

非-99-6

EM電線・光ファイバのデータベース整備研究

成果報告書

平成 12 年 3 月

本報告書の内容を公表する際は、あらかじめ
工業技術院の許可を受けて下さい。
TEL 03-3501-9279 FAX03-3501-7851

EM 電線・光ファイバのデータベース整備研究成果報告書

目次

はじめに

研究体制

委員名簿

研究スケジュール

1. 既存データベースの整理

1(1) 基本特性

1(2) 電線機能特性

1(3) 記号・規格・基準

1(4) 試験方法・評価技術

1(5) 燃焼特性

1(6) 用語の意味、定義

2. 燃焼特性データの測定収集

2(1) 燃焼特性データベースの収集

2(2) 原子吸光分析

2(3) コーンカロリメータ

2(4) ハロゲン化水素ガス発生量の測定

2(5) 電線被覆材の燃焼とダイオキシン発生

3. 環境負荷データベースの調査

3(1) LCA ソフトの調査

3(2) 電線用 LCI データベースの調査

3(3) 各種電線・ケーブルの LCA と誤差分析

3(4) 今後の LCA への取り組み

4. 参考資料

おわりに

はじめに

最近、環境を考慮したエコマテリアル(EM)電線やケーブルの開発が活発化しつつある。本専門委員会では、これらを対象にしてデータベースを整備し従来型の電線・ケーブルとの比較検討を実施した。具体的には機械的特性や材料組成に関するデータベース、燃焼特性に関するデータベース、および環境負荷に関するデータベースの整備である。また、廃電線の処理工程で問題となる環境負荷の低減や安全性の確保を目的とし、それらを評価するための基準となる各種のデータベースを整備した。

データベースの整備は専門委員会内のワーキンググループ(WG)に担当していただいたが、メンバーはそれぞれの電線メーカーで重要な職にある技術者・研究者であり、各社独自の技術やノウハウに精通している方々である。したがって、独自の技術やノウハウをどこまでデータベース用に資料公開してよいものかについて多いに悩まれたはずである。しかし、本専門委員会の事務局としての業務を担当していただいた電線総合技術センターの方々が中心となってこの問題を解決し、質の高いデータベースを構築することができた。また、電線工業会をはじめ金属材料や樹脂材料のメーカーからも積極的な資料提供があり、広範にわたるデータベースを整備することができた。WG では整備・構築したデータベースに基づき、電線・ケーブルの環境負荷と安全性を LCA により評価することを試みた。ここではどのような項目(インベントリ)をたてて LCA 評価をすればよいか問題であり、この点については資源環境技術総合研究所の専門家の方々に、大変なご支援をいただいた。LCA 評価手順などにまだ改善の余地はあるが、EM 電線・ケーブルと従来型のものを対象とし炭酸ガス排出量などに関して、一応の比較検討を行うことができた。

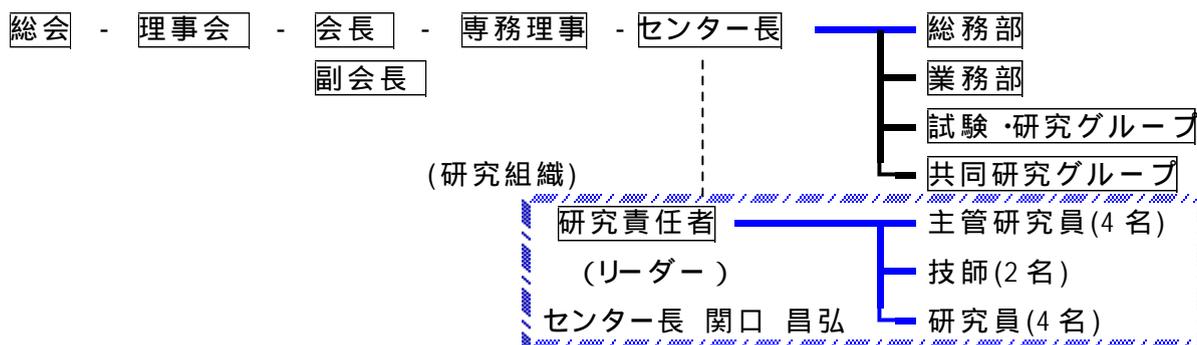
正確な LCA 評価については LCA 手法そのものの改善を待つしかないが、ここで整備されたデータベースを利用して、より環境にやさしく、より安全性の高い電線やケーブルの材料設計・開発が行われることを期待する次第である。

最後に、本データベースの整備に大変な苦勞を強いることになりましたが、専門委員会委員、WG 委員、および電線総合技術センターの皆様に心から感謝の意を表します。

平成 12 年 3 月

電線のデータベース化専門委員会委員長
静岡大学 工学部 教授 上野 晃史

研究体制



上記(社) 電線総合技術センターの組織とは別に、下記専門委員会及びWGを設置した。

専門委員会組織
 名称：「電線のデータベース化専門委員会」
 委員長：理学博士 上野 晃史 (静岡大学 工学部 物質工学科 教授)
 「電線のデータベース化専門委員会 Working Group」

委員名簿

電線のデータベース化専門委員会

()内は途中交代委員

	委員名	所属
委員長	上野 晃史	静岡大学 工学部 物質工学科
委員	稲葉 敦	通商産業省 工業技術院 資源環境技術総合研究所 企画室
委員	蒲田 哲也	ウスイ金属株式会社
委員	石原 康二	日本エニカ-株式会社 樹脂技術研究所 電線グループ
委員	蛭川 寛	古河電気工業株式会社 平塚研究所 第一開発室
委員	井上 喜之	住友電気工業株式会社 電力事業部 機器部
委員	(藤本 郁夫)	株式会社 フジクラ 材料技術研究所
委員	吉野 明	株式会社 フジクラ 材料技術研究所
委員	八田 敏正	日立電線株式会社 技術開発本部
委員	(塩野 武男)	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	伊藤 一巳	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	藤田 望	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	松井 孝志	社団法人 日本電線工業会 大阪支部 技術部
事務局	関口 昌弘	社団法人 電線総合技術センター
事務局	萩原 壽夫	社団法人 電線総合技術センター
事務局	小沢 一広	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	若月 貞夫	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	花岡 和夫	社団法人 電線総合技術センター

	委員名	所属
委員	水野 晃一	古河電気工業株式会社 平塚研究所 第一開発室
委員	中嶋 史紀	古河電気工業株式会社 光技術研究所 研究部 光通信材料グループ
委員	中原 慎二	住友電気工業株式会社 産業電線事業部 技術部 技術課
委員	本郷 仁康	住友電気工業株式会社 横浜研究所 光ファイバ研究部
委員	(澤田 広隆)	株式会社 フジクラ 材料技術研究所 化学材料開発部
委員	鈴木 淳	株式会社 フジクラ 材料技術研究所 化学材料開発部
委員	大橋 圭二	株式会社 フジクラ 通信ケーブル事業部 開発部
委員	木村 一史	日立電線株式会社 総合技術研究所 第2部
委員	岡田 健	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	(芦田 桂子)	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	上田 吉昭	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	松井 孝志	社団法人 日本電線工業会 大阪支部 技術部
事務局	関口 昌弘	社団法人 電線総合技術センター
事務局	萩原 壽夫	社団法人 電線総合技術センター
事務局	小沢 一広	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	花岡 和夫	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	若月 貞夫	社団法人 電線総合技術センター

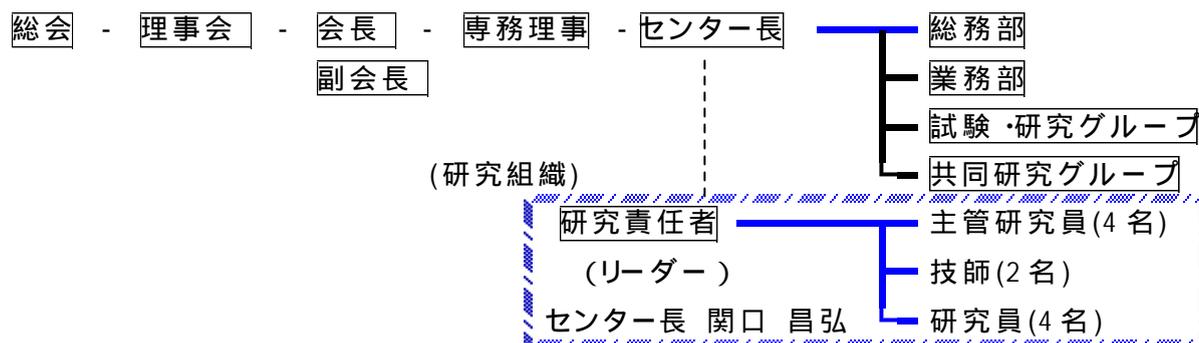
研究員名簿

氏名	所属・役職(職名)	備考
関口 昌弘	センター長	研究統括(リーダー)
萩原 壽夫	共同研究グループ 主管研究員	研究責任者(サブリーダー)
田中 美行	” ”	
最上 康司	” 技師	
小沢 一広	” ”	研究推進者
花岡 和夫	試験研究グループ 主管研究員	
若月 貞夫	” ”	
森 一志	” 研究員	
深谷 司	” ”	
平野 祐一	” ”	
佐藤 幹朗	” ”	(途中退任)
森本 岳男	” ”	
金光谷 和彦	” 主席研究員	(参加)
西脇 博文	” 研究員	(参加)
森 信哉	” ”	(参加)

研究スケジュール

		平成11年										平成12年		
研究項目		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1)	既存データベースの整備											▶		
(2)	燃焼特性データの測定収集												▶	
(3)	環境負荷データベースの調査												▶	
(4)	報告書作成													▶
(5)	電線のデータベース化専門委員会													
(6)	" Working Group													

研究体制



上記(社) 電線総合技術センターの組織とは別に、下記専門委員会及びWGを設置した。

専門委員会組織
 名称：「電線のデータベース化専門委員会」
 委員長：理学博士 上野 晃史 (静岡大学 工学部 物質工学科 教授)
 「電線のデータベース化専門委員会 Working Group」

委員名簿

電線のデータベース化専門委員会

()内は途中交代委員

	委員名	所属
委員長	上野 晃史	静岡大学 工学部 物質工学科
委員	稲葉 敦	通商産業省 工業技術院 資源環境技術総合研究所 企画室
委員	蒲田 哲也	ウスイ金属株式会社
委員	石原 康二	日本エニカ-株式会社 樹脂技術研究所 電線グループ
委員	蛭川 寛	古河電気工業株式会社 平塚研究所 第一開発室
委員	井上 喜之	住友電気工業株式会社 電力事業部 機器部
委員	(藤本 郁夫)	株式会社 フジクラ 材料技術研究所
委員	吉野 明	株式会社 フジクラ 材料技術研究所
委員	八田 敏正	日立電線株式会社 技術開発本部
委員	(塩野 武男)	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	伊藤 一巳	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	藤田 望	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	松井 孝志	社団法人 日本電線工業会 大阪支部 技術部
事務局	関口 昌弘	社団法人 電線総合技術センター
事務局	萩原 壽夫	社団法人 電線総合技術センター
事務局	小沢 一広	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	若月 貞夫	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	花岡 和夫	社団法人 電線総合技術センター

	委員名	所属
委員	水野 晃一	古河電気工業株式会社 平塚研究所 第一開発室
委員	中嶋 史紀	古河電気工業株式会社 光技術研究所 研究部 光通信材料グループ
委員	中原 慎二	住友電気工業株式会社 産業電線事業部 技術部 技術課
委員	本郷 仁康	住友電気工業株式会社 横浜研究所 光ファイバ研究部
委員	(澤田 広隆)	株式会社 フジクラ 材料技術研究所 化学材料開発部
委員	鈴木 淳	株式会社 フジクラ 材料技術研究所 化学材料開発部
委員	大橋 圭二	株式会社 フジクラ 通信ケーブル事業部 開発部
委員	木村 一史	日立電線株式会社 総合技術研究所 第2部
委員	岡田 健	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	(芦田 桂子)	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	上田 吉昭	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	松井 孝志	社団法人 日本電線工業会 大阪支部 技術部
事務局	関口 昌弘	社団法人 電線総合技術センター
事務局	萩原 壽夫	社団法人 電線総合技術センター
事務局	小沢 一広	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	花岡 和夫	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	若月 貞夫	社団法人 電線総合技術センター

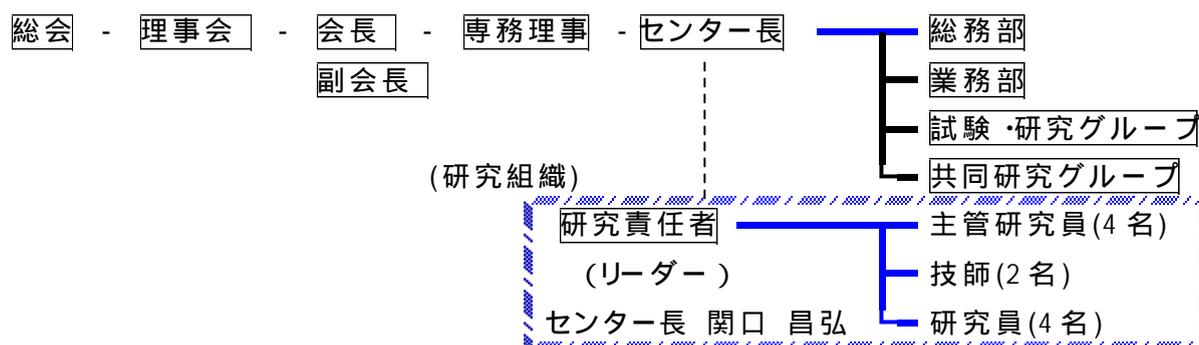
研究員名簿

氏名	所属・役職(職名)	備考
関口 昌弘	センター長	研究統括(リーダー)
萩原 壽夫	共同研究グループ 主管研究員	研究責任者(サブリーダー)
田中 美行	” ”	
最上 康司	” 技師	
小沢 一広	” ”	研究推進者
花岡 和夫	試験研究グループ 主管研究員	
若月 貞夫	” ”	
森 一志	” 研究員	
深谷 司	” ”	
平野 祐一	” ”	
佐藤 幹朗	” ”	(途中退任)
森本 岳男	” ”	
金光谷 和彦	” 主席研究員	(参加)
西脇 博文	” 研究員	(参加)
森 信哉	” ”	(参加)

研究スケジュール

		平成11年										平成12年		
研究項目		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1)	既存データベースの整備											▶		
(2)	燃焼特性データの測定収集												▶	
(3)	環境負荷データベースの調査												▶	
(4)	報告書作成													▶
(5)	電線のデータベース化専門委員会													
(6)	" Working Group													

研究体制



上記(社) 電線総合技術センターの組織とは別に、下記専門委員会及びWGを設置した。

専門委員会組織
 名称：「電線のデータベース化専門委員会」
 委員長：理学博士 上野 晃史 (静岡大学 工学部 物質工学科 教授)
 「電線のデータベース化専門委員会 Working Group」

委員名簿

電線のデータベース化専門委員会

()内は途中交代委員

	委員名	所属
委員長	上野 晃史	静岡大学 工学部 物質工学科
委員	稲葉 敦	通商産業省 工業技術院 資源環境技術総合研究所 企画室
委員	蒲田 哲也	ウスイ金属株式会社
委員	石原 康二	日本エニカ-株式会社 樹脂技術研究所 電線グループ
委員	蛭川 寛	古河電気工業株式会社 平塚研究所 第一開発室
委員	井上 喜之	住友電気工業株式会社 電力事業部 機器部
委員	(藤本 郁夫)	株式会社 フジクラ 材料技術研究所
委員	吉野 明	株式会社 フジクラ 材料技術研究所
委員	八田 敏正	日立電線株式会社 技術開発本部
委員	(塩野 武男)	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	伊藤 一巳	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	藤田 望	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	松井 孝志	社団法人 日本電線工業会 大阪支部 技術部
事務局	関口 昌弘	社団法人 電線総合技術センター
事務局	萩原 壽夫	社団法人 電線総合技術センター
事務局	小沢 一広	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	若月 貞夫	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	花岡 和夫	社団法人 電線総合技術センター

	委員名	所属
委員	水野 晃一	古河電気工業株式会社 平塚研究所 第一開発室
委員	中嶋 史紀	古河電気工業株式会社 光技術研究所 研究部 光通信材料グループ
委員	中原 慎二	住友電気工業株式会社 産業電線事業部 技術部 技術課
委員	本郷 仁康	住友電気工業株式会社 横浜研究所 光ファイバ研究部
委員	(澤田 広隆)	株式会社 フジクラ 材料技術研究所 化学材料開発部
委員	鈴木 淳	株式会社 フジクラ 材料技術研究所 化学材料開発部
委員	大橋 圭二	株式会社 フジクラ 通信ケーブル事業部 開発部
委員	木村 一史	日立電線株式会社 総合技術研究所 第2部
委員	岡田 健	昭和電線電纜株式会社 技術開発センター 絶縁システム開発室
委員	(芦田 桂子)	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	上田 吉昭	三菱電線工業株式会社 総合研究所
委員	松井 孝志	社団法人 日本電線工業会 大阪支部 技術部
事務局	関口 昌弘	社団法人 電線総合技術センター
事務局	萩原 壽夫	社団法人 電線総合技術センター
事務局	小沢 一広	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	花岡 和夫	社団法人 電線総合技術センター
主管研究員	若月 貞夫	社団法人 電線総合技術センター

研究員名簿

氏名	所属・役職(職名)	備考
関口 昌弘	センター長	研究統括(リーダー)
萩原 壽夫	共同研究グループ 主管研究員	研究責任者(サブリーダー)
田中 美行	” ”	
最上 康司	” 技師	
小沢 一広	” ”	研究推進者
花岡 和夫	試験研究グループ 主管研究員	
若月 貞夫	” ”	
森 一志	” 研究員	
深谷 司	” ”	
平野 祐一	” ”	
佐藤 幹朗	” ”	(途中退任)
森本 岳男	” ”	
金光谷 和彦	” 主席研究員	(参加)
西脇 博文	” 研究員	(参加)
森 信哉	” ”	(参加)

研究スケジュール

			平成11年									平成12年			
研究項目			3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1)	既存データベースの整備												▶		
(2)	燃焼特性データの測定収集														▶
(3)	環境負荷データベースの調査														▶
(4)	報告書作成														▶
(5)	電線のデータベース化専門委員会														
(6)	" Working Group														

1. 既存データベースの整備

既存データベースの整備においては一般的に使用されている低圧架橋ポリエチレン絶縁ケーブル、制御用ケーブルおよびこれ等ケーブルの使用材料をエコマテリアル化したケーブル、および光ファイバケーブルの各種既存データベースを体系的に整理した。一部は各製造メーカーより「電線技術資料」や「電線要覧」と言った名称で発行されている資料に記載されているが、多くは各種技術資料、発表論文等を調査して収集したデータベースとなっている。

ここで EM 電線・ケーブルとはハロゲン、鉛等を含まず、燃焼・廃棄時においてもハロゲン系ガス等の発生がない、もしくは非常に少ない材料を使用した電線・ケーブルをさす。具体的には軟質ポリ塩化ビニル混和物(以下、塩化ビニル混和物と略称する)に替えて耐燃ポリエチレン混和物のようなポリオレフィン樹脂を主体とした混和物を被覆材料として用いている。また、本報告書においては電線・ケーブル(EM 電線・ケーブルを含む)および光ファイバケーブルを総称して「電線・ケーブル」と呼称している。

1.(1)基本特性

本項では代表的な電線・ケーブルを構成する材料、サイズ、構成材料の基本的特性についてまとめた。

ここで対象とした線種は低圧架橋ポリエチレン絶縁ビニルシーストリプレックス型ケーブル(600V CVT)とそのシース材料に耐燃ポリエチレン混和物を使用した低圧架橋ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシーストリプレックス型ケーブル(600V EM-CET)、制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル(CVV)とその絶縁材料にポリエチレン、シース材料に耐燃ポリエチレン混和物を使用した制御用ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシースケーブル(EM-CEE)である。また、光ファイバケーブルに関しては SM 防水型光ファイバケーブルおよび SM 防水型難燃光ファイバケーブルをとり上げた。

1.(1)-1.構成材料

600VCVT および 600VEM-CET の構成材料

CVT は送電用のケーブルとして使用される。許容電流のアップや端末、接続等の作業性改善などの為に、各線心は導体に架橋ポリエチレン絶縁を施し、シースを被覆した単心ケーブルを3条撚り合わせた構造を採っている。

表1.(1)-1にそれぞれのケーブルの構成材料を示す。導体には一般には軟銅線を使用するが酸素含有量 0.01 % 以下の無酸素銅や銀や錫との銅合金、メッキ線、アルミ導体なども使われることがある。シース材料には EM-CET ではポリオレフィン系の樹脂に金属水酸化物を高充填した耐燃ポリエチレン混和物が CV-T では塩化ビニル混和物が用いられる。

表 1.(1)- 1 600V CVT および 600V EM-CET の構成材料

		600V CVT	600V CET
構成材料	導体	軟銅線 (JIS C 3102)	軟銅線 (JIS C 3102)
	絶縁体	架橋ポリエチレン	架橋ポリエチレン
	シース	塩化ビニル混和物	耐燃ポリエチレン混和物

CVV および EM-CEE の構成材料

制御用ケーブルは、発電所および工場などにおいて主に制御回路に使用されるケーブルで、小電力の場合には低圧電力ケーブルとして使用されることもある。制御用ケーブルには使用環境、条件により、様々な絶縁、シース材料の組み合わせがある。また、その使用場所、雰囲気の関係で電力線からの誘導防止、耐熱性、耐薬品性等を要求される場合があり、その場合には電力ケーブルの場合と同様に適当な絶縁、シース材料、構造の選択が必要である。表1.(1)-2に一般的な構成材料を示す。

導体には一般には軟銅線を使用するが CVT、EM-CET と同様に酸素含有量 0.01 % 以下の無酸素銅、銀や錫との銅合金、メッキ線、アルミ導体なども使われることがある。さらに銅編組などで遮へいしたタイプやシースの上に銅線などでがい装を施したのものもある。

表1.(1)-2 CVV および EM-CEE の構成材料

		600V CVV	600V EM-CEE
構成材料	導体	軟銅線 (JIS C 3102)	軟銅線 (JIS C 3102)
	絶縁体	塩化ビニル混和物	低密度ポリエチレン
	介在	PP、ジュート、紙類	PP、ジュート、紙類
	押さえテープ	PET、ポリエステル不織布	PET、ポリエステル不織布
	シース	塩化ビニル混和物	耐燃ポリエチレン混和物

注)PP : Polypropylene

PET : Polyethylene Terephthalate

SM 防水型光ファイバケーブルおよび SM 防水型難燃光ファイバケーブルの構成材料

防水型光ファイバケーブルは、主に光通信における地下幹線用ケーブルとして使用され、光ファイバ数十心～数千心の各種光ケーブルが製造されている。また、構内、所内に引き込まれる部分では難燃性が要求され、100心程度以下のタイプでは架空用にも使用される。表1.(1)-3に一般的な構成材料を示す。

光ファイバ心線は外径 125 μm のガラスファイバにUV樹脂を被覆し外径 250 μm にしたものを通常 4 本または 8 本並べ、さらに UV 樹脂被覆を施しテープ化したものを使用する。これをポリエチレンからなるスペーサ内に積層し多心光ファイバケーブルとする。

表1.(1)-3. SM 防水型光ファイバケーブルおよび SM 防水型難燃光ファイバケーブルの構成材料

		SM防水型光ファイバケーブル	SM防水型難燃光ファイバケーブル
構成材料	光ファイバ心線	SM型光ファイバテープ心線	SM型光ファイバテープ心線
	スペーサ	高密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン
	テンションメンバ	鋼線	鋼線
	副資材	止水材不織布、PETテープ、アラミ繊維	止水材不織布、PETテープ、アラミ繊維
	シース	低密度ポリエチレン	難燃ポリエチレン混和物

1.(1)-2.構造および寸法

600VCVT と600VEM-CET の構造および寸法

600V CVT と600V EM-CET の構造図を図1.(1)-1に示す。また代表的なケーブル寸法および概算質量等を表1.(1)-4、5に示す。

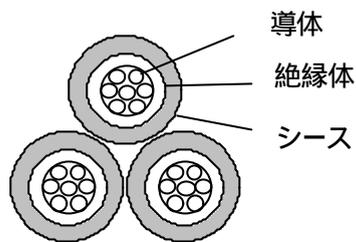


図1.(1)-1. 600VCVTと600VEM-CETの構造

表1.(1)-4. 600V CVTの寸法および概算質量

導体		絶縁体			シース		概算質量
公称	構成	外径	厚さ	外径	厚さ	仕上	
断面積	又は形状					外径	
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(約)	(kg/km)
8	7/1.2	3.6	1.0	5.6	1.5	19	440
14	円形圧縮	4.4	1.0	6.4	1.5	21	630
22	"	5.5	1.2	7.9	1.5	24	920
38	"	7.3	1.2	9.7	1.5	28	1430
60	"	9.3	1.5	12.3	1.5	34	2160
100	"	12.0	2.0	16.0	1.5	42	3470
150	"	14.7	2.0	18.7	1.5	47	4970
200	"	17.0	2.5	22.0	1.7	55	6650
250	"	19.0	2.5	24.0	1.8	60	8180
325	"	21.7	2.5	26.7	1.9	66	10440

表1.(1)-5. 600V EM-CETの寸法および概算質量

導体		絶縁体			シース		概算質量
公称	構成	外径	厚さ	外径	厚さ	仕上	
断面積	又は形状					外径	
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(約)	(kg/km)
8	7/1.2	3.6	1.0	5.6	1.5	19	410
14	円形圧縮	4.4	1.0	6.4	1.5	21	610
22	"	5.5	1.2	7.9	1.5	24	905
38	"	7.3	1.2	9.7	1.5	28	1380
60	"	9.3	1.5	12.3	1.5	33	2080
100	"	12.0	2.0	16.0	1.5	41	3390
150	"	14.7	2.0	18.7	1.5	47	4860
200	"	17.0	2.5	22.0	1.7	55	6570
250	"	19.0	2.5	24.0	1.8	60	8090
325	"	21.7	2.5	26.7	1.9	66	10300

CVVとEM-CEEの構造およびサイズ

4心のCVVとEM-CEEの構造図を図1.(1)-2に示す。また代表的なケーブル寸法および概算質量等を表1.(1)-6、7に示す。

表 1.(1) - 6 . CVV 寸法および概算質量

芯数	導体			絶縁体 厚さ (mm)	シース 厚さ (mm)	仕上外径 (約) (mm)	概算質量 (kg/km)
	サイズ	導体構成	外径 (mm)				
2	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	9.4	105
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	10.5	135
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	11.5	185
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	13.5	250
3	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	9.9	130
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	11.0	170
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	12.5	230
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	14.5	330
4	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	11.0	155
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	12.0	205
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	13.5	290
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	16.0	415
5	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	11.5	180
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	13.0	245
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	14.5	345
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	17.0	505
6	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	12.5	210
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	14.0	285
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	15.5	405
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	18.5	595
7	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	12.5	225
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	14.0	310
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	15.5	445
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	18.5	655
8	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	13.5	255
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	15.0	350
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	17.0	510
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	21.0	755
10	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	15.5	320
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	17.5	445
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	19.5	645
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	24	970
12	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	16	360
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	18	505
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	21	740
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	25	1130
15	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	17	420
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	19	595
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	22	880
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.7	27	1360
20	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	19	535
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	22	760
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.7	25	1170
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.9	31	1780
30	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.6	23	800
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.7	26	1150
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.8	30	1740

表1.(1)-7. EM-CEE 寸法および概算質量

芯数	導体			絶縁体 厚さ (mm)	シース 厚さ (mm)	仕上外径 (約) (mm)	概算質量 (kg/km)
	サイズ	導体構成	外径 (mm)				
2	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	9.4	80
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	10.5	105
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	11.5	145
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	13.5	210
3	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	9.9	95
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	11.0	130
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	12.5	185
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	14.5	275
4	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	11.0	115
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	12.0	160
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	13.5	235
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	16.0	345
5	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	11.5	135
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	13.0	190
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	14.5	285
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	17.0	420
6	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	12.5	160
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	14.0	225
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	15.5	335
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	18.5	500
7	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	12.5	170
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	14.0	245
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	15.5	370
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	18.5	555
8	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	13.5	195
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	15.0	280
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	17.0	425
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.5	21.0	640
10	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	15.5	250
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	17.5	360
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	19.5	545
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.6	24	830
12	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	16	280
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	18	410
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	21	625
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.7	25	960
15	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	17	335
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	19	490
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.5	22	755
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.7	27	1170
20	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.5	19	425
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.5	22	630
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.7	25	1000
	5.5	7/1.0	3.0	1.0	1.9	31	1540
30	1.25	7/0.45	1.35	0.8	1.6	23	630
	2	7/0.6	1.8	0.8	1.7	26	945
	3.5	7/0.8	2.4	0.8	1.8	30	1490

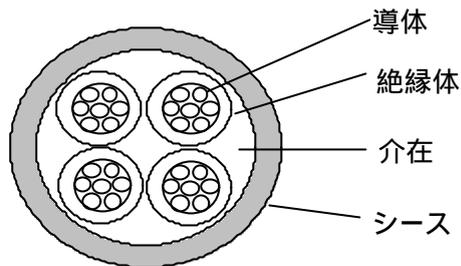


図 1 . (1) - 2 . CVV および EM-CEE の構造

SM 防水型光ファイバケーブルおよび SM 防水型難燃光ファイバケーブルの構造とサイズ

100 心の SM 防水型光ファイバケーブルと SM 防水型難燃光ファイバケーブルの構造図を図 1 . (1) - 3 に示す。また代表的なケーブル寸法および概算質量等を表 1 . (1) - 8、9 に示す。

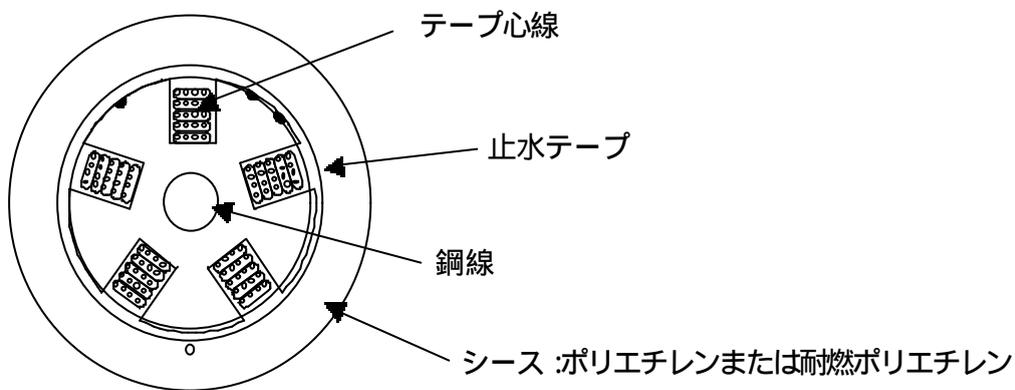


図 1 . (1) - 3 . SM 防水型光ファイバケーブルと SM 防水型難燃光ファイバケーブルの構造

表 1 . (1) - 8 . SM 防水型光ファイバケーブル寸法および概算質量

光ファイバ 心数	光ファイバ テープ数	標準外径 (mm)	概算質量 (kg/km)
40	10	10.5	100
100	25	12.5	150
200	50	16.0	230
300	75	20.0	330
400	50	24.0	570
1000	125	30.0	850

表 1 . (1) - 9 . SM 防水型難燃光ファイバケーブル

光ファイバ 心数	光ファイバ テープ数	標準外径 (mm)	概算質量 (kg/km)
40	10	11.5	140
100	25	13.5	200
200	50	17.0	290
300	75	21.0	410
400	50	25.0	650
1000	125	31.0	1020

1.(1)-3.基本物性

構成材料の基本物性を以下に記す。ここに掲げる特性は代表的なデータ例であることを付記しておく。

電線・ケーブルの構成材料のうち金属材料に関するものを表1.(1)-10に示す。このうち導体として用いられるのは銅線およびアルミニウム線である。硬銅線の場合は軟銅線と比較して比抵抗が3%ほど大きくなる。

また軟アルミニウムは軟銅線と比較して引っ張り強さが40%ほどになるため通常は電線用として硬アルミニウム線がもちいられる。

表1.(1)-10.金属材料の基本物性

材料		出典	軟銅線	硬アルミニウム線	鋼線
元素記号			Cu	Al	Fe
原子量		1	63.55	26.98	55.85
密度(g/cm ³)		1	8.93	2.70	7.87
融点(°C)		1	1085	660	1535
線膨張係数(1/°C, 20°C)		2	1.68 × 10 ⁻⁵	2.36 × 10 ⁻⁵	1.17 × 10 ⁻⁵
比熱 (Cal/g, 20°C)		2	0.092	0.225	0.11
熱伝導率 (Cal/cm/s)		2	0.934	0.55	0.178
引張強さ(kgf/mm ²)	硬	3	35 ~ 47	15 ~ 18	33
	軟		20 ~ 28	7 ~ 14	
伸び(%)		2	38.5	6	42.5
弾性係数(kg/mm ²)		2	11.9 × 10 ³	6.3 × 10 ³	18 × 10 ³
比抵抗(μΩ/cm)		2	1.71	2.83	18
導電率(%)		2	101	61	9.5
比透磁率(%)		2	0.9999905	1.0000208	-
		1	理科年表(1999)		
		2	新版・電力ケーブル技術ハンドブック(1989) 電気書院		
		3	電線要覧		

有機材料の基本物性

電線・ケーブルの構成材料のうち有機物材料についての基本的な物性を表1.(1)-11に示す。絶縁材料として用いられる架橋ポリエチレンの電気的特性はポリエチレンの優れた特性を有したまま耐熱性、機械的性能が高いという特長をもっている。EM電線・ケーブルのシース材料として用いられる耐燃性ポリエチレン混和物はハロゲン系の難燃剤や鉛等の金属を含まないため廃棄時、燃焼時に一般に有害と言われる物質を環境に放出することがない。ただし、通常、樹脂100に対して50~100重量部の無機系難燃剤を配合しており機械的、電気的特性は純粋なポリエチレンと比較すると低下する。

表 1.(1) - 11 有機材料の基本物性

材料	架橋ポリエチレン (低密度ポリエチレン)	低密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン	耐燃性ポリエチレン 混和物	塩化ビニル混和物	PP	PET
用途	電線絶縁材	電線絶縁材 光ファイバ被覆材	光ファイバスペーサ	電線シース材 光ファイバシース材	電線絶縁・シース材	電線介在	電線押さえテープ 光ファイバ用テープ
密度	0.92	2 0.910-0.925	1 0.941-0.965	1 -	2 1.2-1.5	1 0.902-0.910	1.38-1.39
熱伝導率 (cal/ /cm/s)	8×10^{-4}	1 8×10^{-4}	1 $11 \sim 12.5 \times 10^{-4}$	1 $4 \sim 6 \times 10^{-4}$	$3 \sim 7 \times 10^{-4}$	2.8×10^{-4}	$6.5 \sim 9 \times 10^{-4}$
熱膨張係数 ($^{-1}$)	$10 \sim 20 \times 10^{-5}$	$10 \sim 20 \times 10^{-5}$	4 $10 \sim 20 \times 10^{-5}$	4 $10 \sim 25 \times 10^{-5}$	$7 \sim 25 \times 10^{-5}$	$6 \sim 11 \times 10^{-5}$	$1.5 \sim 5 \times 10^{-5}$
比熱 (cal/ /g)	0.55	0.55	0.45	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.5	0.46	0.5
硬度(ショアD)	40以上	41-46	60-70	40以上	-	85-110	-
熱変形温度 ()	ASTM D648 (4.6kaf/cm2) 40 ~ 74	ASTM D648 (4.6kaf/cm2) 41 ~ 49	ASTM D648 (6.4kaf/cm2) 60 ~ 82	-	ASTM D648 (18.5kaf/cm2) 54 ~ 74	ASTM D648 (18.5kaf/cm2) 52 ~ 60	ASTM D648 (18.5kaf/cm2) 120
電気的特性	体積抵抗率(\cdot cm)	10^{18} 以上	10^{18} 以上	$10^{15} \sim 10^{16}$	$10^{13} \sim 10^{15}$	$10^{13} \sim 10^{14}$	10^{16} 以上
	誘電率	2.3	2.3	2.30-2.35(60Hz)	2.5以上	6~8	2.3
	誘電損率(%)	0.05以下	0.05以下	0.5以上	0.5以上	0.5以上	0.05以下
	破壊電圧(kV/mm)	35 ~ 50	2 35 ~ 50	2 18-20	-	20 ~ 35	2 -
引張強度	規格	JIS C 3605	JIS C 3605	-	JCS 418	JIS K 6723	
	抗張力(MPa)	10以上	10以上		10以上	11.8以上	33
	伸び(%)	200以上	350以上		350以上	180以上	700
							5 5
加熱劣化	規格	JIS C 3605	JIS C 3605	-	JCS 418	JIS K 6723	JIS C 3005
	条件	120 × 96時間	90 × 96時間		90 × 96時間	100 × 120時間	100 × 48時間
	強度残率(%)	80以上	80以上		85以上	90以上	85以上
	伸び残率(%)	80以上	65以上		80以上	70以上	80以上
熱応力亀裂		ASTM D1693 良好	-	-	ASTM D1693 良好	-	-
低温特性	試験方法	JIS C 3005	JIS C 3005		JS C 3005	JIS C 3005	
	脆化温度()	-50 ± 3	-50 ± 3	-	-15 ± 0.5	-15 以下	-
	低温伸び(%)					20%以上(-15) *一例	

表中の右欄の数字は出典の番号を示す。

- 出典
- 1 新版高分子辞典(1989) 高分子学会
 - 2 電線要覧
 - 3 東レデュポン カタログ
 - 4 わかりやすいプラスチックの試験法 寺田商太郎 工
 - 5 プラスチックの機械的性質 シグマ出版

無機材料の基本物性

電線・ケーブルに使われる無機材料の密度・融点を表1.(1)-12に示す。

表1.(1)-12.無機材料の基本物性

材料	ガラス SiO ₂	水酸化マグネシウム Mg(OH) ₂	カーボンブラック C	炭酸カルシウム CaCO ₃
用途	光ファイバ	電線・光ファイバ (耐燃ポリエチレン)	電線・光ファイバ (塩化ビニル混和物) (耐燃ポリエチレン)	電線・光ファイバ (塩化ビニル混和物)
密度	2.22	2.36	2.25	2.7
融点()	1,610	-	>3,500	1,339
			理科年表	
			岩波理化学事典	

樹脂材料の耐候性

電線・ケーブルに使われるポリエチレン系樹脂および塩化ビニル混和物の屋外暴露(宇都宮市明保野町1-7 南向 45度)データを図1.(1)-9、10に示す。それぞれ黒色に着色したもので、ポリエチレン系の樹脂にはカーボン2.6%を配合した結果である。

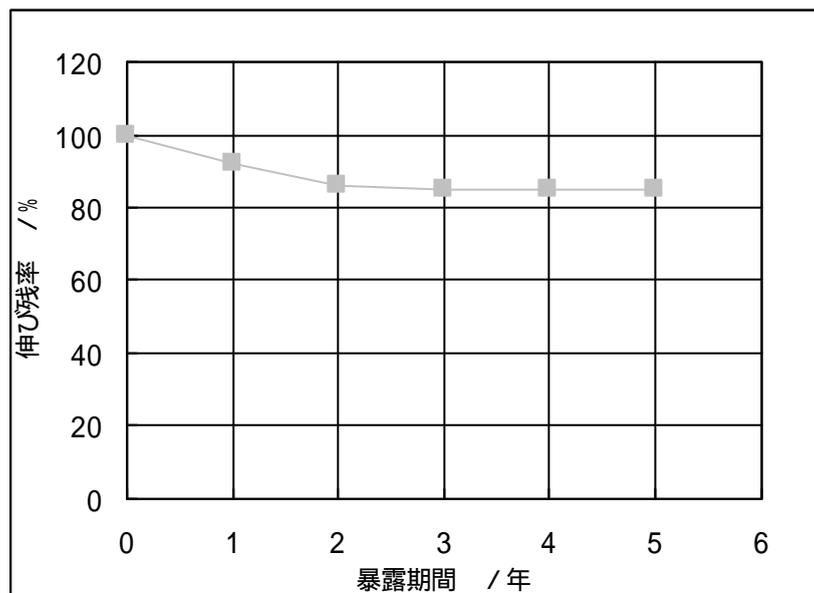


図1.(1)-9.塩化ビニル混和物の屋外暴露試験

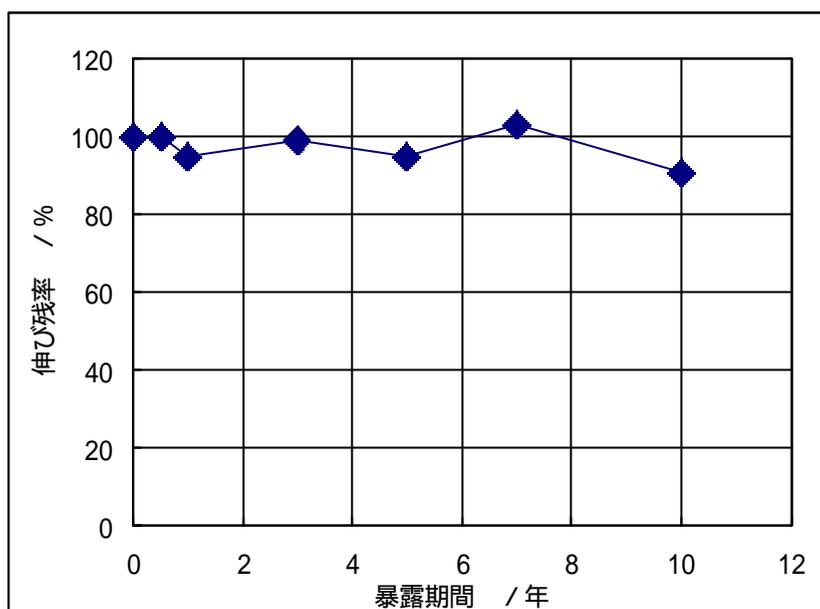


図1.(1)-10.ポリエチレン系共重合樹脂屋外暴露試験

耐薬品性データ

電線・ケーブルにおいて使用される材料の耐薬品性のデータである。表1.(1)-13に金属材料を表1.(1)-14には有機材料のデータを示す。

表 1.(1) - 14.有機材料の耐薬品性

中項目	小項目		PVC混和物						ポリエチレン混和物					ポリプロピレン				
			浸漬温度	体積変化	重量変化	引張強さ残率	伸び残率	参考文献	体積変化	重量変化	引張強さ残率	伸び残率	参考文献	体積変化	重量変化*1	引張強さ残率	伸び残率	溶解性*2
			[]	[%]	[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]	
帯油・耐水・耐薬品性	耐アルカリ性	10%NaOH	50		+2	102	71	1										
	耐酸性	10%HCl	50		+6	93	200	1.2										
		10% H ₂ SO ₄	50		±0	94	103	1.2										
			100															
	耐油性	ASTM No.2	50	-5		97	83	3										
	耐有機溶剤性	アセトン	室温	+74				2.4						x				
		50	+400		11	121	3											
		アニリン	室温	+16				2										
		エタノール	室温	±0				2										
			50	+3		83	101	3										
		メチルエチルケトン	室温	(膨潤破壊)				4										
		エチレングリコール	室温	±0				2										
			50	+1		88	107	3										
		グリセリン	室温	±0				2										
		クレゾール	室温	±0				2										
			50	+56		67	118	3										
		クロロホルム	室温	+56				2										x
		酢酸(cond)	50		-10	127	測定不能	1.2										
		酢酸(3%)	50		+17	90	100	1										
		四塩化炭素	室温	±0				2										x
		シクロヘキサン	50	+26		87	83	3										
		ジクロルジフルオルメタン	室温	±0				2										
		トリクロルエチレン	室温	±0				2										
		トルエン	室温		+9	44	118	4										
		二硫化炭素	室温	-16				2										
		フタル酸ジオクチル	室温	-13				2										
		フルフラール	室温	+41	+124	11	132	2										
		ヘキサン	室温	-11				2										x
		ヘプタン																
		ベンゼン	室温	+13	-21	90	78	2.4										
			50	+105		27	103	1.3										
			80		+32			4										
	耐水性	水	室温	+10				2.4						<0.01				
			50		+2	90	92	1										
			70	+2	+1			4										

1	桑田、大北編：『新しい工業材料の科学、A-9 電気絶縁材料』金原出版(1968)	5	伊藤編：『プラスチックデータハンドブック』、p11、p231 (1980)
2	渡辺、川和田：日立評論、[別31]、50(1959)	6	高分子学会編：『高分子材料便覧』、p1289 (1973)
3	藤井、柳瀬：日本電線技報、No.4、p107(1963)	*1	優：<±2%、良：2~+14%、-2~-3%、可：+14~+18%、-3~-4%、x不可：使用不可
4	茂原：大日電線時報、No.19、p12(1961)	*2	溶解する、僅かに溶解する、x溶解しない

ポリエチレン混和物に関しては有効なデータが見つからなかった。今後収集して行く必要がある。

1.(2)電線・ケーブルの機能特性

電線・ケーブルの機能特性としては電気特性、機械特性、光伝送特性に関するデータを収集した。これらの特性は、電線・ケーブルの品種・サイズにより異なるため本報告では代表的な品種、サイズについてまとめた。

1.(2)-1. 金属導体を有する電線・ケーブルの電気特性

電線・ケーブル電気特性のまとめ

電線・ケーブルの構造や電気特性は、電気用品安全法(旧電気用品取締法)、電気設備技術基準といった法令により決められている。本研究においては、その中で代表的なケーブルの電気特性についてまとめた。

表1.(2)-1と表1.(2)-2は600V CVTおよび600V EM-CETの電気特性をまとめたものである。絶縁体がどちらも架橋ポリエチレンであるため、電気特性はほぼ同じである。

また、表1.(2)-3と表1.(2)-4は制御用ケーブルの電気特性をまとめたものである。絶縁体がビニルであるCVVに比べ絶縁体がポリエチレンであるEM-CEEは、絶縁性能が高く、また許容電流も大きく取れることが分かる。一般にCVVのような制御用ケーブルを制御信号の伝達に使用するのであれば特に考慮する必要はないが、電力伝送の用途に用いられる場合、大電流を流す必要が生ずることから、とくに許容電流を多くとることが出来るEM-CEEの方が、同一線心数であれば、CVVに比しおよそ1サイズ小さくできるというメリットがでることがある。

表1.(2)-1. 600VCVTの電気特性

サイズ (mm ²)	導体構成	導体抵抗 (/km)	絶縁抵抗 (M km) 常温	耐電圧 (V)	交流導体実効抵抗		リアクタンス		許容電流(A) 空中暗渠 (40)
					90 /km)		(/km)		
					50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
8	7/1.2	2.36	2000	1500	3.01	3.01	0.114	0.137	62
14	円形圧縮	1.34	1500	2000	1.71	1.71	0.107	0.128	86
22	"	0.849	1500	2000	1.08	1.08	0.102	0.122	110
38	"	0.491	1500	2500	0.626	0.626	0.0939	0.113	155
60	"	0.311	1500	2500	0.397	0.397	0.0905	0.109	210
100	"	0.187	1500	2500	0.24	0.24	0.0883	0.106	290
150	"	0.124	1000	3000	0.159	0.16	0.0839	0.101	380
200	"	0.0933	1500	3000	0.121	0.121	0.0845	0.101	465
250	"	0.0754	1000	3000	0.0981	0.0991	0.0826	0.0991	535
325	"	0.0579	900	3000	0.0765	0.0776	0.0807	0.0969	635

表1.(2) - 2. 600V EM-CET の電気特性

サイズ (mm ²)	導体構成	導体抵抗 (/km)	絶縁抵抗 (M Ωkm) 常温	耐電圧 (V)	交流導体実効抵抗		リアクタンス		許容電流(A) 空中暗渠 (40)
					90 /km)		(/km)		
					50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
8	7/1.2	2.36	2000	1500	3.01	3.01	0.114	0.137	62
14	円形圧縮	1.34	1500	2000	1.71	1.71	0.107	0.128	87
22	"	0.849	1500	2000	1.08	1.08	0.102	0.122	115
38	"	0.491	1500	2500	0.626	0.626	0.0939	0.113	160
60	"	0.311	1500	2500	0.397	0.397	0.0905	0.109	210
100	"	0.187	1500	2500	0.24	0.24	0.0883	0.106	290
150	"	0.124	1000	3000	0.159	0.16	0.0839	0.101	380
200	"	0.0933	1500	3000	0.121	0.121	0.0845	0.101	470
250	"	0.0754	1000	3000	0.0981	0.0991	0.0826	0.0991	540
325	"	0.0579	900	3000	0.0765	0.0776	0.0807	0.0969	645

導体抵抗は電線要覧 P42 ~ 43 の 600V CV 単芯ケーブルの値にトリプレックス化したときの燃込率 1.02 をかけて有効数字 3 桁に四捨五入することにより求めた。

表1.(2) - 3. CVV の電気特性

芯数	サイズ (mm ²)	導体 構成	導体抵抗 (/km)	絶縁抵抗 (M Ωkm) 常温	耐電圧 (V)	許容電流 空中暗渠 (40)(A)
2	2	7/0.6	9.42	50	2000	18
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	25
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	33
3	2	7/0.6	9.42	50	2000	15
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	21
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	28
4	2	7/0.6	9.42	50	2000	13
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	19
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	25
5	2	7/0.6	9.42	50	2000	12
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	17
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	22
6	2	7/0.6	9.42	50	2000	11
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	16
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	21
7	2	7/0.6	9.42	50	2000	10
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	15
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	19
8	2	7/0.6	9.42	50	2000	10
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	14
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	19
10	2	7/0.6	9.42	50	2000	9
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	12
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	17
12	2	7/0.6	9.42	50	2000	8
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	12
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	16
15	2	7/0.6	9.42	50	2000	8
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	11
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	15
20	2	7/0.6	9.42	50	2000	7
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	10
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	13
30	2	7/0.6	9.42	50	2000	6
	3.5	7/0.8	5.3	50	2000	8
	5.5	7/1.0	3.4	50	2000	11

表1.(2) - 4. EM-CEE の電気特性

芯数	サイズ (mm ²)	導体 構成	導体抵抗 (/km)	絶縁抵抗 (M Ωkm) 常温	耐電圧 (V)	許容電流 空中暗渠 (40)(A)
2	2	7/0.6	9.42	2500	2000	24
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	33
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	44
3	2	7/0.6	9.42	2500	2000	20
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	28
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	37
4	2	7/0.6	9.42	2500	2000	18
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	25
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	33
5	2	7/0.6	9.42	2500	2000	16
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	22
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	30
6	2	7/0.6	9.42	2500	2000	15
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	21
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	28
7	2	7/0.6	9.42	2500	2000	14
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	19
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	26
8	2	7/0.6	9.42	2500	2000	13
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	19
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	25
10	2	7/0.6	9.42	2500	2000	12
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	17
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	22
12	2	7/0.6	9.42	2500	2000	11
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	16
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	21
15	2	7/0.6	9.42	2500	2000	11
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	15
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	20
20	2	7/0.6	9.42	2500	2000	9
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	13
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	18
30	2	7/0.6	9.42	2500	2000	8
	3.5	7/0.8	5.3	2500	2000	11
	5.5	7/1.0	3.4	2500	2000	14

電気特性の計算方法

電線・ケーブルの電気特性を求める計算式を以下に示す。

a. 短絡時許容電流計算式

導体断面積 A の導体に短絡による通電電流が 時間流れたときに発生するジュール熱により導体温度が T1 から T2 に上昇することを示す簡易な計算式である。T1、T2 はケーブルの絶縁体の耐熱温度により決まる値であり、耐熱温度が高い材料であるほど短絡許容電流を大きくとることができる。

表 1 . (2) - 5 . 電線ケーブルの短絡時許容電流計算式

絶縁体の種類	ケーブルの種類	T1 ()	T2 ()	計算式 (A)	
				銅	アルミ
ビニル	VV, VE	60	120	$I = 97 \frac{A}{t}$	$I = 64 \frac{A}{t}$
ポリエチレン	EV, EE	75	140	$I = 98 \frac{A}{t}$	$I = 66 \frac{A}{t}$
架橋ポリエチレン	CV, CE	90	230	$I = 134 \frac{A}{t}$	$I = 90 \frac{A}{t}$
天然ゴム	RN	60	150	$I = 116 \frac{A}{t}$	$I = 78 \frac{A}{t}$
EPゴム	PN, PV	80	230	$I = 140 \frac{A}{t}$	$I = 94 \frac{A}{t}$

T1 :短絡前の導体温度

t :短絡連続時間 (秒)

T2 :短絡時の最高許容温度

A :導体断面積 (mm²)

b. 連続許容電流計算式

許容電流は、電線・ケーブルに連続して流すことができる最大電流のことで、ケーブルの種類や布設環境 (周囲温度、直埋、管路、気中) により変わる。以下に JCS規格 (第 168E号) における許容電流計算式を示す。

・直埋および管路布設

$$I = \sqrt{\frac{T1 - T2 - Td}{nrR_{th}}} \quad (A)$$

・気中および暗渠布設

$$I = \sqrt{\frac{T1 - T2 - Td}{nrR_{th}}} \quad (A)$$

ここで、

n :ケーブル線心数 (ただし、トリプレックス形ケーブルの場合は n= 1)

r :交流導体実行抵抗 (Ω/cm)

T1 :導体許容最高温度 ()

T2 :基底温度 ()

Td :誘電体損失による温度上昇 ()

(誘電体損失は 11KV 以下のケーブルでは無視してよい)

Ts :日射による温度上昇 ()

Rth :全熱抵抗 ($\cdot \text{cm/W}$)

ζ_0 :多条布設の場合の低減率

c. インダクタンス (L)

$$L = 0.2 \log_e \frac{2S}{d} + 0.05 (\text{mH/Km})$$

S = 導体中心距離 (mm) d = 導体外径 (mm)

単線回路の場合はこの値を2倍し、三相回路の場合は3倍することになる。なお、三相回路の場合で線間距離が等しくない場合には、三線間の幾何学的平均を電線距離とする。すなわち S1, S2, S3 を各二線間の距離とすると次式の通りとなる。

$$S = \sqrt[3]{S1 \cdot S2 \cdot S3}$$

d. 静電容量 (C)

下記の計算式により静電容量を計算することができる。ただし、多心ケーブルの場合は、次頁の図より求めた G1、G2 を表1.(2) - 6に代入して算出したい部位の形状係数を計算する必要がある。

○単心ケーブル・SLケーブル・各心遮蔽の多心ケーブルの場合

$$C = \frac{0.02413\epsilon}{\log_{10} \frac{D}{d}} (\mu\text{F/km}) \quad \text{あるいは} \quad C = \frac{\epsilon}{2 \log_e \frac{D}{d}} \times \frac{1}{9} (\mu\text{F/km})$$

○多心ケーブルの場合

$$C = \frac{0.0556 N \epsilon}{G} (\mu\text{F/km}) \quad \text{あるいは} \quad C = \frac{N \epsilon}{2G} \times \frac{1}{9} (\mu\text{F/km})$$

D=絶縁外径(mm), d=導体外径(mm), N=線心数, G=形状係数

ε (誘電率)	ソリッド、ガスケーブル.....	3.7	ビニル.....	7.0	
	OFケーブル	普通紙.....	3.7	ポリエチレン.....	2.3
		低損失紙.....	3.4	架橋ポリエチレン.....	2.3
	天然ゴム.....	4.0	EPゴム.....	4.0	

G: 形状係数

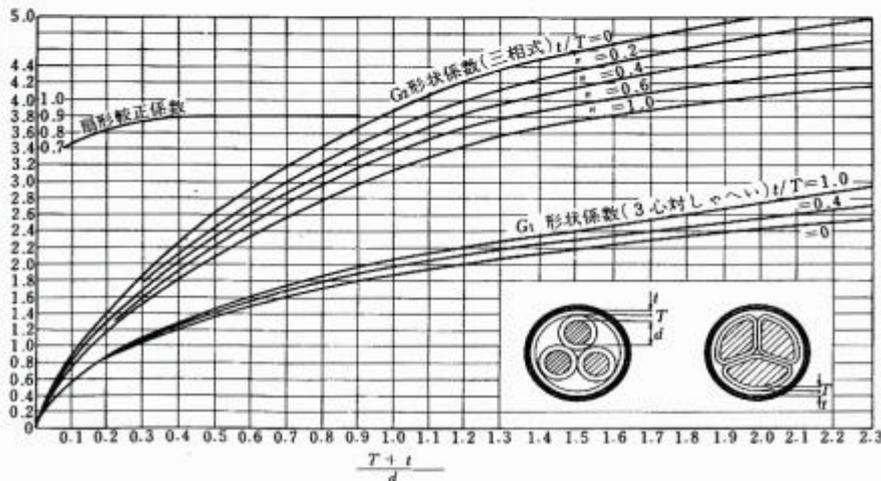


表 1.(2) - 6 .形状係数算出方法

導体の結線	G	求め方	備考
三導体一括としゃへい間	G1	前図より求める	(1)三相式の場合 の充電電流には G2を用いる。
一導体と仮想各心しゃへい間	G2	前図より求める	
一導体と他の一導体間	G3	$G3=2G2$	(2)扇形導体の形状 係数は前図の Gに、図中の扇形 較正係数を乗 ずる。
一導体と他の二導体間	G4	$G4=1.5G2$	
一導体としゃへい間	G5	$G_5 = \frac{3G1+2G2}{3}$	
一導体と一導体並にしゃへい間	G6	$G_6 = \frac{G2(6G1+G2)}{3G1+2G2}$	
一導体と二導体並にしゃへい間	G7	$G_7 = \frac{9G1G2}{6G1+G2}$	
二導体としゃへい間	G8	$G_8 = \frac{6G1+G2}{6}$	
二導体と一導体しゃへい間	G9	$G_9 = \frac{4.5G1G2}{3G1+2G2}$	

出典：「電線技術資料 電力・産業電線」 住友電気工業株式会社

1.(2) - 2 . 機械特性

電線・ケーブルには、その品種やサイズにより、布設するときその性能に悪影響を及ぼさない布設張力や屈曲半径などが決められている。特にケーブル長が長い場合や布設ルートに曲がりが多い場合はケーブル質量や摩擦力により布設張力が大きくなる。

電線・ケーブルの機械特性

a. 許容張力の計算

ア)ケーブル端末にプーリングアイを取り付けて導体に張力を加えた場合、ケーブル許容張力は導体の許容張力として計算する。

$$T=68.6(\text{MPa}) \times \text{線心数} \times \text{導体断面積}(\text{mm}^2)$$

イ)ケーブルシースにワイヤーネットをかぶせてシースに張力を加える場合、ケーブル許容張力は約 4.9 kN。但し、導体の許容張力を超えない範囲とする。

b. 許容屈曲半径

電線・ケーブルをどの程度まで曲げて良いかを表す許容屈曲半径は、その電線・ケーブルの構造に依存し、主に外径の何倍という数値で表される。表 1.(2) - 7 に各種ケーブル構造に対する許容屈曲半径を示す。

表1.(2)-7. ケーブルの許容屈曲半径

ケーブルの種類	単心		多心
	非分割	分割	
しゃへいなし	8D	12D	6D
しゃへいあり	10D	12D	8D
トリプレックス形	-	-	8D
鉛被、鉄線外装	10D	12D	10D
鋼帯外装	-	-	10D
波付き鋼管外装	-	-	8D

D:ケーブル外径

計装制御用ケーブルの許容曲げ半径

しゃへいなし	6D
アルミ張りプラスチックしゃへい付き	6D
銅線編組しゃへい付き	6D
銅・鉄テープしゃへい付き	8D

D:ケーブル外径

c. 代表的な電線・ケーブルの機械特性

600V CVT、600V EM-CET について機械特性をまとめた結果は下記のとおりである。

表1.(2)-8. 600V CVT、600VEM-CET の機械特性

導体			絶縁体		ビニルシース		仕上 外径D (約) mm	許容張力		許容屈曲 半径 R=8D mm
公称 断面積 mm ²	構成 又は形状 mm	外径 mm	厚さ mm	外径 mm	厚さ mm	断面積 mm ²		プーリング アイ kN	ワイヤー ネット N	
8	7/1.2	3.6	1.0	5.6	1.5	100	19	1.65	333	152
14	円形圧縮	4.4	1.0	6.4	1.5	111	21	2.88	370	168
22	"	5.5	1.2	7.9	1.5	132	24	4.53	440	192
38	"	7.3	1.2	9.7	1.5	158	28	7.82	527	224
60	"	9.3	1.5	12.3	1.5	195	34	12.3	650	272
100	"	12.0	2.0	16.0	1.5	247	42	20.6	823	336
150	"	14.7	2.0	18.7	1.5	285	47	30.9	950	376
200	"	17.0	2.5	22.0	1.7	379	55	41.2	1263	440
250	"	19.0	2.5	24.0	1.8	437	60	51.5	1457	480
325	"	21.7	2.5	26.7	1.9	512	66	66.9	1707	528

光ファイバケーブルの機械特性

光ファイバケーブルの機械特性をまとめると下表のとおりとなる。

表 1.(2) - 9 . 光ファイバケーブルの機械特性

許容張力	<p>許容張力はケーブルサイズによらず、 最大張力印加時 光ファイバ歪み 0.2% 以下であること。 < 代表例 SM 防水型光ファイバケーブル ></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>印加張力</th> <th>ロス変動</th> <th>測定波長</th> <th>出典</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000 心</td> <td>8000 N</td> <td>0.00dB</td> <td>1.55 μm</td> <td>(1)(3)</td> </tr> <tr> <td>"</td> <td>2.5%ケーブル歪み</td> <td>0.02dB></td> <td>1.55 μm</td> <td>(2)</td> </tr> </tbody> </table> <p>< 計算式 > 次式の光ファイバの破断確率より許容張力設定</p> $N_p / E^2 \quad (n \text{ t})$ $= N_p \frac{B_p / E^2}{(B / E^2) \rho^n t}$ <p>E:光ファイバヤング率、ρ:スクリーニング試験歪み、等価負荷歪み N_p:スクリーニング試験時の破断回数、B_p, B, n:疲労指数 但し、光ケーブル歪み量と光ファイバ歪み量を同等とした場合。 実際にはケーブル構造によっても異なるが、一般的には以下の程度と考えられる。 光ファイバ歪み量 (%) = 光ケーブル歪み量 (%) - 0.05 (%) 出典 (5)</p>	サイズ	印加張力	ロス変動	測定波長	出典	1000 心	8000 N	0.00dB	1.55 μm	(1)(3)	"	2.5%ケーブル歪み	0.02dB>	1.55 μm	(2)									
サイズ	印加張力	ロス変動	測定波長	出典																					
1000 心	8000 N	0.00dB	1.55 μm	(1)(3)																					
"	2.5%ケーブル歪み	0.02dB>	1.55 μm	(2)																					
許容屈曲半径	<p>< 代表例 SM 防水型光ファイバケーブル ></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>許容曲げ半径</th> <th>ロス変動</th> <th>測定波長</th> <th>スロットピッチ</th> <th>出典</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000 心</td> <td>200mm</td> <td>0.00dB</td> <td>1.55 μm</td> <td>500 ~ 700mm</td> <td>(1)(3)</td> </tr> <tr> <td>600 心</td> <td>200mm</td> <td>0.02dB></td> <td>1.55 μm</td> <td>375mm</td> <td>(2)</td> </tr> <tr> <td>20 ~ 300 心</td> <td>240mm(180°)</td> <td>0.1dB></td> <td>1.55 μm</td> <td>-</td> <td>(4)</td> </tr> </tbody> </table>	サイズ	許容曲げ半径	ロス変動	測定波長	スロットピッチ	出典	1000 心	200mm	0.00dB	1.55 μm	500 ~ 700mm	(1)(3)	600 心	200mm	0.02dB>	1.55 μm	375mm	(2)	20 ~ 300 心	240mm(180°)	0.1dB>	1.55 μm	-	(4)
サイズ	許容曲げ半径	ロス変動	測定波長	スロットピッチ	出典																				
1000 心	200mm	0.00dB	1.55 μm	500 ~ 700mm	(1)(3)																				
600 心	200mm	0.02dB>	1.55 μm	375mm	(2)																				
20 ~ 300 心	240mm(180°)	0.1dB>	1.55 μm	-	(4)																				
耐衝撃性	<p>< 代表例 SM 防水型光ファイバケーブル ></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>外径</th> <th>重り</th> <th>落下距離</th> <th>回数</th> <th>ロス変動</th> <th>出典</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 ~ 300 心</td> <td>10 ~ 20mm</td> <td>10kg</td> <td>1m</td> <td>10 回</td> <td>0.1dB></td> <td>(4)</td> </tr> <tr> <td>400 ~ 1000 心</td> <td>20 ~ 30mm</td> <td>10kg</td> <td>1m</td> <td>10 回</td> <td>0.1dB></td> <td>(4)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(測定波長1.55 μm)</p>	サイズ	外径	重り	落下距離	回数	ロス変動	出典	20 ~ 300 心	10 ~ 20mm	10kg	1m	10 回	0.1dB>	(4)	400 ~ 1000 心	20 ~ 30mm	10kg	1m	10 回	0.1dB>	(4)			
サイズ	外径	重り	落下距離	回数	ロス変動	出典																			
20 ~ 300 心	10 ~ 20mm	10kg	1m	10 回	0.1dB>	(4)																			
400 ~ 1000 心	20 ~ 30mm	10kg	1m	10 回	0.1dB>	(4)																			
許容温度	<p>< 代表例 SM 防水型光ファイバケーブル ></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>許容温度</th> <th>ロス変動</th> <th>測定波長</th> <th>出典</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 ~ 1000 心</td> <td>-30 ~ +60</td> <td>0.1dB></td> <td>1.55 μm</td> <td>(1)(2)(3)(4)</td> </tr> </tbody> </table>	サイズ	許容温度	ロス変動	測定波長	出典	20 ~ 1000 心	-30 ~ +60	0.1dB>	1.55 μm	(1)(2)(3)(4)														
サイズ	許容温度	ロス変動	測定波長	出典																					
20 ~ 1000 心	-30 ~ +60	0.1dB>	1.55 μm	(1)(2)(3)(4)																					
耐圧縮特性	<p>< 代表例 SM 防水型光ファイバケーブル ></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>荷重</th> <th>ロス変動</th> <th>測定波長</th> <th>出典</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000 心</td> <td>40N/mm</td> <td>0.00dB></td> <td>1.55 μm</td> <td>(3)</td> </tr> </tbody> </table>	サイズ	荷重	ロス変動	測定波長	出典	1000 心	40N/mm	0.00dB>	1.55 μm	(3)														
サイズ	荷重	ロス変動	測定波長	出典																					
1000 心	40N/mm	0.00dB>	1.55 μm	(3)																					
捻り曲げ特性	<p>< 代表例 SM 防水型光ファイバケーブル ></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>荷重</th> <th>捻り角</th> <th>回数</th> <th>ロス変動</th> <th>測定波長</th> <th>出典</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 ~ 1000 心</td> <td>980N</td> <td>90°</td> <td>10 回</td> <td>0.1dB></td> <td>1.55 μm</td> <td>(4)</td> </tr> </tbody> </table>	サイズ	荷重	捻り角	回数	ロス変動	測定波長	出典	20 ~ 1000 心	980N	90°	10 回	0.1dB>	1.55 μm	(4)										
サイズ	荷重	捻り角	回数	ロス変動	測定波長	出典																			
20 ~ 1000 心	980N	90°	10 回	0.1dB>	1.55 μm	(4)																			

- (1) Hara 他、IWCS、468-471、1995
- (2) R.S.Wagman 他、IWCS、472-478、1995
- (3) Iwata 他、IWCS、627-633、1995
- (4) Niiyama 他、IWCS、333-339、1996
- (5) 岩田他、信学会ソサイエティ B-10-59、1998

1.(2)-3. 光伝送特性

光ファイバケーブルにおいてはその機能として光伝送特性があり、使用する波長、光ファイバのタイプなどにより異なり下表のとおりである。

表 1.(2)-10. 光ファイバケーブルの光伝送特性

項目	JIS規格		製品カタログ値 ^{*3}		その他資料 ^{*4}	
伝送損失 SM	波長(μm)	損失(dB/km)	波長(μm)	損失(dB/km)	波長(μm)	損失(dB/km)
	1.31	0.8以下 ^{*1}	1.31	0.5	1.31	0.34~0.38
	1.55	0.5以下 ^{*1}	1.55	記載無し	1.55	0.20~0.22
伝送損失 GI	波長(μm)	損失(dB/km)	波長(μm)	損失(dB/km)	波長(μm)	損失(dB/km)
	0.85	3.5以下 ^{*2}	0.85	3.0	0.85 μm	4~15
	1.31	1.5以下 ^{*2}	1.31	1.0		
伝送帯域 (GI)	受渡当事者間協定による ^{*2}		200,400,600 MHz・km		1000MHz・km 以下	
SMファイバ分散特性	波長(μm)	全分散(ps/nm/km)	/		波長(μm)	全分散(ps/nm/km)
	1.280~1.330	3.5以下 ^{*1}			1.280~1.330	3.5以下 ^{*1}
	1.525~1.575	3.5以下 ^{*1}			1.500	20以下 ^{*1}
SMファイバカットオフ波長	1100~1350nm(参考値) ^{*1} 計算式・測定方法は1-4(4) 試験方法・評価技術参照		/		1100~1280nm	

*1...JIS C 6835

*2...JIS C 6832

*3...出典:古河電工(株)製品カタログ

*4...出典:ISDN時代の光ファイバ技術、理工学社 1991

1(3). 記号・規格・基準

電線・ケーブルは用途に応じて非常に多種、多様な製品があり、製品ごとにアルファベット、数字を組み合わせた記号が定められている。表1(3)-1 に電線・ケーブルの製品に対応する記号と規格・基準を示す。なお、表中の中項目、小項目は日本電線工業会において統計に使用している分類を指す。

表1(3)-1. 電線・ケーブル関係の記号・規格・基準

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
線	丸線	硬銅線	H	JIS C 3101	H=Hard
		半硬銅線	HA	JCS 2058	H=Half A=Annealed
		軟銅線	A	JIS C 3102	A=Annealed
		軟銅線(電気機器巻線用)	MA	JIS C 3103	M=Magnet
		すずめっき硬銅線	TH	JIS C 3151	T=Tinned
		すずめっき軟銅線	TA	JIS C 3152	
		はんだめっき軟銅線	SPA		S=Solder P=Plated
		銀めっき半硬銅線			
		銀めっき軟銅線			
	平角線	硬銅平角線(1号)	H	JIS C 3104	H=Hard
		半硬銅平角線(2号)	HA	JIS C 3104	H=Half A=Annealed
		軟銅平角線(3号)	A	JIS C 3104	A=Annealed
		極軟銅平角線(4号)	SA	JIS C 3104	S=Special
		すずめっき硬銅平角線	TH		T=Tinned
		すずめっき軟銅平角線	TA		T=Tinned
	より線	硬銅より線	H	JIS C 3105	H=Hard
		軟銅より線	A	JCS 226B	A=Annealed
		架空送電線用硬銅より線	PH	JIS C 3105	P=Power
		レールボンド用軟銅より線	BA	JIS E 3601	B=Rail Bond
		可とう軟銅より線	A	JCS 222B	
		すずめっき硬銅より線	TH	JCS 230B	T=Tinned
		すずめっき軟銅より線	TA	JCS 229B	
	合金線	耐熱硬銅線		JCS 321A	Sn=すず
		耐熱硬銅より線		JCS 321A	C=Copper
		すず入り銅線(銅箔系用合金線を含む)	Sn-C		T=Tinned
		銅箔系	TY		Y=Yarn
	荒引線	銅荒引線	WR-B WR-C	JIS C 3106	W=Wire R=Rod B=Black C=Cleaned
		銅合金荒引線			
その他裸線	平編銅線	BC	JCS 236C	B=Braided C=Copper	
	すずめっき平編銅線	TBC	JCS 236C	T=Tinned	

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
被覆線	ビニル絶縁電線	600V ビニル絶縁電線	IV	JIS C 3307	I=Indoor V=PVC
		600V 2種ビニル絶縁電線	HIV	JIS C 3317	H=Heat-Resistant
		600V 特殊耐熱ビニル絶縁電線	SHIV		S=Special
	ビニル絶縁ビニルシースケープル	600V ビニル絶縁ビニルシースケープル	VV (VVR)	JIS C 3342	V=PVC R=Round
		600V ビニル絶縁ビニルシースケープル 鋼帯がい装ビニル防食ケープル	VVTAZV		TA=Tape Armour Z=防食
		600V ビニル絶縁ビニルシースケープル 鉄線がい装ビニル防食ケープル	VVWAZV		WA=Wire Armour
		600V ビニル絶縁ビニルシースケープル 波付鋼管がい装ビニル防食ケープル	VVMAZV		MA=Metal Armour
		600V 特殊耐熱ビニル絶縁耐熱ビニルシースケープル	SHVV (SHVVR)	JCS 355B	S=Special H=Heat-Resistant
		難燃性 600V ビニル絶縁ビニルシースケープル	F-VV	JCS 369A	F=Flame Resistant
		難燃性 600V 特殊耐熱ビニル絶縁耐熱ビニルシースケープル	F-SHVV	JCS 369A	
	ビニル絶縁扁平ケープル	600V ビニル絶縁ビニルシースケープル	VVF	JIS C 3342	V=PVC F=Flat
		600V 特殊耐熱ビニル絶縁耐熱ビニルシースケープル	SHVVF	JIS C 3342	S=Special H=Heat-Resistant
	その他の屋内用電線	動力用フラットケープル (アンダーカーペットケープル)		JIS C 3652	
		けい素ゴム絶縁ガラス編組電線	KGB	JIS C 3323	K=けい素ゴム B=Braid G=Glass Fiber
		600V ポリエチレン絶縁電線	IE	JIS C 3326	I=Indoor E=Polyethylene
		600V 架橋ポリエチレン絶縁電線	IC	JCS 360B	C=Crosslinked Polyethylene
		600V けい素ゴム絶縁電線	IK	JIS C 3323	
		屋内用 EP ゴム絶縁電線	IP		P= Ethylene Propylene Rubber
		コンクリート直埋用ビニル絶縁ビニルシースケープル	CB-VV	JIS C 3650	CB=Concrete Buried V=PVC
		コンクリート直埋用ビニル絶縁ビニルシースケープル	CB-VVF	JIS C 3650	F=Flat

中項目	小項目	データベースの内容				
		品名	記号	規格・基準名称	備考	
被覆線		コンクリート直埋用ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - ブル	CB-EV	JIS C 3650		
		コンクリート直埋用ポリエチレン絶縁ビニルシ - ス平形ケ - ブル	CB-EVF	JIS C 3650		
	耐火ケーブル	耐火電線（露出用）	FP	消防庁告示第10号	F=Fire P=Proof	
		耐火電線（電線管用）	FP-C		C=Conduit	
	耐熱電線	耐熱電線	HP	消防庁告示第11号	H=Heat P=Proof	
	警電線	警報用ポリエチレン絶縁ケ - ブル	AE	JCS 396A	A=Alarm E=Polyethylene	
	制御ケーブル		制御用ビニル絶縁ビニルシ - スケ - ブル（ジャケット形）	CVV	JIS C 3401	C=Control V=PVC
			制御用ビニル絶縁ビニルシ - スケ - ブル（遮へい付）	CVV-S	JCS 258C	S=Shield
			制御用ビニル絶縁ビニルシ - ス波付鋼管がい装ビニル防食ケ - ブル	CVVMAZV		MA=Metal Armour Z=防食
			制御用ビニル絶縁ポリエチレンシ - スケ - ブル	CVE		E= Polyethylene
			制御用ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - ブル	CEV		
			制御用ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - ブル（遮へい付）	CEV-S	JCS 258C	
			制御用ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - ブル	CEE		
			制御用ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - ブル（遮へい付）	CEE-S	JCS 258C	
			制御用架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - ブル	CCV		C=Crosslinked Polyethylene
			制御用架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - ブル（遮へい付）	CCV-S	JCS 258C	
			制御用架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - ブル	CCE		
			制御用架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - ブル（遮へい付）	CCE-S	JCS 258C	
		制御用 EP ゴム絶縁ビニルシ - スケ - ブル				
		難燃性制御用ビニル絶縁ビニルシ - スケ - ブル	F-CVV	JCS 370A		
	難燃性制御用特殊耐熱ビニル絶縁耐熱ビニルシ - スケ - ブル	F-SHCVV	JCS 370A			

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
被	信号用ケーブル	信号用ビニル絶縁ビニルシ - スケ - ブル	SVV	旧 JRS	S=Signal V=PVC
		信号用ビニル絶縁ビニルシ - スケ - ブル (自己支持形)	SVV-SS	旧 JRS	SS=Self-Supporting
		信号用ビニル絶縁ビニルシ - ス鋼帯がい装ケ - ブル	SVVTA	旧 JRS	TA=Tape Armour
		信号用ビニル絶縁ビニルシ - ス鋼帯がい装ビニル防食ケ - ブル	SVVTA ZV	旧 JRS	Z=防食
		信号用ビニル絶縁ビニルシ - ス鋼帯がい装ビニル防食ケ - ブル	SVVTA ZV	旧 JRS	MA=Metal Armour
覆	プラスチックケーブル	ビニル絶縁ビニルキャブタイヤケ - ブル	VCT	JIC C 3312	V=PVC CT=Cabtyre
		ポリエチレン絶縁ビニルキャブタイヤケ - ブル	EVCT		E=Polyethylene
		耐震形ビニルキャブタイヤケ - ブル			
線	天然ゴムケーブル	1種ゴム絶縁ゴムキャブタイヤケ - ブル	1CT	JIS C 3327	1=1種 CT=Cabtyre
		2種ゴム絶縁ゴムキャブタイヤケ - ブル	2CT	JIS C 3327	2=2種
		3種ゴム絶縁ゴムキャブタイヤケ - ブル	3CT	JIS C 3327	3=3種
		4種ゴム絶縁ゴムキャブタイヤケ - ブル	4CT	JIS C 3327	4=4種
		溶接導線用ゴムキャブタイヤケ - ブル	WCT	JIS C 3404	W=Weld
		溶接機ホルダ用ゴム絶縁ゴムキャブタイヤケ - ブル	WRCT	JIS C 3404	R=Rubber
		耐震形ゴム絶縁ゴムキャブタイヤケ - ブル			
合	成ゴムケーブル	2種ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	2RNCT	JIS C 3327	2=2種 R=Rubber CT=Cabtyre N=Chloroprene
		3種ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	3RNCT	JIS C 3327	3=3種
		4種ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	4RNCT	JIS C 3327	4=4種
		2種 EP ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	2PNCT	JIS C 3327 (600V) JCS 353A (高圧)	P=Ethylene Propylene
		3種 EP ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	3PNCT	JIS C 3327 (600V) JCS 353A (高圧)	

中項目	小項目	データベースの内容				
		品名	記号	規格・基準名称	備考	
被覆線		4種 EP ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	4PNCT	JIS C 3327 (600V) JCS 353A (高圧)		
		溶接導線用クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	WNCT	JIS C 3404	W=Welder	
		溶接機ホルダ用ゴム絶縁クロロプレンキャブタイヤケ - ブル	WRNCT	JIS C 3404	W=Welder	
		3種 EP ゴム絶縁クロロスルホン化ポリエチレンゴムキャブタイヤケ - ブル	3PHCT		H=Chloro Sulphonated Polyethylene	
		4種 EP ゴム絶縁クロロスルホン化ポリエチレンゴムキャブタイヤケ - ブル	4PHCT			
	EM・電線ケーブル	E M ・ 電 線 ケ ー ブ ル	600V 耐燃性ポリエチレン絶縁電線	EM-IE	JCS 416	EM=Ecomaterial I=Indoor E=polyethylene
			600V 耐燃性架橋ポリエチレン絶縁電線	EM-IC	JCS 417	C=Crosslinked
			600V ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシ - スケ - ブル	600V EM-EE	JCS 418B	
			600V 架橋ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシ - スケ - ブル	600V EM-CE	JCS 418B	
			600V ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシ - スケ - ブル (平形)	600V EM-EEF	JCS 418B	F=Flat
			600V 架橋ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシ - スケ - ブル (平形)	600V EM-CEF	JCS 418B	
			制御用ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシ - スケ - ブル	EM-CEE	JCS 419A	C=Control
			制御用架橋ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシ - スケ - ブル	EM-CCE	JCS 419A	
			警報用ポリエチレン絶縁ケ - ブル	EM-AE EM-AE オクナイ	JCS 396A	A=Alarm
	分岐付	ケ ー ブ ル	分岐付ケ - ブル	MB	JCS 376	M=Main Cable B=Branch
			屋内配線用ユニットケ - ブル	UB		U=Unit Cable
	その他の被覆線	そ の 他 の 被 覆 線	フッ素樹脂絶縁電線			
			一重ガラス編組銅線	SGB		S=Single B=Braid G=Glass Fiber
			二重ガラス編組銅線	DGB		D=Double
			1種カンブリック絶縁電線	1CA	JIS C 3403	1=1種 CA=Cambric
2種カンブリック絶縁電線			2CA	JIS C 3403	2=2種	

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
被覆線	その他の被覆線	無機絶縁ケ-ブル	MI	JCS 316B	M=Mineral I=Insulated
		X線用クロロプレキシ-スケ-ブル	XN	JIS C 3407	X=X-ray N=Chloroprene
		X線用ビニルシ-スケ-ブル	XV	JIS C 3407	V=PVC
		X線用編組ケ-ブル	XB	JIS C 3407	
		ネオン管用ビニル絶縁電線	N-V	JIS C 3308	N=Neon
		ネオン管用ポリエチレン絶縁ビニルシ-ス電線	N-EV	JIS C 3308	E=Polyethylene
		ネオン管用EPゴム絶縁クロロプレキシ-ス電線	N-PV	JIS C 3308	P=Ethylene Polyethylene Rubber
		蛍光放電灯用ビニル絶縁電線	FLV	JIS C 3309	F=Fluorescence L=Lamp
		蛍光放電灯用2種ビニル絶縁電線	FLHV	JIS C 3309	H=Heat-Resistant
		蛍光放電灯用架橋ポリエチレン絶縁電線	FLC	JIS C 3309	C=Crosslinked Polyethylene
		蛍光放電灯用EPゴム絶縁電線	FLP	JIS C 3309	
		発破用ビニル電線	EXV		EX=Explosion
		補償導線		JCS 365A	

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
電力用電線	屋外用ビニル絶縁電線	屋外用ビニル絶縁電線	OW	JIS C 3340	O = Outdoor W = Weatherproof
		屋外用難着雪ビニル絶縁電線	SN-OW		SN = Snow
	屋外用ポリエチレン電線	屋外用ポリエチレン絶縁電線	OE		O = Outdoor
		屋外用難着雪ポリエチレン絶縁電線	SN-OE		SN = Snow E = Polyethylene
		屋外用圧縮形ポリエチレン絶縁電線			
	屋外用架橋ポリエチレン電線	屋外用架橋ポリエチレン絶縁電線	OC		O = Outdoor C = Crosslinked Polyethylene
		屋外用難着雪架橋ポリエチレン絶縁電線	SN-OC		SN = Snow
		屋外用圧縮形架橋ポリエチレン絶縁電線			
		屋外用水密形架橋ポリエチレン絶縁電線	OC-W		
	引込用ビニル絶縁電線	引込用ビニル絶縁電線	DV	JIS C 3341	D = Drop Wire V = PVC
		引込用ビニル絶縁平形電線	DVF	JIS C 3341	F = Flat
	その他の屋外用電線	高圧引下用架橋ポリエチレン絶縁電線	PDC	JIS C 3609	P = Pole Transformer D = Drop Wire C = Crosslinked Polyethylene
PDP			JIS C 3609	P = Ethylene Propylene Rubber	
高圧引下用ブチルゴム絶縁電線		PDB	JIS C 3609	B = Butyl Rubber	
屋外用 EP ゴム絶縁電線					
縁廻用架橋ポリエチレン絶縁電線		JC		J = Jumper	
縁廻用 EP ゴム絶縁電線		JP			

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
電力絶縁電線 電線 ケ ー ブ ル	架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線 架橋ポリエチレン絶縁電線	架橋ポリエチレン絶縁電線ビニルシ - スケ - プル	CV	JIS C 3065 JIS C 3066	C = Crosslinked Polyethylene V = PVC
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (3層押出型)	CV(E)	JCS 395	E = Extrusion
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (遮へい付)	CVS		S = Shield
		トリプレックス形架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル	CVT	JIS C 3606	T = Triplex
		トリプレックス形架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (3層押出型)	CVT(E)	JCS 395	
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル			
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (波付鋼管がい装 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル)	CVMAZ (V.E)	JCS 385A	MA = Metal Armour Z = 防食 E = Polyethylene
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (鋼帯がい装 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル)	CVTAZ (V.E)		TA = Tape Armour
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (鉄線がい装 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル (がい装にはアルミ線がい装もある。))	CVWAZ (V.E)		WA = Wire Armour
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (インターロックがい装 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル)	CVIAZ (V.E)		IA = Inter-Locked Armour
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (アルミ被 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル)	CVAZ (V.E)		A = Aluminum
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (ステンレス波付鋼管がい装 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル)	CVSusMAZ (V.E)		Sus = Stainless
		架橋ポリエチレン絶縁ビニルシ - スケ - プル (ステンレステープがい装 (ビニル、ポリエチレン) 防食ケ - プル)	CVSusTAZ (V.E)		
		架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - プル	CE	JIS C 3605 JIS C 3606	E = Polyethylene
		架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - プル (3層押出型)	CE(E)	JCS 395	
		トリプレックス形架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - プル	CET	JIS C 3606	
		トリプレックス形架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシ - スケ - プル (3層押出型)	CET(E)	JCS 395	E = Extrusion

中項目	小項目	データベースの内容			
		品名	記号	規格・基準名称	備考
電力用電線	架橋ポリエチレン絶縁電線	架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	CC		
		架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル			
		架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	CEAMAZ (V.E)		
		架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	CLZ(V.E)		L = Lead
		架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	CLTAZ (V.E)		
		架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	CAZ (V.E)		
		架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	CSusTAZ (V.E)		
		水底用架橋ポリエチレン絶縁鉄線がい装ケ - ブル	WCWA	JCS 273B	W = 水底用
		水底用架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	WC(V.E) WA	JCS 273B	
		水底用架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	WCEWWA		WWA = Double Wire Armour
		水底用架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	WCLWA	JCS 273B	
		水底用架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	WCLWWA		
		水底用架橋ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	WCLTAWA		
		移動用ケ - ブル	MCVWA		M = Mining
	その他の電力ケーブル	ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	EV	JIS C 3605 JIS C 3606	E = Polyethylene V = PVC
		ポリエチレン絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	EE	JIS C 3605 JIS C 3606	
		EP ゴム絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	PV	JIS C 3621 JCS 329B	P = Ethylene Propylene Rubber
		EP ゴム絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	PN	JIS C 3621 JCS 329B	N = Chloroprene
		ゴム絶縁架橋ポリエチレンシ - スケ - ブル	RL	JIS C 3310	R = Rubber L = Lead

表1(3)-2、表1(3)-3に 光ファイバ・光ケーブル関係の規格を示す。

表1(3)-2 ITU-T規格 (ITU: International Telecommunication Union)

勧告No.	タイトル	最新改訂
G.650	シングルモードファイバのパラメータに関する定義と試験	1997
G.651	50/125 μ m マルチモードファイバケーブルの特性	1993
G.652	シングルモードファイバケーブルの特性	1997
G.653	分散シフトシングルモードファイバケーブルの特性	1997
G.654	カットオフシフトファイバケーブルの特性	1997
G.655	非ゼロ分散シフトファイバケーブルの特性	1996

表1(3)-3 IEC規格 (IEC: International Electrotechnical Commission)

勧告No.	タイトル
IEC 60793-1	Optical fibers
IEC 60794-1	Optical fiber cables

表1(3)-4～-9に 光ファイバ・光ケーブル関係の記号を示す。(JIS C 6820-1991=IEC 793-1 に対応)

表1(3)-4 光ファイバの材質

記号	材質
S	石英
C	多成分系
R	プラスチッククラッド
P	全プラスチック

表1(3)-5 光ファイバの構造

記号	光ファイバの構造
SI	マルチモードステップインデックス形
QI	マルチモード疑似ステップインデックス形
GI	マルチモードグレーデッドインデックス形
SMA	シングルモード 1310nmゼロ分散形
SMB	シングルモード 1550nmゼロ分散形
SMC	シングルモード分散フラット形

表1(3)-6 NAを表す記号 (多成分マルチモード)

記号	NA
L	0.25 以上 0.35 未満
H	0.35 以上 0.55 未満

表 1 (3) - 7 最適使用波長を表す記号

記号	最適使用波長 (nm)
なし	1 3 1 0
T	1 5 5 0
X	その他

表 1 (3) - 8 2次被覆の材質

	2次被覆の材質
Y	ポリアミド樹脂
U	UV硬化樹脂
Z	その他のもの

表 1 (3) - 9 光ファイバの寸法

記号	内容
例 . 50 / 125	コア径 (モードフィールド径) / クラッド径、単位 μm

注. JIS : 日本工業規格 (Japanese Industrial Standard)

JCS : 日本電線工業会規格 (Japanese Cable Makers ' Association Standard)

JRS : 日本国有鉄道規格 (Japanese Railway Standard)

出典 : 電線品種分類表 (1993-4, (社) 日本電線工業会)

1.(4) 試験方法・評価技術

本項では電線・ケーブルにおける各種試験方法、評価技術についてまとめた。試験方法、評価技術は大きく分けて電気特性に関するもの、機械特性に関するもの複合劣化を評価するもの等があり、また、光ファイバケーブルに関しては光伝送特性に関してまとめた。

1.(4)-1. 電気特性試験

電線・ケーブルの電気特性を試験、評価する方法には以下のようなものがある。

表1.(4)-1. 電気特性試験、評価方法

項目	規格名称・番号	方法概要
導体抵抗	JIS C 3005	各導体についてホイーストンプリッジ法等適当な方法で測定する
絶縁抵抗	JIS C 3005	水中測定 予め接地した清水中に浸した状態で、高絶縁抵抗計等で導体と清水間の絶縁抵抗を測定する 気中測定 高絶縁抵抗計等で導体相互間の絶縁抵抗を測定する
耐電圧特性	JIS C 3005	水中測定 予め接地した清水中に浸した状態で、導体と清水間に規定の交流電圧を加え、規定時間これに耐えることを確認する 気中測定 導体相互間に規定の交流電圧を加え、規定時間これに耐えることを確認する スパーク測定 空気中でスパークテストを用いて、予め接地した導体と電極間に交流電圧を0.15秒以上加えたときにこれに耐えることを確認する
衝撃電圧 破壊特性	JIS C 3005	導体と金属遮蔽間に標準波形の雷インパルス電圧を3回加えこれに耐えることを確認する
部分放電特性	電力規格 A-216	導体と遮蔽間に規定の商用周波電圧を加え、部分放電電荷量を測定する
連続許容電流特性	JCS 第 168 E	1.(2)(イ) 電気特性の計算方法を参照
短絡電流特性	JCS 第 168 E	1.(2)(イ) 電気特性の計算方法を参照
誘電特性	JIS C 3005	導体と遮蔽間に正弦波に近い波形を持った規定の交流電圧を加え、シェーリングブリッジまたはこれに準じた方法で測定する
静電容量	JIS C 3005	交流ブリッジ法または携帯用直読静電容量測定器で測定する
インダクタンス	-	1.(2)(イ) 電気特性の計算方法を参照
浸水課電	-	導体とシース下あるいはどちらか一方に水を入れ、課電を行う。課電終了後にメチレンブルー等で絶縁体を染色し、薄くスライスした試料を顕微鏡で観察して水トリーの大きさと数を数える。
高周波加速劣化	-	水トリーの発生数と伸長は、周波数について数kHzまで直線性があるので、周波数を変えて浸水課電試験を行うことが多い
V-t特性	-	使用電圧以上の一定交流電圧を試料に印可し、絶縁破壊に至るまでの時間を測定する
トラッキング	JIS C 3005	片端20mmの絶縁体を切り取り導体を露出させ、その切り口から100mm離れた絶縁体上に1mmの裸導線を巻き付けて、これと導体を電極にして規定の交流電圧を加える。次に試料に試験液を規定回数噴霧して、この間における試料表面の漏れ電流の測定及び燃えないことを確認する
長期課通電	電力規格 A-216	導体と遮蔽間に規定の商用周波電圧のON・OFFサイクルを規定時間加えたときに耐えることを確認する
電界発光	-	CVケーブルの絶縁体が劣化するときに発光現象が生じると考えられている。この発光現象の波長や発光量を測定する。

出典：CVケーブル 速水 敏幸著 コロナ社

1.(4)-2.機械特性試験

電線・ケーブルの機械特性を試験、評価する方法には以下のようなものがある。

表1.(4)-2.機械特性試験、評価方法

項目	規格名称・番号	方法概要
曲げ特性	JIS C 3005	<p>キャブタイヤ構造</p> <p>(a) 丸形 完成品から適度な長さの試料を採り、試料の太さに応じて曲げ試験装置の回転子の試料貫通孔を通じて両端を固定し、電線の種類によって固定距離と曲げ半径を決めて試料を取り付け、回転子を毎分約20回の速さで200回連続回転指せたとき、試料に生じる破損又はひび及び割れ程度、各線心の導体素線の断線数を調べる</p> <p>(b) 平形 完成品から適度な長さの試料を採り、ケーブル短径の5倍の直径をもつ円筒の円弧に沿って90°屈曲させた後に直線状に戻し、次に反対方向に90°屈曲させた後に直線状に戻す操作を毎分10回(導体公称断面積38mm²を越えるものは毎分6回)の速さで、連続して200回行ったとき、試料に生じる破損又はひび及び割れ程度、各線心の導体素線の断線数を調べる</p> <p>鉛被構造 完成品から適度な長さの試料を採り、鉛被外径の約20倍の直径(平形の場合は、短径をとる)をもつ円弧に沿い、徐々に約90°曲げた後に直線に戻し、更に反対方向に曲げる。この操作を3回繰り返し、鉛被に生じる裂け目を調べる。</p> <p>編組構造 完成品から適度な長さの試料を採り、200±3の温度で6時間保った後に取り出し、24時間以上常温に放置する。これを規定の円弧に沿って約90°曲げ、次に原位置に戻し、更に反対方向に約90°曲げ、次に原位置に戻す。この操作を2回繰り返して、編組に生じる裂け目又は塗料のはがれを調べる。</p> <p>平型構造(コード) 完成品から適度な長さの試料を採り、その一端を試験装置の直径5mmの円筒間を通して固定具に固定し、他端に導体の断面積1mm²につき150gのおもりをつるし、試料には、許容電流に等しい電流を通して左右に、それぞれ約180°ずつ交互に回転させて試料を曲げる。この操作を毎分約10回の速さで連続して100回行ったとき、導体素線の断線数を調べる。</p>
捻り曲げ特性	関西電力 48工運用品 規格大2号	完成品より長さ約6m以上の試料を採り、導体を捻り、シースが360度/10m(216度/6m)捻られた状態で線心遮蔽層外径の10倍以下の円筒の外周に沿って180度曲げ次に源位に戻し、導体・シースの捻りも源位に戻す。次に反対方向に導体を捻り、前記と同様に捻り試験を行う。この操作を3回繰り返した後、曲げ範囲の中央部約1000mmについて構造試験を実施する。
オフセット試験	-	電力ケーブル等の伸縮を吸収するための曲がり部、たわみ部について伸縮時の曲げ半径変化等の諸特性を測定する
クリープ特性	JIS K 7115 JIS K 7116	JIS 1号またはJIS 2号試験片に一定の荷重をかけ一定時間毎に歪みを測定する

1.(4)-3.複合劣化試験

電線・ケーブルの複合劣化特性の試験方法には以下のようなものがある。

表1.(4)-3.複合劣化試験方法

項目	規格名称・番号	方法概要	測定例
ヒート サイクル試験 (11~275kV)	JEC 209 JEC 3408 電力規格 A-216	試験用線路を建設して実使用状態を考慮した温度条件(ヒートサイクル)を与えながら課通電によりケーブル及び接続部の長期寿命を確認する 11~275kV 導体到達温度が常時導体許容温度90 あるいは短時間導体許容温度105 となるように通電を行う。通電時間は8時間ON / 16時間OFFとし、期間は30日間とする。	-
ヒート サイクル試験 (1~30kV)	IEC 60502-2	1~30kV 導体到達温度が定格最高温度の5~10 高い温度となるように加熱する。加熱温度で2時間以上維持し、その後3時間以上をかけて自然冷却する。このサイクルを3回実施する。	-
LOCA試験	IEEE std.323 IEEE std.383 電気学会技術 報告(部) 第139号	原子力発電所用ケーブルが冷却材喪失事故の際に機能維持出来ることを評価する 熱劣化 寿命期間(40年相当)をアレニウス法で見積もった促進条件で空気加熱する 放射線劣化 熱劣化後ケーブルを寿命期間に被爆する累積線量及びLOCA時に被爆する線量を合わせた総線量の 線を照射する 蒸気暴露 熱・放射線劣化したケーブルを水蒸気・温度・圧力・化学スプレーのLOCA環境下に暴露する 屈曲浸水耐電圧試験 外径約40倍の金属マンドレルに巻き付け、常温水に約1時間浸漬したケーブルにこの状態で交流3.2kV/mmを5分間印加する	-
初期劣化 検出技術 (高圧ケーブル停止線 劣化検出)	電気学会技術 報告(部) 第182号	規格化はされていないが、現状多用されている診断方法を列挙する 絶縁抵抗 誘電特性 部分放電特性 直流漏れ電流 各線心の導体と遮蔽間に最大直流10kV10分間課電し、漏れ電流を測定する	判定基準例 2000M 以上 0.1%以下 部分放電開始電圧 4.5kV 以上 0.1μA 以下 キックがないこと 成極比:1 以上
初期劣化 検出技術 (高圧ケーブル活線劣化 検出)	電気学会技術 報告(部) 第402号	規格化はされていないが、現状多用されている診断方法を列挙する 誘電特性 直流成分特性 配電線に直流成分検出器を接続して直流成分を測定する。これにより絶縁体中の水トリー有無が確認できる 直流重畳漏れ電流特性 接地形計器用変圧器(GPT)またはコイルを介して直流電圧を重畳し絶縁抵抗を測定する 低周波重畳漏れ電流特性 配電線ケーブルの高圧線と接地間に低周波電圧(7.5Hz、20V)を重畳し接地線から低周波電流を検出する。その有効分電流から絶縁抵抗を求める。	判定基準例 0.1%以下 0.5nA 以下 1000M 以上 1000M 以上
初期劣化 検出技術 (低圧ケーブル劣化検出)	-	規格化はされていないが、例として下記の手法がある。 電気特性 絶縁抵抗(メガー)、低周波重畳漏れ電流特性 物理特性 超音波音速(伝搬時間)(反発)硬度、捻りトルク、曲げ応力 化学特性 熱重量法、酸化誘導期間(ポリエチレンに適用)、密度、ゲル分率、赤外分光光度計によるカルボニル基測定(ポリエチレンに適用)	-

1.(4) - 4. 光伝送特性

光ファイバケーブルの伝送特性試験、評価方法には以下のようなものがある。

表1.(4) - 4. 光伝送特性試験、評価方法

項目	規格名称・番号	方法概要	測定例
伝送損失	JIS C 6826 JIS C 6823 IEC 60793-1-4	<p>カットバック法(図1.(4) - 1参照)</p> <p>被測定光ファイバを光源、パワーメータに接続する。測定は定常モード励振で行うためMMファイバの場合、ダミーファイバを用いるか、20mmマンドレルに巻き付ける等の方法を採用。光パワーP_2を測定し記録する。SMファイバの場合、必要に応じてクラッドモード除去を行う。被測定光ファイバと励振器を固定し、接続点から1~2m部分を切断してパワーメータに接続する。この時の光パワーをP_1とすると損失Aと単位長さ当たりの損失は、次式で求められる。$A(\text{dB})=10\log_{10}(P_2/P_1)$, $(\text{dB}/\text{km})=A/(L_2-L_1)$</p> <p>後方散乱光法(図1.(4) - 2参照)</p> <p>安定で高出力のパルス光を入射し、後方散乱光の強度変化から損失を測定する。測定にはOTDR測定器を用いる。</p>	SM 10/125
			測定波長
			1310nm 1550nm
			0.34 dB/km 0.20dB/km
伝送帯域	JIS C 6824 IEC 60793-1-4	<p>周波数掃引法(図1.(4) - 3参照)</p> <p>正弦波状に強度変調された光を多モード光ファイバに入射し、光ファイバからの出射光の変調周波数に対する減衰量から帯域を測定する。励振条件は、再現性向上のため全モード均一励振で行う。また、被測定光ファイバは最小の張力でまかれ、マイクロベントロスが最小の方法で行う。信号発生器の発信周波数fを変化させ、各周波数毎に受信信号振幅$A_2(f)$を測定する。光源から約1mの位置で被測定光ファイバを切断し、受信信号振幅$A_1(f)$を測定する。ベースバンド特性を次式にて算出する。 $B(f)(\text{dB})=-20\log_{10}\{A_2(f)/A_1(f)\}+20\log_{10}\{A_2(0)/A_1(0)\} \dots\dots (1)$ (注) $A_2(0), A_1(0)$: 最小発信周波数で求めた受信信号振幅 ベースバンド特性曲線$B(f)$上でベースバンド値が最初に6dBになる周波数を帯域とする。</p> <p>時間領域法(図1.(4) - 4参照)</p> <p>パルス発振させているレーザー光を被測定光ファイバに励振し、光ファイバの両端における光パルスそれぞれフーリエ変換し、光ファイバの周波数応答特性から帯域を測定する。励振条件は、周波数掃引法と同様である。ベースバンド特性を上記(1)式から算出し、帯域を計算する。</p>	GI 50/125
			測定波長
			850nm 1300nm
			490 750 MHz・km MHz・km
分散	JIS C 6827	<p>位相法(図1.(4) - 5参照)</p> <p>各波長での位相差から全分散を測定する。光源と検出器を短尺(1m)の光ファイバで接続し、各波長毎に位相$\phi_1(\lambda, f)$を測定する。被測定光ファイバの両端の一次被覆を除去し、一端を光源側にセットし、他端を検出器側にセットする。両端を調整して、受光量が最大となるようにする。各波長毎に位相$\phi_2(\lambda, f)$を検出する。隣接する波長間の位相差は、360°以下になるように、変調周波数fを選択する。遅延時間$\tau(\lambda)$は下記式から算出する。 $\tau(\lambda) = \{n+1/360[\phi_2(\lambda, f) - \phi_1(\lambda, f)]\} / f$ 全分散は下記の式からS_0, σ_0^2を求める。 $\tau(\lambda) = S_0(\lambda - \lambda_0^2/\lambda^2)^2$</p> <p>パルス法(図1.(4) - 6参照)</p> <p>各波長の遅延時間を直接測定して全分散を求める。光源と検出器を短尺(1m)の光ファイバで接続し、各波長毎の伝搬時間$\tau_1(\lambda)$を測定する。被測定光ファイバの各波長毎に伝搬時間$\tau_2(\lambda)$を遅延装置とオシロスコープを用いて測定する。遅延時間$\tau(\lambda)$は下記式から算出する。 $\tau(\lambda) = \tau_2(\lambda) - \tau_1(\lambda)$ 全分散は下記の式からS_0, σ_0^2を求める。 $\tau(\lambda) = S_0(\lambda - \lambda_0^2/\lambda^2)^2$</p>	波長 1258 ~ 1330nm 3.5ps/nm/km 以下
			波長 1550nm 18ps/nm/km 以下
カットオフ波長	JIS C 6825	<p>TP法(図1.(4) - 7参照)</p> <p>シングルモード光ファイバのカットオフ波長を$L P_{11}$モードの透過パワーから測定する。被測定光ファイバのサンプルは2mとする。半径140mmのマンドレルに被測定光ファイバを緩く巻き付け、最大の受光レベルとなるよう被測定光ファイバを励振器と検出器に接続する。出射光パワー$P_1(\lambda)$を波長を変えて、カットオフ波長よりも長い波長まで測定する。(a) 曲げ法: 半径30mmに緩く1ターン巻き付けて、同様に出射光パワー$P_2(\lambda)$を波長を変えて測定する。(b) マルチモード励振法: 1~2mのマルチモード光ファイバに変えて、各波長毎の出射光パワー$P_3(\lambda)$を測定する。 $A(\lambda) = -10\log_{10}(P_1(\lambda)/P_i(\lambda))$ ここで、$l=2$((a)のとき)又は3((b)のとき)</p>	1190 ~ 1330nm

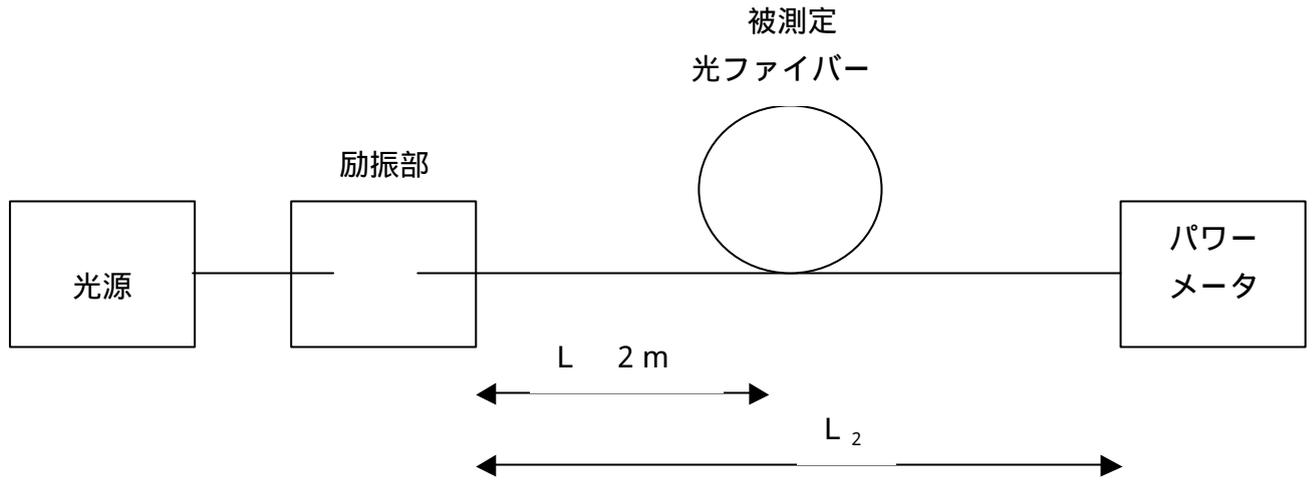


図1.(4) - 1 .カットバック法

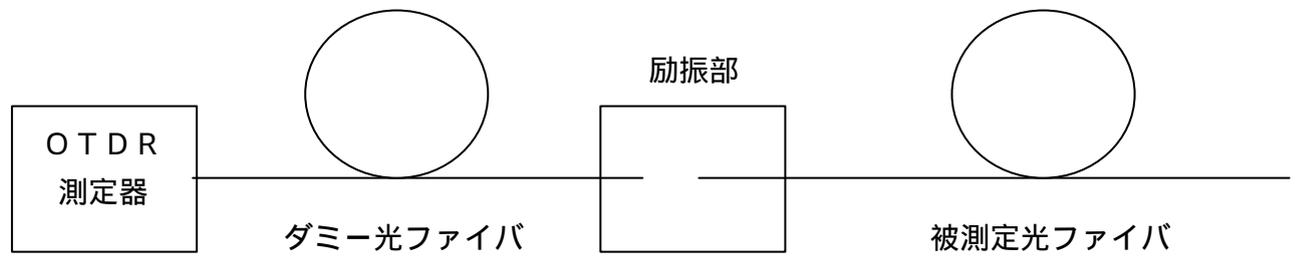


図1.(4) - 2 .後方散乱光法

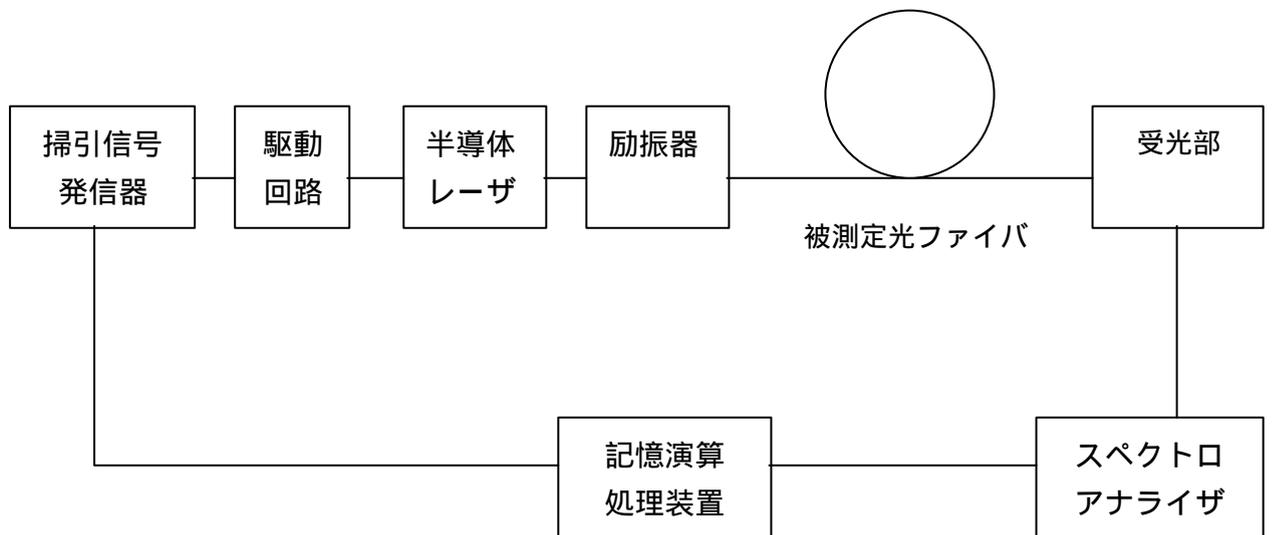


図1.(4) - 3 .周波数掃引法による帯域測定ブロック図

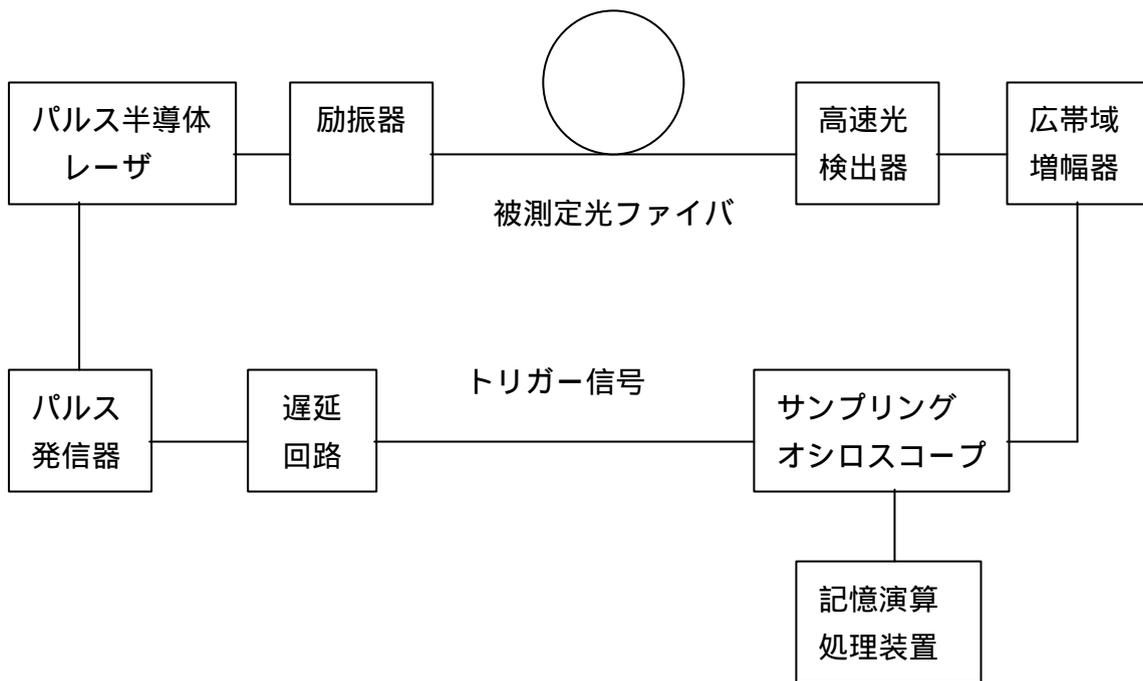


図 1 . (4) - 4 . 時間領域法による帯域測定ブロック図

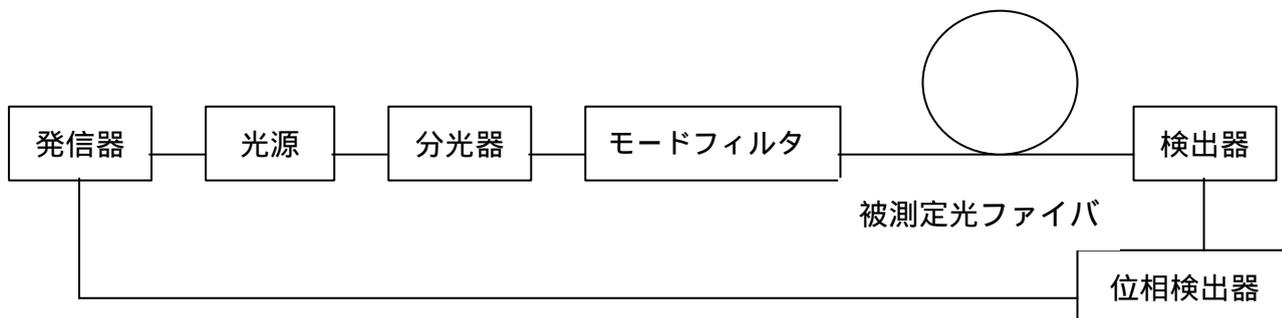


図 1 . (4) - 5 . 位相法

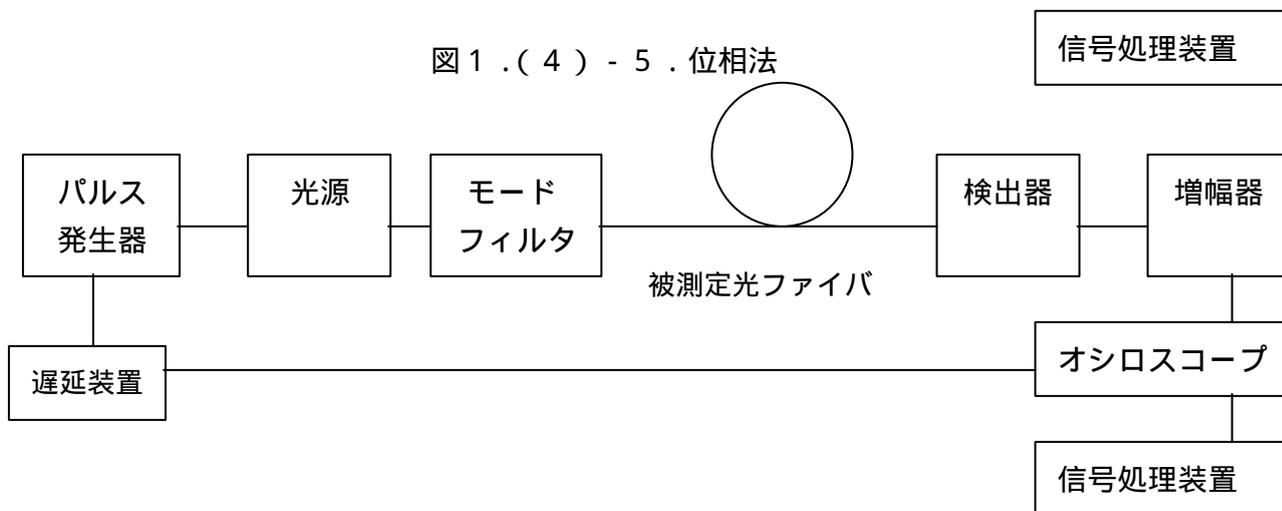


図 1 . (4) - 6 . LDパルス法

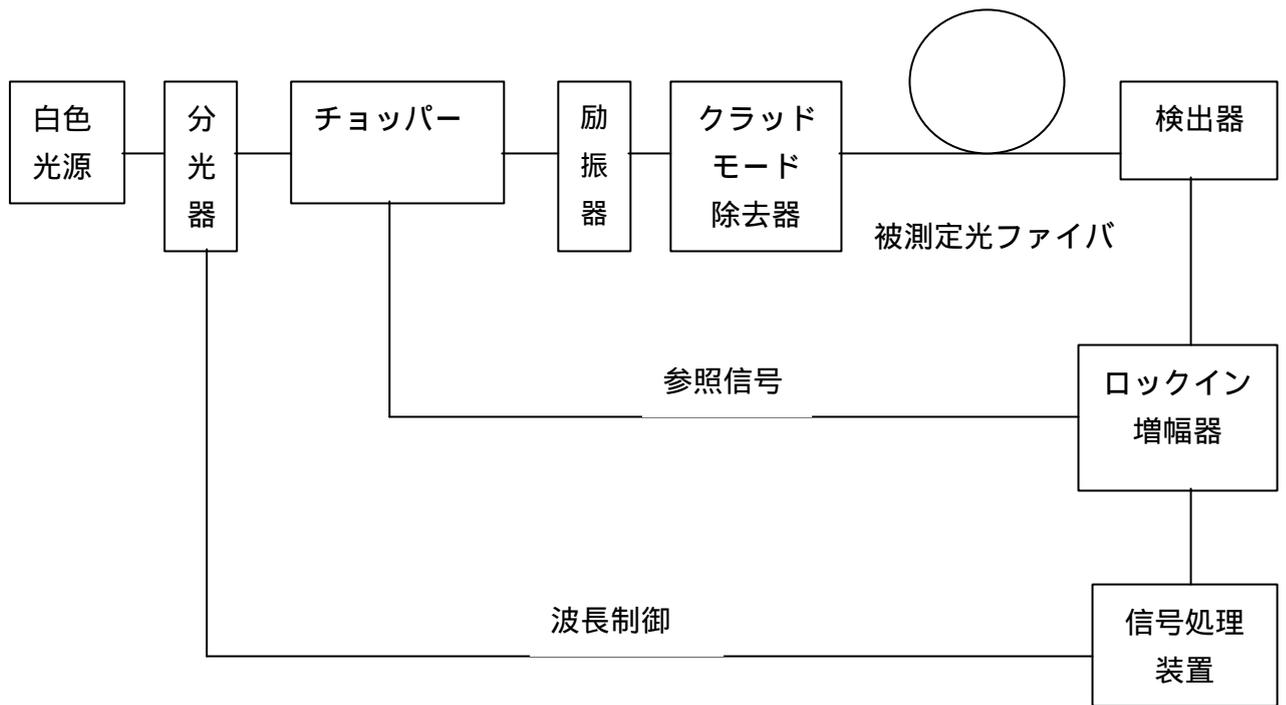


図1.(4) - 7 . TP法

1.(5) 燃焼特性

一般的に、電線・ケーブルの燃焼特性を分類すると、使用されている被覆材の材料としての燃焼特性と電線・ケーブルの完成品としての燃焼特性に分けることが出来る。使用されている被覆材が難燃であればあるほど電線・ケーブルとして難燃であることは確かだが、必ずしも比例関係にはなく、また、電線・ケーブルがどれほど燃えにくいという特性(この場合、延焼性と考えることが出来る)は電線・ケーブルの布設本数、布設環境(水平か垂直か、布設されている密度、トレイ上の布設がダクト内布設かなど)等によって大きく影響を受ける。

また、使用されている材料が燃焼によってどのような生成物を生じるかと言う点も燃焼特性の一つとして評価されるべきである。この場合、燃焼による発煙性、有害物質の生成などが対象となる。

このような状況に鑑み、燃焼特性に関しては様々な試験方法が提案され、現在も IEC 等で審議中の規格もある。

1.(5)-1. 電線・ケーブル及び光ファイバケーブル用被覆材の燃焼特性

電線・ケーブル用被覆材の燃焼特性評価方法は1.(4)に述べられているとおりであるが、主な被覆材料についてのデータを以下に示す。

難燃性に関するデータ

ア)酸素指数

材料において難燃性を評価する手法として最もよく使用されているのは酸素指数である。表1.(5)-1に電線・ケーブルによく使用されている材料のデータを示す。また、表1.(5)-2には電線・ケーブルの被覆材として使用している場合のデータ例を示す。

特に、ポリ塩化ビニルに関しては可塑剤を添加して使用していることから、可塑剤の添加による酸素指数変化に関するデータも調査した。その結果を表1.(5)-3に示す。また、酸素指数は高温になると低下すると言われており、そのデータを表1.(5)-4に示す。

表1.(5)-1. 電線・ケーブルによく使用されている材料の酸素指数

材料	酸素指数
ポリエチレン	17.4 ~ 17.5
ポリプロピレン	17.4
塩素化ポリエチレン	21.1
ポリテトラフルオロエチレン	95
ポリ塩化ビニル	45 ~ 49
ポリ塩化ビニリデン	60
ポリスチレン	18.1
ポリメチルメタクリレート	17.3
ポリアミド	29
ポリカーボネート	26 ~ 28
エポキシ樹脂	19.8

出典 : ポリマーの難燃化(西沢 仁、大成社)P54、表4・10

表 1 . (5) - 2 . 一般的な電線・ケーブル被覆材の酸素指数 (例)

材料	酸素指数
低密度ポリエチレン	17.8
高密度ポリエチレン	18.5
一般ビニル	25.3
ポリクロロブレン	30.3
クロロスルホン化ポリエチレン	45.9
EPゴム	21.5
シリコン樹脂	25
テトラフルオロエチレン エチレン共重合体	32.3
ポリテトラフルオロエチレン	70以上

出典 : ポリマーの難燃化(西沢 仁、大成社)P90、表 5・38

表 1 . (5) - 3 . 可塑剤の添加による酸素指数変化

材料	可塑剤の種類	可塑剤量 (phr)	塩素量 (%)	酸素指数
ポリ塩化ビニル	無し	0	57	42~49
ポリ塩化ビニル	DOP	60	36	22.2
ポリ塩化ビニル	"	80	32	21.1
ポリ塩化ビニル	"	90	30	19.2
ポリ塩化ビニル	DOP	40	32	21.6
	Dihexyl Phthalate	40		
ポリ塩化ビニル	DOP	40	32	21.6
	Butyl Benzyl Phthalate	40		

出典 : 電気絶縁材料技術(岩田 幸一他、トリケップス)P175、表 2

表 1 . (5) - 4 . 材料の温度による酸素指数変化例

材料	酸素指数		
	55.0	60.0	65.0
ポリエチレン	5.7	3.5	2.8
硬質ポリ塩化ビニル	11.5	10.7	10.7
軟質ポリ塩化ビニル	7.4	6.0	5.1
ポリプロピレン	7.4	4.8	3.9
ナイロン - 6	6.0	4.5	2.2
ナイロン - 66	4.8	4.2	3.1
ポリスチレン	10.2	4.5	3.2
ポリカーボネート	21以上	16.7	11.0

出典 : 三菱電線工業時報 昭和 62 年 10 月(加藤 寛)P81、Table13

イ) 発火温度と引火温度

材料の温度を上昇させて可燃性ガスを発生させ、これに口火を近づけた時に、その材料が炎を発して燃え始める現象を引火と言う。低温では発生する可燃性ガスの濃度が低く引火しない物質でも、温度を上げて行くと可燃性ガスの濃度が上昇し、やがてある温度で可燃性ガスの濃度が燃焼可能な濃度となり引火が起きる。この引火が発生する点を引火点(引火温度)と言う。

これに対し、明瞭な形で着火エネルギーを与えること無しに試料が発火する(自然発火する)温度を発火点(発火温度)と言う。電線・ケーブルに使用される主な材料に関する発火温度及び引火温度を表 1 . (5) - 5 に示す。

表 1.(5)- 5 . 電線・ケーブルに使用される主な材料の発火温度と引火温度

材料	発火温度 ()	引火温度 ()
ポリエチレン	349	341
ポリプロピレン	570	-
ポリ塩化ビニル	454	391
ポリスチレン	488 ~ 496	345 ~ 360
ポリアミド	424	421
ポリエステル樹脂	483 ~ 488	346 ~ 399
シリコン樹脂	550 ~ 564	490 ~ 527
ポリウレタン	416	310
ポリテトラフルオロエチレン	530	-

出典 : Flammability Handbook forPlastics(C.J.Hilado、TechnomicPub.)

ウ)材料の接炎難燃試験

材料が炎に曝された時にどの程度難燃性を保持できるかと言うことは非常に重要な特性である。この特性を評価するためにも種々の試験方法が考案されており、中でもUL-94 (Testing for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices & Appliances)による方法が有名である。UL-94 には HB、V-0、V-1、V-2、HBF、HF-1、HF-2、5V などの難燃グレードがあり、どのような機器に使用されるかによって、要求される難燃グレードが異なる。この場合、個々に配合を行って所定の難燃グレードに合格するようメーカーにおいて努力しているというのが実態である。一般的な材料についてUL-94 のどのグレードに適合する例があるかについて表 1.(5)- 6 に示す。

表 1.(5)- 6 . 主な電線・ケーブル用材料の UL-94 による評価結果例

材料	94HB	V-2	V-1	V-0
ポリプロピレン				
ポリ塩化ビニル	-	-		
ポリスチレン				
ポリアミド			-	
ポリエステル樹脂		-		
シリコン樹脂	-	-	-	
ポリカーボネート	-			
ポリイミド	-	-	-	

出典 :ポリマーの難燃化(西沢 仁、大成社)P252、表 7・9

エ)鉄道車輛用材料難燃性評価法

鉄道車輛に使用する製品に関しては難燃性材料の使用が義務づけられており、日本国有鉄道が民営化される前、その規格であった JRS において試験方法が規定されていた。その試験方法が JRS 17400-5A-15BR3A で電線・ケーブルも本法により難燃性以上のグレードであると認定された材料で被覆することが義務づけられていた。この場合も、メーカー各社が独自の被覆材配合を開発して受験しており、電線・ケーブル被覆材料ごとにどのグレードに該当するかと言ったデータは存在しない。表 1.(5)- 7 に一般的に鉄道車輛に使用されている材料の試験結果例を示す。

表 1.(5) - 7 . 車輛用材料の難燃性評価試験結果例

材料	重量 (g)	厚さ (mm)	加熱時間 (分)	燃焼性				排気温度 上昇 ()	減光 係数 (Cs)	滴下性		
				炎持続時間	火勢	焼損重量 (g)	焼損面積 (cm ²)				残炎	残じん
クロロブレン(電線用)	174.8	1.9	3.0	-	-	25.7	97	無し	無し	21	0.93	無し
架橋ポリエチレン(電線用)	134.3	2.0	3.0	-	-	7.4	94	無し	無し	21	0.50	無し
ポリ塩化ビニル(電線用)	131.1	2.0	3.0	-	-	10.8	109	無し	無し	28	1.31	無し
硬質ビニル電線管	368.8	5.5	3.0	2分52秒	こえない	5.3	80	無し	無し	16	0.15	無し
ポリカーボネート	240.0	4.3	3.0	2分25秒	-	3.6	8	無し	無し	25	0.05	有り
ポリウレタンフォーム	22.4	20.0	3.0	49秒	こえる	8.1	351	無し	無し	63	0.60	有り
FRP	359.6	23.2	3.0	2分52秒	こえる	11.6	162	無し	無し	27	1.16	無し
毛布	27.3	-	3.0	3分	こえる	4.9	276	無し	無し	24	0.38	無し

出典 :ポリマーの難燃化(西沢 仁、大成社)P252、表 7・10

発煙性に関するデータ

材料が燃焼する時、発する煙による視距離の減少は火災避難上最も重要な、関心のある事項である。この為に、種々の発煙性測定試験方法が提案されている。

ア) NBS スモークチャンバ

材料の発煙性評価においては、ほとんどの場合、光学的に測定する手法が採用されている。このうち最も有名な試験方法として NBS 法があり、発煙の強さを光学密度 (D)として表し、この値が大きければ大きいほど煙量が多いことを示している。NBS 法により測定した電線・ケーブル用材料の最大光学密度 (Dm)を表 1.(5) - 8及び 9に示す。

表 1.(5) - 8 .電線・ケーブル用材料の発煙性測定例 (1)

材料	Dm
低密度ポリエチレン	13
高密度ポリエチレン	39
ポリ塩化ビニル	720以上
ナイロン6	1
ナイロン66	10
ポリメチルメタアクリレート	2
ポリエチレンテレフタレート	350
ABS	720
ポリカーボネート	427
ポリスチレン	494

出典 :三菱電線工業時報(第 74 号) 昭和 62 年 10 月(加藤 寛)P92、Table35

表 1.(5) - 9 .電線・ケーブル用材料の発煙性測定例 (2)

材料	試料厚 (inch)	Dm
ポリエチレン	1/8	68
ポリエチレン(水和アルミナ60%充填)	3/16	75
ポリスチレン	1/8	660以上
ポリスチレン(水和アルミナ60%充填)	3/16	105
ポリカーボネート	-	162
ポリカーボネート(20%Br含有)	-	427
ポリカーボネート(23%Cl含有)	-	426

出典 :ポリマーの難燃化(西沢 仁、大成社)P257、表 7・15

イ) その他の発煙性測定試験法

発煙量の測定は難燃性測定の際に同時に行うものもあり、コーンカロリーメータによる測定や JIS A 1321 (建築物の内装材料及び工法の難燃性試験方法)、鉄道車輛用材料の難燃性測定においても燃焼中の煙量測定がされている。

有害物質の発生測定に関するデータ

電線・ケーブル用被覆材料の燃焼による有害物質発生測定に関しては3.章に詳述するのでここでは割愛する。

1.(5)-2.電線・ケーブルの燃焼特性

電線・ケーブルの製品としての燃焼においては、その延焼性に関する特性と燃焼中の耐電圧に関する特性の二つが課題となっている。延焼性に関しては、電線・ケーブル1本、1本を燃焼させてその燃焼継続を試験する方法もあるが、特にグループ化された電線・ケーブルの延焼性が関心を集めており、試験方法についてもいくつかの方法が提案されている。

電線・ケーブルの燃焼中における耐電圧保持は既に日本国内で消防用電線または耐火電線として広く実用化されている。

電線・ケーブル1本を燃焼させたときの延焼性

電線・ケーブルを1本で燃焼させたときの延焼性の試験方法としては試料を水平に保持する方法、斜めに保持する方法、垂直に保持する方法があり、試験としてはグループ化されたときに比べてかなり燃えにくく、被覆材がポリ塩化ビニル等のいわゆる難燃性を持つ材料であれば殆ど合格すると考えて良い。勿論、燃え難さという意味では試料を垂直に保持する方が水平に保持する方法より試験規格としては厳しい。

ア) JIS による方法

我が国の工業規格である JIS には電線・ケーブルに関する難燃性測定方法が規定されている。試験方法としては JIS C 3005(ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法)で、水平試験と傾斜試験(4.26 難燃、の中において、a)水平試験、b)傾斜試験)に分かれており、各製品の JIS において試験方法を参照し性能を規定することとされている。試験データの例を表1.(5)-10に示す。

表1.(5)-10. JISC 3005 における1条難燃試験測定例

材料名	試料番号	酸素指数	JIS C 3005 燃焼試験 炭化長	
			水平試験 (mm)	傾斜試験 (mm)
	1	28.5	33.0	50.0
	2	28.0	45.0	50.0
フッ素樹脂難燃材料	3	35.0	40.0	47.0
	4	27.5	-	-
	5	27.0	-	-
	6	27.0	-	-
低塩酸PVC	7	21.5	-	-
難燃PVC	8	-	40.0	60.0
架橋ポリエチレン	9	-	235.0	290.0

出典 :平成9年度 ANERI 委託研究試験結果報告

イ) IEC60332 による方法

IEC60332 の part 1(Test on a single vertical insulated wire or cable)及び part 2(Test on a single small vertical insulated copper wire or cable)において電線・ケーブルを1本燃

焼させた時の特性測定法が規定されている。どちらも電線・ケーブル1本に対する燃焼試験ではあるが part 2 では part 1 の方法で燃焼させた場合、着火炎により導体が溶融して試験にならないような細径の電線・ケーブル(単線導体では 0.4mm ~ 0.8mm、より線導体では 0.1mm² ~ 0.5mm²)について実施するものと規定されている。どちらの方法も試料を垂直に保持し、バーナーの炎を試料に対し斜めにあてる事となっている。表1.(5)-11に IEC60332-1 に基づいて各種電線・ケーブルを試験したときのデータ例をグループ化された場合とシース材料の酸素指数と共に示す。

表1.(5)-11. IEC60332-1 による1条燃焼試験データ例

電線・ケーブルの種類	試験方法	グループケーブル燃焼試験			1条ケーブル燃焼試験	酸素指数
		IEC60332-3	Category C	IEEE 383 (垂直トレイ)	IEC60332-1	IEC60332-3 Annex B
	試料番号	炭化長 (cm)	炭化長 (cm)	炭化長 (cm)	燃焼残長 (mm)	
3.6/6kV NH-CE	A	62	37	37	390	34.5
	B	250以上	57	69	395	34.0
	C	66	131	104	425	42.0
0.6/1kV NH-CE	D	70	70	65	400	34.5
	E	65	56	80	415	30.5
	F	66	250以上	180以上	410	30.0
NH-CEE	G	-	67	65	405	31.5
	H	-	60	71	410	33.5
	J	-	250以上	114	405	30.0
600V NH-IE	K	-	-	99	445	26.0
	L	-	-	50	430	29.0
	M	-	-	24	435	35.5
	規格値	250以下	250以下	180以下	50以上	-

出典:平成9年度「ノンハロゲン難燃電線・ケーブルの試験方法並びにケーブル規格の検討」成果報告書(新エネルギー・産業技術総合開発機構/(財)日本規格協会 委託研究、社団法人 電線総合技術センター)、P52、表 5.29

グループ化された電線・ケーブルを燃焼させたときの延焼性

グループ化された電線・ケーブルを燃焼させたときの燃焼性は、原子力発電所が活発に建設された1960年代にアメリカにおいて検討が始まった。その規格の先駆をなしたものは IEEE においてまとめられた垂直トレイ燃焼試験(IEEEstd. 383)で、この時点では一般的な電線・ケーブルは数分のうちに全焼し、難燃性を持つものは規定の20分を超えても全焼しないという程度の評価であった。その後、難燃性の研究が進み、燃焼性評価はどの程度の長さ燃焼するかという点(延焼性)に注目が移っていった。その後、IEEEstd. 383に代表される、いわゆる Open Tray から、燃焼試験としてはより厳しいダクト中での燃焼試験評価法が種々考案されるに至った。現在では多くの試験方法が規格化されているが、その中での代表的なデータを以下に示す。

ア IEC60332-3 による燃焼試験

表1.(5)-11にもグループ化された電線・ケーブルの燃焼性について IEC60332-3 によるデータを例示しているが、同じく難燃 CV ケーブルの燃焼性について比較を行った例を表1.(5)-12に示す。通常 Category B は Category C に比べて燃焼させる試料の電線・ケーブル本数が多く、同じケーブルの燃焼試験であれば、本数を増加させると燃焼し易くなると言われているが、ここでは逆の結果が得られている。これは密着

布設されていることが関係しているのではないかと報告書には述べられている。

表1.(5)-12.難燃 CVケーブルの IEC60332-3 による燃焼状況比較

			Category B			Category C		
			1層目ケーブル	2層目ケーブル	3層目ケーブル			
試験条件	ケーブル長さ			3.5m		3.5m		
	ケーブル総本数			52本		22本	規格値	
	各層本数		17本	17本	18本	22本		
	布設状況		密着垂直布設	密着垂直布設	密着垂直布設	密着垂直布設		
	燃焼時間			40分		20分		
試験結果	最大シース溶融長	(cm)	66	0	0	147	-	
	最大シース炭化長	(端)	(cm)	60	50	50	133	250未満
		(中央)	(cm)		40	0		
	最大シース灰化長	(cm)	30	0	0	105	-	
	最大導体露出長	(cm)	30	0	0	112	-	
	残炎時間			0秒		14分27秒	-	

出典 :需要家設備(主として電線路)の難燃・防火技術、電気学会技術報告第 640 号(需要家設備(主として電線路)の難燃・防火技術調査専門委員会、電気学会)P65、8.6 表、8.7 表

イ) UL1666によるライザー燃焼試験

ビル内の垂直シャフト(EPS)に多条布設される電線・ケーブルに関して延焼性を評価する試験方法が UL により提案されている。上記 i)項において IEC60332-3 の試験を行ったのと同じ電線・ケーブルを用いて UL1666 による燃焼性試験を実施した結果を表 1.(5)-13 に示す。

表1.(5)-13.難燃 CVケーブルの UL1666 による燃焼性試験結果

試験条件	ケーブル長さ		5.5m	
	ケーブル本数		29本	規格値
	布設状況		密着1列垂直布設	
	燃焼時間		30分	
試験結果	バーナーからの最高火炎高さ	(cm)	210	366以下
	バーナーからの最大シース溶融長	(cm)	222	
	バーナーからの最大シース炭化長	(cm)	203	
	バーナーからの最大シース灰化長	(cm)	183	
	バーナーからの最大導体露出長	(cm)	179	
	残炎時間		16分25秒	
	最高温度*	()	249.8	454.4以下

* 2階スロット部のケーブル表面から約140mmの測定点温度

出典 :需要家設備(主として電線路)の難燃・防火技術、電気学会技術報告第 640 号(需要家設備(主として電線路)の難燃・防火技術調査専門委員会、電気学会)P67、8.8 表、8.9 表

ウ)スタイナートンネル試験

グループ化された電線・ケーブルに関する燃焼性評価法のうち、最も厳しいと言われる評価法として UL910 に規定されたスタイナートンネル試験がある。この試験装置を持つ試験機関はアメリカ、カナダを中心に存在するが、現在、ラウンドロビテストによる電線・ケーブルに関する燃焼評価条件の調整が続けられている。このテストに参加しているのは全世界で 5 カ所 (アメリカで 2 箇所 (UL、ITS「Intertek Testing Services」)、イギリスで 2 箇所 (BRE「Building Research Establishment」、LPC「Loss Prevention Council」)、及び JECTEC の 5 箇所)となっている。上記 i)項において IEC60332-3 の試験を行ったのと同じ電線・ケーブルを用いて UL910 による燃焼性試

験を実施した結果を表1.(5)-14に示す。

表1.(5)-14.難燃 CV ケーブルの UL910 による燃焼性試験結果

試験条件	ケーブル長さ		7.32m		
	ケーブル本数		25本	規格値	
	布設状況		密着1列水平布設		
	温度測定点		バーナーから7.09m離れたケーブル表面近傍		
	燃焼時間		20分		
試験結果	最高火炎長	(m)	7.32以上	1.52未満	
	最大シース溶融長	(m)	7.32(ケーブル全長)	-	
	最大シース炭化長	(m)	7.32(ケーブル全長)	-	
	最大シース灰化長	(m)	7.32(ケーブル全長)	-	
	最大導体露出長	(m)	7.32(ケーブル全長)	-	
	残炎時間		13分16秒で全焼	-	
	最高温度	()	850	-	
	煙濃度	最大		5以上	0.5以下
		平均		1.776	0.15以下

出典 :需要家設備(主として電線路)の難燃・防火技術、電気学会技術報告第640号(需要家設備(主として電線路)の難燃・防火技術調査専門委員会、電気学会)P68、8.10表、8.11表

1.(6)用語の意味・定義

本項では電線・ケーブルに関する用語のうち、本研究において使用した製品、材料等に関し主なものをピックアップして、その意味・定義等について解説した。なお、ここに掲げる用語についてはWG委員の判断により抽出したものであり、特に掲載に関する基準を設けた訳ではない。

1.(6)-1.分類

ここに掲げた用語は次のような分類の中から選択した。

電線・ケーブル

ア)材料

イ)構造

ウ)難燃性

エ)有害物質発生量

オ)特性及び試験

光ファイバケーブル

1.(6)-2.用語及び定義

電線・ケーブル

ア)材 料

・PVC樹脂（ポリ塩化ビニル、塩化ビニル樹脂）

白色粉末で耐水性、耐アルコール性、耐濃酸性、耐アルカリ性である。粒子、粉末、溶液、ラテックスおよびペーストとして入手することも出来る。重合体自身は硬くて脆く加工が困難であるが可塑剤を加えると柔軟性を帯びる。電線用シース材、絶縁体のベースポリマーに使われている。

・塩化ビニル混和物（PVCコンパウンド）

PVC(Polyvinyl chloride)は単体では成形加工するときの加熱により熱分解してしまうため、PVCに安定剤その他の改質剤を加えて混和、混練、造粒などの工程を経てペレット状にしたもの。電線のシースや絶縁体に使用している。

・可塑剤

塩化ビニル混和物に添加されていて、塩化ビニル混和物の熔融温度或いは熔融粘度を低下させ、成形加工を容易とする。電線の使用温度範囲で、シースや絶縁体に柔軟性を始め、必要とする各種の性能を付与し、その性能を持続させる。フタル酸エステル系可塑剤としてDOPなどがある。

・安定剤

塩化ビニル混和物の熱および光劣化を制御する目的で添加される物質で塩化ビニル混和物に添加されている。発生塩酸を補足して不活性にし（塩酸受容体）、共役二重結合の発生を抑制し、あるいはこれに結合して安定な附加化合物を生成する。鉛

系安定剤の代表的なものに三塩基性硫酸鉛や二塩基性亜リン酸鉛などがある。近年では環境を考慮してCa - Zn系などの非鉛系安定剤も使用されている。

- ・加工助剤

ポリマーの成形加工機内の挙動はせん断変形による流動と加工機の内壁との抵抗によって影響を受ける。この加工に際して、熔融ポリマー（塩化ビニル混和物やエコマテリアル）とある程度の相溶性を有して流動性を増すと同時に、加工機の内部金属表面との摩擦抵抗を減少させて粘着を防ぎ、加工を容易にする化合物を滑剤あるいは加工助剤という。代表的なものにステアリン酸やステアリン酸バリウムがある。

- ・難燃剤

ポリエチレンのようなポリオレフィン系樹脂などは炭化水素よりなる有機物質であるから燃えやすく、また、塩化ビニル混和物も配合された可塑剤等により燃えやすい性質を持っているが、これを改良して燃えにくくする物質を難燃剤という。ハロゲン系、りん系や金属水酸化物などがあり、エコマテリアルには一般的に水酸化アルミニウムや水酸化マグネシウムなどの金属水酸化物が使用されている。

- ・ポリエチレン(PE : Polyethylene)

重合方法によって、密度、メルトインデックス、結晶化度、分岐度、架橋度、分子量、分子量分布などの性質を広い範囲に渡って調節することができる。電線・ケーブル用材料を始め、各種フィルム等広範囲に使用されている。

- ・LDPE (Low-density Polyethylene : 低密度ポリエチレン)

密度範囲約0.910～0.925のポリエチレンをいい、電線・ケーブルの絶縁体及びシースに使用されている。低密度ポリエチレンの分子はランダムに結合しているので、主鎖が枝分かれしている。この枝分かれが稠密な配列を妨げ、その結果として強靱で比較的柔軟性が付与される。

LDPEを絶縁体に使用している電線は75 での連続使用に耐える。

- ・架橋ポリエチレン(XLPE : Crosslinked Polyethylene)

ポリエチレンに橋架けを施し3次元構造とし、ゴム状弾性を持たせると共に耐熱性を向上させ、ポリエチレンが熱により、熔融するという弱点を補強したもの。

架橋ポリエチレンを絶縁体を使用した電線は90 の連続使用に耐えるので許容電流を高く設定することができる。

- ・難燃ポリエチレン混和物

ポリエチレンに難燃剤やその他改質剤を混和、混練、造粒してペレット化したもの。ハロゲンや鉛化合物を含まない材料もあり、近年エコマテリアルとして塩化ビニル混和物（PVCコンパウンド）の代替品として使用され始めている。

- ・PET (Polyethylene Terephthalate : ポリエチレンテレフタレート)
 ペットボトルの材料として良く知られている飽和ポリエステル樹脂の一種。主として繊維およびフィルムとして用いられるが、射出成型品としても用いられる。非常に硬く、耐摩耗性で寸法安定性が良く、耐薬品性で誘電特性も良い。電線・ケーブルでは押さえ巻きテープとして使用されている。
- ・PP (Polypropylene : ポリプロピレン)
 通常高結晶性で耐熱性、耐薬品性および誘電特性がよい。電線・ケーブルでは形状を丸く仕上げるための充実介在として使用している。
- ・ジュート
 黄麻 (シナノキ科の多年草) の茎の皮から取った繊維のことでポリプロピレンと同じく電線・ケーブルの充実介在として使用していたが、近年その使用量は減少しつつある。

イ)構造

- ・電気銅
 電線・ケーブルの導体に一般に使用される銅でタフピッチ銅ともいう。加工性が良く、機械特性や耐食性にも優れ、古くから製造されている。
- ・無酸素銅
 電気銅から酸素分と不純物を除去することによって導電率の向上と水素脆性を改善した銅。電気銅に比べて導電性、耐屈曲性に優れている。
- ・メッキ線
 銅線の耐食性を向上する目的で、すずや銀、ニッケルなどを一様に被覆した銅線。
- ・円形圧縮撚り線
 素線を同心円状に撚り合わせて、円形に圧縮成型された導体
- ・トリプレックス型ケーブル
 単心ケーブルを3本撚り合わせた構造をもつケーブル
- ・がい装
 電線・ケーブルの使用上機械的強度を補強する場合にシースの上にさらに設けた金属製の保護層。鋼体、鉄線、インターロック (S型がい装)、金属編組、防食層等がある。

- ・ 介在

線心を集合した仕上がり形状を丸くするために線心間の隙間を埋める目的で使用される材料。材料としては、ポリプロピレン(PP)紐、紙紐、ジュートなどがある。

- ・ 押さえテープ

より合わせた線心等がより崩れないように、または機械的、電氣的防護のために施すテープ。

ウ)難燃性

- ・ 酸素指数(OIもしくはLOI)

材料の難燃性を示す指標の一つ。所定の試験条件下において、材料が燃焼を持続するために必要な酸素と窒素の混合気体中の最低酸素濃度(容量%)の数値である。この数値が大きいほど難燃性が高いことになる。

JIS K 7201、ISO 4589、ASTM D 2863、IEC 60332-3 Annex B

- ・ UL94 (Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances)

プラスチック材料の燃焼性試験方法の一つ。短冊状の試料を用い、水平燃焼試験による 94HB、垂直燃焼試験による 94V-0、94V-1、94V-2などの難燃区分がある。

- ・ コーンカロリメータ

材料の総合的な燃焼特性を評価することができる試験装置。発熱量、発煙量、重量変化など多くの燃焼特性の経時変化を、同時に測定できることに特徴がある。また、燃焼生成ガス中のCO、CO₂などのガス分析も可能である。加熱源はコーン型の電熱ヒータである。

ISO 5660、ASTM E 1354、NFPA 264A

- ・ IEC 60332-3 (Tests on electric cables under fire conditions Part 3: Tests on bunched wires and cables)

グループケーブルの燃焼試験方法の一つ。幅500mm(または800mm)の垂直トレイに長さ3.5mの電線・ケーブルを所定の本数取り付け、リボンバーナで加熱し、延焼距離を測定する。ケーブル取り付け本数(可燃物の量)および燃焼時間(20または40分)の違いにより、カテゴリーA、B、Cに分かれている。

- ・ IEEE 383 (Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations)

原子力発電所用ケーブルなどの規格。この中にグループケーブルの燃焼試験方法が規定されている。幅305mmの垂直トレイに長さ2.4mのケーブルを所定の本数取り付け、リボンバーナで20分間加熱し、延焼距離を測定する。類似の試験規格にJISC 3521、JCS第397号A、UL 1581-1160などがあり、一般に「垂直トレイ燃焼試験」と呼

ばれている。

- ・ UL 910 (Test for Flame-Propagation and Smoke-Density Values for Electrical and Optical-Fiber Cables Used in Spaces Transporting Environmental Air)

グループケーブルの燃焼試験方法の一つ。幅286mmの水平トレイに長さ7.32mのケーブルを密接させて取り付けメタンガスバーナで加熱し、炎の到達距離および煙濃度を測定する。試験装置は「スタイナートンネル」と呼ばれている。

- ・ 3mキューブ試験

ケーブルの発煙性試験方法の一つ。3m×3m×3mの密閉された部屋の中で、長さ1mのケーブルを所定の本数、アルコールを火源として、40分間燃焼させ、光の透過率を指標に発煙性を評価する。

IEC 61034、BS 7622

- ・ NBSスモークチャンバー

材料の発煙性試験装置の一つ。914mm×610mm×914mmの密閉されたチャンバーで、電熱ヒータを熱源として、シート状の試料を20分間加熱し、光の透過率から発煙濃度を測定できるようになっている。NBS(National Bureau of Standard:現NIST)により開発された。

JCS第397号A、ASTM E 1354、NFPA 258

工) 有害物質発生量

- ・ 原子吸光分析

JIS K 0215 分析化学用語(分析機器部門)。原子吸光光度計(分析対象元素を炎、電気加熱、化学反応などによって原子化し、その原子蒸気による光の吸収を測定する装置)を用いて物質中の特定元素を分析する方法

- ・ ダイオキシン(ポリクロロジベンゾ - パラ - ジオキシン)

ベンゼン環2個を2個の酸素原子で結合させた構造を持つ物質、一般的には塩素原子4個が2、3、7、8、の位置に結合したもの(2,3,7,8-TCDD)が最も毒性が強いと言われている。この融点は305、分解温度は700以上と言われており物質としては非常に安定である。

- ・ TEQ

Toxic Equivalentの略称、毒性等量と呼ばれる。

- ・ ハロゲン

ハロゲン属元素。周期律表第 Ⅶ族元素のうち、 fluorine、chlorine、bromine、iodine、astatineの5元素を総称してハロゲン属元素と呼ぶ。金属元素と結合して典型的な塩をつく

る。有機化合物ではハロゲン属元素を混入することにより、炭素や水素が酸素と結合する(燃焼する)のを防ぐことが出来るとして電線・ケーブルの被覆材を難燃化する際に良く用いられた。最近では、ハロゲンの存在により燃焼時に有害物質を多く発生する可能性があるとして、電線・ケーブル被覆材のいわゆるエコマテリアル化が進んでいる。

- ・ NOx：窒素酸化物

窒素酸化物には多くの種類があるが総称してNOxと呼んでいる。一般に大気汚染上、問題となるのは二酸化窒素(NO₂)及び一酸化窒素(NO)であると言われている。工場や自動車の排気として出てきた直後には、その殆どはNOの形であると考えられるが、空気中に拡散されて希釈されて行く途中で徐々に酸化されてNO₂に変化して行くと言われている。

- ・ SOx：硫黄酸化物

一般に硫黄酸化物は化石燃料の燃焼によりその中に含まれる硫黄が燃焼して発生する事が多い。他にも硫酸の製造時に発生する場合や火山ガスにも含まれていて問題となる地域もある。化石燃料の燃焼中に発生するSOxにおいては脱硫した燃料の使用により、発生を抑制できることから火力発電所などでは広く使用されている。燃焼においては大部分がSO₂(亜硫酸ガス)の形で排出されていると言われているが、一部は硫酸ミストや硫酸塩の形で排出されていると言われている。

- ・ エコマテリアル：環境調和型材料

環境負荷が少ない材料の意味でよく使用される。ecology(調和のとれた体系)若しくはeco(生態学)とmaterialの合成語と考えられる。

- ・ エコマテリアルケーブル

環境調和型材料を使用した電線・ケーブル。エコマテリアルを被覆材料として使用した電線・ケーブル。最近、社団法人 日本電線工業会により規格化が進んでいる。エコケーブルの場合、被覆材料としてポリエチレンをベースとした材料を使用していることから記号としてEM-CEE、EM-CEと言った記号となる。ここで、EMIはエコマテリアル電線・ケーブルであることを示す。EM-CEEの場合、EM-の次に来るCは制御用に使用される電線・ケーブルであることを表し、次のEがポリエチレン絶縁体を、二番目のEはポリエチレンシース(保護層)であることを示す。EM-CEの場合、EM-の次に来るCは絶縁体に架橋ポリエチレンを使用していることを示し、次のEがシース(保護層)にポリエチレンを使用していることを示す。

オ)特性及び試験

- ・ 熱伝導率

熱の伝わる方向に垂直にとった等温平面を通して単位時間に垂直に流れる熱量とこの方向の温度勾配との比を熱伝導率と言う。熱伝導率は温度によって変化する。

電力ケーブルの電流容量等を計算する場合に熱伝導率が必要となる。

- ・熱膨張係数

一定圧力下において、熱による物体の長さまたは体積膨張の割合を言う。体積変化を示す体膨張率と長さ変化を示す線膨張がある。体膨張率は全く等方向な材料の場合、線膨張の3倍であるが、高分子材料は異方向性のためこれには当てはまらない。電力ケーブルの構造・寸法を設計する場合の計算この値を用いる。

- ・比熱

単位重量の物質の温度を単位温度上昇させるために必要な熱量を言う。一般的には物質1グラムの温度を1 上昇させるために要する熱量を示す。電力ケーブルの場合、放熱計算等に用いる。

- ・熱変形温度

プラスチックを一定荷重において、一定速度で温度を上昇させたとき所定の変形を示す温度を言う。一般的にはASTM に準拠した試験方法で行われることが多い。電力ケーブルの場合、使用可能な温度を求める目安となる。

- ・加熱劣化

所定の熱を加え高分子材料の特性が低下し、元の状態に戻らない変化を言う。電線・ケーブルの場合、高分子材料が耐熱寿命特性を示す。熱劣化試験方法は、引張り試験が比較的簡単なためよく用いられる。

- ・熱応力亀裂

高分子材料に所定の熱と応力を与え表面または内部に亀裂が発生する現象を言う。電線・ケーブルは土中に直接埋め込まれることがある。この場合、土中の水、薬品等により外被材料が劣化促進される。これを模擬した試験が熱応力亀裂試験である。

- ・絶縁性能

- a. 体積抵抗率

物質の電気抵抗を比較するために $1 \times 1 \times 1$ cmの立方体物質において相対する 1×1 cmの面を極とした場合の電気抵抗を言う。おおよそ $10^8 \cdot \text{cm}$ 以上が絶縁物と総称されている。

- b. 誘電率

コンデンサの極板間に絶縁物を入れると電気容量が増加する。真空の場合の静電容量を C_0 、誘電体の静電容量を C とした時 C/C_0 をその誘電体の誘電率と云う。一般の誘電体では1よりも大きい数値を示す。

c. 誘電損

誘電体に交流電圧を加えると、電流と電圧の位相差角にずれが生じ、エネルギーが熱に変わる。この時誘電体内で生じるエネルギー損失を誘電損と言う。

光ケ - ブル

- ・ ITU-T

International Telecommunication Union

(-T: Telecommunication Standardization Sector/電気通信標準化部門)

- ・ IEC

International Electrotechnical Commission

- ・ コア

マルチモード光ファイバにおける主に光の伝搬する部分。コア領域の定義: $n_3 = n_2 + k(n_1 - n_2)$ 、 n_1 =コアの最大屈折率、 n_2 =クラッドの屈折率。通常マルチモード光ファイバでは $k=0.05$

- ・ クラッド

コアを取り囲む部分で、コア領域より低屈折率

- ・ モードフィールド径

シングルモード(SM)光ファイバにおける光の伝搬する部分。大部分はコアに集中するが一部はクラッド中も伝搬する。

- ・ 開口数(NA)

接続損失、ファイバと光源の結合効率、遅延時間差などの伝送特性に関するパラメータのひとつ

- ・ 帯域

信号がどの程度の周波数まで歪み無く伝送できるかの目安を与える。

- ・ 分散

光ファイバに入射したパルス波が光ファイバを伝搬中に歪む現象

- ・ カットオフ波長

波長を短い波長から長い方へ変化させたとき、ある波長以上で一つのモードしか伝搬できなくなる境目の波長。

- ・ 光損失(光伝送損失)

光ファイバの片端から入射した光の、反対端での光パワーの減少程度を表す。単位

長さL当たりの光損失は次式で算出される。 $f = -(10/L)\log(P_2/P_1)$ [dB/km]

- ・ 結合効率

光源から光ファイバや導波路部品などに光を入射するとき、出射光パワーを P_1 、入射パワーを P_2 とすると P_2/P_1 が結合効率と言われる。 $-10\log(P_2/P_1)$ を結合損失と言う。

- ・ ゼロ分散波長

シングルモード光ファイバで波長分散が零となる波長。光通信では光パルス列の伝送により情報伝達されるが、パルスは単一の波長でないためファイバの適切な設計により分散を零にする。

- ・ 導波モード

光ファイバのコア内を伝搬する光で、外に向かう光パワーの流れがなく、コアに閉じこめられて伝搬するモード。

- ・ モード分布

あるモードを基準としたとき、他の各モードが運ぶ光パワーの大きさの様子を表したものをモード分布という。

- ・ ワイブル分布

ガラスファイバ(光ファイバ)の破断強度には統計的にばらつきが存在する。このばらつきの程度が正規分布より適したものとしてワイブル分布が使用される。

- ・ スクリーニング

保証試験(proof test)とも言う。光ファイバの製造中や後に一定の伸び歪みを一定時間加え、ある強度以下の欠陥の存在する低強度部分を破断させて取り除くこと。

- ・ VAD法

気相軸付け法と呼ばれる。光ファイバ母材を軸方向に連続的に作製する方法。日本で量産技術として確立されている。

- ・ 内付けCVD法

SiCl_4 や GeCl_4 などの原料ガスを、サポート管と呼ばれる石英管中に供給し、石英管を回転しながら左右に移動させる火炎で加熱し、管内壁に石英酸化物微粒子を堆積と焼結透明化を行う。始めにクラッド部分、次いでコア部分を作製するガラスロッド作製方法。

- ・ プリフォーム

VAD,MCVD法等で作製された、コアおよびクラッドからなるガラスロッドの総称。

- ・線引き
光ファイバ製造における一工程。種々の方法で作製したプリフォームロッドを軟化点以上に加熱して引き落とし、所定径のファイバをつくる工程。
- ・プラスチッククラッド光ファイバ(PCF、H-PCF)
石英ガラスをコアとし屈折率が石英より低いシリコンゴムなどのプラスチックをクラッドとしたステップインデックス型光ファイバ。近年、クラッド部を高硬度ふっ化アクリレート等で構成したハードプラスチッククラッド光ファイバも実用化されている。
- ・オールプラスチック光ファイバ(POFまたはAPF)
コアとクラッド両方をプラスチックで構成した光ファイバ
- ・シングルモード光ファイバ(SM型)
伝送可能な伝搬モードの数が一つだけの光ファイバ。これに対応して多数のモードによる光信号の伝搬を行う光ファイバをマルチモード型光ファイバ(MM)と呼ぶ。
- ・マルチモード光ファイバ(MM型)
複数個のモードが伝搬可能な光ファイバ。GI型、SI型がある。
- ・分散シフトファイバ
1.55 μm 帯で零分散となる特性の光ファイバ
- ・多成分ファイバ
 SiO_2 を主成分とし Na_2O 、 B_2O_3 、 K_2O などの酸化物を適量配合した光ファイバ
- ・石英光ファイバ
 SiO_2 を母体とし、ドーパントの含有量によってコア及びクラッドの屈折率分布を制御した光ファイバ
- ・フッ化物ファイバ
フッ物ガラスで構成された光ファイバで、主に2～10 μm の波長における用途目的に開発されている。超低損失の光ファイバとなる可能性をもつ
- ・分散シフトファイバ
石英ファイバは材質面で1.55 μm 帯が最小伝送損失となり、この波長帯で零分散にすれば中継距離を一層延ばすことができる。1.55 μm 帯で零分散となる光ファイバを1.3 μm 帯光ファイバに対比させ分散がシフトしていることから分散シフトファイバと呼ぶ

- ・ハーメチックコート光ファイバ
光ファイバの機械的強度や損失を長期間一定に維持するため、ガラス表面にSiC、TiC、C等の無機材料をコーティングし、外部からの水や水素の拡散を防止した光ファイバ
- ・メタルコート光ファイバ
ガラスファイバの表面にNi、Cu、Au等の金属層をコーティングした光ファイバ。耐熱性の向上、通電や半田付けが可能となり、耐環境性や電子回路用として期待されている
- ・希土類ドープ光ファイバ
エルビウムドープ光ファイバに代表され、他にPrドープフッ化物光ファイバもある。主として通信用の信号を増幅するための光ファイバ増幅器として実用化されている
- ・光ファイバケーブル
光ファイバを通信伝送路として使用したケーブルの総称。従来の銅ケーブルと比較すると、無誘導、細径、軽量、低損失、高帯域といった長所がある
- ・光ファイバ心線
ガラスファイバ表面上に機械的保護のため、プラスチック層を被覆したものでケーブルコアや配線に使用される最小単位の形状。ナイロン心線、UV心線等がある
- ・リボンファイバ(テープ心線)
光ファイバ心線を複数整列し、さらにUV樹脂などでテープ状に一体化した多心光ファイバ心線。テープ心線ともいう
- ・ルース構造
光ファイバ素線、心線をパイプに通した構造で、パイプ内部には油や抗張力繊維等があり、側圧、引張特性を持たせたり、長手方向の収縮を隙間によって吸収する特徴がある
- ・タイト構造
ルース構造に対して、素線、心線、ユニット等が隙間無く構成され、外被が施されている。取り扱いが従来の銅ケーブルのようにできる長所がある
- ・スロット型ケーブル
テンションメンバに被覆したプラスチック(通常PE)に溝(スロット)を設け、その中に光ファイバ心線を収容して外被をかぶせた構造のケーブル

- ・マイクロバンド
 - 光ファイバでは曲がりがあると伝送損失増加する。曲がりの変位がコア、モードフィールド径に比べ小さいような状態をいう
- ・光コード
 - 通常、光ファイバ心線周囲に抗張力繊維を施し、さらにPVC等を被覆補強し、光ファイバの機械特性を向上させハンドリングし易くしたもの
- ・中継光ケーブル
 - 市外の電話局間及び市内の電話局間を結ぶ中継系光ケーブルの総称。経済性を考慮して4心テープ心線のスロット型ケーブルで、高密度な光ケーブル構造となっている
- ・加入者光ケーブル
 - 電話局と加入者(各家庭やオフィスビル内の電話等)を結ぶ通信システム系で使用される光ケーブルの総称。この部分では種々の線路形態があり、これに応じた各種光ケーブルが使用される
- ・スプライス
 - コネクタ接続のように脱着できる接続に対し、融着接続、メカニカル接続などの脱着できない永久接続をスプライスという。主にマンホール、とう道、柱上の接続に使用される
- ・融着接続
 - 光ファイバの突き合わせ面を加熱し、熔融一体化させる光ファイバ接続方法。最も低損失な接続方法
- ・メカニカルスプライス
 - 突き合わせ接続のひとつ。光ファイバの軸合わせ用部品、突き合わせ部の固定部品からなり、突き合わせ部を機械的に保持固定する方法
- ・端面研磨
 - 光ファイバの端面が粗かったり、傷があると光の反射、散乱を生じ、接続損失が大きくなったり、反射光が光源内へ戻り悪影響を及ぼすため、斜め研磨、球面研磨とうが施される
- ・屈折率接合剤
 - 光ファイバ同士の接続で、端面間に空気層があると屈折率差で反射や損失増が生じるため、屈折率をコアに合わせる用にしたシリコンオイルが使用される

- ・ 屈折率ニアフィールド法
 屈折率分布に関する測定法のひとつ。コア内から屈折して光ファイバの外に出る光の量から光ファイバの屈折率分布を測定する方法
- ・ NFP法
 ニアフィールド領域におけるフィールド分布をニアフィールドパターンといわれ、SM光ファイバのモードフィールド径、MM型光ファイバの屈折率分布に関する測定法のひとつ
- ・ FFP法
 ファーフィールド領域におけるフィールド分布をファーフィールドパターンといわれ、SM型光ファイバのモードフィールド径の測定、MM型光ファイバのNA測定などに使用される
- ・ TF法
 光ファイバ内を伝搬してきた光の電磁界分布を測定する方法の総称
- ・ TP法
 光ファイバ内を伝搬してきた光パワーを測定する方法。カットオフ波長の測定に適用される。曲げ法及びマルチモード励振法がTP法に属する
- ・ 曲げ法
 カットオフ波長測定法のひとつ
- ・ カットバック法
 光損失測定法のひとつ。光ファイバに光を入射し、透過光のパワー P_1 を測定、次に入射端から1～2mのところまで光ファイバを切断して P_0 を測定。 $\alpha = -10\log(P_1/P_0)$ [dB]
- ・ 後方散乱法
 光ファイバ中を伝搬している光パルスから光の一部が入射端に戻ってくる減少を利用して光ファイバの評価を行う方法。反射光、散乱光が戻る様子を時間領域で調べる技術をOTDR(Optical Time Domain Reflectometry)という
- ・ 位相法
 石英系SM型光ファイバの全分散に関する測定方法のひとつ。RF信号によって変調されたLD光源信号が光ファイバ中を伝搬したとき、その位相変化測定から遅延時間と全分散を算出する方法
- ・ 周波数掃引法
 石英系MM型光ファイバの帯域測定法のひとつ。RF信号で変調された光信号を光

ファイバ中に伝搬させ、その振幅変化から帯域を測定する方法

- ・光導波路

光波を一定断面内に閉じこめ、長手方向に低損失で伝搬させる機能を持つ伝送路で、通常は屈折率が周囲より高いコアと屈折率のより低いクラッドからなる

- ・波長分割多重

複数の伝達したい信号に異なった波長を割り当て、一本の伝送路で複数の信号を伝送する方式

2. 燃焼特性データの測定収集

燃焼特性データは電線・ケーブルが火災に遭遇したとき、焼却処分されるとき等において必要となると考えられ、特に燃焼時有害物質の発生、熱量の放出などのデータが重要と考えられる。電線・ケーブルが実際使用されたときにどのような延焼特性を持つかについては、既に1.(5)項等でデータが示されている。しかし、燃焼中の有害物質の発生や発生熱量の時間特性などに関する燃焼特性については公表されているデータが十分ではないことから、実際に電線・ケーブルを試作しデータを測定収集した。ここでは原子吸光分析装置による電線・ケーブル被覆材中の元素分析、コーンカロリメータによる燃焼特性の把握、燃焼時のダイオキシン発生について測定収集したデータを報告する。

2.(1)燃焼特性データの測定収集

測定用試料の試作

燃焼特性データの測定収集を行う場合、材料特性として電線・ケーブル被覆材のプレスシートを燃焼させ測定する方法が考えられる。しかし、この方法では電線・ケーブルの完成品としての特性をとることが出来ず、実用のデータとしては不向きであると考えられたことから、実際に電線・ケーブルを試作することとした。試作する電線・ケーブルは、次章において検討のライフサイクルインベントリーと整合をとるため、出来るだけ同一のタイプとした。試作した電線・ケーブルの仕様を表2.(1)-1~3に、構造を図2.(1)-1~3に示す。

表2.(1)-1. 燃焼特性測定用試作メタルケーブルの仕様

ケーブル種類		600V 架橋ポリエチレン絶縁 ビニルシース トリプレックス型電力ケーブル	600V 架橋ポリエチレン絶縁 耐燃性ポリエチレンシース トリプレックス型電力ケーブル	制御用 ビニル絶縁 ピニルシースケーブル	制御用 ポリエチレン絶縁 耐燃性ポリエチレンシースケーブル
ケーブル記号		600V CVT	600V EM-CET	CVV	EM-CEE
線心数	(心)	3	3	4	4
サイズ	(mm ²)	8	8	2	2
導体	材質	-	軟銅線	軟銅線	軟銅線
	構成 (本/mm)	-	円形圧縮	円形圧縮	7/0.6
絶縁体	外径 (mm)	3.4	3.4	1.8	1.8
	材質	-	架橋ポリエチレン	塩化ビニル混和物	ポリエチレン
撚り合わせ	厚さ (mm)	1.0	1.0	0.8	0.8
	外径(約)	-	-	8.4	8.4
シース	材質	-	塩化ビニル混和物	塩化ビニル混和物	耐燃性ポリエチレン
	厚さ (mm)	1.5	1.5	1.5	1.5
線心外径 (約)	(mm)	8.4	8.4	-	-
撚り合わせ 外径(約)	(mm)	18.1	18.1	-	-
仕上外径 (mm)	(mm)	18.1	18.1	12.0	12.0
概算質量 (kg/km)	(kg/km)	413	367	200	160
断面構造		図2.(1)-1	図2.(1)-1	図2.(1)-2	図2.(1)-2

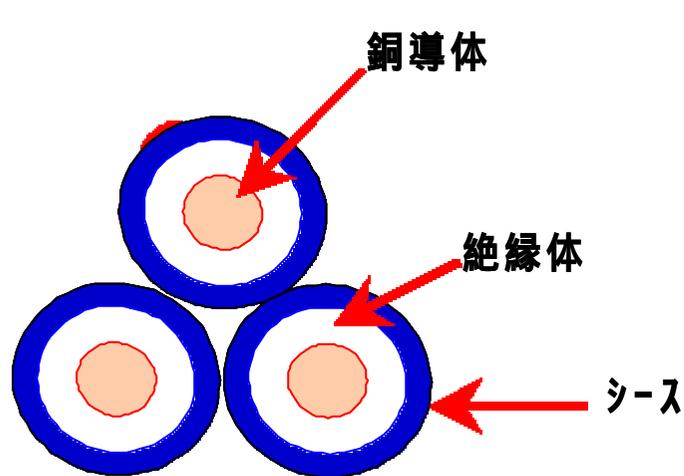


図2.(1)-1 .600V CVT、600V EM-CET 構造図

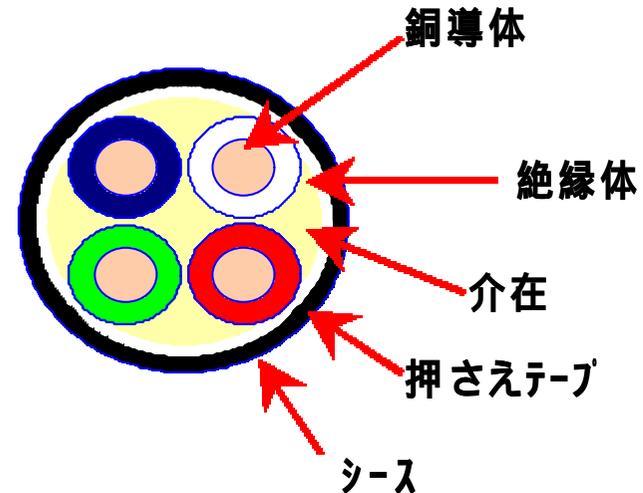


図2.(1)-2 .CVV、EM-CEE 構造図

表2.(1)-2 . 燃焼特性測定用試作光ケーブルの仕様

ケーブル種類			シングルモード 防水型光ケーブル	シングルモード 防水型難燃光ケーブル
線心数		(心)	40	40
ケーブルタイプ			スペーサ型	スペーサ型
コア	材質	-	石英ガラス	石英ガラス
	モードフィールド径	(μm)	8.28 ~ 10.12	8.28 ~ 10.12
クラッド	材質	-	石英ガラス	石英ガラス
	クラッド径	(μm)	125 ± 1	125 ± 1
被覆	材質	-	紫外線硬化型樹脂	紫外線硬化型樹脂
	外径	(mm)	0.25 ± 0.02	0.25 ± 0.02
テープ心線	タイプ	-	4心テープ	4心テープ
	標準短径	(mm)	0.3	0.3
	標準長径	(mm)	1.1	1.1
	テープ枚数	(枚)	10	10
被覆	材質		ポリエチレン	耐燃ポリエチレン混和物
	厚さ(約)	(mm)	1.7	2.0
基準仕上外径		(mm)	10.5	11.5
概算質量		(kg/km)	0.10	0.14
断面構造			図2.(1)-3	図2.(1)-3

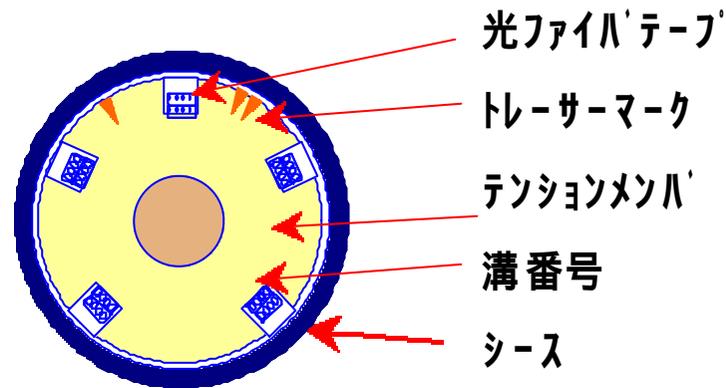


図2.(1)-3 .40心SM光ケーブル及び難燃光ケーブル構造図

2.(2)原子吸光分析

2.(2)-1.原子吸光分析

原子吸光分析の原理

原子の蒸気層が空間中にあるとき、これに適当な波長の光を透過させると、基底状態にある原子が光を吸収する。試料を何らかの方法で原子化し、原子蒸気を作り、励起波長の光を透過させると、原子蒸気中の原子の数に応じて吸光が起こる。この吸光度から試料濃度を求める。

原子吸光分析の役割

原子吸光分析の役割は、一般に被測定試料中の特定元素の定性およびその濃度の定量である。測定可能な特定元素として44種を挙げることが出来るが、その多くは金属元素であり、水素、炭素、酸素、窒素、イオウ、ハロゲン元素は分析できない。本研究においては、電線・ケーブルの被覆材に含まれる金属元素の定量に適用した。

2.(2)-2.原子吸光分析装置の概要

装置の概要

原子吸光分析装置は、光源部、試料原子化部、分光部・測光部からなり、単光束型と複光束型がある。図2.(2)-1に単光束型についての概念図を示す。

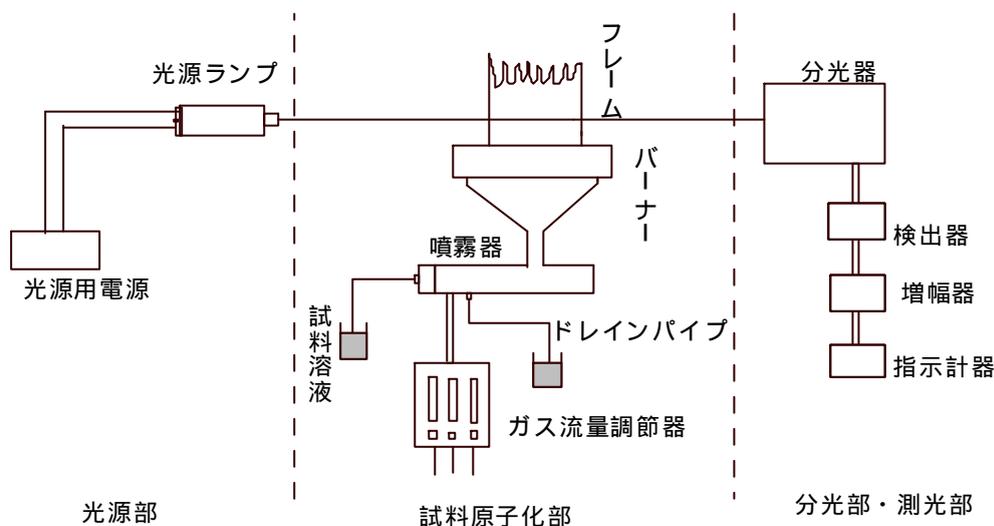


図2.(2)-1.原子吸光分析装置の概念図

動作原理

光源を出た光は、分析すべき目的元素の原子蒸気を含むフレームで吸光を受け、分光器に入る。分光器で分析線のみを取り出し、検出器、増幅器を経て指示計器に信号を送る。試料溶液は噴霧器で霧状にされてバーナーヘッドに導かれる。試料はフレーム中で原子化されて光源からきた光を吸収する。

原子吸光分析装置の各部のあらましを表2.(2)-1に示す。

表2.(2)-1.原子吸光分析装置の構成

光源部	一般に中空陰極ランプ (Hollow Cathode Lamp)が用いられる
試料原子化部	フレム法とフレムス法があり、フレム法が一般に用いられる フレムス法はグラファイトファーネスを用い、高い分析精度が得られる
分光部・測光部	可視・紫外分光光度計のそれと同じ

2.(2)-3.購入した原子吸光分析装置の仕様

数社の原子吸光分析装置の比較調査を行い、島津製作所の製品を購入した。

図2.(2)-2.に原子吸光分析装置の設置状況の写真を示す。表2.(2)-2.に原子吸光分析装置の仕様を示す。



図2.(2)-2.原子吸光分析装置の設置状況

表 2.(2)- 2 . 原子吸光分析装置の概略仕様

型 式	島津製作所 AA-6800フルシステム(フレーム&ファーンレス)
分光器	測定波長範囲 :190 ~ 900 nm バンド幅 :0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0nm(6段階自動切り換え)
ランプ	装着数 :8本、同時点灯 :2本(1本予備点灯) 測光方式 :高速自己反転、高速2周波数同時 点灯モード:EMISSION、NON-BGC、BGC-SR、BGC-D2、D2 購入ランプ :14元素(Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Cd、Sn、Sb、Ba、Pb)
フレーム アトマイザ	空冷プレミックス型 バーナーヘッド 純チタン製 ネブライザ :Pt-Ir キャピラリ、テフロン製オリフィス、 セラミック製インパクトビード一体型、フッ素酸使用可能 ガス制御部 :自動流量設定、最適ガス流量自動サーチ
ファーンレス アトマイザ	加熱温度範囲 :室温 ~ 3000 加熱制御方式 :乾燥 :電流制御方式、 灰化、原子化 :光温度制御方式
オートサンブラ	原点検出機能、自動洗浄機能、自己診断機能、ランダムアクセス
データ処理	ソフトウェア環境 :MS-Windows95, パラメーター設定 :ウィザード方式 測定モード :フレーム吸引法、ファーンレス法
試料前処理	Model7195、 マグネトロン :2450MHz ; 950W
高速分解装置	オープン :内装/外装ともPTFEテフロンコート 消費電力 :100V20A

2.(2)- 4.原子吸光分析結果

試作ケーブルのシース材料分析

試作したケーブルのシース材料を電気炉で灰化处理(650℃、3時間、一部サンプルに対しては500℃、3時間)後、硝酸で溶解し、含有元素の濃度に応じて適当な倍率で希釈してから、原子吸光分析を行った。表2.(2)- 3. に試作ケーブルのシース材料に含まれる元素の分析結果を示す(表中の「0」の数値はほとんど検出されなかったことを意味している)。

表 2.(2) - 3. 試作ケーブルシースの原子吸光分析による測定結果 (単位 ppm)

試料 元素	600V CVT	600V EM-CET	CVV	EM-CEE	SM 防水型 光ファイバ ケーブル	SM 防水型 難燃光ファイ バケーブル
マグネシウム	1,587	209,307	626	222,822	2	211,408
アルミニウム	428	1	608	681	0	17
ケイ素	440	530	1306	436	281	6,971
カルシウム	51,547	255	52,263	753	12	20
マンガン	3	0	7	1	6	1
銅	8	14	6	11	4	11
カドミウム	0	0	0	0	0	0
スズ	8,319	381	2,167	2,258	0	3,707
アンチモン	43	0	0	53	0	0
バリウム	2,034	945	1,830	995	84	92
鉛	16,018	0	13,636	0	0	0

なお、一例としてマグネシウムの原子吸光設定条件と測定結果を表 2.(2) - 4と表 2.(2) - 5 に示す。

表 2.(2) - 4 . マグネシウムの原子吸光設定条件

分光器パラメータ	アトマイザ/ガス流量設定
ソケット番号 : 5 ランプ電流 Low(mA): 8 波長 (nm) : 285.2 スリット幅 (nm) : 2.0 点灯モード : BGC-D2	燃料ガス流量 (litre/min.) : 1.8 フレイム種類 : 空気 - アセチレン バーナー高さ (mm) : 7 バーナー角度 : 0

表 2.(2) - 5 . シース中のマグネシウムの原子吸光分析結果

サンプル名	灰化条件	試料 重量 (g)	メスアップ 量 (ml)	希釈 倍率 (倍)	吸光度	測定濃度 (ppm)	実濃度	
							(ppm)	(%)
600VCVT	650 ,3h	1.0082	100	100	0.2407	0.1600	1,587	0.1587
600V EM-CET	650 ,3h	1.0014	100	10,000	0.3392	0.2096	209,307	20.9
CVV	650 ,3h	1.0020	100	100	0.0814	0.0627	626	0.0626
EM-CEE	650 ,3h	1.0008	200	10,000	0.1556	0.1115	222,822	22.3
SM 防水型光 ケーブル	500 ,3h	1.0025	100	1	0.0274	0.0214	2.13	0.0002
SM 防水型難 燃光ケーブル	650 ,3h	1.0192	100	10,000	0.3510	0.2151	211,048	21.1

$$\text{実濃度 (ppm)} = \text{測定濃度} \times \text{メスアップ量} \times \text{希釈倍率} / \text{試料重量}$$

試作ケーブルの絶縁体材料分析

シース材料と同様に、試作ケーブルの絶縁体材料について、含有金属元素に関する原子吸光分析を行った。表 2.(2) - 6 に試作ケーブルのシース材料に含まれる元素の分析結果を示す。なお、光ファイバケーブル (SM 防水型, SM 防水型難燃) は分析の対象外とした。

表 2.(2) - 6 . 試作ケーブル絶縁体の原子吸光分析による測定結果 (単位 ppm)

試料 元素	600V CVT	600VEM-CET	CVV	EM-CEE
マグネシウム	3	5	133	3
アルミニウム	59	0	1,071	0
ケイ素	0	99	3,099	115
カルシウム	111	0	25,029	0
マンガン	1	0	7	0
銅	12	17	425	8
カドミウム	0	0	0	0
スズ	1,222	0	3,409	1,658
アンチモン	0	0	0	0
バリウム	93	75	1,826	70
鉛	0	0	3,411	0

2.(2) - 5. 原子吸光分析のまとめ

試作ケーブルのシース材料分析結果

- ア) 600V CVT、CVV のシース材料については Ca、Pb が多く検出され、炭酸カルシウムと鉛系安定剤が配合されていると推定される。
- イ) EM-CEE、600V EM-CET、SM 防水型難燃光ファイバケーブルには Mg が多く含まれている。難燃剤の水酸化マグネシウムによるものと思われる。
- ウ) SM 防水型光ファイバケーブルのシースは難燃剤が配合されていない材料ではあるが、Si、Ba、Ca 等が検出された。しかし、最も多かった Si でも 281 ppm (0.0281 %) と含有量はわずかであった。

試作ケーブルの絶縁体材料分析結果

- ア) CVV の絶縁体材料については、Ca、Pb、Sn、Si 等が検出されている。CVV のシースに比べると Ca は約半分、Pb は約 1/4 程度と少なく、Sn、Si は若干多く検出されたが、含有量は 0.3 % のオーダーであり、少ない。
- イ) 600V CVT、EM-CEE、600V EM-CET の絶縁体材料については、無機充填材は配合されていない模様で、Sn、Sb、Si、Ca、Ba 等が検出されたが、それらの含有量はいずれもわずかである。

2.(3) コーンカロリメーターによる燃焼生成ガス測定

装置の概要

コーンカロリメーターは、円錐型の電熱ヒーターによって試料を加熱し、スパークにより着火、燃焼させ、試料の発熱量、発煙量、重量および燃焼生成ガスの経時変化を測定する試験装置である。今回購入した装置は ISO 5660、ASTM E1354 および NFPA 264A に準拠しており、その概略図を図 2.(3) - 1 に、また実際の装置を図 2.(3) - 2 に示す。

燃焼生成ガスについてはCO、CO₂、SO₂およびNO_xの測定が可能である。

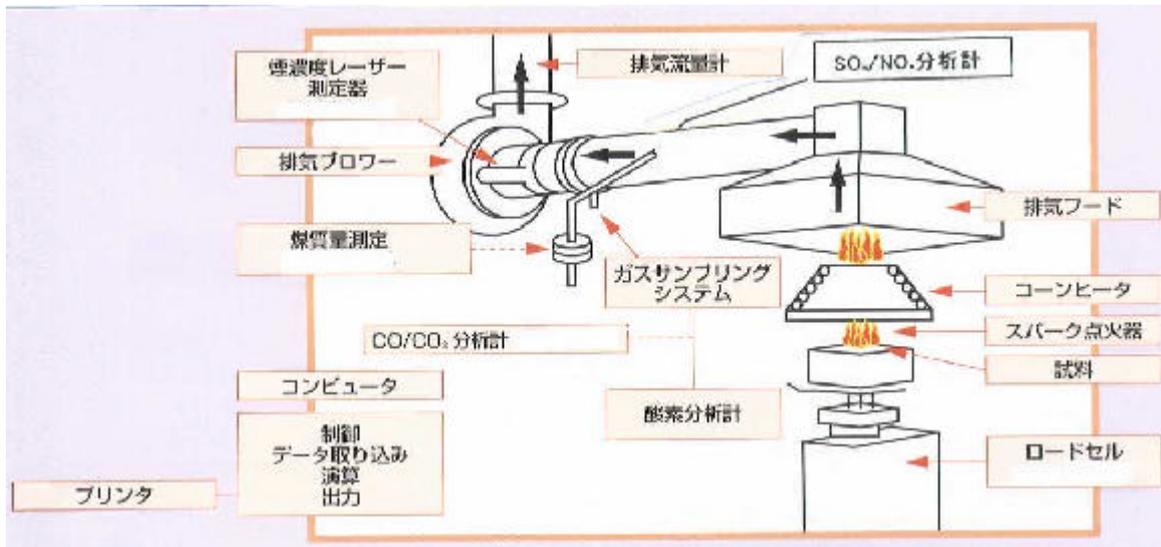


図 2.(3) - 1 . コーンカロリメーター概略図

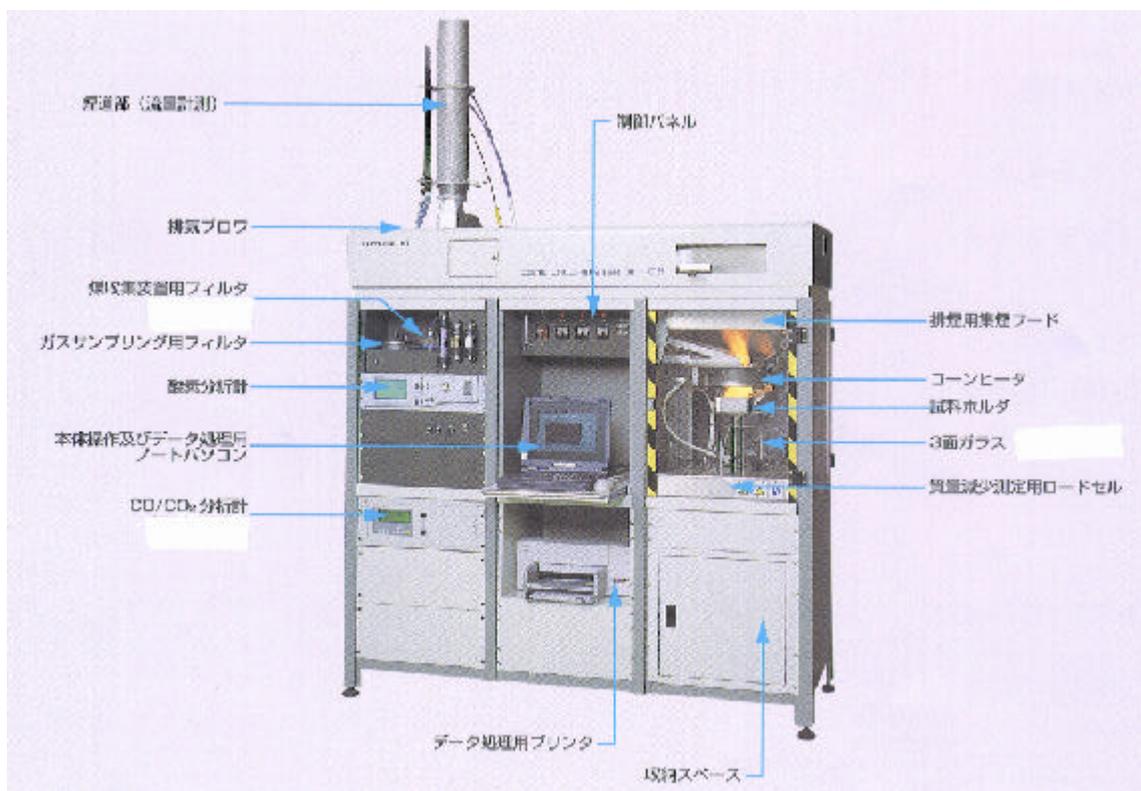


図 2.(3) - 2 . コーンカロリメーター

試料

通常は 10cm × 10cm のシート状に成型した試料について測定するが、本研究ではケーブルを約 10cm に切断し、それらを約 10cm 幅に隙間なく並べたものを試料として測定した。ケーブル本数は外径に応じて表 2.(3) - 1 に示す本数を使用した。

表 2.(3) - 1 供試試料

品名	線心数 × サイズ	本数	表面積 (m ²)
600VCVT	3 × 8mm ²	11 (注 1)	約 0.0094
600VEM-CET	3 × 8mm ²	11 (注 1)	約 0.0091
CVV	4 × 2mm ²	8	約 0.0092
EM-CEE	4 × 2mm ²	8	約 0.0092
SM 防水型 光ファイバーケーブル	40 心	10	約 0.0096
SM 防水型 難燃光ファイバーケーブル	40 心	9	約 0.0097

注 1) トリプレックスは撚りを戻した単心ケーブルを試料とした。

測定条件

輻射熱量 : 50kW/m² および 75kW/m²

試料の火炎が消えるまで測定

測定項目

発熱量

煙濃度 (減光係数、SEA)

CO₂ ガス発生量

CO ガス発生量

SO₂ ガス発生量

NO_x ガス発生量

試験結果

表 2.(3) - 2 および 3 に示す。

また、輻射熱量 50kW/m² での経時変化のグラフを図 2.(3) - 3 ~ 20 に示す。

表2.(3)-2 各種ケーブルのコーンカロリーメーターによる燃焼特性(輻射熱量50kW/m²)

パラメーター	単位)	ケーブル					
		CVT	EM-CET	CVV	EM-CEE	防水型光ケーブル	防水型難燃光ケーブル
試料	ケーブル外径 (mm)	約8	約8	約11	約11	約9	約11
	ケーブル本数 (本)	11	11	8	8	10	9
	ケーブル長 (cm)	約10	約10	約10	約10	約10	約10
	試験面積 (m ²)	約0.0094	約0.0091	約0.0092	約0.0092	約0.0096	約0.0097
	総ケーブル長 (cm)	約110	約110	約80	約80	約100	約90
	平均発熱速度(HRR) (kW/m ²)	142.6	122.3	154.2	132.8	300.6	47.5
	発熱量(THR) (MJ/m ²)	115.6	168.9	126.7	249	234	188.3
	平均比減光面積(SEA) (m ² /kg)	924.49	508.22	1105.03	543.1	630.1	718.82
	初期ケーブル質量 (g)	145.59	132.13	149.79	132.89	84.72	114.11
	最終ケーブル質量 (g)	95.16	89.72	80.08	70.19	27.14	53.33
	ケーブル質量減少 (g)	50.43	42.41	69.71	62.7	57.58	60.78
	着火時間 (sec)	15.6	44.2	14.2	35	39.5	51.4
	平均CO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg)	1.5109	2.8423	1.1418	2.7635	3.2558	5.8256
	平均CO収率 ^{*1} (kg/kg)	0.0781	0.0275	0.0699	0.0187	0.0318	0.1649
	平均SO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg)	0.002086	0.000127	0.001220	0.000030	0.000597	0.014209
	平均NOx収率 ^{*1} (kg/kg)	0.000039	0.000093	0.000102	0.000098	0.003812	0.000168
	すす収率 (kg/kg)	0.1067	0.0635	0.1323	0.0373	0.0513	0.0777
	燃焼時間(試験時間) (sec)	824.4	1416.8	834.3	1908.8	816.2	4012.3
	ケーブル1km当たりの推定発生CO ₂ 量 ^{*2} (kg/km)	207.80	328.75	99.50	216.59	187.47	393.42
	ケーブル1km当たりの推定発生CO量 ^{*2} (kg/km)	10.74	3.18	6.09	1.46	1.83	11.13
	ケーブル1km当たりの推定発生SO ₂ 量 ^{*2} (kg/km)	0.2869	0.0147	0.1063	0.0024	0.0344	0.9596
	ケーブル1km当たりの推定発生NOx量 ^{*2} (kg/km)	0.0054	0.0108	0.0089	0.0077	0.2195	0.0113
	ケーブル1km当たりの推定煤発生量 ^{*2} (kg/km)	14.68	7.34	11.53	2.92	2.95	5.25

*1 平均(CO,CO₂,SO₂,NO)収率は質量損失%が10%から90%間の値。

*2 CVTとEM-CETはトリプレックスとして1km当たりの発生量。

表2.(3)-3 各種ケーブルのコーンカロリーメーターによる燃焼特性(輻射熱量75kW/m²)

パラメーター	単位)	ケーブル					
		CVT	EM-CET	CVV	EM-CEE	防水型光ケーブル	防水型難燃光ケーブル
試料	ケーブル外径 (mm)	約8	約8	約11	約11	約9	約11
	ケーブル本数 (本)	11	11	8	8	10	9
	ケーブル長 (cm)	約10	約10	約10	約10	約10	約10
	試験面積 (m ²)	約0.0094	約0.0091	約0.0092	約0.0092	約0.0096	約0.0097
	総ケーブル長 (cm)	約110	約110	約80	約80	約100	約90
	平均発熱速度(HRR) (kW/m ²)	202.4	146.2	157	128.5	381.2	58.7
	発熱量(THR) (MJ/m ²)	107.3	150.9	117.5	192.3	225	150
	平均比減光面積(SEA) (m ² /kg)	1118.56	273.64	1024.1	255.19	494.39	143.96
	初期ケーブル質量 (g)	145.6	131.14	149.31	133.34	84.67	113.73
	最終ケーブル質量 (g)	94.04	89.99	79.24	72.46	26.96	51.61
	ケーブル質量減少 (g)	51.56	41.15	70.07	60.88	57.71	62.12
	着火時間 (sec)	6.2	19.7	8.5	17.3	17	22.6
	平均CO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg)	1.2366	2.3327	1.0430	2.3676	2.5802	1.9471
	平均CO収率 ^{*1} (kg/kg)	0.0804	0.0103	0.0732	0.0206	0.0249	0.0318
	平均SO ₂ 収率 ^{*1} (kg/kg)	0.001730	0.001440	0.002556	0.001055	0.000015	0.001296
	平均NOx収率 ^{*1} (kg/kg)	0.000279	0.000345	0.000714	0.000306	0.003679	0.000405
	すす収率 (kg/kg)	0.1296	0.0639	0.1350	0.0668	0.0597	0.0960
	燃焼時間(試験時間) (sec)	534.5	1050.5	756.3	1512.6	606.1	2578.3
	ケーブル1km当たりの推定発生CO ₂ 量 ^{*2} (kg/km)	173.89	261.79	91.35	180.17	148.90	134.39
	ケーブル1km当たりの推定発生CO量 ^{*2} (kg/km)	11.30	1.15	6.41	1.57	1.43	2.20
	ケーブル1km当たりの推定発生SO ₂ 量 ^{*2} (kg/km)	0.2433	0.1616	0.2239	0.0803	0.0009	0.0895
	ケーブル1km当たりの推定発生NOx量 ^{*2} (kg/km)	0.0392	0.0387	0.0625	0.0233	0.2123	0.0280
	ケーブル1km当たりの推定煤発生量 ^{*2} (kg/km)	18.22	7.17	11.82	5.08	3.45	6.63

*1 平均(CO,CO₂,SO₂,NO)収率は質量損失%が10%から90%間の値。

*2 CVTとEM-CETはトリプレックスとして1km当たりの発生量。

まとめ

軟質ポリ塩化ビニルシースを使用した従来品（CVT、CVV）とエコ電線（EM-CET、EM-CEE）を比べると、

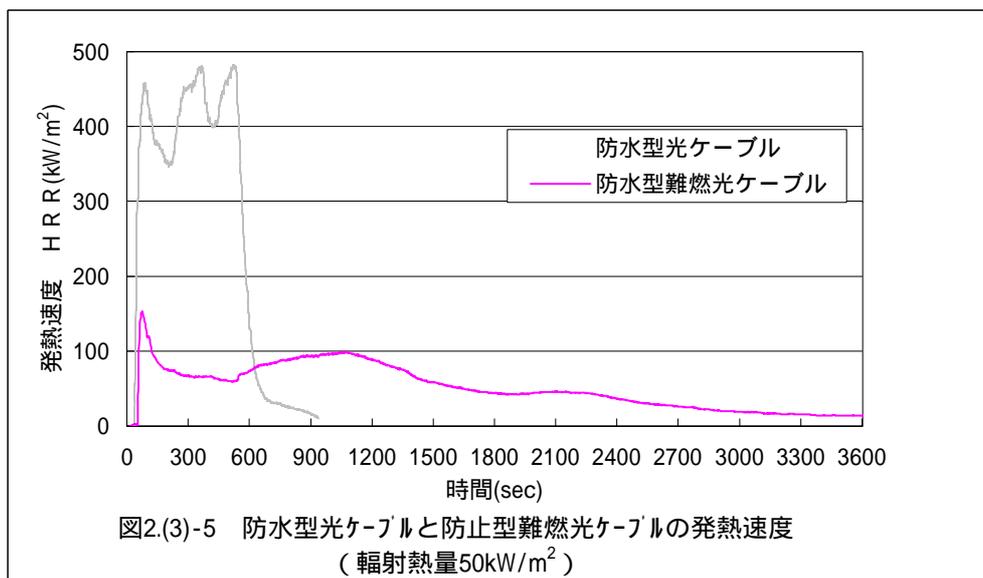
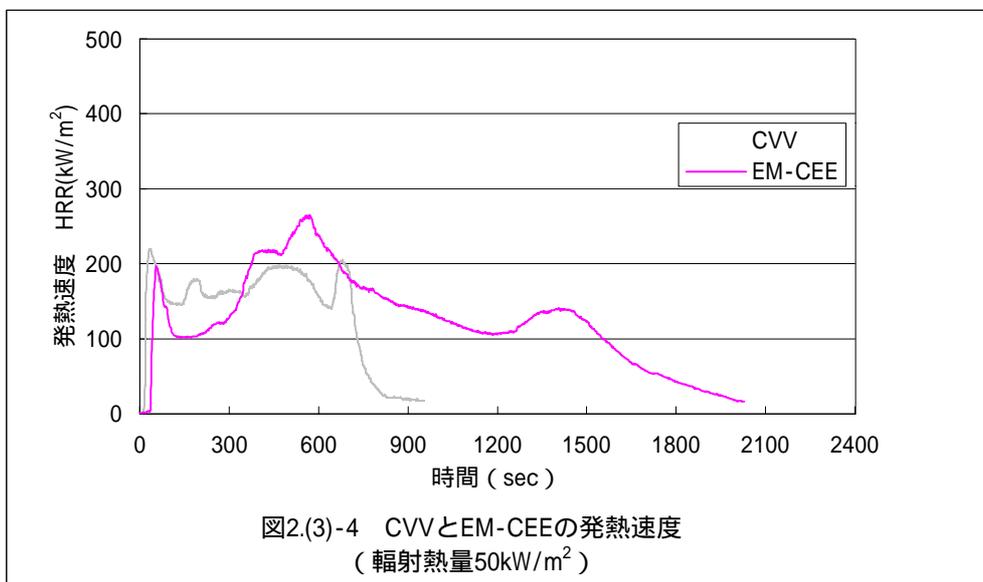
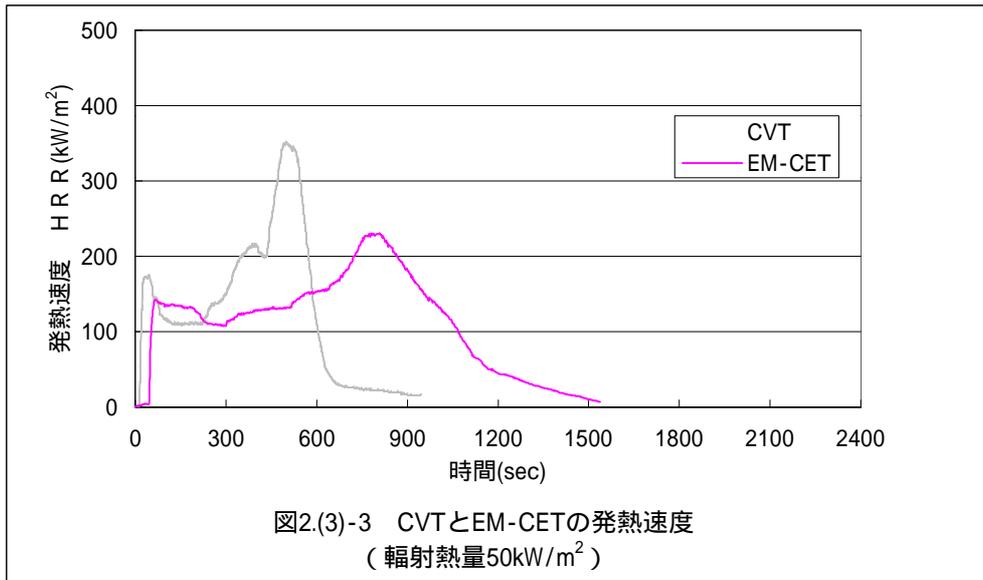
- * 発熱量はエコ電線のほうが大きい。
- * 発煙量、すす発生量、CO ガス発生量および SO₂ガス発生量は従来品のほうが多い。
- * CO₂ガス発生量はエコ電線のほうが多い。
- * NO_x ガス発生量は若干従来品の方が多い。

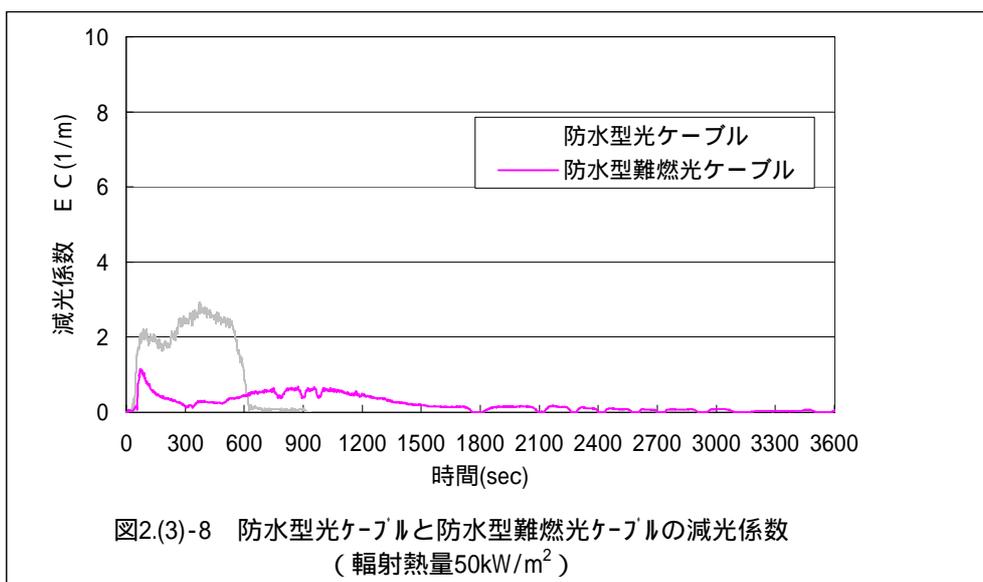
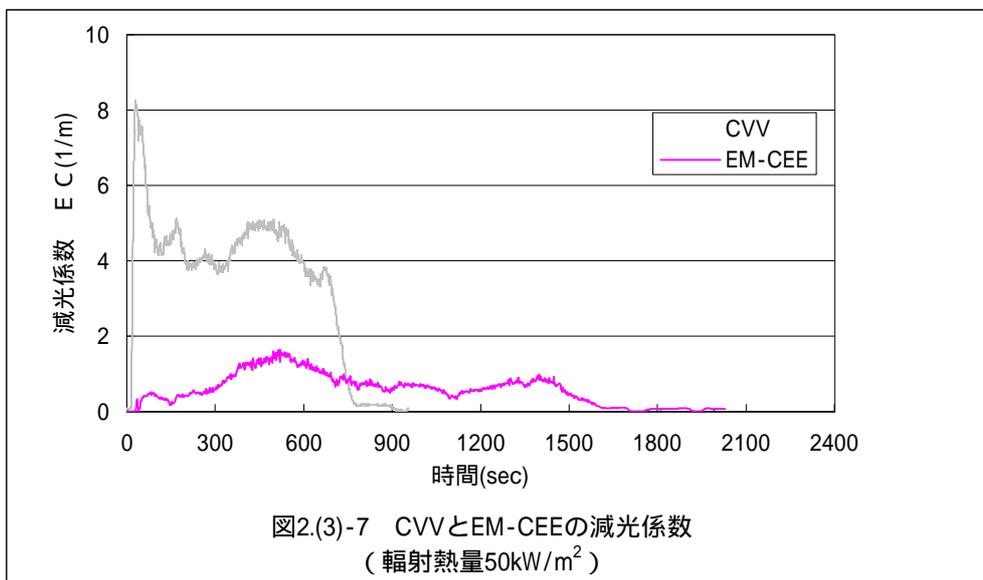
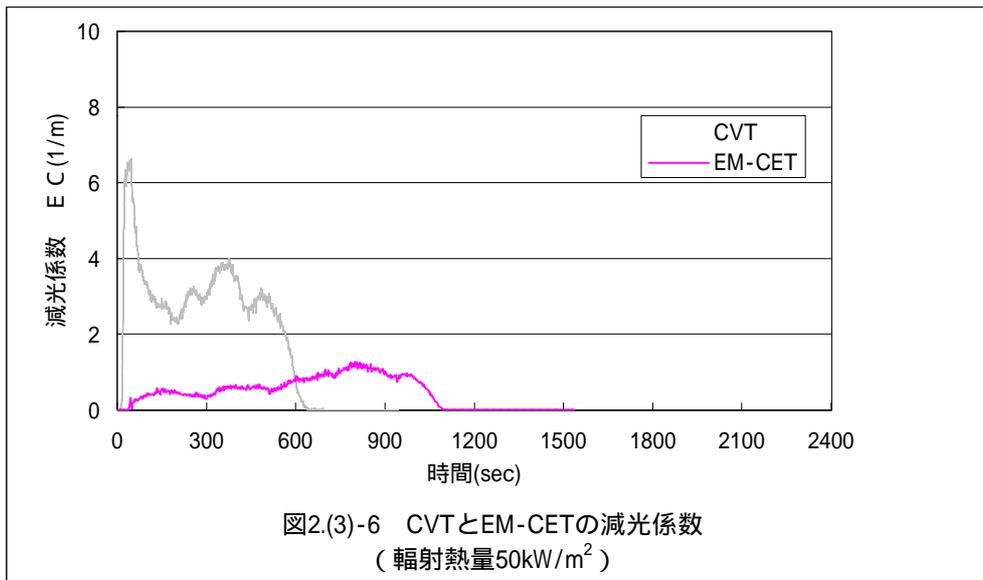
また、SM 防水型光ファイバーケーブルと SM 防水型難燃光ファイバーケーブルを比べると、

- * 発熱量、NO_x ガス発生量は防水型光ファイバーケーブルが多い。
- * 発煙量、すす発生量は防水型難燃光ファイバーケーブルのほうが少し多い。但し、SEA で見ると発煙量は防水型光ファイバーケーブルの方が多くなる。
- * CO₂、CO および SO₂ガス発生量は 50kW/m² では SM 防水型難燃光ファイバーケーブルの方がはるかに多い。75kW/m² では、CO₂ガス発生量は SM 防水型光ファイバーケーブルが多く、CO とSO₂ガス発生量は SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが多い。
- * NO_x は他の 5 種類のケーブルに比べ、SM 防水型光ファイバーケーブルでの発生量が非常に多い。

一方、輻射熱量が 50kW/m² から 75kW/m² になると、

- * 発熱量は大きな差は見られない。
- * 発煙量は CVT を除き減少する傾向が見られる。
- * CO₂ガス発生量は減少する傾向が見られ、特に SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが大きく減少する。CO ガス発生量は SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが大きく減少することを除き、何れも大差ない。
- * SO₂ガス発生量は CVT と特に SM 防水型難燃光ファイバーケーブルが減少するのに対し、他のケーブルでは増加する。NO_x ガス発生量は SM 防水型光ファイバーケーブルについては大差ないが、他のケーブルはすべて増加する。
- * すす発生量はほぼ変化ないか、もしくは若干増加する傾向にある。





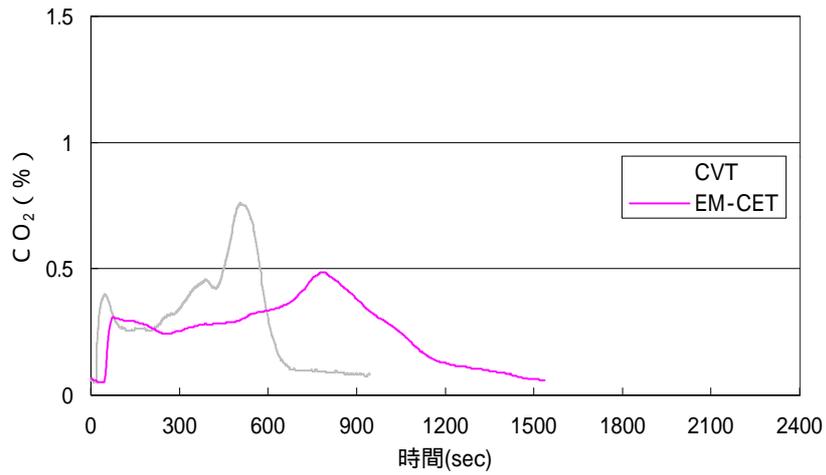


図2.(3)-9 CVTとEM-CETのCO₂発生量
(輻射熱量50kW/m²)

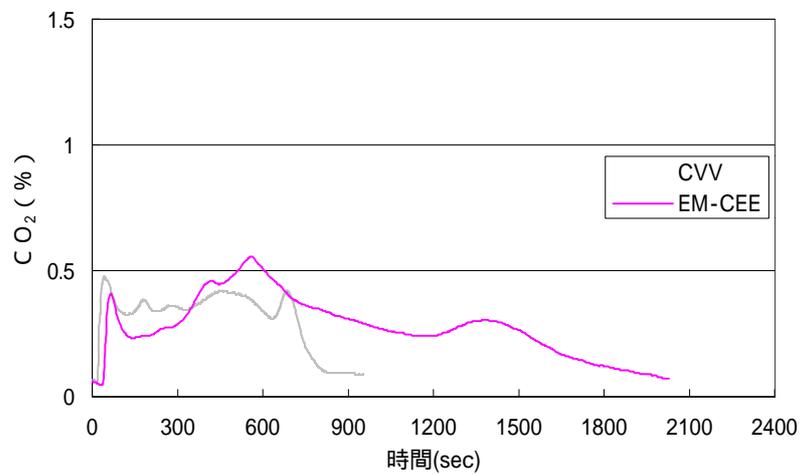


図2.(3)-10 CVVとEM-CEEのCO₂発生量
(輻射熱量50kW/m²)

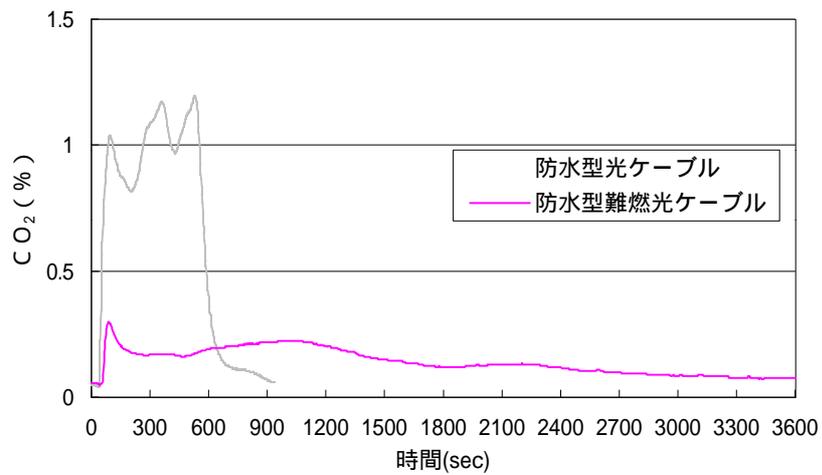
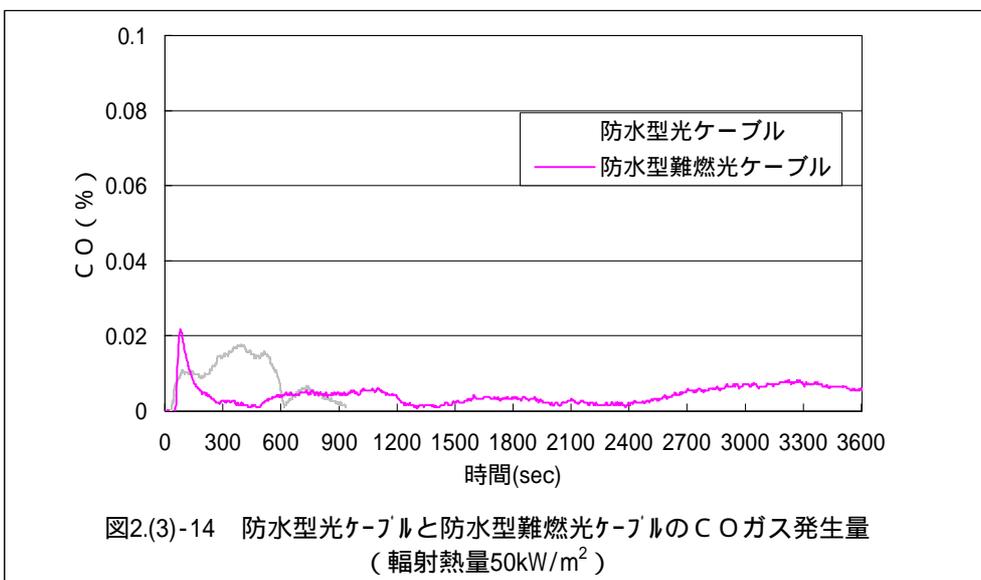
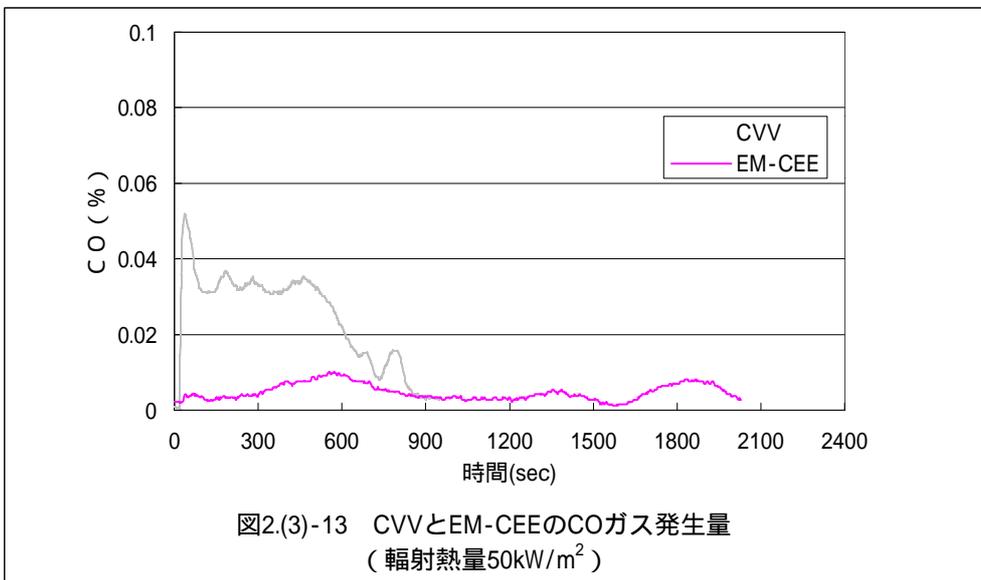
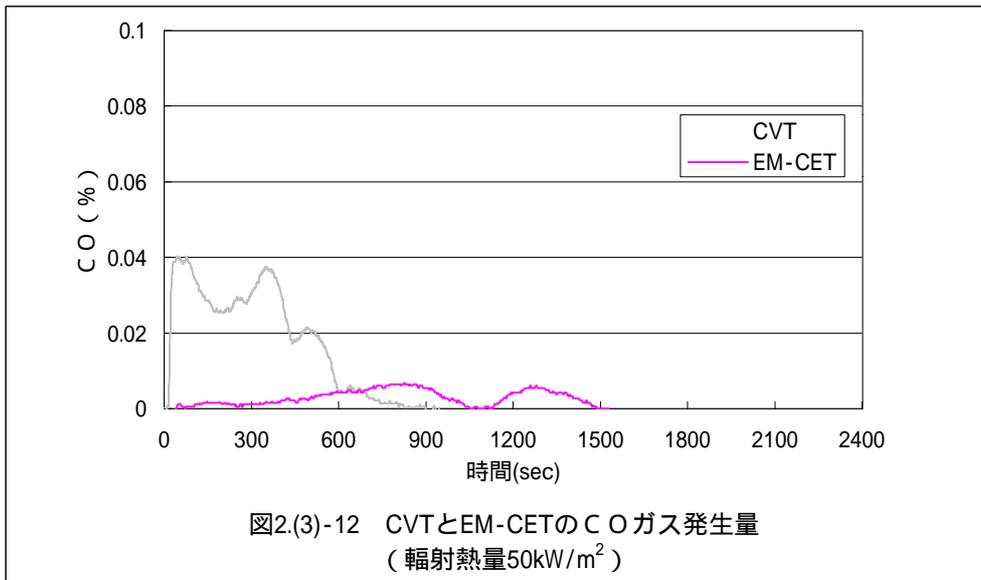


図2.(3)-11 防水型光ケーブルと防水型難燃光ケーブルのCO₂発生量
(輻射熱量50kW/m²)



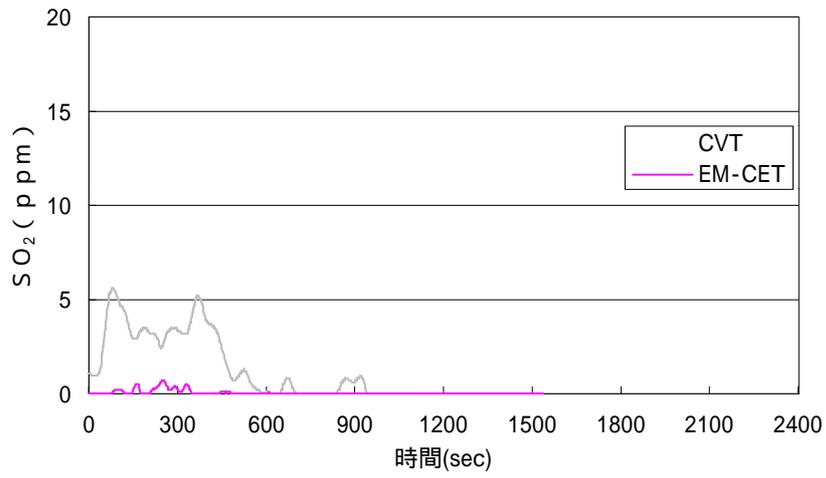


図2.(3)-15 CVTとEM-CETのSO₂発生量
(輻射熱量50kW/m²)

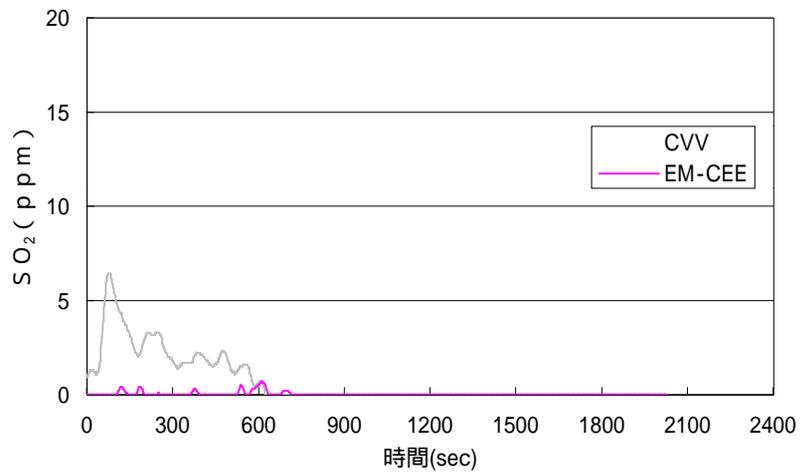


図2.(3)-16 CVVとEM-CEEのSO₂発生量
(輻射熱量50kW/m²)

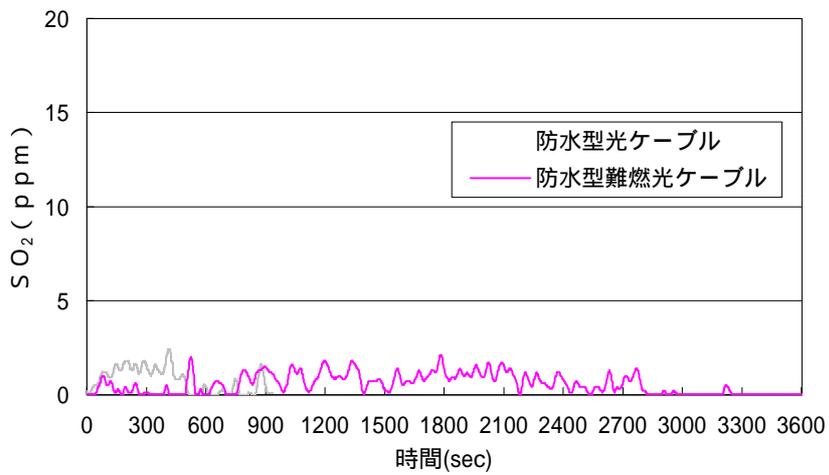
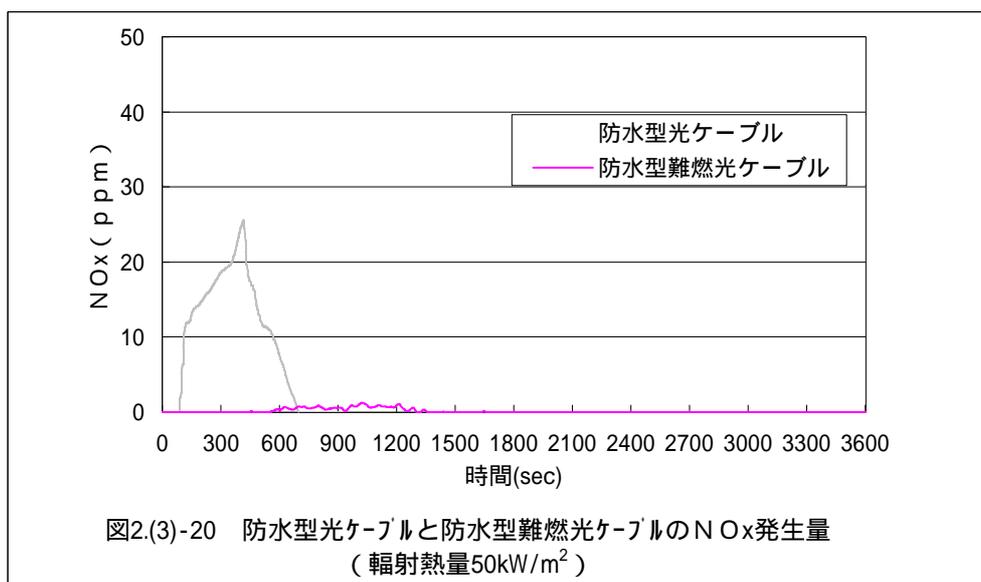
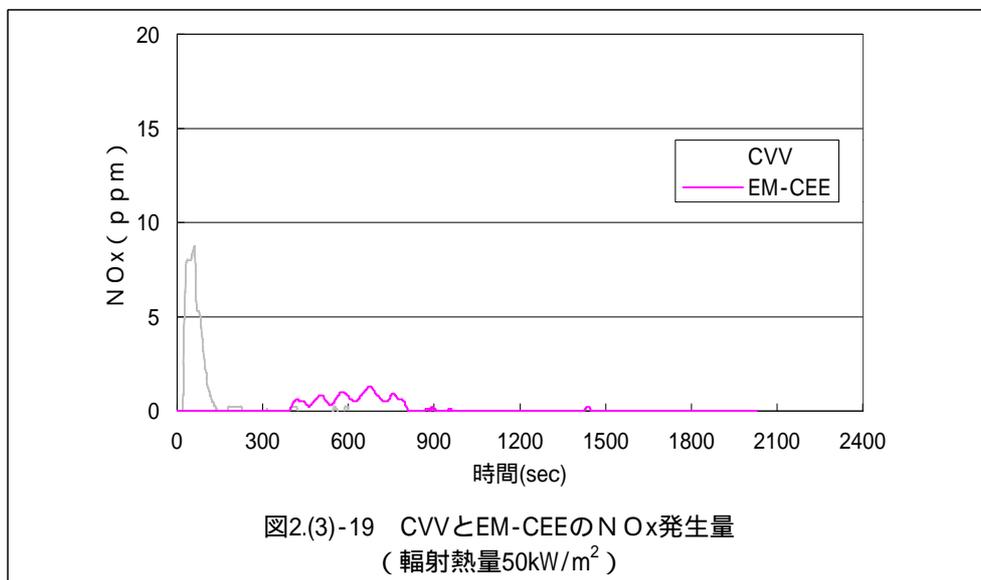
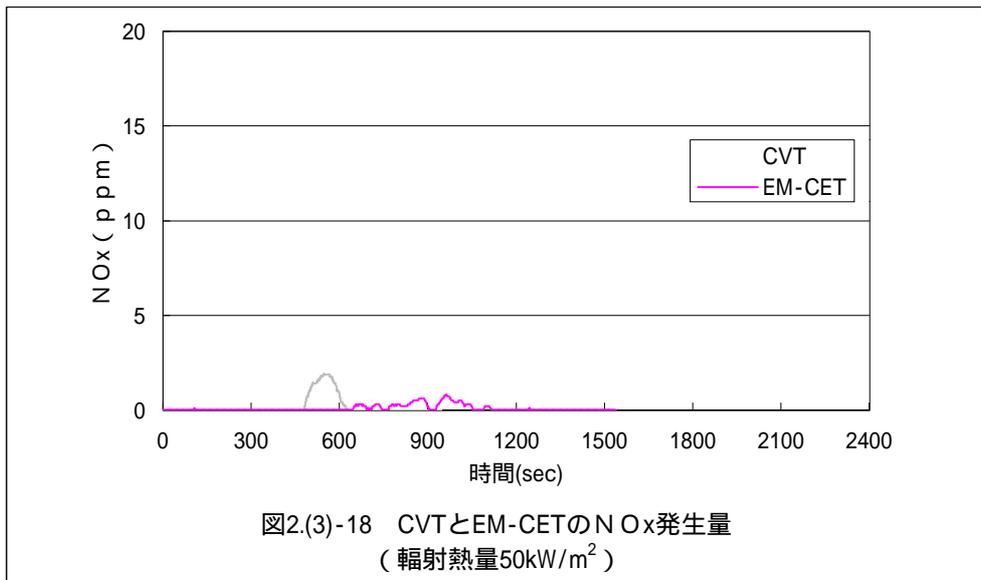


図2.(3)-17 防水型光ケーブルと防水型難燃光ケーブルのSO₂発生量
(輻射熱量50kW/m²)



2.(4)電線被覆材の燃焼とハロゲン化水素ガス発生量

PVC等のハロゲンを含有する材料が燃焼するとハロゲン化水素ガスが発生することが知られており、試作ケーブルのシース材料燃焼時のハロゲン化水素ガス発生量を試験した。

2.(4)-1.試験方法

試験は石英ガラスの燃焼管内で試料を燃焼させ、発生してくるガスを吸収瓶中の液に吸収させ、吸収液を調べることによって行われる。試験方法には、大別すると吸収液を分析して定量する方法と吸収液のpHと導電率測定により酸性度を試験する方法がある。

吸収液を分析して定量する方法には試薬による化学滴定法とイオンクロマトグラフを使用する機器分析法が行われている。化学滴定法はIEC規格と日本電線工業会規格(JCS)に規格化されており、表2(4-1)にその概要を示す。

吸収液のpHと導電率測定により酸性度を試験する方法もIECとJCSに規格化されており、表2(4-2)にその概要を示す。この方法はNITや電力会社でも採用しているが、試料量や燃焼条件等がそれぞれ若干異なっている。

表2.(4)-1.ハロゲン化水素ガス発生量の試験方法(化学滴定法)

規格	IEC 60754-1	JCS 第397号A-986項
内容	塩化水素ガス発生量試験	塩化水素ガス発生量試験
試料	0.5 ~ 1g	約0.5g
電気炉	管状炉、有効長さ500 ~ 600mm 内径40 ~ 60mm	管状炉
燃焼管の寸法	内径32 ~ 45mm、炉からの突出長さ入口側:60 ~ 120, 出口側:60 ~ 100mm	内径約25mm,外径約30mm, 長さ約650mm
燃焼ポート	幅12 ~ 30×深さ5 ~ 10×長さ45 ~ 100mm	JIS R 1306に規定する磁器製ポート
燃焼温度条件	一定速度で40±5分以内に800℃まで昇温、800±10℃、20分保持	300 ~ 400℃に調整する。ポートを挿入後5分予熱、その後800±30℃(上昇時間5 ~ 15分)に上昇させ、そのまま30分加熱
空気流量	20 m ³ /mm ² /h	500±100m ³ /分
吸収液	0.1Mol NaOH(220ml×2本、瓶の内径約50mm)	0.2Mol NaOH(50ml×3本、瓶の容積100m ³ 、2本はガラスフィルター付き、1本はフィルターなし)
測定項目	発生ガス中の塩化水素の定量	
備考	塩化水素ガス発生量が5mg/g以下の材料の試験にはこの試験方法は推奨されない。HCl以外のハロゲン化水素量はHCl量に換算され、ハロゲン化水素の種類は識別できない。	

表 2 .(4) - 2 . ハロゲン化水素ガス発生量の試験方法 (pH,導電率試験)

規格 内容	IEC 60754-2 pHと導電率試験	JCS 第 397 号 A-98 7項 pH試験
試料	1000±5m g	2 g
電気炉	管状炉、有効長さ500 ~ 600mm 内径 40 ~ 60mm	石英管内のポート及び試料を 750 以上に加熱できるもの
燃焼管の寸法	内径 32 ~ 45mm, 長さ 620 ~ 900mm, 炉からの突出 長さ: 入口側;60 ~ 120mm 出口側;60 ~ 100mm	内径約 32 ~ 45mm、 長さ約 620 ~ 900mm、
燃焼ポート	幅 12 ~ 30× 深さ 5 ~ 10× 長さ 45 ~ 100mm	加熱により気体を発生あるいは吸収し ない材料からなるもの
燃焼温度条件	935 以上, 30分	750 ~ 850 , 30分
空気流量	20ml/mm ² /h	167±50ml/分
吸収液	pH5 ~ 7、導電率;< 1.0i s/mm の 蒸留水 1,000 m ³	pH5 ~ 7 の蒸留水 170 m ³
測定項目	pHと導電率	pHを 30 分間測定し、最小値を求める
要求値	pH ;> 4.3 導電率 ;< 10i s/mm	pH ;> 3.5

本研究においては、上記の中から IEC 60754-1 に規定されている試験方法を適用して試作ケーブルのシース材料燃焼時の塩化水素ガス発生量を測定した。

2.(4) - 2 . シース材料燃焼時の塩化水素ガス発生量

試作ケーブルのシース材料燃焼時の塩化水素ガス発生量を測定した結果を 表 2 .(4) - 3 に示す (表中の「0」は検出されなかったことを示している)。

表 2 .(4) - 3 試作ケーブルシース材料の燃焼時塩化水素ガス発生量 (mg/g)

試料 元素	600V CVT	600V EM-CET	CVV	EM-CEE	SM 防水型 光ファイバ ケーブル	SM 防水型難燃 光ファイバ ケーブル
塩化水素ガス 発生量 (mg/g)	242	0	243	0	0	0

2.(4) - 3 .塩化水素ガス発生量試験結果まとめ

600V CVT と CVV は PVCシースであるため、シース材料の燃焼によって 242 ~ 243mg/gの塩化水素ガスの発生が認められた。その他の試作ケーブルのシース材料は塩化水素ガスを発生しなかった。

2.(5)電線被覆材の燃焼とダイオキシン発生

電線・ケーブルの被覆材であるゴム、プラスチックは燃焼時に様々なガスを発生する。これ等発生ガスのうち、ダイオキシンに関しては今まで電線・ケーブルの被覆材としての測定データはなく、今回、試作した電線・ケーブルを用いて燃焼時の発生ガス測定を行った。

2.(5)-1.発生ガス測定方法

測定方法の概要

2.(1)項において試作した電線・ケーブル、光ファイバケーブル、合計6サンプルを、各々個別に燃焼管中において燃焼させ、その際に発生した煤、及びガスを捕集し、酸処理及び溶媒によりダイオキシン類を抽出しクリーンアップした後、ガスクロマトグラフ質量分析法により定量した。

なお、ガスの捕集及びダイオキシン類の分析は「廃棄物処理におけるダイオキシン類標準測定分析マニュアル」(厚生省 生活衛生局 水道環境部整備課)に準拠した。

試験装置の構成

図2.(5)-1に主な燃焼試験装置の構成を示す。電気炉中に設置した石英管中央に試料を入れ燃焼させる。燃焼時発生したガスは石英ウールによりフィルタリングされた後ダイオキシン吸収部においてダイオキシンが吸収され、ガス分析計等を経てエアコンプレッサの方へ流れる仕組みとなっている。また、図2.(5)-2にダイオキシン類の定量を行ったガスクロマトグラフ質量分析器の外観を示す。

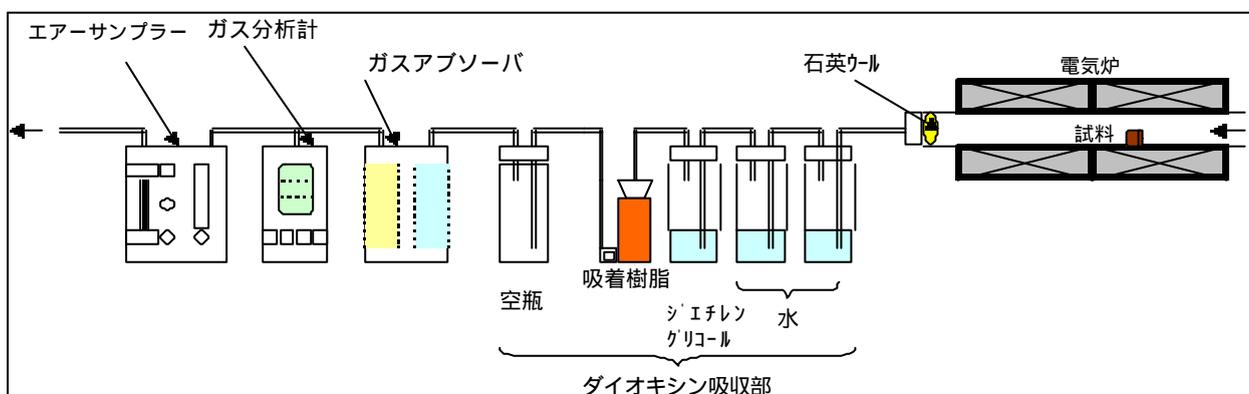


図2.(5)-1.燃焼試験装置構成図



図 2 . (5) - 2 . ガスクロマトグラフ質量分析器

燃焼条件

ダイオキシンは 180 ~ 400 において最も生成しやすいと言われており、700 ~ 1,000 以上の高温で燃焼させるとダイオキシンが分解され発生しないとも言われている。今回はケーブル火災等におけるダイオキシン発生を考え、主に高温側での測定を試みた。そこで、試料の燃焼条件としては 600 、800 、1,000 の 3 水準とし、また、実際の電線・ケーブルの燃焼状態を考えて、銅導体もしくは光ファイバを含めた電線・ケーブルを丸ごとで燃焼させることとした。

なお、測定に当たり事前に燃焼実験を行い、600 においても試料が十分に燃焼することを確認した。

また、ガスの吸引量としては、ある程度完全燃焼させるために試料の一つである 600V CVT が温度条件の中間である 800 において最も効率よく燃焼する吸引量を測定し、2.4liter/分とした。

試料の作成

測定に使用する試料は石英管中に入れることの出来る大きさでなければならない。従って、余り大きくすることが出来ないため、試料をおおむね 2mm の厚さで輪切りにし、その断面の 1/4 を試料として用いることとした。

2 . (5) - 2 . 測定結果

表 2 . (5) - 1 に測定結果を、図 2 . (5) - 3 に測定結果のグラフを示す。

表 2 . (5) - 1 . 電線・ケーブル、光ファイバケーブルの燃焼によるダイオキシン発生測定結果

ケーブルタイプ	サイズ	測定温度		
		600	800	1,000
600V CVT	3X8mm ²	8.7000	1.4000	2.0000
600V EM-CET	3X8mm ²	0.0000	0.0000	0.0000
CVV	4X2mm ²	28.0000	1.5000	1.5000
EM-CEE	4X2mm ²	0.0000	0.0000	0.0070
防水型光ケーブル	40心	0.0000	0.0028	0.0000
防水型難燃光ケーブル	40心	0.0000	0.0073	0.0000

単位 : ng-teq/g

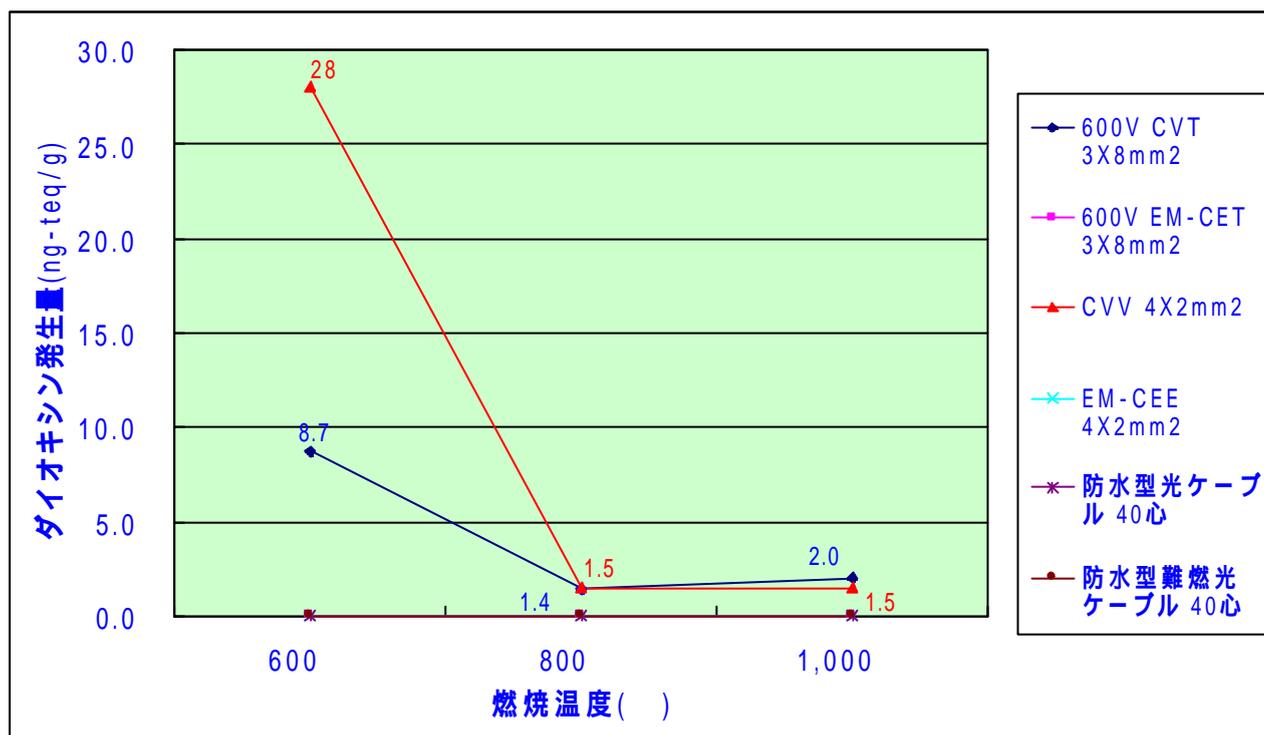


図 2 . (5) - 3 . ダイオキシン測定結果(表 2 . (5) - 1 をグラフ化したもの)

2 . (5) - 3 . 測定結果のまとめと考察

測定結果では光ファイバケーブル及びいわゆるエコケーブルと称されている 600V EM-CET や EM-CEE からのダイオキシンの発生は殆ど無いかゼロであった。表 2 (5) - 1 においてエコケーブルの中でも pg-teq/g のオーダーでダイオキシン発生が測定されているデータが出ているが、測定者によると、非常に微少な測定部分であり、測定誤差範囲と考えるべきである。

これに対し、600V CVT や CVV と呼ばれる塩化ビニルを被覆材として使用している電線・ケーブルからはいずれの燃焼温度においても明確にダイオキシンの発生が認められた。その値は低温側において大きく、また、CVV の方が 600V CVT よりも約 3 倍大きいという結果となっている。該当するケーブルの塩化ビニル使用量は表 2 . (5) - 2 に示す通りで塩化ビニル量とダイオキシン発生量とは必ずしも相関があるとは言えない。

表 2 . (5) - 2 . ケーブルに使用されている塩化ビニルの量

ケーブルタイプ	サイズ	ケーブル質量			ビニル量
		導体	絶縁体	シース材	
600V CVT	3X8mm ²	214.7	45.5	138.0	138.0
CVV	4X2mm ²	71.6	39.8	64.6	104.4

単位 : kg/km

この原因は未だはっきりとは分からないが、燃焼条件を 600V CVT に対し 800 で最も良い条件に設定したため、その他の条件では不完全燃焼の度合いが大きくダイオキシン発生が大きくなったものかも知れない。他に、一般的には燃焼時において有機物は塩素の存在下で銅を触媒としてダイオキシンを生成しやすいと言われており、銅と塩化ビニルが直接接触している CVV の方が、架橋ポリエチレンを銅との間に介在させている 600V CVT よりも燃焼時ダイオキシンを発生させ易いということかも知れない。この点については今後も研究を続けて行く必要があると考えられる。

3.環境負荷デ - タベ - スの調査

地球環境問題の高まりから、電線・ケーブル用被覆材として従来使用されてきた PVC に代わり塩素等のハロゲンを含まない耐燃性を有するエコマテリアルを使用した電線・ケーブル(EM 電線ケーブル、光ファイバケーブル)の開発が電線各社で活発に行われ、その需要が伸びている。これ等電線・ケーブルの利用用途拡大とともに、性能・品質に対する要求ニーズも年々高まっており、環境特性や安全性等に関する新たな性能・品質等のデータ整備が求められている。一方、これ等電線・ケーブルの開発においては EM 電線・ケーブルのライフサイクルアセスメント(LCA)を行い、従来の PVC 電線と比較評価することが必要である。そこで本研究において EM 電線・ケーブル及び光ファイバケーブルにおける LCA に必要なデータベースとして廃棄物処理の段階で必要な燃焼・環境負荷データの測定収集、インベントリーデータベースの調査収集を行った。

環境負荷の評価に関しては ISO Guide 64(1997)にも 製品規格の規定事項が、どのように製品の環境影響に関連するかについて性格に見極めて評価することは複雑であり、慎重な検討と専門家との協議が必要となる。製品の環境影響を見極めて評価するための指針として、数種の方法が発達している。」と書かれており、その技法の一つとして LCA 手法が ISO 14040(1997)として制定された。

本研究においては、現在 LCA 用として市販、あるいは使用されているソフトウェアの調査から開始し、代表的な電線・ケーブルに適用することにより、いわゆる EM 電線・ケーブル、光ファイバケーブルを環境負荷の面から客観的に評価することを目指した。

3.(1)LCA ソフトの調査

LCA 分析においてはデータの数が多く、かつ原材料の採掘から検討を始めなければならないことから、積算には計算ソフトが必要である。そこで、国内外において市販、あるいは使用されている主なソフトウェアを調査した。その結果をまとめて表3(1)-1に示す。

表3(1)-1. 国内外の主なLCA 計算ソフト(含データベース)

ソフトウェア (データベース)名	作成者	国	備考
エコアシストLCA	日立製作所	日本	
Easy-LCA	東芝エンジニアリング	日本	産業関連法
LCA サポート	NEC ソフトウェア関 西	日本	
NIRE-LCA Ver.2.1	工業技術院 資源環境 技術総合研究所	日本	無償、入手済み Ver.3 開発中
SimaPro	Pre Consultants B.V.	オランダ	
TEAM(DEAM)	Ecobilan Group	フランス、イギリ ス、アメリカ	
EcoPro	EMPA	ドイツ	

価格は大体 300 千円 ~ 500 千円/ライセンスと言ったところで、海外のソフトでは日本国内で使用される材料のデータ(例えば電力に関する原単位)が少ない。しかし、LCA 用のデータを積み上げ法で作成することを考えれば英語であることを除きそれほど使用に関しての困難はないと考えら

れる。また、インストールに際しては一般的に Windows95/98、Pentium Processor 使用、HDD に 50MBytes 程度の空き容量があれば大丈夫である。

以下に主なソフトウェアもしくはデータベースの詳細を述べる。

NIRE-LCA Ver.2

i) 「NIRE-LCA、ver.2」-DB001 「冷蔵庫の例題」

社団法人産業環境管理協会が平成 6 年度に実施した「エネルギー - 使用合理化手法国際調査」の冷蔵庫を例題とした研究がベ - スとなっている。約 150 デ - タ (ユニットプロセス型デ - タ)

ii) 「NIRE-LCA、ver.2」-DB002 「産業連関表による CO2 排出量原単位」

約 80 デ - タ。産業連関表分析の手法の相違による排出原単位の相違。

iii) 「NIRE-LCA、ver.2」-DB003 「積み上げ法による CO2 排出量原単位」

約 130 デ - タ。関係機関の協力を得て、文献より CO2 原単位を抽出。

使用に際しては、バウンダリ等の前提条件の相違に注意する必要がある。また、LCA 手法の標準化および LCA 研究の進展に対応するソフトウェア「NIRE-LCA、ver.3」の開発を進めており、ほぼ開発が完了した段階にある。

Easy-LCA Ver.3

発売元 :東芝エンジニアリング株式会社。製品のライフサイクルをシミュレ - トし環境負荷を定量的に算出する環境調和型製品開発支援ツ - ルである。

本ソフトは設計者が簡単に使え、短時間に環境負荷を把握出来るツ - ルを目指して開発し、以下の特長を持っている。

- i) 産業連関表をはじめとして国内の公的な統計デ - タを利用した産業連関分析法を内蔵した 900 種類を超える豊富な原単位デ - タを実装し、LCA(LCI)実施前のデ - タ収集の負担を大幅に軽減した。
- ii) ライフサイクルに従ったフロ - 図をそのまま入力画面に配置し、初心者でもライフサイクルの上流から、流れに沿ってデ - タを容易に入力することが出来る。
- iii) 900 種類以上の材料候補から 3 段階の絞り込み検索または、材料コ - ドによる検索により目的的材料を容易に探し出すことが出来る。入力された情報は、画面下部に一覧表として常時表示されるとともに集計結果を表示する。
- iv) 入力情報の最も難しいリサイクル・廃棄の情報登録をモデル化して入力することにより簡便な計算を実現した。モデル中の処理割合などの数値は、全て変更することが可能である。
- v) 小型のパソコンで使用できる。種々の分析結果は表やグラフで表示出来る。

LCA サポ - ト

発売元 :NEC ソフトウェア関西。

LCA サポ - トは、電子機器製品など、多数の部品・材料から構成され複雑なライフサイクルを持つ製品の評価を目的とした。その特長は下記の通り。

- i) LCA ソフトウェアの性能に影響を与える製品ライフサイクルのモデル化について検討し、複雑なライフサイクルが記述可能であり、ライフサイクルの把握が容易な結合ツリ - モデルを採用した。
- ii) フロ - ウインドウにおいて製品のライフサイクルをシ - ト表示とツリ - 表示の二つのモ - ドで表現することで、評価のための製品ライフサイクルの構築を容易にした。
- iii) 「積み上げ法」の計算方式を採用し、ISO14040 に準拠した LCA の実施に有効である。
- iv) ドラッグ&ドロップ、カット&ペ - ストなど、Windows 対応の使いやすいインタ - フェ - スを採

用。

v) 充実したデ - タベ - スの提供。

vi) デ - タベ - スシリ - ズ [日本]: (社)産業環境管理協会より提供による日本の「冷蔵庫の例題」の LCA デ - タ。

vii) デ - タベ - スシリ - ズ [BUWAL]: スイスの環境庁が作成した著名なデ - タベ - スを移植。

viii) デ - タベ - スシリ - ズ [95 年度版産業連関表]: 95 年度版産業連関表を移植。

インタ - ネット LCA

発売元 株式会社日立製作所

インタ - ネットを利用した情報サ - ビスと最新デ - タの提供で、LCA の効率的な導入をサポートする。

- i) ライフサイクルモデルに沿って製品デ - タの入力が容易に行える。素材製造から、組み立て、使用、廃棄、リサイクルまで、11 の工程別に、一括対話型でデ - タが入力できる。
- ii) 豊富な項目を備えた内蔵デ - タベ - スが利用できる。原単位・環境負荷、最新の環境情報などを備えた日立の環境デ - タベ - スを常に使用できる。
- iii) インタ - ネットを介してつねに最新のデ - タが入手出来る。計算はすべてインタ - ネットのサーバ - 側で行い、LCA 実施者はブラウザソフトを用意するだけである。

3 (2) 電線・ケーブル用 LCI データベースの調査

3.(2) - 1. 文献、資料による調査

調査の概要

1993 年以降、各種業界の協力により種々の製品、材料に関するライフサイクルインベントリデータに関する報告書が活発に発行されている。そこで、調査研究に関する成果報告書、LCA 教科書の事例、関連ソフトである NIRE-LCA などのデータベースを調査することによりインベントリデータの概要調査を行った。

本調査では期間が短いこともあり、先行団体などの検討知見を利用させてもらうことが良いと考え、25 種類の資料、参考図書を電線のデータベース化専門委員会ワーキンググループ(以下 WG と略)委員に分担して調査していただくこととした。調査した資料の名称等を表 3.(2) - 1 に示す。

調査結果

調査結果は資料 3.(2) - 2 ~ 資料 3.(2) - 12 に示すとおりで電線・ケーブルの LCI 作成に有用なデータを得ることが出来た。

3.(2) - 2. LC 分析用インベントリデータシート の作成

作成の目的

本研究において LCI 分析を実施するためには、バックグラウンドデータとして使用されている各素材のインベントリデータが必要となる。また、作成したデータの適正判断のためにも多数の資料を調査することにより、そのデータを比較検討する必要もある。そこで、調査した素材に関してはデータシートとして、その概要等を残すこととした。

対象素材

本研究において LCI 分析を行う製品が低圧電力ケーブル、制御用ケーブル、SM 防水型光ファイバケーブルであることから、これ等製品の材料に関する素材を調査対象とした。具体的には銅、低密度ポリエチレン(LDPE)、リニア型低密度ポリエチレン(LLDPE)、PVC レジン、可塑剤(DOP)、充填材(炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム)、光ファイバケーブル用材料(SiO₂、UV 樹脂、アラミド繊維、止水テープ、鋼線)、エネルギー(LNG、電力)などである。

調査方法

調査方法としては、まず入手した NIRE-LCA Ver.2 の冷蔵庫での計算例中に対象となるデータが存在するかどうかを調査し、存在するものはそのまま流用し、存在しないものについては WG 各委員の社でその素材を購入しているメーカーに問い合わせを行う等して調査することとした。

調査結果

調査した結果を資料 3.(2) - 12 ~ 資料 3.(2) - 22 に示す。

表3(2)-1.調査資料一覧

	出版社	資料名	発行
1	(社)化学経済研究所(化経協)	基礎素材のエネルギー解析調査報告書」	平成5年9月
2	CMC(シーエムシー)	「94日米化学品のコストと価格」	平成6年
3	新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)(社)化学工学会(化学工学会)	化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査」	平成6年3月
4	NEDO,RITE,化学工学会	「化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査()」	平成7年3月
5	(社)未踏科学技術協会エコマテリアル研究会(未踏協)	環境負荷性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書 - 材料の環境負担性評価の具体的検討 - 」	平成7年3月
6	(社)未踏科学技術協会エコマテリアル研究会(未踏協)	環境負荷性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書(別冊-金属素材インベントリデータ-)」	平成7年3月
7	(社)産業環境管理協会(産環協)	「エネルギー使用合理化手法国際調査」	平成7年3月
8	(社)プラスチック処理促進協会	「ヨーロッパにおける主要なプラスチックのエコバランス」、APMEの翻訳	平成7年12月
9	(社)プラスチック処理促進協会	「1996年より、主要なプラスチック材料のPE、PP、PS、PVC、PETとその主要な製品のLCIデータベース構築」の結果の公表。	平成11年7月予定
10	(財)化学技術戦略推進機構,業際交流委員会	自動車分科会環境技術研究会報告書-インパネ素材のLCAによる検討-」	平成11年3月
11	(社)プラスチック処理促進協会	「プラスチックなど包装材料の環境影響評価(LCA)」	平成7年3月
12	(社)プラスチック処理促進協会	「LCAインベントリデータの収集調査研究報告書」	平成9年3月
13	(社)プラスチック処理促進協会	「プラスチック一般廃棄物を対象とするLCA的考察」	平成7年3月
14	(財)金属系材料研究開発センター	金属素材産業におけるLCA手法に関する調査研究報告書	平成8年
15	稲葉など。LCA実務入門編集委員会編,産業環境管理協会	「LCA実務入門」	平成10年
16	環境庁企画調整局環境技術課監修,(社)環境情報科学センター編 化学工業日報社	「ライフサイクルインベントリー分析の手引き」	平成10年9月
17	未踏協,平成8年度科学技術振興調整費調査報告書	材料の環境負荷と使用性能の総合評価」-環境負担性評価のためのデータベース構築-	
18	環境庁企画調整局環境技術課監修,(社)環境情報科学センター編 化学工業日報社	「ライフサイクルアセスメントの実践」など。	平成8年3月
19	(社)日本機械工業連合会,(財)金属系材料研究開発センター	平成8年度 金属素材活用のためのLCAインベントリー分析に関する調査研究報告書	平成9年3月
20	(社)プラスチック処理促進協会(プラ処理協)	「プラスチック製品の使用量の増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書」	平成5年3月
21	(株)野村総合研究所(野村総研)	「包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析」	平成7年3月
22	(社)産業環境管理協会	「エネルギー使用合理化手法国際調査」内容:複写機のインベントリー作成方法 PEC-1997-TB-09	平成10年3月
23	(社)産業環境管理協会	「エネルギー使用合理化手法国際調査(複写機のLCA)」	平成11年3月
24	富士総合研究所	地球温暖化に対する断熱材の及ぼす影響に関する調査」	平成10年3月
25	(社)日本事務機械工業会・注・環境技術専門委員会	複写機へのライフサイクルアセスメント適用事例報告書	平成10年

3.(2)-3. 廃棄処理に関する調査

電線・ケーブルが使用された後、廃棄された場合の影響についても本研究において調査を行った。電線・ケーブルは導体として銅を大量に含有しているケースが多く、かつ古くから銅は貴金属として扱われてきた経緯もあり、その回収に関しては解体、回収、再利用のシステムができあがっている。

また、アルミニウムに関しても配電線を中心に再利用のシステムが電力会社を中心に構築されるなど、電線業界はリサイクルの優等生に近かったと言える。

しかし、昨今のプラスチック被覆電線・ケーブルの増加により、導体の回収のみでは環境保全に対応して行けないと言う声もあり、被覆物のリサイクルシステムに関する研究も行われている。

本研究においては LCA の視点から、電線・ケーブルの解体とリサイクルの実態、それら工程に必要なエネルギー量、廃棄処理の実態等を調査した。

調査方法

この種の調査は公表された文献、資料等がないため、調査方法は主な電線・ケーブル解体事業者に対する訪問による聞き取り調査とした。対象とした会社は住電資材加工株式会社、株式会社材工、ウスイ金属株式会社の 3 社である。

電線・ケーブルの解体とリサイクル、廃棄処理の実態

電線・ケーブルの廃棄処分には、電線・ケーブルを丸ごと分解せずに廃棄する処分と、解体して導体などの有価金属を取り出し、被覆材料を廃棄する方法がある。

このうち、電線・ケーブルを丸ごと廃棄処分しているのは薄型テープ電線、海底ケーブルの一部であり、殆ど無視できる程度の量であると言われている。丸ごと廃棄される理由としては、これ等の電線・ケーブルは含有銅量の割合が小さくペイしないことや、陸揚げしても運搬方法が無く処理に莫大な費用がかかることによる。全て埋め立て処分されている。

他にも自動車用ハーネス、家電に使用されているコード類、建築廃材としてでてくる一部の電線・ケーブルは電線・ケーブルが使用されている製品を廃却する時に一緒に廃棄されていると思われる。

焼却処分は電線・ケーブル丸ごと、及び解体後の被覆材料としても国内では全くといいほど例が無い。

訪問調査の結果、電線・ケーブル廃棄処分に関しては平成 11 年 3 月に調査会社が行った調査例の情報を入手することが出来た。一般に見て電線・ケーブルを廃棄した場合、全体としては銅が 60%、被覆材料が 40%程度と分けることができる。1997 年分を調査した結果では、電線・ケーブルとして排出される銅量は 385 千トン、回収した銅量は 306 千トンとなっており、これから推定すると被覆材料は 204 千トン程度回収されていると思われる。この値は、過去に推定された例においても約 200 千トンと言う数字があり、実態に近いものかも知れない。

このうち、半分(102 千トン)は再利用されており、半分は埋め立て処分されている。樹脂が混合されているもの(ポリエチレンと PVC、ゴムなどが混ざっているもの)は埋め立て処分するしかないと言われており、今後の課題であろう。廃棄処理された被覆材料に関しては今までのところ土壤汚染、公害等の報告はでない。

電線・ケーブルのリサイクルに要するエネルギー量

電線・ケーブルの解体に要するエネルギー量は一部で調査された例がある。そのモデルとしては 0.9 通信ケーブルを用いて計算しており、銅 1 トンあたりで計算して、解体処理に 60kWH、ナゲット、ブリケット処理に 1,005kWH を要していると報告されている。これを電線・ケーブル 1 トン当たり換算すると解体処理に $60\text{kWH}/(1+0.5)=40\text{kWH}$ 、ナゲット、ブリケット処理では 670kWH となる。

また、今回の調査では電線・ケーブル 1 トン当たりの解体時投入エネルギー量が 50kWH と計算される会社もあったが、この違いは解体するサイズ分布の違いによるものかも知れないが両者似通ったエネルギー量といえる。

資料名	基礎素材のエネルギー-解析調査報告書
編者	社団法人 化学経済研究所
発行日	平成5年9月
利用シース	鉄鋼、アルミのプロセフロー、インベントリデータ 紙製品のプロセフロー、インベントリデータ プラスチック材料のプロセフロー、インベントリデータ 各種基礎データ(輸送、エネルギー-発熱量、蒸気など)

< 本文の内容と掲載データ >

<ul style="list-style-type: none"> ・調査内容と前提条件 天然資源の採掘・採取に伴う工程エネルギー-を除くすべてを対象 アルミ新地金は海外の生産消費エネルギー-を考慮 輸入比率の高い原料は輸入に伴う輸送エネルギー-を評価し国内の輸送は無視 鉄鋼・アルミ・紙素材以外は特定プラントの基礎データを元にした試算値 電力構成1990年度 電力中央研究所 (124.4g-C/kWh) 	資料2-4	p.12
<ul style="list-style-type: none"> ・素材データ 各種エネルギー-の発熱量 資源の輸送エネルギー- 粗鋼製造工程エネルギー-および排出CO₂量 粗鋼製造工程の物質収支 アルミ地金輸入実績 世界の地域別による電力源構成比(1991) アルミ地金精錬工程エネルギー- アルミ再生地金の製造工程エネルギー- パルプ、紙、板紙の製造工程におけるエネルギー-消費量 各種プラスチックの製造に要するエネルギー-および排出CO₂ 低密度ポリエチレン エチレン酢酸ビニル共重合樹脂 直鎖状低密度ポリエチレン ポリプロピレン ポリスチレン(GP) ポリスチレン(HI) 発泡スチレン(押出發泡体) ABS樹脂 AS樹脂 アクリロニトリル樹脂 塩化ビニル樹脂 塩化ビニリデン樹脂 MMA樹脂 ポリアミド6 ポリアミド66 ポリアミド12 ポリアセタール ポリカーボネート ポリプロピレンテレフタレート(ボトル用) 変性ポリフェニレンエーテル フェノール樹脂 エポキシ樹脂 軟質ウレタンフォーム(寝具製品用) 軟質ウレタンフォーム(自動車部品用) 硬質ウレタンフォーム 不飽和ポリエステル SMC ポリプロピレンテレフタレート(ガラス繊維30%強化品) 	第1-1-2表 第1-2-1表 第1-3-2表 第1-3-2図 第1-3-6図 第1-3-7表 第1-3-9表 第1-3-10表 第1-3-12表 第1-3-14表	p.33 p.38 p.44 p.44 p.48 p.49 p.51 p.52 p.56~ p.74~
エネルギー-構成、工程フロー-図有り		

[名 称]	化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査() NEDO-GET-9310-1 平成5年度調査報告書
[編集者]	新エネルギー・産業技術総合開発機構、財団法人 地球環境産業技術研究機構、 社団法人 化学工学会 「委員会」 CO ₂ 対策技術に関する化学工学調査委員会 委員長 小出構造 東京工業大学 工学部 教授、 委員他8名 委員会事務局 (財)地球環境産業技術研究機構 企画調査部 化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査研究会 主査 中西英二 神戸大学 工学部 教授、 委員他8名 研究会事務局 社団法人 化学工学会
[発行日]	平成6年3月
[利用シーズ]	プラスチック原料のインプット・アウトプット例、CO ₂ 発生量計算手法、 CO ₂ 発生量例：発泡スチロール、PETボトル、PETカーペット

<本文献の掲載データ>

- ・プラスチック原料・素材の製造フロー
ナフサ、エチレン、ベンゼン、トルエン、キシレン等
- ・各種燃料燃焼ガスのCO₂発生原単位
天然ガス、LPG、灯油、A重油、C重油、石炭、電力
- ・輸送のCO₂発生原単位
陸上輸送、海上輸送
- ・一般原材料のCO₂累積排出原単位
エチレンボトム湯、ディーゼルトラック軽油、エチレン、プロピレン、包装用フィルム(HDPE)、
PPケース、PP添加剤、酢酸(無水)発泡剤、ALキャップ、苛性ソーダ(電解)、水素(電
解)等
- ・発泡スチロールリサイクルフロー
- ・発泡スチロール評価手法の試行結果
インプットデータ、アウトプットデータ、流通EPS 1t当たりのCO₂発生量、
CO₂発生量とリサイクル量
- ・PETボトル製造・消費フロー
PETPETボトルの製造-消費に関するインプット、アウトプットデータ
- ・カーペット製造工程の詳細
カーペット製造の評価のためのインプットデータ、カーペットの累積CO₂排出原単位の計算

[名称]	化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査() NEDO - GET - 9410 - 1 平成6年度調査報告書
[編集者]	新エネルギー・産業技術総合開発機構、財団法人 地球環境産業技術研究機構、 社団法人 化学工学会 「委員会」 CO ₂ 対策技術に関する化学工学調査委員会 委員長 小出構造 東京工業大学 工学部 教授、 委員他9名 委員会事務局 (財)地球環境産業技術研究機構 企画調査部 化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査研究会 主査 中西英二 神戸大学 工学部 教授、 委員他13名 研究会事務局 社団法人 化学工学会
[発行日]	平成7年3月
[利用シーズ]	プラスチック原料のインプット・アウトプットデータ例、CO ₂ 発生量計算手法、 CO ₂ 発生量例：PET ボトル、PSP トレー、アルミキャップ、塗料

< 本文献の掲載データ >

- ・原油蒸留工程における製造フロー、原油蒸留工程のインプット
- ・ナフサ分解工程のフロー、ナフサ分解工程のインプット

基本CO₂発生原単位

- ・日本における電力の加重平均累積CO₂排出原単位
- ・各種燃料燃焼ガスのCO₂発生原単位、蒸気(A重油燃料)のCO₂発生原単位
- ・輸送時のCO₂発生原単位
陸上輸送のCO₂発生原単位、海上輸送のCO₂発生原単位(C重油)
- ・一般原材料のCO₂累積排出原単位
エチレンボトム湯、ディーゼルトラック軽油、エチレン、プロピレン、包装用フィルム(HDPE)、PPケース、PP添加剤、酢酸(無水)、発泡剤、ALキャップ、苛性ソーダ(電解)、水素(電解)等
- ・油田におけるCO₂排出量
中東、南方、中国、その他、油田の海上輸送によるCO₂排出量、製油所におけるCO₂排出量
- ・液化設備におけるCO₂排出量：インドネシア、マレーシア、ブルネイ、アブダビ、アラスカ
- ・海外輸送からのCO₂排出量：インドネシア、マレーシア、ブルネイ、アブダビ、アラスカ
- ・国内炭坑におけるCO₂排出量
- ・各国の電力使用に伴うCO₂排出量：オーストラリア、中国、南アフリカ、カナダ、日本
- ・海外炭坑におけるCO₂排出量：オーストラリア、中国、ソ連、南アフリカ、カナダ、アメリカ、他
- ・輸送におけるCO₂排出量：オーストラリア、中国、ソ連、南アフリカ、カナダ、アメリカ、他
- ・ハンドリングにおけるCO₂排出量：オーストラリア、中国、ソ連、南アフリカ、カナダ、アメリカ、他
- ・単位発熱量当たりのCO₂排出量(原油、LNG、一般炭、タール)
- ・単位発熱量当たりのCO₂排出量(LPG、ガソリン、灯油、軽油、重油)
- ・PETボトルの製造、消費、廃棄および再利用のフロー、PETボトル製造-消費に関するインプット及びアウトプットデータ
- ・カーペット製造工程の詳細、カーペット製造の評価のためのインプットデータ、カーペットの累積CO₂排出原単位の計算結果(アウトプット)
- ・PSP(発泡ポリスチレン)トレイの製造、消費、廃棄および再利用のフロー、PSPトレイの製造-消費に関するインプットおよびアウトプットデータ、PSPトレイの製造、消費、廃棄、再利用および再生のフロー
- ・PETボトルのライフサイクルフロー
- ・アルミキャップの製造フロー
- ・塗料の製造フロー

[名 称]	「環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究」調査報告書 - 材料の環境負担性評価の具体的検討 -
[編集者]	社団法人 未踏科学技術協会
[発行日]	平成 7 年 3 月
< 利用シーズ > 社会インフラの環境負担性評価、社会的インフラ材料、素材のリサイクル、大衆消費財の環境負担性評価、リサイクル型システム構築のための環境負荷インベントリー	

< 本文の内容 >

- ・ 調査計画の概要
- ・ 総論

環境負担性評価におけるインベントリーの役割、インパクトと考慮したインベントリーの環境負担性評価の国内・海外の状況

- ・ 社会的インフラにおける環境負荷インベントリーと環境負担性評価

金属材料の環境負荷データベースの構築、社会インフラの環境負担性評価、発電プラントの環境負担性評価、社会インフラ材料、素材のリサイクル（合金鋼、銅、アルミニウム、電線ケーブル）

- ・ 大衆消費財における材料の環境負荷インベントリーと環境負担性評価

大衆消費財の環境対策の現状（自動車、家電、素材（鉄）、流通、LCAへの産業界への取り組み）、大衆消費財の環境負荷インベントリー（自動車、家電）、大衆消費財の材料選択のための環境負担性評価、リサイクル型システム構築のための環境負荷インベントリー（自動車、家電のリサイクル効果の定量化）

- ・ 環境負担性評価技術を構築していくための問題と課題

< 本文の掲載データ >

- ・ 発電プラント（ボイラー、タービン）製造時のエネルギー消費量とCO₂排出量
- ・ ステンレス鋼生産とステンレス屑リサイクル・フロー、クロム・タングステンのマテリアル
- ・ 電気銅精錬に必要なエネルギー量
- ・ 再生鉄製造時のエネルギー消費量とエネルギー源別CO₂排出量原単位
- ・ アルミニウム再生プロセスのエネルギー消費およびCO₂排出原単位
- ・ 1980年、1992年モデルの自動車のLCI
- ・ プラスチックとステンレス槽洗濯機のLCI
- ・ 粗鋼製造時のCO₂、NO_x、SO_x排出原単位

[名 称]	エネルギー使用合理化手法国際調査 (平成 7 年 3 月)
[編集者]	(社) 産業環境管理協会 新エネルギー・産業技術総合開発機構
[発行日]	平成 7 年 3 月
<利用シーズ> NIRE-LCA の元資料、冷蔵庫の素材、使用、廃棄の環境負荷	

<本文の掲載データ>

材料	プロセス	投入			排出			参照 ページ
		素材名	数量	単位	素材名	数量	単位	
鉄鉱石 採掘	積み出し	軽油 (I 換算)	4.00E-03 3.70E+01	リットル / k g kcal/kg	CO ₂ NO _X SO _X	2.80E-03 1.30E-05 3.20E-05	kg-c/kg kg/kg kg/kg	86
		C 重油 (I 換算)	1.30E-02 1.30E+02	kg/kg kcal/kg	CO ₂ NO _X SO _X	1.10E-02 2.60E-04 1.00E-03	kg-c/kg kg/kg kg/kg	
		(I 換算) 原料炭 粉鉄鋼 鉄鉱石 鉄くず	4.00E+03 0.709 1.267 0.258 0.057	kcal/kg k g k g k g k g	CO ₂ NO _X SO _X 高炉スラグ 転炉スラグ	3.90E-01 9.60E-04 7.30E-04 5.50E-05 1.50E-02	kg-c/kg kg/kg kg/kg kg/kg kg/kg	
鉄		原料炭	25.89	k g				90
		粉鉄鋼	46.26	k g				
		鉄鉱石	9.42	k g				
		鉄くず	2.081	k g				
HDPE	製造	エチレン	1.02	kWh	CO ₂	0.075	k g	123
		電力	0.42	k g	NO _X	2.30E-03	k g	
		蒸気	0.5	k g	BOD	-		
		工業用水	3	k g	COD	5.00E-03	k g	
		触媒	-		炭化水素	0.001	k g	
		ハキサ	0.005	k g	固形廃棄物	-		
		紙袋	0.008	k g	全浮遊物質	-		
PVC	製造	工業塩	0.965	k g	NaOH	1.286	kg	125
		エチレン	0.464	k g	H ₂	0.016	k g	
		蒸気	1.069	k g	CO ₂	0.178	k g	
		電力	1.987	kWh	NO _X	0.00001	k g	
		水	2.57	k g	SO _X	0.00222	k g	
		重油	0.055	k g	廃棄物	0.0242	k g	
		触媒	-		PVC	0.008	k g	
木材	製造	原木	1.176	k g	加工くず	0.176	k g	133
		軽油	0.0266	k g				
		電力	0.0453	kWh				
ガラス	素材製造 の原単位	石灰石	0.04	k g	CO ₂	0.857	k g	136
		長石	0.03	k g	NO _X	0.004	k g	
		シリカサンド	0.73	k g	SO _X	0.00002	k g	
		ソーダ灰	0.2	k g	固形廃棄物	0.0001	k g	

		ドロマイト	0.17	k g	water waste	4.4	k g	
		電力	0.000381	kWh				
		重油	0.264	k g				
PET	素材製造 の原単位	石炭	0.0457	kg/kg	C O 2	2.798	kg/kg	144
		石油	1.0937	kg/kg				
		L N G	0.1658	kg/kg				
		ナフサ	0.7517	kg/kg				
PVC	素材製造 の原単位	石炭	0.0483	kg/kg	C O 2	1.478	kg/kg	144
		石油	0.5815	kg/kg				
		L N G	0.047	kg/kg				
		ナフサ	0.3484	kg/kg				
PE	素材製造 の原単位	石炭	0.0184	kg/kg	C O 2	1.254	kg/kg	144
		石油	0.7781	kg/kg				
		L N G	0.0179	kg/kg				
		ナフサ	0.08045	kg/kg				
銅製品	素材製造 の原単位	石炭	0.147	kg/kg	C O 2	1.265	kg/kg	144
		石油	0.1722	kg/kg				
		L N G	0.0981	kg/kg				
ガラス	素材製造 の原単位	石炭	0.0293	kg/kg	C O 2	1.928	kg/kg	144
		石油	0.3119	kg/kg				
		L N G	0.0014	kg/kg				

以上

[名 称]	「エネルギー使用合理化手法国際協力調査」
[編集者]	新エネルギー・産業技術総合開発機構
[発行日]	平成10年3月
< 利用シーズ > インベントリーデータとその作成方法の整理、複写機を例題とした L C I 実施に関する問題点、複写機のインベントリー分析実施例	

< 本文の内容 >

- ・ インベントリーデータとその作成方法の整理
- ・ 複写機を例題とする L C I の実施に関する問題点
 フォアグラウンドデータ、バックグラウンドデータ（電力）、バックグラウンドデータ（鉄鋼）、バックグラウンドデータ（石油とプラスチック）、部品製造工程のデータ
- ・ シナリオにおける複写機のインベントリー分析の実施
 データの作成（複写機、電力、金属類、プラスチック類、その他）、計算のまとめ
- ・ K I P における自動車の L C A 実施例
- ・ まとめ（データ作成の方法とその課題）
- ・ むすび

< 本文への掲載データ >

- ・ トナー製造工場での CO₂、NO_x 排出量
- ・ 電気事業からの CO₂、NO_x、NO_x 排出量原単位
- ・ 燃料別（石炭、重油、原油、NGL、ナフサ等）炭素排出原単位
- ・ 発電所別発電実績、燃料消費量、炭素排出量
- ・ 各品目区分最終製造工程の単位生産量当たりのエネルギー投入量と CO₂ 排出量（動力伝達装置、回転電気機械、開閉制御装置、通信電子装置部品、半導体等）
- ・ 金属類の製造に関する CO₂、NO_x、NO_x 排出量（亜鉛メッキ鋼板、ステンレス鋼板、鋳
- ・ 石油製品及びプラスチック類製造時の CO₂、NO_x、NO_x 排出量（ABS、PE、PP、P
- ・ 軽油、灯油、ガソリン、重油に関する CO₂ 排出量
- ・ 複写機のライフサイクルでの CO₂ 排出量

資料名	'94 日米化学品の価格とコスト
編者	株式会社 シーエムシー
発行日	1994.3.1
利用ソース	各種化学品製造のための投入資源 各種化学品の生産・価格動向と予測

< 本文の内容 >

化学品生産量、価格、為替の予測手法

各種化学品の生産・価格動向と予測

コスト計算の方式とその前提

日米化学品のコスト予測

石油化学原料、各種樹脂の投入資源が価格予測とともに記載

< 掲載データ >

石油化学原料のコスト予測

エチレン・プロピレン、ブタジエン、BTX、o,p-キシレン、p-キシレン、n-パラフィン

無機化学製品のコスト予測

酸素、合成ガス、水素、CO、アンモニア、尿素、硝酸、カ性ソーダおよび塩素

脂肪族製品のコスト予測

メタノール、ホルムアルデヒド、エタノール、アセトアルデヒド、酢酸、エチレンオキシド、エチレングリコール
イソプロパノール、プロピレンオキシド、プロピレングリコール、エビクロルヒドリン、n-ブタノール、オクタノール
メチルエチルケトン、酢酸エチル、無水マレイン酸、酢酸ビニル、アクリル酸、アクリル酸エステル
メタクリル酸メチル、アクリロニトリル、トリクロロエチレン、パークロロエチレン、二塩化エタン、塩化ビニルモノマー

芳香族製品のコスト予測

シクロヘキサン、フェノールおよびアセトン、無水フタル酸、テレフタル酸、DMT、スチレンモノマー
スチレンモノマーおよびプロピレンオキシド、アルキルベンゼン、DOP、ビスフェノールA、アニリン、TDI、MDI
カプロラクタム

合成樹脂の生産・価格推移と予測

低密度ポリエチレン、LLDPE、高密度ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ABS樹脂、ポリ塩化ビニル
不飽和ポリエステル、ポリカーボネート、イソキシ樹脂、SBR、ポリブタジエン、EPラバー

名称	プラスチックなど包装材料の環境影響評価（LCA）
編集者	（社）プラスチック処理促進協会
発行日	平成7年3月
利用シーズ	LCAの歴史と背景、LCAの進め方、PVCボトル、HDPEショッピングバッグ、紙トレイ、魚箱（木製）のフロー及び影響評価

1．本文の内容

(1)LCA研究の背景と平成4年度の調査結果

- ・ LCAの歴史と背景
- ・ 日本及び各国の状況
- ・ 調査経緯
- ・ 問題点と今後の展開

(2)平成6年度の調査結果

- ・ LCAの目的、概要、手法について
- ・ 調査対象製品の仕様とフローチャート
- ・ トレー、ショッピングバッグ、ボトル、テレビ製品梱包剤、魚箱のLCA

2．主な掲載データ

第2図 ナフサ分解のフロー

第2表 調査対象品のフローチャート

第7表 製品別環境影響評価 [PETボトル1000本（60kg）あたり]

第8表 製品別環境影響評価 [PPボトル1000本（40.5kg）あたり]

第10表 製品別環境影響評価 [LDPEボトル1000本（41.3kg）あたり]

第11表 製品別環境影響評価 [PVCボトル1000本（85kg）あたり]

名称	LCAインベントリーデータの収集調査研究報告書
編集者	(社)プラスチック処理促進協会
発行日	平成9年3月
利用シーン	合成樹脂のライフサイクル、LCIデータベースの構築の基本的な考え方、 オレフィン原料のLCIデータ、ISOの動向、LCAのニーズ

1. 本文の内容

(1)合成樹脂LCIデータベースの構築

- ・データ収集システム
- ・データベース構築の進捗状況
- ・オレフィン原料のLCIデータ
- ・動力プラントの収集データ

(2)LCAを取り巻く最近の環境

- ・ISOの動向
- ・国内の動向
- ・LCAに関するヨーロッパ調査報告

(3)合成樹脂需要産業のLCAの考え方とニーズ

- ・事務機器産業
- ・自動車産業
- ・家電産業

2. 主な掲載データ

- 資料1 合成樹脂のLCIデータベース体系
- 資料7 ナフサクラッカー収集データの集計結果(投入原料、産出物)
- 資料8-2 工程・環境対策設備のLCI用データ
- 資料10 オレフィン等LCIデータ総括表
- 資料11 動力プラントの収集データ項目
- 資料12 出発原料グループの収集データ
- 資料13 中間原料グループ
- 資料14 合成樹脂グループの収集データ

作成年月 2000年3月
作成者 JECTEC WG

[名称]	ライフサイクルインベントリー分析の手引き
[編集者]	社団法人 環境情報科学センター
[地理的な有効範囲]	国内
[発行日]	1998年9月30日
利用シース	<ul style="list-style-type: none"> ・飲料容器のケーススタディ ・全自動電気洗濯機のケーススタディ ・廃棄・リサイクル段階のケーススタディ

本文の内容

- ・ LCA の概要
- ・ LCI 分析の手引き
- ・ 飲料容器のケーススタディ
- ・ 全自動電気洗濯機のケーススタディ
- ・ 廃棄・リサイクル段階のケーススタディ

本文への掲載データ

- ・ ペットボトルのライフサイクルインベントリー
 項目: ペットボトル、アルミキャップ、LDPE パッキン、PS ラベル、ダンボール箱、ダンボールシート、HDPE フィルム、LDPE フィルム、PP バンド、HDPE パレット
 データ: "資源消費、付属品など投入、エネルギー消費、水消費、排ガス (CO₂、NO_x、SO_x 蒸気)、排水 (BDD、COD、排水)、廃棄物、輸送"
- ・ ワンウェイびんのライフサイクルインベントリー
 項目: ワンウェイびん、アルミキャップ、LDPE パッキン、PS ラベル、ダンボール箱、ダンボールシート、HDPE フィルム、LDPE フィルム、PP バンド、HDPE パレット
 データ: 資源消費、付属品など投入、エネルギー消費、水消費、排ガス (CO₂、NO_x、SO_x 蒸気)、排水 (水)、廃棄物、輸送
- ・ リターナブルびんのライフサイクルインベントリー
 項目: リターナブルびん、ブリキ、HDPE コンパウンド、クラフト紙、HDPE クレート、PP バンド、HDPE パレット
 データ: 資源消費、付属品など投入、エネルギー消費、水消費、排ガス (CO₂、NO_x、SO_x 蒸気)、排水 (水)、廃棄物、輸送
- ・ アルミ缶のライフサイクルインベントリー
 項目: アルミ缶、ダンボール箱、ダンボールシート、HDPE フィルム、LDPE フィルム、PP バンド、HDPE パレット
 データ: 資源消費、付属品など投入、エネルギー消費、水消費、排ガス (CO₂、NO_x、SO_x 蒸気)、排水 (水)、廃棄物、輸送
- ・ スチール缶のライフサイクルインベントリー
 項目: スチール缶、アルミ蓋、アルミタブ、ダンボール箱、ダンボールシート、

HDPE フィルム、LDPE フィルム、PP バンド、HDPE パレット
データ：資源消費、付属品など投入、エネルギー消費、水消費、排ガス（CO₂、NO_x、SO_x 蒸気）、排水（水、廃水処理）、廃棄物、輸送

・紙容器のライフサイクルインベントリー

項目：紙容器、LDPE ラミネート、紙、LDPE フィルム、HDPE パレット
データ："資源消費、付属品など投入、エネルギー消費、水消費、排ガス（CO₂、NO_x、SO_x 蒸気）、排水（BOD、COD、SS）、廃棄物、輸送"

・財・サービス百万円生産あたりのエネルギー、CO₂ 排出

・エネルギー種別原単位

項目：石炭（輸入炭）、重油（C重油）、原油、軽油、灯油、LPG、ナフサ、NGL、LNG、潤滑油、天然ガス、都市ガス、電力（国内）、電力（輸入アルミ）

データ：発熱量、CO₂、NO_x、SO_x 排出量

・全自動電気洗濯機の構成素材と製造に関する原単位

項目：塗装鋼（Fe）、ステンレス鋼（SUS）、アルミ圧延製品（Al）、PP、HDPE、PS、PC、ABS、PET、PUR、PA、POM、発泡PS、ダンボール箱、図書用紙、製本プロセス、ダンボール箱加工、インジェクション成形

データ：エネルギー消費、CO₂ 排出量

・輸送に関する原単位

項目：トラック、タンカー

データ：燃料消費、CO₂、NO_x、SO_x 排出量

・輸送に関する原単位

項目：アルミ地金輸送（輸入）、パルプ材輸送（輸入）

データ：燃料消費

・各種プロセスのエネルギー消費原単位

項目：蒸気発生工程、上水供給工程、下水処理工程

データ：エネルギー消費

・電力生産に伴う環境負荷原単位

項目：石炭火力、石油火力、LNG火力、原子力、水力、地熱発電

データ：資源消費、排ガス（CO₂、NO_x、SO_x、C_xH_y、N₂O、HF、particle）、排水（F、SO₄、NO₃、Cl、Na、NH₃、Fe）、廃棄物（CaF₂、固体）、発電量

以上

参考資料 3 . (2) - 2 1

作成年月 2000年3月(新規 修正)
 作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	水酸化マグネシウム
環境負荷項目	CO ₂ (プロセス累積加算量)
地理的な有効範囲	国内
無視するばらつき要因	負荷分配、データ-の収集方法、時間 技術、CO ₂ 排出係数、など。

CO₂排出量

No.	品名	品質規格など	CO ₂ 量 (kg/ kg) [累積加算量]	インベントリ 分析集計方法	システム 境界	データ参照 資料
1	水酸化マグネシウム	合成品	1.2161	積み上げ法	国内	資料

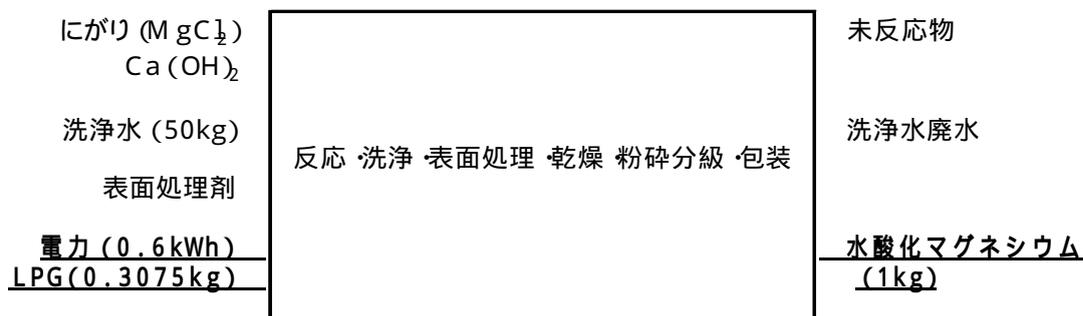
プロセスの概要

[マテリアルフロー] 物質収支量は製造メーカー社内秘なので不明

にがり (MgCl₂) + Ca(OH)₂ **反応 洗浄 表面処理 乾燥 粉碎分級 包装** 水酸化マグネシウム

[水酸化マグネシウム製造簡略フローチャートと主要インベントリ項目]

ただし、インプット項目は電力、LPG、洗浄水、アウトプット項目は水酸化マグネシウムのみとしてCO₂排出量を算出した。



積み上げ計算

項目(fromNIRE-LCA)	CO ₂ 原単位	所要量	CO ₂ 発生量	総CO ₂ 発生量
electricity kWh (EI,JP,Rf)	4.219E-01	0.6000	0.2531	
ThermalEnergyLPG kg(En,JP,Rf)	3.132E+00	0.3075	0.9630	
				1.2161

データ参照資料

資料 素材メーカーでの製造条件より、Nire-LCAで算出

[名 称]	「環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究」調査報告書（別冊） －金属素材インベントリ - デ - ター
[編集者]	社団法人 未踏科学技術協会
[発行日]	平成7年3月
<利用シ - ズ> 素材インベントリ - タの必要性・利用法、金属素材のプロセス、金属素材環境負荷インベントリ - タの算定方法、「金属素材インベントリ - タ」、発電プラントのLCAへの適用、デ - タベ - ス化事例	

<本文の内容>

- ・ 金属素材インベントリデ - タ作成の意義
- ・ 各素材のプロセスフロ -
鉄鋼、 ステンレス鋼、 フェロアロイ、 アルミニウム、 非鉄金属（銅、 鉛、 亜鉛、 伸銅製品、 電線・ケ - プル、 ニッケル、 スズ、 クロム、 ニオブ、 チタン）
- ・ 金属素材環境負荷インベントリ - の算定
デ - タクオリティと基本的な考え方、 デ - タソ - スと算定の基本的な方法、 算定方法、 合金鋼の算定
- ・ 金属素材環境負荷インベントリ - デ - タの適用
社会インフラの環境負担性LCAと素材の環境負担原単位、 発電プラントの環境負担性LCAへの適用
- ・ デ - タベ - ス（付録）
はじめに、 デ - タベ - ス紹介（文献情報、 プロセスシ - ト、 エコシ - ト） 解説、 表一覧

<本文の掲載デ - タ>

- ・ 鉄鋼各種製品の環境負荷累積加算量
銑鉄、粗鋼、熱延鋼板、冷延鋼板、メッキ鋼板、等についての製造エネルギー - 消費量及びCO₂・SO_x・NO_x排出量
- ・ 非鉄金属各種製品の環境負荷累積加算量
銅、アルミニウム、鉛、亜鉛、ニッケル、チタンについての製造エネルギー - 消費量及びCO₂・SO_x・NO_x排出量
- ・ 各種合金鋼の環境負荷累積加算量
Fe - Ni・Mn・Cr・Mo・W・B・Nb・V・Ti等の合金鋼についての製造エネルギー - 消費量及びCO₂・SO_x・NO_x排出量
- ・ 表一覧
非鉄、フェロアロイ、鉄鋼、合金鋼についての実績、原単位、発生量、SO_x、CO₂、NO_x、製造エネルギー - 消費量

以上

[名 称]	「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価」報告書 [改訂版]
[編集者]	社団法人 プラスチック処理促進協会
[発行日]	平成5年7月
<利用シ - ズ> 累積CO ₂ ・SO _x ・NO _x 排出原単位の評価手法、評価手法の試行手順、「共通単位デ - タ」、「プラスチック7種類、非プラスチック5種類での評価・イベントリデタ」、「効果検討 事例・インベントリデ - タ」	

<本文の内容>

- ・ 評価手法のコンセプト
 累積CO₂排出原単位 の定義、 累積CO₂排出原単位 の算出に際しての留意点
 、 累積CO₂排出原単位 の概念とその意義、 固定的累積CO₂排出原単位 の考え方
 と計算法
- ・ 評価プログラム
 比例的累積CO₂排出原単位 の計算、 マテリアルリサイクル・リユ - スを含む場合
 の取り扱い
- ・ 評価フレ - ム
 評価対象の素材・製品、 評価項目、 評価対象範囲、 試行手順
- ・ 共通デ - タ
- ・ プラスチック素材・製品の評価
- ・ 非プラスチック素材・製品の評価
- ・ 試行結果の考察
 リタ - ナルびん使用の効果、 カレット使用の効果、 ガラスびんの軽量化による効果
- ・ パラメ - タ試行の例
 リサイクルの影響、 輸送距離の影響
- ・ リサイクル・リユ - ス工程の入力 について
- ・ 累積CO₂ベ - スのプロセス連関分析への展開

添付資料 : 排出原単位の推計手順および推計プログラムについて

添付資料 : プラスチックの環境影響評価に関する文献

添付資料 : プラスチックの環境影響評価に関する海外調査

<本文の掲載デ - タ>

- ・ 共通単位デ - タ
 電力の累積CO₂排出原単位、 燃焼ガスのCO₂・SO_x発生量単位、 燃料のN
 O_x発生量単位、 蒸気のCO₂・SO_x・NO_x発生量単位、 陸上輸送のCO₂・SO
 x・NO_x発生量単位、 海上輸送のCO₂・SO_x・NO_x発生量単位、 一般原材料の
 CO₂・SO_x・NO_x累積原単位、 エネルギー - 源別発熱量。
- ・ プラスチック素材・製品のユニットプロセス供給・排出明細付きフロ - 図およびインプ
 デ - タ・アウトプットデ - タの全体表
 原油蒸留・ナフサ分解、 PVCボトル、 HDPE (ショッピングバック)
 LDPEボトル、 PETボトル、 PPボトル、 PSPトレ - , EPSTレ -
- ・ 非プラスチック素材・製品のユニットプロセス供給・排出明細付きフロ - 図およびインプ
 ットデ - タ・アウトプットデ - タの全体表
 スチ - ル缶、 アルミ缶、 ガラスびん、 紙トレ - ・紙 - LDPE ラミネート飲料容器
 (牛乳パック)・テレビ製品梱包材(段ボ - ル)・魚箱(木製)
- ・ 試行結果のデ - タ
 LDPE ボトルのエットプロセス供給・排出明細付きマテリアル・サ - マルリサイクルフロ -
 LDPE ボトルのマテリアル・サ - マルリサイクルにおけるリサイクル率とCO₂・NO_x
 ・SO_x・COD・BOD・消費エネルギー - との関係
 PVCボトルにおける輸送距離とCO₂・NO_x・SO_xとの関係

以上

インベントリ項目	HDPE LDPE LLDPE
環境負荷項目	CO2
地理的な有効範囲	国内
無視するパラッキ要因	

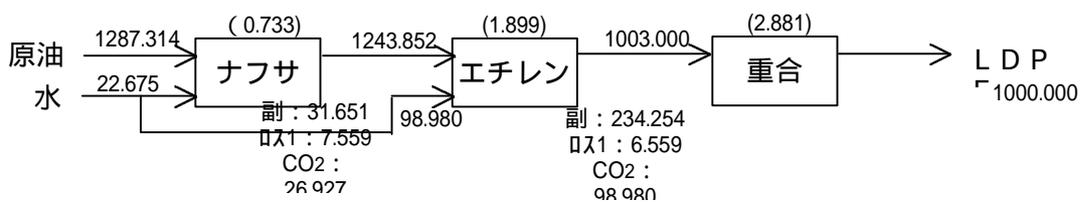
< CO2 排出量 >

No.	品名	品質規格等	CO2量 (kg/kg)	インベントリ分析 集計方法	システム境界	データ参照資料
1	HDPE		0.905	積み上げ法	海上輸送	資料
2	HDPE		1.254	積み上げ法	海上輸送	資料
3	HDPE		0.688	積み上げ法	資源採掘	資料
4	HDPE		0.905	積み上げ法	資源採掘	資料
5	HDPE		1.231	積み上げ法	資源採掘	資料
6	HDPE		0.678	積み上げ法	海上輸送	資料
7	HDPE		1.928	産業連関表		資料
8	LDPE		1.239	積み上げ法	海上輸送	資料
9	LDPE	含LLDPE	0.603	積み上げ法	資源採掘	資料
10	LDPE		1.421	積み上げ法	資源採掘	資料
11	LDPE		1.004	積み上げ法	海上輸送	資料
12	LDPE		2.031	産業連関表		資料
13	LLDPE		0.759	積み上げ法	海上輸送	資料
14	LLDPE		0.902	積み上げ法	海上輸送	資料

- 資料 : 「基礎素材のエネルギー調査報告書」 (社)化学経済研究所(1993)
- 資料 : 「エネルギー使用合理化手法国際調査」
(社)産業管理協会、新エネルギー・産業技術総合開発(1995.3)
- 使用 : 「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)
- 資料 : 「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2)
- 資料 : 「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(1999.7)
- 資料 : '94 日米化学品の価格とコスト(NIRE-LCA)
- 資料 : 産業連関表(1990)

低密度ポリエチレンの製造フロー (資料)

単位 : kg ただし () 内は工程エネルギーで $\times 10^6$ Kcal



インベントリ項目	カーボンブラック
環境負荷項目	CO ₂
地理的な有効範囲	国内
無視するパラッキ要因	

< CO₂ 排出量 >

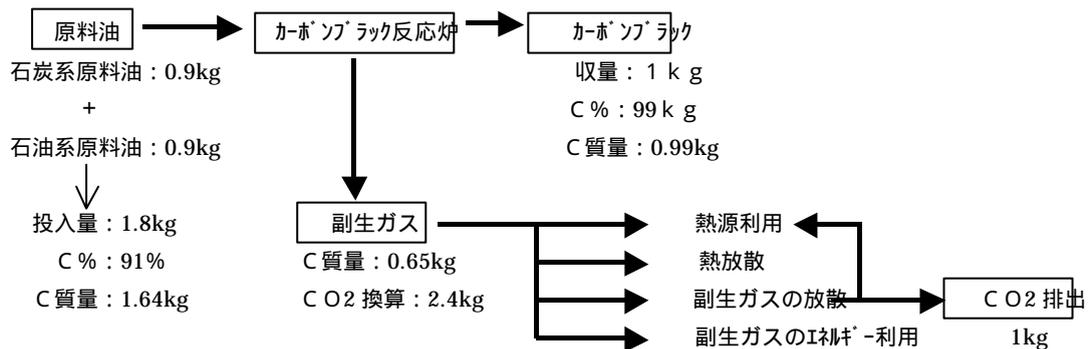
No.	品名	品質規格等	CO ₂ 量 (kg-CO ₂ /kg)	インベントリ分析手法	システム境界	データ参照資料
1	カーボンブラック	カーボンブラック	3.123	積み上げ法	国内	資料
2	カーボンブラック	カーボンブラック	1.196	産業連関表	国内	資料
3	カーボンブラック	カーボンブラック	3.117	Environmental load of 4000 social stocks	国内	資料

資料 : 旭カーボン(株)提出データより

資料 : LCA 実務入門、CD1-17、1990年産業連関表、P.1

資料 : LCA 実務入門、CD3、Environmental load of 4000 social stocks

< 製造工程フロー >



* 製造工程からのCO₂ 排出量については、副生ガスが熱源として利用後排出（他製品の原料としての使用はない）であることから2.4kgを使用。

所要電力量：0.22kWh/kg

< CO₂ 排出原単位 >

石炭系：NIRE-LCA、Ver.2、oil coke (Pd,JP,Rf)

石油系：NIRE-LCA、Ver.2、heavy oil (Pd,JP,Rf)

電力：NIRE-LCA、Ver.2、electricity (El,JP,Rf)

< CO₂ 量(kg-CO₂/kg)の代表値、MIN 値、MAX 値 >

代表値	MIN 値	MAX 値
3.123	1.196	3.123

インベントリ項目	止水テープ
環境負荷項目	CO2
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	

< CO2 排出量 >

No.	品名	品質規格等	CO2 量 (kg-CO2/kg)	インベントリ分析手法	システム境界	データ参照資料
1	吸水パウダー	合成樹脂	1.805	NIRE-LCA、Ver.2	国内	資料
2	吸水パウダー	脂肪酸中間物	2.106	産業連関表	国内	資料
3	吸水パウダー	紙製衛生材料・用品	6.214	産業連関表	国内	資料
4	不織布原反	合成繊維	4.292	NIRE-LCA、Ver.2	国内	資料
5	不織布原反	ポリエステル紡績糸織物	12.568	Environmental load of 4000 social stocks	国内	資料
6	不織布原反	ポリエステル・不織布	6.145	Environmental load of 4000 social stocks	国内	資料
7	バインダー	合成ゴム	4.222	産業連関表	国内	資料
8	バインダー	ゼラチン・接着剤	2.675	産業連関表	国内	資料
9	バインダー	その他ゴム製品	15.294	産業連関表	国内	資料

資料 : NIRE-LCA、Ver.2、san、(Pd, JP, K1)、「合成樹脂」

資料 : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、P.2、「その他の脂肪酸中間物」

資料 : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、P.1、「紙製衛生材料・用品」

資料 : NIRE-LCA、Ver.2、san、(Pd, JP, K1)「合成繊維」

資料 : LCA 実務入門、CD3、Environmental load of 4000 social stocks、「ポリエステル紡績糸織物(純)」

資料 : LCA 実務入門、CD3、Environmental load of 4000 social stocks、「ポリエステル・不織布」

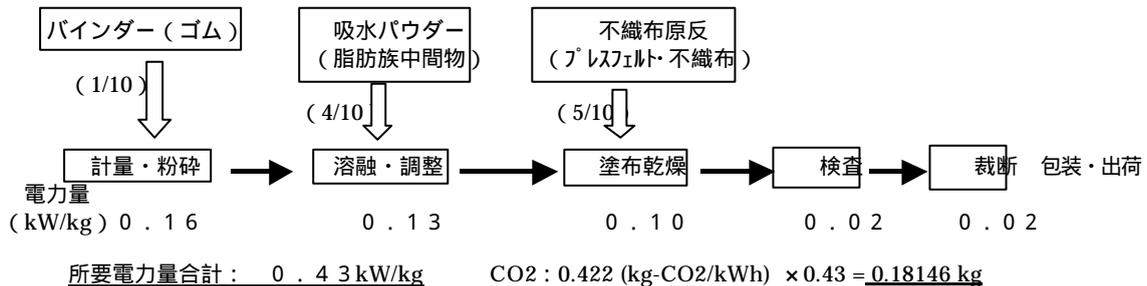
資料 : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、P.2、「合成ゴム」

資料 : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、P.2、「ゼラチン・接着剤」

資料 : LCA 実務入門、CD1-17、1990 産業連関表、P.2、「その他ゴム製品」

< 止水テープ製造フローと所要電力量・原材料質量比 >

* (): 止水テープ 1kg 製造時の原材料質量比



< CO2 量(kg-CO2/kg)の代表値、最小値、最大値 >

代表値	MIN 値	MAX 値
4.519	3.317	10.480

* 代表値は No.2、No.6、No.7 使用

* 最小値は No.1、No.4、No.8 使用

* 最大値は No.3、No.5、No.9 使用

インベントリ項目	電力
環境負荷項目	CO ₂ (プロセス累積加算量)
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	

< CO₂排出量 >

NO	品名	品質規格等	CO ₂ 量 (kg/kWh) [累積加算量]	インベントリ 分析集計方法	システム境界	データ参照 資料
1	電力	-	0.4559	-	国内	資料
2	電力	-	0.341	-	国内	資料
3	電力	国内9電力会社平均 送電端	0.627	-	国内	"
5	電力	国内9電力会社平均 発電端	0.594	-	国内	"
6	電力	国内9電力会社以外平均 送電端	0.766	-	国内	"
7	電力	国内9電力会社以外平均 発電端	0.719	-	国内	"
8	電力	国内 需要端	0.384	-	海上輸送 + 国内	"
9	電力	国内 需要端	0.381	-	国内	資料
10	電力	-	0.499	産業連関表	国内	資料

< データ参照資料 >

- 資料 「基礎素材のエネルギー解析調査報告書 - 化学経済研究所調査委員会研究調査報告 - 」
社団法人 化学経済研究所
- 資料 「エネルギー使用合理化手法国際協力調査」、新エネルギー・産業技術総合開発機構
H10年3月、P28、P32、P86
- 資料 企画調整局環境計画課 報道発表資料
率先実行計画に掲げられた課題検討について(H9.3.21)
地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン
(資料編)(H5.8)
(<http://www.eic.or.jp/kishisa/199703/304.html>)
- 資料 建設省、グリーン庁舎委員会
1985年産業連関表

資料 3 . (2) - 1 6 L N G

作成年月 2 0 0 0 年 3 月 (新規、修正)

作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	L N G
環境負荷項目	C O 2
地理的な有効範囲	日本
無視するパラツキ要因	

< C O 2 排出量 >

No.	品名	品質 規格等	C O 2 量 (k g - C O 2 / k g)	インベントリ分析 集計方法	システム 境界	データ 参照資料
1	L N G	Thermal Energy by L N G k g	2.8029	N I R E - L C A		
2	L N G	L N G	0.023	積み上げ法	海上輸送 + 国内	
3	L N G	L N G	0.189			
4	L N G	L N G	0.011			
5	L N G	L N G	0.176	産業連関表		
6	L N G	L N G	0.072	産業連関表		
7	L N G	L N G	1.761	Environmental load of 4000 social stocks		
8	L N G	L N G	3.030			
9	L N G	L N G	2.230			

資料 : N I R E - L C A ver.2

資料 : 基礎素材のエネルギー解析調査報告書、(社)化学経済研究所、平成5年9月

資料 : 二酸化炭素排出量調査報告書、環境庁、1992年5月

資料 : 自動車分科会環境技術研究会報告、(財)化学技術戦略推進機構、平成11年3月、p43

資料 : 産業連関表

資料 : 産業連関表

資料 : Environmental load of 4000 social stocks

資料 : L C A 実務入門、表 3 . 1、p 9 1、(社)産業環境管理協会

資料 : L C A 実務入門、表 3 . 5、p 9 2、(社)産業環境管理協会

資料 3 . (2) - 1 6 UV樹脂

作成年月 2000年3月(新規、修正)
作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	UV樹脂
環境負荷項目	CO2
地理的な有効範囲	日本
無視するバラツキ要因	

< CO2排出量 >

No.	品名	品質規格等	CO2量 (kg-CO2/kg)	インベントリ分析 集計方法	システム 境界	データ 参照資料
1	UV樹脂	モデル	3.689	積み上げ法	国内	
2	UV樹脂	PUR	3.639	NIRE-LCA		
3	UV樹脂	合成樹脂	1.805	産業連関表		
4	UV樹脂	合成ゴム	4.222	産業連関表		
5	UV樹脂	その他の 合成樹脂	3.113	産業連関表		
6	UV樹脂	その他の 脂肪族中間物	不明	Environmental load of 4000 social stocks		
7	UV樹脂	PPG (PTMGの代替)	12.182	Environmental load of 4000 social stocks		
8	UV樹脂	合成ゴム その他	13.263	Environmental load of 4000 social stocks		

資料 : モデル計算

資料 : NIRE-LCA ver.2

資料 : NIRE-LCA ver.2、san

資料 : 産業連関表

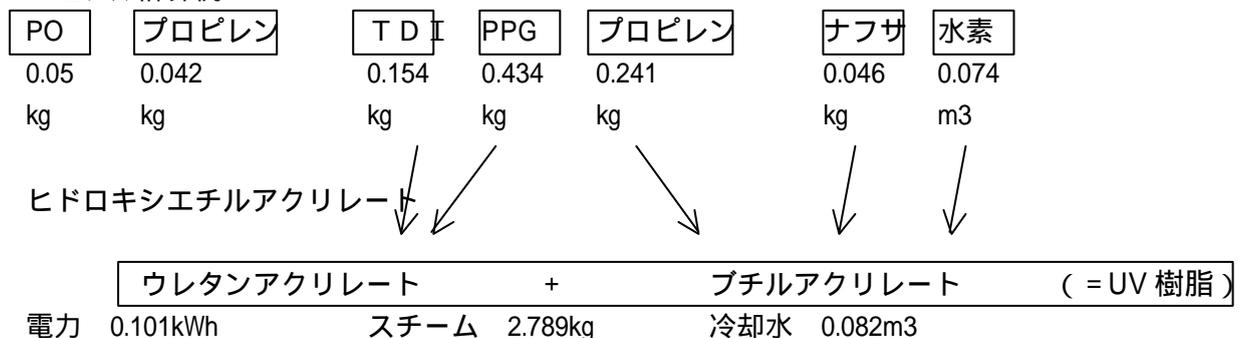
資料 : 産業連関表

資料 : Environmental load of 4000 social stocks、398KG-CO2 / 万円

資料 : Environmental load of 4000 social stocks

資料 : Environmental load of 4000 social stocks

< モデル計算例 >



資料 3 . (2) - 1 6 アラミド繊維

作成年月 2000年3月(新規、修正)
作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	アラミド繊維
環境負荷項目	CO2
地理的な有効範囲	日本
無視するバラツキ要因	

< CO2 排出量 >

No.	品名	品質規格等	CO2量 (kg-CO2/kg)	インベントリ分析 集計方法	システム 境界	データ 参照資料
1	アラミド繊維	モデル	3.227	積み上げ法	国内	
2	アラミド繊維	合成繊維	4.292	産業連関表		
3	アラミド繊維	化学繊維	3.213	産業連関表		
4	アラミド繊維	化学繊維 紡績系	5.203	産業連関表		
5	アラミド繊維	ナイロン長繊維系 ・短繊維	20.984	Environmental load of 4000 social stocks		
6	アラミド繊維	合成繊維 紡績系	不明	Environmental load of 4000 social stocks		

資料 : モデル計算

資料 : 産業連関表

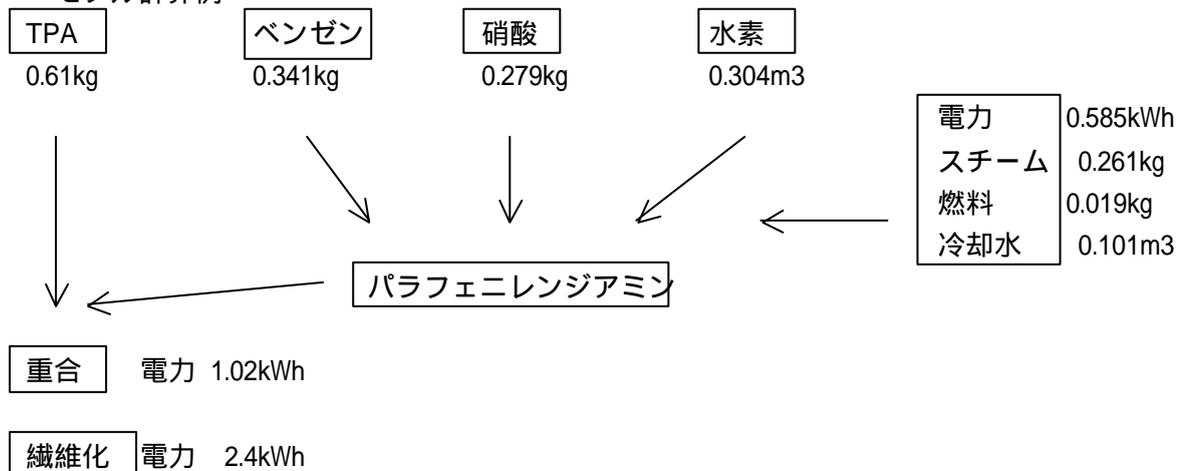
資料 : 産業連関表

資料 : 産業連関表

資料 : Environmental load of 4000 social stocks

資料 : Environmental load of 4000 social stocks

< モデル計算例 >



インベントリ項目	炭酸カルシウム
環境負荷項目	CO ₂
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	データ収集法、時間・技術、負荷分配、CO ₂ 排出係数等々

< CO₂ 排出量 >

No.	品名	品質規格等	CO ₂ 量 (kg/kg) [累積加算量]	インベントリ 分析集計法	システム 境界	データ 参照資料
1	炭酸 カルシウム	粉砕品	0 . 1 1	積み上げ法	国内	資料 1
2			0 . 1 5	積み上げ法	国内	
3			0 . 1 3	積み上げ法	国内	
4			0 . 0 8	積み上げ法	国内	

資料 1 : 材料メーカーから製造条件を入手し NIRE LCA で CO₂ 排出量を計算した

製造プロセス (:含まれている製造工程)

採掘 粗砕 原料運搬 投入 粉砕 分級 異物除去 袋詰め 出荷・運搬

作成年月 2000年3月

作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	SiO ₂
環境負荷	CO ₂
地理的な有効範囲	国内
無視するばらつき	データ収集法、時間、技術、負荷配分など

CO₂排出量

NO.	品名	品質規格等	CO ₂ 量 (kg/kg)	インベントリ 分析集計法	システム 境界	データ 参照資料
1	SiO ₂	板ガラス	2.511	産業連関表	国内	
2		SiO ₂	3.333	NIRE-LCA	国内	
3		ガラス繊維	0.857		国内	
4		ガラス	1.928		国内	
5		自動車用ガラス	9.764		国内	
6		VAD法SiO ₂	45	積み上げ法	国内	

資料 1990年産業連関表 (LCA実務入門)

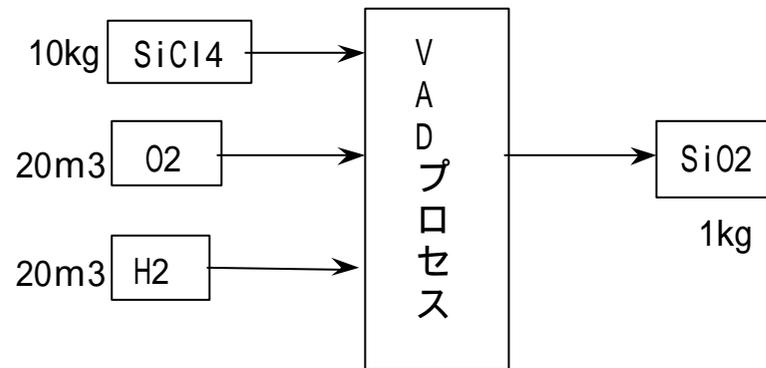
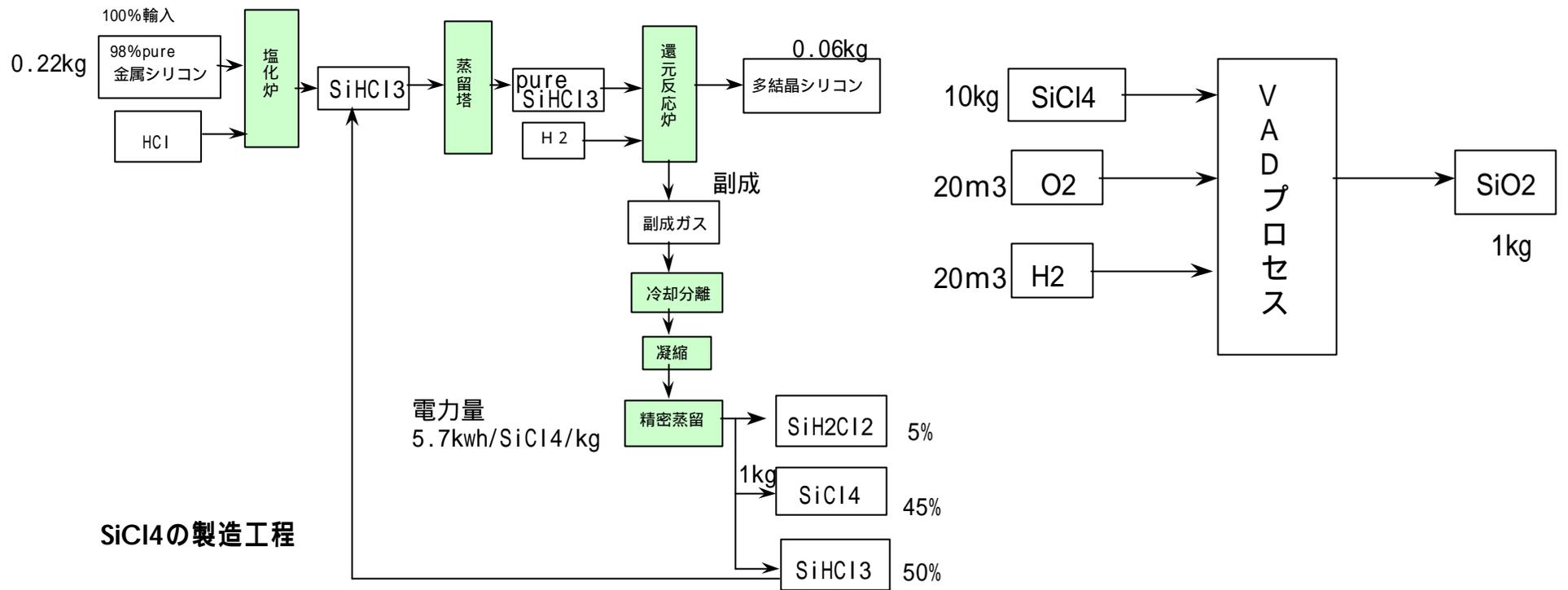
資料 : NIRE-LCA

資料 : エネルギー使用合理化手法国際調査 (平成7年3月 P136)

資料 : エネルギー使用合理化手法国際調査 (平成7年3月 P144)

資料 : 自動車分科会環境技術研究会報告 P20

資料 : SiCl₄、VAD法 SiO₂メーカー情報



資料3.(2)-18光ファイバ用SiO₂の製造工程

インベントリーデータ調査報告

項目	内容				
1	資料先	資料名 発行 発行年	石油化学製品のLCIデータ調査報告 プラスチック処理促進協会 1999	基礎素材のエネルギー解析調査報告書 電力中央研究所 1990	エネルギー使用合理化手法国際調査 産業環境管理協会 1995
2		製品名	PVC	PVC	PVC
3	製造プロセス	システム境界	資源採掘・採取から重合まで		
4	引用文献				
5	CO ₂ 原単位	kg-CO ₂ /kg	1.432	1.363	1.286

インベントリーデータ調査結果報告

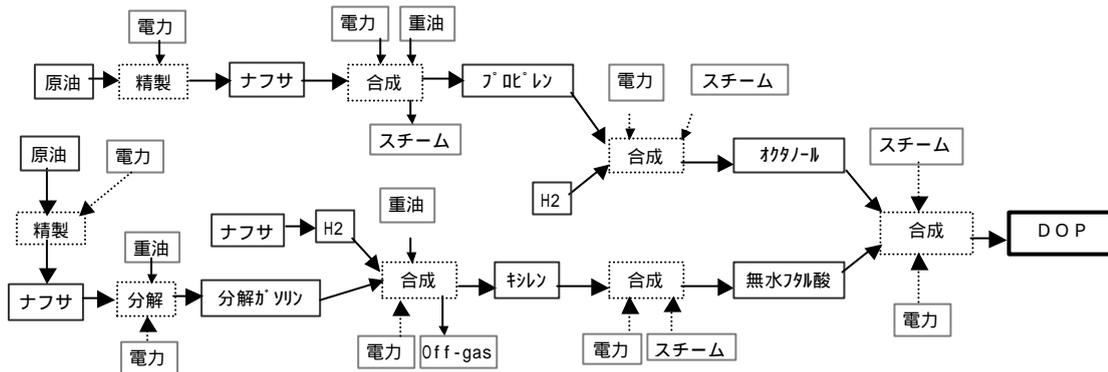
項目	内容			
1	資料先	資料名 発行 発行年	自動車分科会環境技術研究会報告 電力中央研究所	塩化ビニル樹脂製品のライフサイクル評価 塩化ビニルリサイクル推進協議会調査委員会 平成7年7月
2		製品名	PVC	PVC
3	製造プロセス	システム境界		
4	引用文献			
5	CO ₂ 原単位	kg-CO ₂ /kg	8.89	1.38

インベントリ項目	D O P (フタル酸ジオクチル)
環境負荷項目	C O 2
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	

< C O 2 排出量 >

1.826Kg-CO2/kg

< 製造フロー >



< 投入資源量及びデータ引用先 >

	原材料	投入量	単位	データ引用		
DOP (1kg)	オクタンール	0.669	kg	'94 日米化学品の価格とコスト		
	無水フタル酸	0.382	kg	'94 日米化学品の価格とコスト		
	スチーム	0.5	kg	3.3MJ/kgとする		
	電力	0.02	kWh	H6 電事審		
オクタンール	原材料	プロピレン	0.542	kg	NEDO-GET-9410-1, P. 26	
		合成ガス	0.619	m ³	'94 日米化学品の価格とコスト	
		H2	0.298	m ³	冷蔵庫データ集	
		電力	0.241	kWh		
		スチーム	4.21	kg		
プロピレン	原材料	ナフサ	0.561	kg	NEDO-GET 9410-1 p.24	
		電力	0.00935	kWh		
		重油	0.0748	kg	NEDO-GET 9410-1 p.24	
副産物	スチーム	0.218	kg			
合成ガス	原材料	ナフサ	0.198	kg		
		電力	0.00928	kWh		
		スチーム	0.0619	kg		
無水フタル酸	原材料	プロセス水	0.00191	m ³	'94 日米化学品の価格とコスト	
		o-キシレン	0.340	kg		
		副産物	スチーム	1.64		kg
o-キシレン	原材料	キシレン	0.391	kg	NEDO-GET 9410-1 p.26	
		水素	0.0544	m ³		
		電力	0.00510	kWh		
キシレン	原材料	分解ガソリン	0.388	kg	NEDO-GET 9410-1 p.26	
		重油	0.0245	kg		
		電力	0.0131	kWh		
		水素	0.104	m ³		
分解ガソリン	原材料	ナフサ	0.402	kg		
		重油	0.0536	kWh		
		電力	0.00670	kg		
		副産物	スチーム	0.156		kg
		スチーム	0.156	kg		
ナフサ	輸入ナフサ	原油	0.446	kg	海上輸送はBUWAL	
		電力	0.000892	kWh	海上輸送はBUWAL	
		電力	0.000892	kWh		

資料3 . (2) - 2 1

作成年月 2000年3月
作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	水酸化マグネシウム
環境負荷項目	CO ₂ (プロセス累積加算量)
地理的な有効範囲	国内
無視するばらつき要因	負荷分配、データ-の収集方法、時間・技術、CO ₂ 排出係数、など。

CO₂排出量

No.	品名	品質規格など	CO ₂ 量 (kg/ kg) [累積加算量]	インベントリ 分析集計方法	システム 境界	データ参照 資料
1	水酸化マグネシウム	合成品	1.2161	積み上げ法	国内	資料

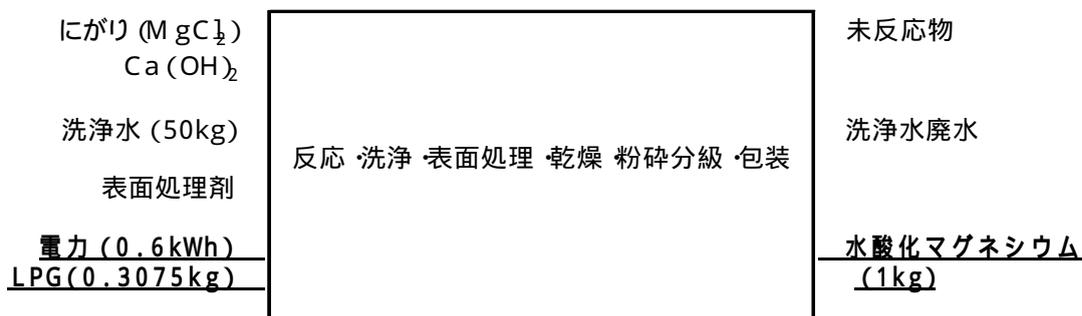
プロセスの概要

[マテリアルフロー] 物質収支量は製造メーカー社内秘なので不明

にがり (MgCl₂) + Ca(OH)₂ **反応・洗浄・表面処理・乾燥・粉碎分級・包装** 水酸化マグネシウム

[水酸化マグネシウム製造簡略フローチャートと主要インベントリ項目]

ただし、インプット項目は電力、LPG、洗浄水、アウトプット項目は水酸化マグネシウムのみとしてCO₂排出量を算出した。



積み上げ計算

項目(fromNIRE-LCA)	CO ₂ 原単位	所要量	CO ₂ 発生量	総CO ₂ 発生量
electricity kWh (El,JP,Rf)	4.219E-01	0.6000	0.2531	
ThermalEnergyLPG kg(En,JP,Rf)	3.132E+00	0.3075	0.9630	
				1.2161

データ参照資料

資料 素材メーカーでの製造条件より、Nire-LCAで算出

インベントリ項目	粗銅、電気銅、銅
環境負荷項目	CO ₂ (プロセス累積加算量)
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	負荷分配、デ - タの収集方法、時間 技術、CO ₂ 排出係数等。

< CO₂排出量 >

No	品名	品質規格等	CO ₂ 量(kg/kg) [累積加算量]	インベントリ分 析集計方法	システム境界	デ - タ 参照資料
1	粗銅	Cu99.5%	0.870	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
2	粗銅	Cu99.5%	0.804	積み上げ法	国内	資料
3	電気銅	JIS 電気銅	1.245	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
4	電気銅	JIS 電気銅	0.937	積み上げ法	国内	資料
5	電気銅	JIS 電気銅	1.078	積み上げ法	国内	資料
6	銅	表示無し	1.574	産連表分析	国内	資料
7	銅	表示無し	2.422	産連表分析	国内	資料
8	銅	表示無し	1.798	産連表分析	国内	資料
9	銅	[現状]、表無	2.225	産 / 積のハイ	国内	資料
10	銅	100%リサイクル	0.073	フリット法	国内	資料
11	銅	表示無し	2.698	積み上げ法	鉱石採掘 ~ 国内	資料
12	銅	< 参考 > 表示無し	5.085	産連表分析	< 海外デ - タ >	資料
13	銅鉱輸入	銅精鉱	0.068	積み上げ法	海上輸送	資料
14	銅鉱輸入	銅精鉱	0.048	積み上げ法	海上輸送	NIRE-LCA
15	銅スクラップ	再生・高純度	0.000			NIRE-LCA

< デ - タ参照資料 >

- 資料 : 「リサイクルアセスメントにおける基礎素材の製造デ - タ」、環境管理、31(6)、616-627(1995)
- 資料 : 「環境負担性評価システム構築のための基礎調査」研究報告書 (別冊)
 < 金属素材インベントリデ - タ >、未踏科学技術協会、平成 7年3月、P69。
- 資料 : 「平成 7年度金属素材産業における LCA手法に関する調査研究報告書」
 、(財)金属系材料研究開発センター、平成8年3月、P97。
- 資料 : 「地球環境と都市・建築に関する総合的研究」
 平成 5年度科学研究費補助金、平成 6年3月、P101~111。
- 資料 : 「地球環境時代における建設設備の課題」、空気調和 衛生工学会、地球環境に関す

る委員会、平成7年3月。

資料 : 平成9年度科学技術振興調整費 材料の環境負荷と使用性能の総合評価」
調査研究報告書、未踏科学技術協会、平成11年3月、P144 ~ 153。

資料 : 「ライフサイクルアセスメントの実践」<環境負荷低減を目指して>
、環境情報科学センタ - 編、化学工業日報社、1996年3月発行、P89。

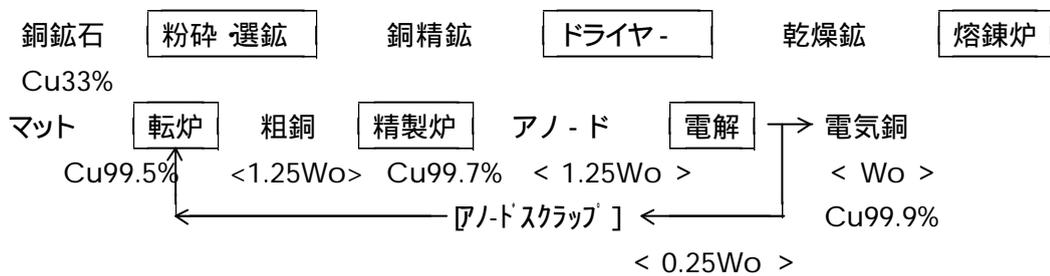
CO排出係数は資料 P64の表を参照。

資料 : 平成7年度科学技術振興調整費 環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究」
調査報告書、未踏科学技術協会、平成9年8月、P107。P161。

<プロセスの概要>

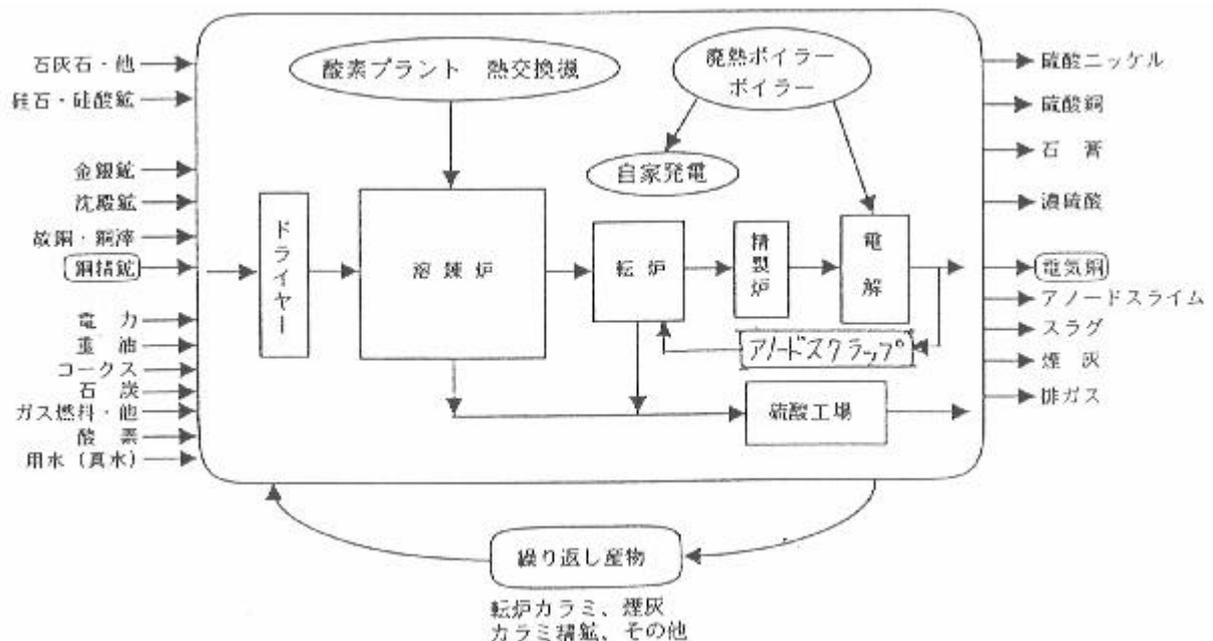
資料 参照。

[マテリアルフロ -]



注 : [] 製造プロセス、< Wo > 粗銅 ~ 電気銅の物質収支の概略

[銅製錬簡略フロ - チャ - トと主要インベントリ - 項目]



以上

インベントリ項目	鋼線、棒鋼、形鋼、熱延鋼材、鋼板、
環境負荷項目	CO ₂ (プロセス累積加算量)
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	負荷分配、デ - タの収集方法、時間 技術、CO ₂ 排出係数等。

< CO₂排出量 >

No	品名	品質規格等	CO ₂ 量(kg/kg) [累積加算量]	インベントリ分 析集計方法	システム 境界	デ - タ参照 資料
		< 高炉鋼 >				
1	鋼線材		1.32	積み上げ法	国内	資料
2	熱延鋼板		1.18	積み上げ法	国内	資料
3	棒鋼		1.21	積み上げ法	国内	資料
4	形鋼		1.25	積み上げ法	国内	資料
5	形鋼		1.395	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
6	熱延鋼材		1.384	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
7	鋼線等		2.32	積み上げ法	海上輸送 + 国内 *	資料
8	鋼板		2.32	積み上げ法	海上輸送 + 国内 *	資料
9	熱延コイル		2.32	積み上げ法	海上輸送 + 国内 *	資料
10	熱延鋼材		1.302	産連表	国内	資料
11	熱延鋼材		1.49	産連表	国内	資料
12	普通鋼	現状	1.203	積上 + 産表	国内	資料
		< 電炉鋼 >				
13	電炉鋼		0.314	積み上げ法	国内	資料
15	電炉形鋼		0.407	積み上げ法	国内	資料
16	電炉棒鋼		0.376	積み上げ法	国内	資料
17	電炉鋼線		0.66	積み上げ法	国内 *	資料
18	普通鋼	100%スクラップ	0.759	積上 + 産表	国内	資料
	< 参考 >					
25	鋼鉄		2.13	?	国内?	資料
26	普通鋼		2.20	積上 + 産表	< 海外デ - タ >	資料

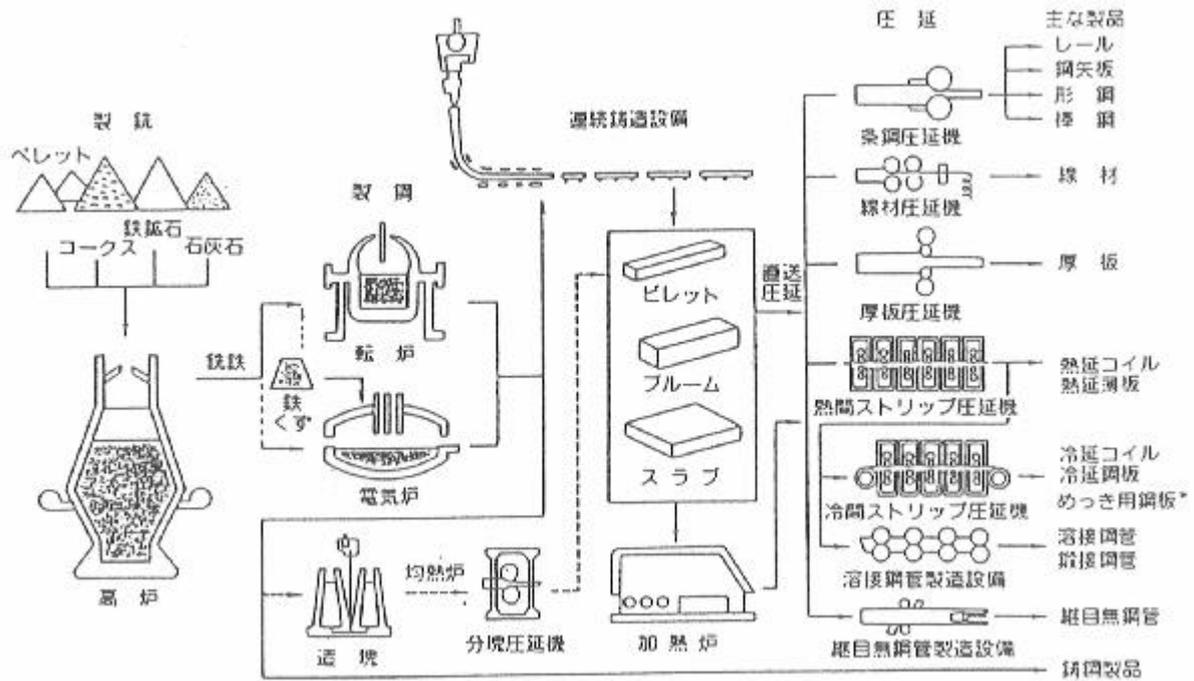
* 工場間接分含む。

< デ - タ参照資料 >

- 資料 : 『環境負担性評価システム構築のための基礎調査』研究報告書 (別冊)
< 金属素材インベントリデ - タ >、未踏科学技術協会、平成 7 年 3 月、P67 ~ 68。
- 資料 : 『基礎素材のエネルギー解析調査報告書』、(社)化学経済研究所、平成 5 年 9 月、P40 ~ 46
- 資料 : 『日本エネルギー - 学会誌 第 77 巻第 12 号 (1998)』P934 ~ 1192
- 資料 : 『地球環境と都市 - 建築に関する総合的研究』、平成 5 年度科学研究費補助金、平成 6 年 3 月、P101 ~ 111。
- 資料 : 『材料の環境負荷と使用性能の総合評価 調査研究報告書 - 環境負担性評価のためのデ - タベ - スの構築 - 平成 11 年 3 月 社団法人 未踏科学技術協会、P153。
- 資料 : 『ライフサイクルアセスメントにおける基礎素材の製造デ - タ』、環境管理、31(6)、616-627(1995)
- 資料 : 『平成 7 年度金属素材産業における LCA手法に関する調査研究報告書』、(財)金属系材料研究開発センター、平成 8 年 3 月、P34。
- 資料 : 『ライフサイクルアセスメントの実践』< 環境負荷低減を目指して >、環境情報科学センター - 編、化学工業日報社、1996 年 3 月発行、P89。
- 資料 : 『平成 7 年度科学技術振興調整費 環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究』調査報告書、未踏科学技術協会、平成 9 年 8 月、P107。

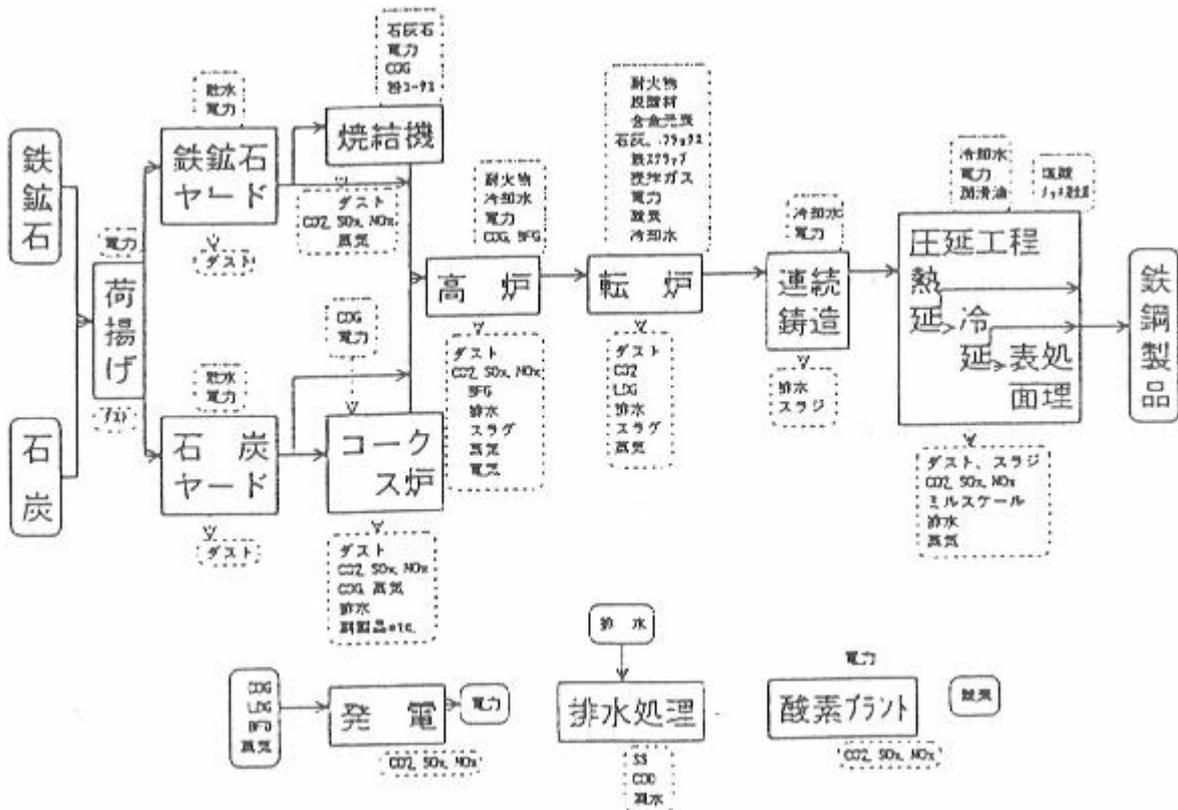
<プロセスの概要>

[鉄鋼生産プロセスの概要図]



表面処理設備をへて電気ブリキ、電気亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板等の製品に

[一貫製鉄 (高炉鋼) 工程フロ - とインベントリ項目の考え方]



以上

作成年月 2000年3月
作成者 JECTEC WG

インベントリ項目	冷延鋼板、冷延鋼材、薄鋼板、冷延コイル
環境負荷項目	CO ₂ (プロセス累積加算量)
地理的な有効範囲	国内
無視するバラツキ要因	負荷分配、デ - タの収集方法、時間 技術、CO ₂ 排出係数等。

< CO排出量 >

No	品名	品質規格等	CO ₂ 量(kg/kg) [累積加算量]	インベントリ分 析集計方法	システム 境界	デ - タ参照 資料
1	冷延鋼板	< 冷延鋼 >	1.288	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
2	冷延鋼板		1.52	積み上げ法	国内	資料
3	冷延鋼材		1.551	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
4	薄鋼板		1.534	積み上げ法	海上輸送 + 国内	資料
5	冷延コイル		2.69	積み上げ法	海上輸送 + 国内 *	資料
6	冷上鋼板	< 電炉鋼 >	1.362	産連表	国内	資料
7	冷延鋼材		0.544	積み上げ法	国内	資料

* 工場間接分含む。

< デ - タ参照資料 >

資料 : 「ライフサイクルアセスメントにおける基礎素材の製造デ - タ」、環境管理、31(6)、616-627(1995)

資料 : 「環境負担性評価システム構築のための基礎調査」研究報告書 (別冊)

< 金属素材インベントリ - デ - タ >、未踏科学技術協会、平成7年3月、P67 ~ 68。

資料 : 「基礎素材のエネルギー - 解析調査報告書」、(社)化学経済研究所、平成5年9月、P40 ~ 46

資料 : 「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす環境評価」報告書 [改訂版]

平成5年7月 社団法人 プラスチック処理促進協会 P109 ~ 112

資料 : 日本エネルギー - 学会誌 第77巻第12号 (1998) P934 ~ 1192

資料 : 「地球環境時代における建設設備の課題」、空気調和 衛生工学会、地球環境に関する委員会、平成7年3月。

< プロセスの概要 >

参考資料 3.(2) - 22 - 2 St (その1) 参照。

以上

3.(3) 各種電線・ケーブルのLCAと誤差分析

以下に本研究で実施した電線・ケーブルに関する環境負荷影響の調査結果について述べる。

3.(3)-1. 低圧架橋ポリエチレン絶縁ケーブルのLCI

ア) 目的および調査範囲の設定

調査の目的

電線・ケーブルの環境負荷を定量的に評価し、製品製造における環境負荷の程度を調査することを本LCIの実施の理由とした。本調査は国内において事例が少ない電線について積み上げ法によるLCI手法を適用し、将来に企業や業界が同様の作業に着手する際の基礎となり、参考となるような調査報告を行うことを目的として実施した。

調査報告の対象者としては電線・ケーブルのLCA研究者、LCA実施者及び電線・ケーブルのユーザーを考慮している。

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600V CVT(600V 架橋ポリエチレン絶縁塩化ビニルシーストリプレックス型ケーブル)と600V EM-CET(600V 架橋ポリエチレン絶縁耐燃ポリエチレンシーストリプレックス型ケーブル)である。対象としたケーブルは図1.(1)-1に示すように架橋ポリエチレンで絶縁された導体にそれぞれ塩化ビニル混和物または耐燃性ポリエチレン混和物をシースとして被覆しそれらを3本撚りあわせた構造となっている。電線のサイズは使用量も多く、代表的なサイズとして3×14mm²を選定した。

これら電線・ケーブルの機能としては送電の際に十分な絶縁性、耐外傷性・難燃性を有することが要求される。本研究では製品であるケーブル1kmあたりの環境負荷比較をおこなった。

ii) システム境界

システム境界(Boundary)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段階からとした。つまり海外における資源採掘の段階については考慮せず輸入の際、輸送に使われる燃料から始まる工程をシステム境界とした。ただし、塩化ビニル混和物に使われる炭酸カルシウムに関しては国内で採掘、粉碎処理を行っており採掘、粉碎、輸送までを取り入れている。川下側では電線の工場出荷の段階までとした。図3.(3)-1にシステム境界の範囲を示す。

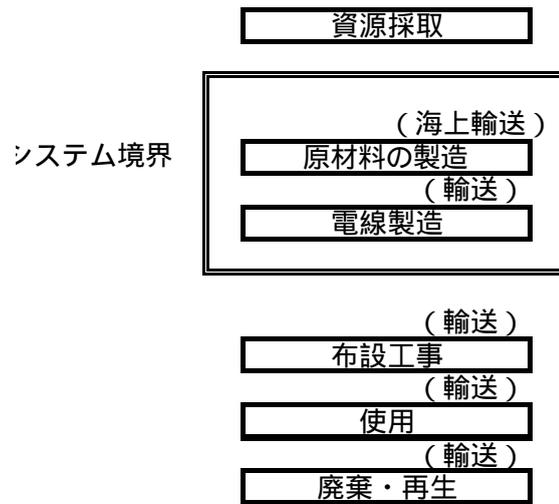
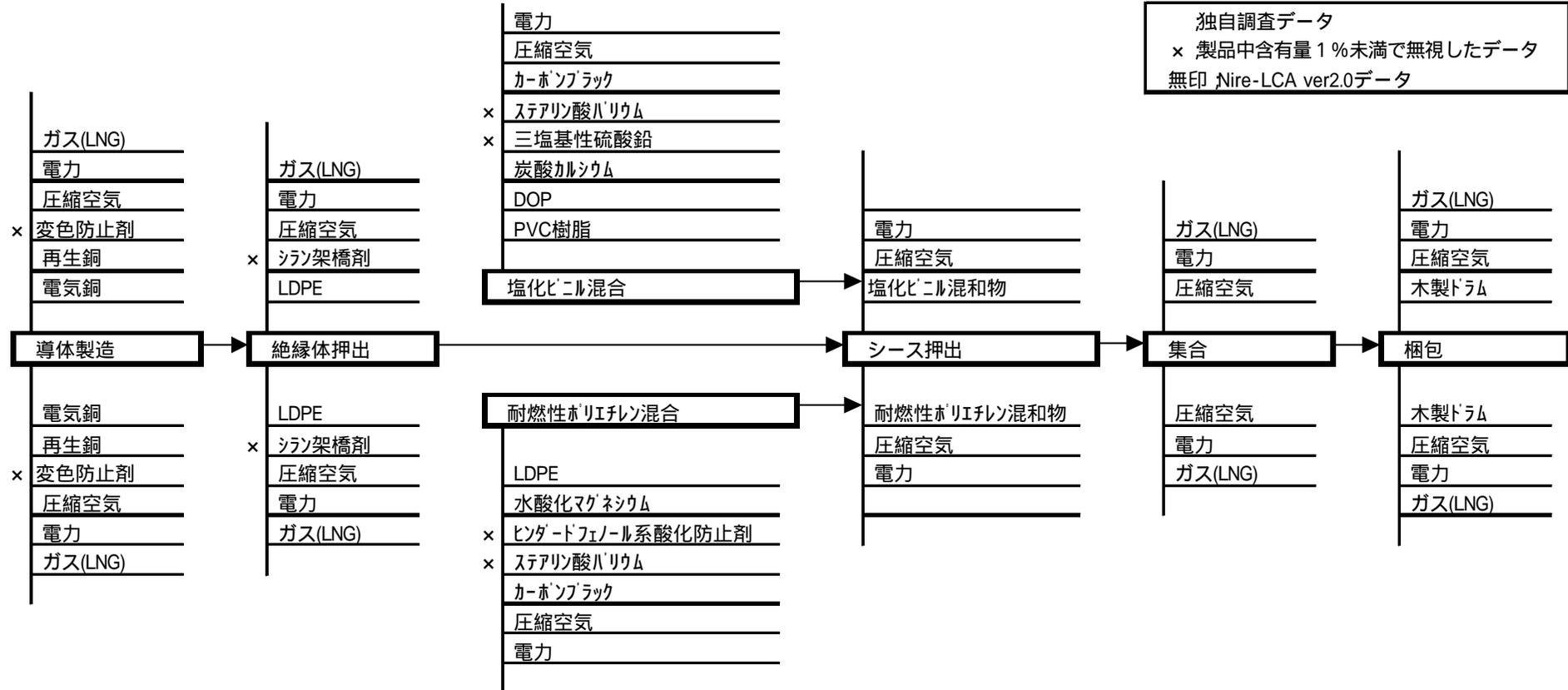


図3 . (3) - 1 システム境界

なお、ケーブルの使用、使用後の回収、リサイクルに関しては別途調査をおこなった。

- a.基本フローとしての製品システムへの入・出力
製品システムの基本的フローを図(3) - 2に示す。

600V CVT



600V EM-CET

図 3 . (3) - 2 600V CVT と 600V EM-CET における製造工程毎のインプット比較

b. 考慮・省略の決定の原則

分析にあたり、実際にシステムに投入、排出される物質及びエネルギーをすべて考慮することは理想であるが実際には非常に困難である。また、集められるデータの誤差を考慮すれば他のものと比較してあまりに小さいものは取り入れても結果に影響しないと考えられる。このような理由で本調査においては使用材料に関して製品質量の 1%に満たない材料及び十分なデータのないものは無視することとした。また国内の輸送及び工程間の移動についても省略した。

また配分に当たっては基本的に製品質量での配分方法を採用した。

iii) 調査した環境負荷項目

本研究においては、対象とする環境負荷項目は大気圏排出物質のうちの二酸化炭素を選択した。

イ) ライフサイクルインベントリ分析及び結果

データ収集と計算方法

データの収集は LCA 計算ソフトウェアとして通商産業省 工業技術院 資源環境総合技術研究所が作成した NIRE-LCA Ver.2 に登録されたデータベースをもとに電線の LCI を行うために足りないデータを補うことで行った。

i) データ収集手法

a. 電力消費に関する前提条件

電力を製造するための排出は電源構成によって比例配分した¹⁾。これは使用した LCA 計算ソフトウェアである NIRE-LCA Ver.2 のデータベースによる。

本ソフトウェアにおいては電源構成として平成 6 年度の電気事業審議会による 1992 年の実績値を用いている。

b. 材料調達段階

導体は電気銅と回収銅 1 の比率を通産省統計資料に従い電気銅 79.5%、スクラップ 20.5%として計算している。また回収銅については廃電線からの回収の際に必要な電力量のみを投入資源として考慮しており輸送あるいは最初の銅製造に関する資源投入についての考慮はしていない。

使用した圧縮空気についてはコンプレッサーの使用実績より $0.09\text{kW}/\text{m}^3$ を投入するとした。

絶縁体に使われるポリエチレンはあらかじめ登録されたデータベースが無かった為、文献²⁾より低密度ポリエチレンの製造データを引用し使用した。これによって得られた素材製造における二酸化炭素の排出原単位は $1.004\text{kg-CO}_2/\text{kg}$ であり、これまでに報告のあった低密度ポリエチレンに関する排出原単位の $0.603 \sim$

1.421kg-CO₂/kg と比較しても妥当な数値と判断した。

600V CVT のシースに使われる塩化ビニル混和物は軟質 PVC であり、PVC 樹脂に可塑剤、充填剤が配合された混和物として使用されている。そのうちの可塑剤、充填剤については調査の結果、引用できるデータが見つからなかった。可塑剤については文献から抽出した原料データを積み上げていく方法をとった。使用した文献はデータの統一を図ることもあり、低密度ポリエチレン及び PVC 樹脂に使用しているものとなるべく同一のものとした。充填剤についてはメーカー 4 社からの聞き取り調査を行い、それを NIRE-LCA Ver.2 を用い計算することで得た。

600V EM-CET のシース材料として使用している水酸化マグネシウムに関してもメーカーからの聞き取り調査をもとに二酸化炭素の排出原単位を算出した。

c. 電線製造段階

電線・ケーブルの製造段階において投入される電力、燃料、スチーム、圧縮空気などのデータは電線製造の実態を調査し、代表値を採用した。実際の投入資源量を表 3 . (3) - 1 に示す。

表 3 . (3) - 1 製造工程別投入資源量

工程	電力量 kWh/km	ガス使用量 m ³ /km	圧縮空気 m ³ /km
導体製造	160	20	14
絶縁体被覆	330	49	192
シース被覆	98	?	65
集合	458	?	477

インベントリ分析結果

上記前提をもとに 600V CVT および 600V EM-CET のインベントリ分析を行った結果を表 3 . (3) - 2 および表 3 . (3) - 3 に示す。

600V CVT の製造の段階までの排出炭酸ガスの総量はおよそ 1,255kg-CO₂/km であり、600V EM-CET では 1,212kg-CO₂/km という結果である。

素材別にみると導体の排出量が最も多いことがわかる。

表3.(3)-2 600V CVT のインベントリ分析結果

工程	投入量			CO ₂ 排出量			
	品名	単位	投入量	原単位	排出量	計	
C V T	導体	電気銅	kg	300.51	1.25265	376.4	486
		銅スクラップ	kg	77.49	0.0128	1.0	
		変色防止剤	kg	0	無視		
	絶縁体	電力	kWh	160	0.4219	67.5	
		LNG	m ³	20	2.011	40.2	
		圧縮空気	m ³	14	0.03797	0.5	
		LDPE	kg	48	1.0037	48.2	
		シラン架橋剤	kg	1	無視		
	シース	電力	kWh	330	0.4219	139.2	
		LNG	m ³	49	2.011	98.5	
		圧縮空気	m ³	192	0.03797	7.3	
		PVCレジン	kg	80.1	1.71123	137.1	
		DOP	kg	40.1	1.826	73.2	
		炭酸カルシウム	kg	28	0.151154	4.2	
		三塩基性硫酸鉛	kg	3.2	無視		
		ステアリン酸バリウム	kg	0.8	無視		
	集合	カーボンブラック	kg	1.6	3.123	5.0	
		電力	kWh	98	0.4219	41.3	
	出荷	圧縮空気	m ³	65	0.03797	2.5	
電力		kWh	458	0.4219	193.2		
合計	圧縮空気	m ³	477	0.03797	18.1		
	木製ドラム	kg	?				
合計	電力	kWh	2	0.4219	0.8		
	圧縮空気	m ³	10	0.03797	0.4		
合計		kg				1255	

表3.(3)-3 600V EM-CET のインベントリ分析結果

工程	投入量			CO ₂ 排出量			
	品名	単位	投入量	原単位	排出量	計	
C E T	導体	電気銅	kg	300.51	1.25265	376.4	486
		銅スクラップ	kg	77.49	0.0128	1.0	
		変色防止剤	kg	0	無視		
	絶縁体	電力	kWh	160	0.4219	67.5	
		LNG	m ³	20	2.011	40.2	
		圧縮空気	m ³	14	0.03797	0.5	
		LDPE	kg	48	1.0037	48.2	
		シラン架橋剤	kg	1	無視		
	シース	電力	kWh	330	0.4219	139.2	
		LNG	m ³	49	2.011	98.5	
		圧縮空気	m ³	192	0.03797	7.3	
		LDPE	kg	86.6	1.0037	86.9	
		水酸化マグネシウム	kg	69.3	1.21609	84.3	
		ヒンダードフェノール系酸化防止剤	kg	0.4	無視		
		ステアリン酸バリウム	kg	0.8	無視		
		カーボンブラック	kg	1.7	3.123	5.3	
	集合	電力	kWh	98	0.4219	41.3	
		圧縮空気	m ³	65	0.03797	2.5	
	出荷	電力	kWh	458	0.4219	193.2	
圧縮空気		m ³	477	0.03797	18.1		
合計	木製ドラム	kg	?				
	電力	kWh	2	0.4219	0.8		
合計	圧縮空気	m ³	10	0.03797	0.4		
	合計		kg			1212	

誤差分析

インベントリ分析による 600V CVT と 600V EM-CET との比較では 600V EM-CET の方が排出炭酸ガスの総量が低い結果となった。この結果の有効性を検証するため誤差分析を行った。

600V CVT と 600V EM-CET の違いはシースに使用する材料のみであるので、シース被覆の工程内で誤差分析を行った。

誤差分析はこれまでの調査で得た各素材のインベントリデータの範囲で最大値、最小値を用いて行った。誤差分析に使用したインベントリデータを表 3.(3)-4 に示す。

表 3.(3)-4 誤差分析に使用したインベントリデータ

ケーブル	素材		原単位	出典
600V CVT	PVCレジン	最大*	1.71123	資料 a
		最小	1.286	資料 b
	炭酸カルシウム	最大*	0.151154	資料 c
		最小	0.0838466	資料 c
600V EM-CET	LDPE	最大	1.239	資料 d
		(標準)	1.00371	資料 e
		最小	0.603	資料 f
共通	カーボンブラック	最大*	3.12316	資料 c
		最小	1.196	資料 g

*印は標準として使用しているデータと同じ

- a . シーエムシー「'94 日米化学品の価格とコスト」1994 (水圏排出物はマスバランスから算出)
- b . 石油化学製品の LCI データ調査報告, プラスチック処理促進協会, 1999
- c . 素材メーカーでの製造条件より、Nire-LCA で算出
- d . 基礎素材のエネルギー調査報告, (社)化学経済研究所, 1993
- e . '94 日米化学品の価格とコスト(NIRE-LCA)
- f . ライフサイクルインベントリ分析の手引き まとめその 1
- g . LCA 実務入門, CD1-17, 1990 産業連関表, p.1

これらのインベントリデータを用いて誤差分析を行った結果を表 3.(3)-5 および図 3.(3)-3 に示す。

表 3.(3)-5 600V CVT および 600V EM-CET の誤差分析結果

工程	600V CVT			工程	600V EM-CET		
	最小	標準	最大		最小	標準	最大
導体製造	486	486	486	導体製造	486	486	486
絶縁体被覆	293	293	293	絶縁体被覆	293	293	293
シース被覆	223	263	263	シース被覆	182	220	241
集合・出荷	213	213	213	集合・出荷	213	213	213
合計	1215	1255	1255	合計	1174	1212	1233

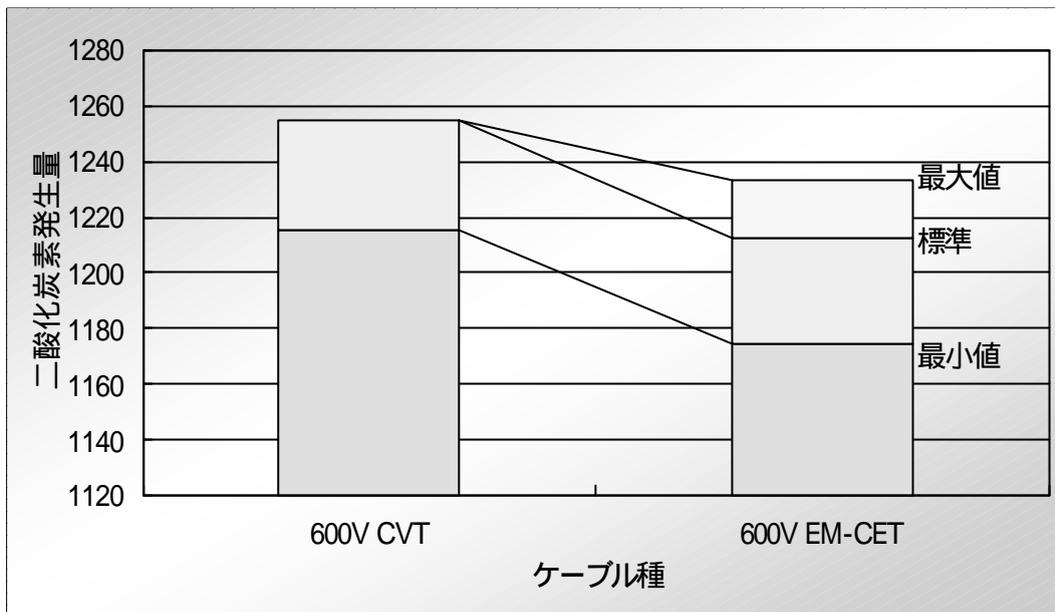


図3 . (3) - 3 600V CVT と 600V EM-CET の比較

誤差分析の結果では標準値、最大値、最小値それぞれを比較すると 600V EM-CET のほうが 600V CVT に比し排出炭酸ガスの総量は小さいことがわかる。しかし、600V EM-CET の最大値を 600V CVT の最小値と比較すると 600V CVT の最小値の方が低くなっている。つまり使用する材料のバックグラウンドデータの値いかんによっては 600V EM-CET は必ずしも環境配慮型電線であるとは言えなくなる可能性を持つ。しかし、全般的に見て、やはり 600V EM-CET の環境負荷排出量は 600V CVT に比べて計算結果は小さく、一応 600V EM-CET は架橋配慮型ケーブルであると言って差し支えないと考えられる。

i エネルギー使用合理化手法国際調査小委員会；ライフサイクルアセスメントにおける基礎素材の製造データ、(社)産業環境管理協会、環境管理、31,6,p72

ii (株)シーエムシー；「'94 日米化学品の価格とコスト」

3.(3)-2. 制御用ケーブルの LCI

目的及び調査範囲

ア)調査の目的

電線・ケーブルの環境負荷を定量的に評価し、製品製造における環境負荷の程度を調査することを本 LCI の実施の理由とした。本調査は国内において事例が少ない電線について積み上げ法による LCI 手法を適用し、将来に企業や業界が同様の作業に着手する際の基礎となり、参考となるような調査報告を行うことを目的として実施した。

調査報告の対象者としては電線・ケーブルの LCA 研究者、LCA 実施者及び電線・ケーブルのユーザーを考慮している。

イ)調査の範囲

i)機能及び機能単位

調査の対象とした製品は図 1.(1)-2. に示す「制御用塩化ビニル絶縁塩化ビニルシースケブル(CVV)」と「制御用ポリエチレン絶縁耐燃ポリエチレンシースケブル(EM-CEE)」である。ケーブルサイズは両者とも $4 \times 2\text{mm}^2$ とした。

本研究では、製品であるケーブル 1km あたりの各々の環境負荷を比較評価した。

ii)システム境界

システム境界については、CVT 等と同じく川上側につ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段階からとした。つまり海外における資源採掘の段階を考慮せずに、輸入の際の輸送に使用される燃料からシステム境界とした。ただし、塩化ビニルシースに用いられる炭酸カルシウムについては、国内で採掘、粉砕処理を行っており、採掘、粉砕、輸送までを考慮している。

一方、川下側では主にケーブルの製造段階までとし、使用中、使用後の回収、リサイクルに関しては別途調査することにした。図 3.(3)-1. にその範囲を示す。

a)基本フローとしての製品システムへの入出力

製品システムの基本的フローを図 3.(3)-4. に示す。

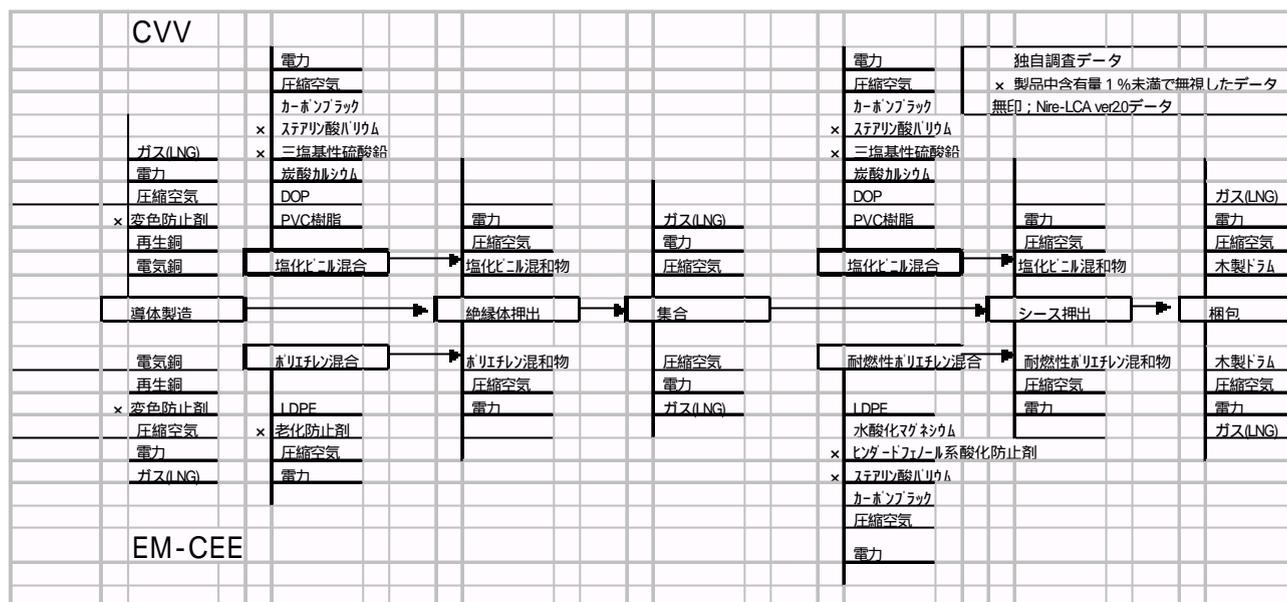


図 3 . (3) - 4 . 制御用ケーブルの製造フロー図

b) 考慮・省略決定の原則

分析にあたりシステムに投入、排出される物質及びエネルギーを全て取り入れることは理想であるが、実際には困難である。また、収集されるデータの誤差を考慮すると、他の成分と比較してあまりに小さいものは取り込んでも結果にほとんど影響しないことから、本報では使用材料のうち製品重量の 1%に満たない材料でデータの無いものは無視することにした。また、国内の輸送及び工程間の移動についても省略した。

iii) 環境負荷項目

対象とする環境負荷項目は大気圏排出物質のうち、二酸化炭素(CO2)を選定した。

ライフサイクルインベントリ分析

ア) データ収集と計算方法

データの収集は LCA 計算ソフトウェアとして通商産業省 工業技術院 資源環境総合技術研究所が作成した NIRE-LCA Ver.2 に登録されたデータベースをもとに電線の LC 作成において足りないデータを補うことで行った。

i) データ収集手法

a. 電力消費に関する前提条件

電力を製造するための排出は電源構成によって比例配分した。これは使用した LCA 計算ソフトウェアである NIRE-LCA Ver.2 のデータベースによる。

本ソフトウェアにおいては電源構成として平成 6 年度の電気事業審議会による 1992 年の実績値を用いている。

b. 材料調達段階

導体については、電気銅と回収銅の比率を通産省統計資料に従い電気銅 79.5%、スクラップ銅 20.5%として計算した。また、回収銅については廃材からの回収

時に必要となる電力量のみを投入資源として考慮しており、輸送あるいは最初の銅製造に対する資源投入は考慮していない。

CVV の絶縁体及びシ - スに用いられる塩化ビニル混和物は軟質 PVC であり、PVC 樹脂に可塑剤、充填剤が配合された混和物として使用されている。そのうちの可塑剤及び充填剤については調査の結果引用できるデータが見つからなかった。可塑剤については文献から抽出した原料データを積み上げていく方法をとった。充填剤のデータはメ - カ - 4 社から聞き取り調査を行い、それを NIRE-LCA Ver.2 を用い計算することで得た。

EM-CEE の絶縁体及びシ - スに用いられる低密度ポリエチレン(LDPE)は予め登録されたデータベ - スがなかったため、文献から引用した。このデータによる CO₂ の排出原単位は 1.004kg-CO₂/kg と、これまでに報告された LDPE に関する排出原単位の 0.603 ~ 1.516 kg-CO₂/kg と比較して妥当な数値と判断される。シ - ス材料の難燃剤に用いられる水酸化マグネシウムについては、メ - カ - からの聞き取り調査をもとに CO₂ の排出原単位を算出した。

c. ケ - ブル製造段階

ケ - ブル製造段階に投入される電力量はケ - ブル製造の実態を調査し代表値である 55.7kWh を採用した。

インベントリ分析結果

上記前提条件に基づきインベントリ分析を行った結果を表 3 . (3) - 6 . に示す。CVV の製造段階までの排出 CO₂ 総量はおよそ 254kg-CO₂/km であり、EM-CEE では 213kg-CO₂/km という結果が得られた。両者の CO₂ 排出の差となる要素は塩化ビニル混和物を低密度ポリエチレンに変更したことによるもので、ケ - ブルの構成材料別にみると、導体の CO₂ 排出量も大きいことが分かる。

表3.(3)-6.CVVの分析結果

ケーブル	品名	投入量		CO2排出量		処理	原単位 参考文献
		単位	投入量	原単位	排出量		
CVV	電気銅	kg	56.9	1.248	71.0		NIRE
	銅スクラップ	kg	14.7	0.0128	0.2		
	PVC	kg	54.6	1.71	93.4		
	PET	kg	0.9	2.596	2.3		
	PP	kg	9.1	0.963	8.8		評価(LCA)
	DOP	kg	27.3	1.826	49.8		
	炭酸カルシウム	kg	19.1	0.151	2.9		NIRE
	三塩基性硫酸鉛	kg	2.2			無視	
	ステアリン酸バリウム	kg	0.9			無視	
	カーボンブラック	kg	0.7	3.123	2.2		
	木製ドラム		-			無視	
	電力	kWh	55.7	0.422	23.5		NIRE
	ガス(LNG)	m ³		3.64		無視	NIRE
	圧縮空気	m ³		0.038		無視	
	工程間輸送					無視	
	合計					254.1	
EM-CEE	電気銅	kg	56.9	1.248	71.0		NIRE
	銅スクラップ	kg	14.7	0.0128	0.2		
	LDPE	kg	53.1	1.004	53.3		NIRE
	PET	kg	0.9	2.596	2.3		
	PP	kg	9.1	0.963	8.8		
	水酸化マグネシウム	kg	42.4	1.216	51.6		
	ヒンダードフェノール系酸化防止剤	kg	0.3			無視	
	ステアリン酸バリウム	kg	0.9			無視	
	カーボンブラック	kg	0.7	3.123	2.2		
	木製ドラム		-			無視	
	電力	kWh	55.7	0.422	23.5		NIRE
	ガス(LNG)	m ³		3.64		無視	NIRE
	圧縮空気	m ³		0.038		無視	
	工程間輸送					無視	
	合計					212.9	

エネルギー使用合理化手法国際調査小委員会 ;ライフサイクルアセスメントにおける基礎素材の製造データ、(社)産業環境管理協会、環境管理、31,6,p72

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-CO2/Kwh (積み上げ法)	NIRE-LCA より	出典 18*	0.627kg-CO 2/kWh 出典 19*	0.341 kg-CO2/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

3.(4)今後のLCAへの取り組み

3.(4) - 1.本研究におけるLCI分析の位置付け

本研究においては、電線業界として初めて共同調査により電線・ケーブルに関するLCI分析を実施した。その結果、少なくとも参加した6社においてほぼ共通のデータベースが構築され、今後のLCA研究にも大きな資産を構築できた。電線・ケーブル分野においては、未だまとまったLCIデータベースがなかったことから考えると、今回の研究が果たした役割は大きいと言える。

3.(4) - 2.LCIの今後の運用

今後は、今回構築したデータベースを維持、運用して行く以外に、今回作成したデータベースであっても、今後再検討し、より充実したものにして行く努力を怠りなく継続実施する必要がある。また、電線・ケーブルに使用されている材料は非常に広範囲にわたり、今回の研究で全てを網羅し尽くしたわけではないことから、勿論、より多くの関連する材料、製品等のLCIを収集して行く努力も必要である。他にも本研究においてはシステム境界を製品の製造段階で出荷包装までとしているが、今後は使用中から廃棄までの段階を含めたデータベース構築が必要となるであろう。更に、本研究においては環境負荷物質として最もポピュラーなCO₂のみを選択したが、今後は他の環境負荷物質についても検討を広めて行く必要も残る。

LCAについては、ISO 14040においても、「この規格は、LCAがまだ開発の初期段階にあるとの認識に立っている。影響評価など一部のLCA技法の構成段階は、相対的にまだ揺籃期にある」と書かれており、今後、LCAそのものの手法も広く情報を収集して行く必要がある。

3.(4) - 3.データベースの公開

環境問題が世界中の関心事として広まっている中、電線・ケーブルの一部に関するLCIデータベースを構築した現在、このデータをより多くの研究者、技術者、業界関係者に公開することにより、電線・ケーブルを使用している製品やシステムに応用されることが理想であろうと考えられる。この意味で、今回作成したデータベースを早急に公開し、関係者のご批判と利用に供する努力が必要である。

3.(4) - 4.電線業界における活用

電線業界においても、最近検討が進んでいるエコラベルやグリーン会計と言ったシステムを取り入れようとしている企業は少なくない。その意味で、電線業界においても早期にLCA手法をマスターし環境保護のための努力をより充実させて行くと共に製品の開発、拡販に役立てて行くことが必要である。

ただ、LCAは環境影響を評価するツールであり、詳細には各企業がDfE(Design for Environment)、Life Cycle Designと言った概念を取り入れることにより、各企業の生産する製品に対する環境影響把握、保護を目指すことが必要である。

4. 参考資料

参考資料に関しては各章に掲載しているが、ここに改めて再掲する。但し、JIS、IEC等の規格類は掲載していない。

4.(1) 既存データベースに関するもの

	出版社(発行元)	資料名	発行
1	丸善株式会社	理科年表	平成11年
2	電気書院	新版・電力ケーブル技術ハンドブック	平成11年
3	社団法人 日本電線工業会	電線要覧	平成元年6月
4	高分子学会	新版・高分子辞典	平成元年
5	東レデュポン	カタログ	
6	寺田 商太郎	わかりやすいプラスチックの試験法	
7	シグマ出版	プラスチックの機械的性質	
8	岩波出版株式会社	理化学事典	
9		アルミニウムハンドブック	昭和38年
10	金原出版株式会社	新しい工業材料の科学	昭和43年
11	日立製作所	日立評論	昭和34年
12		日本電線時報	昭和38年
13	大日本電線株式会社(三菱電線工業株式会社)	大日電線時報	昭和36年
14		プラスチックデータハンドブック	昭和55年
15	高分子学会	高分子材料便覧	昭和48年
16	住友電気工業株式会社	電線技術資料	
17		Proceedings of IWCS	1995年
18	電気通信情報学会	ソサエティB	平成10年
19	古河電気工業株式会社	カタログ	
20	理工学社	ISDN時代の光ファイバ技術	平成3年
21	社団法人 日本電線工業会	電線品種分類表	1993年～1994年
22	コロナ社	CVケーブル	
23	大成社	ポリマーの難燃化	
24	トリケップス	電気絶縁材料技術	
25	三菱電線工業株式会社	三菱電線工業時報	昭和62年10月
26	Technomic Pub.	Flammability Handbook	
27	社団法人 電線総合技術センター	ANERI委託研究試験結果報告	平成10年3月
28	社団法人 電線総合技術センター	「ノンハロゲン難燃電線・ケーブルの試験方法並びにケーブル規格の検討」成果報告書	平成10年3月
29	電気学会	技術報告第640号	

4.(2) 燃焼特性データに関するもの

	出版社(発行元)	資料名	発行
1	島津製作所	原子吸光分析装置カタ	平成11年
2	株式会社 東洋精機製作所	コーンカロリメーターカタログ	平成11年

4.(3)環境負荷データベースの調査に関するもの

	出版社(発行元)	資料名	発行
1	(社)化学経済研究所(化経協)	「基礎素材のエネルギー解析調査報告書」	平成5年9月
2	CMC(シーエムシー)	「94日米化学品のコストと価格」	平成6年
3	新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)、(社)化学工学会(化学工学会)	「化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査」	平成6年3月
4	NEDO,RITE,化学工学会	「化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査()」	平成7年3月
5	(社)未踏科学技術協会エコマテリアル研究会(未踏協)	「環境負荷性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書 - 材料の環境負担性評価の具体的検討 - 」	平成7年3月
6	(社)未踏科学技術協会エコマテリアル研究会(未踏協)	「環境負荷性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書(別冊-金属素材インベントリデータ-)」	平成7年3月
7	(社)産業環境管理協会(産環協)	「エネルギー使用合理化手法国際調査」	平成7年3月
8	(社)プラスチック処理促進協会	「ヨーロッパにおける主要なプラスチックのエコバランス」、APMEの翻訳	平成7年12月
9	(社)プラスチック処理促進協会	「1996年より、主要なプラスチック材料のPE、PP、PS、PVC、PETとその主要な製品のLCIデータベース構築」の結	平成11年7月 予定
10	(財)化学技術戦略推進機構、業際交流委員会	「自動車分科会環境技術研究会報告書 - インパネ素材のLCAによる検討 - 」	平成11年3月
11	(社)プラスチック処理促進協会	「プラスチックなど包装材料の環境影響評価(LCA)」	平成7年3月
12	(社)プラスチック処理促進協会	「LCAインベントリデータの収集調査研究報告書」	平成9年3月
13	(社)プラスチック処理促進協会	「プラスチック一般廃棄物を対象とするLCA的考察」	平成7年3月
14	(財)金属系材料研究開発センター	金属素材産業におけるLCA手法に関する調査研究報告書	平成8年
15	稲葉など。LCA実務入門編集委員会編、産業環境管理協会	「LCA実務入門」	平成10年
16	環境庁企画調整局環境技術課監修、(社)環境情報科学センター編 化学工業日報社	「ライフサイクルインベントリー分析の手引き」	平成10年9月
17	未踏協、平成8年度科学技術振興調整費調査報告書	「材料の環境負荷と使用性能の総合評価」- 環境負担性評価のためのデータベース構築 -	
18	環境庁企画調整局環境技術課監修、(社)環境情報科学センター編 化学工業日報社	「ライフサイクルアセスメントの実践」など。	平成8年3月
19	(社)日本機械工業連合会、(財)金属系材料研究開発センター	平成8年度 金属素材活用のためのLCAインベントリー分析に関する調査研究報告書	平成9年3月
20	(社)プラスチック処理促進協会(プラ処理協)	「プラスチック製品の使用量の増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書」	平成5年3月
21	(株)野村総合研究所(野村総研)	「包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析」	平成7年3月
22	(社)産業環境管理協会 TEL03-3832-7085森本	「エネルギー使用合理化手法国際調査」内容:複写機のインベントリー作成方法 PEC-1997-TB-09	平成10年3月
23	(社)産業環境管理協会	「エネルギー使用合理化手法国際調査(複写機のLCA)」	平成11年3月
24	富士総合研究所	「地球温暖化に対する断熱材の及ぼす影響に関する調査」	平成10年3月
25	(社)日本事務機械工業会・注・環境技術専門委員会	複写機へのライフサイクルアセスメント適用事例報告書	平成10年

おわりに

わが国の各種産業分野における技術発展の根幹をなす知的基盤の充実整備が国家的事業として要望されている。

電線業界においても電線ケーブル全般について知的基盤整備の必要性が生じた。

(社)電線総合技術センターでは「平成10年度即効的知的基盤整備調査研究」による電線分野の知的基盤整備に関する調査研究を通産省工業技術院標準部から(社)日本アルミニウム協会経由で受託した。

電線業界においては地球環境問題に対する意識の昂揚から従来広く使用されてきた塩ビケーブルに代えてハロゲンを含まない耐燃性材料を使用したエコマテリアル電線(EM電線・ケーブル)の開発が進められている。

本調査研究においては第一段階として「EM電線・光ファイバ」を対象としている。本研究の特色は従来の電線ケーブルに関する設計施工上の基礎データに加え、燃焼特性に関するデータの収集と環境負荷に関して二酸化炭素の発生量をターゲットにしたライフサイクル・アセスメント(LCA)を試みたことにある。

本報告においてはEM電線・光ファイバケーブルに限定したが、今後は電線全般について基盤データを整備し電子サーバーを径由して広く関係者に情報の提供が可能なデータベースを構築することを目標にしている。

本調査研究に携わりご協力いただいた諸氏に感謝する次第である。

平成12年3月
(社)電線総合技術センター
センター長 関口 昌弘