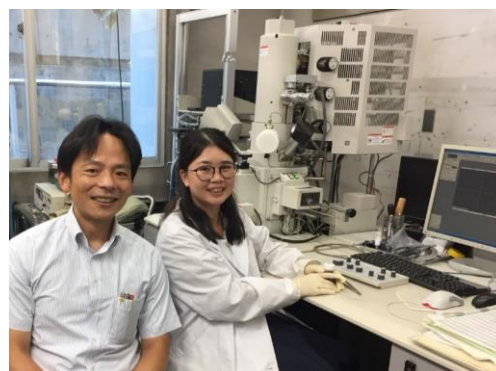


大学名	早稲田大学		
University	Waseda University		
外国人研究者	陳 忠明		
Foreign Researcher	Zhongming CHEN		
受入研究者	ノダ スグル	職名	教授
Research Advisor	Suguru NODA	Position	Professor
受入学部/研究科	応用化学科		
Faculty/Department	Department of Applied Chemistry		

<外国人研究者プロフィール/Profile>

国籍	中国
Nationality	China
所属機関	東莞理工学院
Affiliation	Dongguan University of Technology
現在の職名	講師
Position	Lecturer
研究期間	2018年7月1日 ~2018年8月29日 (60日間)
Period of Stay	60 days (July 1, 2018 - August 29, 2018)
専攻分野	化学工学、材料ナノテクノロジー、クリーンエネルギー
Major Field	Chemical engineering, nanotechnology, clean energy



複合膜のSEM観察. 陳博士と野田教授. 早大にて.  
SEM characterization. Dr. Chen with Prof. Noda at  
Waseda U.

<外国人研究者からの報告/Foreign Researcher Report>

①研究課題 / Theme of Research
Recycled chewing gum / SWCNTs hybrid film for flexible thermoelectric materials: Polymeric thermoelectric materials have recently drawn increased attention due to their unique properties, such as low thermal conductivity and high Seebeck coefficient. More than 100,000 tons of chewing gums are consumed every year. If we can recycle and reuse all the used chewing gums, it will be good to our environment. In order to fabricate materials with high conductivity and Seebeck coefficient, SWCNTs was combined with recycled chewing gum and formed self-supporting films for thermoelectric material application.
②研究概要 / Outline of Research
In this project, with the motivation of combining recycled chewing gum with SWCNTs, we used suspension methods and layer-by-layer methods to prepare chewing gum/SWCNTs composite films for flexible thermoelectric materials. The correlations between the composite structures, Seebeck coefficient, and conductivity will be elucidated through systematic investigation. Improving the conductivity of the composites by tuning the orientations of the chewing gum wrapped around the carbon nanotubes, the recycled chewing gum/SWCNTs flexible film with high figure of merit (ZT) will be eventually fabricated.
③研究成果 / Results of Research
1. By suspension method, the prepared chewing gum/SWCNTs composites got aggregated with the increased weight percent of chewing gum. With 50 wt% chewing gum, it showed the highest electrical conductivity of 43.7 S/cm by four probes method; 2. By layer-by-layer method, we prepared two layers SWCNTs-one layer chewing gum (2+1) and 4+3 layers films. The highest electrical conductivity of the 2+1 films is 280 S/cm with the weight ratio of 5:3 (SWCNTs: chewing gum); it is 378.2 S/cm with the weight ratio of 4:1 (SWCNTs: chewing gum) for 4+3 layers film. 3. We also checked the thermal conductivity of 4+3 layers films, the thermal conductivity of them were 6.5, 2.9 and 0.33 W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> with the weight ratio of 4:1, 8:3 and 2:1 (SWCNTs: chewing gum), respectively.
④今後の計画 / Further Research Plan
1. Check the Seebeck coefficient and conductivity of SWCNTs/ recycled chewing gum hybrid films by TE parameter test system ; 2. Check the stress-strain effect of SWCNTs/ recycled chewing gum hybrid films fabricated by different methods and compared the stress-strain curve; 3. Reveal the mechanism of the SWCNTs/ recycled chewing gum hybrid films fabricated by layer by layer methods; 4. Summarize all the data and write a paper with Prof. Noda.

## <受入研究者からの報告/Research Advisor Report>

### ① 研究課題 / Theme of Research

未利用排熱を利用した発電やウェアラブルデバイスの電源として、熱電変換材料が注目されている。現状、高性能な熱電変換材料は無機系に限られ、ウェアラブル用途向け柔軟性と伸縮性を併せ持つ材料の開発が期待されている。その候補材料の一つにカーボンナノチューブがあるが、分離精製した非常に高価な半導体ナノチューブを利用するなど、非常にベーシックな基礎検討の状況にある。一方、食用のガムは日々の生活で大量廃棄されており、それを有効利用できれば環境問題の解決にも寄与する。中国では各種カーボンナノチューブが市販されており、ある種のカーボンナノチューブを半導体・金属分離せずにガムと複合化することで、熱電変換能が出ることを陳氏は見出している。今回は、複合材作製プロセスを変え、微細構造、電気伝導率、熱伝導率といった基礎物性を評価し、機能発現の理解を深めることを目的とする。

### ② 研究概要 / Outline of Research

各種の熱電変換材料の中で、カーボンナノチューブは有望な材料の一つであり、陳氏は高分子との複合化で柔軟性・伸縮性と両立を目指している。ガムが大量廃棄されていることに着目、そのリサイクルの一石二鳥を考え、CNT-ガム複合膜を作製し試験検討を行っている。今回は、当研究室にて複合膜の走査型電子顕微鏡による微細構造観察と四探針法による導電性評価に加え、熱の専門家である東京大学・塩見研究室にて熱伝導率評価を行い、基礎物性を系統的に調べることを目的とした。帰国後に、利用可能な熱電変換特性評価装置を用い特性評価、基礎物性を踏まえた考察を行い、論文発表を計画している。

### ③ 研究成果 / Results of Research

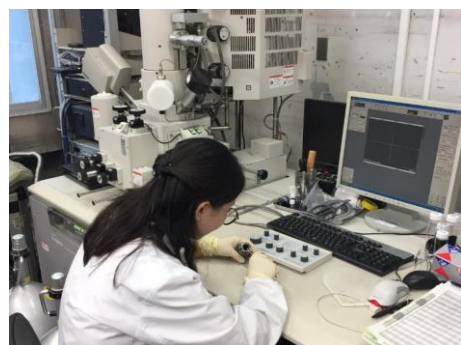
精製したガムとカーボンナノチューブの混合溶液による複合膜、およびガム溶液とカーボンナノチューブ分散液の交互濾過による積層膜を、多数持参し、走査型電子顕微鏡で詳細に観察することで、複合膜のマクロ構造と、カーボンナノチューブのミクロ構造を分析した。また、四探針法により複合膜の導電性を評価、混合溶液から作製した均一な複合膜では導電性が低く、カーボンナノチューブ間の接合部にガムが入り高抵抗化していると考えられた。一方で、ガム層とカーボンナノチューブ層の積層構造では、良好な膜自立性と280~380 S/cmという高い導電性が得られた。熱伝導率は0.33~6.5 W/m Kと範囲を持ち、より詳細な分析を進めている。

### ④ 今後の計画 / Further Research Plan

中国で利用可能な熱電変換特性評価装置を用い、カーボンナノチューブ-ガム複合膜の熱電変換特性を評価、ゼーベック係数を決定する。また、引っ張り強度試験を行い、各種方法で作製した複合膜の応力-ひずみ特性を評価する。加えて、今回、良好な特性の得られた積層膜に得て注目し、その導電機構と熱伝導機構を解析する。これらの成果を論文にまとめ、共著論文を執筆する。



ディスカッション. 陳博士、野田教授と、博士課程学生。  
Discussion with Dr. Chen, Prof. Noda and a Ph.D. candidate.



複合膜のSEM観察. 陳博士. 早大にて。  
SEM characterization of the hybrid films by Dr. Chen at  
Waseda U.