

東京大学公共政策大学院
「公共政策の経済評価」 2015 年度

芝浦水再生センター再構築事業の費用便益分析

経済政策コース 1 年
51-158052 浅井洋仁
51-158062 勝木辰明
51-158084 力武奈津美
国際公共政策コース 1 年
51-158044 班 学人

目次

Executive Summary	3
1. はじめに	6
2. 事業概要	7
3. 分析の概要	9
3-1. 分析の対象	9
3-2. 政策オプション	9
3-3. 当事者適格	9
3-4. 評価の対象期間及び割引率	9
4. 費用・便益の項目	10
4-1. 費用項目	10
4-2. 便益項目	10
5. 費用項目の推計	11
5-1. 公園	11
5-2. 排熱利用の費用	11
5-3. 雨天時貯留池	14
6. 便益項目の推計	15
6-1. 公園	15
6-1-1. 対象範囲の世帯数の推計	16
6-1-2. 公園面積	17
6-1-3. 公園までの所要時間	19
6-1-4. 二酸化炭素吸収便益	20
6-2. 排熱利用の便益	21
6-3. 地代収入	22
7. 純便益の推計と感度分析	23
7-1. 純便益の推計	23
7-2. 感度分析	24
7-2-1. 感度分析の設定	24
7-2-2. 感度分析の結果	27
8. 本分析の結果と今後の課題	28
参考文献	29
謝辞	30
補足資料	31

Executive Summary

研究の背景・目的

近年、土地の有効利用のために、下水処理上の上部利用が進められており、この動きは、人口密度の高い都市部で顕著である。自宅の周辺に下水処理場があるというのは、住民にとっては好ましいことではないため、上部利用の多くは環境やにおい対策のために公園として利用されている。

多くある下水処理場の上部利用の中で、本研究においては芝浦水再生センターの事業を取り上げる。この事業において、東京都は下水処理場の人工地盤を建設し、それによって生まれた土地の一部を公園として利用し、一部を民間企業に貸し出して借地権収入を得ている。そして、民間企業に貸した土地の上部には商業用のビルが建設されており、その一部を東京都が利用している。さらには、下水処理場から生まれる排熱をビルに供給することで、環境にも優しい事業として評価されている。従来の公園ではなく、商業用のビルとして利用することができたのは、芝浦水再生センターが品川駅から約徒歩 10 分という、商業施設としてかなり魅力的な立地にあったためである。この事業は官民連携により、コストを低く抑えることができた点や、排熱利用などの環境への配慮が評価され、2015 年に国土交通大臣賞循環のみち下水道賞を受賞した。なお、同時にビルの下部に造られた雨天時貯留池も、川や海などの環境保護に貢献している。

この事業を研究することで、下水処理場の上部利用における、官民連携事業の有効性を評価していく。また、それに基づいて下水処理場上部利用のあり方を検討し、政策提言を行っていく。

分析手法

現行の政策のように上部を公園、商業用のビルとして用いるケース（With ケース）と特に何も建設しないケース（Without ケース）で分析を行った。評価期間は 2015 年から 2074 年の 60 年間とし、社会的割引率は 4%とした。また、以下の費用・便益項目についてヒアリングや分析を行った。

費用項目

- (1)公園・人工地盤建設費、(2)公園維持管理費、(3)排熱供給設備工事費、(4)排熱供給設備維持管理費、(5)貯留池建設費

便益項目

- (1)公園の利用価値、(2)公園の環境価値、(3)公園の防災価値、(4)公園の樹木による CO₂削減、(5)地代収入、(6)排熱供給収入、(7)排熱利用による CO₂削減
-

推計結果

次に、推計結果を以下の表に示す。純便益はおよそ 699 億円、B/C は約 3.39 となった。従って、この事業においては大きな便益が得られたと言える。また、最悪ケースによる感度分析を行っても純便益は正となり、結果の頑健性が確認された。

表 1. 費用・便益分析結果

分類	対象	項目	金額 (百万円)
便益	公園	利用価値	5,716.36
		環境価値	7,500.82
		防災価値	11,766.35
		CO ₂ 削減	1.80
	土地	土地収入	61,427.07
	排熱利用	排熱利用	9,646.51
		CO ₂ 削減	3,160.63
		合計	99,219.54
費用	公園・土地	公園・人工地盤建設費	8,919.43
		維持管理費	755.61
	排熱利用	設備工事費	2,004.70
		維持管理費	3,104.41
	貯留池	建設費	14,516.82
		合計	29,300.97
純便益			69,918.57
B/C			3.39

結論と今後の課題

本研究では、最悪ケースにおいても純便益が正となり、この事業の有効性が確認された。しかしながら、より精度を高めるため、以下の点が今後の課題として考えられる。

- ・貯留池の水質改善便益の推定
- ・費用について、データの制約上、実際に発生した金額ではなく推計値を用いている箇所が多く、実際の費用との乖離が考えられること

以上の結果から、政策提言として以下の点を挙げる。

- ・上部ビル建設は、生産性の高い土地を供給できる都市部の下水処理場に適している。
- ・上部公園の建設は、周辺世帯数が約2万世帯以上の地域で望ましい。
- ・上記の使用例の代替案として、太陽光パネルの設置も考えられるが、費用が大きい割に、発電量が少ないことから純便益が負になる可能性が高い。

ただし、下水処理場のイメージが悪く近隣住民の理解を得る必要があるといったことも踏まえ、上部利用により貨幣換算が難しい便益も生まれていることも考慮した上で上部利用の方法を結論付けるべきである。

1. はじめに

東京では、2020年の東京オリンピック・パラリンピック開催決定を契機として再開発が活発化している。その中でも、品川駅周辺地域は、東京の国際競争力強化を担うべく、交通・ビジネスの重要地域になることが求められている。羽田空港の国際線の拡大やリニア中央新幹線発着駅、上野東京ライン整備など、交通の結節点になるというエリア全体の発展と同時に、企業の人材確保の観点から、イメージの良いエリアで駅に近いオフィスの需要が伸びているという流れもある。また、東京都の都市計画によって、品川エリアは環境モデル都市形成の中核的な役割を担うことが期待されている。

その品川駅の北側に位置する芝浦水再生センターは、処理区域内に、官庁や民間企業の事務所、繁華街を多数抱え、東京都の区部下水道の最も重要な施設である。当センターは現在、老朽化に伴う大規模な再構築事業が進められている。整備計画には、雨天時の増水に対応する貯留池の容量拡大や高速処理化等の能力強化が盛り込まれている。従って、今回の再構築事業には、品川の重要地域としての価値、環境都市としての役割、再構築事業による能力拡大というニーズを両立させる計画が求められていた。そこで注目されたモデルが、上部に業務商業ビルを合築するという民間企業との共同事業という形である。さらに、これまでも事例がある上部の公園整備を行うことで、こうした複雑かつ革新的なニーズを満たそうとしている。このように、水再生センターの上部利用は、東京の再開発の流れとあいまって、大きなポテンシャルがある。さらに、水再生センター以外の公共施設の上部空間利用についての構想もあり、広い視野で都市開発を考える必要がある。

一方で、水再生センターの上部利用は多くのコストが必要なため、メリットを評価することなしに事業を始めることは避けなければならない。公共施設であるという特徴、周辺環境によってニーズが異なること、多面的機能があること、施設の耐用年数が長いことなどを念頭に置き、多角的・総合的に費用と便益を評価するべきである。もちろん、公共事業である以上、純粋な経済学的評価のみで事業の是非を判断できるわけではなく、住民の意見や都市計画全体の文脈などが考慮されるだろう。しかし、事業の構造を明らかにし、何が便益の項目として考えられ、何が費用の項目として考えなければならないのかを政策決定者にとって分かりやすく提示することによって、議論をより具体的なものにできる。今回は、事業の文脈を意識しつつ総合的に評価を行うという観点で、費用便益分析を行った。

次章以降、第2章で事業概要を、第3章・第4章で分析の枠組みを、第5章・第6章・第7章で費用便益分析の推計結果を、第8章で結果のまとめと政策提言を記している。

2. 事業概要

今回取り上げる事業は、芝浦水再生センターの上部利用事業である。この事業では、芝浦水再生センターの上部に人工地盤を建設し、その土地の一部を商業用のビルとし、一部を公園とした。ビルの土地については、「総合評価一般競争入札」によって、落札者を決定し、その借地権売却益を得た。ビルの建設については、借地権を落札した民間企業が担当をした。

また、これらの工事と同時にビルの下部に雨天時貯留池を建設した。この工事についても民間企業が担当をした。さらに、水再生センターにおいて発生する下水処理排熱を上部ビルに供給して、その分の利益が発生している。その外観、断面の概況を下図に記す。品川シーズンテラス、芝浦中央公園とも、一見すると普通のビルと公園であるが、人工地盤の上に作られたものである。



図1. 芝浦水再生センター外観 (出典：東京都下水道局資料)

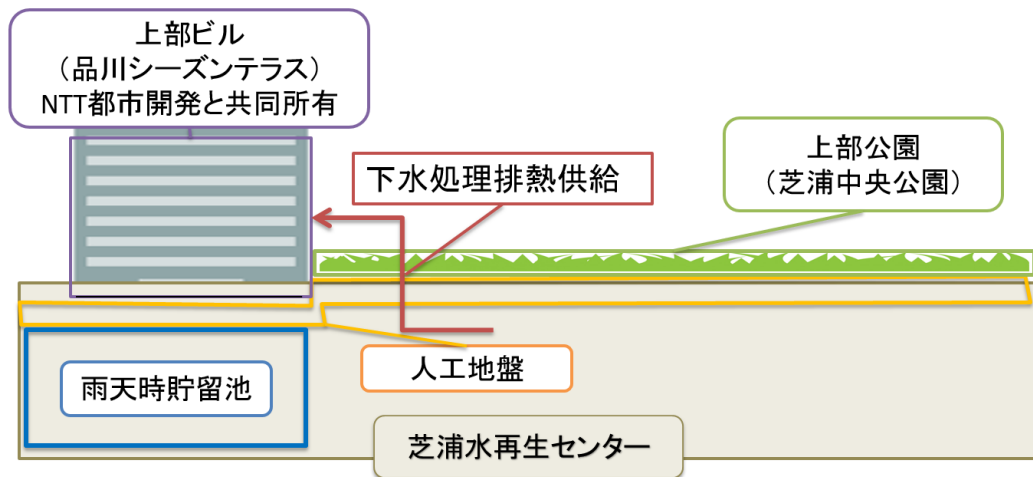


図2. 芝浦水再生センター断面図（筆者作成）

芝浦水再生センターは、品川駅から徒歩10分ほどの商業利用のポテンシャルが非常に高い地域に位置している。そういったこともあり、民間企業から一定の借地権を得ることができ、コスト削減につながった。都市部にある下水処理場の上部を有効に活用したことが評価され、2015年に国土交通大臣賞循環のみち下水道賞を受賞した事業である。

3. 分析の概要

3-1. 分析の対象

芝浦中央公園，品川シーズンテラス，貯留池

3-2. 政策オプション

本分析では，以下の二つの政策のオプションを分析の対象とした。

- (1)上部を公園，商業ビルとして利用する(以下 with ケース)。
- (2)上部利用を行わない(以下 without ケース)

3-3. 当事者適格

当事者適格を東京都とする。理由としては以下の通りである。

- (1)芝浦の水再生センターの管轄が東京都であるため。
- (2)民間企業との契約を結んだのが東京都であるため。

3-4. 評価の対象期間及び割引率

品川シーズンテラスの工事期間は2010年から2015年で，2015年5月28日にオープンした。よって，費用・便益の評価の対象期間を，2015年度から2074年度までの60年とした。対象期間は，人工基盤の耐用年数に基づいて設定した。社会的割引率は小規模公園費用対効果分析マニュアルに準じて4.0%と設定し，各年度の現在価値を推計した。そして，各年度における各費用・便益が当該年度末に発生すると仮定した。

このような前提のもと，以下の式で割引現在価値の和を計算した。

$$\sum_{X=2015}^{2074} \frac{A}{1.04^{X-2015}}$$

(A : X年度における費用・便益)

4. 費用・便益の項目

4-1. 費用項目

本分析の費用項目として、以下の 5 つを設定した。

公園・土地

- (1)公園・人工地盤建設費：反応槽上部覆蓋と公園の整備に要した費用
- (2)維持管理費：維持管理に要した費用。

排熱利用

- (3)設備工事費：排熱利用設備等の新設するのに要した費用。
- (4)維持管理費：維持管理に要した費用。

貯留池

- (5)建設費：貯留池建設に要した費用。事前調査費用も含まれる。

4-2. 便益項目

本分析の便益項目として、以下の 7 つを設定した¹。

公園の便益

- (1)利用価値：遊び・憩い・交流の場としての利用から発生する便益
- (2)環境価値：緑地・うるおいをもたらした結果としての便益
- (3)防災価値：災害拡大防止、避難場所としての便益
- (4)CO₂削減：CO₂が削減されたことによる便益

土地

- (5)地代収入：借地権売買から得られる便益

排熱利用

- (6)排熱利用：排熱を利用した熱供給による便益
- (7)CO₂削減：CO₂が削減されたことによる便益

¹ 本来ならば貯留池の便益も計算するべきであるが、便益の算定が難しいため、貯留池については費用のみ計上する。詳しくは 5.3 を参照。

5. 費用項目の推計

5-1. 公園

公園の費用として、①建設費、②維持管理費が考えられる。また、総務省によると公園の耐用年数は40年と考えられるため、人工地盤を除く、公園部分の再投資が40年後に必要なとの仮定を置いた。建設費は、記事によると、人工地盤と公園整備を含めた合計額が78億円である²。一方で、再投資を必要としない人工地盤の建設費は、54億9,400万円と推定される。これは、単位面積当たりの建設費を20万円とし³、公園全体の面積を掛けることで求めた。公園の面積の推定方法は、公園の便益の項を参照して頂きたい。従って、公園整備に必要な費用は23億600万円と推定される。今回は、その費用が40年後に再び必要であると仮定して計算した。維持管理費は、周辺公園の維持管理費を面積比で調整し、算出した。表2は、これらの費用の総計を割り引いた額を示している。

表2. 公園費用（百万円）

公園・人工地盤建設費	8,919.43
維持管理費	755.61

5-2. 排熱利用の費用

下水排熱を品川シーズンテラスの空調に利用する。その費用は建設費、年間維持管理費、設備更新費である。

建設費の推定値は約20億円である。建設費は、熱交換器や熱源水配管、ヒートポンプ、蓄熱設備、排熱利用に合わせた空調側の部品などが考えられる。建設費を推計するために、今回は東京都下水道局の事業年報を用いた。しかし、事業年報は執筆時点で平成24年度版、および平成25年度版が公表されているものの、平成26年度版以降は未公表だった。従って、排熱利用設備建設開始の2012年以降、2012年、および2013年は事業年報に記載された数値を用い、2014年、および建設終了の2015年は工事日数から推計した(表3)。この推計では、2013年の一日当たりの工事費約240万円に、2014年は365日、2015年は41日を掛けた値を用いた。結果として、割引現在価値化前の総建設費は約19億円となった。

この数値の妥当性を、他の二通りの方法によって確認した。国交省の「下水熱利用プロジェクト推進ガイドライン」では、過去の下水道処理施設における流入水量と排熱利用設備の建設費の関係を一次回帰して目安としているが(図3)、それによると芝浦水再生センターの場合は30億円である。この時用いた流入水量は、数値の分かっているソニーシティの利用水量から両者の延べ床面積に関して

² 日経アーキテクチュア2014年6月25日号

³ プレストレスト・コンクリート建設業協会の津波対策施設に関するレポートの中での概算による。20万円/m²という値については、人工地盤の建設費と面積に関する過去の事例から、大きく外れていないと考える。

比例するものと仮定した。また、読売新聞の2015年6月19日の記事によると、敷地利用を含めた事業全体で27億円ということである。これらの値と比較しても、割引前の値である19億円は大きく外れたものではないと言える。

年間維持管理費は、設備の日常的な管理やメンテナンスにかかる人件費を含めた費用である。これは、先述の国交省の「下水熱利用プロジェクト推進ガイドライン」の維持管理費に関する一次回帰の推定（図4）を用いた。結果は、年間約1億円である。

排熱利用に関する設備の耐用年数は、法定耐用年数としては15年であり、15年ごとに設備の更新が必要である。設備更新費の推定は、国交省の「下水熱利用マニュアル（案）」をもとに行った。結果は、一回の更新で約7億円である。マニュアルでは、代表的な排熱利用設備の構成（図5）と下水設備の単位当たりの価格の目安が提示されている（表4）。熱交換器やヒートポンプ、配管、配管工事費などについて、電力、容量、長さ、質量などを仮定した上で計算した。

表3. 排熱供給装置費用

	確定値(円)	期間(日)	1日あたり費用(円)	予測費用(円)
H24	12,001,500	56	214,313	0
H25	891,345,000	365	2,442,041	0
H26	0	365	0	891,345,000
H27	0	41	0	100,123,684

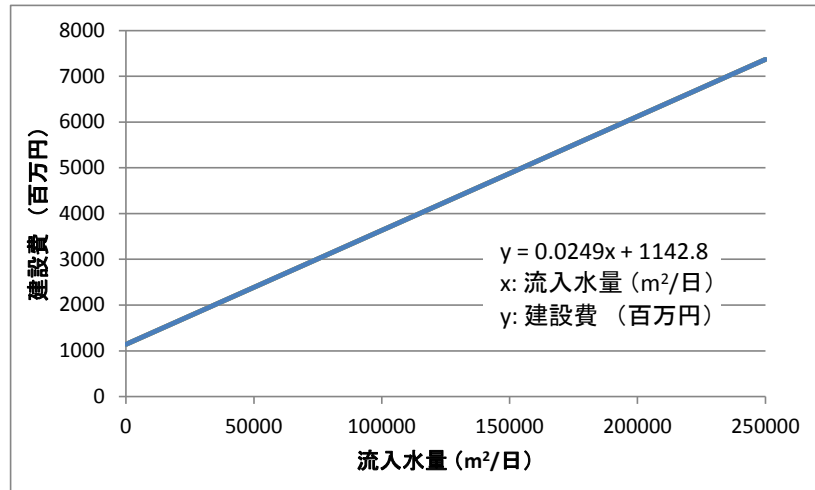


図 3. 大規模設備における流入水量と建設費用の関係（国土交通省（2014）をもとに筆者作成）

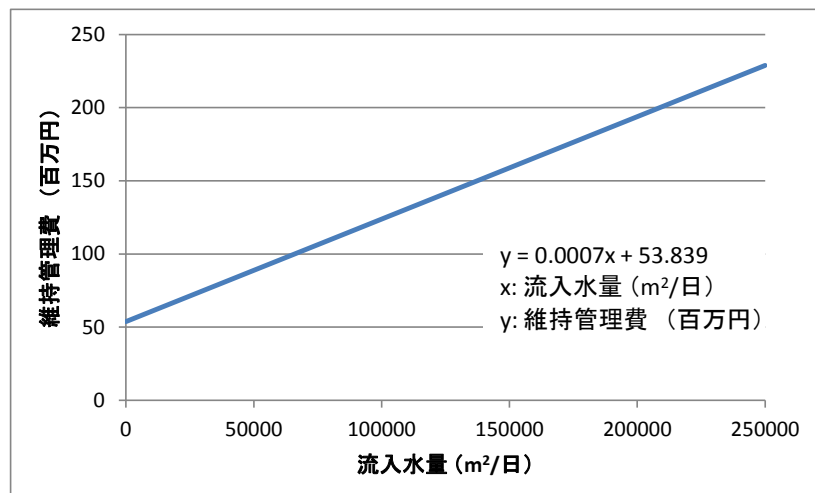


図 4. 大規模設備における流入水量と維持管理費の関係（国土交通省（2014）をもとに筆者作成）

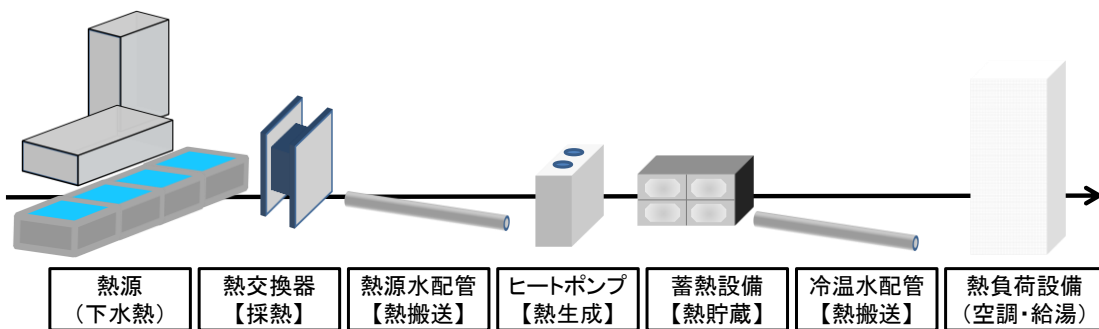


図 5. 排熱供給概要（国土交通省（2015）をもとに筆者作成）

表 4. 排熱供給装置データ (仮定)

設備更新費	単価	電力・容量・長さ・質量	金額
水熱源 HP	30,000 円/kW	2,423.83308 kW	72,714,992 円
電動チラー	20,000 円/kW	2,423.83308 kW	48,476,662 円
空冷 HP	25,000 円/kW	2,423.83308 kW	60,595,827 円
ボイラ	8,000 円/kW	2,423.83308 kW	19,390,665 円
下水熱交換機	10,000 円/kW	2,423.83308 kW	24,238,331 円
オートストレーナー	8,000 円/(m³/h)	3,145.516962 m³/h	25,164,136 円
熱源水ポンプ	30,000 円/kW	2,423.83308 kW	72,714,992 円
処理水配管	3,000,000 円/t	73.5 t	220,500,000 円
処理水配管工事	1,500,000 円/m	100 m	150,000,000 円
総設備更新費			693,795,604 円

配管			
外径	0.05 m	密度	7800 kg/m³
肉厚	0.003 m	長さ	200 m
素材	ステンレス	本数	100 本

5-3. 雨天時貯留池

雨天時貯留池の費用は、建設費のみ発生するとした。この貯留池により、今までは大雨のときに水処できずに川に流していた水を保管することで、きれいに処理してから川に流せるようになった。従って、本来は環境を改善する便益を計上するべきであった。しかしながら、この環境改善の便益の計上が困難であったため、今回は費用のみを計算した。よって、本研究は過小便益となる。

建設費は、主に東京都下水道局の事業年報を使用して算出した。確定値が平成 25 年度までしか得られなかったため、各年度の工事日数に比例させ、費用を推計した。

その結果、約 145.17 億円の建設費がかかったとされる。

6. 便益項目の推計

6-1. 公園

対象となる公園は、敷地面積から小規模公園に分類されるため、国土交通省の「小規模公園費用対効果分析マニュアル（以下マニュアル）」を参考に分析を行った。CO₂削減便益はマニュアルでは考慮されていなかったため、独自に便益項目を追加し、分析を行った。

上記で説明した通り、公園建設によって発生する便益は以下の通りである。

表 5. 公園から得られる便益

利用価値	遊び・憩い・交流の場
環境価値	緑地・うるおい
防災価値	災害拡大防止・避難
CO ₂ 削減	緑地面積増加により発生

次に、CO₂削減便益を除く便益項目の分析方法をマニュアルに基づいて、簡潔に説明する。

Step1

各町丁における既存公園の利用・環境・防災便益と対象公園の各便益を用いて、新たに増加した効用値（世帯/年）を求める。

Step2

効用値を貨幣価値に換算し、将来世帯数に乗ずることで、便益額（年）を求める。

Step3

2015～2074年の各年便益と費用の割引価値を求める。

表 6 は、上記の分析手法で求めた便益額である。

表 6. 公園から得られる便益結果（百万円）

利用価値	5,716.36
環境価値	7,500.82
防災価値	11,766.35

次に、これらの結果を得るために用いた世帯数推計、公園面積、公園までの距離について述べていく。

6-1-1. 対象範囲の世帯数の推計

公園から得られる便益を計算するのに必要なデータの一つとして、対象範囲の現在および将来世帯数の推計値がある。この節ではそれらの求め方について述べる。

対象とするのは、国土交通省小規模公園費用便益分マニュアルに基づいて、港区中央公園を中心に半径 1.5km とした。図 6 で表されるように、半径 1.5km のラインにまたがってしまう町丁については、およそ半分の面積が含まれているものを対象とすることとした。すると、対象となるのは以下の町丁となった。

対象の町丁

港区：海岸 3 丁目，高輪 1,2,3,4 丁目，白金 1,2 丁目，白金台 1,2,3 丁目，芝浦 2,3,4 丁目，港南 1,2,3,4,5 丁目，三田 3,4 丁目

品川区：北品川 1,3,4,5,6 丁目，東品川 1,2 丁目，東五反田 3,4 丁目

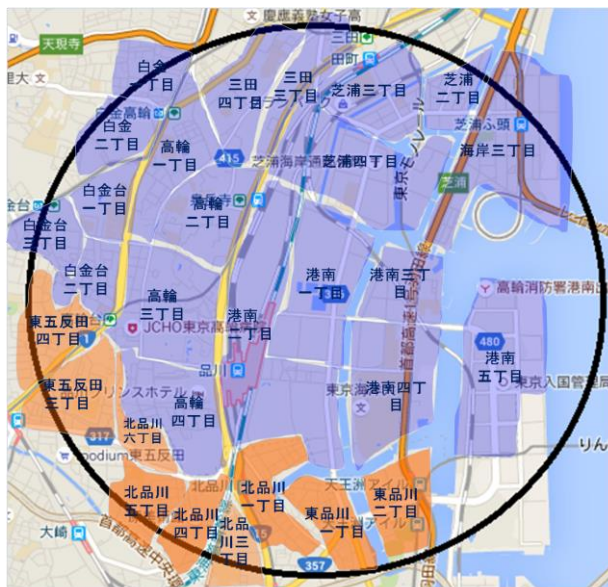


図 6. 対象の町丁
(出典：Google map)

世帯数は各町丁の現在の世帯数と各区の世帯数推計値をもとに、図 7 で表される流れで推計した。各町丁における世帯数は東京都統計局「区市町村別一般世帯数」からデータを得た。このデータには、区単位で将来の世帯数推計値が 5 年ごとに載っている。本研究においては、品川区、港区それぞれの 5 年ごとの増加率を 1/5 乗したものを 1 年ごとの成長率とした。品川区に該当する町丁については品川区の成長率を、港区に該当する町丁については港区の成長率を用いた。

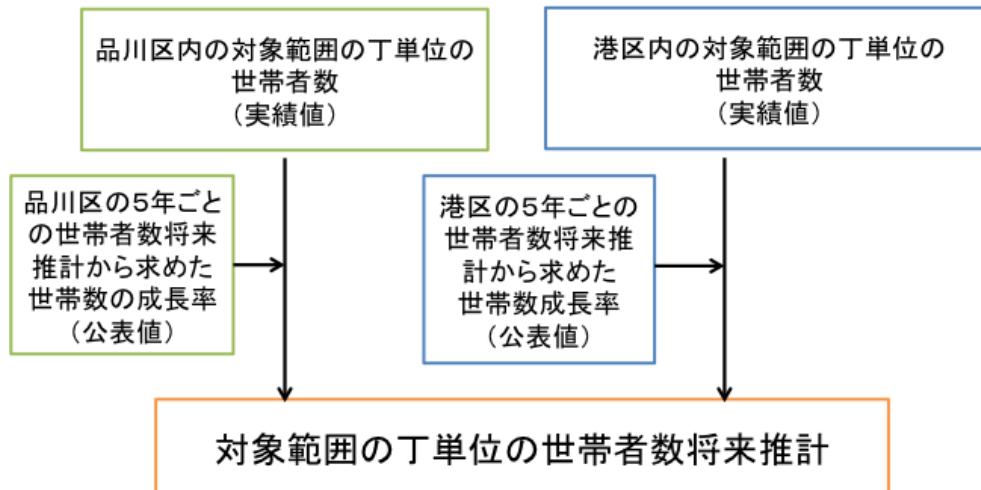


図7. 世帯数将来推計 フローチャート

6-1-2. 公園面積

次に、公園の面積について推計方法を示していく。

まず、競合公園の対象となる公園を設定した(図8)。既存する競合公園は、費用便益分析マニュアルに基づき、芝浦水再生センターを中心とし、半径1.5km以内にある近隣公園を競合公園の対象とした。なお、近隣公園とは国土交通省によれば、「主として近隣に居住する者の利用に供することを目的とする公園で、1近隣住区当たり1箇所を誘致距離500mの範囲内で1箇所当たり面積2haを標準として配置する」公園のことである。



図8. 対象となる競合公園
(出典：Google map)

対象となる競合公園

亀塚公園, 三田台公園, 港南緑水公園, 天王洲公園

公園から得られる便益を計算するには、それぞれの公園について面積を求めなければならない。公園の面積については、以下の表に基づいて、緑地面積、オープンスペース面積、その他の面積として分類をして求める。

表 7. 公園面積の分類

区分	備考	対応
樹林面積	低木等含む	緑地面積
花壇面積	—	
水面面積	湖沼、池、滝、流れ、等	オープンスペース面積
園路・広場	多目的広場、園路、等	
運動広場等	グラウンド、野球場、サッカー場、駐車場、等	
上記以外面積	全体供用面積から、(1)～(5)の合計面積を差し引いたもの(施設面積等に相当)	その他面積

また、公園面積の推計値を以下の表に記す。

表 8. 公園面積推計値

公園名	面積 (m ²)			
	緑地	オープンスペース	その他	合計
亀塚公園	5,579	1,826	1,778	9,183
港南緑水公園	2,098	13,645	4,463	20,206
三田台公園	1,513	1,835	1,291	4,638
天王洲公園	805	21,112	8,125	3,0042
港区中央公園 (芝浦水再生センター)	7,294	11,406	8,770	27,470

公園全体の面積については、港区、品川区の HP に掲載されているデータを参照した。ただし、港区中央公園のみは新設されたばかりでデータが得られなかったため、Google Map の面積計算機能を用いて推計した。

緑地面積、オープンスペース面積、その他の面積については、面積計算ソフトを用いて、それらの面積の比を求め、その値を公園全体の面積に乗じることで推計した。面積計算の様子を次ページに示す(図9)。

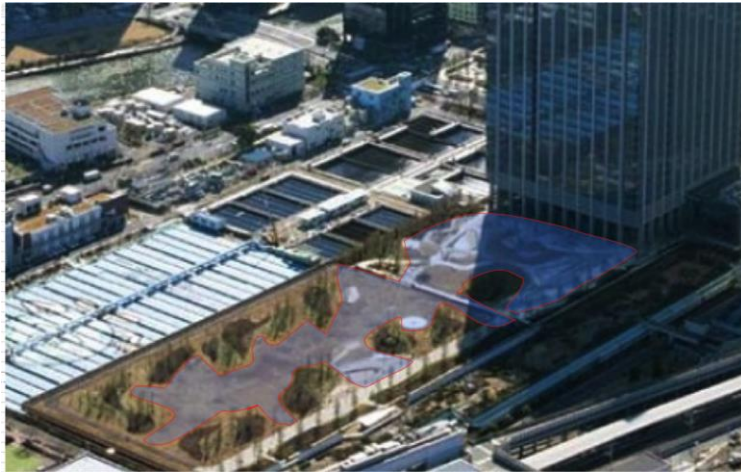


図9. 面積計算

(出典：芝浦水再生センターHP)

6-1-3. 公園までの所要時間

各町丁からの所要時間は、Google map において、出発地点に「〇〇区〇〇町〇丁目」と対象の町丁を入力し、行き先には対象の公園を入力した（図10）。

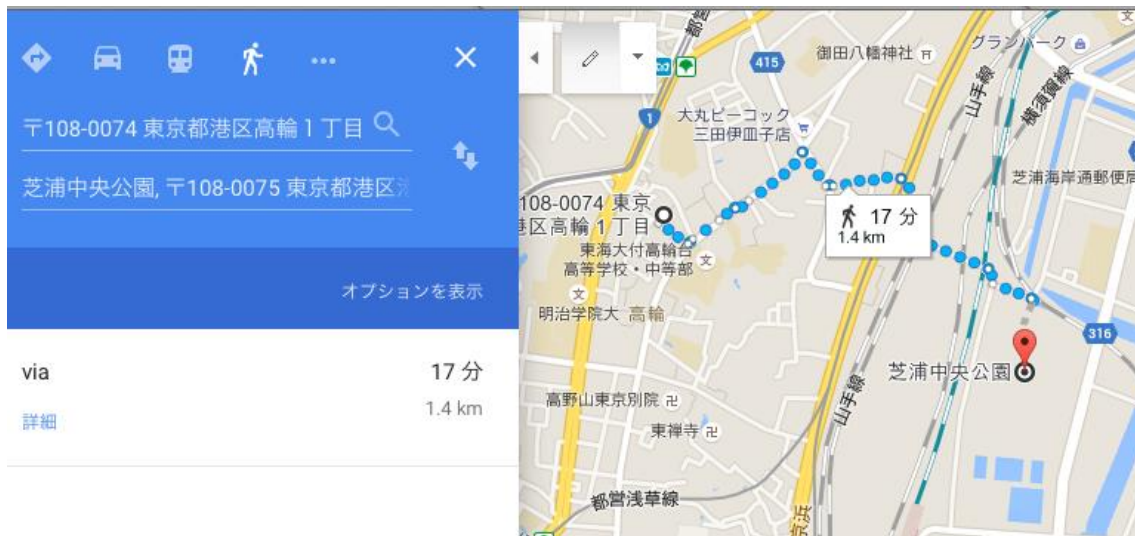


図10. 公園までの所要時間

(出典：Google map)

それによって得られた距離のみを用い、歩くスピードは費用便益分析マニュアルに沿って分速50mとして、所要時間は改めて計算をした。

6-1-4. 二酸化炭素吸収便益

二酸化炭素吸収便益については、小規模公園費用便益分析マニュアルに含まれていないため、個別に計算をした。この便益は以下のような計算式において求めた。また、それぞれの数値とその求め方は以下の表にまとめた。

CO₂吸収便益(円)

$$= \text{緑地炭素固定量}(t - C/ha) \times \text{緑地面積}(ha) \times \text{CO}_2\text{価格}(\text{円}/t - \text{CO}_2) \times \frac{44}{12}$$

表 9. 二酸化炭素吸収便益に関する値とその求め方。

緑地面積 炭素固定量	2.251(t - C/ha)	市村恒士氏による研究「樹冠被服面積 ⁴ に基づいて都市緑地の二酸化炭素固定量の推定に関する研究」より参照。
緑地面積	0.7294(ha)	Google map 面積計算機能により、全体の面積を計算し、面積計算ソフトに基づいて緑地比率を求め、それらを乗じることで推計した。
CO ₂ 価格	12,704(円/t - CO ₂)	林野公共事業における事前評価マニュアルより参照。

なお、 $\frac{44}{12}$ とは炭素と二酸化炭素の質量比であり⁵、炭素から二酸化炭素への変換係数である。すると、1年間あたりの便益は以下のように求められた。

$$2.251(t - C/ha) \times 0.7294(ha) \times 12,704(\text{円}/t - \text{CO}_2) \times \frac{44}{12} = 76,481(\text{円})$$

⁴ 樹冠被覆面積とは、樹木の上部で葉が茂っている部分の面積である。厳密に言えば緑地面積は違うが、簡単のため緑地面積を用いて計算をしている。

⁵ 炭素の物質量が12(g/mol)、二酸化炭素の物質量が44(g/mol)であることから求められる。

6-2. 排熱利用の便益

排熱利用の便益は、供給する熱量分の対価を得られること、排熱を利用し電力を消費しないことによって CO₂ を削減できることである。

供給熱量の対価の推定は、熱量に相当する電気料金を東京都が得ると仮定する。推定結果は、評価期間全体で約 96 億円である。これは、表 10 で表される電気料金体系から求めた年間の電気料金を、評価機関全体で一定という仮定で割引現在価値化して足し合わせたものである。供給熱量は、排熱利用を管理している東京都下水道エネルギー株式会社の HP で推定値が公表されており、年間約 76 TJ である。電気料金は、東京電力の特別高圧 A の料金体系を参考にした。基本料金、電力量料金、再生エネルギー賦課金の和である。基本料金は基本単位料金、契約電力、力率係数の積であり、電力量料金は、季節料金単価と電力量の積、燃料調整額の和である。基本単位料金は、約 1,630 円/kW、電力量料金は夏季においては、約 15 円/kWh、再生エネルギー賦課金は、約 1.6 円/kWh である。

表 10. 電気料金

供給熱量	76,438 GJ/年
電気料金	料金＝基本料金＋電力量料金＋再生エネ賦課金 基本料金＝基本料金×契約電力×(185-力率)/100 電力量料金＝季節料金単価×電力量±燃料調整額 基本料金 1630.8 円/kW、力率 85、電力量料金 14.79 円/kWh (夏季・その他季加重平均)、燃料調整額 0.6303 (過去 5 年平均)、再生エネ賦課金 1.58 円/kWh

CO₂削減便益については、電力削減量、CO₂排出係数、CO₂価格の積で推定する。結果は、年間約 1.3 億円、評価期間全体では約 32 億円である。使用した値をまとめた表 11 では、電力削減量は表 10 で用いた値を単位変換し、CO₂排出係数は電力会社の公表している値を用い、CO₂価格は林野庁のマニュアルを参照している。式は以下の通り表すことができる。

$$\text{CO}_2\text{削減便益(円/年)} = \text{電力削減量(kWh/年)} \times \text{CO}_2\text{排出係数(kg-CO}_2\text{/kWh)} \times \text{CO}_2\text{価格(円/kg-CO}_2\text{)}$$

表 11. CO₂削減便益

電力削減量	21,230,000 kWh/年 (東京下水道エネルギー株式会社 HP)
CO ₂ 排出係数	0.496 t-C/GJ (東京電力 HP)
CO ₂ 価格	12.704 円/kg-CO ₂ (林野公共事業における事前評価マニュアル)

6-3. 地代収入

借地権の契約について

東京都と NTT 都市開発を代表とするコンソーシアムが、借地権について契約を結んだ。品川シーズンテラスの一部を東京都が 30 年間所有し、東京都はそのうちの六割程度をオフィスとしてレンタルすることで収入を得る。朝日新聞によると東京都は、本年度はおよそ 26 億円の収入が見込まれていると発表した。

推計方法

毎年東京都が 26 億円の収入を得ると仮定する。また、30 年後に再び同じ内容で借地権契約を結ぶと仮定する。初年度以降の収入に関しては、社会的割引率を用いて割引現在価値を計算した。

結果

推計された便益はベースラインケースでは 61,427.07(万円)となった。

7. 純便益の推計と感度分析

7-1. 純便益の推計

これまでの分析をまとめると表 12 のような結果となった。純便益は約 699 億円であり、B/C は約 3.39 となった。従って、本事業においては大きな便益が出ていると言える。

表 12. 費用便益分析結果

分類	対象	項目	金額 (百万円)
便益	公園	利用価値	5,716.36
		環境価値	7,500.82
		防災価値	11,766.35
		CO ₂ 削減	1.80
	土地	土地収入	61,427.07
	排熱利用	排熱利用	9,646.51
		CO ₂ 削減	3,160.63
		合計	99,219.54
費用	公園・土地	公園・人工地盤建設費	8,919.43
		維持管理費	755.61
	排熱利用	設備工事費	2,004.70
		維持管理費	3,104.41
	貯留池	建設費	14,516.82
			合計
純便益			69,918.57
B/C			3.39

7-2. 感度分析

7-2-1. 感度分析の設定

本研究において、ベースケースにおける純便益がかなり高めに出ているため、感度分析は最悪ケースを設定して行っていく。感度分析の設定を以下の表にまとめる。

表 13. 感度分析設定

	不確実な項目	ベースラインケース	最悪ケース
公園	周辺地域の将来世帯推計	各区の人口成長率に基づき延伸	社人研の人口減少ケースに基づき延伸
	対象範囲	半径 1.5km 以内に半分以上入っている地域	完全に半径 1.5km 以内に入っている地域
排熱	電気料金	燃料調整額は過去 5 年の平均	燃料調整額は過去 5 年の最低値
	建設費	事業年報に基づき約 20 億	マニュアルに基づき約 30 億円
	維持管理費	設備更新費約 7 億円	設備更新費約 30 億円
地代	借地権	30 年間の借地権を固定。	人口減少予想、及び空室率の上昇を考慮

それぞれの項目について、必要に応じて補足を加えていく。⁶

周辺地域の将来世帯数

世帯数については、半径 1.5km 以内に完全に入っている町丁と対象を絞った (図 11)。



図 11. 最悪ケースの対象となる町丁
(出典 : Google map)

対象の町丁

港区 : 高輪 1,2,3,4 丁目, 白金台 1,2,丁目, 芝浦 3,4 丁目, 港南 1,2,3,4,5 丁目
品川区 : 北品川 1,6 丁目, 東品川 2 丁目

また、将来世帯数については、日本の将来人口減少に伴って世帯数も減少するという仮定をおいて計算をしていった。将来人口については、国立社会保障・人口問題研究所の「日本の将来人口推計」のデータを用いた。このデータの人口減少率を現在の品川区、港区の世帯数に乗じることで将来の世帯数を計算した。

⁶ 排熱利用については 5-2 を参照。

地代収入

最悪ケースの推計方法

最悪ケースの推計に関しては、上記の方法に加え、空室率、及び港区の人口の変動を考慮する。

(a)空室率に関して

最悪ケースでは、空室率の上昇による収益減少を考慮する。品川シーズンテラスの空室率のデータを得ることは出来なかったため、三鬼商事の港区のオフィスの空室率のデータを見たところ、過去10年間の空室率の平均が7.48%であったので、それをベースケースの空室率と仮定する。最悪ケースの空室率に関しては、過去10年間の港区オフィスの空室率が10.55%だったので、空室率をその数値で計算した。

(b)人口変動に関して

最悪ケースでは、地代に大きな影響を与える人口の予想減少分を考慮した。総合人口研究所によると、2015年度から2040年度までの人口推計は図12の通りである。

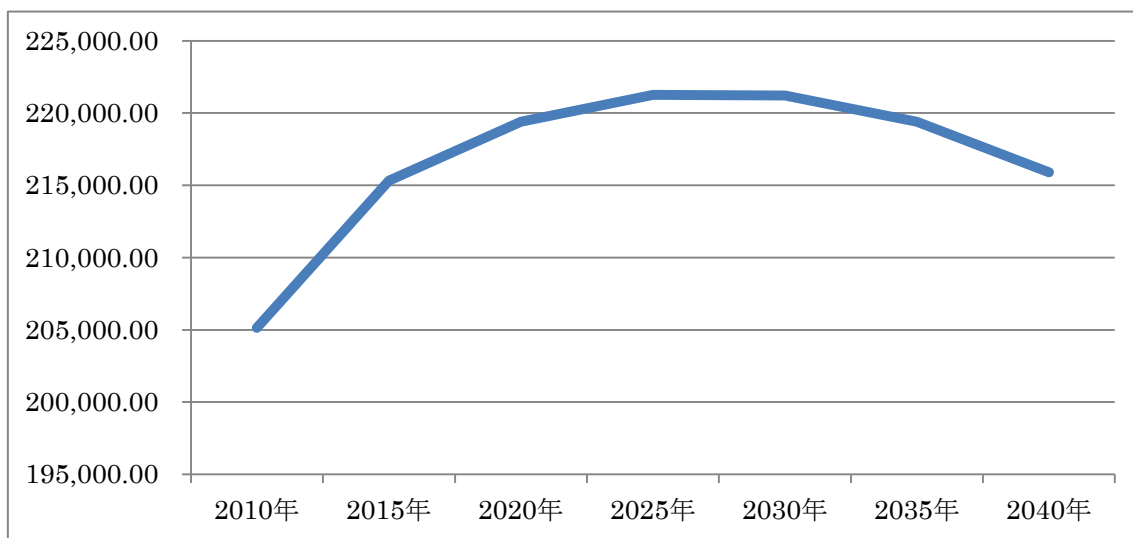


図12. 将来人口推計

(縦軸は人口、横軸は年度とする)

2035年度と2040年度の二点を結んだ線を延長し、2045年度の人数を214,126人と推計した。港区によると2015年度の港区の人口は225,297人なので、その比率を2045年度以降の収入にかけて、推計を行った。

7-2-2. 感度分析の結果

前節で述べた設定のもと感度分析を行うと、表 14 のような結果になった。

表 14. 感度分析結果

分類	対象	項目	ベースケース 金額 (百万円)	最悪ケース 金額 (百万円)
便益	公園	利用価値	5,716.36	3,670.04
		環境価値	7,500.82	4,815.71
		防災価値	11,766.35	7,554.28
		CO ₂ 削減	1.80	1.80
	土地	土地収入	61,427.07	52,810.57
	排熱利用	排熱利用	9,646.51	8,397.39
		CO ₂ 削減	3,160.63	3,160.63
		合計	99,219.54	80,410.42
費用	公園・土地	公園・人工地盤建設費	8,919.43	8,919.43
		維持管理費	755.61	755.61
	排熱利用	設備工事費	2,004.70	3,022.6
		維持管理費	3,104.41	5,421.5
	貯留池	建設費	14,516.82	14,516.82
		合計	29,300.97	32,635.96
純便益			69,918.57	47,775.44
B/C			3.39	2.46

このように、純便益は約 478 億円、B/C は 2.46 という結果となった。従って、最悪ケースにおいても便益が費用を大きく上回っているということが言える。

8. 本分析の結果と今後の課題

結果

ベースケース，最悪ケースともに，純便益が正となる分析結果が得られた。さらに，土地収入が大きいため，その便益だけでも，B/Cが1よりも大きいことがわかる。

よって，本事業は費用便益分析の観点から正当化できる。

得られた結果を踏まえて，政策提言として，以下の3点が考えられる。

- ・上部ビル建設は，生産性の高い土地を供給できる都市部の下水処理場に適している。
- ・上部公園⁷の建設は，周辺世帯数が約2万世帯以上の地域では純便益が正になるため，望ましい。
- ・上記の使用例の代替案として，太陽光パネルの設置も考えられるが，費用が大きい割に，発電量が少ないことから純便益が負になる可能性が高い⁸。ただし，下水処理場のイメージが悪いこともあり，近隣住民の理解を得るという点から，積極的な上部利用による貨幣換算の困難な便益が発生していることも考慮した上で，結論付けるべきである。

これらの政策提言を踏まえて，東京都に対する具体的な提案も行う。

上部ビルについては，八王子水再生センターのある八王子市の地価は芝浦水再生センターのある港区の1/16であり，ビル建設には適さないと言える。また，上部公園について人口の少ない昭島市，国立市，稲城市にある南多摩・北多摩二号・多摩川上流水再生センターでの上部公園建設は望ましくないと考えられる。

今後の課題

今後の課題として，以下の点を挙げておく。

- ・貯留池の水質改善便益の推定
- ・費用について，データの制約上，実際に発生した金額ではなく推計値を用いている箇所が多く，実際の費用との乖離が考えられること

⁷ 対象公園の敷地面積や既存公園の数等の条件が同じ公園で考えた場合。

⁸ 実際に，葛西水再生センターの費用便益分析の結果，純便益は約-3.9億円となった。

参考文献

- 東京都 (2014) 「品川駅・田町駅周辺まちづくりガイドライン 2014」
- 日経アーキテクチャ 2014 年 6 月 25 日 「下水施設の上部に超高層 定借の地代でインフラ更新」
- 週刊エコノミスト 2015 年 3 月 17 日 「東京で大型オフィスビルが続々竣工」
- 週間エコノミスト 2015 年 12 月 31 日 「品川と渋谷に大きな空間が生まれる」
- 東京都下水道局 (2011) 「芝浦水再生センターの上部利用及び再構築事例について」技術調査年報 2011 年度版
- プレストレスト・コンクリート建設業協会 (2011) 「人工地盤活用した津波対策の街づくり」
- <http://www.kensetsu-net.com/html/kiji.php?T=1&ID=28565&DS=&KB=> (最終閲覧 2016 年 1 月 7 日)
- 国土交通省(2014) 「下水熱利用プロジェクト推進ガイドライン」
- 国土交通省(2015) 「下水熱利用マニュアル (案)」
- 東京都下水道局 事業年報
- 東京都下水道局 「葛西水再生センター太陽光発電設備」
- <http://jcma.heteml.jp/bunken-search/wp-content/uploads/2012/04/064.pdf>
- 経済産業省 資源エネルギー庁資料 「最近の再生可能エネルギー市場の動向について」
- http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/016_01_00.pdf
- 市村恒士 「樹冠被服面積に基づいて都市緑地の二酸化炭素固定量の推定に関する研究」
- 東京都統計局 「区市町村別一般世帯数」
- 林野庁「林野公共事業における事前評価マニュアル」
- 国土交通省(2012) 「地価と人口の関連性」
- 三鬼商事 「全国オフィス空室率」

謝辞

本稿の執筆にあたり、多くの方にご指導・ご協力いただいた。指導教官の岩本康志教授にはテーマ設定の段階から完成に至るまで数多くの適切な助言をいただいた。また、北野泰樹教授にも大変重要なアドバイスをいただいた。これらの方々の協力無しには本研究の完成はあり得なかつたろう。この場を借りて厚く御礼申し上げたい。

なお、本分析における推計結果や提言は全て筆者たち個人の見解であり、所属する機関としての見解を示すものではない。また、言うまでもなく本稿にあり得る誤りは全て筆者たちに帰するものである。

補足資料

葛西水再生センター

近年、再生可能エネルギーの必要性がさげばれており、下水処理場の上部利用においても太陽光パネルの導入が少しずつ進められている。政策インプリケーションのため、葛西水再生センターにおける太陽光パネル導入事業についても費用便益分析を行った。結果としては、この事業の順便益はおよそ-3.9億円と負の値となった。概要を以下に記す。



図 13. 葛西水再生センター上部利用（出典：東京都水道局平成 22 年 4 月 8 日報道資料）

便益

発電による便益

まず、発電による便益を計算していく。発電量は東京都下水道局資料「葛西水再生センター太陽光発電設備」より1年で63万kWhとした。電気料金については、2015年11月現在の買い取り価格である27円/kWhを採用した。これらの二つの値を掛け合わせることで1年あたりの便益を以下のように計算した。

$$63 \text{ 万(kWh)} \times 27 \text{ (円/kWh)} = 1,701 \text{ (万円)}$$

二酸化炭素削減便益

二酸化炭素削減量は東京都下水道局資料「葛西水再生センター太陽光発電設備」の中にある値を参照し、年間 240 t-CO₂とした。二酸化炭素の価格は林野公共事業における事前評価マニュアルを参考に 12,704 円/t-CO₂とした。これらの二つの値を掛け合わせることで1年当たりの便益を以下のように計算した。

$$240(\text{t} - \text{CO}_2) \times 1.2704(\text{万円/t} - \text{CO}_2) = 304.896(\text{万円})$$

費用

設備工事費

東京都下水道局の年報より 77,442.75 万円とした。

維持管理費

経済産業省資源エネルギー庁資料「最近の再生可能エネルギー市場の動向について」の中にある値を参照し、0.8 万円/kW/年とした。また、東京都下水道局資料「葛西水再生センター太陽光発電設備」より、発電容量は 490kW とした。これらの二つの値を掛け合わせることで1年あたりの維持管理費を以下のように計算した。

$$0.8(\text{万円/kW}) \times 490(\text{kW}) = 392(\text{万円})$$

これらの結果をまとめた表を以下に記す。

表 15. 葛西水再生センター 費用便益分析結果

分類	項目	金額 (万円)
便益	発電便益	40,021.86
	二酸化炭素削減便益	7,173.72
	合計	47,195.58
費用	設備工事費	774,52.75
	運転維持費	9,223.14
	合計	86,675.89
純便益		-39,480.3
B/C		0.5445