農林業系副産物等処理実証事業
主灰コンベア破損事故の原因調査結果

平成 25 年９月 25 日
環境省指定廃棄物対策チーム

環境省は、農林業系副産物等処理実証事業（福島県鮫川村）において、８月 29 日 14:30 頃に発生した主灰コンベア破損事故について、事業の委託先である日立造船株式会社とともに原因を調査し、９月２日に原因調査結果の第一次報告を公表しました。

その後、詳細な原因調査を継続し、９月 10 日に井上信治環境副大臣から日立造船株式会社に対し、事故原因の究明と再発防止対策の実施に万全を期すよう指示したことを踏まえ、外部有識者の指導・助言を得て、その結果を以下のとおり取りまとめました。

原因調査結果の概要

［事故の状況］

〇主灰（もえがら）コンベアの覆いの一部が破断するなど、主灰コンベアが破損しました。その他の装置の破損はありませんでした。

〇施設内及び施設周辺の空間線量率、周辺土壌のセシウム濃度等を測定しました。その結果、異常値は認められませんでした。

※現在、施設は安全に停止しており、施設周辺の空間線量率の測定結果を毎日、環境省のホームページに掲載しています。

［事故の原因］

〇詳細な原因究明の結果、事故の原因は、運転マニュアルに反し、主灰を排出する際に開放するゲート（仕切り弁）を「開」にした状態で焼却炉の運転を行ったため、
①焼却炉の下部にあるプラグの隙間から可燃分を含む灰が主灰コンベアにこぼれ落ち、
②主灰コンベア内や主灰サイロ内でくすぶって一酸化炭素等の可燃性ガスが発生し、
③閉鎖空間であった主灰コンベア内や主灰サイロ内に滞留して可燃限界濃度に達し、
④焼却炉からこぼれ落ちた灰が火種となって着火し、一気に異常燃焼し、
⑤主灰コンベア内の圧力上昇を招き、破損・変形に至った
ものと推定されます。

Ⅰ．事故の経緯

１．８月 29 日（木）当日の事故発生までの運転状況、運転操作

8:00 頃　焼却炉の運転準備を開始。前日の焼却炉運転中に生じた主灰（もえがら）を排出するために、焼却炉下部と主灰コンベア※の間にあるゲート（仕切り弁）を開けた（その後、閉めなかった。）。

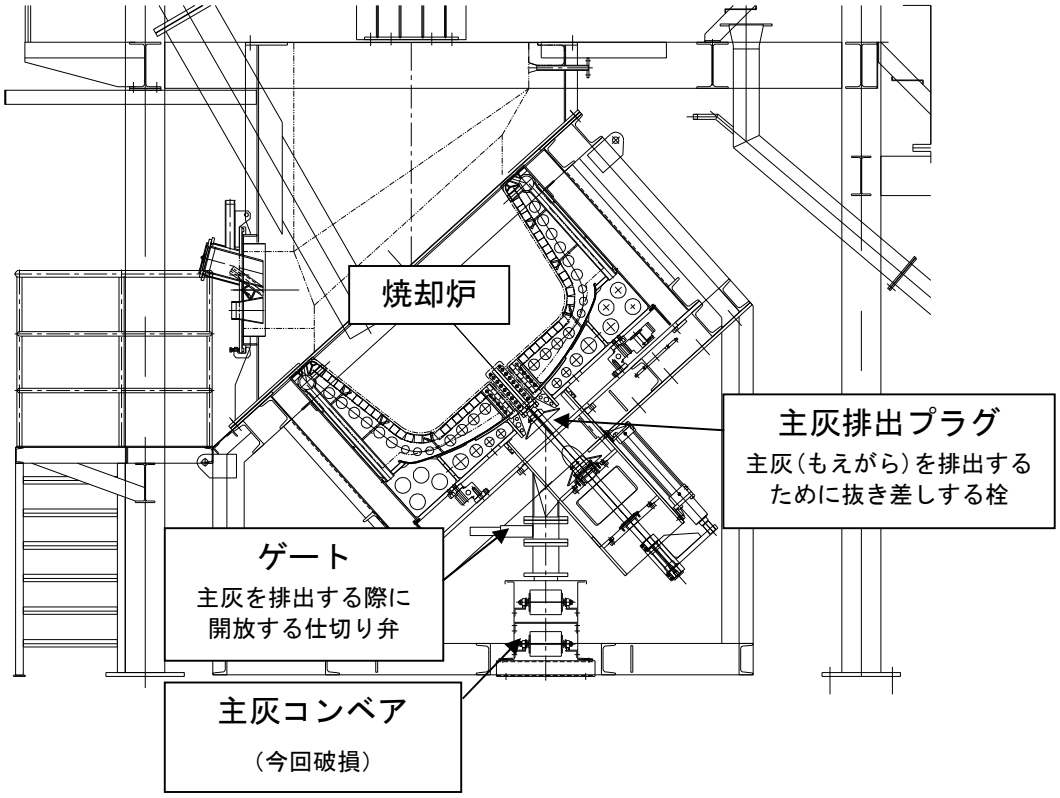
※　主灰コンベアは、焼却炉に残った灰（もえがら）を灰固型化施設に搬送する装置。

8:03　　排風機の運転を開始。

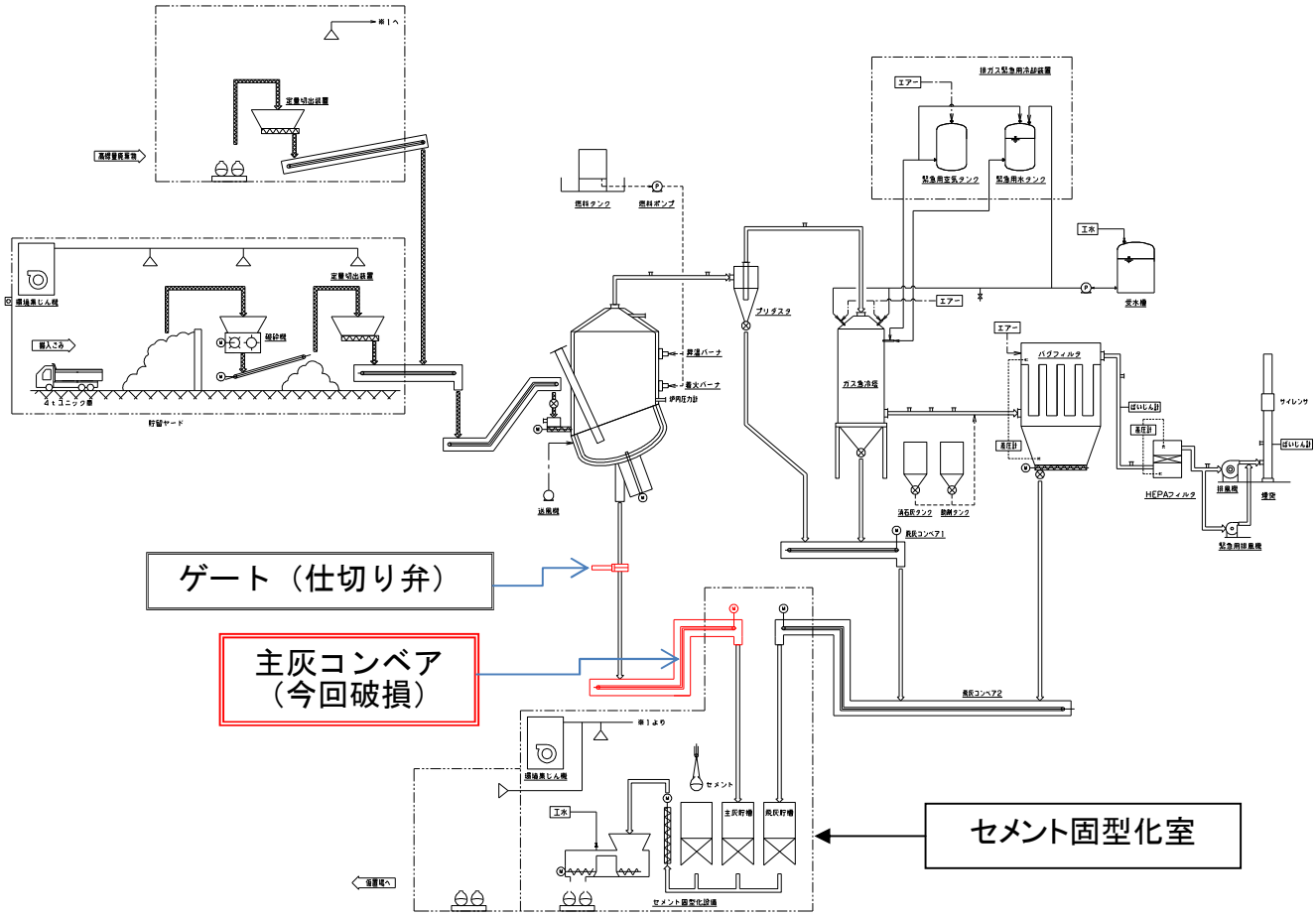
8:10　　バーナーに着火。

9:00 頃　焼却対象物（牧草 60%、稲わら 40%）を投入し、定格（毎時約 190kg）を目指して焼却を開始。

その後、事故発生までに、約１トンを焼却。



図Ⅰ－１　焼却炉周り断面図



図Ⅰ-2　設備フロー図

2. 事故発生時

14:33 頃　主灰コンベア付近で大きな異常音（パンという大きな破裂音）が発生。直ちに着火バーナー、二次バーナーの燃料を停止。

主灰コンベアが故障（異常停止）。

14:36 頃　作業員が現場を確認中に、二回目の異常音（一回目よりは小さな音）が発生。

14:37 頃　原料供給を停止。順次停止※ボタンを押し、運転の停止操作に移った。

※　順次停止とは、順を追って機器を停止する通常の停止操作であり、安全確保に必要な機能（バグフィルター等による排ガス処理の継続等）を最後まで維持しつつ停止する動作。

15:53　　排風機が停止し、プログラムどおり順次停止を完了した。この間、排ガス処理は継続して行われ、バグフィルター後のばいじん濃度は 0.25mg/Nm^3 程度に維持されており、異常はなかった。

３．事故の各所への連絡

14:45　　現場運転事務所から日立造船(株)本社に第一報を連絡。
14:50　　現場運転事務所から環境省本省に第一報を連絡。
14:50　　鮫川村から環境省及び現場運転事務所に事実関係の問い合わせ。
15:10～　環境省本省から、鮫川村、北茨城市、いわき市、塙町、福島県産業廃棄物課、福島県県南地方振興局、環境省福島環境再生事務所に第一報を連絡。
16:30～　現場運転事務所長が近隣の住宅4戸に電話し、つながった3戸に事故の状況を説明。
19:00頃　環境省本省において記者発表を行うとともに、鮫川村、いわき市、北茨城市、塙町、福島県産業廃棄物課、福島県県南地方振興局に記者発表資料を送信。
20:20～　現場運転事務所長と環境省福島環境再生事務所員が近隣の住宅 11 戸を訪問し、事故の状況とお詫びを内容とする説明資料を配布。
20:30　　棚倉消防署から環境省本省に事実関係の問い合わせ。
　　環境省本省から、記者発表資料をファックスで送信（20:43)。
21:00　　棚倉警察署に環境省本省から連絡。記者発表資料をファックスで送信（21:23)。

※警察署、消防署には、緊急対応連絡網に基づき、現場運転事務所から連絡する体制であったが、連絡されず。

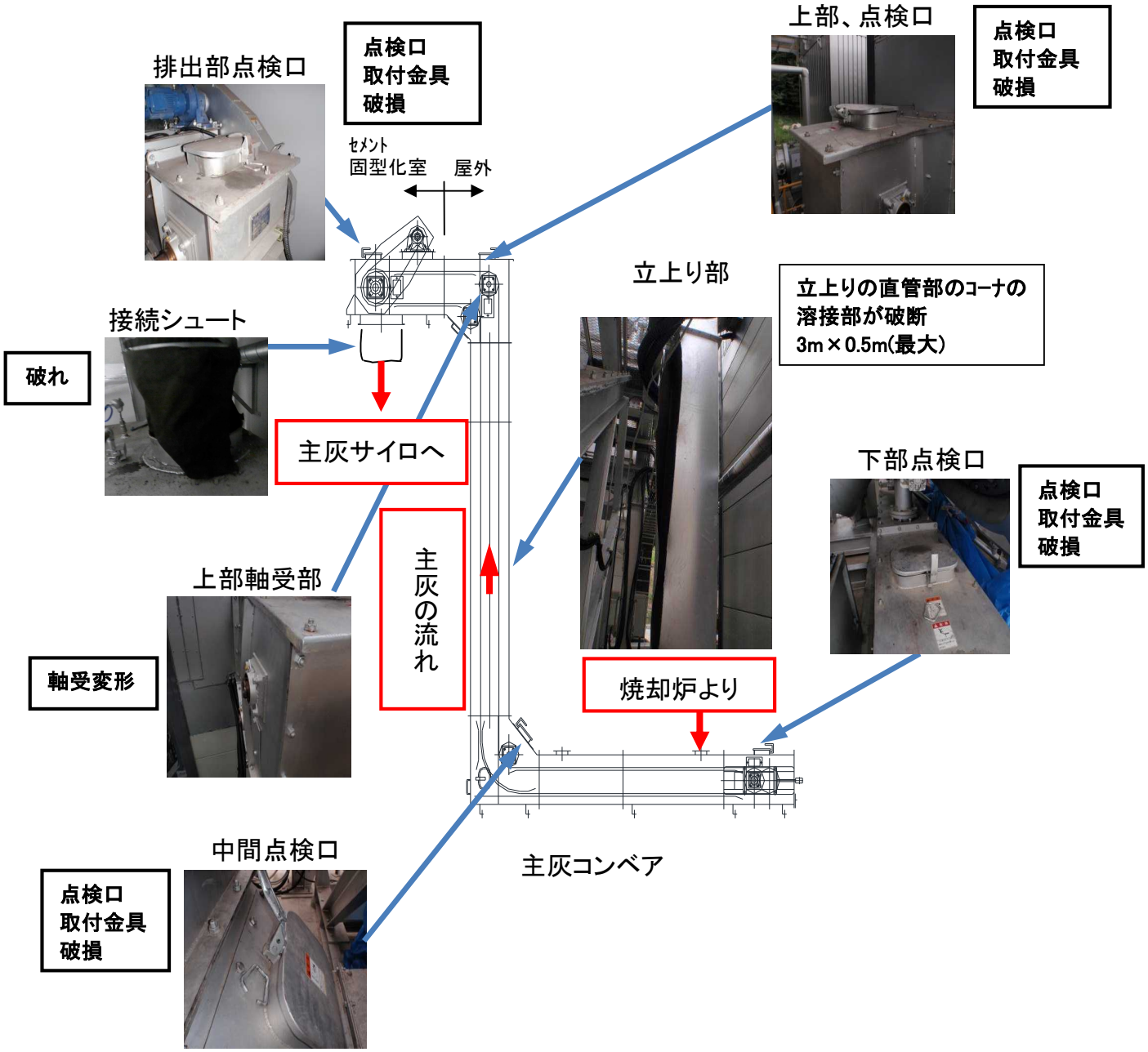
Ⅱ．事故の状況

１．施設の破損状況

(1)主灰コンベアの破損状況(撮影日時：H25.8.29　15 時)

主灰コンベアが上方に垂直に立ち上がる部分のケーシング（コンベアを囲む枠）の溶接部が破裂し、長さ 3m、最大幅 0.5mにわたって開口しました。また、上部ケーシングの変形、点検口のふたの変形、ストッパーの破損等が生じました。

仮設焼却施設全体の点検では、その他の破損等は認められていません。

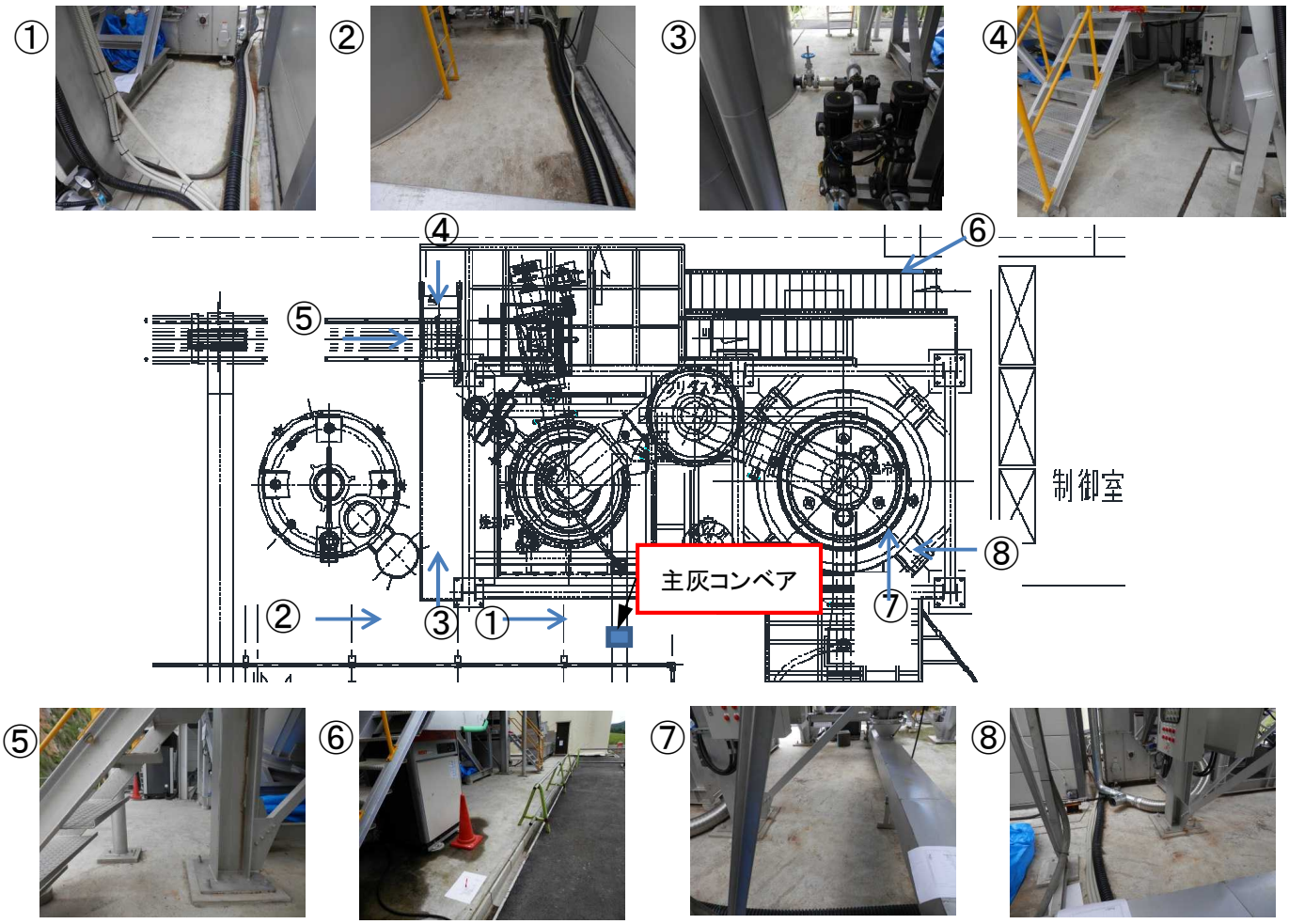


図Ⅱ－1　主灰コンベアの破損･変形箇所

２．主灰の状況確認

主灰の飛散について点検、確認しました。

(1) 目視による確認：周辺への主灰の飛散は認められませんでした(H25.8.29 15 時)。



図Ⅱ－2 主灰コンベア周り状況写真（撮影日 H25.8.30 16 時）

(2) コンベア内の状況等

・通常の焼却運転時には、主灰コンベア内には主灰はありませんが、当日はゲートが開の状態であったため、少量の主灰が継続的に排出されていたものと考えられます。

・このことから、事故発生時の主灰コンベア内には、ごく少量の主灰が存在していたものと考えられます。

【事故発生時のコンベア内の主灰の量の試算】

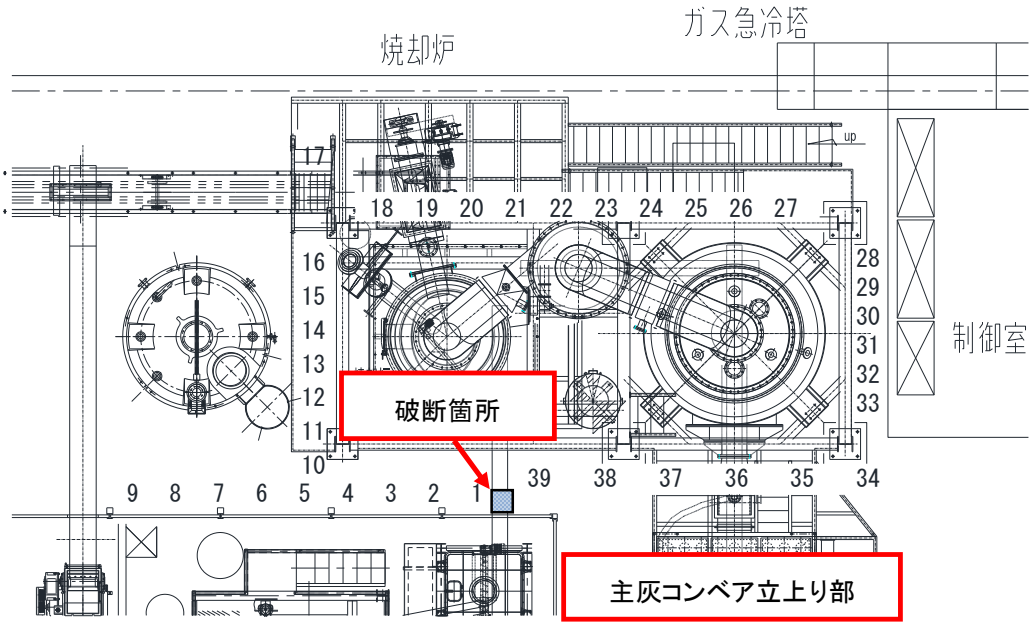
・ 主灰サイロの重量計の値から、主灰の発生量は 1 時間あたり約 1kg（1,000g）

・ 主灰コンベア内の主灰は、コンベア内を約 3 分で入り口から出口まで移動するので、単純計算すると、約 50g（約 1,000g／60 分×3 分）と推定されます。

３．施設内外の空間線量率の測定結果

(1) 主灰コンベア周辺の空間線量率

以下のとおりで、特に異常は認められませんでした。



図Ⅱ－3　主灰コンベア周辺の空間線量率測定箇所

表Ⅱ－1　主灰コンベア周辺の空間線量率測定結果（平成 25 年 8 月 30 日 7～9 時測定）

単位：μSv/h

測定点	測定値	測定点	測定値	測定点	測定値	測定点	測定値
No.1	0.08	No.11	0.08	No.21	0.07	No.31	0.10
No.2	0.09	No.12	0.07	No.22	0.08	No.32	0.10
No.3	0.08	No.13	0.08	No.23	0.09	No.33	0.10
No.4	0.07	No.14	0.07	No.24	0.09	No.34	0.11
No.5	0.08	No.15	0.07	No.25	0.08	No.35	0.10
No.6	0.08	No.16	0.07	No.26	0.08	No.36	0.10
No.7	0.07	No.17	0.08	No.27	0.09	No.37	0.10
N0.8	0.07	No.18	0.08	No.28	0.09	No.38	0.09
No.9	0.08	No.19	0.08	No.29	0.09	No.39	0.07
No.10	0.07	N0.20	0.08	No.30	0.09		

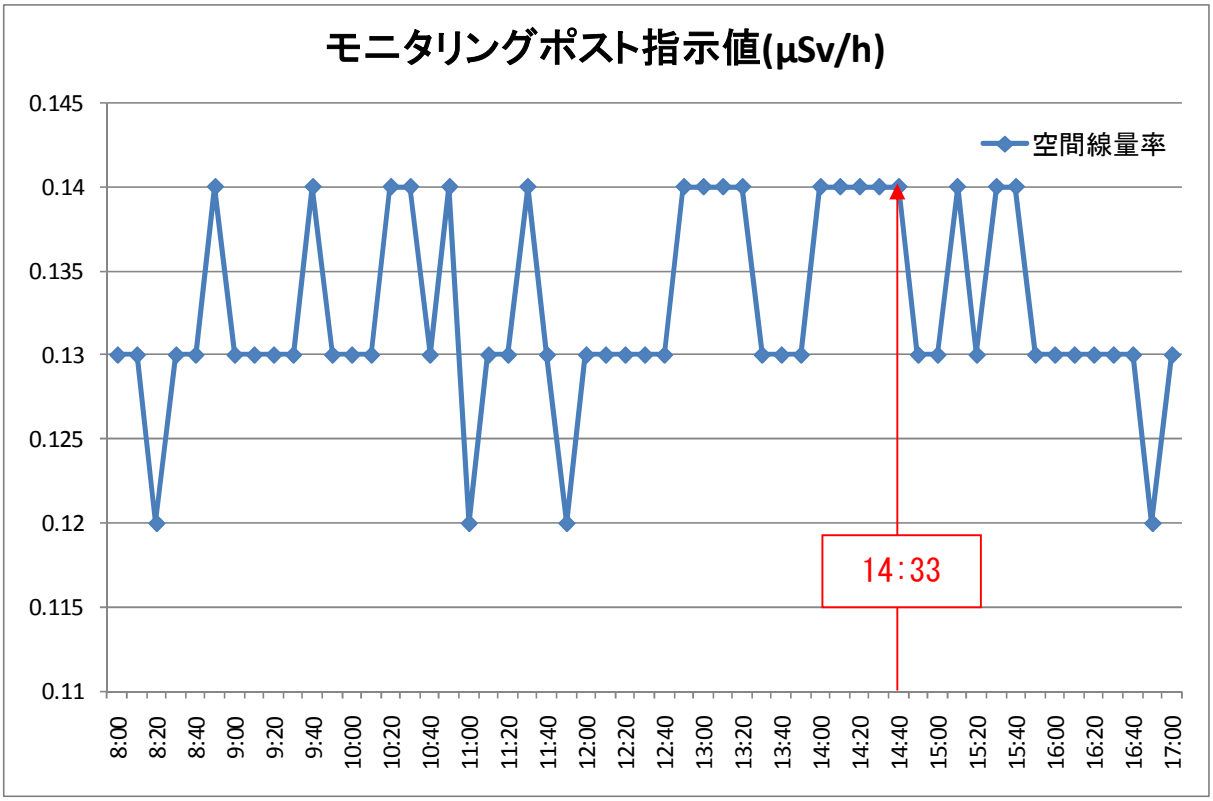
(2) 施設内・施設周辺の空間線量率（定点観測地点）

定点観測してきた施設内・施設周辺の空間線量率の測定結果からも、特に異常は認められませんでした。

表Ⅱ－２　施設内・施設周辺の空間線量率測定結果と比較

単位：μSv/h

測定点	7/1～7/10		8/29 15 時
	最低値	最高値	
①貯留ヤード	0.08	0.10	0.09
②バグフィルタ横	0.07	0.09	0.12
③排突横	0.08	0.11	0.10
④セメント固型化室前室	0.07	0.10	0.08
⑤事務所内	0.07	0.09	0.09
⑥貯留ヤード北側	0.09	0.11	0.09
⑦貯留ヤード北西側（仮置場看板付近）	0.10	0.12	0.10
⑧排突南西側	0.10	0.12	0.11
⑨焼却炉東側	0.07	0.11	0.09
⑩モニタリングポスト（施設入口）	0.13	0.13	0.14
⑪施設東側120m	0.16	0.18	0.17
⑫施設南側120m	0.16	0.20	0.18
⑬施設西側120m	0.19	0.23	0.21
⑭施設北側120m	0.22	0.24	0.21
⑮村道石久保線起点	0.16	0.20	0.19
⑯村道石久保線終点	0.16	0.19	0.18
⑰青生野協業和牛組合管理棟前	0.18	0.30	0.17



図Ⅱ－４　８月 29 日の施設入口部のモニタリングポスト（⑩）の指示値

４．施設内外の表面汚染密度の測定結果

(1) 主灰コンベア周辺の表面汚染密度

主灰コンベア周辺の値は、表面汚染密度の基準値である４Bq/cm²※よりも低い値にとどまっていました。

表Ⅱ－3 主灰コンベア周辺の表面汚染密度(平成 25 年 8 月 30 日 7～9 時測定)

単位：Bq/cm²

測定点	測定値	測定点	測定値	測定点	測定値	測定点	測定値
No.1	0.12	No.11	0.17	No.21	0.15	No.31	0.19
No.2	0.17	No.12	0.13	No.22	0.23	No.32	0.21
No.3	0.29	No.13	0.13	No.23	0.15	No.33	0.24
No.4	0.15	No.14	0.22	No.24	0.18	No.34	0.27
No.5	0.18	No.15	0.17	No.25	0.24	No.35	0.20
No.6	0.14	No.16	0.25	No.26	0.27	No.36	0.19
No.7	0.16	No.17	0.17	No.27	0.28	No.37	0.21
N0.8	0.10	No.18	0.18	No.28	0.25	No.38	0.17
No.9	0.18	No.19	0.17	No.29	0.23	No.39	0.26
No.10	0.21	N0.20	0.13	No.30	0.22		

※ 「表面汚染密度の基準値」とは、放射性物質を取り扱う施設において物品等を施設の外へ持ち出すことが可能かどうかを判断するための値で、電離放射線障害防止規則に基づき４Bq/cm2 と定められています。これ以下であればそのまま施設外に持ち出すことができますが、これを超えて汚染されているものは除染をしなければ施設外へ持ち出すことができない基準値です。

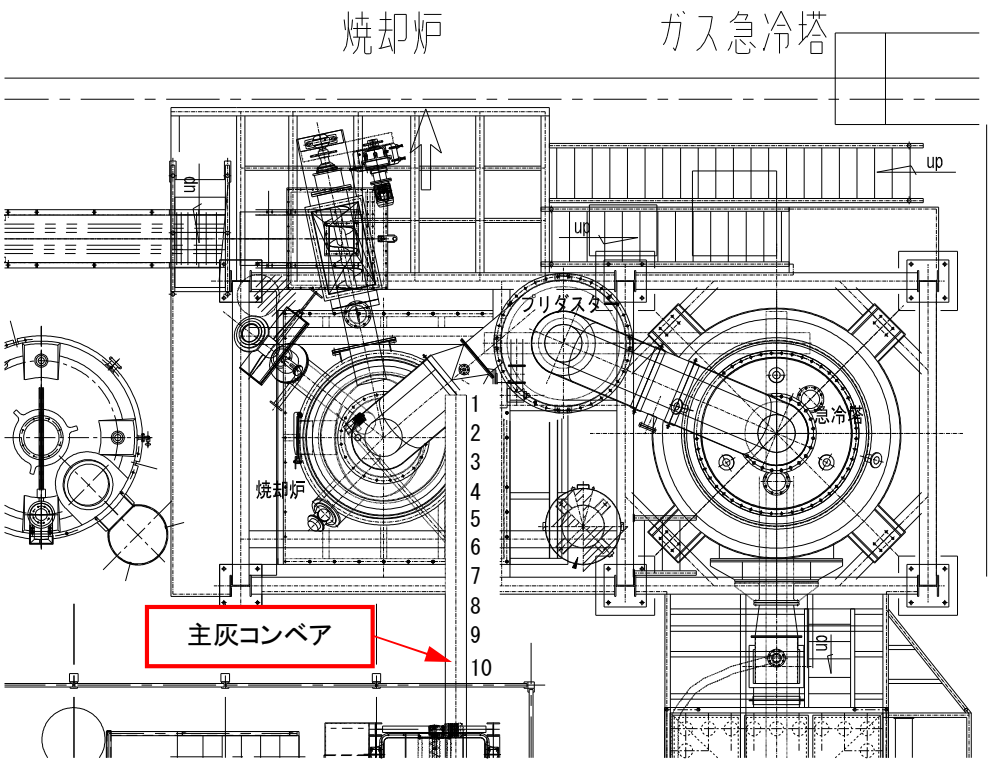
(2) 主灰コンベアの覆い上面の表面汚染密度

主灰コンベアの覆い上面の値は、表面汚染密度の基準値である4Bq/cm2よりも低い値にとどまっていました。

表Ⅱ－4 主灰コンベアの覆いの上面の表面汚染密度(平成25年8月30日7～9時測定)

単位：Bq/cm^2

測定点	濃度	測定点	濃度	測定点	濃度	測定点	濃度
①	0.04	④	0.01	⑦	0.01	⑩	0.00
②	0.00	⑤	0.01	⑧	0.00		
③	0.03	⑥	0.00	⑨	0.00		



図Ⅱ－5 主灰コンベアの覆いの上面の表面汚染密度測定箇所

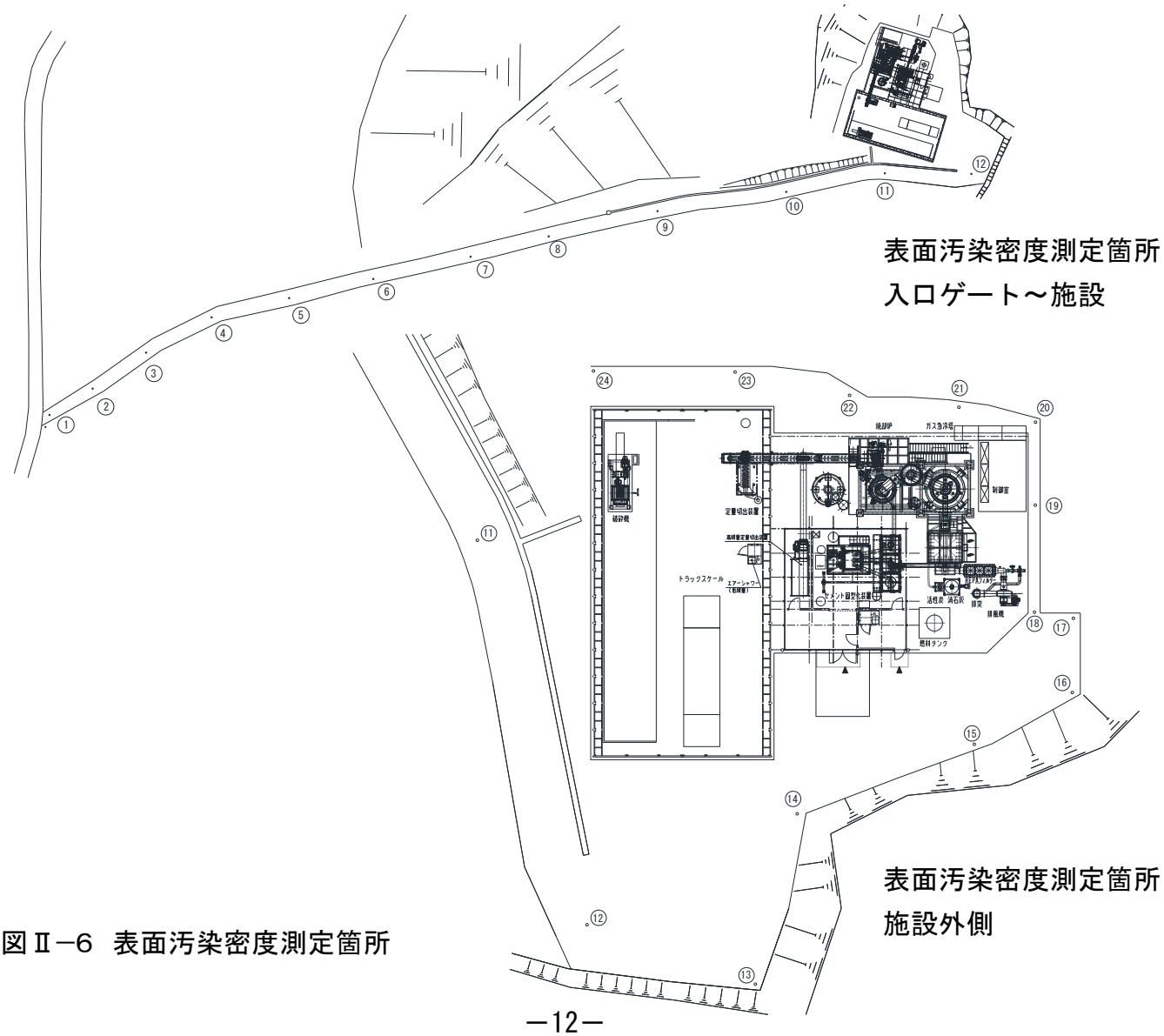
(3) 施設周辺の表面汚染密度

施設周辺の値は、表面汚染密度の基準値である4Bq/cm^{2}よりも低い値にとどまっていました。

表Ⅱ－5 施設周辺の表面汚染密度(平成 25 年 8 月 30 日 16～17 時測定)

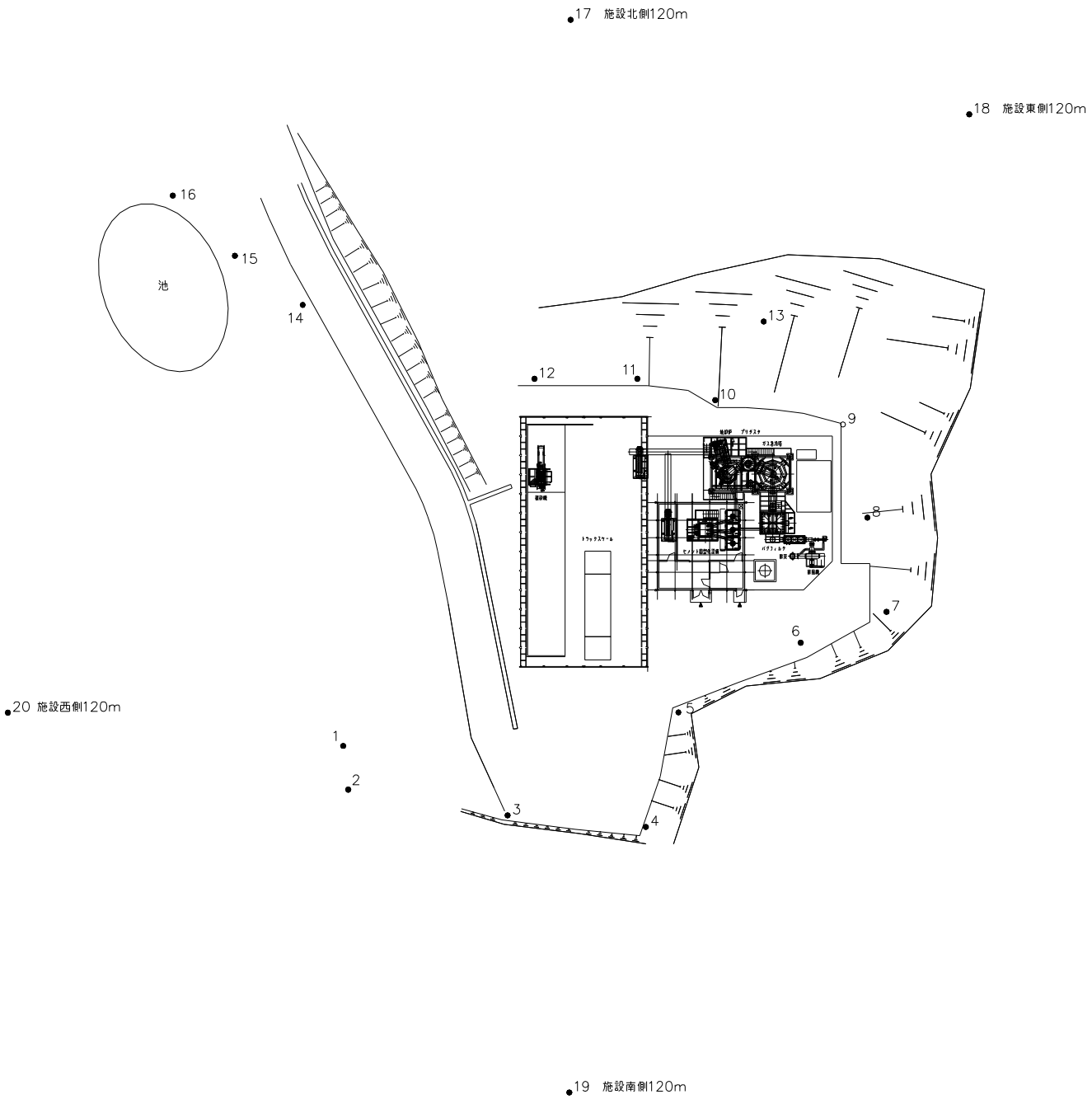
単位：Bq/cm2

測定点	測定値	測定点	測定値	測定点	測定値	測定点	測定値
No.1	0.40	No.7	0.25	No.13	0.22	No.19	0.25
No.2	0.29	N0.8	0.32	No.14	0.27	No.20	0.25
No.3	0.30	No.9	0.28	No.15	0.22	No.21	0.21
No.4	0.40	No.10	0.34	No.16	0.29	No.22	0.19
No.5	0.28	No.11	0.30	No.17	0.24	No.23	0.31
No.6	0.32	No.12	0.32	No.18	0.27	No.24	0.19



図Ⅱ－6 表面汚染密度測定箇所

5. 周辺の土壌の放射性セシウム濃度及び空間線量率の測定結果



図Ⅱ−7 施設周辺の土壌のサンプリング箇所

下表は、施設の建設前と運転後の土壌の放射性セシウム濃度の比較結果です。地点によって上昇や低下が見られますが、全体的に低濃度であることから、採取試料のばらつきの範囲内であると考えられ、特に異常は認められませんでした。

表Ⅱ－６　施設周辺の土壌のセシウム濃度の測定結果と比較

	運転前		事故発生後		
土壌ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ箇所	土壌 H24.12.20		土壌 H25.8.30　9:00~11:00		空間線量率 H25.8.30 9:00~ 11:00 μSv/h
	濃度 Bq/kg		濃度 Bq/kg		
	Cs134	Cs137	Cs134	Cs137	
No.1	13	22	ND(10)	ND(10)	0.10
No.2	-	-	ND(10)	14	0.12
No.3	ND(10)	ND(10)	ND(10)	16	0.11
No.4	-	-	ND(10)	13	0.11
No.5	-	-	ND(10)	ND(10)	0.12
No.6	ND(15)	ND(15)	ND(10)	ND(10)	0.09
No.7	-	-	ND(10)	ND(10)	0.10
No.8	-	-	ND(10)	ND(10)	0.10
No.9	-	-	ND(10)	ND(10)	0.10
No.10	-	-	ND(10)	ND(10)	0.10
No.11	-	-	12	22	0.09
No.12	-	-	ND(10)	ND(10)	0.10
No.13	68	122	ND(10)	ND(10)	0.09
No.14	ND(10)	ND(10)	11	30	0.10
No.15	ND(10)	ND(10)	ND(10)	16	0.12
No.16	ND(10)	17	ND(10)	18	0.13
No.17　施設北側 120m	-	-	43	74	0.25
No.18　施設東側 120m	-	-	62	130	0.17
No.19　施設南側 120m	-	-	30	68	0.18
No.20　施設西側 120m	-	-	110	210	0.21

注：ND は検出下限値未満のこと。（　）内の数値は、検出下限値（Bq/kg）。

Ⅲ．事故原因の究明調査

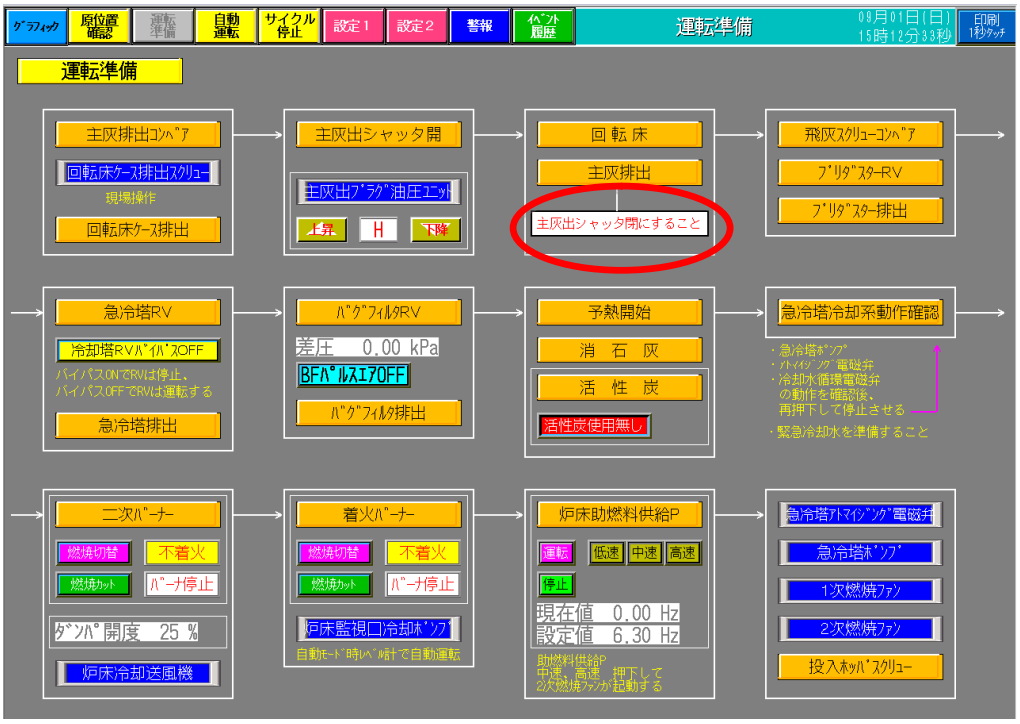
今回の事故がどのように起こったのか、詳細を把握し、原因を究明するため、平成 25 年９月２日に公表した「農林業系副産物等処理実証事業　主灰コンベア破損事故の原因調査結果（第１次報告）」（以下「第一次報告」といいます。）以降、詳細な原因調査を継続しました。また、事故原因の究明に当たっては、外部有識者にヒアリングを行い、指導・助言をいただきました。

１－１．ゲート（仕切り弁）の開閉について

(1) 規定のゲート（仕切り弁）の開閉操作

本焼却炉の下部に設置されているゲート（仕切り弁）は、焼却炉と主灰コンベアの間を遮断するものです（図Ⅲ－２参照）。

運転マニュアルでは、焼却炉運転開始前にゲートを「開」にして前日の主灰を排出し、その後ゲートを「閉」にしてから運転することとしています。また、制御室の運転準備画面でも、運転中はゲートを「閉」にすることを注意喚起しています。



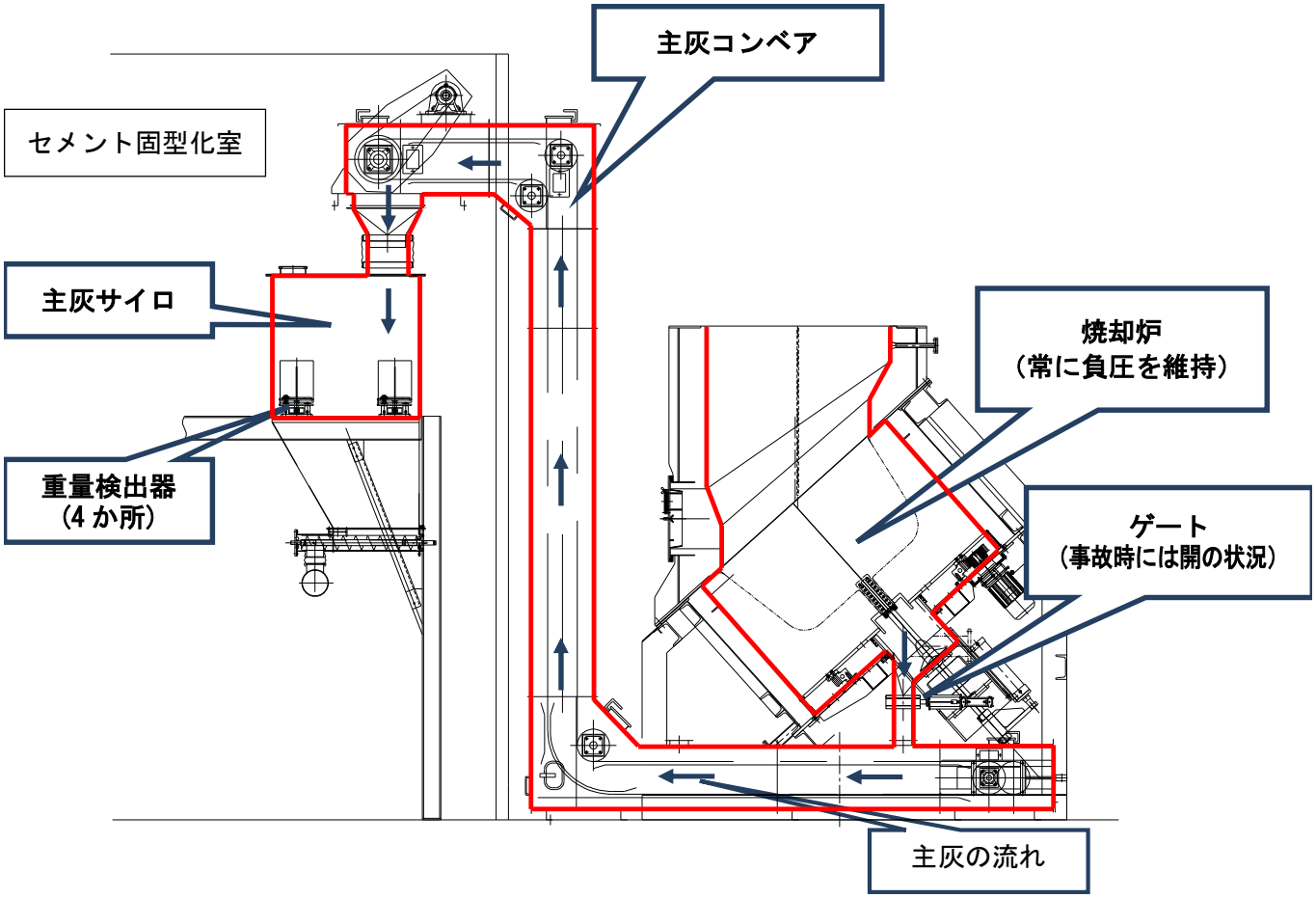
注：上記の運転準備画面では、「ゲート」を「主灰出シャッタ」と表記しています。

図Ⅲ－１　運転準備画面

(2) 運転データの調査によるゲートの開閉の状況

焼却炉内の圧力である「炉内圧力」と、主灰の送り先である主灰サイロ内の「主灰量」との関係を調べました。「主灰量」とは、主灰サイロに設置した重量検出器（ロードセル：荷重を電気信号に変換して出力するセンサー）の検出値です。

焼却炉内と主灰サイロとは、通常、ゲートで仕切られていますが、ゲートが開いていれば、焼却炉内と主灰サイロは、主灰コンベアを通じてつながるため、炉内圧力に連動して主灰サイロの圧力が変動することになります。運転中の焼却炉は常に外気よりも低い圧力（以下「負圧」といいます。）に維持されていますが、燃焼状態によって炉内圧力は変動します。その結果、主灰サイロの圧力が連動して変動し、主灰量の重量検出器にかかる荷重を変化させるため、「炉内圧力」と「主灰量」との値が連動することになります（例えば炉内圧力が低くなると、重量検出器にかかる圧力が弱くなって検出される重量が軽くなるなど）。



図Ⅲ－２　焼却炉、ゲート、主灰サイロの位置関係図

調査の結果、８月 26 日から 29 日は、「炉内圧力」と「主灰量」との値に高い連動性がありました。

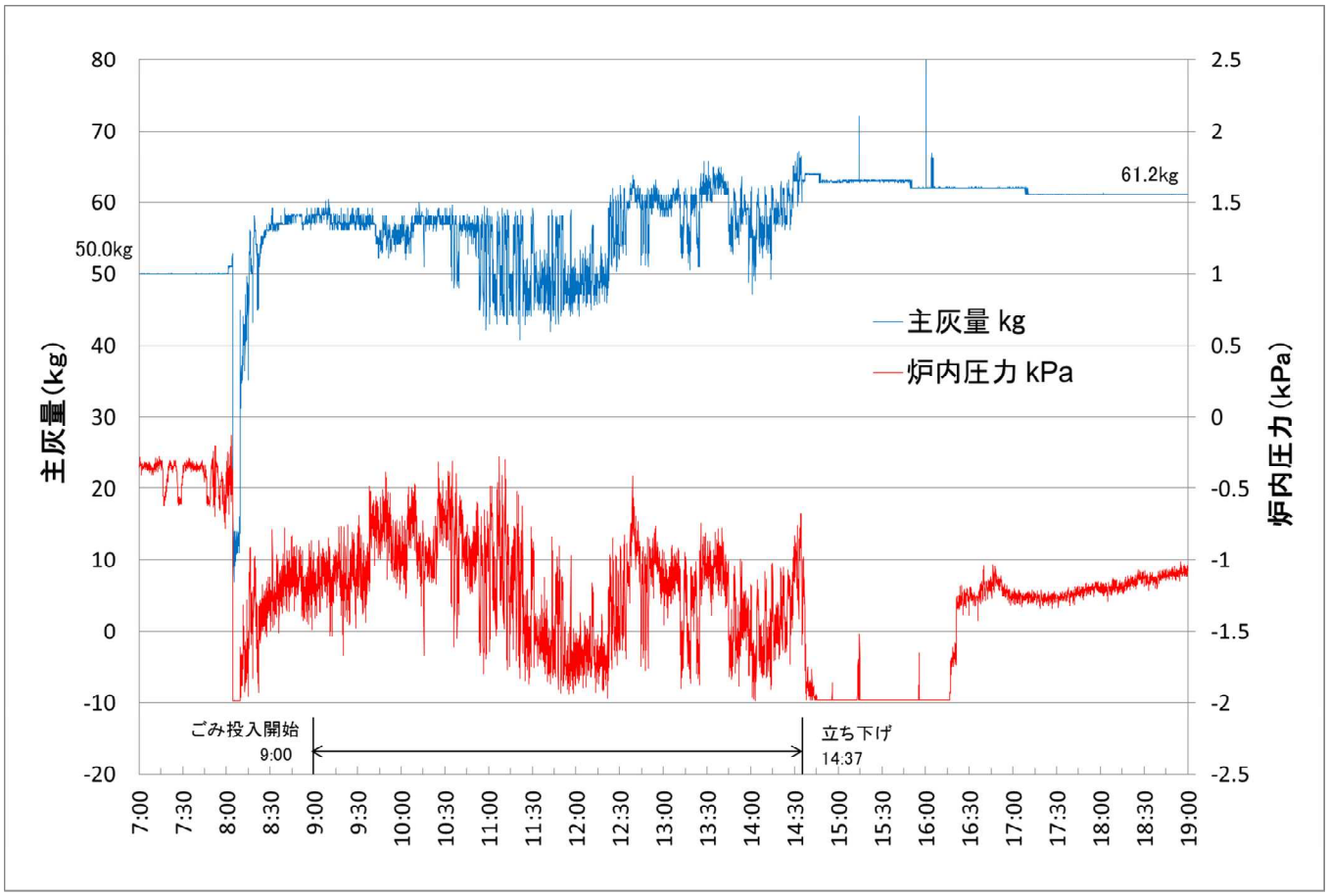
表Ⅲ－１　炉内圧力－主灰量間の相関係数の変化

計算期間		相関係数					
開始	終了	22 日	23 日	26 日	27 日	28 日	29 日
8:00	8:30	0.14	**0.42**	−0.23	−0.36	**0.76**	**0.63**
8:30	9:00	−0.06	0.27	0.12	**0.46**	**0.69**	**0.50**
9:00	9:30	−0.35	0.13	−0.10	0.33	**0.50**	**0.40**
9:30	10:00	0.24	−0.19	**0.59**	**0.57**	0.26	−0.06
10:00	10:30	−0.13	−0.17	**0.56**	**0.93**	0.34	0.25
10:30	11:00	0.18	0.35	0.17	**0.90**	**0.57**	**0.83**
11:00	11:30	0.35	−0.25	**0.41**	**0.95**	0.33	**0.81**
11:30	12:00	0.00	−0.11	0.18	**0.92**	**0.45**	**0.83**
12:00	12:30	−0.05	0.03	**0.68**	**0.89**	**0.54**	**0.87**
12:30	13:00	0.06	−0.04	**0.54**	**0.58**	0.37	**0.88**
13:00	13:30	0.01	0.13	**0.78**	**0.89**	**0.74**	**0.90**
13:30	14:00	−0.01	−0.06	**0.71**	**0.90**	**0.89**	**0.92**
14:00	14:30	−0.05	0.13	**0.64**	**0.93**	**0.92**	**0.89**
14:30	15:00	−0.04	−0.07	**0.79**	**0.91**	**0.88**	−
15:00	15:30	0.07	0.07	**0.75**	**0.68**	**0.86**	−
15:30	16:00	−0.13	−0.08	**0.78**	**0.42**	**0.72**	−
8:00	16:00	−0.38	−0.24	0.11	**0.61**	**0.45**	−
8:00	14:30		−	−	−	−	**0.55**

注１：炉内圧力と主灰量との連動性を調べるため，8 月 22，23，26 ～ 29 日の期間について両者の相関係数を 30 分間隔で算出した。算出には Excel の CORREL 関数を使用した。

注２：相関係数は、絶対値が 1 に近いほど強い相関がある。

注３：赤太字は、相関係数が 0.4 以上、赤丸は、相関係数が 0.7 以上の時間帯



図Ⅲ－３　炉内圧力と主灰量の運転データ（８月 29 日）

また、ゲートの操作及び灰搬出操作に関する関係者の３名からヒアリング結果も踏まえ、８月 26 日から 29 日までの間は、主灰サイロと焼却炉とを仕切るゲートを「開」にした状態で焼却炉を運転していたと考えられます。

(3) ゲートを開けていた理由

第一次報告では、ゲートを開けていた理由を閉め忘れとしていましたが、その後の調査の結果から、(2)で示したとおり、8 月 26 日以降、常時「開」にしたままで運転していたと考えられることが判明しました。

その理由は、焼却炉内で処理対象物を十分に撹拌することを目的として、８月 26 日以降、前日の灰を炉内に一定量残したままで運転することにしたため、回転炉床と主灰排出プラグ（焼却炉を回転させる軸）の若干の隙間（５～10㎜）から焼却炉下部に継続的にこぼれ落ちてくる灰の量が増加し、ゲート上部で灰が固まること等を懸念したことによるものと考えられます。

なお、この操作は、運転操作者の独自の判断で実施され、所長や技術管理者に知らされていませんでした。

１−２．主灰コンベアが破損・変形に至った現象について

今回の事故は、可燃性ガスが異常燃焼して温度が上昇し、主灰コンベア内部の気体の圧力が上昇して起きた現象と考えられます。

(1) 可燃性ガスの発生源

主灰コンベア内で燃焼した可燃性ガスは、①焼却炉からの流入、②主灰コンベア内及び主灰サイロ内の主灰から生成、のいずれかにより生じたと考えられます。

第一次報告においては、セメント混練機上部点検口を開けたままにしていたため、負圧で管理されている灰固型化室の圧力と連動して主灰コンベア内も負圧になり、その結果、炉内から主灰コンベア内に可燃性ガスが漏えいしたと推測していました(上記①の発生源)。

しかし、その後の調査の結果、

ア　焼却炉の運転中にゲートを開けていた８月 26 日から 29 日までの間、運転時の炉内の負圧が継続して維持されていたこと（主灰コンベア側から、炉内よりもさらに低い負圧で引かない限り漏えいしない）

イ　焼却炉と主灰コンベア間には相当な圧力損失があったこと（焼却炉と主灰コンベア内に圧力差が生じても、漏えいしにくい）

ウ　主灰サイロ下部に主灰が堆積し、主灰サイロとセメント混練機の間を遮断していたため、主灰コンベア内は閉鎖空間であったと考えられること（灰固型化室内の負圧は、主灰コンベア内には影響しない）

から、①の発生源（焼却炉から可燃性ガスの主灰コンベア内への流入）は生じなかったと考えられます。

一方、主灰コンベアと主灰サイロにおける残存物を採取し、未燃炭素含有量※を測定した結果､主灰コンベア立ち上がり部や主灰サイロの残存物に可燃分が含まれていました(表Ⅲ−２)。このことは、残存物から可燃性ガスが生成していた可能性を示しており、②の発生源（主灰コンベア内及び主灰サイロ内の主灰から生成）であった可能性があります。

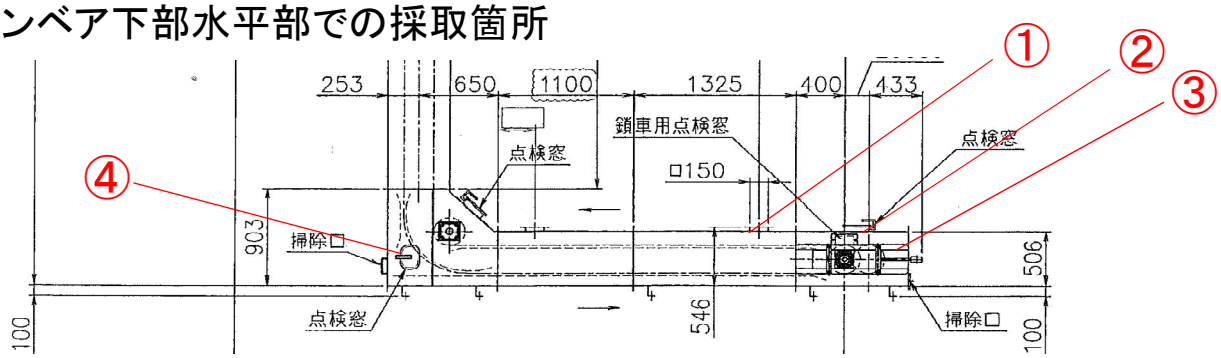
※　未燃炭素含有量は、灰中に含まれる燃える可能性のある炭素の灰全量に対する割合。

表Ⅲ−２　残存物の元素分析及び未燃炭素含有量の分析結果

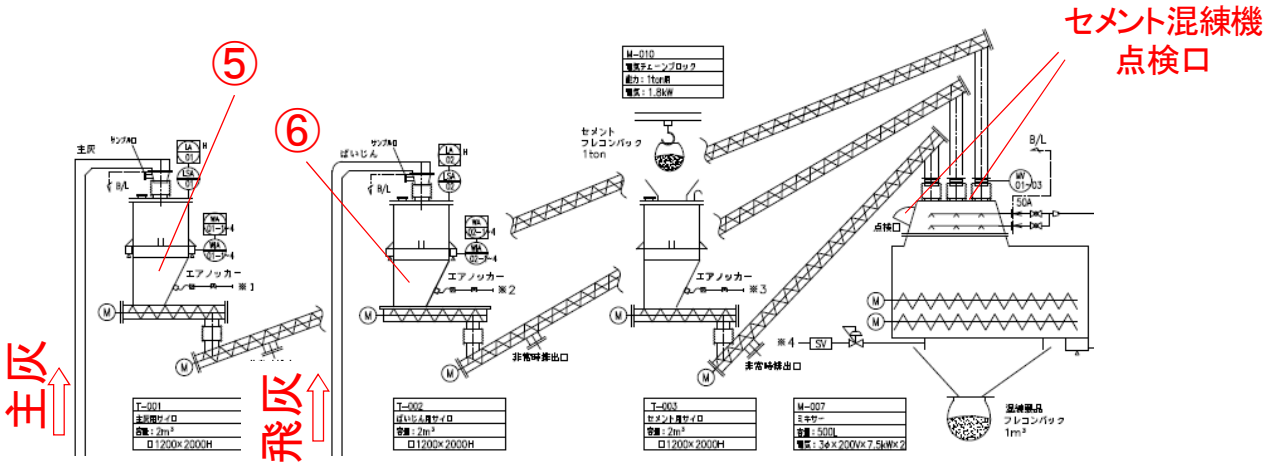
項目		単位	①炉直下バケット	②コンベア終端バケット	③コンベア終端底部堆積物	④立ち上がり底部堆積物	⑤主灰サイロ	⑥飛灰サイロ	⑦焼却対象物	定量下限値
元素分析	炭素(無水)	%	<0.6	1.0	<0.6	3.8	2.7	10	41	0.6
	水素(無水)	%	0.3	0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.6	5.3	0.1
	窒素(無水)	%	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	2.1	0.3
	酸素(無水)	%	―	1.6	―	3.4	1.3	7.7	41	−
	塩素(無水)	%	0.041	0.39	0.081	0.054	0.029	5.2	0.49	0.002
	硫黄(無水)	%	0.031	0.13	0.047	0.037	0.042	0.95	0.21	0.002
灰分(無水)		%	99	97	99.0	92	96	75	10	0.1
未燃炭素含有量		%	0.58	0.55	0.54	2.92	3.93	5.55	−	−

注１：酸素＝100−（炭素＋水素＋窒素＋灰分＋硫黄＋塩素）
注２：定量下限値以下の数値は、定量下限値を適用し計算。
注３：差分がマイナスになる場合は「−」と表記。

主灰コンベア下部水平部での採取箇所



セメント固型化室での採取箇所



※⑦焼却対象物は貯留ヤードから採取

図Ⅲ－４　残存物の採取場所

一般に、今回のような固形の焼却対象物が燃焼する場合、高温の炉内に投入されると、まずは焼却対象物に含まれている水分が蒸発し、その後、熱分解によって、メタン等の炭化水素、水素及び一酸化炭素といった可燃性ガスが発生します。そして、熱分解の後、揮発しにくい固形の炭素が、その表面でじわじわと燃焼（表面燃焼）しながら、一酸化炭素などを放出し、灰になります。

残存物に含まれる可燃分の割合は、固定炭素の割合と同じであり（表Ⅲ－３）、可燃分が実質的に固定炭素であるといえることから、熱分解途中のものではなく表面燃焼の状態であった固形の炭素が焼却炉内から排出されていたと考えられます。したがって、異常燃焼を引き起こした主な可燃性ガスは、この炭素の表面燃焼で生じる一酸化炭素が主であると考えられます。

表Ⅲ－３　残存物の３成分、固定炭素及び発熱量

項目		単位	①炉直下バケット	②コンベア終端バケット	③コンベア終端底部堆積物	④立ち上がり底部堆積物	⑤主灰サイロ	⑥飛灰サイロ	⑦焼却対象物	定量下限値
３成分	水分	%	0.7	4.6	0.9	21	0.4	1.9	38	0.1
	灰分（無水）	%	99	97	99.0	92	96	75	10	0.1
	可燃分	%	0.65	3.35	0.98	6.3	4.5	24	56	0.1
揮発分		%	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
固定炭素		%	0.65	3.35	0.98	6.3	4.5	24	55.6	0.1
発熱量		cal/g	<500	<500	<500	<500	<500	510	3340	500
		kJ/kg	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000	2100	14000	2000

注１：可燃分＝100 －（水分＋灰分）
注２：固定炭素＝100 －（水分＋灰分＋揮発分）
注３：揮発分はすべて<0.1であり、実質的に可燃物＝固定炭素

(2) 可燃性ガスの濃度

可燃性ガスが異常燃焼するためには、可燃性ガスが空気と混合して、燃えることができる濃度（可燃限界濃度）に達することが必要です。異常燃焼の原因と考えられる一酸化炭素の場合、可燃限界濃度の下限は12.5%（体積%、1気圧、25℃）であり、この濃度に達することが必要となります。

一酸化炭素について、主灰コンベア及び主灰サイロの内部の空間（コンベア自体等の内容物を無視した容積 4.4㎥）全体において、この濃度に達するには、一酸化炭素を生じる炭素量が約270gあれば可能と計算されました。

主灰サイロから採取した残存物の分析値から、主灰中には約 4%の未燃炭素が残っており、主灰の発生量から考えて、可燃限界濃度に達する一酸化炭素を生じるのに十分な量の未燃炭素があったものと考えられます。

(3) 火種

火種については、８月26日から事故当日29日までの間は、焼却炉と主灰サイロとを仕切るゲートを「開」にした状態で焼却炉を運転していたため、焼却炉下部に主灰が継続的にこぼれ落ち、それが主灰コンベアにて主灰サイロに連続的に運ばれている状況にありました。この主灰は、可燃分を含んでいること（表Ⅲ－２）、また、強制的に冷却されていたわけではないことから、燃焼状態の炭素を含んでいた可能性が高く、火種となり得ます。

(4) まとめ

以上の調査結果から、主灰コンベアが破損・変形に至った現象は、焼却炉と主灰サイロとを仕切るゲートを「開」にした状態で焼却炉を運転したことにより、

① 焼却炉の下部にあるプラグの隙間から可燃分を含む灰が主灰コンベアにこぼれ落ち、
② 主灰コンベア内やコンベアによって運ばれた先の主灰サイロ内でくすぶって一酸化炭素を主体とする可燃性ガスが発生し、

③　閉鎖空間であった主灰コンベア内や主灰サイロ内に時間をかけて滞留して可燃限界濃度に達し、
④　焼却炉からこぼれ落ちた灰が火種となって着火し、一気に異常燃焼し、
⑤　主灰コンベア内の圧力の上昇を招き、破損・変形に至った
ものと推定されます。

２.事故発生後の連絡の不行き届き

(1) 緊急対応連絡網による連絡要領

緊急対応連絡網では、緊急時において、現場運転事務所から、鮫川村、消防署・棚倉消防署鮫川分署、警察署・棚倉警察署鮫川駐在所及び環境省に連絡することが記載されています。

併せて、緊急時の対応として「順次停止ボタンを押したとき」は、上記の関係機関に連絡するというルールが決められていました。

(2) 事故当日の対応状況

事故当日の対応状況として、現場事務所から消防署及び警察署への連絡が行われていませんでした。

運転所長からの聞き取りによると、その理由は次のとおりです。

①　主灰コンベア内における瞬時の異常燃焼であり継続して燃えていなかったので、火災として消防へ緊急通報することは不要と思った。
②　人的被害や事件性はなく警察への連絡は、思い浮かばなかった。

なお、事故直後に、鮫川村から現場事務所に対し確認の電話が入ったため、鮫川村への現場事務所からの緊急連絡の第一報は、村からいただいた電話を介して行われました。

Ⅳ．事故の原因等

１．事故の原因

(1) 本焼却炉の下部に設置されているゲート（仕切り弁）は、焼却炉と主灰コンベアとの間を遮断するものであり、主灰を排出する際に「開」状態とし、運転中は「閉」状態とします。

このため、運転マニュアルにおいて、焼却炉運転開始前にゲートを「開」にして前日の主灰を排出し、その後ゲートを「閉」にすることとしています。また、制御室の運転準備画面でも、運転中はゲートを「閉」にすることを注意喚起しています。

(2) これに対し、運転操作者は、焼却炉下部にこぼれ落ちてくる灰がゲート上部で固まること等を懸念し、８月 26 日から、ゲートを「開」にした状態で運転しました。

焼却炉内で処理対象物を十分に撹拌することを目的として、８月 26 日以降、前日の主灰（もえがら）を炉内に一定量残したままで運転することにしたため、焼却炉下部にこぼれ落ちてくる灰の量が増加することを懸念し、常時ゲートを「開」にしたままで運転したものと考えられます。

なお、この操作は、運転操作者の独自の判断で実施され、所長や技術管理者に知らされていませんでした。

(3) ゲートを開けたまま運転したことにより、①焼却炉の下部にあるプラグの隙間から可燃分を含む灰が主灰コンベアにこぼれ落ち、②主灰コンベア内や主灰サイロ内でくすぶって一酸化炭素を主体とする可燃性ガスが発生し、③閉鎖空間であった主灰コンベア内や主灰サイロ内に滞留して可燃限界濃度に達し、④焼却炉からこぼれ落ちた灰が火種となって着火し、一気に異常燃焼し、⑤主灰コンベア内の圧力上昇を招き、破損・変形に至ったものと推定されます。

(4) なお、第一次報告において、セメント混練機上部点検口を開けたままにしていたため主灰コンベア内も負圧になり、炉内から可燃性ガスが漏えいしたのではないかと推測していましたが、①焼却炉の運転中にゲートを開けていた８月 26 日から 29 日までの間、運転時の炉内の負圧が継続して維持されていたこと、②焼却炉と主灰コンベア間には相当な圧力損失があったこと、③主灰サイロ下部に主灰が堆積し、主灰サイロとセメント混練機の間を遮断していたため、主灰コンベア内は閉鎖空間であったと考えられることから、事故原因とは関係がなかったと考えられます。

２．事故後の連絡不行き届きの原因

事故直後に、現場運転事務所から、緊急連絡網に定められた警察署・消防署への連絡が行われていなかったことについては、「緊急時において順次停止した場合に関係機関に連絡する」という緊急対応時の連絡要領が熟知されておらず、運転所長が

- ○　灰コンベア内における瞬時の異常燃焼であり継続して燃えていなかったので、火災として消防へ緊急通報することは不要と思った。
- ○　人的被害や事件性はなく警察への連絡は、思い浮かばなかった。

ことが原因と判明しました。