

福島大学東日本大震災総合支援プロジェクト「緊急の調査研究課題」  
「原発事故がバイオマス資源循環に与える影響」

研究代表者 物質・エネルギー学系 佐藤 理夫

### 1. 調査研究の目的

我々はバイオマス資源の活用による循環型社会の構築をめざし、バイオマス活用技術の研究や物質循環のモデル化などを行い、企業や自治体と連携した取り組みを行ってきた。原発事故により降り注いだ放射性物質がバイオマス資源の循環に与える影響を解明し、低減策を検討することが、本研究の目的である。

バイオマス活用の中核となる堆肥化については、家畜排せつ物や生ごみを実際の堆肥化する施設を実証フィールドとし、悪臭軽減策を報告してきた。実証試験を行ってきた地域は原発事故により、各種農産物や原乳の出荷が一時停止される事態となった。避難区域に指定される放射線量ではないまでも、作付けを制限する基準となる放射性物質量(5000 Bq/kg-土)に近い数値の田畑が存在する地

域である。畜産と農業(特に有機米栽培)は、図1に示すような良好な関係で成り立っていた。その地域に降った放射性物質が、この循環にも悪影響を与えることが危惧された。そのため、堆肥化施設などの放射線量測定を緊急に実施し、提言を行った。

### 2. 調査研究組織

<研究代表者>

物質・エネルギー学系 佐藤 理夫

<研究分担者>

物質・エネルギー学系 浅田 隆志

大玉村(理工・客員研究員) 武田 栄輝

共生システム理工学研究科 佐藤 幹雄

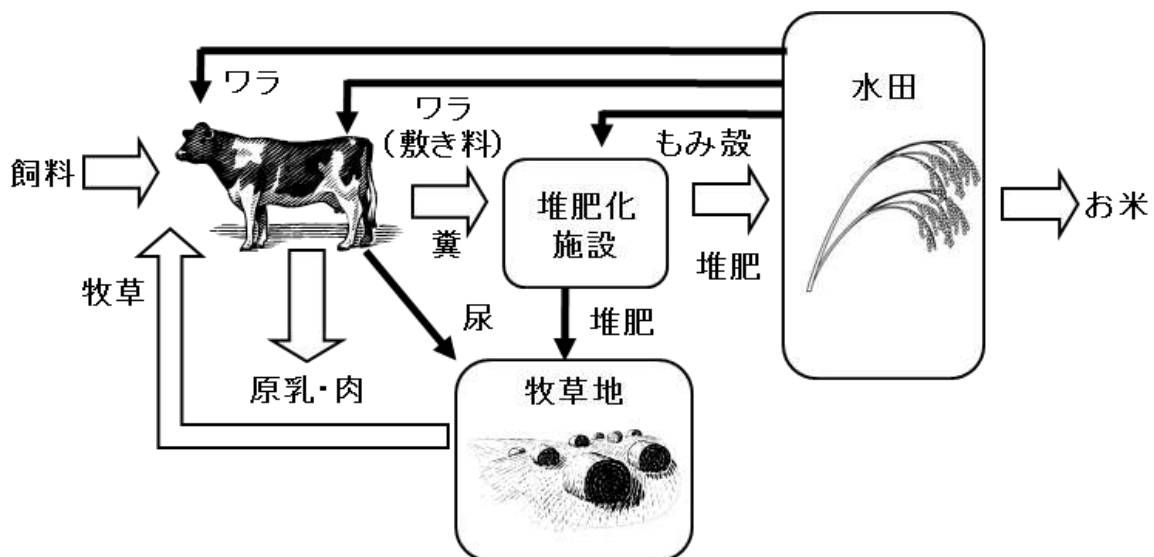


図1 畜産と有機米栽培との関係

阿武隈川流域の水田では堆肥をふんだんに用いて良質な米を生産している。ワラは牛の餌や敷き料として活用され、もみ殻は堆肥化の際の水分調整材として用いられている。牛の糞は堆肥の主原料として用いられ、尿は牧草の窒素源となっている。



1) 牛舎 2) 堆肥原料 3) もみ殻 4) 攪拌発酵槽 5) 熟成

図2 堆肥製造の様子（白沢有機センター及び近隣の酪農家）

- 1) 牛舎 牛は屋内で飼育され、主として輸入穀物を食べている。乳牛一頭は一日で約50 kgの糞をする。糞は敷き料と一緒に、コンテナに回収される。
- 2) 堆肥原料 トラックで農家からコンテナごと運ばれ、一時保管する。
- 3) もみ殻 堆肥化する際、水分調整材として用いる。秋のコメ収穫時期に大量に確保する。
- 4) 攪拌発酵槽 掻き出すように攪拌する。有機物の分解が進み、温度が上昇する。
- 5) 熟成 ときどき切り返して熟成させる。堆肥の需要期まで保管する。

### 3. 調査研究結果

本宮市（旧白沢村）白沢有機センター（福島第一原発より西に約50 km）と大玉村堆肥センター（同約55 km）の二か所で測定を実施した。両施設とも乳牛の糞を主原料とし、一日に約10 tの牛糞を処理している。地震直後（3月中）に訪問し、地震の直接的被害がないことを確認し、機器が正常に運転できていることを確認した。その後も運転状況の確認などに何度か立ち寄り、放射線量測定装置（ALOKA TCS-171）を借用できた5月に一回目の測定を行った。線量モニター（HORIBA PA-1000）を入手してその後の経過観測を行っている。

白沢有機センターを例に、堆肥製造の様子を図2に示す。牛糞にもみ殻を混ぜたものを投入する第一発酵槽、ある程度発酵したものを攪拌しながら熟成させる第二発酵槽、時々ローダーで切り返しを行い熟成させる屋根つきの熟成場所が、白沢有機センターの主な施設である。幅5 m・長さ100 m程度の発酵レーンが、木造ビニールハウス内に設置されている。攪拌機を支えるレールの外側に通路があり、そこから堆肥直上(10 cm上)と1 m上の放射線量を測定して比較した。センター内の放射線量分布を図3に、堆肥上の放射線量の比較を表に示す。

表 堆肥の攪拌発酵レーンの放射線量

（5月14日 単位：マイクロシーベルト/時）

場所	堆肥上	堆肥上
	1 m	10 c m
第一発酵槽入口付近（生糞）	1.44	0.79
1/3地点	1.25	0.70
2/3地点	1.26	0.62
出口付近	1.35	0.65
第二発酵槽入口付近	1.28	0.80
中間地点（原発事故前）	1.19	0.79
出口付近（原発事故前）	1.10	0.66

屋外では、測定した場所が舗装面か土かで、放射線量は大きく異なっていた。同じアスファルト舗装でも1.25～2.50  $\mu$ Sv/hrと差があり、傾斜や排水の状況により線量に大きな差があることが判った。流れた放射性物質は側溝などに溜まっていることも実測できた。（この結果は報道各社に知らせ、各地で測定されているデータの取り扱い方についての注意喚起を行っている。）

堆肥直上の放射線量が、堆肥から離れた個所（1 m上）よりも低いことが、全域で確認できた。こ

れは、堆肥からの放射線が周辺（主に発酵槽建屋の外のアスファルト面）からの放射線よりも低いことを示している。アスファルト面は土の面よりも放射線量が低いことを考慮すると、堆肥からの放射線量はかなり低いと言ってもよい。第二発酵槽の途中以降は、原発事故前に収集された糞が原料となっている。事故の前後で放射線量に有意な差が見られないことより、原発事故後の牛糞や堆肥は、大きな汚染は受けていないと推定される。6月以降も、放射性ヨウ素の崩壊により全体的に放射線量がわずかに下がっているほかは、大きな変動なく推移している。大きく汚染された原料の投入はないものと思われる。

大玉村堆肥センターでも同様な測定を行った。（図4）発酵施設の構造の制約のため、発酵中の堆肥上の比較はできなかったが、完成した堆肥からの放射線量は周辺土壌よりも低いという同様の結果が得られている。原発事故時に屋外にあったと思われる雨除けシートの付近が、異常に高い数値（10  $\mu$ Sv/h以上）となるなど、放射性物質付着の影響があちこちで見られた。建屋の中の放射線量にも大きな差があったため、細かい解析は困難であった。

#### 4. 堆肥に関する基準

研究開始時点では、堆肥についての放射性物質の基準は示されていなかった。下水汚泥から高濃度の放射性物質が検出され、下水に放射性物質が流れ込む可能性が高いことが知られることとなった。牛肉から食品の暫定基準値を超えるセシウムが検出され、汚染された稲わらを与えたことが原因であることが判明した。原発から遠く離れた地域であっても、腐葉土からセシウムが検出されている。このような事態を受けて、汚泥・畜産廃棄物・落ち葉や雑草などを原料とする肥料について、徐々に基準が制定されてきている。関連するものの要旨を以下に示す。

平成23年6月24日付け23消安第1893号 農林水産省消費・安全局長通達（福島県収受7月4日）  
「汚泥を原料とする堆肥については200 Bq/kgを

下まわる物は流通させてよい。農地の放射性セシウム濃度より低く、堆肥が1000 Bq/kg以下であれば散布してよい。」

平成23年8月5日付け23消安第2561号 農林水産省消費・安全局農産安全管理課長通達（福島県収受8月9日）

「肥料中の放射性セシウム測定のための検査計画及び検査方法を制定。牛糞堆肥、雑草堆肥、稲わら堆肥（腐葉土を除く）及びバーク堆肥について、セシウム134・137の合計値を測定。300 Bq/kgから5000 Bq/kgのエサ（牧草・稲わらなど）を牛に給与された可能性がある場合に測定を実施。測定試料の採取法などを規定。」

平成23年8月1日付け23消安第2444号 農林水産省消費・安全局長通達

「放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について。肥料・土壌改良資材・培土中に含まれることが許容される最大値は、400 Bq/kg（製品重量）。農地で生産された農産物を当該農地に還元施用する場合や、畜産農家が草地・飼料畑等において畜産廃棄物を施用する場合などを除く。暫定許容値を超える肥料・土壌改良資材・培土を農地土壌に施用しないこと。肥料・土壌改良資材・培土が暫定許容値を超えていないことを自ら確認した上で出荷（販売）すること。」

現時点では、製品1 kg中の放射性セシウム量が400 Bqを上回る堆肥は原則として使用・出荷できなくなっている。食品の暫定基準値が500 Bq/kg、また、作付け制限を判断する数値が、5000 Bq/kgであることを考えると、堆肥に対する400 Bq/kgは、かなり厳しく、安全サイドに設定した数値と感している。

牛糞に対し、ワラが2～5%（重量%）、もみ殻が10～30%混ざったものが、堆肥原料となっている。有機物は発酵により分解し、水分が蒸発するため、堆肥の重量は原料の約半分となる。セシウム濃度は堆肥製造過程で2倍となることに留意が必要である。

福島市内の常緑樹の葉から10万 Bq/kgを超える放射性セシウムが検出されている。汚染されたワラや、使用が禁止されている牧草（春に最初に生えてきた一番草）は、相当量の放射性セシウムが付着していると思われる。このような放射性物質が付着したバイオマスが、堆肥の原料に混入しないよう、徹底した管理が必要である。汚染されたワラや牧草は、現状では農家に保管されている。エサや堆肥原料への混入を回避するためにも、早期の処分が必要である。管理保管場所や焼却施設の必要性について、早い時期から提言を行っている。

中通りの多くの水田は、例年通りに作付けされており、収穫の秋を迎える。コメの放射性物質質量については注目されているが、ワラやもみ殻についても注視する必要がある。汚染の度合いによっては、畜産や堆肥製造への使用を制限し、牛肉や原乳の汚染を防止し、農地への再拡散を防ぐ必要がある。

## 5. まとめと今後の展望

畜産廃棄物を堆肥化する施設などの放射線量測定を緊急に実施した。原発事故前後の牛糞を原料とする堆肥は、周辺の農地に散布しても放射線量を増やすことはなく、概ね安全であることを示唆する結果が得られた。

大量に発生する牛糞が行き場をなくせば、出荷

制限や風評による価格低下に苦しんでいる畜産農家はさらに苦境に陥る。堆肥が使用できなくなると、農地は疲弊する。このような最悪の事態とはならないであろう結果は、循環型の農業を推進する立場からは一安心の結果であった。

堆肥化施設の放射線量の経過観察に加えて、堆肥・牛糞・収穫されたワラやもみ殻・飼料などのセシウム量を計測し、物質の循環を推定する研究を継続している。耕作を休止している農地に自生する（勝手に生えてしまう）雑草により、放射性物質がどの程度吸収・除去されるかの実証試験も開始している。

8月末の時点では、収穫された玄米（早場米）からは食品の暫定基準を超えるようなセシウムは検出されていない。土壌中のセシウムがイネに多くは移行しないことを示唆する結果である。食用部のみならず、ワラなどの非食用部の汚染状況を確認し、バイオマス資源の循環が安全かつ円滑に行えるよう、データの蓄積と定量的な解析が必要である。研究期間3年の大型の研究資金を得ることができたので、自治体や農業団体とも連携して、さらに丁寧に研究を推進したい。

【謝辞】 放射線量の計測や施設運転状況の調査に御協力いただいた、白沢有機センターおよび大玉村堆肥センターの皆様にご感謝申し上げます。

# 白 沢

2011年5月14日測定

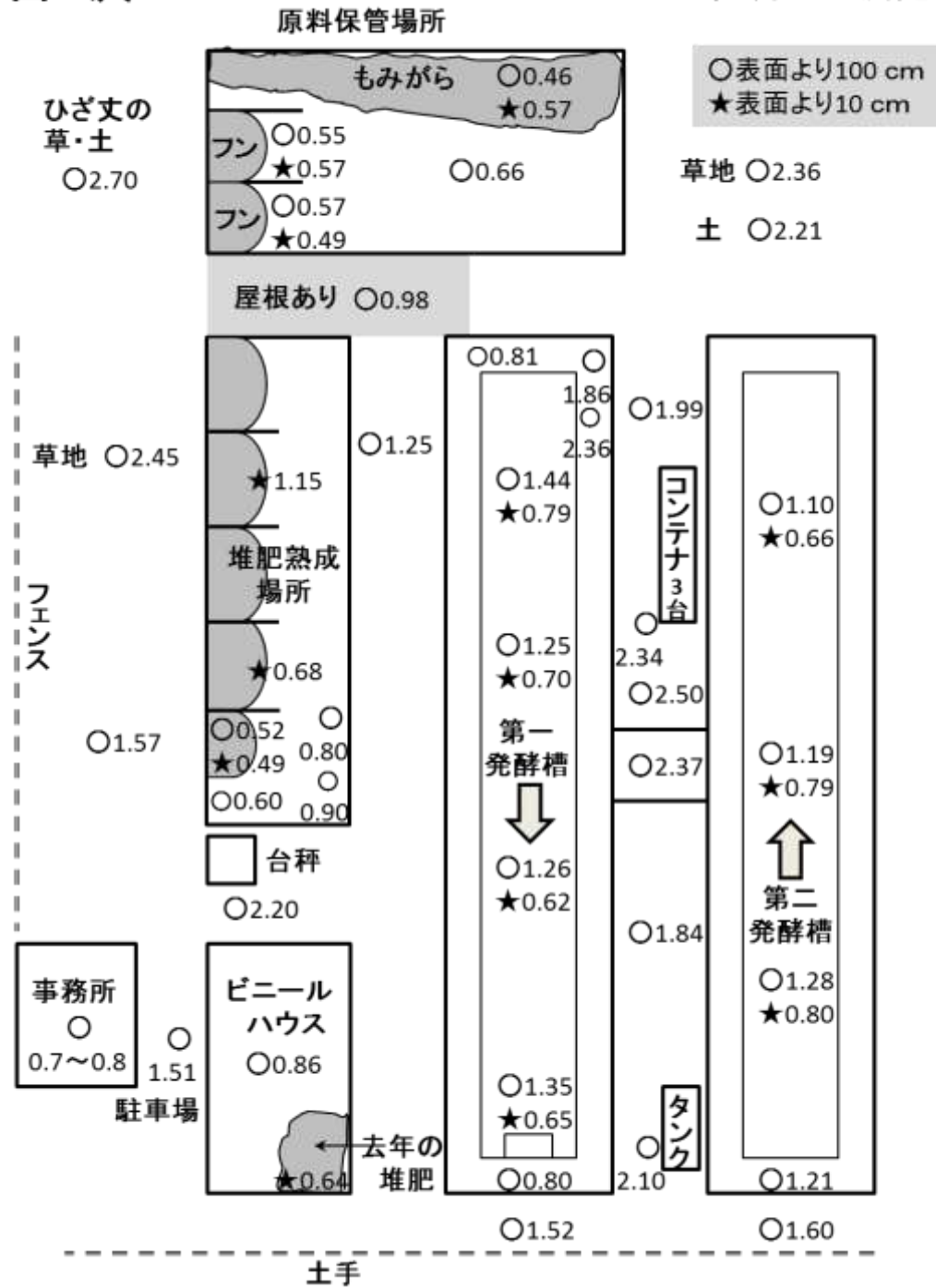


図3 白沢有機センターの放射線量分布

牛糞は原料保管庫でもみ殻と混ぜて水分調整を行う。第一発酵槽・第二発酵槽で発酵させ、熟成場所（屋根あり・通路側は開放）で熟成・保管される。

一般販売用の袋に詰めるために水分量を少なくした堆肥（震災前に熟成が完了していたもの）が、外気の流入がほとんどないピニールハウス内に保管されていた。

# 大玉

2011年5月14日測定

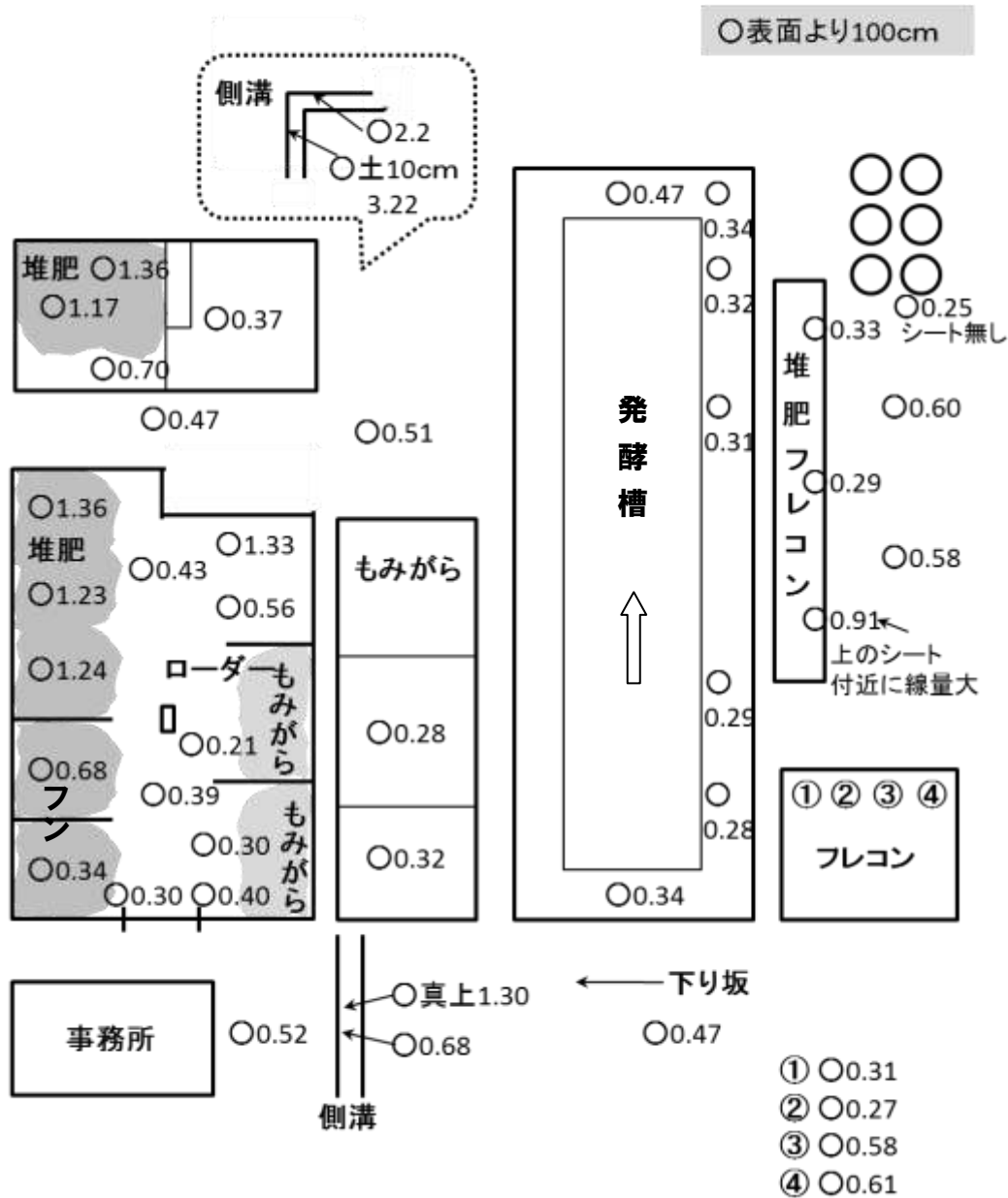


図4 大玉村堆肥センターの放射線量分布

牛糞は建屋内で水分調整され、発酵槽で攪拌・発酵し、建屋内で熟成した後にフレコン（フレキシブルコンテナ：1 m<sup>3</sup>程度収納できる大きな土嚢）に収納して保管する。

装置構造の制約で、発酵槽の堆肥の直近での測定はできなかった。

敷地の傾斜や雨水の流れるルートが複雑で、汚染されたシートがあるなど建屋内でも局所的に線量の高い個所があり、細かい解析は困難である。

堆肥フレコンの数値は、並べてあるフレコンの隙間で測定。周辺の線量よりも低いことは、堆肥が放射線を（それほど）出さず、周辺からの放射線を遮蔽しているためと考えている。