

## 石灰窒素による温室効果ガス（一酸化二窒素）発生低減技術

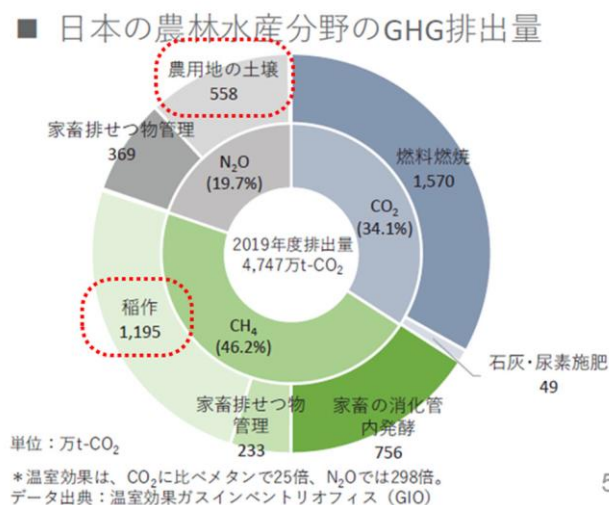
茶園や畑地からは、温室効果ガスの一つである一酸化二窒素（亜酸化窒素、 $N_2O$ ）が発生します。一酸化二窒素の温室効果は二酸化炭素（ $CO_2$ ）の約300倍（地球温暖化係数=298）と大きく、その発生量（ $CO_2$ 換算）は農林水産分野全体の約12%を占めます。特に茶園は施肥窒素量に対する一酸化二窒素発生量の割合が2.9%と、他の作物を栽培する畑地の0.62%に比較して高く、一酸化二窒素の発生の低減が求められています。

一酸化二窒素は土壤中で硝酸化成の過程（硝化過程）および脱窒過程から生じます。石灰窒素は、硝化過程で硝酸化成作用を抑制することで、また、脱窒過程では窒素成分を代謝する微生物の活性を抑制することで、一酸化二窒素の生成を抑制します。本資料では、石灰窒素による一酸化二窒素発生低減技術に関わる試験事例などを紹介します。

\*地球温暖化係数：二酸化炭素を基準に、温室効果ガスの単位重量当たりの温室効果を比較するために用いる係数。

I P C C 第4次報告書（京都議定書第二約束期間におけるGWP値）の値AR4を用いた。

## 1. 農地から発生する温室効果ガスと排出量



農林水産省2021年4月、「農林水産分野における地球温暖化対策の取組みについて」より

この図は、国内の農林水産分野の温室効果ガスの排出量を示します。

稲作（水田）では、湛水した水田は土壤が還元状態となり、未腐熟な稲わらなどの有機物が存在するとメタン生成菌により分解され、温室効果ガス（メタン、地球温暖化係数=25）が発生します。特に春先に稲わらをすき込むと多量のメタンが発生します。水田から放出されるメタンガスの量は、農林水産分野全体の約25%と推定されます。

一方、水田以外の農用地の土壤（畑地、茶園）でも、化学肥料や堆肥などに含まれる窒素成分が土壤中の微生物により代謝されて形態が変化し、これらの反応の中間生成物として温室効果ガス（一酸化二窒素）が発生します。畑地、茶園から放出される一酸化二窒素の量は、農林水産分野全体の約12%と推定されます。

## 2. 石灰窒素の施用による一酸化二窒素（亜酸化窒素）発生低減効果

### 試験 1 石灰窒素を春肥および秋肥に施用して、一酸化二窒素の発生を大幅に低減！

茶栽培では多量の窒素肥料が施肥されるため一酸化二窒素の発生量が多いとされており、年間窒素施用量の24～40%を石灰窒素で代替して春肥および秋肥の時期に施用することにより、一酸化二窒素の発生量が36～61%（平均で約50%）まで減少しました。

#### (1) 試験概要

- 1) 試験機関：野菜茶業研究所（2005年）
- 2) 土壌の種類：赤黄色土壌
- 3) 品種：やぶきた
- 4) 試験方法

各試験区と、施肥した肥料および10 a 当たりの年間窒素（成分）施肥量を示す。

- ①慣行区 硫安+菜種粕 N50kg/10a
- ②慣行減肥区 硫安+菜種粕 N30kg/10a
- ③石灰窒素区 石灰窒素N12kg/10a、硫安+菜種粕N38kg/10a、計N50kg/10a
- ④石灰窒素減肥区 石灰窒素N12kg/10a、硫安+菜種粕N18kg/10a、計N30kg/10a

#### (2) 試験結果

- 1) 一酸化二窒素の発生量は、①慣行区が最も多く、慣行の年間窒素施肥量を50kg/10a（①）から30kg/10a（②）に減肥することで減少した。
- 2) 窒素肥料の一部を石灰窒素で代替すると、一酸化二窒素の発生量は、①慣行区の発生量100に対し③石灰窒素区が36、②慣行減肥区の発生量100に対し④石灰窒素減肥区が61まで減少した。
- 3) 窒素肥料の一部を石灰窒素で代替すると、年間窒素施肥量を30kg/10a（④）から慣行と同じ50kg/10a（③）に増やしても、一酸化二窒素発生量はほとんど増加しなかった。

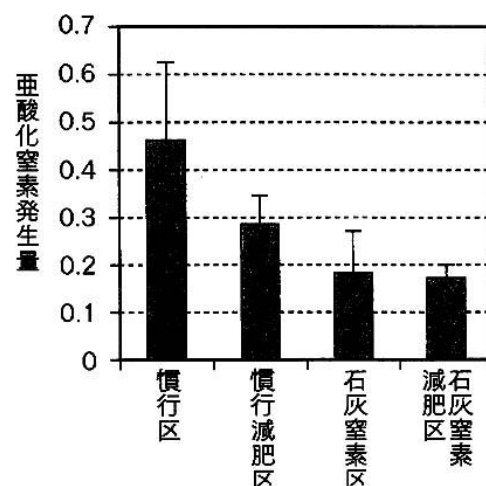


図 茶園からの亜酸化窒素（一酸化二窒素）発生に及ぼす石灰窒素の影響

\* 図中の亜酸化窒素発生量は、毎月の測定値の平均値を、1m<sup>2</sup>当たり1時間に発生する量で示す。

エラーバーは2反復で測定した値の範囲を示す。

## 試験2 石灰窒素を畝間に施用して、一酸化二窒素の発生を大幅に低減！

畝間に整せん枝残渣が堆積した茶園からは一酸化二窒素が多量に発生しており、施肥窒素量が多いほど多くなります。石灰窒素を畝間に施用した整せん枝残渣のすき込みと樹冠下への被覆肥料の施用を組み合わせ、窒素施肥量を約4割削減する効率施肥とすることで一酸化二窒素の発生量が83%低減しました。また、施肥窒素量を削減しても農家の慣行栽培と同等の収量や品質が得られる栽培体系を、現地茶園において実証しました。

### (1) 試験概要

- 1) 試験機関：滋賀県農業技術振興センター茶業指導所（2012～2014年）
- 2) 品種：やぶきた
- 3) 試験方法

各試験区と施肥した肥料、施肥時期および年間施肥窒素（成分）量を示す。（表1）

**表1 一酸化二窒素の発生を抑制する栽培体系**

試験区	土壌還元方法	施肥位置	施肥時期						計 (/10a/年)	肥料費 (/10a/年)	肥料費 削減率	
			8月下旬	10月上旬	3月上旬	3月中旬	4月上旬	6月上旬				
実証区 (一酸化二窒素抑制区)	深耕機	樹冠下	被覆肥料 70日タイプ 5		被覆肥料 40日タイプ 10					窒素 40kg	41,669円	43%
		うね間	菜種油粕 魚粕 石灰窒素 2 + 2 + 5	有機配合 低度化成		10	6					
農家慣行区 (対照)	農家使用の 既存カル手機	うね間	菜種油粕	菜種油粕 魚粕	菜種油粕	有機配合	低度化成	硫安		窒素 70kg	73,546円	
			10	12	12	12	12	12				

- 1) 有機配合肥料は、被覆尿素70：油粕：硫安：硫酸カリ＝14：5：8.4：5の窒素成分比で配合されたもの（硫酸カリについてはカリ成分比）  
被覆肥料：被覆尿素40日タイプ、被覆磷硝安カリ70日タイプ、低度化成：N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O＝12：2：4（硝化抑制剤入り）
- 2) 年間のリン酸、カリ施用量は、実証試験、農家慣行ともに、18kg、20kg/10aとなるように調整
- 3) 農家慣行区は、8月上旬に苦土石灰(120kg/10a)により酸度矯正を実施

### (2) 試験結果

- 1) 実証区は、石灰窒素の施用、畝間に堆積した残渣のすき込み、樹冠下への被覆肥料の施用を組み合わせることで、年間の一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）積算発生量を農家慣行区と比較し83%低減した。（図1）
- 2) 実証区は、施肥回数を3回とし、施肥窒素量を4割程度削減しても、一番茶、二番茶の生葉収量荒茶品質は農家慣行区と比較し同等であった。（表2）
- 3) 施肥窒素量に対する一酸化二窒素発生量の割合は、農家慣行区が17.9%（16.5kg-N/92kgN）に対し、実証区は5.2%（2.8kg-N/54kgN）となり、一酸化二窒素発生量が大幅に低減した。（図1）

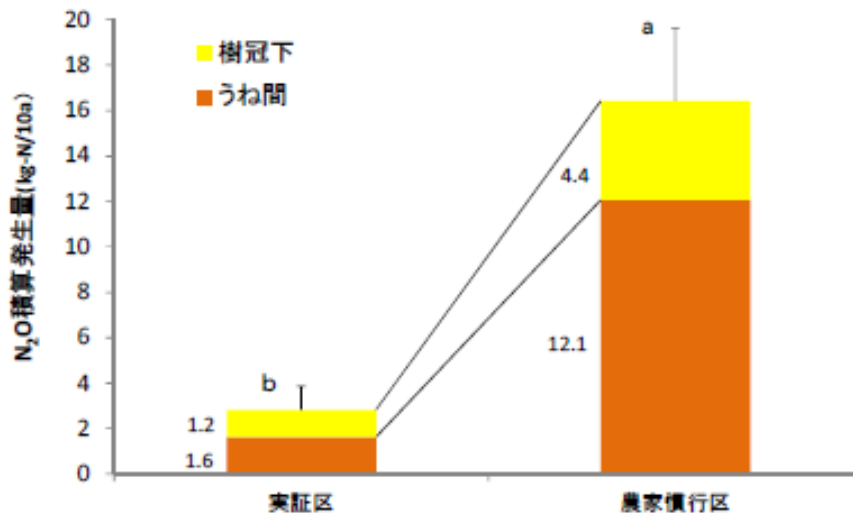


図1 調査期間中のN<sub>2</sub>Oの積算発生量(2013年9月～2014年10月)

注1) N<sub>2</sub>O積算量はうね間を30cm、樹冠下を150cmとして、茶園からの発生量を算出した。  
 注2) エラーバーは標準偏差(n=3)  
 注3) t検定により、英文字が異なる場合は5%水準で有意差があることを示す。  
 注4) 調査期間中の窒素施用量は、実証区が54kg/10a、農家慣行区は92kg/10a  
 注5) 試験地は、滋賀県甲賀市上朝宮 向山集団茶園(丘陵地)

表2 茶期別の生葉収量および荒茶品質

茶期	試験区	生葉収量 (kg/10a)	全窒素含有率 (%)	アミ/酸含有率 (%)	荒茶単価 (円/kg)
一番茶	実証区	395	5.6	3.1	4,300
	農家慣行区	381	5.4	3.1	4,300
二番茶	実証区	469	4.6	1.6	820
	農家慣行区	472	4.6	1.6	900

注1)2013年8月下旬から試験区の施肥体系に変更。  
 生葉収量、荒茶品質は、2014年産での評価。  
 注2)t検定(5%水準)により、生葉収量、全窒素含有率、アミ/酸含有率に有意差はなかった。  
 注3)荒茶単価は、茶商業者による評価

\*参考：堆積した残渣を土壤中にすき込む技術の留意点

- ・ 8月下旬から9月上旬の秋肥の時期に、石灰窒素N5kg/10a (25kg/10a)、菜種油粕N2kg/10a、魚粕N2kg/10aを施用しすき込む。石灰窒素は秋肥の時期に施用することで、一酸化二窒素発生抑制効果が期待できる。
- ・ 残渣のすき込みは、通常、平坦地茶園では乗用型ロータリ機、深耕機、改良カルチ機を、傾斜茶園では改良カルチ機(爪先に長さ40mm×幅25mmの鉄板を溶接し耕うん能力を高める)を使用する。
- ・ 残渣のすき込みは、5年に一度もしくは残渣が10cm以上堆積したら行う。その後は、肥料散布毎に既存カルチ機で耕うんすることにより、畝間に残渣が堆積しないように管理する。
- ・ 畝間に10cm以上残渣が堆積すると、既存カルチ機ではすき込むことができないが、乗用型ロータリ機、深耕機、改良カルチ機ですき込むことができる。

### 3. 石灰窒素による一酸化二窒素発生抑制のメカニズムについて

土壌中での窒素の形態変化は微生物の作用で行われており、窒素については窒素固定作用の他に、硝酸化成過程と脱窒過程があります。

畑地や茶園の土壌では、硝化過程および脱窒過程で一酸化二窒素が生成しますが、石灰窒素は、図のように硝化過程の硝酸化成作用を示す①②の活性だけでなく、脱窒過程の③の活性も抑制することで、一酸化二窒素の生成を抑制するといわれています。

また、茶園ではpHが低くなるほど一酸化二窒素の発生量が多くなることから、石灰窒素に含まれる石灰の酸度矯正効果により一酸化二窒素の発生が減少するとの報告もあります。

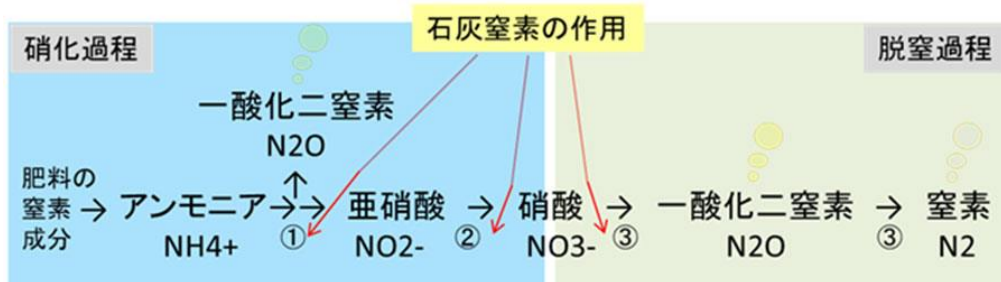


図 畑地、茶園の一酸化二窒素発生概略

①亜硝酸酸化菌 ②硝酸酸化菌 ③脱窒細菌

### 4. 茶園における石灰窒素の施用による一酸化二窒素発生低減技術のJ-クレジット制度の適用

茶園における石灰窒素の施用による一酸化二窒素発生低減技術は、図のようにJ-クレジット制度の方法論に適用されます。J-クレジット制度の活用含め、一酸化二窒素の発生低減に貢献することが製品や企業のイメージアップに繋がる手段になるものと考えております。

**AG-003: 茶園土壌への硝化抑制剤入り化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料の施肥**

<b>【削減方法】</b>	● 茶の栽培において、茶園に硝化抑制剤入りの化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料を施肥し、プロジェクト実施前の肥料施肥量を減らすことで、土壌からのN <sub>2</sub> O排出量を削減する。
<b>【適用条件】</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① プロジェクト実施前に施肥していた石灰窒素以外の窒素含有化学肥料又は有機肥料をジアンジアミドが混合された化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料に代替すること。</li> <li>② 硝化抑制剤入り化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料を施肥する土壌で栽培する作物は茶であること。</li> <li>③ プロジェクト実施前後で、肥料の施肥方法、落葉・剪定枝の管理方法について変更がないこと。</li> <li>④ プロジェクト実施前に平均施肥量について1年間以上のデータがあること</li> </ul>
<b>【ベースライン排出量の考え方】</b>	● 茶園において、硝化抑制剤入り化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料ではない、窒素含有化学肥料又は有機肥料を施肥する場合に想定される温室効果ガス排出量。
<b>【主なモニタリング項目】</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プロジェクト実施後に硝化抑制剤入り化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料を施肥する面積及び平均施肥量</li> <li>● プロジェクトで施肥した硝化抑制剤入り化学肥料中又は石灰窒素を含む複合肥料中の窒素量及びジアンジアミド含有量</li> <li>● プロジェクト実施前に化学肥料を施肥していた面積及び平均施肥量</li> </ul>

**【方法論のイメージ】**

**ベースライン**

石灰窒素以外の窒素含有化学肥料  
有機肥料

➡

**プロジェクト実施後**

硝化抑制剤入り化学肥料  
又は石灰窒素を含む複合肥料

\*参考 CO<sub>2</sub>取引価格（カーボンオフセット・クレジット価格）を1,500円/tCO<sub>2</sub>とし、試験1の結果よりクレジット販売代金を算出すると、約4,200円/haとなります。

\* 出典：

徳田進一（独）野菜茶業研究所、2005年（茶園からの亜酸化窒素発生量削減技術）、石灰窒素だより 145号  
（日本石灰窒素工業会編、石灰窒素施用による茶園からの亜酸化窒素発生量の低減、徳田進一）

滋賀県農業技術振興センター茶業指導所、2012～2014年（茶園からの温室効果ガス（N<sub>2</sub>O）の発生を抑制する  
低コスト・省力型茶園土壌管理技術）

デンカ社、（独）農業環境技術研究所

- ①Akinori Yamamoto et al. Lime-nitrogen application affects nitrification, denitrification, and N<sub>2</sub>O emission in an acidic tea soil *Biology and Fertility of Soil* 2014 50, 53-62
- ②Akinori Yamamoto et al. Lime-nitrogen application reduces N<sub>2</sub>O emission from a vegetable field with imperfectly-drained sandy clay-loam soil *Soil Science and Plant Nutrition* 2013 59, 442-449
- ③Akinori Yamamoto et al. Effect of lime-nitrogen application on N<sub>2</sub>O emission from an Andosol vegetable field. *Soil Science and Plant Nutrition* 2012 58, 245-254

以上