

地球温暖化対策検討部会だより



地球温暖化対策検討部会では、農業農村整備による温室効果ガスの収支について定量的に把握するため調査を行うとともに、温暖化緩和策の検討を行っています。本号は、水田圃場の温室効果ガスに係る調査・解析結果を、調査業務の委託機関である北海道農業近代化技術研究センターの業務担当者、高木優次氏に寄稿していただきました。

水田圃場整備における温室効果ガス排出量の実態

国内と農業分野の温室効果ガス^{注1}（GHG）排出量の実態

日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2013年4月）によると、2011年度の温室効果ガス（GHG）の総排出量は13億800万トン（CO₂換算）で、1990年度の総排出量から8.5%増加している。また、京都議定書の規定による基準年の総排出量を、3.7%上回った。

そのうち、CO₂排出量は12億4,100万トンであり、温室効果ガス総排出量の94.9%を占めている。CH₄排出量は2,030万トン（CO₂換算）で温室効果ガス総排出量の1.6%を占め、N₂O排出量は2,160万トン（CO₂換算）で温室効果ガス総排出量の1.7%を占めている。

CO₂排出量の内訳は、燃料の燃焼に伴う排出が95.6%と最も多く、燃料の燃焼に伴う排出の内訳をみると、エネルギー産業が37.6%、製造業及び建設業が27.0%、運輸が17.9%、その他部門（業務、家庭、農林水産業からの排出を対象）が13.1%を占めている。

前年度から排出量が増加した原因としては、東日本大震災の影響等により製造業の生産量が減少する一方、火力発電の増加によって化石燃料消費量が増加したことなどがあげられる。

CH₄排出量の内訳は、家畜の消化管内発酵に伴うCH₄排出が32%と最も多く、稲作からのCH₄排出（27%）と続く。また、N₂O排出量の内訳は、農用地の土壌からのN₂O排出が27%と最も多く、家畜排せつ物管理に伴うN₂O排出（25%）と農業分野からの排出割合が高い実態にある。

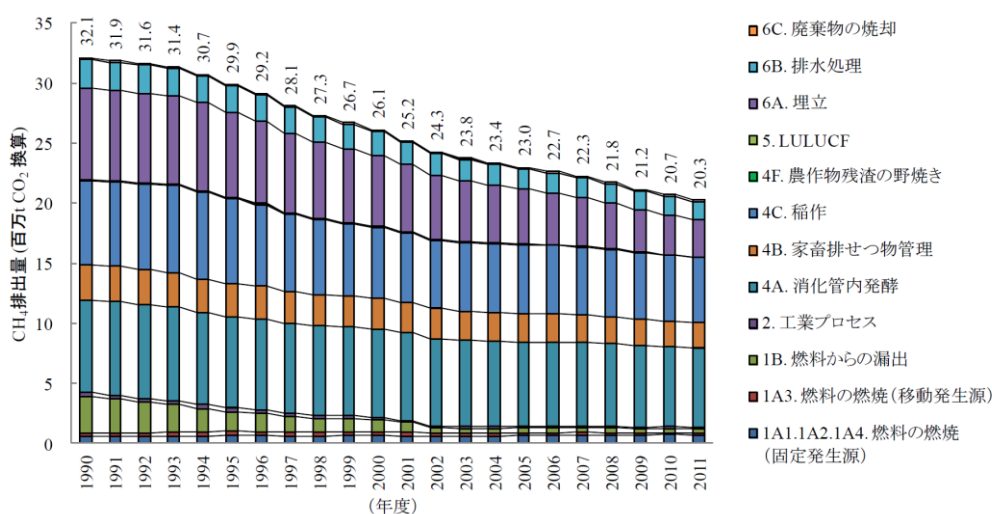
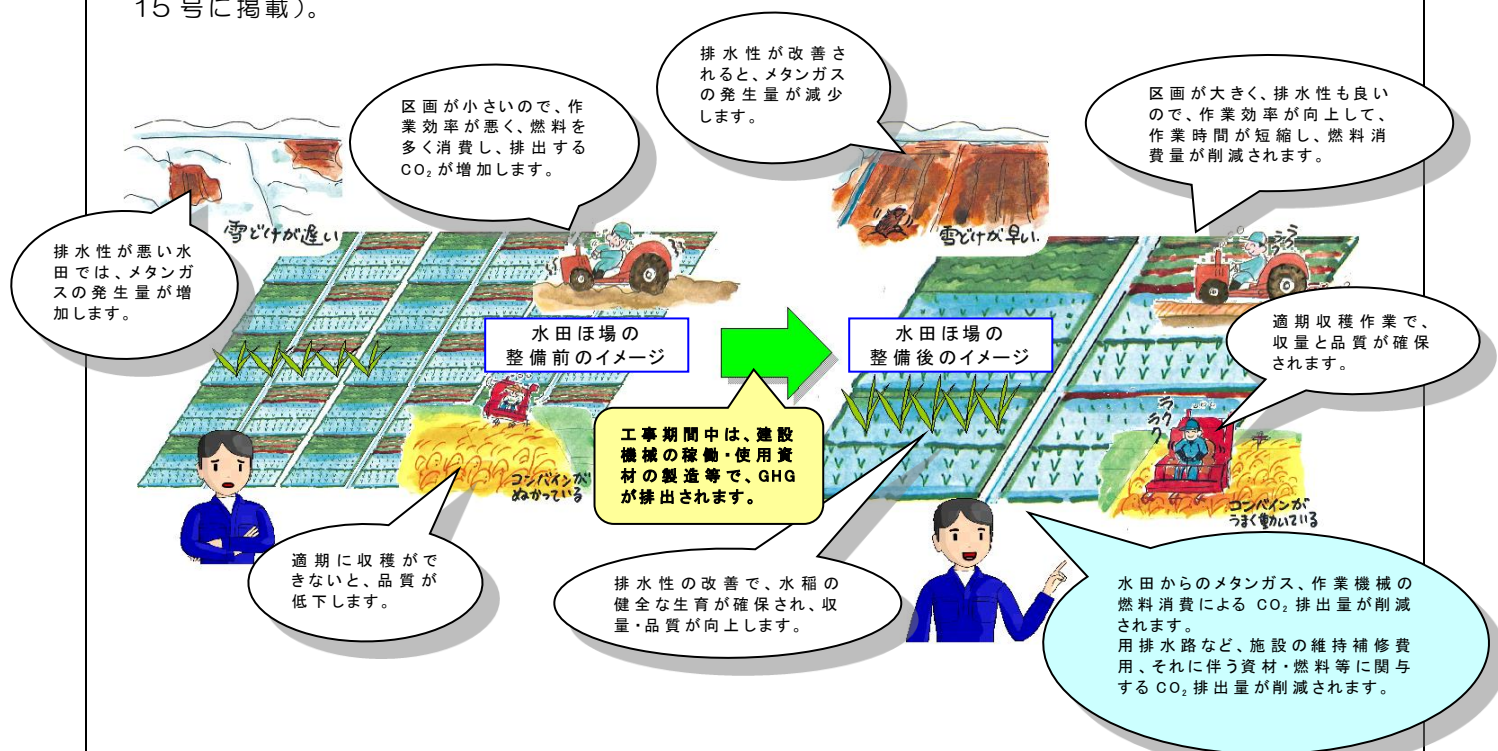


図-1 CH₄排出量の推移（日本国温室効果ガスインベントリ報告書・2013年4月より）

このことから、農業分野と農業農村整備において、地球温暖化の原因とされる温室効果ガス（GHG）の排出量削減の取組が重要である。

農業農村整備事業における整備効果と温室効果ガス削減の関係

農業農村整備事業における整備効果と温室効果ガス削減の関係のイメージを下図に整理した（第15号に掲載）。



農業農村整備事業における水田の圃場整備では、整地工・暗渠排水・用排水施設の整備などの工事によって、一時的にGHG排出量が增大するものの、イメージ図のように、長期にわたって営農による農作業機械や水利施設の維持補修にかかるCO₂排出量のほか、水田からのメタンガス排出量の削減が期待される。

水田からのメタン発生量と排水性の関係

（平成25年第62回農業農村工学会北海道支部研究発表会講演集p.2～5より）

1. はじめに

土地改良事業は、農業生産基盤の整備により、食料の安定供給確保、農業の持続的発展に寄与している。事業の実施では環境との調和への配慮が基本的要件であり、地球温暖化の原因とされる温室効果ガス（GHG）についても排出量の実態把握とその評価、削減への取組みが重要である。

水田地帯におけるGHGの発生要因は、農作業や水利施設の維持管理に伴う作業機械の燃料消費、工事資材の生産等による。また、農耕地土壌においても、水田圃場からメタン、水田転作圃場から亜酸化窒素や二酸化炭素が発生する。

水田地帯で圃場整備事業を実施すると、GHG発生量は工事により一時的に増加する。一方、整備後には農作業や施設維持管理の作業性向上に伴いGHG排出量は低減する。さらに、土地の改良、土地利用の変化により土壌からのGHG排出量が変化する。

このような、整備に伴うGHG排出量の増減を把握・検討するには、資材の製造から、建設、運用、廃棄までの一連の流れの環境影響を定量化し評価する手法である、ライフサイクル・アセスメント（LCA）^{注2}を用いて検討することが有効である。

LCAによる本検討では、水田圃場整備におけるGHG排出評価分野を、工事等の事業実施による

排出を「整備プロセス」、維持管理による排出を「施設維持管理プロセス」、農業生産による排出を「営農プロセス」、農耕地土壌からの排出を「土壌プロセス」と定義した。

本検討では、整備・施設維持管理・営農プロセスの GHG 排出量は日本建築学会の環境負荷量原単位データベースを用いており、原単位が充実している。一方、土壌プロセスに関わる実測事例や原単位は少ない状況にある。

条件の異なる事業地区で試算・検討した結果、GHG 排出量は、整備・施設維持管理プロセスでは様々な工種・工法によって、営農・土壌プロセスでは自然・圃場条件や営農形態によって、大きく異なる。

例えば、整備プロセスの各工種のうち、整地工法は、反転均平工法の GHG 排出量が標準切盛工法と比べ小さいことが明らかとなり、このような GHG 排出量による評価は工法選定の一助ともなる。

次に、空知管内の A 地区の水田圃場整備による GHG 排出量の試算事例を表-1 に示す。土壌プロセスにおける排出量の占める割合が大きく、水田圃場整備による排水改良はメタン発生量削減に大きく寄与するとみられる。しかし、北海道における圃場の排水性とメタン発生量の実態は明らかになっていない。

これらのことから、水田地帯における各種条件下のメタン発生量の実測を行うとともに、事業効果としての圃場の排水性改善とメタン発生量と関係について検討した。

2. 土壌プロセス GHG 排出量の削減シナリオ

水田では湛水により土壌が嫌氣的に維持されるため、メタンが発生する。特に、排水不良の水田では還元状態となり、メタン発生量が大きい。メタン発生量を削減するには、(1) 土壌を酸化促進させるための中干し等の湛水期間中における水管理、(2) 土壌を酸化促進させるための暗渠排水による排水促進とサブソイラ等による圃場管理、(3) メタン生成基質を抑制するための稲わらの圃場外搬出や堆肥化による有機物の酸化的分解、が有効である。

(1) については、北海道の中干しは 6 月下旬の短期間で実施される程度であり、本州でみられる長期間の中干しによる土壌の酸化促進の効果は期待できない。(2) については、暗渠排水の整備と適切な圃場管理による確実な排水改良効果の発現が重要である。

(3) については、北海道の稲わらの処理方法は、“圃場内すき込み”が 7 割で、“堆肥化”が 2 割未満で、すき込みは、“秋すき込み”、“翌春すき込み”の 2 方法がとられている 4)。すき込みの場合は、土壌中への酸素供給による微生物の活性化により有機物分解を促進し、メタン生成基質を減少させておくことが重要である。

このことから、北海道における水田圃場整備によるメタン発生量の削減シナリオは、①非湛水期間における土壌の酸化促進、②土壌水分量の低減等の好気条件の確保による稲わら分解量の増大化であり、これらはいずれも排水改良に大きく関与する。

表-1 A 地区の GHG 排出量試算事例

プロセス	GHG (tCO ₂ eq)	備考
整備	9,280	当該事業
維持管理	-110	年当り
営農	-155	年当り
土壌	-2,804	年当り

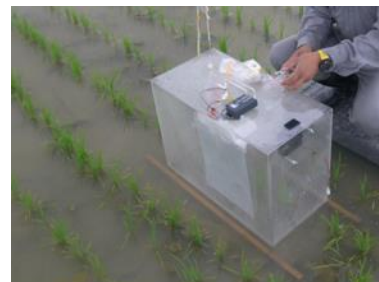


写真-1 水田のメタンガス採取

3. 調査概要

暗渠排水整備前後のメタン発生量実測値を取得するため、空知管内月形町の2圃場で2009～2012年、排水性とメタン発生量の関係を検討するため、空知管内美唄市の4圃場で2012年に、メタン発生量を測定した。また、メタン発生条件を明らかにするため、①表層の土壌水分量を測定する土壌水分調査、②グライ反応の判定によるジピリジル調査、③稲わら残さの分解程度を把握するリターバック調査を行った。

表-2 調査圃場概要

	圃場 No.	排水性区分	市町村	土壌統群	土性	暗渠排水整備区分	暗渠施工年(地区名)
1	5	不良	新篠津	泥炭土	LiC	旧	
2	8	不良	〃	〃	LiC	新	2009年(新湧)
3	14	良	〃	〃	LiC	新	2011年(新湧)
4	18	良	〃	〃	LiC	旧	
5	20	良	〃	〃	LiC	旧	
6	23	良	〃	〃	LiC	新	2009年(新湧)
7	33	不良	月形	細粒グライ台地土	HC	新	2009年
8	34	不良	〃	〃	HC	新	2009年
9	41	不良	〃	泥炭土	LiC	新	2011年(昭栄)
10	46	良	〃	〃	CL	新	2009年(昭栄)
11	48	良	〃	〃	LiC	新	2009年(昭栄)
12	54	良	〃	〃	LiC	新	2008年(昭栄)
13	58	良	〃	〃	LiC	新	2011年(昭栄)
14	67	不良	新篠津	〃	LiC	旧	
15	B1		美唄	細粒強グライ土	SiC	新	2004年(中村北央)
16	B2		〃	〃	SiC	新	2004年(中村北央)
17	B3		〃	〃	LiC	旧	
18	B4		〃	〃	LiC	旧	

調査圃場は、石狩・空知管内の新篠津村、月形町、美唄市に位置する18圃場である(表-2)。暗渠排水整備は18圃場で30年以上前に実施されており、暗渠排水整備は2004～2011年に整備されている圃場を“新”、その他の圃場を“旧”、また、排水性については2011年秋の土壌水分調査結果の体積含水率が70%以下を“良”、70%以上を“不良”、と区分した。営農は水稻移植栽培を10年以上続けている。

4. 調査方法

メタン発生量調査は、クローズドチャンバー法により、2009～2012年の6～10月に週一回程度の測定間隔で1圃場当たり2～3地点で実施した。

①土壌水分調査は、水稻収穫期で耕起作業前に地表の体積含水率を測定した。調査は2011年9月の降雨後のうち7日間実施した。測定はプローブ長12cmのTDR土壌水分計を用い、1圃場3地点5反復測定した。

②ジピリジル調査は、検土杖を挿入して深度0～50cmの土壌を採取し、ジピリジル溶液を滴下し、呈色を判定した。調査は、2012年の10月・11月のうち3日間実施した。グライ反応出現深度はグライ反応が“++”または、“+++”が出現する深度とし、グライ反応点数は“-”が0、“+”が1、“++”が2、“+++”が3とし、深度で加重平均し、点数化した。常時地下水位が高いほどグライ反応出現深度は浅く、土壌断面の還元が強いほど点数が大きい。

③リターバック調査は、刈り取った稲わら約30gを約15cmに裁断し、ポリプロピレン製ネットに詰めた。設置は2011年11月初旬に、稲わらが地表に接するように地表面に置いた。撤去は翌年4月下旬で、反復は1圃場当たり3地点2反復である。



写真-2 土壌水分の測定(TDR)



写真-3 ジピリジル調査
(検土杖による土壌採取)



写真-4 リターバック調査

5. 調査結果

5-1. 排水性と土壌還元の関係

グライ反応出現深度の平均値は、排水性区分の“良”では33.3cm、“不良”では13.8cmであり、“不良”での出現深度は“良”よりも浅かった。また、暗渠排水区分の“新”では27.0cm、“旧”では22.3cmと“旧”では“新”よりも浅かった。

このように、排水性区分の“良”圃場は“不良”圃場に比べ、また暗渠排水区分の“新”圃場は“旧”圃場に比べ、深度0～50cmの還元の進行が抑制され、グライ層の出現位置が深い結果となった(図-1)。

5-2. 排水性と稲わら残さ分解の関係

2012年4月の稲わら残さ炭素量の2011年11月に対する低下割合は、排水性区分別の“良”では33%、“不良”では25%と“良”圃場の低下量が“不良”圃場を上回り、排水性区分により差がみられた。

5-3. 暗渠整備前後のメタン発生量の変動

月形町のNo.33・34は、土壌統群は細粒グライ台地土に分類され、下層が堅密であるため、降雨後の速やかな地表残留水の排除が困難な圃場であった。2009年冬から翌春に、管種が素焼土管、疎水材がカラマッチップの暗渠排水が整備された。

2009～2012年の栽培管理は、収穫後にサブソイラまたは溝切りを行い、春に稲わらをすき込み、中干しは実施していない。No.33・34の6地点平均のメタン発生量は、2009年は593kgCH₄-C/ha、2010年は541kgCH₄-C/ha、2011年は339kgCH₄-C/ha、2012年は269kgCH₄-C/haであり、暗渠排水整備後に大きく低下した(表-3)。

また、メタン発生量の経時的变化は、暗渠整備前では6・7月に増加した後8月下旬にも増加したが、整備後は6月から8月下旬の発生量が整備前より低減した(図-2)。なお、2010年は暗渠排水整備直後であり、整備前と同様のメタン発生量の挙動を示している。これは、排水改良による非湛水期間中のメタン発生抑制を示唆するものである。

ここで、空知管内の圃場整備事業実施地区のデータを基に整地工(標準切盛工)および暗渠排水工の工事によるGHG発生量を算定し、メタンの地球温暖化係数を21としてメタン相当量に換算した(表-4)。

その結果、暗渠排水工のGHG発生量は221kgCH₄-C/haとなり、No.33・34の整備後2年間のメタン発生低減量に相当した。また、整地工と暗渠排水工のGHG排出量の合計は611kgCH₄-C/haとなり、No.33・34の整備後3年間のメタン発生低減量に相当した。このように、暗渠排水整備によりメタン発生量を大きく低減する可能性が示された。

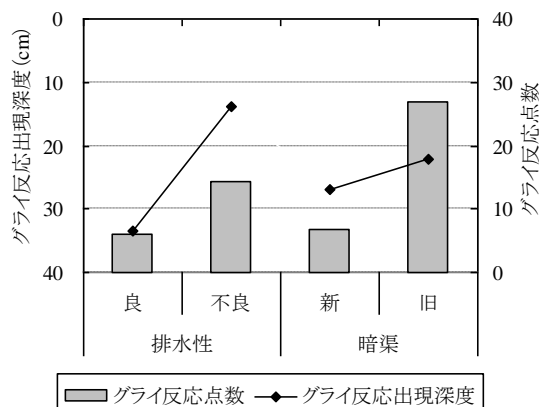


図-1 グライ反応 区分別平均値

表-3 暗渠排水整備後のメタン発生量

[単位: kgCH ₄ -C/ha]		
年	CH ₄ 発生量	2009年との差
2009	593	0
2010	541	52
2011	339	254
2012	269	324

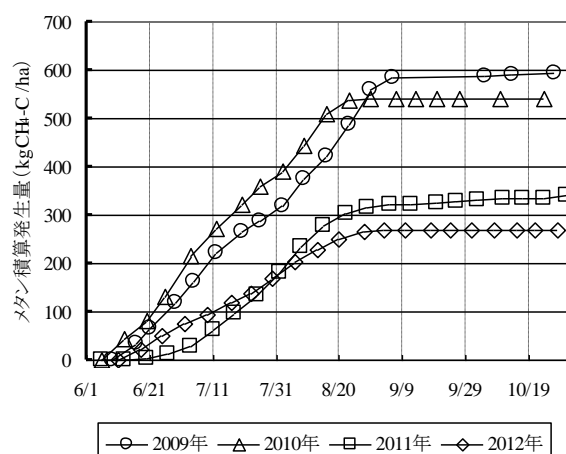


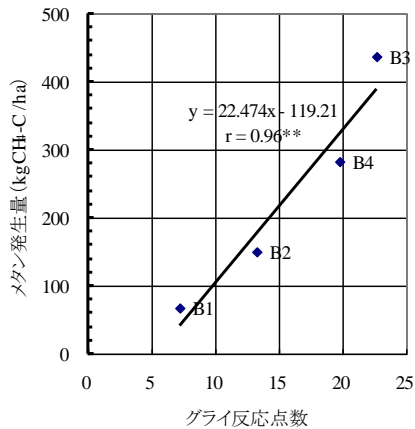
図-2 メタン積算発生量 No.33・34 平均

表-4 整地工・暗渠排水工のGHG発生量

工種	GHG排出量 tCO ₂ eq/ha	CH ₄ 換算値 kgCH ₄ -C/ha
整地工 (標準切盛工法)	10.9	389
暗渠排水工	6.2	221
計	17.1	611

5-4. 圃場排水性とメタン発生量の関係

美唄市のNo.B1～B4は、土壌統群は細粒強グライ土に分類される。No.B2・B3は、2006年融雪期に地表の土壌水分をセンシングした結果、B2はB3よりも体積含水率が低かった。その後も融雪期において隣接する圃場を含めて同様の傾向にあり、B1・B2の排水性はB3・B4より良好であると考えられた。図-3をみると、2012年のメタン発生量はB1<B2<B4<B3であり、排水性が相対的に良好な圃場のメタン発生量は不良な圃場を下回った。また、メタン発生量はジピリジル調査結果のグライ反応点数と有意な正の相関を示した。このように、排水性が相対的に良い圃場は、土壌の還元が抑制されており、メタン発生量が少なかった。



B1 圃場 (圃場の排水性が良好で融雪期の乾きが早い) ⇒ メタン発生量少ない



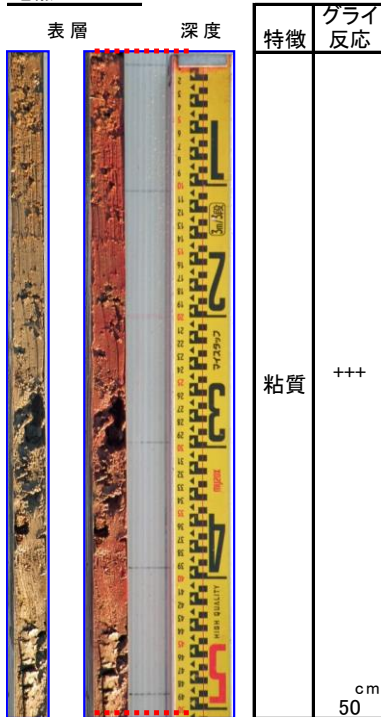
B3 圃場 (圃場の排水性が悪く融雪期の乾きが遅い) ⇒ メタン発生量多い



図-3 メタン発生量とグライ反応点数

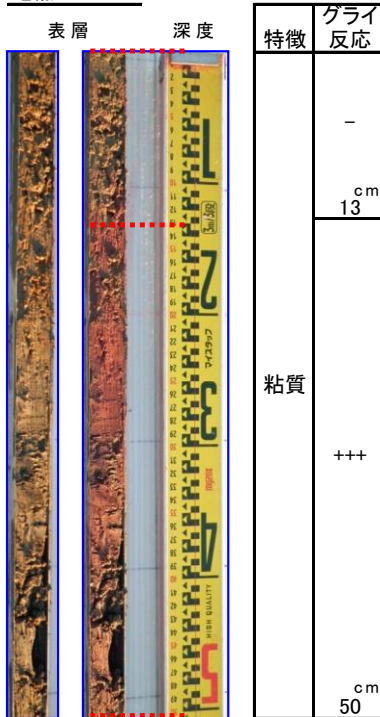
写真-5 融雪期の調査圃場の状況 (2012年4月25日)

ほ場No. 美唄(B3)
地点No. 35



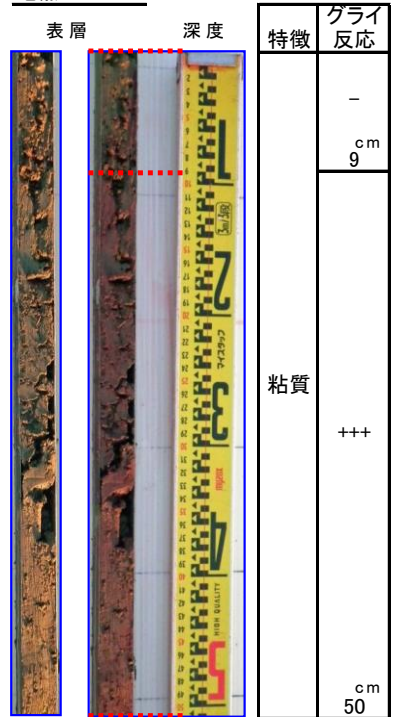
グライ反応点数: 25.0点
 $\frac{3 \text{ 点} \times 50 \text{ cm}}{6} = 25.0$

ほ場No. 美唄(B3)
地点No. 35.5



グライ反応点数: 18.5点
 $\frac{0 \text{ 点} \times 13 \text{ cm} + 3 \text{ 点} \times 37 \text{ cm}}{6} = 18.5$

ほ場No. 美唄(B3)
地点No. 36



グライ反応点数: 20.5点
 $\frac{0 \text{ 点} \times 9 \text{ cm} + 3 \text{ 点} \times 41 \text{ cm}}{6} = 20.5$

写真-6 採取土壌のグライ反応と反応点数計算の例 (ジピリジル調査)

6. おわりに

暗渠排水整備前後等の各条件下におけるメタン発生量の実態を把握した。また、圃場の排水性の良否とメタン発生量の多寡の関係が明らかになった。

近年暗渠排水が整備された圃場においても排水性区分“不良”に属し、メタン発生量が多い圃場もみられた。このような圃場では、暗渠排水整備後も、営農における有材補助暗渠、心土破碎等の実施により圃場の排水性を確保する必要がある。

謝辞：本報の調査・検討に当たり、調査にご協力頂いた新潟・昭栄・月浜地区と美唄市中村の生産者の方々、篠津中央土地改良区、月形土地改良区、美唄市土地改良センターの関係各位に多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

注記

注1) 温室効果ガス：グリーン・ハウス・ガス (Green House Gas)。大気中の二酸化炭素やメタンなどの太陽からの熱を地球に封じ込め、地球を暖める働きがあります。温室効果ガスは大気中に極微量存在しており、地球の平均気温は 15 度に保たれていますが、仮にガスがないと -18 度になってしまいます。1998 年に制定された「地球温暖化対策推進に関する法律」の中で、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等の 6 種類のガスが温室効果ガスとして定められました。(宮崎県 温暖化防止情報から引用)

注2) LCA：ライフサイクル・アセスメント (Lifecycle assessment) の略。製品を作るために必要な原料が採掘される段階から、製造、輸送、廃棄されるすべての段階 (サイクル) において、環境への影響の可能性を評価する方法。LCA は、1969 年米国のコカ・コーラがミッドウエスト研究所に依頼して実施したのが最初と言われる。(HP から引用)

高木優次 (一財)北海道農業近代化技術研究センター 企画研究グループ
略 歴

2004 年 北海道大学農学研究科修了

2004 年 北海道農業近代化技術研究センター

水田圃場、畑地圃場の灌漑・排水・土層改良等に関わる調査・解析、農地保全に関わる調査・解析業務を担当。

◇本部会の情報収集・発信WG◇ 北海道農政部農村計画課 農地計画グループ(水田計画)

部会へのご意見お待ちしております

Tel 011-231-4111(内線 27-425)

E-mail kishida.takashi@pref.hokkaido.lg.jp