

平成25年度 電子線量計を使った
簡易型放射線量率測定システムの技術調査

業務報告書

平成26年3月

公益財団法人 原子力安全技術センター

○ この印刷物は国等による環境物品等の調達に関する法律（グリーン購入法）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

目 次

| | |
|---|----|
| 第 1 章 調査の概要 | 1 |
| 第 2 章 防護措置の実施の判断のために必要な緊急時モニタリングの精度に係る検討 | |
| 2.1 電子式線量計の確からしさ | 2 |
| 2.1.1 電子式線量計とは | 2 |
| 2.1.2 個人被ばく用電子式線量計を環境測定に活用を試みた検討の例 | 2 |
| 2.1.3 周辺線量当量 $H^*(d)$ 、個人線量当量 $H_p(d)$ 等のおさらい | 3 |
| 2.2 電子式線量計が緊急時モニタリング（空間線量）に 求められる精度について | 5 |
| 第 3 章 電子式線量計の選定 | |
| 3.1 製品アンケート（市場調査） | 12 |
| 3.1.1 アンケート内容・項目 | 12 |
| 3.1.2 アンケート送付先 | 12 |
| 3.1.3 アンケート回収状況 | 12 |
| 3.2 簡易型空間線量率測定システムの候補製品の選定 | 13 |
| 3.2.1 選定のチャート | 13 |
| 3.2.2 第 1 の選定（基本項目） | 16 |
| 3.2.3 第 2 の選定（防護措置の実施の判断のために必要な 緊急時モニタリングの精度に係る項目） | 16 |
| 3.2.4 選定結果 | 17 |
| 3.2.5 第 3 の選定（さらに効果的で環境に即した要件項目） | 18 |
| 3.2.6 簡易型空間線量率測定システムの仕様について | 19 |
| 第 4 章 電送集信システムの検討 | |
| 4.1 電送集信にかかる通信機能の検討 | 21 |
| 4.2 伝送方法及び環境・停電対策の検討 | 23 |
| 4.3 伝送方法の多重化の検討 | 24 |
| 4.4 伝送間隔等の検討および線量による伝送間隔の切り替え方法の検討 | 25 |
| 4.5 各地方公共団体のテレメータおよび RAMISES との接続方法の検討 | 26 |
| 第 5 章 まとめ | 27 |
| 資料 | |
| 資料 1 : アンケート | |
| 資料 2 : アンケート回答内容 | |

第1章 調査の概要

原子力災害対策指針（以下「指針」という。）では、原子力災害発生時に限られた時間に得られる確実性の高い情報、すなわち空間線量率の実測値を基に避難等の防護措置の実施の判断（OIL：Operational Intervention Level 運用上の介入レベル）を下すこととしており、指針に沿った防護措置の実施の判断のためには、多くの地点による空間線量率データをもとにした面情報を長期にわたり取得できる手段が必要となる。

この場合、現状の環境レベルから緊急時まで対応するモニタリングポストやモニタリングステーション（以下、「モニタリングポスト等」という。）及び主に緊急時に使用する可搬型モニタリングポストより、今後OILによる防護措置の判断のための測定に重点を置いたさらにコストパフォーマンスの優れた空間線量率を測定するシステムの導入が望まれる。

すなわち、“コストパフォーマンスの優れた空間線量率を測定するシステム”の検討に際し新規に設計・開発することなく、近年市場形成されている電子式線量計を活用し緊急時モニタリング用のシステム化が図られるならば合理的であることは明白である。

ただし、市販されている電子式線量計の大半は個人被ばく積算線量の計測を目的としているため、環境用として緊急時モニタリングに求められる精度等（空間線量率計としての機能及び検出感度、エネルギー補償、表示方法等）に関して制限がある可能性がある。

よって本業務では、緊急時モニタリングで空間線量率計に求められる精度に対し、電子式線量計を活用したシステム（以下「簡易型空間線量率測定システム」という。）がどの程度の寄与の可能性があるのかを東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、「福島第一事故」という。）での飛散・拡散の状況やモニタリング状況等を参考に検討を行った。

また、簡易型空間線量率測定システムに活用可能な、緊急時モニタリングの結果の電送システムに係る技術についても調査し取りまとめた。

本件は、平成25年2月20日に開催された、原子力規制委員会と原子力施設等放射能調査機関連絡協議会との意見交換会でも、要望されているものである。

第2章 防護措置の実施の判断のために必要な緊急時モニタリングの精度に係る検討

2.1 電子式線量計の確からしさ

緊急時モニタリング（空間線量率）においては、測定の精度だけでなく急激な空間線量率の変化に対応できることが望まれる。

また、平常時にはガンマ線のエネルギー分布を仮定してモニタリングを実施できるため、一定の精度でモニタリングを実施できるのに対し、緊急時モニタリングにおいては、原子力事故によって放出された核種に依存して放射線のエネルギー分布が変わるため、平常時のモニタリングほどの精度（自然変動、及び漏えい等の区別が可能なレベル）を担保することは困難である可能性がある。

本業務では、このような事柄も考慮に入れたうえで、原子力災害対策の関係資料やモニタリングポスト等及び可搬型モニタリングポストを基準とし、電子式線量計が緊急時モニタリング（空間線量率）への要求に対し寄与できる度合いを整理した。

2.1.1 電子式線量計とは

原子力百科事典ATOMICAでは、電子式線量計について「個人被ばく計」のタイトル中で以下のように紹介されている。

<大項目> 放射線影響と放射線防護
<中項目> 原子力施設に係わる放射線防護
<小項目> 放射線防護用の測定
<タイトル> 個人線量計 (09-04-03-03)
g) 電子式線量計

半導体検出器を使用した線量計であり、デジタル表示で被ばく線量が直読可能であること、警報機能を付帯できること、測定記録が通信システムにのりやすく入退域管理、トレンド管理等にも利用できることから最近急速に利用が広がりつつある。

よって本調査では、半導体検出器を使用した線量計を主とし、その他の検出器のものは参考情報として扱う。

2.1.2 個人被ばく用電子式線量計を環境測定に活用を試みた検討

核融合研安全管理センターの山西弘城氏（現：近畿大学原子力研究所教授）が2005年に保健物理誌に投稿した資料が参考になる。

それによると、千代田テクノル社扱いのドーズキューブ（販売期間：平成12年～平成17年）を用い、線量計に記憶された積算線量の経時変化を取り出し、環境用（管理区域の監視）としての活用検討を行っている。

この製品は個人被ばく用電子式線量計としてはもっともポピュラーなものであり、電子式線量計の代表的存在である。

主な仕様は、

- ・検出器：シリコン半導体検出器
- ・測定範囲：線量当量 1 μ Sv～16Sv
線量当量率 1 μ Sv/h～4Sv/h

特徴としては、線量が1 μ Svに達するごとにその所要時間を記録していく方式で、最短の時間は2秒（最長35時間）となっている。

すなわち考え方としては、最短のサンプリングタイムが2秒の線量率計と考えるとよい。山西氏の検討結果をもとにするとOILに対応した測定は、以下ようになる。

- ・測定値の変動は線量率にあまり関係なく10%程度であること。
- ・OIL2の20 μ Sv/hの場合、安定した測定のために約5分程度の測定が必要。
- ・OIL1の500 μ Sv/hの場合は、1分以下。

よって、この結果だけみれば、個人被ばく用電子式線量計をなんら改造することなく、OIL1及びOIL2の判断のための測定可能な期待がもたれる。

残念ながら、本調査で目的とするところの環境用とするためには周辺線量当量 $H^*(d)$ 対応に言及されていないことと、販売元の千代田テクノル（株）がドーズキューブの販売をすでに終了しているため、線量率計化等を行っていない。

2.1.3 周辺線量当量 $H^*(d)$ 、個人線量当量 $H_p(d)$ 等のおさらい

1) 周辺線量

人体の深い位置にある臓器へ影響を及ぼす放射線は、主に γ 線（X線）や中性子線など電荷の無い放射線である。これらの放射線を対象とする測定器は、どの方向から来る放射線に対しても同等に反応する。このように放射線の入射方向に依存しない測定に係わる計測量を、ICRU球表面からの深さ d mm の位置で定義し、「周辺線量」 $H^*(d)$ と呼ぶ。1cm(10mm)深さの位置に対しては「1センチメートル（周辺）線量当量（1cm線量当量）」 $H^*(10)$ と呼ぶ。放射線の基本的な物理量である照射線量や空気吸収線量などからの換算係数は、放射線障害防止法令やICRP（International Commission on Radiological Protection 国際放射線防護委員会）報告に示されており、これらを用いて各測定器を $H^*(10)$ に対して校正することにより $H^*(10)$ は直接測定できる。

2) 方向性線量

周辺線量 $H^*(d)$ は放射線の入射方向に依存しない測定に対応する量であるのに反し、薄窓型サーベイメータなど β 線や低エネルギーX線などの弱透過性放射線の測定器は放射線の入射方向に依存する。このような場合、方向依存性が大きい測定に対応する量を「方向性線量」 $H'(d)$ と呼ぶ。主に皮膚や目の水晶体（深さ0.07mmおよび1cmの位置）の線量を対象として、それぞれ $H'(0.07)$ 、 $H'(10)$ と表される。これらの深さ位置での方向性線量は、実効線量との基本的な関係はなく、着目する組織の線量（等価線量）に対応する。

3) 個人線量

ICRU（International Commission on Radiation Units and Measurements 国際放射線単位及び測定委員会）は、人体個人の線量測定に対応する測定量として、人体表面の着目点からの深さ d mm の位置での線量値、「個人線量」 $H_p(d)$ を定義した。空間サーベイ用のときと同様、対象組織毎に深さに対応して $H_p(10)$ 、 $H_p(0.07)$ と表され、空間サーベイにおける測定量と特に区別のない場合、これらもそれぞれ「1cm線量当量」および「70 μ m線量当量」と呼んでいる。

例えば、サーベイメータ（電離箱サーベイメータ等）は空間の線量を求める物なので、周辺線量当量の線量が表示されるように校正されている。一方、個人線量計は人が身につけて、その人が浴びる放射線量を調べる物なので、個人線量当量の線量が表示されるように校正されている。

H*(10) なら体から離して空気中で計るのが正しい測定方法で、Hp(10) なら体身につけて計るのが正しい測定方法になる。

すなわち、H*(10)と Hp(10)は図 2.1.3-1 に示すように違う状況で校正（値付け）されているので、Hp(10)を測定する個人線量計で空間線量を測定すると過小評価になる。

概ね安価な機種ではどの線量当量を測定するものなのか記載されていないものが多い、また問い合わせに開示しない製品も見うけられる。

本調査では、そういった機種では、表示される数値は 1cm 線量当量とは大きくずれる可能性がある、H*(d)で校正されていることを重視している。なお、個人被ばく線量計（Hp(d)）として製造販売されている製品であっても、周辺線量（H*(d)）の測定が可能、もしくは改造等が可能な線量は調査の対象とした。

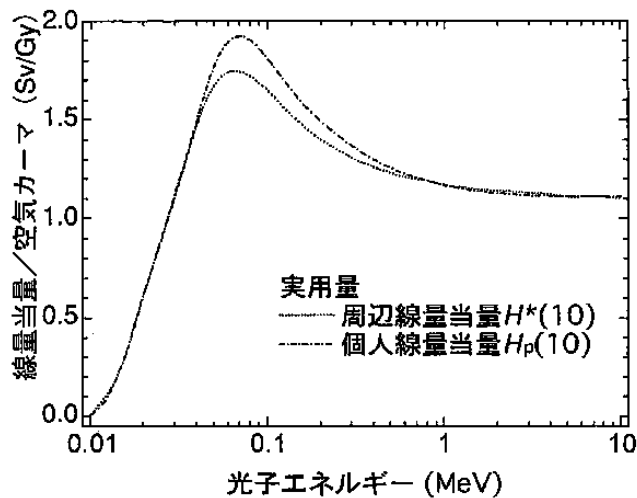


図 2.1.3-1 外部放射線に対する放射線防護に用いるための換算係数 (ICRP Pub74 より)

この3つの線量当量と測定器の関係等は以下の図のように示される。

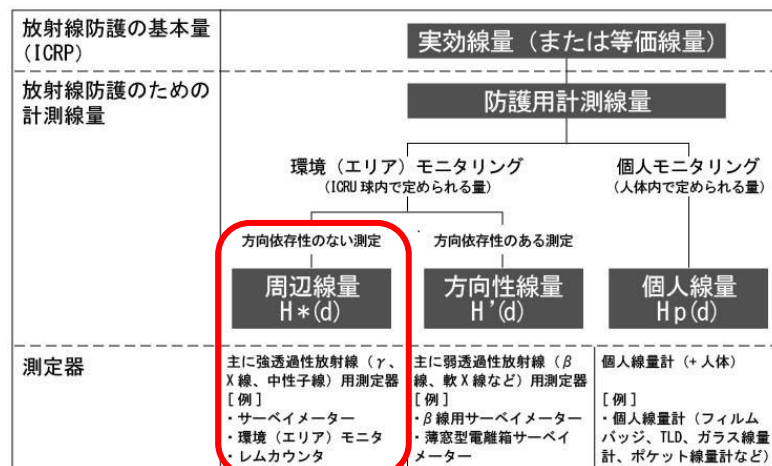


図2.1.3-2 放射線防護の基本量と測定器の関係等

2.2 電子式線量計が緊急時モニタリング（空間線量率）に求められる精度について

環境測定のための電子式線量計に関しては、まだJIS（日本工業規格）で規定されていない状況である。

本調査で目指すところは、新たに設計・開発することなく、市場の電子式線量計を活用してOILに必要な測定が可能な“コストパフォーマンスの優れた空間線量率を測定するシステム”の構築を目指している。また平常時には蛍光ガラス線量計やTLDと同等の積算線量計として使用し、緊急時になった際に線量率計に切り替えることも視野に入れる必要がある。

したがって、環境監視レベルからスペクトル情報まで取得できるJIS Z4325（環境 γ 線連続モニタ）を参照しつつ、電子式線量計（半導体検出器）の実績のあるJIS Z4312（電子式個人線量（率）計）を主とし、JIS Z4314（蛍光ガラス線量計測装置）、JIS Z4333（X線及び γ 線用線量当量率サーベイメータ）等のレベルを満足することでよいと考えられる。

精度等の検討項目は、以下の7項目とし、要求事項を整理した。

- | | |
|------------------|----------|
| ① 検出器 | ⑤ 電源保持期間 |
| ② 測定範囲（エネルギー） | ⑥ 温度環境 |
| ③ 測定範囲（線量率） | ⑦ 相対基準誤差 |
| ④ 測定時間（プリセットタイム） | |

なお、事故時の放射線にかかるデータは、福島第一事故に際しOIL1及びOIL2という概念が無かったため、相当する測定活動及びデータは存在しない。

ここでは、図2.2-3に示す米国エネルギー省(DOE：United States Department of Energy)と文部科学省による80km圏内のモニタリング結果（地上1mに換算した空間線量率、4/29）及び東京電力福島第一原子力発電所（図2.2-4 原子力安全・保安院公表データ）及び福島第二原子力発電所（図2.2-5 東京電力公表データ）の事業所内モニタリングポストのデータを使い検討する。

それぞれの要求事項をまとめると以下のようになる。

① 検出器

電子式線量計であるため、半導体式検出器とする。

② 測定範囲（エネルギー）

60keV～1.5MeV \pm 40% とする。

既存JISで該当するものは以下のとおりであるが、対象となる大半の核種のエネルギーは100keV以上であるため、JIS Z4312相当とする。

JIS Z4312：G2型 60keV～1.5MeV（ \pm 40%）

JIS Z4325 60keV～100keV（-50～+30%）、100keV～1.5MeV（-30～+30%）

JIS Z4333：EV型 60keV～1.5MeV（ \pm 30%）

「原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書」の中で、東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価のクロスチェック解析を行っており、放出された可能性のある核種が示されている。それらの核種について γ 線のエネルギーを追加したのが次表である。

一方、指針の「原子炉施設で想定される放射性物質の放出形態」の項では、「大気へ放出の可能性のある放射性物質としては、気体状のクリプトンやキセノン等の放射性希

ガス、揮発性の放射性ヨウ素、気体中に浮遊する微粒子等がある。」とされている。

よって防護対策上、 γ 線放出核種の測定が求められ、まず希ガス ^{133}Xe 、並びに放射性ヨウ素の ^{131}I 、 ^{132}I 、 ^{133}I 、 ^{135}I 、さらに長半減期の ^{134}Cs 、 ^{137}Cs を考慮する必要がある。

すなわち、エネルギーの範囲は、81keV～1.26MeVであり、60keV～1.5MeVの範囲に含まれている。

表2.2-1 「原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書－東京電力福島原子力発電所の事故について－」（平成23年6月原子力災害対策本部）より引用

| 核種 | 半減期 | 壊変 | γ 線エネルギー (keV) | |
|---------|---------|---------|--------------------------|---------------|
| Xe-133 | キセノン | 5.2 d | β | 81 |
| Cs-134 | セシウム | 2.1 y | β | 605、796 |
| Cs-137 | | 30 y | β | 662 |
| Sr-89 | ストロンチウム | 50.5 d | β | — |
| Sr-90 | | 29.1 y | β | — |
| Ba-140 | バリウム | 12.7 d | β | 537 |
| Te-127m | テルル | 109 d | β | — |
| Te-129m | | 33.6 d | β | 696 |
| Te-131m | | 30 h | β | 149、773、852 |
| Te-132 | | 78.2 h | β | 228 |
| Ru-103 | ルテニウム | 39.3 d | β | 497 |
| Ru-106 | | 368.2 d | β | 724 |
| Zr-95 | ジルコニウム | 64 d | β | 724,757 |
| Ce-141 | セリウム | 32.5 d | β | 145 |
| Ce-144 | | 284.3 d | β | 134 |
| Np-239 | ネプツニウム | 2.4 d | β | 106 |
| Pu-238 | プルトニウム | 87.7 y | α | — |
| Pu-239 | | 24065 y | α | — |
| Pu-240 | | 6537 y | α | — |
| Pu-241 | | 14.4 y | α 、 β | — |
| Y-91 | イットリウム | 58.5 d | β | 1.20 |
| Pr-143 | プラセオジウム | 13.6 d | β | — |
| Nd-147 | ネオジウム | 11 d | β | 91.1、531 |
| Cm-242 | キュリウム | 162.8 d | α | — |
| I-131 | ヨウ素 | 8 d | β | 364 |
| I-132 | | 2.3 h | β | 670、773 |
| I-133 | | 20.8 h | β | 530 |
| I-135 | | 6.6 h | β | 526、1.13、1.26 |
| Sb-127 | アンチモン | 3.9 d | β | 473、685 |
| Sb-129 | | 4.3 h | β | 812、914 |
| Mo-99 | モリブデン | 66 h | β | 740 |

③ 測定範囲（線量率）

バックグラウンド～概ね10mSv/hの測定範囲とする。

福島第一事故による放射性物質の沈着量分布の“面”的なデータは図 2.2-3 に示すように航空機モニタリングによるマップが作成され最大値は 91 μ Sv/h である。

しかしながら 4 月 2 日、3 日の測定によるものであったため、半減期の短い ^{131}I （半減期 8 日）は 3 半減期程度が経過しており ^{134}Cs 、 ^{137}Cs が支配的なマップになっている。

^{131}I については事故直後の土壌測定データも少なく、“面”的な分布は不明であったため、（独）日本原子力研究開発機構（JAEA）と米国 DOE は、この航空機モニタリング（4 月 2、3 日測定）のスペクトルデータから核種別の地表面沈着量を解析する手法を開発し（平成 25 年 6 月 27 日発表）、図 2.2-1 に示すような 4 月 3 日時点の ^{131}I マップの作成に成功した。この解析結果は、その後の地上データと比較検証し、妥当性が確認されている。

本検討では、 ^{131}I について JAEA が作成した 4 月 3 日時点の ^{131}I マップから 3 月 11 日までの半減期補正を行い、これに前述の 91 μ Sv/h（ ^{137}Cs の半減期は 30 年であるため半減期補正は省略する）を加えたものが最大測定値と同程度であることを確認し求められる線量率範囲を検討した。

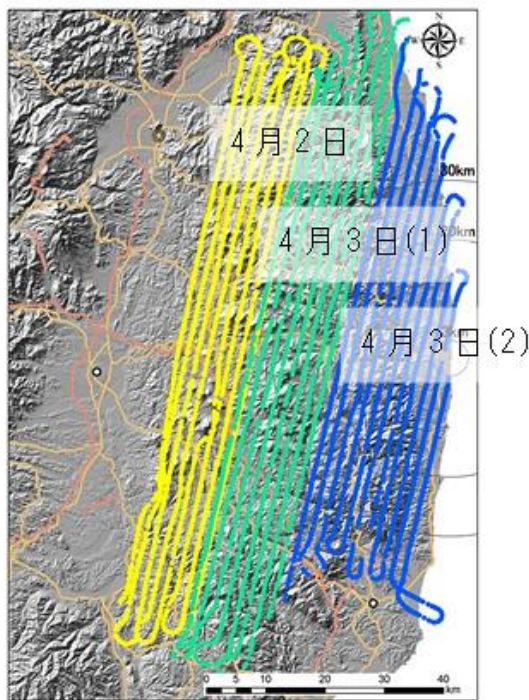


図1 測定を行った飛行機の軌跡

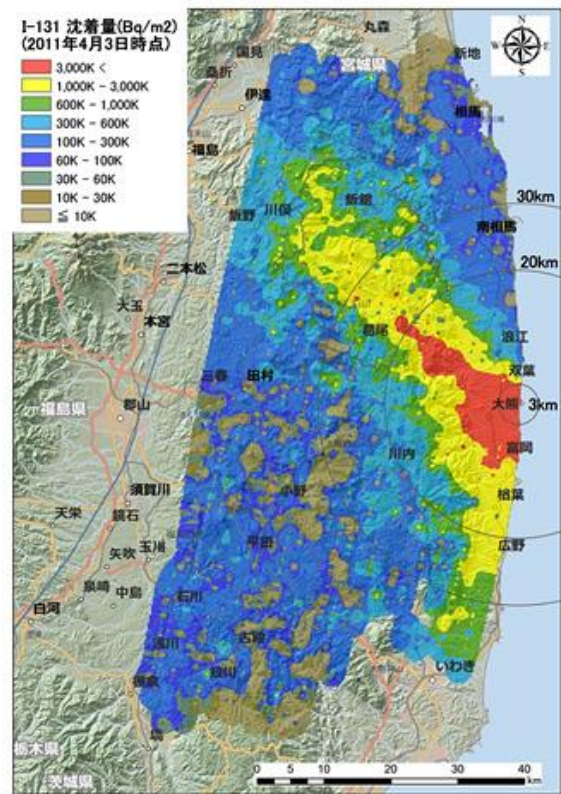


図2 ヨウ素 131 (I-131)の地表面沈着量(Bq/m²)
(平成 23 年 4 月 3 日時点)

図 2.2-1 新たに開発した航空機モニタリング解析手法を用いて福島第一原子力発電所事故により放出された ^{131}I の地表面沈着量を導出したもの。(平成 25 年 6 月 27 日)

図中の右図では最大値が示されていないものの、凡例により $6000\text{kBq}/\text{m}^2$ 以下であること推定され、半減期補正（3月11日から4月3日まで）と ICRU53 に示されている ^{131}I の地表濃度と線量率の換算係数 $0.00174\left(\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}\right)/\left(\frac{\text{kBq}}{\text{m}^2}\right)$ を適用すると以下のようになる。

$$\frac{6000\text{kBq}/\text{m}^2}{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{24\text{日}}{8\text{日}}}} \times 0.00174 \frac{\mu\text{Sv}/\text{h}}{\text{kBq}/\text{m}^2} = 83.5\mu\text{Sv}/\text{h}$$

これに、前出の $91\mu\text{Sv}/\text{h}$ を加えると、 $174.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ となる。

よって、OIL1 および OIL2 を目的とした線量率の範囲は、 $\sim 1\text{mSv}/\text{h}$ 程度でよいが、事業所外での放射性プルームによると思われる最大線量は、福島県が平成24年9月21日に東京電力福島第一原子力発電所よりおおよそ 5km 地点の双葉町上羽鳥で $1.59\text{mSv}/\text{h}$ （平成23年3月12日15時）であったことを発表していることと、図2.2-4より事業所内の測定値もおおよそ $10\text{mSv}/\text{h}$ 程度までであるため、測定値がオーバーフローしないよう、概ね $10\text{mSv}/\text{h}$ までの測定範囲でよいと考えられる。

④ 測定時間（プリセットタイム）

平常時：10分値測定、緊急時：最短値として2分値以下の測定とする。

図2.2-4福島第一の事故と周辺のモニタリングポスト値の時系列図、図2.2-5福島第二の事故と周辺のモニタリングポスト値の時系列図の両グラフとも、基本的に10分値測定によるものである。

値が急上昇しているところは、放射性プルームが接近・通過したものと考えられるが、特に立ち上がり時にグラフが崩れることなく追従している。

よって、従前より定着している平常時は10分値測定、緊急時には最短値として2分値以下の測定とする。

⑤ 電源（商用電源が確保されていない場合）保持期間

内部電源により120時間以上の稼働とする。

図2.2-4より放射性物質の通過は、3月12日4時より3月16日20時ごろまで連なっている。よって、内部バッテリー電源で1週間程度（168時間）の稼働保持ができるものとする。

なお、運用の方法として従来の積算線量計（TLD、蛍光ガラス線量計）等に置き換え、もしくは併設する方法が考えられ、この場合外部電源が得られない可能性が高く、月1回のメンテナンス周期に対応するため800時間以上の稼働が求められる。メンテナンスを91日もしくは92日周期で行っている場合もあり、2,200時間以上稼働できるとなおよい。

⑥ 温度環境

$-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C} \pm 20\%$ とする。

JIS Z4312、JIS Z4314では野外使用の場合 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C} \pm 20\%$ と規定している。またJIS Z4333では特殊室外用（極高温又は極低温で使用されるもの）として、 $-25^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C} \pm 50\%$ が規定されている。さらに全国の立地地域におけるUPZ内の過去50年の最

高、最低気温を考慮すると、最低気温 -35.7°C （北海道倶知安）、最高気温 38.4°C （茨城県水戸）であり、何らかの低温域に対する対応が必要とする。

⑦ 相対基準誤差（総合誤差に相当）

±30%とする。

環境条件は、気温 20°C 、湿度65%、線源（ γ 線エネルギー） ^{137}Cs 、気圧 101.3kPa 、放射線入射角度は校正方向等とする。

既存JISで該当するものは以下のとおりであるが、環境中の連続使用を考慮しJIS Z4325相当とする。

JIS Z4312： $-27\% \sim +35\%$

JIS Z4325： $\pm 30\%$

JIS Z4333： $\pm 25\%$

※線量率の取決め真値の不確かさ（試験で照射する線源の誤差に相当する。）は10%とする。

文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果
 (福島第一原子力発電所から80km圏内の線量測定マップ)

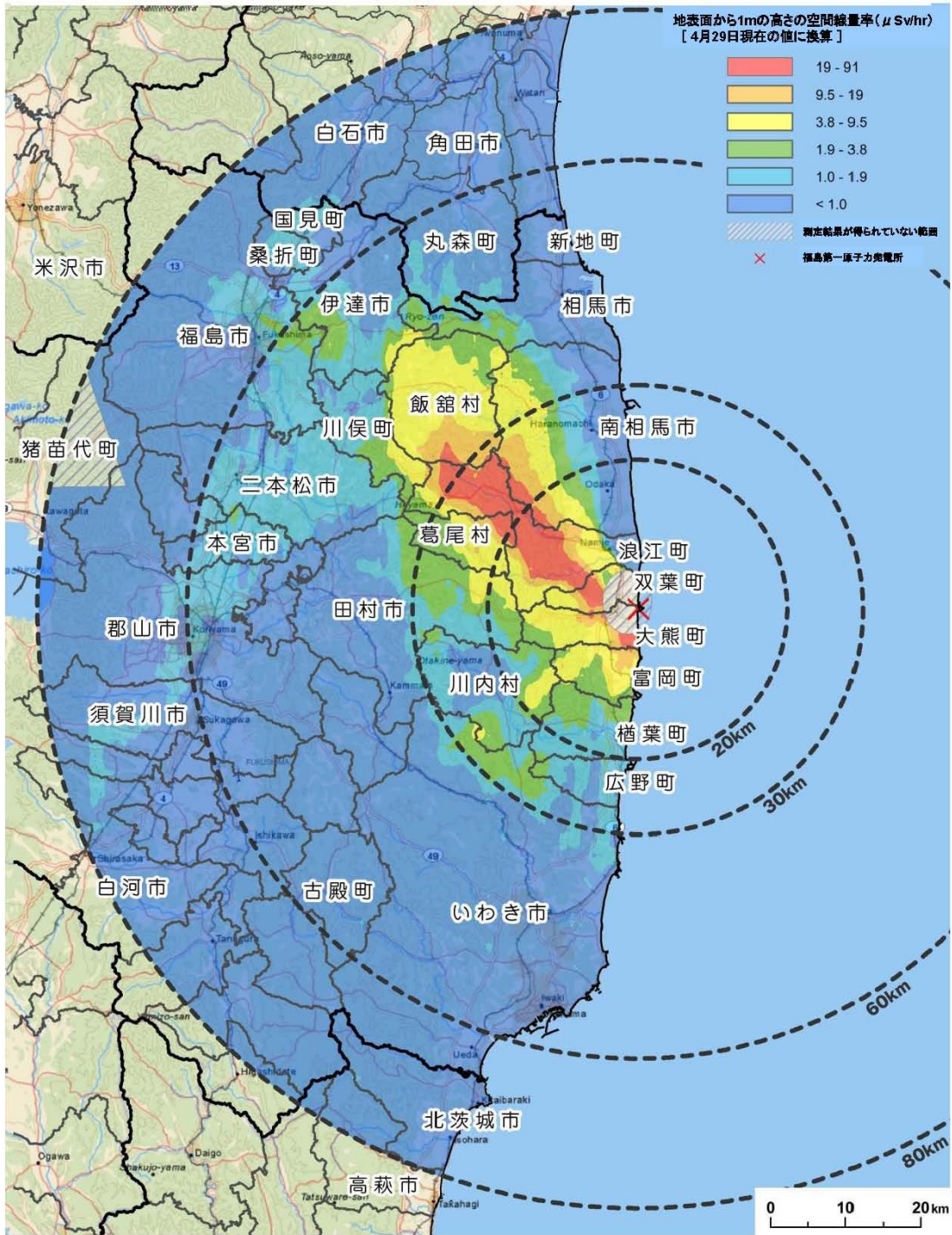


図2.2-3 米国DOEと文部科学省による80km圏内のモニタリング結果(4/29)

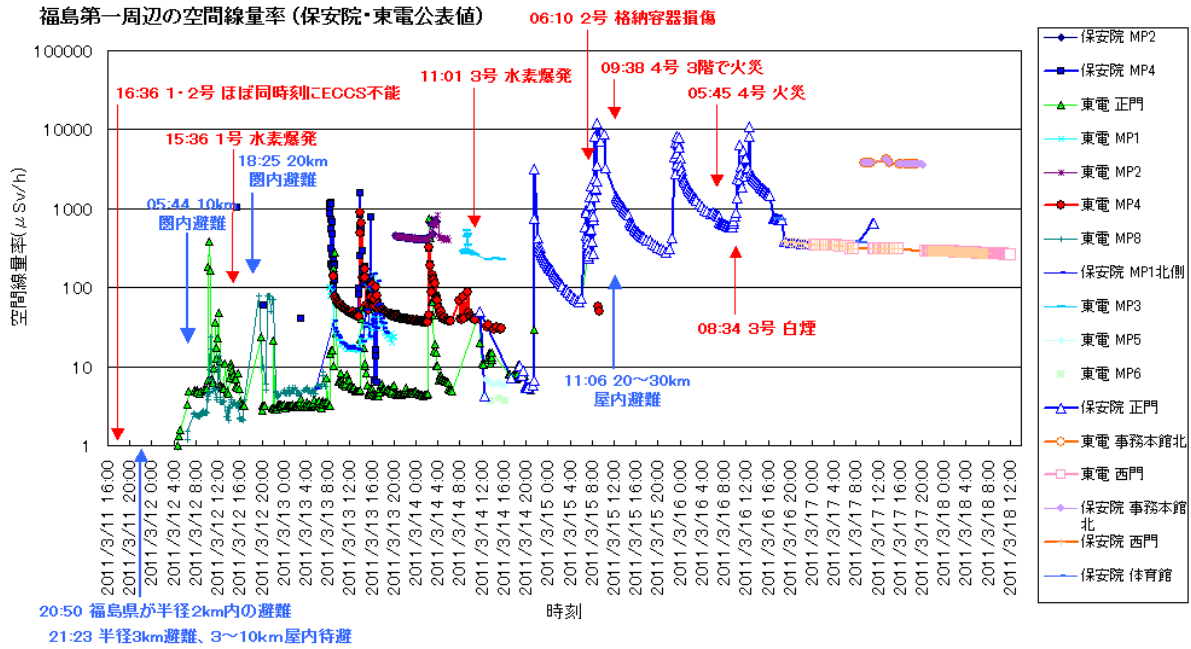
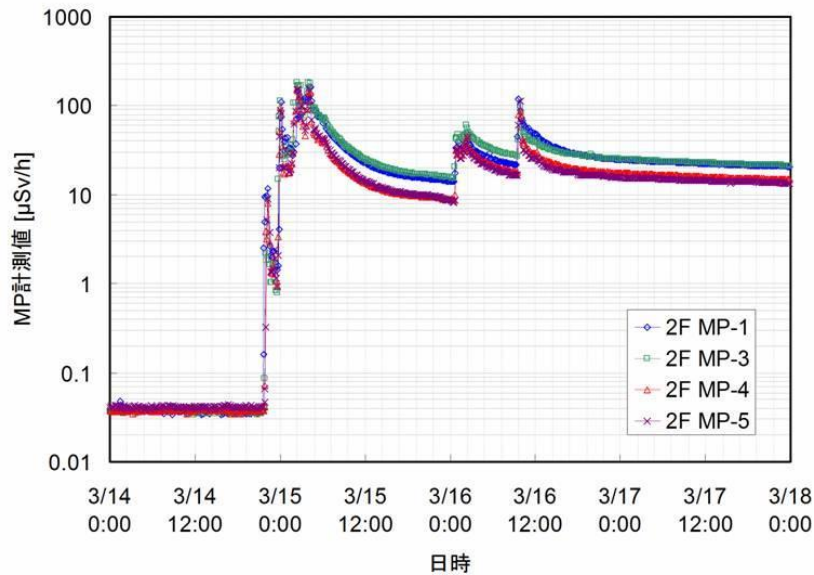


図2.2-4 福島第一の事故と事業所内のモニタリングポスト値の時系列図

福島第二モニタリングポスト測定値 (2012/11/19 18:30に作図)



出典
福島第二原子力発電所内での計測データ2011年3月分アーカイブ,
TEPCO (2012/11/19更新):
<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/f2/data/2011/index-j.html>

図2.2-5 福島第二の事故と事業所内のモニタリングポスト値の時系列図

第3章 電子式線量計の選定

3.1 製品アンケート（市場調査）

3.1.1 アンケート内容・項目

国内で市販されている代表的な可搬型モニタリングポスト、電子式個人被ばく計及びサーバイメータ等の仕様を参考にし、添付資料のとおりアンケート項目を作成した。

また、回答しやすくするために、記入例も添付した。

アンケートの項目は以下のとおり。（詳細は資料を参照）

- ①基本情報について : 製品名、型名等
- ②測定部について : 準拠している規格、校正体系、測定範囲等主に性能関係
- ③データについて : 得られるデータの種類、単位が周辺線量当量であることの確認、通信機能への対応等
- ④環境性能について : 温度範囲、防水・防塵等
- ⑤電源について : 内部電源と外部電源等
- ⑥寸法について : 測定部本体
- ⑦重量について : 測定部本体
- ⑧コストについて : 参考情報として、台数に応じたコスト

3.1.2 アンケート送付先

公益社団法人日本アイソトープ協会が発行している、放射線防護用設備・機器ガイド2013年版に掲載されている製造、販売等会社のうち、同書により電子式線量計の扱いがある、もしくはその可能性のある会社30社を、アンケート送付先とした。

3.1.3 アンケート回収状況

平成26年1月28日付けで各社に、2月5日を期限としアンケートを郵送し協力を求めたところ、回答を得たものが9製品（9社）、「該当無し」と回答があったか、もしくは回答が無く該当なしと判断したものが21社となった。

3.2 簡易型空間線量率測定システムの候補製品の選定

3.2.1 選定のフローチャート

簡易型空間線量率測定システムの候補となる製品の選定にあたっては、下図に示すように、3つの段階に分けて行った。

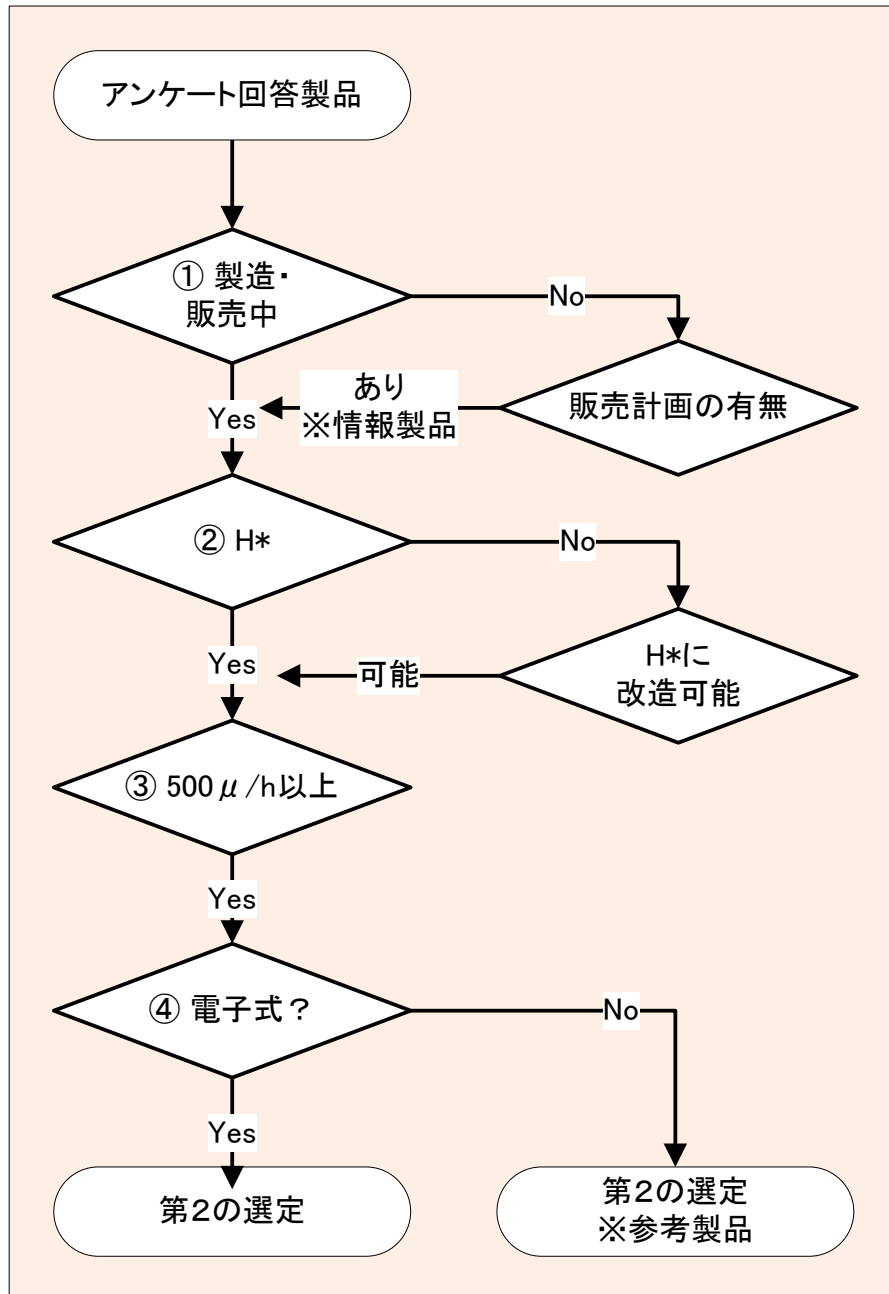


図3.2.1-1 第1の選定フロー図

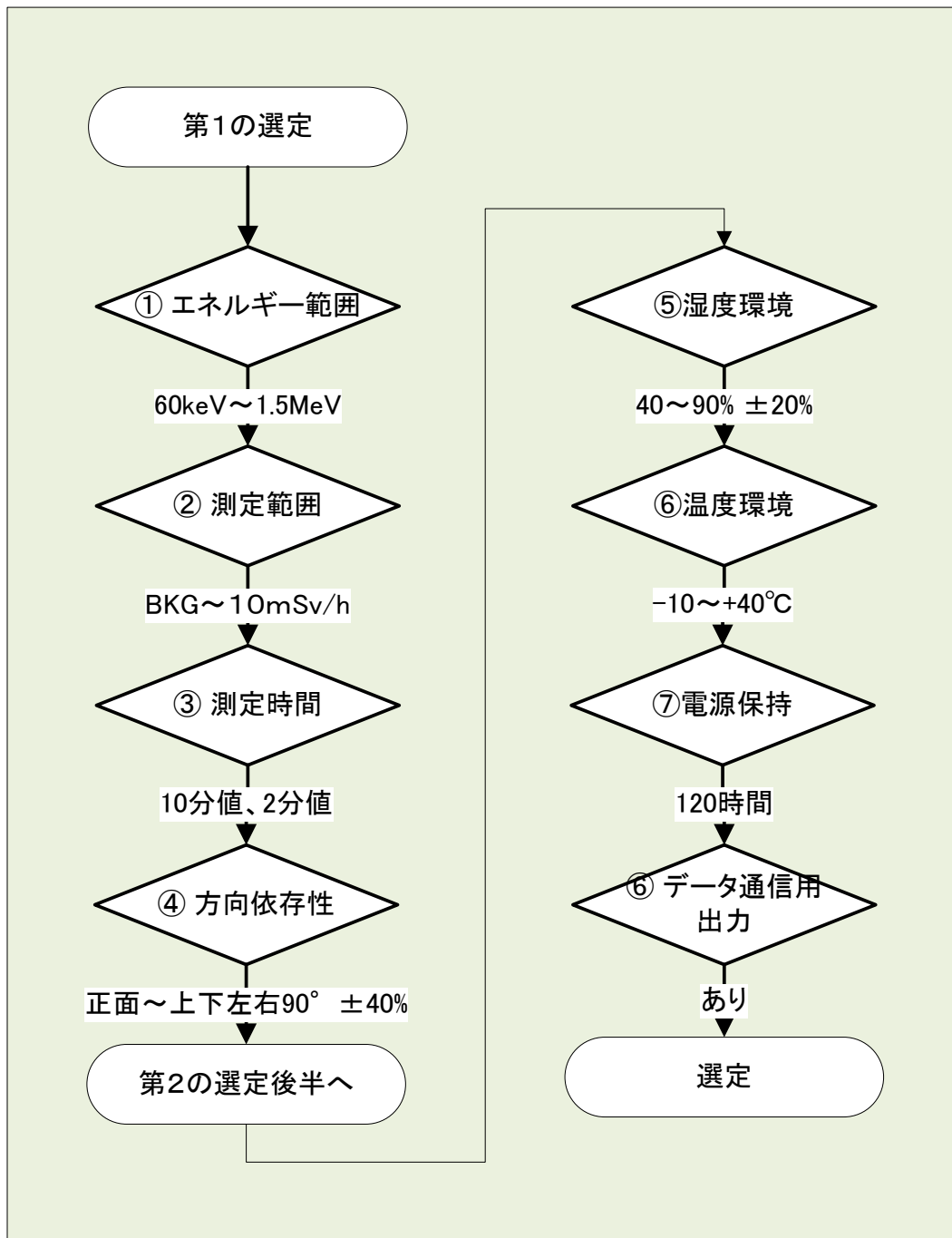


図3.2.1-2 第2の選定フロー図

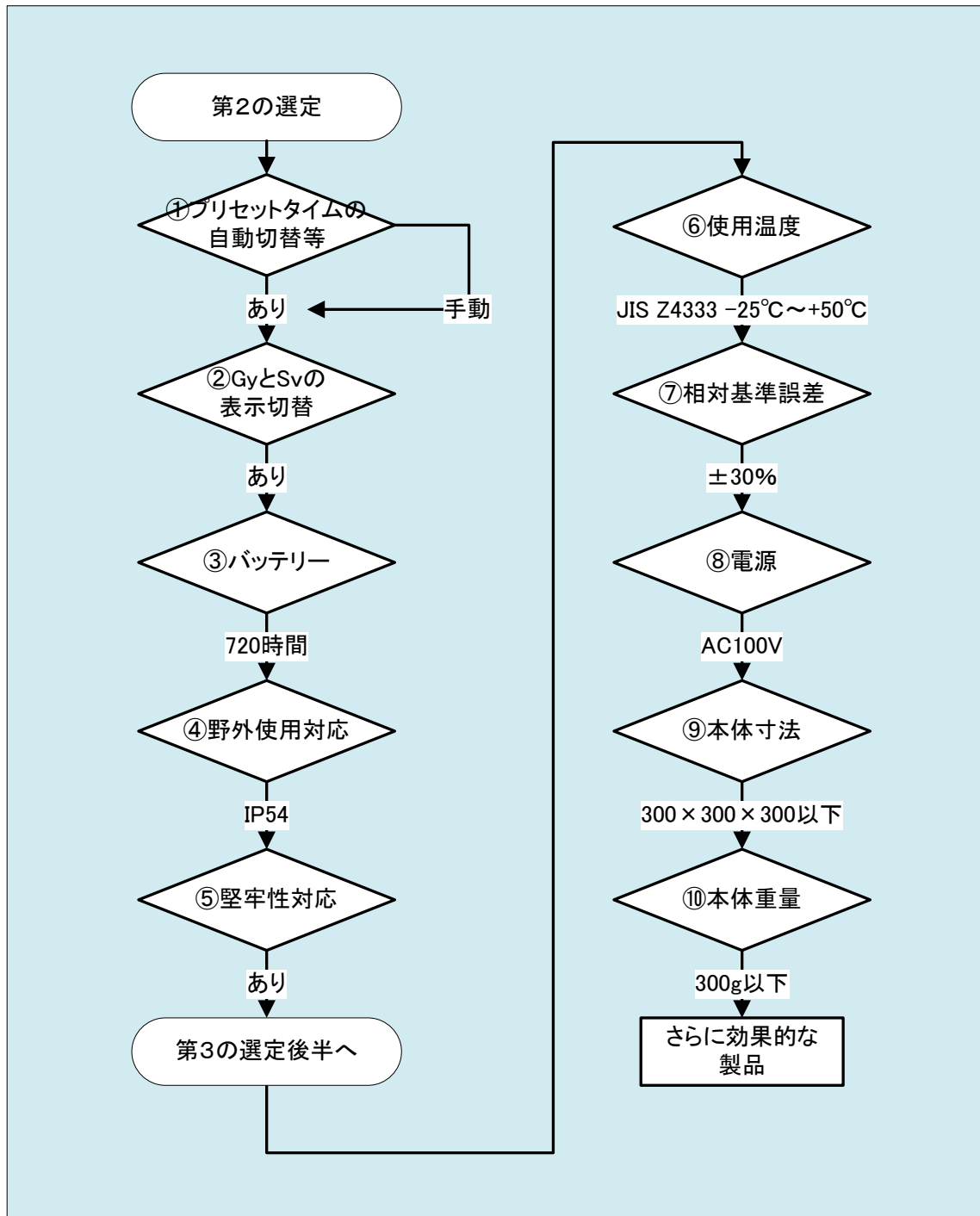


図3.2.1-3 第3の選定フロー図

3.2.2 第1の選定（基本項目）

第1の選定は、OIL1及びOIL2を対象とした測定に、最も基本的な4項目で選定を行った。

① 製造・販売中であること。

ただし、販売計画がある場合は選定に残す。

② 周辺線量当量（H*）の測定に対応していること。

ただし、現在の製品は個人被ばく線量当量（Hp）もしくは方向性線量当量（H'）であっても、将来周辺線量当量H*の商品化の計画があるか、または改造等が可能と確認が取れた場合は選定に残す。

③ OIL1（500 μ Sv/h）以上の測定範囲があること。

④ 電子式線量計であること。

ただし、電子式線量計ではなくても上記までの項目を満足し、重量が300g程度であれば選定に残す。

結果は下表のとおりで、選定を満足した製品は、A、B、C、D、H社の5製品。

表3.2.2-1 第1の選定結果

| 社名 | 型名 | 選定 |
|----|----------------|-----------------------|
| A社 | NSD シリーズ | 要件を満足 |
| B社 | RDS-31T | GM 検出器だが要件を満足 |
| C社 | EPD シリーズ | 未販売だが 販売計画あり要件を満足 |
| D社 | PM1703MO-1 | GM 検出器だが要件を満足 |
| E社 | SAM940 シリーズ | 線量率範囲を満足せず |
| F社 | EPD-701 | H*に変更予定なく満足せず |
| G社 | RT-30 | NaI 検出器で、300g を超え満足せず |
| H社 | ガンマプロッターH | プラスチックシンチ検出器だが要件を満足 |
| I社 | ホットスポットファイnder | 線量率範囲を満足せず |

3.2.3 第2の選定（防護措置の実施の判断のために必要な緊急時モニタリングの精度に係る項目）

第2の選定は、「2.2 電子式線量計が緊急時モニタリング（空間線量率）に求められる精度について」に、測定データの収集・伝送用の出力の有無等を加え、下記の8項目で選定を行った。

① 測定範囲（エネルギー）

60keV～1.5MeV \pm 40% を満足すること。

② 測定範囲（線量率）

バックグラウンド～10mSv/h を満足すること。

③ 測定時間（プリセットタイム）

10分値測定、2分値測定が選択できること。

④ 方向依存性

JIS Z4312（G2型）に準じ 正面～上下左右90° \pm 40%以下であること。

- ⑤ 使用湿度
JIS Z4312に準じ 35℃を基準とし、40%～90%RH ±20%以下であること。
- ⑥ 温度環境
-10℃～+40℃ ±20% を満足すること。
- ⑦ 電源保持期間
1週間、すなわち168時間以上を満足すること。
- ⑧ データ出力
測定データの収集に不可欠な、データの出力があること。

結果を下表に示す。

表3.2.3-1 第2の選定結果

| 社名 | 型名 | 選定 |
|----|------------|--|
| A社 | NSD シリーズ | 製品を製造・販売しており要件を満足 |
| B社 | RDS-31T | 検出器がGMであることと、測定時間が3秒、9秒であり換算が必要であるがおおむね要件を満足 |
| C社 | EPD シリーズ | 製造・販売の実績がなく、計画中であるがその仕様は要件を満足 |
| D社 | PM1703MO-1 | プリセットタイムが無く、ボタン操作で測定を行うタイプのため満足せず |
| H社 | ガンマプロッターH | 線量率範囲及び電源保持時間について満足せず |

3.2.4 選定の結果

「第1の選定」と「第2の選定」まで満足した製品が3種あり、これらは本調査で求めるところの「新たに設計・開発することなく、市場の電子式線量計を活用してOILに必要な測定が可能な“コストパフォーマンスの優れた空間線量率を測定するシステム”の構築を目指す」という簡易型空間線量率測定システムとしては十分活用できるとと思われる。また、従前のTLD、蛍光ガラス線量計のJISの要求を概ね満足しているため、代用としても満足している。

よって、以下のように選定する。

- ・選定製品 : A社 NSDシリーズ
- ・参考製品 : B社 RDS-31T
- ・情報製品 : C社 EPDシリーズ

なお、上記3製品について、台数に応じたおおよその導入経費（本体のみでデータの伝送機能や設置費等は含まず。）は以下のとおりである。

表3.2.4-1 おおよその導入経費

| 台数 | 100台 | 200台 | 400台 |
|---------|----------|----------|----------|
| 導入経費の規模 | 10～80百万円 | 20～40百万円 | 40～80百万円 |

3.2.5 第3の選定（さらに効果的で環境に即した要件項目）

第3の選定は、第1の選定（OILのための最低限の要件）及び第2の選定（相当するJISの要件）に加え、さらに効果的な測定や原子力施設周辺の厳しい設置環境等を考慮した要件を用いて選定を行った。

なお、第3の選定要件に対し未達の場合はその内容をまとめることとした。

- ①空間線量率が0.1 μ Sv/h に上昇した場合には、空間線量率を2分間に一回以上、自動的に中央監視装置に伝送する等、空間線量率計として活用できること。
- ②測定結果の表示においては、基本的に単位を空気線量（Gy）とするが、周辺線量当量（Sv）でも表示できること。
- ③メンテナンス周期を勘案して、1ヶ月（720時間）以上稼働するバッテリーを有すること。92日（2208時間）以上の稼働が可能だとなおよい。
- ④屋外での使用が可能であること。

JIS C0920「電気機械器具の防水試験及び固形物の侵入に対する保護等級」にて規定されているIPコード分類によるIP54（防じん型、飛沫垂直より ± 180 度対応型）等級以上であることが望ましい。

- ⑤地震等の災害発生時にシステムの堅牢性を有すること。
- ⑥使用温度環境として、JIS Z4333の特殊室外用（極高温又は極低温で使用されるもの） $-25^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C} \pm 50\%$ を満足すること。
最低気温 -35.7°C （北海道倶知安）、最高気温 38.4°C （茨城県水戸）に対応しているとなおよい。
- ⑦相対基準誤差は、 $\pm 30\%$ を満足すること。
- ⑧電源は、内蔵バッテリーに加え外部バッテリー及びAC100V供給に対応していること。
- ⑨本体寸法は、おおむね300（H） \times 300（W） \times 300（D）以下であること。
- ⑩本体質量は、おおむね300g以下であること。

結果を以下に示す。

表3.2.5-1 第3の選定結果

| 社名 | 型名 | 未達の要件項目 |
|----|----------|--|
| A社 | NSD シリーズ | ①手動対応 ⑤未対応 ⑥未対応 |
| B社 | RDS-31T | ①手動対応 ③1000時間まで対応 ⑤未対応 ⑥ -35.7°C に未対応 ⑧内臓バッテリーのみ対応 |
| C社 | EPD シリーズ | ①手動対応 ⑤未対応 ⑥未対応 |

未達の用件項目①⑤⑥に対する各社の対応については以下のとおりであった。

要件①

各社とも、設定線量による自動立上げを行うためには、常時測定が必要となるため対応していない。また、常時測定の場合でも自動切替にも対応していない。しかし、常時測定の場合もしくは測定状態にある場合は、2分値測定を行い伝送システム等のデータ処理で2分値の伝送や10分値を作成し伝送するなどの処理を行うことは可能としている。

要件⑤

地震等の災害発生時に求められる「堅牢性」が定義されていないため、本調査では最低限求められるであろう、防水・防塵（JIS C0920）や使用温度範囲（JIS Z4333の特殊室外用）を参照している。

各社とも、「堅牢性」はうたっていないが、置場所条件に合わせた収納箱等の用意が可能としている。

（注）JIS Z4312電子式個人線量計で、「耐衝撃特性」「耐振動特性」「耐微小振動特性」「電源電圧の変動に対する安定性」等が規定されているが、本調査で対象とする電子式線量計は環境用であり使用形態が異なるため参照していない。

要件⑥

要件⑤同様に、置場所条件に合わせた収納箱等の用意が可能としている。

3.2.6、簡易型空間線量率測定システムの仕様について

前項までの選定の結果を踏まえ、第2の選定までの各項目は「必須」とし、第3の選定項目は「オプション」として取りまとめを行った。

表3.2.6-1 簡易型空間線量率測定システムの仕様について

| イ. 測定 | 必須 | オプション | 内容 |
|-----------------|----|-------|--|
| ①測定方法 | ● | | H*体系の設計・校正 |
| ②検出器 | ● | | 半導体検出器 |
| ③測定範囲 (線量率) | ● | | OIL1 (500 μ Sv/h) 以上の測定が可能 |
| | ● | | B.G. ~ 10mSv/h |
| ④測定範囲 (積算線量) | ● | | 100 μ Sv ~ 10mSv |
| ⑤エネルギー範囲 | ● | | 60keV ~ 1.5MeV \pm 40% |
| ⑥設置方向依存性 | ● | | 正面 ~ 上下左右90° \pm 40% |
| ⑦使用温度 | ● | | -10°C ~ +40°C |
| | | ● | JIS Z4333 : 特殊室外用 -25°C ~ +50°C (極低温又は極高温で使用) |
| | | ● | -35.7°C (倶知安) ~ +38.4°C (水戸) |
| ⑧湿度特性 | ● | | 35°Cを基準とし、40% ~ 90%RHで \pm 20% |
| ⑨相対基準誤差 | ● | | 気温 20°C、湿度 65%、線源 137Cs、気圧 101.3kPa、放射線入射角度は校正方向等で \pm 30% |

| ロ. データ | 必須 | オプション | 内容 |
|--------|----|-------|---|
| ①内容 | ● | | 空気線量 (Gy) と周辺線量当量 (Sv) の表示 |
| | | ● | ・警報履歴 (発生年月日時分、ステータスコード) や補正履歴 (補正を行った場合は、実施年月日時分等) ・USB、赤外線IF等の外部出力 |
| | | ● | 空間線量率が 0.1 μ Sv/hに上昇した場合には、空間線量率を2分間に一回以上、自動的にデータ伝送する等、活用できること。 |
| ②測定時間 | ● | | 2分以下、10分の選択ができること |

| ハ. 構造 (電送機器を除く) | 必須 | オプション | 内容 |
|--------------------|----|-------|----------------------------|
| ①構造 | ● | | 防沫仕様で野外使用可能 |
| | ● | | 屋外(全天候対応)での使用が可能であること |
| | | ● | 震等の災害発生時におけるシステムの堅牢性を有すること |
| ②寸法 | ● | | 300(H)×300(W)×300(D)以下 |
| ③重量 | ● | | 300g以下 |

| ニ. 電源 (電送機器を除く) | 必須 | オプション | 内容 |
|--------------------|----|-------|-------------------------------|
| ①供給方法 | ● | | 内部バッテリーで100時間以上 |
| | | ● | バッテリーで720時間(1ヶ月)以上 |
| | | ● | バッテリーで2184時間(91日)以上 |
| | ● | | AC100Vもしくは外部バッテリーの供給を受けられること。 |

第4章 電送集信システムの検討

簡易型空間線量率測定システムにより、概ねUPZ内においてOIL1（500 μ Sv/h）、OIL2（20 μ Sv/h）に相当する放射線線量率データを伝送するために必要な機能について検討を行った。

4.1 伝送集信にかかる通信機能の検討

測定値等の通信を行うに際し、各通信方法による通信距離、必要電源、設置および通信コスト、セキュリティ対策等について比較検討を行い、実際の使用方法を考慮し適切な通信方法を検討した。

電送機能（装置）と簡易型空間線量率測定システムとの間の通信方法については、3.1で行ったアンケート各社の回答を参考に、共通化を図るため考慮し既存・汎用の通信方法（例えばUSB、赤外通信等）を考慮した。

測定データ等の伝送項目は、アンケート各社の出力を考慮し汎用性を持たせ、主な出力として、機器番号、セルフチェックデータ、年月日時分、線量率等とした。

簡易型空間線量率測定システムの配置の範囲、個数等は、防護措置の実施に係る指示が发出される単位（避難等の実施単位）となる地域ごとに1地点以上は存在するものとした。（「緊急時モニタリングに係る原子力災害対策指針補足参考資料の概要」原子力規制庁 平成26年1月）

また、簡易型空間線量率測定システムの電源供給方法として3.2.6の項で内部電源、外部電源（ともにバッテリー）及びAC100V電源への対応を要求しているが、実際には従前の積算線量計の置換、併設の場合、さらには普段は保管し警戒事態になって測定ポイントに設置する場合などはAC100Vの供給が期待できない可能性が高い。一方全くの新設ポイントに設置する場合は電気工事も考慮し選定される可能性があるが、本測定システムの性格上建物から離れた場所に設置されることも考えられ必ずしもAC100Vが供給されるとは限らない。

同様に、通信方法についても有線による伝送方法の検討は見送った。

現在サービスされている無線による主な通信方法4種類（携帯電話、衛星携帯、公衆LAN、小電力無線）について評価の結果を表4.1-1に示す。

一長一短ではあるが半径30kmの広範囲、使いやすさ、大きさ、基本的なセキュリティ対策等についても考慮し、実用的に考え携帯通信網を主な通信機能として採用し、補助的に衛星携帯網、公衆LAN等についても接続可能なシステムが望ましい。

小電力無線方式もトランシーバに代表されるように使いやすい機器ではあるが、通信距離の面で不利である。

表 4.1-1 通信方法の検討

| 項目 | 携帯電話 | 衛星携帯 | 公衆 LAN (WLAN) | 小電力無線 |
|--------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 規格/方式 | W-CDMA (DS-CDMA) | $\pi/4$ シフト QPSK | IEEE 802.11 | IEEE802.15.4 |
| 通信速度 | 最大 64kbps ※プランによる | 最大 144kbps | 2Mb/s～54Mb/s | 250kb/s |
| 周波数帯域 | 2GHz/800MHz | 2.6/2.5GHz 6/4GHz | 2.4GHz | 国内 2.4GHz |
| 通信距離 | ～数 Km (サービス会社の 中継局による) | 日本国内 (サービス による) | 10m～100m (サービス会社 の中継局による) | 10m～1000m (中継局の 設置が必要) |
| 消費電力 | 400mA(5V)以上 | 13.1W | 1000mW 以上 | 60mW～300mW |
| 通信コスト | 中 | 大 | 小 | 無 |
| セキュリティ 対策 | ○ サービス会社 にて実施 | ○ 通信サービス会社 にて実施 | × 暗号化等の 対策が必要 | × 使用する 機器による。 |
| 使いやすさ | ○ | △ アンテナの 方向が決 まっている | | ○ |
| 災害時対策 | △ 通信サービス会社 による | ○ 通信サービス会社 による | × 通信サービス会社 による | △ 自己対策 |
| 評価 | ○ | △ | △ | × |

電送機能（装置）と簡易型空間線量率測定システムとの間の通信方法については、アンケート各社の電子式線量計本体との関連があるが、多く使用されている非接触式の赤外線通信（IrDA）、Bluetooth 通信および有線通信の USB 接続を想定する。

電子式線量計からのデータ取得間隔については、最少間隔として 1 分程度であり、通信速度については大きなウエートを持たない。よって、汎用性および各社機器との接続性、消費電力の観点から赤外通信、USB 通信を採用とする。

いずれの通信方式についても、電送装置側より簡易型空間線量率測定システムへの読み込み処理を実行するため、電送装置側に CPU を配置する必要がある。各インターフェイスについては汎用化されているため、接続は容易である。

主要な通信規格とその評価を下表に示す。

表 4.1-2 電送装置と簡易型空間線量率測定システム間の通信方法

| インターフェイス規格 | RS-232C | 赤外線 | USB | Bluetooth |
|------------|---------|-----|-----|-----------|
| 汎用性 | ○ | ○ | ○ | △ |
| 通信速度 | ○ | △ | ○ | △ |
| 測定器との接続容易性 | ○ | ○ | ○ | △ |
| 収納性 | △ | ○ | ○ | ○ |
| 消費電力 | ○ | ○ | ○ | △ |

4.2 伝送方法および環境・停電対策の検討

簡易型空間線量率測定システムの測定及び測定データの伝送に際して、一般的な天候環境で必要な電源（商用電源AC100Vを含む）の検討を行なうとともに、停電時に備えバッテリー等のバックアップ電源を検討すること。バックアップ時間としては簡易型空間線量率測定システムを含め連続1週間以上の稼働が可能なものを検討した。

電子式線量計は、一般的にその装置自体にて電源を確保しており、その電源についても6カ月以上連続動作を行えるものがある。しかしながら、電送装置側においては伝送方式、伝送間隔にもよるがその消費電流より、バッテリー等のみでの長時間の連続運転を実施することは困難である。

よって、安定的な連続動作、データ通信を行うためには、内蔵バッテリー及び外部バッテリー、外部電源（AC100V）の3電源に対応していることが必要である。

表 4.2-1 通信機器と消費電力の関係

| 項目 | 携帯電話 | 衛星携帯 | 公衆 LAN(WLAN) | 小電力無線 |
|---------|------|------|--------------|-------|
| 通信時間 | ○ | △ | ◎ | ◎ |
| 消費電力 | ○ | △ | △ | ○ |
| 1週間必要電力 | ○ | △ | △ | ○ |

なお、設置場所状況にもよるが、外部電源を用意できない場所等については、太陽電池パネルによる発電・充電も考慮する必要がある。この場合は日照条件、連続運転条件により太陽光パネルの大きさを検討することと、台風等の風力に対する設置方法の検討も必要となる。

バックアップ電源については、外部電源が得られない場合、通常時・緊急時において最低5日の稼働が可能なものとする。緊急時の場合は2分間隔（もしくは2分値を10分ごとに送信）での伝送を考慮したバッテリー容量を選択する。

バッテリーについては、充放電特性を考慮し劣化の少ないリチウム電池等を検討する。

表 4.2-2 バッテリー性能比較

| 項目 | Li-イオン | Ni-Cd 電池 | 鉛蓄電池 |
|-------|--------|----------|------|
| 充放電特性 | ○ | △ | △ |
| 電池容量 | ○ | △ | ○ |
| 寿命 | ○ | △ | ○ |
| 価格 | △ | △ | ○ |
| 重量 | ○ | △ | × |

耐環境設置については、可搬型モニタリングポスト同様専用の収納ケース等を設け振動・水・砂塵等への配慮を実施することが必要となる。本体の耐環境性が担保できない場合においても、収納ケース等が耐環境性能を担保することは十分可能である。

水・砂塵性能としては、IEC60529、JISC0920「電気機械器具の防水試験及び固形物の侵入に対する保護等級」にて規定されている IP コード分類による IP54 等級以上であることが望ましい。(IP54：防塵型、飛沫垂直より±180 度対応型)

また、気温変化については、電子式線量計本体同様-25℃～+40℃(JIS Z4312、JIS Z4314) 対応とし、JIS Z4333 で規定されている-25℃～+50℃(特殊室外用)は、特に極寒冷地での稼働を想定しヒータによる加温を収納ケースにて考慮する必要がある。

4.3 伝送方法の多重化の検討

伝送方法については、災害時の通信の確保の為、多重化について、通信可能な距離や実現可能な方法、バックアップ回線、初期コスト、維持コストおよび通信時のセキュリティ対策を含め最適な方法について検討した。

代表的な伝送方法としては、4.1 の項同様に有線(テレメータ、電話回線、光回線等)、無線(特定省電力無線、防災無線等)、携帯電話回線、衛星回線等があげられる。

常設(固定)のモニタリングポスト等ではテレメータ回線が主に使われていたが、最近では光回線網の充実等から NET 接続のシステムも増加してきている。

可搬型モニタリングポストや簡易タイプのモニタリングポストでは移動測定を考慮するため主に携帯電話回線での伝送が使われているが、災害時の通信設備の被災や回線の輻輳を考慮し、衛星回線等と 2 重化された電送システムの設置も増えてきている。この方式は災害対応システムとしては最も先端的である消防庁における消防防災通信ネットワークにおいても同様の考え方である。

よって、簡易型空間線量率測定システムは、概ね可搬型モニタリングポストと同様の扱いになるため、本業務では携帯電話回線と衛星回線の 2 重化を基本とした。

二重化においては、電子式線量計とのデータをいったん電送部にて処理を行うことにより、携帯電話回線と衛星電話回線に接続口を 2 系統設けることにより可能となる。両回線とも回線制御装置(電話子機)との接続インターフェイスおよび通信プロトコルは基本的に同じであるため双方接続については技術的な問題はない。

回線切り替えについては、携帯電話回線を優先とし下記手順にて切り替えを実施できる。

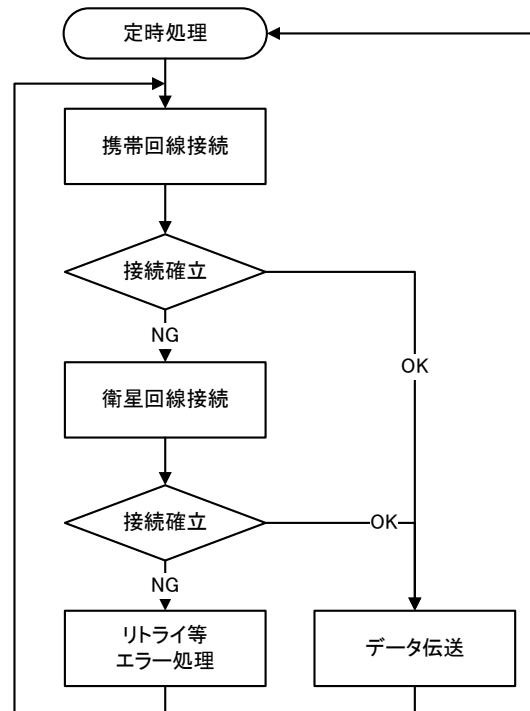


図 4.3-1 伝送二重化処理フロー

4.4 伝送間隔等の検討および線量による伝送間隔の切り替え方法の検討

簡易型空間線量率測定システムからの収集データ間隔について電子式線量計での測定間隔、モニタリングポスト等との測定間隔、通信費用の合理化等を含め上位への通信間隔について検討した。

現在、原子力施設立地地方公共団体が設置しているモニタリングポスト等の平常時の測定データは、10分値（測定時間）を伝送間隔10分で送信するのが一般的である。

簡易型空間線量率測定システムは警戒事態になった際に設置・稼働させればよいと考えられるが、あらかじめ設置場所の選定とともに設置される場合もある。その場合、平常時より簡易型空間線量率測定システム及び通信機能が正常であることの確認のための測定と伝送を行うことも考慮すると、10分値を60分から半日間隔程度のデータ送信でよいと考えられる。

通信データ量として、機体番号、日時分、線量率データ、積算線量データ、ステータスコード等であり、伝送データとしては50Byte程度であり通信費についても携帯電話網の最少データ通信プランにて十分である。

表 4.4-1 通信費用（月額）の比較

| | 携帯電話 | 衛星携帯 | 公衆 LAN(WLAN) | 小電力無線 |
|----------|-----------|------------|-----------------|--------|
| 通信時間(※1) | 約 60 秒 | 約 90 秒 | 約 30 秒 | 約 15 秒 |
| 通信費用(※2) | 3,000 円程度 | 10,000 円程度 | 1,500 円程度 | 無料 |

※1) 通信時間は接続時間を含む。

※2) 実際の料金は通信各社の通信プランにより異なる。

緊急時には最短値として2分値または1分値の測定に移行するが、伝送間隔は通信の輻輳等も考慮し、平常時と同じ10分毎で行うシステムもある。

表4.4-1に示すように、携帯電話よる通信は、接続時間を考慮しても2分値を2分ごとに送信することは可能だが、2重化の候補である衛星携帯の場合は接続時間を考慮すると2分値を2分ごとに送るのではなく、10分ごとに送るほうが確実である。

これらのことを考慮すると、事故時等で周辺線量が上昇する事態を想定し、線量による伝送間隔を自動的に切り替える方法については、電送装置で切り替えてデータ送信を行ったほうがよい。すなわちデータ送信のキューは収集側ではなく電送装置に持たせることとなる。

なお、電送装置、電送網の異常等を考慮し、データについては再送信を行えるよう、電送装置または電子式線量計本体に測定値等を保存する必要がある。保存期間については、最低1週間とし地方公共団体側での運用形態に合わせ最大92日程度を保存可能なように考慮すること。

4.5 各地方公共団体のテレメータおよびRAMISESとの接続方法の検討

モニタリングポスト等の測定データは、設置主体（地方公共団体等）のテレメータ装置を経て監視センター等に集約される。

簡易型空間線量率測定システムの測定データも同様にテレメータ装置への伝送が必要となるため、主に以下の3つの方法が候補となる。

- ・直接テレメータへ伝送する方式

従前の主流的方法ではあり、この方法の場合、測定器1台ごとにテレメータ装置のチャンネルを設けるため、改修・調整等に多くの時間とコストがかかる。またモニタリングの考え方や指針等の改定があった際のパラメータ等の変更もシステム改修となる可能性が高い。

- ・いったん専用のデータ収集装置を経由してテレメータへ伝送する方式

本システムにて専用のデータ収集装置（サーバ）を設け、携帯電話網と接続し、各電子式線量計局（子局）を接続する。この場合、各地方公共団体テレメータ等への接続は、サーバとテレメータのデータ収集系との通信によりデータの通信を行うことが可能であるため、データ伝送不良が発生した場合に不良箇所等の問題点を切り分けすることが容易である。

また、各地方公共団体によるデータ収集系でのデータ保持形態に合わせてサーバにて一旦処理をして、データを送信するためテレメータ側の修正が最小限となる。

- ・放射線測定データの一元管理等のためRAMISESを活用している場合

※RAMISES：公益財団法人原子力安全技術センターが展開するモニタリング情報共有システム。

この場合、考え方は直接テレメータへ伝送する方法と同じであるが、RAMISESの場合は携帯電話及び衛星携帯による可搬型モニタリングポストとの接続機能が基本的に備わっていることと多くの地方公共団体での実績があるため比較的容易に接続ができる。

第5章 まとめ

今回の調査対象である電子式線量計は、個人被ばく線量計（アラームメータを含む）と環境用の線量計に分類される。このうち個人被ばく線量計（Hp(d)体系）の製品市場は形成しているが、環境用の線量計（H*(d)体系）は市場形成しているとは言いがたい。

アンケートの回答も、Hp(d)を製造・販売していても、環境型への転用、機能向上等は「現時点では考えていない」という回答が占めることとなった。また大手通販サイトで扱っている電子式線量計についても、校正体系（H*、Hp、H'）を明示していないのはともかくとして、線量率の上限が10 μ Sv/h程度のものが大半であり、本調査の対象となるOILに対応した測定ができる製品は皆無であった。

このように市場状況の中、製品選定は製造販売中が1社、製造販売計画中が1社（情報製品扱い）、GM計数管式のものが1社（参考製品扱い）という結果になったが、これらの製品がOILに対応した測定が十分可能ということが確認され、また標準的な仕様をまとめることができた。さらには、TLDや蛍光ガラス線量計の代用も可能であることが確認できた。

うち1社がオピニオンリーダ的に平成13年より製品化しているが、現状は上述のとおり供給市場も需要市場も薄いためか、導入にかかるコストは標準的なNaIシンチレーションサーベイメータと変わらないレベルの費用が見込まれている。

しかしながら、平成26年1月29日に原子力規制庁より示された「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）」において、環境型の電子式線量率計が空間放射線量率測定に用いる器械として取り上げられたことにより、他の企業も商品企画を行うものと考えられる。OILを判断する目的の測定器の商品化にあたっては、高価なサーベイメータや可搬型モニタリングポスト（いずれもNaIシンチレーション式もしくはNaI+半導体検出器が主流）から設計するよりも、個人被ばく計から設計したほうがコスト的に有利なのは明らかである。よって、今後、市場が活発に形成されていくことが期待される。

あらためて電子式線量計に使用されている、半導体検出器（シリコン）には以下のような特徴がある。

- ・NaI結晶のように潮解性が無いため、湿気に強く、経年劣化も少ない。
- ・NaI検出器のように大きな結晶が不要なため、軽量・小型が可能。
- ・NaI検出器のように光電子倍增管が不要なため、軽量・小型が可能で振動に強い。
- ・他の検出器より印加電圧が低いため省消費電力化が図れる。
- ・他の検出器より応答が早いため、高計数率までの測定が可能。
- ・NaI検出器よりもエネルギーによる感度の変化が小さい。

データの電送機能の検討については、現在主流である携帯電話、衛星携帯に加え公衆LANと省電力無線の4種類を比較した。

データ通信の基本となるインフラの進歩は日進月歩である。

例えば有線LANにおいてはAC100Vの供給を受ける際にその電線を使用した電力線通信（PLC：Power Line Communications）技術がある。現状その利用範囲は屋内に限られているが電力とデータを1つのラインで賄えるメリットがあり、今後の動向が注目される。

なお、衛星携帯通信は、現在データ通信の場合36,000km上空の静止衛星によるサービスとなるが、近々音声用の780km上空の周回衛星を利用した小容量データ通信（ショートメールのデータ通信イメージ）のサービスが予告されており注視が必要である。この方式だとアンテナの向きも気にせず使えるので、格段に使いやすいシステムになる。

また、特定省電力無線の分野でも8km通信を実現したユニット製品の販売予告もされている。さらに、アマチュア無線の分野では音声及びデータの通信をデジタル化することによりインターネットと相互通信が可能なサービスもある。アマチュア無線従事者の資格が必要となるが、簡便にデータ通信ができる可能性があるがものの、原子力施設立地地域には概ね基地局が無いため端末同士の通信となる。簡易型空間線量率測定システムで使用する場合は、地形等の影響も受ける可能性があるため十分なテストが必要になる。

その他、可視光線通信等の研究・開発も盛んに行われており本調査のような防災向けの通信にも適用される期待がある。

※可視光線通信

原理は赤外線と同じだが可視光線の波長を利用しており長距離通信でも減衰が少なく、人体への影響や精密機関への影響が少ないとされている。現在は、2km程度の通信（灯台と船舶間の通信）が実証されている。

一方、本調査では、簡易型空間線量率測定システムと同時に電送装置も新規に導入するイメージで行ったが、既存の電送インフラを活用する方法もある。

すなわち、既存のモニタリングステーションもしくはモニタリングポストには、有線もしくはテレメータ等の通信回線が敷設されている。さらに、新潟県中越沖地震（平成19年7月16日）による被災を契機に電源は商用AC100Vに加えバックアップもしくはバッテリー、非常用電源の強化が図られている。

よって、各モニタリングポスト等を通信と電源の中継親局的に活用することができれば、簡易型空間線量率測定システムは放射線監視センターまでの長距離のデータ伝送の必要は無く、子局として親局までのデータ伝送が確保できればよいことになる。

たとえば、簡易型空間線量率測定システムとモニタリングポスト等との間は、前出の8km通信可能な特定省電力無線のユニットを使用し、そこから既存の有線回線を経てテレメータやRAMISESにデータを送信すればよい。また万一有線回線が切断された場合は、モニタリングポスト等のデータも含めて衛星回線を使用しデータを送れば、既設のモニタリング機能の強化にもつながる。

本調査をとおり、簡易型空間線量率測定システムの要求される仕様は、既存のJIS等を参考にまとめることができたが、伝送の仕組みについては、既設のインフラを活用できるか、できないか、また地形による電波の繋がり具合、さらにはデータの収集システム（テレメータやRAMISES）等々の事情によって組み合わせが決まってくる。

よって、今後は簡易型空間線量率測定システムとして放射能測定法シリーズ及びJISへの取り込みと、地域ごとにその実情に合わせた実証的試験を行いながらシステム全体の構築検討が望まれる。

資 料

電子線量計を使った簡易型放射線線量率測定システムの技術調査 電子線量計に関するアンケート（市場調査）

御回答にあたってのお願い等事項

- 貴社のお取り扱い製品（製造・販売）に電子式線量計（環境線量）がある場合、1製品1葉で御回答ください。
本アンケートの対象製品は、既に製造・販売が予定されているものに限りです。
お取扱いが無い場合は、その旨御連絡ください。なお、個人被ばく型であっても、改造等により環境型に対応が可能な場合はアンケートに御協力願います。
- 記入例を同封しておりますので、御参照ください。
- 本アンケートで対象とする放射線は、特に記述がない限りガンマ線としてください。
- 該当する選択肢に○を付けるか、欄内に具体的な数値や文章を御記入ください。
- 回答欄及び選択肢等が不足する場合は別途記述したものを添付してください。
- 御回答の内容に貴社の秘匿事項がある場合には、その旨を御連絡ください。
- アンケート書式の電子媒体が御入り用の際には御連絡ください。
- 御記入後は、本件担当者まで E-Mail もしくは同封の返信用封筒に入れ、平成26年2月5日（水）までにまでに御返送下さるようお願いいたします。
- 御回答いただいた内容について、場合によっては詳細をお伺いすることがあります。
- アンケート項目はいずれも任意ではありますが、何とぞ御協力のほどお願いいたします。

以 上

1. 基本情報

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|---------------------------------|-------------------------------|
| イ | 製品名、型名を御回答ください。 | |
| ロ | 該当機器が製造前、企画段階の場合は、その旨をお知らせください。 | 製造前、販売前、企画段階 : 製造販売時期 (年 月) |
| ハ | カタログを御提供ください。 | |
| ニ | 仕様書、取扱説明書を御提供ください。 | |

2. 測定部

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|---|--|
| イ | 準拠している測定の規格を御回答ください。 ①積算線量測定 ②線量率測定 | ① JIS Z4312、 その他の規格・基準 (具体的に :) ② JIS Z4312、 その他の規格・基準 (具体的に :) |
| ロ | ガンマ線以外に測定できる線種があれば御回答ください。 | |

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|--|--|
| ハ | 校正の体系を選択ください。 ①積算線量測定 ②線量率測定 | ① $H^*(d)$ 、 $H_p(d)$ 、 $H'(d)$ 、 その他（具体的に： ） ② $H^*(d)$ 、 $H_p(d)$ 、 $H'(d)$ 、 その他（具体的に： ） |
| ニ | 位置情報の取得について御回答ください。 有る場合は精度について御回答ください。 | 有り：方法（ ）、精度（ ）m 以下 無し： |
| ホ | 検出器の種類・大きさ、感度等を御回答ください。 | |
| ヘ | ゲイン補正について御回答ください。 有る場合はその方法を御回答ください。 | 有り：方法（ ） 無し： |
| ト | 時定数について御回答ください。 選択できる場合は内容を御回答ください。 | （ ）秒 選択可能：内容（ ） |
| チ | 測定範囲について御回答ください。 | 積算線量：（ ）～（ ）mGy 線量率：（ ）～（ ）mGy/h (mSv/h) |
| リ | 積算線量と線量率との切り替はできますか。 | できる（自動）、 できる（手動）、 できない |

3. データ

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|---|--|
| イ | 測定で得られるデータの内容について御回答ください。 | 警報情報、補正情報、GPS 取得情報、線量（率）情報、時刻情報、その他（ ） |
| ロ | 測定のタイミング（サンプリングタイム）について御回答ください。 ※ 線量率が設定値を越えた場合に自動的に最短値に切り替えることが可能ですか。 | サンプリングタイム：最短値（ 秒、分）、最長値（ 秒、分） 自動切替： 可 、 不可 |
| ハ | データを保持できる容量を御回答ください。 | （ ）データ |
| ニ | 単位について御回答ください。 ※Gy、Sv の両方可可能な場合は、切替方法を御回答ください。 | Gy（空気線量）、Sv（周辺線量当量） 切替方法（ ） |
| ホ | データの出力及び通信機能はありますか。 有る場合はその方式を御回答ください。 | 有り：赤外線、衛星携帯、FOMA 等携帯端末、防災無線、LAN 的無線 その他（ ） 無し： |
| ヘ | 前項で「有り」の場合、データ収集システムとの接続の実績があるか御回答ください。 | 有り：テレメータ、ラミセス、専用 PC 収集システム、 その他（ ） 無し： |

5. 電源

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|--|--|
| イ | 内部電源の有無と稼働時間を御回答ください。 | 有り：() 時間以上 無し： |
| ロ | 外部電源への対応の有無と、その内容を御回答ください。バッテリーに対応している場合は稼働時間を御回答ください。 | 有り：AC100V、充電バッテリー () 時間以上)、 その他 () 無し： |

6. 寸法

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|-----------------|-----------------------------|
| イ | 測定部の寸法を御回答ください。 | H () × W () × D () mm 以下 |
| ロ | 電源部の寸法を御回答ください。 | H () × W () × D () mm 以下 |

7. 重量

| 項目 | 内容 | 回答欄 |
|----|-----------------|----------|
| イ | 測定部の重量を御回答ください。 | () g 以下 |
| ロ | 電源部の重量を御回答ください。 | () g 以下 |

8. 参考までに台数（測定本体のみ）に応じた予想される導入コストを御回答ください。（該当する概算額欄に○を記入ください。）

| 台数 概算 | ～10 百万円 | ～20 百万円 | ～40 百万円 | ～80 百万円 | 80 百万円～ |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 100 台 | | | | | |
| 200 台 | | | | | |
| 400 台 | | | | | |

以上です、御協力ありがとうございました。

最後に、本件に関して照会を差し上げる際の御担当者様情報をお知らせください。また、差し支え無ければお名刺を同封ください。

| | |
|---------|--|
| 社名及び部署名 | |
| 住所 | |
| 担当者名 | |
| 電話番号 | |
| E-Mail | |

