

# 平成22年度 試験研究成績

22-1 農業機械における省エネルギー化と温室効果  
ガス抑制に関する研究成果と研究方向

平成22年7月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
生物系特定産業技術研究支援センター  
農業機械化研究所



## はじめに

2004 年頃から上昇が続いていた石油系燃料の価格は、2007 年の後半から 2008 年の前半にかけて急激に上昇し、農業経営に大きな影響を及ぼした。その価格は 2008 年の後半には下落して危機的状況は脱したものの、2005 年頃までに比べると依然として高い水準にある。石油資源の有限性を考慮すると、今後も同様な問題が起こる可能性があり、石油系燃料の使用量を減らす取組みを継続的に続けていく必要がある。

一方、二酸化炭素などの温室効果ガスの濃度が上昇することによる地球温暖化が世界規模で問題となっている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が 2007 年に公表した「第 4 次評価報告書」は、地球の温暖化が加速的に進行しており、人類が排出した温室効果ガスの増加がその原因であることを強く示唆するものであった。また、この報告書では、農業分野にも深刻な影響を及ぼすという予測がなされている。

このような背景を踏まえ、わが国の農林業分野における消費エネルギーと温室効果ガス排出量の現状を調査するとともに、当センターが実施した研究の成果がエネルギーおよび温室効果ガスの削減にどの程度貢献しているかの試算、エネルギーおよび温室効果ガスのさらなる削減に向け、今後行うべき農業機械に関連する研究課題の整理を行った。本資料が関係各位の参考となれば幸いである。

平成 22 年 7 月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
生物系特定産業技術研究支援センター  
特別研究チーム（エネルギー）長  
後藤隆志



## 目 次

|     |                               |    |
|-----|-------------------------------|----|
| I   | わが国におけるエネルギー消費量の現状            | 1  |
| 1.  | 2008 年度におけるわが国のエネルギー消費量       | 1  |
| 1)  | 合計消費量                         | 1  |
| 2)  | 農林業部門における消費量                  | 1  |
| 2.  | わが国のエネルギー消費量の推移               | 1  |
| 1)  | 合計消費量                         | 1  |
| 2)  | 農林業部門における消費量                  | 3  |
| 3.  | わが国の農業におけるエネルギー源別・用途別の消費量     | 3  |
| 1)  | 2001 年度以降の計算方法による統計値          | 3  |
| 2)  | 2000 年度までの計算方法による統計値          | 3  |
| 3)  | わが国の農業におけるエネルギー源の用途別消費量と割合の推定 | 4  |
| (1) | 重油（施設園芸における暖房）消費量の推定          | 4  |
| (2) | 灯油（穀物の乾燥）消費量の推定               | 4  |
| (3) | 軽油（ほ場作業）消費量の推定                | 4  |
| 4)  | わが国の農業における用途別エネルギー消費量割合の推定    | 5  |
| II  | わが国における温室効果ガス排出量の現状           | 6  |
| 1.  | 2008 年度におけるわが国の温室効果ガス排出量      | 6  |
| 1)  | 合計排出量                         | 6  |
| 2)  | 農林業部門における排出量                  | 6  |
| 2.  | わが国の温室効果ガス排出量の推移              | 6  |
| 1)  | 合計排出量                         | 6  |
| 2)  | 農林業部門における排出量                  | 8  |
| 3.  | わが国の温室効果ガス削減目標                | 8  |
| 1)  | 合計排出量                         | 8  |
| 2)  | 農林業部門における排出量                  | 8  |
| III | 農業機械の省エネ化と温室効果ガス排出量低減に貢献している  |    |
|     | 生研センターの研究成果                   | 9  |
| 1.  | 新しい農業機械の開発                    | 9  |
| 1)  | 穀物遠赤外線乾燥機                     | 9  |
| 2)  | 高速代かきロータリ                     | 10 |
| 3)  | 水稻種子自動コーティング装置と高精度水稻湛水条播機     | 11 |
| 4)  | 高速耕うんロータリ                     | 12 |
| 5)  | その他の開発機                       | 13 |
| (1) | ディスク式中耕培土機                    | 13 |
| (2) | トラクタ用省エネ運転指示装置                | 13 |
| (3) | 送塵弁開度制御機構付き自脱コンバイン            | 14 |
| 2.  | 農業機械の省エネ利用法の策定                | 14 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| IV 省エネ化と温室効果ガス排出量低減に寄与する農業機械の開発方向 ..... | 15 |
| 1. 省エネルギー化（機械から排出される二酸化炭素の低減）           |    |
| に寄与する農業機械 .....                         | 15 |
| 1) 省エネルギー型施設園芸用暖房機・暖房システム .....         | 15 |
| 2) 省エネルギー型穀物乾燥機 .....                   | 15 |
| 3) 省エネルギー型ほ場内作業機 .....                  | 15 |
| 4) バイオマス燃料の利用促進のための農業機械技術 .....         | 16 |
| 2. 土壌等から排出される温室効果ガス低減に寄与する農業機械 .....    | 16 |
| 1) メタンの発生低減に寄与する農業機械 .....              | 16 |
| 2) 一酸化二窒素の発生低減に寄与する農業機械 .....           | 17 |
| 3) 土壌等から発生する二酸化炭素の低減に寄与する農業機械 .....     | 17 |
| V 参考文献 .....                            | 18 |

# I わが国におけるエネルギー消費量の現状

## 1. 2008 年度におけるわが国のエネルギー消費量

### 1) 合計消費量

表 1 および付表 1 に、わが国のエネルギー消費量の統計データ<sup>1)</sup>を示す。2008 年度におけるわが国の合計エネルギー消費量は、14,726PJ（ペタジュール=10<sup>15</sup>J）であり、その内訳を見ると、「石油製品・原油」が 50.9%（ガソリン 13.5%、軽油 8.6%、重油 6.6%、灯油 5.0%、LPG4.7%）、「電力」が 23.6%、「石炭・石炭製品」が 11.2%、「都市ガス・天然ガス」が 9.7%、「熱」が 4.4%、「再生可能エネルギー」が 0.2%となっている。

### 2) 農林業部門における消費量

2008 年度のわが国の農林業におけるエネルギー消費量は 81.2PJ であり、合計消費量の 0.55%である（表 1）。農林業内の内訳を見ると、「石油製品」が 95.7%（重油 59.6%、灯油 24.7%、軽油 9.4%、LPG1.0%）、「電力」が 3.9%、「都市ガス」が 0.4%である。

表 1 わが国におけるエネルギー消費量<sup>1)</sup>（資源エネルギー庁・2001 年以降の方法） 単位：PJ

| 種 類       |       | 1990 年度       | 00/90 増減率 | 2000 年度       | 08/90 増減率 | 2008 年度        |
|-----------|-------|---------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 合 計       |       | 13,889 (100%) | +15%      | 15,975 (100%) | +6.0%     | 14,726 (100%)  |
| 農林業計      |       | 98.8 (0.71%)  | +28%      | 128.2 (0.80%) | −18%      | 81.2 (0.55%)   |
| 石油製品・原油 計 |       | 7,811 (56.2%) | +16%      | 9,037 (56.6%) | −4.0%     | 7,495 (50.9%)  |
| 重油        | 計     | 1,491 (10.7%) | +2.7%     | 1,532 (9.6%)  | −35%      | 977 (6.6%)     |
|           | うち農林業 | 45.6 (0.33%)  | +83%      | 83.4 (0.52%)  | +6.3%     | 48.4 (0.33%)   |
| 灯油        | 計     | 958 (6.9%)    | +13%      | 1,086 (6.8%)  | −23%      | 741 (5.0%)     |
|           | うち農林業 | 33.8 (0.24%)  | −10%      | 30.4 (0.19%)  | −41%      | 20.0 (0.14%)   |
| 軽油        | 計     | 1,431 (10.3%) | +11%      | 1,587 (9.9%)  | −11%      | 1,271 (8.6%)   |
|           | うち農林業 | 11.8 (0.085%) | −37%      | 7.4 (0.047%)  | −36%      | 7.6 (0.052%)   |
| その他       | 計     | 3,931 (28.3%) | +23%      | 4,833 (30.3%) | +15%      | 4,507 (30.6%)  |
|           | うち農林業 | 1.8 (0.013%)  | −33%      | 1.2 (0.007%)  | −7.3%     | 1.6 (0.011%)   |
| 電力        | 計     | 2,699 (19.4%) | +26%      | 3,396 (21.3%) | +29%      | 3,471 (23.6%)  |
|           | うち農林業 | 5.9 (0.043%)  | −1.7%     | 5.8 (0.036%)  | −46%      | 3.2 (0.022%)   |
| その他       | 計     | 3,379 (24.3%) | +4.8%     | 3,542 (22.2%) | +11%      | 3,759 (25.5%)  |
|           | うち農林業 | 0.001(0%)     | ±0%       | 0.001 (0%)    | +225%     | 0.325 (0.002%) |

注) 産業連関表（産業ごとの生産・販売等の取引額を行列形式にした指標）をもとに算出したデータ  
（2001 年度より実施・1990 年まで遡って計算）

## 2. わが国のエネルギー消費量の推移

### 1) 合計消費量

気候変動枠組み条約に基づき、温室効果ガスの削減目標について議決した「京都議定書」の基準年である 1990 年度に比べ、2000 年度におけるわが国の合計エネルギー消費量は 15%増加したが、2008 年度の同消費量は 6%の増加に止まっている（表 1）。2008 年度の 1990 年度比増減割合の内訳を見ると、「石油製品・原油」が 4%減少（ガソリン 28%増、軽油 11%減、重油 35%減、灯油 23%減）、「電力」が 29%増加、「石炭・石炭製品」が 15%減少、「都市ガス・天然ガス」が 108%増加している（表 1、付表 1）。

付表1 わが国におけるエネルギー消費量<sup>1)</sup> (資源エネルギー庁・2001年以降の方法) 単位:TJ

| 種 類         |          | 1990 年度                  | 08/90 増減率 | 2000 年度                  | 2008 年度           |
|-------------|----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-------------------|
| 合 計         |          | 13,888,926 (100%)        | +6.0%     | 15,975,273 (100%)        | 14,725,756 (100%) |
| 農林業合計       |          | 98,804 (0.71%)           | −17.8%    | 128,171 (0.80%)          | 81,180 (0.55%)    |
| 石油製品・原油 計   |          | 7,811,284 (56.2%)        | −4.0%     | 9,036,828 (56.6%)        | 7,495,204 (50.9%) |
| 重油          | 計        | 1,490,516 (10.7%)        | −34.5%    | 1,531,502 (9.6%)         | 976,674 (6.6%)    |
|             | 産業部門     | 878,249 (6.3%)           | −45.0%    | 810,976 (5.1%)           | 483,274 (3.3%)    |
|             | うち農林業    | 45,550 (0.33%)           | +6.3%     | 83,379 (0.52%)           | 48,401 (0.33%)    |
|             | うち水産業    | 212,268 (1.5%)           | −61.9%    | 108,196 (0.7%)           | 80,952 (0.5%)     |
|             | 家庭部門     | 0 (0.0%)                 | ±0.0%     | 0 (0.0%)                 | 0 (0.0%)          |
|             | 業務部門     | 423,064 (3.0%)           | −20.6%    | 518,189 (3.2%)           | 336,087 (2.3%)    |
|             | 運輸部門     | 189,202 (1.4%)           | −16.9%    | 202,337 (1.3%)           | 157,313 (1.1%)    |
| 灯油          | 計        | 958,393 (6.9%)           | −22.7%    | 1,085,586 (6.8%)         | 740,505 (5.0%)    |
|             | 産業部門     | 191,935 (1.4%)           | −48.5%    | 174,738 (1.1%)           | 98,820 (0.7%)     |
|             | うち農林業    | 33,758 (0.24%)           | −40.7%    | 30,410 (0.19%)           | 20,034 (0.14%)    |
|             | うち水産業    | 1,349 (0.01%)            | −60.9%    | 927 (0.006%)             | 527 (0.004%)      |
|             | 家庭部門     | 378,251 (2.7%)           | +3.0%     | 478,117 (3.0%)           | 366,881 (2.5%)    |
|             | 業務部門     | 388,206 (3.0%)           | −29.2%    | 432,731 (2.7%)           | 274,804 (1.9%)    |
|             | 運輸部門     | 0 (0.0%)                 | ±0.0%     | 0 (0.0%)                 | 0 (0.0%)          |
| 軽油          | 計        | 1,431,037 (10.3%)        | −11.2%    | 1,587,132 (9.9%)         | 1,270,945 (8.6%)  |
|             | 産業部門     | 131,599 (0.9%)           | −1.7%     | 125,196 (0.8%)           | 129,419 (0.9%)    |
|             | うち農林業    | 11,809 (0.085%)          | −35.5%    | 7,433 (0.047%)           | 7,611 (0.052%)    |
|             | うち水産業    | 2,191 (0.02%)            | −44.9%    | 1,098 (0.007%)           | 983 (0.007%)      |
|             | 家庭部門     | 0 (0.0%)                 | ±0.0%     | 0 (0.0%)                 | 0 (0.0%)          |
|             | 業務部門     | 95,849 (0.7%)            | +27.3%    | 88,801 (0.6%)            | 121,985 (0.8%)    |
|             | 運輸部門     | 1,203,587 (8.7%)         | −15.3%    | 1,373,135 (8.6%)         | 1,019,541 (6.9%)  |
| その他の石油製品・原油 | 計        | 3,931,340 (28.3%)        | +14.6%    | 4,832,608 (30.3%)        | 4,507,080 (30.6%) |
|             | 産業部門     | 1,817,640 (13.1%)        | +5.4%     | 2,175,133 (13.6%)        | 1,916,188 (13.0%) |
|             | うち農林業    | 1,762 (0.013%)           | −7.3%     | 1,182 (0.007%)           | 1,633 (0.011%)    |
|             | うち水産業    | 2,038 (0.01%)            | −52.4%    | 1,243 (0.008%)           | 970 (0.007%)      |
|             | 家庭部門     | 216,081 (1.6%)           | +0.4%     | 253,054 (1.6%)           | 216,845 (1.5%)    |
|             | 業務部門     | 133,521 (1.0%)           | +7.9%     | 117,146 (0.7%)           | 144,011 (1.0%)    |
|             | 運輸部門     | 1,764,072 (12.7%)        | +26.4%    | 2,287,276 (14.3%)        | 2,230,036 (15.1%) |
| 電力          | 計        | 2,698,534 (19.4%)        | +28.6%    | 3,396,151 (21.3%)        | 3,471,125 (23.6%) |
|             | 産業部門     | 1,220,265 (8.8%)         | −9.1%     | 1,307,585 (8.2%)         | 1,109,182 (7.5%)  |
|             | うち農林業    | 5,924 (0.043%)           | −46.4%    | 5,766 (0.036%)           | 3,176 (0.022%)    |
|             | うち水産業    | 0 (0.0%)                 | ±0.0%     | 0 (0.0%)                 | 0 (0.0%)          |
|             | 家庭部門     | 662,933 (4.8%)           | +55.4%    | 928,274 (5.8%)           | 1,030,280 (7.0%)  |
|             | 業務部門     | 754,822 (5.4%)           | +67.4%    | 1,093,429 (6.8%)         | 1,263,878 (8.6%)  |
|             | 運輸部門     | 60,514 (0.4%)            | +12.0%    | 66,864 (0.4%)            | 67,784 (0.5%)     |
| その他         | 計        | 3,379,108 (24.3%)        | +11.3%    | 3,542,294 (22.2%)        | 3,759,427 (25.5%) |
|             | うち農林業    | 1 (7x10 <sup>−6</sup> %) | +32,400%  | 1 (6x10 <sup>−6</sup> %) | 325 (0.002%)      |
|             | 都市ガス 計   | 629,852 (4.5%)           | +118.1%   | 986,782 (6.2%)           | 1,373,393 (9.3%)  |
|             | うち農林業    | 1 (7x10 <sup>−6</sup> %) | +32,400%  | 1 (6x10 <sup>−6</sup> %) | 325 (0.002%)      |
|             | 石炭製品 計   | 1,555,699 (11.2%)        | −18.7%    | 1,283,719 (8.0%)         | 1,264,700 (8.6%)  |
|             | 熱 計      | 696,058 (5.0%)           | −6.5%     | 739,685 (4.6%)           | 650,502 (4.4%)    |
|             | 石炭 計     | 382,623 (2.8%)           | −0.6%     | 427,275 (2.7%)           | 380,362 (2.6%)    |
|             | 天然ガス 計   | 61,547 (0.4%)            | +5.3%     | 50,613 (0.3%)            | 64,799 (0.4%)     |
|             | 再生可能エネ 計 | 53,330 (0.4%)            | −51.9%    | 54,220 (0.4%)            | 25,671 (0.2%)     |

注) TJ: テラジュール=10<sup>12</sup>J



## 2) 農林業部門における消費量

1990 年度に比べ、2000 年度におけるわが国の農林業におけるエネルギー消費量は 28% 増加したが、2008 年度の同消費量は 18% 減少しており（表 1）、合計に比べ、農林業部門のエネルギー消費量の年次間変動はかなり大きくなっている。2008 年度の 1990 年度比増減割合の内訳を見ると、「石油製品」が 18% 減少（重油 6% 増、灯油 41% 減、軽油 36% 減）、「電力」が 46% 減少している。

## 3. わが国の農業におけるエネルギー源別・用途別の消費量

### 1) 2001 年度以降の計算方法による統計値

前述したように、わが国の農林業における主要なエネルギー源は、重油（2008 年度の割合 60%）、灯油（同 25%）、軽油（同 9%）、電力（同 4%）である（表 1）。これらのエネルギー源の主な利用先としては、重油が主に施設園芸の暖房、灯油が主に穀物の乾燥、軽油が主には場内作業におけるディーゼル機関用と推定され、これらの用途で消費量の大部分を占めているものと思われる。

### 2) 2000 年度までの計算方法による統計値

資源エネルギー庁が取りまとめているわが国におけるエネルギー消費の統計の算出方法は、2000 年までは、石油販売業者からの販売実績をもとに算出していたが、2001 年度からは、産業連関表（産業ごとの生産・販売等の取引額を行列形式にした指標）をもとに算出する方法（1990 年度まで遡って算出）に変更されている。表 2 に 2000 年度までの方法で算出された統計値<sup>2)</sup>を示すが、2000 年度の農林業のエネルギー消費量は 303PJ（合計消費量の 1.9%）であり、現在の方法による 2000 年度の値の 2.4 倍となっている。また、農林業におけるエネルギー源別の内訳を見ると、重油が 32%（現在の方法による 2000 年度の値の 0.49 倍）、灯油が 36%（同 1.5 倍）、軽油が 27%（同 4.7 倍）、電力が 4.6%（同 1.02 倍）を占めており、現在の方法による値に比べ、重油が少なく、軽油と灯油が

表 2 わが国におけるエネルギー消費量<sup>2)</sup>（資源エネルギー庁・2000 年までの方法） 単位：PJ

| 種 類       |       | 1990 年度       | 00/90 増減 | 2000 年度       |
|-----------|-------|---------------|----------|---------------|
| 合 計       |       | 13,516 (100%) | +16%     | 15,729 (100%) |
| 農林業計      |       | 308 (2.3%)    | -1.6%    | 303 (1.9%)    |
| 石油製品・原油 計 |       | 8,184 (61%)   | +14%     | 9,289 (59%)   |
| 重油        | 計     | 1,726 (13%)   | -8.7%    | 1,575 (10%)   |
|           | うち農林業 | 96 (0.71%)    | ±0%      | 96 (0.61%)    |
| 灯油        | 計     | 993 (7.3%)    | -14%     | 1,095 (7.0%)  |
|           | うち農林業 | 119 (0.88%)   | +9.7%    | 109 (0.69%)   |
| 軽油        | 計     | 1,444 (11%)   | -6.3%    | 1,584 (10%)   |
|           | うち農林業 | 80 (0.59%)    | +1.3%    | 81 (0.51%)    |
| その他       | 計     | 4,021 (%)     | +26%     | 5,053 (%)     |
|           | うち農林業 | 0 (0%)        | ±0%      | 0 (0%)        |
| 電力        | 計     | 2,724 (20%)   | +35%     | 3,484 (22%)   |
|           | うち農林業 | 11 (0.081%)   | +27%     | 14 (0.089%)   |
| その他       | 計     | 2,608 (19%)   | +13.3%   | 2,956 (19%)   |
|           | うち農林業 | 2 (0.01%)     | +50%     | 3 (0.02%)     |

注 1) 販売業者の実績をもとに算出したデータ（2000 年まで実施）

多くなっている。これは、JA 等を経由して販売された運輸用の軽油や家庭用の灯油が含まれているためではないかと推定される。

### 3) わが国の農業におけるエネルギー源の用途別消費量と割合の推定

上述したように、合計のエネルギー消費量に比べ、農林業部門のエネルギー消費量の統計値は年次間変動が大きく、計算方法によりその値が大きく異なる。このような背景を踏まえ、わが国の農林業における主要なエネルギー源別に、消費量と割合を推定して見ることとした。

#### (1) 重油（主に施設園芸における暖房）消費量の推定

加温設備のある園芸施設面積<sup>3)</sup>、施設面積当たりの平均的な重油消費量<sup>4)-6)</sup>から試算した施設園芸における重油の年間エネルギー消費量の推定値は、57～87PJ であった。この値は、現在の計算方法による 2000 年度の農林業における重油エネルギー統計値の 68～104%、同方法による 2008 年度同統計値の 118～180%、2000 年度までの計算方法による 2000 年度同統計値の 59～91%である。

##### <重油消費エネルギーの試算方法>

重油消費量 $\div$ 2007 年における加温設備のある園芸施設面積 22,300ha<sup>3)</sup>  
 $\times$ 概略重油消費量 65～100kL/ha/年<sup>4)-6)</sup>=1,450,000～2,230,000kL/年  
重油のエネルギー消費量 $\div$ 重油消費量 1,450,000～2,230,000kL/年  
 $\times$ A 重油の標準発熱量 39.1GJ/kL<sup>7)</sup>=56.7～87.2PJ/年

#### (2) 灯油（主に穀物の乾燥）消費量の推

穀物の乾燥前収穫量、収穫量当たり灯油消費量<sup>8)</sup>から試算した穀物乾燥用灯油の年間エネルギー消費量の推定値は、8.8PJ であった。この値は、現在の計算方法による 2000 年度の農林業における灯油エネルギー統計値の 29%、同方法による 2008 年度統計値の 44%、2000 年度までの計算方法による 2000 年度統計値の 8%である。

##### <灯油消費エネルギーの試算方法>

灯油消費量 $\div$ 米・麦・大豆の乾燥前収穫量 13,300 千 t/年 $\times$ 概略灯油消費量 18L/t<sup>8)</sup>  
=240,000kL/年  
灯油のエネルギー消費量 $\div$ 灯油消費量 240,000kL/年 $\times$ 灯油の標準発熱量 36.7GJ/kL<sup>7)</sup>  
=8.8PJ/年（穀物乾燥時の電力エネルギーは灯油の 7%程度である<sup>8)</sup>ため、電力を加えたエネルギー消費量は 9.4PJ/年）

#### (3) 軽油（主にほ場作業）消費量の推定

作物の栽培面積、面積当たり軽油消費量<sup>9)</sup>から試算したほ場作業用軽油の年間エネルギー消費量の推定値は、8.6PJ であった。この値は、現在の計算方法による 2000 年度の農林業における軽油エネルギー統計値の 116%、同方法による 2008 年度統計値の 113%、2000 年度までの計算方法による 2000 年度統計値の 11%である。

##### <軽油消費エネルギーの試算方法>

軽油消費量 $\div$ 稲作面積 1,640 千 ha $\times$ 稲作での軽油消費量 85L/ha・年<sup>9)</sup>  
+ 永年作物である樹園地と牧草地を除く他作物の栽培面積 1,760 千 ha  
 $\times$ 他作物での軽油消費量 50L/ha・年（水田より軽負荷なため）=227,400kL/年

$$\begin{aligned} \text{軽油のエネルギー消費量} &= \text{軽油消費量 } 227,400\text{kL/年} \times \text{軽油の標準発熱量 } 37.7\text{GJ/kL}^{7)} \\ &= 8.6\text{PJ/年} \end{aligned}$$

#### 4) わが国の農業における用途別エネルギー消費量割合の推定

以上に述べた統計値と試算結果から、わが国の農業における用途別のエネルギー消費割合を推定した結果、最もエネルギー消費量が多いのは施設園芸の暖房で、穀物乾燥と、ほ場内作業が続いた。これらの用途におけるエネルギー消費量の農業内での割合は、上記の統計値と推定値をもとに以下のように推定された。

- ・施設園芸の暖房（主に重油を使用）：60～80%
- ・穀物の乾燥（主に灯油と電力を使用）：10～20%
- ・ほ場内作業（主に軽油を使用）：8～15%程度

## Ⅱ わが国における温室効果ガス排出量の現状

### 1. 2008 年度におけるわが国の温室効果ガス排出量

#### 1) 合計排出量

表3および付表2に、(独)国立環境研究所の温室効果ガスイベントリハウスから公表されている、わが国の温室効果ガスの排出量のデータ<sup>10)</sup>を示す。2008年度におけるわが国の温室効果ガスの合計排出量は、二酸化炭素(以下「CO<sub>2</sub>」)換算で12億8200万tであり、その内訳を見ると、CO<sub>2</sub>が94.7%(エネルギー起源CO<sub>2</sub>が88.8%)、メタンが1.7%、一酸化二窒素が1.8%、その他(代替フロン等)が1.8%となっている。

表3 わが国における温室効果ガスの排出量<sup>10)</sup> (国立環境研究所) 単位: 百万 t-CO<sub>2</sub>換算

| 種 類                                                  |             | 1990 年度       | 2000 年度       | 08/90 増減率 | 2008 年度       |
|------------------------------------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------|---------------|
| 合 計                                                  |             | 1,261 (100%)  | 1,344 (100%)  | +1.7%     | 1,282 (100%)  |
| うち農林業合計                                              |             | 39.1 (3.1%)   | 36.6 (2.7%)   | -19%      | 31.5 (2.5%)   |
| 二酸化炭素                                                | 計           | 1,144 (90.7%) | 1,254 (93.3%) | +6.1%     | 1,214 (94.7%) |
|                                                      | エネルギー起源     | 1,059 (84.0%) | 1,167 (86.8%) | +7.5%     | 1,138 (88.8%) |
|                                                      | うち農林業       | 6.9 (0.5%)    | 8.9 (0.7%)    | -19%      | 5.6 (0.4%)    |
|                                                      | 非エネルギー起源計   | 85.1 (6.7%)   | 87.3 (6.5%)   | -10%      | 76.3 (6.0%)   |
|                                                      | 計           | 33.4 (2.6%)   | 25.8 (1.9%)   | -36%      | 21.3 (1.7%)   |
| メタン<br>(温室効果<br>CO <sub>2</sub> の21倍)                | 農 業         | 17.9 (1.4%)   | 16.1 (1.2%)   | -16%      | 15.0 (1.2%)   |
|                                                      | うち家畜消化管内発酵  | 7.6 (0.6%)    | 7.4 (0.6%)    | -9.2%     | 6.9 (0.5%)    |
|                                                      | うち稲作        | 7.0 (0.6%)    | 5.9 (0.4%)    | -20%      | 5.6 (0.4%)    |
|                                                      | うち家畜排せつ物管理  | 3.1 (0.2%)    | 2.7 (0.2%)    | -26%      | 2.3 (0.2%)    |
|                                                      | うち残さの野焼き    | 0.13 (0.01%)  | 0.09 (0.007%) | -46%      | 0.07 (0.005%) |
|                                                      | 計           | 32.6 (2.6%)   | 28.7 (2.1%)   | -31%      | 22.5 (1.8%)   |
| 一酸化二窒素<br>(亜酸化窒素)<br>(温室効果<br>CO <sub>2</sub> の310倍) | 農 業         | 14.3 (1.1%)   | 11.6 (0.9%)   | -24%      | 10.9 (0.9%)   |
|                                                      | うち農用地の土壌    | 8.7 (0.7%)    | 6.7 (0.5%)    | -30%      | 6.1 (0.5%)    |
|                                                      | うち家畜排せつ物の管理 | 5.5 (0.4%)    | 4.9 (0.4%)    | -13%      | 4.8 (0.4%)    |
|                                                      | うち残さの野焼き    | 0.10 (0.008%) | 0.07 (0.005%) | -30%      | 0.07 (0.005%) |
|                                                      | 計           | 51.2 (4.1%)   | 35.5 (2.6%)   | -54%      | 23.6 (1.8%)   |
| その他ガス<br>(代替フロン等)                                    |             | 51.2 (4.1%)   | 35.5 (2.6%)   | -54%      | 23.6 (1.8%)   |

#### 2) 農林業部門における排出量

2008年度のわが国の農林業における温室効果ガス排出量は、CO<sub>2</sub>換算で3150万tであり、全体の2.5%を占めている(表3)。農林業内の内訳を見ると、CO<sub>2</sub>(全てエネルギー起源)が17.7%、メタンが47.6%、一酸化二窒素が34.6%となっており、メタンと一酸化二窒素の割合が高い。メタンでは排出量の70%が、一酸化二窒素では同じく48%が農業由来であり、農業においては、CO<sub>2</sub>だけでなく、これらのガスの排出抑制も重要である。

### 2. わが国の温室効果ガス排出量の推移

#### 1) 合計排出量

「京都議定書」の基準年である1990年度に比べ、2000年度におけるわが国の温室効果ガスの合計排出量は6.6%増加したが、2008年度の同排出量は1.7%の増加に止まって

いる。2008 年度の 1990 年度比増減割合の内訳を見ると、CO<sub>2</sub> が 6.1%増加（うちエネルギー起源の CO<sub>2</sub> は 7.5%増加）、メタンが 36%減少、一酸化二窒素が 31%減少、その他ガスが 54%減少している（表 3）。

付表 2 わが国における温室効果ガスの排出量<sup>10)</sup>（国立環境研究所） 単位：百万 t-CO<sub>2</sub> 換算

| 種 類                                              |                                   |                 | 1990 年度       | 08/90 増減率    | 2000 年度       | 2008 年度       |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| 合 計                                              |                                   |                 | 1,261 (100%)  | +1.7%        | 1,344 (100%)  | 1,282 (100%)  |
| うち農林業合計                                          |                                   |                 | 39.1 (3.1%)   | −19.4%       | 36.6 (2.7%)   | 31.5 (2.5%)   |
| 二酸化炭素                                            | 計                                 |                 | 1,144 (90.7%) | +6.1%        | 1,254 (93.3%) | 1,214 (94.7%) |
|                                                  | エネルギー起源                           | 計               | 1,059 (84.0%) | +7.5%        | 1,167 (86.8%) | 1,138 (88.8%) |
|                                                  |                                   | 産業部門(工場等)       | 482.1 (38.2%) | −13.2%       | 467.2 (34.8%) | 418.6 (32.7%) |
|                                                  |                                   | うち農林業           | 6.9 (0.5%)    | −18.8%       | 8.9 (0.7%)    | 5.6 (0.4%)    |
|                                                  |                                   | 運輸部門(自動車・船等)    | 217.4 (17.2%) | +8.3%        | 265.3 (19.7%) | 235.4 (18.4%) |
|                                                  |                                   | 業務他部門(事業所等)     | 164.3 (13.0%) | +43.0%       | 206.1 (15.3%) | 235.0 (18.3%) |
|                                                  |                                   | 家庭部門            | 127.4 (10.1%) | +34.2%       | 157.5 (11.7%) | 171.0 (13.3%) |
|                                                  |                                   | エネルギー転換部門(発電所等) | 67.9 (5.4%)   | +15.2%       | 70.8 (5.3%)   | 78.2 (6.1%)   |
|                                                  | 非エネルギー起源                          | 計               | 85.1 (6.7%)   | −10.3%       | 87.3 (6.5%)   | 76.3 (6.0%)   |
|                                                  |                                   | 工業プロセス          | 62.3 (4.9%)   | −19.3%       | 56.7 (4.2%)   | 50.3 (3.9%)   |
|                                                  |                                   | 廃棄物(焼却等)        | 22.7 (1.8%)   | +14.1%       | 30.6 (2.3%)   | 25.9 (2.0%)   |
|                                                  |                                   | 燃料からの漏出         | 0.04 (0.003%) | ±0%          | 0.04 (0.003%) | 0.04 (0.003%) |
|                                                  | メタン<br>(温室効果CO <sub>2</sub> の21倍) | 計               | 33.4 (2.6%)   | −36.2%       | 25.8 (1.9%)   | 21.3 (1.7%)   |
| 農 業                                              |                                   | 農 業             | 17.9 (1.4%)   | −16.2%       | 16.1 (1.2%)   | 15.0 (1.2%)   |
|                                                  |                                   | うち家畜消化管内発酵      | 7.6 (0.6%)    | −9.2%        | 7.4 (0.6%)    | 6.9 (0.5%)    |
|                                                  |                                   | うち稲作            | 7.0 (0.6%)    | −20.0%       | 5.9 (0.4%)    | 5.6 (0.4%)    |
|                                                  |                                   | うち家畜排せつ物管理      | 3.1 (0.2%)    | −25.8%       | 2.7 (0.2%)    | 2.3 (0.2%)    |
|                                                  |                                   | うち残さの野焼き        | 0.13 (0.01%)  | −46.2%       | 0.09 (0.007%) | 0.07 (0.005%) |
| 廃棄物(埋立、排水等)                                      |                                   | 11.3 (0.9%)     | −55.8%        | 7.6 (0.6%)   | 5.0 (0.4%)    |               |
| 燃料の燃焼                                            |                                   | 0.8 (0.006%)    | −12.5%        | 0.9 (0.07%)  | 0.7 (0.05%)   |               |
| 燃料からの漏出                                          |                                   | 3.0 (0.2%)      | −86.7%        | 1.0 (0.07%)  | 0.4 (0.03%)   |               |
| 工業プロセス                                           |                                   | 0.4 (0.03%)     | −75.0%        | 0.2 (0.001%) | 0.1 (0.008%)  |               |
| 一酸化二窒素<br>(亜酸化窒素)<br>(温室効果CO <sub>2</sub> の310倍) | 計                                 | 32.6 (2.6%)     | −31.0%        | 28.7 (2.1%)  | 22.5 (1.8%)   |               |
|                                                  | 農 業                               | 農 業             | 14.3 (1.1%)   | −23.8%       | 11.6 (0.9%)   | 10.9 (0.9%)   |
|                                                  |                                   | うち農用地の土壌        | 8.7 (0.7%)    | −30.0%       | 6.7 (0.5%)    | 6.1 (0.5%)    |
|                                                  |                                   | うち家畜排せつ物の管理     | 5.5 (0.4%)    | −12.7%       | 4.9 (0.4%)    | 4.8 (0.4%)    |
|                                                  |                                   | うち残さの野焼き        | 0.10 (0.008%) | −30.0%       | 0.07 (0.005%) | 0.07 (0.005%) |
|                                                  | 燃料の燃焼                             | 6.5 (0.5%)      | +4.6%         | 8.1 (0.6%)   | 6.8 (0.5%)    |               |
|                                                  | 廃棄物(排水、焼却等)                       | 3.2 (0.3%)      | +3.1%         | 4.0 (0.3%)   | 3.3 (0.3%)    |               |
|                                                  | 工業プロセス                            | 8.3 (0.7%)      | −84.3%        | 4.7 (0.3%)   | 1.3 (0.01%)   |               |
|                                                  | 溶剤等                               | 0.3 (0.02%)     | −33.3%        | 0.3 (0.02%)  | 0.2 (0.02%)   |               |
| その他ガス<br>(代替フロン等)                                | 計                                 | 51.2 (4.1%)     | −53.9%        | 35.5 (2.6%)  | 23.6 (1.8%)   |               |

## 2) 農林業部門における排出量

1990 年度に比べ、2000 年度におけるわが国の農林業における温室効果ガス排出量は 6.4%減少し、2008 年度の同排出量は 19%減少している。2008 年度の 1990 年度比増減割合の内訳を見ると、エネルギー起源の CO<sub>2</sub> が 19%減少、メタンが 16%減少、一酸化二窒素が 24%減少している（表 3）。

## 3. わが国の温室効果ガス削減目標

### 1) 合計排出量

「京都議定書」では、わが国の温室効果ガスを 2012 年度までに基準年度（1990 年度）比で 6%削減することが定められている。2008 年 3 月に改訂された「京都議定書目標達成計画」によると、森林吸収源対策で 3.8%、京都メカニズム（排出量取引等）で 1.6% の削減を目標にしており、これらの対策分を差し引くと、実質的な削減目標は 2008 年度比で 2.2%である<sup>11)</sup>（図 1）。

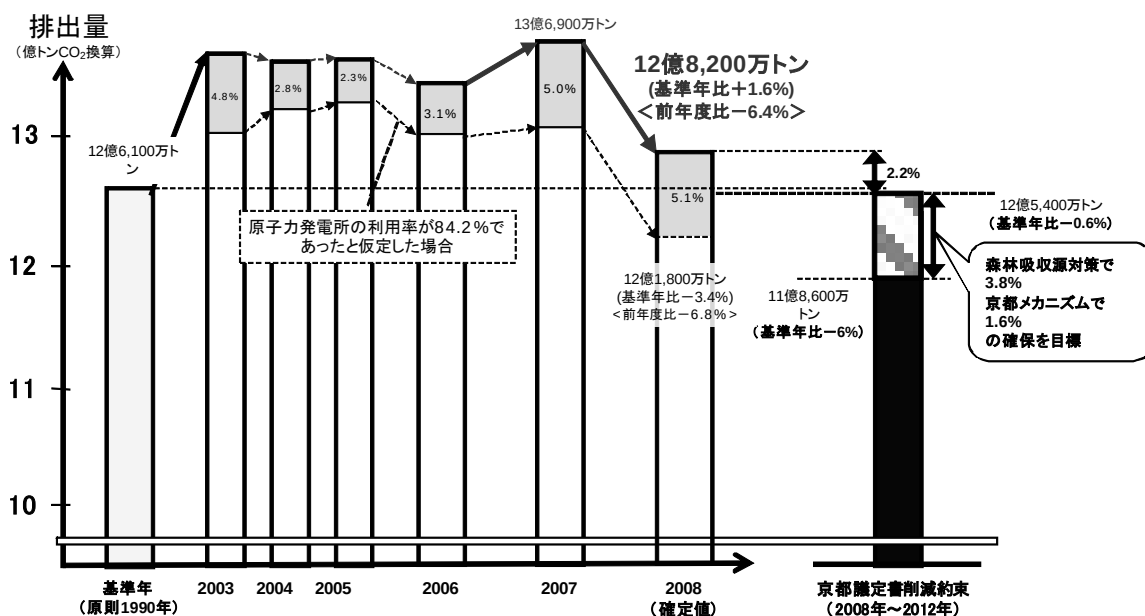


図 1 わが国の温室効果ガス排出量の推移と京都議定書による削減目標<sup>11)</sup>（環境省）

ポスト「京都議定書」のわが国における温室効果ガス削減目標としては、麻生内閣で「2020 年度に、2005 年度比で 15%削減」、鳩山内閣で「2020 年度に、1990 年度比で 25%削減」が打ち出されている。これらの目標をクリアするには、大きな努力が必要である。

## 2) 農林業部門における排出量

前述したとおり、1990 年度に比べ、2000 年度におけるわが国の農林業における温室効果ガス排出量は 1990 年度比で 19%減少しており、農林業部門に限れば「京都議定書」の削減目標を達成している。

### Ⅲ 農業機械の省エネ化と温室効果ガス排出量削減に貢献している 生研センターの研究成果

機械化の進展に伴い、農作業において消費されるエネルギーと排出される温室効果ガスの量は増加してきた。生研センターでは、これらを削減するための研究に取り組み大きな成果を上げている。以下に、近年の研究で得られた成果をまとめたが、主要な研究成果による消費エネルギーおよびエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の推定削減量の合計値は、2008 年度のわが国における農林業分門でのそれらの値の 0.27% に達している。

#### 1. 新しい農業機械の開発

##### 1) 穀物遠赤外線乾燥機

農林水産省の農業機械等緊急開発事業において、生産システム研究部の乾燥調製システム研究単位が乾燥機製造企業と共同で開発した穀物乾燥機<sup>12)</sup> (図2)で、遠赤外線と熱風の併用により乾燥を行う特徴を有する。1998年に市販化され、現在までに約96,000台普及(現在ではわが国における穀物乾燥機出荷台数の55%程度を占める。)している。

従来の熱風乾燥機に比べ、遠赤外線の利用と風量の低減により、燃料消費量を約10%、電力消費量を約30%削減でき<sup>12)</sup>、全体の灯油削減量は年間400万L、電力の削減量は年間約800万kWhと試算される。また、エネルギー削減量は年間176TJ程度(わが国の穀物乾燥に費やされるエネルギーの約2%、2008年度のわが国の農林業分門における全消費エネルギーの約0.2%)、温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)の削減量は年間13,200t-CO<sub>2</sub>程度

(わが国の穀物乾燥で発生するエネルギー起源CO<sub>2</sub>の約2%、2008年度のわが国の農林業部門におけるエネルギー起源CO<sub>2</sub>全体の約0.2%)と推定される。



図2 穀物遠赤外線乾燥機

＜省エネ効果の試算方法＞

普及率＝延べ製造台数9.6万台/57万台(2008年までの15年間の乾燥機出荷台数)＝17%

稲の湿収収穫量＝稲栽培面積1,650千ha/年×湿収収量7t/ha＝11,550千t/年

麦類の湿材収穫量＝6麦栽培面積264千ha/年×湿麦収量5.5t/ha＝1,450千t/年

稲麦の湿材収穫量＝稲11,550千t/年＋4麦1,450千t/年＝13,000千t/年

従来機(熱風式)の灯油消費量(水分25%→15%)＝18L/t<sup>8)</sup>

従来機(熱風式)の電力消費量(水分25%→15%)＝12kWh/t<sup>8)</sup>

灯油の削減量＝稲麦湿材収穫量13,000千t/年×従来機灯油消費量18L/t

×灯油削減率0.1<sup>12)</sup>×開発機普及率0.17＝4,000kL/年

灯油エネルギーの削減量＝灯油削減量4,000kL/年×灯油の標準発熱量36.7GJ/kL<sup>7)</sup>  
＝147TJ/年

電力の削減量 $\div$ 稲麦湿材収穫量 13,000 千 t/年 $\times$ 従来機電力消費量 12kWh/t

$\times$ 電力削減率 0.3<sup>12)</sup> $\times$ 開発機普及率 0.17=8,000 千 kWh/年

電力エネルギーの削減量 $\div$ 電力削減量 8,000 千 kWh/年 $\times$ 電力消費時標準発熱量 3.60MJ/kWh<sup>7)</sup>  
=29TJ/年

エネルギー総削減量 $\div$ 灯油分 147TJ/年+電力分 29TJ/年=176TJ/年

(穀物乾燥で消費されるエネルギーの約 2%、2008 年度の農林業部門における消費エネルギー全体の約 0.2%)

<温室効果ガス削減効果の試算方法><sup>13)</sup>

灯油分 CO<sub>2</sub> 排出削減量 $\div$ 灯油削減量 4,000kL/年 $\times$ 灯油の単位発熱量 36.7GJ/kL<sup>7)</sup>

$\times$ 灯油の排出係数 0.0185t-CO<sub>2</sub>/GJ $\times$ 44/12=9,960t-CO<sub>2</sub>/年

電力分 CO<sub>2</sub> 排出削減量 $\div$ 電力削減量 8,000 千 kWh/年 $\times$ 電気事業者(主要 9 社)の

調整後排出係数平均値 0.000405t-CO<sub>2</sub>/kWh=3,240t-CO<sub>2</sub>/年

CO<sub>2</sub> 総排出削減量 $\div$ 灯油分 9,960t-CO<sub>2</sub>/年+電力分 3,240t-CO<sub>2</sub>/年=13,200t-CO<sub>2</sub>/年

(穀物乾燥で発生するエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の約 2%、2008 年度の農林業部門におけるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 全体の約 0.2%)

## 2) 高速代かきロータリ

農林水産省の 21 世紀型農業機械等緊急開発事業において、生産システム研究部の土壌管理システム研究単位が農業機械製造企業と共同で開発した作業機<sup>14)</sup>(図 3)で、大型レーキの採用、つめ配列変更等により稲株埋没性能や碎土性能を向上させた特徴を持つ。2001 年に市販化され、現在までに約 63,000 台普及(現在ではわが国における代かきロータリ出荷台数の 50%程度を占める。)している。

従来の代かきロータリに比べ、作業精度の向上による高速化または作業回数の減少により、面積当たりの燃料消費量を約 15% (2~3 割高速化の場合)~30% (3 回掛けを 2 回掛けにした場合)削減でき<sup>14)</sup>、全体の軽油削減量は年間約 106 万 L、エネルギー削減量は年間 40TJ 程度(わが国の代かきに費やされるエネルギーの約 3%、2008 年度のわが国の農林業分門における全消費エネルギーの約 0.05%)、温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)の削減量は年間 2,730t-CO<sub>2</sub> 程度(わが国の代かきで発生するエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の約 3%、2008 年度のわが国の農林業部門におけるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 全体の約 0.05%)と推定される。



図 3 高速代かきロータリ

<省エネ効果の試算方法>

普及率 $\div$ 延べ製造台数 6.3 万台/40 万台(2008 年までの 15 年間の代かきロータリ出荷台数)=16%

稲栽培面積=1,650 千 ha/年



従来機の軽油消費量 $\div 20\text{L/ha}^{14)}$

軽油の削減量 $\div$ 稲栽培面積 1,650 千 ha/年 $\times$ 従来機軽油消費量 20L/ha

$\times$ 軽油削減率 0.2(平均値) $^{14)}$  $\times$ 開発機普及率 0.16 $=1,060\text{kL/年}$

軽油エネルギーの削減量 $\div$ 軽油削減量 1,060kL/年 $\times$ 軽油の標準発熱量 37.7GJ/kL $=40\text{TJ/年}^{7)}$

(代かきで消費されるエネルギーの約 3%、2008 年度の農林業部門における消費エネルギー全体の約 0.05%)

<温室効果ガス削減効果の試算方法> $^{13)}$

軽油分 CO<sub>2</sub> 排出削減量 $\div$ 軽油削減量 1,060kL/年 $\times$ 軽油の単位発熱量 37.7GJ/kL

$\times$ 軽油の排出係数 0.0187 t-CO<sub>2</sub>/GJ $\times 44/12=2,740\text{t-CO}_2/\text{年}$

(代かきで発生するエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の約 3%、2008 年度の農林業部門におけるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 全体の約 0.05%)

### 3) 水稻種子自動コーティング装置と高精度水稻湛水条播機

水稻種子自動コーティング装置は農林水産省の農業機械等緊急開発事業において、生産システム研究部の土壌管理システム研究単位と大規模機械化システム研究単位が、高精度水稻湛水条播機は農林水産省の 21 世紀型農業機械等緊急開発事業において、生産システム研究部の大規模機械化システム研究単位と土壌管理システム研究単位が、それぞれ農業機械製造企業と共同で開発した機械(図 4)である。水稻種子自動コーティング装置 $^{15)}$ は、水稻種子へのコーティング剤の添加と水の噴霧をプログラムに従って自動的に行う特徴を持ち、1999 年に市販化され、これまでに約 450 台普及している。高精度水稻湛水条播機 $^{16)}$ は、水田の表面土壌の硬さを検出するセンサを持ち、土壌の硬さに応じて覆土板の角度を制御することなどにより播種深さを安定化させる特徴を持ち、1999 年に市販化され、これまでに約 780 台普及している。

両開発機が市販されてから、水稻の湛水条播面積は 8,000ha 程度増加(1999 年 2,000ha $\rightarrow$ 2009 年 10,000ha)しており $^{17)}$ 、開発機により湛水条播面積が 7,000ha 増加したと仮定すると、育苗に要する灯油が年間 36 万 L、電力が年間約 27 万 kWh 削減されたものと試算される。また、エネルギー削減量は年間 14TJ 程度(わが国の稲育苗に費やされるエネルギーの約 0.4%、2008 年度のわが国の農林業分門での全消費エネルギーの 0.02%)、温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)の削減量は年間 1,010t-CO<sub>2</sub>程度(わが国の稲育苗で発生するエネルギー



図 4 水稻種子自動コーティング装置(左)と高精度水稻湛水条播機(右)

起源 CO<sub>2</sub> の約 0.4%、2008 年度のわが国の農林業部門におけるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 全体の約 0.02%) と推定される。

#### <省エネ効果の試算方法>

推定利用面積 $\div$ 2009 年の湛水条播面積 10,000ha/年 $\times$ 開発機利用率 0.7=7,000ha/年

(開発機の市販化後に増加した湛水条播面積 $\div$ 8,000ha)

水稻の育苗に要する灯油と電力 $\div$ (灯油 778L+電力 580kWh)/苗 3,000 箱<sup>18)</sup>

開発機の普及により減少した育苗箱数 $\div$ 推定利用面積 7,000ha/年 $\times$ 200 箱/ha=1,400 千箱/年

灯油削減量 $\div$ 減少した育苗箱数 1,400 千箱/年 $\times$ 灯油 778L/苗 3,000 箱=363kL

電力削減量 $\div$ 減少した育苗箱数 1,400 千箱/年 $\times$ 電力 580kWh/苗 3,000 箱=270 千 kWh

育苗エネルギー削減量=灯油削減量 363kL $\times$ 灯油の標準発熱量 36.7GJ/kL<sup>7)</sup>

+電力削減量 270 千 kWh $\times$ 電力消費時標準発熱量 3.60MJ/kWh<sup>7)</sup>

=灯油分 13.3TJ+電力分 1.0TJ=14.4TJ

(稲の育苗に消費されるエネルギーの約 0.4%、2008 年度の農林業部門における消費エネルギー全体の約 0.02%)

#### <温室効果ガス削減効果の試算方法><sup>13)</sup>

灯油分 CO<sub>2</sub> 排出削減量 $\div$ 灯油削減量 363kL/年 $\times$ 灯油の単位発熱量 36.7GJ/kL

$\times$ 灯油の排出係数 0.0185t-CO<sub>2</sub>/GJ $\times$ 44/12=904t-CO<sub>2</sub>/年

電力分 CO<sub>2</sub> 排出削減量 $\div$ 電力削減量 270 千 kWh/年 $\times$ 電気事業者(主要 9 社)の

調整後排出係数平均値 0.000405t-CO<sub>2</sub>/kWh=109t-CO<sub>2</sub>/年

CO<sub>2</sub> 総排出削減量 $\div$ 灯油分 904t-CO<sub>2</sub>/年+電力分 109t-CO<sub>2</sub>/年=1,010t-CO<sub>2</sub>/年

(稲の育苗で発生するエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の約 0.4%、2008 年度の農林業部門におけるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 全体の約 0.02%)

## 4) 高速耕うんロータリ

農林水産省の農業機械等緊急開発事業において、生産システム研究部の土壌管理システム研究単位が農業機械製造企業と共同で開発した作業機<sup>14)</sup>(図 5)で、つめ形状と配列の変更、固定づめの採用、リヤカバーの形状変更等により所要動力を低減させて特徴を持つ。1995 年に市販化され、約 6,000 台普及した。



図 5 高速耕うんロータリ

従来の耕うんロータリに比べ、所要動力の低下と高速作業化により、面積当たりの燃料消費量を約 15%削減でき<sup>14)</sup>、全体の軽油削減量は年間約 6.6 万 L、エネルギー削減量は年間 2.5TJ 程度(わが国の水田耕うんに費やされるエネルギーの約 0.08%、2008 年度のわが国の農林業分門での全消費エネルギーの約 0.003%)、温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)の削減量は年間 170t-CO<sub>2</sub>程度(わが国の水田耕うんで発生するエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の約 0.08%、2008 年度のわが国の農林業部門におけるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 全体の約 0.003%)と推定される。

### <省エネ効果の試算方法>

普及率＝延べ製造台数0.6万台/127万台(2008年までの15年間の耕うんロータリ出荷台数)＝0.5%

水田面積≒2,500千ha/年(輪作田や転換畑を含む)

従来機の軽油消費量≒35L/ha<sup>14)</sup>(耕起1回、碎土1回の合計)

軽油の削減量≒水田面積2,500千ha/年×従来機軽油消費量35L/ha×軽油削減率0.15<sup>14)</sup>

×開発機普及率0.005＝66kL/年

軽油エネルギーの削減量≒軽油削減量66kL/年×軽油の標準発熱量37.7GJ/kL<sup>7)</sup>＝2.5TJ/年

(水田耕うんで消費されるエネルギーの約0.08%、2008年度の農林業部門における消費エネルギー全体の約0.003%)

### <温室効果ガス削減効果の試算方法><sup>13)</sup>

軽油分CO<sub>2</sub>排出削減量≒軽油削減量66kL/年×軽油の単位発熱量37.7GJ/kL

×軽油の排出係数0.0187 t-CO<sub>2</sub>/GJ×44/12＝170t-CO<sub>2</sub>/年

(水田耕うんで発生するエネルギー起源CO<sub>2</sub>の約0.08%、2008年度の農林業部門におけるエネルギー起源CO<sub>2</sub>全体の約0.003%)

## 5) その他の開発機

### (1) ディスク式中耕培土機

農林水産省の次世代農業機械等緊急開発事業および第4次農業機械等緊急開発事業において、基礎技術研究部の資源環境工学研究単位が農業機械製造企業と共同で開発した作業機<sup>19)</sup>(図6)で、2対のディスクにより中耕・培土を行う特徴を持つ。2009年に市販化され、現在までに約350台普及(近年におけるロータリ式中耕機の出荷台数の20%程度を占める)している。

従来のロータリ式中耕機に比べ、所要動力の低下と高速化により、燃料消費量を約50%削減できる<sup>19)</sup>。



図6 ディスク式中耕培土機

### (2) トラクタ用省エネ運転指示装置

基礎技術研究部の資源環境工学研究単位が開発した装置<sup>20)</sup>(図7)で、トラクタの機関回転速度と機関出力を検出し、燃料消費量や排出ガス中の黒煙が少ない運転条件(機関回転速度、走行速度段、PTO速度段)を指示する特徴を持つ。2009年より、より簡便な類似機能(燃費の悪い条件での運転時にランプ等で運転者に知らせる)を持つトラクタが市販されつつある。

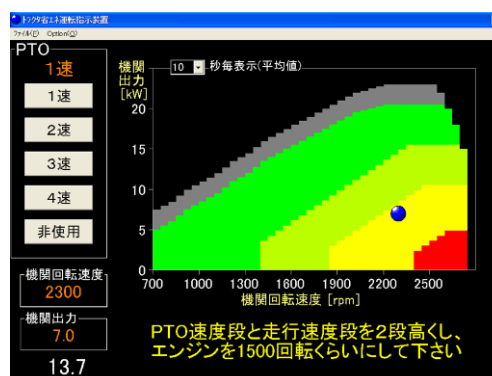


図7 トラクタ用省エネ運転指示装置(試作機)の表示画面



スロットル開度で異なるが、10～45%程度の燃料節減効果があり<sup>21)</sup>、水田での一連の作業全体では平均して10～15%程度の燃料節減効果があると推定される。

### (3) 送塵弁開度制御機構付き自脱コンバイン

生産システム研究部の収穫システム研究単位が開発した機構<sup>22)</sup>(図8)を有する自脱コンバインで、脱穀部の送塵弁をバネで支持し、脱穀部に送り込まれる作物量が過大となった時に送塵弁を開く特徴を持つ。2010年より市販された。

本機構により脱穀部の所要動力を7%程度低減でき<sup>22)</sup>高速作業が可能になる効果があり、燃料節減効果は2～3%程度と推定される。市販コンバインは、本機構の効果による刈取幅拡大のほか、受網や排塵部の改良による効果も含め、約10%の燃料節減効果があると報告されている<sup>23)</sup>。

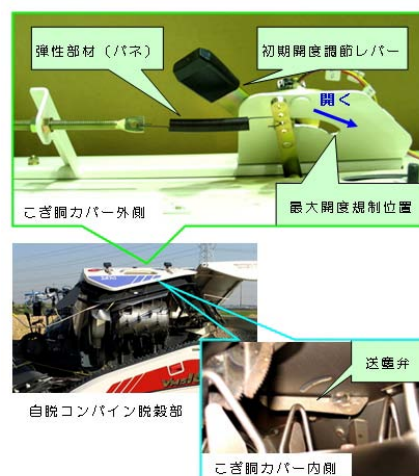


図8 送塵弁開度制御機構の概要

## 2. 農業機械の省エネ利用法の策定

農林水産省の地産地消型バイオディーゼル燃料農業機械利用産地モデル確立事業等に、特別研究チーム(エネルギー)長が委員として参加し、農業機械製造企業や団体の協力を得て「農業機械の省エネ利用マニュアル」を作成した。本マニュアルは、社団法人日本農業機械化協会より冊子<sup>24)</sup>(図9)として発行されるとともに、インターネット上に公開<sup>25)</sup>されている。

本マニュアルは、燃料消費量の多い主要な農業機械(トラクタ、コンバイン、穀物乾燥機)を省エネ利用するためのポイントをわかりやすく解説したものである。保守点検編と作業編からなり、生研センターにおける研究データをもとに、記載された留意点を実行することにより燃料消費量をどの程度減らせるかについても言及している。



図9 「農業機械の省エネ利用マニュアル」<sup>23)</sup>の表紙

## Ⅳ 省エネ化と温室効果ガス排出量削減に寄与する農業機械の開発方向

さらなる農作業の省エネルギー化と温室効果ガスの削減に向け、今後取り組むべき農業機械に関連する研究課題を以下にまとめた。

### 1. 省エネルギー化（機械から排出される二酸化炭素の削減）に寄与する農業機械

農業機械の省エネルギー化（温室効果ガスとしてのCO<sub>2</sub>排出量の削減を含む）の対策としては、低燃費・低電力化（新機構の開発、新制御機能の開発等）、高能率化（高速化、広幅・大容量化等）、同時工程・省工程化などがある。また、カーボンニュートラルな非化石燃料の利用促進も重要な課題である。前述したように、わが国農業においてエネルギーを多く消費しているのは、施設園芸における暖房（主に重油）、穀物等の乾燥（主に灯油と電力）、ほ場内作業（主に軽油）であることから、これらの機械を中心に、省エネルギー化に寄与する農業機械関連の研究課題を以下に整理する。

#### 1) 省エネルギー型施設園芸用暖房機・暖房システム

施設園芸における省エネ技術として、研究開発が望まれる農業機械関連の課題例を以下に示す。なお、温室の保温性向上、温室内の温度等の環境管理の効率化、温室内温度ムラの低減、作目や作型の見直しなど、暖房機以外の対策も重要である。

- ・熱効率の高い高効率施設園芸用暖房機の開発
- ・複数の代替エネルギーを利用できる施設園芸用暖房機の開発
- ・ヒートポンプを利用した局所暖房式コージェネレーション(暖房と発電)システムの開発
- ・ヒートポンプを利用した同トリジェネレーション(同上+炭酸ガス施用)システムの開発
- ・高効率蓄熱技術の開発
- ・太陽光発電併用型施設園芸用冷暖房システムの開発

#### 2) 省エネルギー型穀物乾燥機

穀物遠赤外線乾燥機の開発により穀物乾燥の省エネルギー化が進展したが、高速乾燥技術や代替エネルギーの利用技術など、さらなる省エネルギー化に向けた研究が必要である。研究開発が望まれる農業機械関連の課題例を以下に示すが、穀物乾燥における省エネ対策としては、乾燥機の改良のほか、高水分作物の収穫を避けること、夾雑物を減らすことなど、作業上の留意点も多い。また、低収水分時に収穫しても胴割れが少ない品種や栽培法の開発も効果的である。

- ・穀物品質と省エネを両立させる高速穀物乾燥機の開発
- ・廃熱を利用した穀物乾燥機の開発
- ・複数の代替エネルギーを利用できる穀物乾燥機の開発
- ・太陽熱、太陽電池併用型穀物乾燥機の開発

#### 3) 省エネルギー型ほ場内作業機

ほ場内作業で燃料消費量の多い作業は、耕うん整地作業と収穫作業である。これらの

作業に関し、研究開発を行うべき農業機械関連の課題例を以下に示す。なお、ほ場作業における省エネ対策としては、農業機械の改良のほか、作業時の機関回転速度等の運転条件や土壌や作物の水分などの使用条件にも留意する必要がある。

- ・低所要動力型耕うん整地用機械および収穫用機械の開発
- ・高速型耕うん整地用機械および収穫用機械の開発
- ・広幅耕うん整地用機械および収穫用機械の開発
- ・所要動力の低いけん引式耕うん整地用機械の高精度化  
(例：チゼルプラウの砕土性能向上等)
- ・トラクタの前装三点リンクを利用した同時工程型耕うん整地用機械の開発
- ・トラクタおよびコンバイン等の電動化技術の開発
- ・トラクタおよびコンバイン等の燃費性能の適正評価法の開発

#### 4) バイオマス燃料の利用促進のための農業機械技術

バイオマス燃料は、貯蔵性や現状の機械への適応性等の面から見て有望な非化石エネルギーの一つであるとともに、農業における生産物から製造されるという側面を持っている。バイオマス燃料に関し、研究開発を行うべき農業機械関連の課題例を以下に示す。

- ・バイオマス燃料用作物の効率的栽培のための機械技術の開発
- ・バイオマス燃料用材料の効率的収集、運搬、貯蔵技術の開発
- ・バイオマス燃料の効率的製造のための前処理技術の開発
- ・バイオマス燃料の農業機械への利用技術の開発

## 2. 土壌等から排出される温室効果ガス低減に寄与する農業機械

前述したように、2008 年度におけるわが国の農林業内での温室効果ガス排出量(CO<sub>2</sub>換算)の割合は、メタンが 48%、一酸化二窒素が 35%、エネルギー起源の CO<sub>2</sub> が 18%となっており(表 3)、メタンと一酸化二窒素の割合が高い。また、農業分野で発生する CO<sub>2</sub>には、燃料等のエネルギー利用に伴い発生するものと、土壌中の作物残さや家畜ふん尿などの有機物が分解されて発生するものとに大別される。後者については、カーボンオフセットの考え方から温室効果ガスとは見なされないが、農業分野において CO<sub>2</sub> 排出量の削減を議論する場合には避けて通れない。

よって、わが国の農業において温室効果ガスを削減させるには、燃料消費量等の節減による省エネルギー化だけでなく、合計で温室効果の 80%以上を占めるメタンや一酸化二窒素、土壌から発生する CO<sub>2</sub>を減らすことが重要である。

#### 1) メタンの発生低減に寄与する農業機械

農業分野で発生するメタンの大部分は、有機物の分解によって生じる有機酸や水素、二酸化炭素などを嫌気条件下においてメタン生成菌が分解することにより発生する。2008 年度のわが国農業におけるメタン発生量は、家畜の消化管内での発酵によるものが 46%、水稻作における残さ等の嫌気性発酵によるものが 37%、家畜ふん尿の嫌気性発酵によるものが 15%、ほ場における残さの焼却によるものが 0.5%とされている(表 3)。

水田からのメタン発生を低減させる技術としては、水田の中干しの強化、わらの堆肥化、残さの秋すき込み、石灰窒素散布後のわらすき込み（好氣的分解化のため）などがあると言われている。また、家畜ふん尿からのメタンの発生を低減するには、嫌気状態を避ける管理が重要である。メタンの発生を抑制するために、研究開発が望まれる農業機械関連の課題例を以下に示す。

- ・排水効果の持続性が高い高能率暗きょ施工機の開発（水田の効率的な中干しを実現）
- ・低コスト高精度均平機の開発（水田の滞水部分からのメタン発生を抑制）
- ・高能率水田溝切機の開発（水田の効率的な中干しを実現）
- ・低コストで高能率な堆肥製造、運搬、散布システムの開発（一酸化二窒素対策も兼ねる）
- ・地表残さの多いほ場でも作業精度を確保できる播種機、移植機の開発（一酸化二窒素、土壌由来 CO<sub>2</sub> 対策も兼ねる）

## 2) 一酸化二窒素の発生低減に寄与する農業機械

一酸化二窒素は、農業分野では化学肥料、残さや家畜ふん尿などの有機物が硝化（NH<sub>4</sub>-N から NO<sub>3</sub>-N へ）、脱窒（NO<sub>3</sub>-N から N<sub>2</sub> へ）される過程で発生する。2008 年度のわが国農業における一酸化二窒素の発生量は、農耕地土壌からの発生（化学肥料の施用、作物残さのすき込みや家畜ふん尿の施用等による）が56%、家畜ふん尿の処理によるものが44%、ほ場における残さの焼却によるものが0.6%とされている（表3）。

ほ場からの一酸化二窒素の発生を低減する技術としては、化学肥料施用に関しては、施肥量の最適化、局所施肥、緩効性肥料の利用、追肥重点型施肥法、石灰窒素の施用（硝酸化成抑制効果）、有機物処理に関しては、残さの浅層すき込みなどがあると言われている。一酸化二窒素の発生を抑制するために、研究開発が望まれる農業機械関連の課題例を以下に示す。

- ・残さを地表に残す耕うん整地用機械の開発（土壌由来 CO<sub>2</sub> 対策も兼ねる）
- ・低コストで高能率な堆肥製造、運搬、散布システムの開発（メタン対策も兼ねる）
- ・高能率局所施肥機の開発（従来機は低能率なため普及が限定されている）
- ・地表残さの多いほ場でも作業精度を確保できる播種機、移植機の開発（メタン、土壌由来 CO<sub>2</sub> 対策も兼ねる）

## 3) 土壌等から発生する二酸化炭素の低減に寄与する農業機械

地球上の深さ 1m までの土壌には、大気中の 2.6 倍に当たる約 2 兆 t の炭素が蓄積されている<sup>26)</sup>と言われている。土壌への炭素固定量を増大させ（土壌有機物の分解を遅らせ）、土壌からの CO<sub>2</sub> 発生を減少させる研究も行うべきである。

土壌等から発生する二酸化炭素を抑制するために、研究開発が望まれる農業機械関連の課題例を以下に示す。

- ・耕うん法別土中炭素収支の分析（他の研究機関の協力のもとに実施）
- ・残さを地表に残す耕うん整地用機械の開発（一酸化二窒素対策も兼ねる）
- ・地表残さの多いほ場でも作業精度を確保できる播種機、移植機の開発（メタン、一酸化二窒素対策も兼ねる）

## V 参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁：エネルギーバランス表，<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/result-2.htm>
- 2) 資源エネルギー庁長官大臣官房総合政策課編：総合エネルギー統計（平成 13 年度版），（株）通商産業研究社，2002
- 3) 農林水産省：園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況，2009，<http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/ryutu/pdf/090204-01.pdf>
- 4) 宮城県農林水産部：原油高騰対策ハンドブック，2008，[http://www.pref.miyagi.jp/nosin/hukyuhan/H20\\_原油高騰対策ハンドブック（改訂版）](http://www.pref.miyagi.jp/nosin/hukyuhan/H20_原油高騰対策ハンドブック（改訂版）)
- 5) 千葉県農林水産部：施設園芸の省エネルギー対策，2006，<http://www.pref.chiba.lg.jp/fukyu/gijutu/2006gijutuhp/180929hp.pdf>
- 6) 広島県農林水産局：原油価格高騰にかかる省エネルギーに向けた取組みについて，2008，<http://www.f-net.naka.hiroshima.jp/localnet/html/index/kisyou/kisyousaigai/syouene/20080715.pdf>
- 7) 経済産業省資源エネルギー庁：2005 年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改定値について，2007，<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/resource/pdf/070601.pdf>
- 8) 生研機構農業機械化研究所：穀物遠赤外線乾燥機の開発，平成 10 年度事業報告，100-110，1999
- 9) 西村洋ら：大規模稲作機械化システムの研究（第 1 報）区画・機械化体系別作業能率の比較（移植体系），農作業研究 32(別号 1)，37-38，1997
- 10) 温室効果ガスイベントリオフィス：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2008 年度）確定値，2010，<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>
- 11) 環境省：2008 年度（平成 20 年度）温室効果ガス排出量（確定値）＜概要＞，<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2008gaiyo.pdf>
- 12) 久保田興太郎ら：穀物遠赤外線乾燥機，平成 10 年度総合農業研究成果情報，1999
- 13) 環境省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 2. 4，2009，[http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/ZR13\\_0\\_09.html](http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/ZR13_0_09.html)
- 14) 後藤隆志ら：水田耕うん整地用機械の高速化に関する研究，農機研報 34，1-107，2006
- 15) 後藤隆志ら：水稻種子自動コーティング装置の開発（第 2 報），農機誌 63(6)，95-101，2001
- 16) 西村洋ら：高精度水稻湛水直播技術に関する研究，農機研報 36，1-71，2007
- 17) 農林水産省：水稻直播栽培技術の普及面積，2010，[http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/sien/pdf/100611\\_1-01.pdf](http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/sien/pdf/100611_1-01.pdf)
- 18) 倉田勇：育苗施設，農業機械による環境保全機能向上のための調査研究報告書，農業機械学会，221-232，1991
- 19) 後藤隆志ら：高精度畑用中耕除草機の開発，平成 20 年度生研センター研究報告会資料，1-12，2009
- 20) 後藤隆志ら：トラクタ用省エネ運転指示装置に関する基礎試験と試作装置の概要，農機誌 72(4)，368-375，2010
- 21) 後藤隆志ら：トラクタ用省エネ運転指示装置の効果（第 1 報・第 2 報），農機誌 72(5)，2010
- 22) 栗原英治ら：コンバインの湿材適応性拡大に関する研究（第 2 報），農機誌 70(4)，90-97，2008
- 23) 石田健之：三菱コンバイン VMA215/217 の省エネ技術，農機誌 72(4)，313-315，2010



- 24) (社)日本農業機械化協会：農業機械の省エネ利用マニュアル平成 21 年度数値化改訂版，2010
- 25) 農林水産省生産局・(社)日本農業機械化協会：農業機械の省エネ利用マニュアル平成 20 年度数値化改訂版，2009，[http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s\\_kikaika/pdf/nouki\\_manual2.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/pdf/nouki_manual2.pdf)
- 26) 農業環境技術研究所：日本の農地 2 万点のデータから土壌炭素の変動実態を解明，2007，<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/press/071114/press071114.html>

本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製  
(コピー) することを禁じます。  
転載・複製に当たっては必ず当センターの  
許諾を得て下さい。

(お問合せ先：企画部 機械化情報課)

平成 22 年度 試験研究成績

2 2 - 1 農業機械における省エネルギー化と温室効果ガス抑制  
に関する研究成果と研究方向

頒価 327 円(本体価格 312 円)

---

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
生物系特定産業技術研究支援センター  
農 業 機 械 化 研 究 所  
<http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/>

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2  
Tel. 048-654-7000 (代)

---

印刷・発行 平成 22 年 7 月 30 日