研究論文

トマト養液栽培から排出されるトマト茎葉残さの 同一経営体内での利用法の検討

竹本 稔*・深山陽子*・室井義広*・藤原俊六郎*

* 神奈川県農業技術センター

A Study on the Use of Plant Residue Produced from Hydroponic
Cultivation of Tomato in the Management Unit of Farmers

Minoru TAKEMOTO*, Yoko MIYAMA*, Yoshihiro MUROI* and Shunrokuro FUJIWARA*

* Kanagawa Agricultural Technology Center

1. 緒言

神奈川県は古くから施設園芸が盛んであり、現在でも湘南地区および横浜・川崎地区などを中心に行われている。とくにトマトの施設栽培は、県全体で生産量 10,767 トン、栽培延面積 126 ha と多い（農林水産省生産局生産流通振興課 2009）。

また、神奈川県は養液栽培の歴史が古く 1963 年から導入され、現在、栽培延面積のトマト施設栽培に対する養液栽培の割合は全国が 6.5% に対し、神奈川では 17.9% と高い（農林水産省生産局生産流通振興課 2009）。

一方、現在のトマト養液栽培では、かけ流し方式が主流である（農林水産省生産局生産流通振興課 2009）が、今後、排液の有効利用や培地として用いたロックウールや茎葉残さなどの廃棄物の適性処理、有効利用などの環境への影響を考慮した取り組みが重要である。

この内、排液の有効利用については、光触媒を利用した養液浄化循環利用システムの開発（Miyama *et al.* 2009, 深山 2009）や排液を利用したエンサイ栽培法の検討（深山ら 2007）などが報告されている。また、培地についてはロックウールの代替

としてのもみ殻の利用（深山ら 2004）や使用済みもみ殻培地の農業利用法（竹本 2009）などが報告されている。

トマト養液栽培から排出される茎葉残さの処理については、乾燥後焼却処理されてきたが、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」第 16 条の 2（平成 12 年 11 月改正）や各自治体の「生活環境の保全等に関する条例」により野焼き行為は原則禁止されている。農業、林業、漁業を行うためにやむを得ないものとして行われる焼却については、例外的に認められる屋外燃焼行為とされているが、近隣住民から苦情が寄せられるような場合は、指導の対象となるため、本県のように都市に隣接する地域では、困難になってきている。

本報では、トマト養液栽培より排出される廃棄物の内、トマト茎葉残さの農業利用法について、神奈川県内のトマト養液栽培農家の主要な作型である抑制栽培と半促成栽培で検討し、それぞれについて特定の経営体における堆肥化等による農業利用法を構築した。また、本方法の経済性を評価することにより、廃棄物の活用が農業経営上有益であることを見いだしたので報告する。

2. 材料および方法

1) アンケート調査による神奈川県内施設野菜生産農家実態把握と残さ利用法の検討

トマト養液栽培における残さ利用法検討の基礎資料とするため、農家の耕地や農機具の保有状況を対象に農家の経営状況に関するアンケート調査

平成 21 年 12 月 15 日受付

平成 22 年 8 月 7 日受理

Corresponding author

竹本 稔 Minoru TAKEMOTO

〒259-1204 神奈川県平塚市上吉沢 1617

1617 Kamikisawa Hiratsuka Kanagawa 259-1204 Japan

E-mail : takemoto.cwgg@pref.kanagawa.jp

を実施した。本稿では、土耕栽培農家が養液耕に転じる可能性もあることから、施設栽培農家全体を対象とし、神奈川県施設野菜組合連合会会員等県内施設野菜生産農家（594戸）に残さ利用に関連する事項についてのアンケート調査を実施し、合計152戸から回答を得た。これを基に、抑制栽培および半促成栽培に区分してトマト残さの利用法を検討した。調査項目は、作目および作型、施設の規模、水田・普通畑（借地を含む）の所有および耕作状況、堆肥舎・破砕用農機の所有状況とした。

2) 抑制栽培におけるトマト茎葉残さの有効利用法（トマト茎葉残さすき込みによる水稻栽培）

神奈川県内施設野菜生産農家に対するアンケート調査結果から、抑制栽培終了時（冬季）のトマト茎葉残さの利用には、排出時にトマト茎葉残さを農家保有の水田に破砕し、施用することを想定した。そこで、トマト茎葉残さの水稻生育への影響を土壌埋設試験及びポット施用試験により検討した。

埋設試験は、トマト葉残さ30g、トマト茎残さ30gをそれぞれ水田土壌10gと混合し、不織布袋に充てんした試料を、1月8日に水田（灰色低地土）に深さ約15cmで埋設し、その後、約1ヶ月ごとに3袋ずつ取り出し、乾燥重量の変化を調査した。また、対照として、土のみを充てんしたものを作成し、この重量を差し引くことで各残さの重量を算出した（高木2000）。

トマト茎葉残さのポット施用試験は、1/2000aワグネルポットに2008年1月8日にトマト茎またはトマト葉残さを埋設試験と同じ土壌（灰色低地土）と混合充てんし、神奈川県農業技術センター内の網室に静置した。トマト茎葉残さの施用量は、トマト残さ180g（葉（含水率84.5%）：茎（含水率79.4%）を2：1で混合）を標準とし、360g、540g/pot施用区を設定した。このポットに6月8日に化学肥料を $N:P_2O_5:K_2O=1.0:1.0:1.0$ g/pot施用した。対照として、化学肥料窒素施用量1.0g（標準区）、0.5g（半量区）、0g/pot区（ $P_2O_5:K_2O=1.0:1.0$ g/potを施用）を設定し、各区3反復で行った。

施肥後直ちに湛水し、6月9日に水稻苗（品種‘キヌヒカリ’、3株×3ヶ所）を定植した。

生育調査は、最大分けつ時（7月23日）に茎長、

分けつ数、葉色（葉緑素計 SPAD-502、コニカミノルタセンシング）を、収穫時（10月6日）に茎長、穂長、穂数、もみ重、茎重、玄米数を調査した。

3) 半促成栽培トマトにおけるトマト茎葉残さの有効利用法

(1) フレキシブルコンテナバッグ（以下、フレコンバッグと略称で記載）によるトマト茎葉残さの堆肥化法の検討

アンケート調査結果を基に、半促成栽培終了時（夏季）のトマト茎葉残さは、ハウス内でトマト茎葉残さを堆肥化処理し、利用することを想定し、試験を行った。まず、ハウス内で地際部切断後、数日間放置し水分調整を行った。その後、茎葉残さを破砕してフレコンバッグ内に充てん堆肥化する方法を検討した。

トマト栽培農家温室内（平塚市土屋）において、トマト茎葉残さを茎切断後、0、4、7日間放置し、乾燥した。その後、わらカッタ（S-160E 新興和産業）で破砕し、フレコンバッグに充てんした。それを密閉したハウス内に静置し、堆肥化処理を行い、2週間後および4週間後に重量、pH、含水率および温度を測定し、トマト茎葉残さの分解進行および重量減少を調査した（図1）。なお、0日間乾燥区、4日間乾燥区は、各3反復、7日間乾燥区は、2反復で行い、2週間経過時に各区1個を回収し、調査に供試した。

(2) トマト茎葉残さ堆肥の肥料特性評価

上記堆肥化試験で製造したトマト茎葉残さ堆肥の内容成分値およびポット試験による肥効の検討をおこなった。全炭素、窒素含有率は、炭素窒素自動分析装置（vario MAX, Elementar 社）、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムは、湿式分解後、ICP 発光分光分析装置（VISTA-AX, Varian 社）により測定した。

図1 フレコンバッグによるトマト茎葉残さ堆肥化のフロー図

ポット試験による肥効評価は、1/5000 a ワグネルポットに淡色黒ボク土 2.2 kg（風乾）と各試料を混合充てんし、コマツナ（品種‘みすぎ’（サカタのタネ））25 粒を播種し、神奈川県農業技術センター内の温室に静置した。14 日後に間引きを行い、5 株とし、48 日後に生育調査（地上部生体量、葉色（葉緑素計 SPAD-502、コニカミノルタセンシング）、窒素吸収量（コマツナの地上部乾物重および窒素含有率より算出）を行った。

また、堆肥の施用量は、10, 21, 42, 63 g/pot（乾物）とし、各区 3 反復で行った。

(3) トマト茎葉残さの堆肥化法の作業性評価

半促成栽培トマト茎葉残さの有効利用法として 3)-(1) において検討したフレコンバッグを利用

したトマト茎葉残さの堆肥化法について、県内トマト栽培農家温室で本作業体系の作業時間を計測し、慣行作業（残さ廃棄作業）を対照に作業性の評価を行った。作業工程および作業にかかる前提条件を表 1 に示した。

4) トマト茎葉残さ利用の経営的評価

本試験で実施したトマト茎葉残さの利用における経費および肥料の価値について試算し、残さを事業ゴミとして処理することを対照に、経営的な評価を行った。作業工程および作業にかかる前提条件は表 2 に示した。

表 1 トマト茎葉残さ堆肥化作業の作業性評価の前提条件

項 目	内 容
供試材料	半促成栽培を終了し、地際付近で茎を切断したトマト茎葉残さ
試験場所	トマト栽培農家温室（平塚市土屋）
供試農機	わらかッタ（S 社製、S-160E）
試験区構成	試験区：トマト茎葉残さ堆肥化処理作業：トマト茎葉残さをわらかッタで破碎し、 温室内のフレコンバッグに充填（1 人作業） フレコンバッグを温室出入口まで運搬（2 人組作業） 慣行区：トマト茎葉残さ廃棄処理作業：トマト茎葉残さを温室出入口まで運搬（1 人作業）
測定項目	作業時間
被験者	男性、41 歳、身長 168 cm、農作業経験 18 年、健康状態 良、 作業に十分習熟した後に計測した。

表 2 トマト茎葉残さ利用の経営的評価の前提条件

項 目	内 容
作型	トマト半促成ロックウール栽培＋抑制ロックウール栽培（培地は 3 年で更新）
栽培面積	トマト養液栽培 21.5 a、水稻 36.5 a、普通畑 60.4 a（アンケート調査結果より）
基本装備	軽トラック 1 台、1 t トラック 1 台（神奈川県作物別・作型別経済性標準指標より）
燃料	ガソリン価格：106 円/L (財)日本エネルギー経済研究所石油情報センター月次調査（2009 年 1 月）より
肥料 (抑制栽培)	施肥量：神奈川県施肥基準より 価格：JA 全農かながわ調べ 慣行施肥は塩加燐安 086 を使用、残さ施用の肥料代替量および肥料価格より肥料費の削減額を算出。残さ施用量は、480 kg/10 a（乾物）、残さ肥効は、成分値×肥効率 ¹⁾ （窒素：リン酸：カリ＝10：60：90（%））で算出。
(半促成栽培)	慣行施肥は複合燐加安 42 号、塩化カリ、リンスターを使用、残さ堆肥施用の肥料代替量および肥料価格より肥料費の削減額を算出。堆肥の施用量は、300 kg/10 a（乾物） 残さ堆肥肥効は、成分値×肥効率 ¹⁾ （窒素：リン酸：カリ＝10：60：90（%））で算出。
農機具	わらかッタ（個人所有 S 社製 S-160E 5.5 ps カタログ価格）購入後、減価償却（耐用年数 7 年）
諸材料	経費負担割合は、半促成栽培 19.7%、抑制栽培 15.7% フレコンバッグ（500 L 4 回使用 カタログ価格）
雇用労働費	全国農業会議所調査（大都市通勤地帯周辺の時間当たりの農業臨時雇賃金一般作業 男）より

1) 作物に利用可能な成分の割合

3. 結果および考察

1) アンケート調査による県内施設野菜生産農家 実態把握と残さ利用法の検討

神奈川県内施設野菜生産農家を対象に保有圃場面積や装備について、アンケート調査を実施した結果、回答のあった152戸の平均値は、施設面積が21.5aに対し、保有水田および露地畑面積は、水田36.5a、畑60.4aであった。また、わらかッタ等の破碎用農機の保有率は59%（152戸中90戸）であり、半数以上が保有していた。なお、各項目は、作目ごと、地域ごとの違いは認められなかった（表3）。

以上のことから、冬季に排出される抑制栽培トマト茎葉残さは、トマト茎葉残さを破碎した後、同一経営体内で保有する水田に施用して利用することが適切な方法であると考えられた。

一方、堆肥舎の保有率は152戸中54戸（36%）と低かった。

半促成栽培での残さ片づけ時期（7～8月）は、水稻の作付け時期であり、抑制栽培のように水田に直接投入することは、不可能である。このため、半促成栽培トマト茎葉残さは、ハウス内で堆肥化に適した水分まで乾燥させ、わらかッタで破碎後、堆肥舎を用いず、フレコンバッグに充填し、密閉したハウス内で堆肥化、乾燥させ、水田等で利用することが適切な方法であると考えられた。

（図2）。

2) 抑制栽培におけるトマト茎葉残さの有効利用法

3-1) のアンケート調査結果を基に、抑制栽培終了時（冬季）、トマト茎葉残さを破碎後直ちに水田へ投入することを想定し、トマト茎葉残さの土壤埋設試験、ポット施用試験を行った。茎と葉に分けてトマト茎葉残さを土壤埋設した試験では、茎残さの残存率は、153日目（6月9日）で27%であったのに対し、葉残さは、茎残さと比較して若干分解が早く、21%であった。両者とも湛水定植期（6月9日）までに分解が良好に進行し、易分解有機物の分解は終息したと考えられた（図3）。

ポット栽培試験では、トマト茎葉残さ施用区は標準区（化学肥料窒素施用量1.0g/pot区）と比較

図2 想定したトマト茎葉残さの農業利用体系のフロー図

表3 施設栽培農家の露地圃場面積、破碎用農機等保有状況

調査戸数	平均面積 (戸)	うち養液栽培		作物別農家戸数 ¹⁾				施設規模別農家・占有面積					
		導入割合 (%)	平均面積 (a)	トマト (戸)	キュウリ (戸)	イチゴ (戸)	その他 (戸)	農家割合			占有面積割合		
								～10a (%)	10～30a (%)	30a～ (%)	～10a (%)	10～30a (%)	30a～ (%)
152	21.5	14	19.0	77	52	63	14	12	63	25	3	51	46

1) 重複回答あり

水田				普通畑			
所有率 (%)	平均面積 (a)	うち休耕水田		所有率 (%)	平均面積 (a)	うち休耕畑	
		所有率 (%)	平均面積 (a)			所有率 (%)	平均面積 (a)
65	36.5	12	2.0	88	60.4	27	7.9

(n=152 複数回答)

堆肥舎 所有 ²⁾	破碎用農機 所有 ²⁾	破碎用農機所有状況（種類別）						破碎用農機 非所有 ²⁾	無回答 ²⁾
		チッパー 個人	チッパー 共同	わらかッ ター個人	わらかッ ター共同	その他・ 個人	その他・ 共同		
54 (36)	90 (59)	14	6	65	3	5	3	62 (41)	5 (3)

2) () 内は調査戸数に対する割合 (%)

し、同等以上の生育を示し、茎重やもみ重が、トマト茎葉残さ 360 g 施用区で有意に高い傾向がみられた（表 4）。

このように、抑制栽培終了後、トマト茎葉残さを水田へ直接還元しても水稻生育へ悪影響は認められず、同等以上の生育が期待されたため、抑制栽培後のトマト茎葉残さは、破碎後水田への直接還元が可能であると考えられた。

3) 半促成栽培におけるトマト茎葉残さの有効利用法

3-1) のアンケート調査結果を基に、ハウス内で水分を低下させた残さを、フレコンバッグに破碎、充てんし、密閉した温室内で堆肥化、乾燥処理を行った後、同一経営体内で保有する水田等で利用することを想定し、フレコンバッグによるトマト茎葉残さの堆肥化法の検討等を行った。

7 月期のハウス密閉処理により、ハウス内温度は、昼間は、最高 50℃～60℃ となり（図 4）、このハウス内でフレコンバッグに充てん、静置したト

マト茎葉残さは、中心部は各区とも 10 日間から 2 週間程度、約 50℃ 以上で推移した（図 5）。また、pH は、初期の 5～6 から 2 週間後には、すべての区で 8～9 に上昇した（データ未掲載）。このため、本期間内に微生物による分解が生じていると考えられた。

一方、トマト茎葉残さの含水率は全区で堆肥化

図 4 トマト茎葉残さ堆肥化処理を行った密閉ハウス内の温度変化

図 3 土壌埋設によるトマト茎葉残さの残存率の経時的変化

図 5 密閉ハウス内でのトマト茎葉残さ堆肥化過程の温度変化

表 4 トマト茎葉残さ施用土壌での水稻の生育状況

試験区		最大分げっ期（7/23）調査 （ポット当たり）			収穫期（10/6）調査 （ポット当たり）						
		分げっ数	茎長 (cm)	葉色 (SPAD 値)	茎長 (cm)	穂長 (cm)	穂数	有効分げっ (%)	茎重 (g)	もみ重 (g)	玄米数
トマト 茎葉 残さ	180 g 施用区	38.7*	87.0 ^{n.s.}	40.6 ^{n.s.}	71.7 ^{n.s.}	15.8 ^{n.s.}	35.0 ^{n.s.}	90.5*	73.6 ^{n.s.}	61.8 ^{n.s.}	2240 ^{n.s.}
	360 g 施用区	44.0 ^{n.s.}	86.4 ^{n.s.}	40.7 ^{n.s.}	74.0 ^{n.s.}	15.3 ^{n.s.}	37.7 ^{n.s.}	85.6 ^{n.s.}	82.9*	62.9*	2249 ^{n.s.}
	540 g 施用区	42.7 ^{n.s.}	85.4 ^{n.s.}	39.3 ^{n.s.}	73.0 ^{n.s.}	14.6 ^{n.s.}	37.0 ^{n.s.}	86.7 ^{n.s.}	74.8 ^{n.s.}	60.5 ^{n.s.}	2207 ^{n.s.}
化学 肥料 窒素	1.0 g 施用区	46.3 [‐]	86.5 [‐]	40.8 [‐]	73.0 [‐]	15.2 [‐]	36.0 [‐]	77.7 [‐]	75.6 [‐]	57.4 [‐]	2078 [‐]
	0.5 g 施用区	37.3*	73.5*	34.3*	69.8 ^{n.s.}	14.5 ^{n.s.}	24.0*	64.3*	46.5*	33.9*	1206*
	無施用区	10.3*	57.4*	28.4*	59.0*	14.6 ^{n.s.}	9.0*	87.1 ^{n.s.}	13.2*	12.5*	432*

1) *: 危険率 5% で対照群（化学肥料窒素 1.0 g 施用区）に対して有意差あり（Dunnett 検定法）

表5 事前乾燥日数の異なるトマト茎葉残さ堆肥化過程での含水率変化 (%)

試験区	経過日数(日)	0	14		29	
	試料採取部位	全体	中央部	周辺部	中央部	周辺部
残さ事前乾燥	0日間	74.2	79.4	42.5	69.2	34.0
残さ事前乾燥	4日間	69.8	68.7	34.2	27.3	20.2
残さ事前乾燥	7日間	66.0	64.5	20.4	54.9	12.6

表6 密閉ハウス内でのトマト茎葉残さ堆肥化過程の重量残存率変化

試験区		(kg/袋)		
		経過週		
		0	2	4
残さ事前乾燥	0日間	110.4	57.6	38.1
残さ事前乾燥	4日間	77.5	40.1	29.2
残さ事前乾燥	7日間	80.7	44.3	30.0

- 1) 0日間区, 4日間区は, 各3反復, 7日間区は, 2反復で行った.
- 2) 2週間経過時に各区1個を回収し, 調査に供試した.

処理の経過日数の増加に伴い, 低下する傾向にあった(表5). この時の重量は, 2週間後で57.6~40.1 kg, 4週間後で38.1~29.2 kgと2週間後で初期重量の50%, 4週間後で37%程度まで低下した(表6).

このように, わらかッパで破碎後, 密閉ハウス内に放置することにより, 50℃以上の温度を約2週間維持し, 堆肥化(微生物による分解)および乾燥処理(水分蒸発)することにより, 人力(1~2人)で移動可能と考えられるレベル(30~40 kg)まで減量化することが可能であった. また, 切断後の乾燥期間は, 茎葉残さの乾燥後含水率, 堆肥化時温度変化, 重量減少などから, 2~3日程度が適当と考えられた.

尾和(1996)は, 様々な農産物の乾物, 養分収支をとりまとめている. このデータの平均値を基にトマト栽培時に排出される茎葉残さを(含水率80%として)試算すると10aあたりの茎葉残さ排出量は, 約2.4トン(現物)と試算される. 500L容量のフレコンバッグには, 100 kgの茎葉残さが充てん可能なため, 24個のフレコンバッグが必要と試算された.

また, 本処理で得られる製品(トマト茎葉残さ堆肥)の肥料成分は, カリウム, カルシウム含有

表7 トマト茎葉残さ堆肥化過程での内容成分値の変化

供試 資材名	T-C (%)	T-N (%)	C/N 比	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
トマト茎葉 残さ	37.7	2.4	15.7	1.3	5.2	6.1	1.7
トマト茎葉 残さ堆肥	32.5	2.9	11.2	2.3	7.1	12.6	3.3

1) 数値は乾物重当たり

量が他成分と比較し, 高い傾向にあった(表7).

また, トマト茎葉残さ堆肥の窒素肥効をポットコマツナ栽培試験で評価したところ, 48日間の栽培で資材含有全窒素量の約6~7%の窒素吸収量であった(表8). 神奈川県作物別施肥基準(神奈川県環境農政部農業振興課2006)では, 一般的小おが屑混合牛ふん堆肥の肥効率は10%程度とされているため, 本製品はこれと同程度の肥効が期待できる製品であると考えられた. このため, 本堆肥施用時には, 減肥を行うなど, これらの肥料成分を勘案した施肥が必要と考えられた.

一方, 神奈川県内トマト栽培農家温室で本作業体系の作業時間を計測したところ, 本作業体系の作業時間は, 誘引ひも切断・茎葉残さ運搬作業に4.4人時, 破碎フレコンバックへの充てん作業に4.9人時, フレコンバッグ, わらかッパの移動等に1.4人時, 堆肥化後のフレコンバッグ搬出作業に0.9人時であった(表9). 本作業体系を労働面から慣行作業(残さ廃棄作業)を対照に評価すると, 本作業体系の所要時間は, 11.6人時で, 慣行作業とした廃棄処理作業時間5.3人時(表9)の2倍であり, 10aあたり1人作業の場合は約2日間かると試算された. 神奈川県内のトマト養液栽培農家の主要な年2作型栽培の場合, 半促成栽培終了時から次の抑制栽培の定植時までは15~30日あり, 本作業の実施時間は, この期間内(7月下旬~8月中旬)の作業可能時間133時間(神奈川県農業技術センター2007)を大きく下回ることから,

表 8 トマト茎葉残さ堆肥施用土壌でのコマツナの生育状況（栽培 48 日後）

	試験区 ¹⁾	窒素施用量 (g/pot)	生育量 (g/pot)	葉色 (SPAD)	吸収窒素量 (—無窒素区) (g/pot)	施用/吸収 窒素割合 (%)
ト マ ト 茎 葉 残 さ 堆 肥	63 g/pot 施用区	1.80	55.0	32.0	128	7.0
	42 g/pot 施用区	1.20	38.7	33.2	81	6.6
	21 g/pot 施用区	0.60	24.6	30.6	37	6.1
	10 g/pot 施用区	0.30	17.1	28.7	22	7.3

1) トマト茎葉残さ堆肥施用量は乾物あたり

表 9 トマト茎葉残さ堆肥化作業の作業性評価

試験区名	作業名	作 業 方 法	作業時間（人時） （10a あたり）
堆肥化処理 作業	誘引ひも切断・ 茎葉運搬	誘引ひも（麻）をハサミで切断。誘引線から離れたトマト 茎葉をわらかッタ付近まで運搬。1 人作業	4.4
	フレコンバッグ の固定	フレコンバッグ（容量：500 L）の開放口にパイプを留め具で 装着し、針金を用いて誘引線 ²⁾ に固定。1 人作業	0.6
	破碎	トマト茎葉をわらかッタで破碎。1 人作業	4.9
	フレコンバッグ 固定解除	フレコンバッグから留め具をはずし、針金を誘引線から撤去。 1 人作業	0.7
	カッター移動	約 100 株ごとにわらかッタの場所を移動。1 人作業	0.1
	小計		10.7
	フレコンバッグ 搬出	施設内静置後、フレコンバッグを一輪車に載せ、施設出入口 ³⁾ まで運搬。2 人組作業（組作業者は一輪車への積載作業の補 助を実施）。	0.9
	計		11.6
廃棄処理 作業 （慣行）	誘引ひも切断・ 運搬	ハサミで誘引ひも（麻）を切断。トマト茎葉を通路に置く。 1 人作業。	4.0
	茎葉搬出	トマト茎葉を出入口 ³⁾ まで運搬。1 人作業。	1.3
	計		5.3

1) 間口 7.2 m、奥行 46 m の 3 連棟。各棟に養液栽培ベット長 21 m を縦に 2 本、4 列配置。

2 条植え、各ベット 100 株ずつ栽植。

2) 誘引線の高さ 1.9 m。

3) 出入口は各棟 2 か所と想定。

本作業の実施時間は確保できるレベルであると考
えられた（表 9）。

4) トマト茎葉残さ利用の経営的評価

(1) 抑制栽培トマト茎葉残さ利用の経営的評価

抑制栽培トマト茎葉残さ利用の作業体系の経済
性を評価したところ、トマト茎葉残さを事業ゴミ
として処理することに対して、本作業体系は、10 a
当たり 36,913 円の経費が削減された。さらに、雇
用労働力分を自家労働で賄う場合は、5,862 円、補
助事業の導入を視野に入れ、わらかッタを 3 人の
共同所有とした場合は、農機具費が 1/3 に圧縮さ
れるため、さらなる経費の削減が可能であった
（表 10）。

以上のように、神奈川県内のトマト養液栽培農
家で、冬季に排出される抑制栽培トマト茎葉残さ
を、わらかッタで破碎後、保有する水田でそのま
ま還元利用する同一経営体内での利用は、経営的
に有利であると考えられた。

(2) 半促成栽培トマト茎葉残さ利用の経営的評価

半促成栽培トマト茎葉残さ利用の作業体系を経
営面から評価すると、トマト茎葉残さを事業ゴミ
として処理する場合に対し、本作業体系は、10 a
当たり 37,019 円の経費が削減されると試算され
た。また、本作業体系は、10 a 当たり 7,904 円の費
用負担で実施可能であり、雇用労働力分を自家労
働で賄う場合は 7,328 円、補助事業の導入を視野
に入れ、わらかッタを 3 人の共同所有とした場合

表 10 抑制栽培トマト茎葉残さの農業利用の経営的評価

(円/10a)

項 目	試験区 ¹⁾	対照区 ¹⁾	比較増減	備 考
物財費合計 (A)	6,039	265	5,774	
農機具費 ²⁾	5,978	0	5,978	わらかッタ (使用割合 19.7%)
諸材料費	0	0	0	破碎後直接投入
光熱水費	60	265	-205	ガソリン @114.7 円/L
その他経費 (B)	0	35,642	-35,642	事業系ゴミ処理費 @20 円/kg
雇用労働費 (C)	5,862	0	5,862	時給 1,357 円
経費合計 (D)	11,901	35,907	-24,006	(D)=(A)+(B)+(C)
肥料効果 (E) ³⁾	12,908	0	12,908	水稻基肥に利用
経費削減額 (E-D)	1,007	-35,907	36,913	

- 1) 試験区; 抑制トマト栽培終了時の茎葉残さをわらかッターで破碎後, 同一経営体内で保有する水田にそのまま還元利用する.
対照区; 抑制トマト栽培終了時の茎葉残さを事業系ゴミとして処理する.
- 2) 農機具費は, 購入費の減価償却費を示す.
- 3) 慣行施肥は塩加燐安086を使用, 残さ施用の肥料代替量および肥料価格より肥料費の削減額を算出. 残さ施用量は, 480 kg/10a (乾物), 残さ肥効は, 成分値×肥効率 (作物に利用可能な成分の割合, 窒素: リン酸: カリ=10: 60: 90 (%)) で算出.

表 11 半促成栽培トマト茎葉残さの農業利用の経営的評価

(円/10a)

項 目	試験区 ¹⁾	対照区 ¹⁾	比較増減	備 考
物財費合計 (A)	13,838	371	13,467	
農機具費 ²⁾	7,469	0	7,469	わらかッタ (使用割合 19.7%)
諸材料費	6,300	0	6,300	フレコンバッグ @1,050 円×24 枚 4 回使用
光熱水費	69	371	-302	ガソリン @114.7 円/L
その他経費 (B)	0	44,552	-44,552	事業系ゴミ処理費 @20 円/kg
雇用労働費 (C)	7,328	0	7,328	時給 1,357 円
経費合計 (D)	21,166	44,923	-23,757	(D)=(A)+(B)+(C)
肥料効果 (E) ³⁾	13,262	0	13,262	キャベツ基肥に利用
経費削減額 (E-D)	-7,904	-44,923	37,019	

- 1) 試験区; 半促成トマト栽培終了時の茎葉残さをわらかッターで破碎し, 密閉温室内で堆肥化後, 同一経営体内で保有する畑で利用する.
対照区; 半促成トマト栽培終了時の茎葉残さを事業系ゴミとして処理する.
- 2) 農機具費は, 購入費の減価償却費を示す.
- 3) 慣行施肥は複合燐加安 42 号, 塩化カリ, リンスターを使用, 残さ堆肥施用の肥料代替量および肥料価格より肥料費の削減額を算出. 堆肥施用量は, 300 kg/10a (乾物), 残さ堆肥肥効は, 成分値×肥効率 (作物に利用可能な成分の割合, 窒素: リン酸: カリ=10: 60: 90 (%)) で算出.

は, 農機具費が 1/3 となり, 4,979 円の経費が削減できると試算された (表 11).

以上のように, 夏季に排出される半促成トマト茎葉残さは, ハウス内で水分を低下させ, わらかッタで破碎後, 堆肥化, 乾燥処理し, 農家保有の水田等で利用する同一経営体内での処理利用が

経営的にも有利であった.

4. 総合考察

本研究では農家へのアンケート調査を基に農家実態を把握し, それに則して作業体系を組み立て, ①冬季に排出される抑制栽培トマト茎葉残さ

は、わらかッパで破碎後、同一経営体内の（病害発生リスクの低い湛水条件である）水田でそのまま還元利用する。②夏季に排出される半促成栽培トマト茎葉残さは、ハウス内で水分を低下させ、わらかッパで破碎後、フレコンバッグに充てんし、高温の密閉温室内で堆肥化、乾燥処理し、同一経営体内の水田等で利用する。というように同一経営体内での作型ごとの処理利用法を構築し、提案した。また、作業性、経済性の面からも評価を行い、①慣行と比較し、作業量は増加するが、実施可能な範囲であること、②事業系ゴミとしての残さの処理と比較し、経済的に優位であることを示し、本作業体系の有用性を明らかにできた。

トマト茎葉残さの利用については、これまでに鶏ふん（石崎・岡崎 2004）、牛ふん（市川ら 2000、石崎・岡崎 2005）との混合堆肥化などが試みられている。しかし、この場合、牛ふん等の副資材の調達や畜産農家等との連携が必要となる。これに対し、本試験で構築した作業体系は、同一経営体内で残さのみで実施可能である。この面からも、本作業体系は、有効であると考えられた。

以上のように本法は、畑、水田等の保有状況（残さ利用場所）など農家実態に合わせた作型ごとの作業体系で、同一経営体内で実施可能であること、他副資材を用いない処理形態であること等から、農家が実施し易い作業体系であり、神奈川県のように都市部に隣接し、焼却処理が困難となってきた地域では有効な手法となると考えられた。

また、本方法は養液栽培のみならず土耕栽培にも適用できる技術と考えられ、更なる波及効果が期待できると考えられた。

5. 摘要

トマト養液栽培から排出されるトマト茎葉残さの同一経営体内での利用法を検討した。その結果、トマト茎葉残さの適切な農業利用法を作型（季節）ごとに示した。

冬季に排出される抑制栽培トマト茎葉残さは、トマト茎葉残さを破碎した後、同一経営体内で保有する水田に施用して利用することが適切な方法であると考えられた。一方、半促成栽培での残さ片づけ時期（7～8月）は、水稻の作付け時期であり、抑制栽培のように水田に直接投入することは不可能である。このため、夏季に排出される半促

成栽培トマト茎葉残さは、ハウス内で水分を低下させた残さを、フレコンバッグに破碎、充てんし、密閉した温室内で堆肥化、乾燥処理を行った後、同一経営体内で保有する水田等で利用することが適切であると考えられた。

謝辞

本稿は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」（農林水産省）（18081）「湘南のあふれる光を利用したリサイクル型養液栽培システムの開発」（平成 18～20 年度）によって行われたものである。

また、本試験の農家へのアンケート調査では、神奈川県施設野菜組合連合会並びに神奈川県いちご組合連合会に、現地試験の実施、試験サンプルの提供などでは、水島佐登志氏に、多大なるご協力いただいた。関係諸氏に感謝の意を表する。

キーワード

茎葉残さ、堆肥化、トマト、半促成栽培、養液栽培、抑制栽培

引用文献

- 市川 明・中谷 洋・加藤博美、加納正敏、増田 達明、河邊鋭治（2000）：ミニトマト茎葉残さを混合した家畜ふん堆肥の発酵特性、愛知県農総試研報 32；229-234。
- 石崎重信・岡崎好子（2004）：農場有機性残さと家畜ふんの混合堆肥化と肥料利用（1）一鶏ふんとトマト茎葉残さの混合堆肥化および肥料利用についての検討一、千葉県畜総研セ研報 4；29-35。
- 石崎重信・岡崎好子（2005）：農場有機性残さと家畜ふんの混合堆肥化と肥料利用（3）一牛ふん堆肥とトマト茎葉残さの混合堆肥化処理による茎葉残さ中のトマト萎凋病菌の殺菌効果および肥料としての循環利用一、千葉県畜総研セ研報 5；43-48。
- 神奈川県農業技術センター（2007）：（神奈川県作物別・作型別経済性標準指標一覧（野菜・普通作））、トマト（ロックウール養液）半促成栽培～抑制栽培、神奈川県農業技術センター、神奈川県、（CD）
- 神奈川県環境農政部農業振興課（2006）：（神奈川県作物別施肥基準）、たい肥の種類と有効成

- 分量, 神奈川県環境農政部農業振興課, 神奈川県, pp.78-80.
- 深山陽子・米山 裕・衣巻 巧・土屋恭一(2004): トマト循環型養液栽培におけるロックウール代替培地としてのもみがらの検討, 神奈川農総研報 145; 27-33.
- Miyama, Y., Sunada, K., Fujiwara, S. and Hashimoto, K. (2009): Photocatalytic treatment of waste nutrient solution from soil-less cultivation of tomatoes planted in rice hull substrate, *Plant Soil* 318; 275-283.
- 深山陽子・江口千津子・山中朗子(2007): トマト養液栽培排水でエンサイが栽培できる, 神奈川県農政関係試験研究機関研究成果情報 4290. <http://www.agri-kanagawa.jp/seika/pdf/4290.pdf>
- 深山陽子(2009): 循環式養液栽培における光触媒を用いた培養液浄化システム, 農業機械学会誌 71 (6); 9-14.
- 農林水産省生産局生産流通振興課(2009): (園芸用ガラス室・ハウス等設置状況(平成18年7月~平成19年6月間実績)), 都道府県別統計表, 農林水産省, 東京, pp.29-95.
- 尾和尚人(1996): わが国の農作物の養分収支, 環境保全型農業研究連絡会ニュース(農業環境技術研究所) No. 33; 428-445.
- 高木嘉明(2000): (堆肥等有機物分析法), ほ場条件における有機物分解の測定法, (財)日本土壌協会, 東京, pp.168-171.
- 竹本 稔(2009): 養液栽培システムから排出さ

れる有機性廃棄物のリサイクル, 農業機械学会誌 71 (6); 15-19.

Summary

The use of plant residue produced from a hydroponic cultivation of tomato was examined in the management unit of farmers in Kanagawa Prefecture.

It was shown that the suitable method for use of tomato plant residue produced in winter (late raising culture), was to cut with a cutter and then apply onto a rice field in the management unit of farmers.

The other method was impossible to apply the tomato plant residue onto the rice field in summer, because rice was growing during this season.

Therefore, it was shown that the suitable method for use of tomato plant residue produced in summer (semi-forcing culture), was to cut with a cutter and to be composted and dried in a flexible container bag, and after that, applied onto a rice field in the management unit of farmers.

Key Words

composting, hydroponic cultivation, late raising culture, plant residue, semi-forcing culture, tomato