

3.2.2 標準食品残さの検討

今回の事業で対象とするコンビニから排出される売れ残り弁当を中心にした食品廃棄物は、多種多様であるがゆえに試験で使用する原料については、同一のものを準備することは大変困難であると判断した。このため、標準食品残さを設定することを令和2年9月9、10日に有識者会議で諮り、了承を得たため、本試験で使用するコンビニ食品廃棄物について以下の点を調査し、標準食品残さを設定することとした。

- ・栄養成分 → 弁当のほか、おにぎり、サンドイッチも含めた売れ残り食品の成分調査
- ・容器種類 → 弁当容器、おにぎり、サンドイッチ包装など種類（PP、PE、PET等）とその重量比

1) 内容物（食品廃棄物）の成分調査

内容物（食品廃棄物）の成分について調査を行った。コンビニから実際に廃棄された廃棄物を収集し、商品の種類ごとに個数を調査した。商品1つ当たりの重さを測定し、種類ごとの合計重量を求めた（表 3.2-4）。コンビニのホームページにて公開されている成分表より数種類の商品から商品1つ当たりの各成分を求め、各個数を掛けて成分ごとの重量を推計した。（表 3.2-5）

表 3.2-4 コンビニからの廃棄物内訳および設定値

	※実測値 個数(個)	※実測値 1個の重さ(g)	※計算値 各重さ(g)
おにぎり	50	105	5,250
冷やし中華	2	400	800
カップ入りサラダ類	7	130	910
サンドイッチ	15	120	1,800
パン	21	90	1,890
袋入り野菜	10	130	1,300
おにぎり(2個入り)	8	210	1,680
惣菜(グラタン・たこ焼き等)	7	180	1,260
寿司類	9	160	1,440
弁当	14	400	5,600
スイーツ(ロールケーキ等)	6	90	540
フルーツ	1	120	120
合計	150	-	22,590

表 3.2-5 成分ごとの現物重量および割合

	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	食塩相当量 (g)	水分※計算値
おにぎり	202	143	1,851	58	57%
冷やし中華	44	23	193	10	66%
カップ入りサラダ類	12	42	82	8	84%
サンドイッチ	195	300	422	24	48%
パン	179	360	715	25	32%
袋入り野菜	9	1	63	1	94%
おにぎり（2個入り）	57	31	536	16	62%
惣菜（グラタン・た こ焼き等）	110	107	275	18	60%
寿司類	85	136	500	25	48%
弁当	411	327	1,309	42	63%
スイーツ（ロールケ ーキ等）	31	76	117	1	58%
フルーツ	0	0	13	0	89%
合計重量（g）	1,335	1,546	6,076	227	-
割合	6%	7%	27%	1%	59%

コンビニの公式ホームページより

表 3.2-5 より明らかとなった成分割合になるよう、標準食品残さの使用量を以下の通り決定した。

表 3.2-6 標準食品残さの使用量（1バッチの量）

食品の種類	使用量（g）
ごはん	15,000
食パン	4,000
豚肉もも（焼き）	1,650
魚（鮭・焼き）	1,650
キャベツ（ゆで）	4,360
ジャガイモ（水煮）	1,500
なたね油	1,600
食塩	240
計	30,000

2) 容器（廃プラ等）の種類調査

容器（廃プラ等）の種類について調査を行った。

コンビニから廃棄される売れ残り食品廃棄物を2日分入手し、仕分け作業を行った。

写真 3.2-14 は仕分け対象全体の写真である。これらを、お弁当のように温めて食べるもの、サラダのように温めないもの、おにぎりのように温める＋海苔が別包装、サンドイッチ類、デザート類といった種類に分別を行った。

（写真 3.2-15、表 3.2-7）



写真 3.2-14 調査対象全体



写真 3.2-15 種類別、特徴別に分類

表 3.2-7 コンビニの容器組成と重量

種類	割合	重さ (食品廃棄物 30 kg に対して)	特徴
①包装袋 (PP)	11%	209g	パン、野菜、サンドイッチ類
②おにぎり袋 (PP+PET)	3 %	57g	おにぎり袋
③PET	14%	256g	チルド透明容器
④PS 混合容器	57%	1,044g	上下で違う素材、温め
⑤紙＋袋の紙部分	12%	228g	紙＋袋
⑥混合 (デザートカップ類)	2%	36 g	プリン、お菓子容器
合計	100%	1,830 g	

プラスチック容器に関しては、実際にコンビニが使用しているものを調達しようと試みたが、多くの弁当やその他食品は、コンビニ本部、弁当製造メーカー、容器メーカーが共同で開発した物であり、すべての素材、材料の流通経路、量の管理に至るまで契約がなされているため、たとえ試験といえども外部に流れる許可を得ることが出来なかった。このため、全くの同一のものではなく、同素材のものを容器専門店で調達することになった。

亜臨界水処理試験で使用する量は、全部で約 3.6 kg。予備も含めて全体で 5 kg を調達した。写真 3.2-16 は、標準食品残さ 30 kg 当たりの容器写真である。



写真 3.2-16 標準食品残さ 30Kg 当たりの容器

3.2.3 亜臨界水処理結果

試験計画に基づき実施した試験状況は以下のとおり。

1) 原料の準備

(1) メタン発酵テストに必要な原料 20kg を製造するため、余裕を見て 30kg の標準食品残さを準備した。(表 3.2-8 食品別原料の使用量、写真 3.2-17)

表 3.2-8 食品別原料の使用量

食品の種類	使用量 (kg)
ごはん	15.00
食パン	4.00
豚肉もも(焼き)	1.65
魚(鮭・焼き)	1.65
キャベツ(ゆで)	4.36
ジャガイモ(水煮)	1.50
なたね油	1.60
食塩	0.24
計	30.00



写真 3.2-17 使用原料および各重量

(2) 1 バッチあたりの弁当容器等のプラスチックを準備 (表 3.2-9、写真 3.2-18)

表 3.2-9 プラスチック等種類別原料使用量

コンビニ弁当 (模擬)	使用量 (kg)
PS混合	1.044
PET	0.256
紙	0.228
包装袋	0.209
おにぎり袋	0.057
混合 (デザートカップ)	0.036
計	1.830



PS 混合 1.044kg



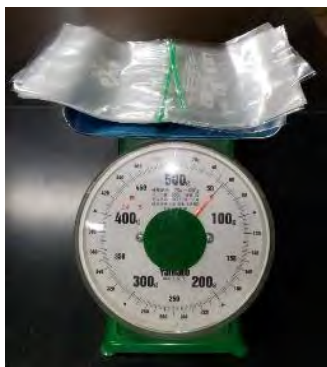
PET0.256kg



紙 0.228kg



包装紙 (サンドイッチ用) 0.209kg



おにぎり袋 0.057kg



混合 (デザートカップ) 0.036kg

写真 3.2-18 プラスチック等種類別重量

2)処理条件

表 3.2-10 1 バッチごとの原料の種類と重量及び処理条件

run No.	原料 (Kg)		プラスチック等 (Kg)		計 (Kg)	処理温度 (°C)	処理時間 (分)	攪拌機運転周波数 (Hz)	放冷時間 (分)
1	標準食品残さ	30.00	なし	—	30.00	160	30	35	20
2	標準食品残さ	30.00	なし	—	30.00	180	30	35	20
3	標準食品残さ	30.00	なし	—	30.00	150	30	35	20
4	標準食品残さ	30.00	なし	—	30.00	200	30	35	20
5	標準食品残さ	30.00	あり	1.83	31.83	160	30	35	20
6	標準食品残さ	30.00	あり	1.83	31.83	180	30	35	20

run1 から run6 まで、6 パターンで試験を実施する。

3)試験

(1) 原料投入～運転開始～排出

①試験に使用する亜臨界水処理装置及びボイラー



写真 3.2-19 明治大学黒川農場 左：亜臨界水処理装置・右：ボイラー

②原料の準備

標準食品残さを1バッチ分ずつ小分けして準備した（1バッチ分の原料の写真）



写真 3.2-20 標準食品残さ



写真 3.2-21 標準食品残さ+プラスチック等

③原料投入

比較的大きい固形状のものは前面より、小さいもの液状のものは上部より投入した。

投入口と前面蓋



写真 3.2-22 原料投入時の写真 前面および上部

④運転開始前準備

制御盤の亜臨界水処理条件設定画面において 1.温度測定位置・2.攪拌機 運転周波数・3.目標温度（処理温度）・4.再加熱温度・5.処理時間を設定した。



写真 3.2-23 亜臨界水処理装置処理条件設定画面（タッチパネル式）

条件を設定したのち亜臨界水処理を開始した。

⑤ 亜臨界水処理中の状況監視

亜臨界処理中は制御盤に現在の状況が表示されて自動で監視と制御を行った。

図 3.2-6：run6 の 200℃処理の例

- ・ 亜臨界水処理装置内の上部温度
- ・ 計測温度（下部で温度の測定設定につき、亜臨界水処理装置内の下部温度と同じ）
- ・ 設定（処理）温度
- ・ 再加熱温度



拡大

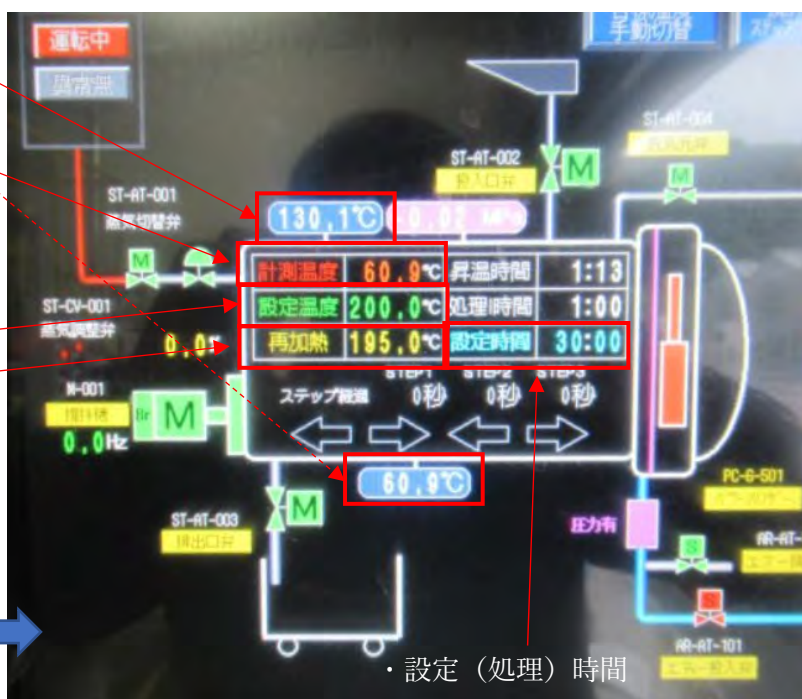


写真 3.2-24 操作画面に表示される各項目（1）

⑥ 設定（目標）温度達成時

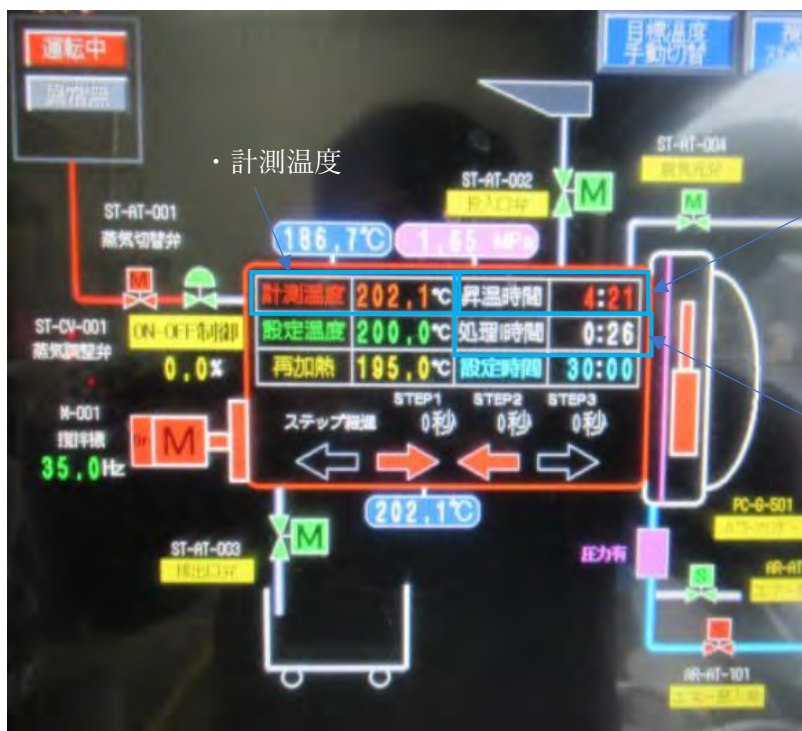


写真 3.2-25 操作画面に表示される各項目（2）

⑦亜臨界水処理が終了

高温の状態で蓋を開放すると内容物が噴き出すため、亜臨界水処理終了後に 20 分間の放冷を行った。

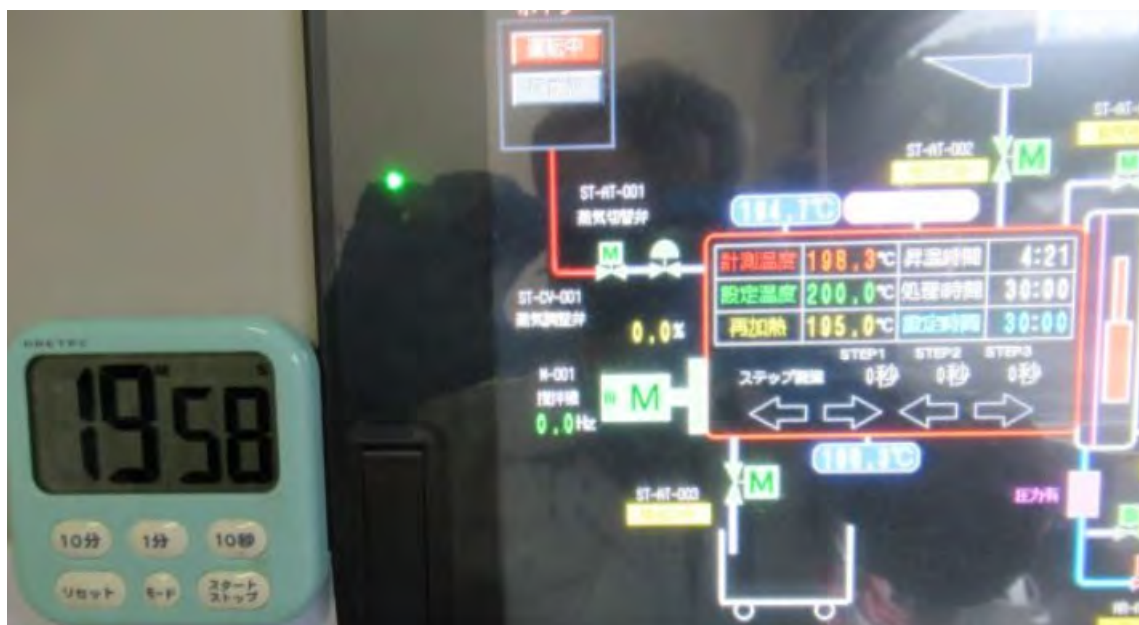


写真 3.2-26 放冷 20 分開始

⑧減圧

放冷 20 分後、亜臨界水処理装置内の圧力を蒸気回収槽に回収し、装置内の圧力が大気圧（0 圧）になったことを確認した。

⑨排出 1

亜臨界水処理装置側方の液体排出口から内容物を排出した。



写真 3.2-27 液体の排出

⑩排出 2

固形物は前方より排出した。



写真 3.2-28 固体の排出

⑪測定

排出作業完了後に各種測定を行った。

⑪－1 蒸気回収槽

水位計に取り付けられたメジャーにより測定



- ・ 蒸気回収槽の内径は 900mm で 1cm は約 6.36L
 - ・ 脱気前は 31.5cm の水位が脱気後では 33.3cm
- 例) 蒸気回収量 = $(33.3 - 31.5) \times 6.36$
 $= 11.45\text{L}$

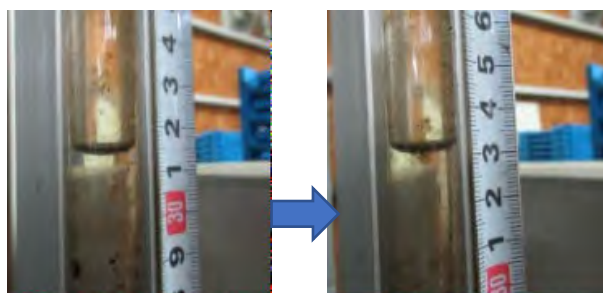


写真 3.2-29 蒸気回収量測定の様子

表 3.2-11 蒸気回収量

	単位	run1	run2	run3	run4	run5	run6
脱気前	cm	28.7	29.4	30.2	31.5	38.1	39.8
脱気後	cm	29.4	30.2	31.5	33.3	38.9	41.1
蒸気回収槽増加	cm	0.7	0.8	1.3	1.8	0.8	1.3
蒸気回収量	L	4.45	5.09	8.27	11.45	5.09	8.27

⑪－2 排出量

亜臨界水処理後の処理物の重量を測定した。



写真 3.2-30 排出量を計測

表 3.2-12 排出量（容器重量を除く）

	単位	run1	run2	run3	run4	run5	run6
排出量	kg	38.70	37.74	36.34	34.08	38.22	40.50

⑫固液分離

2 mmのザルにて固液分離作業を行った。



写真 3.2-31 2mm の網を使用した固液分離作業

⑬固体及び液体の測定

固液分離後の両者の重量を測定した。



写真 3.2-32 固液分離後の固体と液体の測定

表 3.2-13 ザルろ過後の重量（容器重量は除く）

	単位	run1	run2	run3	run4	run5	run6
2mmザルに残った 個体量	kg	7.42	4.92	9.74	12.98	11.34	9.84
2mmザル濾した液 体量	kg	30.22	32.24	25.04	20.62	24.56	27.68

⑭プラスチック等の残渣量

run5・run6においてはプラスチック残さの重量を測定した。



写真 3.2-33 run5 のプラスチック等の残さ



写真 3.2-34 run6 のプラスチック等の残さ



写真 3.2-35 run5 の残さ量（左）と run6 の残さ量（右）

表 3.2-14 プラスチックの湿重量（容器重量は除く）

	単位	run1	run2	run3	run4	run5	run6
プラスチック湿重量	kg	—	—	—	—	1.04	0.74

⑮亜臨界水処理物の画像

run1～6 の処理物の写真。左側が 2 mm のザルの上に残った固形物、右側が 2 mm のザルを通過した液体物。

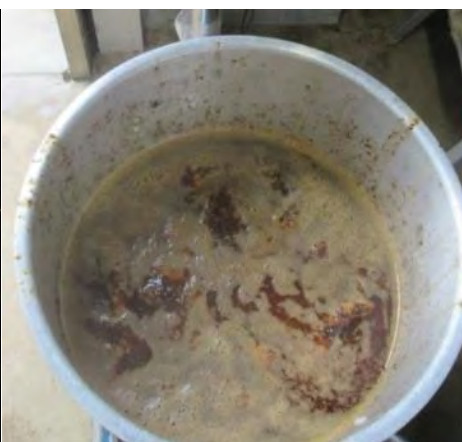


写真 3.2-36 run1 160℃処理



写真 3.2-37 run2 180°C処理



写真 3.2-38 run3 150°C処理



写真 3.2-39 run4 200°C処理



写真 3.2-40 run5 160°C処理（プラスチック有）



写真 3.2-41 run6 180°C処理（プラスチック有）

メタン発酵試験用の試料梱包



写真 3.2-42 メタン発酵用試験サンプル

各条件における試験結果を以下に示す。

表 3.2-15 試験結果

	単位	run1	run2	run3	run4	run5	run6
処理日	—	10月10日	10月10日	10月10日	10月10日	10月11日	10月11日
ごはん	kg	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
食パン	kg	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
豚肉	kg	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
魚	kg	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
キャベツ	kg	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36
ジャガイモ	kg	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
なたね油	kg	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
食塩	kg	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
原料(食残)	kg	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
PS混合	kg	—	—	—	—	1.044	1.044
PET	kg	—	—	—	—	0.256	0.256
紙	kg	—	—	—	—	0.228	0.228
包装袋 (PE)	kg	—	—	—	—	0.209	0.209
おにぎり袋(PP)	kg	—	—	—	—	0.057	0.057
混合 (デザートカップ)	kg	—	—	—	—	0.036	0.036
原料(プラ等)	kg	—	—	—	—	1.830	1.830
原料合計	kg	30.00	30.00	30.00	30.00	31.83	31.83
処理温度	°C	160	180	150	200	160	180
処理時間	分	30	30	30	30	30	30
攪拌機回転数	Hz	35	35	35	35	35	35
放置冷却	分	20	20	20	20	20	20
実験開始温度	°C	82.7	70.9	75.5	130.1	68.5	70.9
上昇温度	°C	77.3	109.1	74.5	69.9	91.5	109.1
排出量	kg	38.70	37.74	36.34	34.08	38.22	40.50
蒸気回収量	kg	4.45	5.09	8.27	11.45	5.09	8.27
蒸気投入量	kg	13.15	12.83	14.61	15.53	11.48	16.94
2mmザル濾した液体量	kg	30.22	32.24	25.04	20.62	24.56	27.68
2mmザルに残った個体量	kg	7.42	4.92	9.74	12.98	11.34	9.84
2mmザルに残った固体の含水率	%	67.3	60.25	66.95	60.35	59.25	46.5
乾燥重量	kg	4.99	2.96	6.52	7.83	6.72	4.58

3.2.4 亜臨界水処理後の粒度分布

160℃および180℃で亜臨界水処理した後の生成物について、2 mm メッシュのザルろ過し、固液分離したものを試料とした。固体部と液体部をそれぞれ、2mm から 0.05mm メッシュ篩でろ過し、重量測定後、顕微鏡（生物顕微鏡）で形態を観察した。

亜臨界水処理後の固液分離調査結果を表 3.2-16 に示す。分離液を 2mm メッシュのザルろ過する過程で 5cm 以上の大型プラスチックは目視で分離した。ろ過残さ含水率を測定し、分別後の固体と液体の比率を求めた。180℃では 160℃より分解が進み、プラスチックがあると固体比率が多くなった。

表 3.2-16 亜臨界水処理物の固液分離調査結果

Run(分解温度)		1 (160℃)	2 (180℃)	5 (160℃)	6 (180℃)
原料投入量 (kg)		30.00	30.00	31.83	31.83
現物重 (kg)	全分解物排出量	38.70	37.74	38.22	40.50
	ろ過液	30.22	32.24	24.56	27.68
	ろ過残さ	7.42	4.92	11.34	9.84
	大型プラスチック	—	—	1.04	0.74
	残渣含水率 (%)	67.3	60.3	59.3	53.5
乾物重 (kg)	ろ過残さ	2.43	1.96	4.62	4.58
	大型プラスチック	—	—	0.44	0.33
固液比 (%)	固体部	6.5	5.3	13.5	12.7
	液体部	93.5	94.7	86.5	87.3

プラスチックを含む原料について、ザルろ過した後の残さの状態を写真 3.2-43 に、2mm メッシュ篩上の状態を写真 3.2-44 に示す。160℃分解物は褐色であり、黒色と褐色の有機物が混在した。180℃分解物は黒色であり、プラスチックの小片がみられた。

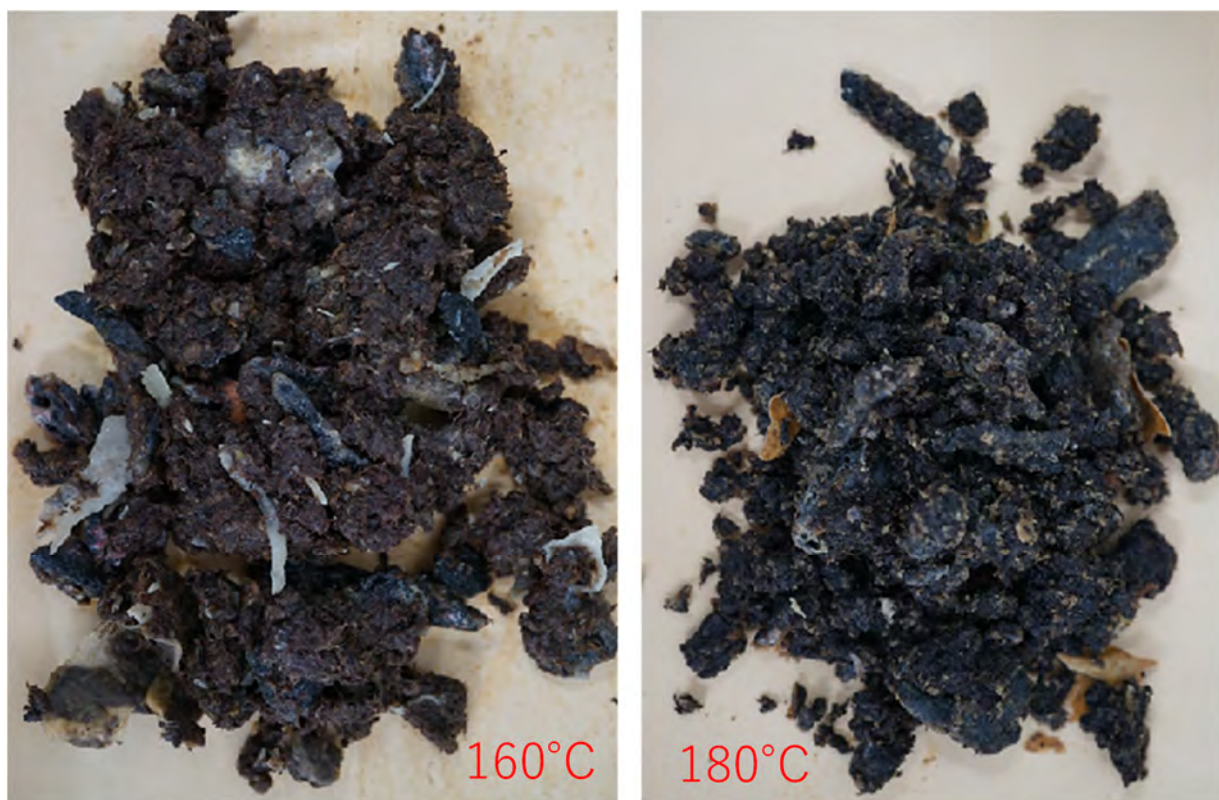


写真 3.2-43 ザルろ過残さの状態 (100g)

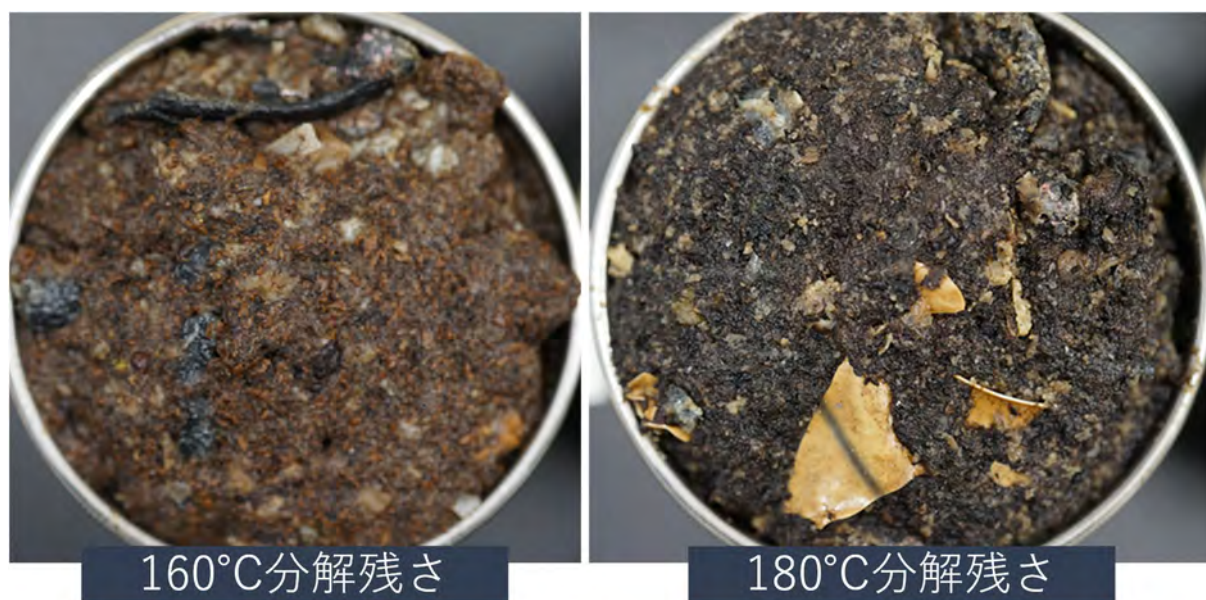


写真 3.2-44 2mm メッシュ篩上の状態

2mm 篩上のプラスチックのサイズがわかる写真を写真 3.2-45 に示す。160℃分解物は、黄白色のプラスチックが目立ち、黒色の物質も黄白色のプラスチックに黒色有機物が付着していた。180℃分解物は褐色の硬いプラスチックが多く、黒色有機物が付着しているものが多かった。



写真 3.2-45 2mm 篩上のプラスチック (160℃および180℃)

2mm から 0.05mm メッシュ篩でろ過し、重量測定後、顕微鏡（生物顕微鏡）で形態を観察した。160℃の結果を写真 3.2-46 に、180℃の結果を写真 3.2-47 に示す。160℃分解物には、1mm 以下の黒色の不定形の物質が多くみられた。これは、分解し褐色化した有機物と思われる。また、細い繊維状の物質もみられ、これは糸状菌の菌糸ではなく、紙容器のセルロースであった。180℃の分解物中には、0.5～1mm の透明なプラスチック様物質が多くみられた。



写真 3.2-46 160℃分解物中の黒色物質

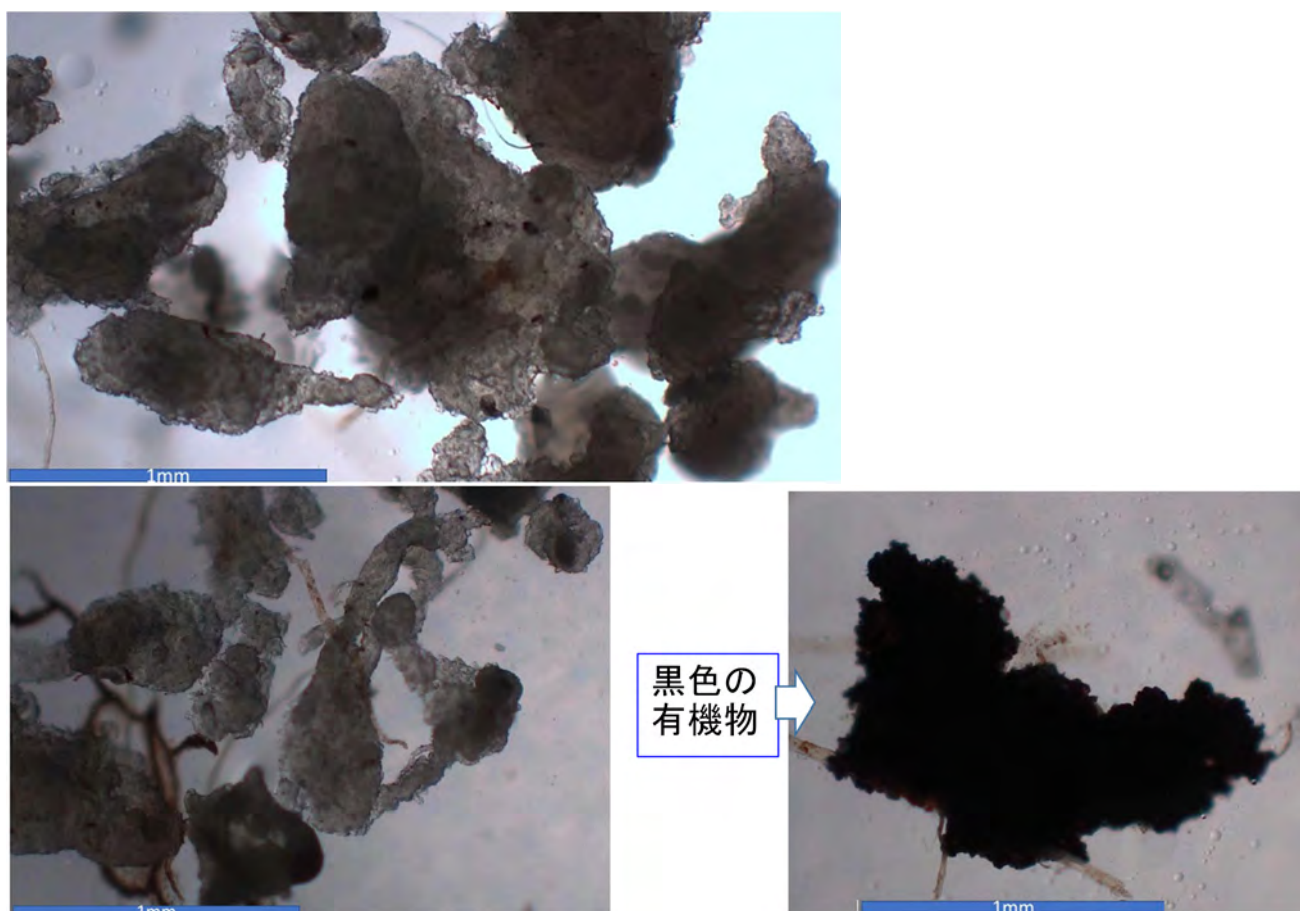


写真 3.2-47 180°C分解物中のプラスチック様物質

亜臨界水処理分解物の粒径別組成を表 3.2-17 に、亜臨界水処理物中プラスチックの粒度分布を表 3.2-18 に示す。

「ろ過残さ」と「ろ液」について、各メッシュのろ過物を風乾後に重量を測定し、プラスチックと有機物の区分は目視で行った。

プラスチックの粒度分布測定は各画分のプラスチックの風乾重を測定したが、油脂や有機物の付着がみられ、合計値が投入量 (1.62Kg) を超えるため、プラスチック間の比率として示した。160°C分解では、50mm 以上の原形を保ったプラスチックが多く、また全てが 2mm 以下上の画分であり、2mm メッシュろ過液にはみられなかった。180°C分解では、プラスチックが脆くなり、分解槽内の攪拌により細分化し、2mm 以下のマイクロプラスチックが約 26%発生し、ろ過液中にも存在がみられた。

表 3.2-17 亜臨界水処理分解物の粒径別組成（単位は g）

試料	フルイのメッシュ	160℃分解物(R5)			180℃分解物(R6)		
		全重量	プラスチック	有機物	全重量	プラスチック	有機物
ろ過残さ /100g	2.0mm<		16.42	38.75		17.83	45.34
	1.0mm	0.884	0	0.88	1.382	0.92	0.46
	0.5mm	1.125	0	1.12	2.096	1.40	0.70
	合 計		16.42	40.75		20.15	46.50
ろ液 /100g	1<2mm	0.230	0	0.23	0.064	0.03	0.03
	0.5mm	0.628	0	0.63	0.274	0.09	0.18
	0.25mm	0.032	0	0.03	0.407	0	0.41
	0.1mm	0.113	0	0.11	0.196	0	0.20
	0.05mm	0.016	0	0.02	0.033	0	0.03
	合 計		0	1.02		0.12	0.87

表 3.2-18 亜臨界水処理物中プラスチックの粒度分布

分解条件		160℃水熱分解物				180℃水熱分解物			
単 位		g	kg	kg	%	g	kg	kg	%
ろ過残さ	50mm<			0.44	19			0.33	12
	2mm<	16.42	11.34	1.86	81	17.83	9.84	1.75	62
	1-2mm	0		0		0.92		0.09	3
	0.5-1mm	0		0		1.04		0.10	3
	小 計			2.30	100			2.27	80
ろ過液	1-2mm	0	24.56	0		0.95	27.68	0.26	9
	0.5-1mm	0		0		1.13		0.31	11
	小 計			0				0.57	20
合 計			35.90	2.30	100		37.52	2.84	100

粒度分布の測定結果について以下にまとめる。

- ・ 160℃分解では、プラスチック容器の形態がわかる状態のものが約 1/5 あり、残り 4/5 は破碎されていたが、2mm 以下のものは見られなかった。
- ・ 180℃分解では、プラスチックが硬化し破碎されやすくなり、約 3/4 が数 cm 程度の破片となり、残り 1/4 は 2mm 以下のマイクロプラスチックになっていた。しかし、0.5mm 以下の破片はみられなかった。
- ・ 顕微鏡観察によるプラスチック分解の検討結果からみると、160℃で水熱分解するとプラスチックは収縮固化するが、2mm 程度の篩で分別可能となるが、180℃分解ではプラスチックが破碎され 2mm 以下のマイクロプラスチックとなり、分別が困難になる。
- ・ 顕微鏡観察結果からは、プラスチックの種類の判別は不可能であった。