

平成 27 農林水産省補助
食品ロス削減等総合対策事業

メタン化による新たな食品リサイクルループ準備事業報告書

平成 28 年 3 月

(一財) 日本土壌協会

まえがき

本報告書は農林水産省の平成27年度農山村漁村6次産業化対策事業の食品ロス削減等総合対策事業の「メタン化による新たな食品リサイクルループ準備事業」を一般財団法人日本土壌協会が受託、下記の①②③を実施して調査結果を取りまとめたものである。

調査対象機関の有限会社三功（廃棄物リサイクル業）は三重県津市に位置し、1995年に食品廃棄物の堆肥化事業に着手して、現在、約日量6.4 tの食品残渣を回収し、年間約2,000tの堆肥を製造している。これまでの実績から地域での評判は高くすでに食品残渣の分別・収集・運搬・堆肥製造・農業利用・農産物販売のリサイクルループを確立している。

東日本大震災以後、バイオマスのエネルギー利用への社会的気運が高まり、県や市から(有)三功にメタン発酵施設の保有、関心について問い合わせも多く、また三重県津市は2014年3月（2013年の第二次選定地域）にバイオマス産業都市に選定され、県や関連事業所との連携で事業化の推進が開始されたことにより、本事業への関心が高まっている。

現在、(有)三功は未処理の生ごみ約3t/日の処理が課題となっており、自社独自でメタン発酵槽（200Lドラム缶）を製造して、将来のメタン化を視野に入れた準備を進めている。堆肥施設に関しては再資源化施設とのイメージで、近隣住民とのトラブルはないが、一般に生ごみ等の施設誘致時に課題（迷惑施設）と言われる場合が多く、施設の誘致に関してはメタンガスの利用、堆肥の利用、液肥の肥料利用、循環型社会形成への参加意識等から包括的合意を目指す必要がある。

そこで、①国内の稼働施設の実態、液肥利用、消化液の成分特性等調査研究 ②メタン化施設誘致に関して、近隣住民、農業者等との合意形成に向けた研修会等の開催 ③消化液の液肥利用促進に向けた露地野菜等での実証試験などを行った。

本事業における調査結果がメタン化事業を計画している事業所等に少しでも役立てれば幸いである。

平成28年3月

一般財団法人 日本土壌協会

目 次

1.事業の目的	1
2.事業の内容	1
(1)調査研究の実施	1
1)先進事例の調査と資料の収集	1
2)アンケート等による資料の収集・解析	1
(2)研修会等の開催	2
(3)メタン発酵消化液の利用促進に向けた取り組みの実施	2
(4)環境への影響対策	2
I 調査研究	3
1.国内外の研究成果や先進事例の文献調査	3
(1)メタン発酵施設導入の経緯と課題	3
(2)メタン発酵施設と消化液の農業利用への取り組みと課題	4
2.先進事例調査の概要	6
(1)京丹後市エコエネルギーセンター	6
(2)村上市瀬波バイオマスエネルギープラント	9
3.メタン発酵施設の消化液利用状況に関するアンケート調査	11
(1)目的	11
(2)調査対象施設の抽出	11
(3)アンケートの回収率	11
(4)分析試料の収集と試料の分析	12
1)分析項目	12
2)分析方法	12
(5)調査結果及び考察	12
1)施設の種別区分と主要な原料と搬入量	12
2)バイオガス発生量	14
3)生成物の利用	15
(ア)バイオガスの利用状況	15
(イ)堆肥の利用状況	16
(ウ)消化液の利用状況	16
(エ)消化液の液肥利用の状況	18
(オ)メタン発酵消化液の水質	21
II 研修会等の開催	26
1.目的	26
2.研修会の開催状況とループ形成の課題	28

3.食品リサイクル・ループの形成（事例研究「有限会社三功」）	29
(1)サイクル・ループの紹介	29
(2)食品リサイクル・ループ形成に至るまでの取り組み	30
1)農家との連携	31
2)メタン発酵の取り組み	32
3)今後の課題	33
(3)食品残渣をめぐるループの成立条件	35
1)食品廃棄物リサイクル・ループ構築への道のり	35
2)求められる循環型消費スタイルへの転換	35
(ア)生ごみの分別・排出	36
(イ)生ごみの収集・運搬	36
(ウ)堆肥製造時の課題	36
(エ)堆肥利用上の課題	37
(オ)農作物栽培管理上の課題	37
(カ)農作物流通上の課題	37
3) 今後の問題点	38
III メタン発酵消化液の利用促進に向けた取組の実施	39
1.目的	39
2.三重県津市消化液の液肥利用栽培試験（黄色土壌）	39
(1) 栽培試験地の土壌とコマツナ、カブの栽培	39
(2) 試験区と施肥設計	40
(3) 生育の経過と収量	43
1)コマツナの収量	44
2)カブの収量	45
(4) 消化液の液肥利用（評価）	47
(5) 栽培跡地土壌の化学性	48
3.消化液の畑地利用による環境影響評価	49
(1) 試験方法	49
1)ライシメーターの構造と試験区	49
2)浸透水の採水	51
(2) 消化液施用畑から硝酸態窒素（NO ₃ -N）の溶脱と亜酸化窒素（N ₂ O）の揮散	51
1)硝酸態窒素の溶脱	51
2)亜酸化窒素のフラックス	51
4.秋田県秋田市消化液の液肥利用栽培試験（補足）（砂質土壌）	55
(1) 栽培試験地の土壌とコマツナ、ダイコンの栽培	55
(2) 試験区と施肥設計	57

(3) 生育の経過と収量	57
5. 重粘質土壌への消化液の液肥利用 <small>〔参考資料〕</small>	60
(1) 試験区と施肥設計	60
1) 牧草	60
2) 露地野菜	60
(2) 牧草、露地野菜への消化液の肥効と評価	61

付表及び研修会資料

I 調査研究

1. メタン発酵施設に関する調査依頼文	63
2. アンケート回答用紙	64

II 研修会等の開催

1. 食品リサイクルの現状と再生利用技術	71
2. 食品リサイクル堆肥の品質特性と土づくり	93
3. 食品系メタン発酵消化液の特性と液肥利用	107

1. 事業の目的

(有)三功は県内30店舗の食品事業所等から食品残渣を収集し、堆肥を製造（日量約9 t）、これを近隣の農家が利用して生産物は直売所及びスーパー等に出荷するなど、すでに食品循環資源リサイクルのループを構築している。現状は約3 tが受け入れ過剰であり、解消策としてメタン化施設を新たに整備したい意向がある。(有)三功は2014年に自社のリサイクルセンター内に、準備段階の実験用施設として小規模なメタン発酵実験装置（容積200L、食品残渣500g/日）を整備した。メタン発酵槽のpHやメタンガス発生量等に不安定な状態が続いている現状では事業化の見通しが立っているとは言い難い。

(有)三功がメタン発酵施設導入事業を実施するに当たって、現在、検討課題となっているのは ①メタンガス発生等の安定性 ②メタン発酵消化液の作物への効果的利用法 ③メタン発酵消化液の安定的な利用先 ④地域環境への影響軽減等である。

(有)三功では三重県内にこれまでメタン発酵施設の導入例が無いなどから、これらの課題の解決に向けて支援協力の得られる機関を求めている。改善技術の実証及び先進事例などの調査を行う。(有)三功は今後、段階的に施設を整備して実証試験を3年間程度継続する。この間に発酵技術や消化液の農業利用技術を確立するなどして、本格的なメタン発酵施設（処理規模：5t～10t/日）の建設につなげたい意向を示している。

そこで、2015年度は発生する大量のメタン発酵消化液の利用促進に向けた取組みを加速させるために、必要な調査や栽培試験の実施及びループ関係者、農業者、近隣住民、県市町村の担当機関が一同に介した研修会等を開催する。

2. 事業の内容

(1) 調査研究の実施

1) 先進事例の調査と資料の収集

わが国には下水・し尿処理場、畜産廃棄物、食品廃棄物を対象としたメタン発酵施設数は規模の大小を含めると約600ある。民間を含めると50の施設で液肥利用が行われている。この中から主要な食品系事業所6地区（岩手、新潟、福岡、熊本、宮崎県の候補地から選定）について、運用状況・消化液の利用状況等の聞き取り調査及び消化液の試料採取を行う。同時に国内外の研究成果や先進事例についての文献調査を行い必要に応じて報告書に引用する。

2) アンケート等による資料の収集・解析

全国のメタン発酵登録施設（家畜系、食品系、生ごみ系）から50施設程度を選び、原材料と消化液の成分、成分の均一化の方法等についてアンケート調査を実施・解析する。(有)三功のメタン発酵施設から安定した成分の消化液を供給するために消化液の水質成分の変動を調査する。メタンガス発生等の安定化に関しては指導先である秋田県立大学

実験プラントでのデータを用いて補完する。

(2)研修会等の開催

メタン発酵施設を導入する場合、近隣の消化液利用農家との連携協力や近隣住民と施設導入に関しての合意形成が必要である。このため、調査によって得られたデータ等を基に研修会を開催する。また、有用事例先進施設の視察を行う。

(3)メタン発酵消化液の利用促進に向けた取り組みの実施

消化液の肥料利用に関しては(有)三功のグループ企業である(有)酵素の里(三重県津市久居明神町)の圃場で実施する。今後の利用拡大につなげるため可能な限り協力農家を探し施用試験を行う。圃場試験用の消化液は(有)三功の実験用メタン発酵槽(日量3L程度)であり、不足分はメタン発酵の指導先である秋田県立大学から搬入して行う。

◆メタン発酵消化液の成分特性の把握

食品残渣等の原料によっては消化液中の肥料成分が大きく変動することが想定される。原料及び施設規模と消化液中の肥料成分調査は、I. 3. (5) 3) (オ)の分析結果から実態を把握する。さらに、(有)三功で実験規模のメタン発酵装置由来の水質について、食品残渣の原料の相違と肥料成分の変動を調査分析する。消化液の安全性、安定生産の目途等がついた段階で肥料登録申請を行う。

◆メタン発酵消化液の農作物への施用試験

メタン発酵施設導入事業の予定地の露地野菜畑(コマツナ、カブ)で実施する。なお、栽培時期が限られているために、消化液の液肥利用を数種の野菜等で実施している秋田県立大学のデータを加えて補完する。

◆葉菜類以外の野菜、果樹等の圃場試験

地域の農作物で消化液利用の可能性の高いものとして野菜類ではサトイモ、畑作では小麦、果樹ではナシなどが考えられる。収益性の高い野菜、果樹への消化液利用は単年で成果を上げることはできないが、周辺農家の協力を得て実施する。計画的に実施できなかった場合を想定して、秋田県立大学が行っているヤナギ圃場への消化液圃場(果樹等の代替)、数種の野菜等への液肥利用試験を農家に依頼してデータを補完する。

(4)環境への影響対策

消化液の露地野菜畑への利用はアンモニア揮散により肥効率の低下や硝酸性窒素の溶脱(地下水等環境への過剰な流出)、亜酸化窒素の大気揮散など環境への影響も懸念される。そこで、成分の肥効率を考慮した適正施用量や環境への負荷を最小化した安全な利用法を確立する必要がある。秋田県立大学に依頼して、施設内のライシメーター等を活用して消化液施用畑から硝酸性窒素の下層への溶脱と亜酸化窒素の発生量を調査する。

I 調査研究

1. 国内外の研究成果や先進事例の文献調査

(1) メタン発酵施設導入の経緯と課題

エネルギー資源に乏しく、食料の多くを海外に依存しているわが国は未利用のバイオマス資源量が約3億トンと膨大である。食品系も年間約2,000万tが発生している。その多くは焼却・埋め立て処分されてきた。大量生産、大量消費から資源循環社会への移行を目指して、2002年12月にバイオマスニッポン総合戦略が発足する。これに関連する食品リサイクル法や循環型社会形成推進基本法などの施行によって、今日、バイオマス関連事業が活発化してきた。

有機性廃棄物の資源有効利用技術のひとつにメタン発酵技術がある。汚泥や有機性廃棄物等の嫌氣的消化の過程で発生するバイオガス（メタンガス等）をエネルギー源として活用する。メタン発酵施設は下水処理場の余剰汚泥や食品加工工場の有機性廃水を対象として早くから導入されてきた。農業分野では1999年に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が施行されると、北海道の牧場にいち早く導入された。その背景には家畜排せつ物処理費の低減、牧草地への液肥利用（化学肥料の削減）など経営面でのコスト削減、良質堆肥製造時の過重労働力負担の低減等に導入のメリットがあった。

消化液には窒素、カリ等の肥料成分を高濃度に含むために液肥として有効利用が検討され、農林水産省、国公立研究機関、民間が協力して採草地、水田（飼料稲）、露地野菜畑で栽培試験が行われてきた。また安全な利用にあたってマニュアル等も作成されている。

今日、企業を中心にメタン化の技術も蓄積され、さらに各省庁も連携して補助事業として消化液の事業化を促進している。リサイクル業者にとっては、従来の生ごみ回収料金の他に施設から得られるエネルギーの効率的な活用、発生する消化液の肥料化などメタン化事業への参入は大いに期待が持たれる。しかし、積極的に普及していないのが今日の大きな課題である。その普及率は先進国のドイツに比べると1割以下である。ドイツで普及した背景はエネルギーの普及拡大を目的とした買い取り価格の制度やバイオマス作物生産優遇、関連の法整備が挙げられる。

わが国も2011年8月に「再生可能エネルギー特別措置法」、2012年7月「再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）」により、また地球温暖化防止の観点からも有機性廃棄物のメタン化への関心が高まっている。現在、食品廃棄物系等のメタン化設備の導入状況は全国で154ヵ所となっているが、プラントの建設費（事例3t～6.5t/日で総事業費5億～14億）及び排水処理施設の維持管理費の高コスト、消化液の液肥利用の場面でも農民への理解、施設の導入にあたっては地域住民との合意形成など、多くの課題を抱えている。

今日、食品由来の廃棄物（食品ロス）642万トンの削減に向けた国民運動が展開されている。発生する食品ロスの受け皿としてメタン化も有望な選択肢である。食品ロス削減の循環の輪「食品ループ」の成立には従来型の回収→「施設での資源化（堆肥化）→農家の堆肥利用」→生産物の店頭販売に代わって「メタン発酵→バイオガスの利用→消化液の液肥利用」の流れを新たに構築する必要がある。メタン発酵の効率化は常に技術上の課題であり、これらの課題に関しては海外文献がほとんどを占める。CO₂を含めたバイオガスの利用や発熱を利用するコージェネレーション等も施設を運用する側の課題である。さらに液肥の農業利用への流れは循環の輪として、最も重要な課題である。以上の観点に立って、これらの課題を理解するために文献調査を行った。

(2)メタン発酵施設と消化液の農業利用への取り組みと課題

文献（文献数62「海外14含む」）の情報を大区分・中区分・小区分に整理した。施設の情報に関しては事業所別の規模や特徴、またわが国全体のメタン発酵施設について、主に食品系メタン発酵施設の規模・運用を概観できる。新たに施設を導入する際の建設コストの他、回収範囲、回収時間等の試算コストを含めたケーススタディ、行政機関等から今日のバイオマス政策の情報などメタン施設の実情を理解することができる。施設規模は生ごみ系で約5 t～65 t/日である。消化液の全量液肥利用又は高度な排水処理を有する施設として、わが国を代表する優良事例と言える。

原料別では畜産系が大部分である。これは国の研究推進体制の整備もあり試験研究には畜産系が多く活用されてきた。その背景は先に述べたように家畜排せつ物法による適正処理の技術開発であり適正施用量、臭気・アンモニア揮散防止対策などの施用法の開発である。牧草地の他、飼料イネ栽培の水田施用についても成果が得られている。

畜産系を除く食品系・汚泥等の事業所系の消化液は液肥として主に露地野菜、水稻を対象に栽培試験が行われ、施用技術が開発されている。消化液には窒素、カリウムが高濃度に含まれ、リンは少ない。過剰施用の場合にはアンモニアの障害（トマトの尻腐れ）や生産物の品質低下などが懸念され、肥料成分の肥効率は土壌によ

表-1 国内外の研究・先進事例調査の区分

大区分	中区分	小区分	文献数
施設	プラント規模	特徴	7
	ケーススタディ	コスト	1
	政策推進	バイオマス	3
原料	原料別	食品系	0
		事業所系・汚泥	1
		畜産系	12
		混合系	4
	回収	ループ形成	0
バイオガス	エネルギー	効率化	6
消化液	農業利用	牧草	6
		露地野菜	7
		ハウス	3
		水稻	4
		小麦	1
		飼料イネ	2
		マニュアル	3
		成分特性	4
		土壌の種類	3
		品質	窒素過剰
	環境影響	アンモニア揮散	3
		水系影響	3
		温室効果ガス	6
計(*小区分に重複あり)			72*

って異なるなど消化液を液肥として利用する場合には適用場面でも注意が必要になる。栽培試験では同時に、消化液成分の水系への流出、畑地では硝酸態窒素の溶脱、亜酸化窒素ガスなど環境影響に関する調査も行われている。以上の情報を参考にして消化液の農業利用のマニュアルが作成されている。

消化液の成分に関しては、畜産系では個々の研究事例で肥料成分を把握できるが、全国の実態やその水質の変動についての調査はみられない。また食品系、事業所系でも肥料成分を除く一般成分や安全性に係わる重金属を含めた水質の実態を文献等から知ることはできない。

2.先進事例調査の概要

三重県津市の(有)三功（食品リサイクル法登録再生利用事業者：三重県津市久居明神町）は、食品残渣を原料とした堆肥を製造しており、品質の良い堆肥の証であるFR認証(日本土壌協会が認証機関)を受けるとともに地域の農家、スーパー等と提携して食品リサイクルループの形成ができています。今後、食品残渣の受け入れ拡大が見込まれる中で堆肥化施設が手狭になっており、現在、用地が少なくて済むメタン発酵施設を導入する場合の課題は本事業の目的で記したメタン発酵安定化の運転技術、消化液の農業利用技術など技術的課題の解決を要する他に、液肥を利用する農家や地域住民との合意形成が不可欠である。すなわち、従来の迷惑施設的なものから生ごみ等の資源化による循環型地域づくりの施設へと社会的受容性を醸成する必要がある。

すでに地元では食品リサイクル堆肥（(有)三功の「有機みえ」）を介して、食品残渣の回収と堆肥化、地元農家、スーパー等との連携が整っている。メタン化事業の立ち上げには従来のループを活用することは可能であるが、食品堆肥の利用に加えて消化液の農業利用を推進するには情報、技術を有していない。そこで、調査研究では先進事例先として京丹後エコエネルギーセンター、瀬波バイオマスエネルギープラントの視察と全国54メタン発酵施設へのアンケート調査並び消化液の成分分析、主要施設での聞き取り調査を行う。

(1) 京丹後市エコエネルギーセンター(パンフ及びHPより引用)

1)施設概要

- ・施設名称：丹後市エコエネルギーセンター（所在地：京都府丹後市弥生町）図-1
- ・処理能力：100t/日（年間 3,363t）

2014年度搬入実績：市内家庭ごみ（14.4t, 0.4%）、学校給食残渣（19.6t, 0.6%）、芋くず「産廃」（1,200t, 34.7%）、廃飲料「期限切れ」（385.9t, 11.2%）、野菜くず(522.6t, 15.1%)、おから（179.8t, 5.2%）、厨房残渣（601.3t, 17.4%）、焼酎かす(86.3t, 2.5%)、マヨネーズ残渣（87.3t, 2.5%）、廃糖液（126.5t, 3.7%）、廃植物繊維(227.3t, 6.6%)

- ・バイオガス発生量：506,364Nm³/年（メタンガス60%、二酸化炭素40%、硫化水素563ppm）、総発電量（592,140kWh/年）、消化液発生量（6,052t/年）

2)導入の背景

京丹後市エコエネルギーセンターは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「京都エコエネルギープロジェクト」の研究拠点施設として、2005年に建設された。一般電気事業者の電力ネットワークを利用する仮想マイクログリッドとし

て、既存電力系統との共存を踏まえたシステム構築を行う実証研究が行われた。2008年に当プロジェクトが終了したため、2009年10月に京丹後市が当施設をNEDOから譲り受けた。京丹後市における循環型社会の形成を図るためにエコエネルギーに関する情報発信及び資源の利活用等、環境に関する学習の普及並びに食品系未利用資源の再資源化を促進する拠点として、京丹後市エコエネルギーセンターが設置された。

3) 事業の概要

京丹後市エコエネルギーセンターでは、食品残渣や家庭生ごみを原料としてメタン発酵によるバイオガス発電を行っている。発電した電気はセンター内の動力として利用し、余剰分は電気事業者に売電している。バイオガスを取り出す過程で発生するメタン発酵消化液は、窒素・リン酸・カリ等の肥料成分を含んでいるため、これを液肥として地域の農業に有効利用している。2011年度に液肥を利用する農家31人が集まり、液肥を活用した資源循環型農業をより積極的に推進するための母体として「京丹後市液肥利用者協議会」を発足した（2014年11月末日現在の構成農家数50人）。液肥は専用車両（図-2）で需要地まで運搬して、水稻の場合、水田10aにつき3～4tの量を専用のクローラ車で散布する。化成肥料を用いた慣行農法よりも3割から5割の肥料代の削減になると見込んでいるとともに、散布をしてもらえるため農家にとっては労力削減にもなると好評である。

2014年度には約5,200t（年間消化液発生量の約86%）の液肥を約150haの水田や畑に散布、110人の市内農家がこの液肥を利用して水稻や野菜等を栽培している。液肥を利用して栽培された農産物は資源循環の農作物を表す「環のちから」のブランド名を付記して、その市場開拓にも取り組んでいる。このように京丹後市の積極的な行政指導のもとで生ごみの再資源循環が行われている。

施設の運用及び消化液の受注・散布は指定管理者であるアマタ株式会社が行っている。さらに、アマタ株式会社ではパナソニック株式会社AIS社（大阪府門真市）と連携し、同事業所の社員食堂から出る厨房残渣を受け入れて発生する消化液（液肥）を利用して栽培された農産物「環のちから」をパナソニック株式会社AIS社の社員食堂で提供するなど、「食品資源循環の循環ループ」にも精力的に取り組んでいる。行政と民間企業、市民が協働した取り組みとして全国に知られている。

4) 事業の効果

搬入生ごみは当初、事業所の食品系に限定していたが、2010年度から分別収集した市内家庭生ごみについても当施設で受け入れるようにした。現在はモデル地区を選定して市内6地区、約200世帯で生ごみを分別収集している。これを段階的に拡大していき、2018年までに市内全域を対象に生ごみの資源化（バイオガス、液肥利用）を目指している。

発生する消化液は農業利用することを推進してきたが、余剰分の消化液はセンター施設内の排水処理施設で浄化を行い施設外へ排出していた。施設の運用にあたって、排水処理に多量のエネルギー（電気代）を消費するとともに、薬品代の支出も高額になるため、2012年12月以降、排水処理の工程を全面停止している。すなわち農業利用への転換である。市ではエコエネルギーセンターを地域の資源循環の拠点として位置付けて消化液の液肥利用を推進するために市内の家庭菜園への普及・啓発活動やイベント、講演会などを積極的に行い、地域を挙げて循環型社会の形成に取り組んでいる。



図-1 京丹後市エコエネルギーセンター
正面：バイオガス貯留タンク



図-2 消化液専用運搬車

(2)村上市瀬波バイオマスエネルギープラント

1)施設概要

・施設名称：瀬波バイオマスエネルギープラント（新潟県村上市瀬波温泉）図-3

・処理能力：4.9t/日（年間 1,788t）

搬入実績：搬入量 2 t/日、瀬波温泉地域から排出される生ごみ（9割）、食品系下水汚泥（年間約10%）、木質を除く農業残渣

・バイオガス発生量：650Nm³/日(実績：100~200 Nm³/日)

・総発電量（1,300kWh/日）、消化液発生量 4 t/日（実績：2t/日）

2)導入の背景

村上市は2001年度に新エネルギービジョンを策定し、2003年には瀬波温泉旅館協同組合が温泉未利用エネルギーの多角的利用に関する調査を実施した。2008年には温泉熱利用温室ハウス並びにバイオマス発電事業化可能性調査（フィージビリティスタディ調査FS）を実施して、2009年に地域資源利活用温室ハウス 2棟15aを建設「南国果樹栽培」するなど、村上市のエネルギー政策への地道な取り組みがあった。地元企業の株式会社開成は2011年に瀬波バイオマスエネルギープラント建設に着工し、翌年度から温室ハウスへバイオガスによる温熱供給を開始する。原料供給先の瀬波温泉組合は異物の混入ゼロを目指した協力関係があったことは言うまでもない。企業では発生する消化液の田畑への液肥利用について試験を開始し、同時に、温室（南国フルーツ）の床土に用いるもみから堆肥の製造にも着手し、水分調整用に消化液を利用するなど有効利用法を開発した。現在、消化液は全量を企業が耕作する農地（水田30ha、畑50a）に還元している。

3)事業の概要

瀬波バイオマスエネルギープラントの施設はドイツ・R社製の乾式メタン発酵プラント（5t規模の施設で発電機を装備して2億5千万）でメタン発酵の効率化、密閉された発酵槽で臭気が外部に漏れない構造、簡素化したシステムなど特徴あるプラントである。そのメタン発酵槽の内部（図-4）はガラス窓から覗くことができる（見学者用に使用）。バイオガスの発電・売電は再生可能エネルギー固定価格買取制度FITのメタン発酵発電施設国内第一号の認定を受けており、その全量を売電し、発電の余熱を利用した温熱で発酵槽の加温（中温発酵、40度）とハウスの温床に利用するなどガスコージェネレーション（電熱と廃熱の有効利用）を行っている。

地域協働のもとで成立している食品リサイクルループは2014年9月に「液肥ループ」一号として認定されている。消化液（図-5）は特殊肥料として地域内で消費され、液肥を使った米は「じゅんかん米」として販売している。企業力で短期間に収益向上を達成

できた(株)開成の取り組みはメタン発酵のビジネルモデルとして高く評価されている。全国からの施設見学者も多く年間約1,000人を上回っている。

以上の食品系廃棄物（生ごみ）を主原料に受け入れている2施設の規模は大きく異なるが、発生する消化液はその全量を液肥として田畑等に施用し、受注、運搬、施用の流れがほぼ確立されている。メタン化を目指す事業者にとっては本設備の他に、浄化施設の付設費、ランニングコスト、維持管理コストなど水処理施設の運用は経営に直結するために上記の2施設にみられるような処分先(利用先)の確保が課題となる。すなわち、消化液の安定的な利用先である農家を含めた食品リサイクルループの構築が大きな課題と言える。

需要の多い水田への利用に関しては2施設で消化液の施用法が異なっていた。後述するように京丹後市エコエネルギーセンターでは秋収穫の稲わらの腐熟促進を兼ねて、10月中旬以降～11月中旬までの需要が多く、専用の散布車を使って水田へ施用している。一方、瀬波バイオマスエネルギープラントでは、田植え後にバキュームカーによる水口からの流入施肥（流し込み施肥）が行われている。この場合、粘性の高い消化液が水田内で拡散しやすいように、水稻用の消化液は固液分離した液肥（肥料取締法に基づき登録）が使われていた。



図-3 瀬波バイオマスエネルギープラント



図-4 乾式メタン発酵槽の内部

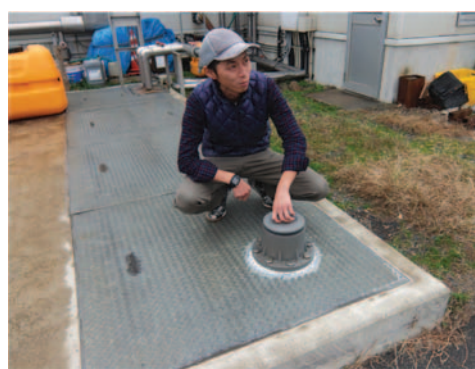


図-5 消火液貯留槽と取出し口

3. メタン発酵施設の消化液利用状況に関するアンケート調査

(1) 目的

わが国には下水・し尿処理場、畜産廃棄物、食品廃棄物を対象としたメタン発酵施設数は規模の大小を含めると約600ある。ここでは（社）地域環境資源センターのバイオマス利活用技術情報データベースを参照して、調査施設を抽出した。アンケートの内容は、①施設の現状（搬入ごみの種類、受け入れ単価、施設の設備・規模・管理「年間日数、処理能力」）②生成物調査（バイオガス発生量・ガス利用「電力、熱」、消化液の水処理法（浄化、農業利用）、堆肥製造）③消化液の液肥利用（農業利用の現状「作物名、運搬・施用方法、施用量、需要量」）④消化液の成分（水質）を調査し、液肥利用の実態を明らかにする。

(2) 調査対象施設の抽出

調査対象施設を生ごみ系（1施設）、事業所系（18施設）、畜産系（18施設）及び混合系（17施設）に区分して、上記のデータベース54施設についてアンケートを配布した。

さらにアンケート配布先から8施設（生ごみ系を1施設追加）を抽出して施設への原料搬入、消化液の農業利用、ループ構成の状況など詳細について聞き取りを行った。同時に消化液の分析試料を採取した。

(3) アンケートの回収率

表-2にアンケートの集計結果を示す。全体の回収率は44%（24施設）であり、その内訳は事業所系の50%に対して、畜産系は22%と少なかった。混合系では生ごみ・事業所系の67%に対して、事業所系・畜産系は33%と畜産系が混入する施設からの回答率は劣った。

表-2 アンケート回収状況

	区 分	送付	返信	停止	回答率	分析 希望	分析 対象施設
A	生ごみ系	1	1		100	1	1
B	事業所系（汚泥含む）	18	9		50		1
C	畜産系（農業系含む）	18	4	1	22	1	1
D	生ごみ・事業所系	9	6		67	3	4
E	事業所・畜産系	6	2		33		3
F	生ごみ・事業所・畜産系	2	2		100		2
	合 計	54	24	1	44	5	12

(4) 分析試料の収集と試料の分析

消化液の収集はアンケート配布先に分析の希望を伺い、同意のあった5施設に容器を送付して返送してもらった。その他、聞き取りを行った8施設からは調査時に直接採取し、計12施設（アンケート回答の重複を除く）から消化液を収集した。消化液は分析直前まで7℃冷温所の低温室に保管して成分の変質を防いだ。

1) 分析項目

消化液の分析項目を表-3に示す。水質指標の一般項目と肥料取締法に基づく肥料成分及び重金属について分析を行った。

表-3 消化液分析項目

一般項目	pH、EC、COD、SS、含水率、ナトリウム、塩素イオン、マンガン
肥料成分	窒素、アンモニア態窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム
汚染物質	カドミウム、亜鉛、鉛、銅、ニッケル、クロム

2) 分析方法

水質分析、肥料分析、重金属などの分析方法は一般財団法人日本土壌協会「土壌、水質及び植物体分析法」、越野正義編著「第二改訂詳細肥料分分析法」（養賢堂）に準じ、前処理した後にイオンクロマトグラフ、原子吸光分光法、ICP-MS分析法で測定した。

(5) 調査結果及び考察

1) 施設の種別区分と主要な原料、搬入量

施設が受け入れている主な原料を種類別に、生ごみ系(A)主に家庭生ごみを中心、事業所系(B)食品系の加工残渣やスーパー等からの生ごみ廃棄物、食品加工業の汚泥等、畜産系(C)家畜糞尿など酪農業から排せつ物が主体、生ごみ・事業所系(D)家庭生ごみも受け入れている。事業所・畜産系(E)事業所系を主体として、畜産系からの廃棄物も受け入れている。生ごみ・事業所・畜産の混合系(F)の6種に区分した。回収アンケートは以上の6種の施設に区分して一覧表として取りまとめた(表-4)。

施設の稼働日数は処理能力に関わらず、いずれの施設も通年で稼働している。原料種別にみた搬入量は特定の事業所(焼酎粕17.5万t)を除くと、畜産系(4.2~35千t)と汚泥を受け入れている施設(1.6~57千t)が高い。主原料が生ごみで食品系を主体の施設は年間の搬入量は91~約6千tと施設によって大きく異なった。生ごみ系(A)、事業所系(B)、生ごみ事業所系(D)の搬入原料はほぼ100%が食品・農産系由来であり、この種別に区分される69%の施設は食品系のみを原料としている。

表-4 原料種別区分によるメタン発酵施設の概要（アンケートより）

種別	アンケート 回答及び 調査施設	搬入量 (t・wet/ 年)	主原料	食品・農産 系等の割合 (%)	含水率 (%)	バイオガス 発生量 (Nm ³ /年)	バイオガス 利用	堆肥 生産量 (t/年)	消化液 発生量 (t/年)	発生消化液処理	消化液 利用先
A. 生ごみ系	a-1	2,413	生ごみ	100	75	233,727	発酵槽加温	50.1	3,847	下水処理放流	-
	b-1	232	生ごみ	100	85	48,118	発酵槽加温	-	273	貯留	牧草地
	b-2	91	生ごみ	100		41,645	発酵槽加温	20.8	44.3	下水処理放流	-
	b-3	172	生ごみ	100	22.2	32,562	汚泥乾燥用ボイラー	86.5		下水処理放流	-
	b-4	23,673	汚泥	0.2	78~99	29,021	乾燥器温水ヒーター	27.0	37,277	下水処理放流	-
	b-5	7,130	生ごみ	100		556,000	発酵槽加温	2.0	7,022	下水処理再利用	施設冷却水
	b-6	1,578	汚泥	10.1	90	1,513	発酵槽加温	163.7		下水処理再利用	-
	b-7	730	生ごみ	100	90	88,300	発酵槽加温	212.0	730	堆肥散水・貯留	水稲・果樹園
	b-8	57,141	汚泥	0		164,416	汚泥乾燥用ボイラー			下水処理再利用	-
b-9	174,632	焼酎粕	92		7,591,777	発酵槽加温・燃焼	-	160,000	下水処理放流	-	
C. 畜産系（農業系含む）	C-1	12,000	牛糞尿	0			燃焼			貯留	牧草地
	C-2	4,200	牛糞尿	0		73,000	発酵槽加温	200.0	4,000	貯留	牧草地
	C-3	35,498	牛糞尿	0		1,432,000	発酵槽加温	-	35,000	貯留	牧草地
	C-4	1,825	牛糞尿	0		45,000	発酵槽加温	-		貯留	牧草地
D. 生ごみ・事業所系	d-1	5,976	生ごみ	100	80	701,013	発酵槽加温	239.0	1,460	下水処理放流	-
	d-2	2,499	生ごみ	100	80	422,705	発酵槽加温	-	(9,200)	下水処理放流	-
	d-3	9,707	生ごみ	58.9		2,045,000	発酵槽加温	-	6,160	下水処理放流	-
	d-4	31,111	汚泥	12.9		1,186,250	全量売ガス（発酵）	507.8		下水処理放流	-
	d-5	3,463	食品製造業	100	82~95	506,364	発酵槽加温	-	5,268	下水処理放流	水稲・露地・他
	d-6	(1,188)	(生ごみ)	(100)		136,560	発酵槽加温	-	5,805	貯留	水稲・露地
E. 事業所・畜産系	e-1	85,360	牛糞尿	26.5		726,597	発酵槽加温	7,815	20,440	貯留	牧草地
	e-2	5,110	牛糞尿	7.1		109,500	発酵槽加温	-	3,650	貯留	牧草地
F. 生ごみ・事業所・畜産系	f-1	28,872	牛・豚糞尿	3.8		431,430	発酵槽加温	4,380	17,337	貯留	水稲・麦・飼料作
	f-2	11,826	牛糞尿	12.7		262,800	発酵槽加温	1,350	9,460	堆肥散水・貯留	牧草地

2) バイオガス発生量

施設のガス発生量は概ね搬入量に比例して高まっているが、原材料で比較すると生ごみ・事業所系ではバイオガスの発生量が高い傾向にある。そこで、搬入量とガス発生量をプロットすると、原料種間でバイオガスの発生量、その能力に違いがみられる。事業所系B単独の施設は搬入量とガス発生量の関係は他の原料系よりも低いレベルにある。これに対して、生ごみ・事業所系ではバイオガス発生能が高く搬入量とガス発生量に密接な関係が見られる（図-6）。

水分含有量の高い汚泥を受け入れている施設（D系のd-4）の年間搬入量は目立って高いが、それに伴ってバイオガス量が増大するとは言い難く、むしろ生ごみが中心となるA及びD系施設の方が少量搬入でもガス発生量は優っている。すなわち、施設のバイオガス発生量を原料種別に比較すると効率の高い原料は生ごみ系と言える。有機物はイオウ（蛋白）を含有するために嫌気分解過程で悪臭の原因物質である硫化水素やメルカプタン類のイオウ化合物が発生する。メタンのエネルギー利用にはイオウ化合物を取り除く脱硫の工程が必要になる。一般には脱硫剤として酸化鉄が使われている。回答のあった14施設のバイオガス中のメタン濃度は59.9%（範囲：50～70%）であった。脱硫を経たバイオガスは空気を発送して内圧を高めたPVC・ゴム製のガスホルダー、またはガスバックに蓄えられる（図-7）。

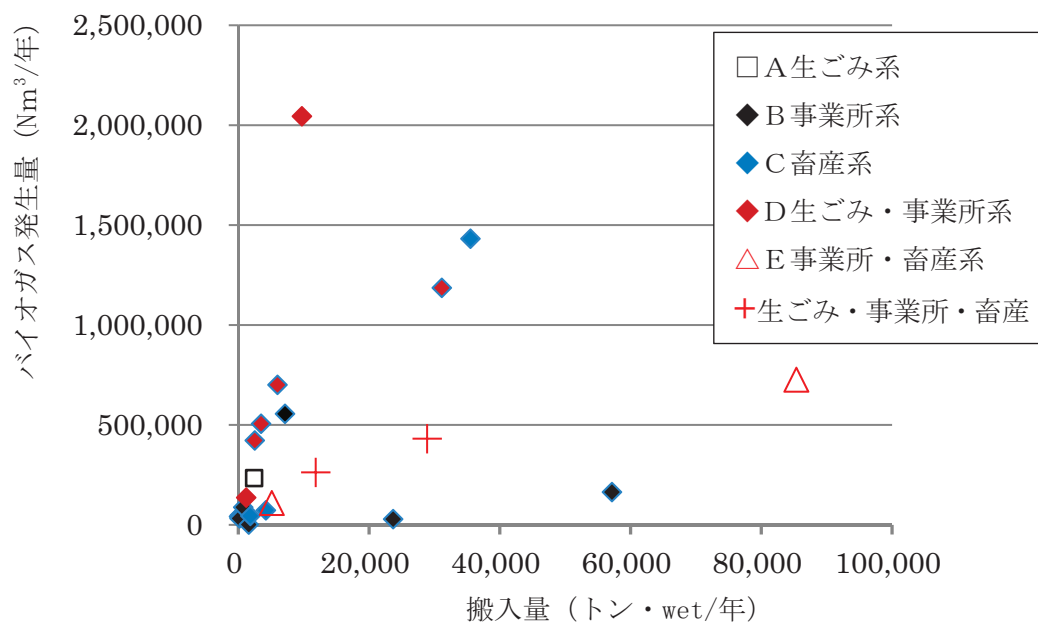


図-6 原材料とバイオマス発生量との関係



消化液槽 脱硫塔 メタン発酵槽
 (左) (中央) (右)
 おおき循環センター

バイオガスホルダー
 くずまき高原牧場バイオマスプラント

図-7 メタン発酵施設のメタン発酵槽～ガスホルダーの工程

3) 生成物の利用

(ア) バイオガスの利用状況

メタン発酵施設で発生するバイオガスの利用状況を図-8に示す。発電が10施設（d-3はバイオガスの全量を有料販売、納入先は発電利用）、ボイラーの燃焼利用が7施設、発電と燃焼が7施設と電力利用と燃焼はほぼ均衡していた。バイオガスの利用に関しては施設の能力、原料種別間で特記すべき事項は見られない。熱利用はd-3を除くと大部分の施設がメタン発酵槽の加温・温水ヒーター、汚泥乾燥用のボイラーなど自社内の関連設備に利用している。b-9は焼酎粕の飼料化設備に乾燥熱源として利用している。有価での売電は比較的に搬入量の多いb-9、c-3、e-1、中規模の施設ではa-1、d-2、f-1が該当する。総発電量の占める割合はa-1の22%を除くと50～84%が売却されている。

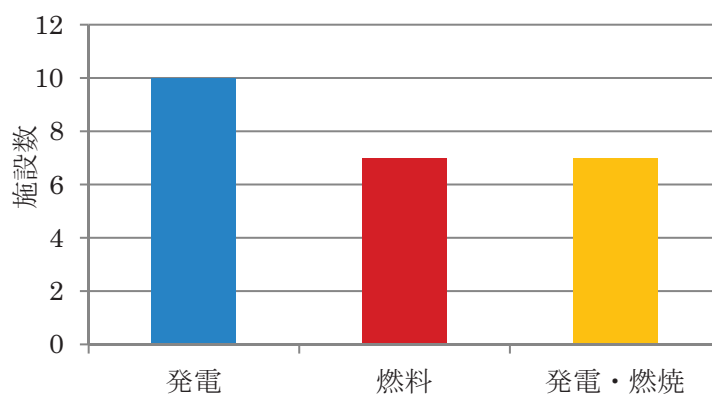


図-8 バイオガスの利用状況

(イ) 堆肥の利用状況

回答のあった13施設（54%）は施設内に堆肥施設をもち搬入原料の堆肥化を行っている（図-9）。種別区分では畜産系（C）、事業所・畜産系（E）で少なく、次に生ごみ・事業所系（D）である。畜産系を原料とした施設で堆肥化が少ない理由として、今日、これまでの堆肥生産に代わってメタン化施設が畜産排せつ物の処理施設を担っていると思われる。一方、生ごみ系（A）、事業所系（B）では積極的に堆肥生産が行われている。堆肥の生産量は原材料によって異なり、汚泥搬入の多いb-6、b-8の堆肥生産量は164t～212t/年に対して、生ごみが主体となる施設は2t～87t/年と施設によって大きな相違がみられる。堆肥の利用先は都市近郊に近い施設では住民等に無償配布されているが、牧草地を所有している施設では自家圃場及び近隣の農場（草地）に施用、または有価物として販売している。販売価格はバラ売りが1,000円、4,000円、6,000円/m³と開きがあり、袋売りでも12kg入りの30円～50円に対して、15kg入りは80円、150円、300円、400円と変動がみられる。



堆肥化施設

左側：メタン発酵プラント
バイオマスパワーしずくいし小岩井



堆肥化施設

奥：メタン発酵プラント
小林市バイオマスセンター

図-9 メタン発酵施設の堆肥化施設

(ウ) 消化液の利用状況

搬入有機物はメタン発酵槽で嫌氣的に分解されその廃液は消化液と呼ばれほぼ同量が排出される。消化液の発生量は原料搬入量にほぼ等しいが、a-1、d-6の施設は消化液量が搬入量を上回っていた。日々発生する消化液は施設内でも容積の大きい貯留槽に蓄えられている（図-10）。



消化液貯留槽

左施設：メタン発酵プラント
くずまき高原牧場バイオマスプラント



消化液貯留槽（地下式）

右施設：メタン発酵プラント
瀬波バイオマスエネルギーセンター

図-10 メタン発酵施設の消化液貯留槽

消化液の処理状況を図-11に示す。9施設が下水処理後に河川放流、3施設は処理水を施設内の冷却水や洗浄水などに再利用している。12施設は消化液を貯留して農地等に肥料源として利用している。12施設の67%は畜産系(C)であり、自家圃場の採草地（牧草地）に散布している。畜産の主要生産地である北海道、東北、関東、南九州の施設では全量を草地に散布、4施設（33%）は水稻、露地野菜、果樹園等の液肥として利用している（図-12）。一般に施設の整備はイニシャルコストの他にランニングコストが大きな負担増となり経営を圧迫する。大手のd-9ではランニングコストの50%を薬品等の消耗品類が占めていた。一般の畜産業では水処理コストから解放を優先して、消化液の液肥としての利用が飼料作物に対して行われてきた。広大な草地、畑地が消化液の処分先であり、農地還元が行われてきた。ただし、農地への過剰な依存は以前の家畜糞尿の土壌還元と同様に、地下水や地表水の硝酸汚染問題や亜酸化窒素ガスの発生源となる危険性がある。

生ごみ事業所系（D）のd-5は2015年にこれまでの下水処理から消化液の全量を農業利用へと切り替えた成功事例として注目されている。畜産系を除く事業所系（B）、生ごみ・事業所系（D）、生ごみ・事業所・畜産系（F）で液肥として水田や野菜に使用している地区（d-5、d-6、f-1）は食品ループの形成、施設の運用面に行政が積極的に関わっている。一方、企業（b-7）が主体となった成功例として、食品ループの拡大、売電、発熱を利用（コジェネレーションシステム）した熱帯果樹の栽培・販売、消化液全量を水田への施用など、力強い企業力が要求される。

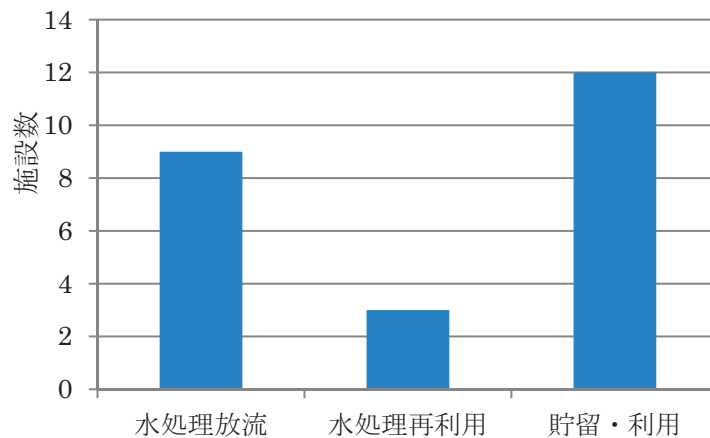


図-11 消化液の処理状況

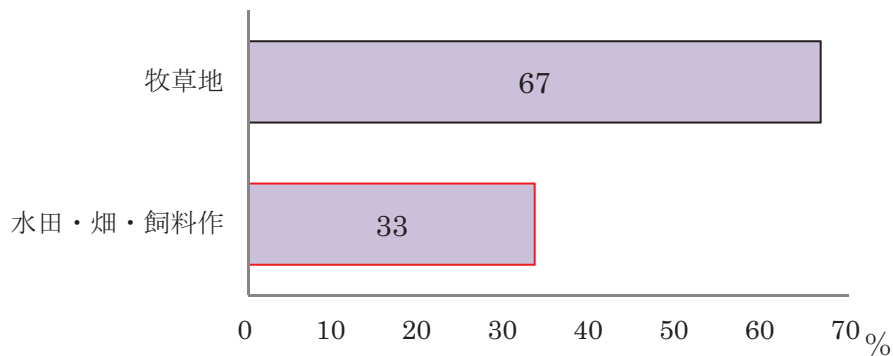


図-12 消化液の農耕地への利用状況

(エ) 消化液の液肥利用

施設側の運用コストの負担を抑えることを目的として発生する消化液の積極的な農地還元が行われている。農耕地への利用状況を表-5に示す。畜産系の利用は家畜飼料の採草地をはじめ、粗飼料生産のイタリアンライグラスやサイレージ用のデントコーン、ソルゴー等の畑地に散布されている。消化液の年間施用量（10a）は畑地では禾本科の小麦が3t、デントコーンが3t～6t、イタアリン、ソルゴーでは10t～13tであり、牧草地には4t～10t程度が施用されている。水稻は基肥の他に追肥としても利用され、施用量は概ね3t程度であるが、品種によっては5t～6t（ヒノヒカリ）の施用が行われている。基肥は専用散水機で代かき前の水田に散布、または田植え後の流入（水口流入同時灌水）で行われている。穂肥の事例では水口施用（d-5）で行われているが、消化液の拡散が不十分でその後の生育が不均一となるとの理由から（b-7、C-4、e-1）現状では行われていない。麦に対しては基肥に6t、追肥3.5t、野菜へは基肥4t～10t、追肥に2t～5t、他（露地物・畑地）の事例として4t～6tが奨励されている。液肥の施用量は地域の農業試験場等が参加して、作物の施肥基準に添って消化液の窒素濃度とその肥効率から判断した量が提示されている。施肥法に関しては概ね先端事例と施設側

の実証例を参考にして、実施されていた。消化液は圃場への散布専用のスラリースプレッダーやスラリーインジェクターを装備したバキューム車（タンク車）、またはクローラタイプも散布車で行われている（図-13）。クローラタイプは散布車の圃場への運搬と消化液を圃場まで運ぶ専用の回送車（図-2）を整備する必要がある。圃場への散布は施設者が担っている場合が多い。

表-5 消化液の液肥利用と施用量（アンケートより）

液肥利用先	時期	作物名・品種	施用量 t/10a	施設
牧草地	基肥	ペレニアルライングラス、白クローバー	4	b-1
		牧草	6	c-2
		デントコーン	6	c-2
		牧草・デントコーン	3	c-3
		イタリアンライグラス・ソルゴー	10~13	c-4
		牧草	4~10	d-5
		牧草・デントコーン・小麦	3	e-1
		牧草	7~10	f-2
水田	基肥	水稲（北陸193号）	3	d-5
		水稲（ヒノヒカリ）	5~6	d-6
		水稲（あきたこまち）	3	e-1
		水稲	3.5	f-1
	追肥	水稲（こしいぶき）	2	b-7
		水稲	2	d-5
		水稲	3.5	f-1
		水稲（ヒノヒカリ）	1	f-2
	追肥	麦	6	d-6
		麦	3.5	f-1
露地・畑地	基肥	野菜一般	4~10	d-5
	追肥		2~5	
	基肥	豆・ビート・小麦	4	c-3
	基肥・追肥	菜の花、他	6	d-6



クローラタイプ散布車
京丹後市エコエネルギーセンター
(水田転換畑の牧草栽培)



けん引型スラリースプレッダ
高千穂牧場バイオマスプラント
(ソルゴー、イタリアン等の飼料畑)

図-13 消化液の圃場散布車

また、施設を有する複数の自治体（d-5、d-6、f-1）では消化液の液肥利用について積極的な啓蒙が行われて、農業者への供給のみならず一般家庭菜園への利用拡大など政策的支援がみられる(図-14)。



京都府京丹後京・液肥ステーション
(京丹後市エコエネルギーセンター)



福岡県大木町・くるっ肥
(おおき循環センター)

図-14 自治体による消化液の液肥利用促進

(オ)メタン発酵消化液の水質

全国12のメタン発酵施設から消化液を収集して水質の分析を行った。分析結果を表-6に示す。A～fの記号は表-2、表-4に示すように主要な原料の種別区分（大文字）、個々の施設（小文字）を示す。

pHは小規模な実験プラントの三重県三功を除くと弱アルカリ性から一部がアルカリ性を呈するが、EC(電気伝導度)も畑地等に施用した場合に問題となる値ではない。搬入物の種類によって含水率は異なると思われるが全国12か所の含水率は90-99%（平均97.7%）でほぼ均衡していた。

SSは4,400-110,000mg/L（平均27,254mg/L）と変動が大きい。これに類似してCOD_{Mn}も施設によって1,500-39,000 mg/L（平均9,869mg/L）と異なった。含水率がやや低くSS、CODの高い施設（f-1）は処理量が68t/日、牛豚糞尿、生ごみ（家庭系）、事業所系を主な原料先とし、その他に下水汚泥も搬入されている。一方、含水率が高くSS、CODの低い施設（d-4）は85t/日の搬入量があり、その内訳は、し尿・浄化槽汚泥、下水道汚泥が大半で、生ごみ（13%、11t/日）も受け入れている。

T-N(平均2,778 mg/L)濃度は原料区分別にみると畜産系(C)単独よりも食品系(A)、事業所系(B)、混合系(F)で高い傾向がみられる。T-Nの75%は無機態窒素のNH₄-N（平均2,041 mg/L）であり、速効性の肥料として施用効果が期待される。T-NからNH₄-Nを差し引いた区分の有機態窒素（T-Nの約25%）は遅効性と考えられる。すなわち、原料の炭水化物、タンパク質、脂質など易分解性の炭素・窒素は分解が早く、残留した有機態窒素の画分は安定性が高いと思われる。特に汚泥系や畜産系は一度消化された原料であり、これらの由来する有機態窒素の肥効は遅効性と思われる。

T-Pは13.3-1,667mg/L（平均239.5mg/L）と施設によって大きく異なった。食品系と混合系（汚泥由来）では比較的高い値を示した。Kは一部（施設新規）を除くと、施設、種別間の変動は少なく約4,000-5,700 mg/Lで均衡していた。

その他の成分としては、Ca(カルシウム)、Na(ナトリウム)、CL(塩素イオン)は生ごみ系(A)、事業所系(B)、混合系(F)で比較的高く、Mg(マグネシウム)は畜産系(C)でやや高い傾向がみられる。重金属類はいずれも問題となる値ではない。

三重県(有)三功の試験プラントの消化液の水質分析を2015年7月以降、継続して行った。200L程度の硝化槽であり、各成分とも高濃度に推移しており高位安定化の傾向が伺える。COD、T-N、NH₄-N、Naの濃度は実験開始以降、徐々に高まる傾向がみられるが、これは消化の安定化とともに成分が濃縮されたものと推察される。一方、秋田県立大学のプラントに見られるように投入原料によってEC、T-N、NH₄-N、PO₄-P(水溶性リン)の濃度は大きく変動する(図-15～図-20)。従って、消化液を液肥として利用する際には、バイオマスの種類・組成の割合など投入組成の変動についても留意する必要がある。

表-6 全国各地、メタン発酵消化液の成分組成

施設	採水年月日	pH	EC S/m	含水率 %	SS mg/L	CODMn mg/L	T-N mg/L	NH ₄ -N mg/L	T-P mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	CL mg/L
c-2	北海道-4	2016/1/22	1.64	98.5	26,900	10,200	2,100	1,450	177.6	4,453	1,641	238.0	619	1,954
a-1	北海道-9	2015/12/22	2.05	98.4	15,600	4,300	2,600	1,920	88.8	4,053	1,055	2.4	1,917	3,069
e-1	岩手-21	2015/11/5	1.78	98.2	22,300	7,500	3,000	2,200	130.1	4,370	1,318	3.2	599	1,112
e-2	岩手-22	2015/11/6	1.29	98.1	26,800	10,200	2,100	1,360	241.0	4,303	2,051	212.4	411	889
b-7	新潟-58	2015/12/3	2.78	98.7	27,500	9,000	4,300	3,480	111.0	5,203	938	44.0	3,096	2,209
d-4	長野-35	2015/12/11	1.13	99.6	4,400	1,500	1,310	1,280	13.3	4,172	1,152	0.8	595	896
d-5	京都-42	2015/8/10	1.60	99.6	7,300	2,600	1,700	1,600	50.8	4,426	1,016	3.6	905	1,286
d-5	京都-42	2016/3/4	1.70	98.9	10,200	4,900	3,900	2,220	79.3	1,948	502	2.0	1,665	800
d-6	福岡-45	2015/11/26	1.41	99.0	10,400	4,300	2,300	1,710	123.7	5,127	1,152	1.6	625	852
f-1	熊本-48	2015/11/26	1.27	89.9	110,000	39,000	4,700	2,890	1,667	5,681	6,602	2158.4	758	1,059
c-4	宮崎-50	2015/11/26	1.65	94.6	68,000	25,000	2,800	1,990	190.3	5,159	1,484	218.4	375	1,358
b-7	宮崎-51	2015/11/27	1.02	99.0	12,800	5,000	1,600	1,040	104.7	5,320	2,891	1.6	95	493
f-2	宮崎-52	2015/11/26	2.35	98.9	27,100	4,800	3,700	3,390	136.4	4,275	1,113	1.6	496	1,233
	平均		1.67	97.8	27,254	9,869	2,778	2,041	239.5	4,499	1,763	222.2	935	1,324
a	三重三功試験プラント	2015/7/17	2.26	96.0	62,900	10,700	3,600	2,920	310.8	3,604	17,012	74.4	1,111	1,492
a	三重三功試験プラント	2015/8/4	2.20	96.2	60,500	10,700	3,100	2,460	222.0	4,828	9,316	70.8	1,445	2,010
a	三重三功試験プラント	2015/9/1	2.22	96.0	62,700	10,200	3,600	2,440	203.0	3,263	7,383	47.6	1,611	2,002
a	三重三功試験プラント	2015/10/3	2.30	97.4	55,400	9,100	3,800	3,050	168.1	4,807	4,785	24.4	1,588	1,998
a	三重三功試験プラント	2015/11/12	2.18	97.5	59,100	11,800	4,400	3,270	269.5	5,002	6,562	26.8	1,770	3,076
a	三重三功試験プラント	2015/12/2	2.15	96.3	64,600	15,000	5,000	3,890	304.4	4,282	7,383	112.4	1,944	2,725
a	三重三功試験プラント	2016/1/5	2.54	96.7	50,700	20,000	5,200	3,180	237.8	4,209	4,512	4.8	2,078	866
a	三重三功試験プラント	2016/2/4	3.01	96.9	50,500	28,000	5,500	3,980	231.5	4,940	5,332	54.8	2,260	3,137
a	秋田県立大学プラント	2015/10/6	3.34	98.2	34,400	6,200	6,100	5,800	241.0	4,956	4,220	310.0	628	898

三重三功試験プラントの主な原料: ページ29の食品系ループ、秋田県立大学プラント: カット野菜工場の野菜屑(7割)と魚のアラ(3割)

施設	採水年月日	Mn mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	Pb mg/L	Ni mg/L	Cr mg/L
c-2	北海道-4	0.363	0.036	0.595	5.812	0.007	0.283	0.156
a-1	北海道-9	5.254	0.030	1.158	7.326	0.006	0.312	0.239
e-1	岩手-21	4.572	0.027	1.697	5.836	0.005	0.311	0.254
e-2	岩手-22	12.91	0.021	1.895	12.58	0.004	0.222	0.171
b-7	新潟-58	0.568	0.016	0.684	3.710	0.003	0.233	0.190
d-4	長野-35	0.124	0.005	0.450	1.031	0.001	0.079	0.101
d-5	京都-42	0.404	0.023	0.403	1.416	0.005	0.341	0.115
d-5	京都-42	1.586	0.007	0.664	3.788	0.001	0.127	0.121
d-6	福岡-45	1.716	0.014	1.300	7.798	0.003	0.238	0.137
f-1	熊本-48	42.82	0.060	11.52	38.82	0.012	1.015	1.263
c-4	宮崎-50	13.69	0.031	2.444	14.95	0.006	0.322	0.252
b-7	宮崎-51	1.167	0.007	0.880	13.46	0.001	0.267	0.111
f-2	宮崎-52	2.752	0.026	4.330	10.16	0.005	0.296	0.174
	平均	6.76	0.02	2.16	9.74	0.005	0.31	0.25
a	三重三功試験プラント	8.514	0.092	1.856	7.234	0.018	0.373	0.290
a	三重三功試験プラント	5.920	0.064	1.414	4.962	0.013	0.268	0.228
a	三重三功試験プラント	4.442	0.032	0.834	5.238	0.006	0.186	0.169
a	三重三功試験プラント	3.198	0.048	0.994	3.784	0.010	0.189	0.171
a	三重三功試験プラント	5.804	0.045	1.295	5.318	0.009	0.228	0.208
a	三重三功試験プラント	6.814	0.034	1.123	7.668	0.007	0.222	0.226
a	三重三功試験プラント	3.586	0.048	0.933	4.668	0.010	0.199	0.178
a	三重三功試験プラント	4.744	0.043	1.097	8.328	0.009	0.231	0.183
a	秋田県立大学プラント	1.665	0.019	1.917	7.396	0.004	0.191	0.197

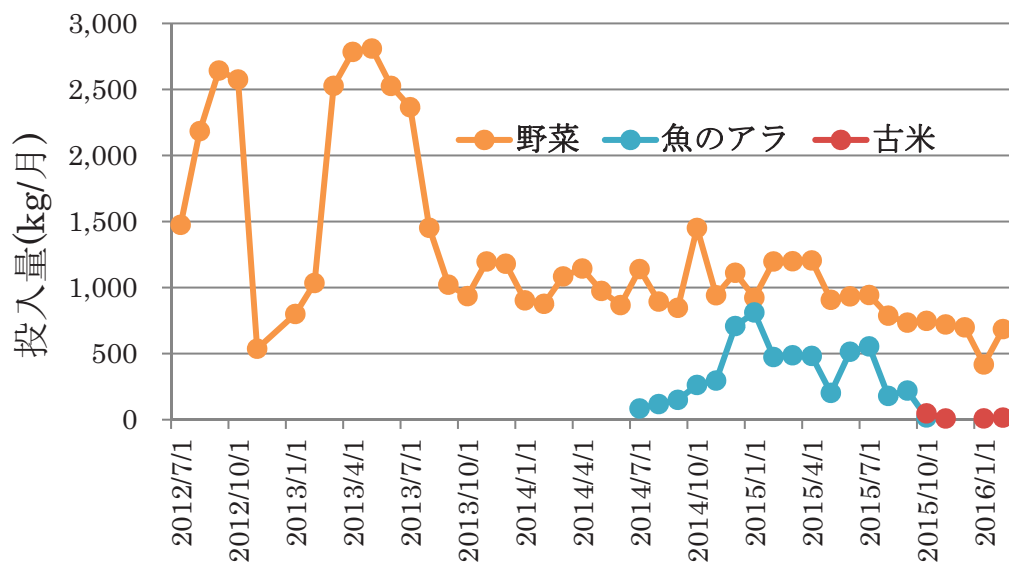


図-15 投入原料の種類と投入期間（秋田県立大学実験プラント）

白米(3kg/日) : 2015年10月-11月、玄米(1kg/日) : 2016年1月-2月

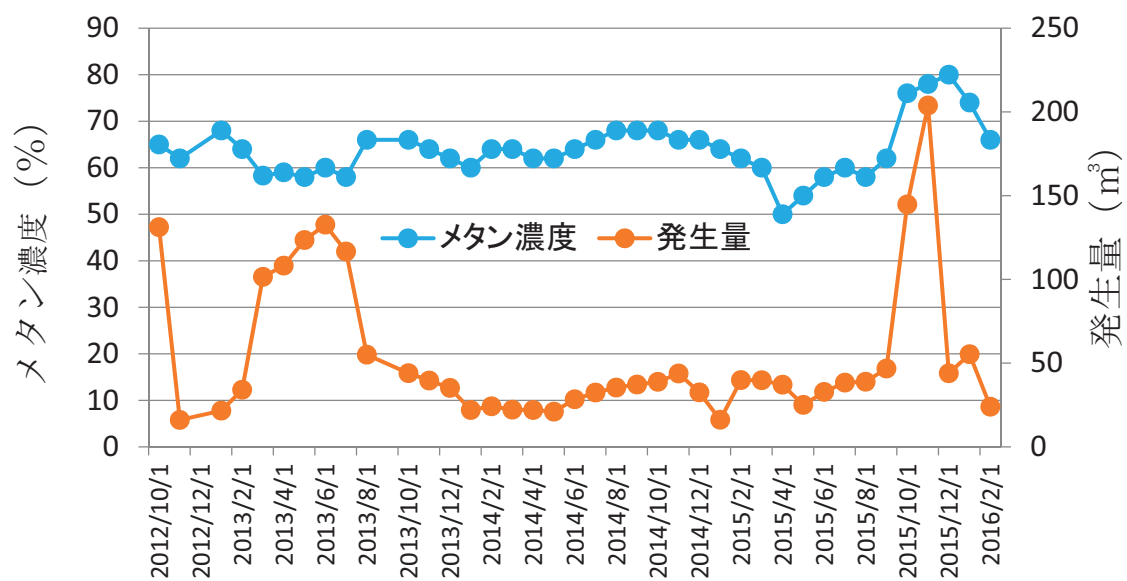


図-16 メタン発酵槽のメタン濃度とバイオガス発生量

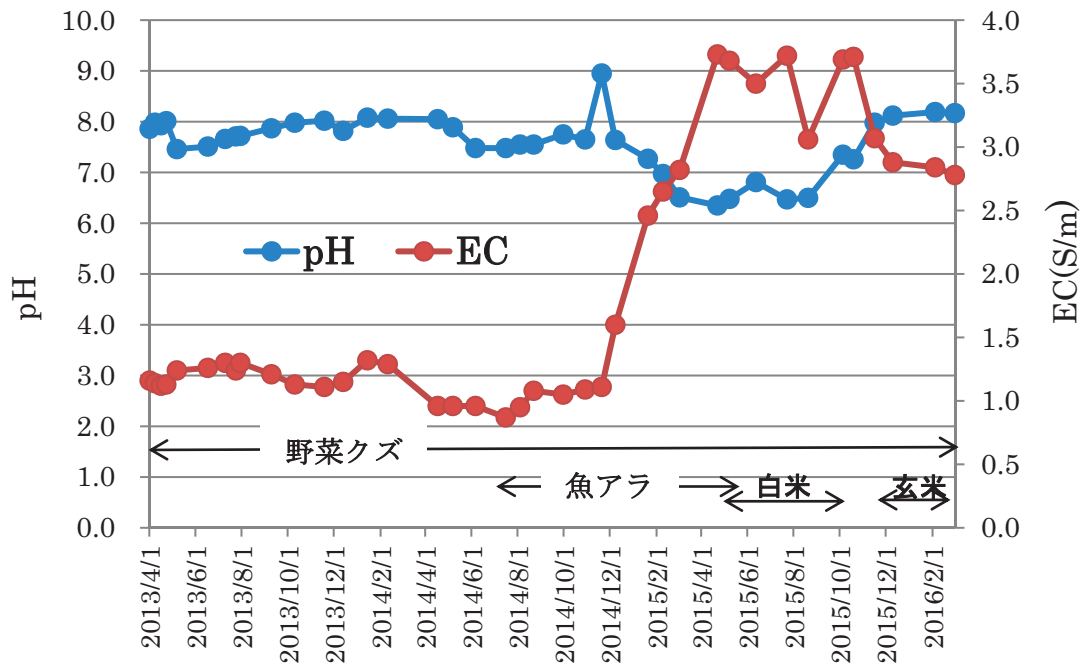


図-17 メタン発酵槽の pH、EC の変化

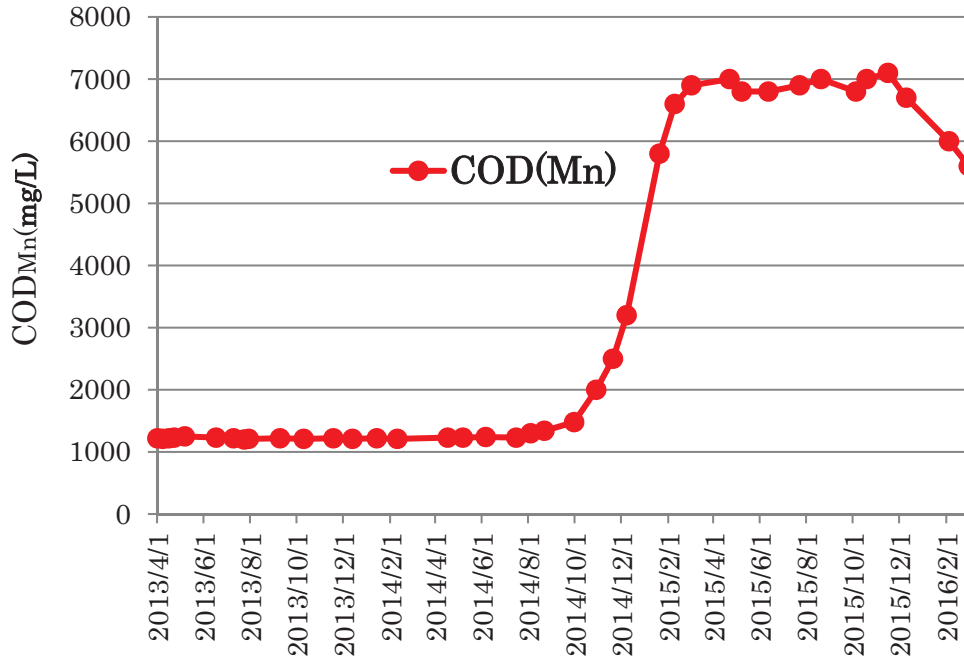


図-18 メタン発酵槽の COD の変化

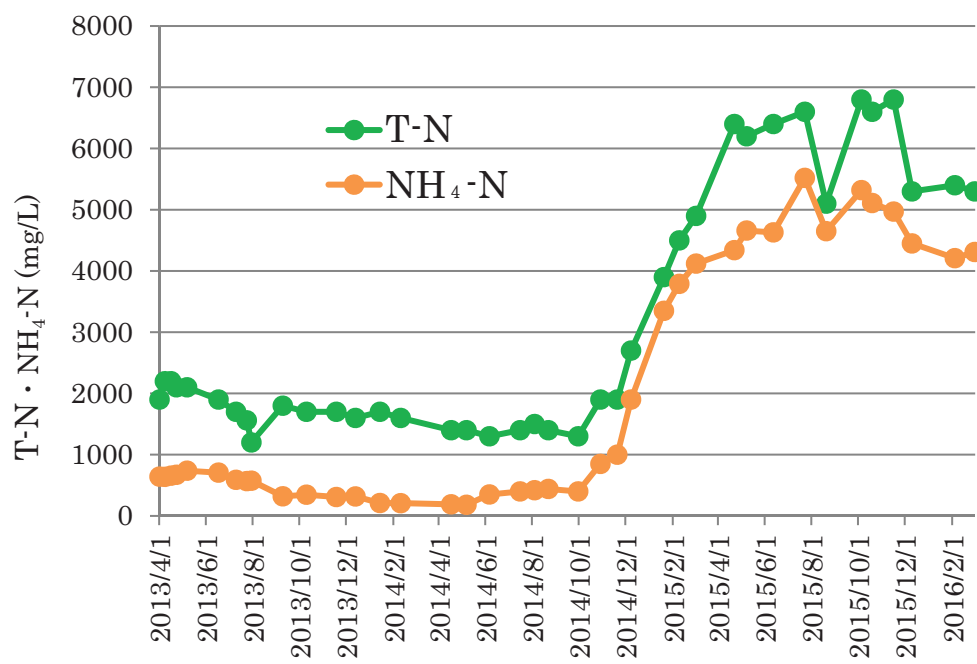


図-19 メタン発酵槽の T-N、NH₄-N 濃度の変化

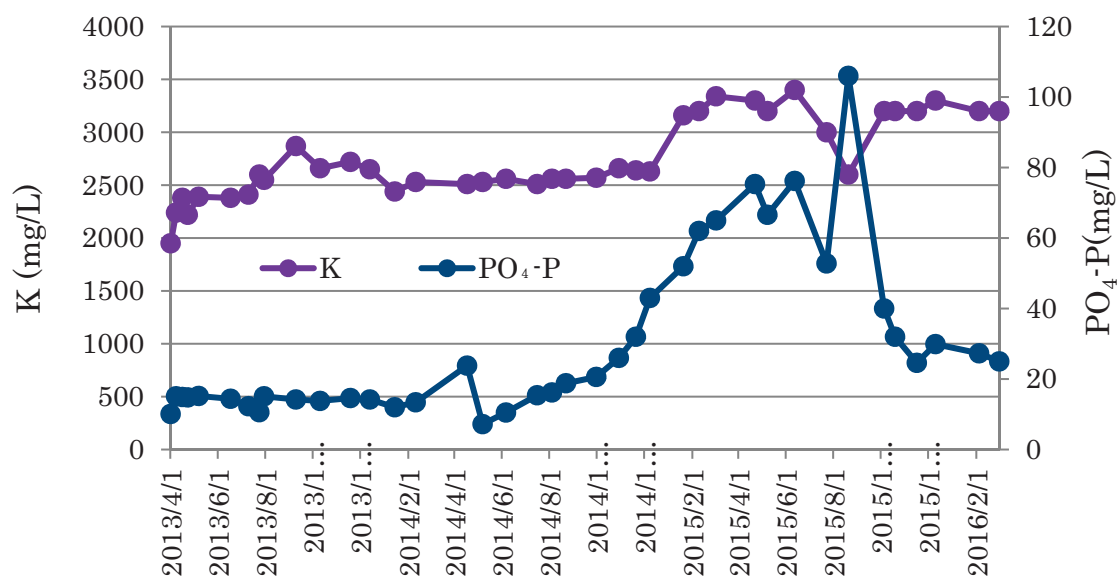


図-20 メタン発酵槽の PO₄-P、K 濃度の変化

II 研修会等の開催

メタン化事業予定地において、既存のループの関係者と地域住民及び一般市民の理解を醸成するために有識者を交えた研修会を開催した(図-21)。開催地の三重県津市は2014年3月にバイオマス産業都市構想に指定されたことにより、自治体からも強い関心をもって受けとめられた。

食品廃棄物再生利用促進に向けての研修会のご案内

バイオマスの活用推進に関する施策を総合的に推進するため、農林水産省においては、今年度より「食品ロス削減等総合対策事業」のうち新たな食品リサイクル・ループの構築事業(メタン化による新たな食品リサイクル・ループ準備事業)等をスタートさせております。

当協会におきましては、平成27年度予算で「メタン化による新たな食品リサイクル・ループ準備事業(調査研究、研修会等開催、メタン発酵消化液利用促進に向けた取組)」の分野の事業が採択となり、現在、事業を(有)三功とタイアップして推進しているところです。

(有)三功は、ご存知のとおり、早くから食品リサイクル堆肥を通じたリサイクル・ループが構築されており、この基盤の上に立ってメタン発酵消化液の肥料利用を行い新たな食品リサイクル・ループを構築しようと考えております。

当協会では、こうした活動を支援するため、これまで、圃場試験や先進地調査等を行っております。今回、これらの成果とともに、最近の食品リサイクルの現状と再生利用技術や土づくりの基本となる堆肥の利活用など、これらのことに関心を有する皆様方に発表し、共に推進していくため「食品リサイクル再生利用研修会」(別添)を開催する事といたしました。

つきましては、種々、ご多忙な折とは存じますがご出席方よろしくお願い申し上げます。

平成27年11月

各位 殿

一般財団法人 日本土壌協会
会長 松本 聡

- ・ 研修会のテーマ 食品廃棄物再生利用促進に向けて
ー 排出業・回収再生業・利用者間のマッチングー

1. 目的・研修会の内容

(一財)日本土壌協会は、全国で展開されているバイオマスを活用した資源循環型社会の取り組みを支援するために、バイオマス資源を有効に活用した土づくりに取り組んでいる。現在、わが国では2013年度にバイオマス産業都市化構想の策定、2015年7月には

食品リサイクル法の新たな基本方針の一部改正など、地域内の資源循環、再生利用の動きが一段と大きくなっている。そこで、食品廃棄物の再生利用をめぐる最近の動きや食品系堆肥の品質特性、食品リサイクル施設の新たな取り組み事例を交えて紹介する。

- ・日 時：2015年12月16日 13時～16:30
- ・場 所：(有) 三功 (会議室2階)
- ・参 集：農家・自営業・企業・自治体・大学・一般に呼びかけ、37人が参加
- ・演 題 (配布資料：末尾参照)
- ・総合司会 (有) 三功顧問 土居伸光
 - ① 食品リサイクルの現状と再生利用技術
一般財団法人日本土壌協会 副会長 (東京農業大学名誉教授) 牛久保明邦
 - ② 食品リサイクル堆肥の品質特性と土づくり
一般財団法人日本土壌協会 専務理事 猪股敏郎
 - ③ 食品系メタン発酵消化液の特性と液肥利用
公立大学法人 秋田県立大学教授 日高 伸



図-21 研修会の様子

2. 研修会の開催状況とループ形成の課題

参加者の37名の内訳は農家・農業法人（6）、企業（14）、自治体（県2、県議2、市9、市議1）、大学等教諭（3）であった。県市の幹部職員また県外からの参加（2）もあり、異業種が参加した熱心な研修会となった。

メタン化施設を予定している企業（事業所）または自治体にとっての課題は第一に食品リサイクルのループ形成である。現状では廃棄物が増加する中で、分別収集や選別処理の拡大で経費が増加しつづけている。財政負担を軽減するためには回収選別の集約化または効率化が求められる。予定地域についてまずビジネスマodelの可能性について検討する必要がある。京都府丹後市の施設を集中型とみなし、新潟県村上市を分散型とすると、その棲み分けについては社会システムの観点からデザインを検討する必要がある。狭義的にビジネスマodelが成立したとしても、持続可能なループ形成にはまず消化液の安価処理、ここでは全量を農地に還元する液肥利用についても合意形成が前提となる。

農地の少ない地域においては消化液の排出量を削減する技術やプラントの選択など何らかの工夫が必要になる。消化液その物は黒ずんでいて臭気も漂うことがあり、利用する農家にとっては躊躇することもある。これまでの事例から消化液を液肥として利用した場合には稲作ではヘクタール当たり約10万円の肥料費を削減できるとされており、施設側には栽培試験圃場の設置、展示圃場の見学、試食会、繰り返しの情報交換会など地道な活動に精力的に取り組む必要がある。

食品リサイクル・ループを核とした持続的な循環型社会の形成に重要な課題に環境教育がある。環境教育を通じてごみを出さない、またごみを再資源とするライフスタイルや価値観、社会システムの変革に積極的に行動する人材の育成など、地域のメタン発酵施設は環境教育の場を提供する。

食品生ごみの堆肥化で上記に挙げた課題を解決した実績を持ち、さらにメタン化へと事業展開を模索している（有）三功のこれまでの取り組みを紹介したい。（有）三功は一企業力では食品リサイクル・ループを構築しループの中核として、模範となる活動を実践している企業である。下記の「三功食品リサイクル・ループの現状」、「食品残渣をめぐるループの成立条件」は（有）三功、顧問 土居伸光氏、総務課長 稲垣賛朗氏から寄稿をいただいた。

3. 食品リサイクル・ループの形成（事例研究「(有)三功」)

(1) リサイクル・ループの紹介

(有)三功の堆肥化施設は、1日当たり9.6tの処理能力があり、地元三重県のスーパーマーケット約30店をはじめ、コンビニエンスストアなど約200店舗及び地元の事業所から約6.4tを回収し、年間約2,000tの堆肥を製造している(図-22)。

図-22 (有)三功&(有)酵素の里
食品廃棄物リサイクル・ループ



スーパーマーケットや地元事業所などの食品廃棄物は、前もって分別されたものを収集し、そのまま攪拌機に投入、コンビニエンスストアの食品廃棄物は、パック分離機で食品と包装を分離して、食品のみを攪拌機にそれぞれ投入する。投入後、水分調整材の木くずと戻し材（種菌）を混ぜ、その後、発酵ドラムに移して空気を送り込みながら1日発酵させ、熟成槽に移し替え約3日間養生させる。その後、熟成場に運び、1～2週間ごとに切り返し、適宜水分を加えながら90日以上をかけて熟成させ、完熟堆肥「有機みえ」を製造している(図-23～25)。



図-23 攪拌機



図-24 発酵ドラム



図-25 熟成場

完熟堆肥「有機みえ」は、関連会社有限会社「酵素の里」にて農作物の栽培に使用するだけでなく近隣農家にも販売し、栽培された農作物は協力農家と共に食品廃棄物排出元のスーパーで販売するという地元に着した食品リサイクル・ループを形成している(図-26)。



図-26 食品残渣を堆肥に活用した食品リサイクル・ループの事例

「有機みえ」(図-27)は、2004年に三重県のリサイクル製品の認定、更に2009年には一般財団法人日本土壌協会から食品リサイクル製品一認証・普及制度に基づく食品リサイクル肥料の第1号認証を受けている(図-28)。



図-27 有機みえ



図-28 食品リサイクル肥料

(2) 食品リサイクル・ループ形成に至るまでの取り組み

図-29に(有)三功のリサイクル・ループの形成過程の経緯を示す。食品廃棄物の堆肥化事業に取り組むきっかけとなった背景には、資源循環型社会形成の機運の高まりと、毎年年末にスーパーから大量に廃棄されるおせち料理の残りを見た(有)三功の片野功之輔会長(当時社長)が、「もったいない。何とか有効利用できないか」と考えたことにある。地

元の廃棄物処理業者の組合に呼びかけたが、賛同する者は皆無だったこともあり、独自に始めることとなった。

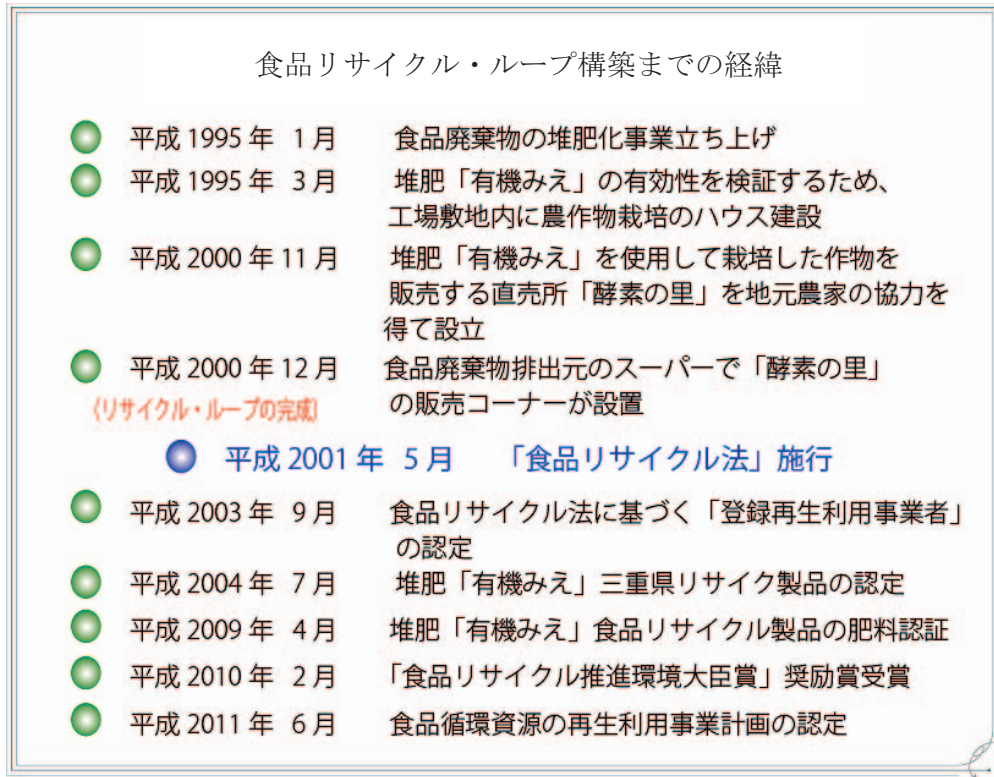


図-29 有限会社三功のリサイクル・ループの形成過程

1993 年から津市内の工場で発酵ドラムを使って、食品廃棄物から堆肥をつくる実験をスタートした。しかし、当時、生ごみを堆肥化する事業でモデルの成功事例がなかったため、当初は失敗の連続だった。木くずで水分を調整し微生物資材を使って処理をしても、製品からは悪臭が漂い蛆虫が湧く始末で、自らノウハウを一から蓄積していくしか術がなかったため、こうした失敗も避けては通れなかった。

試行錯誤を続けていたある時、発酵ドラムから取り出して工場内の敷地に堆積したまま放置しておいた製品を切り返したところ、そこからカブトムシの幼虫がたくさん出てきた。これをヒントに処理方法を見直し、生ごみを発酵プラントに投入して処理すれば堆肥が出来るのではなく、時間をかけてじっくり熟成させることによって良質な堆肥が出来るのだということを痛感した。その後、自作の発酵プラントのドラムに改良を重ね3年かけて堆肥化の技術を築き上げることによって、腐葉土並みの良質な堆肥をつくる方法にたどり着くことが出来た。

1) 農家との連携

堆肥づくりに目途がついたことで、1995 年に食品廃棄物の堆肥化事業を本格的に立ち上げた。次の課題は、堆肥を使ってもらおう農家を探すことであった。近隣の農家に堆肥の利

用を呼び掛けたが、当時、生ごみ堆肥に対する理解がなく、「ゴミを畑に撒くのか」と農家の理解を得ることは困難であった。

堆肥への理解とその有効性を検証するために工場敷地内に農作物を栽培するハウスを建設し、堆肥を使ってトマトなどの様々な作物を自ら栽培し、近隣の農家にその出来栄をみて貰った。この取り組みによって、農家の堆肥に対する理解が深まり、次第に同社の取り組みに関心を持ってくれるようになった。まずは無償で堆肥を提供することで使用してもらい農家を増やす努力を重ねていった。

次の課題は、栽培した作物の販売であった。同社が窓口となり 2000 年に農作物の直売所「酵素の里」を設立し、協力農家と共に農作物の販売を実施した。続いて、食品廃棄物を排出する近隣のスーパーマーケットマックスバリュ津北店に「酵素の里」の販売コーナーを設けることによって、食品廃棄物のリサイクル・ループを完成することが出来た。

2011 年 6 月、(有)三功・酵素の里がユニー株式会社と連携し、再生利用事業計画の認定を受け現在に至っている。現時点でイオン久居店、マックスバリュ津北店、アピタ松阪三雲店の 3 店舗で農作物の販売を行っている。

2) メタン発酵の取り組み

今後、食品廃棄物受け入れの増加が見込まれる中、更なる食品リサイクルの展開を見すえ、同社は 2014 年にメタン化による新たな食品リサイクル・ループの調査研究を実施することとなった。

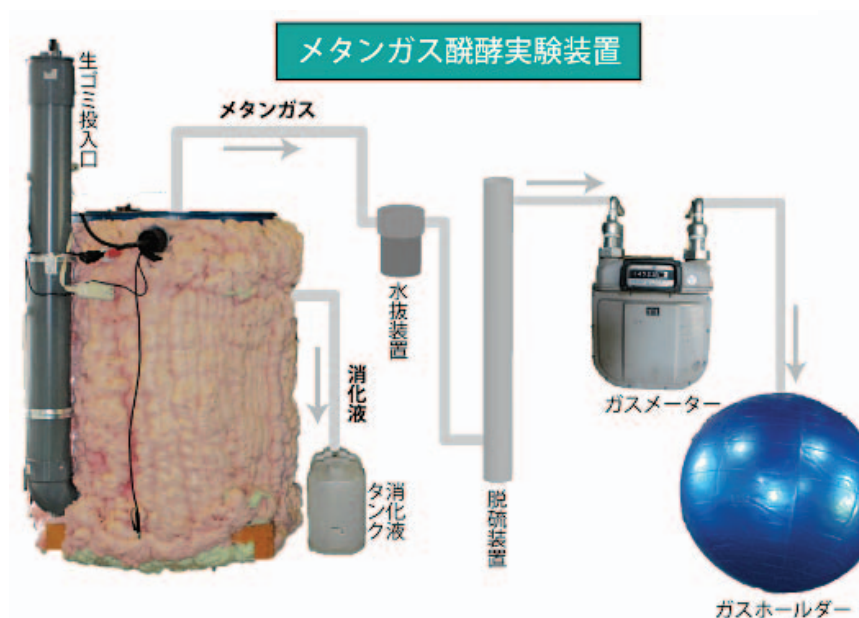


図-30 (有)三功のメタン発酵実験装置

手始めに、食品廃棄物だけを使用したメタン発酵に関する資料を探したものの、参考になるものはほとんどなかった。視察した施設も大型のものが多く、同社が考える 5 t から 10 t ぐらいの食品廃棄物を処理する施設もほとんど見当たらず、調査研究は順調に進まなかった。

調査研究は一時的に行き詰ったが、数カ所の施設の視察を通してメタン化施設の概略は理解できた。それを元に工場内に「メタン発酵実験装置 (図-30)」を手造りして、コンビニ弁当を中心に日量 500g の食品廃棄物の処理を実施した。

開始した当初、ガスホルダーにガスは溜まるものの、着火を試みたが燃焼することがなかった。分析にかけたところ、発生したのはメタンガスではなく二酸化炭素であることが判明した。その後、三重県庁から持ち込まれた食品廃棄物を投入することでメタンガスの発生状況を調べたが、この時点でもメタンガスは発生することはなかった。

この時点で、実験は行き詰った。メタンガスが発生しないのは、文献を頼りに作った種菌に問題があるのではと考え、既に実験施設を稼働させていた秋田県立大学の日高教授の研究室を訪問し、色々ご指導をいただいた。そして、大学内の実験施設で作られた消化液を種菌として分けていただき、その種菌を使って再度実験に取り組むことによってメタンガスがほぼ安定的に発生するようになった。

3) 今後の課題

メタン化事業の調査研究を進めるに従い、様々な課題が浮かんできた。主要なる課題として、以下の二点が考えられる。それらは、①事業化にあたっての採算性の確保 ②消化液の利用についてである。

同社の場合、日量 5t~10t の食品廃棄物のメタン化を目標に調査を始めた。当事業を立ち上げ継続して行く上で最も重要なポイントは、採算が見込めるかということにある。

メタン化施設を数カ所視察したが、その多くはメタンガスを電気に変え売電することで施設建設コストを賄うという考えのもとに事業化を進めているが、同社は売電を目的とはしていない。自社工場で使用する電気を賄うことで、電気料金の削減を目的としている。この考えをベースにメタン化事業を位置づけて、それに見合った規模の施設を考えており、今後、それらの建設コストなど導入にあたって採算等が次の大きな課題となる。

更に、メタンガスを取り出した後の消化液の利用も大きな問題である。メタン化事業を展開するうえで、同社はリサイクル・ループの構築を基本に据えている。それ故、消化液の利用が最大の課題であると考えている。堆肥化に取り組んだ際もそうであったが、農家が消化液を利用してくれないと、メタン化事業そのものが成り立たなくなってしまう恐れがあるからである。

- 消化液に対する農家の理解をどうすれば得られるか
- 農家の利用に耐えられる消化液の品質の維持は出来るか
- 消化液の散布による環境汚染はないか
- 栽培された農作物の品質は大丈夫か

といった問題が、今後事業を構築するうえで大きな課題となってくる。これらについて更なる調査が必要と考えている。

今回の事業において、消化液の肥効を調べるため、(有)三功の関連会社の(有)酵素の里の圃場を使ってコマツナとカブの栽培実験を実施した(図-31)。その結果については、39ページを参照していただきたい。同社は今回の栽培実験の結果と上記に記した課題を解決しながら、今後の展開を進めて行うこととなった。

(有)三功顧問 土居伸光氏、総務課長 稲垣賛朗氏)



図-31 消化液を使用した酵素の里の実験圃場

(3)食品残渣をめぐるループの成立条件

1)食品廃棄物リサイクル・ループ構築への道のり

1990年代の半ば頃から、生ごみを堆肥に変えて作物を育てようという機運が市民運動の中で小さな形で芽生え始めた。この流れは次第に広がりを見せ、やがて地方自治体や食品関連企業、そして廃棄物処理業者を巻き込み、2001年の「食品リサイクル法」の施行へと繋がって行くことになる。

市民レベルでの取り組みが始まった背景は様々ではあるが、主として大量生産、大量消費に伴って発生する大量廃棄が環境を汚染し、生態系への影響に対する危機感があった。この動きを支えたのが、1992年にブラジルで開催された「環境と開発に関する国際連合会議」(国連地球サミット)であり、1997年の「気候変動に関する国際連合枠組み条約の京都議定書」であった。

各地で始まった生ごみリサイクルの動きは当初、焼却によって発生するCO₂やダイオキシンの抑制、埋め立てによる腐敗臭の発生や土壌汚染をどう解決するかはその主眼が置かれていたが、次第に、生ごみをごみではなく資源として捉えることで、そこから生み出される様々なメリットを地域に活かそうとする考えが生まれ、異業種の人たちを巻き込みながら食品廃棄物のリサイクル・ループづくりを目指す方向へと向かっていった。都市系生ごみに関しては分別収集による飼料化、堆肥化、その施設を基幹とした地域づくり、活性化の起爆剤として、リサイクル・ループが注目されるようになった。

- ① 焼却や埋め立てを減らすことで地域環境が保全される。
- ② 水分を大量に含む生ごみの処分は化石燃料を大量に必要とする。堆肥に変えることでその使用が抑制され、焼却場の処理費の削減が期待できる。
- ③ 環境の保全がなされることで、地域住民の健康への負荷が軽減される。
- ④ 生ごみ堆肥の利用を促進することで農家が化学肥料や農薬の依存度を減らし、安心して安全な作物栽培が見込める。
- ⑤ それらの農作物を直接地域のスーパーや商店で販売することで「地産地消」を確立し、地域の活性化を図ることができる。

などの、多くのメリットを地域にもたらすと考えられるようになった。

2)求められる循環型消費スタイルへの転換

上記に述べたように、食品廃棄物リサイクル・ループを構築することで多くのメリットを生み出すことが期待できるが、その実現は簡単ではない。何故なら、これまで慣れ親しんできた大量生産、大量消費、大量廃棄という一方通行となっている流れからの転換が必要となる。食品廃棄物のリサイクル・ループを成立させるには、以下の課題を解決しなけ

ればならない。

(ア)生ごみの分別・排出

食品廃棄物リサイクル・ループ構築するうえで最初の関門は、生ごみの分別である。これまで燃えるごみとして他のごみと一緒に処分してきたごみから、生ごみを分別する作業は面倒なものである。適切な分別がなされず異物が混じれば良質な堆肥を作れない。このような堆肥は農家からの需要は減りリサイクル・ループの環は途切れてしまうことになる。また、台所や調理場にあるナイフや包丁といった硬質の異物が混入すれば、堆肥化装置を壊すことにもなりかねない。

排出業者の分別意識の向上には、リサイクルの意味や意義について指導や研修が必要になる。当初は異物が混じることが多い生ごみも繰り返し分別教育を実施することで、次第に意識が高まり異物の混入は少なくなっていく。そこに至るまでに多くの手間暇がかかるが、排出側の分別作業の工程で手を抜けばリサイクル・ループ構築の初期段階でつまずいてしまうことになる。また、生ごみは腐敗し易く悪臭を発生させるので、衛生問題についての配慮も欠かせない。そのための新たな保管対策も講じなければならない。

(イ)生ごみの収集・運搬

次に問題となるのは、収集と運搬である。ここで重要な視点は、リサイクル・ループ構築が事業として成り立つかどうかである。

@収集・運搬にかかる適切な収入が見込めること。

@採算が見込める程度の生ごみの量がその地域に存在すること。

これらの問題を事前に調査する必要がある。更に収集・運搬過程で異物が紛れ込まないよう生ごみ専用の車両も必要になる。この問題に加え、採算を取ろうとして大量の生ごみを集めようとする、堆肥化プラントを設置した場所以外の地域から生ごみを収集・運搬しなくてはならないケースが往々にして発生する。生ごみが一般廃棄物の場合、A市で排出された生ごみをB市のプラントに許可なく運搬することは出来ない。生ごみ排出先の行政と受入先の行政との協定が必要になる。リサイクル・ループを構築する上で事前に行政間の調整が欠かせない。

(ウ)堆肥製造時の課題

収集した生ごみは、施設に運び込まれる。堆肥化施設は日量数十トン規模から数トンの処理しか出来ない施設もあり、堆肥化の方法も様々である。ただし、規模は違ってもループを構築する上で共通した課題は生産物の品質である。農家の期待に十分応えられるよう、堆肥製造時の品質管理が重要である。生ごみ堆肥は、基本的に酸素を好む好気性の微生物の働きによって生ごみを発酵させることで完熟へと転換していく。この行程も施設によっ

て異なるが、生ごみを堆肥化装置に投入し、機械任せに処分すれば堆肥になるというものではない。発酵が十分でない堆肥を使用した場合には土壌や作物被害が発生する。未熟な堆肥をハウスなどで使用した場合にはアンモニアや亜硝酸ガスが発生して、一夜にして作物が枯れてしまう恐れがある。農家が安心して喜んで使いたいと思う堆肥を製造しなければ食品ループは完結しない。堆肥製造に携わる人間は、機械任せにせず、その品質を判断する能力と技術が求められる。また、定期的に公的機関などで堆肥を分析しその品質を常にチェックすることも必要である。

(エ)堆肥利用上の課題

「食品リサイクル法」の施行もあって、近年は生ごみを原料とした堆肥が知られるようになった。この取り組みが始まった当初、先例がなかったこともあり、畑にごみを入れるのか、と顔をしかめる農家も多く、生ごみ堆肥に対する農家の理解は中々進まなかった。十分な知識もなく利用方法も分からない生ごみ堆肥を使って、果たして作物が育つのか、という不安を農家が抱いたのは当然のことである。使ってみて作物が育たなければ農家はその年の収入を失うことになってしまう。その場合、誰がその保証をしてくれるのか。長年大切に耕してきた畑を荒らすことはないかと使用を躊躇する農家が多かった。しかし、各地で小規模ながら生ごみ堆肥を使った公設機関の研究成果や栽培事例が見られるようになり、良質な生ごみ堆肥は土壌の地力維持に、また、作物の収量品質の向上に好影響を与えることが徐々に理解されるようになっていった。地域によっては生ごみ堆肥を入手するのに順番待ちという施設も出てきている。リサイクル・ループの構築にあたっては農家の不安を取り除くために農家の積極的な関与と参加が求められる。

(オ)農作物栽培管理上の課題

農作物の種類、品種、土壌などによって作物の栽培方法・管理が異なっている。生ごみ堆肥が作物にどのような影響を与えるかについて、しっかりとした検討及び情報収集が必要である。リサイクル・ループの構築に関心を抱く農家の多くは、環境問題や土壌汚染問題、そして健康問題に対しても高い意識を持っている。そして健全な土壌は健全な野菜を育むということを十分承知して日常の栽培管理や土壌づくりに励んでいる。植物系の生ごみ堆肥は化学肥料のような即効性ではない。長年使い続けることで土壌の保温性、保水性、保肥性が高まり、その結果土壌が健全で豊かになっていくことを個々の農家への理解を醸成しつつ、地域の土壌や作物に応じて使用方法の指導も必要になる。

(カ)農作物流通上の課題

リサイクル・ループというループを完結する上でも重要なポイントは、生ごみ堆肥を使って育てた農作物の販売、生産物の流通にある。リサイクル・ループに参加する農家はこ

れまでの体験から見ると、何らかの形で作物販売の差別化を図る取り組みを積極的に行っている。直売所を設けたり、生ごみを排出する地域のスーパーに販売コーナーを設けたり、また地域の学校の給食用食材として提供してリサイクルの大切さを子供たちの環境教育に生かしたり、といった地道な活動による販路の開拓である。このように従来とは違う流通ルートを確認し、地域の人たちにその土地で育てた作物をその土地の人たちに食べてもらう「地産地消」を実践することで、従来の流通ルートから得られる利益よりも多くの利益を得ている農家も出てきている。

食品廃棄物のリサイクル・ループは図-32 に示したように、分別・排出、回収・運搬、製造工程、農家の生産物の利用、農作物栽培（収量品質）、農作物流通（差別化）といったそれぞれの分野で発生する課題を解決することで構築されていく。

3)今後の問題点

図-32 に食品リサイクル・ループ構築に伴う問題点を整理した。食品廃棄物のリサイクル・ループは一朝一夕に構築することはできない。異業種の人たちが関わることによって初めて成立するものであるため、それぞれの思惑が適切にかみ合わなければ、リサイクル・ループは簡単に崩壊してしまうことになる。それ故、リサイクル・ループを維持発展させていくためには、地域の状況とループに参加する事業者等の状況をよく周知した調整者または機関、旗振り役の存在は欠かせない。そして、ループにかかわる人たちや事業者それぞれに適切な利益が得られるよう、それぞれがウインウインの状態になるようなシステム作りも欠かせない。

((有)限会社三功 顧問 土居伸光氏)

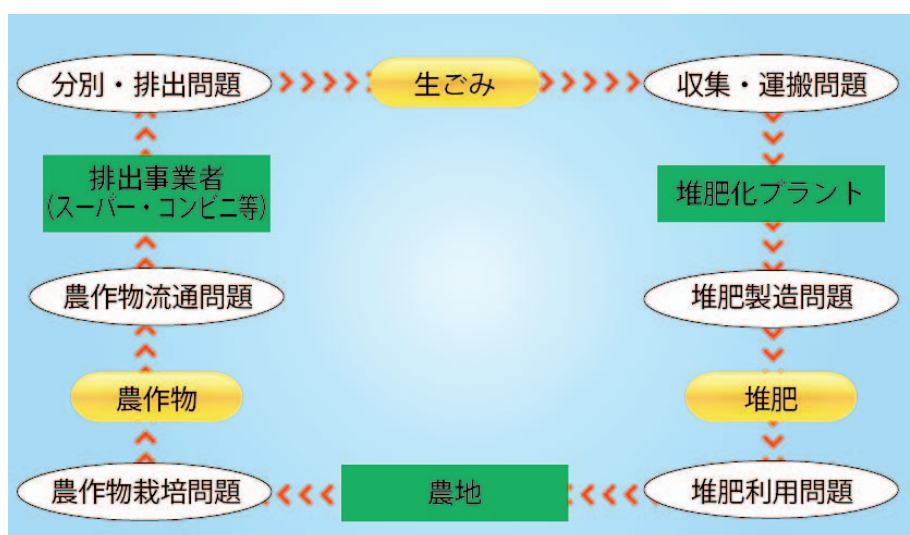


図-32 食品廃棄物リサイクル・ループ構築に伴う問題点

Ⅲメタン発酵消化液の利用促進に向けた取組の実施

1. 目的

メタン発酵消化液の液肥利用はすでに様々な食用作物（水稻、小麦、野菜類「コマツナ、ホウレンソウ、果菜類「トマト、キュウリ」、根菜類「ニンジン、馬鈴薯、コカブ」）や飼料作物（飼料イネ、トウモロコシ、イタリアンライングラス）で試みられている。ただし、供試した消化液の大部分は畜産系が多く一部に事業所系（食品業種の残渣や汚泥）を原料とした消化液も使用されている。食品系のみを主原料とした消化液を用いた事例はこれまで見られない。そこで、カット野菜くずと鮮魚あらを原料に、2013年7月以降に稼働している秋田県立大学構内のメタン発酵プラント（日量原料投入：野菜屑200kg/日、魚あら10kg/日）からの消化液を畑作物試験に供試した。栽培試験地は三重県津市久居明神(有)三功、(有)酵素の里圃場、以下：津試験地）と秋田県秋田市金足大清水字清水台、以下秋田試験地）の2か所で行った。また、秋田県立大学が2014年～2016年に行った牧草、葉菜類への施用例とライシメーターを使用して行った環境影響（硝酸態窒素の溶脱、亜酸化窒素の発生量）調査についても参考資料として提供する。

2. 三重県津市消化液の液肥利用栽培試験-黄色土壌-

(1) 栽培試験地の土壌とコマツナ、カブの栽培

試験地（三重県津市久居明神、有限会社酵素里圃場の未利用地 N34-41-6.13、E135-27-6.44）はやや高台にある黄色土(表層土壌の土色：10YR4/6, 土性：L)の開墾地に設けた。耕作畑の土壌化学性を表-7示す。今回の試験圃場は耕作歴のない未耕地が選定された。その土壌化学性は全炭素0.16%、全窒素0.02%と養分が極めて少なかった(表-8)。このため栽培試験の開始にあたり、(有)三功食品リサイクル堆肥「有機みえ」30t/10aを9月15日に施用し、ロータリー耕で作土層約20cmに全層混合し、100m²の試験圃場を造成した。供試作物はコマツナ(品種：夏楽天)とカブ(品種：耐病ひかり)として、1区面積4m²の2反復とした。なお、消化液は秋田県立大学メタン発酵施設からの消化液をポリタンクに移し必要量をクール配送し、圃場施用までの間は(有)三功施設内に保管した。土壌の化学性、消化

液の水質成分を表-8、表-9に示す。播種前の作土20cm層の土壌pHは5.6、EC 20.4 mS/mであった。播種前の試験圃場の土壌化学性を表-8に示す。堆肥が混和した20cmの作土は土壌硬度が改善され、堆肥由来の炭素、窒素の増加がみられる。

表-7 栽培試験圃場に隣接した既往畑の土壌化学性（堆肥施用有）

pH	EC mS/m	T-C %	T-N %	NH ₄ -N mg	NO ₃ -N mg	Truog-P mg	交換性塩基 mg/100g		
							K ₂ O	CaO	MgO
5.46	2.35	1.6	0.1	1.06	1.89	4.20	7.59	92.3	55.0

表-8 堆肥施用後、播種前の土壌化学性

	層位 cm	pH	EC (mS/m)	土壌硬度 (mm)	T-C (%)	T-N (%)	NH ₄ -N (mg/100g)	NO ₃ -N (mg/100g)
堆肥施用 播種前	0-10	5.9	19.3	6	2.38	0.119	1.18	3.60
	10-20	5.2	21.4	10	1.14	0.055	1.88	3.63
	20-30	5.3	13.3	25	0.34	0.018	1.58	7.73
圃場内 未造成地	0-10	5.5	2.4	22	0.16	0.015	1.14	0.18
	10-20	5.4	2.3	21	0.15	0.015	0.98	0.18
	20-30	5.3	1.9	25	0.36	0.001	1.50	0.30

表-9 供試消化液の水質成分（秋田県立大学メタン発酵施設）

pH	EC S/m	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	NH ₄ -N ppm	全リン酸 P ₂ O ₅ ppm	水溶性リン酸 P ₂ O ₅ ppm	カリウム K ₂ O ppm
6.5	3.72	1240	34,000	6,600	5,520	552	121	3,600

(2) 試験区と施肥設計

処理区は窒素・リン酸・加里の標準施用量（A.化成肥料区）、化成肥料の窒素相当量を消化液の全窒素で施用、消化液の窒素の肥効率を70%（B.窒素肥効率70%区）と同50%（C.窒素肥効率50%区）及び無化学肥料・無消化液（D.堆肥区）の4区を設けた。なお、消化液区に不足するリン酸と加里は単肥で補った。処理区の施肥設計を表-10、試験区画の配置を図-33、試験区の整備・消化液散布の状況を図-34に示す。

消化液の散布は水道水で希釈して下記のB区、C区に窒素換算当たりの規定量をじょうろの先端を抜いて均一に散布した後に、作土層と混和した。他の区は同量を水道水で灌漑した。コマツナの播種は播種機にて種間5cm、条間15cm（12条×2m/区）、カブは種間5cm、条

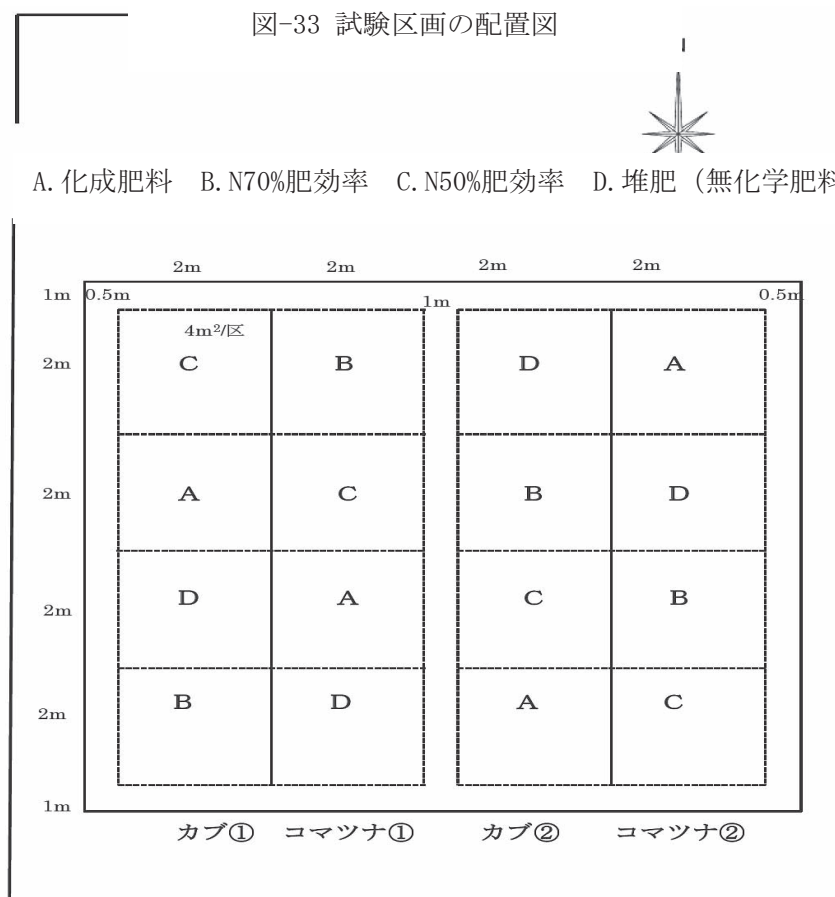
間20cm (9条×2m/区) のドリル播きとした。なお、カブは5~6葉時にA・B・C区に追肥を行い、10cmに1本になるように間引いた。

表-10 コマツナとカブの施肥設計と消化液の施用量

区	コマツナ 成分施用量(kg/10a)				カブ 成分施用量(kg/10a)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	消化液(L/10a)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	消化液(L/10a)
A. 化成肥料	14	12	12		15	20	15	
B. N70%肥効率	20	12	12	3,025	21.4	20	15	3,759
C. N50%肥効率	28	12	15.3	4,250	30	20	16.3	4,550
D. 堆肥(無肥)	-	-	-		-	-	-	

- 1) 播種(2015年9月29日)、収穫(コマツナ2015年11月2日、カブ11月21日)
- 2) N70%肥効率区、N50%肥効率区は不足するリン酸を過リン酸石灰(P₂O₅:17.5%)で施用
消化液中のリン酸肥効は水溶性リンで評価
- 3) カブの追肥は窒素N(5kg)、リン酸(3kg)、加里(5kg)を化成肥料と消化液で施用

図-33 試験区画の配置図



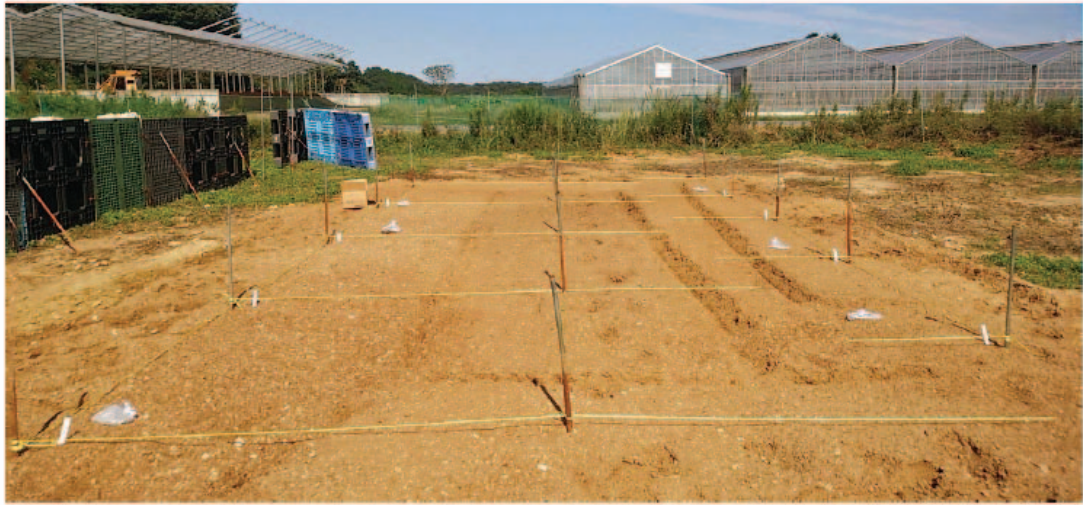


図-34 コマツナ、カブ栽培試験圃場

栽培試験圃場の整備状況と区画、基肥（化学肥料、消化液の施用）

2015年9月29日

(3) 生育の経過と収量

各処理区とも発芽障害はみられず、その後の生育も順調に経過した（図-35。カブの葉身には虫害の食害が見られたが、収穫まで無農薬で栽培した。カブの消化液区は原液を希釈した頭上灌漑で行ったために、葉の上面に白いシミ（消化液のSS分）が沈着した（図-36）。



図-35 栽培試験圃場の様子（奥右列：コマツナ、左列：カブ）2015年10月23日



図-36 消化液の追肥（頭上灌漑）後、葉面の汚れ

1) コマツナの収量 (表-11 図-37、図-38)

堆肥区 (無化学肥料) も生育は旺盛となり、消化液区を含めた4処理区の収量 (4.01 ~4.43kg/m²) に特記すべき差は見られなかった。化成肥料区と肥効率50%区は堆肥由来の窒素が加わり、地上部の硝酸イオン含量は高濃度であった。

表-11 コマツナの収量調査 (2015年11月2日)

コマツナ	A. 化成肥料	B. N 肥効率 70%	C. N 肥効率 50%	D. 堆 肥
草丈 cm	30.5	31	30.3	29.4
葉 色	37.2	37.4	37.4	38.4
硝酸イオン濃度	8,875	6,400	7,550	5,625
新鮮重 kg/m ²	4.15	4.43	4.01	4.21

葉色は SAPD 測定値 (15 株、2 連の測定値)



図-37 コマツナ収穫時圃場 (手前2列)

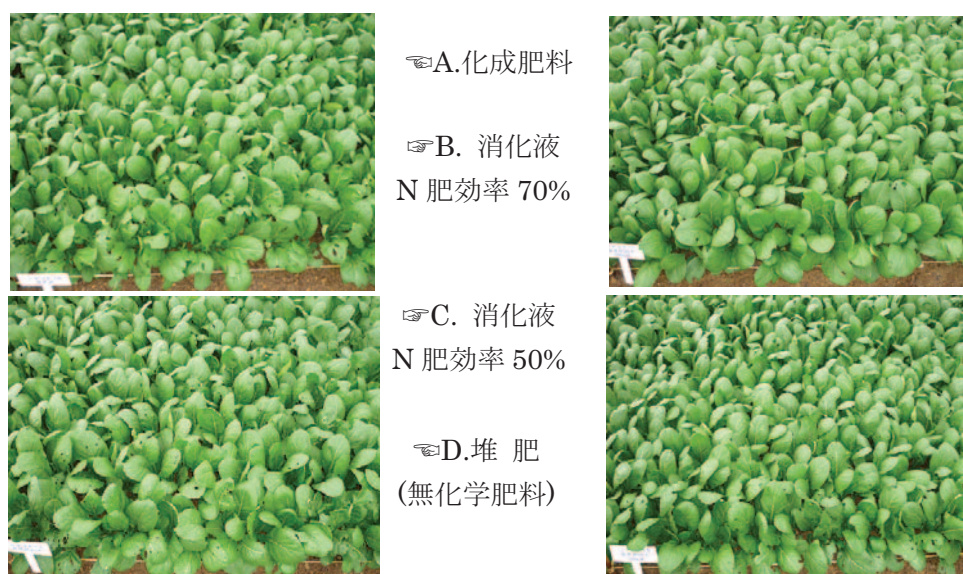


図-38 コマツナの収穫期 (2015年11月2日)

2) カブの収量 (表-12 図-39、図-40)

気温がやや低下気味に経過したことから、カブの収穫期は遅延気味であったが、順調に収穫期を迎えた。消化液区は追肥によって生じた葉の付着物(汚れ)も収穫期には消失していた。

地上部を含めた新鮮重量は10.8~11.9 kg/m²の範囲にあり処理区に目立って大きな差は見られない。カブ収量は3.09~4.63kg/m²と堆肥区(無化学肥料)がやや優った。カブの直径5~6cmを収穫の目安にしたが、化成肥料区、消化液区のカブは地上部に比して小径カブが目立った。

表-12 カブの収量調査 (2015年11月21日)

カブ	A. 化成肥料	B. N 肥効率 70%	C. N 肥効率 50%	D. 堆 肥
草丈 cm	54.8	53.9	54.2	52.2
葉 色	29.8	30.6	30.3	28.5
カブ幅 cm	5.1	5.4	5.4	5.8
カブ高 cm	4.5	4.7	4.6	4.8
新鮮全重 kg/m ²	10.8	11.2	10.8	11.9
地下重量 kg/m ²	3.09	3.55	3.48	4.63



表-39 カブの収穫圃場 (2015年11月21日)

A. 化成肥料



B. 消化液 N 肥効率 70%



C. 消化液 N 肥効率 50%



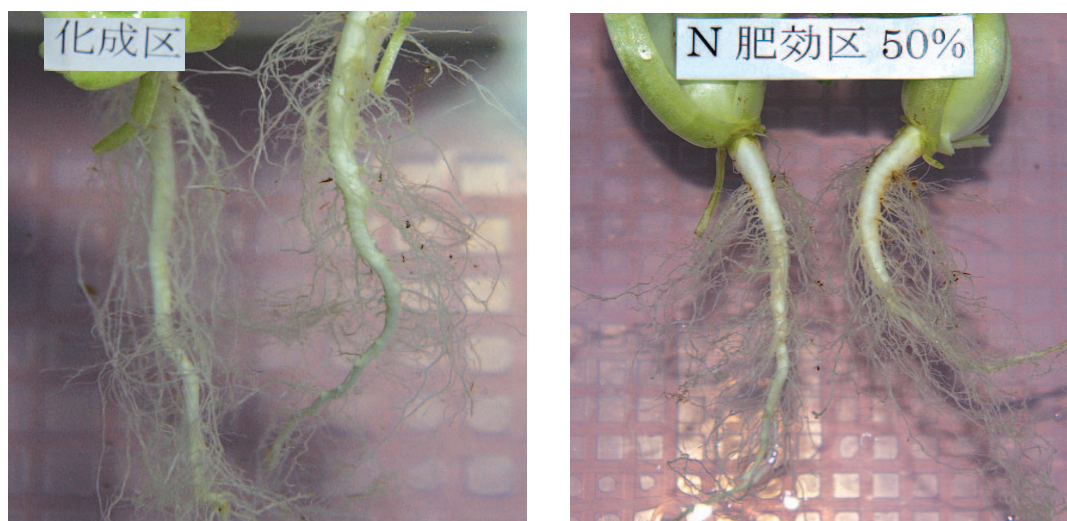
D. 堆肥 (無化学肥料)



図-40 カブ収穫時の地上部と地下部の様子 (2015年11月21日)

(4) 消化液の液肥利用 -津試験地の評価-

今回設置した栽培試験圃場は土壌の化学性・物理性とも劣っていたことから、食品リサイクル系の堆肥（有機みえ）を深さ20cmの層に大量に施用（全窒素約450kg/10相当）した。これに化学肥料、消化液の窒素が上乘せとなり高い窒素環境下での栽培試験となった。従って、コマツナ、カブの生育収量は処理区間に有意な差は認められなかった。化学肥料区、消化液区のカブの収量は無化学肥料区（堆肥区）よりやや劣った。これは化学肥料区、消化液区の地上部生育が旺盛となり結球重（カブ重）が抑制されたと推察される。各処理区とも発芽その後の生育は順調であり、発芽・発根障害はみられなかった（図-41）。野菜類に対する消化液の施用例では基肥（3t~4t/10a程度）での施用が一般的であるが、葉菜類に追肥として使用した場合には葉にシミが付くことがあり、問題視されている。追肥に使用する場合には1.7mmメッシュ（京丹後市）の網目で固液分離するなどの対応が行われている。散布時の臭気に関してはカブ追肥時にも確認されている。基肥後にはアンモニア揮散防止を含めて散布後には早めに土壌混和を行うことが奨励されているが、追肥として用いた場合にも管理機等を利用して畝間の混和が望ましい。



A.化成肥料区

C. 消化液 N 肥効率 50%区

図-41 コマツナの根圏（細根の発達に障害は見られない）

(5) 栽培跡地土壌の化学性

コマツナの収穫期に土壌を3層（0-10cm、10-20cm、20-30cm）に分けて採土し土壌の化学性を調査した。表層から20cmまではロータリー耕の耕深・攪拌で膨軟であったが、20～30cmの層は硬く採土器オーガーの挿入時に強い抵抗があった。土壌の化学性は表-13に示すように各処理区ともEC、カリウム、可給態リン酸はいずれも表層土壌が高く、特にカリウムと可給態リン酸は0-10cmの層が高く下層ほど低い値を示した。アンモニア態窒素と硝酸態窒素の土層間の分布には特徴的な傾向が見られる。化成肥料区は土層30cm間でアンモニア態窒素と硝酸態窒素の分布に大きな変動は見られない。消化液区の窒素分布は下層で高い傾向がみられ、特に硝酸態窒素は下層で濃度が高く、表層から下層にかけて明らかな濃度勾配が見られた。すなわち、消化液は全窒素の8割近くが無機態のアンモニア態窒素であり、施用後は速やかに消化作用を受けて生成した硝酸態窒素が下層へと移行する溶脱現象を確認できた。

表-13 コマツナ収穫期の土壌化学性

区	層位 (cm)	pH	EC (mS/m)	NH ₄ -N (mg/100g)	NO ₃ -N (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	可給態リン酸 (mg/100g)
A. 化成肥料	0-10	5.63	45.6	1.58	6.16	59.8	149.7	33.3	33.8
	10-20	6.75	25.1	1.53	9.96	68.2	303.6	30.7	26.3
	20-30	5.73	19.0	1.39	6.32	17.2	109.7	27.1	5.2
B. N70% 肥効率	0-10	5.79	28.1	1.24	3.58	61.9	153.9	42.9	31.7
	10-20	5.29	26.5	1.47	7.70	47.4	104.5	38.4	11.6
	20-30	4.84	16.8	1.40	11.60	19.1	71.0	36.0	0.6
C. N50% 肥効率	0-10	5.92	31.2	1.52	4.53	62.9	191.9	49.5	28.0
	10-20	6.01	24.3	2.15	7.21	31.6	128.3	38.5	9.4
	20-30	5.60	15.7	2.58	9.24	10.0	132.3	41.6	3.6

3.消化液の畑地利用による環境影響評価

高濃度の有機態窒素、アンモニア態窒素を含む消化液を畑土壌に施用すると、有機態窒素は施用後に速やかに無機化する易分解性の画分と長期間土壌に残留する難分解性の窒素がある。最終的には硝酸態窒素となり、一部が作物に吸収され土壌に残留する。土壌残留が過剰な場合には下層への移行（溶脱作用）が増大し地下水の硝酸汚染を引き起こす。

一方、pHの高い消化液のアンモニア態窒素は施用後にアンモニアガスとして揮散し、また硝酸への無機化過程において脱 N 菌の作用で亜酸化窒素（N₂O）が発生する。これら窒素画分への形態変化の速度は土壌の pH や温度、降雨・風速等によって影響を受けるが、土壌の物理性・化学性など土壌の種類によっても異なることが想定される。

すなわち、消化液の利用に当たっては液肥としての施用効果が期待されるが、環境負荷へのマイナス面があることに注意する必要がある。そこで、秋田県立大学構内のライシメーターを使用して、消化液施用後の硝酸態窒素の溶脱と亜酸化窒素ガスの発生負荷量を化学肥料と比較した。2014 年は砂質土壌を充填したライシメーター(図-42)、2015 年は黒ボクで行った。

(1) 試験方法

1)ライシメーターの構造と試験区

ライシメーターは表層面が 2m×2m、深さ 1.5m の地下式のコンクリート構造となっている(図-43)。砂質土壌（表層：砂壤土、下層：砂土）を充填した 3 基と黒ボク土の 3 基を使用した。処理区は化成肥料区、消化液区、対照区(無施肥区)の 3 区を設け、2014 年は砂壤土のライシメーターを使用し、それぞれに 5 株のキャベツ(エックスボール)を植栽し、5 月 14 日から 8 月 25 日の間、栽培した。虫害、雑草対策として、黒マルチと防虫ネットを用いた。植栽前の 5 月 8 日に基肥として化成肥料区、消化液区に、N 18kg:P₂O₅ 20kg:K₂O 16kg/10a となるように施肥した。カット野菜クズを原料とした消化液(pH7.8、T-N 1,800 ppm、NH₄-N 1,600 ppm、PO₄-P 42.9 ppm、K 2,500 ppm)は全 N 換算で化成肥料区の同量を施用し、不足分のリン酸は過リン酸石灰で補った。追肥 (N :P₂O₅:K₂O) は 6 月 23 日に各成分 5kg/10a となるように、化成肥料、消化液で施用し、消化液区のリン酸不足分は過リン

酸石灰で施用した。2015 年は黒ボク土を充填したライシメーター(図-44)を使用し、同様な試験を行った。なお、供試作物はサニーレタス、基肥(6月22日)、N15kg/10a 及び追肥(7月30日)、N7.5kg/10a 相当量を化成肥料と消化液(カット野菜クズ 65%と魚のアラ 35%を原料 : pH 6.97、T-N 4,500 ppm、NH₄-N 3,790ppm、PO₄-P 60.0、K 3,000ppm)で施用した。消化液は全 N 換算で施用した。



図-42 ライシメーター試験 (2014年: キャベツ) 砂質土壌



図-43 ライシメーターの地下構造



消化液区



化成肥料区



無施用区

図-44 ライシメーター試験 (2015年: サニーレタス) 黒ボク土壌



図-45 亜酸化窒素ガスの捕集 (2015年)

2)浸透水の採水

浸透水は1週間に1度採水し、水量を記録した。2014年の採水は施肥前の5月8日開始し、10月29日に終了した。2015年は施肥前の6月29日～11月29日まで継続した。

3)N₂O ガスフラックスの調査(図-45)

ライシメーターの地表面から揮散するN₂Oガスの捕集は追肥前後にクローズドチャンバ法で行った。2014年度の試験は追肥前の6月18日にガスを捕集、追肥後は6月24日～30日に各区のN₂Oフラックスを測定した。2015年は前年同様に追肥NのN₂O揮散を調査した。追肥前の7月29日にガスを捕集し、追肥後は当日の7月30日～8月6日に各区のN₂Oフラックスを測定した。ガスは地表面に筒状のチャンバ(底面積326cm²、高さ25cm)を置き、3cmの深さに差し込み、蓋で密閉して行い、蓋を閉めた時間を0分として、0分と20分後にシリンジを用いて採取し、ガスクロマトグラフオートサンプラー用バイアルびんに採取した。地温及びN₂O測定条件等の詳細は省略する。

2. 消化液施用畑から硝酸態窒素 (NO₃-N) の溶脱と亜酸化窒素 (N₂O) の揮散

1) 硝酸態窒素の溶脱(図-46、図-47、図-48、図-49)

砂質土壌(2014年)と黒ボク土(2015年)の2カ年の試験で窒素施用量及び栽培期間中の浸透量には大きな差はみられなかったが、浸透水の硝酸態窒素の濃度及び溶脱Nの総負荷量は土壌間(砂質土壌>黒ボク土)で大きく異なった(表-14、表-15)。これは黒ボク土と砂質土壌の水分保持力や窒素の保持力の差であると考えられる。化成肥料区と消化液区の硝酸態窒素の溶脱に関しては、採水期間全体を通して砂質土壌、黒ボク土ともに化成肥料区が消化液区を上回った。砂質土壌の消化液区は施用直後に浸透水の硝酸態窒素濃度が急激に上昇し、その後は化成肥料区よりも低く推移した。硝酸態窒素負荷量も同じ傾向で推移した。

2) 亜酸化窒素のフラックス(図-50、図-51)

亜酸化窒素の放出量は土壌間で大きく異なり(砂質土壌>黒ボク土)、黒ボク土の亜酸化窒素の揮散量は砂質土壌の1/100以下であった。化成肥料、消化液施用後の亜酸化窒素の

フラックス（単位時間当たりの発生量）のピークは砂質土壌で2日後に、黒ボク土では直後に見られ、その後一週間内に追肥前の濃度に低下した。この亜酸化窒素の発生と衰退の特徴は消化液区がより速やかであった。土壌間差に関しては砂質土壌では化成肥料区が消化液区を上回って推移したが、黒ボク土では追肥直後に亜酸化窒素のフラックスが消化液区でより鮮明にみられる。それ以降は化成肥料区と消化液区に濃度差はみられなかった。

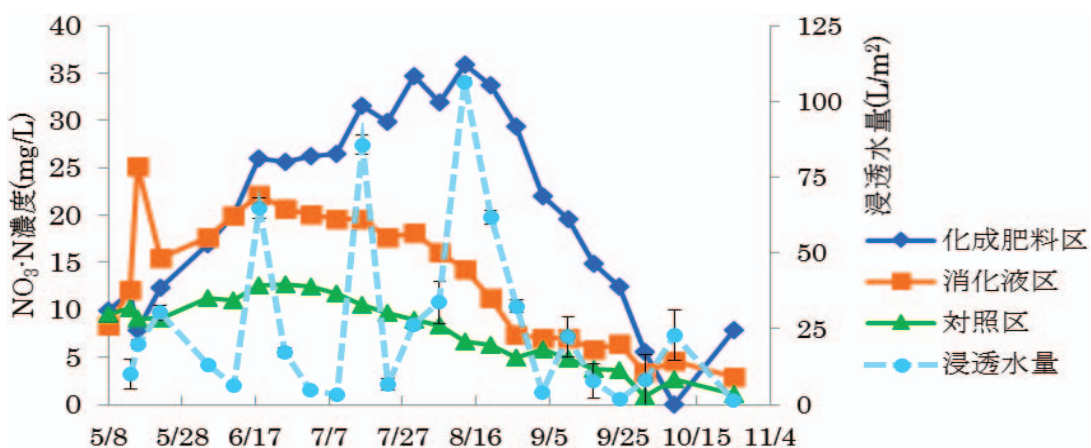


図-46 ライシメーター浸透水の NO₃-N 濃度（砂質土壌、2014 年）

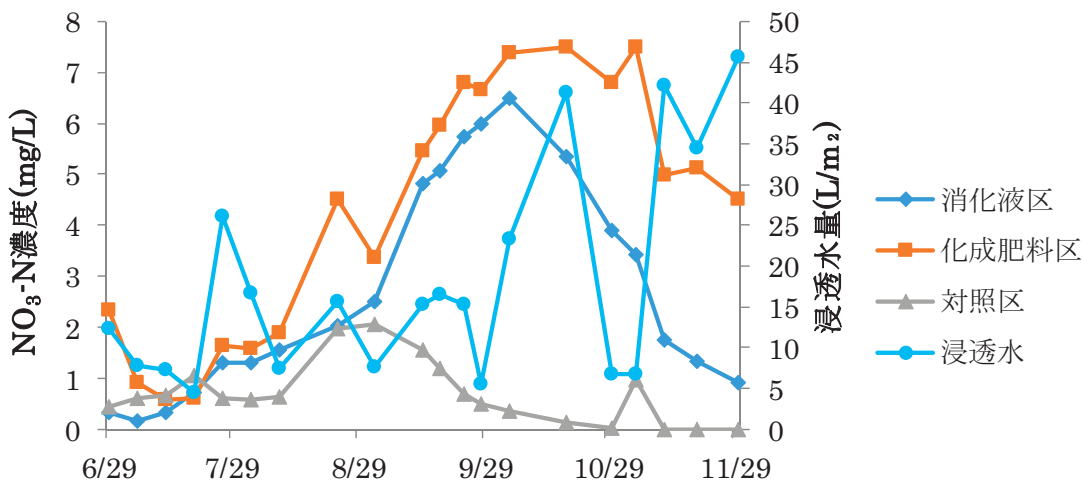


図-47 ライシメーター浸透水の NO₃-N 濃度（黒ボク土壌、2015 年）

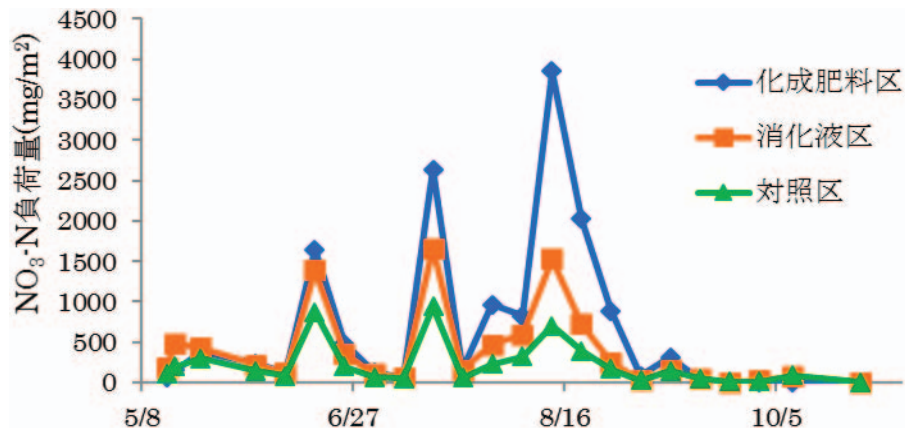


図-48 ライシメーター浸透水の NO₃-N 負荷量 (砂質土壌、2014 年)

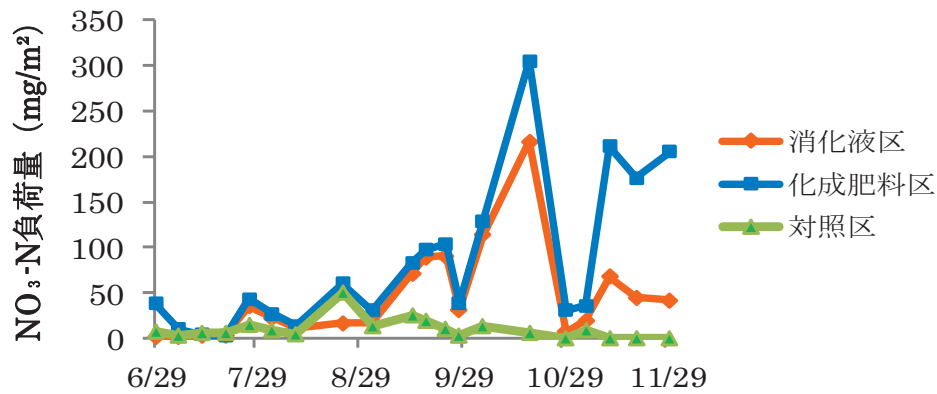


図-49 ライシメーター浸透水の NO₃-N 負荷量 (黒ボク土壌、2015 年)

表-14 ライシメーター浸透水の NO₃-N 溶脱総量 (砂質土壌、2014 年)

試験区	NO ₃ -N 積算量(mg)
化成肥料区	15,007
消化液区	9,063
対照区	5,118

表-15 ライシメーター浸透水の NO₃-N 溶脱総量 (黒ボク土壌、2015 年)

試験区	NO ₃ -N 積算量(mg)
化成肥料区	55.0
消化液区	86.1
対照区	14.0

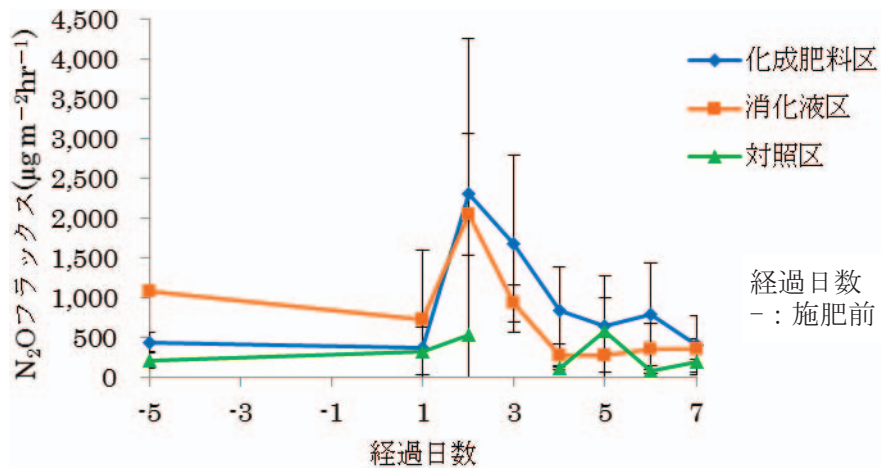


図-50 追肥後の N₂O フラックスの経時的変化（砂質土壌、2014 年）

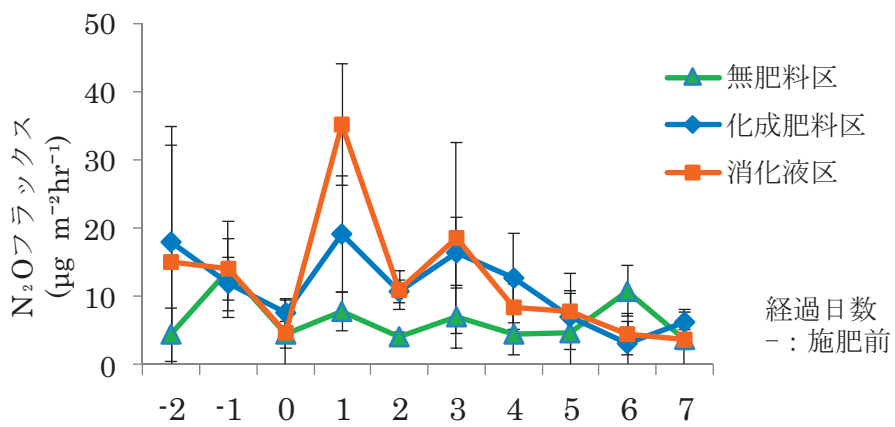


図-51 追肥後の N₂O フラックスの経時的変化（黒ボク土壌、2015 年）

4. 秋田県秋田市消化液の液肥利用栽培試験(補足) -砂質土壌-

(1) 栽培試験地の土壌とコマツナ、ダイコンの栽培

秋田県立大学に近い農家畑(秋田市金足大清水字清水台68、水沢 優の未利用地 N39-50-40.68、E140-03-05.86、以下、秋田試験地)の砂質土で行った。本試験は三重県津市で行った栽培試験を補完するために実施した。消化液の肥効をより明白に評価するために、堆肥等の資材は用いなかった。なお、依頼先の養液栽培(トマト)を専業とし、耕作機械を持ち合わせていないことから、すべてを手作業で行うために小面積(20m²)での栽培試験となった(図-52)。



図-52 秋田補足試験圃場整備前(表層:砂壤土、下層:砂土) 2015年9月3日

9月3日に試験圃場を整備して(図-52)、9月4日に図-53に示す試験区(3.3m×5.1m、16.83 m²)を設けた。消化液は秋田県立大学メタン発酵施設からの消化液をポリタンクに移し必要量を直接運搬して、9月17日に施用した。消化液はじょうろを用いて表面散布後、約20cmの土壌と混和、整地・均平後一週間の馴染期間を置いた。供試作物はコマツナ(品種:早どり小松菜)とダイコン(品種:秋祭)を1区面積1.5m×0.6m(0.9m²)に種間5cm、条間20cm(2条×1.5m/区)で播種した。各区とも2反復で行った。試験区画の配置(図-53)、試験区の整備・消化液散布の状況を図-54に示す。土壌の化学性、消化液の水質成分を表-16、表-17に示す。

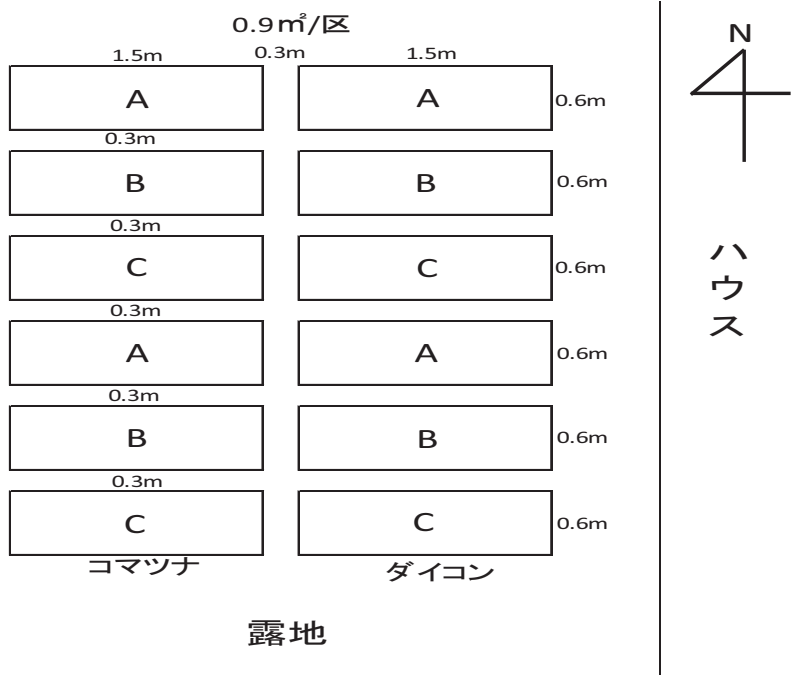


図-53 試験区の配置

表-16 栽培試験圃場の土壌化学性

pH	EC mS/m	T-C %	T-N %	NH ₄ -N mg	NO ₃ -N mg	Trough-P mg	交換性塩基 mg/100g		
							K ₂ O	CaO	MgO
5.12	2.89	7.55	0.61	1.10	0.06	0.32	2.88	6.42	0.31

表-17 供試消化液の水質

pH	EC S/m	COD ppm	T-N ppm	NH ₄ -N ppm	全リン酸 P ₂ O ₅ ppm	水溶性リン酸 P ₂ O ₅ ppm	カリウム K ₂ O ppm
6.89	3.01	1200	5,000	4,100	1,032	145	3,000



図-54 消化液の施用 2015年9月17日

(2) 試験区と施肥設計

処理区は窒素・リン酸・加里の標準施用量（A. 化成肥料区）、化成肥料の窒素相当量を消化液の全窒素で施用する B. 消化液 N 肥効率当量区と窒素の肥効率 50%（C. 消化液 N 肥効率 50%区）を設けた。なお、消化液区のリン酸は水溶性リン酸で評価し、消化液区に不足するリン酸と加里は単肥で補った。処理区の施肥設計を表-18 に示す。

表-18 試験区の施肥設計・消化液の施用量

区	コマツナ 成分施用量(kg/10a)				ダイコン 成分施用量(kg/10a)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	消化液 L/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	消化液 L/10a
A. 化成肥料	10	10	10		6(2)	10	5	
B. 消化液N当量	10	10	16	2,000	6(2)	10	5(1.2)	1,200(400)
C. 消化液N50%	20	10	32	4,000	12(4)	10	7.2(2.4)	2,400(800)

() は追肥の成分量及び消化液の施用量を示す。

(3) 生育の経過と収量

各処理区とも発芽障害はみられずその後の生育も順調に経過した（図-55）。試験地はこれまで耕作歴が無く地力が劣っていたことから、コマツナの生育差は明瞭であった。消化液50%肥効率区の生育は化学肥料区を上回り生育初期から歴然とした違いがみられた。ダイコンは11月5日に追肥を行い、消化液区は規定量をじょうろで頭上灌漑した。消化液灌水後の葉の表面にみられるシミが津試験地と同様にダイコンでも確認された。



図-55 生育状況（上：ダイコン、下：コマツナ） 2015年9月27日

消化液区の肥効は施用量が多いほど顕著にみられ、C. 消化液N肥効率50%区のコマツナの収量は1,082g/m²と化成肥料区の3.5倍であった(表-19)。化成肥料Nの肥効率と当量で施用したB.消化液N当量区の草丈は化成肥料区を上回り収量も化成肥料区の約2.4倍であった。このように砂質土壌のコマツナに対しては消化液の肥効は際立っていた(図-56)。

表-19 コマツナの収量と収穫物の調査 2015年10月27日

	草丈 (cm)	新鮮重 (g/m ²)	葉緑素 (SPAD)	含水率 (%)
A.化成肥料	14.2	308.8	37.3	91.4
B.消化液N当量	17.2	728.5	36.7	91.9
C.消化液N50%	24.3	1081.7	40.3	92.6



☞ A.化成肥料区



☞ B.消化液N肥効率当量区



☞ C.消化液N肥効率50%区

図-56 コマツナの収穫期

播種から収穫まで約90日を要した秋ダイコンは一回の追肥を行った。際立った生育差はみられなかったが、C. 消化液N肥効率50%区は作期間中、良好な生育で経過した。一方、B.消化液N当量区は生育後半には肥切れとなり、根の伸長・肥大が劣った。C. 消化液N肥効率50%区の全重量（地上部重+根重）は化成肥料区に比べて、約1.3倍（根重は1.2倍）上回った(表-20、図-57)。

表-20 ダイコンの収量と収穫物の調査 2015年12月3日

区	草丈 (cm)	根長 (cm)	根幅 (cm)	葉緑素 (SPAD)	全重 (g/m ²)	根重 (g/m ²)
A.化成肥料	27.3	26.6	4.0	36.1	2,532	1,596
B.消化液N当量	25.3	22.8	3.5	38.1	2,175	1,278
C.消化液N50%	30.3	27.8	4.4	37.4	3,334	1,988



A.化成肥料区



B.消化液N肥効率当量区



C.消化液N肥効率50%区



図-57 ダイコンの収穫期

5. 重粘質土壌への消化液の液肥利用 -参考資料-

2013年度に秋田県立大学フィールド教育研究センター（秋田県南秋田郡大潟村、N39-99-82.18、E139-94-95.42、重粘質土壌）の牧草畑と露地野菜畑（キャベツ、ニンジン、ホウレンソウ、コマツナ、ネギ、ナス、ブロッコリー）で消化液の肥効を評価するために栽培試験を行った。

栽培試験の詳細については省略する。

供試した消化液は津試験地、秋田試験地で使用した秋田県立大学内のメタン発酵プラントの生成物であり、カット野菜クズ(100~200kg/日)を原料とし、供試した消化液の水質、肥料成分を表-21に示す。

表-21 供試消化液の水質成分

pH	EC S/m	COD ppm	T-N ppm	NH ₄ -N ppm	水溶性リン P ₂ O ₅ ppm	カリウム K ₂ O ppm
7.8	1.2	1,219	1,811	520	64.4	2,461

(1) 試験区と施肥設計

1) 牧草

フィールド教育研究センター牧草試験圃場(2ha、イタリアンライグラス)の一区画(20m×5m、2連)に試験区を設け、供試作物の基肥と追肥に消化液を用いた。試験区は消化液中の窒素の形態で全窒素施用区(約2,000mgL⁻¹)とアンモニア態窒素施用区(622 mgL⁻¹)及び化成肥料区の3処理区とした。栽培期間中に3回(基肥、追肥2回)の施肥、1回のN施用量を3kg/10aとして、成分相当量を消化液で施用した。リン酸は基肥に9kg/10a相当量を消化液由来のリンを差し引き、過リン酸石灰で基肥に施用した。カリは150リットル区が3回施用で9.9kg/10a、483リットル区は同31.9kg/10aとなった。

2) 露地野菜

上記牧草圃場に接した畑地にキャベツ、ニンジン、ホウレンソウ、コマツナ、ネギ、ナス、ブロッコリーを栽培して消化液の肥効を評価する。75m²の畑圃場を二等分して、消化液区と対照区を設けた。窒素18kg/10a、リン20kg/10a、カリ16kg/10a相当量を化成肥料で施用し、対照区とした。消化液区は窒素量を化成肥料と同量として、全窒素換算で600リットルを施用した。リン酸は不足分を過リン酸石灰で施用、カリは消化液600リットルの施用で22kg/10aに達した。基肥は4月22日に全区に施用、追肥は6月8日、7月5日(ナス)、7月23日(ニンジン、ネギ)、9月27日(ネギ)、11月8日(ネギ)に行い、

施肥量はナスがN9kg/10a、ネギ7kg/10a相当量を化成肥料と消化液（全窒素換算）で施用した。なお、供試作物の定植と収穫期はキャベツ（4月24日-7月12日）、ニンジン（5月8日-9月14日）、ホウレンソウ（5月8日-6月24日）、コマツナ（5月8日-6月24日）、ブロッコリー（5月10日-7月5日）、ナス（5月10日-7月5日）、ネギ（5月8日-11月8日）であった。

(2) 牧草、露地野菜への消化液の肥効と評価

化学肥料の収量に対する消化液区の肥効は牧草（乾物重で1番刈り：106～107%、2番刈り：110～101%）、キャベツ（88%）、ニンジン（87%）、ホウレンソウ（100%）、コマツナ（122%）、ネギ（91%）、ナス（63%）、ブロッコリー（75%）であった（表-22、表-24）。このように、消化液の肥効発現は生育期間の長短で異なるが、肥効面から生育期間の短いホウレンソウ、コマツナに対しては、化成肥料（N・K）と同等以上の肥効を示した。草勢量の確保が必要な牧草栽培でも収量、養分吸収量ともに消化液区が優った（表-23）。

消化液の施用量に関しては消化液の全窒素またはアンモニア態窒素で化成肥料の窒素相当量に換算して施用するが、この場合の窒素は全窒素濃度での換算が望ましい。野菜クズ消化液にはカリ成分が高濃度に含まれるために、施用量の決定する際にはカリ過剰に対する配慮が必要である。例えば、窒素9kg/10a程度を施用する場合には、消化液の全窒素換算で1.5tを3回（基肥3kg、追肥2回：3kg/回）、トータルでは4.5～5t程度の消化液を施用する。この場合、カリの投入量は約10-11kg/10aで慣行施肥量に近い。

しかし、NH₄-N換算ではカリ31.9kg/10aとなり、畑作物では過剰な施肥である。そこで、露地野菜畑には収量、品質等の安全面から判断して、基肥としての利用が望ましい。牧草は持ち出し量（吸収量）も多く、草地畑でのカリ集積は生じないと思われる。

表-22 イタリンアンライグラスの消化液の肥効

区	6月5日		9月14日		計		収量比%
	新鮮重	乾物重	新鮮重	乾物重	新鮮重	乾物重	
	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	
化成肥料	2,480	573	713	248	3,193	821	100
全N換算	2,700	605	700	272	3,400	877	108
NH ₄ -N換算	2,740	614	758	250	3,498	864	105

(2013年)

表-23 イタリンアンライグラスの養分吸収量

区	養分吸収量 (kg/10a)								
	6月5日			9月14日			計		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
化成肥料	7.79	2.01	16.1	5.16	1.23	7.20	12.95	3.24	23.3
全N換算	8.35	2.64	17.9	7.72	1.46	5.27	16.07	4.10	23.2
NH ₄ -N換算	12.46	3.60	19.0	7.08	1.40	6.38	19.54	5.00	25.4

(2013年)

表-24 露地野菜への消化液の肥効と養分含有率

	区	草丈 (cm)	葉幅 (cm)	新鮮重 (kg)	収量比 (%)	N (%)	P (%)	K (%)
キャベツ (9m ²)	化成肥料	29.2	62.6	2.287	100	3.32	0.74	4.27
	消化液	27.8	61.3	2.018	88	2.49	0.67	4.01
ホウレンソウ (3m ²)	化成肥料	14.3	40.5	72.5	100	3.76	0.80	9.90
	消化液	15.7	43.7	72.6	100	4.64	0.82	9.88
コマツナ (3m ²)	化成肥料	26.1	39.6	143.9	100	2.5	1.57	7.57
	消化液	28.6	45.9	175.2	122	3.06	1.63	8.21
ブロッコリー (3m ²)	化成肥料	39.8	78.8	1.144	100	5.37	0.88	4.34
	消化液	35.5	81.2	0.858	75	3.95	0.78	4.89
ナス (3m ²)	化成肥料	58.6	52.4	143.4	100	2.84	0.49	3.85
	消化液	50.8	47.2	90.1	63	2.62	0.53	4.10
ネギ (5.4m ²)	化成肥料	79.4	7.7	247.8	100	2.21	0.32	2.28
	消化液	79.8	7.2	225.4	91	1.58	0.31	1.89
	区	草丈 (cm)	根長 (cm)	新鮮重 (kg)	収量比 (%)	N (%)	P (%)	K (%)
ニンジン (3m ²)	化成肥料	41.8	9.7	125.9	100	1.76	0.74	5.06
	消化液	45.6	9.7	109.6	87	1.63	0.67	5.12

(2013年)

27 土壌第 55 号
平成 27 年 10 月 8 日

《施設名》 様

東京都千代田区神田神保町 1 丁目 58
一般財団法人 日本土壌協会
会長 松本 聡

メタン発酵施設に関する調査
アンケート回答のお願い

拝啓 初秋の候、時下ますますご清祥のこととお喜び申し上げます。平素は格物のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。

さて、このたび日本土壌協会では農林水産省委託事業「平成 27 年度食品ロス削減等総合対策事業」として、メタン発酵消化液に関するアンケートを行わせて頂くことになりました。

つきましては、アンケート回答用紙にご記入の上、11 月 10 日までに同封の返信用封書にてご返送下さい。

なお、メタン発酵消化液の肥料成分など分析をご希望の事業所はアンケート用紙「4.(2)」にて、お請け致します。

どうぞ、宜しくお願い申し上げます。

敬 具

記

- | | |
|-------------|-----|
| 1 アンケート回答用紙 | 1 通 |
| 2 返信封筒 | 1 通 |

担当：一般財団法人 日本土壌協会
総務部 生明（アザミ）、大野
TEL：03-3292-7281

メタン発酵施設に関する調査
アンケート回答用紙

施設の名称	
所在地	
処理能力	
運転開始年度	
年間稼働日数	
ご記入頂いた方の 連絡先等	お名前
	所属・職名
	電話番号
	FAX番号
	e-mail
記載データの年度()	年度()

- 1) 回答用紙は、同封の返信用封筒にてご返送ください。11月10日までにお願いいたします。
- 2) 施設紹介のチラシ、パンフレット、堆肥や消化液の農業利用等に関する資料がありましたら同封して下さい。

1. 搬入ごみ

搬入量合計	日	トン	年間	トン
-------	---	----	----	----

搬入物の内訳をお答えください。
選択式の項目については該当するものの番号を○で囲んでください。
「その他」の場合は()内に具体的な内容を記入してください。

(1) 家庭系生ごみ

処理量(実績)	年間搬入量	トン(含水率)	%
収集対象	人口	人()	世帯)
収集頻度	週	回	
収集容器	1.専用袋 4その他()	2.バケツ 3.コンテナ	
収集方法	1.ステーション収集 4.その他()	2.施設持ち込み 3.戸別収集	

(2) 事業所系生ごみ

処理量(実績)	年間搬入量	トン(含水率)	%
対象業種	1.飲食店 5.食品製造業	2.デパート 6.その他()	3.レストラン 4.給食
収集方法	1.委託 4.その他()	2.施設持ち込み 3.戸別収集	
処理料金	1.無料	2.有料()	円/m ³ ・トン)

(3) 家畜糞尿

年間処理量(実績)	乳牛	m ³ ・トン(含水率)	%
	肉牛	m ³ ・トン(含水率)	%
	豚	m ³ ・トン(含水率)	%
処理料金	1.委託	2.持ち込み	3.その他()
	1.無料	2.有料()	円/m ³ ・トン)

(4)その他 (鶏糞、稲わら、剪定枝、浄化槽汚泥、下水汚泥、自社工業排水等)

種類	搬入量(年間)	(含水率)
	トン	(%)
	トン	(%)
	トン	(%)
	トン	(%)
	トン	(%)
	トン	(%)
	トン	(%)

2. 生成物

(1)バイオガス

バイオガス発生量	Nm3/日	Nm3/年
メタンガス (%)		
二酸化炭素 (%)		
硫化水素 (ppm)		
その他の成分濃度 (ppm)		

発電・電力	kWh/年
総発電量	kWh/年
うち外部供給	kWh/年
外部供給先	
1.電力会社	kWh/年
2.その他	kWh/年

燃焼・熱利用	Nm3/年
ガス総量	Nm3/年
うち外部供給	Nm3/年
外部供給先	
1.都市ガス	Nm3/年
2.燃料	Nm3/年
燃料利用先	
1.温室	
2.その他	

(2)堆肥

生産物	堆肥	消化液
生産量・発生量	トン/年	発生量 トン/日
利用先	例 [農家、園芸など]	1.水田 2.畑地 3.草地 4.家庭菜園 5.その他
販売価格	円/トン 円/(リットル)	円/トン 円/(リットル)
輸送	1.利用者引き取り 2.生産者が輸送(輸送費負担)	1.利用者引き取り 2.生産者が輸送(輸送費負担)
循環利用の実績	1.1年以内 2.1~3年 3.3~5年 4.5年以上 5.実績はない	1.1年以内 2.1~3年 3.3~5年 4.5年以上 5.実績はない

(2)処理残渣

種類	年間発生量	活用又は処理方法
前処理残渣	トン/年	1.焼却 2.埋立 3.その他
消化液 (水処理設備がある場合、処理後の処理水)	トン/年	1.放流 2.施設内利用 3.その他
消化汚泥(堆肥以外)	トン/年	1.農地還元 2.埋立 3.焼却 4.その他
その他	トン/年	1.焼却 2.埋立 3.放流 4.その他
未利用消化液の処分	1.施設内貯留 2.下水処理後放流 3.農地処分 4.その他、処理方法	

3.消化液の液肥利用

	品種、作目名	トン/10a/年	年間総量トン
液肥利用先と施用量	水稻(品種:)		
	露地(作目:)		
	草地(作目:)		
	その他()		
	その他()		

4.消化液の成分

(1)既往の成分濃度

肥料成分	全窒素(N) mg/L(ppm)
	アンモニア態窒素 mg/L(ppm)
	リン(P) mg/L(ppm)
	カリ(K) mg/L(ppm)
分析年度・回数	年度 1. 1回、2. 2回、3. 3回以上
一般項目	含水率() pH() EC () COD() SS () その他成分濃度 ()
分析年度・回数	年度 1. 1回、2. 2回、3. 3回以上

ご協力、ありがとうございます。

【アンケート依頼者】

一般財団法人 日本土壌協会 会長 松本 聡
〒101-0051
東京都千代田区神田神保町1丁目58(パピロビル6階)
TEL:03-3292-7281 FAX:03-3219-1646

【アンケート内容、問い合わせ先・メタン発酵消化液サンプルの送り先】

秋田県立大学 生物資源科学部 生物環境科学科
自然生態管理工学研究室 教授 日高 伸
〒010-0195
秋田市下新城中野字街道端西241-438
TEL:018-872-1622 FAX:018-872-1677

実施アンケートの聞き取り内容、様式は、北海道大学廃棄物処分工学研究室「さまざまな有機性廃棄物を対象とする堆肥化施設・メタン発酵施設に関する調査分析」(2011年3月)、
<http://labs.eng.hokudai.ac.jp/labo/waste/wp-content/uploads/2014/03/report3.pdf>から転記、一部を改変しました。

(2)消化液肥料成分の分析希望(伺い)

日本土壌協会では消化液の液肥利用実態調査のために、上記成分の分析を無償で行います。分析をご希望される事業所は、下記にてお知らせ下さい。後日、1リットルの容器をお送りします。分析結果は、約1ヶ月半を目途に封書にて、回答致します。

メタン発酵消化液の分析希望	1. 可	2. 否

ご希望の場合は、本アンケートの返送とは別に 一般財団法人 日本土壌協会に直接、電話、FAXにて申し込み下さい。
(TEL:03-3292-7281、FAX03-3219-1646 生明(アザミ)、大野)

食品リサイクル再生利用研修会

講演資料

平成27年12月16日

主催：一般財団法人 日本土壌協会
共催：有限会社 三功
共催：農業法人 酵素の里

食品リサイクル再生利用研修会次第

平成27年12月16日(水)
有限会社 三功 会議室

1. 開会 13:00
2. 開会の挨拶 (13:00~13:10)
一般財団法人日本土壌協会副会長 東京農業大学名誉教授 牛久保 明邦 氏
3. 講演
テーマ『食品廃棄物再生利用促進に向けて—排出業・回収再生業間のマッチング—』
 - (1) 13:10~14:10
「食品リサイクルの現状と再生利用技術」
一般財団法人日本土壌協会 副会長 牛久保 明邦 氏
 - (2) 14:10~15:10
「食品リサイクル堆肥の品質特性と土づくり」
一般財団法人日本土壌協会 専務理事 猪股 敏郎 氏

(休憩 約10分)

 - (3) 15:20~16:20
「食品系メタン発酵消化液の特性と液肥利用」
公立大学法人秋田県立大学教授 日高 伸 氏
4. 質疑応答 16:20~16:30
5. 閉会 16:30

目 次

「食品リサイクルの現状と再生利用技術」…………… 71

一般財団法人日本土壌協会 副会長 牛久保 明邦 氏

「食品リサイクル堆肥の品質特性と土づくり」…………… 93

一般財団法人日本土壌協会 専務理事 猪股 敏郎 氏

「食品系メタン発酵消化液の特性と液肥利用」…………… 107

(参考)「プラントの紹介と消化液の液肥利用・栽培試験」…………… 120

公立大学法人秋田県立大学教授 日高 伸 氏

食品リサイクルの現状と再生利用技術

「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」



一般社団法人 日本土壌協会 副会長
東京農業大学 名誉教授
牛久保 明邦

食品リサイクル法の概要

(平成12年法律第116号〔平成19年12月改正法施行後の内容〕)

〇趣 旨

食品の売れ残りや食べ残しにより、又は食品の製造過程において発生している食品廃棄物について、①発生抑制と減量化により最終処分量の減少を図るとともに、②資源として飼料や肥料等に再生利用又は熱回収するため、食品関連事業者による再生利用等の取組を促進する。

〇主務大臣による基本方針の策定

- 再生利用等の促進の基本的方向
 - 再生利用等を実施すべき量に関する目標 等
- 【我が国全体での業種別の再生利用等実施率目標(目標年次 平成31年度)】(※平成27年7月策定)
 食品製造業(95%) 食品卸売業(70%) 食品小売業(55%) 外食産業(50%)

〇関係者の責務

食品関連事業者 (製造、流通、外食等)	消費者等	国・地方公共団体
発生抑制、減量、再生利用等	発生抑制、再生利用製品の使用	再生利用の促進、施策実施

〇再生利用等の促進

- 主務大臣による判断基準の提示(省令)
 - ・再生利用等を行うに当たっての基準
 - ・個々の事業者毎の取組目標の設定
 - ・発生抑制の目標設定 等
- 主務大臣あてに食品廃棄物等発生量等の定期報告義務(発生量が年間100トン以上の者)
- 事業者の再生利用等の円滑化
 - ・「登録再生利用事業者制度」によるリサイクル業者の育成・確保
 - ・「再生利用事業計画認定制度」による優良事例(食品リサイクル・ループ)の形成

〇指導、勧告等の措置

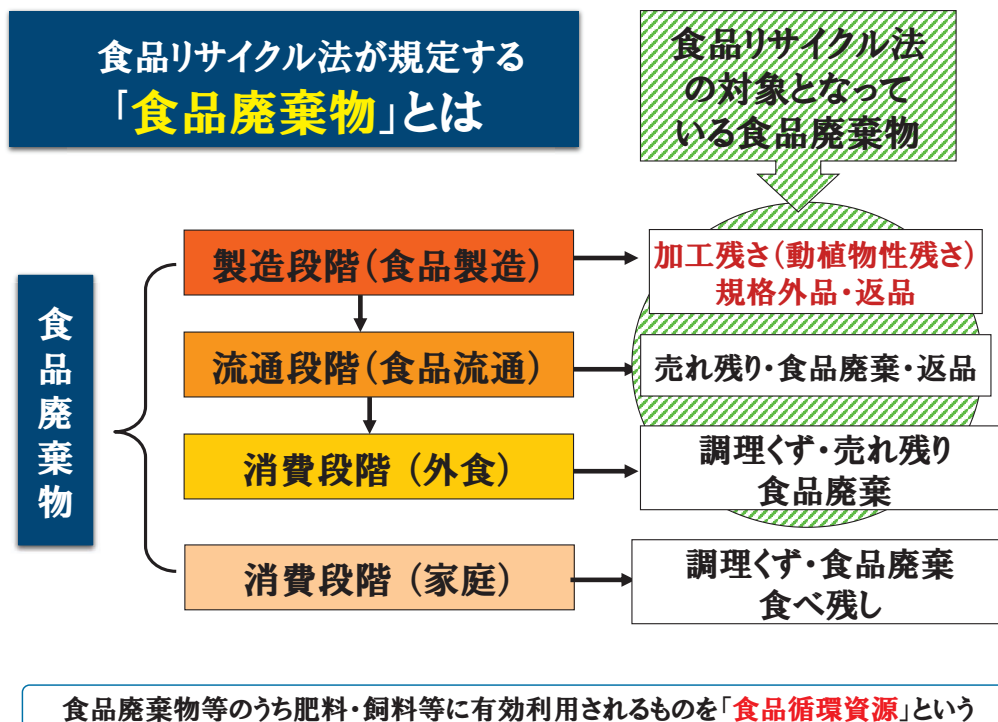
- 全ての食品関連事業者に対する指導、助言

- ・ 前年度の食品廃棄物等の発生量が100トン以上の者に対する勧告・公表・命令・罰金(取組が著しく不十分な場合)



環境負荷の低減及び資源の有効利用の促進

2



3

食品ロスとは

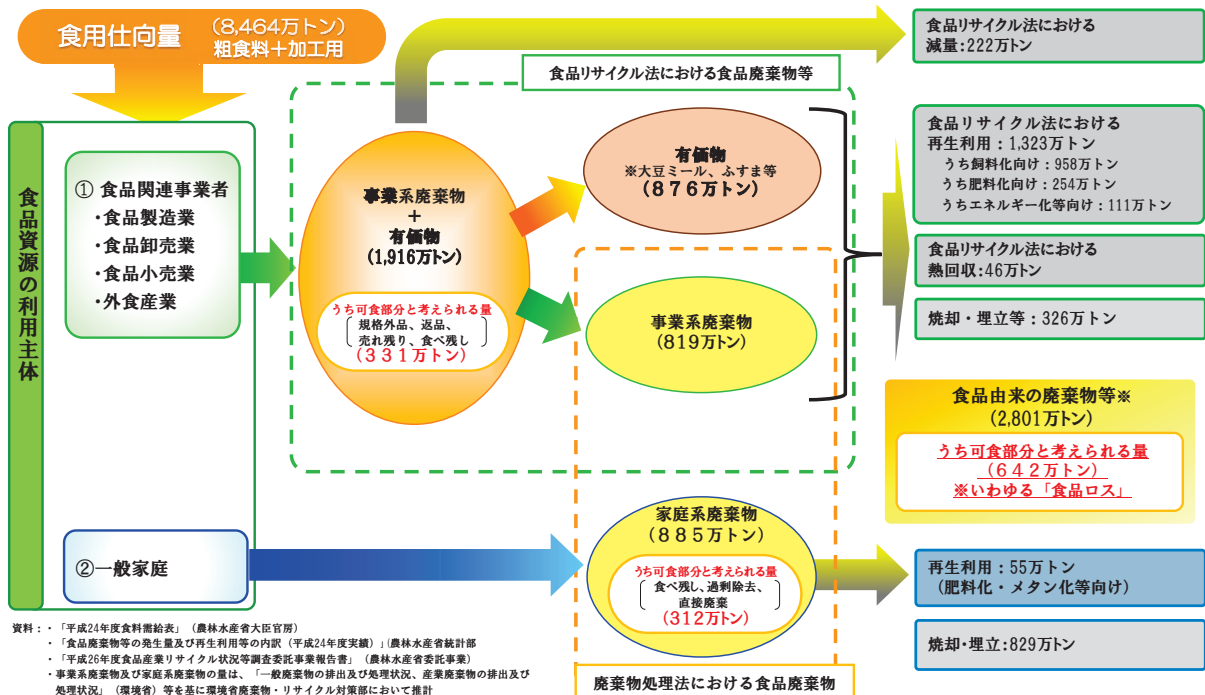
「食品ロス」とは、
本来食べられるにもかかわらず廃棄されているもの

発生段階	加工品	日配品・生鮮食品
食品製造業	規格外品・返品・余剰在庫	規格外品・余剰在庫
食品卸売業	返品・余剰在庫	余剰在庫
食品小売業	売れ残り(返品しないもの)	売れ残り(返品しないもの)
一般家庭	賞味期限切れ・食べ残し	消費期限切れ・食べ残し 過剰廃棄

$$\text{食品廃棄物} = \text{不可食部} + \text{食品ロス}$$

4

食品廃棄物等の利用状況等(平成24年度推計) <概念図>



資料: ・「平成24年度食料需給表」(農林水産省大臣官庁)
 ・「食品廃棄物等の発生量及び再生利用等の内訳(平成24年度実績)」(農林水産省統計部)
 ・「平成26年度食品産業リサイクル状況等調査委託事業報告書」(農林水産省委託事業)
 ・事業系廃棄物及び家庭系廃棄物の量は、「一般廃棄物の排出及び処理状況、産業廃棄物の排出及び処理状況」(環境省)等を基に環境省廃棄物・リサイクル対策部において推計
 ・「平成26年度食品循環資源に関する実施状況調査等業務報告書」(環境省調査)
 注: ・事業系廃棄物の「食品リサイクル法における再生利用」のうち「エネルギー化等」とは、食品リサイクル法で定めるメタン、エタノール、炭化の過程を経て製造される燃料及び還元剤、油脂及び油脂製品の製造である。
 ・ラウンドの関係により合計と内訳の計が一致しないことがある。

5

(参考) 日本の食品ロスの大きさ

- 日本の食品ロス(年間642万トン)は、世界全体の食料援助量の約2倍。
- 日本のコメ生産量に匹敵し、日本がODA援助しているナミビア、リベリア、コンゴ民主共和国3カ国分の食料の国内仕向量に相当。

規格外品、期限切れ等により
手つかずのまま廃棄される食品



日本の
「食品ロス」
(642万トン)

事業系
うち可食部分と考えられる量
(331万トン)

規格外品、返品、
売れ残り、食べ残し

家庭系
うち可食部分と考えられる量
(312万トン)

食べ残し、過剰除去、
直接廃棄

世界全体の
食料援助量(2011)
約400万トン

日本のコメ収穫量
(2012)
約850万トン

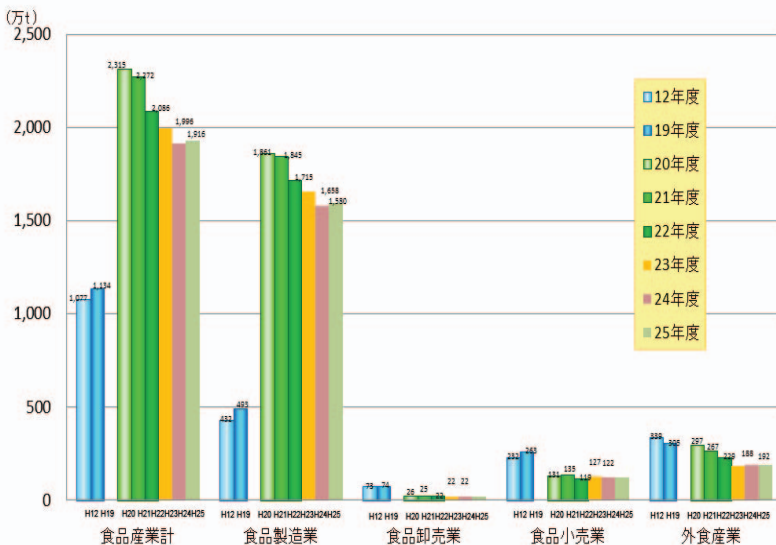
ナミビア、リベリア、コンゴ
民主共和国3か国分の
国内仕向量(2009)
約600万トン

資料: WFP, FAOSTAT "Food balance sheets"(2009)
平成24年産作物統計(普通作物・飼料作物・工芸農作物)

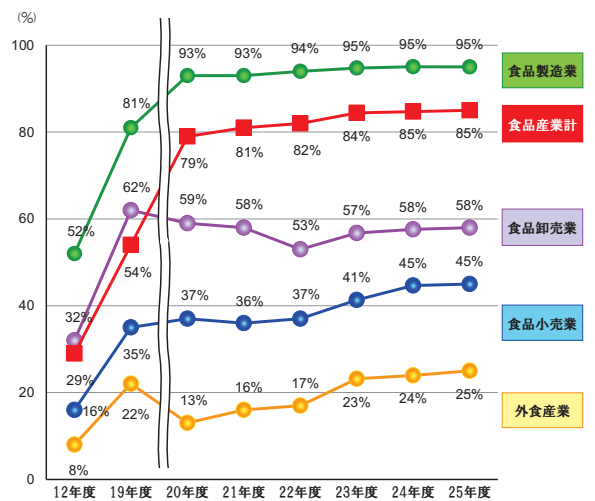
6

食品産業における食品廃棄物等の発生量及び再生利用等実施率の推移

■ 食品廃棄物等の発生量の推移



■ 食品循環資源の再生利用等実施率の推移

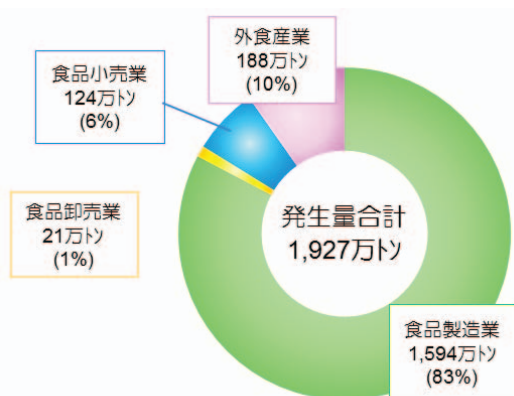


- 食品廃棄物等の発生量は平成25年度で約1,900万トン、この内食品製造業が約8割を占めている

7

事業活動における食品廃棄物の発生量と再生利用率

- 食品循環資源の再生利用等実施率は、食品流通の川下に至るほど分別が難しくなることから、食品製造業の再生利用等実施率は高いものの、食品卸売業、食品小売業、外食産業の順に低下している。
- 再生利用の内訳を見ると、飼料、肥料の割合が高い（特に食品製造業においては、飼料の割合が高い）。



■ 食品廃棄物等の発生量 (平成25年度)

業種	年間発生量 (万ト)	業種別実施率目標 (%)	再生利用等実施率 (%)		(用途別仕向先)			熱回収	減量	
			発生抑制	再生利用	飼料	肥料	その他			
食品製造業	1,594	85	95	12	69	75	17	7	2.2	12
食品卸売業	21	70	58	14	39	26	48	25	0.4	4
食品小売業	124	45	45	13	32	43	34	23	0.1	0
外食産業	188	40	25	6	15	35	37	29	0.0	3
食品産業計	1,927	-	85	11	61	73	19	8	1.8	10

■ 食品廃棄物等の再生利用等実施率 (平成25年度)

(注)実施量は四捨五入の関係で合計が合致しないことがある。

(参考) 食品リサイクル制度における取組の優先順位

- ①発生抑制 ②再生利用 (飼料化を優先) ③熱回収 ④減量

8

食品リサイクル法の基本方針の見直し

平成19年の改正後5年を経過したことから、食品リサイクル法の新たな基本方針の策定(告示)等を行った(平成27年7月)。

基本方針の主な内容

- 食品関連事業者の新たな再生利用等実施率の設定
- 食品廃棄物等の発生抑制の目標値の達成に向けた取組の促進
- 官民あげた「食品ロス削減国民運動」の展開
- マッチング等による食品リサイクルループ形成促進
- 地方自治体との連携を通じた取組の促進 等

再生利用等実施率目標

	食品製造業	食品卸売業	食品小売業	外食産業
新たな目標値 (平成31年度まで)	95%	70%	55%	50%
現在の目標値 (新基本方針策定まで)	85%	70%	45%	40%
平成25年度実績	95%	58%	45%	25%

9

食品循環資源の再生利用等（リサイクル）のあり方

◆ 再生利用の促進施策のあり方

再生利用手法の優先順位

- ① 飼料化
- ② 肥料化（メタン化の消化液を肥料利用する場合を含む）
- ③ メタン化等の飼料化・肥料化以外の再生利用の順に推進

食品リサイクル制度における再生利用手法

- ・ ペットフード化等について対応を検討

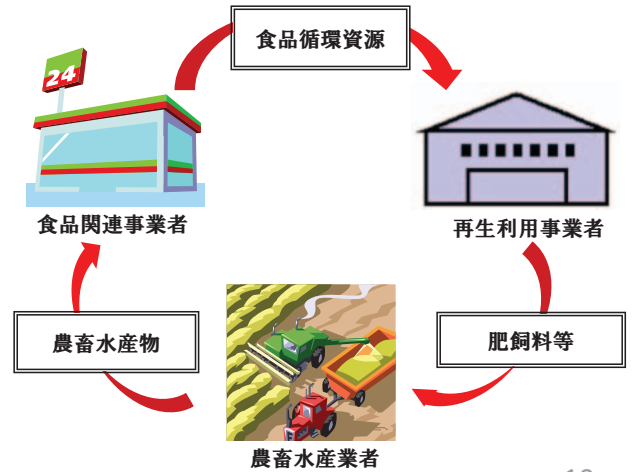
登録再生利用事業者制度

- ・ 登録要件の強化、指導・監督の強化

食品リサイクル法の下での登録要件（省令）を改正し、要件を追加

リサイクルループ認定制度

マッチング等によりリサイクルループ形成促進。



<取組事例> ユニー(株)・(有)三功などのリサイクルループ(肥料化)



登録再生利用事業者制度の概要

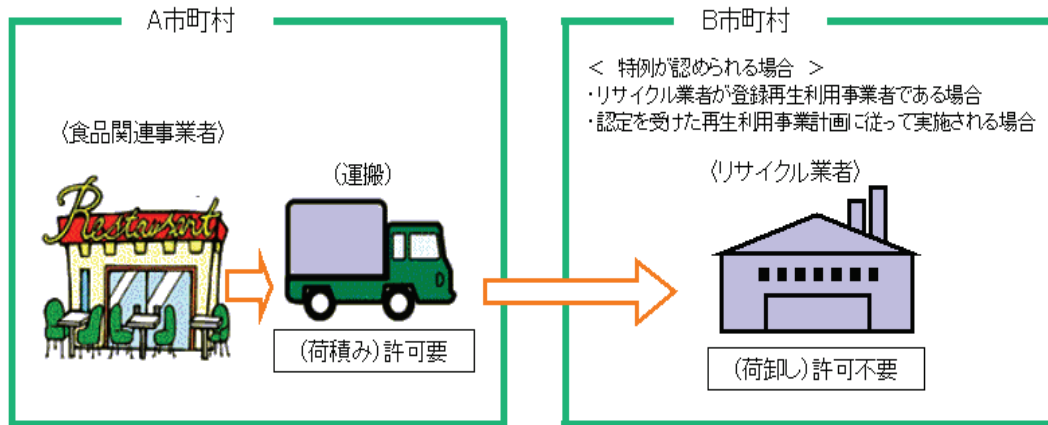
1 概要

● 廃棄物処理法の特例

- ① 荷卸しに係る一般廃棄物の運搬業の許可不要
- ② 一般廃棄物処分手数料の上限規制の撤廃

● 肥料取締法・飼料安全法の特例

- ・農林水産大臣への届出不要



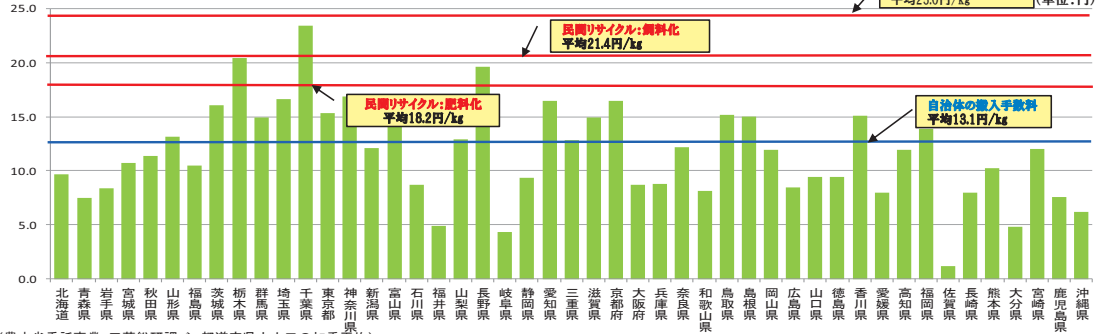
2 登録事業所数:176社(平成27年3月末現在)

12

地方自治体の処理料金と事業系一般廃棄物の民間リサイクルの状況

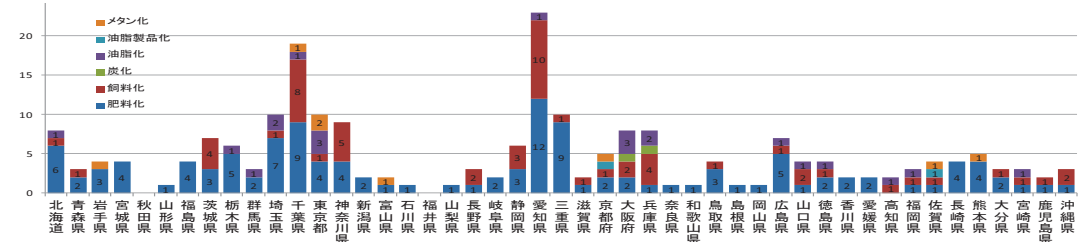
- 地方自治体の処理料金は地域によって異なるが、総じていえば焼却の処理料金は、民間のリサイクル料金より低い。
 - 他方、民間の優良リサイクラーである登録再生利用事業者は年々増加しているものの、地域格差が大きく、登録再生利用事業者の多い関東、東海近辺の自治体の焼却処理料金が高い傾向となっている。
- 【例】千葉県全市平均焼却手数料17.3円/kg、登録再生利用事業者数119件、秋田県全市平均焼却手数料8.2円/kg、登録再生利用事業者なし

■ 自治体の事業系一般廃棄物搬入料金(焼却)と民間リサイクル(肥料化・飼料化・メタン化)の処理料金の比較 (単位:円)



(農水省委託事業:三菱総研調べ。都道府県内人口の加重平均)

■ 登録再生利用事業者の都道府県別の状況(件数)平成24年12月末現在



13

登録再生利用事業者制度の要件強化

- 登録再生利用事業者は、平成26年度末において176件まで増加し、食品循環資源の再生利用の円滑な実施に貢献。登録再生利用事業者が存在せず、又は非常に少ない地域もあることから、引き続き登録再生利用事業者制度の普及啓発を実施。
- 一方、登録再生利用事業者の食品循環資源の適正な処理(再生利用)を確保するため、登録に係る要件の強化を行った。また、廃棄物処理法に基づく地方公共団体の対応と連携しつつ、国が食品リサイクル法に基づく報告徴収等を実施した上で、必要な場合には立入検査・登録の取消し等の措置等も活用し、事業者への指導・監督を強化していく。

登録に係る要件の強化

今後、要件の強化のための法令(登録に関する省令)の改正が行われた。(7月公布・9月施行)

<改正案の概要>

- ・登録の基準として、特定肥飼料等の製造及び販売の実績からみて、当該再生利用事業の実施に関し生活環境の保全上支障を及ぼすおそれがないと認められること、を追加。
- ・上記の登録基準を満たすことを確認するため、申請書の添付書類として、申請しようとする事業者の過去一年間における特定肥飼料等の製造量及び販売量、当該特定肥飼料等の製造を行った事業場の所在地、販売先の情報を記載した書類、を追加。

14

食品産業から家庭までの食品廃棄物の実態

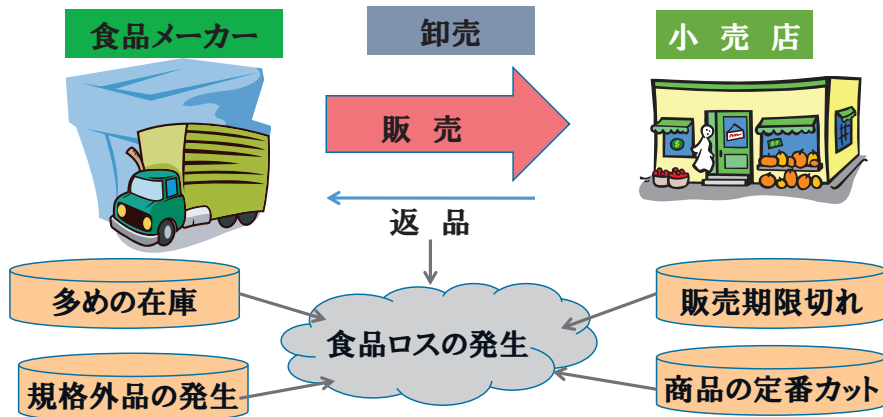


15

食品製造業・卸売業・小売店業での食品ロス

- 新商品販売や規格変更に合わせて店頭から撤去された食品（定番カット食品）
- 欠品を防止するために保有するうち、期限切れなどで販売できなくなった在庫
- 定番カット食品や販売期限切れ食品等の慣行的な返品
- 製造過程での印刷ミス、流通過程での汚損・破損などの規格外品

（注）販売期限：小売店が商品管理の必要性から独自に設定する、店頭で商品を販売する期限のこと



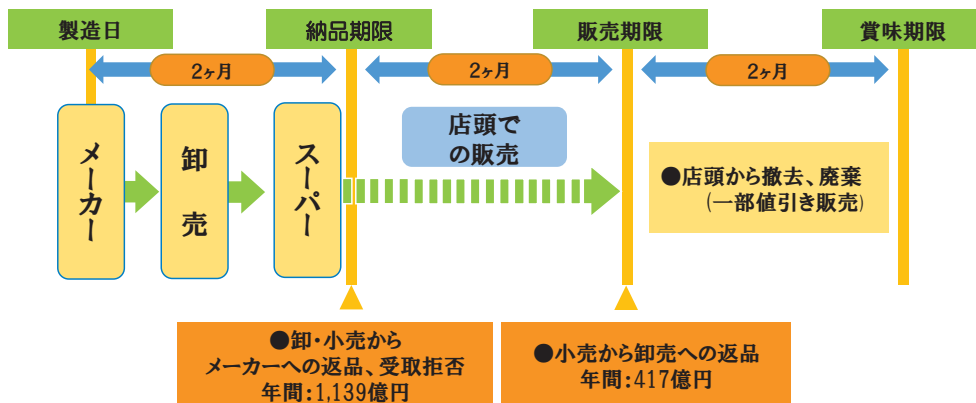
16

食品メーカー、卸、小売店における商慣習

- 小売店などが設定するメーカーからの納品期限及び店頭での販売期限は、製造日から賞味期限までの期間を概ね3等分して商慣習として設定される場合が多く（いわゆる3分の1ルール）、食品ロス発生の一つの要因とされ、フードチェーン全体での取組が必要。

いわゆる3分の1ルールによる期限設定の概念図

（賞味期限6ヶ月の場合）

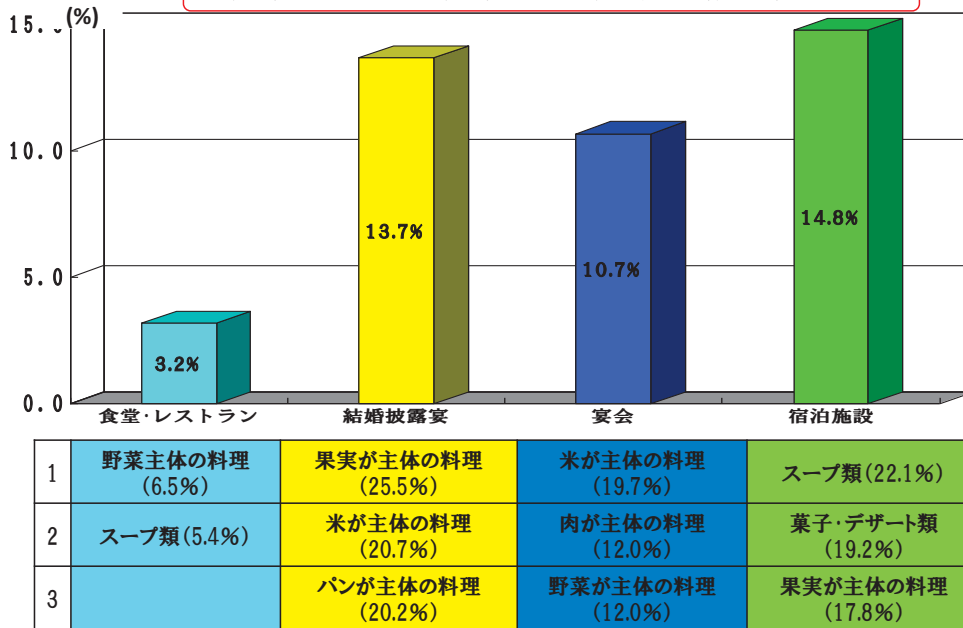


資料：「加工食品・日用雑貨業界全体の返品額推計(2010年度)」(財)流通経済研究所

17

消費段階(外食)における食品ロス率 (平成21年度)

$$\text{食べ残し量の割合} = \text{食べ残し量} \div \text{食品使用量(提供量)} \times 100$$

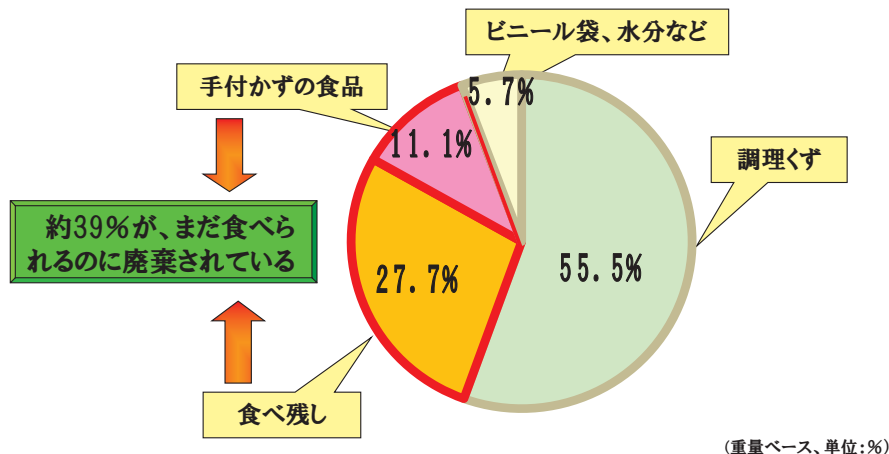


出典:農林水産省大臣官房統計部 農林水産統計「食品ロス統計調査」(平成22年9月30日公表)

18

家庭における食品廃棄物

家庭から出た台所ごみの組成の例



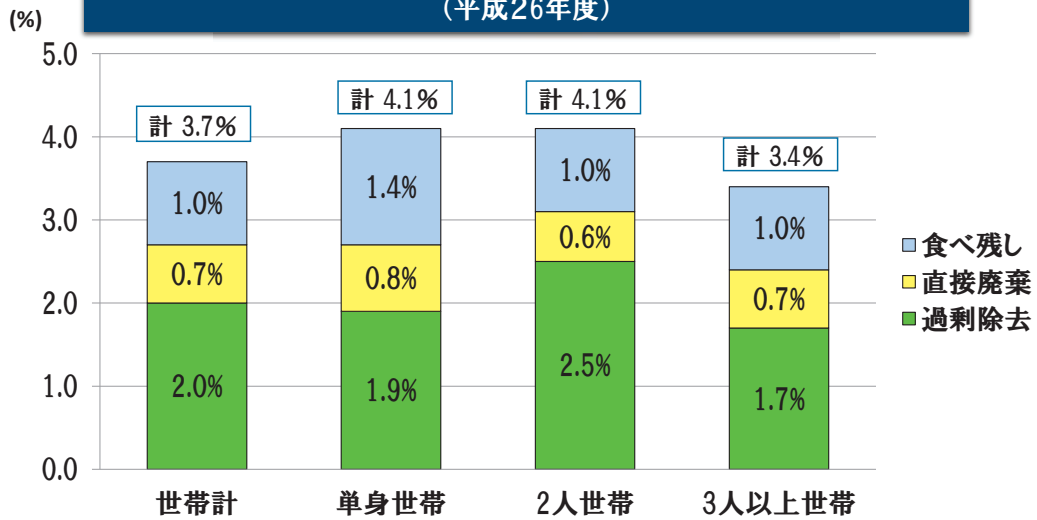
課題

家庭から出された生ごみのうち、食ロスが約39%を占めている。また、手つかずのまま廃棄された食品のうち、賞味期限前のものが約4分の1を占めている

資料:京都市環境局調べを基に、農林水産省で作成。

19

世帯員構成別の食品ロス率 (平成26年度)



変化の兆し

人口減少や高齢者増加などにより世帯における一人当たりの食品使用量の減少とともに、食品ロス率は消費者意識の高まりもあって減少傾向にある。

出典：農林水産省大臣官房統計部 農林水産統計「食品ロス統計調査」

20

食品の期限表示

21

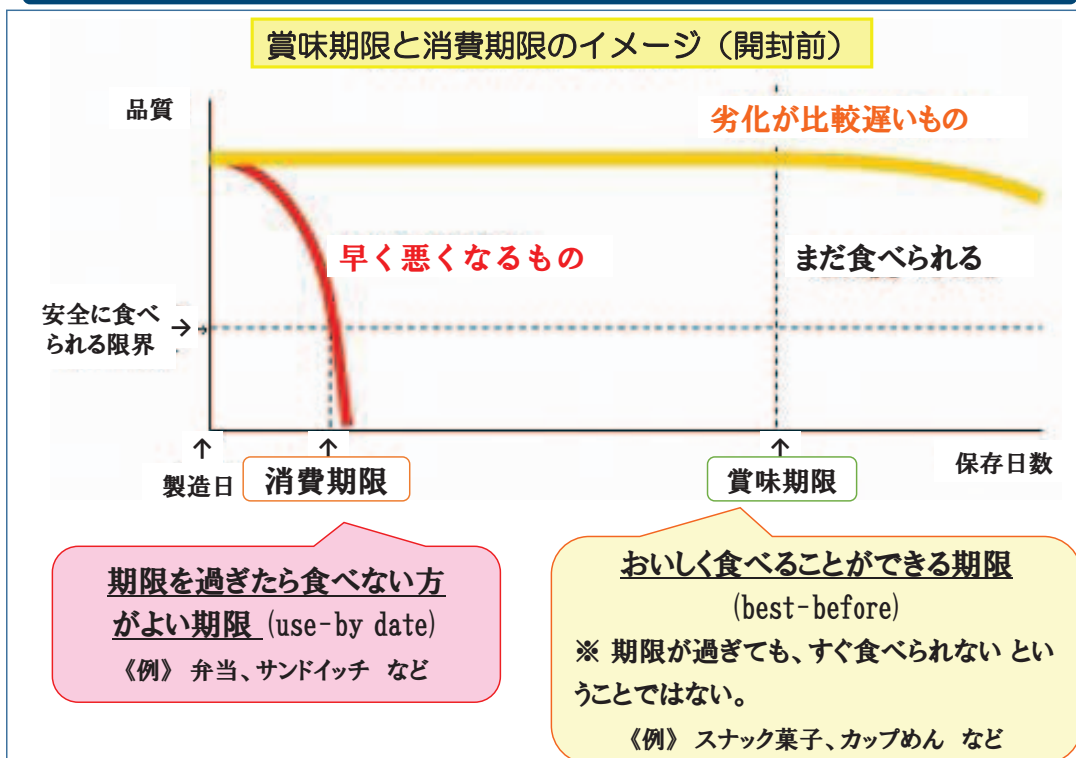
消費期限と賞味期限

	消費期限	賞味期限
意味	安全に食べられる期限	おいしく食べられる期限 (この期限を過ぎても、すぐ食べられないということではない)
表示の仕方	年月日で表示	3ヶ月を超えるものは年月で示し3ヶ月以内のものは年月日で表示
対象食品	弁当・サンドイッチ、菓子パン、生めん等	牛乳、スナック菓子、カップめん、缶詰等

消費期限及び賞味期限ともに定められた方法により保存した場合における期限である

22

加工食品には、賞味期限又は消費期限のどちらかの期限表示が表示されている。(一部の食品を除く)



23

賞味期限の設定状況について

- 賞味期限の設定は、「食品期限表示の設定のためのガイドライン^(注)」において、**客観的な指標**に基づき設定された期限に1未満の係数(安全係数)をかけて設定することが基本とされている。
調査結果によれば、安全係数は、**0.6~0.7**を採用している商品が多い。
- 商品群ごとにみても、使用される安全係数は商品により異なっているが、賞味期限は**10ヶ月以上12ヶ月以下に設定されている商品が多い。**

(注)「食品期限表示の設定のためのガイドライン」(平成17年2月厚生労働省・農林水産省)【抜粋】
期限表示設定の基本的な考え方

食品の特性に応じた「安全係数」の設定：

食品の特性に応じ、設定された期限に対して1未満の係数(安全係数)をかけて、客観的な項目(指標)において得られた期限よりも短い期間を設定することが基本である。

***客観的な項目(指標):理化学試験、微生物試験等において数値化することが可能な項目(指標)。**

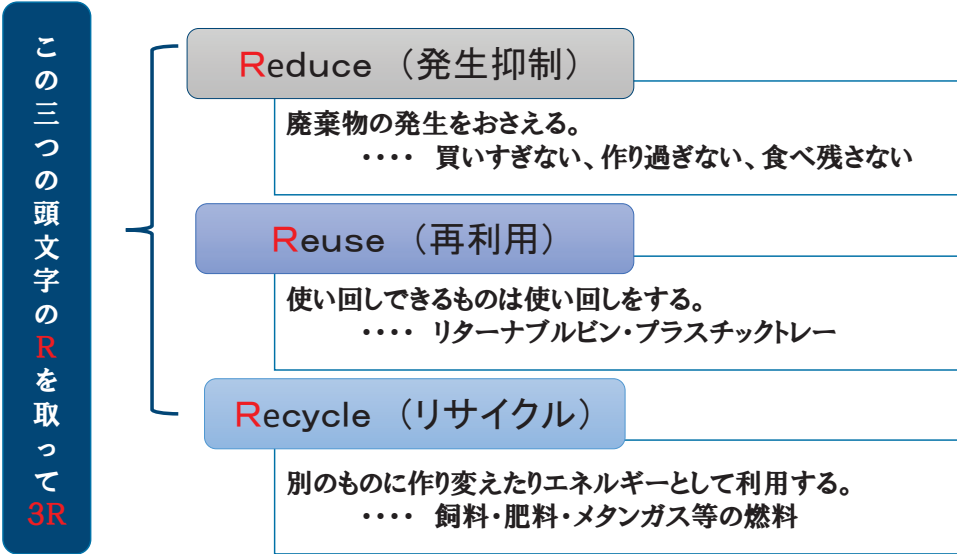
(全日本菓子協会による会員企業及び会員団体に対するアンケート調査で回答のあった45社の125商品について取りまとめたものから)

24

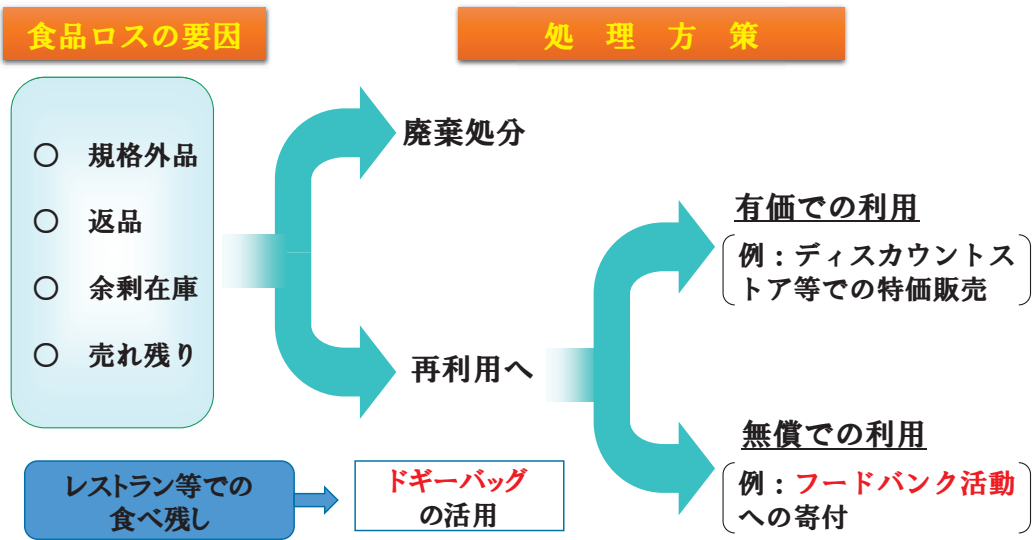
食品廃棄物の利活用の事例

25

廃棄物の3R



食品ロスの処理の現状



※企業により認識する範囲は異なるが、一般に規格外品とは、重量・容量や色、形状が当該商品の標準と異なるものや、包材の不良が発生した商品等を言う。

食品廃棄物のリサイクル

① 肥料(たい肥・コンポスト)の製造

食品廃棄物、家畜ふん尿、剪定枝や稲わら等の原材料を発酵させて、たい肥を製造

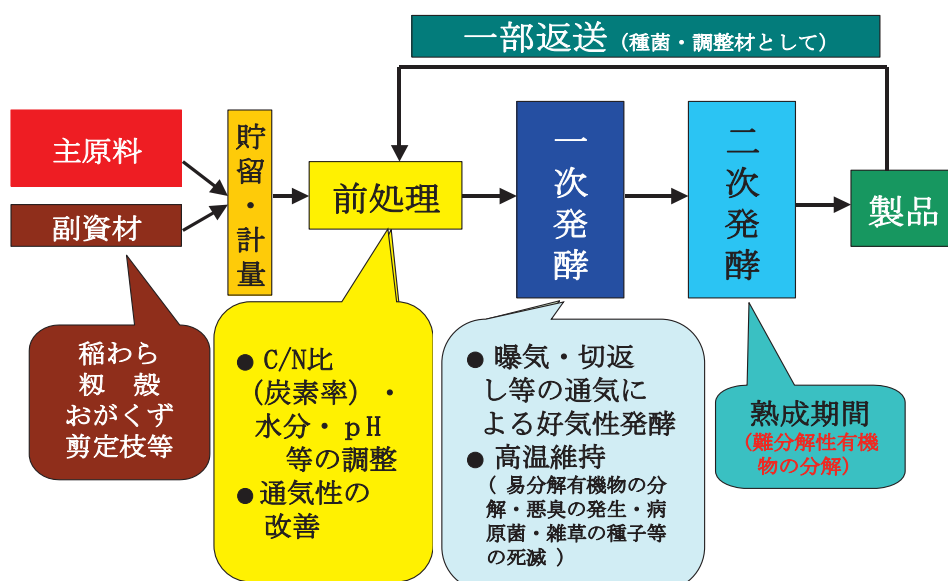
② 飼料の製造

徹底的に分別された食品廃棄物を乾燥して飼料の原料にしたり、水分を加えてお粥状にしたものに乳酸菌を添加して発酵して豚の飼料(リキッドフィード)として製造

28

再生利用技術 堆肥化

堆肥化の概要



29

堆肥発酵装置

箱型通風堆積発酵方式



横型発酵方式



開放式直線型発酵方式

開放式エンドレス型発酵方式

30

食品リサイクル製品-認証・普及制度

食品リサイクル製品-認証・普及制度とは、食品循環資源でつくられた「肥料」を認証、この肥料を使用した「農産物」や「加工食品」に識別マークを付与する制度。

これ等の製品や生産物には認証番号や識別マークが付けられるので、環境を意識した商品選択を行なう消費者の目印になる。

1.食品循環資源を10%以上含み、かつ安全性が確認できるなど一定の

品質を満たす肥料を（一財）日本土壌協会が認証。
認証肥料には識別マークと認証番号を付与し、食品リサイクルの取組から作られた安全で高品質な肥料であることを明示できる。



制度の問い合わせ先：
一般財団法人 日本土壌協会
TEL 03-3292-7281
<http://www.japan-soil.net/>

31

食品廃棄物のリサイクル

③ 廃食用油から石鹼

家庭から出された使用済みの食用油にアルカリ(水酸化ナトリウム)を加えて石鹼を製造

④ 廃食用油から バイオディーゼル燃料(BDF)の製造

(ディーゼル自動車の代替燃料)

家庭等から出された使用済みの食用油にアルカリ(水酸化ナトリウム)とメタノールを加えて化学反応してバイオディーゼル燃料(BDF)を製造

32

食品廃棄物のリサイクル

⑤ メタン(CH₄)ガス

(石油・石炭の代替燃料)

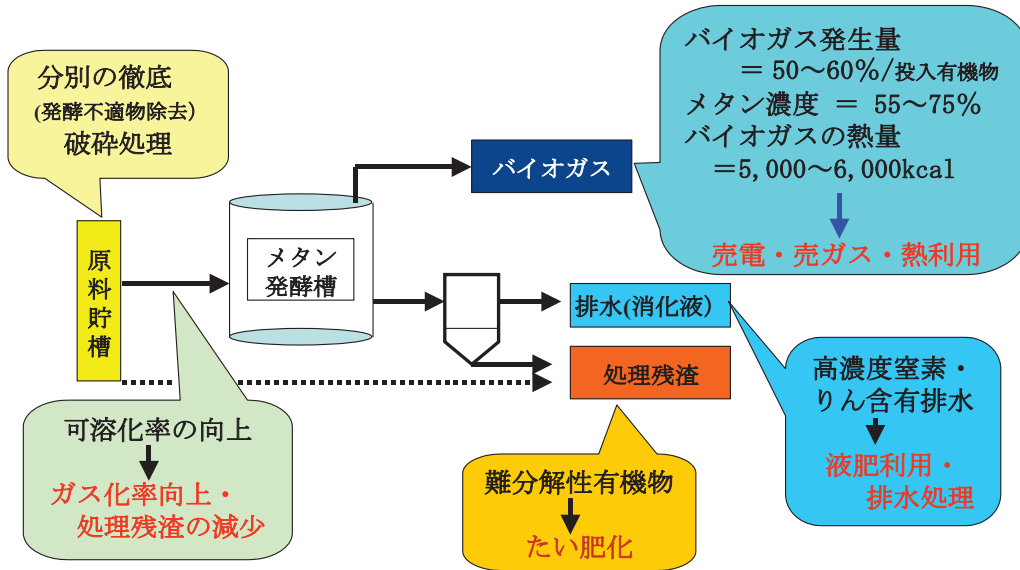
食品廃棄物等の有機性廃棄物を空気を遮断した槽(嫌気性槽)に入れ、嫌気性菌であるメタン菌の働きによりメタンガス(CH₄)を発生させる。

このメタンガスを直接燃焼して熱利用するほか発電して電力として利用する。

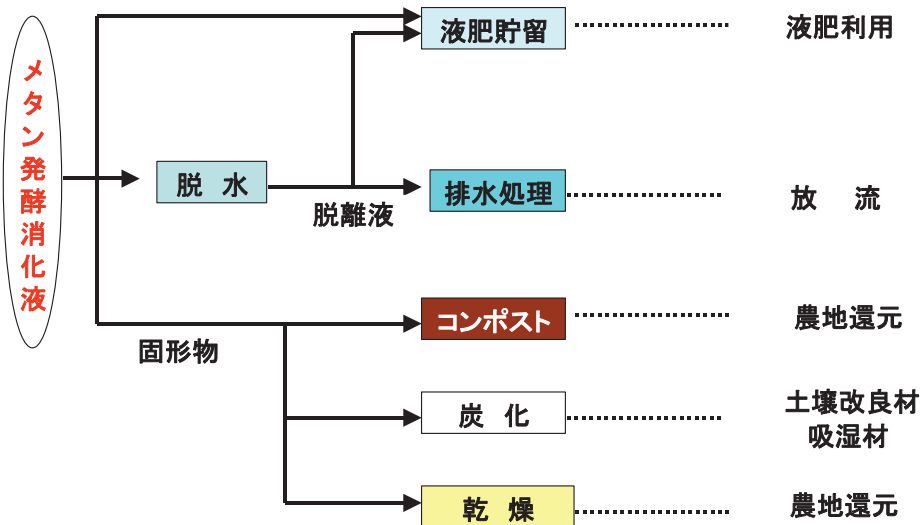
(メタンガスは、温室効果ガスの一 종류である。)

33

メタン化における留意点



メタン発酵消化液の利用概念図



山田バイオマスプラント(農事組合法人和郷園)

メタン発酵装置



メタンガス

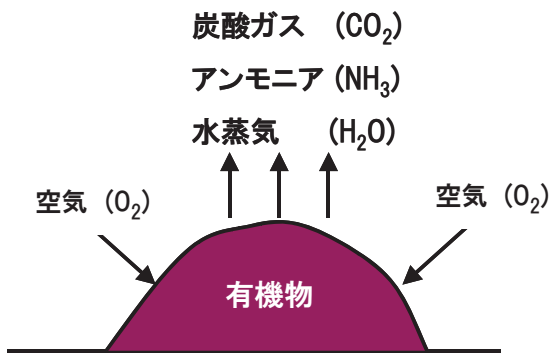


発電・ガス利用

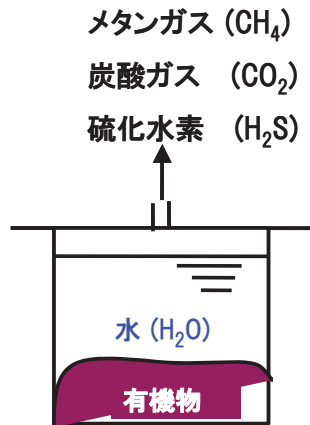


消化液
(肥料として利用)

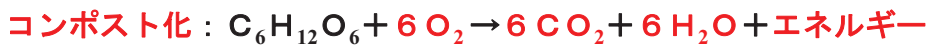
発酵方式の比較



好気性発酵 (コンポスト化)



嫌気性発酵 (メタン発酵)



食品廃棄物のリサイクル

⑥ アルコールの製造

食品廃棄物の乾燥物(固形物)中の糖分に麴と酵母を加えて発酵させてアルコールを製造

(東京農業大学のアイデア)



固体発酵法による
生ごみのアルコール化

38

食品廃棄物のリサイクル

⑦ 調味料

魚の内臓等の旨み成分を抽出し、調味料を製造

⑧ DHA (ドコサヘキサエン酸)

魚全般に存在。特にまぐろの眼窩脂肪に多く存在
老化防止・動脈硬化・高血圧防止

⑨ キチン・キトサン

カニ・エビの外皮から創傷被覆材の製造

39

食品廃棄物のリサイクル

⑩ 卵殻

カルシウムを多量に含むことからカルシウム錠剤、カルシウム強化菓子、カルシウム添加米など

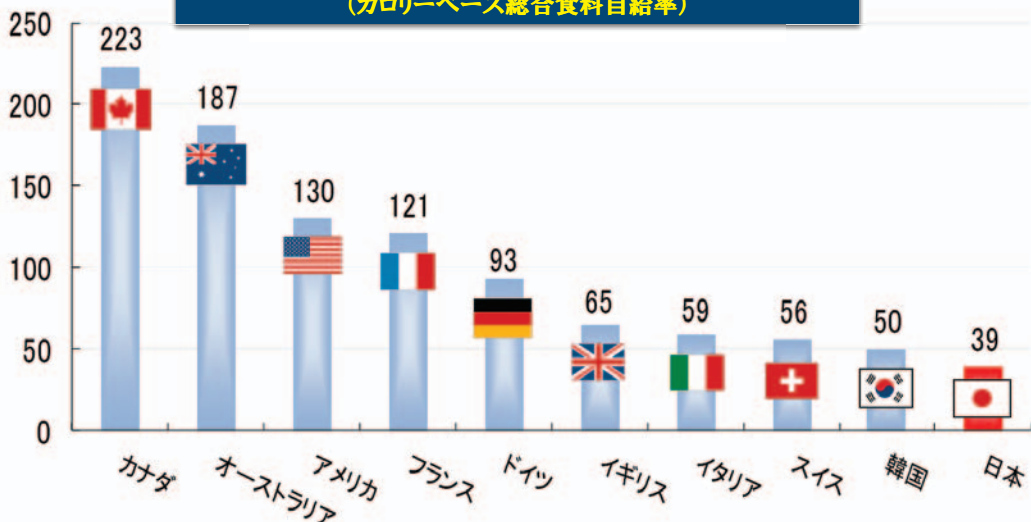
⑪ 卵殻膜(卵の内膜)

卵殻膜の成分に皮膚組織再生成分が含まれており、傷用外用薬、化粧品等に添加

40

わが国の食料安全保障

先進国の食料自給率比較 (カロリーベース総合食料自給率)



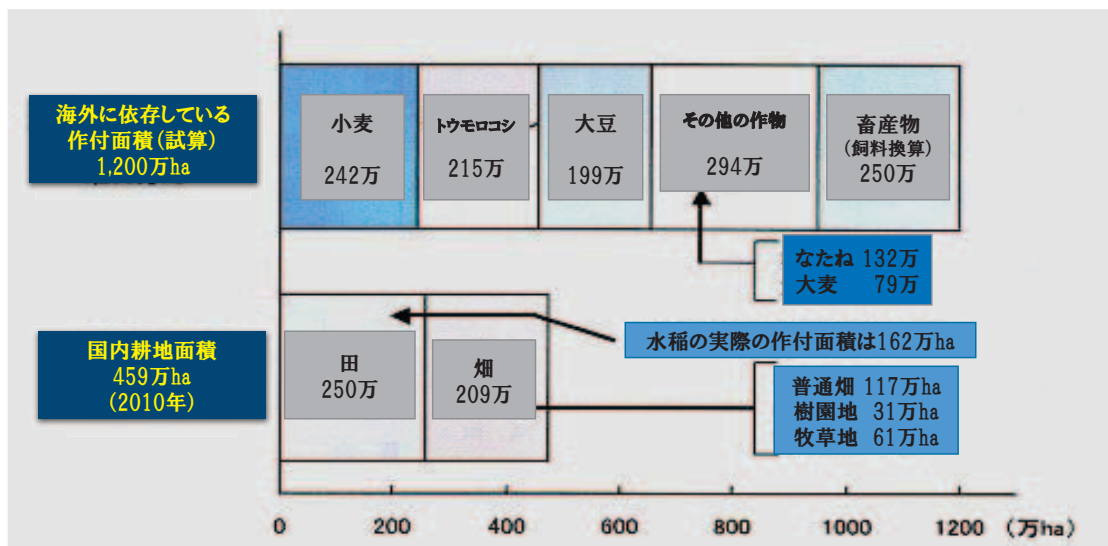
(資料) 農林水産省「食料需給表」、FAO「Food Balance Sheets」等を基に農林水産省で試算した。(アルコール類は含まない。)
ただし、スイスについてはスイス農業庁「農業年次報告書」、韓国については韓国農村経済研究院「食品需給表」による。

(注) 1. 数値は、平成19年(ただし、スイスは平成20年、韓国は平成21年、日本は平成22年度)

2. カロリーベースの食料自給率は、総供給熱量に占める国産供給熱量の割合である。畜産物については、輸入飼料を考慮している。

41

主な輸入農産物の生産に必要な海外の作付面積(試算)



供給カロリー(平成24年度実績で2436Kcal/日)を充足するためには、合計1,700万haの耕地が必要

食品リサイクル堆肥の品質特性と土づくり

(一財)日本土壌協会 専務理事
猪股 敏郎 (技術士(農業))

1. 堆肥の種類と特性

- ◆堆肥の原材料が変化してきているとともに、色々な製造方法によって堆肥化されるようになってきて堆肥の成分は多様化してきている。食品廃棄物の堆肥化が推進されるようになり食品リサイクル堆肥も多くなってきている。
- ◆堆肥は、その原材料や製造方法により肥料効果が大きいものや土壌改良効果の大きいものなど特性の異なるものがある。

表 1 主な堆肥の種類と成分的特性

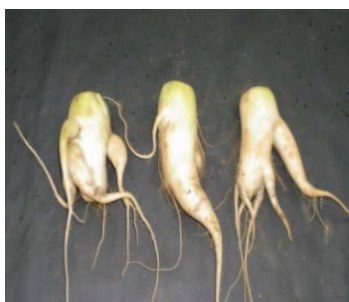
区分	堆肥の種類	成分的特性
家畜ふん 関係	◆牛ふん堆肥	加里がやや高い。堆肥の分解はやや遅い。
	◆豚ふん堆肥	リン酸が高い。堆肥の分解はやや早い。
	◆鶏ふん堆肥	リン酸が高い。採卵鶏堆肥についてはリン酸とともにカルシウムが高い。堆肥の分解はやや早い。
食品関係	◆食品リサイクル堆肥 (原料中 10%以上食品残渣を含むものを言う。)	窒素がやや多くリン酸、加里が低い。堆肥の分解は平均的。
林業関係	◆バーク堆肥	窒素、リン酸、加里の全てが低い。堆肥の分解は遅い。
排水汚泥 関係	◆下水汚泥コンポスト (普通肥料)	窒素、リン酸が高く、加里が低い。堆肥の分解は早い。

注:この他、牛ふんと豚ふん等を配合したもの等各種原料の混合堆肥がある。

2. 堆肥の品質

- ◆堆肥の定義は肥料取締法の「特殊肥料等の指定」(農林水産省告示)でなされている。これによると、「たい肥」(わら、もみがら、樹皮、動物の排せつ物その他の動植物質の有機質物(汚泥及び魚介類の臓器を除く。))をたい積又は攪拌し、腐熟させたものとなっている。したがって、有機物を乾燥させただけのものは腐熟させていないので堆肥とは言わない。
- ◆堆肥の利用で利用者からよく問題にされるのは堆肥の品質である。堆肥の品質で特に重視されるのは、腐熟度、取扱性、肥料成分の安定性、土壌物理性改良効果であり、特に腐熟度が重視されている。
- ◆未熟堆肥には有機酸等作物生育に有害な物質が含まれており、これにより根に悪影響を与える恐れがある。特に、ダイコン、ニンジンなどは岐根になったり、肌にしみが発生し品質を落とす。

(写真) ダイコン未熟堆肥施用



(写真) ダイコン完熟堆肥施用



3.堆肥の作物収量、品質改善効果

- ◆品質の良い堆肥を適量施用すれば、土壌の物理性、化学性、生物性を改善することができ作物の安定生産を望むことができる。
- ◆堆肥の施用により作物の収量や品質が向上する効果については、多くの農家に認められている。特に、堆肥施用による作物の収量向上効果については多くの試験結果がある。

(写真)化学肥料区、堆肥2年連用区、堆肥9年連用区のレタス生育状況

化学肥料区

堆肥単年施用区

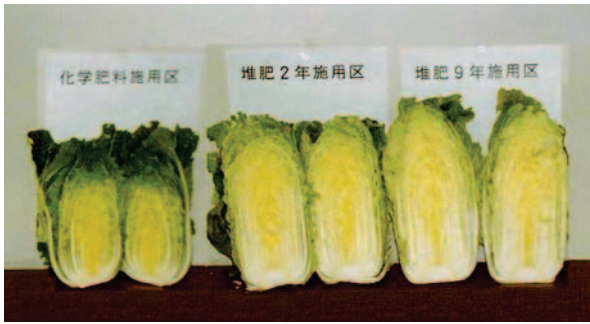
堆肥8年施用区



※ 同一レタス品種で栽培試験を実施。堆肥施用区の生育量が大きい。

- ◆堆肥施用による農作物の品質向上についてはこれまでの試験成果が比較的少なく、まだ堆肥との因果関係などはっきりしたことはわかっていない。窒素が緩効的に効くことや土壌水分の変動が少ないことが品質向上に影響していると言われている。
- ◆(一財)日本土壌協会で行った試験ではハクサイについて黄芯割合が増加したり、ハクサイを始めブロッコリー、赤カブで日持ち性の向上が認められている。

(写真) 堆肥施用区と化学肥料施用区のハクサイの黄芯率



(写真) 堆肥施用による赤カブの日持ち性の相違



*赤かぶ収穫後約3週間後の状況

4. 堆肥等有機物施用と土壌改良の関係

- ◆堆肥は土壌の物理性改良、肥料としての効果、土壌の生物性の改善効果がある。
 - ◆堆肥施用により土壌の腐植含量が高まり、それを分解する微生物の増加により土壌が団粒構造となり通気性、排水性、保水性が良くなり、作物生育にとって良い土壌となる。
- (*腐植・・・腐植は一般に土壌中に存在する有機物のうち、まだ明確な形が残る新鮮な動植物遺体(粗大有機物)を除いた無定形の褐色ないし黒色の有機物を言う。)

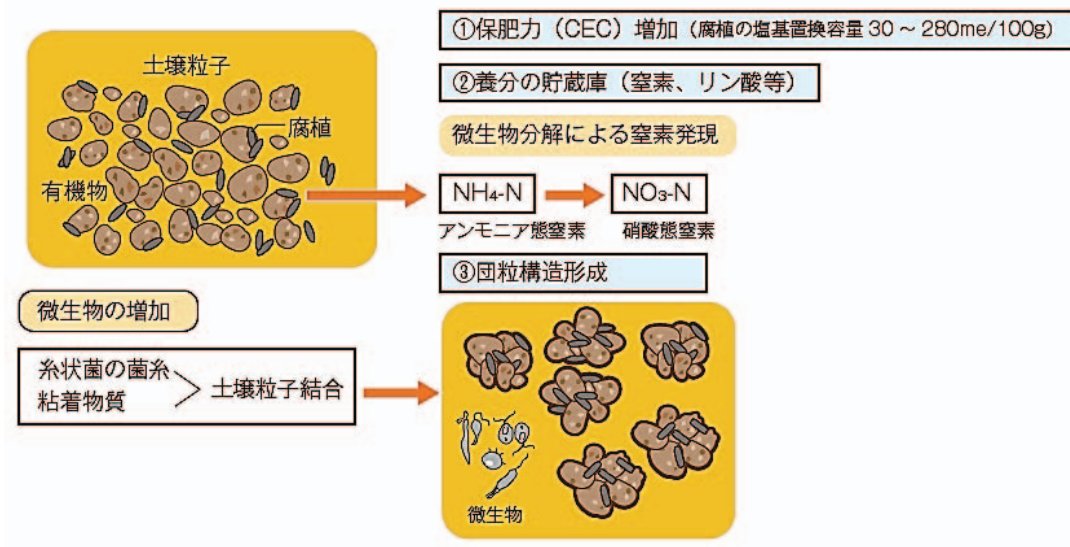


図 1 腐植の土壌中での働き

◆堆肥等施用により土壤中の腐植含量は増加してくるが、土壤中での腐植の役割としては次のようなことがあげられる。

表 2 腐植の土壌改善における役割

役 割	内 容
①作物に供給する養分の貯蔵庫	◆有機物の形態で蓄えられた窒素やリンなどが、微生物の働きによって無機化されて作物に吸収・利用されるようになる。
②土壌の塩基置換容量(CEC)の拡大による保肥力の増大	◆腐植物質の塩基置換容量(CEC)は、一般に粘土鉱物よりはるかに大きく保肥力が高い。土壌の腐植含量は土壌の種類や有機物施用量により異なり、黒ボク土で高い。また、腐植含量は土壌中に含まれる全窒素含量とも相関関係があり、一般に腐植含量の高い土壌は全窒素含量も高い。
③土壌団粒の形成	◆腐植物質を餌とする微生物が生産する多糖類や糸状菌の菌糸の働きで、土壌粒子を結合し団粒構造を形成する。 ◆土壌の団粒構造形成の主役は有機物分解に関わっている土壌微生物であることから、団粒構造を維持していくためには有機物を施用し土壌微生物の働きが継続的に行われるようにしていく必要がある。
④土壌微生物相の多様性を高める働き	◆土壌生物相も多様となり特定の土壌病原菌が増殖するのを抑制するようになる。

(1) 土壌団粒の形成による土壌物理性の改善

(三相分布・孔隙率)

土壌は、固体、水、空気構成され、それぞれ、固相(土壌粒子、腐植等)、液相(土壌水)、気相(空気)といい、各容積の割合(%)を三相分布という。固相の土壌粒子間の隙間(孔隙)の部分であり、気相は根に酸素を、液相は水を供給する。液相率が多く気相率不足になると作物に湿害が発生する。

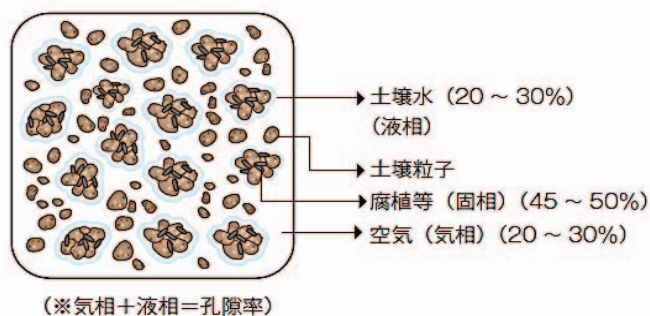


図 2 土壌の望ましい三相分布状態

◆一般に作物の生育にとって望ましい気相率は通常 20~30%であり、10%以下では生育に障害が生ずると言われる。根の分布に必要な気相率は 13~17%以上、根の活動を盛んにするために必要な気相率は普通作物、野菜で 20%以上必要とされる。

- ◆堆肥等施用によって気相率、孔隙率が向上するが、その改善効果は1~2年で現れるものではなく、年数を要する。当初1~2年、堆肥を多めに施用する。

(写真) 単粒構造に近い土壌(左)と団粒構造の土壌(右)



(*右の写真は堆肥等有機物を10年ほど毎年施用してきた有機農業圃場の表面土壌、左の写真は有機農業開始前の隣接区画の表面土壌)

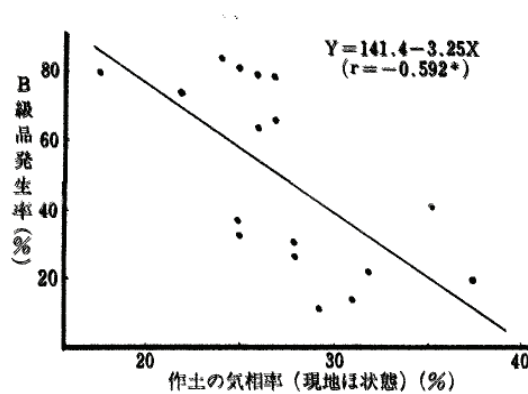


図3 作土の気相率とレタスB級品発生率

(2)堆肥の肥料効果

(炭素率(C/N比))

- ◆有機質資材の肥料効果を評価するための指標として炭素率(C/N比)がある。炭素率(C/N比)は、有機質資材に含まれる有機体の窒素が無機態窒素になる速さを評価する指標として用いられる。炭素率(C/N比)が小さいと無機態窒素が早く発現し、炭素率(C/N比)が大きいと無機態窒素の発現が遅くなる。
- ◆C/N比が20を超えると微生物が窒素を取り込むようになり、C/N比が25以上はすべてマイナスとなっている。すなわち稲わらなど炭素率(C/N比)の高い有機質資材を定植前に多量に施用すると分解初期には微生物が急激に増殖するため、土壌中の無機態窒素が微生物に取り込まれ、作物が利用できる窒素が一時的に不足することがある。
- ◆生育障害を回避するためには、腐熟の進んだものを施用するようにするか、または窒素肥料も同時に施用するようにする。
 - ◆炭素率(C/N比)の高い有機質資材は有機物の分解が遅いため、土壌腐植含量の増加に寄与し、土壌の物理性改良効果が高いと言える。

図4 炭素率と窒素無機化率との関係

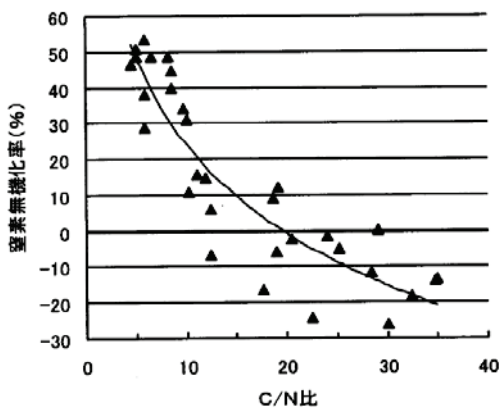


表3 炭素率と窒素肥効、有機物集積

区分	窒素の発現	有機物集積
◆C/N比が10以下	施用年の窒素の発現量大	土壌有機物含量は高まらない
◆C/N比が10~20	施用年にある程度の窒素発現、翌年以降も窒素発現	連用により土壌有機物含量が高まる
◆C/N比が20以上	施用年の窒素発現量少、C/N比25以上では窒素飢餓	施用年から土壌有機物含量が高まる

◆炭素率(C/N比)と有機物資材の種類との関係については、表に示してあるように炭素率(C/N比)10以下のものは大豆油粕等有機質肥料が該当し、炭素率(C/N比)が10~20については乳用牛堆肥等堆肥が、炭素率(C/N比)が20以上のものは稲わら等粗大有機物が該当する。

表4 主な有機質資材の炭素率(C/N比)

	資材名	C/N比		資材名	C/N比
有機質肥料	魚かす	3.6	堆肥	乳用牛堆肥	17.6
	大豆油粕	4.3		バーク堆肥	22.3
堆肥	鶏糞(採卵)堆肥	9.5	粗大有機物	稲わら	66
	豚ふん堆肥	11.4		麦わら	123

注:堆肥は多くのサンプルの平均値であり、その他は分析例である。

(堆肥等の連用による地力窒素の発現と作物生育)

- ◆炭素率(C/N比)の比較的高い有機質資材を毎年施用していくと、土壌中の有機物含量が高まってきて地力窒素の発現が多くなってくる。
- ◆地力窒素は土壌中の有機物が微生物の働きによって分解され発現してくる無機態窒素で、地力窒素の発現量に大きく影響するのは地温で、それ以外で大きく関係してくるのは土壌中の腐植含量である。地力窒素の発現と作物生育との関係については次のようなことがあげられる。

①作物は一般に地力窒素の高まりに応じて地力窒素を吸収し、地温の高くなる時期には施肥による窒素よりも多く地力窒素を吸収する。

- ◆高温期に生育する作物や作型では作物の地力窒素の吸収割合が高く、水稻では地力窒素の吸収割合が60~70%となる。水稻の基肥窒素の利用率はこれまでの試験データから30~40%程度であり、残りの60~70%は地力窒素に依存している。

表 5 水稻(コシヒカリ)の幼穂形成期における土壌及び基肥由来窒素吸収量

	基肥窒素量 (kg/10a)	窒素吸収量(kg/10a)			基肥窒素利 用率(%)
		土壌由来	基肥由来	全吸収量	
砂土	6	3.62	1.75	5.37	29
壤土	6	3.47	1.57	5.04	26
埴土	6	4.84	1.99	6.83	33

資料:茨城県農試

- ◆レタスの夏どり作型では生育初期は地力窒素の吸収割合は低いが、その後増加し収穫期には74%に達する等高温期に地力窒素の吸収が多い。こうしたことから、高温期の作型は減肥する必要がある。他の野菜類でも同様の結果が発表されている。

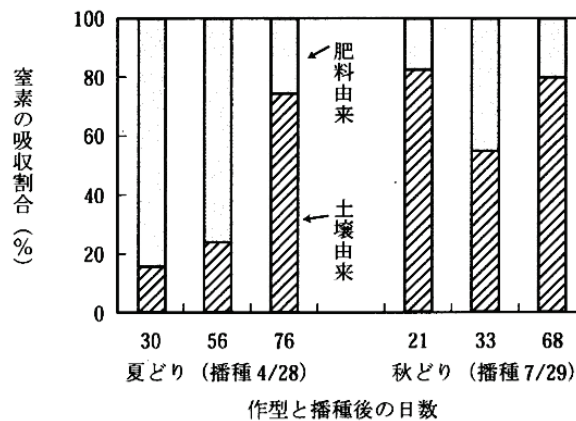


図 5 レタスの作型と吸収窒素の由来別割合

<作型等の相違と堆肥等有機物の施用効果(例)>

- ◆野菜の種類や作型による作付時期の相違は地力窒素の発現に影響し、堆肥連用効果の相違に関係している。堆肥連用試験で秋冬ハクサイは連用効果はかなりみられるが、バレイショは余り効果が見られない。(岡山県農試)
- ◆秋冬ハクサイは窒素を多く必要とする生育開始から結球開始するまで(9月前半)に最も地力窒素が発現するが、バレイショは窒素を余り必要としない収穫期となる5月下旬から7月前半にかけて最も地力窒素が発現する。この差が堆肥連用による収量格差の要因になっている。

(写真) ハクサイへの堆肥施用効果(左:堆肥 3t/10a 区 右:化学肥料区)



注:堆肥区は堆肥とあわせ化学肥料の慣行施肥量を上乘せ施用

表 6 化学肥料区を 100 とした場合の収量増加指数(6 年連用)

	堆肥 3t 区	堆肥 1.5t 区	化学肥料区
ハクサイ	156%	127%	100%
バレイシヨ	120	120	100

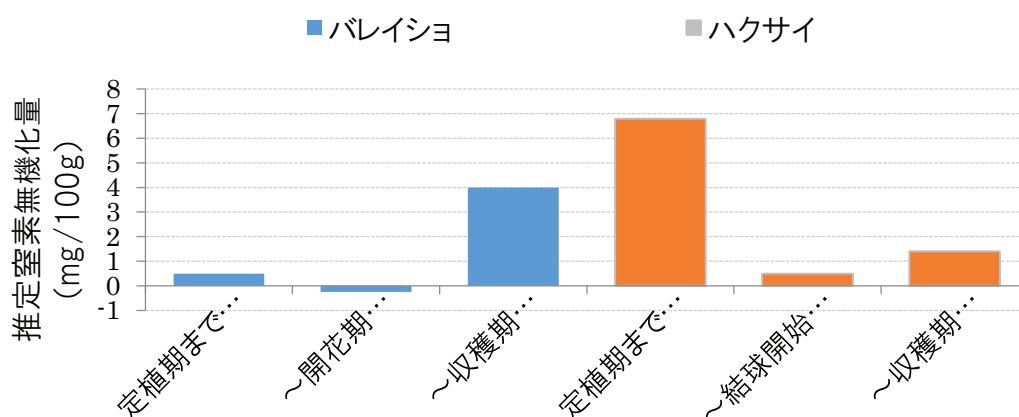


図 6 バレイシヨ、ハクサイの生育ステージにおける推定窒素無機化量

<果樹の収量・品質と地力窒素の発現>

- ◆特に果実肥大期には窒素の供給が多くないことが糖度の面から見て望ましいが、果樹の吸収窒素の多くを占める地力窒素の発現は窒素の非需要期に多く発現する。こうしたことから、全体として果樹の場合、水稻・野菜・畑作物と比較して少ない堆肥施用量が良いという結果となっている。
- ◆ブドウ品種ピオーネ(6年生)で牛ふん堆肥の連年試験結果では果房重、果粒重、糖度、着色を総合すると、年間 1 t/10a 施用が最も良好であるとしている。それ以上に堆肥施用量を増やすと、糖度や着色が低下している。

②炭素率(C/N 比)の比較的高い堆肥を毎年施用していくと、土壤中の腐植含量が高まってきて地力窒素の発現が多くなってくる。

- ◆堆肥を連用して腐植含量が高まってきた圃場では窒素施肥量を減らすとともに、堆肥の施用量も減らす必要がある。

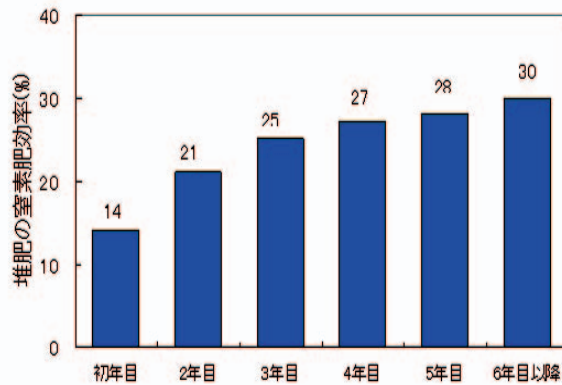


図7 牛ふん堆肥の連用年数と窒素肥効率

資料:茨城県農試

- ③土壤中の腐植含量を維持していくための堆肥施用量は水田で 1t/10a 程度、畑で 2~3t/10a 程度である。

- ◆安定的に地力窒素を発現させていくことが、作物の安定生産のために重要で、そのためには堆肥等を連用し腐植含量が低下しないようにしていく必要がある。
- ◆腐植含量を維持していくための牛ふん堆肥の施用量はこれまでの堆肥連用試験結果から見て灰色低地土水田で 1t/10a 程度である。また、畑地では黄色土で 3t/10a 程度、黒ボク土で 2t/10a 程度である。

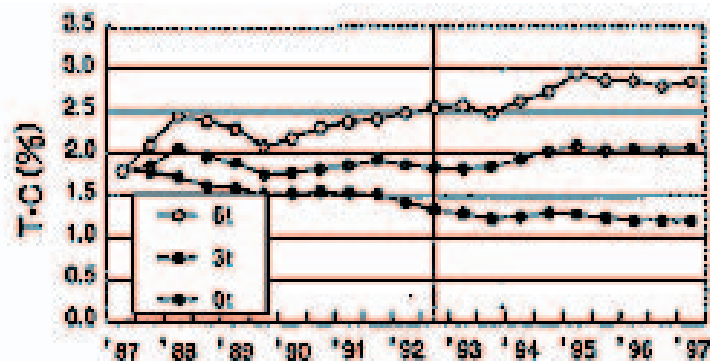


図8 野菜・畑作圃場(黄色土)での堆肥の施用量別全炭素含量の推移

資料:兵庫県農試

(3) 堆肥施用と土壌の生物性

(連作障害)

- ◆連作障害とは、同じ種類の作物を同じ畑に連作したときに、連作に伴ってその作物の収量・品質が低下する現象とされている。連作による障害の大部分は土壌病原菌やセンチュウによる被害であることが明らかとなり、連作障害問題の対応は土壌病害虫の抑制対策が中心になっている。

(写真)ハクサイ根こぶ病による被害



*生育の劣る区画のハクサイが根こぶ病に罹っている。

(根圏生物の多様性と病原生物の侵入)

- ◆作物の根はアミノ酸、有機酸、糖等を分泌するが、これが土壤微生物の餌となり、根の周囲では微生物相が多様である。多様であると餌と住み場所を巡って競争が起き病原微生物の増殖が抑制されることが知られている。
- ◆センチュウについても同様のことが言え、作物に被害を与えないセンチュウが増加すると、作物に害を与える寄生性センチュウは増加しにくくなる。

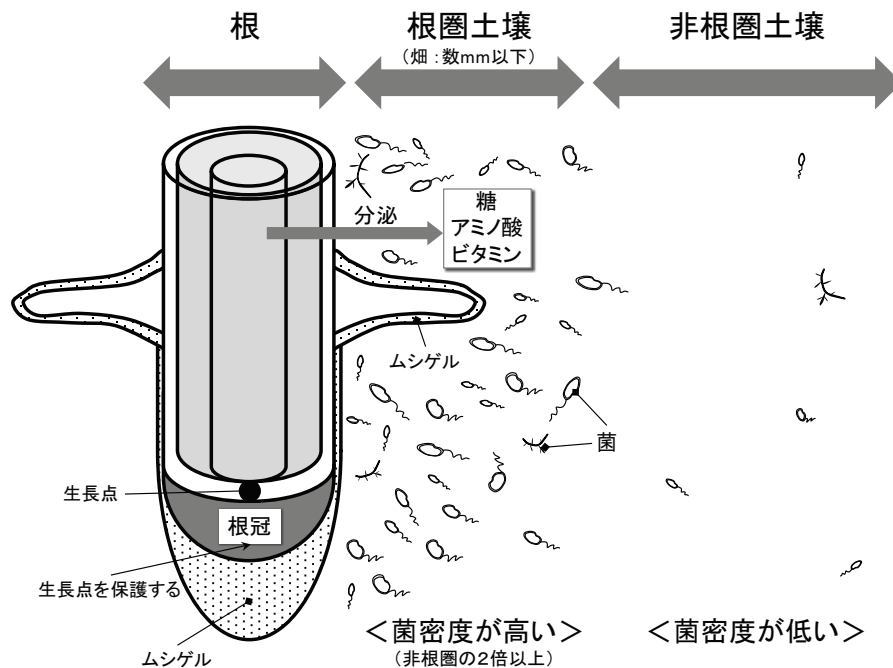


図9 根圏土壤、非根圏土壤と土壤微生物の密度

(堆肥施用と病原微生物の侵入)

- ◆堆肥施用により土壤の微生物多様性を高め土壤病害に罹りにくくする目的で利用する農家も多い。
- ◆熟成堆肥は土壤病害を抑制する例が多いが、生の家畜ふんのような未熟有機物は土壤病害を助長する場合が多い。

表 7 堆肥施用による土壌病害の抑制

種 類	軽減された病害	助長された病害
おがくず家畜糞	ユウガオつる割病(滋ポ 2)	トマト根腐萎凋症(兵ポ 5) ダイコン萎黄病(岐 6-20、岡ポ 1) ダイコン横縞症状、亀裂褐変症状(岐 6) ジャガイモそうか病(静 2,4) ジャガイモ粉状そうか病(静 2,4)
堆 肥	キュウリつる割病(茨ポ 3-15%) トマト萎凋病(茨 5、農事試 5) トマト根腐萎凋症(兵ポ 5) テンサイ苗立枯病(茨 1.5) テンサイ根腐病(岩 5,4) アスパラガス紫紋羽病(岩 4) コンニャク根腐病(長野 2) キャベツ根こぶ病(愛 0.5)	コンニャク根腐病(茨 1) コンニャク乾腐病(埼 2,4) ダイコン萎黄病(愛 1、農事試 5)

(食品廃棄物を原料とした堆肥等と土壌病害抑制効果)

- ◆最近、堆肥等の病原抑止力測定法が開発され、この方法によって各種堆肥(肥料)を測定してみると食品廃棄物を原料としたものは土壌病原抑止力が高い傾向が見られる。

表 8 主な堆肥(肥料)化原料別土壌病原抑止力

区 分	主原料	土壌病原抑止力
畜ふん関 係	鶏糞 A	54.2
	鶏糞 B	46.2
	牛ふん	46.8
	(平 均)	49.0
食 品 廃 棄 物 関 係	もみがら、食品排水活性汚泥	79.8
	もみがら、食品排水活性汚泥	70.6
	カニガラ、油かす、なたね油かすぼかし	75.0
	食品廃棄物、微生物資材添加	74.0
	食品廃棄物含む有機肥料(微生物資材添加)	80.4
	(平 均)	76.0
その他	バーク	48.9

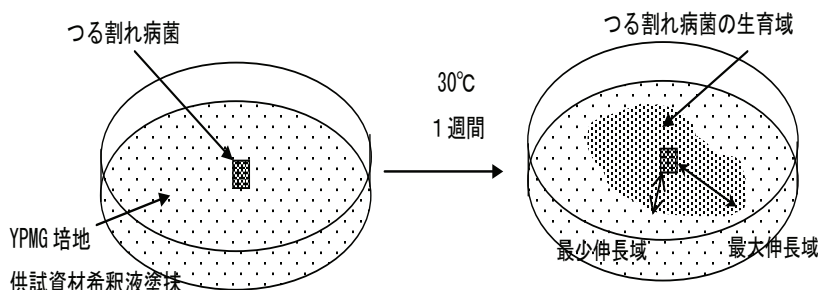
注：土壌病原抑止力は数字の大きいものの方の土壌病原抑止力が高い

表 9 メタン発酵消化液散布土壌と病原抑止力

	試験区	土壌病原抑止力	備考
野菜圃場(京都府)	対照区	59.6	
	消化液散布区	75.8	数年消化液散布
野菜圃場(トマト) (秋田県)	対照区	53.1	
	消化液散布区	62.7	2回消化液散布

(参考) 病原抑止力測定方法

フザリウム菌(メロンつる割れ病菌あるいはトマト萎凋病菌)と土壌、堆肥等資材の各希釈液を同時に培地で30℃、一週間培養する。比較対照として滅菌水のみをの区を設ける。1週間培養後、供試資材の希釈倍率ごとにフザリウム菌の菌糸伸長域を測定(最大伸長域と最少伸長域)し、数値化する。



5. 堆肥施用と土壌養分バランス

1) 水稲の収量、食味との関係で適正腐植含量等の調査例(堆肥施用と腐植含量)

◆水稲の場合、地力窒素への依存割合が高く一般に吸収窒素のうち地力窒素から60%~70%吸収しているとされることからどの程度の腐植含量が収量、食味から見て適正かを調査した。

(有機水稲農家 T 氏圃場での適正腐植含量)

◆栃木県の有機水稲農家 T 氏の水田は同一地域にあり、雑草抑制ができており、水稲の栽培管理はほぼ同一なので、収量に影響するのは地力窒素によるところが大きいと考えられた。

◆水田は黒ボク土で、収量の異なる圃場ごとに腐植含量などを測定した結果、腐植含量等と水稲の収量とは密接に関係していた。

◆T 氏水田圃場では腐植含量が10%程度で450 kg/10aの収量で安定した収量が得られているが、それ以下であると収量が低下している。また、腐植含量12%程度になるとやや倒伏する傾向が見られ適正腐植含量は10%程度と考えられた。

(写真) T 氏の有機水稲圃場



表 10 黒ボク土水田の地力窒素関係項目の分析結果と水稻の収量・品質

地 域	対象圃場	品 種	地力関連分析項目		収量・品質	
			腐植含量 (%)	全 窒 素 含 量 (%)	収量 kg/10a	食味値
栃木県 T 氏圃場 (H21 年)	有機 8 年圃場	コシヒカリ	11.9	0.60	450	88
	有機 8 年圃場	コシヒカリ	4.7	0.26	330	84
	有機 6 年圃場	コシヒカリ	10.3	0.50	450	-
	有機 10 年圃場	コシヒカリ	9.6	0.47	420	-
	有機 3 年圃場	コシヒカリ	9.5	0.47	390	88
	転換中圃場	コシヒカリ	6.2	0.34	360	-

注:有機 8 年圃場は極端に有効態リン酸が少なく収量の低いのはリン酸が少ないことによるものと考えられた。

2)ホウレンソウ葉の黄色斑発生要因と対策の例（鶏ふん堆肥連用の問題）

- ◆有機農業を長年実施している産地のホウレンソウで、葉に黄色斑の発生が見られた。この要因を調査するため、発生している圃場と発生していない圃場の土壌をサンプリングして土壌分析を行った。

（ホウレンソウの黄色斑発生圃場等の土壌分析結果と対策）

- ◆土壌分析の結果、黄色斑の発生が見られる圃場は pH が高く、有効態リン酸含量が過剰傾向にあることがわかった。

（写真）黄色の斑の発生したホウレンソウの葉



表 11 ホウレンソウ黄色斑発生圃場の土壌分析結果

	pH	CEC	磷酸吸 収係数	有効態 リン酸	交換性 カリウム	交換性マグ ネシウム	交換性カ ルシウム	易還元性 マンガン
A 氏圃場	7.3	29.9	963	309	35	91	579	9.81

- ◆pH が高い土壌においてはマンガンが不溶化しその吸収抑制を起ししやすい。そこで、その後マンガン土壌分析した結果、マンガン欠乏症であることがわかった。これは、長年、採卵鶏の堆肥を用いて

きたとのことなので、そのことが要因と考えられた。

- ◆対策としては pH や有効態リン酸含量を下げしていく必要があり、カルシウムやリン酸の多い採卵鶏の堆肥の施用を他の資材に切り替えるとともに、応急的に硫酸マンガン資材を施用した。現在、産地ではマンガン欠乏症は見られなくなっている。

3) 加里過剰によるブロッコリー花蕾黒変症発生の例(埼玉県)(牛ふん堆肥連用の問題)

- ◆埼玉県のブロッコリー産地で、花蕾内部の黒変症状が見られ、その多発圃場では、土壌中のカリウム、カルシウム及びマグネシウム含有量が発病少圃場に比べて約2倍と高い傾向にあった。
- ◆埼玉県農試が加里を多く施用したブロッコリーにべと病菌の散布試験を行うと、花蕾黒変症が発生した。しかし、慣行の施肥条件ではべと病菌を散布しても発生しなかった。こうしたことから、カリウム過剰はブロッコリー花蕾黒変症の発生を助長することがわかった。

(写真) 加里増施によるブロッコリー花蕾黒変症



表 12 ブロッコリー花蕾黒変症発生と土壌中交換性塩基含量

試験区	交換性塩基(mg/100g)		
	カリウム	カルシウム	マグネシウム
発病少	54	151	26
発病多	113	350	61

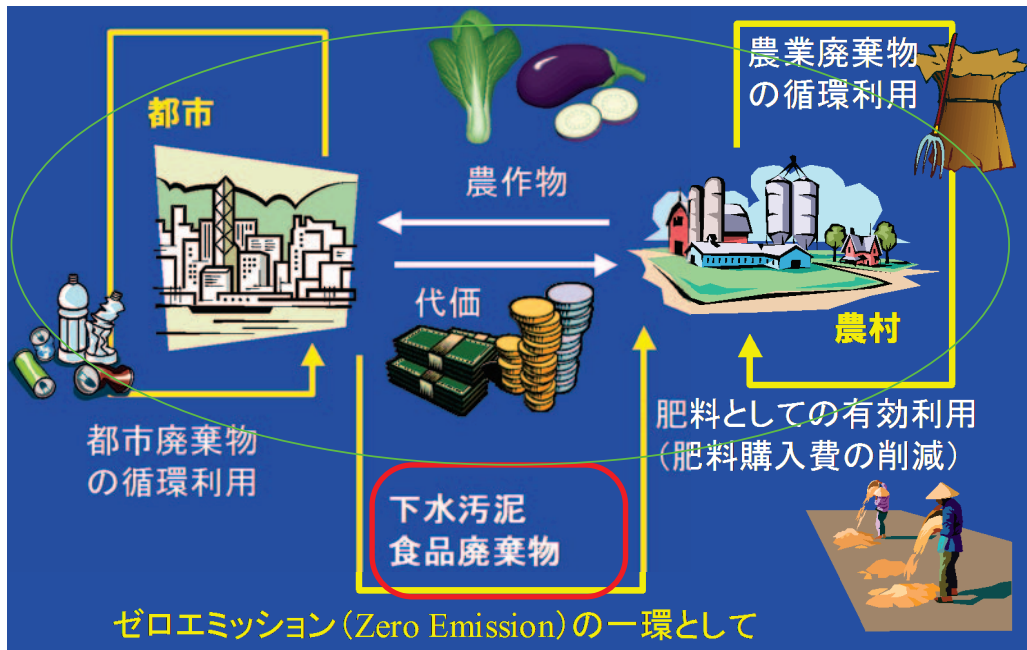
- ◆土壌中の交換性カリウム含量が高まったのは牛ふん堆肥の多施用が要因とされている。
- ◆現地のブロッコリー圃場は交換性カリウムの含量が 100 mg/100g を超えると花蕾黒変症の発生リスクがかなり高まることから 100 mg/100g 以下にするようにしている。

食品系メタン発酵消化液の特性と液肥利用

秋田県立大学 日高 伸

協力: 有限会社三功、酵素の里

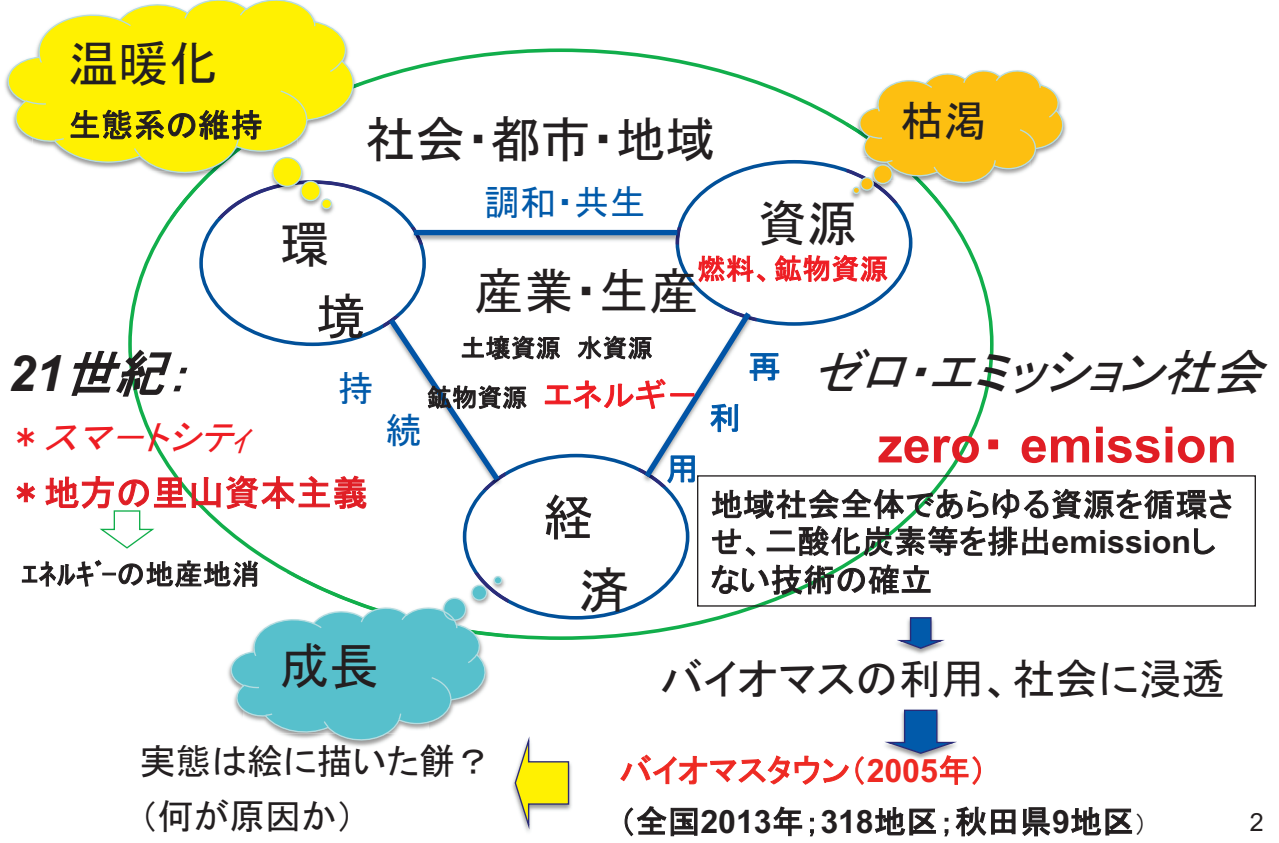
はじめ・背景



低CO2発生型、資源循環社会の評価

1

バイオマスを活用する社会とは

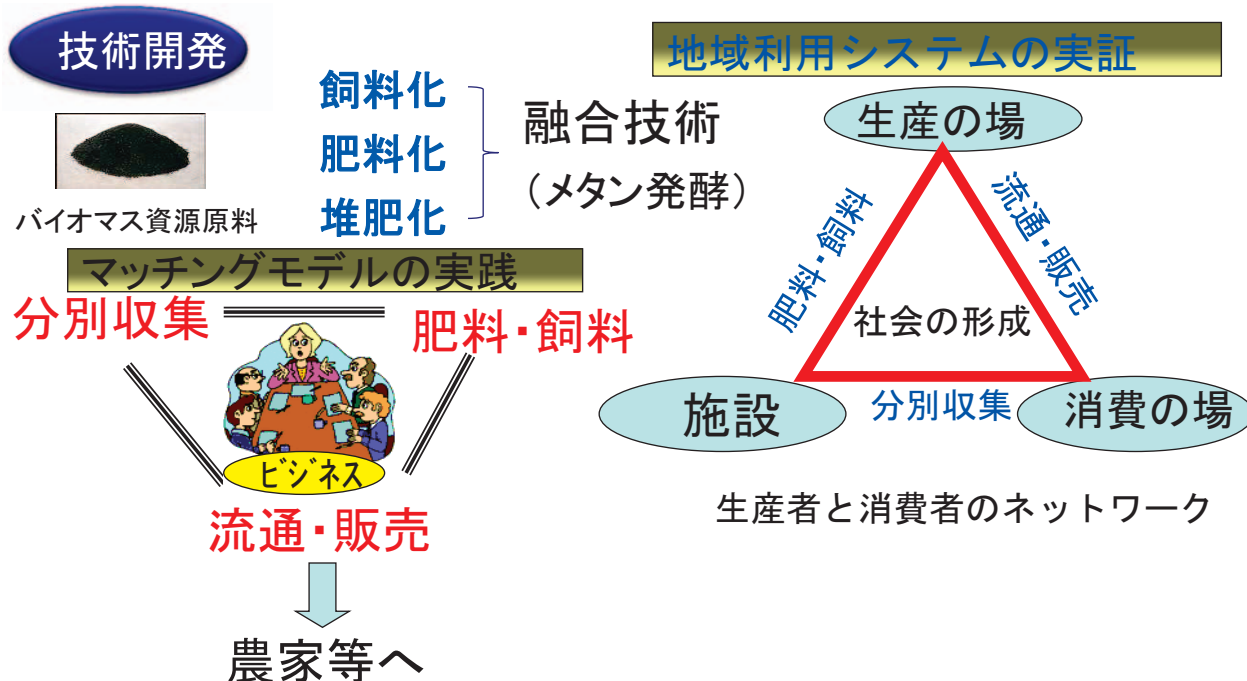


2

例

バイオマスの循環利用には相互の協力が不可欠

技術開発(研究開発)ーエコビジネス(企業)ー利用システム(社会、行政)



3

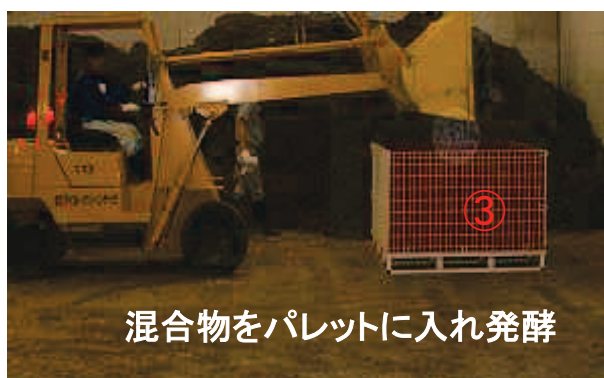
コンポスト(有機質肥料)の製造、事例



4

例

融合コンポスト Fuse compost 製造

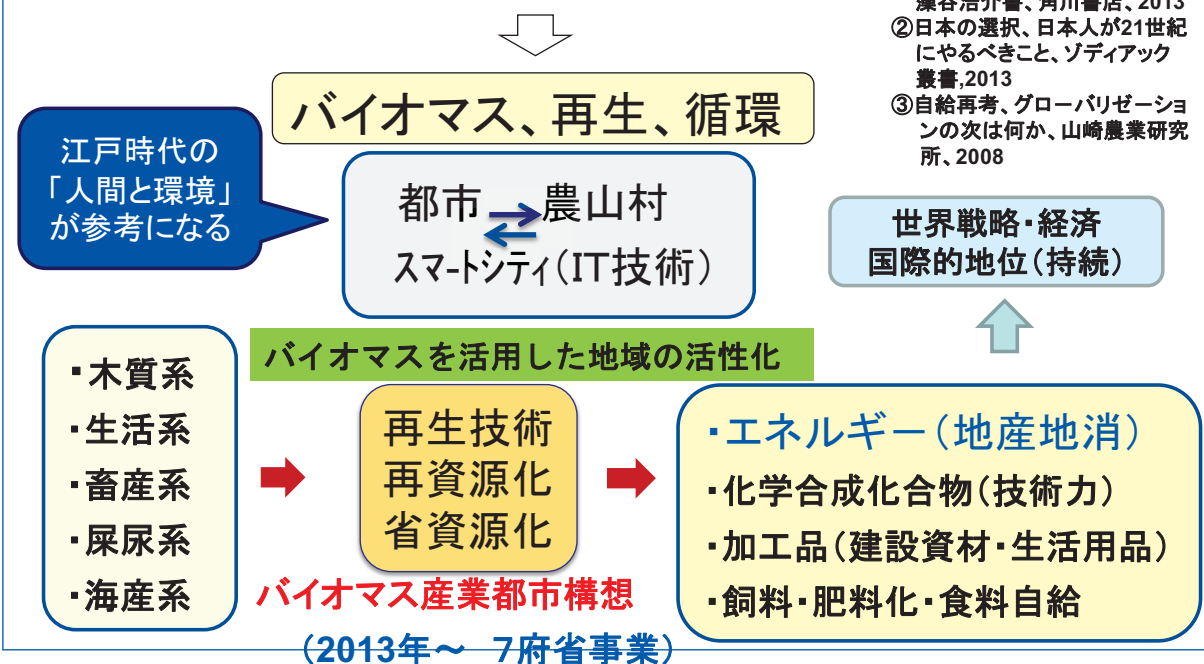


5

循環型社会を目指して 日本(地方)の今後

- **背景:** 人口減少、高齢化、エネルギー、食料供給、国際的地位
- **変化:** 多様性「もの、ひと・価値感」
- **資源:** 光、肥沃な土壌、水、手つかずの里山

参考書:
① 里山資本主義 藻谷浩介書、角川書店、2013
② 日本の選択、日本人が21世紀にやるべきこと、ゾディアック叢書、2013
③ 自給再考、グローバリゼーションの次は何か、山崎農業研究所、2008



6



低コストメタン発酵プラントの開発

生ごみメタン発酵プラント「普及型」の実証 実用化技術の開発(H24～) (秋田県立大学と民間との共同研究)

- **消化液の臭い対策(解決)**
 - * 悪臭の原因であるイオウ化合物(脱硫)
 - * アンモニアガス(減圧処理: 硫安)
 - * 回収したアンモニアの有効利用する(MAP肥料: 未)
- **消化液の水質浄化(実施中)**
 - * 高度水処理技術の開発(凝集分離、他)
 - * 上澄み液の土壌浄化処理(浸透処理水)
- **消化液の農業利用と環境影響調査(実施中)**
 - * 水田、畑、やなぎ育成園
- **バイオエネルギー-利用(実施中)**
 - * ガス燃焼、電気変換、CO2の農業利用、高純度メタン生成

生ごみメタン発酵プラント「普及型」の実証 実用化技術の開発(民間共同開発研究 H24~)

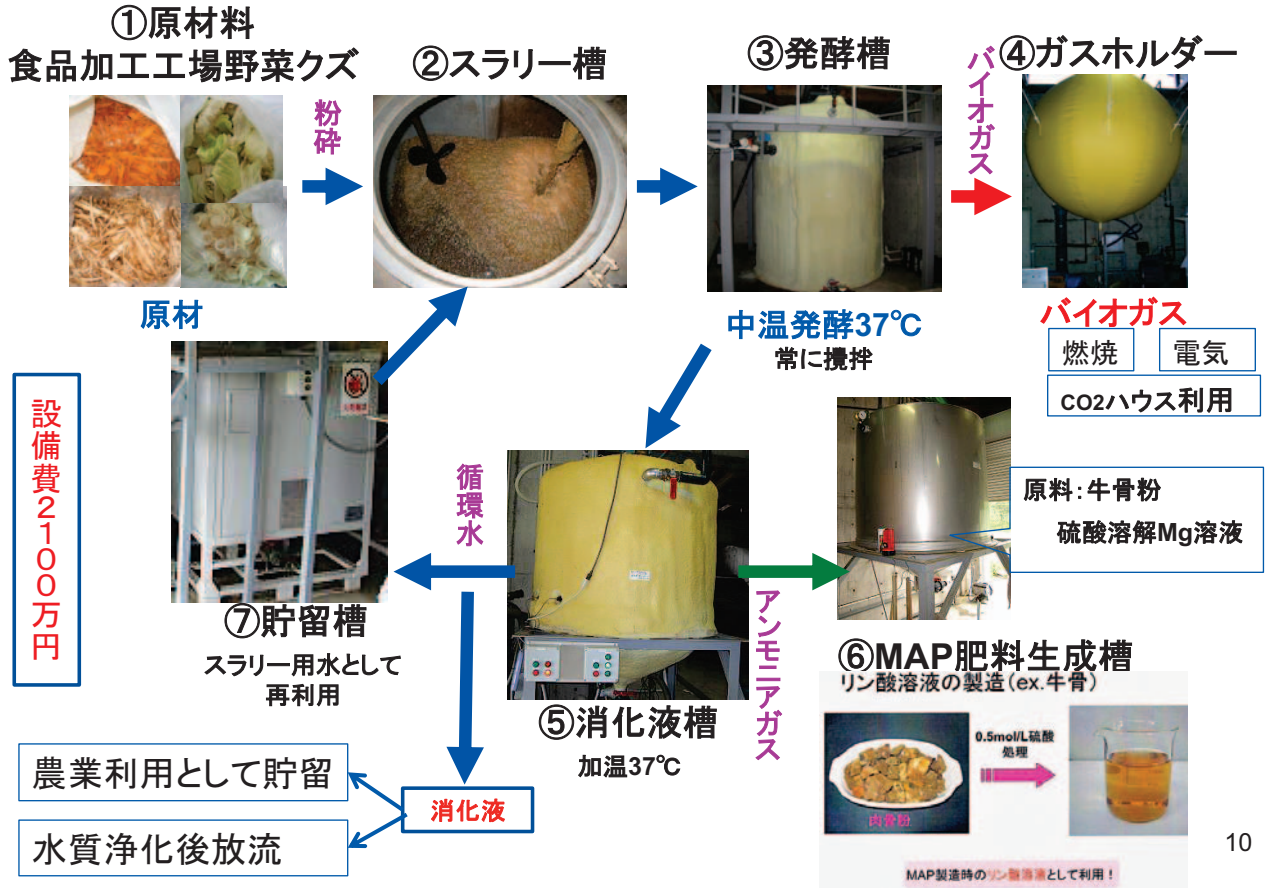


- ① 生野菜くず、200kg/日、魚あら10kg/日→シュレッダ(加水100L)
- ② スラリー槽
- ③ メタン発酵槽(15m³)、約30日滞留
- ④ バイオガス貯留槽(3m³)
- ⑤ 消化液槽
- ⑥ 消化液貯留槽
- ⑦ MAP(リン酸マグネシウムアンモニア)肥料生成槽
- ⑧ 消化廃液沈殿・分離槽(⑨凝集剤、pH調整剤硫酸)
- ⑩ 上澄み廃液の土壌浄化処理
- ⑪ 土壌浸透処理水(プラント循環利用、放流)

2014年10月

パ-ライト添加後
加圧脱水

メタン発酵プラント(県大)



名称	C/N比
タマネギ	7.1
ダイコン	7.1
キャベツ	7.0
ニンジン	7.0
ゴボウ	7.1
混合	7.0



* バイオマスのメタン発酵→エネルギー、他



カット野菜屑

粉碎野菜ゴミ+水(スラリー状)

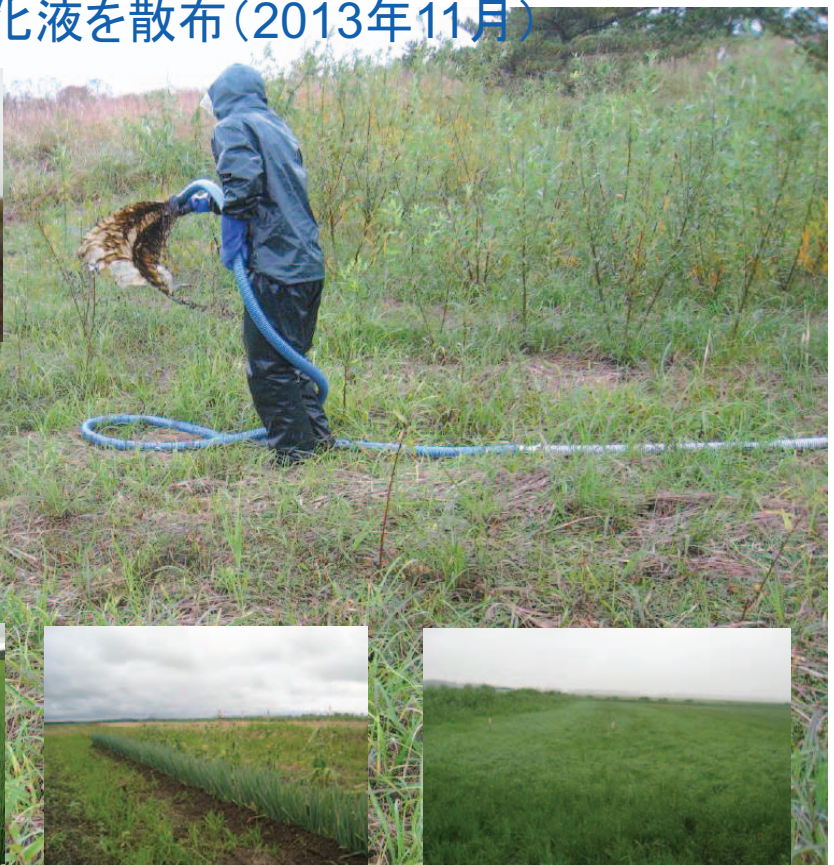
有機物を嫌気発酵
(消化液)

大量に発生



課題: 処理、農業利用

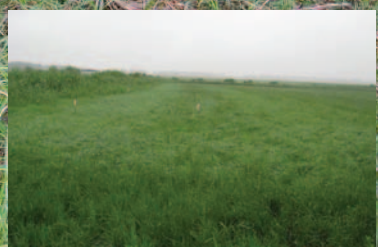
ヤナギ林に消化液を散布(2013年11月)



水田施用



畑施用



草地施用

13

消化液の液肥利用(三重県津市:有限会社三功・酵素の里) 細粒黄色土

コマツナ ①C 窒素肥効率 50%区



窒素肥効率50%



N 肥効区 50%

コマツナ ①A 化成肥料区



堆肥区

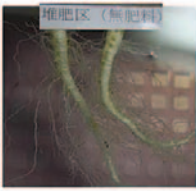


化成区

コマツナ ②D 堆肥区



化成肥料区



堆肥区 (無肥料)

コマツナ ②B 窒素肥効率 70%区



窒素肥効率70%



N70% 肥効区



全区に堆肥施用、化成肥料(基肥)相当量を消化液で施用

跡地土壌の分析 2015.11.2

	層位cm	T-C g/100g	T-N g/100g
コマツナ跡地	0-10	2.38	0.119
	10-20	1.14	0.055
	20-30	0.34	0.018
試験区の外	0-10	0.16	0.015
	10-20	0.15	0.015
	20-30	0.36	0.001

コマツナの収穫物調査

コマツナ	化成肥料	N肥効率70%	N肥効率50%	堆肥
草丈cm	30.5	31	30.3	29.4
葉色	37.2	37.4	37.4	38.4
葉NO ₃ -N濃度				
新鮮重kg/m ²	4.15	4.43	4.01	4.21

14

消化液の液肥利用(三重県津市:有限会社三功・酵素の里)

細粒黄色土



カブ収穫物調査 2015.11.21

カブ	化成肥料	N肥効率70%	N肥効率50%	堆肥
草丈cm	54.8	53.9	54.2	52.2
葉色	29.8	30.6	30.3	28.5
カブ幅cm	5.1	5.4	5.4	5.8
カブ高cm	4.5	4.7	4.6	4.8
新鮮全重kg/m ²	10.8	11.2	10.8	11.9
地下重kg/m ²	3.09	3.55	3.48	4.63

全区に堆肥施用、化成肥料(基肥、追肥)相当量を消化液で施用

15

消化液のダイコン基肥施用試験

秋田県(砂壤土)

化成肥料区

化成肥料N相当量

化成肥料N2倍相当量



ダイコン収穫物調査(1個体平均)

区	草丈cm	根長cm	根幅cm	葉緑素	全重g	根重g
化成肥料	27.3	26.6	4.0	36.1	253.2	159.6
消化液 N(化成N 同量)	25.3	22.8	3.5	38.1	216.5	126.1
消化液2N(化成N2倍量)	30.3	27.8	4.4	37.4	318.3	189.6

16

消化液施用による環境影響評価

ライシメータ硝酸溶脱量調査

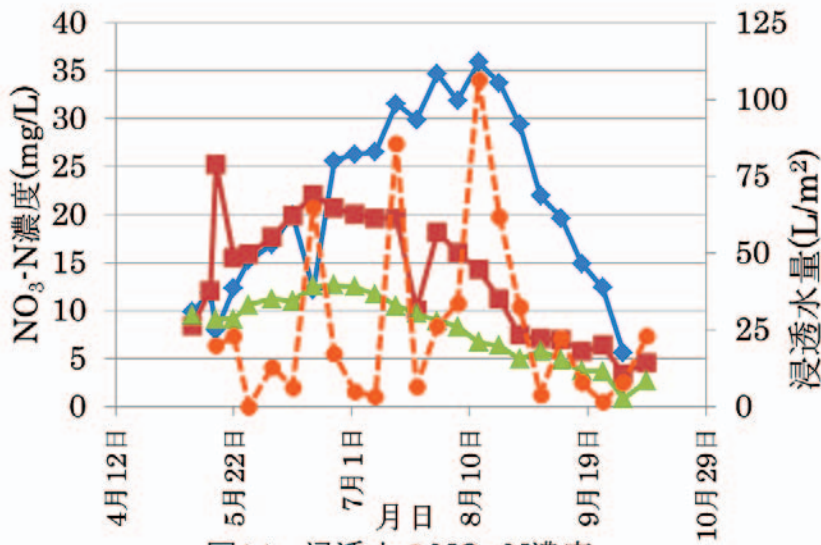


図14 浸透水のNO₃-N濃度
浸透水量は3基の平均



- ◆ 化成肥料区
- 消化液区
- ▲ 対照区
- 浸透水量



硝酸態窒素溶脱調査

消化液は流亡しやすい!!

溶脱量は化成肥料区が消化液区を上回る!!

17

消化液施用による環境影響評価

N₂Oガス発生

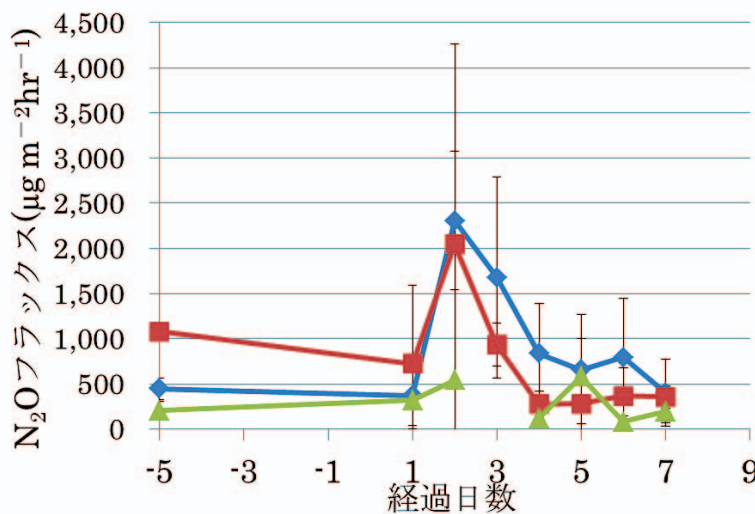


図15 追肥によるN₂Oフラックスの経時変化
(n=3) エラーバーは標準偏差



- ◆ 化成肥料区
- 消化液区
- ▲ 対照区



2015.7.30

化成肥料区方が多く発生!!

18

消化液の浄化(凝集剤処理と土壌処理を組み合わせ)

消化液

硫酸前処理でpH調整(pH6.0)

塩鉄1%投入・攪拌後24時間静置
パーライト

土壌浄化処理

- ・施設内再利用
- ・放流(N除去後)



	pH	EC S/m	COD mg/L	PO ₄ mg/L	NH ₄ mg/L	TN mg/L	K mg/L
消化液	7.43	1.25	5350 *	187	1105	1700	2205
土壌浸透水	7.33	0.17	12.3 **	1.0以下	4.3	24	30以下

*COD:Cr **COD:Mn

19

土壌浄化槽

- ①防水シート、浸透取水管(排水)
- ②礫10cm→不織布
- ③黒ボク+鹿沼土+ゼオライトの混合→ゼオライト→消化液流入管の設置(管は不織布で囲む)→礫→④黒ボク土



20

凝集・沈澱、土壌浄化処理方法

②凝集・沈澱槽



①消化液



1m³/回 処理

圧送



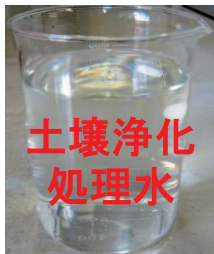
予備試験と同条件にし、5分間攪拌
その後5日間沈澱静置

沈澱物
天日干しにて乾燥回収
(有機肥料利用検討中)



上澄み液圧送

・スラリー用水
として循環



⑤集水槽

自然流出



④土壌処理槽



③分水柵

トラップ

閉鎖式集水型
縦3.6m、横1.5m、深さ0.8m×2列
一般土壌や秋田県産ゼオライトなどで層状を形成

メタン発酵消化液浄化過程

消化液

T-N 1700ppm



繊維質除去

T-N 1500ppm



凝集沈澱

T-N 800ppm



NO₃-N, NH₄-N

残留!!

Nの浄化!!

土壌浄化

T-N
80ppm



加圧脱水

土壤浸透処理水NH₄-Nの除去

温度条件による吸着能の検証

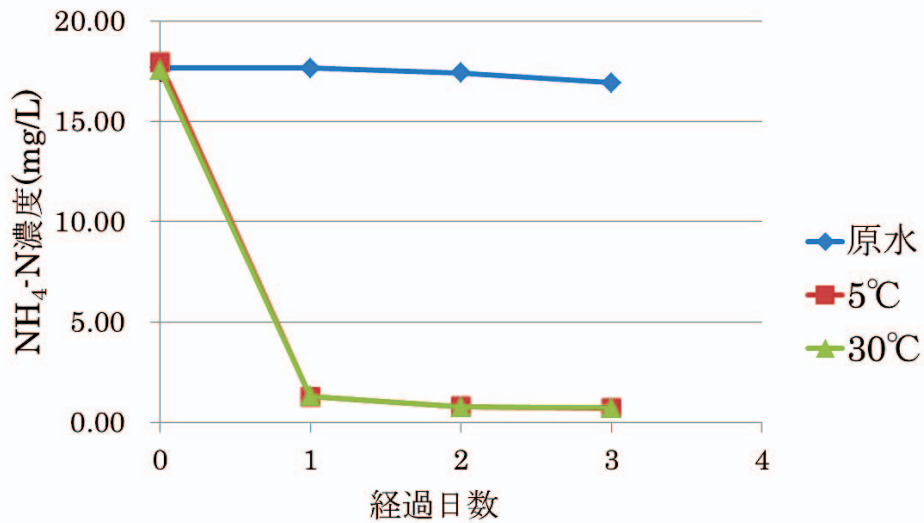


図5 温度条件別NH₄-Nの経時変化

温度によって吸着能は変化しない!!

23

土壤浸透処理水NO₃-Nの除去

温度条件による浄化能の検証

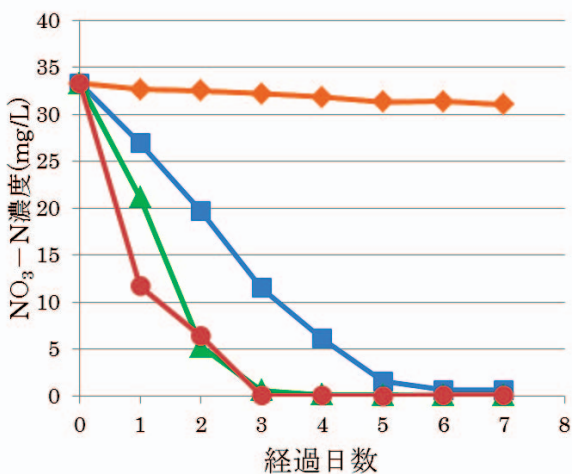


図1 温度別NO₃-N濃度の経時変化 (n=3) エラーバーは標準偏差

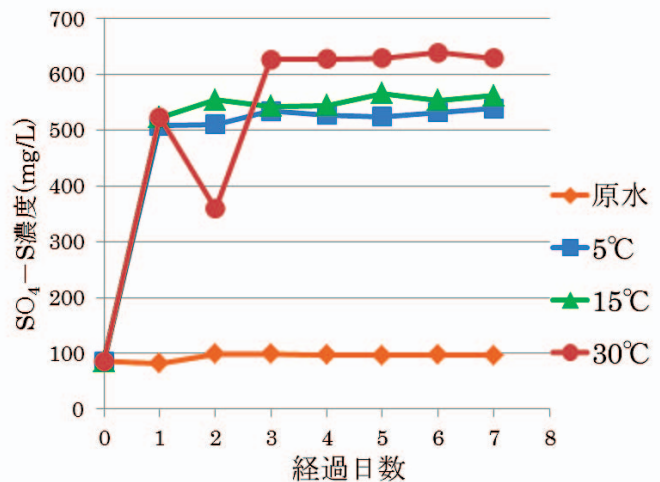


図2 温度別SO₄-S濃度の経時変化 (n=3) エラーバーは標準偏差

低温条件下でも硫黄脱窒を確認!!

24

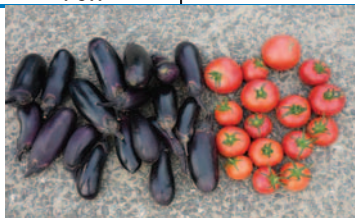
土壌浄化処理水の液肥利用

2015.7.30

秋田県(砂壤土)



	消化液原液区・トマト	消化液原液区・ナス	化成肥料区・トマト	化成肥料区・ナス
収量(個)/4株	30	43	29	34
収量平均(g)/個	90.0	81.9	90.9	98.7
収量合計(g)/0.96㎡	2699	3522.9	2636.8	3356.8
尻腐れ(個)	23	-	14	-
尻腐れ(%)	76.7	-	48.3	-



25

食品系メタン発酵消化液 の特性と液肥利用

プラントの紹介と消化液の液肥利用・栽培試験



共同研究： 秋田県立大学、(株)MAN90大阪事務所

平成24年3月 秋田県立大学秋田キャンパス内に実験プラントを設置



メタン発酵施設



メタン発酵槽



土壌浄化装置

食品系メタン発酵モデルプラントの開発・特徴

特徴1

汎用性の高い市販品を用いて組み立てた
低コストメタン発酵プラント

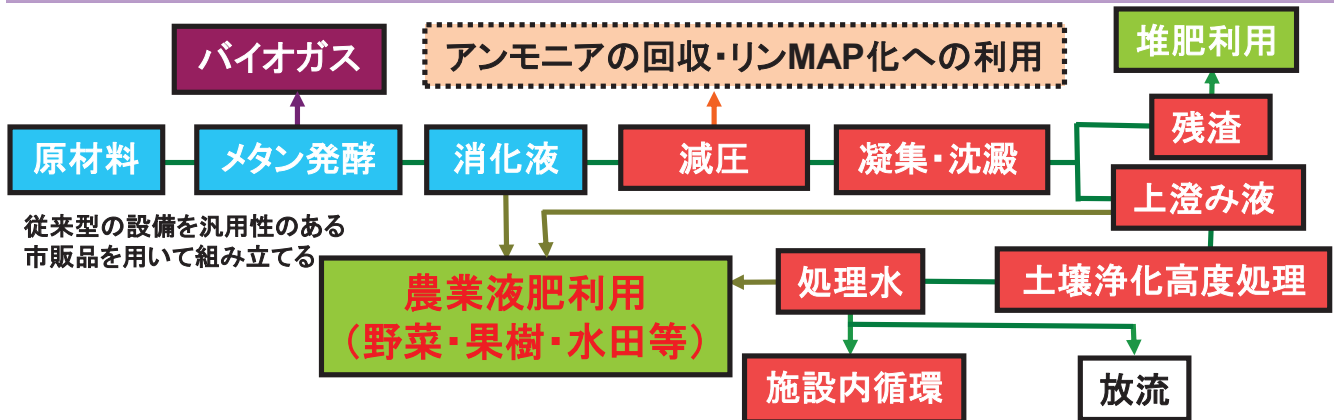
特徴2

凝集剤・土壌浄化処理を併用した
消化液の水質浄化処理

特徴3

アンモニアの回収と
リン酸の肥料化

メタン発酵フロー



従来型の設備を汎用性のある市販品を用いて組み立てる

秋田メタン施設能力

処理量	約200kg/日
発酵槽容量	15m ³
発酵温度	37°C(中温発酵)
ガス発生量	1~10Nm ³ /日
MAP生成量	調査中

土壌浄化高度処理後の
消化液成分浄化率(1年間平均)

pH	7.2
EC	85.0%
CODMn	98.9%
PO4-P	99.2%
T-N	96.7%
NH4-N	99.4%
K	98.6%
SS	99.9%

技術の特長

1.従来型の設備を汎用性の高い市販品で代用

建設コストを抑える・汎用性が高い市販品を用いて組み立てている。

2.アンモニア回収・リンMAP化への利用

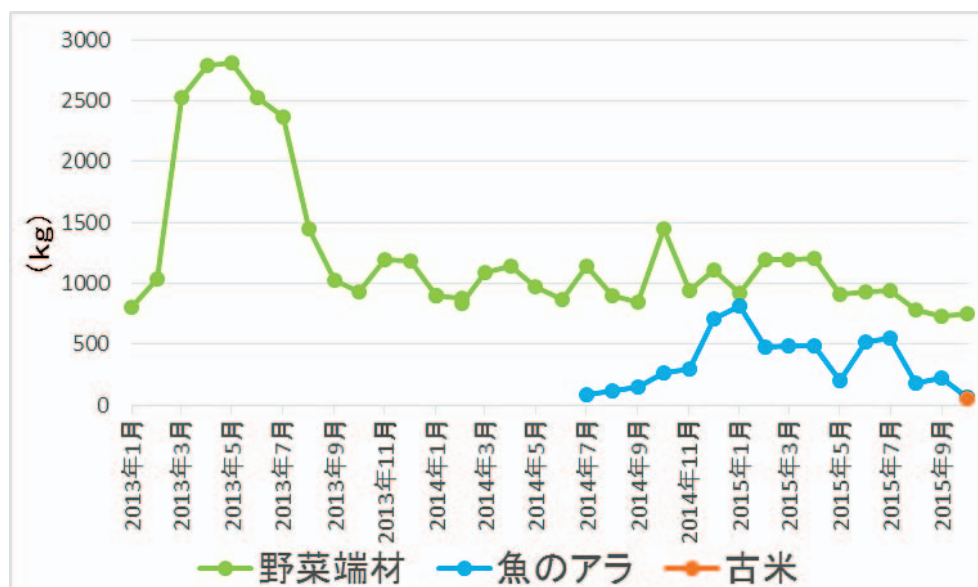
メタン発酵槽で発生する消化液中のアンモニアを気化して、MAP(リン酸肥料)の原料として再利用する。

3.凝集剤・土壌浄化処理を併用した廃液(消化液)の高度処理

施設管理コストを抑えるため従来の薬品処理工程で凝集剤を使用し、凝集沈澱と土壌浄化を組み合わせた消化液の安価な高度処理施設を併用。

秋田メタン施設の状況

1. 原材料の状況



原材料投入量



カット野菜クズ

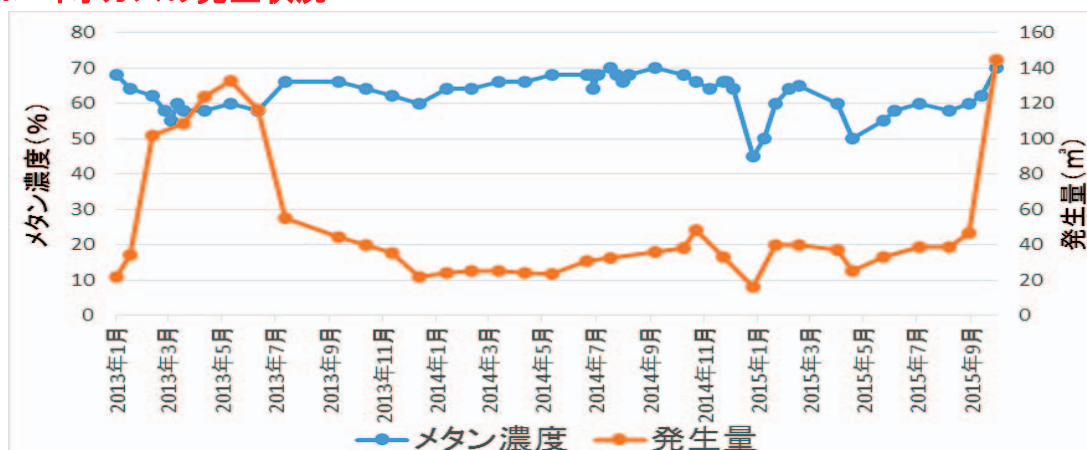


魚のアラ



古米

2. バイオガスの発生状況



バイオガス発生量・メタン濃度

3. バイオガスの利用

1. バイオガス燃焼

ガスホルダー(4Nm³)に貯蔵したバイオガスをガスコンロにて使用。

古米を炊く時やハウス・建物内を暖めることに使用している。

(3Nm³ = 1口ガスコンロ7時間使用可)



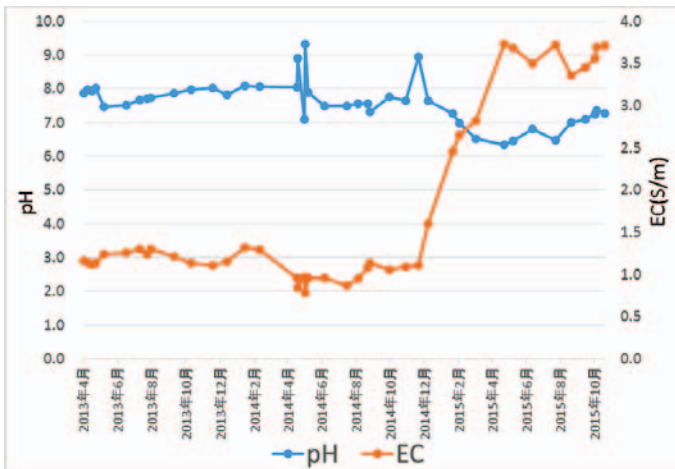
2. 電気発電

市販のガソリン発電機をガス発電機に改造し、発電(800W)。

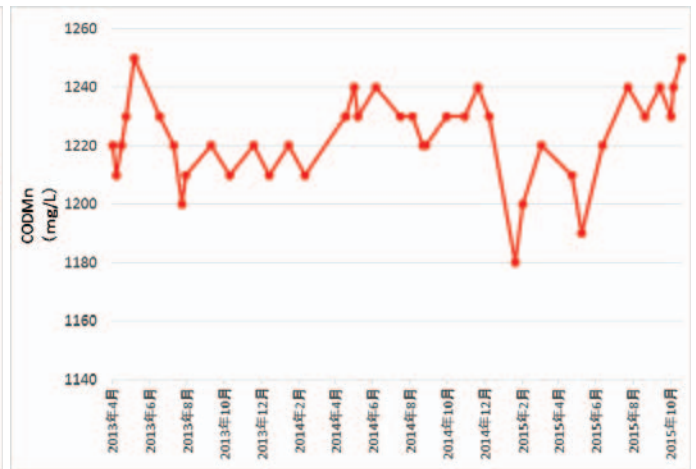
1.1Nm³ = 連続3時間発電することができる。



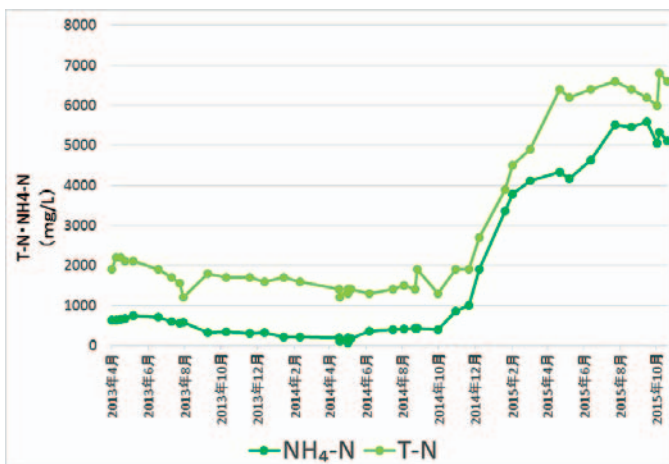
消化液の化学性



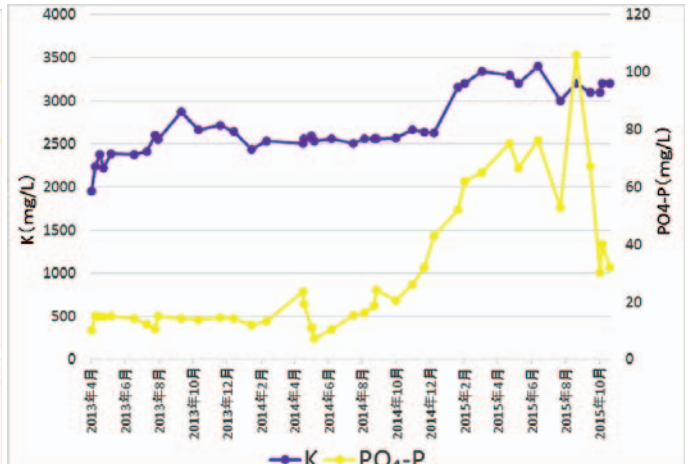
pH、ECの変動



COD_{Mn}の変動



T-N、NH₄-Nの変動



T-K、PO₄-Pの変動

・投入原材料について

初年度は、野菜クズを継続して投入してメタン発酵の安定化を図った。2014年7月から原材料の変化による消化液の肥効成分の変動とバイオガスの発生程度を評価するために、野菜クズに加えて魚のアラを投入した。2015年10月以降は魚のアラに替えて古米を投入している。

消化液の化学性は、原材の種類によって大きく変動する。

秋田メタン発酵消化液液肥

1.消化液原液



減圧によりアンモニアが軽減され、臭いが薄れる。

野菜クズのみ

成分分析(平均)	
pH	7.90
EC(S/m)	1.11
CODMn(mg/L)	1223
T-N(mg/L)	1650
PO4-P(mg/L)	13.8
K(mg/L)	2490

野菜端材65%+魚のアラ35%

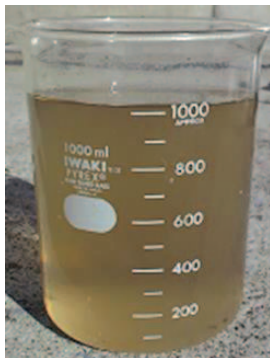
成分分析(平均)	
pH	7.22
EC(S/m)	2.48
CODMn(mg/L)	1222
T-N(mg/L)	4270
PO4-P(mg/L)	48.6
K(mg/L)	2965

野菜端材+古米3.0kg

成分分析(平均)	
pH	7.26
EC(S/m)	3.71
CODMn(mg/L)	1250
T-N(mg/L)	6600
PO4-P(mg/L)	32.0
K(mg/L)	3200

2.消化液凝集沈澱上澄み液

pH6.0付近になるよう塩酸で全溶液0.4%量にて調整する。
pH調整後、塩化第2鉄溶液(35%)で全溶液0.3%量にて凝集沈澱し、脱水機にて上澄み液と残渣に分離する。



ほとんどアンモニア臭がなくなる。

成分分析(平均)	
pH	6.15
EC(S/m)	1.42
CODMn(mg/L)	119
T-N(mg/L)	840
PO4-P(mg/L)	4.8
K(mg/L)	2090

3.消化液土壤浄化処理水

上澄み液を土壤浄化装置にて濾過する。



アンモニア臭がまったくない。

成分分析(平均)	
pH	6.30
EC(S/m)	0.28
CODMn(mg/L)	11.5
T-N(mg/L)	77
PO4-P(mg/L)	1.0
K(mg/L)	135

平成25年度 消化液の利用(1)

・栽培試験使用肥料

牧草・露地野菜に使用した消化液の水質

消化液成分	pH	EC S/m	CODMn mg/L	PO ₄ -P mg/L	NH ₄ -N mg/L	T-N mg/L	K mg/L
消化液原液	7.48	1.24	1250	15.2	800	2000	2200

(原材料:野菜端材のみ)



メタン発酵消化液

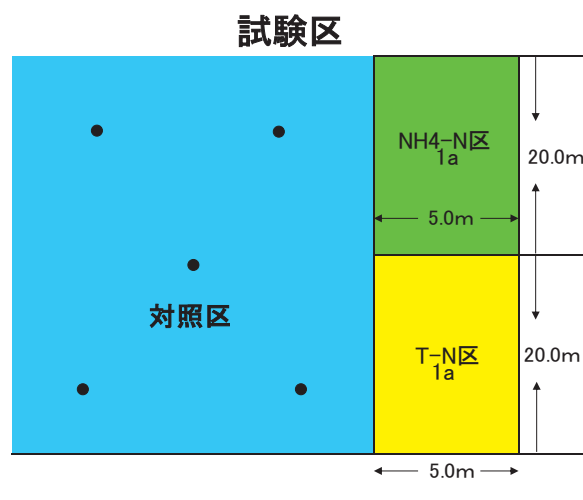


高度化成肥料
(15-15-15)

1. 牧草への施用(6~9月夏季)

秋田県立大学フィールド教育研究センターの牧草地(イタリアンライグラス)に試験区を設け、追肥(高度化成肥料)の代替として、消化液を施用した。

対照区(化成肥料)のT-N相当量(牧草追肥N-3kg/10a)を消化液のT-N(T-N区:消化液のTN換算)とNH₄-N(NH₄-N区:消化液のNH₄-N換算)で施用した。追肥は6月と7月の2回行い、7月と9月に収穫した。



牧草栽培試験結果

牧草	2m×2m収穫重(kg)	乾燥率(%)	含水率(%)
7月対照区	10.81	22.4	77.6
7月T-N区	10.97	17.3	82.7
7月NH ₄ 区	9.91	23.1	76.9
9月対照区	2.80	38.8	61.2
9月T-N区	3.03	33.1	66.9
9月NH ₄ 区	2.85	34.8	65.2

・消化液区と化成肥料区で同等の施用効果を確認できた。

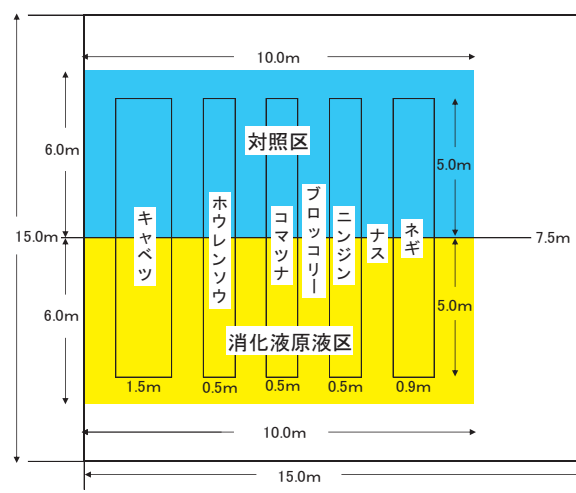
平成25年度 消化液の利用(2)

2.露地野菜への施用(5~9月夏季)

八郎潟干拓地重粘質土壌でキャベツ、ホウレンソウ、コマツナ、ニンジン、ネギ、ナス、ブロッコリーの7作物に消化液を基肥として施用した。

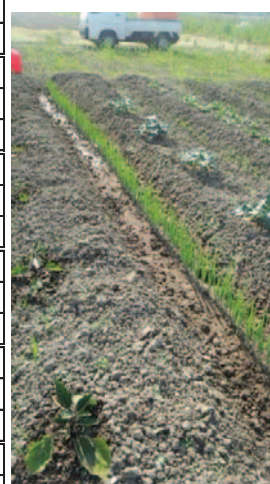
対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-18kg/10a)を消化液のT-N換算で施用した。消化液に不足するリン酸は過リン酸石灰(20%)で補った。

収穫は、それぞれの野菜時期ごとに行い、生育調査と成分分析をおこなった。



露地野菜栽培試験結果

キャベツ(平均)	草丈(cm)	幅(cm)	新鮮重(kg)	含水率(%)
消化液区	27.8	61.3	2.018	91.9
化成肥料区	29.2	62.6	2.287	92.5
ニンジン(平均)	草丈(cm)	根長(cm)	新鮮重(g)	含水率(%)
消化液区	45.6	9.7	109.6	89.7
化成肥料区	41.8	9.7	125.9	90.6
ホウレンソウ(平均)	草丈(cm)	幅(cm)	新鮮重(g)	含水率(%)
消化液区	15.7	43.7	72.6	93.1
化成肥料区	14.3	40.5	72.5	92.8
コマツナ(平均)	草丈(cm)	幅(cm)	新鮮重(g)	含水率(%)
消化液区	28.6	45.9	175.2	95.1
化成肥料区	26.1	39.6	143.9	95.9
ブロッコリー(平均)	草丈(cm)	幅(cm)	新鮮重(kg)	含水率(%)
消化液区	35.5	81.2	0.858	91.2
化成肥料区	39.8	78.8	1.144	92.1
ナス(平均)	草丈(cm)	幅(cm)	果実重(g)	含水率(%)
消化液区	50.8	47.2	90.1	92.4
化成肥料区	58.6	52.4	143.4	91.5
ネギ(平均)	草丈(cm)	幅(cm)	果実重(g)	含水率(%)
消化液区	79.8	7.2	225.4	93.5
化成肥料区	79.4	7.7	247.8	92.6



・コマツナやホウレンソウなど短期作物野菜では全量基肥としての施用効果が期待できる。

平成26年度 消化液の利用(1)

・栽培試験使用肥料

砂質土壌栽培に使用した消化液の水質

消化液成分	pH	EC S/m	CODMn mg/L	PO ₄ -P mg/L	NH ₄ -N mg/L	T-N mg/L	K mg/L
消化液原液	7.31	1.13	1220	13.9	430	1800	2500

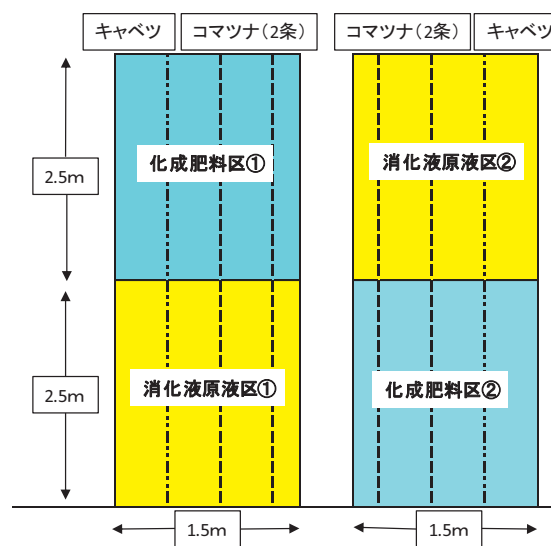
(原材料:野菜くずのみ)

1.砂質土壌栽培試験(5~8月夏季)

秋田県立大学園場(砂質土壌)に試験区を設け、短期作物であるコマツナと中期作のキャベツを供試し、消化液の液肥利用の施用効果を評価する。

コマツナ・キャベツの基肥は、対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-18kg/10a)を消化液のT-N換算で施肥した。消化液に不足するリン酸は過リン酸石灰(20%)で補った。なお、キャベツの追肥は対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-5kg/10aを基準)を消化液のT-N換算で施用した。

試験区



砂質土壌キャベツの収量調査

試験区	外葉/個 新鮮重(kg)	結球/個 新鮮重(kg)	結球高さ (cm)	結球幅 (cm)	外葉長さ (cm)	外周 (cm)	含水率 (%)	1区当り収穫量 (kg/区)
消化液原液区	0.70	1.22	12.9	15.9	60.4	52.2	95.5	12.2
化成肥料区	0.72	1.62	13.1	17.5	59.1	54.3	96.3	16.7

・中期作型のキャベツに対しては、化成肥料区と同等のN施用量では消化液原液区が約27%劣った。

平成26年度消化液の利用(2)

・栽培試験使用肥料

冬季栽培試験に使用した消化液の水質

消化液成分	pH	EC S/m	CODMn mg/L	PO ₄ -P mg/L	NH ₄ -N mg/L	T-N mg/L	K mg/L
消化液原液	7.64	1.60	1230	43.0	1900	2700	2630

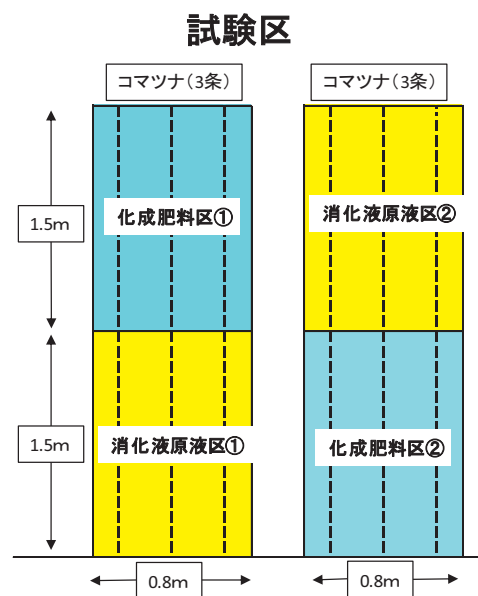
(原材料: 野菜端材65%+魚のアラ35%)

2. 冬季栽培試験(1~3月冬季)

上記試験区跡地にビニールハウス(350cm×300cm×250cm)を設置し、コマツナを栽培した。

コマツナの基肥は、対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-18kg/10aを基準)を消化液のT-N換算で施用した。消化液に不足するリン酸は過リン酸石灰(20%)で補った。

冬季間のビニールハウス内の保温はメタンガスの直接燃焼を行い、不足分を石油ストーブを用いた(メタンガス4Nm³/2日=7時間燃焼)



砂質土壌 コマツナ収穫調査

試験区	草丈 (cm)	新鮮重 (g)	葉緑素 (SPAD)	含水率 (%)	1区当り収穫量 (kg/区)
1作目消化液原液区	29.2	60.3	47.8	94.0	1.81
1作目化成肥料区	29.5	60.6	47.3	94.8	3.07
2作目消化液原液区	28.8	61.1	37.5	92.2	1.34
2作目化成肥料区	31.3	81.3	41.5	92.4	1.38
冬季消化液原液区	33.5	62.1	46.5	98.8	4.33
冬季化成肥料区	32.6	60.3	43.7	98.9	4.15

・消化液原液区の1作目では生育のバラつきで収量が劣ったが、それ以降の栽培試験では化成肥料と同等の施用効果を確認できた。

平成27年度消化液の利用(1)

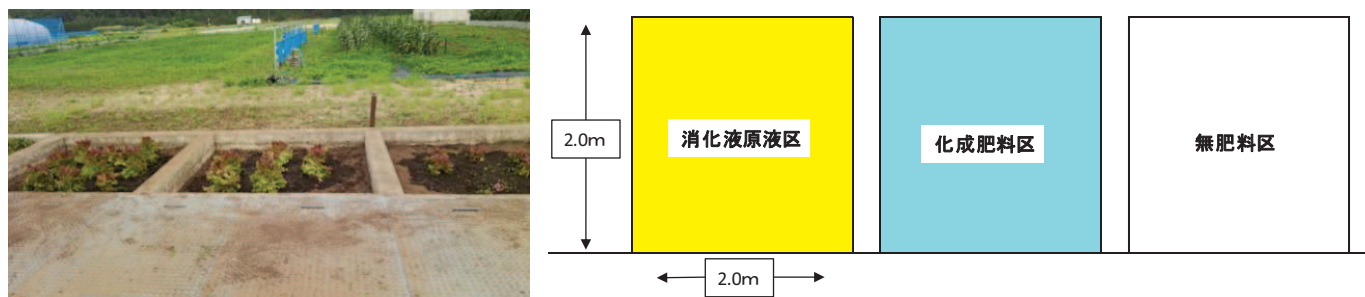
2. サニーレタス栽培試験(6~8月夏季)

黒ボク土を充填したライシメーター(2m×2m)でサニーレタスを栽培し、消化液の肥効と窒素成分の環境への影響等について、調査を行う。試験区は消化液原液区、化成肥料区、無肥料区の3区を設け、各1反復で9株/区を定植した。

サニーレタスの基肥は、対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-15kg/10a)を消化液のT-N換算で施用した。消化液に不足するリン酸は過リン酸石灰(20%)で補った。

追肥は対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-7.5kg/10a)を消化液のT-N換算で施肥した。

試験区



消化液原液区



化成肥料区



無肥料区



サニーレタス栽培試験結果

	消化液原液区	化成肥料区	無肥料区
収量(個)	8	7	6
収量平均(g)	299.3	269.6	59.9
収量合計(g)	2394.0	1887.0	359.5
乾燥重量(g)	183.3	158.3	37.2
水分量(%)	92.3	91.6	89.7

・消化液原液区にて顕著な施用効果を確認できた。



平成27年度消化液の利用(1)

・栽培試験使用肥料

トマト・ナス・サニーレタス栽培に使用した消化液(基肥用)、土壌浄化処理水の水質(追肥用)

消化液成分	pH	EC S/m	CODMn mg/L	PO ₄ -P mg/L	NH ₄ -N mg/L	T-N mg/L	K mg/L
消化液原液	6.97	2.65	1200	60.0	3790	4500	3000
土壌浄化処理水	6.45	0.15	11.8	1.0	4.7	44	110

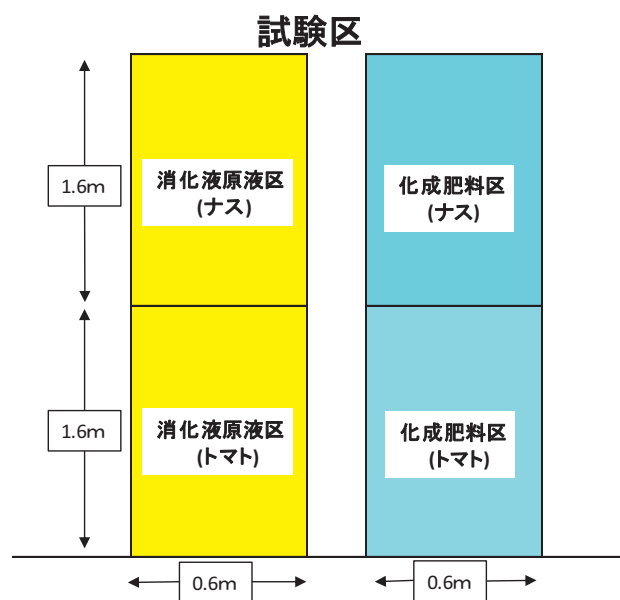
(原材料:野菜端材65%+魚のアラ35%)

1.砂質土壌トマト・ナス栽培試験(6~8月夏季)

26年度のビニールハウス内跡地に、トマト(桃太郎)とナス(真仙中長)を定植した。

トマト・ナスの基肥は、対照区(化成肥料)の基肥N相当量(N-24kg/10a)を消化液のT-N換算で施用した。消化液に不足するリン酸は過リン酸石灰(20%)で補った。

日常の灌水は化成肥料区が水道水、消化液区は消化液の土壌浄化処理水を用いた。消化液区には灌水によって10.3g/ m²のT-Nが加わった。



トマト・ナス栽培試験結果

	消化液原液区・トマト	消化液原液区・ナス	化成肥料区・トマト	化成肥料区・ナス
収量(個)/4株	30	43	29	34
収量平均(g)/個	90.0	81.9	90.9	98.7
収量合計(g)/0.96m ²	2699	3522.9	2636.8	3356.8
尻腐れ(個)	23	-	14	-
尻腐れ(%)	76.7	-	48.3	-

・トマトの生育・収量は区間で大きな差は見られなかったが、消化液区は尻腐れ病が目立った。これはあえて窒素の肥効を確認するために行った結果であり、灌水由来(土壌浄化処理水)の窒素(例えば葉面散布や養液土耕などへの利用)の肥効は高いと思われる。ナスの収量は消化液区が優ったが、一個体重量は劣った。