

B-67 家畜糞の堆肥利用における制約 としての副資材の影響について

○長谷隆仁^{1*}・渡辺洋一^{1*}・山田正人^{2*}・藤原拓^{3*}・河村清史^{4*}

¹埼玉県環境科学国際センター資源循環領域廃棄物担当（〒347-0115 埼玉県加須市上種足914）

²国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

³高知大学教育研究部自然科学系農学部（〒783-8502 高知県高知市南国市物部乙200）

⁴埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門（〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255）

* E-mail: hase.takahito@pref.saitama.lg.jp

1. はじめに

家畜糞は、水系への汚染負荷源になりうるが、資源としても重要な有機性廃棄物の一つである。家畜糞については、現在、堆肥化が一般に行われているが、含水率が多く、水分調整によって通気性を改善するため、おが屑、籾殻などの副資材の混合が必要とされる。従って、家畜糞と副資材には、需要量に一定の相関関係があると考えられる。しかしながら、堆肥化に支障が生じるため、副資材の調達の問題とされる場合もありながら^{1),2)}、家畜糞の資源化に関する議論では、家畜の発生分布がとりあげられることはあるものの、副資材については、あまり考慮されることはない。

そこで、家畜糞の資源分布と農用地に対する堆肥需要に対して、地域に存在する家畜糞を効率的に堆肥化することを考える際、必要な水分条件を含めた処理最適化モデルを作成し、関東地方における家畜糞堆肥化に対する副資材の必要量を推測し、家畜糞堆肥化における副資材の調達問題について考察を行った。

2. 方法

(1) 有機性廃棄物発生量の推計

堆肥の主原料として家畜糞を、副資材として稲わら、籾殻、麦わら、おが屑をとりあげ、NEDOの方法に準じて関東地方の栃木・群馬・埼玉県を対象に市町村単位で推計した³⁾。すなわち、家畜糞は畜種別飼養頭羽数⁴⁾に発生原単位を掛けて畜種別に、稲藁・籾殻は作付面積⁵⁾に発生原単位を掛けて推計した。おが屑は、木材素材消費量⁶⁾に発生比率を掛けて県発生量を求め、これを木材・木製品製造業の市町村別事業所数⁷⁾で按分後、容積比率(0.4t/m³)を掛けることで推計した。全もみ量に粗玄米粒

数歩合⁸⁾・玄米粒数歩合⁹⁾を掛けたものを収穫量、全もみ量から粗玄米以外を籾殻として、収穫量⁷⁾から推計した。

(2) 堆肥需要量の推計

堆肥需要については作付面積¹⁾に堆肥施肥基準量²⁾を掛けて推計した。

(3) 堆肥化に必要な副資材量の推計

以上の推計値を用いて、まず、推計した家畜糞を全量堆肥化するのに必要な副資材量の推計を行った。家畜糞と副資材を混合時に発酵が適正に進むためには、原料混合時の水分は50～70%程度が適正であるとされている⁹⁾。そこで、副資材混合時の水分含有率を70%、60%とするのに必要な量を推計した(本稿では、以下、70%副資材必要量、60%副資材必要量と称する)。

次に、堆肥需要に対し、最大限家畜糞を利用した場合を考え、その時、必要な家畜糞および副資材必要量を推計した(本稿では、堆肥需要を反映した副資材必要量ということで、副資材需要量と称する)。推計は以下の方法で行った。

式① 資源制約： $0 \leq x_i \leq m_i$ (家畜糞のみ)

式② 需要制約： $\sum_i x_i (1-w_i) / w_c + \sum_h y_h \leq D$

式③ 輸送距離制約： $d(k, h) \leq R \rightarrow y_h = 0$

式④ 水分制約： $0.5 \leq \sum_i x_i w_i / \sum_i x_i \leq 0.7$

式⑤ $\sum_i (x_i m_i^{-1} x_i) \rightarrow \text{Min}$

(添字 i: 原料種類(家畜糞、副資材) / ^km: 市町村 k の資源量(t) / ^kD: 市町村 k の堆肥需要量(t) / d(k, h): 市町村 k, h 間距離(k, h)の重心間の距離(km) / R: 輸送範囲(km) / w_i, w_c: 原料水分・堆肥水分 / d_i: 分解率 / ^kx: 堆肥原料利用量(t) / ^{k, h}y: 市町村 k から h への堆肥輸送量(t))

まず、堆肥化に利用する家畜糞、副資材の量(x)について、各市町村で原料としての利用可能量を家畜糞・副資材の発生量を上限として設定した(式①)。次に、これら原料から生産される堆肥量について、堆肥需要量以下として設定した(式②)。この際、各市町村での堆肥量と堆肥需要の過不足を輸送によって調整するものとして、堆肥需要は、当該市町村の堆肥需要と他の市町村へ輸出货量(y) (他の市町村の堆肥需要)の和で与えた。この時の輸送範囲についても制約を設定した(式③)。本稿では堆肥の流通範囲のほとんどが、隣接市町村内で行われていることを考慮し²⁾20kmと設定した。さらに、家畜糞と副資材の間には、混合時の水分が50%~70%となる制約を加えた(式④)。以上の制約下で、堆肥化に利用できる家畜糞、副資材量を、残渣(発生量のうち堆肥化に利用できなかった量)が最小となるように求めた(式⑤)。

計算は次のように近似的に求めた。①④の制約下で $\sum_i^{\infty} x_i (1-w_i)/w_c \rightarrow \text{Max}$ で x_i を求め、これに対し最大堆肥生産量 $^{\infty}S_{\text{max}} = \sum_i^{\infty} x_i (1-w_i)/w_c$ を計算した。この $^{\infty}S_{\text{max}}$ に対し式③の制約下で $\sum_i^{\infty} x_i (1-w_i)/w_c + \sum_h^{\infty} y_h^{\infty} - ^{\infty}D \rightarrow \text{Min}$ で輸送量 $^{\infty}y_h^{\infty}$ を求めこれに対し $Y = \sum_h^{\infty} y_h^{\infty}$ を計算した。 $\Delta = ^{\infty}S_{\text{max}} - ^{\infty}Y - ^{\infty}D > 0$ の場合、式②を満たしておらず、過剰生産という事になるので、①④の制約に $\sum_i^{\infty} x_i (1-w_i)/w_c \leq ^{\infty}S_{\text{max}} - \Delta$ の制約を加え⑤を計算した。

3. 結果と考察

(1) 家畜糞・副資材発生量の推計結果

家畜糞および、稲わらなどの副資材は、丸で囲んだ地域において特に多量に分布していると推測された(図1)。

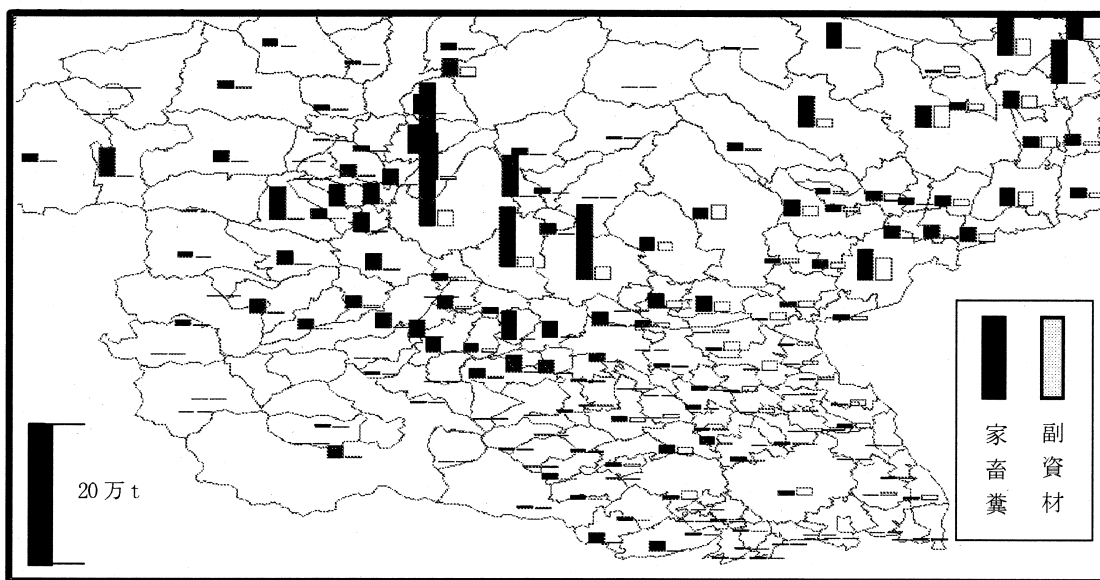


図1 家畜糞・副資材発生量の市町村別推計

130、120、40万tと計算された。これらの地域では、副資材は、家畜糞に比べて発生量が極めて低く、栃木・群馬・埼玉県で、それぞれ、約37、13、17万tと推計された(表1)。稲わら、籾殻、麦わら、おが屑等の副資材の発生量のうち、稲わらがほとんどを占めていた。

表1 副資材の発生量・必要量・需要量

種別	栃木県	群馬県	埼玉県
副資材発生量	37	13	17
60%副資材必要量	49	44	15
70%副資材必要量	20	17	6
副資材需要量	3	8	6

(2) 堆肥需要量の推計結果

施肥基準から推計した、堆肥需要量は、栃木・群馬・埼玉県で、それぞれ、23、35、25万tと推計された。市町村単位でみると、特に需要の大きな市町村が散見される(図2)。

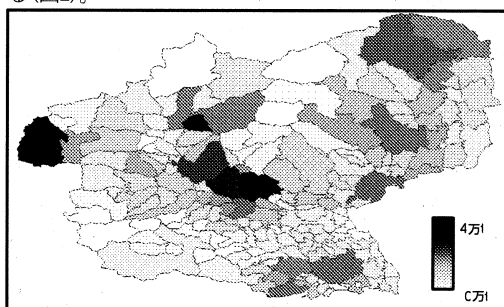


図2 堆肥需要量の市町村別推計

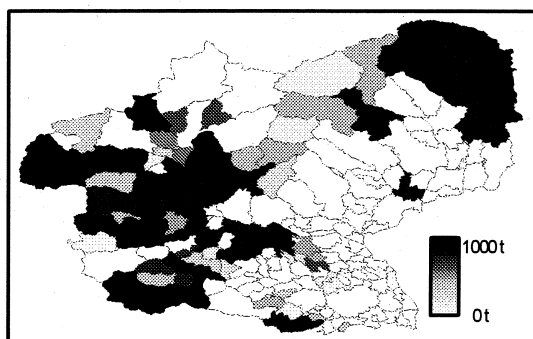


図3 副資材発生量に対する70%副資材必要量の超過量

(3) 副資材必要量の推計結果

副資材必要量を推計した(表1)。群馬県では、副資材必要量は、その発生量を超過しているが、埼玉県では発生量以下である。市町村単位で副資材必要量と発生量を比較すると、県単位でのその大小関係を必ずしも反映していない。70%副資材必要量では、群馬・栃木・埼玉県でそれぞれ、39%、67%、38%の市町村が副資材発生量を超過した(図3)。70%副資材必要量になると、群馬・栃木・埼玉県でそれぞれ、45%、74%、51%と、市町村内での家畜糞とそれに対する副資材必要量のバランスは、悪化する。

次に、副資材需要量について推計を行った(表1)。栃木・群馬・埼玉県で、副資材発生量以下であった。県単位でみた場合、副資材需要量は副資材必要量に比べても低かったが、これは、各県の家畜糞は、全量堆肥化すると、施肥基準による堆肥需要に対して過剰となるためである。なお、施肥基準による堆肥需要に対して必要とされる家畜糞量は、栃木・群馬・埼玉県で約37、45、27万tと推定された。

一方、各市町村単位で、副資材需要量を発生量と比較すると、群馬・栃木・埼玉県で、それぞれ9%、29%、35%の市町村において、副資材需要量が発生量を超過した(図4)。

県単位でみた場合、副資材はその需要量に比べて多量に発生しているが、実際には、稲わらの7割は鋤込まれて流通しないとされる¹⁾。仮に発生量の3割が堆肥に利用されたとすると、栃木・群馬・埼玉県での副資材流通量は約11万、4万、5万tとなる。実際の流通量が少ないと、家畜糞と副資材必要量のアンバランスも副資材の調達上支障となろう。また、埼玉県の場合、施肥基準から推定される堆肥需要に要する家畜糞量は、約27万tと発生量の7割に満たないが、埼玉県の実態調査では、ほぼ全量が堆肥としてリサイクルされている。これは、施肥基準より過剰に施用されている可能性も考えられるが、今回推定した副資材需要量より、実態としては、60%な

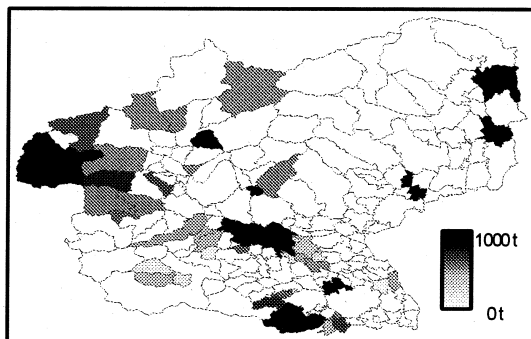


図4 副資材発生量に対する副資材需要量の超過量

いし70%副資材必要量の方が、実際に必要とされる副資材量に近い事を示唆する。60%副資材必要量・70%副資材必要量と比べると、先に仮算した埼玉県の流通量5万tでは不足する。

まとめ

関東地方の群馬・栃木・埼玉県における家畜糞、稲わら等の副資材の発生量、及び堆肥需要量の推計を行った。この推計に基づき、稲わら等副資材の必要量、堆肥需要に応じた副資材需要量の推計を行った。その結果、県単位で量的な観点からみれば、副資材発生量は、副資材需要量に対して余裕があるが、稲わらの鋤込みといった流通上の要因、施肥基準から推定される堆肥需要に対し過大な家畜糞堆肥化に伴う、副資材需要の増加といった要因が、副資材調達を悪化させ、家畜糞堆肥化の制約になりうると考えられた。

謝辞：本研究において用いたモデル開発については、JST、CRESTの補助を受けた。

参考文献

- 1) 中村真人、柚木義人、清水夏樹(2004)：堆肥化施設の抱える問題と堆肥に対する耕種農家の意識、農業土木学会大会講演会講演要旨集
- 2) 農林水産省大臣官房統計情報部(2002)：H12年度持続的生産環境に関する実態調査、農林統計協会
- 3) NEDO：バイオマス種の説明と推計方法
www.nedo.go.jp/library/biomass/kinds/index.html
- 4) 農林水産省(2005)：農林業センサス
- 5) 農林水産省(2005)：作物統計
- 6) 農林水産省(2005)：木材需給統計
- 7) 経済産業省(2006)：事業所・企業統計調査
- 8) 埼玉県(1989)：埼玉県主要農作物施肥基準
- 9) 中央畜産会(2000)：堆肥化施設設計マニュアル
- 10) 藤田賢二(1993)：コンポスト化技術、技報堂出版
- 11) バイオマス・ニッポン総合戦略(平成18年策定)