

3月20日前後の線量上昇について

1. はじめに

福島第一原子力発電所では、3月20日、21日頃に線量上昇が観測されている。この頃、関東圏でも線量上昇が観測され、ヨウ素の濃度上昇による水道水の摂取制限も実施されており、福島第一原子力発電所事故の影響を評価する上で、3月20日、21日頃に観測された線量上昇の要因と放射性物質の放出挙動の詳細について明らかにする必要がある。

なお、MAAP コードによる解析は、長時間になるほど不確かさが大きくなり、評価結果の信頼性が低くなることから、長くとも一週間程度で解析を終了させている。

このような状況をもとに、本資料では、当時のプラントパラメータ、プラント周囲の状況、事故対応の状況などをもとに推定を進め、3月20日、21日頃に発生した線量上昇の要因について検討した。

2. 3月20日、21日頃に観測された線量上昇について

図1に、3月20日過ぎの福島第一原子力発電所周辺の線量測定値を示す。問題にしている線量上昇は、赤枠で囲った箇所である。3月20日は、事務本館北において12時50分～14時50分の2時間で約 $800\mu\text{Sv/h}$ 上昇しており、16時頃まで $3000\mu\text{Sv.h}$ を超える水準で推移し、その後減少に転じている。3月21日は、正門において16時50分～18時30分の1時間40分で約 $1400\mu\text{Sv/h}$ 上昇しており、その後19時40分には上昇前と同じ水準まで線量率が低下している。

また、図2に線量測定箇所の概略位置を示す。

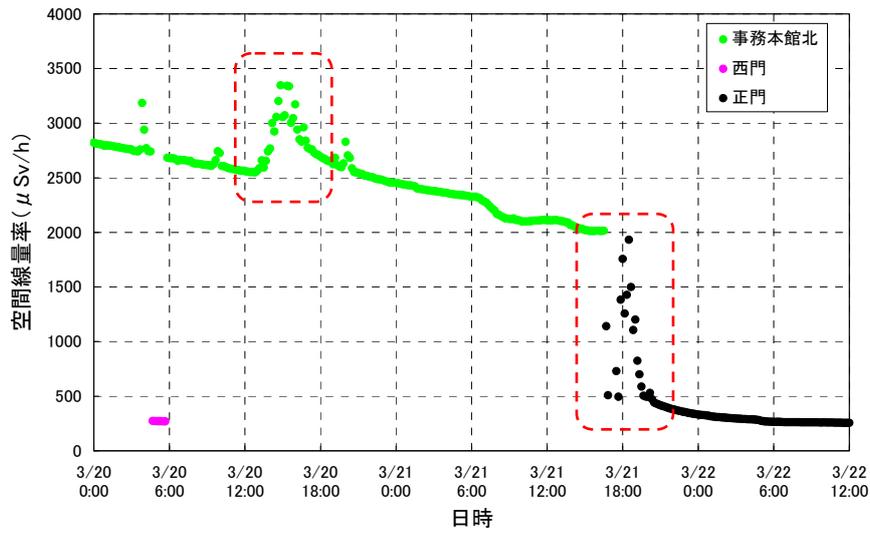


図1 3月20日、21日の線量上昇



図2 線量測定箇所概略図

3. 線量上昇の要因として考えられる事象について

図1で示した線量上昇の要因として考えられる主な事象を以下に列挙する。

- ①新たな放射性物質の放出事象が発生した可能性

②風向きの変化による線量上昇検知の可能性

4. 新たに放射性物質が放出する事象の発生可能性について

項目 3.で挙げた①の可能性について検討した結果を示す。

4.1. プラントパラメータの推移からの考察

新たな放射性物質の放出事象が発生した場合には、プラントパラメータに変化が生じる可能性がある。そこで、1～3号機のプラントパラメータ（原子炉水位、原子炉圧力、格納容器圧力、CAMS）の推移を図 3～図 11 に示す。

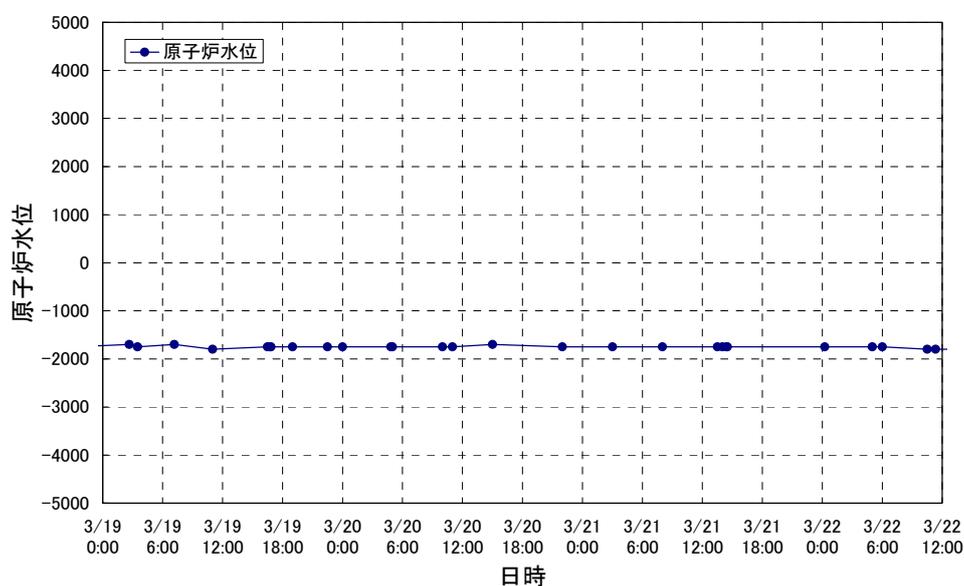


図 3 1号機 原子炉水位

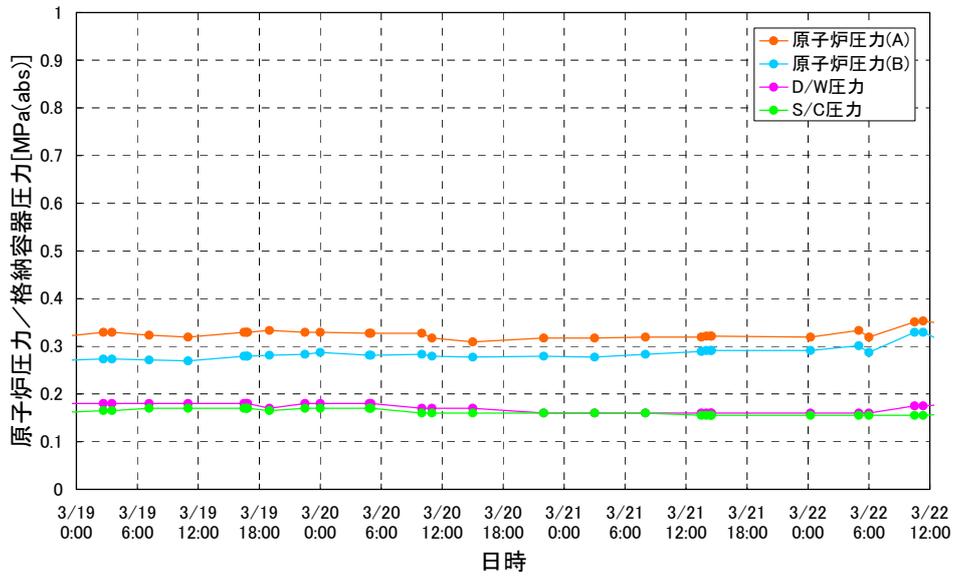


图 4 1号機 原子炉压力/格納容器压力

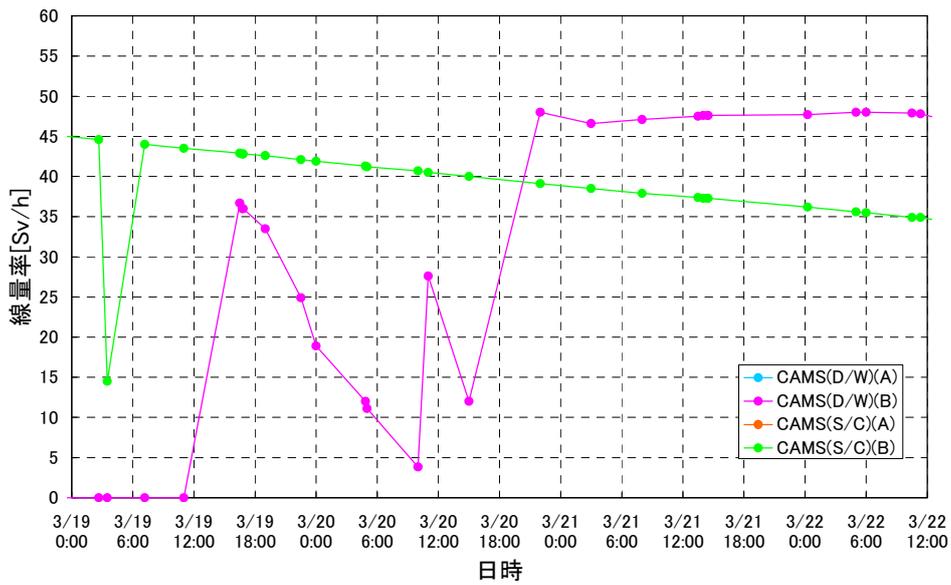


图 5 1号機 CAMS

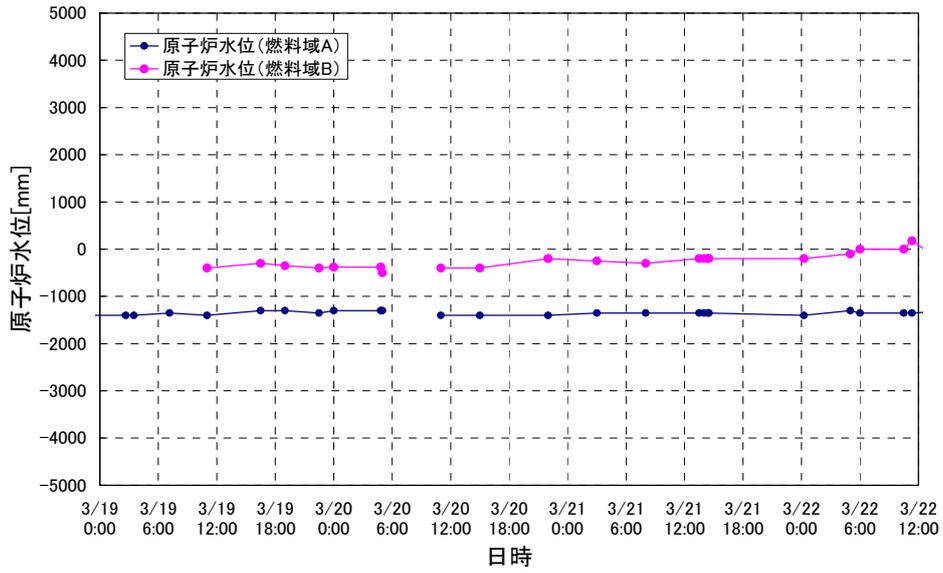


图 6 2号機 原子炉水位

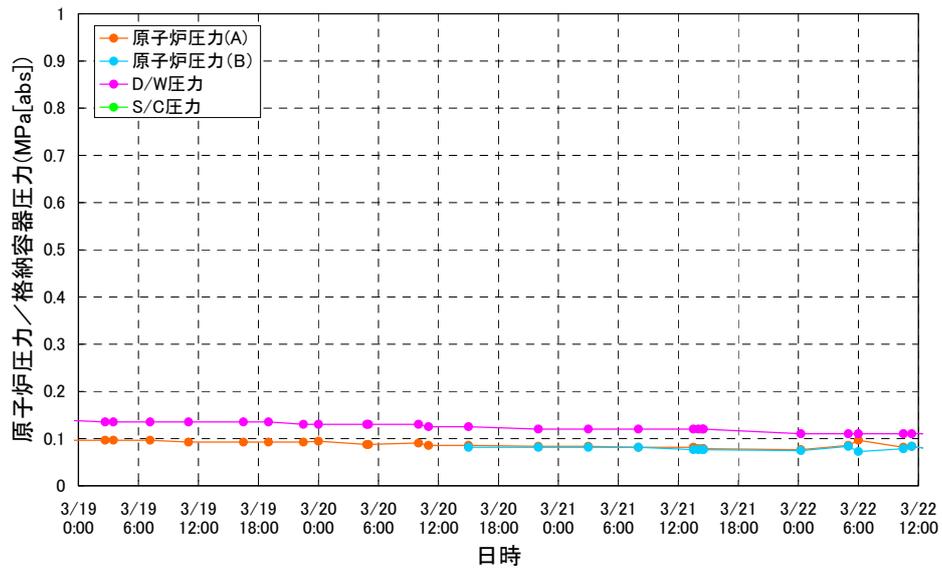


图 7 2号機 原子炉压力/格納容器压力

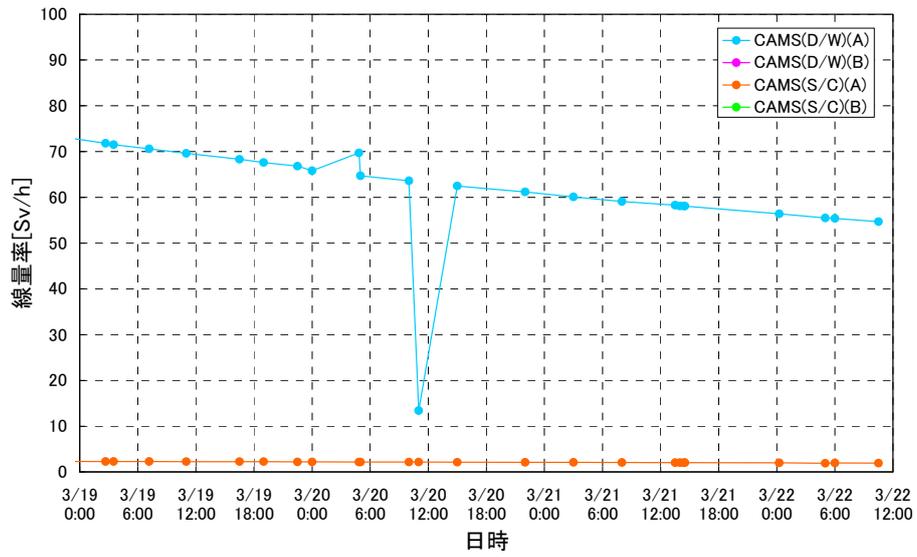


図8 2号機 CAMS

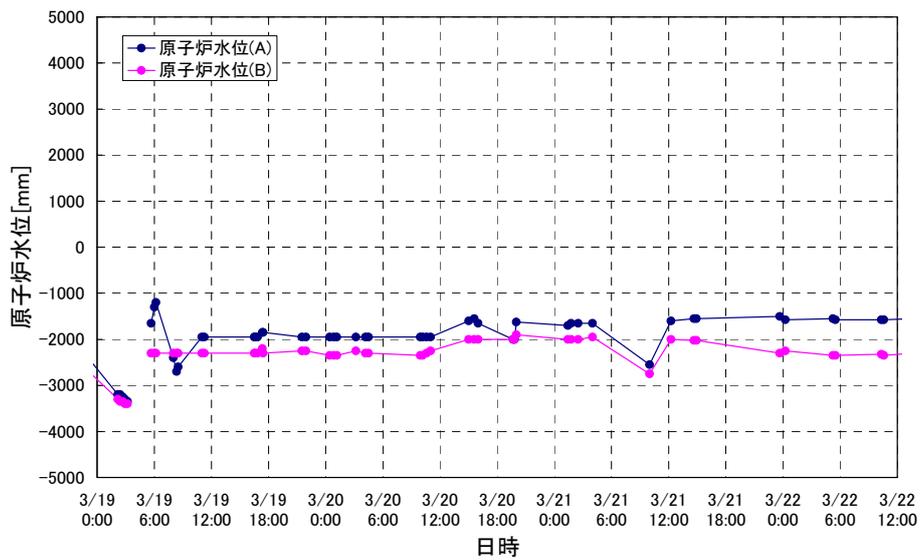


図9 3号機 原子炉水位

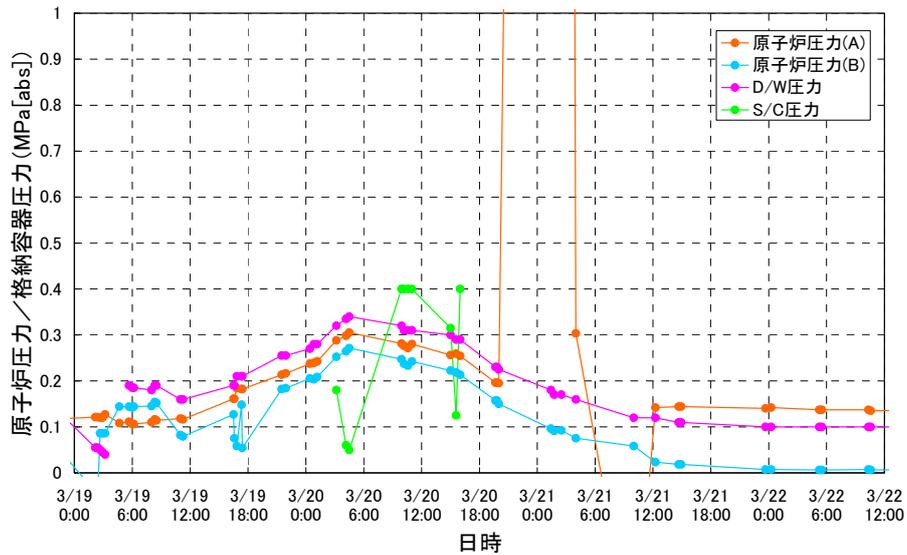


図 10 3号機 原子炉圧力/格納容器圧力

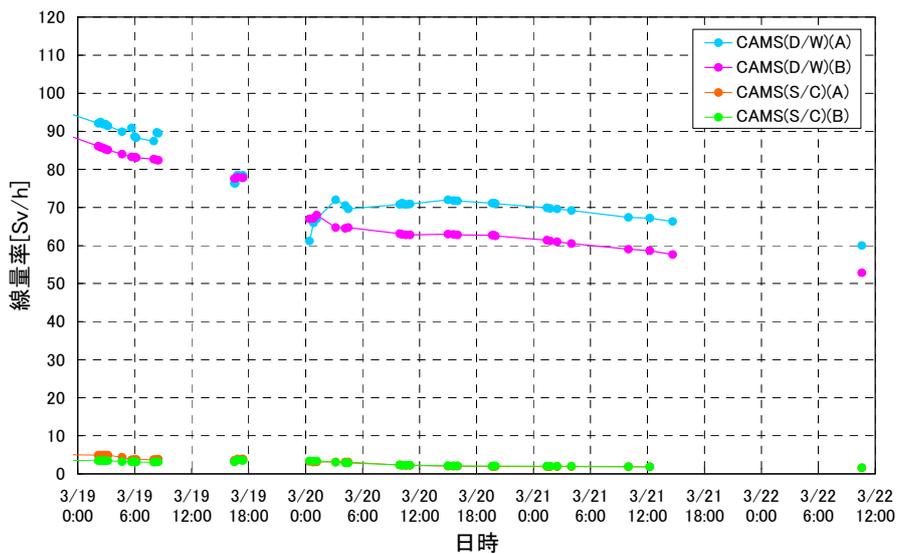


図 11 3号機 CAMS

1号機について、図3、図4を見ると、測定点の少なさはあるものの、線量上昇が観測されている期間において、原子炉水位、原子炉圧力、格納容器圧力に大きな変化は見られない。図5において、CAMS(D/W)の指示値が20日の12時過ぎに大きく低下していることから、格納容器から放射性物質が放出された可能性も考えられるが、格納容器圧力に変化が見られないこと、CAMS(S/C)の指示値は当該の時間帯に大きな変化が見られないことを合わせて考えれば、CAMS(D/W)の指示値の不良である可能性が高い

と考える。

2号機について、図6、図7を見ると、測定点の少なさはあるものの、線量上昇が観測されている期間において、原子炉水位、原子炉圧力、格納容器圧力に大きな変化は見られない。図8において、CAMS (D/W) の指示値が20日の11時に前後と比較して低い値を示しているが、CAMS (D/W) 測定値の連続性の観点とCAMS (S/C) の値が同時刻帯で変化がないことから、11時の測定結果が指示不良である可能性が高いと考える。

3号機について、図9、図10を見ると、20日の線量上昇が観測される期間において、原子炉水位にわずかな上昇がみられ、原子炉圧力、D/W 圧力にわずかな低下がみられる。この時間、3号機の給水ノズルN4B温度は210℃(11時)から140℃(15時)に、压力容器下部ヘッドは244℃(11時)から220℃(15時)、D/W HVH 戻り温度は220℃(11時)から187℃(15時)というように、原子炉压力容器、格納容器の温度はそれぞれ低下傾向を示している[1]。従って、温度の低下に伴い、圧力が低下したものと考える。また、図11を見ると、当該の時間CAMSの指示値に変化は見られない。これらのことから、3号機から放射性物質が放出される事象がこの時間帯発生した可能性は低いと考える。

以上のように、プラントパラメータの推移からは、線量上昇が発生したタイミングで原子炉压力容器または格納容器内で何らかの変化が生じ、放射性物質の新たな放出につながったと考えられるシナリオの可能性を見いだすことはできなかった。

4.2. 当時の事故対応からの考察

当時の事故対応の記録である、発電所-本部を繋ぐTV会議での発話から、線量上昇の原因について調査を行った。

3月20日の線量上昇について、TV会議の中でも事務本館北での線量上昇が報告されているものの、線量上昇の要因と関連する情報は報告されていない。

21日の線量上昇について、3号機では21日16時頃にR/Bの南東から黒煙の発生が観測され、その状況について報告されている。この黒煙発生の影響について把握するため、測定ポイントを風下側に移動させるなど、モニタリングカーの測定場所を変更している。ただし、風向は刻々と変化しており、移動先で必ずしも風下となっている状況ではなかった(表1)。

表1 黒煙発生に伴うモニタリングカー移動の様子

移動	日時	測定場所	風向き	プラントに対する位置関係
↓	3/21 16:30	事務本館北	北東	風上
↓	3/21 16:42	正門	東	風下
↓	3/21 16:50	正門	南	—
↓	3/21 17:06	MP7 付近	南西	風上

↓	3/21 17:30	正門	東	風下
---	------------	----	---	----

黒煙はその後一旦収まるものの、23日の16時頃に再び発生していることが報告されている。

黒煙の原因としては、『原子炉建屋の4階に油を使った流体継手という措置があり、この装置の油に何らかの要因で火がついたと想定している。油の量は一定なので、燃え尽きれば自然鎮火すると想定している。運転中であつたため、発電所の内部に可燃物は極めて少ないと考えている。』と報告されている。

なお、3月21日の16時以降にモニタリングカーの測定位置が事務本館北から正門に移動しているのは、風下側に配置して、黒煙に伴う線量上昇の有無を確認するためである。

以上の内容を踏まえると、黒煙は既設のMGセットの油が何らかの原因で引火したものと推測されており、黒煙の発生と放射性物質の放出との因果関係は確認できなかった。

5. 風向きの変化による線量上昇検知の可能性

項目3で挙げた②の可能性について検討した結果を示す

3月20日、21日当時、各プラントの格納容器からはある程度定常的に放射性物質の漏出が起きていたと考えられる。例えば、3号機の格納容器から漏えいした蒸気等が白煙となり、水素爆発により崩壊した建屋上部からあがっている様子が、3月16日に撮影された空撮写真で確認できる(図12)。

この頃、モニタリングカーは事務本館北および正門と、発電所の近傍で計測を行っているため、風向きの変化により線量上昇を検知した可能性がある。

そこで、線量上昇が発生しているタイミングで、モニタリングカーの位置が風下となっていたかを確認する。図13に3月18日から23日までの空間線量率と風向の関係を示す[2]。空間線量の上昇が観測されている図中の①～④の時間帯に着目して、事務本館北、西門、正門それぞれにおけるモニタリングカーの位置と風向との関係を調査した。

図14に、事務本館北、西門、正門の位置関係を示す。



図 12 3号機空撮写真 (2011年3月16日撮影)

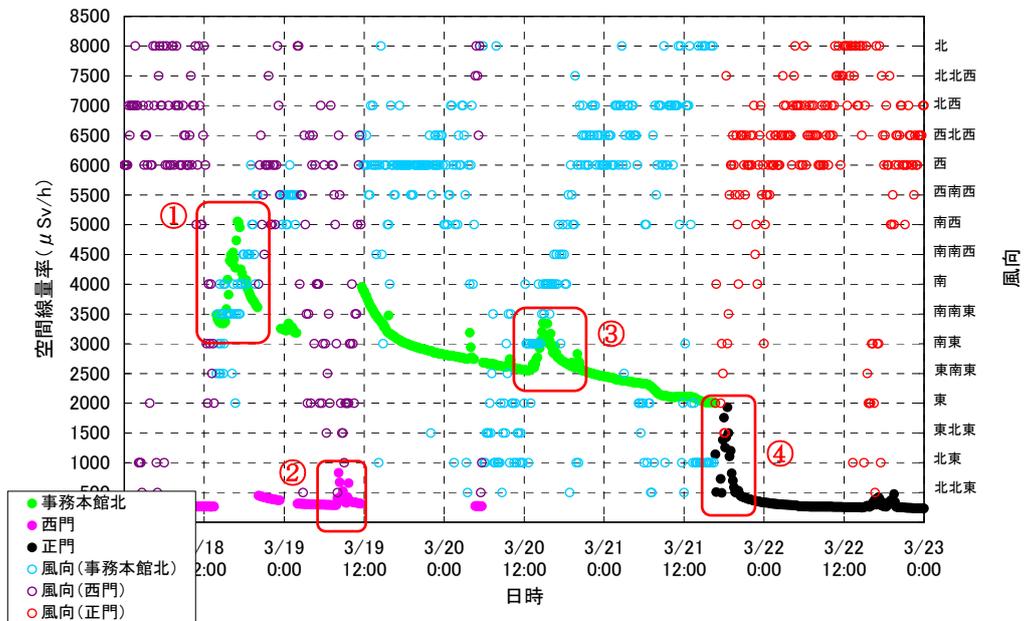


図 13 空間線量率の推移と風向

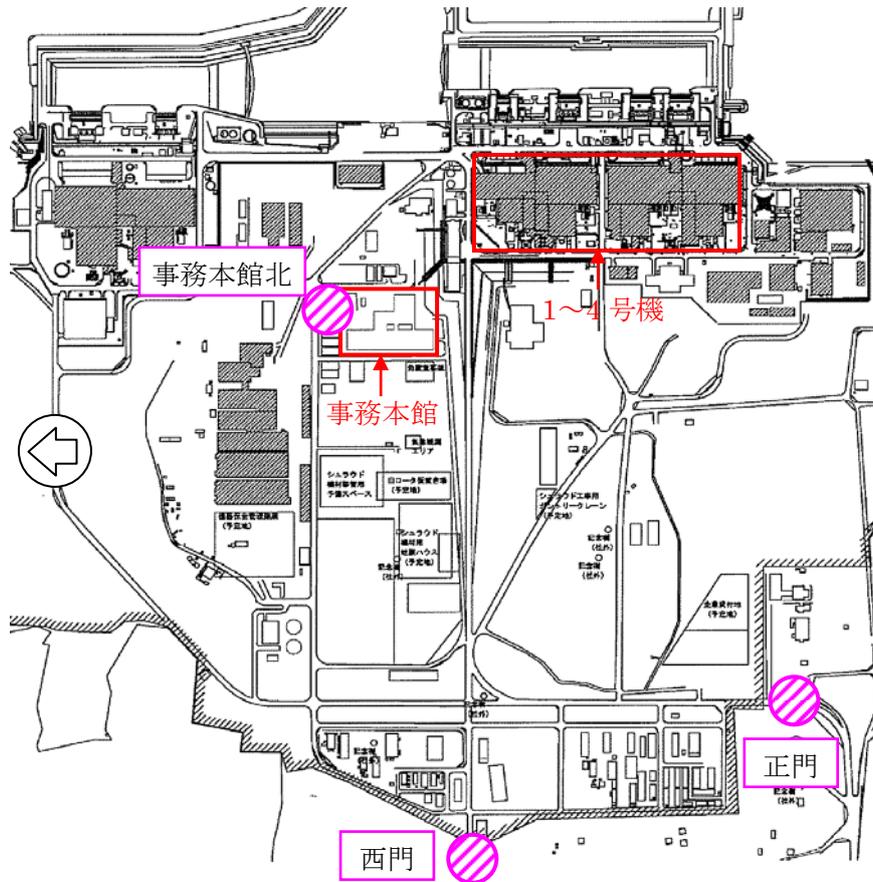


図 14 モニタリングカーの測定位置

5.1 事務本館北における線量上昇と風向の関係について

事務本館北の測定ポイントは、プラントに対しておよそ北北西の位置にあり、南南東の風の時にちょうど風下となる。そこで、線量上昇期間および線量下降期間における南東、南南東、南の風が吹いている割合を示す。

表 2 事務本館北における線量上昇と風向の関係

	時間帯	当該の時間帯における「南東、南南東、南の風」が吹いている割合
1	18日 15:10~17:20 (図 12 中の①における線量上昇期間)	86%
2	18日 17:30~20:00 (図 12 中の①における線量下降期間)	31%
3	20日 13:00~16:00 (図 12 中の③における線量上昇期間)	95%
4	20日 16:10~19:40	32%

	(図 12 中の③における線量下降期間)	
5	18日～22日におけるそれ以外の期間	7%

5.2 西門における線量上昇と風向の関係について

西門の測定ポイントは、プラントに対しておよそ西の位置にあり、東の風の時にちょうど風下となる。そこで、線量上昇期間および線量下降期間における東南東、東、東北東の風が吹いている割合を比較する。

表 3 西門における線量上昇と風向の関係

	時間帯	当該の時間帯における「東南東、東、東北東の風」が吹いている割合
1	19日 8:00～9:40 (図 12 中の②における線量上昇期間)	64%
2	19日 9:50～11:30 (図 12 中の②における線量下降期間)	9%
3	18日～22日におけるそれ以外の時間	8%

5.3 正門における線量上昇と風向の関係について

正門の測定ポイントは、プラントに対しておよそ西南西の位置にあり、東北東の風の時にちょうど風下となる。そこで、線量上昇期間および線量下降期間における東、東北東、北東の風が吹いている割合を示す。

表 4 正門における線量上昇と風向の関係

	時間帯	当該の時間帯における「東、東北東、北東の風」が吹いている割合
1	21日 16:50～18:30 (図 12 中の④における線量上昇期間)	38%
2	21日 18:40～19:40 (図 12 中の④における線量下降期間)	0%
3	18日～22日におけるそれ以外の時間	4%

5.4 線量上昇と風向との関係に関する考察

以上 5.1～5.3 の結果から、線量上昇期間には、各計測位置が風下となっていた割合が高く、逆に線量下降期間にはそれ以外の風向となっていた割合が高いことがわかる。従って、3月20日、21日の線量上昇の要因として風向が関与していた可能性がある。

ただし、放射性物質の近距離の拡散においては、建屋巻き込み等の影響により、風

向どおりの拡散とならない可能性があること、モニタリングカーによる風向測定は地上高さ 2m 程度で実施しているため、広域拡散の主要因となる上空の風向と異なる可能性があることなどを合わせて認識しておく必要がある。

従って、項目 5 において実施した推測は、可能性の一つを示すものである。

6. 柏崎刈羽原子力発電所の安全対策との関係

項目 5 で述べたように、3 月 20 日、21 日当時、各プラントの格納容器からはある程度定常的に放射性物質の漏出が起っていたと考えられる。従って、格納容器の健全性を維持し、閉じこめ機能を確保することが重要である。

福島第一原子力発電所事故では、格納容器のトップヘッドフランジ、各ハッチのシール材（ガスケット）に使用しているシリコンゴムが高温蒸気に曝されるなど過酷な事故環境において劣化し、閉じこめ機能を喪失した可能性がある。そこで、柏崎刈羽原子力発電所では、当該ガスケット外側のフランジ面に、より高温蒸気に耐えられるバックアップシール材を追加塗布した。なお、シリコン性のシール材は高温蒸気曝露で劣化が進む傾向があるため、より耐性に優れたシール材（改良 EPDM）に変更することも検討している。

また、格納容器エアロック均圧弁のシール材（フッ素樹脂）は重大事故環境下の放射線による影響で、シール機能が劣化することが考えられる。そこで、エアロック外側を貫通する均圧弁接続配管の原子炉建屋側の開放部に、環境耐性に優れたシール材をもつ閉止フランジを取り付け、重大事故環境下における健全性維持を図っている。均圧弁については、フッ素樹脂よりも耐放射線性に優れ、耐高温性を有するシール材の適用も検討している。

7. まとめ

3 月 20 日、21 日の線量上昇について、調査可能な範囲で当時の状況を確認した結果、新たな放射性物質の放出事象が発生した可能性を見いだすことはできなかったものの、風向の変化を検知したものである可能性があることが分かった。

8. 参考

3 月 20 日、21 日頃に福島第一原子力発電所で線量上昇が観測されているが、同じ頃関東圏でも線量上昇が観測され、ヨウ素の濃度上昇による水道水の摂取制限も実施されている。放射性物質の広域拡散について、JAEA が開発した WSPEEDI (Worldwide version of System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information) による拡散計算の結果（2011 年 3 月 20 日公表[3]）を、以下の表 5、図 15、16、17 に引用する。

評価の結果、関東圏まで放射性物質が拡散している結果が得られており、福島第一原

子力発電所からの定常的な放出の影響が、拡散により関東圏まで及んでいることが推定されている。

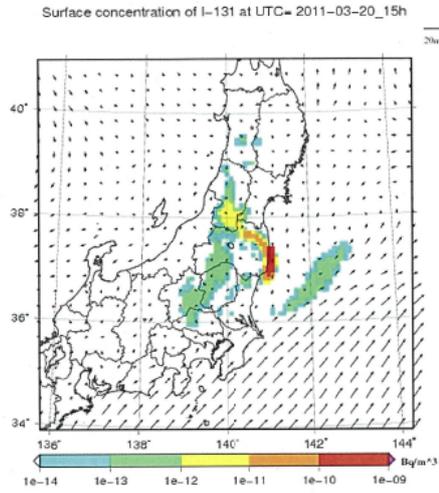
このように、関東圏での線量上昇または水道水の摂取制限に繋がった飲料水のヨウ素濃度の上昇については、瞬時的な放出だけではなく、定常的な放出にも起因していると考えられる。3月20日、21日頃に福島第一原子力発電所で観測された線量上昇が、瞬時的な放出ではなく風向の影響によるものであった場合でも、関東圏で線量上昇が起こった可能性は考えられる。

表5 計算条件

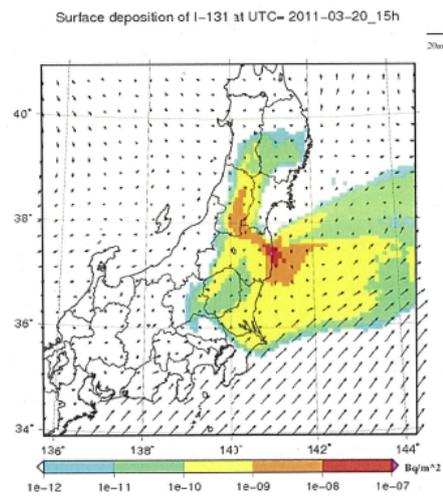
項目	条件
計算期間	3月20日9時を起点に1日が解析計算、3.5日後まで予報計算
放出核種及び放出率	ヨウ素 (I-131) 5Bq/h セシウム (Cs-137) 1Bq/h
放出場所	福島第一原子力発電所 東経 141.0356 度、北緯 37.4217 度
放出高さ	地上付近 (30m)
放出期間	3月19日9時から連続放出

3月21日0時

【ヨウ素の地上濃度分布】

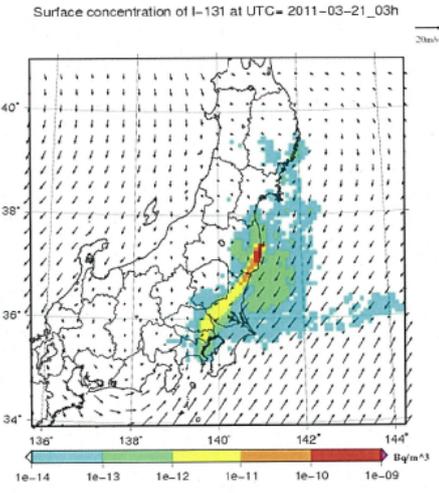


【ヨウ素の地表沈着量分布】



3月21日12時

【ヨウ素の地上濃度分布】



【ヨウ素の地表沈着量分布】

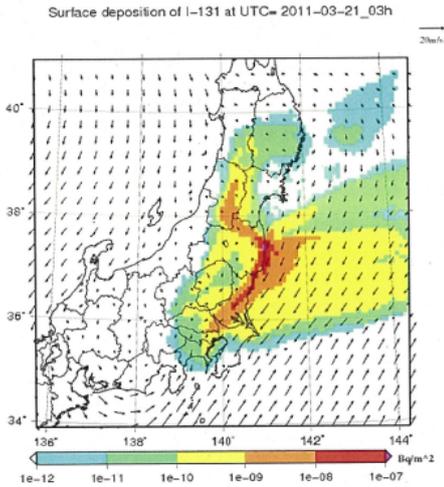
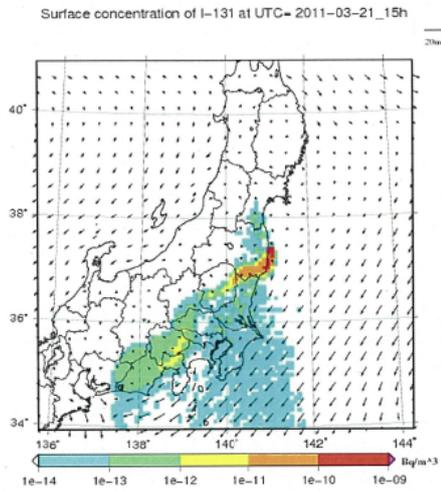


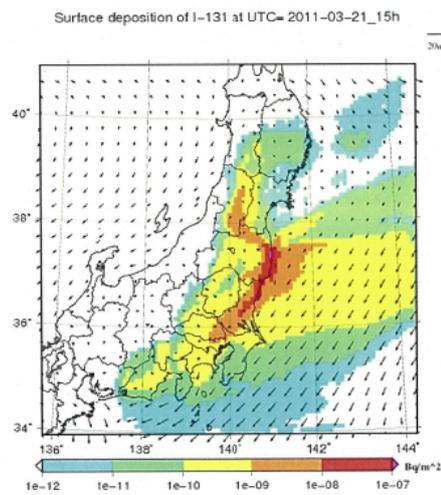
図15 3月21日0時、3月21日12時の拡散状況（計算結果）

3月22日0時

【ヨウ素の地上濃度分布】

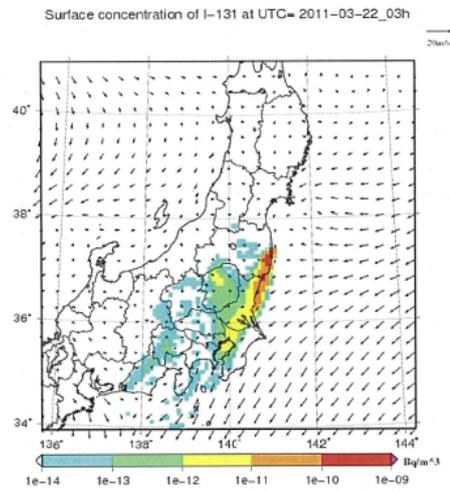


【ヨウ素の地表沈着量分布】



3月22日12時

【ヨウ素の地上濃度分布】



【ヨウ素の地表沈着量分布】

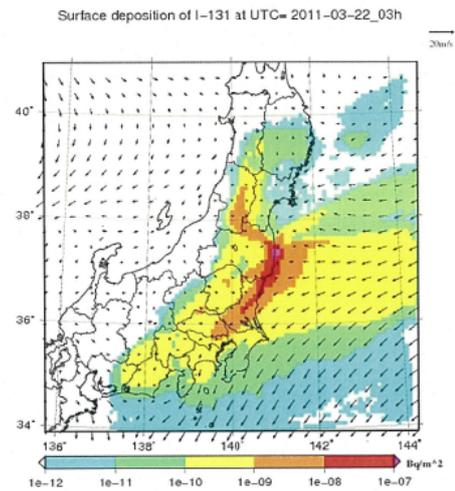
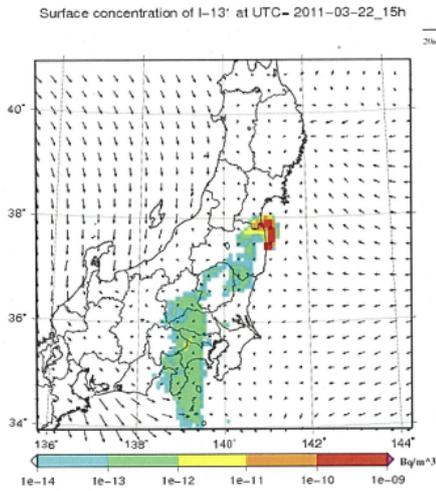


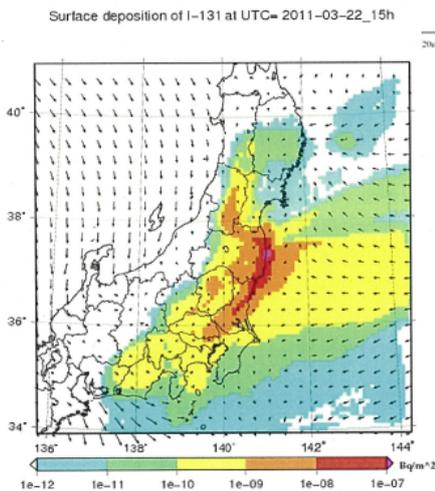
図16 3月22日0時、3月22日12時の拡散状況（計算結果）

3月23日0時

【ヨウ素の地上濃度分布】

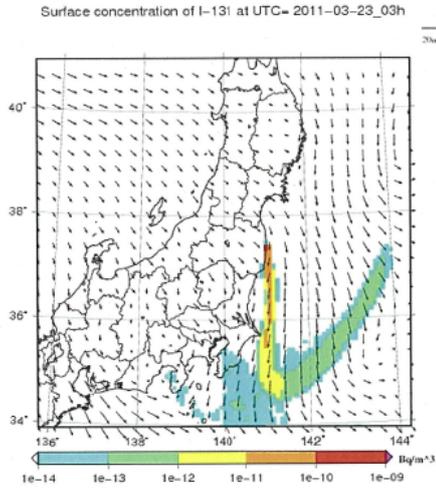


【ヨウ素の地表沈着量分布】



3月23日12時

【ヨウ素の地上濃度分布】



【ヨウ素の地表沈着量分布】

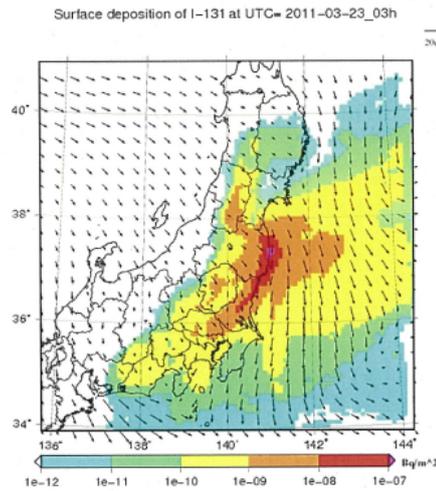


図17 3月23日0時、3月23日12時の拡散状況（計算結果）

9. 参照

[1] 平成25年7月17日訂正 東京電力「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータ集」

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/plant-data/fl_8_Parameter_data_20110717.pdf

[2] 平成24年5月24日 東京電力「東北地方太平洋沖地震の影響による福島第一原子力発電所の事故に伴う大気および海洋への放射性物質の放出量の推定について」

http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120524j0105.pdf

[3] 平成23年3月20日(独)日本原子力研究開発機構「東京電力福島第一原子力発電所事故

に伴う WSPEEDI-II による放射能拡散予測結果について (3 月 20 日第 2 報)」

<http://www.jaea.go.jp/02/tei120706/20110320.pdf>