

## 下水汚泥の減量化予備調査

### 1. 目的

定山溪水再生プラザから発生した汚泥は、西部スラッジセンターで脱水処理されるが、この脱水汚泥には温泉排水由来のヒ素が含有されている。そのため、最終処分方法としては焼却処分による減量化の過程を経ることなく、脱水汚泥のまま北斗市のセメント製造工場に搬出し、セメント原料として有効利用を図っている。しかし、札幌市から現地までの輸送に係る費用及びセメント製造工場の受入処分に係る費用は高額なものとなっている。

本調査は、当公社において平成25年度から実施している調査研究事業「高分子系下水汚泥の堆肥化基礎調査」で実施してきた堆肥化手法を用いて、**図-1**に示す試験の流れにより、微生物の働きによる有機物の分解の際に発生する発酵熱での脱水汚泥中の水分の蒸発を図り、定山溪脱水汚泥を減量化することが可能であるか検証するものである。

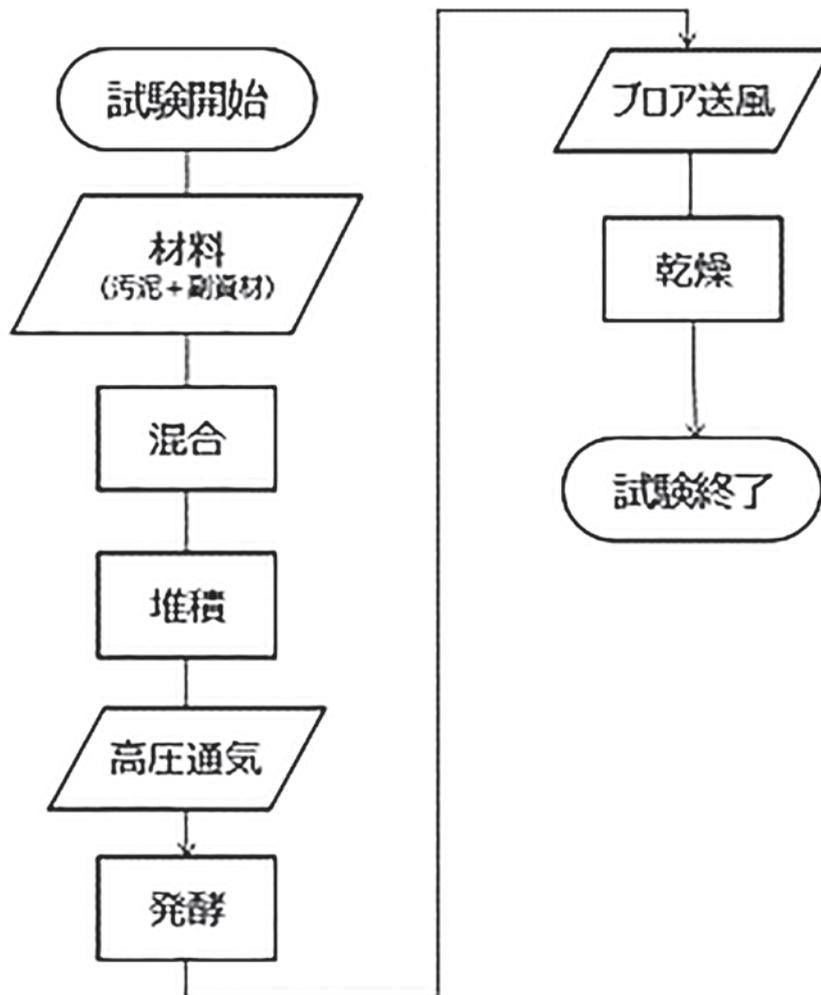


図-1 定山溪脱水汚泥の減量化試験の流れ

## 2. 試験方法

### 1) 材料

#### ①原料（脱水汚泥）

写真－1に西部スラッジセンターで脱水した定山溪脱水汚泥を示す。定山溪水再生プラザには温泉排水由来のヒ素が流入することから、水処理過程で塩化第二鉄が添加され、さらに西部スラッジセンターの脱水過程において消石灰が添加される。そのため、定山溪脱水汚泥はヒ素を高濃度に含有しており、さらに有機分が少ないという特徴を有している。本調査では、西部スラッジセンターにて消石灰を10%前添加後の脱水汚泥を使用している。この脱水汚泥の含水率は約78%であるが、東部スラッジセンターの高分子系の脱水汚泥ほど粘性は高くなく、また有機分の割合が約40%と低いため、加水せずに副資材と混合する。



写真－1 定山溪脱水汚泥

#### ②副資材（剪定枝チップ）

写真－2に剪定枝チップ（一般財団法人札幌市環境事業公社から提供）を示す。剪定枝チップの原料は札幌市内の公園・街路樹等の余剰枝葉を剪定あるいは伐採したものを、破砕機により全長15cm程度に細分化したものである。水分調整用の副資材としては通気性の改善及び水分低下を目的とする。構造としては多孔質であるため、アンモニア等の臭気吸着効果も期待できる。含水率は約49%である。



写真－2 剪定枝チップ

## 2) 試験装置

### ①混合装置 (ミキサー)

図-2にミキサーを示す。構造は傾胴型で胴内に練混ぜ羽を有している。容量は約60Lである。

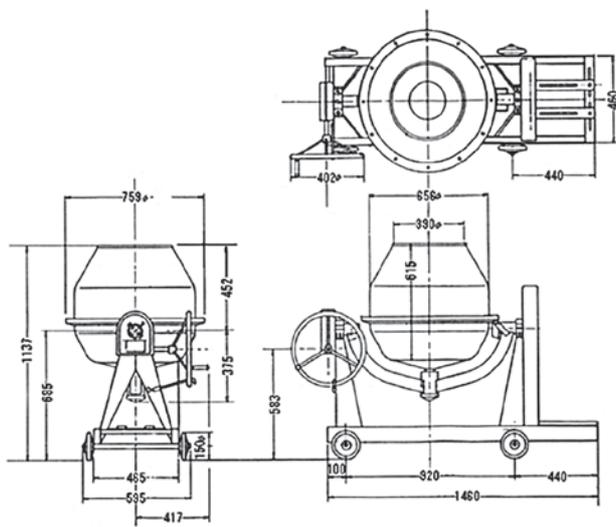


図-2 混合装置 (ミキサー)  
750W (100V)

### ②高圧通気装置 (コンプレッサー)

図-3にコンプレッサーを示す。本試験では高圧通気方式の調整条件を、テスト槽 (堆積量約 $1.4\text{m}^3$ ) 1槽当たりに対し、高圧通気管の延長を2.0 mと設定し、供給圧力を0.5MPaに設定している。

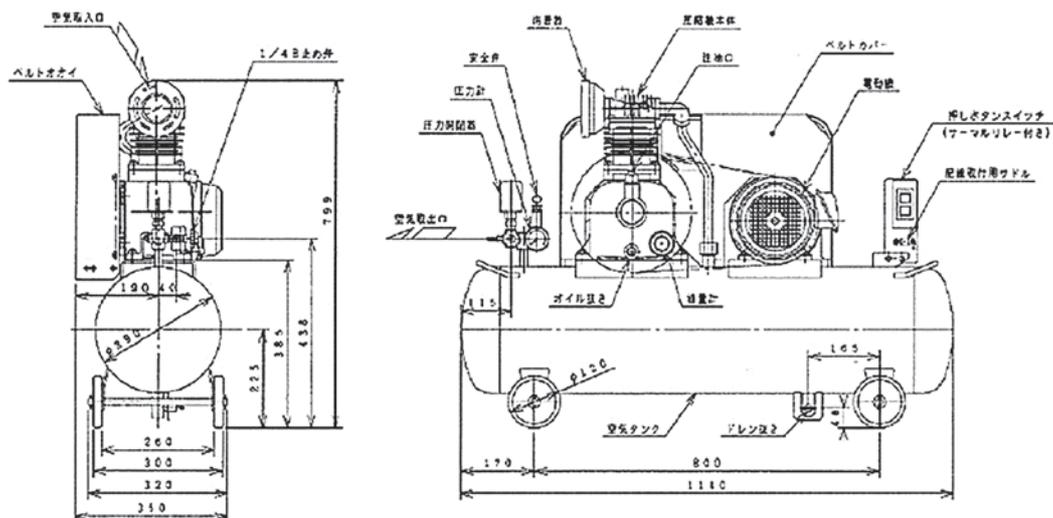


図-3 コンプレッサー  
1.5kW (3相200V)

③乾燥装置（ブロワ）

図-4にブロワを示す。②の高圧通気装置のみでは乾燥工程における送気量が少ないため、定山溪脱水汚泥の含水率を低下させることは困難である。そのため、ブロワ送風による乾燥を実施する。なお、ブロワ配管は高圧通気管と平行に、テスト槽底面に敷設してある。ブロワ風量については後述する。

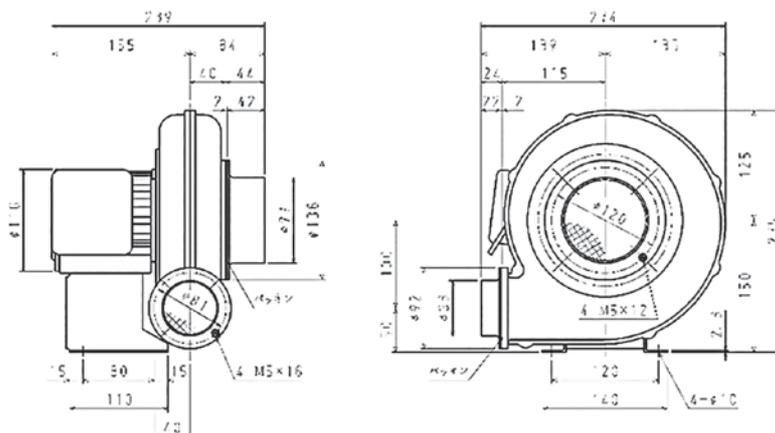


図-4 ブロワ  
100W (100V)

④発酵装置（テスト槽）

図-5にテスト槽を示す。内面すべてに断熱材を貼り付け、保温性を高めている。有効容量は約 $1.4\text{m}^3$ である。

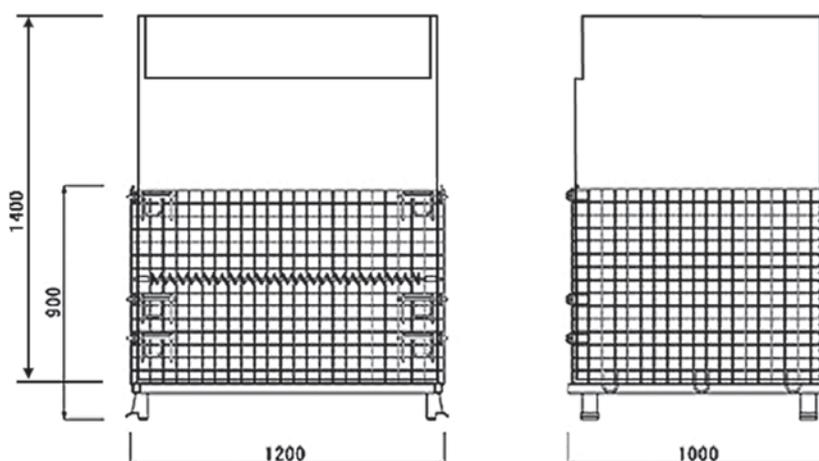


図-5 テスト槽（有効容量  $1.4\text{m}^3$ ）  
H 1,400×W 1,200×L 1,000mm

### 3) 試験方法及び調査項目

表-1に各テスト槽の混合割合等を示す。前半2週間は主に微生物による好気発酵を促進するため高圧通気を行い、後半2週間は水分蒸発を目的としてブロワによる送気を行う。また、本調査ではブロワ風量の違いによる脱水汚泥の減量効果について確認するため以下の2槽にて試験を行う。A槽はブロワ風量を0.09m<sup>3</sup>/分、B槽はブロワ風量を0.17 m<sup>3</sup>/分（バルブ全開）となるようバルブ開度を調整する。なお、本調査で用いる設備では、風量を直接測定できないため、風速計を用いた測定とする。

表-1 各テスト槽の混合割合等

テスト槽	脱水汚泥 (kg)	剪定枝チップ (kg)	合計 (kg)	風量 (m <sup>3</sup> /分)
A槽	193.5	215.0 (新材)	408.5	0.09
B槽	180.0	200.0 (新材、一部残材)	380.0	0.17

表-2に調査項目を示す。含水率については赤外線水分計により測定する。臭気については混合物から10 cm離れた位置での大気中のアンモニア濃度を検知管により簡易測定する。

表-2 調査項目

項 目	備 考
減量化状況記録写真	堆積状況、内部状況、色調など
含水率	試験毎に各テスト槽で4回実施
発酵温度・室温・湿度記録	試験実施中連続
灰分（混合物、完成品）	試験毎に各テスト槽で2回実施
簡易臭気計測（検知管）	試験毎に各テスト槽で4回実施
かさ比重	試験毎に各テスト槽で2回実施
成分等分析	試験終了時に実施

#### 4) 試験実施場所

図-6に西部スラッジセンター全体平面図を示す。また、図-7に試験装置類配置図を示す。

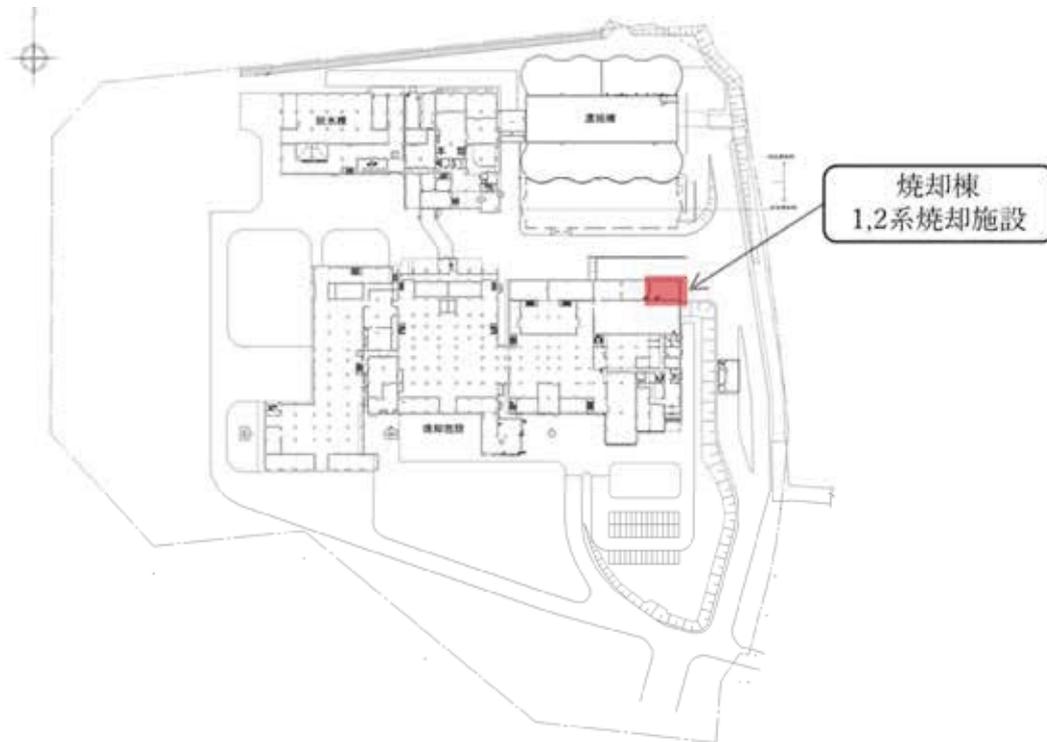


図-6 西部スラッジセンター全体平面図

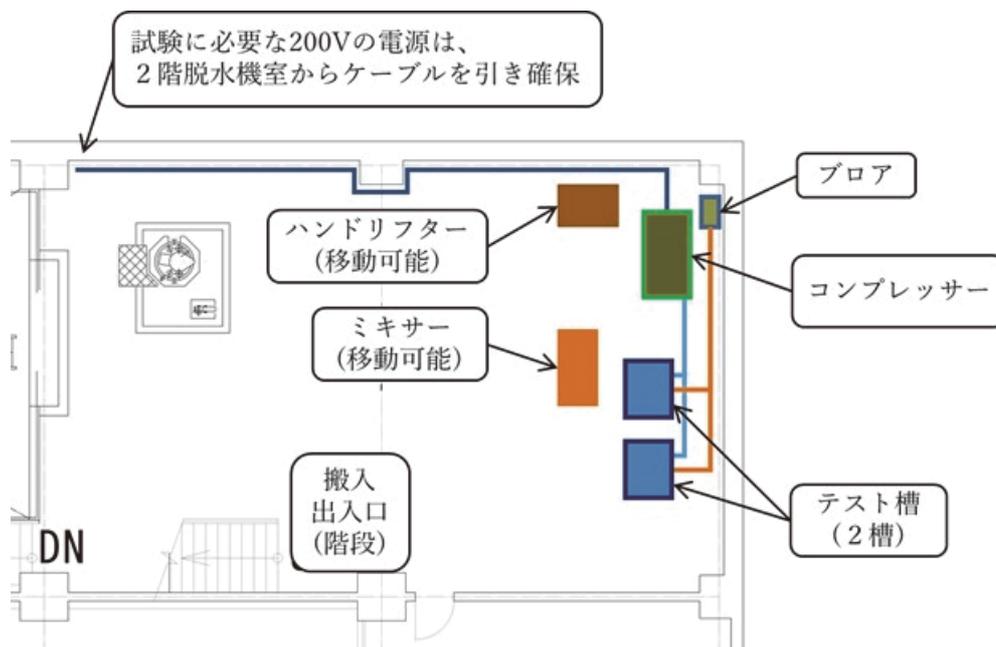


図-7 試験装置類配置図 (焼却棟1、2系焼却施設薬品貯蔵庫)

### 3. 試験結果

#### 1) 分析結果

表-3及び表-4に、試験開始（1月19日）から試験終了（2月16日）までのA槽及びB槽の含水率等の推移をそれぞれ示す。

表-3 A槽の含水率等の推移

	採取日	含水率 (%)	灰分 (%)	NH <sub>3</sub> 濃度 (ppm)	かさ比重
試験開始時	1月19日	60.3	43.7	1	0.43
1週目	1月26日	54.2		12	
2週目	2月2日	53.7		1.5	
3週目	2月9日	51.7		3.5	
4週目	2月16日	49.5	49.6	1	0.36

表-4 B槽の含水率等の推移

	採取日	含水率 (%)	灰分 (%)	NH <sub>3</sub> 濃度 (ppm)	かさ比重
試験開始時	1月19日	52.8	41.0	1	0.40
1週目	1月26日	52.8		9.5	
2週目	2月2日	47.8		1	
3週目	2月9日	49.9		2	
4週目	2月16日	37.4	46.1	4	0.30

## 2) 発酵温度データ

図-8及び図-9に、試験期間中のA槽及びB槽の温度データをそれぞれ示す。なお、ch.1はテスト槽中央、ch.2は高圧通気装置直上での発酵温度をそれぞれ示している。

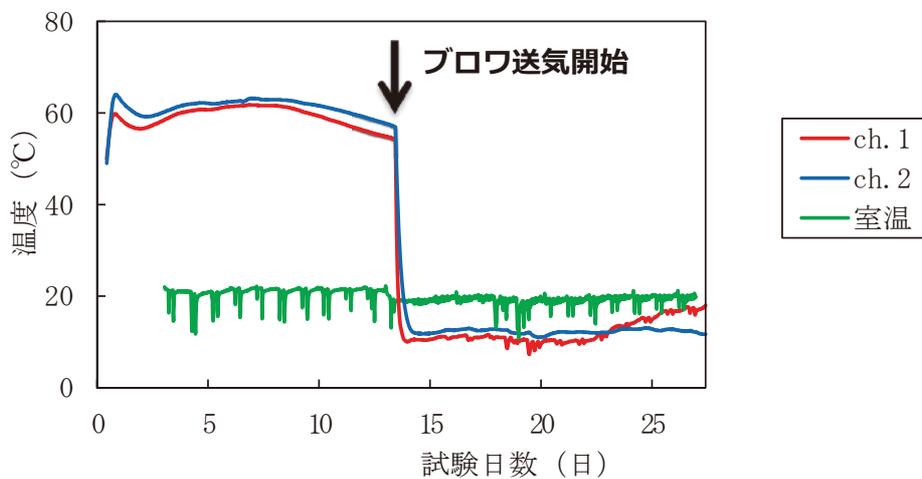


図-8 A槽の温度データ

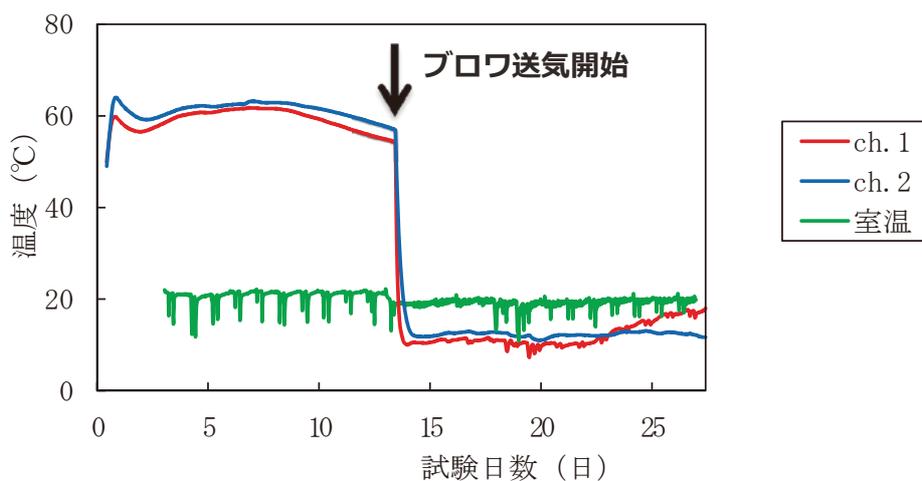


図-9 B槽の温度データ

### 3) 考察と課題

#### ①発酵温度

定山溪脱水汚泥は強熱減量が40%台と低いため、十分に発酵温度が上がるか懸念されたが、A槽、B槽ともに60℃以上に達し、また、1週間にわたり高温を維持した。発酵温度に関しては14日目時点より急激に低下しているが、これはブロワによる送気に切り替えたためである。

#### ②含水率（混合物）

試験終了時におけるA槽の含水率は49.5%であり、副資材（返送物）として利用するにはやや高い水準である。他方、B槽は37.4%にまで低下しており、副資材（返送物）として利用するには問題ない水準である。B槽は初期含水率も低く、送風量が多かったため水分蒸発が進む結果となったと考えられる。

#### ③灰分（混合物）

A槽とB槽ではそれぞれ5ポイント以上の数値上昇がみられ、灰化の進行が見られた。灰分の上昇については、高分子系の脱水汚泥の試験結果とほぼ同様程度の値であった。

#### ④水分減少量（混合物）

含水率及び灰分の変化から、以下の式により水分減少量の推定を行うと、次に示す表のとおりとなる。

$$Sza = (Sya * Aya) / Aza$$

Sya : A槽検体の開始時乾物量

Sza : A槽検体の終了時乾物量

Aya : A槽検体の開始時灰分率

Aza : A槽検体の終了時灰分率

$$Lza = Sza / (100 - Rha) - Sza$$

Lza : A槽検体の終了時水分量

Rha : A槽検体の終了時含水率

表-5 A槽の重量推移

	乾物 (kg)	水分 (kg)	合計 (kg)	含水率 (%)	灰分 (%)
開始時	162.2	246.3	408.5	60.3	43.7
終了時	142.9	140.1	283.0	49.5	49.6
減少量	19.3	106.2	125.5		
減少率	11.9%	43.1%	30.7%		

表－6 B槽の重量推移

	乾物 (kg)	水分 (kg)	合計 (kg)	含水率 (%)	灰分 (%)
開始時	179.4	200.6	380.0	52.8	41.0
終了時	159.7	95.4	255.1	37.4	46.1
減少量	19.7	105.2	124.9		
減少率	11.0%	52.4%	32.7%		

表－5及び表－6から、重量についてはほぼ同程度の減少率を示すことが確認できた。しかし、水分の減少量について着目すると、A槽とB槽では約1.2倍の差がつくことも明らかとなった。

また、この重量減少が全て汚泥によるものと仮定した場合、汚泥重量は試験開始時に比べA槽で35%、B槽では31%まで減少したことになる。しかし、本表で求めた減少量等はいくまで含水率と灰分を基にした推定値に過ぎないので、正確なデータを取得するためには試験終了時の重量を実際に計測する必要がある。また、試験経過中の重量変化が記録できるよう今後の試験方法の検討を加えることが望ましい。

#### ⑤臭気

A槽とB槽のアンモニア濃度は、いずれも試験開始後1週目で10 ppm前後を記録したが近づかないと感知できない程度の臭気であり、悪臭対策の必要がない水準である。2週目以後については両テスト槽とも一桁台の濃度であり、悪臭はほぼ発生していない。

#### ⑥かさ比重（混合物）

試験開始時はA槽、B槽はともに約0.4であり、これまでの調査と比較しても発酵温度の上昇に問題はなかったものと考えられる。また、試験終了時にはどちらも0.3台になっており、これまでの試験と同程度の結果であった。

#### ⑦まとめ

発酵熱を利用した定山溪脱水汚泥の減量化の可能性が示唆されたが、今後の試験に関しては、試験期間中の重量変化などを測定できるようにするなどにより、さらなる検証を行うことが必要と考える。



写真-3 試験実施場所



写真-4 混合装置



写真-5 コンプレッサー



写真-6 ブロワ



写真-7 テスト槽



写真-8 テスト槽内通気部



写真-9 テスト槽外通気部配管



写真-10 採取汚泥状況



写真-11 剪定枝チップ風乾状況



写真-12 混合試料



写真-13 A槽 (試験開始時)



写真-14 B槽 (試験開始時)



写真-15 A槽 (2週間後)



写真-16 B槽 (2週間後)



写真-17 A槽 (試験終了時)



写真-18 B槽 (試験終了時)