

3号機原子炉建屋オペレーティングフロアからの 湯気らしきものの発生について (瓦礫撤去後の調査結果)

2013年10月31日
東京電力株式会社

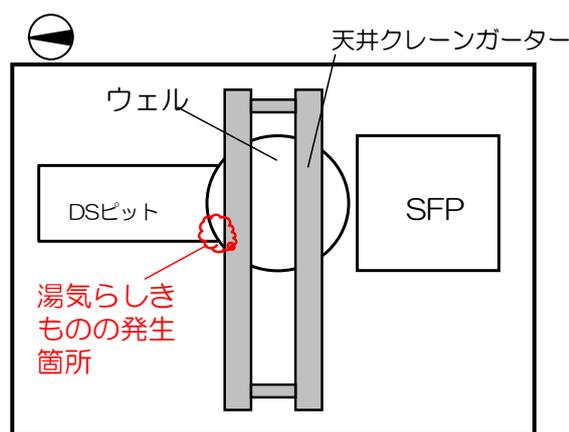


無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1. 事象経緯

2

- 7/18早朝、3号機原子炉建屋オペレーティングフロア(以下、「オペフロ」という)にて瓦礫撤去作業開始時に湯気らしきもの(以下、「湯気」という)を確認
 - 敷地境界のMPの値に変化無し
 - プラントパラメータに変化無し
 - RPV関連温度
 - PCVガス管理設備パラメータ
 - 原子炉は未臨界を確認
 - 気象状況
 - 7/18: 気温約21℃、湿度約92%
 - 7/23: 気温約20℃、湿度約91%
 - 7/24: 気温約20℃、湿度約91%
 - 7/25: 気温約21℃、湿度約91%
- ※その後も降雨後の比較的低温多湿時に湯気発生



原子炉建屋5階 平面イメージ



湯気らしきものの写真(7/18)

■瓦礫を撤去したため、湯気の調査として、下記を実施。

- 温度計測
赤外線サーモグラフィを用いて湯気が確認された箇所を中心に5mで測定。
- 霧困気線量
ポータブル線量計を用い、湯気が確認された箇所を含むウェル等に対し、高さ1m程度で測定。
- ダスト測定
ダストサンプリングポンプを用い、湯気が確認された箇所や霧困気線量測定結果が高い箇所等に対して測定。



赤外線サーモカメラ



ダストサンプリングポンプ

3. 調査結果(温度・霧困気線量)

■オペフロ温度計測(赤外線サーモグラフィ)

- 湯気が出ていた部位: 34.5°C(前回: 34.3°C)
- シールドプラグつなぎ目(最大): 26.2°C(前回: 24.7°C)

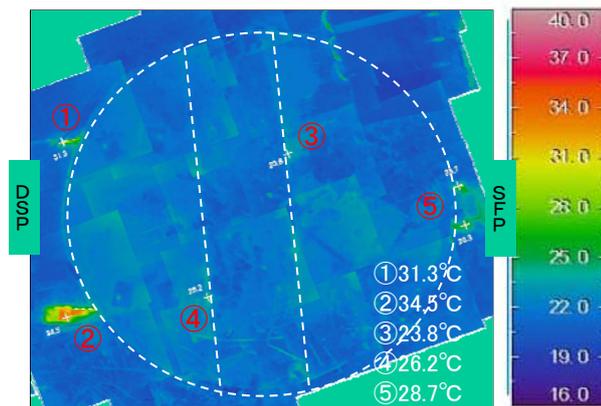
■線量測定

- 湯気が出ていた部位: 717(前回: 562) (mSv/h)
- シールドプラグつなぎ目(最大): 1920(前回: 2170) (mSv/h)

■湯気が出ていた部位が最大の温度であり、前回から温度は殆ど変わらない

■湯気は確認されていないが、他にもシールドプラグつなぎ目から若干気体が出ている可能性がある

■オペフロ上の線量は、瓦礫を撤去したものの、その後も湯気が確認されており、全体的に線量が高い状況に変わりがなく、湯気が出ていた部位の線量は周辺と比べて同程度である



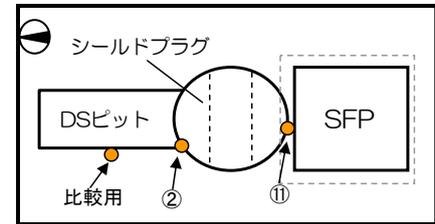
測定高さ: 5m画像

- 湯気が出ていた部位 (Bq/cm³)
 - Cs-134: $3.5 \times 10^{-5} \sim 2.7 \times 10^{-4}$
 - Cs-137: $7.6 \times 10^{-5} \sim 6.3 \times 10^{-4}$
- シールドプラグつなぎ目 (線量最大部) (Bq/cm³)
 - Cs-134: 約 2.1×10^{-4}
 - Cs-137: 約 4.5×10^{-4}
- DSピット付近 (Bq/cm³) (比較用)
 - Cs-134: 約 3.5×10^{-4}
 - Cs-137: 約 7.7×10^{-4}



瓦礫撤去前

- オペフロ上部ダスト測定 (Bq/cm³) (7月測定)
 - Cs-134: $9.3 \times 10^{-6} \sim 1.4 \times 10^{-5}$
 - Cs-137: $2.3 \times 10^{-5} \sim 3.3 \times 10^{-5}$



3号機上部空气中放射性物質測定位置

- 湯気が出ていた部位のダスト測定結果は、周辺とほぼ同じ
- 瓦礫撤去後のオペフロ上部ダスト測定結果は、全体的に前回よりも少し高めの値
- オペフロ上部ダスト測定結果は過去の定例測定の範囲内
- がれき撤去前後のダスト調査結果から、オペフロ上部のダストについては、湯気による直接的な影響がないものと推定

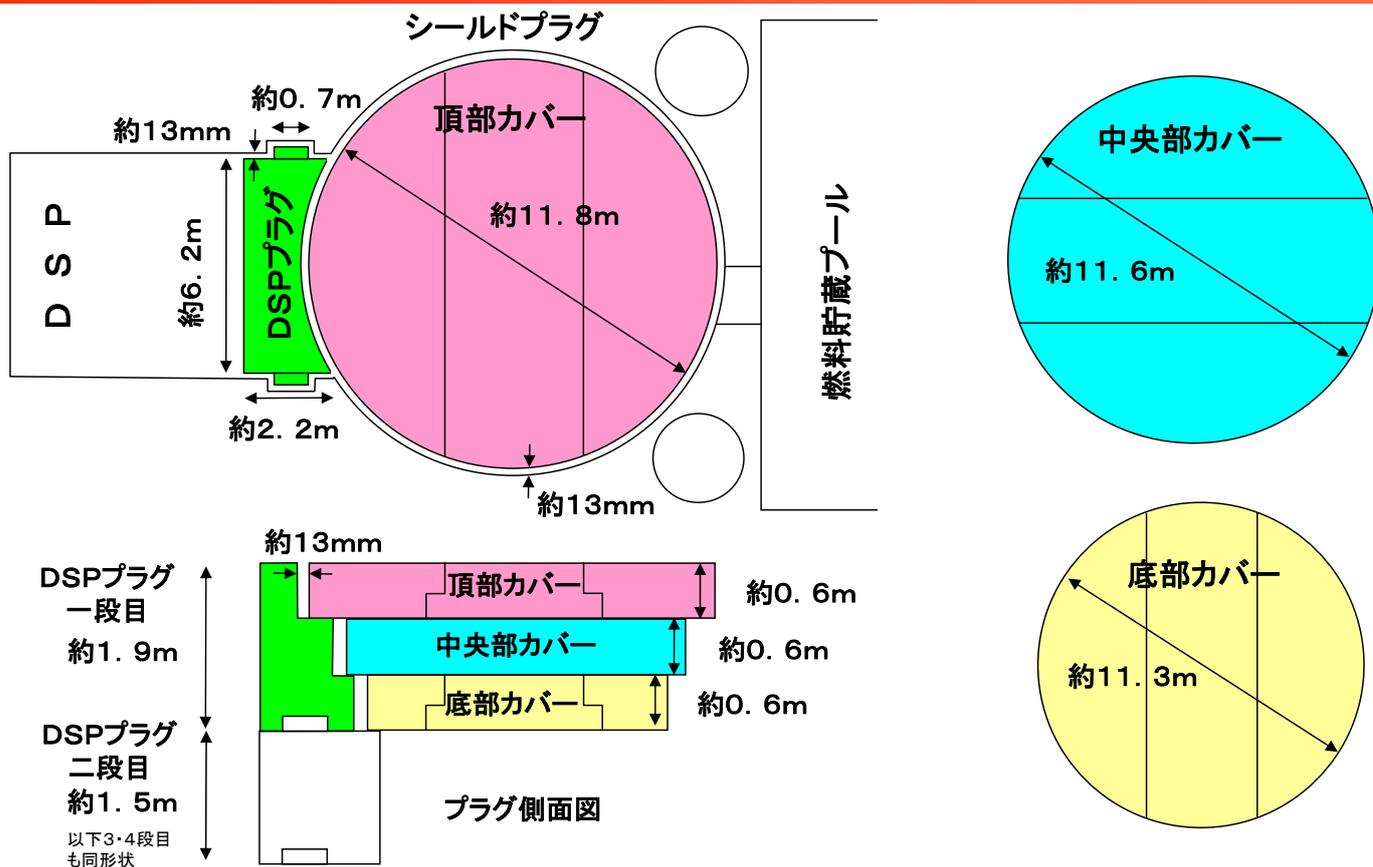
■ 調査結果から得られた知見

- 湯気は降雨後の低温・多湿時に多く見られることから、ウェル内に浸入した雨水が支配的であると推定。
- 瓦礫の撤去により、湯気の発生箇所はシールドプラグ北側のDSピットゲート廻りであることが明確となった。ただし、湯気発生箇所以外の比較的温度の高いシールドプラグつなぎめからも可視化されていない湯気のような微量な流れがある可能性がある。
- 瓦礫撤去後の線量・ダスト濃度分布から、現状の線量・ダスト濃度と湯気との直接的な因果関係はないと推定。
- 7/18以降も湯気の発生が散見されているが、プラントパラメータは安定しており、外部への影響はない。

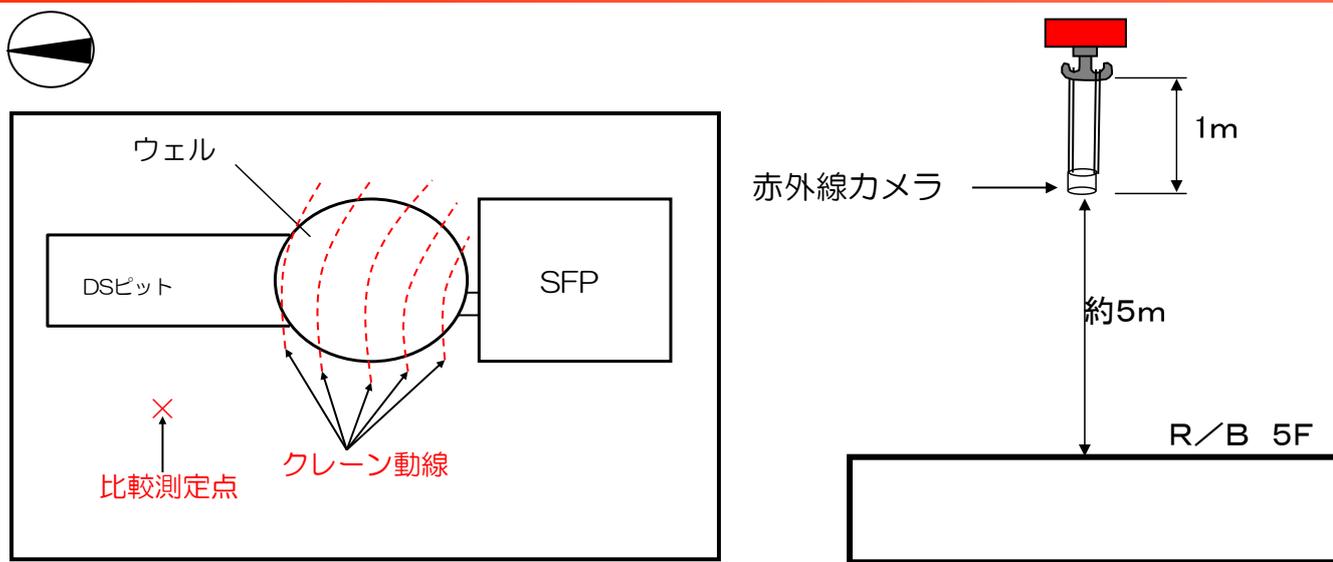
■ 今後の対応

- これまでの調査結果および湯気発生状況から、湯気の発生・確認がプラント内外に影響を及ぼすものでないことが確認できた。
- よって、これまで湯気発生確認の都度、第25条に基づく関係各所への通報を行っていたが、本通報だけでは社会的安心・プラント安全の判断材料にならないことから、原子炉関連温度、PCV雰囲気温度、未臨界監視パラメータ、オペフロダストモニタに異常が確認された際には通報することとしたい。

(参考-1-①) シールドプラグ、DSPプラグ寸法



(参考-2-①) 1F-3 R/B上部 赤外線サーモグラフィ測定



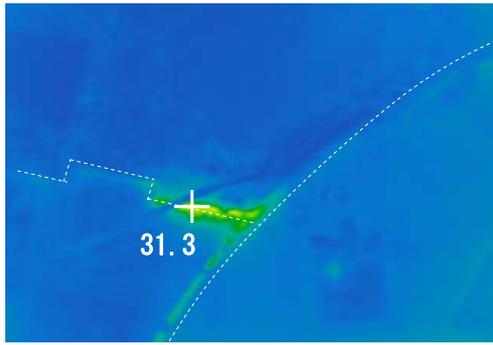
測定日時:平成25年10月10日 6:22~7:12
 気象状況(6時30分時点):気温21.7℃、湿度95.7%
 測定高さ:R/Bオペフロ上 5m

測定方法:

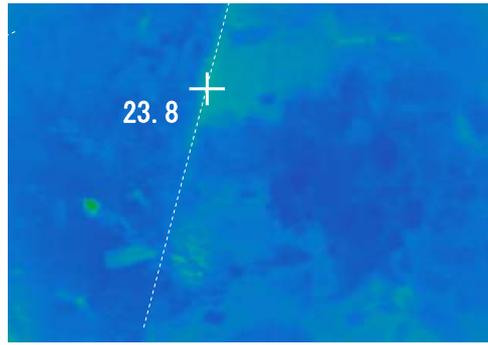
- ・連続自動撮影状態にした赤外線カメラ1台を原子炉建屋上部へクレーンにて吊り下げ、高さ5m位置でウェルカバー上のクレーン動線(赤点線)上を移動して撮影(ウェルカバー全体を撮影)
- ・同じく比較測定点へ移動し高さ5m位置で撮影

比較的温が高い箇所の拡大画像(写真番号は前ページ全体図と合致)

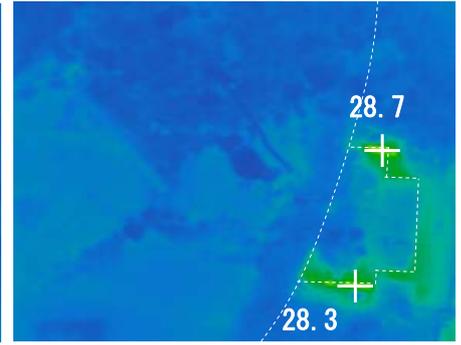
①DSPヒットゲート東側



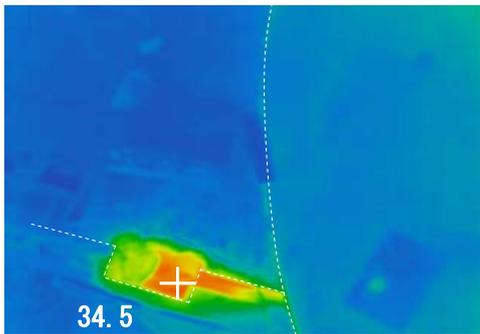
③シールドプラグ中央より南東側



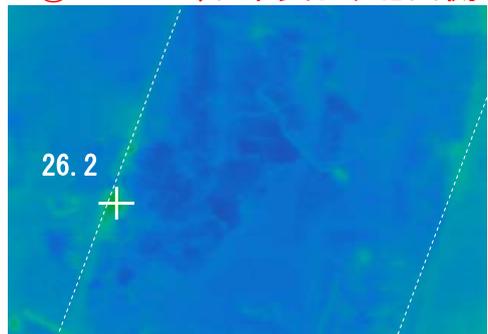
⑤SFPゲート



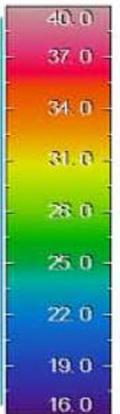
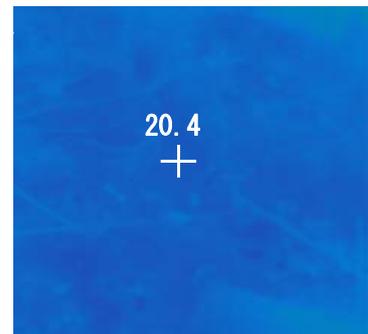
②DSPヒットゲート西側



④シールドプラグ中央より北西側



比較測定点



所見

- ◎湯気らしきものが出ている部位(DSPゲート西側)については、測定値で34.5°C(最大値)
- ◎その他の部分で周囲より若干温度が高めの箇所としては、
 - シールドプラグ上つなぎ目付近: 26.2°C(最大値)
 - DSPゲート東側: 31.3°C(最大値)
 - SFPゲート周辺: 28.7°C(最大値)
- ◎比較測定点については、20°C前後であった

温度が比較的高い部分については、全てシールドプラグに隙間のある部分であり、シールドプラグ下部にて発生した蒸気が隙間より噴出する際に、周囲の構造物を暖めていると考えられる。

【参考】

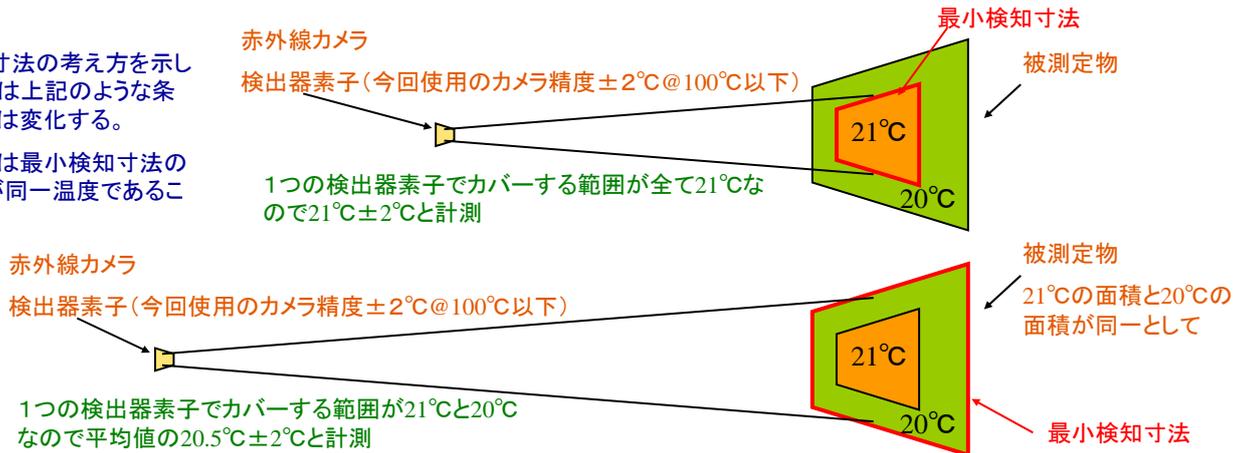
◎赤外線サーモグラフィには以下のような特性がある。

- ・蒸気については濃密度でなければ蒸気自体の温度は表示されない
- ・構造物については表面温度を計測する(内部温度は測定不可)
- ・同一温度の物でも、その放射率・反射率の違いにより測定値に違いがでる
- ・放射率・反射率は被測定物の材質・色・表面の粗さ・測定角度などにより変化する
- ・同一箇所の測定結果でも被測定物までの距離により最小検知寸法の相違で異なる値となる場合がある。

最小検知寸法内の温度にむらがあると表示温度は平均値が表示される(下図参照)

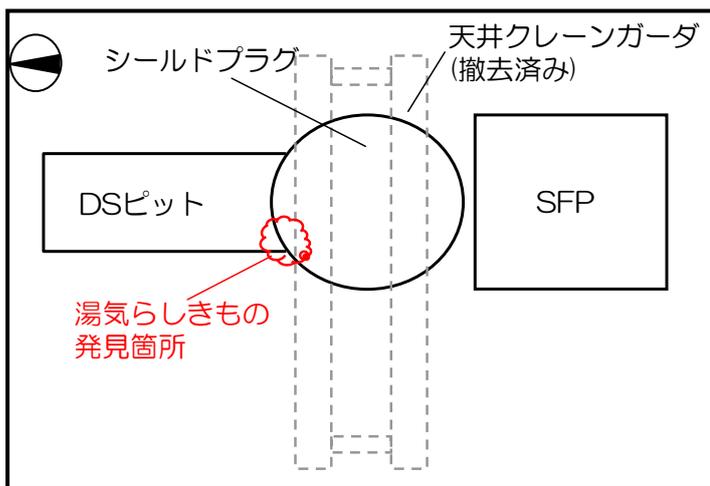
※左図は最小検知寸法の考え方を示しているもので実際には上記のような条件によっても測定値は変化する。

また、正確な測定には最小検知寸法の3倍の寸法の面積が同一温度であることが望ましい



(参考-3-①) 3号機オペフロシールドプラグ近傍線量調査結果

線量測定箇所および測定方法は、前回(7月23日、24日)と同じ。



原子炉建屋5階 平面イメージ

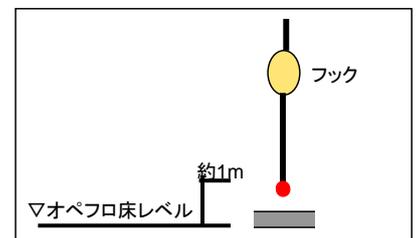


シールドプラグ周辺状況

測定日：平成25年10月10日
測定箇所：オペフロ床面から約1mの高さを測定
1箇所あたりの測定時間：約30秒間

測定方法：

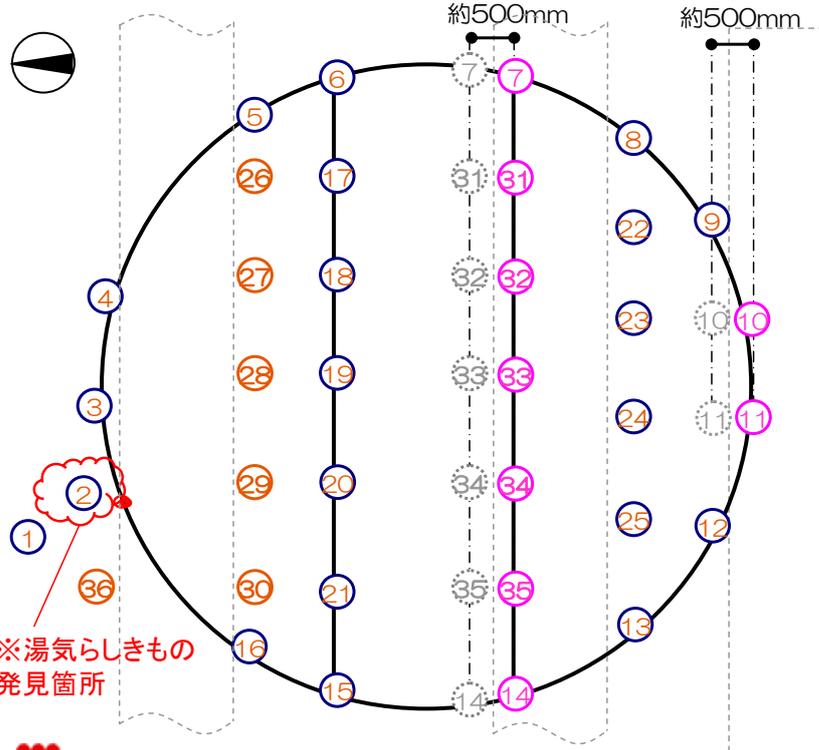
- ・遠隔操作式大型クレーンにて線量計を測定箇所へ移動。
- ・雰囲気線量測定後、線量計を回収し、データ確認を実施。



(参考-3-②) 3号機オペフロシールドプラグ近傍線量調査結果 13

天井クレーンおよびSFP養生撤去に伴い、線量測定位置を見直す。(⑦,⑩,⑪,⑭,⑳~㉓)

◆シールドプラグ周辺の雰囲気線量測定位置



◆雰囲気線量測定結果

| | 雰囲気線量 (mSv/h) | | | | |
|----|---------------|-------|----|----------|-------|
| | 7/23, 24 | 10/10 | | 7/23, 24 | 10/10 |
| 1 | 398 | 420 | 19 | 2170 | 886 |
| 2 | 562 | 717 | 20 | 1330 | 723 |
| 3 | 413 | 449 | 21 | 1100 | 711 |
| 4 | 679 | 728 | 22 | 534 | 440 |
| 5 | 685 | 914 | 23 | 287 | 471 |
| 6 | 528 | 481 | 24 | 925 | 745 |
| 7 | 445 | 298 | 25 | 774 | 907 |
| 8 | 137 | 369 | 26 | 633 | 727 |
| 9 | 352 | 224 | 27 | 1630 | 941 |
| 10 | 522 | 645 | 28 | 1860 | 638 |
| 11 | 1040 | 1920 | 29 | 1520 | 844 |
| 12 | 1090 | 905 | 30 | 963 | 1230 |
| 13 | 382 | 950 | 31 | 1380 | 630 |
| 14 | 731 | 1150 | 32 | 1770 | 982 |
| 15 | 301 | 511 | 33 | 1690 | 1210 |
| 16 | 657 | 664 | 34 | 1320 | 1120 |
| 17 | 824 | 814 | 35 | 1110 | 1430 |
| 18 | 1590 | 885 | 36 | 787 | 825 |

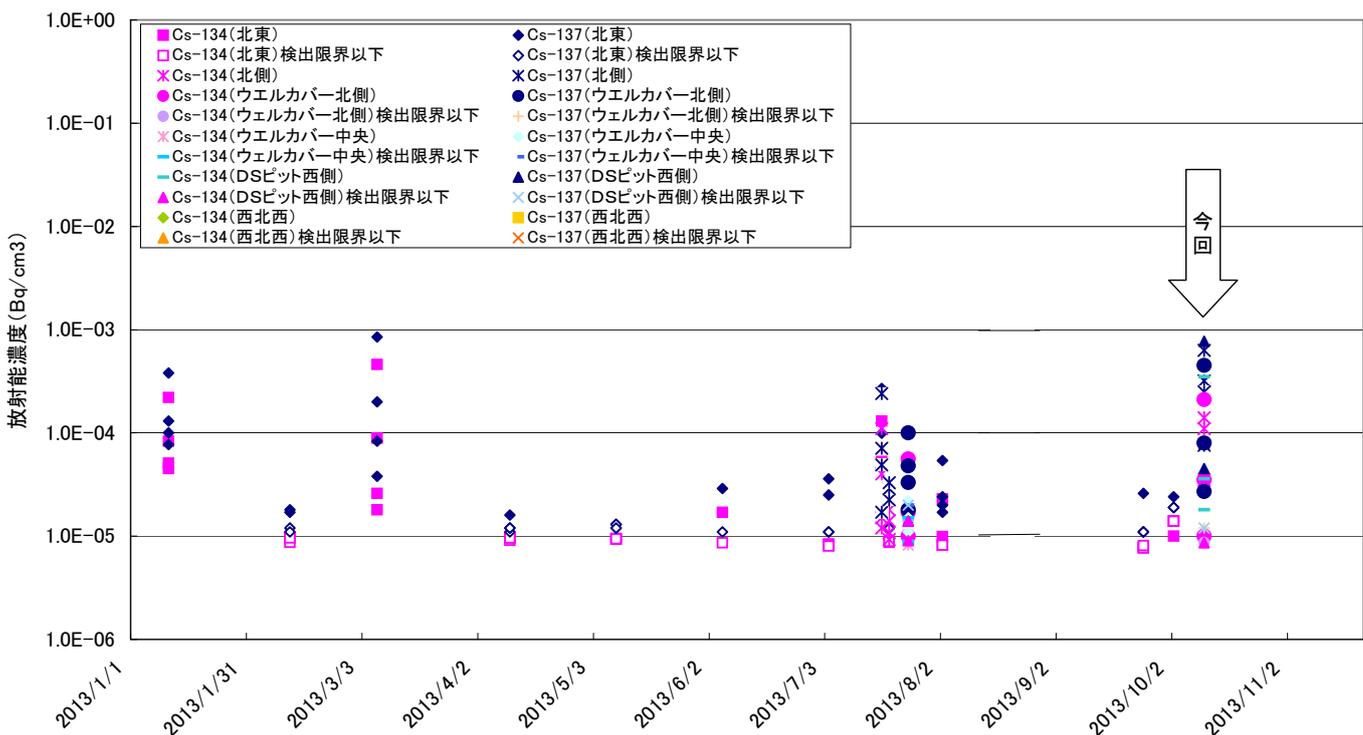


東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

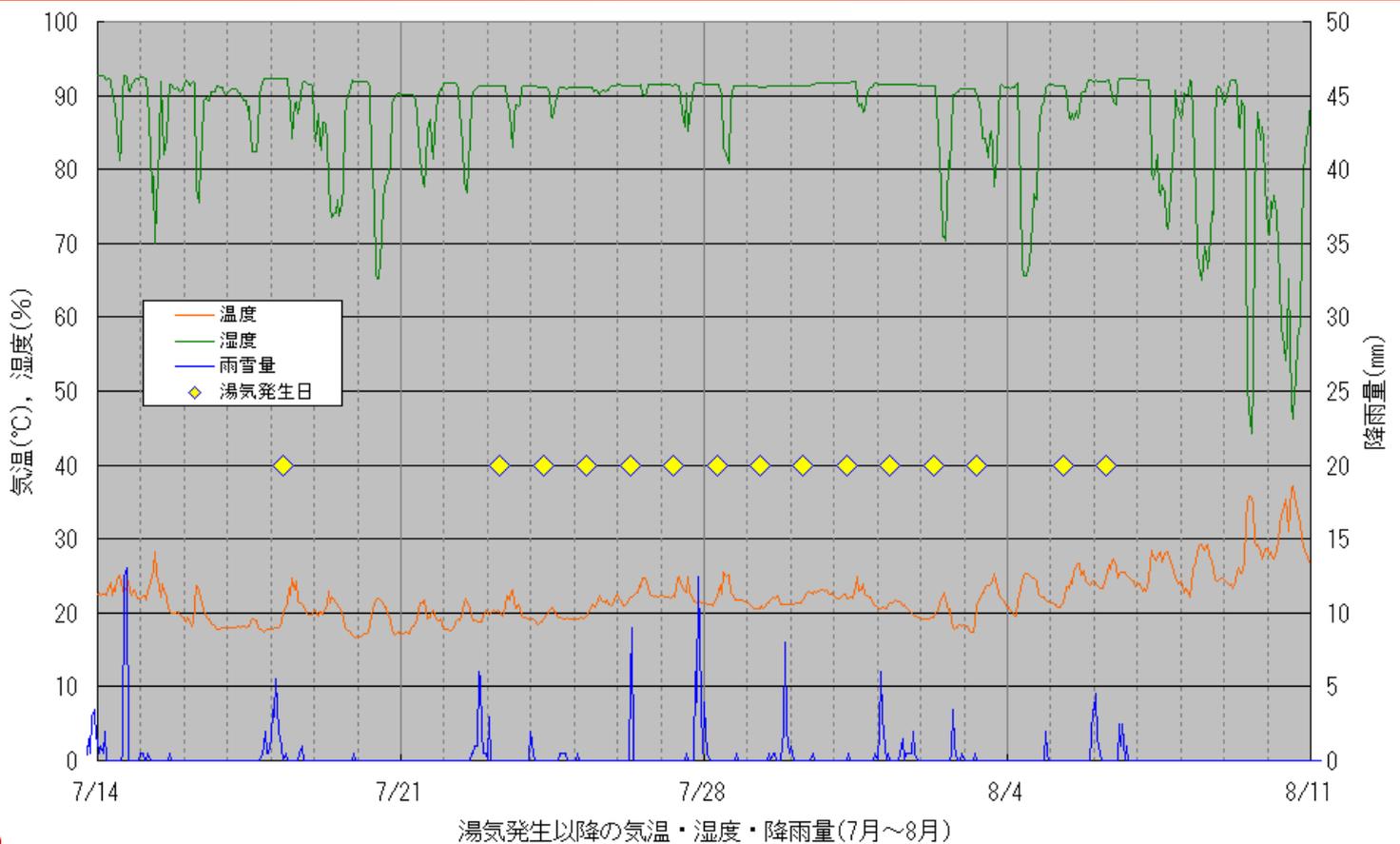
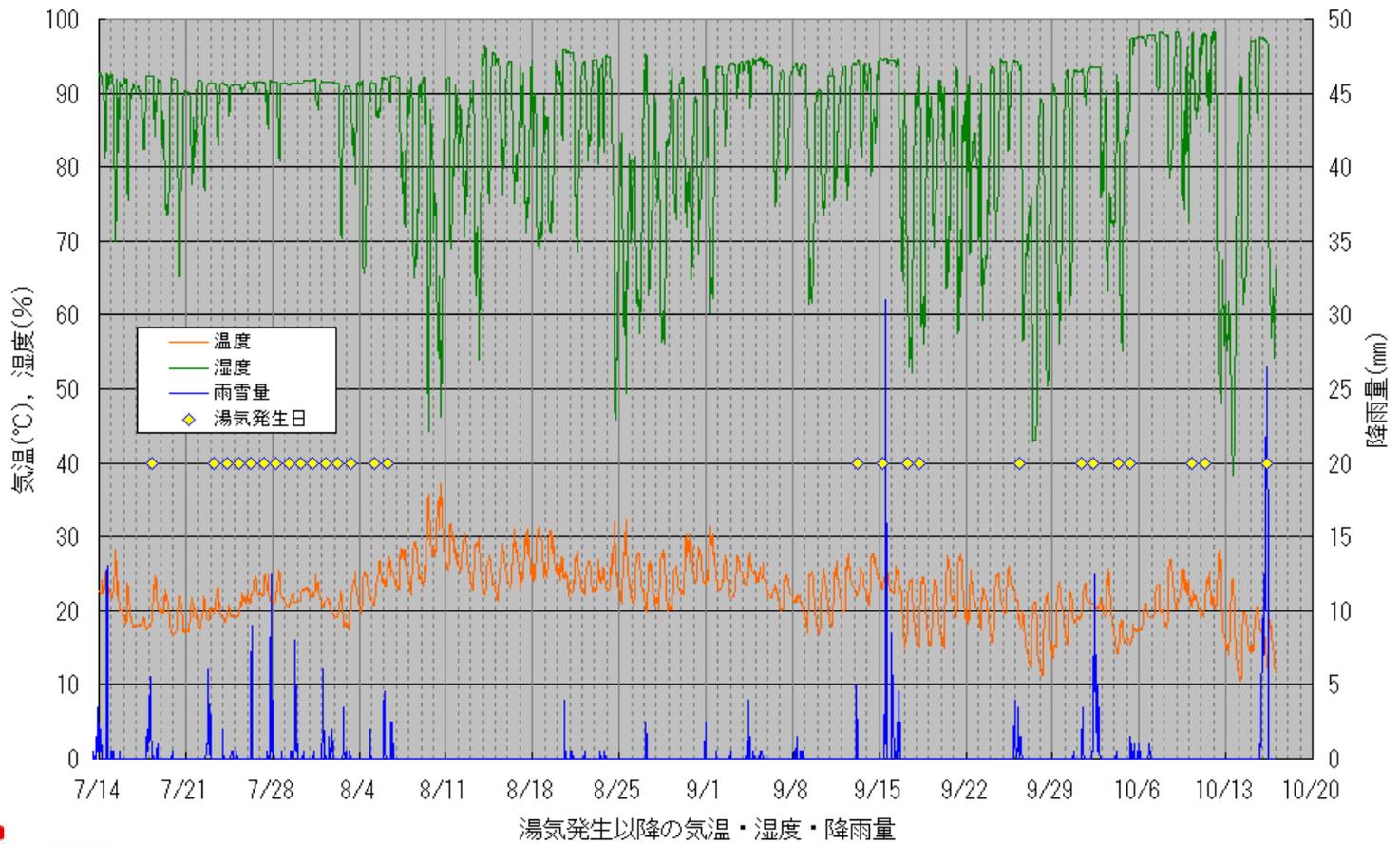
(参考-4-①) 3号機 ダスト測定結果 14

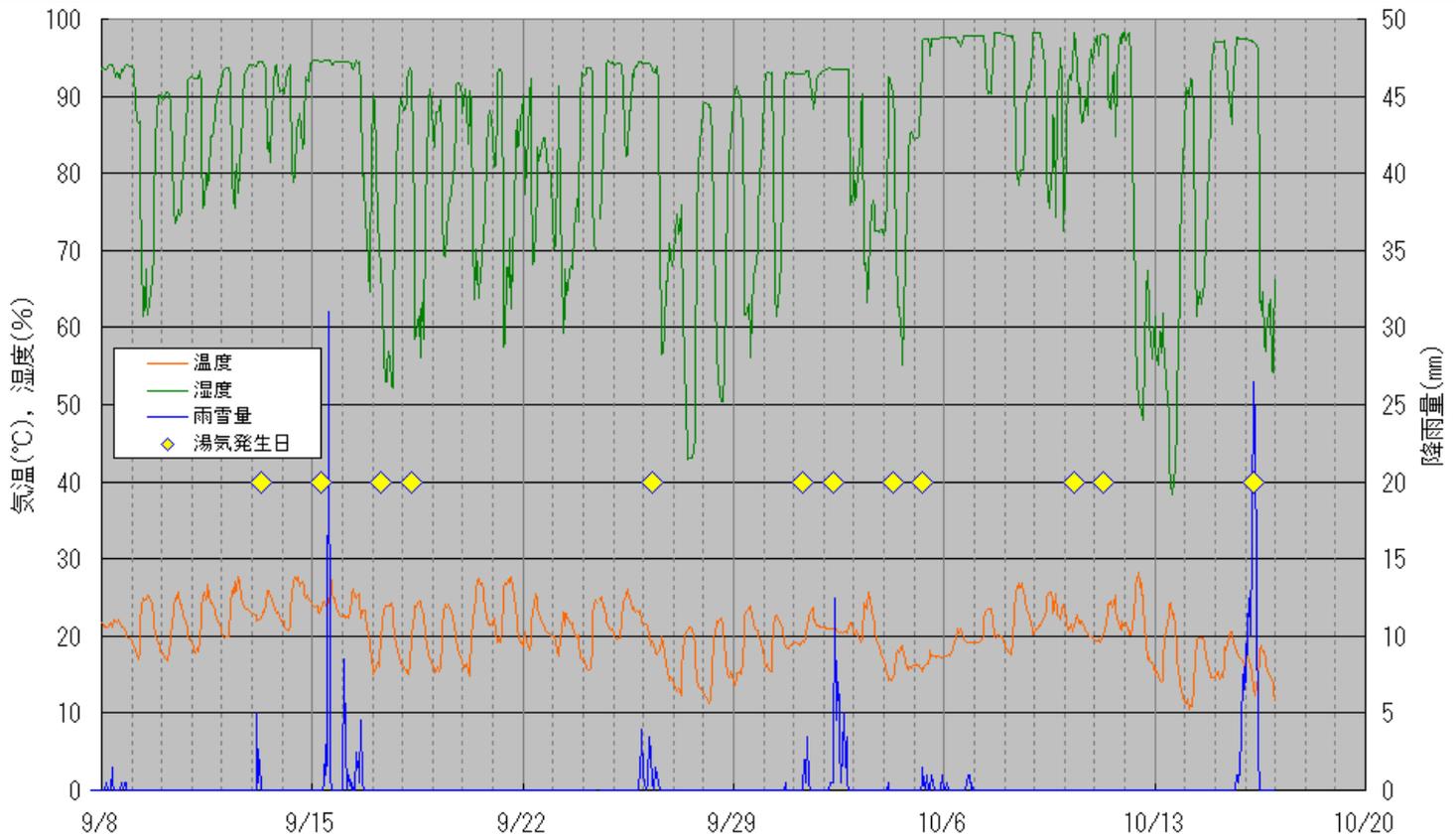
3号機原子炉上部 ダスト測定結果



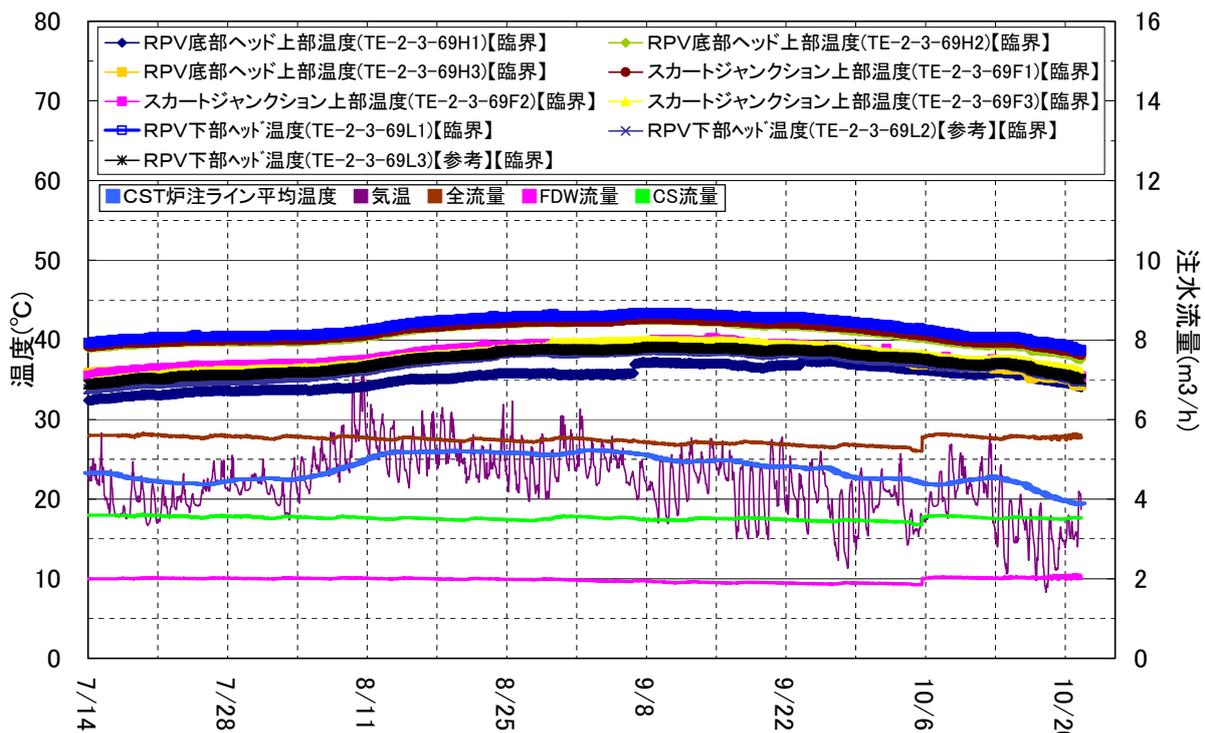
東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社



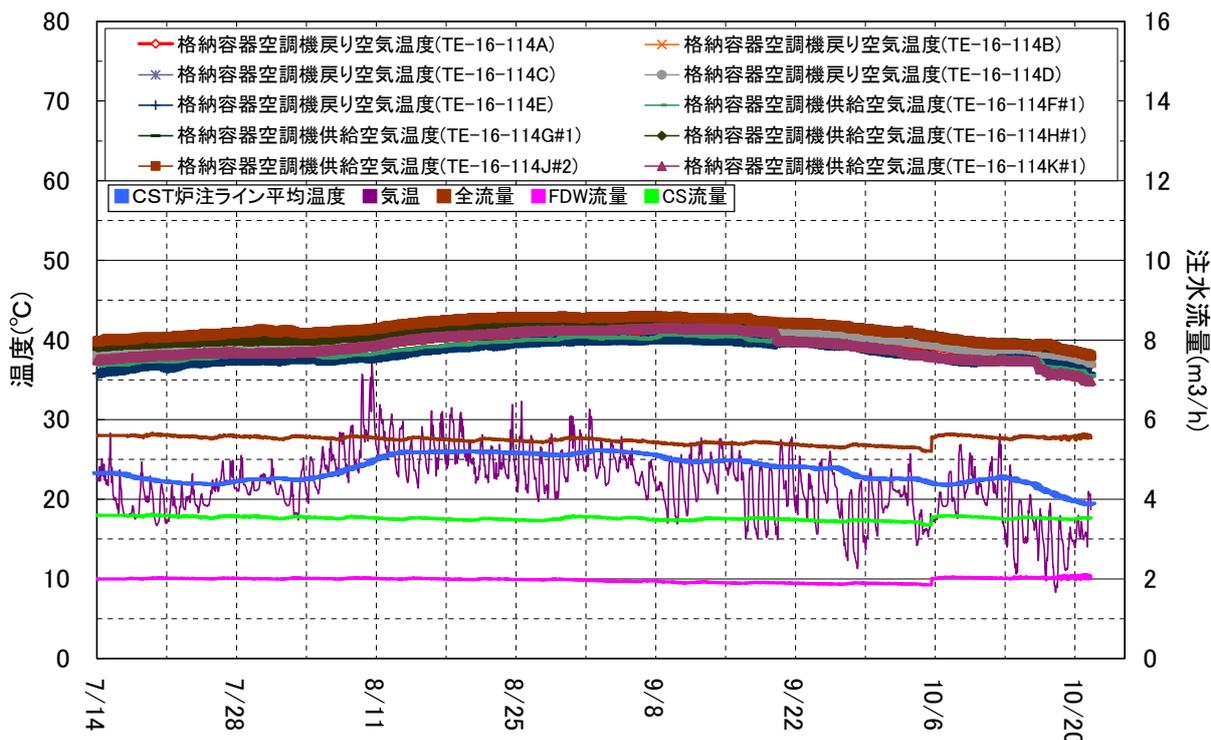


湯気発生以降の気温・湿度・降雨量(9月~10月)

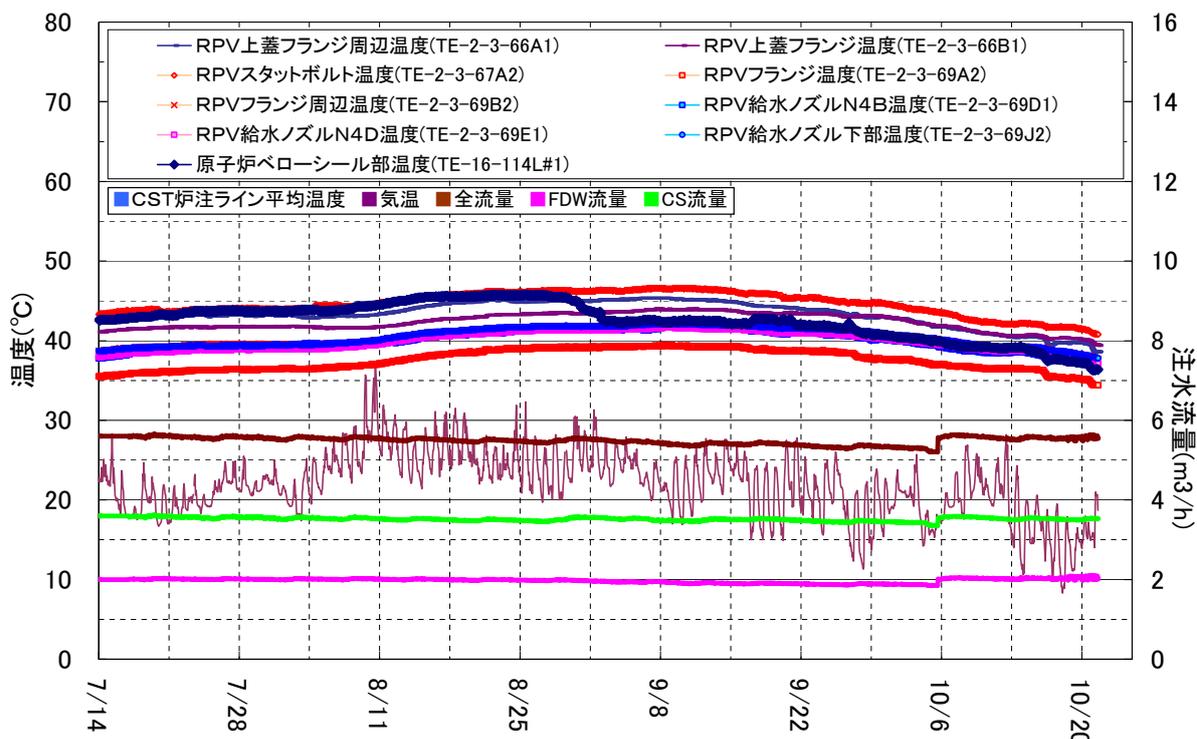


注水温度の変化等に応じて温度変化はしているものの、全体的に安定して推移している。

- 熱源の除熱不足を示すような温度上昇はない
- 不自然な温度低下はなく、注水による除熱量が減った(除熱できなくなった熱源がある)とは考えにくい



- 注水温度の変化等に応じて温度変化はしているものの、全体的に安定して推移している。
 - 熱源の除熱不足を示すような温度上昇はない
 - 不自然な温度低下はなく、注水による除熱量が減った(除熱できなくなった熱源がある)とは考えにくい



- 注水温度の変化等に応じて温度変化はしているものの、全体的に安定して推移している。



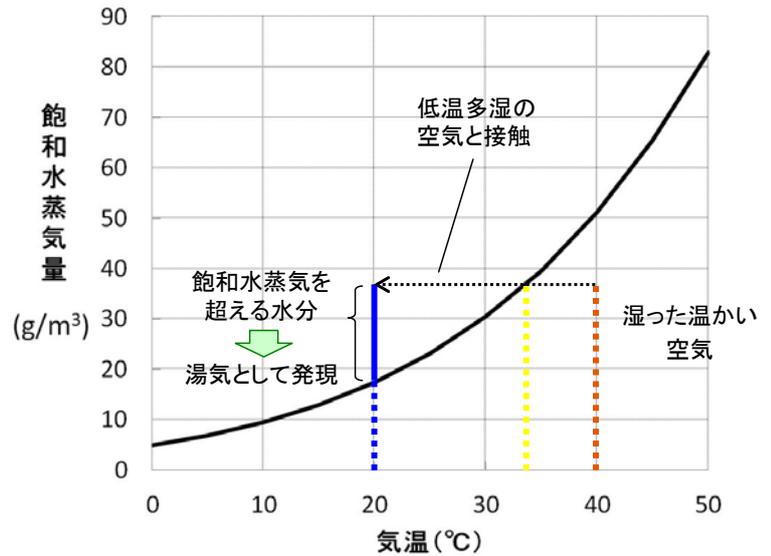
■ 湯気発生時の気象データ
 これまでの湯気発生時の気象はほぼ同じ

- 低温多湿の夏場
- 前日夜の降雨

| | 2012年 7月15日 | 2013年 7月18日 | 2013年 7月23日 | 2013年 7月24日 | 2013年 7月25日 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 気温(9時) | 20.1℃ | 21.4℃ | 20.3℃ | 19.8℃ | 20.5℃ |
| 湿度(9時) | 95.2% | 92.3% | 91.2% | 91.2% | 91.1% |
| 降雨量 (19時～8時) | 0mm | 23mm | 17.5mm | 2.5mm | 1.0mm |

■ 湯気の発生条件

- 湿った温かい空気が低温多湿の空気と接触し、露点温度以下となる
- 飽和水蒸気を超える水分が粒子となり、湯気(霧)として可視化される

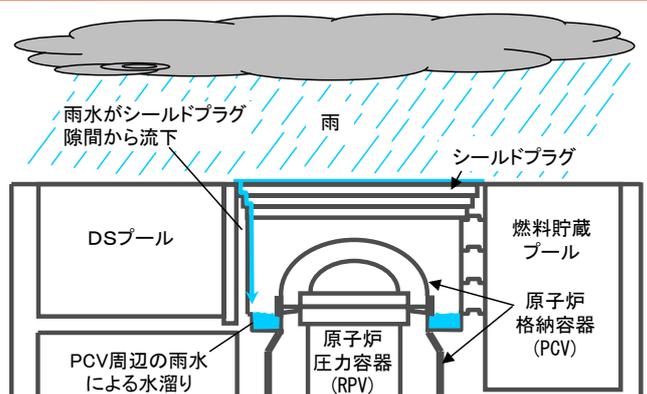


(参考-8-①) 湯気発生時の推定メカニズム

■ 湯気の発生源

- ① 炉内又はPCV内のデブリ燃料状態変化による蒸気の発生
- ② PCVヘッド周辺の水分の蒸発や、PCVのリークにより持ち込まれた湿分がシールドプラグ下部に滞留し、シールドプラグの隙間からオペフロに放出
- ③ シールドプラグ隙間のPCVから放出された放射性物質による発熱

➡ 湯気発生源は②が最も可能性が高い



■ 湯気発生時のメカニズム

- シールドプラグ下部に滞留していた湿った空気が、PCVのリークによる押し出し等でシールドプラグの隙間からオペフロ上に放出される
- 放出された空気が、低温、多湿(約20℃, 約92%)であったオペフロ上の外気と接触し、露点温度以下となる
- 飽和蒸気を超える水分が粒子となり、湯気(霧)として可視化される

