

## ブルーカーボンに注目した繊維製品の環境影響評価

伊坪徳宏研究室

1762033 佐々本 圭吾

### 1. 背景

製品やサービスのライフサイクルに注目した定量的環境評価である LCA (ライフサイクルアセスメント) は、主に製品やサービスを対象に分析することが多かったが、気候変動の緩和をさらに強化するためのアプローチとしての CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) への活用が活発になっている。海洋生物によって二酸化炭素が取り込まれ海域で貯留された炭素のことをブルーカーボン<sup>1)</sup>と呼ぶ。ブルーカーボンは広大な海洋における CO<sub>2</sub> の吸収源として注目され始め、特に海に囲まれた日本にとって潜在的な気候変動への緩和策として期待される。

現在、横浜市<sup>2)</sup>が中心となって海藻を用いたブルーカーボン事業が行われており、これを環境教育に活用するための活動が実践されている。定量的な環境影響評価を行う LCA を本事業に活用し、その環境貢献量が見える化することで、内外関係者に対してより明確にその意義を伝えることができるものと期待される。

現時点でブルーカーボンを対象とした LCA の実施例は少なく、横浜発の事業を対象に LCA を行うことの社会的、研究的意義は極めて高いものと考えられた。

### 2. 研究目的

里海イニシアティブ<sup>3)</sup>・横浜市が実践するブルーカーボン事業を対象とした LCA を行う。栽培された海藻を製品化して、財として長期間利用することにより、CO<sub>2</sub> の長期固定が可能となる。そこで、本研究では、海藻の栽培から衣料を生産するまでの環境影響を評価した。海藻の栽培については事業者による一次データを、繊維および衣料生産までについては論文等の二次データを用いた。得られた評価結果は綿製品等と対比することで、その環境優位性について定量的に検証する。比較対象である天然繊維は栽培時における水や土地の消費量が多いことから、本研究では、気候変動に加えて、水や土地の利用についても注目し、包括的な分析を目指す。

### 3. 研究方法

本研究の算定概要を表 1 に、海藻繊維フローを図 1 に示す。

表 1 算定概要

算定対象	①綿繊維 ②リサイクル綿繊維 ③ペットリサイクル繊維 ④海藻繊維
算定ソフト	SimePro8 IDEAver2
算定式	・LCI=Σ(活動量×原単位) ・特性化=Σ(LCI×特性化係数(LIME2))
影響領域	地球温暖化、土地利用(維持)、水消費
使用データ	①論文内の2次データを使用 ③経済産業省データ使用 ②論文内の2次データを使用 ④論文内の2次データを使用
機能単位	繊維製品1kgの生産
システム境界	原材料調達 → 製造 → 流通 → 使用 → 廃棄 リサイクル

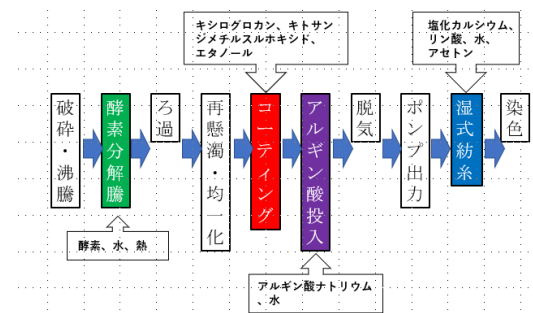


図 1 海藻繊維フロー

本研究において使用するデータを以下に記す。

#### 「綿繊維」

中国にて一年間の綿の収穫から作られる綿繊維を評価対象としている。綿繊維生産 2 次データは Yun Liu ら (2020) の論文を参考にした。一年で 1210kg 綿繊維を生産している。

#### 「リサイクル綿繊維」

中国にて、回収された綿繊維を用い、新しく綿繊維を生産した。こちらも同様に Yun Liu ら (2020) の論文を参考にした。一年で 1210kg のリサイクル綿繊維を生産している。

#### 「ペットリサイクル繊維」

ペットボトルリサイクル繊維は経済産業省 (2004) のデータベースを使用した。

#### 「昆布繊維製品」

昆布繊維についての 2 次データは Fabiano Piccinno ら (2015) の論文を参考にした。

#### 4. 結果

##### 地球温暖化への影響

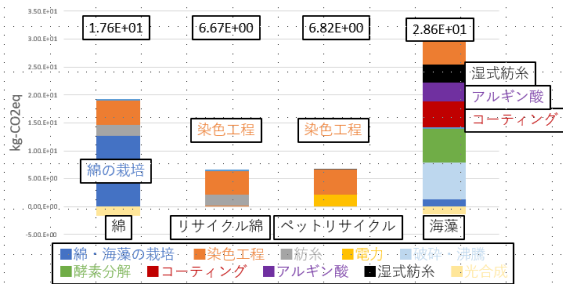


図2 海藻を用いた繊維等のCFP算定結果

図2にカーボンフットプリントの算定結果を示した。海藻について、海藻栽培時における負荷は非常に小さく、光合成による炭素固定を含めるとマイナスになる。一方で、繊維を補強するためのコーティング剤、アルギン酸製造のためのエタノール、加熱処理の影響が大きかった。これらの情報は二次データを基に算定したものであるが、いずれも量産段階に至っておらず、全体の環境負荷を高めている。収穫後工業製品生産までの生産性向上により大きく環境負荷が削減させていくことが課題である。

綿繊維は、綿の栽培に発生する亜酸化窒素の影響と土地造成の影響があることが分かった。

リサイクル綿、ペットリサイクル繊維は原材料生産の負荷が大幅に削減されたため、最も大きいのは染色工程という結果になった。

##### 土地改変への影響

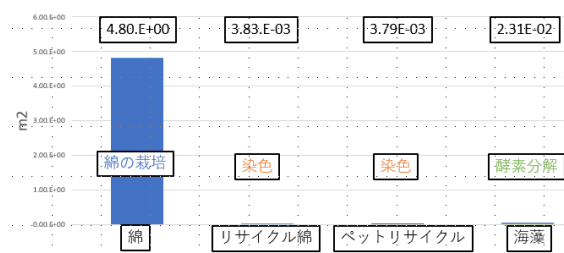


図3 土地利用(改変)に関する算定結果

図3に土地利用の影響評価結果を示した。綿繊維は、綿の栽培 1210kg のために 0.58ha の畑の利用の影響が9割以上という結果となった。一方、海藻繊維は栽培を沿岸域で行うため土地の使用負荷を大幅に削減できることがわかった。海藻の栽培は海面から下方向に成長するものであり、海底の直接利用もなく、土地利用に伴う生態系への影響低減に対する潜在的な寄与は大きいものと考えられた。ただし、再生素材と比較すると大きいことから、酵素分解を含む栽培以降の生産性を高めることが求められる。

##### 水消費の影響

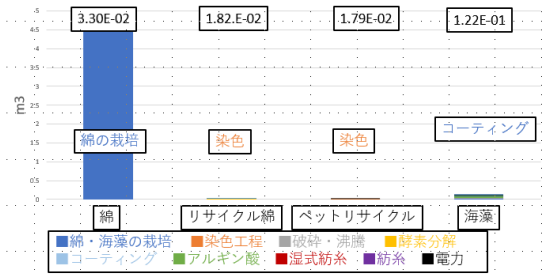


図4 海藻繊維等を対象としたウォーターフットプリント算定結果

図4に海藻繊維等を対象としたウォーターフットプリント算定結果を示した。綿繊維は、綿の栽培が最も大きく結果に寄与しており雨水の影響が出ていることが分かった。リサイクル綿、ペットリサイクル繊維にも共通して言えることだが染色工程は蒸気、石鹼、熱など水使用の多い工程が影響を与えている結果となった。海藻繊維はコーティングに使われるキシログルカンとジメチルスルホキシド、エタノールなどの原料の影響が大きくなっている。湿式紡糸では凝固剤であるリン酸の影響が最も大きい。

#### 5. 結論

ブルーカーボンの有効活用を指向して、海藻由来の繊維を対象としたライフサイクル評価を気候変動、水、土地利用に注目して実施した。海面上に設営した生育により、栽培までの温室効果ガス、水消費、土地利用は大幅に削減することができるかと期待された。一方で、収穫した昆布から繊維を含む工業製品の生産は量産できる段階ではなく、生産性を向上する必要性が高いことを合わせて確認した。効果的なCCU方法として、栽培から工業生産・活用までのサプライチェーンの構築に向けた連携が求められる。

#### 6. 限界

栽培から繊維化、紡績までの環境負荷は一次データが得られなかったため、文献ベースでの計算となっている。現在ProspectiveLCAなど将来の工業生産が可能となった時を想定した分析例もあるため、新技術であるブルーカーボンもそのような観点に基づく分析が必要であろう。

#### 7. 参考文献

- 1) ブルーカーボンとは  
<http://ieei.or.jp/2019/05/special201608027/>
- 2) 横浜ブルーカーボン事業におけるCOS  
<https://www.city.yokohama.lg.jp/>
- 3) 里海イニシアティブ  
<https://www.satoumi-i.com/>