

22. 大阪市における将来人口の変化を考慮した下水汚泥処理施設の更新シナリオの設計とその評価

山本 祐吾^{1*}・高橋 宙²・中尾 彰文³

¹正会員 和歌山大学准教授 システム工学部 (〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷930)

²非会員 株式会社タイキ (〒543-0045大阪府大阪市天王寺区寺田町1-1-2)

³非会員 和歌山大学 大学院システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷930)

* E-mail: yugo@sys.wakayama-u.ac.jp

本研究では、大阪市をケーススタディの対象地として、将来の人口と下水汚泥発生量の変化を考慮した下水汚泥焼却設備の更新シナリオを設計した。その上で、汚泥焼却炉の代替技術として高温焼却、バイオオイル化技術を導入したときのエネルギー消費量、GHG排出量の削減効果をシナリオ別に評価した。その結果、1) 低炭素技術の選択と汚泥処理の集約化によって、エネルギー消費およびGHG排出量がそれぞれ最大で15.6%、26.5%削減可能となること、2) エネルギー効率に劣る炉を早期に休廃止もしくは低炭素技術に更新し、処理場ごとに個別集約化を図る計画のほうが、一極集中型の大規模集約処理をするよりも環境負荷低減効果が高いこと、などが明らかになった。

Key Words: sewage sludge, bio-oil, plant replacement, technology choice, greenhouse gas emission, Osaka City

1. はじめに

低炭素社会や循環型社会の構築が地球規模での関心となるなか、カーボン・ニュートラルとされるバイオマス資源の利活用に対する期待が高まっている。代表的な都市廃棄物系バイオマスである下水汚泥は、産業廃棄物排出量の約2割を占めるほど大量に排出される¹⁾が、下水道整備に伴い下水処理場で集約的に発生するため、質・量ともに安定した循環資源である。さらに、バイオマス系の資源は水分及び有機物を多く含むため、発生量に対し自然還元率が27%、循環利用率が17%、減量化率が53%、最終処分率が2%と消化や脱水での減量化の割合が高いのが特徴である²⁾。

しかし、下水処理場では、水処理や汚泥処理などの過程で大量のエネルギーが消費される。また、下水汚泥のリサイクル率は70%を超えているが、下水汚泥中のバイオマスの利用率は約23%にとどまっている³⁾。したがって、下水汚泥を循環資源として回収し、それをエネルギー・資源転換する技術・装置を導入することによって、環境効率の高い下水処理システムを構築することが求められると言える。

下水処理場は、高度経済成長期の都市の拡大や人口集中に呼応して整備が進められてきたが、その多くが21世紀前半から中盤に更新の時期を迎えることになる。特に

大阪市は全国でも早くから下水道事業に着手しており、多くの下水処理場で老朽化が顕著となっている。しかし、処理施設を新たに建設する用地を確保することは困難⁴⁾であり、現在使用している敷地を活用した改築・更新を計画する必要がある。その際、大都市とはいえ将来的な人口減少は避けられないと予想されている⁵⁾ため、人口増加や都市化の進展を前提とした従来型の更新方式を見直し、人口減少および低炭素社会への移行に対応した適正な規模・形態へと処理施設を更新、再編すべきであると考えられる。

そこで本研究では、大阪市をケーススタディの対象地として取り上げ、将来の人口と下水汚泥発生量の変化を考慮した下水汚泥焼却炉の更新シナリオを設計する。評価期間は2010～2030年の25年間とする。また、更新する汚泥焼却設備にエネルギー・資源転換技術を導入したときの温室効果ガス (GHG: Greenhouse Gas) の排出削減効果を定量的に評価する。その際、比較する技術オプションとして単純焼却 (多段炉)、熔融、高温焼却、バイオオイル化を設定し、それぞれのエネルギー消費量 (LCE: Life Cycle Energy consumption) およびGHG (CO₂換算) 排出量 (LCCO₂: Life Cycle CO₂ emission) の削減効果を把握する。

以上を通じて、施設更新と低炭素技術選択によるGHG削減効果を明らかにすることをめざす。

2. 更新シナリオの設計

(1) ケーススタディ対象地の概要

a) 下水汚泥処理の現状

高度経済成長期に伴い、大阪市は全国でも早くから下水道事業に着手している。そのため、現在の下水道普及率は99.9%と全国でも高い普及率となっており、下水道使用料も全国的に見て安価である。しかし、早くから着手していることもあり、下水処理施設や下水管の老朽化が進んでいる。そのため、大阪市は2015年度末までに古くて危険な老朽ストックの半分の解消する計画を立て、その実施に着手している⁴⁾。

大阪市の下水処理場⁹⁾を図-1に示す。現在、大阪市には12ヶ所の下水処理場と、下水汚泥処理のみをおこなう1ヶ所の処理場がある。12ヶ所の処理場のうち、臨海部の8ヶ所で発生する下水汚泥は舞洲スラッジセンターで、内陸部の4ヶ所で発生する下水汚泥は平野下水処理場で集約処理されている。また、全処理場をパイプでつなげたことにより、汚泥の輸送はトラック運送からパイプ輸送へと切り替わっている。

大阪市の平野下水処理場では、老朽化した焼却炉に低温炭化方式を取り入れた、汚泥の全量有効利用による処理の安定化や、炭化処理による石炭代替燃料の有効利用を通じたGHG削減をめざしている。また、中浜下水処理場では、生ごみと下水汚泥とを混合消化し、バイオガス化する実験をおこなっている。

b) 下水汚泥焼却設備

大阪市の下水処理場が有する汚泥焼却設備⁷⁾を表-1に示す。大阪市では、汚泥焼却設備を有している下水処理場が3ヶ所あるが、放出下水処理場の焼却設備は現在休廃止となっている⁸⁾。また、舞洲スラッジセンターの計画台数は6基であるが、現在稼働させている焼却炉は4基である。平野下水処理場の多段炉は老朽化が進んでいるが、前項で述べたとおり、炭化処理を取り入れる計画が

策定されている。

溶融炉で発生するスラグは、コンクリート骨材など建築資材として有効利用されている。舞洲スラッジセンター稼働前の汚泥有効利用率は14.2%であり、大部分が埋立処理されていたが、同センターが稼働したことにより、汚泥有効利用率は2010年度末で72.7%となっている⁹⁾。

(2) 将来人口や下水汚泥発生量の推計

a) 区別人口

国立社会保障・人口問題研究所の人口推計結果¹⁰⁾に基づき、2010～2035年の人口推移を区別に推計した。同推計値は5年ごとに算出されているため、5年間の変化量を各年に按分することで、25年間の将来人口を求めた。大阪市全体の将来人口の変化を図-2に示す。2010年の人口は約260万人であるが、2035年には約36万人の人口減少となる。これは2010年比で約14%の減少である。

大阪市の24区のうち、5つの区では2010～2020年の間に人口が増加するものの、2020～2035年には人口減少に転じると推計される。西区は最も人口が増加する区であり、2010年から2030年にかけて約10%（約8,000人）増加するが、2030年から2035年にかけて減少が予想される。その他の19区では減少傾向が続く。特に西成区では、25年間に約35%（約40,000人）の人口減少になると推計される。

b) 脱水汚泥発生量

式(1)および(2)から、大阪市の区別年間脱水汚泥発生量を求めた。なお、大阪市の下水道整備率はすでに99.9%に達しているため、ここでは下水道整備人口ではなく人口推計値を用いている。

$$Q_{i,t} = P_{i,t} \times q_{2010}$$
 式(1)

$$q_{2010} = Q_{2010} \div P_{2010}$$
 式(2)

表-1 大阪市の汚泥焼却設備

	焼却設備	処理能力	設置年度	備考
放出	流動床炉	2×150 t/d	2000	休廃止
	多段炉	1×200 t/d	1975	休廃止
平野	多段炉	1×200 t/d	1981	
舞洲	溶融炉	1×150 t/d	1999	
	溶融炉	6×150 t/d	2004	うち2基は休止

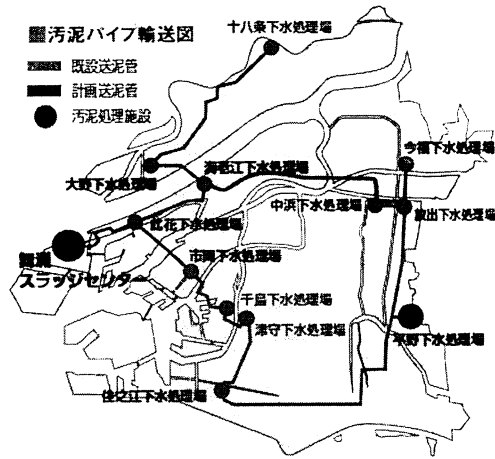


図-1 大阪市の下水処理場

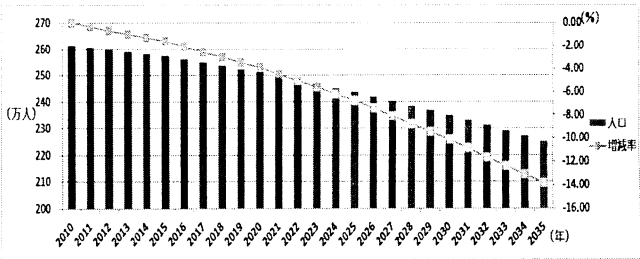


図-2 大阪市の将来人口変化

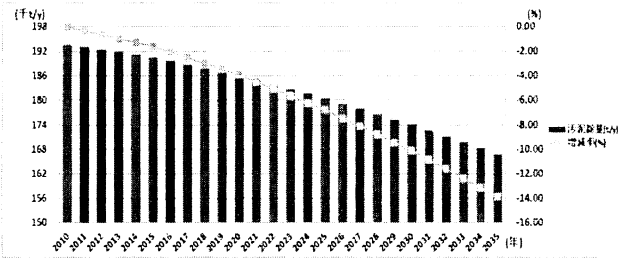


図-3 大阪市における汚泥発生量の将来変化

Q_{it} : t 年における i 区の年間脱水汚泥発生量 [t/y]
 P_{it} : t 年における i 区の人口推計値 [t/y]
 q_{2010} : 大阪市における2010年の一人あたり脱水汚泥発生原単位 [t/y/人]
 Q_{2010} : 2010年の年間脱水汚泥発生量 [t/y]
 P_{2010} : 2010年の大阪市人口 [人] , である.

図-3に脱水汚泥発生量の推計結果を示す. 将来の人口減少に伴い, 2035年の発生量は2010年に比べて約14% (約25,000 t/y) 減少する. 大阪市では合流式下水道の改善を進めているが, 将来の人口減少下では汚泥量は増加しないと推計された.

なお, 本研究では現行の処理区域に準じ, 平野下水処理場は都島, 旭, 城東, 鶴見, 天王寺, 東成, 生野, 東住吉, 平野区の計9区で発生する汚泥の処理を, 舞洲スラッジセンターは西淀川, 淀川, 東淀川, 此花, 福島, 北, 港, 西, 中央, 大正, 浪速, 西成, 阿倍野, 住之江, 住吉区の計15区の汚泥処理を2035年まで担うものとする.

c) 汚泥焼却炉の稼働率

大阪市における2010～2035年の脱水汚泥発生量に基づいて, 汚泥焼却炉の処理能力に対する実際の処理量, すなわち焼却設備の稼働率を算定した. 5年おきの算定結果を表-2に示す. なお, 焼却炉の処理能力には2010年現在の数値を用い, 焼却炉の年間稼働日数は大阪府内の他市データ¹¹⁾を参考に, 平野下水処理場: 345 d/y, 舞洲スラッジセンター: 300 d/yと設定している.

大阪市全体における2010年の汚泥焼却設備の処理能力は300,750 t/yであり, 稼働率は65%に満たない. 将来的な人口減少に伴って汚泥発生量も減少するため, 2035年には稼働率が55%強にまで低下してしまう. つまり, 市全体で見ると汚泥焼却設備はオーバースペックである. 特に舞洲スラッジセンターの汚泥焼却設備の稼働率は, 2010年現在で5割にも達していない (表-3). したがって, 将来的には脱水汚泥処理を舞洲スラッジセンター, 平野下水処理場のどちらか一方に集約化するなど, 人口減少社会に適した規模や形態に再編する必要があると言える.

表-2 大阪市全体での汚泥焼却設備の稼働率

年	脱水汚泥量 [t/y]	稼働率 [%]
2010	193,650	62.4
2015	190,539	63.4
2020	186,077	61.9
2025	180,526	60.0
2030	174,074	57.9
2035	166,828	55.5

表-3 処理場別の汚泥焼却設備の稼働率 (2010 年)

	脱水汚泥量 [t/y]	処理能力 [t/y]	稼働率 [%]
平野	114,951	120,750	95.2
舞洲	78,699	180,000	43.7

表-4 更新シナリオの概要

		シナリオ					
		1	2	3	4	5	6
舞洲	前倒し				○		
	先送り						
	集約化	○			○		
	新技術	○	○	○	○	○	○
		休廃止	*1	*1	*1	*1	*1
平野	前倒し	○	○				○
	先送り					○	
	新技術		○	○		○	○
	送泥	○	△ 余剰分	△ 余剰分	○	△ 余剰分	○
	休廃止	○	△ 溶融	△ 溶融	○	△ 多段	○

*1 汚泥量に応じて稼働台数を調整する.

(3) 汚泥焼却炉の更新シナリオ

焼却炉の耐用年数を25年¹²⁾とした上で, 脱水汚泥発生量の将来変化, 焼却炉の規模や稼働率, 更新時期を考慮して, 7つの焼却炉更新シナリオを設計した. 低炭素技術の導入や汚泥処理の集約化を想定しないシナリオを除き, 6シナリオの概要を表-4に示す.

これら更新シナリオは, 基本的に2つの方向に大別される. 一つは舞洲スラッジセンターへの大規模集約化, もう一方は舞洲スラッジセンター, 平野下水処理場それぞれの個別集約処理である. 表中の「前倒し」は設定した耐用年数よりも早い時期に, 「先送り」は耐用年数を超えた時期にそれぞれ更新することを意味する. 「新技術」は, 更新の際に汚泥処理技術として高温焼却, バイオオイル化を導入することを指す. 「送泥」は, 平野下水処理場の設備容量では処理しきれない脱水汚泥を舞洲スラッジセンターに送ることを指す. 「休廃止」欄の△印は, 2基ある焼却炉の一方を休廃止することを意味する.

a) シナリオ0：設備別更新・従来技術導入

各処理場の焼却炉が耐用年数に達したときに現有の焼却技術に更新する，基準シナリオである．平野下水処理場の多段炉は，2010年時点で設定した耐用年数を超えているため，2011年に更新するものとする．（図-4）

b) シナリオ1：早期大規模集約化・新技術導入

平野下水処理場では，2010年時点で耐用年数を超えている多段炉を2011年に休廃止し，同じタイミングで溶融炉を前倒して休廃止する．平野下水処理場の脱水汚泥は舞洲スラッジセンターに送泥し，大阪市内で発生するすべての脱水汚泥を舞洲スラッジセンターに集約化する．その上で，舞洲スラッジセンターの溶融炉が更新時期を迎える2029年に，その時点での脱水汚泥発生量に応じて新技術への更新を図る．（図-5）

c) シナリオ2：サイト別集約化・新技術前倒し導入

平野下水処理場の多段炉は2011年に新技術へ更新し，同時に溶融炉を前倒して休廃止する．処理能力を超える脱水汚泥は，舞洲スラッジセンターに送泥する．舞洲スラッジセンターの更新は，シナリオ1と同様である．（図-6）

d) シナリオ3：サイト別集約化・新技術導入

平野下水処理場の多段炉は2011年に新技術へ更新し，溶融炉は耐用年数に達する2024年に休廃止する．処理能力を超える脱水汚泥は，舞洲スラッジセンターに送泥する．舞洲スラッジセンターの更新は，シナリオ1と同様である．（図-7）

e) シナリオ4：前倒し大規模集約化・新技術導入

平野下水処理場の多段炉は2011年に休廃止し，溶融炉は耐用年数に達する2024年に休廃止する．処理能力を超える脱水汚泥（2024年以降は全脱水汚泥）は，舞洲スラッジセンターに送泥する．舞洲スラッジセンターでは，平野下水処理場の溶融炉を休廃止するタイミングで，休止中の2つの炉に新技術を導入し，2つの新技術で全量処理できない場合は残りの溶融炉を稼働させる．2024年からは，舞洲スラッジセンターでの大規模集約処理となる．（図-8）

f) シナリオ5：サイト別集約化・新技術先送り導入

平野下水処理場の多段炉は2011年に休廃止し，溶融炉は耐用年数を超えて運用を続ける．処理能力を超える脱水汚泥（2024年以降は全脱水汚泥）は，舞洲スラッジセ

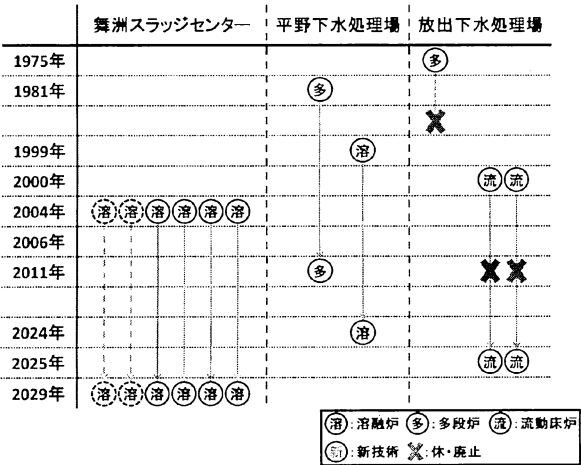


図-4 シナリオ0（基準シナリオ）の概要

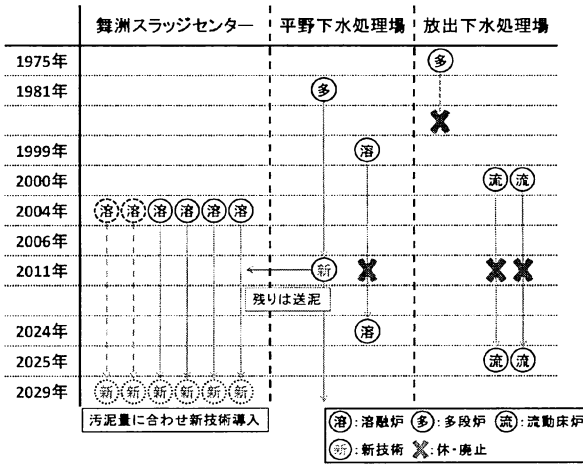


図-6 シナリオ2の概要

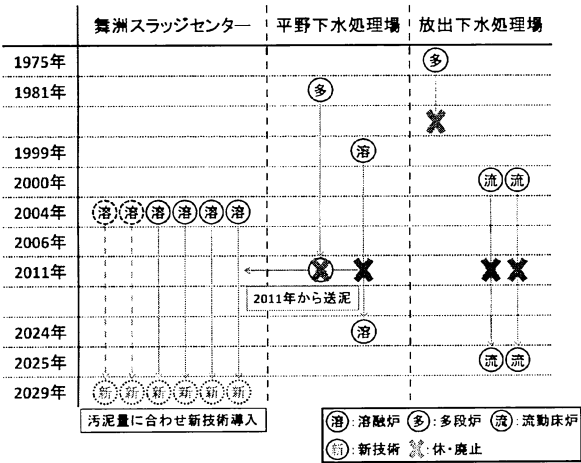


図-5 シナリオ1の概要

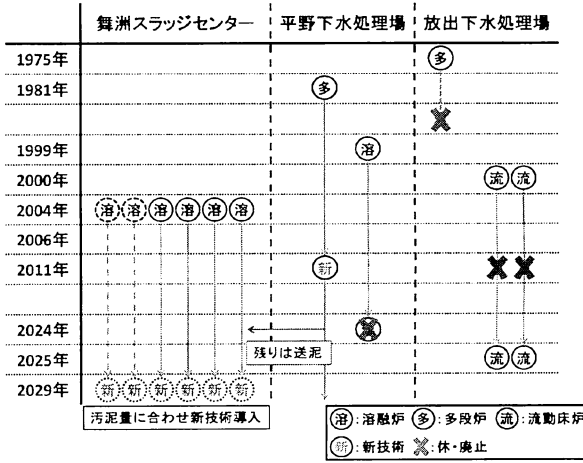


図-7 シナリオ3の概要

ンターに送泥する。舞洲スラッジセンターの更新はシナリオ1と同様であるが、このタイミングに合わせて平野下水処理場の溶融炉も新技術に更新する。（図-9）

g) シナリオ6：大規模集約化・新技術導入

シナリオ2に加えて、平野下水処理場で導入した新技術を2029年に前倒しで休廃止し、舞洲スラッジセンターへの大規模集約化を図る。（図-10）

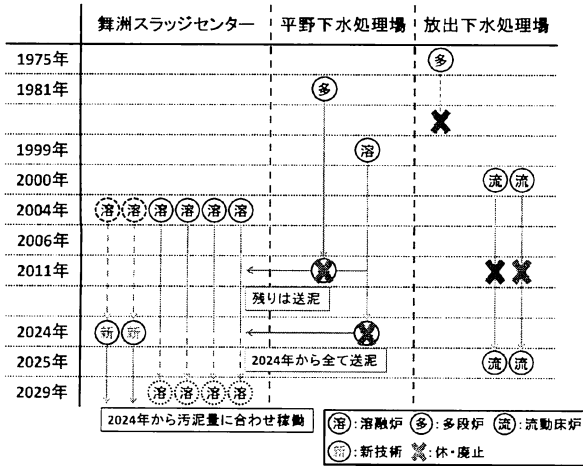


図-8 シナリオ4の概要

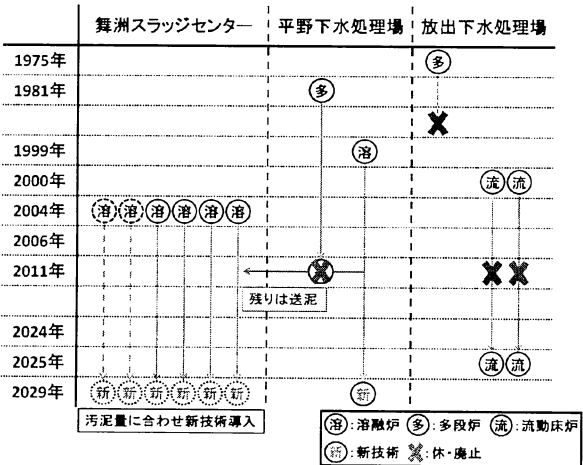


図-9 シナリオ5の概要

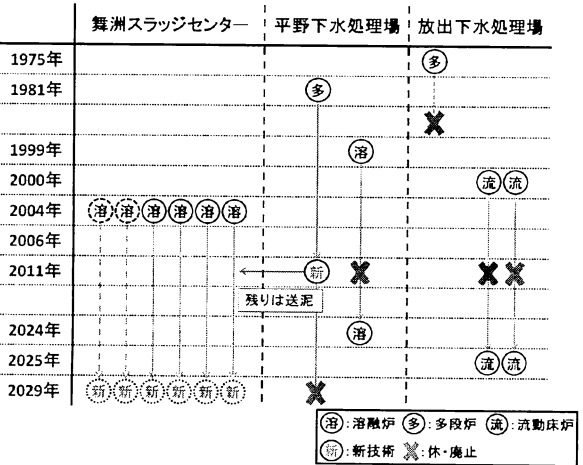


図-10 シナリオ6の概要

3. 更新計画によるGHG削減効果

(1) 使用データ

シナリオ別のLCE, LCCO₂の評価に使用したデータをそれぞれ表-5、表-6に示す。高温焼却とオイル化の原単位は、脱水汚泥の乾燥重量あたり環境負荷原単位^{13,14)}をもとに、含水率を78%として湿潤重量ベースに換算した。平野下水処理場の多段炉と溶融炉、舞洲スラッジセンターの溶融炉の焼却・溶融プロセスにかかわる原単位は、大阪市建設局への調査で得た2010年度の実績値である。焼却・溶融以外のプロセスについては、先行研究¹³⁾における計算条件に沿って、別途推計した。

(2) LCEの推計結果

a) シナリオ別の比較

現有の焼却炉や溶融炉に代わる新技術として、高温焼却とバイオオイル化を取り上げている。そのため、シナリオ1～6は、2つないし4つのケースに分割される。

シナリオ1では、舞洲スラッジセンターの溶融炉を高温焼却技術に更新するケース（1-a）と、オイル化技術に更新ケース（1-b）が想定される。定量分析の結果、ケース1-bにおけるLCEは、ケース1-aに比べて3.98%減少することがわかった。これは、オイル化では汚泥焼却の重油消費量の削減がもたらされる一方、高温焼却では燃料

表-5 脱水汚泥量あたりエネルギー消費原単位

[単位：GJ/t]	焼却 (平野)	溶融 (平野)	溶融 (舞洲)	高温 焼却	オイル 化
電力(水処理)	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31
電力(濃縮)	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
電力(脱水)	0.416	0.416	0.416	0.416	0.416
電力(焼却・転換)	0.604	2.95	1.84	1.31	1.24
燃料(水処理)	0.162	0.162	0.162	0.162	0.162
燃料(焼却)	1.37	2.29	1.31	1.07	0.00
薬品・水	0.346	0.346	0.346	0.519	0.346
埋立、補修	0.0841	0.0366	0.0366	0.0711	0.0558
原料輸送	0.620	1.00	0.764	0.631	0.358
有効利用	0.00	-0.0721	-0.0754	0.00	-1.47
再生資源輸送	0.00	0.0129	0.0134	0.00	0.0275
合計	8.36	11.9	9.58	8.94	5.89

表-6 脱水汚泥量あたり GHG 消費原単位

[単位：t-CO ₂ /t]	焼却 (平野)	溶融 (平野)	溶融 (舞洲)	高温 焼却	オイル 化
電力(水処理)	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156
電力(濃縮)	0.0163	0.0163	0.0163	0.0163	0.0163
電力(脱水)	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150
電力(焼却・転換)	0.0218	0.107	0.0665	0.0473	0.0447
燃料(水処理)	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112
燃料(焼却)	0.0930	0.117	0.0674	0.0742	0.00
薬品・水	0.0129	0.0129	0.0129	0.0218	0.0129
埋立、補修	0.0087	0.0024	0.0024	0.0070	0.0049
原料輸送	0.0373	0.0605	0.0462	0.0382	0.0224
有効利用	0.00	-0.0026	-0.0027	0.00	-0.106
再生資源輸送	0.00	0.0009	0.0009	0.00	0.0019
CH ₄	0.0363	0.0361	0.0361	0.0361	0.0361
N ₂ O(焼却)	0.273	0.129	0.129	0.155	0.0554
N ₂ O(その他)	0.0970	0.0970	0.0970	0.0970	0.0970
合計	8.36	11.9	9.58	8.94	5.89

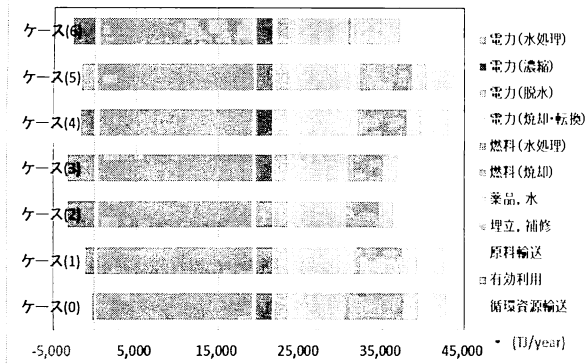


図-11 シナリオ別 LCE (2010～2035 年)

および電力投入量が増加することによる。

シナリオ2は、舞洲・平野ともに高温焼却に更新するケース (2-a)，舞洲で高温焼却，平野でオイル化に更新するケース (2-b)，舞洲でオイル化，平野で高温焼却に更新するケース (2-c)，舞洲・平野ともにオイル化に更新するケース (2-d) に分けられる。推計の結果，2-b，2-c，2-dのLCEは，2-aと比べてそれぞれ10.9%，4.1%，14.9%減少することが明らかになった。

シナリオ3では，舞洲・平野ともに高温焼却に更新するケース (3-a)，舞洲で高温焼却，平野でオイル化に更新するケース (3-b)，舞洲でオイル化，平野で高温焼却に更新するケース (3-c)，舞洲・平野ともにオイル化に更新するケース (3-d) を比較した。その結果，3-aに対して，3-b，3-c，3-dはそれぞれ10.7%，4.0%，14.7%のLCE削減となることがわかった。

シナリオ4には，舞洲で高温焼却に更新するケース (4-a)，舞洲でオイル化に更新するケース (4-b) がある。推計から，4-bにおけるLCEは4-aより6.6%減少することがわかった。

シナリオ5は，舞洲・平野ともに高温焼却に更新するケース (5-a)，舞洲で高温焼却，平野でオイル化に更新するケース (5-b)，舞洲でオイル化，平野で高温焼却に更新するケース (5-c)，舞洲・平野ともにオイル化に更新するケース (5-d) に分けられる。推計の結果，5-aと比較すると，5-b，5-c，5-dはそれぞれ2.1%，3.8%，6.0%のLCE削減効果が得られることが明らかになった。

シナリオ6では，舞洲・平野ともに高温焼却に更新するケース (6-a)，舞洲で高温焼却，平野でオイル化に更新するケース (6-b)，舞洲でオイル化，平野で高温焼却に更新するケース (6-c)，舞洲・平野ともにオイル化に更新するケース (6-d) を想定することができる。定量分析の結果，6-b，6-c，6-dにおけるLCEは，6-aに比べてそれぞれ7.8%，4.0%，11.8%減少することがわかった。

b) シナリオ間の比較

各シナリオ内で最もLCEが少ないケースを取り上げ、

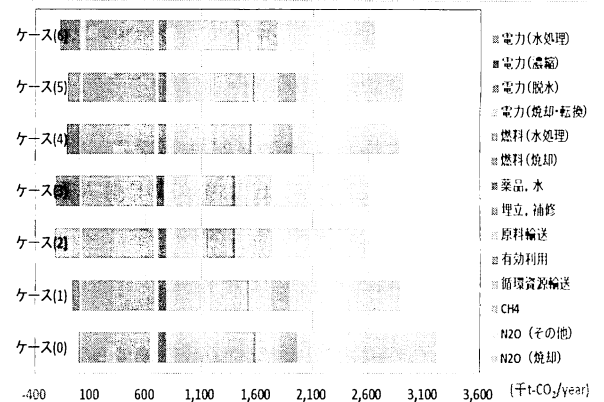


図-12 シナリオ別 LCCO₂ (2010～2035 年)

シナリオ間で比較した。その結果を図-11に示す。基準シナリオ0と比較すると，シナリオ1～6ではそれぞれ2.54%，15.6%，14.3%，2.82%，0.84%，11.9%のLCE削減効果が得られることが明らかになった。

シナリオ0のように低炭素型の新技術を導入せず，従来技術を使い続けることは，エネルギー消費の面で非効率であり，転換・再生したエネルギーや資源の有効利用も見込めない。また，シナリオ5でLCE削減効果が小さくなるのは，小規模で老朽化した平野下水処理場の溶融炉を長く使用することに起因する。

(3) LCCO₂の推計結果

a) シナリオ別の比較

以下のケース番号a～dは，前節でシナリオ別に示したものと同一である。

シナリオ1のケース1-bにおけるLCCO₂は，ケース1-aに比べて5.8%減少することがわかった。これは，高温焼却ではN₂Oの排出抑制，オイル化では污泥焼却の重油消費とN₂O排出量の削減がもたらされる一方，高温焼却では燃料および電力投入量が増加することによる。

シナリオ2における2-b，2-c，2-dのLCCO₂は，2-aと比べてそれぞれ15.4%，5.8%，21.2%減少することが明らかになった。シナリオ3では，3-aに対して，3-b，3-c，3-dはそれぞれ15.5%，4.9%，20.5%のLCCO₂削減となる。シナリオ4の4-bにおけるLCCO₂は，4-aより9.7%減少することがわかった。

シナリオ5では，5-aと比較すると，5-b，5-c，5-dはそれぞれ3.1%，5.6%，8.7%のLCCO₂削減効果が得られることが明らかになった。シナリオ6では，6-b，6-c，6-dにおけるLCCO₂は，6-aに比べてそれぞれ11.1%，5.8%，16.9%減少することがわかった。

b) シナリオ間の比較

LCEと同様，各シナリオ内で最もLCCO₂が少ないケースを取り上げ，シナリオ間で比較した。その結果を図-12に示す。基準シナリオ0と比較すると，シナリオ1～6で

はそれぞれ12.0%, 26.5%, 25.8%, 13.7%, 12.2%, 22.7%のLCCO₂削減効果が得られることが明らかになった。

LCCO₂でも、シナリオ2が最も削減効果が高い更新計画であった。また、LCEでは基準シナリオからほとんど変化のなかったシナリオ5も、GHG排出の面では約12%の削減ポテンシャルを有する結果となった。

4. まとめ

本研究では、大阪市をケーススタディの対象地として、将来の人口と下水汚泥発生量の変化を考慮し、下水汚泥焼却設備の更新シナリオを設計した。その上で、現有の汚泥焼却炉の代替技術として高温焼却、バイオオイル化技術を導入したときのエネルギー消費量、GHG排出量の削減効果を、シナリオ別に定量評価した。本研究で得られた主要な結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・ どのシナリオ内においても、オイル化技術を導入するケースでLCE, LCCO₂ともに削減効果が最大となる。特に、熔融炉からオイル化技術に更新するケースや、前倒しでオイル化技術を導入するケースが、高い削減ポテンシャルを有する。
- ・ 舞洲スラッジセンターの熔融炉は、高温焼却に比べてLCEが大きくなってしまう。しかし、処理の過程で発生する熔融スラグを全量有効利用することで、LCCO₂では高温焼却より優位性が増す。それに対して、平野下水処理場の熔融炉は規模が小さく、老朽化が進んでいるため、舞洲の熔融炉と比べるとLCE, LCCO₂ともに増すことになる。
- ・ シナリオ間で比較すると、シナリオ2では主として焼却に伴うN₂Oの排出が抑制されることによって、LCE, LCCO₂がともに最小となる。基準シナリオと比べると、それぞれ15.6%, 26.5%の削減効果が得られる。
- ・ つまり、汚泥処理機能の集約化に関しては、エネルギー効率に劣る平野下水処理場の熔融炉を早期に休廃止するとともに、供用開始から30年以上が経過した多段炉を新技術に更新し、そこで個別集約化を図る計画のほうが、舞洲スラッジセンターで一極集中型の大規模集約処理をするよりも環境負荷低減効果が高い。

なお、拠点集約化の効果は、下水処理場ごとに現有している汚泥焼却炉の種類や規模、効率、更新時期などに加えて、処理区域の将来的な人口変化などによって変動すると考えられる。今後、異なる地域でのケーススタディを実施することで、地域特性に応じた更新計画と技術選択の基本方針を明らかにする予定である。その際、既

存ストックの有効活用という観点から、他のバイオマス資源との混合処理を図りながら設備の稼働率を高め、継続運用するという更新計画も考えることができる。この点は、経済的側面の実行可能性評価とあわせて、今後の課題としたい。

謝辞：本研究は、高橋産業経済研究財団による研究助成の支援を受けて実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 資源のみち委員会：「資源のみちの実現に向けて」報告書（案），2007年（参照：<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/gyosei/sigen7th/02.pdf>，最終閲覧：2012年1月20日）
- 2) 環境省編：「平成23年度版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書」，日経印刷株式会社，2011年
- 3) 日本下水道協会：「下水汚泥のリサイクル 各種統計データ等」（参照：<http://www.jswa.jp/data-room/data.html>，最終閲覧：2012年1月20日）
- 4) 大阪市：下水道事業の現状と課題，2005年（参照：<http://www.city.osaka.lg.jp/shiseikaikakushitsu/cmsfiles/contents/000010/10312/c-34.pdf>，最終閲覧：2012年1月18日）
- 5) 大阪市：下水道整備の推進～これからの下水道～（参照：<http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000007890.html>，最終閲覧：2012年1月29日）
- 6) 大阪市：大阪市の汚泥パイプ輸送図（参照：<http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000007936.html#shori>，最終閲覧：2012年2月1日）
- 7) 公共投資ジャーナル社：「下水処理場ガイド2010 データ版（西日本編）」，2010年
- 8) 日本下水道協会：「平成21年度版下水道統計」，2011年
- 9) 大阪市：下水処理施設 舞洲スラッジセンター（参照：<http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000010364.html>，最終閲覧：2012年2月3日）
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別人口推計（平成20年12月推計）（参照：<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson08/gaiyo.pdf>，最終閲覧：2012年11月）
- 11) 日本下水道協会：「平成21年度版下水道統計」，2011年
- 12) 国土交通省：処理場等施設管理計画について，下水道施設のストックマネジメント手法に関する検討委員会・第3回委員会資料，2010年（参照：http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000087.html，最終閲覧：2012年2月9日）
- 13) 山本祐吾，古野間達，吉田登，盛岡通：下水汚泥処理における技術選択と施設更新による温室効果ガス削減効果のライフサイクル評価，土木学会論文集 G（環境），Vol.68，No.5，pp.I_137-I_146，2012年
- 14) 三島一仁，山本祐吾：ごみ焼却熱由来の発電電力を活用した下水汚泥バイオオイル化による温室効果ガス削減効果の評価，土木学会論文集 G（環境），Vol.68，No.6，pp.II_245-II_253，2012年