

ウォーターフットプリント算出事例集

平成26年8月

環 境 省

はじめに

水関連の社会基盤の整備がそれなりに進んだ日本では幸いなことに日々の暮らしで水問題に頭を悩ませる機会は多くない。しかし、すでに 70 億人を超えた世界人口は 2050 年には 90 億人を突破すると予想され、それにともない増大する食料需要を満たす農業生産のために必要な灌漑用水や、さらに都市に集中する人々の生活用水、そしてまだまだ伸びる新興諸国の工業用水などを果たして満たせるのが国際的には大問題である。

一方、2014 年 3 月に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第 2 作業部会による第 5 次評価報告書の政策決定者向け要約には、「21 世紀を通じて乾燥した亜熱帯のほとんどの地域で表流水と地下水の再生可能な水資源が気候変動により減少し、水部門間の競合が激化するだろう」という記述もあり、気候変動は人口増や都市化、工業化の進展にともなう水需給の逼迫や水質劣化をさらに悪化させると想定されている。

国連や G8 サミットなどの場で持続可能な水の利用や、とくに途上国における安定した水供給の確保が折りに触れて取り上げられるようになって久しいばかりではなく、近年では世界各国の大手企業も自社の水利用の持続可能性に関心を持たざるを得ない状況となっている。もっとも、それらの企業の環境意識が高まった結果というよりは、気候変動や水などの環境や人権への配慮、あるいは社会的評価などが長期的な企業の業績に影響を及ぼすという認識が機関投資家などの間に広まり、人為的な気候変動に関連して企業の二酸化炭素排出量情報の開示を求めているイギリスの NGO カーボンディスクロージャープロジェクトが 2010 年から各社の水に関わる情報開示を求め始めたのがその大きなきっかけである。

タイにおける 2011 年の歴史的な大洪水による被害で明らかとなったとおり、良くも悪くもグローバル化が進んだ現在では、本来ローカルである水関連の災害が、サプライチェーンやバリューチェーンを通じて世界的な影響を及ぼし得る。各事業体の水利用に関連した環境影響をライフサイクルにわたって的確に把握し、リスク管理の一環として事業継続計画（BCP）に適切に反映させる必要があるのである。

しかし、残念ながら、現時点では水利用に関連した環境影響や持続可能性に対するリスクを的確に評価できる手法は確立されていない。

たとえば、同じ水使用量でも環境影響や持続可能性に対する脅威は地域の気候や水利用状況、あるいは水供給施設の整備状況によって様々であるにも関わらず、インベントリレベルの情報に基づいて農産品の産地別の水使用量を比較すると、熱帯で蒸発散量が多く単位面積あたり収量が小さい国の農産品の環境影響が不当に大きく評価されてしまうという問題がある。

また、単位重量あたりの食糧生産に必要な水量を用いて水使用量をカロリーベースの食糧供給量減に換算して健康余命損失に換算する手法も使われているが、追加的な水資源使用が農業用水使用量を減らして食糧生産に影響を与える地域や時期は限られているし、そ

もそも、渇水年に単位面積あたり収穫量が減る国も世界的にみると多くはなく、一般化は不適切である。

さらに、潜在的利用可能水資源量に対する水使用量の比である水ストレス指標などが地域性を反映するための特性化に用いられるようになっているが、水需給が逼迫している先進国では安定して水資源を利用可能にする社会基盤施設が整っているために水ストレス指標は大きいのが普通であるが、困窮しているとは限らない。逆に熱帯の途上国などでは実際に水で困っていても水ストレス指標が小さいなど、環境影響や持続可能性を的確に反映している指標であるとは限らない。

その他、水質悪化による利用可能な水資源量の減少をどのように評価するのか、といった側面も含め、水利用に関連した適切な環境負荷算定手法はまだまだ発展段階であり、社会のニーズに速やかに応える研究開発が望まれている。

本算定事例集は、そのような状況の中にあって、現時点におけるウォーターフットプリントの手法（水のインベントリ算定手法や影響評価手法）の一端を、企業の協力を得て、具体的な事例とともに紹介したものである。本算定事例集も踏まえ、今後、算定手法の研究開発が進み、算定手法の活用による適切な水リスクの把握、改善が進むことを期待する。

東京大学 沖 大幹

（本文は、水環境学会誌 2014 年 Vol.37(A) No.8 の巻頭言に寄せた内容をもとに作成しました）

本書の目的

21世紀は「水の世紀」と言われており、世界の水問題については近年各地で量の不足、水質汚染、水辺の生態系の変化など様々な問題が顕在化している。このような背景のもと様々な国際機関が水消費に関する指標を提案し、企業の水管理のあり方を評価する傾向が強まってきている。また、国際標準化機構（ISO）においてはウォーターフットプリントの規格化が進んでいるが、国内ではウォーターフットプリントの算定方法や算定結果の使い方に関する具体的な検討が始まったばかりであり、ウォーターフットプリントのISO規格に対応するためには、更なる検討が必要である。

我が国は、国内の水消費だけではなく、輸入製品等を通じて、間接的に海外の水を大量に使用しており、世界の水問題と密接な関連を持つ。環境省では、これまでに、生活活動を通して世界の水資源・水環境等に与える影響を定量的に評価する手法について検討を行い、定量化された指標による国民の節水・水環境保全意識の高揚を図ることを目的としてウォーターフットプリントの手法に関する調査を行ってきた。平成24年度からは、官民の協力のもと、ウォーターフットプリント算定に関する研究会を実施し、水質汚染の評価方法やウォーターフットプリントの具体的な算定について検討を行った。

本書は、これらの調査で得られた知見をもとに、算定方法・評価方法の技術的な側面を中心に、国内の事業者に向けた事例集としてとりまとめたものである。

本算出事例集は、事業者や研究者がウォーターフットプリントの算定を行う際の参考となるものを目的としている。事例集の主な使用者は、LCAの基礎計算能力を有している事業者（LCCO₂の算定は可能）を想定しているため、一般的なLCAやウォーターフットプリントの解説は補足に留め、具体的な算出過程の記述を中心に整理を行った。ただし、ウォーターフットプリントに独自の部分については丁寧な解説を記載した。LCAの基礎的な知見については、既に多くの入門書が刊行されているので、そちらを参考としていただきたい。なお、記述の内容は、現在検討されているISO14046の内容に極力準拠した形で整理した。

本書は、環境省で開催した「ウォーターフットプリント算出に関する研究会」において作成した。

【平成25年度研究会出席者】

沖 大幹	東京大学	生産技術研究所 教授
伊坪 徳宏	東京都市大学	環境学部 教授
田原 聖隆	産業技術総合研究所	安全科学研究部門 グループ長
中島 典之	東京大学	大学院工学系研究科 准教授
中谷 隼	東京大学	大学院工学系研究科 助教
小林 由典	株式会社東芝	環境推進室 主務
椛島 裕美枝	イオン株式会社	グループ環境社会貢献部
海老原 誠治	三信化工株式会社	営業開発グループ
大橋 憲司	株式会社資生堂	C S R部 環境企画室
柴田 あゆみ	大日本印刷株式会社	包装事業部 開発本部 製品開発部
高橋 麻貴子	大日本印刷株式会社	包装事業部 開発本部 製品開発部
前田 良治	株式会社チクマ	環境推進室
河崎 律宏	日本ハム株式会社	社会・環境推進室
胡桃沢 昭夫	(一社)産業環境管理協会	国際協力・技術室 主査

【事務局】

宮崎 正信	環境省	水・大気環境局 水環境課 課長
安田 将広	環境省	水・大気環境局 水環境課 課長補佐
島村 正幸	環境省	水・大気環境局 水環境課 係長

みずほ情報総研株式会社（内田、久保、河西、佐野、古島）

目 次

1. ウォーターフットプリントとは	1
1.1 ウォーターフットプリントの概念	1
1.1.1 インベントリ分析の概念	1
1.1.2 影響評価の概念	3
1.2 ウォーターフットプリントの開発経緯と国際規格化の議論	5
1.2.1 ウォーターフットプリントの開発経緯	5
1.2.2 国際規格化の議論	6
1.3 ウォーターフットプリント評価の目的と手法の関係	6
1.3.1 評価目的	6
1.3.2 評価目的に適合した手法選択	7
1.3.3 既存事例におけるウォーターフットプリント評価目的と評価手法	8
2. ウォーターフットプリント算定手法 ～衣類製品を対象としたケーススタディ～	11
2.1 目的と調査範囲の設定	11
2.1.1 調査の目的	11
2.1.2 評価対象製品の内容	13
2.1.3 調査範囲	15
2.1.4 考慮したデータ	19
2.1.5 水の影響評価の方法論及び影響の種類	20
2.1.6 その他の前提条件	20
2.2 インベントリ分析	21
2.2.1 製造段階（原材料調達～生産）	21
2.2.2 流通段階	30
2.2.3 使用・維持管理段階（衣類の洗濯）	30
2.2.4 廃棄・リサイクル段階	31
2.2.5 インベントリ算定方法	32
2.2.6 インベントリ算定結果	34
2.3 ウォーターインパクト評価	44
2.3.1 影響評価の要素及び手順	44
2.3.2 水消費量の算定結果	49
2.3.3 ケーススタディとしての水への影響評価手法	56
2.3.3 その他の影響評価手法	67
2.4 結果の解釈	76

2.4.1	地域別の水消費量について	76
2.4.2	水質汚染との統合評価について	76
2.4.3	製品評価から事業評価へ	77
3.	評価事例集	78
3.1	農作物／食料品	79
3.1.1	うるち米	79
3.1.2	ピーマン	84
3.1.3	MicVac 調理品（肉じゃが）	88
3.1.4	豚肉	92
3.2	工業製品	95
3.2.1	給食用食器	95
3.2.2	事務服（ベスト）	99
3.2.3	洗濯機	103
3.2.4	冷蔵庫	105
3.2.5	シャンプー（植物由来プラスチック容器を使用）	106
4.	データベース／算定ツールの紹介	107

1. ウォーターフットプリントとは

1.1 ウォーターフットプリントの概念

水資源に関する興味の高まりに伴い、水を利用することで環境にどのような影響を与えているのか、どのように水を利用すれば環境への影響を抑えることができるのかといったことへの関心も高まってきている。このような背景の中、ウォーターフットプリントは、水利用に関する潜在的な環境影響を、原材料の栽培・生産、製造・加工、輸送・流通、消費、廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全体で定量的に評価する手法として開発が進められている。

ウォーターフットプリントは、環境への影響を評価することを目的としているため、使用した水量を単純に積み上げるのではなく、水利用によって生じる水量の変化及び水質の変化の量を捉え、その変化が環境に与える影響を評価する（図 1.1-1）。以下では、ウォーターフットプリントの主要な評価手順である「インベントリ分析」と「影響評価」についての概念を示す。

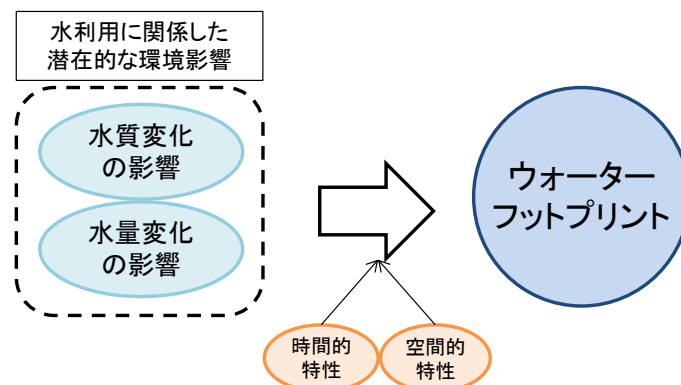


図 1.1-1 ウォーターフットプリントの概念

なお、ウォーターフットプリントとカーボンフットプリントの共通点として、製品やサービス、組織などについて、ライフサイクル全体を評価範囲とすること、ライフサイクル段階別の計算結果をもとに分析することでホットスポットの分析ができること等が挙げられる。

1.1.1 インベントリ分析の概念

ウォーターフットプリントのインベントリ分析では、特定プロセスにおける水利用による水質や水量の変化の量（インベントリデータ）を取得する。このとき、水質変化の量としては、水質汚染物質の排出量や濃度等のデータが取得される。また、水量変化の量とし

ては、水源からの取水量や排水量等のデータが該当する。

ウォーターフットプリントでは水量と水質を総合的に勘案するため、取水と排水で水質に大きな違いが無く、同じ地点で短期間に戻された水であれば、取水した水ではあるが、消費した水とはみなさないという考え方も可能である（図 1.1-2）が、他方、水質や地域、時間が異なる取水と排水の場合には、単なる水量変化だけでは評価できない。

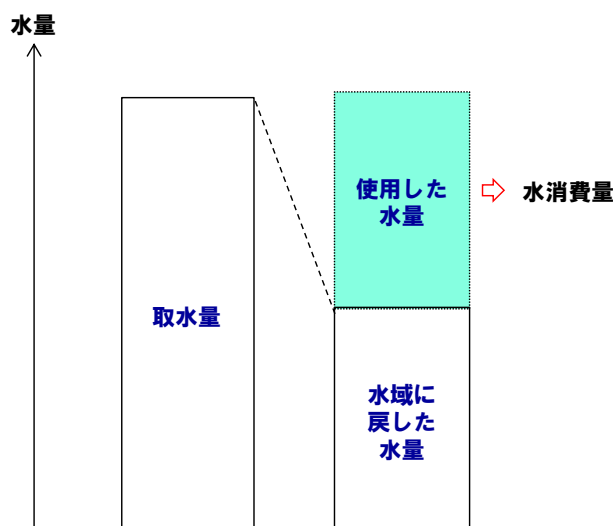


図 1.1-2 取水量と消費した水量の関係

ウォーターフットプリントでは、上述のように、水量、水質のみではなく、どの地点で利用したかやどの地点に排出したか（空間特性）、どの期間に利用したかやどの程度の期間をかけて排出したか（時間特性）についても、インベントリの情報として考慮する必要があり、地域や時間の違いにほぼ影響を受けないカーボンフットプリントよりも考慮すべき事項は多い。

空間特性を考慮する必要があるのは、水利用可能性が地域により異なるため、同量の水を使用した場合であっても地域によって水利用環境への影響が異なることが理由である。また、取水地点が上流で排水地点が下流の場合、取水地点から下流域における水利用可能性が変化する（河川上流から取水し水道水として消費され、河川下流や海域に排水された場合には、取水地点から排水地点の間では水を使用することができない）ため、例え同じ水質で排水したとしても、ある地域においては消費したことと同じと考えられる。

時間特性を考慮する必要があるのは、取水した季節等により水利用可能性が異なる（雨季と乾季の差など）ことなどが理由である。また、取水した時点から長期間経った後に排水される場合には、正確には、その期間は水を利用できる量が減っているとも考えられる。

ISO14046 においては、これらの特性は、既存の水文学の知見に基づき評価する必要があるとされている。

1.1.2 影響評価の概念

(1) 影響評価時に考慮する水への影響

ウォーターフットプリントで考慮すべき水への影響としては、大きく、水資源枯渇（水を消費することの影響）と水質汚染（水質汚染物質を排出することの影響）の 2 種類の影響領域が考えられる。また、ウォーターフットプリントでは、これらの水に関する影響を考慮した上で、評価の目的に応じて LCA と同様に影響領域を選択することが出来る。影響領域と評価目的の関係については、2 章に記述した。

【水資源枯渇の影響】

水資源枯渇の影響を考慮する際は、水消費量の評価に加え、地域に応じた水利用可能量を考慮することが望ましい。

水利用可能量で考慮する事項としては、水ストレス地域の様な地理的特性や事業活動により水質が劣化することによる間接的な水利用可能量の減少等が考えられる。

【水質汚染の影響】

水質汚染の影響を考慮する際は、評価する影響領域（富栄養化や生態毒性など）を、評価目的に応じて特定する必要がある。

(2) 評価の流れ

ウォーターフットプリント評価の流れを図 1.1-3 に示す。ウォーターフットプリント評価は、水量と水質に分けてそれぞれ実施される。影響評価までの流れは、①インベントリ分析、②影響領域の選択、③特性化、④統合化の 4 段階で実施され、目的に応じて①～④のどの段階まで評価するかを判断する。各段階の内容及び手順については、2 章に記述する。

水質汚染物質の排出は、汚染による影響のみでなく、水利用可能量の減少も引き起こすものと考えられる。しかしながら、現段階では、ISO で議論されている手法等を含めても、適切な評価手法は確立されていない。水利用に関係した潜在的な環境影響を定量化するため、水質の劣化による水利用可能量の減少を適切に評価する手法の開発が求められる。

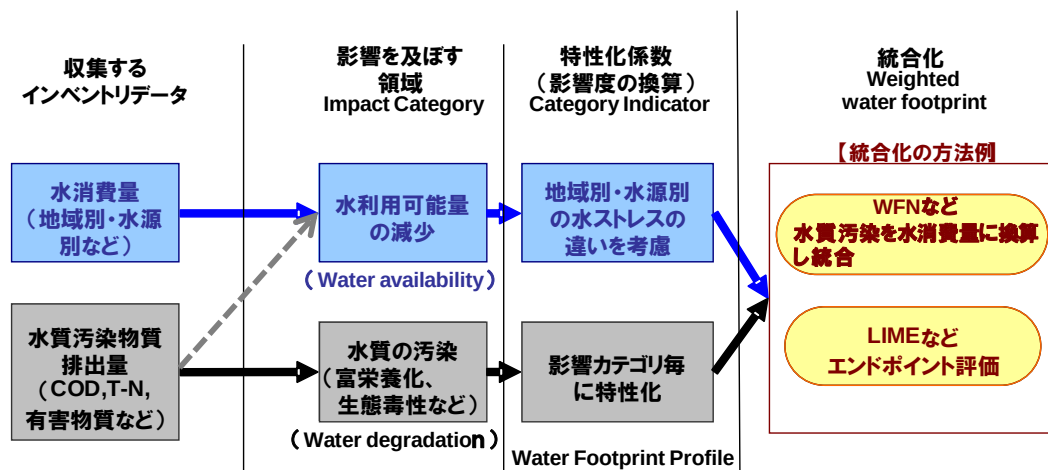


図 1.1-3 影響評価の流れ

(3) ISO14046 におけるウォーターフットプリント評価の考え方

ISO14046 では、ウォーターフットプリントは、影響評価まで実施する必要があるとしている。影響評価を実施せずにインベントリ分析のみを行ったものについては、ウォーターフットプリントインベントリ分析と呼び、ウォーターフットプリントと明確に区別している（図 1.1-4）。

また、同図が示している通り、ウォーターフットプリントは反復的な技法である。ウォーターフットプリントのそれぞれの段階は、他の段階の結果を相互に使用するものである。段階間で相互に反復的なアプローチをとることにより、評価結果の包括性、整合性が向上する。

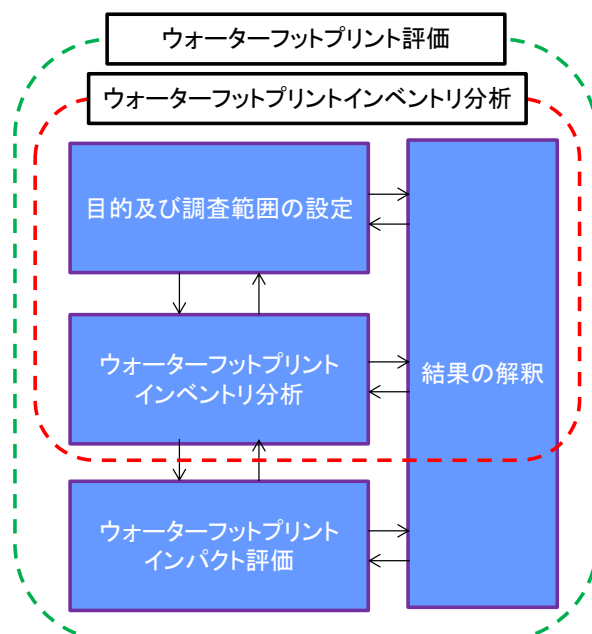


図 1.1-4 ウォーターフットプリント評価の段階

なお、ISO14046 の議論におけるウォーターフットプリントインパクト評価には、気候変動等、水以外の影響領域の評価も存在するが、必ずしも水以外の影響領域についての評価を要求してはいない。水量や水質の変化等、水に関する影響領域に関する評価を実施すれば良いとしている。この時、結果を統合化せず、影響領域ごとに示したものをウォーターフットプリントプロファイルと呼ぶ。一方、何らかの方法により重みづけを行い、統合化して示したものを重みづけされたウォーターフットプリントと呼ぶ（図 1.1-5）。

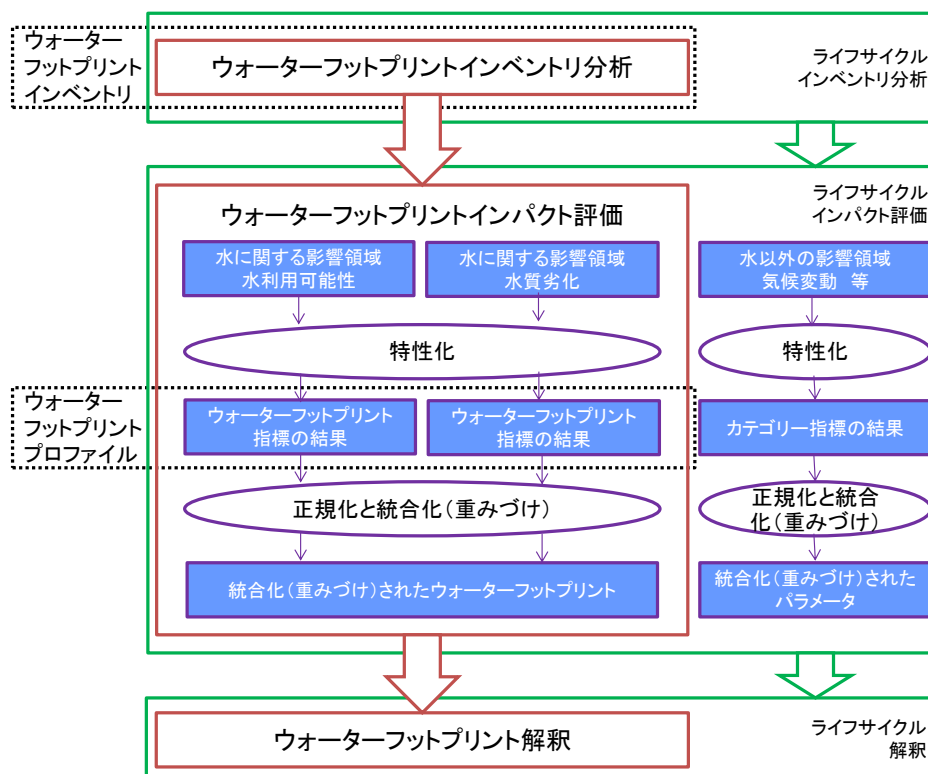


図 1.1-5 ウォーターフットプリントプロファイルと統合化（重みづけ）されたウォーターフットプリントの関係

1.2 ウォーターフットプリントの開発経緯と国際規格化の議論

1.2.1 ウォーターフットプリントの開発経緯

現在の ISO 規格化の議論では、ウォーターフットプリントはライフサイクルアセスメントに基づいて実施するものとしている。他方、ウォーターフットプリントのコンセプトは、以下の通り水文学の分野から生まれている。

2003 年に現在の Water Footprint Network (WFN) の手法に相当する算定手法を UNESCO-IHE の Hoekstra ら、水文学の研究者が提唱した。その後、Hoekstra らは、民

間団体として WFN を設立し、算定に関する研究を行ってきた。その後、水に対する関心が高まるにつれ、WFN 以外にも SETAC/UNEP、WBCSD 等、水の評価に取り組む機関や学会が増加した。

2009 年には、ISO においてウォーターフットプリントに関する規格提案が承認され、国際規格化に向けた検討が開始された。国際規格策定を行う主な目的としては、以下が挙げられている。

- ・水問題（水不足、水質の劣化など）や水の利用と管理の問題に対する関心の高まりを受けた、ウォーターフットプリント算定結果の報告に関する信頼性の確保
- ・水の評価が困難な ISO14040, 14044 に代わる手法の確立
- ・WFN を始めとした複数のイニシアティブによるウォーターフットプリント算定手法乱立の防止

1.2.2 国際規格化の議論

ISO では、ISO14046 として国際規格化に向けた議論が行われており、ISO14040 シリーズのライフサイクルアセスメントに関連する規格として議論されている。そのため、ライフサイクルアセスメントに則った評価が必要となり、インベントリ分析のみではなく、影響評価まで実施したものをウォーターフットプリントと呼ぶようになった。

また、ISO では、算定事例として Technical Report (ISO TR14073) の作成を議論している。ISO TR14073 には、各国の研究者が算定手法を提案している。規格文書本体と異なり、ウォーターフットプリントの算定を行う者が、この TR に掲載された事例の通りに算定する必要はないが、現段階ではウォーターフットプリントの算定事例が少ないため、TR に掲載された算定方法が影響力を持つ可能性もあり、議論の動向が注目されている。

1.3 ウォーターフットプリントの活用の意義

1.3.1 評価結果の活用方法

ウォーターフットプリントによる評価を実施する主な目的として、情報開示とリスク分析や内部改善、国民の水環境保全意識の啓発等が考えられる。

(1) 情報開示

情報開示を目的とする場合は、社外に対し、自社の取り組みや製品が水環境へ及ぼす影響を示すために実施する。

水環境に対する取り組みの優れている点や劣っている点を抽出して示す場合、企業活動全体の水環境への影響を総合的に示す場合等、社外に対して発信したい内容に合わせ、評

評価対象や評価手法を検討する必要がある。

（２）リスク分析・内部改善

リスク分析やその結果を踏まえた内部改善を目的とする場合は、社内の生産管理や製品や経営の企画を担当する者等に対し、自社の取り組みや製品が水環境へ与える影響が大きな工程や改善可能な工程を示すために実施する。また、評価のシステム境界を自社内に閉じず、サプライチェーンの上下流に広げることで、サプライチェーン全体におけるホットスポットを特定するために実施することもできる。

自社の取り組みや製品が水環境に与える影響を把握しておらず、まずは総合的に評価することで影響の大きい工程を特定する場合、水環境に与える影響が大きな項目を既に把握しており、その項目における環境影響の大きな工程を特定する場合等、企業の水環境影響の把握状況ごとに評価対象や評価手法を検討する必要がある。

（３）国民の水環境保全意識の啓発

国民の水環境保全意識の啓発を目的とする場合は、学校等における環境教育の教材としての利用、製品ラベリング等での利用が考えられる。

啓発対象者に対して伝えたいメッセージに合わせ、評価対象や評価手法を検討する必要がある。

1.3.2 活用方法に適合した手法選択

ウォーターフットプリントの評価を実施する際には、評価目的に応じて手法を選択する必要がある。

例えば、情報開示や国民の水環境保全意識の啓発を目的とする場合、開示や啓発の対象者が容易に評価の過程を理解可能な手法を用いる必要がある。

他方、内部改善においては、情報開示の対象者が社内であり、商品やサービスが作られる過程を熟知している点、また、事業のリスクを正確に把握するという観点からも、多少評価の過程が複雑になるとしてもより正確に環境影響を把握できる算定手法が求められる。

また、評価の過程のみでなく、統合化についても目的に応じて検討する必要がある。統合化した指標により１つのパラメータで示すことは、結果の比較を容易にするが、他方、統合化の際に評価者の価値観が反映され、情報開示の対象者による解釈の自由度を小さくし、正しい解釈を妨げる可能性がある。統合化を行わず、プロファイルで示すことは、比較は難しいものの、情報開示の対象者の価値観に従った評価が可能となる。

ISO14046においては、水消費量と水質劣化双方の影響を評価することとしている。しかし、評価目的が水消費量の水環境への影響を評価することである場合には、水量のみの評価を行うことも目的と合致する。

1.3.3 既存事例におけるウォーターフットプリント評価目的と評価手法

ウォーターフットプリントの活用事例は、未だ少なく、手法も完全に確立されているわけではない。そのため、ここでは以下の文献に掲載された事例における評価対象、評価目的、評価手法に着目し、その傾向をまとめた。

- ・ International Journal of Life Cycle Assessment : 2010～2012 年の掲載事例 (9 事例)
- ・ 日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集 : 第 6 回 (2011 年 3 月) ～第 8 回 (2013 年 3 月) の発表事例 (10 事例)
- ・ Water Footprint Network (WFN) のウェブサイトでの掲載事例 : <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Publications>、2013 年に公表された事例のみ (12 事例)

(1) 評価対象

調査対象とした合計 31 事例のうち、26 事例が製品、1 事例が組織、4 事例が地域を評価対象としていた。

また製品を対象とした 26 事例のうち、21 事例が農産物、5 事例が工業製品を対象としていた。ただし、農産物を対象とした事例に分類したもののうち、バイオ燃料の事例は化石燃料を、バイオ樹脂の事例は化石系樹脂を比較対象としており、工業製品との比較を行っていた。

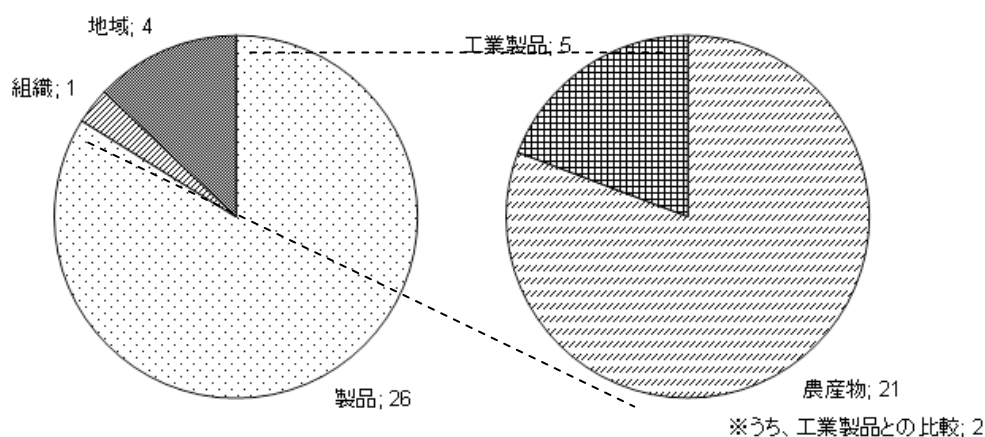


図 1.3-1 既存事例における評価対象の割合

(2) 評価目的

各事例における評価目的は、農産物の栽培方法の比較が 9 事例、工業製品や加工製品の製品間比較が 8 事例、ホットスポットの把握が 11 事例、企業における水資源管理が 1 事例、ライフスタイルの改善が 2 事例となっており、製品間比較とホットスポットの把握が主要な目的となっている。

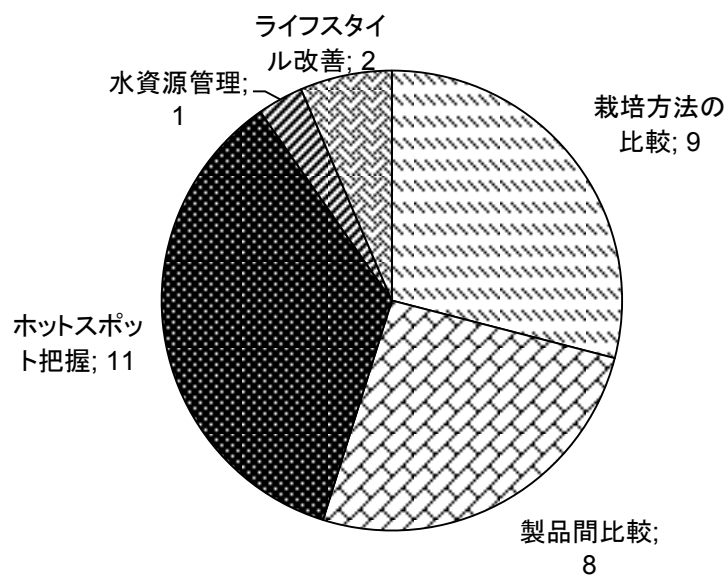


図 1.3-2 既存事例における評価目標の割合

(3) 評価手法

【影響評価手法】

図 1.3-3 に各事例が採用している評価手法の分布を示す。ISO では認められていないもののインベントリ分析のみのものも 6 事例と多く、影響評価まで実施したものでは WFN 型が 17 事例、その他の影響評価手法を採用しているものが 8 事例であり、WFN の事例が多いことも影響し、WFN 型が最も多く用いられている結果になった。ただし、WFN 型の 17 事例全てが、WFN のウェブサイトに掲載されていた事例という訳ではなく、6 事例は日本 LCA 学会研究発表会での発表事例である。

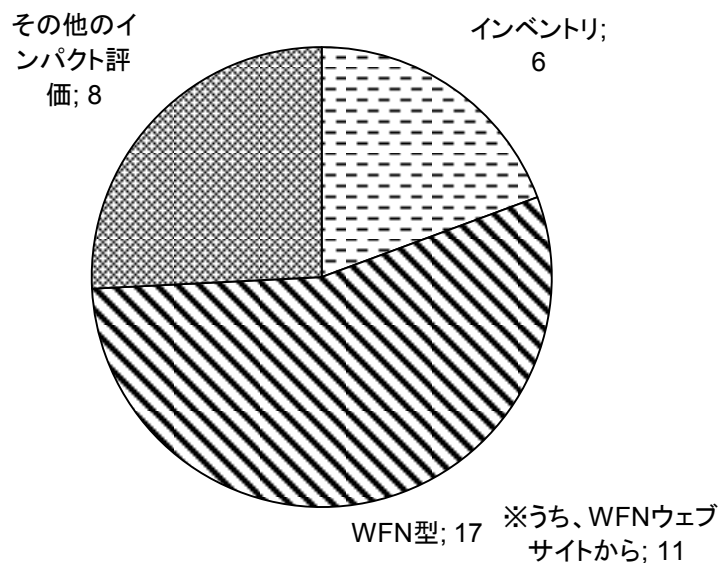


図 1.3-3 既存事例における影響評価手法の利用割合

【水質に関する影響評価手法】

図 1.3-4 に各事例が採用している水質に関する影響評価手法の分布を示す。31 事例のうち 20 事例は、水の消費だけではなく水質も考慮しており、そのうち 15 事例が WFN 型のグレイウォーターとして水質を考慮している。残りの 5 事例は、既存の環境影響評価手法の一部として水質を考慮しており、水消費量や水質以外の環境側面、例えば土地利用等についても併せて評価を行なっている。

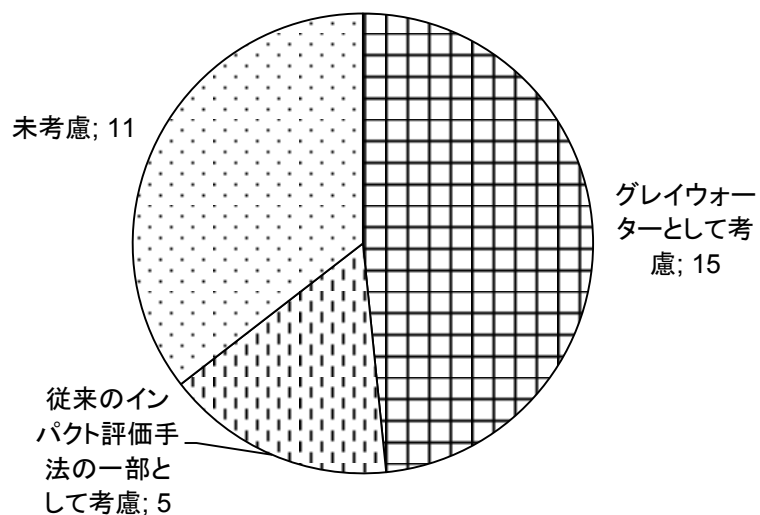


図 1.3-4 既存事例における水質に関する影響評価手法の割合

2. ウォーターフットプリント算定手法 ～衣類製品を対象としたケーススタディ～

本章は、衣類製品（ジャケット）を対象とした具体的なウォーターフットプリント（以下、WF という。）の算定内容及び結果の事例を記載する。記載にあたっては、ISO/DIS14046 の規格文書の報告内容・手順を参照し、算定者が WF の算定内容をトレースできるよう具体的な数値を詳細に記述した。ただし、原単位データ（Background data, 材料 1kg 製造あたりの水消費量等）は、現時点で非公開のため、数値自体は記載していない。

2.3 節に示すウォーターインパクト評価については、現在、国内外で様々な評価手法が提案されている。この事例集では、主に日本より提案している手法、日本で利用されている手法を中心に、具体的な算定手順と事例を示す。算定事例を示さない手法についても、主要な手法の概要を紹介する。

なお、本事例は、「繊維製品（衣料品）の LCA 調査報告書」（経済産業省製造産業局繊維課、2009 年 5 月）の数値や、その他の公開文献の数値をもとに、独自に算定を行ったものである。後述の通り、算定内容をトレースすることで、算定方法の具体的手順の理解を目的としたものであるため、ジャケットの算定結果としてはあくまでも仮定のものであり、結果の妥当性を保証しない。また、事例として解釈を加えているが、算定結果を用いたプロセス改善等の示唆を目的としたものではない。

2.1 目的と調査範囲の設定

2.1.1 調査の目的

評価の範囲や評価手法は、評価の目的に従って設定される。そのため評価の目的を設定することは、WF の調査全体にとって重要な項目である。

調査の目的としては、通常の LCA と同様に「調査結果の利用用途」「調査の実施理由」「調査結果の伝達先」「比較主張を意図しているか」を示すとともに、WF として特徴的な項目として、「WF のみの評価か LCA の一部としての評価か」を示す必要がある。

（1）調査結果の利用用途／調査の実施理由／伝達先

【調査結果の利用用途及び伝達先】

本調査は、この算出事例集を用いて、国内で製品の WF の算出を試みる人に対して、算出の手順を広く理解していただくことを目的として実施する。

【調査の実施理由】

WF は、ライフサイクルでの評価が本格化したばかりの状況であり、国内の事業者や研究者も算定内容・方法について、CO₂ 排出量に比べて理解度は高まっていない。算定者の理解度を高め、WF へ対応する際の参考となる資料として、本調査は、手順を具体的に示した事例を示すことを実施理由とする。

＜参考＞ 調査目的に関するその他の例

調査目的の記載としては、以下のような例が考えられる。

- 水消費に配慮した環境配慮型製品について、水消費の改善度合いを定量的に評価し、その結果を販売促進の材料・ツールとして活用することを目的とする。
- 組織全体の水消費に関するリスクの改善施策を検討する。そのため、リスクを定量的に把握することを目的に組織全体の WF を実施する。
- 小学生に対して、水環境／水の大切さを知ってもらう。そのため、わかりやすい製品を対象として、ライフサイクル全体の水消費、水質汚染と、その中で自分の行動がどの程度影響しているかを数量で示すことを目的とする。

（２）WF のみの評価か LCA の一部としての評価か

本調査は、WF の算定手順を具体的に示すことを目的としている。そのため、他の環境影響領域については考慮せず、水に関連する影響領域（WF の範囲内）のみを評価対象とする。

国際規格においては、LCA の一環として WF を用いるかどうかを定めることが求められる。実際の算定においては、評価の目的に従って、WF 以外の環境影響領域についても考慮しているかどうかを示す必要がある。

（３）比較主張のための LCA 評価の一部であるか

本調査では、評価結果の分析例として、複数ケースでの比較を行うが、その結果をもって環境優位性の主張を行うことはしない。

2.1.2 評価対象製品の内容

(1) 評価対象製品

本調査では、以下に示すジャケットを対象製品とした。製品は、表地が羊毛 50%、ポリエステル 50%の混紡糸で重さ 521.6g、裏地と芯地はポリエステル製で重さはそれぞれ 60.9g、70.0g である。その他、ボタン 3.1g とその他の副資材 17.1g（ともに素材はポリエステル）で構成されている。なお、本調査では、ポリエステルに関しては、全てバージンの材料を用いることとし、再生材は使用していない。

表 2.1-1 調査対象服種の仕様

パーツ名		サイズ	要尺	仕上り重量 [g]	投入重量 [g]	素材名
表地		152cm 巾		260.8	696.00	ポリエステル
				260.8		羊毛
裏地		122cm 巾		60.9	87.00	ポリエステル
芯地		92cm 巾		70.0	100.00	ポリエステル
釦	釦	21mm	2 個	2.04	3.06	ポリエステル
	内釦	21mm	1 個	1.02		ポリエステル
その他	パット	15mm	1 組	15.11	17.14	ポリエステル
	ゆきわた		1 組	2.03		ポリエステル

(出典) 経済産業省製造産業局繊維課 (2009 年 5 月)「繊維製品 (衣料品) の LCA 調査報告書 染色工程等のデータ修正に伴う更新版」

(2) 製品の使用・維持管理

本調査では、ライフサイクル期間中に 20 回の洗濯を行うこととした。20 回の洗濯についてはカーボンフットプリントコミュニケーションプログラムの PCR における重衣料の条件を参照している。

【洗濯方法】

洗濯方法として、石油系溶剤を使用する場合とテトラクロロエチレンを使用する場合の 2 種類のドライクリーニングについて算定を行った。また、参考として温水を使用するランドリーについても算定を行った。表 2.1-2 に各洗濯方法における投入量を示す。

表 2.1-2 洗濯方法別の入出力

				ドライクリーニング 石油系溶剤	ドライクリーニング テトラクロロエチレン	ランドリー	
衣類重量				g	800	800	250
投入量	洗濯	石油系溶剤	kg	3.34E-02			
		テトラクロロエチレン	kg		1.31E-03		
		洗剤(LAS, AE)	kg	4.00E-03	1.00E-02		
		洗剤(AE)	kg				4.50E-03
		洗淨助剤 (ケイ酸ナトリウム)	kg				1.50E-03
		洗淨助剤(ソーダ灰)	kg				1.00E-03
		サイズ剤(PVAc)	kg				2.50E-03
		蒸気	kg	6.36E-01	1.49E+00		
		電力	kWh	1.27E-01	1.66E-01	2.12E-02	
		都市ガス	m3			8.95E-03	
		冷却水	kg		2.40E+00		
		洗淨水	kg			4.33E+00	
	仕上げ	蒸気	kg	7.00E-01	7.00E-01	4.00E-01	
		電力	kWh	2.17E-02	2.17E-02	7.93E-03	
	店舗	電力	kWh	1.30E-01	1.30E-01	1.30E-01	
排出量		排水	kg			4.33E+00	

(出典) 山口ほか (2010, 日本 LCA 学会誌 Vol6, No3) 「クリーニングの CO2 排出量の算定」

(3) 製品の廃棄

本調査では、カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムの PCR におけるスクールユニフォームのシナリオを参照し、使用済みとなった衣類を一般廃棄物とし 100%焼却処分とした。

なお、後述の WF の算定結果からは、リサイクルによる削減の効果が大きいように考えられたが、本調査ではリサイクルによる削減の可能性については検討していない。

2.1.3 調査範囲

(1) 機能及び機能単位

- ・機能：衣類の基本的な機能を満たすもの（これを清潔に使い続けること）
- ・機能単位：2.1.2 で示したサイズの衣類 1 着分、洗濯 20 回

(2) 基準フロー（算定単位）

- ・機能単位と製品性能から、算定単位としては 2.1.2 に示したサイズのジャケット 1 着を評価することとする。

(3) システム境界（評価範囲）

①ライフサイクルフロー図

- ・本調査では、以下、図 2.1-1 及び図 2.1-2 に示すライフサイクルのプロセスを対象とした。
- ・製造段階については、対象製品、原料となる繊維、羊毛、ポリエステル繊維の出発原料となる石油製品等の製品に関連するすべての生産、原油の採掘・採取・国内までの輸送、羊毛の国内までの輸送を考慮した（それらの全プロセスにおける水消費量を計上している）。
- ・使用・維持管理段階は、クリーニング店におけるクリーニングの工程として、工程における各種材料（洗剤・薬剤等）、エネルギー（電力、蒸気、都市ガス等）、水の製造、排水プロセスを考慮した。
- ・そのほか製品の流通（工場から店舗）、製品の廃棄を考慮した。

②対象外とする範囲

- ・本調査では、以下に示すプロセスについては評価範囲に含めないこととした。以下に示すプロセスは、基本的に WF の結果に対して大きな影響を及ぼさないものと考えたためである。
 - － 羊毛の海上輸送以外の部品・材料の調達輸送
 - － 表地、裏地、芯地以外の部材の加工
 - － 店舗における販売
 - － 使用済み製品の廃棄処理場までの輸送
 - － 輸送資材や製品包装材、クリーニング時の包装材等の副資材の製造・廃棄
- ・本調査では、算定手順を示す目的に従い、一部のプロセスを簡易化している。クリーニングにおける包装材やハンガー、廃棄処理場までの輸送については文献（山口ほか「クリーニングの CO2 排出量の算定」（2010, 日本 LCA 学会誌 Vol6, No3））に投入量や条件が掲載されているので、それらから算定を行うことが可能である。

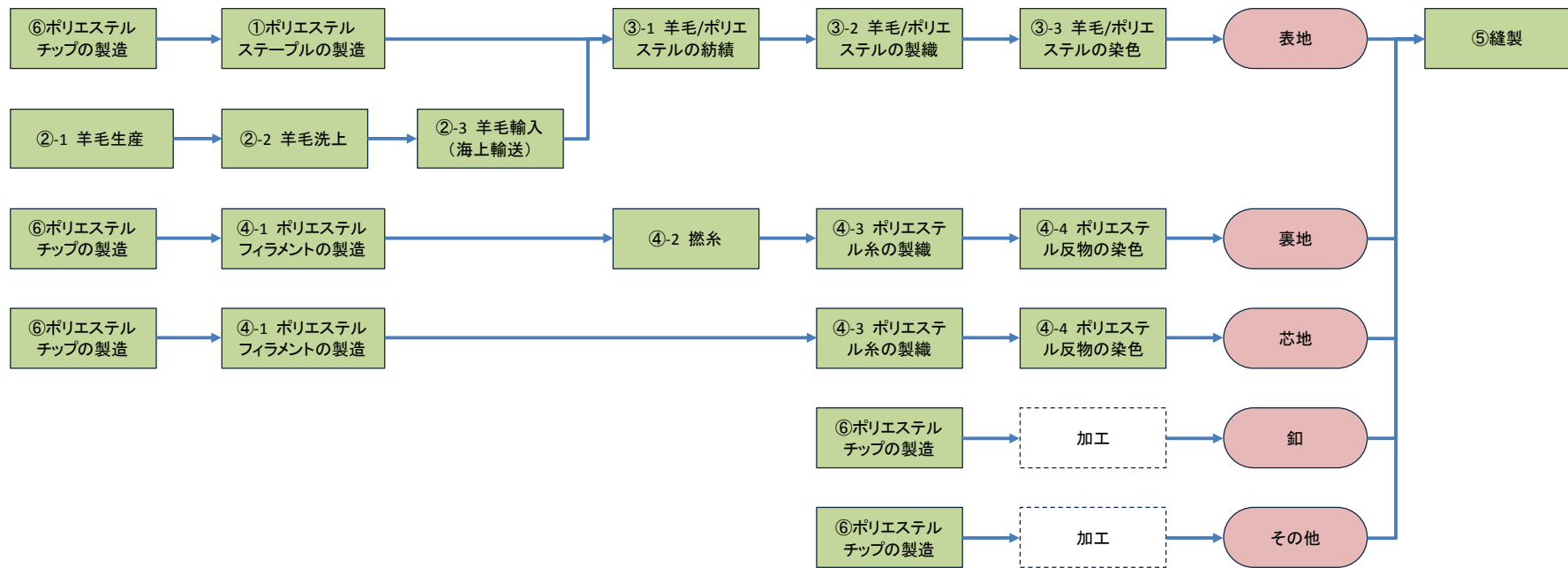


図 2.1-1 本調査におけるライフサイクルフロー（原料製造から縫製）
（点線のプロセスは対象外としたプロセス）

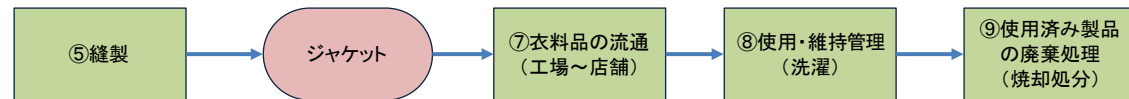


図 2.1-2 本調査におけるライフサイクルフロー（縫製から廃棄処理）

③一次データの収集範囲

- ・本調査では、以下の公開文献からの情報をもとに算定を行っている。
 - － 繊維原料（ポリエステルチップ、羊毛）から繊維製品（ジャケット）の製造に至るまでの各製造プロセスの投入物・排出物の量
（製造時の材料、エネルギー、水の投入量、排水量、水質汚染物質の排出量）
 - － 衣料品の流通に関する軽油の消費量
（以上は、経済産業省製造産業局繊維課「繊維製品（衣料品）の LCA 調査報告書 染色工程等のデータ修正に伴う更新版」（2009 年 5 月））
 - － 使用維持管理段階（クリーニング工程）における、各種投入物・排出物の量
（山口ほか「クリーニングの CO2 排出量の算定」（2010, 日本 LCA 学会誌 Vol6, No3））

④使用した二次データ

- ・本調査では、③に示す公開文献から得た活動量に対して、産業技術総合研究所で整備が進んでいる IDEA Ver2.0 のデータを産業技術総合研究所の協力のうででを使用した。主に使用したデータは、以下の通りである。
 - － 繊維原料となるプラスチックチップの製造データ
 - － 繊維原料となる羊毛の製造データ
 - － 公共電力、蒸気、化石燃料等の各種エネルギーの製造データ
 - － 製造や使用・維持管理段階で投入される各種投入材料（洗剤、薬剤等）の製造データ
 - － 各種廃棄物の廃棄処理、排水の処理
- ・使用した全ての二次データは、Cradle to Gate のデータとなっている。

⑤一次データにおける水消費の考え方

- ・1 章で述べたように、WF では、水の利用可能性の減少を考慮することが重要であるため、取水量、排水量より水の消費量（製品内に含まれる、蒸気となり大気中に放散される等、プロセス内で消費される水の量）を計上する必要がある。ここでは、水の消費に関する考え方について、以下の通りに整理した。
 - － 原則として、水使用量（取水量）と排水量のインベントリデータを、それぞれ収集する。
 - － 上水道、工業用水道については、その上流でどのような取水源から水を得ているかが必要になる。工場で使用している水道の水源がわかるのであれば、その水源を用いることが望ましいが、ここでは、上水道、工業用水道の上流をデータベースの数値を用いて算定した（表層水と仮定したもの）。
 - － 工場における排水については、排水処理が行われ、取水した水と同等の利用

可能性を有する水質となっているものと想定し、水使用量から差し引き、消費量のインベントリとした。ただし、排水量が不明の場合は、全量を消費したものとみなした。

- ー また、以下に示すような場合は、消費したものとみなした。
 - ✓ 使用した水が地下水の場合は、排水処理を実施しても地下水に戻らないので、地下水を消費したこととする。(今回はそのようなケースは無し)
 - ✓ 排水処理されずに下水道に流される場合は、河川水に戻すのではないため消費として扱う※。
- ※ 研究会では、下水処理後には公共用水域に戻ることが想定されるため、河川に戻すという考え方も提示された。下水処理を消費したものとみなすかどうかは、場面によって異なるものと思われる。インベントリとして排水先・排水量を明記し、算定の考え方を示すことが重要になる。
- ー 排水処理時や下水処理時に消費される水の消費量は、排水処理、下水処理プロセスの消費量として計上する(二次データを使用)。
- ー 文献では、個別のプロセスにおいて水使用量と同等の排水量が計上されているものがある。他方、水使用量と同等の排水量でありながら、水使用量の内訳として蒸気が記載されているものがある。本調査では、蒸気として使用している場合には、水使用量と排水量が同じであっても、蒸気用の水使用量を消費とみなしてインベントリに計上した。
- ー なお、クリーニングで使用している水についても、排水が行われるが、これは通常の下水处理にいくものと考え、全量を消費とした。

⑥WFにおける工場の水使用量、排水量の考え方について

- ・カーボンフットプリントでは、排水処理の負荷を過少に評価すること避けるため、排水量が不明の場合には、水使用量と同量の排水量が計上されることも多い。
- ・WFにおいては、水使用量と同量の排水量を計上する場合、水消費量が過少に評価されるため、工場の一次データを収集する際、排水量のデータを過大に計上しないように留意する必要がある(排水量が不明の場合、極端に言えば、全てを消費とみなして、水使用量のオーダーを確認する等が考えられる)。
- ・また、WFでは水質汚染物質についても検討する必要があるが、水消費量とは逆に水質汚染物質については排水量を過少にみると、排出量が過小評価される。場合によっては水消費量と水質汚染物質の排出量の算定において、排水量の数値を切り分けるなどの評価も必要かもしれない。
- ・本調査では、①～⑤の考え方を取ったが、以上の点も考慮し、個別の算定目的に従って評価を行うことが望ましい。

2.1.4 考慮したデータ

(1) データ収集項目

表 2.1-3 に本調査におけるデータ収集項目を示す。本調査では、水量と水質汚染への影響の両方を考えることとした。

表 2.1-3 本調査におけるデータ収集項目

影響領域	環境負荷項目／データ収集項目
水資源枯渇 (水消費)	・ 水使用量（取水）、排水量と排水先 ・ 取水源別消費量（地表水、地下水、雨水） ・ 水利用形態別（蒸発散と蒸発散以外、工場における蒸気利用） ・ 地域別消費量（国別）
富栄養化	COD、BOD、SS、Total-N、Total-P

【水消費量について】

- ・ 2.1.3 で示したように、水使用量と排水量のデータを整理した。
- ・ 一次データの排水量については、排水先が下水であるかどうかを区分し、下水以外
は取水源に戻すものとした。
- ・ 水質の違いについては、工場に関しては取水と排水の実質上の水質の差は無いもの
とした（下水以外の排水については、水使用量から排水量をそのまま差し引いて消
費量とする）。クリーニングの排水は、下水道に放流し、水質が変化すると考え、排
水量を取水量から差し引かないこととした（水使用量をそのまま消費量とする）。
- ・ 取水源は、二次データベースに従い、地表水、地下水、雨水に分けて算定した。
- ・ 水利用形態は、二次データベースに従い、地表水に関しては蒸発散と蒸発散以外の
量で計上、雨水は全て蒸発散として計上している。ただし、本調査の結果では地表
水の利用形態を蒸発散とそれ以外に分ける意味がみられないことから、結果的に水
利用形態の違いによる計上は行わず、分析も実施していない。
- ・ 排水の形態について、工場の位置によっては、取水源とは異なる（例えば河川水を取
水し、海水へ排出する）ことも考えられるが、今回の調査では、同様の水質・水
源で排出することとしたため、その影響については考慮しないこととした。
- ・ 2.3 節に述べる影響評価では、地域別の消費量を考慮しているが、本調査では、国別
の消費量を分析した。ただし、ここでは輸入量及び水消費量の多い羊毛についてのみ海外（主要輸入先）の消費を検討しており、その他の海外原料は考慮していない
（日本国内の消費とみなす）。
- ・ 季節的な差異について、製品は 1 年を通して生産されるものとして考慮していない。
また、原料の採取時期などは、情報が少ないことから検討できていない。
- ・ 土地利用変化による水消費の変化についても考慮していない。

【水質汚染物質】

- ・本調査では、算定事例を示すことを目的としているため、影響評価の事例を示すことを考慮して、水質汚染の影響領域も考慮することとした。
- ・影響領域としては、対象とした文献でデータ入手が可能であり、代表的な水質汚染問題の一つである富栄養化を考慮した。
- ・富栄養化に関しては、国内においても地域性が重要となるが、ここでは日本国内で平均的に排出されるものとして、地域性までは考慮できていない。
- ・本調査では取り扱わないが、実際の算定においては、他の水質汚染の問題（2.3 節参照）についても、評価目的に従って検討する必要がある。例えば、重金属の削減技術の評価する場合や重金属に影響を及ぼす懸念のある事例の場合には、そのような物質も検討する必要がある。

（２）二次データについて

評価で使用した二次データ及び本評価での利用方法は、2.2.5 節の表 2.2-15 に示した。

2.1.5 水の影響評価の方法論及び影響の種類

本調査では、2.3.2 節、2.3.3 節において影響評価を行った。2.3.2 節では水消費量に関する評価を、2.3.3 節では以下の三つの影響評価手法による評価を行った。2.3.3 節の影響評価における影響の種類は、①については水資源枯渇（水消費）のみ、②、③については水消費と富栄養化の両方を評価した。

- ① 日本によって立案された Water Scarcity Footprint を評価する手法
- ② LIME（国内で水質に係る影響領域を評価可能な代表的な手法）
- ③ WFN の手法（国際的に広く用いられており、既存の評価事例が多く存在）

2.1.6 その他の前提条件

- ・カットオフ基準、配分基準については、特に規定しない（カットオフは行わない、配分は ISO14040 の基準に従って実施する）。
- ・データ品質評価は、ISO で要求される手続きであるが、現状で評価方法は確立されていないこと、水に関連する特別な事項は無いものと思われることから、本事例集の中では特に説明しない。

2.2 インベントリ分析

2.2.1 製造段階（原材料調達～生産）

製造段階の一次データは、「繊維製品（衣料品）の LCA 調査報告書」（経済産業省製造産業局繊維課、2009 年 5 月）のプロセスごとの入出力データを用いている。以下、特に断りの無い限り、投入量・排出量のデータは、当該報告書の数値を引用したものである。

なお、表中の水使用量、排水量は各プロセスにおける直接の使用・排水量であり、WF の計算には各投入材料製造時の水使用・排水量が加算される。

（１）ポリエステルステープルの製造

表 2.2-1 にポリエステルステープルの製造に伴う、入出力のデータを示す。

紙管に関しては、全量が再利用されることから、製造時のデータは考慮しない。紙管については、この後のすべてのプロセスで同様の扱いであり、全ての工程で算定に含めていない。

産出物では、ロスが生じ、うち有効利用量が整理されているが、この有効利用量まで含めて本プロセスに投入された材料の負荷は、全て製糸が負うものとして計上した（配分は行っていない）。この点についてもこの後の全てのプロセスで同様に扱った。

（２）羊毛の製造・輸入

羊毛に関するデータは、羊毛生産、羊毛の洗い上げ、羊毛の海上輸送の 3 つのプロセスを対象とした。

① 毛生産

表 2.2-2 に羊毛生産に伴う、入出力のデータを示す。ただし、これらのデータには、羊の育成等に伴う水使用量・排水量が含まれないため、これらのデータに、IDEA より羊毛生産の水使用量・排水量のデータ（データ名は整毛品）を追加した。

②羊毛の洗上

表 2.2-3 に羊毛の洗上工程の入出力データを示す。①羊毛生産では、羊毛のグリージョ（脂つき原毛）が生産されるが、その後のプロセスでは、洗上工程を経た脂を洗い落とした羊毛が持ち込まれる。

④ 毛の海上輸送

表 2.2-4 に羊毛の海上輸送に伴う入出力データを示す。日本の羊毛輸入先は、2012 年ではニュージーランド（23.9%）、オーストラリア（23.3%）が上位 2 国となっているが、

ここではオーストラリアからの輸送を想定している。

(3) 表地の製造

表地（羊毛／ポリエステル）の製造に関するデータは、紡績、製織、染色の 3 つのプロセスが対象となる。

① 毛／ポリエステルの紡績

表 2.2-5 に羊毛／ポリエステル混紡糸の紡績に伴う入出力のデータを示す。水使用量と排水量が同量であるが、一部が蒸気用に用いられていることから、蒸気用を消費したものとみなして算定を行った。なお、排水量については文献のままの数値を示し、消費量を差し引いてはいない。

② 羊毛／ポリエステルの製織

表 2.2-6 に羊毛／ポリエステル紡績糸の製織（反物の製造）に伴う入出力データを示す。

③ 羊毛／ポリエステルの染色

表 2.2-7 に羊毛／ポリエステル反物の染色に伴う入出力データを示す。水使用量と排水量が同量であるが、排水は下水処理されていることから、下水処理の扱いとして計上した（水使用量を全量消費量とみなす）。

(4) 裏地、芯地の製造

裏地、芯地（ポリエステル）の製造に関するデータは、ポリエステルフィラメントの製造、撚糸、ポリエステル糸の製織、ポリエステル反物の染色の 4 つのプロセスが対象となる。

① ポリエステルフィラメントの製造

表 2.2-8 にポリエステルフィラメントの製造に伴う入出力のデータを示す。

フィラメント製造で得られる製糸の量は、芯地用に撚糸に投入される量と裏地用に製織に投入される量の合計値とした。

② 撚糸

表 2.2-9 に撚糸（反物の製造）に伴う入出力データを示す。

なお、芯地には撚糸プロセスが含まれるが、裏地では撚糸プロセスが存在しない。そのため、撚糸プロセスから産出される加工糸の量は芯地用の加工糸分だけとし、加工糸の産出量に見合った入出力データを整理した。

③ポリエステル糸の製織

表 2.2-10 にポリエステル糸の製織に伴う入出力データを示す。

製織プロセスでは排水量のデータが不明であったことから、水使用量のすべてを消費量として算定を行った。

④ポリエステル反物の染色

表 2.2-11 にポリエステル反物の染色に伴う入出力データを示す。

染色プロセスでは排水量のデータが不明であったことから、水使用量のすべてを消費量として算定を行った。

(5) 縫製

表裏地、表地、芯地、釦、その他付属品からジャケットを縫製するプロセスにおける入出力データを表 2.2-12 に示す。

縫製プロセスでは排水量のデータが不明であったことから、水使用量のすべてを消費量として算定を行った。

(6) ポリエステルチップの製造

ポリエステルステープル(表地の原料)、ポリエステルフィラメント(裏地、芯地の原料)、釦やその他付属品の原料となるポリエステルチップについて、原料の採掘からポリエステルチップの製造までのインベントリデータは、IDEA Ver2.0 のポリエチレンテレフタレートのデータを用いた。釦やその他付属品については、加工時の歩留まりを考慮せず、衣類に使用されている重量をそのまま利用した。

表 2.2-1 ポリエステルステープルの製造に伴う入出力データ

		製糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	繊維用チップ	1,040 kg	0.377 kg
	紙管(プラスチック)	500 kg	0.181 kg
産出物	製糸(E・s)	1,000 kg	0.362 kg
	ロス(固形廃棄物)	40 kg	0.014 kg
	内有効利用量	37 kg	0.013 kg
	紙管(プラスチック):再利用	500 kg	0.181 kg
エネルギー投入量	公共電力	272 kWh	0.098 kWh
	C 重油	77 L	0.028 L
	石炭	82 kg	0.030 kg
	オイルコークス	14 kg	0.005 kg
	LPG	5 kg	0.002 kg
水使用量(取水)	(工業用水)	140,000 kg	0.051 t
排水量		140,000 kg	0.051 t
水消費量		0 kg	0 t
環境負荷排出量	COD	4,000 g	1.448 g
廃棄物	廃プラスチック	2,800 g	1.014 g
	燃え殻	8,200 g	2.969 g

表 2.2-2 羊毛生産に伴う入出力データ

		羊毛 1kg あたり	製品 1 着あたり
エネルギー投入量	灯・軽油、ガソリン(平均値)	378 L	0.149 L
	電力	250 kWh	0.098 kWh
	その他生産剤1	702 kg	0.276 kg
	その他生産剤2	9 kg	0.003 kg
	輸送(ガソリン)	59 L	0.023 L
産出物	羊毛	1,000 kg	0.393 kg

※本データに IDEA の整毛品製造の水消費量等を加えた

※その他生産剤に関しては内容が不明のため、算定対象外とした

表 2.2-3 羊毛の洗上に伴う入出力データ

		羊毛 1kg あたり	製品 1 着あたり
エネルギー投入量	天然ガス	2,551 L	1.004 L
	電力	353 kWh	0.139 kWh
産出物	羊毛	1,000 kg	0.393 kg

表 2.2-4 羊毛の海上輸送（オーストラリア→日本）に伴う入出力データ

		羊毛 1kg あたり	製品 1 着あたり
エネルギー投入量	C 重油	20 L	0.008 L
	A 重油	1 L	0.000 L
産出物	羊毛	1,000 kg	0.393 kg

表 2.2-5 羊毛／ポリエステル混紡糸の紡績に伴う入出力データ

		紡績糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	投入原料繊維(W)	563 kg	0.393 kg
	投入原料繊維(E・S)	518 kg	0.362 kg
	紙管(プラスチック)	541 kg	0.378 kg
産出物	紡績糸	1,000 kg	0.699 kg
	ロス(固形廃棄物)	81 kg	0.057 kg
	内有効利用量	80 kg	0.056 kg
	紙管(プラスチック): 再利用	541 kg	0.378 kg
エネルギー投入量	公共電力	5,128 kWh	3.584 kWh
	消費蒸気	4,770 kg	3.334 kg
	C 重油	360 L	0.252 L
	都市ガス	12 m3	0.008 m3
水使用量(取水)	総量(工業用水)	10,305 kg	0.007 t
	蒸気用	5,104 kg	0.004 t
	蒸気用以外	5,201 kg	0.004 t
排水量		10,305 kg	0.007 t
水消費量		5,104 kg	0.004 t
廃棄物	廃プラスチック	7,026 g	4.911 g
	廃油	172 g	0.120 g

表 2.2-6 羊毛／ポリエステル紡績糸の製織に伴う入出力データ

		反物 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	紡績糸(W/E)	1,031 kg	0.699 kg
	紙管(プラスチック)	516 kg	0.350 kg
産出物	反物(W/E)	1,000 kg	0.678 kg
	紙管(プラスチック):再利用	516 kg	0.350 kg
	ロス(固形廃棄物)	31 kg	0.021 kg
	内有効利用量	31 kg	0.021 kg
エネルギー投入量	公共電力	2,140 kWh	1.451 kWh
廃棄物	廃プラスチック	915 g	0.620 g
	廃油	1,887 g	1.279 g

表 2.2-7 羊毛／ポリエステル反物の染色に伴う入出力データ

		反染品 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	反物(W/E)	975 kg	0.678 kg
	染料	56 kg	0.039 kg
	界面活性剤	8 kg	0.006 kg
	その他	4 kg	0.003 kg
産出物	反染品(W/E)	1,000 kg	0.695 kg
	洗い流される分	14 kg	0.010 kg
	染料残渣	4 kg	0.003 kg
	界面活性剤	8 kg	0.006 kg
	ロス(固形廃棄物)	17 kg	0.012 kg
	内有効利用量	0 kg	0.000 kg
エネルギー投入量	公共電力	1,850 kWh	1.286 kWh
	消費蒸気	24,000 kg	16.687 kg
	C 重油	1,920 L	1.335 L
	都市ガス	29 m3	0.020 m3
水使用量(取水)	総量(工業用水)	424,097 kg	0.295 t
	蒸気用	24,097 kg	0.017 t
	蒸気用以外	400,000 kg	0.278 t
排水量	(下水処理)	424,097 kg	0.295 t
水消費量		424,097 kg	0.017 t
環境負荷排出量	COD	12,168 kg	8.460 kg
	BOD	16,077 kg	11.178 kg
	SS	3,324 kg	2.311 kg
廃棄物	廃プラスチック	17,400 g	12.098 g

表 2.2-8 ポリエステルフィラメントの製造に伴う入出力データ

		製糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	繊維用チップ	1,050 kg	0.230 kg
	紙管(プラスチック)	500 kg	0.109 kg
産出物	製糸(E・f)	1,000 kg	0.219 kg
	ロス(固形廃棄物)	50 kg	0.011 kg
	内有効利用量	47 kg	0.010 kg
	紙管(プラスチック):再利用	500 kg	0.109 kg
エネルギー投入量	公共電力	762 kWh	0.167 kWh
	C 重油	216 L	0.047 L
	石炭	230 kg	0.050 kg
	オイルコークス	39 kg	0.009 kg
	LPG	14 kg	0.003 kg
水使用量(取水)	(工業用水)	140,000 kg	0.031 t
排水量		140,000 kg	0.031 t
水消費量		0 kg	0 t
環境負荷排出量	COD	4,000 g	0.875 g
廃棄物	廃プラスチック	3,500 g	0.766 g
	燃え殻	23,000 g	5.032 g

表 2.2-9 撚糸に伴う入出力データ

		加工糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	投入原料繊維(E・f)	1,016 kg	0.118 kg
	油剤	10 kg	0.001 kg
	紙管(プラスチック)	508 kg	0.059 kg
産出物	加工糸(E・f)	1,000 kg	0.116 kg
	ロス(固形廃棄物)	26 kg	0.003 kg
	内有効利用量	26 kg	0.003 kg
	紙管(プラスチック):再利用	508 kg	0.059 kg
エネルギー投入量	公共電力	2,900 kWh	0.336 kWh
廃棄物	廃プラスチック	3,500 g	0.766 g
	燃え殻	23,000 g	5.032 g

表 2.2-10 ポリエステル系の製織に伴う入出力データ

		加工糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	加工糸(E)	955 kg	0.217 kg
	糊剤	45 kg	0.010 kg
	紙管(プラスチック)	477 kg	0.108 kg
産出物	反物(E)	1,000 kg	0.227 kg
	紙管(プラスチック):再利用	477 kg	0.108 kg
エネルギー投入量	公共電力	1,739 kWh	0.395 kWh
	消費蒸気	6,010 kg	1.365 kg
水使用量(取水)	総量(工業用水)	27,146 kg	0.006 t
	蒸気用	7,512 kg	0.002 t
	蒸気用以外	19,634 kg	0.004 t
水消費量		27,146 kg	0.006 t

表 2.2-11 ポリエステル反物の染色に伴う入出力データ

		加工糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	反物(E)	1,213 kg	0.227 kg
	染料	24 kg	0.004 kg
	界面活性剤	18 kg	0.003 kg
	その他	330 kg	0.062 kg
	仕上げ薬剤	9 kg	0.002 kg
産出物	反染品(E)	1,000 kg	0.187 kg
	洗い流される分	568 kg	0.106 kg
	染料残渣	26 kg	0.005 kg
エネルギー投入量	公共電力	1,012 kWh	0.190 kWh
	消費蒸気	9,476 kg	1.774 kg
	C 重油	703 L	0.132 L
	都市ガス	182 m3	0.034 m3
	オイルコークス	813 kg	0.152 kg
水使用量(取水)	総量(河川水)	87,535 kg	0.016 t
	蒸気用	1,190 kg	0.000 t
	蒸気用以外	86,345 kg	0.016 t
水消費量		87,735 kg	0.016 t
環境負荷排出量	COD	0.2 kg	0.000 kg
	BOD	0.1 kg	0.000 kg
	SS	0.04 kg	0.000 kg
廃棄物	汚泥(有機性):ドライ	121 g	0.023 kg

表 2.2-12 縫製に伴う入出力データ

		加工糸 1kg あたり	製品 1 着あたり
投入物	反物・表地 (W/E)	1,333 kg	0.695 kg
	裏地 (E)	167 kg	0.087 kg
	芯地 (E)	192 kg	0.100 kg
	釦	6 kg	0.003 kg
	その他	33 kg	0.017 kg
産出物	ジャケット・表地	1,000 kg	0.522 kg
	裏地	117 kg	0.061 kg
	芯地	134 kg	0.070 kg
	釦	6 kg	0.003 kg
	その他	33 kg	0.017 kg
	ロス (固形廃棄物)	441 kg	0.230 kg
	内有効利用量	0 kg	0.000 kg
エネルギー投入量	公共電力	19,251 kWh	10.041 kWh
	A 重油	2,170 L	1.132 L
	都市ガス	1,656 m3	0.864 m3
水使用量 (取水)	総量 (工業用水)	233,903 kg	0.122 t
水消費量		233,903 kg	0.122 t
廃棄物	廃プラスチック	482,838 g	251.85 g

2.2.2 流通段階

表 2.2-13 に製品の流通段階の算定条件及び軽油投入量を示す。ジャケット 1 着の重量は、672.7g であり、1 着の輸送における軽油消費量は 0.007L となる。

表 2.2-13 流通段階における算定条件と軽油投入量

走行距離(片道)	300 km
車種(トン車)	10 t 車
積載率(往路)	95 %
積載率(復路)	70 %
1 往復の輸送量	16.5 T
燃費	3.39 km/L
1 往復あたり軽油消費量	177.0 L
1tあたり軽油消費量	10.7 L/t
1 着あたり軽油消費量	0.007 L/着

2.2.3 使用・維持管理段階（衣類の洗濯）

表 2.2-14 に衣類 1 着あたりライフサイクル全体の入出力データを示す。

表 2.1-2 に示した投入量及び排水の排出量をもとに、衣類の重量（672.7g）によってジャケット 1 着あたりに換算を行った。山口らの文献から、洗濯プロセスにおける投入量は洗濯物の重量に比例し、仕上げプロセスの入出力や店舗の電力消費量は洗濯物の数に比例することになっていることから、洗濯プロセスのみ、重量に比例させて換算し、仕上げプロセスの入出力や店舗の電力消費量は表 2.1-2 のままとした。

この数値に生涯 20 回の洗濯をすることとして、ライフサイクル全体の入出力データとした。

洗濯プロセス、仕上げプロセスにおける直接の水消費量は、排水を下水へ放水するため、水質に変化を及ぼすものとし、冷却水や洗浄水の投入量をそのまま計上した。

表 2.2-14 使用・維持管理段階の入出力データ（衣類 1 着 20 回洗濯）

			ドライクリーニング 石油系溶剤	ドライクリーニング テトラクロロエチレン	ランドリー
投入量	洗濯	石油系溶剤	kg	5.62E-01	
		テトラクロロエチレン	kg		2.20E-02
		洗剤(LAS, AE)	kg	6.73E-02	1.68E-01
		洗剤(AE)	kg		2.42E-01
		洗淨助剤 (ケイ酸ナトリウム)	kg		8.07E-02
		洗淨助剤(ソーダ灰)	kg		5.38E-02
		サイズ剤(PVAc)	kg		1.35E-01
		蒸気	kg	1.07E+01	2.51E+01
		電力	kWh	2.14E+00	2.79E+00
		都市ガス	m3		4.82E-01
	仕上げ	蒸気	kg	1.40E+01	1.40E+01
		電力	kWh	4.34E-01	4.34E-01
	店舗	電力	kWh	2.61E+00	2.61E+00
水使用量※ (取水)		冷却水(上水道)	kg		4.04E-02
		洗淨水(上水道)	kg		2.33E-01
排出量		排水(下水処理)	m3		2.33E-01
水消費量				4.04E-02	2.33E-01

※水使用量は、いずれも洗濯時の投入。

2.2.4 廃棄・リサイクル段階

本調査では、製品の廃棄に関しては、カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム PA-AO-04 におけるスクールユニフォームの廃棄シナリオを参照し、100%焼却処分（一般廃棄物）とした。なお、廃棄処理場までの輸送については対象外とした。

WF の算定にあたっては、衣類の重量（672.7g）に対して、IDEA Ver2.0 の焼却処理、一般廃棄物のデータ（1kg 廃棄あたりの原単位）を乗じて算定した。

2.2.5 インベントリ算定方法

(1) インベントリの算定方法

各プロセスの直接の水使用量、排水量及び水質汚染物質排出量は、2.2.1 から 2.2.4 までに示した通りである。WF では、これに間接的な水使用量、排水量及び水質汚染物質排出量として、各種材料の製造段階における量を加える必要がある。

①水使用量、排水量及び水質汚染物質排出量の川上（間接部分）について

各プロセスの直接の水使用量に対しては、主に工業用水が用いられることとした。本調査では、直接の水使用量に、IDEA Ver2.0 における工業用水道の原単位を乗じることによって川上の間接部分まで含めた水使用量、排水量、水質汚染物質排出量を算出した。

②投入材料・エネルギーの製造、廃棄物処理について

投入材料やエネルギーの製造及び廃棄物処理で使用される水の量及び水質汚染物質の排出量については、各種材料の投入量に対して、データベース上の二次データを掛け合わせることで算定を行った。

(2) 二次データの対応

表 2.2-15 に本調査で用いた IDEA Ver2.0 からの原単位名を示す。これらのデータを水使用量のほか、材料、エネルギー、廃棄物処理の投入量、排出量に対して掛け合わせることで、水、投入材料、エネルギーの製造、輸送や廃棄における水使用量、排水量及び水質汚染物質の排出量を算定した。

なお、水使用量に関しては、取水源別（表層水、地下水、雨水）に量を計上している。また、排水量に関して、IDEA では「利用水」という数値を用意しているが、これは取水量のうち、消費しない量を示しており、排水量と等価と考えられる。他方、IDEA では排水先を特定していないため、二次データについては、排水先をすべて地表水（河川水）と仮定して計上した。

表 2.2-15 投入材料・排出物量と IDEA Ver2.0 の対応

投入物／排出物の名称	IDEA 上の原単位名称
A 重油	A 重油
C 重油	C 重油
天然ガス	C 重油
LPG	液化石油ガス
オイルコークス	オイルコークス,デレードコーキング
輸送(ガソリン)	ガソリン
排水量	工業排水処理
水消費量	工業用水道
石炭	コークス
廃プラスチック	産業廃棄物処分
燃え殻	産業廃棄物処分
廃油	産業廃棄物処分
汚泥(有機性):ドライ	産業廃棄物処分
羊毛	整毛品
糊剤	セルロース系接着剤、プラスチック系接着剤
界面活性剤	その他界面活性剤
仕上げ薬剤	その他界面活性剤
油剤	その他の油脂加工製品
染料	直接染料
公共電力	電力,公共
灯・軽油、ガソリン	灯油
都市ガス	都市ガス
繊維用チップ	ポリエチレンテレフタレート
釦	ポリエチレンテレフタレート
その他	ポリエチレンテレフタレート
石油系溶剤	パラフィン
テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
洗剤(LAS, AE)	洗濯用合成洗剤
洗剤(AE)	洗濯用合成洗剤
洗淨助剤(ケイ酸ナトリウム)	けい酸ナトリウム
洗淨助剤(ソーダ灰)	ソーダ灰
サイズ剤(PVAc)	ポリ酢酸ビニル
蒸気	蒸気
冷却水	工業用水道
洗淨水	工業用水道
排水(クリーニング)	下水処理

2.2.6 インベントリ算定結果

(1) プロセス別のインベントリ算定結果

インベントリの算定結果をみると、ライフサイクル全体では、取水量、排水量とも 20～30m³程度である。取水量、排水量とも衣類の製造段階が最も大きい結果となっている（図 2.2-1～図 2.2-4）。

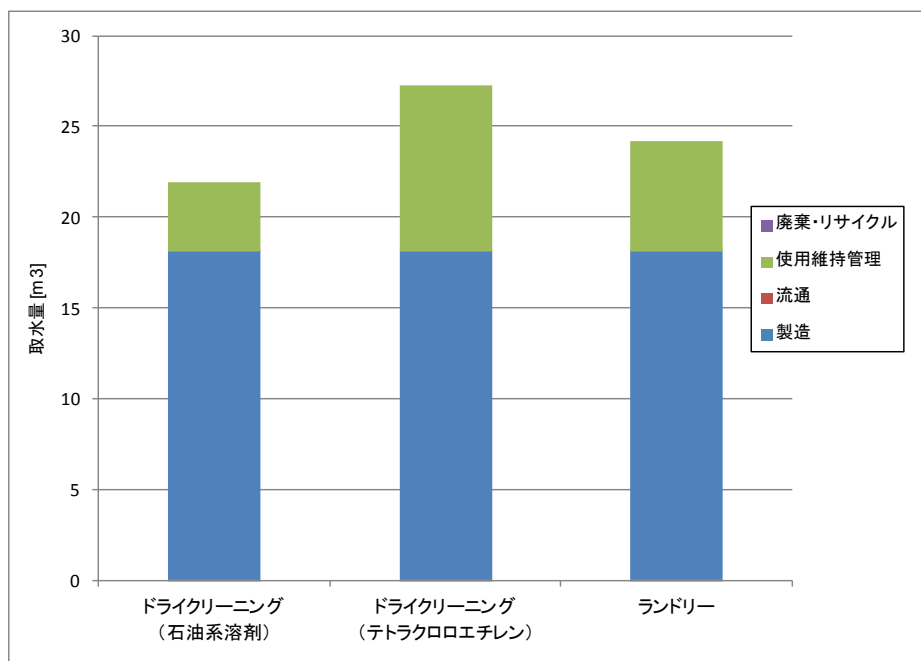


図 2.2-1 ライフサイクル段階別の取水量

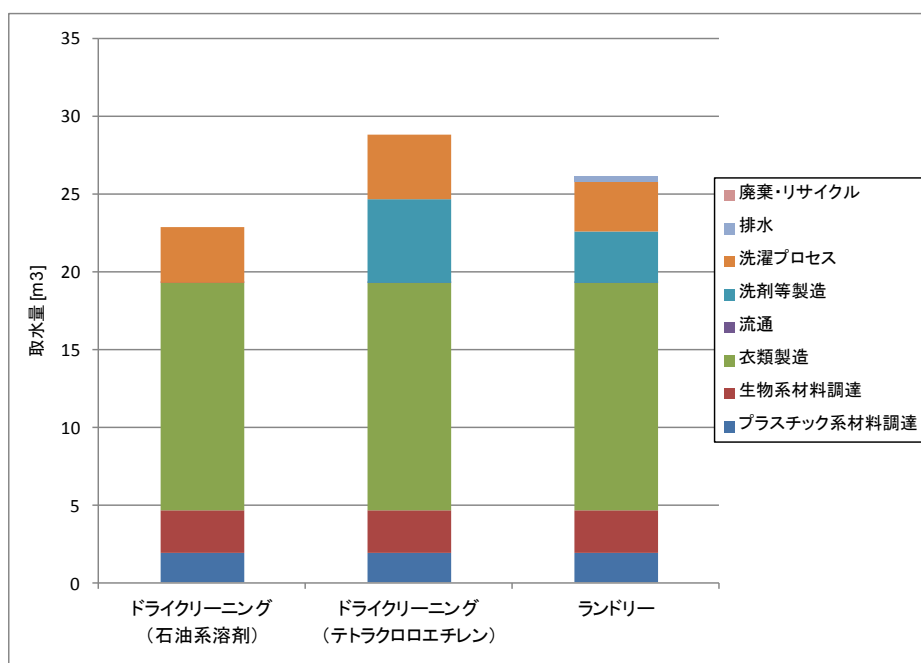


図 2.2-2 詳細プロセス別の取水量

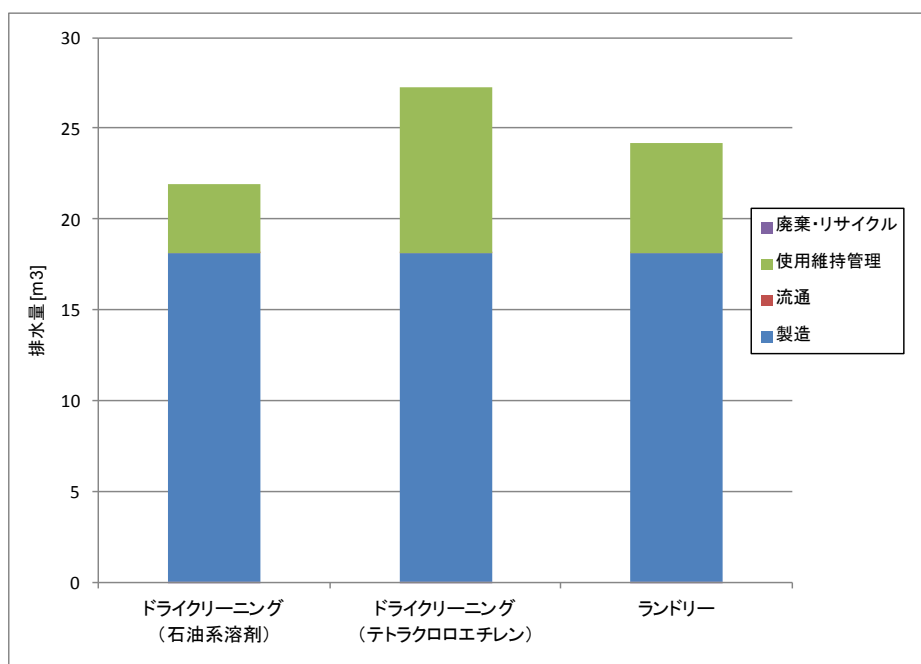


図 2.2-3 ライフサイクル段階別の排水量

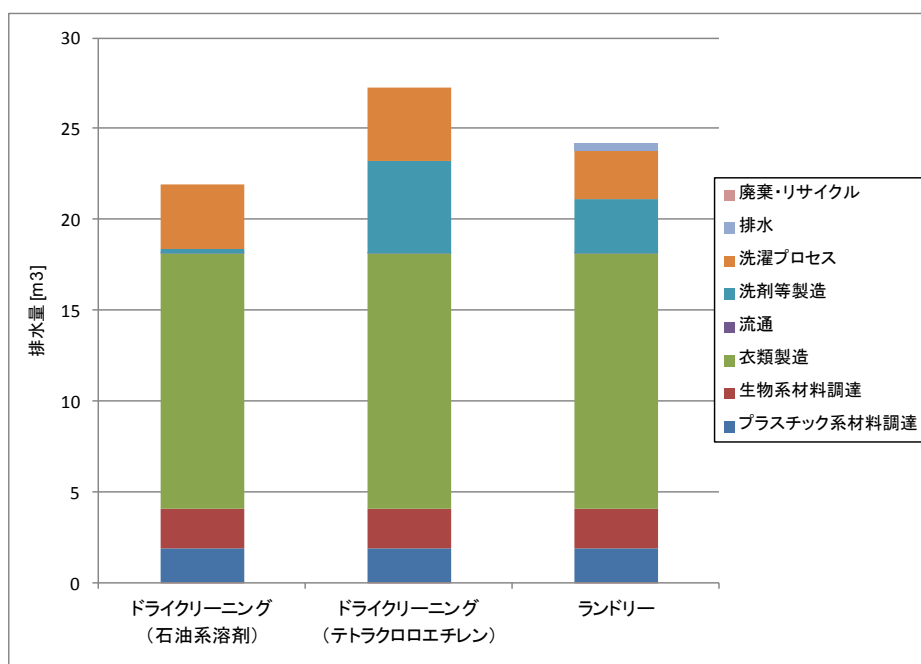


図 2.2-4 詳細プロセス別の排水量

（２）取水源別のインベントリ算定結果

取水量、利用水量（取水のうち消費しなかった量=総量は排水量に等価）では、河川水が最も多く、次いで海水の量が多い。取水量、利用水量については、河川水、海水ともに電力（発電）における量が多く計上されている。

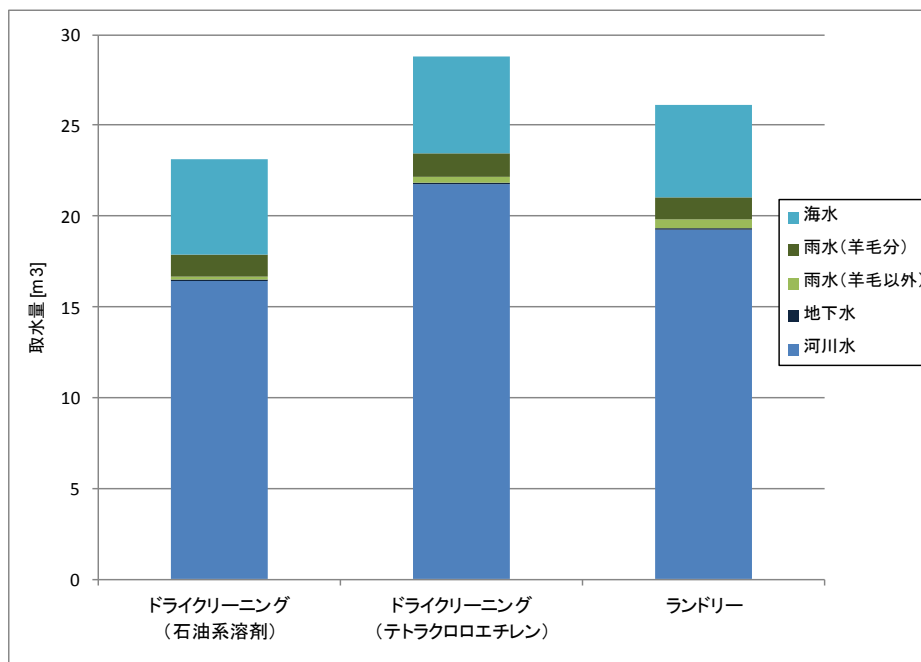


図 2.2-5 取水源別のインベントリ算定結果（取水量）

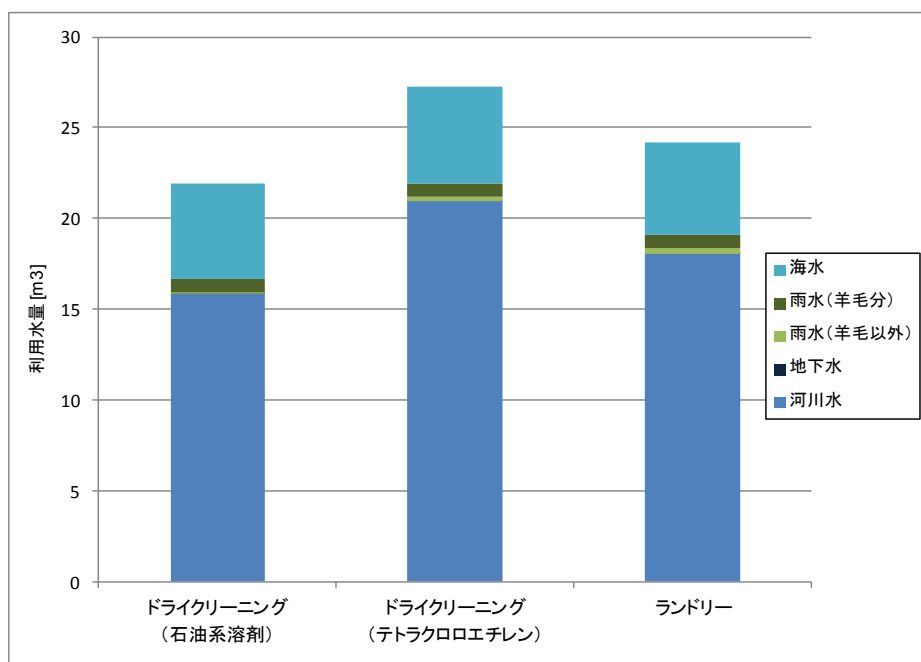


図 2.2-6 取水源別のインベントリ算定結果（利用水量）

（３）水質汚染物質排出量のインベントリ算定結果

表 2.2-16～表 2.2-18 に 3 つの洗濯方法における水質汚染物質排出量のインベントリ算定結果を示す

BOD、COD、SS に関しては、いずれの洗濯方法においても、羊毛／ポリエステル反物染色プロセスの排出量が多い。羊毛／ポリエステル反物染色プロセスのデータは、文献から得られたデータであり、染色プロセスの直接の排出量である。同様にポリエステルフィラメント製造やポリエステルステーブル製造の COD、SS、羊毛／ポリエステル紡績の SS もプロセスからの直接排出量として計上されており、リン以外のほぼ全ての排出量が文献から得られている直接の排出量である。

（４）洗濯方法間の違い

表 2.2-19～表 2.2-21 に 3 つの洗濯方法別のインベントリ算定結果を示す。水量では取水、利用水とも、洗剤等製造プロセスの影響でドライクリーニング（テトラクロロエチレン）が多い結果となっている。

他方、表 2.2-16～表 2.2-18 の水質汚染物質排出量の結果をみると、ドライクリーニングでは同じ数値であるが、ランドリーは COD、窒素、リン及び SS で、排水の影響があり、ドライクリーニングよりも多い排出量となっている。これは、排水を下水処理する際に排出される汚染物質となっており、下水処理に関するデータベースの数値が原因となっている（ランドリー以外の 2 方法には排水が無いために差が生じている）。

表 2.2-16 プロセス別の水質汚染物質排出量のインベントリ算定結果（ドライクリーニング：石油系溶剤）

プロセス名			水質汚染物質排出量 [g]				
			BOD	COD	N total	P total	SS
製造	表地	ポリエステルステープル製造	0.02	1.72	0.00	0	0.24
		羊毛生産	0.01	0.01	0.00	0	0.01
		羊毛洗上	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛輸入	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛/ポリエステル紡績	0.00	0.34	0.00	0	0.30
		羊毛/ポリエステル糸製織	0.00	0.13	0	0	0.11
		羊毛/ポリエステル反物染色	11.18	9.28	0.00	0	3.04
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.01	1.27	0.00	0	0.35
		撚糸	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)糸製織	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)反物染色	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	縫製	羊毛/ポリエステル反物縫製	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	小計		11.22	12.75	0.00	0	4.05
流通			0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		エネルギー消費	0.00	0.00	0	0	0.00
		水消費	0	0	0	0	0
	仕上げ		0.00	0.00	0	0	0.00
	店舗		0.00	0	0	0	0.00
	排水		0	0	0	0	0
	小計		0.00	0.00	0.00	0	0.00
廃棄・リサイクル			0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体			11.23	12.76	0.00	0	4.06

表 2.2-17 プロセス別の水質汚染物質排出量のインベントリ算定結果（ドライクリーニング：テトラクロロエチレン）

プロセス名			水質汚染物質排出量 [g]				
			BOD	COD	N total	P total	SS
製造	表地	ポリエステルステープル製造	0.02	1.72	0.00	0	0.24
		羊毛生産	0.01	0.01	0.00	0	0.01
		羊毛洗上	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛輸入	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛/ポリエステル紡績	0.00	0.34	0.00	0	0.30
		羊毛／ポリエステル糸製織	0.00	0.13	0	0	0.11
		羊毛／ポリエステル反物染色	11.18	9.28	0.00	0	3.04
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.01	1.27	0.00	0	0.35
		撚糸	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)糸製織	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)反物染色	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	縫製	羊毛／ポリエステル反物縫製	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	小計		11.22	12.75	0.00	0	4.05
流通			0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		エネルギー消費	0.00	0.00	0	0	0.00
		水消費	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	仕上げ		0.00	0.00	0	0	0.00
	店舗		0.00	0	0	0	0.00
	排水		0	0	0	0	0
	小計		0.00	0.00	0.00	0	0.00
廃棄・リサイクル			0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体			11.23	12.76	0.00	0	4.06

表 2.2-18 プロセス別の水質汚染物質排出量のインベントリ算定結果（ランドリー）

プロセス名			水質汚染物質排出量 [g]					
			BOD	COD	N total	P total	SS	
製造	表地	ポリエステルステープル製造	0.02	1.72	0.00	0	0.24	
		羊毛生産	0.01	0.01	0.00	0	0.01	
		羊毛洗上	0.00	0.00	0	0	0.00	
		羊毛輸入	0.00	0.00	0	0	0.00	
		羊毛/ポリエステル紡績	0.00	0.34	0.00	0	0.30	
		羊毛／ポリエステル糸製織	0.00	0.13	0	0	0.11	
		羊毛／ポリエステル反物染色	11.18	9.28	0.00	0	3.04	
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.01	1.27	0.00	0	0.35	
		撚糸	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
		ポリエステル(f)糸製織	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
		ポリエステル(f)反物染色	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
		縫製	羊毛／ポリエステル反物縫製	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		小計		11.22	12.75	0.00	0	4.05
		流通			0.00	0.00	0	0
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
		エネルギー消費	0.00	0.00	0	0	0.00	
		水消費	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
	仕上げ		0.00	0.00	0	0	0.00	
		店舗	0.00	0	0	0	0.00	
		排水	0.00	2.33	3.29	0.29	0.78	
		小計	0.00	2.33	3.29	0.29	0.78	
廃棄・リサイクル			0.00	0.01	0.00	0	0.01	
ライフサイクル全体			11.23	15.09	3.29	0.29	4.83	

表 2.2-19 プロセス別の取水量及び利用水量のインベントリ算定結果（ドライクリーニング：石油系溶剤）

プロセス名			取水量[m ³]					利用量[m ³]				
			河川水	地下水	雨水	海水	合計	河川水 (利用)	地下水 (利用)	雨水 (利用)	海水	合計
製造	表地	ポリエステルステーブル製造	1.2000	0.0012	0.0039	0.1133	1.3184	1.1804	0.0010	0.0023	0.1133	1.2970
		羊毛生産	1.1985	0.0170	1.2317	0.1648	2.6121	1.1260	0.0127	0.7286	0.1648	2.0321
		羊毛洗上	0.0685	0.0000	0.0000	0.0333	0.1017	0.0684	0.0000	0.0000	0.0333	0.1017
		羊毛輸入	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
		羊毛/ポリエステル紡績	1.7637	0.0000	0.0000	0.7077	2.4714	1.7598	0.0000	0.0000	0.7077	2.4675
		羊毛/ポリエステル糸製織	0.7090	0.0000	0.0000	0.2841	0.9931	0.7089	0.0000	0.0000	0.2841	0.9930
		羊毛/ポリエステル反物染色	1.7952	0.0030	0.0333	0.4889	2.3205	1.4955	0.0026	0.0192	0.4889	2.0062
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.7885	0.0007	0.0024	0.0921	0.8838	0.7766	0.0006	0.0014	0.0921	0.8707
		燃糸	0.1667	0.0000	0.0055	0.0659	0.2381	0.1665	0.0000	0.0032	0.0659	0.2356
		ポリエステル(f)糸製織	0.2590	0.0006	0.0096	0.0800	0.3492	0.2525	0.0005	0.0058	0.0800	0.3387
		ポリエステル(f)反物染色	0.4173	0.0004	0.0252	0.0467	0.4896	0.3997	0.0004	0.0144	0.0467	0.4611
	縫製	羊毛/ポリエステル反物縫製	5.3708	0.0004	0.0002	2.0860	7.4575	5.2468	0.0003	0.0001	2.0860	7.3333
	小計		13.7372	0.0235	1.3119	4.1628	19.2354	13.1810	0.0182	0.7751	4.1628	18.1371
流通			0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.1712	0.0009	0.1238	0.0278	0.3237	0.1128	0.0006	0.0708	0.0278	0.2120
		エネルギー消費	1.0648	0.0000	0.0000	0.4227	1.4875	1.0431	0.0000	0.0000	0.4227	1.4658
		水消費	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	仕上げ		0.2142	0.0000	0.0000	0.0858	0.3000	0.2140	0.0000	0.0000	0.0858	0.2998
	店舗		1.2711	0.0000	0.0000	0.5092	1.7803	1.2708	0.0000	0.0000	0.5092	1.7800
	排水		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	小計		2.7213	0.0010	0.1238	1.0455	3.8916	2.6406	0.0006	0.0708	1.0455	3.7576
廃棄・リサイクル			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0001	0.0000	-0.0013	-0.0006
ライフサイクル全体			16.4586	0.0245	1.4357	5.2084	23.1271	15.8223	0.0189	0.8459	5.2070	21.8941

表 2.2-20 プロセス別の取水量及び利用水量のインベントリ算定結果（ドライクリーニング：テトラクロロエチレン）

プロセス名			取水量[m ³]					利用量[m ³]				
			河川水	地下水	雨水	海水	合計	河川水 (利用)	地下水 (利用)	雨水 (利用)	海水	合計
製造	表地	ポリエステルステーブル製造	1.2000	0.0012	0.0039	0.1133	1.3184	1.1804	0.0010	0.0023	0.1133	1.2970
		羊毛生産	1.1985	0.0170	1.2317	0.1648	2.6121	1.1260	0.0127	0.7286	0.1648	2.0321
		羊毛洗上	0.0685	0.0000	0.0000	0.0333	0.1017	0.0684	0.0000	0.0000	0.0333	0.1017
		羊毛輸入	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
		羊毛/ポリエステル紡績	1.7637	0.0000	0.0000	0.7077	2.4714	1.7598	0.0000	0.0000	0.7077	2.4675
		羊毛/ポリエステル糸製織	0.7090	0.0000	0.0000	0.2841	0.9931	0.7089	0.0000	0.0000	0.2841	0.9930
		羊毛/ポリエステル反物染色	1.7952	0.0030	0.0333	0.4889	2.3205	1.4955	0.0026	0.0192	0.4889	2.0062
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.7885	0.0007	0.0024	0.0921	0.8838	0.7766	0.0006	0.0014	0.0921	0.8707
		燃糸	0.1667	0.0000	0.0055	0.0659	0.2381	0.1665	0.0000	0.0032	0.0659	0.2356
		ポリエステル(f)糸製織	0.2590	0.0006	0.0096	0.0800	0.3492	0.2525	0.0005	0.0058	0.0800	0.3387
		ポリエステル(f)反物染色	0.4173	0.0004	0.0252	0.0467	0.4896	0.3997	0.0004	0.0144	0.0467	0.4611
	縫製	羊毛/ポリエステル反物縫製	5.3708	0.0004	0.0002	2.0860	7.4575	5.2468	0.0003	0.0001	2.0860	7.3333
	小計		13.7372	0.0235	1.3119	4.1628	19.2354	13.1810	0.0182	0.7751	4.1628	18.1371
流通			0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	5.0509	0.0023	0.3097	0.0356	5.3985	4.9039	0.0015	0.1773	0.0356	5.1183
		エネルギー消費	1.4165	0.0000	0.0000	0.5583	1.9749	1.3659	0.0000	0.0000	0.5583	1.9243
		水消費	0.0875	0.0000	0.0000	0.0019	0.0894	0.0067	0.0000	0.0000	0.0019	0.0086
	仕上げ		0.2142	0.0000	0.0000	0.0858	0.3000	0.2140	0.0000	0.0000	0.0858	0.2998
	店舗		1.2711	0.0000	0.0000	0.5092	1.7803	1.2708	0.0000	0.0000	0.5092	1.7800
	排水		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	小計		8.0401	0.0024	0.3097	1.1909	9.5431	7.7613	0.0015	0.1773	1.1909	9.1310
廃棄・リサイクル			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0001	0.0000	-0.0013	-0.0006
ライフサイクル全体			21.7774	0.0259	1.6216	5.3538	28.7786	20.9430	0.0198	0.9524	5.3524	27.2676

表 2.2-21 プロセス別の取水量及び利用水量のインベントリ算定結果（ランドリー）

プロセス名			取水量[m ³]					利用量[m ³]				
			河川水	地下水	雨水	海水	合計	河川水 (利用)	地下水 (利用)	雨水 (利用)	海水	合計
製造	表地	ポリエステルステーブル製造	1.2000	0.0012	0.0039	0.1133	1.3184	1.1804	0.0010	0.0023	0.1133	1.2970
		羊毛生産	1.1985	0.0170	1.2317	0.1648	2.6121	1.1260	0.0127	0.7286	0.1648	2.0321
		羊毛洗上	0.0685	0.0000	0.0000	0.0333	0.1017	0.0684	0.0000	0.0000	0.0333	0.1017
		羊毛輸入	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
		羊毛/ポリエステル紡績	1.7637	0.0000	0.0000	0.7077	2.4714	1.7598	0.0000	0.0000	0.7077	2.4675
		羊毛/ポリエステル糸製織	0.7090	0.0000	0.0000	0.2841	0.9931	0.7089	0.0000	0.0000	0.2841	0.9930
		羊毛/ポリエステル反物染色	1.7952	0.0030	0.0333	0.4889	2.3205	1.4955	0.0026	0.0192	0.4889	2.0062
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.7885	0.0007	0.0024	0.0921	0.8838	0.7766	0.0006	0.0014	0.0921	0.8707
		燃糸	0.1667	0.0000	0.0055	0.0659	0.2381	0.1665	0.0000	0.0032	0.0659	0.2356
		ポリエステル(f)糸製織	0.2590	0.0006	0.0096	0.0800	0.3492	0.2525	0.0005	0.0058	0.0800	0.3387
		ポリエステル(f)反物染色	0.4173	0.0004	0.0252	0.0467	0.4896	0.3997	0.0004	0.0144	0.0467	0.4611
	縫製	羊毛/ポリエステル反物縫製	5.3708	0.0004	0.0002	2.0860	7.4575	5.2468	0.0003	0.0001	2.0860	7.3333
	小計		13.7372	0.0235	1.3119	4.1628	19.2354	13.1810	0.0182	0.7751	4.1628	18.1371
流通			0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	2.8050	0.0050	0.4502	0.0988	3.3591	2.5889	0.0037	0.2578	0.0988	2.9493
		エネルギー消費	0.5589	0.0001	0.0000	0.2239	0.7829	0.5585	0.0000	0.0000	0.2239	0.7824
		水消費	0.5050	0.0000	0.0000	0.0109	0.5159	0.0390	0.0000	0.0000	0.0109	0.0499
	仕上げ		0.0788	0.0000	0.0000	0.0316	0.1104	0.0787	0.0000	0.0000	0.0316	0.1103
	店舗		1.2711	0.0000	0.0000	0.5092	1.7803	1.2708	0.0000	0.0000	0.5092	1.7800
	排水		0.3174	0.0000	0.0000	0.0212	0.3387	0.3173	0.0000	0.0000	0.0212	0.3386
	小計		5.5362	0.0051	0.4502	0.8957	6.8873	4.8532	0.0038	0.2578	0.8957	6.0105
廃棄・リサイクル			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0001	0.0000	-0.0013	-0.0006
ライフサイクル全体			19.2735	0.0286	1.7622	5.0586	26.1228	18.0349	0.0221	1.0329	5.0572	24.1470

2.3 ウォーターインパクト評価

2.3.1 影響評価の要素及び手順

(1) LCAにおける影響評価の概要

① ISO14040におけるライフサイクル影響評価 (LCIA)

ISO14040によれば、LCIAはライフサイクルインベントリ (LCI) の結果を用いて、潜在的な環境影響の重要性を評価することを目的としている。また、LCIAの要素は、「必須要素」と「任意の要素」に分類されており、以下の必須要素を含めなければならないとされている。

- ・ 影響領域、カテゴリ指標及び特性化モデルの選択
- ・ 選択された影響領域への LCI 結果の割り振り (分類化)
- ・ 結果として得られたカテゴリ指標の計算 (特性化)

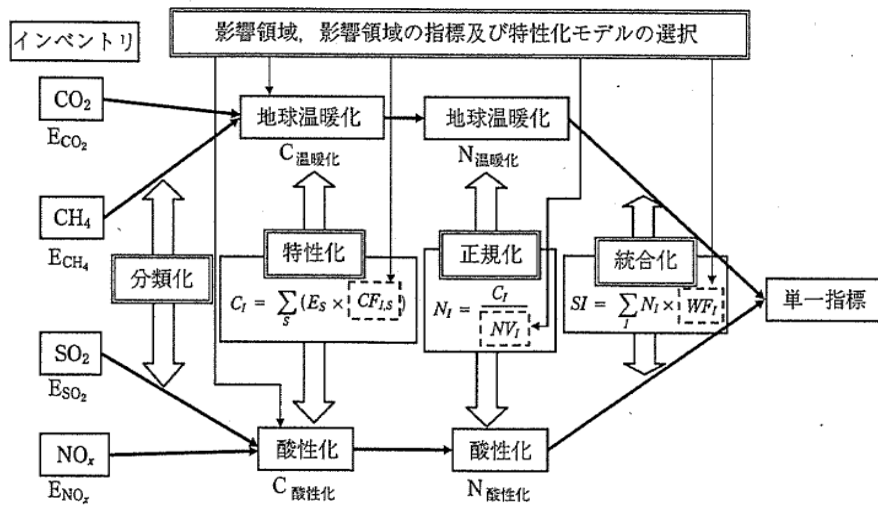
また、評価の目的及び調査範囲に応じて使用できる任意の要素として、以下のものが挙げられる。

- ・ 正規化：参照情報に対する結果として得られたカテゴリ指標の強度を計算すること。
- ・ グルーピング：影響領域を並べ替え、可能であれば順位付けする。
- ・ 重み付け (統合化)：価値観の選択に基づく数的な要因を用いて、結果として得られた指標を換算し、可能であれば影響領域にわたって集計する。重み付け以前のデータは、利用できるように保持しておくことが望ましい。
- ・ データ品質の分析：結果として得られた指標の集合である LCIA プロファイルの信頼性を、より理解する。

② LCIAの実施手順

LCIAは以下の手順によって実施される (参照：図 2.3-1)。

- (1) 影響領域、影響カテゴリ指標及び特性化モデルの選択
- (2) 分類化
- (3) 特性化
- (4) 正規化
- (5) グルーピング
- (6) 重み付け (統合化)
- (7) データの品質分析



ここで S : 物質、E : インベントリ、I : 影響領域、 C_I : 特性化結果、 N_I : 正規化結果、 S_I : 統合化結果、 $CF_{I,S}$: 影響領域における特性化係数、 NV_I : 影響領域 I の規格値、 WF_I : 重み付け係数（統合化係数）である。

図 2.3-1 ライフサイクル影響評価の一般的手順

（出典）伊坪徳宏・稲葉敦編著(2010)「LIME2- 意思決定を支援する環境影響評価手法」

(2) ウォーターフットプリントにおける影響評価手法

① 影響評価手法選定の考え方

WF の算定における影響評価は、水に関係した潜在的な環境影響を評価対象として実施される。その際に用いられる影響評価手法には、LIME 等の LCA で用いられる手法や、現在検討中である ISO TR 14073 に事例として掲載されている手法がある。しかしながら、WF の算定にあたり特定の手法を用いる事が義務付けられているわけではない。そのため、WF 算定の目的や利用可能なインベントリデータに応じて、評価者自身が適切な影響評価手法を選択する必要がある。

WF で評価対象となりうる水に関係した影響領域の例を表 2.3-1 に示す。水に関連する影響領域としては、1 章に示したように大きく水量と水質に関わる影響が存在する。評価の目的と範囲に応じて、これらの影響領域の中から評価対象とする影響領域を選定することとなり、必ずしも全ての影響領域を対象とする必要はない。

表 2.3-1 水に関連する影響領域と関連する環境負荷項目の例

評価目的	影響領域例	関連する環境負荷項目の例
水量に係る懸念 (水利用可能性減少の懸念)	水消費	水消費量
水質に係る懸念 (水質劣化の懸念)	富栄養化	N、P、COD、NO _x
	酸性化	SO ₂ 、NO _x 、HCl、NH ₃
	人健康影響	重金属類、有機汚染物質
	生態毒性	重金属類、有機汚染物質

② 影響評価手法の概要

WF の影響評価において用いられる手法を表 2.3-2 に示す。評価目的及び範囲に応じて、こうした影響評価手法の中から適切な評価手法を選定する必要がある。なお、個々の手法の詳細については、後述する。Example A～Example K は、現在検討されている ISO TR14073 に掲載提案されている事例である。なお、本事例集では、2014 年 3 月時点のドラフト文書を参照し、その内容を示している。

表 2.3-2 WF 算定に用いられる影響評価手法と評価対象とする影響領域の例

手法	結果の 表示方法	評価対象とする影響領域					
		水利用 可能性	水質劣化	富栄養化	酸性化	生態毒性	人健康 影響
Example A	single	○	-	×	×	×	×
Example B	single	○	-	×	×	×	×
Example C	single	○	-	×	×	×	×
Example D	single	○	-	×	×	×	×
Example E	single	×	-	○	×	×	×
Example F	single	×	○	-	-	-	-
Example G	profile	○	-	○	○	○	○
Example H	weighted profile	○	-	○	×	○	○
Example J (WFN)	profile	○	○	-	-	-	-
Example K	profile	○	-	○	○	×	○
LIME	weighted	×	-	○	○	○	○
USEtox	single	×	-	×	×	○	○

single: 単一の影響領域を対象とした評価結果を表示

profile: 複数の影響領域に亘る評価結果を表示

weighted: 複数の影響カテゴリ指標に亘る評価結果を重み付け（統合化）し表示

③ 影響評価の実施手順

ISO/TC 207/SC 5/WG 8 において検討が進められている ISO TR 14073 によれば、WF 算定における LCIA は ISO14044 に準拠するとされており、以下の点に留意して行う必要がある。なお、正規化や重み付け（統合化）などの手順は任意で実施する。

<影響領域、カテゴリ指標及び特性化モデルの選択>

水への影響は多岐にわたるため、膨大な数の影響領域指標が考えられる。そのため、影響カテゴリ指標及び特性化モデルは、基本的に評価目的と調査の範囲に従って決定される。

<分類化>

選択した水に関する影響領域に対して、関連する環境負荷項目のインベントリ分析結果を割り当てる。

<特性化>

環境影響は、水の利用可能性の変化によるものと、水質の変化によるものがある。
また、水源も地下水、表流水、海水など複数ある。これらを踏まえて特性化を実施する。

④ 影響評価手法が抱える課題

WF 算定に用いられる影響評価手法はいくつかの課題が指摘されている。評価実施者は、これらの課題を踏まえたうえで評価を行い、評価結果を解釈する必要がある。ここでは代表的な課題を紹介する。

- ・ 影響評価結果のわかりやすさ

影響評価結果が民間事業者や消費者などの「利用者」にとってわかりやすいものであるかといった観点が重要となる。手法の科学的厳密性を追及しすぎるあまり、利用者が理解できない若しくは結果の解釈を誤る手法とならないよう留意する必要がある。また、評価結果を統合し一つの指標として結果を表示することは一見わかりやすいが、受け手が結果を正しく解釈できない可能性がある。

- ・ 水の地域性・季節性

水は地域や季節によって利用できる量が大きく異なる。このような違いを評価に組み込むことが必要であると考えられる。

- ・ 水利用可能量の閾値は表現できているか

中東やアフリカ諸国のように絶対的に水利用可能量が少ない場合には、水量の減少が水利用可能量の減少に直結するが、日本のように水資源が相対的に豊富な地域では、若干水量が減少しても、各利用者のニーズは満たせているため、水利用可能量の減少が問題になるわけではない。現時点の手法ではいずれも水利用可能量の閾値を評価に組み込んでいない。

- ・ 水質汚染物質が水利用可能量へ与える影響の評価

水質汚染物質が、「水環境」へ与える影響は LIME などの既存の影響評価手法により評価できるが、「水利用可能量」への影響（水質劣化により利用可能な水の量が減ってしまう影響）を評価できる手法は十分に開発されていない。

2.3.2 水消費量の算定（ケーススタディ）

影響評価の一つとして、ここでは、2.2 で示した衣類について、水消費量の算定結果を示す。本調査における水消費量の考え方は、2.1.4（1）節で示している。基本的には、取水量のうち、排水量を差し引いて算定を行ったもので、表 2.2-1～2.2-12、表 2.2-14 に示した水消費量と、二次データに基づく間接プロセスの水消費量で構成されている。

（1）プロセス別の算定結果

水消費量の算定結果をみると、ライフサイクル全体では、 $1.2\text{m}^3\sim 1.5\text{m}^3$ 程度となった。ライフサイクル段階では衣類の製造段階が最も大きく、いずれの洗濯方法においても 1.09m^3 の水を消費している。洗濯方法でランドリーを用いた場合には、洗濯の際に消費される洗浄水の影響も大きくなる（図 2.3-2）。

より詳細にプロセスを分析すると、製造段階は、生物系材料調達（ここでは羊毛）の割合が製造全体の 70%、ドライクリーニング（石油系溶剤）ではライフサイクル全体の 50% 以上を占めており、単純な水消費量としては、本製品のライフサイクルの中で最も重要なプロセスであることが把握できる（図 2.3-3）。

ランドリーでは、洗剤製造時の水消費量も大きな数値となっていることがわかる。洗剤製造時の水消費量は、データベースの数値を洗剤の消費量に掛け合わせて算定しているが、図 2.3-3 の結果から、洗剤製造のデータベース内容について精査することも重要と考えられる。

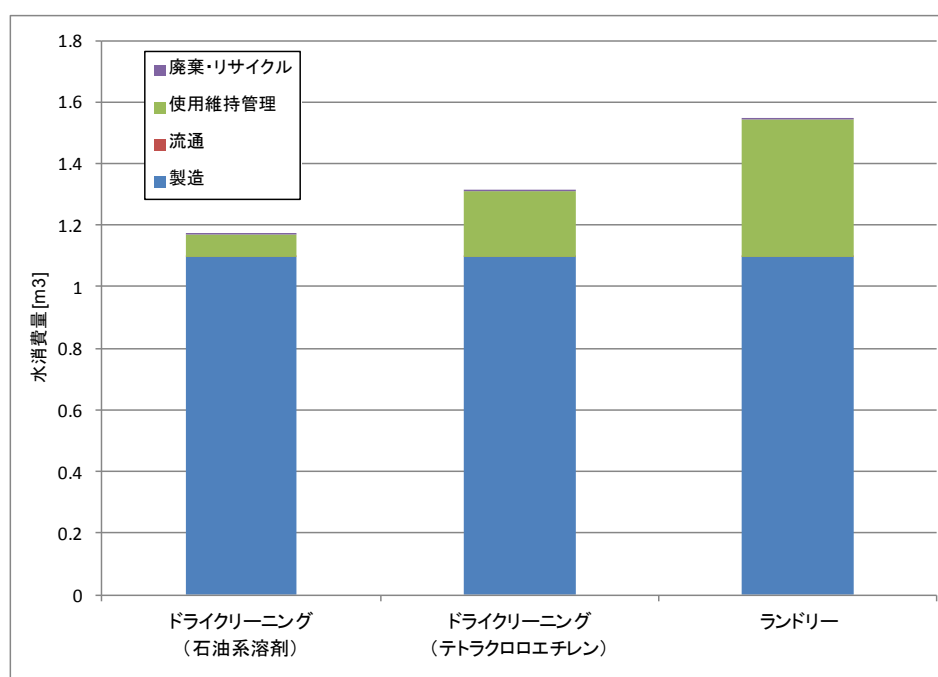


図 2.3-2 ライフサイクル段階別の水消費量

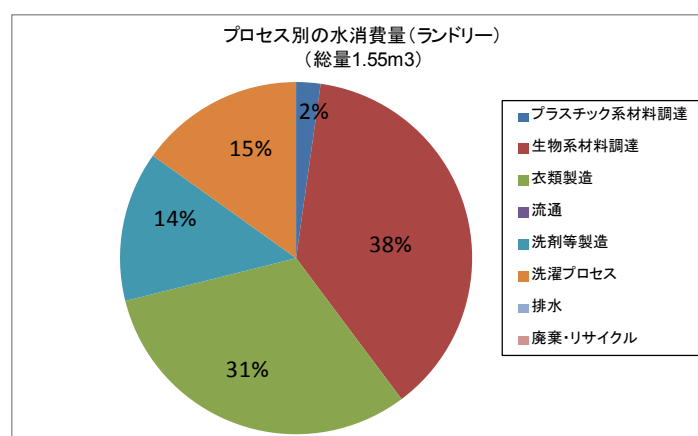
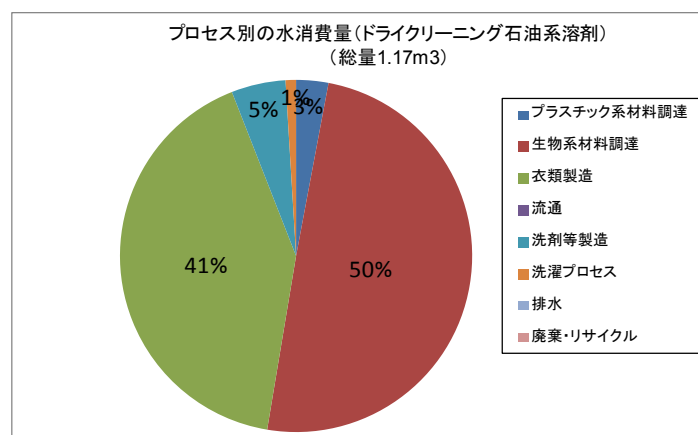
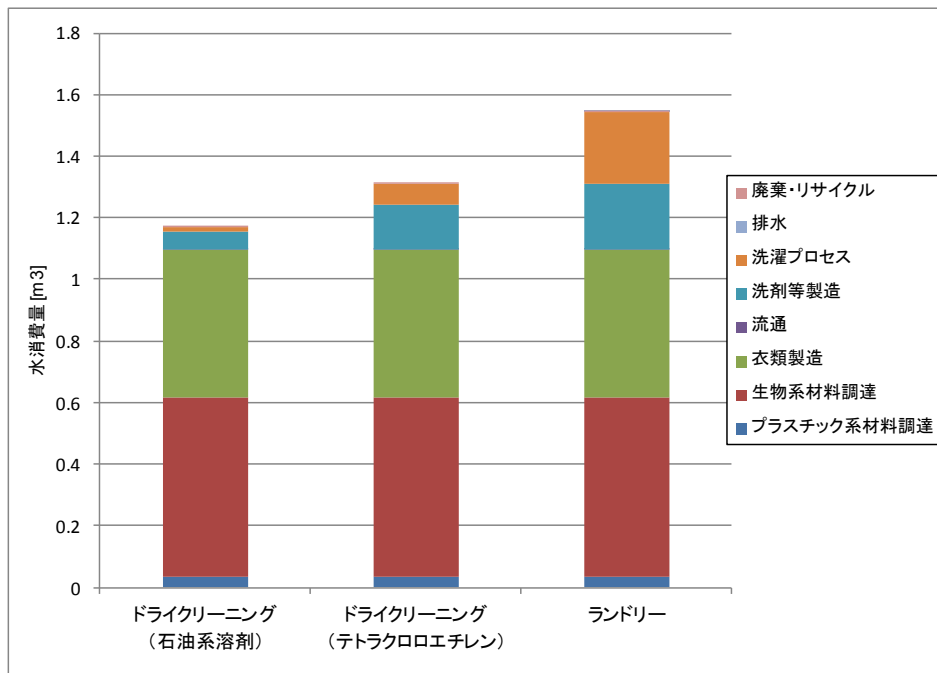


図 2.3-3 ライフサイクルプロセス別水消費量 (詳細)

(2) 取水源別の算定結果

取水源別では、製造段階の河川水と羊毛生産における雨水の消費量が多い（図 2.3-4）。結果として、河川水と雨水の消費量はほぼ同じ割合であり、河川水の割合は、48～52%となっている。河川水で最も大きい消費は羊毛／ポリエステル染色プロセスであった。

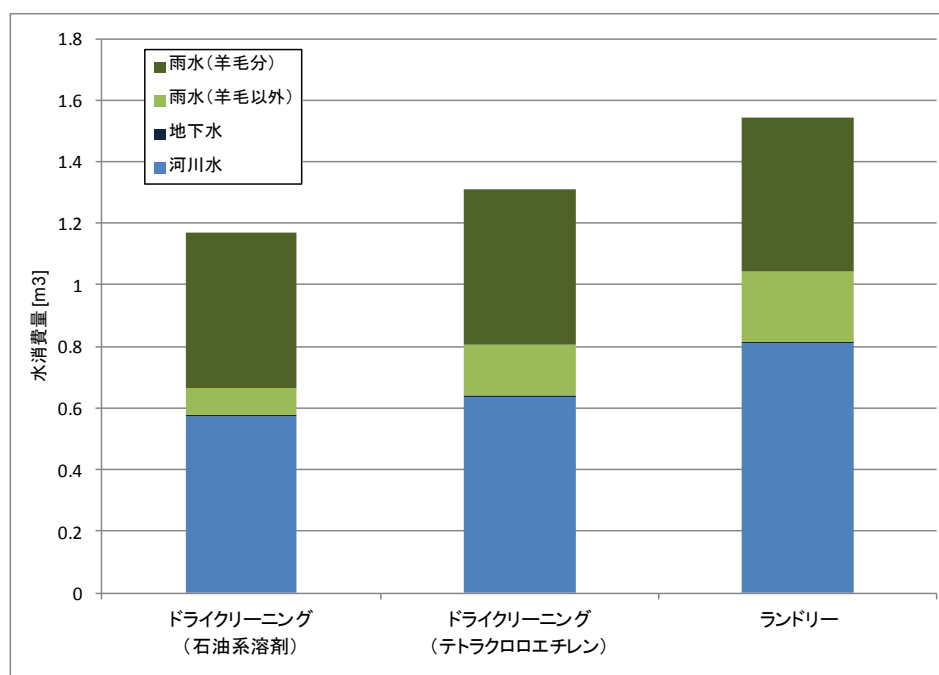


図 2.3-4 取水源別のインベントリ算定結果

(3) 洗濯方法間の違い

洗濯方法別に見た場合、ランドリーでは、洗濯段階の洗浄水と洗剤の使用量の影響が大きい。洗浄水をクリーニングの工場では水環境に影響が無い程度まで処理をして排出している場合には、その影響は少なくなることが予想される。

表 2.3-3 洗濯方法別取水源別水消費量と水質汚染物質排出量

①ドライクリーニング(石油系溶剤)

	水消費量 [m ³]				水質汚染物質排出量 [g]				
	河川水	地下水	雨水	合計	BOD	COD	N total	P total	SS
製造	0.5562	0.0053	0.5368	1.0984	11.22	12.75	0.00	0	4.05
流通	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	0.0160	0.0004	0.0529	0.0693	0.00	0.00	0.00	0	0.00
廃棄・リサイクル	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体	0.5723	0.0057	0.5898	1.1677	11.23	12.76	0.00	0	4.06

②ドライクリーニング(テトラクロロエチレン)

	水消費量 [m ³]				水質汚染物質排出量 [g]				
	河川水	地下水	雨水	合計	BOD	COD	N total	P total	SS
製造	0.5562	0.0053	0.5368	1.0984	11.22	12.75	0.00	0	4.05
流通	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	0.0785	0.0009	0.1324	0.2118	0.00	0.00	0.00	0	0.00
廃棄・リサイクル	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体	0.6348	0.0062	0.6692	1.3102	11.23	12.76	0.00	0	4.06

③ランドリー

	水消費量 [m ³]				水質汚染物質排出量 [g]				
	河川水	地下水	雨水	合計	BOD	COD	N total	P total	SS
製造	0.5562	0.0053	0.5368	1.0984	11.22	12.75	0.00	0	4.05
流通	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	0.2530	0.0013	0.1924	0.4467	0.00	2.33	3.29	0.29	0.78
廃棄・リサイクル	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体	0.8092	0.0066	0.7293	1.5451	11.23	15.09	3.29	0.29	4.83

表 2.3-4 詳細プロセス別の水消費量及び水質汚染物質排出量の算定結果（ドライクリーニング：石油系溶剤）

プロセス名			水消費量 [m ³]				水質汚染物質排出量 [g]				
			河川水	地下水	雨水	合計	BOD	COD	N total	P total	SS
製造	表地	ポリエステルステーブル製造	0.0196	0.0002	0.0016	0.0214	0.02	1.72	0.00	0	0.24
		羊毛生産	0.0725	0.0043	0.5031	0.5800	0.01	0.01	0.00	0	0.01
		羊毛洗上	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛輸入	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛/ポリエステル紡績	0.0039	0.0000	0.0000	0.0039	0.00	0.34	0.00	0	0.30
		羊毛／ポリエステル糸製織	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.00	0.13	0	0	0.11
		羊毛／ポリエステル反物染色	0.2998	0.0003	0.0141	0.3142	11.18	9.28	0.00	0	3.04
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.0120	0.0001	0.0010	0.0131	0.01	1.27	0.00	0	0.35
		撚糸	0.0002	0.0000	0.0023	0.0025	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)糸製織	0.0066	0.0001	0.0038	0.0105	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)反物染色	0.0176	0.0001	0.0108	0.0285	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	縫製	羊毛／ポリエステル反物縫製	0.1240	0.0001	0.0001	0.1242	0.00	0.00	0.00	0	0.00
小計		0.5562	0.0053	0.5368	1.0984	11.22	12.75	0.00	0	4.05	
流通			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.0049	0.0003	0.0529	0.0582	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		エネルギー消費	0.0109	0.0000	0.0000	0.0109	0.00	0.00	0	0	0.00
		水消費	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0	0	0
	仕上げ		0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.00	0.00	0	0	0.00
	店舗		0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.00	0	0	0	0.00
	排水		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0	0	0
	小計		0.0160	0.0004	0.0529	0.0693	0.00	0.00	0.00	0	0.00
廃棄・リサイクル			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体			0.5723	0.0057	0.5898	1.1677	11.23	12.76	0.00	0	4.06

表 2.3-5 詳細プロセス別の水消費量及び水質汚染物質排出量の算定結果（ドライクリーニング：テトラクロロエチレン）

プロセス名			水消費量 [m³]				水質汚染物質排出量 [g]				
			河川水	地下水	雨水	合計	BOD	COD	N total	P total	SS
製造	表地	ポリエステルステーブル製造	0.0196	0.0002	0.0016	0.0214	0.02	1.72	0.00	0	0.24
		羊毛生産	0.0725	0.0043	0.5031	0.5800	0.01	0.01	0.00	0	0.01
		羊毛洗上	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛輸入	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛/ポリエステル紡績	0.0039	0.0000	0.0000	0.0039	0.00	0.34	0.00	0	0.30
		羊毛／ポリエステル糸製織	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.00	0.13	0	0	0.11
		羊毛／ポリエステル反物染色	0.2998	0.0003	0.0141	0.3142	11.18	9.28	0.00	0	3.04
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.0120	0.0001	0.0010	0.0131	0.01	1.27	0.00	0	0.35
		撚糸	0.0002	0.0000	0.0023	0.0025	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)糸製織	0.0066	0.0001	0.0038	0.0105	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)反物染色	0.0176	0.0001	0.0108	0.0285	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	縫製	羊毛／ポリエステル反物縫製	0.1240	0.0001	0.0001	0.1242	0.00	0.00	0.00	0	0.00
小計		0.5562	0.0053	0.5368	1.0984	11.22	12.75	0.00	0	4.05	
流通			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.0126	0.0008	0.1324	0.1459	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		エネルギー消費	0.0253	0.0000	0.0000	0.0253	0.00	0.00	0	0	0.00
		水消費	0.0404	0.0000	0.0000	0.0404	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	仕上げ		0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.00	0.00	0	0	0.00
	店舗		0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.00	0	0	0	0.00
	排水		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0	0	0
	小計		0.0785	0.0009	0.1324	0.2118	0.00	0.00	0.00	0	0.00
廃棄・リサイクル			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体			0.6348	0.0062	0.6692	1.3102	11.23	12.76	0.00	0	4.06

表 2.3-6 詳細プロセス別の水消費量及び水質汚染物質排出量の算定結果（ランドリー）

プロセス名			水消費量 [m³]				水質汚染物質排出量 [g]				
			河川水	地下水	雨水	合計	BOD	COD	N total	P total	SS
製造	表地	ポリエステルステーブル製造	0.0196	0.0002	0.0016	0.0214	0.02	1.72	0.00	0	0.24
		羊毛生産	0.0725	0.0043	0.5031	0.5800	0.01	0.01	0.00	0	0.01
		羊毛洗上	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛輸入	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
		羊毛/ポリエステル紡績	0.0039	0.0000	0.0000	0.0039	0.00	0.34	0.00	0	0.30
		羊毛／ポリエステル糸製織	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.00	0.13	0	0	0.11
		羊毛／ポリエステル反物染色	0.2998	0.0003	0.0141	0.3142	11.18	9.28	0.00	0	3.04
	裏地・芯地	ポリエステルフィラメント製造	0.0120	0.0001	0.0010	0.0131	0.01	1.27	0.00	0	0.35
		撚糸	0.0002	0.0000	0.0023	0.0025	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)糸製織	0.0066	0.0001	0.0038	0.0105	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		ポリエステル(f)反物染色	0.0176	0.0001	0.0108	0.0285	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	縫製	羊毛／ポリエステル反物縫製	0.1240	0.0001	0.0001	0.1242	0.00	0.00	0.00	0	0.00
小計		0.5562	0.0053	0.5368	1.0984	11.22	12.75	0.00	0	4.05	
流通			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	0	0.00
使用維持管理	洗濯	洗剤等製造	0.0195	0.0013	0.1924	0.2132	0.00	0.00	0.00	0	0.00
		エネルギー消費	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.00	0.00	0	0	0.00
		水消費	0.2330	0.0000	0.0000	0.2330	0.00	0.00	0.00	0	0.00
	仕上げ		0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.00	0.00	0	0	0.00
	店舗		0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.00	0	0	0	0.00
	排水		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	2.33	3.29	0.29	0.78
	小計		0.2530	0.0013	0.1924	0.4467	0.00	2.33	3.29	0.29	0.78
廃棄・リサイクル			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.01	0.00	0	0.01
ライフサイクル全体			0.8092	0.0066	0.7293	1.5451	11.23	15.09	3.29	0.29	4.83

2.3.3 ケーススタディとしての水への影響評価手法

本項では、衣類に関する 2.2 のインベントリ分析の結果及び 2.3.2 の水消費量の算定結果を用いて影響評価を実施する。なお、ここでは次の三つの影響評価手法を対象とした。一つ目は、日本によって立案された手法の内、Water Scarcity Footprint を評価する手法（ケーススタディ 1）、二つ目は、国内で水質に係る影響領域を評価可能な手法として LIME（ケーススタディ 2）、三つ目は、国際的に広く用いられており、既存の評価事例が多く存在する WFN の手法（ケーススタディ 3）を用いた。

（１） ケーススタディ 1 ～Water Scarcity Footprint の評価 ISO Example B～

① 手法の概要

本手法は地球規模の平均降雨量に基づいた特性化係数を用い、Water Scarcity Footprint を算定するものであり、水源や地域による水の不足の程度の違いを反映することができる手法となっている。

<基本フロー>

基本フローは、以下のものを対象とする。

- ・ 水消費量
- ・ 消費された水源（降雨、地表水及び地下水）
- ・ 水が得られる地理的位置
- ・ 特性化係数（Global Water Footprint Factor）

Global Water Footprint Factor は、各水源から単位水量を得るために必要な面積から算出される特性化係数であり、以下の式によって算出される。

$$f_{gWF}X = \frac{A_X}{A_{ref}}$$

ここで、 $f_{gWF}X$ は水源 X の Global Water Footprint Factor、 A_X は水源 X から 1 年に 1 m^3 の水を得るために必要となる面積、 A_{ref} は参照条件において、1 年に 1 m^3 の水を得るために必要な面積である。

本手法において対象とする水源は降雨、地表水、地下水の 3 つである。世界の平均降水量が約 1000 mm/yr であることから、参照値となる 1.0 m^3 の水を得るために必要な面積 (A_{ref}) は、 1.0 m^2 とされている。

<影響評価>

Water Scarcity Footprint (Wsc) は以下の式により計算される。

$$W_{sc} = \sum (f_{gWF} X \times W_{U\text{ consumptive},X})$$

ここで、 $W_{U\text{ consumptive},X}$ は水源 X からの消費的水利用である。 $f_{gWF} X$ が無次元のパラメーターであるため、Water Scarcity Footprint の単位は $\text{m}^3 \text{H}_2\text{Oeq}$ となり、水量に基づく直感的に理解しやすい単位となっている。

② 手法の適用事例

Global Water Footprint Factor は水源別の係数であり、WF の数値を地域別・水源別に分けて整理する必要がある。2.2 及び 2.3.2 で示した結果では、水源に関する分類・整理は行っているが、地域別の分類は出来ていない。

データベースの数値を用いる場合、どこからが海外のプロセスか、輸入先がどこかは不明瞭となることが多く、通常の整理では、明確とならない。CO₂ の評価の場合には、どの地域で排出されているかは、あまり大きな問題ではないため、地域情報は必要とならないが、水消費の影響を行う際には重要な課題となる。Global Water Footprint Factor を用いて特性化を実施する場合、原材料やエネルギーがどの地域（厳密に言えば流域）で採取され、どの地域で生産されているかという地理的情報を整理し、プロセスごとにその情報を割り付ける必要がある。

2.2 及び 2.3.2 の事例で、主な調達物である「羊毛」についてのみ、海外での調達とし、輸入割合をもとに海外での水消費量に割り戻した。

表 2.3-7 に羊毛の輸入割合を示す。

表 2.3-7 羊毛の輸入割合（2012 年度）

国名	輸入量[千 t]	輸入割合
ニュージーランド	2.4	23.9%
オーストラリア	2.3	23.3%
台湾	1.6	16.2%
中国	1.5	14.6%
マレーシア	0.7	7.1%
フランス	0.6	5.9%
ウルグアイ	0.3	3.4%
その他	0.6	5.6%
合計	10.0	100%

（出典）公益財団法人日本海事広報協会（2013）「日本の海運 Shipping Now 2013-2014」

なお、台湾は羊毛そのものを生産しているのではなく、羊毛を輸入し、羊毛の製品を製造していることから、今回は算定からは除いて考えている。また、その他の国についても、割り当てる数値が無いことから、ここでは考えないこととした。

表 2.3-9 に本ケーススタディで用いる各国の Global Water Footprint Factor を示す。算定されている Global Water Footprint Factor は、世界の多くの国を網羅しているが、ここでは本ケーススタディに用いる国のみ抜粋して掲載する。Global Water Footprint Factor では、取水源別に平均値と分散が与えられている。本ケーススタディでは、各プロセスで国全体と cropland、消費した水の取水源を分類した上で、各国の Global Water Footprint Factor の平均値を乗じることとした。

表 2.3-9 Global Water Footprint Factor（本ケーススタディ対象国を抜粋）

国名	影響評価係数(国全体)						影響評価係数(cropland)					
	河川水		地下水		雨水		河川水		地下水		雨水	
	平均値	分散	平均値	分散	平均値	分散	平均値	分散	平均値	分散	平均値	分散
ニュージーランド	1.9	1.5	3.6	1.3	0.8	0.4	2.6	1.9	4.0	1.4	1.1	0.4
オーストラリア	41.1	50.8	55.6	51.3	2.5	1.3	10.1	8.2	13.3	8.5	2.2	0.6
中国	550.9	2,217.2	552.6	2,216.9	8.9	17.9	9.5	16.4	12.3	15.9	1.7	1.3
マレーシア	0.7	0.3	2.6	0.4	0.4	0.1	0.9	0.2	2.8	0.4	0.4	0.1
フランス	2.0	0.8	3.5	0.8	1.0	0.2	2.1	0.6	3.6	0.5	1.1	0.1
ウルグアイ	2.3	0.6	4.9	0.7	0.7	0.1	0.8	0.1	1.9	0.4	4.5	0.5
日本	1.4	0.5	3.2	0.6	0.7	0.2	1.3	0.4	3.1	0.5	0.7	0.2

この係数と前述の水消費量の計算結果より、国別に水消費量を配分した結果が表 2.3-10 である。雨水に関しては、羊毛調達のプロセスが大半を占めているが、河川水に関しては、国内での消費が多い。

表 2.3-10 国別の水消費量の整理結果（ドライクリーニング：石油系溶剤）

プロセス	輸入先	輸入割合	水消費量 [m3]			
			河川水	地下水	雨水	合計
海外プロセス	羊毛調達		0.0725	0.0043	0.5031	0.5800
	ニュージーランド	30.6%	0.0222	0.0013	0.1538	0.1773
	オーストラリア	29.8%	0.0216	0.0013	0.1499	0.1728
	中国	18.7%	0.0135	0.0008	0.0939	0.1083
	マレーシア	9.1%	0.0066	0.0004	0.0457	0.0527
	フランス	7.5%	0.0055	0.0003	0.0380	0.0438
	ウルグアイ	4.3%	0.0032	0.0002	0.0219	0.0252
国内分	日本		0.4997	0.0013	0.0866	0.5877
ライフサイクル全体			0.5723	0.0057	0.5898	1.1677

この結果に Global Water Footprint Factor を適用した。羊毛調達は基本的に cropland で行われるものとし、原油調達及び国内の消費は国全体の平均値を用いることとした。図 2.3-5、図 2.3-6 に水消費のインベントリ時と沖らの係数を用いた特性化実施時の国別の消費割合を示す。

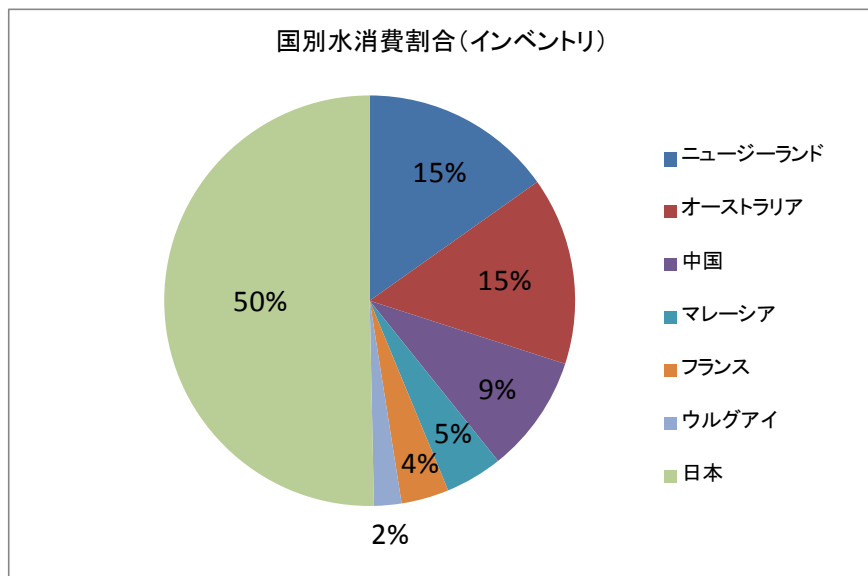


図 2.3-5 国別の水消費割合（インベントリの結果）

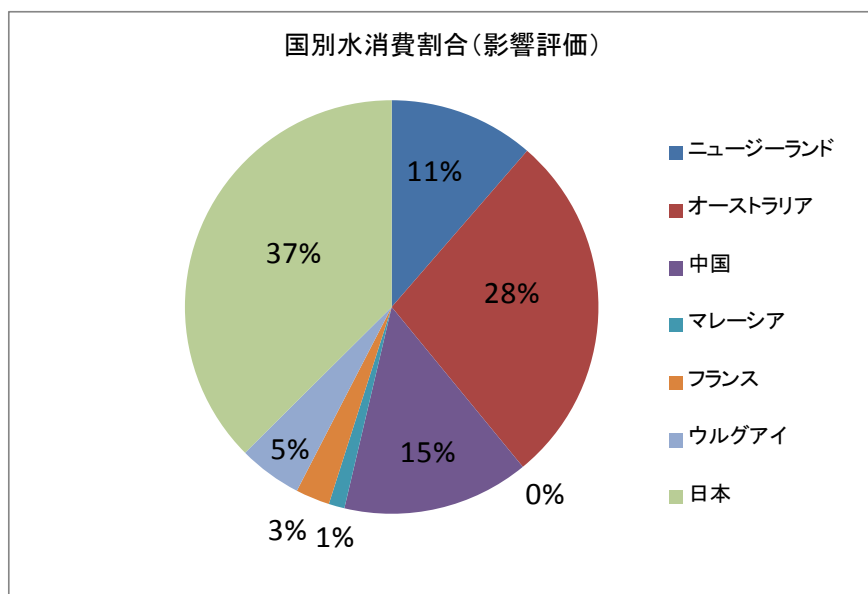


図 2.3-6 国別の水消費割合（水源に関する特性化の結果）

単純な水消費量の結果では、国内の消費量が最も多い。しかし、特性化の結果では日本国内はやはり多いが、オーストラリアの数値も日本と大きな違いは無い。オーストラリアは羊毛の輸入量では、ニュージーランドとほぼ同様であるが、潜在的な水影響は大きいことがわかる。また、中国は上記 2 か国よりも輸入量は小さいが、影響はニュージーランドよりも大きい結果となることがわかる。

(2) ケーススタディ 2 ～Water Degradation Footprint の評価, LIME～

① 手法の概要

<LIME の評価体系>

LIME は日本版の被害算定型 LCIA 手法であり、以下の 5 段階のステップ¹により環境影響の評価が実施される。なお、LIME の評価体系を図 2.3-7 に示す。

1. 環境負荷物質の発生による大気、水などの環境媒体中の濃度変化を分析する（運命分析）。
2. 環境媒体中における環境負荷物質の濃度の変化によって、人間などのレセプタによる暴露量の変化について分析する（暴露分析）。
3. 暴露量の増加によるレセプタの潜在的被害量の変化を被害態様ごとに評価する（影響分析）。
4. 共通するエンドポイント（例えば人間健康）ごとにそれぞれの被害量を集約する（被害分析）。
5. 最後にエンドポイント間の重要度を適用させることで環境影響の統合化指標を得る（統合化）。

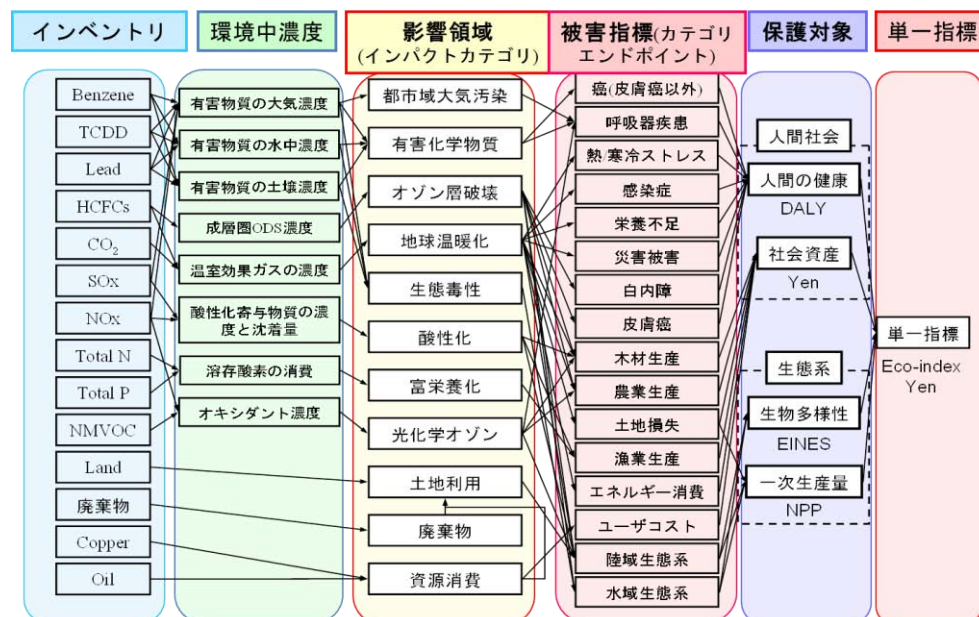


図 2.3-7 LIME の評価体系

出典：伊坪・稲葉編著，「ライフサイクル環境影響評価手法」

¹ (出典) 伊坪・稲葉編著，「ライフサイクル環境影響評価手法」，2005

＜水質劣化に係る統合化までの経路＞

LIME における水質劣化に係るインベントリから統合化までの経路は以下の 2 ステップで実施される(図 2.3-8)。なお、LIME においては、水消費量は評価対象としていない。

1. インベントリに被害係数をかけ、保護対象ごとの被害量を算出
2. 各保護対象の被害量に重み付け係数（統合化係数）を乗じ、単一指標 Eco-Index を算出

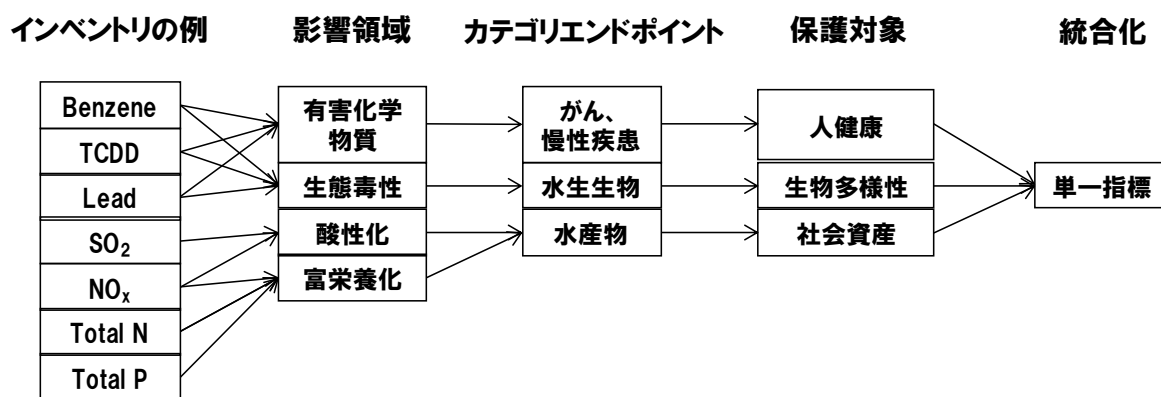


図 2.3-8 水質劣化に係るインベントリから統合化までの経路

＜水質劣化に係る影響領域の評価方法の例 -富栄養化-＞

図 2.3-9 に LIME における富栄養化の因果関係を示す。富栄養化についての特性化評価は富栄養化ポテンシャルによって表現され、EP²、EPF³、EPMC⁴の 3 種類がある。それぞれの概要と値を表 2.3-11 及び表 2.3-12 に示す。この内、EPF 及び EPMC は日本で開発された係数であり、EPF は大気中の運命を加味することができ、EPMC は DO 濃度をミッドポイントとし、さらに大気に排出される物質については大気中の運命を加味することができる。LIME においては、この内、日本の環境条件を考慮できる等の観点から EPMC が推奨されている。

² 富栄養化係数

³ 運命分析利用富栄養化係数

⁴ 物質循環富栄養化係数

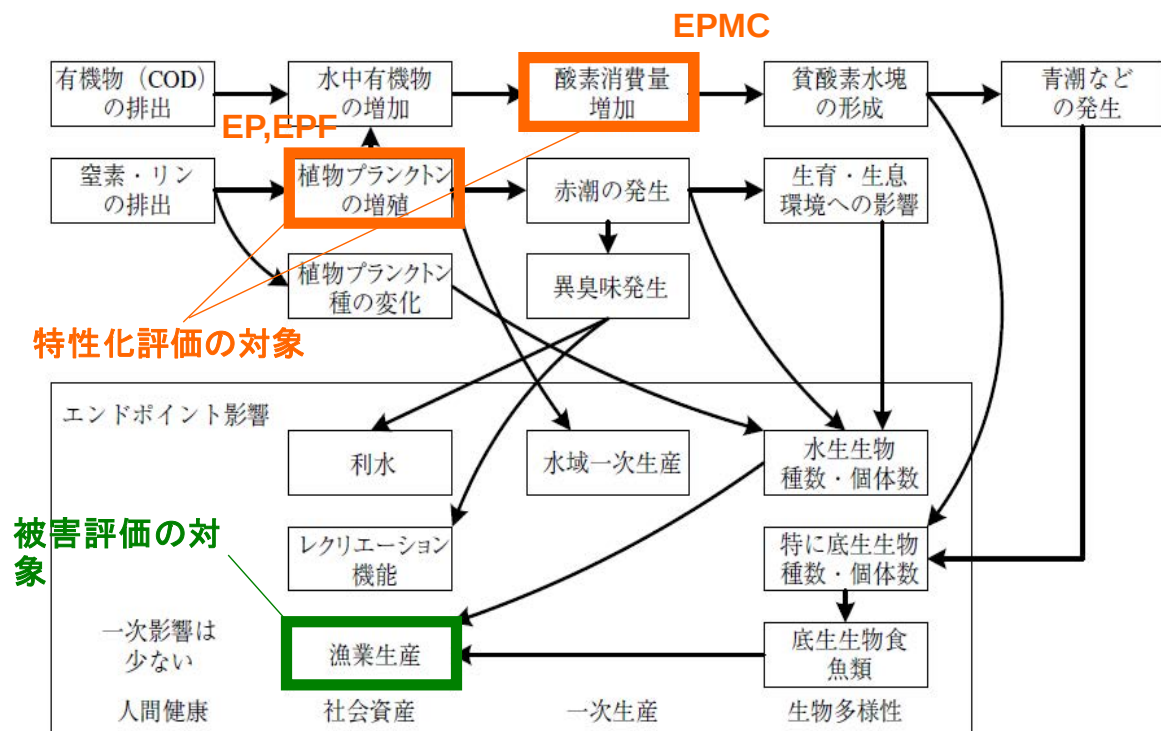


図 2.3-9 LIME における富栄養化の因果関係

(出典) 伊坪・稲葉編著 (2005) 「ライフサイクル環境影響評価手法」

表 2.3-11 富栄養化に関する特性化係数

特性化係数	算出の考え方	富栄養化ポテンシャルの意味	地域性の考慮
EP	排出された物質が植物プランクトンの生産に使われる割合をリンと比較したもの	植物プランクトンの生産量 (赤潮のポテンシャル)	排出先、排出場所によらず一定。
EPF	大気排出：水域への到達率を EP に乗じたもの 水域排出：EP と同じ値 (到達率が 1 のため)	植物プランクトンの生産量 (赤潮のポテンシャル)	大気排出のみ地域性を考慮。
EPMC	物質の排出により底層 DO の低下する割合をリンと比較したもの	底層 DO の低下 (貧酸素化、青潮のポテンシャル)	海域ごとに変化。(東京湾、伊勢湾、三河湾、大阪湾の加重平均)

表 2.3-12 富栄養化に関する特性化係数の値

	EP	EPF	EPMC
ammonia (air)	0.35	0.15	0.092
ammonia (water)	0.35	0.35	0.21
ammonium	0.33	0.33	0.20
nitrate	0.1	0.1	0.059
nitrogen	0.42	0.42	0.26
nitrogen dioxide (air)	0.13	0.018	0.011
nitrogen monoxide (air)	0.2	0.028	0.017
phosphate	1.0	1.0	1.0
phosphorus	3.06	3.06	3.06
chemical oxygen demand	0.022	0.022	0.0015

(出典) 伊坪・稲葉編著, (2005)「ライフサイクル環境影響評価手法」

② 手法の適用事例

現在も開発の進められている LIME では、水に関連する影響として、富栄養化と有害化学物質がある。また、現在も研究が進められている農業用水資源の不足に起因する栄養阻害被害（人間健康被害）がある。ここでは、富栄養化に関する統合を示す（図 2.3-10）。

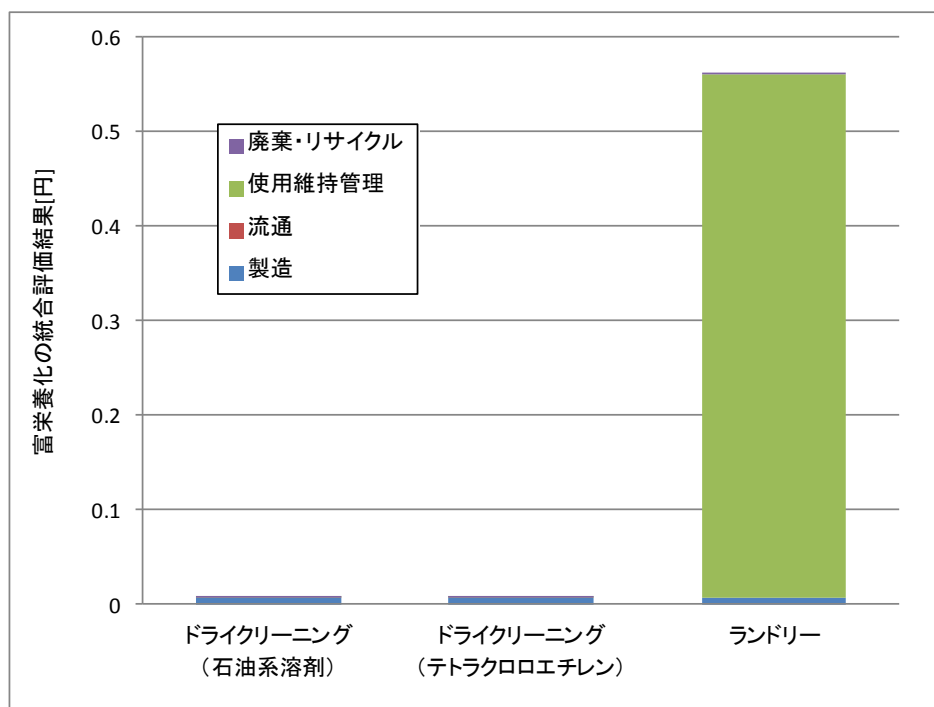


図 2.3-10 富栄養化に関する統合評価結果

富栄養化に関しては、本算定結果では、ランドリーにおける排水の影響が大きい結果である。また、環境負荷物質の寄与度では、ドライクリーニングでは製品製造時の COD の影響が支配的であるが、ランドリーでは、洗浄時に排出される排水の処理の影響でリンや窒素の影響が支配的になっている。

LIME 上では COD、N、P のみを評価しているが、WF の影響評価では、NO₂ なども評価対象となるため、それらの算定も可能であれば行う必要がある。なお、上記の結果の大きな要因は、下水処理時におけるものであるが、データベース上から日本平均の数値を引用しているため、このような結果となっている。実際の排水成分がわかる場合には、それらの数値を用いなければ、正確な値は見えてこないものと思われる。

また、実際には、水消費量との影響の差異を考慮していく必要がある。本下らの論文（日本 LCA 学会誌, 6(3), 242-250）では、最も影響の大きい国（中央アフリカなど）では、1m³あたり 1.45×10^{-4} DALY という健康被害が示されている。LIME2 の経済換算係数を用いると、 1.45×10^{-4} DALY は約 2,000 円程度であり、ドライクリーニング（石油系溶剤）の際の 1.2m³ を考えると、水消費は 2,400 円程度の影響になり、富栄養化の影響は水消費に比べ著しく小さくなる。

他方、本下らの論文（日本 LCA 学会誌, 6(3), 242-250）では、世界全体では、 $1.13 \times 10^{-9} \sim 5.72 \times 10^{-5}$ DALY/m³ となっており、加重平均による世界全体では 1.44×10^{-8} DALY/m³ とされている。世界平均の数値を考えると、1m³ あたりは約 0.2 円となり、インベントリ結果を考えると、水消費量の影響は 0.2~0.3 円程度であるので、富栄養化の数値とほぼ同程度の影響になる。実際には、国別に影響が異なるため、Exmaple B で示したように国別の係数を考慮することが必要になる。

(3) ケーススタディ 3 ～WFN による Water Footprint の評価、ISO Example J～

① 手法の概要

本手法は、WFN によって提案された手法であり、水質汚染を WF_{grey} として「水量」に換算することにより「水消費」と「水質劣化」という二つの影響を、水量へと統合して影響評価結果を表す点に特徴がある。本手法では WF を以下の式により算定する。

$$WF_{proc} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,gray}$$

ここで、 WF_{blue} は表流水及び地下水の消費量を、 WF_{green} は雨水の消費をそれぞれ意味する。

本手法における水質劣化の評価は、以下の式で定義される WF_{grey} として評価される。 WF_{grey} はあるプロセス段階において消費される淡水の汚染の程度を示す指標であり、汚染を水質環境基準まで希釈する際に必要な水量である。なお、 WF_{grey} における「汚染」は溶存物質のみでなく、水温変化等も含む。

$$WF_{grey} = \frac{\text{環境負荷}(L)}{\text{水質環境基準値}(X_{\max}) - \text{受水域における自然値}(X_{\text{nat}})}$$

* なお、溶存物質の場合： $X=C$ [質量/体積]、水温の場合： $X=T$ [温度]

本手法における水質劣化の評価に関する特徴として、複数の水質汚染物質が共存する場合には、最も重大な汚染（ WF_{grey} が最大のもの）のみを評価する点が挙げられる。なお、個々の水質汚染物質に対する評価も可能であることから、特定の水質汚染物質への対策として有効である。

② 手法の適用事例

WFN の手法では、水消費量のほか、水質汚染物質の影響を上記のグレイウォーターの考え方で計上する、グレイウォーターの考え方では、水質環境基準値（最大許容濃度）との差を検討するため、水質環境基準の設定が重要な要素となる。

以下に、WFN の手法を 2.2 及び 2.3.2 で示した衣類のケーススタディにここでは、水質汚染物質（負荷）として BOD、COD、Total-P、Total-N、SS の 5 つの物質を対象とした。表 2.3-13 に水質環境基準の設定を示す。ここでは、日本の水質環境基準を用い、生活環境の保全に関する水質環境基準から、水道 1 級レベルと工業用水 1 級レベル（N total, P total

は工業用水レベル) を用いることとした。図 2.3-11 に評価結果を示す。

生活環境の保全に関する水質環境基準では、利水目的に従って、水域ごとに類型が指定される。類型によって、水質環境基準は異なるため、グレイウォーターの算出においてはどの類型を用いるかによって数値は異なってくる。

表 2.3-13 本調査で用いた水質環境基準値

	BOD	COD	N total	P total	SS
環境基準値ケース1[mg/L]	1	1	0.2	0.01	1
環境基準値ケース2[mg/L]	5	5	1	0.1	50

(出典) 環境省 (2014) 「生活環境の保全に関する環境基準」

ケース 1 は水道 1 級レベル、ケース 2 は工業用水 1 級レベルとした。

BOD、SS は河川、COD、N total、P total は湖沼の基準を用いている。

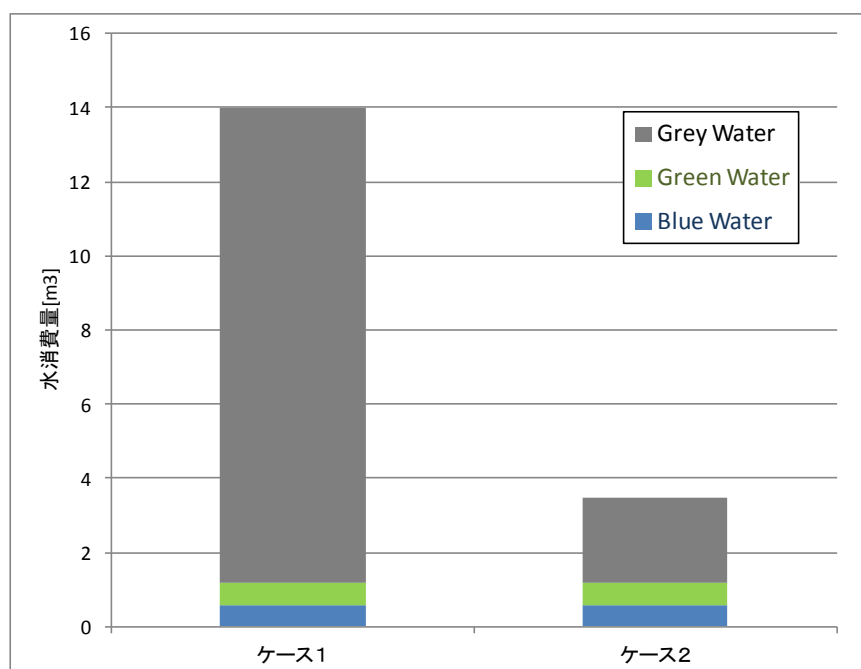


図 2.3-11 WFN の手法に基づく評価結果

基準値の考え方により、水質汚染物質の全体への影響は著しく異なってくる。例えばケース 1 では羊毛生産時のリン (P total) の影響が大きい。これは濃度が高いのではなく、羊毛生産時の水消費量が大きいため、基準値を超えた場合に、全体に及ぼす影響が大きくなるためである。一方でケース 2 では羊毛生産時のリンが基準値を超えないため、グレイウォーターが計上されない (他の水質汚染物質の影響でゼロにはならない)。このように、どのような基準値を考慮するかによって、数値は異なる。そのため、水を消費している水域、類型なども考慮する必要がある。

2.3.4 その他の影響評価手法

ここでは、ISO にて検討中の影響評価手法の事例及び欧州の環境フットプリントで水圏に対する生態毒性及び人間健康影響の領域へ利用が検討されている手法である USEtox の概要について紹介する。なお、Example B 及び Example J については前述したため、Example D は Example A と同様の手法を用いているため、Example I は欠番となっているためそれぞれ省略した。また、一部の手法は他の手法と考え方が類似していたため、簡潔に概要を記載することとした。

(1) Example A 稲作のウォーターフットプリント

稲作の Water Scarcity Footprint を算出する事例であり、以下の式によって算出される。

$$W_{SC} = \frac{C_1 \times W_{SI,1}}{W_{SI,G}} + \frac{C_2 \times W_{SI,2}}{W_{SI,G}}$$

ここで、Wsc は Water Scarcity Footprint、C₁ は水田による正味の水消費量、W_{SI,1} は稲作が行われる地域の Water Stress Index、C₂ は人工物の投入に係る水消費量、W_{SI,2} は物品投入に係る Water Stress Index、W_{SI,G} は世界平均の Water Stress Index である。

補足 Water Stress Index (WSI)

WSI は、利用可能な水資源量に対する水消費量の割合に焦点が置かれており、対象とする集水域 i に対して、下記 WTA(資源量に対する利用量) が計算される。

$$WTA_i = \frac{\sum_j (WU_{ij})}{WA_i}$$

ここで、WTA_i は集水域 i における利用可能な水資源の割合、WU はセクター j における水使用の割合である。WTA は各集水域における月や年単位の水流入量の変動を重み付けし、WTA* とする。WSI は WTA* を用いて、以下のように表される(Eq.2)。

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{-6.4WTA \times (\frac{1}{0.01} - 1)}}$$

WSI は最小値が 0.01 であり、これは最も水ストレスが小さい状況を示す。また、WSI=0.5(WTA=0.4 に相当)が、水ストレスの中程度と強度の境界値となるように、分布曲線を調整している。

(2) Example C 季節性を考慮した Water Scarcity Footprint

本事例は、季節及びダム湖の持つ灌漑機能を考慮して Water Scarcity Footprint を算定する手法であり、季節性を考慮した評価ができる点に特徴がある。

季節性を考慮しない場合の Water Scarcity Footprint は以下の式で表される。

$$W_{SF} = C \times \frac{W_{SI}}{W_{SI,av}}$$

ここで、 W_{SF} は Water Scarcity Footprint、 C は蒸発による正味の水消費量、 W_{SI} はダム湖の立地する地点の年間の Water Stress Index、 $W_{SI,av}$ は世界平均の Water Scarcity Footprint である。

季節性を考慮する場合は、ダム湖が雨季に貯水し、乾季に放水することを表現できるように、以下の式のように月別のデータを用いて Water Scarcity Footprint を算定する。

$$W_{SF,n} = (V_{n,in} - V_{n,out}) \times \frac{W_{SI,n}}{W_{SI,av}}$$
$$W_{SF} = \sum_{n=1}^{n=12} W_{SF,n}$$

ここで、 $W_{SF,n}$ は n 月における Water Scarcity Footprint、 $V_{n,in} - V_{n,out}$ は n 月における正味の水消費量、 $W_{SI,av}$ は世界平均の Water Scarcity Footprint、 W_{SF} は季節性を考慮した Water Scarcity Footprint である。

(3) Example E 富栄養化フットプリント

本事例は富栄養化フットプリントを算定するものあり、フランスによって提案された。インベントリ分析においては、富栄養化を引き起こす物質(アンモニア、窒素酸化物、COD、硝酸、リン)について、大気若しくは水域への排出量を得る。影響評価においては、それらの富栄養化を引き起こす各物質に対して、 PO_4^{3-} 相当の「富栄養化ポテンシャル」が与えられている。この富栄養化ポテンシャルと各物質の排出量とを掛け合わせることで、各物質の富栄養化ポテンシャルを算出する。その後、各物質の富栄養化ポテンシャルを加算することで、評価対象とする農作物等の富栄養化ポテンシャルを算出する。

(4) Example F CWV モデルを用いた Water degradation footprint

Water degradation footprint を算定する手法であり、COD、全窒素、全リン、重金属などの汚染物質に基づき評価する。評価は、Critical Water Volume (CWV)モデルを用いて実

施される。これは、評価対象とした汚染物質それぞれについて、基準値を満たすために必要となる希釈水量を計算し、算出された希釈水量を加算した結果を Water degradation footprint とするものである。

(5) Example G 包括的なウォーターフットプリント

本事例はカナダによって提案され、WAF 及び水質劣化に関する複数の影響領域を評価することができる。以下に本手法のインベントリ分析、影響評価の概要について記す。

<インベントリ分析>

本手法では、独自に設定した化学分析と生物分析のデータ⁵に基づいた 8 つの水質カテゴリーごとに（表 2.3-14）、特定の系における水の収支を把握する。各カテゴリーは、用途に対して水が利用可能か否かという観点で設定されている。なお、ここでのカテゴリーは、水質汚染物質の「濃度レンジ」ではなく「閾値」で区分されるため、たとえば、カテゴリー 3 の水はカテゴリー 2 やカテゴリー 1 の水を含むこととなる。

表 2.3-14 各カテゴリーにおける水質

分類	項目	水質カテゴリー								
		1	2a	2b	2c	2d	3	4	5	雨水
		Excellent	Good	Average	Average-Toxic	Average-Biologic	Poor	Very Poor	Un-usable	-
各カテゴリーの概要	微生物濃度	低	低	中	低	高	高	高	左記以外	N/A
	毒性	低	中	中	高	低	中	高	左記以外	N/A
水質の閾値 (一部のみ抜粋)	pH (-)	4.5-8.4	4.5-8.4	4.5-8.4	4.5-8.4	4.5-8.4	4.5-8.4	4.5-9.0	-	-
	BOD ₅ (mgO ₂ /L)	5	5	5	5	5	20	20	-	-
	SS (mg/L)	25	25	100	25	40	100	300	-	-
	糞便性大腸菌群 (CFU/100mL)	20	200	2000	200	10000	10000	20000	-	-
	亜鉛 (mg/L)	0	2	2	2	0	2	-	-	-
	カドミウム (mg/L)	0	0.003	0.003	0.03	0	0.03	0.03	-	-
	鉛 (mg/L)	0	0.01	0.1	0.1	0	0.1	0.1	-	-
用途 (一部のみ抜粋)	Domestic1 (簡易処理により家庭等で使用可能)	○	×	×	×	×	×	×	×	○
	Domestic2 (通常の物理化学的浄水処理により家庭等で使用可能)	○	○	○	×	×	×	×	×	○
	Domestic3 (高度浄水処理により家庭等で使用可能)	○	○	○	○	○	○	○	×	○
	Industrial (産業用途での使用)	○	○	○	×	×	×	×	×	○
	Agriculture1 (灌漑用水として良質な水を必要とする場合)	○	○	×	○	×	×	×	×	○
	Agriculture2 (灌漑用水として良質な水を必要としない場合)	○	○	○	○	○	○	×	×	○

出典：Boulay et al.,(2011) “Categorizing water for LCA inventory” International Journal of Life Cycle Assessment, 16(7), pp.639-651.

⁵ 水質は一般水質項目、無機汚染物質及び有機汚染物質の計 136 項目を調査対象としている。

<影響評価>

本手法では、「水の利用可能性」及び「水質劣化に係る影響領域」を評価対象としている。
以下にそれぞれの影響評価方法を示す。

○ 水の利用可能性

取水量及び排水量に、水質に応じた α 値を乗じ、取水量を正の値、排水量を負の値として加算する。加算結果を Water Availability Footprint (WAF)としている。

$$WAF = \sum_i (\alpha_i \times V_{i,in}) - \sum_i (\alpha_i \times V_{i,out})$$

ここで、 V_{in} 、 V_{out} 、 α はそれぞれ以下を意味する。

V_{in} : カテゴリー i における取水量

V_{out} : カテゴリー i における排水量

α : カテゴリー i における水の利用可能性の特性化係数（無次元の値）

また、 α 値は表流水及び地下水に関して、それぞれ以下の式により算出される。

$$\alpha_{surface,i}^* = \frac{CU \times (1 - f_g)}{Q90} \times \frac{1}{P_i}$$
$$\alpha_{GW,i}^* = \frac{CU \times f_g}{GWR} \times \frac{1}{P_i}$$

CU : 集水域における水消費量(km³/yr)

Q90 : 低流量時の水量(km³/yr)

※ 河川流量がこの値を 10 ヶ月中 9 ヶ月間は上回るように設定。
(平均値や中央値より低い値となる。また、豪雨時等の高水量は除外される。)

f_g : 地下水使用割合

GWR : 利用可能な再生可能地下水量(km³/yr)

P_i : カテゴリー i における利用可能な水の割合。

(各国における GEMStat の水質データが各カテゴリーの閾値を下回る場合、利用可能な水とする。)

また、 α 値には以下の特徴があると考えられる。なお、国別の α 値の例を表 2.3-15 に示す。

- α 値は水質、季節変動、水源タイプ（表流水及び地下水）を考慮した水使用者間での「競合度合い」を示すインデックスである。
- α は 0～1 の値を取り、0 の場合はストレスが低い状況（競合が少ない）であり、1 の

場合はストレスが高い状況（競合が多い）となる。

- α の計算自体では水質を考慮していないが、水質の類型に応じて α をそれぞれ設定することにより、水質を考慮することが可能である。

表 2.3-15 Example G における国別の α 値の例

Country	Surface Water								Ground water								Rain
	S1	S2a	S2b	S2c	S2d	3	4	5	G1	G2a	G2b	G2c	G2d	G3	G4	G5	
Japan	NW	0.3056	0.3056	0.2082	NW	0.1090	0	0	NW	0.0002	0.0002	0	NW	0	0	0	0.1567
Australia	NW	0.1828	0.1828	0.1538	NW	0.0093	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.0106	0.2225
Canada	NW	NW	NW	0	NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
China	NW	0.1747	0.0073	0.1747	NW	0.0073	0	0	NW	1	1	0.9576	NW	0.4765	0.2538	0.2002	0.2831
France	NW	0.9619	0.7042	0.9619	NW	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0.9648
India	NW	1	1	1	NW	0.9917	0	0	NW	1	1	1	NW	1	1	1	1
Kenya	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.0176	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9051
Netherlands	NW	0	0	0	NW	0	0	0	0.7477	0.1043	0	0.1043	0	0	0	0	0
Saudi Arabia	1	1	1	1	1	1	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	1
United States	NW	0.0635	0.0635	0	NW	0	0	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.2513	0.1969

NW:該当するカテゴリーの水なし、NA:データなし、0:当該カテゴリーにおいて不足なし。なお、海水はカテゴリー4若しくはカテゴリー5に相当するため、海水にアクセスできる国では、カテゴリー4及び5は0となっている。

出典：Boulay et al.,(2011) “Regional characterization of freshwater use in LCA : Modeling direct impacts on human health” Environmental Science and Technology, 45(20), pp.8948-8957

○ 水質劣化に係る影響領域

既存の LCIA 手法を用いて評価を実施するとされている。

（6）Example H 統合化された Water Footprint Profile

オーストラリアによって提案された事例であり、「水の利用可能量」と「水質劣化」に関する二つの指標を統合化する際に水質劣化を水量として表している点に特徴がある。

本事例では、以下の式によって WF を算出する。

$$W_F = W_{SC} + W_{DG}$$

ここで、 W_F はウォーターフットプリント、 W_{SC} は Water Scarcity Footprint[m³]、 W_{DG} は Water Degradation Footprint[m³]である。 W_{SC} 及び W_{DG} はそれぞれ以下の式によって算出される。

$$W_{SC} = \sum_i \frac{\alpha_i}{\alpha_{gl}} \times C_i$$

ここで、 α_i は地点*i*における Water Stress Index、 α_{gl} は世界平均の Water Stress Index、 C_i は地点*i*における正味の水消費量である。

$$W_{DG} = \frac{R_p}{R_{gl}}$$

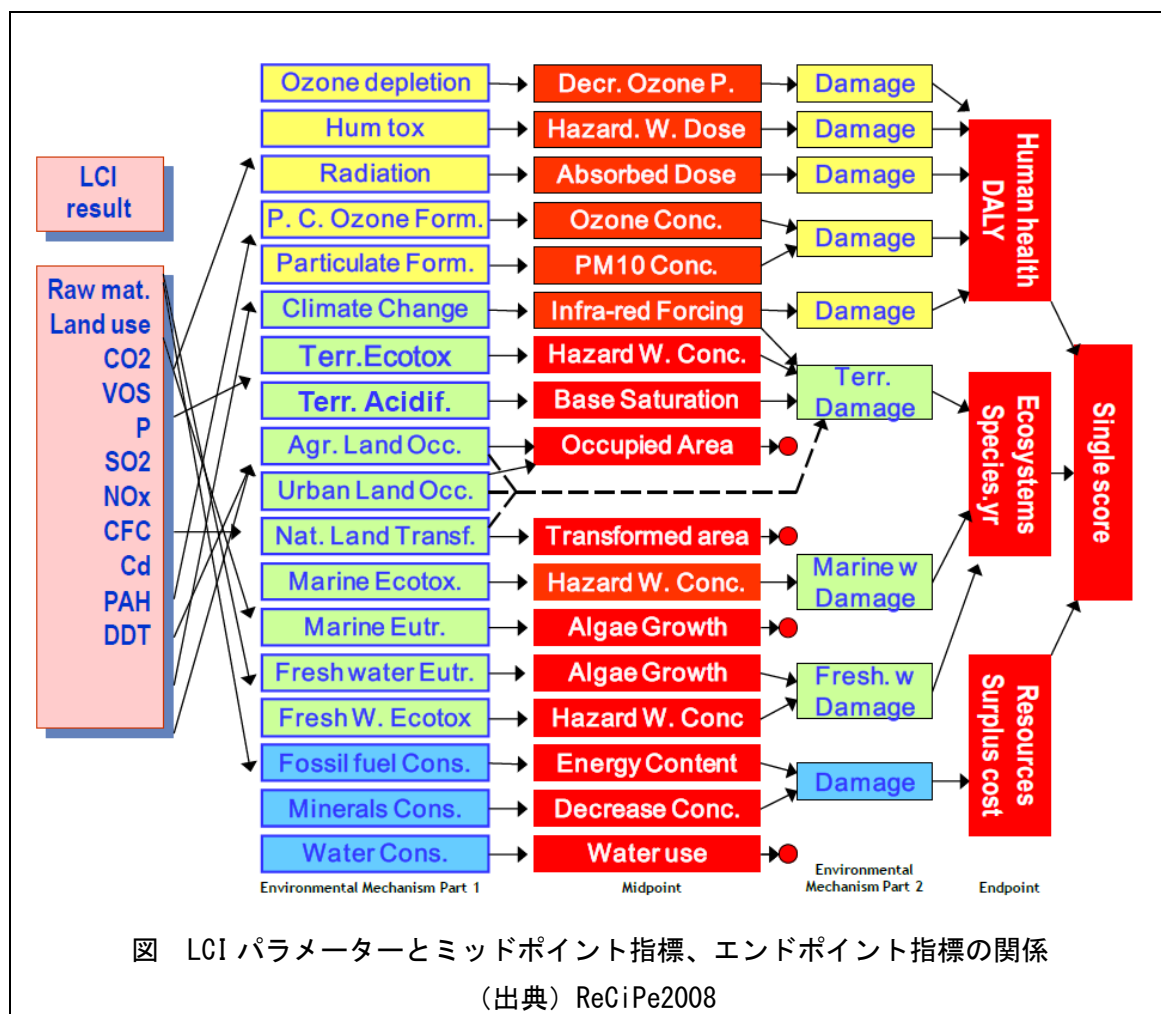
ここで、 R_p [Recipe point]は製品システムによる水への汚染物質影響を既存の LCIA 手法である ReCiPe により評価した結果（ReCiPe ポイント）、 R_{gl} [Recipe point/m³]は、1L の水使用に伴う世界平均的な影響を ReCiPe Points で評価した結果である。

本手法では、水質劣化の評価に ReCiPe を用いることにより、水質汚染物質の排出による影響を総合的に評価することを可能としている。なお、ReCiPe は欧州の環境条件を想定している手法となっている。代わりに LIME 等を用いることで、日本の状況を反映した評価を行える可能性があるものの、正しい専門知識や多大な労力が必要となる。

補足 ReCiPe

ReCiPe は LCIA 手法の一つであり、18 種類のミッドポイント指標と 3 種類のエンドポイント指標を持ち、統合化による一つの指標として結果を表示できる。

水量及び水質の評価をできる手法ではあるものの、水量については統合化を行わないこととなっている。水質に関しては、淡水域及び海水域の富栄養化及び生態毒性を評価対象としている。



(7) Example K ミッドポイントレベルの4つの指標を対象とした Water Footprint Profile

フランスによって提案された手法であり、本手法では水質劣化に関しては4つの影響領域（淡水枯渇、富栄養化、生態毒性、酸性化）についてプロファイルとして結果が算出される。インベントリ分析では、影響領域に関係する全てのインベントリデータを検討するとされている。影響領域の選定と影響カテゴリ指標及び特性化モデルは、以下の通りである（表 2.3-16）。

表 2.3-16 Example K における水質劣化の評価

影響領域	水の利用可能性 Water Availability	富栄養化 Aquatic Eutrophication	生態毒性 Aquatic Ecotoxicity	酸性化 Aquatic Acidification
ライフサイクル レインベント リ分析結果	淡水消費量	水への窒素及び リン排出量	生態毒性に寄与 する全ての物質 に関する水への 排出量（農薬、 金属等）	酸性化に寄与す る全ての物質に 関する水への排 出量（アンモニ ア、硫酸等）
特性化モデル	Water Stress Index (Pfister et al. ⁶)	Aquatic Eutrophication from Impact 2002+ (Jolliet et al. ⁷)	USETox (Hauschild et al. ⁸)	Aquatic Acidification from Impact 2002+ (Jolliet et al.)
カテゴリー 指標	m ³ depleted equivalent	kg PO ₄ equivalent	Comparative Toxic Units (CTUe)	kg SO ₂ equivalent

（８）USEtox

人健康影響と生態毒性を評価することができる手法であり、欧州の環境フットプリントにおいて水圏の生態毒性及び人間健康影響の影響領域における推奨評価手法となっている。汚染物質の排出による影響を環境動態、暴露、影響の三段階で関係付けて評価し、特性化係数（CF）[cases/kg_{intake}]は、以下の式で表される。

$$CF=EF \times XF \times FF=EF \times iF$$

ここで、*FF*は汚染物質の環境動態係数[day]、*XF*は暴露係数[day⁻¹](人健康影響の場合のみ)、*EF*は影響係数[人健康影響の場合:cases/kg_{emitted}、生態毒性の場合:PAF.m³/kg]である。なお、*iF*は摂取係数として環境動態係数及び暴露係数を統合したものである。

本手法は大陸規模と地球規模の二つのスケールを対象としている。大陸規模を対象とし

⁶ Pfister et al., (2009) “Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA”, Environmental Science and Technology, 43 (11), pp.4098-4104.

⁷ Jolliet et al., (2003) “IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology”, International Journal of Life Cycle Assessment, 8(6), 324-330.

⁸ Hauschild et al., (2008) “Building a model based on scientific consensus for life cycle assessment of chemicals: The search for harmony and parsimony”, Environmental Science and Technology, 42(19), 7032-7037.

た場合は、6つの環境に係るコンパートメントを評価範囲とする。具体的には、都市大気、郊外の大気、農業用土壌、産業用土壌、淡水及び海水である。地球規模を対象とした場合は、都市大気は考慮しないこととなる。

2.4 結果の解釈

2.4.1 地域別の水消費量について

Example B の分析結果に示したように、今回の調査では、地域による影響の差を考慮しない場合、水消費量においては国内の影響が最も大きい、輸入先を考慮し、各国の事情を考慮した場合には、この結果とは異なる傾向になる。

Example B 以外にも国別・地域別の Scarcity の差を考慮している手法が提示されているが、上記の結果からは、潜在的な環境リスクが、羊毛の川上で生じているとも考えられる。このように水消費量において、インベントリ段階で潜在的なホットスポットを検討することはミスリードにつながる可能性もあり、ISO で規定されているように、一定の Scarcity に関する影響評価の実施が重要と考えられる。

2.3 節にも記載したが、水利用可能量には、現在の使用量、将来の使用量等を加味した地域ごとの閾値的な数値が存在すると考えられる。上記のように、ホットスポットを検討するうえでは、その閾値に近いかどうかを考えることが重要であるが、現時点で閾値を用いた評価手法は開発されていない。今後の研究が期待される。

また、水に関する二次データには、地域の情報や季節的な情報は含まれていないものが多い。国内よりもむしろ海外での原料調達等で水のリスクが発生する可能性が高いことを考慮すれば、このような二次データを用いた評価によりホットスポットを検討した上で、重要な地域、プロセスについては、一次データや実際の情報を入手し、検討することが必要になるものと考えられる。

2.4.2 水質汚染との統合評価について

本事例集では、LIME 及び WFN の手法を用いて、水質汚染の影響を検討した。いずれの評価においても、いまだ課題は残るものの、結果として、水質汚染の影響は、水消費量の影響に比べ小さくないことを示している。

また、単なる水質汚染物質の評価だけではなく、工場内の排水処理や下水処理に流す水量の考え方など、水消費量の評価の中に、水質改善に関わる課題が、間接的に係ってくる（水質改善することで水消費量が減ることになり、リスク低減につながる）。

そのため、これも ISO で規定されるように、水質への影響に関しても、水消費量と併せて、評価を実施していくことが必要と考えられる。そのためには、LIME 等の水質と水消費量をともに評価する手法の開発及び水質と水消費量を併せて評価するケーススタディの拡張が必要と考えられる（水消費量の中に水質の影響を考慮していく必要がある）。

2.4.3 製品評価から事業評価へ

- ・製品1着の評価は、ホットスポット（水消費量の大きいプロセス等）の把握ができ、製品開発の指針とすることができる。ただし、1着の評価だけでは、水リスクの評価には直結しない。水リスクの評価を検討するためには、製品の総販売量を考慮して、どれだけの原料が総量として必要となるかが重要になると考えられる。
- ・なお、カーボンフットプリントなどのように、環境優位性をもって消費者の製品選択を促す場合にも、ミスリードが無いように、ある程度の精度を持った環境影響・リスクの把握が必要である。WFで環境影響・リスクを把握するためには、上述の閾值的な考え方を含め、製品の販売規模を考慮した事業全体でのリスクの把握が可能な評価が必要と思われる。

3. 評価事例集

ここでは、研究会で算出を実施した事例を示す。研究会において対象とした製品の一覧は表 3-1 の通りである。

表 3-1 本調査における評価対象製品

製品区分	評価対象製品	算定単位
農作物／食料品	うるち米	精米 1kg
	ピーマン	1kg
	MicVac 調理品（肉じゃが）	1 パック
	豚肉	1kg
工業製品	給食用食器	1 枚
	事務服（ベスト）	1 着
	洗濯乾燥機	1 台
	冷蔵庫	1 台
	シャンプー（植物由来プラスチック容器を使用）	1 本

研究会では、短期間で幅広い製品をカバーするため、一部の対象製品に、カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム（以下、CFP プログラムという。）の認定製品を用いた。CFP プログラムの認定製品では、事業者の許可を得た上で CFP の算定に用いた活動量を利用し、事務局で WF を算定した。CFP の活動量を用いる場合、製品の生産サイトにおける取水量等、WF の算出にあたって必要な活動量が十分に収集されていないケースもあり、WF へのデータの利用には課題がある。

また、輸送や使用・維持管理、廃棄リサイクルの各段階におけるシナリオについても、特に断わりがない限りは CFP プログラムの各 PCR で設定されたシナリオを採用した。

ウォーターフットプリントネットワーク（WFN）型の算定方法による評価にあたり、グレイウォーター算出時の水質基準は環境基準の水道 1 級レベルと工業用水 1 級レベル、一律排水基準の 3 種を用いた（表 3-2）

表 3-2 本調査における評価対象製品

	環境基準		一律排水基準 [mg/L]
	水道 1 級 [mg/L]	工業用水 1 級 [mg/L]	
BOD	1	5	160
COD	1	5	160
N total	0.2	1	120
P total	0.01	0.1	16
SS	1	50	200
備考	生活環境の保全に関する環境基準水道 1 級レベル(BOD は河川の類型 AA、COD と SS は湖沼の類型 AA、リン、窒素は湖沼の類型 II)	生活環境の保全に関する環境基準工業用水 1 級レベル (BOD と SS は河川の類型 C、COD は湖沼の類型 B、リンと窒素は湖沼の類型 V)	いずれも生活環境項目

3.1 農作物／食料品

3.1.1 うるち米

うるち米の WF の算定にあたっては、現状では実測がなされていない栽培時の雨水及び灌漑用水の消費量を推算する必要がある。

雨水及び灌漑用水の消費量の推算にあたっては、農業環境技術研究所の「モデル結合型作物気象データベース」から市町村ごとの 1 日あたりの雨量と基準蒸発散量を引用した。また、基準蒸発散量に対する作物ごとの蒸発散量の比率（作物係数）については、Richard G. Allen “FAO Irrigation and drainage paper 56” から引用した。

蒸発散量と雨量が同じか雨量の方が多い場合は、蒸発散量は全て雨水から賄われると仮定し、これを雨水の消費量とした。また余剰分の雨水の量が排水になるものと考えた。

雨量が蒸発散量よりも少ないか無い場合は、不足分を灌漑用水が補うと仮定し、これらを雨水及び地表水の消費量とした。

調査範囲の設定	
データ提供者	イオン株式会社
調査対象製品	うるち米
算定単位	精米 1kg
システム境界	<pre> graph LR subgraph Inputs direction TB E1[電力] F1[化石燃料] U1[上水] R[雨水] I[灌漑用水] end subgraph Process direction LR C[原材料調達 (玄米栽培)] --> P[生産 (精米)] --> D[流通(輸送)] --> U[使用・維持 管理(炊飯)] --> R2[廃棄・ リサイクル] end subgraph Outputs direction TB W1[種もみ] F2[肥料] A[農薬] P1[包装資材] W2[廃棄物] D2[排水] end E1 --> C F1 --> C U1 --> C R --> C I --> C W1 --> C F2 --> C A --> C P1 --> C C --> P P --> D D --> U U --> R2 R2 --> W2 W2 --> D2 D2 --> D2 </pre>
水消費量の分析	
水消費量	うるち米のライフサイクルに係る水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。

	Figure 1: Stage-wise Water Consumption (L/kg) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Consumption (L/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>玄米栽培－直接</td> <td>~1450</td> </tr> <tr> <td>玄米栽培－間接</td> <td>~20</td> </tr> <tr> <td>生産(精米)</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>流通</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>使用・維持管理</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>廃棄・リサイクル</td> <td>~10</td> </tr> </tbody> </table> Figure 2: Water Source-wise Consumption (L/kg) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Water Source</th> <th>Consumption (L/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地表水</td> <td>~1150</td> </tr> <tr> <td>地下水</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>雨水</td> <td>~300</td> </tr> </tbody> </table> 段階別では玄米栽培時の直接消費がほぼ全てとなっており、また取水源別では地表水が 8 割、雨水が 2 割を占めていることから、玄米栽培時における雨水及び灌漑用水の蒸発散の影響が大きいと言える。	Category	Consumption (L/kg)	玄米栽培－直接	~1450	玄米栽培－間接	~20	生産(精米)	~10	流通	~10	使用・維持管理	~10	廃棄・リサイクル	~10	Water Source	Consumption (L/kg)	地表水	~1150	地下水	~10	雨水	~300
Category	Consumption (L/kg)																						
玄米栽培－直接	~1450																						
玄米栽培－間接	~20																						
生産(精米)	~10																						
流通	~10																						
使用・維持管理	~10																						
廃棄・リサイクル	~10																						
Water Source	Consumption (L/kg)																						
地表水	~1150																						
地下水	~10																						
雨水	~300																						
水消費量 (直接消費分を除く)	玄米栽培時の直接消費を除いた場合の水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。 Figure 3: Stage-wise Water Consumption (L/kg) (excluding direct cultivation) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Consumption (L/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>玄米栽培－間接</td> <td>~17</td> </tr> <tr> <td>生産(精米)</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>流通</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>使用・維持管理</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>廃棄・リサイクル</td> <td>~10</td> </tr> </tbody> </table> Figure 4: Water Source-wise Consumption (L/kg) (excluding direct cultivation) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Water Source</th> <th>Consumption (L/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地表水</td> <td>~16</td> </tr> <tr> <td>地下水</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>雨水</td> <td>~12</td> </tr> </tbody> </table> 段階別では玄米栽培時（間接消費）が 6 割、使用・維持管理が 4 割となっている。前者については包装材として用いられる紙袋の川上における木材の栽培に伴う雨水の消費による影響が大きい。また後者については炊飯時に用いる上水の供給に伴う地表水の影響が大勢を占める。 取水源別では地表水が 6 割弱、雨水が 4 割強となっている。地表水は使用・維持管理における上水の供給のほか、玄米栽培時（間接消費）においても一定の消費が計上されている。一方で雨水については、その殆どが玄米栽培時（間接消費）において計上されている。これは前述の通り、包装材として用いられる紙袋の川上における木材の栽培に伴う雨	Category	Consumption (L/kg)	玄米栽培－間接	~17	生産(精米)	~10	流通	~10	使用・維持管理	~10	廃棄・リサイクル	~10	Water Source	Consumption (L/kg)	地表水	~16	地下水	~10	雨水	~12		
Category	Consumption (L/kg)																						
玄米栽培－間接	~17																						
生産(精米)	~10																						
流通	~10																						
使用・維持管理	~10																						
廃棄・リサイクル	~10																						
Water Source	Consumption (L/kg)																						
地表水	~16																						
地下水	~10																						
雨水	~12																						

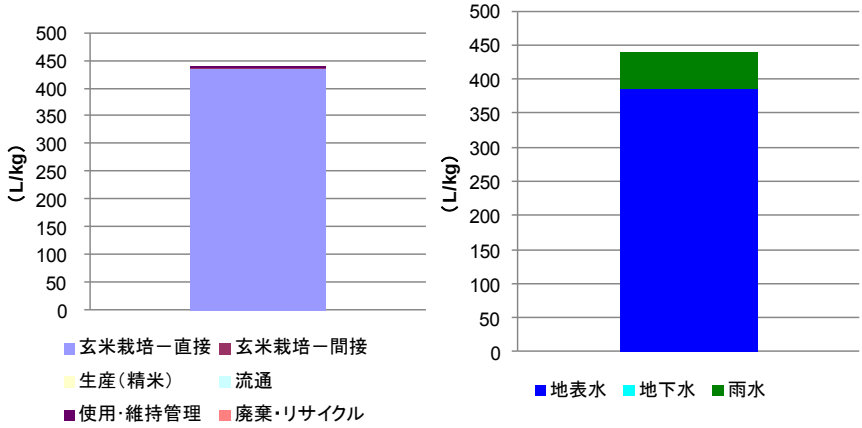
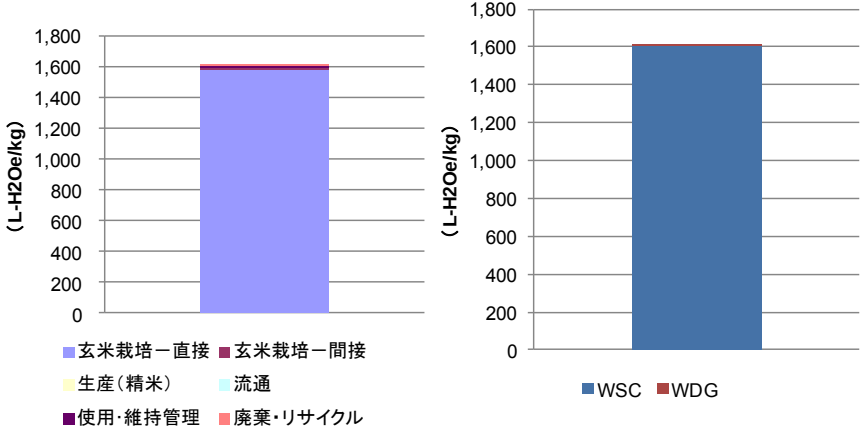
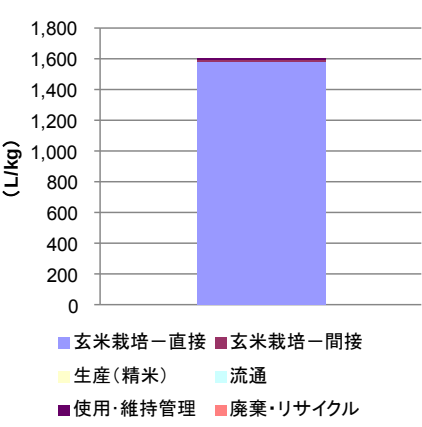
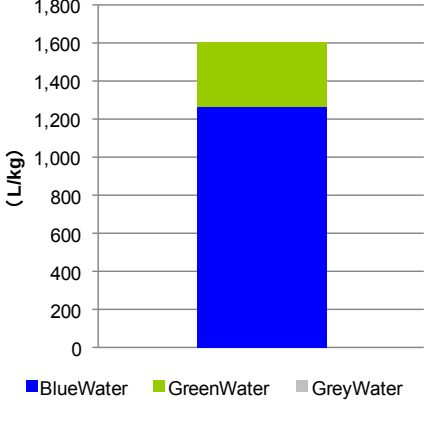
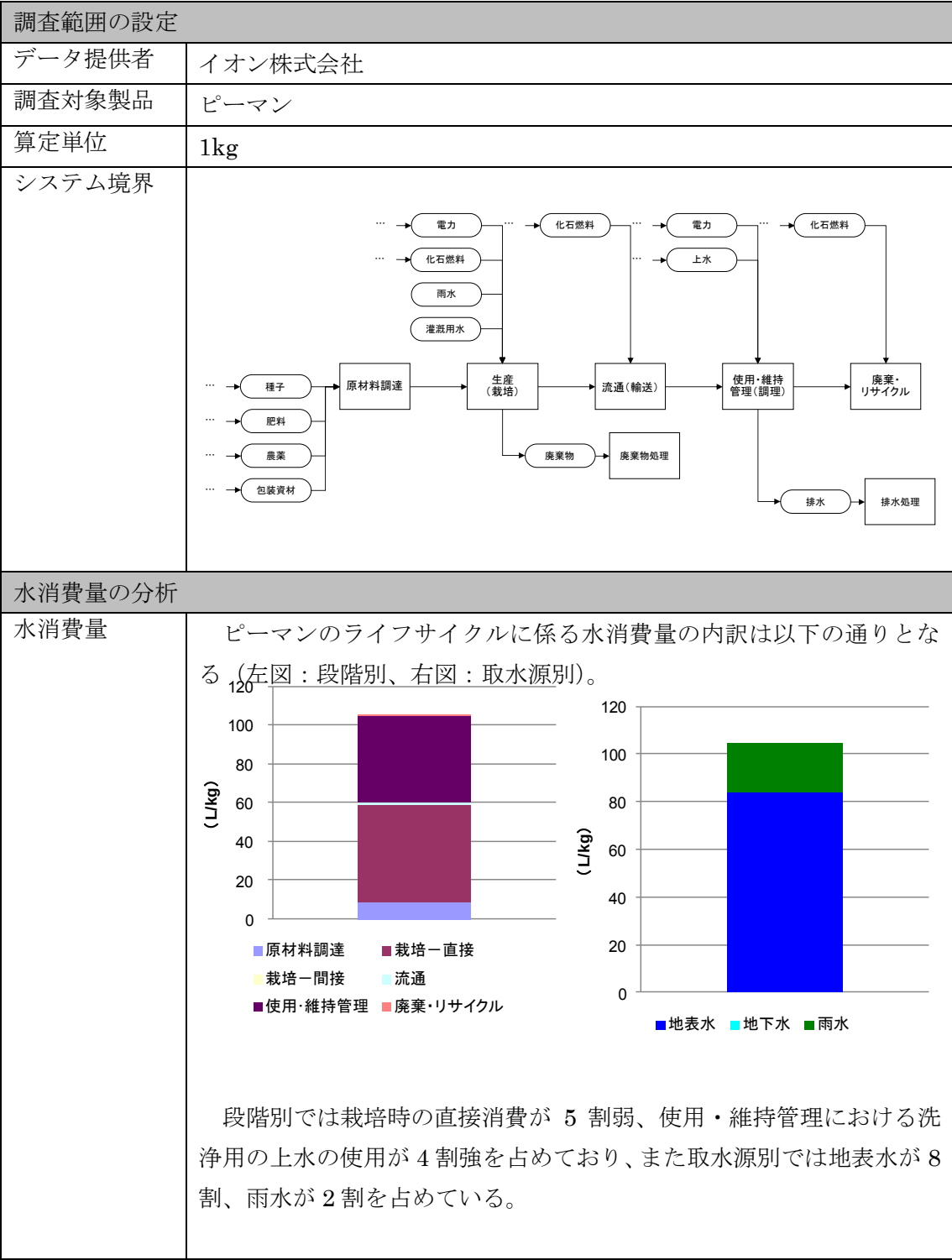
	水の消費による影響である。
ウォーターフットプリント影響評価	
Example G	Example G による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。  段階別では玄米栽培時における直接消費がほぼ全てを占め、また取水源別では地表水が 9 割近くを占めている。これは日本を対象に設定された α 値のうち地表水の値が最も高いことによるものである。
Example H	Example H による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：指標別）。  段階別では玄米栽培時の直接消費（雨水、灌漑用水）が、指標別では W_{SC} が殆どを占めている。
WFN 型 （環境基準－水道 1 級）	WFN 型の算定方法による評価結果のうち、グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の水道 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。

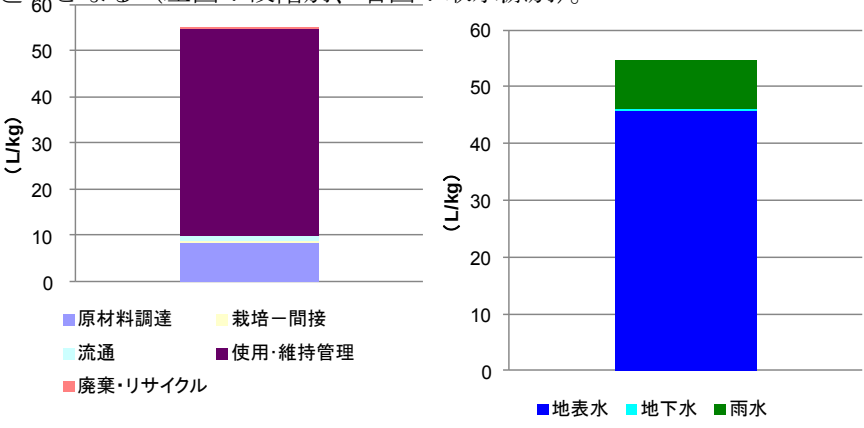
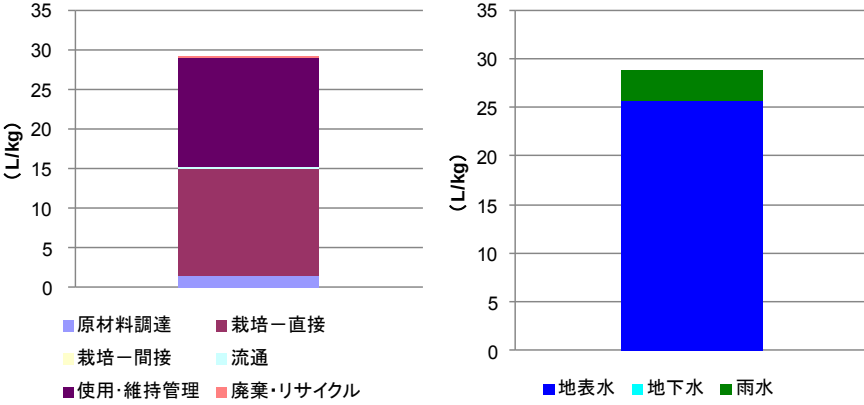
	Figure 1: Water consumption by stage and type. The left chart shows stages: 玄米栽培-直接 (blue), 玄米栽培-間接 (purple), 生産(精米) (yellow), 流通 (cyan), 使用・維持管理 (dark purple), and 廃棄・リサイクル (red). The right chart shows water types: BlueWater (blue), GreenWater (green), and GreyWater (grey). 段階別では玄米栽培段階の直接消費が 7 割弱、使用・維持管理段階が 3 割強を占めており、水の種別ではグレイウォーターが 6 割弱、ブルーウォーターが 3 割強となっている。グレイウォーターは玄米栽培時の肥料の流出に由来するもの（段階別では直接消費に計上）と使用・維持管理段階における研ぎ汁の下水処理に由来するものが要因であり、ブルーウォーターは栽培時の灌漑用水の消費（段階別では直接消費に計上）が殆どを占めている。
WFN 型 （環境基準－工業用水 1 級）	グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の工業用水 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は水道 1 級レベルでの評価から変化はさせていない。 Figure 2: Water consumption by stage and type under the WFN type. The left chart shows stages: 玄米栽培-直接 (blue), 玄米栽培-間接 (purple), 生産(精米) (yellow), 流通 (cyan), 使用・維持管理 (dark purple), and 廃棄・リサイクル (red). The right chart shows water types: BlueWater (blue), GreenWater (green), and GreyWater (grey). 水質の基準を水道 1 級から下げた結果、グレイウォーターとして計上されるのは使用・維持管理段階における研ぎ汁の下水処理に由来するもののみとなる（全体の 1 割弱）。

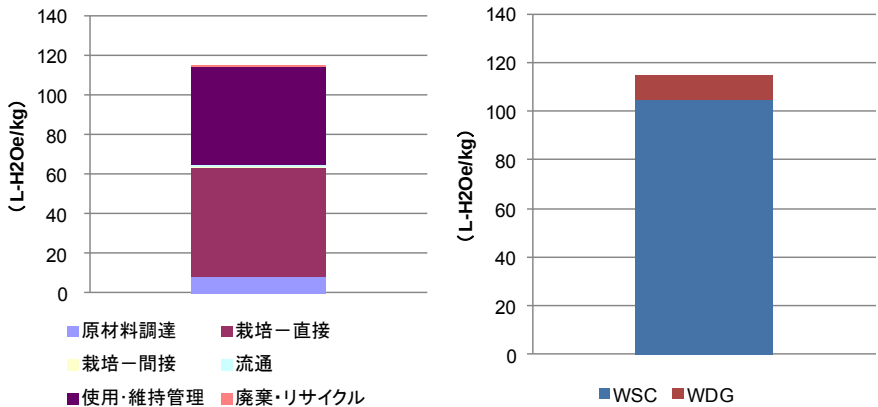
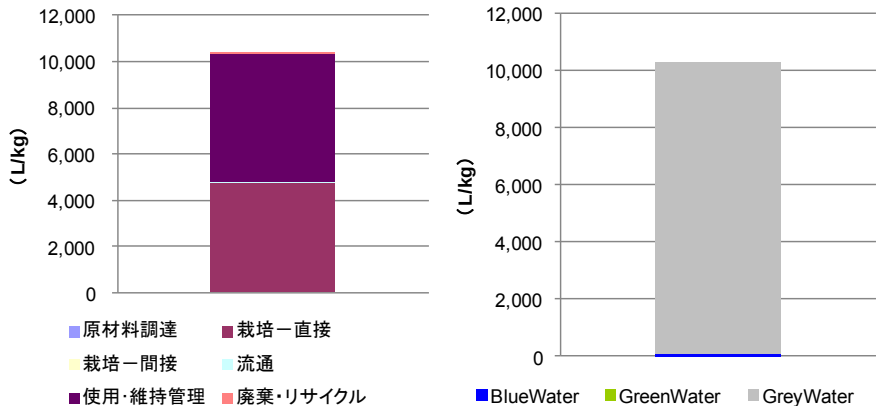
WFN 型 (一律排水基準)	グレイウォーター算出時の水質基準として一律排水基準を適用した場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種別別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は環境基準での評価から変化はさせていない。   水質の基準を工業用水 1 級から更に下げた結果、使用・維持管理段階における研ぎ汁の下水処理もグレイウォーターとして計上されなくなり、結果としてライフサイクル全体でのグレイウォーターはゼロとなる。この時、ブルーウォーターが 8 割、グリーンウォーターが 2 割を占める。グリーンウォーターの殆どは玄米栽培時の直接消費に由来している。
---------------------------	--

3.1.2 ピーマン

ピーマンのWFの算定にあたっては、3.1.1で示したうるち米の評価事例と同様の方法で、現状では実測がなされていない栽培時の雨水及び灌漑用水の消費量を推算した。



水消費量 (直接消費分を除く)	ピーマン栽培時の直接消費を除いた場合の水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。  段階別では使用・維持管理における洗浄用の上水の使用が 8 割強、原材料調達に 15% となっている。後者については肥料の生産に伴う消費の影響が大きい。 取水源別では地表水が 8 割強、雨水が 2 割弱となっており、地表水は使用・維持管理における洗浄用の上水の使用、雨水は原材料調達における肥料の生産に伴う消費の影響が大勢を占めている。
ウォーターフットプリント影響評価	
Example G	Example G による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。  段階別ではピーマン栽培時における直接消費と使用・維持管理における洗浄用の上水の使用が共に 5 割近くを、また取水源別では地表水が 9 割近くを占めている。うるち米同様、これは日本を対象に設定された α 値のうち地表水の値が最も高いことによるものである。

Example H	Example H による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：指標別）。  ピーマン栽培時における直接消費と使用・維持管理における洗浄用の上水の使用が共に 4～5 割近くを占めている。指標別では W_{SC} が大勢を占めている。
WFN 型 （環境基準－水道 1 級）	WFN 型の算定方法による評価結果のうち、グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の水道 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。  段階別ではピーマン栽培時と使用・維持管理双方におけるグレイウォーターの影響が共に 5 割程度を占めており、水の種類別で見るとグレイウォーターがほぼ全てを占めている。 栽培時は肥料成分、特にリン系肥料の流出、使用・維持管理は洗浄時の下水処理によるものである。
WFN 型 （環境基準－工業用水 1 級）	グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の工業用水 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は水道 1 級レ

	ベルでの評価から変化はさせていない。 Figure 1: Water footprint components by stage and water type. The left chart shows components by stage (raw material procurement, cultivation, use/maintenance, etc.) with a total of approximately 950 L/kg. The right chart shows components by water type (BlueWater, GreenWater, GreyWater) with a total of approximately 950 L/kg, dominated by GreyWater. <table border="1"> <caption>Figure 1: Water footprint components (L/kg)</caption> <thead> <tr> <th>Component</th> <th>Value (L/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原材料調達</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>栽培一直接</td> <td>~330</td> </tr> <tr> <td>栽培一間接</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>流通</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>使用・維持管理</td> <td>~600</td> </tr> <tr> <td>廃棄・リサイクル</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>BlueWater</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>GreenWater</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>GreyWater</td> <td>~840</td> </tr> </tbody> </table> 水の種類別では尚グレイウォーターが 9 割近くを占めているが、段階別では栽培時が 3 割強、使用・維持管理が 7 割弱と構成に変化が見られる。	Component	Value (L/kg)	原材料調達	~10	栽培一直接	~330	栽培一間接	~10	流通	~10	使用・維持管理	~600	廃棄・リサイクル	~10	BlueWater	~100	GreenWater	~10	GreyWater	~840
Component	Value (L/kg)																				
原材料調達	~10																				
栽培一直接	~330																				
栽培一間接	~10																				
流通	~10																				
使用・維持管理	~600																				
廃棄・リサイクル	~10																				
BlueWater	~100																				
GreenWater	~10																				
GreyWater	~840																				
WFN 型 (一律排水基準)	グレイウォーター算出時の水質基準として一律排水基準を適用した場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は環境基準での評価から変化はさせていない。 Figure 2: Water footprint components under the WFN standard. The left chart shows components by stage (raw material procurement, cultivation, use/maintenance, etc.) with a total of approximately 105 L/kg. The right chart shows components by water type (BlueWater, GreenWater, GreyWater) with a total of approximately 105 L/kg, dominated by BlueWater. <table border="1"> <caption>Figure 2: Water footprint components (L/kg)</caption> <thead> <tr> <th>Component</th> <th>Value (L/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原材料調達</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>栽培一直接</td> <td>~50</td> </tr> <tr> <td>栽培一間接</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>流通</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>使用・維持管理</td> <td>~35</td> </tr> <tr> <td>廃棄・リサイクル</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>BlueWater</td> <td>~85</td> </tr> <tr> <td>GreenWater</td> <td>~20</td> </tr> <tr> <td>GreyWater</td> <td>~0</td> </tr> </tbody> </table> 水質の基準を工業用水 1 級から更に下げた結果、栽培時のリン系肥料の流出、洗浄時の下水処理共にグレイウォーターとして計上されなくなり、結果としてライフサイクル全体でのグレイウォーターはゼロとなる。この時、ブルーウォーターが 8 割、グリーンウォーターが 2 割を占める。グリーンウォーターの 6 割近くは栽培時の直接消費に、残りは肥料として投入される天然ゼオライトに主に由来している。	Component	Value (L/kg)	原材料調達	~10	栽培一直接	~50	栽培一間接	~10	流通	~10	使用・維持管理	~35	廃棄・リサイクル	~10	BlueWater	~85	GreenWater	~20	GreyWater	~0
Component	Value (L/kg)																				
原材料調達	~10																				
栽培一直接	~50																				
栽培一間接	~10																				
流通	~10																				
使用・維持管理	~35																				
廃棄・リサイクル	~10																				
BlueWater	~85																				
GreenWater	~20																				
GreyWater	~0																				

3.1.3 MicVac 調理品（肉じゃが）

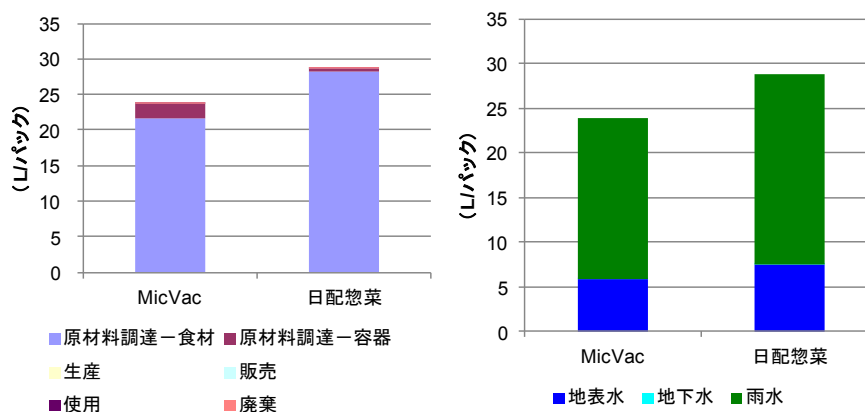
MicVac 調理品は専用のプラスチック容器に密封された、10℃で 30 日間程度保存可能な調理済み食品である。本研究では、内容物として肉じゃがを評価対象とし、日配惣菜を比較対象としてケーススタディを実施した。尚、ケーススタディの実施にあたっては、内容物の製造元であるフジッコ株式会社にもデータ提供の協力を賜った。

調査範囲の設定	
データ提供者	大日本印刷株式会社
調査対象製品	MicVac 調理品（肉じゃが） ※比較対象：日配惣菜
算定単位	1 パック
システム境界	原材料調達 ・食材 ・容器 輸送 製造 下処理・充填(食材+調味液)・MW調理・冷却 販売 使用 容器廃棄 廃棄物 廃棄物 廃棄物 廃棄物
水消費量の分析	
水消費量	MicVac 調理品及び日配惣菜のライフサイクルに係る水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。 180 160 140 120 100 80 60 40 20 0 (L/パック) MicVac 日配惣菜 原材料調達－食材 原材料調達－容器 生産 販売 使用 廃棄 180 160 140 120 100 80 60 40 20 0 (L/パック) MicVac 日配惣菜 地表水 地下水 雨水 段階別ではいずれも 9 割以上を食材の調達が占めているが、MicVac 調理品では紙を使用しているため容器の調達も 1 割程度の影響がある。取水源別ではいずれも 9 割弱を雨水が占めており、牛肉及びばれいしょの影響が大きい。1 割強を占める地表水については、牛肉やばれいしょの他、料理酒や本みりん等充填液の影響も大きい。 尚、日配惣菜に対する MicVac 調理品の負荷削減率は 17%である。これは、製造段階のロス削減、販売段階の廃棄ロス削減による効果である。

ウォーターフットプリント影響評価

Example G

Example G による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。

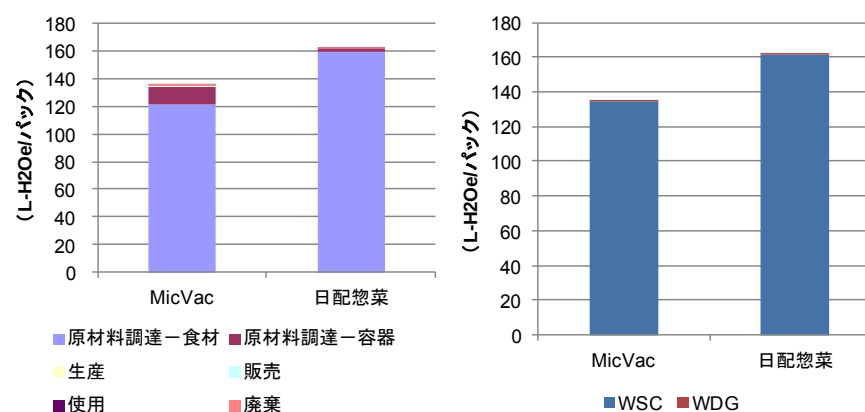


水消費量同様、段階別では 9 割以上を食材の調達が占めているが、取水源別では雨水の影響が 8 割弱にまで下がり、代わって地表水の影響が 2 割強に上がっている。これは雨水と地表水の α 値の違いによるものと考えられる。

尚、日配惣菜に対する MicVac 調理品の負荷削減率は 17%である。

Example H

Example H による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：指標別）。

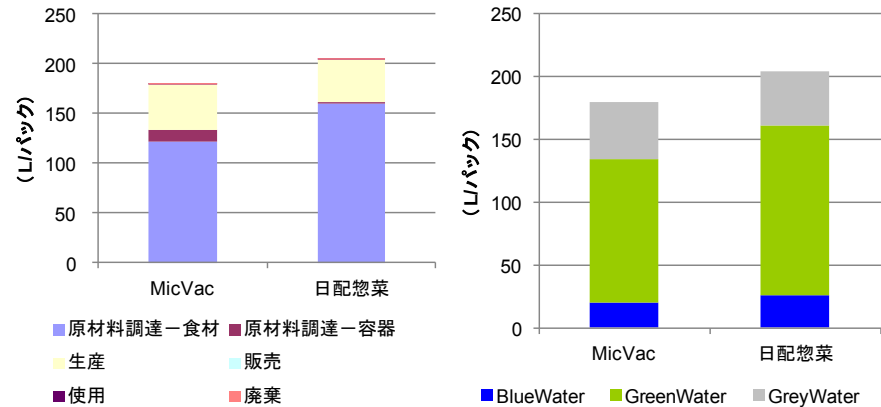


段階別ではこれまで同様 9 割以上を食材の調達が、指標別では Wsc がほぼ全量を占めている。これはいずれも牛肉やばれいしょの影響によるものである。

尚、日配惣菜に対する MicVac 調理品の負荷削減率は 17%である。

WFN 型
(環境基準－
水道 1 級)

WFN 型の算定方法による評価結果のうち、グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の水道 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。

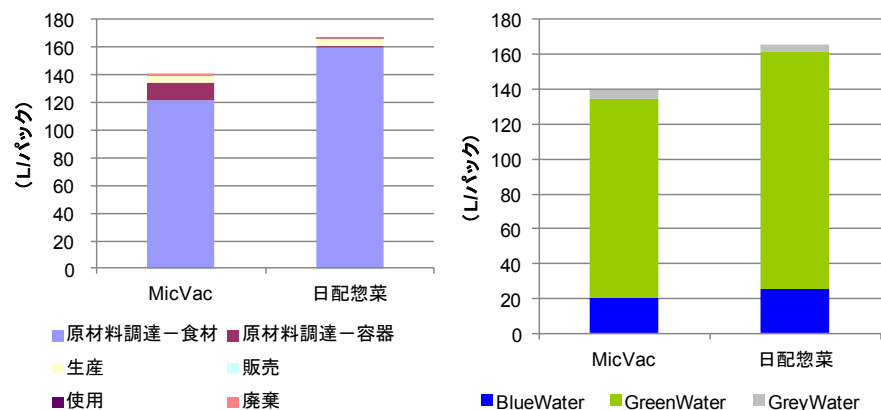


段階別ではいずれも食材の調達の影響は 7～8 割程度に留まる一方、生産時が 2 割強を占めている。これは生産時の工場からの排水に伴ってグレイウォーターが計上されるためであり、水の種類別で見るとグレイウォーターが 2 割強を占めている。

尚、日配惣菜に対する MicVac 調理品の負荷削減率は 12%である。

WFN 型
(環境基準－
工業用水 1 級)

グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の工業用水 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は水道 1 級レベルでの評価から変化はさせていない。



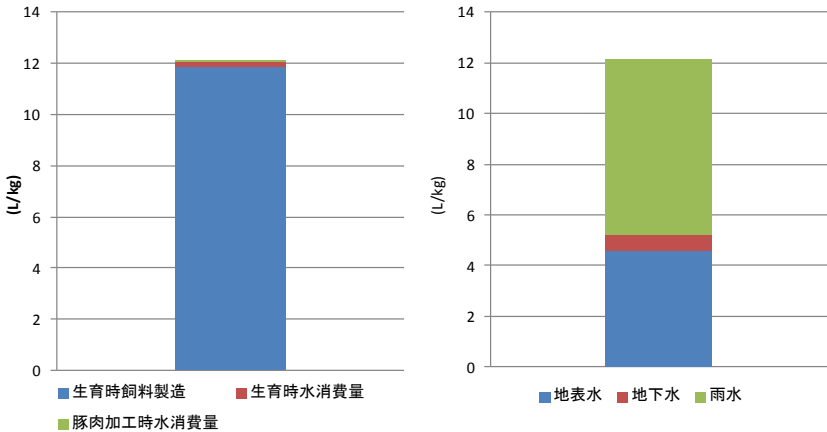
水質の基準を水道 1 級から下げることにより、グレイウォーターの影響は全体の 3%程度となる。また段階別ではいずれも食材の調達が 9 割前後を占める結果となる。

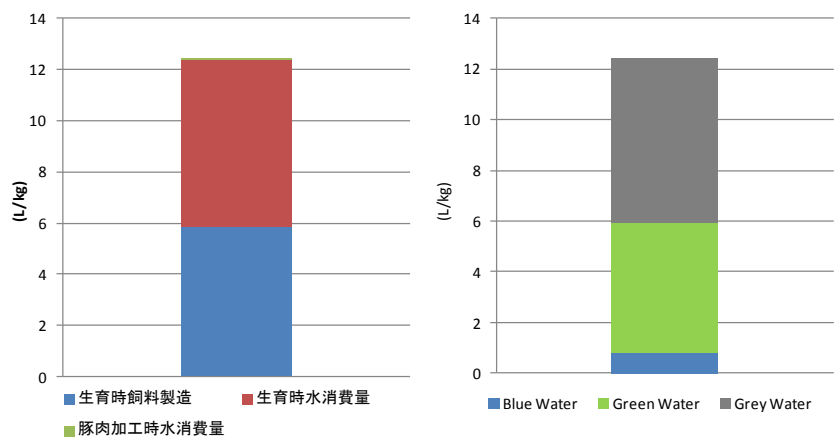
	尚、日配惣菜に対する MicVac 調理品の負荷削減率は 16%である。																																	
WFN 型 (一律排水基準)	グレイウォーター算出時の水質基準として一律排水基準を適用した場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種別別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は環境基準での評価から変化はさせていない。 <table><tr><th>項目</th><th>原材料調達-食材</th><th>原材料調達-容器</th><th>生産</th><th>販売</th><th>使用</th><th>廃棄</th></tr><tr><td>MicVac</td><td>125</td><td>10</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>日配惣菜</td><td>160</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table> <table><tr><th>項目</th><th>BlueWater</th><th>GreenWater</th><th>GreyWater</th></tr><tr><td>MicVac</td><td>20</td><td>115</td><td>0</td></tr><tr><td>日配惣菜</td><td>25</td><td>135</td><td>0</td></tr></table> 水質の基準を工業用水 1 級から更に下げた結果、ライフサイクル全体でのグレイウォーターはゼロとなる。この時、水の種別別ではグリーンウォーターが 8 割強、ブルーウォーターが 2 割弱となり、また段階別では食材の調達が 9 割以上を占め、水消費量とはほぼ同様の結果となる。 尚、日配惣菜に対する MicVac 調理品の負荷削減率は 17%である。	項目	原材料調達-食材	原材料調達-容器	生産	販売	使用	廃棄	MicVac	125	10	0	0	0	0	日配惣菜	160	5	0	0	0	0	項目	BlueWater	GreenWater	GreyWater	MicVac	20	115	0	日配惣菜	25	135	0
項目	原材料調達-食材	原材料調達-容器	生産	販売	使用	廃棄																												
MicVac	125	10	0	0	0	0																												
日配惣菜	160	5	0	0	0	0																												
項目	BlueWater	GreenWater	GreyWater																															
MicVac	20	115	0																															
日配惣菜	25	135	0																															

3.1.4 豚肉

豚肉の WF の算定にあたっては、豚肉の肥育及び加工（精肉になるまで）に直接使用される水の量を計上するとともに、肥育の段階で消費される飼料について、その製造における水消費量を考慮した。精肉以降の販売や調理については、評価対象には含めていない。また、肥育時の排泄物発生量、排水における BOD、COD、SS、リン、窒素の量のデータも計上した。排水への BOD、COD、SS、リン、窒素排出量については、施設における除去率を考慮した。飼料製造段階の水消費については、各種飼料原料の消費量と飼料原料単位重量あたりの製造段階の水量を掛け合わせて算定した。飼料原料単位重量あたりの製造段階の水量は、データベースの数値を用いた。

調査範囲の設定	
データ提供者	日本ハム株式会社
調査対象製品	豚肉
算定単位	豚肉 1kg
システム境界	<pre> graph LR A[飼料製造] --> B(飼料) B --> C[豚の生育] C --> D[豚肉加工] D --> E(精肉) </pre>
水消費量の分析	
水消費量	豚肉のライフサイクルに係る水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。 ■ 生育時飼料製造 ■ 生育時水消費量 ■ 豚肉加工時水消費量 ■ 河川水 ■ 地下水 ■ 雨水

	段階別では飼料製造時の消費がほぼ全てとなっており、取水源別では雨水が 86%を占めている。飼料の原料を製造する際の雨水の影響が大きいと言える。
ウォーターフットプリント影響評価	
Example B	各種飼料の輸入先を整理し、Example B の地域別係数を用いた結果は、以下の通りである。(左図：段階別、右図：取水源別)  段階別の傾向は大きく変わらないが、取水源別では、雨水の割合が 57%となり、水消費量のときの 86%に比べて低くなっている。これは ExampleB における潜在的な水のリスクが、本算定の対象地域においては雨水よりも地表水の方が高いことによるものである。
WFN 型 (環境基準－工業用水 1 級)	WFN 型の算定方法による評価結果のうち、グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の工業用水 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる (左図：段階別、右図：水の種類別)。



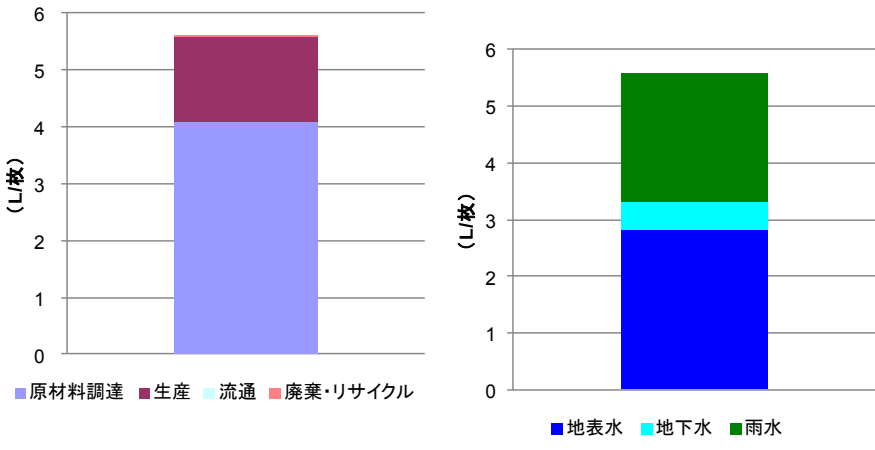
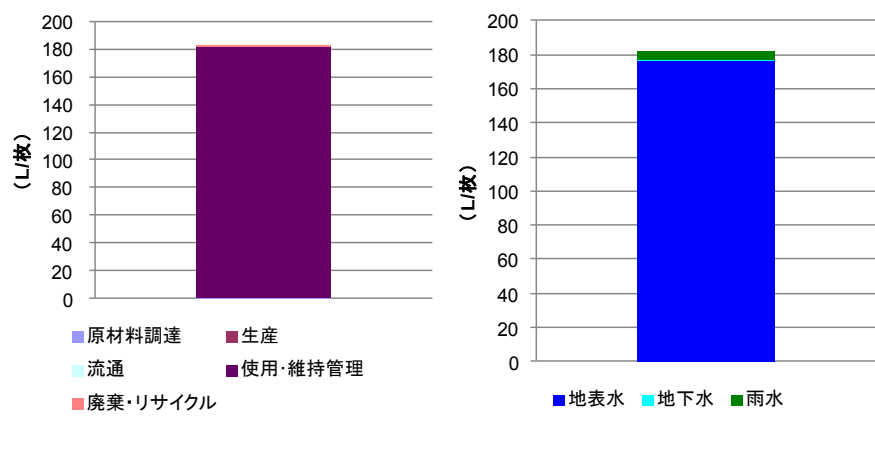
段階別では生育時の排水の影響（グレイウォーター）が大きく、生育時が 5 割以上を占めている。水消費量の影響が大きい飼料製造段階はブルーウォーターとグリーンウォーターのほぼ全てを占めており 5 割弱である。

3.2 工業製品

3.2.1 給食用食器

使用段階については、CFP プログラムの PCR「食器（陶磁器製品及び合成樹脂製品）」に従い 1,000 回の洗浄を想定した。また対象製品が給食用食器であることから、洗浄については業務用のシナリオを採用した。

調査範囲の設定																									
データ提供者	三信加工株式会社																								
調査対象製品	給食用食器																								
算定単位	1 枚																								
システム境界																									
水消費量の分析																									
水消費量	給食用食器のライフサイクルに係る水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。 <table border="1"><caption>水消費量の分析 (単位: L/枚)</caption><thead><tr><th>項目</th><th>消費量 (L/枚)</th></tr></thead><tbody><tr><td>原材料調達</td><td>0</td></tr><tr><td>生産</td><td>0</td></tr><tr><td>流通</td><td>0</td></tr><tr><td>使用・維持管理</td><td>620</td></tr><tr><td>廃棄・リサイクル</td><td>0</td></tr><tr><td>合計</td><td>620</td></tr></tbody></table> <table border="1"><caption>水消費量の分析 (単位: L/枚)</caption><thead><tr><th>取水源</th><th>消費量 (L/枚)</th></tr></thead><tbody><tr><td>地表水</td><td>610</td></tr><tr><td>地下水</td><td>0</td></tr><tr><td>雨水</td><td>10</td></tr><tr><td>合計</td><td>620</td></tr></tbody></table> 段階別では使用・維持管理、取水源別では地表水がほぼ全てを占める。これは洗浄時に消費される水道水による影響である。	項目	消費量 (L/枚)	原材料調達	0	生産	0	流通	0	使用・維持管理	620	廃棄・リサイクル	0	合計	620	取水源	消費量 (L/枚)	地表水	610	地下水	0	雨水	10	合計	620
項目	消費量 (L/枚)																								
原材料調達	0																								
生産	0																								
流通	0																								
使用・維持管理	620																								
廃棄・リサイクル	0																								
合計	620																								
取水源	消費量 (L/枚)																								
地表水	610																								
地下水	0																								
雨水	10																								
合計	620																								

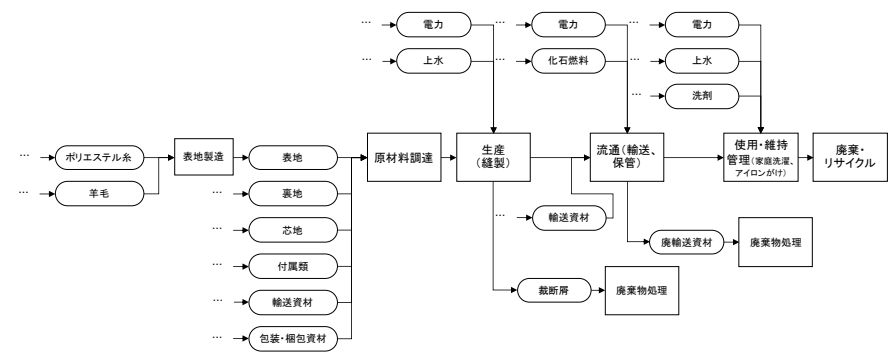
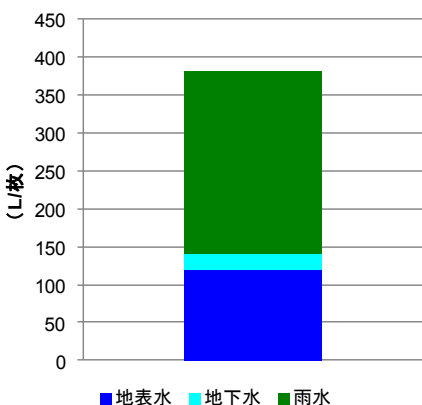
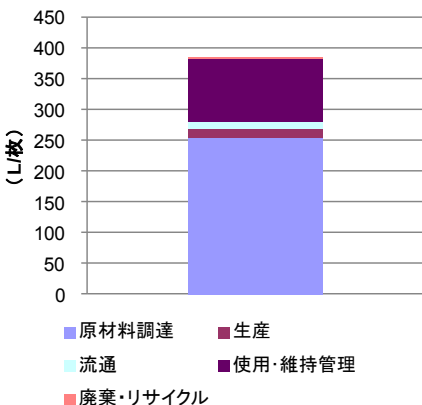
水消費量 (使用・維持管理を除く)	最も影響の大きい使用・維持管理を除いた場合の水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。  段階別では原材料調達に 7 割強、生産が 3 割弱を占めている。原材料調達では主原料の樹脂が地表水及び地下水に大きな影響を及ぼしており、また生産では製品の梱包に用いられる段ボールの雨水に対する影響が大きい。
ウォーターフットプリント影響評価	
Example G	Example G による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。  水消費量同様、段階別では使用・維持管理、取水源別では地表水がほぼ全てを占める。また取水源別の内訳に占める地表水の割合は水消費量の場合よりも多くなる（95%→97%）。これは雨水と地表水の α 値の違いによるものと考えられる。

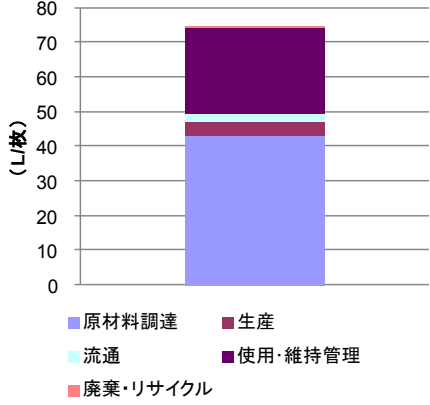
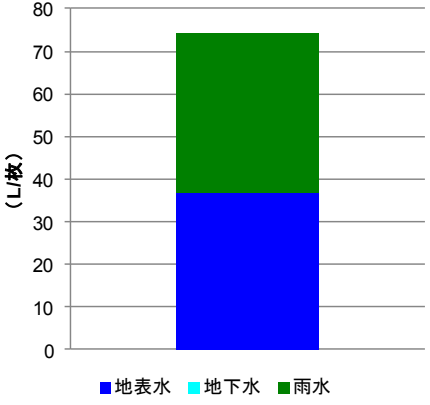
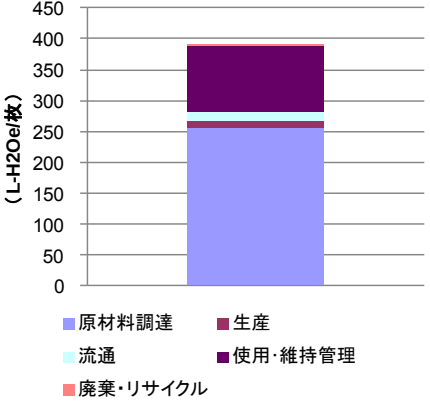
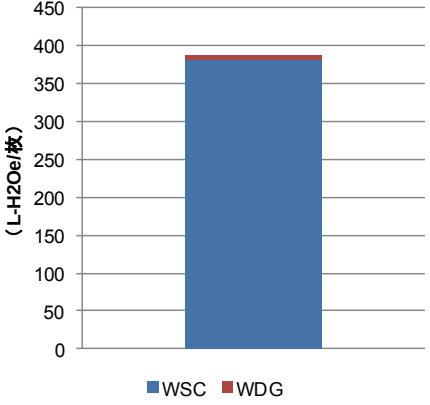
Example H	Example H による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：指標別）。 Figure 1: Water consumption by stage (L-H2Oe/unit) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stage</th> <th>Consumption (L-H2Oe/unit)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原材料調達</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>生産</td> <td>680</td> </tr> <tr> <td>流通</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>使用・維持管理</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>廃棄・リサイクル</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> Figure 2: Water consumption by indicator (L-H2Oe/unit) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Indicator</th> <th>Consumption (L-H2Oe/unit)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WSC</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>WDG</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> これまで同様、段階別では使用・維持管理がほぼ全てを占めるが、指標別では W_{DG} の影響が一定程度存在する。これは洗浄後の排水による影響である。	Stage	Consumption (L-H2Oe/unit)	原材料調達	0	生産	680	流通	0	使用・維持管理	0	廃棄・リサイクル	0	Indicator	Consumption (L-H2Oe/unit)	WSC	620	WDG	60		
Stage	Consumption (L-H2Oe/unit)																				
原材料調達	0																				
生産	680																				
流通	0																				
使用・維持管理	0																				
廃棄・リサイクル	0																				
Indicator	Consumption (L-H2Oe/unit)																				
WSC	620																				
WDG	60																				
WFN 型 （環境基準－水道 1 級）	WFN 型の算定方法による評価結果のうち、グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の水道 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。 Figure 1: Water consumption by stage (L/unit) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Stage</th> <th>Consumption (L/unit)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原材料調達</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>生産</td> <td>70,000</td> </tr> <tr> <td>流通</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>使用・維持管理</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>廃棄・リサイクル</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> Figure 2: Water consumption by type (L/unit) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Water Type</th> <th>Consumption (L/unit)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BlueWater</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>GreenWater</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>GreyWater</td> <td>70,000</td> </tr> </tbody> </table> 段階別では使用・維持管理、水の種類別ではグレイウォーターの影響がほぼ全てを占める。これは洗浄後の排水による影響である。	Stage	Consumption (L/unit)	原材料調達	0	生産	70,000	流通	0	使用・維持管理	0	廃棄・リサイクル	0	Water Type	Consumption (L/unit)	BlueWater	0	GreenWater	0	GreyWater	70,000
Stage	Consumption (L/unit)																				
原材料調達	0																				
生産	70,000																				
流通	0																				
使用・維持管理	0																				
廃棄・リサイクル	0																				
Water Type	Consumption (L/unit)																				
BlueWater	0																				
GreenWater	0																				
GreyWater	70,000																				
WFN 型 （環境基準－工業用水 1 級）	グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の工業用水 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は水道 1 級レベルでの評価から変化はさせていない。																				

	水質の基準を水道 1 級から下げた結果、グレイウォーターの比率は 9 割強にまで下がる。段階別では使用・維持管理がほぼ全てを占める。
WFN 型 (一律排水基準)	グレイウォーター算出時の水質基準として一律排水基準を適用した場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種別別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は環境基準での評価から変化はさせていない。 水質の基準を工業用水 1 級から更に下げた結果、ライフサイクル全体でのグレイウォーターはゼロとなるが、この時、水の種別別ではブルーウォーターが 9 割強、グリーンウォーターが 1 割弱と、水消費量とほぼ同様の結果となる。段階別では使用・維持管理が変わらずほぼ全てを占める。

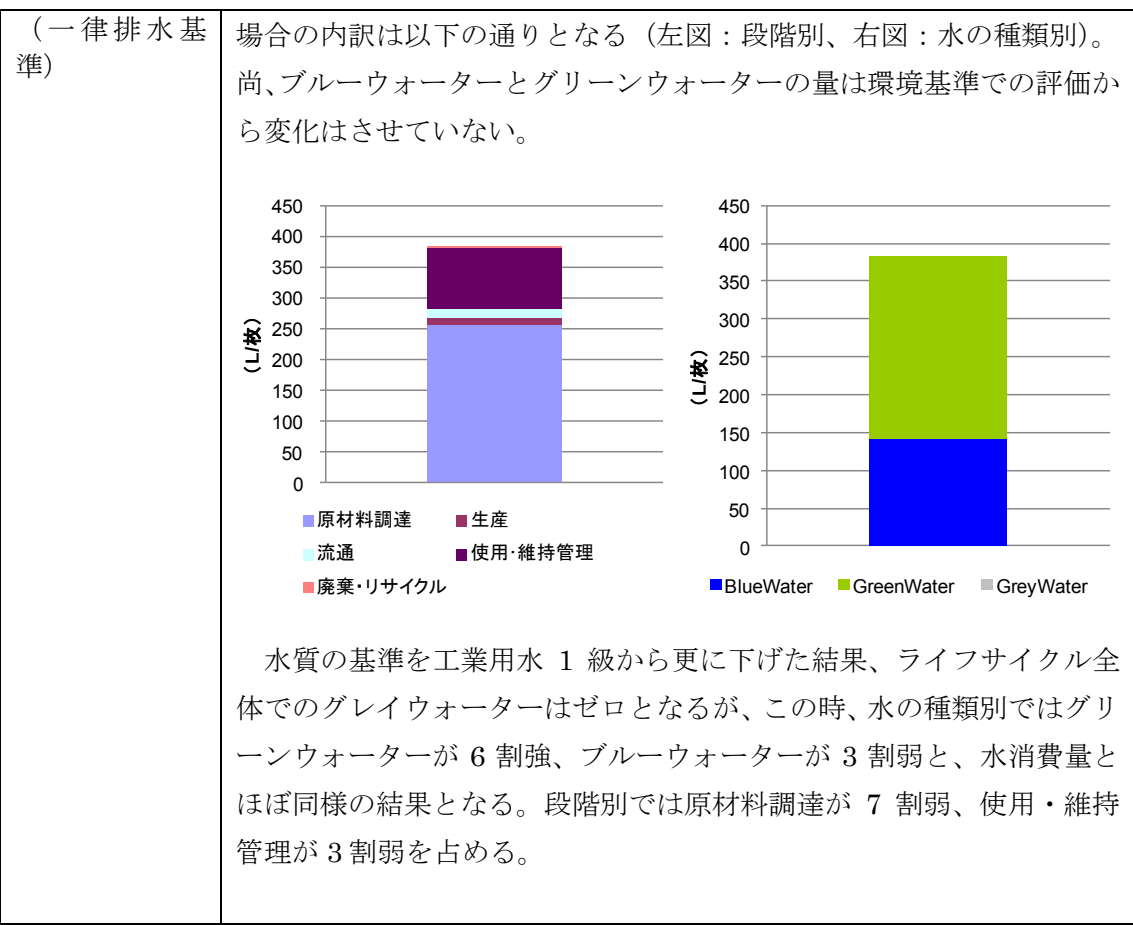
3.2.2 事務服（ベスト）

使用段階における洗濯及びアイロン掛けに係る負荷については、CFP プログラムの PCR 「ユニフォーム」でのシナリオを活動量に分解することができなかったため、洗濯機及びアイロンの仕様を元に別途設定した。

調査範囲の設定																									
データ提供者	株式会社チクマ																								
調査対象製品	事務服（ベスト）																								
算定単位	1 着																								
システム境界																									
水消費量の分析																									
水消費量	事務服のライフサイクルに係る水消費量の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。 <table border="1"><caption>水消費量の内訳 (L/件)</caption><thead><tr><th>項目</th><th>消費量 (L/件)</th></tr></thead><tbody><tr><td>原材料調達</td><td>260</td></tr><tr><td>生産</td><td>10</td></tr><tr><td>流通</td><td>10</td></tr><tr><td>使用・維持管理</td><td>100</td></tr><tr><td>廃棄・リサイクル</td><td>0</td></tr><tr><td>合計</td><td>380</td></tr></tbody></table><table border="1"><caption>水消費量の取水源 (L/件)</caption><thead><tr><th>取水源</th><th>消費量 (L/件)</th></tr></thead><tbody><tr><td>地表水</td><td>130</td></tr><tr><td>地下水</td><td>10</td></tr><tr><td>雨水</td><td>240</td></tr><tr><td>合計</td><td>380</td></tr></tbody></table> 段階別では原材料調達が 7 割弱、使用・維持管理が 3 割弱を占めている。原材料調達では羊毛及びそれに施される染色、整理工程、使用・維持管理では洗濯に用いられる上水の影響が大きい。	項目	消費量 (L/件)	原材料調達	260	生産	10	流通	10	使用・維持管理	100	廃棄・リサイクル	0	合計	380	取水源	消費量 (L/件)	地表水	130	地下水	10	雨水	240	合計	380
項目	消費量 (L/件)																								
原材料調達	260																								
生産	10																								
流通	10																								
使用・維持管理	100																								
廃棄・リサイクル	0																								
合計	380																								
取水源	消費量 (L/件)																								
地表水	130																								
地下水	10																								
雨水	240																								
合計	380																								

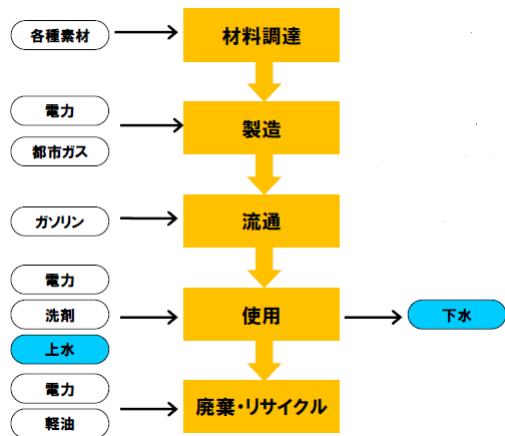
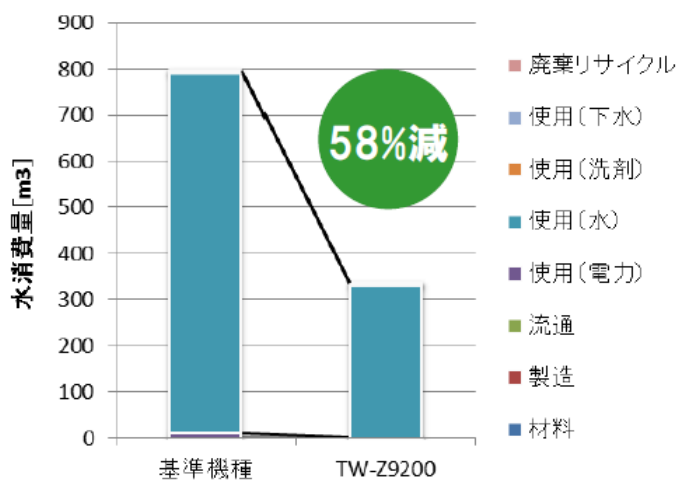
	取水源別では雨水が 6 割強、地表水が 3 割強を占める。雨水については原材料調達における羊毛、地表水については使用・維持管理における上水の影響が大きい。
ウォーターフットプリント影響評価	
Example G	Example G による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：取水源別）。   段階別では原材料調達が 6 割弱、使用・維持管理が 3 割強を占めており、それぞれ羊毛とその染色、整理工程、洗濯時の上水の影響によるものである。 取水源別では地表水と雨水がほぼ半々を占める。水消費量との違いは、取水源別の α 値の違いによるものと考えられる。
Example H	Example H による評価結果の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：指標別）。   段階別では原材料調達が 7 割弱、使用・維持管理が 3 割弱を占めており、それぞれ羊毛とその染色、整理工程、洗濯時の上水の影響によるものである。

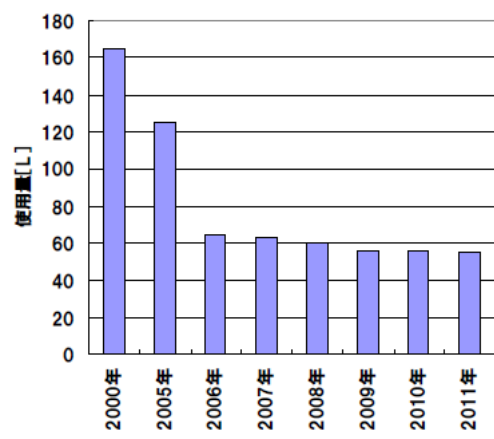
	指標別では W_{SC} の影響がほぼ全てを占めている（2 割強）。
WFN 型 （環境基準－ 水道 1 級）	WFN 型の算定方法による評価結果のうち、グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の水道 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。 段階別では使用・維持管理が、水の種類別ではグレイウォーターがほぼ全てを占めており、いずれも使用・維持管理において実施される洗濯時の排水処理に起因する。
WFN 型 （環境基準－ 工業用水 1 級）	グレイウォーター算出時の水質基準を環境基準の工業用水 1 級レベルとした場合の内訳は以下の通りとなる（左図：段階別、右図：水の種類別）。尚、ブルーウォーターとグリーンウォーターの量は水道 1 級レベルでの評価から変化はさせていない。 水質の基準を水道 1 級から下げた結果、グレイウォーターの比率は 7 割弱にまで下がり、代わってブルーウォーターが 1 割強、グリーンウォーターが 2 割強を占める。段階別では使用・維持管理が依然 8 割弱を占めるが、原材料調達も 2 割強を占める結果となる。
WFN 型	グレイウォーター算出時の水質基準として一律排水基準を適用した



3.2.3 洗濯乾燥機

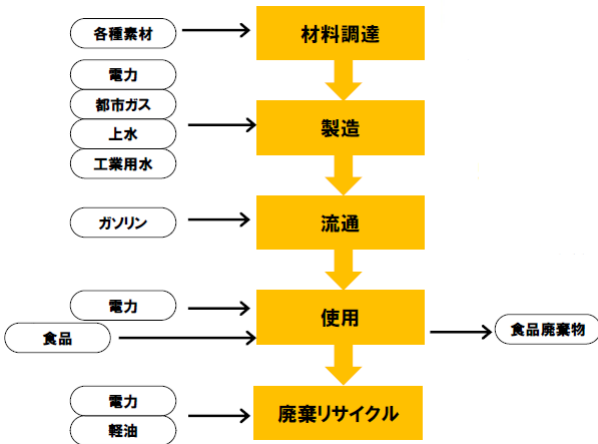
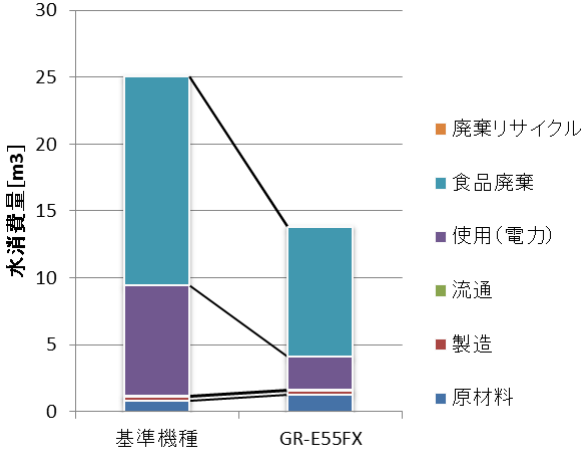
評価対象として洗濯 9kg/乾燥 6kg クラス、2012 年製のドラム式洗濯乾燥機を想定した。
また比較対象製品についても別途設定した（製造年は不明）。

調査範囲の設定	
データ提供者	株式会社東芝
調査対象製品	洗濯乾燥機
算定単位	1 台
システム境界	
水消費量の分析	
水消費量	評価対象及び比較対象のライフサイクルに係る水消費量は以下の通りとなる。  ライフサイクルにおける水消費量の 99%以上が使用段階における水の使用に起因している。

水使用量の 経年変化	参考情報として洗濯乾燥時における水使用量の経年変化を以下に示す。  <table border="1"><thead><tr><th>年</th><th>使用量[L]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2000年</td><td>165</td></tr><tr><td>2005年</td><td>125</td></tr><tr><td>2006年</td><td>65</td></tr><tr><td>2007年</td><td>63</td></tr><tr><td>2008年</td><td>60</td></tr><tr><td>2009年</td><td>56</td></tr><tr><td>2010年</td><td>56</td></tr><tr><td>2011年</td><td>55</td></tr></tbody></table>	年	使用量[L]	2000年	165	2005年	125	2006年	65	2007年	63	2008年	60	2009年	56	2010年	56	2011年	55
年	使用量[L]																		
2000年	165																		
2005年	125																		
2006年	65																		
2007年	63																		
2008年	60																		
2009年	56																		
2010年	56																		
2011年	55																		

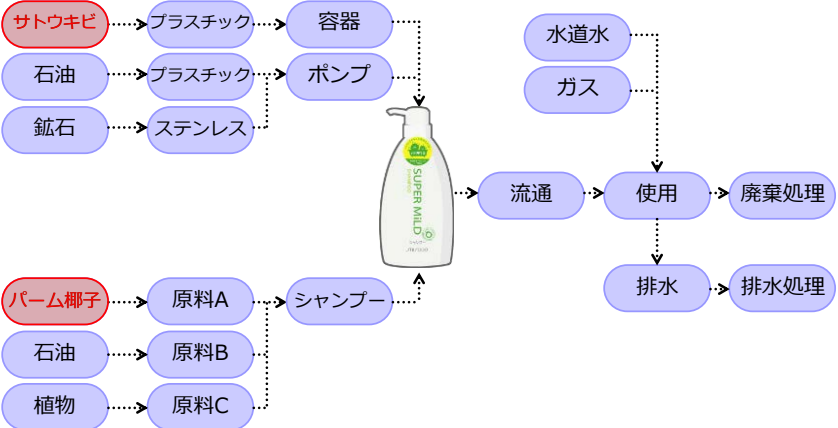
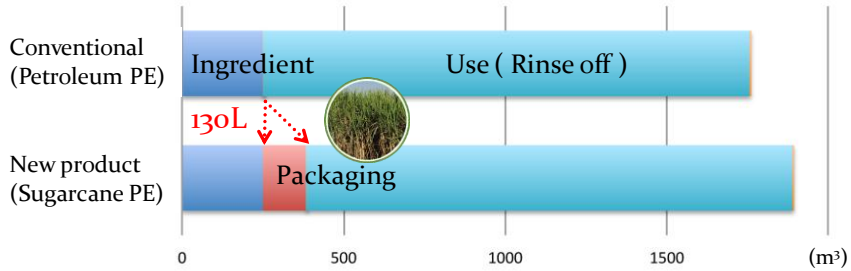
3.2.4 冷蔵庫

評価対象として 550L クラス、2012 年製の家庭用冷蔵庫を想定した。また比較対象製品についても別途設定した（製造年は不明）。

調査範囲の設定	
データ提供者	株式会社東芝
調査対象製品	冷蔵庫
算定単位	1 台
システム境界	
水消費量の分析	
水消費量	評価対象及び比較対象のライフサイクルに係る水消費量は以下の通りとなる。  ライフサイクルにおける水消費量の約 7 割が食品廃棄物に起因している。

3.2.5 シャンプー（植物由来プラスチック容器を使用）

評価対象として植物由来プラスチック容器を使用したシャンプーを想定した。また比較対象は石油由来プラスチック由来を使用したシャンプーとし、内容物の違いはないものとした。

調査範囲の設定	
データ提供者	株式会社資生堂
調査対象製品	シャンプー（植物由来プラスチック容器を使用）
算定単位	1 本
システム境界	 The diagram illustrates the life cycle of a shampoo bottle. It starts with raw materials: Sato Kibi (サトウキビ) and Plastic (プラスチック) for the container; Oil (石油) and Plastic (プラスチック) for the pump; and Stainless Steel (ステンレス) for the pump. Palm Coconut (パーム椰子) is used for raw material A (原料A), Oil (石油) for raw material B (原料B), and Plant (植物) for raw material C (原料C). These raw materials are processed into Shampoo (シャンプー). The shampoo is then distributed (流通) and used (使用). During use, tap water (水道水) and gas (ガス) are consumed. After use, the shampoo is disposed of (廃棄処理) and the water is drained (排水) and treated (排水処理).
水消費量の分析	
水消費量	評価対象と比較対象のライフサイクルに係る水消費量の内訳は以下の通りとなる。  The bar chart compares the water consumption of two shampoo products. The x-axis represents water consumption in cubic meters (m³), ranging from 0 to 1500. The y-axis lists the components: Ingredient, Packaging, and Use (Rinse off). The Conventional product (Petroleum PE) has a total water consumption of approximately 1700 m³. The New product (Sugarcane PE) has a total water consumption of approximately 1570 m³. The difference in water consumption is primarily due to the packaging, which is 130L (0.13 m³) less for the New product. いずれの製品においても使用時におけるすすぎに伴う水消費量が 8 割前後と大きいが、内容物についても 1 割強を占めている。これは界面活性剤の原料として用いられるパーム椰子の栽培に伴う消費の影響である。 また容器を植物由来のプラスチックに転換することにより、製品 1 本につき水消費量が 1 割近く増加する。

4. データベース／算定ツールの紹介

今回の算定結果のように、水消費量のリスクは、日本国内の生産プロセスよりも川上のプロセスに存在することも多い。そのため、事業者は、サプライチェーンの川上へ評価範囲を広げていくことが求められる。水消費量のリスクを算定するためには、地域性なども考慮しなければならないことから、川上の一次データ（事業所や農場における実データ）の収集・把握が必要になっていくものと思われる。

しかし、製品 1 種類であれば可能な場合もあるが、多種多様な製品を評価し、事業におけるリスクを評価するためには、使用する原材料の全てについてデータを収集する必要がある、これは容易ではない。そのため、評価の第一段階としては、ホットスポット（重要なプロセス、原材料）を把握するためのスクリーニングとなる評価が有効と考えられる。

スクリーニング的な評価を効率的に実施するためには、一定程度の精度を有するデータベースの存在が不可欠である。ここでは、国内で活用可能な 2 つのデータベースを紹介する。産業技術総合研究所の IDEA Ver2 については、2014 年 8 月現在では開発途上であり、完成公表には今しばらくの時間が必要であるが、国内の積み上げ型データベースとして重要なデータベースであるために紹介するものである。各データベースの詳細については、web ページもしくは開発機関へ照会されたい。

4.1 東京都市大学伊坪徳宏研究室 「水使用量・消費量データベース」

東京都市大学伊坪徳宏研究室では、独自に開発を行った「水使用量・消費量データベース」を研究室の web ページ(http://www.yc.tcu.ac.jp/~itsubo-lab/research/water_db.html)上で公開している。2014 年 8 月時点では、Ver.2 が最新版（2013 年 6 月公開）となっている。なお、本データベースでは、水使用量と消費量のデータを搭載しているが、水質汚濁物質に関しては含まれていない。また、各データは金額（生産者価格）あたりの数値（L/円）として整理されている。

水使用量・消費量データベースの主な概要は、以下の通りである。水使用量・消費量データベースでは、水使用量は取水量と回収水量を指しており、水消費量は水使用量のうち、取水地点に返すことの出来ない水量を指している。

- ・ データ項目：水使用量（河川水、地下水、雨水、回収水）、水消費量（河川水、地下水、雨水）
- ・ データ作成方法：産業連関分析法を用いて作成（製品の上流までを遡及計算）
- ・ データ数：403 分類

4.2 独立行政法人産業技術総合研究所 「IDEA」

IDEA は、独立行政法人産業技術総合研究所が中心となって開発しているデータベースであり、一般社団法人産業環境管理協会の LCA 実施ソフトウェア「MiLCA」に搭載されている。販売されている「MiLCA」にも、水に関するデータは搭載されているが、現在、産業技術総合研究所が、IDEA の新バージョンの開発を実施しており、より精度の高いデータを新たに導入予定である。(2014 年 8 月時点)

IDEA の新バージョンにおける水に関連するデータの内容は、以下の通りである。取水、利用、消費の 3 つに分類されていて、水の利用量は取水のうち元に戻すことの出来る水量を指している。なお、伊坪徳宏研究室の「水使用量・消費量データベース」における水使用量は取水に該当する。水消費量に関しては、製品・サービスのプロセスの中で失われる量であり、「水使用量・消費量データベース」と同様の定義である。

- ・ データ項目：水利用量（表層水、地下水、雨水、海水、かん水）、水消費量（表層水、地下水、蒸発散（表層水、地下水、雨水））、水質汚濁物質（BOD、COD、全窒素、全リン、SS）
- ・ データ作成方法：統計（農作物と工業製品で異なる統計・考え方を使用）及び聞き取り／文献調査
- ・ データ数：2014 年 8 月現在で 800 以上の製品・サービスを網羅

5. おわりに

本年7月1日には水循環基本法が施行された。この法律は、水循環に関する施策について基本理念を明らかにするとともに、水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進することを目的としており、その中では国民が健全な水循環の重要性についての理解と関心を深めることを謳っている。水の利用について定量的に、かつ一般国民にも分かりやすい形で算出することができる手法であるウォーターフットプリントは、水循環という観点からも極めて重要なツールとなる可能性を秘めている。

本事例集では、ウォーターフットプリントに関する基本的な考え方や最近の動向について、これまでに環境省として検討してきた内容を中心に紹介させていただいた。これまで述べてきたとおり、ウォーターフットプリント算出に関する知見はまだまだ発展途上である。ウォーターフットプリントでは、取水した地域・時期、排水した地域・時期及びそれらの水質への影響などを評価しなければならず、カーボンフットプリントなど既存手法では検討されていなかった課題も多い。2.4節に示したように、ウォーターフットプリントの算定に不可欠なデータベースでは、地域や時期の情報を正確に得ることは難しいという課題もある。データベースによって、ウォーターフットプリントの算定は、ライフサイクル上のホットスポットを検討するためのスクリーニングとして活用できる。しかし、算定者が影響の特定、対策を検討するためには、スクリーニングで得られたホットスポットにおける水量や水質影響の把握が必要と考えられる。

今後、国内での算定事例を増やし、上記のような課題に対する議論を行っていくことで、ウォーターフットプリントの算出方法や算出結果の活用方法を含めた手法を発展させ、水環境の保全に有効に活用されていくことが期待される。本事例集により、国内でのウォーターフットプリントの算出事例が増え、さらなる知見の集積が進めば幸いである。