

JABEE-日工教共催「国際的に通用する技術者教育ワークショップシリーズ 第21回」

「サーキュラーエコノミー」を生き抜く技術者が身につけるべきこと 「ライフサイクル設計の全体像の解説とその教育プログラム」

世界の経済システムは、環境と経済を両立できる「サーキュラーエコノミー」への急速な転換が迫られています。この世界では、「ライフサイクル設計」の修得・活用が技術者・企業に必須の素養となります。

1. 開催の趣旨：

講習会開催の背景・動機

私たちの世界は、大量の生産・消費・廃棄の一方経済（リニアエコノミー）から、地球環境の限界を意識した循環経済（サーキュラーエコノミー：CE）への急速な転換が迫られています。

ただ、環境・資源の持続性維持にはコストがかかるので、経済の持続性も同時に維持するためには、CEへの転換の際に製品のライフサイクルの輪（バリューチェーン）の中のどこで利益を得るのか、を新たに考える必要があります。世界中の地域、国、企業は今、このような持続可能な地球環境と国際競争力強化の両立を目指すCEへの急速な転換を目指し、互いにしのぎを削っています。

我が国の「失われた30年」と言われる長期低迷は、このような世界的な経済システムの変革への認識と、それに適合する組織・制度の見直しの不足により、高度な技術開発力を持ちながらビジネスでは負けてしまう、ということを繰り返してきたことにその一端があると言われています。

松江英夫「価値循環が日本を動かす」p41. <https://www.mof.go.jp/pri/research/seminar/fy2023/lm20230518.pdf>

講習会の目標とご参加のお願い

今回の講習会ではこのような背景をふまえて、下記のような、大学・高専卒の技術者に求められる**3つの知識と具体的手法・手順の提供**を目標としてかかげています。

① 事業部門での、循環型製品の「ライフサイクル設計」の具体的手法

CEに適合した、環境と経済を両立できる製品とそのライフサイクルの設計を、同時並行的にまとめるための具体的な方法論である「ライフサイクル設計」の知識と具体的手法。

② 経営企画部門での「SDGsと統合された企業の経営・技術戦略」の策定手順

このようにして企業の開発現場で「ライフサイクル設計」により策定された、循環型製品とそのライフサイクルから構成されるCE適合の環境と経済を両立できる持続可能な事業は、企業全体の経営企画部門で長期ビジョンや経営・技術戦略としてまとめられ、企業のSDGsへの貢献の数値目標として、その実績とともに外部に発信されるが、そのための知識と具体的手順。

③ カーボンニュートラル(CN)社会を目指す、エネルギーソース(電力、燃料、熱)のあるべき姿

上記①②により製品/部品/素材を循環使用するCEが実現されると、資源/エネルギーの利用量削減や、炭素排出量/最終処分量などの削減が可能となるが、エネルギーソースの供給側でも、社会・地球全体としてのCNの目標達成のための努力が求められており、そのCN社会実現のために、大学・高専卒の技術者に求められる知識と具体的手法。

本講習会では、参加者に上記講義で使用するスライドや図表、およびその解説をまとめた資料を事前に配布するとともに、本講習会の最後には、大学・高専等において上記内容の教育を提供する教育プログラムの枠組み（シラバス例）も提供いたします。

（ご参考のため、参加者に配布予定の教材・スライドの抜粋を別紙2として添付いたします。）

技術者・企業がこれからの世界で生き抜くために新たに必要となったこのような内容の教育に、責任・関心を持っておられる大学管理者・教職員・学生、企業の技術者教育管理者、およびこの方面の教育の実施を考慮しておられる教員・講師の方々の多数のご参加をお待ちいたしております。

講習会の内容概要

1. 開催日時： 2025年3月29日（土） 10：30 ～17：15
2. 会場： ハイブリッド開催（会場およびオンライン）
会場：東京電機大学 東京千住キャンパス5号館2階5203セミナー室
（〒120-8551 東京都足立区千住旭町5番）
URL： https://www.dendai.ac.jp/access/tokyo_senju.html
3. プログラム、本講習会の学修教育目標： 別紙 1
4. 教材見本： 別紙 2-1、2-2
5. 主催： 一般社団法人日本技術者教育認定機構(JABEE)、公益社団法人日本工学教育協会(共催)
6. 後援： 文部科学省、経済産業省（予定）、東京電機大学教育改善推進室
7. 募集人員： 会場40名（先着順受付）+オンライン（100名）
8. 申込方法： 下記サイトより申込ください。参加受付後に事務局より参加詳細をお送りします。
URL： <https://forms.gle/dkaWCmYtGmjKvemK7>
9. 申込期限： 2025年3月25日（火） 正午 2025年3月25日（火） 正午（期限厳守）
10. 参加費： 一般 15,000円（税込み） 学生 2,000円（税込み） 資料は参加申込後ダウンロードして入手できます
ただし、下記のいずれかに該当する一般の方は12,500円 とします。
 - ・ JABEE 認定継続中のプログラムからの出席者またはJABEE 正会員である学協会(注)の個人正会員（注） <http://www.jabee.org/outline/member/> の社員名簿にある学協会
 - ・ 日工教の個人正会員または日工教認定の教育士（工学・技術）資格保有者
11. 支払方法： 事前振込のみ（申込期限までに振り込みをお願いします。）
※振込明細書を支払証書として使用下さい。（振込手数料は各自のご負担でお願いします。）
【振込先】みずほ銀行 芝支店 普通預金口座
口座番号：3667607
口座名義：一般社団法人日本技術者教育認定機構 シヤニホンギジュツシヤキョウイクニテイコ
12. 継続教育ポイント対象講座：教育士（工学・技術）の方には出席1ポイント/h+参加5ポイント（全日出席の場合、合計10ポイント）が付与されます。
13. 連絡先： -
JABEE 事務局（担当 谷戸（やと）、遠藤 koho@jabee.org Tel： 03-5439-5031）



本ワークショップは、

📌日本工学教育協会のデジタルバッジ発行対象(事後アンケートに回答が必要).

発行手数料は、日本工学教育協会の個人正会員は無料、非会員は 1,000 円(税込み)

📌プレ FD 研修としても活用いただけます。

[デジタルバッジ規程](#)

[プレFD](#)

JABEE-日工教共催「国際的に通用する技術者教育ワークショップシリーズ 第21回」

**“「サーキュラーエコノミー」を生き抜く技術者が身につけるべきこと”
「ライフサイクル設計の全体像の解説とその教育プログラム」**

【プログラム（予定）】

- 10:00 受付開始
10:30 主催者挨拶
10:35 講義「ライフサイクル設計の設計過程の全体像の解説」
工藤一彦（日工教「教育の質保証・向上策調査研究委員会」幹事、北海道大学名誉教授）
1. サーキュラーエコノミーへの転換の必要性
2. ライフサイクル設計の設計過程の全体像
3. ライフサイクル設計の策定の流れ- 1
12:35 昼食
13:30 講義（続き）
3. ライフサイクル設計の策定の流れ- 2
4. ライフサイクル評価（LCA：Life Cycle Assessment）
5. SDGs に沿った企業全体の経営・技術戦略の策定法
14:40 質疑応答
15:00 コーヒーブレイク
15:15 講義「カーボンニュートラル社会を目指す各種エネルギーソースのあるべき姿」
折田久幸（八戸工業大学工学部工学科 教授）
16:15 質疑応答
16:30 講義「サーキュラーエコノミーとカーボンニュートラルに向けた教育プログラム」
工藤一彦、折田久幸
16:45 総括、質疑応答
17:15 終了

注 開始、終了時間以外の途中の時間は多少前後する可能性があります。

以上

本講習会の学修教育目標

本講習内容の修得により参加者は、学生が社会に出て研鑽後下記の業務遂行を可能とするため、大学・高専において、卒業時点で必要な基礎知識・能力を修得できる教育プログラムを構築できる。

- サークュラーエコノミーに適合した製品および製品ライフサイクルに関する設計・管理、および、全社の経営・技術戦略の構築ができる。
- カーボンニュートラル社会実現のための全体システム計画に、主導的立場で参画することができる。

上記教育プログラムは、卒業時点で学生に下記のような知識・能力を修得させるものである。

(1) サーキュラーエコノミーへの転換の必要性に関する知識・能力

- サークュラーエコノミーにより、地球全体の資源・環境の持続性が担保される理由について説明できる。
- EU、日本が目指す、資源・環境と経済の持続性担保の政策・方針の方向性について説明できる。

(2) ライフサイクル設計の全体像と、その策定の流れに関する知識・能力

- サークュラーエコノミーに適合した製品および製品ライフサイクルを設計するのに必要なライフサイクル設計の流れ、およびそれを構成する各要素でやること、について説明できる。
- ライフサイクル設計でサーキュラーエコノミーに適合したビジネスモデルを考えるとときに有効な、「製品サービスシステム」の考え方とその実例について説明できる。
- ライフサイクル設計で、廃棄要因分析を用いてライフサイクルオプションを選択する方法について説明できる。

(3) SDGs に沿った企業全体の経営・技術戦略の策定法に関する知識・能力

- 企業の各事業部門で開発したサーキュラーエコノミー対応製品・事業を、SDGCompass を用いて、SDGs と統合された全社的な経営・技術戦略としてまとめるための手順を説明できる。

(4) カーボンニュートラル社会を目指す各種エネルギーソースのあるべき姿に関する知識・能力

- カーボンニュートラル実現に資する各エネルギーソース（電力・燃料・熱）が、なぜカーボンニュートラルに役立つか、の技術的な原理を具体的に説明できる。
- 社会全体でカーボンニュートラルを実現するために、各エネルギーソースをシステムとしてどのように結合・運用すべきか、の技術的な原理を具体的に説明できる。
- カーボンニュートラル社会構築促進の課題と、それを加速する制度を列挙できる。

「ライフサイクル設計の設計過程の全体像の解説」

JWS21 配布資料の見本

本資料中に赤字で示したスライド・図表(①・・・)は、
本資料に添付の「JWS21 配布資料 (スライド) の見本」を参照のこと

本資料見本は、募集中の次回講習会 (JWS21) の内容と意義をご理解いただくため、講習会で使用するスライドとその解説資料から抜粋して、講習会のご案内と一緒に配布させていただくものです。

本資料見本をご覧いただくことで、このような内容からなる「ライフサイクル設計」の教育を、工学(技術者)教育に新たに導入することの意義をご理解いただき、本講習会へのご参加を計画していただければ幸いです。

本講習会の内容に関しましては、下記の先生方の「サーキュラーエコノミー」、「ライフサイクル工学」および「サーキュラーエコノミーに適合した企業戦略」に関する、長年の先進的なご研究の成果を利用させていただくとともに、いろいろなご相談に乗っていただきました。記して感謝申し上げます。

東京大学 大学院 工学系研究科 人工物工学研究センター
梅田 靖 教授
東京大学 大学院 工学系研究科 精密工学専攻
木下 裕介 准教授

2025年3月29日

日本工学教育協会

教育の質保証・向上策調査研究委員会

「ライフサイクル設計の設計過程の全体像の解説」

1. CE(サーキュラーエコノミー:循環経済)への転換の必要性 (環境と経済を共に持続可能とする社会の実現)

1.1. 理念としての CE

5 スライド JWS20 工藤 5 5 (枯渇資源のバタフライダイアグラムの解説)

1.2. EU における CE 行動計画の狙い

7 スライド JWS20 工藤 5 8 (EU における CE 行動計画の狙い)

1.3. 日本における CE の現状

1.3.1. 第 5 次循環型社会形成推進基本計画

■ 循環経済への移行を前面に打ち出す

循環型社会形成のための指標及び数値目標

物質フロー指標 (これら 6 つの指標にはそれぞれ数値目標がある)

- 資源生産性 (=GDP(円)/資源投入量(トン))、
- 一人当たりの天然資源消費量 (=トン/人) (マテリアルフットプリント)
- 再生可能資源及び循環資源の投入割合
(=(バイオマス系天然資源等投入量+循環利用量)/(天然資源等投入量+循環利用量))
この指標は、分母の総物質投入量 (=天然資源等投入量+循環利用量) に対する、分子の (サステナブルマテリアル*+リユース・リサイクル) の量の割合を示したもので、この指標の値が 100%となれば、製品の 100%サステナブルマテリアル化が達成される。
*サステナブルマテリアル: 継続的に利用可能な資源から得られ、事業として長期的に成立し、原材料調達から廃棄に至るライフサイクル全体で環境・社会面への影響が小さい原料
- 入口側の循環利用率 (=循環利用量/総物質投入量=天然資源投入量+循環利用量)
- 出口側の循環利用率
(=循環利用量/(廃棄物発生量=循環利用量+自然還元(堆肥等)+最終処分量))
- 最終処分量 (トン)

2. ライフサイクル設計の設計過程の全体像

2.1.2.3. ライフサイクル設計の全体像

17 スライド (講義) 梅田 8 6 (ライフサイクル設計の全体像)

ライフサイクル設計の流れはこの図のように整理できる。

このライフサイクル設計の基本方針は「ライフサイクル・プランニング」と呼ばれ、以下に示す 3 つの要素で構成され、これらは統合的に決定しなければならない。

- ① 「製品コンセプト」 顧客に提供する価値
- ② 「ビジネスオプション」 売り切り、シェアリング、レンタル・リース、サブスクリプションなどのビジネスの実施方法
- ③ 「ライフサイクルオプション」 長寿命化、保全・修理、リマニュファクチャリング、リサイクルなど製品や部品の循環方法を定める。

2.1.3.2.1. 製品サービスシステムの実例

2.1.3.2.1.2. ロールスロイスの航空エンジンのトータルケアサービス

民間航空機において、ロールスロイスが製造したエンジンをロールスロイスがそのまま所有し、航空会社（キャリア）は使用料を支払ってエンジンを使用する、というビジネス。保守もロールスロイスが一括して請け負い、航空機の運航データもキャリアから提供を受け、ロールスロイスが各エンジンの最適な保全を行う。エンジンの性能保証ができれば良いので、補修部品にリマニュファクチャリングされた部品を使ってコストを抑えることも可能になる。これがまさに、製品所有から製品サービスシステムへの移行という CE 型のビジネスモデルの典型例といえる。

3. ライフサイクル設計の策定の流れ

3.1.3.2.2.1. 廃棄要因分析からライフサイクルオプションを選択する方法

41 (g)表2 ライフサイクルオプションの選択表

当該製品の主たる廃棄理由・要因が特定されたら、部品を廃棄要因別にモジュール化し、

41 (g)表2 を用いて、環境調和性の高いライフサイクルオプションを選択する。

4. ライフサイクル評価(LCA : Life Cycle Assessment)

5. SDGs に沿った企業全体の経営戦略の策定法

87 (e) 「CE」 p12 図表序-2 「欧州 CE ビジネス企業のビジネス体制のイメージ」

事業部門での「ライフサイクル設計」策定と、

経営企画部門での「SDGs と統合された企業の経営戦略」策定との連携の流れ

- **各事業部門**：各部門に応じた CE 事業を、循環型製品の「ライフサイクル設計」として実施
⇒事業部門の判断で、ビジネスとして成立するか（持続可能性）の観点で取り組む。
- **企画部門(CEビジネスサポート部門)**：自社の強みを整理し、ビジョンに組み替える。
- **経営企画部門**：経営陣の中に設けられ、企画部門でまとめられた長期ビジョンを基に、SDGCompass のステップ 2、3 で決定すべき 優先課題とその目標となる KPI を 経営・技術戦略として設定

「ライフサイクル設計の設計過程の全体像の解説」

JWS21 配布資料（スライド）の見本

2025年3月29日

日本工学教育協会

教育の質保証・向上策調査研究委員会

5

理念としてのCircular Economy（エレン・マッカーサー財団）の解説(2)

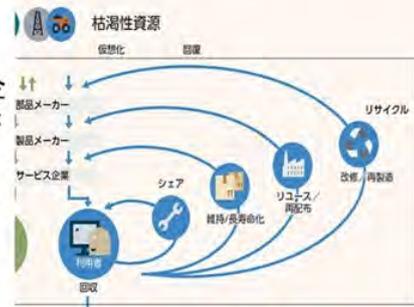
技術サイクル(右) 自動車・プラ・化学物質など、自然界に戻すと環境に悪影響を及ぼす**枯渇性資源のサイクル**: **製品価値を長く維持できる設計にする必要がある。**

このためには製品の**長寿命化**とともに、不要になった製品を通販・**シェア**などで次の利用者に**再分配**する仕組みが大切である。

長寿命化は新製品が売れなくなる問題があるが、リース・シェア等にすると製品の**所有権が企業にあるので、寿命延長と経済合理性を整合させられる。**

製品の作り変え(Refurbish (不良品を整備して機能回復)/ Remanufacture (整備して新品同様の品質保証))では、製品を部品レベルに分けて修繕し、新品同様の価値をもつ製品とする。

リサイクル(製品を解体し、資源ごとに分け、異なる製品の原材料として利用)は、一度製品にしたものを再び原材料レベルまで戻すので、エネルギーや水などの資源の無駄が生じ、**最後の手段である。その手前段階で、いかに図の内側のループ(価値を保持したまま製品に近い形で循環させるループ)を回すか、が重要となる。**この円の中で循環できれば、ごみとして処分し埋め立てることはなくなる。



<https://ideasforgood.jp/glossary/butterfly-diagram/>

<https://ideasforgood.jp/glossary/circular-economy/>

7 EUがCEへの転換でねらっていること(次頁以降の「行動計画」のまとめ)

循環経済へのラジカルな転換

- Systemic Eco-Innovation*
持続可能な社会実現のため、経済の仕組みをLEからCEに漸進的でなくラジカルに転換し、そのインセンティブとなる環境・経済・産業政策を導入
- 資源効率 (Resource Efficiency)
リユース、メンテナンス、アップグレード、材料リサイクルなどを含む資源循環を大幅に高度化する(レアメタル・レアアースの代替、持続可能な材料の使用なども含む)
- 持続可能な材料利用
ゴミではなく資源、大量生産ではなくカスタム化、資源枯渇ではなく再生
- 製品サービスシステム
消費者ではなく使用者、所有ではなくシェア

*Eco-Innovation: 持続可能な開発に貢献する製品とプロセスの開発 (Wikipedia)

- 雇用の確保
 - EUの競争力の強化
 - 環境負荷削減
 - 資源枯渇対応
- の実現

EUが目指すCE型ビジネスモデルの特徴

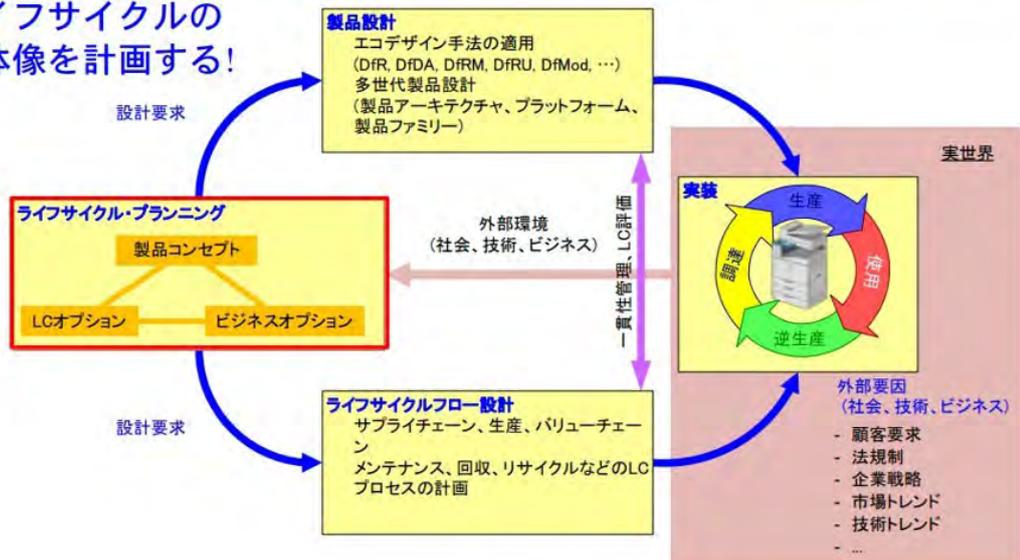
- 価値観の変化がドライビングフォース
消費者の価値観が、モノを所有する幸せから、経験・体験価値を重視する方向に変化
- メーカーが主役ではなく、循環プロバイダーが多様な循環を駆動
CEの新たな仕組みを構築し、その中でモノ、情報、金を循環させる循環プロバイダーがメーカーより力を持つ
- デジタル技術が enabling technology
CEの循環サイクルの中で、モノの全ライフサイクルに渡ってモノ、情報、金を管理するためには、デジタル技術が必須

参考文献 CEパッケージ、CE行動計画 (次頁以降参照)
梅田 他「サーキュラーエコノミー」勁草書房 p3-13
梅田 2019年度「ライフサイクル工学」講義資料 No.42
<https://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp/myHP/IM-intro19.pdf>

出典：スライドJWS20工藤5 8

ライフサイクル設計の全体像

ライフサイクルの全体像を計画する!



出典：スライド (講義) 梅田 8 6

(g)表2 ライフサイクル・オプションの選択表

製品廃棄理由 廃棄要因分析で、廃棄の要因・原因となる部品の組を明らかにする	ライフサイクル・オプション	
	クリティカル部品 (製品の寿命を決める部品、廃棄の原因となる部品)	非クリティカル部品
機能消費 その製品・部品の消費自体が製品の機能	リデュース ：使用資源量・廃棄物発生量の削減、無駄の排除	リデュース ：使用資源量・廃棄物発生量の削減、無駄の排除
物理寿命	リデュース ：使用資源量・廃棄物発生量の削減、無駄の排除 長寿命化設計 ：設計時にあらかじめクリティカルな部品の 物理寿命を延長 メンテナンス (利用者が実施) } クリティカル部品補修・交換で 物理寿命延長 製品再生 (回収・再生システムにより企業が実施)	リユース ：寿命の残っている非クリティカル部品を別製品に使用することで、その部品の 物理寿命まで使い尽くす
価値寿命	リデュース ：使用資源量・廃棄物発生量の削減、無駄の排除 アップグレード ：クリティカルな部品の 価値寿命を延長	

出典：スライド（講義）梅田94 をまとめなおした

図表序-2 CEビジネス体制のイメージ

