

3-1-1 台湾のごみ有料化政策による家庭ごみ減量効果及び環境影響の評価

岡山大学廃棄物マネジメント研究センター

翁 御棋

岡山大学廃棄物マネジメント研究センター

藤原 健史

国立成功大学大学院工学研究科環境工学専攻

林 素貞

国立台湾大学大学院工学研究科環境工学専攻

馬 鴻文

1. 研究概要

台湾では「汚染者負担原則」に基づき、近年、いくつかの自治体が市民の捨てたごみ量に対し処理費を請求する有料化政策をとるようになった。ある自治体では家庭ごみ減量化に働いたが、効果がなかった自治体もある。そこで、本研究では、時系列モデルを用いて、台湾の自治体のごみ有料化の政策効果を検証し、料金レベルの異なる地域について社会経済の属性との関係性を評価する。また、IPCC が 2006 年に改良した温室効果ガスの計算手法と台湾ローカルのパラメータを用いて、ごみ減量によるごみ処理過程の温室効果ガス排出量の減少量を推計した。その後、アンケート調査で、市民が廃棄物マネジメントサービスに関する支払い意思を調査した。その結果に基づいて、減量化のための最適な料金レベルを明らかにしていく。

2. 交流報告

今年度、三回台湾へ出張し、廃棄物マネジメントの政策研究と 3R 活動について、台湾の学、官、民部門と交流した。さらに、台北市と台南市の市民を対象にして、無作為抽出のアンケート調査を行った。具体的な交流活動を以下に説明する。

□ 2010. 4. 16-20

国立成功大学で開催された **the Joint 2010 Jade Mountain Forum on Sustainable Environment and 3rd Joint Forum of Environmental Sciences** 学会に参加し、現地の先生方に学官プロジェクトの内容を紹介し、環境影響評価の専門家である林素貞教授と将来の研究連携活動を討論した。また、国立台湾大学大学院工学研究科環境工学専攻の馬鴻文教授と研究の打ち合わせをし、今年度、岡大と研究連携のネットワークを結成し、両先生には研究顧問としてご協力いただくことになった。

□ 2010. 9. 13-24

研究連携の顧問である林先生と馬先生を訪れ、台北市ごみ袋有料化政策効果モデリングについて討論した。その後、国立台湾大学で開催された第七回アジア・太平洋廃棄物専門家会議にて論文を発表し、学会の活動で台湾の 3R 活動の実践を見学した。さらに、台湾環境保護署の顧問である洪榮勳先生に、今までの廃マセセンターの研究成果と学官プロジェクトの研究活動を紹介します。台湾の廃棄物政策と産業廃棄物の不法投棄の対策を提案した。

さらに、国立高雄大学大学院工学研究科土木環境工学専攻の甯蜀光准教授、及び台南市役所と台北県庁の廃棄物マネジメント担当の職員と打ち合わせをし、台南県と台北県の家庭ごみ有料化の将来について討論した。

□ 2010. 12. 12-19

国立成功大学林素貞先生と国立台湾大学馬鴻文先生に御協力いただき、台湾のごみ有料化政策効果に関する市民へのアンケート調査を実施した。さらに、台北市にあるごみ埋立場を訪れ、ごみ処理過程と資源ごみ再利用の現状を調査した。

3. 研究報告

3-1 研究の背景と概要

汚染者負担原則は 1980 年代前半に台湾の環境法律に適用された。大多数の自治体は、市民の水道料金にごみ処理費用を上乗せして請求している。そのため、市民はごみ処理費を支払っているという認識が薄く、汚染者負担原則による減量化が達成されていなかった。この問題を解決するため、2000 年 7 月から、ごみ排出量に応じた費用負担方式（ごみ袋有料化政策）が台北市で実施された。しかしながら、現在までにごみ袋有料化政策を実施しているのは、台湾約 300 の自治体のうち唯 3 自治体のみである。ごみ処理費政策を改善するためには、これまでの政策効果を分析することが緊急の課題である。

従って、今年度の研究では、ごみ袋有料化が長年実施されている台北市での政策効果を分析すると同時に、ごみ排出量に影響すると考えられる他の要因も解析する。また、その政策による環境負荷(主に温室効果ガス排出量)の減量効果も計算する。さらに、ごみ袋有料化政策の実施可能性を調査するため、未実施の台南市を選択し、台北市と台南市の職員にヒアリング調査を行うとともに、両市民を対象としたアンケート調査を実施する。回答者の社会経済的属性に基づいて、ごみ袋有料化政策への意見とマネジメントサービスに対する支払い意思(willingness-to-pay)を分析する。最後に、本研究の各部分の成果を SWOT 分析でまとめる。研究フローを図 1 に示す。

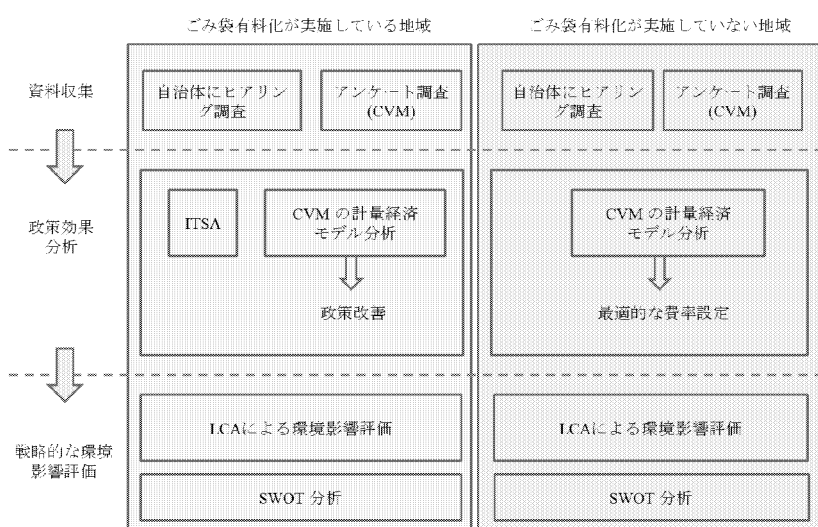


図 1 研究フロー

3-2 研究方法

本研究では、ごみ袋有料化政策によるごみ減量効果をいくつかの定量的定性的解析手法を用いて分析する。

時系列分析は、システム作用分析に多く使われている手法である。特に介入時系列分析(**intervention time series analysis, ITSA**)は、ある政策の実行や極端な気候出現など特定の事象がもたらす影響を分析するのに有効な手法である。従って、本研究ではこの手法を用い、台北市でのごみ袋有料化によるごみ減量効果を分析する。また、他の影響要因もモデルで分析する。ITSA モデルの一般式は次の式で表される(**Box et al., 1994**)。

$$Z_t = \theta_0 + \sum_j \frac{\omega_j(B)B^{b_j}}{\delta(B)} I_{j,t} + \frac{\theta(B)}{\varphi(B)} a_t \quad (1)$$

ここで、 Z_t はランダム系列、 θ_0 は定常項、 $I_{j,t}$ は介入のダミー変数、 $\delta(B)$ は段階型影響関数、 $\omega_j(B)B^{b_j}$ はインパクト型影響関数、 $\varphi(B)$ は自己回帰オペレータ、 $\theta(B)$ は移動平均オペレータ、 a_t はホワイトノイズである。

ITSA モデルを構築するとき、分析する系列の定常性(**stationarity**) は必須である。一般的に、分析する系列の自己相関関数(**autocorrelation function, ACF**) と偏自己相関関数(**partial autocorrelation function, PACF**)を計算し、系列の定常性を判断する。また、必要な変換を取ることもある(**ARIMA** モデル)。モデルの中で、介入ダミー変数の係数の推計値は政策効果を表すと考えられる。

さらに、国際公認のマニュアルと台湾のローカルパラメータを用いて、ごみ処理・処分過程における温室効果ガス排出量を計算する(**IPCC, 2006; Weng et al., 2009**)。ただし、本研究では、ごみ収集運搬過程による環境負荷を考えていない。この点については、今後、検討の予定である。

次に、アンケートによる仮想評価法(**contingent valuation method, CVM**)を用いて、市民のごみ袋有料化政策に対する意見とごみマネジメントサービスに関する支払い意思を調査する。理論的に、回答者の支払い意思が回答者の個人属性と社会経済特徴の関数であり、市民の環境意識にもかかわる。無効なサンプルを外し、回帰分析で回答者の支払い意思関数を構築する(**Carson, 2000; Saz-Salazar and Rausell-Köster, 2008**)。

最後に、各部分の研究結果をSWOT分析でまとめて、評価する。SWOTとは、プロジェクトの強み(**Strengths**)、弱み(**Weaknesses**)、機会(**Opportunities**)、脅威(**Threats**)を同時に評価することである。強みと弱みはプロジェクトの内部条件、機会と脅威はプロジェクトの外部条件を解析したものである。SWOT分析は廃棄物マネジメントの分野に応用した事例がある(**Srivastava et al., 2005; Liu and Matsumoto, 2009**)。関係者が多く複雑な廃棄物マネジメントに対して、SWOT分析では、有効な対策が提案できる。

3-3 結果と考察

台北市で実施しているごみ袋有料化政策の効果分析のため、家庭系ごみの発生量と排出量の月データを使用した。本研究では、家庭系ごみの排出量は一般ごみの処理処分量と一般災害ごみの処理処分量の総和と定義する。図2に、家庭系ごみの発生量と排出量の月データを示す。

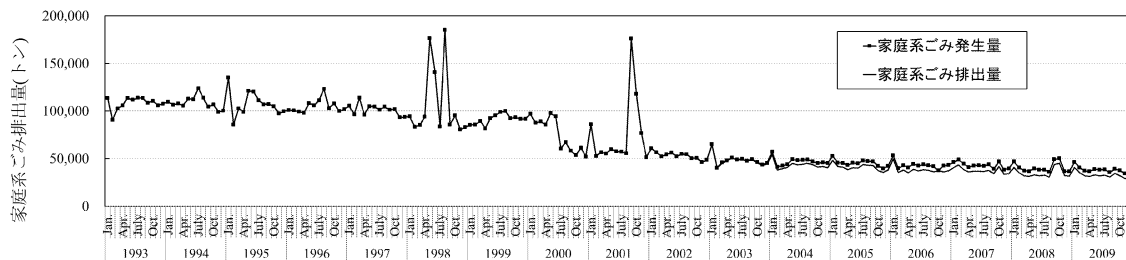


図2 台北市の家庭系ごみ発生量及び排出量：1993.01～2009.12. (n=204)

(出典：台北市役所環境保護局ウェブサイト)

図2中に見られる三つ顕著なピークは、台風の影響で大量の災害廃棄物が発生したものである。また、規則的に現れる小さいピークは、中華旧暦新年の大掃除によるごみ発生を反映している。従って、モデルでは、降雨の気象要因と中華旧暦新年というライフスタイルの影響要因を考える。本研究のモデルで使用した変数の定義を表1に示す。

表1 モデルで使用される変数の定義

変数名	定義
$HSW_{g,t}$	台北市である t 月の家庭系ごみ発生量 (トン)
$HSW_{d,t}$	台北市である t 月の家庭系ごみ排出量 (トン) (資源ごみ量を外す)
$PAYT_t$	ごみ袋有料化政策のダミー変数：2000年7月以後には1
CNY_t	中華旧暦新年のダミー変数；新年である月は1
$Rain350_t$	t 月に特大豪雨 (>350 mm per day) の日数

1993年1月から2009年12月までの月データを用いて、統計専門ソフトTSP[®]5.0で $HSW_{g,t}$ と $HSW_{d,t}$ のモデルを構築した。データの自己相関関数と偏自己相関関数をチェックし、1階の差分をとると、系列の定常性が確認できた。最適なモデル構築によるパラメータの推計値を表2に示す。この二つのモデルの推定値は、統計学的に有意かつ有効であると診断された。従って、両モデルとも、ごみ袋有料化の政策効果、気象要因、ライフスタイル要因を考慮し、定量的に良く表現されていると考えられる。

表2 ITSAモデルの最小二乗法で計算したパラメータの推計値

説明変数	被説明変数	
	モデル1	モデル2
	$\Delta(HSW_{g,t})$	$\Delta(HSW_{d,t})$
$\Delta(HSW_{g,t-1})$	-0.546 (-9.58 ^{**})	
$\Delta(HSW_{g,t-2})$	-0.271 (-4.75 ^{**})	
$\Delta(HSW_{d,t-1})$		-0.546 (-9.58 ^{**})
$\Delta(HSW_{d,t-2})$		-0.270 (-4.74 ^{**})
$PAYT_t$	-2234.23 (-1.97 [*])	-2283.04 (-2.03 [*])
CNY_t	7379.12 (3.54 ^{**})	7383.37 (2.15 [*])
$Rain350_t$	13382.8 (9.09 ^{**})	121753 (9.11 ^{**})
LM heter.	1.38	1.38
Durbin-h statistic	-1.33	-1.32
R^2	0.477	0.477

註：括弧の中の数字は t 統計値；* と** は各々10%と5%の信頼区間を示す。

説明変数が被説明変数に与える影響はモデルの係数で示した。表2の結果から、以下が考えられる。

● ごみ袋有料化には、顕著なごみ減量効果があることが統計学的に証明された。このことは、台湾の他自治体でのごみ袋有料化政策の実現を後押しするであろう。本研究の構築モデルでは、Chao (2008)の研究結果と比べ、より顕著な統計結果が得られた。

● 中華旧暦新年の期間で、3R活動、特に「リユース」と「リサイクル」を推進すると、ごみ減量と資源再利用を達成する可能性が大きい。

● 地下空間を利用する大都市に対して十分に有効な防災計画があれば、大きなごみ減量効果が得られる。また、モデルでは、降雨規模とごみ発生量・排出量の関係が明らかになった。

本モデルにより、台北市におけるごみ袋有料化は年間約 27,936.48 トンのごみ減量効果をもたらすという結果を得た。ごみは焼却されると仮定し、IPCC 2006年の計算方法と台湾のローカルパラメータを使い、ごみ減量による温室効果ガス排出量の減少量が計算できる。ただし、本研究ではごみ焼却時の発電による温室効果ガス排出量の減量効果は考慮していない。計算結果を表3に示す。

表3 ごみ袋有料化によるごみ処理処分の温室効果ガス減少量

焼却過程の温室効果ガス排出量	CO ₂					CH ₄ (Gg CO ₂ -eq. /yr)	N ₂ O (Gg CO ₂ -eq. /yr)
	総和 (Gg CO ₂ -eq. /yr)	紙 (Gg/yr)	プラスチック (Gg/yr)	皮革 (Gg/yr)	織物 (Gg/yr)		
8.85	8.47	0.064	8.39	0.005	0.01	0.0001	0.38

次に、仮想評価法を用いて、ごみ袋有料化政策への意見とごみマネジメントサービスに関する支払い意思を調査し、最適な料金レベルを探る。サービスのトータルコストは自治体の財務コストと外部コストを同時に考える。市民に十分な回答時間があれば理論的な結果が得られる(Whittington et al., 1992)と考えられるため、電話ではなく郵送でのアンケート調査を行った。台北市と台南市各々で1,000市民を無作為抽出し、アンケートを配布した。実施時期は2010年12月14~27日である。

アンケートの回収率は、台北市10.4%、台南市7.2%である。この低い回収率の原因は、以下の数点が考えられる。

(1) 台北市長選挙

同年11月の台北市長選挙で、与党と野党の候補者がごみ袋有料化政策を続けるどうか、対立の立場をとった。アンケート調査結果が影響を受けまいよう、実施時期を選挙後に延期したが、この調査が特定の政治目的という疑問を持たれた可能性がある。

(2) 詐欺メールの疑い

最近、台湾では、詐欺メールが流行っているため、市民はアンケートを返信することに慎重である。

(3) クリスマスシーズン

台湾の生活習慣ではクリスマスカードを送ることが多く、アンケートの返信を忘

れた可能性がある。

ごみ処理費用負担方法に関する調査結果を図3に示す。台北市、台南市とも多くの回答者がごみ排出量に応じた負担方法に賛成した。ただし、少数の回答者が電気代や水道代にあわせてごみ処理費用を支払う方法が便利であると答えた。

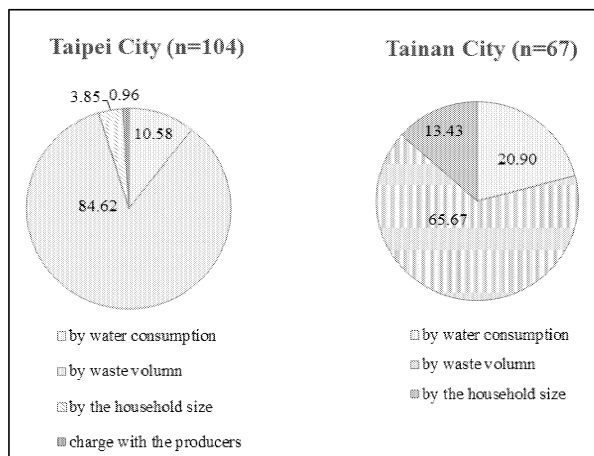


図3 ごみ処理費用負担方法に関する市民の意見

図3によれば、台南市でも約65%の回答者がごみ袋有料化政策に賛成している。ただし、この政策の実施が適当と思う回答者は約45.6%であり、約28.0%の回答者は実施し難いと思っている(図4)。これは、ごみを出す習慣を変えるのは難しいと考えたからである。政策実現には、台南市役所が住民への説明を多く行う必要がある。

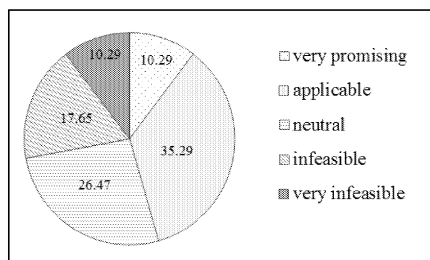


図4 台南市におけるごみ袋有料化の実施可能性に関する市民の意見 (n=68) (現在は水道料金に上乘せ)

外部コストの支払い意思を問う前に、まず市民に現在の負担料を尋ねた。その結果を図5に示す。実際に、両都市とも50%以上の回答者が正確には現在の負担料を知らないと答えた。

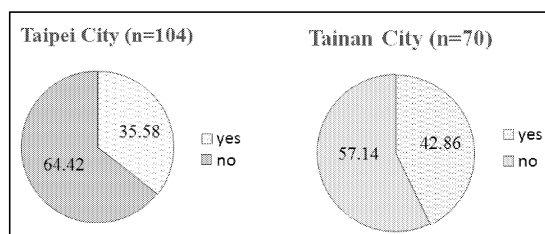


図5 現在のごみ処理負担料の認知度：「いくら払っているか知っていますか？」

もし回答者がこの政策の環境影響と環境費用便益が分からないと、仮想評価法の結果の不確実性が多くなり、結果を合理的に解析することが難しくなる。そのため、回答者に現在の負担料を知らせると、多くの回答者から今の負担料が適当という答えを得た(図 6)。大部分の回答者が市民はごみ処理費を払うべきと考えているが、約 20%の回答者(台南市)は料金を取るべきでないと考えていた。市民に汚染者負担原則を説明することが必要である。

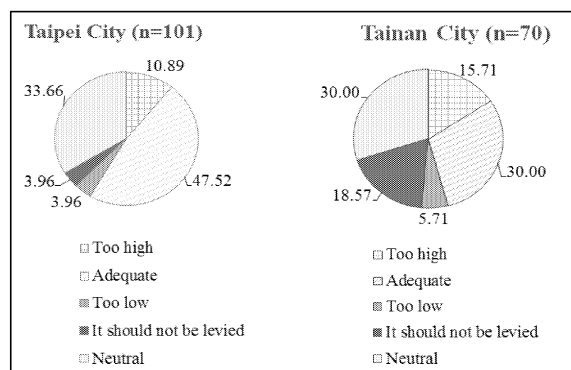


図 6 現在のごみ処理費用に対する市民の感覚

最後、以上の分析をまとめて、表 4 に SWOT 分析で台湾のごみ処理費政策をまとめた。

表 4 台湾のごみ袋有料化政策の SWOT 分析

カテゴリ		分析結果
内部環境	強み	<ul style="list-style-type: none"> ■ 台北市ごみ袋有料化政策はごみ減量効果があることが証明された。また、関連の環境負荷も減少した。 ■ この政策によって、市民が廃棄物政策の有効性に気付き、市民の環境意識を高めた。
	弱み	<ul style="list-style-type: none"> ● 政策実施のために、頻繁な点検が必要である。 ● さらなるごみ分類が期待されている。 ● 他の自治体へのごみ不法投棄の可能性がある。 ● 専用のごみ袋を使うことが不便である。 ● ごみ袋有料化政策普及の為に、自治体の人材が不足している。 ● 一部の市民は専用のごみ袋がごみ発生量を増やすのではと懸念する。
外部環境	機会	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ごみ袋有料化政策に関するリサイクルの活動がリサイクル産業を促進することが期待できる。
	脅威	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ごみ袋の偽物が市場に出る可能性がある。 ✓ 汚染者負担原則はまだよく市民に受け入れられていない。

4. 今後の計画

今年度の研究では、台北市のごみ袋有料化によるごみ減量効果、及びそれに伴う温室効果ガス排出量の減少量を計算した。この二つ環境負荷の減量のごみ袋有料化による主な政

策効果と考えられる。また、ごみ袋有料化は市民の環境意識を向上させることが、アンケート調査結果からうかがえた。

今後の研究では、地方の3R政策に基づいて、台南市のごみ推計モデルを構築することを予定している。また、今年度構築したモデルの不確定分析とLCA分析も行う。

5. 活動資料

今年度の研究では、「学」の研究活動について、台湾の環境評価と廃棄物マネジメントの分野で著名である国立成功大学の林素貞教授と国立台湾大学の馬鴻文教授と数回研究打ち合わせを行い、研究内容を検討し、モデルの構築と解析方法を提案した。



図7 国立成功大学の林先生と打ち合わせ



図8 国立台湾大学の馬先生と打ち合わせ

また、「官」と「民」との交流活動について、台湾環境省と台北市役所と台北県庁と台南市役所の職員を訪問し、台湾の中央と地方の廃棄物マネジメントやごみ処理施設の現状と問題点を伺い、将来の岡山大との研究連携を討論した。また、台湾のごみ3R活動について、台北市の慈濟宗教団体のリサイクル工場(ボランティア)を訪れ、最終処分場の管理について、台北市である唯一現役の埋立場と旧埋立場である復育公園を見学した。さらに、桃園県にある e-waste のリユースの民間会社(佳龍科技工程株式会社)を訪れ、パソコンの廃材再利用の状況を見学した。



図9 国立高雄大学の甯先生(左1)と台南市役所の廃棄物課職員と打ち合わせ



図10 台北県ごみ袋有料化担当職員と打ち合わせ

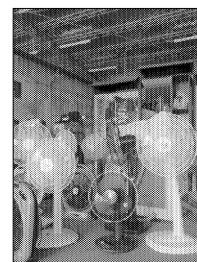


図11 NGO「慈濟」のリサイクルと資源再生の実施状況

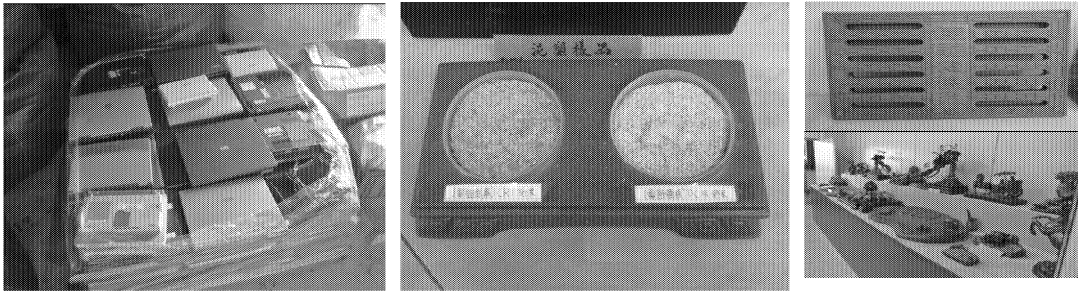


図12 パソコン廃材の資源再生の実施状況



図13 福徳復育公園の滲出水収集施設



図14 福徳復育公園のメタン収集施設

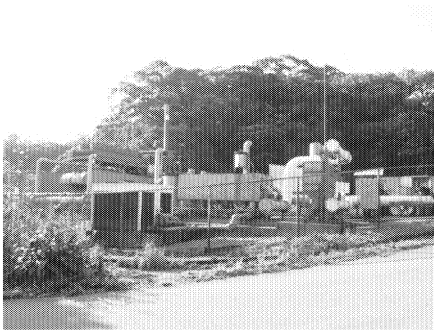


図15 福徳復育公園のメタン発電 (1)

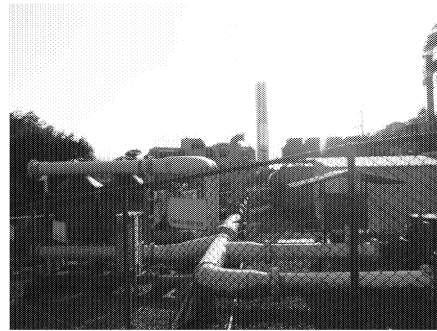


図16 福徳復育公園のメタン発電 (2)

今年度、以下のように、国内および国際学会で本研究成果を発表した。2010年11月、台北市のごみ袋有料化によるごみ減量効果の評価について、一部の成果を廃棄物循環資源学会研究発表会で発表した。2011年2月、最終処分場の跡地再利用に関する研究をアジア・太平洋廃棄物専門家会議で発表した。また、2本ジャーナル論文を準備中であり、国際学術誌に投稿する予定である。

- Weng, Y. C., Fujiwara, T., 2010. Intervention Time Series Analysis of the Household Solid Waste Generation in Taipei City. 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会, 金沢, 623-624頁, 11月4-6日。
- Weng, Y. C., Fujiwara, T., 2011. Management of Closed Landfills Regarding Biodiversity Preservation and Climate Change Mitigation: A SWOT Analysis for the Selected Case

Studies in Asian Regions. Proceedings of the 8th Expert Meeting for the Society of Solid Waste Management Experts in Asia and Pacific Islands (SWAPI), Tokyo, Japan, 200-207, Feb. 21-22.

- Weng, Y. C., Fujiwara, T., 2011. Evaluating the Policy Effectiveness of the Pay-As-You-Throw Policy in Taiwan Regarding Waste Reduction and GHG Mitigation. Be submitted to *Environmental Management*. (準備中)
- Weng, Y. C., Fujiwara, T., Lin, S. J., Ma, H. W., 2011. An Empirical Study on the Public Consciousness and the Willingness to Pay Regarding the Household Waste Charging Systems in Taiwan. Be submitted to *Journal of Material Cycles and Waste Management*. (準備中)

6. 参考文献

- Bilitewski, B., From traditional to modern fee systems, *Waste Manag.*, 28 (12), 2760-2766 (2008).
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M. and G. C. Reinsel, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1994).
- Carson, R.T., Contingent valuation: a user's guide, *Environ. Sci. Technol.* 34 (8), 1413-1418 (2000).
- Central Climate Bureau, R.O.C., Online Meteorological Database, (2010). Available from: <<http://www.cwb.gov.tw/>> (in Chinese)
- Chao, C. L., Time series analysis of the effects of refuse collection on recycling: Taiwan's "Keep Trash Off the Ground" measure, *Waste Manag.*, 28 (5), 859-869 (2008).
- Department of Environmental Protection, Taipei City Government, Online database of Monthly Environmental Statistics in Taipei City (2010). Available from: <<http://www.epb.taipei.gov.tw/report/bulletin.aspx>> (in Chinese)
- IPCC, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5 Waste (2006). Available from: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.htm>>.
- Liu, J. and T. Matsumoto, SWOT Analysis for discussion of success factors and obstacles on Eco-industrial Park Projects in several Asian countries, *J Global Environ. Eng.*, 14, 27-36 (2009).
- Saz-Salazar, S. D. and P. Rausell-K'oster, A Double-Hurdle model of urban green areas valuation: Dealing with zero responses, *Land. Urban Plan.*, 84 (3-4), 241-251 (2008).
- Srivastava, P. K., Kulshreshtha, K., Mohanty, C. S., Pushpangadan, P. and A. Singh , Stakeholder-based SWOT analysis for successful municipal solid waste management in Lucknow, India, *Waste Manag.*, 25 (5), 531-537 (2005).
- Whittington, D., Smith, V. K., Okorafor, A., Okore, A., Lui, J.-L., Giving respondents time to think in contingent valuation studies: a developing country application. *J Environ. Econ. Manag.*, 22 (3), 205-225 (1992).
- Weng, Y. C., Fujiwara, T. and Y. Matsuoka, Estimation of greenhouse gas emission from the treatment and disposal of municipal solid waste and its policy implication: A Taiwan case study, *J Global Environ. Eng.*, 14, 47-55 (2009).