

湿原の泥炭土層におけるメタンの蓄積に関する研究

東京大学

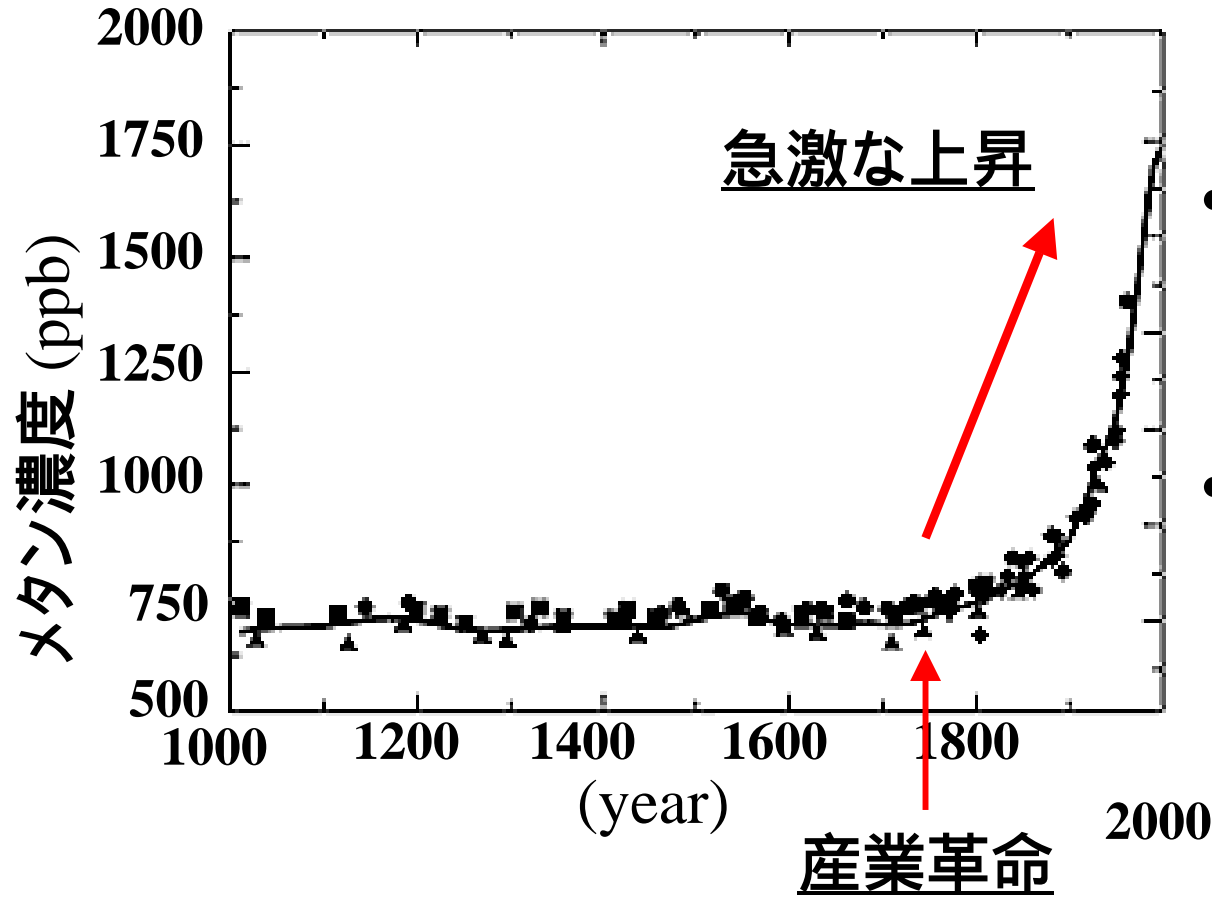
大学院農学生命科学研究科

環境地水学研究室

常田岳志

研究の背景

大気中メタン濃度の増加



- 温室効果ガスである大気中メタン濃度の増大
- 自然界からの排出も多い

(IPCC Climate Change 2001による)

湿地からのメタン放出の重要性

グローバルスケールでのメタン放出量は、メタンの消失量により規定される(消失量はかなり正確に推定できる)

約600Tg/year

そのうち湿地からの放出量は、

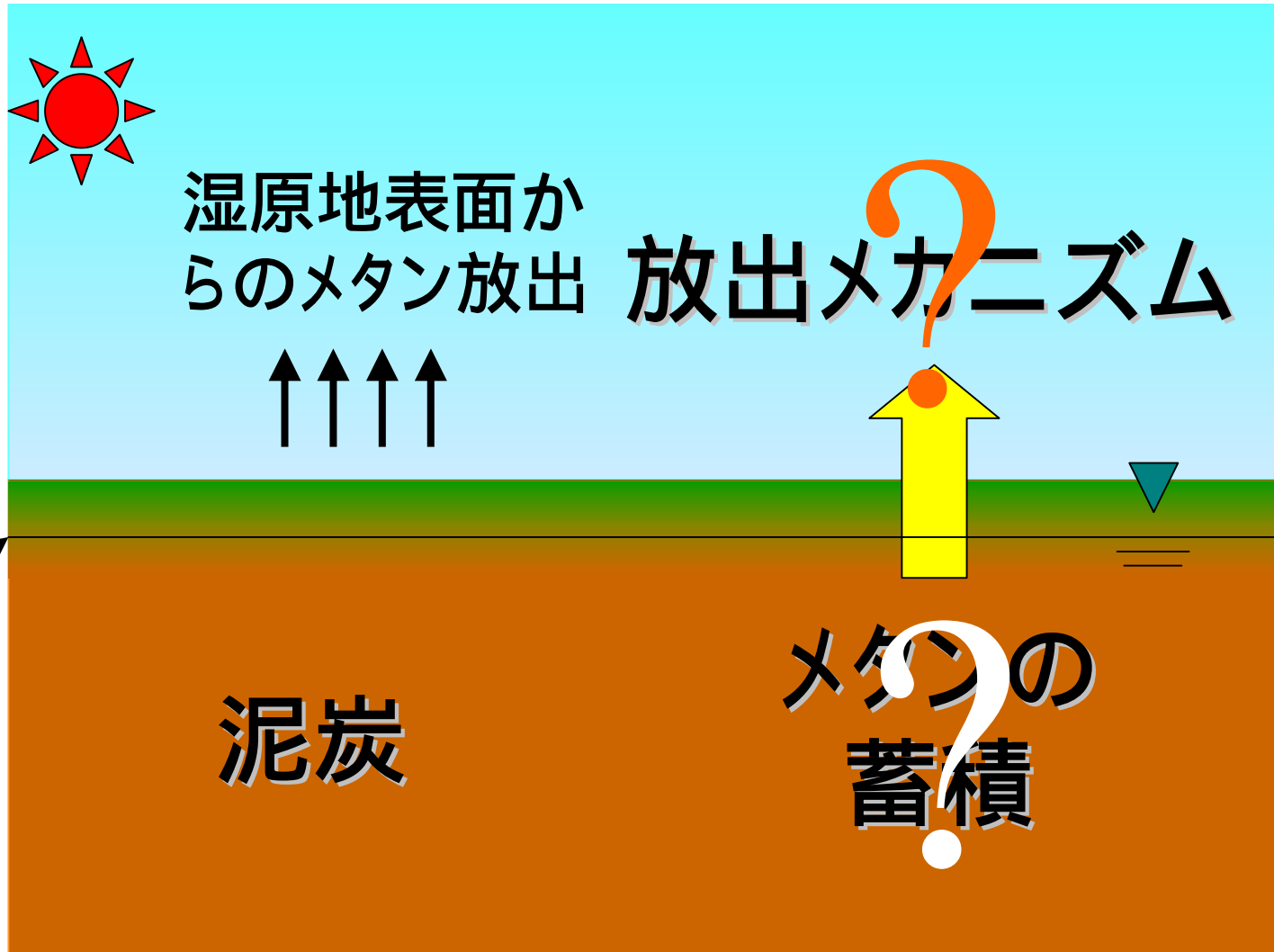
92Tg/yr(Cao, 1998) ~ 237Tg/yr(Hein, 1997)

と、(大きな誤差を含んでいるがいずれにせよ)

最も大きい放出源とされている

研究の背景

メタン放出源としての湿原



もう一つの背景

湿原の生成・維持にとって、**水の動き** (地下水流動, 地下水位変動) は極めて重要な要素

高い地下水面により実現される還元状態が有機物分解を抑制し、泥炭を形成・維持している。

今のところ、湿原の高い地下水位が実現されるメカニズムは明らかにされていない

しかしながら、いくつか興味深い研究がある・・・

Past Studies 1 –Field Studies

- Dinel, H. et al. 1988. A field study of the effect of depth on methane production in peatland waters: Equipment and preliminary results. *J. Ecol.* 76:1083-1091
- Buttler, A. J. et. al. 1991. The relation between movement of subsurface water and gaseous methane in a basin bog with a novel instrument. *Can. J. Soil Sci.* 71:427-438.
- **Their studies indicate that methane is occluded in the gaseous phase in amounts significant enough to influence water movement.**

Past Studies 2 –Laboratory Studies

- Reynolds, W. D. 1992. Effect on in-situ gas accumulation on the hydraulic conductivity of peat. Soil science, 153:397-408.
- Clive, W. B. 2001. Effect of biogenic gas bubbles on water flow through poorly decomposed blanket peat. Water Resour. Res. 37:551-558.
- **They showed that presence of gas bubbles, especially methane, appeared to have a major effect on hydraulic conductivity.**

どんなジャーナル？

<i>Journal</i>	Category	Times	IF
<i>Glob. Biogeochem. Cycl.</i>	Geo. Sci. or Environ. Sci.	8	3.08(3or2)
<i>Nature</i>		7	25.8
<i>J. Geophys. Res.</i>	Geo. Sci.	4	2.68(6)
<i>Geochim. Cosmochim. Acta</i>	Geochem. & Geophys.	4	2.53(5)
<i>Soil Biol. Biochem.</i>	Agri., Soil. Sci.	4	1.75(1)
<i>App. Environ. Microbiol.</i>	Biotech. & App. Microbiol.	3	3.39(13)
<i>FEMS Microbiol. Ecol.</i>	Microbiol.	3	2.44(26)
<i>Atmos. Environ.</i>	Environ. Sci.	3	1.94(12)
.....

土壌物理分野の雑誌, SSSA, Soil Sci., WRR etc. は入ってきません...

研究の位置づけ

Journal の種類からわかること

湿原のメタンを対象にした研究は山ほどあるが…

- Geo-が多い → **マクロスケール**
(e.g. グローバルなメタン収支の研究)
- bio-も多い → **ミクロスケール**
(e.g. メタン資化菌の培養)

研究の位置づけ

しかしその間をつなぐ**メソスケール**な研究はあまりない

そのため…



- 土層のどこでメタンが生成されるのか？ (地下水面下or嫌気的マイクロサイト？)
- 生成されたメタンはどのように土中に存在しているのか？ (存在形態)
- メタンはどのようにして湿原表面から放出されるのか？ (植物体を通るもの, 溶存メタンの拡散, バブリング？) (放出・移動メカニズム)

といったことは, 不明なまま

メタンの存在形態を調べる

湿原は水浸し(湛水状態)



メタンは溶存状態で存在しているとされる

But! メタンは水にほとんど溶けない



地下水面下に**気泡**があるんじゃないか？

目的

- 泥炭土層中に蓄積されているメタンの存在形態とその分布を、定量的に明らかにすること。

フィールド調査 (2001年10月)

対象地：美唄湿原 (北海道)



調査地点

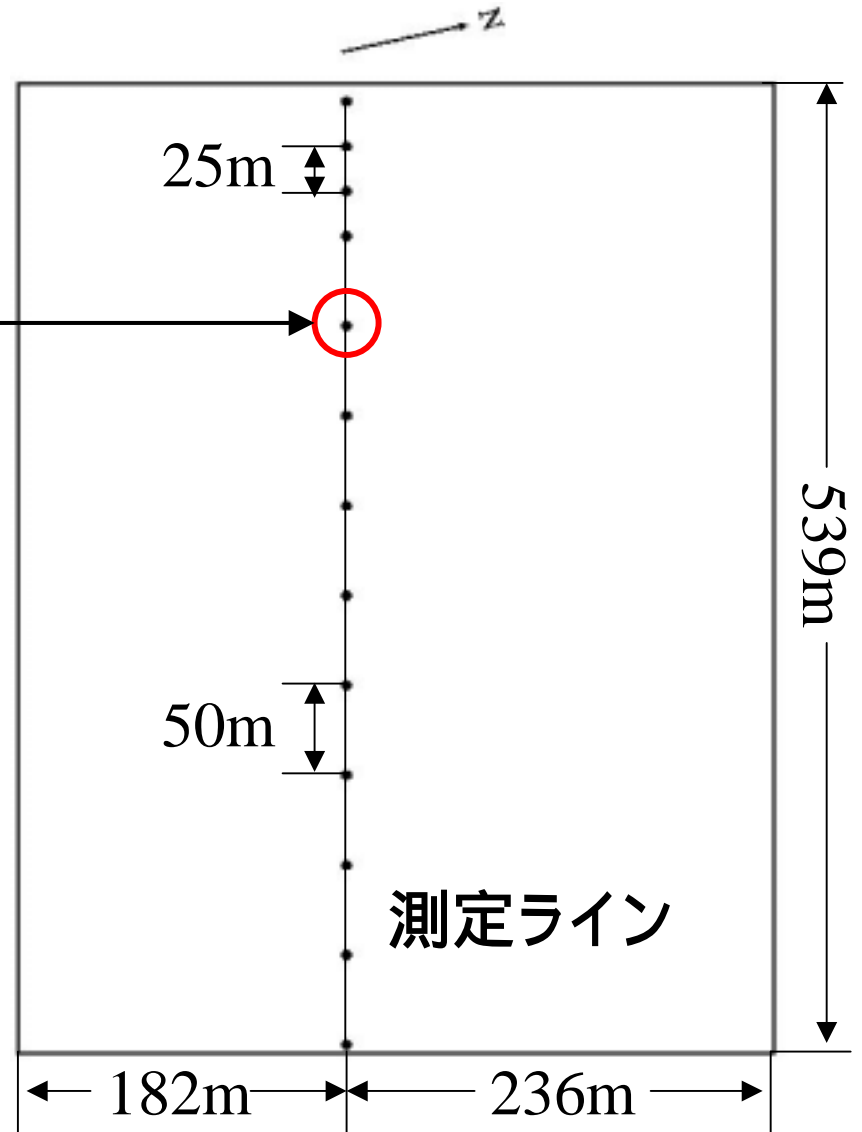
東西方向の1ライン

典型的な結果が現れた,
1地点の結果のみ示す

地下水位

ほぼ湛水(地表下2.3cm)

前日までの台風と秋雨前線による大雨の影響



美唄湿原平面図

調査項目と方法

ガス採取と分析

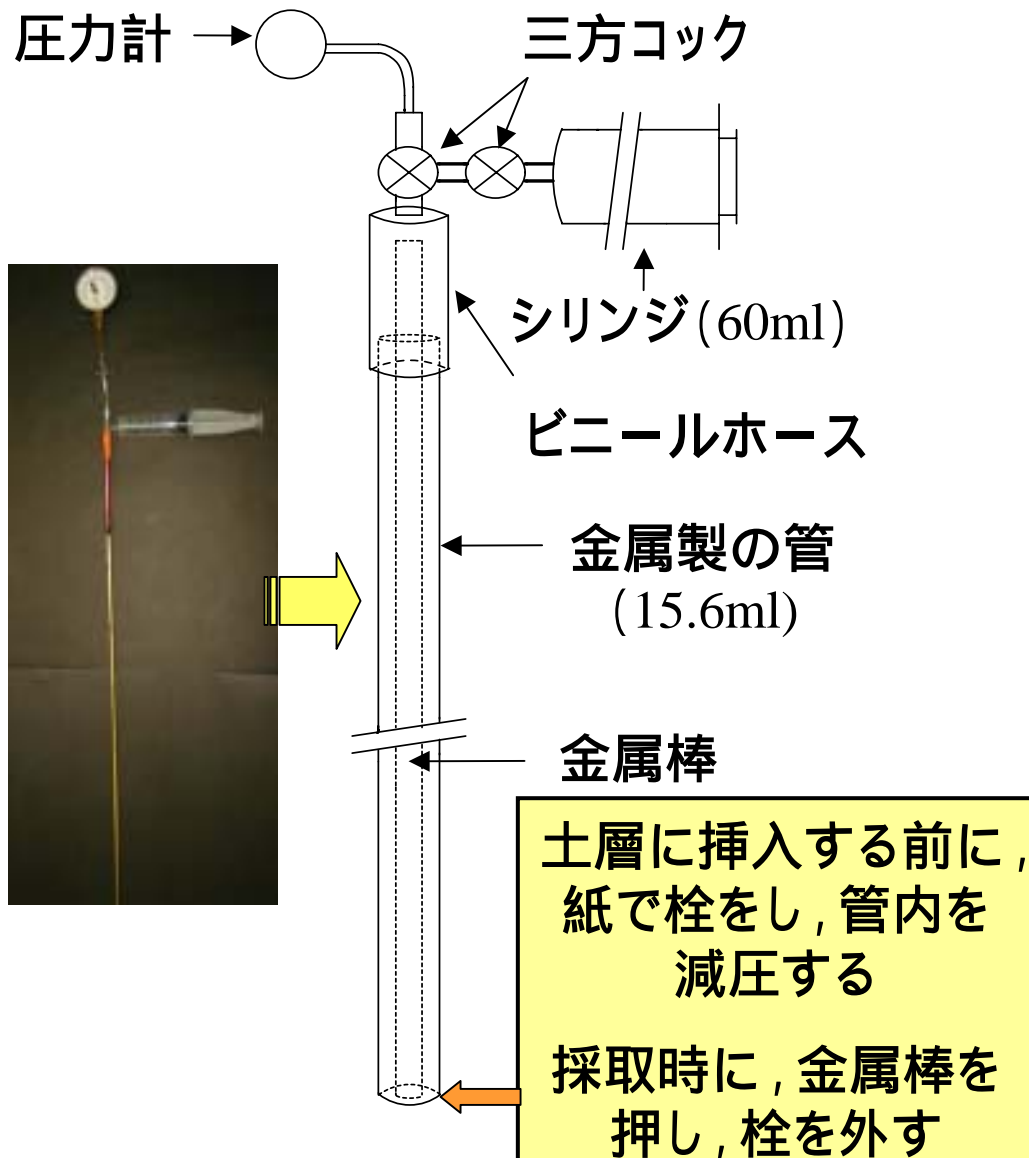
泥炭土層からガスを採取
(実際に採取された:後述)

ガスクロマトグラフによる, 組成分析

検出器

メタン FID

CO₂, O₂, N₂ TCD



ガス採取管

採取した深さ: 10cm間隔で100cmまで

気相率の推定



全体の体積から固相率 (V_s) と体積含水率 (V_w) を引き、気相率 (V_a) を得る

しかし、長さ1m、測定範囲が半径30cmもあるので、土を使ったキャリブレーションは実際上は
不可能！

ら土壤水分を推定する

ちゃんとした測定には、その土を使ったキャリブレーションが必要

Profile Probe

幸運にも誘電率と の関係は分かっている²ので, Profile Probe
の出力 (mv) と誘電率の関係が分かればいい...



誘電率が既知の液体にProfile Probeを入れて, 出力を読む

水(誘電率約80)とエタノール(25)の誘電率の違いを利用し,
両者を様々な割合で混合すれば, いろいろな誘電率を持つ
液体を作れる!

1. Profile Probe による体積含水率測定

➤キャリブレーション

電圧 → 誘電率 → 体積含水率

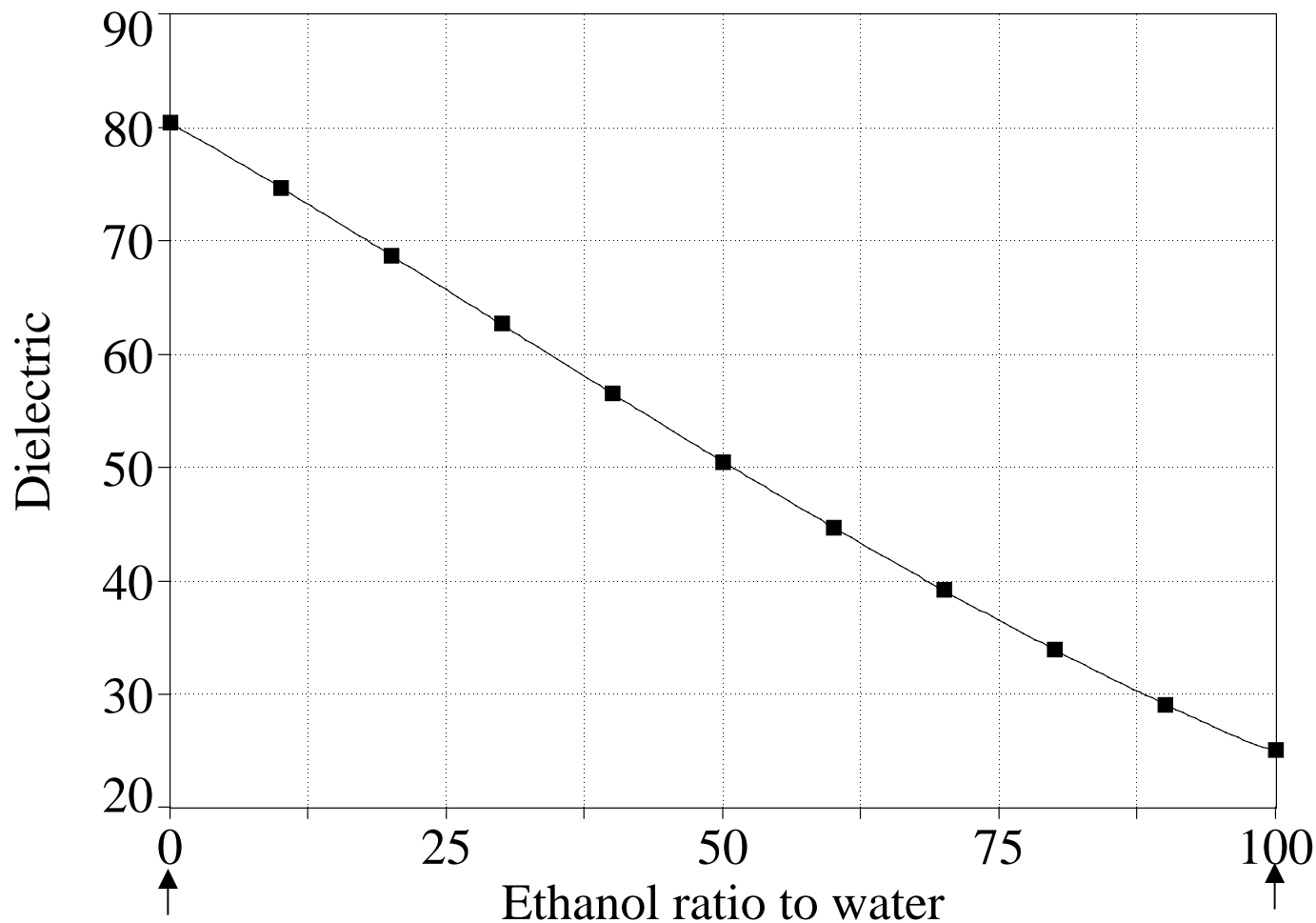
↑
水・エタノール
溶液

↑
黒田ら, 1997²

² 黒田ら TDRによる粘土および泥炭の水分計測について 農業土木学会講演要旨集 45-45 (1997)

水とエタノールを混ぜたときの誘電率

The relationship between water-ethanol mixture and dielectric

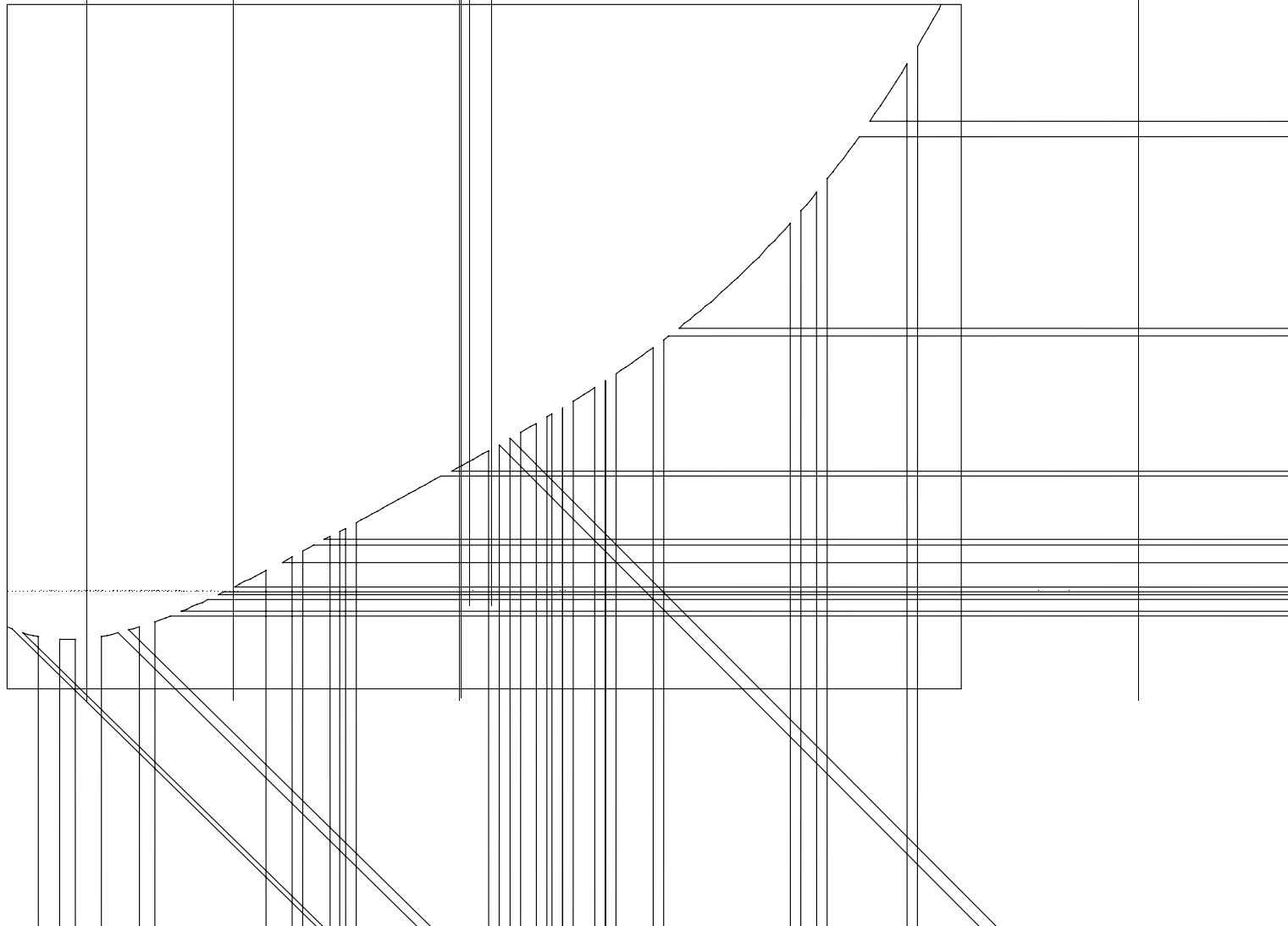


全部, 水

全部, エタノール

これを利用して測定した, Profile Probe

The relationship between the Profile Probe outputs and dielectric



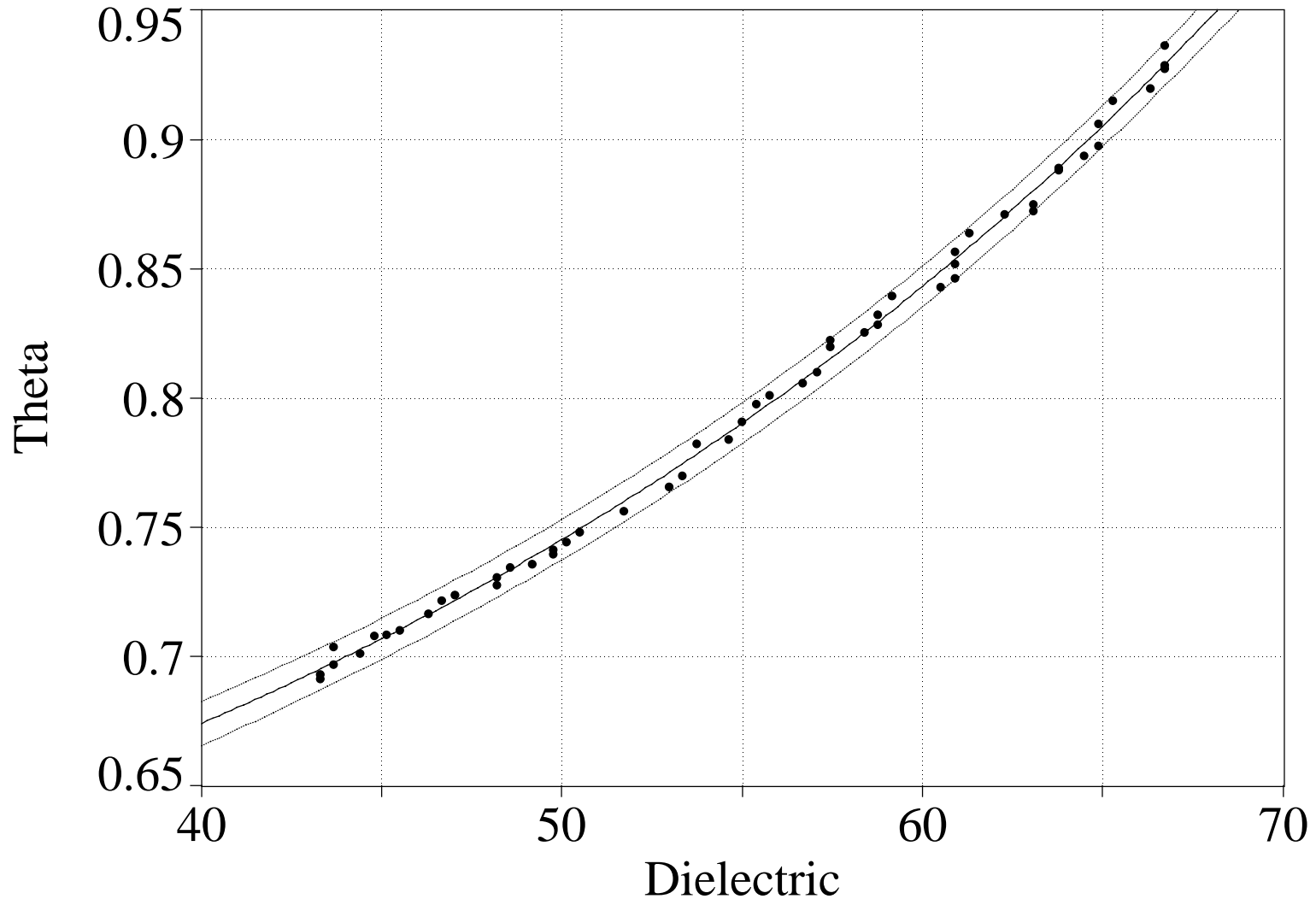
Peat theta vs dielectric

Rank 1 Eqn 8002 $y=a+b\exp(-x/c)$ [Exponential]

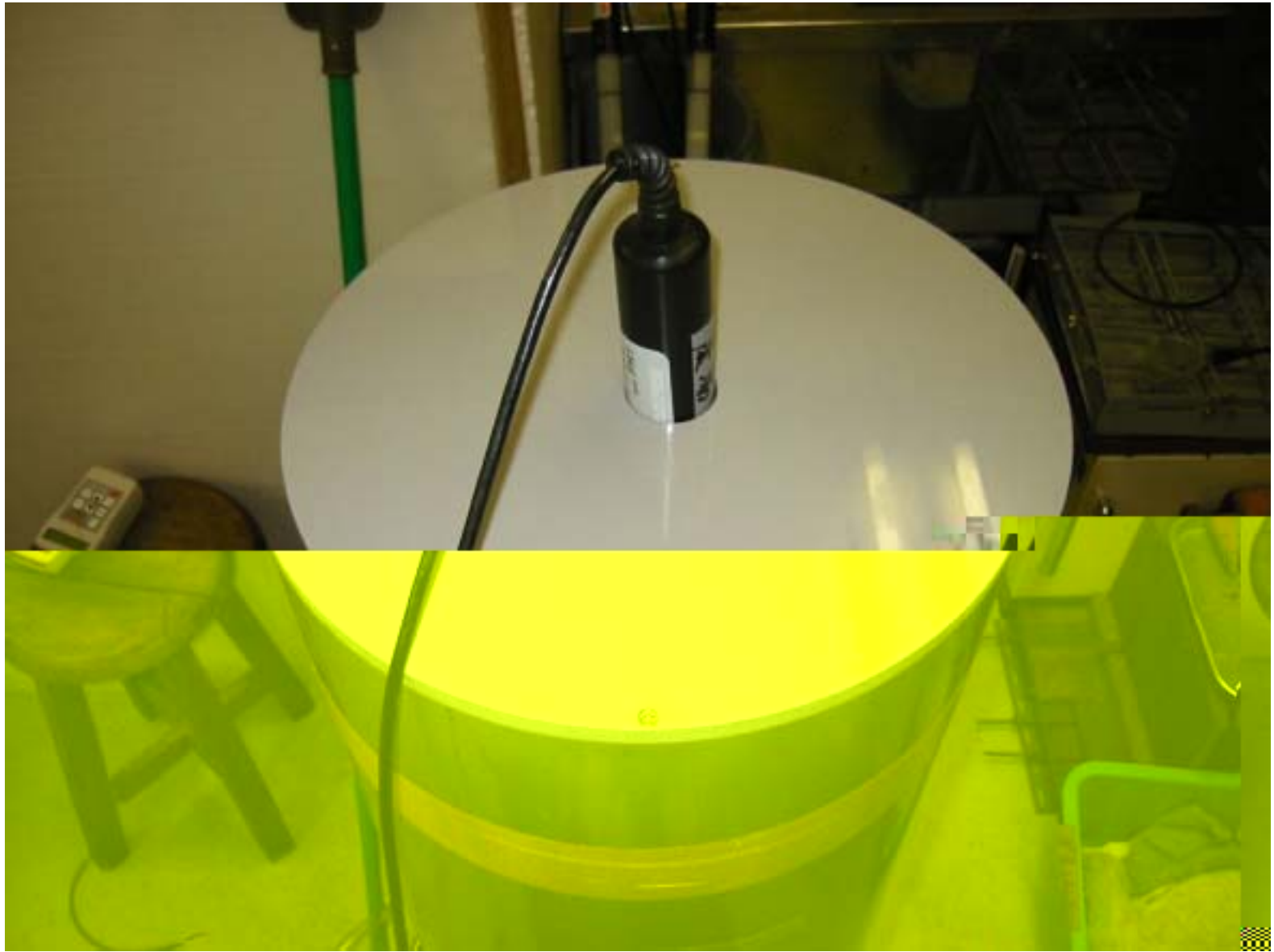
$r^2=0.997467983$ DF Adj $r^2=0.997312962$ FitStdErr=0.00384369075 Fstat=9848.55262

$a=0.4852978$ $b=0.052406156$

$c=-31.251345$









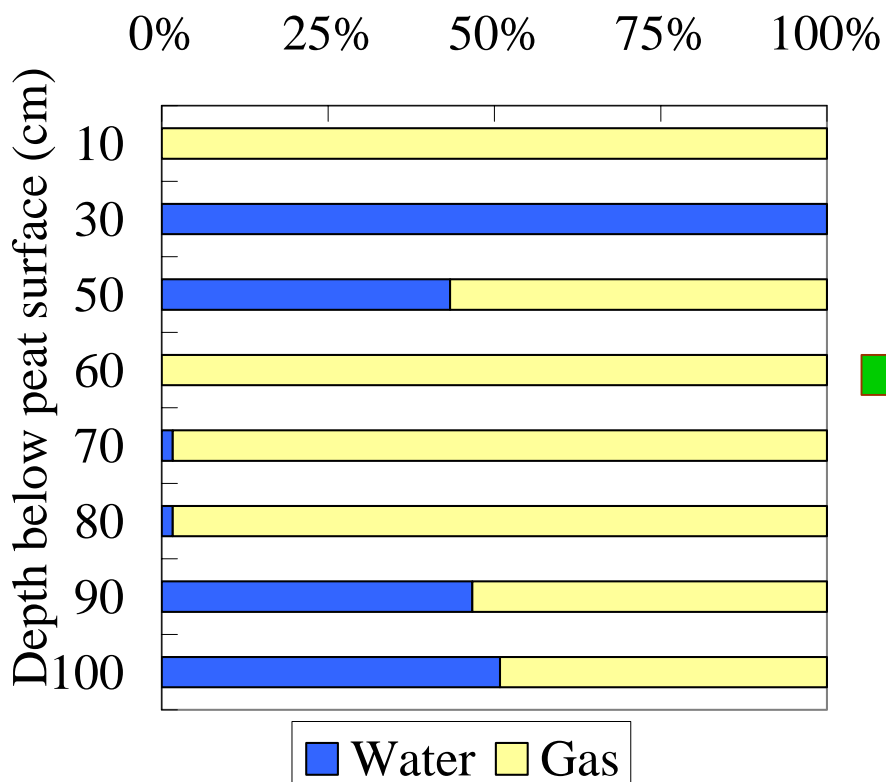
結果と考察ーガス採取

地下水面下の泥炭土層からガスが採取された

気泡が存在した



採取されたガス



The ratio between water and gas collected in the syringe

- ガス採取管先端付近の局所的な液相と気相の割合を反映している。
- 深さによって大きく変動した。
- 土層中の気泡は、深さ方向に不均一な分布をしている。
- 気泡はかなり大きな空間を占める場合がある。

結果と考察ーガス組成

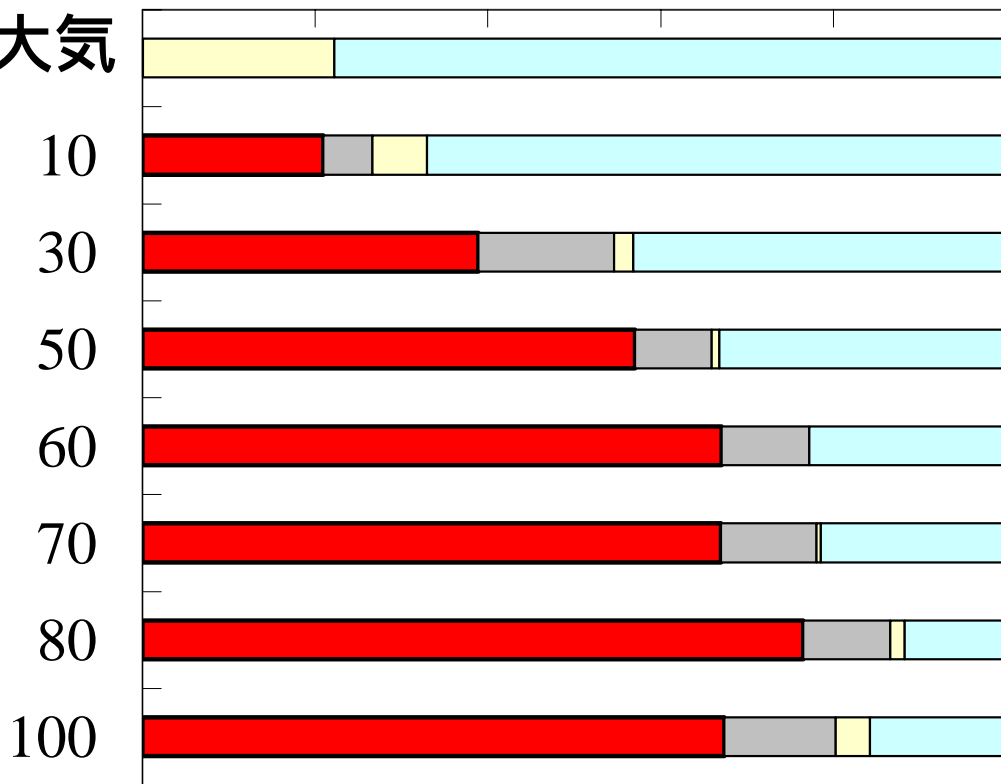
気泡のガス組成

体積濃度

0% 20% 40% 60% 80% 100%

大気

地表面からの深さ (cm)



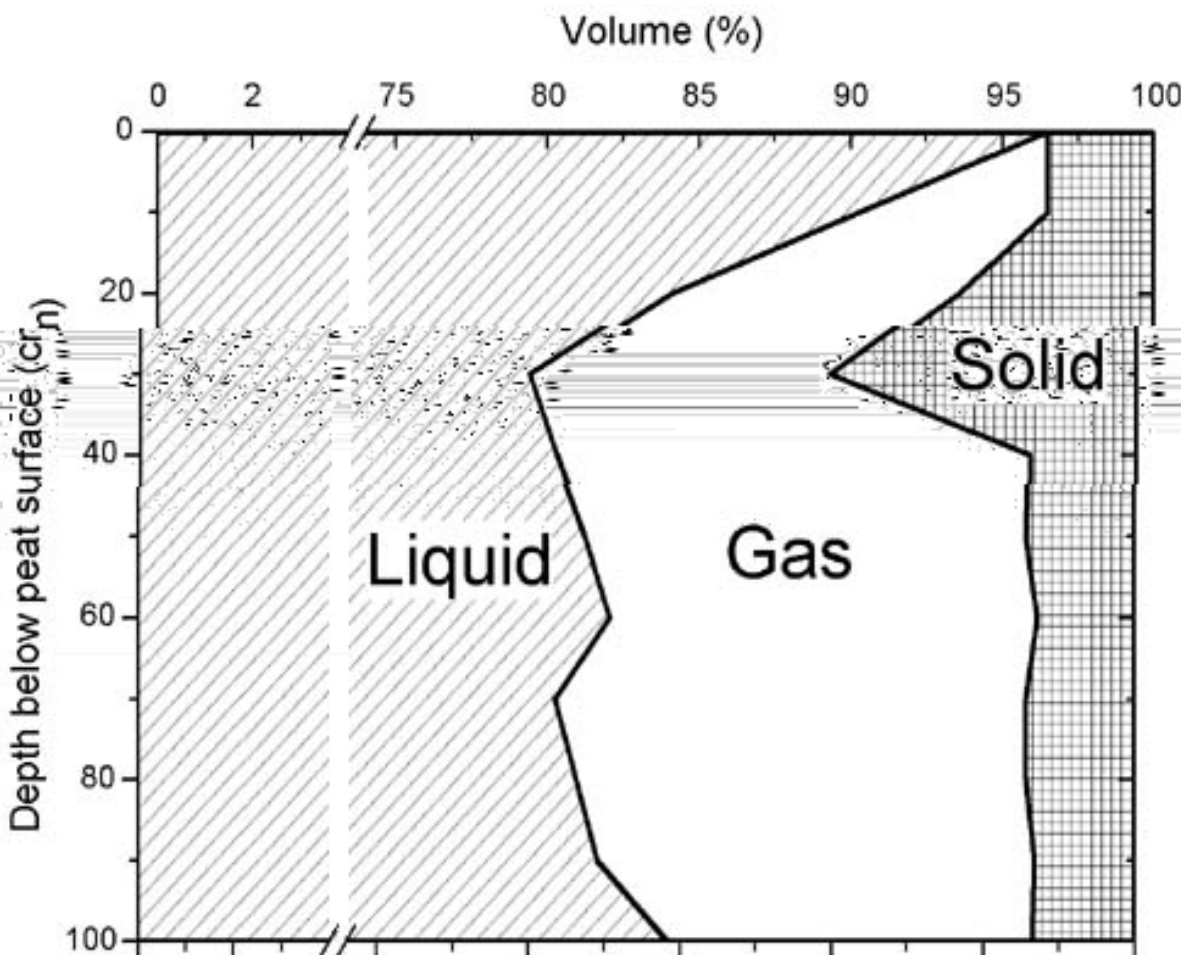
■ CH₄ ■ CO₂ ■ O₂ ■ Other Gases

- 気泡中には高濃度のメタンが存在した
- 深さ10cmから60cmまで、メタン濃度は深さとともに増大した
- 60cm以深ではメタン濃度はほぼ一定となっていた

深い層ではメタンは気相の主要な構成成分となり、大気へ放出されることなく蓄積されている

気相率 (三相分布)

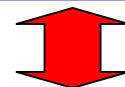
地下水面下において、気相は全体積の12-16%を占めた。



含水率と気相率



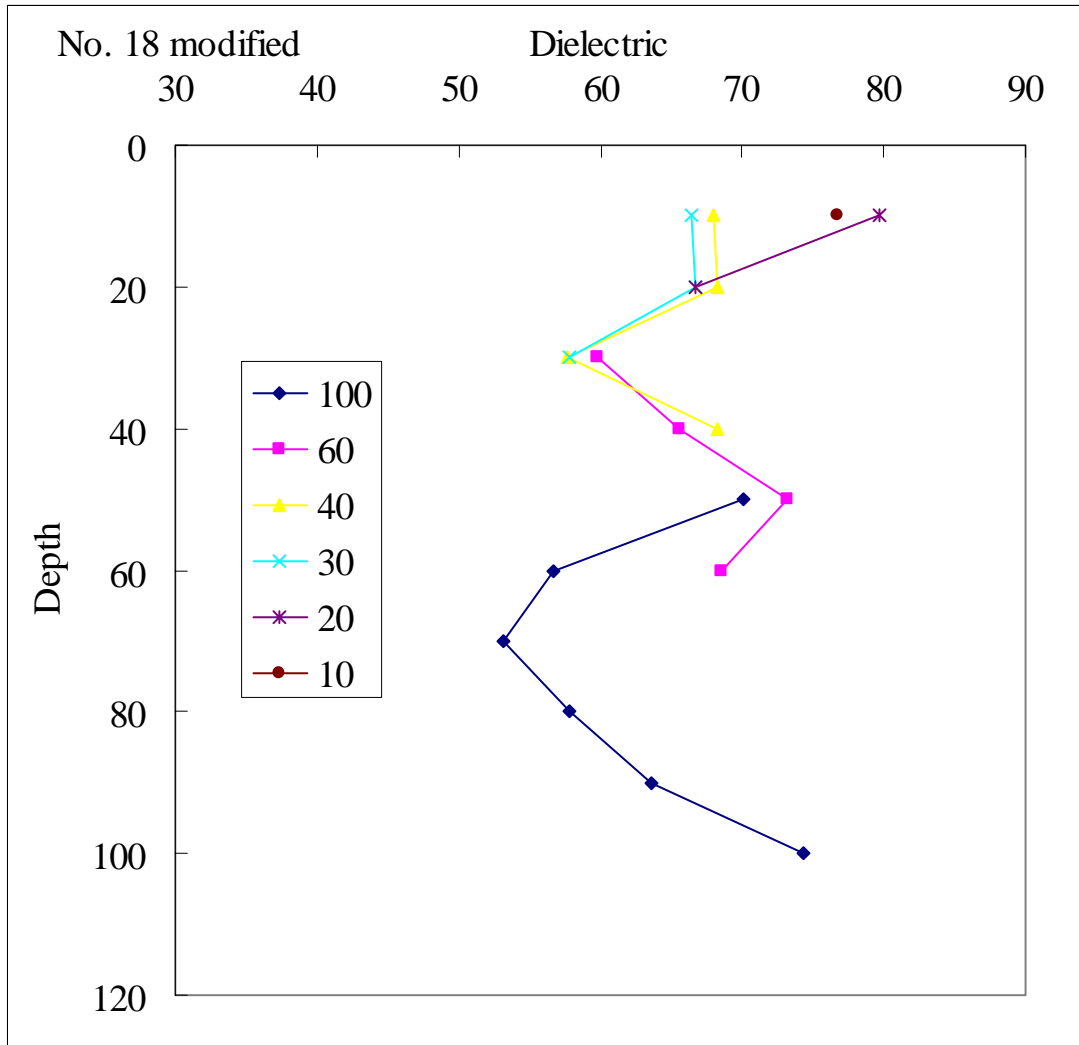
平均的な気相と液相の割合



シリンジ中の水とガス



局所的な気相と液相の割合

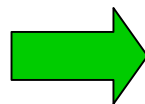


結果と考察ーメタンの存在形態

従来の考え:メタンは溶存状態で存在する

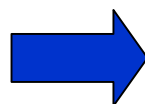
単位体積の泥炭に、気体として存在するメタンと溶存状態で存在するメタンの量を推定

気泡中のメタン濃度
×
気相率



気体として存在する
メタン

気泡中のメタン濃度
(分圧)と体積含水率



液相に溶存して
存在するメタン

ヘンリーの法則:一定量の溶媒に溶ける気体の物質量は、
その気体の分圧に比例する

結果と考察－メタンの存在形態

1m³の泥炭に存在するメタンの物質質量

深さ (cm)	気体 (mol m ⁻³)	溶存 (mol m ⁻³)	全体 (mol m ⁻³)	気体/全体 (%)
10	1.77	0.32	2.08	84.5
30	1.72	0.62	2.33	73.6
50	3.73	0.89	4.62	80.7
60	4.27	1.04	5.32	80.3
70	4.74	1.02	5.76	82.3
80	5.20	1.17	6.37	81.6
100	3.77	1.08	4.85	77.7

約8割のメタンは気泡として存在している

まとめ

- 美唄湿原において、地下水面下の泥炭土層内には、メタンを主成分とする気泡が存在し、土層の約12～16%を占めた。
- 気泡中のメタン濃度は深いほど高くなる傾向があった。
- 深い層ではメタンは気相の主要な構成要素となり、大気へ放出されることなく蓄積されていた。
- 泥炭土層に蓄積されているメタンの約8割は気泡として蓄積されていた。

湿原からのメタン放出への示唆

指摘されているメタンの放出メカニズム

- ◇ 植物体の通気組織を通しての移動
- ◇ 溶存メタンの拡散移動
- ◇ 泡の上昇(バブリング)による移動

重要性の度合いは不明

メタンの約8割は気泡として存在していた

泡の上昇(バブリング)が重要

低頻度で測定範囲の限られたフラックス測定

散発的・局所的に起こるバブリングによる放出をとらえきれない

従来のメタンフラックス推定値は大きな誤差をふくむ可能性