

1 持続可能な社会構築のために

企業を取り巻く環境変化は著しく、絶えざる新製品、サービスの開発、提供が求められており、IT技術の進展、インターネットの普及などへの状況対応も必須になっている。一方、地球環境の保全に向けて今まで以上に国家、企業、個人レベルで監視を持ち、持続可能な社会を構築する努力が求められている。従来から多くの企業では、PLM(Product Lifecycle Management)の定義「顧客ニーズに合致した製品の市場への早期投入と製品のフェードアウトの遅滞ない意思決定を可能とするための、プロダクト・ライフサイクル全体における、製品を軸とした統合マネジメントと企業内・企業間コラボレーションの仕組み」¹⁾に基づいて企業経営を行ってきたということができよう。しかしながら、世代を越えて持続可能な社会を構築し、継続していくために、企業活動も今までとは異なる理念をもって活動することが必要になってきた。地球環境を保全しながら、有限の資源を末長く利用して適正な豊かさを保持し、経済的および社会的な活動をする必要があるとの認識が高まり、企業の生産活動も製品ライフサイクルの範囲を拡大し、サステナブルな製品の開発、製品使用中のみならず、使用後の廃棄またはリサイクル処理までを含めて、取り扱う対象範囲を広げていくことが求められている。

要するに、大量生産大量消費社会の限界を知り、新たな持続可能な社会の構築の必要性を認識して、企業および一般消費者にもその重要性が認められつつあることを理解しておく必要がある。企業にとって、顧客ニーズにサステナビリティが求められているとすれば、製品の差別化、コストの低減、市場への早期投入等による競争優位を保持すること以外に、サステナビリティを志向した環境調和型製品の開発を実現する必要がある。社会全体の持続可能性を優先するためには、今後、企業経営に関わる活動範囲において、サステナビリティ重視を明確に打ち出していく必要である。持続可能な社会の代わりに、循環型社会と称する場合もある。持続可能な発展という概念が1987年に環境と開発に関する世界委員会で提示され、このときから、持続可能な発展とは、「将来世代の要求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満たす発展」であると定義している。環境基本法第2条には「循環型社会とは、製品等が廃棄物となることが抑制され、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれについて適正に循環の利用が行われることが促進され、及び循環の利用が行われない循環資源については適正な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り提言される社会」と定義されている。

このような社会的ニーズに応える必要性が認識され、主な大企業は、環境報告書を発行し、さらにサステナビリティ報告書と名称を改めるなど、企業の社会的責任(CSR)に注力して活動している。企業の存続は、経済的に持続可能な収益に裏付けられることが必要であり、そのためには社会または顧客に受け入れられる製品の開発・製造・販売・保守・処分を行うことを必要条件となる。企業は、継続的な付加価値の創出を必要とし、必要条件を満たす行動を通して、このことを実現することになる。このことを、持続可能(サステナブル)な経営と称することにもなるが、経済・環境・社会のトリプルボトムラインの考え方に基づく行動指針に従って企業の経営にあたることになる。

最近、コンプライアンスやCSR(企業の社会的責任)について関心が高まっており、これらを戦略として織り込んだCRS経営戦略などの提言もなされている。企業活動の中で、このような社会的責任の一端を担うエンジニアリング活動は、生産システムの計画・設計・運用において、重要な役割を果たしているが、それぞれの活動範囲が細分化されており、担当部署が異なるために、全てが同じ目的を達成できるためには、基盤となるエンジニアリング活動が問題に対する共通認識、活動理念の共有化が前提となる。その背景には、企業存続に関する理解、企業活動を担う従業員の行動規範が適正なことが必要であり、このような背景を踏まえて、企業活動に参画するエンジニアが担当部署における職務と責任分担、業務遂行の方法などについて十分な理解のもとで、業務遂行に当たることが求められている。

2 持続可能社会実現に向けた企業経営

2.1 企業の存続基盤

企業における諸活動は、企業活動全体の中の一部を構成しており、相互に関連し合っている。企業にとって、諸条件の結果として企業にライフサイクルが存在し、寿命がきて消滅することが起こるとしても、ゴーイングコンサーン(継続事業体)と呼ばれているように企業が存続し続けることは前提条件である。したがって企業のライフサイクルによって、寿命がきて消滅することが起こらないように、企業環境の変化に対応し、変化を先取りして社会に貢献できる活動を通して、社会にとって必要な存在になることが求められる。資本主義社会にあつては、企業は利潤をすることが必要である。しかしながら、サステナブルつまり持続的な組織体として企業が社会の中で機能するためには、企業を取り巻く環境変化に絶えず対応して持続的な変革に基づく企業運営が求められる。社会の中で機能する組織体の意味するところは、財務的と非財務的な側面の両方において、持続可能であることであり、グローバルな視点から資源保存を重視し地球環境の保全に注力することに代表されるような企業としての役割や責務を果たすことが必要であり、財務的な健全性のもとで

利潤の一部を社会に還元し、非財務的な側面での役割を果たすことができることを前提としている。なお、“サステナブル”という表現は以下の2つのコンテキストに関して使われており、

- ・ 持続可能社会の実現
- ・ 企業の持続的運営

いずれも、持続的な状況を実現したい点は変わらない。力点を競争優位な企業運営におくか、地球環境保全におくかによって、議論の展開は異なる。より長期的な視野に立って、顧客満足の意味づけを行うと、両者は同じ問題として取り扱われることになる。

2.2 企業存続の条件

企業が継続的に存続するためにはどのような条件が必要か、このことについては、経営学が明快な答えを出している。伊丹・加護野[1]によれば、

「経済体としての企業は、技術的変換という仕事を行い、それによって付加価値という成果を生み出している存在である」と説明している。製造業でもサービス業でも、企業の仕事の中核をなすものは技術的変換である。例えば、製造業であれば、必要な原材料を市場から調達し、これに資本を投下として作った設備にインプットして製品という、より付加価値の高いものを作って市場に流通、販売する一連の作業は「技術的変換」である。また「付加価値」とは、企業が作り出した製品の売上高から必要なコストを差し引いた額であり、この差額がプラスであり続けることが企業を継続して存続させる条件になる。企業は市場の動向を知り、必要な技術の開発を行うことで、新たな製品を市場に出すことができるが、そこには情報と知識の創造、蓄積、資金の調達、蓄積が必要であり、このように、技術的変換、情報の創造と蓄積、資金の調達と資本の蓄積などが必要であるが、これらを行うのは企業に働く人々である。

なお、付加価値についてはコスト分析と価値連鎖活動の関係が重要である。このような経済的な経営基盤に付加価値の概念を据えることは重要な必要条件を求めることになるが、これのみでは十分ではなく、付加価値に含まれる非経済的指標または非財務的指標も重要である。社会にとって有用な存在であるとして受け入れるためには、長期的か広域的な視野に立って持続可能性を追求することが必要である。社会における持続可能性については、個人、企業に関わりを持ち、地球環境に関わる諸問題など、グローバルな世界全体の問題として捉え、次世代の問題を先送りして、種々の負荷を残さないことを念頭において議論すべきことである。企業の社会的責任と持続可能性は不可分な事項であり、これについては、企業価値と経営戦略、経営資源配分などについて説明した後述べることにする。

2.3 企業価値

企業の存在価値は、その存続基盤に基づいて、社会の中で存在する価値があると認められる仕事を行うことと深い関わりがある。企業の仕事が存在するためには、企業が事業を創造することが前提になる。ドラッカー[2]は、次のように述べている。

「事業とは何かを理解するためには、事業の目的から考える必要がある。事業の目的は企業の外にある。企業が社会の一機関である以上、事業の目的は社会に求めなければならない。そして、事業の目的として有効な定義はただ一つである。それは、顧客の創造である。・・・したがって事業が何であるかを決定するのは顧客である。提供される財やサービスに対し進んで支払いを行い、経済的な資源を富に変え、ものを商品に変えるのは顧客である。・・・顧客が買っていると考えるもの、価値と考えるものが、決定的に重要である。それらのものこそ、事業が何であり、何を生み出すかを規定し、事業が成功するか否かを決定する。顧客が事業の土台であり、事業の存在を支える。顧客だけが雇用を創出する。そして、社会が企業に資源を託しているのは、その顧客に財やサービスを供給させるためである。」

このことから、企業が事業を創出し、新たな顧客を創出し、満足させることが企業価値に繋がることになる。企業価値は、このような一連の活動の結果によって評価されるものであり、社会が企業の存在を継続的に望むためには、企業が社会のために有効な事業を継続的に創出する必要がある。それらの事業が社会から評価されるためには企業を取り巻く環境に対応することが必要であり、潜在顧客の創出には、変化を先取りした戦略の策定と実施が必要になる。ドラッカー[2]は先の議論に続いて、“企業の目的が顧客の創造であることから、企業には二つの基本的な機能が存在することになる。すなわち、マーケティングとイノベーションである。”と述べている。顧客にとっての価値を創造する行為を継続的に行うためには、その基盤となる付加価値創造とそれに基づくイノベティブな活動への先行投資、そのための顧客が求めるものを知るマーケティングが必要になる。

したがって、企業価値はこのような行為がなされ、その結果を測定することによって明らかになる。先に述べたように、付加価値には金額的または財務的なものと非金額的または非財務的なものが含まれる。先に紹介したように、事業活動において、サステナビリティの向上に関して、ガバナンスの変革と具体的行動を実施するマネジメントシステムの変革が求められ、企業の社会的責任へと範囲が広がり、従来の株主重視からステークホルダー価値の重視へと変化することになれば、企業の評価指標も変化することになる。評価指標には、財務的な指標として経済的なもの、非財務的な指標として環境に関わるものと社会的な指標が含まれ、企業価値はこのような指標による多次元評価に基づいて決められることになる。企業の外部からの評価は先にドラッカーも述べているように、企業の存続基盤に重要な関わりを持っており、企業はその存続が危ぶまれることのないよう、戦略を策定し、それを的確に実行することが必要になる。

2.4 経営戦略

企業経営は、必要な資金を調達し、これを運営して事業活動を継続的に行うことであり、そのためには先に述べた企業価値を高めることに注力しなければならない。付加価値を創出しなければ、新たな事業を創出するために必要な経営資源（ヒト、モノ、カネ）が集められない。そのためには、新たな顧客の創出に向けた企業戦略が必要である。チャンドラーによれば、

「戦略とは一企業体の基本的な長期目的を決定し、これらの諸目的を遂行するために必要な行動方式を採択し、諸資源を割り当てること」

と定義される。[3]

戦略には全社的な企業戦略から、事業戦略、製品別、機能別、地域別など、個々のレベルが異なる戦略がある。戦略に関しては、種々の使われ方があり、トップ・ミドル・ローなどのマネジメントにおける戦略の計画または遂行に関わる行動の意思決定の全てを戦略と称する場合や意思決定のルールやガイドラインを指すこともある。ここでは、事業戦略を主として念頭において議論するが、企業の社会的責任とも関わりがあり、企業がそれぞれ、どのような存在でありたいか、最初に、社会に対してミッションやビジョンを明確にされていることとする。どのようなビジョンのもとでも、戦略は計画を立てて遂行するPDCAサイクルを動かすに当たり、結果を大きく左右するものであり、時代や社会の状況、環境変化などを反映したものになる。

安定的な経済の成長過程にある場合の戦略は固定的で、トップマネジメントが決めたものをそのまま遂行すればよい。しかし、変化が激しく不安定な成熟化した経済・社会・環境のもとでは、戦略は流動的な性格をもち、トップダウンで決められたものをそのまま遂行することでは十分機能しない。このような場合には、ボトムアップの要素や計画遂行上の余地を持たせた創発的戦略が必要になる。上下、双方向の相互作用に基づく戦略と管理の統合化は、事業活動と計画のダブルループの組織学習プロセスによって絶えず戦略の創発がなされることになる。

経営戦略の内容は、企業と環境とのかかわり方に関するものであり、そのかかわり方を決めるものは、以下の4つの側面[4]があげられ、これらは相互に関連があることは言うまでもないことである。

1) ドメインの定義

ドメインの定義は、事業のあり方を規定することになり、事業ポートフォリオとして示されたり、それらに共通の包括的なコンセプトで示されたりする。

2) 資源展開の決定

ドメインを構成する事業分野で、特定のドメインに経営資源をいかに配分するかが重要な問題となる。

3) 競争戦略の決定

競争優位の戦略は、個々の事業分野において以下に競争優位なポジションを確保するかについての決定である。現在の企業がほかとの競争関係を避けることはできない状況にあることから、ポーターは、競争要因[5]として、経済的要因や社会的要因等の下において企業が競争する業界の構造分析から、5つの競争要因（フォース）を示している。

フォース1：同業者間の敵対関係

フォース2：新規参入業者の脅威、フォース3：代替品・代替サービスの脅威

フォース4：買い手の交渉力、フォース5：売り手の競争力

4) 事業システムの決定

企業は多様な組織体との間に交換関係を作り出しており、事業システムの決定は、企業間に跨る事業活動を組織化し、持続的な競争優位をどのように構築するかを決定することである。

これに加えて、製造業を中心とするサステナブル経営では、プロダクトライフサイクル全体を通して財務的価値の創出を追求しながら、非財務的価値の創出にも配慮した戦略的な経営を行うことが求められる。このことは、生産活動の範囲を、文字通り、プロダクトライフサイクル全体として、経営指標を財務的、非財務的な評価に基づくことにして、戦略的な意思決定のもとで、経営資源を配置し、プロジェクトを計画し、遂行することに相当する。このためには、資源と組織能力の裏打ちが必要であり、企業を取り巻く内部・外部環境の変化に対応して戦略を優位に展開できる機会を創出するため、表1の順序で戦略を実行することが重要となる。

表1 経営戦略実行ステップ

ステップ1	目標の設定(付加価値の最大化)	ステップ5	プログラムプロジェクト組織の編成
ステップ2	SWOT分析	ステップ6	プログラムマネジメントとして、事業レベルにおけるプロジェクト群の創出
ステップ3	戦略の策定	ステップ7	プログラムプロジェクト群間における2レベルアプローチによる意思決定
ステップ4	プログラムへの経営資源配置	ステップ8	各プロジェクトにおいて計画の実施

3 PLMのためのサステナブルプロジェクトマネジメント (SPM) 戦略[6]

従来のプロジェクトマネジメントでは、契約ベースでプロジェクトが最適なQCD (品質・コスト・納期) を実現する努力がなされる。これに加えSPMでは、環境経営志向の動きに伴って、既定の契約内容のもとでプロジェクト関係者はCSRをできる限り達成することが求められる。具体的には、グリーン調達、現場での資源効率最大化、関連法規制の遵守などがあげられ、これらを通してのLesson Learnedから以後の契約においては、1) 新たなビジネスモデルに基づく計画の策定、2) 遂行可能な人材の育成などの重要性を学ぶことになる。これらの実現には、計画段階において、当初からサステナビリティを指向することが必要である。

更に環境経営重視の視点から、新たなビジネスモデルには、

- ・ LCAの遂行
- ・ 環境会計の実施
- ・ ステークホルダーとの合意形成

などを織り込む必要がある。環境とコストのトレードオフ関係は、特別なWin-Winの関係を作り得る場合を除き、解消できないので、社会的コストの内部化を通してCSRを達成できる計画の策定と実行が必要である。

現状では、企業利益の一部を移動させるべき不採算部門として、サステナビリティ経営の努力をしているケースがある。しかし、これにはおのずと限界があり、採算部門として革新的な生産方式の開発などが必要である。天野らはその著書[7]で、「環境政策は、技術革新を誘発するとともに企業利潤を高める」とのPortr and van der Lineeの主張 (文献7第6章) を紹介し、環境イノベーションの類型化を行なっている。(図1 参照)

具体的には、パターン3に該当するビジネスモデルの構築が必要である。多くの企業では、最初のステップとしてパターン1を手掛けている。しかしながら、このようなインクリメンタルな方法には限界があり、積極的にパターン2による新たな展開が求められる。これらのパターンの実現には、具体的に、共有化された価値前提のもとで、計画・設計・運用の各フェーズで、付加価値創出活動の各プロセスについて、実行することが必要である。

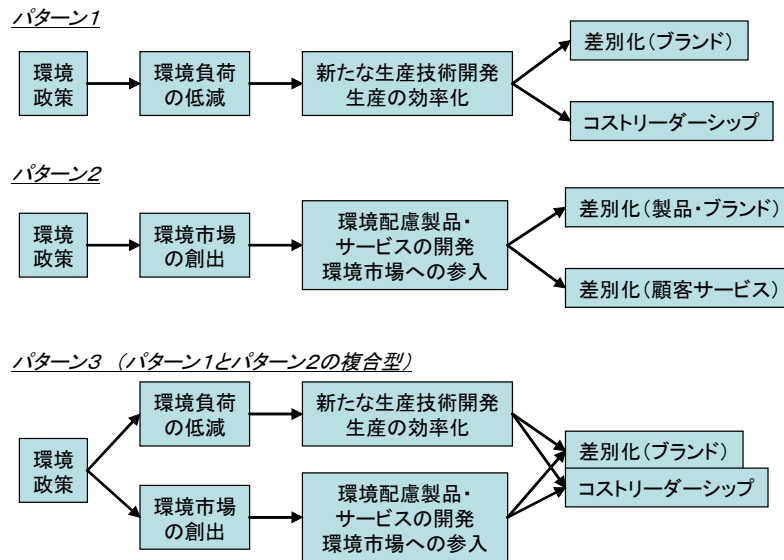


図1 イノベーションパターンの類型化 (文献7の原図を加筆修正)

3.1 サステナビリティ志向のバリューチェーン統合化

一般に、生産システムは計画・設計段階でほとんどの運用条件が決められ、運用段階では自由度はかなり減少している。別の表現をすれば、計画・設計段階の意思決定は結果に及ぼす影響が大きい。これに対し運用段階では、内外の環境変化に対応して運用条件を変更することが必要となる。しかし、変更可能範囲は計画・設計段階で決められており、建設されたシステムの柔軟性は限定されたものなる。したがって、サステナビリティを志向するPLMには、以下の条件をプロダクトライフサイクル全体を通して達成出来るバリューチェーンを構成できるか否かにかかっている。

- 1) 適切なエコロジカル・マージンを与える設計への対処
- 2) 財務的な付加価値の最大化と時間と共に増大する不確定性への対処
- 3) 不確かな製品寿命、運用途中での生産システム規模の拡大・縮小、寿命を決定付けるメンテナンスの有無等への対処

設備による価値創造を縦軸、製品による価値創造を横軸に採ると、前述の3段階におけるバリューチェーンは、図2の第2、4、3象限に配置できる。

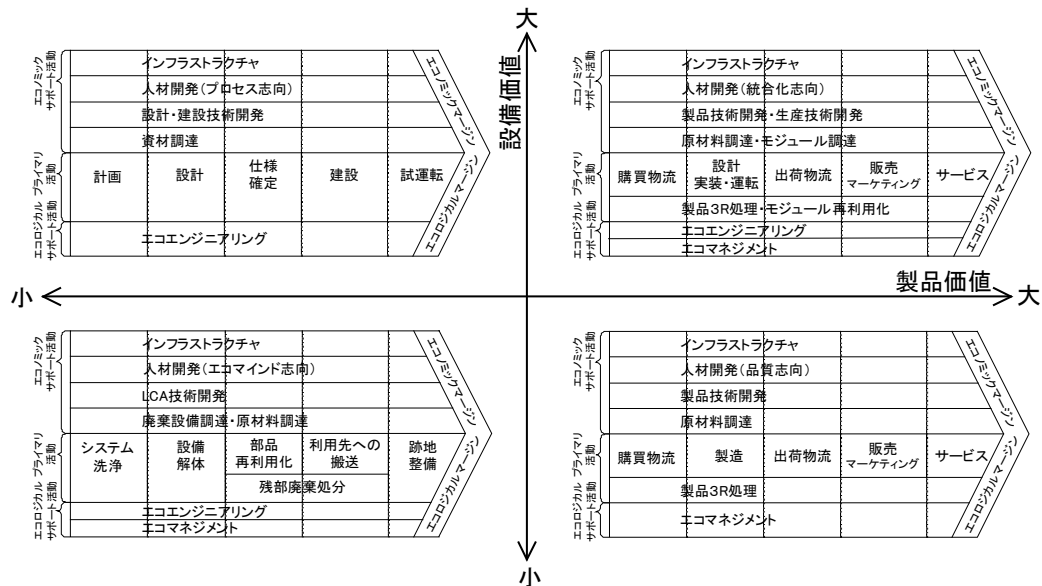


図2 PLMの各段階に対するバリューチェーンとバリューチェーン統合化

第1段階（第2象限に対応）：プロセス設計が主体となって設備の価値を高めている。従って、環境効率性（資源生産性、環境負荷発生量を同時考慮）に基づく生産システムの計画・設計及びこの結果に従う建設において、付加価値と環境効率性の間のトレードオフ関係からパレート解を求め、これに従って生産システムが構築することとなる。

第2段階（第4象限に対応）：生産管理を図ることで、製品の価値を高めている。従って、資源生産性を増加させることが財務的付加価値の増加につながる。このため、生産システムの運用は、エコロジカル価値を制約条件として財務的付加価値最大化を目標にすることになる。

第3段階（第3象限に対応）：設備・製品に関わらず、システムの解体、部品等の再利用・再資源化が中心的課題である。このため、設備価値並びに製品価値に直接結びつく価値創造とはならない。このため、リサイクルを重視することから、財務的付加価値を制約条件としてエコロジカル価値を最大化する行動を求めることになる。

以上、プロダクトライフサイクルの各段階で価値を最大化する行動を行った場合、設備価値創造と製品価値創造の同時達成は困難となる。これに対して、運転中であってもモジュールの追加・削除を可能としている自律分散型生産システム[8]では、設備を運転しつつ外部環境変化に合わせてシステムを再構成し得るとすると、図2の第1象限には以下を当てることが出来る。

第4段階（第1象限に対応）：モジュール型の設備におけるシステム再構成を前提として、財務的付加価値とエコロジカル価値を状況に合わせて再評価することで、サステナビリティ志向のPLM（Pは設備と製品の双方を指す）が達成できる。

3.2 サステナビリティを志向するPLMとサステナブル戦略

サステナビリティを志向するPLM（Pは設備と製品の双方を指す）には、生産技術（特にシステム再構成技術）による付加価値、財務的付加価値とエコロジカル（サービス）価値を同時評価・達成することが求められる。従って、プロダクトライフサイクル全体を通してバリューチェーンを構成するには、以下の条件を達成出来る必要がある。

第1段階：適切なエコロジカル（サービス）・マージンを与える設計・運営・処理への対処

第2段階：財務的付加価値の最大化と時間と共に増大する不確定性への対処

第3段階：不確実な製品寿命、運用途中での生産システム規模の拡大・縮小、寿命を決定付けるメンテナンスの有無等への対処

バリューチェーンを構成する各活動について、トレードオフ関係にある財務的価値と非財務的価値の2目的最適化によるパレート解をフロンティア線上に求めることになる。これには、運用段階における不確実性の存在に起因する意思決定の結果、修正、変更などを想定することが必要である。そのため、許容範囲を広める余地を残しておくことが重要である。また、これに伴う財務的価値の低減はできる限り計画段階で織り込んでおくことが必要である。従って、前述の3段階におけるバリューチェーンの形成には、表2の戦略が要求される。

4 サステナブル経営志向のプロジェクトマネジメント

本稿の冒頭で述べたように、PLM登場までの経緯からは、サステナビリティは議論の外に置かれ、製品ライフサイクルの範囲に使用後の廃棄またはリサイクル処理までを対象範囲に含めてこなかったと考えられる。今後とも顧客ニーズがサステナビリティを求めて

いるとすれば、製品のライフサイクルに使用後の廃棄なども含めて、サステナブル経営の対象となる製品について、PLMの対象ライフサイクル範囲として定義し、具体的に扱う範囲を製品開発から使用中の保守、使用後の処分までを含むものとする必要がある。環境調和型設計の国際規格ISO/TR 14062 の概要が示すように、サステナブル経営における製品開発のポイント[9]は、以下を念頭において実施する必要がある。これらの実施には、財務的及び非財務的な価値の最大化を目指すことを基盤にした諸活動が必要であり、今まで述べてきた企業経営の基礎的事項を活用した新たな概念形成が求められる。

- 1) 設計上流段階での環境配慮
- 2) ライフサイクルアプローチ
- 3) 機能性
- 4) コンセプトの多視点性
- 5) トレードオフの考慮

表2 サステナブル戦略

段階	主体となる活動	戦略
1	生産システムの設計が主体となって設備の価値を高める必要がある。	環境効率性（資源生産性、環境負荷発生量を同時考慮）に基づく生産システムの計画・設計及びこの結果に従う建設において、付加価値と環境効率性とのトレードオフ関係からパレート解を求め、これに従って生産システムを構築することとなる。
2	生産管理を図ることで、製品の価値を高める必要がある。	資源生産性を増加させることが財務的の付加価値の増加につながる。このため、生産システムの運用は、エコロジカル（サービス）価値を制約条件として財務的な付加価値最大化を目標とすることとなる。
3	設備・製品に関わらず、システムの解体、部品等の再利用・再資源化が必要である。	このため、リサイクルを重視することから、財務的な付加価値を制約条件としてエコロジカル（サービス）価値を最大化する行動を求めることとなる。ただし、設備価値並びに製品価値に直接結びつく価値創造とはならない。

4.1 サステナブル経営のためのスコープ拡大

生産システムを対象にしたプロジェクトマネジメントにおいては、そのライフサイクルが設計から建設までの範囲に限定されており、そこで生産される製品のライフサイクルとは異なるものである。製品使用後の廃棄物の扱いなどは、生産システムの運用にまかされており、一般に、プロジェクトのスコープには含まれていない。例えば、廃棄物を扱う処理プラントに関するプロジェクトであっても、生産システムと同様、プロジェクトのライフサイクルは、設計から建設までの範囲に限定されている。したがって、サステナブルな生産システムを対象にするプロジェクトは、生産される製品の使用後の処理を含めたライフサイクル全般にわたってプロジェクトマネジメントを実施することが必要になる。生産システムの運用に入るまでの設計から建設までのフェーズにおいても、環境負荷を軽減するサステナビリティの追及が求められる。図3に、サステナブル経営を志向する場合の3R（Reduce, Reuse, Recycle）を取り込んだ生産システムのスコープ変化を示す。

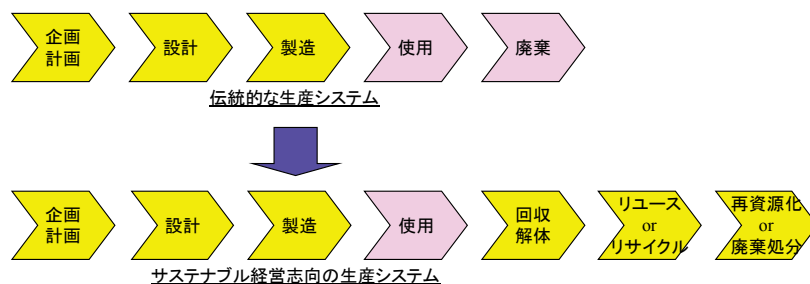


図3 生産システムのサステナブル経営志向への転換

文献[10]によれば、結果として3R（Reduce, Reuse, Recycle）を実現するためには、計画における3R（Re-place, Re-combine, Re-design）に着目する必要性が強調されている。つまり、図3の下部に示した結果としての3Rを実現するために、素材をエコマテリアルにRe-place（置き換え）、それらの新たなRe-combine（組み合わせ）、そしてリサイクル系のRe-design（デザイン）を行うことが必要である。また、文献[11]には、エコマテリアルの側面から、“製造、使用、破棄、リサイクルに対して、資源の採取から材料・部材として製造されるまでの環境負荷をいかに少なくするか、使用する時に、環境負荷の少ない使用方法ができるようになっていないか、使用後の処理の段階で環境への付加が大きくなるような材料になっていないか、リサイクル性に優れ、リサイクルにより環境負荷を低減できるか、と言う4点がポイントである”との指摘がなされている。

また、文献[12]には、製品のライフサイクル（新しいコンセプトの開発、原料と構成部品の生産と供給、工場での生産、顧客への配送、利用、再資源化と処分）の各段階と関連付けられたエコデザイン戦略（エコデザインにおいて取られる様々な道程）として“新しいコンセプトの開発、低影響原料の選択、原料使用量の削減、製造技術の最適化、流通システムの最適化、運用中の影響の削減、製品

寿命の最適化、エンド・オブ・ライフ・システムの最適化”の8種類が提唱されている。これらを実施する場合の指標として、資源生産性やその逆数MIPS（環境集約度の基準として製品のライフサイクルにおけるサービス単位当たりの物質消費量）、同一のサービス提供に対して投入資源量または環境負荷量の削減を表すために、新旧製品の環境効率¹が何倍向上しているかを示すファクター（エコロジ的には10を目標）[13]などがある。

4.2 サステナブル経営志向における多目的意思決定[14][15]

4.2.1 問題設定

企業が利益を上げられなければ、長期的にこのようなことが実現しないことを考慮すると、財務的価値と非財務的価値の間にあるトレードオフ関係から、パレート解を求める必要が生じる。具体的には、プロジェクトの各フェーズの活動において、財務的な付加価値の最大化(コスト最小化)を目指す代わりに、エコロジカル価値を合わせて考慮しながら、スケジュールや品質を確保するように、財務的及び非財務的価値に関わる妥協解を求めることになる。そのための分析はエコ・エンジニアリングと称している活動であり、主活動としてのプロジェクトエンジニアリングに重ねて実行することになる。

ここで問題になる点は、現実には支援活動から主活動に支援する経営資源に上限が存在することである。企業として当該事業の主活動に対して支援活動の経営資源を投入するに当たり、その許容範囲内で主活動の各バリューチェーン活動に資源配分を行う必要がある。図4のタテの矢印に相当するが、それらへの配分を各支援活動において行うには、それぞれのパレート解(概念的に図4の支援活動の中にヨコの矢印で示す)を求める必要がある。問題の構造、定式化、解法については先に示した主活動の付加価値最大化とほぼ同様であるが、最適性の原理の適用部分は上限つきの問題である点が異なる。

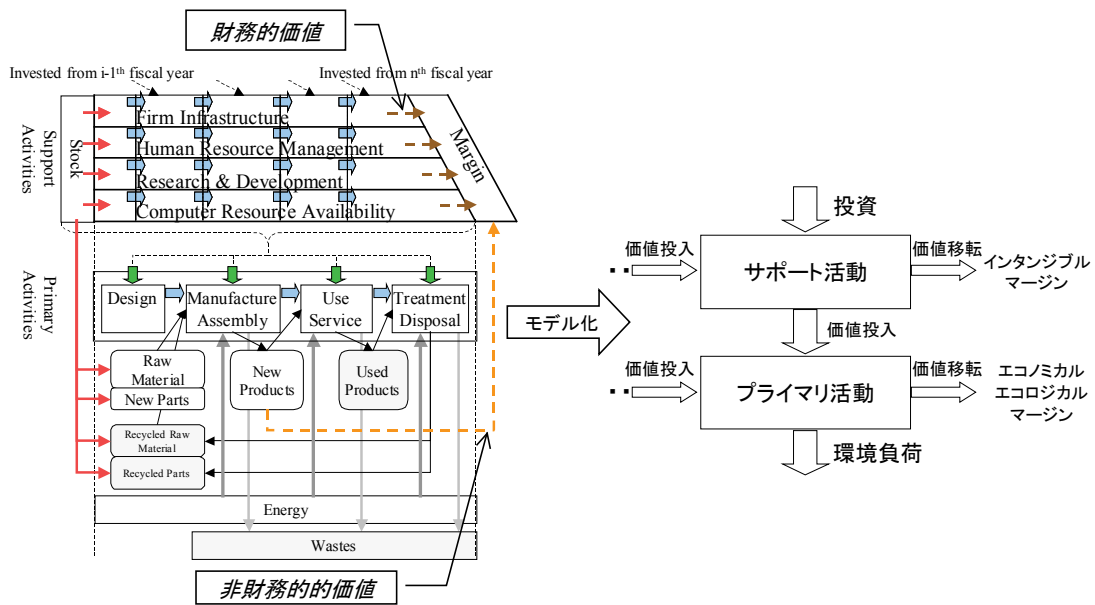


図4 サステナビリティを指向した価値創造モデル

4.2.2 経営資源配分問題とその解法

図2に示したように、サステナブル経営を施行するには経済的バリューチェーンに加え、サステナブルの視点からエコ・エンジニアリング&マネジメントを遂行する必要がある。図5に示すモデルでは、投資することで支援活動は当該分野において自らの活動を通して価値を付加すると共に主活動が付加価値を生み出すための資源を投入する。主活動は、前ステージから受け取った成果と支援活動から投入された経営資源を利用して付加価値を生み出すと共に環境に対して負荷も与えている。

このモデルを製品ライフサイクルの各フェーズに適用して多段階過程として表現すると、図5となる。ここでは、年度毎に行なわれる投資は、主活動の各ステージに対応する支援活動に対して分散投資 I が行なわれる。その結果、支援活動で創出された価値 V_i （人材：専門技師、技能者等、コスト：資源、エネルギー、人件費等、技術：設計技術、生産技術、環境保全技術、IT技術等、）が費やし、その結果として環境に負荷 E_i を与えている。従って、コストとエコロジカル・マージン創出に関わる環境負荷を表す指標はトレードオフの関係（例えば、コストをかければ環境負荷は下がる）にある。エコノミカル・マージンは、製品が持つ付加価値に対して顧客が払う対価と投下されたコストの差である。従って、コストが抑えられ、良好な環境対応が成されたからといって、製品に付加価値が無ければ購入はされず、企業として存続することは困難となる。したがって、製品ライフサイクルに沿って、コスト、付加価値並びに環境負荷の間で何らかの妥協を行わなければ、両マージンの最大化は望めない。

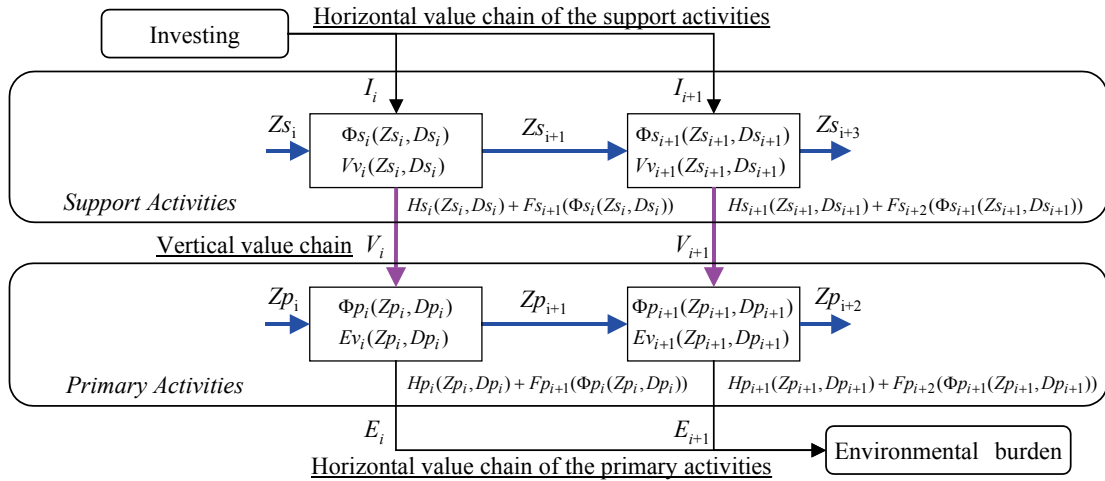


図5 各フェーズにおける資源配分モデル

投資額は予め定められたとして、図6に示した製品ライフサイクルに沿った資源配分モデルを定式化すると、多段階過程を伴う多目的意思決定問題となる。

妥協解：

$$Compromised\ Solution = P_{opt} \begin{bmatrix} Hs_i\{Z_{S_i}, D_{S_i}(I_i)\} + Fs_{i+1}(\Phi_{S_i}(Z_{S_i}, D_{S_i}(I_i))), \\ Hp_i\{Z_{P_i}, D_{P_i}(V_i)\} + Fp_{i+1}(\Phi_{P_i}(Z_{P_i}, D_{P_i}(V_i))), \\ E_i + Gp_{i+1}(Ev_i(Z_{P_i}, D_{P_i}(V_i))) \end{bmatrix} \quad (1)$$

制約条件式：

$$\sum_{phase} I_{phase} = I_{Max} \quad (2)$$

ここで Φ_{pi} は、フェーズ*i*における入力状態変数ベクトル Z_{pi} と設計変数ベクトル D_{pi} から出力状態変数ベクトルを定める伝達関数である。 H_{pi} はフェーズ*i*において状態変数ベクトルが持つ付加価値を与える関数である。また、 E_{vi} は環境負荷を定める関数である。なお、 F_{pi} と G_{pi} は、夫々フェーズ*i*における付加価値と環境負荷の最適値を示している。(支援活動では添字 p を s とする。)

この問題は、ダイナミックプログラミングの適用によってフェーズに沿って後段から前段に向けて予め指定した項目別の環境影響度とコストのデータを蓄積して行く方法で解くことが出来る。

総投資額 I_{Max} は経営戦略に従って与えられる。このため実際の解法は、以下の手順を採る。

- 1) 企業ポリシーを策定する。
- 2) 投資総額 I_{Max} を定める。
- 3) 式(1)を解くこと、妥協解として付加価値最大化と環境負荷最小化を図る。
- 4) 先に定めた企業ポリシーに合致する解か否かを判定する。合致していなければ、1)に戻りポリシーを再考する。

5 事業ライフサイクル持続化に関わるP2Mフレームワーク[16]

5.1 P2Mフレームワークの事業ライフサイクルへの適用

標準プロジェクトモデルに基づくP2Mフレームワークとして、プログラムは、スキーム、システム、サービスの3フェーズから構成され、各フェーズは、標準プロジェクトモデルによって、計画レベルと遂行レベルから構成される。マネジメントレベルは、コーポレート、プログラム、プロジェクトの3レベルから構成され、それぞれ上位の決定結果は、下位の決定に際して制約条件になる。ここで、P2Mフレームワークの事業ライフサイクル持続化への適用を試みる。

サステナビリティ志向の前提は、ミッション、ビジョン、戦略に反映される。この前提のもとで、財務的価値、非財務的価値の同時最大化を求めながら、事業ライフサイクルの持続化に向けた技経営面および技術面からの努力が必要である。

5.2 ミッションマネジメントの具体化

ミッションプロファイリングの結果、不確実性を考慮した複数個のシナリオ策定を行い、最適なしなりを設定することになるが、洞察力に基づくプロファイリングは、担当者個人またはグループの優れた特性を必要としており、一般的な方法が未開発である。伝統的なグループ討論を経て、望ましい結果を導くソフトシステムモデリング (SSM) のアプローチからシステム化へのSEステップへ変換するルートの確立が求められる。プロファイリングとソフトシステム思考について、高原ら[6]は以下と述べている。

「問題解決プロセスの、(1) 決定の必要性認識はソフトシステム方法論の1. 問題状況と同じで考察の出発点を与える。ソフトシステム方法論の2. 問題状況の記述、3. 根底定義の作成、4. 概念モデルの作成は、(2) 関連情報の収集を支援するの
に有効である。特に、根底定義や概念モデルの統一的形式に記述されることで、各人の見解の類似点・相違点がはっきり認識
される。(3) 代替案の探索、(4) 望ましい解の設計、(5) 代替案のスクリーニング、(6) 評価と選択、における各人の見
解の比較・摺り合わせによる一種の納得の生成には、ソフトシステム方法論の5. 現実との比較、6. 行為者との議論・論争
によるやり方が有効である。」

5.3 事業ライフサイクル持続化に向けたスキーム構築と生産ラインの構築・運用

ここで、ビジョナリー・カンパニー 2ー飛躍の法則[18]から引用する。

「永続する偉大な企業は、基本的な価値観と目的を維持しながら、事業戦略や事業慣行では世界の変化にたえず適応している。
これが「基本理念を維持し、進歩を促す」魔法の組み合わせである。」

このメッセージは、スキーム構築の方針として利用可能である。事業ライフサイクル持続化により、サステナブル企業として企業を存
続することを目標にして、企業の環境変化に絶えず適応できる事業展開を実現することを目的とする。

特定製品の生産システムについて焦点を当てると、次の事項が重要な課題となる。

生産システムの要件：

- ・ 不確実性への対処が効果的なP2M
- ・ 生産システムの効率化と柔軟性の同時達成
- ・ 生産段階での絶えざる改善を可能にする組織体制

具体的には、

- ・ プラットフォームの構築
生産ライン構築、改善、改革のベースとして、不変部分と可変部分の区分けに従って柔軟性のある効率的な生産ラインの計
画・構築・運用を行う。
- ・ 改善や改革
状況対応型で主として、現場を中心に経験的進化法(Heuristic Evolutionary Method)により生産システムを進化させる方式が採
用できる。
関係者がそれぞれの専門領域において、問題解決に当たる際、経験を通して得られる暗黙知を形式知化する努力を継続して
行う役割を明示し、知識ベースの構築に関与する仕組みづくりが効率的な方法になり得る。
- ・ 情報ネットワークを介した広域的相互協力体制の下でのサービス運用
ラインとスタッフの相互協力が可能な組織デザインを行い、迅速かつ的確な専門家集団の参加型意思決定構造を構築し実施
する。スタッフ部門からのプロジェクトへの参画は、必要時、事象駆動型で、関係者の参加要請がなされることを想定する。
これによって、リスク回避に繋がるマネジメントおよびロバスタな態勢づくりが可能になる。

5.4 事業ライフサイクル持続化の構造

ある期間の定常的事业の運用後、改善・改革による事業フェーズ*i* から *i+1* への移行を実施する。各フェーズへの移行と改善また
は改革は、事業ライフサイクル持続化に関わる移行状況を示した図6の通りになる。

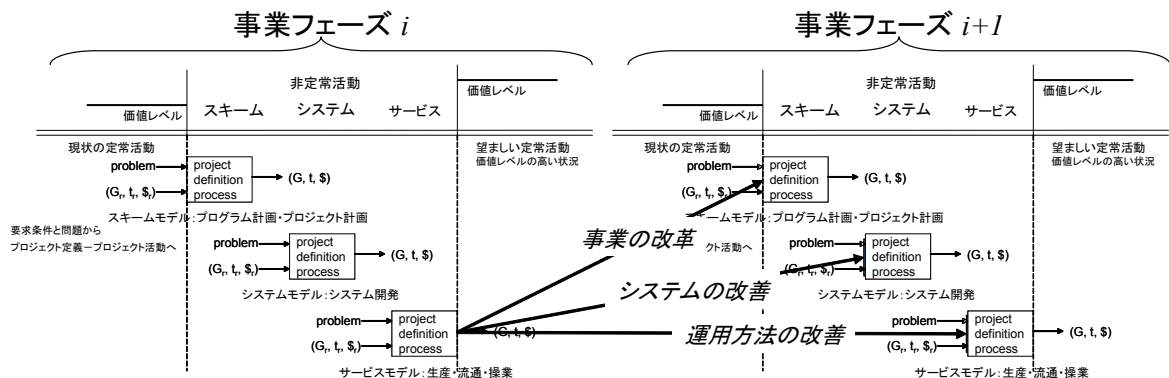


図6 事業ライフサイクル持続化の移行構造

- ・ サービスフェーズへの移行ー運用方法の改善
 - スキーム・システム・サービスの全フェーズにおけるタスク実施計画

- ▶ プロファイリングから問題解決プロセス、システム構築、サービスに至る 全タスクの実施計画
- ・ システムフェーズへの移行—システムの開発、改善
 - ▶ 問題解決プロセスに沿ったシステムの開発、改善案の策定、評価、実施
- ・ スキームフェーズへの移行—事業改革の目標設定・概念化
 - ▶ 事業運営管理上の改善案の策定、評価、実施

事業ライフサイクルの持続化には長期的サービスが可能なシステムの持続可能性が重要であり、スキームフェーズにおけるミッション、ビジョン、戦略により結果が左右される。持続化に耐えられるシステムの設計には、継続的に使用可能なプラットフォームの構築、変更可能性の考慮が必要である。

6 おわりに

これまで、プロジェクト継続期間は有期であるとして、計画、設計、調達、製造までと捉えることが多かった。しかし、事業継続ミッションを実現するには、計画から製造までのプロジェクトが終了した段階で、次の運用・廃棄段階のためのプロジェクト、更には製品寿命を見越した新製品開発プロジェクトを継続して充足させることを繰り返すなど、製品・サービスの持続的開発、改善が不可欠である。

製品の長寿命化によって当該事業のライフサイクルの長期化を図るには、下記に示す漸進的イノベーションを実施することが必要である：

- ・ 設計は改革、それを受けた現場は従来のラインを手直した方が新機種への立ち上げには、コストパフォーマンスが高い。
- ・ 立ち上げ以降は、製造現場が製品品質向上と生産プロセスの改革に向けて作業を継続する。
- ・ 現場の生産ラインは常に改革され、設計側の改善を受け入れる余地がある。
- ・ 設計は製品プラットフォームがしっかり固まっているため改善を受け入れる余地がある。

本報告では、上記を踏まえ、“事業継続のためのプロジェクト”をサステナビリティ志向のプロジェクトマネジメントと捉え、“事業のライフサイクルと同じ期間継続し、その間事業ライフサイクルのフェーズが終了すると次のフェーズのプロジェクトに移行し、経営資源の一部をそのまま引継いで事業ミッションの継続性を担保する”というプロジェクト運営の新たな展開の必要性について述べた。KPMのフレームワーク4) との関連では、事業ライフサイクルの持続化に対して、プラットフォームを構成する要素、役割の一部を限定的に活用したことに相当するものと見做すことができよう。

謝辞

本研究の一部は、青山学院大学総合研究所eラーニング人材育成研究センター「TF21事業創造戦略」研究部会並びに日本学術振興会科学研究費補助（基盤研究B）課題番号17310100「統合化製品ライフサイクルマネジメントによる事業創造プロセスのモデル化と管理方法」、（基盤研究B）課題番号21310094「製品戦略および製品開発と工場システムの統合化プロセスのリファレンスモデル開発」並びに（基盤研究C）課題番号21510144「事業継続のためのミッションマネジメントに関する研究」の一環として進められたことに謝意を表す。

注

1 環境効率性の不可欠な要素は使用資源の削減、環境負荷の削減、付加価値の増大であり、これらの3要素の間に、環境効率性（資源生産性）＝付加価値 / 資源投入量、環境効率性＝付加価値 / 環境負荷発生量 の2つの関係が成り立つ。わが国では当初、資源生産性を利用していましたが、環境庁（当時）の「環境会計ガイドライン」に 付加価値 / 環境負荷発生量または環境負荷削減量 / 環境コスト を環境効率性指標としたため、現在では多くの企業がこの指標を利用しており、これを補完する指標として資源生産性指標その他が利用されている。（参考資料：貫 ほか編著「環境問題と経営学」p.116-122 中央経済社(2003)）

参考文献

- [1] 伊丹敬之, 加護野忠男. ゼミナール経営学第3 版, 日本経済新聞社, 2003.
- [2] P.F. ドラッカー (上田訳). 現代の経営(上), ダイヤモンド社, 1996.
- [3] 亀川雅人, 松村洋平. 入門経営戦略, 新世社, 1999.
- [4] 梅田富雄. 経営における最適化, 化学工学, Vol. 69, No. 9, pp. 505-509, 2005.
- [5] M.E. ポーター(土岐他訳). 競争優位の戦略, ダイヤモンド社, 1985.
- [6] 越島一郎, 進藤 昭夫, 梅田富雄. サステナブル経営のためのプロジェクトマネジメント (統合化PLM指向の事業創造プロセス研究: TF21事業創造戦略プロフェッショナル研究部会), 青山学院大学総合研究所eラーニング人材育成研究センター(eLPCO) 研究叢書 1(1), pp.33-43, 2006.
- [7] 天野明弘ら(編著). 環境経営のイノベーション, 第5,6章, 生産性出版, 2006.
- [8] Koshijima I., K. Niida, T. Umeda. Autonomous Decentralized Systems for Future Processing / Manufacturing, AIChE Symposium Series 192 [312], pp.85-94, 1996.
- [9] 小林秀樹. 製品ライフサイクルプランニング, コロナ社, 2003.
- [10] 日本地域社会研究所編. サステナブル経営, コミュニティ・ボックス, pp.123-140, 2004.
- [11] 山本良一監修. エコマテリアル・ガイド, 第2 章, 日科技連, 2002.

- [12] UNEP 編集(永田翻訳監修). エコデザイン, EMSI 発行, 2001.
- [13] F. シュミット=ブレーク (佐々木訳) . ファクター10, シュプリンガーフェアラーク, 1997.
- [14] Koshijima I., A. Shindo, T. Umeda. Conceptual Framework for a Value-Based Corporate Management in the Sustainable Development Society, International Engineering Management Conference 2004, Singapore, pp.104-106, 2004.
- [15] Koshijima I., A. Shindo, Y. Hashimoto, T. Umeda. Restructuring Methodology in Process Engineering for Sustainable Development, 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering and 9th International Symposium on Process Systems Engineering, Elsevier, pp.2009-2016, 2006
- [16] 西田絢子, 越島一郎, 梅田富雄. サステナブルP2Mへの展開—持続的改善・改革活動による事業ライフサイクル持続化—, 国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌, Vol.5, No.1, pp.77-88, 2010.
- [17] 高原康彦, 中野 文平 (編). 経営システム, 日刊工業新聞社, pp.207-208, 1991.
- [18] ジェームズ・C. コリンズ (山岡 洋一 訳). ビジヨナリー・カンパニー2 - 飛躍の法則, 日経BP社, 2001

