

製品のCO₂排出抑制貢献量に対する
半導体・電子部品の寄与率算定の考え方

2012年9月

一般社団法人電子情報技術産業協会

電子部品部会部品環境専門委員会

半導体部会(JSIA)半導体環境委員会

目次

はじめに	p.1
第 I 部： 理論編	
1. 本資料作成の背景と目的	p.2
2. 本資料の適用範囲	p.2
3. 貢献配分評価の必要性について	p.3
4. 「配分」という考え方について	p.3
5. 配分の算定手法検討について	p.4
6. 製品 BOM の推定	p.6
7. 「産業連関表」を用いた製品 BOM の推定	p.6
8. 推定製品 BOM コスト比率により貢献量を配分するメリット・デメリットについて	p.13
9. 波及計算について	p.15
10. 今回適用する計算式	p.17
第 II 部： 計算手続き編	
1. 算定目的に応じた計算手法の選別について	p.20
2. 計算の全体的な流れ	p.24
3. 例題による説明	p.27
補足	
1. 用語の定義、用語解説	p. 51
2. 注釈・参考文献	p. 51

知的財産権に関する記述

一般社団法人 電子情報技術産業協会及び一般社団法人 半導体産業研究所が発行している規格類は、工業所有権（特許，実用新案など）に関する抵触の有無に関係なく制定されています。

一般社団法人 電子情報技術産業協会及び一般社団法人 半導体産業研究所は，この「考え方」の内容に関する工業所有権に係る確認について，責任はもちません。

制限・制約・免責事項に関する記述

1. この「考え方」は、製品の環境負荷削減・抑制に関する部品貢献の定量化計算を義務付けるものではない。
2. この「考え方」は、製品の環境負荷削減・抑制に関する部品貢献の定量化計算手法を制限するものではない。
3. この「考え方」は、本文章使用者の所在する地域の法律および規制や指針に代わるものではない。

注意: この「考え方」は、最終製品のメーカーが算出した製品の省エネ貢献量を BOM（産業連関表を参考にした BOM）に応じて配分できると仮定した考え方であり、BOM の構成物個々の省エネ貢献を直接求める考えではない。また、この「考え方」及びそこに示されている事例の結果は試算であり、数値として確定したものではない。

著作権に関する記述

*この「考え方」の著作権は 一般社団法人 電子情報技術産業協会及び一般社団法人 半導体産業研究所に帰属します。

禁無断転載

発行 一般社団法人 電子情報技術産業協会(JEITA)
〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-1-3
大手センタービル

作成 レビジョン

SIRIJ 2012 年 9 月最終版

JEITA 2013 年 10 月改訂版

作成日

2012/9/19

2013/10/31

この規格類の全部又は一部を転載しようとする場合は，発行者の許可を得てください。

はじめに

地球温暖化による気候変動が将来引き起こすと予測されている深刻な影響が憂慮される中、各国では低炭素化社会を実現するための取り組みが始まっています。

日本の産業界においても、一般社団法人日本経済団体連合会(経団連)<#1>を中心に、様々な業界で京都議定書に基づく2012年までの二酸化炭素排出削減計画後(2013年からの「ポスト京都」)に向けた自主行動計画が策定されており、電機・電子業界においても「電機・電子低炭素社会実行計画」の詳細が2012年1月に取り纏められました。

電機・電子低炭素社会実行計画では「生産プロセスのエネルギー効率改善／排出抑制」と「製品・サービスによる排出抑制貢献」を重点的な取組みとしています。半導体・電子部品などの部品産業は、前者への取り組みを進めると同時に、後者の最終製品やサービスにおける環境負荷の抑制・省エネに貢献し、特に半導体は「産業のコメ」と言われる様に、電子部品と共に現代社会のさまざまな部分に組み込まれ、その基礎を担っておりますが、その役割が十分に認知されているとは言えません。

これは、最終製品の様に一般の目に触れないために認知されにくいという理由に加え、その貢献が最終製品の様に「この製品を使った時の省エネ量〇〇」などの形で示すことが困難である、という点にも由来していると考えられます。

本資料では、これら半導体・電子部品のCO₂排出抑制貢献アピールを目的とし、また、電機・電子低炭素社会実行計画の重点取組の一つである「製品・サービスによるCO₂排出抑制貢献」での、最終セット製品<#2>等のCO₂排出抑制貢献量の内数としての貢献比率を定量化するための算定方法を提案します。

この算定手法が、半導体・電子部品製品のCO₂排出抑制貢献への認知の高まりと、貢献配分検討の一助となれば幸いです。

本算定手法の策定に際しては、東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻、松野泰也准教授・醍醐市朗准教授に研究への多大なご指導・ご協力を頂きました。この場を借りて深く感謝すると共に、ガイド作成に際しての理論的・計算上の誤謬等はガイド作成者の責に帰するものであることを述べさせていただきます。

2012年9月19日

(一社)半導体産業研究所 主任研究員 山口 知巳 (*)

TDK株式会社 安全環境室 製品貢献G r p. 横山 亮

(*)JEITA 半導体環境委員会 客員会員

<#〇>には、「補足」で用語説明を付与してあります。同様に(*〇)は注釈です。

第 I 部： 理論編

1. 本資料作成の背景と目的

「はじめに」でも述べた通り、地球温暖化による気候変動が将来において引き起こすであろうと予測されている深刻な影響を抑制するため、低炭素化社会実現への取り組みが現在進められている。

日本でも、現行の京都議定書の第一約束期間（2008～2012年）の対基準年（1990年）比削減率▲6%に向けた取り組みが行われており、この間の温暖化ガス排出量は日本全体では削減されているが、その内、エネルギー起源の二酸化炭素に関し産業部門では総量でも削減が見られる一方、運輸部門・業務その他部門・家庭部門など、製品を使用する部門では増加している(*1)。電機・電子業界が2013年以降の新たな自主的取り組みとして推進する「電機・電子低炭素社会実行計画」では、今後も「生産プロセスのエネルギー効率改善／排出抑制」に継続的に取り組む重要性に言及しているが、日本の部門別排出トレンドを見ても、乗用車・家電やデジタル機器など製品使用段階での増加抑制・削減などに取り組む必要性は明らかで、「製品・サービスによる排出抑制貢献」も重点取組みに挙げられている。

半導体・電子部品などの部品産業は、本ガイドで後述する様に、最終セット製品のCO₂排出抑制貢献の鍵を握るプレーヤだが、一般に見えにくいことと、これら部品がCO₂排出をどの程度抑制しているかの定量的な遡及が困難なことから、その効果があまり認知されていない。

この現状の下、「電機・電子低炭素社会実行計画」において、最終セット製品のCO₂排出抑制の内数としての部品の貢献比率定量化検討チャレンジを受け、今回の検討を行った。今後、このガイドを元に半導体・電子部品の貢献比率配分を算定し「電機・電子低炭素社会実行計画」にCO₂排出抑制製品の内数として報告すること、また、その結果をもって半導体・電子部品など部品業界の貢献を一般向けにアピールするのに資することを、このガイドの目的とする。

2. 本資料の適用範囲

本資料で紹介する算定方法による半導体・電子部品の貢献比率配分計算は、個別特定の最終製品や、特定の半導体・電子部品企業の納入部品貢献比率の計算には適用されない。これは、その分析を行うためには、個別製品を構成する部材の各企業別コスト情報に基づく製品の部材構成である直材構成と、その直材構成を上流部材までに遡った製品構成全体を示す「製品 BOM(Bill of Material)」の作成を要するが、一般的にその様なデータは入手不可能との理由による。

そのため、ここで紹介する算定手法は、平均的な最終セット製品の製品 BOM を推計し、それを構成する部材としての半導体・電子部品全体を対象とした計算となっている。

特殊な例として個別セット製品と個別構成部材を対象に分析が必要な際は、詳細な部品構成コスト情報の入手とそれに基づくデータの精緻化などの作業が必要となるが、今回のガイドではこの部分は対象外とする。

3. 貢献配分評価の必要性について

環境負荷を削減させる対策には、大きく分けて「規制的手法」、「自主的取り組み」、「経済的手法」がある。「規制的手法」は文字通り法的拘束力を有する形で強制的な対策を行う手法であり、他方、経団連や電機・電子業界が推進する低炭素社会実行計画など、環境負荷を伴う活動の主体者が自主的に対策を行う手法が「自主的取り組み」と称される。そして、税・課徴金や排出量（権）取引など、環境負荷の削減を経済行為と結びつけて対策を行うものは「経済的手法」と称される。(*2)。

これらの手法はどれも、特にローカルに発生する公害(土壌・水質・大気汚染など)の様に直接的な因果関係が分かりやすい分野では直接的効果が確認できるものだが、今回の検討対象とする CO2 の様に、製品の材料調達から部品生産、組み立てや流通販売、そして最終製品使用から廃棄までの全ての段階で排出されるものの場合、単純に全てのプレーヤーでの排出抑制を目指すこと(部分最適)が、全体の排出抑制(全体最適)とならない可能性もある。

例えば、消費電力を一般白熱電球よりも約 1 / 8 にすると言われる LED 電球の普及は、その主要部品である半導体 LED の生産増加と、生産時の CO2 排出を増加させるが、結果として電球使用時の電力削減による CO2 排出抑制をもたらすと考えられる(*3)。この様な製品の生産時の排出増を規制や経済的手法の導入により抑制すると、結果としては CO2 排出が増加するということにもなりかねない。

しかし、上述の通り CO2 排出抑制への部品の貢献を把握するのには困難が伴うことから、その重要性は看過され易いという問題がある。

その意味からも、最終セット製品での CO2 排出抑制効果を、それを構成する半導体・電子部品などの部品・材料の貢献に配分する手法の構築により、評価できるものにする必要がある (*4)。

4. 「配分」という考え方について

そもそも最終セット製品は完成した形で使われ、構成部材のどれが欠けても正常に動作しない。その様なものを個別の構成部材に分けて別々に貢献を考えることができるのか、との疑問がある。しかし、構成部材の貢献割合を考えるためには、一定の考え方に基づいてそれらを分けて行く作業も必要である。

類似の考え方は、経理の世界でも採用されている。例えば、会社で発生するコストには、特定の製品に直接結び付けることができるものもあれば、共通的に発生しているものもあり、しかし、会社が収入を得るには製品やサービスに価格としてそれらを反映し

なければならない。直接結び付く分のコストに加え、共通的に発生するコストを製品に反映する時は、それら共通で発生したコストを一定の考え方でそれぞれの事業に配分していく、という方法が取られている。一般社会で、アパートやマンションなどでは「共有スペースの光熱費」などを各部屋で割っているのも類似の考え方と言える。

これは、正確なそれぞれの割り振りが厳密には分からないものを分割する上で、合理的な考え方であり、この様な考え方は、環境案件でも採用されていて、環境負荷評価の手法の一つを定めた ISO14040 のライフサイクルアセスメント(LCA)<#3>では、生産ライン（事業所）の環境負荷や CO2 排出量を計算する時に、実際には生産ライン全体のエネルギー使用総量しか把握していないものを製品ラインそれぞれに「配分」していく、という考え方を提示している。

今回の貢献配分でも、同様にある一定の考え方で部材に貢献量を配分していく、という考え方を採用している。

5. 配分の算定手法検討について

前項で「配分」について触れたが、物理的に分けるのと違い、配分の内容は考え方によって結果に違いが生じる。

この配分手法については、JEITA のグリーン IT 推進協議会の調査分析委員会が 2008 年度から検討を進め、2011 年 6 月の報告書ではいくつかの手法を提案している。

図表 I-1; 既存の配分手法検討内容

配分方法		配分手法の種類	
		メリット	デメリット
案1	パネル法配分 専門家へのアンケートにより配分割合を決定	・製品の省エネ技術に精通した専門家によるアンケートにより、省エネ量への貢献度を反映しやすい。	・回答者により、ばらつきがでる。 ・アンケート方法により回答結果が変わる。
案2	付加価値配分 製品の付加価値の比率により配分割合を決定	・定量的なデータによる配分であるため、客観性が高い。	・製品の付加価値と省エネとの相関性が低い。
案3	LCA配分 製造時のCO2排出量により配分割合を決定	・定量的なデータによる配分であるため、客観性が高い。 ・製品、サービスの提供により発生するCO2排出量は、製品の存在に対する貢献を表す一つの指標となり得る。	・Of ITにおいて、製造時のCO2排出量と使用時の省エネ量の相関性が低い。 ・データ収集の正確性が求められる。

(「2010年度 グリーンIT推進協議会 調査分析委員会 報告書」から転載)

当報告書では、どの手法もメリットとデメリットが共存しており、どれか一つという選択が難しいとして、これら手法を併記し、それぞれ事例報告している。配分結果としてどの計算で出てくる結果が最も妥当なのか、現実的に検証が困難なため、この様に幾つもの手法が提案され、それぞれにメリット・デメリットがあるのは仕方がないことと考えられる。

本算定ガイドでは、これまでに検討・考案されてきた配分手法を考慮しつつ、次の考え方を前提に、手法の検討を進めた。

① 基準に対する要件

(ア) 企業の活動量とある程度の相関があること

企業の活動量の増減をある程度反映すると言えるものであること。エネルギー使用量、生産量(数量・金額)などが考えられる。

(イ) 業態の違う複数の業種に共通して適用できること

単一業種だけでなく、複数業種をまたがったの配分計算が必要な際に、単位などの相違により比較出来ないことがないものであること。エネルギー使用量、生産量(金額)など社会的に共通性のある単位が考えられる。

② 手法に対する要件

(ア) 客観性・検証可能性があること

計算の元になるデータが、できるだけ一般的・客観的に入手できるものであること。手法手続きが確認出来、データを受容し計算過程をたどれば同じ結果になる(検証可能性のある)こと。この観点から、できるだけ公的情報に基づいたものを利用したい。

(イ) ダブルカウント・抜けを理論上、排除できること

100%を配分していくため、理論上は重複や抜けが発生しない計算となること。このため、複数の業種をまたがる情報ができるだけ一つの情報に統合されたものを使用することが望ましい。

(ウ) データの準備、計算が複雑すぎないこと

複雑な情報処理がミスを引き起こす、複雑な情報処理により実務的対応が困難とならない、等の条件を満たすこと。収集・準備する情報ができるだけ単純、かつ一定のスキルがあれば計算できるものであること。

上記①(ア)/(イ)、②(ア)から、金額をベースとした情報を使用すると考えた。金額は活動量との相関関係が最も強いとは言えないが、複数業種間に共通する指標であり、活動量もある程度反映する(半導体・電子部品ではそう言い切れない部分もあるが)と仮定するには、適当と考えた。各製品毎に金額ベースの直材構成と上流部材を合わせた製品 BOM をそれぞれ収集・作成し、それらの関連情報を元に遡及して分析するという考え方である(*5)。ただし、技術的かつ各企業の守秘情報の取り扱いの観点から個別データ確認は極めて困難と思われ、また、それが可能とした時にも、そうして作成する情報には②(ア)の留保という問題も発生する。この様に個別に収集した情報に基づき作成した製品 BOM が、作成者によってその時々全く違うものであるのは好ましくないのである。

この理由から、「金額ベース」で各製品の製品 BOM に類似した情報を、公的に入手可能な政府発表資料から作成する可否を検討した。複数業種間の売買情報を網羅し、②(イ)/(ウ)にある様にそれらが全体として整合を持った形で表現され遡及計算が可能なもの、という条件に合致するものを探した結果、「全産業が網羅され」それらの「互いの

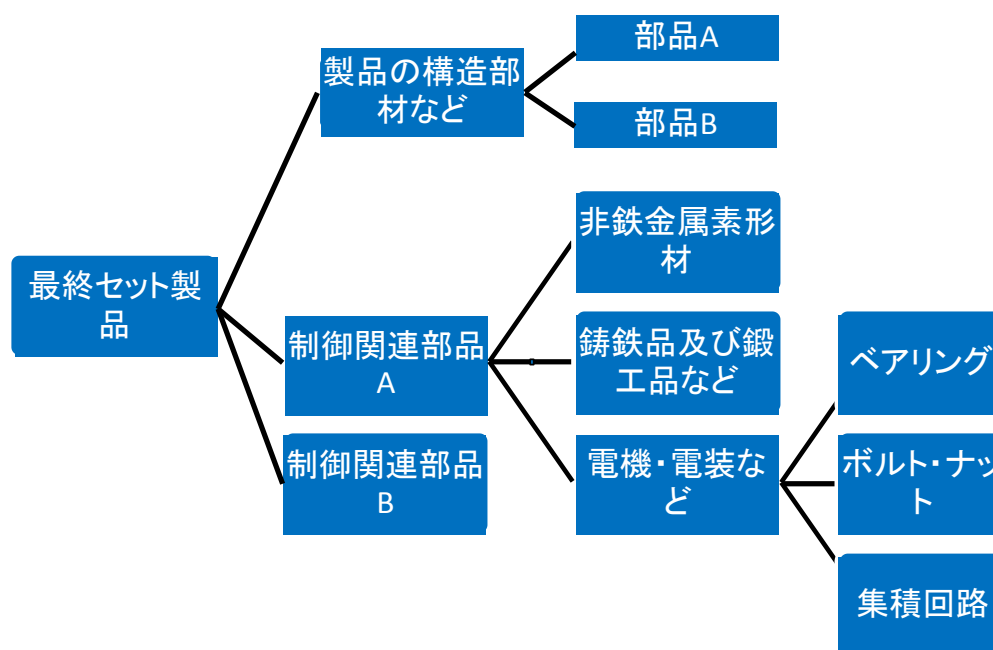
売買関係が金額で把握できる「政府発表資料」である「産業連関表」（「総務省統計局」公表）の情報をデータとして使用すると結論を得た。

上記の条件を「産業連関表」の情報が満たすと同時に、逆にそれ以外に同様の情報を持った公的データが存在しない、ということである。

6. 製品 BOM の推定

製品 BOM とは、前章でも触れた通り製品を直接構成する材料である「直材構成」と、その「直材構成」を構成する部材や、それを更に遡った上流の部材である「上流部材」の構成である。個別の企業では必ず自社製品生産に当たり、それぞれ直材構成情報を持ち、その直材構成の提供社はその上流の部材構成情報を持つ。この様に、製品を構成する部材を遡って作成してまとめると製品 BOM が出来上がる。これらのつながりを概念的に図示すると、図表 I-2 の様なイメージである。

図表 I-2: 製品 BOM のイメージ



今回は、この製品 BOM のコスト構成を推定するのだが、コスト構造に関する情報は一般的に開示されない各社の守秘事項であり、入手は不可能である。

今回の手法ではこの製品 BOM を「産業連関表」に示される部門項目を参照しつつ推定する方法を検討した。

7. 「産業連関表」を用いた製品 BOM の推定

「産業連関表」とは、統計局ホームページの表現によれば

(筆者注釈—ある特定の国・地域で)一定期間(通常1年間)において、財・サービスが各産業部門間でどのように生産され、販売されたかについて、行列(マトリックス)の形で一覧表にとりまとめたもの(*6)

とされ、5年ごとに関係府省庁が共同して作成し、発表している。具体的には西暦一桁が0年、5年の年次を対象として作成され、対象年次の終了後に数年かけて作成されており、本ガイド作成(2012年6月)時点では2005年版のものが最新である。作成が5年ごとになるので、期間内の情報のズレを補正する意味で、その間の微修正として「延長表」と呼ばれる表も作成されている。

この表の特徴は、産業間の関係性を「連関」という形で捉え、それらを一つの表で表現している点で、

「ある1つの産業部門は、他の産業部門から原材料や燃料などを購入し、これを加工して別の財・サービスを生産し、さらにそれを別の産業部門に対して販売します。購入した産業部門は、それらを原材料等として、また、別の財・サービスを生産します。このような財・サービスの「購入→生産→販売」という連鎖的なつながりを表したのが産業連関表です。

産業連関表の仕組みを利用して、ある産業に新たな需要が発生した場合にどのような形で生産が波及していくのかを計算することができます。」(*6)

という特徴がある。つまり、「産業連関表」から、それぞれの製品・サービスに投入される財やサービスの情報が得られ、今回はその情報の内、コスト構造に係わる情報を参照する。

具体的に、産業連関表の概要を確認して見よう。

図表 I -3; 産業連関表の構成概要

		中間需要				最終需要				生産額		
		A産業	B産業	C産業	計	消費	資本	在庫	計		輸出	輸入
販売 ↓ 投入	A産業	30	150	30	210	30	40	30	100	20	-10	320
	B産業	60	250	40	350	60	60	80	200	10	-20	540
	C産業	20	40	80	140	10	20	30	60	30	-30	200
	計	110	440	150	700	100	120	140	360	60	-60	1060
粗付加価値		210	100	50	360							
生産額		320	540	200	1060							

産業連関表は、図表 I -3 の様に、2つの長方形を直角に組み合わせた様な形をしている。行(横)方向に「投入」と呼ばれる「販売」を、列(縦)方向には「需要」と言われる「購入」の数字を表記し、行列の交点に、ちょうどその項目に対する投入(販売)と需要(購入)が記される様な形になっている。図表 I -3 でいうと、A 産業は B 産業から 60 の製品(サービス)を購入している、逆に言えば B 産業は A 産業に 60 の製品(サービス)を販売している、という関係になる。A 産業から B 産業への販売(投入)と B 産業の A 産業からの購入(需要)は同じになる筈なので、この様に表現されるわけである。

全体的には、長方形の重なりあった(赤く囲んだ)部分が正方形になっていて、この部分には産業間(Business to Business; BtoB)の販売・購入関係が表現されている。その右側には「最終需要」と呼ばれる消費・資本形成・在庫形成や海外への輸出、逆に海外からの輸入が記され、縦方向には粗付加価値が記され、それぞれの生産額総計が縦横列で一致する様に作られている。

実際の産業連関表に基づいて説明する。図表 I -4 に、「2005 年産業連関表」の産業間取引(内生)部分の表を掲載した。「産業連関表」は、用途に合わせて部門分類の粗さの違う表を使用し、その粗さによって分析対象業種の細かさが違ってくるが、ここでは説明を簡略化するために、部門数の少ない 13 部門(速報)で説明する。図表 I -4 の「03; 製造業」(半導体・電子部品を含む)に注目する。上述のようにこの縦列が需要で、ここでは「製造業」には、製造コストとして年間約 214 兆円(214,136,165 百万円)の需要があり、それに対するそれぞれの項目の販売(投入)額が示されている。この表を見ると、「01; 農林水産業」や「08; 不動産」などからも投入がある。これは、製造業に需要が発生すると、農林水産業(食料)や業務を行うための不動産業にも経済的な連関が起きるとの一例であるが、今回の分析はあくまでも最終セット製品使用時の CO2 排出抑制に貢献する製品や部材のみを対象とした分析を考え

ており、製品 BOM(直材構成及び上流部材)を抽出・確認するのが眼目である。

図表 I-4; 2005 年産業連関表(13 部門、速報)

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	35
	農林水産業	鉱業	製造業	建設	電力・ガス・水道	商業	金融・保険	不動産	運輸	情報通信	公務	サービス	分類不明	内生部門計
01 農林水産業	1,661,615	504	7,799,128	87,905	0	9,311	0	81	1,939	0	2,136	1,302,406	0	10,865,025
02 鉱業	626	2,920	12,635,365	496,583	3,302,484	0	0	0	4,575	0	429	10,748	1,335	16,455,065
03 製造業	2,561,866	65,185	131,701,191	17,954,185	2,003,182	3,485,940	1,323,916	141,551	6,764,158	2,731,257	2,877,205	26,273,139	464,655	198,347,430
04 建設	65,697	6,518	1,197,953	143,850	1,277,933	651,679	164,048	3,047,681	505,823	233,419	588,219	1,236,893	0	9,119,713
05 電力・ガス・水道	111,961	30,467	5,668,045	262,936	1,891,200	2,049,907	216,323	219,818	959,521	440,558	1,265,319	4,817,329	77,318	18,010,702
06 商業	521,777	25,063	17,618,541	4,121,479	544,652	1,839,903	264,900	63,231	1,635,185	710,848	585,323	9,113,709	82,082	37,126,693
07 金融・保険	226,281	70,008	3,843,999	937,841	710,066	5,707,629	4,478,944	3,798,522	2,220,168	636,153	126,344	4,406,496	2,326,986	29,489,437
08 不動産	4,520	7,829	620,668	160,378	179,962	2,879,732	569,767	378,002	749,394	897,579	36,347	1,745,183	13,540	8,242,901
09 運輸	632,392	261,458	8,417,470	3,345,270	787,042	5,460,080	820,643	148,973	5,923,018	1,102,304	1,196,040	4,287,425	198,756	32,580,871
10 情報通信	37,206	11,267	2,488,207	762,075	549,087	4,223,835	2,340,068	137,929	604,955	4,807,870	1,340,661	9,299,246	128,369	26,730,775
11 公務	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,109,667	1,109,667
12 サービス	204,206	57,478	21,172,550	5,169,788	2,452,297	6,522,368	4,809,489	1,457,644	6,780,965	6,757,982	2,119,529	15,404,914	342,960	73,252,170
13 分類不明	181,675	12,053	973,948	494,201	107,783	629,077	107,801	236,313	252,638	488,185	11,325	1,028,912	0	4,523,011
35 内生部門計	6,209,822	550,750	214,136,165	33,936,491	13,805,688	33,459,461	15,095,899	9,629,745	26,402,339	18,806,155	10,148,877	78,928,400	4,745,668	465,853,460

(政府統計 e-Stat より「生産者価格評価表」13 部門表。内生部門(上述の BtoB)部分のみ抜き出し、見やすさを考え、3桁毎に”,”を表示。単位:100 万円)

<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001014617&cycode=0>

そのため、今回の検討では、産業部門を次の三つの種別に分類し、遡及計算対象とする製品 BOM に相当する業務のみを残し、その他の今回対象外となる投入(行と列)は除いて計算したり、計算後に貢献配分とする業種を抽出したりする。考え方としては、次の三つに分けて考える。

- ① 産業連関表のデータのうち製品 BOM に入らないもの、及び上流に遡りすぎる原材料最終セット製品使用時に、その製品を物理的に構成しないものと、上流に遡りすぎる原材料で、その生産行為が環境貢献部材の製品と直接つながっていると考えられないモノが対象。

前者は、電機電子製品で言うと「金融・保険」「不動産」「運輸」「公共」「サービス」など以外に、化石燃料のように工場で消費されるもので、実際の製品使用時の CO2 排出抑制とは結びつかないものや、印刷・製版・製本のように、製品に同梱されているであろう説明書などに使用されている(例えば、冷蔵庫やテレビなどの省エネ設定に関する記述があったとしても、印刷物自体が製品の CO2 排出抑制技術そのものと言えない)もの、が挙げられる。このような財やサービスは、製品生産に投入された場合も製品使用時の環境負荷低減に寄与しているとは考え難い。

後者は、「銑鉄」「銅」「アルミニウム」など原材料そのものに近いもので、その生産自体を環境貢献製品の生産と直結しているとは言えないと考える。

そのため、これらの投入分は区別して計算対象から外す。計算時の準備として産業連関表からこれらの産業に関わる要素(対象の行と列)を除外する必要がある。これにより、最終セット製品を物理的に構成する要素だけが残された製品 BOM が得られる。

- ② 製品 BOM を用いた計算には含むが、最終的な配分比率計算から除外するもの

最終使用者への提供物に物質として投入されているものの、CO₂ 排出抑制に寄与するとは考えられないもの。ただし、これらは後の波及計算で2次以降の波及を確認する際に製品の構成材として使用するの、計算対象の製品 BOM 自体には含む扱いをする。

③ 遡及計算の上、CO₂ 排出抑制貢献の配分対象とするもの

最終セット製品使用時に、その製品を物理的に構成し、CO₂ 排出抑制に貢献するもの。最終的に、これに分類される項目間で CO₂ 排出抑制貢献を配分するため、波及計算の対象としこの対象項目となる行と列を残したうえ、計算後の配分対象とするもの。

上記により、産業連関表の部門項目から、製品 BOM に該当する部門と、その内の環境負荷抑制に貢献する部材を抽出する。

この種別分類に際しては、できるだけ現実の製品や技術内容に近い製品 BOM 構成を考える必要があるが、各社個別の最終セット製品を網羅することは難しいため、ある程度の想定(主観)が含まれることは否めない。特に②と③の区分には一定の考え方も必要となると考えられるが、一定の表現で具体的な分け方を決めるのは簡単ではない。この部分は、後の事例編で具体的に分類する方法も参照して欲しい。また、この作業に際しては、分類結果を数名の関係者で再確認することを奨励する。

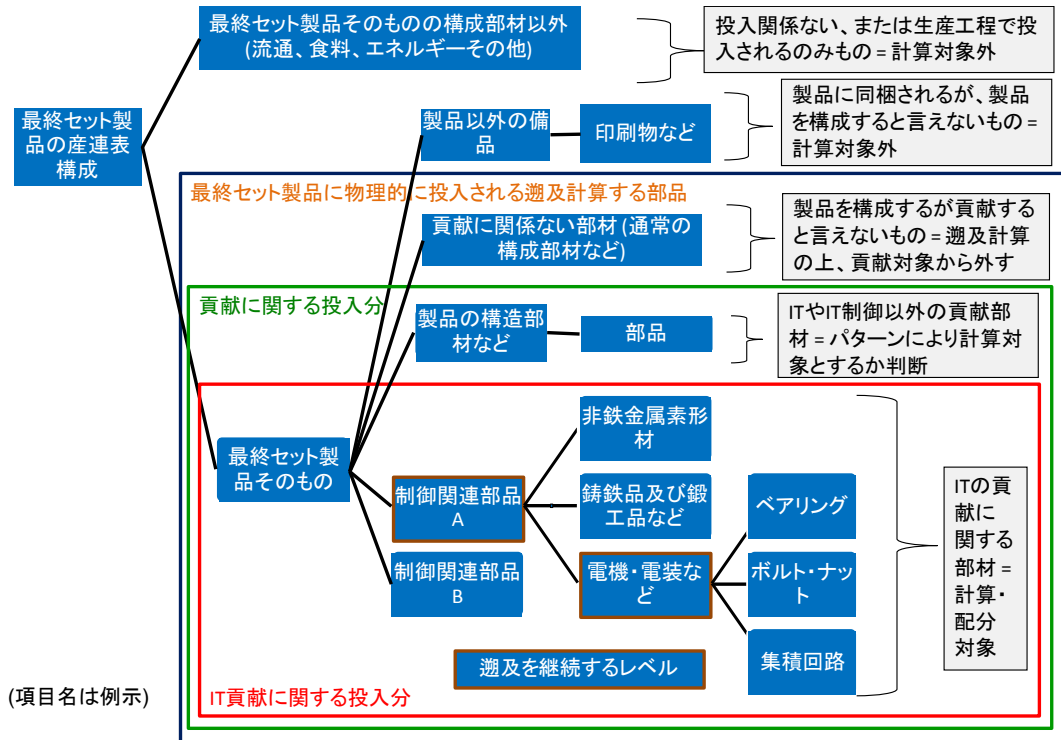
次に、抽出した部材を「半製品 (遡及継続)レベル」と「材料 (遡及停止)レベル」に分ける。製品 BOM の各項目(産業連関表の産業部門)には様々なカテゴリーのものが並んで表現されているが、ここで言う「半製品 (遡及継続)レベル」と「材料 (遡及停止)レベル」という考え方は、最終セット製品を BOM 図に表して見た時の部材構成のレベルとして確認でき、

(ア) 半製品 (遡及継続)レベル： 製品を構成するもので、その半製品を構成する材料レベルに更に分別する(遡及可能な)カテゴリーが存在するもの

(イ) 材料 (遡及停止)レベル： 更に細かい材料レベルに分別するカテゴリーが存在しない、または分析上、その製品で遡及を停止させるレベルのもの

を言う。ここまでの関係を、図表 I-5 に示して見た。

図表 I -5; 最終セット製品を構成する BOM 概念



この図表の「貢献に関する投入分」(図表 I -5 では、緑色で囲まれた部分)が遡及計算の対象となるが、この内の「遡及を継続するレベル」は分析対象としては計算上遡及し、それ以外は遡及を停止するレベルの計算のため、最終的な項目として結果が残るのは後者のみとなる。前者は、それを構成する後者のレベルに配分してしまうからである。ここで留意すべきは、樹形図上は遡及を継続するものは半製品の様に見えるが、計算上でそれ以上遡及しないと決めた部材に関しては、どのレベルの部材であっても「遡及停止」対象として取り扱うので、正確には半製品だから遡及を継続、材料だから遡及停止では「ない」ということである。

後の計算では、この「計算上遡及」するものを”P”、「遡及を停止する」ものは”M”という記号で表記する。P/M という記号に大きな意味はないが、上記の(ア)/(イ)にそれぞれ対応し、それぞれ P = Parts (部品レベル)、M = Materials (材料レベル)を意識している。ただし、必ずしも Parts / Materials に当たらないため、定義としては上記のイメージを参照しつつ、遡及計算対象を「P = 遡及継続するレベル」「M = 遡及を停止するレベル」と理解して貰いたい。以下の説明では計算式の考え方に触れるため、ここからはそれぞれ P/M で表記する(*7)。

こうして製品 BOM の推定を行うが、その BOM 構成の中身であるコスト比率の推定

方法として、次の様な計算を行う。計算に際し、図表 I-3 を再度確認する。

図表 I-3; 産業連関表の構成概要 (再掲)

		中間需要				最終需要				輸出		輸入	生産額
		A産業	B産業	C産業	計	消費	資本	在庫	計				
販売 投入	A産業	30	150	30	210	30	40	30	100	20	-10	320	
	B産業	60	250	40	350	60	60	80	200	10	-20	540	
	C産業	20	40	80	140	10	20	30	60	30	-30	200	
	計	110	440	150	700	100	120	140	360	60	-60	1060	
粗付加価値		210	100	50	360								
生産額		320	540	200	1060								

この表は、ある一定期間に一定地域で起きた産業相互の関係を表現しており、この相互関係を静的なものとする、それぞれの項目が全体の何パーセントを占めるか(係数)を計算すると、特定産業に需要が発生した際に、その係数から、他産業からどの程度の比率で購入が発生するのか確認することができると言われている。この「係数」を投入側からの言い方で「投入係数」という。

本分析で用いる金額ベースの製品 BOM は、産業連関表の投入係数のように、産業・部門別その構成要素を係数(割合)で示されることになる。ただし、上述のように産業への投入には、物質以外のサービスの投入もあるため、製品 BOM を作成するに当たっては、考慮すべきでない情報も含まれている。これらを考慮しない時点で、産業連関表の情報の一部を用いているものの、産業連関分析の要件を満たしていない点に留意された。

図表 I-3 のような部品や素材の投入に関する取引情報が得られたとする(A/B/C 産業の製品が、実際に製品 BOM を構成すると前提して)と、例えば B 産業で生産される製品 B に占める A 産業で生産される製品 A の割合(係数)は次の通り計算できる。

$$\text{製品 B に対する製品 A の構成割合} = \frac{\text{製品 B に対する製品 A の投入額}}{\text{製品 B の構成部品と素材の総額}}$$

図表 I-3 の数字を使用すると、

$$150 \div 440 = 0.340909$$

である。同様に他についても計算すると、下記の様な表ができる。これを各製品の直材コスト構成として用いるものとする。

図表 I -6; 各産業で生産される財やサービスの直材構成 (図表 I -3 の場合の例)

		各製品の部材構成			
		製品A	製品B	製品C	計
部材構成	製品A	0.272727	0.340909	0.200000	0.813636
	製品B	0.545455	0.568182	0.266667	1.380303
	製品C	0.181818	0.090909	0.533333	0.806061
	計	1	1	1	

8. 推定製品 BOM コスト比率により貢献量を配分するメリット・デメリットについて

ここまでに製品 BOM を推定し、そのコスト比率の推定に「産業連関表」の部門項目から抽出した情報を使用する考え方を説明したが、ここでこの手法考え方のメリット・デメリットも一回まとめておきたい。図表 I -1 はグリーン IT 推進協議会の検討を通して出てきた内容であるが、製品 BOM コストを産業連関表から推定する考え方にも同様に、メリット・デメリットがあり、それを確認した上で、今後修正が必要な点を理解したり、使用に際しての留意事項を確認したりするためである。

図表 I -7; 産業連関表を使用した計算のメリット・デメリット

メリット	・政府発表データを使用するため、元データの客観性は留保できる
	・GDPに連動したデータなので、業種の経済活動との相関がある程度保たれる
	・金額ベースのため、複数業種をまたがった計算をすることが可能
	・国内の企業活動を一つの表にまとめたもののため、理論上はダブリ、抜けがない
デメリット (または懸念)	・波及計算の手法がある程度確立しており、考え方を流用出来る
	・製品BOMコスト構成比率と、使用時のCO2排出抑制の相関性が証明できない ・産業連関表を変形し計算に流用する、そのための技術項目の確認をする、などの手続きがあり、ある程度の習熟を要する

メリットは別として、デメリット(または懸念)に2つの事項をあげた。後者は計算上の技術的な問題なので除外するとして、前者のデメリット(または懸念)は、永遠の懸念点と言える。しかし、これは個別の構成部材や最終製品加工などの生産活動の貢献を配分する困難さにそもそも付随するもので、この手法の正確さを確認・証明する対象である正解が存在しないためである。そのため、配分算定をするためには、客観性を確保した上で、評価基準を決定する必要がある、CO2 排出抑制とのある程度の不整合は許容しなければならないと考える。

その中でも、今回の手法の考え方のベースとする「産業連関表から推定する業種製品間の売買関係をデータに使用」することには、次の点で一定の納得性があると考えられる。

企業間の取引は、単に構成部材コストを購入者が支払うというのではなく、それに付随する各種様々な部材や製品への価値(価格だけでなく、品質・性能・納期などなど)が価格に反映されて取引するものであり、個別それぞれの取引にはそれらが必ず押しなべて反映しきれていないとしても、国単位・1年間でのマクロの業種間の取引に集計した時には、それらの要因がある一定の抽象化をした形で取り込まれていると仮定できる。何故ならば、経済総体で長期全体を捉えた場合、需要・供給のどちらか一方のみが継続的に損をする様な、必要以上または以下の価値での取引はマクロ的に継続するとは言えないからで、短期的にその様なことが有っても、適正な利益を出せない事業は継続しないし、競合状態がある中では適正以上の利益を継続して出すことは相当に困難だからである。

取引金額比率を基に貢献配分するとした場合、短期的・個別データによると「相対的に高い価格で取引されている業種」の貢献が高くなる、という現象が起きるとも考えられるが、上記理由により、その様な現象はマクロ的には継続して存在しないと考えられ、逆に、部材・製品の持つ価値が必要以上に低く見積もられすぎた取引では、長期的にそ

の価値または価格のいずれかを継続できず、その部材が入手不可能となったり、価値見合いまでの価格上昇圧力を受けたり、などにより、ある範囲でその部材の価値を適正に評価した取引額となることが期待される。個別日常の感覚とはこの点ズレている可能性はあるが、マクロ的に考えると、取引価格は業種間での対象となる製品・サービス構成内容への価値観を表していると言って良いと考えられ、その意味で製品に組み込まれてCO2 排出抑制に資する部材は、その価値性能を認められているのであれば、業種間取引価格に反映されているべきものなのである。

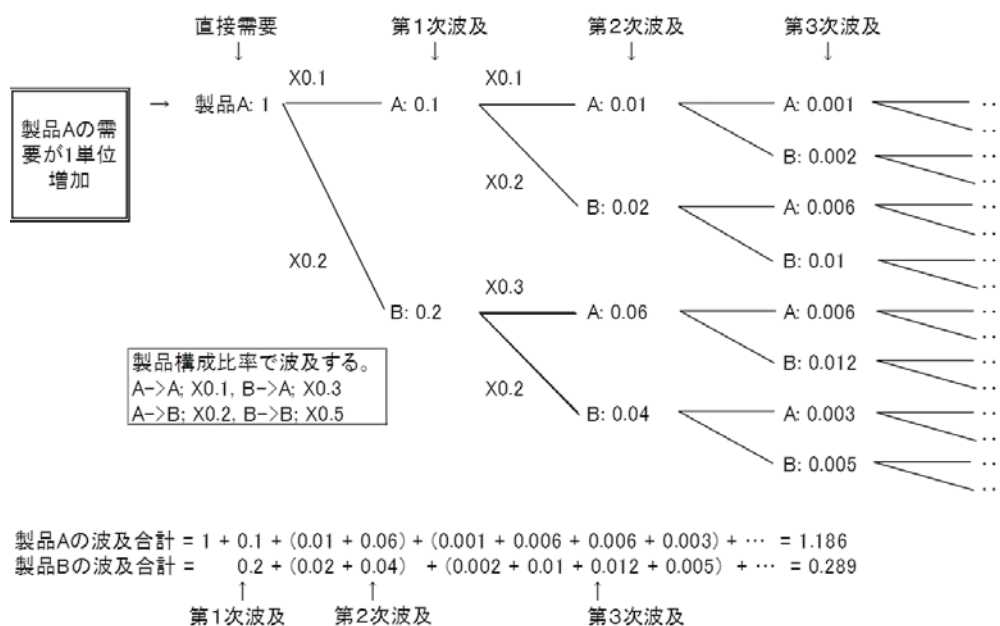
上述の通り、価格に反映される価値には様々な要因が含まれているため、CO2 排出抑制に対する価値と価格に明確な相関があるとは言い切れないが、貢献配分を計算するに当たり図表 I-7 のメリットに挙げた内容を満たすデータが他に入手できないという点で、消去法的ではあるが、図表 I-7 のデメリット(または懸念)を持ちつつも「製品 BOM のコスト比率が適正な価値評価率に収められた結果として、産業連関表から対象部門を抽出したものを売買データとして推定」とする考え方には、一定の納得が得られると考える。

9. 波及計算について

先述のように、それぞれ製品や部品を構成する直材構成が図表 I-6 のように得られたとすると、製品 B を構成する 100 万円分の直材構成として 34 万円分製品 A である。すると、今度は製品 A の直材構成として製品 C はその「0.18 (34 万円×18%=6 万円)」分の製品 C が製品 A に含まれ製品 B を構成していることになる。

本分析で必要となる配分計算では、このように連鎖する関係(サプライチェーン)を遡って分析する必要がある。サプライチェーンは、次の様に樹形図上に見て行くことができる。この、次々に供給が連鎖する様を、「波及」と呼び、図表 I-8 の様に直接の構成を「第1次」その先を「第2次、第3次、…」と波及していく、という。第1次波及を「直接波及」、第2次以降の波及をまとめて「間接波及」と呼ぶこともある。

図表 I -8; 波及の例



今回の貢献配分の算定には、この間接波及までも考慮した、対象製品の BOM から読み取れる構成比率を配分算定に用いる。

これは、観測される直材構成が直接的な売買関係しか表現していないため、実際には製品を一次的に構成する部材しか含まれないという問題点があるのと、貢献比率を考慮するためには、直材として搭載されているものだけでなくそれらを更に上流部材に波及構成するものも考慮に入れるべきであると考えられるためである。考慮すべきと思われる部材が直接的な構成部材として直材構成に表れていない例としては、「乗用車」や「その他の自動車」の直接構成上の半導体比率は「0%」である。これは、半導体自体が直接乗用車などに使われることがなく、電装品などの形で乗用車などに投入されているから、と考えられるが、一方で乗用車の省エネ技術の多くが半導体の様な制御部材によって支えられているとのコメントも確認できる (*8)。

この、間接波及を計算する考え方として、一部行列を使用した計算方法がある。できるだけ簡便な説明を試みるが、不明点・詳細に関しては、(*9)に紹介する関連書籍や、行列に関しては高校数学「数学 C」の関連書籍 (*10)も参考に、確認願いたい。

図表 I-6 のような構成（直材構成）をしている製品、部品があるとき、列項目と行項目を順序も含めて合わせた正方行列に加工する。加工された正方行列を X とすると、X の製品 A の行ベクトルは、直接の部材コストを表している。次に、X に X を掛け合わせた X² の行列を考えると、製品 A の列ベクトルは、2次投入を表すことになる。同様

に X^3 (3次投入)、 X^4 (4次投入)・・・としていくと、 X^k の行列の産業Aの列ベクトルは、 k 次投入を表す。

これは、

$$I + X + X^2 + X^3 + X^4 + X^5 + \dots + X^k$$

により計算でき、この級数は、

$$(I - X)^{-1} = I + X + X^2 + X^3 + X^4 + X^5 + \dots + X^k$$

と書き換えることができる(*11)(*12)。

ここで上記の I は単位行列を表す。製品 BOM の係数表に逆行列を掛けると、2次波及以降の階乗が収束するまでの足し算と同等の結果が求められる、ということの意味している。この足し算では、ダブルカウントが発生するが、その回避手段は、後述の手続きで紹介する。

10. 今回適用する計算式

前節までは「産業連関表」のデータを算定に使用すると結論に至った経緯、波及計算の基本的な考え方について述べた。

本節では算定の考え方について述べる。具体的な算定手順は第II部に譲り、ここでは考え方のみを述べる。

ここで述べる考え方は、必要に応じて新たに導入した考え方を含んでおり、「はじめに」でも触れた様に東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻、松野泰也・醍醐市朗の両准教授との研究・会話を通して多大なるご指導・ご協力を頂いた。

次に、遡及計算の考え方を述べる。

上記で紹介した①に当たる行及び列(要素)を削除した結果得られた販売(投入)と購入(需要)の金額を表した産業連関表 B が i 列、 j 行で構成されているとした時、その各構成要素は

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1j} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{i1} & \cdots & b_{ij} \end{bmatrix}$$

と表示される。ここからは行列式の計算になる。式中、アルファベットの大文字で表すものは行列を、小文字で表すものは一般の数字(スカラー)を示す。この、各要素を列(縦方向)全体の和(列方向は i なので、 i 方向の和 = Σ より Σi)で除したものが投入係数行列 A の各要素 a_{ij} として求められる (式 1)。

$$a_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_i b_{ij}} \quad \dots 1$$

次に、こうして作成した遡及計算用の投入係数表は、上述の「半製品 (遡及継続)レベル」 (=P)と「材料 (遡及停止)レベル」 (=M)の属性を持った項目が混在しているため、それらを行列の中で整理分類すると、

$$A = \begin{bmatrix} A_{MM} & A_{MP} \\ A_{PM} & A_{PP} \end{bmatrix} \quad \dots 2$$

という表 (行列) が得られる。 A_{MP} は投入(行方向)が M = 材料(遡及停止)レベル、需要(列方向)が P = 半製品 (遡及継続)レベルということを表現している。

ここで、 P と M の製品 BOM 上の位置づけを見ると、 P は M よりも上位に位置する (加工度が高い) ため、 P が M に投入されることは「あり得ない」。また、 M もそれ以上遡及しない、との定義・目的から遡及しない。従って A_{MM} 及び A_{PM} は共に投入を持たないため、各要素をゼロにする必要がある。したがって、この二つの行列(固まり)を、ゼロ行列として取り扱う。式 2 のそれぞれに 0 行列を代入すると、式 3 が得られる。なお、式 3 中の 0 はゼロ行列を示す。

$$\begin{bmatrix} A_{MM} & A_{MP} \\ A_{PM} & A_{PP} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} \quad \dots 3$$

上述の通り、投入係数行列の逆行列を計算することで、最終的に波及する先を計算することができる。この逆行列は前章で紹介した通り、単位行列 (I)から投入係数行列(ここでは式 3)を引いたものを -1 乗した形をしている。つまり、本ガイドの内容では、式 4 に示す逆行列により、 P に区分される各製品における構成素材が、各列の M に区分さ

れる行項目に導き出される。なお、「Pに区分される各製品における構成素材が、各列のMに区分される行項目」とは、式4の第二項においては、 A_{MP} となっている右上の部分行列の箇所である。

$$\left(I - \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} \right)^{-1} \quad \dots 4$$

これは、式展開により、式4のようにあらわされる（式展開の詳細と解説は*13）。

$$\left(I - \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} \right)^{-1} = \begin{bmatrix} I & A_{MP}(I - A_{PP})^{-1} \\ 0 & (I - A_{PP})^{-1} \end{bmatrix} \quad \dots 4'$$

この行列の固まりの四つの中身を考慮すると、図表 I-9 の通り計算対象となる部分が絞られる。

図表 I-9; 計算対象(部分行列)の抽出

	M	P
M	$A_{MM} = M$ そのものなので「I」(変わらず)	$A_{MP} =$ 今回の計算対象
P	$A_{PM} =$ ありえないので、0	$A_{PP} =$ PをPに投入する遡及は計算対象外

このように、右上の部分行列が、今回算定が必要な結果となる（Pに投入するMについての遡及）。そこで、必要な部分行列だけ示すと式5のように書きあらわされる。これが、今回遡及計算に使用する逆行列となる。

$$[A_{MP}](I - [A_{PP}])^{-1} \quad \dots 5$$

本計算式に使用するデータはあくまでも産業連関表の投入金額のデータである。投入金額ということは、産業間の販売・購入コストの関係であり、生産を通しては部材を購入・投入しても、歩留まりにより最終製品には組み込まれない分もあるが、ここでは歩留まり要因は考慮していない。これは、産業連関表の中にその項目がないとの技術的な理由にもよるが、最終セット製品を作る上で使用される部材量の比率自体が製品の価値を作るための比率に反映している(歩留まりで落ちる分までも含め、価値を構成する)とも考えるからである。

第Ⅱ部： 計算手続き編

第Ⅱ部では、具体的計算手続きについて説明する。一般的な計算手続きについて述べた部分は分かりにくい点もあるかも知れないが、後にサンプルを使用して計算過程をしめしつつ例題を紹介するので、参考にして確認して頂きたい。

1. 算定目的に応じた計算手法の選別について

理論編で産業連関表のデータから抽出・作成した製品 BOM を使用した遡及計算を行う際に適用する式の検討・紹介などを行った。

しかし、実際の計算を進めるに当たっては、更に下記ポイントへの考慮と、それぞれの目的・考え方に応じた計算が必要となる。

- (ア) 「最終セット製品」自体の貢献分の取扱い
- (イ) 「半製品（遡及継続）レベル」の貢献分の計算について
- (ウ) 計算の前提となる情報入手精度について
- (エ) CO₂ 排出抑制に貢献する技術の切り分け

それぞれについて、概要説明する。

(ア) 「最終セット製品」自体の貢献分の取扱い；

製品 BOM 構成に基づき遡及計算をした場合、単純に配分計算を適用すると、全て部材に配分してしまうため、「最終セット製品」自体の貢献分が抜けてしまう。

今回の計算に際しては、「最終セット製品」自体の貢献分を

- ① 考慮する必要がない
- ② 考慮する必要があるが、本算定の外数で別途比率を取り決める
- ③ 本算定の内数として計算する

の内のどの考え方で捉えるか、計算に先立ち検討する必要がある。

(イ) 「半製品（遡及継続）レベル」の貢献分の計算について；

第Ⅰ部で紹介した遡及を継続する部材(P)と遡及を停止する部材(M)という分け方をして計算すると、Pの部材は遡及を続けてしまうために結果として残らず、Mの部材のみでCO₂ 排出抑制貢献を配分することになる。実際には波及を停止する部材(M)にも、それら部材(M)を構成要素とする遡及を継続する部材(P)にも共にCO₂ 排出抑制に貢献可能性ある場合、Pに貢献分を残しつつ、その先のMに遡及する計算も必要となる。この時貢献分を検討するPは、CO₂ 排出抑制に貢献する部材に絞りこむのは当然として、この様なP部材に貢献分を取り込む必要性の有無を考慮する必要がある。

(ウ) 計算の前提となる情報入手精度について;

詳細検討をする際には、より妥当な計算結果を得るためには出来るだけ精確な情報(製品 BOM)の確認が必要となる。産業連関表では1つの産業項目では平均的な1つの財やサービスを提供することを想定する。その想定の中で、平均的な財やサービスを提供するためのインプットを係数として見る。しかし、実態としては、その他電子部品などでは、様々な種類の製品が供給されている。この様な場合、製品を構成する直材構成で、それぞれの部材がどれだけ何に使用されているかの情報があれば、その比率を補正することでより精確な計算が可能である。従って、より詳細な検討を行うにあたっては、製品 BOM の樹形図を作成し内容を確認するに際して、実際に最終セット製品の物理的構成や CO2 排出抑制技術に関して知見のある技術者への聞き取りを推奨する。

(エ) CO2 排出抑制に貢献する技術の切り分け;

CO2 排出抑制は、半導体・電子部品を使用した IT 制御によるものだけとは言えない。例えば、エアコンでは「熱交換器の形状改善」「圧縮機の改良」などは、制御とは無関係な技術であり、従って半導体・電子部品の構成による貢献分とは別物として考えるのが妥当である。

この、IT 制御による CO2 排出抑制部分への貢献分と、それ以外の要素による貢献分を技術的情報により分離した方が、より正確である。一方で、専門家からの技術的聞き取りや既存の文献や研究資料に基づき、その貢献分を定量的に導き出せる場合もあるものの、多くの製品では、複合的な要素により CO2 排出抑制が実現しているため、分離が困難なのが実状であり、また、聞き取りに基づいた配分の客観的正しさの検証が困難であるとの問題もある。分離が可能な場合はそれらの貢献比率を技術的情報により分離した上で、さらに配分が必要なものに関して計算が必要となる。

これらを判断するための情報入手程度により、計算結果確認の手続きを一部修正する必要がある。

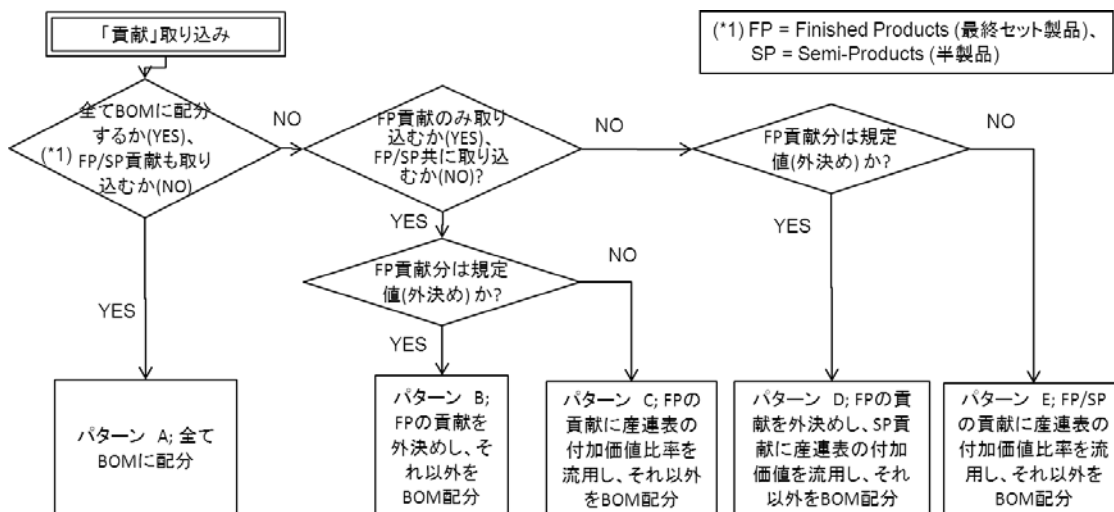
上記中、(ア)、(イ)は、単純な遡及計算では、部材そのものに配分されない貢献分の取り込み有無、取り込み方に関する検討、(ウ)、(エ)は情報の入手レベルやそれに基づく分別可否に関するものであり、大きく二つの要因に分けられるので、二次元の組み合わせとして場合分けすることが可能である。ただし、貢献分の取り込み方には作業的にいくつかのパターンがあるため、組み合わせは 2×2 の四通りではない。実際に、後述の通り貢献分の反映有無の程度や反映する際の数字の決め方によって、こちらはパターンが5つに分けられる。この、 $2 \times 5 = 10$ 通りの計算手続きが存在する。

この二次元を二つの判断フローの組み合わせとして検討するために、図表 II-1/2 のフ

ローチャートを準備した。

図表 II-1 は、貢献分の取り込み程度を判断するためのフロー、上記の(ア)、(イ)に対応する判断フローである。

図表 II-1; 貢献分の取り込み程度の判断フロー



このフローから導き出される各パターンの計算の中身は、それぞれ次の様な考え方である。

[パターン A]; 全て BOM に配分するため、最終セット製品・半製品共に、貢献分はカウントしない。

[パターン B]; 計算手続き上は[パターン A]と同様だが、最終セット製品の貢献分は、別途何らかの方法で確定(外決め)し、本計算の外数として配分計算は行ったのちに、別置きにして計算する。

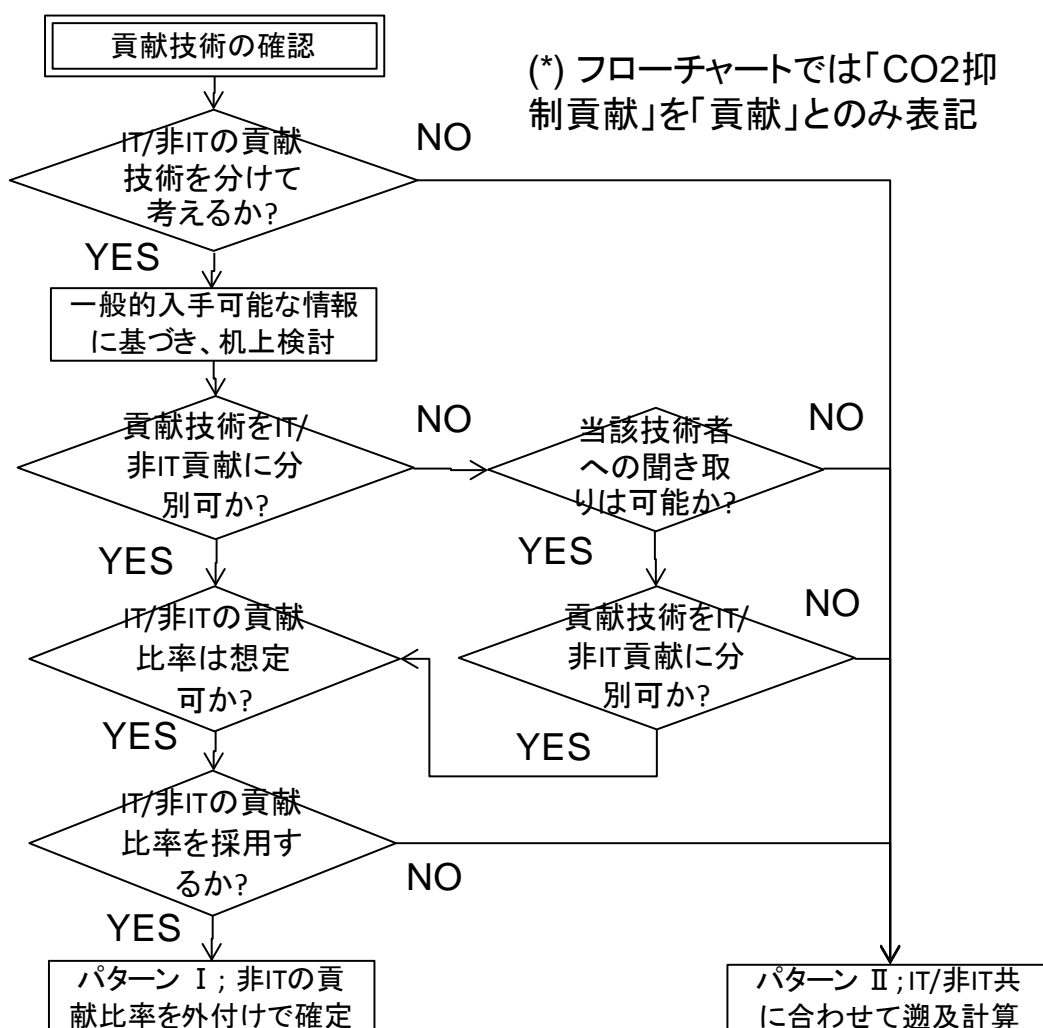
[パターン C]; 最終セット製品の貢献分も、本計算の中で計算する。本計算手続きの中では、「最終セット製品の貢献比率 = 産業連関表上の”付加価値相当（「国内生産額」と「内生部門計」の差が「国内生産額」に占める割合）」を使用する。理論編で考慮するとした、客観性から産業連関表から読み取れるデータを使用すべきと考えた。また、詳細な分類の産業連関表では「企業内研究開発」の金額が示されているが、この金額を最終製品を開発・供給するためのコストであると見なして、最終セット製品の貢献の一部となるよう付加価値に取り込むことも可能である(*14)。

[パターン D]; 最終セット製品の貢献比率は[パターン B]と同様だが、CO2 排出抑制に半製品(SP)の貢献比率も考慮し、対象となる半製品の”付加価値”比率を使用する。

[パターン E]; 最終セット製品の貢献比率は[パターン C]と同様とし、半製品(SP)の貢献比率も考慮し、対象となる半製品の付加価値比率を使用する。

次に、上記(ウ)、(エ)に相当する部分、データ入手の精度、技術的聞き取りの可否などについてのフローチャートを図表 II-2 に示す。

図表 II-2; 入手可能な情報程度の判断フロー



図表 II のパターン I と II は、それぞれ次の内容である。

[パターン I]; 半導体・電子部品の関係する IT 制御部分による CO2 排出抑制貢献比率と、他の抑制貢献の内容や貢献比率を分別する場合、それらの要因を算定対象から除外した計算をする(*15)。

[パターン II]; 他の抑制貢献分と IT 制御による抑制貢献分を分別しないと判断した場合、または技術的にできない場合で、この場合はそれらを合わせて算定する。

図表 II-1/2 のフローに基づき、A/B/C/D/E と I /II の組み合わせにより、次の様に考えられる。

図表 II-3; 図表 II-1/2 の組み合わせ

	全てBOM配分 パターン A	FPの貢献を外決 め パターン B	FP貢献のみ付加 価値で配分 パターン C	共に貢献取り込 み、FP外決め パターン D	共に貢献取り込み、 付加価値で配分 パターン E
IT/非IT貢献を分け、 非IT貢献は外出し	IA:	IB:	IC:	ID:	IE:
パターン "I"	非ITの抑制貢献比率を外出して決めて、残りを配分。				
	FP/SPの貢献を残 さず、全てBOMに 配分	FP貢献を別途確 定し、残りをBOM に配分	FP貢献に産連表の 付加価値比率を適 用し、残りをBOMに 配分	FP貢献を別途確 定、SP貢献に産連 表の付加価値比率 を使用し、残りを BOMに配分	FP/SP貢献に産連表 の付加価値比率を使 用し、残りをBOMに 配分
IT/非IT貢献を合わ せて計算	IIA:	IIB:	IIC:	IID:	II E:
パターン "II"	抑制貢献の分別せず				
	FP/SPの貢献を残 さず、全てBOMに 配分	FP貢献を別途確 定し、残りをBOM に配分	FP貢献に産連表の 付加価値比率を適 用し、残りをBOMに 配分	FP貢献を別途確 定、SP貢献に産連 表の付加価値比率 を使用し、残りを BOMに配分	FP/SP貢献に産連表 の付加価値比率を使 用し、残りをBOMに 配分

パターン I では、非 IT の貢献分に関する部品を構成する BOM 構成部分は計算対象外とし製品 BOM から行列除外して計算する。

図表 II-3 には全部で 10 のパターンを示すが、実際の計算の仕組みそのものが大きく違うのは、パターン I で聞き取りにより産業連関表の BOM の比率に修正を加える場合と、パターン C から E の産業連関表の付加価値比率を計算に取り込む場合と取り込まない場合なので、大きくは三つのグループに分けられる。

どの計算手続きを選ぶべきか、基本的な考え方(判断事項)と入手可能な情報レベル(所与の条件)により判断すべきものであるが、ここでは II E (IT/非 IT の貢献比率分別せず × FP/SP 貢献分取り込み、共に付加価値で配分計算パターン)を「望ましいパターン」と考える。これは、FP/SP の貢献分の数値や IT/非 IT を含む製品 BOM 比率を極力客観的に評価するには、公的資料かつ今回採用のデータと整合性が取れているものを使用するのが好ましく、その観点では B や D、及びパターン I の様に「外付け」で別途数字を決めてしまう場合に、その客観性・整合性の評価が難しい、という、入力情報としての妥当性の観点からである。ただし、この部分は半導体・電子部品だけで決められる内容ではないため、ここでは「望ましいパターン」とするに留める。

2. 計算の全体的な流れ

ここからは、「第 I 部： 理論編」の「9. 波及計算について」も参照しつつ計算手続きを紹介していく。前章で述べた様に計算の手順は細かくは 10 通りに分かれるが、基本的な流れはほとんど同じである。まずは下記に、共通部分の手続きを記しつつ、それぞれの段階で示した各パターンそれぞれに追加で考慮する内容を加えて説明する。

(ア) 分析対象の最終セット製品の CO2 抑制技術項目を調査する。

(イ) 入手可能な情報、及び産業連関表の部門項目から当該最終セット製品の製品 BOM を推定する。

(ア)、(イ)に関し可能であれば、最終セット製品の企画・技術関係者に聞き取りを行い、情報の裏取りをする (パターン I)。

(ウ) 分析に使用する産業連関表を準備する。産業連関表は政府発表されているもので部門数が粗いものから詳細なものまで用意されており、分析の目的に合わせ、妥当と思われる細かさのものを選定する。

尚、産業連関表は通常(2012年6月現在)、Excel ファイル形式で提供されているので、下記手続きは Excel ファイルでの作業を念頭に記載している。

(エ) 遡及計算に使用する係数を産業連関表のデータから導き出す。

- i. 想定する製品 BOM 樹形図を参照しつつ、「産業連関表のデータのうち製品 BOM に入らないもの、及び上流に遡りすぎる原材料」の項目(要素)を削除し、計算対象を構成する部分のみを抽出する。

最終セット製品そのものは遡及対象ではないので計算用の製品 BOM には含まないが、結果計算の際に参照する必要があるので、表の外に項目を移行させる。

また、この時、パターン I / II の内、適用する考え方に沿って次のカテゴリも認識しておく。

- ① 物質として投入されているものの、CO2 排出抑制に寄与するとは考えられないもの。
- ② パターン I で IT 制御によらない CO2 排出抑制寄与部材が分かっている場合はそれらも削除、またはその分の減算を行う。

- ii. 残ったそれぞれの項目を、同様に BOM 樹形図を参照しつつ、

- ① 半製品(遡及継続)レベル = P
- ② 材料(遡及停止)レベル = M

に分別する。P は、製品 BOM で、更に部材が分解されるものとなる。Excel 表で具体的には、各項目に P または M を振る、という作業となる。

- iii. この段階では P/M は表の中で混在しているので、これを図表 I -8 で紹介した様な形に並べ替える (AMM/AMP, APM/APP)。

産業連関表は、行と列の対角セル (項目の左上から右下の対角線に該当する部

分のセル)は投入と需要が同じ項目となるので、その関係が崩れていないのを確認する。

図表 I-8; 分析対象部分の抽出 (再掲)

	M	P
M	$A_{MM} = M$ そのものなので「I」(変わらず)	$A_{MP} =$ 今回の計算対象
P	$A_{PM} =$ ありえないので、0	$A_{PP} = P$ をPに投入する遡及は計算対象外

- iv. ここまでに産業連関表のデータを整理した表は、抽出された BtoB 間の金額のやり取り(投入-需要関係)を表している。これを係数化することで製品 BOM を得る。係数化は「各項目を、その項目の計で割ったもの」となるが、パターン A~C は計算の中で「付加価値」情報を使用しないので単純に「項目計で割り算」、パターン D~E は「付加価値比率」を考慮した計算を行うので「付加価値比率を除いた割合を項目計と等しいとして割り算」した係数を計算する。

計算した表の係数の内、 A_{PP} 部分の「自部門への投入」に当たる項目 (需要と投入が同じ項目のものは樹形図的に遡及するという考えに合わない)ので、係数を計算する前に、「PP 部分の自部門投入=対角セル」項目の数字を 0 にして、遡及計算した時に、自部門にフィードバックがかからない様にする。

また、ここでパターン C~E の場合は、「貢献分(=付加価値)を取り込む P」を特定し、その分の付加価値を残して他の部材項目の付加価値を 0 とおく。これは、CO2 排出抑制に貢献する部材へ貢献分を配分するとの前提からして、その対象とならない半製品 P に付加価値相当の貢献分を配分するのが、目的に合わないからである。

- v. この製品 BOM から A_{PP} だけを取り出す。取り出した表を単位行列(I)から引き $(I - A_{PP})$ 、その逆行列を作成する $(I - A_{PP})^{-1}$ 。
- vi. 次に、同様に製品 BOM から A_{MP} 部分を取り出す。
- vii. 上記で取り出した A_{MP} と、逆行列 $(I - A_{PP})^{-1}$ を掛け算 $A_{MP} (I - A_{PP})^{-1}$ し、遡及を計算した結果としての行列を得た(理論編参照)。

(オ) 最終結果計算として、次の計算を行う。

- i. (エ) i. で抽出・調整後の BOM 構成を元に、BOM 構成比率を計算する(1次波及分)。

ここで、パターン C/E の場合は、BOM 構成の一部として「最終セット製品の

付加価値」も比率構成として考慮し、その割合を 100%から差し引いた分の比率を計算する。ここで計算する BOM 構成は P/M 共に含む。

- ii. 次に 2 次波及以降分の計算を行う。BOM 構成の内の P に相当する部材に対し、(エ)vii.の $AMP(I - AMP)^1$ を掛け算して 2 次以降の波及を求める。
- iii. (オ)i.の 1 次波及比率と ii.の 2 次以降の波及比率を足し算して、各 M へ波及した結果を求める。
- iv. 実際の貢献比率は、次の構成で成り立っているため、それらを足し算すると、「1.00」になることを確認する。
 - ① M への波及計
 - ② IT 以外の CO2 排出抑制貢献比率 (パターン I の場合。外出しで数値を確定)
 - ③ 最終セット品自体の貢献比率 (パターン B~E の場合。B/D では外出しで数値確定、C/E では産業連関表の最終セット製品の付加価値を使用)
 - ④ SP の貢献比率 (パターン D/E の場合。産業連関表の内数として計算した結果で、かつ「1.00」から①+②+③を引いた残りともイコールとなる)
- v. ここまでに CO2 排出抑制に貢献する部材の製品 BOM から貢献比率の計算を行ったが、実際には CO2 排出抑制に貢献する部材構成の内、再確認で(エ)i. ①/②と考えられる部材を CO2 排出抑制部材の構成比率から再度取り除く。この部分は、いったん「貢献する構成部材」として取り上げたものを配分していった後で再度「貢献しない部材」として削除するものなので、分かりにくい点があると思われるので、この点は後の計算例も参照して理解頂きたい。
- vi. (オ)v.の作業の後で残った構成比率は全部で 1.00 とならないので、ここで残った構成比率が 100%になる様に、比率を再計算する。この時、パターン B~E で、最終セット製品((オ)iv.③)や IT 以外の CO2 排出抑制貢献分((オ)iv.②)を計算に取り込む場合、これらの数字は 100%比率再計算対象外として、これまでの数字で確定させた数値をそのまま使用し、残りを配分する。これは、これら二つの項目の比率は、「IT による CO2 排出抑制貢献分」とは別に、外にある比率と考えられるため、最初に認識しとりおいた数字をそのまま適用した方がより適切と考えられるからである。

3. 例題による説明

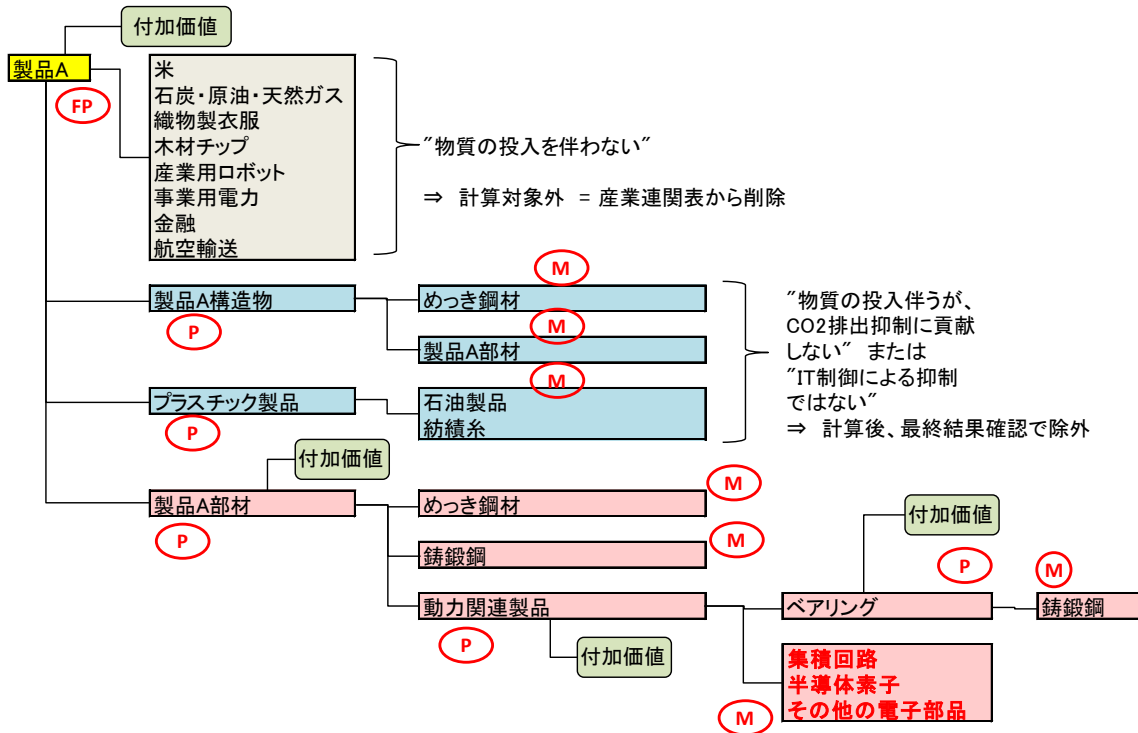
前節までに、計算手続きの考え方を紹介したが、具体例を出してのものではないので、説明に分かりにくい点があると思われる。この節では、例題としてサンプルの産業連関表(計算用のサンプル)を使用して、前節の計算手続きの考え方を追ってみる。前節の説明を参照しつつ、確認されたい。また、Excel 操作の参考として式や操作手順も記載したが、Excel 操作には別のやり方で同じ結果を得るものもある。この点は、同等の結果

図表 II -6; 付加価値の式を数値化

理論編の産業連関表に関する説明でも触れた通り、表の行列対角セルには同じ業種が表示される形をしており、行(横)方向が投入(販売)、列(縦)方向が需要(購入)という構造になっている。例えば、「221101:プラスチック製品」を横方向に見て「3xxxxx:製品 A」との交点を見ると、「381979」という数字があるが、これは「プラスチック製品が製品 A に 381,979 百万円投入された」または「製品 A がプラスチック製品を 381,979 百万円需要した」ことを示している。

ここでは「製品 A」に関して、この表を参照しつつ計算してみる。
 表は「産業連関」を表しているため、例えば「製品 A」には同じように「事業用電力」「金融」「航空輸送」も投入されていることになっている。これは製品 A の生産には電力が必要で、投資するために金融も、輸送に航空輸送も関与する、という産業の関係性を表しているが、これはプラスチック製品を投入する、という感覚とは内容が違う。プラスチック製品は製品 A を物理的に構成するが、「事業用電力」「金融」「航空輸送」は物理的に構成する部材とは言えない。また、「半導体素子」「集積回路」「その他の電子部品」は「製品 A」の直接の直材構成には含まれていない表現になっている。これは、これらの部品産業が直接製品 A を構成する部品を投入するのではなく、その他の半製品に投入されたものを介して波及の中で投入されていく、という構図を示している。今回の計算手法は、産業連関表のデータから、「物理的に製品を構成する部材」を抜き出して製品 BOM を作成し遡及計算した上で「CO2 排出抑制に貢献する(パターン I では、その内の更に IT 制御に関する)部材」で貢献分を配分する、という考え方を採用しているので、この表の項目をこれらのカテゴリーに分け、不要なものを削除した製品 BOM を作成した上で波及計算を行う。製品 BOM 構成への含有有無、及び IT 制御による CO2 排出削減への関与有無は BOM 概念図を作成して確認する。

図表 II-7; BOM 樹形図



FP = Finished Product (最終セット製品)
 P = Parts (半製品、または遡及を継続する構成部材)
 M = Materials (材料、または遡及を停止する構成部材)

この図表 II-7 の製品 BOM 樹形図を参考に、図表 II-6 の項目を分類する。Excel の表の作業では、列を挿入して、次の様なフラグをつける。

- ① 製品 BOM に入らない項目(図表 II-7 の灰色部分) = 産業連関表のデータから削除
- ② 物質の投入を伴うが CO2 排出抑制に貢献しない、または IT 制御による抑制ではない項目(パターン I の場合) (図表 II-7 の青色部分) = 産業連関表のデータから削除せず波及計算した後、最後の結果計算から除外
- ③ 今回の配分対象の部材構成 (図表 II-7 の赤色部分) = 波及計算後、最後の結果配分する部分

この①/②/③の付与は製品 BOM 樹形図を見ながらマニュアル操作となる。表の上の行にも同様に表示するに当たっては、写し誤りを避けるために TRANSPOSE 関数を使用すると、同じ内容が表示される。尚、図表で式の解説用に使用しているセル番号は、今回のサンプル産業連関表のセル操作を表している。

区分①/②/③および M/P の付与は、寄与率の計算に取り込む部分と取り込まない部分を決める重要な作業であり、また、寄与率算定の実施者の判断が必要となる。

そこで、実施者により作業の結果に大きな相違が生じないように、より具体的な区分付与の手順を解説しておく。

◆区分付与手順

1. 直材の決定

対象セットに紐付けされる産業分類について、産業連関表の列（タテ）に表される産業間取引金額が 0（ゼロ）のもの、または物理的に製品を構成しないと考えられるものを①とする。

製品の構成要素であるかどうか判断がつかない項目がある場合は、総務省統計局が公開している日本標準産業分類（<http://www.stat.go.jp/index/seido/sangyo/19-3.htm>）を参考にする。それでも判断できない項目はそのまま残しておく。実際に製品を構成していなければ最終的な配分比率は無視できるほど小さくなるので差し支えない。

2. 直材（一次波及）に対する②/③および M/P の付与

上で①に指定した以外の項目が直材の②/③となる。

②/③の中で半製品であるものを P とし、それ以外を M とする。半製品とは、異なる部品または素材の組み合わせによって形作られたものであると定義する。

3. 二次波及以降の確認

(i) BOM 構成の遡り

半製品 P とした産業分類について上記 1 および 2 で行ったものと同様の作業を行う。この作業を「半導体素子」「集積回路」「その他電子部品」を含む半製品 P がなくなるまで行う。

BOM 構成の遡り、つまり遡及の程度は一律の階数で決定する。つまり、直材の中で半製品 P と識別されたもの全てについて二次波及を確認し、二次波及の中で P とされたもの全てについて三次波及を確認するといったように、半製品について一律に、かつ、段階的に遡及していく。

ただし、三次波及の対象、つまり二次波及において半製品 P と識別されたものが直材の中に全て包含されているような場合には、三次以降は遡及しなくてもよい。この考え方は三次以降の全ての遡及段階で考慮され適用可能である。

(ii) 二次以降の遡及結果のフィードバック

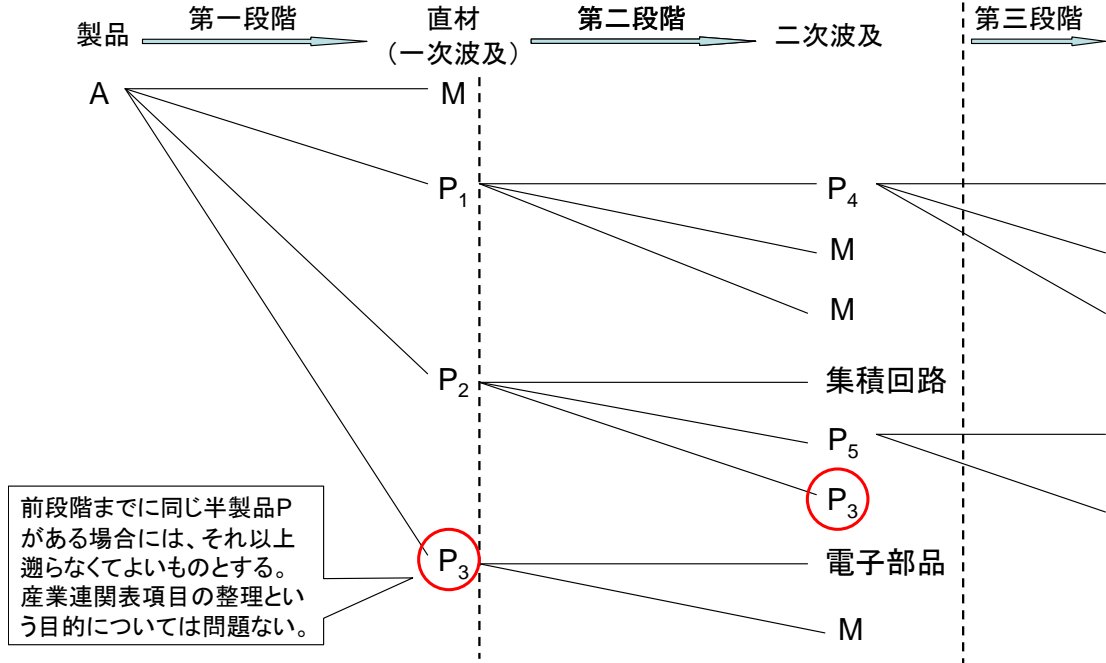
二次遡及以降の結果を BOM 構成にフィードバックする。つまり、二次波及以降で②/③とした項目が直材の選定において①となっていた場合には②/③に変更する。

4. “その他の・・・” で表される項目の取り扱い

“その他の・・・” で表される産業連関表分類項目については内容が不明なためそ

れ以上の遡及は行わないものとする。

図表 II-8; BOM の遡りイメージ



ここまでの作業で産業連関表の区分けが終了したことになる。

図表 II-9; 対象項目抽出のための番号 (①/②/③) を付した状態

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y				
1																													
2					1	33	72	32	39	136	139	167	169	202	212	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250				
3					1110	7110	15110	15210	16110	21110	22110	26230	26330	30200	30300	34110	34110	34210	34310	34410	34510	34610	34710	34810	34910	35010			
4					米	石油・炭素	鉄鋼	織物製衣	木材チップ	石油製品	プラスチック製品	めっき塗料	繊維	鉄鋼	産業用化学品	ペーパリング	手袋	手袋	手袋	手袋	手袋	手袋	手袋	手袋	手袋	手袋			
5					20911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
6					33	7110	0	126	9	0	9541369	17	0	1142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7					72	15110	0	0	823	0	0	0	2623	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
8					32	15210	0	1579	285	120	111	76	145	2253	1124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
9					32	15110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
10					132	22110	0	1348	394	988	859	70	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
11					139	22110	0	2114	141	71	6161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
12					167	26230	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
13					168	26230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14					202	30200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
15					212	30300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
16					241	34110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
17					242	34110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
18					243	34210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
19					244	34310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
20					245	34410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
21					246	34510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
22					247	34610	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
23					248	34710	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24					249	34810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
25					250	34910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
26					319	71510	0	395	59	4065	22	3029	879	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
27					403	26230	0	6205	12923	10720	72520	2724	1511246	2391242	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
28					0	97000	0	148218	29440	14823	109821	3738	1495244	4820486	57895	26239	251690	253162	322620	2028477	4690450	10806206	2915847	5933153	19796620	7432623	11415798	591608	
29					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ここから、①と、「内生部門計」と「国内総生産」の数字が表として整合しなくなるので、削除する。そもそもの分析対象の最終セット製品は、行要素(横方向)を削除し列要素(縦方向)の情報は表の外に移動させる。「付加価値」の係数は図表 II-6 までと同じ

数字を保持する。

図表 II-10; 図表 II-9 から①/「製品 A」/「内生部門計」/「国内総生産」を削除

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2					72	136	139	167	168	212	241	242	246	200	200	200
3					151101	211101	221101	262302	263101	303102	341101	341102	342109	300000	300000	300000
4					紡績糸	石油製品	プラスチック製品	ゆっき鋼材	鋳鋼	ベアリング	半導体素子	集積回路	その他の電子部品	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品
5		72	151101	紡績糸	623	0	2953	0	0	0	0	0	0	0	0	540
6		136	211101	石油製品	985	516670	13697	3280	2235	3530	2761	7807	13681	2243	18142	34176
7		139	221101	プラスチック製品	71	2622	2604085	0	0	1691	19920	97600	99005	1411	91337	635714
8		167	262302	ゆっき鋼材	0	0	2377	322	0	0	665	3804	2145	290995	1932	35691
9		168	263101	鋳鋼	0	0	0	0	0	1508	0	0	1057	0	6190	40013
10		212	303102	ベアリング	0	0	0	0	0	98265	0	0	9085	0	29514	190354
11		241	341101	半導体素子	0	0	0	0	0	0	0	0	68118	60773	0	632
12		242	341102	集積回路	0	0	0	0	0	0	0	0	291532	490100	0	5891
13		246	342109	その他の電子部品	0	0	0	0	0	0	137003	839487	2639352	0	40901	119369
14		200	300000	製品A構造物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173941
15		200	300000	動力関連製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1854899	213992
16		200	300000	製品A部品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1253473	0
17				付加価値	0.2655568	0.3046731	0.3122781	0.1809494	0.452687	0.409944	0.4157339	0.2753661	0.2440229	0.202335	0.2183262	0.206418

この図表では「製品 A」も完全に削除した形で示しているが、この表の右側に「製品 A」の需要列を外出しにして残しておく。これは後の結果計算に第一次波及(直接投入)分の比率を計算するためである(*16)。

次に、図表 II-7 の樹形図を参照して、遡及計算を継続する P と遡及計算を停止する M のフラグを付ける。

図表 II-11; 遡及計算を継続するもの、停止するもののフラグ(P/M)を付与

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2					72												
3					151101												
4					紡績糸												
5					72	151101	紡績糸	623									
6	M				136	211101	石油製品	985									
7	M				139	221101	プラスチック製品	71									
8	P				167	262302	ゆっき鋼材	0									
9	M				168	263101	鋳鋼	0									
10	M				212	303102	ベアリング	0									
11	P				241	341101	半導体素子	0									
12	M				242	341102	集積回路	0									
13	M				246	342109	その他の電子部品	0									
14	M				200	300000	製品A構造物	0									
15	P				200	300000	動力関連製品	0									
16	P				200	300000	製品A部品	0									
17	P						付加価値	0.2655568									
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	

A6~A17 をコピー(C)して F1~Q1 を白抜きにし「貼り付けのオプション: 行列を入れ替える」

図表 II-11 は、図表 II-10 に P/M のフラグを付けたものなので、上の図表では示していないが、(*16)の注釈にある様に、「製品 A」の需要列は表の外に付与した状態を保持している。以下、App/AMP の抜き出し前の図表まで同じ。

図表 I-8 に紹介した様に、MM(左上)/MP(右上)/PM(左下)/PP(右下)の形に並べ替える。

図表 II-12; M/P について整理

O25					F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
A	B	C	D	E	M	M	M	M	M	M	M	P	P	P	P	P
					72	136	167	168	241	242	246	139	212	200	200	200
					151101	211101	262302	262101	341101	341102	342109	221101	303102	300000	300000	300000
					紡織系	石油製品	めっき鋼材	鋅鋼	半導体素子	集積回路	その他の電子部品	プラスチック製品	ベアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品
M		72	151101	紡織系	623	0	0	0	0	0	0	2953	0	0	0	540
M		136	211101	石油製品	985	516670	3280	2235	2761	7807	13681	13697	3530	2243	18142	34176
M		167	262302	めっき鋼材	0	0	322	0	665	3804	2146	2377	0	290995	1932	35691
M		168	262101	鋅鋼	0	0	0	0	0	0	1067	0	1508	0	6190	40013
M		241	341101	半導体素子	0	0	0	0	0	68118	60773	0	0	0	632	12927
M		242	341102	集積回路	0	0	0	0	0	291632	490100	0	0	0	5891	177901
M		246	342109	その他の電子部品	0	0	0	0	137033	839487	2639352	0	0	0	40901	119369
P		139	221101	プラスチック製品	71	2622	0	0	19920	97600	99006	2604085	1691	1411	91337	635714
P		212	303102	ベアリング	0	0	0	0	0	0	9085	0	98265	0	29514	190354
P		200	300000	製品A構造物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173941
P		200	300000	動力関連製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1854899	213992
P		200	300000	製品A部品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1253473	0	8441537
				付加価値	0.2655568	0.3046731	0.1809494	0.462687	0.4157339	0.2753661	0.2440229	0.3122781	0.409944	0.202335	0.2183262	0.206418

Excel で列方向と行方向でのフィルターは同じ条件であれば、対角が同じ項目となる形で並べ替えられるはずだが、念の為、行列の左から右下までの対角部分(対角行列)が投入と需要で同じ項目となっていることを確認する。

次の作業は「パターン D/E」の、「SP の付加価値を取り込む場合」に必要な操作だが、「パターン A~C」の場合、図表 II-11 の 19 行目に全て「N」を入力すれば良いので、同じ作業として説明する。

ここでは、図表 II-7 の BOM 樹形図を参照しつつ、CO2 排出抑制に貢献する(パターン I の場合は、更なる IT 制御によるもの)P の付加価値のみを抽出する。

図表 II-13; 取り込む付加価値分のみ、数値を抽出

19 行目に
付加価値取り込みの対象 = Y
付加価値取り込みの対象でない = N
の属性を付与。
パターン A~C では、全て "N" を入れる。

F20 に=IF(F19=" N" ,0,F18)と入力して[Enter]。エラーが出ないことを確認した上で、「コピー(C)-貼り付け(P)」で G20~Q20 に同じ式を入力。
パターン A~C の場合、20 行目の結果は全て「0」となることを確認する。

13	P	139	221101	品	71	2622	0	0	0	19920									635714	
14	P	212	303102	ヘアリング	0	0	0	0	0	0	0	9085	0	98265				1514	190354	
15	P	2x	3xxxx	製品A構造物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173941	
16	P	2x	3xxxx	動力関連製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213992	
17	P	2x	3xxxx	製品A部品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1253473	0	8441537	
18				付加価値	0.2655568	0.3046731	0.1809494	0.452687	0.4157339	0.2753661	0.2440229	0.3122781	0.409944	0.202335	0.2183262	0.206418				
19				付加価値取り込み対象?	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y			
20				付加価値(対象)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.409944	0	0.2183262	0.206418			
21																				

理論編での説明や、BOM 樹形図からも確認出来る様に、P から P への投入で、自部門へのフィードバックを避けるため、App 部分の対角(投入と需要が同じ項目)の数字を「0」にする。

図表 II-14; App の対角行列(M13,N14,O15,P16,Q17)を 0 化

13	P	139	221101	プラスチック製品	71	2622	0	0	19920	97600	99005	0	1691	1411	91337	635714			
14	P	212	303102	ヘアリング	0	0	0	0	0	0	9085	0	0	0	29514	190354			
15	P	2x	3xxxx	製品A構造物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173941			
16	P	2x	3xxxx	動力関連製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213992			
17	P	2x	3xxxx	製品A部品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1253473	0	0			
18				付加価値	0.2655568	0.3046731	0.1809494	0.452687	0.4157339	0.2753661	0.2440229	0.3122781	0.409944	0.202335	0.2183262	0.206418			
19				付加価値取り込み対象?	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y			
20				付加価値(対象)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.409944	0	0.2183262	0.206418			

次に、この表を係数化する。係数化は、付加価値比率を取り除いた上で、需要計全体に対する各項目の比率を計算する。Excel では、ワークシートを新たに設け、図表 II-14 の数値を参照する式で計算する。

図表 II-15; 係数化の計算式

DSUM					=(1-対角0化:F\$20)*対角0化:F6/SUM(対角0化:F\$6:F\$17)													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
1					M	M	M	M	M	M	M	P	P	P	P	P		
2																		
3					72	136	167	168	241	242	246	139	212	200	200	200		
4					15110	21110	26230	26310	34110	34110	342109	22110	30010	30000	30000	30000		
5					紡織糸	石油製品	ゆっき鋼材	鋳鋼鋼	半導体素子	集積回路	その他の電子部品	プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品		
6	M		72	15110	紡織糸	=(1-対角0化:F\$20)*	0	0	0	0	0	2953	0	0	0	540		
7	M		136	21110	石油製品	対角0化:F6/SUM(対角0化:F\$6:F\$17)	516670	3280	2235	2761	7807	13681	13697	3530	2243	18142	34176	
8	M		167	26230	ゆっき鋼材		0	322	0	665	3804	2146	2377	0	290995	1932	35691	
9	M		168	26310	鋳鋼鋼		0	0	0	0	1067	0	1508	0	0	5190	40013	
10	M		241	34110	半導体素子		0	0	0	68118	60773	0	0	0	0	632	12927	
11	M		242	34110	集積回路		0	0	0	291632	490100	0	0	0	0	5891	177901	
12	M		246	342109	その他の電子部品		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119369	
13	P		139	22110	プラスチック製品		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	P		212	30010	ヘアリング		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	P		200	30000	製品A構造物		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	P		200	30000	動力関連製品		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	P		200	30000	製品A部品		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18					付加価値													
19					付加価値取り込み対象?													
20					付加価値(対象)		0	0	0	0	0	0	0	0	0.400944	0	0.2183262	0.206418
21																		

図表 II-14 の表を「対角 0 化」というワークシートに記録した状態で、

$$=(1-\text{付加価値係数}) \times \text{対象項目の値} \div (\text{対象需要計})$$
 を計算。コピー/貼り付けの便宜を考えて行に\$を付与して絶対参照と
 している。

図表 II-15 の計算式の結果が誤っていないことを確認し、表全体に「コピー(C) – 貼り付け(P)」する。この計算式は、後に他のワークシートに写した上で行列の一部を削除・変更する作業をするので、[Shift]+[Ctrl]+[Enter] (Excel のバージョンによっては[Shift]+[Alt]+[Enter]) ではなく、一つのセルに入れた計算式を「コピー(C) – 貼り付け(P)」する方法で計算する。

この図表以降の説明では計算式にワークシート名が出てくるが、この説明用の計算にこれらのシート名を使用しているだけであるので、実際の計算では任意のワークシート名を付与し、それぞれ計算式を入力されたい。

パターン A~C の場合は付加価値の行は 0 となっているため、「(1 – 付加価値係数)」する必要はないが、本説明では、パターン A~C と D/E 共に共通で適用可能な計算式を紹介している。

図表 II-16; 係数化した表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1						M	M	M	M	M	M	M	P	P	P	P	P	
2						72	136	167	168	241	242	246						
3						151101	211101	262302	263101	341101	341102	342109						
4						紡織糸	石油製品	めっき鋼材	鋳鉄鋼	半導体素子	集積回路	その他の電子部品	プラスチック製品	ヘアリング	製品A	製品B	製品C	
5						0.3710542	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	M		72	151101	紡織糸	0.3710542	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	M		136	211101	石油製品	0.5866587	0.9949508	0.9106052	1	0.0172155	0.0059666	0.0041268	0.7198718	0.3095404	0.0014489	0.0728961	0.0165919	
8	M		167	262302	めっき鋼材	0	0	0.0893948	0	0.0041464	0.0029073	0.000647	0.1249277	0	0.1879665	0.0077829	0.0173274	
9	M		168	263101	鋳鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0.0003188	0	0.1322343	0	0.0248719	0.0194257	
10	M		241	341101	半導体素子	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002622	
11	M		242	341102	集積回路	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002622	
12	M		246	342109	その他の電子部品	0	0	0	0	13700	0.487	2639352	0	0	0	0	40901	119369
13	P		139	221101	プラスチック製品	0.0422871	0.0060492	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	P		212	303102	ヘアリング	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	P		200	300000	製品A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	P		200	300000	製品B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	P		200	300000	製品C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18					付加価値	0.2655568	0.3046731	0.1809494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.206418
19					付加価値取り込み対象?	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	
20					付加価値(対象)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.409944	0	0.2183262	0.206418	
21																		

APPの対角行列0が保たれているか、確認

F6を「コピー(C)」しF6~Q17を選択して「貼り付け(P)」。
計算式に誤りがないか、適当なセルを選択して式の中身を確認する。

計算式の誤りがないか、ダブルチェックの意味で表の下に「需要計+付加価値(対象)」の足し算の結果を表示し、「1」になっていることを確認する。

図表 II-17; 図表 II-16 計算結果の確認

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1						M	M	M	M	M	M	M	P	P	P	P	P	
2						72	136	167	168	241	242	246	139	212	200	200	200	
3						151101	211101	262302	263101	341101	341102	342109	221101	303102	300000	300000	300000	
4						紡織糸	石油製品	めっき鋼材	鋳鉄鋼	半導体素子	集積回路	その他の電子部品	プラスチック製品	ヘアリング	製品A	製品B	製品C	
5						0.3710542	0	0	0	0	0	0	0.1552006	0	0	0	0.0002622	
6	M		72	151101	紡織糸	0.3710542	0	0	0	0	0	0	0.1552006	0	0	0	0.0002622	
7	M		136	211101	石油製品	0.5866587	0.9949508	0.9106052	1	0.0172155	0.0059666	0.0041268	0.7198718	0.3095404	0.0014489	0.0728961	0.0165919	
8	M		167	262302	めっき鋼材	0	0	0.0893948	0	0.0041464	0.0029073	0.000647	0.1249277	0	0.1879665	0.0077829	0.0173274	
9	M		168	263101	鋳鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0.0003188	0	0.1322343	0	0.0248719	0.0194257	
10	M		241	341101	半導体素子	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002622	
11	M		242	341102	集積回路	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002622	
12	M		246	342109	その他の電子部品	0	0	0	0	13700	0.487	2639352	0	0	0	0	40901	119369
13	P		139	221101	プラスチック製品	0.0422871	0.0060492	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	P		212	303102	ヘアリング	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	P		200	300000	製品A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	P		200	300000	製品B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	P		200	300000	製品C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18					付加価値	0.2655568	0.3046731	0.1809494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.206418
19					付加価値取り込み対象?	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	
20					付加価値(対象)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.409944	0	0.2183262	0.206418	
21																		
22																		

21行目に、それぞれの列の「需要計、6~17行」と「付加価値(対象)、20行」の和を表示する。
係数化した数字の総計なので、列毎に必ず「1」となることを確認。

この表から、今回遡及計算に使用する逆行列(理論編8章の式5の”[AMP] (I - [APP])⁻¹”)を下記手続きで導き出す。表の内、AMPとAPPを使用するため、それぞれに抽出して表を変形していく。

まずは、APPを図表Ⅱ-17から抜き出す。具体的には、図表Ⅱ-17の表ワークシートをそのままコピーして新しいワークシートを作成した上で、APP以外の部分を削除する。

図表Ⅱ-18; APPの抜き出し

F6 fx =(1-対角0化!M\$20)*対角0化!M13/SUM(対角0化!M\$6:M\$17)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1						P	P	P	P	P				
2						●	●	●	●	●				
3						139	212	200	200	200				
4						221101	303102	300000						
5						プラスチック製品	ヘアリング	製品A精選物						
6	P	●	139	221101	プラスチック製品	0	0.1482	0.0009114						
7	P	●	200	303102	ヘアリング	0	0	0						
8	P	●	200	300000		0	0	0						
9	P	●					0	0						
10	P	●					0	0.8096733	0				0	
11							0.9944	0.202335	0.2183262	0.206418				
12								N	Y	Y				
13							0	0.409944	0	0.2183262	0.206418			

図表Ⅱ-17からAPP以外の削除しただけなので、計算式や結果の数値が各セル項目について同じである事をいくつかのセルで確認する。

図表Ⅱ-17からPのついた項目だけ残して、残りの行・列を削除

このAPPを単位行列から引いて、それを逆行列化する。次の様に計算する。

図表 II-19; (I - App)の計算

		DSUM					=F17:J21-F6:J10				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1						P	P	P	P	P	
2						0	0	0	0	0	
3						139	212	200	200	200	
4					App	221101	303102	300000	300000	300000	
5					MF行列の列和にて係数化	プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品	
6	P	0	139	221101	プラスチック製品	0	0.1482813	0.0009114	0.3669996	0.3086294	
7	P	0	212	303102	ヘアリング	0	0	0	0.1185897	0.092414	
8	P	0	200	300000	製品A構造物	0	0	0	0	0.0844457	
9	P	0	200	300000	動力関連製品	0	0	0	0	0.1038898	
10	P	0	200	300000	製品A部品	0	0	0.8096733	0	0	
11					付加価値	0.3122781	0.409944	0.202335	0.2183262	0.206418	
12					付加価値取り込み対象?	N	Y	N	Y	Y	
13					付加価値(対象)					418	
14											
15					I (単位行列)						
16					対角のみ1の行列	プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品	
17					139	221101	プラスチック製品	0	0	0	
18					212	303102	ヘアリング	0	0	0	
19					200	300000	製品A構造物	0	0	0	
20					200	300000	動力関連製品	0	0	0	
21					200	300000	製品A部品	0	0	0	
22											
23					(I - App)	221101					
24					単位行列からAppを引く	プラスチック製品					
25					139	221101	プラスチック製品				
26					212	303102	ヘアリング				
27					200	300000	製品A構造物				
28					200	300000	動力関連製品				
29					200	300000	製品A部品				
30											

対角が1で、残りは0の行列(I); 単位行列を作る。

F25~J29 を白抜きにし
 =F17:J21-F6:J10 と入力し、
 [Shift]+[Ctrl]+[Enter]。(Excelのバージョンによっては[Shift]+[Alt]+[Enter])
 F25セルに=F17 - F6し、結果を F25~J29にコピー貼り付けしても同じ。

次に、この行列を「逆行列化」する。「逆行列化」のための関数は Excel で準備されている。これは、「行列の逆関数(matrix inverse)」という意味合いの MINVERSE 関数で、逆行列を作る元の行列全体を選択した上で、結果を示す行列を指定して結果を求める。尚、この関数は元となる行列も結果も正方行列(縦横が同じ項目数)である。

図表 II-20; $(I - App)^{-1}$ を求める計算式

22	(I - App)							
23	単位行列からAppを引く							
24		221101	303102	3>>>>>	3>>>>>	3>>>>>		
25		プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品		
26	139	221101	プラスチック製品	1	-0.148281	-0.000911	-0.367	-0.308629
27	212	303102	ヘアリング	0	1	0	-0.11859	-0.092414
28	2>>>	3>>>>>	製品A構造物	0	0	1	0	-0.084446
29	2>>>	3>>>>>	動力関連製品	0	0	0	1	-0.10389
30	2>>>	3>>>>>	製品A部品	0	0	-0.809673	0	1
31	(I - App) -1							
32	逆行列化する							
33		221101	303102	3>>>>>	3>>>>>	3>>>>>		
34		プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品		
35	139	221101	プラスチック製品	=	0.1			
36	212	303102	ヘアリング	=	MINVERSE			
37	2>>>	3>>>>>	製品A構造物	=	E(F25:			
38	2>>>	3>>>>>	動力関連製品	=	J29)			
39	2>>>	3>>>>>	製品A部品	=				

F34~J38 を白抜きにして、元の行列である
F25~J29 を因数とし
=MINVERSE(F25:J29) と入力の上、
[Shift]+[Ctrl]+[Enter]。(Excel のバージョンによっては[Shift]+[Alt]+[Enter])

次の様な結果となる。ここでもし計算結果がエラーとなった場合は、行列の作り方がおかしいので、正方形の形となっていることを確認する。

図表 II-21; $(I - App)^{-1}$ の計算結果

		F34		fx		={MINVERSE(F25:J29)}					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
31	(I - App) -1										
32	逆行列化する										
33		221101	303102	3>>>>>	3>>>>>	3>>>>>					
34		プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品					
35	139	221101	プラスチック製品	1	0.1482813	0.3158407	0.3845842	0.3889585			
36	212	303102	ヘアリング	0	1	0.0910241	0.1185897	0.1124208			
37	2>>>	3>>>>>	製品A構造物	0	0	1.07339	0	0.0906433			
38	2>>>	3>>>>>	動力関連製品	0	0	0.0902903	1	0.1115145			
39	2>>>	3>>>>>	製品A部品	0	0	0.8690964	0	1.07339			

この図表 II-21 の右側には、参照のために付加価値の数値を付与しておく。後の計算では特に使用しないので、参照用である。

図表 II-22; 付加価値情報を逆行列表の横に付与 (*17)

DSUM =TRANSPOSE(F13:J13)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1						P	P	P	P	P		
2						139	212	2x	2x			
3						221101	303102	3x	3x			
4						プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品		
5						MF行列の列和にて係数化						
6	P	139	221101	プラスチック製品	0	0.1482813	0.0009114	0.3669996	0.30			
7	P	212	303102	ヘアリング	0	0	0	0.1185897	0.0			
8	P	2x	3x	製品A構造物	0	0	0	0	0.08			
9	P	2x	3x	動力関連製品	0	0	0	0	0.10			
10	P	2x	3x	製品A部品	0	0	0.8096733	0	0			
13				付加価値(対象)	0	0.409944	0	0.2183262	0.2			

L34~L38を白抜きにして
=TRANSPOSE(F13:J13)
と入力し[Shift]+[Ctrl]+
[Enter]。(Excelのバージョンによっては
[Shift]+[Alt]+[Enter])

(1 - App) -1		221101	303102	3x	3x	3x
逆行列表化する		プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品
139	221101	プラスチック製品	1	0.1482813	0.3158407	0.3889585
212	303102	ヘアリング	0	0.0910241	0.1185897	0.1124208
2x	3x	製品A構造物	0	0	1.07339	0.0906433
2x	3x	動力関連製品	0	0	0.0902903	1
2x	3x	製品A部品	0	0	0.8690964	1.07339

付加価値(対象)
=TRANSPOSE(F13:J13)
0
0.218326242
0.206417954

次に AMP の表を抜き出す。計算の手続き上、この説明では抜き出しに際して新しいワークシートを追加する。

図表 II-23; AMP の抜き出し

F6 =(1-対角0化)M\$20*対角0化)M6/SUM(対角0化)M\$6:M\$17)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1						P	P	P	P	P
2										
3										
4					AMP					
5						221101				
6	M					プラスチック製品	0.15520			
7	M					ヘアリング	0.719872			
8	M					製品A構造物	0.24928	0	0.187966	0.007763
9	M					動力関連製品	0	0.132234	0	0.024872
10	M					製品A部品	0	0	0	0.002539
11	M					その他の電子部品	0	0	0	0.023671
12	M					その他の電子部品	0	0	0	0.164344

図表 II-17 から AMP 以外を削除しただけなので、計算式や結果の数値が各セル項目について同じである事をいくつかのセルで確認する。

図表 II-17 から M 行と P 列の項目だけ残して、残りの行・列を削除

図表 II-18 と同様に、図表 II-17 で求めた係数表をそのままコピーして、AMP 以外の

行列を削除する。数値的には変更はないので、係数表の同じ項目と数字が違ってないか、念の為確認する。その上で、AMPと(I-APP)⁻¹の行列積を求める。行列の積を求めるには、MMULT (matrix multiplication)関数を使用する。

図表 II -24; AMP (I - APP) ⁻¹ の計算式

DSUM X ✓ f_x =MMULT(F6:J12,APP表の変形!F34:J38)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1						P	P	P	P	P
2						③	③	②	②	③
3						139	212	2xx	2xx	2xx
4				AMP		221101	303102	3xxxxx	3xxxxx	3xxxxx
5						プラスチック製品	ベアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品
6	M	②	72	151101	紡績糸	0.155201	0	0	0	0.000262
7	M	②	136	211101	石油製品	0.719872	0.30954	0.001449	0.072896	0.016592
8	M	②	167	262302	めっき鋼材	0.124928	0	0.187966	0.007763	0.017327
9	M	③	168	263101						
10	M	②	241	341101						
11	M	②	242	341102						
12	M	③	246	3E+05						
13										
14										
15										
16										2xx
17				AMP (I - APP) ⁻¹			303102	3xxxxx	3xxxxx	3xxxxx
18				行列の積を求める		プラスチック製品	ベアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品
19	M	②	72	151101	紡績糸	=MMULT(0.023013	0.049246	0.059688	0.060648
20	M	②	136	211101	石油製品	F6:J12,	0.416284	0.278097	0.386456	0.340869
21	M	②	167	262302	めっき鋼材	APP表の	0.018524	0.256979	0.055808	0.085094
22	M	③	168	263101	鑄鍛鋼	変形!F34:	0.132234	0.031165	0.040554	0.038491
23	M	②	241	341101	半導体素子	J38)	0	0.005684	0.002539	0.00702
24	M	②	242	341102	集積回路		0	0	0.0772	0.023671
25	M	③	246	3E+05	その他の電子部品		0	0	0.065204	0.164344
26										

(I-APP)⁻¹が「APP表の変形」というワークシートのF34~J38に作成してある計算式。F19~J25を白抜きにし
 =MMULT(F6:J12,APP表の変形!F34:J38)と入力して
 [Shift]+[Ctrl]+[Enter]。
 (Excelのバージョンによっては[Shift]+[Alt]+[Enter])

これで、波及計算に使用する本計算用の逆行列が求められる。

次は、この波及計算も使用しつつ、算定結果確認のための計算をする。

計算を他のワークシートの内容と分けるため、このサンプルでは「結果」というワークシートを新たに設けて計算する。まず、分析対象とする最終セット製品(ここでは「製品A」)の直接のBOM構成比率(1次波及)を計算するため、図表 II -10 の表の右側に付与し、その後のM/P整理を通して保持していた情報をコピーして貼り付ける。

図表 II-25; 「製品 A」の BOM 構成(直接投入、一次波及)抜き出し

F1						f _x	B
	A	B	C	D	E	F	
1						BOM構成	
2						-	
3						2××	
4						3×○○○○×	
5						製品A	
6	M	⊗	72	151101	紡績糸	0	
7	M	⊗	136	211101	石油製品	11828	
8	M	⊗	167	262302	めっき鋼材	14558	
9	M	⊗	168	263101	鋳鍛鋼	0	
10	M	⊗	241	341101	半導体素子	0	
11	M	⊗	242	341102	集積回路	0	
12	M	⊗	246	342109	その他の電子部品	0	
13	P	⊗	139	221101	プラスチック製品	381979	
14	P	⊗	212	303102	ヘアリング	0	
15	P	⊗	2××	3×○○○○×	製品A構造物	2095592	
16	P	⊗	2××	3×○○○○×	動力関連製品	2208667	
17	P	⊗	2××	3×○○○○×	製品A部品	4514365	
18					付加価値	0132385404	

ここにある数字は、製品 A の需要部分を抜き出したものなので、係数化する前の数字がそのまま入っている。この F 列を元に、1 次波及の係数を計算する。ここでは「パターン C/E」を念頭に計算しているが、ここで「パターン A/B/D」を採用する場合は、F18 の「付加価値」の割合を「0」にする。

図表 II-26; 1 次波及の係数を求める

DSUM							f _x	=(1-\$F\$18)*
	A	B	C	D	E	F	G	
1						BOM構成		
2						-		
3						2××		
4						3×○○○○×		
5						製品A	一次波及	
6	M	⊗	72	151101	紡績糸	0	= (1-\$F\$18)*	
7	M	⊗	136	211101	石油製品	11828	F6/SUM(\$F\$6:	
8	M	⊗	167	262302	めっき鋼材	14558	\$F\$17)	
9	M	⊗	168	263101	鋳鍛鋼	0	0	
10	M	⊗	241	341101	半導体素子	0	0	
11	M	⊗	242	341102	集積回路	0	0	
12	M	⊗	246	342109	その他の電子部品	0	0	
13	P	⊗	139	221101	プラスチック製品	381979	0.035917519	
14	P	⊗	212	303102	ヘアリング	0	0	
15	P	⊗	2××	3×○○○○×	製品A構造物	2095592	0.19704875	
16	P	⊗	2××	3×○○○○×	動力関連製品	2208667	0.200001154	
17	P	⊗	2××	3×○○○○×	製品A部品	4514365	0.424486142	
18					付加価値	0132385404		

最終セット製品の付加価値を除いた割合を求めて、他のセルにコピー。

パターン A/B/D では、F18 を「0」にして計算する。

この、Mの部分に対してPからの2次以降の波及を確認する。2次以降の波及は図表II-21で求めた逆行列をPの各項目に対して掛け合わせて求められる。行列の掛け算となるので、関数MMULTを使用する。

図表II-27; Pの2次以降の波及を計算

DSUM X ✓ f_x =MMULT(AMP!F19:J25,

	A	B	C	D	E	F	G	H
1						BOM構成		
2						-		
3						2x		
4								
5							一次波及	二次波及
6	M	⊗					0	=MMULT(AMP!
7	M	⊗					0.1112188	F19:J25,結果!
8	M	⊗					0.0009	G13:G17)
9	M	⊗					0	0.030902063
10	M	⊗					0	0.004627079
11	M	⊗	242	341102	集積回路	0	0	0.060601258
12	M	⊗	246	342109	その他の電子部品	0	0	0.081164082
13	P	⊗	139	221101	プラスチック製品	381979	0.035917519	
14	P	⊗	212	303102	ヘアリソグ	0	0	
15	P	⊗	2x	3x	製品A構造物	2095592	0.197048702	
16	P	⊗	2x	3x	動力関連製品	2208667	0.207681154	
17	P	⊗	2x	3x	製品A部品	4514365	0.424486142	
18					付加価値	0.132385404		

MMULT 関数を使用し、[AMP](I - App)⁻¹とPの行列積を求める。逆行列がAMPというワークシートに入っているとしての計算。

ここで求めたいのは1次と2次以降の波及を合わせたものなので、二つの波及の計を取る。

図表 II-28: 1次+2次以降の波及計算

DSUM									
=G6:G12+H6:H12									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1						BOM構成			
2						-			
3						2x			
4						3x			
5						製品A	一次波及	二次波及	波及計
6	M	⊗	72	151101	紡織系	0	0.053418591		=G6:G12+H6:H12
7	M	⊗	136	211101	石油製品	11828	0.001112188	0.305608443	H12
8	M	⊗	167	262302	めっき鋼材	14558	0.00136889	0.102836165	0.104205055
9	M	⊗	168	263101	鋳鉄鋼	0	0	0.030902063	0.030902063
10	M	⊗	241	341101	半導体素子	0	0	0.004627079	0.004627079
11	M	⊗	242	341102	集積回路	0	0	0.060601258	0.060601258
12	M	⊗	246	342109	その他の電子部品	0	0	0.081164082	0.081164082
13	P	⊗	139	221101	プラスチック製品	381979	0.035917519		
14	P	⊗	212	303102	ヘアリング	0			
15	P	⊗	2x	3x	製品A構造物	2095592			
16	P	⊗	2x	3x	動力関連製品	2208667			
17	P	⊗	2x	3x	製品A部品	4514365			
18					付加価値	0.132385404			

I6~I12を白抜きにして
 =G6:G12+H6:H12
 と打ち[Shift]+[Ctrl]+[Enter]。
 (Excelのバージョンによっては
 [Shift]+[Alt]+[Enter])

これで求められたのは、製品 BOM の内数分である。この比率はパターン I または II の A (全て部材にばらす場合) に相当する。パターン I の場合は計算対象の製品 BOM に IT 貢献によらない部分は含まない構成を抜き出し、パターン II の場合は全ての製品構成部材を対象とした製品 BOM からの計算と考える。

これ以外に考慮すべき要因として、

パターン B/C – 最終セット製品の貢献分を考慮する。B では別出しで決めた数字を適用し、C では図表 II-28 の F18 セルに示されている産業連関表上の「付加価値」を適用する。

パターン D/E – SP の付加価値分を織り込む。計算上は、「製品 BOM+非 IT 貢献+最終セット製品貢献以外の数値」であり、これは「織り込み対象 SP の付加価値を逆行列で遡及した数値から、外付けで決めた貢献分(パターン I の非 IT や、パターン B/D の FP の貢献分)を引いた数値」と合致する。「外付けで決めた貢献分を引いた」数値と合致するのは、表計算の外数で決められた数字が波及計算の比率に含まれないからである。

がある。図表 II-28 の I 列の表の下に、これらの情報を付加する。図表 II-29 のサンプルでは、パターン I E に当たる「非 IT の貢献比率を 10%(本サンプル計算で使用すると恣意的に決めた外数)」「FP/SP の貢献分を織り込み、その比率には、産業連関表の付加価値の比率を使用する」で計算している。実際はパターン I・II で製品 BOM の作成の

仕方が変わるので、パターン I・II のいずれを採用するか、は製品 BOM 作成の前に確定させる必要がある。推奨パターンは II E の、「非 IT の貢献比率も製品 BOM から計算」だが、ここでは II E と比べ入力データの確認項目のより多い I E の入力を紹介する。

図表 II-28 の表の下に、次の様な項目を追加する。

図表 II-29; BOM 構成以外の比率確認項目を準備

		I6		fx {=G6:G12+H6:H12}				
	A	B	C	D	E	F	G	H
1						BOM構成		
2						-		
3						2x		
4						3xxxx		
5						製品A	一次波及	二次波及
6	M	⊗	72	1511.01	紡織糸	0	0	0.053418591
7	M	⊗	136	2111.01	石油製品	11828	0.001112188	0.305608443
8	M	⊗	167	2623.02	めっき鋼材	14558	0.00136889	0.102836165
9	M	⊗	168	2631.01	紡織鋼	0	0	0.030902063
10	M	⊗	241	3411.01	半導体素子	0	0	0.004627079
11	M	⊗	242	3411.02	集積回路	0	0	0.060601258
12	M	⊗	246	3421.09	その他の電子部品	0	0	0.081164082
13	P	⊗	139	2211.01	プラスチック製品	381979	0.035917519	
14	P	⊗	212	3031.02	ヘアリング	0	0	
15	P	⊗	2x	3xxxx	製品A構造物	2095592	0.197048702	
16	P	⊗	2x	3xxxx	動力関連製品	2208667	0.207681154	
17	P	⊗	2x	3xxxx	製品A部品	4514365	0.424486142	
18					付加価値	0.132385404		
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

これらの項目を表に追加する。

Mの合計
非ITの貢献比率 (10%)
最終セット製品の貢献比率
Pの付加価値
Pの付加価値 (逆行列から計算)
計算確認

それぞれ、次の計算を入力する(セル番号は図表 II-29 のもの)。

M の合計 = 製品 BOM 配分の計、I6~I12 の合計 (=SUM(I6:I12))

非 IT の貢献比率 = ここでは 10% とおく (「0.1」と入力)。パターン II の場合は、ここは 0%。

最終セット製品の貢献比率 = パターン B/D では外で決めた数字を入力するが、パターン C/E では産業連関表の付加価値を使用するので、F18 を参照する (=F18)

P の付加価値 (差分として計算) = 上記の足し算を「1.0」から引く

(=1-SUM(I19:I21))

P の付加価値 (逆行列から計算) = P の内、付加価値を織り込む分を遡及計算。これは、G 列にある P 製品を逆行列で遡及し、それに付加価値の比率をかけて求めら

れる。尚、この時に使用する逆行列は単なる遡及なので $(I - APP)^{-1}$ を適用する。
 (=MMULT(係数表!M20:Q20,MMULT(APP 表の変形!F34:J38,結果!G13:G17))-I20)

計算結果 = 「Mの合計」「非ITの貢献比率」「最終セット製品の貢献比率」「Pの付加価値(逆行列から計算)」の和を求め、これが「1」となることを確認する。
 (=SUM(F19:F21,F23))

「係数表」とあるワークシートは図表 II-13 で作成したもの、「APP 表の変形」は図表 II-21、「結果」は図表 II-29。

図表 II-30: 各比率の計算結果を表示

J23									
fx =IF(I22=I23,"OK","NG")									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1						BOM構成			
2						-			
3						2x			
4						3x			
5						製品A	一次波及	二次波及	波及計
6	M	②	72	151101	紡織糸	0	0	0.053418591	0.053418591
7	M	②	136	211101	石油製品	11828	0.001112188	0.305608443	0.306720631
8	M	②	167	262302	めっき鋼材	14558	0.00136889	0.102836165	0.104206055
9	M	②	168	263101	鋳鍛鋼	0	0	0.030902063	0.030902063
10	M	②	241	341101	半導体素子	0	0	0.004627079	0.004627079
11	M	②	242	341102	集積回路	0	0	0.060601258	0.060601258
12	M	②	246	342109	その他の電子部品	0	0	0.081164082	0.081164082
13	P	③	139	221101	プラスチック製品	381979	0.035917519		
14	P	③	212	303102	ベアリング	0	0		
15	P	③	2x	3x	製品A構造物	2095592	0.197048702		
16	P	③	2x	3x	動力関連製品	2208667	0.207681154		
17	P	③	2x	3x	製品A部品	4514365	0.424486142		
18					付加価値	0.132385404			
19					Mの合計			0.64163	
20					非ITの貢献比率(10%)			0.1323854	
21					最終セット製品の貢献比率			0.12597583	
22					Pの付加価値			0.12597583	
23					Pの付加価値(逆行列から計算)			0.12597583	OK
24					計算確認				1

二つの計算で求めた P が同じになることを確認
 =IF(I22=I23,"OK","NG")

ここまでで、比率確認に必要な数字が出てきた。

ここで、図表 II-30 の B 列に注目したい。もともと、この項目にある②/③はそれぞれ

②物質の投入を伴うが CO2 排出抑制に貢献しない、または IT 制御による抑制ではない項目 (図表 II-7 の青色部分) = 製品 BOM から削除せず波及計算した後、最後の結果計算から除外

③今回の配分対象の部材構成 (図表 II-7 の赤色部分) = 波及計算後、最後の結果配分する部分

と定義した。今回の貢献配分の計算では②も遡及計算に必要な構成部材であるために、途中計算においては削除しなかったが、②の定義から数字が揃った所で除外する必要がある。これを反映するために、図表 II-30 から③のみを抽出する。

図表 II-31; 配分対象の部材、項目のみ抽出

DSUM									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1					BOM構成				
2					-				
3					2xx				
4					3xxxxx				
5					製品A				配分対象抽出
6	M	72	151101	紡績糸					
7	M	136	211101	石油製品					
8	M	167	262302	めっき鋼材					
9	M	168	263101	鋳鍛鋼					
10	M	241	341101	半導体素子					
11	M	242	341102	集積回路					
12	M	246	342109	その他の電子部品					
13	P	139	221101	プラスチック製品					
14	P	212	303102	ヘアリング					
15	P	2xx	3xxxxx	製品A構造物					
16	P	2xx	3xxxxx	動力関連製品					
17	P	2xx	3xxxxx	製品A部品					
18				付加価値					
19									
20					Mの合計				
21					非ITの貢献比率(10%)				
22					最終セット製品の貢献比率				
23					Pの付加価値				
24					Pの付加価値(逆行列から計算)				
					計算確認				

この J 列が、今回貢献配分割合を計算する対象項目である。もともと「CO2 排出抑制に貢献する部材」での配分を目的としていることから、計算対象全体が 100%でなければならない。またこの時、外出しで決めた(パターン I の場合として)「非 IT の貢献比率」の数字と、外出し・内数(産業連関表の付加価値)のいずれを使用するにしても「最終セット製品の貢献比率」の数字は固定して計算して良いと考える。これは、そもそも外出しで数字を決める場合、それは「最終的な計算結果に反映されるべき数字」であるのが常識的と思われるからであり、また「最終セット製品の貢献比率」は、構成部材間の配分と次元の違う所で「先取り」すべき数字と考えるからである。

この考え方で再計算すると、次の様な結果が求められる。

図表 II -32; 貢献配分の再計算結果

J10 fx =IF(B10="" " " ,J10," -")

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1						BOM構成						
2						-						
3												
4												
5										配分対象抽出	配分比率再計算	
6	M	⊗								0631	-	
7	M	⊗								5065	-	
8	M	⊗								2063	0.03092063	0.099649963
9	M	⊗								7079	-	
10	M	⊗								258	-	
11	M	⊗								64082	0.081164082	0.261730025
12	M	⊗										
13	P	⊗	139	221101	プラスチック製	381979		0.035917519				
14	P	⊗	212	303102	ベアリング	0		0				
15	P	⊗	200	300000	製品A構造物	2095592		0.197048702				
16	P	⊗	200	300000	動力関連製品	2208667		0.207681154				
17	P	⊗	200	300000	製品A部品	4514365		0.424486142				
18					付加価値	0.132385404						
19												
20							Mの合計	0.641638759				
21							非ITの貢献比率 (10%)	0.1		0.1	0.1	固定
22							最終セグ製品の貢献比率	0.132385404		0.132385404	0.132385404	固定
23							Pの付加価値	0.125975837		0.125975837	0.406234608	
24							計算確認	1			1	

J 列が “ - ” になっている所を除き、J20/J21 の「固定」分を比率から引いた上で比率計算 (K6~K22 の間。K20 と K21 は固定なので計算対象外)

$$=(1-\$K\$20-\$K\$21)*K9/SUM(\$K\$6:\$K\$17)$$
 (K9 の計算式の場合)

比率先取り(固定)
 J21~J23 をそのまま K21~K23 にコピー

K8~K22 計。「1」になることを確認。=SUM(K8:K22)

配分比率が確認しやすい様に、K6~K22 の間の、比率が出ている項目だけ、項目名と合わせて表に書き直す。

図表 II -33; 比率配分対象のみ、表として抜き出し、項目を整理

M6 fx =H21

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1						BOM構成								
2						-								
3						200								
4						300000								
5						製品A	一次波及	二次波及	波及計	配分対象抽出	配分比率再計算			
6	M	⊗	72	151101	紡織糸	0	0	0.053418591	0.053418591	-				
7	M	⊗	136	211101	石油製品	11828	0.001112188	0.305608443	0.306720631	-				
8	M	⊗	167	262302	めっき鋼材	14558	0.00136889	0.108336165	0.104820605	-				
9	M	⊗	168	263101	銅線鋼	0	0	0.03092063	0.03092063	0.03092063	0.099649963			
10	M	⊗	241	341101	半導体素子	0	0	0.004627079	0.004627079	-				
11	M	⊗	242	341102	集積回路	0	0			-				
12	M	⊗	246	342109	その他の電子部品	0	0			-				
13	P	⊗	139	221101	プラスチック製	381979								
14	P	⊗	212	303102	ベアリング	0								
15	P	⊗	200	300000	製品A構造物	2095592								
16	P	⊗	200	300000	動力関連製品	2208667		0.207681154						
17	P	⊗	200	300000	製品A部品	4514365		0.424486142						
18					付加価値	0.132385404								
19														
20							Mの合計	0.641638759						
21							非ITの貢献比率 (10%)	0.1		0.1	0.1	固定		
22							最終セグ製品の貢献比率	0.132385404		0.132385404	0.132385404	固定		
23							Pの付加価値	0.125975837		0.125975837	0.406234608			
24							計算確認	1			1			

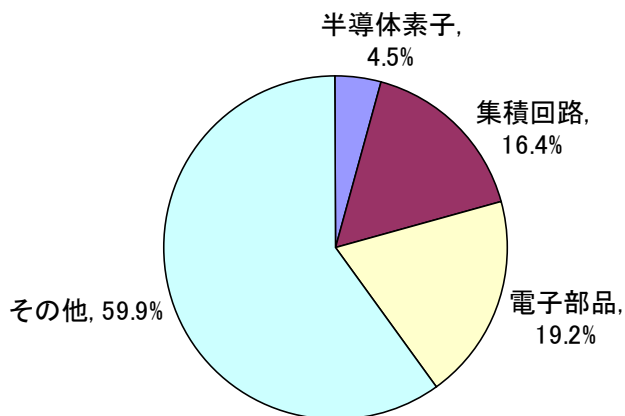
項目名は E 列から、比率は K 列から抜き出し、項目を整理

最終セグ製品の貢献比率	13.2%
非ITの貢献比率 (10%)	10.0%
Pの付加価値	40.6%
半導体素子	0.0%
集積回路	0.0%
その他の電子部品	26.0%
めっき鋼材	0.0%

配分比率計算の数値結果の確認だけであれば特に必要ないが、表に整理したデータを、

見やすさを考えてグラフにすると、図表Ⅱ-34 の様なものが得られる。

図表Ⅱ-34; CO2 排出抑制貢献比率のグラフ



図中の値はセット製品の貢献を 100 とした場合の内数としての電子部品・半導体の寄与率である。

*あくまでも算定結果のイメージを示したもので、実際の事例計算および計算の流れの解説で示した図表の数値とは違う事に注意。

今回は項目数が少ないので産業連関表の項目名をそのまま使用したが、実際の計算では、対象項目数は数十になり、そのままの項目を使用すると中身の比率が煩雑になるので、例えば

半導体素子 / 集積回路 ⇒ 半導体素子・集積回路
鋼管 / 冷間仕上鋼材 / めっき鋼材 / 鋳鍛鋼など ⇒ 鋼材

の様に、まるめた形で比率計算し、結果を得る。

補足

1. 用語の定義、用語解説

<#1> 一般社団法人 日本経済団体連合会

「経団連」と略称。日本の代表的企業 1,292 社、製造業やサービス業等の主要な業種別全国団体 128 団体、地方別経済団体 47 団体などから構成（いずれも 2012 年 2 月 21 日現在）する経済団体。

<http://www.keidanren.or.jp/profile/pro001.html>

<#2> 最終セット製品

一般的ユーザーが使用対象とする製品。概ね消費者が使用する（消費行為の対象）製品と言う考え方と同じだが、例えば、PC を事務所で使用（業務に使用）する行為なども含む。そのものが消費されるとしても、生産活動などで投入・使用される間接材は含まない。

<#3> ライフサイクルアセスメント（LCA = Life Cycle Assessment）

ある製品の資源採取・製造・流通・使用・廃棄などの製品ライフ環境負荷を評価する手法。製品ライフ全体の環境負荷を把握する事で、どのプロセスの環境負荷を削減・抑制すべきかを考えられるものとして考えられたもの。ISO(国際標準化機構)14040 では、この LCA の一般原則について述べている。

<#4> PCR（プロダクトカテゴリールール Point Category Rule）

CO₂ を算定する LCA など、複数業種にまたがって同一・共通基準を設定することが難しい場合、同一商品種では共通の基準で算定をしよう、という考え方。製品業種毎に設定できるので全品種共通に対しより現実に近い結果が期待されるが、当該業種関係者間での個別ルール積み上げが必要なため、煩雑になる恐れがある。

2. 注釈・参考文献

第 I 部 理論編

(*1) 「平成 23 年版 環境白書」（環境省編）より、下記参照。

p.21 図 1-2-28 我が国の温室効果ガス排出量

p.158 図 1-1-4 部門別エネルギー起源二酸化炭素排出量の推移

(*2) 手法紹介は「eco 検定公式テキスト」（東京商工会議所編 2006 年）による。

(*3) JEITA 半導体部会 HP 参照。

http://semicon.jeita.or.jp/book/green_clean_semicon_2.html

(*4) 「貢献度評価」の必要については、JEITA グリーン IT 推進協議会の報告書でも触れている。「2010 年度グリーン IT 推進協議会 調査分析委員会 報告書」（グリーン IT 推進協議会 調査分析委員会 2011 年 6 月）、「2.省エネ貢献度評価手法の必要性」参照。

(*5) ここでは、最終セット製品を直接構成する部材を「直材構成」、それら部材を更に遡つ(遡及し)た部材を「上流部材」、その総体を「製品 BOM」と呼んでいる。以下同じ。

(*6) 「産業連関表」に関しては、統計局 HP 参照。

http://www.stat.go.jp/data/io/t_gaiyou.htm

(*7) S.Nakamura and K.Nakajima, Materials Transactions, Vol.46, No.12 (2005), pp.2550-2553

(*8) <http://www3.kumagaku.ac.jp/eb/achievement/documents/syoho29-2itoho.pdf>

(*9) 「産業連関表」に関しては、次の書籍参照。

「産業連関分析入門」(宮沢健一編 日経文庫; 日本経済新聞社 1995 年)

「産業連関分析ハンドブック」(宍戸俊太郎監修 東洋経済新報社 2010 年)

「Excel でやさしく学ぶ産業連関分析」(石村貞夫、劉晨、玉村千治 日本評論社 2009 年)

「環境の産業連関分析」(吉岡完治、大平純彦、早見均、鷲津明由、松橋隆治 日本評論社 2003 年)

(*10) 1999 年文部科学省発行の「高等学校学習指導要領」の分類に基づく。尚、専門的な部分を除き行列式に関する基礎的な知識は(*8)に挙げた「環境の産業連関分析」の[補論]及び「Excel でやさしく学ぶ産業連関分析」でも、産業連関分析に必要な程度は学習できる。

(*11) 与えられた a の条件 $0 < a < 1$ の時、

$$S = 1 + a + a^2 + a^3 + a^4 + a^5 + \dots + a^{(n-1)} \dots \text{とおき}$$

$$aS = a + a^2 + a^3 + a^4 + a^5 + \dots + a^{(n-1)} + a^n \dots \text{とすると}$$

$$S - aS = (1-a)S = 1 - a^n$$

$$S = S[n] = (1 - a^n)/(1-a)$$

$$0 < a < 1 \text{ の時、} a^n \rightarrow 0 \text{ から、} S[n] \rightarrow 1/(1-a)$$

$$\therefore 1 + a + a^2 + a^3 + a^4 + a^5 + \dots = 1/(1-a)$$

ここでは、簡便に説明する為に、スカラー(一般数)の場合での計算を上げた。

(*12) 波及計算に逆行列を使用する際は、厳密には(*10)にあげたスカラーの場合に加え他にも条件が必要である。それらの条件や証明は「産業連関分析入門」(p.88-91)、「産業連関分析ハンドブック」(p.24)参照。

(*13) 本文中の式 4' の式展開を、以下の 2 通りの表現で、式 4-1 ならびに 4-2 にそれぞれ示した。また、右上の部分行列以外の部分行列の示すものについても、説明を加えている。「単位から変数を引いて-1 乗したもの」が階乗の和になる事は、本文中遡及説明をした部分で紹介した(*11/12 も参照)。今回の計算式も同様の形をしているため、式 4-1 の通り変形することができ、これはまた、 Σ 式で表現すると式 4-2 の通りとなる。

$$\begin{aligned}
\left(I - \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} \right)^{-1} &= I + \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix}^2 + \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix}^3 + \dots \\
&= I + \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & A_{MP}A_{PP} \\ 0 & A_{PP}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & A_{MP}A_{PP}^2 \\ 0 & A_{PP}^3 \end{bmatrix} + \dots \\
&= \begin{bmatrix} I & A_{MP}(I + A_{PP} + A_{PP}^2 + A_{PP}^3 + \dots) \\ 0 & I + A_{PP} + A_{PP}^2 + A_{PP}^3 + \dots \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} I & A_{MP}(I - A_{PP})^{-1} \\ 0 & (I - A_{PP})^{-1} \end{bmatrix} \quad \dots 4-1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\left(I - \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix} \right)^{-1} &= I + \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \begin{bmatrix} 0 & A_{MP} \\ 0 & A_{PP} \end{bmatrix}^k = I + \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \begin{bmatrix} 0 & A_{MP}A_{PP}^{k-1} \\ 0 & A_{PP}^k \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} I & A_{MP} \left(I + \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^{n-1} A_{PP}^k \right) \\ 0 & \left(I + \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n A_{PP}^k \right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & A_{MP}(I - A_{PP})^{-1} \\ 0 & (I - A_{PP})^{-1} \end{bmatrix} \quad \dots 4-2
\end{aligned}$$

また、右上の部分行列以外の意味するものは以下である。

左上の部分行列にある単位行列は、それ自身も含み、Mに投入されるMを遡及した結果、それ自身しかなく、投入されるMはなかったことを示している。左下の部分行列であるゼロ行列は、Mには決してPが投入されないことを示している。右下の部分行列である $(I - A_{PP})^{-1}$ は、それ自身も含みPに投入されるPを遡及した結果である。本ガイドでは、製品BOM樹形図での構成への分析のため、PからPへの投入の結果は特に意味を持たない。ちなみに、 $[A_{PP}]^n$ はnを無限大に発散させるとゼロ行列に近づく。

第II部 計算手続き編

(*14) 最終セット製品や遡及計算を継続する半製品も含む「貢献分」を「付加価値」で計算するという考え方には、議論の可能性はある。本ガイドでは細かく議論しないが、ここで「貢献」に適用する数字に「産業連関表の付加価値」の使用を前提としたのは、各産業がそれぞれ個別に独自の考えを元に貢献比率を主張した場合、今回検討している様な「複数業種間で配分」するとの考え方自体が成り立たなくなってしまうと考えたため、今回産業連関表から流用して作成する製品BOMを貢献と考えるとした、と同様の考え方で、構成の内数として表現されない項目が産業連関表では「付加価値」項目として表現されていると考えるからである。また、「付加価値」の中には「営業余剰」「雇用者所得」など、詳細項目があるが、それらを含む「付加価値」全体を対象としている。「付加価値」の扱いについては、今後の検討課題となりうる可能性を留保しつつ、パターンの一つとして提示して

おきたい。

(*15) 最終セット製品の貢献技術の内容を把握する際は、技術聞き取りと机上検討の双方の結果を考慮するのが望ましいが、いずれかのみ情報しか入手できない場合、最終的にパターンⅠ・Ⅱのいずれかとすべきかの判断は、入手している情報に基づき個別判断が必要である。

(*16) 具体的には、次の様な形で準備しておく。下図は、図表Ⅱ-12のワークシートのS列に「製品A」の需要部分を抜き出したものである。

図表補-1; 図表Ⅱ-12のS列に「製品A」の需要列を付加

		S18													fx 0.132385403649224				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3						72	136	167	168	241	242	246	139	212	200	200	200		
4					151101	211101	262302	263101	341101	341102	342109	221101	303102	300000	300000	300000			
5					紡織系	石油製品	めっき鋼材	鉄鋼鋼	半導体素子	集積回路	その他の電子部品	プラスチック製品	ヘアリング	製品A構造物	動力関連製品	製品A部品			製品A
6	M	72	151101	紡織系	623	0	0	0	0	0	0	2953	0	0	0	0	540		
7	M	136	211101	石油製品	985	516670	3280	2235	2761	7807	13681	13697	3530	2243	18142	34176			
8	M	167	262302	めっき鋼材	0	0	322	0	665	3804	2145	2377	0	290995	1932	35691			
9	M	168	263101	鉄鋼鋼	0	0	0	0	0	0	1057	0	1508	0	6190	40013			
10	M	241	341101	半導体素子	0	0	0	0	0	68118	60773	0	0	0	632	12927			
11	M	242	341102	集積回路	0	0	0	0	0	291632	490100	0	0	0	5891	177901			
12	M	246	342109	その他の電子部品	0	0	0	0	137033	839487	2639352	0	0	0	40901	119369			
13	P	139	221101	プラスチック製品	71	2622	0	0	19920	97600	99005	2604085	1691	1411	91337	635714			
14	P	212	303102	ヘアリング	0	0	0	0	0	0	0	9085	0	98265	0	29514	190354		
15	P	200	300000	製品A構造物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173941			
16	P	200	300000	動力関連製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1854899	213992			
17	P	200	300000	製品A部品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1253473	0	8441537			
18				付加価値	0.2655568	0.3046731	0.1809494	0.462687	0.4157339	0.2753661	0.2440229	0.3122781	0.409944	0.202335	0.2183262	0.206418			
19																			

(*17) 図表Ⅱ-22では、15~30行を非表示にしてある。