

植物工場から発生する農業廃棄物とその経営に及ぼす影響

鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 学生会員 ○ブダイナム

鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 正会員 赤尾聡史

1. はじめに

近年、植物工場が話題である。植物工場は、高品位な生産物を安定的に供給できる可能性を有しており、国内における異業種からの参入のほか、海外からも注目されている。ところで、農業からは作物残渣など廃棄物が発生する。従来の農業では作物残渣の土中埋戻しが行えたが、植物工場は土壌から離れているのでそれが行えない。植物工場の議論において、作物残渣の取り扱いも検討する必要があると考える。

まず、作物残渣とその取扱いに関する既報について、中野ら¹⁾はトマト残渣が廃棄物として問題となること、その処分としてコンポストを検討していることを報告している。Cheuk et al.²⁾も、カナダで大量に発生するトマト残渣問題とその対策を指摘している。また、渡辺ら³⁾は、トマトの長段溶液栽培の植物工場をモデルとし、多量に発生する残渣をメタン発酵に供した場合の効果について述べている。これらより、少なくとも植物工場の主力作物であるトマトにおいては、作物残渣が問題となり得ることが分かる。

本研究では、1)植物工場で栽培される可能性の高い植物について作物残渣発生量を調査する、2)作物残渣を事業系一般廃棄物として処分した際の経費について調査する、3)作物残渣の有効利用方法について調査する、ことを目的とした。なお、従来作物残渣は土中埋戻しが慣例であり、作物残渣量の情報が限られていることを付記する。

2. 作物残渣の発生量

植物工場で栽培される作物は、植物工場が完全制御型か太陽光利用型であるかによって大きく左右される。完全制御型は、人工光のみを利用し、太陽光を一切使わないため、光や温度などの環境条件が安定する特徴を有している。成長の早いレタスやサラダ菜などの葉菜類が対象とされている⁴⁾。限られた光源を有効に使う目的から、残渣のあまりでない作物を栽培することも特徴にあげられる。一方、太陽光型は自然光を最大限利用する。原則全ての植物が栽培可能であるが、トマト、キュウリ、イチゴなど果菜類の実績が多い。ただし、果菜類は多くの残渣を発生させる。日本及び植物工場先進国であるオランダの植物工場栽培実績のある作物として

は、トマト、ナス、キュウリ、レタスなどが挙げられる(矢野経済研究所, <https://www.yano.co.jp/press/pdf/737.pdf>)。それらの作物の発生残渣量を松本⁵⁾、環境省資料(<http://www.env.g.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h243/index.html>)をもとに整理した(図-1)。

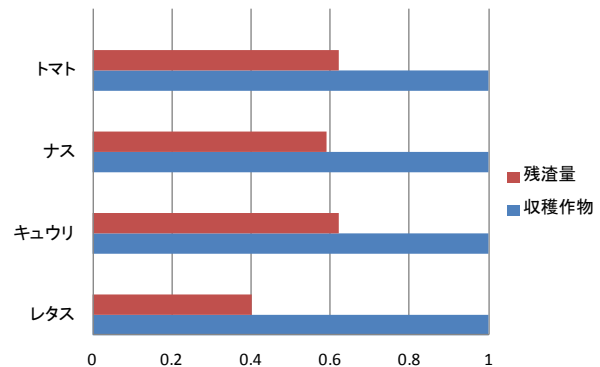


図1 収穫作物を1とすると発生する残渣量比

3. 作物残渣の処分経費

施設園芸の経営収支データを用い、農業所得に対する作物残渣処分費の影響を求めた。作物残渣の処分は、事業系一般廃棄物として廃棄した場合の費用を計上した。ここでは、植物工場における栽培実績と作物残渣発生量の多さを鑑み、トマト、ナス、キュウリを検討した。なお、施設園芸用のデータを用いた理由であるが、植物工場の経営は現状芳しくなく、また、その経営情報は入手し難いためである。

事業系一般廃棄物の処分単価は、関東地域 8 都県の事業系一廃棄物単価(平成 18 年度時点 http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokusan/sousyoku_recycle/11/pdf/ref_data20a.pdf)より求めた。8 都県の単価の分布に正規性が認められたことから(Shapiro-Wilk 検定, $p=0.31$)、都市近郊における事業系一廃棄物単価を 14.5 ± 1.6 円/kg(平均値±標準偏差, 以下同様)とした。作物残渣の処分費は、発生する残渣量に同単価を乗ずることで求め、発生する作物残渣量は、作物ごとの生産量に対して図-1 で示した残渣量比を乗ずることで求めた(式 1)。

作物ごとの農業所得と生産量は、農林水産省資料(<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kensaku/hin5.htm>)より求めた。トマト、ナス、キュウリそれぞれについて、

施設 10a 当たりの農業所得と生産量を，平成 17 から 19 年度については品目別作物統計より，平成 20, 21 年度については営農類型別経営統計（個別経営）より求めた．5 年間の売上と経費の推移を図 2 で示す．なお，この 5 年間の消費者物価指数（中分類，総合）は 101 から 102.1（基準年 2010 年：100）の間で推移しており（総務省統計局，2013），この期間における農業所得などの補正は行わないものとした．

トマト，ナス，キュウリ，栽培における農業所得に対する作物処分費は， $9.4 \pm 0.5\%$ ， $7.2 \pm 0.4\%$ ， $8.6 \pm 0.4\%$ ，と求まった．作物残渣の処分費は，農業経営にとって無視できるほど小さいものではないと考えられる．また，事業系一般廃棄物の処分費は，現在，各地で値上げがされている．例えば，平成 18 年度時の東京都 23 区における事業系一般廃棄物処分費は 12.5 円であったが，平成 25 年度に処分価格が 36.5 円に改訂されている（千代 HP，https://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/kurashi/gomi/jigyosho/documents/d0015074_1_1.pdf）．現在，農業所得に対する影響は，ここで求めた値より大きくなることが予想される．

$$I \pm \sigma_I = \frac{\sum_{i=1}^5 (G \pm \sigma_G) \times V_i / CP_i}{5} \quad \dots (1)$$

ただし， I ， σ_I ：農業所得に対する作物残渣処分費割合， G ， σ_G ：事業系一般廃棄物の処分単価とその標準偏差（円/kg）， V_i ：i 年度における作物残渣発生量（kg）， CP_i ：i 年度における農業粗利益（円）

4. 残渣の有効利用

作物残渣の処分費を軽減するためには，有効利用を進めることが重要である．作物残渣の有効利用例としては，鋤き込みを含めて肥料利用が一般的である．近年，バイオマス資源への注目から，より高付加価値な利用を模索する動きとなっている．例えば，作物残渣のエネルギー利用，飼料としての利用などがある．さらに高付加価値な利用を進める場合，材料が持つ特徴も重要となる．例えば，タマネギ皮よりケルセチン⁶⁾，スイカ皮よりシトルリン⁷⁾といった健康補助食品の生産に繋がるような研究も実施されている．有効利用成分が作物残渣に多く含まれる場合，抽出して利用するほか，付加価値の高い飼料⁸⁾として利用展開を図ることも考えられる．

トマト残渣（茎葉）については，従来虫よけ⁹⁾としての利用がある．また，トマト自体の栄養価値が

高いことから，トマト残渣に対しても同様の期待が持たれる．山下ら¹⁰⁾は，トマト葉中の γ -アミノ酪酸（GABA）量を調べ，乾燥葉 100g 中に 500mg 程度それらが含まれることを報告している．そこで，トマト茎葉（品種：ホーム桃太郎）中に含まれる総ポリフェノール，カロテノイドおよび抗酸化効果を測定したところ（日本食品分析センターへ分析依頼），カロテノイド含有量に特徴があった．トマト茎葉の総カロテンは $4.4\text{mg}/100\text{g}$ -湿重，ルテインは $6.2\text{mg}/100\text{g}$ -湿重であった．それぞれが高い含有率として知られるニンジン，ホウレンソウの可食部と比べても，それらの半分程度の含有率を有していた．トマト茎葉に限らず，作物残渣全般についてその特徴を利用した有効利用方法を今後も検討する．

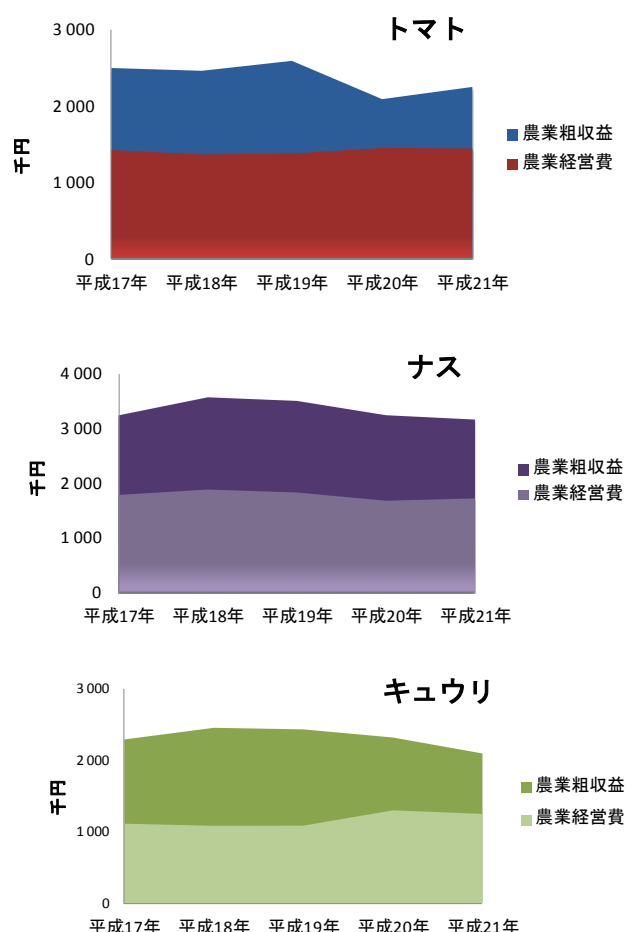


図 2 施設園芸における農業粗収益と農業経営費の推移．農業粗収益と農業経営費を差が農業所得に相当．

5. まとめ

本研究では、作物残渣が植物工場経営に及ぼす影響について検討した。植物工場で栽培される可能性の高い植物について作物残渣発生量を推計し、それらを事業系一般廃棄物として処分した際の影響を農業所得に対する割合で示した。トマト、ナスおよびキュウリについてその割合を求めた結果、それぞれ $9.4 \pm 4.8\%$ 、 $7.3 \pm 0.4\%$ 、 $8.6 \pm 0.4\%$ となった。

pp. 73-78. 2011.

参考文献

- 1) 中野明正, 安場健一郎, 佐々木英和, 淨閑正史, 鈴木克己, 高市益行: 大規模トマト施設生産から排出されるトマト残渣量の推定とその堆肥化物の諸性質, 野菜茶業研究所研究報告 9, pp. 197-204, 2010.
- 2) Cheuk, W., Fraser, B.S., Lau, A. : On site composting of greenhouse crop residuals , BIOCYCLE, Vol.43, No.10, pp. 32-34, 2002.
- 3) 渡辺淳, 佐々木大介, 森田仁彦: メタン発酵処理による植物工場の農業廃棄物からのエネルギー回収—処理規模とエネルギー収支に評価—, 電力中央研究所報告, pp. 1-19, 2013.
- 4) 高辻正基: 完全制御型植物工場のコストダウン手法, pp. 1-6, 日刊工業新聞社, 2012.
- 5) 松本成夫: 地域における窒素フロー推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価, 農業環境技術研究所報告, 18 号, pp. 81-152, 2000.
- 6) 吉見泰治: たまねぎの皮を利用したポリフェノールの効率的な抽出と染色法の開発: 繊維工業研究センター年報, Vol.1-13, pp. 38-40, 2007.
- 7) Rimando, A.M., Perkins-Veazie, P.M. : Determination of citrulline in watermelon rind , J Chromatogr A. Vol.1078 , No.1-2 , pp. 196-200, 2005.
- 8) 深田陽久, 古谷尚大, 益本俊郎: ユズ果皮ペースト添加飼料を給与したブリ幼魚における血合筋の褐変抑制, 水産増殖 (短報), Vol.60, No.1, pp. 135-137, 2012.
- 9) 坂本志帆, 坂巻祥孝, 大迫昭平, 津田勝男: トマトの毛茸およびその滲出物がスワルスキーカブリダニの生存に及ぼす影響, 九病虫研会報, Vol.58, pp. 59-65, 2012.
- 10) 山下まゆ美, 岡本由希, 高木亜由美, 本三保子: トマト葉成分特性, 和洋女子大学紀要, 第 51 集,