

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2013

課題番号：25630230

研究課題名(和文)建築物外皮の内部放射線量および空間線量評価ツール構築とリスクシナリオ評価

研究課題名(英文)Development of evaluation tool for radiation dose from radioactive-polluted building skin

研究代表者

丸山 一平 (Maruyama, Ippei)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：40363030

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、Cs-137の壁面への付着挙動、建材中の水の移流を考慮したCsの移動と収着挙動についてもモデル化するとともに、Cs-137から発せられるガンマ線の挙動を1次元点減衰核法で評価する数値解析手法を開発し、福島県等で汚染されたと考えられる住宅壁面から生ずる放射線量の将来予測を可能とする手法を提案した。また、日本で用いられている建材について、密度、元素構成比などを調査し、モンテカルロシミュレーションによってガンマ線の遮蔽データベースを構築した。

研究成果の概要(英文)：A numerical simulation tool is developed. The proposed tool is composed by the behavior of Cs-137 on the surface of building material, movement of Cs-137 accompanied by water flow in porous media, and 1-dimensional point attenuation kernel method. This unique tool can predict the prospective radio-dose impact in houses. On addition to this, for that purpose, atomic compositions and densities of building components commonly used in Japan are collected and make the data-base of gamma-ray shielding performance are prepared by using the Phits codes.

*Phits: <http://phits.jaea.go.jp/index.html>

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：放射性セシウム 空間線量率予測 多孔体 放射能汚染

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に起きた東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、福島県を中心に東北から関東圏域などに及ぶ広域な放射性物質汚染が生じた。建築分野においては、日本建築学会材料施工委員会を中心として、「都市・建築・材料に関わる放射能汚染の現状とその対応に関する報告書」がとりまとめられ、そこで、微量ながら残留するセシウム-137を考慮して、建築が放射線を遮蔽する能力を評価し、健康に及ぼす影響を定量的に、かつ、簡易に評価できる手法の必要性が指摘された。

2. 研究の目的

この背景に基づく、建築物の外皮、特にセメント系材料やその他の窯業系セラミック多孔体におけるCs-137の付着挙動、多孔体中の水分移動に伴うCs-137の移動、Cs-137から発せられるガンマ線による空間線量率予測を行う手法を開発する。
次に、建材の元素構成比や密度によって定まるCs-137から発せられるガンマ線の遮蔽性能データベースの構築する。
最後に、将来の微量に残存する建材中のセシウムによる被ばくシナリオについて考察する。

3. 研究の方法

建材中の水分移動と移流に伴うCs移動については、有限差分法を用いて予測する。
ガンマ線の非散乱線については、一次元点減衰核法により予測する。
散乱線を含む遮蔽性能については、建材の厚さ、元素構成、密度を考慮して日本原子力研究開発機構の開発したモンテカルロコードPHITSを用いて計算し、データベースを構築する。

4. 研究成果

本研究では、Cs-137の壁面への付着挙動、建材中の水の移流を考慮したCsの移動と収着挙動についてもモデル化するとともに、Cs-137から発せられるガンマ線の挙動を1次元点減衰核法で評価する数値解析手法を開発し、福島県等で汚染されたと考えられる住宅壁面から生ずる放射線量の将来予測を可能とする手法を提案した。また、日本で用いられている建材について、密度、元素構成比などを調査し、モンテカルロシミュレーションによってガンマ線の遮蔽データベースを構築した。

以下に成果の概要について示す。

福島県内での降雨環境を考慮した解析結果について

ここでは、新たに開発した解析結果について示す。解析の条件は、以下のとおりである。東日本大震災が起こった2011年3月11日から福島市で初めて除染事業および線量測

定が行われた2011年10月18日までの206日間を対象とし、時間ステップを0.1時間間隔とした。水分の移動には自由水のみを考慮しており、水の供給は境界面での平衡湿度によって与えた。このときの湿度は、晴天時、曇天時については気象庁によるデータを用いており、雨天時については飽水状態を仮定した。温度については、本来は日射や外気温変動の影響なども評価の必要があると考えられるが、今回の解析ではその影響を無視した上で、全ての節点において温度を20℃一定とした。境界条件での¹³⁷Csの入力値には、文科省が発表している放射線モニタリング情報の値を用いた。この値は各自治体が雨やちりなどの降下物を、毎日24時間、降水採取装置により採取し、ゲルマニウム半導体核種分析装置にて¹³⁷Csを分析し、文科省に報告した値である。この採取された¹³⁷Csは、降雨時に雨と共にコンクリートへ移流すると考え、晴天時には¹³⁷Csは表面に付着はするが、内部には浸透しないものとした。ゆえに本解析では、降雨時のみ、表面に付着した¹³⁷Csが内部へ移流し、分配係数に応じて、液相と固相に¹³⁷Csが分配されることとした。分配係数とは溶液中の放射性物質濃度c(mg/ml)と試料に残る放射性物質濃度q(mg/g)とが平衡状態にある場合の両者の比のことをいい、分配係数 $K=q/c$ の式で示される。

Csはコンクリート中の主として骨材部分に吸着するため、Csの分配係数は骨材の種類によって変化する。また、打込み後数年が経過し、炭酸化が進行した場合や、地下水との接触によりアルカリ成分が溶脱したコンクリートでは、Csと競合する陽イオンの溶出量が低いため、Csの分配係数は大きくなる。Csの分配係数に関する報告は非常に多く、今回の解析ではそれらの報告の中での最大値として3700、最頻値100、最小値0として分配係数を用いたときのコンクリート中の¹³⁷Csの移動を検討することとした。

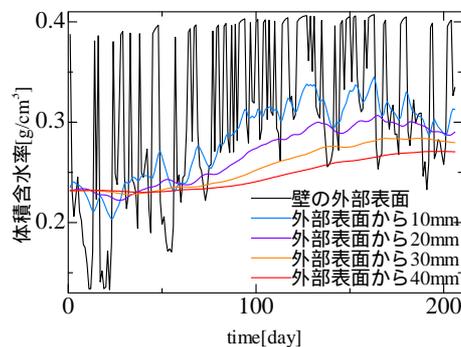
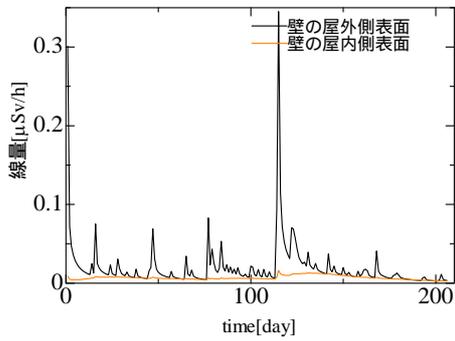
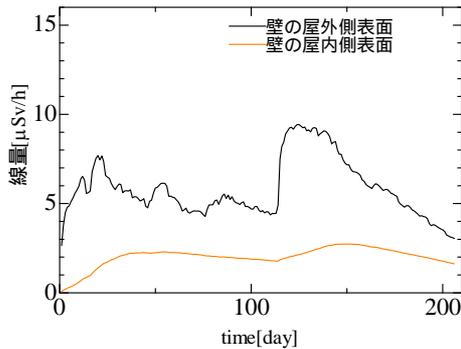


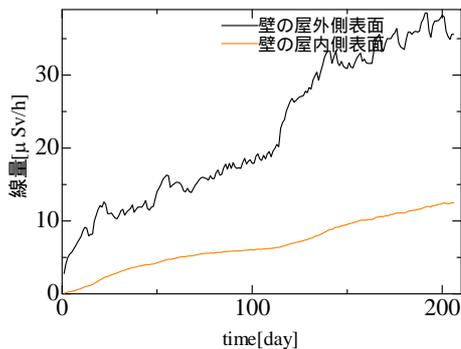
図1 コンクリートの含水率分布



(a)分配係数 0



(b)分配係数 100



(c)分配係数 3700

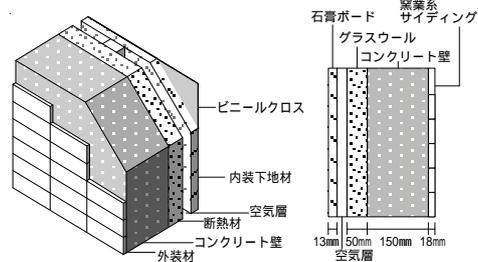
図2 分配係数 0 の時の線量変化

図1に降雨を考慮した外壁コンクリート中の水分移動の様子を示し、その移流を考慮したときの、屋内、屋外の線量率の予測結果を図2に示す。分配係数が大きいコンクリートほど、 ^{137}Cs は壁面内部に流入し、線量当量率を大きくしやすい定性的傾向が確認された。また、これらの予測された線量率のうち、分配係数100のものは、環境省の除染事業などで報告された結果ともオーダーとして整合しており、その有用性が確認された。

作製したデータベースの活用事例についてここで、データベースの全容を引用することはできないが、データベースに記載された部材厚さと材料種類に基づく実効線量透過率

を用い、建築を構成しているエレメントが遮蔽にどの程度の影響を及ぼすかについての計算事例を以下に示す。

図3(a)はコンクリート造住宅における外壁の概略図、図3(b)はその外壁例を示しており、図4、図5も同様に木造住宅の外壁概略図とその外壁例を示している(鉄骨造住宅は木造住宅のたて枠材、及び胴縁材がCチャンと呼ばれる3.2mm厚または2.3mm厚の軽量鉄骨に代わる)。図3、図5のコンクリート造と木造住宅の外壁例について、実効線量透過率を求める。



(a)概略図 (b)外壁例
図3 コンクリート造住宅

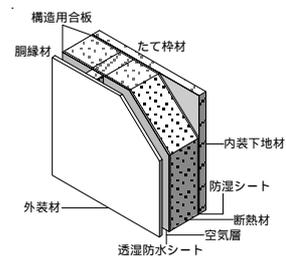
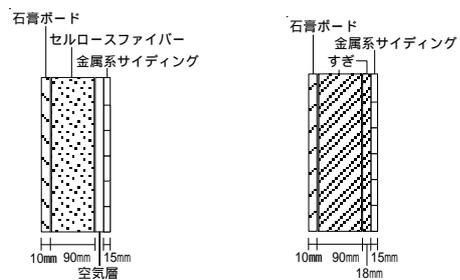


図4 木造住宅概略図



(a)断熱材を通る断面 (b)木材を通る断面
図5 木造住宅の外壁例

(1)コンクリート造住宅の実効線量透過率
 $0.997(\text{ プラスターボード } 13\text{mm}) \times 1.00(\text{ グラスウール } 50\text{mm}) \times 0.379(\text{ RH60\%コンクリート } 150\text{mm}) \times 0.991(\text{ 窯業系サイディング } 18\text{mm}) = 0.375$

(2)木造住宅の実効線量透過率

(a)断熱材を通る断面

0.997(プラスターボード 13mm)×1.00(セルロースファイバー90mm)×0.998 (金属系サイディング 18mm) =0.996

(b)木材を通る断面

0.997 (プラスターボード 13mm) ×0.990 (すぎ 90mm)×0.998(すぎ 18mm)×0.998 (金属系サイディング 18mm) =0.984

計算結果は全て小数点第4位以下を切り上げとしており、空気層では線量は減衰しないものとした(空気の密度: $1.293 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$)。以上の算出例から、データベースを用いれば外壁の実効線量透過率を容易に求めることができ、汚染材料が建材に再利用された場合に壁面に透過してくる線量当量や、除染後の、軽度に汚染している建材から壁面に透過してくる線量当量の評価など、被爆リスクを考慮した再利用、及び継続利用の検討がデータベースを用いた可能であることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

別府克俊, 丸山一平, 半井健一郎, 山田一夫: 放射性セシウムによって生ずるコンクリート外壁の汚染とその評価に関する基礎研究, コンクリート工学年次論文集, vol.35, No.1, p.1939-1944, 2013

別府克俊, 丸山一平: セシウム-137 から生ずるガンマ線に対する各種建築材料の遮蔽データベース, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻 第702号 (2014.5.8採用決定)

〔学会発表〕(計 2 件)

別府克俊, 丸山一平: 建築物外皮内に吸着したセシウムの内部分布による放射線影響に関する基礎検討, 日本建築学会東海支部研究発表会, 第51号 pp.89-92, 2013.2

別府克俊, 丸山一平: セシウム 137 から生ずるガンマ線に対する各種建築材料の遮蔽性能に関する数値解析的検討, 日本建築学会東海支部研究発表会, 第52号 pp.65-68, 2014.2

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

Cs-137 から生ずるガンマ線に対する各種建築材料の遮蔽データベース

http://www.degas.nuac.nagoya-u.ac.jp/research/20131029_ShieldingPerformance.pdf

6. 研究組織

(1)研究代表者

丸山一平 (MARUYAMA IPPEI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授

研究者番号: 40363030