



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	発泡プラスチック系断熱材の劣化メカニズムとその耐久性に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	任, 裕彬
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16351号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95054
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Leem_Yoobin_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 任 裕彬

審査担当者 主 査 教 授 北垣 亮馬
 副 査 教 授 森 太郎
 副 査 特任教授 林 基哉
 副 査 准教授 菊田 弘輝
 副 査 客員教授 萩原 英昭 (大学院工学研究院)

学位論文題名

発泡プラスチック系断熱材の劣化メカニズムとその耐久性に関する研究
(Degradation mechanism and durability of foamed plastic insulation)

全世界の二酸化炭素排出量の構成する要素の中、建築部分が占めている割合は 2023 年の IEA(International Energy Agency) から 37 パーセントと公表されており、最も多い割合を占めている。断熱材は建築物のエネルギー効率を向上させることができる建築物の基礎的な要素として、建物を通る熱を遮断し、エネルギー使用を最適化する。この断熱材の使用において、ZEB や ZEH といった建築物が検討されつつある中、断熱材の重要度はますます高まりつつある。既往の研究においては、熱性能をより向上させた断熱材の研究が行われている。その中、発泡プラスチック断熱材は、長期耐久性があり、水分に強いと認識されているため、全世界で多く使われている。しかし、近年では、この発泡プラスチック断熱材の長期性能や水分への耐久性に対する指摘が報告がされている。このような状況を踏み、本論文の目的は「発泡プラスチック断熱材を劣悪な環境条件にて露出することでどのような変化が起こるかを明らかにし、劣化メカニズムを把握することで、その対策を設けるための基盤を構築することを目的とした。本論文は全 5 章によって構成されており、第 1 章では、研究背景、本研究に関わる既往の研究、研究目的を述べた。研究背景では、近年、発泡プラスチック断熱材が長期劣化や水分による劣化で熱性能が変化したとの報告がされており、現在の建築用断熱材の規格において考慮している長期劣化の要因が少ないことを取り上げた。そのため、本研究の目的を達成すべく、既往の研究から報告された発泡プラスチック断熱材の劣化要因を調べ、発泡ガスの放出と水分の断熱材内部侵入等の劣化要因が報告されていることを確認した。第 2 章では、既往論文から断熱材が置かれている環境に関して調べた。第 3 章では、発泡プラスチック断熱材の長期性能および水蒸気による劣化に着目し、その物理化学的变化を解析、その劣化メカニズムを解明した。第 2 章から得られた断熱材設置環境の知見を基に、夏場を想定した環境条件である 50℃、相対湿度 90 パーセント以上の条件で、断熱材を 2 週間露出させた水蒸気によって劣化される条件、また、1 年半の期間を 20℃、相対湿度 50-70 パーセントの条件に断熱材を長期間存置した経年劣化条件を設定した。この二つの劣化条件から断熱材に生じた変化を形態学的 (X 線 CT、ガス吸着法)、ポリマーネットワーク (膨潤度評価、示差走査熱量測定)、化学的 (フーリエ変換赤外線分光法、熱分解ガスクロマトグラフィー)、熱伝導率の評価を通じて、発泡プラスチック断熱材の劣化メカニズムを検討した。その結果、断熱材の種類によって劣化による変化は異なるが、経年劣化及び水分による劣化から化学的に変化が生じて、セル構造が不均一に変化し、熱

性能に影響を与えていることを確認した。第 4 章では、最先端の発泡プラスチック断熱材の劣化における物理化学的な変化に関して検討した。第 3 章から、明らかになった既存発泡プラスチック断熱材の劣化メカニズムを基に、最先端断熱材であるフィラー添加断熱材の劣化挙動を評価した。具体的には、押出法ポリスチレンフォーム (XPS) とグラファイトが添加された XPS を対象に、長期間及び水分による劣化条件下での変化を比較した。さらに、XPS にグラファイトが添加されることが劣化に対してどの影響を与えるかを検討した。その結果、グラファイト入りの XPS が XPS より劣化による変化が少なく、フィラー添加による耐久性向上の可能性を示唆した。第 5 章「結論」では、本論文で得られた発泡プラスチック断熱材の劣化メカニズムをまとめ、今後の展望について述べた。

これを要するに、本論文は、建築環境分野において地球温暖化対策のために最も重要な技術の一つと考えられている高気密・高断熱を実現する「発泡プラスチック系断熱材」に着目し、今まで明確に議論されてこなかった長期性能の変化とそのメカニズムを、材料学的観点から明らかにしており、建築材料学および建築環境学に対して貢献するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。