

# CE 付加価値の生産性

日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボ(2026年3月)

## 1. 緒言

循環経済(CE)への移行は、資源の循環的な利用を通じて持続可能な経済成長を実現することをめざす政府や産業にとって喫緊の課題である。円滑な移行を促進するには、企業や組織のCE活動に関するパフォーマンスを効果的に反映し、その進捗を明確に示すとともに改善領域を特定する指標が必要である。循環性に関する指標は、環境、社会、経済の側面を個別に捉えるものが多いが、持続可能な社会の実現に向けては、環境と経済の双方を適切に評価する視点が求められる。近年は、こうした背景から両者を同時に評価する統合指標が注目されている。しかし既存の統合指標の多くは、CO<sub>2</sub>排出量や資源投入量といった環境負荷に対する経済的価値効率の測定に重点が置かれており、事業としての収益性やコスト構造といった産業界が重視する経済合理性を十分に反映していない。企業が収益性を確保できなければCE型ビジネスの継続は困難となり、結果としてCEへの移行そのものが停滞するおそれがある。また、CE型ビジネスでは、価値創出が単独の企業では完結せず、製品・部材・サービスの提供を通じて複数企業が連携するバリューネットワーク(VN)が形成されることが一般的である。そのため、CE型ビジネスの持続可能性を評価する際には、個社の経済性だけでなく、ネットワーク全体における経済性を把握する視点が必要である。

こうした背景から、日立-産総研サーキュラーエコノミー連携研究ラボでは、標準的な財務データを用いてCE活動の経済効率を評価する指標「CE付加価値の生産性(Circular Value added Productivity, CVP)」を提案し、その有効性および適用性を検討している[1-2]。本書は、これまで検討してきたCVPの概要を示すとともに、既存研究で示してきた考え方にに基づき、個社における計算方法を例示した上で、CVPをVNへ適用する場合の検討内容について示すものである。

## 2. CE付加価値の生産性(CVP)

### 2.1 定義

本節では、CVPの定義について説明する。CVPは一般的な生産性の定義をCE型ビジネスに適用した指標であり、その定義式を以下に示す[1-2]。

$$CVP = \frac{Y_{CE}}{E_{CE}} \quad (1)$$

ここで、 $Y_{CE}$  は CE 活動の付加価値を、 $E_{CE}$  は CE 活動にかかる支出を示している。この式は、一般的な財務データを用いて次のように表される。

$$CVP = \frac{S_{CE} - I_{CE}}{C_{CE} + G_{CE}} \quad (2)$$

ここで、 $S_{CE}$  は CE 活動の売上高、 $I_{CE}$  は CE 活動の中間財費用、 $C_{CE}$  は CE 活動の売上原価、 $G_{CE}$  は CE 活動の販売費及び一般管理費を示している。付加価値の定義や算定方法には複数の考え方があがるが、本書では、一般的な減算法に基づき、標準的な財務データを用いて整理した。なお、これらの財務項目は、評価対象とする CE 活動の範囲(バウンダリー)をどのように設定するかによって定まる。CVP は、事業所レベル、事業部レベル、企業レベルなど、単一主体を対象とした評価に柔軟に適用可能である。さらに、CE 型ビジネスに特徴的な、複数企業が連携して価値を創出する VN や、特定地域内で形成される循環システムを評価対象とすることも想定される。

CVP は、生産性を「付加価値と投入資源(支出)の比」で評価する一般的かつ広く受容されている生産効率の概念に基づいている。このため、企業にとって理解しやすく、一般の財務分析プロセスとも親和性が高い。分子として用いる付加価値は GDP の構成要素でもあり、CVP は企業レベルの活動を国家・地域レベルの経済成長と概念的に関連づけて評価できる指標でもある。こうした特徴により、CVP はシンプルでありながら CE 活動の経済的価値創出を的確に捉えることができる。また、CVP は、付加価値と支出の関係を財務データに基づいて把握できるため、CE 移行に伴う追加コストが妥当かどうか、また経済性を損なわずに CE 型ビジネスを進められるかを検討する際に有効である。このため、企業内での現状分析、改善施策の効果検証、年度比較など、多様な場面での活用が可能である。

## 2.2 個社における式の計算方法

本節では、2.1 節で提案した CVP の具体的な計算方法を示すため、再資源化(リサイクル)を含む CE 事業を行う廃棄物処理業の企業を例に、CVP の試算を行う。

試算にあたり、まず式(2)を一般的な財務データを用いて具体化する。式(2)に含まれる売上高  $S_{CE}$ 、売上原価  $C_{CE}$ 、販売費及び一般管理費(販管費)  $G_{CE}$  は、いずれも一般的な財務データとして取得可能な項目である。一方で、中間財費用  $I_{CE}$  は財務諸表上で個別に把握されていない場合がある。このため財務データに基づき中間財費用を具体化すると、中間財費用は生産物の生産に際して投入される財を指し、材料費、部品費、消耗品費、外注費、エネルギー費、物流費、外部サービス費等から構成される。

本試算に用いた廃棄物処理業の財務データのうち、CE 事業に関わるデータを Table 1 に示す。値はすべてダミーデータを用いた。本検討においては、計算の簡略化のため、中小企業庁の行う中小企業実態基本調査の用語の定義における売上原価、販管費の定義と解像度

を合わせ、中間財費用として商品仕入原価・材料費、外注費、荷造運賃を Table 1 に示した [3]。なお、前述したように実際には中間財費用にはエネルギー費なども含むが、ここでは省いた。式(2)に基づき CVP を計算すると以下になる。

$$CVP = \frac{5 - (1.5 + 0.5 + 0.1)}{(1.5 + 0.5 + 0.1 + 0.5 + 0.25) + (1 + 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.05 + 0.25 + 0.05)} \approx 0.64$$

このように、CVP は一般的な財務データ項目を用い、CE 事業に該当する範囲を切り出すことで算定可能である。

先行研究により、CVP のいくつかの重要な側面が明らかになっている[2]。例えば、リマニュファクチャリングのユースケースでは、CVP は営業利益と正の相関関係を示したが、持続可能な開発のための世界経済人会議(WBCSD)が開発した経済的側面を含む循環性指標 Circular material productivity (CMP)[4] は横ばいのままで、CVP が経済的成果に特に重点を置いていることを示している。これらの結果は、CVP を既存の CE 指標に加えることで、CE 型ビジネスへの移行に向けた戦略を、よりバランスの取れた形で評価できることを示している。さらに、CVP を他の CE 指標と組み合わせることは、包括的評価を可能にし、グリーンウォッシング(Greenwashing : GW)の防止にも資する。また CVP による評価は、業界ごとの財務構造やコスト構成の違いが CVP の算出結果に影響し得る点を認識することが重要である。このためセクター横断的な CVP 比較を公平かつ有意義に行うには正規化が必要であることが明らかにされている。

**Table 1 試算に用いた財務データ (単位 : MS)**

売上高		5
売上原価	商品仕入原価・材料費	1.5
	労務費	0.5
	動産・不動産賃借料	0.1
	外注費	0.5
	減価償却費	0.25
販売費及び一般管理費	人件費	1
	動産・不動産賃借料	0.1
	荷造運賃費	0.1
	広告宣伝費	0.1
	交際費	0.05
	減価償却費	0.25
	租税公課	0.05

### 3. バリューネットワーク(VN)への適用

#### 3.1 VN の多様性と計算方法

緒言で述べたように、CE 型ビジネスでは複数企業が連携して価値を創出する VN が形成されるケースが多い。CVP は付加価値と支出という共通の財務概念に基づいて算出されるため、個社の評価だけでなく、VN にも使用できることが期待される。そこで本節では、VN の形態を分析し、その結果として明らかになった計算方法について述べる。

##### 3.1.1 VN の多様性

VN には ISO 59010 や ISO/TR 59032 にみられるように様々な形態がある[5-6]。VN の複数の形態の内、数例を Fig. 1 に示す。破線で囲まれた領域が VN のバウンダリーであり、A、B、C は VN に参画する企業、矢印は VN 内で流通するリソースを表している。ここで、Fig. 1 (c)および(d)において、矢印の色が異なるのは、リソースの形態が変化した事を示しており、例えば可燃性の残渣がエネルギーに変わる場合などを意味する。リソースには製品や部品や原料のみならず、エネルギーや情報など様々な形態がありうる。

Fig. 1 (a)の Type 1 は、リソースの形態が変化しない VN である。これは例えば鉄スクラップを回収(企業 A)し、選別(企業 B)し、精錬(企業 C)する例が挙げられる。Fig. 1 (b)の Type 2 は、着目するリソースがバウンダリー内で閉じている例である。ISO 59010 でもリソースの一部がバウンダリー内で閉じている事例が紹介されている。Fig. 1 (c)の Type 3 は、VN 内でリソースが途中で変化する場合の例である。企業 A の段階で 2 種類のリソースに分かれ、更に企業 C でそれが他のリソースに変換され企業 B に渡される。例えば企業 C で可燃性の残渣がエネルギーに変換され、企業 B はそのエネルギーを利用して、企業 A から来たリソースを他の有益なリソースに変換する事例が挙げられる。Fig. 1 (d)の Type 4 は、着目するリソースが企業 C において VN の外部からのリソースと合わさって別のリソースに変換される例である。Fig. 1 (e)の Type 5 は、企業 A と B で CE 用プラットフォーム P を運営し、そこに C1~Cx まで不特定多数の会員が集まり、プラットフォーム P を利用する形態を示している。この場合 C1~Cx とプラットフォーム P の間には情報と金銭の取引だけがあり、物品

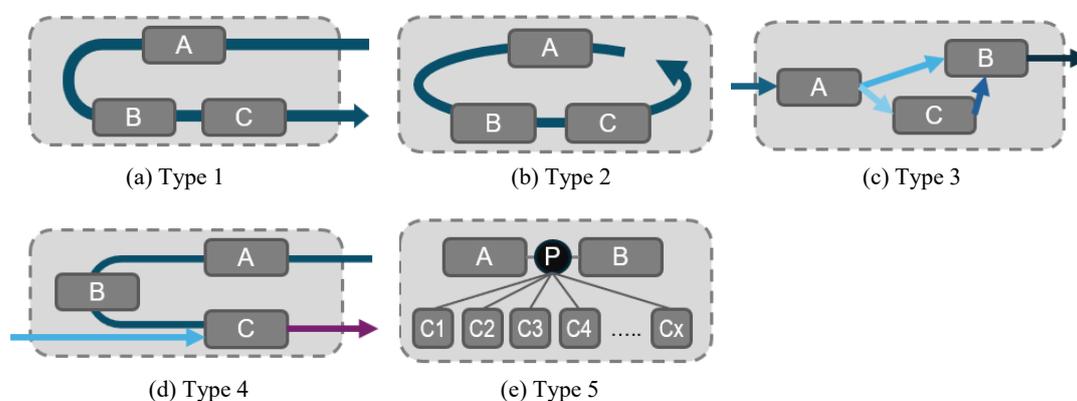


Fig. 1 VN の形態例を示す概念図

は各  $C_i$  の間を直接流通する場合もある。

以上で示した通り、VN には様々な形態がある。また、Fig. 1 で示した形態は VN の一部を取り出した例であり、実際は Type 1 から 5 の内のいくつかは、より複雑に組み合わせられている場合も考えられる。

### 3.1.2 VN における CVP の計算方法

個社において CVP を算定する場合には、企業そのもの、あるいは当該企業が実施している特定の事業を評価範囲とすることで、付加価値と支出を一貫した形で整理することができる。一方、VN では複数の企業が連携して価値を創出するため、特定の企業や事業を評価範囲とした場合、VN 全体としてどのような価値が創出されたのかを適切に捉えることが困難となる。そのため、VN が生み出す付加価値を考える上で重要なのは、複数の企業にまたがって共通に価値が創出される対象、すなわち価値創出の対象となるリソースに着目することであり、この考えに基づいて CVP を算定する方針とした。VN の CVP 計算方法として以下に示す 3 つの案を検討した。

**計算方法-1：** VN に参画する各企業が、VN の対象としているリソースに関連する CVP を個別に計算。これは個別企業の CVP と同じ方法であり、VN で一つの CVP を求めたい場合は各企業の CVP 値の平均、もしくは加重平均を求める。

**計算方法-2：** VN を一つの企業とみなし、その CVP を計算。

**計算方法-3：** 各々の企業の付加価値とそれに要したコストを集計し、総付加価値を総コストで割って CVP を計算。

計算方法-1 は、あくまで各企業の CVP であって、VN 全体の CVP を表現していないという課題がある。計算方法-2 は、先に挙げた Fig. 1 (b) のようにバウンダリー内部で循環するリソースを取り扱うことができなくなってしまい、VN 内部での循環構造を適切に評価できない。そこで本書では、VN を一つの生産システムとして捉える観点から、付加価値と支出をネットワーク全体で集計する計算方法-3 を採用した。ただし、CVP を VN へ適用するにあたっては、式(2)に対して新たな解釈を加える必要がある。具体的には、計算方法-3 は VN を構成する各企業、団体が、当該 VN に関わる CE 活動に対する  $Y_{CE}$ 、 $E_{CE}$  を計算し合計する。その際、VN 内での支出の二重計上を防ぐため、材料、製品、サービス、情報など、VN 内で交換されるリソースの購入コスト  $C_D$  は、分母における売上原価から除外する必要がある。CVP を VN に適用する場合の式を以下に示す。

$$CVP_{VN} = \frac{\sum(S_{CEi} - I_{CEi})}{\sum(C_{CEi} + G_{CEi}) - \sum C_D} \quad (3)$$

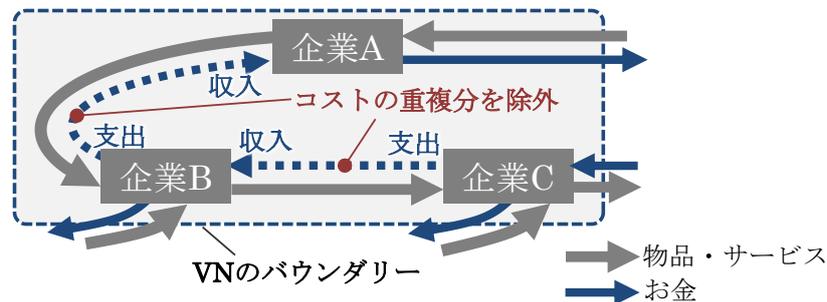


Fig. 2 VN 内におけるリソースおよび金銭の流れの概念図

VN 内で交換されるリソースの購入コスト  $C_D$  を分母から除外する理由を説明する。Type 1 を例に VN 内におけるリソースおよび金銭の流れの概念図を Fig. 2 に示す。VN 内で物品やサービスが企業間を移動する場合、ある企業にとっての収入は、他の企業にとっては支出として計上される。このため、各企業の支出をそのまま合算して VN 全体の支出とすると、VN 内部で交換されたリソースに関するコストが重複して加算されることになる。例えば、Fig. 2 に示したように、企業 A から企業 B、さらに企業 C へとリソースが受け渡される場合、企業 B の支出には企業 A のコストが含まれ、企業 C の支出には企業 B を通じたコストが含まれる。各企業の支出を単純に合算すると、同一のリソースに起因するコストが VN 全体では複数回計上されることになり、VN を一つの生産システムとして評価する上で適切ではない。以上を踏まえて、本報では、VN 内部で交換された物品・サービスに関する購入コストについては、VN 全体の支出を算定する際に分母から除外する方針とした。これにより、VN を構成する企業が共同で投入した実質的な支出と、それに対応して創出された付加価値の関係を、重複のない形で評価することが可能となる。これは、連結決算を作成する際に、内部取引を消去することと同じ考え方に基づく [7]。

なお、この考え方に従うと、Fig. 2 の企業 A が購入するリソースは外部取引であり、原則的には分母のコストに含めることができる。一方で、これを含めた場合、VN 内の各企業のコストと付加価値の配分を評価する際に、企業 A のコストのみが相対的に大きく見える可能性がある。次節(3.2 節)に示す計算事例では、こうした配分評価上の影響を考慮し、当該コストを除外して試算したが、この点は今後、実データを用いて検討していく予定である。

### 3.2 VN における式の適用事例

3.1 節で提案した VN における CVP の具体的な算出例を示すことを目的に、本節では、3.1 節で提案した式を用いて、架空のリサイクル事業を例に VN における CVP を試算した。試算に用いたリサイクル事業の VN の例を Fig. 3 に示す。この事例の VN は、特定の材料に限定した回収システムを運営しており、相互依存関係にある以下 3 つの企業から構成されている。

- ・回収企業 : 廃製品を回収し、その中から特定の品質の材料のみ抜き出してリサイクル企業へ販売。
- ・リサイクル企業 : 回収企業から購入した材料を適切なサイズに破碎し、更に不純物を除去する選別を実施後に素材製造企業へ素材原料を販売。
- ・素材製造企業 : リサイクル企業から購入した素材を精製・加工して高品質なリサイクル素材を顧客企業へ販売。

各社の財務データをTable 2に示す。なお、値はすべてダミーデータを用いた。VNの計算は、式(3)に基づき以下のStep1から3の手順で計算した。

- Step 1 – VN の CVP における分子である付加価値を計算する。付加価値は、Table 2 における CE 売上高から CE 外部支払いを引いた合計である。

$$Y_{CE(VN)} = \sum S_{CE} - \sum I_{CE} = 14.0 - 8.4 = 5.6 \text{ M\$}$$

- Step 2 – VN の CVP における分母を計算する。分母は、Table 2 における CE 総コストから VN 内部でのリソース購入費用を引いた合計である。

$$E_{CE(VN)} = \sum (E_{CE} - C_D) = 0.7 + 1.2 + 2.5 = 4.4 \text{ M\$}$$

- Step 3 – VN レベルの CVP、 $CVP_{VN}$  を計算する。

$$CVP_{VN} = \frac{5.6}{4.4} = 1.27$$

なお、二重計上を無視して計算すると分母が11.4M\$になるので、 $CVP_{VN}$ は 0.49と小さくなる。また、各企業の単独のCVPを計算するとそれぞれ0.47、0.5、0.49と同程度になっており、この事例では比較的均等にVNのメリットが分配されていることが確認できる。

以上の結果、VNを対象とした場合、内部コストを重複させたままとなり、CVPを過小評価してしまうため、除外が必要であること、また、ダミーデータを用いた試算ではあるが、3.1節で示した手法により、このケースのVNの計算は可能であり、CVPがVNにも適用可能であることがわかった。

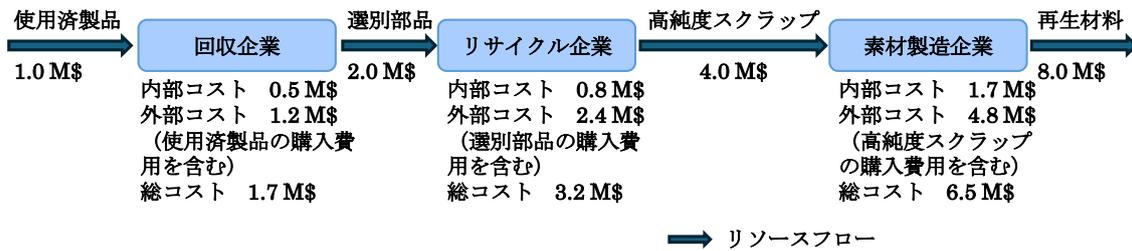


Fig. 3 試算に用いたリサイクル事業のVNの例

Table 2 試算に用いた各社の財務データ (単位：M\$)

役割	CE 売上高 $S_{CE}$	CE 外部支払い $I_{CE}$	CE 総コスト $E_{CE}$	VN 内部での リソース購入費用 $C_D$
回収	2.0	1.2	1.7	1.0
リサイクル	4.0	2.4	3.2	2.0
素材製造	8.0	4.8	6.5	4.0
合計	14.0	8.4	11.4	7.0

### 3.3 CVP のVNにおける利用

企業におけるCVP利用の意義と同様に、VNにおいても、どのようなCE施策が有効であるかを判断する際やCEへ移行する際の投資の判断にCVPは利用可能である。ここではVNならではの利用方法として、VNの経済的な成立性を評価する上でCVPが有効であることを説明する。例えばVNのCVPの値が低い状態が継続する場合には、このVNは経済合理性が低い可能性が示唆され、長期の存続に懸念がある可能性が予測される。また、VNのCVPが十分に高い場合であっても、参画企業間で付加価値やコストの分布に大きな偏りが生じることがある。これが直ちにVNの構造的な問題を意味するわけではないが、VNの設計や持続性を検討する上では、その要因を把握しておくことが重要である。

なお、VNのCVP計算には参画企業ごとに付加価値とコストを出す必要があるが、必ずしも参画企業全体に公開する必要性はない。公平性を担保できる第三者機関等により、個別企業からデータを収集してCVPを計算する方法により、参画企業全体に公開することなく評価できる。このような取組みにより、VN内での大きなメリット・デメリットの偏りを防止することが期待される。なお、第三者機関はVN外部に存在する場合も、VN内部に存在してVN形成の一部になる場合も考えられる。

## 4. 今後の課題

以上のように、CVP は個社および VN の双方に適用可能であることを確認した。一方で、実務への適用を想定すると、いくつかの課題がある。本章では、これらの今後検討すべき課題について述べる。

### 4.1 個社への適用における課題

本節では、先行研究で示された CVP の特性や限界を踏まえ、実務において CVP を適用・運用する際に生じうる課題を整理する。

#### 4.1.1 CE 活動の定義

式(1)で示したように、CVP は CE 活動に関連する付加価値と支出のみを評価対象とする指標である。そのため、どの事業・活動を CE 活動として切り出すかが、算定結果に大きな影響を及ぼす。特に複数事業を有する企業においては、CE 活動の範囲設定が恣意的になりやすく、結果として CVP の比較可能性や説明可能性が損なわれるおそれがある。CVP の適切な適用には、評価対象とする CE 活動の定義を事前に明確化し、継続的に同一の基準で運用することが重要である。

#### 4.1.2 グリーンウォッシング

経済性に着目した指標であるため、CVP は資源循環率や環境負荷削減量そのものを直接評価するものではない。このため、CVP の値のみをもって CE の進捗や妥当性を評価した場合、循環性の実態を十分に反映できない可能性がある。

先行研究では、CVP は既存の CE 指標(例：CMP)と補完的な関係にあり、単独で用いるのではなく、複数指標を組み合わせる必要があることが示されている[2]。実務においても、CVP を用いる際には、他の環境指標と併用し、評価結果の解釈に十分留意する必要がある。

#### 4.1.3 業種ごとの財務構造の差

業種や事業構造によって財務構造は大きく異なるため、CVP の絶対値を企業間で単純に比較することには注意が必要である。先行研究において、非 CE 事業を含む通常の業種別財務データを用いて、財務構造の違いが CVP に与える影響を確認したところ、業種ごとに CVP の水準に大きな差が生じることが確認された[2]。このため、個社レベルで CVP を用いる場合には、業界平均や自社の過去の実績との比較、あるいは正規化指標としての利用が有効である。特に、異業種間の比較を行う場合には、CVP の数値水準ではなく、相対的位置づけや時系列変化に着目することが望ましい。

## 4.2 VN への適用における課題

### 4.2.1 リソースの変化

着目するリソースが VN 内の循環の過程で変化する場合(例えば、Fig. 1 (c)および(d))、その変化が VN 内部で完結している限り、大きな課題は生じない。一方で、VN の途中段階において、外部から新たなリソースや部品が投入され、評価対象としているリソースの性質が大きく変容する場合には注意が必要である。特に、外部から投入されるリソースのコストや価値が、従来の VN 内で扱われてきたリソースよりも支配的となる場合、VN 全体の CVP は当該企業の CVP に近い値となり、VN 全体としての付加価値創出の構造を評価したことになる。このような場合、VN を一つの生産システムとして評価するという本指標の趣旨が損なわれる可能性がある。

リソースが大きく変容する場合の対処方法としては、(i) CVP 計算上のバウンダリーを調整し、当該変換プロセスを評価対象から除外する方法、(ii) 評価対象とするリソースの状態を明確に定義した上で、その状態に基づく付加価値およびコストを推定して CVP を算定する方法が考えられる。本課題については、今後の VN 事例の蓄積を踏まえて、適切な取扱い方針を検討していく必要がある。

### 4.2.2 不特定多数の参加

プラットフォーム型の VN では、Fig. 1 (e)に示したように参加主体が限定された企業群にとどまらず、不特定多数の企業や個人が関与する形態も想定される。このような場合、すべての参加者についてコストや付加価値を把握し、集計することは事実上困難である。この点については、CVP 算定における評価バウンダリーを VN の概念的なバウンダリーよりも限定し、不特定多数の参加者を計算対象から除外することで、本課題は実務上対応可能であると考えている。ただし、VN の CVP 値を対外的に公表する場合には、評価対象としたバウンダリーの範囲や計算方法について正確に開示することが必要である。

## 5. 謝辞

国内外の有識者の皆様には、当ラボ主催のクローズドワークショップおよびオープンフォーラム、ならびに個別インタビューを通じて、多くの示唆に富むご助言をいただきました。CE 付加価値の生産性に関する検討に際し、貴重なご意見を賜った皆様に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Hitachi-AIST Circular Economy Cooperative Research Laboratory (H-AIST CE Lab.): Driving Circularity Transitions: The Circular Value-Added Productivity Indicator (CVP) by H-AIST CE Lab. (2025-06)  
<https://unit.aist.go.jp/hitachi-cecr1/news/2025/pdf/250619.pdf>
- [2] Murasato Y, Hoshino O, Den T, Nakabayashi A.: Circular Value-added Productivity: Evaluating Cost Efficiency for Circular Economy Transition. In: Proc EcoDesign 2025 Int Symp; (2025-11)
- [3] 中小企業庁：令和5年中小企業実態基本調査  
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00553010&tstat=000001019842&cycle=7&tclass1=000001220040&tclass2=000001220041&tclass3val=0&metadata=1&data=1>
- [4] World Business Council for Sustainable Development (2023), Circular Transition Indicators v4.0: Metrics for business, by business. WBCSD, Geneva
- [5] International Organization for Standardization (2024), ISO 59010:2024: Circular economy — Guidance on the transition of business models and value networks. ISO, Geneva  
<https://www.iso.org/standard/80649.html>
- [6] International Organization for Standardization (2024), ISO/TR 59032:2024: Circular economy — Review of existing value networks. ISO, Geneva  
<https://www.iso.org/standard/83044.html>
- [7] EY Japan, わかりやすい解説シリーズ「連結」第3回：グループ間取引／債権債務の消去。EY Japan  
[https://www.ey.com/ja\\_jp/technical/corporate-accounting/commentary/consolidated/commentary-consolidated-2012-06-21-01](https://www.ey.com/ja_jp/technical/corporate-accounting/commentary/consolidated/commentary-consolidated-2012-06-21-01)



H-AIST CE Lab.

H-AIST CE Lab.

<https://unit.aist.go.jp/hitachi-cecr1/en/index.html>