

質問	回答
被覆肥料によるN ₂ O削減についてですが、すべてプラスチック被覆によるものでしょうか？それとも、硫黄等他のコーティング肥料によるN ₂ O削減効果も認められているのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・講演で紹介した世界の統計解析の結果はプラスチック被覆肥料のデータのみの解析となっています。その理由は、硫黄等の他の被覆肥料については、N₂O発生量データの論文が解析時点で見当たらなかったためです。 ・プラスチック被覆肥料については、マイクロプラスチックの問題も話題になっているので、今後研究が必要と思います。将来的に硫黄等の他の被覆肥料のデータ数が増えてくれば、平均的なN₂O削減効果についても解析が必要と思います。
畑地でのN ₂ Oの削減の際に、豆科に吸収させる方法はいかがでしょうか？そうした取組はないのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・マメ科植物は大気中のN₂Oを直接吸収することはできません。一方、マメ科植物は、窒素固定を行うことができる根粒菌と共生を行っています。根粒菌は大気中の窒素ガス（N₂）を固定して植物が利用できる形の窒素をマメ科植物に供給し、マメ科植物は光合成で固定した炭素化合物を根粒菌に供給しています。この根粒菌のなかには脱窒の最終過程（N₂O→N₂）を持っているものもあります。このような根粒菌を利用して、ダイズ作物残渣の分解過程から発生するN₂Oを減らせる可能性についても研究が行われています。
硝化を防いだ際に収穫量への影響はないのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・硝化抑制剤は、硝化（NH₄⁺→NO₃⁻）を抑えて、硝酸イオン（NO₃⁻）になるのを遅くすることで、アンモニウムイオン（NH₄⁺）のまま土壌中に長く存在させることで、作物による窒素利用効率を上げることを目的として開発されたものです。この理由は、硝酸イオン（NO₃⁻）は雨により下層に流れてしまいやすく、作物の窒素吸収効率が下がる原因のひとつとなるためです。なお、硝化抑制剤を施用しても、野外の圃場では硝化が完全にストップするわけではなく、硝化がゆっくりになる効果があります。 ・統計解析の論文によれば、収量は少し増加という結果が多い状況です。
化学肥料と有機堆肥ではどちらが温室効果ガスの発生量が多いのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・化学肥料、有機肥料（堆肥や油粕など）の両方からN₂Oが発生しています。 ・一般的に、有機肥料のうち、鶏糞堆肥や油粕などの窒素含有量が比較的多く、分解が速いものは化学肥料よりも窒素当たりのN₂O発生量が多くなります。また牛糞堆肥など比較的窒素含有量が低く、分解が遅いものは化学肥料よりも窒素当たりのN₂O発生量が少なくなります。
メタン生成古細菌を減らすことで、何か問題が出てくることはありますか？中干しでも収量は減らなかったとのことですが、長期的に見て何か起こらないのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・中干し延長によりメタン生成古細菌によるメタン生成量を減らしても、収量や品質に大きな影響はなく、長期的にも問題はないと考えています。 ・ただし、中干しの延長期間が長すぎると、収量が減る可能性があります。
硝化抑制剤や被覆効果のある肥料というのは、日本以外の海外でも使用されているのでしょうか？	硝化抑制剤や被覆肥料は海外でも使用されています。
硝化抑制剤を使った場合、本来利用されるべき硝酸態窒素が減ってしまい肥効が落ちそうですが、そこは大丈夫なのでしょうか？	硝化抑制剤はもともと作物による窒素利用効率（肥効）を上昇させることを目的として開発されたもので、窒素利用効率の低下の問題は報告されていません。
硝化抑制剤や被覆効果のある肥料を農業従事者が利用するメリットはなにかあるのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・硝化抑制剤も被覆肥料（ゆっくり肥料成分を土壌中に放出）も窒素肥料成分を作土中に長く留める（緩効性）ことで、作物による窒素利用効率を上昇させることを目的として開発された肥料です。 ・農業者にとっては、硝化抑制剤や被覆肥料のような緩効性肥料の利用より、追肥（作物の植え付け時だけでなく、生育期間の追加の施肥）の回数を減らせる（これにより肥料費の増加以上に労働費を減らせる可能性が高い）ことが大きなメリットと考えられます。
農地での微生物による有機物の分解と同様に、生ごみコンポスト（園芸土を基材としてする一般的な段ボールコンポストをイメージしています。どちらかというと、好気性発酵。）でも、N ₂ O発生があると考えた方がよいのでしょうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・堆肥化過程でもN₂Oは発生しています。家畜排泄物の堆肥化過程からのN₂O発生についての研究例は多くありますが、家庭でのコンポスト作りに関する研究は知る限りではありません。しかし、家庭でのコンポストづくりの過程においても家畜排せつ物堆肥化過程と同様に微生物過程（硝化、脱窒）からN₂Oが発生していると考えられます。しかしながら、堆肥や生ごみコンポストの施用は土壌炭素蓄積効果がありますので、総合的にみて地球温暖化の緩和に効果があると考えられます。

質問	回答
最後のスライドにあったみどり戦略とはどのようなものなの でしょうか？	農林水産省による、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立を目指す 政策となっています。詳しくは農林水産省の「みどりの食料システム戦略」 ウェブサイトをご覧ください。 https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html
土壌からの温室効果ガスの発生量をモニタリングし、対象資 材の削減効果を研究する際、温室効果ガスのサンプリング期 間はどうに設計すべきでしょうか？1週間ごとに作付け 期間中を調査すれば足りるのでしょうか？それとも、対象資 材施用直後は数日おき取る等すべきでしょうか？秋山先 生からご紹介いただきました実証試験では、1週間ごとのよ うに見えたため、エビデンスとして認められ得るレベルとし て、どのような設定が必要かご教示頂ければ幸いです。	・理想的にはサンプリング頻度が高く、測定期間が長いほど望ましく、農研 機構では正確な年間発生量の測定のため、自動連続モニタリング装置を用い た年間測定を行っています。しかし、人力でのサンプリングの場合、高頻 度・長期測定は難しいので、作付け期間を通じて、一週間に1回以上のサン プリングとし、さらに施肥後のN ₂ Oや水田の中干し前後や間断灌漑時の CH ₄ 、N ₂ O、ご質問のような資材の施用直後など、フラックスの変化が大き いと予想される期間はサンプリング頻度を高くする方法が一般に行われてい ます。
水田での緑肥導入によるCH ₄ 発生増加が増えるという結果が ありましたが、より酸化的な一般の畑地でも同様の結果に なってしまうのでしょうか？また、N ₂ Oの発生に対してはど のように影響するのでしょうか？（出典をすぐに思い出せま せんが、マメ科緑肥の施用により、畑地からのN ₂ O発生量が 増加するという報告もあったと記憶しています。）	メタンは水浸しの環境で生成されますので、畑の状態では緑肥を導入しても 顕著なCH ₄ 発生増加は通常ありません。N ₂ Oは緑肥を土に混ぜると多く発生 します。ただし、その程度は窒素を多く含むマメ科の緑肥で大きく、あまり 窒素を含まないイネ科の緑肥ではそれほど多くありません。
土壌及び農業の素人です。堆肥を入れることと同様、作物 （畑作）残渣を圃場へ直接すき込むことも、GHG抑制に有効 と言えるでしょうか？すき込みが不十分な場合、逆にGHG発 生の温床になることもあるのでしょうか。	残渣を入れることは堆肥ほどではないですが土壌の炭素を増やすことに多少 は貢献すると思います。ただし、残渣をすき込むタイミングと種類によつて はN ₂ Oが多く発生することがあります。例えば、暑くて雨が深い時期に野菜 等の残渣をすき込むとN ₂ Oが多く発生する可能性があります。寒くて乾燥 している時期に稲わら等あまり窒素を含まない残渣をすき込んでもN ₂ Oの発 生は少ないと考えて良いです。
農地の温室効果ガス削減方法のコーディネートしてくれるよ うなコーディネーターはいますか？	残念ながらそのようなコーディネーターは現在いません。ただし、発表でも 白戸先生からご発言あったかと思いますが、農研機構農業環境研究部門に問 い合わせると適した方法について助言いただけるとのことでした。
水田などの嫌氣的な圃場では、耕起した方が土壌を酸化的に 保つことができ、メタンの発生を抑制することができます か？	水田のような水を張った状態での耕起は難しい（技術的にも、稲への影響を 考える上でも）のが現状です。一方で、水田では除草のために土壌表面を少 し引っ掻くことが昔からされています。その場合にメタンが減る可能性があ りそうというのが段々わかってきたところです。
草地への堆肥施用による正味のGHG削減効果のご説明におい て、堆肥由来の窒素によりN ₂ O発生が高まる傾向をご説明頂 きました。一方、堆肥の種類にもよりますが、鶏糞を除け ば、一般の畜産堆肥の窒素は最大無機化量が数%と低く、そ こまでN ₂ Oの基質量が増えないように思えます。ご紹介いた だいた結果は、堆肥の長期連用された場合の結果なものでし ょうか？（長期連用により、代謝回転速度が高まって、地力窒 素の無機化率が高まっていると理解できるのでしょうか？そ の場合、連用年数も考慮しなければならなくなるのでし ょうか？）	私が紹介した論文では数10年という長期の試験ではありません。ご質問のよ うに堆肥は無機化窒素量が少ないですが、N ₂ Oはそれなりに発生します。 10t/haの施用堆肥でも0.5%の窒素が無機化されると50kg/haの窒素が出てき ますので、窒素源としては小さくない量です。それに加え、N ₂ OはCO ₂ の約 300倍程度強い温室効果能をもちますので、少しでもインパクトが大きくな ります。その結果が紹介しました論文の報告になります。
バイオ炭はあまり分解されないということで、農地に溜まり 続けていくと思うのですが、どれだけ継続的に散布できるの でしょうか？量の上限や、長く使う方法など想定していまし たら、ご回答いただきたいです。	バイオ炭は非常に種類が多くて一様な説明が難しいのですが、継続や量に関 してはまずは土壌のpHに注目して決めるのが良いと考えています。バイオ 炭はpHが高いものがありますし、土壌もpHが変わりやすい土壌がありま す。たくさん入れて土壌のpHが高くなりすぎると作物への悪影響が出てき ますので、土壌のpHが高くなりすぎず、またコスト的にも許容できる範囲 で量や捲く回数を決めると良いと思います。もちろん、有害な成分が含まれ ていないバイオ炭を使うことが大事です。 バイオ炭施用による土壌pHの影響については、農研機構での試験結果をも とに、農水省によりバイオ炭上限の目安が示されています。 https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/biochar01.html

質問	回答
<p>講義の中で、バイオ炭と不耕を組み合わせるといようなお話もありましたが、バイオ炭と不耕のみを実施する場合に考えられる作物への影響には、どのようなものがあるのでしょうか？また、組み合わせることによってそれらの影響は緩和されるのでしょうか？</p>	<p>バイオ炭の場合は風で飛ばされ易いので不耕起では難しいと思います。表面に撒いた上にマルチ等をかける場合は可能かと思います。バイオ炭を混ぜ込んだときの効果としては例えば保水性の向上やpHの矯正があります。ただし、不耕起との組み合わせによる影響についてはお答えできる情報を持っておりません。</p>
<p>対象資材のN₂O削減効果を評価する際に、N₂Oの測定方法として、旧農環研様や農研機構様ではクローズドチャンバーを用いて、自動サンプリングを行い、ECD付ガスクロにより測定されているかと思います。一方、当該方法は、チャンバーやECD付ガスクロを持っていない地方の公設試では実施困難です。そこで、より安価かつ簡便にN₂O測定が可能で学術論文にも投稿可能な測定手法がありましたらご教授頂けないでしょうか？</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・農研機構のような自動連続モニタリング装置による高頻度測定は価格も高く一般的ではありませんが、一般には手動チャンバーによるガスサンプリングとECD付きガスクロ的グラフによる分析が行われています。これ以上簡易な方法は現状では難しいです。 ・サンプリング法等を含むコンサルティングや温室効果ガス依頼分析については、最近、農研機構スタートアップGCOF（グリーンカーボンオフセットフォーラム）が設立されています。https://ekoto.jp/GCOF/index.html
<p>バイオ炭をつくるのにどのくらいのエネルギーを使うのですか？</p>	<p>作り方によって様々なので具体的にどのくらいということはいえませんが、野外でのみ殻くん炭を作成したり木炭の伏せ焼のような場合はエネルギーはかかりません。ただし、もみ殻や剪定枝などから可燃性ガスを取り出し同時に炭化物を得る場合には炉の温度を上げるために燃料を使う場合がありますのでエネルギーが必要になります。</p>
<p>逆に土壌中の炭素を増やしすぎる事による弊害は無いのでしょうか？</p>	<p>炭素は、炭素のみで存在することはなく、何かしら他の元素と化合物を形成しています。炭素を土壌中に貯め込められる上限（作物栽培に弊害を起ささない炭素量）は、炭素がどのような化合物で存在しているかによっても変わると考えられます。土壌中に入れても動かない炭素（分解しない炭素）と考えられるバイオ炭においても、施用初期には一部分解され、微生物に利用されます。もし、微生物に利用されやすい炭素（有機物）であれば、窒素飢餓を引き起こすリスクが高まります。どのような炭素を土壌中に入れているのかを見極めることが大事だと思います。</p>
<p>慣行耕起とカバークロップの両立はどのように行うのですか？</p>	<p>カバークロップの組合せは基本的には不耕起との組合せになると思います。不耕起にできる果樹栽培では、既に草生栽培はカバークロップを利用した慣行農法と言えらると思います。耕起との組合せでは、私が知る限りですが、ha規模の秋コムギ栽培で、春先に畝間にマメ科草本（クローバー）をカバークロップとして導入している事例があります。</p>
<p>不耕起栽培のような、現行の農業より手間も金もかからない（多分）方法がなぜ長い日本の農業の歴史のなかで試されてこなかったのか、普及しなかったのか不思議です。</p>	<p>例えば、不耕起が盛んなアメリカなどと比べると、高温多湿な日本は雑草害のマイナスが大きいことも、不耕起がそれほど普及してこなかった一つの要因だと思います。</p>
<p>日本に広く分布する黒ぼく土は土壌炭素を多く含んでいますが、縄文期から行われてきた焼畑によって形成されたとする研究もなされていると聞きます。こうした古代からの草地・畑地管理の知恵や技術を現代にも応用することは可能でしょうか？</p>	<p>おっしゃるような、黒ボク土がなぜほかの土壌に比べて多量の有機物を貯めているのか？は、草地や畑地の管理のヒントになると思います。例えば火入れによるススキ草原の維持も一つの要因ですが、ススキ草原における土壌への多量の有機物の投入から、やはりできるだけ多くの作物残渣が投入されるような作物の選択や有機物管理が重要だということが示唆されると思います。</p>
<p>不耕起栽培やカバークロップなどの農法は、都市近郊で野菜を栽培している農家にとっては、有効なのでしょうか。（近所の農家から大根やハウレンソウを購入しています）。実証事例はありますか？</p>	<p>都市近郊でも、土地から遠く離れた地方でも、ともに有効だと思いますし、都市近郊でも実施事例はあると思います。また、都市近郊では近くに住宅がある場合、耕起して乾燥すると強風で土が飛ばされて近くの住民から苦情が来るといったこともあり、不耕起や、できるだけ土壌を裸地にしないようなカバークロップの導入は、越したことを防ぐのにも有効です。</p>
<p>CO₂削減の為の農法を実際に生産されている日本の農家に広げるためにはどうしたら良いと思われますか？</p>	<p>まずは、農法自体が、収量や品質が良くなるといった利点を持つことが最も理想的です。次に、行政による補助金政策（環境直接支払い）、Jクレジットなどのクレジット-オフセット制度、さらに、ブランド化による高付加価値化などいくつかの方法があると思います。</p>

質問	回答
<p>一万年前から現在までの流れの中で、土地利用の変化によって大量の炭素が大気中に放出されたというデータがありましたが、もし農業を人類が行なっていなかったとしたら、土壌中からの大気中への温室効果ガスの放出はなかったのでしょうか？</p> <p>また、土壌を用いない水耕農業などといった土壌を用いない農業の形態も開発されていますが、このような研究についてはどのようにお考えなのかをお聞きしたいです。</p>	<p>もし農業も林業もせず、自然植生が維持されていたとすると、大量の炭素が放出されることはなかったと考えられます（自然の変動は多少あるとしても）。水耕栽培や植物工場の研究も、それなりの需要があり研究の意義もあるとは思いますが、適用できるのは、高付加価値が得られる野菜など一部の品目に限られます。今後、多少は適用できる品目が増えたとしても、人類の主要な食糧である穀物などを水耕や植物工場でまかなうようになることは、コスト的にも、エネルギー収支的にも不可能であると考えます。やはり、無限で無料の太陽エネルギーを利用し、その場所の土壌とその場所の気候条件に合わせた従来の農業がなくなることはないと考えます。</p>
<p>何度か土壌微生物というキーワードをお聞きしました。土壌微生物の活動の変化を見ることの重要性を教えてください。その変化を見ることは、どのようなことに今後の日本、世界の土壌環境や改善に繋がりますか？</p>	<p>私の発表では、土壌微生物の活性は温室効果ガス収支への影響の観点だけからしか考慮しておりませんが、一般に温度が高まると微生物の活性は増加し、CO₂、CH₄、N₂Oも含めて、より温室効果ガスを発生してしまうことが懸念されます。それ自体、土壌生態系にとって悪いことではありません。一方で病原菌等の活性も高まると考えられており、病害虫の農業（自然生態系）への影響は注視が必要です。</p>
<p>衛星「GOSAT」ではFTIRでCO₂やCH₄を測定するとのことでしたが、N₂Oは測定されていますでしょうか？また、そのデータは公開されているのでしょうか？素人考えで恐縮ですが、Gaset社のFTIRによるオンサイト測定器ではN₂Oも測定できたので、GOSATも測定されていて、そのデータを地方の公設試の者でも拝見出来たらありがたいと思った次第です。</p>	<p>原理的には可能ですが、GOSATではN₂Oのプロダクトはありません（S/N比が悪く、精度の高い濃度を出すことが難しいようです）。これから飛ぶ海外の衛星では検討されているものもあるようです。</p>
<p>水田のメタンについて質問です。中干延長は新しい衛星やモデルで計測可能でしょうか。よろしく申し上げます。</p>	<p>合成開口レーダーは湛水するタイミングをうまく取らえることができますが、作物が十分に生育してしまうと、うまく湛水の状況を把握できなくなってしまうと思います。今後、CH₄濃度の大气濃度の時系列変化を詳細に見れるようになれば、感知できるとなる可能性があるかもしれません。</p>
<p>当真先生の講演で、緑肥栽培はCO₂を増加させる図がありましたが、マメ科緑肥の場合は窒素化学肥料を節減して代替する効果がありますが、LCA評価を勘案しても、緑肥栽培はCO₂を増加させるとみるべきなのでしょうか？</p>	<p>緑肥でご紹介した研究はCH₄が増加するという事だったかと思います。マメ科緑肥を「畑」で使用した場合は化学肥料を製造するようなエネルギーが少なくなりますので、LCAということであれば緑肥栽培の方がCO₂排出が少なくなると思います。</p>
<p>仁科先生の終盤のスライドで、水田の作付け回数が1回目より2回目、2回目より3回目のほうがメタンガスが少なくなっているように見えたのですが、その要因についてお考えを聞かせていただけますでしょうか？</p>	<p>栽培のときの日射や気温の影響などもあるかもしれません。解析を進めてみたいと思います。</p>
<p>バイオ炭を製造する際に排出される温室効果ガスの量を考慮しても、全体としてバイオ炭施用の方が温室効果ガスの減少に寄与するのでしょうか？また、種類が豊富ですが、適切なものを選ぶためにはどのような点を考慮すべきなのでしょうか？</p>	<p>バイオ炭という炭素が入りますので、長期的に見ればGHG（CO₂やCH₄）は増加します。とくにバイオ炭は性状がヘテロなので入れた初期は分解が早い部分が分解するのでGHGが増えます。ただ、その後は徐々に分解する感じで、土壌に残留する割合は増加していきます。適切なバイオ炭ですが、その指標値はないです。ただ、大事なのは当真先生が述べられた通り、地産地消で移動や散布に化石燃料を使わないようにすることだと思います。</p>
<p>硝化抑制剤自体が環境汚染を引き起こす可能性はないのですか？</p>	<p>硝化抑制効果をもつ化合物は多く知られていますが、そのなかで環境影響や人体への影響、作物へ生育阻害などが無いことが確認されている物質について市販の硝化抑制剤入り肥料として販売されています。環境影響や人体への影響は確認されていないものの、日本で最も普及している硝化抑制剤であるジシアングアミド（DCD）については、ニュージーランドでは草地に散布したDCDが放牧牛を介して牛乳に検出されたことから、販売停止となっています。</p>
<p>4%運動は温帯地域で活発に行われているものと認識しておりますが、分解の速い熱帯域においても有効に働くという研究もあるのでしょうか？</p>	<p>熱帯では、確かに温帯に比べると土壌に炭素は貯まりにくいですが、しかし、4/1000イニシアチブは、温帯だけでなく熱帯も対象に考えています。むしろ、痩せた熱帯の土壌こそ、有機物をできるだけ施用して肥沃度を上げる効果は出やすいという側面もあると思います。</p>

質問	回答
<p>被服肥料等で窒素の溶脱等の緩和や追肥作業の省力に役立つと思うのですが、一方で細やかな施肥設計が出来ない面があります。（例えばリン酸肥料の土壌への蓄積が顕著になっている場面でも、被服肥料の窒素以外に含まれるリン酸肥料や他成分等も投入することになる）それらの動態を含めての総合的な良し悪しを判断するデータ等はございますでしょうか？</p>	<p>このご指摘は被覆肥料そのものの問題というよりは、市販の化成肥料の多くは窒素（即効性および被覆肥料）だけでなくリン酸、カリを同時に含む複合肥料またはバルクブレンド（BB）肥料となっているために、細やかな施肥設計が難しいという点をおっしゃっているのではないかと思います。土壌診断に基づいてBB肥料等を用いた適正施肥についてもご検討いただければと思います。</p>
<p>降水量を考慮した土壌中水分量の分布もシミュレーションでできるのでしょうか？</p>	<p>蒸発散等の水収支を計算することによって予測しています。私達のモデルではかなり簡易ですが、モデルによっては詳細なプロセスが入っているものもあります。</p>
<p>その発生するCO₂、CH₄、N₂Oは、他に大きな影響がありますか？</p>	<p>CO₂やCH₄については温室効果ガスとしての影響が問題ですが、N₂Oに関しては、温室効果に加えて、成層圏オゾン破壊の原因物質であるということも重要な環境影響になります。</p>
<p>今後のサステナブルな農業を次世代にも引き継ぐ際に必要なモノゴトはありますか？</p>	<p>まずは、農法自体が、収量や品質が良くなるといった利点を持つことが最も理想的です。次に、行政による補助金政策（環境直接支払い）、Jクレジットなどのクレジット・オフセット制度、さらに、ブランド化による高付加価値化などいくつかの方法があると思います。</p> <p>環境負荷低減農法が、栽培管理において負担にならないような方法を模索することと、また、収量や品質にもメリットが出るのが重要になってくるのではないかと個人的には思います。</p>