

白書

パタゴニア「つなげる糸リサイクルプログラム」：環境分析報告書

要旨：

パタゴニアは環境負荷を抑制するための革新的な取り組みを長年にわたりつづけてきました。そのひとつが1993年に開始したシンチラ製品への回収したペットボトルから作ったりサイクル素材の使用であり、1996年に実行したコットン製品のオーガニックコットンへの100%切り替えでした。そしてパタゴニアの環境活動における革新の歩みの中で画期的な最新の取り組みが、2005年秋に開始した「つなげる糸リサイクルプログラム」といえます。

つなげる糸リサイクルプログラムでは顧客から着古したキャプリーン・ベースレイヤー製品を回収し、それらをあらたなポリエステル(PET)の製造に使用するフィラメント・ヤーンに再生します。着古したキャプリーン製品が日本の革新的な繊維メーカーであるテイジンのエコサークル®リサイクル・システムを使ってあらたなポリエステル繊維に生まれ変わる仕組みです。

回収したキャプリーン製品を原料とするリサイクル・ポリエステルの製造には、環境面において数々なメリットがあります。ポリエステルの原料は従来石油であるため、リサイクル繊維を使用することでポリエステルの製造に必要な化石燃料に由来するインプットを大幅に削減することができます。またあらたなプロセスは製造工程におけるエネルギー消費を大幅に抑制し、その結果、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出も抑制しています。このプログラムにより、パタゴニアはキャプリーン製品の寿命後まで責任を負うことが可能となり、さらに古着の行き先をごみ埋め立て処分場から変えることで、廃棄物の発生抑制にも寄与する機会を得たのです。

再生PET樹脂の使用により石油および天然ガス（ポリエステルの製造に用いる主要な出発原料であるDMT（テレフタル酸ジメチル）の原料）の消費量は大幅に削減されますが、その一方で、米国内で回収されるキャプリーン製品のリサイクルは米国から日本への輸送が必要となるため、環境負荷が大きくなります。そこでテイジンにおける3種類のPET樹脂製造工程の環境負荷を比較検討するため、下記のシナリオそれぞれについてエネルギー消費量と温室効果ガス排出量を評価しました。

- A) バージン原料工程：バージン原材料を使用したポリエステルの製造
- B) 域内リサイクル工程：日本で回収された製品を使用したポリエステルの製造（日本国内のパタゴニア直営店で回収した製品を使用する場合もこのシナリオが適用される）
- C) キャプリーン製品のリサイクルを含む肯定：米国で回収されたキャプリーン製品を使用したポリエステルの製造

この分析ではバージン・ポリエステルとリサイクル・ポリエステルの製造により生じる環境負荷の比較に加えて、米国の顧客から回収したキャプリーン製品を日本へ輸送することによる環境負荷も数値化しています。これらの環境分析の詳細はご要望に応じて入手いただけます。分析結果の要約は次ページの表をご覧ください。

環境分析：

はじめに

パタゴニアのキャプリーン製品はポリエステル（ポリエチレンテレフタレート（PET））ベースの素材を使用し、おもに保温性のあるインサレーション用ベースレイヤーとしてデザインされています。このポリエステル素材はリサイクル可能で、テイジンのエコサークル・リサイクル・システムによりまたあらたなPETの製造に使用されます。テイジンにおけるPET製造では、バージン素材と回収されたポリエステルの両素材が使われます。この報告書の作成時点ではエコサークル・リサイクル・システムで使用されるポリエステルは、日本国内で回収されています。

テイジンはPETの製造に中間体としてDMT（テレフタル酸ジメチル）を用います。バージン原料由来のDMTとリサイクル・ポリエステル由来のDMTの製造工程におけるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量のデータは、テイジンから提供されました。DMTからPETへの重合については、バージン原料由来、リサイクル・ポリエステル由来いずれのDMTでも同様の工程を経ることが想定でき、比較の対象にしていません。この分析報告書内の計算はすべてDMT 1トンあたりの値で表記されています。なお、この分析ではDMTの製造におけるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量に焦点を絞っているため、DMT以降のポリエステルのライフサイクル段階は含まれていません。

次に3つの異なる製造工程におけるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量の算出方法を説明します。換算方法および輸送計算に関してはこの報告書の末尾にある付録を参照してください。

A) バージン原料工程：バージン原料を使用した DMT の製造

DMT の製造 エネルギー消費量

テイジンから提供されたバージン原料を使用した DMT の製造工程におけるエネルギー消費量のデータには以下の手順が含まれます：

- 原料（石油と天然ガス）の抽出および輸送
- 原料（石油と天然ガス）を使用した DMT の製造

テイジン	エネルギー消費量（メガジュール／DMT 1メートルトン）
DMT 1メートルトンの製造	72,422

DMT の製造 二酸化炭素排出量

テイジンから提供されたバージン原料を使用した DMT 製造工程における二酸化炭素排出量のデータには以下の手順が含まれます：

- 原料（石油と天然ガス）の抽出および輸送
- 原料（石油と天然ガス）を使用した DMT の製造

	二酸化炭素 （メートルトン／DMT 1メートルトン）
二酸化炭素換算	4.183

B) 域内リサイクル工程：日本で回収された製品を使用した DMT の製造

DMT の製造 エネルギー消費量

テイジンから提供された域内リサイクル工程で使用した DMT 製造におけるエネルギー消費量のデータには以下の手順が含まれます：

- ・日本国内でのポリエステル回収
- ・日本で回収されたリサイクル・ポリエステルを使用した DMT の製造

テイジン	エネルギー消費量 (メガジュール / DMT 1メートルトン)
DMT 1メートルトンの製造	11,962

DMT の製造 二酸化炭素排出量

テイジンから提供された域内リサイクル工程で使用した DMT 製造における二酸化炭素排出量のデータには以下の手順が含まれます：

- ・日本国内でのポリエステル回収
- ・日本で回収されたリサイクル・ポリエステルを使用した DMT の製造

	二酸化炭素 (メートルトン / DMT 1メートルトン)
二酸化炭素換算	0.98

C) キャプリーン製品のリサイクルを伴う工程：米国で回収されたキャプリーン製品を使用した DMT の製造

リサイクル・ポリエステルを使用した DMT の製造におけるエネルギー消費量のデータはテイジンから提供されました。その他のすべてのデータは重要な因子についての推測値と仮定の組み合わせに基づいて導き出されています。

キャプリーン製品のリサイクルを伴う工程は次の 5 段階に分けられます：

- 第 1 段階：**着古した製品の回収（顧客が自宅からリノの回収センターまでの 1,900 キロメートルを混載貨物輸送を利用して送付。輸送に関する説明を参照）
- 第 2 段階：**製品の回収および保管（ネバダ州リノ）
- 第 3 段階：**ネバダ州リノからカリフォルニア州オークランド港まで 320 キロメートルをトラックで輸送
- 第 4 段階：**オークランド港から日本の松山まで 9,000 キロメートルをコンテナ船で輸送
- 第 5 段階：**リサイクル・ポリエステルを使用した DMT の製造（日本）

製品の回収について

パタゴニアが製造する多くのキャプリーン製品はどのスタイルも「つなげる糸リサイクルプログラム」でリサイクル可能ですが、この分析では整合性を確保するためにキャプリーン・ミッドウェイト・クルーネック (MW キャプリーンは現在のキャプリーン 3・クルーに相当) の素材 / 製品に限定して評価しています。

1 パタゴニア各直営店からネバダ州リノまでの平均距離である 1,900 キロメートルを顧客の自宅からネバダ州リノまでの距離としました。

キャプリーン製品は一見どれも似ていますが、ジッパーの有無や、袖丈もさまざまです。異なる生地の厚み加えてこうしたスタイルの相違点が製品重量に影響を及ぼします。DMT 1 トンの製造に必要な製品数を算出するためには製品 1 枚当たりのポリエステル含有量を求めなくてはなりません。この分析では重量を一貫させるために、全 7 種のキャプリーン製品の中で素材、重量の両項目において代表的な製品といえる MW キャプリーンを選択しました。参考として MW キャプリーンは 2004 年度キャプリーン製品の売上げの 22% を占めています。

製品の変換

PET 繊維 1 メートルトンの製造に必要な使用済み製品の推測枚数の算出はテイジン提供の効率性に関する情報もとづいています。キャプリーン製品はポリエステル 100% であることから、製品から DMT を製造するリサイクル工程での有効成分への変換率は少なくとも 90% 以上であると推測され、他に有効なデータもないため、分析では変換率 90% を用いて計算しています。その結果 DMT 1 メートルトンの製造には 1.11 メートルトン (4,900 枚) の製品を必要とすることがわかりました。

回収されたキャプリーン製品から DMT への変換

単位	換算値
1 メートルトン	35,274 オンス
MW キャプリーン・クルーネック 1 枚	8 オンス
MW キャプリーン・クルーネック 4,406 枚	1 メートルトン
DMT 1 トンの製造に必要な製品重量 1.11 メートルトン (変換率 90% と仮定した場合)	製品 4,900 枚
製品 4,900 枚	DMT 1 メートルトン

第 1 段階：顧客の自宅からネバダ州リノにあるパタゴニア・サービス・センターまでの輸送

換算方法および輸送に関する計算の説明は報告書末尾にある [輸送に関する付録](#) を参照してください。

パタゴニアではリサイクルにあたっては製品を郵送することを顧客に奨励しているため、この分析では製品 4,900 枚 (1.11 メートルトン) のすべてが顧客から直接リノ・サービス・センターへ送付されたと仮定しています。平均送付距離はパタゴニア各直営店からリノ・サービス・センターまでの平均距離を用いました。仮にこれら推測値が的確でない場合、分析結果に多大な影響が出る可能性があります。

送付された製品数：4,900 枚

1,900 キロメートルのトラック輸送

消費燃料：22 ガロン

積荷重量：製品 1.11 トン

エネルギー消費量：3,504 メガジュール

二酸化炭素排出量：0.124 メートルトン

第2段階：製品の回収および保管／リノ・サービス・センターでの作業

エネルギー消費量

仮定

パタゴニア直営店からリノ・サービス・センターに 1.11 メートルトンの製品が 1,900 キロメートル輸送されます。リノ・サービス・センターでは箱を開封し、着古したキャプリーン製品を帯のこで細かく裁断したあと、ふたたび箱詰めします。梱包された布片はテイジンに輸送されます。開封から裁断、箱詰め、そして日本に輸送するための荷積みまでに 1 箱あたり約 2 時間を要し、すべての製品の輸送には - 1 箱あたり製品 110 枚相当の布片を詰めるとして - 45 箱が必要です。1 箱に要する作業時間は約 2 時間なので、すべての箱詰め作業には合計 90 時間と、2.8 平方メートルの作業スペースを要すると仮定しました。

計算方法

下の表に見られるように、リノ・サービス・センターでの作業に要するエネルギー消費量のごくわずかな (0.261 メガジュール) であると推計されます。

リノ・サービス・センター エネルギー計算

計算項目	変換係数	結果
リノ・サービス・センターの 2004 年度総エネルギー消費量		3,985,294 MJ
リノ・サービス・センターの 総面積		19,600 平方メートル
リサイクル作業に使用される推定 面積		2.8 平方メートル
総面積におけるリサイクル作業面 積の割合	2.8 平方メートル / 19,600 平方メートル	0.01%
2.8 平方メートルあたりの推計年 間エネルギー消費量	3,985,294 MJ × 総面積の 0.010%	566 MJ
1 箱あたりの製品の枚数	110 枚 (現場試行による試算)	110 枚 / 1 箱
使用する箱の数	45	45
1 箱あたりの取り扱いおよび裁断 に要する推計時間数	2 時間	2 時間
従業員が製品 1.11 トン (4,900 枚) に要する推計作業時間数	(製品 4,900 枚 / 1 箱 110 枚入り) × 2 時 間 / 1 箱 =	90 時間
従業員の年間総就業時間における リサイクル作業時間の割合	90 時間 / (1 日 10 時間 × 週 5 日 × 年間 52 週 × 従業員 75 人) =	0.046%
リノ・サービス・センターで製品 のリサイクルに使用する推定エネ ルギー消費量	566 MJ × 0.046% =	0.261 MJ

二酸化炭素排出量

リノ・サービス・センターでのウェアの回収とリサイクル作業

当該地域の二酸化炭素排出係数 (0.22 lbs CO₂/MJ) にもとづき、推計エネルギー消費量 0.277MJ から生じる二酸化炭素排出量はごくわずか (0 メートルトン) であると算出されました。

第3段階：ネバダ州リノ・サービス・センターからカリフォルニア州オークランド港への輸送

322 キロメートルのトラック輸送

消費燃料 (軽油)：4 ガロン

積荷重量：製品 1.11 メートルトン

エネルギー消費量：544 メガジュール

二酸化炭素排出量：0.021 メートルトン

第4段階：カリフォルニア州オークランドから日本の松山への輸送

オークランド港を出航し、日本に到着した船舶はまず神戸港に入港し、さらに積荷は航路で松山港にまで運ばれます。サンフランシスコから神戸までの距離は約 8,650 キロメートル、神戸からテイジンの松山工場までは約 340 キロメートルです。

9,000 キロメートルの船舶輸送

消費燃料 (残渣油)：12 ガロン

積荷重量：ウェア 1.11 メートルトン

エネルギー消費量：1,723 メガジュール

二酸化炭素排出量：0.081 メートルトン

第5段階：DMT の製造

エネルギー消費量

回収されたキャプリーン製品を使用した DMT 製造におけるエネルギー消費量のデータはテイジンから提供され、その中には以下の工程が含まれます：

- ・日本国内でのポリエステル回収
- ・リサイクル・ポリエステルを使用した DMT の製造

テイジン	エネルギー消費量 (メガジュール / DMT 1メートルトン)
DMT 1メートルトンの製造	11,962

二酸化炭素排出量

回収されたキャプリーン製品を使用した DMT の製造における二酸化炭素排出量のデータはテイジンから提供され、その中には以下の手順が含まれます：

- ・日本国内でのポリエステルの回収
- ・リサイクル・ポリエステルを使用した DMT の製造

	二酸化炭素 (メートルトン / DMT 1メートルトン)
二酸化炭素換算	0.98

結果：

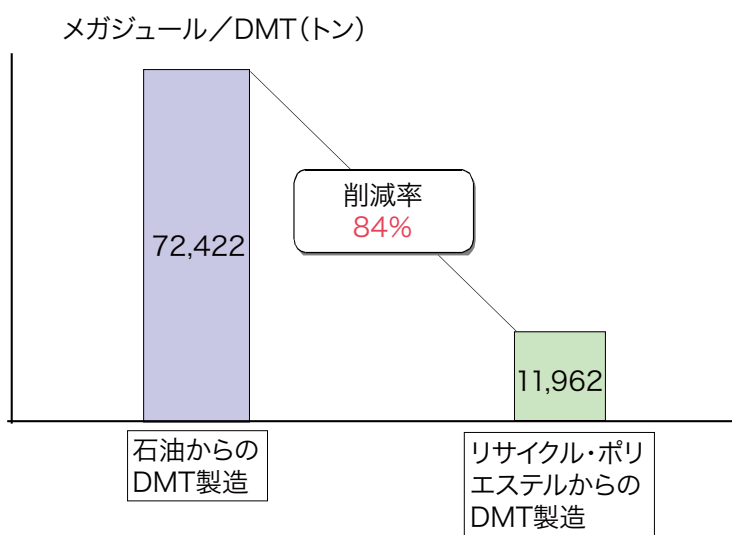
調査の実施とテイジンからデータの提供を受けたことで、今回の分析を完了することができました。下の図に見られるように、原料から DMT を製造する工程（原料の抽出および輸送と DMT の製造）は、リサイクル・ポリエステルから DMT を製造する工程（日本国内でのポリエステルの回収と DMT の製造）に比べて、エネルギーを 84% 多く消費することがわかりました。

(篠：帝人ファイバー作成の下記資料については、帝人ファイバーが日本語を作成しているため、その表記を参照して適宜修正しました)

帝人ファイバー LCAエネルギー消費量

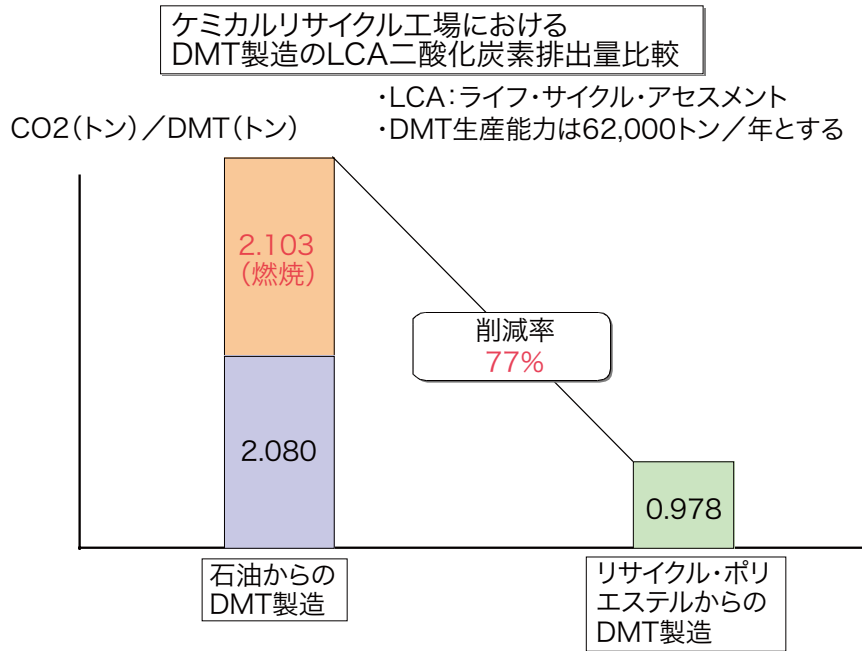
ケミカルリサイクル工場における DMT製造のLCAエネルギー消費量比較

- ・LCA: ライフ・サイクル・アセスメント
- ・DMT生産能力は62,000トン/年とする



リサイクル・ポリエステルから DMT を製造する場合、原料から製造する場合に比べて二酸化炭素排出量が 77% 削減します。次の図に見られるように、バージン原料工程における二酸化炭素排出量は、その半分以上が古着をリサイクルせずに燃焼処分することにより発生します。

帝人ファイバー LCA二酸化炭素排出量



以上の2つの図は、先に説明したオプションAとオプションBによるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を比較したものです。これらの図からも、リサイクル・ポリエステルを使用したDMTの製造は、エネルギー消費量と二酸化炭素排出量を大幅に削減することがわかります。

米国で回収されたキャブリーン製品を日本へ輸送し、エコサークル・リサイクル・システムを使ってポリエステル繊維を製造する場合は、バージン素材を使用する場合に比べて、それぞれエネルギー消費量が76%、二酸化炭素排出量が71%削減するという結果が出ています。これらの数値から、「つなげる糸リサイクルプログラム」が環境負荷の削減に有効であることがわかります。

次の表はこの分析で評価したDMT製造の3つのオプションを量的に比較しています。

カテゴリー	オプションA バージン原料工程	オプションB 域内リサイクル 工程	オプションC キャブリーン製品のリサ イクルを伴う工程	単位
距離	0	0	7,000	マイル
輸送燃料	0	0	38	ガロン
エネルギー消費量 (製造)	72,422	11,962	11,962	メガジュール
エネルギー消費量 (輸送)	0	0	5,771	メガジュール
総エネルギー消費量	72,422	11,962	17,733	メガジュール
二酸化炭素排出量 (製造)	4.18	0.98	0.98	メートルトン
二酸化炭素排出量 (輸送)	0.000	0.000	0.226	メートルトン
総二酸化炭素排出量	4.18	0.98	1.20	メートルトン

結論：

この分析報告書は顧客、社会、メディア、そしてこれらに関連する課題をテーマに調査研究を進めている学生といった方々の便益と供することを目的で情報提供を行なうものです。この情報がパタゴニアが「つなげる糸リサイクルプログラム」を開始した理由と、本プログラムが事業全体のエコロジカル・フットプリントを削減する上でどのように役立つのかについてご理解いただく機会となれば幸いです。この分析では、顧客がどのように参加することになるのか不確かななか、米国で回収した製品を日本へ輸送することによって生じる現実的な環境負荷を明らかにするために、いくつかの仮説を立てる必要がありました。そして私たち自身の習慣を考察し、また、顧客が最も環境負荷の少ない方法で「つなげる糸リサイクルプログラム」に参加することを期待し、環境保全の視点から最善と思われるオプションを選択しました。例えば着古したキャプリーン製品をリサイクルに出すために自家用車でパタゴニア店舗に来店するのではなく、配送することによって大幅にエネルギー消費量および二酸化炭素排出量が抑制できます。

分析を見るかぎりエネルギー消費量と二酸化炭素排出量に関しては、環境負荷の最も少ないオプションは、着古したキャプリーン製品を米国から日本に輸送してリサイクルする工程ではないということがわかります。また意外にも輸送に関しては、米国から日本への国際輸送が最大の影響を生み出す要因にはならないことも浮かびあがりました。米国と日本間の輸送により発生する環境負荷は、全輸送行程の約30%を占めるに過ぎず、むしろ着古したキャプリーン製品を顧客の自宅からパタゴニアの回収センターに移動する国内輸送のほうがより大きな環境への影響を発生させる可能性を示唆しています。

しかしながら国内輸送は私たち自身で何らかの対策を立てることができる領域であるため、賢明な選択をすることによりプロセス全体の環境負荷を大幅に削減することが可能です。

製品のリサイクルが環境問題を解決する万能薬ではないという認識も重要です。改善の余地はまだまだ数多くありますが、サプライヤーや顧客の支援および協力のもとパタゴニアは環境負荷の削減を目指して厳しい基準を順守していきます。輸送に関しては代替エネルギーの使用を増やし、また列車や船舶など大量輸送を利用することで環境負荷の削減を図ります。国内外を問わず、輸送はにおいて代替エネルギーを使用することもメリットがあるでしょう。今後回収された製品から作った衣料品の需要が伸び、テイジンのエコサークル・リサイクル工場に代表される設備が複数の場所に設置されることで、回収された製品の移動距離が縮むことを期待しています。これらすべての要素を統合してこそ、「つなげる糸リサイクルプログラム」は非常に価値のある取り組みとなるでしょう。

輸送に関する付録：

単位／換算

エネルギー値はすべてメガジュール (MJ)、二酸化炭素排出量はすべてメートルトンで表記しています。その他の重量値もメートルトンで測定しています。重量とエネルギー単位の換算（例えばキロワットからメガジュールへの換算）はすべて www.onlineconversion.com の換算係数と計算機を使用しています。

地理的距離

キャプリーン製品のライフサイクルにおける素材の移動距離は2点間の距離をマイルで算出する www.indo.com/distance/index.html を使用しています。オンラインの距離計算ツールに特定の地理的位置が設定されていない場合は、一番近い位置を使用し、そこから目的地までの距離を推測しています。例えばサンフランシスコと神戸間の距離は神戸が距離計算機に設定されていないので、サンフランシスコと大阪間の距離を使用して、大阪から神戸の推測距離を加算しています。

輸送におけるエネルギー消費量

輸送エネルギー消費量は輸送距離と交通形態（トラック、列車、船舶）を組み合わせる算出しています。出発地と目的地の中間地点ごとに計算されています（出発地から港までのトラック輸送、日本の港までの船舶輸送、港から目的地までのトラック輸送）。交通形態はサプライチェーンに関する調査、パタゴニアのスタッフやコンサルタントまたは日本の製造者により確認されています。

燃料使用量は mpg(マイル／ガロン) 予想値を使って算出しています。以下のウェブサイトをご参照ください。
www.gicaonline.com/media/tools/gica040312.pdf

<http://www.irpt.net/irpt.nsf/LinksView/EnvironmentalAdvantages?Opendocument>

次の表はそれぞれの交通形態を使用した場合の、積荷1メートルトン／ガロンの輸送可能距離を示しています：

交通形態	メートルトン・マイル／ガロン
自動車*	19mpg
トラック	59
列車	386
船舶	522

*自動車に関しては普通自動車に1メートルトンの許容量がないため、メートルトン・マイルではなく通常のマイルを使用しています。

表にあるトラック、列車、船舶のメートルトン・マイル／ガロン値が高いのは、1トン／1マイルの計算にもとづいているためです。これらの数値により一括大量輸送が非常に高効率であることがわかります。この目算を使用して2点間の距離と素材の重量（トン）を掛け、適切な予想マイル／ガロン値で割って、それぞれの交通形態に必要な燃料値（ガロン）を算出しました。その後以下の要因を使用して燃料値（ガロン）をメガジュールに換算しました。

交通形態	燃料	エネルギー量 (メガジュール) /ガロン
19 mpg の自動車	ガソリン	132
トラック、列車、船舶*	ディーゼル	146

* 通常船舶はディーゼルと残留燃料油の両方を使用しますが、この報告書ではすべての船舶輸送にディーゼルを使用すると仮定しています。

情報源：ディーゼル：<http://www.vigyanprasar.com/comcom/definition.htm>

残留燃料油：http://www.digal.pt/Digal_1/s13.html

留出燃料油：<http://www.vigyanprasar.com/comcom/definition.htm>

エネルギー値にそれぞれの交通形態に必要な燃料の値（ガロン）を掛けて合計し、出発地と目的地間の輸送に必要な総エネルギー量を算定しました。

輸送における二酸化炭素排出量の計算

二酸化炭素排出量はすべて <http://www.ghgprotocol.org/standard/tools.htm> の GHG（温室効果ガス）プロトコル計算ツールの「可動燃焼による二酸化炭素排出量」にある「距離にもとづく排出量」のワークシートを使って算出しています。このウェブサイトで使用しているそれぞれの交通形態の二酸化炭素排出量要因は以下です：

輸送における二酸化炭素変換

交通形態	Kg CO2 /メートルトン・マイル
19 mpg の自動車	0.4305
トラック	0.0937
列車	0.0260
船舶	0.0132