

中国・鄭州市における農業利用のための 有機性廃棄物の輸送に関する研究

周 慶生¹・北脇 秀敏²・荒巻 俊也³

¹ 学生会員 東洋大学大学院国際地域学研究所 (〒112-0001 東京都文京区白山 2-36-5)

E-mail: aid1166zhou@yahoo.co.jp

² 正会員 東洋大学国際地域学部教授 (〒112-0001 東京都文京区白山 2-36-5)

³ 正会員 東洋大学国際地域学部教授 (〒112-0001 東京都文京区白山 2-36-5)

本研究では、中国・河南省の省都である鄭州市を研究対象として、行政区域内の 6 区 5 県級市 1 県において有機性廃棄物の農業利用における月別の潜在需要量と供給可能量を算出して需給バランスを検討した。また有機性廃棄物が実際には潜在需要量に対してさまざまな割合で使用されるため、実需要率（実需要量/潜在需要量）の変化により地区間移動量や移動距離がどのように変化するかを検討した。その結果潜在需要量の 30%の有機性廃棄物を使用した時に地区間移動量と平均移動距離が最大となり、実需要率がさらに上昇すると両者とも減ることが明らかになった。

Key Words: organic wastes , agricultural use , potential demand-supply ratio , transportation , Zhengzhou City

1. 研究背景

有機性廃棄物のリサイクルの重要性が強調されているにも関わらず多くの地域では廃棄物の効率的な利用がなされていないのが現状である。中国・河南省の省都である鄭州市では有機性廃棄物は有価物として十分には農地に還元されていない。例えば「河南省有機肥資源利用状況及び提案」¹⁾から河南省の家畜ふんの堆肥への利用は約 6%しかないと計算されている。有機性廃棄物を農地に有効利用することは環境対策上も重要であるため、有機性廃棄物農業利用の需給バランスの解析及び流通の可能性、利用拡大方策などを模索することが大きな課題となっている。

有機性廃棄物の需給バランスに関する先行研究として荒巻ら²⁾は有機性廃棄物による窒素供給可能量を算出し、畑、果樹、野菜などの窒素量施用基準による需給バランスを検討した。また遠藤ら³⁾も有機性廃棄物からコンポストと有機液肥の両方を製造・施用した際の需給バランスについて検討している。これらの先行研究では有機性廃棄物の需要量の年間値のみが取り上げられているが、有機性廃棄物の地区間移動や需給の月別の変動などは考慮していない。そのため周ら⁴⁾は有機性廃棄物の月ごとの需給バランスについて検討し、需給変動を明らかにし

た。また有機性廃棄物の有効活用においては、その輸送にかかる費用なども問題となるため、季節ごとの需給バランスからどの程度の有機性廃棄物の地区間移動が必要となるかを解析することが望まれている。

2. 研究の目的及び研究手法

本研究では中国・鄭州市において有機性廃棄物（コンポストを含む、以下同様）の農業利用に関して施用可能量（以下潜在需要量と称することにする）と供給可能量を月別に算出することにより需給量変動と需給バランスを解析する。また有機性廃棄物の各月の需要量に対して地域別の各施用月までの供給可能量を算出し、地区ごとに余剰量と不足量を算出することにより地区間移動を解析することを目的としている。その算出の流れを図-1に示す。

研究では対象地域の中国・鄭州市において現地調査により作付時期と作物の面積把握を行った。また有機性廃棄物の月別の潜在需要量と供給可能量の算出を定式化し、作物の作付面積、作付時期、施用原単位等のデータをもとに鄭州市内各地における有機性廃棄物の月別の潜在需要量を算出した。さらに有機性廃棄物の供給可能量について

は人口、家畜数、農産物の収穫量などの統計データと有機性廃棄物の発生量原単位をもとに算出した。加えて有機性廃棄物の地区間移動トンキロの計算を定式化し、シミュレーションソフト⁵⁾を用いて有機性廃棄物地区間移動の輸送トンキロ計算プログラムを作成し、有機性廃棄物の需要量の変化による地区間移動量と移動距離の変化を解析した。

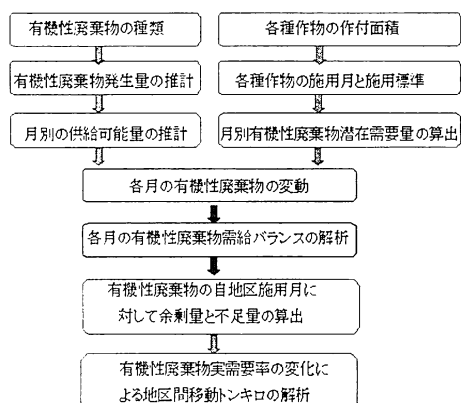


図-1 有機性廃棄物地区間移動トンキロの算出フロー

3. 研究対象地域

研究対象地域である鄭州市の位置を図-2 に示す。中国・河南省は黄河の中下流に位置し、河北省、山西省、陝西省、湖北省、安徽省、山東省と隣接している。研究対象地域である河南省の省都の鄭州市は面積 7507km²、人口約 700 万人であり、省内では最大の地級市である。

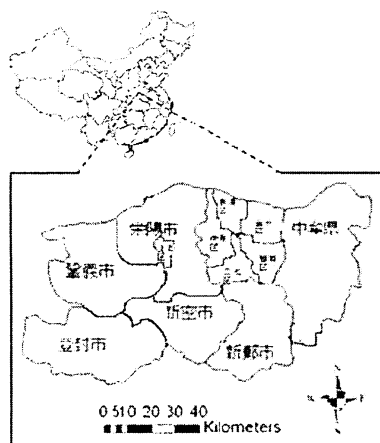


図-2 鄭州市及び市内行政区域

中国の行政区分では国の下に直轄市、省、自治区、地

級市がある。またその下部組織として区、県級市、県があり、その下に郷、鎮、村が存在する。鄭州市の行政区域では図-3 に示すように 6 区 5 県級市 1 県で構成されている。本研究では鄭州市がリサイクル計画を立案する場合を想定しているため、鄭州市内の 6 区 5 県級市 1 県（以下の検討では、これらを各地区と称することにする）を計画対象とし、その区域内での有機性廃棄物の需給バランスを検討する。

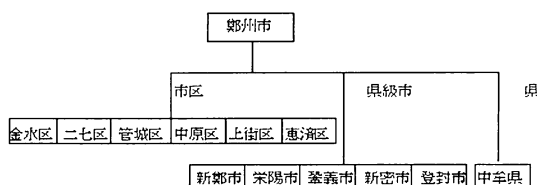


図-3 鄭州市の行政区域

4. 有機性廃棄物の農業利用潜在需要量と供給可能量の算出

(1) 月別の潜在需要量の算出

有機性廃棄物の潜在需要量は農地面積、作付作物の種類に依存する。また施用時期は作付時期に依存する。従って各地区における月別の潜在需要量を把握するためには作物別の施用原単位、施用月、施用面積などの数値を用いて計算する必要がある。本研究においては式(1)を示す行列計算式を用いて月別の潜在需要量を求めることにする。

$$Dp_i(m) = A_i(m, n)B(n) \quad (1)$$

ここで

$Dp_i(m)$: 月別潜在需要量 (t/月)

$A_i(m, n)$: 作物別月別の施用面積行列(ha)

$B(n)$: 施用原単位 (t/ha)

i : 各地区 (1~12)

m : 施用月(1 月~12 月)

n : 作物の種類

$A_i(m, n)$ は月 m に作物 n が作付される際の有機性廃棄物の施用面積 (作付面積に等しいとした) を表す。また $B(n)$ は作物 n に対する有機性廃棄物の施用原単位 (有機性廃棄物発生時の重量に施用時までの水分及び有機物の減少量を勘案したもの) である。

有機性廃棄物の施用基準については鄭州市のデータが存在していないため、長崎県のコンポスト施用基準⁶⁾を援用した。その根拠は長崎県と鄭州市では年間日射量(2100 時間前後)と湿度(67%前後)などの気候が近く、両者

とも現在化学肥料主体の施肥を行い、栽培方式は露地栽培が中心であることなどである。なお、長崎県のコンポスト施用基準を援用することの妥当性については河南省及び研究対象地域の各県級市、県の土壤肥料センターに諮り、同意を得ている。また作物の作付面積については「鄭州統計年鑑」⁷⁾の文献値を用いた。同年鑑中の夏食糧とは小麦であり、秋食糧とはトウモロコシ、米、豆類などを表している。なお、同年鑑では各種類の野菜については記載されていないものであるため、ここでは長崎県の野菜施用原単位の平均値を使用した。施用月は河南省及び各県級市、県の土壤肥料センターへのヒアリング調査により判明した3、6、10、12月とした。以上の方法により鄭州市各地区において有機性廃棄物の月別の潜在需要量を算出した(表-1)。

鄭州市では月別の有機性廃棄物の潜在需要が3、6、10、12月に集中しており、他月は需要量が存在していない結果となっている。また秋食糧の作付面積が一番多いため、それが作付される6月の有機性廃棄物の潜在需要量が最も多かった。このような需要量の季節による偏りは有機性廃棄物のリサイクルを考える上で大きな障害になると考えられる。

(2) 農業利用可能な有機性廃棄物供給可能量の算出

鄭州市では農地に利用可能である有機性廃棄物として家畜ふん、生ごみ、し尿、農業生産物残渣と食品工場残渣などがある。これ以外の有機性廃棄物は農地への利用が困難であるため本研究では考慮しない。また、鄭州市では食用油、酒、ビール、調味料など食品工場の残渣の大部分は魚、家畜の餌として利用されているため本研究では考慮していない。また鄭州市では全ての有機性廃棄物発生量のデータを入手することはできないため、データがない有機性廃棄物は仮定に基づいて推定した。なお、各有機性廃棄物は異なる肥効、効果などの性質を持ち、土質、作物の種類により施用の適否が存在する。本研究では有機性廃棄物の品質までは考慮していないが有機性廃棄物の品質が施用に適していない場合には潜在需要に比べて実需要が小さくなるものとする。

なお、有機性廃棄物は発生時から施用時の間に発酵、乾燥などにより含水率及び有機物量が減少するが、この減少量を用いて施用時の重量に換算した。施用時重量を発生時重量で割ったものを施用時の重量換算率 E_j と定義する。 E_j の値が小さくなると多くの有機性廃棄物の農地への施用が可能となる。

a) 生ごみ由来の供給可能量の算出

鄭州市各地区の年間生ごみ収集量 G_i は「鄭州統計年鑑」⁷⁾の値を用いた。これに生ごみ含有率 C (井村ら⁸⁾より約0.5と算出)を乗じて年生ごみ収集量を算出した。生ごみは通常、直接農地に施用されないため、計算では施

用される場合にコンポスト工場を導入すると仮定した場合を想定した。生ごみ中の固形物の含有率が約0.2⁹⁾であるため、初期含水率0.8が施用時に約0.35まで低下するものとして農地施用時の重量換算率 E_1 は0.3と算出した。これに生ごみ含有量を乗じ12で割り生ごみ由来の有機性廃棄物の月別の供給可能量 H_{i1} を算出した(式(2))。

$$H_{i1} = (G_i \cdot C) E_1 / 12 \quad (2)$$

b) し尿由来の供給可能量の算出

し尿発生原単位 Q は鄭州市平均で一人一日当たりの発生原単位「河南省有機肥資源」¹⁰⁾を用いた。鄭州市の都市部では水洗トイレを使用し、し尿を収集していないため、農村地域のみし尿を収集していると仮定した。各地区内の農村人口 R_i (「鄭州統計年鑑」⁷⁾により)に発生原単位を乗じてし尿の収集量を算出した。また、し尿を貯留施設に一定期間滞留、含水率を減少させたあと農地利用している。そのため、し尿発生時の含水率約0.9¹⁰⁾が施用時に0.5まで低減していることを想定してし尿の農地施用時の重量換算率 E_2 は0.2とした。これに年間し尿の収集量を乗じ12で割りし尿由来の有機性廃棄物の月別供給可能量 H_{i2} を算出した(式(3))。

$$H_{i2} = (Q \cdot R_i \cdot 365) E_2 / 12 \quad (3)$$

c) 家畜ふん由来の供給可能量の算出

各家畜の数量 T_{ij} (「鄭州統計年鑑」⁷⁾により)に乳牛、肉牛、豚、鶏、馬、ロバ、羊、ウサギ($j=3\sim 10$)の家畜ふん一匹一日当たり発生原単位 S_j (「河南省有機肥資源」¹⁰⁾により)を乗じて家畜ふん有機性廃棄物の発生量を算出した。家畜ふんは発生源の農地や農家の庭先などで自然に乾燥や発酵などをさせたあと農業利用されている。施用時重量換算率は遠藤ら¹¹⁾から乳牛ふん、肉牛ふん、豚ふんは0.4とし、鶏ふんは0.6とした。排出時から含水率の低い馬ふん、ロバふん、羊ふん、ウサギふんの施用時重量換算率は鶏ふんに準じて0.6と仮定した。家畜ふん有機性廃棄物の年間発生量に施用時重量換算率 E_j を乗じ12で割り家畜ふん由来の有機性廃棄物の月別供給可能量 H_{ij} を算出した(式(4))。

$$H_{ij} = (T_{ij} \cdot S_j \cdot 365) E_j / 12 \quad (4)$$

d) 農業生産物由来の供給可能量の算出

作物小麦、稲、トウモロコシ、豆類、綿花、落花生($j=11\sim 16$)の生産量 U_j (「鄭州統計年鑑」⁷⁾により)に各作物の有機性廃棄物の発生率 V_j (農業生産有機性廃棄物の発生量/農業生産物の収穫量)を乗じて農業生産有機性廃棄物の発生量を算出した。なお、各作物からの発生率 V_j は小麦、稲、落花生が1、トウモロコシが1.5、豆類が3、綿花が4とした(「河南省有機肥資源」¹⁰⁾により)。また、河南省の農業生産有機性廃棄物では飼料、

工業燃料などに使用されているため農地への利用可能率 P (文献より約 0.55^{11}) を農業生産有機性廃棄物の発生量に乗じて各農業有機性廃棄物の供給可能量 H_{ij} を算出した (式(5)) .

$$H_{ij} = U_{ij} \cdot V_j \cdot P \tag{5}$$

農業生産物は6月と9月に収穫するため、本研究では農業生産有機性廃棄物の供給可能月について各地区の作物種類により6月と9月に計算した。また、研究対象地域では小麦、トウモロコシ等は畑で成熟し、葉茎等が自然乾燥してから収穫するため、収穫後にさらに乾燥することはないと考えられる。そのため発生時と施用時の含水率、重量がほぼ同一と考えられ、施用時の重量換算率 E_j は1とした。

以上のように各地区の有機性廃棄物の供給可能量を推算した。その結果は図-4に示すように鄭州市全体で家畜ふんが約60%、農業生産の有機性廃棄物が約27%と豊富に存在するため、これらを有効に活用していくことが重要であると考えられる。なお、各地区においては生ごみ(図中にはコンポスト化後の量を示す)の供給可能量が約5%と一番少なかった。

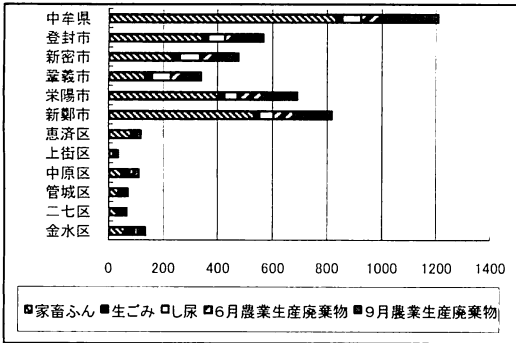


図-4 各地区における有機性廃棄供給可能量内訳 (湿ベース) (1000t/年)

5. 有機性廃棄物の需給バランス

有機性廃棄物の月ごとの需給変動については、図-5に示すように供給可能量は年間を通し存在しているが、有機性廃棄物の潜在需要量については年間4ヶ月間しか存在しない。秋食糧が鄭州市の主要農業生産物であるため、その作付を行う6月に有機性廃棄物の需要が一番多いことがわかる。月別の有機性廃棄物の潜在需要量は季節により変動があり、農業利用の供給可能量が6月及び9月の作物収穫時期以外はあまり変動していない。そのため月別の需給比は大きく変動し、各地区において各施用月までの供給可能量を計算しておく必要がある。

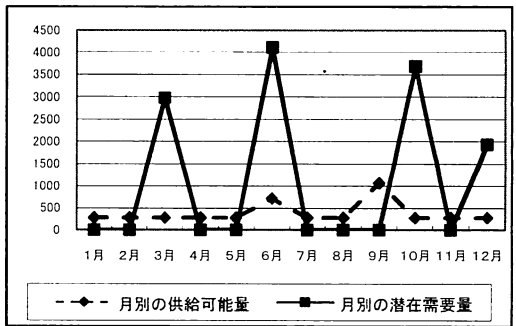


図-5 鄭州市月別の有機性廃棄物需給変動 (湿ベース) (1000t)

鄭州市各地区、月別の有機性廃棄物の農業利用潜在需要量と供給可能量の比較及び潜在需給比を示したものが表-1である。各地区の年間潜在需要量が年間供給可能量より高い値であることがわかる。鄭州市全体有機性廃棄物の需要量は約12700千t/年、供給量が約4580千t/年で、潜在需給比(潜在需要量/供給可能量)が約2.8である。潜在需給比が1.0を超えている場合は受入が供給を上回っており、理論的には有機性廃棄物が全量農地に受け入れられる可能性があるという結果となっている。なお、

表-1 各地区有機性廃棄物* 月別の潜在需要量と供給可能量及び潜在需給比 (湿ベース) (1000t)

	金水区		二七区		管城区		中原区		上街区		惠济区		新郑市		荥阳市		登封市		中牟县		郑州市合计					
月别	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能	潜在需要	供给可能				
1月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	280				
2月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	280				
3月	27	9	40	5	60	4	78	6	11	2	160	8	525	50	331	39	121	19	178	27	185	35	1268	77	2983	280
4月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	35	0	77	0	280
5月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	35	0	77	0	280
6月	53	19	37	7	67	11	111	20	24	7	151	14	619	125	552	127	290	68	427	80	399	76	1386	160	4114	714
7月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	35	0	77	0	280
8月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	35	0	77	0	280
9月	0	26	0	9	0	15	0	26	0	8	0	20	0	186	0	165	0	80	0	117	0	133	0	279	0	1062
10月	53	9	39	5	64	4	100	6	26	2	146	8	627	50	537	39	283	19	388	27	301	35	1126	77	3689	280
11月	0	9	0	5	0	4	0	6	0	2	0	8	0	50	0	39	0	19	0	27	0	35	0	77	0	280
12月	16	9	26	5	39	4	51	6	7	2	124	8	331	50	238	39	53	19	110	27	81	35	865	77	1940	280
年計	149	135	142	66	230	66	340	106	68	35	581	114	2102	811	1658	682	747	338	1103	467	966	559	4645	1209	12728	4576
年潜在需給比	1.1	2.3	3.4	3.1	2.1	5	2.6	2.4	2.2	2.3	1.7	3.8	2.8													

*生ごみコンポスト、乾燥家畜ふん・し尿、小麦とトウモロコシなどの農業生産残渣

現地ではトラックなどの輸送手段が少ないため、有機性廃棄物は種類にかかわらず発生地点に近いところで優先的に使用され、余剰の分が他地区へ輸送コストを伴って移動している。本研究ではこの点を考慮し、有機性廃棄物の種類にかかわらず近傍から優先して余剰有機性廃棄物を受け入れるものとした。

鄭州市各地区、月別の有機性廃棄物の潜在需要量と農業利用の供給可能量の算出により有機性廃棄物が今後さらに多く農業に利用される余地があるということが明らかになった。また、各地区の潜在需給比については惠济区が約5と潜在需給比が一番高い、これは同区の一人当たり平均農地面積が市の中心部6区の中では一番多いこと、さらに人口密度が高い市の中心部と近く、野菜などの作付面積が多いこともその要因と考えられる。また各地区の中で一人当たり平均農地面積が一番多い中牟県も3.8で潜在需給の比が二番目に高い値となっている。一方、金水区は都市部に立地するため一人当たり平均農地面積が一番少ないため、潜在需給比が約1.1と各地区と比べて低いことが明らかになった。

6. 有機性廃棄物の各地区間移動の解析

月別の需給比については需要が年間4ヶ月間に偏っているため月別の需給比は大きく変動している。月別の需給比は大きく変動することにより、有機性廃棄物が地区間に移動する大きな要因となっている。有機性廃棄物の流通利用の促進などの点から考えるならば、各地区間の有機性廃棄物の移動量を最小化する計画が必要になる。地区間移動量の算出は各地区の施用月3, 6, 10, 12月に対して自地区の使用が優先と仮定して計算する。本論文ではコンポスト化工場がない状態のモデルを想定した。発生量の季節変動の大きい農業生産有機性廃棄物はコンポスト化されることなく農地に直接施用されるものとしたため、コンポスト化に要する時間による施用までのタイムラグは生じないものとした。表-1から潜在需給比は市全体で2.8、各地区とも1を超えるため供給可能量により潜在需要量が最も高い値であるため、有機性廃棄物が各地区の自地区内全部で使用が可能である。その時他地区への移動はないと計算される。しかし、鄭州市全体2008年度の有機性廃棄物の施用量の実績(家畜ふんの使用量と農業残渣の発生場所における直接施用量)が潜在需要量と比べて「河南省有機肥資源の利用状況及び提案」¹⁾から約8%しかないと計算されているため、現時点では鄭州市の潜在需要量まで有機性廃棄物を使用することが不可能と考えられる。

従って本研究では実需要率(実需要量/潜在需要量)を最大50%とし、実需要率の変化に伴う総移動トンキロや

平均移動距離を検討する。まず、各施用月の余剰量と不足量を各施用月までに発生した各月の供給可能量の合計から各施用月の需要量を減じて、式(6)のように算出した。

$$Zk_i(m) = Ho_j - Dpk_i(m) \tag{6}$$

- ここで
- $Zk_i(m)$: 各地区の余剰量または不足量 (t/月)
- Ho_j : 各地区各施用月までの供給可能量の合計 (t/月)
- $Dpk_i(m)$: 各地区各施用月の需要量 (t/月)
- k : 実需要率
- m : 施用月
- o : 各施用月までの有機性廃棄物の供給月

以上の式をもとに、実需要率を10%から50%まで5%ずつ変化させ各地区の各施用月における余剰量と不足量をそれぞれ計算した。例として50%の時の各地区の各施用月の余剰量と不足量の算出結果については表-2に示す。表中の負の値は各地区の施用月までの供給可能量が施用量に対して不足していることを表し、正の値は余剰量を表している。これから有機性廃棄物の余剰地域から不足地域への移動量の算出ができると考えられる。

表-2 実需要率50%時の有機性廃棄物の各施用月各地区の余剰量(負の値は不足量)(湿ベース)(1000t)

	金水区	二七区	管城区	中原区	上街区	惠济区	新鄭市	荊陽市	鄭州市	新密市	登封市	中牟県
3月	14	-5	-13	-21	1	-35	-113	-43	-4	-2	13	-461
6月	10.5	-1.5	-14.5	-23.5	-1	-45.5	-143.5	-71	-25	-79.5	-53.5	-315
10月	25.5	4.5	-5	-4	1	-25	22.5	13.5	-4.5	4	31.5	-53
12月	15	-3	-11.5	-15.5	0.5	-45.5	-45.5	-41	11.5	-1	23.5	-278.5
年平均	61	-5	-6	-34	1	-177	-240	-147	-35	-45	78	-1114

余剰地区から不足地区への最適移動トンキロの計算は、線形計画問題として解くことができる¹²⁾。各実需要率時の地区間移動トンキロを目的関数として算出する。前提条件として、輸送にはトラックを使用すると仮定し、実際の道路などは考慮せず各地区の中心間の距離を移動距離と仮定した。中心間の距離は、「成都地図出版社」¹³⁾から表-3のように計算した。

表-3 各地区間の最短距離 (km)

	金水区	二七区	管城区	中原区	上街区	惠济区	新鄭市	荊陽市	鄭州市	新密市	登封市	中牟県
金水区	0	8.4	6	7.5	35	4.2	40	27	60	35	65	30
二七区	8.4	0	4.5	2.9	30	4.2	35	23	56	30	59	33
管城区	6	4.5	0	6	33	3	35	27	59	32	62	30
中原区	7.5	2.9	6	0	27	4	39	21	53	30	59	35
上街区	35	30	33	27	0	31	57	8	26	28	43	63
惠济区	4.2	4.2	3	4	31	0	40	23	57	32	62	32
新鄭市	40	35	35	39	57	40	0	50	72	33	53	43
荊陽市	27	23	27	21	8	23	50	0	33	24	45	56
鄭州市	60	56	59	53	26	57	72	33	0	40	31	88
新密市	35	30	32	30	28	32	33	24	40	0	31	58
登封市	65	59	62	59	43	62	53	45	31	31	0	89
中牟県	30	33	30	35	63	32	43	56	88	58	89	0

各地区間の移動トンキロは、余剰地区から不足地区への移動量に余剰地区から不足地区への移動最短距離を乗じて、式(7)のように算出した。

$$TL(k) = \sum_{x=1}^{12} \sum_{y=1}^{12} W(k)_{xy} M_{xy} \quad (7)$$

ここで

$TL(k)$: 各需要率の総輸送トンキロ (t・km)

$W(k)_{xy}$: 各実需要率の余剰地区 x から不足地区 y への移動量 (t)

M_{xy} : 余剰地区 x から不足地区 y 間の最短距離 (km)

k : 実需要率

x : 余剰地区

y : 不足地区

$x \neq y$

なお、ここでは Java 2 Standard Edition (J2SE) 5.0 上で動く artisoc⁵⁾ を用いてシミュレーションソフトを作成し、移動トンキロの計算プログラムを作成した (図-6)。

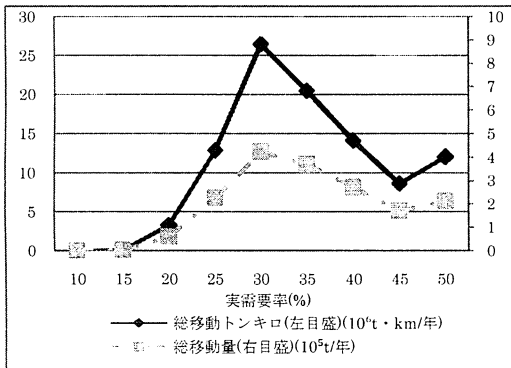


図-6 各実需要率に対する地区間の総移動トンキロと総移動量

実需要率が10%から15%までは各地区の有機性廃棄物全量が自地区各施用月に供給ができ、ほとんど他地区に移動しない。30%時には鄭州市全体の需給比が約0.85となり、地区間の総移動距離が26.46百万t・km/年で最大となる。また、30%以上では実需要率が増加すると地区間の移動トンキロが減っていることが明らかになった。実需要率が50%時には移動トンキロが微増しているが、その原因は有機性廃棄物余剰が生じる地区が中心部から外れるため、地区間移動する有機性廃棄物の移動距離が長くなるためである。

また、実需要率の変化による地区間移動する有機性廃棄物の平均移動距離と農地利用される全有機性廃棄物の平均移動距離を図-7に示す。両方とも実需要率が30%時に平均移動距離は最大値であり、また実需要率が増えると自地区内の使用量が増加するため遠方まで輸送する必

要が少なくなるため平均移動距離も減ることが明らかになった。

図-6及び図-7から、実需用率10%~20%の間では移動量及び平均移動距離の相方が増大することにより総移動トンキロが増大している。また実需用率20%~30%の間では平均移動距離はほぼ一定であるのに対し移動量が大きく増大しているため移動トンキロが増大している。一方、実需用率が30%~45%付近では平均移動距離はほぼ一定なのに対し移動量が減少していることが総移動トンキロを減らす要因となっている。これは本研究対象地域の形状から判断して大口需要地区である中牟県などにおける需要量が移動トンキロと平均移動距離の値に大きく影響していると考えられる。

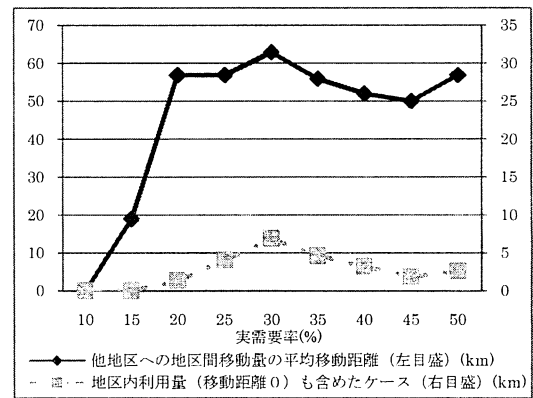


図-7 各実需要率に対する有機性廃棄物の平均移動距離

本研究は鄭州市を対象としたためこのような結果となっているが、有機性廃棄物の移動特性は対象地区の形状の違いにより大きく影響されることが考えられる。移動距離が長くなるとコストがかかるため実際の有機性廃棄物の利用には経済的な観点からの限界距離が存在すると思われる。図-7から判断すると、経済的な限界距離を仮に50km以下だとすると実需要率が20%以下の有機性廃棄物しか利用できないことになる。

7. 結論

本研究では中国・鄭州市を研究対象として、行政区域内の6区5県級市1県において有機性廃棄物の月別の潜在需要量と月別の供給可能性を算出するとともに需給バランスを検討した。また実需要率の変化による有機性廃棄物地区間移動トンキロの分析を行った結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 各地区・月別の需給量を算出するモデルを構築したことにより、各地区における有機性廃棄物の余剰量

と不足量を考察することが可能となった。

- 2) 各地区全体潜在需給比は約 2.8 と潜在需要量が供給可能量を上回り、有機性廃棄物は理論的には全量農地に受け入れられる可能性があるということが明らかになった。
- 3) 月別の需要が年間 4 ヶ月に偏っているため月別の需給比は大きく変動することが明らかになった。
- 4) 実需要率が 30% の時有機性廃棄物の地区間移動のトンキロと地区間平均移動距離が最大であり、実需要率がそれ以上上昇すると移動トンキロと平均移動距離が減ることが明らかになった。

本研究では月ごとの需給バランスを計算することにより、各実需要率における有機性廃棄物の地区間移動を定量的に分析した。本研究は有機性廃棄物の有効利用において空間的、時間的な需要と供給のバランスを大まかに把握するものであり、行政地域内の有機性廃棄物の有効利用、計画策定に資するものと考えられる。今後の課題は適切な有機性廃棄物の地域的リサイクルを目指すために、有機性廃棄物移動の限界距離及び地区間移動の可能性などさまざまな角度から分析を行っていくことであると考えられる。また、窒素等の肥効成分を指標にした有機性廃棄物の収支については今後も引き続き検討が必要であると考えられる。

謝辞: 本研究の現地調査を進めるにあたり、河南省土壤肥料センターの申眺研究員、新鄭市土壤肥料センターの李建峰氏、中牟県土壤肥料センターの陳東輝氏、任智永氏及び鄭州大学王岩教授など多くの方々にご協力頂きました。地区間移動トンキロ計算プログラムの作成は東洋

大学国際地域学部池田誠教授にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 申眺, 喬勇, 趙新磊: 河南省有機肥資源利用状況及建議, pp.1-2, 河南省土壤肥料センター内部資料, 2009.
- 2) 荒巻俊也, 鈴木英司, 花木啓祐: 有機廃棄物の有効利用に向けたコンポスト製品の需要供給バランスの解析～愛知県を対象として～, 環境科学会誌, 第 14 巻, 第 4 号, pp.367-371, (社)環境科学会, 2001.
- 3) 遠藤はる奈, 中村修: 有機性廃棄物の循環利用に向けた堆肥および有機液肥による需給バランスモデルの構築—長崎県を事例として—, 長崎大学総合環境研究, 第 11 巻, 第 1 号, pp.9-17, 2008.
- 4) 周慶生, 北脇秀敏: 中国鄭州市における有機性廃棄物の農業利用の需給バランスに関する研究, 東洋大学大学院紀要第 46 集, pp.45-55, 2010.
- 5) 山影進: 人工社会構築指南 artisoc! によるマルチエージェント・シミュレーション入門, 書籍工房早山, 2008.
- 6) 長崎県: 長崎県農林業基準技術, pp.585-615, 長崎県, 2004.
- 7) 鄭州市統計局・国家統計局鄭州調査隊: 鄭州統計年鑑 2008, 中国統計出版社, 2008.
- 8) 井村秀文, 勝原健: 中国の環境問題, p160, 東洋経済新報社, 1995.
- 9) 有機物の処理・流通・利用システム, p57, 社団法人 農林水産技術情報協会, 1985.
- 10) 慕成功, 趙夢霞: 河南省有機肥資源, p17, p69, 中国農業科技出版社, 1996.
- 11) 遠藤登, 平山嘉夫: 家畜ふんの流通利用—商品的流通への道—, p63, 財団法人農政調査委員会, 不二出版株式会社, 1974.
- 12) 張長平: 空間データ分析, p97, 古今書院, 2001.
- 13) 成都地図出版社: 河南省通用地図, p9, 2008.

A STUDY ON THE TRANSPORTATION AND AGRICULTURAL RECYCLING OF ORGANIC WASTES IN ZHENGZHOU CITY, CHINA

Qingsheng ZHOU, Hidetoshi KITAWAKI, Toshiya ARAMAKI

This research focuses on the demand-supply balance of organic agricultural waste reuse in Zhengzhou City, the capital of Henan province of China. Monthly potential agricultural reuse demand and supply of such wastes were calculated for 12 blocks consisting of 6 wards, 5 prefectural level cities and 1 prefecture in the city. Average transportation distances of the wastes among blocks depend on the location of blocks which has excess/shortage of organic wastes. In this research, actual demand ratio (actual demand/potential demand, ADR) was defined and used as a parameter according to which transportation amounts/distance are influenced. The result shows that both transportation amount and distance becomes maxima when ADR is at 30% and decreases when ADR becomes higher.