

地域環境政策評価モデルの構築

(家畜排せつ物有効利用に向けた自治体予算配分に関する研究)

磐田 朋子、島田 莊平

東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学

〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5

Abstract

In this research, the model for budget allocation to countermeasures against livestock manure oversupply problem was developed to contribute to the establishment of reasonable policy decision-making. The model was based on the multi-criteria analysis, which was often applied to the evaluation of public works projects. The developed model was applied to Maebashi city, Gunma Prefecture as a case study.

As a result, the most effective countermeasure was the combination of “Feed Production” and “Methane Fermentation” to improve the environmental & social benefits, which had high priority for residents in Maebashi city. And “Livestock Reduction” was also an effective countermeasure in case that there was leeway in the budget. It seemed to be difficult to execute “Livestock Reduction” In Japan. However, the expected benefits were quite large especially in water pollution, global warming and acidification if that countermeasure could be executed. Therefore, a promotion of consensus building between government and residents through environmental education was expected.

Keywords : Livestock manure, Decision Making, Budget Allocation, LCA, Model Simulation

1. 緒言

近年、農業現場では家畜排せつ物堆肥の供給過剰問題が深刻化している。農林水産省を中心とした各省庁は規制や助成金を設けることで改善を図っているが、複雑な農業システムにおける施策実施効果を定量化するための手段が確立されていないため、施策の効率的な組合せや優先順位が明らかとなっておらず、省庁の枠を超えた合理的な施策決定に至っていない。従来から家畜排せつ物の処理・利活用に関しては、「技術」の選択とコストや環境負荷との関係を定量的に示すことを目的とした研究が多数行われおり^{[1][2][3][4]}、また近年は「技術」の評価だけでなく、GIS（地理情報システム）などを用いて処理・利活用の「システム」を経済面・環境面から定量的に評価する手法も開発されている^{[4][5][6][7][8]}。しかしながら、これらの研究は元々「施策（対策の組合せと配分予算額の決定）」の提案を目的としていなかったため、実際に地域で検討されている複数

の家畜排せつ物対策案に関して行政の立場から比較検討を行う枠組みは確立していない。さらに、施策の実施効果としては経済面・環境面への影響以外にも社会的影響が予想されるが、これらの効果を網羅的かつ定量的根拠に基づいて評価し、予算に反映させる手法も確立していないのが現状である^{[9][10][11][12]}。施策評価に関する研究事例としては、本論でも用いた多基準分析を用いた事例が多くみられる^[9]。しかしながら定量モデルと組み合わせて施策評価を行った事例は見られないため、環境・社会影響の判断基準に定量的根拠を取り入れることで、評価結果の信頼性の向上が期待できると考えた。

そこで本研究は、実際に地域で検討されている家畜排せつ物施策の実施により期待される多様な効果を包括的に定量化するためのモデルを開発し、定量的な根拠に基づいた施策決定手法を構築することを目的とした。

文献[13]では、家畜排せつ物対策の実施に伴う多面的効果を定量的に把握するためのモデルを開発し、ケーススタディーとして群馬県前橋市における各対策の実施効果を定量的かつ網羅的に示した。その結果、各対策は期待される多面的効果項目に対して一長一短の効果を持つことが定量的に示された。このことから、実際の施策決定現場で必要となる施策の効率的な組合せを明らかにするためには、期待される多面的効果項目の優先順位の把握が重要であることが示唆された。

文献[13]の結果を踏まえ、本論では複数の対立する目的を総合的に取り扱う手法として公共事業の評価などに用いられている多基準評価法(Multi-Criteria Analysis)を適用した、家畜排せつ物施策の組合せ決定手法(家畜排せつ物対策予算配分最適化モデル)を提案し、ケーススタディーとして群馬県前橋市における最適な家畜排せつ物対策予算編成を検討した。

2. 施策決定手法の検討

公共計画には、事業の経済性だけでなく地域・都市における規範的な厚生への純貢献(社会的便益の向上)が求められる。さらに各計画の決定は、特に社会のあるメンバーを有利に、他のメンバーを不利にするといった不公平を招く恐れがあることから、期待される社会的便益項目を網羅的かつ定量的に把握した上で、計画の「最適解」を提示する手法が検討されてきた。

便益に関する最適化原理の一般的定式化は、 $\underset{x \in K}{\text{Max}} \{w(x)\}$ のように示される。ここで、 w は便益関数を、 x は便益を特性化する変数ベクトルを、そして K は変数ベクトルに関する実現可能領域を表す。本式は明確な根拠に基づいて計画評価を行うことを可能とするが、 $w(x)$ を示すためには関連する全ての活動間の相対的トレードオフや制約条件について完全な情報を前提とするため、実質的には実施困難である。そこで $w(x)$ の代わりに、計画実施に伴う便益指標を任意に抽出し、各指標の優先度に従って最も望ましい計画を選ぶ「妥協原理(Compromise Principle)」が用いられるようになった^[14]。

本論で対象としている家畜排せつ物対策も、予算の配分方法や農業活動の制限度合いによっては、畜産・耕種農家や住民の間で不公平感をもたらす可能性が高く、かつ期待される便益は多様である^[13]。よって「妥協原理」に基づく意思決定手法として多基準評価法の適用を行った。

2.1 多基準評価法 (Multi-Criteria Analysis)

多基準評価法は、貨幣換算が困難な基準（環境財など）を含むプロジェクト評価にも適用できる手法として、伝統的な費用・便益分析よりも適用範囲が広い特徴をもつ。そのため、プロジェクト評価のための決定基準が多次元な場合（貨幣換算が困難な基準を含む）に、各計画の結果の相対的優先度に基づかせることによって代替計画案の包括的な比較を行うことができる手法として知られている^[13]。多基準評価法の一般的な手順を以下に示す^{[9][15]}。

- ① 評価範囲の特定
- ② 評価対象となる計画案を列挙（定義）
- ③ 計画実施に伴う便益項目（評価項目）を列挙（定義）
- ④ 便益指標値の算出
- ⑤ 便益項目に対して優先度（重み）を設定
- ⑥ 総合評価値の設定・算出
- ⑦ 結果の分析

文献[13]では多基準評価法の手順のうち、①から④までを実施した。すなわち、家畜排せつ物対策の実施による影響が考えられる範囲を設定し、5つの対策案の実施効果を、8つの便益項目について指標値を設定し算出した。ただし、本論で算出される実施効果は、設定した評価範囲内における便益指標値である点に注意されたい。例えば「家畜頭数の削減策」は地域内の家畜頭数削減を意味しているが、食肉需給バランスを考慮すると地域外での飼養増加に繋がるため、結果として地球規模の環境影響は不变であるにもかかわらず便益指標値は変化してしまうと考えられる。しかしながらこのような評価の枠組みで便益指標値を算出する長所として、同製品を生産する場合でも生産方法や資材消費量には地域差がある点を考慮できることが挙げられる。そのため本論では今後対象地域を拡張することを視野に入れつつ、設定した評価範囲内での便益指標値を算出する枠組みを用いた。本論では文献[13]の結果を用いつつ、⑤から⑦までの実施を目的とした。

2.2 重み付け手法

手順⑤に示す優先度（重み）を客観的事実に基づき算出することは困難である。現在最もよく用いられている方法は、インタビューに基づき計画の相対的選好を引き出す手法である。本論では回答者の負担を減らしアンケート回収率を上げるために、階層分析法（AHP：Analytic Hierarchy Process）と配点法（10点法）を組合せて質問数を減らす手法を用いた。

配点法は、ある一定の点数（本論では10点）を複数の選択肢に対して相対的重要性を反映するように配分させる手法である^[14]。配点法は質問回数が1回で済むため回答者への負担が少ない一方で、選択肢の数が多い場合には配点に悩み、回答者にとって答えにくくなるという欠点もある。そこで本論では階層分析法における選択肢の階層化と階層間の重みの統合化に着目した。階層分析法は最下層の選択肢の重みに、階層間の加重平均値を用いる手法である^{[16][17]}。そのため選択肢の階層化が可能であれば、階層内の重み付けに配点法を用い、階層間の加重平均値を算

出することで最下層の各選択肢の重みを求めることが可能となる。

本論で対象とする8つの便益項目は階層構造を持つことから^[13]、Fig.1に示す階層分析法と配点法を組合せた重み付け手法を適用した。ケーススタディーの対象地域である群馬県前橋市の住民に対して配点法に基づくアンケート調査を実施し、上記重み付け手法により手順⑤に示す便益項目の優先度（重み）を算出した。

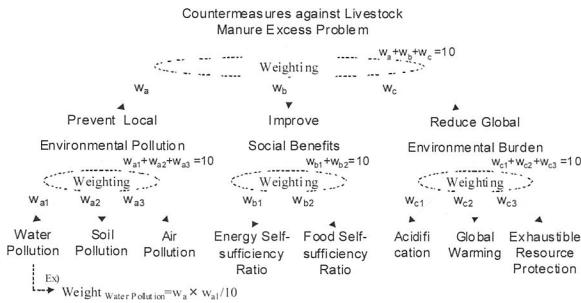


Fig.1 本研究で用いた重み付け手法

2.3 総合評価値の設定

手順⑥の総合評価値とは、手順④で求まる便益指標値と手順⑤で求まる便益項目の優先度（重み）を、何らかの手法で単一スカラーへ統合した値を示す。統合化手法として、目標達成法（Goals-Achievement Method）の有効性が指摘されている^[14]。

目標達成法は、便益指標値を同じ尺度に変換（標準化）した後、同様に標準化された優先度（重み）を乗じることで単一スカラー（総合評価値）へ統合する手法である^{[18][19]}。目標達成法では、便益指標値の標準化における尺度として達成度指標（式1）が用いられる。

$$\text{達成度指標} = \frac{\text{(対策による実際の変化分)}}{\text{(対策による変化の目標値)} - \text{(現状値)}} \quad \dots \text{ (式1)}$$

本論では、限られた自治体予算の中で各家畜排せつ物対策へ予算配分を行った場合に、期待される各便益の最大値を達成度指標における「対策による変化の目標値」とし、「現状値」には文献[13]に示した現状システムにおける各便益指標値を用いた。ただし、堆肥輸送費データを更新して（137.2円/t/km^[20]）計算を行った。

2.4 家畜排せつ物対策予算配分最適化モデルの構築

以上の検討に基づき、多基準評価法を家畜排せつ物予算配分決定プロセスに適用した。「妥協原理」に基づく手法には、各便益項目について算出される総合評価値を統合せず「多目的最適化問題」として扱う手法や、総合評価値を加算合計により統合し「単目的最適化問題」として扱う手法がある^[14]。本論では、明確に一つの解が求まる「単目的最適化問題」として群馬県前橋市における家畜排せつ物対策予算配分を検討した。

構築した「家畜排せつ物対策予算配分最適化モデル (Optimization Model for Budget Distribution to Countermeasures against Livestock Manure Oversupply Problem)」の概要を Fig.2 に示す。

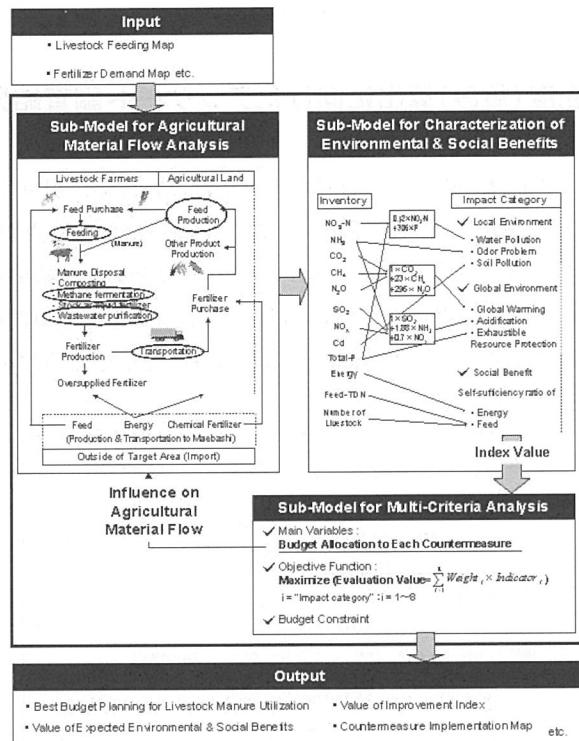


Fig.2 家畜排せつ物対策予算配分最適化モデルの概要

本モデルの目的関数 (Objective Function) は総合評価値合計値の最大化とした。詳細を以下に示す。

<目的関数>

Objective Function =

$$\text{Maximize (総合評価値 :) } \sum_{i=1}^8 Weight_i \times Indicator_i$$

ただし、

$Weight_i$ = 便益項目 (Impact Category) の優先度 (重み)

$$Indicator_i(\text{達成度指標}) = \frac{(\text{Impact Category評価値})_i - (\text{Impact Categoryの現状値})_i}{(\text{Impact Categoryの目標値})_i - (\text{Impact Categoryの現状値})_i}$$

($i = \text{Impact Category}$ (水質汚染、土壤汚染、大気汚染、食糧自給率、エネルギー自給率、酸性化、地球温暖化、枯渇性資源の保全 : $i = 1 \sim 8$))

文献[13]では年間100万円とした各家畜排せつ物対策への予算配分額を、本論では主変数(Variables)とした。また、各家畜排せつ物対策へ配分可能な限度額として、H19年度前橋市家畜排せつ物関連対策予算額(年間16,964万円)を上限とした制約条件(Constraint)を設けた。最適化計算には(株)数理システムのNUOPTver.6を用い、信頼領域法により最適解を求めた。

3. 便益項目の優先度(重み)算出に向けたアンケート調査結果

便益項目間の優先度の判断は一般人には容易なものではないため、提供する情報内容は結果に大きな影響を及ぼすと考えられた^{[16][17][21]}。提供情報が少ないほど現時点でのマスメディアの影響や地域特有の問題への意識、環境教育のレベルなどの影響を受けた結果が得られると仮定し、本研究では試験的に最小限の情報提供を行った場合における優先度を調査対象とした。ただし、地域環境影響項目に関しては家畜排せつ物に伴う影響のみに特化した情報を提供した。調査票で提示した質問文をFig.3に示す。

<p>[質問1] 食料やエネルギーの自給率問題について、以下の2つの中ではどちらの自給率を重視した施策を実施すべきだと思いますか。</p> <p>合計が10点になるように、重視する度合いを配点してください。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; width: fit-content; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">食料自給率</td> <td style="padding: 2px;">エネルギー自給率</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">←合計が10点となるように 配点してください</p> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> * 現在の日本の食料自給率は、約 40% (カロリーベース)です。 * 現在の日本のエネルギー自給率は、約 20% (原子力を除くと、約 5%) です。 </p>	食料自給率	エネルギー自給率	
食料自給率	エネルギー自給率		
<p>[質問2] 前橋市の地域環境汚染問題について、以下の3つの中では、どの環境汚染問題を重視した施策を実施すべきだと思いますか。</p> <p>合計が10点になるように、重視する度合いを配点してください。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; width: fit-content; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">水質汚染問題</td> <td style="padding: 2px;">土壤汚染問題</td> <td style="padding: 2px;">悪臭問題</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">←合計が10点となるように 配点してください</p> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> * 水質汚染問題 → 地下水を飲料水として利用できなくなったり、河川の生物が減少する状態 * 土壤汚染問題 → 重金属(カドミウム)が土壤に蓄積し、農作物に被害がでる状態 * 悪臭問題 → 家畜や廃尿処理から排出される、悪臭(アンモニア臭)問題。 </p>	水質汚染問題	土壤汚染問題	悪臭問題
水質汚染問題	土壤汚染問題	悪臭問題	
<p>[質問3] 地球規模の環境問題について、以下の3つの中では、どの環境問題を重視した施策を実施すべきだと思いますか。</p> <p>合計が10点になるように、重視する度合いを配点してください。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; width: fit-content; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">地球温暖化</td> <td style="padding: 2px;">酸性雨</td> <td style="padding: 2px;">資源の枯渇</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">←合計が10点となるように 配点してください</p> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> * 地球温暖化 → 地球規模で気温が上昇し、海水の酸度が高くなるなどを引き起こします。 * 酸性雨 → 酸性の雨が降ると、森林が枯れ、土壌の酸性化などを引き起こします。 * 資源の枯渇 → 石油などの化石燃料も、化学肥料に使われているリン鉱石も枯渇性です。 (石油は約40年～80年、リン鉱石は約30年～150年で枯渇の恐れ) </p>	地球温暖化	酸性雨	資源の枯渇
地球温暖化	酸性雨	資源の枯渇	
<p>[質問4] 限られた前橋市の予算の中で、これまで示してきた以下の3つの問題の中では、どの問題を重視して施策を実施して欲しいと思いますか。</p> <p>合計が10点になるように、重視する度合いを配点してください。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; width: fit-content; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">自給率問題</td> <td style="padding: 2px;">地域環境問題</td> <td style="padding: 2px;">地球環境問題</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">←合計が10点となるように 配点してください</p>	自給率問題	地域環境問題	地球環境問題
自給率問題	地域環境問題	地球環境問題	

Fig.3 便益項目の優先度(重み)算出に向けたアンケート調査票の概要

アンケートは郵送方式(催促状なし)で2度行い(1回目:2007年1月26日～2月5日、2回目:2007年11月15日～11月30日)、対象は前橋市住民各1000名(電話帳^[22]から単純無作為抽出)

とした。1回目の回収数は208名、分析に用いた有効回答数は201名（有効回答率20.1%）であり、2回目の回収数は183名、分析に用いた有効回答数は169名（有効回答率16.9%）であった。Fig.1に示す重み付け手法により各便益項目の優先度（重み）を算出した結果をFig.4に示す。

1回目と2回目のアンケート結果を比較すると全体の優先度の傾向は似ており、本調査の有効回答者の意見として水質汚染の軽減と食糧自給率の向上に貢献する対策の実施が期待されていることが示唆された。前橋市は利根川上流に位置しており、大都市の水源地としての意識が高いことや農業が盛んであることが反映された結果であると考えられた。

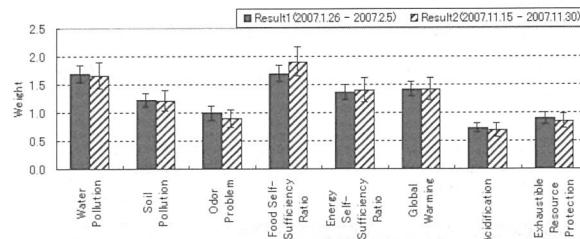


Fig.4 各環境・社会便益項目の優先度（重み）調査結果（95% 信頼区間）

4. 総合評価値設定（達成度指標）における「対策による変化の目標値」の算出

達成度指標算出式（式1）に代入する「対策による変化の目標値」を算出した。目標値は、予算制約下（H19 前橋市家畜排せつ物関連対策予算額を上限）における各便益の最大値（最も便益が得られた時の指標値を意味する）とした。算出には家畜排せつ物対策予算配分最適化モデル（Fig.2）を利用し、目的関数を各便益指標値の最小化（食糧自給指標値に関しては最大化）とした。各便益が最大となる時の家畜排せつ物対策予算配分と便益指標値の結果をFig.5に示す。

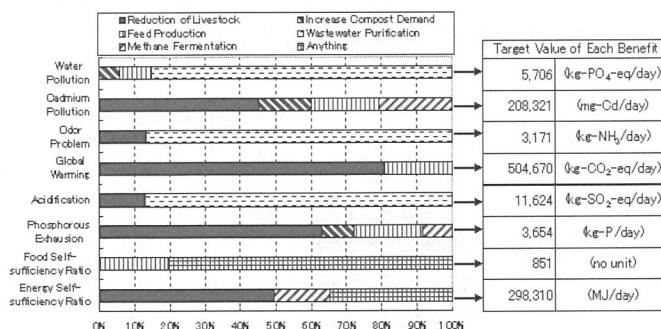


Fig.5 各環境・社会便益の向上最大時における予算配分結果と各便益指標値

5. 家畜排せつ物対策予算配分最適化モデルシミュレーション 結果と考察

5.1 シミュレーション結果

Fig.4 に示した便益項目 (Impact Category) の「Weight(第2回目調査結果)」、Fig.5 に示した各「Impact Category の目標値」および第一報に示した「Impact Category の現状値」を家畜排せつ物対策予算配分最適化モデルに入力し、前橋市予算制約条件下における予算配分最適化シミュレーションを行った。

その結果、予算の 58.8% を「家畜頭数の削減策」に、約 7.7% を「田畠での堆肥利用促進策」に、約 19.1% を「家畜用飼料の地域内生産支援策」に、そして約 14.4% を「メタン発酵+発電施設の設置支援策」に配分する予算編成となった (Fig.6)。総合評価値は 6.2 と算出された。

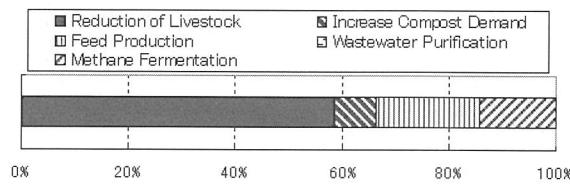


Fig.6 総合評価値最大化シミュレーション結果（予算配分結果）

家畜頭数は、豚を対象に 9,969 頭（豚の全飼養頭数の約 6.5% に相当）の削減が提案された。飼料の作付面積は前橋市全体で 495(ha) となり、全耕作放棄面積 518(ha) の約 95.5% を有効利用することが提案された (Fig.7)。

地域間輸送を含む堆肥の利用量は、堆肥生産量の約 43% に留まり、残り約 57% の堆肥は利用先が無く、地域内に過剰に蓄積される結果となった。また、乳用牛糞と豚糞尿を主原料としたメタン発酵処理（合計処理量は 36(t/day)）が提案された。

本シミュレーションで用いた便益項目 (Impact Category) の「Weight」には、有効回答者が現時点で持つ情報を元に重み付けした結果を用いたため、今後便益項目に関する情報を追加提供することにより、その値は変化する可能性が高い。Weight 値の変化に伴いシミュレーション結果も変化するため、本結果の取り扱いには注意されたい。

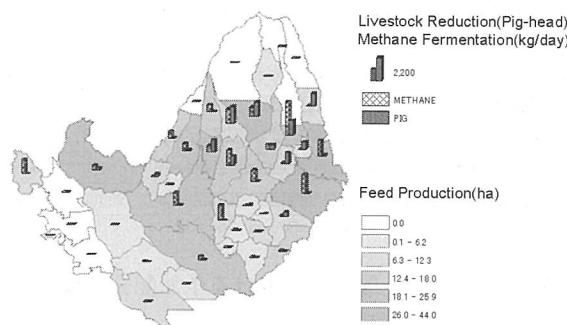


Fig.7 総合評価値最大化シミュレーション結果（対策実施マップ）

5.2 H19年度前橋市予算との比較

提案された予算配分は、H19年度前橋市予算と比べてその配分割合が大きく異なった（Fig.8）。

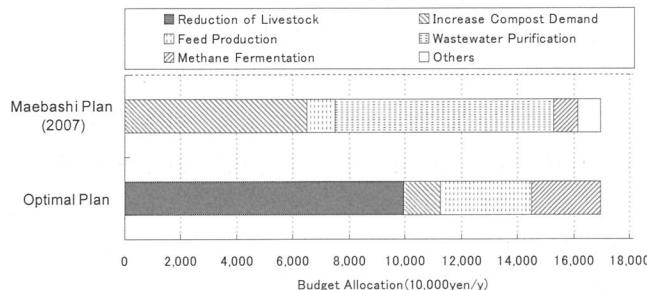


Fig.8 提案予算案の内訳

まず、H19年度前橋市予算では「田畠での堆肥利用促進策」への予算配分額が全体の38%を占めていたが、前橋市は現状システムにおいて既に堆肥利用が進められており（カリウム成分は需要量の92%が堆肥により供給済み）大幅な堆肥利用の促進が見込まれないため、本モデルにより提案された予算配分案では予算配分額が全体の7.7%に留まった。また、「汚水処理施設の設置支援策」への予算配分額は、H19年度前橋市予算では全体の46%を占めていたが、本モデルにより提案された予算配分案では全く導入されなかった。「汚水処理施設の設置支援策」の実施は「水質汚染」や「悪臭低減」を中心とした地域環境の改善に効果がある一方で、「温室効果ガスの削減」項目における負の影響が非常に大きく^[13]、結果として本モデルの目的関数である「総合評価値」の低下を引き起こすため、予算が配分されない結果となった。

環境・社会便益指標値について、シミュレーション結果とH19年度前橋市予算を実施した場合を比較した（Fig.9）。ただしH19年度前橋市予算において「田畠での堆肥利用促進策」に配分された予算は本モデルでは配分過剰であるため、過剰分は環境・社会便益の向上に寄与しないものとした。その結果、最適な予算配分に伴う各環境・社会便益（5.1の結果）は、全項目に関して現状システムよりも改善されることが示された。これに対してH19年度前橋市予算を実施した場合には、地域環境汚染の改善に大きな効果が見られるものの、地域環境以外の便益は主としてシミュレーション結果より劣り、「温暖化」や「エネルギー自給率」指標においては現状システムより悪化することが示された。そのため、総合評価値は-0.1と算出された。

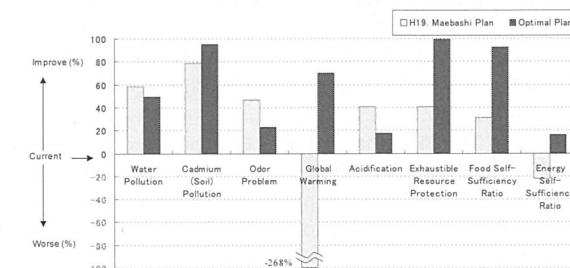


Fig.9 提案予算案実行時に期待される環境・社会便益

6. 結論と今後の課題

本研究では、家畜排せつ物供給過剰問題に対する合理的な施策決定手法の構築に向けて、家畜排せつ物対策予算配分最適化モデルを構築し、群馬県前橋市における最適な家畜排せつ物対策予算編成を試算した。

その結果、アンケート調査の有効回答者が重視する環境・社会便益をできる限り向上させるためには、「家畜用飼料の地域内生産支援策」および「田畠での堆肥利用促進策」を地域の許容上限まで導入し、さらに「家畜頭数の削減策」と「メタン発酵+発電施設の設置支援策」を組み合わせて導入する予算編成が有効であり、現状システムやH19年度前橋市予算実施時と比べて大きな環境・社会便益が期待されることが示唆された。

本研究は事業に伴う多様な便益を包括的に取り扱い、定量的根拠に基づく施策決定の一助となるツールの枠組みを作成した段階にあり、課題も多く残されている。特にアンケート調査における提供情報内容や調査手法が結果に与える影響は大きいと考えられるため、更なる検討が必要である。施策決定が地域経済に与える影響、環境・社会便益項目の選定、便益の動的・面的影響などを含めたモデルの改善も行う必要があると考える。

また、住民ニーズを定量化して数値として提示することは、市民の目から見れば公正さや客観性がある印象を与える一方で、提示の仕方次第では数理的手法で算出された数字であるとの理由で納得を促されているような印象も与えかねず、かえって合意形成が困難になる可能性も考えられる。そのため、本研究手法の導入にあたっては、導入の経緯、手法の概要や手順、結果の公表とその理由・評価結果などを事前に広く明らかにし、制度の導入・実施が受け入れられる環境を整備することが必要であると考える。

謝辞

本研究を行うにあたり、2度に渡るアンケートにご協力いただいた群馬県前橋市の住民の皆様、および行政機関の方々に、この場を借りて深く感謝致します。

参考文献

- [1] 農林水産省農業環境技術研究所編『農業におけるライフサイクルアセスメント』養賢堂、pp. 116-125、2000年。
- [2] 泉澤啓・他『宮城県保護環境センターレポート』No.20、pp.98-102、2002年。
- [3] 田中康男・他『畜産環境対策施設のコスト・環境影響評価プログラム、農業・生物系特定産業技術研究機構』In <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2004/nilgs/ch04057.html>、2005年。
- [4] 農林水産バイオリサイクル研究システム化サブチーム『バイオマス利活用システムの設計と評価』2006年。
- [5] 磐田朋子・他、日本エネルギー学会誌、Vol.85、No.7、pp.531-541、2006年。
- [6] NEDO『平成14年度製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発』2003年。
- [7] 小林久、環境情報科学、Vol.31、pp. 77-85、2002年。
- [8] Ohmura, M., Proceedings of The Fifth International Conference on EcoBalance, pp.167-168, 2002年。
- [9] 林清忠『農業の意思決定分析（多基準と多主体のマネジメント）』農林水産省農業研究センター、2000年。
- [10] The Swiss Federal Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL)『Weighting in Ecobalances with the Ecoscarcity Method - Ecofactors 1997』In <http://www.e2mc.com/BUWAL297%20english.pdf>

- [11] PRé Consultants『Eco-indicator 95, Final Report』In
<http://www.pre.nl/download/EI95FinalReport.pdf>
- [12] 松田敏幸『政策評価と予算編成：新たな予算配分方法』晃洋書房、2004年。
- [13] 磐田朋子・他、日本エネルギー学会誌、Vol.87、No.9、pp.719-730、2008年。
- [14] P.ネイカンプ・他（訳：金沢哲雄・他）『多基準分析と地域的意思決定』日本交通政策研究会研究双書5、勁草書房、1989年
- [15] パシフィックコンサルタンツ株式会社『H14 社会基盤投資における多基準分析手法に関する調査』In
<http://www.mlit.go.jp/kokudokekaku/kibantoushi/>、2004年。
- [16] 木下栄蔵『AHPとコンジョイント分析』現代数学社、2004年。
- [17] 木下栄蔵『入門 AHP一決断と合意形成のテクニック』日科技連出版社、2000年。
- [18] Hill.M『Planning for Multiple Objectives』Monograph Series No.5、Regional Science Research Institute、Philadelphia、1973年。
- [19] Hill.M、International Regional Science Review、Vol.3、No.2、pp.165-181、1978年。
- [20] 国土交通省『第8回物流センサス』2004年。
- [21] 朝野熙彦、経営と制度、第1号、pp.1-24、2004年。
- [22] 日本ソフト販売『電子電話帳 2007 ver.12（関東版）』