

第47回土壌物理学会シンポジウム総合討論

三木直倫*・坂西研二** (総合討論座長)

Discussion in the 47th Symposium, JSSP

Naomichi MIKI* and Kenji BANZAI**

* Konsen Agricultural Experimental Station, Nakashibetsu,
Shibetsu-gun, Hokkaido 086-1100, Japan** National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3-1-3 Kannondai,
Tsukuba, 305-8604, Japan

2005年10月15日に北海道大学農学部大講堂にて開催された「第47回土壌物理学会シンポジウム 一土壌中の窒素の挙動一」での総合討論の概要を報告する。

座長 (三木) :

午前中に西尾さんと江口さんには個別の質問を受け付けなかったものですから、ここで西尾さんと江口さんの午前中の二つの話題について質問を受け付けたいと思います。

西尾さんと江口さんには北大の中原先生から質問があります。

西尾さんにはアンモニア態窒素に比べて硝酸態窒素が有機化され難いという理由を教えてください。それは一般的なことなのでしょうか？

それから西尾さんと江口さんそれぞれに有機化による有機態窒素の増大は長期的に見て意味のある窒素の吸収源になりえるのでしょうか。長期的に見た場合無機化と硝化の増大によって相殺されることはないのでしょうか？

江口さんには根吸水フラックス×硝酸体窒素濃度で推定できるマスフローによる硝酸吸収量は作物の窒素吸収の何割程度になるのでしょうか？

西尾 :

生物体の中では窒素は還元態として存在するので、硝酸態を取り込んだ場合にはそれをエネルギーに使う還元しなければいけないため、エネルギー源がないとなかなか微生物は硝酸を使えないということだと思います。

中原 治 (北海道大学農学研究科) :

森林の場合もそんなに単純でしょうか。以前聞いた話ですが、窒素降下物が増えて窒素が増えた場合に、硝酸

の有機化だけが抑制されているというデータの発表があり、窒素が多い環境でのみおきる現象かと思いました。そういうこととは全く関係ないのでしょうか。

西尾 :

森林の場合はよくわかりませんが、今言ったのは微生物に関してのことであって、高等植物になると硝酸態窒素を吸収して有機態に同化することは可能です。

それから、硝酸が有機化されてシンクが増えると長期的にプラスになるかどうかという質問については、話が大きいのでなんともいえません。窒素の循環というと、脱窒とか窒素固定とかあるし、いろいろなものが相互に関連しあってプール大きさとか流れが決まってくるため、即答は出来ません。

江口 :

試験した圃場では稲ワラ堆肥を入れていますが、黒ボク土の畑で、稲ワラ堆肥を入れなかったとしても、残渣を常に鋤き込む状況であれば、窒素のシンクとして機能するくらい無機化速度は遅いと思います。この圃場でも、有機物を蓄積する余裕はまだ十分あるのではないかと思います。

もうひとつ根のマスフローでどれだけ説明できるかということですが、土壌中の硝酸イオン濃度の高低にかかわらず、植物の吸う窒素量はほとんど変わりませんでした。植物にとって必要な量だけ吸っていると理解しています。最も濃度が高いときは、量的には見かけ上マスフローだけで説明できるかもしれません。

座長 (三木) :

北農研の岩田さんから江口さんに質問が来ています。バイパス流がおきているときに下層1mの圧力水頭はどの程度でしょうか。深さ1mの圧力水頭がどの程度だ

* 北海道立根釧農業試験場 〒086-1100 北海道標津郡中標津町中標津 1659

** (独) 農業環境技術研究所 〒305-8604 茨城県つくば市観音台 3-1-3



写真-1 シンポジウム会場光景

とバイパス流が起きるといえるのでしょうか。

江口：

深さ1m付近の圧力水頭では選択流の発生が説明できませんでした。ただし、選択流が発生したときの深さ1m付近の圧力水頭は、主として-40cm以上でした。選択流の主体が粗孔隙流であるとする、深さ1mよりも上層で発生した選択流が下方移動する過程でその一部または全てが土壌マトリックス内へ吸収されるため、下層土がある程度湿っていないと深さ1mまで選択流が到達しなかったと考えています。

座長（三木）：

農環研の谷山さんからの質問です。

西尾さんの講演では、豚糞堆肥で肥料窒素の有機化量が多いのは未分解性窒素が多いためとの説明がありましたが、硝酸化成との関係はあるのでしょうか？硝酸化成を抑制すれば有機化は増えるのでしょうか？重窒素の未同定が豚糞で少ないのは脱窒やアンモニア気散が少ないと考えてよいのでしょうか？

江口さんに質問です。黒ぼく土でも選択流が発生しますが、降雨強度や地形、あるいは構造との関係はないのでしょうか？調査地点には何か特徴はありますか？

中西さんに対しては、宮古の地下水や硝酸態窒素濃度の低下の原因は？という質問です。

鶴木さんに対しては、河畔林の効果は樹木の生育時期に期待出来るなるものか？という質問です。

谷山一郎（農業環境技術研究所）：

鶴木さんの質問についての捕捉をさせて下さい。河畔緩衝帯の効果についてですが、木の成長期には効果が十分期待できるでしょうけど、植被がおおってある程度成長がゆるやかになってきたとしても、その効果というものは期待できるのでしょうか。窒素の吸収量と排水量と

の関係はある程度示されるものなのでしょうか。落葉の分解とか、窒素の循環ですね、そういったもろもろの関係とか示されているのでしょうか？

西尾：

豚糞堆肥で有機化量が多いのに硝酸化成が関わっているのかという話ですけれども、堆肥の無機化と微生物の有機化は連動しているため、硝酸化成を抑制しても有機化にはあまり寄与しないかもしれません。

それから重窒素で不明なやつが多いのは、脱窒が関わっているのかという話ですけれども、今回はデータを示しませんでしたが、豚糞堆肥をやった土壌で脱窒が高いデータもあります。ただ黒ぼく土ではなかなか高くなりたくて、灰色低地土とか黄色土だと豚糞堆肥と相乗効果が高く、脱窒量が増えます。

江口：

調査圃場の特徴ですが、耕盤層が深さ20~30cmにあること、下層土に柱状構造の弱い発達が見られることです。耕盤層は、通常、多くの畑で見られ、柱状構造は、関東ロームの立川ローム層中ではよく見られます。

中西

宮古島の地下水の窒素濃度の低減要因は、複合的なものである。一つは施肥窒素量そのものの低減で、この背景にはさとうきびの品質取引が効いております。もう一つはやはり栽培面積の低下です。さらには、施肥時期の変化で、緩効性肥料は使わないが生育後期の追肥を重視してきている。

中西：

その低減要因は複合的なものがあります。一つは施肥窒素量そのものの低減で、この背景にはさとうきび買取価格決定のものさしに、従来の重量に品質（糖度）が加わったことが関係しています。収穫期の直前に土壌窒素のレベルが高いと糖度が上がらないため、農家が施肥窒素量を抑えました。もう一つは栽培面積の低下です。さらに、施肥時期の変化で、生育中期に追肥することで施肥効率を高めています。それともう一つ、やはり宮古島地下水水質保全対策協議会が中心となった社会的な啓蒙も一因として挙げられます。

鶴木：

一般的に緩衝帯の浄化機能のうち、植物の吸収による効果というのは少ないといわれています。必ずしも木である必要もなく、荒地化したような草地でも大丈夫だと思います。植物がはたす役割は、緩衝帯の土壌を安定させることと、脱窒のときに必要な有機物を供給することの二つが大きいと思っています。

座長（三木）：

北農研の加藤さんからの質問です。河川に流出する窒

素負荷量とは別に地下に浸透している地下水汚染となる窒素負荷量を推定できる可能性はありますか？面源や点源それぞれについてお考えをお聞かせください。

鶴木：

地下深くもぐってしまったものを緩衝帯で除去するということはたぶん無理です。緩衝帯が目的としているのは浅い層を流れる水に対してのみかと考えております。

加藤邦彦（北海道農業研究センター）：

講演で流出量がそれぞれ何%でたというのを計算をしていたが、それをさらに演繹すれば地下に浸透した量も推定できないでしょうか、という質問です。

鶴木：

ちょっと考えたことがなかったのでわかりませんが、考えてみます。

加藤：

私が見た限りでは、現地ですぐ穴を掘って地下に浸透させているのをよくみかけたので、おそらく流出しないで地下に浸透している割合のものがかかなりあるという気がします。

鶴木：

浅い層の地下水をはかったら、全窒素はあまり高くはなかったです。しかし、文献では、酪農地帯にある井戸の硝酸態窒素濃度が10ppmを超えている場合もあるので、やはり地下に抜ける量は相当多いと思います。

中原：

江口さんや西尾さんのお話でありましたが、黒ぼく土で脱窒が低いというのはどういう理由を考えているのでしょうか？

西尾：

粘土含量が多く通気性が悪い土壌のほうが脱窒が起こりやすいです。黒ぼく土は一般的に通気性がいいので酸素不足な状態になりにくいことが理由と考えています。

中原：

それでしたら、例えば地下水面の下であれば黒ぼく土であろうと起こりうるということでしょうか。

西尾：

脱窒菌が脱窒を起こすためには有機物がなければいけないので、下のほうで脱窒菌が利用できる有機物があるかどうかか問題です。地下まで硝酸が行くかどうかという問題もあるので、地下水面の下で脱窒が起こりやすいとは一概には言えません。

座長（坂西）：

中西さん沖繩の宮古島の土壌での脱窒についてのコメントをいただけませんか。

中西：

宮古島で非常に好気的な状況なので、通常、脱窒は起

こらないと考えています。ただ、地下ダムの流域内では、それ以前よりは停滞的になります。モニタリングの結果で、一部地域で脱窒が起きている確証を得ています。

田淵俊夫：

鶴木さんにお聞きします。点源と面源の区別があったときに、点源である畜舎からでてくるパーセントが非常に少ないとのことだが、これはその畜舎にいる何百頭かの牛の全部の糞尿に対してのパーセントで、その糞尿を面源の草地に使用した時の流出はどう考慮しているのでしょうか。

鶴木：

発生した糞尿は基本的には全部面源に還元しているが、いくらかは降雨等で畜舎から直接でてしていると仮定して計算しました。

田淵：

畜舎から排出される糞尿は、点源としては少なくとも、面源として出てくる可能性はありうるということですね？

鶴木：

そうです。

田淵：

私は湖の水質汚染で色々とかかわっているのですが、一つの議論として、畜産のほうは直接の処理で川に出すのは別として、堆肥や液肥として農地に入るのは、もうすべて畜産の責任ではなく、面源サイド、農地サイドにカウントするべきだという意見がでています。しかし、責任という意味でいえば、本当に農業サイトが責任をもって畜産の糞尿をうけているのなら農業サイトの責任になるが、必ずしもそうではありません。ちょっと表現しにくいですが、あまっている糞尿が農地に行って適切な施用ではない形で出てくるというのが現実にはかなりあるので、農地サイドだけの責任であるというふうにするのは早いという意見もあります。これに関係することだと思ったのでお聞きしました。

鶴木：

それに関して、わたしが調査にしている流域の実態について述べてみます。糞尿を必要施肥だという考えでいらっしゃるかたもいますし、あくまでもいらぬものである、だから単に廃棄してしまえという農家さんもいらっしゃいます。北海道の酪農地帯の場合は、発生した負荷はすべて自分の草地に散布しているので、点源からでていても面源からでていても、結局責任はその農家さんにあるという位置づけです。

波多野隆介（北海道大学大学院農学研究科）：

西尾さんに質問です。長期的に有機物を施与した試験では、その施与量は地域によって全然ちがうと思いま

す。北海道では、10, 20, 30, 40 t 程度だろうけれど、つくばや九州では100 t まで施与しているようです。講演では、窒素含有率と例えば無機化量の関係が土壌によって変わらなかったように見えるが、入れた有機物の量に対して、土壌の窒素になる量というのはある容量が決まっています、あとは系外に移動したということでしょうか。窒素をどの程度まで畑に施与できるのかということについて、意見を伺いたい。

西尾：

有機物の施用量が地域によって違うのは、それぞれの試験では目的が違うためだと思います。例えば、北海道の場合は普通の畑作の中で、有機物をやって作物を育てていくことを目的としています。都城の場合だと、スラリーが余って困っているので、大量に土壌にやった場合どうなるかという目的で調べています。豊橋の場合は、赤黄色土でとにかく有機物含量の少ない鉍質土壌をいかに改善するかを目的としています。それぞれ目的がちがうので施用量も違ってきます。

波多野：

各地から集めた連用試験の土壌を使って窒素含有率と無機化速度等を調べた結果、連用試験で10年以上有機物を多量に入れると窒素含有率が高まってきたが、窒素含有率が高まれば高まるほど無機化速度は高まってきたということでした。それを北海道から都城までの全部一緒にまとめたXYグラフが一つの線に乗っていましたね。これは、有機物の量はものすごく違う量をいれているのに、結局は土壌としては同じ量しか蓄えられないということを意味しているのでしょうか。有機物施用量を横軸にとり、縦軸に無機化速度をとると、地方によってまったくバラバラになると思うが、それについてどう思われますか？

西尾：

土壌は起源も有機物施用量も違うので、一つの直線のような形になったのは、考えてみると非常に不思議だと思います。

波多野：

そうすると、施用した有機物量がすべて違うので、それらは一体どこにいったのでしょうか？

西尾：

日本は広いとはいっても気象条件はそれ程大幅に変わらず、農作業の色々な処理も共通な部分が多いので、(それぞれの施用有機物の特性がマスクされるような形で)一つの直線に乗ったのかもしれませんが。そのあたりは、あまり深く考えていません。

座長 (坂西)：

緩効性肥料を使った喜界島では地下水の硝酸汚染がか

なり軽減されたということでしたが、宮古では緩効性肥料を使っているのでしょうか。

中西：

対策面で緩効性肥料を社会的なレベルで使用したのは喜界島のほうが早かったということです。宮古島の方が試験を始めたのは早く、汚染メカニズムや対策の根本的なことが明らかになり、その成果を喜界島に持ち込んで対策面で成功しました。現在は、喜界島の成果を宮古島にフィードバックするかたちで対策を進めているところです。

座長 (坂西)：

私もJIRCAS 沖縄支所にいるとき、緩効性肥料で普通の化成肥料の4割減でさとうきびを栽培したところ、生産量は変わらなかった、というような結果を得ております。収量が変わらないなら、緩効性肥料を増やしていくのは良いことではないかと思いましたが、お聞きしました。

波多野：

土壌からの二酸化炭素の発生量、有機物の分解量を計っていると、2 t/ha から5 t/ha くらいまで出てきます。そいつをC/N比で割ると200 kg/ha から500 kg/ha の窒素がでてくるというイメージをもっています。窒素含有率が高まるということは、要するに有機物を一生懸命畑にいれて、そのときに無機化速度がずっと高くなっていく、そのこと事態は有機物分解による二酸化炭素の発生量も増やしていき、その無機化量も増やしているわけですよ。先ほど畑への有機物の蓄積がまだできると江口さんはおっしゃったけども、蓄えることはできるけど、放出量もどんどん増やしていっていることがイメージされます。大量投入して、捨てるような話をしているときにそれが地下水に流れていき、地下水の濃度がものすごく高くなるということが考えられるので、無機化のスピードを上げないような貯め方というのはないのかな、と思います。無理かもしれないけれど、西尾さんの結果からみても、鶴木さん、江口さんの言い方を聞いても。そんなイメージをもってしまうのですが、いかがでしょうか？

江口：

ご質問の趣旨は、ようするに有機物をためこんでいく場合に、逆に環境に対する負荷量もどんどん増えるから、それは決していいことではない、ということでしょうか。

波多野：

それを抑えたいわけですよ。

江口：

はい。それで蓄えるのは蓄えたいんだけど放出量をな

んとか減らせないか、と思っています。

波多野：

データがそうなるんじゃないでしょうか。そう見えるだけけれど。

江口：

他の土壌についてはわかりませんがわたしのイメージでは黒ぼく土ではかなり無機化速度は遅いのではないかと考えております。もちろん加える有機物によって分解が早いものはあるとは思いますが。西尾さんの発表を聞いて思ったのが。例えば作物によって同じ量の窒素を入れても、無機化の早い作物と、そうではなくてかなり蓄えられる作物があるのではないのでしょうか。そういうものを利用すれば実現できるのではないかと思います。西尾さんの発表で、小麦の場合だと鍬込んでもなかなか無機化してこないというデータがありました。例えば冬の間小麦を作って、それをつっこんでやるというようなことは、一つの手法かもしれません。

西尾：

炭素にしる、窒素にしる、土壌の中での形態を考えなくてはいけないと思います。たとえば有機物を分解すれば、それが二酸化炭素になってでるかといえばそうではなくて、微生物がため込むのです。それが、二酸化炭素がでると、微生物が溜め込むと平行して起こっているわけです。微生物に溜め込まれたものがけっこう分解しにくい形で、腐植みたいな形で土壌に蓄積することが

あります。窒素にしても取り込まれた窒素は意外に作物に簡単に吸収される等で簡単には流れていかなくて、土壌にとどまっているような印象を受けています。ですから特にその無機化を遅らせるとか、そういうことをしなくても、自然にやっつけば、微生物に吸収されていけば、土壌に蓄積されていくのではないかと思います。

波多野：

自然にやっつけば、の「自然に」の量はどの程度でしょうか？あれだけ沢山の、全国から集められたのを見ると、何かこれ以上やると極端に溶脱が増加する境界があるのじゃないかと思うのですが。

西尾：

許容量はありますね。

波多野：

ええ。その許容量なんですけども。

西尾：

許容量を超えると、溶脱が極端に増える。その見極めをするようなデータをとらなければいけないですね。

座長（三木）：

面白いところに来ていますが、時間となりました。有機物は一定か？ほんとに貯まるか？疑問です。この側面から窒素の溶脱についても考えて行かなくてはならないでしょう。

これで総合討論を終わります。

受稿年月日：2006年2月10日

受理年月日：2006年2月10日