

GEP Methodを用いた 温帯林におけるメタン発生量の推定

朴 壽永・朴 鍾杰
(東京情報大学)

1

● はじめに

全球で一年間に放出されるCH₄の全体量のうち、10-30% (62-236 TgCH₄ yr⁻¹) が植物体により発生 Nature誌 (Keppler *et al.* 2006)。

植物体からのCH₄発生量をCO₂基準に換算すると1,426-5,428 Tg CO₂ yr⁻¹となり、これは全球の森林生態系によるCO₂固定量から火事や森林伐採などの土地利用変化によるCO₂放出を差し引いた量である733-5,133 Tg CO₂ yr⁻¹ (IPCC 2001a)と同程度である。

CO₂の吸収源として森林の温室効果ガスの抑制効果を評価した京都議定書の運営は危機的な状況に陥る。

木を全部切り倒した方が良いの？

2

● はじめに

Kirschbaum *et al.* (2006)の追試験の結果では、植物体によるCH₄発生量が10-60 TgCH₄ yr⁻¹となり、Keppler *et al.* (2006)に比べて (62-236 TgCH₄ yr⁻¹)非常に少ない。

IPCC (2007)は両者の見積もったCH₄発生量を紹介しながらも、全球におけるCH₄発生量の算定表に植物体からの発生量を反映させていない。

3

● はじめに

世界気象機構の全球大気監視計画
(WMO/GAW)

CH₄測定地点は、およそ130地点

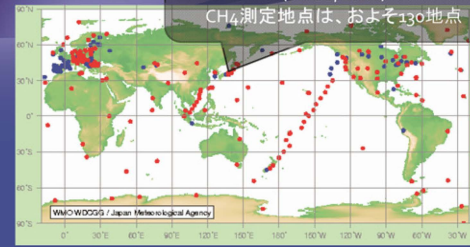


図1 World Data Centre for Greenhouse Gases
(WDCGG: 温室効果ガス世界資料センター)
出所: http://gaw.kishou.go.jp/wdogg/jp/wdogg_j.html

4

● はじめに

朴ら(2012)は屋外の広範囲を対象にした観測地点周辺からのCH₄発生を評価する手法であるGEP (Greenhouse gases Emission Presumption) Methodを開発し、温帯域に当たる日本のRyonのWDCGGデータを用いて観測地点周辺の森林の植生域によるCH₄発生濃度を推定している。

そこで、GEP Methodを用い、実験ではなく、屋外の異なる気象条件などによる季節変化や発生量の違いを考慮した複数の事例分析を行うことによって、温帯林の植生域におけるCH₄発生量の推定を可能にすることが期待できる。

5

● 研究目的

本研究では、GEP Methodを用い、温帯林の植生域におけるCH₄発生量を推定する。

具体的には、ヨーロッパの温帯域の森林の中に位置しているドイツのNeuglobsowのWDCGGデータを用い、温帯林の植生域におけるCH₄発生量を推定した。その後、Keppler *et al.* (2006) とKirschbaum *et al.* (2006)の実験結果と比較するとともに、IPCC (2001b)の換算係数を用いた発生量算定結果や、大気拡散を考慮した算定結果と比較分析を行い、本研究による推定結果の妥当性を確認した。

6

● 調査地

ドイツのNeuglobsowには、WMO/GAWのRegional station(53.17° N、13.03° E、標高65 m)が設置されており、NeuglobsowにおけるCH₄濃度の観測は1994年から行われていて、1時間平均値を入手することができる。

Neuglobsowは自然公園の中に位置している(WDCGG 2013)。

7

● データ

WDCGGサイトより、1998年から2007年までの10年間のNeuglobsowにおけるCH₄濃度と風速、風向、相対湿度、気温の1時間平均値を取得した。

また、NeuglobsowのCH₄濃度と比較分析を行うために、アイルランドの西海岸に位置し、Global station[注](53.33° N、9.90° W、標高8 m)が設置されているMace HeadのCH₄濃度も取得した。Mace Headにおいては、1時間平均値が取得できなかったため、月平均値を用いた。

注)観測所から周囲100 km以内は少なくとも50年間は土地利用・土地被覆に重大な変化がなく、しかも、人間の日常生活に起因する局地的汚染の影響が極めて小さいところであることなどがGlobal stationの立地条件である(観測部測候課1994)。

8

● 推定方法

観測データには、すでに大気中含まれている既存のCH₄濃度と観測時点で発生されたCH₄濃度が混在しているため、

それぞれの値を分けることで観測地点からのCH₄発生を推定できると考えられる。

しかし、その技術はまだ確立されていない。

9

紫外線強度と水蒸気濃度の変動によりOHラジカル濃度が夏季に高く冬季に低くなることに対応(気象庁編2010a)。

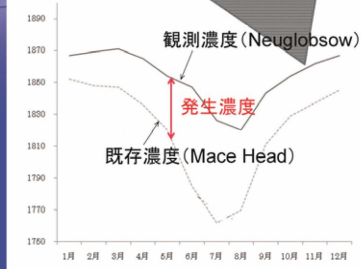


図2 観測濃度と既存濃度

10

● GEP Method

Greenhouse gases Emission Presumption Method (朴ら2012)

CH₄発生により生じたと推定される濃度差
= 観測濃度 - 既存濃度

「既存濃度」は観測地点において既に大気中に存在している濃度を指す。緯度の高低によるCH₄濃度の差が存在するため、「既存濃度」は「観測濃度」と同じ緯度の観測データが望まれる。さらに、「既存濃度」は移流の影響や観測地点におけるCH₄発生源の影響が小さい観測データであることが望ましい。

11

● GEP Methodの推定式

$$X_i = W_i - E_i \quad (1)$$

$$Y = \left(\sum_{i=1}^{12} X_i \right) / 12 \quad (2)$$

i: 1月~12月

W: 風速が一定以下でのときの「観測濃度」の月平均CH₄濃度

E: 「既存濃度」の月平均CH₄濃度

X: 月平均CH₄濃度差

Y: 年平均CH₄濃度差

12

● 結果及び考察

- 1) 気象条件によるCH₄濃度変動
- 2) 森林によるCH₄発生濃度の推定
- 3) 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出
- 4) 推定結果の妥当性

13

● 気象条件によるCH₄濃度変動

表1 CH₄濃度における風速・相対湿度・気温の重回帰分析結果

区分	標準偏回帰係数	出現数
風速0.0-0.2 m s ⁻¹	--	2,705
風速0.3-1.5 m s ⁻¹	0.28***	21,093
風速1.6-3.3 m s ⁻¹	0.27***	33,334
風速3.4-5.4 m s ⁻¹	0.12***	12,350
風速5.5-10.7 m s ⁻¹	-0.00	2,844
風速10.8-15.8 m s ⁻¹	-0.00	22
相対湿度	0.17***	72,348
気温	-0.31***	72,348
R ²	0.21***	

***p<0.001, 1998年から2007年までの1時間平均値。
--は、基準となる変数。風速についてはダミー変数処理をした。
風速の区分はビュフォード風力階級に基づいた。

14

● 気象条件によるCH₄濃度変動

表2 風速0.3-1.5 m s⁻¹のときのCH₄濃度に対する風向の重回帰分析結果

風向	非標準偏回帰係数	出現数
定数	1914.54***	
1-45°	-11.31***	1,815
46-90°	-15.65***	2,631
91-135°	8.32***	3,447
136-180°	18.19***	6,139
181-225°	--	2,883
226-270°	-7.61***	1,953
271-315°	-20.57***	2,008
316-360°	-20.12***	1,429
R ²	0.05***	22,275

***p<0.001, 1998年から2007年までの1時間平均値。
--は、基準となる変数。風向についてはダミー変数処理をした。

15

● CH₄濃度の季節変動と年平均濃度差

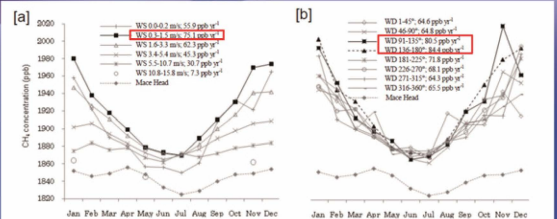


図3 CH₄濃度の季節変動と年平均濃度差

[a]は、風速別CH₄濃度の季節変動と年平均濃度差。[b]は、風速0.3-1.5 m/sのときの風向別CH₄濃度の季節変動と年平均濃度差。1998年から2007年までの1時間平均値。Mace Head は GEP Method における「既存濃度」である。

16

● 土地被覆の分類

日本の陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)データを用いて作成した。

風速0.2 m s⁻¹×60分×60秒
=半径720m圏内

風速1.5 m s⁻¹×60分×60秒
=半径5400m圏内

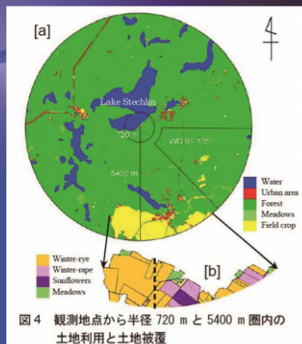


図4 観測地点から半径720 mと5400 m圏内の土地利用と土地被覆

17

● 土地利用・土地被覆別の割合と特徴

表3 半径720 mと5,400 m圏内における土地利用・土地被覆別の割合と特徴

区分	森林	水域	畑	都市	牧草地	計	主な森林の種類	反すう要素など	年平均CH ₄ 濃度差
720 m圏内	60.3	38.8	0.3	0.5	0.1	100	常緑針葉樹		55.9
5400 m圏内									
1-45°	79.4	19.7	0.1	0.3	0.5	100	混交林		64.6
46-90°	91.4	3.9	0.7	2.4	1.6	100	混交林	人口: 316[a]	64.8
91-135°	94.2	0.4	2.3	0.7	2.4	100	常緑針葉樹		80.5
136-180°	65.3	3.8	24.2	3.9	2.8	100	常緑針葉樹	半21, 牛7, 豚2	84.4
181-225°	78.9	3.2	15.3	0.8	1.8	100	常緑針葉樹	馬75	71.8
226-270°	83.5	15.0	0.2	0.4	0.9	100	常緑針葉樹		68.1
271-315°	85.5	9.1	1.4	3.4	0.6	100	混交林		64.3
316-360°	86.0	12.0	0.1	1.4	0.5	100	混交林		65.5

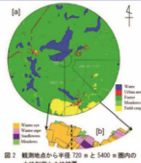
[a]はNILU(2006)を引用。森林の種類は官轄役場提供の土地利用図によるものであり、家畜の頭数は官轄役場の聞き取り調査によるものである(2010年基準)。

18

● 森林によるCH₄発生濃度の推定

風向91-135°より風向136-180°の年平均CH₄濃度差が高い原因として、風向91-135°の領域より割合の高い都市域や畑の影響が考えられるが、都市域において主な発生源がなかったため、畑と反すう家畜の影響が考えられる。

しかし、畑の割合が高く、畑作がライ麦である風向181-225°の年平均CH₄濃度差は畑の割合の低い風向91-135°より低い。



一方、風向136-180°における畑作はライ麦と菜の花、ひまわりであり、菜の花とひまわりの種から油を、残りの根・葉などを発酵させメタンを採取するが、該当域では油やCH₄を採取せずに収穫した種を販売している。

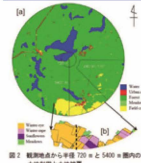
19

表4 風速0.3-1.5 m s⁻¹と風速1.6-3.3 m s⁻¹のときの風向別年平均CH₄濃度差

(単位: ppb)

区分	風速0.3-1.5 m s ⁻¹ ①	風速1.6-3.3 m s ⁻¹ ②	差 (①-②)
風向1-45°	64.6	52.0	12.6
風向46-90°	64.8	55.1	9.7
風向91-135°	80.5	71.9	8.6
風向136-180°	84.4	95.1	-10.7
風向181-225°	71.8	63.3	8.5
風向226-270°	68.1	54.3	13.8
風向271-315°	64.3	37.5	26.8
風向316-360°	65.5	47.8	17.7

t(7)=2.90, p<0.05



20

● 森林によるCH₄発生濃度の推定

CH₄発酵処理施設は風速1.6-3.3 m s⁻¹のときの風向136-180°の領域内にあり、観測地点からおよそ6,700 m離れた場所にある。CH₄発酵処理施設からのCH₄発生量は把握できなかったものの、CH₄発酵処理施設がある風速1.6-3.3 m s⁻¹のときの風向136-180°における年平均CH₄濃度差は風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向136-180°における年平均CH₄濃度差より高かった(表4)。

このことから、風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向136-180°におけるCH₄濃度差は風速1.6-3.3 m s⁻¹のときの風向136-180°の領域からの拡散の影響を受けたものと推測された。



21

● 森林によるCH₄発生濃度の推定

以上のことから、畑や反すう家畜、水域の影響がほとんどなく、主な土地被覆が常緑針葉樹である風向91-135°の年平均CH₄濃度差80.5 ppbは、主に常緑針葉樹の植生域から発生した濃度であると考えられる。

先行報告(WMO 2006)では、Neuglobsowの濃度増加の原因としてローカルソースの影響によるもの、と大まかな考察に留まっており、観測濃度が示している特徴が明らかになっていない。

本研究により、Neuglobsowにおける主なCH₄発生源は森林の植生域であり、それにCH₄発酵処理の影響を受けることでCH₄濃度が大きくなり、水域と畑の影響により小さくなるが示された。

22

● 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出

風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向91-135°の1時間平均値のCH₄濃度と気温を用い、「式(3)」より、濃度を質量に換算することで、Neuglobsowの常緑針葉樹の植生域における年平均CH₄発生量59.3 μg m⁻²が得られた。

23

● 換算式(濃度:ppb→質量:μg m⁻³)

$$Z_i = \frac{A_i \times 16.04}{22.4 \times K_i} \quad (3)$$

$$K_i = (273 + T_i) / 273$$

Z_iは質量、
A_iは1時間平均値の「観測濃度」、
16.04はCH₄の分子量、
22.4は0°C、1気圧の理想気体のmol体積、
K_iは気温補正係数、
T_iは1時間平均値の気温を示す。

24

● 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出

FAO (2001)は、全球の森林面積を39億haとし、熱帯林47%、温帯林11%、亜熱帯林9%、北方林33%の4種類に分類している。

本研究における比較対象のKeppler *et al.* (2006)とKirschbaum *et al.* (2006)が熱帯林と温帯林、北方林に分類していたため、本研究では、**温帯林(11%)**と**亜熱帯林(9%)**を合わせ、**温帯林(20%)**として計算を行った。

25

● 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出

また、UN-ECE/FAO (1992)によると、温帯林において針葉樹61%、広葉樹39%であることや、

Kitaoka *et al.* (2007)は、落葉広葉樹より常緑針葉樹からのCH₄の放出量がおよそ**3倍以上**多いと報告している。Neuglobsowの常緑針葉樹の植生域におけるCH₄発生量を「**最大**」として整理した。

26

● 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出

表5 温帯林におけるCH₄発生量の比較
(単位: TgCH₄ yr⁻¹)

区分	本研究 最大	Keppler <i>et al.</i> (2006) 最小/平均/最大	Kirschbaum <i>et al.</i> (2006) 最小/平均
北方林	--	1.1/3.0/4.2	0.6/2.8
温帯林	4.1	7.1/17.7/28.4	1.4/3.4
熱帯林	--	33.4/79.7/126.2	3.2/18.8
計		41.6/100.4/158.8	5.2/25

27

● 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出

本研究で推定された温帯林の植生域における「**最大**」CH₄発生量の4.1 Tg CH₄ yr⁻¹ (=39億ha(全球の森林面積) × 20%(全球の温帯林の割合) × 59.3 μg m⁻³(1時間当たりCH₄濃度上昇量) × 24時間 × 365日)は、Kirschbaum *et al.* (2006) に近く、Keppler *et al.* (2006)に比べ非常に低かった。

GEP Methodによる熱帯林と北方林の植生域におけるCH₄発生量はまだ確認できないものの、Kirschbaum *et al.* (2006)の推定量を支持する傾向が見られた。

28

● 推定結果の妥当性検討

まず、IPCC (2001b)は、全球におけるCH₄発生量を推定するために、1998年のCH₄濃度と年平均CH₄上昇濃度、CH₄の寿命を用い、**ppb当たり2.78 Tg CH₄**という**換算係数**を開発し、1998年の全球における年平均CH₄発生量を算出した(表6)。IPCC (2007)においても、同じ換算係数を用い、2000年から2004年までの年平均CH₄発生量を推定している。

そこで、WMO (2013b)より本研究の調査期間に当たる1998年から2007年までの10年間の年平均CH₄上昇濃度である2.7 ppbを求め、換算係数を適用した結果、1998年から2007年までの全球における年平均CH₄上昇量として7.5 Tg CH₄ yr⁻¹という値が得られた。

これは本研究の手法による算定結果の8.3 Tg CH₄ yr⁻¹に比べ**9.6%小さい**。この差を本研究で推定された温帯林の植生域におけるCH₄発生量の4.1 Tg CH₄ yr⁻¹に適用すると、**3.7 Tg CH₄ yr⁻¹(=4.1 Tg CH₄ yr⁻¹ × (100-9.6%))**という値が得られた。

29

表6 全球における年平均CH₄発生量の算定と比較

区分	本研究	換算係数による算定	IPCC (2001b)	IPCC (2007)
期間	1998-2007	1998-2007	1998	2000-2004
年平均CH ₄ 上昇濃度 (ppb)	2.7[a]	2.7[a]	8	0.2
手法、又は、換算係数 (Tg CH ₄ ppb ⁻¹)	本研究	2.78	2.78	2.78
年平均CH ₄ 発生量 (Tg CH ₄ yr ⁻¹)	8.3	7.5	22.2	0.6
計算式	$\text{① } (8.3 \text{ Tg CH}_4 \text{ yr}^{-1} = 1.86 \mu\text{g m}^{-3} (\text{1時間当りのCH}_4 \text{濃度上昇量}) \times 510 \text{億 ha (地球表面積)} \times 24 \text{時間} \times 365 \text{日})$ $\text{② 式(1)に } 2.71.86 \mu\text{g m}^{-3} \text{を算出した。但し、式(1)の } \mu\text{g m}^{-3} \text{は年平均CH}_4 \text{上昇濃度 } 2.7 \text{ ppb} \text{。Tは全球の年平均気温 (1998-2007)の } 10.4^\circ\text{C} \text{ (b)を適用した。}$			

[a]はWMO (2013b)を引用。[b]はGISS (2012)から算出した。[c]はIPCC (2001b)を引用。

30

● 推定結果の妥当性検討

次に、移流と拡散の影響を確かめた。まず、**静穏時の風速**0.0-0.2 m s⁻¹の年平均CH₄濃度差55.9 ppb(図1の[a])を用いることで、**移流の影響を排除した**。風速0.0-0.2 m s⁻¹のときの1時間平均CH₄濃度は、主に森林により増加し、水域により希釈され、減少する(表3)。すなわち、希釈による減少は**拡散**によるものと考えられる。

そこで、拡散前の濃度を評価するために、風速0.0-0.2 m s⁻¹の領域内に位置するLake StechlinはCH₄吸収源である(Grossart *et al.*, 2011)ことから、水域による年平均CH₄濃度差を0とし、**拡散前の森林による年平均CH₄濃度差91.9 ppbを算出できた**(55.9 ppb=(60.3%÷99.1%×99.1%×水域による年平均CH₄濃度差)+(38.8%÷99.1%×水域による年平均CH₄濃度差)、55.9 ppbは風速0.0-0.2 m s⁻¹における拡散後の年平均CH₄濃度差、99.1%は森林:60.3%と水域:38.8%の合計)。

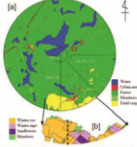


図1 湖Steclinから半径 100 m と 500 m 圏内の年平均CH₄濃度差

31

● 推定結果の妥当性検討

91.9 ppbは風速0.3-1.5 m s⁻¹の風向91-135°のときの年平均CH₄濃度差60.5 ppbに比べ**14.2%大きい**。14.2%の差を本研究で推定された温帯林の植生域におけるCH₄発生量の4.1 Tg CH₄ yr⁻¹に適用することで、**4.7 Tg CH₄ yr⁻¹(=4.1 Tg CH₄ yr⁻¹ × (100+14.2%))**という値が得られた。

なお、表3の風速0.3-1.5 m s⁻¹における8方位すべての年平均CH₄濃度差は風速0.0-0.2 m s⁻¹における年平均CH₄濃度差より高く、表4の風向136-180°における拡散のように、風速0.0-0.2 m s⁻¹のCH₄濃度は風速0.3-1.5 m s⁻¹からの拡散による影響を含んでいると考えられる。

そのため、14.2%の差幅は小さくなる可能性があり、また、4.7 Tg CH₄ yr⁻¹を温帯林の植生域におけるCH₄発生量として採用するには制約がある。

32

● 推定結果の妥当性検討

以上の結果より、本研究の推定量4.1 Tg CH₄ yr⁻¹は比較方法によって9.6%高い、又は、14.2%低かったものの、誤差の許容範囲内と考えられ、本研究のCH₄発生量推定結果は妥当であるといえよう。



森林は無罪である！
木を切り倒してはいけません！

33

● おわりに

本研究では、ドイツのNeuglobsowのWDCGGデータを用いてGEP Methodを適用し、温帯林の植生域におけるメタン発生量を推定した。その結果、温帯林の植生域におけるCH₄発生量は4.1 Tg CH₄ yr⁻¹と見積もられた。

この値はKeppler *et al.* (2006)に比べ非常に低く、Kirschbaum *et al.* (2006)を支持するものであった。推定結果の妥当性を調べた結果、推定値はIPCCの換算係数によるものと比べ9.6%高く、大気拡散の影響評価結果と比べ14.2%低かったものの、誤差の許容範囲内であり、推定結果は妥当であると考えられた。

34

● 引用文献

- Bell C. H., D. J. Hill, 1987. A clustering technique for summarizing multivariate data. *Behavioral Science*, Vol. 12, pp.153-155.
- FAO, 2013. *State of the world's forests 2013*. In <http://www.fao.org/docrep/003/y0906/y0906e00.htm>. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 外務省, 2013. 気候データ. In <http://www.mofa.go.jp/mofaj/e/affairs/p/paramony/data.html>. 外務省, 東京.
- GISS, 2012. Global Land-Ocean Temperature Index in 0.01 degrees Celsius. In http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB_Ts.txt.
- NASA Goddard Institute for Space Studies, Washington D.C.
- Crossed Hans-Peter, Katharina Frieda, Claudia Dossilas, Werner Eckert, and Kam W. Tang, 2011. Microbial methane production in oxygenated water column of an oligotrophic lake. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Vol. 108, No. 49, pp. 19657-19661.
- IPCC, 2001a. Chapter 3. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, New York, pp.246-251.
- IPCC, 2001b. Chapter 4. Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, New York, pp.246-251.
- IPCC, 2007. Chapter 7. Coupling Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, New York, pp.541-542.
- 石塚 純也・高橋 正通, 2009. 森林生態系は地球温暖化を促進するものか? 植物体によるメタン発生」の連続観測結果と評価. 国土学季報の特別号. 森林科学, Vol. 47, pp.87-89.
- JAXA, 2013. 陸域観測技術衛星「だいち」. In <http://www.jaxa.jp/pr/rocure/pdf/04/04a01.pdf>. 宇宙航空研究開発機構, 東京.
- 環境省, 2013. 地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る実行計画策定マニュアル及び温室効果ガス削減目標算定方法ガイドライン. In http://www.env.go.jp/policy/ical/teikoku/jmshh/mansai/pdf/環境省_温室効果ガス削減目標算定方法ガイドライン.pdf.
- Keppler F., John F. O. Hillison, Marc Bira, Thomas Rockmann, 2006. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. *Nature*, Vol. 439, pp.187-191.
- Kirschbaum M.U.P., Din Bruhn, David M. Etheridge, John R. Evans, Graham D. Farquhar, Roger M. Gifford, Keryn I. Piel, Anthony J. Winters, 2006. A comment on the quantitative significance of aerobic methane release by plants. *Functional Plant Biology*, Vol. 33, pp.521-530.

35

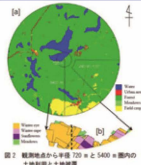
● 引用文献

- 気象庁, 2013a. IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書概要及びよくある質問と回答. In http://www.data.kishou.go.jp/aimet/pcpr/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_ar4_fac_all.pdf. 気象庁, 東京.
- 気象庁, 2013b. 気候変動予測-気候変動予測方法. In http://www.jma.go.jp/mf/kishou/know/katouku_guide/c4.html. 気象庁, 東京.
- 気象庁, 2013c. [刊行物]大気・海洋環境観測報告-メタン. In http://www.data.kishou.go.jp/gbs-env/iodom/reporthm2_2.html. 気象庁, 東京.
- Kirschbaum S., T. Takami, T. Koike, H. Tsuboi, A. Usui, M. Kikui, Y. Maruyama, K. Sasaki, H. Usui, 2007. Methane Emission from Leaves of Larch, Birch and Oak Saplings Grown at Elevated CO₂ Concentration in Northern Japan - Preliminary Study. *Journal of Agricultural Meteorology*, Vol. 63, No. 4, pp.201-206.
- 京都協定書, 2013. 気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書. In <http://www.mofa.go.jp/mofaj/e/affairs/treaty/020413.html>. 外務省, 東京.
- 日本自動車工業会, 2013. 世界最新-普及率. In <http://www.jama.or.jp/world/world/0211.html>. JA-MAGAZINE. In <http://www.jama.or.jp/industry/200903/03.html>. 日本自動車工業会, 東京.
- NILU, 2013. DE07 Neuglobsow. In <http://www.nilu.no/projects/ccc/dddescription/ddd07.html>. Norwegian Ins-titute for Air Research, Kjetil.
- 野尻崇実, 2013. 閉鎖性水域からの放出量の解明に関する研究. In <https://www.env.go.jp/earth/shushin/iseise/pdf/144B0260.pdf>. 環境省, 東京.
- 林業水産部-平井 和雄, 2002. 温帯林の植生域におけるメタン(CH₄)発生. *シズカム* Vol. 28, No. 1, pp.1-8.
- UNECE/FAO, 1992. Part I. Basis forest resource data. In *The forest resources of the temperate zones The UNECE/FAO 1990 forest resource assessment Volume I General forest resource information*. United Nations Publication, New York, 20p.
- WDCGG, 2013. DataQuick Plot. In <http://tds.data.jma.go.jp/mf/mfodog/igp-bin/wdcgg/catalogue.cgi>. 温室効果ガス観測技術センター, 東京.
- WMO, 2008. The German Contribution to the GAW Programme. Upon the 25th Anniversary of GAW Hohenpeißenberg Observatory No.167. WMO TD No. 1336, 102 p.
- WMO, 2013. GAW Report No. 184. In http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD_1472_GAW184_web.pdf. World Meteorological Organization, Geneva.
- WMO, 2013b. WMO Greenhouse Gas Bulletin. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Using Global Observations through 2007. In <http://www.internationalpublicrelationsjournal.com/issue4-4.html#english.pdf>. World Meteorological Organization, Geneva.

36

● 森林によるCH₄発生濃度の推定

次に、風向91-135°と同じく森林の割合が9割を超えている風向46-90°の年平均CH₄濃度差は、風向91-135°に比べ24%低い。表3の風向別の森林の種類と年平均CH₄濃度差をみると、混交林の正確な混交比率は確認できなかったものの、常緑針葉樹の領域における年平均CH₄濃度差が混交林より高い傾向を示している。



このことから風向91-135°の年平均CH₄濃度差が風向46-90°より高い理由として、森林の種類の違いが関係していると考えられる。

37

● 半径5,400 m圏外からの移流による影響

表4をみると、風向136-180°を除いたほかの風向の差はプラスを示しており、風向別のそれぞれの差にばらつきがある。風速0.3-1.5 m s⁻¹と風速1.6-3.3 m s⁻¹のときの風向別の年平均CH₄濃度差を用いたt検定の結果、風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向別年平均CH₄濃度差は風速1.6-3.3 m s⁻¹より有意に高かった(t(7)=2.90, p<0.05)。

風速1.6-3.3 m s⁻¹のときの風向136-180°に当たる領域の土地は主に畑として利用されており、CH₄発酵処理施設がある。

こうしたことから、風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向136-180°を除いたほかの風向における年平均CH₄濃度差は、主にそれぞれの該当域における土地利用の影響によるものと考えられた。

なお、風速3.4-5.4 m s⁻¹と風速5.5-10.7 m s⁻¹、風速10.8-15.8 m s⁻¹のときの風向別年平均CH₄濃度差は、風速0.3-1.5 m s⁻¹のときのCH₄濃度差と比べ低かったため、移流の影響はないと考えられた。

38

● 森林によるCH₄発生濃度の推定

風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向91-135°と136-180°の年平均CH₄濃度差が他の風向における値より高く、風速0.3-1.5 m s⁻¹のときの風向91-135°と136-180°の水域の割合が風向181-225°を除いた他の風向における値より低い。

Neuglobsowの観測地点周辺に位置するLake Stechlinにおいて、最も高かった場所のCH₄発生濃度は1.8-2.4 nM h⁻¹であり(Grossart *et al.* 2011)、水温に依存する大気メタンの平衡溶解度が2-5 nMである(野尻2013)。このことから、年平均CH₄濃度差は水域の影響を受けて低くなる傾向が示唆された。

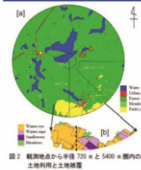


39

● 森林によるCH₄発生濃度の推定

風向136-180°において反すう家畜がみられるが、風向181-225°より家畜数が少ないため、家畜によるCH₄濃度増加の影響は少ないと推測される。

こうしたことから、風向136-180°の年平均CH₄濃度差が最も高い理由、CH₄発酵処理施設からの拡散の影響によるものと推測された。



水域の割合が少ない風向181-225°の年平均CH₄濃度差が低い理由は、ライ麦の畑によるものと推測される。

40

● 気象条件によるCH₄濃度変動

こうしたことから、NeuglobsowにおけるCH₄濃度の増加は風速0.3-1.5 m s⁻¹の風向91-135°と136-180°のときの影響が最も大きいと考えられる。

41

● 結果及び考察

- 1) 気象条件によるCH₄濃度変動
- 2) 森林によるCH₄発生濃度の推定
- 3) 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出
- 4) 推定結果の妥当性

42

● 結果及び考察

- 1) 気象条件によるCH₄濃度変動
- 2) 森林によるCH₄発生濃度の推定
- 3) 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出
- 4) 推定結果の妥当性

● 結果及び考察

- 1) 気象条件によるCH₄濃度変動
- 2) 森林によるCH₄発生濃度の推定
- 3) 温帯林の植生域におけるCH₄発生量の算出
- 4) 推定結果の妥当性