

〔資料〕

KURAMA-II の特性調査

石川県保健環境センター 環境科学部

河野 隆史・鳥屋子やまと・井上 和幸・
吉本 高志・岡田 真規子・内田 賢吾

〔和文要旨〕

走行サーベイ用機器KURAMA-IIについて、基本性能の確認及び運用方法の検討を行い、測定器の個体差による線量率のばらつきが十分小さいこと、OIL判断を行う範囲での指示値の直線性が確保されていることから、平常時から緊急時まで幅広い線量率で測定することが可能であることを確認した。また、方向特性を確認し、設置する際には測定部正面が車道中央部を向くよう運転席側の後部座席に設置することとし、原子力防災訓練にて運用し問題がないことを確認した。

キーワード：空間線量率、走行サーベイ、KURAMA-II、原子力防災

1 はじめに

2011年3月に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力規制委員会は原子力災害対策指針を制定した¹⁾。その中で、避難等の防護措置は、これまでのSPEEDI（緊急時迅速放射能影響予測システム）を用いた拡散予測による判断に代わり、運用上の介入レベル（Operational Intervention Level）（以下「OIL」という。）として、空間放射線量率の実測値により判断することが示された。

空間放射線量率については、発電所周辺に設置されているモニタリングポスト（固定観測局、電子式線量計や可搬型モニタリングポスト）による測定だけでなく、必要に応じてサーベイメータや走行サーベイによる測定も実施することとされ、特に走行サーベイは広範囲で効率良く空間放射線量率の分布を把握することができることから重要だとされている²⁾。

また、OILに基づく防護措置の実施判断のため、測定機器の性能としては少なくとも0.5～500 μSv/hまで測定できることが求められている²⁾。

本県では現在、走行サーベイ機器としてRAMISESシステム（（公財）原子力安全技術センター製）を使用しているが、測定部がNaIシンチレーション検出器であり、測定上限が30 μSv/h程度であるため、OILに基づく防護措置の判断（0.5

～500 μSv/h）に使用できない。

このことから、本県では、福島原子力発電所周辺で走行サーベイシステムとして運用されている株式会社松浦電弘社製KURAMA-II³⁾を令和元年度に5台整備し、基本性能を確認した。また、車内の設置方法等、運用方法について検討を行うとともに、令和2年度石川県原子力防災訓練で使用した結果について報告する。

2 測定方法

2.1 使用機器

KURAMA-IIの装備一式を図1に示す。留め具がついている側を正面とし、データ処理部、高線量率計、低線量率計が横並びになっており、蓋部分に伝送装置が取り付けられている。

検出部にCs (Tl) シンチレーション検出器（測定エネルギー範囲：30keV～3MeV）が用いられ、低線量率計用（38×38×25 mm）と高線量率計用（13×13×20 mm）として大きさの異なる2つの結晶を搭載しており、常時2つの線量率計で測定を行っている。測定レンジは、任意の線量率の値を設定し、低線量率計から高線量率計に採用する値を切り替えることで、幅広い線量率を測定することが可能である。データはLTE回線を用いてリアルタイムで当センターに設置したKURAMA-II用サーバへと送られる。また、測定間隔を1秒

A Study of Property of KURAMA-II. by KAWANO Takafumi, TOYANAGO Yamato, INOUE Kazuyuki, YOSHIMOTO Takashi, OKADA Makiko and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Air Dose Rate, Car-borne Survey, KURAMA-II, Nuclear Disaster Prevention

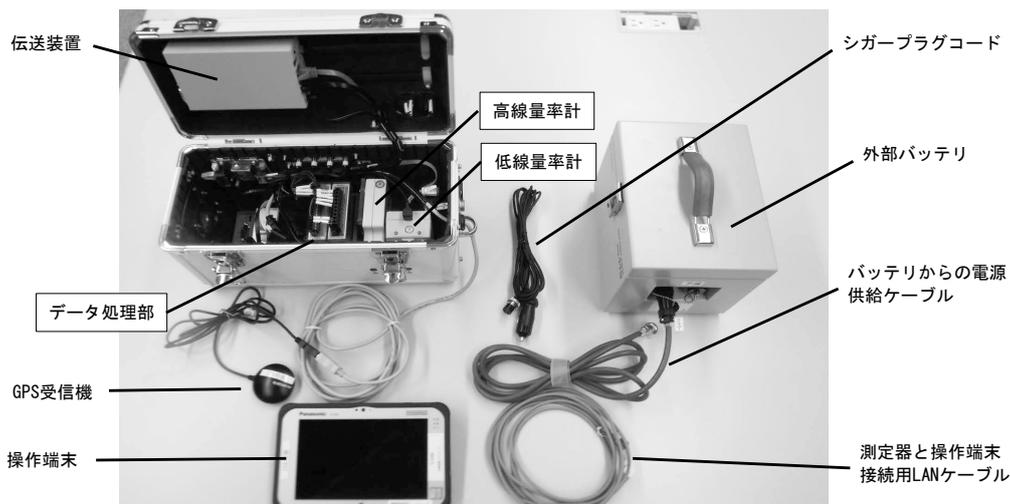


図1 KURAMA-II 機器一式

から60秒の範囲で任意に設定することが可能である。

測定器の取り扱いに不慣れな人でも容易に取り扱いができるよう、シガープラグコードを車のシガーソケットに接続することで電源供給され、自動的に測定が開始され、データが伝送される仕組みとなっている。

2・2 検討条件

個体差や測定間隔による差の検討は、バックグラウンド（以下「BG」という。）の状態で行った。

指示値の直線性や方向特性など線源を用いる検討は、当センター RI 実験棟の照射室に設置されている照射器（株式会社千代田テクノ製2π型γ線照射装置（¹³⁷Cs線源（3.70 GBq））を用いた。

2・3 測定結果の取り扱い

KURAMA-IIの測定結果はシーベルト (Sv) とグレイ (Gy) 両方のデータを取得することが可能であるが、OILの判断基準としてSv単位が用いられていることから測定結果の単位としてSvを用いた。

測定は1時間ずつ行い、結果には平均値を用いた。

3 結果と考察

3・1 個体差

測定装置の個体差を確認するため、KURAMA-II5台と比較用のNaIシンチレーションサーベイメータ（日立アロカメディカル株式会社製TCS-172B）を並べて測定を行った。KURAMA-IIの測定間隔、NaIシンチレーションサーベイメータの時定数をそれぞれ10秒とした。

測定結果を表1に示す。BGでの変動係数はKURAMA-IIの個体間での差が最大0.3%程度であり、大きな差異はみられず、NaIとの測定値の違いもみられなかった。また、KURAMA-IIの測定間隔を3秒としても変動係数は最大で0.6%程度と大きな差異はみられなかった。

表1 機器毎の個体差

時定数 (秒) (測定周期)	測定器 (番号)	周辺線量等量率 (μSv/h)		変動係数 (%)
		平均値	標準偏差	
10	1号機	0.091	0.005	5.5
	2号機	0.090	0.005	5.6
	3号機	0.093	0.005	5.8
	4号機	0.090	0.005	5.5
	5号機	0.090	0.005	5.6
	NaI	0.090	0.007	7.3
時定数 (秒) (測定周期)	測定器 (番号)	周辺線量等量率 (μSv/h)		変動係数 (%)
		平均値	標準偏差	
3	1号機	0.089	0.010	10.9
	2号機	0.089	0.010	11.3
	3号機	0.092	0.010	11.1
	4号機	0.088	0.010	10.9
	5号機	0.090	0.010	10.7

3・2 測定間隔による差

測定間隔による測定結果の差を確認するため、測定間隔1, 3, 10, 60秒でそれぞれ測定を行った。

測定結果を表2に示す。1秒では変動係数が18%程度、3秒で11%程度であり、BGでは測定間隔が3秒以上であればJISZ4333の基準である15%以下の基準を満たすことが確認できた。

このことから、平常時からの走行サーベイには測定間隔は3秒以上を使用することが必要であると考えられる。

3・3 指示値の直線性の確認

線量率の指示値の直線性を確認するため、照射線量率と

表2 時定数による差

時定数 (秒) (測定周期)	周辺線量等量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		変動係数 (%)
	平均値	標準偏差	
1	0.090	0.016	17.8
3	0.090	0.010	10.7
10	0.090	0.005	5.6
60	0.090	0.002	2.4

指示値の関係を調査した。照射線量率の調整は、測定器と線源との距離を適切に変えて行った。

(1) 低線量率計

当センターでは、 $40\mu\text{Sv/h}$ 以下の線量率下での実験が行えない。 $40\mu\text{Sv/h}$ 以下の線量率下の直線性については、日本原子力開発機構による低線量率計のみを備えたKURAMA-IIを用いた直線性の実験より、 $0.2 \sim 30\mu\text{Sv/h}$ で直線性が保たれていることが確認されている⁴⁾。

$40 \mu\text{Sv/h}$ 以上の線量率下での直線性については測定結果を図2に示す。 $40 \sim 200 \mu\text{Sv/h}$ 程度までJISZ4333の基準を満たし、直線性が保たれていることを確認した。

文献値及び今回の結果から $0.2 \sim 200 \mu\text{Sv/h}$ まで直線性が保たれていることを確認した。

(2) 高線量率計

図2に示したように、 $40 \mu\text{Sv/h} \sim 2 \text{ mSv/h}$ 程度までJISZ4333の基準を満たし、直線線が保たれていることを確認

した。

(3) 併用による直線性

(1) 及び (2) の結果から、低線量率計及び高線量率計を併用し、 $100\mu\text{Sv/h}$ 程度で採用値を切り替えることで、 $0.2 \mu\text{Sv/h} \sim 2 \text{ mSv/h}$ 程度まで直線性が保たれ、OILに基づく防護措置の判断基準である $0.5 \sim 500 \mu\text{Sv/h}$ の測定が行えることを確認した。

3・4 方向特性の確認

方向特性の確認を行うために、低線量率計と高線量率計が同時に直線性を保っている線量率下 ($200\mu\text{Sv/h}$ 程度) で図3のように軸を設定し、鉛直方向軸回りの回転と水平方向軸回りの回転をさせながら測定を行った。

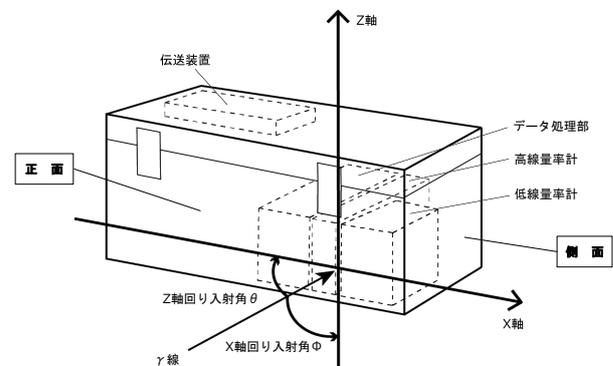
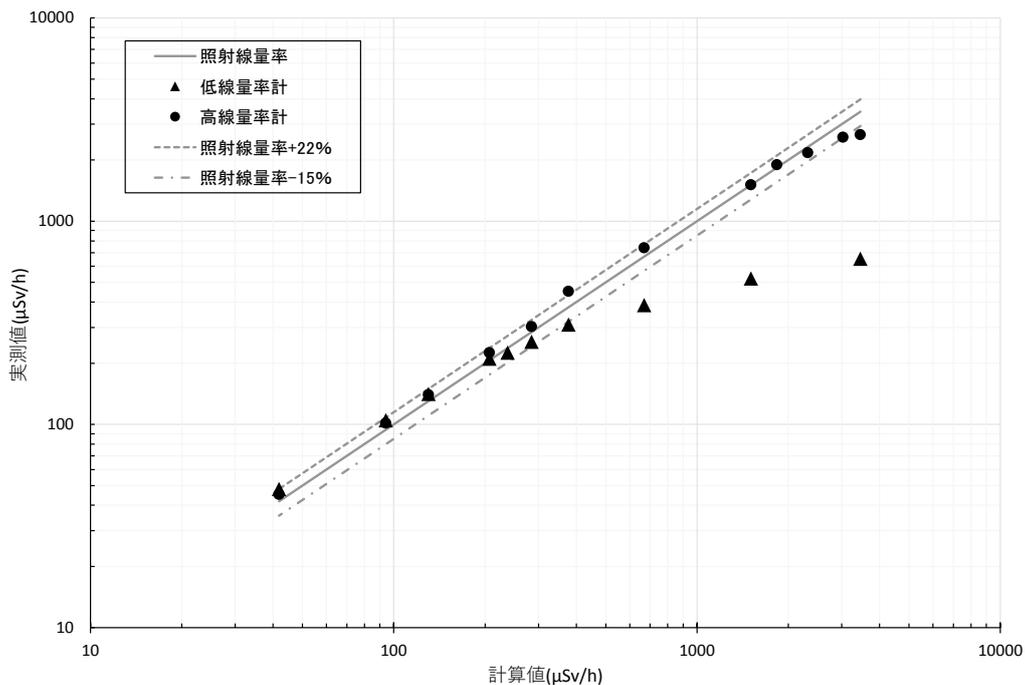


図3 KURAMA-II 軸設定

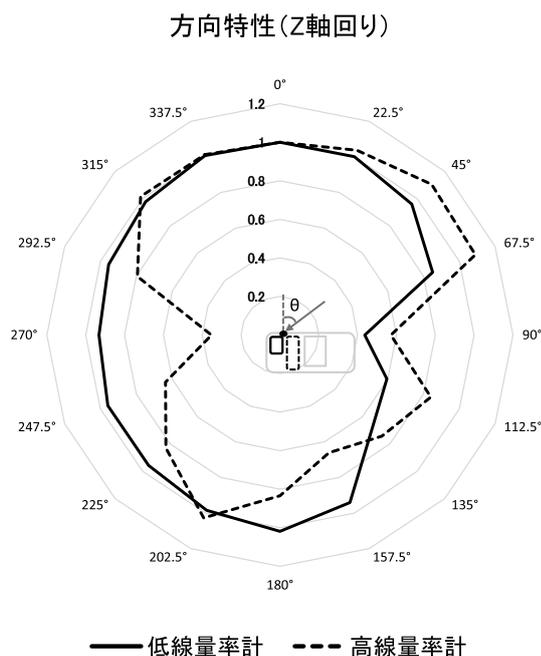
(1) Z軸回り (鉛直方向軸回り)

Z軸回りの測定結果を図4に示す。Z軸回りでは、側面方



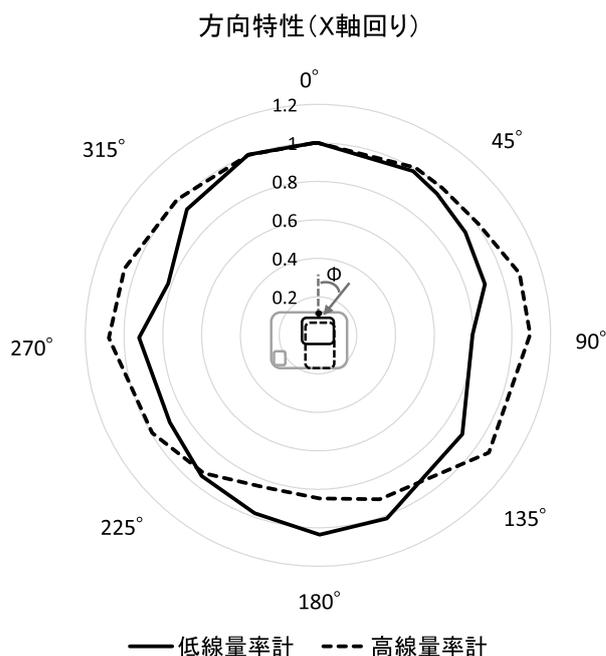
※代表機として5号機を使用

図2 線量率の直線性の確認



— 低線量率計 — 高線量率計
 ※ 0° 方向からの照射における値で規格化
 代表機として5号機を使用

図4 方向特性 (Z軸回り)



— 低線量率計 — 高線量率計
 ※ 0° 方向からの照射における値で規格化
 代表機として5号機を使用

図5 方向特性 (X軸回り)

向から照射した時に正面から照射した時の30%程度までレスポンスが低下した。原因は検出部の結晶2個及びデータ処理部が横並びとなり、側面方向からの放射線を遮蔽したためである。

(2) X軸回り (水平方向軸回り)

X軸回りの測定結果を図5に示す。X軸回りでは、(1)のように遮蔽となるものがなく、どの方向から照射してもJISZ4333の基準である±25%の範囲を満たした。

(3) 方向特性

(1) 及び (2) の結果から、側面方向からの照射に対してレスポンスの低下が見られることから、測定したい対象 (照射方向) に対し、検出器は正面を向ける必要があることが分かった。

3・5 電源供給方法

KURAMA-IIは走行サーベイ機器として、車内に設置することを想定して開発されたため、基本の電源供給方法がシガーソケットからとなっている。しかし、近年ではシガーソケットを搭載していない車が増加していることや、原子力災害時にはカーナビや拠点との通信を行うためのTV会議システム用の端末等、シガーソケットから電源供給を行う機器を車に搭載することが多い。そこで、既存の可搬型モニタリングポスト用の外部バッテリーMAR-1561-OP1 (日立アロカメディカル株式会社製 (リチウムイオン二次電池 15V 12Ah)) から電源供給を行うことの検討を行った。

電源はバッテリーからKURAMA-IIへの電源用接続ケーブルを用意し供給した。

測定値及び連続稼働時間を確認したところ、24時間以上安定して稼働可能であった。これにより1日中走行サーベイを行っても異常値や欠測等の問題がないことを確認した。

3・6 車内への設置方法

車内での設置場所により測定結果に差が出るおそれがあることから、設置場所の検討を行った。

検出器を歩道側に設置し走行サーベイを行った場合、道路横の建物や崖などの周辺環境の違いの影響を受けやすくなる⁵⁾。このことから、車道中央側 (運転席側) の後部座席に設置することとした。

また、3・4の方向特性も考慮し、検出部を測定したい車道中央向きになるよう運転席側後部座席にシートベルトで固定することとした。

またGPSの受信機については、電波を受信しやすいよう助手席側のダッシュボード上に設置することとし、3・5の外部バッテリーは遮蔽物となる可能性があることから、後部座席の足元に設置することとした。

設置の模式図を図6に示す。

3・7 原子力防災訓練での運用

これらを元に、令和2年度の石川県原子力防災訓練において、運用した。運用した地域は、LTE回線の電波状態が悪い地域が多い、志賀原子力発電所より北側30km圏内 (志賀町、輪島市、穴水町の山間部) である。

運用の結果を図7に示す。電波状態が悪く一部でデータ伝送に遅延が見られたが、異常値の発生や欠測、操作ミスにより測定できないなどの問題はなく、走行サーベイを行うことが

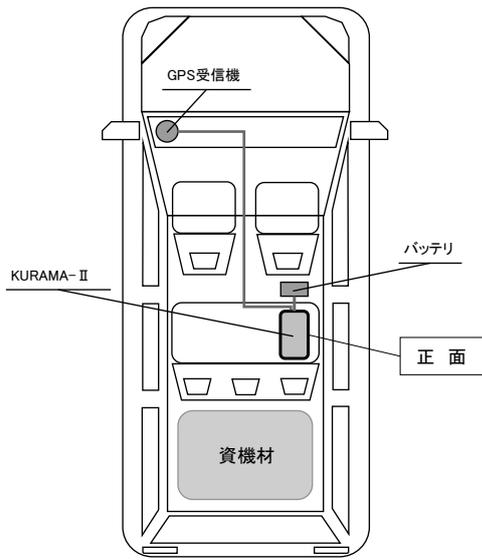


図6 車両への設置方法

できた。

4 まとめ

令和元年度に整備したKURAMA-IIの使用方法について検討を行った。

測定器の個体差による線量率の変動のばらつきが十分小さいこと、OIL判断を行う範囲での指示値の直線性が確保されていることから平常時から緊急時まで幅広い線量率で測定が可能であることを確認した。測定間隔については平常時からの測定を考慮して3秒とした。

方向特性については、側面方向からの照射に対しては、検

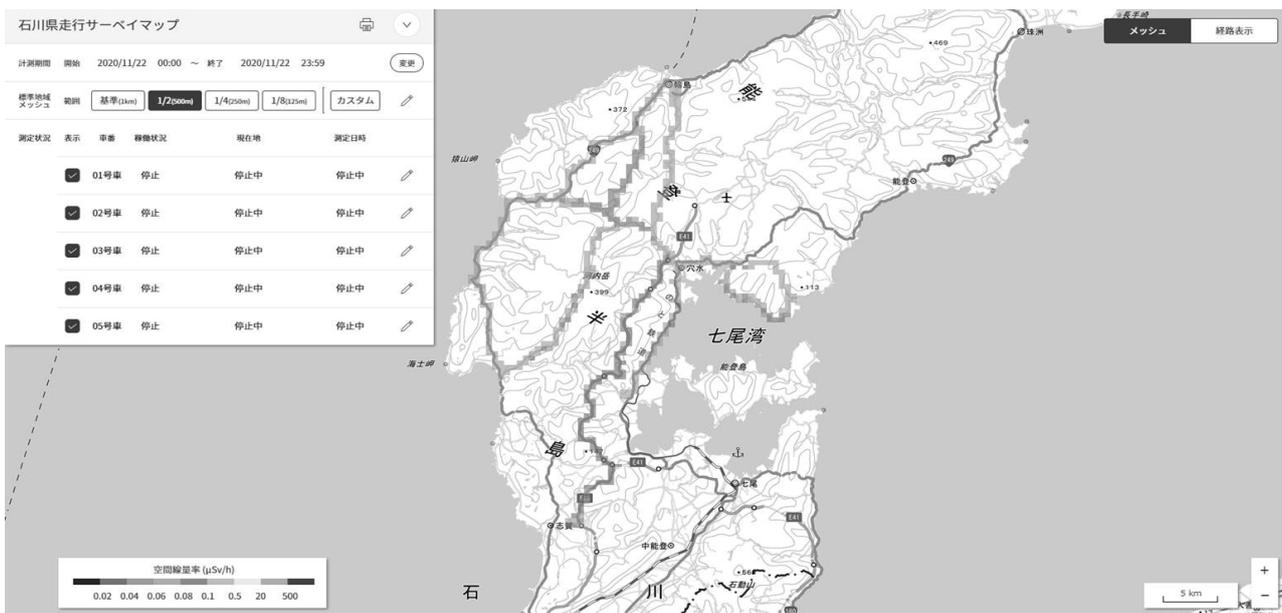
出部の結晶等が遮蔽となるため大きくレスポンスが低下することが分かった。そのため設置する際には測定部正面が車道中央部を向くよう運転席側の後部座席にすることとした。

また、令和2年度石川県原子力防災訓練において走行サーベイに使用し、異常値の発生や欠測などの問題なく走行サーベイを行うことができた。

以上から、走行サーベイ機器として運用するにあたり十分に使用できることが確認できた。

文 献

- 1) 原子力規制委員会：原子力災害対策指針，令和3年7月21日一部改正
- 2) 原子力規制庁監視情報課：緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料），令和元年7月5日一部改訂
- 3) 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構：平成31年度放射性物質測定調査委託費（東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約）事業 成果報告書
- 4) 津田修一，吉田忠義，中原由紀夫，佐藤哲郎，関暁之，松田規宏，安藤真樹，武宮博，谷垣実，高宮幸一，佐藤信浩，奥村良，小林康浩，吉永尚生，吉野泰史，内堀幸夫，石川剛弘，岩岡和輝，斎藤公明：走行サーベイステムKURAMA-IIを用いた測定の基盤整備と実測への適応，JAEA-Technology.2013-037（2013）
- 5) 高橋千太郎：原子力安全基盤科学③放射線防護と環境放射線管理，初版，159，京都大学学術出版会（2017）



※ 道路上の色分けされた四角がその範囲内で測定したデータの平均値を示している

図7 令和2年度原子力防災訓練マッピング図