb)} = \text{aNH}_3 \times \text{WNH}_3 / \text{t}$$

ここで、aNH<sub>3</sub>は大気中濃度に換算する係数、WNH<sub>3</sub>は捕集エレメントに捕集されたNH<sub>3</sub>量 (ng) , tは捕集エレメントの暴露時間 (分) である。

$$\text{aNH}_3 = 87.6 \times (293 / (273 + T))^{1.83}$$

ただし、Tは試料捕集時の平均気温 (°C) である。

表3 県内各地点における月別平均アンモニア濃度 (ppb)

番号	地点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年平均
①	鳴門	2.4	2.5	2.3	2.7	3.2	3.1	4.1	4.0	3.3	2.5	2.8	3.7	3.1
②	応神	5.0	4.5	4.4	4.2	5.6	6.2	6.8	4.3	3.7	3.6	3.7	4.7	4.8
③	北島	4.1	4.1	3.4	3.4	4.3	4.2	4.2	3.7	3.4	3.7	-	4.6	3.9
④	川内	4.6	4.0	3.4	4.1	6.2	9.4	7.1	9.2	5.9	4.8	3.9	6.3	5.7
⑤	徳島	2.9	2.7	2.8	2.3	2.7	3.1	2.8	2.5	2.3	2.3	2.1	3.1	2.6
⑥	自排徳島	3.1	-	3.9	3.7	4.0	3.9	3.7	2.9	3.1	3.1	3.1	4.0	3.5
⑦	上板	6.2	6.0	9.9	10.1	11.0	8.8	7.5	8.0	7.4	7.7	9.1	8.2	8.3
⑧	吉野川	3.5	3.7	4.0	4.6	4.3	3.8	3.5	2.4	2.1	2.2	2.1	3.3	3.3
⑨	神山	1.8	1.6	2.1	1.7	1.7	1.4	1.4	0.7	0.9	0.7	0.8	1.3	1.4
⑩	小松島	2.7	2.6	2.8	2.6	2.2	2.4	2.6	1.7	1.7	1.2	1.3	2.6	2.2
⑪	池田	2.6	2.0	2.1	1.9	2.3	3.1	2.0	1.0	0.9	1.1	0.8	1.3	1.8
⑫	脇町	3.6	3.2	3.7	3.2	3.1	3.1	3.1	1.8	1.7	1.5	1.5	2.8	2.7
⑬	那賀川	2.7	1.9	2.2	2.6	1.6	2.3	2.2	1.6	1.8	1.5	1.4	2.5	2.0
⑭	阿南	2.7	1.8	2.0	2.1	1.9	2.0	2.1	1.8	1.7	1.6	1.7	1.6	1.9
⑮	大湊	3.6	5.5	5.3	5.2	5.8	4.9	5.6	3.1	1.9	1.8	1.5	4.7	4.1
⑯	鷺敷	1.2	0.6	1.5	1.4	1.2	0.8	0.9	0.4	0.6	0.4	0.5	0.7	0.9
⑰	美波	1.5	0.8	1.1	1.1	0.5	1.3	1.6	0.9	1.0	0.9	0.9	1.5	1.1

前述の式に基づいて算出した、月毎の平均アンモニア濃度を表3に示す(自排徳島の5月分及び北島の2月分は欠測)。

季節変動は、全体的に夏季に高く冬季に低いという結果になった。これは、夏季は気温が高いことにより、アンモニアの揮散量が増加し、環境中の濃度が増加したためと考えられる。また、地域の年平均値を比較すると、県東部のアンモニア濃度が高い傾向にあり、中でも上板(8.3 ppb)が最も高かった。これは、上板では畜産が盛んであるため、アンモニアの発生源として濃度の増加に関与したと考えられる。

次いで、川内の濃度が高い結果となった。川内の交通量は自排徳島ほど多くはないが、アンモニア濃度は自排徳島を上回っている。このことから、自動車由来のみであるとは考えにくい。アンモニアの主たる発生源として、畜産、農業、燃料の燃焼等が挙げられる<sup>2)</sup>が、測定場所である川内周辺には畜産や農業関係の施設は見当たらなかった。寶示戸ら<sup>3)</sup>によると、畜産地帯においては、ふん尿施設から発生したアンモニアは1km圏内の大気中アンモニア濃度に影響を与えると報告されており、2019年度の酸性雨全国調査報告書<sup>4)</sup>では、近傍の発生源が少なければ大気中アンモニアの年平均濃度は、20km圏内の発生源との距離に影響されると報告されている。川内での風向データを図2に示す。アンモニア濃度が高い9~11月において、特に西風の頻度が高い傾向が見られること

から、畜産の盛んな西方からの影響も受けている可能性が考えられた。詳細な理由については、調査地点を増やし、調査中である。

県南部は比較的低濃度であるが、美波では、他の地域で見られたアンモニア濃度は夏季に高く冬季に低いという傾向とは異なり、8月における濃度(0.5 ppb)が最も低かった。

次に、気象データ<sup>5)</sup>との関連性を見るため、気象庁の観測地点に近い徳島(県東部)、池田(県西部)、美波(県南部)を選択し、比較を行った。図3に、3地点におけるアンモニア濃度(ppb)を示す。

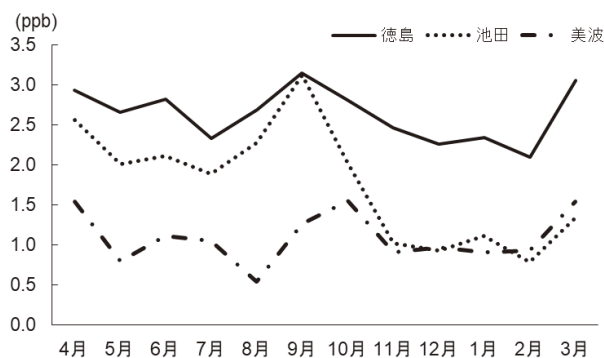


図3 徳島・池田・美波における月別アンモニア濃度

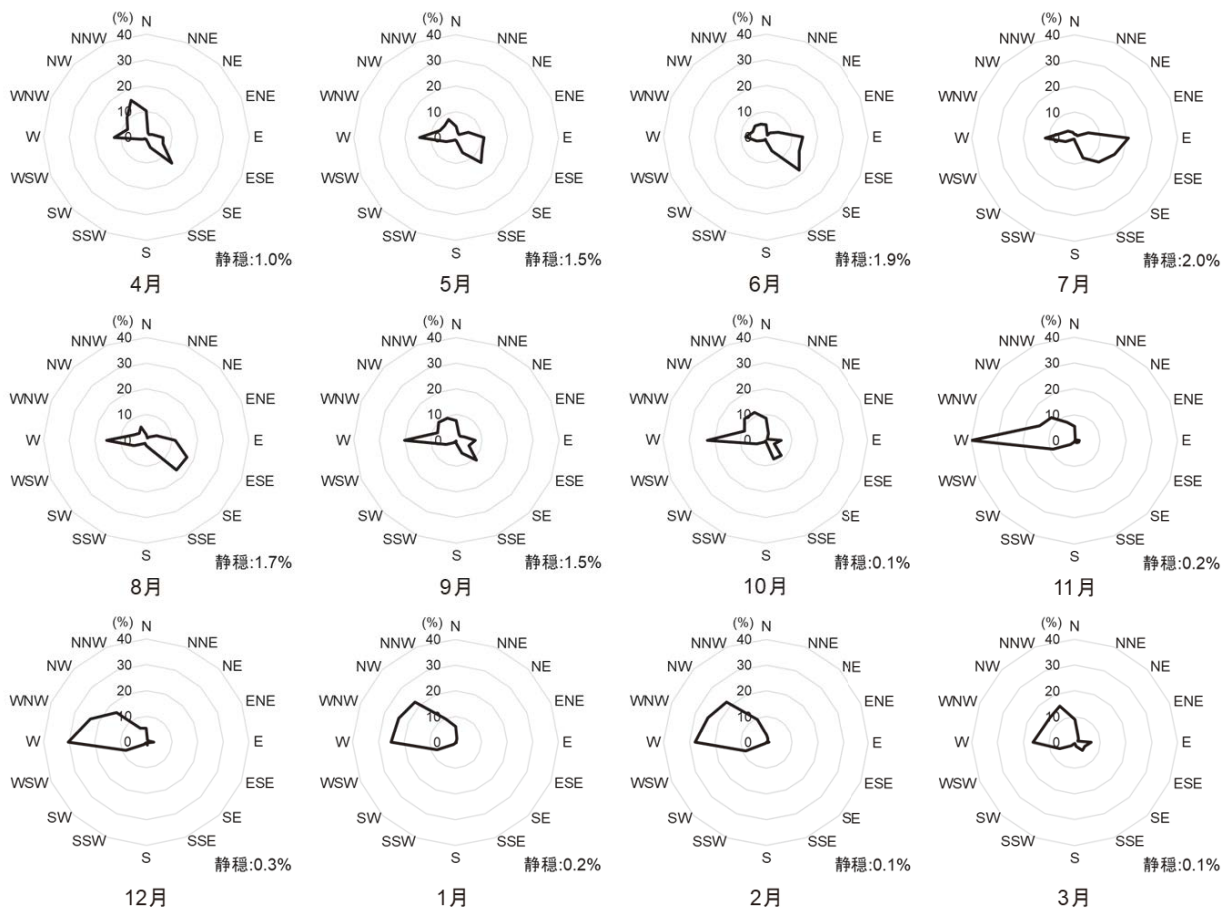


図2 川内局における1ヶ月間の風向の割合(風速0.4 m/s以下は静穏)

春季～夏季にかけては美波のアンモニア濃度が他の2地点に比べて低かった。また、冬季は池田のアンモニア濃度が大きく下がっていた。図4に、3地点における平均気温を示す。

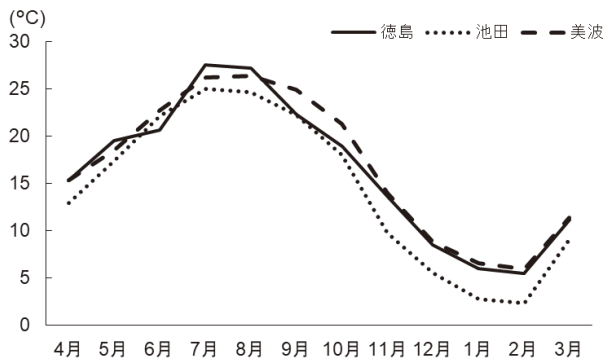


図4 徳島・池田・美波における月別平均気温

徳島・美波は比較的類似した平均気温であったが、6月、9月、10月を除き、池田は徳島と比較して3°C前後気温が低かった。11月～3月にかけて、特にアンモニア濃度が下がっているのは、気温の低さや積雪により土壌からのアンモニアの揮散量が減少したことが理由の1つとして考えられる。

図5に、3地点での月別降水量を示す。美波は徳島、池田に比べ4月～9月の降水量が多かった。

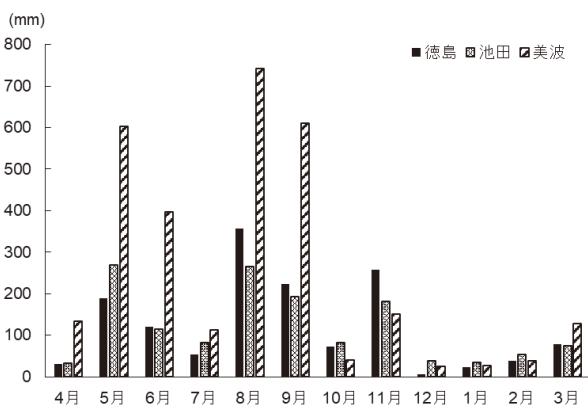


図5 徳島・美波・池田における月別降水量

美波におけるアンモニア濃度の季節変動が小さかったのは、夏季の降水量が多かったことにより、アンモニアが降水中に溶け込み、大気中濃度が下がったためと推測される。

2019年度における全国のアンモニア濃度の年平均値<sup>4)</sup>と比べると、2021年度における徳島県のアンモニア濃度は、県東部は比較的高く、徳島及び自排徳島は中部～東北地方の太平洋側にある豊橋(3.2 ppb, 愛知県)、市原(3.5 ppb, 千葉県)、佐倉(2.9 ppb, 千葉県)、小名浜(2.7 ppb, 福島県)に近い値であった。市原は工業地域であり、他はすべて居住地域であった。いずれの場所も24時間の交通量が2万～4万台程度<sup>6)</sup>の道路が付近にあるため、自動車排ガスの影響を受

けているものと考えられる。特に高濃度であった上板の濃度は、うるま(6.6 ppb, 沖縄県)と近い値であった。ともに畜産が盛んな地域であり、その影響を受けたためと推測される。

低濃度であった県南部では、鷺敷は0.9 ppb、美波は1.1 ppbであり、辺戸岬(1.3 ppb, 沖縄県)、若桜(0.9 ppb, 鳥取県)、鶴岡(0.8 ppb, 山形県)に近い値であった。辺戸岬、若桜、鶴岡はいずれも高所や離島等の、発生源の影響を受けにくい地域であり、鷺敷と美波も同様に付近に発生源がなく、アンモニア濃度が低い環境であったと考えられる。

## 2 アンモニア濃度とPM2.5 質量濃度

フィルターパック法による徳島の春季PM2.5 質量濃度と成分濃度(図6-1)及びガス状物質濃度(図6-2)の観測結果を示す。PM2.5 質量濃度を折れ線で、各成分濃度を積み上げ棒グラフで示した(その他は塩化物イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオンの合計を示す)。春季観測においては、PM2.5 質量濃度の増減に合わせてガス状物質濃度も増減する傾向が見られた。一方で、黄砂の飛来が認められた5月25日においては、PM2.5の質量濃度増加に対し、粒子状及びガス状アンモニア濃度の増加量は僅かであった。金属成分の増加が見られたことから、黄砂由来のPM2.5は金属成分が主成分であり、アンモニアの含有量は低いと考えられた。

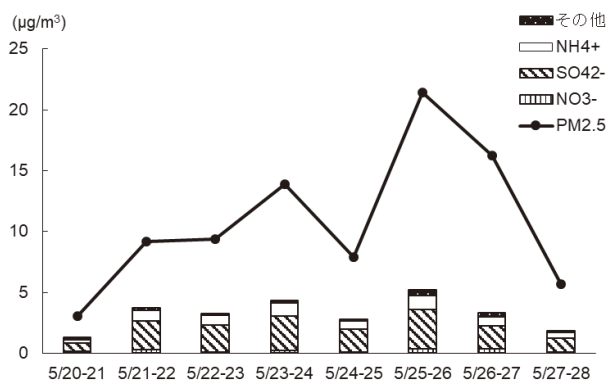


図6-1 徳島における春季PM2.5 質量濃度と成分濃度

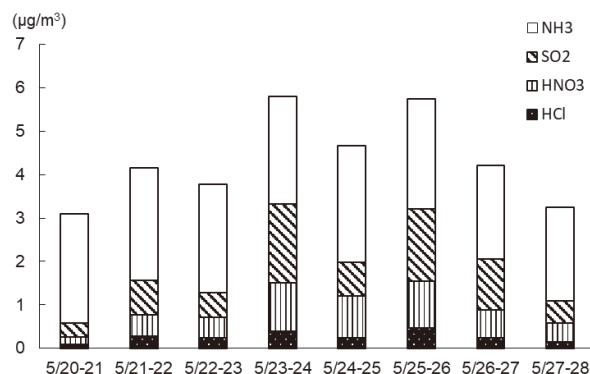


図6-2 徳島における春季ガス状物質濃度

図7に夏季の観測結果を示す。夏季の観測においては、春季とは異なりPM2.5質量濃度が増加してもガス状物質濃度が減少しているパターンが見られた。8月1日において、PM2.5質量濃度に対するアンモニウムイオン及び硫酸イオンの割合が上がっており、ガス状アンモニア及び二酸化硫黄の濃度が下がっていることから、ガスの粒子化が起こったことによりガスが消費され、粒子状物質濃度の増加とガス状物質濃度の減少が起こったと考えられる。

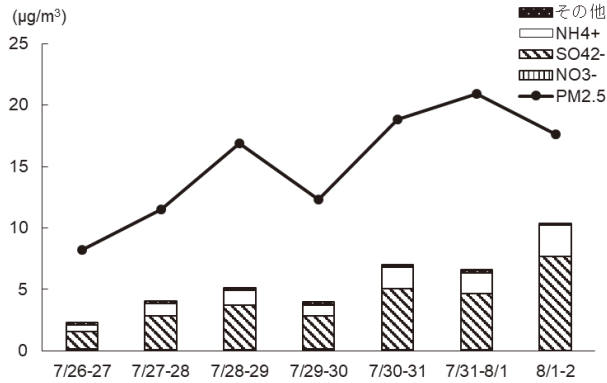


図 7-1 徳島における夏季PM2.5質量濃度と成分濃度

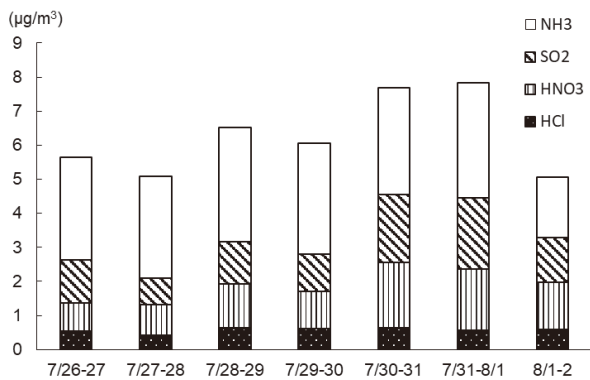


図 7-2 徳島における夏季ガス状物質濃度

図8に秋季、図9に冬季の結果について示す。春季及び夏季に比べるとPM2.5質量濃度は低濃度を推移し、共に大きな変化は見られなかった。春季と同じく、ほとんどはPM2.5質量濃度の増減に合わせて成分濃度とガス状物質濃度も増減した。冬季においては、他の季節に比べて硝酸イオン濃度が増加していた。窒素酸化物濃度に大きな変化は見られないことから、気温の低下によりガス状成分の粒子化が促進されたために濃度が増加したと推測した。アンモニウムイオン濃度についても硝酸イオンの増減に合わせて増減していることから、硝酸アンモニウムとして粒子化したことが推測される。

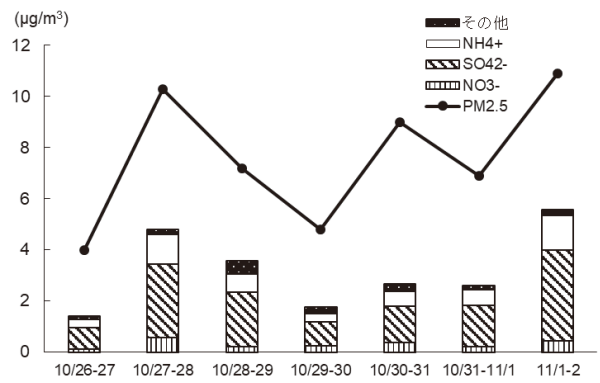


図 8-1 徳島における秋季PM2.5質量濃度と成分濃度

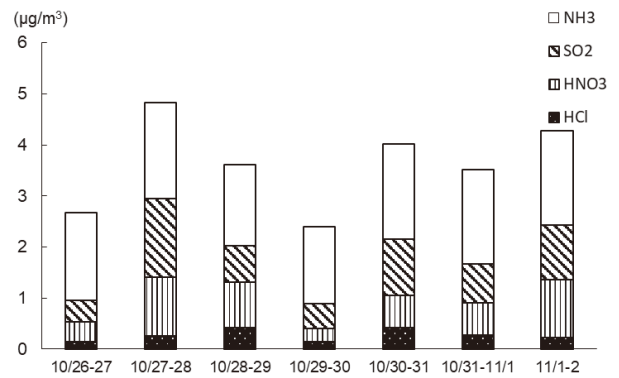


図 8-2 徳島における秋季ガス状物質濃度

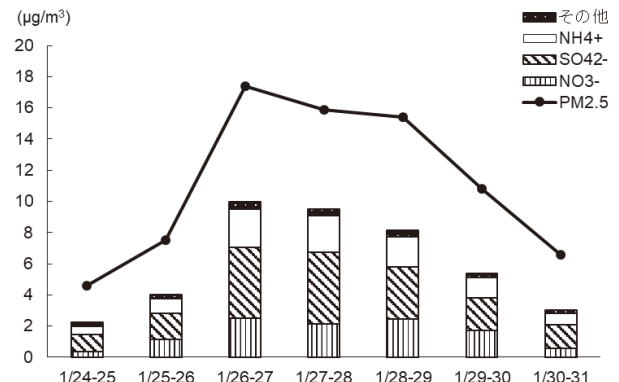


図 9-1 徳島における冬季PM2.5質量濃度と成分濃度

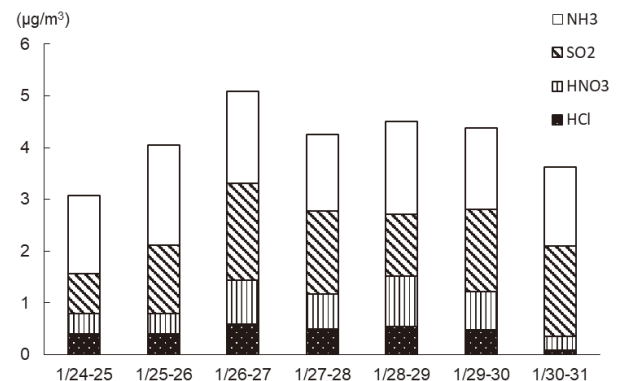


図 9-2 徳島における冬季ガス状物質濃度

#### IV まとめ

パッシブサンプラーを用いて、県内の大気中アンモニア濃度について測定を行った。県内アンモニア濃度は、季節間では夏季に高く冬季に低い傾向にあり、地域間では県東部で高く県南部で低い傾向であった。県東部の中でも、特に上板、川内で高く、上板での高濃度は、地場産業の1つである畜産関係の施設によるものであると推測したが、川内については明らかな要因は見つけられなかった。県西部では、池田の冬季におけるアンモニア濃度が低かったが、これは気温が低いことや積雪による影響が原因の1つとして挙げられる。県南部では、美波における8月の濃度が低かったが、これは降水量が多いことによる影響であると推測した。年平均濃度を全国のものと比較すると、県東部は比較的高濃度であり、中部～東北地方の太平洋側の都市に近い値であった。今回、アンモニア濃度が高い原因が不明であった川内周辺については、調査地点を増やし、調査を進めているところである。一方、県南部の濃度は全国と比較しても比較的低濃度であり、発生源の影響を受けにくい地域における濃度と近い値であった。

また、県内におけるPM2.5質量濃度とアンモニア濃度の関係性は低いと考えられ、黄砂由来のPM2.5に含まれるアンモニア量は低いと推測された。

#### 参考文献

- 1) 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会 第6次酸性雨全国調査実施要領 (2021)
- 2) 福井哲央, 國領和夫, 馬場剛, 神成陽容: 大気汚染物質排出インベントリ-EAGrid2000-Japanの年次更新, 大気環境学会誌, **49**, 117~125 (2014)
- 3) 寶示戸雅之, 林健太郎, 村野健太郎, 森昭憲: 集約的畜産地帯における大気中アンモニア濃度の実態, 日本土壤肥料学雑誌, **77**, 53~57 (2006)
- 4) 池田有里, 岩崎綾, 菊池優也, 桐原仁志, 濱村研吾, 久恒邦裕, 牧原秀明, 村田智穂, 山口高志, 山田大介, 家合浩明, 久保智子, 高石豊: 第6次酸性雨全国調査報告書2019 (令和元)年度, 全国環境研究会誌, **46** (3), 75~114 (2021)
- 5) 気象庁ホームページ: 各種データ・資料  
<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>  
(2022年8月22日現在)
- 6) 国土交通省ホームページ: 全国道路・街路交通情勢調査 (道路交通センサス) 平成27年度全国道路・街路交通情勢調査  
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/ir-data.html>  
(2022年10月3日現在)