

# **炭素繊維の L C I データの概要**

**2022 年 10 月**

**炭素繊維協会**

-目次-

1. 実施方法、目的	1
2. 使用した略称	1
3. データ品質	2
3-1 フォアグラウンドデータ	2
3-2 バックグラウンドデータ	3
4. システム境界	3
4-1 PAN系炭素繊維の製造工程	3
4-2 設定したシステムバウンダリと調査範囲（計算範囲）	4
5. データについて	4
5-1 データ項目	4
5-2 データ収集に係る前提条件	6
（1）投入原材料	6
（2）産出製品	6
（3）消費エネルギー	7
（4）環境負荷データ	7
5-3 収集データの処理（計算）に係る前提	8
（1）計算範囲	8
（2）電力の計算	8
（3）蒸気の計算	9
（4）NA回答の扱い	9
（5）アロケーション（配賦）	9
（6）窒素および空気の計算	10
（7）代用データを用いた原料・副資材、計算対象から除外したもの	10
5-4 使用データの出典	11
5-5 提出インベントリデータ	13

## 1. 実施方法、目的

分析は、ISO14040 および ISO14044 に準拠して実施した。調査の主たる目的はインベントリ分析に置いているため、ISO14044 で規定されている「目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析」、「影響評価」、「解釈」のうち、「影響評価」と「解釈」は行っていない。ただし、インベントリ分析結果そのものについては、結果の記述の項にインベントリ分析結果の解釈を含めて記述することとした。また、調査は素材産業のインベントリ分析を多数手がけている株式会社産業情報研究センター（以下、WICと記述する）と委託契約を締結して実施した。以下、「目的及び調査範囲の設定」について述べる。

### ①実施理由

当協会では、1997 年度に PAN 系炭素繊維の LCI モデルデータを構築（第 1 回調査）して以降、定点観測として、2004 年度、2006 年度、2012 年度と、LCI データの更新調査を実施してきた。この間、2006 年度からは生産実績データに基づくデータ更新を実施している。本分析は、2012 年度データを更新するものである。

目的は、可能な限り直近の生産実績に基づくデータを構築し、当該製品の LCI データとしての情報を整備すると同時に、手法および報告書の改善点を抽出して次回更新時に反映することにある。

### ②意図する用途

生産当事者として当該製品の環境的な立ち位置を把握する基礎データにするとともに、データ開示個人の技術改善に活用し、同時に当該製品の環境に係る最新情報を広く発信していくことにある。

### ③報告対象者

当該製品の生産企業の関係者、内外の製品需要者、大学および公的研究機関の研究者、当該製品の環境特性に関心を有する方全般を対象とする。

### ④比較主張の有無

比較主張は行っていない。

## 2. 使用した略称

本報告書では、化学物質あるいは製造工程について、以下の略称を用いた。

表 1 報告書で使用した略称

物質名または製造工程名	略称	物質名または製造工程名	略称
アクリロニトリル	AN	ポリアクリロニトリル	PAN
ポリカーサ	PC	炭素繊維	CF
プロピレンオキシド	PO	プロピレングリコール	PG
エポキシ	EP	ポリアクリロニトリル（PAN）製造工程	重合工程
ポリカーサ（PC）製造工程	紡糸工程	炭素繊維（CF）製造工程	焼成工程

### 3. データ品質

データ品質について、以下、フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータに分けて整理した。

#### 3-1 フォアグラウンドデータ

##### ①時間的有効範囲

2017年（年度または暦年）12カ月間の生産実績データに基づくデータを収集した。

##### ②地理的有効範囲

日本国内に立地するプラントの生産データである。

##### ③技術的有効範囲

PAN系炭素繊維の生產品種の主体を占める「弾性率 230～250GPa の高強度繊維、フィラメント数 12k（800tex）～24k（1600 tex）の品種」を対象とした。また、回答は、最近の技術レベルからみて将来的に主体を占めることが予想される生産性の高い中核ラインの設備で生産されたものを対象とした。

炭素繊維は、過去、航空・宇宙機器および軍事関連製品等を主たる市場としてきたが、今後自動車やエネルギー、一般産業分野等での市場開拓が進展する見通しにある。このため、生産設備も単位系列の能力の拡大が予想され、規模効果を踏まえたモデルデータの試算等を行うとともに、将来さらに、その実績データに基づく更新を行うことも必要になると想定される。

##### ④精度

電力、蒸気、燃料、用水等のユーティリティデータは、平時から収集・管理している生産実績に基づくデータを収集しており、生産工程のデータの精度は高いものと判断される。環境対策設備、事務所等共有設備を対象とする間接部門のデータは、対象製品の生産設備が負担すべき量を按分したものであるため、生産工程のデータに比すと、精度がやや低下する要素を内包している。ただし、この点は、データの開示を受ける前に、企業によって回答するデータの前提に違いが生じないよう、生産工程を含めて **WIC** とデータ開示企業で収集データの定義、按分の考え方等、入念に意見交換した。したがって、間接部門のデータ精度も高い水準を確保できたと判断される。

##### ⑤データの完全性・データの代表性

分析対象とした品種の生産数量は PAN 系炭素繊維の全生産量ではないが、生產品種の主体を占めるものであり、航空・宇宙機器、自動車用など炭素繊維の主要な市場に供給される品種である。かつこうした品種を生産する全メーカーから同じ前提でデータを収集しており、実質的に主力市場に供給される品種の全生産量をカバーしているといえる。

本調査では、炭素繊維製造の全工程を対象に、PAN、PC、CF に分けてそれぞれの生産実績ベースのデータを収集しており、PAN 系炭素繊維生産ベースで年間 6,994 t のデータを得た。

PAN 系炭素繊維の国内生産量は公式統計では公開されていないが、経済産業省の生産動態統計によると、ピッチ系を含む炭素繊維の 2017 年度生産量は 18,903 t である。ピッチ系の生産量を生産能力の 50%と仮定すると 1,615 t と推定され、この量を 18,903 t から差し引いた量 17,288 t を PAN 系炭素繊維の同年の国内生産量と仮定した場合、本調査で集計した PAN 系炭素繊維の比率

は国内生産量の約 40%に相当する。航空・宇宙機器、自動車用など炭素繊維の主要な市場に供給される品種としてみれば、十分、代表性あるデータであると判断される。

インベントリーデータは新技術の開発や原料転換といったことばかりでなく、その性質上、稼働率や川上工程の技術動向によって大きく変化する。また、いずれの製品においても、今後、生産技術の改善等によって省エネルギー化への努力は続くものと予想される。したがって、当協会では、理想的にはデータを定期的に更新することが望ましいと考えている。

#### ⑥整合性

本分析には PAN 系炭素繊維の国産メーカーが全社参加しており、データ開示を受けるに際して、開示企業と WIC でデータの収集方法、定義等について入念に協議している。また、データの処理方法については、WIC がデータ構築を担当した石油化学製品（ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、発泡スチレン、塩化ビニル樹脂、ABS 樹脂、ポリアミド、ポリカーボネート、PMMA、主要合成ゴムおよびこれら高分子材料の生産に要する主原料のすべて）の LCI データ構築と基本的に同様の手法を採用している。さらに、電力、蒸気、燃料等の遡及計算に適用した係数も同じデータソースのものを使用している。したがって、調査手法およびデータ処理方法はもとより計算内容についても、十分に整合性がとれていると判断している。

#### ⑦クリティカルレビュー

LCA に造詣の深い識者 3 人に依頼して外部レビューを実施した。

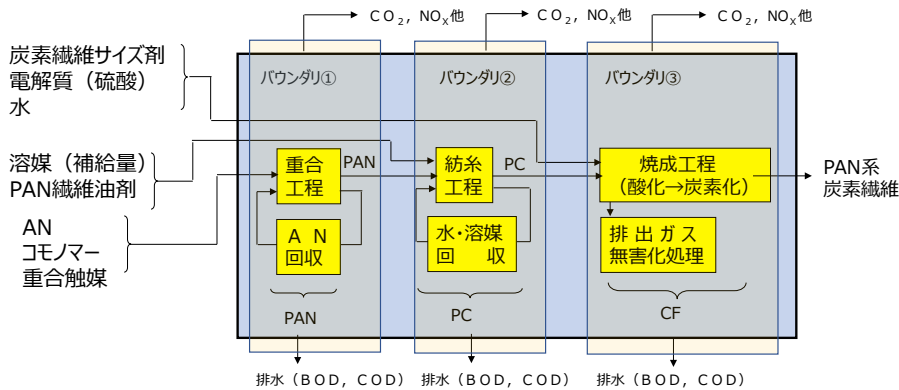
### 3-2 バックグラウンドデータ

バックグラウンドデータは適用したデータによってデータソースが異なるため、データ品質について一律に記述できない。そこで、後述する使用データ一覧（12 ページの表 4）にデータ年次、データ作成者（あるいは引用文献名）を整理した。なお同表には、フォアグラウンドデータも含めて記述した。

## 4. システム境界

### 4-1 PAN 系炭素繊維の製造工程

図 1 に、PAN 系炭素繊維の製造工程を示す。製造工程は、重合工程、紡糸工程、焼成工程の 3 つの工程で構成されており、データは各工程別に収集した。ただし、メーカーによってデータを分割し難いケースもあり、その判断はデータ開示個社の判断に委ねた。結果的に、「重合工程～紡糸工程」と「焼成工程」の 2 分割で開示されたケースがあったため、データはこのケースに準じて集計処理した。



注1：排ガスの無害化处理で投入されるLPGは、処理剤とは異なるため、ここでは表記していない。  
 注2：電力、蒸気、燃料の使用に伴う燃焼時の環境負荷は、ここでは表記していない。  
 注3：PANはポリアクリロニトリル、PCはプリカーサ、CFは炭素繊維の略。

図1 PAN系炭素繊維の製造工程

#### 4-2 設定したシステムバウンダリと調査範囲（計算範囲）

図2に、本分析の計算の対象範囲とフォアグラウンドデータを収集するPAN系炭素繊維のシステム境界を示す。図中、重合～紡糸～焼成の部分が設定したシステム境界、赤線の実線枠で囲った部分が全体の計算の範囲である。

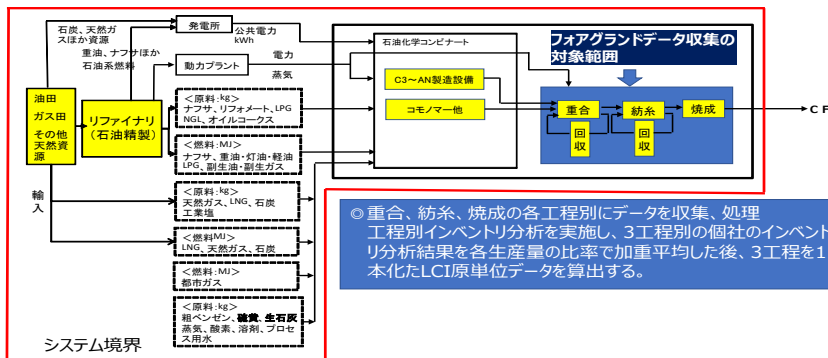


図2 インベントリデータの計算範囲とPAN系炭素繊維のシステム境界

### 5. データについて

#### 5-1 データ項目

本分析の収集データの項目は、フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータに大別される。フォアグラウンドデータでは、重合工程、紡糸工程、焼成工程で構成される一連のプロセスを炭素繊維製造工程と仮定し、その投入・産出、ユーティリティ、環境放出物質をデータ収集の対象項目とした。このうち投入・産出およびユーティリティに係る項目を表2に、環境放出物質を表3に、それぞれ示した。

**表2 炭素繊維製造プロセスの調査項目**

投入原材料	産出製品	ユーティリティ
アクリロニトリル (AN)	PAN系炭素繊維	消費電力
コモノマー		消費蒸気
重合触媒		消費燃料
溶媒		用役ガス (窒素)
PAN繊維油剤 (PG)		消費用水
溶剤		
炭素繊維サイズ剤		
電解質(硫酸)		
*包装フィルム(PE)		
*紙管、*外装梱包材		

注1：\*印を付記したものは遡及計算の対象から除外した。外装梱包材は工程によってPEフィルム、段ボールが使い分けられている。  
 注2：焼成工程で酸素を使うが、空気を取り込んでいるため、ユーティリティの項目に酸素は記述していない。なお、空気を取り込む際の消費電力は工程消費電力として回答を得ている。

**表3 環境負荷物質の調査項目**

大気系放出物	排水系放出物	固形廃棄物
ばいじん	COD	廃プラスチック
SOx	BOD	廃油
NOx	SS	廃酸(脱水後)
HC(メタン・エタン)	油分	廃アルカリ(脱水後)
CO (as CO)	フェノール類	汚泥(有機性)・ドライ
CO2 (as CO2)	燐化合物	汚泥(無機性)・ドライ
CH4	窒素化合物	燃えがら(飛灰を含む)
HFC		
PFC		
N2O		
SF6		
Cl2		
HCl		

表2に示したユーティリティのうち、自家発電力および蒸気についてはフォアグラウンドデータを収集することとし、データ開示企業の炭素繊維製造プロセスが存在する工場の動力プラントの実績データを調査対象項目とした。環境対策設備については当該ユニットプロセスが負担すべきと考えられる消費エネルギー・環境放出物を回答項目に含めた。

工業用水・窒素等のユーティリティ、公共電力、各種石油系燃料等の生産に係るデータ(石油精製のデータ)、原油の採掘・採取、これらの輸入に伴う輸送等に係るデータは、いずれもバックグラウンドデータを使用することとし、その原単位データをデータ収集の対象とした。具体的には、公共電力、石油精製、原油や石炭等(燃料)の採掘・採取、これらの輸入に伴う輸送等のデータは、公式統計の活用、当該業界の作成データを活用した。

本報告書でバックグラウンドデータと記述した項目のうち用水・窒素等のユーティリティデータも本来フォアグラウンドデータに位置付けられ、当該ユニットプロセスのデータ開示企業の実績データを同時に収集すべきである。本分析では使用量について実績データを収集したが、これらの製造についてはバックグラウンドデータを使用した。ただし、用水については、用水使用に伴うポンプによる汲み上げ、移送時の消費電力は工程消費電力として回答を得ており、結果的には実績データを収集している。この際、公共電力、自家発に分けて回答を得た。

## 5-2 データ収集に係る前提条件

本項では、本分析の収集データに関する前提条件（データ収集段階での原則、回答に際しての事前取り決め）について、（1）投入原材料、（2）産出製品、（3）消費エネルギー、（4）環境負荷データに分けて記述した。

### （1）投入原材料

- i) 原材料の投入量は、いずれも有姿とした。
- ii) 系内で回収・リサイクル利用される原材料の量は、リサイクル利用が定常化していること、回収に伴うエネルギー等を投入エネルギーに含めること等を前提とした上で、補給量とした。
- iii) ただし、重合工程での AN の回収量は AN を PAN にして炭素繊維にする量に比べれば非常に小さい。メインラインは AN から炭素繊維にするプロセスであり、そのプロセスから出た AN を系外に捨てないよう可能な範囲で回収しているのが実情である。結果的に、AN には回収量と新規投入量が混在していることとなり、新規投入量を補給量といえなくもないが、通常系の内リサイクルとはニュアンスが異なるため、本分析では AN について回収品と新規投入品を区別せず、生産に投入した AN の全量をバージンとして計算した。
- iv) 用水の使用に伴う取水、排水、移送の電力は工程消費電力に含める。対象は、河川、湖水、海水、地下水（井戸）、自治体から購入する工業用水等、すべての用水とした。ただし、用水化の消費エネルギー・環境負荷は、自治体から購入する工業用水、純水、ボイラー用水のうち脱気水を対象に計算するが、原単位はバックグラウンドデータを使用した（前回は計算していない）。
- v) 窒素は全量が購入窒素である。窒素を得る際の消費電力量、消費蒸気量の算出にはバックグラウンドデータを使用する。また、この消費電力、消費蒸気に係る消費エネルギー、環境放出物の算出にもバックグラウンドデータを使用した（いずれも石油化学業界のデータである）。
- vi) 焼成工程で使用する酸素は、すべて空気を取り込み、空気中の酸素を利用しているため、本分析では空気を取り込みに伴う電力を集計し、計算対象とした。なお、同消費電力は、工程消費電力として回答を得ることとした。

### （2）産出製品

- i) 産出製品は最終製品である CF の数量をデータ収集の対象とし、中間原料となる PAN、PC の数量は対象としない。
- ii) PC、CF の有価のオフグレードは副生物として別途、数量データを収集し、LCI 原単位の算出に際して消費エネルギー・環境負荷のアロケーションの対象とした。
- iii) 溶媒のように系内で回収・リサイクル使用しているものは、それが定常的に行われていること、回収・リサイクル処理に係るエネルギー・環境負荷を計算に含めることを前提に、回収量を投入量から控除し、補給量を収集データ事項とした。また、回収に伴う消費エネルギーは、工程の消費電力、蒸気、燃料等の消費エネルギーに含めることとした。



### (3) 消費エネルギー

#### 1) 電力

- i) 電力はオンサイト電力として動力プラントから受け入れる電力（自家発）といわゆる買電（公共電力）に分けてデータ収集した。
- ii) 工場内で使用する用水の取水、移送、使用後の排水等に係る消費電力は、工程消費電力として収集するデータに含めた。

#### 2) 蒸気

- i) 蒸気は、エンタルピーで回答する。この際、スチームテーブルを用いて回答しても構わない。
- ii) 収集データは、当該プラントで発生する蒸気、消費する蒸気、動力プラントから受け入れる蒸気に分けた。
- iii) 当該プロセスで発生・回収される蒸気の消費燃料のデータは、当該プロセスの消費燃料に含まれており、発生蒸気分だけを分離することは難しいため、そのままとした。

#### 3) 燃料

- i) ユニットプロセスすなわち重合工程、紡糸工程、焼成工程および同工程からの排ガスの無害化処理工程において消費される燃料の消費量を収集データの対象とした。
- ii) 大気系、排水系、固形廃棄物等の環境対策設備において消費される燃料も収集データの対象とした。

### (4) 環境負荷データ

- i) 環境負荷は、処理後負荷を回答の対象とする。ただし、実際にはダイレクト放出による負荷と処理後負荷が混在しているケースが殆どと想定されるため、測定データがある場合は測定データを収集データの対象とした。
- ii) 環境対策設備については電力、蒸気、燃料等の消費量を収集データ事項としているので、大気系負荷のうちCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>に関して測定データがない場合はバックグラウンドデータを用いて消費エネルギー・燃料から計算した。
- iii) 製品ロスを含む固形廃棄物は、有効利用されているもの、工場内で自己処分・処理されているもの、産業廃棄物として外部に持ち出されているものに分けてデータを収集し、工場内で有効利用されているものは環境負荷として表示しない。ただし、有価で販売され外部において最終的に有効利用されているものでも、工場内で利用されていないものは環境負荷とした。
- iv) 収集データの原則
  - iv-1) 負荷があることが判っているが計測値、試算値がない場合または負荷があるか否かが不明な場合は、「NA」(not available) でデータを得た。
  - iv-2) 「ND」(not detected) の場合、すなわち測定した結果として検出されない（検出限界以下である）ケースに相当する場合および年間の負荷が「0.001 g 未満／製品 kg」の場合は、

「0（ゼロ）」でデータを得た。

iv-3)測定値はないが、理論的に当該プロセスの負荷として想定されないことが明らかな場合は空欄とし、計算上は「ゼロ」で処理した。

iv-4)CO、CO<sub>2</sub>は「as CO」、「as CO<sub>2</sub>」でデータを得た。

iv-5)りん化合物、窒素化合物は「as りん、as 窒素」でデータを得た。

iv-6)廃酸、廃アルカリは、脱水後質量でデータを得た。

iv-7)汚泥は有機、無機ともドライ換算でデータを得た。

iv-8)燃えがらは飛灰を含めてデータを得た。

iv-9)COD、BOD は取水時に自然界から取り込まれたものを含む測定値でデータを得た。

### 5-3 収集データの処理（計算）に係る前提

本項では、収集データの処理（計算）に係る前提条件について、（1）計算範囲、（2）電力の計算、（3）蒸気の計算、（4）NA 回答の扱い、（5）アロケーション（配賦）、（6）窒素および空気の計算、（7）代用データを用いた原料・副資材、計算対象から除外したもの、の7項目に分け、内容の定義、データ収集に際しての原則、データ集計段階での処理原則等について整理した。

#### （1）計算範囲

ユニットプロセス・データは“Gate to Gate”でデータを収集、計算し、原料遡及による LCI データとしては、“Cradle to Gate”でデータを収集し、計算する。したがって、製品の出荷に伴う輸送包材等は計算の対象から除外した。なお、ユニットプロセスに持ち込まれる原材料の輸送データは、石油精製コンビナートから供給される各種石油製品を除いて、計算の対象から除外した。

炭素繊維に関しては、工場内の端材、使用済後の製品の一部でマテリアルリサイクルの検討が実施されており、再生処理後のミルドファイバー等の利用が期待されている。当業界として、実証プラントによる再生処理データを収集し、過去 LCI データとして整理しているが、本分析ではリサイクルを織り込んだ炭素繊維の LCI データは試算しないこととした。

#### （2）電力の計算

- i)石油化学コンビナート等に拠点のある共同発電や別会社化されている電力・蒸気等の動力専業企業からの購入電力は、動力プラントからの受け入れ電力と同じ扱いで計算処理した。
- ii)環境対策設備で消費される電力は、公共電力と動力プラントから受け入れている電力を区分して回答を得ることが難しいため、生産工程を含む消費電力に占める環境対策設備の消費電力の比率はそう大きくないことから、データ処理段階ですべて工程消費電力の自家発と買電（公共電力）の比率で按分した。
- iii)ユニットプロセスで消費する（あるいは窒素や環境対策設備での消費電力から按分された）自家発電電力は、本分析で炭素繊維製造企業から収集した動力プラントデータの加重平均値を用いて計算した。
- iv)原料遡及において集計される自家発電電力は、バックグラウンドデータ（石油化学産業の動力プラ

ントの加重平均データ) を用いて計算した。

### (3) 蒸気の計算

- i) ユニットプロセスで消費する蒸気は、本分析で炭素繊維製造企業から収集した動力プラントデータの加重平均値を用いて計算した。
- ii) 原料遡及において集計される蒸気は、バックグラウンドデータ（石油化学産業の動力プラントの加重平均データ) を用いて計算した。
- iii) 当該プロセスから送り出される払出蒸気は控除の対象とするが、環境対策設備で発生・回収後、送りだされている蒸気については当該プロセスの控除の対象としない。なお、本分析で対象とした当該システム（炭素繊維のユニットプロセスおよび環境対策設備) には回収蒸気はない。
- iv) ただし、原料の遡及計算において、バックグラウンドデータとして計算に使用したデータの中に、環境対策設備で発生・回収後、送りだされている蒸気を控除した原単位が作成されている場合、本分析当事者およびデータ処理者の操作が及ばない範囲のデータであるため、そのままとなっている可能性がある。

### (4) NA 回答の扱い

加重平均値を算出する場合、「NA」回答は処理データの対象から外し、それ以外の回答で加重平均値を算出した。

### (5) アロケーション (配賦)

- i) 当該ユニットプロセスはもとより、環境対策設備のデータ処理においては、当該製品が負担すべきエネルギー・環境負荷等を割り付けること、すなわちアロケーションが必要となる。本分析では、当該ユニットプロセスについては、目的生産物と共生産物（コ・プロダクト）、定常的に原料利用されている副製品（副生原料：バイプロダクト）がエネルギー・環境負荷を負うものとし、この際、目的生産物、共生産物、副生原料の質量比に基づいてデータを配賦する考え方を採用した。
- ii) 当該ユニットプロセスが負担すべき環境対策設備のエネルギー・環境負荷については、環境対策設備を当該ユニットプロセスが存在する事業所の他のプロセスと共有している場合（例えば、共同排水処理設備のようなケース）、データ開示企業が、データ管理において通常用いている手法に委ねた。
- iii) 化学製品における過去の LCI データ調査におけるアロケーションの指標として①当該処理設備に処理物質を排出するプラントで生産されている製品の生産量（質量）比で配賦、②当該処理設備に処理を委託する処理物質質量（例えば排水量など）比で配賦、③環境系処理設備からの配賦は、負荷比で配賦、④経理（予算）上の配賦係数で配賦、⑤道路照明については面積比率で配賦、⑥全て配員比率で配賦などがある。これらの情報についてはデータ収集前に、データ開示企業に事前に知らせてデータを収集した。
- iv) 有価のオフグレードは当該プロセスのエネルギー等の配賦対象とし、目的生産物と同じ扱いとした。

## (6) 窒素および空気の計算

- i) 窒素は、すべて外部購入である。窒素の電力および蒸気消費原単位は、工業用ガスメーカーの生産実績ベースの原単位（バックグラウンドデータ）を用いて求めることとした。同データは、(一社)プラスチック循環利用協会がガスメーカーの協力を得て作成した原単位データで、1999年に公表された汎用合成樹脂を中心とする LCI データ（石油化学製品の LCI データ調査報告書：(一社)プラスチック循環利用協会）および各種化学製品の LCI データの構築等において共通に使用されているものである。
- ii) ただし、窒素の電力消費原単位における公共電力と自家発の構成比に関する情報を得ることはできなかったため、今回収集したデータから算出した炭素繊維製造工程の電力消費原単位の公共電力と自家発の構成比で按分することとした。
- iii) ここで計算に使用した窒素は石油化学コンビナートで生産されている窒素であるため、窒素の自家発および蒸気の計算は、石油化学業界の動力プラント（電力、蒸気）の平均データを用いて行った。なお、これらのデータは、石油化学工業協会が管理しており、使用に際しては同協会の了解を得た。この動力プラントすなわち自家発電電力および蒸気の前原単位データは、エチレンセンターを有する石油化学企業 5 社から収集された実績データに基づいて作成されたエネルギーおよび環境負荷原単位である。
- iv) PC の焼成工程では焼成において空気を取り込み、空気中の酸素を利用している。このため、窒素のように工業用ガスとして酸素の消費に伴う電力、蒸気の計算は行わないこととした。この際、空気中の酸素を利用し、不要な窒素は大気中に放出していることになる。しかし、もともと空気の中（大気中）にあったものを単に戻しているだけとなるため、この窒素は大気系放出物としては扱っていない。なお、空気を取り込みで消費する電力は炭素繊維製造工程の消費電力に含まれている。

## (7) 代用データを用いた原料・副資材、計算対象から除外したもの

- i) 生産に使用されるプラントや付帯設備等の機器の製造に投入された資材は、LCI データの計算対象から除外した。
- ii) 投入原料および副原料・資材で代用データを使用したものは、表 4 に示したとおりである。PAN の投入原材料は、すべて AN として遡及計算することとした。PC の投入原材料のうち溶剤は、カットオフルールを適用して遡及計算の対象から除外した。カットオフルールについては、ISO14040 等にも明確な基準がない。本調査では、「地中熱利用システムの温室効果ガス排出削減効果に関する LCA ガイドライン（2012 年 3 月、環境省）」に「カットオフ基準の考え方」として記載されている製品製造分野では製品の質量に相当する 5%程度が一般的である」を参考に、原料総投入量の 5%未満の原材料の一部についてカットオフルールを適用することにした。
- iii) 表 4 にリストアップした PAN、PC、CF に投入される原材料（包装材料を除く）のうち PC に投入される溶剤を除く物質の遡及計算後の投入原材料（ナフサ、リフォーマート、LPG、NGL、天然ガス、LNG、オイルコークス、石炭、粗ベンゾール、触媒、工業塩、生石灰、溶剤、硫黄）の総量

2.632 t に占める生石灰、溶剤の比率は0.4%、0.05%と小さいので、カットオフルールを適用して遡及計算しないものとした。なお、ここでいう溶剤は PC に投入される溶剤ではなく、電解質の遡及計算で必要となる溶剤である。また、硫黄は、石油精製工程の副生硫黄を使用しているため、環境負荷を負わせないリマインダーフローとして扱った。

- iv) このほか表 4 にリストアップしていないものとして凝固浴で使用する凝固剤があるが、事例的に紹介しておく、凝固浴は DMAC67%、水 33%のような構成の液状物である。凝固浴液は通常取り換えずに使用し、ロス分を補給するが、凝固剤の補給量は 0.1%未満と極めて少量であるため、データ収集項目から除いた。
- v) 製品出荷に使用する包装材料は今後のためにデータは収集したが、本調査の対象範囲は「Cradle to Gate」で炭素繊維製造プロセスの出口であるため、計算の対象からは除外し、本データを活用する際に、活用者が目的に応じて適切な計算ができるよう調査結果として原単位を提示している。なお、紙管は反復使用されており、基本的に駄目になるまで使用されるため、炭素繊維単位重量当たりの使用量は実質的には限りなく「ゼロ」に近くなる。

**表 4 投入原料および副原料・資材で代用データを使用したもの**

重合工程	アクリロニトリル (AN)	AN	包装フィルム (PE)	計算対象から除外
	モノマー	ANを代用	紙管	計算対象から除外
	重合触媒	ANを代用	外装梱包材 (PE)	計算対象から除外
	溶媒	ANを代用	外装梱包材 (段ボール)	計算対象から除外
紡糸工程	PAN繊維油剤 (PG)	PO + 水で計算		
	溶剤	カットオフルール適用		
焼成工程	炭素繊維サイズ剤	EP		
	電解質(硫酸)	硫酸を代用		

注：製品の出荷時に使用する包装材料は、計算対象から除外した。

#### 5-4 使用データの出典

表 5 に、本調査で使用したデータの出典を示した。バックグラウンドデータは適用したデータによってデータソースが異なるため、データ品質について一律に記述できない。表 5 には、フォアクグラウンドデータも含めて、本調査で使用したデータの年次、データ作成者（あるいは引用文献名）を示した。

バックグラウンドデータのうち、PAN 系炭素繊維の LCI データ算出においては特に重要となる AN について、本分析に際して一部データを見直したので、以下に記述しておく。

AN のデータは、PAN の主原料であることはもとより、モノマー、重合触媒、溶媒などメーカーによって使用するものが異なる機密性の高い副原料等について、AN のデータで遡及計算を実施しており、PAN 系 LCI の算定結果に与える影響が大きい。日本アクリロニトリル工業会の協力を得て大量に副生する蒸気の利用状況に関する現状の定量的な情報を得て部分的に修正したデータを計算に適用した。

本分析では、炭素繊維製造の「ユニットプロセス」および「同ユニットプロセスのある工場の動力プラント」

について、炭素繊維協会会員から直接データを収集した。したがって、ユニットプロセス・データおよび動力プラントデータはフォアグラウンドデータとなる。一方、AN を中心とする各種原料の製造工程までのデータはバックグラウンドデータを使用している。

表5 使用データの出典

No.	区	データ名	文献名	年次
1	B	公共電力 CO <sub>2</sub>	温室効果ガス算定排出量集計結果（環境省、経済産業省）、電力調査統計（経済産業省資源エネルギー庁）	2014年度
2	B	公共電力 SO <sub>x</sub> 、NO <sub>x</sub>	一般電気事業者10電力会社の発表データ、電力調査統計（経済産業省資源エネルギー庁）	2014年度
3	B	公共電力 消費I補正データ	電力調査統計（経済産業省資源エネルギー庁） エネルギー源別標準発熱量一覧表（経済産業省資源エネルギー庁）	2014年度 2017年11月17日一部訂正
4	B	石油製品	石油製品油種別 LCI 作成と石油製品環境影響評価報告書：(財)石油産業活性化センター	2000年3月
5	B	天然ガス・石炭	石油、LNGおよび石炭のLCA手法による比較に関する調査報告書：(財)石油産業活性化センター	1999年3月
6	B	資源採掘・輸送	本表4、5の報告書のデータを使用	-
7	B	自家発、蒸気 (ゴジエネ)	石油化学製品のLCIデータ調査報告書：(社)プラスチック処理促進協会	1999年7月
8	B	AN	アクリロニトリルのインベントリ分析報告書 日本アクリロニトリル工業会 電力は2014年ベースで再計算、副生蒸気の評価を2019年11月調査データで改定。	2002年 2000年実績
9	B	PO	文献無：ウレタン原料工業会の要請を受け、石油化学工業協会会員メーカーのデータ協力でWICが試算した代表値（非公開）。ただし、電力は2014年ベースで再計算。	2003年 2000年実績
10	B	PG	PGデータがないため、PO+水で計算した ただし、電力は2014年ベースで再計算。	-
11	B	EP	複合材料のインベントリデータ構築に関する調査報告書 (社)日本航空宇宙工業会 ただし、電力は2014年ベースで再計算。	1999年7月
12	B	硫酸	文献無：文献値無硫酸協会の作成したデータの提供を受けて計算（非公開）。 ただし、電力は2014年ベースで再計算。	2001年
13	B	窒素ガス	文献値無：(社)プラスチック処理促進協会が石油化学工業協会の協力を得て作成した代表値を使用（非公開）。 ただし、電力は2014年ベースで再計算。	1999年
14	F	自家発、蒸気	ユニットプロセスの計算に使用した自家発電電力および蒸気は、今回、改めて炭素繊維協会メンバーから収集したデータから算出した平均値を使用（データ開示企業の実績データ）。	2017年生産 実績ベース
15	F	PAN、PC、CF	炭素繊維協会会員3社の実績データ提供に基づいて、今回、作成したデータを使用(本レポートに報告)	2017年生産 実績ベース

注1：「区」のBはバックグラウンドデータ、Fはフォアグラウンドデータ。

注2：AN（アクリロニトリル）、PO（プロピレンオキシド）、PG（プロピレングリコール）、EP（エポキシ）

注3：PAN（ポリアクリロニトリル）、PC（ポリカーサ）、CF（PAN系炭素繊維）

注4：電力の消費に伴う消費エネルギー、環境負荷は、No.1、No.2、No.3とNo.4、No.5、No.6、から計算し、1次エネルギーと2次エネルギーを合わせて評価している。蒸気、燃料も同様である。

## 5-5 提出インベントリデータ

データは、ユニットプロセス・データおよび天然資源まで遡及した累積データの 2 種類を試算したが、炭素繊維業界各社の機密保持の観点から、累積データを公開することとした。以下、登録内容について報告する。登録するサブシステム情報は、表 6 のとおりである。

表 6 サブシステム情報

サブシステム情報	データID	
	分類コード・製品名	国の産業分類上 2262 炭素繊維製造業
	分類コード・製品名	256919 その他の炭素・黒鉛製品 (JLCAの登録コードから選択)
	サブシステム名	PAN系炭素繊維の製造(全工程:CRADLE TO GATE)
	仕様	引張弾性率230~250GPaの高強度炭素繊維、フィラメント数12K(800tex) ~24k(1600tex) の品種
	サブシステム分類	製造
	単体量	1kg
	重量	1kg
	配分方法	重量比によるアロケーション
	特記事項	炭素繊維の製造プロセスは、原糸原料の重合工程 (PAN製造)、紡糸工程 (プリカーサ製造)、焼成工程 (CF製造) と大きく3つの工程で構成されている。本データのうち消費エネルギーおよび環境負荷は、炭素繊維1kgの製造に係る全行程 (資源の採掘・採取から炭素繊維製造まで) の消費エネルギー・環境負荷の合計値である (各エネルギーの換算への熱量には高位発熱量を使用した)。各工程においてユニットプロセスでリサイクル使用される原料は、補給量のみを計上した。またユニットプロセスで生じる副生物のうち有価で原料として販売されるものは当該工程の目的生産物と同様に扱い、当該工程の消費エネルギー・環境負荷を配布した。配賦は重量比で行った。炭素繊維1kgの製造に投入される原料、燃料 (電力・蒸気・直接消費燃料) をすべて資源の採掘・採取まで遡及計算した1次消費エネルギーの合計は318.2MJである。このほかフィードストックエネルギーが32.1MJあり、これを合わせると合計350.2MJとなる。なお、本データは、日本化学繊維協会・炭素繊維協会委員会が株式会社産業情報研究センターに委託して構築したものである。また、算出データについて、3人の学識経験者のクリティカルレビューを受け、レビュー結果を踏まえ、必要に応じて見直したものを最終データとした。
データ作成者	作成日	2022年9月6日
	氏名	-
	所属	日本化学繊維協会炭素繊維協会委員会 (委託先: 株式会社産業情報研究センター)
	住所	103-0023 東京都中央区日本橋本町3-1-11 繊維会館 7F
	e-mail	<a href="http://www.carbonfiber.gr.jp/contact/inquiry.html">http://www.carbonfiber.gr.jp/contact/inquiry.html</a>
	電話番号	03-3241-2311
	FAX番号	03-3246-0823
データ品質情報	時間的範囲	2017年度実績 (2017/04/01-2018/03/31)
	地理的有效範囲	日本
	技術的有效範囲	世界
	品質情報	本欄は、データベース運営側で入力する欄。
	特記事項	ユニットプロセスで収集したデータは生産実績に基づくデータである。公開する累積データで計算に使用したバックグラウンドデータのうち、溶剤、生石灰、回収硫黄、固形廃棄物の処理を除くデータは、すべて生産実績に基づくデータを使用した。
参考文献・その他参照	主原料、燃料の遡及計算には石油化学工業協会、日本アクリロニトリル工業会、一般財団法人石油エネルギー技術センターの作成データを使用した。電力は、電力調査統計2014年度 (経済産業省資源エネルギー庁)、エネルギー源別標準発熱量一覧表2017年改定値 (経済産業省資源エネルギー庁)、電力のCO <sub>2</sub> は、温室効果ガス算定排出量集計結果2014年度 (環境省、経済産業省)、電力調査統計 (経済産業省資源エネルギー庁)、SOX・NOXは一般送配電事業者 (国内10電力会社) の公表値等から発電量による加重平均値を算出して使用した。	

サブシステム情報（表 6）の分類コードについて補足しておく、炭素繊維は国の産業分類上は窯業に属し、分類コード 2262「炭素繊維製造業」として分類されている。一般社団法人産業環境管理協会のデータベース上の分類にはこの分類がないため、窯業の中の 256919「その他の炭素・黒鉛製品製造業」として登録した。表 6 には、これを併記した。

次に、PAN 系炭素繊維 1 kg の製造に係る累積インベントリデータ（Gate to Gate）として、表 7 にサブシステム入力情報を、表 8 に同出力情報を示す。

表 7 サブシステム入力データ

カテゴリ	分類コード	項目名	平均値	上限値	下限値	データ取得方法	排出量計算条件	特記事項
エネルギー	07	原油	0.546ℓ	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。天然資源の採掘から炭素繊維製造に至る全行程で消費する燃料（具体的には、ナフサ、重油、軽油、灯油、液化石油ガス、副生燃料油・ガス、LNG等の消費燃料）を得るために必要な資源のうち原油に由来するものを原油量に換算して示している。これらの燃料を得るための消費エネルギー・排出CO2等は、すべて適及計算して表示している。
	07	天然ガス	2.463m3	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。天然資源の採掘から炭素繊維製造に至る全行程で消費する燃料を得るために必要な資源のうち天然ガスに由来するものを天然ガス量に換算して表示している。これらの燃料を得る際の消費エネルギー・排出CO2等はすべて適及計算して表示している。
	06	石炭	6.354kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は実測定と計算値の組み合わせである。天然資源の採掘から炭素繊維製造に至る全行程で消費する石炭については、そのままの消費量を表示している。石炭を得る際の消費エネルギー・排出CO2等は、すべて適及計算して表示している。
	0721	液化天然ガス	0.260kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は実測定と計算値の組み合わせである。天然資源の採掘から炭素繊維製造に至る全行程で消費するLNGについては、そのままの消費量を表示している。LNGを得る際の消費エネルギー・排出CO2等は、すべて適及計算して表示している。
	0721	天然ガス液	0.00000004393kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は実測定と計算値の組み合わせである。天然資源の採掘から炭素繊維製造に至る全行程で消費する天然ガス液については、そのままの消費量を表示している。天然ガス液を得る際の消費エネルギー・排出CO2等は、すべて適及計算して表示している。
原料	07	原油	3.128ℓ	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された原料を得るのに必要な資源のうち原油由来のものを原油量に換算して表示している。これらを得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXはすべて適及計算している。なお、炭素繊維の製造に要する副生硫黄の産出に必要な原油量も加算している。
	07	天然ガス	0.156Nm3	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された原料を得るのに必要な資源のうち天然ガス由来のものを天然ガス量に換算して表示している。これらを得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXはすべて適及計算している。
	06	石炭	0.015kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された原料のうち石炭由来のものを石炭量としてそのまま表示している。これらを得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXはすべて適及計算している。
	-	海水	0.161kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された工業塩（輸入）を得るために要する海水量を表示している。工業塩を得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXは輸入工程を含めてすべて適及計算している。
	-	生石灰	0.009kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された生石灰の量を表示している。石灰石～生石灰までの工程の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXは適及計算していない。
	-	蒸気	0.011kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された蒸気量を表示している。蒸気を得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXはすべて適及計算している。
	-	空気	13.905kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された酸素を得るために要する空気の量を表示している。酸素を得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXはすべて適及計算している。
	-	溶剤	0.093kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された溶剤の量を表示している。溶剤を得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXは適及計算していない。
	-	プロセス用水	2.712kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入されたプロセス用水の量を表示している。プロセス用水を得る際の消費エネルギー、排出するCO2、SOX、NOXはすべて適及計算している。
-	回収硫黄	0.052kg	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維の製造に投入された硫黄の量を表示している。硫黄は、石油精製工程の副産物である回収硫黄を使用しており、適及計算は行っていない。	



表8 サブシステム出カデータ

カテゴリ	項目名	平均値	上限値	下限値	委託先	管理方式	データ取得方法	排出量計算条件	特記事項
環境負荷物質（大気）	CO2	19.849kg	-	-	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維1kgの製造に係る全ライフサイクル（資源の採掘から炭素繊維製造まで）の合計値。
	NOx	0.0353kg	-	-	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維1kgの製造に係る全ライフサイクル（資源の採掘から炭素繊維製造まで）の合計値。
	SOx	0.0161kg	-	-	-	-	実測定	-	データ取得方法は、実測定と計算値の組み合わせである。炭素繊維1kgの製造に係る全ライフサイクル（資源の採掘から炭素繊維製造まで）の合計値。
処理委託廃棄物	固形廃棄物	0.157kg	-	-	-	-	実測定	-	炭素繊維の製造で排出される固形廃棄物を出発原料からの累積値で表示している。固形廃棄物の処理に伴う消費エネルギー、排出するCO <sub>2</sub> 、SO <sub>x</sub> 、Noxは遡及計算していない。