# 水田から発生するメタンの有機物施用を中心とした制御方法

鈴木 聡\*

# I 緒言

近年, フロン等によるオゾン層の破壊, 酸性雨, 温暖 化など地球規模的な環境問題が続出している. 1970年代 までの温暖化への寄与率は二酸化炭素の割合が高かった が、1980年代に入ると、メタン、亜酸化窒素、フロンな どの微量ガスと二酸化炭素との温暖化への寄与率がほぼ 1:1となり、将来は微量ガスの寄与率がはるかに高く なることが予想されている15). 大気中のメタン濃度は年 間約1%の割合で上昇しており1,しかも、メタン1分子 当たりの温室効果は二酸化炭素の約20倍に相当する100. また,地球上のメタンの年間発生量は515Tgであり、水 田からの発生は60Tgで全体の12%に相当する.しかし, その推定範囲は20~150Tgであり、非常に幅の広いもの となっている24). これは、土壌の物理・化学的性質、水 管理,施用有機物の種類及び量,温度など水田からのメ タン発生に関与する不確定な要因が多数存在するためで ある. また. 圃場での実測例が少ないことも推定範囲を 広くしている一因である.

本研究は、栃木県の代表的土壌である黒ボク土及び灰色低地土からのメタンの発生量、更に施用有機物の種類による発生量の相違を明らかにした。また、メタン発生に及ぼす温度の影響について考察を加えたので報告する。

#### Ⅱ 試験方法

### 1. 供試圃場及び試験区の構成

供試圃場は、栃木県農業試験場内(宇都宮市)の水田 A及びAから約100 m北側の水田B,並びに農試栃木分場内(栃木市)の水田Cである。A及びBは厚層多腐植質多湿黒ボク土、水稲単作であり、Cは細粒灰色低地土灰褐系、水稲一二条大麦の二毛作である。水稲の供試品種はAがコシヒカリ、Bが初星、Cが星の光であり、栽植密度は、いずれも30 cm×15 cm、1株4本植えである。水田A及びCは土壌環境基礎調査における有機物連用試験圃であり、Aは1983年から、Cは1977年から毎年同じ処理を続けている。Bは湿田状態であったものに山土の客土を行い、1970年から水稲の栽培試験を行っている。

水田A, B, Cにおける試験区の処理内容, 栽培管理等の状況, 施用有機物の化学性, 代かき前の土壌の理化

\* 現栃木県小山農業改良普及センター

学性をそれぞれ第 $1\sim4$ 表に示す.なお,第2表に示したように水田A,B,Cの栽培管理,水管理はそれぞれの圃場で各区とも共通しているが,土壌・肥培管理は稲わらすき込みなど一部の区だけで実施した場合があるため,カッコ内に実施区名を明記した.

水田Aでは1992年から1994年にかけて化学肥料単用 区、堆肥区及び稲わら区を設置し、1994年には稲わら土 石灰窒素区を設置した. 1994年作に対して 1993年 11月 8日に稲わらをすき込み(稲わら区,稲わら+石灰窒素 区)、その際に石灰窒素を併用した(稲わら+石灰窒素 区). 1994年4月22日に荒しろを行い, 稲わら堆肥を施 用した(堆肥区).5月6日に植しろを行い、基肥を施用 した. 7月12日に穂肥を, 8月1日に実肥を施用した. 基肥、追肥にかかわらず、窒素は塩安、リン酸はようり ん,カリウムは塩加を用いた.水稲の移植は5月11日で あり、湛水期間は4月22日から8月30日までであった。 穂肥, 実肥の時期は気象条件によって年度間の違いが生 じ、1992、1993年は1994年に比べて10~17日遅い時期で あり、湛水終了時期も8~9日遅かった. また、1992、 1993年は7月10日から20日頃にかけて中干しを行い、そ の後8月末まで間断灌水を行った。1994年は期間中の多 雨により十分な中干しは行えなかったが、7月上旬から 8月末にかけて間断灌水を行った.

水田Bでは堆肥施用量がメタン発生に及ぼす影響を把握するために、1992年に稲わら堆肥区及び堆肥倍量区を設定した。1993年には、堆肥の腐熟度がメタン発生に及ぼす影響を把握するためにC/N比の違う堆肥を施用した区を設置した。1993年は1992年に比べて穂肥で8日早く、湛水終了は6日遅かった。また、基肥はBB-C046(窒素10%、リン酸24%、カリウム16%)を、穂肥はBBNK-C707(窒素17%、カリウム17%)を用いた。堆肥区の跡地には堆肥 a 区を、堆肥倍量区の跡地には堆肥 b 区をそれぞれ設置した。

水田 C では 1992 年から 1994 年にかけて化学肥料単用区, 堆肥区及び稲・麦わら区を設置し, 1994 年には稲・麦わら+ケイカル区を設置した. 1994 年作に対して 1993年11月9日に稲わらをすき込み(稲・麦わら区,稲・麦わら+ケイカル区), 1994年6月7日に上記2区において麦わらをすき込んだ. 第1表に示したように, この圃場

第1表 試験区の構成

1993

堆肥 b区

| K田A           |             |       |          |     |     |         |       |     |                  | (kg∕a |
|---------------|-------------|-------|----------|-----|-----|---------|-------|-----|------------------|-------|
| = 1 FA /~ r/s | ÷4 FA [7 47 | 1# nm | IVI do C | 石灰  | 基   | 肥       | !     | 穂   | 肥                | 実肥    |
| 試験年度          | 試 験 区 名     | 堆肥    | 稲わら      | 窒素  | N I | P 2 O 5 | K 2 O | N   | K <sub>2</sub> O | N     |
| 1992~1994     | 化 肥 単 用 区   |       | _        |     | 0.4 | 1.5     | 1.0   | 0.2 | 0.2              | 0.2   |
| 1992~1994     | 堆 肥 区       | 150   | -        | _   | 0.4 | 1.5     | 1.0   | 0.2 | 0.2              | 0.2   |
| 1992~1994     | 稲わら区        | _     | 50       | _   | 0.4 | 1.5     | 1.0   | 0.2 | 0.2              | 0.2   |
| 1994          | 稲わら+石灰窒素区   | _     | 50       | 1.5 | 0.4 | 1.5     | 1.0   | 0.2 | 0.2              | 0.2   |

| 水田B         |   |       |     |         |       |     | (kg∕a) |
|-------------|---|-------|-----|---------|-------|-----|--------|
| -1 EA /T DE | シェ ママン・ション・ファイン・ファイン・ファイン・ファイン・ファイン・ファイン・ファイン・ファイ | ₩- am | 基   | 上 肥     |       | 穂   | . 肥    |
| 試験年度        | 試験区名  | 堆肥    | N   | P 2 O 5 | K 2 O | N   | K 2 O  |
| 1992        | 堆 肥 区   | 100   | 0.6 | 1.4     | 1.0   | 0.3 | 0.3    |
| 1992        | 堆肥倍量区   | 200   | 0.6 | 1.4     | 1.0   | 0.3 | 0.3    |
| 1993        | 堆 肥 a区  | 150   | 0.6 | 1.4     | 1.0   | 0.3 | 0.3    |

水田 C (kg/a)

| 試験年度             | 計 転  | 区名  |     |    | 堆 肥     | 稲わら   | 麦わら | ケイ |     | 麦作      |       |     | 基基      | 稲 雅 | 作   | :肥               |
|------------------|------|-----|-----|----|---------|-------|-----|----|-----|---------|-------|-----|---------|-----|-----|------------------|
| <b>武聚平及</b>      | 孤映   |     | ı   |    | FEE 为C  | 作品4フラ | 女わり | カル | N   | P 2 O 5 | K 2 O | Ñ   | P 2 O 5 |     | N   | K <sub>2</sub> O |
| 1992~1994        | 化 肥  | 単   | 用   | 区  | _       | _     | _   | _  | 0.7 | 0.7     | 0.7   | 0.4 | 1.0     | 0.7 | 0.3 | 0.2              |
| $1992 \sim 1994$ | 堆    | 肥   |     | 区  | 100+100 | _     | _   | _  | 0.7 | 0.7     | 0.7   | 0.4 | 1.0     | 0.7 | 0.3 | 0.2              |
| $1992 \sim 1994$ | 稲・麦  | ゎ   | 5   | 区  |         | 1     | 2   |    | 0.7 | 0.7     | 0.7   | 0.4 | 1.0     | 0.7 | 0.3 | 0.2              |
| 1994             | 稲・麦わ | ら+ケ | イカル | レ区 | _       | 53    | 38  | 15 | 0.7 | 0.7     | 0.7   | 0.4 | 1.0     | 0.7 | 0.3 | 0.2              |

注. ①1992年:66, 1993年:57, 1994年:49 ②1992年:41, 1993年:39, 1994年:38

150 0.6 1.4 1.0 0.3 0.3

第2表 栽培管理等の状況

| 水田No        | 栽培                            | 管 理               |  | 土 壌・肥 培 管 理   | 水管                            | 弯 理                  |
|-------------|-------------------------------|-------------------|--|---|-------------------------------|----------------------|
| (年)         | 月日                            | 内 容               | 月日   | 内容  | 月日                            | 内 容                  |
| A<br>(1994) | 4.22<br>5.6<br>5.11<br>9.6    | 荒植移収 しんしん 一種      | 1993.<br>11. 8<br>4.22<br>5. 6<br>7.12<br>8. 1 | 稲わらすきこみ(稲わら、稲わら+石灰窒素区)<br>石灰窒素(稲わら+石灰窒素区)<br>稲わら堆肥(堆肥区)<br>基肥(全区)<br>穂肥(全区)<br>実肥(全区) | 4.22<br>7月上旬<br>~8月下旬<br>8.30 | 湛水開始<br>間断灌水<br>湛水終了 |
| B<br>(1992) | 4.21<br>5. 1<br>5. 7<br>9.14  | 移植                | 4.21<br>5. 1<br>7.20                           | 稲わら堆肥(両区)<br>基肥(両区)<br>穂肥(両区)   | 4.21<br>7月上旬<br>~8月下旬<br>9.1  | 湛水開始<br>間断灌水<br>湛水終了 |
| C<br>(1994) | 6.15<br>6.17<br>6.21<br>10.13 | 荒しろろ植<br>移 収<br>穫 | 1993.<br>11. 9<br>6. 7<br>6.15<br>6.17<br>8. 9 | 稲・麦わら+ケイカル区)<br>ケイカル(稲・麦わら+ケイカル区)<br>牛ふん堆肥(堆肥区)                                       | 6.15<br>8月上旬<br>~9月中旬<br>9.26 | 湛水開始<br>間断灌水<br>湛水終了 |

では試験区ごとに稲・麦わらの全量還元を行っているため年度ごとの施用量が若干違った。6月15日に荒しろを行い、牛ふん堆肥(堆肥区)及びケイカル(稲・麦わら+ケイカル区)を施用した。6月17日に植しろを行い、基肥を、8月9日に穂肥を施用した。窒素、リン酸、カリウムは水田Aと同じ資材を用いた。水稲の移植は6月21日であり、湛水期間は6月15日から9月26日までで

あった. 水田Cではこれらの年度による処理時期に大きな違いはなかった. また, 水田B, Cはいずれの年度も中干しは実施しなかったが, Bは7月上旬から8月下旬に,Cは8月上旬から9月中旬にそれぞれ間断灌水を行った

# 2. メタン発生量の測定方法

陽・八木<sup>12)</sup> の方法に基づき,8株の水稲に底面60cm

第3表 施用有機物の化学性(乾物当たり)

| k⊞No | 年度   | 有機物名   | pH*<br>(H <sub>2</sub> O) | $NH_4 - N$ mg/100g | $N0_3 - N$ mg/100g | T – C<br>% | T – N<br>% | C/N  | P 2 O 5<br>% | CaO<br>% | MgO<br>% | K 2 O<br>% | 水分<br>% |
|------|------|--------|---------------------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------|--------------|----------|----------|------------|---------|
|      | 1992 | 稲わら堆肥  | 8.2                       | 5.7                | 15.7               | 27.2       | 1.69       | 16.1 | 0.50         | 0.97     | 0.35     | 1.94       | 79.6    |
| Α    | 1993 | 稲わら堆肥  | 7.9                       | 1.2                | 27.7               | 32.5       | 1.72       | 18.9 | 1.68         | 1.54     | 0.69     | 4.93       | 80.6    |
|      | 1994 | 稲わら堆肥  | 9.0                       | 0.5                | 47.5               | 23.3       | 1.68       | 13.9 | 0.80         | 1.25     | 0.56     | 3.06       | 67.8    |
|      | 1993 | 稲わら    |                           |                    |                    | 38.5       | 0.86       | 44.8 | 0.26         | 0.17     | 0.15     | 3.40       | 13.4    |
|      | 1992 | 稲わら堆肥  | 8.5                       | 7.0                | 207                | 25.4       | 1.94       | 13.1 | 0.64         | 2.62     | 0.45     | 3.57       | 71.5    |
| В    | 1993 | 稲わら堆肥a | 7.9                       | 1.2                | 27.7               | 32.5       | 1.72       | 18.9 | 1.68         | 1.54     | 0.69     | 4.93       | 80.6    |
|      | 1993 | 稲わら堆肥b | 7.9                       | 7.1                | 129                | 22.3       | 1.86       | 12.0 | 0.70         | 3.12     | 0.51     | 2.49       | 65.6    |
|      | 1992 | 牛ふん堆肥  | 7.6                       | 8.6                | 15.8               | 24.6       | 1.88       | 13.1 | 0.76         | 3.75     | 0.50     | 2.75       | 52.5    |
|      | 1993 | 牛ふん堆肥  | 7.7                       | 9.5                | 11.2               | 17.9       | 1.32       | 13.6 | 3.60         | 3.26     | 1.20     | 1.47       | 56.5    |
| C    | 1994 | 牛ふん堆肥  | 7.0                       | 61.5               | 135                | 19.1       | 1.61       | 11.9 | 4.64         | 6.32     | 1.77     | 1.58       | 36.     |
|      | 1993 | 稲わら    |                           |                    |                    | 37.8       | 0.65       | 58.1 | 0.20         | 0.25     | 0.17     | 2.58       | 14.5    |
|      | 1993 | 麦 わら   |                           |                    |                    | 43.6       | 0.32       | 136  | 0.13         | 0.47     | 0.21     | 2.23       | 15.0    |

注. \*現物当たり(1:2.5)

第4表 代かき前における土壌の理化学性

| 水田No   |     | 試り   | <b>∳</b> ⊠         | 2 名  |    | pН  | T - C | T - N   | C/N     | 遊 離<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 易還元性<br>Mn | 可給態<br>N | 遊離<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 可給態 | 仮比重  |
|--------|-----|------|--------------------|------|----|-----|-------|---------|---------|---------------------------------------|------------|----------|--|------|
| (年)    | - ш |      | (H <sub>2</sub> O) | %    | %  |     | %     | mg/100g | mg/100g | N N                                   | MAGE.      |          |  |      |
|        | 化   | 肥    | 単                  | 用    | 区  | 6.6 | 8.65  | 0.56    | 15.4    | 3.34                                  | 269        | 10.1     | 331                                      | 0.75 |
| Α      | 堆   |      | 肥                  |      | 区  | 6.6 | 9.10  | 0.61    | 14.9    | 3.76                                  | 266        | 12.1     | 311                                      | 0.72 |
| (1994) | 稲   | わ    |                    | 5    | 区  | 6.5 | 8.68  | 0.59    | 14.7    | 3.11                                  | 277        | 14.3     | 217                                      | 0.76 |
|        | 稲   | わら   | + 7                | 灰窒   | 素区 | 6.6 | 8.91  | 0.59    | 15.1    | 3.50                                  | 256        | 14.1     | 248                                      | 0.75 |
| В      | 堆   | 肥    |                    | a    | 区  | 6.7 | 7.04  | 0.53    | 13.3    | 3.36                                  | 174        | 14.5     | 232                                      | 0.65 |
| (1993) | 堆   | 肥    |                    | b    | 区  | 6.8 | 7.33  | 0.54    | 13.6    | 3.33                                  | 168        | 14.0     | 238                                      | 0.65 |
|        | 化   | 肥    | 単                  | 用    | 区  | 5.8 | 1.72  | 0.15    | 11.5    | 1.35                                  | 243        | 10.2     | 132                                      | 1.17 |
| C      | 堆   |      | 肥                  |      | 区  | 6.3 | 2.34  | 0.22    | 10.6    | 1.31                                  | 235        | 14.1     | 93                                       | 1.11 |
| (1994) | 稲   | ・麦   | わ                  | 5    | 区  | 6.0 | 1.98  | 0.19    | 10.4    | 1.44                                  | 251        | 12.1     | 119                                      | 1.12 |
|        | 稲   | ・麦わり | 5+ク                | Γイカ. | ル区 | 6.0 | 1.91  | 0.18    | 10.6    | 1.38                                  | 240        | 13.5     | 102                                      | 1.12 |

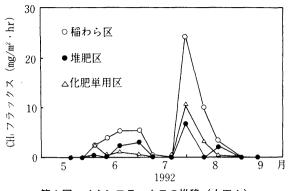
 $\times$  60 cm, 高さ 100 cmのアクリル製チャンバーをかぶせ、 0,10,20分後にミニポンプを用いてチャンバー内の空 気をテドラーバッグ®に採取した、採取した空気は、ミニ ポンプを用いて5㎡の計量管を取り付けたバルブシステ ムに導入し、FID付きのガスクロマトグラフを用いて メタン濃度を定量した.装置はHewlett Packard HP-5890 Ⅱで, モレキュラーシーブ 5 A (60~80 メッシュ) を充填したステンレスカラム (内径2mm, 長さ2m)を 装着し、キャリアーガスとして窒素を30ml/minの流量に、 注入口, 試料気化室, カラム, 検出器の温度をそれぞれ 100,100,70,200℃に設定した.0,10,20分後のメタ ン濃度から単位時間当たりのメタン濃度の増加を求め, 陽・八木12) の方法に基づき、単位時間、面積当たりのフ ラックスを算出した. 各測定日から次の測定日までの時 間幅をとり、その期間中の相加平均フラックスにその時 間幅を掛け、それらを合計することにより、年間発生量 の算出をした. 測定は各区2連,約1~2週間の間隔で 行った.

土壌の還元化の進行に伴い、水田からメタンが発生することが報告されている<sup>17,21)</sup>。また、圃場の水管理によりメタン発生量の違いが生じることも報告されている

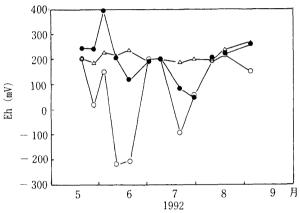
4.8.19.20). そこで、メタンの調査と同時に土壌の酸化還元電位 (Eh) の測定を行った.土壌Ehは、圃場に予め白金電極を2,5cmの深さに各区3本ずつ埋設して測定した.また、自記水位計を設置して田面水位の測定を行った.

#### Ⅲ 結果

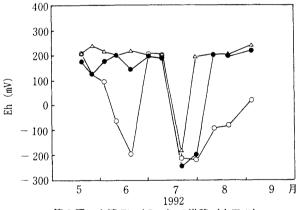
水田Aにおける1992年のメタンフラックス,2,5 cmの土壌Eh,田面水位の推移を第1~4図に示す.水田からのメタンの発生は湛水44日後の6月3日から始まり、徐々にフラックスは増加した.中干しを実施した7月13日から20日にかけてメタンの発生はほとんど見られなくなり、その後の湛水により再びフラックスは増加し、7月末にピークとなった.その後フラックスは減少を続け、落水を行った9月上旬以降は全く見られなくなった.6月及び7月上旬に若干減少が見られた化肥単用区を除き、他の区は上述の傾向が認められた.稲わら区のフラックスは他の区に比べて常に大きかった.また、堆肥区と化肥単用区を比較すると、栽培期間の前半では堆肥区のフラックスが大きかったが、中干し以降の生育後半には化肥単用区のフラックスが大きかったが、中干し以降の生育後半には化肥単用区のフラックスが大きかった.メタンの年間発生量は、化肥単用区は5.3g/m²、堆肥区は3.8g/m²、稲わら



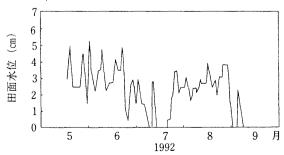
第1図 メタンフラックスの推移(水田A) 注.第1~3図において同一記号は同一区を示す.



第2図 土壌 Eh (2cm)の推移(水田A)



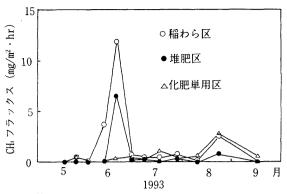
第3図 土壌 Eh (5 cm) の推移 (水田A)



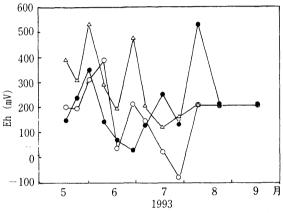
第4図 田面水位の推移(水田A)

区は13.7g/m<sup>2</sup>であった.

稲わら区の土壌Ehは湛水後急激に低下し、2,5 cmとも湛水50~60日後で-200mVに達した。その後、田面水が浅くなる7月上旬から中干しの時期にかけて急激に上



第5図 メタンフラックスの推移 (水田A) 注. 第5,6図において同一記号は同一区を示す.

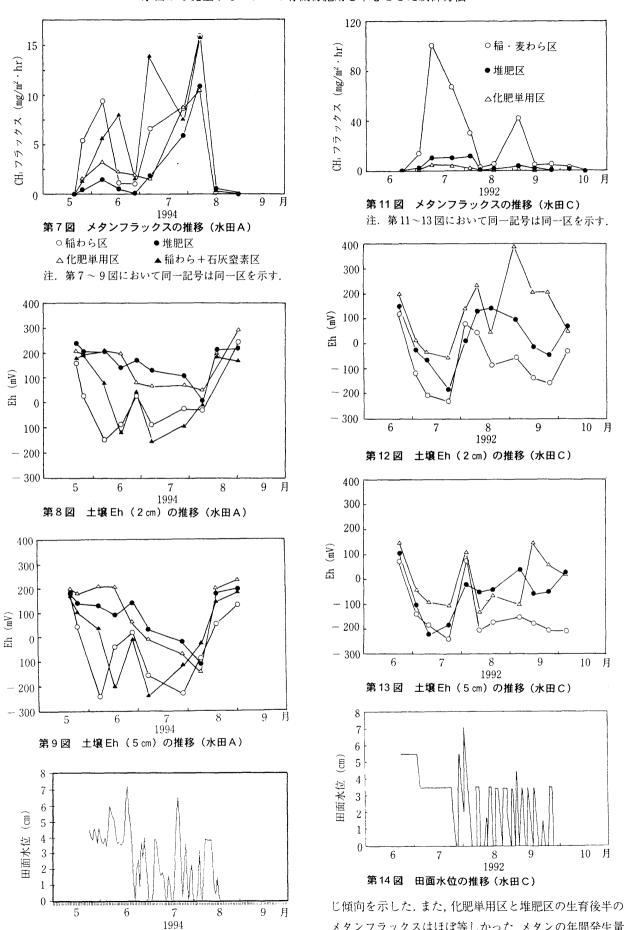


第6図 土壌 Eh (2cm) の推移(水田A)

昇した、中干し後の再湛水直後は再び急激に低下し、間断灌水の実施により値は徐々に上昇した、土壌Ehの低下とメタンフラックスの増加は一致する傾向を示した、また、化肥単用区、堆肥区の土壌Ehは稲わら区に比べて高く推移し、中干し後の再湛水直後に5cmの深さでー200mV付近まで低下したが、その後は速やかに上昇した、

水田Aにおける1993年のメタンフラックス,2 cmの土壌Ehの推移を第5,6 図に示す。メタンフラックスは生育前半が後半に比べて大きく,1992年と異なるパターンを示した。また、土壌Ehの低下もあまり進行しなかった。メタンの年間発生量は、化肥単用区は $2.4g/m^2$ 、堆肥区は $1.9g/m^2$ ,稲わら区は $6.1g/m^2$ であった。

水田Aにおける1994年のメタンフラックス, 2,5 cmの土壌Eh, 田面水位の推移を第7~10図に示す。1994年は新たに稲わら+石灰窒素区を設置した。稲わら+石灰窒素区の土壌Eh の低下は稲わら区に比べて少し遅れる傾向にあり、フラックスの推移も同様であった。また、7月に入ると稲わら+石灰窒素区の土壌Eh は稲わら区よりも低くなり、フラックスも大きい値を示した。第10図に示したように中干しが不十分であったために7月における土壌Eh の上昇はあまり起きず、フラックスの減少は1992年のように明確ではなかった。メタンフラックスは各区とも生育前半に比べて後半が大きく、1992年と同



第10図 田面水位の推移(水田A)

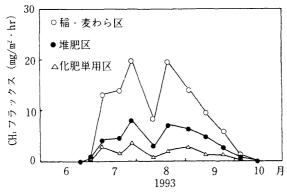
メタンフラックスはほぼ等しかった.メタンの年間発生量 は、化肥単用区は8.9g/m², 堆肥区は6.5g/m², 稲わら区は

月 10

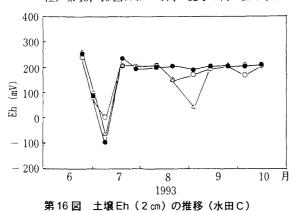
10 月

10 月

10 月



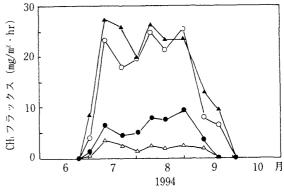
第15図 メタンフラックスの推移(水田C) 注. 第15,16図において同一記号は同一区を示す.



14.0g/m², 稲わら+石灰窒素区は16.4g/m²であった.

水田 C における 1992 年のメタンフラックス, 2,5 cmの 土壌 Eh. 田面水位の推移を第11~14 図に示す. 水田か らのメタンの発生は湛水16日後の7月2日から認めら れ、特に湛水6日前に麦わらをすき込んだ稲・麦わら区 のフラックスが大きかった. 稲・麦わら区での7月2日 の値は14.4mg/m<sup>2</sup>·hrであり,7月10日には100.4mg/m<sup>2</sup>・ hr となり, 全調査期間, 全処理区間を通じての最大値を 示した. この時, 水面に二価鉄の膜が形成され, 土壌の 還元化が肉眼でも判別できた.また,この現象は 1993, 1994年には見られなかった. 間断灌水を実施した8 月上旬から中旬に一時的にフラックスは減少したが、9 月上旬に再びピークを形成した.また、化肥単用区、堆 肥区では8月以降のフラックスは小さかった. メタンの 年間発生量は、化肥単用区は7.3g/m², 堆肥区は11.1g/ m², 稲・麦わら区は74.5g/m²であった.

灰色低地土である水田 C では、各区とも湛水後速やか に土壌Eh が低下した. しかし, メタン発生の目安とさ れる-200mVに達した区は2cmでは稲·麦わら区のみ,5 cmでは稲・麦わら区及び堆肥区であった.稲・麦わら区 では間断灌水実施の初期に土壌Eh は急激に上昇するが、 再び急激な低下を示し、特に5cmでは落水の時期まで-200mVを維持した.しかし, 化肥単用区, 堆肥区では間断 灌水実施の中期以降も土壌Eh は高く推移した.



第17図 メタンフラックスの推移(水田C)

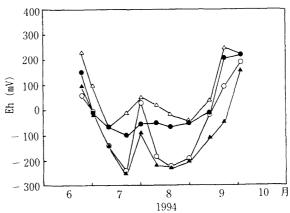
○稲・麦わら区

●堆肥区

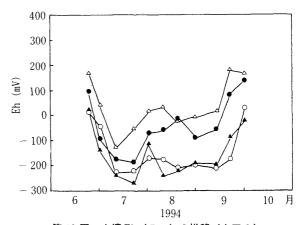
△化肥単用区

▲稲・麦わら+ケイカル区

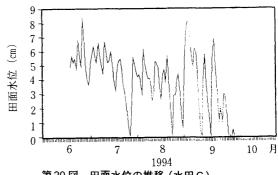
注. 第17~19図において同一記号は同一区を示す.



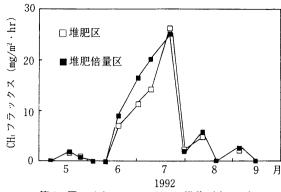
第18図 土壌Eh(2cm)の推移(水田C)



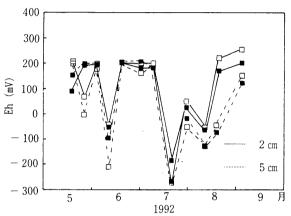
第19図 土壌Eh (5cm)の推移(水田C)



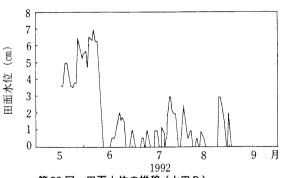
第20図 田面水位の推移(水田C)



第21 図 メタンフラックスの推移 (水田B) 注. 第21,22 図において同一記号は同一区を示す.



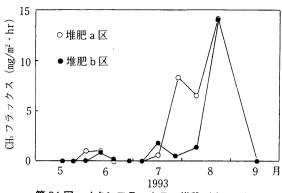
第22図 土壌 Eh の推移(水田B)



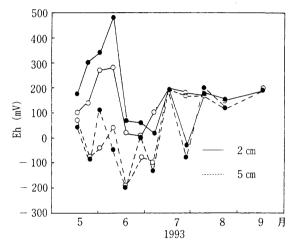
第23 図 田面水位の推移(水田B)

水田 C における 1993 年のメタンフラックス,2 cm の土壌 E h の推移を第 15,16 図に示す.各区ともメタンフラックスは間断灌水初期の 8 月上旬を境にしてほぼ対称形となるパターンを示した.また,土壌 E h の低下もあまり進行しなかった.メタンの年間発生量は,化肥単用区は  $4.3g/m^2$ ,堆肥区は  $10.6g/m^2$ ,稲・麦わら区は  $27.3g/m^2$ であった.

水田Cにおける1994年のメタンフラックス,2,5 cmの土壌Eh,田面水位の推移を第17~20図に示す.1994年は新たに稲・麦わら+ケイカル区を設置した.稲・麦わら+ケイカル区の土壌Ehは稲・麦わら区に比べて若干低く推移し,それと対応するようにメタンフラックスは大きい値を示した.第20図に示したように1992年より間断灌水の頻度が少なかったために8月上旬のメタンフ



第24図 メタンフラックスの推移(水田B) 注. 第24, 25図において同一記号は同一区を示す。



第25図 土壌 Eh の推移(水田B)

ラックスは減少せずに、各区とも台形状の発生パターンを示した。メタンの年間発生量は、化肥単用区は $6.0g/m^2$ 、堆肥区は $11.6g/m^2$ 、稲・麦わら区は $36.9g/m^2$ 、稲・麦わら+ケイカル区は $42.9g/m^2$ であった。また、生育後半に化肥単用区と堆肥区とのメタンフラックスが同程度となったり、あるいは堆肥区の方のフラックスが小さくなる傾向は3か年とも見られなかった。

水田Bにおける1992年のメタンフラックス,2,5 cmの土壌Eh,田面水位の推移を第21~23図に示す.堆肥区,堆肥倍量区ともメタンフラックス,土壌Ehの推移は同じパターンを示した.7月に入って間断灌水を実施したにもかかわらず,7月下旬に両区とも5 cmでは,Ehは約-270mVで強還元を示した.同時にメタンフラックスも最大値を示し,堆肥区では26.2mg/m²・hr,倍量区では25.0mg/m²・hrであった.フラックスは6月下旬から7月上旬にかけて倍量区が若干大きい値を示し,メタンの年間発生量は,堆肥区は17.4g/m²,倍量区は20.6g/m²であった.

水田Bにおける1993年のメタンフラックス,2,5 cmの土壌Ehの推移を第24,25図に示す. 堆肥 a 区, 堆肥 b 区ともメタンフラックス,土壌Eh の推移はほぼ同じパターンを示した.7月末に堆肥 a 区の土壌Eh は高く推

移したにもかかわらずフラックスは増加した. この傾向は堆肥 b 区の 8 月下旬の場合にもあてはまった. メタンの年間発生量は、堆肥 a 区は  $11.9g/m^2$ 、堆肥 b 区は  $7.8g/m^2$ であった.

第5表に水稲の収量を示す.水田A, Cの堆肥区, わら施用区のいずれもが化肥単用区に比べて高い収量を示した.しかし, 冷夏であった1993年では, 水田Cの稲・麦わら区の収量は化肥単用区より少なかった.一方, 水田Bにおける堆肥の施用量及び腐熟度の差は収量に影響を及ぼさなかった.

# IV 考察

湛水後、メタンの発生に要する日数は黒ボク土では30 ~45 日. 灰色低地土では10~15日であった. メタンフ ラックスは, 最初の発生後増加を続け, 土壌還元の進行 とほぼ一致する傾向を示した. 土壌が-200m V以下の還 元状態になるとメタンが生成され、大きいフラックスを 示すことが報告されている17.21). 本研究の化肥単用区, 堆 肥区においては土壌Eh が-200mVに達しない場合が多 かったが、土壌Ehの低下とメタンフラックスの増加は 一致する傾向にあった. メタンの平均年間発生量は, 黒 ボク土では稲わら区 (11.3g/m²) > 化肥単用区 (5.5g/m²) >堆肥区(4.1g/m²)の順となり、化肥単用区に対して、 **堆肥区での発生割合は70~80%**, 稲わら区では1.6~2.6 倍であった. 一方, 灰色低地土では稲・麦わら区(46.2g/ m<sup>2</sup>) >堆肥区 (11.1g/m<sup>2</sup>) >化肥単用区 (5.9g/m<sup>2</sup>) の順と なり、化肥単用区に対して、堆肥区での発生割合は1.5~ 2.5倍, 稲·麦わら区では6.2~10.2倍であった. Yagi・ Minami<sup>21)</sup> は、メタンの年間発生量は稲わら区>堆肥区> 化成肥料区の順となり、新鮮な有機物を加えることによ り発生量が著しく増加することを示している. また, 湛 水直前の土壌中に含まれる易分解性有機炭素とメタン年 間発生量に相関があることも示している. 茂木ら14) は, 稲わらを水田土壌にすき込み, 易分解性有機物であるセ ルロースやヘミセルロースなどの残存率を測定している. 10月から湛水直前の3月末までの6か月間でセルロース の残存率は44%、ヘミセルロースの残存率は51%であっ た. また, 第3表に示したように, 麦わらのC/N比は 100以上であり、稲わらの約2倍の値である. このこと は、麦わらの分解が稲わらよりも遅いことを示している. 更に水田 Cでは二毛作であるために、麦わらすき込みか ら湛水までの期間が約1週間と非常に短いために易分解 性有機物がほとんど分解されずにメタン発生量が著しく 多くなったと考えられる. 水田A及びCにおいて、メタ ンの発生量は堆肥の施用にはあまり影響を受けず、稲わ

第5表 水稲の収量

| Jetti Ma | ±-P | E4- | D.    | <i>b</i> 7 |    | 精         | 玄米重(kg/a  | )         |
|----------|-----|-----|-------|------------|----|-----------|-----------|-----------|
| 水田No     | 試   | 験   | 区     | 名          |    | 1992年     | 1993年     | 1994年     |
|          | 化   | 肥   | 単     | 用          | 区  | 51.5(100) | 45.3(100) | 53.7(100) |
| Α        | 堆   |     | 肥     |            | 区  | 56.3(109) | 51.1(113) | 57.5(107) |
|          | 稲   | わ   |       | 5          | X  | 53.7(104) | 47.5(105) | 57.1(106) |
|          | 稻档  | りら  | + 7   | 5灰窒        | 秦区 | -         | -         | 59.1(110) |
|          | 堆   |     | 肥     |            | 区  | 63.7(100) | _         | _         |
| В        | 堆   | 肥   | 倍     | 量          | 区  | 61.4(96)  | _         | -         |
|          | 堆   | 肥   |       | a          | 区  |           | 38.1(100) |           |
|          | 堆   | 肥   |       | b          | 区  | _         | 37.4(98)  | -         |
|          | 化   | 肥   | 単     | 用          | 区  | 51.6(100) | 47.0(100) | 48.5(100) |
| С        | 堆   |     | 肥     |            | X  | 63.0(122) | 49.6(106) | 52.3(108) |
|          | 稲   | ・麦  | t     | 5          | X  | 56.7(110) | 46.5(99)  | 53.7(111) |
|          | 稲・  | 麦わら | 5 + 4 | ケイカ        | ル区 | _         | _         | 52.8(109) |

注. ( )内の数字は収量指数を示す.

らや麦わら施用の影響を強く受けた.また、水田Bにおいて炭素の乾物当たり施用量は、堆肥aで9.5 kg/a、堆肥bで11.5 kg/aであり、未熟な堆肥aの方が施用炭素が少ないにもかかわらず、メタン発生量は多かった.これらのことは炭素画分の質的な差異がメタンフラックスに影響を及ぼしていることを示している.

Yagi・Minami<sup>21)</sup> は、黒ボク土においてメタンの年間発 生量を測定し、化成肥料区で3.6g/m², 稲わら60 kg/a区 で 9.8g/m², 稲わら 90 kg /a 区で 12.6g/m² という結果を得 ている.稲わら区から化成肥料区の発生量を差し引くと, 稲わら60 kg/a施用によるメタン発生の増加は6.2g/m²で ある. 90 kg/a 施用では9.0g/m²となり、少なくともこの 範囲では稲わら施用量とメタン発生量は比例関係にある ことがわかる. 本研究の堆肥100 kg/a区でのメタン年間 発生量は17.4g/m², 200 kg/a区では20.6g/m²であった. 一方, 水田A, Cの化肥単用区ではメタンの年間発生量 が3か年を通じ10g/m²を超えることはなかった. そこで 化学肥料のみを施用した場合の水田Bからのメタン年間 発生量を10g/m²とし、それぞれの区から差し引くと、堆 肥 100 kg /a 施用によりメタン発生の増加は 7.4g/m²とな り, 200 kg/a 施用では 10.6g/m² となった. 堆肥の施用量 を 2 倍にしてもメタン発生量は 2 倍にはならないことが 示された、水稲は、窒素の吸収の70~80%を地力に依存 しているとも言われ, 水田の地力維持のために有機物の 施用は不可欠である. 堆肥区の水稲への増収効果は3か 年とも認められた。また、稲わらや麦わらすき込みによ る増収効果も多少認められるが、メタンの発生量が堆肥 施用に比べ非常に多くなる. 水稲への増収効果, メタン 発生量の点から水田への施用有機物は腐熟の進んだ堆肥 が望ましい. また、堆肥の施用量は収量が低下しない限 りの少量がメタン発生をより少なくする. 黒ボク土, 灰

色低地土とも、わら施用区における中干し、間断灌水後の土壌Ehの上昇は一時的なものであることから、易分解性有機物の分解が再び進行することが推察される。一方、堆肥区の土壌Ehは中干し、間断灌水後に高く推移することから、これらの水管理はメタン制御のための対策として堆肥を施用した場合に有効であると言える。

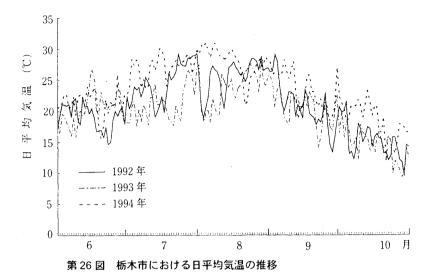
土壌の相違によるメタン発生量はグライ土>灰色低地 土>褐色低地土であることが報告されている3,また、八 木ら四は泥炭土>グライ土>黒ボク土>淡色黒ボク土の 順であり、泥炭土は淡色黒ボク土に比べて約40倍発生量 が多いことを示し、更に黒ボク土のメタン発生量が少な いことの要因として多孔質の構造と減水深の大きさを挙 げている. 高井口 は土壌に含まれる酸素, 硝酸, 易還元 性マンガン, 遊離酸化鉄の含量を酸化容量, 易分解性有 機物含量を環元容量とし、数種類の土壌を湛水状態で培 養した際に発生する二酸化炭素/メタンの比率が酸化容 量/還元容量の比率と一致することを示した。第4表に 示したように, 遊離酸化鉄に比べて易還元性マンガンの 量は黒ボク土、灰色低地土とも一桁以上少なく、高井が 供試した土壌でも易還元性マンガン,酸素,硝酸が少な かった. これらのことから遊離酸化鉄の量を代表して酸 化容量とみなすことができる. また、質的、量的に窒素 飢餓にならない程度の易分解性有機物を保有する土壌で は、窒素無機化量を還元容量の指標とみなすことができ る. 第4表に示したように、黒ボク土、化肥単用区の遊 離酸化鉄/可給態窒素の値は灰色低地土の2.5倍であり、 堆肥区では3.3倍であった。また、化肥単用区における メタンの平均年間発生量は、黒ボク土で5.5g/m², 灰色低 地土で5.9g/m²であり、ほぼ同じであった.しかし、堆肥 区の発生量は、黒ボク土で4.1g/m², 灰色低地土で11.1g/ m<sup>2</sup>であった、第3表から水田A,Cの堆肥による年間の 炭素施用量を計算すると,水田Cの方がAに比べて1.6~ 2.8倍多い. しかし、1992年から1994年まで、いずれの 年も水田Cの堆肥のC/N比は水田Aに比べて小さかっ た. 堆肥施用量の増加に対するメタン発生量の増加の割 合は小さく、腐熟が進んだ堆肥を施用した方がメタン発 生が少なくなることから、水田Aに対する水田Cのメタ ン発生量の比率は炭素施用量の比率よりも小さくなるこ とが考えられる. 更に、1993年は、水田Cの炭素施用量 は水田Aの1.6倍に過ぎなかったが、メタン発生量は5.6 倍に達した. これらのことから, 黒ボク土, 灰色低地土 の堆肥施用によるメタン発生量への影響は、炭素画分の 質的な差異及び炭素施用量以外の要因が考えられる. Kimuraら<sup>7)</sup> は土壌有機物由来のメタン発生量を土壌の化 学性、稲作期間の気温及び酸化容量/還元容量から推定 し、全メタン発生量の約10%に相当し、他は新鮮有機物や水稲根からの分泌物による割合が大きいと推定している。このことから、有機物無施用の化肥単用区では、メタン発生量は酸化容量/還元容量の影響を受けず、有機物施用を行った場合にその影響が大きいことが考えられる。また、堆肥連用を50年間続けた水田の酸化容量/還元容量は堆肥施用量が多いほど低い値を示した<sup>2)</sup>、本研究でも化肥単用区に比べて堆肥区、わら施用区の値が小さく、有機物の連用によることが示された。

黒ボク土では、生育前半に堆肥区のメタンフラックスが大きく、生育後半では堆肥区のフラックスが化肥単用区と同等または、それ以下になることが示された。八木ら190は、生育前半は施用有機物や土壌有機物がメタン生成の基質として使われ、後半は根の分泌物や古根が基質の主体となっていることを推察している。しかし、灰色低地土では、黒ボク土のような傾向は認められず、易分解性有機物の分解が生育後半まで続くことが考えられる。現在、水稲への肥料成分の施用基準は地域別、土壌別に定められているが、堆肥の施用基準は県内で一律100kg/aである180、灰色低地土の堆肥区からは、黒ボク土の稲わら区と同等のメタン発生があることから水田の地力維持を図りながら、メタン発生を少なくするために土壌別の堆肥施用基準を確立する必要がある。

稲わらのすき込みで石灰窒素を施用するとわらの腐熟 は早まる. 三浦ら13) の報告では、稲わらの秋すき込み区 でのメタンの年間発生量が6.2g/m², 秋すき込み+石灰窒 素区では3.3g/m2であり、石灰窒素施用によるメタンの発 生抑制効果が示されている.しかし、本研究の結果では その効果は認められなかった. 稲わら区及び稲わら+石 灰窒素区における土壌Eh の推移から石灰窒素施用によ る稲わらの分解が促進されていないことが推定でき,メ タンフラックスもその変動に対応していた. 稲わらすき 込み及び石灰窒素の施用が11月8日であり、地温が低下 する前の施用が必要と考えられる. ケイカルは酸化鉄を 数%のオーダーで含み、酸化剤としての作用が考えられ る.ケイカルを稲わらすき込み時に施用することにより, 湛水までの約50日でグルコースの55~87%が消失する6) ことから, 有機物の腐熟促進効果も考えられる. しかし, 石灰窒素と同様にケイカルのメタン発生抑制効果は認め られなかった.ケイカル施用が湛水開始日であるために, 有機物中の易分解性有機物の量は、稲・麦わら区と同じ であると言える. また, 丸本ら11) は石灰施用により土壌 及び微生物由来の易分解性有機物の抽出を報告しており, これらからの易分解性有機物の増加が考えられる. その ため,酸化剤としての効果も打ち消されたと考えられる. ケイカル施用の場合は湛水までに一定の 期間が必要であり、湛水までの期間が短 い場合にはむしろメタン発生を助長する ことが考えられる.

1992年から1994年の栃木市における 日平均気温の推移を第26図に示す。冷夏 である1993年は黒ボク土, 灰色低地土の いずれでも全ての試験区においてメタン の年間発生量は少なかった。20℃にお けるメタン生成はわずかであり、40℃で 生成能が最大活性を示すことが報告され ている<sup>230</sup>. また,地温が20℃から25℃に 上昇するとフラックスは約2倍に増加す

ることも知られている22).1993年は、栃木市では7月か ら9月のほとんどの日で平均気温が25℃以下であり、む しろ、20℃に近かった. 25℃を超えた時期は7月第六半 旬,8月下旬から9月第一半旬にかけてであり,30℃を 超えた日は一日もなかった. この間の稲・麦わら区でのメ タンフラックスは間断灌水初期の8月10日に8.2 mg/m²・ hrと若干低下した場合を除いて13~20 mg/m²·hrであった. 一方, 1994年は, 7月から9月上旬まで, ほとんどの日の 平均気温が25℃を超え,8月上旬には30℃を超えた.この 間の稲・麦わら区でのメタンフラックスは18~26 mg/m²・ hrであった. これらのことから, 1993年と1994年のメタ ン発生量の違いは気温の高低によるもので,既報告と一致 した22.23). 1992年の稲・麦わら区では7月10日にフラック スが非常に大きい値である100.4 mg/m²·hrを示し,7月23 日に67.3 mg/m²・hr, 8月3日に30.2 mg/m²・hr とフラッ クスは徐々に減少した.しかし、8月3日のフラックスは 他の年の最大値と比べても,なおかつ大きい値であった. 7月第一半旬から第三半旬までの平均気温は、1993年と 1994年の中間の値であり、7月下旬は1994年とほぼ同じ であった. また, 1992年は湛水開始の6月15日から30 日では、ほとんどの日の平均気温が20℃以下であり、15 ℃以下の日も2日あった.この期間に限っては冷夏で あった1993年よりも気温が低く推移した. 湛水直後, 低 温条件下ではメタンの前駆物質である酢酸が土壌中に集 積することが示されている8). 湛水15日後の土壌中の酢 酸濃度は、16℃の条件下の方が35℃の150倍であり、し かも、湛水30日後には両者とも極めて低い濃度に収束す ることも示されている5). また, 酢酸濃度の低下と対応し てメタンが放出される傾向が示されている9.16).更にメタ ン生成には水素, ギ酸, C3以上の脂肪酸を水素供与体と する炭酸還元反応, 酢酸, メタノールを基質とするメチ ル基転移反応の二つの経路があることが示されている16).



稲・麦わら区は湛水時に易分解性有機物が大量に存在し, かつ、1992年は湛水直後に半月ほど低温条件が続いた。 そのために酢酸が大量に集積し、その後の気温の上昇に 伴い、メタン生成能が高まり、炭酸還元反応の分に加え てメチル基転移反応の分が上乗せされる形でメタンが大 量に放出されるに至ったと推定している。一方,1994年 は水稲栽培の全期間を通じて高温で推移したが、メチル 基転移反応の分が少ないだけメタン発生は少なかったと 考えられる. メタンフラックスが100 mg/m・hrを超える 事例はあまりなく,八木ら190の研究でも泥炭土の稲わら区 での最大値が67.2 mg/m²・hrであった. 灰色低地土と泥炭 土は共に低地土に分類される.また、Yagi・Minami<sup>21)</sup> はグ ライ土及び泥炭土などの低地土は火山灰土に比べて,土 壌の易還元性有機物量に対するメタン発生量の割合が多 いことを示している. 有機物を施用した場合に酸化容量 / 還元容量がメタン発生へ大きく影響することは前述の ように推察した. したがって, 酸化容量/還元容量が大 きい黒ボク土では湛水直前にわらすき込みを行ってもメ タンの大量発生が起きる確率は低いと考えられる. 栃木 県では, 低地土に分類される土壌の麦跡で湛水直前のわ らすき込みを行い、温度条件が揃った時にメタンの大量 発生が生じると考えられる.

#### Ⅴ 摘 要

宇都宮市の黒ボク土,栃木市の灰色低地土において施用有機物の種類による水田からのメタン発生量の相違を比較した.黒ボク土でのメタンの平均年間発生量は稲わら区( $11.3g/m^2$ )>化肥単用区( $5.5g/m^2$ )>堆肥区,( $4.1g/m^2$ )の順であり,灰色低地土では稲・麦わら区,( $46.2g/m^2$ )>堆肥区( $11.1g/m^2$ )>化肥単用区( $5.9g/m^2$ )の順であった.この内,特に灰色低地土の稲・麦わら区からの発生量が多く,麦わらすき込みから湛水までの期

間が1週間と非常に短いことにより易分解性有機物が大量に存在するためと考えられる.水稲の収量、メタンの発生量の二点から、水田には堆肥施用が望ましい.また、堆肥を施用する場合にも腐熟の進んだものを、適正量だけ施用し、合わせて、中干しや間断灌水の実施により、メタン発生をより少なくすることが可能となる.また、灰色低地土では、水稲の生育後半にも堆肥中の易分解性有機物の分解が進行することが想定され、土壌別の堆肥施用基準を確立する必要がある.

酸化容量/還元容量が小さい灰色低地土では、稲・麦 わら区のように湛水時に易分解性有機物が大量に存在し、 かつ、湛水直後に半月ほど低温条件が続くことにより、 土壌中に酢酸が集積し、その後の気温の上昇に伴い炭酸 還元反応の分に加えてメチル基転移反応の分が上乗せさ れる形でメタンが大量に放出することが推定される。

本研究の遂行に当たり、土壌肥料部、育種部、栃木分場の担当者には圃場並びに水稲管理にご協力頂いた。また、鈴木京子主任技術員には終始、土壌、有機物等の分析を行って頂いた。ここに記して厚く感謝の意を表する。

#### 引用文献

- Blake, D, R. and Rowland, F, S. (1986) World-wide increase in trophospheric methane, 1978-1983., J. Atomos. Chem. 4:43-62
- 市田俊一(1986) 堆肥連用水田における収量性と 土壌の性質, 土肥誌 57:418-420
- 3. 犬伏和之・堀 謙三・松本 聰・梅林正直・和 田秀徳 (1989) 水稲体を経由したメタンの大気中へ の放出, 土肥誌 60:318-324
- 4. 犬伏和之・村松康彦・梅林正直 (1992) 透水処理 が水田からのメタン放出に及ぼす影響, 土肥誌63: 184-189
- 5. 甲斐秀昭 (1976) 土の中での有機物の変化,p69-131,「土つくり講座Ⅲ. 土壌腐植と有機物」,農山 漁村文化協会,東京
- 6. 珪酸石灰肥料協会 (1978) 乾田直播田における稲 わら施用が水稲生育に及ぼす影響, p308-309, 「珪 酸石灰肥料に関する文献抄録」
- 7. Kimura, M., Ando, H. and Haraguchi, H. (1991) Estimation of potential CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> production in Japanese paddy fields., Environ. Sci. 4:15-25
- 8. 北田敬宇 (1991) 水田から発生する温室効果ガス の制御技術の試案,農業技術46:302-306

- 9. 北田敬宇・尾崎保夫・秋山 豊・八木一行 (1993) 灌漑水中の高濃度の硝酸および稲わらが水田からの メタンの発生に及ぼす影響, 土肥誌 64:49-54
- 10. 巻出義紘(1988) 大気中の微量気体と地球環境, 化学と生物 26:50-53
- 11. 丸本卓哉・岡野正豪・西尾道徳(1990) 火山灰草 地土壌の微生物バイオマス窒素の無機化に及ぼす石 灰施用の影響,土と微生物36:5-10
- 12. 陽 捷行・八木一行 (1988) 水田から発生する メタンのフラックスの測定法, 土肥誌 59:458-463
- 13. 三浦吉則・菅野忠教・菅野義忠 (1994) 耕地土壌 の生態系調和機能を活かした土壌管理技術の確立 (第3報) 稲わらの秋鋤込みによる水田からのメタン発生の軽減,土肥要旨集,第40集,p190
- 14. 茂木惣治・吉沢 崇・中野政行(1980) 稲・麦 わら施用水田の土壌肥料的研究(第2報) ほ場条件 下での稲わらの分解と含有成分の変化, 栃木農試研 報26:17-26
- 15. Ramanathan, V., Cicerone, R, J., Singh, H, B. and Kiehl, J, K. (1985) Trace gas trend and their potential role in climate change., J. Geophys. Res. 90:5547-5566
- 16. Takai, Y. (1970) The mechanism of methane fermentation in flooded soil., Soil Sci.Plant Nutr. 16: 238-244
- 17. 高井康雄 (1980) 水田土壌の動態に関する微生物 学的研究 I 、肥料科学 3:17-55
- 18. 栃木県 (1992)「農作物施肥基準」
- 19. 八木一行・陽 捷行・小川吉雄 (1989) 水田からのメタン発生の測定,農業環境技術研究所資源・ 生態管理科研究集録5:73-88
- 20. 八木一行・陽 捷行・小川吉雄 (1990) 水田の 水の浸透速度がメタン発生におよぼす影響,農業環 境技術研究所資源・生態管理科研究集録 6:105-112
- 21. Yagi, K. and Minami, K. (1990) Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields., Soil Sci. Plant Nutr. 36:599-610
- 22. 八木一行 (1991) 土壌生態系のガス代謝と地球環境 2. 水田からのメタン発生, 土肥誌 62:556-562
- 23. Yamane, I. and Sato, K. (1960) Effect of temperature on the formation of gases and ammonium nitrogen in the water-logged soils., Sci.Rep.Res.Inst.Tohoku Univ.D (Agric.) 12:

1 - 10

24. Watson, R, T., Meria Filho, L, G., Sanhueza, E. and Janetos, A. (1992) Greenhouse gases: Sources and sinks, p29-46, "Climate change 1992, the

supplementary report to the IPCC scientific assessment" ed. by Houghton, J.T., Callander, B.A. and Varney, S.K., Cambridge Univ. Press, Cambridge

# Control of Methane Emission from Paddy Fields by Centering Organic Matter Applications

Satoshi Suzuki

#### Summary

This study had been conducted from 1992 to 1994 in Andsol two fields (single-crop rice) at Utsunomiya site, in Gray lowland soil field (rice-barley system) at Tochigi site, Tochigi Pref. The average annual methane (CH<sub>1</sub>) emissions were the rice straw, 11.3g/m<sup>2</sup> > the chemical fertilizer, 5.5g/m<sup>2</sup> > the compost plot, 4.1g/m<sup>2</sup> in Andsol, the rice and barley straw, 46.2g/m<sup>2</sup> > the compost, 11.1g/m<sup>2</sup> > the chemical fertilizer plot,5.9g/m<sup>2</sup> in Gray lowland soil. CH<sub>1</sub> emissions from the rice and barley straw plot of Gray lowland soil was significantly as readily mineralizable carbon was present markedly due to short period of 7 days between plowing the barley straw and flooding. However,the addition of compost was significantly available for rice product. Besides this, the proper quantity application of degradable compost with water manegement such as midsummer drainage or intermittent irrigation could reduce CH<sub>1</sub> emission further. In the compost plot of Gray lowland soil, readily mineralizable carbon appeared to being decomposed even in the latter half of rice growing period; therefore, the application of compost in the soil types should be established. In the rice and barley straw plot of Gray lowland soil, the ratio of oxidizing capacity to reducing capacity is small, markedly presence of readily mineralizable carbon and low temperature for half a month after flooding appeared to enhance acetic acid in the soil, followed by significant CH<sub>1</sub> emission to the atmosphere with a rising temperature by way of transmethylation of acetic acid in addition to carbon dioxide reduction.

Bull. Tochigi Agr. Exp.
Stn. No.43:35~46(1995)