

(平成 24 年度)

(1) 物質循環機能と生物多様性を活用したゼロエミッション型有機稲作の科学的解明と検証

ア 研究目的

愛知県の中山間地域で 25 年間 (2009 年時点) 有機農業を実践している水田における栽培技術を物質循環、環境評価、生物多様性、害虫密度抑制、LCA 等の観点から解明し、2012 年度は他の地域で実証を行う。

イ 研究方法

(ア) ゼロエミッション型有機稲作の科学的解明

a 調査年次

2009 年～2012 年

b 調査場所

愛知県新城市中宇利地区内の有機栽培 25 年目のほ場 (5a) および慣行栽培ほ場 (18a) で調査した。

c 調査内容

有機農業を実践している水田において、その栽培技術を近隣慣行水田と比較することで、物質循環、環境影響、生物多様性、害虫密度抑制、LCA 等の観点から解明する。

d 調査項目

(a) 水稻の生育・収量等

水稻生育期間中の草丈、茎数、葉色、稈長、穂長、穂数、収量、品質を調査した。

(b) 雑草調査

有機ほ場にてアゾラの有無による照度と雑草発生量を調査した。

(c) ほ場の物質動態

土壌に投入される有機物および収穫した稲の重量を調査し、炭素・窒素濃度を分析した。

(d) 有機物からの窒素発現量

現地で土壌に混合される各種有機物 (レンゲ、スズメノテッポウ等、稲ワラ) を現地水田土壌に混合 (乾物 20g/生土 500g) し、湛水条件で現地水田土壌に埋め込み (不織布を敷いたステンレス製網カゴに有機物混合土壌を詰め込み、静置)、無機態窒素の推移を調査した。

(e) アゾラの消滅に伴う窒素発現

ヒメマダラミズメイガによるアゾラの消滅程度とそれに伴う窒素動態 (水中全窒素濃度及び無機態窒素濃度) を室内試験で調査した。

(f) メタンガス発生量調査

栽培期間中、クロズドチャンバー法で測定した。

(g) 害虫・天敵調査

栽培期間中 14 日間隔ですくい取り及び払い落としにより調査した。

(h) カエル類の生息調査

幼生は、50×50cm 枠中生息数を各ほ場 3 か所で調査した。成体は、畦畔センサス法によって調査した。

(i) 土壌バイオマス炭素・窒素

現地で採取した生土をクロロホルム燻蒸法で分析した。

(j) LCA

聞き取り調査を実施し、3EID、産業連関表、農業物価統計等を用いて計算した。

(イ) ゼロエミッション型有機稲作技術の適用範囲の拡大と検証

a 調査年次

2012 年

b 調査場所

愛知県新城市島原地区内の有機栽培 6 年目のほ場 (5a: 以下「有機適用ほ場」) および慣行栽培ほ場 (5a) で調査した。

c 調査内容

有機適用ほ場内に有機適用慣行区（雑草すき込み＋米ぬか除草）と有機適用鶏ふん区（慣行に鶏ふん N4.5kg/10a を施用）を設置し、栽培、害虫発生密度等を調査する。また、愛知県長久手市の農業試験場内の水田において、葉色と害虫発生量との関係を調査した。

d 調査項目

(a) 水稻の生育・収量等

水稻生育期間中の草丈、茎数、葉色、稈長、穂長、穂数、収量、品質等を調査した。

(b) 害虫・天敵調査

栽培期間中 14 日間隔ですくい取り及び払い落としにより調査した。また、場内水田において施肥窒素量を変えて(0,40,60kg/10a)水稻を栽培し、葉色と害虫発生量を調査した。

(c) 土壌バイオマス炭素・窒素

現地で採取した生土をクロロホルム燻蒸法で分析した。

(d) LCA

聞き取り調査を実施し、3EID、産業関連表、農業物価統計等を用いて計算した。

ウ 研究結果

(ア) ゼロエミッション型有機稲作の科学的解明

有機ほ場において、移植前、雑草等すき込み時の窒素投入量は、有機ほ場で 13.1～30.4kg/10a、慣行ほ場で 1.9～4.9kg/10a であった。また、アゾラの生育量（8 中旬～8 下旬）は、窒素換算で 1.7～4.9kg/10a であった（表 31304-1）。有機物混合土壌の埋め込み試験において、レンゲ(C/N 比 22.1)は、埋め込み後 8 週間、窒素の発現が認められた。スズメノテッポウ(C/N 比 50.2)は、埋め込み後 6 週間まで窒素を取り込み、10 週目以降、窒素の発現が認められた（データ略）。有機ほ場で採取したアゾラは、ヒメマダラミズメイガの幼虫により 2～3 日で消滅（8 下旬～9 中旬）し、それに伴い水中の有機、無機態窒素濃度が高くなり、約 40%が沈殿物となった（データ略）。

表 31304-1 雑草・緑肥すき込みによる窒素投入量およびアゾラに含まれる窒素現存量 (N-kg/10a、2009～2012)

	化学肥料				代かき前耕起時における 雑草・緑肥・わら残さの窒素量				生育最盛期の アゾラの窒素量			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
有機ほ場	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	30.4	15.1	18.1	2.5	3.2	4.1	1.7
慣行ほ場	7.4	9.8	13.4	14.8	2.9	4.9	4.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0

土壌中無機態窒素濃度について、年次によって傾向が異なったが、概ね有機ほ場は慣行ほ場に比べて水稻生育前半に低く推移する傾向が認められた（データ省略）。水稻の葉色は、有機ほ場では成熟期以前は慣行ほ場と比べて薄く推移したが、成熟期以降は慣行ほ場と同等かそれ以上に濃くなる傾向が認められた（図 31304-1）。水稻の生育は、有機ほ場では慣行ほ場に比べて茎数が少なく推移し、穂数も少なかった。また、収量は 2010 年度を除き、慣行ほ場よりも少なかった（表 31304-2）。

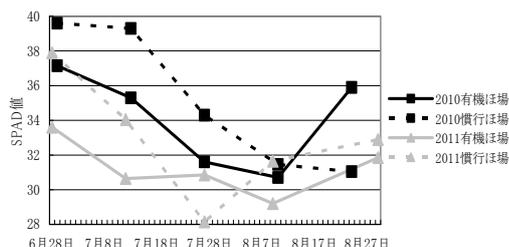


図 31304-1 葉色の推移 (2010,2011)

表 31304-2 有機ほ場の生育・収量等(2009～2012)

年度	成熟期			収量・品質等		
	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	精玄米重 g/m ²	千粒重 g	玄米蛋白 %
2009	75 (95)	19.2 (97)	231 (59)	478 (81)	26.4 (119)	8.8 (99)
2010	77 (91)	22.2 (104)	313 (83)	525 (100)	25.2 (107)	8.2 (101)
2011	73 (78)	20.2 (96)	245 (56)	410 (68)	24.6 (96)	7.9 (95)
2012	74 (93)	17.4 (90)	296 (89)	464 (71)	23.2 (95)	8.0 (119)

下段は慣行栽培ほ場との対比(%)

精玄米重、千粒重は篩目1.85mmで調整し、水分14.5%に換算。

玄米蛋白含量は、N社NIH-6500近赤外分析装置による。

品種:「あいちのかおり SBL」、冬耕起:有機なし、慣行 3 回、施肥:有機なし、慣行化成肥料 N 7.4～14.8kg/10a、中干し:有機なし、慣行なし(2009,2010)、10 日間(2011,2012)、防除:有機なし、慣行 箱施薬、本田防除 0～1回、除草:有機 手押し除草機 1 回、手取り 2 回、慣行 初中期一発剤

アゾラの遮光により、地表面の照度はアゾラ除去区の約 20%に減少し、雑草の発生は認められなかった。被覆率が 80%程度の場合でも、雑草の発生量は、アゾラ除去区対比 2～4%と大幅に抑制された（データ略）。

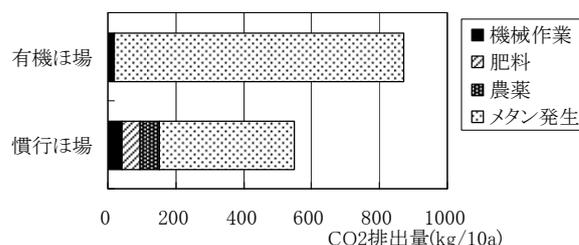
害虫の種類は、有機ほ場、慣行ほ場ともほぼ同じであったが、ウンカ類、ツマグロヨコバイ等の害虫は、年によって傾向が異なるものの概ね有機ほ場で少なく推移した。クモ類の個体数については特に傾向は認められなかった（データ略）。

有機ほ場ではニホンアマガエルとトノサマガエルの生息数が多かった（データ略）。また、トビムシ（非湛水期間に調査）及び水生生物（湛水期間に調査）とも、その種類、数ともに有機ほ場で多かった（データ略）。有機ほ場は慣行ほ場に比べて土壌バイオマス炭素、窒素ともに多かった（データ略）。

メタンガス発生量は、有機ほ場で慣行ほ場よりも多かった（表 31304-3）。有機ほ場は資材の利用がなく、耕起回数も少ないことから、LCA において、栽培管理に伴う CO₂ 排出量は少なかったが、メタン発生量を考慮すると慣行ほ場よりも多くなった（図 31304-2）。

表 31304-3 メタン発生量(2009～2012)

		雑草・緑肥等	雑草・緑肥等	メタン	メタン発生量	
		乾物量	炭素量		発生量	雑草・緑肥等炭素量
		g/m ²	g-C/m ²	g-C/m ²	%	
2009	有機	1236	505	17.1	3.4	
	慣行	242	61	5.1	8.4	
2010	有機	2786	815	41.8	5.1	
	慣行	96	19	5.6	29.3	
2011	有機	1558	535	25.6	4.8	
	慣行	292	164	11.9	7.3	



注1) 水稻栽培期間中のCO₂排出量を算出した。資材の運搬や乾燥調製作業、作物の吸収分及び土壌からの排出分は除いた。

注2) 参考資料 ①機械化計画のたて方(JA全農資材・農機部) ②農業機械による環境保全機能向上のための調査研究 ③産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID):2005年表(β版)(独)国立環境研究所 ④農業物価統計 ⑤産業連関表(2005年)

注3) メタンの地球温暖化係数は25で計算した。

図 31304-2 栽培期間中の LCA(2011)

(イ) ゼロエミッション型有機稲作技術の適用範囲の拡大と検証

有機適用慣行区においては、雑草すき込み量が少なく、収量が慣行ほ場の 6 割程度と少なかったが、鶏糞ふん(N 4.5kg/10a)を施用することにより、収量が約 60kg/10a 増加し、475kg/10a となった（表 31304-4）。

表 31304-4 有機適用ほ場の生育・収量(2012)

区概要	成熟期			収量・品質等		
	稈長	穂長	穂数	精玄米重	千粒重	玄米蛋白
	cm	cm	本/m ²	g/m ²	g	%
有機適用慣行区	79 (99)	21.4 (110)	250 (75)	410 (62)	22.6 (93)	7.4 (110)
有機適用鶏糞区	78 (97)	20.7 (107)	267 (80)	475 (72)	23.0 (95)	8.0 (119)

括弧内は慣行栽培ほ場との対比(%)

精玄米重、千粒重は篩目 1.85mm で調整し、水分 14.5%に換算。

玄米蛋白含量は、N 社 NIH-6500 近赤外分析装置による。

品種:「イセヒカリ」

施肥: 施肥有機適用慣行区: なし、有機適用鶏糞区: 基肥に発酵鶏ふん 200kg/10a、穂肥に 160kg/10a

有機適用ほ場は、慣行ほ場に比べて栽培前半は葉色が薄くなる傾向があり（データ略）、害虫も少なかった（図 31304-3）。場内水田における調査から、害虫の個体数は稲の葉色が濃いほど多い傾向が認められた（図 31304-4）。

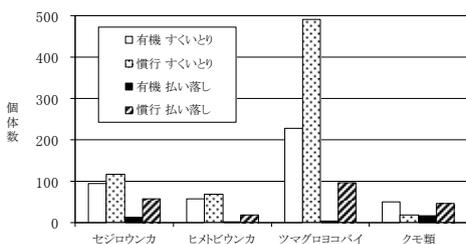


図 31304-3 有機適用ほ場の害虫およびクモ類の発生量(2012)

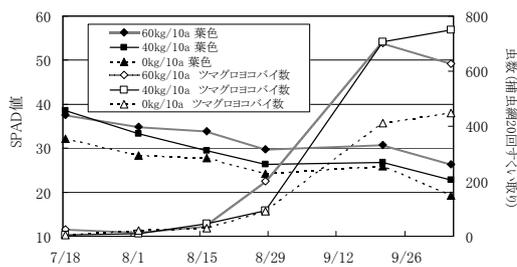


図 31304-4 葉色と害虫発生量(2012) (調査地: 長久手町)

エ 考 察

(ア) ゼロエミッション型有機稲作の科学的解明

この有機稲作の特徴は、冬耕起をせずに雑草やレンゲなどの緑肥を生育させ、それをすき込むことにより、堆肥や有機質肥料を施用せずに収量を維持していることにある。今回の調査から、その理由は、雑草やレンゲ、アゾラ等の有機物から投入される窒素分が約 15kg と多く、栽培期間を通じてそれ自体から窒素が発現されることと、この栽培方式を持続することにより土壌中に窒素が蓄積され、土壌から発現する窒素（地力窒素）が高くなることによると推察された。また、葉色の推移から推察されるように、初期の窒素肥効が慣行よりも少ないが、徐々に肥効が大きくなり、後半まで窒素肥効が持続すると考えられる。この肥効特性により、結果として、茎数・穂数は少ないが、後半の肥効の持続により千粒重が大きくなり、収量が確保できると考えられた。後半の窒素肥効については、アゾラの分解も関与していると考えられ、それは、8 中下旬から肥効が現れると思われるアゾラが台風の大雨で流れた 2011 年やアゾラの生育が悪かった 2012 年の千粒重が小さかったことからわかる。また、葉色が前半薄く推移することが、ウンカ類やツマグロヨコバイの発生密度が小さく推移する一要因であると考えられ、その関連性は試験場内の補足試験によって確認できた。一方、環境影響の側面からは、この栽培技術の特徴である「雑草・緑肥等が十分分解する前に湛水する」ことが、慣行に比べメタン発生量が多くなる一因であると考えられる。今後、雑草・緑肥のすき込み時期や湛水時期とメタン発生量の関連性について等を明らかにし、改善方策が必要となろう。また、有機水田ではカエル、水生生物、土壌動物が多いことが確認された。この理由は、中干しをしない、畦草の管理法、有機物のすき込み等水田に生息する生き物を大切にする栽培管理の影響であると思われる。しかし、この調査では、アゾラの分解にヒメマダラミズメイガの幼虫が関与し、それが水稻への窒素供給に結びついていることが明らかになった以外は、作物生育、病害虫の発生等との関連性は認められなかった。生物多様性が有機稲作に及ぼしている影響については、今後の課題となろう。

(ロ) ゼロエミッション型有機稲作技術の適用範囲の拡大と検証

この事業で調査した有機稲作技術を、他の地域で実証した。実証した水田は、同様の技術を用いて 6 年経過した水田であった。2011 年度の収量は、300kg/10a 程度であった（生産者聞き取り）。その原因として、土壌窒素の蓄積量が少なく土壌から発現する窒素量が少ないこと、雑草の生育量が少なくすき込まれる窒素量が少ないことが考えられた。そこで 2012 年度の調査では、鶏ふんによる施肥（N 4.5kg/10a 施用）を行う区を設けた。その結果、収量が約 60kg/10a 増加し、約 480kg/10a となった。このことから、有機物の供給年数が短く、地力が低い水田において、収量を確保するためには、土壌、すき込まれる雑草等から供給される窒素量を考慮し、窒素肥料を補う必要があると考えられた。

オ 要 約

有機栽培ほ場は、慣行ほ場に比べて以下の特徴が認められた。移植直前に土壌中に投入される有機物（レンゲ、雑草、稲ワラ）量は、窒素換算で 3~8 倍程度多く、それらの分解に伴い栽培全期間を通じて窒素が発現するが、前半の土壌中無機態窒素は低く推移する傾向が認められた。また、アゾラの発生による雑草抑制効果は高く、その消滅に伴い窒素が発現した。害虫の個体数は稲の葉色が濃いほど多くなる傾向が認められた。年により違いはあるものの、水生動物、土壌動物の種類と量は多い傾向が認められ、土壌バイオマス量も多かった。メタンの発生量は多かった。また、この技術を新たな水田で実施するためには、土壌の有機物蓄積量を考慮し、それに応じた窒素施肥が必要であることが明らかとなった。