

# 行政視察報告書

令和元年7月19日

呉市議会議長様

呉市議会議員 谷本 誠一

次のとおり行政視察したので報告します。

## 1. 視察期日

令和元年7月10日(水)～11日(木)

## 2. 調査項目

神奈川県横浜市 南部汚泥資源化センター 汚泥処理による固形燃料化  
について

---

大阪府大阪市 平野下水処理場 汚泥固形燃料化事業(汚泥炭化炉)に  
ついて

---

## 3. 参加議員

谷本誠一議員

# 行政視察報告書

令和元年7月19日

呉市議会議長殿

呉市議会議員 谷本誠一

1. 視察期日 令和元年7月10日(水)～11日(木)
2. 調査項目 神奈川県横浜市＝汚泥処理による固形燃料化について  
大阪府大阪市市＝汚泥固形燃料化事業(汚泥炭化炉)について

## 神奈川県横浜市

### ■調査項目 汚泥処理による固形燃料化について

#### 調査対応者

- ①環境創造局南下水道センター資源化管理担当係長 熊谷治彦
- ②環境創造局南下水道センター資源化管理担当係長 大久保健一
- ③環境創造局南下水道センター資源化管理担当 伊藤隆一郎
- ④バイオコールドプラントサービス(株)横浜南部事業所長 角津真光

#### 調査期日

令和元年7月10日(木) 午後1時40分～4時

#### 横浜市の概要

人口=3,748,000人  
世帯数=1,708,000世帯

#### 調査目的

呉市は下水処理において、浄化後の脱水ケーキを約11,000円/tの手数料を支払い、セメント材やコンポストに有用化している。  
一方、大都市では上記手法での受け入れ先確保が困難なことから、焼却炉や熔融炉を浄化センターに併設し、焼却灰やスラグ化して有用化している。この際多量の二酸化炭素を排出するため、それを縮減することを主目的に、炭化炉に建て替え、有用化する手法が近年増加傾向にある。しかも炭化燃料は売却益が生じるメリットもある。  
そこで、先進事例である本市の取り組みを調査することにした。

#### 調査内容

##### 【横浜市からの説明】

#### 1. 下水処理体制

- ①市内18区を11箇所に分けて水再生センターを建設し、処理している。
- ②浄化後の水は最終的には東京湾か相模湾に放流
- ③平成元年より市内2箇所、北部と南部に汚泥資源化センターで焼却炉で燃焼処理(集約処理)し、セメント剤として有用活用を図って来た。  
※各水再生センターから資源化センターまでは送泥管を布設
- ④両資源化センター共に、1基の焼却炉更新時に合わせて炭化炉(燃料化炉)を建設し、現在は既存の焼却と新規の炭化とで併用処理している。  
※南部は平成28年度から運用開始(焼却:炭化=4:3)  
※北部の炭化炉は完成したばかり
- ⑤南部においては、焼却炉1号炉を平成20年に更新、平成28年から2号炉と3号炉を廃止統合し、炭化炉建設。4号炉は焼却炉として現在も稼働中

#### 2. 焼却炉を炭化炉に転換した理由

- ①福島原発事故の影響で、焼却灰に放射能が基準値を超えた。  
※焼却灰をコンテナ化したのが、引き取ってもらえず敷地内に残っている。  
※現在は基準値(100Bq)を100%下回ったので、徐々に売却しているが、後20年かかる。
- ②大手セメント会社に焼却灰を混和剤用に有償で引き取ってもらっていたが、歩道のインターロッキングレンガに使うも、コスト高、堅い、更新に難等の理由で、用途が細った。  
以前は埋立材にも利用されていた。
- ③二酸化炭素排出量の大幅削減→-5,900t/年(-43%)  
※セメント会社は炭化固形燃料として焼却用に使用

### 3. 炭化炉の運営方式

- ①焼却炉は包括外部委託（南部11億円、北南部合計33億円、修理費3千万円は市が別途負担）だったのが、炭化炉は20年間契約でのPFI（BTO）による運営  
※メンテナンスは委託契約の範疇
- ②SPCは、電源開発(株)、月島機械(株)、月島テクノメンテサービス(株)、バイオコールドプランサービス(株)4者出資による(株)バイオコールド横浜南部
- ③プロポーザルの結果、北部は1者、南部は2者が応募し、双方同じ提案者を採用
- ④SPCの職員数=12名

### 4. 事業概要

- ①SPCとの契約金額=約149億1千万円（年間四半期毎に支払う）  
※解体費用は別途支払い（スクラップ売却益は若干あった）
- ②契約期間=平成24年7月30日～平成48年3月31日
- ③施設の設計・建設=平成24年8月～28年3月  
→5.5/10の国庫補助（PFI対応）、全額を4年間割賦払い済み
- ④施設の維持管理・運営=平成28年4月～48年3月
- ⑤VFM（バリューフォーマナー）=-20.8%  
※この効果数値を提出しないと、国庫補助の承認を得られない。
- ⑥水道使用料は企業会計負担（契約金額から控除）
- ⑦下水道使用料はSPCに対し免除
- ⑧電気・ガス代はSPCが負担

### 5. 炭化処理システム

- ①施設能力=150t-wet/日→炭化25t/日
- ②計画汚泥処理量=46,500t-wet/年
- ③計画炭化燃料製造量=7,200t/年
- ④消化タンク処理（北部のみ、計9槽）=炭化に係る熱量を抑制（市直営）  
※汚泥中の有機物を微生物で分解し（30日間発酵）消化ガスを発生し、  
汚泥を減量化→発電売電や施設内焼却炉燃料として利用
- ⑤蒸気による汚泥乾燥→含水率80%に（水は場内循環利用）
- ⑥炭化炉で1時間かけて蒸し焼き（電気を食う）=含水率80%が3%に
- ⑦低温化方式=250～350℃（燃料として価値が高い）
- ⑧電気をゴミ焼却工場の発電所から安価に購入
- ⑨炭化燃料の熱量=3,000kca（石炭の約1/2）
- ⑩炭化燃料の売却単価=1,000円/t→火力発電所の燃料に

### 【質疑応答】

#### 1. 当初、業者からの提案だったのか、市自らの提案だったのか？

【答弁】

二酸化炭素排出抑制において国からの話もあり、計画部署がPFI方式を前提に提案し、業者に意見聴取した。  
市としては当初からPFIを最有力としており、既に庁舎、学校、廃棄物処理施設を同方式で運営していたので、4例目となった。

#### 2. 送泥管について？

24時間体制で各水再生センターから順次送泥（バッチ処理）  
平成元年から供用しているため、老朽化し更新時期を迎えている。  
近年、国道の共同溝に入れて半分を更新した。それ以外は将来新たに布設することも選択しの一つだが、方針は定まっていない。

#### 3. 焼却処理と脱水ケーキ処理（呉市方式）との比較は？

【答弁】

脱水ケーキの場合200t/日で、処理手数料は16,000円/t  
焼却灰の場合10t/日で、処理手数料は15,000～16,000円/t

#### 4. 消化ガスについて

【答弁】

夏場は発生ガス（25MJ）が少ないので、都市ガス（40MJ）と合わせて利用。  
燃料として焼却炉、ゴミ焼却工場で利用。  
冬場は発生ガス活用の余剰分を発電し売電（39円/kw）固定価格買取（20年間保証）  
発電69%、焼却燃料24%、その他7%  
バイオマス発電機の建設に16億円を4年間で支払う（単市、公的補助なし）  
所内に電線布設→新電力「日本ロジテック」の倒産に繋がった。  
都市ガス使用料は東京ガスに市が立て替え払いしている。

消化ガス使用料は東京ガスの基準（78.3 円/kw）に換算し S P C が企業会計に支払う。

5. 汚泥の収集量は？（南部全体）

【答弁】

2,684,000 m<sup>3</sup>/年（7,000～7,500 m<sup>3</sup>/日）＝4,400DS<sub>t</sub>/年（ドライ換算）／濃度 1.64%  
内訳は焼却灰が約 5,000DS<sub>t</sub>/年、炭化燃料が 3,500DS<sub>t</sub>/年  
脱水ケーキに換算すると、90,153t/年

6. PFI による SPC との契約では、20 年間で 149 億 1 千万円となっていた。

その内国庫補助（補助率 5.5/10）対象となった設計・建設費はいくらだったのか？  
それは 4 年間の割賦払いで既に支払い済みとのご説明だったが、5.5/10 なのか、それとも 10/10 なのか？  
また国庫補助は、5.5/10 が 4 年間に亘り年度毎に交付されるのか？それとも初年度に一括なのか？

【答弁】

約 30 億円となっており。高率の 5.5/10 であり、4 年間に亘って交付された。

【呉市での展開の可能性】

1. 呉市は脱水ケーキの引取先があり、それに手数料が半永久的にかかるにしても、炭化炉建設や運営費とのコスト比較は、導入に際し十分行う必要がある。
2. 二酸化炭素排出量を抑制するにしても、建設費や運営費が嵩むため、費用対効果を見極める必要がある。
3. 炭化炉を有用活用するには、各々の浄化センターから新たに送泥管を布設せねばならず、布設やメンテ、更新に係るコストが膨大になる可能性を否定できない。
4. 炭化炉を稼働するには電気代がかなりかかり、効率を上げるために、汚泥減量化によるの有用活用を図れば、それを捻出するための発電設備導入にも経費が多大にかかる。
5. 大都市は脱水ケーキの引き取り先確保が困難であるのと、その量が膨大なため資源化センターが有用かも知れないが、呉市規模では費用対効果が見込めないのではないかとと思われる。

## 大阪府大阪市

### ■調査項目 汚泥固形燃料化事業(汚泥炭化炉)について

#### 調査対応者

- ①建設局南部方面管理事務所設備課長 木下隆二
- ②建設局南部方面管理事務所設備課担当係長 田中清恒
- ③建設局南部方面管理事務所設備課 花岡靖浩
- ④バイオコールドプラントサービス(株)大阪平野事業所長 中原正人

#### 調査期日

令和元年 7 月 11 日（木）午後 1 時 30 分～3 時 30 分

#### 大阪市の概要

人口＝2,716,000 人  
世帯数＝1,490,000 世帯

#### 調査目的

呉市は下水処理において、浄化後の脱水ケーキを約 11,000 円/t の手数料を支払い、セメント材やコンポストに有用化している。

一方、大都市では上記手法での受け入れ先確保が困難なことから、焼却炉や熔融炉を浄化センターに併設し、焼却灰やスラグ化して有用化している。この際多量の二酸化炭素を排出するため、それを縮減することを主目的に、炭化炉に建て替え、有用化する手法が近年増加傾向にある。しかも炭化燃料は売却益が生じるメリットもある。そこで、先進事例である本市の取り組みを調査することにした。

#### 調査内容

##### 【大阪市からの説明】

1. 下水処理体制と炭化炉導入の経緯

- ①電源開発、月島機械による炭化炉は広島市での導入が初で、その後熊本市、大阪

- 市、横浜市と続いた。
- ②横浜市では乾燥機の性能を高めている。
- ③大阪市では12箇所の水処理施設があり、塩素処理して河川に排出している。
- ④舞洲（まいしま）スラッジセンターと平野下水処理場への送泥管による集中処理
  - ※脱水→焼却
- ⑤消化槽は市内6地区の水処理施設に建設（東京や名古屋にはない）
  - ※有機物を発酵させ、ガス化することで汚泥を縮小する。
  - ※メタンガスの燃料活用と発電（4箇所の発電所でFIT事業）
  - ※平野下水処理場にはないため、隣接の放出（はなてん）下水処理場に汚水を送泥管（予備管）にて逆走し、再度帰って来る（圧送方式）。
  - 平野下水処理場に今後消化槽を建設する方針
- ⑥水処理施設のみ5箇所、消化槽併設施設6箇所、消化槽なし炭化炉1箇所（平野）
- ⑦5年前熔融炉の改築更新時に炭化炉を建設→平成26年度運転開始

## 2. 処理システム

- ①炭化燃料化物製造方式＝低炭化方式（200～350℃）
- ②設備能力＝脱水汚泥150t-wet/日
- ③設備稼働率＝330日/年
- ④炭化燃料化物製造計画＝8,558t/年（26t/日）
- ⑤乾燥機（熱風式100～250℃）による脱水汚泥含水率＝78～80%
  - ※横浜市は間接乾燥、広島市は直接乾燥、大阪市は間接熱風乾燥
- ⑥脱水後の排水は場内循環
- ⑦炭化燃料化物は臭気が大幅に低減
- ⑧炭化燃料は高砂火力発電所（兵庫県）に100円/tで売却
  - ※計画段階では竹原火力発電所（広島県）だったが、許可が出たことで近場に変更
  - ※どちらも電源開発の施設（炭化燃料の受け入れ先がなければ計画不成立）

## 3. 炭化炉事業の運営方式

- ①20年間のPFI（BTO）＝事業費177億円
- ②電源開発㈱、月島機械㈱、バイオコールドランサーサービス㈱3者出資による㈱バイオコールド大阪平野（SPC）を設立
- ②設計・建設費＝59億円（内5.5/10が国庫補助、3年間の割賦払い）
- ③維持管理・運営費＝118億円（光熱水費を含む、排水は無料）
- ⑤59億円の4.5/10（26.55億円）と118億円の計144.55億円を20年間の割賦払い→最終的に企業会計の負担＝維持運営費のみで約6億円/年
- ⑥VFM＝8%（PFIに係る国庫補助の根拠）

## 4. 脱水分離液処理施設

- ①下水道分野では国内初の施設が、平成29年度から供用開始
- ②アナモックス反応を利用した窒素除去法を導入
  - ※アナモックス細菌（微生物）の窒素除去反応を利用
- ③下水汚泥の効率的処理＝濃縮→消化→脱水＝汚泥の減量化
  - ※消化過程でアンモニア性窒素が生成し、脱水過程の排水にアンモニア性窒素を含んだ高濃度の脱水分離液が発生
- ②富栄養化の原因物質である窒素は、水質汚濁防止法による放流水質に規制対象となっているため

## 【質疑応答】

### 1. 炭化炉の導入方法

導入可能性調査を実施＝複数社からヒアリング  
プロポーザルの結果は、1者しか応募せず

### 2. 炭化炉導入以前との比較

【答弁】

焼却炉（800℃）→焼却灰を手数料8,000円/t程度で処理→埋立に  
焼却炉更新時に伴い熔融炉（1,300℃）に転換→スラグ化→手数料50円/tで処理  
※セメント、埋立、骨材に有用活用→強度が出ないためシェア減少  
現在市内に焼却炉なし、熔融炉が主流、炭化炉は2箇所  
平野下水処理場での熔融炉：炭化炉の処理量＝2:1  
熔融炉は包括外部委託、直営部門（管理棟）には2名在籍

### 3. 炭化炉の動力源は？

【答弁】

都市ガスである。福島原発事故以降電気代が2倍に急騰したことが原因

4. 大阪市と比べ、炭化燃料の炭化が安価（1,000円→100円）なのは？  
炭化燃料の運搬費がかかるため、安価に設定されているが、SPCとの協議の結果である。
5. 炭化燃料化物の熱量は？  
【答弁】  
石炭の半分＝13.0MJ/kg-DS  
消化（発酵）するとメタンを外すためカロリーが低くなるため  
低温炭化方式により、蒸し焼き状態にするので熱量が残る。
6. 炭化することで二酸化炭素排出量を抑制できるが、それを火力発電所で燃焼させれば、そこで二酸化炭素を排出するので、トータルでの二酸化炭素排出量は変わらないのではないか？  
【答弁】  
バイオマス発電と位置付けられ、二酸化炭素排出量にカウントされないシステムとなっている（カーボンニュートラル）。  
石油を燃やすのは世界的資源を新たに掘り出すことだが、炭化燃料化は生活サイクルのなかで、循環完結される。
7. 計画での炭化燃料受け入れ先を何故最初から近距離の高砂にしなかったのか？  
【答弁】  
電源開発株式が運営する火力発電所で受け入れる計画だが、当初は高砂市住民の迷惑施設としての反対があったのではないかと推察している。  
因みに、電源開発株式の火力発電所では5%まで炭化燃料を受け入れることにしている。  
実際の高砂火力発電所では、石炭を2,000～3,000t/日処理しているが、現在26t/日なので、1%以下となっている。
8. 熔融炉から炭化炉に転換した理由は？  
【答弁】  
平成27年に下水道法が改正され、汚泥の燃料化や肥料化が望ましいとされたことが決め手となった。  
セメント会社も炭化燃料を活用し、全てをセメント原材料しないようになった。  
因みに焼却炉は800℃（最近の炉は850℃）で燃焼させるので、N<sub>2</sub>Oが発生し易い。  
炭化炉入り口は57℃、出口は325℃になる。1、5時間蒸す。
9. PFIが20年契約となっているが、この期間は炭化炉の耐用年数と思われる。契約期間が切れた後の見通しは？  
【答弁】  
契約では、期間満了3年前に協議を開始することになっている。使用状況によって、契約期間延長の可否、割賦割合の変更を含めて検討することになると思う。
10. 炭化燃料を一般廃棄物処理や農水産業への活用が可能と聞いているが？  
【答弁】  
考えたことも、聞いたこともない。
11. 下水集約処理に係る方式が、当初燃焼炉、次に熔融炉、そして最新が炭化炉ということだった。そこで、各々の二酸化炭素排出量の比較は？  
【答弁】  
汚泥熔融炉設備は、焼却炉比で-34%の実績、汚泥炭化炉設備は、焼却炉比で-99.4%になる計画である。
12. SPCへの20年間の割賦払いに関し、設計・建設費59億円の国庫補助分5.5/10は3年間で支払い済み、残り4.5/10と維持・運営費118億円を合わせた金額を20年間割賦払いのご説明を受けた。その際年間約6億円ということだったが、資料を見ると、118億円の維持・運営費のみが20年間の割賦払いと記載されている。確かに年間約6億円になり、説明とも合致する。  
ということは、3年間で設計・建設費の10/10を支払ったということか？その際国庫補助は3年間に分割して交付されたのか、それとも初年度一括交付だったのか？  
もし後者であると仮定すると、32.45億円が一括交付となり、企業会計負担は残りの26.55億円となる。それを年度毎に19.67億円（59億円×1/3）を支払ったことになるのか？  
それとも初年度は32.45億円に加え、8.85億円（26.55億円の1/3）を支払い、2年目と3年目は各々8.85億円を支払ったということか？

【答弁】  
建設対価について

(単位:百万円)

|     |       |                              |      |      |
|-----|-------|------------------------------|------|------|
| 建設費 | 3,100 | H23-H25年度<br>3か年で年度毎に割賦払い済み  | 国庫補助 | 53%  |
|     | 2,800 | H26-H45年度<br>20か年で年度毎に割賦払い予定 | 銀行借入 | 47%  |
|     | 5,900 |                              | 合計   | 100% |

|       |        |                              |      |        |
|-------|--------|------------------------------|------|--------|
| 維持管理費 | 11,800 | H26-H45年度<br>20か年で年度毎に割賦払い予定 | 市費単独 | (6億/年) |
|-------|--------|------------------------------|------|--------|

|    |        |
|----|--------|
| 合計 | 17,700 |
|----|--------|

【呉市での展開の可能性】

1. 炭化炉を建設するには、炭化燃料を常時受け入れてくれる火力発電所が必要なことが判った。
2. 費用対効果を考えるには、下水処理だけでは炭化炉の能力からすれば、大都市のようにはいかない。よって、一般廃棄物焼却施設の転用を併せて検討することになるが、呉市の場合、包括外部委託契約期間がかなり残っているので、時期尚早である。
3. 将来的に導入を検討する際、一般廃棄物焼却炉が炭化炉転用の可否について確認する必要がある。
4. 農業における土壌改良や、魚礁の水質改善にどのような効果を発揮するかも見極める必要がある。
5. 農水産業に効果を発揮するとして、この民間ニーズは現段階では殆どないと思われ、市が政策的にどのような役割を果たすかの検討も必要である。