

# 論 說 報 告

第 25 卷 第 9 號 昭和 14 年 9 月

## 下水處理場に於ける汚泥瓦斯發生量と 其の動力的利用に就て

(昭和 13 年 10 月 23 日土木學會關西大會講演會に於て)

會 員 中 條 都 一 郎\*

### 1. 緒 言

促進汚泥に依る下水處理は多大なる動力を要するが故に、其の處理場維持に多額の經費を必要とするのである。之は明かに促進汚泥處理の一つの缺點なる事は周知の事柄である。此の缺點を補ふ爲には其の動力を要する原因を改良進歩せしむるのも一つの方法であるが、又處理場に於ける副産物利用に依り其の維持經費を出來得る限り相殺する事を研究するのも重要な事なりと信ずるのである。

下水處理の結果多量に發生する汚泥は生汚泥及促進汚泥の 2 種類であるが、兩者ともに含有水分多くして其の處分に多大の困難を感じたるものである。其の結果今日に於ては其の汚泥を腐敗分解して臭氣を去り水分を減少せしめ、砂床に依る乾燥方法を採用して汚泥の處分を爲すのが通例となつて居る。此の汚泥の腐敗分解を爲さしむる爲に多量の汚泥瓦斯を發生する。此の瓦斯は多量のメタン瓦斯、水素瓦斯等を含有し、優秀なる熱的價値を有して居る。之を使用して動力的に利用する事は、即ち促進汚泥處理の缺點たる多大なる動力費の一部を補ふ事となる。點滴濾過處理を爲す米國の一都市に於ては、發生汚泥の腐化分解より生ずる瓦斯利用により電力を發生し、其の處理場の全動力を償つて餘り有る状態である。然らば斯くの如き方法に依り瓦斯を利用せんとする場合、吾々は一定の下水量を處理せんとする處理場に於て幾何量の發生瓦斯を期待し得るか、又其の瓦斯より幾何キロワットの動力を發生せしめ得るか、實際問題として重要となつて來る。私は此の點に就き吉祥院處理場消化槽の數年間の実績に依り、又諸外國に於ける實例等より、處理下水量より發生する汚泥瓦斯量は幾何を確實に期待し得るか、又一定瓦斯量に對し幾何キロワットの發電を期待し得るかを説明し、將來下水處理場の計畫を爲さんとせらるゝ方々の些少なりと參考に資せんとするのが、本講演の主旨である。

### 2. 汚 泥 量

汚泥瓦斯發生量を知るには、先づ汚泥量を知るを要する。處理せんとする下水量に對し其の處理の結果發生する汚泥量を推定するに、其の下水中の浮游物質量を知らざるべからず。

浮游物質量を知るに就ては 2 種の方法あり。即ち、

- (イ) 處理せんとする下水の分析に依り浮游物質量を知り、之より處理總下水量に對して浮游物質總量を決定する。
- (ロ) 各都市に於ける下水中の浮游物質の 1 人當り gr 量を調査し、之より其の都市 1 人當り gr 量を定め、處理區域内の總人口より浮游物質總量を決定する。

\* 京都市水道局下水課長

(イ)を基礎として浮游物質總量を推定する場合は、其の處理區域内に製造工場等家庭下水以外の排水多量なる時に行ふものにして、1人當り gr 量より推定し難き場合である。

圖-1.

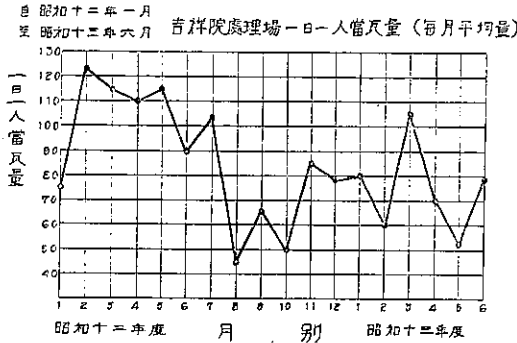


表-1.

| Suspended Matters | Combined Sewers |          |         |            |     |
|-------------------|-----------------|----------|---------|------------|-----|
|                   | London          | Columbus | Chicago | Providence | 吉祥院 |
| Organic           | 46              | 47       | 66      | 150        |     |
| Mineral           | 41              | 51       | 29      | 20         |     |
| Total             | 87              | 98       | 95      | 170        | 22  |

表-2. 吉祥院處理場昭和 12 年度成績表

一人當り瓦斯量並に瓦斯發生量

| 月 別  | 瓦 斯 發 生 量                 |                   |       |
|------|---------------------------|-------------------|-------|
|      | 下 水<br>1 m <sup>3</sup> 當 | 有 機 物 質<br>1 kg 當 | 1 人 當 |
| 1 月  | 0.023                     | 0.095             | 0.008 |
| 2 "  | 0.029                     | 0.175             | 0.011 |
| 3 "  | 0.026                     | 0.135             | 0.010 |
| 4 "  | 0.027                     | 0.167             | 0.012 |
| 5 "  | 0.021                     | 0.152             | 0.009 |
| 6 "  | 0.033                     | 0.145             | 0.012 |
| 7 "  | 0.043                     | 0.138             | 0.015 |
| 8 "  | 0.036                     | 0.104             | 0.010 |
| 9 "  | 0.030                     | 0.080             | 0.011 |
| 10 " | 0.029                     | 0.070             | 0.009 |
| 11 " | 0.015                     | 0.040             | 0.005 |
| 12 " | 0.022                     | 0.036             | 0.006 |

(ロ)を基礎として浮游物質總量を推定する場合は、其の處理區域内に家庭下水以外の排水多量時に用ふるものなれども、我國の如く汲取便所多く水洗便所發達途上にあるものは、1人當り gr 量に相當の變化を生ずる事を注意する必要がある(圖-1, 表-1, 2 参照)。

### 3. 汚泥瓦斯發生量

汚泥量の決定を得たならば、次に汚泥より幾何の瓦斯發生量を得らるゝかを研究せざるべからず。勿論汚泥瓦斯は汚泥腐化分解作用の結果發生するものなるが故

に、其の腐化の方法如何に依り相當の相違を生ずるのである。汚泥腐化方法の現今用ひられて居るものを大別すれば次の如し。

- (1) 無裝置單純腐化槽
- (2) 加熱攪拌裝置腐化槽
- (3) 加熱攪拌二重腐化槽

(1)の無裝置單純腐化槽は腐化槽内に何等特殊の裝置を有せず、單に密閉する事に依り嫌氣性細菌の活動を扶け、有機物質の腐敗分解作用を起さしめるものである。此の腐敗分解作用は温度の高低に依り遲速の差を生ずる。即ち温度適當に高ければ腐敗分解は促進され、逆に温度低ければ緩慢となる。故に無裝置腐化に於ては冬期は其の成績悪くし、其の發生瓦斯を利用せんとするが如き場合には不適當であり、且つ腐化時日も長期を要するのである。

表-3. 無裝置汚泥腐化槽に於けるガス發生量調

(2)の加熱攪拌裝置を有する腐化槽に於ては、前者の缺點を補ふ爲に、特に加熱裝置を爲して、1年を通じて一定の温度を保持し、同時に腐化作用を促進せんとするものである。此の腐化槽加熱裝

| 處 理 場 名               | 處理人口    | 一日流入<br>下水總量            | 發生ガス<br>總 量           | 一人當り<br>ガス量          | 流入下水<br>に對する<br>割合    |
|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| ノースカロライナ<br>チャーロット處理場 | 50,000  | 14,233.6 m <sup>3</sup> | 448.00 m <sup>3</sup> | 0.009 m <sup>3</sup> | 0.0315 m <sup>3</sup> |
| ドイツエッセンライ<br>ンヘウゼン處理場 | 45,000  | 22,458.2                | 264.60                | 0.006                | 0.0118                |
| スタウトガート處理場            | 350,000 | 87,212.8                | 2,842.00              | 0.008                | 0.0326                |
| シカゴ市<br>カルメット處理場      | 4,000   | 5,240.3                 | 49.23                 | 0.012                | 0.0094                |

置は多くは鉄管コイルを槽の内部周壁に取付け、コイル内に温水を流通せしめて加熱するものである。温水は発生瓦斯を利用して加熱し、温水唧筒に依り常時温水の循環を爲さしめるものである。此の場合若し瓦斯利用に依る発電装置を有する時は、温水の爲相當量の瓦斯を消費する事は不利益なるを以て、瓦斯エンジンより生ずる廢棄燃焼瓦斯を利用して加熱するか、或はエンジン冷却水を利用する事により、充分腐化槽を加熱し得るのである。

表-4. 加熱攪拌装置の汚泥腐化槽に於けるガス発生量調

| 處理場名               | 處理人口    | 一日流入下水總量 | 發生ガス總量   | 一人當りガス量 | 流入下水に對する割合 |
|--------------------|---------|----------|----------|---------|------------|
| ウイスコンシン州アンチゴ處理場    | 5 600   | 2 620.1  | 133.28   | 0.024   | 0.051      |
| イリノイス州オーロラ處理場      | 36 000  | 18 715.2 | 856.80   | 0.024   | 0.046      |
| テキサス州フォートウォース処理場   | 150 000 | 43 045.0 | 3 486.00 | 0.023   | 0.061      |
| ウイスコンシン州フォンドルカ市處理場 | 28 000  | 11 229.1 | 619.39   | 0.022   | 0.055      |
| オハヨ州サレム處理場         | 6 500   | 4 117.3  | 227.50   | 0.035   | 0.055      |
| ウイスコンシン州ウォーケシャ處理場  | 16 000  | 8 234.7  | 394.24   | 0.025   | 0.048      |

(3) の加熱攪拌二重腐化槽は瓦斯發生状態を研究したる結果考案されたるものである。加熱装置を有する腐化槽に對し有機物質を投入し其の腐化分解状態を調査するに、瓦斯は有機物投入後極めて短時日内に大部分の瓦斯を發生し、殘部は徐々に發生するに過ぎない事を知るに至つた。依つて腐化槽を二段構へとなし、第 1 槽に於ては極めて高温とする。即ち華氏 130 度程度となして腐敗分解を極度に促進し、1 週間の期間を經過後第 2 槽に汚泥を導く。第 2 槽は華氏 80 度程度を以て加熱し、殘部瓦斯發生を行はしめるのである。此の腐化期間は 2 週間以内とする。之に依る時は兩者を通じて 3 週間以内に腐化完了をするものなるが故に、非常に有利なるものにして前者に比して腐化期間の短縮を主眼とするものである。而して第 2 槽は瓦斯タンクの装置を併有するを普通とする(表-3, 4 参照)。

#### 4. 汚泥の熱價値

汚泥瓦斯を分析する時は、其の主要部分は大略次の如きものである。

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| メタン (CH <sub>4</sub> )    | 40~70% |
| 2 酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) | 20~40% |
| 水素 (H)                    | 2~10%  |
| 酸素 (O)                    | 2~10%  |
| 窒素 (N)                    | 15~30% |

其の發熱量は 5 000~7 000 キロカロリーを有する。市場販賣瓦斯は普通 3 500 キロカロリー位を有するに過ぎない。之を以て見るも汚泥瓦斯の熱價値の優秀なる事を知る。今假に汚泥瓦斯發熱量を 6 000 キロカロリーとすれば、之に依り瓦斯エンジン發電の場合幾何キロワット時の電力を得らるゝかを調査するに、次の如き結果となる。

表-5.

| 汚泥瓦斯分析表 | 種別   | メタン (CH <sub>4</sub> ) | 二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) | 熱價 (Cal/m <sup>3</sup> ) |
|---------|------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
|         | 月    | 1月                     | 64.0                     | 31.5                     |
| 2月      | 63.7 | 30.9                   | 6,392                    |                          |
| 3月      | 61.0 | 37.4                   | 5,767                    |                          |
| 4月      | 64.0 | 35.0                   | 5,950                    |                          |
| 5月      | 66.9 | 26.7                   | 6,517                    |                          |
| 6月      | 63.7 | 30.9                   | 6,239                    |                          |
| 7月      | 63.6 | 32.1                   | 6,392                    |                          |
| 8月      | 62.2 | 32.7                   | 6,245                    |                          |
| 9月      | 69.3 | 28.8                   | 6,364                    |                          |
| 10月     | 66.6 | 30.6                   | 6,458                    |                          |
| 11月     | 66.6 | 27.4                   | 6,943                    |                          |
| 12月     | 68.7 | 28.9                   | 6,922                    |                          |
| 平均      | 65.1 | 30.9                   | 6,255                    |                          |

即ち 1 キロワット時の電力は 860 キロカロリーである。而して發電機能率、熱効率、機械効率等を綜合したる全効率を全負荷の場合に 20% と假定する時は、1 キロワット時の電力に對し 4 300 キロカロリーとなるが故に、1 m<sup>3</sup> の汚泥瓦斯より 1.3 キロワット時の電力を得らるゝ事となる(表-5 参照)。

5. 結 論

促進汚泥法に依る下水處理は曝氣の爲の送風機動力を多大に必要とするが故に、下水處理場維持の上より見て缺點たる事は前に述べた通りである。此の點を考慮して送風量の減少を計る爲種々なる考案のある事は、茲に述べる迄もない事である。之等促進汚泥處理に於て處理下水量に對し幾何の動力を要するかと云ふに次の如し。

|            |            |            |
|------------|------------|------------|
| 米國カルメット處理場 | 100 萬ガロン當り | 10~15 HP   |
| 米國サレム處理場   | 〃          | 15~20 〃    |
| 豊橋野田處理場    | 1 萬立方尺當り   | 4.5~18.5 〃 |
| 京都吉祥院處理場   | 〃          | 3.7~6.0 〃  |

尙吉祥院處理場に於て毎日の使用動力量と流入下水量とを調査したる平均結果を見る時は、下水量 1 m<sup>3</sup> 當り 0.20 キロワット時となつて居る。次に流入下水量に對する瓦斯發生割合を見よに、平均 1 m<sup>3</sup> の下水量に對し 0.035 m<sup>3</sup> の瓦斯發生を得たのである。尤も汚泥腐化は加熱攪拌装置を有するものであるが故に、腐化槽の構造如何に依つては之より相當増減ある事は勿論である。0.035 m<sup>3</sup> の汚泥瓦斯に對しては、前章に述べた如く 1 m<sup>3</sup> の瓦斯より 1.3 キロワット時の電力を得らるゝが故に、

0.0455 キロワット時を得る事となる。即ち 1 m<sup>3</sup> の下水より 0.0455 キロワット時の動力を還元し得らるゝのである。即ち處理所要電力の約 1/4 を還元する事となる。下水處理動力の内容を見る時は、吉祥院處理場に於て曝氣動力は全動力の約 3/4 を占めて居り、殘部の 1/4 が其の他の雜用動力となつて居る (表-6 参照)。

以上論じたる所に依ると、促進汚泥處理により下水淨化を爲さんとする場合、其の汚泥處分は加熱攪拌装置を有する汚泥腐化槽を有するものとすれば、曝氣用動力以外の電動力は汚泥瓦斯利用に依る自家發電を以て充分である。尙進んで汚泥腐化装置を改良し瓦斯發生を増加し、或は塵芥投入腐化等の方法を用ひる事により、有利に自家發電を爲し得るものなる事を述べて結論とする。

表-6.

| 發電機出力 K.W.                         | 1 0 0 |       | 2 0 0 |       |   |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---|
|                                    | 荷     | 半     | 全     | 半     | 全 |
| 發電機能率(%)                           | 0.84  | 0.875 | 0.855 | 0.890 |   |
| エンジン出力 H.P.                        | 80    | 155   | 157   | 301   |   |
| 熱効率                                | 0.19  | 0.23  | 0.197 | 0.237 |   |
| 機械効率                               | 0.72  | 0.820 | 0.735 | 0.835 |   |
| 全効率                                | 0.150 | 0.202 | 0.169 | 0.211 |   |
| 1 K.W.H. 電力發生<br>要スル熱量 K. Cal.     | 5.410 | 4.260 | 5.100 | 4.060 |   |
| 1 K.W.H. 電力發生<br>要スル瓦斯量 (cu ft/hr) | 0.785 | 0.617 | 0.739 | 0.588 |   |
| 冷卻水<br>放出熱量 (K.W.H.)               | 1.730 | 1.360 | 1.630 | 1.300 |   |
| 冷卻水<br>損失 (K.W.H.)                 | 1.720 | 1.350 | 1.620 | 1.290 |   |