

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450230

研究課題名(和文)多孔質材料としての木材の経年変化ーレオロジー解釈のための基礎検討

研究課題名(英文)Aging of wood as porous materials -basic research for rheological analysis

研究代表者

虻川 操(横山操)(Abukawa, Misao)

京都大学・農学研究科・研究員

研究者番号：00712027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：木材を材料学的に取り扱うための主要な力学概念のひとつに、レオロジーがある。木材は天然材料であり、細胞壁の層構造や年輪、早材・晩材などの多層構造を有する多孔質材料であるとともに、親水性を有するという点に注目し、その基礎的な特徴量について経年による変化を評価することで、より正確な木材のレオロジー的取扱いを可能にすることを目的とした。本研究では、経年変化にともなう物性変化の指標として、細胞壁における微細な空隙構造の情報、すなわち水分子吸着サイトの経年変化の定量化、木材構成成分と吸着水を考慮した細胞壁単位胞モデルに基づく経年変化のモデル化を行った。

研究成果の概要(英文)：To understand wood aging rheologically, basic mechanical data set, for example, number of adsorption sites in the wood cell wall are required. In this research, 1) number of adsorption site of wood cell wall by analysing of isotherms are estimated. And 2) cell wall model of aged wood and new wood were visualized.

研究分野：木質科学

キーワード：経年変化 ヒノキ 水分吸着性

1. 研究開始当初の背景

木材を材料学的に取り扱うための主要な力学概念のひとつに、レオロジーがある。レオロジー的性質を持つ材料の基本的な評価方法としては、力学緩和あるいは誘電緩和の測定が有効である。しかし、これらの緩和挙動を測定し、解析するに際して、木材の材料学的特徴である、異方性や親水性のファクターをあらかじめ把握する必要がある。とくに、経年による物性変化を、レオロジー的解釈に立ち理学的に記述するためには、未だ十分な情報が得られていたとは言えなかった。

2. 研究の目的

そこで、木材は天然材料であり、細胞壁の層構造や年輪、早材・晩材などの多層構造を有する多孔質材料であるとともに、親水性を有するという点に注目し、その基礎的な特徴量を評価することで、より正確な木材のレオロジー的取扱いを可能にすることを目的とした。

これまで、材料の経年による物性変化について、数百年～千年のオーダーで、現生材の物性と異なることを定性的に明らかにしてきたが、レオロジー的取扱いには定量的に十分ではなかった。

そこで、本研究では、経年変化にともなう物性変化の指標として

細胞壁における微細な空隙構造の情報、すなわち、水分子吸着サイトの経年変化の定量化

の結果に基づき、木材構成成分と吸着水を考慮することにより、既報の細胞壁単位胞モデルに基づく、現生材と経年変化した古材のモデル化

を行うこととした。

さらに、従来から行っている、履歴の明らかな建造物由来古材の調査を継続するとともに、経年変化する資料のバリエーションについての理解を促すため、

歴史的建造物の用材調査と古材収集(平等院鳳凰堂・本山寺五重塔ほか)

博物館学術資料である木製品

の用材調査(和楽器の小鼓・木製胴)

博物館学術資料である非木材繊維調査(エジプト遺跡出

土コプト織物)
を並行して行った。

3. 研究の方法

前掲2. 細胞壁における微細な空隙構造の情報、すなわち、水分子吸着サイトの経年変化の定量化については、
現生材および古材の水分吸着等温線を測定し、Hailwood Horrobin 理論を用いて解析を行った。

前掲2. 木材構成成分と吸着水を考慮することにより、既報の細胞壁単位胞モデルに基づく、現生材と経年変化した古材のモデル化

については、得られた結果に加え、化学成分分析およびX線回折によるセルロース結晶化度の変化を考慮することで、既往のセルロース単位胞モデルをベースとした経年変化の概念の可視化を行った。

4. 研究成果

主な研究成果として、2. の既往のセルロース単位胞モデルをベースとした経年変化の概念の可視化は、木材の経年変化歴史的建造物由来ヒノキ古材を用いた検討として報告し、マテリアルライフ学会誌学会総説賞を受賞した。

また、2. の水分吸着サイトに関する経年による定量的変化については、経年による木材の水分吸着の変化—歴史的建造物由来古材を用いた検討—として材料学会誌に一部取り纏めて報告したが、更なる解析結果については、投稿準備中である。

これらの研究と並行して行った、歴史的建造物の用材調査(平等院鳳凰堂・本山寺五重塔)博物館学術資料である木製品調査(和楽器の小鼓・木製胴、主に国立歴史民俗博物館蔵生田コレクション)および非木材繊維調査(エジプト遺跡出土コプト織物、主に京都大学総合博物館蔵考古資料)について得られた成果についても、関連する国内外の学会・研究会・シンポジウムにおいて報告した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- 1 横山 操, 坂本 稔, 遠藤利恵, 東村純子, 村上由美子, 泉拓良, 京都大学総合博物館 エジプト考古資料コプト織物について, 査読有、ヘレニズム～イスラーム考古学研究 2017
- 2 横山 操, 伊東隆夫, 坂本稔, 光谷拓実, 渡邊晶, 平等院鳳凰堂における建築遺構材について, 鳳翔学叢, 第12号, p95-105, 2016
- 3 横山 操, 経年による木材の水分吸着の変化—歴史的建造物由来古材を用いた検討—, 査読有、材料, 第65巻, 第3号, p207-211, 2016
- 4 横山 操, 木材の経年変化 歴史的建造物由来ヒノキ古材を用いた検討, 査読有、マテリアルライフ学会誌, 27巻, 2号, p39-45, 2015 【学会総説賞受賞】
- 5 横山 操, 中村力也, 成瀬正和, 村上由美子, 東村純子, 遠藤利恵, 泉拓良, 京都大学総合博物館所蔵コプト織物調査: 分光法による染料分析, 考古学と自然科学, 第68号, p1-19, 2015

〔学会発表〕(計15件)

【招待講演】

- 1 横山 操, 木質文化財修理における接着について考える, 日本接着学会関西支部, 2017年3月, 岡山
- 2 Misao Yokoyama, The Coptic textiles stored in the Egypt Collection of Kyoto University Museum: Spectroscopic Analysis of Dyes, Radio Carbon Dating and $\delta^{13}\text{C}$ analysis, コプト イスラーム物質文化研究会, 2016年6月, 東京
- 3 Misao YOKOYAMA, "The Coptic textiles stored in the Egypt Collection of Kyoto University Museum: Spectroscopic Analysis of Dyes, Radio Carbon Dating and $\delta^{13}\text{C}$ analysis", SPIRITS Symposium "From Petrie to Hamada: Egyptian Antiques of

Kyoto University" 2016

February

- 4 横山 操, 古都の古材の物語, 平成27年度農学研究科森林科学専攻公開講座 女性研究者の見る森と木, 2015年11月

【学会発表】

1. ○横山 操, 伊東隆夫, 坂本稔, 光谷拓実, 渡邊晶, 鳴海祥博, 太田亜希, 田中正流, 神居文彰, 平等院阿弥陀堂遺構材の調査 用材樹種について, 日本文化財科学学会大33回大会, 2016年6月, 奈良
2. ○横山 操, 大河内隆之, 伊東隆夫, 鼓の用材樹種について X線CTスキャンを用いた検討, 日本文化財科学学会大33回大会, 2016年6月, 奈良
3. 坂本稔, 光谷拓実, 中塚武, 横山 操, 鳴海祥博, 太田亜希, 田中正流, 神居文彰, 平等院阿弥陀堂遺構材の調査 年代測定について, 日本文化財科学学会大33回大会, 2016年6月, 奈良
4. ○Misao Yokoyama Aging effect on mechanical properties of hinoki wood, the 2nd international symposium Wood Science and Craftsmanship 2016, 2016 September 20-23, Kyoto
5. ○Misao Yokoyama, Mikiko Katayama, Hisashi Miyauchi, Akinori Yamashita, Wood Science and Crafts in the next generation: Educational picture books for kindergartener, the 2nd international symposium Wood Science and Craftsmanship 2016, 2016 September 20-23, Kyoto
6. Yumiko Murakami, ○Misao Yokoyama, Shuichi Noshiro, Interdisciplinary research on the Kyoto University Museum Archaeological collection – Archaeological and wood mechanics survey on Excavated wooden artifacts at Karako site, Nara, Japan. the 2nd international symposium Wood Science and Craftsmanship 2016, 2016 September 20-23, Kyoto

7 . ○Misao Yokoyama, Masashi Nakamura, Rie ENDO, Junko HIGASHIMURA, Yumiko MURAKAMI and Takura IZUMI, Imaging Analysis on the Coptic textiles in the Kyoto University Museum, The Eighth World Archaeological Congress, 2016 August 26-September 2, Kyoto

8 . ○Misao Yokoyama, Takayuki Okouchi, Takao Itoh, Wood Identification of Japanese Small Hand Drum by X ray CT, The Eighth World Archaeological Congress, 2016 August 26-September 2, Kyoto

9 . ○横山 操, Luo Bei , 伊東隆夫、長田実生、長田実健、多田善昭、大西有加里、田島徹也、平良次、香川県本山寺五重塔の用材調査、日本木材学会大会、2017年3月、福岡

10 . Misao YOKOYAMA, Aging effect on wood mechanics, International Symposium of Wood Science and Technology, IAWPS2015, 2015 March, Tokyo, Japan

11 . Misao YOKOYAMA , Joseph Gril, and Shuichi Kawai, Aging effect on wood mechanics Characteristics of aged hinoki wood from Japanese historical buildings, Proceedings of the Asian Conference on Mechanics of Functional Materials and Structures, pp73-75, 2014 October10-13, Nara, Japan.

12 . Misao YOKOYAMA, Wood Aging How do we evaluate Japanese traditional wisdom in wood working? The first international symposium of Wood Science and Craftsmanship, pp59-60.2014 September8-12, Montpellier, France.

13. Misao YOKOYAMA and Hiroki Hayashi, Wood mechanics on Japanese small hand drum, *Tudumi*, Organological Congress 2014, July

2014, Blaga, Poltugal

14. Misao Yokoyama, Minoru Sakamoto, Rie Endo, Junko Higashimura, Yumiko Murakami, Takura Izumi, Radio Carbon dating and $\delta^{13}C$ analysis for warp and weft of Coptic textiles in the Kyoto University Museum, International Conference Radio Carbon, Senegal, 16–20 November 2015.

〔図書〕(計4件)

- 1 文 横山 操, 絵 たかみねみきこ, 監修 山下晃功, 木育絵本シリーズ第3巻 ロボ木—と地球(絵本・電子版・日英仏中韓多言語DVD・紙芝居) 海青社, 2017
- 2 文 横山 操, 絵 たかみねみきこ, 監修 山下晃功, 木育絵本シリーズ第2巻 ロボ木—と木(絵本・電子版・日英仏中韓多言語DVD・紙芝居) 海青社, 2016
- 3 文 横山 操, 絵 たかみねみきこ, 監修 山下晃功, 木育絵本シリーズ第1巻 ロボ木—と森(絵本・電子版・日英仏中韓多言語DVD・紙芝居) 海青社, 2015
- 4 ティンバーメカニクス 木材の力学理論と応用, 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会 編、コラム執筆 横山 操, 木材とその老化—木材だって年をとる?—, 海青社, 2015

〔産業財産権〕

- 出願状況(計 0 件)
- 取得状況(計 0 件)

〔その他〕報告書等

- 1 横山 操, 第8回世界考古学会
議に参加して, 木材保存, vol.43,
No.1, 32-35, 2017
- 2 横山 操, 正始元年重列式神獸
鏡の保存処理, 京都大学総合博物
館ニュースレター, No.38, p4,
2016
- 3 横山 操, 国際シンポジウム“木
質科学と木工芸”ロビー展示につ
いて, 京都大学総合博物館ニュー
スレター, No.38, p5, 2016

6. 研究組織

(1)研究代表者

横山 操 (YOKOYAMA, Misao)
京都大学・農学研究科・研究員
研究者番号 00712027

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし