主任者コーナー

シリーズ：放射線施設・設備に関する知識の伝承

第 3 回　小規模非密封施設の建築例

高橋　郁子

本稿では，研究棟の一部へ組み込んだ小規模非密封施設を取り上げる。

本施設は，旧施設が老朽化したため規模をもとの約 7 割に縮小して，新築する研究棟の一部に組み込んだ例である。面積等基本情報を**表 1-1** に示した。総面積約 455.7 m^2，管理区域の延べ床面積約 424.2 m^2 である。設計時の課題は，コンパクトかつ高機能を目指して，狭いスペース内に必要な施設設備を如何に配置して，能率よく利用できるようにすることであった。

建築にあたって配慮した部分や工夫をした部分等，特色のある項目に絞って解説する。

1. 地階に施設を設ける場合の配慮

本施設は，排風機以外の施設・設備をすべて地下 2 階に設置した。地下 2 階は，建築物の最下層であるため，集中豪雨等による浸水対策として，防潮板を設置した。一般に，照射装置等を保有する場合は，遮蔽等の都合上，施設を地下階に設置するメリットがあるが，本施設は**表 1-2** に示すように少量の非密封 RI のみを利用する実験施設であり，遮蔽に対する特別な配慮は必要としない。むしろ，地階の実験室を使用する利用者に対する配慮として，学生実習参加者 40 名程度が，緊急時に，速やかに地上に避難することができる経路の確保。また，利用者の閉塞感によるストレスの軽減を図る観点[1,2]から，室内への自然採光が可能なドライエリアに面した側にブラインド内蔵の嵌め殺し窓を設ける等の配慮が重要となった。

2. スペースの有効利用をはかる

管理区域内のレイアウト

管理区域内で排気・排水設備に関わる部分を除いた面積は，約 288.6 m^2 である。この区画中で**図 1** に示したように，管理区域内に通路を設けその両側に必要な実験室等を配置した。この基本的なレイアウトを採用することで，各室のエアバランスを取り易くし，また，明確な避難経路を確保した。貯蔵室は，構造柱（145 cm × 50 cm）を遮蔽壁として利用する形で配置した。通路には，構造柱の窪みを活用した壁面収納を設けた。また，培養実験室及び動物実験室の前室を経由して入室する日常の動線に，大型機器を搬出入する開口幅の扉を設置することができないため，培養室は実験室 1 側に，動物実験室は廊下側に，それぞれ，エアータイト仕様で常時閉鎖式の機器の搬出入専用扉を設置した。

大実験室の効率的な使用

RI を通常の研究に利用する時は，実験室をグループ毎に 1 室使用するのが，複合汚染を防ぐ等の観点からは望ましい。しかし，本施設では，1 回に 40 名程度の学生実習ができる実験室を必要とするために，研究での利用専用としては，約 13 m^2 の独立した実験室が 2 区画しか取れなかった。そこで，学生実習で使用する日数が年間で限られている学生実習用の実験室 1（面積約 78 m^2）が，必然的に複数のグループが研究に利用するスペースとなる。しかし，従来型の固定式の実習用実験台を設置した実験室は，通常の研究での利用には，機器の配置等で不便なことが多い。そこで，実験室を有効利用するために，利用形態によってある程度，実験室のレイアウト変更ができるように計画した。これにより，学生実習を行う場合にも実習内容の制約が緩和されるメリットが見込まれた。具体的には，以下の（1）～（3）により計画を具現化した。

（1）ドラフトチャンバーと流し

図 2 に示したように配管接続が必要なドラフトチャンバーと流しは，壁側に配置し固定設置とした。

表 1-1　放射線施設の概要

項目	詳細	
構造規模	鉄骨コンクリート造（一部鉄筋コンクリート造）地上 6 階地下 2 階　研究棟　総面積　7,529.18 m²	
	ラジオアイソトープ実験施設 地下 2 階及び 4 階（排気設備）に設置 専有面積　455.75 m²（地下 2 階　420.47 m²　4 階（排気設備）　35.28 m²）	
地震対策	排水設備，排水管，排気設備，排気ダクトは，耐震クラス S にて，設計・施工	
内装仕上げ	貯蔵室を除きコンクリート建屋内に，軽量鉄骨を用いた乾式工法仕上	
	壁	乾式工法による間仕切り壁：クリーンルーム仕様の帯電防止タイプの化粧珪酸カルシウム板
		コンクリート壁：水拭きが可能な低帯電性能を有するセラミック系樹脂塗料を用いた塗装仕上
	天井	珪酸カルシウム板にコンクリート壁と同様のセラミック系樹脂塗料による塗装
	窓	ドライエリア（南側）に面した室のみに，ブラインド内蔵嵌殺し窓を設置
	床	排水処理室，排気処理室及び排気設備を除いた管理区域を防水区画として施工
	床材	排水処理室，排気処理室を除く管理区域全域：帯電防止処理長尺シート
		排水処理室，排気処理室：アクリル樹脂塗料による塗り床
	扉	貯蔵室，動物実験室，培養実験室前室を除き，ハンガー式引き戸
電源供給	床面への配管・配線の埋設を回避し，サイド実験台まわり以外は，すべて天井からの供給	
	コンセント	1 回路 1 コンセントを基本
	停電対策	空調関連機器（空調機，排風機，吸収式冷温水発生機，冷却塔）及び RI 排水処理設備は，非常用発電機回路へ接続 各室に最低 1 箇所の非常用発電機回路のコンセントを設ける。
給排気	空気の流れが室上部でのみ循環することなく，天井から床方向に流れるよう，給気は天井面から行い，排気は，天井面排気口，ドラフトチャンバー開口部の他，一部のドラフトチャンバーの下部に排気口を設ける。	
	給気	管理区域内は全外気空調とし，4 管式空調機と定風量装置（CAV）の組み合わせ，または変風量装置（VAV）及びレヒーターコイルを組み合わせ，各室のエアバランスを確保しながら，室ごとに温度を制御できる空調システムとする。
	排気	排気フィルタユニットを RI 実験施設と同一階に設置し，排気ファンを上層階に設置し，排気ダクト内を陰圧とする。
	排気フィルタ	焼却型のプレフィルターと多風量型 HEPA フィルターのみとし，活性炭フィルターは装着しない。
	運転条件	昼間と夜間で給排気量を変化させる方式：時間外利用者がいない限りにおいて，夜間時間帯（22 時～7 時）は通常時間帯（7 時～22 時）に比べ 1/2 の給排気量に低減して運転を行い，管理区域内の換気と管理区域内の陰圧を保持する。
	安全キャビネットの排気	定風量装置（CAV）を設け，規定風量を確保するとともに，安全キャビネットの運転・停止に合わせて定風量装置（CAV）の開閉と給気側の変風量装置（VAV）を連動させて，実験室のエアバランスを崩さないように制御する。
	ドラフトチャンバー	本文参照
給排水	給水	水道水
	給湯	流し毎に電気温水器の設置を原則とする。
	流し	実験室の流しは深さ 30 cm とする。 汚染検査室の流しには，自動水栓，自動石鹸を設け，非接触での洗浄とする。
	排水管	床下にピットを設けて露出配管とする。
	排水系統	実験室系 2 系統，動物実験室系統 1 系統とし，各系統ごとに集合槽へ入る手前にバルブを設ける。
	排水処理設備	集合槽（1 t）1 槽，貯留・希釈槽（6 t）3 槽
	排水処理方式	排水槽 3 槽の使用目的を限定せず，貯留・希釈槽すべてを貯留槽，及び，希釈槽として使用する。 排水処理用シーケンスは，集合槽からの分配先が 3 槽すべてを選択可能とし，各槽間での，移送，希釈移送が可能，かつ，各槽からの放流が可能とする。 ＊本文参照
消防設備	屋内消火詮設備	易操作性 1 号消火栓
放射線モニタリング	排気口	β 線測定用検出器として通気型電離箱を，γ 線測定用には NaI シンチレータを用いたガスモニタ
	排水口	液体シンチレータ及びプラスチックシンチレータを用いた β 線水モニタ，NaI シンチレータを用いた γ 線水モニタ
	管理区域内	貯蔵室と通路に通気型電離箱を検出器として用いたルームガスモニタを，保管廃棄室にプラスチックシンチレータを検出器として用いたルームダストモニタを設置する。
		ルームモニタのデータ通信用コネクタを管理区域内全実験室に設け，必要に応じて，ルームガスモニタを，移動して使えるよう計画
	管理区域出入口	プラスチックシンチレータを検出器として用いたハンドフットクロズモニタを設置する。
入退管理とセキュリティー	ハンドフットクロズモニタと管理区域入退域ゲート制御システムとを連動させて出口側のドアの開閉をコントロールする。非常時（火災を想定）には，出入口の電子錠は，開錠となるが，貯蔵室及び保管廃棄室の扉は開錠されない。また，停電時も同様に貯蔵室及び保管廃棄室の扉は開錠されない制御とする。	
設計監理 施　工	(株)日建設計 (株)竹中工務店	
竣　工 利用開始	2012 年 11 月 2013 年 4 月	

表 1-2　使用可能な核種と数量

核種	年間使用数量 (MBq)	1 日最大使用数量 (MBq)
Ca-45	7.400E+02	3.700E+00
Cr-51	2.220E+03	1.110E+01
Co-60	1.850E+01	1.850E+00
I-125	3.700E+02	3.700E+01
Cs-137	1.850E+01	1.850E+00
P-32	1.480E+03	7.400E+01
S-35	3.700E+03	1.850E+02
Fe-59	1.850E+02	1.850E+00
Mn-54	1.850E+01	3.700E+00
Rb-86	7.400E+02	3.700E+01
Mo-99+Tc-99m	3.700E+02	3.700E+01
I-131	1.110E+02	1.110E+01
H-3	1.850E+04	7.400E+02
C-14	7.400E+03	7.400E+02
Sr-90	1.850E+01	1.850E+00

上記すべての核種について

物理的状態： 化学形等：すべての化合物	液体・固体
使用の目的：	生物学的分野，化学的分野及び物理学的分野における実験
使用の方法：	トレーサー利用，標識化合物の調整，標識化合物の調整，線源調整

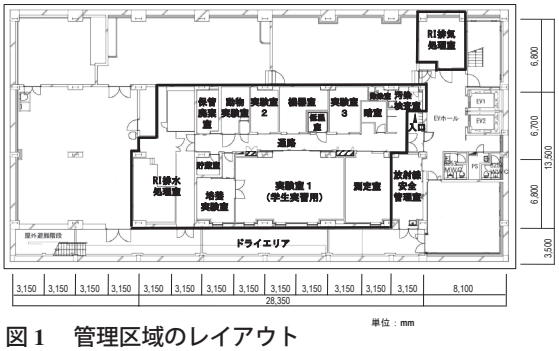

図 1　管理区域のレイアウト

□　:RI実験施設管理区域
▨　:壁面収納

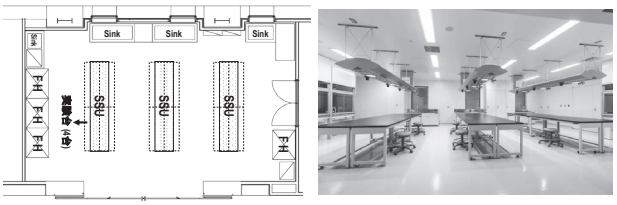

図 2　実験室 1 のレイアウト

FH : ドラフトチャンバー
SSU : 天吊型インフラユニット

なお，採用はしていないが，これらも移動可能な方式とすることは可能である。

(2) 天吊り型インフラ供給ユニットの採用

実験台へ供給する電源（100 V，200 V），実験ガス用配管，局所排気用ダクト，HDMI ケーブル等のインフラは，**図 3-1** に示した手元照明（LED 照明）を搭載した天吊り型のインフラ供給ユニット（以下インフラユニット）へ引き込み，そこから実験台へ供給する方式とし，床面からの電源供給等を排除した。なお，採用はしていないが，インフラユニットを利用しての給排水も可能である。また，アーム型の簡易型局所排気ユニットを，インフラユニットの局所排気用ダクトへ接続して使用することで，ドラフトチャンバー内での取扱いまでは必要としない作業を，実験台上で安全に行うことを可能とした。インフラユニットの使用には，特別なランニングコストを必要としない。

(3) 実験台を固定しない

従来型の固定式実験台を設置すると必要な装置・機器類の設置が制限され，使い勝手がよくない。また，旧施設では，学生実習の際に，実験台上の棚による死角ができ，全体を見渡すことができなかった。そこで，実験台は棚等を設けない形式とし，移動が容易にできる，ストッパー付キャスターとアジャスター付の実験台（幅 1.5 m 奥行き 60 cm 高さ 90 cm）12 台を採用した。研究利用時には，利用形態によって必要な数の実験台を使用し，実習時には，基本的に実験台 4 台を合わせて 1 台の実験台として使用する計画とした。そこで，実験室 1 の床を施工する際には，通常の実験室の床より水平面の精度に十分な配慮をして仕上げ，複数の実験台を合わせた時の実験台表面の水平はアジャスターなしで，十分に保つことを可能とした。

結果として，**図 3-2** に示したように，実験室 1 は，研究利用形態に合わせて実験室内のレイアウトを変えることが可能となり，必要機器を実験台の近傍に据えることもできるようになった。また，日本の放射線施設でインフラユニットを使うのは初めての試みとして，5 年間使用したが，利用者には利便性が好評である。

3. 安全性と利便性を両立させる高機能ドラフトチャンバーの採用

放射線施設の空調は，通常，ドラフトチャンバーを排風機に連動させて，実験室内の排気の一部に組み込んだ上で，実験室自体の適切な換気回数の保持と，室圧の変動を最小限に保持するように設計される[4, 5]。しかし，本施設の実験室 1 のように，1 室

図 3-1　天吊型インフラ供給ユニット
左下に簡易型局所排気ユニットを示す

図 3-2　実験室 1 レイアウトの変更例

に複数台以上のオークリッジ型ドラフトチャンバーを設置する場合，ドラフトチャンバーを定格風量で使用すると，室内への給排気量が必要以上に大きくなる。そこで，一般的な対策としては，前面の開口面積を狭めることで，開口部の面風速（0.5 m/s）を維持しつつ，ドラフトチャンバーからの排気量を絞って使用することが多い[3,4]。しかし，この方法は，作業者にとっては使い勝手が悪く，また，作業者のそばを人が通った場合に生じる乱気流により内部の空気が外へ逆流することが懸念される。以前から，ドラフトチャンバーにはバイパス型等のタイプが存在しており，ドラフトチャンバーへの給気方法が改良されてきたが，いずれも，決定的に改善できるものではなかった[5]。本施設の設計時に，少量の補助気流をドラフトチャンバーの左右の壁面及び底面に沿って 3 方向から吹き込むことで境界層をなくす方式を用いて，封じ込め性能を上げた新たなタイプのドラフトチャンバーが販売されていた。これは，有機溶剤中毒予防規則第 16 条の 2 によるプッシュプル換気装置としても認められており，定格風量の半

図 4　ドラフトチャンバー
有効寸法：1,142（W）× 720（D）× 1,200（H）mm
定格風量：720 CMH

分程度の排気量で運転し，かつ標準的な開口面積で使用してもドラフトチャンバー内からの空気の逆流が生じないとされていた。そこで，テスト機を使い，あらかじめ，その性能を確認した上で，非密封 RI を用いるために次のようにカスタマイズし，**図 4** に示した形状として本施設の必要台数分を採用した。①補助気流送り出し機能が働くことが，使用上の安全性を担保する条件となるため，空調機の発停と補助気流送り出し発停のタイミングを合わせるための回路をドラフトチャンバーに設けた。②ドラフトチャンバー内の清掃が容易なように，内面をステンレス仕上げとし，作業面を 2 cm 段落ちとした。③バッフル板は工具なしで簡単に取り外しが可能とした。④一部のものは，室内の空気の流れが天井から床方向に流れるよう，下部に排気口を設けた。

結果として，従来型のドラフトチャンバーを採用した場合に比べ，給気量が少なくて済み，室内の換気回数が極端に大きくなることを回避できた。また，ドラフトチャンバー内からの空気の逆流も防ぐことができた。

4. 排水処理

排水管の点検

排水管はスラブ内（床下埋め込み）には設置せず，床下にピットを設けて露出配管とした。管理区域の排水は，通路を挟んで 2 系統とし，動物実験室の排

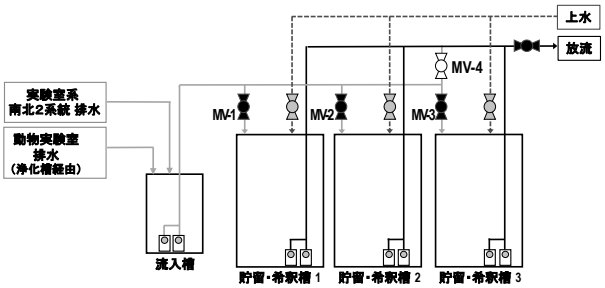

図 5　排水設備
実験室系統，動物実験室系統から流入槽への導水を示す

水は，単独系統で浄化槽を経由して流入槽へ導水した。また，各排水系には，**図 5** に示したように流入槽へ入る手前にバルブを設けた。各バルブを閉じて，流しから水を流して排水管に水を張れば，ピット内から配管の漏水が判るように計画した。ピットが深いため，点検者の安全に配慮し，ピット内に電灯を設置した。また，ピット内環境が高湿度になり，排水管表面での結露の発生，壁面等へのカビ類の発生を防止するため，ジェットファンを 2 台設置し，それらを常時運転してピット内の空気を回転させ，更に除湿器を設置し，ピット内が常に乾燥するようにした。

貯留槽，希釈槽の使途を限定しない効率的な使用

一般的に排水槽のレイアウトは，流入槽の下流に，貯留槽と希釈槽を設け，希釈槽は，希釈が必要となったときのみに使用する方式である[6, 7]。しかし，高濃度排水が出ることが稀な施設では，希釈槽の使用頻度が限りなく低く，希釈槽の電動弁等の可動部品に固着等の不具合が発生しやすい。そこで，これらの不具合の発生を回避するために，貯留槽，希釈槽の使途を限定せずに使用する方法を考案した[8]。流入槽以外の排水槽 3 槽を順繰りに使用する方式とし，排水槽 3 槽の使用目的は限定せず，いずれの槽も貯留又は希釈に使用できるよう「貯留・希釈槽」として文部科学省（当時）へ申請し許可を受けた。

排水処理用シーケンサーの動作は，流入槽からの分配先を 3 槽すべて選択可能とし，貯留・希釈槽 3 槽すべてを貯留槽，希釈槽として使用するために，各槽間の，移送，希釈移送及び各槽からの放流ができる設計とした。配管経路については，従来のように流入経路と，移送放流経路を完全な別配管とせず，**図 5** に示したように，電動弁を 1 台（MV-4）設け，この電動弁の切替えにより同じ配管を流入側，移送側に切り分け，両用途で使用することを可能とした。なお，流入管としての動作が移送管としての動作に優先するようにシーケンスを組んだ。また，不具合の発生を考慮し，電動弁にはすべてバイパス配管を設置し，手動での弁の切替えを可能とした。各貯留・希釈槽には手動採水用に，各槽の底面から 20 cm の位置にサンプリング用の蛇口を設けた。

結果として，排水設備の配管数を減じることができた。また，5 年間使用したが，電動弁の固着等のトラブルは発生していない。

5. 管理区域内における放射線モニタリング

本施設の使用核種と利用方法における放射線管理は，放射線量率の連続モニタリングを目的とするγ線エリアモニタより，空気中の放射性同位元素濃度の連続モニタリングを行う方法が適している。そのため，貯蔵室と通路に通気型電離箱を検出器として用いたルームガスモニタを，保管廃棄室にプラスチックシンチレータを検出器として用いたルームダストモニタを設置した。なお，ルームモニタのデータ通信用コネクタを管理区域内全実験室に設け，必要に応じて，ルームガスモニタを，必要な場所へ移動して使えるように計画した。

6. 最後に

放射線施設の建築に際しては，日頃，放射線管理に携わる人が常識としていることが，設計施工に携わる人にとっては必ずしも常識ではないことを踏まえて，細部にわたる調整を行う必要がある。本稿では，触れていないが，設計・施工時には，管理者側の意図の理解を図るために，設計施工に関わる担当者と充分に時間をかけて，調整を行った。その間には，既存施設へ見学に出向き，見学先のご協力のもと，先方の管理者とのディスカッションを行い，アドバイス等も頂いた。こうした過程を経て，新しい工業製品や技術を適宜応用して，管理者側の意図を具現化し，施設としてのグレードアップを図ることが可能となったものである。

施設・設備の計画では，一般的な実験施設に比して，放射線施設として必要不可欠な施設・設備にかかる経費が必要なため，新たな試みにかけられる費用は当然ながら限られる。したがって，管理者側が，

設計段階で，施設・設備の利便性のどこに費用のウエイトを置くのか，また，完成後の保守作業にかけられる経済力等，施設の管理運営能力を熟慮することが重要である。

参 考 文 献

1）岩田利枝，室内の光環境・視環境，室内環境，**11**, 2, 117-123（2008）
2）宮田紀元，環境心理学的側面からの自然光利用の評価，照明学会誌，**28**, 9,743-746（1998）
3）日本建築学会原子力建築委員会，放射線施設の設計法，技報堂（1964）
4）福山博之，講座　RI 実験施設の機械設備（2），ダイダン技報，**62**, 57（1991）
5）福山博之，講座　RI 実験施設の機械設備（1），ダイダン技報，**61**, 39（1990）
6）福山博之，講座　RI 実験施設の機械設備（3），ダイダン技報，**63**, 46-51（1991）
7）福山博之，ラジオアイソトープ実験施設，建築設備と配管工事，116-132（1992）
8）高橋郁子，小規模放射線施設における排水設備の施工例，主任者ニュース（日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会），**22**, 9-11（2016）

（名城大学　薬学部）

放射線障害予防規程ガイド解説書のご案内

放射線安全取扱部会法令検討専門委員会では，皆様が予防規程の変更を検討する際にガイドの内容を理解することを容易にし，かつ意図することを条文に反映しやすくなるよう事業所側からの観点も入れて追加の解説をこの度用意しました。

放射線障害予防規程ガイドの解説書

各号の解説と条文例をご用意しました。
無料でダウンロードいただけます。

第0号　共通事項		
第1号　職務及び組織	第7号　教育訓練	第13号　情報提供
第2号　主任者の代理者	第8号　健康診断	第14号　応急の措置 ※1
第3号　施設の維持及び管理	第9号　保健上必要な措置	第15号　業務の改善
第4号　RI等の利用	第10号　記帳及び保存	第16号　管理の状況の報告
第5号　RI等の受払、保管等	第11号　災害時の措置	第17号　廃棄物埋設 ※1
第6号　測定	第12号　危険時の措置	第18号　その他 ※1

※1 対象者が限られるため，解説はございません。

詳細はこちら
https://www.jrias.or.jp/report/cat3/post-2.html

当協会トップページ（https://www.jrias.or.jp/ ）
協会を知る > 協会の活動成果を知る > 放射線安全取扱部会 > 予防規程ガイドの解説書