

CERNにおける放射線防護業務の報告

森本浩行

環境安全技術支援室 放射線管理技術グループ

概要

2018年6月1日から2019年5月31日までCERN派遣研修に参加し、CERNの放射線防護グループ(HSE-RP)に所属して業務を行った。担当した仕事は、主に実験施設における放射線測定であった。CERNにおけるOJT研修であるが、グループメンバーの1人として実施した仕事について、実際に行った測定方法、使用した測定機器、得られた結果、苦労・工夫した点等について報告する。

1 担当した仕事の紹介

1.1 COMPASS (The Common Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy) 実験施設における放射線防護調査(第1回)及び遮へい改善^[1]

COMPASSは、2018年にビーム強度を約23%増加させており、COMPASS内外の放射線量率を測定した。測定には中性子カウンターのWendi-2(Thermo FHT 762)、 γ / μ 測定用のArガス封入型Centronic IG5電離箱、高エネルギー荷電粒子/n γ 測定用のH₂ガス封入型Centronic IG5電離箱及び放射線モニタリングシステム(H₂/Arガス封入型電離箱)を用いた。ビームパラメータを表1に、測定位置を図1に示す。測定値

表1 COMPASSのビームパラメータ

Particle composition	96.8% π^- , 2.4% K^- and 0.8% \bar{p}
Momentum	189.9 GeV/c
Maximum intensity	4.2×10^8 particles/spill
Nominal intensity	3.7×10^8 particles/spill
SPS super-cycle length	28.8 - 40.8 s
Spill length	4.8 s
Spills per super-cycle	1 - 2
Total pions on target	2.1×10^{14}

の評価は、測定時の運転条件(ビーム強度、サイクル長さ、スピル数)を最大運転条件に再スケーリングして評価した。各測定位置の再スケーリングされた平均線量率を表2に示す。線量率が基準値を上回った箇所について遮へいの改善提案を行い、遮へいが必要な箇所に厚さ80cmのコンクリート遮へい壁を設置した。

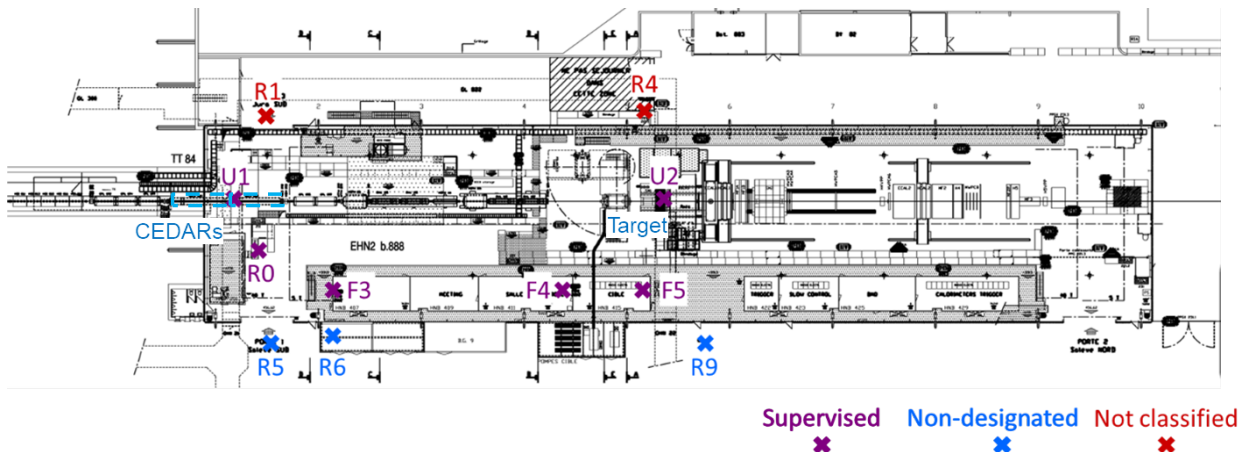


図1 測定位置とエリア分類

表2 各測定位置の再スケーリングされた線量率、標準偏差及び線量限度[$\mu\text{Sv/h}$]。Wendi-2 による位置 R0 及び R5-F5 の測定は、1 度の 30 分間測定のため標準偏差は無い

Pos.	Wendi-2	RP3 / RP4		Limit
		Ar	H	
R0	11.2	2.4 ± 0.1	14.9 ± 0.7	15.0
R1	9.2 ± 2.8	2.5 ± 0.6	13.3 ± 3.5	15.0^2
R4	44.8 ± 12.6	6.6 ± 1.7	41.1 ± 10.9	15.0^2
R5	4.2	0.6 ± 0.1	4.3 ± 0.4	2.5
R6	2.4	0.4 ± 0.0	2.4 ± 0.3	2.5
R9	2.6	0.3 ± 0.0	2.2 ± 0.3	2.5
F3	9.3	1.8 ± 0.2	11.2 ± 1.2	15.0
F4	7.8	1.2 ± 0.1	6.4 ± 0.3	15.0
F5	6.2	0.9 ± 0.1	5.4 ± 0.6	15.0
U1	0.3 ± 0.1	-	-	15.0
U2	5.6 ± 0.8	-	-	-

1.2 COMPASS 実験施設における放射線防護調査 (第 2 回) [2]

コンクリート遮へい壁設置後 (図 2) の測定は、設置前と同様に Centronic IG5 電離箱を搭載した移動式検出器を用いた。FLUKA (FLUktuierende KAskade) モンテカルロシミュレーションによる計算結果 (図 3) との比較を行い、測定とシミュレーションの整合性を確認した。



図 2 設置されたコンクリート遮蔽壁

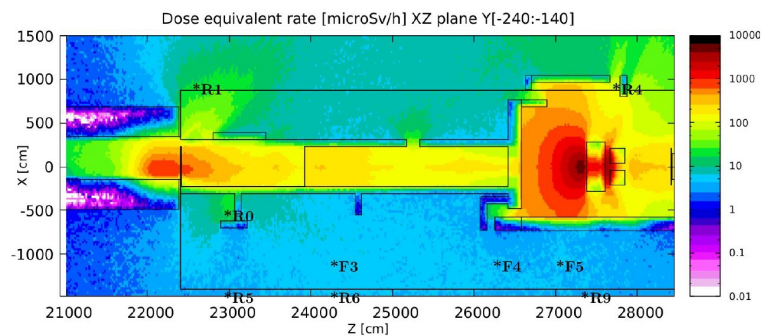


図 3 コンクリート遮蔽壁を設置した場合の線量率[$\mu\text{Sv/h}$]

2 CERN で見たことの紹介

2.1 多様性

私が所属した HSE Unit には計 233 名おり、23 の国々から来ていた。構成は、フランス人 (103 名)、イタリア人 (21 名)、スイス人 (16 名)、イギリス人 (16 名)、ドイツ人 (15 名)、スペイン人 (15 名) の順に多かった。他には、ベルギー人、オーストリア人、デンマーク人、スウェーデン人、ギリシャ人、ロシア人など様々であった。[3]

2.2 公用語

公用語は英語とフランス語であることから、メール本文は両方の言語で書かれていたが、件名は英語のみ又はフランス語のみの場合もあり、リンク先はフランス語版のみのページもあった。ミーティングや会議では、平均的に英語が約 80%、フランス語が約 20%で、議長は 2 言語を使い分けていた。口頭での議論は内容を聞いて理解できても、すぐに自分の意見を英語で発言することができないことがあり苦労した。出席者が 100 人を超える大規模な会議では、英語とフランス語が半々になるように講演者間で調整していた。日常会話の 20%~50%はフランス語で、着任直後は全く内容を理解できなかった。そのため、フランス語の学習を

始めた。CERN 派遣研修後も、語学力の向上に取り組みたい。

2.3 業務スピードの速さ

計画から実施（測定）、報告まで、早く終わらせることを重視していた（COMPASS における調査は、スタートからゴールまで約 2 か月）。測定結果のデータを共同作業者にメールで送り、数分後には居室に来てディスカッションすることもあった。ディスカッションでの主な内容は、この業務のゴール（目標・目的）及びスコープ（行動・思考・調査する範囲）は適切かどうか。計算結果や報告書の内容を議論する時は、少人数で行うことが多かった（3 人程度）。これらを取り入れ、業務スピードの向上に繋げたい。

2.4 測定結果に対するアプローチ

測定結果に対して、統計学（標準偏差、検定等）、共同作業者の意見、シミュレーションとの比較等、多方面からアプローチを行っていた。標準偏差を考慮に入れた際に、制限値を超える場合の評価が難しかった。線量率は検出器により毎分測定されるが、SPS（加速器）のサイクル長さは 28.8～40.8 秒であった。測定の時間間隔が異なり値のバラツキが大きくなってしまいうため、時間間隔を合わせるデータ処理をした後、各測定箇所での平均線量率及び標準偏差を計算した。シミュレーションは、CERN で開発されたプログラム（FLUKA、GEANT4、ActiWiz）が使われることが多く、シミュレーションは実際の測定と同様に重要視され、時間をかけて行われていた。放射線防護グループのメンバーは、放射線に関する技術・知識に加えて、プログラミングもできる人が多い。プログラミング技術は、情報通信分野だけでなく、他分野の業務にも役立つと感じた。

2.5 システムによる成果の蓄積、書類の電子管理

測定毎に報告書を作成し、EDMS システム^[4]にアップロードして成果を蓄積していた。1.1 及び 1.2 の放射線防護調査についても報告書を作成し、EDMS にアップロードした。これらは電子データとして保存され、キーワード等により容易に検索することができる。成果の蓄積方法が優れており、業務に取り入れたい。

2.6 施設整備

各建物には番号が付いており（図 4）、CERN Map^[5]で検索することにより地図上に位置が表示され分かりやすかった。構内には、スピード計測・表示器が設置されていた。図 5 の機器は、構内道路のうち 30km 制限の場所に設置されており、30 km/h 以下では緑色に、30 km/h を超えると赤色で表示され、構内での交通事故防止に役立っていると感じた。



図 4 建物の番号



図 5 スピード計測・表示器

3 まとめ

必要性、危機感、新しい挑戦への魅力を感じたことから、CERN 派遣研修に参加した。CERN の技術者と

コミュニケーションを取りながら一緒に仕事をし、目標としていた世界レベルの専門知識・技術、問題の発見及び解決へのアプローチ方法、生産性の高い業務の進め方、多様な考え方・コミュニケーションの習得だけでなく、語学能力の向上も達成することができた。CERN での業務を通して学んだ内容について、今後も継続して取り組みたいと考えている。

4 謝辞

本研修の遂行にあたり、受け入れて頂きました CERN の皆さまに感謝致します。KEK の皆様には本研修機会を与えて頂き感謝申し上げます。名古屋大学の皆様には 1 年間派遣して頂き感謝の意を表します。

参考文献

- [1] C. Ahdida, M. Casolino, H. Morimoto. COMPASS - 2018 Radiation Protection Survey. EDMS 2006094, 2018.
- [2] H. Morimoto, C. AHDIDA. COMPASS - 2018 Radiation Protection Survey 2. EDMS 2086239, 2019
- [3] CERN Annual Personnel Statistics 2018 <https://cds.cern.ch/record/2677223>
- [4] CERN EDMS <https://edms.cern.ch>
- [5] MapCERN <https://maps.cern.ch>