
T-E2A の概要

(T-E2A : Toray Eco-Efficiency Analysis)

2012 年 6 月 5 日版

はじめに

T-E2A は、東レ版工コ効率分析 (T-E2A : Toray Eco-Efficiency Analysis) の略で、複数の製品※1を“環境負荷”と“経済性”の双方からグラフ化し、環境負荷が少なく、経済性にも優れた製品を選択することができる環境分析ツールです。

本冊子は、社団法人 産業環境管理協会の LCA¹⁾※2 支援ソフト「MiLCA²⁾」の拡張機能版として T-E2A を新たに開発、公開するに当たり、そのコンセプトを解説したものです。より多くの皆さま方にご理解いただき、環境配慮型製品の開発をはじめ、消費者への環境情報の開示、環境に配慮した意思決定等の場面で、幅広くご利用いただくことを期待します。

※1 製品 :

T-E2A の製品は“ケーススタディに基づく製品”をさします。本文では省略して、製品と呼びます。

※2 LCA (Life Cycle Assessment) :

製品等のライフサイクルにおける、投入資源、環境負荷及びそれらによる地球や生態系への環境影響を定量的に評価する方法 (道具、物差し)。製品やサービスの環境側面の改善のためのツール。

目次

1. T-E2A とは.....	4
2. 環境影響領域	5
2.1. エネルギー資源	6
2.2. 鉱物資源	6
2.3. 水資源	7
2.4. 土地利用	8
2.5. 排出（大気・水域・土壌）	8
2.6. 潜在的毒性の評価	10
2.7. 潜在的リスクの評価	11
3. 各影響領域間の重み付け	12
3.1. 社会的係数による重み付け	12
3.2. 科学的係数による重み付け	13
4. エコマップ	14
4.1. 縦軸の考え方	14
4.2. 横軸の考え方	16
4.3. エコマップの解釈	17
5. T-E2A の活用領域	18
6. 参考文献	18

1. T-E2A とは

T-E2A は、複数の製品やプロセスを“環境負荷”と“経済性”の両面で比較評価し、エコマップ(図 1) から、環境負荷が少なく、経済性にも優れた製品を選択することができる環境分析ツールです。

主な特徴としては、次の 4 点です。

- ①製品やプロセスを包括的に評価し、ユーザー作成によるケーススタディに基づく環境・経済性両面からの製品(あるいはプロセス)間比較の実施
- ②最終顧客の視点、ライフサイクル全体からの評価
- ③環境(縦軸)と経済(横軸)の 2 軸よりなる“エコマップ”表示
- ④複数の重み付け条件での感度分析による結果の安定性評価

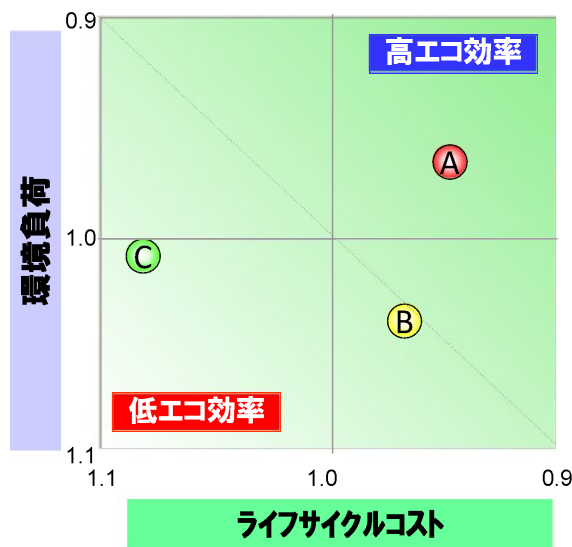


図 1： エコマップ

(エコマップの解釈については、4.3.項で説明します)

2. 環境影響領域

T-E2A で考慮する環境影響領域は次の 7 つの領域です。

- ① エネルギー資源
- ② 鉱物資源
- ③ 水資源
- ④ 土地利用
- ⑤ 排出 (大気・水域・土壌)
- ⑥ 潜在的毒性
- ⑦ 潜在的リスク

地球環境問題を論じる際、世間一般に地球温暖化、特にCO₂が主に取り上げられていますが、その他にも影響領域、環境負荷項目はあります。1つの環境負荷項目だけで評価した場合、より重要な環境負荷を見逃し、結果的により環境に悪い製品を環境に良いと評価してしまう恐れがあります (影響領域間のトレードオフ¹⁾)。そのため、この問題を克服するため、LCAにおいて影響領域間の重み付けおよび統合化という作業があります。T-E2A では、影響領域に、さらに潜在的毒性や潜在的リスクといったLCAに含まれない項目も評価の対象としており、より包括的な評価を可能としております。

2.1. エネルギー資源

エネルギー資源は、化石資源の発熱量を基に、全ライフサイクルで消費されるエネルギーの合計を算出します。例えば、図2のようにある製品において、原料採取、製造、使用、廃棄段階で投入される電力由来のエネルギー消費量がそれぞれ、1、2、0.1、0.4 (MJ) であったとすると、電力由来のトータルエネルギー消費量は、3.5 (MJ) となります。



図2： エネルギー総量のイメージ

2.2. 鉱物資源

鉱物資源は、全ライフサイクルで消費される鉱物資源量を算出します。鉱物資源とは有用鉱物の総称をさし、アンチモン、タングステン、亜鉛などが該当します。算出は、アンチモンで正規化した可採埋蔵量の逆数によって重み付けを設定しています。詳しい計算方法の考え方については、参考文献3)を参照願います³⁾。なお、エネルギー資源消費とのダブルカウントを避けるため、鉱物資源には石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料資源は対象外としています。

2.3. 水資源

水資源は、全ライフサイクルで消費される水資源量の合計を算出します。特に T-E2A では、水の総使用量を 1 つの影響領域として独立して評価しています。なお、ここでいう“水”は淡水をさします。特性化係数は、海水以外の水資源採取を 1 として評価し、海水 はゼロとして評価しています。

近年、世界的な人口増加と産業化による水需要の高まりとそれに伴う水不足が進行しています。I W M I の 2006 年報告書⁴⁾では、世界人口 65 億人のうち、11 億人は飲料水(生活用水含む)が得られないとされています。水資源については、今後のさらなる深刻化が懸念される中、水資源は環境問題の中でもエネルギー資源や大気汚染などに並ぶ重要な因子といえます。



図 3： 水の総使用量のイメージ

2.4. 土地利用

土地利用は、土地の維持を対象としており、全ライフサイクルで利用する土地の占有面積と占有時間によって評価しています。なお、土地利用区分にかかわらず、それぞれ単純に合算することで特性化としています。例えば、①建設用地 100(m²)を5年間占有、②最終処分場用地 20(m²)を30年間占有、の場合では、②の環境負荷が高いこととなります(式1、式2)。

$$\textcircled{1}\text{建設用地} \quad 100 \text{ m}^2 \times 5 \text{ year} = 500 \text{ m}^2 \cdot \text{year} \quad \dots (\text{式} 1)$$

$$\textcircled{2}\text{最終処分場用地} \quad 20 \text{ m}^2 \times 30 \text{ year} = 600 \text{ m}^2 \cdot \text{year} \quad \dots (\text{式} 2)$$

土地は、限りある資源であり、また不適切な土地利用は、森林伐採、砂漠の拡大などが引き起こされ、植物の生長や生物の健全性が損なわれるなどの環境問題となるため、評価しています。特に、人口に比べ国土面積・可住地面積が小さい日本では、土地利用の競合が様々な環境問題の基本的な原因となりやすいという事情があります³⁾。

2.5. 排出 (大気・水域・土壌)

排出は、大気への排出、水域への排出、土壌への排出の3つのカテゴリより評価します。これらのカテゴリは、後の3.1.項で述べる重み付けの考え方によって統合化します。

(1) 大気への排出

大気への排出は4つの異なるカテゴリー毎に重み付けします。そのカテゴリーは次の4つです。

- ①地球温暖化ポテンシャル (GWP)
- ②オゾン層破壊ポテンシャル (ODP)
- ③光化学オキシダント発生ポテンシャル (POCP)
- ④酸性化ポテンシャル (AP)

(2) 水域への排出

水域への排出は、排出される物質の水域への影響度を評価しています。重み付けには、法令⁵⁾で定められる排水規制値 (化学物質または化学物質群を水域に排出するときの最大許容濃度) の逆数で係数を設定しています。これに対象となる化学物質の排出量を乗じることで影響度を計算します。例えば、生物化学的酸素要求量 (BOD) の許容限度が、日間平均 120 (mg / L) の場合、重み付け係数は 0.0083 (L / mg) となり、ある製品のライフサイクル全体において BOD 10 (mg / L) 排出されるとすると、水域への排出の影響度は 0.083 (points) となります。

(3) 土壌への排出

土壌への排出は、廃棄物を埋め立てたときの土壌への影響度を評価しています。表1のように一般廃棄物を基準として特性化係数を設定しています。これに対象となる廃棄物量に乗じることで影響度を計算します。

廃棄物は「産業廃棄物」、「一般廃棄物」、「特別管理産業廃棄物」の3つに大きく分けられ、「産業廃棄物」は事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、廃棄物処理法で定められた20種類をいい、この産業廃棄物であって、人の健康や生活環境に被害を与えるおそれのあるものを「特別管理産業廃棄物」といい、「産業廃棄物」以外の廃棄物を「一般廃棄物」と定義します。

表 1 : 廃棄物の分類と特性化係数

分類	特性化係数
一般廃棄物	1
産業廃棄物: がれき類、ゴムくず、ばいじん、汚泥、金属くず、建設混合廃棄物、 鋳さい、紙くず、燃え殻、繊維くず、土砂等20項目	2
特別管理産業廃棄物	5

2.6. 潜在的毒性の評価

潜在的毒性は、式3のように定義されます。なお、潜在的毒性は、実施者自らが想定し、対象となる製品間でポイントを付けて評価します。

$$(\text{潜在的毒性}) = (\text{物質の潜在的毒性}) \times (\text{暴露頻度}) \quad \dots (\text{式3})$$

暴露については、期間的係数を設け、製品の生産、使用、廃棄といったライフサイクル段階毎に重み付けを設定できるようにしています。例えば、エンドユーザーの使用期間が

長い製品であれば、使用時の重み付け係数を 70%、製造時の重み付け係数を 20%、廃棄時の重み付け係数を 10%などと設定することができます。物質そのものの潜在的毒性については、例えばリスクフレーズ (欧州連合で制定された有害性化学物質のリスクを示す分類番号) を用いて評価することができます。

潜在的毒性は、ISOに準拠したLCAでは実施されない項目ですが、製品やプロセスを包括的に評価するうえで、エネルギー資源や大気汚染といった影響領域と同様に重要な因子として評価しています。

2.7. 潜在的リスクの評価

潜在的リスクは、式4のように定義されます。なお、前項の潜在的毒性と同様に潜在的リスクも、実施者自らが想定し、対象となる製品間でポイントを付けて評価します。

$$(\text{潜在的リスク}) = (\text{リスク要素の深刻度}) \times (\text{発生確率}) \quad \dots \quad (\text{式4})$$

なお、リスク要素の例としては、次のようなものが挙げられます。

- ・ 爆発、火災のリスク (可燃性、引火性物質の取り扱い等)
- ・ 使用時における誤用
- ・ 輸送時の交通事故 (運搬体積、運搬質量等)
- ・ 生産現場での作業員、環境への悪影響
- ・ 製品充填、梱包時のリスク

潜在的リスクは、潜在的毒性と同じく、ISOに準拠したLCAでは実施されない項目ですが、製品やプロセスを包括的に評価するうえで、重要な因子とし評価しています。

3. 各影響領域間の重み付け

上記の環境影響領域は、社会的係数による重み付け、科学的係数による重み付けの2つの考え方に沿って、それぞれ1つに統合化されます。これら重み付け係数は、環境問題や地域に応じて変更または選択できる仕様となっており、複数の重み付け条件による感度分析評価ができます。

3.1. 社会的係数による重み付け

社会的係数による重み付けは、専門家へのインタビューやアンケート調査等を通して各環境影響領域に対する世論、消費者、社会懸念の度合いに応じて重要度を設定し評価します(表2)。これは、大気汚染、水質汚染、廃棄物など多々ある環境問題の中で、どの環境問題を重視すべきかは、時代によって環境に関する社会的な認識、行政方針、また企業に関わる規制が大きく変化するからです。例えば、地球温暖化対策として、GHG排出の規制が現在よりも強化された社会情勢を想定した場合、大気排出における地球温暖化の項目の重み付けを高く設定することができます。また、昨今のエネルギー不足対策として、省エネを重視した社会情勢を想定した場合、エネルギー資源の項目の重み付けを高く設定することができます。

表 2： 社会的係数の重み付け設定例

			重要度	重み付け係数
鉱物資源			10	0.10
エネルギー資源			25	0.25
水資源			10	0.10
土地利用			5	0.05
排出	大気	温暖化	15	0.15
		オゾン層破壊	6	0.06
		光化学オキシダント	6	0.06
		酸性化	3	0.03
		排出(大気)小計	30	0.00
	水域		7	0.07
	土壌		3	0.03
	排出(全体)小計		40	0.00
潜在的毒性			3	0.03
潜在的リスク			7	0.07
合計			100	1.00

なお、表 2 の重み付け値は、東レで設定したデフォルト値になっています。評価に応じて設定を変更してください。

3.2. 科学的係数による重み付け

科学的係数による重み付けは、地域による個々の環境影響領域がどのくらい重要かを示すもので、評価にその地域に応じた重み付けを考慮します。科学的係数は、対象となる製品の環境負荷量をその地域・国における統計データに基づいたトータル環境負荷量で除した相対比によって算出されます⁶⁾。選択できる地域は、日本、ドイツ、アメリカ、イギリス、EU、中国、韓国となっています。ただし、中国、韓国の統計データは、CO₂、NO_x、SO_x等の大気への排出物についてはあるものの、SO₄イオンやNH₄イオン等

の水域への排出物についてはなく、推測したデータとなっていますので、その前提を踏まえた上でご利用ください。今後、継続的に統計データの補完および更新していきます。

4. エコマップ

T-E2A の分析結果はエコマップとして描かれます。エコマップは、縦軸に製品の環境負荷、横軸にライフサイクルコストをプロットした分析図です。

4.1. 縦軸の考え方

複数の製品の結果を7つの影響領域ごとに正規化すると、7軸のレーダーチャートとなるエコ・フィンガープリントが描かれます（詳しくは後述）。さらに、7つの影響領域間を社会的係数によって重み付けすることによって統合環境負荷として単一指標（環境影響）となります。各製品のこれら単一指標を正規化して並べたものがエコマップの縦軸となります（図4）。なお、環境影響の小さいものほど上側にプロットされます。

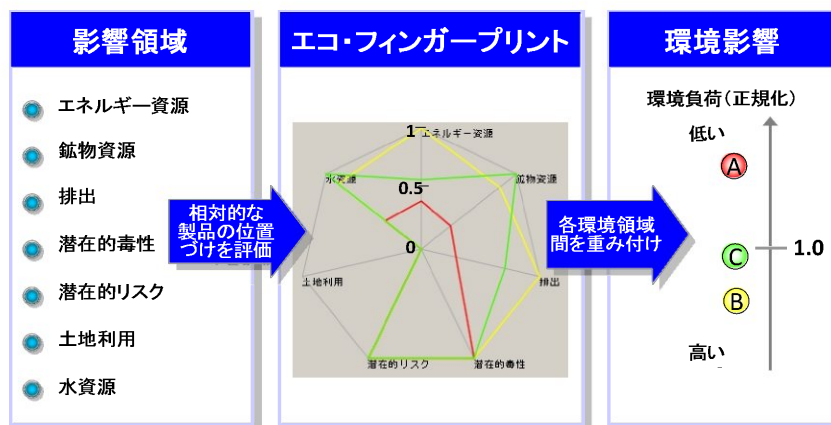


図4： エコマップの縦軸の考え方

ここで、エコ・フィンガープリントの解釈は次となります。図5のように、7つの影響領域それぞれを規格化し、各製品の相対的な環境影響によって0から1までの値をとります。全評価製品間で最も環境負荷が高い製品が1の値をとり、最も環境負荷が低い製品が0の値をとります。つまり、エコ・フィンガープリントは、環境負荷が高ければレーダーチャートが外側にプロットされ、環境負荷が小さければ内側にプロットされます。図2では、「排出」の影響領域に着目すると、Dが最も環境負荷が高く、次いでA、E、Cの順に環境負荷が高く、Bが最も環境負荷が低いことがわかります。

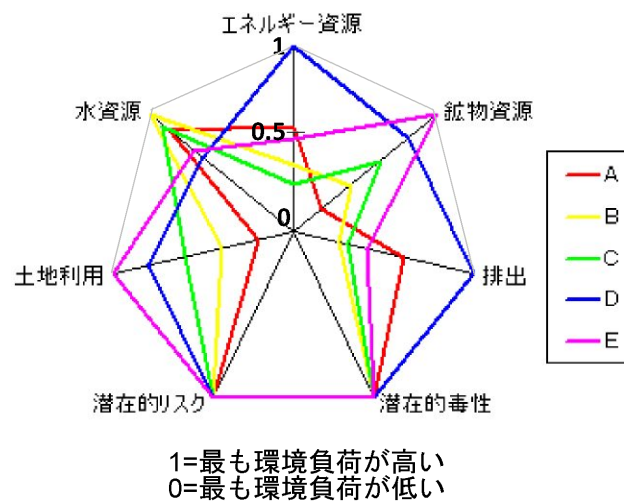


図5： エコ・フィンガープリント

4.2. 横軸の考え方

T-E2A で扱う経済性は、最終消費者の視点でみたライフサイクルコスト（以降、L C C）のことをさします。各製品のL C Cを正規化して並べたものがエコマップの横軸となります。L C Cの小さいものほど右側にプロットされます（図6）。

なお、L C Cは実施者が別に計算しておき、T - E 2 AのL C C入力画面に入力します。L C Cの計算の一般手順は次となります。まず、L C C分析対象製品やサービスの最終のお客様を設定、定義します。そして、そのお客様が負担すべき費用を初期投資からランニングコスト、処分費用までL C Aと同様にライフサイクルで考えて合計したものをL C Cとします。このようのお客様の定義によりL C Cの計算方法、結果は変わりますので、目的や製品の性質より適切に選定します。自動車を例に挙げると、自動車を購入する一般消費者をお客様と定義し、その購入代を初期投資、ガソリン購入代をランニングコストと定義し、計算することができます。

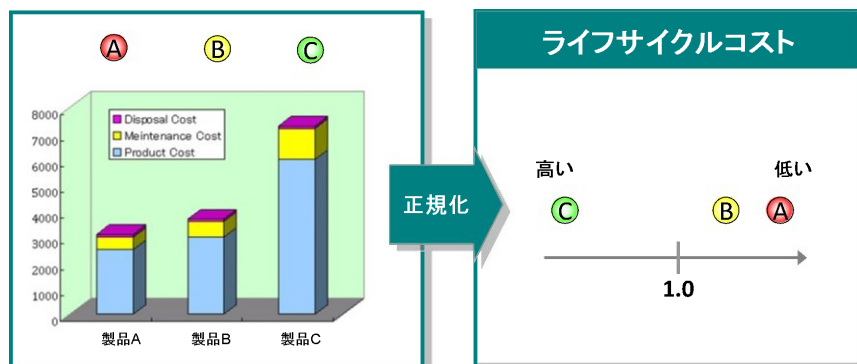


図6： エコマップの横軸の考え方

4.3. エコマップの解釈

上記の縦軸および横軸の考え方より描かれるグラフがエコマップであり、グラフのどの位置にプロットが描かれるかによって製品のエコ効率が割り出され、環境面および経済面での位置づけを“見える化”できます。

環境負荷が低い製品ほど図の上側にプロットされ、また、経済的負担の少ない低コストな製品ほど右側にプロットされます。すなわち、エコマップの右上に行くほど、また、対角線からの距離が長いほど高エコ効率、つまり、環境負荷が低く、経済性に優れた製品と位置付けられます。図7では、Aは高エコ効率な製品と判断でき、また、Bは環境面ではCより劣るが経済面で競争力がある製品といえ最適化の可能性があると判断できます。

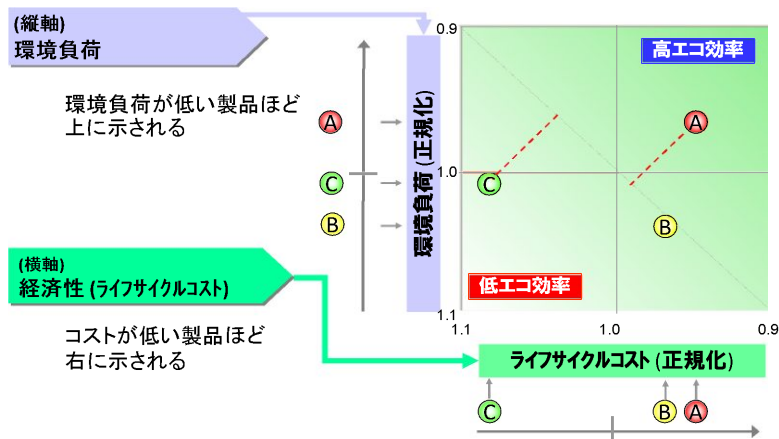


図7： エコマップの解釈

5. T-E2A の活用領域

T-E2A は、経営・事業戦略、研究開発、生産活動、マーケティング、企業PRなどのあらゆる場面で活用できるほか、新たな投資案件や新事業戦略策定などの重要な経営判断材料としても活用できます。特に、新製品や新プロセスを考案する研究開発の初期の段階でこれら手法を用い、環境・経済両面で最も競争力のある製品・プロセスを生み出すことは、製品の恒久的な競争力構築に繋がります。

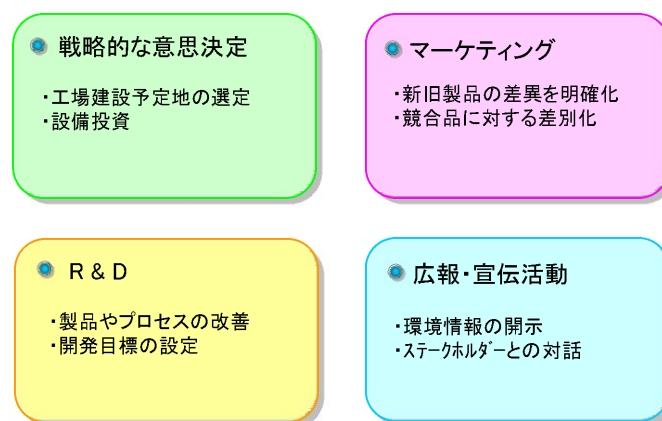


図 8 : T-E2A の活用領域

6. 参考文献

- 1) 社団法人産業環境管理協会,“LCA 概論”,p1-22 (2007)
- 2) 社団法人産業環境管理協会,“新 LCA ソフトウェア MiLCA”

- 3) 社団法人産業環境管理協会,“LIME2 - 意思決定を支援する環境影響評価手法”,(2010)
- 4) International Water Management Institute, IWMI Report ,(2006)
- 5) 環境省, 排水基準を定める省令 “別表第一“及び”別表第2“, (1971)
- 6) BASF 型「工口効率分析」計算方法の解説, Karl-Heinz Feuerherd , 神戸山手大学「紀要」,7,
p15-35 (2005)

以上