

調達番号: _____

承認	審査	作成

福島第一原子力発電所

業務実施報告書

件名 1 F 自律制御型マルチコプター用いた
線量測定業務委託（その2）

平成30年3月20日

配 布 先	部 数	承 認	確 認	作 成
東京電力ホールディングス株式会社 福島第一廃炉推進カンパニー 福島第一原子力発電所 放射線防護部 放射線管理グループ	1 部			

目次

1. 1、2号機タービン建屋下屋.....	3
1-1 調査場所と測定点.....	3
1-2 γ 線スペクトルと核種推定.....	4
1-3 点群.....	5
1-3-1 1号機側.....	5
1-3-2 廃棄物建屋付近.....	6
1-3-3 2号機側.....	7
1-4 線量評価モデル.....	8
1-4-1 汚染強度分布.....	8
1-4-2 1号機側.....	9
1-4-3 廃棄物建屋付近.....	10
1-4-4 2号機側.....	11
1-4-5 1号機及び2号機下屋全体.....	12
1-5 線量率分布.....	13
1-5-1 1号機側の線量率分布（下屋全体の点群で計算した場合）.....	14
1-5-2 廃棄物建屋付近の線量率分布（下屋全体の点群で計算した場合）.....	15
1-5-3 2号機側の線量率分布（下屋全体の点群で計算した場合）.....	16
1-5-4 1号機側の線量率分布（この場所の点群のみで計算した場合）.....	17
1-5-5 廃棄物建屋付近の線量率分布（この場所の点群のみで計算した場合）.....	18
1-5-6 2号機側の線量率分布（この場所の点群のみで計算した場合）.....	19
1-6 考察.....	20
2. 2号機タービン建屋地下階.....	21
2-1 調査場所と測定点.....	21
2-2 γ 線スペクトルと核種推定.....	21
2-3 点群.....	22
2-4 線量評価モデル.....	24
2-4-1 汚染強度分布.....	25
2-5 線量率分布.....	27
2-6 考察.....	32
3. 3号機タービン建屋地下階.....	33
3-1 調査場所と測定点.....	33
3-2 γ 線スペクトルと核種推定.....	33
3-3 点群.....	35
3-4 線量評価モデル.....	36
3-4-1 汚染強度分布.....	37

3-5	線量率分布.....	38
3-6	考察.....	43
4.	4号機タービン建屋地下階.....	44
4-1	調査場所と測定点.....	44
4-2	γ 線スペクトルと核種推定.....	45
4-3	点群.....	45
4-4	線量評価モデル.....	47
4-4-1	汚染強度分布.....	48
4-5	線量率分布.....	49
4-6	考察.....	50
5.	1、2号機放射性廃棄物処理建屋.....	51
5-1	調査場所と測定点.....	51
5-2	γ 線スペクトルと核種推定.....	51
5-3	点群.....	52
5-3-1	測定点①及び②.....	53
5-3-2	測定点③及び④.....	54
5-4	線量評価モデル.....	55
5-4-1	汚染強度分布.....	55
5-4-2	測定点①及び②.....	56
5-4-3	測定点③及び④.....	58
5-5	線量率分布.....	59
5-5-1	測定点①及び②.....	59
5-5-2	測定点③及び④.....	60
5-6	考察.....	61

1. 1、2号機タービン建屋下屋

福島第一原子力発電所1号機及び2号機タービン建屋下屋（以下、「下屋」）において Gamma Imager による構造物及び線量調査を実施した。その情報から N-Visage で線量解析した結果を以下に示す。

1-1 調査場所と測定点

下屋の調査はタービン建屋の屋上から実施し、図 1-1 に示す9点に Gamma Imager を設置した。9点すべてで点群を取得し、測定点②、④、⑥、⑧の4点で線量情報を取得した。測定順に1号機側、放射性廃棄物処理建屋付近（以下、「廃棄物建屋」）、2号機側の3か所に分けた場合とそれらを統合した場合の線量解析を行った。

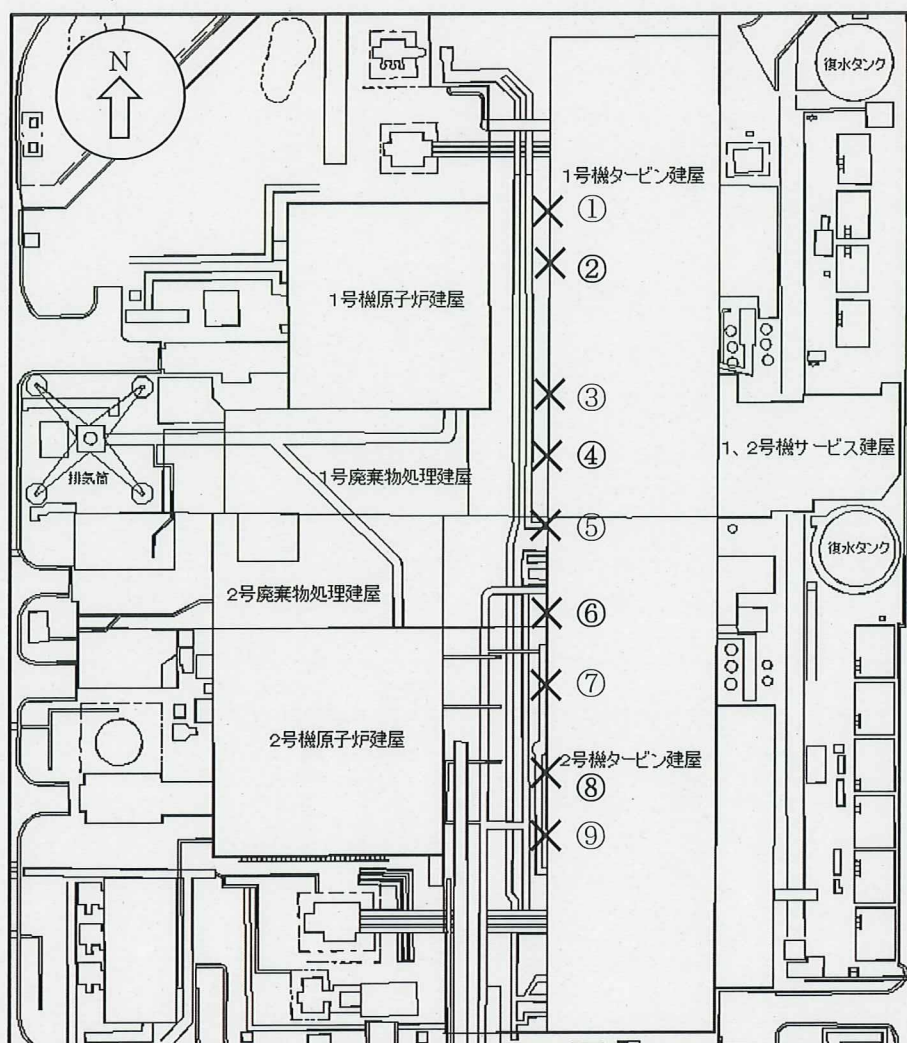


図 1-1 下屋調査測定点

1-2 γ 線スペクトルと核種推定

Gamma Imager で測定した γ 線スペクトルを図 1-2 に示す。大きなピークが 2 つあり、それぞれ Cs-134 と Cs-137 からの γ 線に起因するものと考えられる。ピークカウントの比は 662keV (Cs-137 由来の γ 線：放出率 85.1%) に対して 796keV (Cs-134 由来の γ 線：放出率 85.5%) が 9:1 になっていることから、事故時の Cs-137 (半減期 30.1671 年) と Cs-134 (半減期 2.0648 年) が 1:1 であったとすれば、7 年後の比率に相当する。

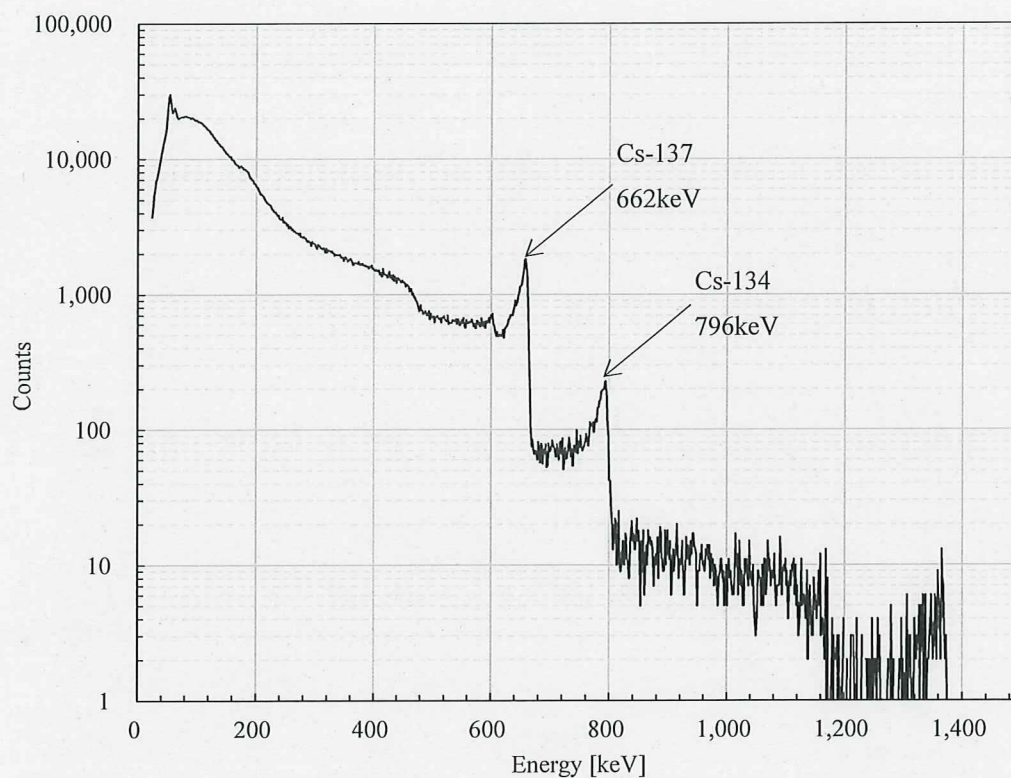


図 1-2 下屋の放射線スペクトル

1-3 点群

取得した点群を測定順に1号機側、廃棄物建屋付近、2号機側の3か所に分けて示す。

1-3-1 1号機側

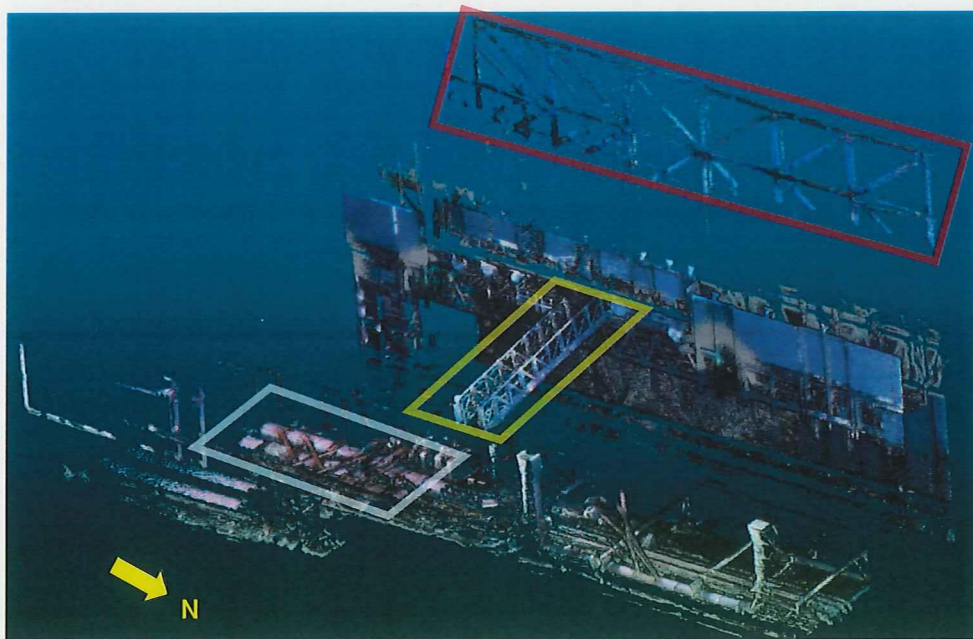


図 1-3 1号機側で取得した点群（俯瞰）

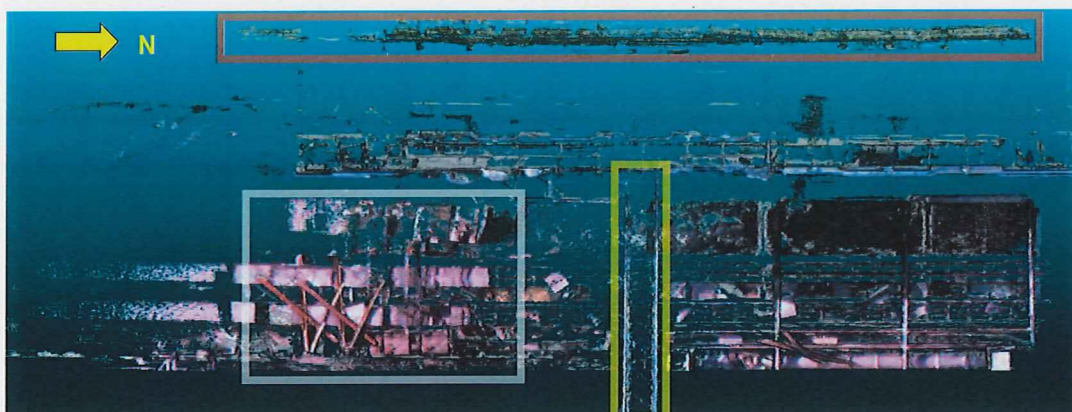


図 1-4 1号機側で取得した点群（上方からの視点）

1-3-2 廃棄物建屋付近

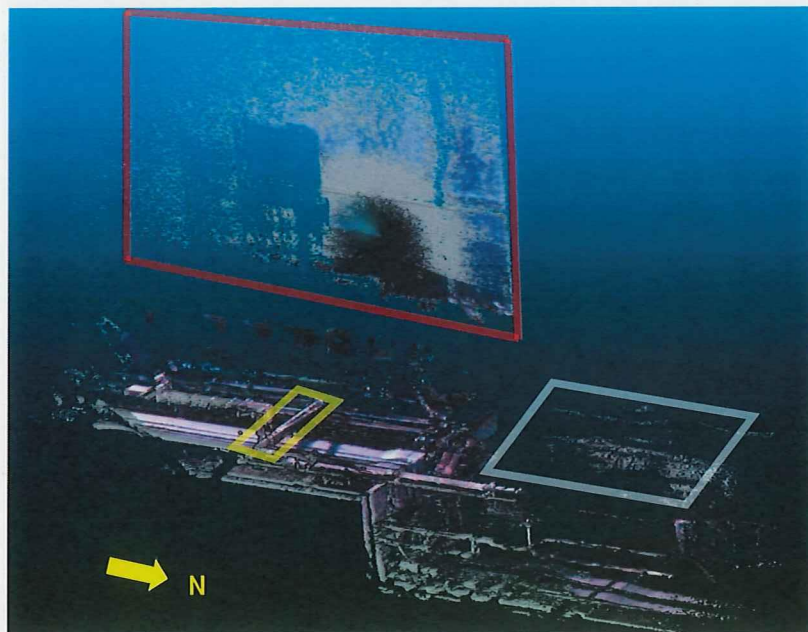


図 1-5 廃棄物建屋付近で取得した点群（俯瞰）

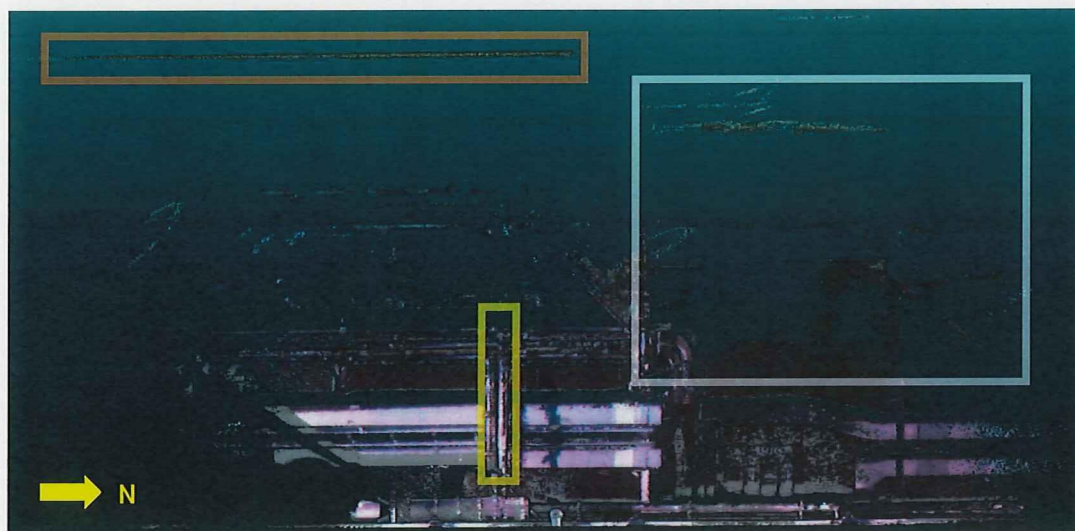


図 1-6 廃棄物建屋付近で取得した点群（上方からの視点）

1-3-3 2号機側

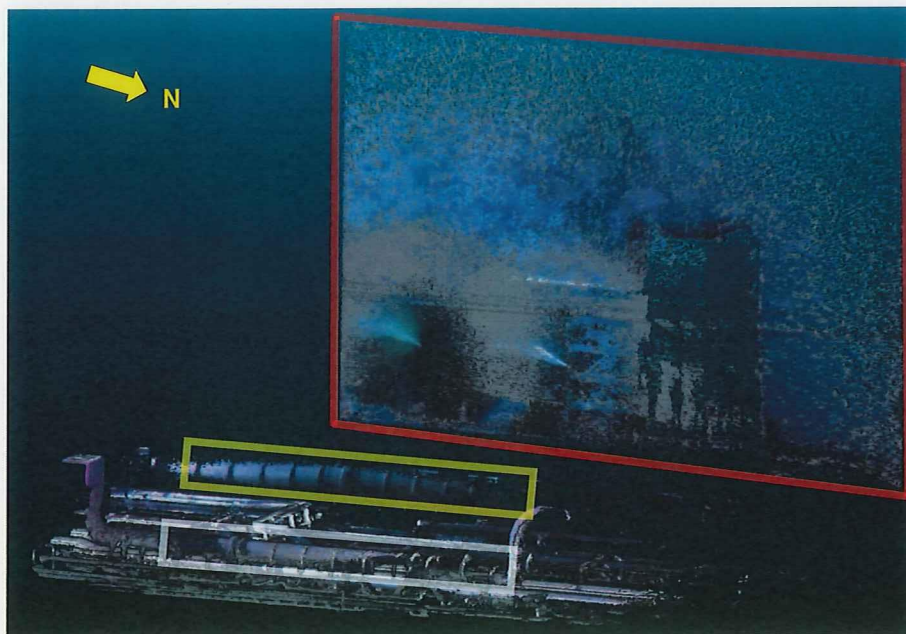


図 1-7 2号機側で取得した点群（俯瞰）

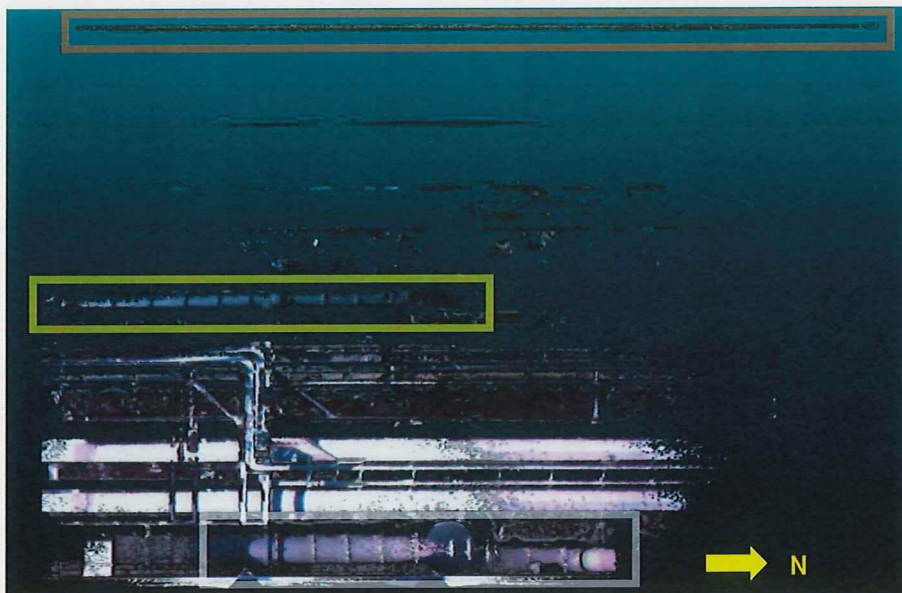


図 1-8 2号機側で取得した点群（上方からの視点）

1-4 線量評価モデル

線量評価のために 1-3 で示した点群を処理し、汚染強度分布を求めた。点群は以下の手順に沿って処理を行った。なお、本件の評価モデルでは汚染がすべて表面にあると仮定している。

- ① ノイズ及び形状が崩壊している構造物を除去
 - ② 線量寄与が少ないと考えられる点の除去
 - ③ 点群の密度調整 (30cm 間隔から 10cm 間隔)
 - ④ 解析結果がオーバーレイ画像※に近づくまで①～③を繰り返す
- ※光学カメラの画像と線量強度を色で表した画像を重ね合わせたもの。

なお、②及び③の処理工程は、数百万個に及ぶ点群から計算量を削減し、できるだけ簡素な形状で測定値を再現できるようにするために実施している。

γ 線スペクトルの測定結果から、主要な線源核種は Cs-137 であった。このため、汚染強度及び線量率は Cs-137 によるとして計算した。

1-4-1 汚染強度分布

作成した評価モデルで汚染強度分布を解析した結果を以下に示す。汚染強度分布は青色から赤色 (0～1 の相対値) で表現した。

1-4-2 1号機側

この解析では、オーバーレイ画像と比較してタービン建屋と原子炉建屋をつなぐ橋の線量寄与は少ないため除外するとともに、タービン建屋屋上及び壁面はノイズが多いため除外した。

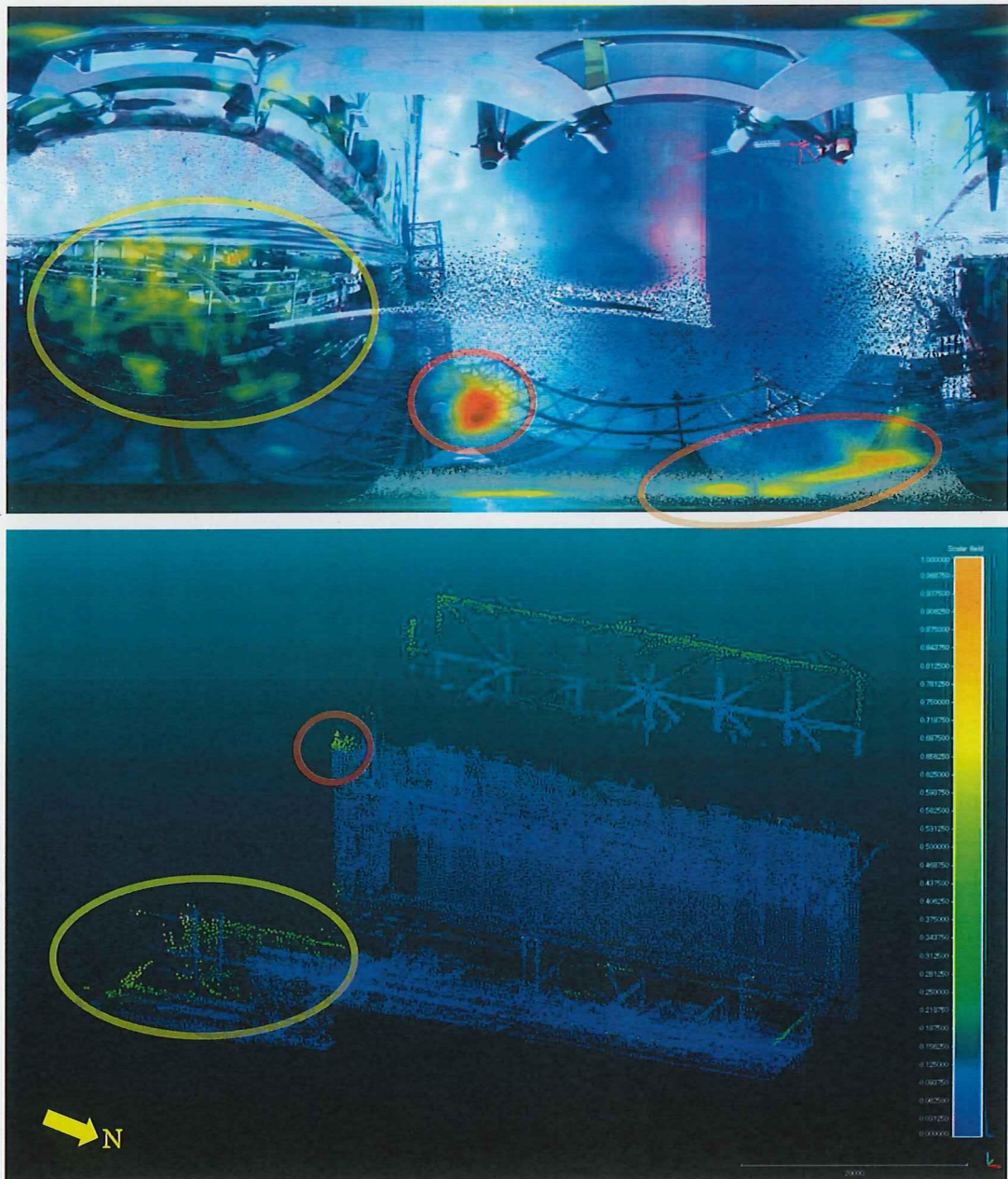


図 1-9 (上) 測定点②で取得したオーバーレイ画像
(下) 1号機側の汚染強度分布の解析結果

1-4-3 廃棄物建屋付近

この解析では、タービン建屋屋上及び壁面はノイズが多いため除外した。

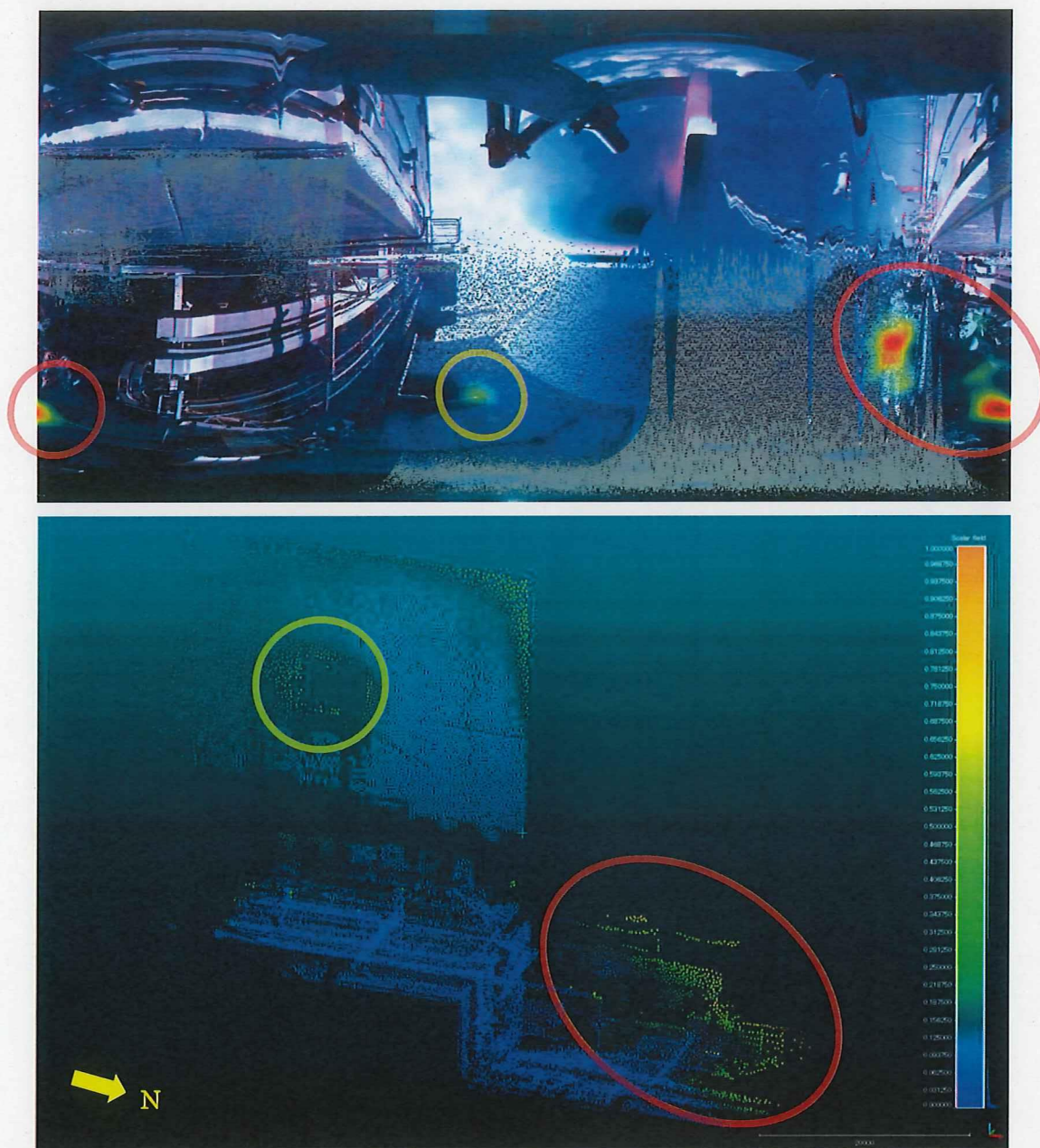


図 1-10 (上) 測定点⑥で取得したオーバーレイ画像
(下) 廃棄物建屋付近の汚染強度分布の解析結果

1-4-4 2号機側

この解析では、タービン建屋屋上及び壁面はノイズが多いため除外した。また、下屋のタービン建屋側は線量寄与が少なかったため計算から除外した。

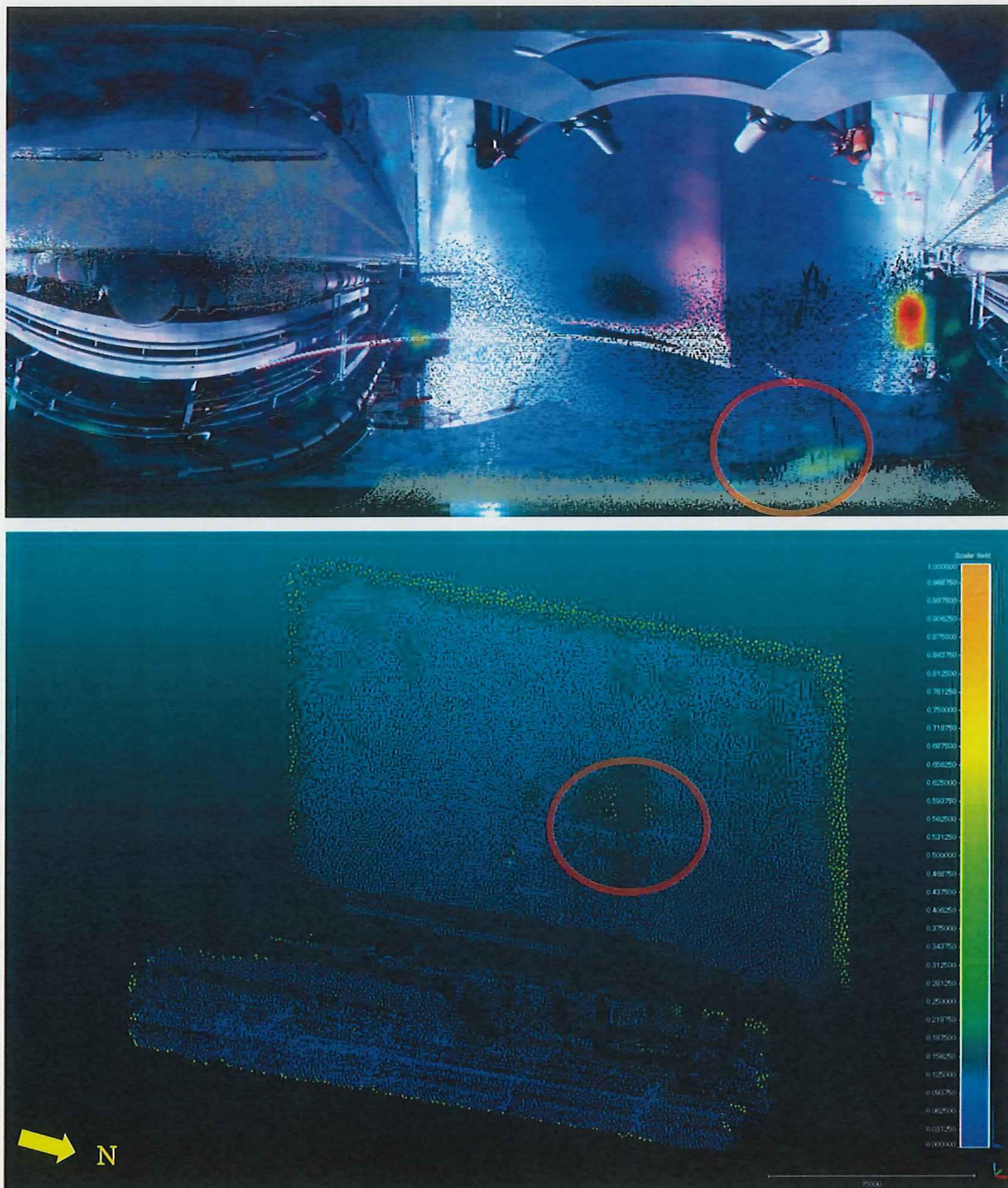


図 1-11 (上) 測定点⑧で取得したオーバーレイ画像
(下) 2号機側の汚染強度分布の解析結果

1-4-5 1号機及び2号機下屋全体

1-4-2、1-4-3 及び 1-4-4 で示した点群を統合し、汚染強度分布を再計算した。結果を図 1-12 に示す。1号機原子炉建屋5階のホットスポットと廃棄物建屋方向に強い汚染が存在することが分かった。

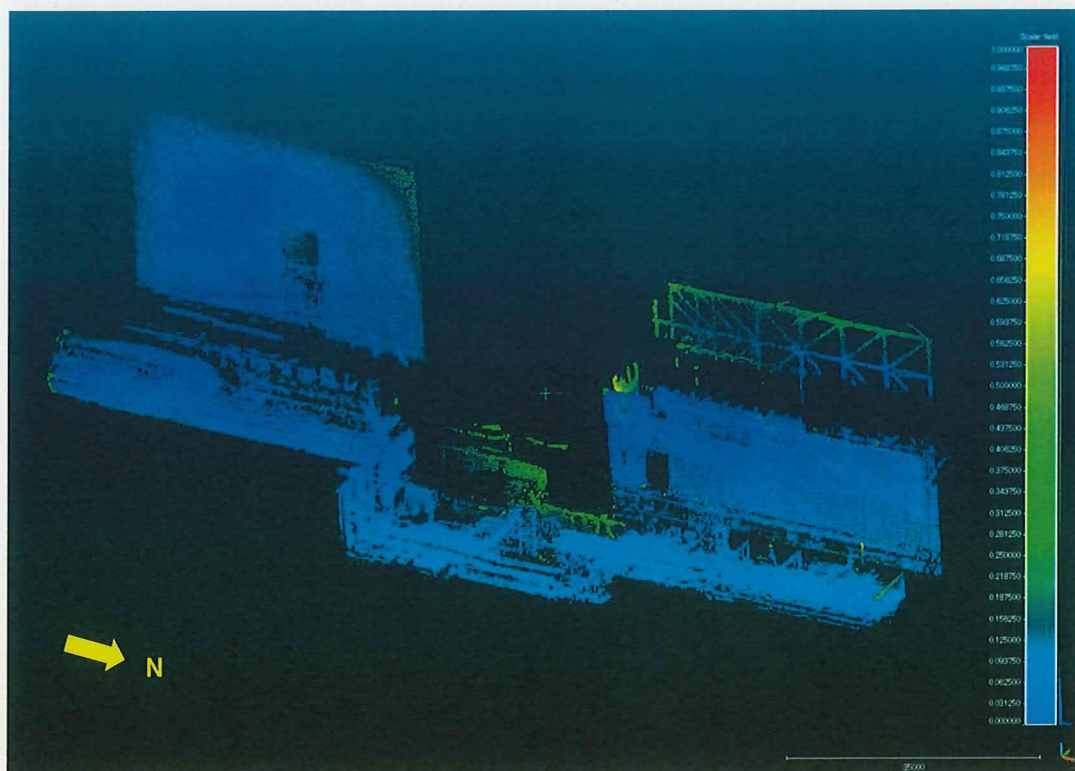


図 1-12 下屋全体の汚染強度分布

1-5 線量率分布

汚染強度分布は1-4-2 から1-4-4 のように、それぞれの場所で取得した点群で解析した場合と、1-4-5 のように全体を統合して解析した場合で異なる結果を示した。ここでは比較のために3 か所の点群をそれぞれ用いた場合と全体を統合した点群を用いた場合の両方で線量率分布を計算した。

全体を統合した点群を用いた場合も、下屋は1号機側、廃棄物建屋付近、2号機側で地面の高さが異なるため、3 か所に別けて線量率分布を作成した。なお、分布図はすべて地面から1m 高さの線量率とした。

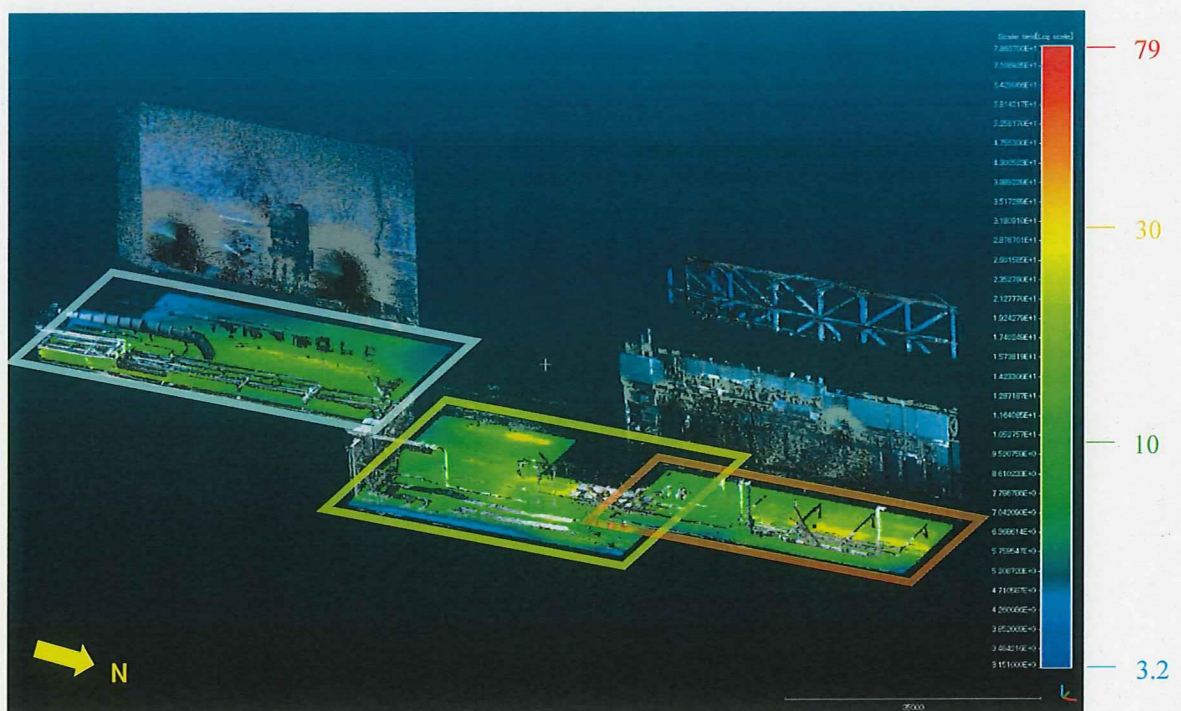


図 1-13 下屋全体の点群を用いて計算した線量率分布（俯瞰）

[mSv/h]

1-5-1 1号機側の線量率分布（下屋全体の点群で計算した場合）

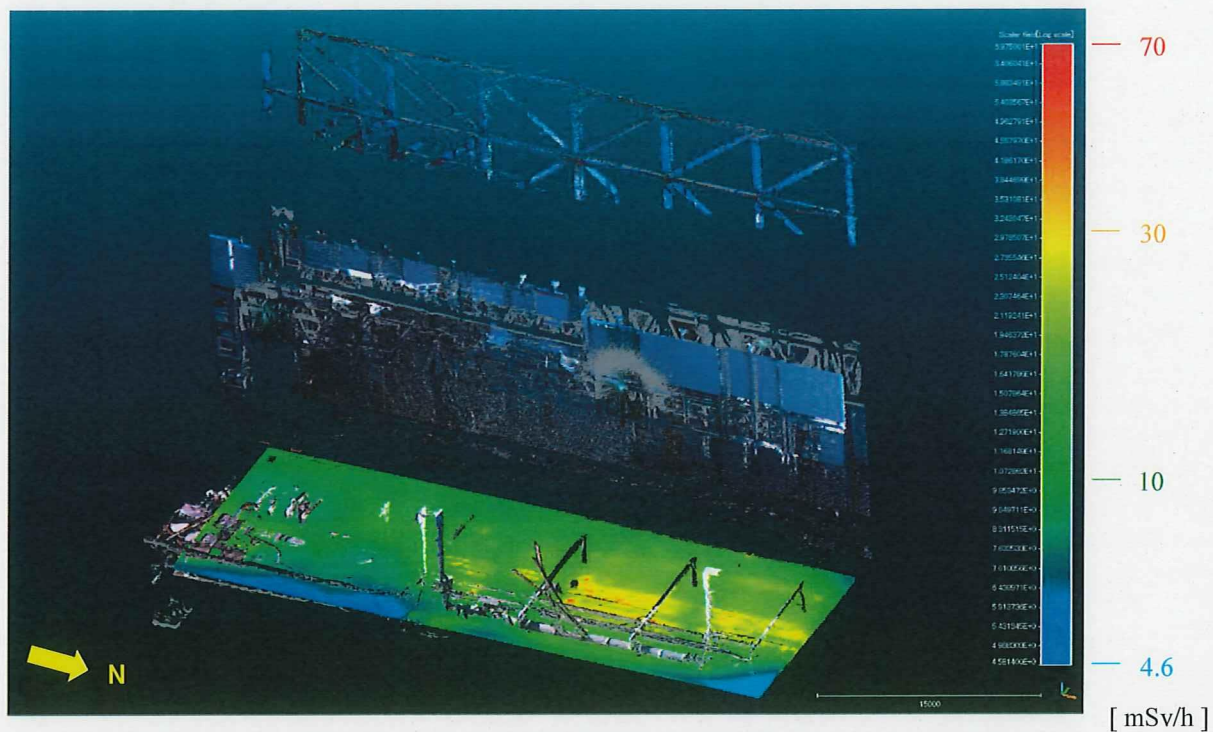


図 1-14 1号機側の線量率分布（俯瞰）

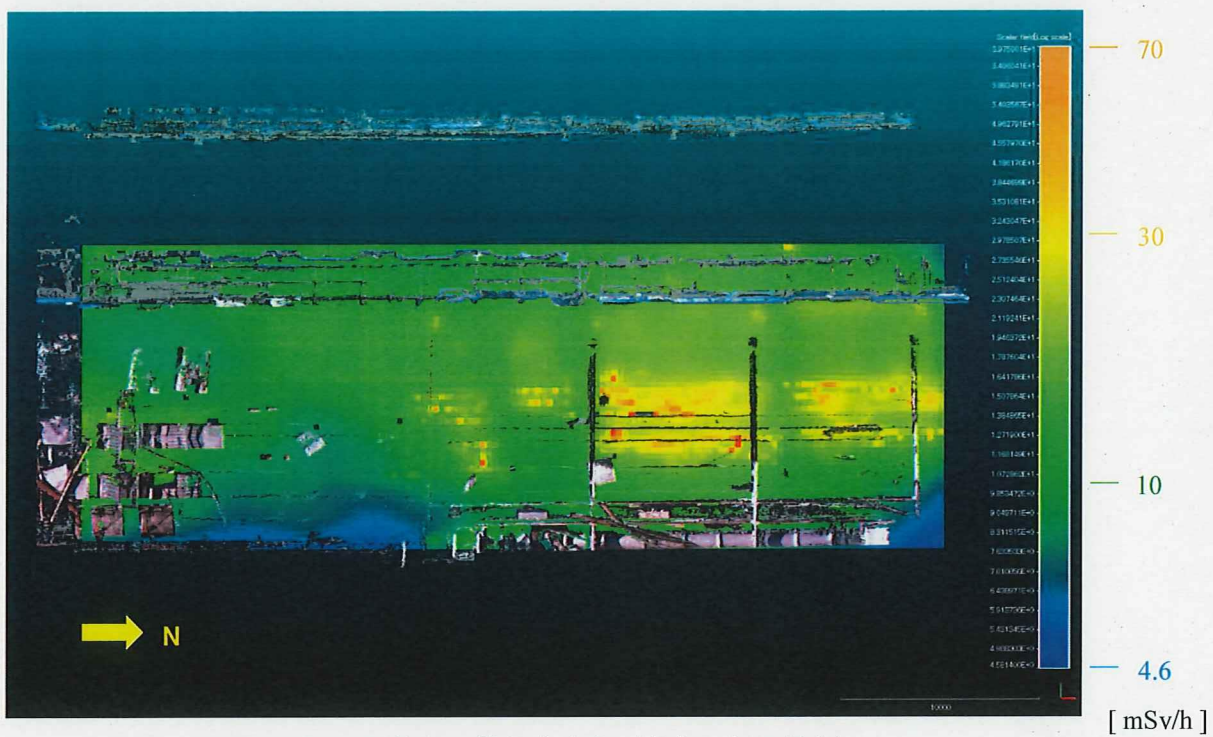


図 1-15 1号機側の線量率分布（上方からの視点）

1-5-2 廃棄物建屋付近の線量率分布（下屋全体の点群で計算した場合）

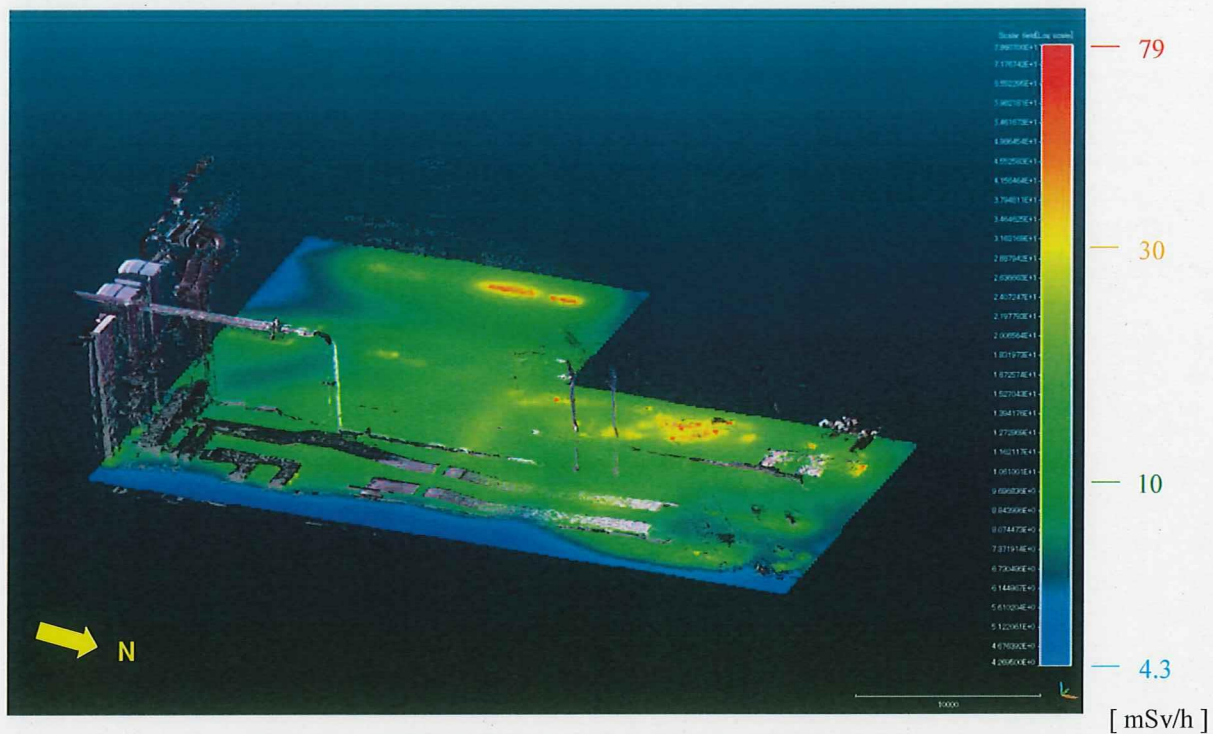


図 1-16 廃棄物建屋付近の線量率分布（俯瞰）

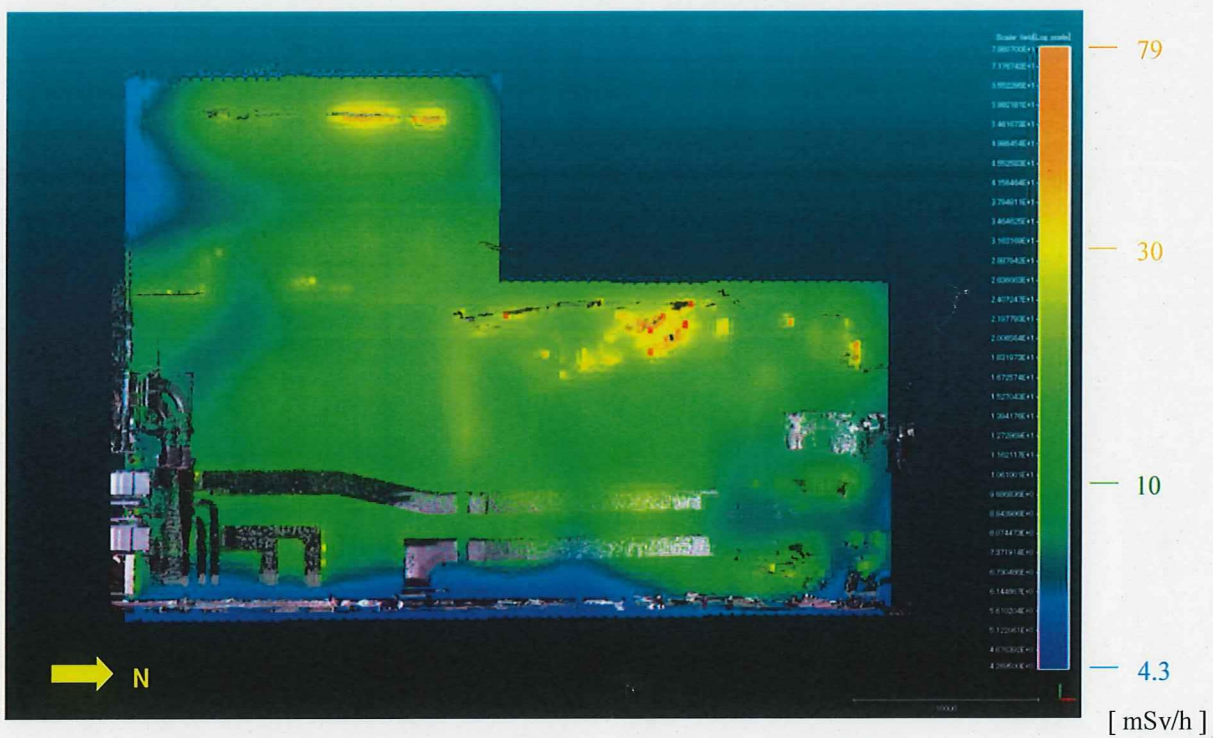


図 1-17 廃棄物建屋付近の線量率分布（上方からの視点）

1-5-3 2号機側の線量率分布（下屋全体の点群で計算した場合）

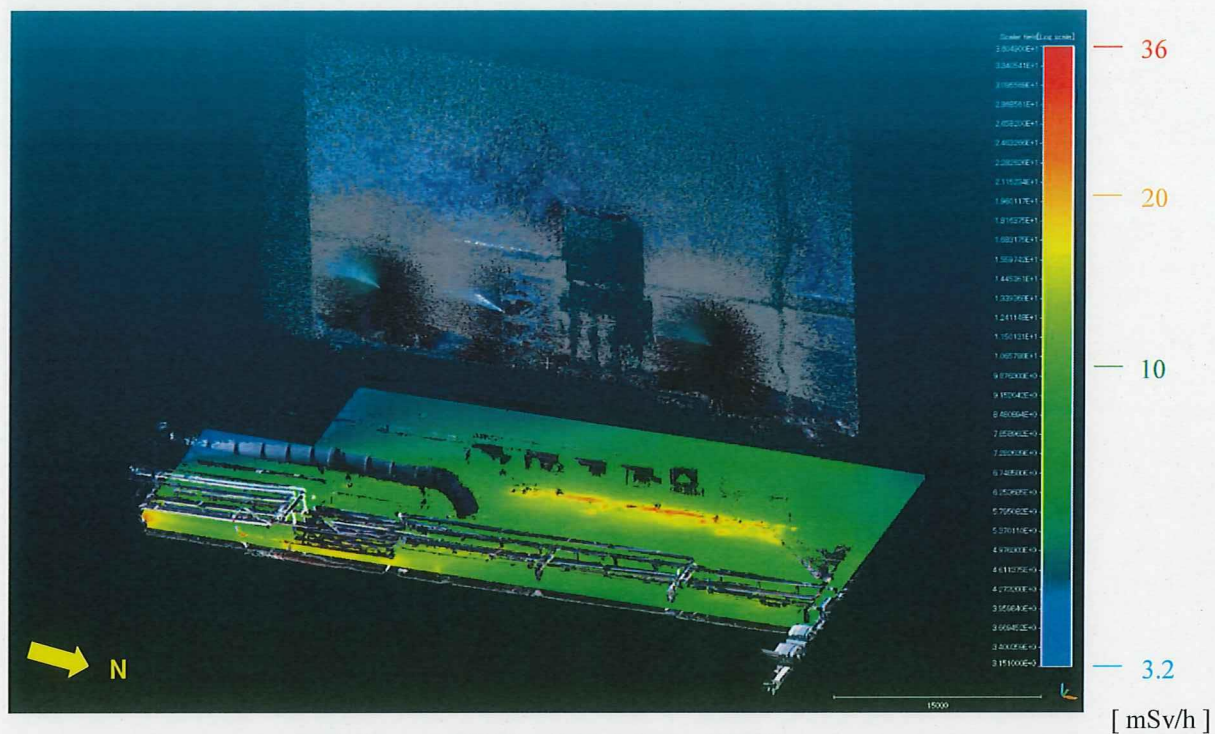


図 1-18 2号機側の線量率分布（俯瞰）

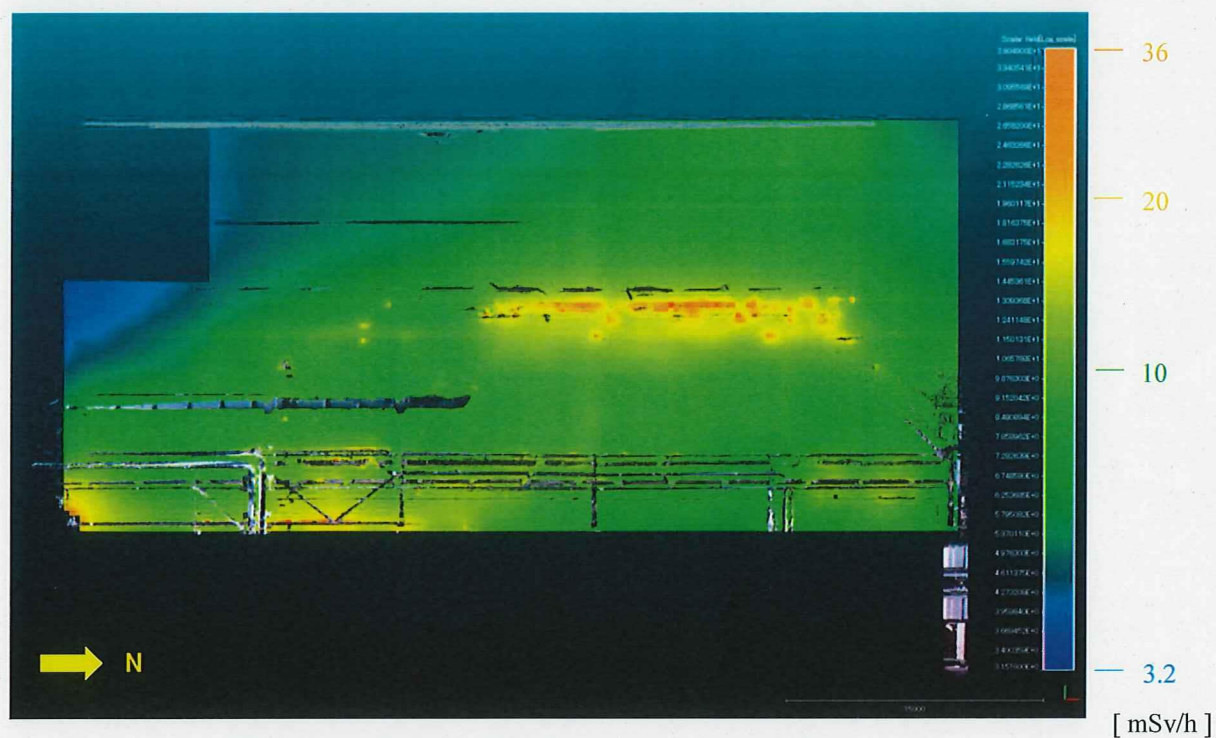


図 1-19 2号機側の線量率分布（上方からの視点）

1-5-4 1号機側の線量率分布（この場所の点群のみで計算した場合）

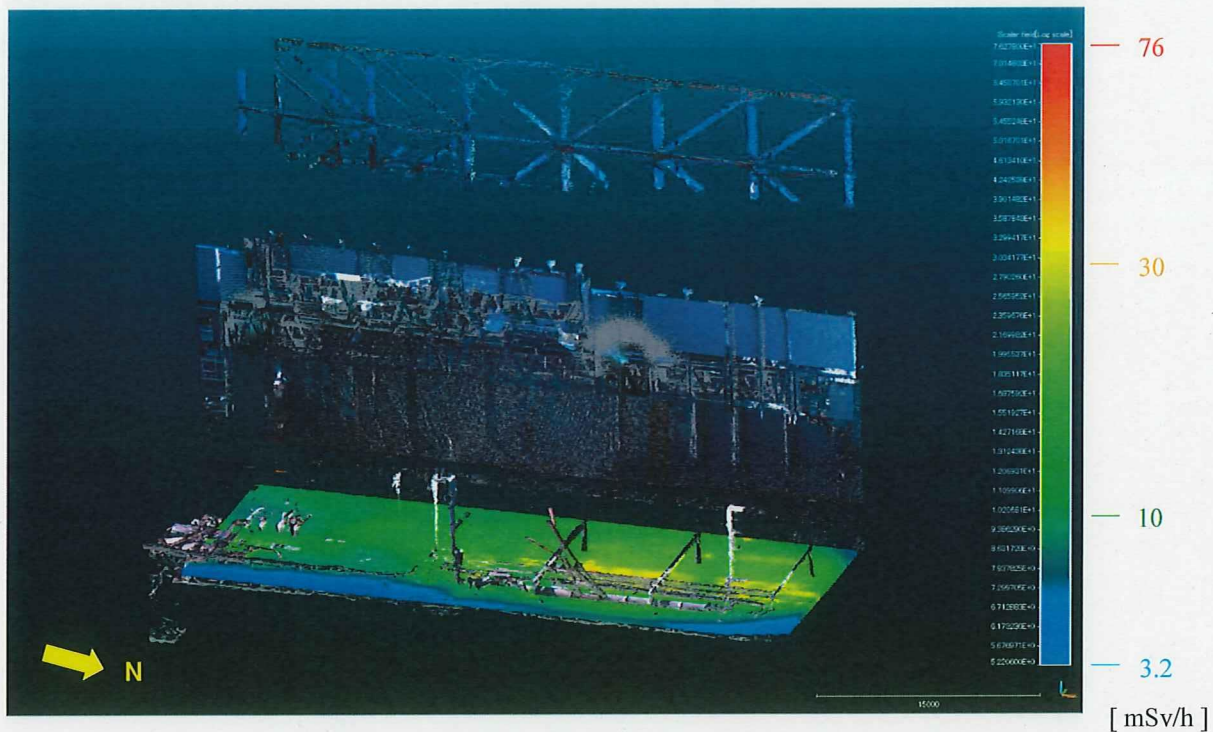


図 1-20 1号機側の線量率分布（俯瞰）

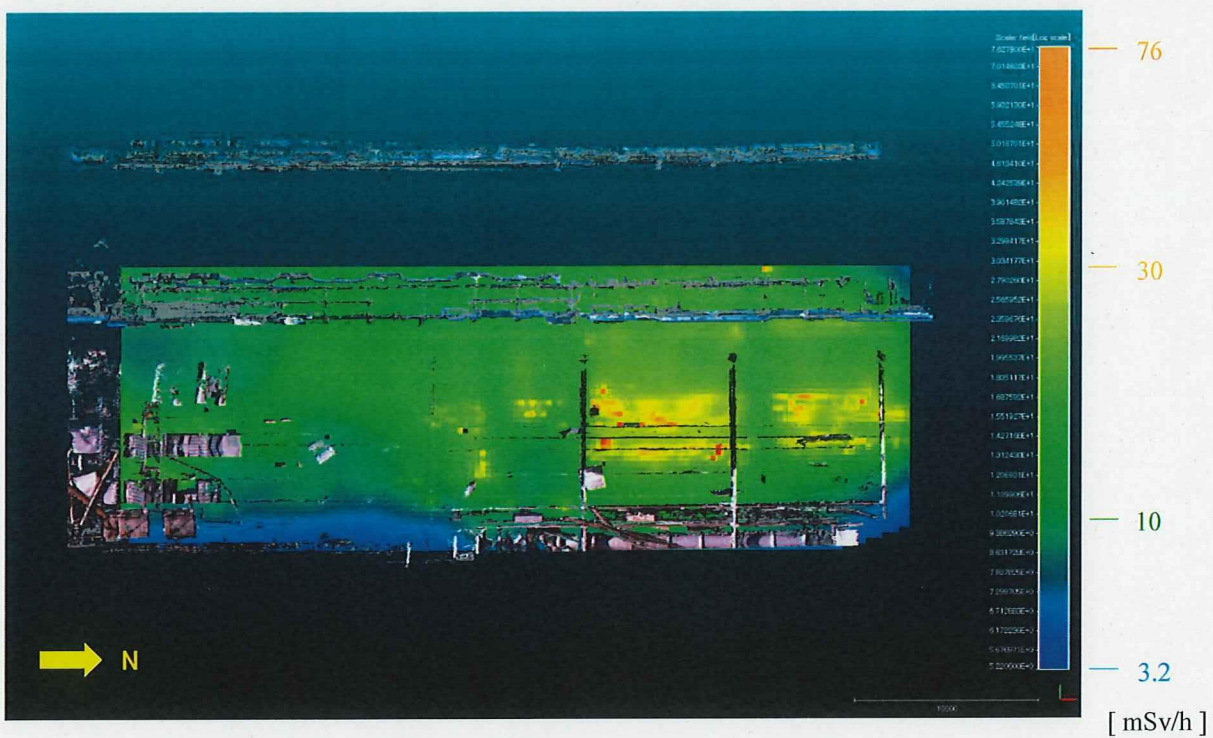


図 1-21 1号機側の線量率分布（上方からの視点）

1-5-5 廃棄物建屋付近の線量率分布（この場所の点群のみで計算した場合）

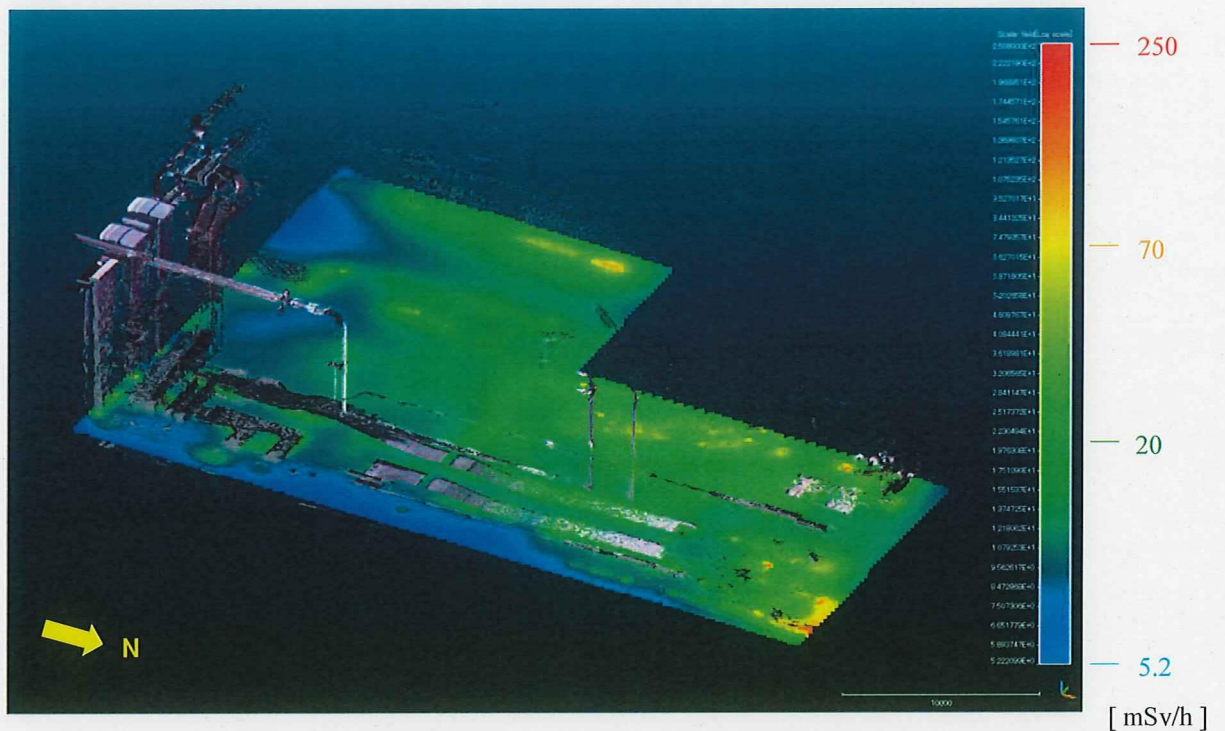


図 1-22 廃棄物建屋付近の線量率分布（俯瞰）

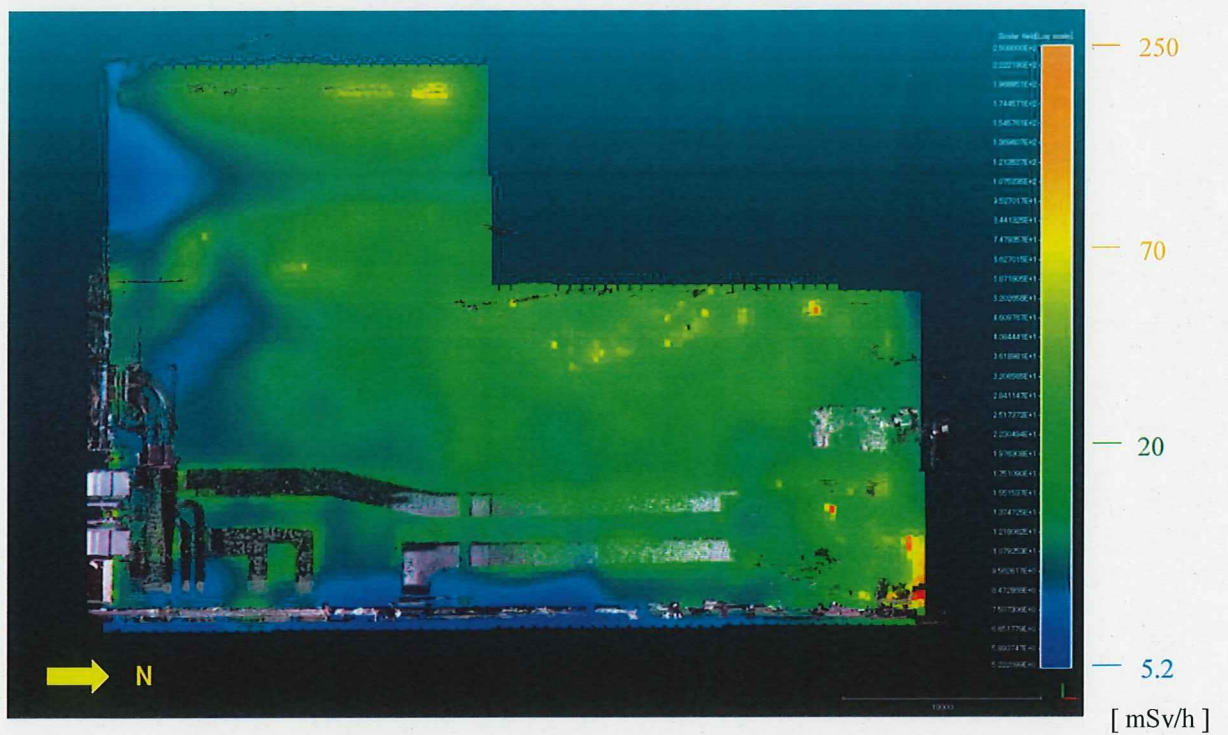


図 1-23 廃棄物建屋付近の線量率分布（上方からの視点）

1-5-6 2号機側の線量率分布（この場所の点群のみで計算した場合）

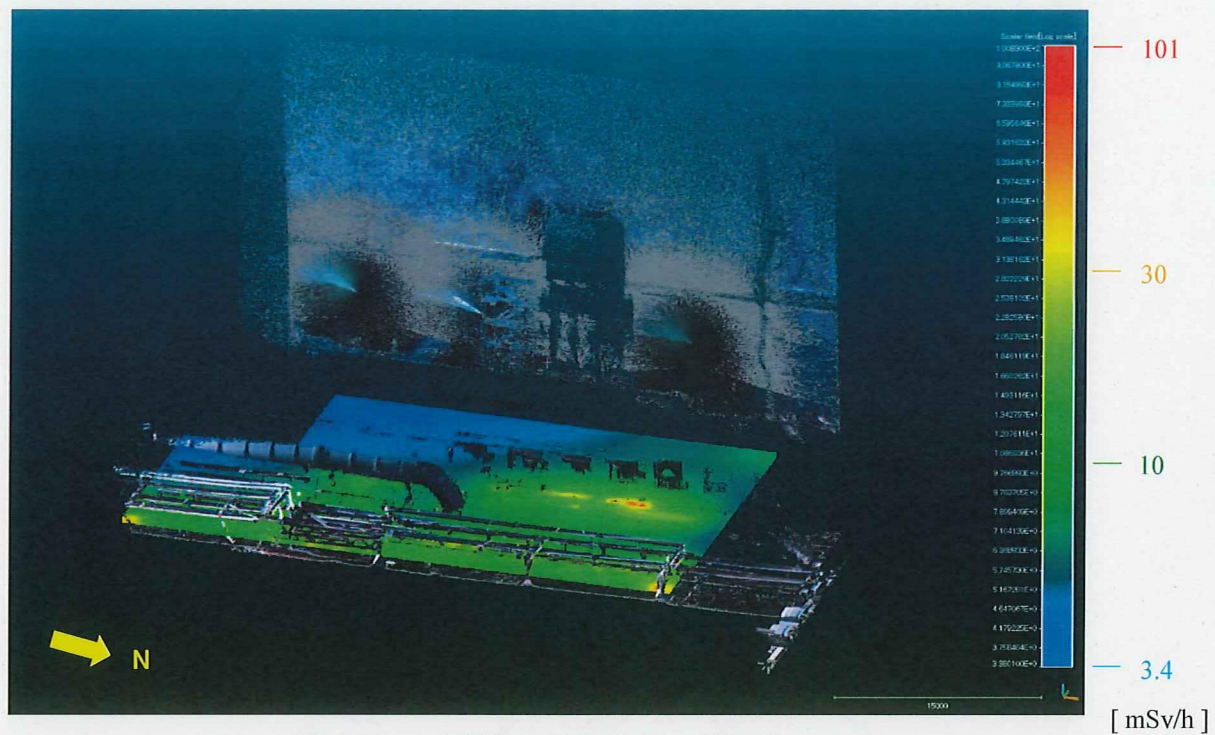


図 1-24 2号機側の線量率分布（俯瞰）

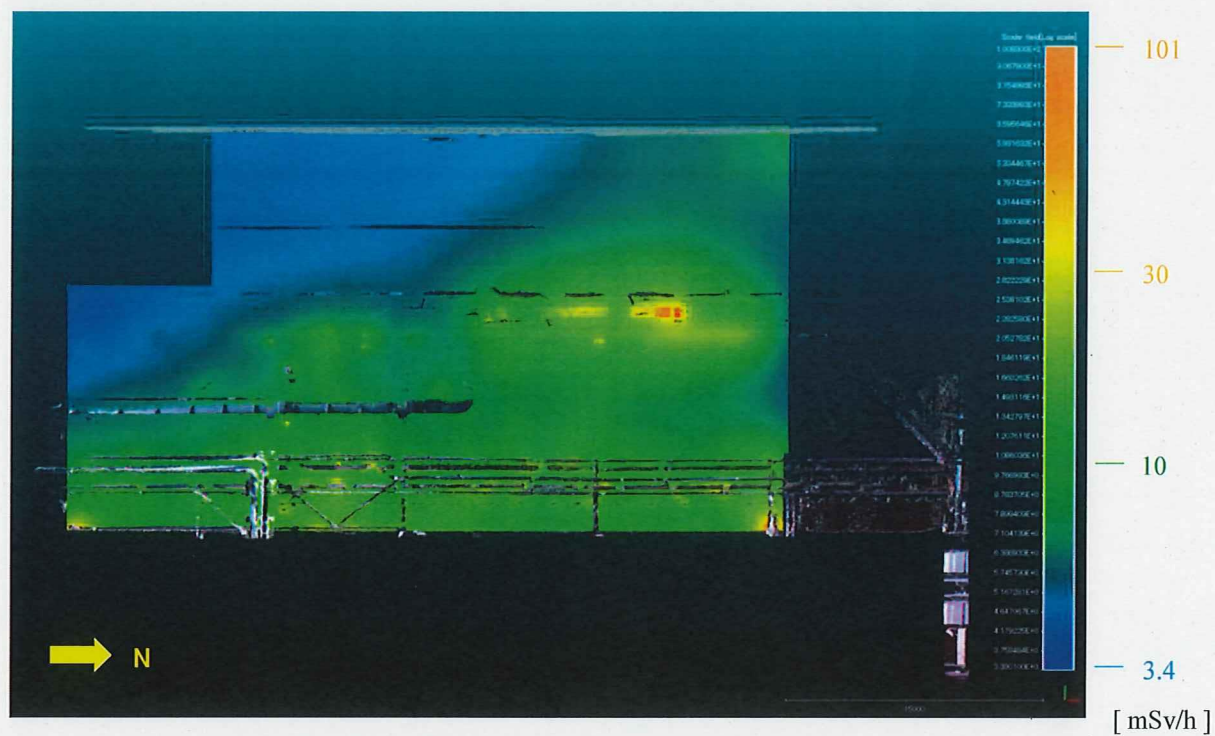


図 1-25 2号機側の線量率分布（上方からの視点）

1-6 考察

下屋を3領域に分割したとき、1号機側は原子炉建屋5階側と廃棄物建屋方向に（相対的に）強い汚染分布が存在した。2号機側は原子炉建屋5階のブローアウトパネルに局所分布が現れ、その他は評価モデルの縁に沿うように強い汚染分布が存在した。これは2号機側のみの評価モデルには存在しない場所からの線量影響が大きいことを示唆している。すべての点群を統合して計算した場合は、1号機原子炉建屋5階、2号機5階原子炉建屋壁面及び廃棄物建屋方向に汚染が集中する結果となった。

線量率分布について、下屋を3領域に分割したときの結果はすべての点群を重ねたときより2、3倍程度高くなった。N-Visageは評価モデルの中で測定した場所の線量率を再現するように放射能が計算されるため、評価モデルの外側からの影響も内側のどこかに含むこととなり、汚染強度が高くなってしまうものと考えられる。

本解析ではすべて表面汚染であることを仮定しており、下屋には構造物が多く、遮蔽効果を考慮した解析を行うと、汚染強度分布及び線量率分布が変化する可能性は大いにある。尚、汚染分布や線量率分布についてはN-visageシステムにより仮定したモデルであり、実測値と解析値は異なる可能性がある。

2. 2号機タービン建屋地下階

2号機タービン建屋において Gamma Imager による構造物及び線量調査を実施した。その情報から N-Visage で線量解析した結果を以下に示す。

2-1 調査場所と測定点

2号機タービン建屋1階の吹き抜けから地下階を覗き見る形で Gamma Imager を設置し、測定を実施した。測定点は図 2-1 に示す2点で、ともに点群及び線量情報を取得した。

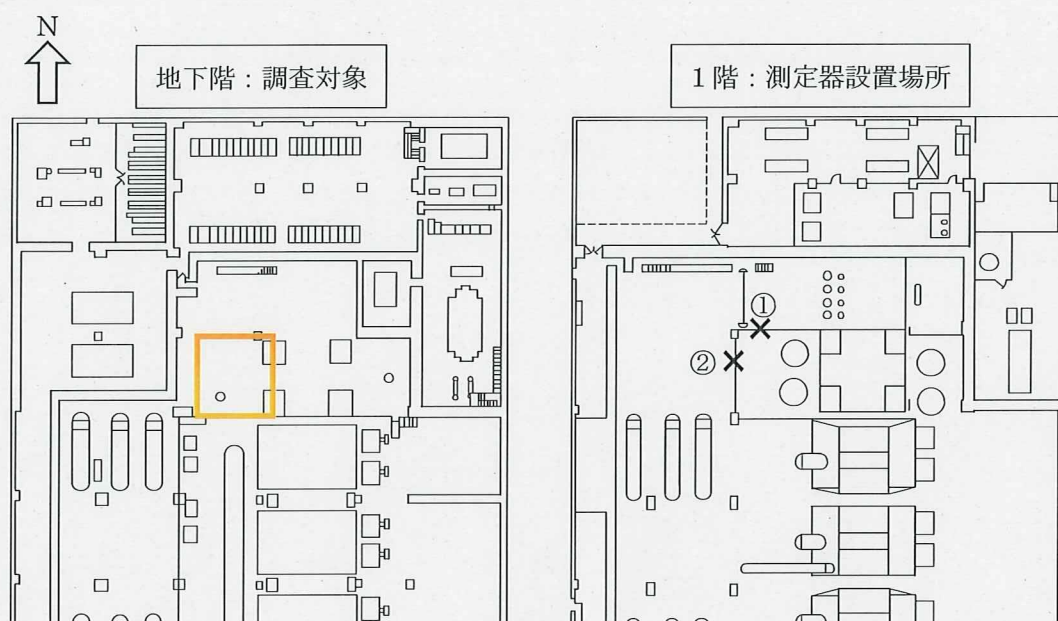


図 2-1 2号機タービン建屋の測定器設置場所と調査場所

2-2 γ 線スペクトルと核種推定

Gamma Imager で測定された γ 線スペクトルを図 2-2 に示す。下屋に比べてカウントが 10 倍程度大きい。大きなピークのうち2つは下屋のときと同様、Cs-134 と Cs-137 由来の γ 線に起因するものと考えられる。カウントが高いため、Cs-134 からの γ 線である 596、605、1,039、1,168 及び 1,365keV のピークが観測された。下屋の場合と同様に、662keV (Cs-137 起因) のカウントに対して 796keV (Cs-134 起因) のカウントの比が 9:1 になっていることから、事故から 7 年経過した比率に相当する。

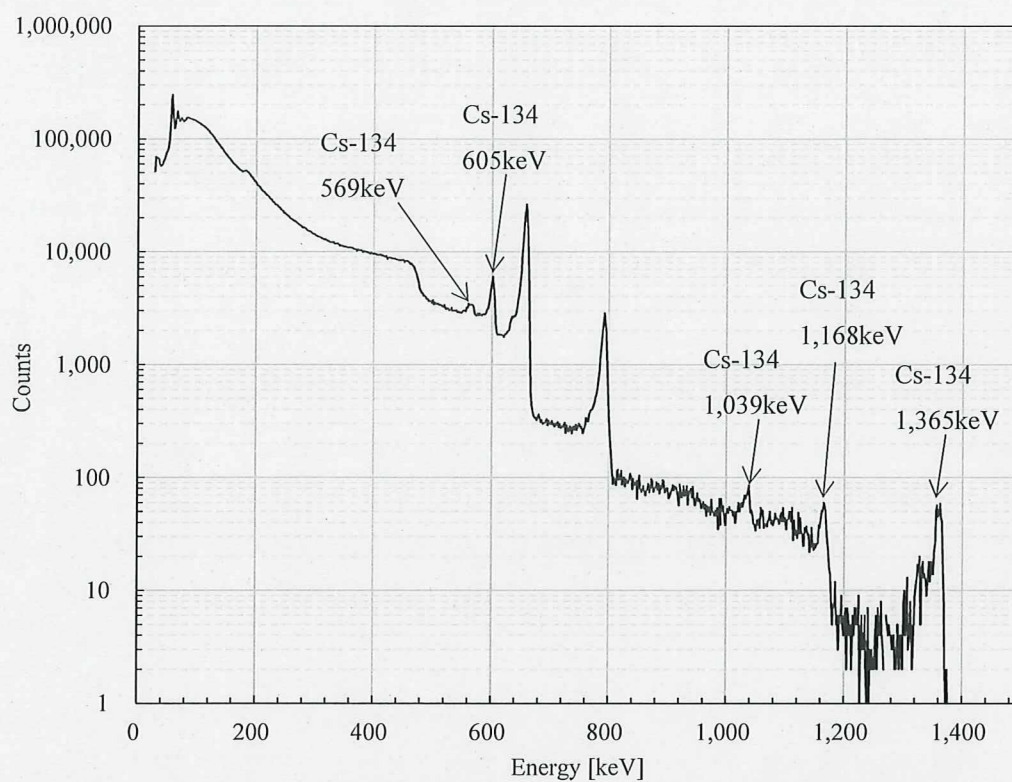


図 2-2 2号機タービン建屋の γ 線スペクトル

2-3 点群

2点で取得した点群を統合したものを図 2-3 に示す。

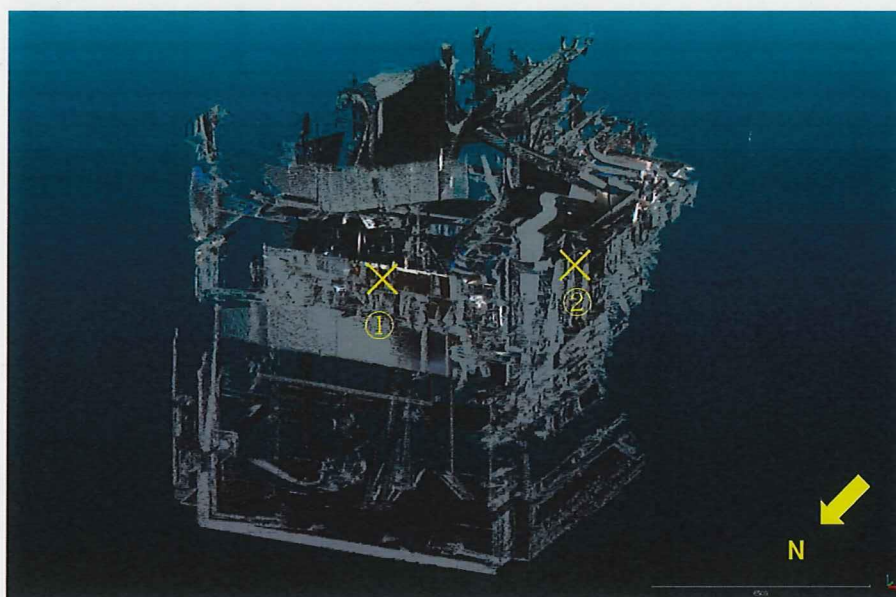


図 2-3 2号機タービン建屋で取得した点群（俯瞰）

断面で示した点群を図 2-4 に、上方から見た視点を図 2-5 にそれぞれ示す。

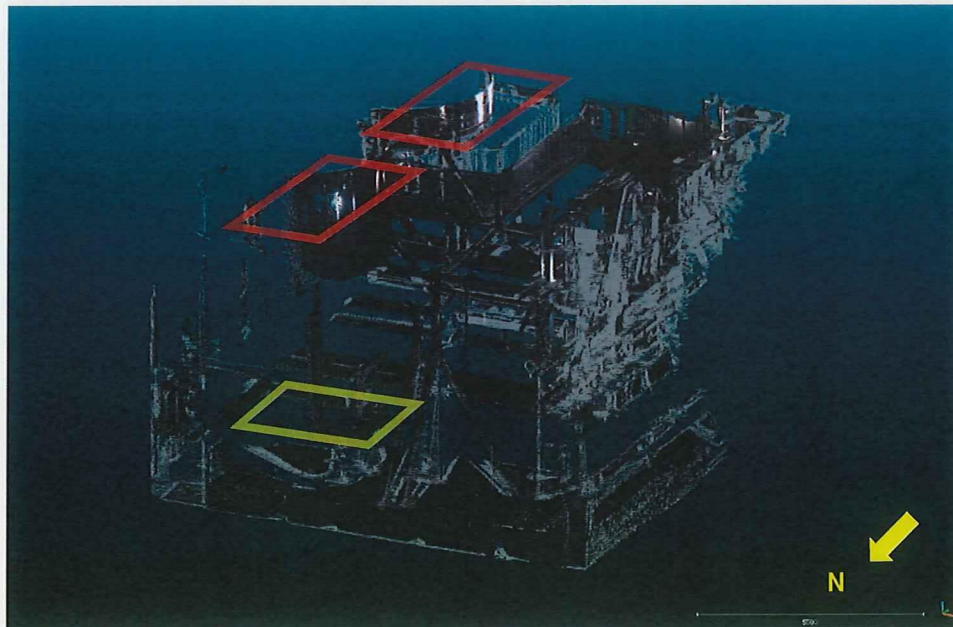


図 2-4 2号機タービン建屋で取得した点群（断面）

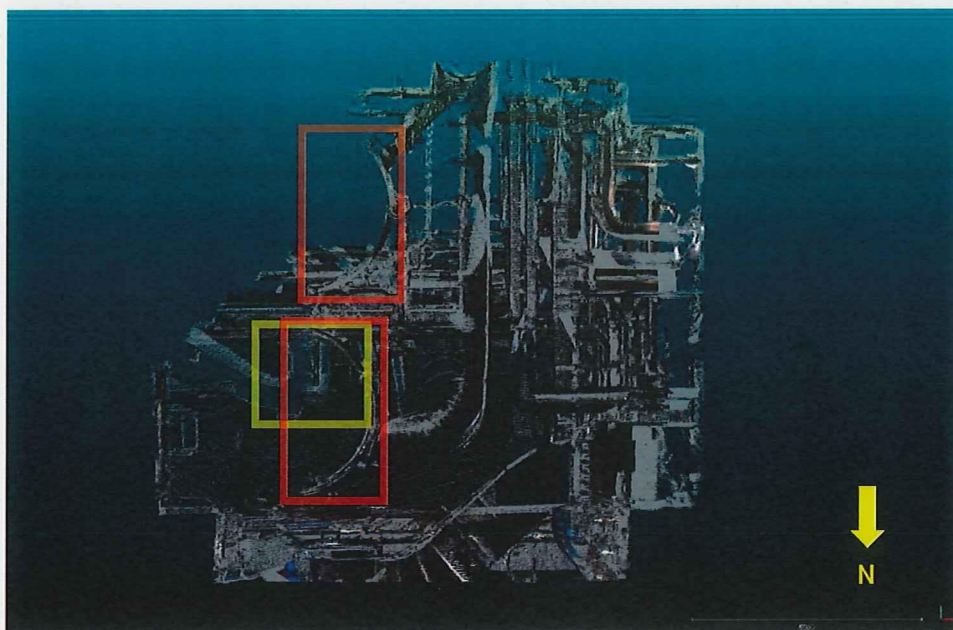


図 2-5 2号機タービン建屋で取得した点群（上方からの視点）

2-4 線量評価モデル

線量評価のために 2-3 で示した点群を処理し、汚染分布を求めた。点群は以下の手順に沿って処理を行った。なお、本件の評価モデルでは汚染がすべて表面にあると仮定している。

- ① ノイズ及び形状が崩壊している構造物を除去
- ② 線量寄与が少ないと考えられる点の除去
- ③ 点群の密度調整 (30cm 間隔から 10cm 間隔)
- ④ 解析結果がオーバーレイ画像に近づくまで①～③を繰り返す

なお、②及び③の処理工程は、数百万個に及ぶ点群から計算量を削減し、できるだけ簡素な形状で測定値を再現できるようにするために実施している。

γ 線スペクトルの測定結果から、主要な線源核種は Cs-137 であった。そのため、汚染強度及び線量率は Cs-137 によるものとした。

2-4-1 汚染強度分布

作成した評価モデルで汚染強度分布を解析した結果を以下に示す。汚染強度分布は青色から赤色（0～1の相対値）で表現した。

なお、取得した点群の中で、地下の北側床面及び南側床面についてはノイズが多い上に（解析範囲に対しての）線量寄与が少なかったため除外した。

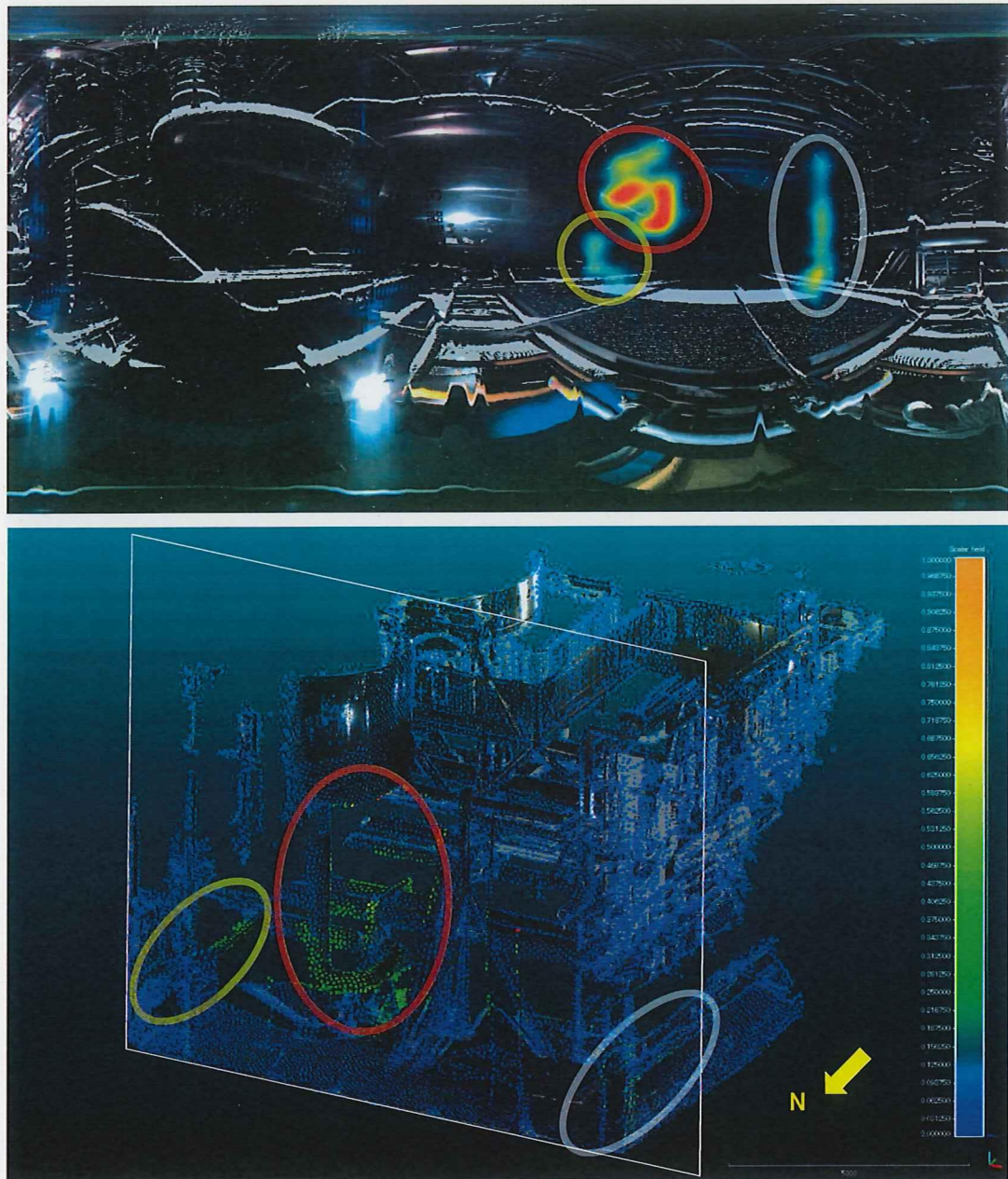


図 2-6 (上) 測定点①で取得したオーバーレイ画像
(下) 汚染強度分布の解析結果

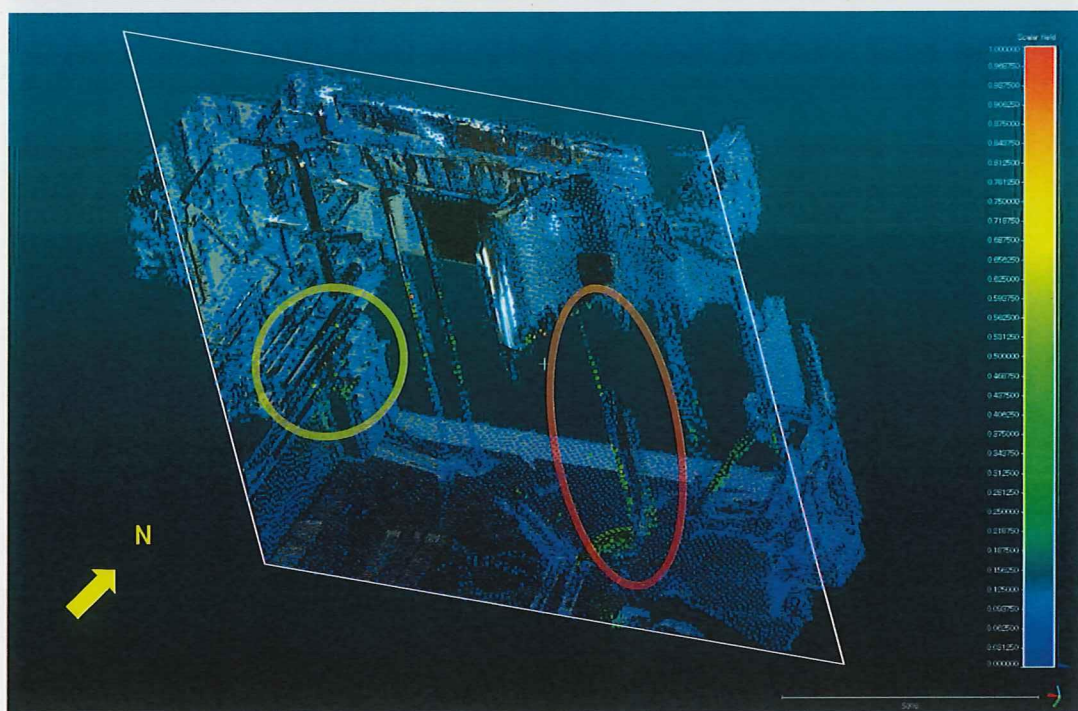
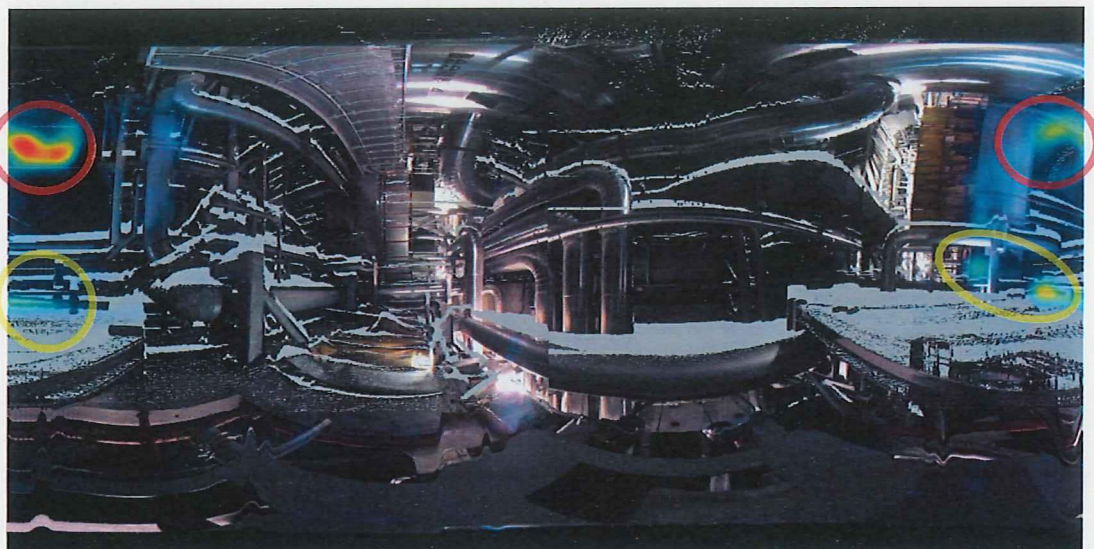


図 2-7 (上) 測定点②で取得したオーバーレイ画像
(下) 汚染強度分布の解析結果

2-5 線量率分布

解析した汚染強度分布から線量率分布を計算した。図 2-8 及び図 2-9 は 1 階床面から高さ 1m、図 2-10 及び図 2-11 は地下階床面から高さ 1m の平面での線量率分布を示している。

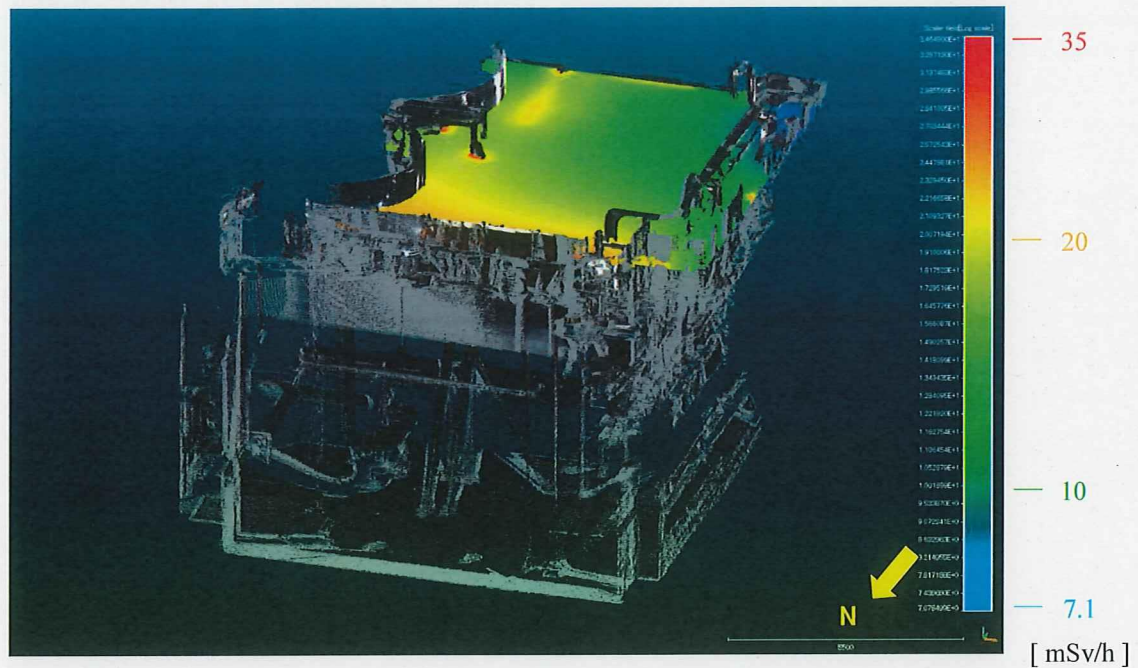


図 2-8 2 号機タービン建屋 1 階床面から高さ 1m の線量率分布（俯瞰）

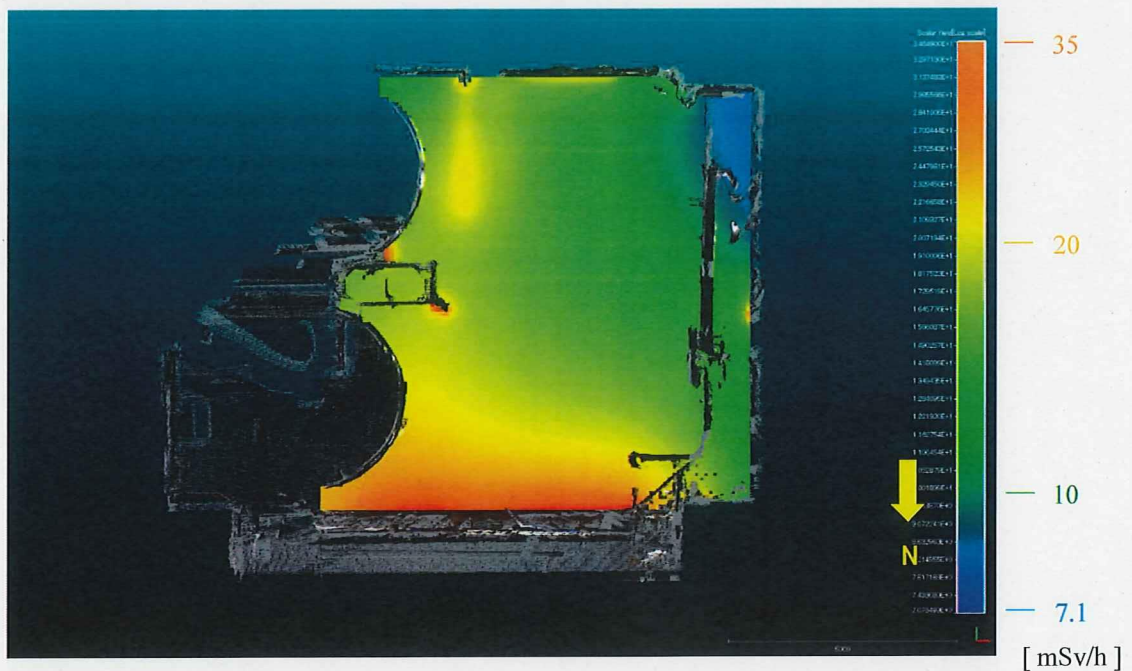


図 2-9 2 号機タービン建屋 1 階床面から高さ 1m の線量率分布（上方からの視点）

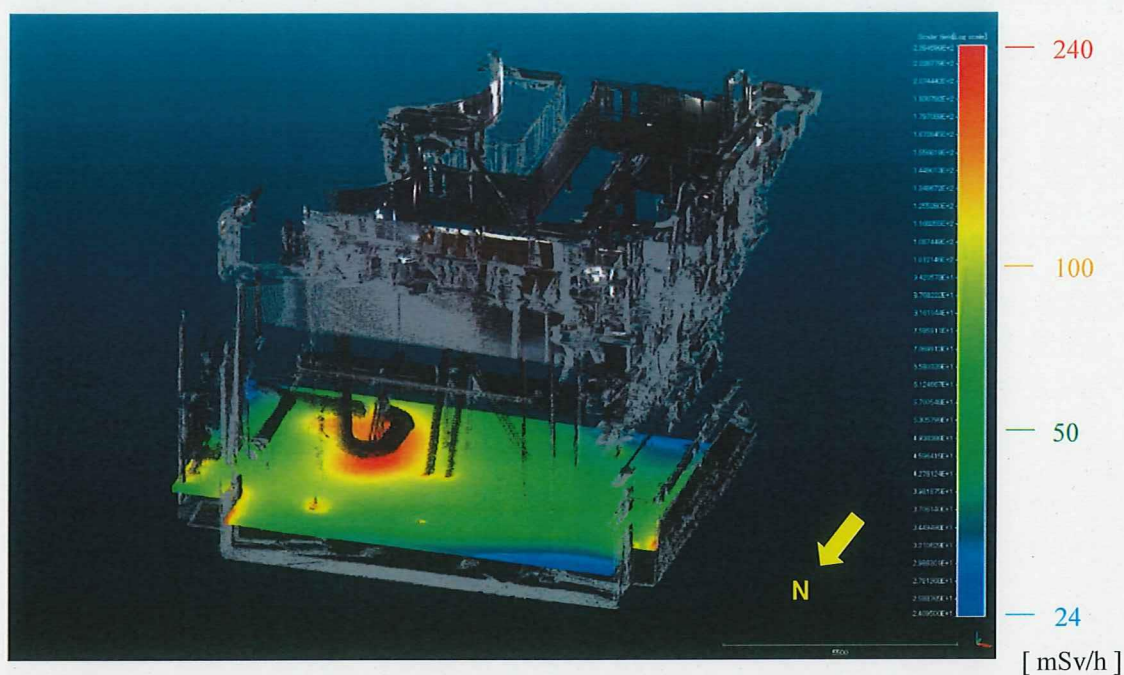


図 2-10 2 号機タービン建屋地下階床面から高さ 1m の線量率分布（俯瞰）

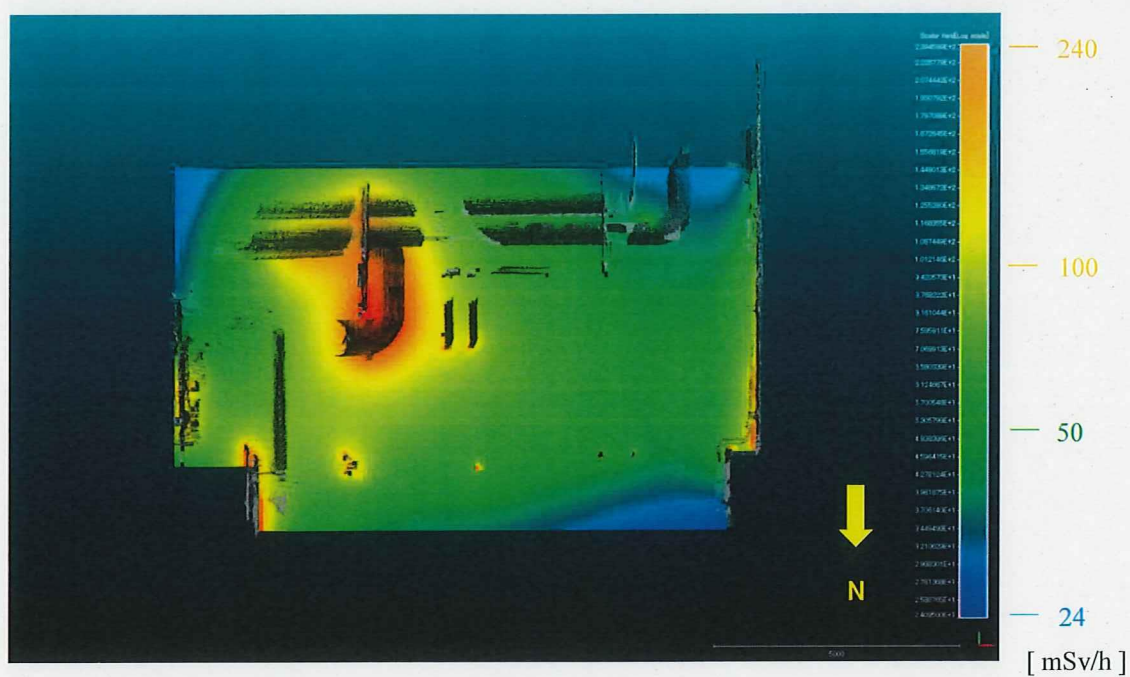


図 2-11 2 号機タービン建屋地下階床面から高さ 1m の線量率分布
（上方からの視点）

地下階床表面における線量率分布を以下に示す。

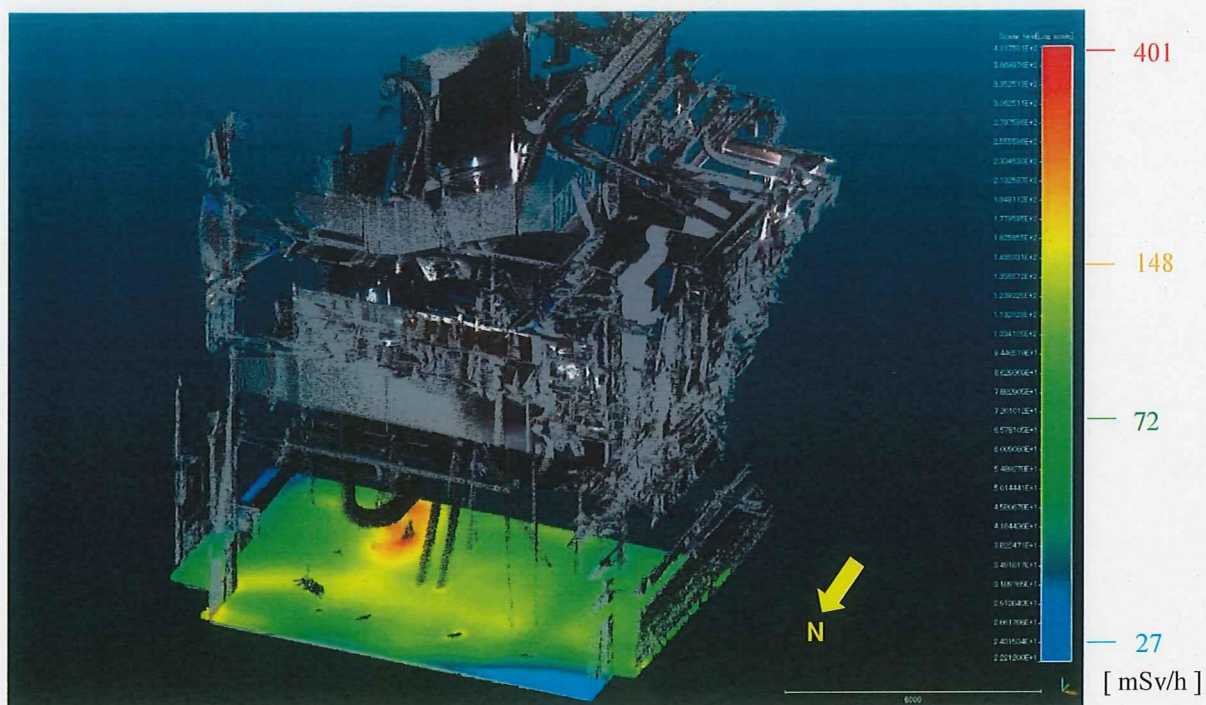


図 2-12 2号機タービン建屋 床表面の線量率分布（俯瞰）

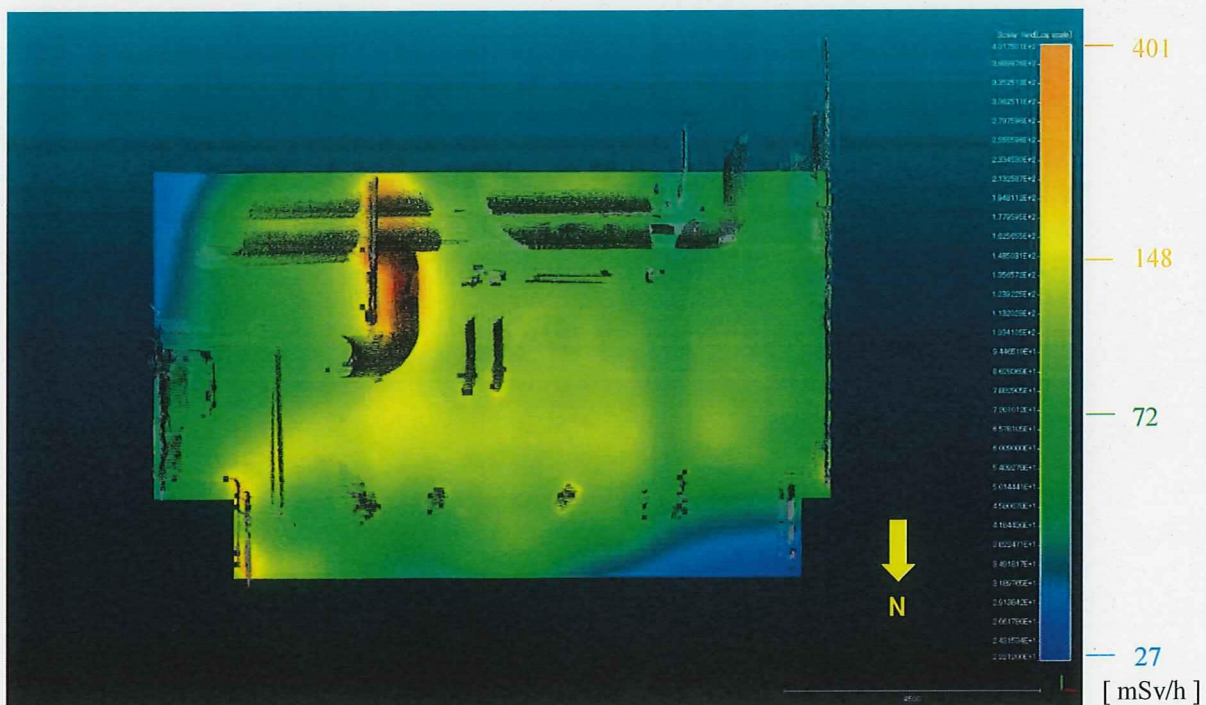


図 2-13 2号機タービン建屋 床表面の線量率分布（上方から見た視点）

湿分分離器下部のホットスポットを通る断面の線量率分布を以下に示す。

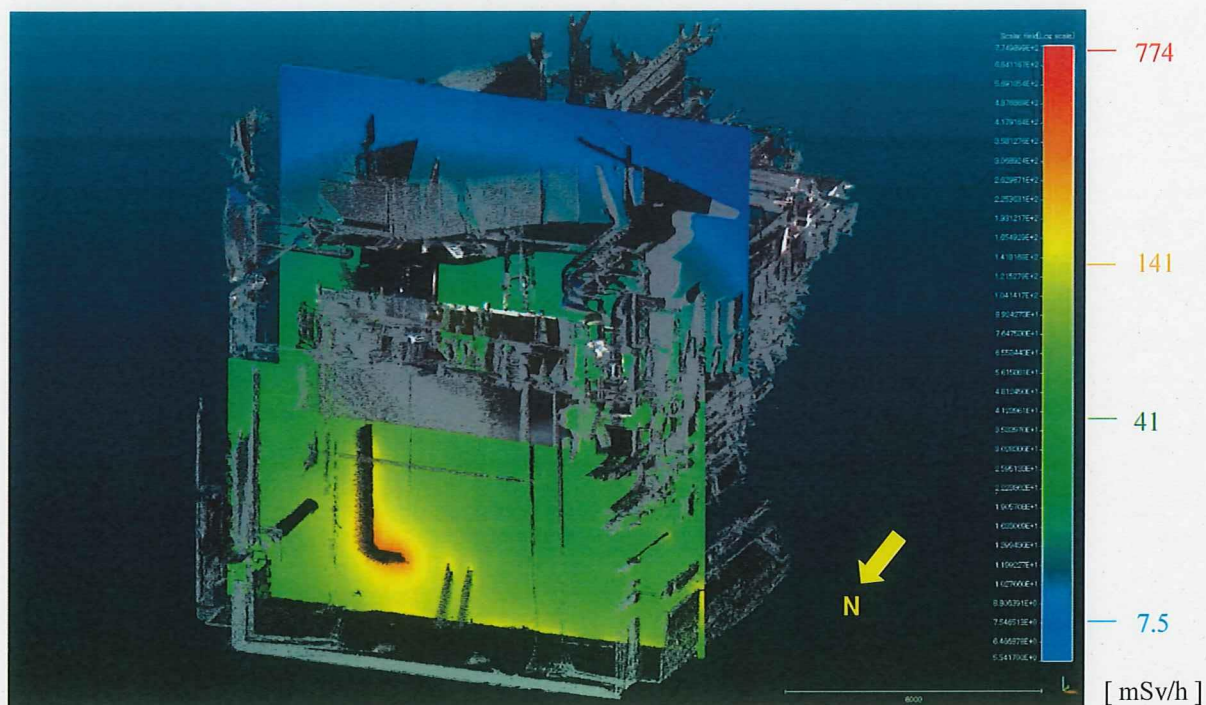


図 2-14 2 号機タービン建屋 東西方向の線量率分布（俯瞰）



図 2-15 2 号機タービン建屋 東西方向の線量率分布（北方向からの視点）

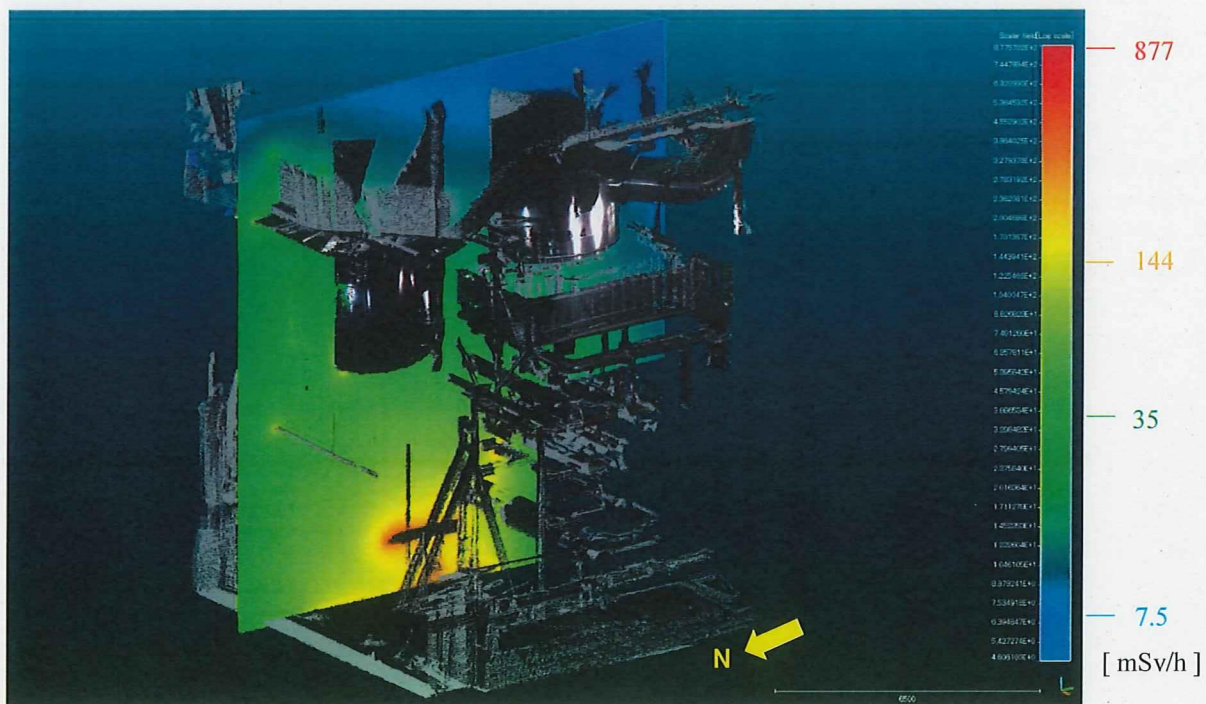


図 2-16 2号機タービン建屋 南北方向の線量率分布（俯瞰）

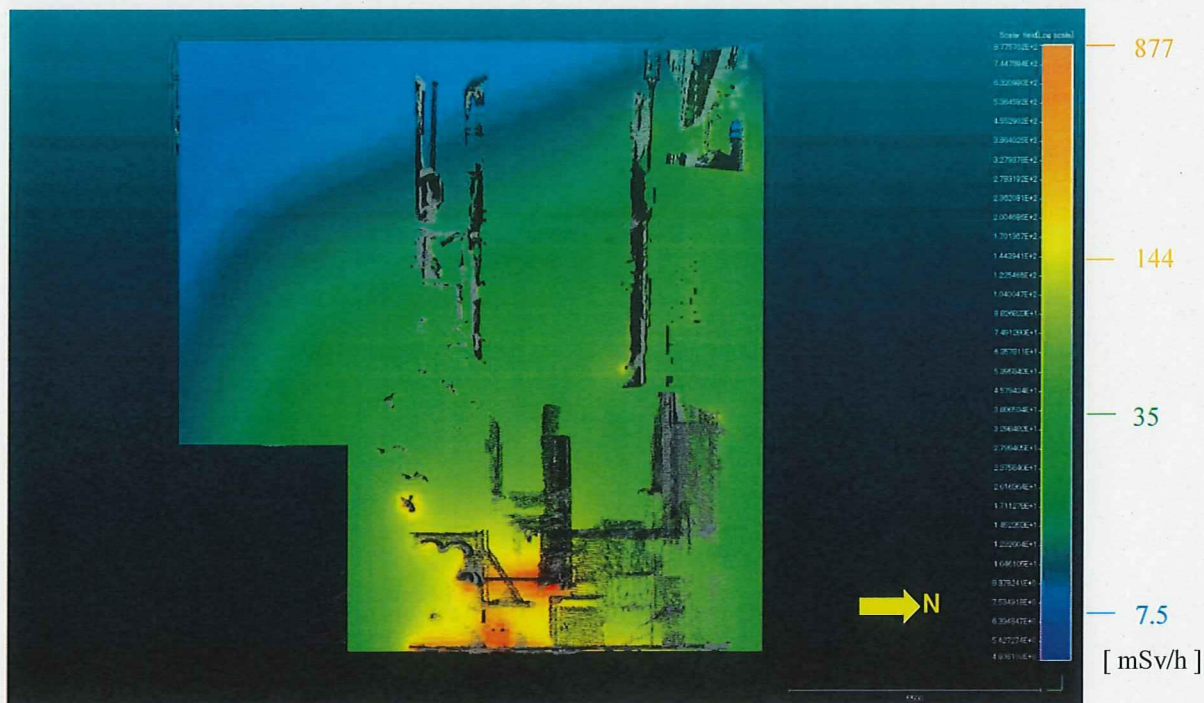


図 2-17 2号機タービン建屋 南北方向の線量率分布（東方向からの視点）

2-6 考察

図 2-10 及び図 2-17 から湿分分離器下部にホットスポットがあり、図 2-12 及び図 2-17 から湿分分離器下部の床付近にもホットスポットが存在する。また、地下階壁面にも汚染分布が存在し、床面よりも汚染強度が高い結果となった。

本解析ではすべて表面汚染を仮定していることから、構造物が複雑に配置しているタービン建屋内部は、遮蔽を考慮した解析を行うと、この解析とは異なる汚染強度分布が得られる可能性がある。尚、汚染分布や線量率分布については N-visage システムにより仮定したモデルであり、実測値と解析値は異なる可能性がある。

3. 3号機タービン建屋地下階

3号機タービン建屋において Gamma Imager による構造物及び線量調査を実施した。その情報から N-Visage で線量解析した結果を以下に示す。

3-1 調査場所と測定点

2号機タービン建屋の調査と同様に、3号機タービン建屋1階の吹き抜けから地下階を覗き見る形で Gamma Imager を設置し、測定を実施した。測定点は図3-1に示す2点で、ともに点群及び線量情報を取得した。

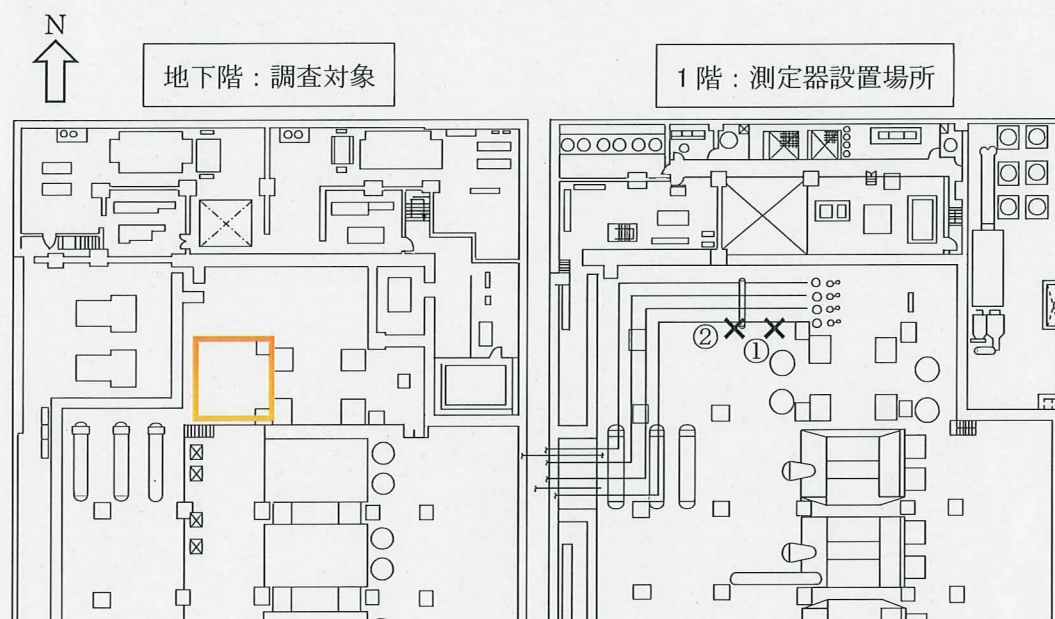


図3-1 3号機タービン建屋の測定器設置場所と調査場所

3-2 γ 線スペクトルと核種推定

Gamma Imager で測定した γ 線スペクトルを図3-2に示す。2号機タービン建屋と同様なスペクトルとなった。大きなピークの2つは下屋及び2号機タービン建屋のときと同様、Cs-134とCs-137に起因する γ 線と考えられる。カウントが高いため、Cs-134からの γ 線である 596、605、1,039、1,168 及び 1,365keV のピークが観測された。下屋等と同様に、662keV (Cs-137 起因) のカウントに対して 796keV (Cs-134 起因) のカウントの比が 9:1 になっていることから、事故から7年経過した比率に相当する。

図3-2の γ 線スペクトル中の青丸で囲った部分は、カウントが少ないものの他の号機では見られなかった 1,330keV 付近のピークである。このエネルギーは Co-60 からの γ 線に非常に近い。Co-60 からは 1,173keV の γ 線も放出しているが、検出器分解能のせいで Cs-134 の 1,168keV と重なっているものと考えられる。ただし、Co-60 からの γ 線カウントは Cs-137 の γ 線カウントに比べ 1/1,000 程度しかなく、線量率への寄与は非常に

小さい。

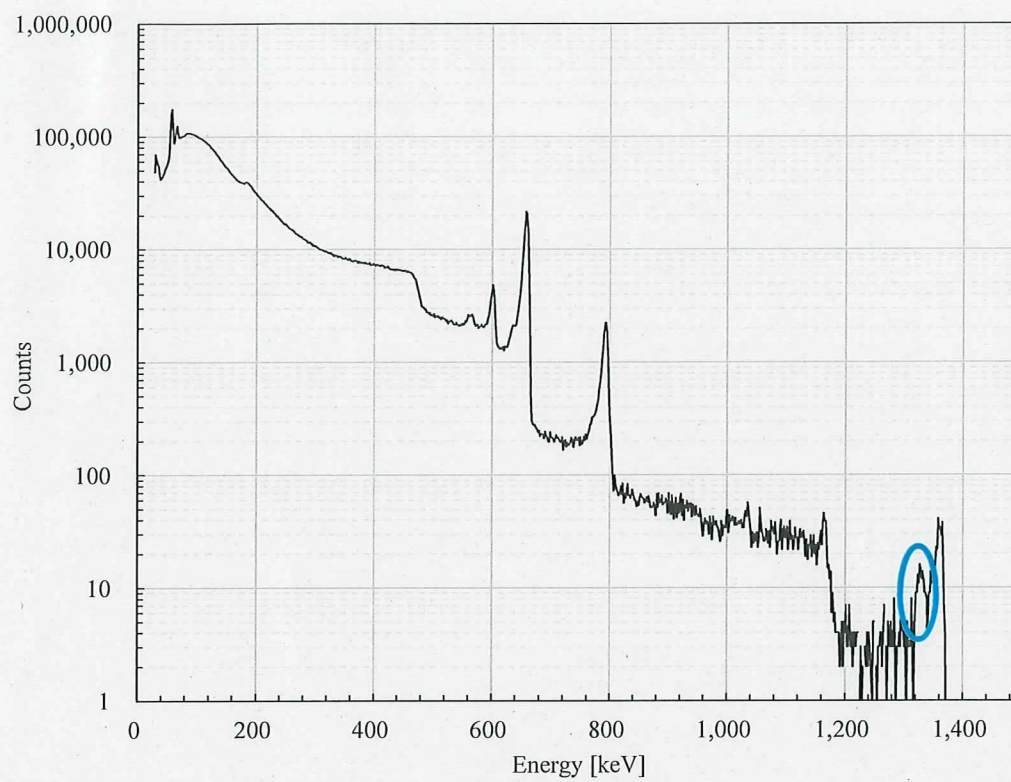


図 3-2 3 号機タービン建屋の γ 線スペクトル

3-3 点群

2点で取得した点群を統合したものを図3-3に示す。

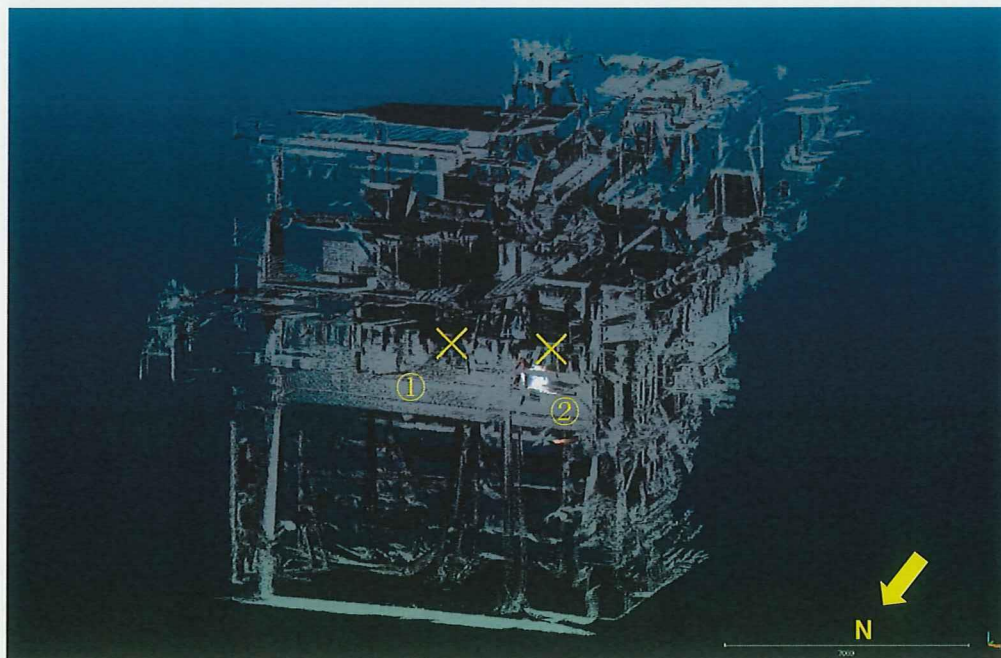


図3-3 3号機タービン建屋で取得した点群（俯瞰）

断面での点群を図3-4に、上方からの視点による点群を図3-5にそれぞれ示す。

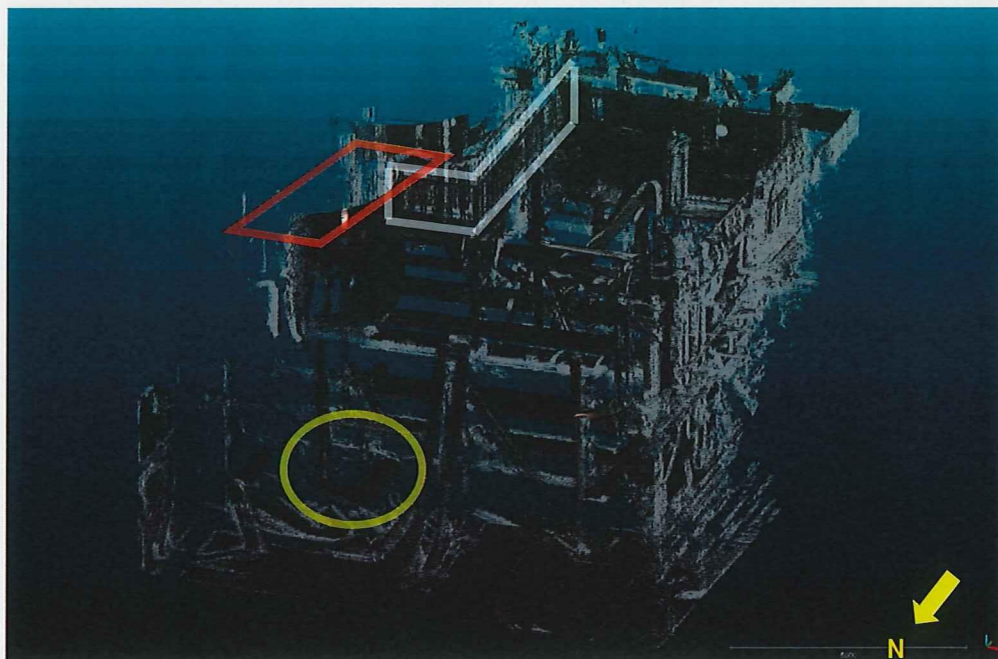


図3-4 3号機タービン建屋で取得した点群（断面）

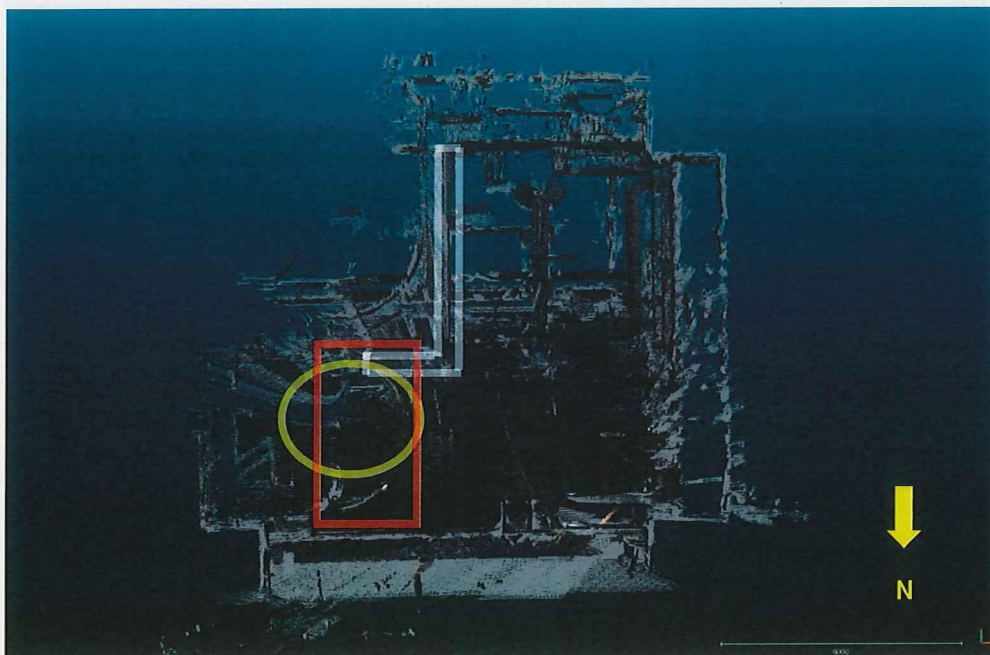


図 3-5 3号機タービンで取得した点群（上方からの視点）

3-4 線量評価モデル

線量評価のために 3-3 で示した点群を処理し、汚染強度分布を求めた。点群は以下の手順に沿って処理を行った。なお、本件の評価モデルでは汚染がすべて表面にあると仮定している。

- ① ノイズ及び形状が崩壊している構造物を除去
- ② 線量寄与が少ないと考えられる点の除去
- ③ 点群の密度調整（30cm 間隔から 10cm 間隔）
- ④ 解析結果がオーバーレイ画像に近づくまで①～③を繰り返す

なお、②及び③の処理工程は、数百万個に及ぶ点群から計算量を削減し、できるだけ簡素な形状で測定値を再現できるようにするために実施している。

γ 線スペクトルの測定結果から、主要な線源核種は Cs-137 であった。そのため、汚染強度及び線量率は Cs-137 によるものとした。

3-4-1 汚染強度分布

作成した評価モデルで汚染強度分布を解析した結果を以下に示す。汚染強度分布は青色から赤色（0～1の相対値）で表現した。

なお、取得した点群の中で湿分分離器周辺の構造物についてはノイズが多い上に（解析範囲に対しての）線量寄与が少なかったため、計算から除去した。

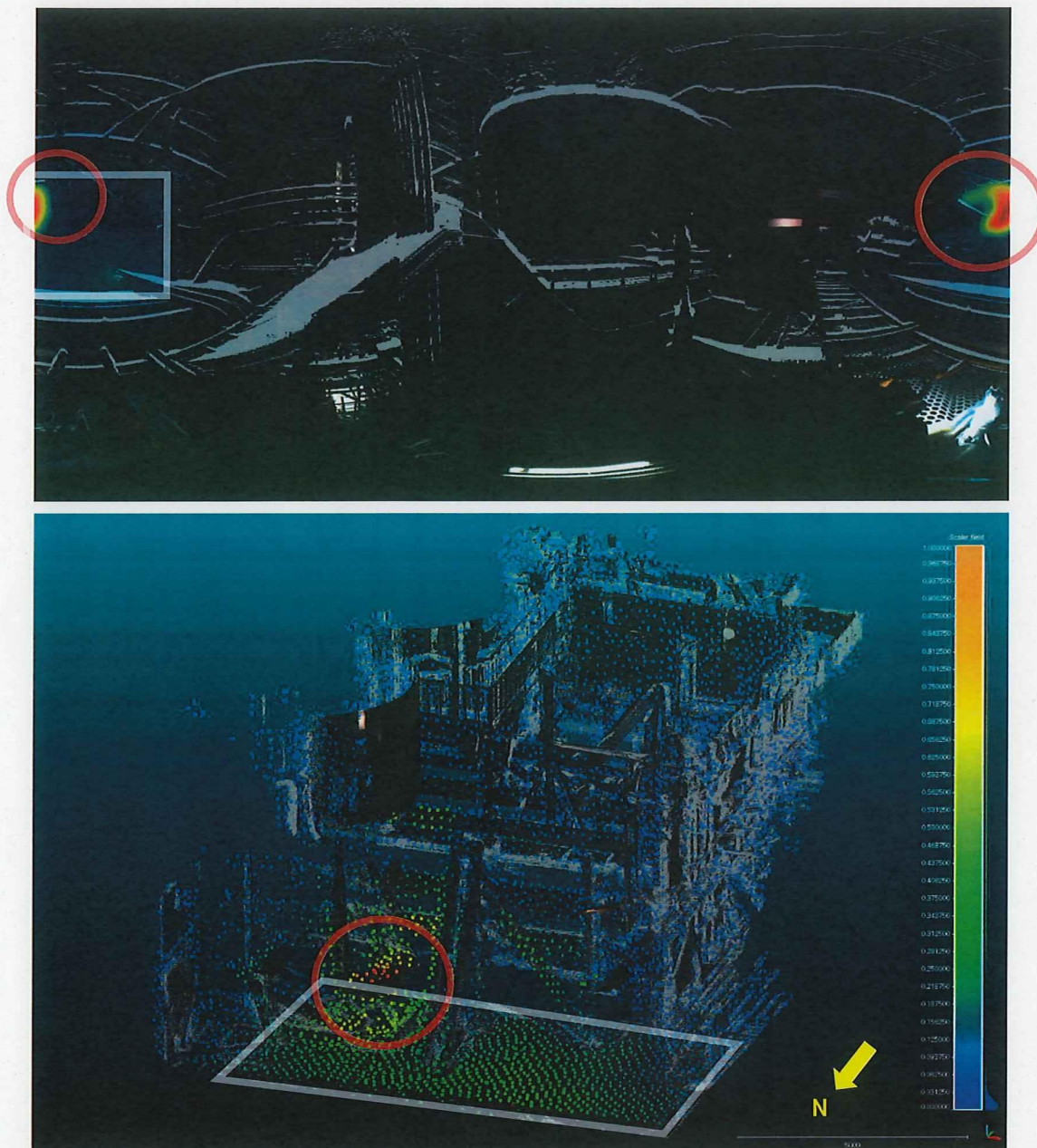


図 3-6 （上）測定点②で取得したオーバーレイ画像
（下）汚染強度分布の解析結果

3-5 線量率分布

解析した汚染強度分布から線量率分布を計算した。1 階床面から高さ 1m、地下階床面から高さ 1m の平面での線量率分布を以下に示す。

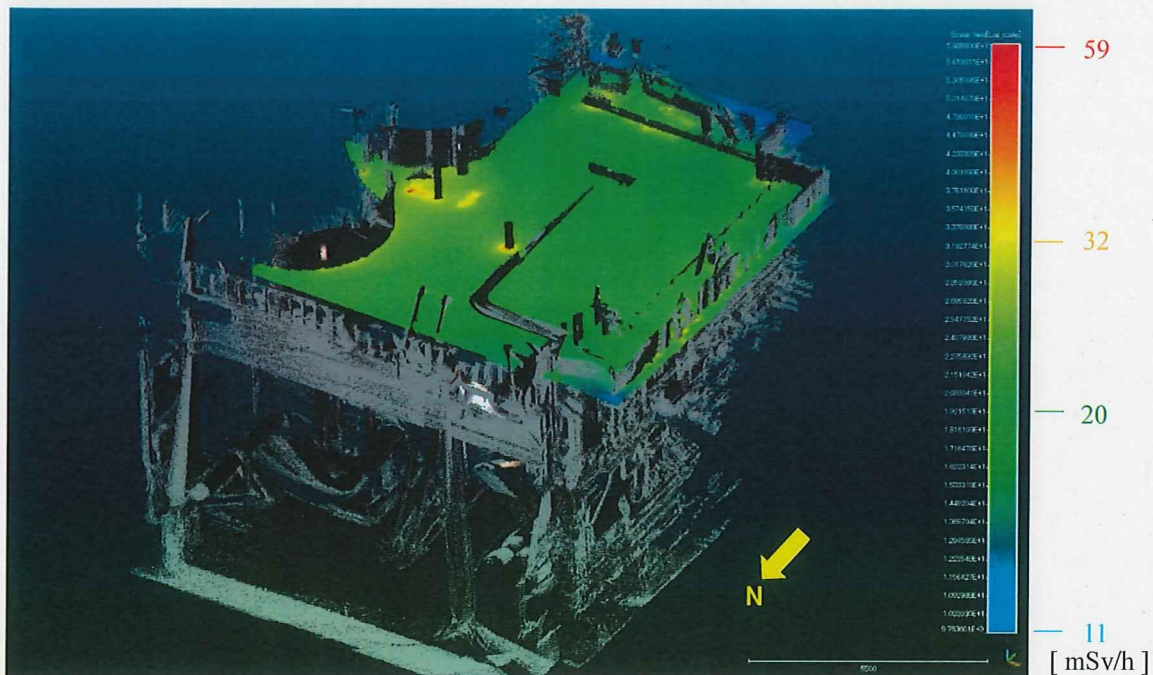


図 3-7 3 号機タービン建屋 1 階床面から高さ 1m の線量率分布（俯瞰）

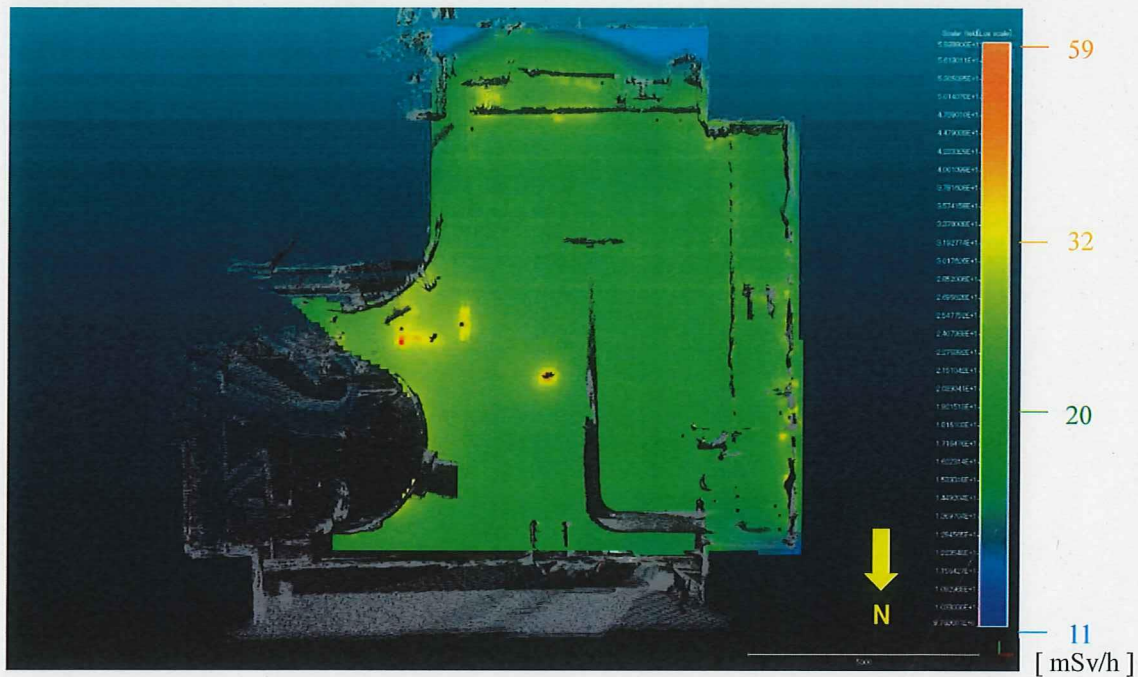


図 3-8 3 号機タービン建屋 1 階床面から高さ 1m の線量率分布（上方からの視点）

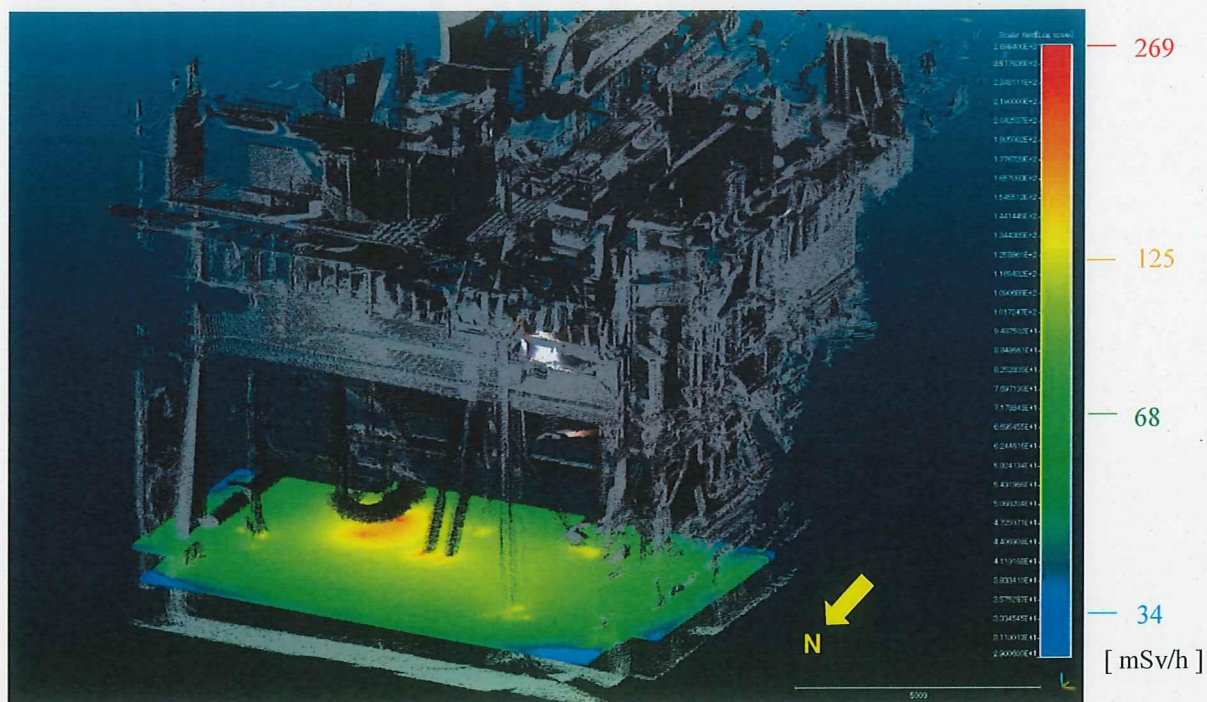


図 3-9 3 号機タービン建屋地下階床面から高さ 1m の線量率分布 (俯瞰)

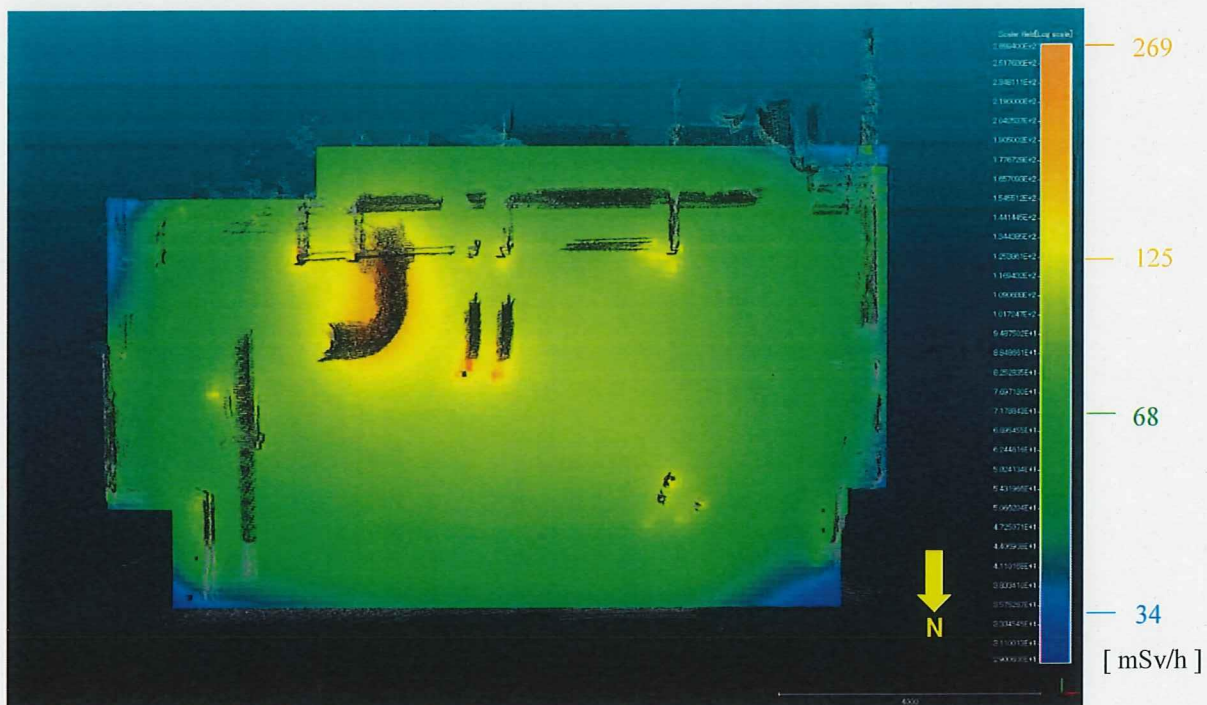


図 3-10 3 号機タービン建屋地下階床面から高さ 1m の線量率分布
(上方からの視点)

地下階床表面における線量率分布を以下に示す。

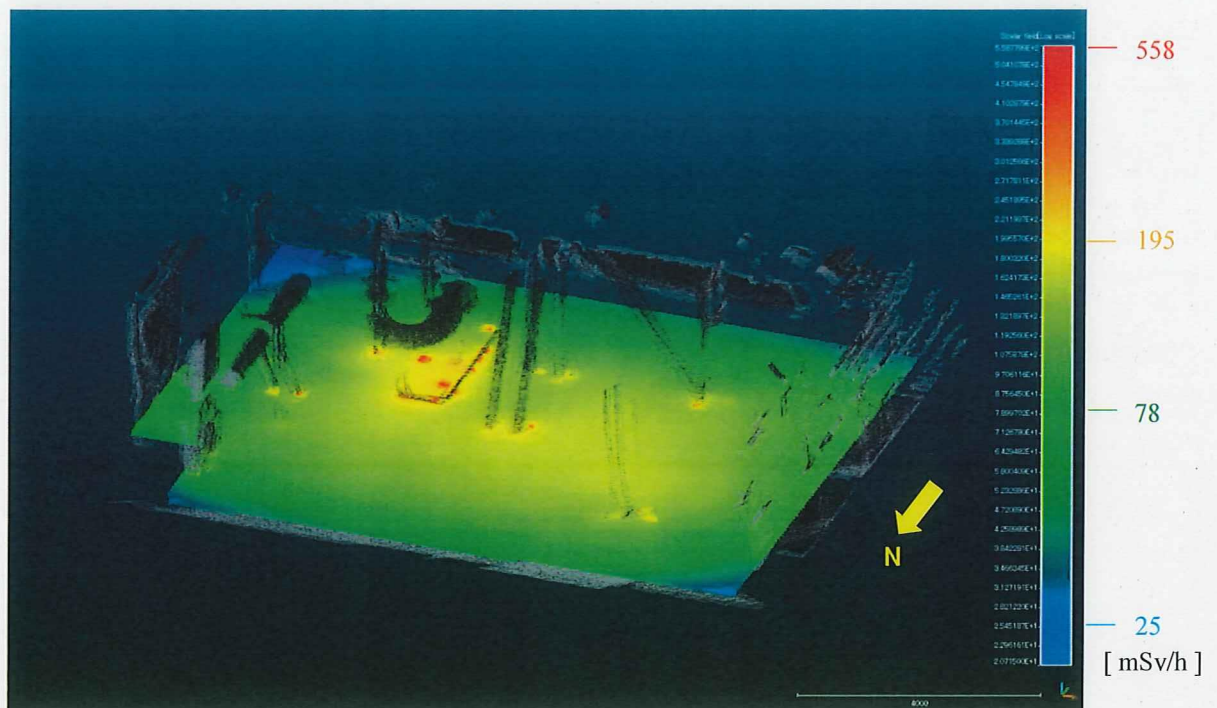


図 3-11 3 号機タービン建屋地下階 床表面 20cm の線量率分布（俯瞰）

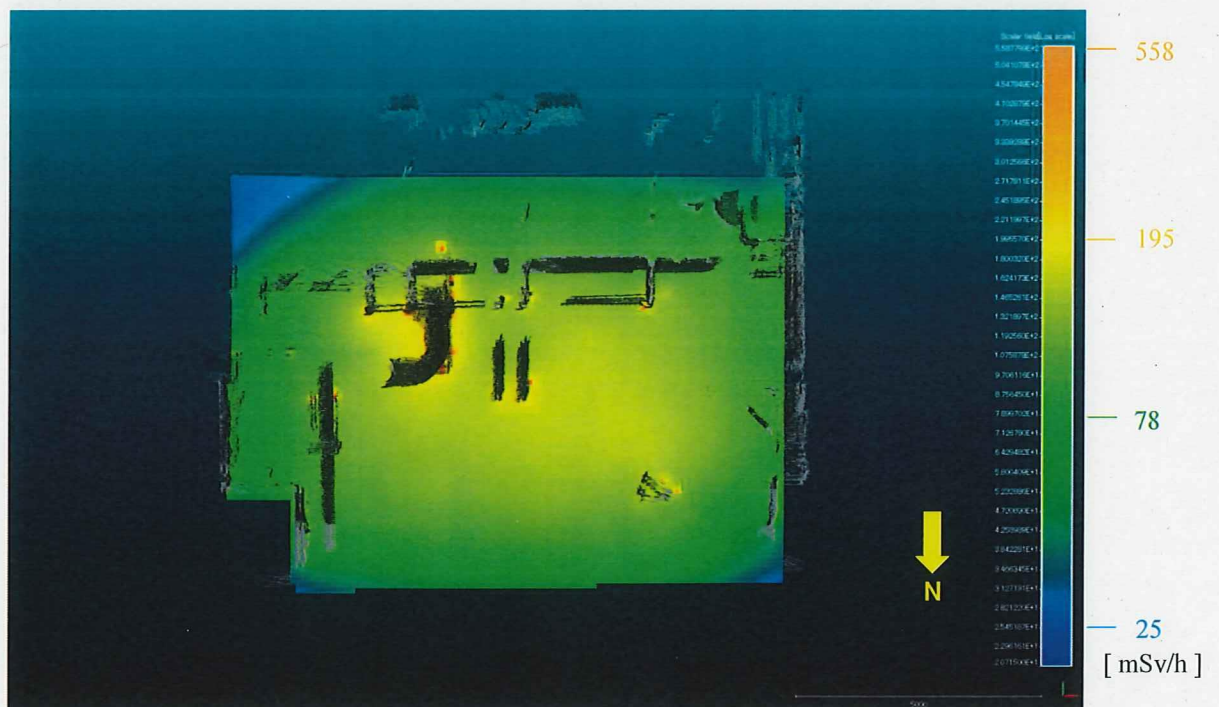


図 3-12 3 号機タービン建屋地下階 床表面 20cm の線量率分布（上方からの視点）

湿分分離器下部のホットスポットを通る断面の線量分布を以下に示す。

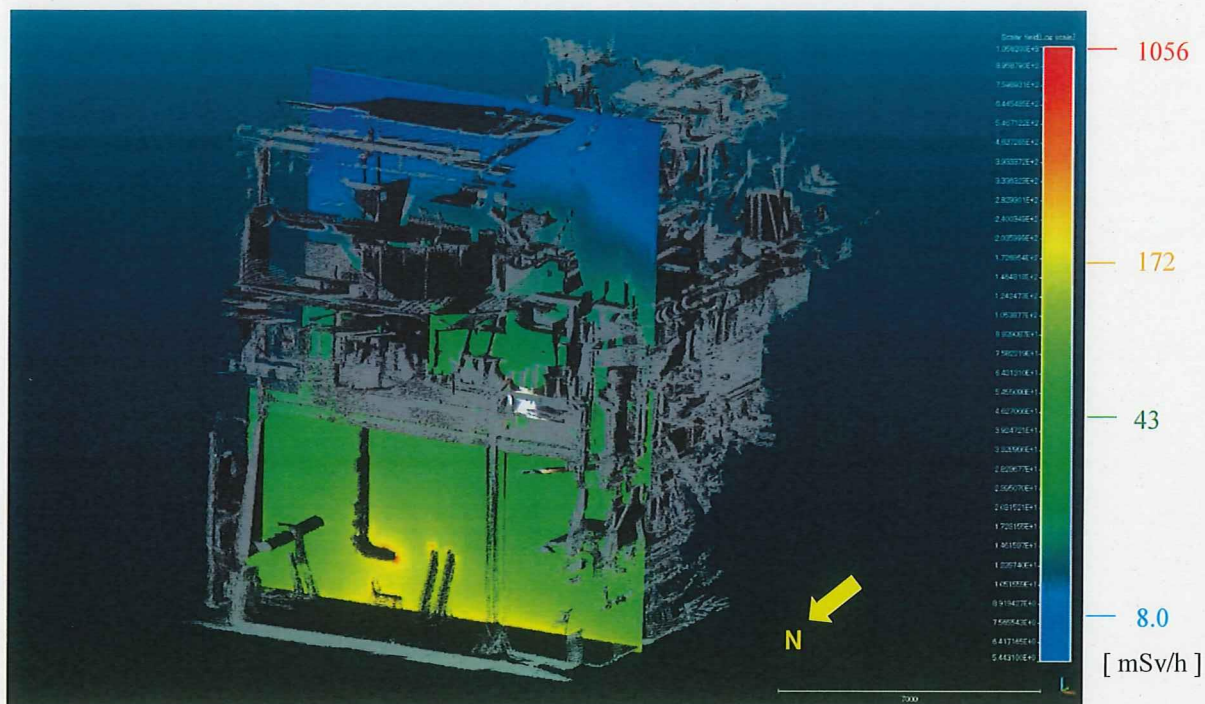


図 3-13 3 号機タービン建屋管東西方向の線量率分布（俯瞰）

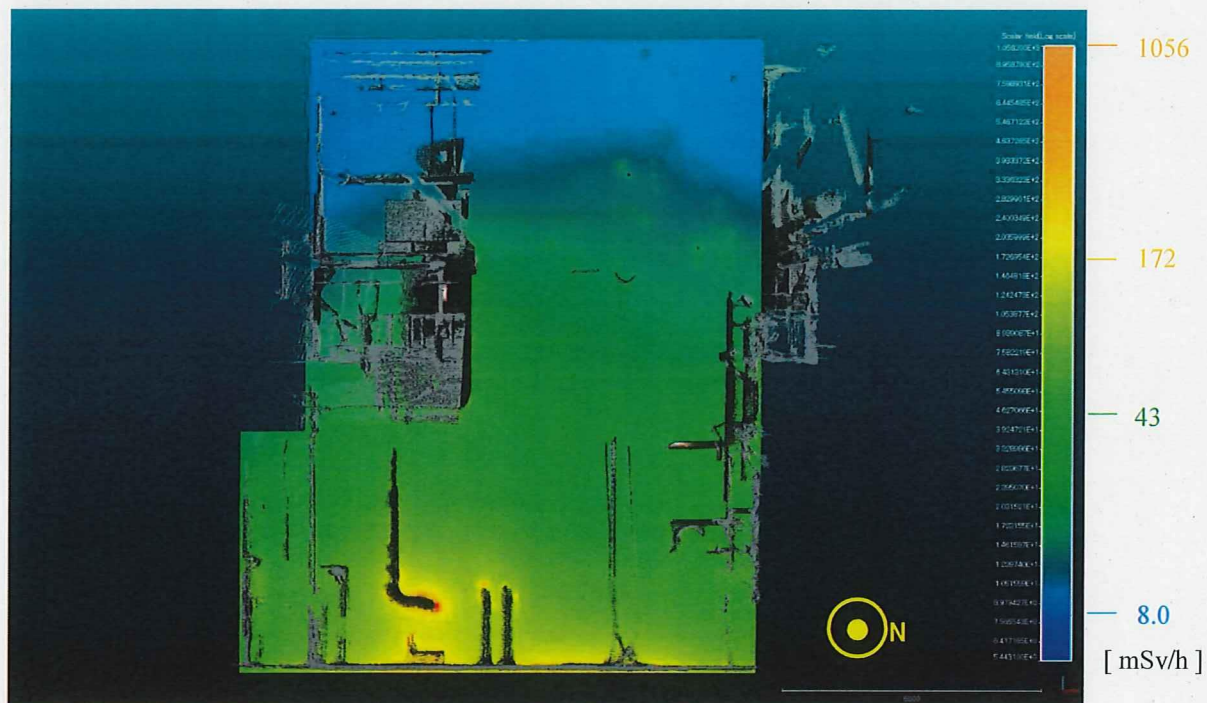


図 3-14 3 号機タービン建屋東西方向の線量率分布（北方向からの視点）

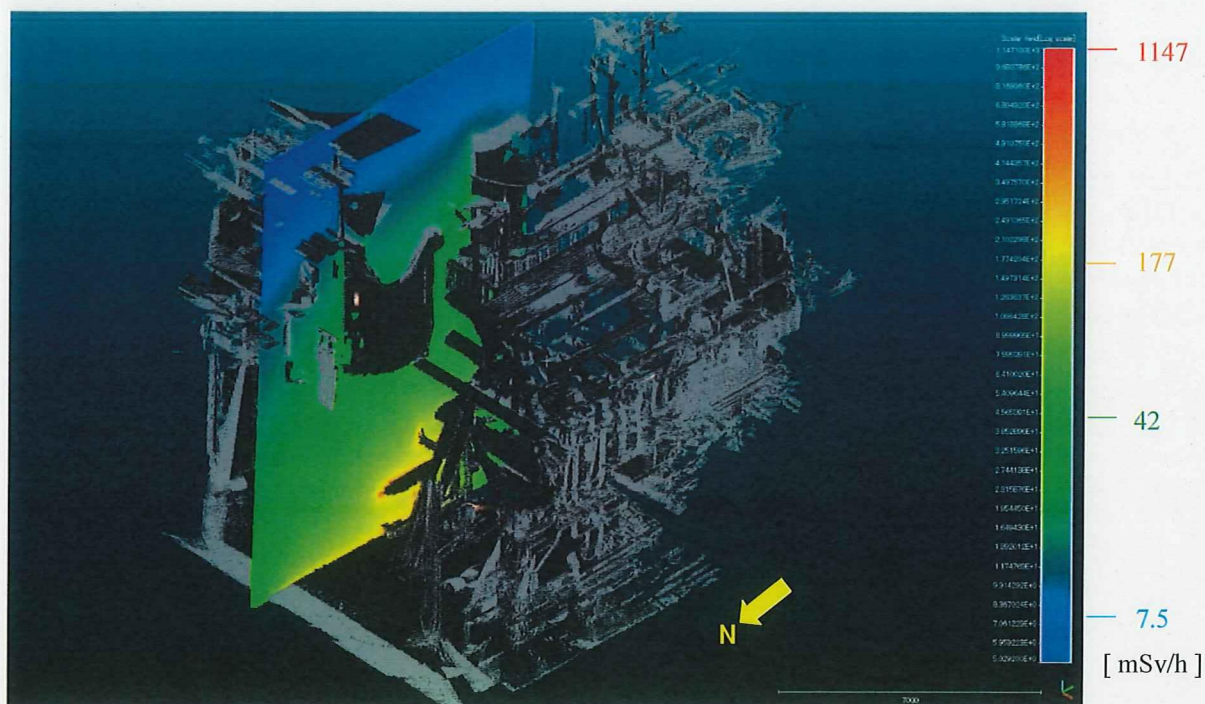


図 3-15 3 号機タービン建屋南北方向断面の線量率分布 (俯瞰)

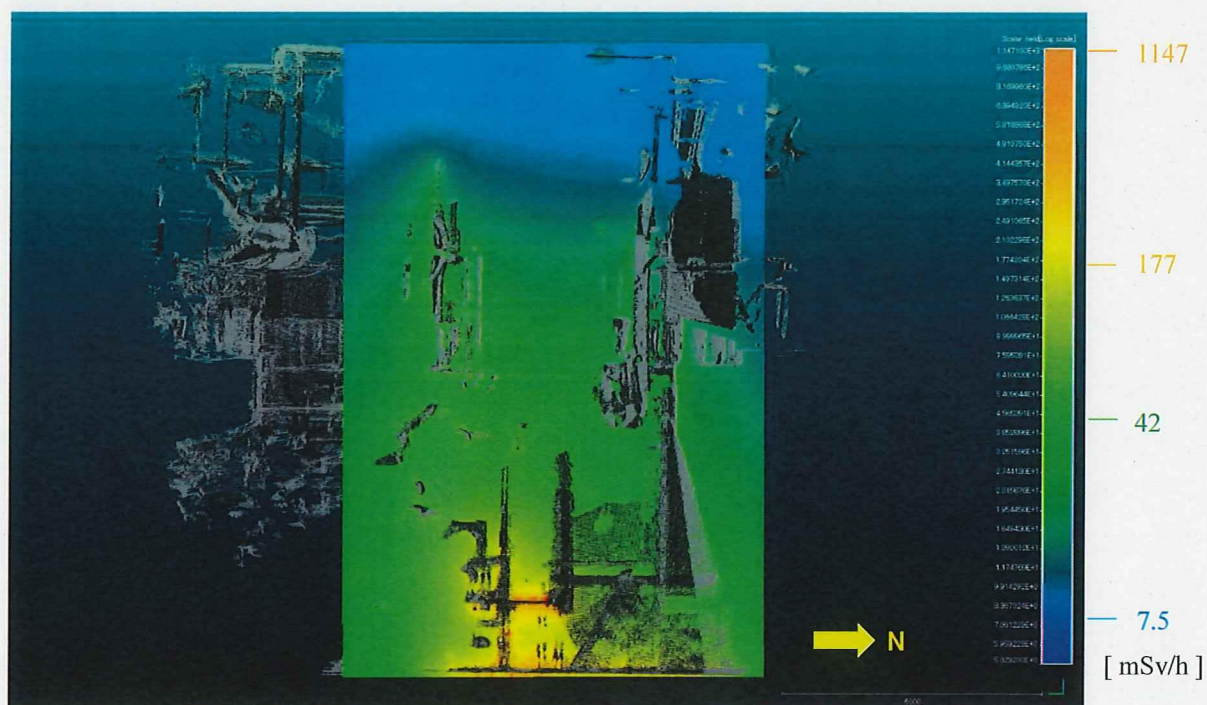


図 3-16 3 号機タービン建屋南北方向の線量率分布 (東方向からの視点)

3-6 考察

2号機と同様に湿分分離器下部の配管に強い汚染があることが分かり、高線量率になると推察される。一方、2号機や4号機（後述）と比べ、地下階床面の汚染強度が他の構造物に比べて高いことが分かった。ただし、床表面の線量率はホットスポットを除いて2号機と同等な結果となった。

この解析ではすべて表面汚染を仮定していることから、構造物が複雑に配置しているタービン建屋内部は、遮蔽を考慮した解析を行うと、この解析とは異なる汚染強度分布が得られる可能性がある。尚、汚染分布や線量率分布についてはN-visageシステムにより仮定したモデルであり、実測値と解析値は異なる可能性がある。

4. 4号機タービン建屋地下階

4号機タービン建屋において Gamma Imager による構造物及び線量調査を実施した。
その情報から N-Visage で線量解析した結果を以下に示す。

4-1 調査場所と測定点

4号機タービン建屋1階の湿分分離器の間から Gamma Imager を吊りおろして測定を実施した。測定点は図4-1に示す2か所で、それぞれ高さを変えて3点ずつ、計6点で測定を行った。

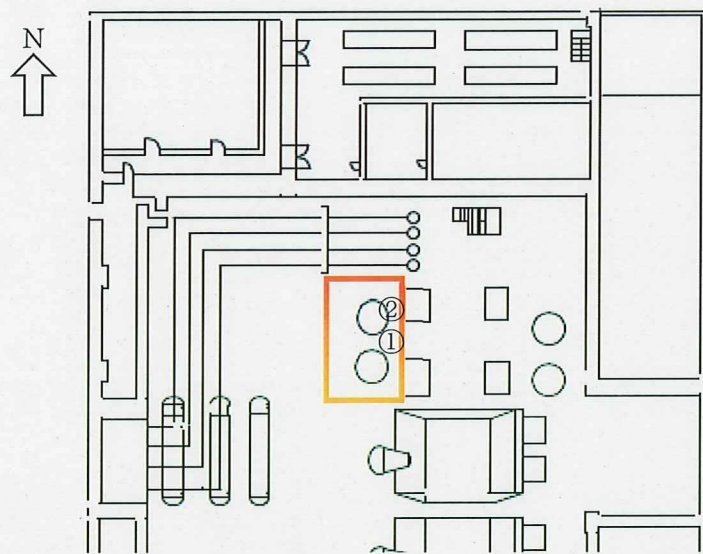


図 4-1 4号機タービン建屋測定場所（1階平面図）

図 4-2 に点群及び線量情報を取得した場所を示す。

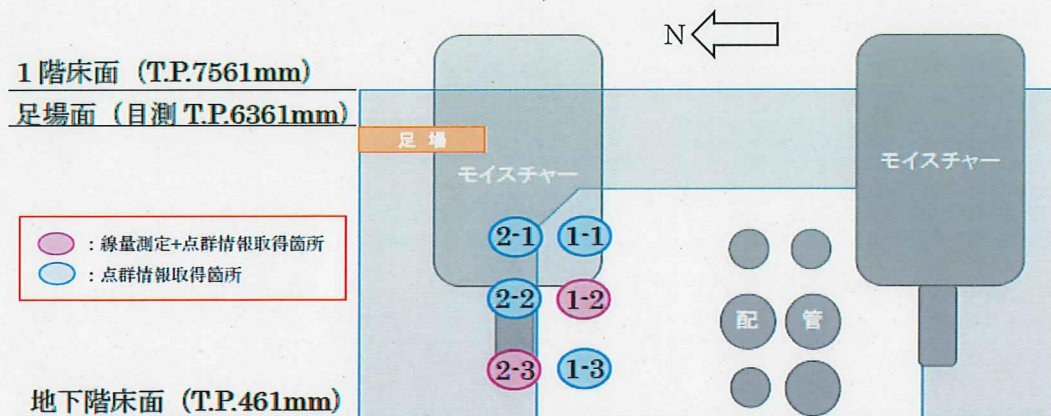


図 4-2 4号機タービン建屋測定場所（高さ方向模式図）

4-2 γ 線スペクトルと核種推定

Gamma Imager で測定した γ 線スペクトルを図 4-3 に示す。2 号機タービン建屋と同様なスペクトルとなった。大きなカウントピークのうち 2 つは下屋等のおときと同様、Cs-134 と Cs-137 に起因する γ 線と考えられる。カウントが高いため、Cs-134 からの γ 線である 596、605、1,039、1,168 及び 1,365keV のピークが観測された。下屋と同様、662keV (Cs-137 起因) のカウントに対して 796keV (Cs-134 起因) のカウントの比が 9:1 になっていることから、事故から 7 年後の比率に相当する。

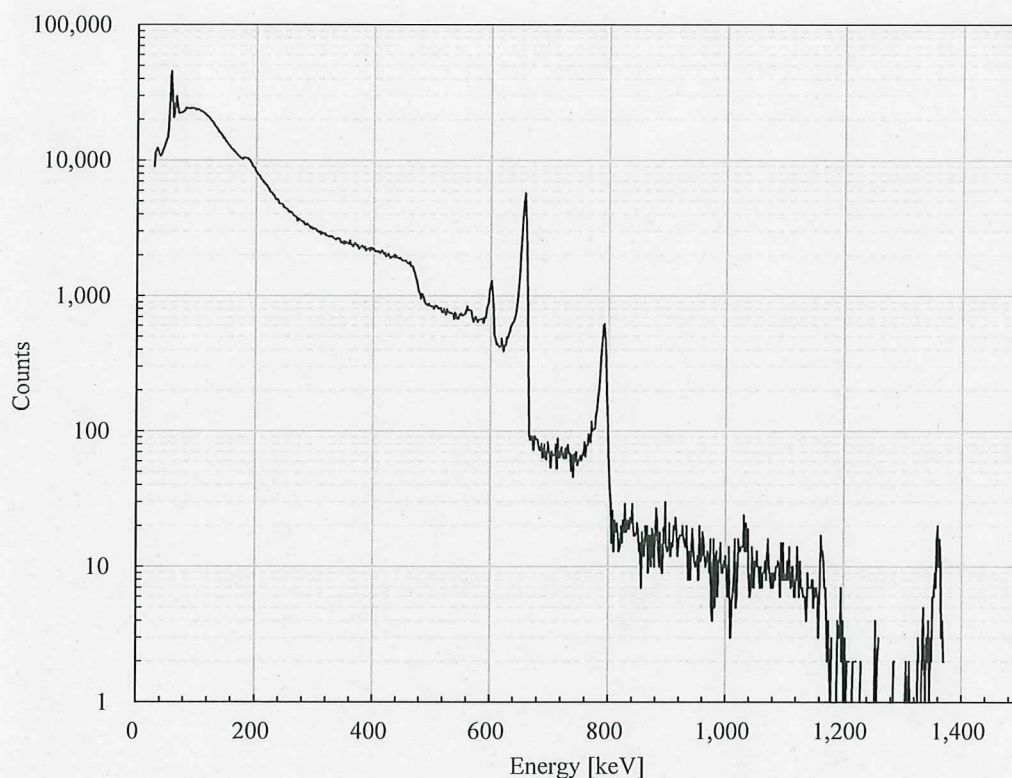


図 4-3 4 号機タービン建屋の γ 線スペクトル

4-3 点群

6 点で取得した点群を統合したものを図 4-4 及び図 4-5 に示す。4 号機タービン建屋の地下階は光源がほとんどなかったため、色情報がほとんど取得できなかった。図 4-4 及び図 4-5 は点群の見易さを考慮して青色で表現した。なお、色が明るい部分はレーザーの反射光が強かった場所を意味し、線量率や放射能汚染の程度とは無関係である。

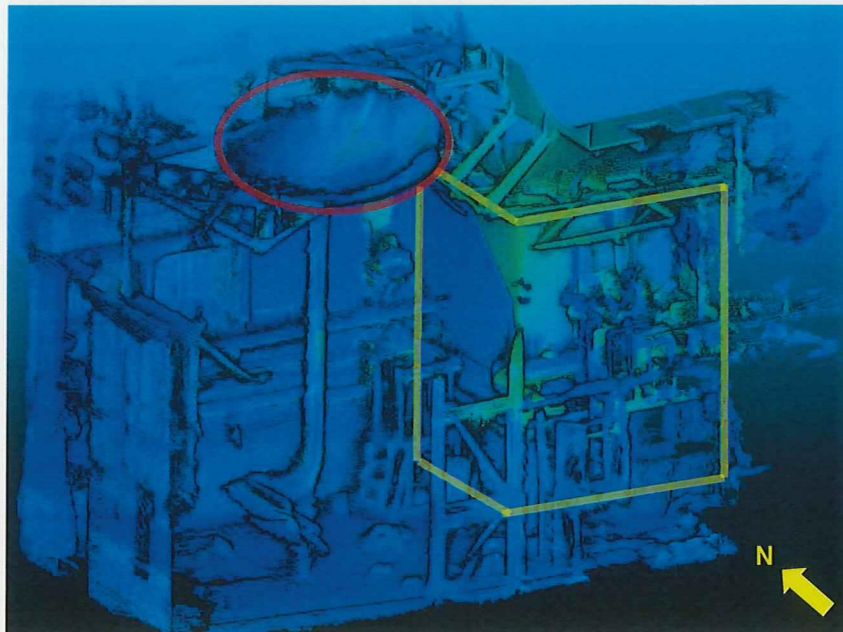


図 4-4 4号機タービン建屋で取得した点群（俯瞰）

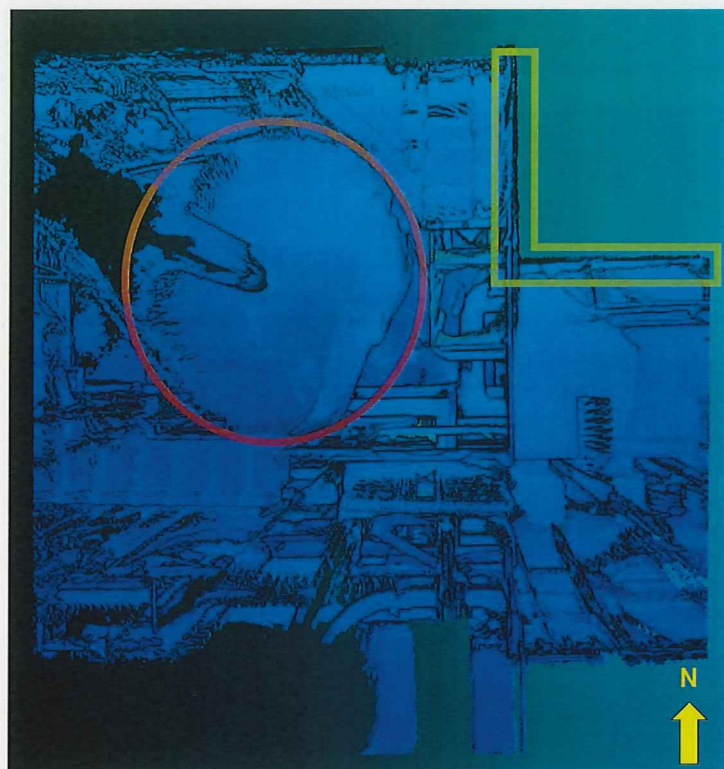


図 4-5 4号機タービン建屋で取得した点群（上方からの視点）

4-4 線量評価モデル

線量評価のために 4-3 で示した点群を処理し、汚染強度分布を求めた。点群は以下の手順に沿って処理を行った。なお、本件では汚染がすべて表面にあると仮定している。

- ⑤ ノイズ及び形状が崩壊している構造物を除去
- ⑥ 線量寄与が少ないと考えられる点の除去
- ⑦ 点群の密度調整 (30cm 間隔から 10cm 間隔)
- ⑧ 解析結果がオーバーレイ画像に近づくまで①～③を繰り返す

なお、②及び③の過程は、数百万個に及ぶ点群から計算量を削減し、できるだけ簡素な形状で測定値を再現できるようにするために実施している。

γ 線スペクトルの測定結果から、主要な線源核種は Cs-137 であった。そのため、汚染強度及び線量率は Cs-137 によるものとした。

4-4-1 汚染強度分布

作成した評価モデルで汚染強度分布を解析した結果を以下に示す。汚染強度分布は青色から赤色（0～1 の相対値）で表現した。

取得した点群について、図 4-1 に示した赤枠の外側に当たる点群はノイズが多かったため除外した。

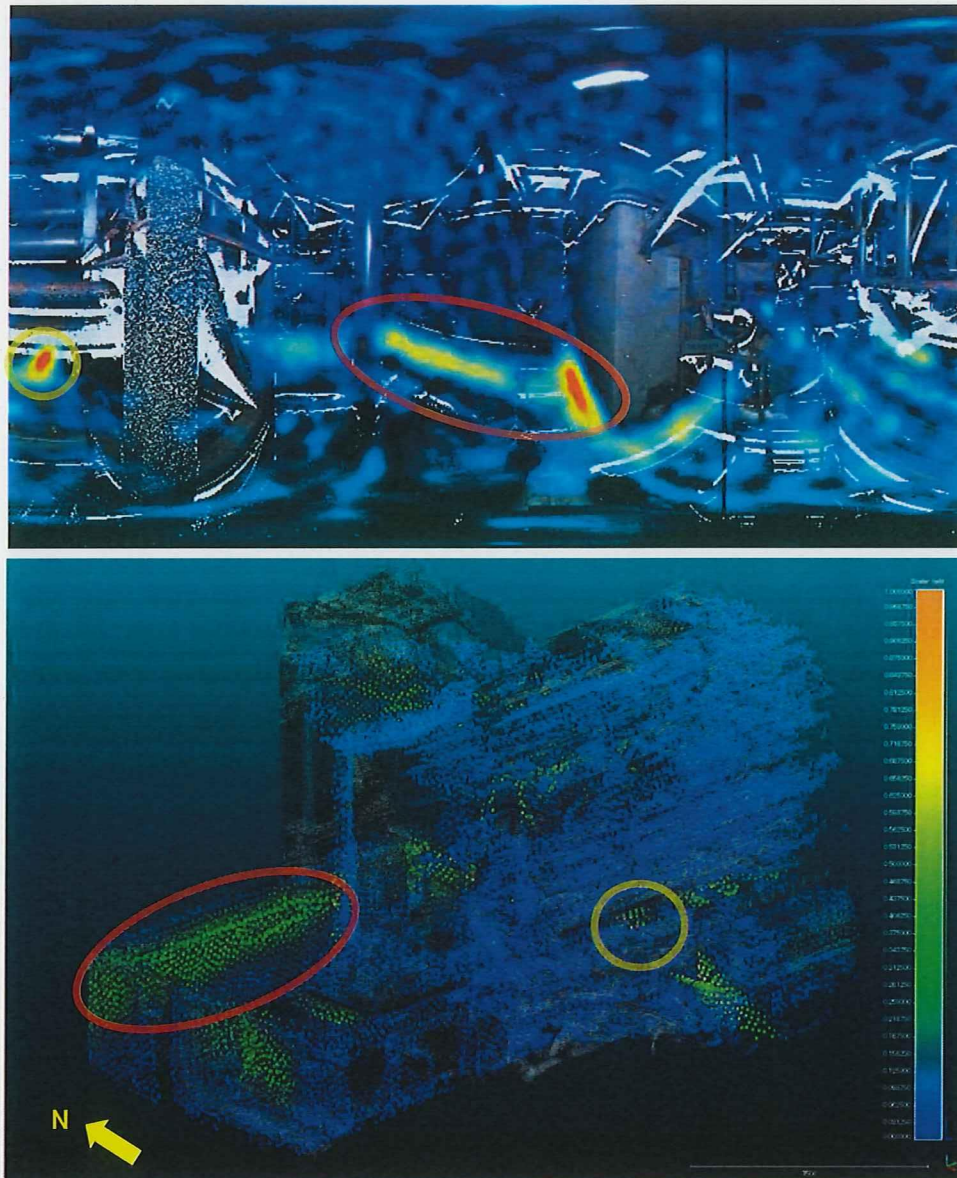


図 4-6 (上) 測定点①-2 で取得したオーバーレイ画像
(下) 汚染強度分布の解析結果

4-5 線量率分布

解析した汚染強度分布から線量率分布を計算した。図 4-7 及び図 4-8 は地下階地面から高さ 1m における線量率分布である。

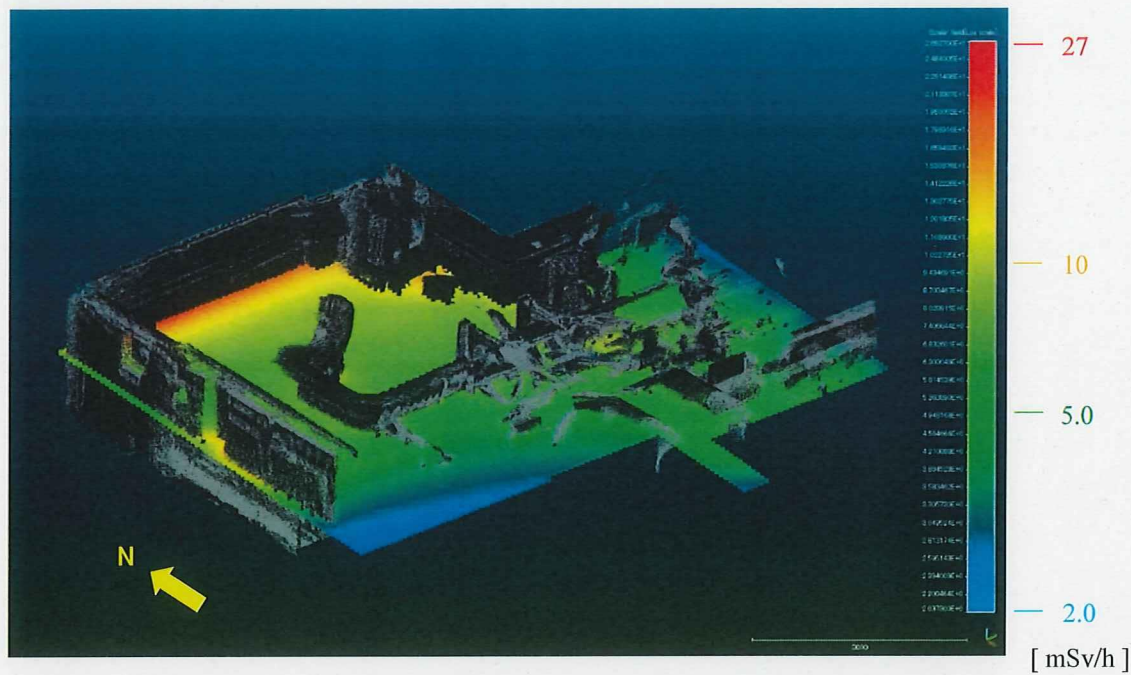


図 4-7 4 号機タービン建屋地下階床面から高さ 1m の線量率分布（俯瞰）

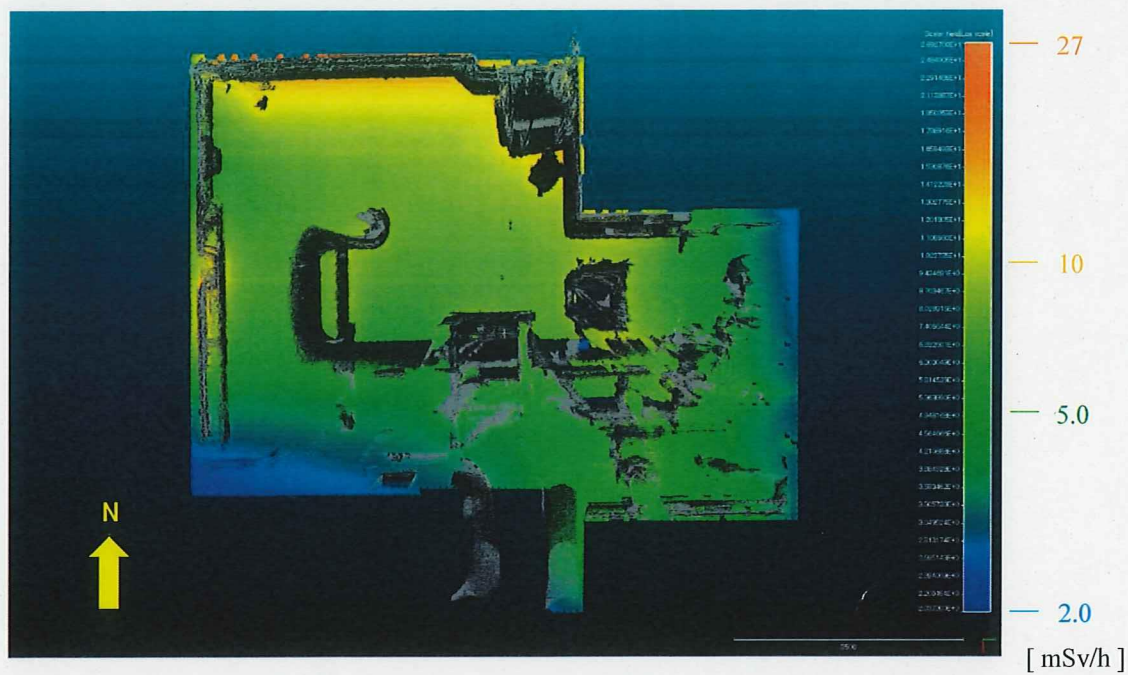


図 4-8 4 号機タービン建屋地下階床面から高さ 1m の線量率分布（上方からの視点）

4-6 考察

オーバーレイ画像で見られるように、地下壁面の喫水面跡に強い汚染分布が存在することが分かった。

特に北側の壁面に強い汚染分布がある。しかし、測定点から見て北側壁面は湿分分離器から下に伸びるパイプの奥にあるため、パイプで死角となった部分の汚染強度が不確かである。三角測量のように今回とは異なる方向からの測定ができれば、湿分分離器下部のパイプと壁面の汚染強度分布の推定精度が向上すると考えられる。また、この解析ではすべて表面汚染を仮定していることから、構造物が複雑に配置されているタービン建屋内部は、遮蔽を考慮した解析を行うと、この解析とは異なる汚染強度分布が得られる可能性がある。尚、汚染分布や線量率分布については N-visage システムにより仮定したモデルであり、実測値と解析値は異なる可能性がある。

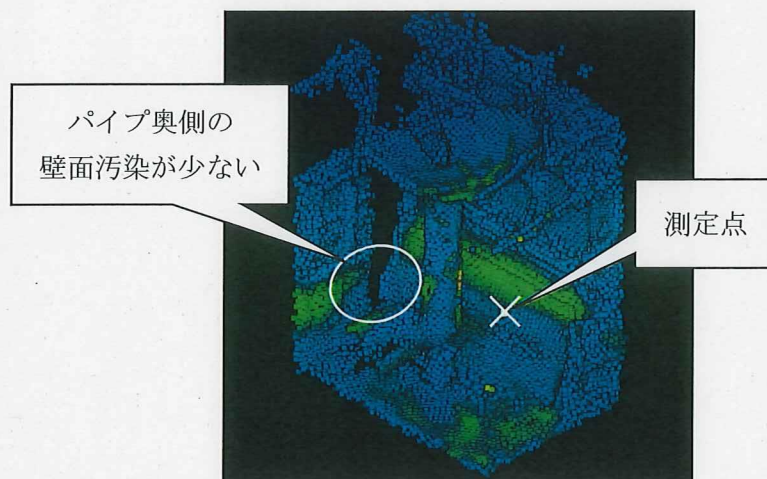


図 4-9 湿分分離器下部周辺付近の汚染強度分布

5. 1、2号機放射性廃棄物処理建屋

廃棄物建屋の屋上から Gamma Imager による構造物及び線量調査を実施した。その情報から N-Visage で線量解析した結果を以下に示す。

5-1 調査場所と測定点

治具に固定した Gamma Imager をクレーンで吊り、廃棄物建屋の屋上へ移動させて測定を行った。測定点は図 5-1 に示す 4 点である。

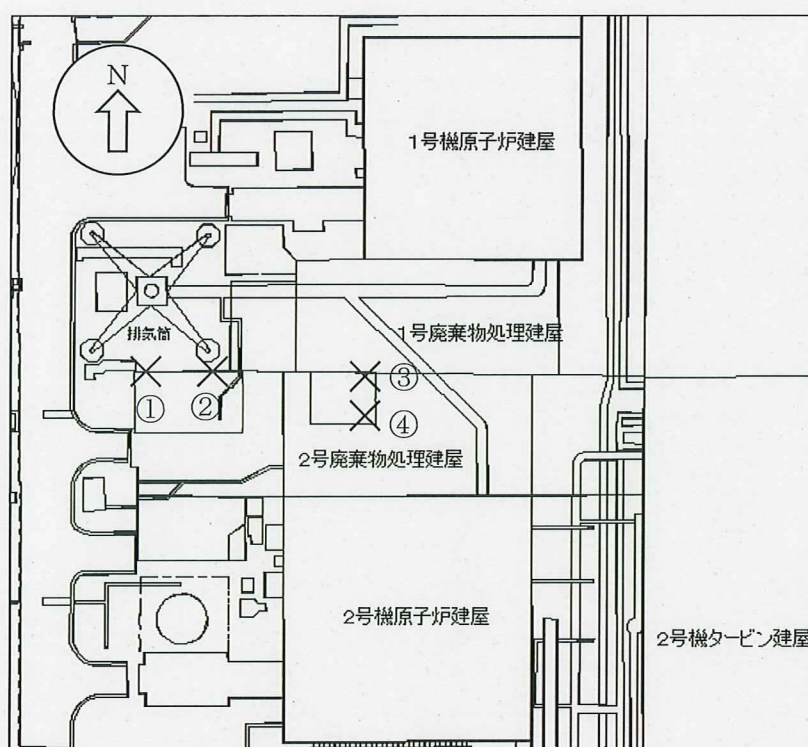


図 5-1 廃棄物建屋屋上からの測定場所

5-2 γ 線スペクトルと核種推定

Gamma Imager で測定した γ 線スペクトルを図 5-2 に示す。下屋と同様なスペクトルとなった。大きなピークは 2 つあり、Cs-134 と Cs-137 に起因する γ 線と考えられる。下屋等と同様、662keV（Cs-137 起因）のカウンントに対して 796keV（Cs-134 起因）のカウンントの比が 9:1 になっていることから、事故から 7 年経過後の比率に相当する。

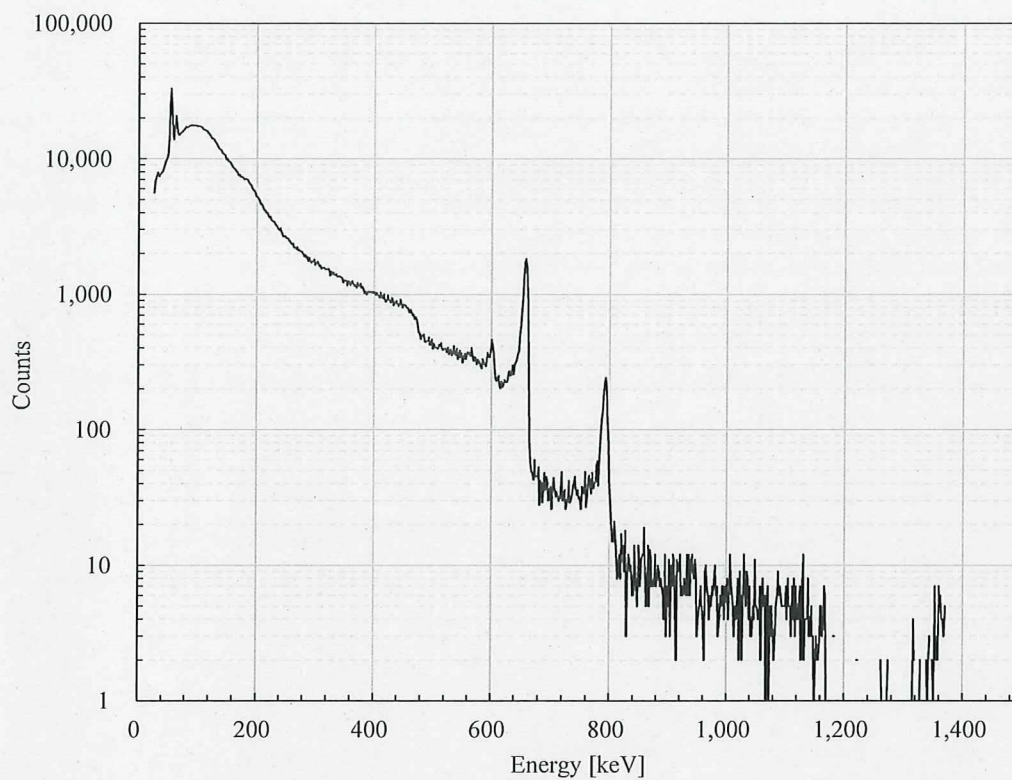


図 5-2 廃棄物建屋の γ 線スペクトル

5-3 点群

取得した点群を以下に示す。4 か所で測定を行ったが、測定点①及び②と測定点③及び④に共通する構造物がなく、統合することができなかった。したがって、2 つの範囲に別けた線量解析を行うこととした。

5-3-1 測定点①及び②

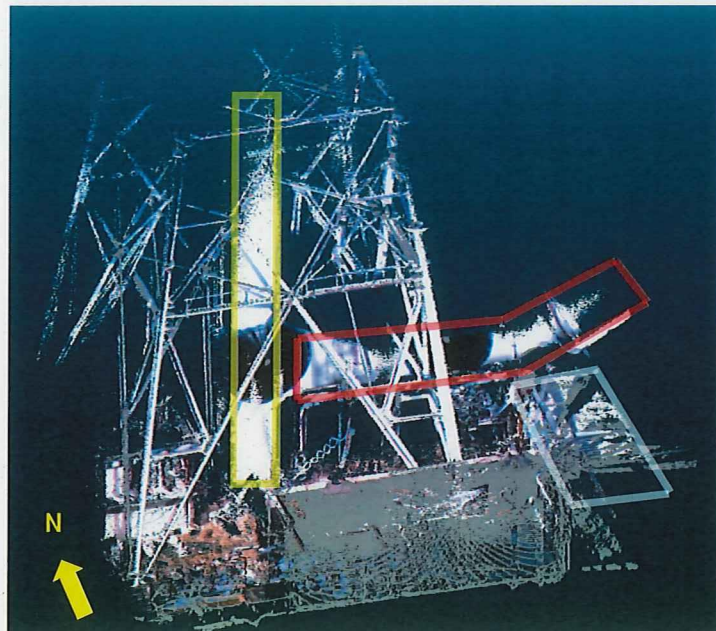


図 5-3 廃棄物建屋測定点①及び②で取得した点群（俯瞰）

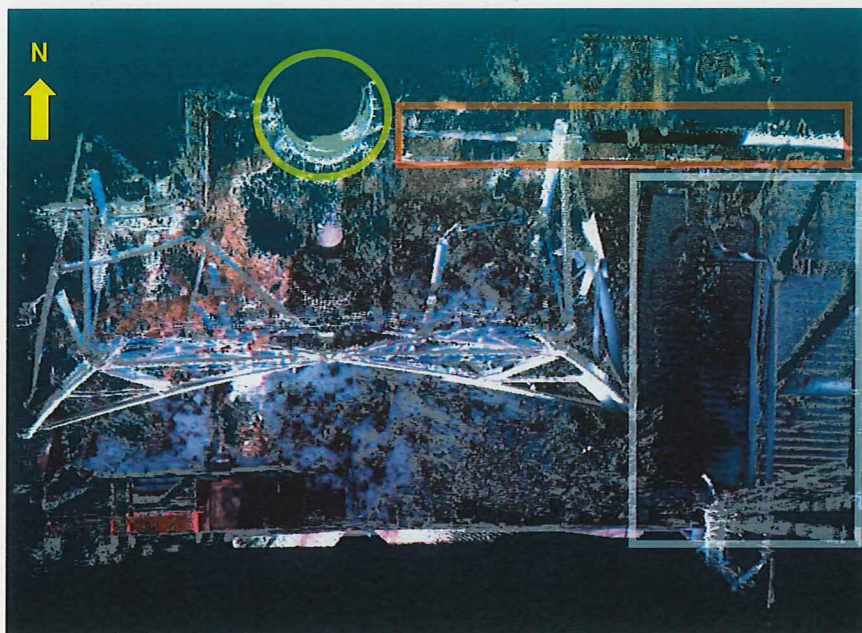


図 5-4 廃棄物建屋測定点①及び②で取得した点群（上方からの視点）

5-3-2 測定点③及び④

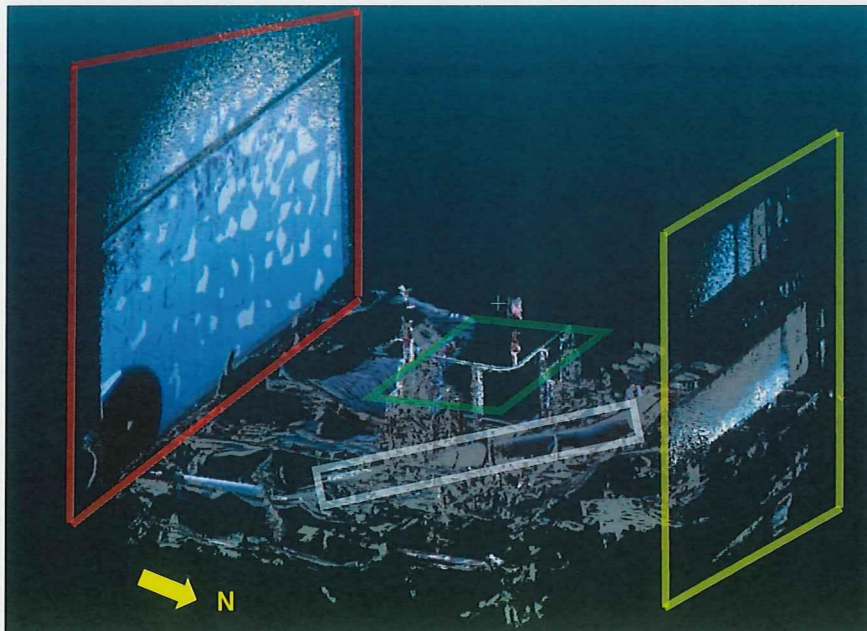


図 5-5 廃棄物建屋測定点③及び④で取得した点群（俯瞰）

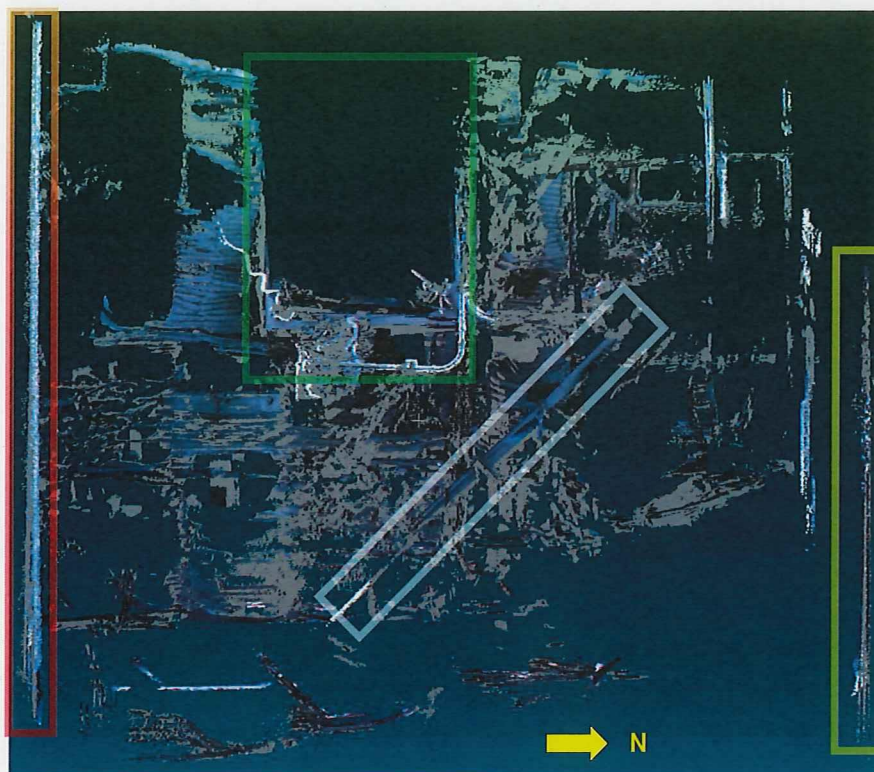


図 5-6 廃棄物建屋測定点③及び④で取得した点群（上方からの視点）

5-4 線量評価モデル

線量評価のために 5-3 で示した点群を処理し、汚染強度分布を求めた。点群は以下の手順に沿って処理を行った。なお、本件では汚染がすべて表面にあると仮定している。

- ① ノイズ及び形状が崩壊している構造物を除去
- ② 線量寄与が少ないと考えられる点の除去
- ③ 点群の密度調整 (30cm 間隔から 10cm 間隔)
- ④ 解析結果がオーバーレイ画像に近づくまで①～③を繰り返す

なお、②及び③の処理工程は、数百万個に及ぶ点群から計算量を削減し、できるだけ簡素な形状で測定値を再現できるようにするために実施している。

γ 線スペクトルの測定結果から、主要な線源核種は Cs-137 であった。汚染強度及び線量率は Cs-137 によるものとした。

5-4-1 汚染強度分布

作成した評価モデルで汚染強度分布を解析した結果を以下に示す。汚染強度分布は青色から赤色 (0～1 の相対値) で表現した。

5-4-2 測定点①及び②

ノイズ及び形状が崩壊している構造物を除去した後、汚染強度計算を行ったところ、排気筒の鉄骨に汚染分布が存在した。図 5-7 のオーバーレイ画像から、この汚染は鉄骨の奥にある配管のものであると考えられたため、鉄骨を評価モデルから除外することとした。

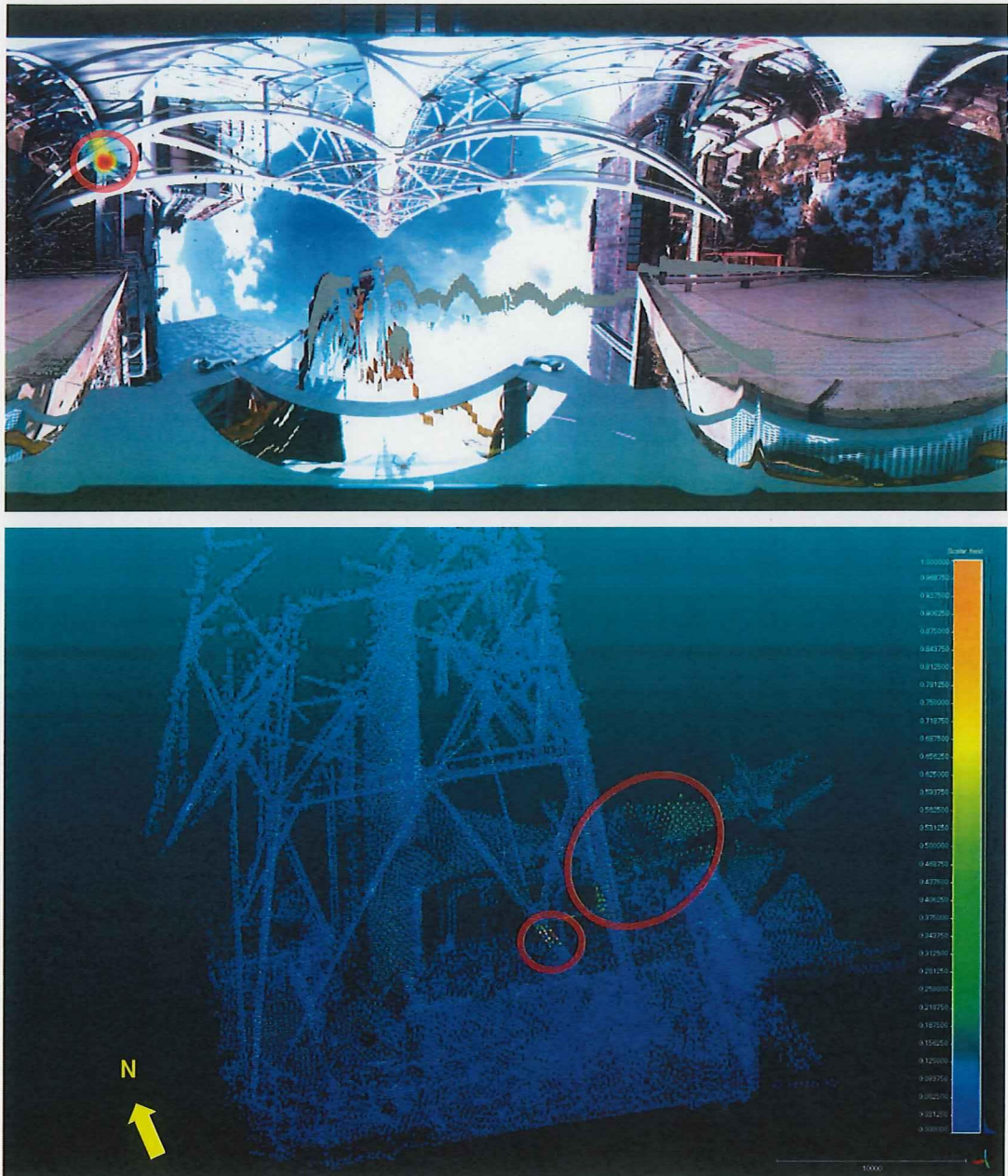


図 5-7 (上) 測定点②で取得したオーバーレイ画像
(下) 汚染強度分布の解析結果

鉄骨を除外した評価モデルで再計算した結果を図 5-8 に示す。汚染強度分布は排気筒につながる大口径配管に集中し、オーバーレイ画像と一致した。

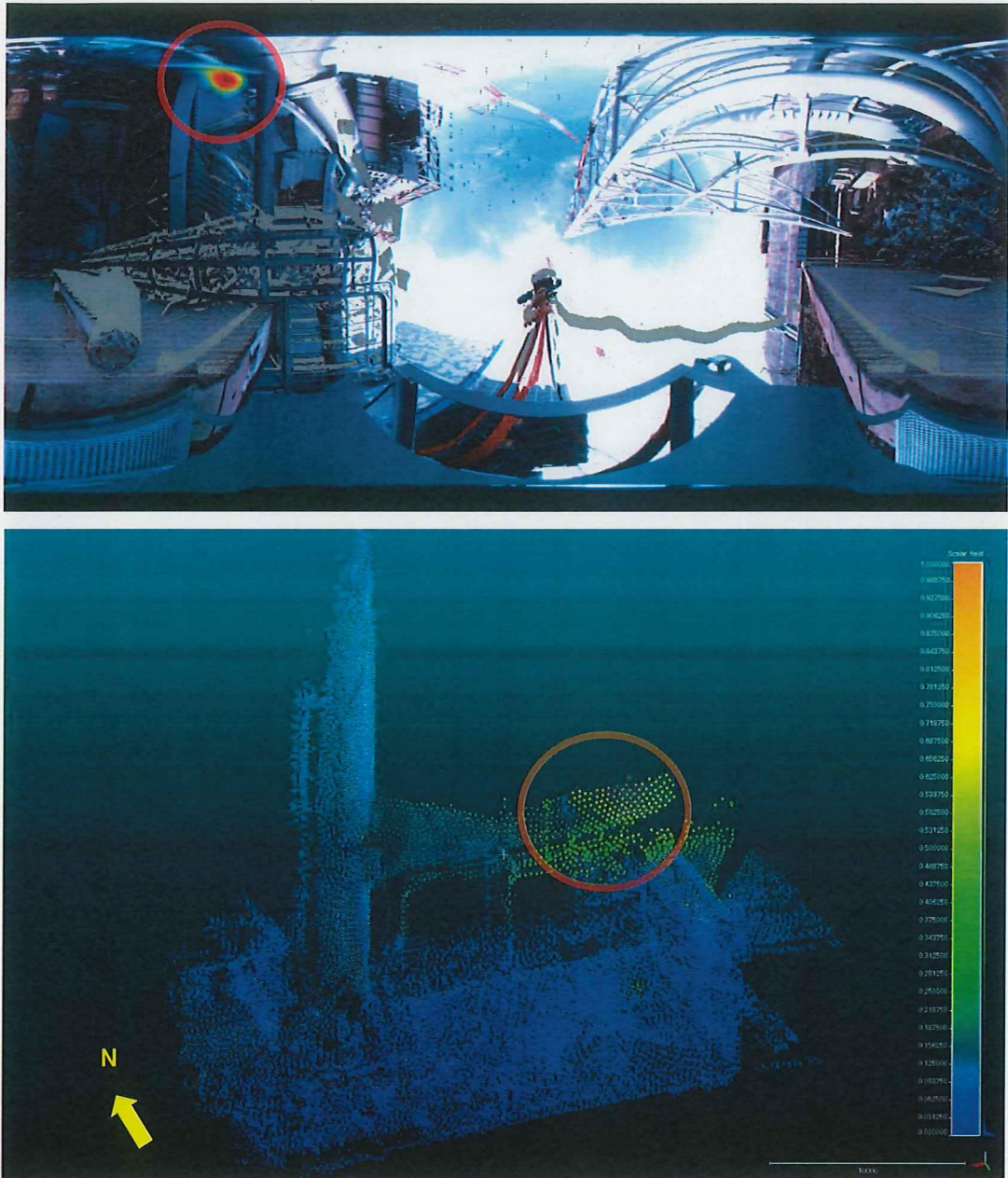


図 5-8 (上) 測定点②で取得したオーバーレイ画像
(下) 汚染強度分布の解析結果

5-4-3 測定点③及び④

排気筒側及びタービン建屋側の点群はノイズが多く、線量寄与も少ないため除外した。

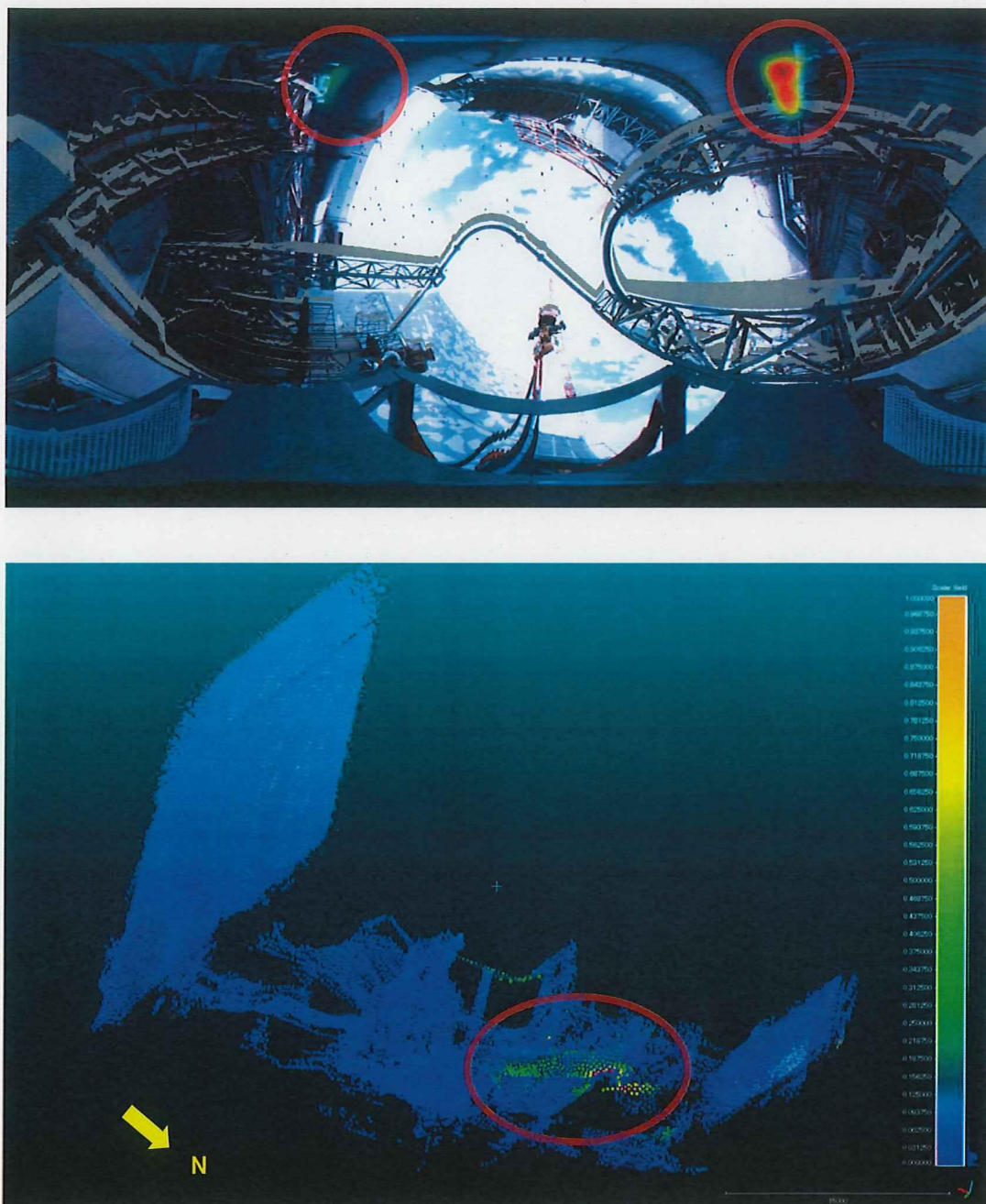


図 5-9 (上) 測定点③で取得したオーバーレイ画像
(下) 汚染強度分布の解析結果

5-5 線量率分布

解析した汚染強度分布から線量率分布を計算した。図 5-10 及び図 5-11 は地面から高さ 1m、図 5-12 及び図 5-13 は大口径配管のホットスポット高さでの線量率分布である。

5-5-1 測定点①及び②

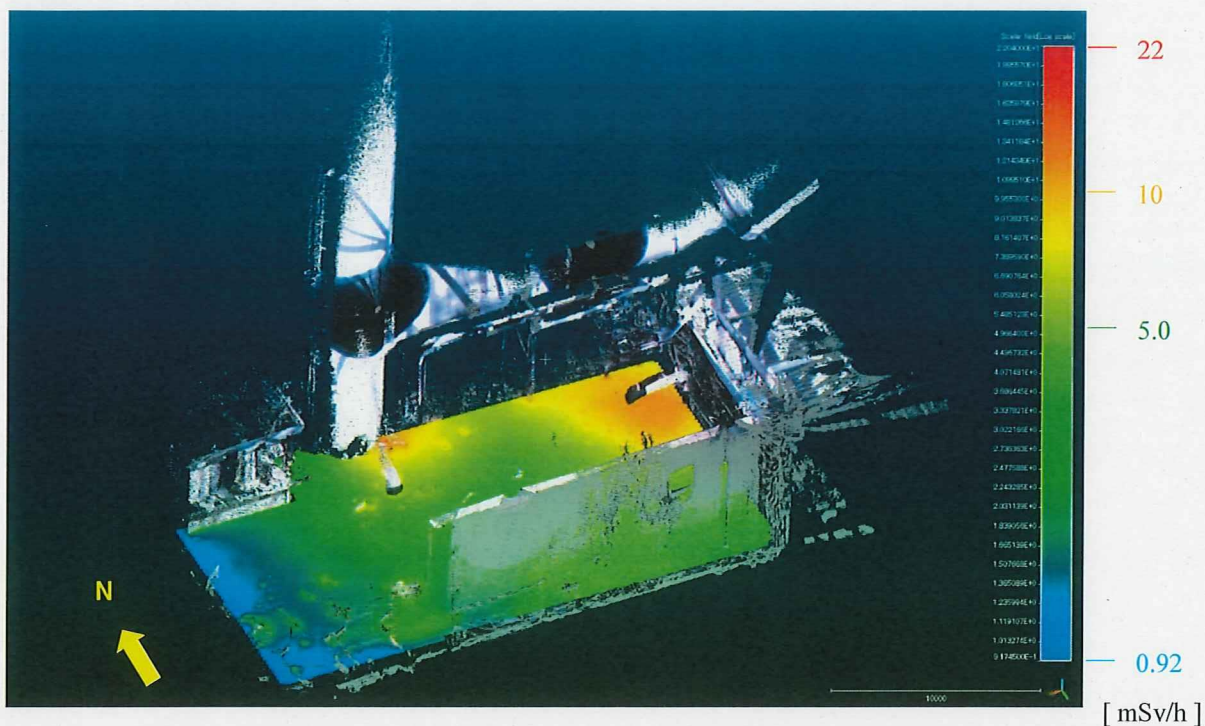


図 5-10 測定点①及び② 地面から高さ 1m の線量率分布（俯瞰）

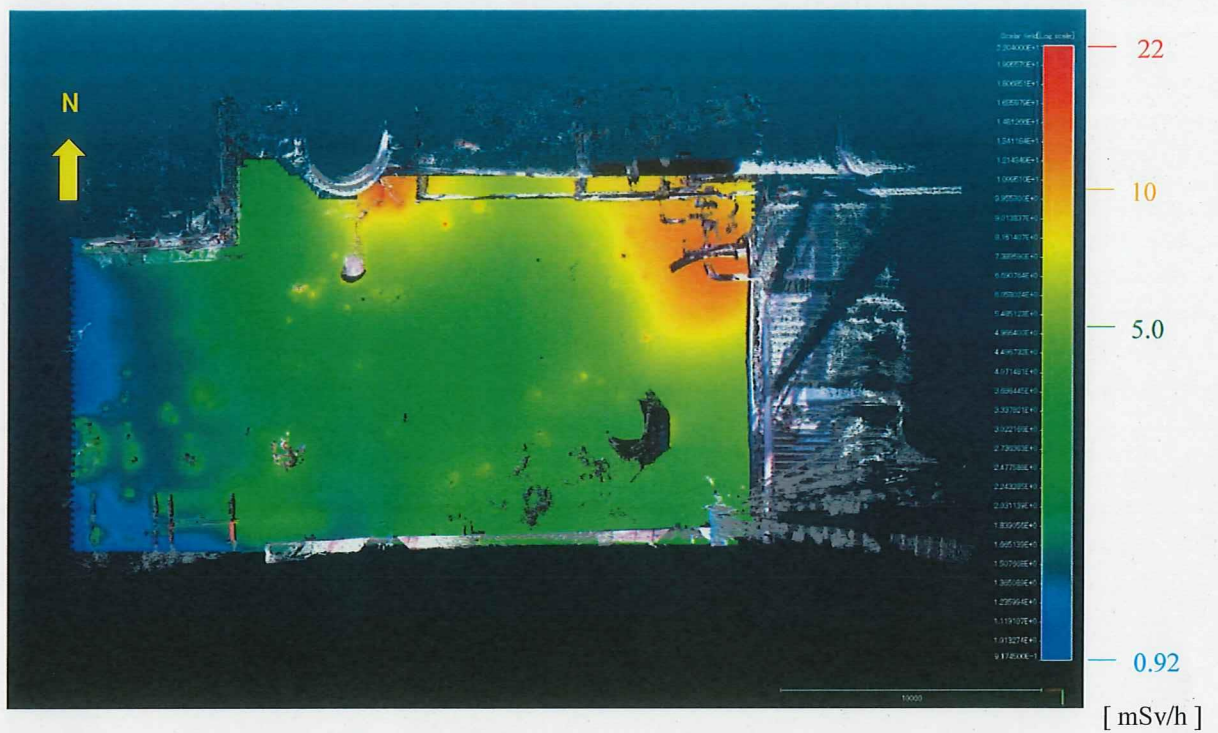


図 5-11 測定点①及び② 地面から高さ 1m の線量率分布（上方からの視点）

5-5-2 測定点③及び④

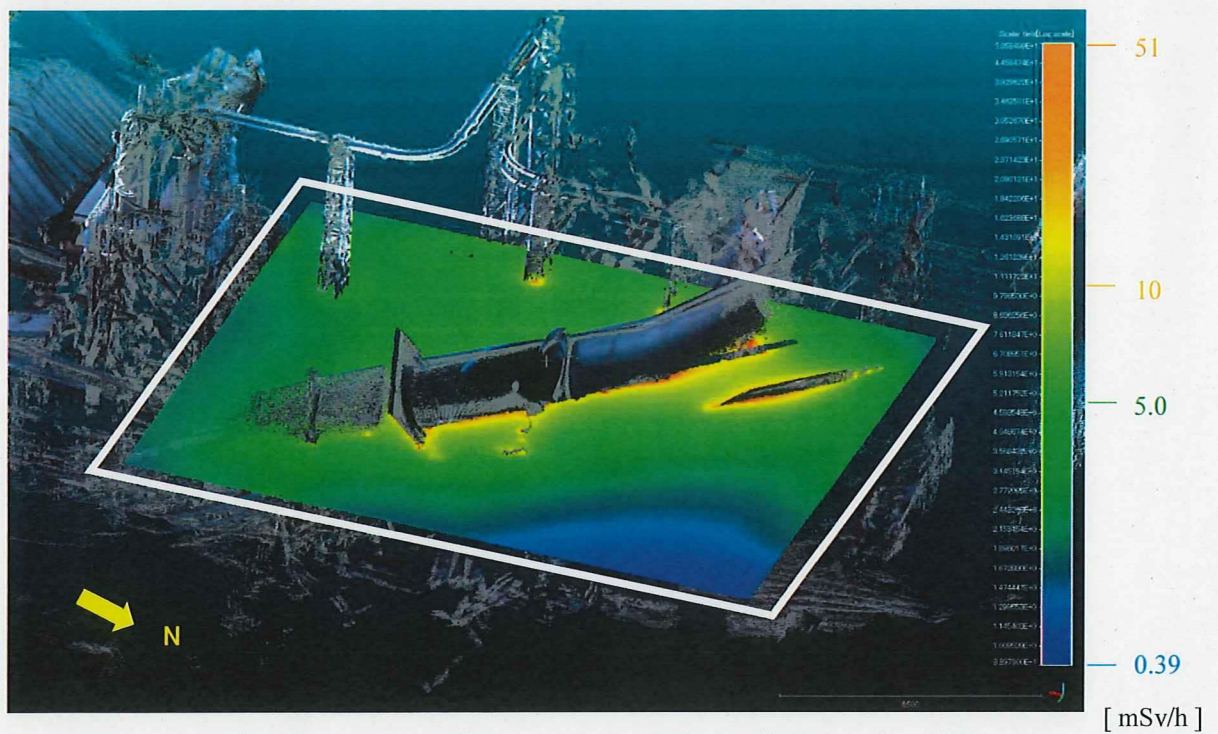


図 5-12 測定点③及び④ 配管ホットスポット高さの線量率分布（俯瞰）

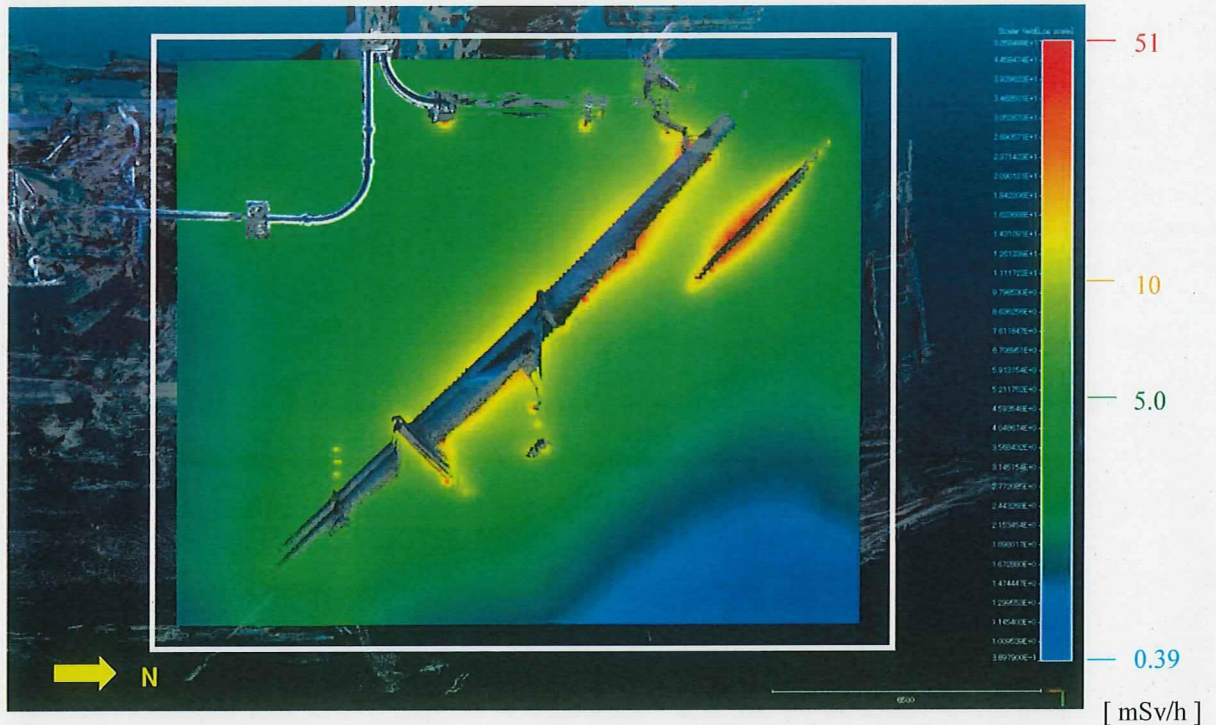


図 5-13 測定点③及び④ 配管ホットスポット高さの線量率分布（上方からの視点）

5-6 考察

この調査で取得できた点群のなかでは、排気筒につながる大口径配管に汚染が集中していることが分かった。また、この解析では表面汚染を仮定しているため、ホットスポットとなっている大口径配管周辺の線量率が高くなった。配管内部が強く汚染している場合には、大口径の配管で肉厚もあることから、遮蔽効果を考慮すると汚染強度分布、線量率分布がこの解析とは異なる結果となる可能性がある。尚、汚染分布や線量率分布については N-visage システムにより仮定したモデルであり、実測値と解析値は異なる可能性がある。