

【公開版】

| | |
|----------|------------------------|
| 日本原燃株式会社 | |
| 資料番号 | 遮蔽 03 <u>R 1</u> |
| 提出年月日 | 令和 4 年 <u>5 月 11 日</u> |

設工認に係る補足説明資料

遮蔽設計における計算条件及び計算モデルの
設定について

目次

| | |
|------------------------------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 燃料集合体用輸送容器の線源設定について | 2 |
| 3. 燃料集合体貯蔵設備の線源設定について | 3 |
| 4. 燃料加工建屋の計算モデルの設定について | 4 |

1. 概要

本資料は、MOX 燃料加工施設の第 1 回設工認申請のうち、以下に示す添付書類に示す遮蔽設備に対する設計方針を補足説明するものである。

- ・ MOX 燃料加工施設 添付書類「Ⅱ 放射線による被ばくの防止に関する説明書」

本資料では、上記添付書類において記載している遮蔽設計の入力条件の設定根拠を示すとともに、線源を有する機器の構造及び配置の概要を用いて、計算モデルの設定の考え方について示す。

2. 燃料集合体用輸送容器の線源条件について

燃料集合体を輸送する燃料集合体用輸送容器（BM型輸送物）の線源強度については、「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（昭和53年総理府令第57号）」の第6条第1項に定められる燃料集合体用輸送容器表面における線量当量率である2mSv/h及び燃料集合体用輸送容器表面から1m離れた位置における線量当量率100 μ Sv/hに基づき設定する。具体的には線量評価を行い、表面及び表面から1mの線量当量率を算出し、2つの基準のうち、厳しい方の値が基準値となる値を燃料集合体用輸送容器の線源強度に設定する。

計算体系は、燃料集合体用輸送容器と体積（第2.-1図参照）が等価となる半径1.05mの球を線源とする1次元球モデルとし、線源領域の物質は空気とする。また、遮蔽設計における主な遮蔽体であるコンクリート通過後の線量率については、遮蔽02の添付-5に示すとおり、中性子線の寄与が支配的であることから、線源は中性子線のみとし、強度を 1×10^7 [n/s]とする。中性子線のスペクトルについては、添付書類「II-1 遮蔽設計に関する基本方針」第4.-2表のとおりとする。

計算コードは1次元輸送計算コードANISN⁽¹⁾を使用し、1センチメートル線量当量率への換算には、日本原子力学会標準⁽²⁾の換算係数を用いる。

計算の結果は下表に示すとおりであり、表面から1mの値の方が厳しいことから、当該数値が基準である100 μ Sv/hとなる値を線源強度とする。100/28.6=3.50であるため、燃料集合体用輸送容器表面から1m位置の線量当量率が100 μ Sv/hとなる線源強度は 3.50×10^7 [n/s]となるが、安全裕度を考慮し、 4.0×10^7 [n/s]を遮蔽設計に用いる線源条件とする。

| 中心からの距離(m) | 中性子 ^{(*)1} (μ Sv/h) | 2次 γ ^{(*)1} (μ Sv/h) | 合計 ^{(*)1} (μ Sv/h) | 基準 ^{(*)2} (μ Sv/h) | 割合 (合計/基準) |
|----------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 1.05 ^{(*)3} | 153 | 6.13×10^{-4} | 153 | 2000 | 8% |
| 2.05 ^{(*)4} | 28.6 | 2.60×10^{-4} | 28.6 | 100 | 29% |

*1：1センチメートル線量当量率を示す。

*2：「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（昭和53年総理府令第57号）」に定められる線量当量率の基準値を示す。

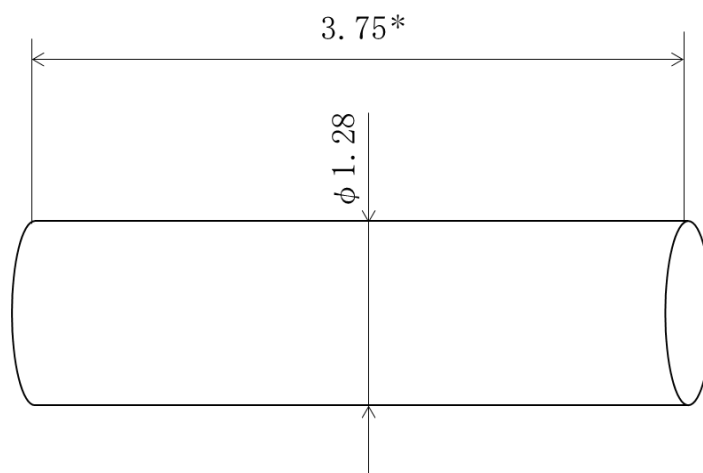
*3：輸送容器表面の位置を示す。

*4：輸送容器表面から1mの位置を示す。

2.1 参考文献

(1) Ward W. Engle, Jr.. A Users Manual for ANISN A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering, Oak Ridge National Laboratory, 1967, K-1693.

(2) 社団法人日本原子力学会. 日本原子力学会標準 放射線遮へい計算のための線量換算係数：2004, 2004年12月, AESJ-SC-R002：2004.



(単位：m)

第2.-1図 燃料集合体輸送容器概要図

*：燃料棒の有効長を考慮した値

3. 燃料集合体貯蔵設備の線源設定について

MOX 燃料加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による一般公衆の線量評価において線源としている燃料集合体貯蔵設備には、BWR 燃料集合体(8×8 型)、BWR 燃料集合体(9×9 型の A 型及び B 型)並びに PWR 燃料集合体(17×17 型)の 3 種類を貯蔵する。

事業変更許可申請書に記載している燃料の諸元を用いて、線量への寄与が大きい Pu 量を算出した結果、集合体 1 体当たりでは PWR 燃料集合体の方が大きい、燃料集合体貯蔵チャンネル当たりの Pu 量は、BWR 燃料集合体(8×8 型)、BWR 燃料集合体(9×9 型の A 型及び B 型)のいずれにおいても PWR 燃料集合体よりも大きくなることから、一般公衆の線量評価においては、燃料集合体貯蔵室の最大貯蔵能力と BWR 燃料集合体の Pu 富化度を考慮して遮蔽設計に用いる線源強度を設定する。

第 3.-1 表 燃料集合体の型ごとの重量比較

| | | BWR 8×8 型* | BWR9×9 型 | | PWR 17×17 型 |
|-------------------------|--------------------------|---------------|----------|--------|----------------|
| | | | A 型* | B 型* | |
| 諸元 | ペレット直径(mm) | 10.4 | 9.6 | 9.4 | 8.2 |
| | スタック長(mm) | 3710 | 3710 | 3710 | 3700 |
| | 燃料棒本数* | 60 | 74 | 72 | 264 |
| | Pu 富化度(%) | 11 | 11 | 11 | 14 |
| | スタック体積(mm ³) | 315160 | 268538 | 257466 | 195398 |
| | 理論密度(g/cm ³) | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 |
| 燃料棒 | MOX 重量(kgMOX) | 3.50 | 2.99 | 2.86 | 2.17 |
| | HM 重量(kgHM) | 3.09 | 2.63 | 2.52 | 1.91 |
| | Pu 重量(kgPu) | 0.339 | 0.289 | 0.277 | 0.268 |
| 燃料集合体 | HM 重量(kgHM) | 185 | 195 | 181 | 505 |
| | Pu 重量(kgPu) | 20 | 21 | 20 | 71 |
| 燃料集合体 貯蔵チャン ネルあたり | 集合体数(体) | 4 | 4 | 4 | 1 |
| | HM 重量(kgHM) | 741 | 778 | 726 | 505 |
| | Pu 重量(kgPu) | 81 | 86 | 80 | 71 |

*：燃料の諸元では、BWR 燃料集合体中のウラン燃料棒の本数を規定していないことから、燃料棒全てが MOX 燃料棒であるとする。

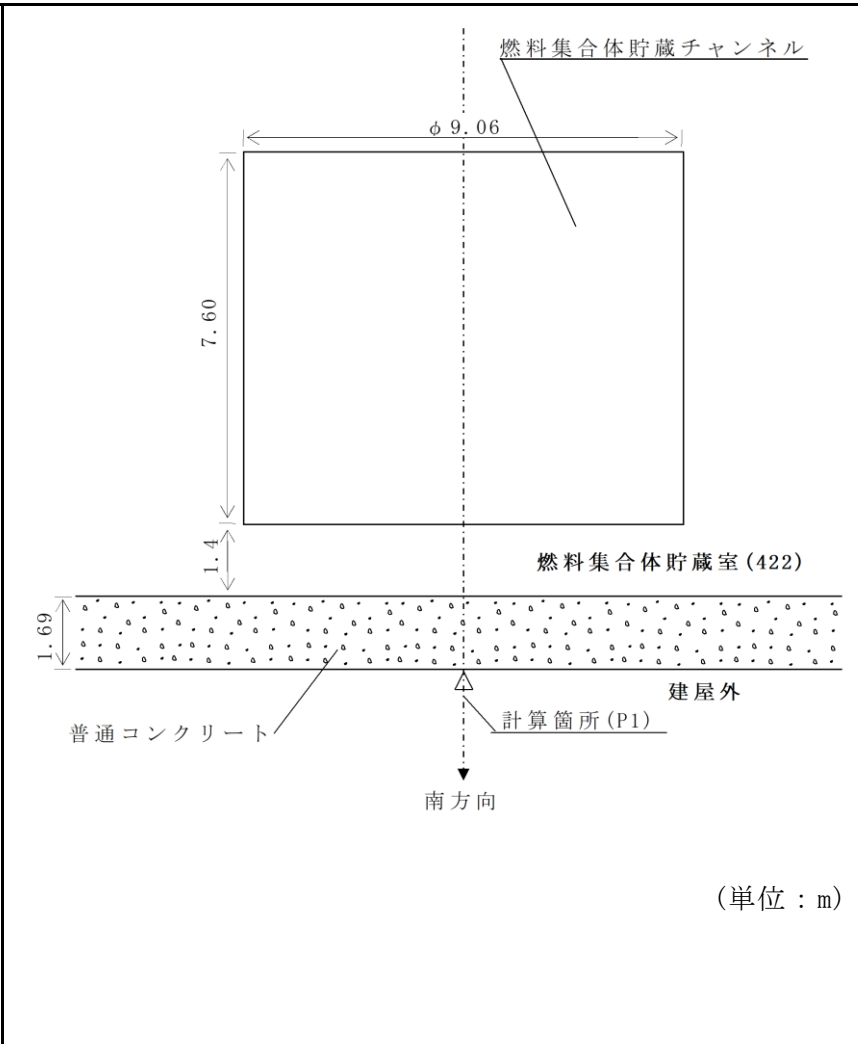
4. 燃料加工建屋の計算モデルの設定について

遮蔽設計で用いる計算モデルは、線源を有する機器の形状や配置を踏まえ、距離を短く設定することや、線源の密度を低く設定すること等により、保守的な遮蔽設計となるように設定する。このように設定している遮蔽設計に用いる計算モデルと、線源を有する機器の構造及び配置の概要について、第4.-1図から第4.-14図に示す。

なお、本図では、遮蔽設計で用いる計算モデルが、線源を有する機器の構造や配置を踏まえて保守的な設計となるようモデル化されていることを示すためのものであり、遮蔽設計では考慮していない部分については省略されている場合がある。

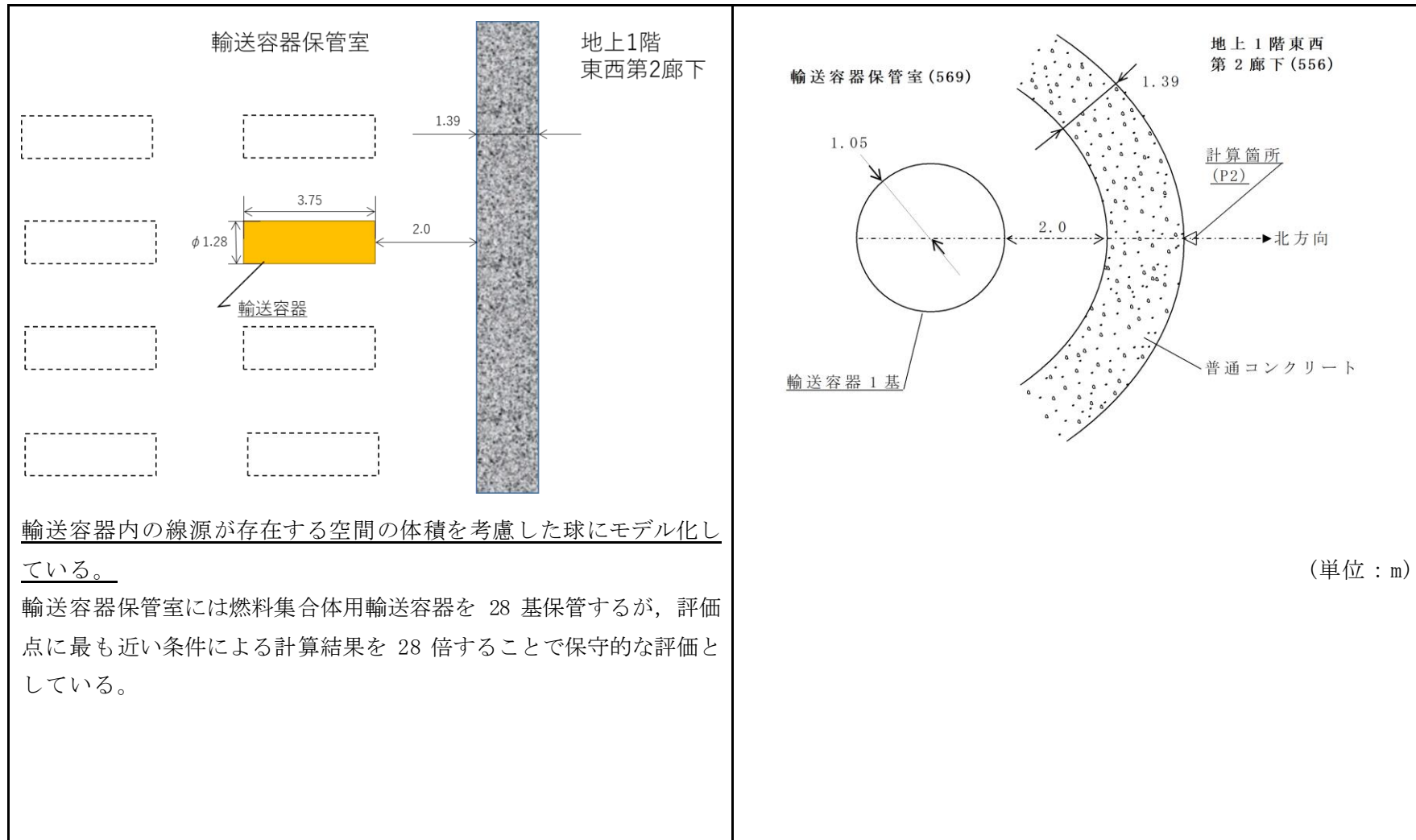


概要図



計算モデル(2次元円筒モデル)

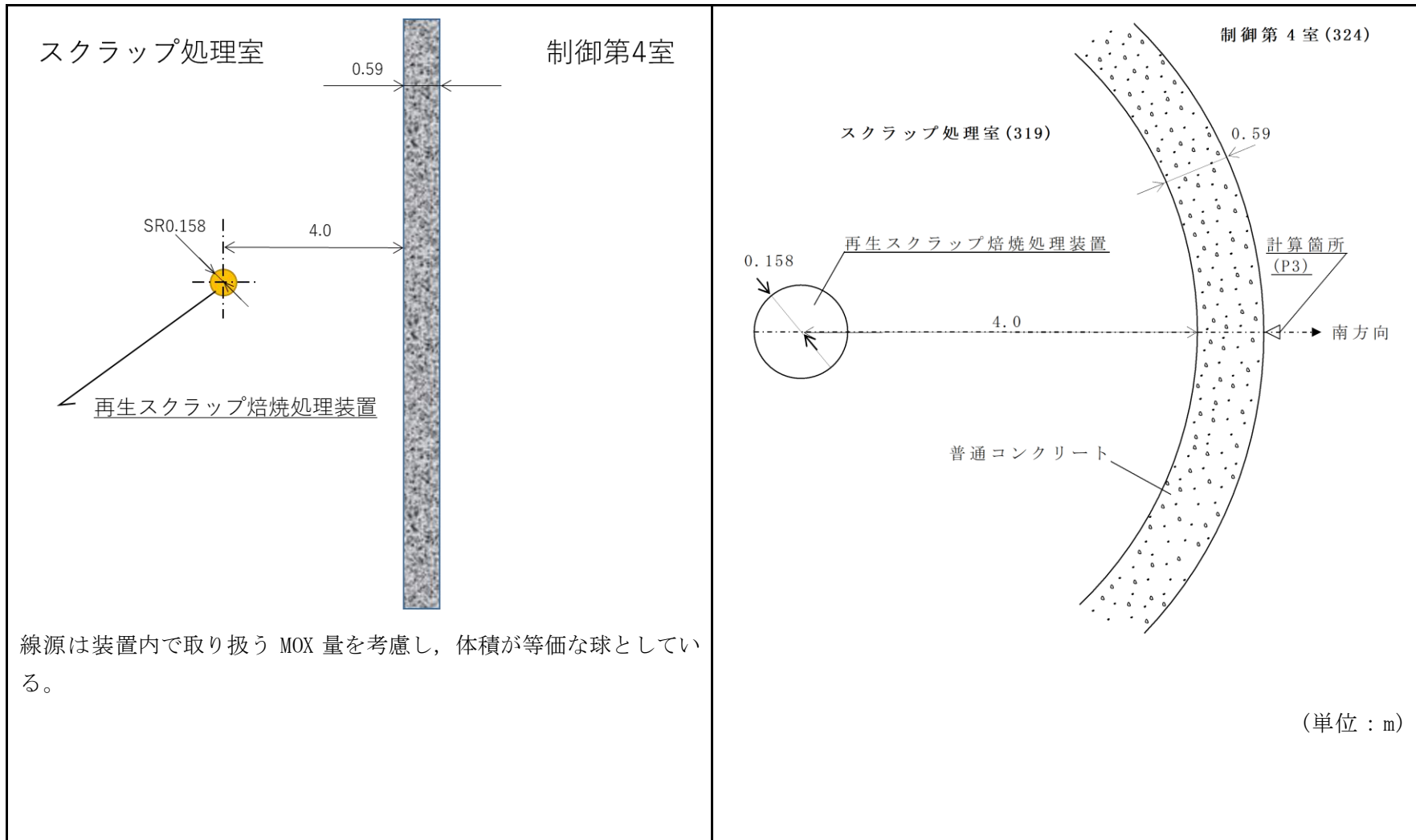
第 4. -1 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(燃料集合体貯蔵チャンネル)



概要図

計算モデル(1次元球モデル)

第 4.-2 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(燃料集合体用輸送容器)

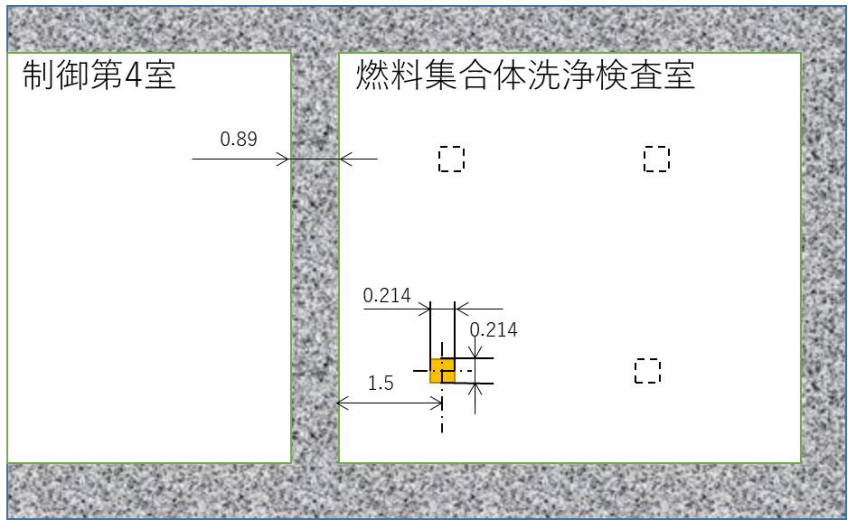


概要図

計算モデル(1次元球モデル)

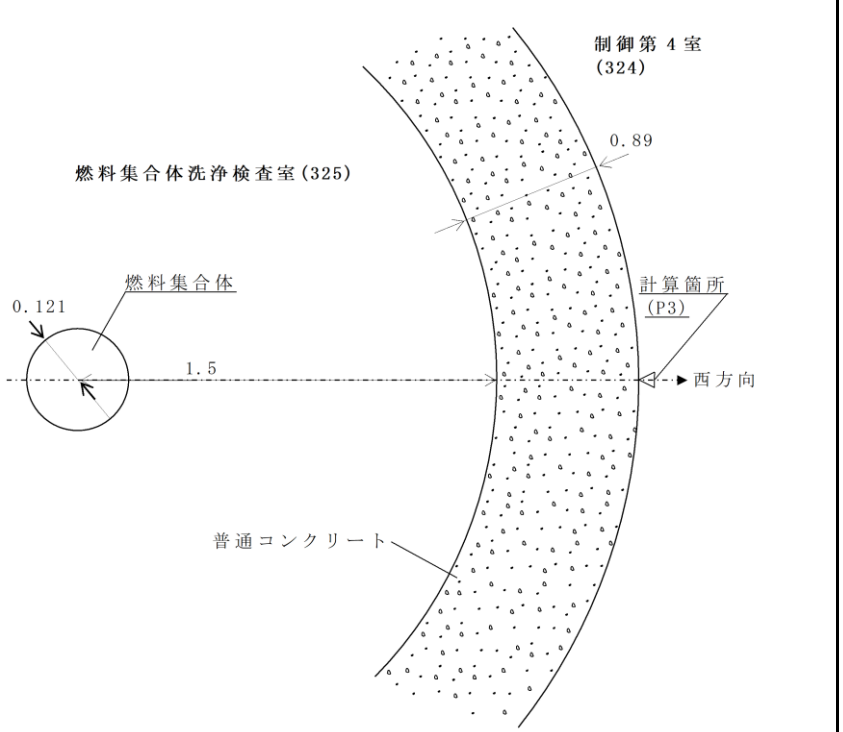
第 4.-3 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(再生スクラップ焙焼処理装置)

6



■は燃料集合体を表している。集合体の断面積と面積が等価な円筒にモデル化している。

燃料集合体洗浄検査室では燃料集合体1体を取り扱う機器を4基(点線の四角が他の機器で取り扱う燃料集合体の位置を示す)設置するが、同時に取り扱うのは2基までであるため、最も距離が近い機器の条件による計算結果を2倍することで保守的な評価としている。

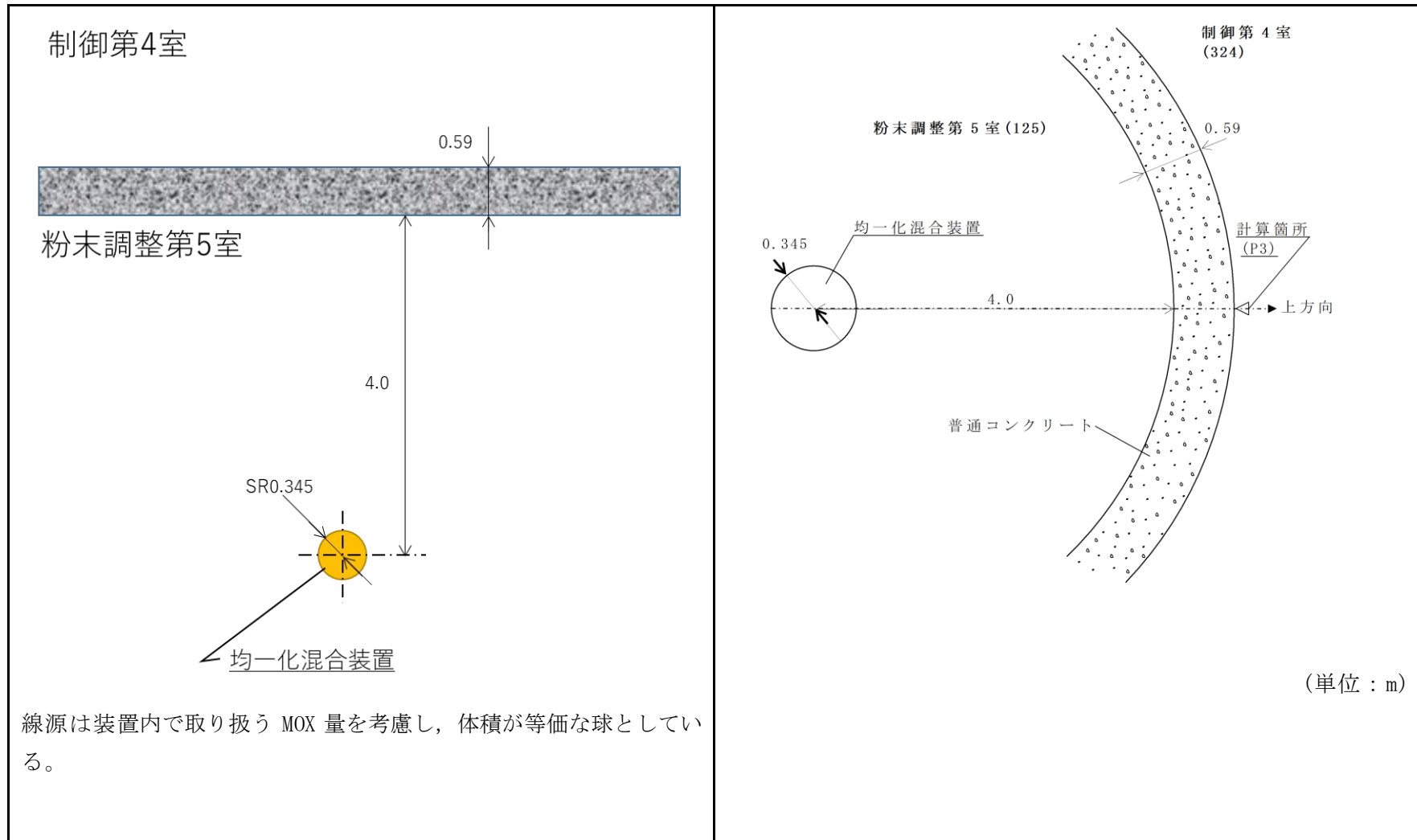


(単位：m)

概要図

計算モデル(1次元無限円筒モデル)

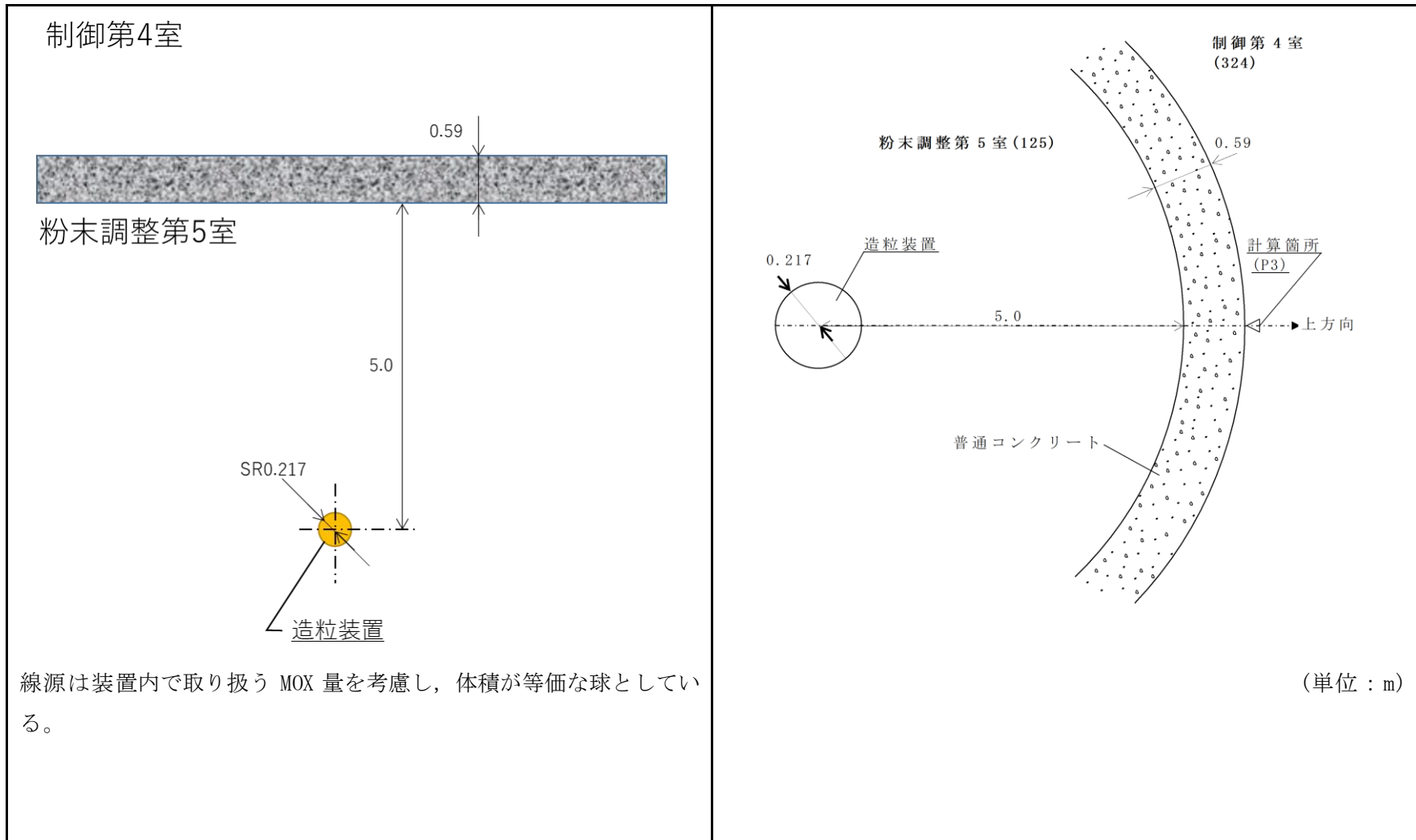
第4.-4図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(燃料集合体)



概要図

計算モデル(1次元球モデル)

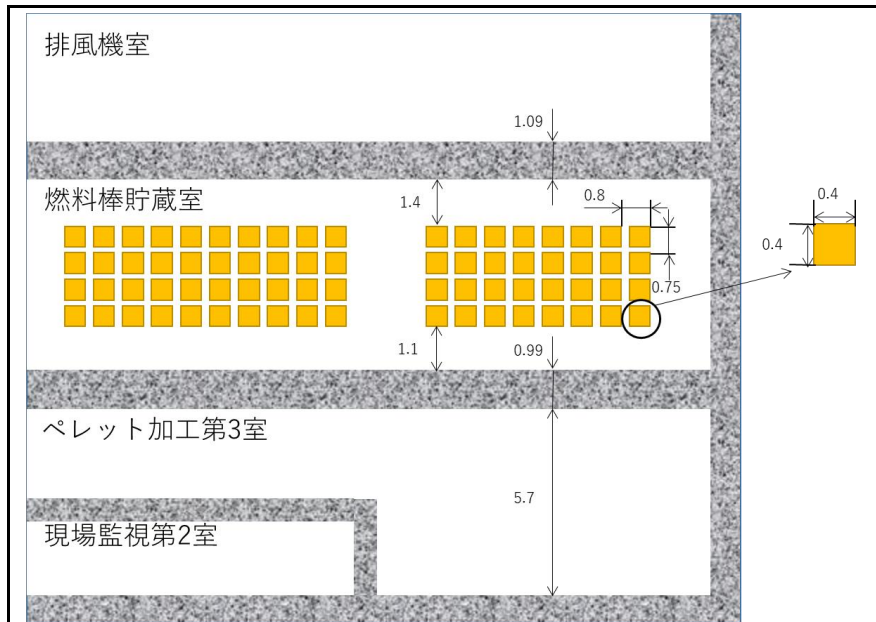
第 4.-5 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(均一化混合装置)



概要図

計算モデル (1次元球モデル)

第 4.-6 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(造粒装置)



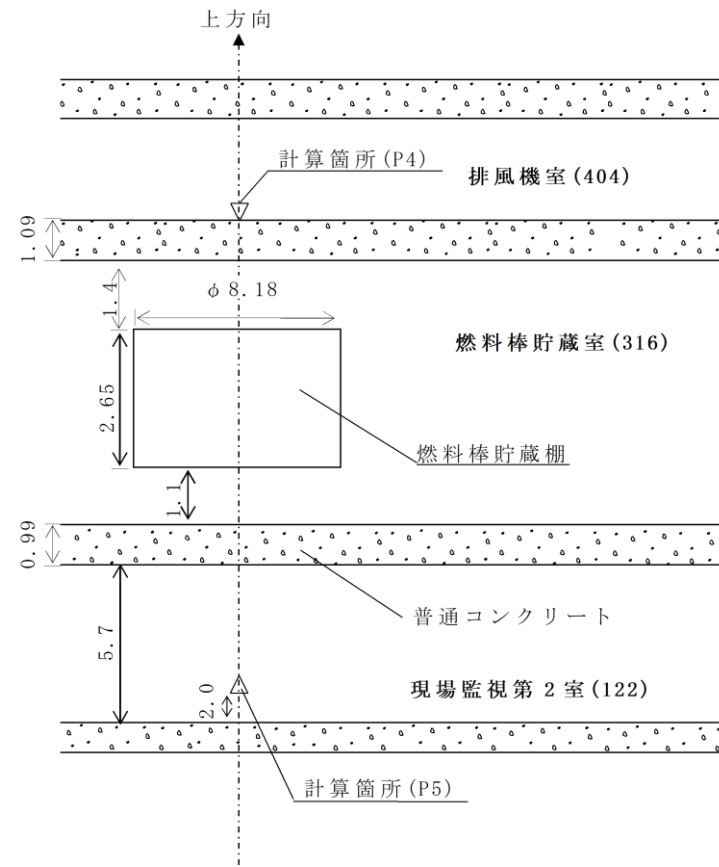
立断面図

■は貯蔵マガジンを表している。貯蔵マガジンが存在する空間の体積と上下の面の面積を考慮した円筒にモデル化している。なお、奥行方向の長さは燃料棒の有効長を考慮し 3.75m である。

中央にある貯蔵マガジンの間隔が広い場所については、線源が密集して安全側の評価となるように、貯蔵マガジンの間隔は 0.8m として取り扱う。

また、現場監視第 2 室の天井については、保守的に考慮していない。

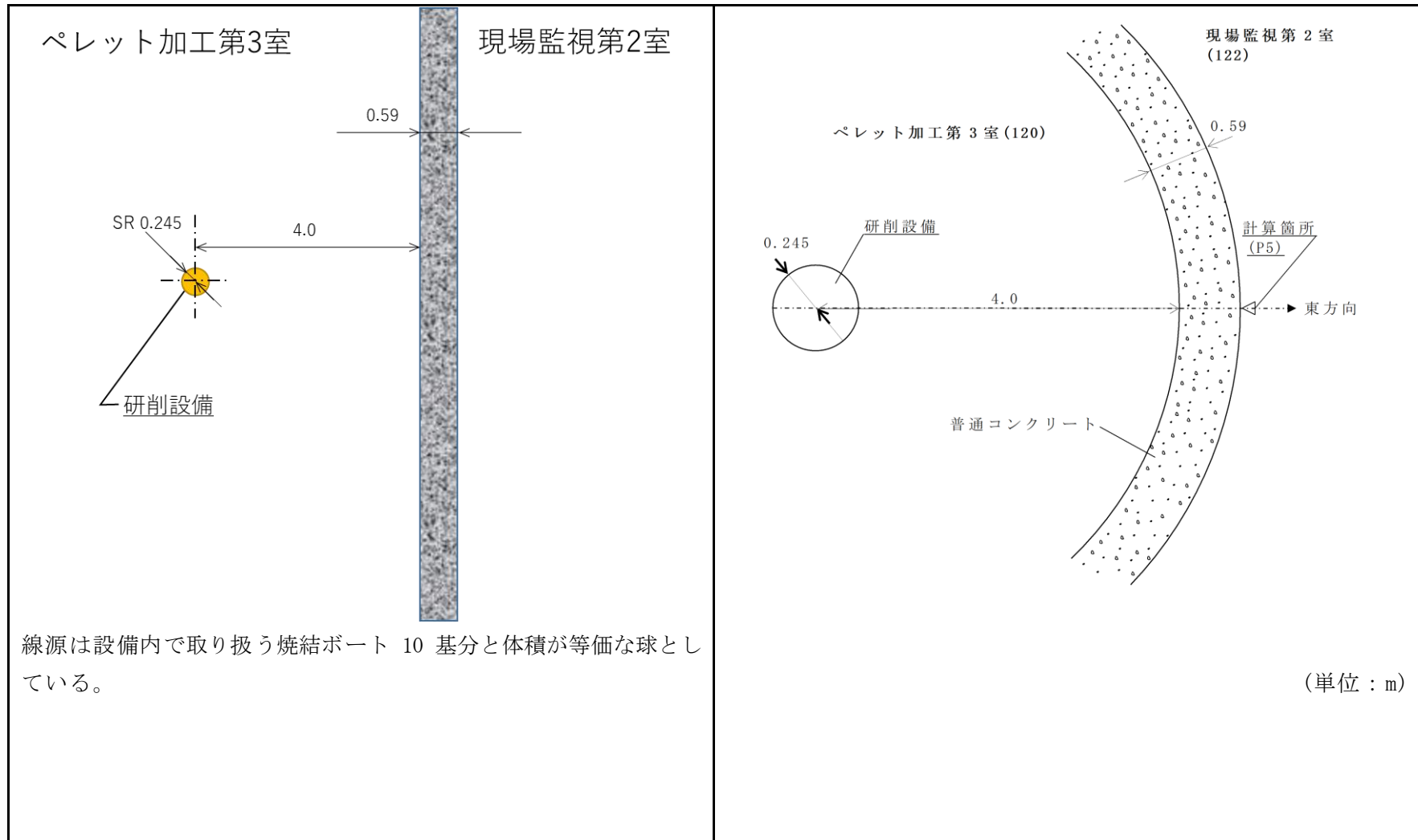
概要図



(単位：m)

計算モデル(2次元円筒モデル)

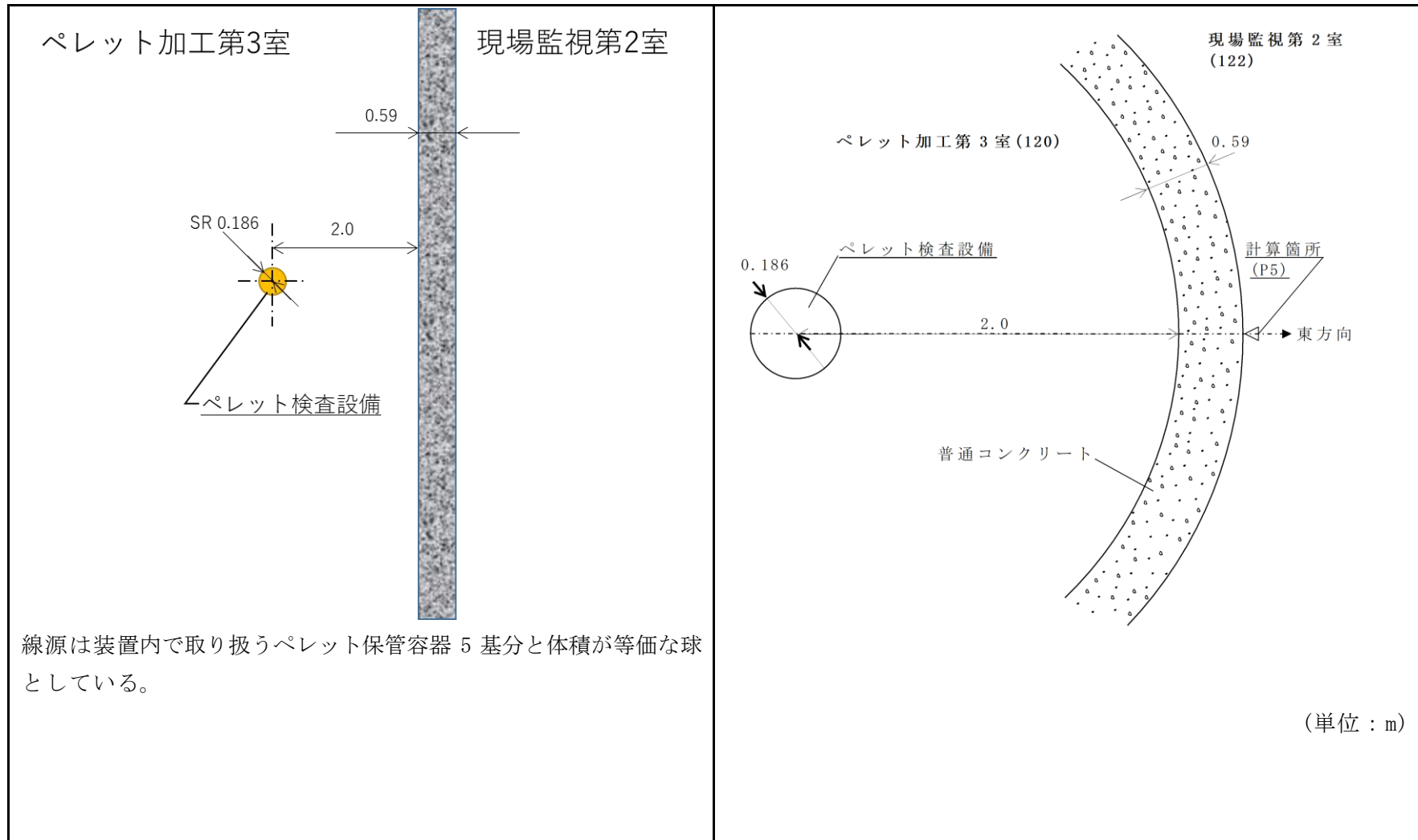
第 4.-7 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(燃料棒貯蔵棚)



概要図

計算モデル (1次元球モデル)

第 4.-8 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図 (研削設備)



概要図

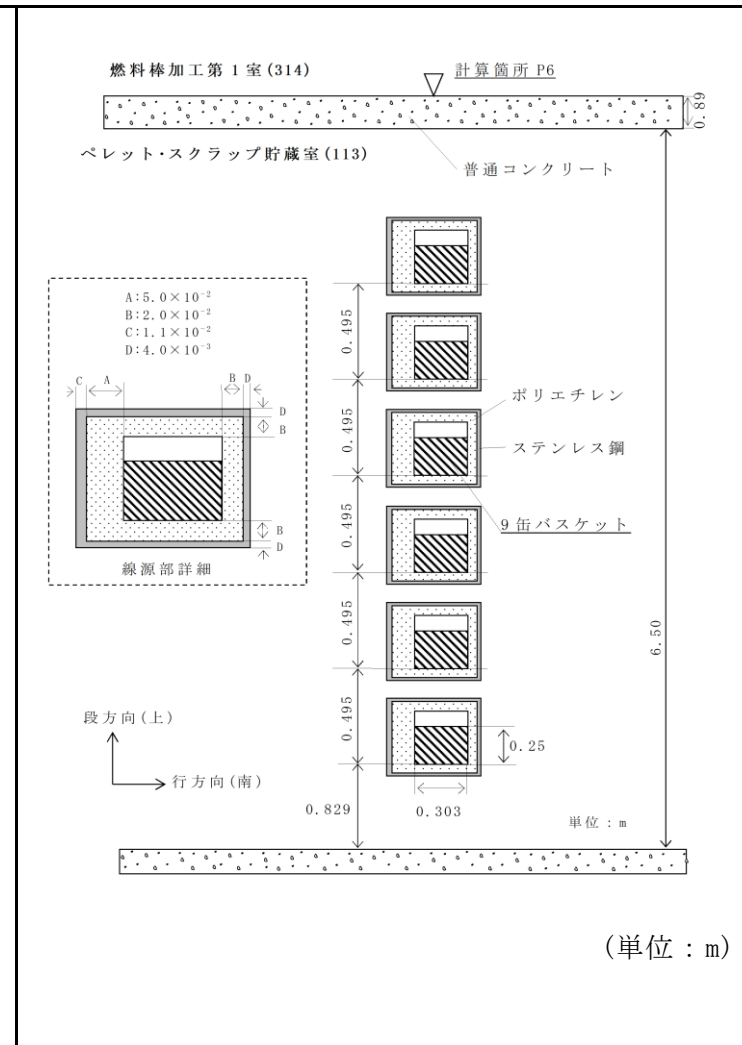
計算モデル(1次元球モデル)

第4.-9図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(ペレット検査設備)

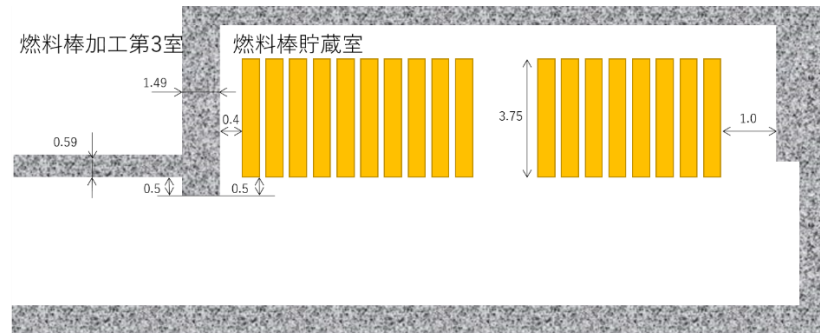


概要図

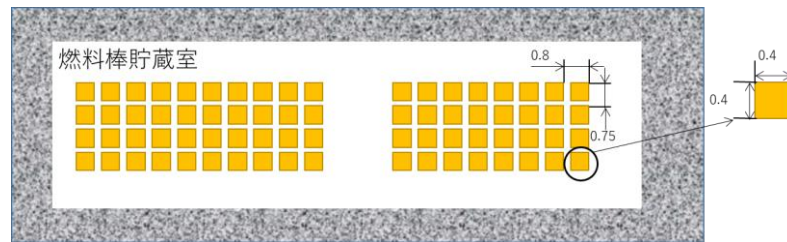
第 4.-10 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(スクラップ貯蔵棚)



計算モデル(2次元無限角柱モデル)



平面図

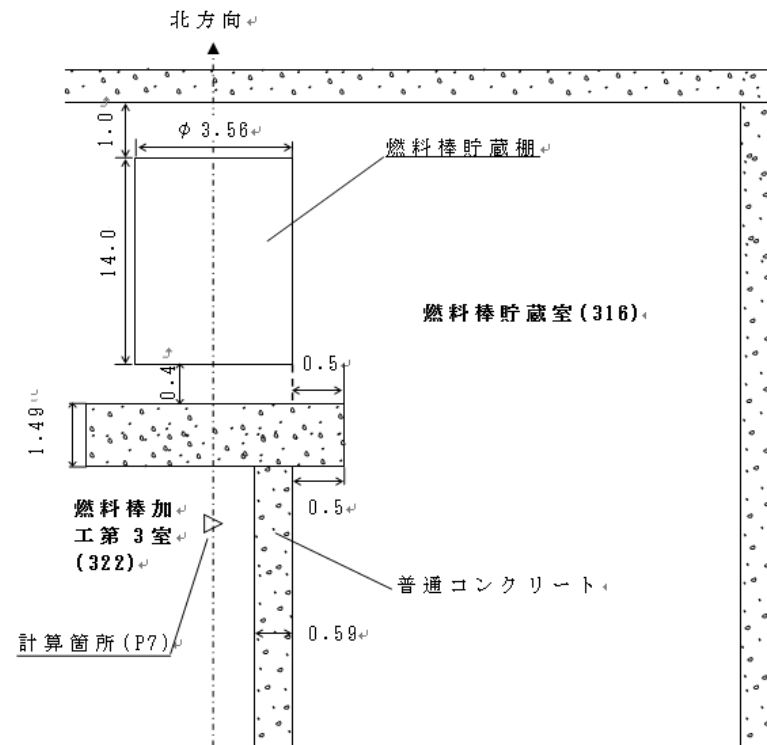


立面図

■は貯蔵マガジンを表している。

2 つの棚の間の隙間を考慮せず、線源をより計算箇所寄せた形でモデル化している。

概要図

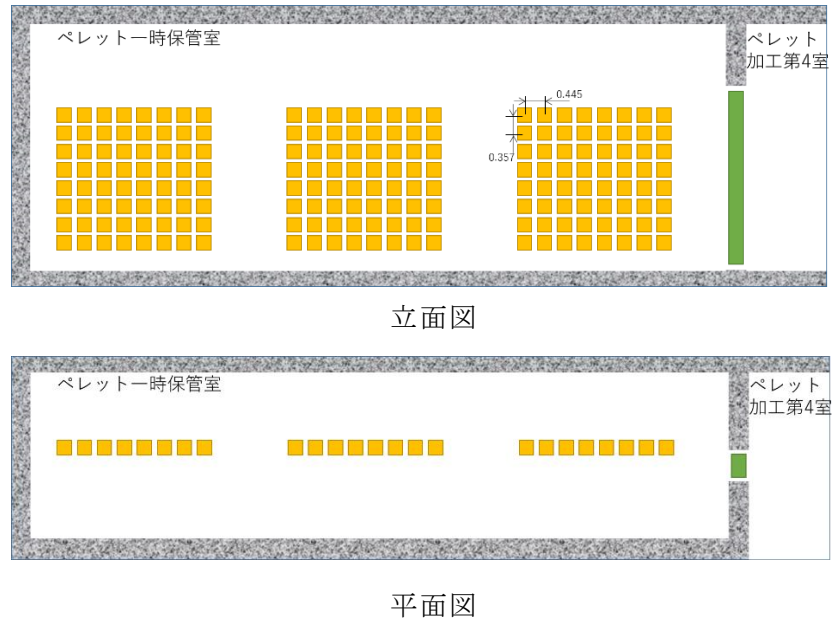


(単位：m)

評価点となる作業位置は機器の配置を考慮し、北壁から2m、東壁から1m離れた位置とするが、反射してから入射することになる東壁からの放射線は線源側が高くなるとは限らないため、当該位置より壁から遠い範囲も評価範囲とし、最大値を取る箇所を評価点とする。

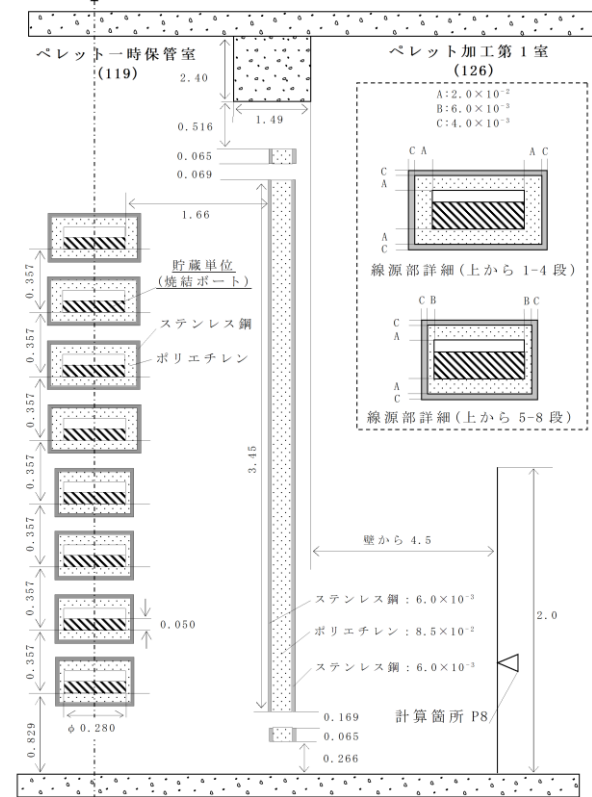
計算モデル(2次元円筒モデル)

第4-12図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(燃料棒貯蔵棚)



■は補助遮蔽である収納パレットと棚上部遮蔽体に囲われた線源を表している。1列ずつモデル化することで距離による減衰を考慮するとともに、隣の列の遮蔽体を考慮したモデル設定としている。
パレット一時保管設備では収納パレット-1(188基)及び収納パレット-2(4基)に収納した形で貯蔵する。遮蔽厚が薄い収納パレット-2の設置位置は決まっていないが、評価上最も厳しくなるように1番遮蔽扉側の列の下から4段に設置するものとして評価している。

概要図

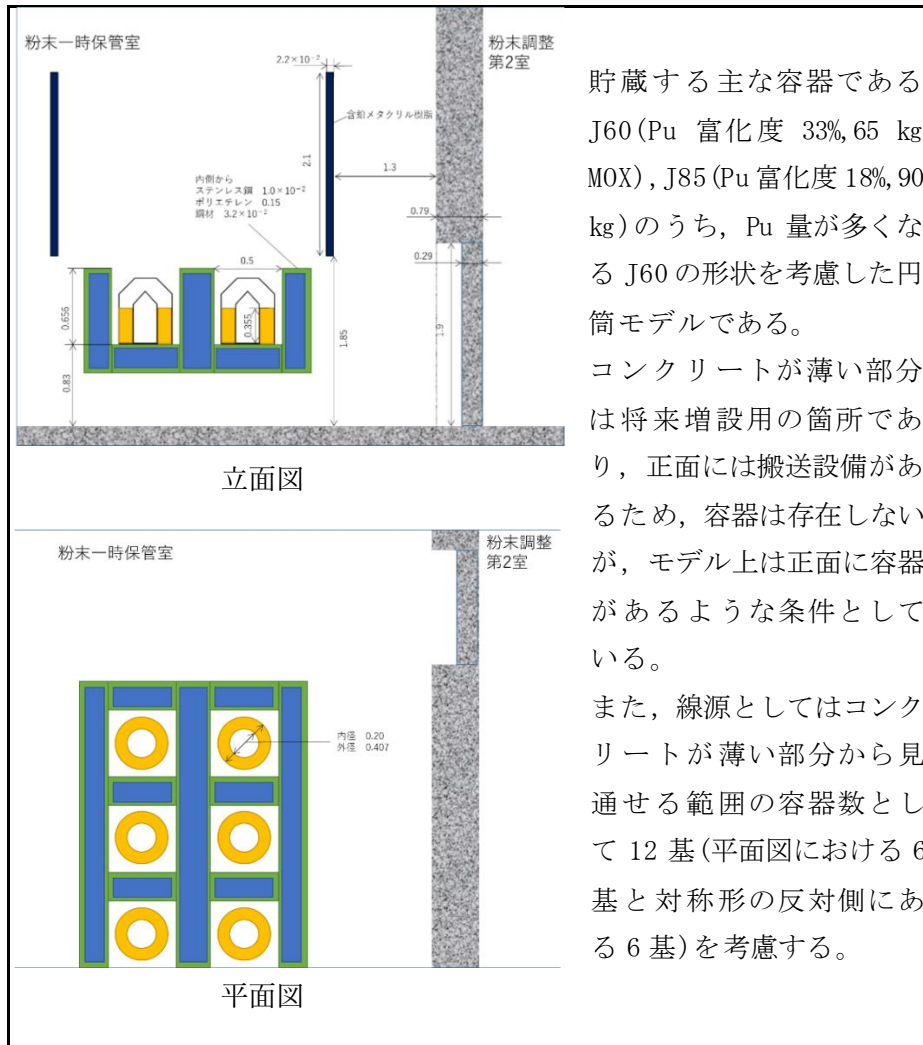


(単位: m)

評価点となる作業位置は機器の配置を考慮し、壁から4.5mの位置とする。人の高さを考慮し、当該位置の床から2mの範囲を評価範囲とし、最大値を取る箇所を評価点とする。

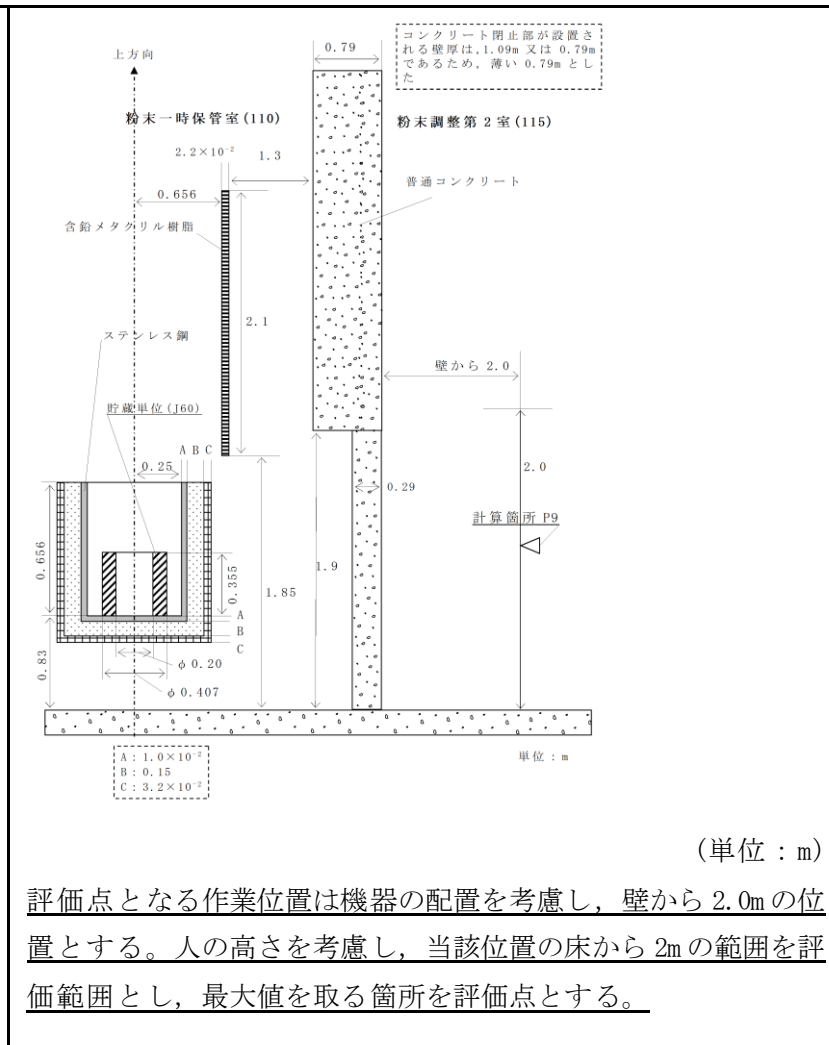
計算モデル(2次元円筒モデル)

第4-13図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(パレット一時保管棚)



概要図

貯蔵する主な容器である J60 (Pu 富化度 33%, 65 kg MOX), J85 (Pu 富化度 18%, 90 kg) のうち, Pu 量が多くなる J60 の形状を考慮した円筒モデルである。コンクリートが薄い部分は将来増設用の箇所であり, 正面には搬送設備があるため, 容器は存在しないが, モデル上は正面に容器があるような条件としている。また, 線源としてはコンクリートが薄い部分から見通せる範囲の容器数として 12 基 (平面図における 6 基と対称形の反対側にある 6 基) を考慮する。



計算モデル(2次元円筒モデル)

第 4.-14 図 遮蔽設計で用いる計算モデルと線源を有する機器の概要図(粉末一時保管装置)

(単位 : m)
評価点となる作業位置は機器の配置を考慮し, 壁から 2.0m の位置とする。人の高さを考慮し, 当該位置の床から 2m の範囲を評価範囲とし, 最大値を取る箇所を評価点とする。