

報 告

千葉県立柏の葉公園内の庭球場における除染効果の検証

市川 有二郎*、井上 智博、内藤 季和、高橋 良彦
千葉県環境研究センター (290-0046 千葉県市原市岩崎西 1-8-8)

Evaluation of the Efficacy of Decontamination Method Examined at Artificial Turf Tennis Court Located in Chiba Prefectural Kashiwa-no-ha Park

Yujiro ICHIKAWA*, Tomohiro INOUE, Suekazu NAITO, Yoshihiko TAKAHASHI
Chiba Prefectural Environmental Research Center (1-8-8 Iwasakinishi, Ichihara, Chiba 290-0046, Japan)

Summary

Decontamination to eliminate radioactive materials (especially cesium-134 and 137) derived from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident has been accomplished at various contaminated areas. This study evaluates the decontamination method that was conducted at the sand covering the artificial turf tennis court located in Kashiwa-no-ha Park. We used the measurement of the 1 cm dose equivalent rate ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) and the concentration of radioactive cesium in the sand (Bq/kg) to determine the efficacy of this method. The sand on the tennis court that was contaminated with radioactive cesium on the tennis court was totally removed with a special vacuum machine. At the height of 50 cm we had a 52 % decrease from 0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ to 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ and at 1 m above the ground we had a 46 % decrease from 0.26 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ to 0.14 $\mu\text{Sv}/\text{h}$. As a subsequent step, uncontaminated new sand was placed uniformly over the surface of the tennis court, which functioned as a shield of gamma ray radiated from persistence radioactive materials on the artificial turf. With the shielding our readings at 50 cm showed an additional 31 % decrease from 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ to 0.09 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ and at 1 m a 36 % decrease from 0.14 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ to 0.09 $\mu\text{Sv}/\text{h}$. The overall decontamination results showed a decrease of 67 % from 0.27 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ to 0.09 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ and 65 % from 0.26 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ to 0.09 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ at the height of 50 cm and 1 m above the ground, respectively. The measurement value of 1 cm dose equivalent rate after decontamination procedure showed a decrease below 0.19 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (natural background radiation dosage 0.04 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ is subtracted) from the over the entire site. The result of this study indicates that decontamination method performed at this artificial turf tennis court showed significant efficacy.

Key Words: Chiba prefecture, tennis court, decontamination, dose equivalent rate, radioactive cesium

1. はじめに

千葉県では、東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、原発事故）で放出された放射性物質の影響が県内に及んでいる状況を鑑み、県民が抱える健康への影響に関する不安を払拭するため「千葉県放射性物質除染実施プラン」¹⁾（以下、県除染プラン）を平成24年4月19日に策定した。県除染プランでは、県が管理する施設等の中で 0.23 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 以上（大地からの線量率 0.04 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ を含む）²⁾ の 1 cm 線量当量率（以下、線量率）が計測されたものを除染対象施設と定め、事故由来の放射性物質による年間の追加被ばく線量を 1 mSv 以下（0.19 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 以下）にすることを対策目標としている。なお、除染作業については学校や公園等の子どもの利用が多い施設を優先的に行われた。

柏市北西部に位置する千葉県立柏の葉公園は、敷地面積が約 450,000 m² と広大な総合公園であり、千葉県民の憩いの場となっている。しかし当園では、県除染プランが策定された平成24年4月19日以前から 0.23 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ （大地からの線量率 0.04 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ を含む）を超える線量率が測定され、園内の様々な施設で除染作業が実施された。

本調査は、柏の葉公園内の「庭球場」において、除染作業前後の線量率等の詳細な測定・解析を実施し除染効果の検証を行った。今後、除染作業が予定されているその他の除染対象施設において効率的な除染作業推進のための資料として本調査結果が活かされることを期待する。

*Corresponding author: TEL : 0436-21-6371 FAX : 0436-21-6810 E-mail : y.ichkw17@pref.chiba.lg.jp

2. 調査方法

(1) 調査時期・区域

柏の葉公園内の庭球場は砂入り人工芝コートが計 8 面あり、庭球場全体の約 5,700 m² が除染対象面積である。除染作業前調査を平成 25 年 1 月 21 日に、除染作業中調査を同年 1 月 29 日と 2 月 4 日に、除染作業後の調査を同年 2 月 25 日に実施した。

(2) 除染作業前調査

a) 線量率の測定

測定地点として、Fig. 1(a) に示した○と☆の計 30 ヶ所を選定した。線量率の測定は、エネルギー補償型 NaI (Tl) シンチレーション式サーベイメータ（日立アロカメディカル株式会社製 TCS-172B）の検出器ヘッドを地上から 50 cm と 1 m の高さに固定し、時定数 30 秒の条件で行った。各測定地点でサーベイメータの測定値が安定するのを待ってから測定値を読み取り記録し、サーベイメータごとの校正定数を乗じたものを測定値に採用した。なお、本報で取り扱う線量率の測定値は大地からの

自然放射線量率 0.04 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (バックグラウンド値)²⁾を差し引いたものである。

b) 珪砂試料の採取・調製方法

庭球場で使用されている砂は珪砂であり、摩擦防止策として庭球場内に均一に敷かれており、庭球場の使用頻度や風による飛散状況等を踏まえて、随時、新珪砂が追加されている。原発事故後、放射性物質に汚染された珪砂の抜き取りは行われておらず、継続的に新珪砂の追加が行われてきた。珪砂中の放射能濃度を確認するために、線量率測定地点に併せて Fig. 1(a) の☆で示された地点で採取した。人力（草ぼうきと塵取り）により採取した珪砂は、ジップ式ポリ袋に入れて研究室に持ち帰った。その後、105°Cで 24 時間乾燥させて乾燥重量を量った後、ステンレス製の 2 mm 目のふるいを通して得た土壌を十分混合し、ポリプロピレン製 U-8 容器に充填高が 40~50 mm となるように隙間無く充填した。

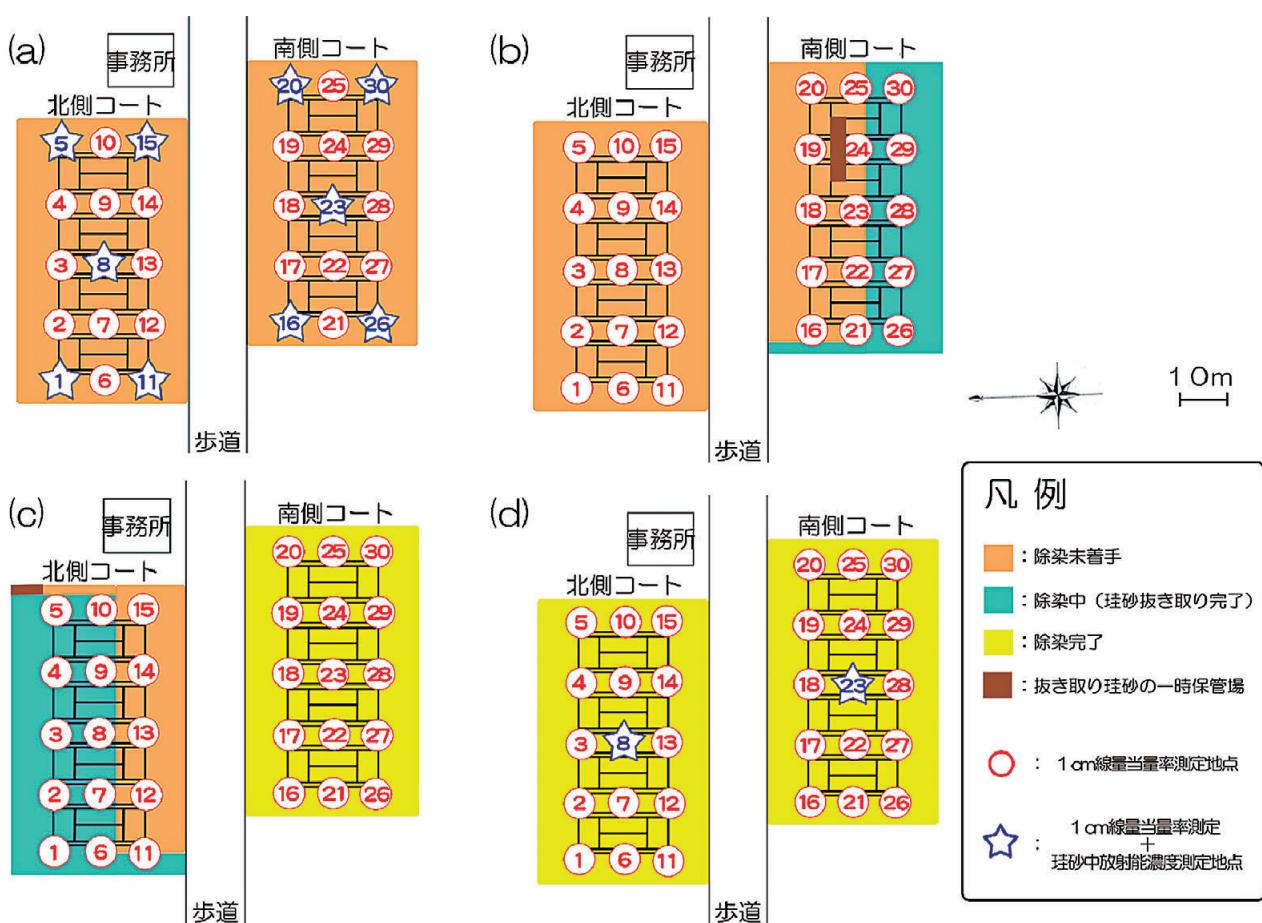


Fig. 1 庭球場での調査地点

- (a) 除染作業前：2013 年 1 月 21 日,
- (b) 除染作業中：2013 年 1 月 29 日,
- (c) 除染作業中：2013 年 2 月 4 日,
- (d) 除染作業完了後：2013 年 2 月 25 日

c) ゲルマニウム半導体検出器の測定条件

調製した珪砂の測定はゲルマニウム半導体検出器（キャンバラ社製 GC2520、分解能：放射性核種⁶⁰Co のピークエネルギー 1,332 keV に対する半値幅は 1.75 keV、相対効率：32.9%）で行い、ガンマ線スペクトロメトリによりガンマ線放出核種濃度を定量した。測定時間は 3,600～7,200 秒とし、定量計算にはコベル法を用いた。試料採取日時に減衰補正し、また自己吸収補正及びサムピーク補正も行った。

なお、福島原発事故由来の放射性物質として¹³¹I 等の半減期が短い核種については、現在では検出限界以下に減衰していることを考慮して、本調査における検討対象核種は放射性セシウムのうち¹³⁴Cs (定量ピーク : 605 keV) 及び¹³⁷Cs (662 keV)とした。

(3) 除染作業中調査

a) 除染作業

Fig. 2 に示した人工芝等の充填材（珪砂やゴムチップ）を抜き取るために開発されたレノマチックという人工芝再生とゴミ除去の専用機により、庭球場内の汚染珪砂の抜き取り作業をむら無く実施した。レノマチックによる走行が困難である庭球場のフェンス等の境界部については、スコップによる人力での汚染珪砂の除去を行った。抜き取り作業で発生した汚染珪砂は、容積が 1 m³ のフレキシブルコンテナバッグと呼ばれる大型土のう袋に詰め込み庭球場内に珪砂抜き取り作業が完了するまで一時的に保管した。

なお、抜き取った汚染珪砂の合計量は 40,560 kg (珪砂の密度は 1.56 t/m³ でフレキシブルコンテナバッグ 26 袋分) となり、それら全体を遮水シートで梱包し、同公園内の一区画を 150 cm 深さ掘削した穴の中に埋設した。使用した遮水シートは厚さ 1.5 mm 以上の軟質塩化ビニルシートで耐久性・耐候性・遮水・防水性・耐寒性を有し、日本遮水工協会の認定品である。埋設

作業後は、転圧機（地表面に力を加え締め固める建設機械）により十分に締め固め、放射性物質に汚染されていない土砂（放射能濃度の低い土壤）による 45 cm 厚さの覆土により放射線の遮へいを行った。

除染の最終工程として、サンドスプレッダー（砂充填機）を用いて新珪砂が庭球場内に 42,000 kg 敷布された。新珪砂は、コートブラシにより敷均した。

b) 線量率の測定

除染工程として庭球場内の汚染された珪砂の抜き取りが実施されたのに伴い、汚染珪砂の除去による線量率の低減率を調査した。除染作業中調査は平成 25 年 1 月 29 日と 2 月 4 日に行い、それぞれの調査地点は Fig. 1(b と c) に示した。

1 月 29 日の段階では、南側コートについては、汚染珪砂の抜き取り作業が調査地点 No. 26～30 まで実施されており、北側コートについては除染未着手であった。2 月 4 日においては、南側コートでは除染作業が完了しており、北側コートについては汚染珪砂の抜き取り作業が調査地点 No. 1～11 まで実施されている状況であった。

(4) 除染作業後調査

a) 線量率の測定

Fig. 1(d) に示した調査地点で線量率の測定を行った。測定条件は、除染作業前調査と同様である。除染作業前後の線量率の結果を比較し、除染による線量率の低減率を確認した。

b) 新珪砂試料の採取・調製方法

除染作業の仕上げ工程として、新珪砂を庭球場内に散布し均一化した。Fig. 1(d) の☆地点で新珪砂を採取し、放射能汚染の有無を確認した。珪砂試料の調製とゲルマニウム半導体検出器による測定は除染作業前と同様の方法であり、除染作業前後の珪砂中放射能濃度の比較を行った。

3. 調査結果

(1) 除染作業前調査

a) 線量率の測定結果

除染作業前に各調査地点で測定した線量率の結果を Table 1 に示した。地上から 50 cm、1 m の高さで検出された各々の線量率は、0.21～0.30 μSv/h (平均線量率 : 0.27 μSv/h)、0.21～0.29 μSv/h (平均線量率 : 0.26 μSv/h) であり、除染対象施設として扱う際に目安となる 0.19 μSv/h を全ての調査地点で超過した。地上から 50 cm、1 m の高さの線量率の変動係数がそれぞれ 6.1 と 6.0 であり、線量率の地点間のばらつきが小さいこと



Fig. 2 レノマチックでの汚染砂の抜き取り作業中

が分かった。庭球場は、地形的に高低が無い平面状に広がった人工芝であるため、周辺環境に存在するガンマ線放出核種の影響をどの調査地点でもほぼ同程度に受けているためと考えられる。

b) 珪砂中における放射能濃度の測定結果

珪砂中放射能濃度は線量率測定結果と併記するかたちで

Table 1 に示した。珪砂中の放射性セシウム ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) の濃度範囲は 5,200~7,500 Bq/kg (乾燥重量) で、平均値は 6,400 Bq/kg (乾燥重量) であった。計 10 地点で採取した珪砂中放射能濃度の変動係数は 10.6 で地点間差は小さく、庭球場内の珪砂はほぼ一様な放射能濃度分布であることが確認された。

Table 1 2013 年 1 月 21 日における庭球場の線量率と珪砂中放射能濃度 (除染作業前)

調査地点	線量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		珪砂中放射能濃度 (Bq/kg-乾燥重量)		
	0.5 m	1 m	^{134}Cs	^{137}Cs	Total*
1	0.26	0.24	2100	3900	6000
2	0.27	0.27	—	—	—
3	0.28	0.27	—	—	—
4	0.29	0.27	—	—	—
5	0.29	0.29	2300	4100	6400
6	0.25	0.24	—	—	—
7	0.29	0.27	—	—	—
8	0.27	0.26	2100	3600	5700
9	0.29	0.28	—	—	—
10	0.24	0.24	—	—	—
11	0.25	0.23	2500	4600	7100
12	0.25	0.26	—	—	—
13	0.26	0.26	—	—	—
14	0.26	0.25	—	—	—
15	0.21	0.21	1800	3400	5200
16	0.26	0.25	2300	4300	6600
17	0.28	0.26	—	—	—
18	0.28	0.28	—	—	—
19	0.30	0.29	—	—	—
20	0.27	0.25	2300	4400	6700
21	0.26	0.24	—	—	—
22	0.28	0.26	—	—	—
23	0.27	0.27	2200	3800	6000
24	0.28	0.28	—	—	—
25	0.28	0.26	—	—	—
26	0.25	0.25	2700	4800	7500
27	0.26	0.26	—	—	—
28	0.26	0.26	—	—	—
29	0.28	0.26	—	—	—
30	0.25	0.24	2200	4000	6200
範囲	0.21~0.30	0.21~0.29	1800~2700	3400~4800	5200~7500
平均	0.27	0.26	2300	4100	6400
標準偏差	0.02	0.02	200	400	700
変動係数	7.0	6.9	8.7	9.8	10.9

* $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$

— : 測定を実施せず

(2) 除染作業中調査

a) 線量率の測定結果

平成 25 年 1 月 29 日と 2 月 4 日の除染作業中に実施した線量率の結果を、それぞれ Table 2 と Table 3 に示した。

1 月 29 日 (Table 2) の調査では、汚染珪砂の抜き取り作業が完了した調査地点 (No. 26~30) における地上から 50 cm、 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ であり、除染未着手の調査地点 (No. 1~15, No. 17~20, No. 25) と比べ、明らかな線量率の低減が確認された。

また、一部の珪砂の抜き取り作業が完了した調査地点 (No. 16, No. 21~23) についても、調査地点直下及びその周辺の汚染珪砂の抜き取り面積や量に応じた線量率の低減が見受けられた。抜き取った汚染珪砂をフレキシブルコンテナバッグに詰め込み一時保管していた箇所に近接した調査地点 (No. 24) では除染未着手前よりも線量率が増加した。

2 月 4 日 (Table 3) の調査については、除染作業が完了した南側のコートの全調査地点 (No. 16~30) で顕著な線量率の低

Table 2 2013 年 1 月 29 日における庭球場の線量率（除染作業中）

調査地点	線量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		除染の状況
	0.5 m	1 m	
1	0.28	0.26	未着手
2	0.28	0.28	"
3	0.28	0.28	"
4	0.29	0.29	"
5	0.28	0.29	"
6	0.27	0.27	"
7	0.28	0.28	"
8	0.29	0.29	"
9	0.30	0.29	"
10	0.27	0.27	"
11	0.26	0.28	"
12	0.28	0.28	"
13	0.26	0.26	"
14	0.26	0.27	"
15	0.21	0.23	"
16	0.20	0.21	一部の珪砂抜き取り
17	0.27	0.26	未着手
18	0.28	0.27	"
19	0.30	0.30	"
20	0.27	0.28	"
21	0.14	0.15	一部の珪砂抜き取り
22	0.19	0.22	"
23	0.23	0.26	"
24	0.42	0.40	抜き取った珪砂の一時保管場
25	0.28	0.29	未着手
26	0.11	0.14	珪砂の抜き取り完了
27	0.13	0.13	"
28	0.12	0.14	"
29	0.14	0.15	"
30	0.13	0.15	"
範囲	0.11~0.42	0.13~0.40	
平均	0.24	0.25	
標準偏差	0.07	0.06	
変動係数	28.8	24.9	

減が計測され、地上から 50 cm、1 m の高さで測定された線量率の範囲は 0.09~0.11 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (平均線量率 : 0.10 $\mu\text{Sv}/\text{h}$)、0.09~0.12 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (平均線量率 : 0.11 $\mu\text{Sv}/\text{h}$) であった。1月 29 日の調査結果と同様に、汚染珪砂の抜き取り作業が完了した調査地点 (No. 1~5) では線量率の低減が確認された。また、抜き取った汚染珪砂を一時的に保管した場所から比較的近い調査地点 (No. 5) では、汚染珪砂の抜き取り作業が完了してい

たにも関わらず線量率の低減が確認されなかつた。この原因としては、汚染珪砂の一時保管場が近くにあったことが考えられる。除染作業未着手の調査地点 (No. 6~15) についても、地点間差はあるが線量率の低減が確認された。この原因として No. 1~5 の汚染珪砂を抜き取ったことや周辺環境(庭球場南側コート外周を囲む芝地、歩道、側溝など)の除染作業が同時期に開始されたことが考えられる。

Table 3 2013 年 2 月 4 日における庭球場の線量率(除染作業中)

調査地点	線量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		除染の状況
	0.5 m	1 m	
1	0.12	0.13	珪砂の抜き取り完了
2	0.15	0.15	"
3	0.13	0.15	"
4	0.14	0.16	"
5	0.24	0.24	"
6	0.12	0.14	未着手
7	0.17	0.18	"
8	0.17	0.18	"
9	0.19	0.19	"
10	0.23	0.22	"
11	0.16	0.19	"
12	0.26	0.25	"
13	0.27	0.26	"
14	0.25	0.26	"
15	0.21	0.22	"
16	0.10	0.11	除染完了
17	0.11	0.10	"
18	0.10	0.10	"
19	0.11	0.11	"
20	0.09	0.09	"
21	0.10	0.11	"
22	0.09	0.09	"
23	0.09	0.11	"
24	0.10	0.11	"
25	0.11	0.12	"
26	0.11	0.12	"
27	0.10	0.11	"
28	0.09	0.10	"
29	0.11	0.11	"
30	0.11	0.11	"
範囲	0.09~0.27	0.09~0.26	
平均	0.14	0.15	
標準偏差	0.06	0.05	
変動係数	39.6	36.4	

(3) 除染作業後調査

a) 線量率の測定結果

除染作業後の線量率測定結果はTable 4の通りである。地上から50 cm、1 mの高さで検出された各々の線量率は、0.07~0.11 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (平均線量率: 0.09 $\mu\text{Sv}/\text{h}$)、0.07~0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (平均線量率: 0.09 $\mu\text{Sv}/\text{h}$)であり、すべての調査地点で0.19 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

を下回り、除染効果の有効性が認められた。

b) 新珪砂中における放射能濃度の測定結果

除染作業後に採取した新珪砂の放射能濃度測定結果はTable 4に示してある。新珪砂中の放射能濃度は除染前の汚染珪砂と比較して約99%低かった。

Table 4 2013年2月25日における庭球場の線量率と珪砂中放射能濃度(除染作業完了後)

調査地点	線量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		珪砂中放射能濃度 (Bq/kg-乾燥重量)		
	0.5 m	1 m	^{134}Cs	^{137}Cs	Total [※]
1	0.09	0.09	—	—	—
2	0.11	0.13	—	—	—
3	0.11	0.11	—	—	—
4	0.10	0.12	—	—	—
5	0.10	0.10	—	—	—
6	0.08	0.08	—	—	—
7	0.08	0.08	—	—	—
8	0.08	0.08	40	80	120
9	0.08	0.08	—	—	—
10	0.09	0.09	—	—	—
11	0.07	0.08	—	—	—
12	0.09	0.08	—	—	—
13	0.08	0.08	—	—	—
14	0.08	0.07	—	—	—
15	0.08	0.08	—	—	—
16	0.10	0.10	—	—	—
17	0.09	0.10	—	—	—
18	0.09	0.09	—	—	—
19	0.10	0.10	—	—	—
20	0.09	0.09	—	—	—
21	0.10	0.10	—	—	—
22	0.08	0.08	—	—	—
23	0.08	0.09	20	50	70
24	0.08	0.09	—	—	—
25	0.09	0.10	—	—	—
26	0.09	0.10	—	—	—
27	0.10	0.10	—	—	—
28	0.08	0.09	—	—	—
29	0.10	0.11	—	—	—
30	0.09	0.10	—	—	—
範囲	0.07~0.11	0.07~0.13	20~40	50~80	70~120
平均	0.09	0.09	30	65	95
標準偏差	0.01	0.01			
変動係数	11.4	14.4			

※ $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$

— : 測定を実施せず

4. 考察および結論

(1) 汚染珪砂中における放射性セシウム(^{134}Cs 、 ^{137}Cs)の割合

庭球場内で採取した珪砂中の ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度の幾何平均値から ^{134}Cs : ^{137}Cs の割合を見積もったところ 0.56 : 1 であった。関東地方において、福島第一原子力発電所から放出された放射性物質による線量率の上昇が観測されたのは2011年3月15日と3月21日であるが、放射性セシウムの大部分は3月21日の降雨とともに関東地方の地上に降下したと考えられている^{3,4)}。その時点の ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比を 1:1 として⁵⁾、物理的半減期のみによる減衰（風雨などによる自然要因による減衰：ウェザリング効果は加味しない）を考慮し、除染作業前調査を実施した1月21日現在の ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比を放射壊変の式で求めると 0.56 : 1 となり実測値に近似した。のことから、本調査で検出された放射性セシウムは福島第一原子力発電所事故由来と推察される。

(2) 庭球場内における放射性セシウムの一様分布

線量率ならびに珪砂中放射能濃度の測定結果より算出した変動係数からも測定値の地点間差が小さいことが確認された。4.(1)から庭球場内の放射性セシウムは福島原発由来であると仮定すると、本調査区域周辺に放射性物質が一様にフォールアウトしたと考えられる。

計 10 地点で採取した珪砂中の ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の放射能濃度に地点間差がほぼ無かったことから、幾何平均値 (^{134}Cs : 2,300 Bq/kg、 ^{137}Cs : 4,100 Bq/kg) を各放射性核種の代表値として、庭球場の敷地面積と抜き取り除去された汚染珪砂の乾燥重量から庭球場内の ^{134}Cs と ^{137}Cs の地表沈着量を見積もった。算出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の地表沈着量は 16,000 Bq/m²、28,600 Bq/m² となり、文部科学省が運営する放射線量等分布マップ（平成 24 年 12 月 28 日時点のモニタリング結果）の柏市周辺における ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の報告値である 10,000~30,000 Bq/m² の範囲内であった。

庭球場は人工芝で構成されているため、放射性物質の地中への浸透は無い。放射性物質の地中への浸透の程度を表すパラメータとして β (g/cm²) が知られている。 β 値は放射能濃度が地表の 37% (1/e 倍) になる深さと定義されており、本調査区域のように透過性のない地表面の場合には、 β 値は 0.1 g/cm² が適していると報告されている⁶⁾。地表沈着量から、地上から高さ 1 m の線量率へと換算するための換算係数 ($\mu\text{Sv/h}$) / (Bq/m^2) は β 値に依存する。なお、換算係数はガンマ線を減衰させるような障

害物が周囲になく、無限に開かれた地形（無限平面）の仮定に基づいて設定された計算値である。庭球場内には障害物が一切なく、地形的に高低が無い解放された場所であるため、本報では無限平面と仮定して解析を行った。放射能測定法シリーズ33⁶⁾ に記載されている換算係数を用いて庭球場における放射性セシウムの土壤沈着量から線量率への換算を試みたところ 0.17 $\mu\text{Sv/h}$ となり実測値(0.26 $\mu\text{Sv/h}$)とは 0.09 $\mu\text{Sv/h}$ (実測値の 35%相当) 相違があった。ガンマ線は空気中を百メートル以上も飛程することが知られており、地上から高さ 1 m にサーベイメータを設置すると、主として数十メートル四方の地面から飛んできたガンマ線も検知される⁷⁾。実地では、完全な無限平面地形はあり得ないため、土壤沈着量から見積もった線量率との差は、庭球場敷地外の周辺環境によるガンマ線の影響によるものと考えられる。

(3) 線量率の低減率と除染効果

汚染珪砂の抜き取り作業が完了前後における地上から高さ 50 cm、1 m の線量率の平均低減率は、各々 52 % (0.27 $\mu\text{Sv/h}$ から 0.13 $\mu\text{Sv/h}$ に低減)、46 % (0.26 $\mu\text{Sv/h}$ から 0.14 $\mu\text{Sv/h}$ に低減) となり、汚染珪砂の抜き取り作業のみで、調査地点の線量率は 0.19 $\mu\text{Sv/h}$ を下回った。ただし、抜き取られた汚染珪砂が詰め込まれたフレキシブルコンテナバッグ周辺では線量率が高くなるため、運搬及び保管作業を実施する作業者の不必要な被ばく防止に対する配慮は大切である。

また、新珪砂を散布することによって人工芝に若干残っている放射性物質由来のガンマ線に対する遮へい効果が確認された。遮へい効果を地上から高さ 50 cm、1 m の線量率の低減率から求めると、それぞれ 31 % (0.13 $\mu\text{Sv/h}$ から 0.09 $\mu\text{Sv/h}$ に低減)、36 % (0.14 $\mu\text{Sv/h}$ から 0.09 $\mu\text{Sv/h}$ に低減) であった。当該除染手法では、汚染珪砂の抜き取りと新珪砂の人工芝全面への敷均し (敷均し量: 約 0.74 g/cm²) によって全調査地点で 0.19 $\mu\text{Sv/h}$ を下回り有効性が確認された。汚染珪砂抜き取りと新珪砂の敷均しを組み合わせた線量率の低減率は、地上から 50 cm、1 m でそれぞれ 67 %、65 % であった。

汚染珪砂の埋設穴は、汚染されていない土壤による遮へいが行われた。覆土による遮へい効果については、30 cm 厚さで線量率を 40 分の 1 程度まで遮へいできると考えられている⁸⁾。当該除染作業で発生した汚染珪砂の埋設穴は 30 cm 以上の覆土がされており、十分な遮へい効果を示している。

参考文献

- 1) 千葉県災害復旧・復興本部：千葉県放射性物質除染実施プラン. (2012)
- 2) 環境省：追加被ばく線量年間1ミリシーベルトの考え方. (2011)
- 3) 保田浩志：これまでの環境モニタリングから見た原発災害. 日本放射線安全管理学会誌. 10, 99 (2011)
- 4) 佐波俊哉、佐々木慎一、飯島和彦、岸本祐二、齋藤究：茨城県つくば市における福島第一原子力発電所の事故由来の線量率とガンマ線スペクトルの経時変化. 日本原子力学会和文論文誌. 10, 163-169 (2011)
- 5) 公立鉱工業試験研究機関長協議会：放射線・放射能の基礎と測定の実際～放射線・放射能を正しく理解するために～. (2012)
- 6) 文部科学省：グルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法. 放射能測定法シリーズ 33. (2007)
- 7) 田崎晴明：やつかないな放射線と向き合って暮らしていくための基礎知識. (2013)
- 8) 環境省：福島県内の災害廃棄物の処理における一時保管. (2011)

2013年5月21日受付

2013年8月13日受理

和文要約

本調査は、柏の葉公園内の庭球場（人工芝コート）で行われた除染作業の前後において、線量率等の詳細な測定・解析を実施し除染効果の検証をした。除染手法は、摩擦防止策として庭球場内に均一に敷かれている汚染された珪砂をレノマチック（人工芝再生とゴミ除去の専用機）によりむら無く抜き取った。汚染珪砂の抜き取り作業による高さ 50 cm、1 m の線量率の低減率は、各々 52% (0.27 µSv/h から 0.13 µSv/h に低減)、46% (0.26 µSv/h から 0.14 µSv/h に低減) であった。さらに、新たに珪砂（汚染されていないことは確認済み）を散布することで、人工芝に若干残っている放射性物質由来のガンマ線に対する遮へい効果が確認された。遮へい効果を地上から高さ 50 cm、1 m の線量率の低減率から算出すると、それぞれ 31% (0.13 µSv/h から 0.09 µSv/h に低減)、36% (0.14 µSv/h から 0.09 µSv/h に低減) であった。汚染珪砂抜き取りと新珪砂の敷均しを組み合わせた線量率の低減率は、地上から 50 cm、1 m でそれぞれ 67% (0.27 µSv/h から 0.09 µSv/h に低減)、65% (0.26 µSv/h から 0.09 µSv/h に低減) であった。全調査地点で 0.19 µSv/h を下回り、本調査で実施された除染手法の有効性が確認された。