

特集

ライフサイクルアセスメント (LCA) - 環境調和型社会の新技术

石油製品

Petroleum Products

桑原 脩*

Osamu Kuwabara

はじめに

石油業界では、これまでLCAという考え方を導入した検討は行われていなかったが、1995年度の石油産業活性化センターの調査研究を切り口に本格的な取り組みが開始された。この内容は、LCAを理解するためにその歴史及びこれまでの研究事例を調査すると共に、石油製品のLCAを取り巻く状況を把握し、検討の方向性の整理等を行ったものである。

一方、石油製品のLCAに関する研究は(財)電力中央研究所、(財)エネルギー経済研究所や(財)エネルギー総合工学研究所等の研究機関で既に実施されており、いずれも石油のみならず石炭、LNG、等の各種エネルギーについて採掘までさかのぼってCO2排出量等を算出しているが、石油精製工程の詳細な記述はない。

1. 石油業界の環境対策

石油製品のLCAを検討する際不可欠な、石油業界の環境対策の実績及び現状を簡単に説明する。

わが国は昭和30~40年代の高度経済成長の過程で産業公害が著しく進行したが、石油業界では次の様な環境対策を積極的に実施している。

1.1 製油所における環境対策

大気汚染対策として、硫黄分の少ない原油の輸入、灯油・軽油・重油脱硫装置の設置、排煙脱硫装置・脱硝装置等の排ガス処理設備の設置、自所燃料として硫黄分を殆ど含まないガス燃料への転換、水質汚濁対策として、活性汚泥等の廃水処理設備の設置、等の環境対策を実施してきた。また、地球温暖化対策として有効な省エネルギーも積極的に推進してきている。

1.2 高品質でクリーンな石油製品の供給

石油製品についても、自動車ガソリンの無鉛化、灯油・軽油・重油の低硫黄化等を行ってきた。また、トラック・バス等のディーゼルエンジンから排出される粒子状物質や窒素酸化物の低減・除去を目的とした超低硫黄軽油を製造するため、深度脱硫装置の設置も進められている。

2. 石油の各段階ごとの環境負荷

石油の採掘から消費に至る各段階ごとの環境負荷について、LCAの観点から、これまで実施してきた環

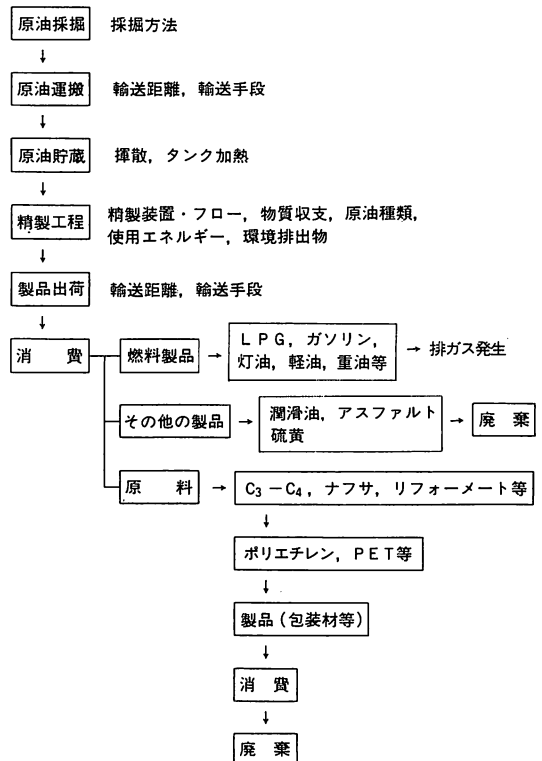


図-1 石油製品のLCAのイメージ

* 環境マネジメント研修センター 研修部部長 〒113 東京都文京区本郷4-23-14 (三菱商事春日ビル7F)

境対策を含めて考察する。なお、図-1に石油製品のLCAのイメージを、各段階ごとの環境負荷に関連する事項と合わせて示す。

2.1 原料調達段階

わが国で使用される石油製品の原料となる原油は、国内で生産される量が少ないため、その大部分が海外の産油国から大型タンカーで輸入されている。タンカー輸送に係る環境対策は石油精製販売会社と海運業者が

協力する形で行われている。

2.2 製造段階

(1) 石油精製工程について

わが国の石油製品生産量は平成7年度で約246百万klで、そのうち燃料油が約227百万kl(約92%)となっている。

これらの製品を生産する石油精製プロセスは非常に複雑である(図-2参照)。主な精製工程は①蒸留、②

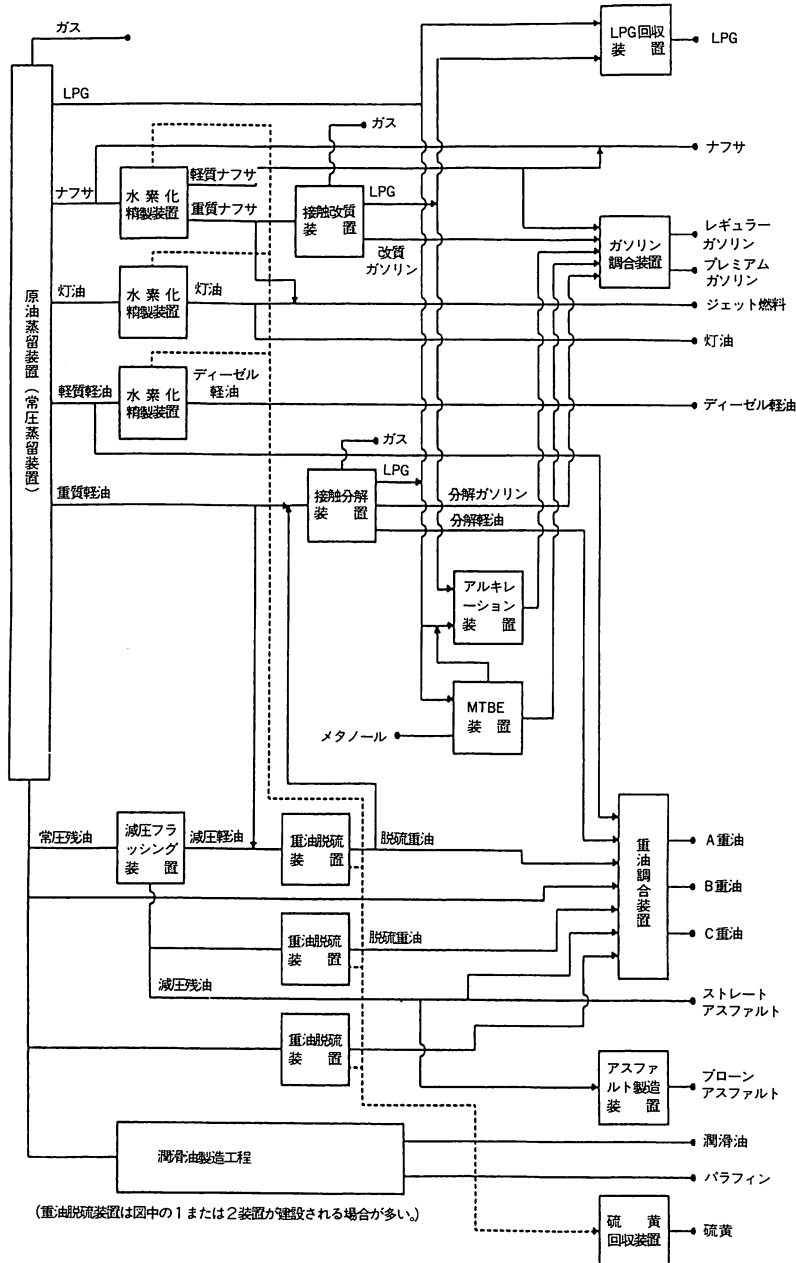


図-2 石油精製プロセスの例

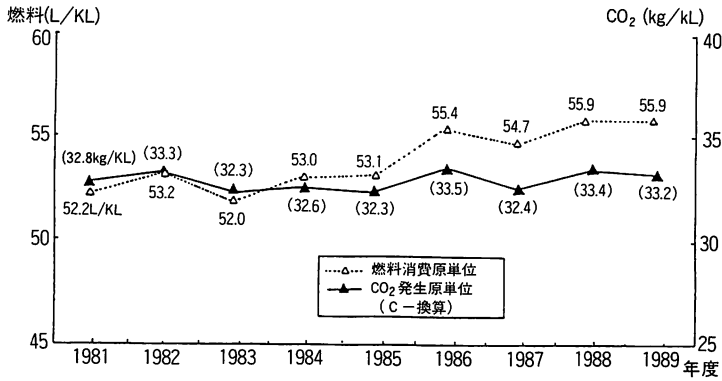


図-3 原油処理量当たりの燃料, CO₂発生原単位

分解, ③改質, ④重合・アルキル化, ⑤水素化精製, ⑥溶剤精製などで, 製油所では処理原油や製品得率・製品性状を考慮して, これらの工程が最適な組み合わせとなるように構成されている。

(2) 石油精製工程で発生する環境負荷及び
 負荷低減対策

燃料の燃焼により, 大気汚染物質である硫黄酸化物・窒素酸化物や地球温暖化の原因物質であるCO₂が排出されるが, 硫黄酸化物については精製工程から得られ

る低硫黄のガス燃料を使用することにより排出量は抑制されている。また窒素酸化物や水質汚濁物質であるCOD等については排ガス処理設備や廃水処理設備の設置により環境への排出量は低く抑制されている。

CO₂等の排出抑制については, 早くから省エネルギー対策に取り組んできているが, 近年, 製品の中・軽質化といった構造変化・高付加価値に対応して, 燃料消費量の上昇を招く精製装置の高度化が進められてきており, 大幅な削減は難しい状況にある。それでも更な

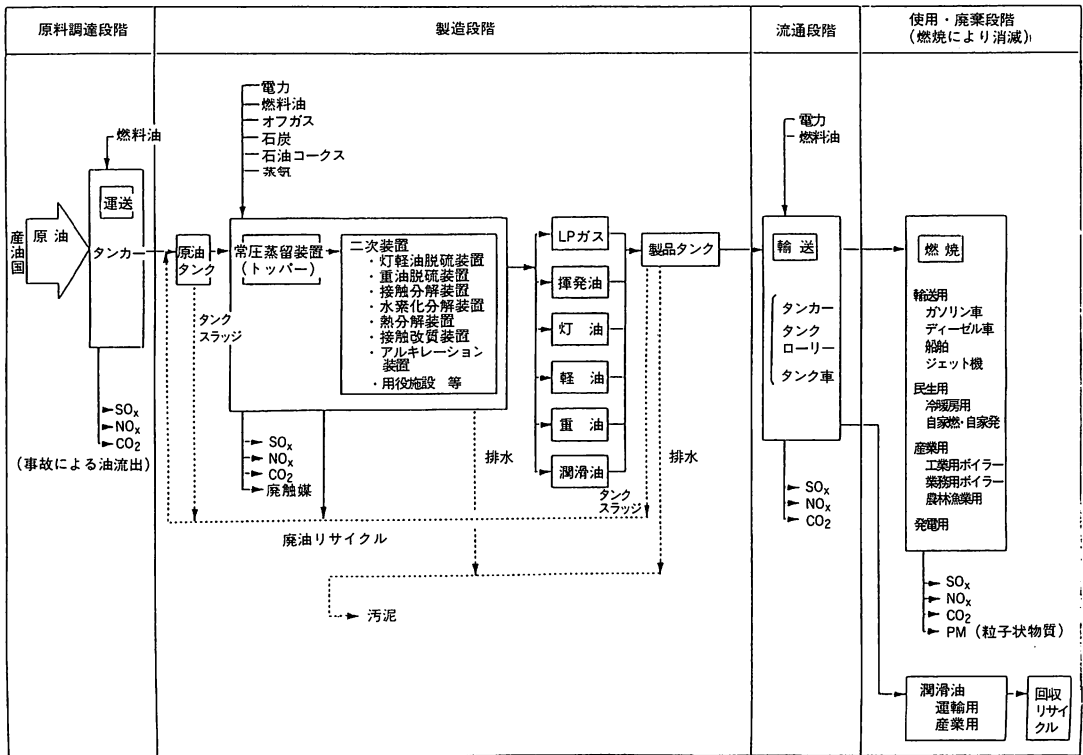


図-4 石油製品のライフサイクルフロー

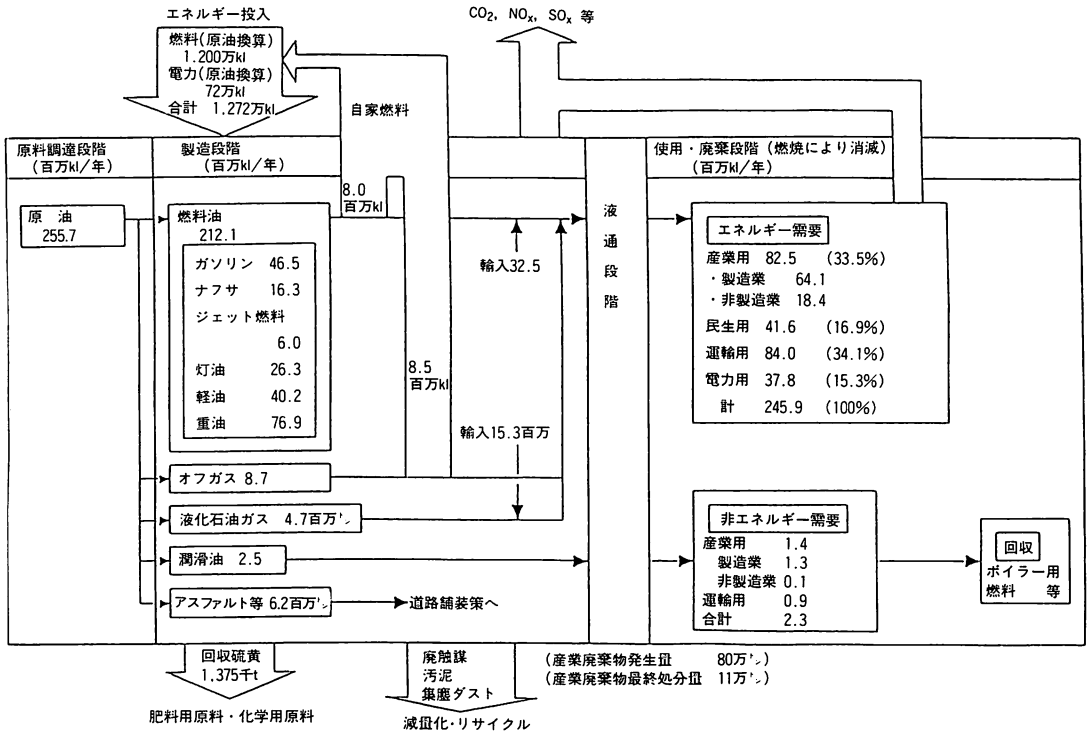


図-5 石油製品のライフサイクルに係わる環境負荷

る省エネルギー型装置やエネルギー有効利用設備の導入、およびC/H比の低い燃料への転換を計ることにより、エネルギーの使用量・原単位の上昇を抑制すると共にCO₂の排出抑制も実施されている(図-3参照)。

(3) 流通段階

石油製品の輸送は、タンカー、タンク車、タンクローリーなどで行われている。大都市圏では道路が混む等の理由によるタンクローリーの運行効率低下やそれに伴う地域環境問題への対応等があり、石油製品の流通効率化対策が課題となっている。ローリーの大型化、油槽所の統廃合、石油精製販売各社間の共同配送等の各種対策が図られつつある。

(4) 使用段階

石油製品の「使用」は潤滑油等を除き、使用者による燃焼行為である。この使用段階における環境負荷の低減を図るため、事前予防という観点から、製造段階で種々の対策が実施されてきている。

これらの方法の代表的なものは①灯油・軽油の低硫黄化、②重油の低硫黄化、③ガソリンの無鉛化、④ガソリンの低硫黄化等であり、いずれも国際的に見てもかなり進んだ対策がとられている。

さらに、使用段階でのエネルギーの高効率利用を目

指して「石油コージェネレーション」も推進している。灯油、A重油などを燃料として、エネルギーの需要家自らが電力と熱を同時に作り利用するシステム(熱電併給システム)で、普及すればCO₂の低減に大いに貢献できるものである。

(5) 廃棄段階

石油製品は使用(燃焼)されることにより消滅するものが大部分で、この部分については廃棄段階の問題は無いと考えられる。しかし潤滑油については使用後も廃潤滑油として残るため、石油製品のLCAでリサイクルを議論する場合はこの回収システムが対象となる。

石油を原料として製造される石油化学製品、特にプラスチックを用いた包装材の廃棄問題は、石油化学業界、プラスチック業界さらにその下流にある包装材業界及びこれを使用する全ての業界で取り込まれる課題である。

なお、参考までに石油製品のLCAのモデルフローを「産業環境ビジョン」から引用して図-4、図-5に示す。

3. 石油製品のLCAについて

3.1 石油製品のLCAの特徴

(1) 石油製品が連産品であること

石油製品は連産品であり物理的性状の沸点に注目すると、低い方から製油所オフガス（水素、メタン、エタン）、LPG（プロパン、ブタン）、ガソリン、石油化学原料用ナフサ、ジェット燃料油、灯油、軽油、重油（A・B・C）、さらに潤滑油、パラフィン、アスファルト、回収硫黄等となる。

ライフサイクルインベントリー（LCI）の検討で、エネルギー及び環境負荷を算定する際には、副産物についての配分（割り当て）を合理的に設定することとされているが、石油製品の場合連産品であるため、上記の各製品を主製品と副製品（副産物）に分けることは難しい。

(2) 石油製品は消費と廃棄が同時であること

石油製品の主なものは、ガソリン、灯油、軽油、重油等の燃料で、これらは消費段階で燃焼されてその使命を終える。このように「消費されると同時に廃棄される」というのが石油製品であり、食品産業を除くと他の産業にはあまり例がないと思われる。

石油産業はこの燃焼という消費段階を意識して、早くから環境負荷の小さい製品を供給してきている。

3.2 石油製品のLCA検討の方向

石油製品のLCAは前述した様に石油業界として検討を始めたばかりである。したがってここでは今後検討を行う際の課題や検討の方向について、ケース例をあげて考察する。

ケース1 燃料としての評価

(1) 発電用エネルギーとしての評価

LNG、石炭は現状の価格体系では燃料以外に殆ど使用先がない物質であるのに対して、重油は多様な機能を持つ石油製品の一部である。さらに貯蔵、輸送面から需要変動に機敏に対応できるという他のエネルギーには無い優れた機能をもっている。機能の異なる対象を比較することを戒めているLCAの原則に照らしても、検討に際しては十分に議論を深める必要がある。

原油と重油を発電用燃料として比較するのも石油が有する幅広い優れた機能のうちの燃料に特化したもので、これについてもLCAの原則に照らして整理する必要がある。

(2) 輸送用燃料としてのガソリンと軽油の比較

現状の価格体系では軽油がガソリンより安いため一般の自家用車にも軽油が利用される傾向になっているが、運用時の排出ガスによる環境影響を重要視すれば、製造時の環境影響も考慮し詳細に検討する必要がある。

(3) ガソリンと代替燃料、メタノールの比較

米国や南米で使用されている自動車燃料用メタノールとガソリンを比較検討するもので、各々の製造工程と使用時の環境負荷を考慮して検討する必要がある。

ケース2 精製技術、石油製品の個別の評価

石油会社が新規の製品あるいは精製技術を開発する際にこれを環境面から実施するもので、結果を企業内部で評価することにより、その製品の企業化や技術の実用化に大きな影響を及ぼすものである。

(1) 軽油の深度脱硫の評価

軽油を深度脱硫すれば軽油中の硫黄分が少なくなり、トラック等で使用した場合の排気ガス中の汚染物質が減少することによって道路周辺の環境の改善に寄与する。一方、石油精製工場には新しい設備の建設が必要になると共に、装置の運転のためエネルギーも使用することになり、環境負荷が増加する。これらの関係をLCA的手法によって詳細に検討し、一般市民に対し分かり易く説明することも必要である。

(2) 残油による発電

石油の重質留分である残油を燃料として発電を行い、電力会社に電気を販売する卸発電は、連産品である石油全留分の適切なバランスの取れた利用方法として意味がある。これが実現すると重質原油を利用することへの制約が現状に比べて少なくなり、軽質の言い換えれば良質な原油を現代だけで消費せず、後世に残しておくという、いわゆる地球資源の適切な利用という観点からの意義も大いに考えられる。

ガソリン・灯油・軽油の増産を目的とする重質留分の接触分解・水素化分解いわゆる高度化はエネルギー消費の増加を伴うのに対して、残油による即発電は石油をそのままの形で利用出来かつエネルギーの輸送に要する負担を（重油輸送と電力輸送を比較して）軽減出来る点で、石油全体のシステムで見ると、エネルギー使用量及び環境負荷を小さく出来る可能性が大きい。

ケース3 石油製品の供給側とユーザー側との総合的検討

石油製品は消費（燃焼）と同時に廃棄されるという特徴を持っているので、ユーザー側と供給側を統合してその結果を総合的に考察・評価するものである。

検討内容として

- ①ガソリンのオクタン価と自動車エンジンの最適組み合わせの検討
 ②ガソリン自動車とLPG自動車との比較等が考えられる。

ケース4 他産業界への石油製品のLCIの提供

他産業界がLCAを行うための基礎情報として、石油製品のLCIの提供を要望しているため、これに答える必要がある。

ケース5 海外石油製品と日本製品との比較

日本で生産される石油製品の環境負荷は海外で生産される製品と比較して小さく、また使用時の排出ガスの環境負荷も小さい、と期待される。比較の対象となる諸外国のデータが得られるかという問題はありますが、検討しておく必要がある。

3.3 石油製品のLCAを検討する上での留意点

(1) 環境負荷の配分方法の設定

石油製品は連産品なので、各製品への環境負荷の配分が重要な課題であり、なるべく実際に近い物理的尺度でその手法を設定することが大切である。状況によっては経済的評価を織り込むことも必要となる。

製造工程は常圧蒸留装置から始まる多数の装置（工程）の集合であり、エネルギー管理等は各装置（工程）ごとに実施されている。従って、各製品へのエネルギー・環境負荷の配分は新しい課題である。

(2) 数値の捉え方と検証の方法

LCIを作成する際には出来るだけ実際の製油データに基づいて作業することが求められる。データ入手の容易さ、わが国のデータとして代表性・信頼性を持つべきこと、なども考慮する必要がある。

協賛行事ごあんない

「第25回ガスタービンセミナー」について

〔主催〕 (株)日本ガスタービン学会

〔協賛〕 火力原子力発電技術協会、電気学会 他

〔日時〕 平成9年1月23日(木)・24日(金)

〔場所〕 東京ガス(株)本社 2階大会議室
 (港区海岸1-5-20, TEL 03-3433-2111)

〔テーマ〕 「ユーザーオリエントなガスタービンを目指して」

〔参加費 (資料代を含む)〕

主催・協賛団体会員 2日間 25,000円
 1日のみ18,000円等

資料のみ 1冊5,000円 (残部ある場合)

〔申込締切〕 12月20日(金)

〔申込先〕 (株)日本ガスタービン学会

〒160 東京都新宿区西新宿 7-5-13-402
 TEL 03-3365-0095 FAX 03-3365-0387