

## 総 合 討 論

本総合討論は、下記の第33回シンポジウムに関するものである。  
各講演内容は本誌に報文あるいはコメントとして掲載されている  
が、各々に適した内容で掲載されている。

### 記

日 時：平成3年11月6日（水）10：00～17：00  
会 場：岡山大学大学院自然科学研究科大会議室  
テーマ：土壌中における非保存性物質の動態と土壌物理性  
特別講演

大気中でのガス輸送とその計測  
大滝 英治（岡山大学教養部）

### 講 演

1. 水田土壌中における CO<sub>2</sub>と CH<sub>4</sub>の動態  
— 大気へのフラックス —  
木村 真人（名古屋大学農学部）
2. 大気—生態系の含窒素ガスの交換  
吉田 尚弘（富山大学理学部）  
和田英太郎（京都市大学生態学研究センター）
3. 農業生態系から放出される含硫ガス  
陽 捷行（農業環境技術研究所）
4. 生態系における腐植生成と脂肪族成分の変動  
米林 甲陽（京都府立大学農学部）

### コメント I

笹川 英夫（岡山大学大学院自然科学研究科）

### コメント II

三野 徹（岡山大学農学部）

総合討論司会：中野 政詩（東京大学農学部）  
岩間 秀矩（草地試験場山地支場）

### 【司 会】

それでは総合討論に入りたいと思います。今回大変内容が濃くて、しかも広範囲にわたるお話をうけたまわりましたので、私どもで項目を整理しご討論頂くことも考えてみましたが、むしろまとめるよりは皆さまがたから、各講師の先生がたにご質問がまだいくつか、というより相当残っているのではないかと思いますので、はじめにご質問を頂いて、その後二人のコメントーターの先

生がご指摘下さったような内容も参考にしながら議論を進めてゆきたいと考えます。

質問用紙を頂いている方が3人いらっしゃいます。まず最初にこの3名の方からご質問を改めて口頭でお伝え頂いて、講師の先生から返事を頂く、その間に皆さまがたにはご質問などをまた整理して頂く、このように考えておりますのでよろしくお願い致します。もしなにか進め方にご意見がありましたら、ひとつこういうふうに、この点を集中的にやってくれ、というようなコメントを適宜頂ければ幸いかと存じます。

講師の先生がたもよろしくお願い致します。

それではさっそく質問用紙の方にまいりたいと思いますが、大滝先生おいででしょうか。特別講演ということですので恐縮ですが、東京大学の塩沢さんから質問がございます。塩沢さん、口頭で詳しく質問をして下さい。

### 【塩 沢・東京大】

エディコリレーション法（渦相関法）で炭酸ガスの濃度を測定できるということですが、微量成分のメタンだとか N<sub>2</sub>O についてこれを使える可能性があるのでしょうか。

### 【大 滝】

近赤外にうまく吸収体があり、それが強い吸収体でかつメタン等の濃度がかなり大きい場合、その時には測定機は作成可能だと思っております。けれども現時点でメタンの濃度が PPB とか言われて、またその変動がその一桁ぐらい小さいことが予測されますので、今のままのディテクターの状況とか、光源の強さとか考えると難しいんじゃないかなと思っております。もう少し別のレーザーとかなんとかっていうディテクターが赤外の方まで、今は1ミクロンぐらいなんです、4ミクロンぐらいまでのびてくると、そういうレーザーなんかを使うと可能なんじゃないかと思っています。

### 【司 会】

どうもありがとうございました。よろしいでしょうか。突然ですが、関連して微量ガスの分析の現状について、陽先生にお話をうかがいたいとおもいます。

**【陽】**

微量のナイトラスオキシドの分析につきましては、吉田先生がお詳しいのですが、まずナイトラスオキシドは現在 ECD で測定致しております。310PPB というオーダーでございまして、このオーダーで測定するのは、フラックスを測るのが精一杯といいますが、あるいは310PPB を正確に測定するのが精一杯でありまして、ある方法によれば逆にこんどは ECD という検出機を使わないで、ウルトラソニックディテクターというのを使うなどしております、なかなか正確な値を出すのがしんどい場面があります。炭酸ガスの354PPM というようなものに較べると約千倍の違いですから、自動的にナイトラスオキシドを測定するのは、いま現在は困難に思っております。

それからメタンにつきましては FID という検出機で測定しております、大気の濃度が1800PPB、1.8PPM でございますので、これは現在既に自動分析装置が開発されておまして、もちろん FID を使用しておりますが、これでメタンにつきましては自動測定ということは可能であると思っております。

Sの方は FPD という検出機で検出しておりますが、これも大変難しく今のところはトラップという、一定量の空気を一度捕まえて、それを溶かして測定するという方法で、とうてい自動測定ということは難しいだろうと思っております。

**【司会】**

ありがとうございます。実は司会2名で相談した時に測定法の問題が一つの討論の議題になるのではないかと話しておりました。もしなにか測定法、測定上の問題ということに関連して、ここで自由に質問をお受けしたいとおもいますが、いかがでしょうか。よろしいですか。

それでは、次の質問票に移りたいと思います。木村先生に農業工学研究所の石黒さんから質問が出てますが、口頭でお願い致します。

**【石黒・農工研】**

いずれも土壌微生物の活動に関係することなんですけれども、まず CO<sub>2</sub> とか CH<sub>4</sub> とかを発生させる微生物の活動位置、水田作土中で特定に活発に活動する位置がありましたら、教えていただきたいと思っております。マクロにみると、根圏土壌内という考えもあるでしょうし、また、代かきして均一になった状態でもやはり不均一でしょうからどこか特定の位置で活動するのかなども教えていただきたいと思っております。

**【木村】**

微生物の活動が活発である場所ということですが、メタンにしましても、炭酸ガスにしましてもいずれも有機

物の分解が起源だと思いますので、ひとつは植物の根圏、もうひとつは植物遺体が水田の土壌中には多いと考えられますので一種の植物遺体圏というものを考えていいと思います。

ただ植物遺体と水稻の根との違いというのは、水稻の根というのは時期によりまして、特に生育の初期ですけれども、酸素を出すという特徴がありますので、有機物は出てくるけれどもそこに酸素があるために炭酸ガスまではいくけれどもメタンまでいくかどうかというところに植物の根と植物遺体というものに違いがあると思います。

それと確か笹川先生のコメントの中で10センチぐらいの所まででメタンが非常によく出ていたというのがありますが、やはりあれも代かきをしまして軽い有機物、あるいは粘土質のもの、このようなものはかなり有機物を含んでおりますので、それが土壌の表層の方に蓄積しているということで、もう少しマクロにみたときにも、かなり表層の方のところ、粘土画分の多い所に有機物が集まる、そういうようなヘテロ性というのはあると思えます。よろしいでしょうか。

**【石黒】**

それとガス発生の反応速度がわかりましたらぜひお願いします。

**【木村】**

例えば1日当たり何グラムぐらい、何ミリグラムぐらいが出るか、ということは今日のスライドでお見せ致しましたけれども、「もう少しミクロになると」ということですが、どのあたりのレベルでしょうか。

**【石黒】**

とりあえずどのレベルでもいいんですが微生物の一個体が、どの程度の反応時間を示すか、ということなんですすがいかがでしょうか。

**【木村】**

それは私ではお答えできませんが。

**【司会】**

今のその反応速度の問題は後回しにさせていただきました、質問が3つあったということですからさきをお願いします。

**【石黒】**

pH の問題と CO<sub>2</sub> が溶解して降下浸透していくというお話がありましたけど、心土中や地下水中に流れてこれは変化するものなんですか。

**【木村】**

まず下にいったくなるかですが、炭酸ガスの場合ですとこれ以上は還元されないと思っておりますので、炭酸ガスは炭酸ガスのままでないか、ただこれは pH と溶解度が

非常にからまっておりまして、あるいは溶解しきれずに気泡になる、いわゆる分子状の炭酸ガスになるかもしれませんが、化学的な形態というのは変わらないと思います。

メタンに関しては、陽先生のどこまで酸化するのかというご質問がありましたけれども、ある程度まで酸化するだろうと思っておりますが、炭酸ガスは変化しないと思っております。

【石 黒】

還元状態であれば相当地下、そういう状態があればですが、微生物はやはりかなり地下深くでも活動することはあるのでしょうか。

【木 村】

問題は有機物だと思いますが、作土を離れた例えば水田をずっと降りていきますとあと残るのは泥炭のようなところかどうか、ということがありますけど、それほどメタンはつくられないと考えます。おそらく有機物もそれほど活性のあるものでないと思えます。ただ泥炭のようなところで水を落としたりすると、急にメタン発生とか、あるいは有機物分解があると思えますが、そうでない限りはそれほど変化しないと思えます。

【石 黒】

pHの変化についてはいかがでしょうか。

【木 村】

微生物の活動とということでしょうか。

【石 黒】

まず微生物がガスを出して、ガスの溶解によってpHが変化するということだと思うんですが、それと微生物の活動時に、あるイオンを取り出すとどうかということなんです。

【木 村】

はいわかりました。いままで普通は酸素にしましても、硝酸、マンガン、鉄、こういうもの全部酸化系であるということは、還元系に較べてpHが低い方だと思います。ですから普通は水田土壌を湛水致しますと、初めはpH5とか6ぐらいですけども、最終的には7ぐらいに収斂致します。そういう意味ではpHは上ってまいります。ですから微生物の活動に伴って、pHが上がる、下がるという意味では炭酸ガスに関しては溶容量が増える環境に進んでいくと考えていいと思います。ただこれは塩類土壌とかもっと別の地域ですと、むしろpHは、水田土壌でも高いところから、pH8以上のところからだんだん7に収斂するところがあります。それは逆転すると思えますけども、日本のような水田においては酸性から中性に向かう方ですから、溶解度は上がる方に行くというように理解していいのではないかと思います。

【司 会】

よろしいでしょうか。ガスとその溶解している成分、溶解したものと気体状のものとはいつも平衡状態にあるとみていいのでしょうか。

【木 村】

はい、そうじゃないでしょうか。

【司 会】

そうしますと、土中水からガスが放出される、それからガス体のものが水に溶解する、と言うのは瞬間的に起こると、それから有機物が分解して、ガスが出てくるといったときにはこれも瞬間的に反応が起こるとどうみていいんですか。やはり反応速度論みたいなものを考えないといけないんですか。

【木 村】

そうですね、ではこういうことでよろしいでしょうか、今日のお話の中でひとつだけ、心土のほうにいきますとトータルな炭酸ガスのデータをお出ししたと思えますが、あれは土屋さんたちのデータなんですが、あの根拠の背景になっておりますのはpHを測ってありましてそれと炭酸ガス全部を測ってあります。で、そのときには平衡系として理解して計算上合っていたと思えます。ですから、その範囲内では一応いまおっしゃる平衡状態が維持されていてその状態でもって心土の方に水が流れていく、ということが起こっていたといえる一つの例だといえます。

ただメタンの生成した周辺のところ、平衡状態に達しているかどうか、これに関しては時間のファクターをいれる必要があるかも分かりませんが少しマクロにみるとpHと溶解度でもって説明できるようであります。

【司 会】

ありがとうございます。硫黄では、陽先生、どのように考えたらよろしいのでしょうか。

【陽】

その前に先ほどのご質問の反応速度が関係してくると思うのですが、メタンが生成されるのは炭酸還元反応、要するに炭酸ガスがメタンになる系と、メチルキチン反応、メチル基が後でメタンになるという2つの反応があるわけです。それでその反応に関与するもっとも大きいファクターは、その培地、といえますかその環境にある基質と、温度、そして還元状態という3つのものが一番大きなわけです、大変なファクターがありますので、例えばいまご質問にあったようにですね、いっぴきの微生物がどれだけのメタンをつくるかという反応速度なんて、とても計算できないし、誰もやっていないわけで、例えばケミカルな反応速度論というものはほとんど当てはまらないし、誰もやっていないと私は理解しています。

それからもう一点、ガスの溶解度の問題ですが、先ほどの話の中で、ガスの溶解度がそれぞれ、 $N_2O$ にしてもメタンにしてもあるんですが、ガスに溶解しているもの以上のものが水の中にあるんです。それは溶解度を越えた、いわゆるオクルードされたものと呼んでいますが、水の中に一緒にその気体のガスが入っているという状態で、通常例えば、 $N_2O$ なんていうものは地下に水が流れていって、地下水に  $N_2O$  が沢山あるのですが、従来の溶解平衡以上のものが水の中に溶けておりますので、単なる溶解度でその話は終わらないという問題があります。一方では海底にオクルードされたメタンというものがあまして、それなんかは溶解度というものとは違った話のようです。ですからガスそのものとして水の中に入っているという話がありますので、溶解度との平衡状態というものとは全然違った話だと思っております。

それでその後Sに話をふってこられた訳ですが、Sについての溶解度なんていうものは、硫化水素やメタンについては溶解度積がきちっと出ておりますけれども、他の成分については一応化学式が、一気圧何度の時どうかという様なものはありますが、現実的にはさきほど  $N_2O$  の時にお話したように、溶解度とうまく適合する様なものではないと考えておりますが、それでよろしいでしょうか。

#### 【司 会】

どうもありがとうございます。先ほどの石黒さんからのご質問の時間の問題をこういう問題にすり替えさせていただきまして、失礼致しましたけど、よろしいでしょうか。また、そのこととコメント2として三野先生がさりげなくおっしゃったことで耳に残っているのですが、それは土の中あるいは大気、海洋についてもそうでなかろうかと思っているんですが、土壌圏、圏という言葉をお互いに使われて、そこではいくつかの現象をセットとして考えるべきであると、こういうことをおっしゃったと思うのですが、これを私なりに、ある1つの物質に注目して、あるいはいくつかの物質に注目して、これの非定常な状態を刻々と見ていこうというような場合を考えた時には、どうしても分解速度とか発生速度とかいうようなものがないと計算に乗らないと、つまりダイナミクスを土の中、大気の中あるいは植物体の中、これをダイナミクスとして考えた時にこれと言った化学変化をつなげるときに、実はこの分解速度、発生速度がどうしても不可欠で、知らなければならないファクターになっていると、こんなことを考えてたものですから、時間という問題にも一つそういうものがあるかな、ということもあって先ほどの話をここにつなげさせていただいたわけです。何かこの辺でご意見ある方どうぞ。

#### 【塩 沢】

$N_2O$  が溶解度を超えて存在すると言うのはどういう意味なんでしょうか。飽和以上に存在するということでしょうか。

#### 【陽】

飽和以上に存在するということです。

#### 【塩 沢】

どうしてなんでしょうか。

#### 【陽】

例えば土壌に窒素をやります。そうしますと硝酸化作用がおきます。アンモニウムイオンが硝酸になる過程で  $N_2O$  が出てくるという話は吉田先生がお話になりましたけれども、それが本来ならガスとして大気に出ているのですけれども、一緒に水が流れていく時に、空気あるいは気泡と言った方がよいのでしょうか、それが水と一緒に流れて行ってしまうという話なんです。

#### 【司 会】

よろしいですね。勝手なことを話しているうちに時間がなくなってしまうので、次の質問に移らせていただきます。

#### 【岩 間】

吉田先生に。まあ講演をちゃんと聞いていれば分かったことじゃないかと思うんですが、地球規模で海洋の状態、地表の状態、そういうものを総合的に備えていく時に  $N15$  とか  $O18$  の同位体比の分析っていうのが非常にいい方法になるっていうお話だったんですけども、そこらへんで、 $N15$  と  $O18$  を組み合わせる時に、何が明確になるのかって言うことをもう一回整理して教えていただきたいのです。それから海洋の役割っていうのは  $N_2O$  のときにはあったわけですけども、メタンに関してはどうなんですかって言うことなんですけれど、いわゆるメタンの発生には硫黄の還元と非常に競合するというところで、海水には硫黄のイオンがありますからそれで海水からは多いのか少ないのか、ということをお話いただきたいんですが。

#### 【吉 田】

最初のご質問の方ですが、同位体と言うのは、ひとつは積分的なパラメーターだということです。ですからフラックス、あるいはそのある時の濃度というもの以外に、何からつくられて、どういうふうになくなって非常に積分的なパラメーターだという点が一つあります。ですから地球規模の問題を考えるには有効な指標になるだろうと思っているわけです。

それでご質問の主旨はたぶん窒素だけではなくて酸素をパラメーターとしていた時に何が分かってくるかという点なわけですけども、まあ一つは簡単に言うところ

報量が多いほど、制限が因子として働く可能性があるのですが、窒素・酸素両方使えばいいという点なわけです。で、まだ出しはじめて間がないものですから一番最後のスライドをきちんとご説明しなかった点が、たぶん問題だと思うのもう一度これをお見せしてお話をさせていただければと思うんですが、簡単に5分以内でご説明させていただきます。

縦軸が窒素で横軸が酸素同位体比になっています。大気を調べるとこの辺になる、そして海洋に溶残するものを調べると少し大きいんですけども、一部硝酸還元系にはいっているものですからたかい同位体比が多いわけです。それから縦軸の窒素が、私が求めた  $N_2O$  とか硝酸とかアンモニウムとか、そう言ったものしかエンドメンバーとしておいてないので実は非常に不完全な図なんです。で、こう言ったエンドメンバーをもっときちんとしたものに、つまり2次元にしていくともっといろんなところにプロットされてくるはずで、その内の一つとして、例えば、今もうはっきりしているのは、もちろん調べるべきなんです、化石燃料起源のものはここにきてると、それで例えば引っ張られる方向がこちらに引っ張られるのか、あるいは先ほど申しましたように肥料を起源としたものではもっと下にくるわけですから、この傾きがもっと下に向くわけです。そういった情報がこの絵からもっときちんと出るはずで、それから先ほど陽先生がお話になったように、地下水は非常に重要な  $N_2O$  のソースというか、リザーブとして重要になってきそうなんです。もちろん地下水の絶対量は非常に限られてますけれども、その濃度が高いという点で非常に重要なんです。で、これについては最近、アメリカの吉成先生のグループが仕事を始めておまして、実は私どもと連絡をとりながらやっているのですけれども、これに関しましては窒素の同位体比が非常に低いところ、酸素の同位体比は30ぐらい、これは私のデータではないので本当は明らかにしてはいけないものだったんでここだけに止めておいていただきたいんですが、こう言ったものがあるというわけで、そう言ったものがどういうふうに混ざるか、という点です。

それから後もうひとつは、この値がどうして決まっているのか、というのをきちんと決めなくてはいけなくて、ソースはこちらにだけある訳で、ところがどうしてこちらになっているかという、きちんと申し上げませんが成層圏で高分解を受けている、それからこれはこの会が土壤に関わっているからわざと云ってわけではないのですが、土壤圏が  $N_2O$  のシンクとして非常に重要な可能性がある、一部私のデータもいれてお話しなんですが、そう言った際の同位体分別を受けて重くな

っているわけです。おもに軽いものから反応していくので、残ったガスは重くなるという一般則にはあっているわけです。窒素酸素のパラメーターを使うことによって、窒素の一次元だけでは見にくかったものが見えてくるはずであるということなんです。

二番目の方の質問の海洋はメタンにとってソースか、シンクかと言うのは本来私が申し上げるべきではないんですが、最近いろいろな方がいまして、いま現在海洋は弱いソースであろうと言われてると思っております。これは文献、それから海洋学者、あるいは気象研の方がいろいろな観測をされてお仕事をされております。

#### 【司 会】

私どものところにきている質問は以上ですが、どうぞ皆さまがたから質問でもコメントでもお出しただけぱと思います。

#### 【西 村・東京大】

腐植酸の平均化学構造の違いについて米林先生にお教えたいただきたいのですが、黒ぼくとか沖積の水田土壤とかで溶け出した平均化学構造とか違いがあるということ、その原因について教えていただきたいんですけども、おもに土壤の生成過程における環境の違いというふうに考えてよろしいことなんでしょうか。それとも例えば粘土鉱物の違いとか、粘土のどの部分に腐植酸が、有機物が吸着しているかというあたりも、平均化学構造の違いに影響を与えるものなのかどうか、ということについて教えていただきたいのですが。

#### 【米 林】

平均化学構造が生成過程とどう影響しているか、ということですが、ご承知のように私どもが腐植を扱うときにその生成過程と言うのは非常に難しいのです。と申しますのは、ひとつの土壤型、例えば水田土壤について、その腐植化過程をずっと追っかけるということはございません。黒ぼく土壤は比較的最初から最後まで年代をおって追っかけることはできますが、その他の土壤について、特に褐色森林土壤などについては、同じ土壤について生成の直後から現在の状態までを連続的に追っかけることは不可能でございます。

それでいま私どもが腐植化過程と称しておりますのは、日本において非常に黒い黒ぼくを一方の端におきまして、そして比較的黒くない土を一方の端において、その過程をもって腐植化過程と呼んでる訳でございます。だから方法論的に非常に飛躍があるといえはその通りですが、一応そういう手法をとらざるを得ないわけです。そう致しますと黒ぼくでああ腐植酸がとれて核構造が多くなったようなものができあがってる、それはひとつの事実です。ただそれをその方向しかないとすることに

なると、これはなんとも言えないとしかいいようがございません。ただ黒ぼくについていうならば非常に若いところから古いところまでのものだったらひとつの連続性を持った、例えば核構造が一つのものからどんどん増えていって三つも四つもくっついたものができあがっている、そういう過程は間違いございません。ただこれが沖積土壌にそのまま適用できるかということそれはちょっと不可能だと思います。あと粘土鉱物との関連ですが、これは推測しかできませんが、ただ現象として非常にその土の中で腐植化度の高いものはコースクレイとシルト、シルトは表面活性がそんなに高いわけでもないですし、面積的にも多くないですからどうして腐植化度が高いのがあるのかわからないのですが、いずれにしても粗粘土部分が非常に腐植物質の変化にとって重要であろうということだけは言えると思います。それでは黒ぼくの場合どうなのかと申しますと、それは現在、私はなにも答えを持っておりません。

【西村】

ちょっとそれに関して素人的な質問で申し訳ないんですが、その粗粘土っていうのは、例えば腐植なんかで結び付けられてある程度粒径の大きな粗粘土になったっていうのはあるんですか。

【米林】

アグリゲートの可能性という意味でしょうか。

【西村】

そうです。

【米林】

アグリゲートはまずないという条件で分析しております。それはセメンティングしている状態ではございませんので。

【西村】

どうもありがとうございました。

【陽】

先ほどの海洋はソースかシンクかというお話ですが、いろいろありますが数字だけ申し上げます。IPCCの報告では年間450から650テラグラムのメタンが発生致しております。そのうち海洋は5から20テラグラム、大まかに言って10テラグラム、従って500分の10ぐらいが海洋に由来している、ということになります。当然SO<sub>4</sub>イオンがありますからメタン生成についてはいろいろ問題があります。先ほど笹川先生の中に海洋が出ていたか忘れましたけれども数字としてはこういう数字がIPCCの報告です。

【司会】

ありがとうございました。さらにご質問の方を続けたいと思いますが。

【青山・岡山大】

地球環境汚染物質として現在問題になっております、炭酸ガスやメタン、硫黄化合物の生成メカニズムについてお話いただき、大変興味深く聞かしていただいたんですが、最後の三野先生のコメントの中で土壌圏をシステムとして総合的に捉えることができるようだ、というお話があり、今日お話いただいた先生がたのおっしゃったような生成メカニズムに基づいて地球環境問題を考えると、制御という方向が一つの方向性かもわかりませんが、その場合に制御の方法はいろいろあるのでしょうか、無理矢理に押え込むということをした場合に、生産の場としての土壌圏の持続的な維持と言うのは果して可能なかどうか、そう言った点での研究が必要かと思うのですが、そう言った点での現在の研究状況と、そうしてそう言ったことを考慮した上での制御のあり方についての先生がたのお考えをお聞かせ下さい。

【司会】

それは大変重要なことで、実は今日の最後の討議事項にしようと思っていたものですから、これで今日のディスカッションを終わらせていただきまして、講師の先生がたに今の問題についてコメントいただきたいと思っております。

【木村】

では今考えていることを申し上げます。現在メタンに対する研究において制御が考えられているか、ということについては私は疑問に思います。ただし、今までは硫酸還元が非常に水稻栽培において問題だったものですから、それをできるだけ生成しないような環境をつくろうというのが、水管理だったと思います。そういう意味では制御を考えながら増産を考えていたと思います。ただそれはメタンを対象としたものではないと思います。

笹川先生のコメントで品種に関する話が出たと思えます。結局硫化水素をいつ最も多く生成するかということ、確か8月のはじめもしくは8月中が問題だったということ、千葉の方ではできるだけ早場米にしようとする作期を前に持っていった、そのために品種もついてこなければ駄目だと言うことで、品種まで変えていったわけです。結局それは最終的に増産に結び付いたということからしますと、ある意味では考えずにメタンを押え込んでいた、ということでは案外制御しながら増産も伴うのではないかとこのように考えます。

【吉田】

私こそ専門ではないもんですから、知ってる限りで申し上げますと、人工肥料としてはアンモニア態の施肥が一番強いと思うんですが、その際にきいてくるのは硝化反応で、N<sub>2</sub>Oが生成するわけですけれども、それを抑え

るための努力というのはされてるようでして、これは耳学問あるいはお手紙などでご連絡いただいたなかでの話ですが、遅効性、緩やかに溶けていくような肥料が開発されていて、すでに製品化されているという話です。それによって硝化過程で  $N_2O$  の生成が抑えられるという話です。ですから増産と地球環境問題と言うのはある意味では裏腹の関係ではないと思っています。どう共存していくかという問題なので、これらは  $N_2O$  だけでなく温暖化ガス全体に言える問題であります。ただ一つだけ申し上げますと、一番大事なものは、木村先生あるいは私の研究もそうなんですが、ミクロな場でどういう反応が起こっているのかということがまだきちんとされてないという点でして、技術の方は非常に進歩できる素地を持っていると思うのですが、もっと基礎的なところをきちんとおさえるべきだと思っております。

#### 【陽】

メタンと酸化窒素がなければ大変な話でありまして、地球の温度はもし今メタンと炭酸ガスと  $N_2O$  がなければ、 $-33$ 度下がるわけです。従いましてメタンと  $N_2O$  は我々の大気圏に不可欠なものであると認識しなければならないと思ってまして、 $N_2O$  とメタンが悪いものではなくて、大事なものでありまして、例えば古い話になりますとメタンができてくれたために水や酸素が成層圏でできたという話や、また亜酸化窒素があるからオゾン層が300ドクソンぐらいで維持できた訳で、もっと沢山のオゾンがあったら我々は大変困るわけです。従いまして温室効果という概念と温暖化という概念を必ず整理していかなければならないと思っております。

それで、例えばメタンにつきましても、メタンができるから水田では立派な稲ができるわけです。もしメタンができなければ蟻酸や酢酸が溜まりまして稲の根に弊害を起こして稲が大きく育たないわけです。従いましてメタンと言うのは稲の生産に極めて重要なものだという理解もできると思います。で、メタンの抑制と言うのもそういうことを頭の中において抑制を考えなければならないと思っております。

我々の環境問題と言うのはつねに、「風がふけば桶屋が儲かる」式の関係と関係の学問というのを頭の中においていなかったから弊害と言うものが出てきたわけです。従いまして慎重に抑制、制御の問題を考えることが必要で、同じ失配を繰り返すとこれはまた環境の問題につながると思います。だからメタンの制御をするということは必要であります。メタンを制御することを関係と関係の学問においてちゃんと整理する論理をつくらなければならないと思っております。そして具体的な話になると、いま木村さんの話にあったように、メタンは水管理

やあるいは有機物の施用によって管理することはできるだろうということです。そういう例はいろいろなところで書かれております。

それから亜酸化窒素につきましては、吉田さんがお話になりましたように、要するにナトリファイケーションをコントロールすれば良いわけですから、緩行性肥料だとかコーティング肥料だとか、今までの施肥技術の体系をうまく活用すれば抑制できるというデータはいくつか出ております。例えば硝化抑制剤を使ったら  $N_2O$  が半分くらい制御できるという問題はあるわけですが、これもやはり単なる技術として硝化抑制剤を使って制御できたということではなくて、このことをやることで関係と関係の問題はうまくできているのかということをしなければならぬと思うわけです。

それともうひとつの質問は、これとサステイナブルアグリカルチャーとをどういうふうにつなぐかということが問題だと思うんですが、冒頭会長のお話にもありましたように、地球人口はいま53億です、それで2,000年には63億になります、そして2,025年には86億になります、そして2,100年には138億になります。そして今から生産をしていくわけですが、人口の増加は12%の割合に対して、土地をもし最大限にフル活用しても9%ぐらいの土地しか拡張できない。あ、長すぎましたか(笑)。

#### 【司 会】

もうすこしまとめてください(笑)。

#### 【陽】

1つずつまとめたつもりなのでこれで終わります(笑)。

#### 【米 林】

今日お話した中で腐植物質が、一番安定なものであるだろうとおっしゃいましたが、実は私共は決してその安定なところだけを考えているわけではございませんで、ずいぶんオーバーしているのだと思っています。が、まあ捉えているところは確かに安定なところを捉えているかもしれないけれども、ずいぶん不安定なところもいっぱいあるんだということを申し上げたかったわけです。

#### 【岩 間】

最後に締めを言えということですが、地球環境問題はガスの問題に限らず、土壌侵食あり、硝酸態窒素あり、確かに陽先生が言われたように、窒素の過剰な水質を浄化するには脱窒をやはり利用することを考えなければならない、というような相反する問題もござります。そういうことを視野に入れて土壌物理研究を地球規模の問題、それから土壌を中心にした発生・消長のメカニズム、そしてその制御、その基礎になるような分析法、調査法という様なものを、これから勉強し発展させていくのが我々

の任務ではないかと思っております。つたない締めですがこれで終りにします。

**【司 会】**

時間がまいりました。これで総合討論を終わらせてい

たきます。講師の先生がた、どうもありがとうございました。