

離島地域を組み入れた 生ごみ地域循環システムの検討

武部 玲央¹・古市 徹²・石井一英³

¹非会員 北海道大学公共政策大学院修士課程 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:takebereo@gmail.com

²正会員 北海道大学大学院教授 工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:t-furu@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 北海道大学大学院准教授 工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

本研究では、極めて低いリサイクル率や観光客からの大量のごみ排出が問題となっている離島地域の資源循環の推進を目指して、離島であるA島B島の生ごみを、人口減少により処理量低下が見込まれているC市バイオガス化施設で受け入れるという、離島地域を組み入れた生ごみ地域循環システムの実現可能性を検討した。具体的には、C市バイオガス化施設の離島生ごみ発生量の月変動も考慮した量的な受け入れ可能性の評価とその運営コストおよび二酸化炭素排出削減量、リサイクル率の試算を行った。特に、離島生ごみ発生量の評価にあたっては、離島の生ごみ排出量見通しを、観光客を考慮したごみ排出原単位と、ごみ組成調査から求めた生ごみ割合、住民へのアンケート調査から求めた生ごみ減量率によって算出した。

Key Words: regional material-cycle system, island region, tourists, cost checking, investigation of waste composition, questionnaire investigation

1. 序論

(1) 研究背景

我が国はH19年6月1日に閣議決定された21世紀環境立国戦略¹⁾の中で、資源の枯渇や地球温暖化、処分場の逼迫といった社会問題に対し、持続可能な社会の構築によってその解決を図らなければならないとした上で、持続可能な社会とは低炭素化社会と循環型社会、自然共生社会という3つが構築された社会であるとしている。そのうち循環型社会についてはH20年度版循環型社会白書²⁾で、循環型社会形成の方策のひとつとして、循環資源ごとに地域の特性を踏まえて最適な範囲での循環を目指す「地域循環圏」の構築が示されたが、実現された例は極めて少ない。一方、本研究で対象とする離島A島とB島では観光客によるごみの大量排出や極めて低いリサイクル率が問題となっている。また離島とのフェリー定期便が運航中のC市ではH24年度から生ごみバイオガス化施設(以下BG施設)が稼働するが、今後人口減少等に

よる処理量の低下が見込まれ、処理能力に余裕が生じると思われる。こうしたことから、離島A島とB島の生ごみをC市BG施設で受け入れるという生ごみの地域循環圏、つまり生ごみ地域循環システムの形成が考えられる。しかし生ごみ地域循環システム実施にあたっては、離島の生ごみについてごみ組成や観光客の影響等を明らかにした上で、離島の生ごみ排出量を推定し、離島の生ごみがC市BG施設で受入可能であることを示す必要がある。また、離島の生ごみ排出量予測を基に収集運搬計画を構築し、行政の意思決定に大きく関わる生ごみ地域循環システムの運営コスト、二酸化炭素排出量、リサイクル率を明らかにする必要がある。

(2) 目的

以上のことを踏まえて本研究では、目的①を、観光客の影響を考慮して離島A島とB島の生ごみ排出量とその変動を推定し、フェリー輸送を含む収集運搬方法を構築すること、目的②を、運営コスト、二

酸化炭素排出量，リサイクル率を示し，生ごみ地域循環システムの実行可能性を検討することとする。

2. 離島地域における廃棄物処理・リサイクルの現状と課題

(1) 一般的な離島地域の現状と課題

循環型社会という視点でリサイクル率に注目すると，全国平均は19.6%，北海道は18.6%(ともにH18年度)であるのに対し，本研究で対象とする道内の離島A島は0.0%(一部民間主導でリサイクルは進められている)，B島は0.2%(ともにH18年度)と，離島地域で著しく低くなっている。道外の離島地域でも，同様に他地域よりリサイクル率が低くなっていることから，離島地域の資源循環を推進していく必要があると考えられる。しかし離島地域の資源循環を進める上では，住民規模の小ささと，それに伴う処理費用の高コスト化という問題がある。そのため，他地域を含めた効率的な規模での資源循環，つまり地域循環圏での資源循環を行う必要がある。

(2) 対象地域の廃棄物処理の現状と課題

a) C市

人口39,527人，離島A島B島とのフェリー定期便が運航中のC市では，H24年度よりC市の生ごみおよび下水汚泥・水産廃棄物・紙類・油類を対象としたBG施設が稼働する。本施設は，処理能力23[t/day]のメタン発酵槽によって生ごみ等からバイオガスを生産し，施設内の動力，熱量として利用するものであるが，人口の自然減少等によりその処理量が減少するものと見込まれている。

b) A島

人口2,617人の町と2,974人の町の2町を有する離島A島では，民間で空き缶が一部再利用されている以外は廃棄物の再利用がされておらず，リサイクル率は0%となっている。また現在廃棄物は焼却と埋立によって適正処理がなされているが，人口規模の小ささから処理が小規模・非効率とならざるを得ない。そうしたことから廃棄物処理について将来的に見直す必要があると思われる。

c) B島

人口3,160人の離島B島ではリサイクル率は0.2%となっている。またA島同様，現在廃棄物は焼却と埋立によって適正処理がなされているが，小規模・非効率の処理を行わざるを得ないことから，廃棄物処理について将来的に見直す必要があると思われる。

(3) 生ごみ地域循環システム構築の必要性と課題

a) 生ごみ地域循環システムのイメージ

以上のことを踏まえ本研究では，C市BG施設に生じる処理能力の余剰分に離島A島B島の生ごみを受け入れ，離島のそれ以外のごみについては従来通りの処分を行うことを想定した。また収集した離島の生ごみはフェリーにより海上輸送を行い，C市BG施設まで運搬をするものとする。

b) 生ごみ地域循環システム構築の課題

生ごみ地域循環システムの構築にあたっては，まずシステムのインプットとなる離島の生ごみ量を把握し，それをベースにシステム全体を構築することとなる。しかし離島の生ごみについては観光客の影響やごみ組成が明らかとなっておらず，まずはこれらを明らかにする必要がある。次に生ごみ排出量を基に，収集計画の策定とC市BG施設への生ごみ受入可能性の評価を行わなければならない。またフェリーによる海上輸送にあたっては，パッカー車をフェリーに直接積みこむ場合，臭いによって観光客へ迷惑が及ぶ可能性がある。またシステムの実施にあたっては，離島の自治体の意思決定に大きく関わる，コスト，二酸化炭素排出量，リサイクル率を示す必要がある。

3. 離島A島B島の生ごみ排出量の推定

(1) 推定方法

C市BG施設稼働期間であるH24年度からH38年度における離島の生ごみ排出量を，観光客の影響を考慮した①ごみ排出原単位，ごみ組成調査によって決定した②生ごみ割合，③生ごみ減量率，過去の実績値等から予測した④人口・観光客数予測値という4つの観点から推定する。なお生ごみ減量率は生ごみ分別排出に伴って自家処理等により生ごみ排出量が減少することを考慮した値であり，離島住民へのアンケートにより決定する。

(2) 観光客原単位と月別住民原単位の設定

まず観光客数とごみ排出量の月別実績値を繁忙期(5月～10月,A期)と閑散期(11月～4月,B期)に分けてそれぞれ和を計算し，(A期のごみ総排出量－B期のごみ総排出量) / (A期の総観光客数－B期の総観光客数)という式で観光客一人当たりのごみ排出量を求める。これをA島(H17～21年度)とB島(H17,18,19,21年度)の計9つのデータで同様に算出し，それらを平均して観光客原単位1,126[g/人-観光客]を求めた。次にこの値と各月の観光客数から，観光客

によるごみ(観光ごみ)量を算出し、その月の総ごみ量と観光ごみ量の差を人口で除して各月の住民原単位を算出した。なお、観光客が一年で最も多くなる6月の観光客数はA島B島とも約41万人(H21年度)であった。また図-1、図-2はA島B島の月別の観光ごみと住民ごみの排出量である。

(3) ごみ組成調査による生ごみ割合の推定

a) 調査方法

ごみ組成調査はH22年10月11日にB島の可燃ごみを対象として行ったが、その日に収集されたパッカー車4台分の可燃ごみの内、パッカー車1台分(2,630[kg])について調査した。調査では、まずごみ全体を、ビニール袋に入ったごみ、ダンボール、その他の大きく3つに分けて、それぞれ重量と体積を90リットルポリバケツで測定した。次にビニールに入ったごみについて、約90[kg]をサンプルとして抜き出し、その組成を測定した。最後にそのサンプルの組成割合をビニール袋に入ったごみ全体の組成割合として掛けて、可燃ごみ全体に含まれる生ごみの割合を算出した。

b) 調査結果

B島における可燃ごみのごみ組成調査の結果を図-3として次に示す。この結果から生ごみの割合は42%と決定した。また、A島とB島のごみ排出形態が極めて近いと考えられるため、今回のごみ組成調査で得られたB島の生ごみ割合はA島の生ごみ割合としても同様の値を用いることとする。

(4) アンケートによるごみ減量率の推定

a) 実施概要

アンケート調査はA島住民を対象として、H23年1月7日に送付、H23年1月17日返送締め切りとして実施した。送付数はA島全世帯数2,600に対して802世帯とした。

また、既往の研究³⁾で実施されたB島住民アンケートとデータの比較ができるよう、アンケートの本身はB島住民アンケートと基本的に同じものとした。

b) 分析方法

A島住民の生ごみ減量率は、生ごみ分別による減量割合と生ごみ分別協力割合の積から決定した。その結果、A島の生ごみ減量率は19%となった。またB島は18%であった。

(5) 人口・観光客数予測に基づく生ごみ排出量の予測とBG施設受入可能性評価

BG施設稼働期間(H24年度からH38年度)における人口と観光客数の予測値は自治体のデータを基に、

H38年度人口はA島でH21年度比19%減少、B島でH21年度比26%減少とし、H38年度観光客数はA島でH21年度比66%減少、B島でH21年度比90%減少と推測した。またC市の月別生ごみ排出原単位、下水汚泥・水産廃棄物・紙類・油類排出量、人口予測値については、ヒアリングで得られた資料から、生ごみ排出原単位を297[g/(日・人)]などと推測した。これらとA島、B島の生ごみ割合、生ごみ減量率、観光客原単位、月別住民原単位から、BG施設稼働期間におけるA島B島C市の生ごみ排出量、下水汚泥・水産廃棄物・紙類・油類排出量を推測し、生ごみ排出量が年間でも多くなる8月の排出量とBG施設処理能力

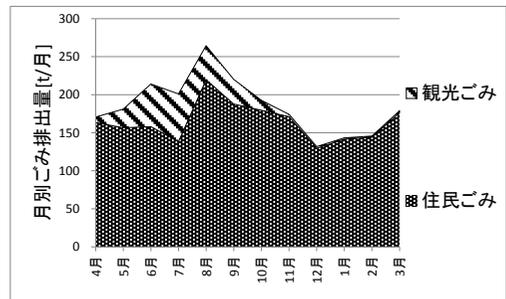


図-1 H21年度A島月別ごみ排出量

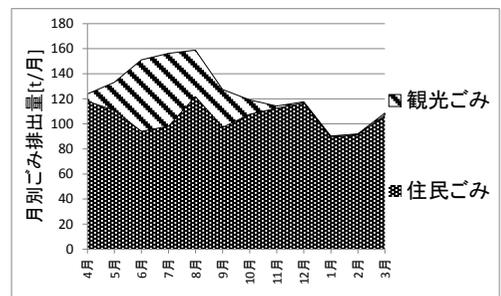


図-2 H21年度B島月別ごみ排出量

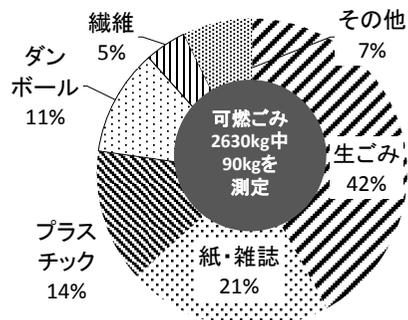


図-3 ごみ組成調査結果

690[t/月]と比較した結果、図-4のようになった。これよりBG施設受入可能時期は、平成24年度からB島の生ごみを全量投入可能、平成35年度にはA島の生ごみも全量投入可能となることがわかった。

4. フェリーによる海上輸送を含む収集運搬方法の提案

(1) フェリーによる生ごみ輸送の可能性

離島の生ごみをBG施設まで運搬するためには、フェリーで海上輸送を行う必要があるが、生ごみがフェリー会社の運送約款にある「臭気を発する積み荷」に該当する可能性があり、生ごみの輸送を断られることもありうる。これについて平成22年度12月にフェリー会社へヒアリングを行ったところ、旅客が不快に思わない程度であれば問題ないとの回答を得た。また今後、試験的にパッカー車をそのまま積載し、問題があれば対応策を考えるということでフェリー会社の合意を得た。これを受けて、今回は「現時点でパッカー車の直接積載は問題ない」とし、パッカー車の直接積載による海上輸送を行うこととした。

(2) フェリーを用いた生ごみ収集運搬方法の提案

収集運搬は大きく分けて4つの行程があり、1つ目は収集、2つ目はフェリーでの海上輸送、3つ目はC市での運搬、4つ目はBG施設への投入である。この内、制約条件となるフェリーの運航時間とBG施設ごみ受入時間からまずフェリーでの海上輸送とBG施設への投入の計画を決定した。さらにそれに合わせて、現在のごみ排出量と現在の収集計画から、生ご

み分別実施後の収集計画を決定し、最後にC市での運搬計画を決定した。

5. 生ごみ地域循環システムの設定とシステムの評価

(1) 生ごみ地域循環システムの設定

生ごみ循環システムは、生ごみをバイオガス化により処理、生ごみ以外の可燃ごみを焼却と埋立により処理するとし、パッカー車1台購入と新規焼却施設の建設を想定した。またシステムの比較対象として、生ごみと可燃ごみを焼却と埋立で処理、かつ新規焼却施設の建設を想定した従来システムを設定した。

(2) 評価方法

a) コスト

コスト試算にあたって、試算するコストの内訳を表-1のように想定し、各値は自治体のデータ等に基づいて設定した表-2にしたがって計算した。またご

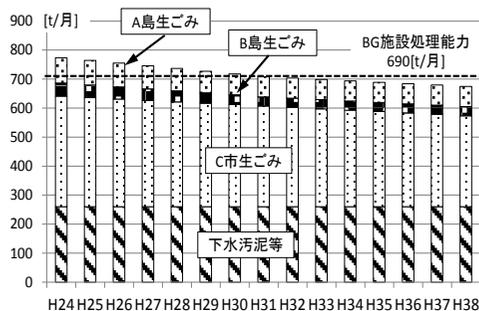


図-4 各年8月の生ごみ排出量の予測

表-1 コスト試算項目

システム	生ごみ	インプット		ボックス		アウトプット		システム全体
		ごみ収集	パッカー車購入 収集費(人件費+燃料費)	バイオガス化	処理委託費	埋立処分	埋立処分	
生ごみ地域循環システム	海上輸送	フェリー運賃						
	C市委託運搬	運搬委託費						
従来システム	可燃ごみ	ごみ収集	収集費(人件費+)	焼却処分	焼却施設更新費 補助金 焼却処分費	埋立処分	埋立処分	埋立処分 埋立処分 埋立処分 埋立処分
	生ごみ + 可燃ごみ	ごみ収集	収集費(人件費+)	焼却処分	焼却施設更新費 補助金 焼却処分費	埋立処分	埋立処分	埋立処分 埋立処分 埋立処分 埋立処分

表-2 コスト試算項目の各値

	A島			B島		
	単価	生ごみ循環システム 数	従来システム 数	単価	生ごみ循環システム 数	従来システム 数
パッカー車購入費	1200[万円/台]	1[台]	0[台]	1300[万円/台]	1[台]	0[台]
収集費(人件費+燃料費)	2.01[万円/回]	1508[回/年]	1560[回/年]	1.26[万円/回]	858[回/年]	901[回/年]
フェリー運賃	5[万円/回]	464[回/年]	-	5[万円/回]	232[回/年]	-
運搬委託費	-	400[万円/年]	-	-	200[万円/年]	-
処理委託費	3[万円/t-生ごみ]	579[t/年]	-	3[万円/t-生ごみ]	312[t/年]	-
焼却施設更新費	-	68893[万円]	88432[万円]	-	46564[万円]	61847[万円]
補助金	-	22964[万円]	29477[万円]	-	15521[万円]	20615[万円]
焼却処分費	1.50[万円/t]	971[t/年]	1674[t/年]	0.942[万円/t]	518[t/年]	894[t/年]
埋立処分効果	1.34[万円/m3]	167[m3/年]	-	1.50[万円/t]	38.3[m3/年]	-
埋立処分費+埋立ごみ輸送費	1.30[万円/t]	185[t/年]	319[t/年]	0.478[万円/t]	45.5[t/年]	78.5[t/年]
処理手数料収入	-	1910[万円/年]	1718[万円/年]	-	1830[万円/年]	1829[万円/年]

表-3 二酸化炭素排出量試算項目の各値

	各値設定	A島	B島
ごみ収集燃料消費	軽油二酸化炭素発生量(環境省)[t-CO2/L]	0.002557317	0.002557317
	ごみ収集燃料消費単価[L・週/回]	1091.503268	548.4230769
	ごみ収集回数[回/週]	30	17.333333
	生ごみ分別後ごみ収集回数[回/週]	29	16.5
C市運搬時燃料消費	C市運搬燃料消費単価[L/回]	1.5	1.5
	C市運搬回数[回/年]	928	464
バイオガス利用による燃料削減効果	バイオガス代替燃料量(重油換算)[L/m3]	0.950895141	0.950895141
	A重油二酸化炭素発生量[t-CO2/L]	0.00270963	0.00270963
	バイオガス発生率[m3/t-ごみ]	170.4	170.4
	2023年度生ごみ量[t/年]	569.6676854	307.4302153
ごみ焼却	ごみ焼却時二酸化炭素発生量[t-CO2/t-生ごみ]	1.522925333	1.522925333
	生ごみ焼却時重油投入量単価[L/t-生ごみ]	24.90411861	24.90411861
	2023年度可燃ごみ量[t/年]	1674.104694	893.9410279
	2023年度生ごみ除去時可燃ごみ量[t/年]	971.2147488	517.7396192
	2023年度生ごみ減量なし時生ごみ量[t/年]	703.1239713	375.4552317

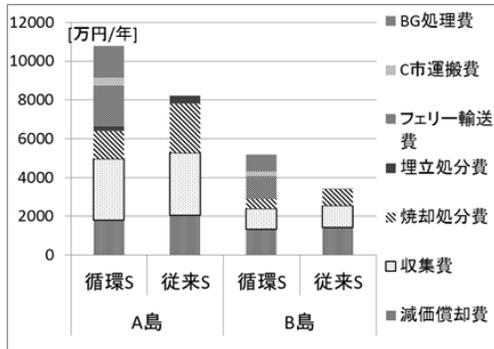


図-5 コスト試算結果

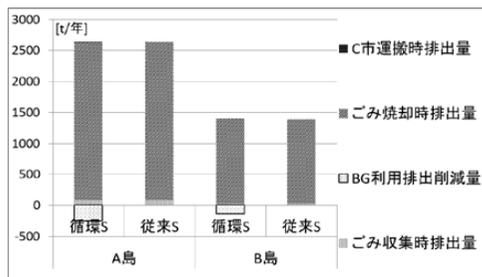


図-6 二酸化炭素排出量試算結果

み処理手数料については、ごみ分別と同時に実施されることが一般的な、ごみ処理有料化を想定したもので、アンケート調査の結果から設定した。

b) 二酸化炭素排出削減量

二酸化炭素排出量の試算にあたっては、ごみ収集時排出量、C市運搬時排出量、バイオガス利用の燃料代替による排出削減量、ごみ焼却時排出量の計4項目を想定し、各値はヒアリングの結果等に基づいて設定した表-3にしたがって計算した。ただしごみ焼却で二酸化炭素排出として計上したごみはプラス

チックごみのみであり、生ごみ、紙ごみ等はカーボンニュートラルの性質を考慮して計上しなかった。またフェリー輸送時の燃料消費は既存の便の利用のため考慮していない。

c) リサイクル率

リサイクル率の試算については、いわゆるリサイクル率の試算は現時点では困難なため、本研究ではリサイクルにまわる一般廃棄物の割合を3章の生ごみ排出量推定結果に基づいて試算した。

(3) 評価結果と考察

コスト試算結果は図-5のようになり、生ごみ地域循環システムは従来システムに比べて焼却・埋立費は抑えられたものの、フェリー輸送費、バイオガス化処理費が追加され、A島で1.3倍、B島で1.5倍のコスト増となった。但し焼却施設と埋立施設の延命化の効果やフェリー輸送費やバイオガス化処理費の割引の可能性もある。また二酸化炭素排出量の試算結果は図-6のようになり、生ごみ地域循環システムは従来システムに比べて、A島で11%、B島で11%の二酸化炭素排出削減効果があった。リサイクルにまわる一般廃棄物の割合は、生ごみ地域循環システムは従来システムに比べて、A島で23%、B島で14%向上した。コスト、二酸化炭素排出量、リサイクルにまわる一廃の割合の試算結果より、コストは増加するものの、二酸化炭素排出量とリサイクルにまわる一般廃棄物の割合は向上することが明らかとなった。

6. 結論

(1) 結論

・観光客の影響を考慮して離島の生ごみ量 推定し、平成24年度にB島の生ごみを全量C市バイオガス

化施設に投入可能，平成35年度にはB島の生ごみも全量C市バイオガス化施設に投入可能であることが明らかとなった。

- ・生ごみ地域循環システムは従来よりコストは増加するものの，二酸化炭素排出量は大きく削減され，リサイクル率は大きく向上することを示した。

これより生ごみ地域循環システムは実行可能なシステムであることを示した。

(2) 今後の課題

- ・コスト増の主な要因となったバイオガス化処理費とフェリー輸送費の割引，補助金の拠出等により，コストを抑える必要がある。
- ・フェリー輸送時の臭いについて，実地試験を行う必要がある。
- ・今回の生ごみ地域循環システムを他の離島に応用するためには，その離島の特性を明らかにすることに加え，観光客原単位の一般性を検証する必要がある。

謝辞：本論文を作成するにあたり，研究対象の自治

体や施設の方々にはデータの収集やヒアリングにご協力いただきました。また離島住民の方々にはアンケート調査にご協力いただきました。この場をお借りしてご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。本研究の一部はH22年度環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金により行われた。

参考文献

- 1) 環境省：21環境立国戦略 2007年
http://www.env.go.jp/guide/info/21c_ens/21c_strategy_070601.pdf
- 2) 環境省：平成20年度版循環型社会白書
第1部総説2第3節1 2008年
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h20/html/hj08010203.html#n1_4_3_1
- 3) 近藤恭平：海上輸送による離島の生ごみ広域処理システムのシナリオ検討，北海道大学工学部衛生環境工学コースH21年度卒論

(2011.8.8受付)

STUDY OF REGIONAL MATERIAL-CYCLE SYSTEMS OF KITCHEN WASTE IN ISLAND REGION

Reo TAKEBE, Toru FURUICHI and Kazuei ISHI

In this study, in order to promote material-cycle in an island region where the recycling rate of waste is still small and the amount of waste generation from tourists is large, the regional material-cycle systems of kitchen waste in the island region, where the biogasification in city C receives the kitchen waste from the islands A and B, was discussed. The first, the amount of kitchen waste generation in the island A and B was estimated considering a fluctuation due to tourists in summer season. Next, cost evaluation and estimation of CO₂ reduction were carried out. In particular, in order to estimate the amount of kitchen waste generation in the islands A and B more precisely, we conducted composition investigation and questionnaire survey to determine the ratio of kitchen waste to burnable waste and cooperation ratio in source separation of kitchen waste.