



瀬戸内海及び四国・九州南方での大気中N₂Oの濃度観測

安藤, 広二郎
林, 美鶴
山下, 栄次
野崎, 伸夫

(Citation)

神戸大学海事科学部紀要, 3:33-40

(Issue Date)

2006-07-31

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCOI)

<https://doi.org/10.24546/00517753>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00517753>



瀬戸内海及び四国・九州南方での大気中 N_2O の濃度観測

The measurement of N_2O concentration in the air

in the Seto Inland Sea

and southern offshore of the Shikoku and Kyushu Island

安藤 広二郎, 林 美鶴, 山下 栄次*, 野崎 伸夫
Kojiro ANDO, Mitsuru Hayshi, Eiji YAMASHITA*, Nobuo NOZAKI

(平成 18 年 4 月 7 日 受付)

(Received 06, 4)

Abstract

Nitrous Oxide (N_2O) is one of the important gases of the green house gases. The average N_2O concentration of the global ocean is 320 ppb. But it is not clear to the distribution of N_2O concentration in each place. We sampled the air continuously and measured N_2O concentration in the air during the navigation of the Seto Inland Sea and southern offshore of the Shikoku and Kyushu Island from 10th Sep 2005 until 16th. The average N_2O concentration of all the periods was 282 ppb. The average N_2O concentration in the inland sea, Osaka Bay and the Seto Inland Sea and Kagoshima Bay, was 288ppb, and it in the open ocean, southern offshore of the Shikoku and Kyushu Island, was 256ppb. N_2O concentration in the inland sea is higher than that of the open ocean. The highest N_2O concentration area is Osaka Bay with 320 ppb. When the wind blows from the urban area, N_2O concentration increases, and when the wind blows from the open ocean, N_2O concentration decreases.

1. はじめに

地球温暖化ガスの代表的なものとして二酸化炭素がある。その他のガスで注目すべきものとして一酸化二窒素（以下、 N_2O ）がある。 N_2O は地球温暖化を考えるとその影響は無視できないとされている^{(1),(2),(3)}。大気中 N_2O 濃度は二酸化炭素に比べ 1/1000 程度と微量であるが、 N_2O は二酸化炭素に比べて長時間存在し温室効果も二酸化炭素の 320 倍高い^{(3),(4)}。しかし N_2O の大気中での挙動などは不明な点が多い。海洋は N_2O の発生源・吸収源としての役割を果たしており、海洋と大気の間での N_2O の交換量を定量的に明らかにすることは重要である。最も大きい N_2O 発生源は化石燃料の消費であるが陸上から沿岸にかけての大気中 N_2O 濃度の空間的な分布はわかっていない。そこで 2005 年 9 月 10 日～16 日に行われた深江丸の研究航海で大阪湾から四国南沖、九州、瀬戸内海の海上での大気中 N_2O 濃度を測定し、空間的な変動を明らかにした。

* 岡山理科大学技術科学研究所 山下 栄次

2. 測定方法

2-1. 測定海域

2005年9月10日から16日に行われた深江丸研究航海の航跡を図1に示す。深江丸を出航し、大阪湾を南下した後友ヶ島水道、蒲生田岬を通過し、四国南沖に出た。四国南沖から九州東岸に西進し、その後南下し鹿児島港に入った。復路は鹿児島港を出た後九州東岸を北上し、瀬戸内海に入っていく。各海域を図1の通り区分した。航路順に①大阪湾 a②紀伊水道③四国南沖④九州東岸 a⑤鹿児島湾 a⑥鹿児島港⑦鹿児島湾 b⑧九州東岸 b⑨伊予灘⑩安芸灘⑪燧灘⑫詫間湾内⑬備讃瀬戸 a⑭高松港⑮備讃瀬戸 b⑯播磨灘⑰大阪湾 bとした。

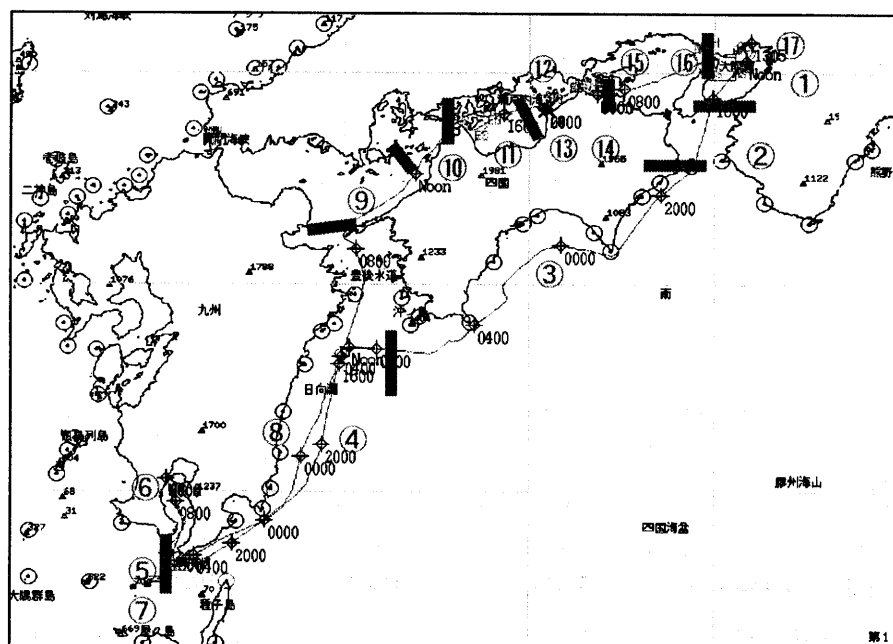


図1. 航跡図

2-2. 大気採取

大気中 N_2O 濃度を測定するために、深江丸の煙突前方にある左舷側フラッグラインに大気採取口を設け、チューブで船内に設置してある N_2O 分析器まで大気を導いた。分析器の測定セル内に水分が混入すると分析値に誤差を生じたり、故障の原因となるので、分析器の手前に乾燥カラム ($Mg(Cl_4)$: 過塩素マグネシウム) を設けた。

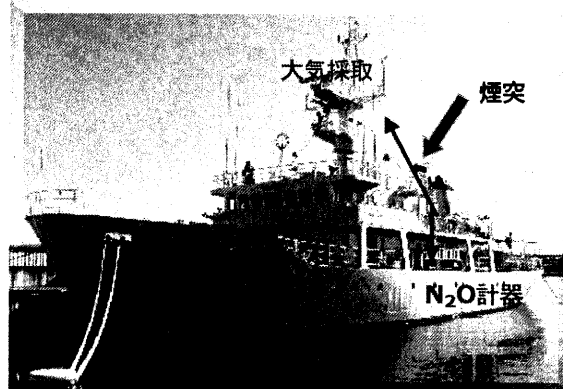


図2. 大気採取図

2-3. 分析器

大気中 N_2O 濃度の測定には、 N_2O 分析器 (ThermoElectronCo.,MODEL46C) を使用した。公称のゼロドリフトは 0.5ppm 以下、スパンドリフトは $\pm 0.1\%$ フルスケールである。また分析器の公称測定誤差は $\pm 2\%$ フルスケールである。今回使用した測定レンジは 500ppb であるので誤差は $\pm 10\text{ppb}$ 以内である。

分析器の感度は時間と共に変化する。このドリフトを補正するために 24 時間以内の任意の時間に 0 ppb ガス (ゼロガス) と 495ppb ガス (スパンガス) を測定した。一般的に個別のサンプルを測定する場合は測定の開始時にゼロガスを注入してキャリブレーションを行うが、船上の場合は振動や揺れが大きいため正しくキャリブレーションが行われにくい可能性がある。そのため今回は陸上でキャリブレーションを行い、その後分析器を船に積み込み、船上ではゼロガスとスパンガスの値を読むにとどめ船上で分析器自体のキャリブレーション作業は行わなかった。

測定データは分析器内で 30 秒平均され、10 秒おきに電圧値として出力される。このデータをパーソナルコンピュータに記録した。

3. 予備実験

3-1. 目的・方法

今回の測定で大気採取口は煙突より前方に設置した。航海中、ほとんどの場合は前方から風を受けているので、煙突からの煙を吸い込んで N_2O 濃度に誤差を与えることは少ないと思われる。しかし減速時や変針時など状況によっては船体後方からの風を受ける場合もあり、煙突の煙を吸引してしまうことが考えられる。そこで煙突の煙が N_2O 濃度測定値に与える影響を明らかにするために、本計測と同じ大気採取位置で後方から流れてきた大気を採取し N_2O 濃度を測定した。また煙突の煙を直接採取し N_2O 濃度を測定した。

3-2. 結果

予備実験の結果を表 1 に示す。後方からの風が吹いている時に採取した大気中の N_2O 濃度は①、②、また直接煙突の煙を採取し測定した N_2O 濃度は③、④、⑤である。③、④低速運行時であり⑤は通常運行時である。後方からの風が吹いているときの大気中 N_2O 濃度は一般的な全地球平均値約 320ppb と比較しても大きな違いはみられない。もし煙突煙を吸い込んだ場合は通常より遙かに高い 700~800、2000ppb などの値になることがわかる。よって今回の測定結果で異常な高い値でない限り深江丸自体からの排気の影響は無視できると考えられる。

表 1. 大気・煙突煙 N_2O 濃度

①	307	ppb
②	285	ppb
③	698	ppb
④	817	ppb
⑤	2018	ppb

4. 結果・処理

4-1. 測定生データ

計測した 10 秒毎の N_2O 濃度の全データを図 3 に示す。図中に見られる局所的に高い値や低い値は

キャリブレーションのためにゼロガスとスパンガスを計測した値であり、その場所での大気中 N_2O 濃度ではない。よってこれらキャリブレーション測定値を削除した後、以降の補正を行った。

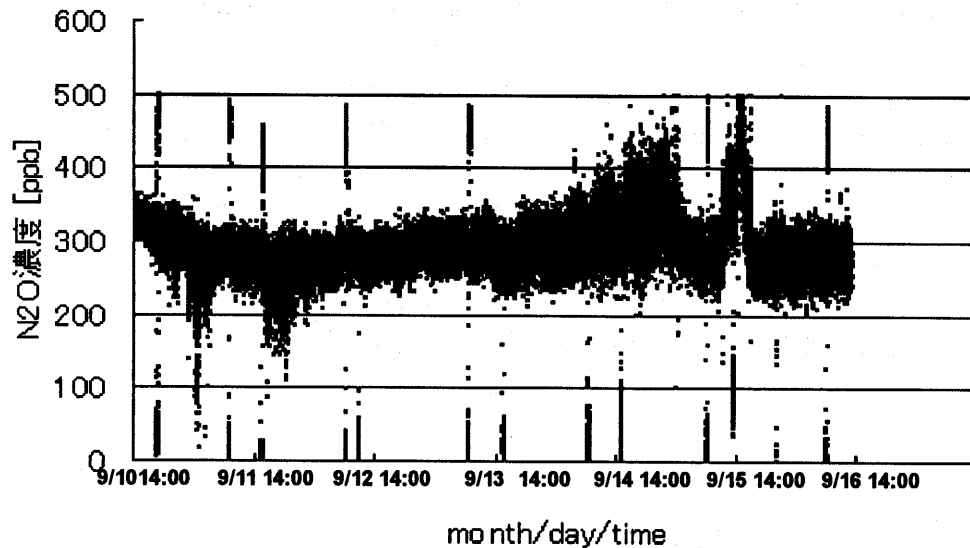


図3. 全測定 N_2O 濃度生データ

4-2. データ処理

①ドリフト補正

ゼロガス測定値の時間変化を図4示す。航海中にゼロガスを使いきってしまったため最後のゼロガス測定以降のデータは、最後の区間の補正線を外挿して補正した。計測された値を直線でつなぎ、各区間で直線から算出される補正値を用いて N_2O 濃度測定値から差分するという補正を行った。また今回は、スパンガスのドリフトがゼロガスに比べ非常に小さかったため、スパンガスでの補正は行わなかった。

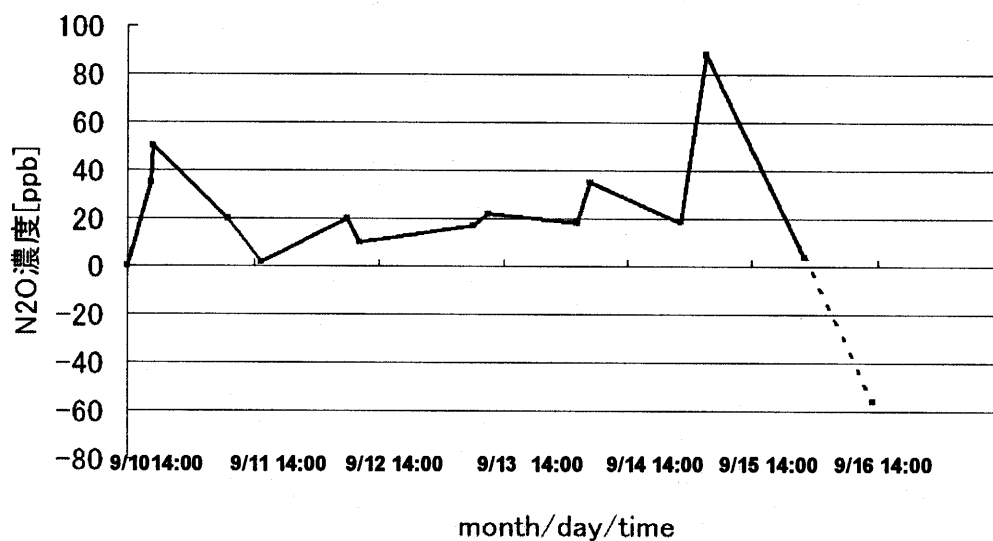


図4. ゼロガス測定値の時間変化

②移動平均

ドリフト補正後のデータを移動平均した。移動平均した N_2O 濃度の結果を図 5 に示す。分析器の公称誤差は $\pm 10\text{ppb}$ であるが、また振動や揺れなどの外的要因などにより誤差が加わる。これらの誤差を取り除くため移動平均によるフィルタをかけた。ここでは 10km 移動の濃度変動をみるとし深江丸の船速が $10\sim 12\text{knot}$ であることから 60 分間平均を 30 分ずつ移動した。

観測では同時に船内 LAN にて真風向真風速データも記録している。このデータは 1 分毎に取得しているため N_2O 濃度との比較を行うため同様の移動平均を行った。その結果を図 6 に示す。

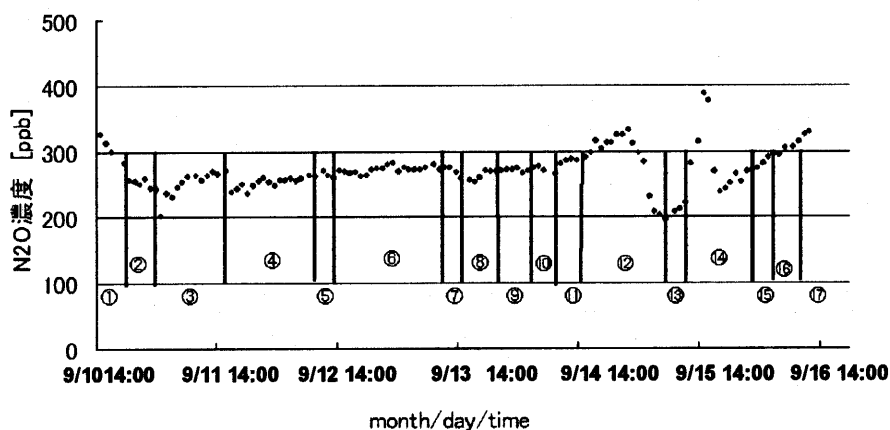
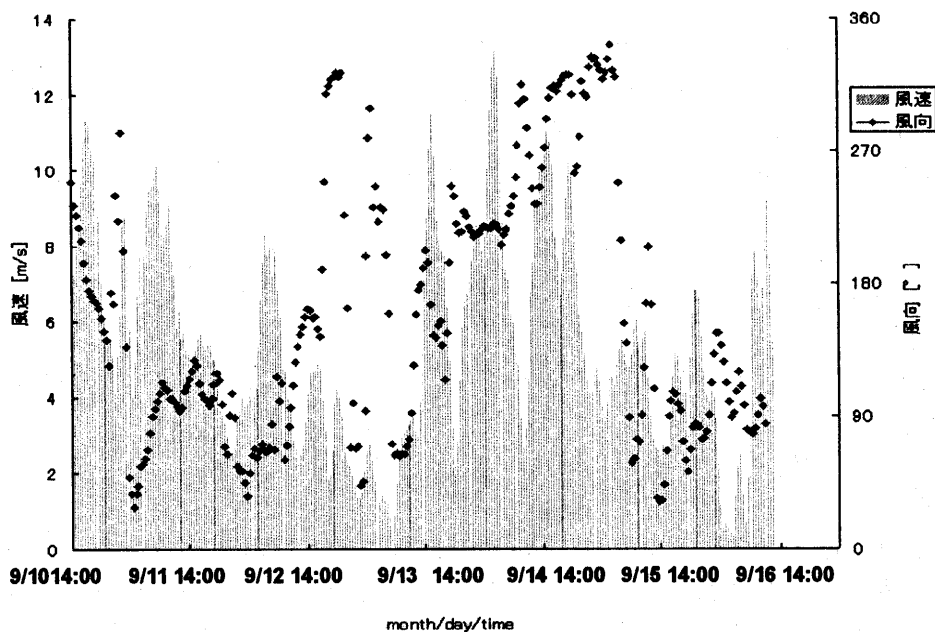
図 5. 移動平均後の N_2O 濃度時空間変動

図 6. 真風速向真風向の移動平均図

4-3. 処理後の結果

上記の補正を行った結果、今回の測定での N_2O 濃度の全体平均は 282ppb であった。 N_2O 濃度の最大値は 9 月 15 日 14:42 の高松港での 380ppb で、最低値は 9 月 15 日 7:15 で詫間湾での 192ppb であった。両者の差は 188ppb である。大阪湾、紀伊水道、鹿児島湾、鹿児島港、瀬戸内海の内海域での N_2O 濃度の平均は 288ppb で、四国南沖や九州東岸などの外洋での N_2O 濃度平均値は 256ppb であった。両者の差は 32ppb である。

深江を出航してから大阪湾を南下するにしたがい N_2O 濃度は低下した。その後友ヶ島水道、蒲生田岬を通過し、四国南沖に出て極小値 201ppb を記録する。その後九州東岸まで N_2O 濃度は 230ppb から 270ppb の間で上下している。鹿児島湾、鹿児島港に入ると徐々に濃度が増加している。鹿児島港を出港し、再び九州東岸に出ると N_2O 濃度は低下した。その後、瀬戸内海に入ると N_2O 濃度の上昇傾向が見られ詫間湾内停泊中に急激に濃度が上昇したあと急低下し、今回の測定での最低値 192ppb を記録した。湾から備讃瀬戸を通る間に N_2O 濃度は再び急上昇し、高松港で今回の測定最大値 380ppb を記録した。そしてふたたび急低下した後、高松港内の 15 日 18 時頃から上昇がみられ、備讃瀬戸、播磨灘、大阪湾に向かうにしたがい濃度は上昇した。

5. 考察

先に述べた大気中 N_2O 濃度の時間変動を定量的に考察するため各海域で N_2O 濃度と真風向・真風速を平均した。各海域での平均 N_2O 濃度、平均真風向・真風速を表 2 に示す。最も N_2O 濃度が高いエリアは大阪湾で、往路（大阪湾 a）と復路（大阪湾 b）の N_2O 濃度を平均すると 325ppb だった。最も N_2O 濃度が低いエリアは備讃瀬戸 a だが、備讃瀬戸 b と平均すると 271ppb なり、海域の平均としては外洋である四国南沖のほうが N_2O 濃度は低い。

以降各海域について考察する。

5-1. 大阪湾

大阪湾における往路の真風向は南西からである。これは外洋からの風である。一方復路での風向は東であり、陸からの風である。往路と復路の N_2O 濃度を比較すると、往路のほうが復路に比べて 10ppb 低い。これは陸地からの風は工場などから排出される煙や自動車から排出される煙などの人間活動の影響を受けて N_2O の濃度が高く、外洋からの風はそれらの影響が少ないために低いと考えられる。

5-2. 紀伊水道

紀伊水道での風向は南西で、平均 N_2O 濃度は大阪湾 a より 29ppb 低い。外洋からの風に加え、都市部から離れる方向に進行しているので N_2O 濃度が低下していたと考えられる。

5-3. 四国南沖

真風向は南東で、これは外洋からの風であり、 N_2O 濃度は紀伊水道よりも 48ppb 低い。人間活動の影響が少ない外洋での大気を測定したと仮定すると、平均 N_2O 濃度が一番高い⑩大阪湾 b との差が 87ppb あり、人間活動による影響による差であると考えられる。

5-4. 九州東岸

往路（④九州東岸 a）と復路（⑧九州東岸 b）の N_2O 濃度は 16ppb の差があった。往路の真風向は東で風あり、復路の真風向は西方向からの風である。つまり外洋からの風と陸からの風の違いにより差が生じたと考えることができる。復路で陸から風が吹いてくるときは鹿児島港での平均 N_2O 濃度と同等の値を示している。

5-5. 鹿児島湾及び鹿児島港

往路（⑤鹿児島湾 a）と復路（⑦鹿児島湾 b）での N_2O 濃度の差はほとんどない。鹿児島湾内や鹿児島港で風向変化はあるが、 N_2O 濃度に大きな変化はない。

5-6. 瀬戸内海

大阪湾を除く瀬戸内海全体での平均値は 288ppb である。瀬戸内海西側では進東するに伴い濃度は上昇傾向にあり⑪燧灘で最も高かった。瀬戸内海の中心に向かうに従い N_2O 濃度は高くなり、この間の真風向はおよそ西風である。詫間湾までは西風であるが備讃瀬戸に入ると東風に変化している。瀬戸内海での平均値よりも高かったのは⑪燧灘、⑮備讃瀬戸 b、⑯播磨灘であり、瀬戸内海での最低地は⑬備讃瀬戸であった。⑬の備讃瀬戸 b は③四国南沖よりも低い N_2O 濃度であった。一般的に内海域では N_2O 濃度は高く外洋では低いので、③は高いのではないかと思われるが、低い値となっている。その理由は分からない。

表 1. 海域別平均 N_2O 濃度・平均真風向風速

海域	N_2O 平均 濃度 [ppb]	平均真 風向 [°]	平均真 風速 [m/s]
① 大阪湾 a	320	242	9
② 紀伊水道	291	196	11
③ 四国南沖	243	130	7
④ 九州東岸 a	255	93	5
⑤ 鹿児島湾 a	260	83	7
⑥ 鹿児島港	271	160	3
⑦ 鹿児島湾 b	259	161	8
⑧ 九州東岸 b	271	218	8
⑨ 伊予灘	287	278	6
⑩ 安芸灘	286	239	11
⑪ 燧灘	307	300	8
⑫ 詫間湾内	272	277	6
⑬ 備讃瀬戸 a	233	108	5
⑭ 高松港	288	96	3
⑮ 備讃瀬戸 b	309	82	7
⑯ 播磨灘	320	88	8
⑰ 大阪湾 b	330	91	5

6. まとめ

2005年9月10日～16日に行われた深江丸の研究航海で大阪湾から四国南沖、九州、瀬戸内海の海上での大気中 N_2O 濃度を測定した。この結果、全期間平均 N_2O 濃度は 282ppb であり、内海域での N_2O 濃度の平均値は 288ppb で、外洋の N_2O 濃度平均値は 256ppb であった。 N_2O 濃度は外洋より内海域のほうが高いことがわかった。また最も大気中 N_2O 濃度が高いエリアは大阪湾で、平均 325ppb であり、最も低いエリアは四国南沖 243ppb であった。また N_2O 濃度は風向とも関係が見られ、外洋からの風の場合は陸からの風の場合に比べて低いことがわかった。

参考文献

- 1) Wang, W.C., Yang, A.A., Lacis, T. Mo and J.E. Hansen (1976): Greenhouse effects due to man-made perturbations of trace gases Since, 194, 685-690
- 2) Donner, L. and V. Ramanathan (1980): Methane and nitrous oxide; their effects on the terrestrial climate, J. Atmos. Sci., 37, 119-124
- 3) Ramanathan, V., R. J. Cicerone, H. B. Singh and J. T. Kiehl (1985): Trace gas trends and their potential role in climate change., J. Geophys. Res., 90, 5547-5566
- 4) Weiss, R. F. (1981): The temporal and spatial of tropospheric nitrous oxide, J. Geophys. Res., 86, 7185-7195