

ナタ・デ・ココの工学的アプローチ

—工学基礎技術の融合と創造教育の実践—

Technological approach of nata de coco

—Uniting engineering basic technology and practice of creation education—

○宮部麻耶子^{※1}

大島賢治^{※2}

青木敏裕^{※1}

泉水仁^{※1}

鬼束優香^{※1}

両角光男^{※3}

Mayako MIYABE

Kenji OSHIMA

Toshihiro AOKI

Jin IZUMI

Emika ONITSUKA

Mitsuo MOROZUMI

キーワード: ナタ・デ・ココ, スピーカー, コーン, 技術融合

Keywords: nata de coco, speaker, cone, technology fusion

1. はじめに

熊本大学工学部は、平成17年度より、ものづくり創造融合工学教育事業を実施している。これを受け、技術部でも学科の実験・実習の垣根を越え、専門域外の学生に対して技術職員が日頃培った工学基礎技術を融合させ提供している。これにより受講生の好奇心を涵養し、学習意欲の向上と創造する楽しさを発見してもらうことを目的としている。同時に、技術職員も専門技術を超えて学び、学生と共に試行錯誤することで、技術の向上を図ることができる。今回は本事業の一つ、「ナタ・デ・ココの工学的アプローチ」について報告する。本研究はバイオ技術を手掛かりにした「ものづくり」と化学構造分析、材料加工、音声評価といった多分野にわたる技術の融合により成り立ち、参加する学生の専攻分野を問わず多様な目的や興味を満たすことができる。したがって、本事業の目的として最適であると考えられる。

2. 背景

ナタ・デ・ココは *Acetobacter xylinus* というバクテリアが作る繊維“バクテリアセルロース”である。植物由来のセルロースの太さが数10 μm に対し(図1A)、バクテリアセルロースの太さはその1000分の1の数10nm程度である。*Acetobacter xylinus* は、ナノファイバーを合成・排出し、最終的に緻密なネットワーク構造を有するゲル状の膜を形成する(図1B)。このユニークな構造と物性を利用した応用例の一つにスピーカーの音響振動板がある。スピーカーは音声として発せられた空気の振動を変換した電気信号の波を、再び元の音の波となる空気の振動へ戻す。これを忠実にを行うため、振動板の材質には生成される音に共鳴や雑音などによる固有振動が加わらないよう、内部損失が大きいものが求められる。さらに高周波のエネルギーを効率よく高速で伝達でき、振動させる為のエネルギーを抑えるため、機械的な強度が大きく

(=高ヤング率)、軽量のものが求められる。通常、これらは物性として相反するため、両方の条件を高次元で満たす材料を求めるのは容易でない。従来より、適度な内部損失があり、比較的丈夫で軽量なため、振動板にはよく紙が用

いられる。中でも、バクテリアセルロースの一つ、ナタ・デ・ココを乾燥させて作られた紙は軽量な上にヤング率が高く、スピーカーの振動板として画期的である。本研究では、*Acetobacter xylinus* の培養によりナタ・デ・ココ紙を作成し、スピーカーの振動板とした。

3. 方法

本研究では、*Acetobacter xylinus* の数種類の培養液から得られるナタ・デ・ココを乾燥し、スピーカーに適当な紙を作った。さらに、スピーカー振動板として使い、各分野の技術連携を図り、多面的に評価した。

3-1. *Acetobacter xylinus* の培養

表1に *Acetobacter xylinus* によりナタ・デ・ココを得る基本的な培養液成分を示す。この中で、糖類について、糖の種類を変えてナタ・デ・ココの質や大きさが変化するかを実験し

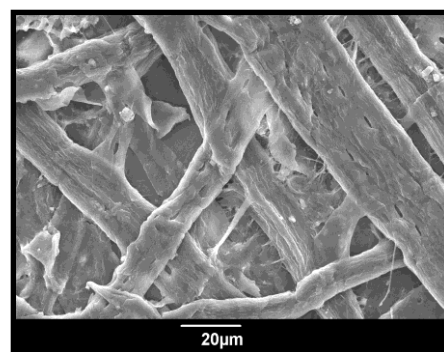


図1A. コピー用紙の走査電子顕微鏡像

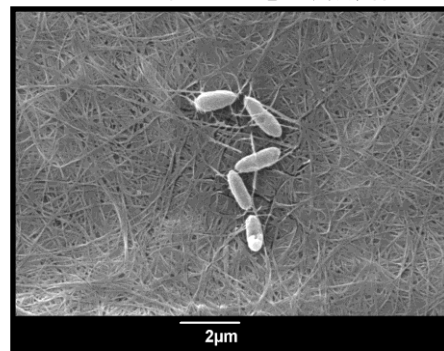


図1B. ナタ・デ・ココの走査電子顕微鏡像

※1 熊本大学 工学部 技術部

※2 熊本高等専門学校 生物化学システム工学科

※3 熊本大学 自然科学研究科

た。その際、学生の発案により、糖類として何を使うのかを決めた。培地のアイデアとして、スクロース(通常 *Acetobacter xylinus* の培地にはスクロースを使うため、control とした)、フルクトース、グルコース、果物のホモジネート(メロン、パイナップル)、パイナップルジュース、ハチミツ、みりん、飴の糖分の利用が提案された。これらの培地を用いて、好気条件下、

30°C、7日間の静置培養により、培地表面に形成されたナタ・デ・ココを取り出し、水洗、エタノール洗浄、0.1M

表 1. *Acetobacter xylinus* の培養液

ココナッツミルク	40 ml
糖類	16 g
酢酸	約 30 滴
Ethanol	200 μ l
dH ₂ O	200 ml になるまで

NaOH 水溶液で洗浄した。

3-2. スピーカーの作成

作成したナタ・デ・ココを乾燥させ、ナタ・デ・ココ紙とし、スピーカーコーン部の型に切り取り、市販の 8cm フルレンジスピーカーに付け替えた。このとき紙系の振動板は湿度の影響を受けやすいため、非水系のエポキシ系接着剤を使った。

また、参加者の強い希望により、板の裁断し、低音域がよく出るバスレフ型スピーカーの作成を行った。

3-3. 分析

音声スペクトル解析、固体NMR分析、X線解析、引張試験を行った。

4. 結果・考察

4-1. *Acetobacter xylinus* の培養

作成したナタ・デ・ココの厚さや重量を測定した。振動板として有用と考えられたものは、メロン・ホモジネート、みりん、パイナップルジュース、スクロースを含む培地から得られたナタ・デ・ココ紙であり、これらを量産した。量産前の結果も含め、表 2 に示す。メロン・ホモジネート、みりん、パイナップルジュース、スクロースは、表 2 の数値は平均値である。

培地に糖類としてフルクトースを含むもの(フルクトース、果物類)が、分厚く、重いナタ・デ・ココ紙となる傾向があるように考えられた。固体NMR分析の結果、得られたナタ・デ・ココ紙はグルコースを単位構造とするセルロースであることが確認できたが、フルクトースを含む系でナタ・デ・ココの生産量が大きかったことは当初の予想に反し、用いたバクテリアの代謝の特徴にも興味を持たれる。

表 2. 作成したナタ・デ・ココの結果

培地バリエーション(糖類)	ナタ・デ・ココ紙(直径 105 mm の円形)		
	重量(g)	厚さ(mm)	密度(g/cm^3)
スクロース	0.55	0.038	1.7
グルコース	0.26	0.020	1.5
フルクトース	0.71	0.051	1.6
黄金糖	0.36	0.024	1.7
みりん	0.67	0.044	1.8
ハチミツ	0.35	0.029	1.4
パイナップルジュース	0.88	0.064	1.6
パイナップルホモジネート液	0.22	0.0132*	1.9
メロン・ホモジネート液	1.38	0.100	1.6
切り取ったコーン紙	0.23	0.164	1.0

※SEM で観察

4-2. スピーカーの作成

参加した学生に作成したスピーカーで様々な音楽を聴いてもらい、感想を聞いた。それぞれのコーン紙に特徴があり、曲とコーン紙に相性の善し悪しがあることが分かった。曲とコーン紙の組み合わせによっては、既製のスピーカーを凌駕するものができたと言える。

4-3. 分析

詳細は当日述べるが、音声スペクトルの解析結果と学生の感想がほぼ一致していた。また、固体NMR分析、X線解析の結果、植物由来の紙とナタ・デ・ココ紙との間には、明らかな差があった。さらに、引張試験により、ナタ・デ・ココ紙はヤング率、最大強度ともに植物由来の紙に比べて 1.5~1.6 倍程度大きく、アルミニウムやマグネシウムに近い値であるということが示された。結果は当日報告する。

5. 感想

技術職員で行った予備実験で、グルコース、フルクトース、スクロースを糖類として用いた際、スピーカー振動板としては薄いものしかできなかった。しかし、学生の発案にブレークスルーがあり、今回のプロジェクトとして教育的意義が非常に高いといえる。また、大学では研究内容を深く掘り下げることに重点を置きがちであるため、今回のような様々な分野を融合した研究を行ったことは、分野の垣根を越えて協調しながら自分の役割を理解し、あるいは新しい分野を開拓して行くことに目を向ける機会になったといえるだろう。