

家庭洗濯に対する 環境ライフサイクルアセスメント(LCA)の検討

Environmental Life Cycle Assessment(LCA) of Home Launderings

小林 泰子¹・石久保 鈴子²・片山 倫子³

Yasuko KOBAYASHI, Reiko ISHIKUBO and Michiko KATAYAMA

被服は、着用シーズンが始まると着用と洗濯を繰り返し、シーズンが終わると保管し、このサイクルを繰り返すうちに汚れが蓄積したり擦り切れたりして廃棄に至る。我々が着用している被服にはさまざまな素材が使われ、さまざまな染色加工が行われ、特に最近は特別な用途の加工がなされているものも多く、これが下着から上着までさまざまな形に縫製され、糸やボタンやファスナーなどの付属品も付けられる。これらを洗濯する際、被服の耐用年数を考えると、汚れの落ちやすさ・付きやすさ、洗濯時の水・溶剤、洗濯機の機械力に対する耐久性、染色堅ろう性などを考慮しなければならない。また、本研究の主題である環境ライフサイクルアセスメント(LCA)を考慮すると、エネルギー消費量、CO₂排出量を最小にする洗い方も求められる。ISOで規格化されているLCAは、工業製品についてその環境におよぼす影響や、最も適したエネルギーの使用方法を見積もるために、CO₂の排出量やエネルギーMJ使用量を基準にして評価する方法であるが、社会の中の最も小さな単位である家庭を一つの枠組みとして捉えた場合には、いまだ明確な評価方法が得られていない。そこで本研究では、家庭生活の中で衣類の洗濯に着目し、

- ① 毛製品をクリーニングに出して溶剤で繰り返し洗った場合と、ドライマーク付き衣料も洗える衣料用洗剤と水で手洗いを繰り返した場合
- ② 綿製品をタイプの異なる(機械力の方式、大型または小型)全自動電気洗濯機で繰り返し洗った場合

の2つの場合について、洗浄実験、洗濯実験、クリーニングの利用を行い、効率の良い洗濯方法、機械力の効果的利用方法、被服の耐用年数、エネルギー消費量・CO₂排出量の削減などの視点からそれぞれの製品に適した洗濯方法を検討した。また、これらの結果よりISOのLCA評価方法をどのように活用していったらよいかを検討した。平成11年度から13年度の3ヵ年に渡り、小林ら3人が分担し、下記のそれぞれのテーマで研究を行った。

- ① 毛製品のドライクリーニングおよび水洗いによる洗濯実験と洗浄実験(小林担当)
- ② 綿製品の各種全自動電気洗濯機による洗濯実験と洗浄実験(片山担当)
- ③ 洗濯行動におけるライフサイクルアセスメント(LCA)的アプローチとその活用方法の検討(石久保担当)

平成11年度は、小林、片山はそれぞれ毛製品、綿製品の洗濯に関する実験を開始した。石久保はISOの企画を基に各種LCAの考え方について調査分析し、家庭洗濯においてLCA的手法を用いて、自動洗濯機などの使用ステージにおける環境負荷影響項目および環境負荷量を調査分析するための準備としてフローチャート作成を試み、報告した。

平成12年度は、小林は毛100%の白セーターを数種のドライマーク付き衣料も洗える洗剤と水を用いて繰り返し洗濯を行い、洗浄率、汚染率、収縮率を求め、適正な洗い方およびドライクリーニングとの比較検討を報告した。片山は綿100%のシャツからポリエステル100%のブラウスまで重量の異なる被洗物を用いた脱水実験を行い、全自動洗濯機の脱水機能および二槽式洗濯機の脱水槽を利用した衣類の脱水挙動と消費電力量について報告した。石久保はこれらのデータを用い、洗濯方法の違いおよび洗濯機の違いによる環境負荷への影響を定量する目的で、エネルギー消費量およびCO₂排出量のLCAの評価の試算を行った。これらを基に、本プロジェクト最終年度の結果を以下に報告する。

毛製品のドライクリーニングおよび水洗いによる洗濯実験と洗浄実験

小林 泰子

1. はじめに

家庭における毛製品の洗濯は型崩れや縮みを避けるために、セーターなどの編物製品が中心となり、スーツ、コートなどの織物製品は商業クリーニングに頼る傾向にあった。しかし、多種類のドライマーク付き衣料も洗える洗剤の発売や手洗い機能の付いた洗濯機の普及により、多くの毛製品について家庭における水使用洗濯が可能になった。また、クリーニング溶剤による環境問題などから、クリーニング業界においてもドライクリーニングから水洗いへの移行が検討されており、これと並行して繊維メーカーでも水洗い可能な毛製品の開発が進められている。今後多くの衣類について水洗いが可能になると考えられる。しかし、毛製品を水洗いした場合にこれまで問題となっていた型崩れや縮みが100%解決できるのか、洗浄力は良いのかななどの疑問が残る。

そこで、本研究ではさらに被洗物の種類を変え、実験条件を整え、手洗いおよびドライクリーニングによる毛製品の洗濯における耐久性について比較検討を行った。

2. 実験方法

被洗物として、前報では一般の毛製品の取り扱い表示に書かれている“30℃の水と中性洗剤を用いて手洗い可能”というマーク付きウールセーターを用いた。このセーターは30℃での水洗いは可能であるが、注意して取り扱いしないと

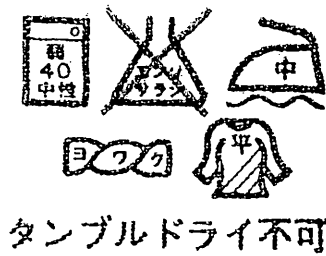
縮む可能性があった。これに対し、本研究では天然ウールの持つ美しさと弾力性を損なわず“防縮加工を施したMACHINE WASHABLE”白物ウール100%の長袖Mサイズのセーター（馬淵繊維株式会社製）を用いた。図1にセーターの取り扱い絵表示と洗濯上の注意を示した。洗浄力評価用汚染布として木綿の湿式人工汚染布（洗濯科学協会製）、および再汚染用白布として羊毛モスリン（日本規格協会製）を用いた。洗剤としては以前から中性洗剤として市販されていた毛・絹・綿・麻・合成繊維用洗剤Aとドライマーク付き衣類も洗える洗剤として市販された毛・絹・麻・合成繊維用中性洗剤DUとDNの3種を用いた。これらの洗剤の界面活性剤成分、使用量、洗濯方法を表1に示した。

洗濯準備として、模造紙の上にセーターを広げて原型を写しとり、洗濯後セーターの形を整えて干すために利用した。セーターの胸、背中、両袖に収縮率測定用の10×10cmの糸印をつけ、さらにセーターの表裏の襟・胸・胴・腋・袖中央・袖口の12箇所を汚染布と白布をそれぞれ1枚ずつ布の一辺を縫い付けた（前報の図3参照）。

たらいに30℃に調整した水道水を5L入れ、この水量に対する表示洗剤量を加えよく溶かした。汚染布と白布を縫い付けた被洗物1枚を胸部が上になるように2つにたたんで浸した。前報ではドライマーク付き洗剤の手洗い洗濯方法の表示に記載されているつけ置き洗いと押し洗いの2方法を行ったが、本実験では効果が認められた押し洗いをを用いた。また前報では手で押し洗いを行ったが、本実験では一定の力が被洗

表1 供試洗剤

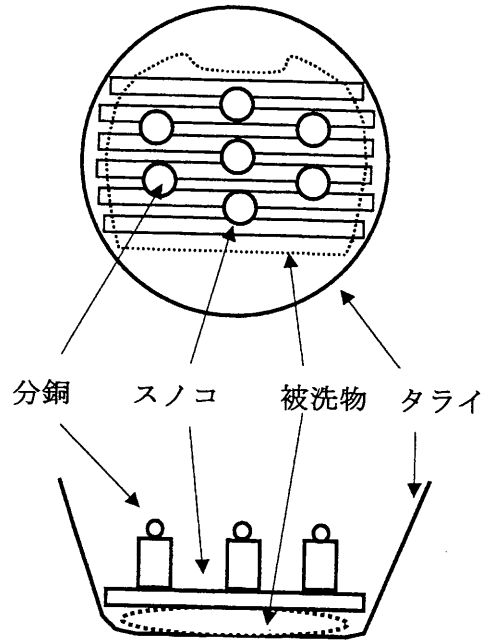
洗剤名	界面活性剤	使用量(手洗い)	界面活性剤量	洗濯方法(手洗い)	
				つけこみ洗い	押し洗い
A	19% ポリオキシエチレンアルキルエーテル	12.5ml/5L	2.38ml/5L	15分	優しく
DU	27% ポリオキシエチレンアルキルエーテル ジアルキルジメチルアンモニウム塩	5ml/5L	1.35ml/5L	表示なし	20~30回
DN	28% ポリオキシエチレンアルキルエーテル オレンジオイル	2.5ml/5L	0.7ml/5L	10~15分	表示なし



洗濯上の注意

- ・洗濯機は40℃以下のぬるま湯で
- ・中性洗剤を十分とがして
- ・タンブルドライをさせて
- ・洗濯ネットを使用して

図1 取り扱い表示



物に加わるように、被洗物の上に木製スノコを置き、手の代わりに3.5kgの分銅をのせ押し洗いとした。詳細を図2に示した。洗濯は50秒おきに10秒間被洗物に分銅をのせる操作を繰り返す、15分間行った。その後被洗物をタオルに挟み、2槽式洗濯機(National NA-W36A2型)の脱水機を用いて20秒間脱水を行った。たらいに同温同量の水道水を入れ、50秒おきに10秒間被洗物に分銅をのせて3分間すすぎ、20秒脱水を行った。この操作を2回繰り返した後、被洗物を模造紙に写し取った原型に合わせて広げ、セーター乾燥用のネット台の上に平らに置き、

自然乾燥した。汚染布と白布を被洗物よりはらずし、それぞれ当て布をして中温のアイロンで形を整え、評価を行った。

同様に汚染布と白布を縫い付けた被洗物を個人の経営するクリーニング店に持ち込み、ドライクリーニングを依頼した。洗濯から仕上げまで業者が行い、評価のみ実験室で行った。セーター1枚のクリーニング価格は350円であった。

洗浄前後の汚染布、白布、被洗物の表面反射率をハンディー色差計NR-3000(株)日本電色工業製を用いて測定し、洗浄率と汚染率(前報参照)を求めた。また被洗物に付けた糸印の洗

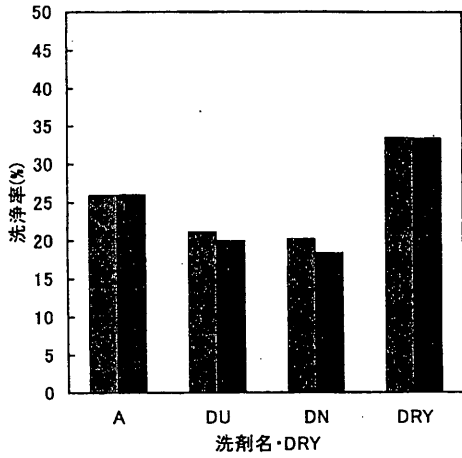


図3 各種洗剤による水洗いおよびドライクリーニングによる添付汚染布の洗浄性
 □ 表 ■ 裏

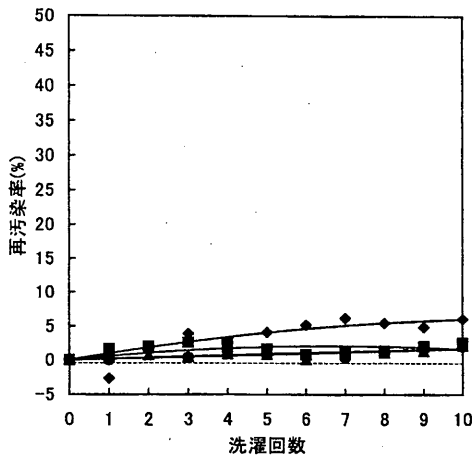


図4 添付羊毛白布の再汚染性
 ●: 洗剤A ▲: 洗剤DU ■: 洗剤DN ◆: DRY

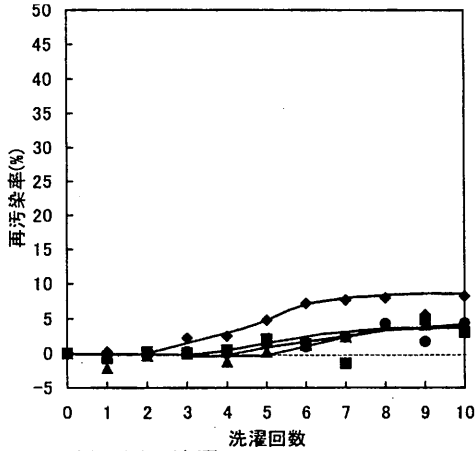


図5 繰り返し洗濯によるウールセーターの再汚染性
 ●: 洗剤A ▲: 洗剤DU ■: 洗剤DN ◆: DRY

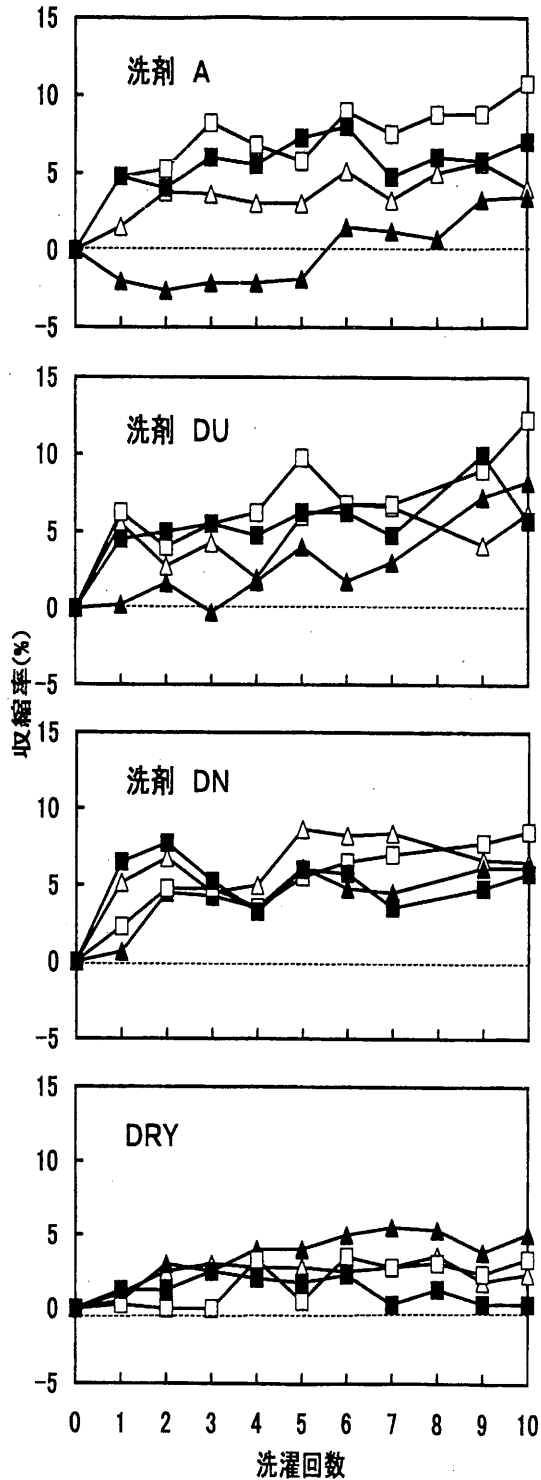


図6 繰り返し洗濯によるセーターの収縮性
 △: 袖(縦) ▲: 袖(横)
 □: 身頃(縦) ■: 身頃(横)

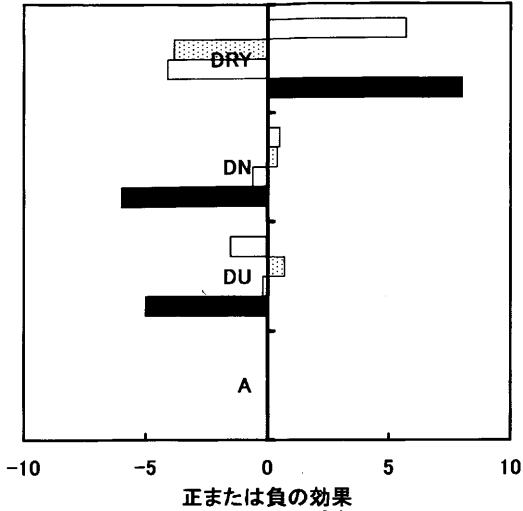


図7 繰り返し洗濯10回後の洗浄率・再汚染率・収縮率の比較（洗剤Aの各値を0とする）
 ■：洗浄率 □：白布の再汚染率
 ■：被洗物の再汚染率 □：収縮率

浄前後の縦横それぞれの長さを測定し、収縮率（前報参照）を求めた。

3. 結果および考察

セーターを着用しないで、3種の洗剤による手洗い洗濯またはドライクリーニングを10回繰り返し、耐久性を検討した。図3に添付汚染布の洗浄性、図4に添付羊毛白布の再汚染性、図5にセーターの再汚染性、図6にセーターの収縮性を示した。

モデル汚れとして用いた添付汚染布の洗浄性については、今回用いた洗剤も前報と同様に以前から使用されている中性洗剤Aの効果が認められた。水5L当たりの界面活性剤使用量が他に比較して多いためではないかと考えられる。これに対し、ドライクリーニングの洗浄率は洗剤Aより約10%高い値を示した。

添付白布の再汚染性およびセーター本体の再汚染性については、3種の洗剤による手洗いではいずれも類似した挙動が見られ、10回洗濯後の再汚染率は5%以下であった。これに対し、ドライクリーニングでは繰り返し3回目より汚染が目立ち、10回洗濯後に約7~9%の値を示した。数値はいずれも小さいが新品のセーター

表2 洗濯にかかる費用

	水洗い	DRY
設備費	たらい 洗濯機(脱水槽) ネット干し台 アイロンセット	ドライクリーニング機 アイロンセット
光熱費	ガス・電気・水道代	電気代
その他	洗剤代	洗剤代 溶剤・溶剤廃棄代
人件費	洗濯・乾燥・仕上げ	洗濯・乾燥・仕上げ 配達
1回分	約200円	350円

と比較すると汚染されているのは明らかであった。今回用いたセーターは防縮加工を施した“MACHINE WASHABLE”セーターで、洗濯機洗い可能なマークが付いていたが、いずれの場合についても10回繰り返し洗濯において収縮が認められた。特に水洗いでその傾向が強く、収縮性については問題が残る。

洗剤Aによる水洗いの結果を基準として、繰り返し10回目のすべての値の比較を図7に示した。洗浄性、収縮性を考えると“WASHABLE”セーターについてもドライクリーニングが適当であり、総合的に考えると中性洗剤Aを用いた水洗いが適当であると思われる。

表2に示した洗濯費用をみると、水洗いでは1回15Lの水道代、30℃に温めるガス代、脱水1分間の電気代、アイロンかけの電気代、設備費および人件費がかかる。人件費以外をまとめて約50円、人件費150円と考えると1回約200円程度である。毎日洗濯する綿製品などと異なり、毛製品の場合は1枚につき1シーズン約2回の洗濯で、廃棄まで長くて10年と仮定すると約20回洗濯することになる。従って、水洗いでは6,000円、ドライクリーニングでは7,000円になる。また、ドライクリーニングでは溶剤使用による大気中への溶剤の蒸発および使用済み溶剤の廃棄による環境汚染などが懸念される。これらより耐久性、環境問題、経費節減を考えた毛製品の洗濯は水洗いが好ましいが、今後さらに防縮性を考慮した製品の開発が望まれる。

「被洗物の洗浄力・損傷度・消費エネルギーから見た洗濯機の性能評価について」

片山 倫子

目 的

有史以来、人は衣服をまとう生活を続けてきた。健康な生活を維持するために衣服を清浄にする洗濯が不可欠である。洗濯は水と被洗物に適した少量の洗剤があれば、汚れた部位を目で探しそこに洗剤を付けながら手で擦ったり揉んだりして汚れを被洗物からとり洗濯水に移すことを繰り返した後に、被洗物が吸い込んでいる汚れと洗剤が含まれている洗濯水を絞り、新しい水ですすぎ、絞り、外に干す、いわゆる「手洗い」が基本である。

「手洗い」は汚れたところだけに機械力を与えられる、汚れの落ち具合を確認しながら洗える等、利点は大きい。一方で、繊維や洗剤に対する知識や技術がある、労力が掛かる、時間が掛かる、天候に左右される、等のために暮らしの中では負担の大きい生活行動の一つであった。昭和30年代以降我が国に電気洗濯機が出回り初めてから、その利便性故に急速に普及し、昨今では普及率がほぼ100%に達し、家庭における洗濯は「手洗い」から「機械洗い」へと移行していった。

国内における電気洗濯機の機種としての変遷は、携絆型の一槽式、渦巻き型の二槽式を経て、現在の主流は全自動の一槽式である。数年前からは、従来よりヨーロッパで普及してきたドラム式の国産品も販売されるようになってきた。特に最近の特徴として基本の渦巻き型に様々な洗浄方式を加えた全自動電気洗濯機が販売されたために、生活者の視点から洗濯機を選択するための判断基準が必要になってきた。

現存する電気洗濯機に関する国内の基準としては「JISC9606電気洗濯機」および(社)日本電気工業会の「洗濯機性能評価基準」等がある。前者は標準洗濯機との対比による機械的な基本性能を定めたもので、後者は洗濯性能をはじめとする12項目について試験方法を検討したもの

であるが、いずれも環境負荷を考慮したものではない。

そこで著者は家庭における洗濯行動の「洗う」・「絞る」・「干す」に焦点を絞り、種々の家庭用電気洗濯機による家庭洗濯を想定したモデル洗濯実験を実施し、その結果をもとに実施した種々の洗濯方式に対する評価方法の検討を試みた。

方 法

「洗う」については家庭用に市販されている5機種全自動洗濯機の洗いの機能のみを用いた水のみによる洗浄実験を実施した。被洗物に付けた人工汚染布により洗浄力を、また洗濯機の機械作用を評価する方法としてデンマーク洗濯研究所が開発したMA試験布(図1)と同じ大きさの穴を10cm×10cmの試布に1つだけ開けて作成した小型MA試験布から洗濯中の被洗物の損傷度を推定した。

「絞る」については手絞り、脱水機、および各種全自動洗濯機の脱水機能を用いた脱水実験を実施し脱水条件による被洗物中の含水率を測定した。

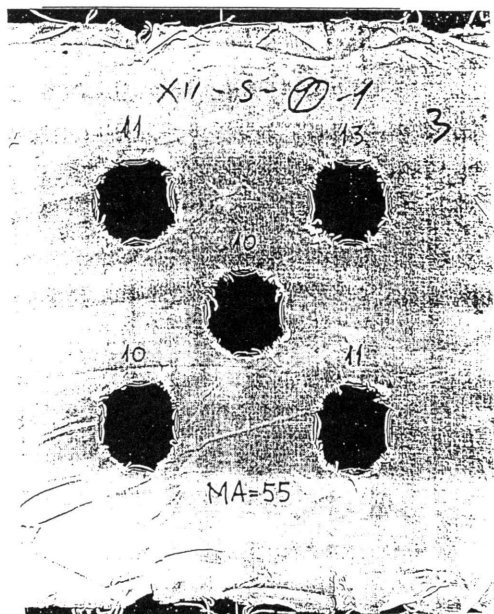


図1 デンマークのオリジナルMA試験布(洗浄後のサンプル)

「干す」については天日干し、室内干し、および各種乾燥機による乾燥実験を実施し、乾燥時間と含水率の変化から乾燥曲線を作成し乾燥性能を推定した。

環境負荷を推定するために、本実験において電気を使用した場合には消費電力量を、またガスを使用した場合にはガスの使用量を測定した。

結果

市販家庭用全自動洗濯機5機種(A機;渦巻き式, B機;ドラム式, C機;渦巻き式, D機;

渦巻き式, E機;渦巻き式)の各機種について40℃における水のみによる洗浄を各標準コースで「洗う」および「絞る」を実施したところ、洗濯時間・水使用量・消費電力量・洗浄率・MA値は表1に示す結果になった。

「干す」については自然乾燥、回転ドラム式のガス乾燥機1種および電気乾燥機1種、ドラム式の電気乾燥洗濯機1種、水平に回転する電気乾燥洗濯機による乾燥実験をおこなったところ、各乾燥方式による乾燥時間・消費電力量または消費ガス量は表2に示す結果になった。

表1 『洗 う』+『絞 る』

洗濯:各洗濯機の標準コース, 水温40℃, 水洗浄

被洗物:機種A, B-2.5kg, 機種C, D, E-1.4kg(JIS C 9606模擬洗濯物+補助布)

全自動洗濯機の種類および洗濯時間	水使用量	消費電力量	洗浄率	MA値
機種A(渦巻き式, 洗濯容量6.0kg, '94日本製)				
洗剤洗い10分, 脱水5分, すすぎ3分, 脱水5分 (計31分)	52%	0.105kWh	28.0%	52
機種B(ドラム式, 洗濯容量4.5kg, '93スイス製)				
(計45分)	14%	0.199kWh	29.3%	39
機種C(渦巻き式, 洗濯容量7.0kg, '98日本製)				
洗剤洗い7分, 脱水, すすぎ, 脱水 (計34分)	35%	0.060kWh	38.0%	61
機種D(渦巻き式, 洗濯容量7.0kg, '98日本製)				
洗剤洗い7分, 脱水, すすぎ, 脱水 (計38分)	36%	0.028kWh	56.5%	57
機種E(渦巻き式,遠心力洗い, 洗濯容量7.0kg, '98日本製)				
洗剤洗い11分, 脱水, すすぎ, 脱水 (計59分)	50%	0.048kWh	21.6%	26

下線部2回繰り返し

表2 『干 す』

試料 シーツ 綿100%, 平織, 1枚約494g, 3枚使用

条件	乾燥時間	消費電力量	消費ガス量
自然乾燥			
10月曇天, 20.0℃, 68.0%RH	脱水後, 含水率63%→6%*		
1枚ずつさお干し	180分		
さお間10cm			
ガス乾燥機(家庭用ドラム式)	脱水後, 含水率62%→2%*		0.127m ³
乾燥容量4.0kg	44分		約16円
電気乾燥機(家庭用ドラム式)	脱水後, 含水率62%→6%*	1.461kWh	
乾燥容量3.8kg	85分	約33円	
人工乾燥			
3枚同時乾燥			
電気乾燥洗濯機(家庭用水平回転式)	脱水後, 含水率62%→6%*	2.032kWh	
乾燥容量4.5kg	152分	約46円	
電気乾燥洗濯機(家庭用ドラム式)	脱水後, 含水率62%→5%*	1.576kWh	
乾燥容量3.0kg	129分	約36円	

*乾燥終了サインまで

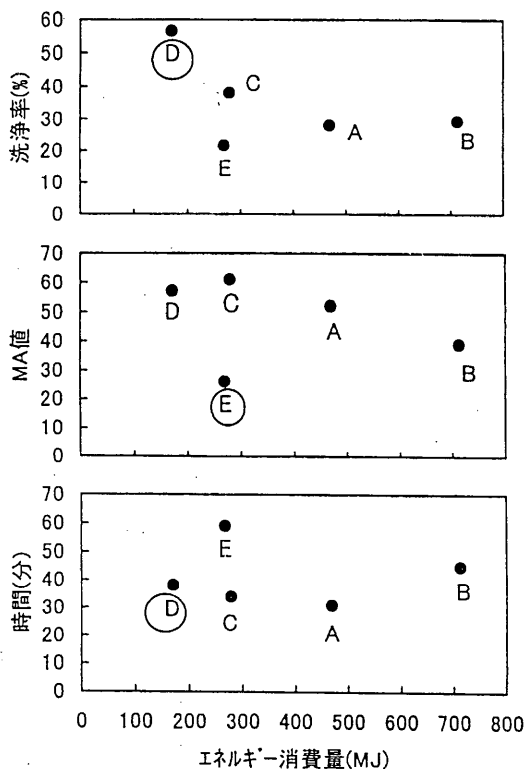


図2 エネルギー消費量と洗浄率・MA値・時間との関係

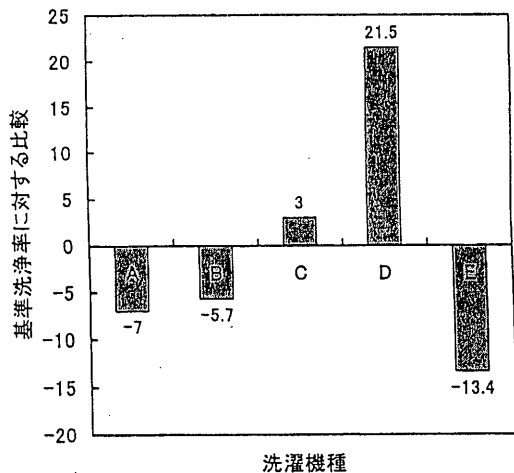


図3 基準洗浄率に対する各洗濯機種の洗浄率の比較

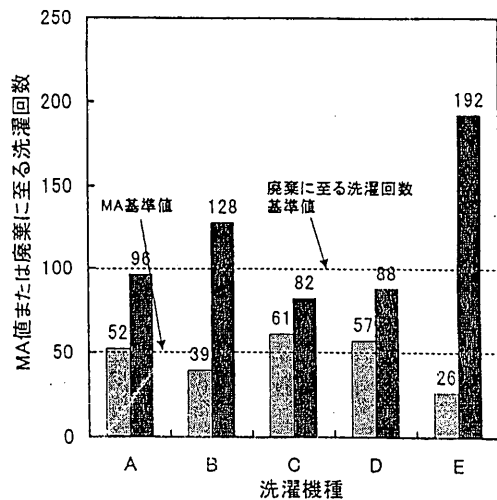


図4 MA値と廃棄に至る洗濯回数
■ MA値 ■ 洗濯回数

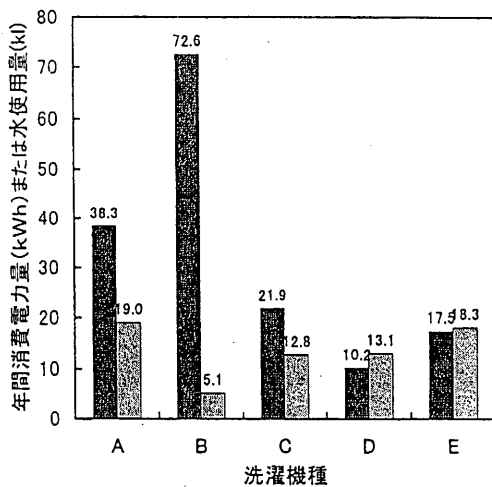


図5 各洗濯機種の年間消費電力量と水使用量
■ 消費電力量 ■ 水使用量

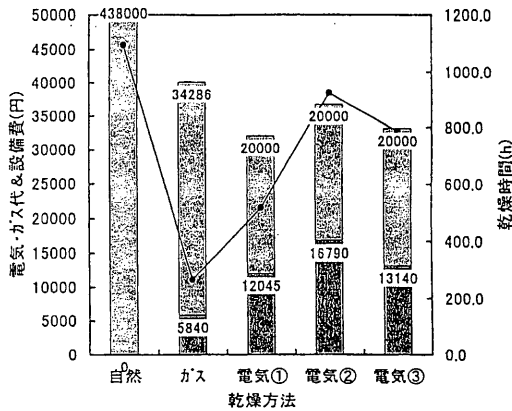


図6 年間のべ乾燥時間と電気・ガス代との関係
 ■ 電気・ガス代 ■ 設備費 — 乾燥時間

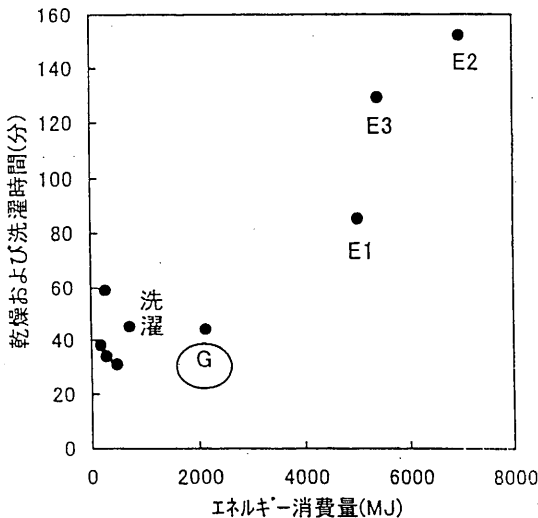


図7 エネルギー消費量と洗濯および乾燥の所要時間

考察

「洗う」「絞る」について5機種種の洗浄実験で得られた洗浄率・MA値・洗浄時間とエネルギー消費量との関係を図2に示した。2.5kgを洗ったA機, B機はエネルギー消費量が多く, 1.4kgを洗ったC機, D機, E機は少なかった。短時間で汚れが良く落ちたのはD機であったが損傷度も比較的大であった。E機は長い時間をかけて洗ったものの損傷度は低く, 汚れの落ちも悪かった。

標準使用量濃度による洗濯時に於いては洗浄率が70%程度が普通の洗濯と考え, この中で水だけで落とす割合は約半分である。そこで水のみで洗った場合の基準洗浄率を35%と仮定しこの数値との比較を図3に示した。洗濯物を多く洗ったA機とB機が洗浄率が悪かったが, それ以上に悪かったのがE機であった。被洗物の量が1.4kgの3機種についてはD機種種の洗浄力が優れていた。

機種による被洗物の損傷度については, MA値が50の洗濯により100回着用・洗濯したものを使用限界と仮定して5機種による洗濯を最長で何回繰り返す事が可能か? について試算したところ図4の結果を得た。E>B>A>D>Cの順であった。

図5は毎日洗濯を1回すると仮定した場合に各機種種の年間の水の使用量と消費電力量について算出したものである。消費電力量は被洗物量と同じ物について比較すると, ドラム式のB機が大きい値を示した。うず巻式については製造年の新しい物が小さい数値を示す傾向にあった。水の使用量については特にドラム式が少なかった。エネルギー・水の両面から判定するとこの中ではD機の満足度が高かった。

「干す」については自然乾燥に要する全時間に時給400円の人が一人張り付いていた場合を想定し, 乾燥に要する費用を算出した。これと乾燥機の設置費に, 毎回の電気またはガスの消費量から料金を算出し, かかった費用とを比較したものが図6である。図7は「洗う」「絞る」・「干す」の実験に於いてエネルギー消費量と洗濯乾燥に要した時間との関係を示したものである。

電気によって自動化した洗濯の工程の中では乾燥機による乾燥が消費エネルギー・乾燥時間ともに大きい。生活時間の中で洗濯に要す時間が大きいので全自動化が進んではいるが, 洗濯機および乾燥機の設計を工夫しエネルギー消費量の少ない洗濯を実現する必要に迫られているようである。

洗濯行動におけるライフサイクルアセスメント (LCA) 的アプローチとその活用方法の検討

石久保 鈴子

1. はじめに

従来、品質マネジメントシステムと環境マネジメントシステムについては別々の手引きを国際標準化機構 (ISO) は開発してきた。ユーザーの求める要望である ISO9000 及び ISO14000 の二つの規格ファミリーに最大限の両立性に応じて、ISO は品質及び環境双方のマネジメントシステムを監査するユニークなガイドラインを開発中である¹⁾。即ち、ISO/DIS19011「品質及び/又は環境マネジメントシステム監査のガイド」は、ISO/TC 中の二つの委員会である ISO/TC176「品質マネジメント及び品質保証」と ISO/TC207「環境マネジメント」の分科委員会で構成する合同作業グループ (JWG) が作成しており、品質、環境どちらかに偏することを避け、ISO10011 及び ISO14011 の監査規格との関係を残そうという配慮があったことが伺えられる。

近年、消費者が標準化の最も重要な利害関係となったため、ISO 及び IEC (国際電気標準会議) は標準化の過程に消費者参加の増大を促進するため、両国際機関の各国内団体に宛てて改定ステートメントを発行し、改善方法を提唱した。即ち、消費者向けの製品・サービスに関する国際・国内規格の重要性が増してきている傾向にある。ISO9001:2000 では取引における技術側面に注目しただけでなく、コミュニケーションという要素を初めてこのシリーズに導入し、顧客重視及び顧客の期待を上回る目標を提案している。ISO14001:1996 では、顧客とのコミュニケーションについては、消費者への提供情報として正確、正直で科学的根拠をもつ製品情報は、技術的な意味で正しく使用することだけでなく、生態学的意味で、製品の使用中及び最終時点で環境にマイナスの影響を及ぼさないことにも関連している。このような環境尊重の約束は、生産段階に限らず、最終処分にも関連し、

この時点で、生産者は顧客の協力を頼らねばならない。このことから、顧客との効果的なコミュニケーションの最終目的は、社会全体の利益であり、生活の質の改善である。

そこで、ISO14040 シリーズのライフサイクルアセスメント (LCA) 的な視点から見た家庭内で行われている洗濯行動及び洗濯手段としての全自動電気洗濯機等について取り上げ、LCA の手法の活用と今後の課題について述べる。

2. タイプⅢラベルとLCA

LCA は、対象とする製品を製造するために必要な資源の採掘から製品の廃棄まで、製品のライフサイクルを通して、環境への排出物量や資源消費量を定量し、その環境への影響を評価する手法である²⁾。近年、環境調和型製品として企業が自社製品の評価に LCA を用いて、その結果を環境報告書などに情報として公開している。また、製品に LCA の結果を製品の製造等による影響負荷についての一種の説明書として添付する環境ラベル³⁾である ISO-14025 (TR) となったタイプⅢラベルは、実務的な LCA の例である。この LCA の活用の一つであるタイプⅢラベルは、製品の比較を目的にしているが、タイプⅢラベルを各企業が同種の製品に添付すると、必然的に比較が行われることになり、製品群ごとに重要視すべき環境カテゴリーが異なることもあり、製品群ごとに手法のガイドラインが必要となる。又、インベントリー分析手法の共通化と製品群ごとの環境インパクト統合手法の合意形成及び消費者や投資家に受入れ易い指標が必要である。タイプⅢラベルは、環境負荷データの開示自体を目的とし、そのシステム境界は開示する環境負荷データに関する社会的なコンセンサスにより決定される。

3. 全自動電気洗濯機のライフサイクル

全自動電気洗濯機のメインライフサイクルを図 1 に示す。中でも消費者の洗濯行動に関係する使用ステージにおける全自動電気洗濯機一台

表1 使用ステージにおける全自動洗濯機1台あたりのエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量

	使用実績	単位	生涯使用量	単位	エネルギー消費量	単位	二酸化炭素排出量	単位
消費電力	133	wh/回	436,905	wh	953,327	kcal	43,853	g-C/台
使用水量	147	ℓ/回	482,895	ℓ	963,061	kcal	44,301	g-C/台

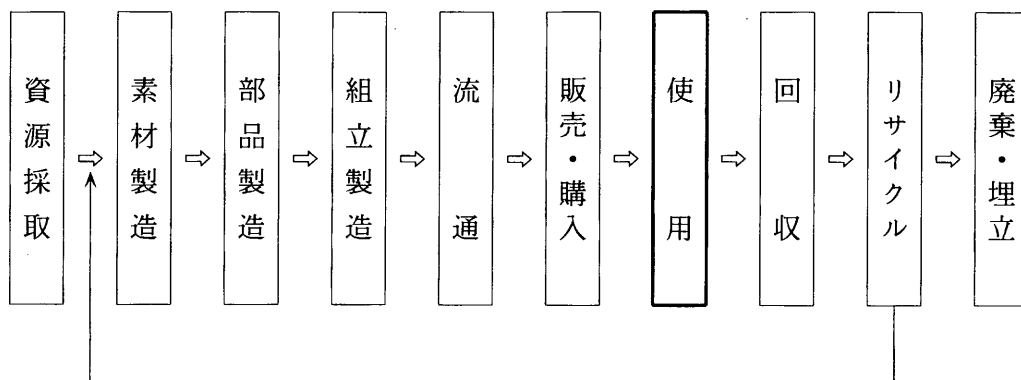


図1 全自動洗濯機のメインライフサイクル

あたりのエネルギー消費量, 二酸化炭素の排出量について, 前提条件として生産使用量(生産使用回数を9年×365日×1回/日)として3,285回, 洗濯, 脱水容量を6.0kgと想定し, 水使用に伴う環境負荷は, 上水供給原単位0.370kwh/m³, 下水供給原単位0.544kwh/m³として, LCA的手法で計算し, 表1に示す。

全自動電気洗濯機のライフサイクルの各ステージの比較を廃棄・リサイクルの3つのシナリオについて, その素材製造, 製品組立, 使用, 廃棄・リサイクルのエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量をLCA的手法で計算し, 百分率で表2に示す。全自動電気洗濯機のライフサイクルの各ステージの中で使用ステージの環境負荷が圧倒的に高く, 次いで素材製造ステージとなっている。省エネルギー, 二酸化炭素排出抑制の観点からは使用ステージの対策を検討することが重要であることがわかる。又, 乾燥機の場合でも同様にエネルギー源によって, エネルギー消費量, 二酸化炭素排出量が異なり, 省エネ

ルギー, 二酸化炭素排出抑制の観点から, 使用ステージの対策を検討することが重要である。即ち, 使用ステージにおいて, 消費者がどのようなシナリオで洗濯というプロセスを実施するかに伴い, 同一型式の製品を使用する場合においても異なる結果となる洗濯行動の解析と環境問題との関係を把握する必要がある。

LCAにおいて洗濯行動がある意味で正当に評価されるためには, 対象となる洗濯行動がどのような環境問題を引き起こし, 最終的にどのような影響に至るのかをある程度把握しなければならない。国立環境研究所の比較リスク評価手法⁴⁾によると, 環境問題領域としては, 地球規模大気変動, 地域大気汚染, 河川・湖沼の水質汚濁など15種類が挙げられている。又, 環境影響としては, 生存基盤・健康, 生産・生活基盤, 生物, 精神的影響の4種類が挙げられている。環境指標分野で用いられているパスにならない, 洗濯行動一般に関して, 人間活動からどのような環境問題や影響へ至るかを環境負荷

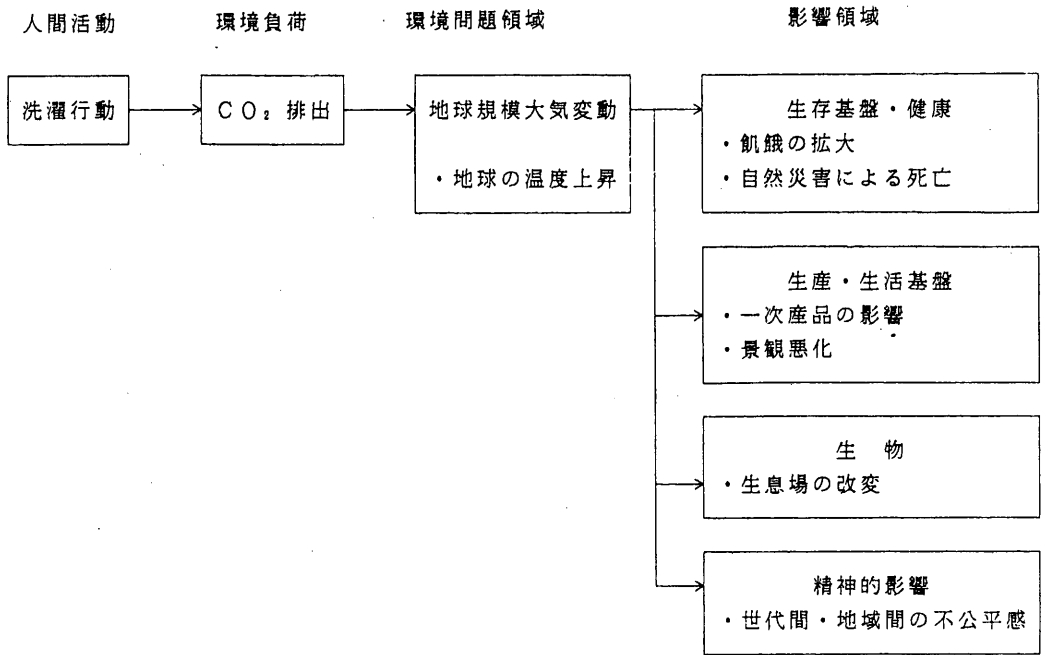


図2 環境負荷・環境問題領域・影響領域の関係(例)

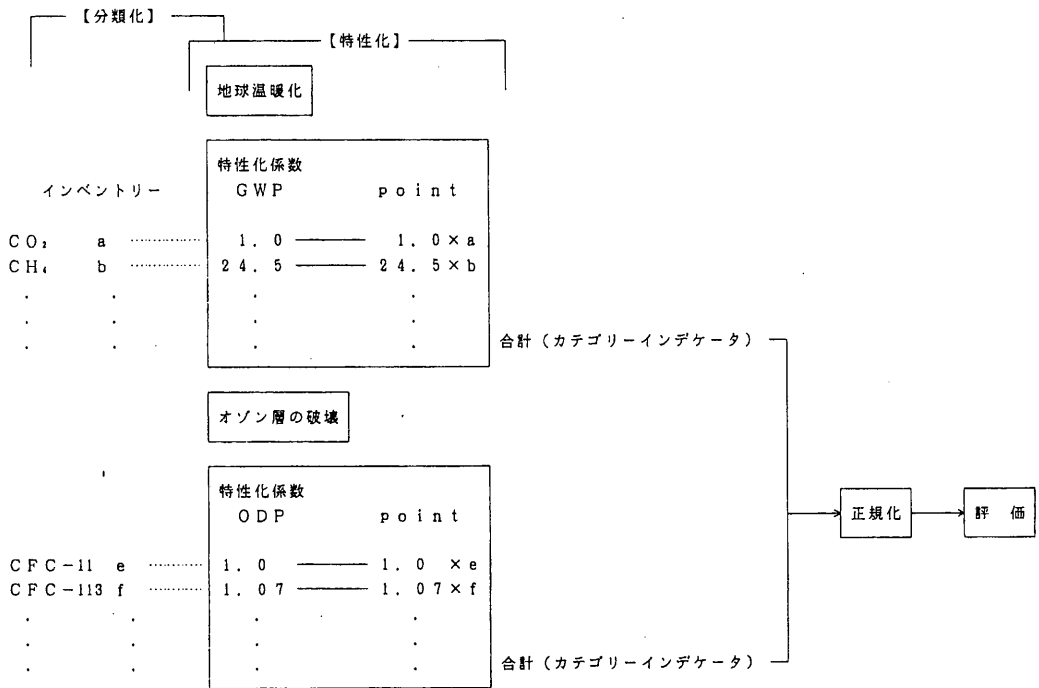


図3 LCAのライフサイクル影響評価

表2 全自動洗濯機の各シナリオのステージ別のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

		素材製造 (%)	製品組立 (%)	付属品 (%) 外装材製造	使用電力 (%)	使用 (%) 上水供給	使用 (%) 下水処理	廃棄 (%) リサイクル
「販売店」埋立	エネルギー消費量	18.73	0.93	0.06	39.59	16.19	23.80	0.68
	二酸化炭素排出量	21.99	0.92	0.06	38.31	15.67	23.04	0.00
「自治体」埋立	エネルギー消費量	18.69	0.93	0.06	39.50	16.15	23.75	0.92
	二酸化炭素排出量	21.99	0.92	0.06	38.31	15.67	23.04	0.00
「直接」埋立	エネルギー消費量	18.86	0.94	0.06	39.86	16.30	23.97	0.01
	二酸化炭素排出量	21.99	0.92	0.06	38.31	15.67	23.04	0.00

「CO₂排出」についてのみ検討した例が図2である。これら各々のパスについて、互いの結びつきを示す任意の係数が科学的見地に基づいて集積されれば、使用ステージでの洗濯行動が引き起こす問題の重要性を、他のプロセスと同列に評価できる可能性がある。これは定量可能な問題に限られ、世代間・地域間の不公平感のような精神的影響とのつながりが深い項目に対しては、係数を求めることは難しいが、どのような負荷がどのような問題を通じてどのような影響を起こしうるかというパスを示し、代替案の検討などを行うことは、洗濯行動の重要性を再認識するのに役立ち、今後の指針に有意義であると思われる。

4. 環境影響評価の手法

LCAの環境影響評価の一般的手法(図3)としては考慮する環境カテゴリーに影響を与える物質を特定(分類化)し、各カテゴリー内の各物質の影響度を基準物質との比で表し(特性化係数)、その係数と排出物質量とを掛けた値を計し、環境への影響度を表す指標(カテゴリーインディケータ)で、この値が大きいほど、そのカテゴリーに影響を与える可能性が高い。正規化については、LCAの対象である製品のカテゴリーインディケータを考察する地域全体での各物質の1年間の総排出物質量とその特性化

係数を掛けて合算して得られるインディケータ(規格値)で割ったものとする。カテゴリー間に重み付けを行う統合化指標の標準的手法はいまだなく、ISO14042ではカテゴリー間の統合化指標は付加的要素と定めている。現在、総合化手法には、エコポイント法⁵⁾、EPS法⁶⁾、エコインディケータ95⁷⁾及び99⁸⁾などが提案されている。エコポイント法は、排出量に目標値を定め、その目標値と現状値の比を重み付け係数とするDistance to Target法で統合化する。しかし、排出物による影響の大きさを考慮していない。エコインディケータ95は、カテゴリーごとの被害量に目標値を定め、現状の排出物量による推定被害との比を用いて重み付けを行う。EPS法は、排出物による被害や資源の消費による価値の上昇を金銭化して和を求める。影響評価を統合化するためには、価値判断の基礎となる排出物による被害量を評価することが重要である。エコインディケータ99は、被害量を推定した上でその被害量の比較重要性をアンケートにより決定している。LCAは数値化された情報がなければ実施されない。一方オランダで使用されている環境調和型製品設計のチェックリストによる環境改善評価は、定性的評価を基礎とし、多様な環境影響を考慮することから、一般に環境影響のカテゴリーを特定することや、

特定の排出物のみに着目することもできない。LCAのインベントリー分析では使用段階のエネルギー消費量など中間計量物とされる特性がチェックリストとして採用されている。評価を段階的に進める手法の展開が、この相違を埋めるためには必要である。

5. 今後のLCA

ISO14040では、LCAを製品及びサービスの環境影響評価手法であると定義している。LCAの特徴は物質及びエネルギーの連鎖を考慮し、直接的には見えない環境負荷を評価することである。今後のLCAの概念として、ソーシャルLCAとダイナミックLCAが稲葉により提案されている⁹⁾。ソーシャルLCAは製品評価のLCAを企業・産業、更に社会全体枠に広げ、ダイナミックLCAは現状の製品評価LCAに時間軸を加え、長期的評価を可能とするものとしている。又、現在のLCAに不可欠な経済的概念を導入し、経済的手法も用いて環境影響評価の統合化が望まれる。

6. おわりに

ISO14040シリーズのLCA的な視点から見た家庭内で行われている洗濯行動及び洗濯手段としての全自動電気洗濯機等について取り上げ、LCA的手法の活用と課題について検討し、次の結果が得られた。

1. 全自動電気洗濯機などの企業の自社製品の評価にLCA手法を用いているが、製品群ごとにLCA手法のガイドラインが必要とされる。
2. ISO14025 (TR) のタイプⅢラベルが実務的なLCAとしてあげられるが、インベントリー分析手法の共通化と製品群ごとの環境インパクト統合化手法の合意形成及び消費者や投資家に受け入れやすい指標が必要である。
3. 全自動電気洗濯機のライフサイクルの各ステージの中で使用ステージの環境負荷が圧倒的に高く、省エネルギー、二酸化炭素排出抑

制の視点から使用ステージを重点的に消費者の洗濯行動とライフスタイルについて検討することが重要である。

4. LCAの環境影響評価の手法では、カテゴリ間に重み付けを行う統合化指標の標準化手法の確立が必要である。
5. 現在のLCAに時間軸やシステム・バウンダリーの取扱い、経済的概念の導入などを考慮したLCAを行う上で必要なLCIデータベースの構築とソフトウェアの開発及びその普及が不可欠である。

文 献

- 1) ISO Management Systems, Vol. 1, No.2, 12 (2001)
- 2) 「LCA実務入門」, (社)産業環境管理協会編, 丸善, (1999)
- 3) (社)産業環境管理協会：平成11年度通商産業省工業技術院委託環境ラベル手法の標準化調査研究成果報告書, (2000)
- 4) 松橋啓介：環境経済・政策学会1997年大会報告要旨集, 197～202, (1997)
- 5) BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 297 : Bewertung in Okobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit-Okofaktoren 1997. Bern (1997)
- 6) Begnet Steen : EPS-Default Valuation of Environmental Impacts from Emission and Use of Resources Version 1996 (1996)
- 7) Mark Goedkoop : The Eco-indicator 95, Final Report (1996)
- 8) Mark Goedkoop and Remilde Spriensma: The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment Methodology Report (2000)
- 9) 稲葉敦：Development of New Methodologies for LCA—Social LCA and Dynamic LCA, AISTシンポジウム, 工業技術院, (1999)