

液晶テレビの LCA 評価

武蔵工業大学 環境情報学部
環境情報学科 伊坪研究室
0331021 石村 愛
0331054 金子 友梨恵
0331065 北村 祐介

目次

- 1 序論
 - 1.1 背景
 - 1.2 業界の LCA 普及

- 2 目的調査範囲
 - 2.1 目的
 - 2.2 調査範囲
 - 2.2.1 対象製品
 - 2.2.2 製品機能
 - 2.2.3 機能単位
 - 2.2.4 システム境界
 - 2.2.5 インベントリ分析における前提条件
 - 2.2.6 アロケーションを実施したプロセス及びその手法
 - 2.2.7 限界

- 3 インベントリ分析
 - 3.1 算出結果
 - 3.1.1 液晶テレビ
 - 3.1.2 液晶パネル
 - 3.1.3 実装済プリント基板
 - 3.1.4 IC
 - 3.1.5 インダクター(コイル)

- 4 既存研究との比較

- 5 影響評価
 - 5.1 外部費用の算出
 - 5.2 統合化結果 液晶テレビ
 - 5.3 統合化結果 液晶パネル
 - 5.4 統合化結果 実装済プリント基板

- 6 結論

- 7 謝辞

- 8 参考文献

- 9 付録

1. 序論

1.1 背景

2005年5月を境に液晶テレビの出荷台数がブラウン管テレビを逆転した。これはブラウン管テレビと薄型テレビの世代交代を象徴した出来事であった。薄型テレビには液晶テレビとプラズマテレビがある。液晶テレビが民生用商品として市場投入されたのは1995年。一方のプラズマテレビは1997年に市場に登場した。液晶テレビは大型化が技術的に困難であったこと、プラズマテレビは消費電力が大きいことが普及を遅らせていた。しかし

近年、業界の各社が投資してきたディスプレイ装置の研究開発によってそれらのネックは改善されつつあり、今後はそれぞれの長所を活かしながら競合することになるだろう。2007年のテレビ市場予測を、液晶テレビ51%・プラズマテレビ20%と見る学者がいる。その根拠は、液晶テレビの大型化の次は、低価格化が進むために液晶テレビの市場割合が増えると読んでいるのである。確かに現時点ではプラ

ズマよりも低価格で展開されているのが液晶テレビの長所と言える。しかし、現在の状況から液晶テレビの低価格化を予測することは難しいことである。例えば、液晶テレビの液晶ディスプレイ*1の透明電極*2に含まれるインジウムについては、リサイクルの必要性が高まっている。それは、この金属の希少性が年々高まっていることを示しており、将来に向けて希少になればなるほどリサイクルコストは勿論、原材料としてのコストも上がっていく。また今後、特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法）が見直され、対象範囲が「ブラウン管テレビのみ」から液晶テレビ・プラズマテレビにも拡張される方向性である。対象になるには再商品化率を50～60%以上にしなければならない。その技術を開発するコストも価格面に反映されてくるはずである。以上の2点は、今後液晶テレビが低価格化を目指す上でネックとなる問題と考えられる。もちろん、今や薄型テレビの技術開発は日進月歩であり、技術面でのコストダウンには大きな可能性があることは確かである。しかし、希少金属の調達費用やリサイクル費用などは今後必ず大きなウェイトとなってくるといふことは押さえておきたい。

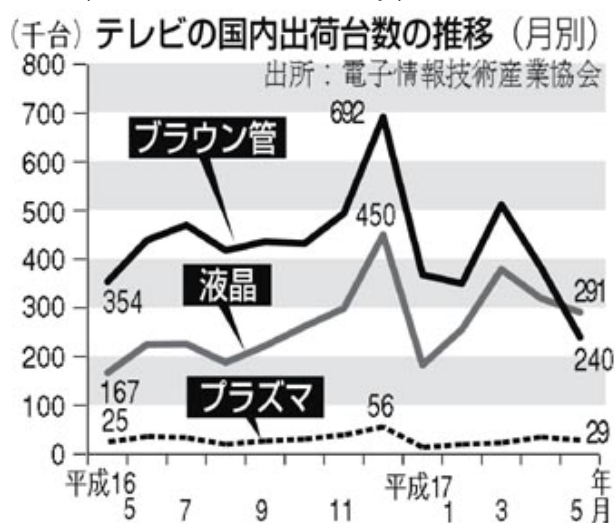


図 1-1-1 テレビの国内出荷台数

注：巻末の用語説明について：液晶テレビに関する専門的な用語を説明している。

1.2 業界の LCA 普及

テレビ業界では EU の RoHS 指令を受け、各社が競って、鉛フリーを始めとした有害物質を排除した製品づくりを進めている。このように環境配慮型製品の代表となったテレビにおいて LCA 評価を実施している企業がほとんどであろう。しかし、評価結果は主に社内での意思決定ツールとして利用され、その詳細なデータは一般に公表されるまでに至っていない(表 1-2-1)。その上、各社、独自開発の LCA ツールで実施することが多く、統一されたデータベースが確立されていないことは否めない。また、電子デバイスにおいて LCI の扱いは明瞭でなく、細かく調査されていないのが現状である。半導体のエッチングや洗浄などの製造工程に用いる PFC ガスは温暖化への寄与が大きいとされ 2010 年までの排出削減目標を定めているものの、半導体業界での LCA 普及のネックとなっていることも見逃せない。

以下の表 1-2-1 はテレビにおける各メーカーの取り組み状況について調査を行なった結果である。調査は各社HPや環境報告書を調べ、ブラウン管テレビ・液晶テレビ・プラズマテレビ・リアプロジェクションテレビのいずれかのLCA評価が記載されていれば実施とした。また、全商品・部品についてLCA評価を実施していると記載されていても各テレビLCA評価を実施しているとした。実際にテレビのLCA評価を公表しているメーカーは東芝・SANYO・ソニーの3社であった。評価対象は3社とも液晶テレビとしている。この3社は評価項目をCO₂のみとしており、東芝とソニーはグラフでパーセント表示であった。一方、三洋電機は比較的最近に公表されたもので、実数値で公表している。調査を行ない、各社に共通して言えることはテレビのLCA評価が主に内部での意思決定に利用されてはいるが、外部への情報公開までは至っていないという点である。公表している3社も詳細なデータは公表しておらず、不明な点も残ることからわかる。

※Easy-LCA・DAC-LCA・SI-LCAについては巻末の用語説明に記載する。

表 1-2-1：テレビにおける LCA の取り組み状況 表記順不同

企業名	TV-LCA	公開方法	評価項目	詳細データ	備考
東芝	実施	環境報告書・WEB	CO ₂	グラフ(%)	Easy-LCA・LIME
三洋電機	実施	WEB	CO ₂	数値	2006年9月発表
ソニー	実施	環境報告書・WEB	CO ₂	グラフ(%)	DAC-LCA
日立製作所	実施	なし	不明	不明	SI-LCA
松下電器産業	実施	なし	不明	不明	独自ツール
ビクター	実施	なし	不明	不明	独自ツール
三菱電機	実施	なし	不明	不明	独自ツール
シャープ	実施	なし	不明	不明	

2. 目的と調査範囲

2.1 目的

述べてきたように、需要が高まりつつある液晶テレビの環境影響を測ることは有意義であり、既存研究への課題提案として本研究を進めていきたい。

具体的に以下の2点が焦点となる。

- ① 既存研究との比較
- ② 希少金属の評価

〈既存研究との比較〉

まず、既存研究と本研究のCO₂評価結果を比較し、本研究の対象製品に対する諸設定が妥当なものであるかを検証すべきである。妥当性が測れた後に、CO₂以外の評価項目にも目を向けていく。

対象製品である液晶テレビは、液晶パネルや実装済プリント基板*³など、電子部品が多く使われている。既存研究では専らCO₂のみの評価であるが、電子部品の環境影響はCO₂のみの評価で測れているのだろうか。特に液晶パネルに使われるインジウム、実装済みプリント基板に使われる金など、希少金属は資源の枯渇の影響が出てくるはずである。

そこで、本研究では特に液晶パネルと実装済プリント基板を重視して行っていく。これらの電子部品については単に評価結果を述べるだけでなく、資料が揃えにくいなどの現状の問題点も結論で述べたい。

〈希少金属の評価〉

希少金属を評価する手法はどのようなものが望ましいだろうか。

本研究では環境影響を貨幣単位に統合化する LIME 手法を用いた。その理由は、背景でも述べたように、希少金属の市場価値は製品の外部費用を左右する大きな要素であり、さらにその外部費用は製品自体の普及に関わることであるからである。

本研究では、最後の結論で液晶テレビの外部費用について考察する。そのためにも、コスト面で大きなウェイトを占める希少金属の評価方法に力を入れてゆきたい。

具体的には、希少金属の価値変動を注意して見ていく。社会的背景によって大きく変動する市場価値をどのように考慮していくのが課題である。

以上をまとめて最終的には

「電子部品分野の LCA 評価の今後の可能性、希少金属の評価の重要性、それらを受けた上での液晶テレビの普及について」考察する。

2.2 調査範囲

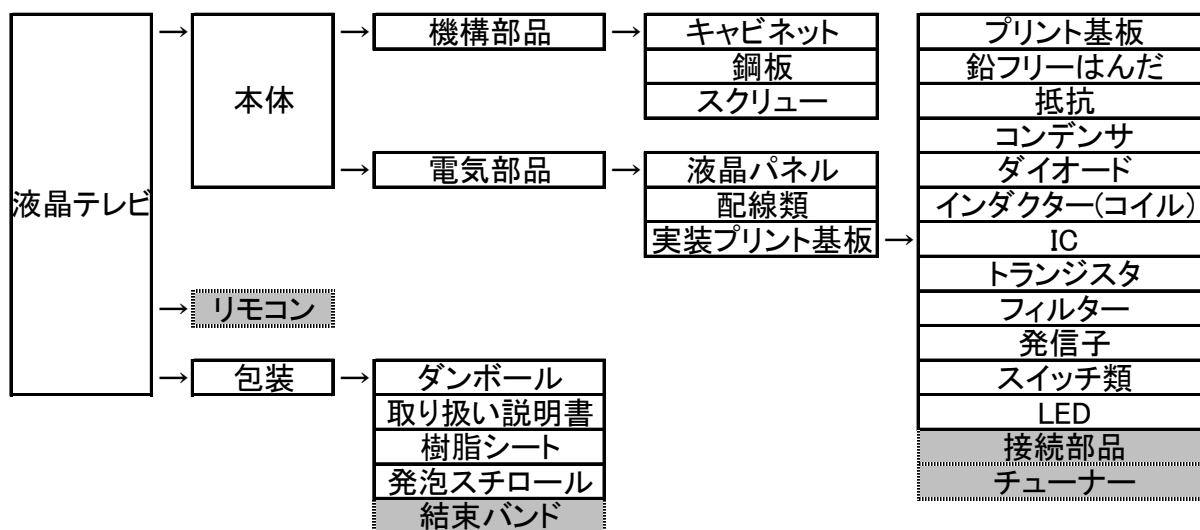
2.2.1 対象製品

液晶テレビ 32V型

大型化が進んでいる液晶テレビであるが、メーカーの出荷台数としては 32 V 型が多い。(メーカーヒアリング 2005) そこで、本研究では対象製品として 32V 型を想定して独自の製品モデルを作成した。

2.2.2 製品機能及び機能単位

以下の図 2-2-2-1 に液晶テレビの簡単な構造を示した。リモコン、結束バンド、接続部品、チューナーは本研究の対象からは外れている。



図：2-2-2-1 本研究において採用した液晶テレビの部材構成

表 2-2-2-1 液晶テレビ重量(各社)

液晶テレビの重量は以下の計算となる。

液晶テレビ=本体+包装

$$25.3 \text{ k g} = 22.6 \text{ k g} + 2.7 \text{ k g}$$

よって、液晶テレビの重量は 25.3 k g となる。表 2-2-2-1 より各社同型の製品重量と比べて大きく変わらなかった。各社カタログの値は包装を含まないが、重い製品は 30 k g を超え、軽い製品は 20 k g に近いものまでである。各社平均は 24.9 k g となり本研究で採用した構成から算出した 25.3 k g (本体 22.6 k g) は同型製品重量の範囲内とわかる。

32V型液晶	kg
東芝	26.7
	27.0
	26.7
	22.7
三洋電機	22.0
ソニー	23.0
	20.7
	32.3
日立製作所	27.8
	26.5
松下電器産業	24.5
	22.0
ビクター	20.5
	23.0
三菱電機	22.7
	32.0
シャープ	24.0
	23.5
各社平均	24.9

2.2.3 機能単位

本研究に採用した使用時電力・待機電力については、(社)電子情報技術産業協会(JEITA)の規定より引用した。一日あたりの使用時間/待機時間については、各社の液晶テレビ32V型のカタログ値の平均を採用した(表2-2-3-1)。これを、365日、10年間使用すると、液晶テレビ一台における総電力消費量は、2669.61kWhとなった(図:2-2-3-1)。

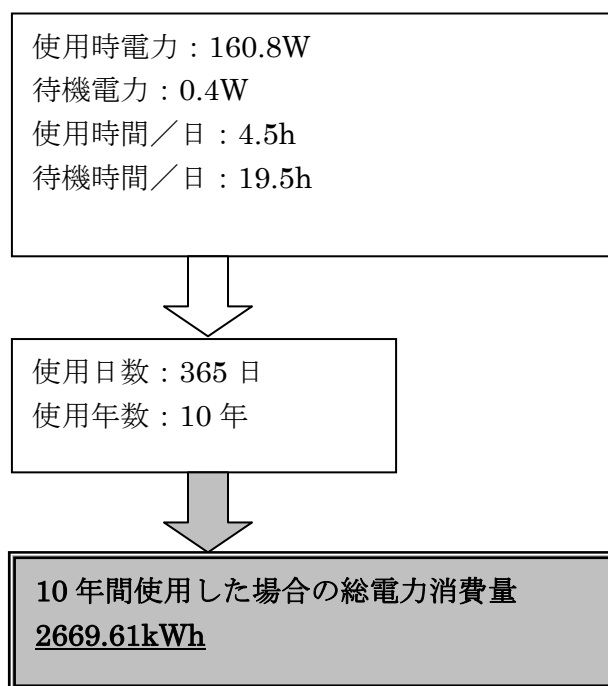


図:2-2-3-1 使用シナリオ

表:2-2-3-1 消費電力

液晶TV32型	使用時(W)	待機時(W)
SHARP (AQUOS)	159	0.4
	149	0.5
日立(WOOO)	190	0.5
	160	0.5
パナソニック (VIERA)	160	0.08
	137	0.08
三菱(REAL)	150	0.3
	175	1
ビクター(EXE)	172	0.4
	166	0.4
東芝(FACE)	189	0.6
	205	0.5
	184	0.5
	145	0.6
サンヨー (CAPUJO)	165	0.5
ソニー(VEGA)	205	0.15
	150	0.15
	195	0.8

各社カタログ2005参照

2.2.4 システム境界

図2-2-4-1に本研究で採用したシステム境界を示す。ここでは資源採掘から使用までを対象とした。廃棄及びリサイクルについてはデータ制約から調査対象外とした。今後は法体系の整備、社会的意識の向上により当該プロセスにおける関心が高まるものと考えられ、これらのデータを含めていくことが課題となる。

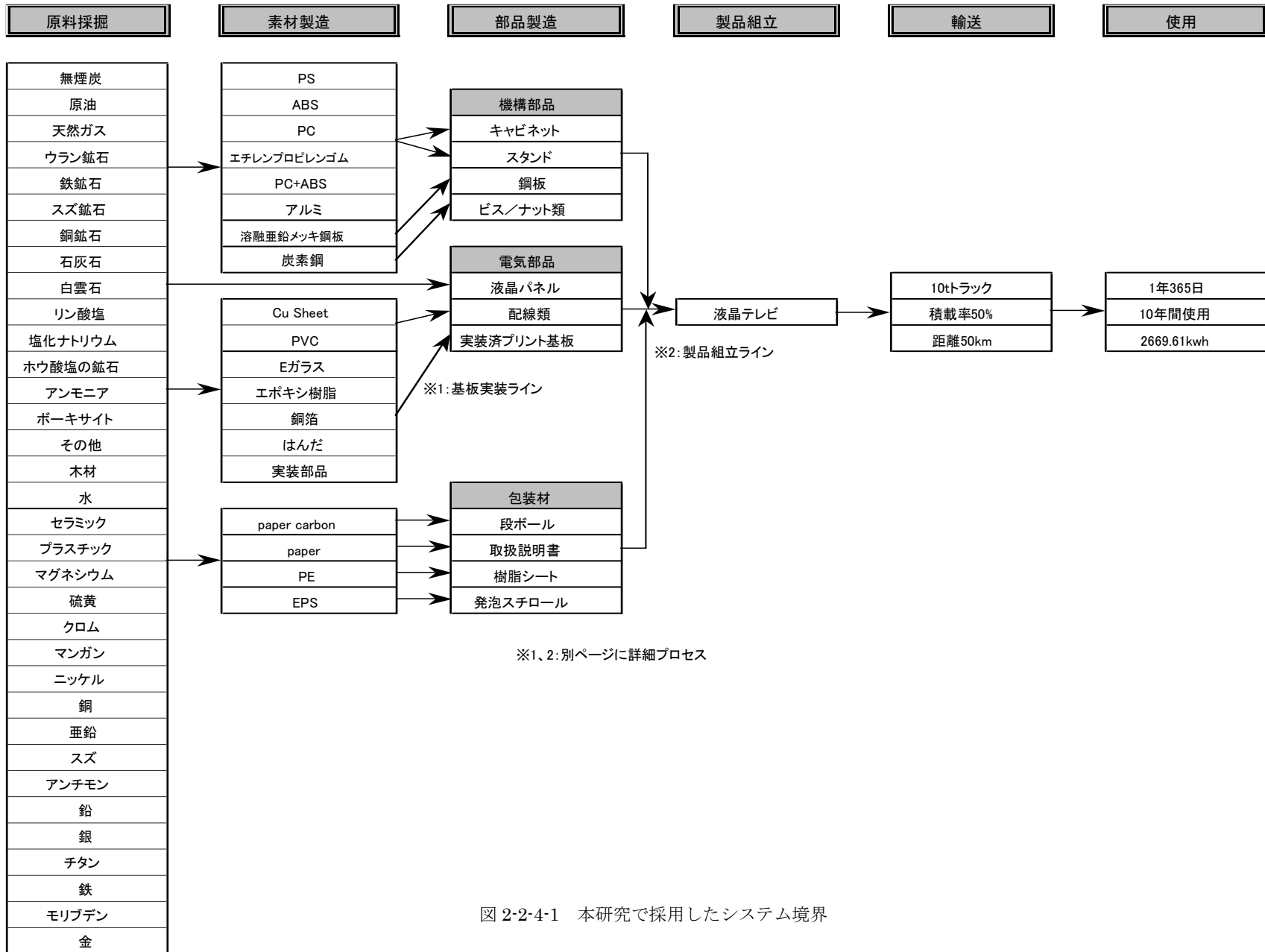


図 2-2-4-1 本研究で採用したシステム境界

※1：基板実装ライン

以下に、基板実装工程の流れを示す(図 2-2-4-2)。

プリント基板に対して、実装部品(10種類)と鉛フリーはんだを印刷・装着することで、実装済みプリント基板が製造される。

メーカーのヒアリングによれば、この時にかかる電力は、13.4kWh である(図 2-2-4-3)。

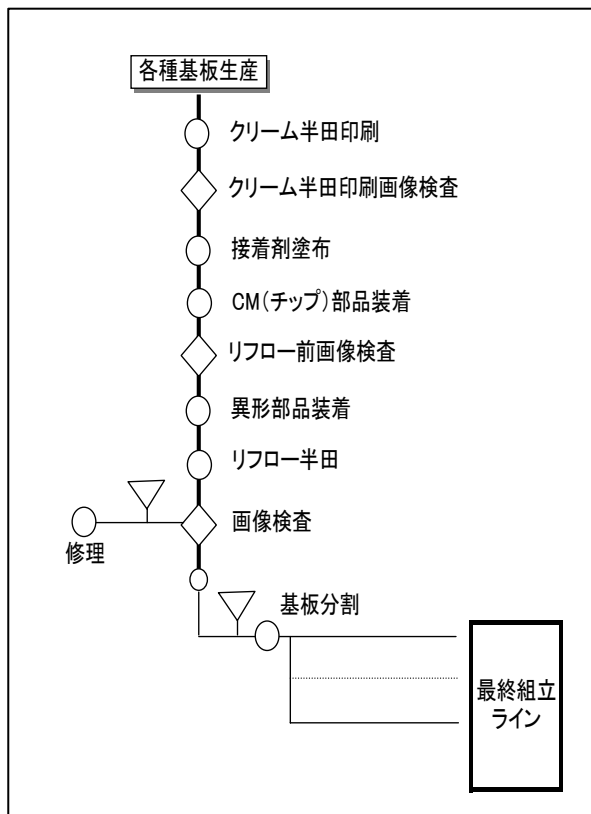


図 2-2-4-2 基板実装フロー

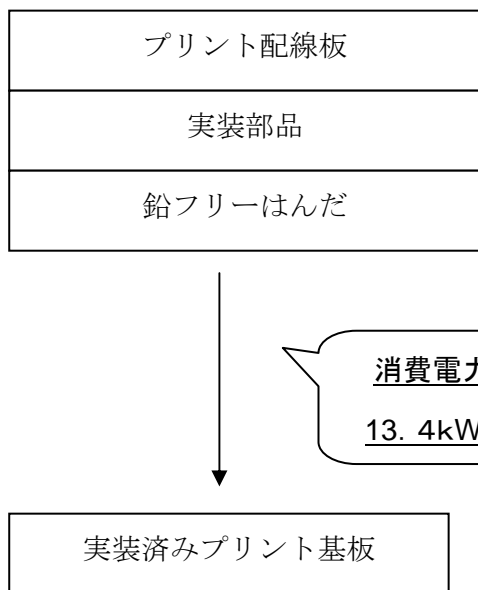


図 2-2-4-3 基板実装フロー

実装済みプリント基板イメージ写真

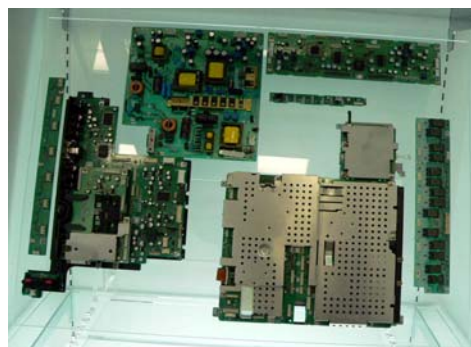


写真 AV Watch HP

※2：製品組立ライン

右に、製品組立の流れを示す(図 2-2-4-4)。

この工程では、すでに製造されている機構部品・電気部品を組立て、製品を包装する。メーカーヒアリングから該当プロセスにおける消費電力0.41kWhを得た(図 2-2-4-5)。

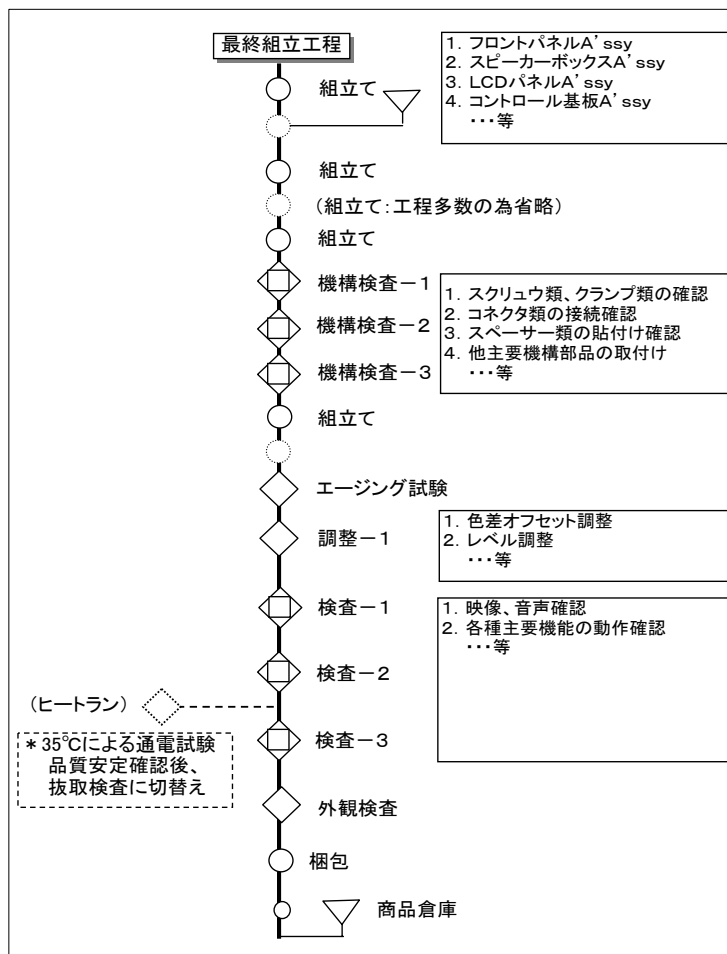


図 2-2-4-4 製品組立フロー

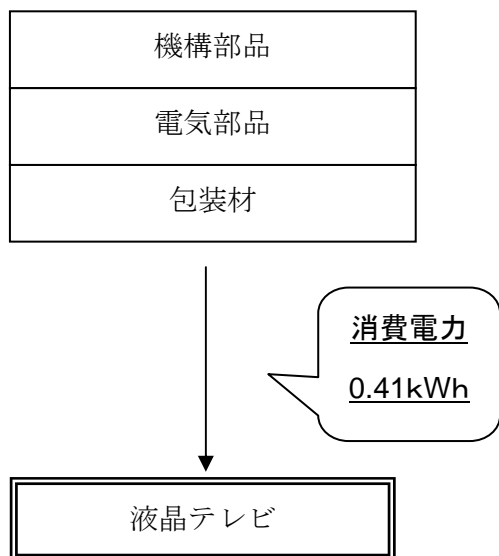


図 2.2.4.5 製品組立フロー

液晶テレビのイメージ写真



写真 AV Watch HP

2.2.5 インベントリ分析における前提条件

ソフトウェア JEMAI-LCA Ver.1 で評価できる全物質(231 物質)を対象とした。

次に、液晶テレビのデータ収集について明記する。液晶テレビは機構部品・電気部品・包装材から構成され、それぞれのデータ収集方法について明記する。できる限り積み上げ法で行なうためデータを収集したが、データがないところは代替するか、カットオフとした。図 2-2-2-1 本研究において採用した液晶テレビの構成で対象とした部材中の素材レベルでカットオフしたところは表 2-2-5-1 より合計 1.3 k g となる。

本研究において対象となる液晶テレビの総重量は 25.7 k g であり、カットオフした重量は全体の約 5%となる。

よって重量比 95%をカバーしていることになりカットオフしたところは無視できる範囲と判断できるが、今後は精度向上のために調査検討が必要となる。

表 2-2-5-1

対象範囲内でカットオフした素材と重量

名称	重量g
ホウ酸塩の鉱石	6.00E+02
バリウム	6.23E-02
臭素	1.90E+00
リン	1.43E-02
ベリリウム	7.68E-03
その他	7.00E+02
合計	1.30E+03

○機構部品

《キャビネット》

素材及び素材重量データはメーカーヒアリングにより特定した(表 2-2-5-2)。使用したデータベースは JEMAI-LCA を利用し、ソフトにないエチレンプロピレンゴムは、日本 LCA フォーラムデータベースを参照した。PC+ABS に関しては合成樹脂であり、データの特定に至らなかったため、PC と ABS に 1 対 1 の割合で振り分け調整をした。

《スタンド》

素材及び素材重量データはメーカーヒアリングにより特定した(表 2-2-5-2)。データは JEMAI-LCA 搭載データを利用した。

《ビス》

素材及び素材重量データはメーカーヒアリングにより特定した(表 2-2-5-2)。炭素鋼はデータの特定に至らなかったため、普通鋼で代替とした。また、データは JEMAI-LCA 搭載データを利用した。

《鋼板》

素材及び素材重量データは文献 10(財)家電製品協会、素材構成分析<2002 年製品>とメーカーヒアリングより特定した(表 2-2-5-2)。また、データは JEMAI-LCA 搭載データを利用した。

《スクリュー》

素材及び素材重量データはメーカーヒアリングにより入手した(表 2-2-5-2)。炭素鋼はデータの特定に至らなかったため、普通鋼で代替とした。また、データは JEMAI-LCA 搭載データを利用した。

表 2-2-5-2 機構部品データまとめ

機構部品	部品名	素材	重量g	使用データ出所	
	キャビネット	PS		3.32E+02	JEMAI-LCA
		ABS ※①		1.97E+02	変更後1203g JEMAI-LCA
		PC ※①		2.24E+02	変更後1230g JEMAI-LCA
		PET		3.30E+01	JEMAI-LCA
		PC+ABS ※①		2.01E+03	変更後0g 代替
		エチレンプロピレンゴム		1.11E+02	日本LCAフォーラム
		アルミ		1.44E+03	JEMAI-LCA
	スタンド	ABS		6.80E+01	JEMAI-LCA
	ビス	炭素鋼 ※②		1.70E+01	JEMAI-LCA
	鋼板	溶融亜鉛メッキ鋼板		8.99E+03	JEMAI-LCA
	スクリュー	炭素鋼 ※②		1.58E+02	JEMAI-LCA
	※① PC+ABSはPCとABSに1:1で振り分けた				
※② 炭素鋼は普通鋼で代替した					

○電気部品

《液晶パネル》

素材及び素材重量データは文献 3 EPD より特定した(表 2-2-5-3)。素材のウラン鉱石・鉄鉱石・スズ鉱石・銅は鉱石量であり、それぞれに文献 1 品位係数を考慮して金属量を求めた(表 2-2-5-4)。また、液晶パネルに含まれるインジウム量 1.28g を追加した。これはヒアリングにより得た、携帯電話 2 インチに含まれるインジウム量 0.005 g を面積倍した値である。

水は文献 12(CREST 安井チーム HP <http://www.yasuienv.net/CREST/>) から工業用水を代替として引用した。

表 2-2-5-4 品位係数

LIME ver.2	
名称	品位
ウラン	0.0095
鉄	0.64
チタン	0.02
銅	0.0116

表 2-5-5-3 液晶パネルのデータまとめ

電気部品	部品名	素材	重量g	使用データ出所	
	液晶 パネル		Hard Coal(石炭火力)	7.70E+04	Eco-material DB
			Cruide Oil(原油)	1.90E+04	JEMAI-LCA
			Natural Gas(天然ガス)	1.80E+04	JEMAI-LCA
			Uranium ore(ウラン鉱石)	4.75E-05	Eco-material DB
			Iron ore(鉄鉱石)	2.05E+01	JEMAI-LCA
			Tin ore(スズ鉱石)	2.30E-02	Eco-material DB
			Copper ore(銅)	1.74E-01	Eco-Invent DB
			Limestone(石灰岩)	3.70E+03	JEMAI-LCA
			Dolomite(白雲石/岩)	2.60E+03	JEMAI-LCA
			Phosphate(リン酸塩)	1.20E+03	Eco-Invent DB
			Sodium Chloride(NaCl)	9.00E+02	JEMAI-LCA
			Borate ore(ホウ酸塩の鉱石)	6.00E+02	カットオフ
			Ammonia(アンモニア)	5.00E+02	JEMAI-LCA
			Bauxite(ボーキサイト)	4.00E+02	JEMAI-LCA
			Others(その他)	7.00E+02	カットオフ
	Wood(木材)	3.40E+03	JEMAI-LCA		
	インジウム	1.28E+00	Eco-Invent DB		
	Water(水) ※①	4.10E+06	CREST安井チーム		
※① Water(水)は工業用水で代替した					

《パワーコード》

素材及び素材重量データはメーカーヒアリングにより入手した(表 2-2-5-5)。パワーコード91gはCu SheetとPVCに1対1に振り分けた。またパワーコードフォルダー(ABS)は14gである。また、データはJEMAI-LCA搭載データを利用した。

《スピーカー》

スピーカーの重量は実測によりスピーカー1個で220g(計2個で440g)と特定したが、磁石の素材が特定に至らずカットオフとした(表 2-2-5-5)。

表 2-2-5-5 配線類及びスピーカーのデータまとめ

電気部品	部品名		素材	重量g	使用データ出所
	配線類	パワーコード	Cu Sheet	4.55E+01	JEMAI-LCA
			PVC	4.55E+01	JEMAI-LCA
			ABS	1.40E+01	JEMAI-LCA
	スピーカー	磁石	4.40E+02	カットオフ	

《実装プリント基板》

実装プリント基板は基板単品・はんだ・実装部品に分類され、基板単品素材と重量は文献 10(財)家電製品協会、素材構成分析<2002年製品>により特定。その後メーカーヒアリングにて銅が約2割と特定し、重量について確認を行なった(表 2-2-5-6)。使用

データは JEMAI-LCA 搭載データを利用し、データのないガラスエポキシ樹脂は(独)物質・材料研究機構データベースを引用した。

《はんだ》

はんだは鉛フリーはんだ(Sn3Ag0.5Cu)を使用すると想定(表 2-2-5-6)。鉛フリーはんだの種類については文献 2(ライフサイクル影響評価から見た鉛フリーはんだの環境優位性 伊坪 2003)を参照した。

表 2-2-5-6 実装プリント基板のデータまとめ

電気部品	部品名		素材	重量g	使用データ出所
	実装プリント基板	基板単品	ガラスエポキシ樹脂	5.84E+02	Eco-material DB
			Cu Sheet	1.46E+02	JEMAI-LCA
		はんだ	鉛フリーはんだ	2.45E+01	文献(伊坪2003)

○ 実装部品

実装部品については素材製造までの環境負荷原単位を JEMAI-LCA 搭載のデータを用いることを基調したが、JEMAI-LCA に搭載されていない素材データは Eco-Invent 及び物質・材料研究機構データベースから引用した。素材製造における電力消費については、文献 14(半導体の LCA 評価 JEITA ワーキンググループ 2005)より、

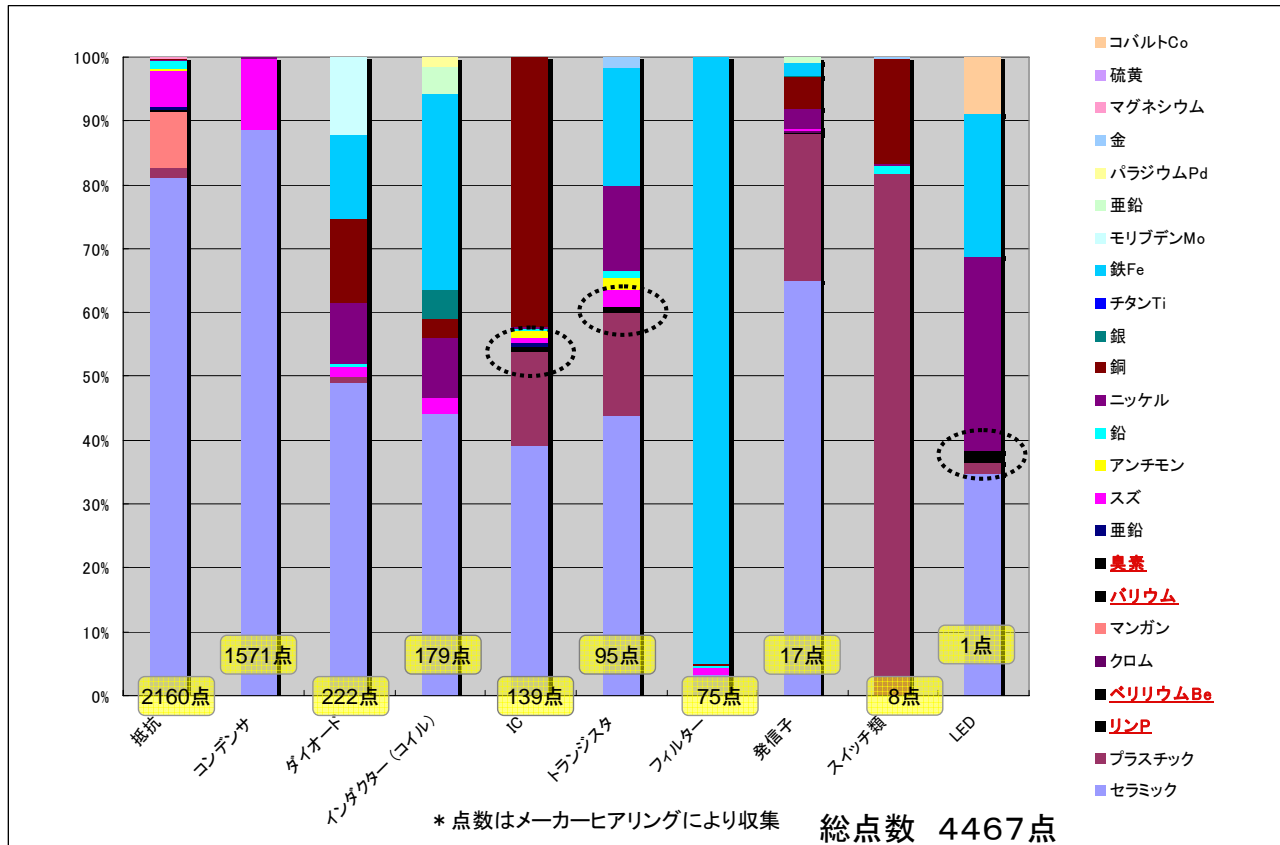


図 2-2-5-1 実装部品の素材構成

IC のみ考慮に入れた。データが収集できなかった接続部品とチューナーはカットオフとした。

図 2-2-5-1 は液晶テレビに使われる実装部品 12 種類中 10 種類を採用し、その点数と素材構成についてまとめたものである。各実装部品の点数はメーカーヒアリングにより収集した。グラフの点線に囲まれた黒い部分が今回の調査対象外とした素材(臭素・バリウム・ベリリウム・リン)である。以上より実装部品の素材についてはほとんどカバーしていることになる。

○包装材

《ダンボール》

素材及び重量はメーカーヒアリングより Paper Carbon が 2200g と特定し、素材データは JEMAI-LCA 搭載データを使用した(表 2-2-5-7)。

《取り扱い説明書》

素材及び重量はメーカーヒアリングより Paper が 275g と特定し、古紙使用は 0%とした。素材データは JEMAI-LCA 搭載データを使用した(表 2-2-5-7)。

《樹脂シート》

素材及び重量はメーカーヒアリングより PE が 33g と特定し、素材データは JEMAI-LCA 搭載データを使用した(表 2-2-5-7)。

《包装材》

包装材の部材・素材及び重量はメーカーヒアリングより特定した。素材データは JEMAI-LCA 搭載データより採用した。発泡スチロールは EPS からつくられており、日本 LCA フォーラムのデータベースより引用した。また、結束バンドは 1 g 以下のためカットオフとした。

表 2-2-5-7 包装材のデータまとめ

	部品名	素材	重量g	使用データ出所
包装材	段ボール	paper carbon	2.20E+03	JEMAI-LCA
	取り扱い説明書	paper	2.75E+02	JEMAI-LCA
	樹脂シート	PE	3.30E+01	JEMAI-LCA
	発泡スチロール	EPS	5.40E+02	日本LCAフォーラム
	結束バンド	PP	0.00E+00	カットオフ

2.2.6 アロケーションを実施したプロセス及びその手法

JEMAI-LCA 搭載インベントリデータの金・銀および銅は同一プロセスから生成されるものとしていることから、アロケーションにより、それぞれの原単位が求められている。金・銀・銅が含まれている素材、部品は以下に示す(表 2-2-6-1)。ここでは、金や銀の希少性を環境負荷に反映させることを重視して経済配分を採用することにした(表 2-2-6-2)。

表 2-2-6-1 アロケーション実施プロセス※ ○は実施プロセス

	IC	トランジスタ	コンデンサ	インダクター (コイル)	ダイオード	フィルター	発信子	スイッチ類	LED	抵抗
金	○	○					○	○	○	
銀	○		○	○			○			
銅	○			○	○	○	○	○		○

表 2-2-6-2 配分方法による違い

単位(%)	重量配分	市場価値配分
電気銅	31.94	91.79
銅副生	68.04	7.38
銀	0.02	0.25
金	0.00	0.57

2.2.7 限界

○ データ収集時の制約

- ・ キャビネットに含まれている PC+ABS については、データがなかったため、PC と ABS に重量比 1:1 で振り分けた。
- ・ キャビネットのエチレンプロピレンゴム、液晶パネルの銅・リン酸塩、実装部品のセラミック・プラスチック・パラジウムについては、エコインベントのデータベースを用いたが、インプット/アウトプットの中で収集できなかったデータも存在するため、完全であるとは言えない。
- ・ ビス/ナット/スクリューの炭素鋼については、普通鋼で代替した。
- ・ スタンドの ABS 塗装なしについては、ABS で代替した。
- ・ 液晶パネルにおける Hard Coal, Uranium ore, Tin ore, 実装部品におけるスズ、アンチモン、モリブデン、コバルトについては、物質・材料研究機構のデータベースを参考にして環境負荷原単位を求めた。
- ・ 発泡スチロールの EPS については、日本 LCA フォーラムのデータベースを用いたが、インプット/アウトプットの中で収集できなかったデータも存在するため、完全であるとは言えない。
- ・ リモコン/スピーカーについては、データ収集が困難なため、カットオフした。

○ 製品機能と機能単位における制約

- ・ 製品機能における限界

- ・ 受信機能については、地上デジタルなどの新機能を考慮していない。
- システム境界における制約
 - ・ 廃棄／リサイクルデータ収集が困難なため、調査対象外とした。
 - ・ 液晶パネル製造については、液晶パネルを構成する部材に関するデータが不足しており、原料採掘からパネル製造を一つのプロセスとして考慮した。
 - ・ 実装部品の製造におけるユーティリティは、ICのみしか考慮していない。
- その他の制約
 - ・ 各部品製造における設備の電力消費や資源消費は考慮していない。
 - ・ 今回は歩留まり 100%としており、加工ロスがある場合は環境負荷の過小評価に繋がる可能性がある。

3. インベントリ分析

3.1 算出結果

3.1.1 液晶テレビ

以下に液晶テレビのインベントリ結果を示す。液晶テレビLCI結果からライフサイクルCO₂を見てみると以下の図 3-1-1-1 のように使用が 8 割、LCD製造が 2 割という結果になった。使用段階の負荷がプロセスに比べ格段に大きいことがわかる。本研究における使用段階は液晶テレビを使用している状態と待機している状態の両方を考慮している。しかし、製品の消費電力は製品ごとに異なり、1 日における使用と待機時間、年間使用日数においてもユーザーの生活スタイルに深く関わってくる。また、利用年数の設定によりCO₂排出量が大きく変動することがある。

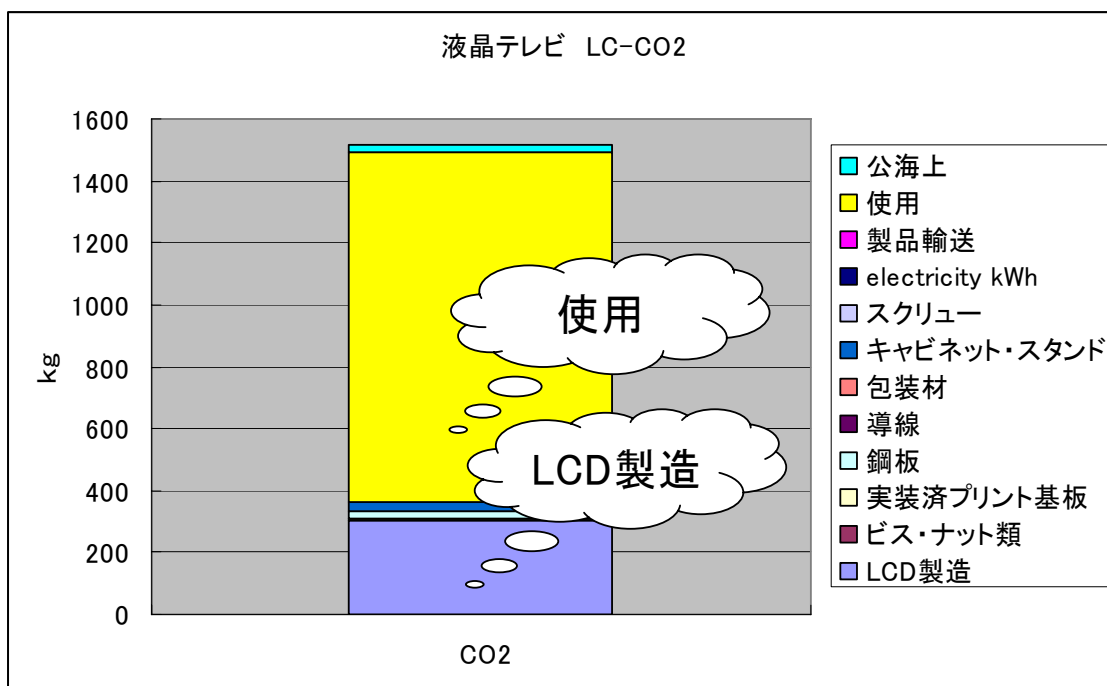


図 3-1-1-1 液晶テレビのLC-CO₂ ステージ

LC-CO₂のほとんどが使用段階の影響だが、次に影響の大きい液晶パネルを含めた素材製造までについてより詳細に見ていくことにする。図 3-1-1-2 より素材製造の中でも液晶パネルがそのほとんどを占めている結果となった。一般的に実装済プリント基板(プリント単品に実装部品 10 種類を鉛フリーはんだで実装した)は環境負荷が大きいと懸念されているが、CO₂量は全体の数%程度となった。

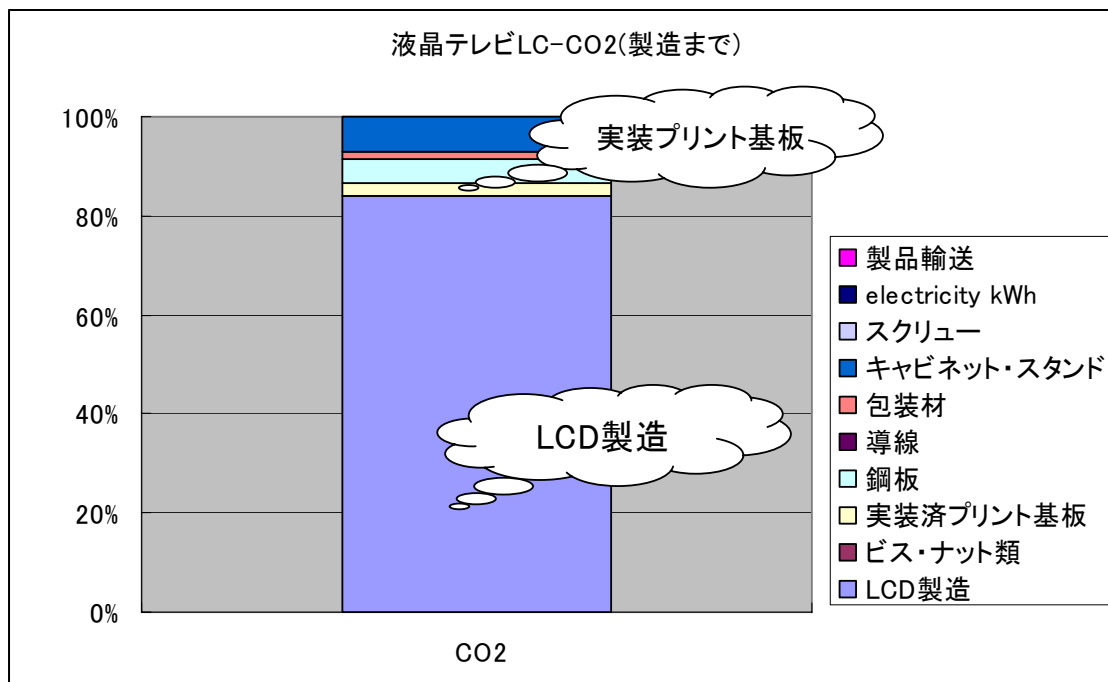


図 3-1-1-2 液晶テレビのLC-CO₂ (製造まで)

図 3-1-1-3 は液晶テレビのLCI結果を示している。重量比で 50%以上を占めている機構部品はCO₂量が約 20%を占める結果となった。一方、重量比約 40%を占める電気部品はCO₂量が 80%近くを占める結果となっていることがわかる。この結果より、CO₂量では電気部品の液晶パネルの影響が大きいことが明らかになった。

今回は液晶パネルの詳細な工程まで調査が行なわれていないので、さらなる調査が必要となる。さらに、液晶パネル製造時のクリーンルームの消費電力の寄与が大きいと言われていることから本研究でも電力が大きくなることが想定される。

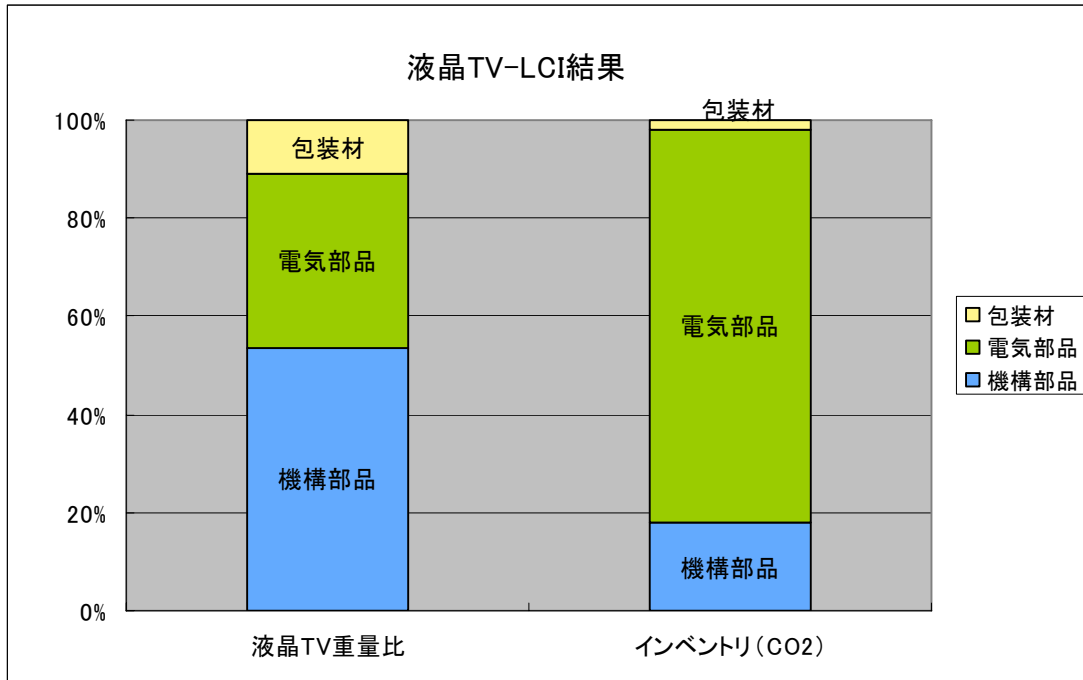


図 3-1-1-3 液晶テレビの LCI 結果

3.1.2 液晶パネル

図 3-1-2-1 でCO₂量に大きく影響していた液晶パネルのインベントリ結果を示す。CO₂量は図 3-1-2-1 よりfurnace coal(石炭火力)・furnace LNG(天然ガス)・furnace heavy(原油)で90%以上を占めることがわかる。ここでは文献3 EPD掲載データを引用していることから、発電構成は日本と異なるものが利用されている。当該部分の再調査が精度を向上させる上で重視されるべきである。想定通りに電力が大きく出たが、これは燃料調達や燃料由来の影響が大きいと考えられる。また、CO₂量にインジウムの影響は見られなかった。

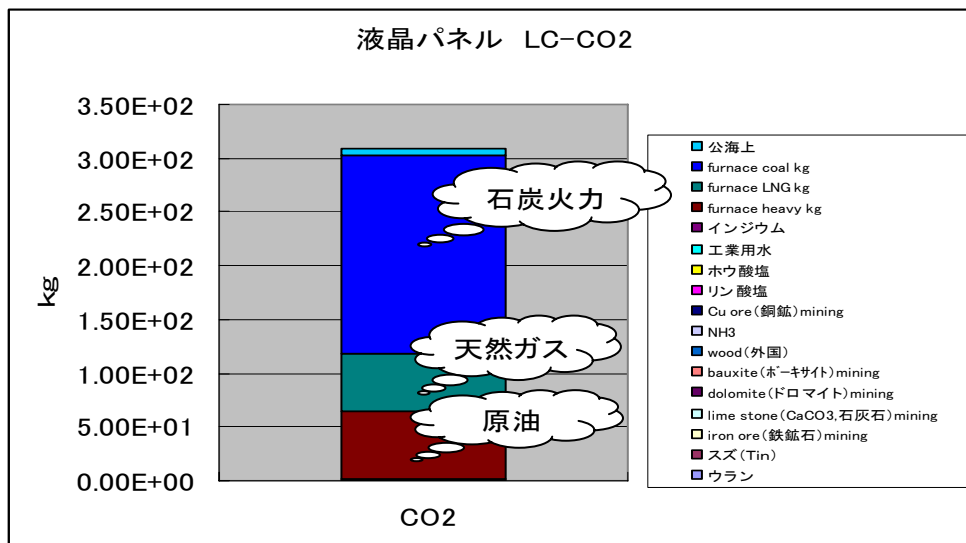


図 3-1-2-1 液晶パネルのLC-CO₂

3.1.3 実装済プリント基板

次項に実装済プリント基板のインベントリ結果を示す(図 3-1-3-1)。液晶テレビ全体ではほとんど影響は大きくなかったが、CO₂量では実装工程での電力が大きいとわかる。しかし、電子部品の製造時エネルギーはICのみ考慮(文献 14 半導体のLCA評価JEITAワーキンググループ (2005))しているので、他電子部品についても製造時エネルギーについて調査することが今後の課題として挙げられる。

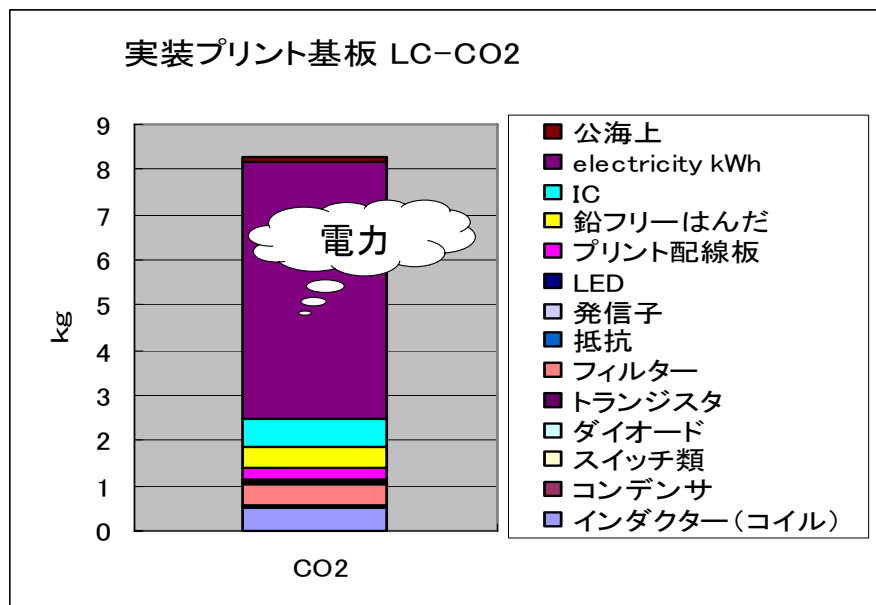


図 3-1-3-1 実装プリント基板LC-CO₂

図 3-1-3-2 は電子部品について個数、合計重量、CO₂量で比較したグラフである。電子部品は重量による環境負荷が比例する傾向があると言われている。その点で、抵抗とコンデンサーは個数が多く、重量が小さくCO₂量も小さいので、重量に比例している。また、フィルターとICは個数が少なく、重量が大きく、CO₂量も大きくなる。しかし、インダクターは個数が少なく、重量も小さいが、CO₂量は大きくなった。鉛フリーはんだも重量はICやフィルターに比べると小さいが、CO₂排出量はICやフィルターと同程度かそれ以上の結果となっている。現在、鉛フリー化が進んでおり、鉛を使わない分、環境負荷が低減しているが、電子部品と比較してもCO₂量は無視できる範囲ではないだろう。

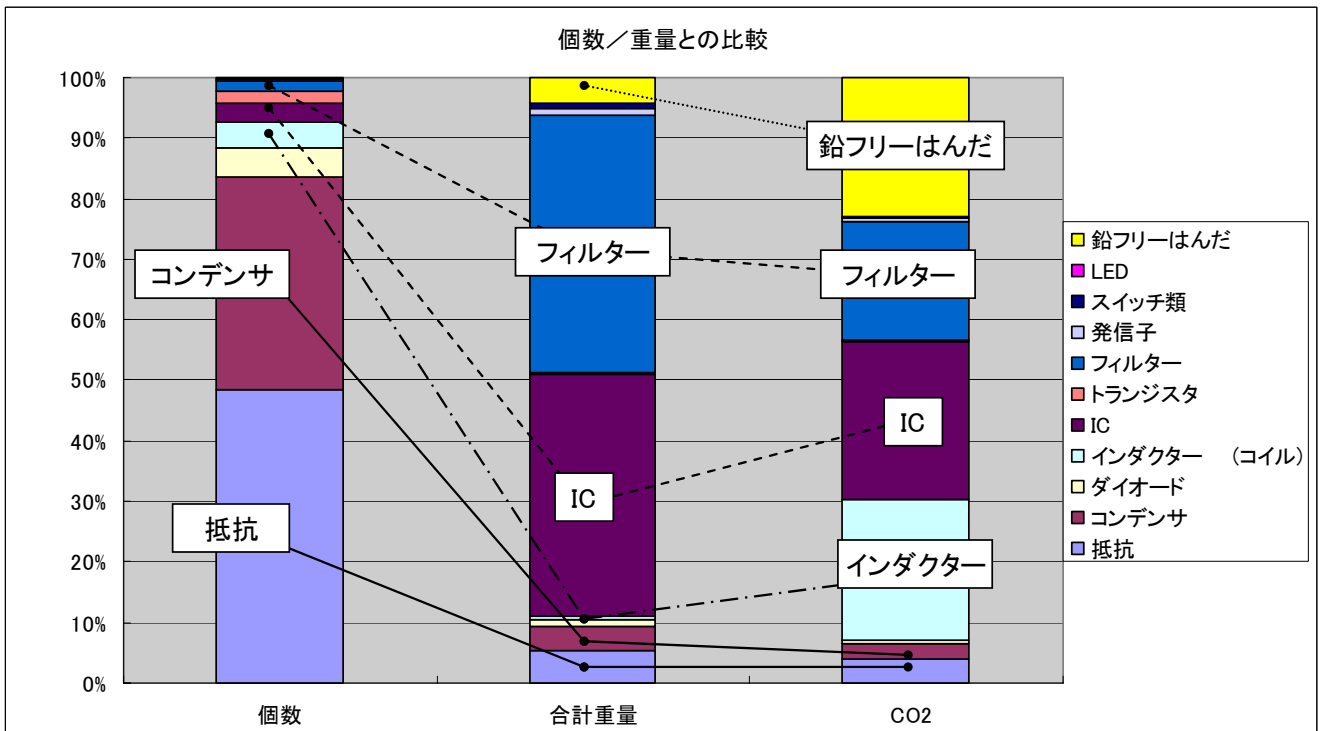


図 3-1-3-2 電子部品の相関比較

3.1.4 IC

電子部品ではICの環境負荷が懸念されているが、液晶テレビのLCI結果(図 3-1-4-1)よりからもわかるようにICのCO₂量は全体で見ると小さい。しかし、ICには金・銀・銅が含まれており、その影響はCO₂からは見られない。よって、CO₂以外の環境影響を調査する必要がある。

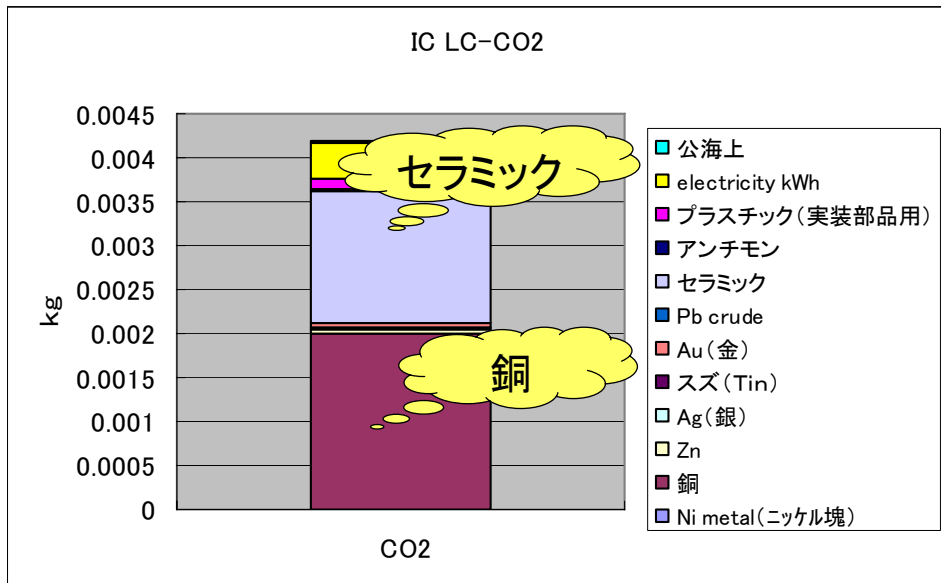


図 3-1-4-1 ICのLC-CO₂

3.1.5 インダクター(コイル)

図 3-1-5-1 でインダクターは個数が少なく、重量も小さいが、CO₂量は大きくなった。図 3-1-5-1 はインダクター(コイル)のLC-CO₂である。パラジウムは国内データがなく、エコインベントを採用した。信頼性の向上の観点から当該データの収集が重視される。パラジウムは燃料調達での石炭による影響が大きく出ていると推測でき、寄与が大きくなっていることがわかる。

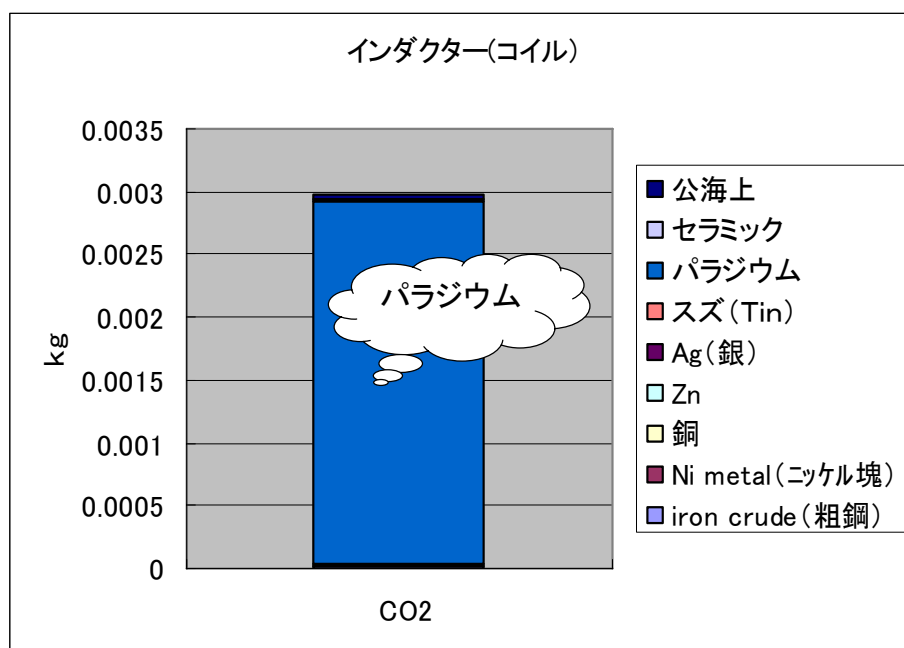


図 3-1-5-1 インダクター(コイル)のLC-CO₂

4. 既存研究との比較

前項のインベントリ結果を踏まえてCO₂レベルで既存研究と比較していく。電機メーカー各社のHP(文献 9)を参照し、液晶テレビのLCA結果を公表している3社を抽出して比較対象としてSONY(40V型)・SANYO(27V型)・東芝(サイズ不明)を参考にした。比較の前提として、これらの既存研究については製品のサイズをはじめとして資料を十分に揃えられていないことを注意しておく。後にも述べるが、使用シナリオ・システム境界が各社で異なること、また産業連関表をどの程度利用しているかが不明であること、この二点を前提とし、今回は詳細な比較や優位性の発見を目的とはしていないことを述べておきたい。

「1-1 目的」でも述べた様に、まず本研究の結果の妥当性を検討したい。図 4-1 に比較を載せる。

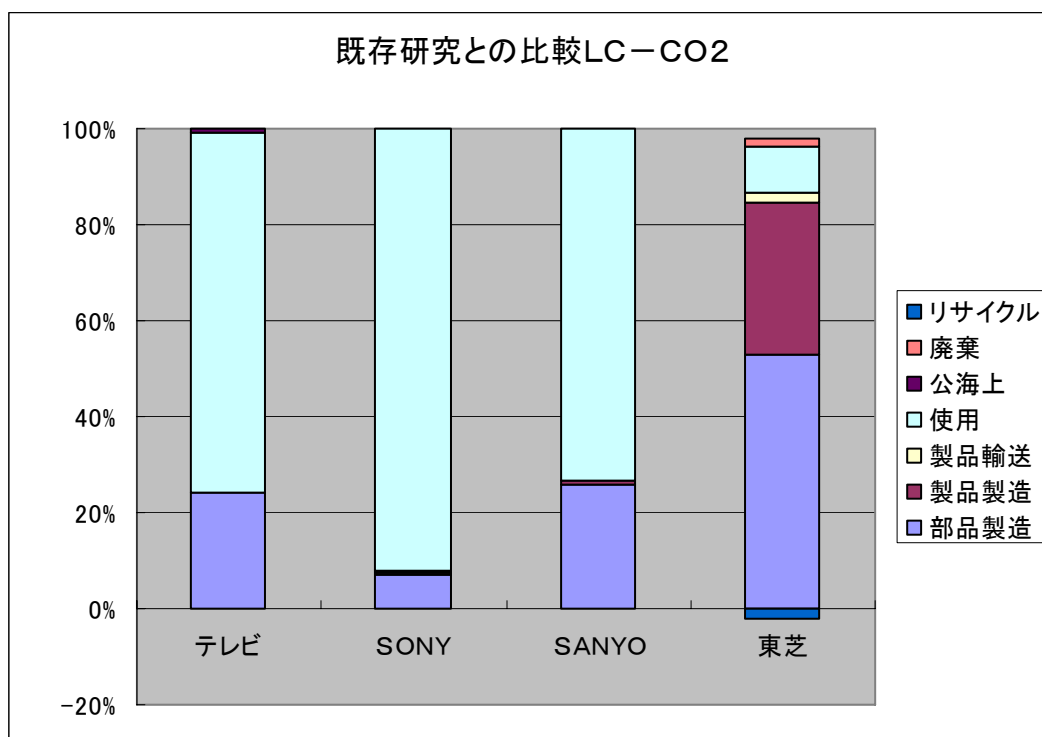


図 4-1 既存研究との比較(CO₂層排出量の構成)

一番左のグラフが本研究でのインベントリ結果である。SONY・SANYO の内訳に比べると、本研究の内訳は SANYO に近くなっている。

さらにこの 2 社との微妙な内訳の違いは使用シナリオに寄るものか、または部品製造に寄るものかを検討することから比較対象を SANYO に絞り、実数値での比較をしていく。下図は、左が本研究の CO₂ 実数値、右が SANYO の CO₂ 実数値である。総量の違いとして本研究の結果は SANYO の 2.5 倍。製造段階では 2 倍、使用段階では 2.5 倍以上になった。

以上から使用段階の考察が重要と分かった。使用段階は使用シナリオの設定によって大きく変化すると予想できる。シナリオ変更による変動がどの位結果を左右するか、変動域を持たせた。

<変動域(MIN~MAX)の計算>

MINの設定

使用時電力：137kWh 待機時電力：0.08kWh

MAXの設定

使用時電力：205kWh 待機時電力：0.8kWh

参考) 2.2.3 の各社カタログ値

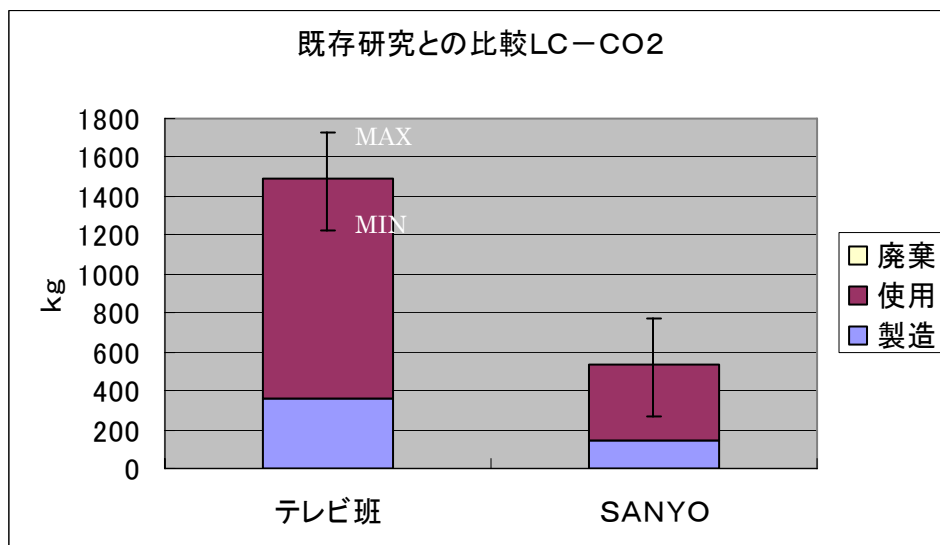


図 4-2. 既存研究との比較における使用シナリオの考察

使用シナリオの設定により約 300kg の変動があることが分かった。ある程度大きな変動があるものの、それでも本研究と SANYO の使用段階の差は埋められなかった。SANYO の使用年数については詳細が公表されておらず、今後更なる調査が必要である。

以上でCO₂レベルの比較を終える。次項からは液晶テレビの統合化、特に希少金属の評価について焦点を当てていく。

5. 影響評価

5.1 外部費用の算出

液晶テレビの LIME-LCA への統合化により、外部費用を計算した結果 4500 円であった。

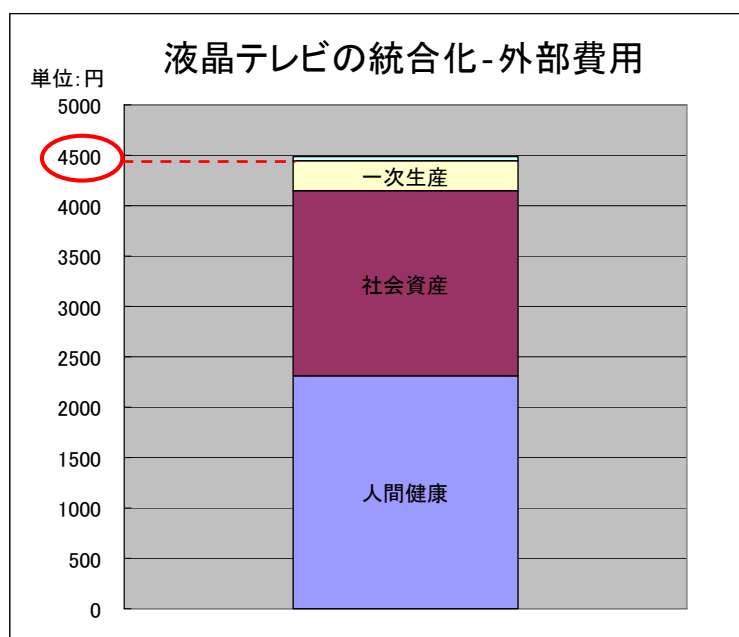


図 5-1-1. 液晶テレビの外部費用

5.2 統合化結果 液晶テレビ

グラフ(図 5-2-1)にプロセス毎・カテゴリー毎・物質毎の統合化結果を並べた。まずプロセス毎の統合化結果では、CO₂レベルのインベントリ結果と同じ様な内訳となり、使用段階のシェアが7割を超えた。

プロセス毎をカテゴリー毎の結果に関連づけると、使用段階と製造段階は地球温暖化・酸性化・都市域大気汚染に関連し、また素材段階の8割は非生物系資源に関連していると予想できる。

さらに物質毎の統合化結果では、電力消費由来の大気圏排出物や原料調達に由来する燃料等が9割を占めた。ここで二酸化炭素のシェアが約50%であることを確認し、二酸化炭素のみの評価では不十分なことが分かった。

またそれ以外にインジウムについても着目したい。液晶パネルに使用されているインジウムは1.28gと、重量で見たら液晶テレビ全体の0.001%に満たない。しかし統合化結果で見るインジウムの寄与は全体の約2%を占めた。

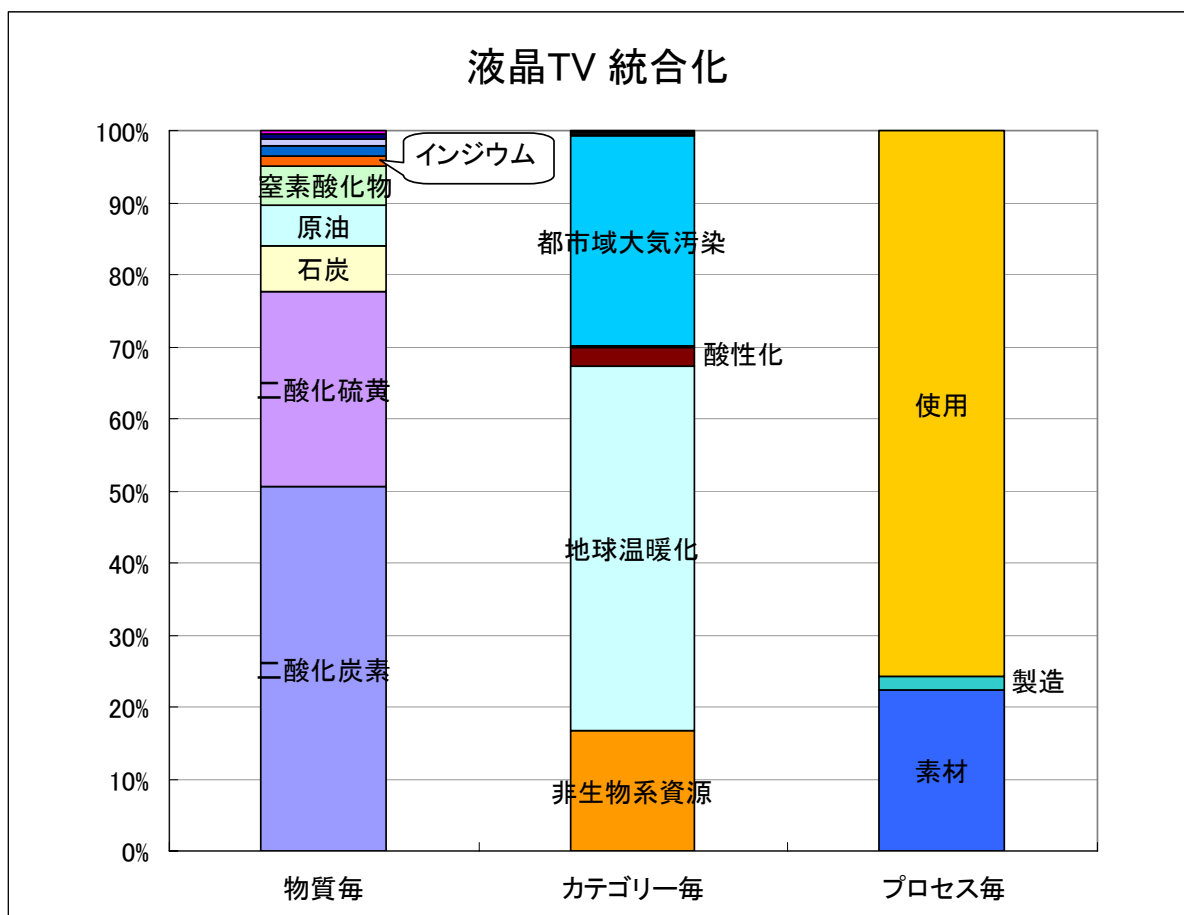


図 5-2-1. 液晶テレビの統合化結果

5.3 統合化結果 液晶パネル

次にインジウムを更に詳細に見るべく、液晶パネルの統合化に移る。液晶パネルの統合化結果を下図に示す。カテゴリ毎の統合化結果については、前項の液晶テレビ統合化結果とほぼ同様な内訳である。その中で非生物系資源の半分にインジウムが寄与しているものと予想がついた。

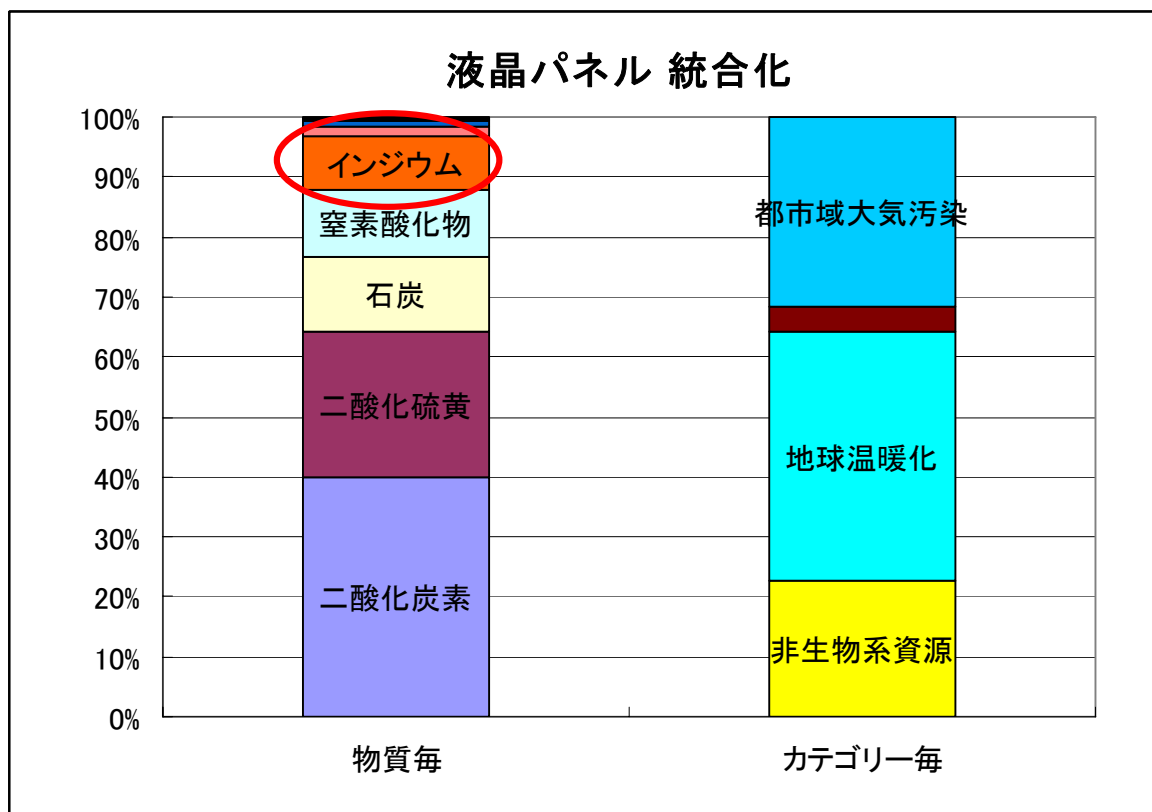


図 5-3-1. 液晶パネルの統合化

さらにこのインジウムについて、市場価値が年々高まっている現状を受け、その変化が統合化結果に及ぼす影響を調べた

まず、インジウムの市場価値の社会的背景を以下にまとめる。
 インジウム(In)の埋蔵量と国の内訳を以下のグラフ・表に表している。インジウムの世界埋蔵量は 2500t。一方インジウムの需要は、1998 年から 2002 年の間に 2.3 倍の 250t となった。その理由は、液晶パネルの普及・増産によるものだと考えられる。以下の表は日本の In 用途別需要動向を示し、液晶パネルの透明電極への利用が 5 年間で 1.6 倍になったことが分かる。それらを背景に、1999 年から 2004 年にかけて価格の変動も大きく推移してきた。

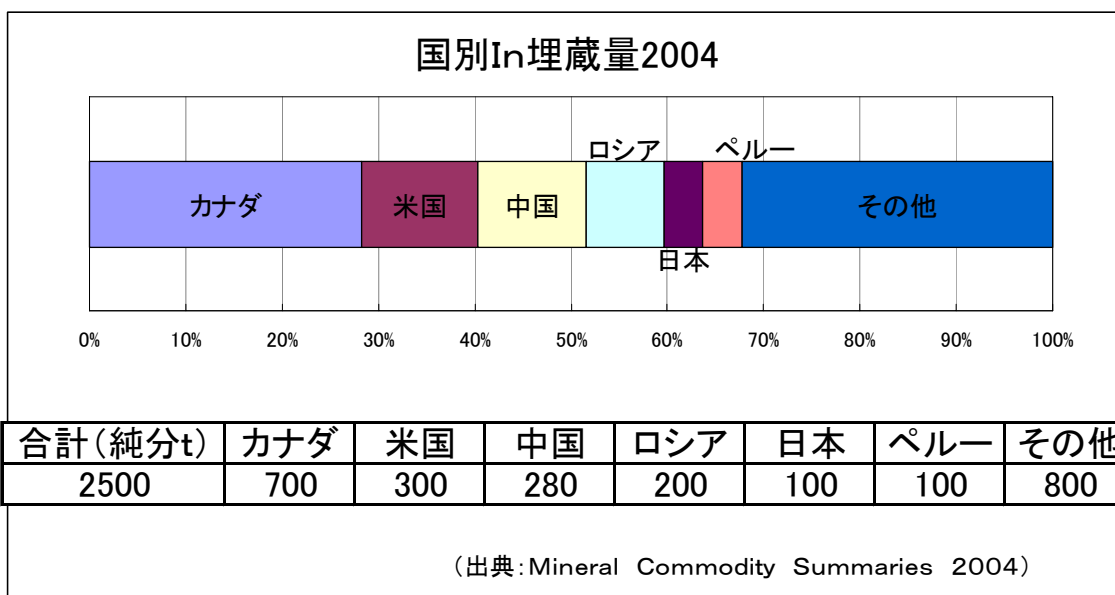


図 5-3-2. インジウムの国別埋蔵量

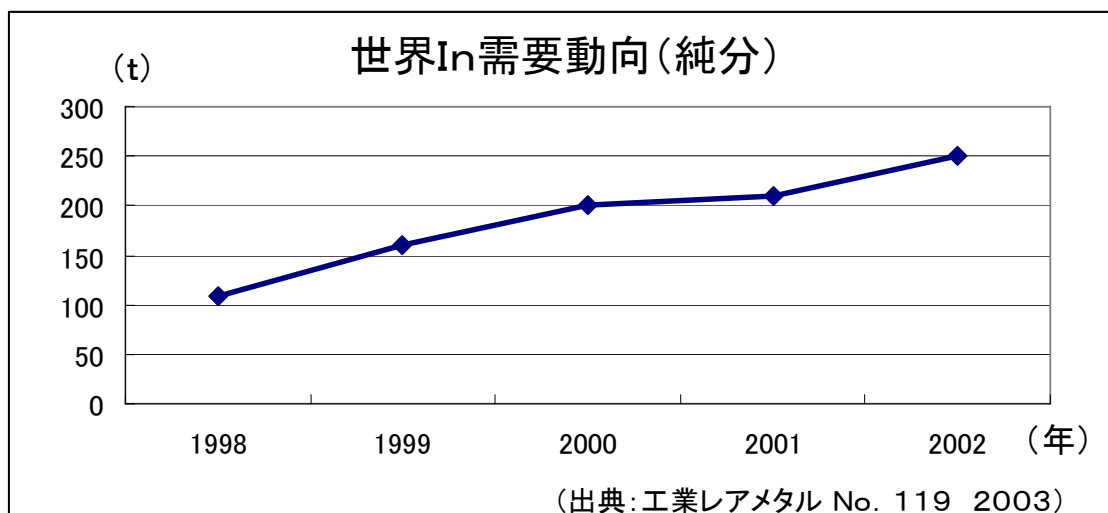


図 5-3-3. インジウムの需要動向

用途\年	1998	1999	2000	2001	2002
透明電極	65	80	100	87	105
ボンディング	10	15	18	15	18
低融点合金	6	6	6	6	6
電池・接点材	5	5	6	6	5
蛍光体	8	6	6	5	5
化合物半導体	6	3	5	11	3
その他	6	7	7	8	8
合計	106	122	148	138	150

(出典: 工業レアメタル No. 119 2003)

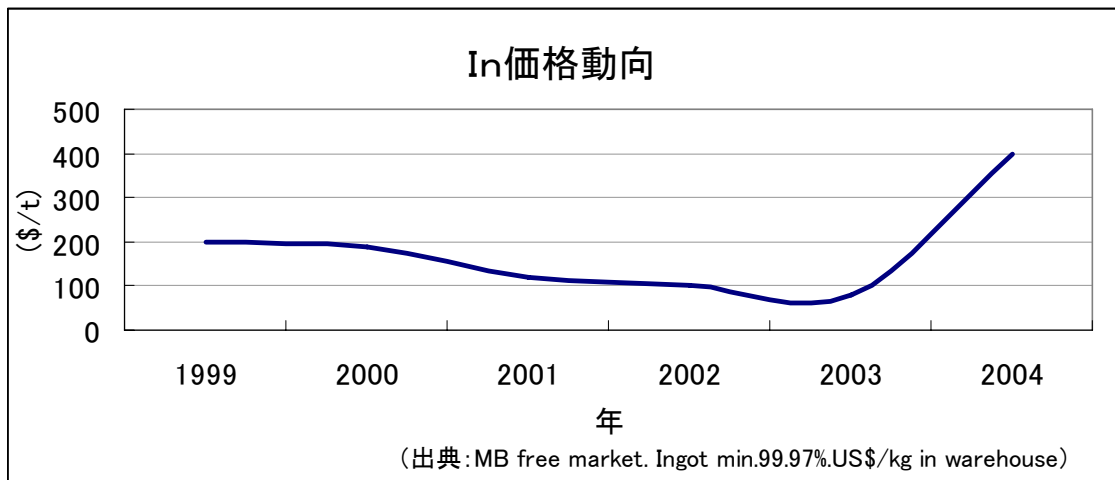


図 5-3-4. インジウムの価格動向

またインジウムを産出している世界最大の鉱山は札幌市の豊羽鉱山であったが、豊羽鉱山は資源枯渇を理由に 2006 年 3 月に採掘を停止する予定にある。そのため近い将来、需給の逼迫が生じ、大きな価格変動があると考えられる。さらに、その先の将来も世界埋蔵量と需要量から見て 10 年以内に枯渇する計算であることも付け加えておきたい。

以上、インジウムの社会的背景について述べ、価格変動が大きいことを強調した。

この背景を踏まえて、インジウムの 2000 年と 2004 年の LIME 係数を使い、統合化結果を比較する。(統合化では 2004 年のものを採用している。)

表 5-3-1 本研究で採用した LIME 係数

	LIME 係数 (参考: 伊坪 2003)
2000 年	14,363 円/kg
2004 年	51,496 円/kg

各係数で計算した結果を図 5-3-5 に並べ、インジウムの寄与がどの程度変わるかを見た。

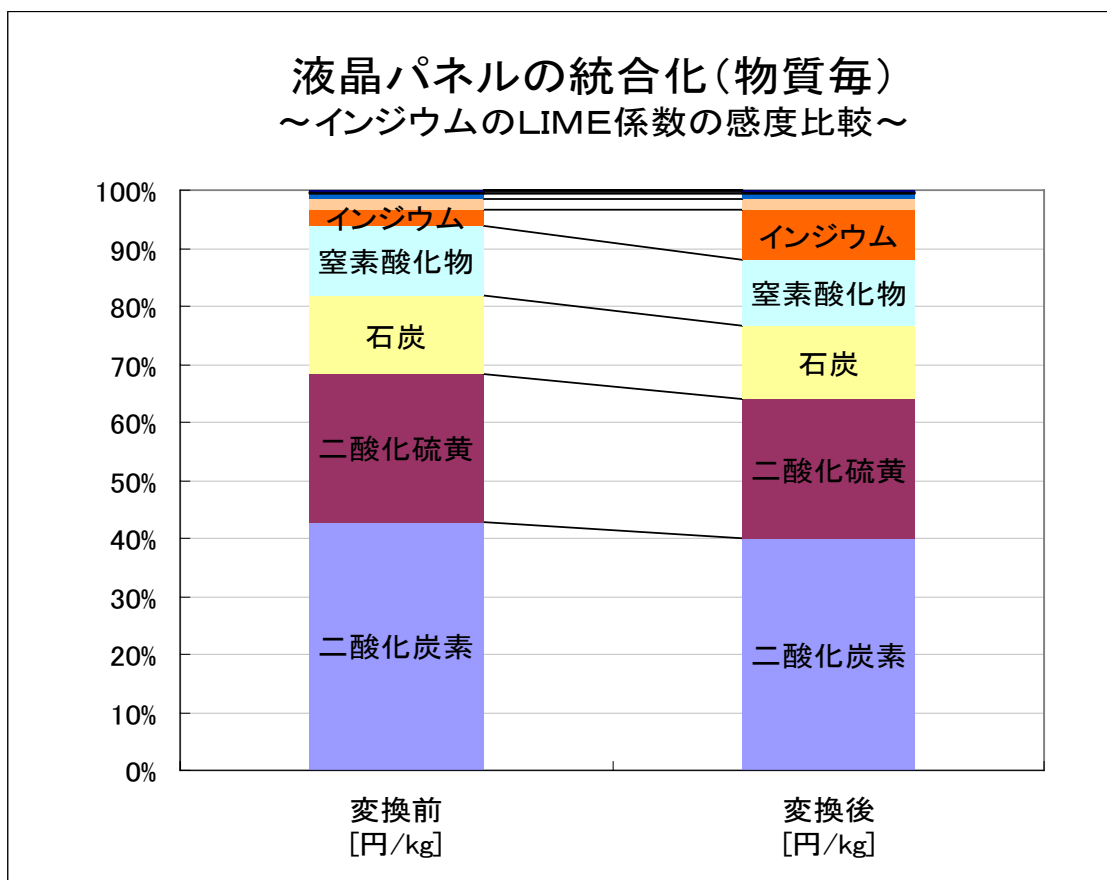


図 5-3-5 インジウムの感度分析

図の左が 2000 年の係数を採用し、右が 2004 年を採用した結果である。2004 年のインジウムシェアは 2000 年と比べ約 4 倍。液晶パネルの大きな特徴を表す結果となった。

このように係数の選択によって大きく結果が異なることが見えた。特に希少な金属や需要の伸びているものについて、その社会的背景を踏まえながら係数を選択していくことが大切であるものと考えられた。

次に希少金属を多く含む実装済みプリント基板の統合化結果を示す。

5.4 統合化結果 実装済プリント基板

実装済プリント基板の統合化結果を以下に示す。図 5-4-1 より非生物系資源である金・銀・銅などの影響が 50%以上を占めていることがわかる。特に、金は実装済プリント基板全体の約 35%を占めている。地球温暖化への影響があるCO₂は約 10%であり、実装済プリント基板の環境影響をCO₂のみで測るのは疑問が残る。

今回、統合化を実施することで実装済プリント基板のCO₂以外に潜在する環境影響が見出せ、その占める割合が大きい結果が得られた。この結果より、今後の課題として金の消費削減が挙げられる。また、金の消費量、含有量に関するデータの精度向上が重要課題となる。

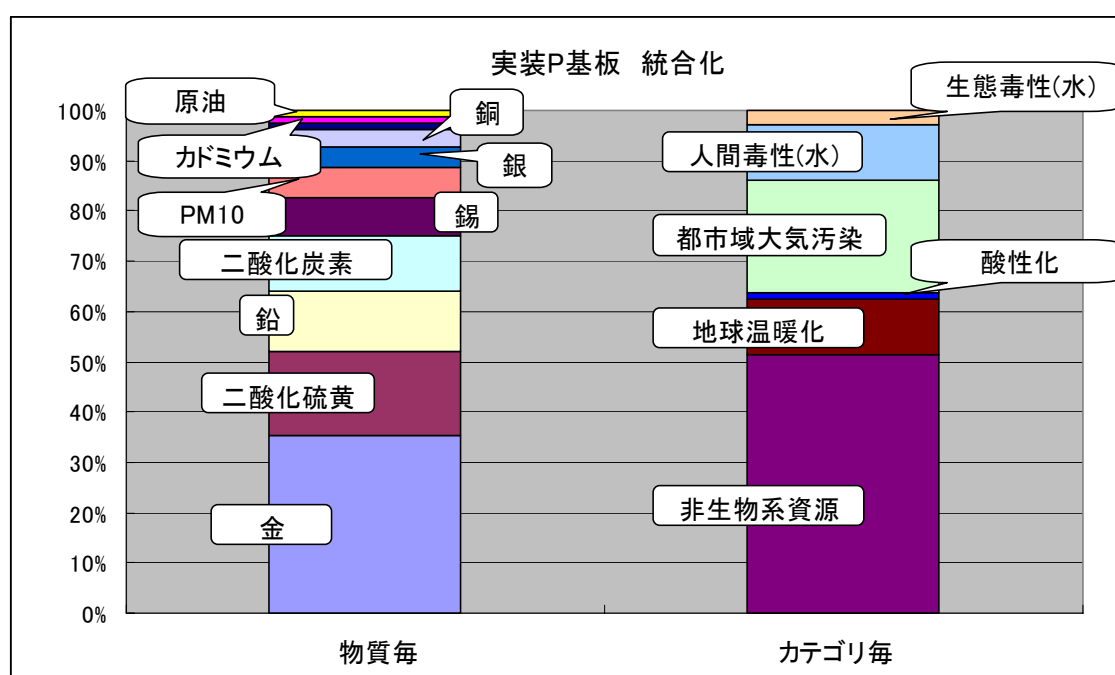


図 5-4-1 実装プリント基板の統合化

6. 結論

<電子部品の LCA 評価の今後の可能性について>

これまでの評価結果の中で、液晶テレビ全体に対して電子部品が大きな割合を持つことを述べてきた。

社会的背景と併せて考えても、情報家電が増えていくことは勿論、テレビも多機能化が進み、今後製品の中にさらに多くの半導体が使用されることになる。その一方でキャビネットなどの機構部品や梱包材はコストダウンのために最小限になっていくことが予想され、やはり電子部品の割合が大きくなっていくであろう。

以上の背景からも、今後電子部品の LCA 評価が重要になっていくことは確かだ

ある。その可能性を受けて、これから電子部品の LCA 評価が広がるために課題となる点を以下にまとめておきたい。

- ・ 実装済プリント基板の実装部品に関して一点一点の資料を集めることが困難であったこと。
- ・ 電子部品に含まれるセラミックなど重要と思われる素材がソフトの中にプロセスとして入っていないこと。

以上が本研究を通して実感した問題点である。これらの改善方法については今後考察を続けてゆく。

<希少金属の評価の重要性について>

希少金属については、その社会的背景から現在の市況を考慮する重要性を述べてきた。

さらに液晶テレビに欠かすことのできないインジウムが 10 年以内に枯渇するという現状から見ても、将来の製品の普及と希少金属の枯渇可能性は大きな関係にある。

そのため金属については、過去から現在までの市場価値の変動を見ることはもちろん重要であるとともに、将来の消費量を予測しそれに伴う価値変動まで考察することは非常に意味のあることだと感じた。

<液晶テレビの今後の普及について>

背景で、液晶テレビの今後の普及について低価格化の可能性について触れた。統合化結果では希少金属のコスト高に言及し、希少金属への着目の重要性を強調してきた。

しかし、今回は専ら素材に注目した評価であり製造段階の評価が不十分だったことを述べる必要がある。液晶テレビの低価格化について真の意味で考察してゆくのなら、メーカーが力を入れて開発している製造技術、リサイクル技術についても見るべきである。製造ラインの新技术によるコストダウンの効果など、今後これらを実評価に含めてみてゆくことが必要である。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々のご協力とご指導をいただきまして、ありがとうございました。お陰様で 1 年間の研究を報告書としてまとめるまでに至りました。今後とも、ご指導のほどをよろしくお願い致します。

8. 参考文献（五十音順）

- 1、井伊 良太 パシフィックコンサルタンツ株式会社 LIME 品位の報告(2006)
- 2、伊坪 徳宏／盧 在 成／稲葉 敦 ライフサイクル影響評価から見た鉛フリー
はんだの環境優位性(2003)
- 3、EPD (LG.PHILIPS LCD)
<http://www.virondec.com/>
- 4、上野貴之 テレビの LCA における資源枯渇評価 松下電器産業(株)
- 5、Eco Invent データベース
<http://www.ecoinvent.ch/>
- 6、(独)物質・材料研究機構 データベース
<http://www.nims.go.jp/jpn/>
- 7、AV Watch HP
<http://www.watch.impress.co.jp/AV/index.htm>
- 8、大手家電メーカー 液晶 TV カタログ 2005 (50 音順)
三洋電機・シャープ・ソニー・東芝・日立製作所
日本ビクター・松下電器産業・三菱電機
- 9、大手家電メーカー ホームページ 2005 (50 音順)
三洋電機 HP2005
<http://www.sanyo.co.jp/>
シャープ HP2005
<http://www.sharp.co.jp/>
ソニーHP2005
<http://www.sony.co.jp/>
東芝 HP2005
http://www.toshiba.co.jp/index_j3.htm
日立製作所 HP2005
<http://www.hitachi.co.jp/>
日本ビクターHP2005
<http://www.jvc-victor.co.jp/>
松下電器産業 HP2005
<http://panasonic.co.jp/>
三菱電機 HP2005
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/index.html>
- 10、(財)家電製品協会 素材構成分析 DATA BOOK<2002 年製品>
- 11、(財)家電製品協会 HP 家電製品包装における表示例 液晶 TV(2005)
- 12、CREST 安井チーム HP
<http://www.yasuienv.net/CREST/>
- 13、図解でわかる液晶のしくみ
- 14、(社)電子情報技術産業協会ワーキンググループ半導体の LCA 評価(2005)

9. 付録

参考資料：用語説明

◆ 1-1

*¹液晶パネル（＝液晶ディスプレイ）

：「液晶」の、電圧をかけると分子の並び方が変わる性質を利用した表示装置のこと。

*²透明電極

：液晶分子を駆動するための電極。明るさの低下や着色を防ぐ為透明度の高い材料を使う。

*³実装済プリント基板

：正式にはプリント配線板と言い、集積回路、抵抗器、コンデンサー等の電子部品を実装し、その部品間を接続して電子回路を構成する配線を形成した板状またはフィルム状の部品。

参考)『液晶用語集 技術情報 シャープ』

<http://www.sharp.co.jp/products/lcd/glossary/file1.html>

◆ 1-2

《Easy-LCA とは》

Easy-LCA とは、東芝が開発した LCA ツールであり、複雑なライフサイクルをモデル化し、設計者が知りうる必要最小限の情報を入力することで、評価を実施することができる。

<http://www.toshiba.co.jp>

《DAC-LCA とは》

DAC (Design for Assembly/Disassembly Cost-effectiveness) -LCA とは、ソニーが開発した LCA ツールであり、環境影響と組立・分解性を同時に評価することができる。

<http://www.sony.co.jp/>

《SI-LCA》

SI-LCA (System Integration-Life Cycle Assessment) とは、日立が開発した LCA ツールであり、システム・サービス製品の全ライフサイクルでの環境負荷 (CO₂ 排出量) とコストの評価ができる。

<http://www.hitachi.co.jp>

《テレビサイズにおける V の意味》

テレビの V 型とは、ヴィジュアルサイズの V であり、有効画面 (映像を表示する画面部分) の対角寸法を基準とした目安のことである。

<http://www.jvc-victor.co.jp/>