

京都府名産品＋オール京都で脱プラスチックの自然に戻る気球を創る

京都府立大学
大学院生命環境科学研究科
教授 細矢 憲

研究開発の意義：

近年盛んになってきた「気球ビジネス」、気候、宇宙利用に加えて、最近では、「**気球で宇宙旅行**」や「**宇宙で干物**」などのエンタメ的利用も増加している。それらに用いられる気球は、ほぼすべてが、プラスチック由来であり、使用后、それらは環境中、特に海洋に投棄され、最近大問題の海洋プラスチックごみとなる。

本事業では、この大いなるプラスチックごみの低減のために、**府内和紙**(黒谷和紙、丹後和紙、世屋和紙)を基材とし、**天然由来の糊**(こんにやく糊、海藻由来の糊、さらにはセルロースナノファイバー)を用い、さらには、柿渋を利用することによってすべて天然由来の素材を用い、さらに、最新の印刷技術および紙折り技術など京都名産品をオール京都で利用して、「**自然に戻る**」気球の創出を目指す。

【参加オール京都】

- 和紙製造：黒谷和紙、丹後和紙(田中氏)、世屋和紙(大江氏)
- 糊製造等：村山化学(株)(村山氏)、田中一染料薬品商店(田中氏)、
第一工業製薬(研究カンパニー部)
- 印刷・紙折り等：大平印刷(株)(玉岡氏)、タマヤ(株)(熊内氏)
- 協力：府立洛北高等学校、

<事業概要>

最近、宇宙開発が盛んとなる中、上空1～3万メートル程度の空域でのアクティビティが急増している。この空域、宇宙としては中途半端な高度だが、さらに高度の高い宇宙に展開している「衛星」と地上との様々な仲介の役割は宇宙開発において極めて重要である。また一方、この空域環境を利用した“観光や料理”といったエンタメ的コンテンツも増加している。

この空域には「気球」が適している。最近、米国上空で撃墜された中国の情報収集気球のように、ゆっくりとした気球の動きが様々な利点をうみだしている。この気球、ほぼ全てが合成高分子製であり、役目を終えると地上に落下し、多くの場合、そのまま環境中に投棄されゴミとなる。

本課題は、先人の天然素材に関する知見や技術、天然素材の性質に学び直し、様々な天然の糊の開発と和紙改良で、これら気球を製作することを目標とする。これにより、自然に戻る天然素材機能気球を生み出すことを最終目標とする。

本年度は、特に和紙の気密性向上のための試みとして、様々な和紙に「こんにやく糊」を塗布し、さらに、補強剤として、セルロースナノファイバーを加えることによる効果を中心として考察を行った。

以下、実験成果を示す。(これらの成果は本事業の支援の下、協力者である洛北高校において行われた実験成果であり、すでに公表されている。)

はじめに

- ・宇宙に近い環境で観測・実験を行う方法として気球開発が宇宙産業で期待されている。
- ・観測用気球の多くは合成高分子製であり、多くの場合役目を終えたら投下されゴミに。
- ・太平洋戦争中、和紙とこんにやく糊を用いた風船爆弾が開発された。¹⁾
- ・和紙は密度が小さいが、引裂強度や耐折強度が洋紙と比べ大きい。²⁾
- ・紙であれば導電性インクの印刷が可能

⇒和紙とこんにやく糊で自然に戻る、気球素材を開発する



図1. 和紙の繊維にこんにやく糊が付着する様子(予想)

仮説

和紙の繊維間をこんにやく糊等の微粒子で埋めることで、軽いまま、気密性・強度を高くすることができるのではないだろうか。

用紙の作成

- ・こんにやく糊は水100mLにこんにやく粉を0.5%、1%、2%になるように入れ混合したものを紙(再生コピー用紙、工業和紙)の片面のみに刷毛で塗布し24時間以上乾燥させた。
- ・セルロースナノファイバーの効果を確認するため、水100mLにこんにやく粉1%を混合したものにセルロースナノファイバー(レオクリスタ、第一工業製薬株式会社)をそれぞれ3g、6g、9g混合した。
- ・アルカリ処理として、水100mLに1gの水酸化カルシウムを溶かしたものを、こんにやく糊を塗布し乾燥させた後に刷毛で塗った。

実験1: 質量

作成した用紙(15cm×15cm)の質量を電子天秤で4枚ずつ計測した。

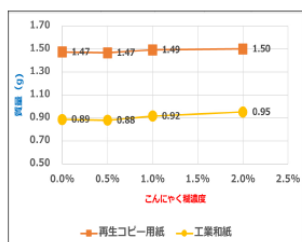


図2. こんにやく糊濃度と用紙質量 (4枚の平均)

工業和紙は糊を塗布しても、再生コピー用紙の約3分の2の質量。

こんにやく糊の濃度を高くすると、質量は少しずつ大きくなるが、そこまで大きな変化は起こらない。

工業和紙の方が質量が大きくなりやすい⇒糊が付着しやすい?

実験2: 強度

作成した用紙(幅3cm)の引張強度をばねばかりを用いて5回ずつ測定した。

図3. 強度測定方法

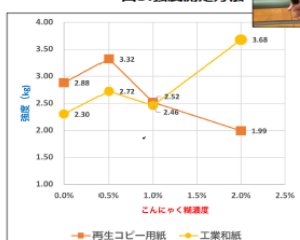


図4. こんにやく糊濃度と強度 (5回の平均)

再生コピー用紙は濃度の高いこんにやく糊を塗ると強度が低下する。

工業和紙は、濃度の高いこんにやく糊を塗っても強度は低下しない。

こんにやく糊を塗らない再生用紙よりも塗った工業和紙の方が強度が高い。

実験3: 気密性

用紙でプラスチック管の先端を塞ぎ、風船内の定量の空気が抜けきるまでの時間により、気密性を4回ずつ測定した。



図5. 気密性測定方法



図6. こんにやく糊濃度と気密性 (4回の平均)

こんにやく糊の濃度を上げるほど、気密性は高くなった。

セルロースナノファイバーをこんにやく糊に混ぜた場合、気密性は低下した。

セルロースナノファイバーを混ぜた後アルカリ処理を行った場合は、気密性が高くなった。

実験4: 顕微鏡観察

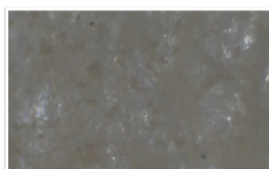
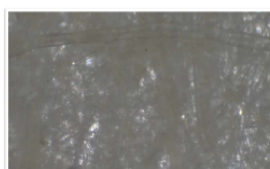


図7. (左)
こんにやく粉2%
レオクリスタなし
アルカリ処理なし

図8. (右)
こんにやく粉2%
レオクリスタ9g
アルカリ処理あり

こんにやく糊にセルロースナノファイバーを混ぜたうえで、さらにアルカリ処理を行うことで、和紙の繊維の隙間が埋まり厚みがでた。⇒和紙の繊維にこんにやく成分と「セルロース」がアルカリ処理によりゲル化し複雑なネットワークを形成³⁾した可能性が高い。

考察

- ・こんにやく糊が和紙の繊維間を埋め、**気密性や強度を高めている。**
- ・こんにやくの濃度を上げることで気密性や強度を高めることができるが、**セルロースナノファイバーを混ぜただけでは効果がないことが明らかになった。**
- ・一方アルカリ処理により、**セルロースナノファイバーやこんにやくの成分がさらに結合し**、気密性がさらに高くなる可能性が高い。
- ・気球素材としては**和紙を使い、2%のこんにやく糊にセルロースナノファイバーを混ぜたものを塗布、アルカリ処理を行ったもの**が適している。

今後の課題・展望

- ・両面塗りや、重ねた場合の効果
- ・和紙の貼り付けや気球への加工方法
- ・塗りムラを小さくする方法
- ・和紙への印刷

引用文献

- 1) 澤本百合子 (2016), 第5回企画展「紙と戦争—神戸研究所と風船爆弾—」記録 展示第一部 風船爆弾に利用された「紙」、明治大学平和教育資料研究所資料館館報, 第1号, P.39-71
- 2) 山内 風寿・宇佐美 康典 (2005), 和紙の科学的性質の解明, 紙「技術」, 59巻, 10号, P.1546-1558
- 3) 情報基盤本部 (2019), セルロースナノファイバーのゲル化と成形加工技術, 機能性研究会誌, P.64巻, 25-27