

3.(3)-3. 光ファイバケーブルのLCI

ア) 目的及び調査範囲の設定

調査の目的

国内において調査事例の少ない光ファイバケーブル製品の環境負荷を定量的に評価し将来的に企業、業界が同様の調査を実施する際の基礎となり参考となるような調査報告をすることを目的とした。

調査の範囲

i) 機能及び機能単位

本項で調査する製品システムは通常使用されている100心防水型光ファイバケーブル(図3.(3)-5)及び防水型難燃光ファイバケーブル(図3.(3)-6)である。本研究においてはその使用原料の製造、ケーブル製造の各工程における環境負荷物質の排出量に関する評価を比較分析することとした。



図 3.(3)-5 100 心 SM 防水型光ファイバケーブル 図 3.(3)-6 100 心 SM 防水型難燃光ファイバケーブル

ii) システム境界

システム境界は川上側においては原油あるいはナフサなどの素材原料、エネルギー資源の輸入の段階からとした。川下側では光ファイバケーブルの製造までとした。

イ) ライフサイクルインベントリー分析及び結果

データの収集方法

構成材料の原単位データは、NIRE-LCA に登録されたデータベースをもとに光ファイバのLCA実施に必要な補足データを関連資料から調査したほか、素材メーカーへのヒアリング調査などにより収集した。この中ではケーブルに使用されている質量が 0.1Kg/Km 以下の添加剤的に使用されている構成材料については無視することとした。また、光ファイバ、ケーブルの製造エネルギーについては文献の代表値及び実際の製造工場にて使用している電力量の代表値を引用した。

原単位の作成手法

i)基本データ

本研究においても NIRE-LCA Ver.2 を基本データとしており、材料の配合を遡り、NIRE-LCA Ver.2 に既に登録されている素材を求めた。これにより、電力、スチームといったエネルギーは共通のデータで計算した。

ただし、鋼線については日本エネルギー学会誌 第 77 巻 12 号,1998 p934-1192 のデータより 2.32kg-CO₂/kg を採用し、吸水テープはその素材を産業連関表から求めた。

ii)材料データ

材料においては、SiO₂ は VAD 法の製造を前提とした。SiO₂ 1kg を製造するために原料ガスである SiCl₄ を 10kg H₂ を 20m³ O₂ を 20m³ 投入する設定として CO₂ 発生原単位を算出した。また SiCl₄ は金属シリコンから半導体産業で使用される多結晶シリコンを製造する工程での副生成物として生成するため、SiCl₄ の蒸留工程で投入する電力量のみから SiCl₄ の CO₂ 原単位を算出した。その結果 SiO₂ の CO₂ 原単位は 41.8kg-CO₂/kg となりガラスとしては大きな数値となった。これは VAD 法による高純度石英を製造するという特殊用途であるためと考えている。

UV樹脂は、紫外線硬化型ウレタンアクリレート系樹脂であり、次の配合モデルとした。ウレタンアクリレートとnブチルアクリレートの重量比を7:3とし、前者は、ヒドロキシエチルアクリレートの代替としてヒドロキシプロピルアクリレートとし、かつトリレンジイソシアネート(TDI)、ポリプロピレングリコール(PPG)との重量比が16:22:62と設定して、NIRE-LCA Ver.2 に既存の素材まで遡る事により積み上げ法で計算した。この結果、3.689kg-CO₂/kg と求まり、同じく NIRE-LCA Ver.2 にデータとして収録されているウレタン樹脂(PUR)の 3.639kg-CO₂/kg に近い値となった。

アラミド繊維のモデルは、テレフタル酸(TPA)とパラフェニレンジアミンの重量比を61:39と仮定した。後者の代替としてアニリンを設定した。更に、重合・繊維化の所要エネルギーをナイロンから流用する事により積み上げ法で計算した。3.239 kg-CO₂/kg は、抗張力材としてのスクリーニングは考慮していない。

吸水テープは、吸水パウダー、不織布原反、バインダーの重量比が4:5:1、製造に要するエネルギーを 0.43kWh と設定した。各々の素材は、産業連関表から脂肪族中間物(2.106 kg-CO₂/kg)、プレスフェルト・不織布(6.145 kg-CO₂/kg)、合成ゴム(4.222 kg-CO₂/kg)として計算した。代表値の 4.519kg-CO₂/kg は産業連関表の紙製衛生材料・用品よりも小さな値となるが、大きく離れるものではなく妥当と思われる。

iii)製造エネルギー

光ファイバ工程には、VAD法によるスス付け・脱水焼結から線引き・着色・テープ化・検査の

工程を含み、その電力量を 2,500kWh/km とした（出典：（社）資源協会、生活資源のライフサイクルエネルギーに関する調査、平成 8 年、p477）。

ケーブル工程では、スロット集合、シース、検査の工程を含み、その代表値を 400kWh/km と設定した。表 3 . (3) - 7 に材料・電力の CO2 原単位を示す。

表 3 . (3) - 7 . 材料・電力の CO2 原単位

材料名	CO2 代表値 (kg-CO2/kg)	素材	各材料 1kg 製造所要量	CO2 最大値 (kg-CO2/kg)	CO2 最小値 (kg-CO2/kg)
SiO2 (積み上げ法)	41.8	SiCl4 製造の電力量	57kWh	41.8 光ファイバ用 (代表値)	0.857 出典 1* (一般ガラス)
		O2	9m3		
		H2	26m3		
UV 樹脂 (積み上げ法)	3.689	プロピレンオキシド	0.05kg	13.263 出典 2*	1.805 出典 3*
		T D I	0.154kg		
		P P G	0.434kg		
		ナフサ	0.046kg		
		H2	0.074m3		
		プロピレン	0.291 k g		
		電力	0.101kWh		
		スチーム	2.789kg		
鋼線 (積み上げ法)	2.32	鋼線 (高炉鋼) 出典 4*		2.32 (代表値)	0.314 出典 5*
LDPE (積み上げ法)	1.004	エチレン	1.02kg	2.031 出典 6*	0.603 出典 7*
		スチーム	0.2kg		
		電力	0.8kWh		
HDPE (積み上げ法)	0.678	HDPE 出典 8*		1.928 出典 9*	0.678 (代表値)
カーボンブラ ック (積み上げ法)	3.123	原油	1.8kg	3.123 (代表値)	1.196
		電力	0.22kWh		
吸水テープ (産業連関表)	4.519 出典 12*	吸水パウダー	0.4kg	10.480 出典 13*	3.317 出典 14*
		不織布原反	0.5kg		
		バインダー	0.1kg		
		電力	0.43kWh		
PET (積み上げ法)	2.596	NIRE-LCA より 出典 15*		2.596 (代表値)	2.596 (代表値)
アラミド繊維 (積み上げ法)	3.239	TPA	0.61kg	20.984 出典 16*	3.213 出典 17*
		ベンゼン	0.34125kg		
		硝酸	0.27885kg		
		H2	0.3042kg		
		電力	0.0585kWh		
		スチーム	0.2613kg		
		C 重油	0.195MJ		
		冷却水	0.1092m3		
水酸化 マグネシウム (積み上げ法)	1.216	電力	0.6kWh		
		Thermal Energy LPG	0.3075kg		

電力	0.422 kg-CO ₂ /Kwh (積み上げ法)	NIRE-LCA より	出典 18*	0.627kg-CO ₂ /kWh 出典 19*	0.341 kg-CO ₂ /kWh 出典 20*
----	---------------------------------------------	-------------	--------	----------------------------------------	--------------------------------------------

「出典」

- 1* : エネルギー合理化手法国際調査、H7.3、 p.136
- 2* : LCA 実務入門、CD3、 Environmental load of 4000 social stocks、 「合成ゴムその他」
- 3* : NIRE-LCA Ver.2、 san、 (Pd,JP,K1)、 「合成樹脂」
- 4* : 日本エネルギー学会誌、第 77 巻第 12 号(1998)、 p.934 ~ 1192、 鋼線等 (高炉鋼)
- 5* : LCA における基礎素材の製造データ、環境管理 31(6)、電炉鋼
- 6* : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、 「ポリエチレン(低密度)」
- 7* : 「ライフサイクルインベントリー分析の手引き」まとめ(その 1)
- 8* : '94 日米化学品の価格とコスト (NIRE-LCA)
- 9* : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、 「ポリエチレン(高密度)」
- 10* : 旭カーボン(株)データ
- 11* : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、 P.1
- 12* : 吸水パウダー:1990 産業連関表「脂肪族中間物」+不織布:1990 産業連関表「プレスフェルト・不織布」+バインダー:1990 産業連関表「合成ゴム」
- 13* : 吸水パウダー:1990 産業連関表「紙製衛生材料・用品」+不織布:1990 産業連関表「ポリエステル紡績糸織物(純)」+バインダー:1990 産業連関表「その他ゴム製品」
- 14* : 吸水パウダー:NIRE-LCA Ver.2「合成樹脂」+不織布:NIRE-LCA Ver.2「合成繊維」+バインダー:1990 産業連関表「ゼラチン・接着剤」
- 15* : NIRE-LCA Ver.2、 ref、 (Pd、 JP、 Rf) 「PET」
- 16* : LCA 実務入門、CD3、 Environmental load of 4000 social stocks 「ナイロン長繊維糸・短繊維」
- 17* : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、 「化学繊維」
- 18* : NIRE-LCA Ver.2、 ref、 (El、 JP、 Rf) 「electricity kWh」
- 19* : 新エネルギー・産業技術総合開発機構、 H.10/3、 「エネルギー使用合理化手法国際協力調査」
- 20* : 新エネルギー・産業技術総合開発機構、 H.10/3、 「エネルギー使用合理化手法国際協力調査」

分析結果と解釈

100心SM 防水型光ファイバケーブル及びSM 防水型難燃光ファイバケーブルのCO₂ 排出量を表3.(3)-8及び表3.(3)-9に示す。光ファイバケーブルのCO₂ 排出量の75%以上が光ファイバ製造工程で発生する。光ファイバ製造工程で発生するCO₂の80%以上が光ファイバのプリフォーム製造、線引き製造に使用される電力量によるものである。

従って、光ファイバケーブルにおけるCO₂ 排出量削減には現状においては製造電力の省電力化が最も有効な手段となることが判る。

また、100心SM 防水型光ケーブルに比べ100心SM 防水型難燃光ケーブルのCO₂ 排出量は

若干多くなっているが、この原因はシース材の質量の違いと難燃剤として Mg(OH)₂ を使用しているためである。しかし、その差は小さく、この意味で、光ファイバケーブルの難燃化は環境負荷に大きな影響を与えないと言って良いであろう。

表3.(3)-8 100心SM防水型光ファイバケーブルのCO₂排出量

製造工程	構成材料	質量 (Kg/Km)	CO ₂ 原単位 (Kg-CO ₂ /Kg)	CO ₂ 排出量 (Kg/Km)
光ファイバ工程	SiO ₂	3	41.8	125.4
	被覆材(UV樹脂)	7	3.689	25.8
	電力量	2500kWh	0.422	1055
小計				1206.2
ケーブル工程	スペーサ			
	HDPE	27	0.678	18.3
	St	33	2.32	76.6
	シース			
	LDPE	43	1.004	43.2
	カーボンブラック	1	3.123	3.1
	副資材			
	止水材不織布	4	4.5519	18.1
	PET	0.5	2.596	1.3
	アラミド繊維	0.3	3.227	1.0
	電力量	400kWh	0.422	168.8
小計				330.4
合計				1536.6

表3.(3)-9 100心SM防水型難燃光ファイバケーブルのCO₂排出量

製造工程	構成材料	質量 (Kg/Km)	CO ₂ 原単位 (Kg-CO ₂ /Kg)	CO ₂ 排出量 (Kg/Km)
光ファイバ工程	SiO ₂	3	41.8	125.4
	被覆材(UV樹脂)	7	3.689	25.8
	電力量	2500kWh	0.422	1055
小計				1206.2
ケーブル工程	スペーサ			
	HDPE	27	0.678	18.3
	St	33	2.32	76.6
	シース			
	LDPE	60	1.004	60.2
	Mg(OH) ₂	20	1.216	24.3
	カーボンブラック	1	3.123	3.1
	副資材			

	止水材不織布	4	4.519	18.1
	PET	0.5	2.596	1.3
	アラミド繊維	0.3	3.227	1.0
	電力量	400kWh	0.422	168.8
小計				371.7
合計				1577.9