

平成16年度バイオ人材育成事業
(再生可能原料からの環境調和型高分子材料
の研究開発及び生産に係る技術者)

報 告 書

平成17年1月

委託先 みずほ情報総研株式会社

委託元 三井情報開発株式会社

目 次

第1章 事業の概要	
1 - 1 . 事業体制	1
1 - 2 . 事業内容	3
第2章 育成対象とする人材像	
2 - 1 . 育成対象とする人材のイメージ	6
2 - 2 . 当該人材が必要とされる背景	11
第3章 事業の経過	
3 - 1 . スキルスタンダードの作成	12
3 - 2 . 人材ニーズ調査	23
3 - 3 . カリキュラムの作成	33
3 - 4 . 実証（研修）の実施	45
第4章 スキルスタンダード	
4 - 1 . スキル項目とスキルレベル	55
4 - 2 . スキルスタンダード	62
第5章 カリキュラム	
5 - 1 . 育成される人材像	79
5 - 2 . スキルスタンダードとカリキュラムの接合	81
5 - 3 . カリキュラム	89
5 - 4 . シラバス	100
第6章 スキルスタンダード・カリキュラムの活用について	
6 - 1 . スキルスタンダード・カリキュラムの活用方法	164
6 - 2 . 次年度以降の展開方針	165
参考資料	167

第1章 事業の概要

1 1 事業体制

本事業は委員会、開発グループ、事務局の三者が連携して実施した。

1 1 1 検討委員会

開発グループ及び事務局から提示するスキルスタンダード、カリキュラム、シラバス、実証講義等について、中立的・客観的な立場より助言・指導を行うことを目的として、検討委員会を設置した。

検討委員会は当該分野に精通している5名の学識者・専門家を委員として構成した。

図表 1-1 検討委員会の構成

氏名(五十音順)	所属/役職
市川 茂彰	財団法人バイオインダストリー協会 技術企画部長
木幡 守	木幡技術士事務所 所長 (元財団法人バイオインダストリー協会)
富田 耕右	元関東学院大学教授 【委員長】
野沢 清一	株式会社ダイアリサーチマーテック 調査コンサルティング部門 主幹研究員
八木 正	三井化学株式会社 ポリマー事業開発室 L A C E A - G 課長

1 1 2 開発グループ

事務局と共同して、スキルスタンダードの検討・作成、スキルスタンダードに基づくカリキュラム及びシラバスの検討・作成、カリキュラム等の内容を確認するための実証講義を行うことを目的として、開発グループを設置した。

当該分野に係る研究や教育を行っている学識者等をメンバーとして構成した。

図表 1-2 開発グループの構成

氏名(五十音順)	所属/役職
国岡 正雄	独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 主任研究員
船橋 正弘	独立行政法人産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門 主任研究員
西田 治男	近畿大学 分子工学研究所 助教授
吉江 尚子	東京大学 生産技術研究所 助教授
廣崎 淳	みずほ情報総研株式会社 環境・資源エネルギー研究部 部長

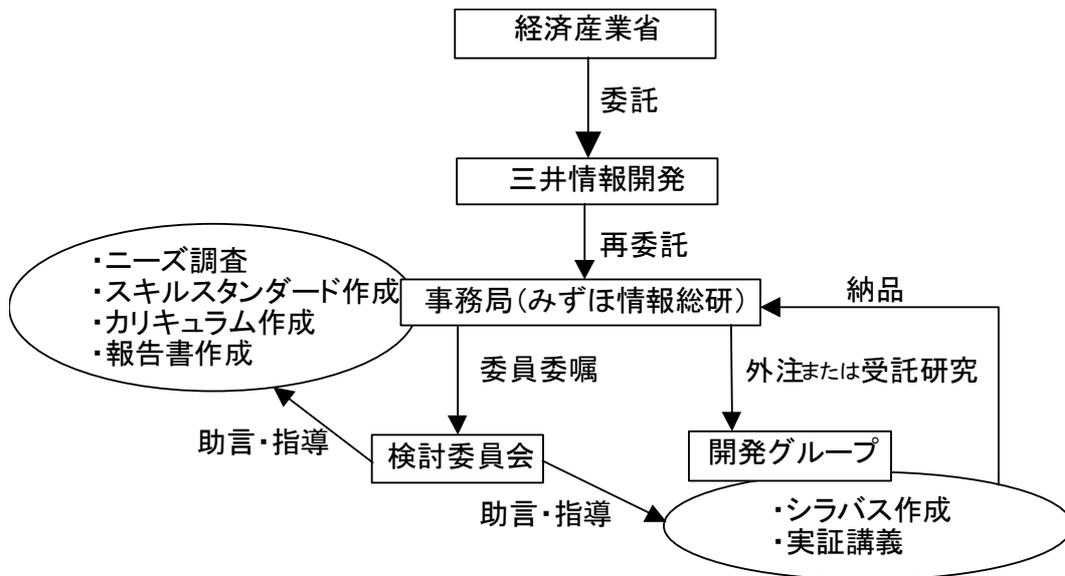
1 1 3 事務局

事務局は、事業全体の管理・調整、ニーズ調査の実施とその結果に基づくスキルスタンダード案の検討・作成、カリキュラムの検討・作成、実証講義の運営、検討委員会及び開発グループの検討に係る資料等の作成、報告書作成等を行った。

1 1 4 三者の連携関係

本事業は、経済産業省から事業全体の取りまとめを委託された三井情報開発株式会社（幹事会社）からの再委託事業として、みずほ情報総研株式会社が受託したものである。

経済産業省及び三井情報開発株式会社との関係も含め、検討委員会、開発グループ、事務局（みずほ情報総研）の三者の連携関係を以下に示す。



図表 1-3 三者の連携関係

1 2 . 事業内容

本事業は、「再生可能原料からの環境調和型高分子材料の研究開発及び生産に係る技術者の育成」に係るスキルスタンダード策定、カリキュラム策定、および実証のための研修を実施することを目的として実施した。

1 2 1 事業の背景と目的

「再生可能原料からの環境調和型高分子材料」とは、トウモロコシ等のデンプンや、食品廃棄物等のバイオマス（動植物を起源とする再生可能な有機性資源）によって生産されるプラスチック、すなわち「バイオマスプラスチック」のことである。

バイオマスプラスチックは、石油由来のプラスチックと同様に使用することが可能でありながら、廃棄時には環境にやさしいという大きな特徴がある。使用後に焼却した場合は二酸化炭素が発生するものの、原材料がバイオマスのため、カーボンニュートラルとなり地球温暖化への影響はない。また、埋め立てられた場合にも、土中の微生物によって二酸化炭素と水に分解（生分解）される。

このように、地球温暖化防止、循環型社会の形成に貢献が期待されていることから、研究・開発・導入が積極的に進められている。しかし、企業の研究開発動向への人材投入は不足気味であり、将来において人材不足に陥る可能性があることが懸念される。また、現在、バイオマスプラスチック開発に従事している技術者も、高分子材料の特性、成形加工、素材の与える環境影響等について、十分な知見を持たないことが想定される。

以上のことから、バイオマスプラスチックに係る技術者を育成することは急務であり、「再生可能原料からの環境調和型高分子材料の研究開発及び生産に係る技術者の育成」に係るスキルスタンダード及びカリキュラムを策定することは極めて重要である。

本事業では、素材開発業や製品加工業において、バイオマスプラスチックの研究開発をスムーズに実施できる人材や、製造工程を適切に管理・運営できる人材像を想定して、その育成に資するため、バイオマスプラスチックに関連する広範な知識を体系的に整理することを目的とした。

1 2 2 事業概要

本事業では、スキルスタンダードの検討と作成、カリキュラムの検討と作成、カリキュラムに基づくシラバスの検討と作成を行うとともに、これらの検討に資するべく、人材ニーズ調査、実証講義の実施等による意見集約を実施した。

(1) スキルスタンダードの検討と作成

提案段階の想定に基づき、スキルスタンダード原案を作成した。

その後、この原案に基づき、中間報告会や検討委員会における有識者の意見、後述する人材ニーズ調査の結果等を踏まえた改訂案を作成した。

最後に、実証講義結果とそれに対する検討委員会における有識者の意見を踏まえた最終案を作成した。

(2) カリキュラムの検討と作成

スキルスタンダード原案に対応したカリキュラム原案を、開発グループとの検討を経て作成した。

その後、この原案に基づき、スキルスタンダード改訂案との整合性を図りつつ、中間報告会や検討委員会における有識者の意見、後述する人材ニーズ調査の結果等を踏まえた改訂案を、開発グループとともに作成した。

最後に、スキルスタンダード最終案との整合性を図りつつ、実証講義結果とそれに対する検討委員会における有識者の意見を踏まえた最終案を開発グループとともに作成した。

(3) シラバスの検討と作成

開発グループとともに、スキルスタンダード改訂案及びカリキュラム改訂案の作成段階から、科目の講義内容について検討を行った。

さらに実証講義結果とそれに対する検討委員会における有識者の意見を踏まえて、最終的な講義内容を定めてシラバスを作成した。

(4) 人材ニーズ調査

アンケート調査並びにヒアリング調査を実施し、バイオマスプラスチックに関連する業界における人材ニーズを把握した。

アンケート調査では、担当者に望まれる能力・知識、想定しているカリキュラムを構成する知識内容等について情報収集した。また、ヒアリング調査では、担当者に望まれる能力・知識、想定しているカリキュラムを構成する知識内容、社員の採用基準、企業内における技術教育の方法・内容、外部での研修に関する考え等について情報収集した。

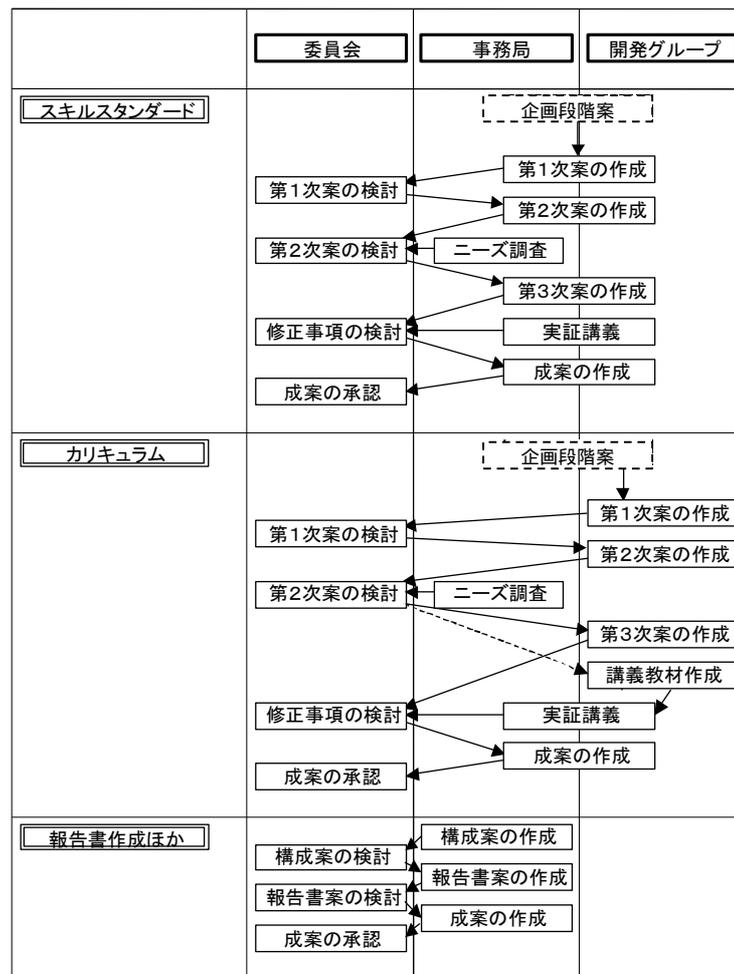
(5) 実証講義の実施等

受講生からの意見を収集し、スキルスタンダード改訂案及びカリキュラム改訂案の検討に資するべく、平成 16 年 10 月 23 日(土)、10 月 30 日(土)、11 月 6 日(土)の 3 日間にわたり、実証講義(各回 4 モジュール)を実施した。受講生は、平成 16 年 9 月から 10 月にかけて、バイオマスプラスチック関連業界の技術関係者、または同業界に就職を希望する学生を対象として、ホームページやメーリングリストにおける広告等で公募した。

講義時には、知識レベル確認試験、理解度試験、アンケート調査を実施し、知識レベルと理解度試験の結果とを関連付けて評価するとともに、アンケート調査結果から受講生の意向を把握した。同時に、実務教育の専門家に依頼して、カリキュラム改訂案や講義内容の密度について、再教育を実施する立場から検討してもらい、講義の密度やカリキュラムの適切性について分析した。

(6) 事業項目ごとの実施手順

以上に示した事業項目ごとの実施手順は、概ね以下のとおりである。



図表 1-4 検討委員会、開発グループ、事務局における事業項目ごとの実施手順

第2章 育成対象とする人材像

2 1 . 育成対象とする人材のイメージ

2 1 1 人材育成の目標

本事業で対象とするバイオマスプラスチックは、「植物起源」のプラスチックという点で環境貢献のPR効果も期待でき、導入を検討する企業が大きく増加している。また、温暖化対策技術の一つとして確立されれば、一層多くの企業による導入が進むことが想定される。

バイオマス・ニッポン総合戦略の策定以来、バイオマスプラスチックの研究・開発・導入は加速度を挙げて進められる方向にあるといえるが、現状では、国産技術を生かした製品は非常に少なく、海外から原料を調達し、提携先の技術を活用して素材を生産している場合が多い。この傾向が続くことは、当該分野の競争力低下につながるため、バイオマスプラスチックの大量普及が進む前に技術者を育成して我が国の技術力を向上させ、産業競争力を増大させる必要がある。

しかし、企業の研究開発動向を俯瞰すると、現状においては多くの人材が投入されているとはいえず、将来的には人材不足に陥る可能性があることが懸念される。

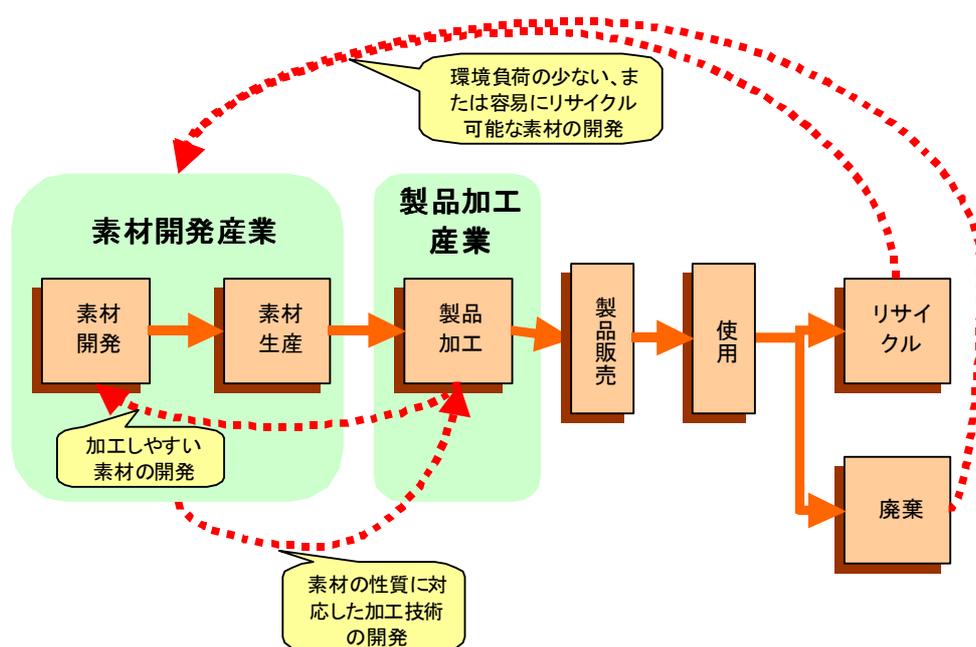
すなわち、新たなバイオマスプラスチック素材の開発、それらの素材を利用した製品の製造等が、将来的に人材ニーズの高まる分野として挙げられる。特に、バイオマスプラスチックは既存のプラスチックと比較して耐熱性、耐衝撃性に劣る場合があるため、様々な角度でこれを評価し、的確に有効な用途に導入できるような様々な知見を持つことは非常に重要であることから、高分子材料の特性、成形加工、素材の与える環境影響等について、十分な知見を有する人材へのニーズが高まるものと考えられる。

以上より、本事業では、バイオマスプラスチック関連素材に関する知識、それらの素材を利用した製品の製造に関する知識、製品の評価手法（分析、物性、LCAを含む環境影響等）に関する知識を有する人材育成を目標とした。

2 1 2 人材像のイメージ

既存のプラスチック製品のライフサイクル（製造・使用・廃棄過程）を整理すると、バイオマスプラスチック製品のライフサイクルフローは図表2-1のようになると考えられる。また、バイオマスプラスチック産業を大まかに分類すると、素材開発産業と製品加工産業に分けることができるが、現状のバイオマスプラスチックの開発状況および今後の発展を考慮した場合、それぞれの産業が個別に存在するのではなく、相互に情報をフィードバックさせながら技術向上を試みる必要があると考えられる。すなわち双方の分野について同じ土壌で議論が可能なだけの知識を有している人材育成が必要である（各産業の基本的な業務内容は下表参照）。また、バイオマスプラスチックの特徴を活かし、競争力のある製品を実現させるためにも、消費者のニーズや使用後のリサイクル方法および環境負荷に関する知識も有する人材を育成していく必要があると考えられる。

以上より、本事業における育成対象人材のイメージとしては、バイオマスプラスチックの製造過程（素材開発・製品加工）から使用後までを十分に理解し、バイオマスプラスチック産業の発展に寄与できる人材育成を目的とする。



図表 2-1 バイオマスプラスチック製品のライフサイクルフロー

図表 2-2 業務工程における基本的な業務内容

産業	業務工程	基本的な業務内容
素材開発産業	素材開発	微生物菌の体内でバイオマスを重合させポリマーを生産する発酵生産法や、バイオマス由来モノマーを化学的に重合させポリマーを生産する化学合成法を用いた新規バイオマスプラスチック素材の開発を行う。 なお、発酵生産法では微生物菌の管理・培養・発酵の知識、化学合成法では高機能性ポリマーの設計・合成技術についての知識が求められる。 また、発酵生産法においては、微生物の遺伝子組み換えを利用した素材開発も考えられるため、遺伝子工学の知識も必要となる。
	素材生産	上記で開発した発酵生産法および化学合成法を用いて素材の生産を行う。このとき、対象とする製品への加工し易さや、製品使用後のリサイクル方法および廃棄後の環境影響も考慮した素材生産が求められる。
製品加工産業	製品加工	添加物や複合材料のブレンド技術、および高分子加工技術などを用いて製品への加工を行う。 その際、バイオマスプラスチック素材の強度、伸び等の基本機械的性質を考慮し、製品に求められる性質・条件が実現可能となるよう加工方法の改良が求められる。

図表 2-1 に示したライフサイクルフローのうち、素材開発、素材生産、製品加工を本事業のスキルスタンダード及びカリキュラムの対象とする。また、製品販売、使用、リサイクル、廃棄については、素材開発、素材生産、製品加工において盛り込むことが必要である場合に、スキルスタンダード及びカリキュラムに反映するものとする。

(1) 人材育成の対象

対象者

素材開発や製品加工（化学工業関連の企業を想定）の企業における経験 10 年程度までの社員で、新規テーマとしてバイオマスプラスチックに携わろうとする者。新入社員や他分野からの転職者も含む。

バックグラウンド

有機化学及び無機化学の基本知識（大学履修程度）、高分子に係る知識（必須ではない）、就職後の素材開発や製品加工に従事して得られた技能。

育成前（現段階）の業務（職位）

石油系プラスチックを対象とした素材開発や製品加工における、実務担当者、チームリーダー。

(2) 育成後の具体的な人材像

育成前の職位と区分するため、BP 実務担当者及び BP チームリーダーという呼称を設定する（BP はバイオマスプラスチックの略）。

BP 実務担当者

指示されたことをただこなすだけでなく、必要な基礎知識を有し、ある程度先のことを見据えた上で実験計画を立てていける人材を想定した。

また、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野のように、実務とは直接関係の無い分野に関しても基礎知識を有していることが望ましいと想定した。

BP チームリーダー

現場の進捗を管理するだけでなく、事業の方向性や業務管理（技術の難易度を見極め、要する時間・体力を判断）もある程度予測しながら作業（業務）計画が立てられる人材を想定した。

また、実務に関係する分野に関しては、基礎から応用、発展まで幅広い知識が必要であることに加えて、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野のように、実務に直接関係しない分野についても十分な知識を有していることが望ましいと想定した。

（３）育成された人材の業務における役割等

人材の供給先

化学工業（新素材開発及び新素材生産、加工）

医療製品製造、医療機器メーカー（人体再生医療用具、手術際の縫合糸等）

その他の製造業（グリーン製品への適用）

実際の業務での役割や活躍するフィールド

バイオマスプラスチック素材の基礎研究と製造

バイオマスプラスチック加工製品の製造（経済性、安全性、堅牢性等の付加価値にも配慮）

電化製品等の製造時における素材や加工品の選定、生産工程の設計

企業の環境報告等の CSR 対応

バイオマスプラスチック素材及び加工製品のマーケティング

（４）産業別・人材像別のスキル

アンケート調査及びヒアリング調査の結果等に基づき、委員会による検討を踏まえた上で、育成後の産業別・人材像別スキルの方向性を整理した。この方向性に基づき、スキルスタンダードにおけるスキル項目及び技術項目を具体化した。

図表 2-3 具体的な人材像 - 育成後の産業別・レベル別スキルの方向性

	素材開発産業	製品加工産業
B P 実 務 担 当 者	<p>(技術要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 上級者に指示された作業を実行できる ・ 最先端の実験を自主的に実施できる ・ 機器分析の結果を次の段階に反映できる ・ 材料設計が行える ・ 製品加工業者と折衝できる <p>(知識要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 製品加工技術の知識(最低限、担当分野の加工技術知識) ・ 環境評価の基礎的・実務的な知識 ・ 業務に直接関連する分野(発酵生産、化学合成、機器分析、リサイクル)に関する基礎的な知識 	<p>(技術要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 担当業務をこなせる能力 ・ 機器分析の結果を製品製造過程に反映できる ・ 顧客への製品アピールができる ・ 顧客に対して製品への疑問に適切に答えられる <p>(知識要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 樹脂の製造方法や特性に関する広範な知識(浅くてもよい) ・ 素材開発の基礎的な知識(発酵生産、化学合成)
B P チ ーム リ ー ダ ー	<p>(技術要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現場を統括できる ・ 現場の進捗を管理できる ・ 事業の方向性を予測しながら作業計画を立案できる ・ 製品設計に基づく業務遂行の判断ができる(技術の難易度の見極め、所要時間や投入体力を評価できる) <p>(知識要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎から応用まで幅広い知識(特に、全ての製品加工技術に関する知識) ・ 業務に直接関連する分野の基礎知識及び応用知識 ・ 環境評価の基礎・実務的知識、さらに応用・管理的知識 	<p>(技術要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現場を統括できる ・ 現場の進捗を管理できる ・ 事業の方向性を予測しながら作業計画を立案できる ・ 小回りが利いた開発ができる <p>(知識要求水準)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎知識は必須 ・ 担当業務に加え他分野における実務知識 ・ 環境評価に関する十分な知識

2 2 . 当該人材が必要とされる背景

2 2 1 バイオマスを活用した産業育成・振興に係る人材の育成の必要性

バイオマスは、世界各国で再生可能な資源として古くから注目され、エネルギーやマテリアルの資源・原料として活用されてきた。我が国では、2002年1月にバイオマスエネルギーが新エネルギーの一つとして定義づけられたのを契機に脚光を浴びるようになった。また、2002年12月に定められたバイオマス・ニッポン総合戦略をうけて、エネルギーのみならずマテリアルにバイオマス資源を導入する動きが活発化している。この動きに合わせ、経済産業省や農林水産省ではバイオマスプラスチック食器の実証事業を実施し、その本格導入に向けた取り組みが進められている。また、我が国は、京都議定書の批准を決めたことから、バイオマス素材を用いて化石エネルギー消費やCO₂排出量を抑制するための取組も非常に重要となる。したがって、再生可能な資源の活用、地球温暖化対策、さらには産業育成・振興と言う視点からの人材育成は重要といえる。

2 2 2 国際競争力のある素材開発分野の人材の育成の必要性

現状における素材としてのバイオマス利用は緒についたばかりであり、導入用途の多くがシート・フィルムなどのディスプレイ製品であり、リターナブルな製品は非常に少ない。物性面などは化石プラスチックに劣ることが多いためである。また、現在その普及が期待されるポリ乳酸樹脂の場合、多くの企業が米・カーギル・ダウ LLC から原料を調達し、製品を製造しているため、素材開発に関する国際競争力が高いとはいえない。したがって、バイオマス利用における素材開発分野の人材育成は急務といえる。

2 2 3 バイオマスプラスチックの利用促進のための人材の育成の必要性

バイオマスプラスチックは、生物起源の原料から作成されているものや、非生物起源の原料から作成されているが生分解性を持つものなど、環境配慮型の素材である。しかし、現状では価格や性能面で既存のプラスチック樹脂に劣る点がある。このため、バイオマスプラスチックの特徴を活かした用途開発や普及啓発など利用促進を進めるために、素材の特性を理解した上で製品開発や市場開拓を進めることが求められる。従って、研究開発だけでなく商品開発という視点からも技術を理解した人材の育成が重要である。

第3章 事業の経過

3 1 . スキルスタンダードの作成

業務領域における業務内容、関連業界の人材ニーズ等に基づき、以下の手順でスキルスタンダードを検討・作成した。

第1段階：スキルスタンダード第1次案の検討・作成

開発グループと事務局において、企画段階における想定に基づいて、育成レベルに応じたスキルを整理するとともに目標スキルを設定し、次いで目標スキルを達成するために必要なスキル項目の抽出及び内容を検討した。

第2段階：スキルスタンダード第2次案の検討・作成

スキルスタンダード第1次案に対する検討委員会の意見、関連企業に対するヒアリング調査結果等を踏まえ、企業等からの要望がある人材像の項目を反映して、スキルスタンダード第2次案を作成した。

第3段階：スキルスタンダード第3次案の検討・作成

スキルスタンダード第2次案に対する検討委員会の意見、関連企業に対するアンケート調査結果、中間報告会における意見等を踏まえ、スキルスタンダードとカリキュラムの接合を考慮したスキルスタンダード第3次案を作成した。

第4段階：スキルスタンダード成案の検討・作成

スキルスタンダード第3次案に対する検討委員会の意見、実証講義結果等を踏まえ、想定される業務領域とそれに対応する業務内容を整理し、当該業務内容に必要なスキル項目（基礎、応用、発展）及び知識項目（基礎、応用、発展）をとりまとめたスキルスタンダード成案を作成した。

なお、社会人としての経験等を反映する事項であるヒューマンファクターについては、スキルスタンダードに盛り込まなかった。

3 1 1 スキルスタンダード第1次案の検討・作成

企画段階における想定に基づいて、育成レベルに応じたスキルの整理と目標スキルの設定、目標スキルを達成するために必要なスキル項目の抽出及び内容の検討、という手順でスキルスタンダード第1次案を作成した。

(1) 企画段階における想定

企画段階では、育成対象とする人材が所属する分野と、スキルスタンダードの考え方について想定した。

育成対象とする人材が所属する分野

バイオマスプラスチックに関連する人材として、研究開発に関連する人材、製品開発に関連する人材、販売・PR・特許・法律等に関連する人材等を想定したが、人材の範囲を拡大しすぎると、育成対象とする人材像の焦点が絞りにくくなるため、次のような分野と職務を担う人材を初期の人材像として想定した。

分野：素材開発、製品開発とする。

職務：研究開発が主体であるが、製造実務にも対応する。なお、研究開発においては、素材開発から製品開発までの一貫した視点に基づく高機能・新規用途開発、製造工程へ導入するバイオプロセス開発が考えられる。

スキルスタンダードの考え方

現状のバイオマスプラスチックの研究開発や製品製造プロセスにおける職種として、業務の統括マネージャー、プロジェクトマネージャー、システム化マネージャー、要素技術開発マネージャー、技術開発担当者、担当者とともに技術開発を実施するメンバー等が存在する。

これらを次のような3つの区分に統括して、これらの職務区分に適合するスキルスタンダードを検討・作成することとした。

- ・プロジェクトを統括する職種
- ・現場のリーダーとして技術開発等を中心となって進める職種
- ・実際に技術開発等を実施する職種

なお、スキルスタンダードの検討・作成に際しては、過度に高度なスキルを設定することは避けることとしたが、微生物の培養、プラスチック材料、成型加工技術、製品特性(性質・強度)に関する知識が必須となることを定めた。

(2) 育成レベルに応じたスキルの整理と目標スキルの設定

育成レベルとして、初級エンジニア（生産現場担当クラス）、中級エンジニア（プロジェクトのサブマネージャークラス）、上級エンジニア（プロジェクトのマネージャークラス）という3つのレベル（案）を設定し、それに応じたスキル（案）として整理した。

図表 3-1 人材像の育成レベルとスキル（案）

育成レベル（職制）	スキル（イメージ）
初級エンジニア （生産現場担当クラス）	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス原料から製造されるポリマーに関する基礎知識（背景や概論）を理解している。 ・従事する業務分野における実務に係わるスキル（知識）を有する。 ・上級者の指示により、実務担当者として業務を適切に遂行できる。
中級エンジニア （プロジェクトのサブマネージャークラス）	<ul style="list-style-type: none"> ・従事する業務分野だけでなく周辺分野の実務に係わるスキル（知識）をすべて把握している。 ・従事する業務分野においてはマネジメントに必要なスキル（知識）を有し、業務計画の作成・進捗管理が可能であり、かつ下級者の業務遂行に適切な指示を与えることができる。
上級エンジニア （プロジェクトのマネージャークラス）	<ul style="list-style-type: none"> ・従事する業務分野に加えて、周辺分野についてもマネジメントに必要なスキル（知識）を有する。 ・安全性評価や規格等の視点からも適切な判断ができ、バイオマスプラスチック事業化のプロセスにおいて総合的な視点から PDCA(Plan, Do, Check, Action) 管理を行うことができる。 ・国際競争力のあるバイオマスプラスチックの製品開発を行うことができる人材。

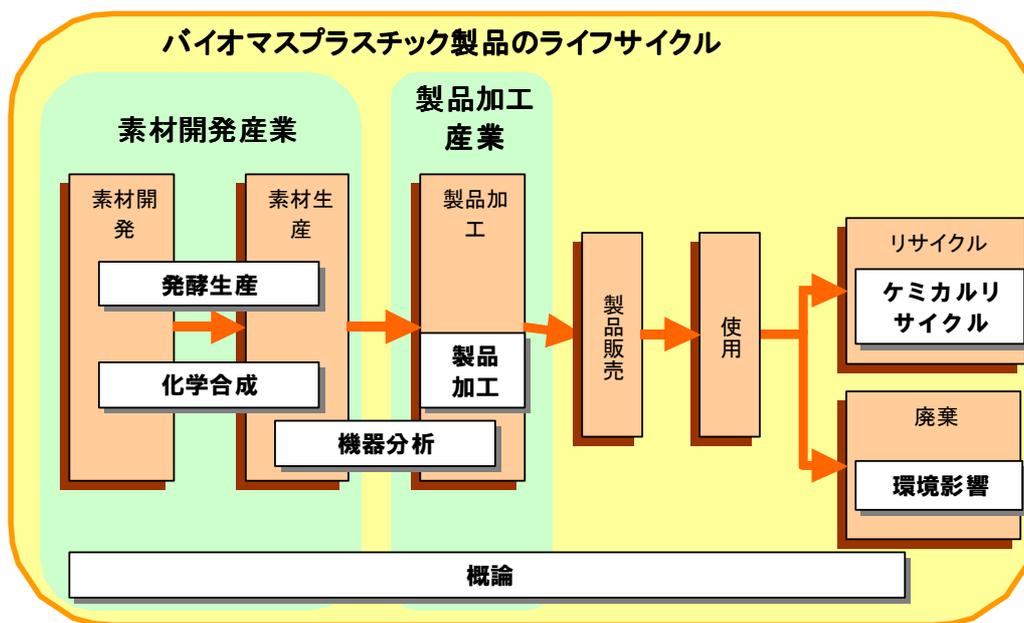
なお、図表 3-1 に示したスキルのうち、それぞれの育成レベルに必要なであると考えられる項目の詳細を下記のように設定した。

図表 3-2 スキル項目の詳細

スキル項目	詳細
基礎	バイオマスプラスチックに関する背景や概論
実務関連	一般的な技術の概要を理解し、指示を受ければ実務担当者として必要な作業をこなせるスキル。
管理関連	知見を基に実験計画・作業計画を作成し、適切な指示を与えながら実務のマネジメントが可能なスキル。

以上に示した育成レベルとスキル、並びにスキル項目を踏まえ、大学の工学部や農学部の専門課程における教育内容や、開発グループの専門家が有する知見より、「概論」、「発酵生産」、「化学合成」、「機器分析」、「ケミカルリサイクル」、「製品加工」、「環境評価」の7分野を設定して、目標スキルを設定した。

なお、前述のバイオマスプラスチック製品のライフサイクルフローに対する各スキル分野の対応は図表 3-3 の通りである。



図表 3-3 バイオマスプラスチック製造・使用フローに対する各スキル分野の対応

図表 3-4 目標スキルの設定

分野	目標スキル
概論	バイオマス及びプラスチックの歴史、及び現状の技術動向に関する知見をふまえたバイオマスプラスチックについての概論的な知識を有し、 バイオマスプラスチック研究開発全般に活用 することができる。
発酵生産	発酵生産に関する一般的知識（微生物学、微生物工学）を有し、 微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解 することができる。 発酵生産工程のうち 基本的な微生物の管理 についての正しい知識を有し、 安全かつ適切に菌管理 を行うことができる。 発酵生産工程のうち培養・発酵についての正しい知識を有し、 安全かつ適切に培養・発酵 を実施することができる。 遺伝子組換えを利用した発酵生産法の技術・知識を有し、 微生物系バイオマスプラスチックの応用的素材開発 を行うことができる。
化学合成	化学合成に関する一般的知識を有し、 化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解 することができる。 バイオマスプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を 適切に実施 することができる。また 合成後に作業性の改善方法を検討 することができる。
機器分析	機器分析や分析化学の知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの 基本物性評価 を適切に行うことができる。
ケミカルリサイクル	ケミカルリサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの ケミカルリサイクル方法を検討、および検証 することができる。
製品加工	複合材料、高分子加工の知識を有し、バイオマスプラスチックの 製品加工 を適切に行うことができる。 強度、伸び等の基本機械的性質評価法についての知識を有し、必要な性質・条件が実現可能なように バイオマスプラスチックの素材開発・合成過程にフィードバック できる。
環境評価	環境化学やLCA評価に関する知識を有し、バイオマスプラスチックの 素材生産から廃棄後の処理までを考慮にいたった環境評価 を行うことができる。 標準的な生分解性評価法についての知識を有しバイオマスプラスチックの 生分解性評価、及び安全性評価 を適切に行って 素材・製品開発に活用 することができる。規格・法律に従った製品評価を行い 安全基準等に則った製品開発 を行うことができる。

(3) スキルスタンダード第1次案

前項で設定した目標スキルを達成するためのスキル項目及びスキル内容を設定し、スキルスタンダード第1次案を作成した。

3 1 2 スキルスタンダード第2次案の検討・作成

第1回検討委員会におけるスキルスタンダードの見直しに関する意見を反映するとともに、関連企業に対するヒアリング調査結果等を踏まえ、企業等からの要望がある人材像の項目を反映して、スキルスタンダード第2次案を作成した。

(1) スキルスタンダードの見直し

概論的な事項の検討

初級者が現場担当者として具備すべき概論的な事項として、下記の事項が挙げられた。

- ・高分子の基礎知識（バイオマスプラスチックを担当する人にとって必要な知識）
- ・バイオマス原料に関する知識（入口知識）
- ・成形加工に関する知識（基礎から実用的な内容までの出口知識）

これらは大項目とするほどの内容ではないため、関連する大項目の中に包含させることとした。

ただし、高分子の基礎については「発酵生産」や「化学合成」等で横断的に必要となる項目であることから、カリキュラムにおいて特記することとした。

ニーズが高い知識

日本には発酵生産の原料がないことから、基礎的なスキルに加えて、下記のような実用的スキルも必要であるとされた。

- ・バイオマスからの転換効率の向上
- ・植物の遺伝子組換えによる工程全体のコストダウン
- ・東南アジアのバイオマス原料事情
- ・バイオマスプラスチックの製造コスト

これらは大項目とするほどの内容ではないため、関連する大項目の中に包含させることとした。

受講コースの設定

バックグラウンド(大学等で履修してきた技術や知識等)が化学(高分子等)であるか、生物(微生物等)であるかによって、テクニカルタームが異なる等、分野が異なることでコミュニケーションが成立しにくいという現状から、スキルスタンダードで対応する必要があるとされた。

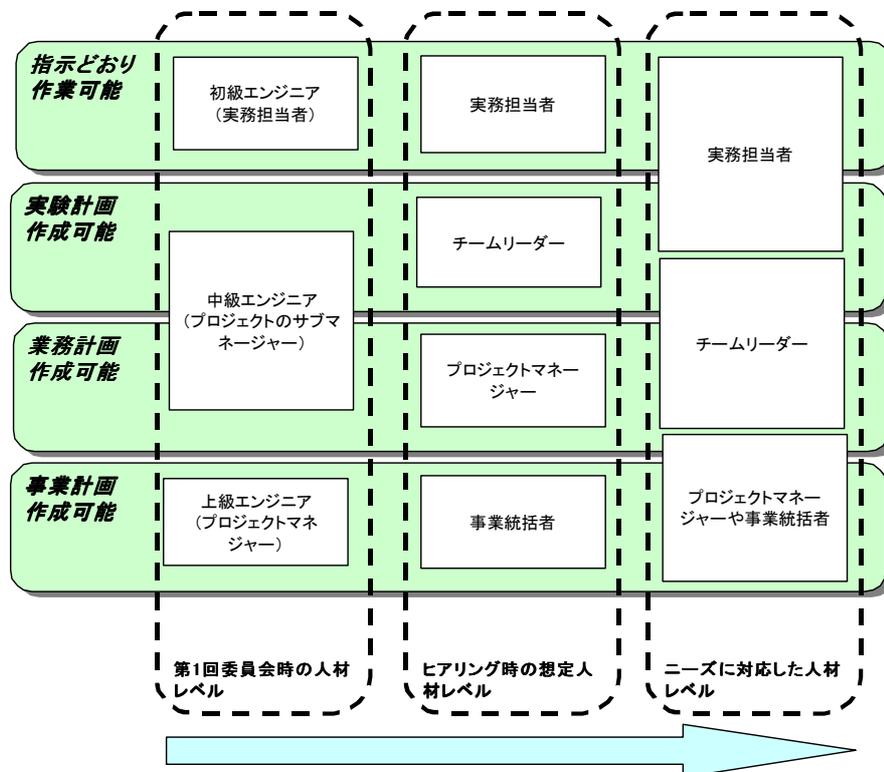
スキルスタンダードで対応するのではなく、カリキュラムにおいて知識の違いに応じた受講コースを用意することとした。

(2) ヒアリング結果を反映した人材像と能力について

平成16年8月16日～25日に関連企業7社(うち、素材開発業4社、製品加工業3社)に対するヒアリングを実施した。ヒアリングで得られた人材像と、それを踏まえて設定した人材レベルの能力範囲は以下のとおりである。

図表 3-5 ヒアリングで得られた人材像

項目	人材像
全体	<ul style="list-style-type: none"> ・実務とは直接関係の無い分野(素材開発業では製品加工分野、製品加工業では発酵生産分野・化学合成分野)以外では、素材開発業も製品加工業も求める能力はほとんど同じ。 ・実務と直接関係の無い分野に関しては、お互いの土壌で会話ができるだけの知識が求められている。
実務担当者	<ul style="list-style-type: none"> ・指示されたことをただこなすだけでなく、必要な基礎知識を有し、ある程度先のことを見据えた上で実験計画を立てていける人材。 ・実務とは直接関係の無い分野(素材開発業であれば製品加工分野・環境評価分野、製品加工業であれば発酵生産分野・化学合成分野・環境評価分野)に関しても、(浅く広くで良いが)基礎知識を有している必要がある。
チームリーダー	<ul style="list-style-type: none"> ・現場の進捗を管理するだけでなく、事業の方向性や業務管理(技術の難易度を見極め、要する時間・体力を判断)もある程度予測しながら作業(業務)計画を立てられる人。 ・実務に関係する分野に関しては、基礎から応用まで幅広い知識が必要。 ・実務に直接関係しない分野についても、十分な知識を有している必要がある。
プロジェクトマネージャー及び事業統括者(管理職レベル)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術スキルとしては、チームリーダー以上に必要なものは無く、育成の必要はない(逆にいえば、チームリーダーのレベルで必要な技術スキルは全て有しておく必要がある)。 ・管理職としては、流通やマーケティングなど、経営的スキルが必要である(本事業の対象外)。 ・効果的と考えられるのは、技術スキルをまとめて復習できたり、最新トピックスをまとめて入手可能なプログラムの受講。



図表 3-6 設定した人材レベルの能力範囲の検討結果

(3) スキル項目の検討

ヒアリングにおいてスキル項目に対して得られたコメントについて検討し、対応策としてとりまとめた。

図表 3-7 スキル項目に対するコメントへの対応

関連分野	主なコメント	対応方針
発酵生産	・特になし	
化学合成	・ポリマーのブレンド・アロイ技術など、大学で教えない技術をサポートしてほしい。 ・天然高分子の物性や多糖類の化学に関する知識が必要。	・「発酵生産」や「化学合成」のスキルとして反映。
機器分析	・実際に機械を扱うための知識はニーズが低い。 ・データを見て、開発や商品化へフィードバックできるスキルが必要。 ・物性等の評価をフィードバックさせるためには、高分子の知識が重要（高分子の知識を有している人材が少ない）	・「機器分析」を「高分子構造・物性」と改め、高分子の知識をつけると共に、機器分析の結果をフィードバックさせるためのスキルとして再構成。 ・履修の順序として、「発酵生産」や「化学合成」よりも前に位置付け。
ケミカルリサイクル	・ケミカルリサイクルは今後研究が活発化する可能性はあるが、ケミカルリサイクルだけでは不十分。 ・カスケードリサイクルも含めた各種リサイクルシステム全体から入り、現場に適した手法を講義していく必要がある。	・「ケミカルリサイクル」を「リサイクル」と改め、リサイクルシステム全体のスキルとして反映。
製品加工	・事業実現性の高い素材を開発するためには、加工手法の知識を詳細にしてほしい（素材開発業）	・素材開発業のニーズに基づき、製品加工手法に関するスキルを拡充。
環境評価	・土壌微生物の知識も必要。	・「環境評価」の中で反映。
その他	・化学工学の知識も必要ではないか。	・「発酵生産」や「化学合成」の一部に反映。
	・新しい分解性の試験法やPL（ポジティブリスト）の基準などの最新知識が学べるものがあると良い。	・「環境評価」の中で反映。

(4) スキルスタンダード第2次案

前項の検討内容を踏まえ、スキルスタンダード第2次案を作成した。

なお、ヒアリング結果より人材像の各レベルに求められる能力範囲のニーズがより具体化し、かつ育成範囲が2段階（実務担当者・チームリーダー）となったため、スキルを「基礎知識」、「実務関連知識」及び「管理関連知識」で区分すること（第1回検討委員会における提示事項）は妥当でないと判断した。

また、スキルの内容を詳細化および整理し、ヒアリングから得られた人材ニーズに対応できるような「実務担当者向け」および「チームリーダー向け」科目をカリキュラムとして構成するようにした。

3 1 3 スキルスタンダード第3次案の検討・作成

第2回検討委員会における目標スキルの再見直しに関する意見を反映するとともに、アンケート調査結果、中間報告会における意見等を踏まえて、スキルスタンダード第3次案を作成した。

なお、スキルスタンダード第3次案の作成に際しては、スキルスタンダードとカリキュラムの接合を考慮して、具体的な科目も含めた。

(1) スキルスタンダードの見直し

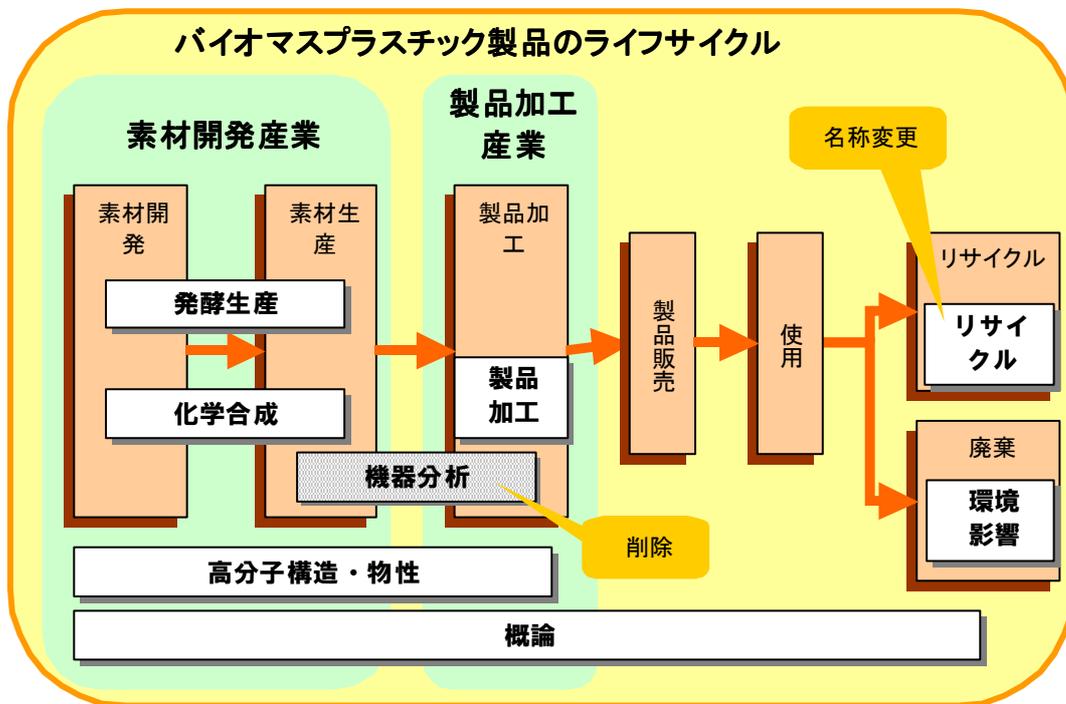
スキル分野の修正

「機器分析」は機器メーカーの導入時講習等で対応可能であるため、スキルとしておく必要が無いのではないかと指摘があった。

そこで、「機器分析」をスキルから削除するとともに、初級者に必要な基礎事項である「高分子」を新たに組み込むこととした。

また、「ケミカルリサイクル」では対応範囲が狭いとの指摘を受けたため、より広い範囲に対応すべく名称を「リサイクル」と修正した。

したがって、各スキル分野が対応する範囲は図表3-8の通りとなる。



図表 3-8 各スキル分野が対応する範囲

経済性評価の導入

「発酵生産」や「化学合成」分野の研究開発における経済性評価が重要であるとの指摘があった。

そこで、素材開発や製品加工の事前評価として、細かいコスト計算方法ではなく、どの工程に掛かるコストの種類と量がだまかに把握できることをスキルスタンダードに組み込むこととした。なお、カリキュラムにおいても、経済性評価を独立した科目として検討することとした。

研究動向の把握

現状の研究動向を幅広く把握できることが必要であるという指摘があった。

スキルスタンダードには組み込みにくいと、カリキュラムにおいて、「概論」の項目における実践的な内容として、国等のバイオマスプラスチック研究の紹介や、今後研究開発が進展することが予想される分野の紹介を含めることを検討することとした。

(2) アンケート調査結果の反映

アンケート調査結果より、技術的な事項だけをスキル項目とするのではなく、実務を担当する職務であっても、バイオマスプラスチックの研究開発から製造までの流れを把握しておくことや、関連業種の担当者とコミュニケーションできることが必要であるとの指摘があった。

これらの指摘を踏まえ、前項にも示した「概論」において、バイオマスプラスチックの研究開発や製品製造の現状と関連技術を盛り込むこととした。

(3) 産業別・人材像別のスキル

スキルスタンダードの改訂に際しては、育成後の産業別・人材像別スキルとして整理した結果を用いた(図表2-3参照)。

(4) 中間報告会における意見等

中間報告会では、「スキルスタンダードにおいて、スキルと知識の切り分けが明確化されていない」という意見が寄せられた。

それに対しては、「スキルを技術能力(～ができる)として整理するとともに、そのスキルを修得するための知識を切り分けて整理する」ことにより対応することとした。

(5) スキルスタンダード第3次案

前項を踏まえ、スキルスタンダード第3次案を作成した。

3 1 4 スキルスタンダード成案の検討・作成

第3回検討委員会及び第4回検討委員会における意見を反映するとともに、実証講義結果等を踏まえて、スキルスタンダード成案を作成した。

成案の作成に際しては、スキルスタンダード第3次案を基本としながらも、改めて想定される業務領域とそれに対応する業務内容を整理した上で、業務領域に必要となるスキル項目（基礎、応用、発展）及び知識項目（基礎、応用、発展）をとりまとめたものをスキルスタンダードとした。

なお、スキルスタンダード第3次案については、カリキュラムとの接合の表現として活用することとした。

（1）検討委員会における意見の反映

第3回検討委員会及び第4回検討委員会において、スキルスタンダード第3次案の改訂（全体像を示す図の新設、スキルスタンダードと科目の組合せの図の新設）スキルスタンダードにおける「基礎」「応用」「発展」という用語の統一、業務領域別のスキル項目（差異なし）記載、スキル項目の中への知識項目の吸収、の4点について検討した上で、可能な範囲でスキルスタンダードに反映するよう指摘された。

しかし、利用者の観点から、業務領域ごとにスキルを記載することや、スキル項目とそれに対応する知識項目を提示した方が使い勝手がよいと判断したため、スキル項目と知識項目について「基礎」「応用」「発展」のいずれに該当するかを精査した上で、業務領域に必要となるスキル項目（基礎、応用、発展）及び知識項目（基礎、応用、発展）としてとりまとめた。

（2）実証講義結果の反映

実証講義結果を受けて、検討委員会より、各分野で導入として説明することが必要となる背景や経緯等の知識を共通化するよう指摘されたことから、「概論」の中にバイオマスプラスチックに係る歴史や技術動向等の知識に係る事項を盛り込むこととした。

また、学習した知識と現場作業の意味との連携を図ることの必要性については、スキル項目を現場における実際の作業として記述することで対応することとした。

成案の作成に際しては、想定される業務領域とそれに対応する業務内容を整理し、当該業務内容に必要となるスキル項目（基礎、応用、発展）及び知識項目（基礎、応用、発展）をとりまとめたものをスキルスタンダードとした。

3 2 . 人材ニーズ調査

3 2 1 人材ニーズ調査の目的と方法

バイオマスプラスチックに関連する企業に対して、現場で求められている人材ニーズ（能力、知識等）を可能な限り詳細に把握することを目的として、アンケート調査及びヒアリング調査を実施した。

3 2 2 アンケート調査

（1）アンケート調査の対象

バイオマスプラスチック関連企業等を対象としてアンケート調査を実施し、関連する業界における人材ニーズ（能力、知識等）について把握した。調査に際しては、メーカーだけでなく、技術人材供給に関連すると考えられる技術系の人材派遣業や教育業等も調査対象とした。

対象業種

- ・ 素材（樹脂）産業
- ・ 製品加工業
- ・ 技術人材派遣業、技術関連のマスコミ・出版業
- ・ 教育産業（専門学校等）

送付概要

- ・ 実施期間：平成 16 年 8 月 2 日～23 日
- ・ 発送数：94
- ・ 回収数：14（素材産業 3、製品加工・製造産業 7、技術人材派遣業・専門学校 4）
- ・ 回収率：14.9%

（2）アンケート調査の内容

- ・ バイオマスプラスチック関連事業の取組状況
- ・ 同事業を担当している部署・組織名
- ・ 同事業の中核的な役割を担う人材を想定した場合の理想的な人材像、能力
- ・ 業務実態に照らした人材像のレベル分類の妥当性
- ・ 同業務を担う人材に必要なスキルの必要度、不足感、育成・獲得方法
- ・ 同業務を担う人材を育成するための研修方法への要望
- ・ 本事業で作成されるスキルスタンダード等の利用方法

(3) アンケート調査の結果

以下にアンケート調査の結果を示す（詳細は参考資料 p.201 以降を参照）。

バイオマスプラスチック関連事業の取組状況

図表 3-9 バイオマスプラスチック関連事業の取組状況

設問肢	回答数	内訳		
		素材開発 産業	製品加工・ 製造産業	技術人材派遣 業・専門学校
1. 現在取り組んでいる	4	2	2	0
2. 将来的に取り組む予定がある、または関心がある	4	1	2	1
3. 取り組んでいないし、関心も無い	6	0	3	3

理想的な人材像・イメージ

- ・バイオマスプラスチック関連の知識を十分に持っており学生への知識・技術の指導が十分に行える人材。
- ・バイオマスプラスチック関連事業は、今後、国、自治体、業界団体、消費者との連携プレーを進めて行く必要がある。単なる一企業の製品開発に止まらず、各団体との共同事業、調整役等ディレクター、プランニングの能力も求められる。
- ・材料やその加工技術に一定水準の技術力を有している。
- ・バイオマスプラスチックの特性に関し豊富な知識がありかつ、フィルム成形加工技術の知見が高いこと。
- ・環境関連技術開発全般に造詣が深く、ポリマー開発技術に精通し、用途開発が出来る人材。
- ・基礎技術としてバイオマスプラスチックの知識は必要であるがそれ以上に、従来の常識を打ち破る発想が出来る人材。
- ・バイオマスプラスチックの基本的な知識を有し、かつその応用技術を理解し、かつ交渉能力と経理・原価知識を有する人材。

理想的な人材に望まれる能力

図表 3-10 理想的な人材に望まれる能力

設問肢	回答数
1. 経験が豊富である	2
2. 最新技術に精通している	4
3. 技術力が高い	4
4. 専門領域をもっている	4
5. 広い領域に通じている	3
6. 研究者・科学者としての思考力がある	3
7. プロジェクト管理能力が高い	5
8. 市場・顧客ニーズを把握できる	5
9. リーダーシップに優れている	2
10. 部下等の育成ができる	1
11. コミュニケーション・交渉能力がある	4
12. 人脈が豊かで社内外の連携体制がとれる	1
13. その他	0
14. 特になし	0

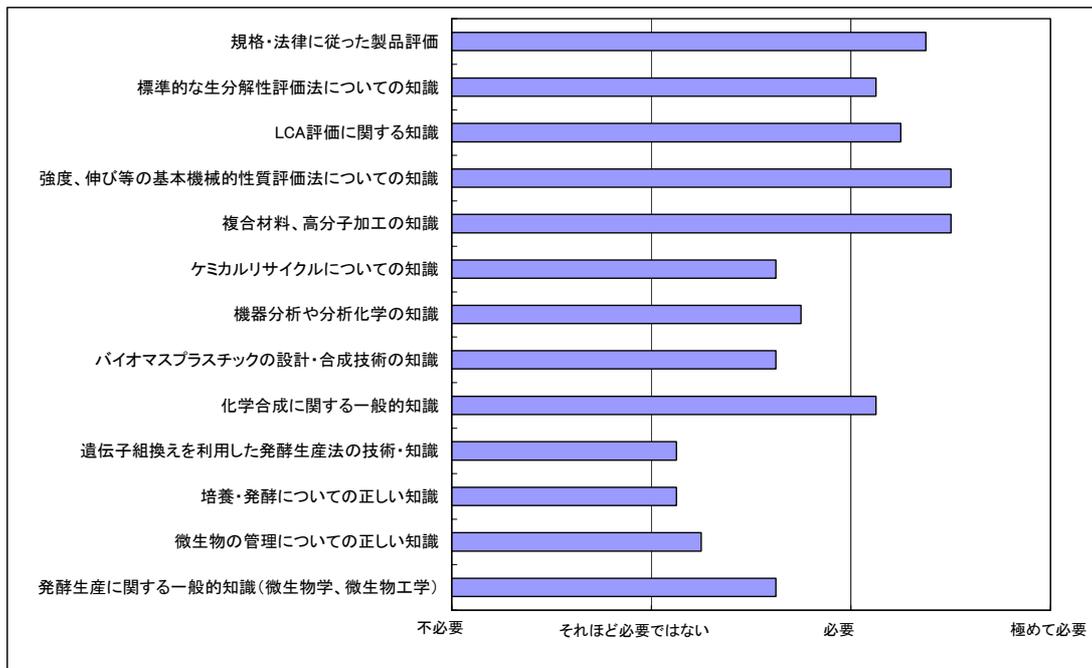
人材像のレベル分けの妥当性

図表 3-1 1 人材像のレベル分けの妥当性

設問肢		回答数
初級者（生産現場担当）のレベル	妥当	8
	妥当でない	0
中級者（ライン管理）のレベル	妥当	8
	妥当でない	0
上級者（プロジェクト管理）のレベル	妥当	7
	妥当でない	1

なお、上級者の妥当な人材のイメージとしては、プロジェクト管理に加えて計数の理解が出来て（例：ROI,ROA,EBTDA等の知識を有すること）、実務ができることが挙げられていた。

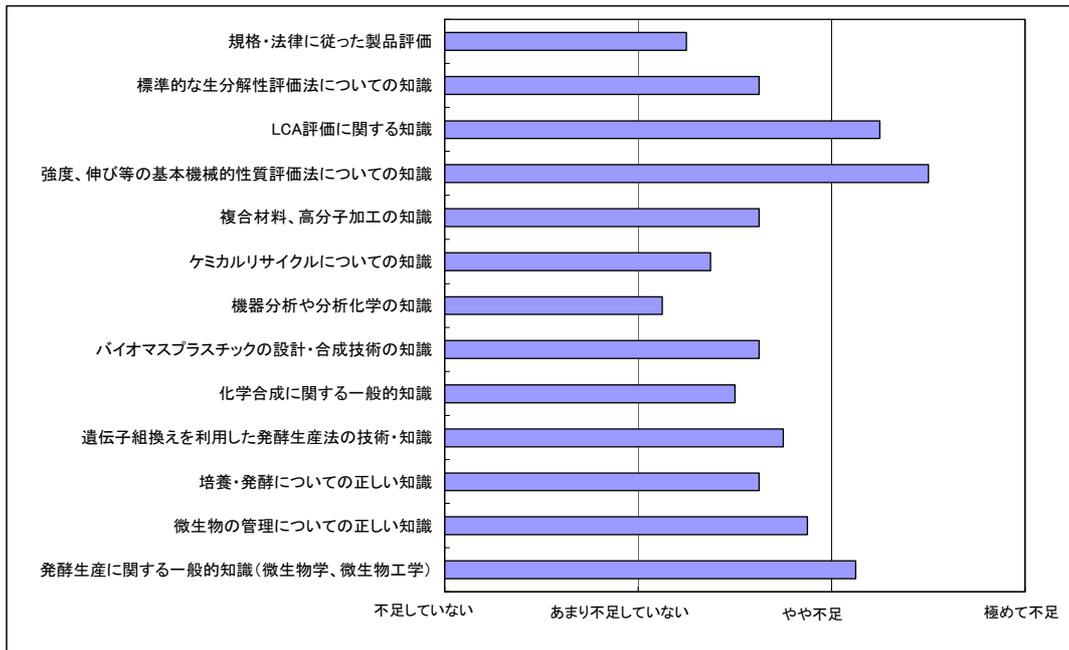
知識の必要度



注) 回答で「不必要」を1、「それほど必要ではない」を2、「必要」を3、「極めて必要」を4として、質問項目ごとの重み付け平均をプロットした。

図表 3-1 2 知識の必要度

知識の不足感



注) 回答で「不足していない」を1、「あまり不足していない」を2、「やや不足」を3、「極めて不足」を4として、質問項目ごとの重み付け平均をプロットした。

図表 3-13 知識の不足感

人材育成方法

図表 3-14 人材育成方法

		回答数	素材産業	製品加工・製造産業	技術人材派遣業・専門学校
発酵生産	1. 社内研修	1	0	1	0
	2. 社外研修	3	1	2	0
	3. OJT	0	0	0	0
	4. 育成していない	5	2	2	1
化学合成	1. 社内研修	1	1	0	0
	2. 社外研修	2	0	2	0
	3. OJT	3	1	2	0
	4. 育成していない	3	1	1	1
機器分析	1. 社内研修	0	0	0	0
	2. 社外研修	1	0	2	0
	3. OJT	3	2	1	0
	4. 育成していない	4	1	2	1
ケミカルリサイクル	1. 社内研修	0	0	0	0
	2. 社外研修	2	0	2	0
	3. OJT	1	1	0	0
	4. 育成していない	4	2	2	1
製品加工	1. 社内研修	1	0	1	0
	2. 社外研修	4	1	3	0
	3. OJT	5	3	2	0
	4. 育成していない	1	0	0	1
環境評価	1. 社内研修	0	0	0	0
	2. 社外研修	5	1	4	0
	3. OJT	2	0	2	0
	4. 育成していない	3	2	0	1

人材研修の受講形態

図表 3-15 研修形態と金額

設問肢	金額	回答数
有料の外部研修でも利用したい		4
	うち1万円	1
	2万円	1
	3万円	2
無料の外部研修なら利用したい		8
eラーニング等による社内研修が可能なら利用したい		1
	うち1万円	1
研修を利用したいとは思わない		1

図表 3-16 妥当な研修日数

日数	回答数
1日	1
2日	6
3日	4
1週間	1
無回答	2

スキルスタンダードの利用観点

図表 3-17 スキルスタンダードの利用観点

設問肢	回答数
1.採用活動時における能力評価基準	6
2.人事考課時の判断基準	0
3.人材配置の判断基準	6
4.社員に必要な能力開発の明確化	9
5.社内人材ニーズの把握	3
6.利用しない	1
7.その他	2

3 2 3 ヒアリング調査

(1) ヒアリング調査の対象

バイオマスプラスチック関連企業のうち、先進的な取組を行っている企業を対象としてヒアリング調査を実施し、バイオマスプラスチックに関連する業界における人材ニーズ（能力、知識等）について把握した。

- ・実施期間：平成 16 年 7 月 29 日～8 月 30 日
- ・対象数：8 社

(2) ヒアリング調査の内容

- ・求められているスキル・人材ニーズ
- ・スキル項目に対するコメント
- ・必要としている人材
- ・人材育成研修

(3) ヒアリング調査の結果

以下にヒアリング調査の結果（概要）を示す。
なお、ヒアリング調査の詳細は参考資料に示す。

求められているスキル・人材ニーズ

図表 3-18 求められているスキル・人材ニーズ

	素材開発産業	製品加工産業
実務担当者レベル	<ul style="list-style-type: none"> 指示されたことをただこなすだけではなく、最先端の実験をこなす必要がある。 上級者の指示により実務担当者として業務をこなすことは派遣社員に求められているのが実情であり、大卒新入社員に対して期待される育成レベルは中級エンジニアのイメージに近い。 業務に直接関連する分野（発酵生産、化学合成、機器分析、ケミカルリサイクル）については、基礎的な知識を全て有している必要がある。 実務を十分身に付けられるためにも、まずは基礎知識をしっかりと身につけてほしい。 また、機器分析の結果を次の段階へ反映させられる能力や、材料設計が行える能力が実務者にあるとより好ましい。 製品加工業者と折衝する必要があるため、同じ土壌で会話ができるだけの製品加工技術の知識が必要（ただし、担当分野の加工技術が最低限あればよい）。 環境評価に関しては、基礎的・実務的な知識が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 製品加工産業においては、実務者が顧客と対峙し、価格が高くても顧客に使用してもらえるよう製品をアピールしたり、製品に関する疑問に答えるといった役割を果たすケースが多い。 そのため、実務者は担当業務をこなせる能力だけではなく、樹脂の製造（素材開発）方法や特性に関して、汎用樹脂と比較できる程度の基礎知識（広く浅くで良い）を有する必要がある。 製品加工業種でも、発酵生産や化学合成といった素材開発の基礎的な知識は実務者の段階で必要。 実務者は基礎知識を確実に身につけることを優先した研修が効果的。 製品加工産業での素材開発の知識は、どのような方法で樹脂が製造されているという一般的な知識があれば十分である。 環境評価は、実務ではそれほど必要ないのではないかと。
（現場の統括者） チームリーダー	<ul style="list-style-type: none"> この人材の育成に一番力を入れている。 チームリーダーは、現場を統括する必要があり、現場の進捗を管理するだけでなく、事業の方向性もある程度予測しながら作業計画を立てる必要があるため、基礎から応用まで幅広い知識が必要。 製品設計に基づく業務遂行の判断（技術の難易度を見極め、要する時間や体力を評価）できる能力が必要。 業務に直接関連する分野については、基礎的な知識以外にも応用的な知識も全て有している必要がある。 全ての製品加工技術に関する知識を把握している必要がある。 環境評価に関しては、基礎・実務的知識に加え、応用・管理的知識を把握している必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> このレベル（チームリーダー）の育成に尽力している。 開発の小回りを良くするためにも、チームリーダークラスの人材を増員していきたいと考えている。 基礎知識を身につけているという前提の上で、担当業務内容を含め、他分野における実務知識に関しても見につけるような研修が良い。 環境評価に関しても十分な知識をつけておく必要がある。
管理職（プロジェクトマネージャー） ・事業統括者	<ul style="list-style-type: none"> このレベルには、流通やマーケティングなどの経済活動の分析に関する知識が必要となる（ただし、本事業の対象外のスキル）。 技術的な知識については、実務担当者が行っている最先端の実験を理解できるだけの知識があればよいから、研修は必要ないのではないかと。 普通は十分な技術的知識は有しているはずであるが、意外と基礎を正確に理解している人は少ない。 バイオマスプラは各種出てきているが、最終的には淘汰されていくと考えられる。そのときに確実に残っていく素材を見極めるためにも、事業統括者には正確な知識が必要となる。 有効なカリキュラムとしては、技術知識をまとめて復習できたり、最新トピックスが入手できるのが効果的ではないかと。 	<ul style="list-style-type: none"> PM や事業統括者は今回提示しているようなスキルを研修する必要はなく、事業をどう進めていくかに係るマーケティングや企画関連のスキルが必要となる。 ただし、マーケティング等に関しては、バイオマスプラスチックに特定した市場が存在するわけではなく、他の汎用樹脂の市場に入り込んでいくだけなので、汎用樹脂のビジネススキルがそのまま利用できる。従って、今回のスキル項目にマーケティングスキルを付け加える必要は無いと思う。 プロジェクトマネージャーや事業統括者は、一通りの知識を持ち経験も豊富であるため、特に研修は必要ないのではないかと。 業界の動向や新トピック、法規制などがまとめて手に入るような研修なら PM や事業統括者も必要であると考えます。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 営業担当者：製品加工業者を顧客とするので、会話の内容を現場へフィードバックする必要があり、技術内容（発酵・合成の基礎や一通りの製品加工方法の知識）を把握しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎的な知識に関しては、技術者だけでなく営業も習得しておく必要がある。従って、基礎知識の研修があれば、営業に対しても利用したいと考えている。

スキル項目に対するコメント

図表 3-19 スキル項目に対するコメント

	素材開発産業	製品加工産業
発酵生産	(なし)	(なし)
化学合成	<ul style="list-style-type: none"> 重視すべきスキル； 水酸基(OH基)の反応に関する知識 ポリマーブレンド技術 ポリマーアロイ技術 原料種別(自然高分子)の物性(特に、デンプンやセルロースの研究者は少なく、身につけている人が少ない) 多糖類の化学 	(なし)
機器分析	<ul style="list-style-type: none"> 実際に機械を扱う基礎知識も必要であるが、そのデータをフィードバックできるスキルが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 機器分析では、測定結果を見て実際に商品化していく際にどのような影響を及ぼすのかを考え、何に活用できるのか、何を改善すべきなのかという判断ができるスキルはニーズが高いと思う。
ケミカルリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックのリサイクルは現在、サーマルリサイクルが主であり、ケミカルリサイクルはそれほど行われていない。ケミカルリサイクルの名称を再検討するべきではないか。 ポリ乳酸はケミカルリサイクルしやすいので、今後研究が活発になる可能性はあるが、ケミカルリサイクルだけでは十分とはいえない。 大きな範囲でリサイクルを取り上げ、各種リサイクル手法のうち、現場の中で最適な手法は何かを講義したほうが良いのではないか。 ケミカルリサイクルよりも、カスケードリサイクルの話をする必要があるのではないか。 	<ul style="list-style-type: none"> リサイクルに関してはケミカルに限定するのではなく、プラスチックのリサイクル全体としてはどのような方法があるのか、その中でケミカルリサイクルはどのような位置付けにあり、なぜバイオマスプラスチックの場合はケミカルリサイクルが良いのか、という視点の方が良いのではないか。 バイオマスプラスチックの特性を活かしつつ既存のリサイクルシステムと共存していく方法を消費者に説明していく必要があるため、マテリアル(カスケード)リサイクルも含めたりリサイクルシステム全体の基礎知識が必要であると思う。 加えて、用途に応じてリサイクルの弊害となるもの(印刷・塗料など)に関する知識も必要となるかもしれない。
製品加工	<ul style="list-style-type: none"> 事業実現性の高い素材(コストと性能を満足できる素材)を開発するためには、製品加工の知識が非常に重要。 加工手法の部分をもっと詳細にしてほしい。性能面・生産コストを勘案した上で、製造条件・加工条件の判断ができるレベルまで習得できるような内容が必要。 各種の加工手法の知識や、製品加工方法が変わると物性がどう変化するかを分子構造から推定できる知識が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ポリ乳酸などのバイオマスプラスチックには物性や加工性の欠点指摘されるが、それらは程度の違いはあれ他の汎用樹脂にも同様に見られる問題点である。 そのため、加工技術に関しては、バイオマスだから必要という特別な技術は無く、汎用の技術で応用可能である。
環境評価	<ul style="list-style-type: none"> 土壌微生物の知識を加えた方が良い。 	(なし)
その他	<ul style="list-style-type: none"> 基礎的な化学工学の知識がいるのではないか。研究者には必要ないが、事業化(チームリーダー以上)する(=工場を建てるなど)ときに必要となる。 新しい分解性の試験法やPL(ポジティブリスト)の基準などの最新知識が学べるものがあるとありがたい。 	<ul style="list-style-type: none"> 性質的な課題が生じた時に、高分子の構造まで戻って原因を把握し、製品加工技術に反映させていける能力もニーズが高いと考えられる。 高分子の知識(物性やそれに関する用語等)のない人が多い。 物性等の評価を開発にフィードバックさせるためにも、高分子の知識は非常に重要である。

必要としている人材

図表 3-20 必要としている人材

素材開発産業	製品加工産業
<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの企業が面している開発段階によって異なることに注意。 ・発酵効率をあげるかの先端的な研究ができる発酵生産分野のプロ的人材。 ・原料費を安く抑えるため、バイオマスプラスチックからプラスチック以外の副産物の活用法について考えられるような人材。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的に、環境に対する意識が薄いと商品化の方向性がはっきりしない場合が多い。 ・技術と環境に関する知識を両方持ち合わせ、バイオマスプラスチックの付加価値を維持しつつ製品開発を行っていくためには、プラスチック加工の技術をどう組み合わせれば良いのかを考えられる人材が望ましい。

人材育成研修

図表 3-21 人材育成研修

素材開発産業	製品加工産業
<ul style="list-style-type: none"> ・仮に外部研修を受けるのなら、一人あたり10万円程度が妥当。 ・機器分析の知識に関しては、実際に現場で研修させることが一番効果的（実現困難かもしれないが）。 ・大学ではあまり教えない技術をサポートしてほしい（例えばポリマー物性やブレンド手法など）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオ関係の新人が多くなってきており、ケミカルの基礎的な知識を入社後に研修しているような状態にあるが、会社での研修は時間もかかるため、基礎的な知識を教えてくれる外部研修があるならば、多少コストがかかっても利用したいと考えている。 ・今までの経験の中では、外部研修を受けさせた後にレポートを書かせ、それをプレゼンさせると最も効果があったように感じる。 ・一般的に外部研修はその場の受講や質疑応答よりも、終了後の復習で知識が定着するものなので、好きなときに繰り返し利用できる e ラーニングを用いた研修も有効だと思う。 ・ただし、e ラーニングは便利ではあるが、強制的にやらせないと効果があがらないという欠点もある。 ・研修への参加形態については、ある一定期間（1週間等）まとまって受けさせるのは業務遂行上（実験などの関係上）困難である。 ・実験や打ち合わせが長引くことが多々あるので、業務後よりも毎週決まった曜日・時間（午前が最適）を設定し、長期的に受講し続ける方が参加させやすいと思う。 ・実務者の研修は、新人研修に組み込むことも効果的だと思う。 ・外部研修も少なからず利用しているが、傾向としては新しい技術の話題に触れ、刺激を受けるために利用しているケースが多い。

3 2 4 まとめ

アンケート調査及びヒアリング調査により、下記の事項が明らかとなった。

(1) 人材へのニーズ

知識面ではバイオマスプラスチック関連・環境関連技術開発の知識など、技術面では材料加工・フィルム成形加工の技術などが主に必要と考えられているほか、製造工程で生じる副産物の活用も考慮できることが求められている。

管理面では、部下等への知識・技術の十分な指導力、交渉能力、経理・原価知識などが主に必要と考えられている。

また、本事業の対象としている人材スキルを超えるものとして、プランニング能力、共同事業化の際の調整能力、用途開発が出来る企画力、従来常識を打ち破る発想なども求められている。

(2) 必要な知識

現状における石油起源のプラスチック生産では、規格や法律に沿った製品評価、LCA 評価、素材評価、高分子材料、化学合成などが具体的に必要とされる知識であり、発酵生産などの生物関連の知識は必ずしも必要でない。

また、必要であると考えられている知識のうち、LCA 評価や素材評価の知識が不足している。

一方、バイオマスプラスチック生産を考えると、発酵生産や微生物管理などの生物関連の知識が必要であると指摘された。

(3) スキルスタンダードの利用

企業内で、スキルスタンダードを利用する場面としては、能力開発基準を明確にすること、採用基準に盛り込むこと、人材配置において考慮することなどが想定されていた。

3 3 . カリキュラムの作成

業務領域における業務内容、関連業界の人材ニーズ等に基づき、以下の手順でスキルスタンダードと接合するカリキュラムを検討・作成した。

第1段階：カリキュラム第1次案の検討・作成

開発グループと事務局において、企画段階における想定に基づいて、スキル項目を組み合わせた科目構成の検討、育成する人材に応じたカリキュラムの開発、という手順でカリキュラム第1次案を作成した。

第2段階：カリキュラム第2次案の検討・作成

第1回検討委員会における意見や、関連企業に対するヒアリング調査結果等を検討した結果、スキル構成および内容を見直す必要が生じたため、ニーズに応じたスキル内容と科目を再構成した。

それに連動して、カリキュラム第2次案の段階では、各レベルの履修イメージと想定モジュール数のとりまとめを実施した。

第3段階：カリキュラム第3次案の検討・作成

第2回検討委員会における意見を反映するとともに、中間報告会における意見等を踏まえて、カリキュラム第3次案を作成した。

第4段階：カリキュラム成案の検討・作成

第3回検討委員会及び第4回検討委員会における意見を反映するとともに、実証講義結果等を踏まえて、カリキュラム成案を作成した。

成案の作成に際しては、スキルスタンダード成案において設定されたスキル項目（基礎、応用、発展）及び知識項目（基礎、応用、発展）を反映できるよう配慮した。

3 3 1 カリキュラム第1次案の作成

企画段階における想定に基づいて、スキル項目を組み合わせた科目構成の検討、育成する人材に応じたカリキュラムの開発、という手順でカリキュラム第1次案を作成した。

(1) 企画段階における想定

企画段階では、スキルスタンダード(スキル項目)と科目の関連と、カリキュラムの基本構造について想定した。

スキルスタンダード(スキル項目)と科目の関連

基礎的事項と、応用的事項もしくは発展的事項にコース分類した上で、スキルスタンダード第1次案で提示されているスキル項目と接合する科目構成とした。

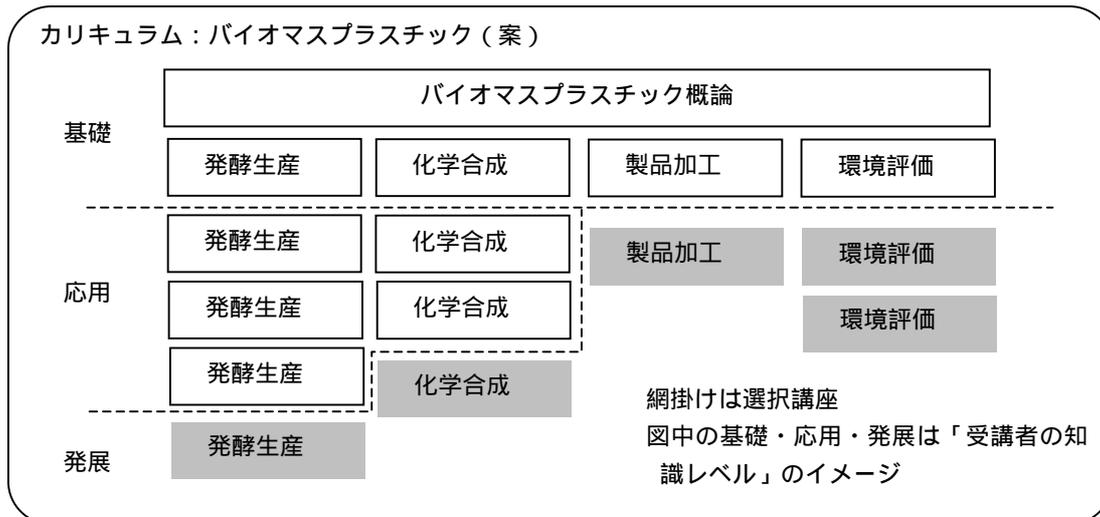
基礎コースのみ「バイオマスプラスチック概論」を学習し、基礎、応用、発展の段階では「発酵生産」、「化学合成」、「製品加工」、「環境評価」の4科目群を学習することとした。

図表 3-2 2 コース、科目とスキル項目の関係

コース名称	科目名	スキル項目
バイオマスプラスチック基礎コース	バイオマスプラスチック概論	バイオマスプラスチックの歴史、既往の検討成果
	発酵生産	微生物学、分子生物学、発酵工学
	発酵生産	菌株保存、菌単離、菌種判別、安全性確保、生産性の向上のための遺伝子操作、培養後の菌、培地の処分
	発酵生産	培養システム構築、培養技術、安全性確保
	発酵生産	微生物集菌、乾燥、目的物、単離、培養廃液処理
	化学合成	有機合成化学、高分子合成化学、化学工学、有機化学実験法
	化学合成	原料探索、合成ルート探索、収率、作業性の改善
	化学合成	分子量、組成等分子構造評価、融点、熱安定性等、熱的性質評価、結晶性評価
	製品加工	加工手法、添加物、ブレンドの検討、シート生成
	環境評価	環境化学、LCA 評価法
バイオマスプラスチック専門コース(各科目選択制)	発酵生産	遺伝子組み換え技術を利用した発酵生産
	化学合成	リサイクル型材料の開発、リサイクルの実証
	製品加工	引っ張り試験による強度、伸び測定、成形加工性の評価法
	環境評価	土壌中、自然環境中での生分解、コンポスト中での生分解評価、自然環境中で生体への影響評価
	環境評価	環境評価試験方法(安全性、その他)、規格および法規制

カリキュラムの基本構造

「バイオマスプラスチック概論」を基礎段階とするほか、スキルと対応した「発酵生産」、「化学合成」、「製品加工」、「環境評価」の4科目群による科目構成とした。いずれの科目も「 」は、一般論的な内容とし、「 」以降の科目で個別技術について詳細な内容を修得することを想定した。



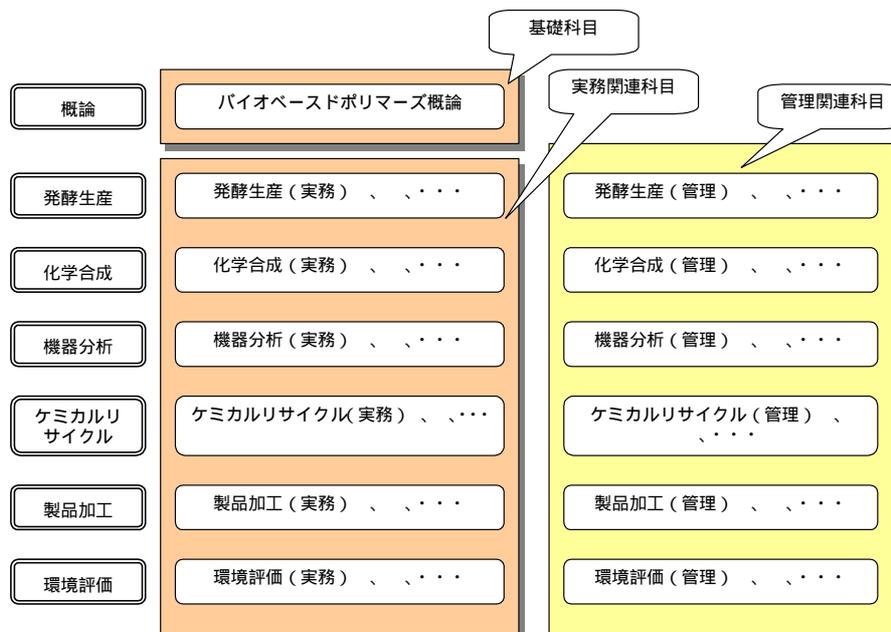
図表 3-2 3 カリキュラムの基本構造

(2) スキル項目を組み合わせた科目構成の検討

「化学合成」のうち、機器を使用した分析方法と、素材や製品の化学的なりサイクルについては、「発酵生産」にも関連する横断的な内容であることから、それぞれ「機器分析」、「ケミカルリサイクル」として科目レベルに引き上げることとした。

すなわち、受講者の学習し易さに配慮して、「概論」、「発酵生産」、「化学合成」、「機器分析」、「ケミカルリサイクル」、「製品加工」、「環境評価」の7つのカテゴリーに拡大した。

また、人材像に即したより実務的なカリキュラムとするため、「基礎」、「応用」、「発展」という段階的区分ではなく、「基礎科目」、「実務関連科目」、「管理関連科目」の区分とした。



図表 3-2 4 科目の構成イメージ

(3) 育成する人材に応じたカリキュラムの開発

育成レベル別のカリキュラム案は下記のとおりである。

図表 3-25 育成レベル別のカリキュラム第1次案

	科目名(例)	初級者	中級者	上級者
基礎科目	バイオベースドポリマーズ概論			
実務関連科目	発酵生産(実務) 、 . . .			
	化学合成(実務) 、 . . .			
	機器分析(実務) 、 . . .			
	ケミカルリサイクル(実務) 、 . . .			
	製品加工(実務) 、 . . .			
	環境評価(実務) 、 . . .			
管理関連科目	発酵生産(管理) 、 . . .			
	化学合成(管理) 、 . . .			
	機器分析(管理) 、 . . .			
	ケミカルリサイクル(管理) 、 . . .			
	製品加工(管理) 、 . . .			
	環境評価(管理) 、 . . .			

...必須科目

...選択科目

...必要であれば履修(原則として習得済みであるという認識)

3 3 2 カリキュラム第2次案の作成

第1回検討委員会における意見や、関連企業に対するヒアリング調査結果等を検討した結果、スキル構成および内容を見直す必要が生じたため、ニーズに応じたスキル内容と科目を再構成した。

それに連動して、カリキュラム第2次案の段階では、各レベルの履修イメージと想定モジュール数のとりまとめを実施した。

(1) カリキュラムの見直し

検討委員会及び関連企業ヒアリングによれば、カリキュラム第1次案は上級者の必修科目が量的に多く、企業内におけるポジションを考えると、現実的に履修は困難である。

カリキュラム第1次案は、上級者がバイオマスプラスチックの製品開発の際に素材開発から製品加工・環境評価にいたるまでの一通りのマネジメントに関わる部分だけは知っておく必要があると考えて作成したものである。

以上より、業種毎に選択性を導入したカリキュラムを作成し、受講者が自分の専門分野で既に知っている科目については履修不要とした。このように、専門分野以外の科目を選択的に学習できるようにすることで、上級者の負担を軽減することとした。

(2) 各レベルの履修イメージ

第3次案以降で構成していく予定の「実務担当者向け」及び「チームリーダー向け」科目について、レベル付けしたカリキュラム設定(履修イメージ)を下記のように想定した。

ただし、素材開発業と製品加工業では、他業種の知識に関して求めるレベルが異なることが想定されるため、実務担当者向けのレベルをさらに分けることも検討することとした。

図表 3-2 6 各レベルの履修イメージ

	実務担当者	チームリーダー	それ以上 (管理職など)
レベル1 (実務担当者向け科目中心)	履修の必要あり	既に取得済みが前提 (必要に応じて履修を推奨)	既に取得済みが前提 (必要に応じて履修を推奨)
レベル2 (チームリーダー向け科目中心)	履修の必要なし	履修の必要あり	

(3) 想定モジュール数

ヒアリング調査において、「研修への参加形態については、ある一定期間(1週間等)まとめて受けさせるのは業務遂行上(実験などの関係上)困難である」、「業務(実験など)や打ち合わせが長引くことが多々あるので、業務後よりも毎週決まった曜日・時間(午

前が最適)を設定し、長期的に受講し続ける方が参加させやすい」等の意見があったことから、モジュール数については下記のように想定した。

- ・受講形態としては、「毎週1回の午前中(2~3モジュール)を利用した長期的な継続受講」を想定。
- ・現状のスキルスタンダードから推定すると、最低でも50モジュール以上が必要となる見込み。
- ・以上を勘案し、総モジュール数を約80~100モジュール(期間は半年~1年間程度;1日に受講可能なモジュール数により必要期間は変動)としたカリキュラムを想定。

3 3 3 カリキュラム第3次案の作成

第2回検討委員会における意見を反映するとともに、中間報告会における意見等を踏まえて、カリキュラム第3次案を作成した。

(1) カリキュラムの見直し

第2回検討委員会においてカリキュラム第2次案に対して、以下の意見があった。

受講期間の検討

受講期間の設定が「週1回午前中の講義を半年から1年程度受講」は、企業の本社(都市部の事業所)での実施を想定したものであり、地方からの受講生の利便性を考慮すると、短期間で集中して学べるのが望ましいという意見があった。

受講生のニーズや事情は多様であるため、すべての場合に適合するようなカリキュラムの設定は困難である。しかし、レベル別の科目を限定して受講することで対応できると考えられるため、カリキュラムの現実的な運用面で検討していくこととした。

e-learningによる利用

物理的な講義場所の観点から、e-learningによる利用も考えられるとの意見があった。

当該カリキュラムは知識を学習するためのものであり、受講生のニーズも考慮すると、e-learningによる利用も選択肢となり得る。

しかし、e-learningはあくまでも学習ツールのひとつであることから、実際に教育コースを設定し、教材を作成する段階でe-learningによる利用を検討すればよいと考え、将来的な課題にすることとした。

(2) 中間報告会における意見等

中間報告会では、「バイオマスプラスチックの原料となるバイオマスについて学ぶカリキュラムについて追加する必要がある」という意見が寄せられた。

それに対しては、「導入科目である『バイオマスプラスチック概論 及び』において学習する。そのほか、各科目の導入段階で必要な場合にも、適宜説明する」ことにより対応することとした。

(3) カリキュラムの概要

実務担当者のカリキュラム方針

実務担当者は、指示されたことを実施するだけでなく、必要な基礎知識を有し、ある程度先のことを見据えた上で実験計画を立てていける人材を想定した。また、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野のように、実務とは直接関係の無い分野に関しても基礎知識を有していることが望ましいと想定した。

したがって、実務担当者については、受講対象者が所属する産業の基礎から応用分野に加えて、上述の分野に関する知識内容に応じて学習科目を設定した。

また、高分子の知識が必要となる科目も多いことから、高分子の知識の無い受講対象者を「初級」、有る受講対象者を「中級」として、「初級」の受講対象者には高分子の基礎科目も学習してもらうこととした。

チームリーダーのカリキュラム方針

チームリーダーは、現場の進捗を管理するだけでなく、事業の方向性や業務管理（技術の難易度を見極め、必要となる時間・体力を判断）もある程度予測しながら作業（業務）計画が立てられる人材を想定した。また、実務に関係する分野に関しては、基礎から応用、発展まで幅広い知識が必要であることに加えて、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野のように、実務に直接関係しない分野についても十分な知識を有していることが望ましいと想定した。

したがって、チームリーダーについては、受講対象者が所属する産業の基礎から応用、発展までの分野に加えて、自らが必要とする知識内容に応じて学習科目を設定した。なお、実務担当者の呼称と合わせて、チームリーダーを「上級」とした。

カリキュラムにおける科目の区分

カリキュラムを構成する7分野については、各分野に属する科目を下記に示すとおり、基礎、応用、発展の3つのレベルで区分した。

図表 3-27 基礎、応用、発展のレベル区分

段階	内容
基礎	・ 予備知識が無い受講者、再度学習を志す受講者が受講する科目 ・ 主に実務担当者（初級、中級）が受講する基礎的な科目 ・ チームリーダー（上級）は所属する産業分野に応じて受講する基礎的な科目
応用	・ 基礎段階の知識を有する受講者が受講する科目 ・ 実務担当者（初級、中級）が所属する産業分野に応じて受講する応用的な科目 ・ チームリーダー（上級）は所属する産業分野に応じて受講する応用的な科目
発展	・ 基礎段階及び応用段階の知識を有する受講者が受講する科目 ・ 実務担当者（初級、中級）は受講しない科目 ・ チームリーダー（上級）が現場統括や業務計画立案に資するため受講する発展的な科目

カリキュラムと受講対象者の所属する産業分野との関係

カリキュラムのうち、共通的な科目を除き、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野と受講対象者の担当業務（所属する産業分野）との関係は下記の通りである。

図表 3-28 カリキュラムの主要分野と受講対象者の所属する産業分野との関係

科目分野	レベル	素材開発産業		製品加工分野	
		実務担当者 初級・中級	チームリーダー 上級	実務担当者 初級・中級	チームリーダー 上級
発酵生産 化学合成	基礎	必修	一部必修	一部必修	一部必修
	応用	必修	必修	-	一部必修
	発展	-	必修	-	必修
製品加工	基礎	必修	必修	必修	-
	応用	-	-	必修	一部必修
	発展	-	必修	-	必修

(4) カリキュラムの詳細及びモジュール数

レベル区分（基礎、応用、発展）と受講対象者区分（初級、中級、上級）の関係性を考慮して作成したカリキュラム案の詳細及びモジュール数を以下に示す。なお、カリキュラムは受講が推奨される科目を定めたものであり、必修ではない科目の受講は妨げない。

図表 3-29 カリキュラムの詳細及びモジュール数

区分	科目名	区分	想定 モジュール数	素材開発産業			製品加工産業		
				実務担当者 初級	実務担当者 中級	チームリー ダー	実務担当者 初級	実務担当者 中級	チームリー ダー
概論	バイオマスプラスチック概論	基礎	2	○	○	○	○	○	○
高分子構 造・物性	高分子の分子特性(基礎)	基礎	5	○	○	○	○	○	○
	高分子の分子特性(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○
	高分子の固体構造と物性(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○
発酵生産	高分子の固体構造と物性(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○
	微生物学概論	基礎	3	○	○	○	○	○	○
	微生物利用論	基礎	2	○	○	○	○	○	○
	微生物工学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○
	微生物工学(応用)	応用	2	○	○	○	○	○	○
	微生物工学(発展)	発展	2	○	○	○	○	○	○
	微生物実験概論	基礎	2	○	○	○	○	○	○
	微生物実験安全管理	発展	1	○	○	○	○	○	○
	生体高分子概論	基礎	1	○	○	○	○	○	○
	発酵工学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○
	発酵工学(発展)	発展	4	○	○	○	○	○	○
	バイオマス概論	基礎	1	○	○	○	○	○	○
	バイオマス利用論(応用)	応用	1	○	○	○	○	○	○
	バイオマス利用論(発展)	発展	1	○	○	○	○	○	○
	発酵経営学	発展	1	○	○	○	○	○	○
バイオマスプラスチック遺伝子工学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○	
バイオマスプラスチック遺伝子工学(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○	
バイオマスプラスチック遺伝子工学(発展)	発展	1	○	○	○	○	○	○	
化学合成	化学合成Ⅰ(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○
	化学合成Ⅰ(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○
	化学合成Ⅱ(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○
	化学合成Ⅱ(応用)	応用	2	○	○	○	○	○	○
	化学合成Ⅲ(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○
	化学合成Ⅲ(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○
リサイクル	経済性評価	発展	1	○	○	○	○	○	○
	リサイクル(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○
	リサイクル(発展)	発展	4	○	○	○	○	○	○
製品加工	高分子材料学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○
	高分子材料学(応用)	応用	4	○	○	○	○	○	○
	生分解性高分子材料学	発展	2	○	○	○	○	○	○
環境評価	環境評価(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○
	環境評価(応用)	応用	1	○	○	○	○	○	○
	環境評価(発展)	発展	1	○	○	○	○	○	○
	LCA実施方法	発展	4	○	○	○	○	○	○
	LCA活用方法	発展	2	○	○	○	○	○	○
想定全科目モジュール数合計			100	72	63	50	59	50	51

3 3 4 カリキュラム成案の作成

第3回検討委員会及び第4回検討委員会における意見を反映するとともに、実証講義結果等を踏まえて、カリキュラム成案を作成した。

成案の作成に際しては、スキルスタンダード成案において設定されたスキル項目(基礎、応用、発展)及び知識項目(基礎、応用、発展)を反映できるよう配慮した。

(1) 検討委員会における意見の反映

カリキュラムの育成プログラムを超えた科目の選択について

カリキュラムで提示されているモジュール数が過大であるという指摘があった。

そのため、モジュール数を各レベルで数十前後とし、科目群としての利用や、細分化した利用も可能にすることを検討することとした。

カリキュラムにおけるバイオマスプラスチックの定義の反映について

バイオマスプラスチックの定義を明確にした方がよいとの指摘があった。

しかし、カリキュラムそのものには定義を記述せず、概論等において理想的な状況を示すほか、いろいろな考え方や定義があるということ等の幅広く記述することを検討することとした。

バイオマスの特性の拡張としての農業経済学の導入について

カリキュラムに農業経済学を加えてはどうかとの指摘があった。

農業経済学という科目は設置せず、概論において、バイオマスの特性(賦存量、現存量、利用可能量等)や国外のバイオマス利用、バイオマスの購入時の選択性等について記述することを検討することとした。

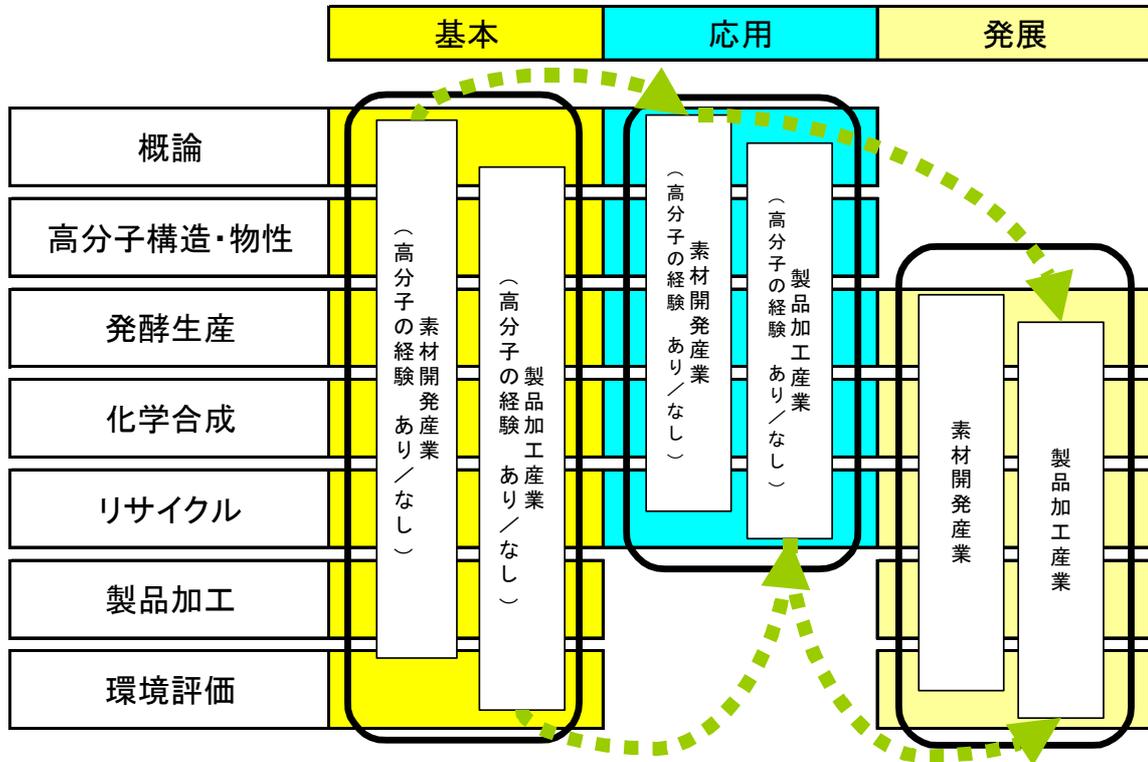
(2) 実証講義結果の反映

受講者の理解状況を踏まえ、科目の分割やモジュール数の増減を行った。

- ・高分子の分子特性(応用): 5モジュール 3モジュール
- ・微生物学概論: 2モジュール 3モジュール
- ・化学合成(応用): 4モジュール 3モジュール

(3) 上級レベルまでの育成の考え方

業務領域別に、基本、応用、発展の育成イメージと、各段階で学習する分野は下記の通りである。



図表 3-30 育成イメージ及び各段階で学習する分野

3 3 5 シラバスの作成

シラバスは科目全体の説明と、各モジュールの説明に大別して作成した。

科目全体の説明では、技術区分・科目名称・科目概要・参考図書・学習目標（スキル項目）・プログラム概要について記述し、各モジュールの説明では、モジュール名・学習内容・教授ポイントについて記述した。

図表 3-3 1 シラバス（科目全体の説明）

項目	考え方
技術区分	以下の項目から、技術区分を記述する。 概論 / 発酵生産 / 化学合成 / 機器分析 / ケミカルリサイクル / 製品加工 / 環境評価
科目名称	科目名称を記述する。
科目概要	以下の点を中心に科目概要を記述する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 科目を学ぶ意義(社会的背景・技術的背景等) ・ “バイオマスプラスチックの研究開発、生産、加工、リサイクル”という視点からの必要性・重要性等 ・ 科目で扱う内容の概要 ・ 科目で習得する知識
参考図書	受講者にとって科目全体を通して参考になる図書、解説書、論文等について、「タイトル、著者、出版社、出版年」を記述する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 冊数には制限を設けない。 ・ より発展的な内容を自分で補足する際に参考になるもの等。 ・ 本の全部でなく一部が参考になる場合、第～章参照という書き方も可。
学習目標 (スキル項目)	スキル項目を「～できる」という形式で記述する。
プログラム概要	科目のモジュール構成（講義の目次）を記述する。なお、1モジュール=90分の講義とする。

図表 3-3 2 シラバス（各モジュールの説明）

項目	考え方
モジュール名	モジュール名称を記述する。
学習内容	モジュールで学習する項目、ヘッドライン（小見出し）を記述する。項目番号を付加してもよい。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 例えば、講義作成者がこれを見て内容を深めたり、そのときの話題を入れたりできるように箇条書きで列挙。
教授ポイント	講義中に実施する必要がある項目（例：分子量の計算演習）を列挙する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 演習は、講義内容理解の確認を目的とした計算、測定方法の演習等。 ・ 座学と演習を組み合わせることも可。

モジュール毎

3 4 . 実証（研修）の実施

スキルスタンダード及びカリキュラムの実用性・有効性を把握し、必要に応じて改良につなげることを目的として、以下の内容で実証講義を実施した。

3 4 1 実証講義の概要

(1) 実証講義の狙い

カリキュラム及びシラバスから教材を作成し、それに基づいた講義を行う場合、化学分野や生物分野等のさまざまな知識レベルを有する人材が受講することが想定される。

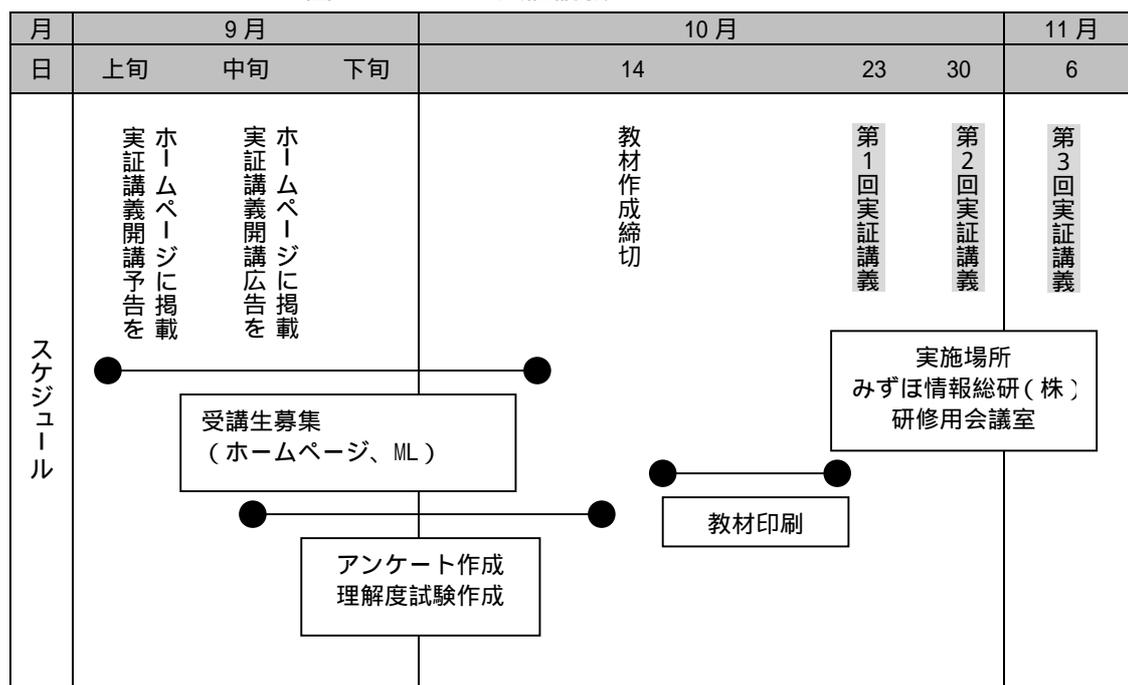
受講者が有している分野と知識レベルが異なっているため、一つまたは少数の科目から講義モジュールを抽出すると、当該分野の知識を有している受講生と有していない受講生との間に差異が発生し、実証講義の成果を適切に評価することが難しくなる。

そこで、特定の分野に依存せず評価できる方法として、バイオマスプラスチックの素材開発や製品加工に対応する7カテゴリーのすべてから代表的なモジュールを選定することとした。これらのカテゴリーについて、講義する知識量と理解度を把握も含め、カリキュラムの科目数やモジュール数の見直しに資することを狙いとした。

(2) スケジュール

受講生募集、教材作成・印刷、アンケート・理解度試験作成も含め、以下のスケジュールで実証講義を実施した。

図表 3-3 3 実証講義のスケジュール



(3) 実証講義の主な内容

実証講義の主な内容は以下のとおりである。

図表 3-3 4 実証講義の主な内容

講義日	講義時間	科目	主な内容
10月23日(土)	1時間目	発酵生産	微生物を培養する方法とその方法をもちいたバイオマスプラスチックの生産
	2時間目	バイオマス利用論	バイオマスを利用する方法とバイオマスプラスチックへの応用
	3時間目	高分子材料学	プラスチックの機械的性質の測定法とバイオマスプラスチックの高機能化
	4時間目	環境評価	生分解の評価法の概要とコンポスト中での生分解評価法
10月30日(土)	1時間目	バイオマスプラスチック概論(1)	原料となるバイオマスの種類や用途、および国内外の動向について
	2時間目	バイオマスプラスチック概論(2)	各種バイオマスプラスチックの特性や開発・利用動向について
	3時間目	ライフサイクルアセスメント(1)	LCAの基礎となるライフサイクル思考の概念とLCA実施の枠組み
	4時間目	ライフサイクルアセスメント(2)	ライフサイクルインベントリ分析の方法論とバイオマスプラスチックへの応用
11月6日(土)	1時間目	高分子の分子特性(基礎・発展)	GPCを中心とした分子量と分子量分布の測定法
	2時間目	高分子の物性と固体構造(基礎・発展)	高分子の結晶と非晶
	3時間目	化学合成(基礎)II	バイオマスプラスチックの合成方法(開環重合、重縮合、天然物系材料)
	4時間目	リサイクル(基礎)I	リサイクルの種類とその特性、リサイクルの化学反応、装置

(4) 実証講義の受講生数

実証講義の受講生数は下記のとおりである。

図表 3-3 5 実証講義の受講生数

開催日	登録者数	受講者数
10月23日	27	24
10月30日	27	23
11月6日	29	23

(5) その他の事項

実証講義に係るその他の事項は以下のとおりである。

実施場所

講義施設はみずほ情報総研の研修用会議室を利用した。

講義形式

座学による講義とし、テキストは事務局より支給した。

受講対象者

バイオマスプラスチック関連業界の技術関係者、または同業界に就職を希望する学生を対象とした。

募集方法

専門メーリングリストを利用した電子メールによる配信、弊社ホームページへの掲載、関係機関（三井情報開発殿、経済産業省殿）のホームページへの掲載によった。

講師

カリキュラム開発者を講師とした。

レベル把握調査の実施

受講生の知識や過去の履修科目等を把握するため、受講前にレベル把握調査を実施した。

アンケート調査の実施

1 モジュール内の項目の量・質についての受講生の感じ方を把握することにより、カリキュラムの適切性を測定することを目的として、講義終了後にアンケート調査を実施した。

理解度試験の実施

講義内容について受講生の理解度を測定して、講義内容の密度（カリキュラムの密度、講義内容の濃淡）や実証講義の効果を測定することを目的として、理解度試験（10～12問程度）を実施した。

3 4 2 実証講義の結果

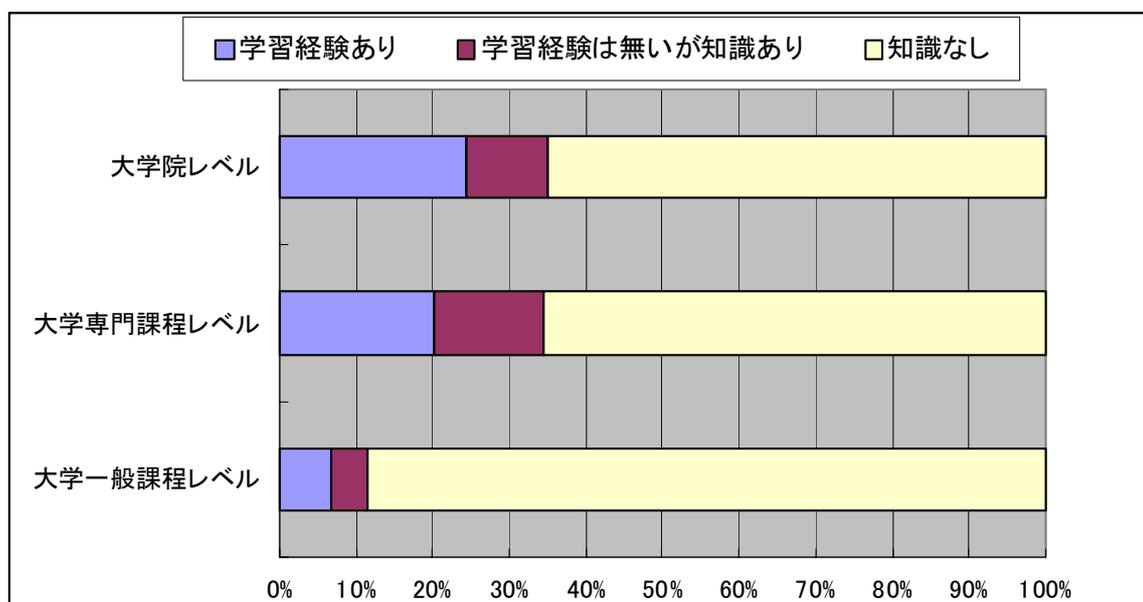
(1) 受講生の知識レベル

カリキュラムで提示した科目に対する、履修履歴の有無と知識の有無の比率(学歴別の受講生平均)を図表3-36に示す。

受講生の知識レベル(社会人は最終学歴、学生は現在の所属)と、カリキュラムの構成科目の受講経験(学習歴)との関係を見ると、知識レベルが高い受講生ほどカリキュラムの構成科目の受講経験が多かった。

しかし、大学院レベルであっても学習経験がある科目は25%程度であった。

このことから、カリキュラムが多岐の分野にわたるため、知識レベルが高い受講生であっても、学習すべき事項は多いものと思われる。



図表 3-36 受講生の知識レベル

(2) 受講生へのアンケート結果

受講生へのアンケート結果は下記のとおりである。

講義内容については、概ね満足であるという回答であったが、講義時間については「適切である」と「長すぎる」が拮抗しており、講義の進め方や内容への興味に左右されるものと考えられる。

また、講義日時については、週日の夜間か土曜日への希望が多く、受講料は最大でも5千円までという回答であった。

図表 3-37 受講生へのアンケート結果

設問及び回答	第1回	第2回	第3回
(1) 本日の講義内容に満足されましたか？			
非常に満足した	7	7	5
どちらかといえば満足した	15	14	16
どちらかといえば不満である	2	0	2
非常に不満である	0	0	0
【「どちらかといえば不満である」と回答した方の意見】			
第1回 ・講義についていけなかった。←説明が単調なのに速くて、興味を持つ前に進んでしまった。 ・致し方ないが、講義ごとの内容が散逸した印象。深く聞きたい部分もあった。			
第3回 ・内容は良いが後半の駆け足っぷりはいただけなかった。 ・スライドが使いまわしなのか、無駄が多く感じた。			
(2) 本日の講義時間は昼食や休憩も含めて8時間半程度でしたが、どのように感じますか？			
適切な時間である	10	17	13
長すぎる	11	3	8
その他	2	1	1
【「その他」に回答した方の意見】			
第1回 ・8時間半は1日の勤務時間に該当し、少し長い気がする。 ・内容による。 ・充実しているので仕方ない。（「長すぎる」とした回答者）			
第2回 ・今回倒しな感じでこれくらいがちょうど良かった。			
第3回 ・もう少し休憩があっても、と今日は感じた。			
(3) 今後このような専門的講義を受講する場合、どのような時間帯が最も望ましいですか？			
週日（月曜から金曜まで、祝日を除く）の昼間（8時間程度）	2	0	1
週日（月曜から金曜まで、祝日を除く）の夜間（2時間程度）	7	5	6
土曜日の午前（3時間程度）	6	5	3
土曜日の午後（3時間程度）	4	6	8
数日間（昼間）の集中講義（8時間程度）	0	3	1
その他	4	1	2
【「その他」に回答した方の意見】			
第1回 ・土曜日一日 ・6～7時間 ・土曜日、10～17（1時間おきに休憩） ・土曜の午後4時くらいまで。始まるのはもっと早くてもいいです。			
第2回 ・土曜10～16			
第3回 ・土曜午前3時間午後3時間の合計6時間程度 ・土曜10～16程度			
(4) 本日のような専門講義を有償で受講する場合、1時限（90分）当りの費用として、どの程度の受講料が妥当だと思いますか？			
3,000円以下	12	7	7
3,000円～5,000円	10	9	10
5,000円～7,000円	2	3	3
7,000円～10,000円	0	1	1
10,000円以上	0	0	0

(3) 理解度試験結果

理解度試験は受講直後と受講後1ヵ月後の2度にわたって実施した。

両者を比較すると、概ね、特徴的な事象や用語は定着しやすく、前提となる知識を持たない事項は定着しにくいという結果が得られた。

図表 3-38 理解度試験に基づく知識の定着結果

区分	知識
定着していた 学習事項	最も推奨されるインベントリデータの作成方法 (LCA2)
	評価範囲に含めるものと含めないものを明確にするための境界名 (LCA1)
	試用実験でポリ乳酸が有する性質のため実験実施前に懸念された事象(バイオマスプラ2)
定着しなかった 学習事項	ビニルモノマーのカチオン重合性、アニオン重合性の予測に有効な特性値 (化学合成)
	高分子結晶の性状や性質 (高分子の固体構造と物性)
	プラスチックの成型で一番よく用いられる加工法 (高分子材料学)
受講後に効果が出た 学習事項	材料に大きな力を加えて取り去ったときに変形が元に戻らない力学状態 (高分子材料学)
	生分解性試験において一般的に最も早く生分解が進行する場所 (環境評価)
	試用実験でポリ乳酸が有する性質のため実験実施前に懸念された事象(バイオマスプラ2)
受講後も効果が出なかった 学習事項	ライフサイクルインベントリ分析で扱う出力項目 (LCA2)
	高分子結晶の性状や性質 (高分子の固体構造と物性)
	共製品の生産プロセスに対する投入材料等を、主製品と共製品の間で分けること (LCA2)

3 4 3 教育専門家による検討

再教育機関(実務教育)の専門家に教材及びカリキュラムを提示し、専門家の観点から見た講義内容の密度(カリキュラムの密度)等を検討した。

(1) 検討結果

カリキュラム全体構成について

カリキュラムの全体構成に関しては、バイオマスプラスチックの開発研究・生産技術者に必要と思われる項目(バイオマスプラスチックの概要、高分子化学のまとめ、樹脂生産、リサイクル、利用製品生産加工、環境評価(ライフサイクルアセスメント))などを網羅しており、一連の講義構成としては問題ないものと判断される。

ただし、実務担当者、チームリーダークラスに対するこのようなカリキュラムは、必要な知識の再確認とその深度をより深めることを目的とするため、どうしても講義中心とならざるを得ないが、可能な限り実習も含めて行うことがより望ましいのではないかと思われる。

理論と実際の融合を目指し、現実問題としての実感をこのカリキュラムを受講する技術者に強く印象付けることが必要である。

想定されるこの分野の受講者は以下の三分野の出身者であろう。

- ・基本的に高分子化学系の出身者で高分子化学の基本知識、技術はある程度修得している。
- ・基本的に化学工学、機械工学系の出身者で化学工学技術、生産機械技術などがある程度修得している。
- ・生物系の出身者で生化学、微生物学、生物生産(発酵)などの知識、技術はある程度修得している。

各実習では指導者がおりその指導の元に実習が行われるが、たとえば高分子系の実習ではこれら高分子系の出身者が受講者間での主導的な役割をはたし、化学工学系の出身者は生産装置やシステムなどの点で、生物系の出身者は微生物、生化学代謝などの部分で同様な役割を果たすことが期待される。今回のカリキュラムはこれらの分野の境界領域であるといえるが、このような場合に内在する問題点を、このような受講者間の連携により軽減することができるものと考えられる。

本カリキュラムにおいて微生物実習は想定されているが、遺伝子工学実習、高分子生産・分析実習、リサイクル実習等の実習科目を検討することも考えられる。

各カリキュラム内容、時間の妥当性について
科目別の検討結果を示す。

図表 3-39 科目別の検討結果

科 目	モジュール数		妥当性評価コメント概要
	原案	提案	
1 バイオマスプラスチック概論 I	1		特段の問題はない。
2 バイオマスプラスチック概論 II	1		おおむね妥当。バイオマスプラスチックの位置づけや種類などの部分は上記概論 I にて先行するのがよいか。
3 高分子の分子特性(基礎)	5		おおむね妥当。やや未経験者には難易度が高い。可能な限り概要にとどめ、応用科目にてさらに詳細を講義したほうが良いのではないか。
4 高分子の分子特性(応用)	5		おおむね妥当。演習強化。
5 高分子の固体構造と物性(基礎)	3		特段の問題はない。
6 高分子の固体構造と物性(応用)	3		特段の問題はない。
7 微生物学概論(基礎)	2	3	時間不足。
8 応用微生物学概論(発展)	2		特段の問題はない。
9 微生物工学 I (基礎)	4	3	①微生物取り扱い、培養法 ②微生物の保存と廃棄法 ③有用菌株の単離と判別法 というような3モジュールで構成するとよりまとまるのでは。
10 微生物工学 II (応用・発展)	4		特段の問題はない。
11 微生物実験概論(実習)	2	4	ここは実習を想定した内容とのことであるが、もしそうであれば2モジュールでは足りないものと考えられる。
12 微生物実験安全管理 1	1		特段の問題はない
13 生体高分子概論	2	1	バイオマスプラスチック概論ですでに述べる内容と重複するが、バイオプラスチック生産部分の導入として、再度まとめることは必要と考えられる。時間数減。
14 発酵工学 I (基礎)	4		特段の問題はない
15 発酵工学 II (発展)	4		おおむね妥当。可能であれば、①実際の生産現場、あるいは研究施設の見学の実施。②プロセス開発実習(演習)の実施。
16 バイオマス概論	1		特段の問題はない。
17 バイオマス利用論(応用)	1		特段の問題はない。
18 バイオマス利用論(発展)	1		バイオマス利用(バイオリファイナリー)に関するより広い展開、利用対策について具体的な案を元にその可能性に言及することが必要。
19 発酵経営学 1モジュール	1		特段の問題はないが、LCA との関連性を示す必要はあると思われる。
20 バイオプラスチック遺伝子工学 I (基礎)	4		特段の問題はない。 ただし遺伝子「組み換え」という表記を「組替え」表記に訂正、統一すること。
21 バイオプラスチック遺伝子工学 II (応用)	3		おおむね問題はない。ただこの段階で一度遺伝子組替えに関する基礎的な実習も受けさせるとより効果的か。(実習を行う場合は4モジュール以上)
22 バイオプラスチック遺伝子工学 II (発展)	1		バイオインフォマティクス部分に集中して講義すると良い。

図表 3-40 科目別の検討結果(つづき)

科 目	モジュール数		妥当性評価コメント概要
	原案	提案	
23 化学合成 I (基礎)	3		科目内容構成は良いのであるが、時間に対して内容が多すぎる。また内容が化学合成 II に相当する部分が記載されている。 高分子合成化学、高分子合成化学実験法は化学合成 II (基礎)に移動。
24 化学合成 I (応用)	3		科目内容構成は良いのであるが、時間に対して内容が多すぎる。また内容が化学合成 II に相当する部分が記載されている。高分子合成化学(発展)、高分子合成実験法(発展)は化学合成 II (応用)に移動。
25 化学合成 II (基礎)	3	2	ここに記載されている内容はスキルスタンダードとカリキュラム接合表では、化学合成 III (基礎)に相当する内容である。よってこれは III に移動。 前述した化学合成 I にある項目をここに移動すると良い。またこの内容とする場合は時間を2モジュールにすると良いと思われる。
26 化学合成 II (応用)	2		ここに記載されている内容はスキルスタンダードとカリキュラム接合表では、化学合成 III (応用)に相当する内容である。前述した化学合成 I (応用)にある項目をここに移動すると良い。
27 化学合成 III (基礎)	1	2	化学合成 II (基礎)に記載されている内容がこの部分に相当する。 内容は問題ないがやや時間が足りないので1モジュール多くする必要がある。
28 化学合成 III (応用)	4	3	化学合成 II (応用)に記載の内容がここに相当すると思われる。またこの内容とする場合は時間を3モジュールに減ると良いと思われる。
29 経済性評価	1		特段の問題はない。
30 リサイクル I (基礎)	3		特段の問題はない。
31 リサイクル I (発展)	4		おおむね問題はない。ケミカルリサイクルに関する項目はあるが、バイオリサイクルに関する項目に触れていない。
32 高分子材料学 I (基礎)	4		おおむね問題はない。ただし第二区分(高分子構造・物性)との関連で、ここはより実際の製品化に結びついた部分について具体的に示すべきであろう。
33 高分子材料学 II (応用)	4		特段の問題はない。
34 生分解性高分子材料学	2		特段の問題はない。
35 環境評価 I (基礎)	3		特段の問題はない。
36 環境評価 II (応用)	1		おおむね問題はないが、ここでは構成のうち、分解条件や製品の高分子状態と実際の生分解性についての関連部分に集中したほうが良いか。
37 環境評価 III (発展)	1		規格、化学物質にかかわる法令の詳細。特に安全性に配慮した形での具体的な事例を示すことが必要である。
38LCA 計算方法	4		特段の問題はない。
39LCA 活用方法	1		特段の問題はない。
合計モジュール数	100	100	

3 4 4 実証講義結果のスキルスタンダード及びカリキュラムへの反映

(1) スキルスタンダードへの反映

実証講義結果では、大学院卒業者のように学習履歴が豊富であっても、スキルスタンダードで設定した知識の約 25%しか学習経験のある科目がない(約 75%の科目の履修経験がない)ことが明らかとなった(図表 3-36)。

そのため、受講の最初の段階で、各分野において導入部として説明することが必要となる背景や経緯等の知識を共通化して提示するよう、検討委員会で指摘された。

そこで、「概論」の中にバイオマスプラスチックに係る歴史や技術動向等の知識に係る事項を盛り込むこととした。

また、学習した知識と現場作業の意味との連携を図ることの必要性については、スキル項目を現場における実際の作業として記述することで対応することとした。

成案の作成に際しては、想定される業務領域とそれに対応する業務内容を整理し、当該業務内容に必要となるスキル項目(基礎、応用、発展)及び知識項目(基礎、応用、発展)をとりまとめたものをスキルスタンダードとした。

(2) カリキュラムへの反映

受講者の理解状況を踏まえ、下記の科目について、モジュール数の増減を行った。

- ・高分子の分子特性(応用): 5モジュール 3モジュール

また、教育専門家からの指摘事項のうち、科目の作成意図等を考慮して、下記の科目について、モジュール数の増減を行った。

- ・微生物学概論: 2モジュール 3モジュール
- ・化学合成(応用): 4モジュール 3モジュール

第4章 スキルスタンダード

4 1 . スキル項目とスキルレベル

4 1 1 想定している人材像、業務領域および内容

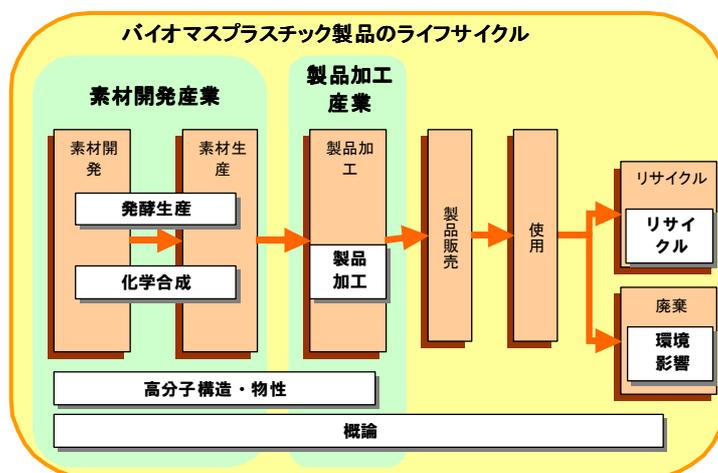
「再生可能原料からの環境調和型高分子材料の研究開発及び生産に係る技術者の育成」に係るスキルスタンダードで想定している人材像、業務領域・内容を以下に示す。

(1) 人材像

今後のバイオマスプラスチック産業は素材開発産業と製品加工産業が相互に情報をフィードバックさせながら技術向上を試みる必要があると考えられるため、双方の分野について議論が可能なだけの知識を有している人材育成が必要と考えられる。また、バイオマスプラスチックの特徴を活かし、競争力のある製品を実現させるためにも、使用後のリサイクル方法及び環境負荷に関する知識を有する人材も育成していく必要がある。

以上のことより、本事業における育成対象人材のイメージとして、バイオマスプラスチック概論及び高分子構造・物性に係る共通のスキル・知識に加えて、素材開発従事者は発酵生産及び化学合成、製品加工従事者は製品加工のスキル・知識を有することを目指す。さらに、素材開発は製品加工の業務領域について、製品加工は素材開発の業務領域について、それぞれのスキル・知識を概括的に把握するとともに、リサイクル及び環境影響に関するスキル・知識も有することを目指す。

すなわち、バイオマスプラスチックのライフサイクルを十分に理解し、それぞれのスキル分野の知識を備え、バイオマスプラスチック産業の発展に寄与できる人材育成を目指している。



図表 4-1 バイオマスプラスチック製品のライフサイクルと本事業のスキル分野の関係

(2) 育成対象とする人材

対象

素材開発や製品加工（化学工業関連の企業を想定）の企業における経験 10 年程度までの社員で、新規テーマとしてバイオマスプラスチックに携わろうとする者。

新入社員や他分野からの転職者も含む。

バックグラウンド

有機化学及び無機化学の基本知識（大学履修程度）、高分子に係る知識（必須ではない）、就職後の素材開発や製品加工に従事して得られた技能。

現在の業務

石油系プラスチックを対象とした素材開発や製品加工における、実務担当者、チームリーダー。

育成後に想定している人材像（BP 実務担当者）

- ・ 上級者に指示されたことを遂行することができる。
- ・ バイオマスプラスチックに関連する基礎知識を有する。
- ・ 先のことを見据えた実験計画、研究計画、生産計画を立てられる。
- ・ 実務とは直接関係の無い分野（素材開発産業であれば製品加工分野・環境評価分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野・環境評価分野）に関しても基礎知識を有している。

育成後に想定している人材像（BP チームリーダー）

- ・ 現場の進捗を管理できる。
- ・ 事業の方向性や業務管理（技術の難易度を見極め、要する時間・体力を判断する）を予測した業務計画が立てられる。

(3) 業務領域・内容

人材の供給先

- ・化学工業（新素材開発及び新素材生産、加工）
- ・医療製品製造、医療機器メーカー（人体再生医療用具、手術際の縫合糸等）
- ・その他の製造業（グリーン製品への適用）

実際の業務での役割や活躍するフィールド

- ・バイオマスプラスチック素材の基礎研究と製造
- ・バイオマスプラスチック加工製品の製造（経済性、安全性、堅牢性等の付加価値にも配慮）
- ・電化製品等の製造時における素材や加工品の選定、生産工程の設計
- ・企業の環境報告等の CSR 対応
- ・バイオマスプラスチック素材及び加工製品のマーケティング

4 1 2 スキルレベル/実務担当者（初級）

業務領域	業務内容	具体的な業務内容	必要となる知識
発酵生産	発酵生産プロセスの全体運営	発酵生産に関する一般的知識（微生物学、微生物工学）を有し、微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解することができる。	〔基礎〕微生物学の導入、微生物の分類法・微生物の構造と生理・微生物代謝経路、有用物質生産方法の知識、微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略
	菌管理	発酵生産工程のうち基本的な微生物の管理についての正しい知識を有し、安全かつ適切に菌管理を行うことができる。	〔基礎〕微生物の安全な取扱、遺伝現象・菌株育種、物質循環、培養法、各種測定法（増殖量測定法、菌体量測定法）、各種培養法（好気培養法、嫌気培養法）、各種保存法（凍結保存法、凍結乾燥保存法、冷蔵保存法、常温保存法）、関連技術（保存菌株からの植菌法、培養廃液処理方法、有用菌株の単離方法、分解菌の単離方法、簡易微生物判別法）、化学物質の危険・廃棄物処理法・感染症予防 〔応用〕病原菌の知識と対処方法、各種培養法（回分培養法、連続培養法、大容量培養法、藻類培養法）
	バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックを発酵生産により生産するための正しい知識を有し、バイオマスプラスチックの発酵生産を実施することができる。	〔基礎〕発酵生産される高分子の概論的知識や性質、発酵工学、生育速度論、各種手法（分離スクリーニング法、培地生産法、滅菌法、シード培養法、発酵槽、通気とかくはん、計測と制御、目的物の単離精製方法）、バイオマス関連知識（概論、世界分布、発酵原料への転化、発酵生産）、再生可能原料の利用 〔応用〕バイオマスリファイナリ、バイオマスタウン構想、エネルギー利用技術、バイオマス変換技術、マテリアル利用術
	遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチック素材開発	遺伝子組換えを利用した発酵生産法の技術・知識を有し、微生物系バイオマスプラスチックの応用的素材開発を行うことができる。	〔基礎〕遺伝子工学概論、遺伝子組換え技術、代謝経路における酵素群の遺伝子解析方法 〔応用〕生産性を向上する上での組換え技術、突然変異菌株による生産性の向上、植物へのバイオマスプラスチック生産遺伝子の導入
化学合成	化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成における一般的知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解することができる。	〔基礎〕化学薬品や高圧ガスの危険性、機器類、単位操作、モノマー合成操作、反応装置、重合反応及び共重合、モノマー添加剤やモノマー精製、モノマーの精製度と重合性、開始剤、重合実験装置、重合単位操作 〔応用〕モノマー合成用原料と反応触媒、反応機構・反応速度、モノマー合成反応モニタリング、反応モニタリング、化学薬品等の管理、製造に係る関連法規、重合動力学、リビング重合、立体特異性重合、各種重合方法、ベンチスケール/プラント重合装置
	バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	バイオマスプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を適切に実施することができる。また合成後に作業性の改善方法を検討することができる。	〔基礎〕再生可能資源の種類と量、誘導される各種化学品、バイオマスプラスチックに特有な重合方法・重合触媒・基本的な物理的性質・物性改良 〔応用〕再生可能資源由来の化学原料からの誘導品展開、バイオマスプラスチックに特有な重合方法および重合触媒の技術開発、ポリマーブレンドおよびフィラー充填による物性改良、生分解性やリサイクル性などの資源循環特性変化との関係
リサイクル	バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックのリサイクル方法を検討、および検証することができる。	〔基礎〕各種リサイクル技術、リサイクル装置、リサイクルの化学反応、各種プラスチックの分解反応特性、バイオマスプラスチックの分解反応・リサイクル特性
製品加工	バイオマスプラスチックの成型加工	複合材料、高分子加工に関する知識を有し、バイオマスプラスチックの成型加工を適切に行うことができる。	〔基礎〕高分子物理概論、高分子加工概論、高分子材料概論、一般的なプラスチックのブレンド・複合化・添加物・加工方法 〔応用〕高分子の結晶性・結晶化速度、粘弾性、成形加工、低融点に対応した加工方法、高強度を得るための加工方法、フォーム作成法、生分解を制御する加工方法
	機械的性質評価および機能性評価の素材開発、複合化へのフィードバック	実際の製品における強度、伸び等の機械的性質評価法、機能に関する性能評価法についての知識を有し、目的とする性能が発揮できるように素材開発、複合化へのフィードバックができる。	〔基礎〕引っ張り強度測定法、圧縮強度測定法、熱安定性や透明度、濡れ性 〔応用〕衝撃強度測定法、疲労強度測定法、各種測定法（燃焼（難燃）性、吸湿性、帯電性、耐摩耗性、変色性）、バイオマスプラスチックの製品例、製品設計、国際規格
環境評価	環境評価および安全基準等に則った製品開発	標準的な生分解性評価法についての知識を有しバイオマスプラスチックの生分解性評価、及び安全性評価を適切に行って素材・製品開発に活用することができる。規格・法律に従った製品評価を行い安全基準等に則った製品開発を行うことができる。	〔基礎〕高分子の生分解、実験室レベルでの簡易生分解性評価法、分解菌・分解酵素の単離方法、コンポスト中での生分解、化学物質の環境化学・毒性、環境ホルモン・ダイオキシン・地球温暖化などの環境問題 〔応用〕生分解性高分子の種類と概要、環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物、生分解速度制御法、危険物や毒物の管理、実験室レベルでの安全性評価法
共通（概論・高分子）		バイオマスやバイオマスプラスチックの概念や背景、および現状の技術動向に関する知見等の概論的知識を有し、バイオマスプラスチックの開発および事業化に活用することができる。	〔基礎〕バイオマス関連（種類・分類、動向、用途、利用効果）、バイオマスプラスチック関連（位置付けおよび種類、動向、性状・特性、技術開発動向、法規制、利用者ニーズや意識動向、利用普及への課題）
		高分子の分子特性に関わる基礎知識、及び、特性解析の技術を有し、高分子性を正しく理解してバイオマスプラスチックの研究開発全般に活用することができる。	〔基礎〕高分子一般（定義、高分子の特徴（分類法と化学構造）、低分子と高分子の差異、分子量・分子量分布の概念と表現方法、基本的な測定法、コンホメーションとコンフィギュレーション）、共重合（立体異性体の定義と定量法、ランダム共重合体の化学組成・連鎖構造の表記と定量法、ブロック共重合体の構造特性の表記とその定量法） 〔応用〕分子量分布の統計的取り扱い方法、Z平均分子量以降の高次の平均分子量及び粘度平均分子量、高度な分子量測定法、立体規則性と共重合連鎖構造の統計的取り扱い方法、立体規則性と共重合体の微細構造解析の方法、分取 GPC、高分子の溶解性差を利用した分子量分別と組成分別の理論と方法

業務領域	業務内容	具体的な業務内容	必要となる知識
		高分子の固体構造と基本物性に関する基礎知識、および、解析の技術を有し、バイオマスプラスチックの研究開発全般に活用することができる。	〔基礎〕高分子の固体物性（結晶性と測定法、結晶性と化学構造、結晶構造と測定法、高次構造の階層性）、高分子の基本物性（ポリマーアロイの構造と物性、複合材料の分類知識、熱的性質と測定法、機械的性質と生分解性、構造-物性相関） 〔応用〕構造異方性の解析方法、結晶化過程、高分子高次構造パラメータの定義と測定法、ポリマーアロイの基礎物理と設計戦略、融解/ガラス転移/結晶化/熱分解と高分子の形態、熱物性における高分子性、高分子性の粘弾性

4 1 3 スキルレベル/実務担当者（中級）

業務領域	業務内容	具体的な業務内容	必要となる知識
発酵生産	発酵生産プロセスの全体運営	発酵生産に関する一般的知識（微生物学、微生物工学）を有し、微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解することができる。	〔基礎〕微生物学の導入、微生物の分類法・微生物の構造と生理・微生物代謝経路、有用物質生産方法の知識、微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略
	菌管理	発酵生産工程のうち基本的な微生物の管理についての正しい知識を有し、安全かつ適切に菌管理を行うことができる。	〔基礎〕微生物の安全な取扱、遺伝現象・菌株育種、物質循環、培養法、各種測定法（増殖量測定法、菌体量測定法）、各種培養法（好気培養法、嫌気培養法）、各種保存法（凍結保存法、凍結乾燥保存法、冷蔵保存法、常温保存法）、関連技術（保存菌株からの植菌法、培養廃液処理方法、有用菌株の単離方法、分解菌の単離方法、簡易微生物判別法）、化学物質の危険・廃棄物処理法・感染症予防 〔応用〕病原菌の知識と対処方法、各種培養法（回分培養法、連続培養法、大容量培養法、藻類培養法）
	バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックを発酵生産により生産するための正しい知識を有し、バイオマスプラスチックの発酵生産を実施することができる。	〔基礎〕発酵生産される高分子の概念的知識や性質、発酵工学、生育速度論、各種手法（分離スクリーニング法、培地生産法、滅菌法、シード培養法、発酵槽、通気とかくはん、計測と制御、目的物の単離精製方法）、バイオマス関連知識（概論、世界分布、発酵原料への転化、発酵生産）再生可能原料の利用 〔応用〕バイオマスリファイナリ、バイオマスタウン構想、エネルギー利用技術、バイオマス変換技術、マテリアル利用術
	遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチックの素材開発	遺伝子組換えを利用した発酵生産法の技術・知識を有し、微生物系バイオマスプラスチックの応用的素材開発を行うことができる。	〔基礎〕遺伝子工学概論、遺伝子組換え技術、代謝経路における酵素群の遺伝子解析方法 〔応用〕生産性を向上する上での組換え技術、突然変異菌株による生産性の向上、植物へのバイオマスプラスチック生産遺伝子の導入
化学合成	化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成における一般的知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解することができる。	〔基礎〕化学薬品や高圧ガスの危険性、機器類、単位操作、モノマー合成操作、反応装置、重合反応及び共重合、モノマー添加剤やモノマー精製、モノマーの精製度と重合性、開始剤、重合実験装置、重合単位操作 〔応用〕モノマー合成用原料と反応触媒、反応機構・反応速度、モノマー合成反応モニタリング、反応モニタリング、化学薬品等の管理、製造に係る関連法規、重合動力学、リビング重合、立体特異性重合、各種重合方法、ベンチスケール/プラント重合装置
	バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	バイオマスプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を適切に実施することができる。また合成後に作業性の改善方法を検討することができる。	〔基礎〕再生可能資源の種類と量、誘導される各種化学品、バイオマスプラスチックに特有な重合方法・重合触媒・基本的な物理的性質・物性改良 〔応用〕再生可能資源由来の化学原料からの誘導品展開、バイオマスプラスチックに特有な重合方法および重合触媒の技術開発、ポリマーブレンドおよびフィラー充填による物性改良、生分解性やリサイクル性などの資源循環特性変化との関係
リサイクル	バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックのリサイクル方法を検討、および検証することができる。	〔基礎〕各種リサイクル技術、リサイクル装置、リサイクルの化学反応、各種プラスチックの分解反応特性、バイオマスプラスチックの分解反応・リサイクル特性
製品加工	バイオマスプラスチックの成型加工	複合材料、高分子加工に関する知識を有し、バイオマスプラスチックの成型加工を適切に行うことができる。	〔基礎〕高分子物理概論、高分子加工概論、高分子材料概論、一般的なプラスチックのブレンド・複合化・添加物・加工方法 〔応用〕高分子の結晶性・結晶化速度、粘弾性、成形加工、低融点に対応した加工方法、高強度を得るための加工方法、フォーム作成法、生分解を制御する加工方法
	機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	実際の製品における強度、伸び等の機械的性質評価法、機能に関する性能評価法についての知識を有し、目的とする性能が発揮できるように素材開発、複合化へのフィードバックができる。	〔基礎〕引っ張り強度測定法、圧縮強度測定法、熱安定性や透明度、濡れ性 〔応用〕衝撃強度測定法、疲労強度測定法、各種測定法（燃焼（難燃）性、吸湿性、帯電性、耐摩耗性、変色性）、バイオマスプラスチックの製品例、製品設計、国際規格
環境評価	環境評価および安全基準等に則った製品開発	標準的な生分解性評価法についての知識を有しバイオマスプラスチックの生分解性評価、及び安全性評価を適切に行って素材・製品開発に活用することができる。規格・法律に従った製品評価を行い安全基準等に則った製品開発を行うことができる。	〔基礎〕高分子の生分解、実験室レベルでの簡易生分解性評価法、分解菌・分解酵素の単離方法、コンポスト中での生分解、化学物質の環境化学・毒性、環境ホルモン・ダイオキシン・地球温暖化などの環境問題 〔応用〕生分解性高分子の種類と概要、環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物、生分解速度制御法、危険物や毒物の管理、実験室レベルでの安全性評価法
共通（概論・高分子）		バイオマスやバイオマスプラスチックの概念や背景、および現状の技術動向に関する知見等の概念的知識を有し、バイオマスプラスチックの開発および事業化に活用することができる。	〔基礎〕バイオマス関連（種類・分類、動向、用途、利用効果）、バイオマスプラスチック関連（位置付けおよび種類、動向、性状・特性、技術開発動向、法規制、利用者ニーズや意識動向、利用普及への課題）

業務領域	業務内容	具体的な業務内容	必要となる知識
		高分子の分子特性に関わる基礎知識、及び、特性解析の技術を有し、高分子性を正しく理解してバイオマスプラスチックの研究開発全般に活用することが出来る。	〔応用〕分子量分布の統計的取り扱い方法、Z平均分子量以降の高分子の平均分子量及び粘度平均分子量、高度な分子量測定法、立体規則性と共重合連鎖構造の統計的取り扱い方法、立体規則性と共重合体の微細構造解析の方法、分取 GPC、高分子の溶解性差を利用した分子量分別と組成分別の理論と方法
		高分子の固体構造と基本物性に関わる基礎知識、および、解析の技術を有し、バイオマスプラスチックの研究開発全般に活用することが出来る。	〔応用〕構造異性体の解析方法、結晶化過程、高分子高次構造パラメータの定義と測定法、ポリマーアロイの基礎物理と設計戦略、融解/ガラス転移/結晶化/熱分解と高分子の形態、熱物性における高分子性、高分子性の粘弾性

4 1 4 スキルレベル/チームリーダー（上級）

業務領域	業務内容	具体的な業務内容	必要となる知識
発酵生産	発酵生産プロセスの全体運営	発酵生産に関する一般的知識（微生物学、微生物工学）を有し、微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解することができる。	〔基礎〕有用物質生産方法の知識、微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略
	菌管理	発酵生産工程のうち基本的な微生物の管理についての正しい知識を有し、安全かつ適切に菌管理を行うことができる。	〔基礎〕微生物の安全な取扱、遺伝現象・菌株育種、物質循環、培養法、各種測定法（増殖量測定法、菌体量測定法）各種培養法（好気培養法、嫌気培養法）各種保存法（凍結保存法、凍結乾燥保存法、冷蔵保存法、常温保存法）関連技術（保存菌株からの植菌法、培養廃液処理方法、有用菌株の単離方法、分解菌の単離方法、簡易微生物判別法）、化学物質の危険・廃棄物処理法・感染症予防 〔応用〕病原菌の知識と対処方法、各種培養法（回分培養法、連続培養法、大容量培養法、藻類培養法） 〔発展〕バイオマスプラスチック生産菌・高収量菌株の取得方法、遺伝子解析による微生物種判別法、外部機関による菌株判別法、微生物取扱に関する倫理及び安全管理規定策定、菌株の特許化
	バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックを発酵生産により生産するための正しい知識を有し、バイオマスプラスチックの発酵生産を実施することができる。	〔基礎〕発酵生産される高分子の概念的知識や性質、発酵工学、生育速度論、各種手法（分離スクリーニング法、培地生産法、滅菌法、シード培養法、発酵槽、通気とかくはん、計測と制御、目的物の単離精製方法）、バイオマス関連知識（概論、世界分布、発酵原料への転化、発酵生産）再生可能原料の利用 〔応用〕バイオマスリファイナリ、バイオマスタウン構想、エネルギー利用技術、バイオマス変換技術、マテリアル利用術 〔発展〕水溶性多糖類の発酵生産方法、菌体内に蓄積されるポリエステル発酵生産方法、新しいバイオリアクター、微生物の固定化、単離精製プロセス開発、バイオマス利活用に関する法律・政策、バイオマスからのプラスチックの生産技術、バイオマスからのマテリアル生産のコスト計算、発酵生産に係るコスト、エネルギー計算方法、安全管理、排出二酸化炭素削減に係る政策・取引に関する知識
	遺伝子組換え	遺伝子組換えを利用した発酵生産法の技術・知識を有し、微生物系バイオマスプラスチックの応用的素材開発を行うことができる。	〔基礎〕遺伝子工学概論、遺伝子組換え技術、代謝経路における酵素群の遺伝子解析方法 〔応用〕生産性を向上する上での組換え技術、突然変異菌株による生産性の向上、植物へのバイオマスプラスチック生産遺伝子の導入 〔発展〕遺伝子組換え菌の安全取り扱い、遺伝子組換え菌の規制に関する法律、組換え微生物取扱に関する倫理及び安全管理規定策定
化学合成	化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成における一般的知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解することができる。	〔基礎〕化学薬品や高圧ガスの危険性、機器類、単位操作、モノマー合成操作、反応装置、重合反応及び共重合、モノマー添加剤やモノマー精製、モノマーの精製度と重合性、開始剤、重合実験装置、重合単位操作 〔応用〕モノマー合成用原料と反応触媒、反応機構・反応速度、モノマー合成反応モニタリング、反応モニタリング、化学薬品等の管理、製造に係る関連法規、重合動力学、リビング重合、立体特異性重合、各種重合方法、ベンチスケール/プラント重合装置
	バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	バイオマスプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を適切に実施することができる。また合成後に作業性の改善方法を検討することができる。	〔基礎〕再生可能資源の種類と量、誘導される各種化学品、バイオマスプラスチックに特有な重合方法・重合触媒・基本的な物理的性質・物性改良 〔応用〕再生可能資源由来の化学素原料からの誘導品展開、バイオマスプラスチックに特有な重合方法および重合触媒の技術開発、ポリマーブレンドおよびフィラー充填による物性改良、生分解性やリサイクル性などの資源循環特性変化との関係 〔発展〕化学合成のプロセスフロー、化学合成に係るコストおよびエネルギー計算方法、化学合成におけるプラントとそのコスト試算比較方法
リサイクル	バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックのリサイクル方法を検討、および検証することができる。	〔発展〕リサイクルのモニタリング方法、リサイクルの動力学的解析、各種材料の分解特性と制御、一次～高次構造のリサイクルへの影響、各種触媒・添加物の影響、ポリマーアロイの影響、リサイクルの動力学的シミュレーション技術
製品加工	バイオマスプラスチックの成型加工	複合材料、高分子加工に関する知識を有し、バイオマスプラスチックの成型加工を適切に行うことができる。	〔基礎〕高分子物理概論、高分子加工概論、高分子材料概論、一般的なプラスチックのブレンド・複合化・添加物・加工方法 〔応用〕高分子の結晶性・結晶化速度、粘弾性、成形加工、低融点に対応した加工方法、高強度を得るための加工方法、フォーム作成法、生分解を制御する加工方法 〔発展〕・生分解性を制御するブレンド方法 ・生分解性を保持したままの複合化に関する知識 ・生分解性添加物に関する知識

業務領域	業務内容	具体的な業務内容	必要となる知識
	機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	実際の製品における強度、伸び等の機械的性質評価法、機能に関する性能評価法についての知識を有し、目的とする性能が発揮できるように素材開発、複合化へのフィードバックができる。	〔基礎〕引っぱり強度測定法、圧縮強度測定法、熱安定性や透明度、濡れ性 〔応用〕衝撃強度測定法、疲労強度測定法、各種測定法（燃焼（難燃）性、吸湿性、帯電性、耐摩耗性、変色性）バイオマスプラスチックの製品例、製品設計、国際規格
環境評価	環境評価および安全基準等に則った製品開発	標準的な生分解性評価法についての知識を有しバイオマスプラスチックの生分解性評価、及び安全性評価を適切に行って素材・製品開発に活用することができる。規格・法律に従った製品評価を行い安全基準等に則った製品開発を行うことができる。	〔応用〕生分解性高分子の種類と概要、環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物、生分解速度制御法、危険物や毒物の管理、実験室レベルでの安全性評価法 〔発展〕国際規格・日本産業規格に則った測定法、環境問題や各種リサイクルに関する法規制
		ライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方を理解するとともに、バイオマスプラスチック及びその競合素材を評価対象としたLCAを実施し、バイオマスプラスチックのライフサイクルを通じた環境負荷を評価することができる。	〔発展〕概要、枠組み（目的及び調査範囲の設定～クリティカルレビューまで）、結果の活用用途、設定方法等（実施目的、評価対象製品、機能単位及び基準フロー、システム境界、環境負荷項目、エネルギー原単位の設定、ライフサイクルフロー図の作成およびデータ収集方法、配分（アロケーション）、ライフサイクルデータ集計方法、データ品質の検討の実施方法、特性化係数を用いた影響評価方法、既存のライフサイクル影響評価手法を用いた影響評価の実施方法、結果に基づく重要点の特定方法、LCA結果の質の評価・結論・推奨事項及び報告の実施方法）、報告書の作成、クリティカルレビューの実施方法の理解、製品設計へのフィードバック方法、ライフサイクルを通じた環境負荷低減の訴求方法、環境ラベル取得の実施方法
共通（概論）		バイオマスやバイオマスプラスチックの概念や背景、および現状の技術動向に関する知見等の概論的知識を有し、バイオマスプラスチックの開発および事業化に活用することができる。	〔基礎〕バイオマス関連（種類・分類、動向、用途、利用効果）、バイオマスプラスチック関連（位置付けおよび種類、動向、性状・特性、技術開発動向、法規制、利用者ニーズや意識動向、利用普及への課題）

4 2 . スキルスタンダード

4 2 1 素材開発産業

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
発酵生産	発酵生産プロセスの全体運営	微生物学の管理を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物学の導入と微生物の分類法に関する知識 種々の微生物の構造とその生理に関する知識 		
		微生物の代謝を利用した発酵生産を管理する。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物の工業的利用の基礎となる微生物代謝経路に関する基礎知識 		
		微生物による有用物質生産を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物を利用した有用物質生産方法の知識 		
		微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略を立案する。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略に関する知識 		
	菌管理	微生物の取扱を行う。	微生物のうち、病原菌の管理を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 微生物の安全な取扱に関する知識 微生物の遺伝現象と菌株育種に関する知識 微生物における物質循環に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 病原菌の基礎知識 病原菌への対処方法 	
		基礎的な培養法で菌の培養を行う。	より高度な培養法で菌の培養を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 培養法の基礎知識 増殖量測定法 菌体量測定法 好気培養法 嫌気培養法 	<ul style="list-style-type: none"> 回分培養法 連続培養法 大容量培養法 藻類培養法 	
		菌体保存法により菌の保存を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 凍結保存法 凍結乾燥保存法 冷蔵保存法 常温保存法 保存菌株からの植菌法 		
		培養廃液の処理を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 培養廃液処理方法 		
		菌単離を実施する。		バイオマスプラスチックの生産性を高められる方法で菌株の取得をする。	<ul style="list-style-type: none"> 有用菌株の単離方法 分解菌の単離方法 		<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチック生産菌の取得方法 高収量菌株の取得方法
		菌株の判別を行う。		遺伝子解析等の高度な技術を用いた菌株の判別をする。	<ul style="list-style-type: none"> 簡易微生物判別法 		<ul style="list-style-type: none"> 遺伝子解析による微生物種判別法 外部機関による菌株判別法

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
		正しい法的知識のもとに微生物の取扱および管理を安全に行う。		菌管理を安全に管理し、かつ業務拡大戦略を立案する。	<ul style="list-style-type: none"> 化学物質の危険に係わる知識 廃棄物処理法に関する知識 感染症予防に係わる知識 		<ul style="list-style-type: none"> 微生物取扱に関する倫理及び安全管理規定策定に関する知識 菌株の特許化に関する知識
	バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックの発酵生産を管理する。			<ul style="list-style-type: none"> 発酵により生産される高分子の概論的知識やその性質 		
		基礎的な培養システムを構築する。		より高度な、または特殊な培養システムを構築する。	<ul style="list-style-type: none"> 発酵工学に関する知識 生育速度論 分離スクリーニング法 培地生産法 滅菌法 シード培養法 発酵槽 通気とかくはん 計測と制御 		<ul style="list-style-type: none"> 水溶性多糖類の発酵生産方法 菌体内に蓄積されるポリエステル発酵生産方法 新しいバイオリアクター、微生物の固定化に関する知識
		単離精製を行う。		単離精製プロセスを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> 培地へ水溶性成分として生産される目的物の単離精製方法 微生物体内に蓄積される目的物を単離生産する方法 		<ul style="list-style-type: none"> 単離精製プロセス開発に関する知識
	バイオマスからの発酵生産を行う。	バイオマスの各種利用方法を考慮した発酵生産を行う。		バイオマスからのプラスチック生産技術やコスト計算を行う。	<ul style="list-style-type: none"> バイオマス概論 バイオマスの世界分布の知識 種々のバイオマスの発酵原料への転化の知識 バイオマス原料からの発酵生産に関する知識 再生可能原料の利用 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスリファイナリーの知識 バイオマスタウン構想に関する知識 エネルギー利用技術 バイオマス変換技術 マテリアル利用術 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマス利活用に関する法律知識 バイオマス利活用に関する政策知識 バイオマスからのプラスチックの生産技術知識 バイオマスからのマテリアル生産のコスト計算に関する知識
				コストや環境影響を考慮した発酵生産管理を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 発酵生産に係わるコスト、エネルギー計算方法 安全管理に関する知識 排出二酸化炭素量削減に係わる政策、取引に関する知識
	遺伝子組換えを利用した応用的バイ	遺伝子組換え技術を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 遺伝子工学の概論 遺伝子組換え技術に関する基礎知識 		

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
	オマスプラスチック素材開発	バイオマスからのモノマーの生産性向上を行う。	遺伝子組換えを用いたモノマーの生産性向上を行う。		・モノマー生産に関わる代謝経路における酵素群の遺伝子解析方法	・生産性を向上する上での組換え技術に関する知識 ・突然変異菌株による生産性の向上に関する知識	
		バイオマスプラスチックの生産性向上を行う。	遺伝子組換え技術を用いたバイオマスプラスチックの生産性向上を行う。		・バイオマスプラスチック生産に関わる代謝経路における酵素群の遺伝子解析	・生産性を向上する上での組換え技術や突然変異菌株による生産性の向上に関する知識 ・植物にバイオマスプラスチックを生産する遺伝子を導入し、植物に生産させるための技術	
				遺伝子工学の最新技術であるバイオインフォマティクスや遺伝子組換え技術の安全管理を理解し、バイオマスプラスチック生産に応用する。			・遺伝子組換え菌の安全取り扱いに関する知識 ・遺伝子組換え菌の規制に関する法律 ・組換え微生物取扱に関する倫理及び安全管理規定策定に関する知識
化学合成	化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学薬品および機器類の安全な取り扱いを行う。			・化学薬品および高圧ガスの危険性に関する知識 ・機器類の概要と取り扱い上の注意点に関する知識		
		合成単位操作を行う。			・単位操作(精製・乾燥、混合攪拌、加熱、冷却など)に関する知識 ・合成装置と合成操作プロセスの知識		
		基礎的な化学合成を行う。	触媒や反応速度などの技術を用いた化学合成を行う。		・モノマー合成操作に関する知識 ・反応装置とその特性に関する知識	・モノマー合成用原料と反応触媒に関する知識 ・反応機構・反応速度に関する知識	
			合成反応モニタリングを行う。			・モノマー合成反応モニタリングの概略 ・反応モニタリングに関する知識	
		化学合成の管理を行う。			・化学薬品等の管理に関する知識 ・製造に係る関連法規知識		

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
		基礎的な高分子合成を行う。	より高度な高分子合成を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 重合反応に関する知識 共重合に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 重合動力学 リビング重合、立体特異性重合に関する知識 	
		添加剤および開始剤を用いたモノマー精製を行う。			<ul style="list-style-type: none"> モノマー添加剤やモノマー精製に関する知識 モノマーの精製度と重合性との関係 開始剤の種類とその機能に関する知識 		
		重合装置を用いた重合単位操作を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 重合実験装置に関する知識 重合単位操作に関する知識 		
			各種重合方法を実施する。			<ul style="list-style-type: none"> 各種重合方法に関する知識 ベンチスケール／プラント重合装置に関する知識 	
	バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	バイオマスからの誘導体を用いた化学合成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 再生可能資源の種類と量に関する知識 再生可能資源から誘導される各種化学品に関する知識 		
			バイオマスからの誘導体を応用・展開する。			<ul style="list-style-type: none"> 再生可能資源由来の化学素原料からの誘導品展開に関する知識 	
		バイオマスプラスチックの合成を行う。	最新の重合方法や触媒技術を用いた化学合成を行う。		<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックに特有な重合方法に関する知識 バイオマスプラスチックに特有な重合触媒に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックに特有な重合方法および重合触媒の技術開発の進展状況に関する知識 	
		物性改良を利用した合成を行う。	生分解性やリサイクル性を考慮に入れた物性改良を行う。		<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの基本的な物理的性質 バイオマスプラスチックの物性改良に関する基礎的知識 	<ul style="list-style-type: none"> ポリマーブレンドおよびフィラー充填による物性改良に関する知識 生分解性やリサイクル性などの資源循環特性変化との関係に関する発展的知識 	
				化学合成に係わるコスト計算やエネルギー消費量の計算を行い、作業性改善を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 化学合成のプロセスフローに関する知識 化学合成に係るコストおよびエネルギー計算方法 化学合成におけるプラントとそのコスト試算比較方法

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
リサイクル	バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクル方法を検討する。			<ul style="list-style-type: none"> 各種リサイクル技術に関する基礎的知識 リサイクル装置に関する基礎的知識 		
		リサイクルの化学反応を応用する。			<ul style="list-style-type: none"> リサイクルの化学反応の知識 各種プラスチックの分解反応特性 		
				リサイクルの化学的・動力学的な解析を行う。			<ul style="list-style-type: none"> リサイクルのモニタリング方法に関する知識 リサイクルの動力学的解析に関する知識
		バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性を理解する。		様々な材料の分解特性やリサイクルへの影響を用いたリサイクル方法の検討および検証を行う。	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの分解反応の概要 バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性 		<ul style="list-style-type: none"> 各種材料の分解特性とその制御に関する知識 一次～高次構造のリサイクルへの影響に関する知識
				リサイクルの実証知識を用いたリサイクル方法の検討および検証を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 各種触媒・添加物の影響に関する知識 ポリマーアロイの影響に関する知識 リサイクルのシミュレーション技術の知識
製品加工	バイオマスプラスチックの成型加工	高分子材料の物性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子物理概論 高分子加工概論 高分子材料概論 		
		ブレンドを用いた成型加工を行う。			一般的なプラスチックのブレンドに関する知識		
		複合化を用いた成型加工を行う。			一般的なプラスチックの複合化に関する知識		
		添加物を用いた成型加工を行う。			一般的なプラスチックの添加物に関する知識		
		各種加工方法による成型加工を行う。			一般的なプラスチックの加工方法に関する知識		
	機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	機械的性質の測定結果を素材開発や複合化へフィードバックする。			<ul style="list-style-type: none"> 引っ張り強度測定法 圧縮強度測定法 		
		機械的以外の基礎的性質測定結果を素材開発や複合化へフィードバックする。			熱安定性や透明度、濡れ性に関する知識		

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目			
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展	
環境評価	環境評価および安全基準等に則った製品開発	生分解における環境評価に則った製品開発を行う。	より高度な生分解における環境評価に則った製品開発を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の生分解に関する基礎知識 実験室レベルでの簡易生分解性評価法 分解菌、分解酵素の単離方法 コンポスト中の生分解に関する基礎知識(分解酵素による生分解、微生物活性の測定) 	<ul style="list-style-type: none"> 生分解性高分子の種類とその生分解の概要 環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物に関する知識 生分解速度制御法 		
		自然環境中の生体への影響評価を考慮した製品開発業務を行う。	危険物や毒物の管理を考慮した安全な製品開発を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 化学物質の環境化学 化学物質の毒性に関する知識 環境ホルモン、ダイオキシン、地球温暖化などの環境問題に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 危険物や毒物の管理に関する基礎知識 実験室レベルでの安全性評価法 		
				環境評価および安全基準等を総合的に考慮した製品開発を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 国際規格、日本産業規格に則った測定法 環境問題や各種リサイクルに関する法規制に関する知識 	
	LCAの実施および評価			LCAの概論的知識を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルの概要 LCAの枠組み(目的及び調査範囲の設定～クリティカルレビューまで)に関する知識 LCA結果の活用用途に関する知識 	
				目的及び調査範囲を設定する。			<ul style="list-style-type: none"> 実施目的の設定方法 評価対象製品の設定方法 機能単位及び基準フローの設定方法 システム境界の設定方法 環境負荷項目の設定方法 エネルギー原単位の設定の実施方法 	

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
				ライフサイクルインベントリ分析を行う。			<ul style="list-style-type: none"> ・ ライフサイクルフロー図の作成およびデータ収集方法 ・ 配分（アロケーション）、ライフサイクルデータ集計方法 ・ データ品質の検討の実施方法
				ライフサイクル影響評価を行う。			<ul style="list-style-type: none"> ・ 特性化係数を用いた影響評価方法 ・ 既存のライフサイクル影響評価手法を用いた影響評価の実施方法
				ライフサイクルの解釈を行う。			<ul style="list-style-type: none"> ・ LCA 結果に基づく重要点の特定方法 ・ LCA 結果の質の評価、結論、推奨事項及び報告の実施方法
				報告所の作成および、クリティカルレビューの作成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> ・ 報告書の作成を行うことができる。クリティカルレビューの実施方法を理解することができる。
				LCA 結果を活用する。			<ul style="list-style-type: none"> ・ LCA 結果の製品設計へのフィードバック方法 ・ LCA 結果を用いたライフサイクルを通じた環境負荷低減の訴求方法 ・ LCA 結果を用いた環境ラベル取得の実施方法
共通基本知識（バイオマスおよびバイオマスプラスチックの知識、高分子知識）		バイオマスに関する知識やその関連動向を把握する。			<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスの種類・分類に関する知識 ・ バイオマスに係る動向（国内・海外）知識 ・ バイオマスの用途（エネルギー・素材）に関する知識 ・ バイオマス利用が及ぼす効果に関する知識 		

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
		バイオマスプラスチックに関する知識やその関連動向を把握する。			<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの位置付けおよび種類に関する知識 バイオマスプラスチックに係る動向(国内・海外)知識 バイオマスプラスチックの性状・特性に関する知識 バイオマスプラスチックの技術開発動向知識 バイオマスプラスチックに係る法規制の知識 利用者のニーズや意識動向に関する知識 利用普及への課題に関する知識 		
		高分子に関する基礎知識を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子の定義 高分子の特徴(分類法と化学構造)に関する知識 低分子と高分子の差異に関する知識 		
		分子量と分子量分布に関する基礎的な知識を理解する。	分子量分布の統計的取り扱い方法などのより高度な分子量に関する知識を理解する。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の分子量・分子量分布の概念と表現方法 高分子の基本的な測定法 	<ul style="list-style-type: none"> 分子量分布の統計的取り扱い方法 Z 平均分子量以降の高次の平均分子量及び粘度平均分子量に関する知識 高度な分子量測定法 	
		立体規則性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> コンホメーションとコンフィギュレーションに関する知識 真の不斉炭素と擬似不斉炭素による立体異性体の定義とその定量法に関する知識 		
			立体規則性と共重合体の微細構造を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 立体規則性と共重合連鎖構造の統計的取り扱い方法に関する知識 立体規則性と共重合体の微細構造解析の方法 	

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
		共重合体の微細構造を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> ランダム共重合体の化学組成の知識 ランダム共重合体の連鎖構造の表記と定量法 ブロック共重合体の構造特性の表記とその定量法 		
			分子分別を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 分取 GPC に関する知識 高分子の溶解性差を利用した分子量分別と組成分別の理論と方法 	
		基礎的な結晶・非晶と高次構造を理解する。	より詳細な結晶・非晶と高次構造を理解する。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の結晶性とその測定法 結晶性と化学構造、結晶構造とその測定法 高次構造の階層性に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 構造異方性の解析方法 結晶化過程の知識 高分子高次構造パラメータの定義と測定法 	
		ポリマーアロイと高分子複合材料を理解する。	ポリマーアロイの設計戦略を立案する。		<ul style="list-style-type: none"> ポリマーアロイの構造と物性の基礎知識 高分子複合材料の分類知識 	<ul style="list-style-type: none"> ポリマーアロイの基礎物理と設計戦略に関する知識 	
		熱的性質を理解する。	より詳細な熱的性質を理解する。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の熱的性質とその測定法 	<ul style="list-style-type: none"> 融解/ガラス転移/結晶化/熱分解と高分子の様態に関する知識 熱物性における高分子性に関する知識 	
			粘弾性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子性の粘弾性に関する知識 	
		その他のバイオマスプラスチック開発時に重要な物性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子の機械的性質と生分解性の概論知識 		
		構造と物性の相関を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 具体例を元にした構造-物性相関に関する知識 		

4 2 2 製品加工産業

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
発酵生産	発酵生産プロセスの全体運営	微生物学の管理を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物学の導入と微生物の分類法に関する知識 種々の微生物の構造とその生理に関する知識 		
		微生物の代謝を利用した発酵生産を管理する。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物の工業的利用の基礎となる微生物代謝経路に関する基礎知識 		
		微生物による有用物質生産を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物を利用した有用物質生産方法の知識 		
		微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略を立案する。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略に関する知識 		
	菌管理	微生物の取扱を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 微生物の安全な取扱に関する知識 微生物の遺伝現象と菌株育種に関する知識 微生物における物質循環に関する知識 		
		基礎的な培養法で菌の培養を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 培養法の基礎知識 増殖量測定法 菌体量測定法 好気培養法 嫌気培養法 		
		菌体保存法により菌の保存を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 凍結保存法 凍結乾燥保存法 冷蔵保存法 常温保存法 保存菌株からの植菌法 		
		培養廃液の処理を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 培養廃液処理方法 		
		菌単離を実施する。			<ul style="list-style-type: none"> 有用菌株の単離方法 分解菌の単離方法 		
		菌株の判別を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 簡易微生物判別法 		
		正しい法的知識のもとに微生物の取扱および管理を安全に行う。			<ul style="list-style-type: none"> 化学物質の危険に係わる知識 廃棄物処理法に関する知識 感染症予防に係わる知識 		

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
	バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックの発酵生産を管理する。			<ul style="list-style-type: none"> 発酵により生産される高分子の概論的知識やその性質 		
		基礎的な培養システムを構築する。			<ul style="list-style-type: none"> 発酵工学に関する知識 生育速度論 分離スクリーニング法 培地生産法 滅菌法 シード培養法 		
		単離精製を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 培地へ水溶性成分として生産される目的物の単離精製方法 微生物体内に蓄積される目的物を単離生産する方法 		
		バイオマスからの発酵生産を行う。	バイオマスの各種利用方法を考慮した発酵生産を行う。		<ul style="list-style-type: none"> バイオマス概論 バイオマスの世界分布の知識 種々のバイオマスの発酵原料への転化の知識 バイオマス原料からの発酵生産に関する知識 再生可能原料の利用 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスリファインリーの知識 バイオマスタウン構想に関する知識 エネルギー利用技術 バイオマス変換技術 マテリアル利用術 	
	遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチック素材開発	遺伝子組換え技術を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 遺伝子工学の概論 遺伝子組換え技術に関する基礎知識 		
		バイオマスからのモノマーの生産性向上を行う。	遺伝子組換えを用いたモノマーの生産性向上を行う。		<ul style="list-style-type: none"> モノマー生産に関わる代謝経路における酵素群の遺伝子解析方法 	<ul style="list-style-type: none"> 生産性を向上する上での組換え技術に関する知識 突然変異菌株による生産性の向上に関する知識 	
		バイオマスプラスチックの生産性向上を行う。	遺伝子組換え技術を用いたバイオマスプラスチックの生産性向上を行う。		<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチック生産に関わる代謝経路における酵素群の遺伝子解析 	<ul style="list-style-type: none"> 生産性を向上する上での組換え技術や突然変異菌株による生産性の向上に関する知識 植物にバイオマスプラスチックを生産する遺伝子を導入し、植物に生産させるための技術 	

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
化学合成	化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学薬品および機器類の安全な取り扱いを行う。			<ul style="list-style-type: none"> 化学薬品および高圧ガスの危険性に関する知識 機器類の概要と取り扱い上の注意点に関する知識 		
		合成単位操作を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 単位操作（精製・乾燥、混合攪拌、加熱、冷却など）に関する知識 合成装置と合成操作プロセスの知識 		
		基礎的な化学合成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> モノマー合成操作に関する知識 反応装置とその特性に関する知識 		
		基礎的な高分子合成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 重合反応に関する知識 共重合に関する知識 		
		添加剤および開始剤を用いたモノマー精製を行う。			<ul style="list-style-type: none"> モノマー添加剤やモノマー精製に関する知識 モノマーの精製度と重合性との関係 開始剤の種類とその機能に関する知識 		
		重合装置を用いた重合単位操作を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 重合実験装置に関する知識 重合単位操作に関する知識 		
	バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	バイオマスからの誘導体を用いた化学合成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 再生可能資源の種類と量に関する知識 再生可能資源から誘導される各種化学品に関する知識 		
		バイオマスプラスチックの合成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックに特有な重合方法に関する知識 バイオマスプラスチックに特有な重合触媒に関する知識 		
		物性改良を利用した合成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの基本的な物理的性質 バイオマスプラスチックの物性改良に関する基礎的知識 		
	リサイクル	バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクル方法を検討する。			<ul style="list-style-type: none"> 各種リサイクル技術に関する基礎的知識 リサイクル装置に関する基礎的知識 	

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
		リサイクルの化学反応を応用する。			<ul style="list-style-type: none"> リサイクルの化学反応の知識 各種プラスチックの分解反応特性 		
				リサイクルの化学的・動力学的な解析を行う。			<ul style="list-style-type: none"> リサイクルのモニタリング方法に関する知識 リサイクルの動力学的解析に関する知識
		バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性を理解する。		様々な材料の分解特性やリサイクルへの影響を用いたリサイクル方法の検討および検証を行う。	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの分解反応の概要 バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性 		<ul style="list-style-type: none"> 各種材料の分解特性とその制御に関する知識 一次～高次構造のリサイクルへの影響に関する知識
				リサイクルの実証知識を用いたリサイクル方法の検討および検証を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 各種触媒・添加物の影響に関する知識 ポリマーアロイの影響に関する知識 リサイクルの動力学的シミュレーション技術の知識
製品加工	バイオマスプラスチックの成型加工	高分子材料の物性を理解する。	高分子の結晶化を利用した成形加工を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子物理概論 高分子加工概論 高分子材料概論 	<ul style="list-style-type: none"> 高分子の結晶性、結晶化速度に関する知識 高分子の粘弾性に関する知識 成形加工に関する知識 	
		ブレンドを用いた成型加工を行う。		環境面での性質を考慮したブレンド方法を用いた成型加工を行う。	<ul style="list-style-type: none"> 一般的なプラスチックのブレンドに関する知識 		<ul style="list-style-type: none"> 生分解性を制御するブレンド方法
		複合化を用いた成型加工を行う。		環境面での性質を考慮した複合化方法を理解し、成型加工業務に活かすことができる。	<ul style="list-style-type: none"> 一般的なプラスチックの複合化に関する知識 		<ul style="list-style-type: none"> 生分解性を保持したままの複合化に関する知識
		添加物を用いた成型加工を行う。		環境面での性質を考慮した添加物を用いた成型加工を行う。	<ul style="list-style-type: none"> 一般的なプラスチックの添加物に関する知識 		<ul style="list-style-type: none"> 生分解性添加物に関する知識
		各種加工方法による成型加工を行う。	各種性質を考慮した成型加工を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 一般的なプラスチックの加工方法に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 低融点に対応した加工方法に関する知識 高強度を得るための加工方法に関する知識 フォーム作成法、生分解を制御する加工方法に関する知識 	

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
	機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	機械的性質の測定結果を素材開発や複合化へフィードバックする。	より詳細な機械的性質の測定結果を素材開発や複合化へフィードバックする。		<ul style="list-style-type: none"> 引っぱり強度測定法 圧縮強度測定法 	<ul style="list-style-type: none"> 衝撃強度測定法 疲労強度測定法 	
		機械的以外の基礎的性質測定結果を素材開発や複合化へフィードバックする。	より詳細な機械的以外の性質測定結果を素材開発や複合化へフィードバックする。		<ul style="list-style-type: none"> 熱安定性や透明度、濡れ性に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼（難燃）性、吸湿性、帯電性、耐摩耗性、変色性の測定法 	
			製品化へ向けての材料設計を行う。			<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの製品例、製品設計、国際規格などに関する知識 	
環境評価	環境評価および安全基準等に則った製品開発	生分解における環境評価に則った製品開発を行う。	より高度な生分解における環境評価に則った製品開発を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の生分解に関する基礎知識 実験室レベルでの簡易生分解性評価法 分解菌、分解酵素の単離方法 コンポスト中での生分解に関する基礎知識（分解酵素による生分解、微生物活性の測定） 	<ul style="list-style-type: none"> 生分解性高分子の種類とその生分解の概要 環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物に関する知識 生分解速度制御法 	
		自然環境中での生体への影響評価を考慮した製品開発業務を行う。	危険物や毒物の管理を考慮した安全な製品開発を行う。		<ul style="list-style-type: none"> 化学物質の環境化学 化学物質の毒性に関する知識 環境ホルモン、ダイオキシン、地球温暖化などの環境問題に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 危険物や毒物の管理に関する基礎知識 実験室レベルでの安全性評価法 	
				環境評価および安全基準等を総合的に考慮した製品開発を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 国際規格、日本産業規格に則った測定法 環境問題や各種リサイクルに関する法規制に関する知識
	LCAの実施および評価			LCAの概論的知識を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルの概要 LCAの枠組み（目的及び調査範囲の設定～クリティカルレビューまで）に関する知識 LCA結果の活用用途に関する知識

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
				目的及び調査範囲を設定する。			<ul style="list-style-type: none"> 実施目的の設定方法 評価対象製品の設定方法 機能単位及び基準フローの設定方法 システム境界の設定方法 環境負荷項目の設定方法 エネルギー原単位の設定の実施方法
				ライフサイクルインベントリ分析を行う。			<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルフロー図の作成およびデータ収集方法 配分(アロケーション)、ライフサイクルデータ集計方法 データ品質の検討の実施方法
				ライフサイクル影響評価を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 特性化係数を用いた影響評価方法 既存のライフサイクル影響評価手法を用いた影響評価の実施方法
				ライフサイクルの解釈を行う。			<ul style="list-style-type: none"> LCA 結果に基づく重要点の特定方法 LCA 結果の質の評価、結論、推奨事項及び報告の実施方法
				報告所の作成および、クリティカルレビューの作成を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 報告書の作成を行うことができる。 クリティカルレビューの実施方法を理解することができる。
				LCA 結果を活用する。			<ul style="list-style-type: none"> LCA 結果の製品設計へのフィードバック方法 LCA 結果を用いたライフサイクルを通じた環境負荷低減の訴求方法 LCA 結果を用いた環境ラベル取得の実施方法

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
共通基本知識(バイオマスおよびバイオマスプラスチックの知識、高分子知識)		バイオマスに関する知識やその関連動向を把握する。			<ul style="list-style-type: none"> バイオマスの種類・分類に関する知識 バイオマスに係る動向(国内・海外)知識 バイオマスの用途(エネルギー・素材)に関する知識 バイオマス利用が及ぼす効果に関する知識 		
		バイオマスプラスチックに関する知識やその関連動向を把握する。			<ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチックの位置付けおよび種類に関する知識 バイオマスプラスチックに係る動向(国内・海外)知識 バイオマスプラスチックの性状・特性に関する知識 バイオマスプラスチックの技術開発動向知識 バイオマスプラスチックに係る法規制の知識 利用者のニーズや意識動向に関する知識 利用普及への課題に関する知識 		
		高分子に関する基礎知識を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子の定義 高分子の特徴(分類法と化学構造)に関する知識 低分子と高分子の差異に関する知識 		
		基礎的な分子量と分子量分布に関する知識を理解する。	分子量分布の統計的取り扱い方法などにより高度な分子量に関する知識を理解する。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の分子量・分子量分布の概念と表現方法 高分子の基本的な測定法 	<ul style="list-style-type: none"> 分子量分布の統計的取り扱い方法 Z平均分子量以降の高次の平均分子量及び粘度平均分子量に関する知識 高度な分子量測定法 	
		立体規則性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> コンホメーションとコンフィギュレーションに関する知識 真の不斉炭素と擬似不斉炭素による立体異性体の定義とその定量法に関する知識 		

業務領域	業務内容	スキル項目			知識項目		
		基礎	応用	発展	基礎	応用	発展
			立体規則性と共重合体の微細構造を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 立体規則性と共重合連鎖構造の統計的取り扱い方法に関する知識 立体規則性と共重合体の微細構造解析の方法 	
		共重合体の微細構造を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> ランダム共重合体の化学組成の知識 ランダム共重合体の連鎖構造の表記と定量法 ブロック共重合体の構造特性の表記とその定量法 		
			分子分別を行う。			<ul style="list-style-type: none"> 分取 GPC に関する知識 高分子の溶解性差を利用した分子量分別と組成分別の理論と方法 	
		基礎的な結晶・非晶と高次構造を理解する。	より詳細な結晶・非晶と高次構造を理解する。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の結晶性とその測定法 結晶性と化学構造、結晶構造とその測定法 高次構造の階層性に関する知識 	<ul style="list-style-type: none"> 構造異方性の解析方法 結晶化過程の知識 高分子高次構造パラメータの定義と測定法 	
		ポリマーアロイと高分子複合材料を理解する。	ポリマーアロイの設計戦略を立案する。		<ul style="list-style-type: none"> ポリマーアロイの構造と物性の基礎知識 高分子複合材料の分類知識 	<ul style="list-style-type: none"> ポリマーアロイの基礎物理と設計戦略に関する知識 	
		熱的性質を理解する。	より詳細な熱的性質を理解する。		<ul style="list-style-type: none"> 高分子の熱的性質とその測定法 	<ul style="list-style-type: none"> 融解/ガラス転移/結晶化/熱分解と高分子の様態に関する知識 熱物性における高分子性に関する知識 	
			粘弾性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子性の粘弾性に関する知識 	
		その他のバイオマスプラスチック開発時に重要な物性を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 高分子の機械的性質と生分解性の概論知識 		
		構造と物性の相関を理解する。			<ul style="list-style-type: none"> 具体例を元にした構造-物性相関に関する知識 		

第5章 カリキュラム

5 1 . 育成される人材像

受講することを通して、下記に示す実務担当者及びチームリーダーが育成できるよう、本カリキュラムを設定した。

(1) 業務領域

素材開発産業及び製品加工産業とした。

(2) 育成前の人材像

初級（実務担当者で知識量が比較的少ない者）、中級（実務担当者で知識量が比較的多い者）、上級（チームリーダー）とした。

(3) 育成後に想定している人材像

BP 実務担当者

指示されたことをただこなすだけでなく、必要な基礎知識を有し、ある程度先のことを見据えた上で実験計画を立てていける人材を想定した。

また、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野のように、実務とは直接関係の無い分野に関しても基礎知識を有していることが望ましいと想定した。

具体的には下記の通りである。

- ・上級者に指示されたことを正確に遂行することができる。
- ・バイオマスプラスチックに関連する知識を有する。
- ・実務とは直接関係の無い分野に関しても基礎知識を有している。
- ・先のことを見据えた実験計画、研究計画、生産計画を立てられる。

BP チームリーダー

現場の進捗を管理するだけでなく、事業の方向性や業務管理（技術の難易度を見極め、要する時間・体力を判断）もある程度予測しながら作業（業務）計画が立てられる人材を想定した。

また、実務に関係する分野に関しては、基礎から応用、発展まで幅広い知識が必要であることに加えて、素材開発産業であれば製品加工分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野のように、実務に直接関係しない分野についても十分な知識を有していることが望ましいと想定した。

具体的には下記の通りである。

- ・現場の進捗を管理できる。
- ・事業の方向性や業務管理を予測した業務計画が立てられる。

5 2 . スキルスタンダードとカリキュラムの接合

5 2 1 素材開発産業

業務内容	スキル項目の概略	知識項目	科目		
			実務担当者 初級	実務担当者 中級	チームリーダー 上級
バイオマスやバイオマスプラスチックの概念や背景、および現状の技術動向に関する知見等の概観的知識を有し、バイオマスプラスチックの開発および事業化に活用することができる。	バイオマスに関する知識やその関連動向	基礎	バイオマスプラスチック概論		
	バイオマスプラスチックに関する知識やその関連動向	基礎			
高分子の分子特性に関わる基礎知識、及び、特性解析の技術を有し、高分子性を正しく理解してバイオプラスチックの研究開発全般に活用することができる。	高分子に関する基礎知識	基礎	高分子の分子特性(基礎)		
	分子量と分子量分布	基礎			
	分子量と分子量分布	応用	高分子の分子特性(応用)		
	立体規則性	基礎			
	立体規則性と共重合体	応用	高分子の固体構造と物性(基礎)		
	共重合体共重合体の微細構造	基礎			
	分子分別	応用			
	結晶・非晶と高次構造	基礎			
結晶・非晶と高次構造	応用				
ポリマーアロイと高分子複合材料	基礎	高分子の固体構造と物性(応用)			
ポリマーアロイと高分子複合材料	応用				
熱的性質	基礎	高分子の固体構造と物性(応用)			
熱的性質	応用				
粘弾性	応用	高分子の固体構造と物性(応用)			
粘弾性	基礎				
その他のバイオプラスチック開発時に重要な物性	基礎	高分子の固体構造と物性(応用)			
その他のバイオプラスチック開発時に重要な物性	応用				
高分子の固体構造と基本物性に関わる基礎知識、および、解析の技術を有し、バイオプラスチックの研究開発全般に活用することができる。	構造と物性の相関	基礎	高分子の固体構造と物性(基礎)		
	構造と物性の相関	応用			
	結晶・非晶と高次構造	基礎	高分子の固体構造と物性(基礎)		
	結晶・非晶と高次構造	応用			
発酵生産に関する一般的知識(微生物学、微生物工学)を有し、微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解することができる。	微生物学の基礎	基礎	微生物学概論		
	微生物学の基礎	応用			
	微生物の代謝	基礎	微生物利用論		
	微生物の代謝	応用			
発酵生産工程のうち基本的な微生物の管理についての正しい知識を有し、安全かつ適切に菌管理を行うことができる。	微生物の取扱	基礎	微生物工学(基礎)		
	微生物の取扱	応用			
	培養法	基礎	微生物工学(応用)		
	培養法	応用			
	菌体保存法	基礎	微生物工学(応用)		
	菌体保存法	応用			
	培養廃液処理	基礎	微生物工学(応用)		
	培養廃液処理	応用			
	菌単離法	基礎	微生物工学(応用)		
	菌単離法	発展			
菌株判別法	基礎	微生物工学(発展)			
菌株判別法	発展				
微生物の取扱、管理における安全及び法的知識	基礎	微生物実験概論			
微生物の取扱、管理における安全及び法的知識	発展				
バイオプラスチックを発酵生産により生産するための正しい知識を有し、バイオプラスチックの発酵生産を実施することができる	発酵生産バイオプラスチック	基礎	生体高分子概論		
	発酵生産バイオプラスチック	応用			
	培養システム	基礎	発酵工学(基礎)		
	培養システム	発展			
	目的物の単離方法	基礎	発酵工学(発展)		
	目的物の単離方法	発展			
	バイオマスからの発酵生産	基礎	バイオマス概論		
バイオマスからの発酵生産	応用				
発酵生産管理	発展	バイオマス利用論(発展)			
発酵生産管理	発展				
遺伝子組み換えを利用した発酵生産法の技術知識を有し、微生物系バイオプラスチックの応用的素材開発を行うことができる。	遺伝子組み換え技術	基礎	バイオプラスチック遺伝子工学(基礎)		
	遺伝子組み換え技術	応用			
	バイオマスからのモノマーの生産性の向上	基礎	バイオプラスチック遺伝子工学(応用)		
	バイオマスからのモノマーの生産性の向上	応用			
バイオプラスチック生産性の向上	基礎	バイオプラスチック遺伝子工学(応用)			
バイオプラスチック生産性の向上	応用				
遺伝子組み換え技術管理	発展	バイオプラスチック遺伝子工学(発展)			
遺伝子組み換え技術管理	発展				

業務内容	スキル項目の概略	知識項目	科目				
			実務担当者 初級	実務担当者 中級	チームリーダー 上級		
化学合成における一般的知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解することができる。	化学薬品および機器類の取り扱い	基礎	化学薬品および高圧ガスの危険性に関する知識 機器類の概要と取り扱い上の注意点				
	合成単位操作	基礎	単位操作(精製・乾燥・混合攪拌・加熱・冷却など)に関する知識 合成装置と合成操作プロセスの知識	化学合成 I (基礎)			
	化学合成	基礎	モノマー合成単位操作(反応・分離精製など)の実際に関する理解 反応装置とその特性				
	合成反応モニタリング	応用	モノマー合成反応モニタリングの概略 反応モニタリングの実際		化学合成 I (応用)		
	化学合成管理	応用	化学薬品等の管理 製造に係る関連法規				
	高分子合成	基礎	重合反応に関する知識 共重合に関する知識		化学合成 II (基礎)		
		応用	重合動力学 リビング重合 立体特異性重合				
	モノマー精製	基礎	モノマー添加剤、モノマー精製 モノマーの精製度と重合性との関係の実例 開始剤の種類とその機能に関する知識		化学合成 II (応用)		
	重合装置と単位操作	基礎	重合実験装置に関する知識 重合単位操作に関する知識				
	各種重合方法	応用	各種重合方法の実際 ベンチスケール/プラント重合装置				
バイオプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を適切に実施することができる。また合成後に作業性の改善方法を検討することができる。	再生可能資源と誘導体	基礎	再生可能資源の種類と量に関する知識 再生可能資源から誘導される各種化学品に関する知識		化学合成 III (基礎)		
	再生可能資源誘導体の合成	応用	再生可能資源からの合成プロセスに関する技術開発状況に関する知識				
	バイオマスプラスチックの合成	基礎	バイオマスプラスチックに特有な重合方法に関する知識 バイオマスプラスチックに特有な重合触媒に関する知識		化学合成 III (応用)		
		応用	バイオマスプラスチックに特有な重合方法および重合触媒の技術開発の進展状況に関する知識				
物性改良の合成的方法	基礎	バイオマスプラスチックの基本的な物理的性質の理解 バイオマスプラスチックの物性改良に関する基礎的知識					
	応用	ポリマーブレンドおよびフィラー充填による物性改良と生分解性やリサイクル性などの資源循環特性変化との関係に関する発展的知識					
化学合成管理	発展	化学合成のプロセスフロー 化学合成に係るコストおよびエネルギー計算 化学合成におけるプラントとそのコスト試算比較			経済性評価		
リサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックのリサイクル方法を検討、および検証することができる。	リサイクルの現状	基礎	各種リサイクル技術に関する基礎的知識 リサイクル装置に関する基礎的知識	リサイクル (基礎)			
	リサイクルの化学反応	基礎	リサイクルの化学反応 各種プラスチックの分解反応性				
	リサイクルの化学的・動力学的解析	発展	リサイクルのモニタリング方法に関する知識 リサイクルの動力学的解析に関する知識				
	バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性	基礎	バイオマスプラスチックの分解反応の概要 バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性		リサイクル (発展)		
		発展	各種材料の分解特性とその制御に関する知識 一次〜高次構造のリサイクルへの影響に関する知識				
リサイクルの実証	発展	各種触媒・添加物の影響に関する知識 ポリマーアロイの影響に関する知識 リサイクルの動力学的シミュレーション技術の知識					
複合材料、高分子加工に関する知識を有し、バイオプラスチックの成型加工を適切に行うことができる。	高分子材料ブレンド	基礎	高分子物理概論、高分子加工概論、高分子材料概論	高分子材料学(基礎)			
	複合化	基礎	一般的なプラスチックの複合化				
	添加物	基礎	一般的なプラスチックの添加物				
	加工方法	基礎	一般的なプラスチックの加工方法				
	機械的性質	基礎	引っ張り強度測定法、圧縮強度測定法				
実際の製品における強度、伸び等の機械的性質評価法、機能に関する性能評価法についての知識を有し、目的とする性能が発揮できるように素材開発、複合化へのフィードバックができる。	その他の性質	基礎	熱安定性、透明度、濡れ性				
	標準的な生分解性評価法についての知識を有し、バイオプラスチックの生分解性評価、及び安全性評価を適切に行って素材・製品開発に活用することができる。規格・法律に促った製品評価を行い安全基準等に則った製品開発を行うことができる。	土壌中、自然環境中、コンポスト中での生分解	基礎	高分子の生分解に関する基礎知識、実験室レベルでの簡易生分解性評価法、分解菌、分解酵素の単離方法、コンポスト作製、コンポスト中での生分解に関する基礎知識、分解酵素による生分解、微生物活性の測定	環境評価 (基礎)		
		応用	生分解性高分子の種類とその生分解の概要、環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物、生分解速度制御法		環境評価 (応用)		
	自然環境中での生体への影響評価	基礎	化学物質の環境化学、グリーンケミストリー、化学物質の毒性、高分子可塑剤として使用された環境ホルモン、高分子を焼却処理することにより発生するダイオキシン、焼却処理による二酸化炭素発生にともなう地球温暖化				
応用	危険物、毒物への基礎知識、実験室レベルでの安全性評価法						
製品化へ向けた環境評価	発展	国際規格、日本産業規格に則った測定法、生分解性プラスチック研究会の基準認証制度に関する知識、化学物質制御関連法規(化審法、PRTR法、水質汚濁、大気汚染防止法)の基本、容器包装リサイクル法等各種リサイクル法に関する知識			環境評価 (発展)		
ライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方を理解するとともに、バイオプラスチック及びその競合素材を評価対象としたLCAを実施し、バイオプラスチックのライフサイクルを通じた環境負荷を評価することができる。	LCAとは	発展	ライフサイクル思考の理解、LCAの枠組み(目的及び調査範囲の設定〜クリティカルレビューまで)の理解、LCA結果の活用用途に関する知識			LCA実施方法	
	目的及び調査範囲の設定	発展	実施目的の設定、評価対象製品の設定、機能単位及び基準フローの設定、システム境界の設定、環境負荷項目の設定、エネルギー原単位の設定の実施方法				
	ライフサイクルインベントリ分析	発展	ライフサイクルフロー図の作成、データ収集、インベントリデータの作成、配分(アロケーション)、ライフサイクルデータ集計、データ品質の検討の実施方法				
	ライフサイクル影響評価	発展	特性化係数を用いた影響評価、既存のライフサイクル影響評価手法を用いた影響評価の実施方法				
	ライフサイクル解釈	発展	LCA結果に基づく重要点の特定、LCA結果の質の評価、結論、推奨事項及び報告の実施方法				
	報告、クリティカルレビュー	発展	報告書の作成、クリティカルレビューの実施方法				
	LCA結果の活用	発展	LCA結果の製品設計へのフィードバック、LCA結果を用いたライフサイクルを通じた環境負荷低減の訴求、LCA結果を用いた環境ラベル取得の実施方法			LCA活用方法	

業務内容	スキル項目の概略	知識項目	科目		
			実務担当者 初級	実務担当者 中級	チームリーダー 上級
バイオマスやバイオマスプラスチックの概念や背景、および現状の技術動向に関する知見等の概観的知識を有し、バイオマスプラスチックの開発および事業化に活用することができる。	バイオマスに関する知識やその関連動向	基礎 バイオマスの種類・分類に関する知識 バイオマスに係る動向(国内・海外)の把握 バイオマスの用途(エネルギー・素材)に関する知識 バイオマス利用が及ぼす効果に関する知識			
	バイオマスプラスチックに関する知識やその関連動向	基礎 バイオマスプラスチックの位置付けおよび種類に関する知識 バイオマスプラスチックに係る動向(国内・海外)の把握 バイオマスプラスチックの性状・特性に関する知識 バイオマスプラスチックの技術開発動向に関する知識 バイオマスプラスチックに係る法規制に関する知識 利用者のニーズや意識動向に関する知識 利用普及への課題に関する知識			
高分子の分子特性に関わる基礎知識、及び、特性解析の技術を有し、高分子性を正しく理解してバイオプラスチックの研究開発全般に活用することができる。	高分子に関する基礎知識	基礎 高分子の定義、高分子の概念、多角度からの分類法と化学構造を通じた高分子の特徴			
	分子量と分子量分布に関する知識	基礎 高分子の分子量・分子量分布の概念と表現方法、及び、それらの基本的な測定法			
		応用 分子量分布の統計的取り扱い、2平均分子量以降の高次の平均分子量及び粘度平均分子量、高度な分子量測定法			
	立体規則性	基礎 コンホメーションとコンフィギュレーション、真の不斉炭素と擬似不斉炭素による立体異性体の定義とその定量法、その他の異種結合			
	立体規則性と共重合体	応用 立体規則性と共重合連鎖構造の統計的取り扱い			
	共重合体共重合体の微細構造	基礎 ランダム共重合体の化学組成、ランダム共重合体の連鎖構造の表記と定量法、ブロック共重合体の構造特性の表記とその定量法			
	分子分別	応用 分取GPC、高分子の溶解性差を利用した分子量分別と組成分別の理論と方法			
高分子の固体構造と基本物性に関わる基礎知識、および、解析の技術を有し、バイオプラスチックの研究開発全般に活用することができる。	結晶・非晶と高次構造	基礎 高分子の結晶性とその測定法、結晶性と化学構造、結晶構造とその測定法、高次構造の階層性			
		応用 構造異方性の解析、結晶化過程、高分子高次構造とその測定法			
	ポリマーアロイと高分子複合材料	基礎 ポリマーアロイの構造と物性の基礎、高分子複合材料の分類			
		応用 ポリマーアロイの基礎物理と設計戦略			
	熱的性質	基礎 高分子の熱的性質とその測定法			
		応用 融解/ガラス転移/結晶化/熱分解と高分子の様態 熱物性における高分子性に関する知識			
	粘弾性	応用 高分子性をあらわす代表的な性質である粘弾性の理解			
	その他のバイオプラスチック開発時に重要な物性	基礎 高分子の機械的性質と生分解性の概論			
	構造と物性の相関	基礎 具体例を元にした構造-物性相関の理解			
	発酵生産に関する一般的知識(微生物学、微生物工学)を有し、微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解することができる。	微生物による有用物質生産	基礎 微生物を利用した有用物質生産方法の具体例、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識		
微生物によるバイオプラスチックおよびモノマーの生産戦略		基礎 微生物によるバイオプラスチックおよびモノマーの生産戦略			
発酵生産工程のうち基本的な微生物の管理についての正しい知識を有し、安全かつ適切に菌管理を行うことができる。	微生物の取扱	基礎 微生物の安全取扱、微生物の遺伝現象と菌株育種、微生物における物質循環			
	培養法	基礎 培養法基礎、増殖量測定、菌体量測定、好気培養法、嫌気培養法			
	菌体保存法	基礎 凍結保存法、凍結乾燥保存法、冷蔵保存法、常温保存法、保存菌株からの植菌法			
	培養廃液処理	基礎 培養廃液処理方法に関する知識			
	菌単離法	基礎 有用菌株の単離方法、分解菌の単離方法			
	菌株判別法	基礎 簡易微生物判別法			
	微生物の取扱、管理における安全及び法的知識	基礎 化学物質の危険に係わる知識、廃棄物処理法、感染症予防			
	発酵生産バイオプラスチック	基礎 発酵により生産される高分子概論、性質			
バイオプラスチックを発酵生産により生産するための正しい知識を有し、バイオプラスチックの発酵生産を実施することができる。	培養システム	基礎 発酵工学に関する知識、生育速度論、分離スクリーニング法、培地生産法、滅菌法、シード培養法			
	目的物の単離方法	基礎 培地へ水溶性成分として生産される目的物の単離精製方法、微生物体内に蓄積される目的物を単離生産する方法			
	バイオマスからの発酵生産	基礎 バイオマス概論、バイオマスの世界における分布、種々のバイオマスの発酵原料への転化、バイオマス原料からの発酵生産、再生可能原料の利用			
		応用 バイオマスリファイナリー、バイオマスタウン構想、エネルギー利用技術、バイオマス変換技術、マテリアル利用術			
	遺伝子組み換えを利用した発酵生産法の技術知識を有し、微生物系バイオプラスチックの応用的素材開発を行うことができる。	遺伝子組み換え技術	基礎 遺伝子工学概論、遺伝子組み換え技術に関する基礎知識		
バイオマスからのモノマーの生産性の向上	基礎 モノマー生産に関わる代謝経路における酵素群の遺伝子解析				
	応用 生産性を向上する上での組み替え技術、突然変異菌株による生産性の向上				
バイオマスプラスチック生産性の向上	基礎 バイオプラスチック生産に関わる代謝経路における酵素群の遺伝子解析				
	応用 生産性を向上する上での組み替え技術、突然変異菌株による生産性の向上、分子量の増加、植物にバイオプラスチックを生産する遺伝子を導入し、植物に生産させるための技術				

業務内容	スキル項目の概略	知識項目	科目		
			実務担当者 初級	実務担当者 中級	チームリーダー 上級
化学合成における一般的知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解することができる。	化学薬品および機器類の取り扱い	基礎 化学薬品および高圧ガスの危険性に関する知識 機器類の概要と取り扱い上の注意点			
	合成単位操作	基礎 単位操作(精製・乾燥・混合攪拌・加熱・冷却など)に関する知識 合成装置と合成操作プロセスの知識			
	化学合成	基礎 モノマー合成単位操作(反応・分離精製など)の実際に関する理解 反応装置とその特性			
	高分子合成	基礎 重合反応に関する知識 共重合に関する知識			
	モノマー精製	基礎 モノマー添加剤、モノマー精製 モノマーの精製度と重合性との関係の実例 開始剤の種類とその機能に関する知識			
	重合装置と単位操作	基礎 重合実験装置に関する知識 重合単位操作に関する知識			
バイオプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を適切に実施することができる。また合成後に作業性の改善方法を検討することができる。	再生可能資源と誘導体	基礎 再生可能資源の種類と量に関する知識 再生可能資源から誘導される各種化学品に関する知識			
	バイオマスプラスチックの合成	基礎 バイオマスプラスチックに特有な重合方法に関する知識 バイオマスプラスチックに特有な重合触媒に関する知識			
	物性改良の合成的方法	基礎 バイオマスプラスチックの基本的な物理的性質の理解 バイオマスプラスチックの物性改良に関する基礎的知識			
リサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックのリサイクル方法を検討、および検証することができる。	リサイクルの現状	基礎 各種リサイクル技術に関する基礎的知識 リサイクル装置に関する基礎的知識			
	リサイクルの化学反応	基礎 リサイクルの化学反応 各種プラスチックの分解反応特性			
	リサイクルの化学的・動力的解析	発展 リサイクルのモニタリング方法に関する知識 リサイクルの動力的解析に関する知識			
	バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性	基礎 バイオマスプラスチックの分解反応の概要 バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性			
		発展 各種材料の分解特性とその制御に関する知識 一次〜高次構造のリサイクルへの影響に関する知識			
	リサイクルの実証	発展 各種触媒・添加物の影響に関する知識 ポリマーアロイの影響に関する知識 リサイクルの動力的シミュレーション技術の知識			
複合材料、高分子加工に関する知識を有し、バイオプラスチックの成型加工を適切に行うことができる。	高分子材料	基礎 高分子物理概論、高分子加工概論、高分子材料概論			
		応用 高分子の結晶性、結晶化速度、高分子の粘弾性、成形加工			
	ブレンド	基礎 一般的なプラスチックのブレンド			
		発展 生分解性を制御するブレンド方法			
	複合化	基礎 一般的なプラスチックの複合化			
		発展 生分解性を保持したままの複合化			
	添加物	基礎 一般的なプラスチックの添加物			
		発展 生分解性添加物			
	加工方法	基礎 一般的なプラスチックの加工方法			
		応用 低融点に対応した加工方法、高強度を得るための加工方法、フォーム作成法、生分解を制御する加工方法			
実際の製品における強度、伸び等の機械的性質評価法、機能に関する性能評価法についての知識を有し、目的とする性能が発揮できるように素材開発、複合化へのフィードバックができる。	機械的性質	基礎 引張り強度測定法、圧縮強度測定法			
		応用 衝撃強度測定法、疲労強度測定法			
	その他の性質	基礎 熱安定性、透明度、濡れ性			
		応用 燃焼(難燃)性、吸湿性、帯電性、耐摩耗性、変色性の測定法			
製品化へ向けての材料設計	応用 バイオプラスチックの製品例、製品設計、国際規格・国際標準				
標準的な生分解性評価法についての知識を有しバイオプラスチックの生分解性評価、及び安全性評価を適切に行って素材・製品開発に活用することができる。規格・法律に従った製品評価を行い安全基準等に向けた製品開発を行うことができる。	土壌中、自然環境中、コンポスト中での生分解	基礎 高分子の生分解に関する基礎知識、実験室レベルでの簡易生分解性評価法、分解菌、分解酵素の単離方法、コンポスト作製、コンポスト中での生分解に関する基礎知識、分解酵素による生分解、微生物活性の測定			
		応用 生分解性高分子の種類とその生分解の概要、環境中での生分解メカニズム、生分解に寄与する微生物、生分解速度制御法			
	自然環境中での生体への影響評価	基礎 化学物質の環境化学、グリーンケミストリー、化学物質の毒性、高分子可塑性として使用された環境ホルモン、高分子を焼却処理することにより発生するダイオキシン、焼却処理による二酸化炭素発生にともなう地球温暖化			
		応用 危険物、毒物への基礎知識、実験室レベルでの安全性評価法			
製品化へ向けての環境評価	発展 国際規格、日本産業規格に向けた測定法、生分解性プラスチック研究会の基準認証制度に関する知識、化学物質制御関連法規(化審法、PRTR法、水質汚濁、大気汚染防止法)の基本、容器包装リサイクル法等各種リサイクル法に関する知識				
ライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方を理解するとともに、バイオプラスチック及びその競合素材を評価対象としたLCAを実施し、バイオプラスチックのライフサイクルを通じた環境負荷を評価することができる	LCAとは	発展 ライフサイクル思考の理解、LCAの枠組み(目的及び調査範囲の設定〜クリティカルレビューまで)の理解、LCA結果の活用用途に関する知識			
	目的及び調査範囲の設定	発展 実施目的の設定、評価対象製品の設定、機能単位及び基準フローの設定、システム境界の設定、環境負荷項目の設定、エネルギー原単位の設定の実施方法			
	ライフサイクルインベントリ分析	発展 ライフサイクルフロー図の作成、データ収集、インベントリデータの作成、配分(アロケーション)、ライフサイクルデータ集計、データ品質の検証の実施方法			
	ライフサイクル影響評価	発展 特性化係数を用いた影響評価、既存のライフサイクル影響評価手法を用いた影響評価の実施方法			
	ライフサイクル解釈	発展 LCA結果に基づく重要点の特定、LCA結果の質の評価、結論、推奨事項及び報告の実施方法			
	報告、クリティカルレビュー	発展 報告書の作成、クリティカルレビューの実施方法			
	LCA結果の活用	発展 LCA結果の製品設計へのフィードバック、LCA結果を用いたライフサイクルを通じた環境負荷低減の訴求、LCA結果を用いた環境ラベル取得の実施方法			

5 3 .カリキュラム

カリキュラムを策定するに際して、教育コースについて次のように設定した。

標準コースとして、業種別（素材開発、製品加工）・レベル別（初級、中級、上級）に6つのコースとした。

図表 5-1 カリキュラムの詳細及びモジュール数（標準コース）

区分	科目名	区分	想定 モジュール数	素材開発産業			製品加工産業			
				実務担当者		チームリー ダー	実務担当者		チームリー ダー	
				初級	中級		初級	中級		
概論	バイオマスプラスチック概論	基礎	2	○	○	○	○	○	○	
高分子構 造・物性	高分子の分子特性(基礎)	基礎	5	○	○	○	○	○	○	
	高分子の分子特性(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○	
	高分子の固体構造と物性(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○	
発酵生産	高分子の固体構造と物性(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○	
	微生物学概論	基礎	3	○	○	○	○	○	○	
	微生物利用論	基礎	2	○	○	○	○	○	○	
	微生物工学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○	
	微生物工学(応用)	応用	2	○	○	○	○	○	○	
	微生物工学(発展)	発展	2	○	○	○	○	○	○	
	微生物実験概論	基礎	2	○	○	○	○	○	○	
	微生物実験安全管理	発展	1	○	○	○	○	○	○	
	生体高分子概論	基礎	1	○	○	○	○	○	○	
	発酵工学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○	
	発酵工学(発展)	発展	4	○	○	○	○	○	○	
	バイオマス概論	基礎	1	○	○	○	○	○	○	
	バイオマス利用論(応用)	応用	1	○	○	○	○	○	○	
	バイオマス利用論(発展)	発展	1	○	○	○	○	○	○	
	発酵経営学	発展	1	○	○	○	○	○	○	
	バイオマスプラスチック遺伝子工学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○	
	バイオマスプラスチック遺伝子工学(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○	
	バイオマスプラスチック遺伝子工学(発展)	発展	1	○	○	○	○	○	○	
	化学合成	化学合成Ⅰ(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○
		化学合成Ⅰ(応用)	応用	3	○	○	○	○	○	○
化学合成Ⅱ(基礎)		基礎	3	○	○	○	○	○	○	
化学合成Ⅱ(応用)		応用	2	○	○	○	○	○	○	
化学合成Ⅲ(基礎)		基礎	3	○	○	○	○	○	○	
化学合成Ⅲ(応用)		応用	3	○	○	○	○	○	○	
経済性評価		発展	1	○	○	○	○	○	○	
リサイクル	リサイクル(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○	
	リサイクル(発展)	発展	4	○	○	○	○	○	○	
製品加工	高分子材料学(基礎)	基礎	4	○	○	○	○	○	○	
	高分子材料学(応用)	応用	4	○	○	○	○	○	○	
	生分解性高分子材料学	発展	2	○	○	○	○	○	○	
環境評価	環境評価(基礎)	基礎	3	○	○	○	○	○	○	
	環境評価(応用)	応用	1	○	○	○	○	○	○	
	環境評価(発展)	発展	1	○	○	○	○	○	○	
	LCA実施方法	発展	4	○	○	○	○	○	○	
	LCA活用法	発展	2	○	○	○	○	○	○	
想定全科目モジュール数合計			100	72	63	50	59	50	51	

また、特定の科目のみを受講できるコースとして、以下のニーズにも対応できるよう各論コースを設けた。

- ・ある程度のスキルや知識を保有しているので標準コースを受講する必要は無いが、不足しているスキルや知識を補充したい。
- ・標準コースを受講する必要はあるが、時間的制約等のため、一般的なセミナー等のようにスポットとして受講したい。

以上より、カリキュラムでは7つの教育コースとした。

5 3 1 素材開発・初級コース

(1) 育成のねらい

BP 実務担当者として、以下の能力を有することをねらいとする。

- ・上級者に指示されたことを遂行することができる。
- ・バイオマスプラスチックに関連する基礎知識を有する。
- ・先のことを見据えた実験計画、研究計画、生産計画を立てられる。
- ・実務とは直接関係の無い分野(素材開発産業であれば製品加工分野・環境評価分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野・環境評価分野)に関しても基礎知識を有している。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する。

図表 5-2 素材開発・初級コース

業務内容	科目名	内容
発酵生産プロセスの全体運営	微生物学概論	新規バイオマスプラスチックや新規モノマーの発酵生産法の開発には微生物の代謝に関する知識が欠かせない。本科目はバイオマスプラスチックの発酵生産に関わる技術開発に必要な微生物学に関する基本的な知識の習得を目的とする。
	微生物利用論	前半では様々な有用物質の発酵生産を具体例から学び、発酵工学を概観するとともに、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半では既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特に代謝経路を理解し、新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
菌管理	微生物工学(基礎)	微生物学の知識、栄養物質の代謝経路、発酵における微生物の増殖解析法等を学ぶ。バイオマスプラスチックを微生物に発酵生産させるための知識を理解する。バイオマスプラスチックを高収率で生産させる培養条件を設定する知識を理解する。比較的少量の微生物培養実験を安全に実施し、培養廃液を安全に処理する方法を理解する。
	微生物工学(応用)	有用物質発酵生産における微生物の取扱、バイオマスプラスチックを高収率で生産する微生物の取得。遺伝子解析や外部機関委託における微生物種の確実な同定、病原菌の危険性と確認手法を学ぶ。
	微生物実験概論	微生物や酵素の取扱方法を学ぶ。微生物の培養実験を行うにあたり、最低限の安全取り扱い、廃棄物処理に関する知識を理解する。また、生体触媒を利用した化合物の変換する実験方法を理解する。
バイオマスプラスチックの発酵生産	生体高分子概論	発酵生産できるバイオマスプラスチックにはどのようなものがあり、その培養法及び培養条件を理解する。また、得られるバイオマスプラスチックの簡単な性質を理解する。
	発酵工学(基礎)	発酵工業における、各種ステップのプラント・装置の仕組みとその取扱について学ぶ。バイオマスプラスチックを低コストで発酵生産するためには、ある程度大型の培養容器をもちいる必要がある。大型化に必要な発酵工学に関わる知識、発酵生産の川下技術であるバイオマスプラスチックを単離精製する方法を理解する。
	バイオマス概論	バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から有用な技術であること、未利用・安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することが低コスト化・競争力のある製品を開発する上でメリットとなること、バイオマスはそのままでは発酵原料に利用しにくいものが多いこと、等のバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
	バイオマス利用論(応用)	バイオマスを利用して、エネルギーやマテリアルに変換する技術を体系的に学ぶ。バイオマスをリファイナリーがもたらすもの、バイオマスが有効に利用されるための社会システムなどを学ぶ。そして、バイオマスの利用の実例を学び、その問題点、ブレイクスルーなどを理解する。
遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、生産コストを下げるため、収率や効率の増大は開発要素である。微生物自身の生産性や効率を増加させるため、代謝系を改良する方法が有望視されている。代謝系を改良に向けて微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要と組換え法を理解する。	
バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックの発酵生産に係わる微生物の酵素群が解明されれば、遺伝子組換えで収率や効率の増加や、今まで生産できなかったバイオマスプラスチックが生産できる可能性がある。将来技術として、普通の条件では生産しない酵母や植物などに酵素群を導入する事により、低コストでバイオマスプラスチックを生産する技術が期待されている。	
化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成(基礎)	バイオマスプラスチックの素材開発工程における特有の合成操作の前に、その基礎となる化学合成の基本的な単位操作について学ぶ。その際に要求される化学薬品の危険性に関する知識や機器類の安全な取り扱い、合成プロセスに関する基本的知識を習得し、それらの単位操作を組み合わせたモノマー合成プロセスに関する装置・操作のスキルを習得する。
	化学合成(応用)	素材開発のプロセスデザインのための反応論と速度論、合成操作に不可欠な反応モニタリング法の概要を把握し、合成プロセスで適切なモニタリングを実施し、より効率的に目的物質を合成する技術を習得する。さらに、実際の製造現場で遵守すべき化学薬品管理や関連法規について学び、安全かつ合理的に化学合成を行うためのスキルを習得する。
	化学合成(基礎)	高分子合成の基礎に関する全般的知識・技術の概要を習得するため、バイオマスプラスチックの素材開発工程に特有の合成操作の前に、高分子合成の基本操作(重合反応、高分子合成プロセスの詳細、重合)各論(モノマー・開始剤の取り扱い、重合実験装置および重合単位操作)を習得し、演習を通して知識の再確認と応用について経験する。

業務内容	科目名	内容
	化学合成 (応用)	重合プロセスに関するより深い理解を得るために、重合動力学 (理論的な取り扱い、平衡重合理論、高分子合成技術)、精密重合技術 (テラーメードな重合方法、実際のプラント装置を用いた樹脂製造プロセス、ベンチスケール実験装置でのテラーメードなポリマーの重合技術との相違点) について学ぶ。
バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	化学合成 (基礎)	バイオマス原料からバイオマスプラスチックを合成する基本的知識と技術を習得するため、代表的な幾つかのバイオマスプラスチックを例に、バイオマスプラスチック開発のための基礎技術としての原料探索、合成プロセスの基本的な知識と技術、基本物性からの改質可能範囲についての方法論を習得する。
	化学合成 (応用)	バイオマスプラスチックの合成および物性改良に関する知識と技術を習得するため、再生可能資源由来の化学素原料および誘導品の展開の概要を把握し、個々のバイオマスプラスチックに特有な合成プロセスおよび大枠で規定された物性の改良についての技術展開とその方向性について学ぶ。
バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクル (基礎)	プラスチックリサイクルに関する基本的な状況変化とバイオマスプラスチックの関与に関する知識と技術を習得するため、現状のプラスチックリサイクル技術進展の把握とバイオマスプラスチックの優れたリサイクル特性を理解し、そのリサイクル技術の基礎について学ぶ。
バイオマスプラスチックの成型加工 機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	高分子材料学 (基礎)	バイオマスプラスチックの製品化に係わる基礎的な高分子材料特性に関する理解を深めるため、一般的な高分子材料の材料特性とバイオマスプラスチック特有の材料特性について理解を深めた上で、製品加工及び製品性能評価に必要な個々の物理特性について理解する。
環境評価および安全基準等に則った製品開発	環境評価 (基礎)	バイオマスプラスチックの利用方法は環境と密接に関連しているため、その環境に与える影響を正確に評価し、影響の低いもののみをバイオマスプラスチックとして開発して行かなくてはならない。これらの知識を得るために、環境化学の知識を基本とし、高分子の分解メカニズム、生成する低分子量化合物の安全性を評価する知識を身につける。
	環境評価 (応用)	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのため、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関を理解する。
	バイオマスプラスチック概論	原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップする。
	高分子の分子特性 (基礎)	バイオマスプラスチック開発途上で作成、提供を受ける試作プラスチックの分子特性を解析し、評価するための技術の習得を目指し、高分子構造に関する基礎知識の講義とともに、分子特性解析法に関する知識の講義と演習を行う。
	高分子の分子特性 (応用)	高分子の構造に関する知識を深め、より高度な分子特性解析法 (分子量分布や連鎖分布を表すいくつかの基本的な統計モデルと、それらモデルを用いた解析、さらには分別により分布を狭くする手法) を講義と演習で取得する。急速に普及しつつある多検出器接続型 GPC による分子量測定および分子量分別、組成分別の方法も学ぶ。
	高分子の固体構造と物性 (基礎)	物性評価のための実践的なスキルとしての構造・物性解析方法の習得を目指し、固体構造、代表的な物性、構造と物性の相関について具体例に基づいて学ぶ。
	高分子の固体構造と物性 (応用)	固体構造と物性に関する知識を深め、さらに材料設計へと応用する力を養うことを目標として、高分子の状態の準安定性に基づく事象として、準安定性の理解に基づく材料設計技術、準安定状態からより安定な状態に向けた変化を、実践的なスキルの習得を重視して、構造・物性解析に直結した知識の講義と演習で学ぶ。

5 3 2 素材開発・中級コース

(1) 育成のねらい

BP 実務担当者として、以下の能力を有することをねらいとする。

- ・ 上級者に指示されたことを遂行することができる。
- ・ バイオマスプラスチックに関連する基礎知識を有する。
- ・ 先のことを見据えた実験計画、研究計画、生産計画を立てられる。
- ・ 実務とは直接関係の無い分野(素材開発産業であれば製品加工分野・環境評価分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野・環境評価分野)に関しても基礎知識を有している。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する。

図表 5-3 素材開発・中級コース

業務内容	科目名	内容
発酵生産プロセスの全体運営	微生物学概論	新規バイオマスプラスチックや新規モノマーの発酵生産法の開発には微生物の代謝に関する知識が欠かせない。本科目はバイオマスプラスチックの発酵生産に関わる技術開発に必要な微生物学に関する基本的知識の習得を目的とする。
	微生物利用論	前半では様々な有用物質の発酵生産を具体例から学び、発酵工学を概観するとともに、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半では既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特に代謝経路を理解し、新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
菌管理	微生物工学（基礎）	微生物学の知識、栄養物質の代謝経路、発酵における微生物の増殖解析法等を学ぶ。バイオマスプラスチックを微生物に発酵生産させるための知識を理解する。バイオマスプラスチックを高収率で生産させる培養条件を設定する知識を理解する。比較的少量の微生物培養実験を安全に実施し、培養廃液を安全に処理する方法を理解する。
	微生物工学（応用）	有用物質発酵生産における微生物の取扱、バイオマスプラスチックを高収率で生産する微生物の取得。遺伝子解析や外部機関委託における微生物種の確実な同定、病原菌の危険性と確認手法を学ぶ。
	微生物実験概論	微生物や酵素の取扱い方法を学ぶ。微生物の培養実験を行うにあたり、最低限の安全取り扱い、廃棄物処理に関する知識を理解する。また、生体触媒を利用した化合物の変換する実験方法を理解する。
バイオマスプラスチックの発酵生産	生体高分子概論	発酵生産できるバイオマスプラスチックにはどのようなものがあり、その培養法及び培養条件を理解する。また、得られるバイオマスプラスチックの簡単な性質を理解する。
	発酵工学（基礎）	発酵工業における、各種ステップのプラント・装置の仕組みとその取扱いについて学ぶ。バイオマスプラスチックを低コストで発酵生産するためには、ある程度大型の培養容器をもちいる必要がある。大型化に必要な発酵工学に関わる知識、発酵生産の川下技術であるバイオマスプラスチックを単離精製する方法を理解する。
	バイオマス概論	バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から有用な技術であること、未利用・安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することが低コスト化・競争力のある製品を開発する上でメリットとなること、バイオマスはそのままでは発酵原料に利用しにくいものが多いこと、等のバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
	バイオマス利用論（応用）	バイオマスを利用して、エネルギーやマテリアルに変換する技術を体系的に学ぶ。バイオマスをリファイナリーがもたらすもの、バイオマスが有効に利用されるための社会システムなどを学ぶ。そして、バイオマスの利用の実例を学び、その問題点、ブレークスルーなどを理解する。
遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチックの発酵生産	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、生産コストを下げるため、収率や効率の増大は開発要素である。微生物自身の生産性や効率を増加させるため、代謝系を改良する方法が有望視されている。代謝系を改良に向けて微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要と組換え法を理解する。	
バイオマスプラスチックの素材開発	バイオマスプラスチックの発酵生産に係わる微生物の酵素群が解明されれば、遺伝子組換えで収率や効率の増加や、今まで生産できなかったバイオマスプラスチックが生産できる可能性がある。将来技術として、普通の条件では生産しない酵母や植物などに酵素群を導入する事により、低コストでバイオマスプラスチックを生産する技術が期待されている。	
化学合成によるバイオマスプラスチックの素材開発	化学合成（基礎）	バイオマスプラスチックの素材開発工程における特有の合成操作の前に、その基礎となる化学合成の基本的な単位操作について学ぶ。その際に要求される化学薬品の危険性に関する知識や機器類の安全な取り扱い、合成プロセスに関する基本的知識を習得し、それらの単位操作を組み合わせたモノマー合成プロセスに関する装置・操作のスキルを習得する。
	化学合成（応用）	素材開発のプロセスデザインのための反応論と速度論、合成操作に不可欠な反応モニタリング法の概要を把握し、合成プロセスで適切なモニタリングを実施し、より効率的に目的物質を合成する技術を習得する。さらに、実際の製造現場で遵守すべき化学薬品管理や関連法規について学び、安全かつ合理的に化学合成を行うためのスキルを習得する。
	化学合成（基礎）	高分子合成の基礎に関する全般的知識・技術の概要を習得するため、バイオマスプラスチックの素材開発工程に特有の合成操作の前に、高分子合成の基本操作（重合反応、高分子合成プロセスの詳細、共重合）各論（モノマー・開始剤の取り扱い、重合実験装置および重合単位操作）を習得し、演習を通して知識の再確認と応用について経験する。
	化学合成（応用）	重合プロセスに関するより深い理解を得るために、重合動力学（理論的な取り扱い、平衡重合理論、高分子合成技術）、精密重合技術（テララーメードな重合方法、実際のプラント装置を用いた樹脂製造プロセス、ベンチスケール実験装置でのテララーメードなポリマーの重合技術との相違点）について学ぶ。
バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	化学合成（基礎）	バイオマス原料からバイオマスプラスチックを合成する基本的知識と技術を習得するため、代表的な幾つかのバイオマスプラスチックを例に、バイオマスプラスチック開発のための基礎技術としての原料探索、合成プロセスの基本的な知識と技術、基本物性からの改質可能範囲についての方法論を習得する。
バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	化学合成（応用）	バイオマスプラスチックの合成および物性改良に関する知識と技術を習得するため、再生可能資源由来の化学素原料および誘導品の展開の概要を把握し、個々のバイオマスプラスチックに特有な合成プロセスおよび大枠で規定された物性の改良についての技術展開とその方向性について学ぶ。
	リサイクル（基礎）	プラスチックリサイクルに関する基本的な状況変化とバイオマスプラスチックの関与に関する知識と技術を習得するため、現状のプラスチックリサイクル技術進展の把握とバイオマスプラスチックの優れたリサイクル特性を理解し、そのリサイクル技術の基礎について学ぶ。
バイオマスプラスチックの成型加工	高分子材料学（基礎）	バイオマスプラスチックの製品化に係わる基礎的な高分子材料特性に関する理解を深めるため、一般的な高分子材料の材料特性とバイオマスプラスチック特有の材料特性について理解を深めた上で、製品加工及び製品性能評価に必要な個々の物理特性について理解する。
機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック		

業務内容	科目名	内容
環境評価および安全基準等に則った製品開発	環境評価（基礎）	バイオマスプラスチックの利用方法は環境と密接に関連しているため、その環境に与える影響を正確に評価し、影響の低いもののみをバイオマスプラスチックとして開発して行かなくてはならない。これらの知識を得るために、環境化学の知識を基本とし、高分子の分解メカニズム、生成する低分子量化合物の安全性を評価する知識を身につける。
	環境評価（応用）	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのため、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関を理解する。
	バイオマスプラスチック概論	原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップする。
	高分子の分子特性（応用）	高分子の構造に関する知識を深め、より高度な分子特性解析法（分子量分布や連鎖分布を表すいくつかの基本的な統計モデルと、それらモデルを用いた解析、さらには分別により分布を狭くする手法）を講義と演習で取得する。急速に普及しつつある多検出器接続型 GPC による分子量測定および分子量分別、組成分別の方法も学ぶ。
	高分子の固体構造と物性（応用）	固体構造と物性に関する知識を深め、さらに材料設計へと応用する力を養うことを目標として、高分子の状態の準安定性に基づく事象として、準安定性の理解に基づく材料設計技術、準安定状態からより安定な状態に向けた変化を、実践的なスキルの習得を重視して、構造・物性解析に直結した知識の講義と演習で学ぶ。

5 3 3 素材開発・上級コース

(1) 育成のねらい

BP チームリーダーとして、以下の能力を有することをねらいとする。

- ・現場の進捗を管理できる。
- ・事業の方向性や業務管理（技術の難易度を見極め、要する時間・体力を判断する）を予測した業務計画が立てられる。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する。

図表 5-4 素材開発・上級コース

業務内容	科目名	内容
発酵生産プロセスの全体運営	微生物利用論	前半では様々な有用物質の発酵生産を具体例から学び、発酵工学を概観するとともに、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半では既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特に代謝経路を理解し、新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
菌管理	微生物工学（応用）	有用物質発酵生産における微生物の取扱、バイオマスプラスチックを高収率で生産する微生物の取得。遺伝子解析や外部機関委託における微生物種の確実な同定、病原菌の危険性と確認手法を学ぶ。
	微生物工学（発展）	微生物をもちいた物質生産において、食品工業のみではなく化成品を生産することを視野に入れた微生物の取扱、微生物に適用できる化学反応の種類と概要、微生物内でのその反応に係わる酵素や実例、反応経路を生かした微生物による物質生産法、バイオマスプラスチックを微生物に生産させる際の微生物の取扱を学ぶ。
	微生物実験安全管理	微生物をもちいた実験を行うにあたり、法律等で規制された事業所等で整備しなければならない規定についての知識、危険試薬・微生物の管理など安全管理上のシステム、事故への対応、有用菌株の特許化についての知識を学ぶ。
バイオマスプラスチックの発酵生産	発酵工学（発展）	具体的な事例を学ぶことにより、より確かな発酵方法を理解する。また、システム全体を考慮して、発酵、集菌、濃縮、精製、析出等の各プロセスを開発し、低コストで大量に生産できるシステムを開発する知識を理解する。
	バイオマス概論	バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から有用な技術であること、未利用・安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することが低コスト化・競争力のある製品を開発する上でメリットとなること、バイオマスはそのままでは発酵原料に利用しにくいものが多いこと、等のバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
	バイオマス利用論（応用）	バイオマスを利用して、エネルギーや材料に変換する技術を体系的に学ぶ。バイオマスをリファイナリーがもたらすもの、バイオマスが有効に利用されるための社会システムなどを学ぶ。そして、バイオマスの利用の実例を学び、その問題点、ブレイクスルーなどを理解する。
	バイオマス利用論（発展）	バイオマスを利用に際して、国際情勢、法令、日本政府の政策を理解する。バイオマスプラスチックを生産した実例、モノマー生産した実例を学び、その問題点、ブレイクスルーなどを理解する。
	発酵経営学	バイオマスプラスチックを発酵生産した場合のコストを理解する。エネルギー収支、二酸化炭素排出量、廃棄物コスト、LCA 評価などを勘案して、競争力あるシステムを開発する知識を理解する。
遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチック素材開発	バイオマスプラスチック遺伝子工学（基礎）	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、生産コストを下げるため、収率や効率の増大は開発要素である。微生物自身の生産性や効率を増加させるため、代謝系を改良する方法が有望視されている。代謝系を改良に向けて微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要と組換え法を理解する。
	バイオマスプラスチック遺伝子工学（応用）	バイオマスプラスチックの発酵生産に係わる微生物の酵素群が解明されれば、遺伝子組換えで収率や効率の増加や、今まで生産できなかったバイオマスプラスチックが生産できる可能性がある。将来技術として、普通の条件では生産しない酵母や植物などに酵素群を導入する事により、低コストでバイオマスプラスチックを生産する技術が期待されている。

業務内容	科目名	内容
	バイオマスプラスチック遺伝子工学（発展）	バイオマスプラスチックの微生物による生産において、大きなツールとなる可能性があるバイオインフォマティクスについて、の組換え技術、タンパク質工学、バイオインフォマティクス、組換え実験に関する安全管理について理解する。
化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成（応用）	素材開発のプロセスデザインのための反応論と速度論、合成操作に不可欠な反応モニタリング法の概要を把握し、合成プロセスで適切なモニタリングを実施し、より効率的に目的物質を合成する技術を習得する。さらに、実際の製造現場で遵守すべき化学薬品管理や関連法規について学び、安全かつ合理的に化学合成を行うためのスキルを習得する。
	化学合成（応用）	重合プロセスに関するより深い理解を得るために、重合動力学（理論的な取り扱い、平衡重合理論、高分子合成技術）、精密重合技術（テララーメードな重合方法、実際的なプラント装置を用いた樹脂製造プロセス、ベンチスケール実験装置でのテララーメードなポリマーの重合技術との相違点）について学ぶ。
バイオマスプラスチックの化学合成および成工程の改善	化学合成（応用）	バイオマスプラスチックの合成および物性改良に関する知識と技術を習得するため、再生可能資源由来の化学素原料および誘導品の展開の概要を把握し、個々のバイオマスプラスチックに特有な合成プロセスおよび大枠で規定された物性の改良についての技術展開とその方向性について学ぶ。
	経済性評価	バイオマスプラスチックの工業的生産における経済性評価に関する知識・技術を習得するため、製造プロセスに係る基本的なプラントプロセスフローとそのエネルギー・コスト計算の考え方、現状のバイオマスプラスチックを例にしたコスト計算の実例を学ぶ。
バイオマスプラスチックのリサイクルの検討および検証	リサイクル（発展）	バイオマスプラスチックのリサイクルのための知識・技術を習得するため、リサイクル特性の理論的な理解、リサイクル特性の応用例、リサイクルの制御方法（実例と演習）、コンピュータシミュレーション技術を用いる実際の動力学解析方法を学ぶ
バイオマスプラスチックの成型加工 機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	高分子材料学（基礎）	バイオマスプラスチックの製品化に係わる基礎的な高分子材料特性に関する理解を深めるため、一般的な高分子材料の材料特性とバイオマスプラスチック特有の材料特性について理解を深めた上で、製品加工及び製品性能評価に必要な個々の物理特性について理解する。
環境評価および安全基準等に則った製品開発	環境評価（応用）	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのため、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関を理解する。
	環境評価（発展）	バイオマスプラスチックを実際の製品として販売するにあたって必要となる、種々の規格化された評価方法でその製品の生分解性や安全性を正確に評価するため、評価が採用されている背景にある種々の法律や国際規格、日本工業規格、生分解性プラスチック研究会が採用している認証制度などを正確に学ぶ。
	LCA 実施方法	バイオマスプラスチックのライフサイクルを通じた環境負荷を評価するノウハウを習得することを目的として、ライフサイクルアセスメント（LCA）の考え方を理解するとともに、バイオマスプラスチック及びその競合素材を評価対象としたLCAを学ぶ。
	LCA 活用方法	バイオマスプラスチックを対象とした場合の活用ノウハウを習得することを目的として、製品設計へのフィードバックや環境負荷低減効果の訴求、環境ラベル取得、環境効率の算出等のライフサイクルアセスメント（LCA）の結果の活用方法について学ぶ。
	バイオマスプラスチック概論	原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップする。

5 3 4 製品加工・初級コース

(1) 育成のねらい

BP 実務担当者として、以下の能力を有することをねらいとする。

- ・上級者に指示されたことを遂行することができる。
- ・バイオマスプラスチックに関連する基礎知識を有する。
- ・先のことを見据えた実験計画、研究計画、生産計画を立てられる。
- ・実務とは直接関係の無い分野（素材開発産業であれば製品加工分野・環境評価分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野・環境評価分野）に関しても基礎知識を有している。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する。

図表 5-5 製品加工・初級コース

業務内容	科目名	内容
発酵生産プロセスの全体運営	微生物利用論	前半では様々な有用物質の発酵生産を具体例から学び、発酵工学を概観するとともに、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半では既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特に代謝経路を理解し、新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
菌管理	微生物工学(基礎)	微生物学の知識、栄養物質の代謝経路、発酵における微生物の増殖解析法等を学ぶ。バイオマスプラスチックを微生物に発酵生産させるための知識を理解する。バイオマスプラスチックを高収率で生産させる培養条件を設定する知識を理解する。比較的少量の微生物培養実験を安全に実施し、培養廃液を安全に処理する方法を理解する。
	微生物実験概論	微生物や酵素の取扱方法を学ぶ。微生物の培養実験を行うにあたり、最低限の安全取り扱い、廃棄物処理に関する知識を理解する。また、生体触媒を利用した化合物の変換する実験方法を理解する。
バイオマスプラスチックの発酵生産	生体高分子概論	発酵生産できるバイオマスプラスチックにはどのようなものがあり、その培養法及び培養条件を理解する。また、得られるバイオマスプラスチックの簡単な性質を理解する。
	発酵工学(基礎)	発酵工業における、各種ステップのプラント・装置の仕組みとその取扱について学ぶ。バイオマスプラスチックを低コストで発酵生産するためには、ある程度大型の培養容器をもちいる必要がある。大型化に必要な発酵工学に関わる知識、発酵生産の川下技術であるバイオマスプラスチックを単離精製する方法を理解する。
	バイオマス概論	バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から有用な技術であること、未利用・安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することが低コスト化・競争力のある製品を開発する上でメリットとなること、バイオマスはそのままでは発酵原料に利用しにくいものが多いこと、等のバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチック素材開発	バイオマスプラスチック遺伝子工学(基礎)	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、生産コストを下げるため、収率や効率の増大は開発要素である。微生物自身の生産性や効率を増加させるため、代謝系を改良する方法が有望視されている。代謝系を改良に向けて微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要と組換え法を理解する。
化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成(基礎)	バイオマスプラスチックの素材開発工程における特有の合成操作の前に、その基礎となる化学合成の基本的な単位操作について学ぶ。その際に要求される化学薬品の危険性に関する知識や機器類の安全な取り扱い、合成プロセスに関する基本的知識を習得し、それらの単位操作を組み合わせたモノマー合成プロセスに関する装置・操作のスキルを習得する。
	化学合成(基礎)	高分子合成の基礎に関する全般的知識・技術の概要を習得するため、バイオマスプラスチックの素材開発工程に特有の合成操作の前に、高分子合成の基本操作(重合反応、高分子合成プロセスの詳細、共重合)各論(モノマー・開始剤の取り扱い、重合実験装置および重合単位操作)を習得し、演習を通して知識の再確認と応用について経験する。
バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	化学合成(基礎)	バイオマス原料からバイオマスプラスチックを合成する基本的知識と技術を習得するため、代表的な幾つかのバイオマスプラスチックを例に、バイオマスプラスチック開発のための基礎技術としての原料探索、合成プロセスの基本的な知識と技術、基本物性からの改質可能範囲についての方法論を習得する。
バイオマスプラスチックのリサイクルの検討および検証	リサイクル(基礎)	プラスチックリサイクルに関する基本的な状況変化とバイオマスプラスチックの関与に関する知識と技術を習得するため、現状のプラスチックリサイクル技術進展の把握とバイオマスプラスチックの優れたリサイクル特性を理解し、そのリサイクル技術の基礎について学ぶ。
バイオマスプラスチックの成型加工	高分子材料学(基礎)	バイオマスプラスチックの製品化に係わる基礎的な高分子材料特性に関する理解を深めるため、一般的な高分子材料の材料特性とバイオマスプラスチック特有の材料特性について理解を深めた上で、製品加工及び製品性能評価に必要な個々の物理特性について理解する。
機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	高分子材料学(応用)	バイオマスプラスチックの製品化に係わる高度な高分子材料特性に関する理解を深めるため、対象の高分子材料であるバイオマスプラスチックの材料特性として、製品加工の実際における加工法に関する知識、実際の製品における機械的性質やその他の性質といった性能評価、特有の加工法及び性能評価に必要な個々の物理特性について学ぶ。
環境評価および安全基準等に則った製品開発	環境評価(基礎)	バイオマスプラスチックの利用方法は環境と密接に関連しているため、その環境に与える影響を正確に評価し、影響の低いもののみをバイオマスプラスチックとして開発して行かなくてはならない。これらの知識を得るために、環境化学の知識を基本とし、高分子の分解メカニズム、生成する低分子量化合物の安全性を評価する知識を身につける。
	環境評価(応用)	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのため、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関を理解する。
	バイオマスプラスチック概論	原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップする。
	高分子の分子特性(基礎)	バイオマスプラスチック開発途上で作成、提供を受ける試作プラスチックの分子特性を解析し、評価するための技術の習得を目指し、高分子構造に関する基礎知識の講義とともに、分子特性解析法に関する知識の講義と演習を行う。

業務内容	科目名	内容
	高分子の分子特性(応用)	高分子の構造に関する知識を深め、より高度な分子特性解析法(分子量分布や連鎖分布を表すいくつかの基本的な統計モデルと、それらモデルを用いた解析、さらには分別により分布を狭くする手法)を講義と演習で取得する。急速に普及しつつある多検出器接続型GPCによる分子量測定および分子量分別、組成分別の方法も学ぶ。
	高分子の固体構造と物性(基礎)	物性評価のための実践的なスキルとしての構造・物性解析方法の習得を目指し、固体構造、代表的な物性、構造と物性の相関について具体例に基づいて学ぶ。
	高分子の固体構造と物性(応用)	固体構造と物性に関する知識を深め、さらに材料設計へと応用する力を養うことを目標として、高分子の状態の準安定性に基づく事象として、準安定性の理解に基づく材料設計技術、準安定状態からより安定な状態に向けた変化を、実践的なスキルの習得を重視して、構造・物性解析に直結した知識の講義と演習で学ぶ。

5 3 5 製品加工・中級コース

(1) 育成のねらい

BP 実務担当者として、以下の能力を有することをねらいとする。

- ・上級者に指示されたことを遂行することができる。
- ・バイオマスプラスチックに関連する基礎知識を有する。
- ・先のことを見据えた実験計画、研究計画、生産計画を立てられる。
- ・実務とは直接関係の無い分野(素材開発産業であれば製品加工分野・環境評価分野、製品加工産業であれば発酵生産分野・化学合成分野・環境評価分野)に関しても基礎知識を有している。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する。

図表 5-6 製品加工・中級コース

業務内容	科目名	内容
発酵生産プロセスの全体運営	微生物利用論	前半では様々な有用物質の発酵生産を具体例から学び、発酵工学を概観するとともに、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半では既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特に代謝経路を理解し、新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
菌管理	微生物工学(基礎)	微生物学の知識、栄養物質の代謝経路、発酵における微生物の増殖解析法等を学ぶ。バイオマスプラスチックを微生物に発酵生産させるための知識を理解する。バイオマスプラスチックを高収率で生産させる培養条件を設定する知識を理解する。比較的少量の微生物培養実験を安全に実施し、培養廃液を安全に処理する方法を理解する。
	微生物実験概論	微生物や酵素の取扱方法を学ぶ。微生物の培養実験を行うにあたり、最低限の安全取り扱い、廃棄物処理に関する知識を理解する。また、生体触媒を利用した化合物の変換する実験方法を理解する。
バイオマスプラスチックの発酵生産	生体高分子概論	発酵生産できるバイオマスプラスチックにはどのようなものがあり、その培養法及び培養条件を理解する。また、得られるバイオマスプラスチックの簡単な性質を理解する。
	発酵工学(基礎)	発酵工業における、各種ステップのプラント・装置の仕組みとその取扱について学ぶ。バイオマスプラスチックを低コストで発酵生産するためには、ある程度大型の培養容器をもちいる必要がある。大型化に必要な発酵工学に関わる知識、発酵生産の川下技術であるバイオマスプラスチックを単離精製する方法を理解する。
	バイオマス概論	バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から有用な技術であること、未利用・安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することが低コスト化・競争力のある製品を開発する上でメリットとなること、バイオマスはそのままでは発酵原料に利用しにくいものが多いこと、等のバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
遺伝子組換えを利用した応用的バイオマスプラスチック素材開発	バイオマスプラスチック遺伝子工学(基礎)	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、生産コストを下げるため、収率や効率の増大は開発要素である。微生物自身の生産性や効率を増加させるため、代謝系を改良する方法が有望視されている。代謝系を改良に向けて微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要と組換え法を理解する。
化学合成によるバイオマスプラスチック素材開発	化学合成(基礎)	バイオマスプラスチックの素材開発工程における特有の合成操作の前に、その基礎となる化学合成の基本的な単位操作について学ぶ。その際に要求される化学薬品の危険性に関する知識や機器類の安全な取り扱い、合成プロセスに関する基本的知識を習得し、それらの単位操作を組み合わせたモノマー合成プロセスに関する装置・操作のスキルを習得する。
	化学合成(基礎)	高分子合成の基礎に関する全般的知識・技術の概要を習得するため、バイオマスプラスチックの素材開発工程に特有の合成操作の前に、高分子合成の基本操作(重合反応、高分子合成プロセスの詳細、共重合)、各論(モノマー・開始剤の取り扱い、重合実験装置および重合単位操作)を習得し、演習を通して知識の再確認と応用について経験する。

業務内容	科目名	内容
バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	化学合成（基礎）	バイオマス原料からバイオマスプラスチックを合成する基本的知識と技術を習得するため、代表的な幾つかのバイオマスプラスチックを例に、バイオマスプラスチック開発のための基礎技術としての原料探索、合成プロセスの基本的な知識と技術、基本物性からの改質可能範囲についての方法論を習得する。
バイオマスプラスチックのリサイクル方法の検討および検証	リサイクル（基礎）	プラスチックリサイクルに関する基本的な状況変化とバイオマスプラスチックの関与に関する知識と技術を習得するため、現状のプラスチックリサイクル技術進展の把握とバイオマスプラスチックの優れたリサイクル特性を理解し、そのリサイクル技術の基礎について学ぶ。
バイオマスプラスチックの成型加工 機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	高分子材料学（基礎）	バイオマスプラスチックの製品化に係わる基礎的な高分子材料特性に関する理解を深めるため、一般的な高分子材料の材料特性とバイオマスプラスチック特有の材料特性について理解を深めた上で、製品加工及び製品性能評価に必要な個々の物理特性について理解する。
環境評価および安全基準等に則った製品開発	高分子材料学（応用）	バイオマスプラスチックの製品化に係わる高度な高分子材料特性に関する理解を深めるため、対象の高分子材料であるバイオマスプラスチックの材料特性として、製品加工の実際における加工法に関する知識、実際の製品における機械的性質やその他の性質といった性能評価、特有の加工法及び性能評価に必要な個々の物理特性について学ぶ。
	環境評価（基礎）	バイオマスプラスチックの利用方法は環境と密接に関連しているため、その環境に与える影響を正確に評価し、影響の低いもののみをバイオマスプラスチックとして開発して行かなくてはならない。これらの知識を得るために、環境化学の知識を基本とし、高分子の分解メカニズム、生成する低分子量化合物の安全性を評価する知識を身につける。
	環境評価（応用）	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのため、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関を理解する。
	バイオマスプラスチック概論	原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップする。
	高分子の分子特性（応用）	高分子の構造に関する知識を深め、より高度な分子特性解析法（分子量分布や連鎖分布を表すいくつかの基本的な統計モデルと、それらモデルを用いた解析、さらには分別により分布を狭くする手法）を講義と演習で取得する。急速に普及しつつある多検出器接続型GPCによる分子量測定および分子量分別、組成分別の方法も学ぶ。
	高分子の固体構造と物性（応用）	固体構造と物性に関する知識を深め、さらに材料設計へと応用する力を養うことを目標として、高分子の状態の準安定性に基づく事象として、準安定性の理解に基づく材料設計技術、準安定状態からより安定な状態に向けた変化を、実践的なスキルの習得を重視して、構造・物性解析に直結した知識の講義と演習で学ぶ。

5 3 6 製品加工・上級コース

(1) 育成のねらい

BP チームリーダーとして、以下の能力を有することをねらいとする。

- ・現場の進捗を管理できる。
- ・事業の方向性や業務管理（技術の難易度を見極め、要する時間・体力を判断する）を予測した業務計画が立てられる。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する。

図表 5-7 製品加工・上級コース

業務内容	科目名	内容
発酵生産プロセスの全体運営	微生物利用論	前半では様々な有用物質の発酵生産を具体例から学び、発酵工学を概観するとともに、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半では既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特に代謝経路を理解し、新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
菌管理	微生物工学（基礎）	微生物学の知識、栄養物質の代謝経路、発酵における微生物の増殖解析法等を学ぶ。バイオマスプラスチックを微生物に発酵生産させるための知識を理解する。バイオマスプラスチックを高収率で生産させる培養条件を設定する知識を理解する。比較的少量の微生物培養実験を安全に実施し、培養廃液を安全に処理する方法を理解する。

業務内容	科目名	内容
	微生物実験概論	微生物や酵素の取扱方法を学ぶ。微生物の培養実験を行うにあたり、最低限の安全取り扱い、廃棄物処理に関する知識を理解する。また、生体触媒を利用した化合物の変換する実験方法を理解する。
バイオマスプラスチックの発酵生産	生体高分子概論	発酵生産できるバイオマスプラスチックにはどのようなものがあり、その培養法及び培養条件を理解する。また、得られるバイオマスプラスチックの簡単な性質を理解する。
	発酵工学（基礎）	発酵工業における、各種ステップのプラント・装置の仕組みとその取扱について学ぶ。バイオマスプラスチックを低コストで発酵生産するためには、ある程度大型の培養容器をもちいる必要がある。大型化に必要な発酵工学に関わる知識、発酵生産の川下技術であるバイオマスプラスチックを単離精製する方法を理解する。
	バイオマス概論	バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から有用な技術であること、未利用・安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することが低コスト化・競争力のある製品を開発する上でメリットとなること、バイオマスはそのままでは発酵原料に利用しにくいものが多いこと、等のバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
	バイオマス利用論（応用）	バイオマスを利用して、エネルギーや材料に変換する技術を体系的に学ぶ。バイオマスをリファイナリーがもたらすもの、バイオマスが有効に利用されるための社会システムなどを学ぶ。そして、バイオマスの利用の実例を学び、その問題点、ブレークスルーなどを理解する。
遺伝子組換えを利用したバイオマスプラスチックの工業（基礎）	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、生産コストを下げるため、収率や効率の増大は開発要素である。微生物自身の生産性や効率を増加させるため、代謝系を改良する方法が有望視されている。代謝系を改良に向けて微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要と組換え法を理解する。	
バイオマスプラスチックの工業（応用）	バイオマスプラスチックの発酵生産に係わる微生物の酵素群が解明されれば、遺伝子組換えで収率や効率の増加や、今まで生産できなかったバイオマスプラスチックが生産できる可能性がある。将来技術として、普通の条件では生産しない酵母や植物などに酵素群を導入する事により、低コストでバイオマスプラスチックを生産する技術が期待されている。	
化学合成によるバイオマスプラスチックの工業（基礎）	バイオマスプラスチックの素材開発工程における特有の合成操作の前に、その基礎となる化学合成の基本的な単位操作について学ぶ。その際に要求される化学薬品の危険性に関する知識や機器類の安全な取り扱い、合成プロセスに関する基本的知識を習得し、それらの単位操作を組み合わせたモノマー合成プロセスに関する装置・操作のスキルを習得する。	
化学合成によるバイオマスプラスチックの工業（応用）	高分子合成の基礎に関する全般的知識・技術の概要を習得するため、バイオマスプラスチックの素材開発工程に特有の合成操作の前に、高分子合成の基本操作（重合反応、高分子合成プロセスの詳細、共重合）各論（モノマー・開始剤の取り扱い、重合実験装置および重合単位操作）を習得し、演習を通して知識の再確認と応用について経験する。	
バイオマスプラスチックの化学合成および合成工程の改善	バイオマス原料からバイオマスプラスチックを合成する基本的知識と技術を習得するため、代表的な幾つかのバイオマスプラスチックを例に、バイオマスプラスチック開発のための基礎技術としての原料探索、合成プロセスの基本的な知識と技術、基本物性からの改質可能範囲についての方法論を習得する。	
バイオマスプラスチックのリサイクル（発展）	バイオマスプラスチックのリサイクルのための知識・技術を習得するため、リサイクル特性の理論的な理解、リサイクル特性の応用例、リサイクルの制御方法（実例と演習）、コンピュータシミュレーション技術を用いる実際のな動力学解析方法を学ぶ	
バイオマスプラスチックの成型加工	バイオマスプラスチックの製品化に係わる高度な高分子材料特性に関する理解を深めるため、対象の高分子材料であるバイオマスプラスチックの材料特性として、製品加工の実際における加工法に関する知識、実際の製品における機械的性質やその他の性質といった性能評価、特有の加工法及び性能評価に必要な個々の物理特性について学ぶ。	
機械的性質評価および機能的性能評価の素材開発、複合化へのフィードバック	生分解性高分子材料特有な材料物性に関する理解を深めるため、生分解性高分子材料の実用化・製品化において加工法や材料特性評価に必要な生分解性高分子材料の特性（一般的な高分子材料との違い）を学ぶ。	
環境評価および安全基準等に則った製品開発	環境評価（応用）	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのため、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関を理解する。
	環境評価（発展）	バイオマスプラスチックを実際の製品として販売するにあたって必要となる、種々の規格化された評価方法でその製品の生分解性や安全性を正確に評価するため、評価が採用されている背景にある種々の法律や国際規格、日本工業規格、生分解性プラスチック研究会が採用している認証制度などを正確に学ぶ。
	LCA 実施方法	バイオマスプラスチックのライフサイクルを通じた環境負荷を評価するノウハウを習得することを目的として、ライフサイクルアセスメント（LCA）の考え方を理解するとともに、バイオマスプラスチック及びその競合素材を評価対象としたLCAを学ぶ。
	LCA 活用方法	バイオマスプラスチックを対象とした場合の活用ノウハウを習得することを目的として、製品設計へのフィードバックや環境負荷低減効果の訴求、環境ラベル取得、環境効率の算出等のライフサイクルアセスメント（LCA）の結果の活用方法について学ぶ。
バイオマスプラスチック概論	原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップする。	
高分子の分子特性（応用）	高分子の構造に関する知識を深め、より高度な分子特性解析法（分子量分布や連鎖分布を表すいくつかの基本的な統計モデルと、それらモデルを用いた解析、さらには分別により分布を狭くする手法）を講義と演習で取得する。急速に普及しつつある多検出器接続型GPCによる分子量測定および分子量分別、組成分別の方法も学ぶ。	
高分子の固体構造と物性（応用）	固体構造と物性に関する知識を深め、さらに材料設計へと応用する力を養うことを目標として、高分子の状態の準安定性に基づく事象として、準安定性の理解に基づく材料設計技術、準安定状態からより安定な状態に向けた変化を、実践的なスキルの習得を重視して、構造・物性解析に直結した知識の講義と演習で学ぶ。	

5 3 7 各論コース

(1) 育成のねらい

特定の科目のみを受講できるコースとして、以下のニーズにも対応できるよう各論コースを設けた。

- ・ある程度のスキルや知識を保有しているため標準コースを受講する必要は無いが、不足しているスキルや知識を補充したい。
- ・標準コースを受講する必要があるが、時間的制約等のため、一般的なセミナー等のようにスポットとして受講したい。

また、実証講義におけるアンケート結果等より、現実的な受講対象である技術者等が受講のために充当できる時間の要望は、夜間や土曜日が大勢を占めていることが分かった。学習経験やニーズに個人差があることも明らかとなった。

一方、カリキュラムをすべて受講する場合、業務領域や育成レベルにより異なるが、概ね50～70モジュールの受講が必要であり、上記の要望から考えると極めて膨大な講義の量となる。

これらの点から、受講者が不足している知識を科目群単位で補えるように、カリキュラムを細分化した科目別の教育が可能となる各論コースを設定した。

教育コースの設定に際しては、業務時間中の集中研修等で1週間程度、夜間や土曜日でも1ヶ月程度で終了することを目安とした。

(2) 履修科目

以下の科目を履修する（科目内容等については、各コース内容及びシラバスを参照）。

図表 5-8 各論コース

業務領域	各論コース		実務担当者		チームリーダー 上級	
			初級	中級		
素材開発産業	基礎	概論、高分子構造・物性	11	2		
		発酵生産	微生物	12	12	
			発酵工学、バイオマス概論等	9	9	
		化学合成	9	9		
		リサイクル、製品加工、環境評価	10	10	4	
	概論、発酵生産、製品加工			9		
	応用	高分子構造・物性、発酵生産	12	12	6	
		化学合成、環境評価	9	9	9	
	発展	発酵生産			10	
		化学合成、リサイクル、環境評価			12	
製品加工産業	基礎	概論、高分子構造・物性	11			
		発酵生産	微生物	9	9	9
			発酵工学、バイオマス概論等	9	9	9
		化学合成	9			
		概論、化学合成		11	11	
	リサイクル、製品加工、環境評価	10	10			
	応用	高分子構造・物性	6	6		
		発酵生産、製品加工、環境評価	5	5	9	
	発展	リサイクル、製品加工、環境評価			13	

5 4 . シラバス

5 4 1 概論

(1) バイオマスプラスチック概論

項目	内容
技術区分	概論
科目名称	バイオマスプラスチック概論
科目概要	<p>バイオマスプラスチックの事業化を進めていくためには、本来どのような観点およびニーズから開発が進められてきたのかを理解するとともに、現状の技術開発および法規制等の情報を把握しておくことが必要不可欠である。また、原料となるバイオマスについても、その利用可能性等に関する十分な知見を有していることが求められる。</p> <p>本科目では、原料となるバイオマスに関する基本的な知識やバイオマスプラスチック開発の背景等について理解を深めるとともに、国内外の開発および政策動向や法規制等の知見をブラッシュアップすることを目的としている。</p>
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「バイオマスハンドブック」日本エネルギー学会編（オーム社） ・ 「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」NEDO ・ 「バイオマス・ニッポン 日本再生に向けて」小宮山 ら（日刊工業新聞社） ・ 「バイオエネルギー最前線」横山（森北出版） ・ 「平成 15 年度バイオ生分解素材開発・利用評価事業（バイオマスプラスチックの開発・利用普及に関する調査）」(社)日本有機資源協会 ・ 「生分解性プラスチックの普及に関する調査研究」NEDO ・ 「資源循環型社会で注目される生分解性プラスチック - “バイオマス由来” の特徴で広がる用途展開 - 」政策投資銀行 ・ 「脱石油素材化に向けた生分解性プラスチックの高機能とその応用」NTS 編集
学習目標 (スキル項目)	<p>利用可能なバイオマスの特徴と分類について理解している。</p> <p>バイオマスの資源量に関する知見を有している。</p> <p>バイオマスに関連した政策動向の知見を有している。</p> <p>主なバイオマス利用技術および事例に関する知見を有している。</p> <p>バイオマスおよびバイオマスプラスチックを利用することで得られる利点（効果）を理解している。</p> <p>各種バイオマスプラスチックの性質を理解している。</p> <p>最新のバイオマスプラスチック開発動向に関する知見を有している。</p> <p>バイオマスプラスチックに係わる政策動向の知見を有している。</p> <p>バイオマスプラスチック実用化に関連する法規制等の知見を有している。</p>
プログラム概要	<p>バイオマスプラスチック概論</p> <p>バイオマスプラスチック概論</p>

モジュール名	バイオマスプラスチック概論
学習内容	<p>バイオマスに関する基本知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマス利用の背景 ・ バイオマスの特徴と分類 ・ 世界のバイオマス資源量 ・ 日本のバイオマス資源量 <p>バイオマスに係る政策動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 海外の政策動向 ・ 日本の政策動向 <p>バイオマスに係る技術動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマス利用技術（エネルギー、マテリアル） ・ バイオマス利用事例紹介（エネルギー、マテリアル） <p>バイオマスの利用に向けた留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 資源の安定的確保 ・ 経済性の向上 ・ 法規制への対処 <p>バイオマス利用による効果</p>
教授ポイント	<p>座学</p> <p>写真、図表等を多用し、視覚面からの理解を深める</p> <p>可能であれば幾つかのタイプの施設見学などを行うと良い</p>

モジュール名	バイオマスプラスチック概論
学習内容	<p>バイオマスプラスチックに関する基本的知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチックの位置付け ・ バイオマス由来による効用 ・ バイオマスプラスチックの種類と性質（微生物生産系、化学合成系、天然物系） ・ 各種加工手法に対するバイオマスプラスチックの適応性 <p>バイオマスプラスチックの開発動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 主要バイオマスプラスチック生産に係わる企業動向 ・ バイオマスプラスチック製品の新規用途開発動向 <p>国内外のバイオマスプラスチック関連プロジェクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国内のバイオマスプラスチック関連プロジェクト ・ 海外のバイオマスプラスチック関連プロジェクト <p>国内外の政策動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国内の政策動向 ・ 海外の政策動向 <p>バイオマスプラスチック普及に係る法規制等</p> <p>利用者のニーズや意識動向に関する知識</p> <p>利用普及への課題に関する知識</p>
教授ポイント	<p>座学</p> <p>実際に加工された製品サンプル等を回覧することで、より理解が深まることが想定される。</p> <p>開発・政策動向および法規制等に関しては、できる限り最新の情報を取り入れる。</p>

5 4 2 高分子構造・物性

(1) 高分子の分子特性(基礎)

項目	内容
技術区分	高分子構造・物性
科目名称	高分子の分子特性(基礎)
科目概要	<p>本科目の最終的な目標は、バイオマスプラスチック開発途上で作成するまたは提供を受ける試作プラスチックの分子特性を解析し、評価するための技術の習得にある。そのため、本科目では高分子構造に関する基礎知識の講義と共に、分子特性解析法に関する知識の講義と演習に多くの時間を割いている。</p> <p>バイオマスプラスチックといえども高分子化合物の一種であり、通常の高分子構造論および高分子物性論が適応可能である。ただし、石油を原料として物性を最優先に設計されてきた従来型汎用プラスチックと環境負荷の観点から設計されたバイオマスプラスチックでは化学構造が異なるため、注目すべき構造・物性上の特性も異なる。例えば、ポリ乳酸を含む多くのバイオマスプラスチックではモノマー単位中に存在する不斉炭素による立体異性を考慮する必要があるが、一方、汎用プラスチックでは真の不斉炭素よりむしろ、ポリスチレンなどのビニル化合物の重合体やポリプロピレンに見られるような擬似不斉炭素による立体異性が問題となる。従来一般的な高分子の教科書では汎用プラスチックを中心に記述されているため、擬似不斉炭素による立体異性体の記述には多くのページが割かれるが、真の不斉炭素による立体異性体に対する記述は少ない。そこで、本科目では一般的な高分子の構造解析論に留まらず、バイオマスプラスチックの特徴を明確にすることにより、バイオマスプラスチックの構造解析に関する実践力の向上を目指す。</p>
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高分子の全般的な教科書(一般向け) プラスチックが身近になる本、飯田襄・藤本健郎 著、竹本喜一 監、シーエムシー(2001) ・ 高分子の全般的な教科書(大学の学部レベル) 高分子科学の基礎(第2版)、高分子学会 編、東京化学同人(1994) エッセンシャル高分子科学、中浜精一 他6名著、講談社(1988) ・ 高分子の構造解析法 新高分子実験学1 高分子実験の基礎 分子特性解析、高分子学会 編、共立出版(1994) 新高分子実験学5 高分子の構造(1) 磁気共鳴法、高分子学会 編共立出版(1995) ・ 生分解性高分子材料 生分解性高分子材料の科学、辻秀人 著、コロナ社(2002)
学習目標 (スキル項目)	<p>高分子の定義と分類法、及び、化学構造を通じた高分子の特徴の学習を通じて、低分子と高分子の差異を理解する。</p> <p>高分子の分子量と分子量分布の概念を理解し、数平均分子量、重量平均分子量と多分散度を測定、評価することができる。</p> <p>高分子における立体異性体(真の不斉炭素および擬似不斉炭素によるもの)の定義を理解し、それを定量的に評価することができる。また、頭-頭結合などその他の異種結合の存在についても評価できる。</p> <p>ランダム共重合体の化学組成、及び、連鎖構造の表記法を理解し、これらを定量的に評価できる。また、ブロック共重合体の構造特性の表記法を理解し、これらを定量的に評価できる。</p>
プログラム概要	<p>高分子とは</p> <p>分子量と分子量分布 1</p> <p>分子量と分子量分布 2</p> <p>立体規則性</p> <p>共重合体</p>

モジュール名	高分子とは
学習内容	<p>IUPAC による高分子の定義</p> <p>高分子の分類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 起源による分類 <ul style="list-style-type: none"> 天然高分子、改質天然高分子、合成高分子[石油由来、再生可能資源由来] ・ 構造による分類 <ul style="list-style-type: none"> 線状高分子、枝分かれ高分子、網目状高分子 ホモポリマー、共重合体[ランダム、交互、グラフト、ブロック] ・ 合成法による分類 <ul style="list-style-type: none"> 逐次重合[重付加、重縮合]、連鎖重合[ラジカル、イオン][付加、開環] ・ 材料の用途による分類 <ul style="list-style-type: none"> プラスチック[熱可塑性、熱硬化性、エンブラ]、ゴム・エラストマー、繊維、塗料・インキ、接着剤・粘着剤、高機能性材料 <p>代表的な高分子の化学構造</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 汎用プラスチック <ul style="list-style-type: none"> ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル など ・ 機能性高分子材料 <ul style="list-style-type: none"> アラミド[耐熱、液晶]、ポリアセチレン[導電]、ポリフッ化ビニリデン[圧電] など 環境低負荷型の高分子材料 <ul style="list-style-type: none"> ・ 植物由来プラスチック ・ 生分解性プラスチック
教授ポイント	・ 座学

モジュール名	分子量と分子量分布 1
学習内容	<p>分子量分布の概念</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種高分子合成反応の生成物の分子量分布 ・ 天然高分子の分子量分布 (タンパク質、DNA と多糖類の比較) ・ バイオマスプラスチックの分子量分布 <p>平均分子量と多分散度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 数平均分子量(Mn)と重量平均分子量(Mw)の定義 ・ (最確分布曲線と例に)分子量分布曲線の上での Mn と Mw の位置付け ・ 多分散度 Mw/Mn の意味 ・ 【演習 1】単純な高分子モデル(3 種程度の単分散高分子の混合物)の Mn と Mw の計算 <p>分子量と分子量分布の測定方法概論</p> <p>測定法 束一的性質を利用した方法(膜浸透圧、蒸気圧浸透圧,...)、マスペクトル、光散乱、固有粘度 GPC(SEC) など</p> <p>学習項目 測定原理の概略、絶対分子量、相対分子量の別</p> <p>どの平均分子量(Mn、Mwなど)が測定可能か、測定可能分子量範囲</p> <p>分子量測定 1 束一的性質による方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 束一的性質に関する基礎知識 ・ 【演習 2】低分子物質の融点降下や浸透圧データからの Mn の計算 ・ 束一的性質の測定法 <ul style="list-style-type: none"> 特に束一的性質の測定精度と測定可能分子量の上限
教授ポイント	・ 座学と演習

モジュール名	分子量と分子量分布 2
学習内容	<p>マスペクトルによる高分子の分子量測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MALDI - TOF MS 法の概略(原理、試料の作成法、データの解釈) ・ 分子量分布のある高分子の場合と分布のないたんぱく質の場合の比較 <ul style="list-style-type: none"> イオン化確率に分子量依存性があることなどから、分子量分布を持つ分子の測定データの解釈には注意が必要である <p>GPC による分子量測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測定原理 <ul style="list-style-type: none"> 相対測定であること 分子量と分子量分布の同時決定法であること 排除限界分子量 ・ 測定の実際 <ul style="list-style-type: none"> 溶媒の選択 カラムの選択 検量線の作成方法 GPC 曲線の概形と Mn、Mw と多分散度の決定法 検量線と GPC 曲線からの Mn、Mw と多分散度の計算の例示

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 【演習】単純化した GPC データからの Mn、Mw と多分散度の計算
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ 演習では検量線と 5 点程度のデータポイントで描いた GPC 曲線を示し、Mn、Mw と多分散度を計算させる

モジュール名	立体規則性
学習内容	<p>コンホメーションとコンフィギュレーションの定義 ポリプロピレンの擬似不斉による連鎖構造とその表記</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 【演習 1】トリアッド異性体構造を書く <p>NMR による立体規則性の測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ^1H および ^{13}C NMR 概論 <ul style="list-style-type: none"> NMR から得られるデータ <ul style="list-style-type: none"> 化学シフト 化学種の種類 シグナルの分裂 化学種間の結合 シグナル強度 化学種の存在比 ^1H と ^{13}C NMR の違い 高分子の NMR 測定の実際 (溶媒の選択、濃度、温度) ・ ポリメタクリル酸メチルの ^1H 及び ^{13}C NMR スペクトルの例示 ・ 【演習 2】ポリメタクリル酸メチルの ^{13}C NMR スペクトルよりトリアッド分率を計算 ・ ^{13}C NMR で定量する(できる)理由 <ul style="list-style-type: none"> ポリ乳酸の光学純度とその測定法 = 旋光度 ・ 【演習 3】旋光度データからの光学純度の計算 ポリ乳酸の不斉炭素による連鎖構造とその表記 ・ 【演習 4】トリアッド異性体構造を書き、ポリプロピレンの場合と比較 ・ ポリ乳酸の ^{13}C NMR スペクトルの例示 ・ 【演習 5】ポリ乳酸の ^{13}C NMR データよりトリアッド分率を計算 <p>高分子鎖における擬似不斉と真の不斉の概念のまとめ その他の異種結合と解析法 = NMR、FTIR</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 頭-頭/尾-尾結合、分岐、末端 など (データ例を多く使って)
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ ポリメタクリル酸メチルの ^1H 及び ^{13}C NMR スペクトルの例示では、カルボニルシグナル部分などピークの重なり大きい部分について波形分離結果も示す。 ・ 演習 2 で、時間に余裕がある場合には、カルボニルシグナルよりペンタッド分率も計算させる。 ・ 演習 5 は省略可能

モジュール名	共重合体
学習内容	<p>ランダム共重合体 共重合体の化学組成とその測定法 = NMR、ガスクロマトグラフィ、MASS、旋光度 など</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 共重合体の ^1H 及び ^{13}C NMR スペクトルの例示 ・ 【演習 1】共重合体の ^1H NMR データからの共重合組成の計算 <p>共重合体の連鎖構造とその表記</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 【演習 2】共重合体の ^{13}C NMR データよりダイアッド分率を計算 <p>化学組成分布</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 微生物産生共重合ポリエステルにおける化学組成分布の多分散性 <p>ブロック共重合体とグラフト共重合体 (+デンドリマー、ハイパーブランチポリマー)</p>
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ 演習では微生物産生共重合ポリエステルや乳酸系共重合体などバイオマスプラスチックのデータを取り上げることが望ましい。

(2) 高分子の分子特性(応用)

項目	内容
技術区分	高分子構造・物性
科目名称	高分子の分子特性(応用)
科目概要	<p>「高分子の分子特性(基礎)」に続く発展科目として、高分子の構造に関する知識を深め、より高度な分子特性解析法を取得する。ここでも実践的なスキルの習得を重視して、分子特性解析に直結した知識の講義と演習に多くの時間を割いている。</p> <p>材料として広く用いられている高分子の構造は通常、1、2種のモノマーが鎖状に連なっただけの非常に単純な物であるが、モノマーの配列には統計的な乱雑さをともなう。実際、バイオマスプラスチック分野でも、ポリ乳酸の立体異性、微生物由来ポリエステル共重合連鎖分布などが存在する。このような“分布”の理解には統計的な解析が欠かせない。ここでは分子量分布や連鎖分布を表すいくつかの基本的な統計モデルと、それらモデルを用いた解析、さらには分別により“分布”を狭くする手法を紹介する。また、最近急速に普及しつつある多検出器接続型 GPC による分子量測定および分子量分別、組成分別の方法も学ぶ。</p>
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高分子の全般的な教科書(大学の学部レベル) 高分子科学の基礎(第2版)、高分子学会 編、東京化学同人(1994) エッセンシャル高分子科学、中浜精一 他6名著、講談社(1988) ・ より高度な高分子の教科書 大学院高分子科学、野瀬卓平・中浜精一・宮田清蔵 編、講談社サイエンティフィク(1997) ・ 高分子の構造解析法 新高分子実験学1 高分子実験の基礎 分子特性解析、高分子学会 編、共立出版(1994) 新高分子実験学5 高分子の構造(1) 磁気共鳴法、高分子学会 編共立出版(1995) ・ 生分解性高分子材料 生分解性高分子材料の科学、辻秀人 著、コロナ社(2002)
学習目標 (スキル項目)	<p>分子量分布の統計的取り扱いや多様な平均分子量に関する知識を習得し、高度な分子量測定法を利用して分子特性を測定、評価することができる。</p> <p>立体規則性と共重合連鎖構造を統計的に解析することができる。</p> <p>分取 GPC により分子量分別をすることができる。</p> <p>高分子の溶解性に関する知識を習得し、溶解度差を利用した分子量分別と組成分別を実行することができる。</p>
プログラム概要	<p>分子量と分子量分布(応用)</p> <p>1次構造の統計モデル</p> <p>分子分別</p>

モジュール名	分子量と分子量分布(応用)
学習内容	<p>分子量分布の理論</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 最確分布の導出 ・ ポアソン分布とシュルツ ジム分布の分布曲線の形状 <p>多様な平均分子量と分子量分布</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Z 平均分子量(M_z)以降の高次の平均分子量の定義 ・ 粘度平均分子量(M_v)の定義 ・ 分子量分布の最確分布曲線上での各平均分子量の位置付け <p>高度な分子量測定法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 光散乱の概論 ・ 【演習1】ジムプロットからの分子量、第2ピリアル係数、慣性半径の計算 <p>粘度と普遍較正曲線</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 【演習2】普遍較正曲線と粘度データからの M_w の計算 <p>光散乱検出器付 GPC (絶対分子量と分子量分布の同時測定)</p> <p>粘度検出器付 GPC ([擬似的な]絶対分子量と分子量分布の同時測定、枝分かれ構造の推定)</p> <p>トリプル検出器(光散乱、粘度、RI)付 GPC</p>
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ このモジュールの内容に入る前に、必要に応じて復習として、「高分子の分子特性(基礎)」のモジュール「分子量と分子量分布 1・2」の内容を概説する。 ・ 演習 2 の前に、必要なら復習として「高分子の分子特性(基礎)」のモジュール「分子量と分子量分布 2」の演習に類似した問題の演習を実施する。 ・ 演習 2 では M_v ではなく M_w が求まることに注意を喚起する。

モジュール名	一次構造の統計的取り扱い
学習内容	<p>1次構造の統計モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ベルヌーイ則とマルコフ則の概略とランダム性の理解 ・ 擬似不斉炭素による立体規則性と真の不斉炭素による立体規則性の比較 (これは対称なモノマーからなる共重合連鎖と非対称なモノマーに基づく共重合連鎖と読み替えても良い) ・ 平均連鎖長の計算方法 統計モデルを用いた解析 ・ 【演習】ダイアッド連鎖データ例と統計モデルの比較 ・ 微生物ポリエステルにおける化学組成分布の統計的取り扱い 微生物ポリエステルの化学組成分布の多分散性 ・ ポリ乳酸における連鎖分布の原料(乳酸 or ラクチド)による違い
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ このモジュールの内容に入る前に、必要に応じて復習として、「高分子の分子特性(基礎)」のモジュール「立体規則性」「共重合体」の内容を概説する。 ・ 演習2の前に、必要なら復習として「高分子の分子特性(基礎)」のモジュール「立体規則性」の演習2(または演習5)に類似の問題の演習を実施する。

モジュール名	分子分別
学習内容	<p>分取 GPC</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ GPC のスケールアップ <p>溶解度差を利用した分別</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 分別の基礎となる物性 = 溶解度 溶解度パラメータ 溶媒物性と溶解度 結晶性と溶解度 ・ 【演習】原子団総和法による高分子の溶解度パラメータの計算 分子分別の実際 ・ 溶媒分別 (微生物ポリエステルの組成分別を例に) ・ 昇温溶出分別法(TREF) (ポリエチレンの分子量分別を例に)
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学 ・ 演習では微生物産生共重合ポリエステルや乳酸系共重合体などバイオマスプラスチックのデータを取り上げることが望ましい

(3) 高分子の固体構造と物性(基礎)

項目	内容
技術区分	高分子構造・物性
科目名称	高分子の固体構造と物性(基礎)
科目概要	<p>本科目ではバイオマスプラスチックの物性を解析・評価し、さらに改良するための基礎的技術を習得する。プラスチック材料の物性は、分子構造に加えて固体構造にも大きく依存するため、材料物性の改良には固体構造に関する知見が欠かせない。そこで、本科目では固体構造、代表的な物性と順に学んだ後に、最終モジュールでは構造と物性の相関についても具体例に基づいて学ぶ。</p> <p>本科目でも物性評価のための実践的なスキルの習得を目指しているため、固体構造と物性の基本的事項の解説に留まらずに、実際の構造・物性解析方法に関する講義と演習にも力点を置く。この際、バイオマスプラスチックに対する解析の具体例を多用することが望ましい。</p>
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高分子の全般的な教科書(一般向け) プラスチックが身近になる本、飯田襄・藤本健郎 著、竹本喜一 監、シーエムシー(2001) ・ 高分子の全般的な教科書(大学の学部レベル) 高分子科学の基礎(第2版)、高分子学会 編、東京化学同人(1994) エッセンシャル高分子科学、中浜精一 他6名著、講談社(1988) ・ 高分子の構造解析法 新高分子実験学6 高分子の構造(2) 散乱実験と形態観察、高分子学会 編、共立出版(1997) 新高分子実験学8 高分子の物性(1) 熱的・力学的性質、高分子学会 編共立出版(1997) ・ 生分解性高分子材料 生分解性高分子材料の科学、辻秀人 著、コロナ社(2002) ・ その他 高分子の熱的性質および機械的性質の分析に関しては JIS 規格も参照のこと。
学習目標 (スキル項目)	<p>高分子の結晶構造、結晶化度に関する知識を取得し、これらを解析できる。 ポリマーアロイの構造と物性の基本事項を理解し、新たなポリマーアロイを設計できる。 高分子の熱的性質、機械的性質と生分解性に関する知識、及び、熱的性質、機械的性質の測定法を習得し、実際に解析、評価することができる。 分子構造と結晶性や物性の相関を理解し、実際の物性改良に応用できる。</p>
プログラム概要	<p>結晶 高次構造とポリマーアロイ 熱的性質 その他のバイオマスプラスチック開発時に重要な物性</p>

モジュール名	結晶
学習内容	<p>高分子の結晶性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高分子は 100%結晶とはならないこと ・ 結晶性高分子と非晶性高分子の特徴比較 ・ 化学構造(側鎖のかさ高さ、立体規則性、共重合体)と結晶化性 <p>高分子の結晶</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 伸び切り鎖結晶とラメラ結晶 ・ 高分子の結晶単位格子 結晶単位格子の概要 繊維周期の定義 高分子の結晶中でのヘリックス性 ・ 広角 X 線回析(WAXD)による高分子の結晶構造解析 ・ WAXD の測定原理 ・ 粉末試料と配向試料の WAXD データ ・ 【演習 1】1 次元 WAXD データによる結晶面間隔決定 ・ WAXD による結晶化度の解析法 その他の密度決定法 ・ 【演習 2】融解熱、密度データによる結晶化度決定
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ 「高分子の結晶単位格子」としてポリ 3-ヒドロキシブタン酸などバイオマスプラスチックを例示する。 ・ 演習 1,2 では可能ならバイオマスプラスチックのデータを利用する。

モジュール名	高次構造とポリマーアロイ
学習内容	<p>高次構造の概念</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 構造の階層性と各階層のスケール <ul style="list-style-type: none"> 分子構造 ↓ 単結晶(ラメラ)と非晶 ↓ 球晶 (+ 房状ミセル、シシカバ構造) ↓ バルク材料 <p>ポリマーアロイの分類と分散相の大きさ</p> <ul style="list-style-type: none"> ブロック共重合体 グラフト共重合体 ポリマーブレンド[相溶型、ミクロ層分離型] <ul style="list-style-type: none"> ・ 分散相の大きさの評価 <ul style="list-style-type: none"> ガラス転移点、曇点 散乱法(概略) 固体 NMR(概略) ・ 分散相の大きさとアロイ成分の物性の関係 <ul style="list-style-type: none"> 分子間相互作用 van del Waals 相互作用、水素結合、イオン結合 <p>高分子複合材料の分類</p> <ul style="list-style-type: none"> 低分子添加剤、フィラー、ナノコンポジット
教授ポイント	・座学

モジュール名	熱的性質
学習内容	<p>高分子の相転移</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 融解 - 結晶化 / 過冷却 (融点と結晶化温度) ・ ガラス化 - ゴム化 (ガラス転移温度) ・ 結晶性高分子の状態と非晶性高分子の状態 <p>熱的性質の測定法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 示差走査熱量計(DSC) ・ 熱重量測定(TG) <p>熱的性質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ DSC データの例示 <ul style="list-style-type: none"> 融点と融解熱の評価法 ガラス転移点と比熱の評価法 結晶化温度の評価法 ・ 熱分解温度と TG データの例示 <ul style="list-style-type: none"> 解重合の活性化エネルギーの評価法 <p>TG- ガスクロマトグラフ質量分析計(TG-GCMS)の紹介</p>
教授ポイント	・座学

モジュール名	バイオマスプラスチック開発時に重要な物性
学習内容	<p>機械的性質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 引っ張り強度、曲げ強度、衝撃強度、硬度 など ・ 熱機械測定(TMA)による軟化点の測定 <p>生分解性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 酵素分解 <ul style="list-style-type: none"> 表面反応であること 分解酵素の種類 反応モデル ・ (熱、酸、アルカリなどによる)加水分解 <ul style="list-style-type: none"> バルク反応であること 自己触媒反応性 <p>構造と物性の相関</p> <ul style="list-style-type: none"> (物性=熱的性質、機械的性質、生分解性 など) ・ ポリエチレンの枝分かれ(密度)と結晶化度、物性の相関 ・ ポリ乳酸の光学純度と結晶化度、物性の相関 ・ 微生物ポリエステルの共重合組成と結晶化度、物性の相関
教授ポイント	・座学

(4) 高分子の固体構造と物性(応用)

項目	内容
技術区分	高分子構造・物性
科目名称	高分子の固体構造と物性(応用)
科目概要	<p>「高分子の固体構造と物性(基礎)」に続く発展科目として、固体構造と物性に関する知識を深め、さらに材料設計へと応用する力を養うことを目標としている。ここでも実践的なスキルの習得を重視して、構造・物性解析に直結した知識の講義と演習に多くの時間を割く。</p> <p>この科目では全モジュールを通じて、「高分子の状態の準安定性」つまり、高分子物質は熱力学的な最安定構造ではなく、加工条件に依存して kinetic 的に形成されやすい構造を採ることに基づく事象を取り扱っている。例えば、準安定性は「平衡融点」の概念を生み出し、「ポリマーブレンドのマイクロ相分離構造」を可能にする。高分子材料設計においては様々な「加工」によって実現される準安定状態群の中から目的に最適の状態を選択することが重要である。また、準安定状態からより安定な状態に向けた変化(多くの場合これは劣化にあたる。)も考慮しなくてはならない。本科目ではこのような「準安定性」の理解に基づく材料設計技術の習得を目指す。</p>
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高分子の全般的な教科書(大学の学部レベル) 高分子科学の基礎(第2版)、高分子学会 編、東京化学同人(1994) エッセンシャル高分子科学、中浜精一 他6名著、講談社(1988) ・ より高度な高分子の教科書 大学院高分子科学、野瀬卓平・中浜精一・宮田清蔵 編、講談社サイエンティフィック(1997) ・ 高分子の構造解析法 新高分子実験学6 高分子の構造(2) 散乱実験と形態観察、高分子学会 編、共立出版(1997) 新高分子実験学8 高分子の物性(1) 熱的・力学的性質、高分子学会 編共立出版(1997) ・ 生分解性高分子材料 生分解性高分子材料の科学、辻秀人 著、コロナ社(2002) ・ その他 高分子の熱的性質および粘弾性の分析に関しては JIS 規格も参照のこと。
学習目標 (スキル項目)	<p>分子の配向性を含む各種の高分子高次構造パラメータを理解し、これらを解析・評価できる。 結晶化過程に関する知識を習得し、これらを解析・評価できる。 ポリマーアロイの相図を理解し、相容化、マイクロ相分離化などポリマーアロイの設計戦略を立照ることができる。</p> <p>熱物性における高分子性(平衡融点、ガラス転移点の測定法依存性など)を理解し、熱分析データを正しく読み解くことができる。</p> <p>粘弾性を理解し、解析・評価できる。</p>
プログラム概要	<p>高次構造と結晶化過程 ポリマーアロイと熱的性質 粘弾性</p>

モジュール名	高次構造と結晶化過程
学習内容	<p>異方性を持つ結晶性試料の解析=広角 X 線回析(WAXD)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 【演習】2次元 WAXD データによる異方性の決定 <p>高次構造パラメータ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ラメラ厚と結晶化温度/融解温度 ・ 小角 X 線散乱(SAXS)によるラメラ厚と長周期の測定 ・ 球晶成長および核化と結晶化温度 <p>結晶化過程</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 過冷却状態とは ・ 結晶化モデル(簡単に) ・ 熔融状態からの等温結晶化と Avrami プロット Avrami 指数と結晶核形成/結晶成長様式
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学と演習 ・ このモジュールの内容に入る前に、必要に応じて復習として、「高分子の固体構造と物性(基礎)」のモジュール「結晶」「高次構造とポリマーアロイ」の内容を概説する。 ・ Avrami プロットによる解析を演習問題とするとおおよい。

モジュール名	ポリマーアロイと熱的性質
学習内容	<p>ポリマーアロイ</p> <p>ポリマー同士はなぜ混ぜりにくいか ポリマーブレンドの相図</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 上限臨界共溶温度(U C S T)と下限臨界共溶温度(LCST) ・ (スピノーダル分解とバイノーダル分解) <p>ポリマーアロイの設計戦略</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ミクロ相分離構造の形成法 ・ 弱い結合(水素結合、イオン結合)による方法 ・ ブロック共重合体を用いる方法 ・ 反応性ブレンド <p>熱的性質</p> <p>融点が幅を持つ理由 = ラメラ厚の結晶化温度依存性</p> <p>平衡融点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 定義 ・ 平衡融点の測定法 (Lauritzen-Hoffman 法) Hoffman-Weeks 法 <p>再結晶化現象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 融解ピークが 2 山性を持つ場合の評価方法 <p>ガラス転移点の測定法依存性 結晶性高分子のガラス転移温度測定時の留意点</p>
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学 ・ このモジュールの内容に入る前に、必要に応じて復習として、「高分子の固体構造と物性(基礎)」のモジュール「高次構造とポリマーアロイ」「熱的性質」の内容を概説する。

モジュール名	粘弾性
学習内容	<p>エネルギー弾性とエントロピー弾性</p> <p>粘弾性とは</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 弾性と粘性 (ばねモデルとダッシュポットモデル) ・ 粘性と緩和 (フォークトモデルとマックスウエルモデル) <p>粘弾性測定法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 静的粘弾性測定法 = 応力緩和試験とクリープ試験 ひずみ - 時間曲線の解釈 ・ 動的粘弾性測定法 ・ 時間 - 温度換算則 ・ 線形粘弾性関数の相互変換
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学

5 4 3 発酵生産

(1) 微生物学概論

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物学概論
科目概要	既存のバイオマスプラスチックまたはその原料となるモノマーの発酵生産技術は自然界の微生物が持つ様々な代謝経路に頼って成立している。単純な発酵工学的生産では、有用な代謝経路を持つ天然の微生物を選択し、発酵技術を駆使して代謝効率=生産効率を高めている。遺伝子組換えを利用する場合も、生産のための代謝経路のすべてを組換えにより導入したケースはなく、親となる微生物の持つ代謝経路のごく一部を組換えたに過ぎない。つまり、新規バイオマスプラスチック、または、新規モノマーの発酵生産法の開発には微生物の代謝に関する知識が欠かせない。そこで、本科目はバイオマスプラスチックの発酵生産に関わる技術開発に必要な微生物学に関する基本的な知識の習得を目的とする。
参考図書	生物工学基礎コース 微生物工学、百瀬春生 編、丸善(1997) 微生物工学入門 バイオテクノロジーと生命科学、新家龍、今中忠行 著、朝倉書店(1991)
学習目標 (スキル項目)	微生物の分類法、および、種々の微生物の構造とその生理に関する知識を習得する。 微生物の工業的利用方法を開発する上で重要な微生物代謝経路に関する基礎知識を習得する。
プログラム概要	微生物学の基礎 微生物の代謝1 微生物の代謝2

モジュール名	微生物学の基礎
学習内容	生物の中の微生物 微生物の分類 <ul style="list-style-type: none"> ・ 原核微生物と真核微生物 ・ 細菌類、放射菌、真菌類、藻類、ウイルス ・ グラム陽性、グラム陰性 微生物の命名法 微生物の構造 <ul style="list-style-type: none"> ・ 真核細胞、原核細胞(真正細菌、古細菌)の比較 ・ 原核細胞の構造 <ul style="list-style-type: none"> ・ グラム陽性菌とグラム陰性菌の細胞膜 ・ 細胞壁 ・ 鞭毛、纖毛、孢子 ・ 真核細胞の構造 <ul style="list-style-type: none"> ・ 細胞膜と細胞壁 (動物と植物、菌類の比較) ・ 細胞内器官(核、ミトコンドリア、小胞体、ゴルジ体 など) 微生物の生理 <ul style="list-style-type: none"> ・ 生育曲線と生育の各期の特徴 (遅滞期、対数増殖期、定常期、死滅期) ・ 微生物を構成する元素と各元素の役割 ・ 好気性と嫌気性 ・ 生育条件要素 <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度、浸透圧、酸素、各種栄養源、増殖阻害剤
教授ポイント	・ 座学

モジュール名	微生物の代謝1
学習内容	代謝の全体像 エネルギー生産系 <ul style="list-style-type: none"> ・ 解糖系 ・ TCA サイクル ・ 酸化的リン酸化 ・ ペントースリン酸サイクル 光合成 生合成系 <ul style="list-style-type: none"> ・ 脂肪酸合成 ・ アミノ酸とタンパク質合成 ・ ヌクレオチドと核酸合成 ・ 糖合成

教授ポイント	・ 座学
モジュール名	微生物の代謝 2
学習内容	生分解系 ・ 多糖分解 ・ たんぱく質とアミノ酸分解 ・ 脂肪酸分解 酵素による代謝調節（酵素量、酵素活性）
教授ポイント	・ 座学

(2) 微生物利用論

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物利用論
科目概要	本科目は「微生物学概論」に続く発展科目として、発酵生産に関して、より実践的な知識を深めることを目標とする。「微生物学概論」の科目概要で述べたように、既存の有用物質の発酵生産技術は自然界の微生物の持つ様々な代謝経路に基づいて開発されてきた。本科目の前半のモジュールでは様々な有用物質の発酵生産を具体例から学ぶ事により、発酵工学を概観すると共に、微生物の持つ多様な代謝経路に関する知識を習得する。後半のモジュールでは既存のバイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法、特にその生産に関わる代謝経路を理解し、前半モジュールで得た知識とあわせて新規バイオマスプラスチックまたはモノマーの発酵生産法の開発戦略を立案するスキルの習得を目指す。
参考図書	生物工学基礎コース 微生物工学、百瀬春生 編、丸善（1997） 微生物工学入門 バイオテクノロジーと生命科学、新家龍、今中忠行 著、朝倉書店（1991） 発酵ハンドブック、梶倉辰六郎 他 3名 監、(財)バイオインダストリー協会 発酵と代謝研究会 編、共立出版（2001）
学習目標 (スキル項目)	微生物を利用した有用物質生産に関する知識を習得し、微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの発酵生産戦略を立案できる。
プログラム概要	微生物による有用物質生産 微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略

モジュール名	微生物による有用物質生産
学習内容	好気性菌と嫌気性菌の代謝様式と有用物質生産戦略の差異 アルコール発酵 アミノ酸発酵 ・ グルタミン酸発酵を例に 生理活性物質生産 ・ ペニシリンを例に 炭水化物発酵 ・ 2,3-ブタンジオール発酵を例に 有機酸発酵 ・ 酢酸発酵 ・ コハク酸発酵（バイオマスプラスチック原料モノマーとしての利用についても言及）
教授ポイント	・ 座学 ・ 各例で発酵効率向上のための技術などについても言及する

モジュール名	微生物によるバイオマスプラスチックおよびモノマーの生産戦略
学習内容	微生物由来ポリエステル生産の代謝経路と生産戦略 ・ PHB 生産の代謝経路 ・ 微生物由来共重合ポリエステル生産の代謝経路 ・ PHB 生産のための窒素制限、酸素制限、リン制限 ・ 天然細菌による微生物由来ポリエステル生産戦略 = 代謝経路の利用を考える ・ 遺伝子組換え技術利用戦略 PHB 非生産菌(大腸菌など)に PHB を生産させるにはどんな遺伝子の導入が必要が？ = 代謝経路に基づき、欠けている経路を補う遺伝子の組み込み 乳酸生産の代謝経路と生産戦略 ・ 乳酸発酵の代謝経路 ・ 生産性向上のための技術 ・ 生物系廃棄物からの乳酸発酵の戦略生ごみの糖化
教授ポイント	・ 座学

(3) 微生物工学 (基礎)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物工学 (基礎)
科目概要	微生物が成長、培養するための微生物学の知識、栄養物質の代謝経路、発酵における微生物の増殖解析法等を学ぶ。バイオマスプラスチックを微生物に発酵生産させるために、目的の生産微生物を安全に取り扱い、培養装置をもちいて生産するための知識を理解する。目的の微生物を長期間安定に保存し、その微生物のみを純粋に培養し、バイオマスプラスチックを高収率で生産させる培養条件を設定する知識を理解する。比較的少量の微生物培養実験を安全に実施し、培養廃液を安全に処理する方法を理解する。
参考図書	微生物学を含む基礎的なこと 「微生物工学 - 基礎と応用 - 」、日本発酵学会編、産業図書(1983) 新しい技術を含む物質生産を視野に入れた技術を解説 「生物化学工学」、海野肇他、講談社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> 微生物の突然変異等による、変質を遺伝学的に理解し、長期間、安定して微生物を培養することができる 微生物を育成させるための栄養要求や、微生物内での物質循環を理解し、培地に与える栄養源を効率的に選択することができる。 実験室レベルで、選択した微生物の最適培養法を選択することができ、微生物を培養することができる。 すでに確立している醸造工業や有用化合物の発酵生産における培養法とその仕組み、最適化におけるその理由を理解し、バイオマスプラスチック発酵生産に適用することができる
プログラム概要	微生物の遺伝現象と菌株育種 微生物における物質循環 微生物判別法、保存法、簡易培養法、連続培養法 醸造工業における発酵生産

モジュール名	微生物の遺伝現象と菌株育種
学習内容	微生物の遺伝的特性 <ul style="list-style-type: none"> 遺伝的特性とその現象 発酵生産における変異とその実例 遺伝子発現と細胞活性の調節 <ul style="list-style-type: none"> 突然変異株の安定性 微生物の交雑と遺伝的組換え <ul style="list-style-type: none"> 微生物の交雑の実例とその結果 簡単な遺伝子組換えの方法 プラスミド <ul style="list-style-type: none"> プラスミドの基礎知識 遺伝子へのプラスミドの導入 微生物の育種 <ul style="list-style-type: none"> 遺伝的現象を考慮した上での育種
教授ポイント	・座学

モジュール名	微生物における物質循環
学習内容	酵素と代謝 <ul style="list-style-type: none"> 酵素とは 酵素の一般的性質 利用上の長所と欠点 酵素の命名と分類 <ul style="list-style-type: none"> 酸化還元酵素、転移酵素、加水分解酵素、分裂酵素、異性化酵素、結合(合成)酵素 補酵素 <ul style="list-style-type: none"> 補酵素の役目 担体型補酵素(NAD, NADP, CoQ, メナキノン、リポアミド、グルタチオン等) 補欠族型補酵素、その他 炭素源の代謝経路 <ul style="list-style-type: none"> 解糖系、TCA サイクル、ペントースリン酸回路、ATP の合成 窒素源、その他の代謝経路 代謝経路における必須化合物等
教授ポイント	・座学(すでに、学んでいる項目もあるが、復習の意味も含めて、体系的に整理)

モジュール名	微生物判別法、保存法、簡易培養法、連続培養法
学習内容	<p>微生物簡易判別法 実験室レベルでの菌株保存法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ スラント保存法、凍結乾燥保存法、凍結保存法 ・ 菌株保存のための装置、機器 <p>微生物の保存機関、微生物のデータベース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ATCC, IFO 等 <p>静置培養（表面培養）、振とうフラスコ培養</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 培養方法の説明 ・ 実際の静置培養の実例（酢の生産）の紹介 ・ 振とうフラスコの写真を示して、その実物を紹介 ・ 純粋培養のためのコンタミ防止のための栓（綿栓、シリコ栓、スーパーシリコ栓） <p>深部培養法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 深部培養法の歴史 ・ 深部培養法のシステム図とそれぞれの部分の役割 ・ 深部培養の実例 <p>回分培養、流加培養法と連続培養</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 回分培養の仕組み ・ 回分培養のシステム図 ・ 回分培養の実例 ・ 回分培養のタイムスケール及びその成長、生成速度論 ・ 流加培養の仕組み、システム図 ・ 回分培養の実例 ・ 回分培養のタイムスケール及びその成長、生成速度論 ・ 連続培養について <p>液体培養と固体培養</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 液体培養と固体培養の違いと実例
教授ポイント	<p>座学中心 演習として、培養法のスケールアップ、及び成長速度論の簡単な解析法を実施すると良い</p>

モジュール名	醸造工業における発酵生産、微生物の利用
学習内容	<p>醸造工業の実例 （清酒、ビール、ワイン、醤油、みそ、食酢）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の工業の個々の過程とその役割、培養におけるステップの説明 <p>有機酸発酵、アミノ酸発酵、核酸発酵</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の工業の個々の過程とその役割、培養におけるステップの説明 <p>抗生物質、そのほか生理活性物質の生産</p> <p>酵素の生産と利用</p> <p>環境浄化と廃液処理</p>
教授ポイント	<p>醸造工業における酒、醤油等（できればアミノ酸発酵も）の発酵生産の実際をビデオで、理解する。個々の工程を一つずつその仕組みを解説していく。</p>

(4) 微生物工学 (応用)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物工学 (応用)
科目概要	有用物質発酵生産における微生物の取扱について、学ぶ。バイオマスプラスチックを高収率で生産する微生物を取得するための知識を理解する。その微生物の判別法や、病原菌を選択しないように気を付ける方法が非常に重要になってくる。遺伝子解析や、外部機関へ委託することにより、微生物種を確実に同定し、病原菌でないことを確認しなければならない。初期の段階では、その危険性を認識し、微生物を安全に取り扱わなければならない。
参考図書	微生物学を含む基礎的なこと 「微生物工学 - 基礎と応用 - 」、日本発酵学会編、産業図書(1983) 新しい技術を含む物質生産を視野に入れた技術を解説 「生物化学工学」、海野肇他、講談社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチックを生産する微生物を培養するにあたり、その微生物に病原性がないことを確認することができ、培養に従事する作業者が安全に作業するよう指導することができる。 ・ バイオマスプラスチックの生産量を増加するための手段として、微生物や、酵素を固定化するための知識を理解し、最適な微生物・酵素の固定化をし、その取扱をすることができる。
プログラム概要	微生物の増殖挙動、病原菌について 酵素・微生物の固定化

モジュール名	微生物の増殖挙動、病原菌について
学習内容	病原菌の種類とその特徴 病原菌への対処方法 (一般的な微生物取扱を含む) 微生物の菌体増殖の解析、最適化の方法 <ul style="list-style-type: none"> ・ 微生物数のカウント法、濁度法、コロニー数計測、ATP-ルシフェラーゼ測定法、微生物生菌数測定法 微生物の増殖速度論 <ul style="list-style-type: none"> ・ 微生物の増殖パターン、速度論的解析法、基質消費速度、代謝産物生成速度
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学中心 (具体的な装置の写真を見せて、理解を深める。病原菌を間違えて扱わないように、その判別方法、病原菌に対する予防方法を学ぶ)

モジュール名	酵素・微生物の固定化
学習内容	酵素反応速度論 <ul style="list-style-type: none"> ・ 初速度、ミハエリス-メンテン式、動力学的定数の算出法、各種阻害剤、阻害が生じる場合の反応速度式 生体触媒の固定化法 <ul style="list-style-type: none"> ・ 担体結合法、包括法、架橋法 固定化生体触媒の反応速度論 固定化生体触媒の性能に及ぼす諸因子 <ul style="list-style-type: none"> ・ 物質移動の影響、基質・生成物の分配の影響 ・ 失活速度に及ぼす諸因子 固定化生体触媒を利用するバイオリアクター
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学中心 (数値解析が中心になるが、前回の微生物の増殖解析等の理解のためにも基本を理解する) ・ より深い理解をえるために、演習を行う必要有り

(5) 微生物工学(発展)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物工学(発展)
科目概要	微生物をもちいた物質生産において、食品工業のみではなく化成品を生産することを視野に入れた微生物の取扱について学ぶ。微生物に適用できる化学反応の種類とその概要を学ぶ。微生物内でのその反応に係わる酵素やその実例を学ぶ。その反応経路を生かした微生物による物質生産法を学ぶ。また、バイオマスプラスチックを微生物に生産させる際の微生物の取扱を学ぶ。
参考図書	微生物学を含む基礎的なこと 「微生物工学 - 基礎と応用 - 」、日本発酵学会編、産業図書(1983) 新しい技術を含む物質生産を視野に入れた技術を解説 「生物化学工学」、海野肇他、講談社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> 有機合成化学の素反応である酸化、還元、転位反応など、酵素によって行う方法を網羅的に理解し、バイオマスプラスチックの原料となるような化合物を、バイオマスから生産することができる。 微生物による水溶性多糖類の発酵生産する方法を理解し、実験室レベルで多糖類を発酵生産させることができる。バイオマスプラスチックの生産菌を文献等で、探索することができる。その菌株を入手することができる。また、バイオマスプラスチックの生産菌を自然界からスクリーニングする方法を学び、安全に対象菌株を取得することができる。
プログラム概要	有機合成化学への応用 多糖類の発酵生産、バイオマスプラスチックの生産菌の取得法、微生物判別法

モジュール名	有機合成化学への応用
学習内容	<p>生体触媒で可能な有機合成反応とその特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 触媒としての微生物、酵素 アミノ酸の合成 加水分解反応を利用する合成 ピリドキサル酵素を利用する合成 核酸関連物質の合成 核酸加水分解酵素による旨味生ヌクレオシドの生産 ヌクレオシドのリン酸化 リボシル基転位反応 アラビノシル基の転位反応 補酵素類の合成 ATP コエンザイム A(CoA) フラビンヌクレオシド(FAD) ピリドキサルリン酸 ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD) ビタミンC 糖ヌクレオシド 有機酸の合成 フマラーゼをもちいる L-リンゴ酸の合成 エポキシコハク酸加水分解酵素をもちいる L-酒石酸の合成 n-アルカンの -酸化反応を利用するジカルボン酸の合成 ポリマー関連物質の合成 アクリルアミドの生産 1,3-プロパンジオールの生産 コリネ菌によるコハク酸の生産 生理活性物質の合成 -ラクタム抗生物質 ペプチドホルモン ステロイドホルモン
教授ポイント	・座学中心(工業的に利用されている実例を細かく解説)

モジュール名	多糖類の発酵生産、バイオマスプラスチックの生産菌の取得法
学習内容	<p>微生物の生産する細胞外多糖類</p> <p>多糖類の生産における安定と効率的生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ キサンタンガム生産における変異株の抑制 ・ アルギン酸生産における分解酵素生産の抑制 <p>多糖類の生産原料</p> <p>多糖類の発酵生産条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生産性の高い炭素源に対する窒素源、リン源、硫黄源の割合 <p>多糖類の分離・精製</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ スプレードライ、塩析 <p>工業的に重要な多糖類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ デキストラン ・ キサンタンガム ・ スクレログルカン ・ ブルラン ・ アルギン酸 ・ サクシノグリカン ・ カードラン ・ バクテリアセルロース ・ アミノグリカン(1,4-β-D-グルコースアミン) <p>水溶性ポリアミノ酸</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ポリグルタミン酸(発酵生産法及び単離・生成法) ・ ポリリジン(発酵生産法及びその性質) <p>バイオマスプラスチックの生産菌の取得法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ポリエステル染色法による生産菌の識別 <p>遺伝子解析による微生物種判別法</p> <p>外部機関による微生物種判別法</p>
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学(工業的に利用されている実例を細かく解説)

(6) 微生物実験概論

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物実験概論
科目概要	バイオマスプラスチック及びその原料となる化合物の発酵生産を行うための微生物や酵素の取扱方法を学ぶ。微生物の培養実験を行うにあたり、最低限の安全取り扱い、廃棄物処理に関する知識を理解する。また、生体触媒を利用した化合物の変換する実験方法を理解する。
参考図書	基本的な微生物実験法 「微生物実験マニュアル」安藤昭一編著、技報堂出版(2003) 有機合成化学を主体とした生化学実験法 「実験化学講座 基礎編 有機・高分子・生化学」第5章生化学実験、日本化学会編、丸善(2003)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> 微生物を安全に純粋培養し、大量培養することができる。 バイオマスプラスチックの大量生産菌をスクリーニングすることができる。 微生物や酵素を使って、バイオマスプラスチック原料として利用できる化合物への変換反応をすることができる。
プログラム概要	微生物安全取り扱い、微生物の培養、廃棄物の安全処理方法 バイオマスプラスチックの生産、生体触媒を利用した有機合成化学

モジュール名	微生物安全取り扱い、微生物の培養、廃棄物の安全処理方法
学習内容	微生物の滅菌、無菌操作、純粋分離 <ul style="list-style-type: none"> 目的の微生物だけを培養するには 微生物取扱の安全性 自然界から見つけた微生物の取扱の注意点 病原性微生物の取扱注意点(バイオハザード、バイオセーフティー) 実験設備、装置、機器 <ul style="list-style-type: none"> 微生物実験室 機器(オートクレーブ、乾熱滅菌器、インキュベーター、冷凍冷蔵庫、クリーンベンチ等) 微生物培養器具 培地の作成法 <ul style="list-style-type: none"> 培地素材(肉エキス、ペプトン、カザミノ酸、寒天、調整粉末培地) 各種培地組成(細菌用培地、かび、酵母用培地、放線菌用培地、天然培地、合成培地) pHの調整 培地の滅菌(高压滅菌法、間欠滅菌法、ろ過滅菌法) 固め方(平板培地(プレート)、高層培地(スタブ)、斜面培地(スラント)) 植菌法、培養法 <ul style="list-style-type: none"> 植菌にあたっての注意点 固体培地への塗抹法、液体培地への植菌法 固体培養、液体培養、振とう培養、通気培養、連続培養 微生物観察法 <ul style="list-style-type: none"> 肉眼、光学顕微鏡、染色法 増殖量測定法 <ul style="list-style-type: none"> 濁度(分光光度計による測定)、菌数計算盤、コロニー計数法 培養液等の安全な廃棄方法
教授ポイント	できれば、実習が望ましいが、写真、ビデオを活用した学習法が望ましい

モジュール名	バイオマスプラスチックの生産、生体触媒を利用した有機合成化学
学習内容	各種バイオマスプラスチックを生産する培養方法 <ul style="list-style-type: none"> 微生物ポリエステルを生産に適した培地(炭素源と窒素源の比率) 共重合微生物ポリエステルの組成をコントロールするための培地 1段階培養法、2段階培養法 微生物の集菌方法 バイオマスプラスチックの単離、精製方法 <ul style="list-style-type: none"> 微生物からのポリエステルの単離法(溶媒抽出法、酵素消化法、化学消化法) 微生物ポリエステルの精製方法 微生物・酵素をもちいた還元反応、加水分解反応 パン酵母によるケトン化合物の還元 リパーゼによる加水分解 リパーゼによるラクトン類の開環重合 化学触媒による開環重合の例の紹介 化学触媒によるラクチドの開環重合によるポリ乳酸の生産
教授ポイント	できれば、実習が望ましいが、写真、ビデオを活用した学習法が望ましい。化学合成法も簡単に紹介し、発酵生産法との違いを理解する。

(7) 微生物実験安全管理

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	微生物実験安全管理
科目概要	微生物をもちいた実験を行うにあたり、法律等で規制された事業所等で整備しなければならない規定についての知識を理解する。危険試薬、微生物の管理など安全管理上のシステムを学ぶ。事故への対応も理解する。有用菌株の特許化についての知識も理解する。
参考図書	公開されている微生物取扱安全倫理規定
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業所において、微生物取扱を安全に行うための規則や安全倫理規定を策定することができる。 ・ 法令に対応した施設管理、作業管理をし、その内容を記録できる。 ・ 安全管理がきちんとできる。 ・ 有用な微生物が発見された場合、その微生物の特許申請できる。
プログラム概要	微生物取り扱いに関する倫理及び安全倫理規定策定、有用菌株の特許化

モジュール名	微生物取り扱いに関する倫理及び安全倫理規定策定、有用菌株の特許化
学習内容	<p>各種、微生物取扱試薬類に関わる法令</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種法令の解説 ・ 要申請事項(国・地方自治体)について <p>安全倫理規定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事業所の安全管理における取り決め ・ 安全倫理規定の実際 ・ 安全管理マニュアル(危険試薬、微生物)の実際 ・ 実際の事故とその対応策 <p>微生物特許申請法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新規微生物の特許作成法 ・ 特許微生物の寄託法
教授ポイント	・ 座学(実際の申請を視野に入れた手続き論を中心に)

(8) 生体高分子概論

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	生体高分子概論
科目概要	発酵生産できるバイオマスプラスチックにはどのようなものがあり、その培養法及び培養条件を理解する。また、得られるバイオマスプラスチックの簡単な性質を理解する。
参考図書	少し、古いが多数の種類の生分解性高分子を詳細に説明 「生分解性高分子材料」、土肥義治編著、工業調査会(1990) 最新の生分解性高分子材料の取り巻く状況を簡単に解説 「トコトンやさしい生分解性プラスチックの本」生分解性プラスチック研究会編、日刊工業新聞社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 微生物により発酵生産できる高分子を理解し、その方法を自分の開発する発酵生産法に適用することができる。 ・ バイオマスプラスチックの種類とその性質を理解する。
プログラム概要	バイオマスプラスチック概論

モジュール名	バイオマスプラスチック概論
学習内容	生体高分子一般論 生体高分子の中のバイオマスプラスチック バイオマスプラスチックの原料となるバイオマス 発酵により生産されるバイオマスプラスチックの種類と性質 <ul style="list-style-type: none"> ・ 微生物ポリエステル(ポリヒドロキシブチレート)の種類とその生産菌 ・ ポリ乳酸の再生可能原料からの生産 ・ モノマーが発酵生産されているポリマー(ポリアクリルアミド、1,3-プロパンジオールからのポリマー、発酵生産コハク酸からのポリマー) バイオマスプラスチックの培養方法、培養条件 <ul style="list-style-type: none"> ・ 原料から製品までのトータルシステムとしての発酵生産
教授ポイント	できれば、主なバイオマスプラスチックの現物を提示しながら、その性質、発酵生産法を学習するのが望ましい。

(9) 発酵工学 (基礎)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	発酵工学 (基礎)
科目概要	発酵工業における、各種ステップのプラント・装置の仕組みとその取扱いについて学ぶ。バイオマスプラスチックを低コストで発酵生産するためには、ある程度大型の培養容器をもちいる必要がある。大型化に必要な発酵工学に関わる知識、発酵生産の川下技術であるバイオマスプラスチックを単離精製する方法を理解する。
参考図書	発酵工学の要素技術を網羅 「発酵工学の基礎 実験室から工場まで」P.F.Stanbury, A.Whitaker 著、石崎文彬訳、学会出版センター(1988) 生物プロセスとしての基礎的な内容 「培養工学」、吉田敏臣、コロナ社(1998)
学習目標 (スキル項目)	・ 工場規模でのバイオマスプラスチックの発酵生産における装置を理解し、それを操作することができる。
プログラム概要	発酵工学における生育速度論 分離スクリーニング法、保存法、培地生産法 発酵法 通気と攪拌、計測と制御

モジュール名	発酵工学における生育速度論
学習内容	<p>発酵プロセスの種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 菌体の生産 ・ 微生物の酵素 ・ 微生物の代謝生産物 ・ 発酵工業の発展と成り立ち ・ 発酵工程の成り立ち <p>回分培養における微生物の成育速度論</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 菌濃度と時間の関係 (適応期、対数増殖期、生育減衰期、定常期) <p>連続培養における微生物の成育速度論</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 培地を添加することによる各成分 (菌体濃度も含む) の希釈率 ・ 実用化と生産性 ・ 運転操作の標準化と運転の自動化 ・ 連続発酵とコンタミネーション ・ 実例 (ビール醸造、SCP) <p>流加培養における微生物の成育速度論</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実用例 (リプレッションの回避、高濃度阻害効果の解除)
教授ポイント	・ 座学中心

モジュール名	分離スクリーニング法、保存法、培地生産法
学習内容	<p>産業用有用微生物の分離法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 菌の性質を利用した分離法 ・ スクリーニング (抗生物質生産菌、薬理活性物質生産菌、生育因子生産菌、多糖類生産菌) <p>工業用微生物の保存</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 低温保存 (スラント、凍結、凍結乾燥) ・ 低水分での保存 <p>工業用微生物の育種</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 突然変異 (自然変種の選択による収率上昇) について ・ 一次代謝生産物生産菌の育種 (膜透過の改善、阻害のない変異株の分離、栄養要求性変異株、インヒビターにもリプレッサーにも非感受性の変異株) ・ 酵素合成レベルの向上した工業用生産菌の選択 ・ 生産物収率以外の菌株の性質の改善 (安定性、ファージ感染に強い、泡を生じない、培地成分の変動に強い、望ましい形態、低い酸素分圧に耐える、副生物を生産しない菌) <p>工業生産の培地 (炭素源、窒素源、緩衝液、消泡、再利用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 代表的な培地、培地組成 ・ プレカーサーや代謝調節剤の添加
教授ポイント	・ 座学中心

モジュール名	発酵法
学習内容	殺菌、滅菌法 <ul style="list-style-type: none"> ・ 回分殺菌法（加熱-冷却、条件設定） ・ 回分殺菌法の実例（メリット、デメリット） ・ 連続殺菌法 ・ 発酵槽の殺菌、フィード液の細菌、空気の除菌 シードの調整 <ul style="list-style-type: none"> ・ 酵母の酒母、細菌、放線菌、糸状菌のシード培養 ・ 工業生産設備におけるシードの無菌的摂取 発酵槽（種類、仕組み、無菌性の確保、バルブ） <ul style="list-style-type: none"> ・ 発酵槽の基本構成 ・ 通気かく拌 ・ 無菌性の確保とその維持（バルブを含む） ・ いろいろな発酵槽
教授ポイント	・ 座学中心

モジュール名	通気と攪拌、計測と制御
学習内容	発酵プロセスの酸素要求 <ul style="list-style-type: none"> ・ 酸素要求 ・ K_{La}の測定、液のレオロジー 発酵装置における酸素供給能（酸素移動容量係数の意味と求め方） 自動制御の方法 <ul style="list-style-type: none"> ・ オン・オフ動作、比例動作、積分動作、微分動作、PID動作 制御すべき変数（pH、酸化還元電位、酸素濃度、各種基質濃度、微生物量）
教授ポイント	・ 座学中心

(10) 発酵工学 (発展)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	発酵工学 (発展)
科目概要	具体的な事例を学ぶことにより、より確かな発酵方法を理解する。また、システム全体を考慮して、発酵、集菌、濃縮、精製、析出等の各プロセスを開発し、低コストで大量に生産できるシステムを開発する知識を理解する。
参考図書	発酵工学の要素技術を網羅 「発酵工学の基礎 実験室から工場まで」P.F.Stanbury, A.Whitaker 著、石崎文彬訳、学会出版センター(1988) 生物プロセスとしての基礎的な内容 「培養工学」、吉田敏臣、コロナ社(1998) 新しい技術を含む物質生産を視野に入れた技術を解説 「生物化学工学」、海野肇他、講談社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチックを工場規模で生産するに当たり、プロセスの最適システム設計することができる。 ・ プロセスの安全性、経済性を考慮し、システム設計することができる。
プログラム概要	発酵生産物の単離と精製 新しいバイオリアクター バイオマスプラスチックの発酵生産 1 バイオマスプラスチックの発酵生産 2

モジュール名	発酵生産物の単離と精製
学習内容	菌体の除去 <ul style="list-style-type: none"> ・ ろ過 (理論、助剤、板枠型圧ろ過、加圧葉状ろ過器、連続ろ過) ・ 遠心分離 (菌体の集合とフロキュレーション、遠心分離器の種類) 菌体の破壊 <ul style="list-style-type: none"> ・ 物理的破壊 (液体せん断、固体せん断、ガラスビーズによる破碎、氷結と解凍) ・ 化学的破壊 (薬剤処理、浸透圧、アルカリ処理、酵素処理) 生産物の液 - 液抽出 (溶媒回収) その他の方法 (限ろ過、乾燥、晶析) 培養廃液の処理方法
教授ポイント	・ 座学中心

モジュール名	新しいバイオリアクター
学習内容	生体触媒の固定化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 酵素の固定化、微生物の固定化、動物細胞の固定化、植物細胞の固定化 固定化生体触媒の速度論 <ul style="list-style-type: none"> ・ 物質移動の影響、基質、生成物の影響 固定化酵素バイオリアクター <ul style="list-style-type: none"> ・ 回分操作、連続操作 ・ 滞留時間分布 ・ 安定性 藻類のバイオリアクター 遺伝子組換え菌のバイオリアクター 動植物細胞のバイオリアクター
教授ポイント	・ 座学中心

モジュール名	バイオマスプラスチックの発酵生産 1
学習内容	微生物ポリエステル <ul style="list-style-type: none"> ・ ポリエステルの種類、分子構造 微生物ポリエステルを生産する微生物、藻類 <ul style="list-style-type: none"> ・ 発酵合成条件、菌体の集菌方法、菌体からのポリエステルの取り出し 微生物ポリエステルの性質 <ul style="list-style-type: none"> ・ 分子構造とその熱的性質、機械的性質 微生物ポリエステルの生分解性 微生物ポリエステル発酵生産のインベントリ-解析
教授ポイント	・ 座学中心 (発酵プロセスの化学工学的システム、プロセス、装置を中心に)

モジュール名	バイオマスプラスチックの発酵生産 2
学習内容	<p>ポリ乳酸の原料となる乳酸の発酵生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 発酵システム、乳酸の単離・精製方法 <p>ポリ乳酸の生産の実例紹介</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 乳酸から低分子量ポリ乳酸の化学合成のプロセス ・ 低分子量のポリ乳酸からラクチド生産のプロセス ・ ラクチドから高分子量ポリ乳酸の重合プロセス <p>ポリブチレンスクシネートの原料の発酵生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コリネ菌をもちいるコハク酸の発酵生産 ・ コハク酸の培養液からの単離・生産法 ・ コハク酸からのポリマーの重合プロセス <p>木質系廃棄物からの高分子材料生産</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 木質系バイオマスの溶媒可溶化システム ・ リグニンの相分離精製システム <p>酵素触媒によるポリエステルの開環重合</p>
教授ポイント	・ 座学中心（発酵プロセスの化学工学的システム、プロセス、装置を中心に）

(1 1) バイオマス概論

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	バイオマス概論
科目概要	バイオマスプラスチックを生産する上で、バイオマスを原料に利用することは二酸化炭素発生量削減の観点から、非常に有用な技術である。特に、未利用で、安価で大量に得ることができるバイオマスからバイオマスプラスチックを生産することができれば、低コスト化につながり、競争力のある製品を開発する上で大きなメリットとなる。再生可能原料利用という点でも、消費者に受け入れられやすい製品となる。しかしながら、バイオマスは、そのままでは発酵原料に利用しにくいものが多い。このようなバイオマスの性質を理解し、バイオマスを利用するメリット等を理解する。
参考図書	日本政府の政策に基づく参考書 「バイオマス・ニッポン - 日本再生に向けて - 」、小宮山宏他、日刊工業新聞社(2003) バイオマスの世界の状況を統計データを多く参考にして 「バイオマス 究極の代替エネルギー」湯川英明編著、化学工業日報社(2001) 他の資源エネルギーと対比して、勉強できる 「有機資源化学」多賀谷英幸他、朝倉書店(2002)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスの定義を理解する。 ・ バイオマスの利用に関して、メリットとデメリットを理解する。 ・ バイオマスのエネルギーとしての利用方法、材料としての利用方法の概略を理解する。
プログラム概要	バイオマス概論

モジュール名	バイオマス概論
学習内容	<p>バイオマス利用促進の背景</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 循環型社会の構築、脱石油、京都議定書 <p>バイオマスの種類、分布</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 未利用バイオマス、廃棄物系バイオマス、資源作物、新作物 ・ 日本におけるバイオマス資源 <p>バイオマス利用のメリット・デメリット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 石油資源の現状 ・ 新エネルギー（風力、水素、燃料電池、原子力）との比較 <p>再生可能原料の意味</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスの再生可能原料としての意味 <p>循環型社会の構築</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスエコタウン構想 <p>バイオマスの発酵原料への転換</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスの利用方法の概説 ・ 発酵原料への転換法
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学中心

(1 2) バイオマス利用論 (応用)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	バイオマス利用論 (応用)
科目概要	バイオマスを利用して、エネルギーやマテリアルに変換する技術を体系的に学ぶ。バイオマスをリファイナリーがもたらすもの、バイオマスが有効に利用されるための社会システムなどを学ぶ。そして、バイオマスの利用の実例を学び、その問題点、ブレイクスルーなどを理解する。
参考図書	<p>日本政府の政策に基づく参考書</p> <p>「バイオマス・ニッポン - 日本再生に向けて - 」、小宮山宏他、日刊工業新聞社(2003)</p> <p>バイオマスの世界の状況を統計データを多く参考にして</p> <p>「バイオマス 究極の代替エネルギー」湯川英明編著、化学工業日報社(2001)</p> <p>バイオマスの変換技術が詳細に</p> <p>「バイオマスハンドブック」(社)日本エネルギー学会、オーム出版社(2002)</p>
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主なバイオマスの利用方法を理解する。 ・ バイオマスリファイナリーとは何かを理解する。 ・ バイオマスを利用促進するための条件を理解する。
プログラム概要	バイオマス利用論 (応用)

モジュール名	バイオマス利用論 (応用)
学習内容	<p>主なバイオマスの利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ マテリアル利用技術 (飼料、肥料・コンポスト、機械的加工、高分子成分分離、工業原料化、新材料合成) ・ エネルギー利用技術 (燃焼、ガス化、急速熱分解、炭化、水熱ガス化、直接液化等) ・ 生物化学的変換 (メタン発酵、エタノール発酵、アセトン・ブタノール発酵、水素発酵) ・ 収集・輸送技術 <p>バイオマスリファイナリー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 石油からバイオマスへ ・ 炭素循環 ・ リファイナリーの目的・成果 ・ リファイナリーのための技術要素 <p>バイオマスタウン構想</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域に密着した具体的実例 (モデル)
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学中心 (利用技術のうち、バイオマスプラスチックでない部分は、比較対処として簡単に紹介にとどめる。できる限り、具体的実例を紹介しながら。)

(13) バイオマス利用論 (発展)

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	バイオマス利用論 (発展)
科目概要	バイオマスを利用に際して、国際情勢、法令、日本政府の政策を理解する。バイオマスプラスチックを生産した実例、モノマー生産した実例を学び、その問題点、ブレイクスルーなどを理解する。
参考図書	<p>日本政府の政策に基づく参考書</p> <p>「バイオマス・ニッポン - 日本再生に向けて - 」、小宮山宏他、日刊工業新聞社(2003)</p> <p>バイオマスの世界の状況を統計データを多く参考にして</p> <p>「バイオマス 究極の代替エネルギー」湯川英明編著、化学工業日報社(2001)</p> <p>バイオマスの変換技術が詳細に</p> <p>「バイオマスハンドブック」(社)日本エネルギー学会、オーム出版社(2002)</p>
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマス利用に関する国際情勢、法令、日本政府の政策を理解する。 ・ バイオマスからプラスチックの生産実例を理解し、その問題点等を理解する。
プログラム概要	バイオマス利用論 (発展)

モジュール名	バイオマス利用論 (発展)
学習内容	<p>バイオマス利活用に関する法律</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマス利用を取り巻く法体系 ・ バイオマス資源に関する主な法律(廃棄物の処理及び清掃に関する法律、食品リサイクル法、建設リサイクル法、家畜排せつ物の管理適正化及び利用の促進に関する法律) ・ バイオマス利用施設に関する法律 ・ バイオマス導入促進に関する法律 <p>バイオマス利活用に関する政策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ B T戦略、バイオマスニッポン ・ 各省庁の予算、政策、補助事業 <p>国内、海外の実例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 富良野プロジェクト、愛知万博での取り組み ・ カッセルプロジェクト <p>バイオマスからのプラスチックの生産の実例(微生物ポリエステル、ポリ乳酸、ポリブチレンスクシネートのモノマー、木質系バイオマスからのプラスチック生産)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 微生物ポリエステルの大豆油からの生産 ・ 生ゴミからのポリ乳酸の生産(九州工業大学 白井教授のプロジェクト) ・ 古々米からのポリ乳酸の生産(京都工芸繊維大学 木村教授のプロジェクト) ・ コリネ菌によるコハク酸の生産(RITE 湯川研究員のプロジェクト) ・ 木質バイオマスからの材料生産(京都大学 白石教授のプロジェクト、三重大学の船岡教授のプロジェクト) <p>バイオマスからのマテリアル生産のコスト計算</p>
教授ポイント	・ 座学中心

(1 4) 発酵経営学

項目	内容
技術区分	発酵生産
科目名称	発酵経営学
科目概要	バイオマスプラスチックを発酵生産した場合のコストを理解する。エネルギー収支、二酸化炭素排出量、廃棄物コスト、LCA 評価などを勘案して、競争力あるシステムを開発する知識を理解する。
参考図書	発酵工学の要素技術を網羅 「発酵工学の基礎 実験室から工場まで」P.F.Stanbury, A.Whitaker 著、石崎文彬訳、学会出版センター(1988) バイオマスの経済性について 「バイオマス 究極の代替エネルギー」湯川英明編著、化学工業日報社(2001)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> 設計された発酵システムを川上、川下の原料から、製品あるいは、廃棄コストまで勘案に入れた市場での競争力を客観的に評価し、工業生産としての製品化への判断基準を明らかにできる。 二酸化炭素排出量などを計算し、客観的な環境負荷を計算することができる。
プログラム概要	発酵経営学

モジュール名	発酵経営学
学習内容	発酵生産原料の購入コスト <ul style="list-style-type: none"> 原材料価格、輸送コスト 発酵生産によるバイオマスプラスチックのコスト・エネルギー計算 <ul style="list-style-type: none"> 各ステップでのコスト・エネルギー計算 コスト削減への手法 二酸化炭素排出量による検討 LCA 法、インベントリー解析によるプロセス全体の解析 <ul style="list-style-type: none"> 原料調整、発酵、分離、精製、製品化プロセスにおける解析 廃棄、回収リサイクルコストの試算 環境税(予定)への対応 環境に優しいイメージと販売戦略 安全管理 <ul style="list-style-type: none"> 安全マニュアルの制定 発酵工程における事故(停電、火災、爆発、漏洩)とその対応 製品不具合等に対する危機管理、クレームとその対応 環境報告書
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> 座学

(15) バイオマスプラスチック遺伝子工学 (基礎)

項目	内容
技術区分	遺伝子工学
科目名称	バイオマスプラスチック遺伝子工学 (基礎)
科目概要	バイオマスプラスチックを発酵生産する場合、その収率や効率を増大させることは、生産コストを下げるために重要な開発要素である。培養条件などで解決する発酵工学的な技術も重要であるが、微生物自身の生産性や効率を増加させるためには、その代謝系を改良する方法が有望視されている。その代謝系を改良する方法としては、遺伝子組換え技術を駆使しなければならない。対象とする微生物の遺伝子組換えを行うためには、その代謝経路に関わる酵素群の遺伝子の概要を理解し、その組換え法を理解する。
参考図書	遺伝子工学の教科書 「ワトソン 遺伝子の分子生物学」J.D.Watson 原著、松原謙一他訳、東京電機大学出版局(2001) 遺伝子工学の実験書 「遺伝子工学実験ノート」上下、田村隆明編、羊土社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチックに関わる生合成経路の酵素群の役割とその活性がバイオマスプラスチックの生産量にどのように影響するか予測でき、その遺伝子について、解析することができる。 ・ 必要な遺伝子を取り出し、遺伝子工学的手法で解析することができる。 ・ 目的とする酵素の遺伝子の遺伝子配列を解析でき、その役割を推測することができる。
プログラム概要	バイオマスプラスチック関連の代謝経路、酵素群 遺伝子工学基礎 バイオマスプラスチックに関する遺伝子工学 遺伝子工学実験法

モジュール名	バイオマスプラスチック関連の代謝経路、酵素群
学習内容	炭素源から、モノマーへの代謝経路とそれに関わる酵素群 <ul style="list-style-type: none"> ・ 安価な炭素源 (油脂等) から、アセチル CoA への代謝経路とその酵素群 ・ アセチル CoA から、3-ヒドロキシブチリル CoA への代謝経路とその酵素 ・ 上記酵素の遺伝子配列情報 ・ 安価な炭素源 (油脂等) から、モノマーへの直接代謝する経路とその酵素 ・ 生合成経路に影響を与える可能性がある代謝経路 モノマーから、バイオマスプラスチックまでの代謝経路とそれに関わる酵素群 <ul style="list-style-type: none"> ・ 生合成 (重合) 酵素の性質と遺伝子配列 (予想) バイオマスプラスチックの生分解に関わる酵素 <ul style="list-style-type: none"> ・ 菌体内生分解酵素とその性質 ・ 菌体内生分解酵素の遺伝子配列の決定法 ・ 菌体外生分解酵素とその性質 ・ 菌体外生分解酵素と遺伝子配列の決定法 ・ 各種の菌体外生分解酵素の遺伝子の相同性
教授ポイント	・ 座学 (この分野は、現在進行中であるので、できる限り新しい情報を網羅するように、最新情報を取り入れて学ぶ。)

モジュール名	遺伝子工学基礎
学習内容	核酸、DNA、酵素 <ul style="list-style-type: none"> ・ DNA による遺伝情報、遺伝コード 遺伝子解析 <ul style="list-style-type: none"> ・ 制限酵素、遺伝子解析方法 ・ DNA コドン、組換え DNA、組換えの分子的機構、大腸菌ベクターを利用した組換え ・ 組換えの仕組み ・ クローニングした遺伝子の再導入 ・ 組換え大腸菌による物質生産の実用例
教授ポイント	・ 座学

モジュール名	バイオマスプラスチックに関する遺伝子工学
学習内容	生合成経路に関わる酵素の遺伝子配列 <ul style="list-style-type: none"> ・ 判明している酵素の遺伝子配列 生分解経路に関わる酵素の遺伝子配列 <ul style="list-style-type: none"> ・ 判明している酵素の遺伝子配列 突然変異を利用した高収率菌株の取得 バイオマスプラスチック生合成の周辺代謝経路を遺伝子工学的に調節することによるモノマーの効率的生産

教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学 (田口精一 “バイオが演出するグリーンプラ”, 高分子, 53(11), 864-867(2004)の総説の参考文献をレビュー的に紹介。また、神奈川大学の斉藤教授の成果についても同様に紹介。最新情報を入れるようにする。) ・ モノマーの効率的生産については、地球環境研究所(RITE)の湯川研究員のコリネ菌によるコハク酸合成の成果及び S. Y. Lee et. al., “Fermentative Production of Chemicals That Can Be Used for Polymer Synthesis”, <i>Macromol. Biosci.</i>, 4, 157-164(2004)参照
--------	---

モジュール名	遺伝子工学実験法
学習内容	<p>組換えDNAの実験器具、装置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ チューブ、ピペッター、酵素反応用恒温水槽、微量遠心分離器、遠心濃縮器、ミキサー等 <p>DNA取扱</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一般的注意 ・ DNAの検出(紫外線分光、エチジウムブロマイド) ・ DNAの濃縮(エタノール沈殿) ・ 精製 <p>DNAを増やす</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大腸菌及びプラスミドの取扱 ・ 目的プラスミドの調整と ・ プラスミドの精製 ・ 大腸菌への形質転換 ・ 大腸菌による増殖 ・ ファージをもちいる方法、ファージからDNAを調整する方法 <p>酵素処理、サブクローニング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 制限酵素処理による遺伝子断片の生成 ・ サブクローニングの方法(インサートDNA, 末端構造、ライゲーション、形質転換) ・ 遺伝子ライブラリーの作成 <p>電気泳動</p>
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学(実習が望ましいが、実習の場合は、5モジュールあっても足りない。ビデオ等で概略を説明するのみで、実習は他のプログラムにて受講する必要がある。)

(16) バイオマスプラスチック遺伝子工学 (応用)

項目	内容
技術区分	遺伝子工学
科目名称	バイオマスプラスチック遺伝子工学 (応用)
科目概要	バイオマスプラスチックの発酵生産に係わる微生物の酵素群が解明されれば、その遺伝子を組換えて、ある種の酵素の活性を無くしたり、増大させることにより収率や効率を増加させることができる。また、酵素の基質特異性を変えることにより、今までに生産できなかったバイオマスプラスチックが生産できる可能性がある。また、将来的な技術として、普通の条件ではバイオマスプラスチックを生産しない酵母や植物などにバイオマスプラスチックを生産する酵素群を導入する事により、低コストでバイオマスプラスチックを生産する技術が期待されている。
参考図書	微生物ポリエステル の 進 化 工 学 を 利 用 し た 発 酵 生 産 の 改 良 「バイオが演出する“グリーンプラ”」(総説) 田口精一、高分子、53号、p864-867(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチックに関わる酵素の解析された遺伝子配列を検討し、生産コストを減少させるような改良を施すための手段を検討することができる。 ・ 遺伝子工学、タンパク質工学の手法を使用して、目的の遺伝子の組換えを行い、それを発現させることができる。 ・ 組換え微生物をもちいて、バイオマスプラスチックを生産することができる。 ・ 本来、バイオマスプラスチックを生産しない微生物、動物、植物、昆虫に生産させるよう目的遺伝子を導入し、その効果を検討することができる。
プログラム概要	遺伝子工学応用 バイオマスプラスチックにおけるタンパク質工学 遺伝子工学実験法2

モジュール名	遺伝子工学応用
学習内容	PCR法のしくみ 遺伝子ライブラリーとハイブリダイゼーション メタゲノム解析による目的微生物の探索 DNAマイクロアレー、チップ 真核細胞への遺伝子導入 植物への遺伝子導入
教授ポイント	・ 座学 (最新の遺伝子工学を紹介)

モジュール名	バイオマスプラスチックにおけるタンパク質工学
学習内容	生合成経路の酵素遺伝子を導入した大腸菌による、バイオマスプラスチックの生産 <ul style="list-style-type: none"> ・ 生合成経路の酵素群の遺伝子の 大腸菌への導入方法 進化工学的手法を取り入れたタンパク質工学 <ul style="list-style-type: none"> ・ サイト特異的変異を利用した微生物ポリエステルの重合酵素活性の増加による収量増加の方法 バイオマスプラスチックの合成酵素の発現数増加 バイオマスプラスチックの合成酵素の活性改良の実例及び予想される効果 突然変異によるランダムスクリーニングによる改良された酵素の遺伝子発現 形質転換した藻類によるバイオマスプラスチックの生産 (予想) 植物へのバイオマスプラスチックの合成経路に関わる酵素の導入・発現
教授ポイント	・ 座学 (理化学研究所 土肥・田口の研究成果を中心に紹介) 植物によるバイオマスプラスチックの生産に関しては、H. Nakashita et. al., "Molecular breeding of transgenic tobacco plants which accumulate polyhydroxyalkanoates", <i>RIKEN Review</i> , 42 , 67-70(2001)及び P. Saruul et. al., "Production of a Biodegradable Plastic Polymer, Poly- -Hydroxybutyrate, in Tansgenic Alfalfa, <i>Crop Sci.</i> , 42 , 919(2002)参照

モジュール名	遺伝子工学実験法 2
学習内容	<p>PCR法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ PCR法の原理 ・ プライマーのデザイン、耐熱性ポリメラーゼの選択 ・ PCR反応の実際 <p>DNAシーケンス</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ マクサム・ギルバート法 ・ サンガー法（ジデオキシ法） ・ オートシーケンサ ・ 外部委託 <p>プラスミドDNAによる大腸菌の形質転換 真核細胞への組換え遺伝子導入 植物の形質転換</p>
教授ポイント	<p>実習が望ましいが、短時間で実施するのは不可能。ビデオ等を使い、実験法の概略のみ座学で講義。</p>

(17) バイオマスプラスチック遺伝子工学 (発展)

項目	内容
技術区分	遺伝子工学
科目名称	バイオマスプラスチック遺伝子工学 (発展)
科目概要	バイオマスプラスチックの微生物による生産においては、バイオインフォマティクスの考え方は、まだ一般的とはいえない。それは、バイオマスプラスチックに関わる酵素群の解析が始まったばかりであるためである。しかしながら、近い将来、遺伝子配列のデータが蓄積されれば、バイオインフォマティクスの手法は大きなツールとなる可能性がある。例えば、バイオマスプラスチック合成に関わるDNAでDNAチップを作り、種々の遺伝子ソースから特定の遺伝子の相同性を解析し、新たなバイオマスプラスチック生産微生物を発見する技術も利用できる可能性がある。このための組換え技術、タンパク質工学、バイオインフォマティクスを理解する。加えて、組換え実験に関する安全管理について理解する。
参考図書	バイオインフォマティクスの入門書 「東京大学バイオインフォマティクス集中講義」、羊土社(2004) 実習内容も含まれる 「基礎と実習 バイオインフォマティクス」、郷通子編、共立出版(2004) DNAチップの実験書 「DNAチップ実験まるわかり」、佐々木博己他、羊土社(2004)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオインフォマティクスの概念を理解する。 ・ バイオインフォマティクスのバイオマスプラスチック生産の改善に貢献できる可能性を理解する。 ・ 遺伝子組換え菌の安全取扱、遺伝子組換え菌の規制に関する法律を理解する。
プログラム概要	バイオインフォマティクス及び遺伝子組換え菌安全管理技術及び遺伝子組換え菌安全管理技術

モジュール名	バイオインフォマティクス及び遺伝子組換え菌安全管理技術
学習内容	<p>バイオインフォマティクスとは</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 拡散配列解析、配列からの遺伝子領域の予測 ・ 生合成酵素、分解酵素の遺伝子配列のインフォマティクス ・ 遺伝子の相同性解析 ・ 市販ソフトによる日本 DNA データバンクを利用した解析 ・ 酵素等タンパク質の二次構造解析のためのインフォマティクス ・ バイオマスプラスチックの生合成に関わる酵素の遺伝子の相同性 ・ 相同性部分の機能 ・ DNAチップのしくみ ・ 遺伝病、悪性腫瘍診断への利用 ・ DNAチップの作り方 ・ DNAチップを利用した機能からの微生物検索法 ・ 遺伝子組換え安全管理技術 ・ 安全取扱、規制に関する法律、倫理及び安全管理規定策定
教授ポイント	<p>座学中心 (現在まで、バイオインフォマティクスをバイオマスプラスチックに応用した例は無い。チャレンジングで新たな展開が予想される分野。最新の他分野既存の技術を詳細に解説し、バイオマスプラスチック分野への応用を検討するための知識を学ぶ。)</p> <p>安全管理倫理規定は実例を示すことが望ましい。</p>

5 4 4 化学合成

(1) 化学合成 (基礎)

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	化学合成Ⅰ(基礎)
科目概要	<p>バイオマスプラスチックは、再生可能資源から合成される点に基本的な特色を持つ。複雑な組成物から発酵プロセスなどを経て一つの純粋な形で原材料が取り出された時、その後のプラスチック素材開発工程における単位操作は、基本的に石油由来の原料からの合成単位操作と同じであり、それらの組合せで行われる。</p> <p>化学合成プロセスにおいては、各種溶剤や化学薬品、高圧ガスを用いる場合も多く、バイオマスプラスチックの合成においては、再生可能資源の利用メリットを最大限に活かすために、環境および安全に配慮した原料合成プロセスが要求される。</p> <p>本科目では、バイオマスプラスチックの素材開発工程における特有の合成操作の前に、その基礎となる化学合成の基本的な単位操作について学ぶ。その際に要求される化学薬品の危険性に関する知識や機器類の安全な取り扱い、合成プロセスに関する基本的知識を習得し、それらの単位操作を組み合わせたモノマー合成プロセスに関する装置・操作のスキルを習得する。</p>
参考図書	<p>「有機合成実験法ハンドブック」有機合成化学協会編、丸善(1990)</p> <p>「第4版 実験化学講座 基本操作」日本化学会編、丸善(1992)</p> <p>「第4版 実験化学講座 有機合成」日本化学会編、丸善(1992)</p> <p>「ケミカルエンジニアリング」化学工学会監修、橋本健治編、培風館(1995)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>危険性を理解して、溶剤、危険物、毒物及び高圧ガスを安全に取り扱うことができる</p> <p>単位操作で扱う各種機器類を適正に操作し、各単位操作(加熱・冷却、減圧・加圧、攪拌混合、粉碎、乾燥、再結晶、ろ過・抽出)を実施できる</p> <p>単位操作の組合せによる合成実験システムを構築できる</p> <p>ベンチスケール合成とプラントスケール製造との相違点を理解できる</p> <p>モノマー合成に必要な単位操作のための装置類を組み立てて、適正な操作手順を構築できる</p>
プログラム概要	<p>化学薬品および機器類の取り扱い</p> <p>合成単位操作</p> <p>化学合成(基礎)</p>

モジュール名	化学薬品および機器類の取り扱い
学習内容	<p>化学薬品および高圧ガスの危険性に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・危険物の種類とその特性 ・毒劇物の種類とその取り扱い ・溶剤の特性と安全な取り扱い ・高圧ガスの種類とその取り扱い ・PRTRの遵守 ・MSDSの有効利用 <p>機器類の概要と取り扱い上の注意点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学反応容器 ・加熱・冷却用機器類 ・減圧・加圧用機器類 ・攪拌混合用機器類 ・粉碎混合用機器類 ・乾燥機器類
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 化学合成を行う上で関係してくる法律・規制などを列記させる。</p> <p>演習： 加熱・冷却機器および減圧・加熱機器の取り扱いの際の注意点を、具体的な機器名を挙げて説明させる。</p>

モジュール名	合成単位操作
学習内容	単位操作の知識（装置概要と注意点） <ul style="list-style-type: none"> ・混合攪拌操作 ・加熱操作 ・冷却操作 ・加圧・減圧操作 ・乾燥操作 ・蒸留操作 ・再結晶操作 ・ろ過・抽出操作 単位合成装置と合成実験システムの知識 <ul style="list-style-type: none"> ・単位操作の組み合わせによるシステム化 共沸脱水反応装置、減圧蒸留装置による分留、減圧ろ過装置、ソックスレー抽出装置、加熱溶解・冷却再結晶・ろ過乾燥プロセス用装置
教授ポイント	座学と演習 演習： 低沸点溶剤に溶解した高沸点生成物の減圧蒸留精製プロセスにおける温度-圧力条件の設定方法を記述させる。 演習： 指定した生成物の有機溶剤溶液（生成物の融点と溶剤の沸点データを提示）を、エバポレーターを用いて減圧濃縮し、さらに真空乾燥器を用いて真空加熱乾燥を行う装置図とプロセスを図示させる。

モジュール名	化学合成（基礎）
学習内容	反応装置とその特性 <ul style="list-style-type: none"> ・ベンチスケールでの合成例による合成実験の概要 ・プラントスケールでの合成例によるスケールアップの概要 ・回分反応装置の特徴 ・連続反応装置の特徴 ・蒸留塔の特徴 モノマー合成操作の実際（ビデオによる学習） <ul style="list-style-type: none"> ・乳酸からラクチド合成を例にして ・アミノ酸から NCA の合成を例にして
教授ポイント	座学と演習 演習： ベンチスケール実験とプラント製造の違いについて列挙させ、スケールアップに伴う留意点について記述させる。 演習： L,L-ラクチドの再結晶から減圧乾燥精製に至るまでに使用する試薬、器具名称、操作手順、および留意点について列挙させる。

(2) 化学合成 (応用)

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	化学合成Ⅰ(応用)
科目概要	<p>バイオマスプラスチックの素材開発には有機合成のスキルが不可欠である。バイオマスを発酵法や熱分解反応などの手段によって一次原料へと変換した後、プラスチック合成のためのモノマー原料へと変換するプロセスは、既存の石油・石炭からの膨大な有機反応の手段が利用される。これら既存の手段を使って有機合成プロセスをデザインし、適切な装置を組み立て、目的とするバイオマスプラスチック原料を合理的に合成するには、単位操作の背景にある理論的・技術的なスキルが必要である。</p> <p>本科目では、素材開発のプロセスデザインのための反応論と速度論のほか、合成操作に不可欠な反応モニタリング法についてその概要を把握し、合成プロセスにおいて適切なモニタリングを実施して、より効率的に目的物質を合成する技術を習得する。さらに、実際の製造現場において遵守すべき化学薬品管理や関連法規について学び、安全にかつ合理的に化学合成を行うためのスキルを習得する。</p>
参考図書	<p>「有機合成実験法ハンドブック」有機合成化学協会編、丸善(1990)</p> <p>「第4版 実験化学講座 有機合成」日本化学会編、丸善(1992)</p> <p>「第4版 実験化学講座 NMR」日本化学会編、丸善(1992)</p> <p>「第4版 実験化学講座 分光」日本化学会編、丸善(1992)</p> <p>「化学反応の速度論的研究法-機構論との関係において」鍵谷 勤、化学同人(1970)</p> <p>「危険物の保安管理 一般編」消防庁危険物規制課監修、全国危険物安全協会(各年)</p> <p>「高圧ガス保安技術」高圧ガス保安協会編 (1987)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>バイオマス由来の化学素原料から、モノマーへの合成プロセスの概要を理解できる</p> <p>モノマー合成反応を定性的・定量的に追跡するためのモニタリング方法を理解し、これを実施することができる</p> <p>モノマー合成に際し使用する危険な化学薬品等について、それらの管理方法および関連法規を理解し、それらを安全に管理・利用することができる</p>
プログラム概要	<p>化学合成 (応用)</p> <p>合成反応モニタリング</p> <p>化学合成管理 (応用)</p>

モジュール名	化学合成 (応用)
学習内容	<p>モノマー合成用原料と反応触媒</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モノマー合成用原料の概要 ・ラクトン類の合成と触媒 ・糖モノマー類の合成と触媒 ・-アミノ酸-N-カルボン酸無水物(NCA)の合成とホスゲン誘導体の取り扱い <p>反応機構および反応速度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジオール、ジカルボン酸の合成反応 ・ラクトン類の合成反応 ・糖モノマー類の合成反応 位置選択性、置換度 ・-アミノ酸-N-カルボン酸無水物(NCA)の合成反応
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： ラクチドを合成する際の原料、反応、触媒、反応条件について記述させる。</p> <p>演習： NCAの合成に際して使用する原料とそれらの取り扱いについて記述させる。</p>

モジュール名	合成反応モニタリング
学習内容	<p>モノマー合成反応モニタリングの概略</p> <ul style="list-style-type: none"> ・反応モニタリングの概略と適用範囲 ・NMR、FT-IR、UV、TLC、GC、HPLCなどによるモニタリング法の概要 <p>反応モニタリングの実際</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NMR法 ・薄層クロマトグラフ法 ・ガスクロマトグラフ法 ・高速液体クロマトグラフ法 ・GC/MS法 ・LC/MS法 他
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 各種反応モニタリング方法について、その長所と短所を記述させる。</p> <p>演習： 与えられた合成反応に対して、最も適当な反応モニタリング方法を選択し、その理由とモニタリング方法を記述させる。</p>

モジュール名	化学合成管理（応用）
学習内容	化学薬品等の管理 ・ 高圧ガスの種類とその危険性 高圧ガスと圧力容器 ・ 危険物の種類と指定数量 混合危険性、管理区域、管理方法 など ・ 発がん性の危険性指標 製造に係る関連法規 ・ 高圧ガス関連法規 ・ 危険物関連法規 ・ 毒劇物関連法規類 ・ 有機溶剤関連法規 ・ 労働安全衛生関連法規 他
教授ポイント	座学と演習 演習： インターネットを用いて、化学薬品の発がん性などの危険性指標に関する情報を調べさせる。 演習： 与えられた化学薬品に適用される関連法規を挙げ、適用内容を簡単に記述させる。

（３）化学合成（基礎）

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	化学合成 II（基礎）
科目概要	<p>バイオマスプラスチックは、再生可能資源から合成される高分子材料である。発酵合成あるいは化学合成によって合成されたモノマーからの高分子合成は、通常の石油由来の化学物質からの合成プロセスと基本的に同じである。高分子合成反応は、有機合成反応の繰り返しと高分子合成独自の反応、およびそれらの組合せで進行するが、高分子性を発現するには相当の分子量を有することが求められる。さらに、分子量のほか高分子の特性を決定する因子として分子量分布、共重合組成、立体規則性、枝分かれ構造、架橋構造などがある。これらの高分子特性を左右する因子を制御するのが高分子合成独自の反応特性である。</p> <p>本科目では、バイオマスプラスチックの素材開発工程に特有の合成操作の前に、その基礎となる高分子合成の基本操作について理解を深める。まず、重合反応の概要を知り、高分子合成プロセスにおいて必要な特定の材料、技術、反応について具体的に理解する。次に、各高分子合成プロセスの詳細と、それらを組み合わせる共重合について学び、高分子特有の複雑な構造が生まれる仕組みについて理解する。各論に移り、はじめにモノマー、開始剤という高分子合成に不可欠な材料の取り扱いについてその詳細を学び、重合を行うに際しての材料選択とその精製度合いが実際の重合に非常に大きな影響力を持っていることを理解する。さらに実際の知見を習得するために、重合実験装置および重合単位操作について、その特徴と機能について学び、実際の演習を通して知識の再確認とその応用について経験する。</p> <p>これらを学ぶことにより、高分子合成の基礎に関する全般的知識・技術の概要を習得する。</p>
参考図書	<p>「新高分子化学序論」伊勢典夫、今西幸男、川端季雄、砂本順三、東村敏延、山川裕巳、山本雅英、化学同人（１９９５）</p> <p>「高分子科学の基礎 第２版」高分子学会編、東京化学同人（１９９４）</p> <p>「高分子化学入門」蒲池幹治、エヌティーエス（２００３）</p> <p>「高分子合成化学」井上祥平、裳華房（１９９６）</p> <p>「高分子合成の実験法」大津隆行、木下雅悦、化学同人（１９７２）</p>
学習目標（スキル項目）	<p>モノマー構造からその重合反応特性を推定することができる</p> <p>モノマーの反応性を特徴付ける二つの因子：Q値とe値が理解できる</p> <p>高分子を合成する二つの方法：連鎖重合反応と逐次重合反応の代表的プロセスを理解できる</p> <p>共重合体の種類：ランダム、交互、ブロック、グラフト共重合体の構造と特性を理解できる</p> <p>モノマー共重合性比：r_1とr_2を求めることができる</p> <p>モノマー中の添加剤の種類とその機能、およびそれらの除去によるモノマー精製ができる</p> <p>重合開始剤の種類とその反応特性を理解できる</p> <p>重合実験装置の種類と特性を理解し、それらのシステムを組み立てることができる</p> <p>重合単位操作を理解し、汎用的な重合実験手順を計画することができる</p>
プログラム概要	<p>高分子合成（基礎）</p> <p>モノマーと開始剤</p> <p>重合装置と重合単位操作</p>

モジュール名	高分子合成（基礎）
学習内容	<p>重合反応に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> モノマー構造と反応特性 <ul style="list-style-type: none"> ビニルモノマーの反応性を特徴付ける二つの因子：Q値とe値 ビニルモノマーの単独重合性に着目した7群分類 開環重合モノマー：環の歪エネルギーの効果 高分子を合成する二つの方法：連鎖重合反応と逐次重合反応 <ul style="list-style-type: none"> 逐次重合の代表的な方法：重縮合、重付加、付加縮合 連鎖重合の代表的な方法：付加重合（ラジカル重合、イオン重合、開環重合） <p>共重合に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ランダム、交互、ブロック、グラフト共重合体 共重合性比と共重合組成曲線：共重合性比 r_1 と r_2 共重合体の合成法 <ul style="list-style-type: none"> ブロック共重合体 グラフト共重合体
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：モノマーのQ、e値と重合特性との関係について設問し、モノマーを分類させる。</p> <p>演習：異なる r_1、r_2 値に対応する共重合体組成曲線を図示させる。</p>

モジュール名	モノマーと開始剤
学習内容	<p>モノマー添加剤とモノマー精製</p> <ul style="list-style-type: none"> モノマー中の添加剤の種類と機能 <ul style="list-style-type: none"> 重合禁止剤、重合抑制剤、安定化剤 他 モノマー精製の一般的な方法 <ul style="list-style-type: none"> モノマーから重合禁止剤や抑制剤を除く方法の実例 <p>モノマーの精製度と重合性との関係</p> <ul style="list-style-type: none"> モノマー中の不純物の種類と量の確認 モノマー中の不純物の重合性への影響 <p>開始剤の種類とその機能</p> <ul style="list-style-type: none"> フリーラジカル重合開始剤の特性 <ul style="list-style-type: none"> カチオン重合開始剤の特性 アニオン重合開始剤の特性
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：提示したモノマーの予想される添加剤の種類とその適切な精製方法を記述させる。</p> <p>演習：フリーラジカル重合における重合温度、開始剤濃度、溶剤の変化に対応する生成ポリマーの分子量の変化について記述させる。</p>

モジュール名	重合装置と重合単位操作
学習内容	<p>重合実験装置に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> 真空・窒素置換ライン 減圧～常圧反応装置 加圧反応装置 <p>重合単位操作に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> 汎用重合方法（ビデオにて実例を示す） <ul style="list-style-type: none"> バルク重合、乳化重合、懸濁重合 各種重合方法の特性 重合方法と重合度および転化率との関係
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：与えられた重合法に応じて、適当な重合実験装置を選択し、重合実験システムをデザインさせる。</p> <p>演習：与えられた各種重合方法に対応した生成ポリマーの分子量の変化を図解させる。</p>

(4) 化学合成 (応用)

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	化学合成 II (応用)
科目概要	<p>バイオマスプラスチックの合成には通常の石油由来のモノマーからの高分子合成技術が応用される。近年の高分子技術の進展は著しく、デザインしたものをその通りに合成するテララーメードな高分子合成技術が次々と開発され、様々な合成アプローチが可能となってきた。バイオマスプラスチックにも物性制御の要望が高まりつつあり、今後さらに要求されてくることが予測される。このような状況において、再生可能資源由来というアドバンテージを保持しつつ新たな高分子材料分野を構築するためには、石油由来のモノマーからの高分子合成技術の進展を有効に取り入れることが必要である。従って、重合プロセスをデザインし、適切な装置を組み立て、目的とする一次構造のバイオマスプラスチックを合理的な条件で合成するには、重合プロセスの理論的・技術的なスキルが要求される。とりわけ、高付加価値な材料への応用には、特別な精密重合技術が利用される。</p> <p>本科目では、重合プロセスに関するより深い理解を得るために、基本となる重合動力学と一般化しつつある精密重合技術について学ぶ。まず、重合動力学の理論的な取り扱いを学び、平衡重合理論などを応用した高分子合成技術などを理解する。次に、リビング重合や立体特異性重合などのテララーメードな重合方法の特性を学ぶ。さらに、実際のプラント装置を用いた樹脂製造プロセスを学び、ベンチスケール実験装置でのテララーメードなポリマーの重合技術との相違点を明確にする。</p> <p>これらを学ぶことにより、現状の高分子合成技術の理解と今後の高分子材料に期待される高性能・高機能特性を顕現させる精密重合技術を習得する。</p>
参考図書	<p>「新高分子化学序論」伊勢典夫、今西幸男、川端季雄、砂本順三、東村敏延、山川裕巳、山本雅英、化学同人 (1995)</p> <p>「高分子科学の基礎 第2版」高分子学会編、東京化学同人 (1994)</p> <p>「高分子の合成と反応」高分子学会編、共立出版 (1991)</p> <p>「高分子の精密合成と高次構造制御」高分子学会編、エヌティーエス (2004)</p> <p>「重合プロセス技術 -ポリオレフィン」曾我和雄ほか、大日本図書 (1994)</p> <p>「重合反応装置の基礎と解析」村上泰弘、培風館 (1976)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>重合動力学の理論的取り扱いを理解し、分子量と分子量分布の高度な制御ができる</p> <p>開環重合により合成されるポリエステル等の分子量を制御するための平衡重合に関する理論的取り扱いを理解できる</p> <p>リビング重合および立体特異性重合の特性と重合方法を理解し、高度に制御されたテララーメードなポリマーの合成デザインができる</p> <p>ベンチワークからプラント製造に至る重合装置の概要を把握し、適正な重合装置を利用して重合試験を計画することができる</p> <p>典型的なポリマー製造方法を理解し、必要な重合方法を選択してバイオマスプラスチックの合成に応用することができる</p>
プログラム概要	<p>高分子合成 (応用)</p> <p>重合方法の実際</p>

モジュール名	高分子合成 (応用)
学習内容	<p>重合動力学</p> <ul style="list-style-type: none"> 分子量および分子量分布の理論的取り扱い <ul style="list-style-type: none"> 重縮合、重付加、付加重合 開環重合と平衡重合理論 <ul style="list-style-type: none"> 固相重合による平衡の移動 リビング重合による分子量および分子量分布制御 <ul style="list-style-type: none"> リビング重合の定義 リビング重合の種類 リビング重合用触媒 <ul style="list-style-type: none"> アルミニウム系、スズ系、その他 リビング重合の動力学 <ul style="list-style-type: none"> リビング重合における分子量分布の理論的取り扱い 立体特異性重合による立体構造制御 <ul style="list-style-type: none"> 触媒による立体特異性重合 テンプレート重合による立体特異性重合
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 与えられた重合反応データから、平衡重合における平衡モノマー濃度の計算をさせる</p> <p>演習： 各種リビング重合方法の特性について記述させる</p>

モジュール名	重合方法の実際
学習内容	<p>ベンチスケール/プラント重合装置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バルク重合装置 ・溶液重合装置 ・溶媒懸濁重合装置 ・乳化重合装置 ・バッチ式重合装置 ・連続式重合装置 <p>各種重合方法の実際</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バルク重合（高圧法ポリエチレン合成を例にして） ・溶液重合（高圧法ポリエチレン合成を例にして） ・懸濁重合（ポリ塩化ビニルの合成を例にして） ・乳化重合（ラテックスの合成を例にして） ・気相重合（ポリプロピレンの重合を例にして） ・光硬化（塗料を例にして） ・放射線重合・架橋（ポリアミノ酸、ポリカプロラク톤の架橋を例にして）
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 各種重合方法の特性を比較し表にあらわす。</p> <p>演習： 各種重合装置の特性を比較し表にあらわす</p>

(5) 化学合成 (基礎)

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	化学合成 III (基礎)
科目概要	<p>バイオマスプラスチックは再生可能資源から合成されるカーボンニュートラルな材料である。希薄に拡散した炭酸ガスは農地において農作物という形で固定化される。あるいは、動植物によって天然のバイオマスとして地球上に広く分布した形で固定化される。これらのバイオマスから有効な原料を効率的に収集し、資源化することがバイオマスプラスチックの合成プロセスである。一般的に、バイオマスプラスチックは、比較的豊富に存在するバイオマスの基本的な化学構造によってその合成プロセス、ポリマー構造、およびプロダクトの物性が決定される。</p> <p>バイオマスプラスチックの合成は、通常の石油由来の原料からのプラスチックの合成技術の範疇で取り扱うことが可能である。しかしながら、バイオマスプラスチック特有の物性を効果的に発現させるために、各バイオマスプラスチック固有の高分子合成手段が組み込まれている。</p> <p>本科目では、代表的な幾つかのバイオマスプラスチックを例にとり、それらのバイオマス原料探索から、個々のプラスチックの合成プロセスについての基本的な知識と技術を学ぶ。さらにそれらの基本物性からの改質可能範囲についての方法論を学び、バイオマスプラスチック開発のための基礎技術を習得する。</p> <p>具体的には、まず、バイオマス原料および誘導体の種類と量に関して現状を把握し、次に、代表的なバイオマスプラスチックの合成法についてその概要を学ぶ。最後に、各バイオマスプラスチックの物理的性質とそれらの改質方法について学ぶ。</p> <p>以上の講義と演習を通して、バイオマス原料からバイオマスプラスチックを合成する基本的知識と技術を習得する。</p>
参考図書	<p>「バイオマス・エネルギー・環境」坂 志朗 編著、アイピーシー (2001)</p> <p>「バイオマスハンドブック」社団法人日本エネルギー学会編、オーム社 (2002)</p> <p>「バイオマスプラスチックのすべて」白石信夫、谷吉樹、工藤謙一、福田和彦 編著、工業調査会 (1992)</p> <p>「生分解性プラスチックハンドブック」生分解性プラスチック研究会編、エヌティーエス (1995)</p> <p>「生分解性プラスチックの実際技術」シーエムシー (1992)</p> <p>「ポリマーアロイ 基礎と応用」高分子学会編、東京化学同人 (1981)</p> <p>「高分子と複合材料の力学的性質」Nielsen、小野木重治訳、化学同人 (1978)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>再生可能資源の種類とそれらの蓄積量を把握し、さらにそれらから誘導されるバイオマスプラスチック素原料の種類を理解できる</p> <p>与えられたバイオマスプラスチック原料から適切な合成方法と重合触媒を選択し、バイオマスプラスチックを合成するプロセスをデザインできる</p> <p>代表的なバイオマスプラスチックの基本的な物理特性を理解できる</p> <p>バイオマスプラスチックの物性改良のために、適切な手段を選択し、その物性改良を実施できる</p>
プログラム概要	<p>再生可能資源と誘導体</p> <p>バイオマスプラスチックの合成 (基礎)</p> <p>物性改良の合成的方法 (基礎)</p>

モジュール名	再生可能資源と誘導体
学習内容	<p>再生可能資源の種類と蓄積量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・澱粉、セルロース、タンパク質、脂質、リグニン、キチン 他 ・蓄積量とその分布状況 <p>再生可能資源から誘導される化学原料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・澱粉 : グルコース、オリゴ糖類、エタノール、酢酸 他 ・セルロース : グルコース、エタノール、酢酸、セロピオース 他 ・タンパク質 : アミノ酸 NCA ・脂質 : 有機酸、グリセリン ・リグニン : リグノフェノール ・キチン : キトサン
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：蓄積量の多いバイオマスの種類について列挙させる。</p> <p>演習：セルロースから誘導される化学原料を列挙させる。</p>

モジュール名	バイオマスプラスチックの合成（基礎）
学習内容	<p>代表的なバイオマスプラスチックの合成方法の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリ乳酸の合成方法（ビデオにて合成の実際を学習） <ul style="list-style-type: none"> 開環重合法 直接重縮合法 ・ポリヒドロキシアルカノエート（PHA）の合成法 <ul style="list-style-type: none"> -ラクトンの開環重合法 ・ポリ琥珀酸エステル類の合成法 <ul style="list-style-type: none"> 重縮合法 ・セルロースエステルの合成法 ・キトサン系材料の合成法 ・ポリアミノ酸の合成法 <ul style="list-style-type: none"> NCAの開環脱離重合 <p>バイオマスプラスチックの合成に特有な重合触媒</p> <ul style="list-style-type: none"> ・酵素重合触媒 ・非金属系重合触媒
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 開環重合と直接重縮合の相違点について記述させる</p> <p>演習： ポリ琥珀酸エステルの合成に用いられる方法について、その特徴を記述させる。</p>

モジュール名	物性改良の合成的方法（基礎）
学習内容	<p>高分子添加剤とポリマーブレンドによる物性改良の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フィラー、安定化剤、加工助剤、ブレンド <p>ポリ乳酸の基本的な物理的性質とその物性改良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開環重合法と直接重合法によるポリマーの物理的性質の違い ・光学純度の変化に伴う結晶性、熱的性質の変化 ・共重合に伴うT_mの変化 <p>ポリ琥珀酸エステル類の基本的な物理的性質とその物性改良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリ琥珀酸ブチルエステル、ポリ琥珀酸エチルエステル ・共重合組成の変化にともなう熱的・機械的性質の変化 <p>セルロースエステル類の基本的な物理的性質とその物性改良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・置換度と物理的性質および生分解性との関係 <p>キチン・キトサン類の基本的な物理的性質とその物性改良</p> <p>ポリヒドロキシアルカノエートの基本的な物理的性質とその物性改良</p> <ul style="list-style-type: none"> ・共重合に伴う物理的性質の変化
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 共重合に伴う物性の変化とその理由について記述させる。</p>

(6) 化学合成 (応用)

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	化学合成 III (応用)
科目概要	<p>バイオマスの主要成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどであるが、セルロースからグルコースを得、次にアルコール発酵によってエタノールへと変換、さらに脱水によってエチレンに変換することで、化石資源由来の合成高分子の殆どがバイオマスから合成可能である。しかしながら、現状のバイオマスプラスチックは、比較的豊富に存在するバイオマスから経済的に有効な手段によって合成されるため、素原料の種類・化学構造によって合成プロセスやプロダクトの物性が大枠で規定されている。しかしながら、近年の合成技術、ブレンド技術、加工技術の進展は、この大枠を拡大あるいは逸脱させるような状況を各所に生み出しつつある。具体的には、重合触媒技術による立体特異性ポリマーの合成やブレンド技術によるフィルム成型体の柔軟性制御、特殊な核剤やフィラー充填による機械的性質の向上などの展開が図られている。</p> <p>本科目では、再生可能資源由来の化学素原料および誘導品の展開概要を把握し、個々のバイオマスプラスチックに特有な合成プロセスおよび大枠で規定された物性の改良についての技術展開とその方向性について学ぶ。具体的には、まず、再生可能資源由来の個々の化学素原料からの誘導品展開の現状について学び、次に、それらの化学素原料および誘導品からのバイオマスプラスチック合成に関する様々の技術的進展を理解する。最後に、バイオマスプラスチックの限定された物理的性質を改善・改質していくためのアプローチについて理解を深める。</p> <p>以上を通して、バイオマスプラスチックの合成および物性改良に関する知識と技術を習得する。</p>
参考図書	<p>「バイオマス・エネルギー・環境」坂 志朗 編著、アイピーシー (2001)</p> <p>「バイオマスハンドブック」社団法人日本エネルギー学会編、オーム社 (2002)</p> <p>「生分解性プラスチックハンドブック」生分解性プラスチック研究会編、エヌティーエス (1995)</p> <p>「ポリ乳酸 -医療・製剤・環境のために-」辻秀人、筏義人共著、高分子刊行会 (1997)</p> <p>「生分解性プラスチックの実際技術」シーエムシー (1992)</p> <p>「高分子添加剤の新展開」日本化学会、高分子学会編、日刊工業新聞社 (1998)</p> <p>「ポリマーアロイ 基礎と応用」高分子学会編、東京化学同人 (1981)</p> <p>「高分子と複合材料の力学的性質」Nielsen、小野木重治訳、化学同人 (1978)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>再生可能資源由来の化学素原料からの誘導品展開についてその概要を把握し、有効な素原料および二次変換原料を選択することができる</p> <p>バイオマスプラスチックの重合技術の進展状況を理解し、要求される物性に応じたバイオマスプラスチックの合成方法をデザインできる</p> <p>バイオマスプラスチックの物性改良の進展状況を把握し、必要に応じた物性改良の手段を選択し実施することができる。</p> <p>バイオマスプラスチックの現状の可能性と限界を理解し、これを改善していくことができる</p>
プログラム概要	<p>再生可能資源誘導体の合成</p> <p>バイオマスプラスチックの合成 (応用)</p> <p>物性改良の合成的方法 (応用)</p>

モジュール名	再生可能資源誘導体の合成
学習内容	<p>再生可能資源由来の化学素原料からの誘導品展開</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セルロースからグルコースへの変換 <ul style="list-style-type: none"> 超・亜臨界水による選択的変換 グルコースからのエタノール等への変換 ・発酵エタノールからの誘導化学品展開 <ul style="list-style-type: none"> エチレンへの変換および他の化学原料への変換 ・発酵乳酸からの誘導化学品展開 <ul style="list-style-type: none"> ラクチドへの変換 ・セルロースのアセチル化とその特性変化 <ul style="list-style-type: none"> アセチル基置換度の効果 ・リグニンからの誘導化学品展開 <ul style="list-style-type: none"> 水素化分解、酸化、硫化ソーダ処理などによる化学原料への変換 リグノフェノールへの変換
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：セルロース及びリグニンから誘導可能な化学原料と石油由来の化学原料との比較を行い、バイオマスの展開範囲について記述させる。</p>

モジュール名	バイオマスプラスチックの合成（応用）
学習内容	<p>バイオマスプラスチックの重合方法と触媒の技術展開</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリ乳酸の合成方法 <ul style="list-style-type: none"> 固相重合による平衡制御 直接重縮合と触媒 超臨界流体中での重合 ステレオブロックコポリマー合成のための新しい重合触媒 ・ポリ琥珀酸エステル類の合成法と鎖延長方法 <ul style="list-style-type: none"> 脱水・脱アルコール重縮合 開環交互共重合 鎖延長方法 ・多糖ポリマーの合成法 <ul style="list-style-type: none"> 酵素による糖モノマーの位置選択的合成とその重合 ・酵素触媒重合法 <ul style="list-style-type: none"> 酵素の種類と重合特性
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： バイオマスプラスチックの特性とその特性を有効に発揮する特有の重合方法について記述させる。</p>

モジュール名	物性改良の合成的方法（応用）
学習内容	<p>バイオマスプラスチックの物性改良法の展開</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリ乳酸 <ul style="list-style-type: none"> ブレンドによる物性の改良 有機繊維（ケナフ）強化材料による物性改良 モンモリロナイトとのナノコンポジットによる物性改良 結晶核剤による結晶化速度の改良 各種可塑剤（リグノフェノール類など）による柔軟化 水酸化物系難燃剤による難燃化 ・ポリ琥珀酸エステル類 <ul style="list-style-type: none"> ポリ乳酸とのブレンドによる機械的性質の制御 アジピン酸の共重合による物理的性質と生分解性の制御 ・セルロースエステル類 <ul style="list-style-type: none"> 各種グリセリンエステル類とのブレンドによる可塑化 ・ポリヒドロキシアルカノエート <ul style="list-style-type: none"> 一次構造制御およびブレンドによる物性制御 <p>物性改良と資源循環特性との関係</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生分解性との関係 ・リサイクル性との関係
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： バイオマスプラスチックの物性の利点と問題点を列記させ、問題点の改良に有効な改質手段について記述させる。</p>

(7) 経済性評価

項目	内容
技術区分	化学合成
科目名称	経済性評価
科目概要	<p>バイオマスプラスチックは、その用途に応じて、比較的少量の生産から大規模生産に至る幅広い生産規模が想定される。大規模生産を想定する際、その製造に係るコストの計算は不可欠である。バイオマスプラスチックの合成プロセスにおいて、化学素原料からの合成プロセスが、石油化学系合成プロセスと同等に取り扱われる場合、その合成プロセスに要するエネルギーやプラント建設、要員、管理費などの経費は、基本的に同じものとして計算することができる。</p> <p>本科目では、バイオマスプラスチックの製造プロセスに係る基本的なプラントプロセスフローとそのエネルギーおよびコスト計算の考え方について学ぶ。ここで、バイオマスから発酵合成によって得られる化学素原料の生産コストに関しては、各化学素原料自体の価格の中に含まれた形で取り扱われる。次に、現状のバイオマスプラスチックを例にして、コスト計算の実例を学ぶ。これらを通して、バイオマスプラスチックの工業的生産における経済性評価に関する知識・技術を習得する。</p>
参考図書	<p>「重合プロセス技術 -ポリオレフィン」曾我和雄ほか、大日本図書（1994）</p> <p>「重合反応装置の基礎と解析」村上泰弘、培風館（1976）</p> <p>「ケミカルエンジニアリング」化学工学会監修、橋本健治編、培風館（1995）</p> <p>「生分解性プラスチックのコスト試算と経済性分析」原田哲彌、インターリサーチ（1993）</p> <p>「生分解性プラスチックの実際技術」シーエムシー（1992）</p>
学習目標 （スキル項目）	<p>化学合成プラントのプロセスフローシートを理解することができる</p> <p>プラント生産に係る概略的なエネルギーおよびコスト計算ができる</p> <p>化学合成系バイオマスプラスチックのプラント生産における特性が理解できる</p>
プログラム概要	化学合成管理（発展）

モジュール名	化学合成管理（発展）
学習内容	<p>プラント生産のプロセスフロー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロセスフローシートの見方 <p>プラント生産に係るエネルギーおよびコスト計算</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー計算 <ul style="list-style-type: none"> スチーム、電力 他 ・コスト計算 <ul style="list-style-type: none"> 変動費 <ul style="list-style-type: none"> 原料費、用役費 固定費 <ul style="list-style-type: none"> 労務費、管理費、金利、補修費、減価償却 他 ROI、販売費 <p>化学合成系バイオマスプラスチックのプラント生産におけるコスト試算の比較</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリ乳酸のプロセスフローダイアグラムと製造原価 ・ポリ琥珀酸エステルのプロセスフローダイアグラムと製造原価 ・澱粉ブレンド体のプロセスフローダイアグラムと製造原価 ・他
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 与えられた製造プラント投資額、原材料費、用役費、固定費などのデータから製造原価を計算させる。また、この計算結果に基づいて、製造原価と生産量との関係について記述させる。</p>

5 4 5 リサイクル

(1) リサイクル(基礎)

項目	内容
技術区分	リサイクル
科目名称	リサイクル(基礎)
科目概要	<p>2000年5月に循環型社会形成推進基本法、さらに関連リサイクル法が制定施行され、現在わが国は循環型社会システムの構築に向けてダイナミックに変化しつつある。このような循環型社会形成に向けた急速な動きの中で、プラスチック材料のリサイクルは不可避の状況となってきた。</p> <p>バイオマスプラスチックは再生可能資源から合成されるカーボンニュートラルな材料である。従って、焼却による炭酸ガス放出に対して一定の補償を有する素材であるが、循環型社会の構築の流れは現在の趨勢であり、バイオマスプラスチックにも社会システムの基盤整備への適合性が求められる。このような状況の中、幸いにもバイオマスプラスチックの多くは石油由来のプラスチックに比べて、リサイクル性に優れるという特性を有している。</p> <p>本科目では、現状のプラスチックリサイクル技術進展の把握とバイオマスプラスチックの優れたリサイクル特性を理解し、そのリサイクル技術の基礎について学ぶ。本科目ではまず、ダイナミックに変化しつつあるリサイクルの動きの方向性と到達点を推測するために、日本におけるリサイクルの定量的に捉えることを目標とする。そのために、循環型社会形成推進基本法とリサイクル関連法の現状を学ぶ。次に、リサイクル技術の概略を理解するために、技術の分類と個別のリサイクル技術の特性やリサイクルのための装置などの状況を把握する。続いて、これからのリサイクル技術として注目されているケミカルリサイクルを理解するために、分解の化学反応を学びリサイクルの本質的な意味を理解する。さらにケミカルリサイクル技術の進展状況と実用化技術の詳細を学び、その可能性について把握する。最後に、バイオマスプラスチックとリサイクルとの関係を学び、循環型社会形成の急速な動きの中でのバイオマスプラスチックの将来的位置づけとそのリサイクル特性に基づく寄与について理解を深める。</p> <p>以上を通して、プラスチックリサイクルに関する基本的な状況変化とバイオマスプラスチックの関与に関する知識と技術を習得する。</p>
参考図書	<p>「プラスチックリサイクルの基礎知識 2003」社団法人プラスチック処理促進協会(2003)</p> <p>「プラスチックリサイクルの基本と応用」大柳康監修、シーエムシー出版(2003)</p> <p>「プラスチックスエージ 臨時増刊号」プラスチックス・エージ、49巻(2003); 50巻(2004)</p> <p>「よくわかるプラスチックリサイクル」草川紀久、工業調査会(1994)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>循環型社会形成推進基本法とリサイクル関連法の概要を理解できる</p> <p>プラスチックリサイクルの大分類と個別技術の概要を把握できる</p> <p>リサイクル装置・プラントの実際を知り、その概要を把握できる</p> <p>カスケード型リサイクルの現状把握から今後のリサイクルの技術的課題を理解できる</p> <p>ポリマーの分解反応の技術的用語を理解できる</p> <p>リサイクルに関連する基本的な化学反応式を理解できる</p> <p>バイオマスプラスチックの機械的性質やリサイクル特性の概要を理解できる</p>
プログラム概要	<p>リサイクルの現状</p> <p>リサイクルの化学反応</p> <p>BP材料のリサイクル特性(基礎)</p>

モジュール名	リサイクルの現状
学習内容	<p>リサイクルの現状</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本におけるリサイクルの現状 循環型社会形成推進基本法とリサイクル関連法 容器包装リサイクル法(容リ法)の概要と現状 家電リサイクル法の概要と現状 パソコンリサイクルの概要と現状 <p>リサイクルの種類とその特性</p> <ul style="list-style-type: none"> プラスチックリサイクルの大分類と個別技術の概要 個別樹脂のリサイクル特性 サーマル、マテリアル、ケミカルリサイクルの特性比較 <p>リサイクル装置に関する基礎的知識</p> <ul style="list-style-type: none"> リサイクル装置・プラントの実際の概要
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習: 日本全体の世帯数と対象家電の耐久年数を仮定し、家電リサイクルの普及率を計算する</p>

モジュール名	リサイクルの化学反応
学習内容	<p>リサイクルの化学反応の概略</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カスケード型リサイクルの現状とリサイクルの技術的課題 ・ポリマーの分解反応とケミカルリサイクル ・ポリマーの分解要因 ・ポリマーの分解反応と技術用語 <p>各種プラスチックの分解反応特性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各種プラスチックのリサイクルの基本的状況 ・ケミカルリサイクルを進めていくためのアプローチ ・解重合に関連する基本的な化学特性 ・ポリオレフィンからのモノマー回収とその化学反応 ・ケミカルリサイクル性を有する汎用樹脂のリサイクル ・ケミカルリサイクル性に優れた樹脂のリサイクル ・モノマー還元型リサイクル反応
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 指定されたモノマーを用いて、重合反応式と解重合反応式を記述させる。</p> <p>例： -カプロラクタム、L,L-ラクチド</p> <p>演習： 指定されたポリマーに対し、適切なケミカルリサイクルの型を選択し化学反応式で記述させる。</p> <p>例： ポリウレタン、PET、ポリ(-シアノアクリレート) 他</p>

モジュール名	BP 材料のリサイクル特性 (基礎)
学習内容	<p>バイオマスプラスチックの分解反応の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマスプラスチックの種類および分類 ・バイオマスプラスチックの機械的性質の概要 ・バイオマスプラスチックのリサイクル特性概要 <p>バイオマスプラスチック材料のリサイクル特性各論</p> <ul style="list-style-type: none"> ・脂肪族ポリエステルなどの基本的な解重合特性 ・ポリヒドロキシ酪酸およびその誘導体の基本的なリサイクル特性 ・ポリ乳酸の基本的なリサイクル特性 ・ポリ琥珀酸エステルの基本的なリサイクル特性 ・セルロース誘導体の基本的なリサイクル特性
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 熱重量分析計を用いたバイオマスプラスチックの熱分解特性解析</p> <p>各種バイオマスプラスチックの熱分解挙動解析を体験するため、熱重量分析結果の解析を行う。</p>

(2) リサイクル(発展)

項目	内容
技術区分	リサイクル
科目名称	リサイクル(発展)
科目概要	<p>循環型社会システム構築のための基盤整備の中で、家電、建築、容器包装、自動車、IT 機器等のリサイクル法が制定され、これら製品のリサイクルが進展している。このリサイクルの展開の中で、プラスチック製品・部品にもリサイクルが求められている。バイオマスプラスチックは、再生可能資源から合成される材料であるため、カーボンニュートラルの考え方によって、焼却・サーマルリサイクル・植物による炭酸ガス固定という循環プロセスが期待されている。しかし、バイオマスプラスチック類の中には、特有のリサイクル特性を示すものが多くあり、とりわけ、バイオリサイクル性とケミカルリサイクル性は、これらのバイオマスプラスチック特有の性質ともいえる。このリサイクル特性を有効に活用することにより、カーボンニュートラルという特性に加えて、バイオマスプラスチックの有用性をさらに示すことができる。</p> <p>本科目では、バイオマスプラスチックの優れたリサイクル特性を理論的に理解し、そのリサイクル特性の応用例について学ぶ。さらに進んで、リサイクルの制御方法を事例と演習を通して学ぶ。これらを通して、具体的な実証を行うことができるスキルを獲得する。</p> <p>先ず、リサイクルの化学的・動力学解析を実施するためのデータ取得法について学び、得られたデータを用いて動力学解析法の理論を学ぶ。次に、各種モニタリング法および動力学解析法の中から、個々のバイオマスプラスチックのリサイクル解析に適切な方法の選択およびそれらの組み合わせについて学ぶ。さらに、バイオマスプラスチックに含まれる他成分の影響について具体的事例を通して学び、最後に、コンピュータシミュレーション技術を用いる実際的な動力学解析方法を演習を通して理解する。</p> <p>以上を通して、バイオマスプラスチックのリサイクルのための知識・技術を習得する。</p>
参考図書	<p>「高分子測定法 構造と物性 上」高分子学会編、培風館(1973)</p> <p>「高分子の合成・反応(3) 高分子の反応と分解」高分子学会編、共立出版(1996)</p> <p>「高分子学会編、高分子添加剤の新展開」日本化学会、日刊工業新聞社(1998)</p>
学習目標 (スキル項目)	<p>リサイクルに有効な物理変化量の測定法について理解できる</p> <p>リサイクル反応をモニタリングするための実際的な手段の組合せを選択できる</p> <p>バイオマスプラスチックの構造因子のリサイクルへの効果について概要を理解できる</p> <p>バイオマスプラスチック中に含まれる各種添加物のリサイクルへの影響について理解できる</p> <p>リサイクルの動力学解析方法についてその概要を理解できる</p> <p>コンピュータシミュレーション法による活性化エネルギー、反応次数、前置係数解析、およびリサイクルプロセスの予測ができる</p>
プログラム概要	<p>リサイクルの化学的・動力学解析</p> <p>BP 材料のリサイクル特性(発展)</p> <p>リサイクルの実証(1)(発展)</p> <p>リサイクルの実証(2)(発展)</p>

モジュール名	リサイクルの化学的・動力学解析
学習内容	<p>リサイクルのモニタリング方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リサイクルにおける物理変化の測定法 ・分解反応のモニタリング方法の特徴 ・分解生成物分析のための各種方法 ・リサイクルをモニタリングするための実際的な手段の組合せ <p>リサイクルの動力学解析方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・動力学解析方法の概要 ・動力学解析の個別方法とその評価特性 ・熱分解リサイクルの中核反応としてのアンジッピング解重合 ・加溶媒分解リサイクルの中核反応であるアルコールシス
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習： 特定のリサイクル反応(例：PHB のクロトン酸への熱分解反応)について、適切なモニタリング方法について記述させる。</p> <p>演習： 与えられた反応温度と平衡モノマー濃度データから天井温度(T_c)を計算する</p>

モジュール名	BP 材料のリサイクル特性 (発展)
学習内容	<p>各種材料の分解特性とその制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマスプラスチックの分解特性概要 ・各バイオマスプラスチックの分解反応 <ul style="list-style-type: none"> 脂肪族ポリエステル加水分解 脂肪族ポリエステル熱分解 脂肪族ポリエステルのアルコールシス セルロース誘導体の加水分解 リグニンのフェノール分解 <p>一次～高次構造のリサイクルへの影響</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマスプラスチックの一次～高次構造のリサイクルへの影響 ・各構造因子の影響 <ul style="list-style-type: none"> 共重合、分子量分布、結晶化度 末端構造 (末端カルボキシル基、末端水酸基、末端基のカチオン種と量)
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：異なる化学構造を有するバイオマスプラスチックを示し、それらのリサイクルについて、考えられる反応を記述させる。</p> <p>演習：高分子の末端からの連鎖分解に伴う分子量と分子量分布の変化について考察させる。</p>

モジュール名	リサイクルの実証 (1) (発展)
学習内容	<p>各種触媒・添加剤の種類とその作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマスプラスチック中に含まれる各種添加物 ・各添加剤のリサイクルへの影響 <ul style="list-style-type: none"> 重合触媒、充填剤、紫外線吸収剤、酸化防止剤、難燃化剤 他 <p>バイオマスプラスチックのポリマーアロイ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリマーアロイの種類と特性 <ul style="list-style-type: none"> バイオマスプラスチック同士のブレンド ポリ乳酸と汎用プラスチックのブレンド ・ポリマーアロイのリサイクル性への影響 <ul style="list-style-type: none"> 相分離構造の加水分解への影響 熱分解における多段階・複合リサイクルの適用
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：脂肪族ポリエステルの熱分解におけるエステル交換触媒の作用メカニズムについて化学反応式を示して考察させる。</p> <p>演習：各種ポリマーブレンドを示し、それらに対して適切なリサイクル方法を選択させる。</p>

モジュール名	リサイクルの実証 (2) (発展)
学習内容	<p>各種触媒・添加物等のケミカルリサイクルへの影響とその制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・重合触媒の影響と制御 ・末端構造の影響と制御 ・添加物等の影響と制御 <ul style="list-style-type: none"> フィラー、難燃化剤 溶剤の影響 (pH、水分量) <p>ケミカルリサイクルの動力学解析シミュレーション技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・活性化エネルギーのコンピュータ解析 ・コンピュータシミュレーション法による反応次数と前置係数解析 ・コンピュータシミュレーション法によるリサイクルプロセスの予測
教授ポイント	<p>座学と演習</p> <p>演習：実際に与えられた熱分析データを基にして、活性化エネルギーを求め、さらにコンピュータシミュレーション法を用いて、反応次数と前置係数を求めさせる。</p>

5 4 6 製品加工

(1) 高分子材料学 (基礎)

項目	内容
技術区分	製品加工
科目名称	高分子材料学 (基礎)
科目概要	バイオマスプラスチックの実用化・製品化においては、対象の高分子材料であるバイオマスプラスチックの材料特性を知る必要がある。一般的な高分子材料の材料特性とバイオマスプラスチック特有の材料特性について理解を深めた上で、製品加工及び製品性能評価に必要な個々の物理特性について理解しなければならない。本科目では、バイオマスプラスチックの製品化に係わる基礎的な高分子材料特性に関する理解を深める。
参考図書	「高分子の力学」深堀美英、技報堂出版(2000) 「ポリマーブレンドの開発」浅井治海、シーエムシー(2000) 「プラスチック 成型品の信頼性設計」冠木公明、工業調査会(2002) 「はじめてのプラスチック成型」保坂範夫、工業調査会(2003) 「(新版)工業材料入門」富士明良、山海堂(2003) 「材料強さ学」町田輝史、オーム社(1999) 「複合材料入門 - 基礎と応用 - 」宮入裕夫、裳華房(1997)
学習目標 (スキル項目)	高分子材料の基本的性質を理解できる。 高分子材料の加工法を理解できる。 高分子材料の添加剤、ブレンド、複合化について理解できる。 高分子材料の機械的性質について理解できる。 高分子材料の機械的性質を測定できる。 高分子材料の熱的性質を理解できる。 高分子材料の熱的性質を測定できる。 高分子材料の物性のその他の物性を理解でき測定できる。
プログラム概要	高分子材料(基礎) ブレンド・複合化(基礎) 添加物・加工方法(基礎) 高分子物性(基礎)

モジュール名	高分子材料(基礎)
学習内容	高分子の特徴的な材料物性に関する知識 ・高分子の物理的性質 融点、沸点 密度、比重 熱伝導率、比熱、熱膨張率 電気伝導率、透磁率 高分子の材料物性の評価法・測定法 ・高分子の物理的性質の評価法・測定法 融点、沸点の評価法・測定法 密度、比重の評価法・測定法 熱伝導率、比熱、熱膨張率の評価法・測定法 電気伝導率、透磁率の評価法・測定法 結晶化度、分子量
教授ポイント	高分子材料に特徴的な性質を無機材料や金属材料の性質と対比させることで理解を深める 木材との類似点、相違点を検討することで材料としての理解を深める

モジュール名	ブレンド・複合化（基礎）
学習内容	<p>高分子のブレンドに関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブレンド材料の分類 <p>高分子ブレンドの材料物性に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・汎用ポリマー同士のブレンドとその性質 ・エンジニアリングプラスチック同士のブレンドとその性質 ・汎用ポリマーとエンジニアリングプラスチックのブレンドとその性質 ・ポリマーとエラストマーのブレンドとその性質 <p>高分子の複合化に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複合法の分類と物理的性質 <p>高分子複合材料に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高分子複合材料の物理的性質 繊維強化機構、異方性
教授ポイント	ブレンド・複合材料の製品等の例示、ビデオ利用が有効

モジュール名	添加物・加工方法（基礎）
学習内容	<p>高分子材料の加工法に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高分子材料の成型加工 <ul style="list-style-type: none"> 射出成型、金型 押出成型、シート ブロー成型 粉末成型、回転成型 ・高分子材料の二次加工 <ul style="list-style-type: none"> 真空成型、熱成型 <p>熱硬化性</p> <p>高分子ブレンド・高分子複合材料の加工法・作製法に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブレンド法 <ul style="list-style-type: none"> 物理的方法 <ul style="list-style-type: none"> エマルジョン、溶融 化学的方法 <ul style="list-style-type: none"> グラフト重合、I P N ・高分子複合材料の製造法 <ul style="list-style-type: none"> 熱硬化性樹脂コンパウンド、SMC、BMC、プリプレグ 溶融成型、熱硬化成型、オートクレーブ成型 ブルトルージョン、フィラメントワインディング ハンドレイアップ、スプレイアップ塗装、 <p>高分子材料の添加物に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・添加剤の種類と役割 <ul style="list-style-type: none"> 可塑剤、相溶化剤、硬化剤の役割
教授ポイント	製品と加工法を関連づけると理解しやすい

モジュール名	高分子物性 (基礎)
学習内容	<p>高分子材料の静的な機械的性質に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・引張、圧縮、曲げ、せん断 <p>高分子材料の静的な機械的性質の評価・測定に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・引張試験 <ul style="list-style-type: none"> 試験片形状、試験法 ・圧縮試験 <ul style="list-style-type: none"> 試験片形状、試験法 ・曲げ試験 <ul style="list-style-type: none"> 3点曲げ、4点曲げ ・せん断試験 <ul style="list-style-type: none"> ショートビーム、面内せん断 <p>高分子材料の熱的性質、濡れ性、透明度に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱的性質 <ul style="list-style-type: none"> 熱伝導率、比熱、熱膨張率、ガラス転移点、熱分解試験法 ・濡れ性 <ul style="list-style-type: none"> 表面張力試験法 ・透明度 <ul style="list-style-type: none"> 透明プラスチック試験法
教授ポイント	機械的性質の計算演習

(2) 高分子材料学 (応用)

項目	内容
技術区分	製品加工
科目名称	高分子材料学 (応用)
科目概要	バイオマスプラスチックの実用化・製品化においては、対象の高分子材料であるバイオマスプラスチックの材料特性を知る必要がある。製品加工の実際においては、加工法に関する知識が必要である。また、実際の製品においては、機械的性質やその他の性質といった性能評価が不可欠である。バイオマスプラスチック特有の加工法及び、性能評価に必要な個々の物理特性について理解しなければならない。本科目では、バイオマスプラスチックの製品化に係わる高度な高分子材料特性に関する理解を深める。
参考図書	「高分子の力学」深堀美英、技報堂出版(2000) 「ポリマーブレンドの開発」浅井治海、シーエムシー(2000) 「プラスチック 成型品の信頼性設計」冠木公明、工業調査会(2002) 「はじめてのプラスチック成型」保坂範夫、工業調査会(2003) 「(新版)工業材料入門」富士明良、山海堂(2003) 「材料強さ学」町田輝史、オーム社(1999) 「複合材料入門 - 基礎と応用 - 」宮入裕夫、裳華房(1997) 「JISハンドブック 26、プラスチック 試験」日本規格協会(2004) 「JISハンドブック 27、プラスチック 材料」日本規格協会(2004)
学習目標 (スキル項目)	高分子材料の性質を理解し、最適な加工方法について把握できる。 高分子材料の機械的性質について理解し、測定結果を評価できる。 高分子材料の燃焼性、吸湿性、電気的性質、摩耗性、変色性、耐光性、耐候性について理解し、測定結果を評価できる。 高分子材料の安全性について把握できる。 高分子材料の規格・標準について理解できる。
プログラム概要	加工方法 機械的性質 その他の性質 規格・標準

モジュール名	加工方法
学習内容	生分解性高分子材料に対応した低温度での加工法の知識 ・高分子の加熱 一次転移点と二次転移点 結晶性・非晶性 高強度を得るための加工法 ・一次加工と二次加工 ・加工法と強度の関係 生分解を制御する加工法に関する知識 ・二次加工と生分解性の関連 フォーム・シート等の加工方法 ・成型法
教授ポイント	製品加工の実際を紹介、ビデオ利用が有効

モジュール名	機械的性質
学習内容	高分子材料の動的な機械的性質に関する知識 ・疲労強度 ・衝撃強度 ・クリープ 高分子材料の動的な機械的性質の評価・測定に関する知識 ・疲労試験 ・衝撃試験 ・クリープ試験
教授ポイント	試験法の例を紹介、ビデオ利用が有効

モジュール名	その他の性質
学習内容	<p>高分子材料のその他の物理的性質に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼性 ・ 吸湿性 ・ 電気的性質 ・ 摩耗性 ・ 変色性 ・ 耐光性 ・ 耐候性 <p>高分子材料の安全性に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高分子材料の安全性 ・ P L法 ・ I S O 1 4 0 0 0、I S O 9 0 0 0
教授ポイント	高分子材料と無機材料・金属材料の性質を対比させることで理解を深める

モジュール名	規格・標準
学習内容	<p>高分子材料に係わる日本工業規格、国際規格に関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ J I S 試験法、材料規格 組織、制定 ・ I S O 試験法、材料規格 組織、制定 ・ A S T M 試験法、材料規格 組織、制定
教授ポイント	規格の必要性

(3) 生分解性高分子材料学

項目	内容
技術区分	製品加工
科目名称	生分解性高分子材料学
科目概要	生分解性高分子材料の実用化・製品化においては、生分解性高分子材料の特性を理解する必要がある。一般的な高分子材料との違いを十分に理解した上で、加工法や材料特性評価をしなければならない。本科目では、生分解性高分子材料特有な材料物性に関する理解を深める。
参考図書	「脱石油素材化に向けた生分解性プラスチックの高機能化とその応用」エヌティーエス(2003) 「とことんやさしい生分解性プラスチックの本」生分解性プラスチック研究会編(2004)
学習目標 (スキル項目)	生分解性高分子材料の粘弾性・成型加工に関する理解できる。 生分解性高分子材料のブレンドについて理解できる。 生分解性高分子材料の複合化について理解できる。 生分解性高分子材料の添加物について理解できる。
プログラム概要	高分子材料 ブレンド、複合化、添加物

モジュール名	高分子材料
学習内容	高分子の粘弾性・成型加工に関する知識 ・高分子材料の粘弾性的性質 粘度、動粘度、熔融粘度、軟化点 ・高分子材料の粘弾性的性質の測定法 粘度の測定法、動粘度の測定法 ・粘度と成型加工 成型法と粘弾性の関係 軟化点と加工温度 熔融粘度と加工温度 金型と粘度
教授ポイント	高分子材料の成型加工に関連づけて理解させる

モジュール名	ブレンド、複合化、添加物
学習内容	生分解性を制御するブレンド方法に関する知識 ・ブレンド法と生分解性の関係 生分解性高分子材料の生分解性を保持したままの複合化に関する知識 ・生分解性高分子材料 ・生分解性充填材・強化材 生分解性高分子複合材料に関する知識 ・生分解性高分子複合材料 ・生分解性高分子複合材料の生分解 生分解性添加物に関する知識 ・生分解性と添加物の関係
教授ポイント	具体例を示しながら理解を深める

5 4 7 環境評価

(1) 環境評価(基礎)

項目	内容
技術区分	環境評価
科目名称	環境評価(基礎)
科目概要	バイオマスプラスチックの利用目的として、自然界で利用する製品で、その使用後その場所での生分解により、二酸化炭素、水に分解され処理されるもの、使用後、収集し、生ゴミなどと一緒にコンポスト処理することにより二酸化炭素と水に分解され処理されるものがあげられる。また、その他には、収集後、リサイクルされるものもある。前者、2つの利用法は環境と密接に関連しているため、その環境に与える影響を正確に評価し、影響の低いもののみをバイオマスプラスチックとして開発して行かなくてはならない。これらの知識を得るために、環境化学の知識を基本とし、高分子の分解メカニズム、生成する低分子量化合物の安全性を評価する知識を身につける。
参考図書	環境科学の教科書 「やさしい環境科学」、保田仁資、化学同人(2003) グリーンケミストリーの概念を学ぶには 「グリーンケミストリー」、P.T.Anastas, J.C.Warner、日本化学会、丸善(1999) 生分解性プラスチックの実用化を目指した高機能化 「生分解性プラスチックの高機能化とその応用」エヌ・ティー・エス(2003)
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・環境科学とグリーンケミストリーの概念を理解し、省エネルギー、排出二酸化炭素量削減、容易な廃棄物処理等、環境に優しいプラスチック生産を設計することができる。 ・バイオマスプラスチックの環境にやさしい点を理解する。 ・生分解性の仕組みを理解する。 ・コンポスト処理などにより、バイオマスプラスチックを環境に優しい処理方法で処理することができる。
プログラム概要	環境化学(化学物質、特に高分子に関わる部分) 高分子物性 微生物工学

モジュール名	環境化学
学習内容	グリーンケミストリー <ul style="list-style-type: none"> ・概念、循環型システムの構築 ・化学工学、発酵工学、高分子加工におけるグリーンケミストリー 化学物質の毒性 <ul style="list-style-type: none"> ・毒性の種類(急性・慢性毒性、経口毒性、毒性の濃度依存等) ・毒性の表し方(微量濃度の表し方、LD50) すでに報告されている主な毒物とその毒性 <ul style="list-style-type: none"> 高分子可塑剤として使用された環境ホルモン 環境ホルモンとは 可塑剤のうち環境ホルモンの疑いのある物質 規制の法律 <ul style="list-style-type: none"> 高分子を焼却処理することにより発生するダイオキシン類 ダイオキシンの種類 <ul style="list-style-type: none"> 発生メカニズム 発生を抑制する方法、規制の法律 焼却処理による二酸化炭素発生にともなう地球温暖化 <ul style="list-style-type: none"> 地球温暖化のメカニズム 京都議定書 二酸化炭素発生抑制の実例、政策
教授ポイント	・座学中心

モジュール名	高分子物性
学習内容	<ul style="list-style-type: none"> 生分解する高分子 ・生分解性高分子の種類（天然、化学合成） 生分解のメカニズム ・生分解する高分子の分子構造 ・生分解する分子結合 ・分解菌が高分子を分解するメカニズム（表面に付着、分解酵素分泌、非晶部分から分解、高分子がオリゴマーに、オリゴマーの代謝） 水中、土壌中での生分解 ・分解の様子 ・ポリカプロラクトン、微生物セルロース、ポリ乳酸等の日本各地での生分解 コンポスト中での生分解 ・コンポストとは、コンポストの生産法 ・コンポスト中でのバイオマスプラスチックの生分解 ・富良野プロジェクトの紹介 ・愛知万博での取り組み ・カッセルプロジェクトの紹介 生分解評価法 ・実験室レベルでの生分解評価法、生分解物の物性評価 ・分解酵素による生分解評価法 ・ISO, JIS 規格に則った生分解評価法
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・座学中心（コンポスト処理は、ビデオ等で詳細に紹介し、完全に理解する必要あり。生分解評価法は写真等を多く利用し、また、実際の計算式で生分解度を計算）

モジュール名	微生物工学
学習内容	<ul style="list-style-type: none"> 分解微生物単離 ・分解菌の単離方法（分解菌の集積・馴化培養、クリアゾーン法、分解菌の純粋培養、分解菌の同定方法（外部依頼を含む）） バイオマスプラスチック分解微生物 ・その種類と特性 ・土壌中、水中、コンポスト中での分解菌の種類 微生物活性測定 ・コロニー計数法、ATP-ルシフェラーゼ微生物量測定法、バイオマス量測定法、生菌数計数法 ・コンポスト化過程の各段階での微生物量の変化と分解状況 ・酵素活性測定法 分解酵素単離、生成法 ・バイオマスプラスチックの分解酵素の種類 ・分解酵素リパーゼの種類（遺伝子的解析に基づく） 酵素による高分子の生分解
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・座学（写真を多く利用し、装置、取扱法を理解）

(2) 環境評価 (応用)

項目	内容
技術区分	環境評価
科目名称	環境評価 (応用)
科目概要	バイオマスプラスチックの製品開発をし、市場に投入するためには、使用される環境中での条件や要求性能によって、生分解速度を制御しなければならない。そのためには、分解条件や製品の高分子の状態と生分解の相関をある程度理解していなくてはならない。
参考図書	生分解性プラスチックの実用化を目指した高機能化 「生分解性プラスチックの高機能化とその応用」エヌ・ティー・エス(2003) 生分解性プラスチックの最新情報 「トコトンやさしい生分解性プラスチックの本」、生分解性プラスチック研究会編、日刊工業新聞社(2004) 種々の環境中での分解微生物の種類と分布 産業技術総合研究所、常磐研究員、中山研究員の研究成果
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・生分解性の速度が、結晶性やその表面特性、分子構造に依存することを理解する。 ・生分解性の速度が、材料としての成型加工の方法、熱履歴に影響することを理解する。 ・ある環境中 (水中、土壌中、コンポスト中) での材料の生分解速度を推測することができる。 ・実験室レベルでの、材料の酵素分解試験をすることができる。
プログラム概要	高分子物性、微生物工学

モジュール名	高分子物性、微生物工学
学習内容	生分解のメカニズム <ul style="list-style-type: none"> ・分解酵素の吸着部位、活性点を考慮に入れた分解メカニズム ・バイオマスプラスチックの結晶部分、非晶部分の分解メカニズム (主に、理化学研究所土肥主任研究員の成果を中心に) 物性と生分解の相関 <ul style="list-style-type: none"> ・結晶化度、共重合組成と生分解の相関 ・熱的性質解析の結果と生分解の相関 (東工大 井上教授の成果を中心に) 土壌中、コンポスト中での生分解微生物の分布 土壌中、コンポスト中での微生物量の測定 (産業技術総合研究所 常磐主任研究員、中山主任研究員の成果を中心に) 日本全国での種々の材料の生分解試験の結果 (生分解性プラスチック研究会のモデルプロジェクトの成果を中心に)
教授ポイント	・座学中心 (最新の研究データ・成果を中心に)

(3) 環境評価 (発展)

項目	内容
技術区分	環境評価
科目名称	環境評価 (発展)
科目概要	バイオマスプラスチックを実際の製品として販売するにあたっては、種々の規格化された評価方法でその製品の生分解性や安全性を正確に評価しなければならない。このためには、その評価が採用されている背景にある種々の法律や国際規格、日本工業規格、生分解性プラスチック研究会が採用している認証制度などを正確に理解していなければならない。
参考図書	生分解性プラスチックの最新情報 「トコトンやさしい生分解性プラスチックの本」、生分解性プラスチック研究会編、日刊工業新聞社(2004) 研究会による最新情報、政策、認証制度 生分解性プラスチック研究会ホームページ、 www.bpsweb.net 規格化された生分解試験評価法 JIS K6950, JIS K6951, JIS K6953、日本規格協会
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際規格、日本の規格に則った生分解評価法、ISO14851-JISK6950, ISO14852-JIS K6951, ISO14855-JIS K6953 を理解し、その方法に準拠した方法で生分解試験を行うことができる。(または、ある公的機関に依頼し、その結果を理解することができる。) ・ “ グリーンプラ ” 認証制度を理解し、その申請をすることができる。 ・ バイオマス由来の認証制度 (仮称) を理解し、その申請をすることができる。 ・ 生分解性高分子材料、バイオマスプラスチックに関わる法令を理解する。
プログラム概要	規格、法令

モジュール名	規格、法令
学習内容	国際規格 (ISO)、日本工業規格 (JIS) による生分解評価 ・ ISO14851-JISK6950, ISO14852-JISK6951, ISO14855-JISK6953 (実際に、生分解評価を受託する化学物質評価研究機構、民間の会社 (三井化学分析センターの紹介) 生分解性プラスチック研究会が制定した “ グリーンプラ ” 認証制度 ・ ポジティブリスト概要、認証条件、手続き ・ 諸外国の認証制度 バイオマス由来製品の認証制度 ・ 今後、予想される認証制度 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 P R T R 法 水質汚濁防止法、大気汚染防止法 各種リサイクル法 グリーン購入法
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学中心 (予算が許せば、JISK6953 の原文をできれば配る。この方法は、写真、ビデオを屈指して、理解を深める。JISK6950, 6951 は、必要に応じて。)

(4) LCA 実施方法

項目	内容
技術区分	環境評価
科目名称	LCA 実施方法
科目概要	<p>バイオマスプラスチックは、カーボンフリーであること、循環型社会形成に貢献しうること等、高い環境適合性が期待されている素材である。しかし、最近では、ある側面で環境適合性を高めたときに他の側面では逆に環境負荷が高まる可能性が指摘されるようになってきている。バイオマスプラスチックにあてはめれば、原料はカーボンフリーではあるものの、バイオマスの収集、加工等の様々な工程で化石燃料が使用され、CO₂ が排出されることが予想されるため、環境適合性を主張するためには、原料の入手から、製造、使用、廃棄にいたる全工程での CO₂ 排出量の総和が、化石資源起源のプラスチック素材より低いことを示す必要があるといえる。</p> <p>ライフサイクルアセスメント(LCA)は、こうした製品の「ゆりかごから墓場まで」 - 原料の採掘、製造、輸送、使用、廃棄といった各製品のライフサイクル全体にわたってのトータルな環境負荷を評価する方法である。</p> <p>本科目では、ライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方を理解するとともに、バイオマスプラスチック及びその競合素材を評価対象とした LCA を実施し、バイオマスプラスチックのライフサイクルを通じた環境負荷を評価するノウハウを習得することを目的としている。</p>
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「LCA 実務入門」LCA 実務入門編集委員会編(産業環境管理協会) ・ 「企業のための LCA ガイドブック」富士総合研究所(日刊工業新聞社) ・ 「平成 14 年度製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発 成果報告書」産業環境管理協会
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ライフサイクル思考を理解している。 ・ LCA の枠組み(目的及び調査範囲の設定、ライフサイクルインベントリ分析、ライフサイクル影響評価、ライフサイクル解釈、報告、クリティカルレビュー)を理解している。 ・ 「目的及び調査範囲の設定」の考え方を理解し、評価対象の製品に合わせて設定を実施することができる。 ・ 「ライフサイクルインベントリ分析」の考え方を理解し、設定した目的及び調査範囲にしたがって分析を実施することができる。 ・ 「ライフサイクル影響評価」の考え方を理解し、ライフサイクルインベントリ分析の結果に基づいて影響評価を実施することができる。 ・ 「ライフサイクル解釈」の考え方を理解し、ライフサイクルインベントリ分析あるいはライフサイクル影響評価結果に基づいて解釈を実施することができる。 ・ 「報告」において必要な項目を理解している。 ・ 「クリティカルレビュー」の実施方法の概要を理解している。
プログラム概要	<p>LCA 実施方法 I LCA 実施方法 II LCA 実施方法 III LCA 実施方法 IV</p>

モジュール名	LCA 実施方法 I
学習内容	<p>ライフサイクル思考の考え方 LCA の枠組み</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「目的及び調査範囲の設定」の位置付けと意義 ・ 「ライフサイクルインベントリ分析」の位置付けと意義 ・ 「ライフサイクル影響評価」の位置付けと意義 ・ 「ライフサイクル解釈」の位置付けと意義 ・ 「報告」の位置付けと意義 ・ 「クリティカルレビュー」の位置付けと意義 <p>目的及び調査範囲の設定 実施目的の設定方法 調査対象製品の設定方法 機能単位の考え方と設定方法 基準フローの考え方と設定方法 システム境界の考え方と設定方法 環境負荷項目の設定方法 エネルギーの環境負荷原単位の設定方法</p>
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学とする。 ・ ライフサイクル思考の理解を促すために、あるプロセスの環境負荷低減の努力がライフサイクル全体の環境負荷を増加させうることをグラフなどで図示することが望ましい。 ・ エネルギーの環境負荷原単位については、購買電力の環境負荷原単位が電源構成によって異なること説明することが望ましい。

モジュール名	LCA 実施方法 II
学習内容	ライフサイクルインベントリ分析 <ul style="list-style-type: none"> ・ ライフサイクルフロー図の作成方法 ・ プロセス別のインベントリデータの各種作成方法 ・ 主な既存インベントリデータのデータベース ・ 配分の考え方とその実施方法 ・ プロセス別インベントリデータの集計（ライフサイクルインベントリデータ集計）
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学とする。 ・ 計算演習中心のモジュールとすることが望ましい。 ・ ライフサイクルフロー図については、作図演習を行なうことが望ましい。 ・ プロセス別のインベントリデータの各種作成方法については、実施者の実測などに基づく方法、既存のインベントリデータを利用する方法等があることを説明する。 ・ プロセス別のインベントリデータの各種作成方法のうち少なくとも1つについては計算演習を行なうことが望ましい。 ・ 既存インベントリデータを利用する場合は、エネルギーの環境負荷原単位を揃える必要があることを説明する。 ・ 配分については、重量配分以外の配分方法があることを説明する。 ・ 配分についても、計算演習を行なうことが望ましい。 ・ プロセス別インベントリデータの集計については、各プロセスを連結するにあたって前プロセスのアウトプットと後プロセスのインプットの量を揃える必要があることを説明する。

モジュール名	LCA 実施方法 III
学習内容	ライフサイクル影響評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 特性化係数による影響評価の手順 ・ 主な特性化係数 ・ 被害算定型影響評価手法による影響評価の考え方 ・ 主な被害算定型影響評価手法 ライフサイクル解釈 報告 <ul style="list-style-type: none"> ・ 報告の shall 項目 ・ 報告の should 項目 クリティカルレビュー <ul style="list-style-type: none"> ・ クリティカルレビューの意義 ・ クリティカルレビューの内容
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学 ・ ライフサイクル影響評価については、特性化係数あるいは被害係数を乗じての影響評価の計算演習を行なうことが望ましい ・ ライフサイクル解釈においては、LCA 実施の実例を紹介し、解釈の例を示すことが望ましい

モジュール名	LCA 実施方法 IV
学習内容	LCA 実習 <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスプラスチック ・ 化石資源起源のプラスチック
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学 ・ 演習中心のモジュールとする ・ バイオマスプラスチック及び化石資源起源のプラスチックをそれぞれ1例ずつ選び、LCA を実施するに足るデータを与えた上で計算演習を行なうことが望ましい ・ また、LCA の枠組みに沿って随時、途中段階で回答を提示しつつ進行することが望ましい。

(5) LCA 活用方法

項目	内容
技術区分	環境評価
科目名称	LCA 活用方法
科目概要	ライフサイクルアセスメント (LCA) には、製品設計へのフィードバックや環境負荷低減効果の訴求、環境ラベル取得、環境効率の算出等に活用することができる。 本科目では、ライフサイクルアセスメント (LCA) の結果の活用方法について理解を深めるとともに、バイオマスプラスチックを対象とした場合の活用ノウハウを習得することを目的としている。
参考図書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「企業のための LCA ガイドブック」富士総合研究所 (日刊工業新聞社) ・ 「製品に関する『環境効率・ファクター』の手引き」産業環境管理協会 ・ 「エコリーフ環境ラベル実施ガイドライン」産業環境管理協会
学習目標 (スキル項目)	<ul style="list-style-type: none"> ・ LCA 結果の製品設計へのフィードバックの考え方を理解し、LCA 結果に合わせて実施することができる。 ・ LCA 結果を環境負荷低減効果の訴求に活用することができる。 ・ タイプ I、II、III の環境ラベルの特徴を理解している。 ・ エコリーフ環境ラベルの認証取得の手順を理解している。 ・ 環境効率の考え方を理解し、LCA 結果に基づいて製品についての環境効率を算出することができる。
プログラム概要	LCA 活用方法 I LCA 活用方法 II

モジュール名	LCA 活用方法 I
学習内容	LCA 結果の活用方法の分類 製品設計へのフィードバック <ul style="list-style-type: none"> ・ 素材製造方法へのフィードバック ・ 素材選定へのフィードバック 環境負荷低減効果の訴求
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学とする。 ・ 素材メーカーの観点からは、LCA の結果を活用することより環境負荷を低減できる素材製造方法を選定できることを説明する。 ・ 素材を部材として使用する製品メーカーの観点からは、LCA の結果を活用することより環境負荷を低減できる素材を選定できることを説明する。 ・ 環境負荷低減効果の訴求については、LCA を当該目的に使用した実例を紹介する。 ・ 環境負荷低減効果の訴求については、ライフサイクル影響評価によって LCA の結果を意味付けして表現することができることを説明する。

モジュール名	LCA 活用方法 II
学習内容	環境ラベルの種類と特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・ タイプ I 環境ラベルとその特徴 ・ タイプ II 環境ラベルとその特徴 ・ タイプ III 環境宣言とその特徴 エコリーフ環境ラベル <ul style="list-style-type: none"> ・ エコリーフ環境ラベルの特徴 ・ エコリーフ作成から公開までの手順 環境効率 <ul style="list-style-type: none"> ・ 環境効率の考え方 ・ LCA の環境効率への応用
教授ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 座学とする。 ・ 環境ラベルの種類と特徴においては、各環境ラベルの実例を示すことが望ましい。 ・ エコリーフ環境ラベルの説明においては、認証の対象製品が電気機器のみならず、素材や電力など幅広い範囲に及んでいることを説明する。 ・ 環境効率の解説においては、LCA 結果を活用する松下電器・日立タイプの環境効率以外にも、LCA 結果を活用しない三菱電機タイプの環境効率も存在することを説明する。

第6章 スキルスタンダード・カリキュラムの活用について

6 1 . スキルスタンダード・カリキュラムの活用方法

6 1 1 スキルスタンダードの活用方法

本事業で策定したスキルスタンダードは、バイオマスプラスチックの素材開発や製品加工に必要なスキルを網羅的に示したものである。

スキルスタンダードの有効な活用方法としては、企業における利用が考えられる。例えば、採用時における判断基準のひとつとして、本スキルスタンダードに盛り込んだスキル及び知識の有無が利用できる。

また、社員育成において、スキル及び知識の到達度の指標としても利用できる。

さらに、公的資格へ適用することで、上記の活用方法も含めて、スキルスタンダードの有効な活用方法になると考えられる。

6 1 2 カリキュラムの活用方法

本事業で策定したカリキュラムは、バイオマスプラスチックの素材開発や製品加工に必要なスキルに対応した科目を網羅的に示したものである。

カリキュラムの有効な活用方法としては、教育機関における育成コース設定が考えられる。専門教育機関における現状の教育コースのうち、本カリキュラムに関連する分野としては、バイオテクノロジー分野や環境分野がある。バイオマスプラスチックがこれらの分野の統合的な位置付けのひとつであることから、本カリキュラムで示した内容の教育コースを設定することは有効な活用方法である。

また、大学等においても、上記と同様に化学系・生物系における現行のカリキュラムの見直しに用いることが可能である。

6 1 3 人材の供給先における活用

化学工業

- ・新素材開発・新素材生産及び加工等の担当者の選考基準
- ・社員向け教育メニューの作成（特に、発酵生産、製品加工、環境評価）
医療製品製造、医療機器メーカー
- ・新製品開発等の担当者の選考基準
- ・社員向け教育メニューの作成（特に、高分子、環境評価）
その他の製造業
- ・自社製品へのバイオマスプラスチック導入に係る基準設定

6 2 . 次年度以降の展開方針

(1) 教育プログラムの設計

- ・ 必要性が高い内容を中心に教育プログラムを設計する。
- ・ バイオマスプラスチックに関する教育コースを検討中の教育機関を探索する
(社会人再教育の実施機関例 : お茶の水女子大学等) 。
- ・ 当該教育機関と協力した教育プログラムの具体化を検討する (平成 18 年度開講) 。
- ・ 自社内における外部向け教育コース設置を検討する。
- ・ 実習科目 (またはモジュール) を検討する。

(2) 教材類の作成

- ・ 教育プログラムを構成する教材を作成する (シラバスの活用) 。
- ・ 機器操作に関するビジュアル教材を作成する。
- ・ ビジュアル教材を e-learning 等に利用できるようにする。

参考資料

1. 委員会議事録	
(1) 第1回議事録	168
(2) 第2回議事録	173
(3) 第3回議事録	178
(4) 第4回議事録	183
2. ヒアリング調査結果	
(1) A社(化学全般)	186
(2) B社(樹脂製造)	189
(3) C社(樹脂製造)	191
(4) D社(油脂製造)	193
(5) E社(化学全般)	195
(6) F社(繊維製造)	197
(7) G社(素材製造)	199
3. アンケート調査結果	201

1. 委員会議事録

(1) 第1回議事録

1. 開催日時 平成16年7月7日(水) 13時30分～15時30分

2. 開催場所 株式会社富士総合研究所 竹橋シーケンス5階 プレゼンテーションルーム

3. 出席者

【委員会】(敬称略)

市川 茂彰	財団法人バイオインダストリー協会技術企画部長
木幡 守	木幡技術士事務所所長(元財団法人バイオインダストリー協会)
富田 耕右(委員長)	元関東学院大学教授
野沢 清一	株式会社ダイアリサーチマーテック
八木 正	三井化学株式会社

【オブザーバー】(敬称略)

樋口 健	三井情報開発株式会社	総合研究所	主任研究員
中野 浩介	同上		副主任コンサルタント
菅 正史	同上		研究員

【事務局】(株式会社富士総合研究所)

廣崎 淳	環境・資源エネルギーグループ長		
奥澤 篤	環境・資源エネルギーグループ	地球環境研究室	主任研究員
羽田 謙一郎	環境・資源エネルギーグループ	地球環境研究室	主事研究員
藤井 崇	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室	室長
川名 輝子	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室	主事研究員
玉井 伸明	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室	研究員

4. 議事次第

- (1) 本事業の概要説明(スケジュール等も含む)
- (2) スキルスタンダード及びカリキュラム第1次案、ニーズ調査について
- (3) シラバス、実証講義について
- (4) その他

5. 配布資料

議事次第

名簿

配席図

資料 1 - 1 企画書

資料 1 - 2 事業計画書

資料 1 - 3 委員会の役割

資料 1 - 4 本調査の進め方

資料 1 - 5 - 1 スキルスタンダードおよびカリキュラム開発について

資料 1 - 5 - 2 ニーズ調査構成案

資料 1 - 6 シラバス内容案

資料 1 - 7 実証講義と教材作成について

第 2 回委員会出欠確認

委員委嘱状

6. 議事要旨

議事進行に先立ち、事務局の廣崎より開会の挨拶が行われた。本委員会の委員長として、
富田 耕右 元関東学院大学教授が選任された。

(1) 本事業の概要説明(スケジュール等も含む)

事務局より(資料 1-1~1-4)にもとづいて本事業の概要について説明がなされた。

【討議要点】

- ・ ニーズ調査は企業や教育機関および人材派遣業などを対象として、必要な人材像、即戦力につなげるためのトレーニング等についてのアンケート、ヒアリングを実施することを考えている。
- ・ 実証講義はスキルスタンダード、カリキュラムの有効性を確かめることが目的であるため、実証講義にあてるのに適切な内容を科目全体から選択する。受講生を公募等で数十名募集し講義によって得た知識量やボリューム感のチェックを行う。
- ・ 育成は技術が中心ではあるが、環境化学・LCA 等をカリキュラムに含めることにより、環境低負荷の考えを理解した上で事業化、マーケティングを行うことができる人材を育成する。

【検討事項】

- ・ 「バイオベースドポリマーズ」という用語が資料中に出てくるが、それがカバーする範囲がまだ明確でない。現段階ではポリ乳酸などのバイオマス資源を原料にした素材をターゲットに考えているが、汎用プラスチックとの混合(CO₂削減に有効)や天然素材のブレンド系などもターゲットになり得る。今後委員の方と議論を重ねて適切な範囲を定めていく。

- ・ 「バイオベースドポリマーズ」や「バイオマスプラスチック」など用語が混在している。今後三井情報開発殿とも相談の上統一していく必要がある。

(2) スキルスタンダードおよびカリキュラム第1次案、ニーズ調査について

事務局より資料 1-5-1 にもとづいてスキルスタンダードおよびカリキュラム開発について説明がなされた。

【討議要点】

- ・ 昨年度事業でも問題になったが、育成すべき人材像が本当に企業が求める像とマッチしているのか このスキルスタンダード、カリキュラムにもとづいて有料の事業を実施した場合に本当に人が集まるのか、を考えることは重要である。
- ・ その観点からすると表 5-1 は上級者の必修科目が多過ぎて本当にこなせるのかという印象がある。しかし、上級者はバイオマスプラスチックの製品開発の際に素材開発から製品加工・環境評価にいたるまでの一通りのマネジメントに関わる部分だけは知っておく必要があると考えて作成したものである。実際には業種毎のカリキュラムをすることにより、自分の専門分野で既に知っている科目は選択とし、専門以外の科目を学ぶようにすれば上級者の負担は左程多くはないと考えられる。

【検討事項】

- ・ バイオベースドポリマーズ概論では、バイオマスプラスチックの歴史や技術動向の現状を学ぶことになっているが、それ以外に初級者が概論として学ぶべきことが幾つかある。
 - 高分子基礎（バイオベーストポリマーをやる人にとって必要知識）
 - バイオマス原料に関する知識（入口知識）
 - 成形加工（基礎（レオロジー）から実用的な内容（添加物等）まで。出口知識）
- ・ 発酵生産のスキルは今後企業にヒアリング調査を行えばわかると思われるが、日本には発酵生産の原料がないという事情があるためクラシカルな技術知識よりも、バイオマスからとる効率の上げ方 植物の遺伝子組み換えによる全体のコストの下げ方 東南アジアの原料事情 製造コスト等、のほうを求める知識としてニーズが高いと思われる。
- ・ 高分子専門か、微生物専門かによってテクニカルタームが異なり分野が異なると会話が成立しないという状況がある。バックグラウンド知識の違い（例、化学合成出身、バイオ出身）に応じて受講コースを用意することも必要である。

事務局より資料 1-5-2 にもとづいてニーズ調査について説明がなされた。

【討議要点】

- ・ 効果的なアンケート調査方法について。
 - アンケート回答者にとって「バイオベースドポリマーズ」、「バイオマス」という

用語の意味が明確になるようにすることが重要。

例) バイオマスをベースにしているものという定義を示す。

例) 生分解するものとししないものがあるという説明を入れる。

例) 絵を入れてわかりやすくする、等。

- 求める人材像に加えて、バイオマスプラスチックそのものに何を求めるかを聞くのもよい。

例) 家電メーカーであれば CO₂ 削減など。

- アンケートの送付先は重要で、人材育成担当宛にすると回答がなかなか期待できない。バイオベースドポリマーをやっているところに絞りこんで聞くのが効果的。やってて日頃感じている必要な人材像や教育などを聞くのがよい。絞りこむのは難しいが、農水省関連の委員会や環境設計関係の研究会に参加している先生がいる部署などに直接送る方法がある。

- アンケートの回答は簡単にしたほうが回答率が上がる。また、アンケート結果の一部を提供すると回答率が高くなる場合がある。

- ・ 効果的なヒアリング調査方法について。

- アンケートを行った結果、効果的な回答が期待できそうな企業等にヒアリングに行くのがよいと思われる。

(3) シラバス、実証講義について

事務局より資料 1-6 にもとづいてシラバス内容案について説明がなされた。

【討議要点】

- ・ 参考科目(その科目を受講する前にどんな科目を受講しておくべきか等)もシラバスの内容として入れておくべきである。
- ・ カリキュラム、シラバスを来年以降どこでどのように活用するかも念頭におくべきである。その意味でカリキュラムが実用的であることも重要であり、基本的に社会人が1週間継続して受講できる位のモジュール数を考えている。また、1科目は6~7モジュールぐらいで構成し1単位として認定できるようにすれば、大学での Semester 制においても有効に活用できる。
- ・ 講義は座学、演習が中心であるが、実験の重要性はやはり否めない。実証講義では行わないにしても、シラバスの中には入れるべきである。
- ・ オフィスアワー(講師の質問受付時間)、講師のメールアドレス(質問用)などもシラバス項目として考えられる。

事務局より資料 1-7 にもとづいて実証講義と教材作成について説明がなされた。

【討議要点】

- ・ 本事業は、既存の教育カリキュラムでやられていないところも含めて興味深いところを系統立てて組み立てることをねらいとしている。
- ・ 今年度事業では講義を受講しスキルを習得した人に対する資格の認定までは行わない。しかし、このような客観的な指標は重要であるとの意見があった。
- ・ 昨年度は自分の専門とは違う分野を学ぶことによってダブルスタンダードの技術を習得する方針で実施した。今年度も発酵生産専門の人には化学合成を受講していただく、といった方針で受講生を集めるのも一案である。

(4) その他

事務局より、委員委嘱手続きについて説明がなされた。

- ・ 事務局から委員各位様に近日中に正式書類をご送付する。

7. 今後の予定

- (1) 第2回委員会開催日時については次の日時とし、詳細については事務局より改めて連絡することとする。

日時：平成16年9月13日(月) 13:30~15:30

場所：株式会社 富士総合研究所

- (2) スキルスタンダード、カリキュラムについて本委員会での討議に基づいて事務局および開発グループでスキル項目を見直し整理する。整理した結果をメール等で委員会先生方にご連絡し、第2回委員会までにご意見を頂戴する。

以上

(2) 第2回議事録

1. 開催日時 平成16年9月13日(月) 13時30分～15時30分
2. 開催場所 株式会社富士総合研究所 竹橋シーケンス5階 プレゼンテーションルーム
3. 出席者(敬称略)

【委員】

市川 茂彰	財団法人バイオインダストリー協会技術企画部長
木幡 守	木幡技術士事務所所長(元財団法人バイオインダストリー協会)
富田 耕右(委員長)	元関東学院大学教授
野沢 清一	株式会社ダイアリサーチマーテック
八木 正	三井化学株式会社

【オブザーバー】

大宿 佐知子	経済産業省 製造産業局 生物化学産業課
中野 浩介	三井情報開発株式会社 総合研究所 副主任コンサルタント
菅 正史	同上 研究員

【事務局】(株式会社富士総合研究所)

廣崎 淳	環境・資源エネルギーグループ	グループ長
奥澤 篤	環境・資源エネルギーグループ	
	環境・エネルギープロジェクト	主任研究員
羽田 謙一郎	環境・資源エネルギーグループ	
	環境・エネルギープロジェクト	主事研究員
藤井 崇	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室 室長
玉井 伸明	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室 研究員
川名 輝子	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室 主事研究員
柴田 昌彦	ビジネスイノベーション事業本部	
	環境戦略ソリューション室	研究員

4. 議事次第

事業計画書の追加事項について

スキルスタンダード及びカリキュラム第2次案について(ヒアリング結果等の報告も含む)

実証講義について

シラバスについて

その他

5. 配布資料

議事次第

名簿

配席図

資料2-1 第1回委員会議事録

資料2-2 事業計画書の追加事項

資料2-3 企業のヒアリング結果を踏まえたスキルスタンダードおよびカリキュラムの開発進捗状況について

資料2-4 実証講義と教材作成について

資料2-5 シラバス内容案

参考資料2-1 企業へのプレヒアリング結果まとめとヒアリング票

参考資料2-2 ニーズ調査アンケート集計結果および調査票

6. 議事要旨

議事進行に先立ち、経済産業省 製造産業局 生物化学産業課の大宿様より挨拶があった。

(1) 事業計画書の追加事項について

事務局より(資料2-2)にもとづいて事業計画書の追加事項について説明があった。

【討議要点】

- ・ 全カリキュラムのうち、実証講義では3日間12モジュール実施することを確認した。
- ・ 講義の前にオリエンテーションを行うなどして、受講生が本事業の全体像を理解できるよう工夫する必要がある。
- ・ 実証講義では、大学教養課程・専門課程・大学院前期課程等のようにレベルが異なる受講生を募集し、レベルごとの理解度の差を見る(レベルごとの講義は実施しない)。
- ・ 教育専門家を交えた検討は、カリキュラム全体についての評価を目的としている。

(2) スキルスタンダード及びカリキュラム第2次案について(ヒアリング結果等の報告も含む)

事務局より資料 2-3 にもとづいて企業のヒアリング結果をふまえたスキルスタンダードおよびカリキュラムの開発進捗状況について説明があった。

【討議要点】

- ・ 「管理職」レベルを育成対象外とし、育成対象を(実験計画の策定も含めた)「実務担当者」(研究開発計画等の策定も含めた)「チームリーダー」の2段階設定にすることが了承された。

- ・ スキルスタンダード2次案について
 - 本事業では、バイオマスプラスチックを“バイオマス資源由来のプラスチック”ととらえているため、スキルスタンダードの中に生分解性の視点は多くない。実際、各企業もバイオマス由来の資源を用いたプラスチックの製品化という視点で取り組んでいるところが多い。
 - 「発酵生産」「化学合成」分野の研究開発における経済性評価は重要である。細かいコスト計算方法ではなく、どの部分にどのようなコストが掛かるのかという大まかな概要があれば十分である。経済性評価についても独立した科目とすることも考えられる。
 - 幅広く研究動向を把握できることが必要だと考える。例えば、「概論」に国レベルで実施しているバイオマスプラスチックの研究の紹介を取り入れてみてはどうか。
 - 今後研究開発が進展することが予想される分野を含めると、より実践的な内容になるのではないか。

- ・ カリキュラムと受講期間・モジュール数について
 - 受講期間を「週1回午前中の講義を半年から1年程度受講」と設定しているが、これは企業の本社(都市部の事業所)での実施を想定していると考えられる。例えば、地方から受講しにくる人にとっては短期間で集中して学べるほうが望ましい。
 - その他のカリキュラム構成としては、新入社員研修としての集中的に活用を想定したものなどが想定される。
 - 物理的な講義の場所の観点からは、e-learningによる利用も考えられる。
 - 以上より、多様なバックグラウンド及び必要性に合わせて、どのようなカリキュラム選択のバリエーションがあるかを検討する必要がある。

事務局より参考資料 2-2 にもとづいてニーズ調査アンケート集計結果および調査票につ

いて説明があった。

【討議要点】

- ・ 三井情報開発殿では、アンケート対象企業のうち人材派遣業や専門学校へのヒアリングを予定している。

(3) 実証講義について

事務局より資料 2-4 にもとづいて実証講義と教材作成について説明があった。

【討議要点】

- ・ 実証講義の実施方法について
 - 講義終了後、アンケート・理解度試験だけではなく、受講生と講師が率直に講義の感想などについて議論できる時間を設けてみてはどうか。
- ・ 講義内容案について
 - 実証講義科目の中で製品加工（特に溶融に関する内容）が不足しているように見える。溶融は非常に重要なので、高分子材料学の中で取り上げてはどうか。
- ・ 実証講義の有効性・実用性の検証について
 - 理解度試験を講義前・講義後・1ヶ月後に行う。時間を置いて1ヶ月後に再度試験を行うのは、知識の長期的な定着度を測ることを目的とする。
 - 理解度試験は、各モジュールで2問程度想定している。問題は選択式で回答者が迷うような設問にすることにより、知識の定着度を効果的に把握する。
 - 1ヶ月後の理解度試験については、受講者のその後の勉強度合いなどが影響する懸念は無いかなど注意して欲しい。

(4) シラバスについて

事務局より資料 2-5 にもとづいて、シラバスの内容案について説明があった。

- ・ シラバスの内容案について了承された。

(5) その他

事務局より、10月1日付け(株)富士総合研究所・(株)第一勧銀情報システム・興銀システム開発(株)の統合について説明があった。

7. 今後の予定

- (3) 第3回委員会開催日時については次の日時とし、詳細については事務局より改めて連絡することとする。

日時：平成 16 年 11 月 29 日（月） 13：30～15：30

場所：株式会社 富士総合研究所

- (4) 第 4 回委員会開催日時については次の日時とし、詳細については事務局より改めて連絡することとする。

日時：平成 16 年 12 月 21 日（火） 13：30～15：30

場所：株式会社 富士総合研究所

以上

(3) 第3回議事録

1. 開催日時 平成16年11月29日(月) 13時30分~15時30分

2. 開催場所 みずほ情報総研株式会社 竹橋シーケンス2階 23会議室

3. 出席者(敬称略)

【委員会】

市川 茂彰	財団法人バイオインダストリー協会技術企画部長
木幡 守	木幡技術士事務所所長(元財団法人バイオインダストリー協会)
富田 耕右(委員長)	元関東学院大学教授
野沢 清一	株式会社ダイアリサーチマーテック
八木 正	三井化学株式会社

【オブザーバー】

大宿 佐知子	経済産業省 製造産業局 生物化学産業課
河田 浩昭	三井情報開発株式会社 総合研究所 研究員
菅 正史	同上 研究員

【事務局】(みずほ情報総研株式会社)

廣崎 淳	環境・資源エネルギー研究部 部長
奥澤 篤	環境・資源エネルギー研究部 環境・エネルギープロジェクト 主任研究員
羽田 謙一郎	環境・資源エネルギー研究部 環境・エネルギープロジェクト 主事研究員
藤井 崇	環境・資源エネルギー研究部 持続型社会研究室 室長
玉井 伸明	環境・資源エネルギー研究部 持続型社会研究室 研究員

4. 議事次第

本事業の進捗報告
中間報告会における意見について
実証講義について
人材像について
スキルスタンダード案について
カリキュラム案について
シラバスについて
その他

5. 配布資料

議事次第

名簿

配席図

- 資料3 - 1 第2回委員会議事録
- 資料3 - 2 本事業の進捗状況
- 資料3 - 3 中間報告会における意見
- 資料3 - 4 実証講義の実施結果について
- 資料3 - 5 想定される人材像
- 資料3 - 6 スキルスタンダード案
- 資料3 - 7 カリキュラム案
- 資料3 - 8 シラバス案
- 参考資料 実証講義配布テキスト(3回分)

6. 議事要旨

本委員会の委員長として、富田 耕右 元関東学院大学教授が選任された。
議事進行に先立ち、三井情報開発の新担当者である河田様より挨拶があった。

(1) 本事業の進捗報告

事務局より(資料3-2)にもとづいて本事業の進捗報告について説明があった。

【討議要点】

- ・ ほぼスケジュール通りに進捗しているが、今後スキルスタンダードやカリキュラムの改訂、シラバスの作成等の項目があることを確認した。

(2) 中間報告会における意見について

事務局より資料 3-3 にもとづいて中間報告会における意見について説明があった。

【討議要点】

- ・ 実証講義の成果の利用について
 - 採用活動時における能力評価基準や、人材配置の判断基準、社員に必要な能力開発等に利用できるのではないか。
 - 学んだ知識と、現場で何のためにこの作業をしているのかということ連携させることができるのではないか。

- ・ カリキュラムの育成プログラムを超えた科目の選択について
 - 科目のモジュール数としては、各レベルでそれぞれ数十前後というところで固め、具体的な使い方については、科目グループとしての利用や、細分化した利用もできると考えられる。
 - 設定と運用については、報告書に、今回のものは一つの例示または基本形であって、使われ方の応用性が含まれているという旨を記載してはどうか。

- ・ カリキュラムにおけるバイオマスプラスチックの定義の反映について
 - バイオマス起源の資材を使って樹脂を作るプロセス全体と考えれば、理想論としては 100%が望ましい。しかし、バイオマス主体で発酵プロセス等が入っているプロセスという形で捉えた方が、広い範囲でものを見ることができることから、教育事業の観点から、いろいろな考え方や定義があるということ幅広く教えられるといいと思われる。

- ・ バイオマスの特性の拡張としての農業経済学の導入について
 - バイオマスの特性として、賦存量、現存量、利用可能量等を整理するのが重要ではないか。
 - 国外のバイオマスも対象とすることや、バイオマスの購入等の選択性についても反映させてはどうか。

(3) 実証講義の実施結果について

事務局より参考資料 3-4 にもとづいて実証講義の実施結果について説明があった。

【討議要点】

- ・ 理解度試験について
 - 問題自体のレベル分けを試みてはどうか。

- サンプル数が少ないので何ともいえないが、レベルごとに分けて正答率がどうなっているのか解析してはどうか。
 - ・ アンケート調査について
 - フリーアンサーを整理して欲しい。
- (4) 想定される人材像について
- 事務局より資料3-5にもとづいて想定される人材像について説明があった。
- ・ 想定される人材像時間割について了承された。
- (5) スキルスタンダード案について
- 事務局より資料3-6にもとづいて、スキルスタンダード案について説明があった。
- ・ スキルスタンダードの表現について
 - スキルスタンダードのまとめの表(資料3-6)は分かりにくいので、スキルスタンダードそのものをまとめる図が最初にあった方がいいのではないか。その上で、スキルスタンダードと科目との組み合わせの図を作成するとよい。
 - 来年以降の使用を考慮して、少しでも現在の状況に近い内容を組み込んでいく形にすることが望まれる。今後さらに変わるかもしれないが、その時点でモジュールも変更すればよい。
 - 科目等の選択パターンとして表現するか、または、文言として「こういう流れになっているので、これとこれに留意する必要がある」という書き方を、報告書に記述する。
 - ・ スキルスタンダードの科目内容について
 - 用語について、再生可能資源をバイオマスに変更して欲しい。
 - 「溶融成形」や「土壌微生物」について盛り込んで欲しい。
- (6) カリキュラム案について
- 事務局より資料3-7にもとづいて、カリキュラム案について説明があった。
- ・ カリキュラムの内容について
 - 人材像を4つに分けてはどうか。
 - 人材像は3つに区分し、それを「基礎・応用・発展」としている。「基礎」は予備知識(主として高分子)が全くない人が受講すべき内容、または、他業種の人を知っておくべき内容である。「応用」は例えば素材開発産業にいる基礎的なことは知っている人が、それ以上に知っておくべき知識を応用に振り分ける。それ以上の知識については、チームリーダーが知るべき知識としている。
 - モジュール確認表(資料3-7)で「生体高分子概論」とあるが、医学的イメー

ジがあるので、「天然高分子概論」の方がよいと思うので、開発グループ委員に確認して欲しい。

(7) シラバス案について

事務局より資料 3-8 にもとづいて、シラバス案について説明があった。

- ・ シラバス案について
 - ビデオの利用が有効であると思われるので、検討して欲しい。

7. 今後の予定

- (5) 第 4 回委員会開催日時については、前回に確認した以下の日時とし、詳細については事務局より改めて連絡することとする。

日時：平成 16 年 12 月 21 日（火） 13：30～15：30

場所：みずほ情報総研株式会社

以上

(4) 第4回議事録

1. 開催日時 平成16年12月21日(火) 13時30分～15時30分
2. 開催場所 みずほ情報総研株式会社 竹橋シーケンス5階 プレゼンテーションルーム
3. 出席者(敬称略)

【委員】

市川 茂彰	財団法人バイオインダストリー協会技術企画部長
木幡 守	木幡技術士事務所所長(元財団法人バイオインダストリー協会)
富田 耕右(委員長)	元関東学院大学教授
野沢 清一	株式会社ダイアリサーチマーテック
八木 正	三井化学株式会社

【オブザーバー】

大宿 佐知子	経済産業省 製造産業局 生物化学産業課
河田 浩昭	三井情報開発株式会社 総合研究所 研究員
菅 正史	同上 研究員

【事務局】(みずほ情報総研株式会社)

奥澤 篤	環境・資源エネルギー研究部 環境・エネルギープロジェクト 主任研究員
羽田 謙一郎	環境・資源エネルギー研究部 環境・エネルギープロジェクト 主事研究員
藤井 崇	環境・資源エネルギー研究部 持続型社会研究室 室長
玉井 伸明	環境・資源エネルギー研究部 持続型社会研究室 研究員
柴田 昌彦	ビジネスイノベーション事業本部 環境戦略ソリューション室 研究員

4. 議事次第

報告書案について
スキルスタンダードの検討
シラバスの検討
報告事項
今後のスケジュール、その他

5. 配布資料

議事次第

名簿

配席図

資料4 - 1 第3回委員会議事録

資料4 - 2 報告書構成案

資料4 - 3 スキルスタンダード(改訂版)

資料4 - 4 シラバス(案)

資料4 - 5 スキルスタンダードのイメージ(案)

資料4 - 6 実証講義アンケート結果

資料4 - 7 理解度試験結果

資料4 - 8 今後のスケジュール等

6. 議事要旨

(1) 報告書案について

事務局より資料4-2にもとづいて報告書案について説明があった。

【討議要点】

- ・ 年度以降の展開方針として、どのような形式で実施していくのか、あるいはニーズがあり得るのかという部分を含めて記述していく予定である。

(2) スキルスタンダードの検討

事務局より資料4-3及び資料4-5にもとづいてスキルスタンダード(改訂版)について説明があった。

【討議要点】

- ・ 混乱しないよう、スキルスタンダードにおける「基礎」「応用」「発展」という用語を統一する。

- ・ スキル項目については、業務領域が素材開発であっても製品加工であっても差異がないことから、それぞれに書く必要があるかどうか検討する。
- ・ 知識項目はスキル項目の中に吸収した方が書きやすいかも知れないので検討する。

(3) シラバスの検討

事務局より参考資料 4-4 にもとづいてシラバス(案)について説明があった。

【討議要点】

- ・ シラバスはできるだけ具体的に書くことが重要だが、具体的にしすぎることによって分りにくくなることもある。全体の繋がりである科目概要と学習目標、それらとモジュール名の学習内容とがつながるように配慮する。
- ・ ポリマーの名称について検討する。

(4) 報告事項

事務局より資料 4-6 及び資料 4-7 にもとづいて実証講義アンケート結果及び理解度試験結果について説明があった。

7. 今後のスケジュール、その他

- (6) 第 4 回委員会の討議結果等を勘案して、スキルスタンダード及びカリキュラムの最終改訂を行う。
- (7) 第 4 回委員会の討議結果等を勘案して、シラバスを再検討する。
- (8) 報告書構成案に基づき報告書を作成し、1月中旬をめぐりに送付する予定である。作成に際しては、経済産業省殿及び三井情報開発殿と目次構成について検討する。
- (9) 2月中旬に予定されている最終報告会において、本事業の結果を報告する。

以上

2. ヒアリング調査結果

(1) A社(化学全般)

1. 日時 平成16年7月28日(水) 11時00分~12時30分

2. 場所 富士総合研究所 竹橋スクエア 5号会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

A社(化学全般)

【事務局】(株式会社富士総合研究所)

羽田 謙一郎	環境・資源エネルギーグループ	地球環境研究室	主事研究員
玉井 伸明	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室	研究員
川名 輝子	環境・資源エネルギーグループ	持続型社会研究室	主事研究員

4. 議事次第

- (0) 全体を通して
- (1) 目標とする人材像のイメージ
- (2) スキルの内容について
- (3) 貴社で必要としている人材について
- (4) 人材育成研修について

5. 配布資料

資料1 ヒアリング調査 質問項目案 (富士総合研究所より提出)

6. ヒアリング内容

富士総研玉井により資料1にもとづいて、ヒアリング調査の質問項目案について説明がなされた。ヒアリング内容の要点は以下の通り。

- (0) 全体を通して
 - ・ なぜバイオ人材事業を行うのか、なぜヒアリングを行うのかがヒアリング先企業に明確にわかるよう、事前に知らせておく必要がある。そうすることによってヒアリングを円滑に効果的に行うことができる。

(1) 目標とする人材像のイメージ

- ・ 本事業の目的を「モノ(バイオマスプラスチック)を作るために」または「モノを広めるために」のどちらでとらえるかにより育成レベルが変わってくる。すなわち「モノを広めるために」まで考えるならマーケティングについてさらに深く考慮する必要がある。
- ・ 大学と企業では求めるものが異なる。企業について考えるなら一般的には市場開発まで視野に入れた人材を育成する必要があるのではないか。
- ・ 資料1 育成レベルのうち、初級エンジニアについて事務局では大卒入社後2～3年以内の人材を想定していたが、企業の実際の視点では大学卒業時のスキルレベルに相当する。上級者の指示により実務担当者として業務をこなすことは派遣社員に求められているのが実情であり、大卒新入社員に対して期待される育成レベルは資料中の中級エンジニアのイメージに近い。
- ・ 資料1 育成レベルのうち、中級エンジニアのイメージが広い印象である。すなわち実務マネージャーから高度な個別技術を有したプロジェクトマネージャーに至るまで考えられるので、中級エンジニアを2つのレベルに分けることを検討してみてもどうか。
- ・ 資料1 育成レベルのうち、上級エンジニアは、例えば微生物の安全な取扱いについての法的知識を有し、各部下がどのような技術をもっているかを的確に把握し、市場開発の統括を行うことができる人材というイメージである。
- ・ すなわち企業で求める人材レベルは資料中の中級以上のイメージである。これに関連して、次項スキル内容を「基礎/実務/管理」の視点で分類し、「基礎」を明確にして初級に対応づけることにより、中級以上が習得すべきスキルが明確になるようにしてみてもどうか。
- ・ ヒアリングでは“ほしい人材”と“その理由”についても質問してみてもどうか。

(2) スキルの内容について

- ・ 資料1によると発酵生産分野のウェイトが高く見えるが、製品加工、高分子知識も実は非常に重要である。
- ・ 資料1中の目標スキル・スキル内容にはバイオマスプラスチックを作るためのスキルとバイオマスプラスチックに特化しない一般的なスキルが混在している。整理してみてもどうか。
- ・ 原料費やエネルギー費などのコスト計算も重要である。コスト計算(PLA,PHB)について日本有機資源学会(JORA)のバイオ生分解素材開発・利用評価事業報告書等が参考になる。
- ・ バイオマスプラスチックのリサイクルは現在、燃焼 再利用、のサーマルリサイクルが主であり、ケミカルリサイクルは左程行われていない。ケミカルリサイクルの名称を再検討する。
- ・ バイオマスプラスチックをコストを抑えて作るという経済的視点は重要だが、消費者が

安心して受容できる法規制や安全性世論についての知識を有することはさらに重要である。

- ・ 発酵生産であれば、発酵生産の知識はもちろんであるが、高分子、LCA の知識も必要である。

(3) 貴社で必要としている人材について

A 社で必要としている人材についてお聞きした。

- ・ 例えば、いかにして発酵効率をあげるかの先端的な研究ができる発酵生産分野のプロ的人材。(A 社は現在、発展的な開発フェーズの段階にある。)
- ・ 原料費を安く抑えるため、バイオマスプラスチックからプラスチック以外の副産物の活用法について考えられるような人材。

(4) 人材育成研修について

- ・ 研修のターゲット(新人研修等) について質問してみてもどうか。
- ・ 研修形態について(座学 / 実験 / グループ討議、のうちどれが適切か) また効果的に身につくと思われる研修形態についても質問してみてもどうか。
- ・ 例えば中級エンジニアがもう少し基礎を充実できるような研修を期待するのか、あるいは新しいトピックについての集中講義のようなものを期待するのか、について質問してみてもどうか。

以上

(2) B社(樹脂製造)

1. 日時 平成16年8月17日(火) 13時30分~14時30分

2. 場所 B社 会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

B社(樹脂製造)

【事務局】

株式会社富士総合研究所 環境・エネルギープロジェクト
持続型社会研究室

奥沢 篤
川名 輝子
玉井 伸明

4. 配布資料

ヒアリング調査票 (富士総合研究所より提出)

5. ヒアリング内容

(1) 製品加工産業におけるスキル・人材ニーズについて

- ・ ポリ乳酸などのバイオマスプラスチックには物性や加工性の欠点が指摘されるが、それらは程度の違いはあれ他の汎用樹脂にも同様に見られる問題点である。
- ・ 従って、それらの問題点は他の石油化学樹脂で培った技術を応用すれば対応可能であるため、技術面からすればバイオマスプラスチックだから特別に必要な技術はほとんど無い。
- ・ バイオマスプラスチックの事業化を考えた際に課題があるとすれば、技術面ではなく、バイオマス由来という特徴をどのように活かし、世間にアピールしていくかという点であると考えられる。
- ・ 現状では、ポリ乳酸で多様な製品を製造することは可能となっているが、それはただ単に可もなく不可もなくというレベルであって、未だ出来の悪いプラスチックであることには変わらない。
- ・ そのような不利な条件を抱えたプラスチックを敢えて使用し事業を進めていくためにも、社内も含め対外的にメリットをアピールできる知識・戦略能力が必要である。
- ・ 一般的に、環境に対する意識が薄いと商品化の方向性がはっきりしない場合が多い。
- ・ ただし、環境に対する意識は高いが技術に関心の無い人では役にたたない(実際、

環境に興味のある人の中には技術に興味の無い人が多い)。

- ・ 技術と環境に関する知識を両方持ち合わせ、バイオマスプラスチックの付加価値を維持しつつ製品開発を行っていくためには、プラスチック加工の技術をどう組み合わせれば良いのかを考えられる人材が望ましい。
- ・ 初期の段階（実務者）では担当する技術をしっかり身につけてくれれば良く、環境に関する知識はチームリーダーやプロジェクトマネージャーに昇格するに従って段階的に身につけていくことが効果的ではないか。
- ・ 製品加工分野での素材開発の知識は、どのような方法で樹脂が製造されているという一般的な知識があれば十分である。

(2) スキル内容に対するコメント

- ・ リサイクルに関してはケミカルに限定するのではなく、プラスチックのリサイクル全体としてはどのような方法があるのか、その中でケミカルリサイクルはどのような位置付けにあり、なぜバイオマスプラスチックの場合はケミカルリサイクルが良いのか、という視点の方が良いのではないか。
- ・ 機器分析では、測定結果を見て実際に商品化していく際にどのような影響を及ぼすのかを考え、何に應用できるのか、何を改善すべきなのかという判断ができるスキルはニーズが高いと思う（このようなスキルは概して経験に左右されることが多く、なかなか人に伝えづらいため）。
- ・ 同様に、性質的な課題が生じた時に、高分子の構造まで戻って原因を把握し、製品加工技術に反映させていける能力もニーズが高いと考えられる。

(3) 人材育成方法について

- ・ プラスチック加工技術に関しては、社内でも研修システムを有している。
- ・ 外部研修も少なからず利用しているが、傾向としては新しい技術の話題に触れ、刺激を受けるために利用しているケースが多い。
- ・ 新人研修や、チームリーダーやプロジェクトマネージャー昇格に向けた研修といった形式のカリキュラムであれば、需要はあるのではないか。

以上

(3) C社(樹脂製造)

1. 日時 平成16年8月19日(木) 10時00分~11時00分

2. 場所 C社 会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

C社(樹脂製造)

【事務局】

株式会社富士総合研究所	環境・エネルギープロジェクト	羽田 謙一郎
	持続型社会研究室	玉井 伸明

4. 配布資料

ヒアリング調査票 (富士総合研究所より提出)

5. ヒアリング内容

(1) 製品加工産業におけるスキル・人材ニーズについて

- ・ 製品加工産業においては、実務者が顧客と対峙し、価格が高くても顧客に使用してもらえよう製品をアピールしたり、製品に関する疑問に答えるといった役割を果たすケースが多い。
- ・ そのため、実務者は担当業務をこなせる能力だけでなく、樹脂の製造(素材開発)方法や特性に関して、汎用樹脂と比較できる程度の基礎知識(広く浅くで良い)を有する必要がある。
- ・ 加工技術に関しては、バイオマスだから必要という特別な技術は無く、汎用の技術で応用可能である。
- ・ プラスチックの技術や知識は各企業内に蓄積されているため、今後はバイオマス独自の性質、特徴をしっかりと把握し、開発・販売に活かすことが大切。
- ・ 物性等の評価を開発にフィードバックさせるためにも、高分子の知識は非常に重要である。
- ・ 特に、各種の高分子が有するそれぞれの特性を理解しておく必要がある。
- ・ 人材レベルとしては、開発の小回りを良くするためにも、チームリーダークラスの人材を増員していきたいと考えている。

(2) スキル内容に対するコメント

- ・ 技術者的な視点、特に素材開発技術に偏った分類になっており、製品をどのようにして販売していくかという観点が含まれていない。
- ・ 事業化を想定した場合、良い製品を作れば必ず売れるわけではないので、製品をどのようにして販売していくのかというマーケティングスキルも必要だと考える。
- ・ ただし、マーケティングに関しては、バイオマスプラスチックに特定した市場が存在するわけではなく、他の汎用樹脂の市場に入り込んでいだけなので、汎用樹脂のビジネススキルがそのまま利用できる。従って、今回のスキル項目にマーケティングスキルを付け加える必要は無いと思う。
- ・ リサイクルに関してはケミカルに限定する必要はないのではないか。
- ・ バイオマスプラスチックの特性を活かしつつ既存のリサイクルシステムと共存していく方法を消費者に説明していく必要があるので、マテリアルリサイクルも含めたリサイクルシステム全体の基礎知識が必要であると思う。
- ・ 加えて、用途に応じてリサイクルの弊害となるもの（印刷・塗料など）に関する知識も必要となるかもしれない。

(3) 人材育成・研修方法について

- ・ 外部研修も利用しており、主に新人や営業が基礎技術を身につけるために利用している。
- ・ 外部研修は、座学が中心。期間は様々であり、長い研修だと月2回を1年間受講することもある。
- ・ プロジェクトマネージャーや事業統括者は、一通りの知識を持ち経験も豊富であるので、特に研修は必要ないのではないか。
- ・ 強いて言うならば、最新のトピックスをまとめて入手できたり、あらゆる基礎知識をまとめて勉強し直せたりできる研修であれば効果的だと思う。
- ・ 一般的に外部研修はその場の受講や質疑応答よりも、終了後の復習で知識が定着するものなので、好きなときに繰り返し利用できるeラーニングを用いた研修も有効だと思う。
- ・ 現状ではバイオマスプラスチック専門メーカーはなく、入社後の配属が不明であり必ずしもバイオマスプラスチックの業務担当となるとは限らないため、就職を控えた工業高校や大学生向けの教材としては効果が低いのではないか。

以上

(4) D社(油脂製造)

1. 日時 平成16年8月20日(金) 10時30分~11時30分

2. 場所 D社 会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

D社(油脂製造)

【事務局】

株式会社富士総合研究所	環境・エネルギープロジェクト	羽田 謙一郎
	持続型社会研究室	玉井 伸明

4. 配布資料

ヒアリング調査票 (富士総合研究所より提出)

5. ヒアリング内容

(1) 製品加工産業におけるスキル・人材ニーズについて

- ・ 化学合成の業種でも、発酵生産の基礎的な知識は実務者の段階で必要。
- ・ 実務者は基礎知識を確実に身につけることを優先した研修を行い、実務はOJTで身につける(基礎知識を必修、実務は選択)。
- ・ チームリーダーは基礎知識を身につけているという前提の上で、担当業務内容を含め、他分野における実務知識に関しても見につけるような研修が良い(基礎知識は選択、実務を必修)。
- ・ 当社は食品関係の業務も行っているため、バイオ関係の新人が多くなってきており、ケミカル出身者が少ない。そのため、ケミカルの基礎的な知識を入社後に勉強しているような状態にある。
- ・ 会社での研修は時間もかかるため、基礎的な知識を教えてくれる外部研修があるならば、多少コストがかかっても利用したいと考えている。
- ・ 基礎的な知識に関しては、技術者だけでなく営業も習得しておく必要がある。従って、基礎知識の研修があれば、営業に対しても利用したいと考えている。
- ・ また、高分子の知識(物性やそれに関する用語等)のない人が多い。
- ・ 本来であれば大学で身につけてほしいのだが、大学で教えるようなことを会社で教え直している状態にある。
- ・ 基礎知識と同様に、会社で研修するよりも、有意義な外部研修があればそれを利用していきたいと考えている。
- ・ PM や事業統括者は今回提示しているようなスキルは必要ないかもしれないが、

事業をどう進めていくかに係るマーケティングや企画関連のスキルが必要となる。

- ・ 業界の動向や新トピック、法規制などがまとめて手に入るような研修なら PM や事業統括者も必要であると考える。
- ・ 育成レベルは 4 段階設定してあるが、これは事業規模によって異なると思う。
- ・ 当社の場合だと、それほどバイオペラ事業の規模が大きくないためどちらかと言えば 3 段階であり、チームリーダーと PM を兼務したり、PM と事業統括者を兼務したりすることが多い。
- ・ 社内的には、チームリーダーの育成に尽力している。

(2) スキル内容に対するコメント

- ・ (特になし)

(3) 人材育成・研修方法について

- ・ 今までの経験の中では、外部研修を受けさせた後にレポートを書かせ、それをプレゼンさせると最も効果があったように感じる。
- ・ e ラーニングは便利ではあるが、強制的にやらせないとも効果があがらないという欠点もある。
- ・ 研修への参加形態については、ある一定期間 (1 週間等) まとまって受けさせるのは業務遂行上困難である。
- ・ 実験や打ち合わせが長引くことが多々あるので、業務後の時間に参加することも困難かもしれない。
- ・ 毎週決まった曜日・時間 (午前が最適) を設定し、長期的に受講し続ける方が業務的に参加させやすいと思う。
- ・ 実務者の研修は、新人研修に組み込むことも効果的だと思う。

以上

(5) E社(化学全般)

1. 日時 平成16年8月20日(金) 15時00分~16時00分

2. 場所 E社 会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

E社(化学全般)

【事務局】

株式会社富士総合研究所	環境・エネルギープロジェクト	羽田 謙一郎
	持続型社会研究室	玉井 伸明

4. 配布資料

ヒアリング調査票 (富士総合研究所より提出)

5. ヒアリング内容

(1) 素材開発産業におけるスキル・人材ニーズについて

- ・ 実務者は、実務を十分身に付けられるように、まずは基礎知識をしっかりと身につけてほしい。
- ・ また、機器分析の結果を次の段階へ反映させられる能力や、材料設計が行える能力が実務者にあるとより好ましい。
- ・ チームリーダークラスは、製品設計に基づく業務遂行の判断(技術の難易度を見極め、要する時間や体力を評価)できる能力が必要。
- ・ ただし、新しい分野の事業を展開していくときには、意思疎通のスピードを上げるためにも、組織の層構造が薄い(管理職を多くしない)方が良い場合もある。
- ・ その場合には、実務者とチームリーダーの境界をなくしたほうが良く、実務者もチームリーダーレベルの知識をつけ、事業のアイデア出しが出来るレベルに育成する必要がある。
- ・ 大学ではあまり教えない技術をサポートしてほしい(例えばポリマー物性や材料の混合手法など)。
- ・ 最近の大学ではポリマー物性を研究している先生が少ないため、身に付けている学生は少ないが、企業技術としては大変重要な分野である。
- ・ また、材料設計のうち、化学合成手法(重合など)は比較的大学で教えているところも多いが、材料同士を混合するブレンド設計方法を教えるところはほとんど無い。現状の樹脂産業ではブレンド技術が多数使用されており、重要度の高い技術である。

- ・ ブレンド技術は各企業のノウハウに依る部分も大きいですが、ある程度の技術までなら一般的に知られているので、研修は可能である。
- ・ こういった、企業でしか学べない、逆にいうと企業が教えなければいけない技術をサポートしてくれる研修があると大変助かる。

(2) スキル内容に対するコメント

- ・ 技術者の視点によるスキル構成となっている。
- ・ 実際に新規事業を起こしていくためには、PM から事業統括者に掛けた範囲で、技術の知識を有すると同時に事業のマネジメント判断（市場の動向等）が出来る人材が必要。
- ・ 事業マネジメントに関しては、基本的なレベルでは汎用プラ事業と同じだが、それでは足りない部分もある。
- ・ 例えば、汎用プラは長い時間を掛けて普及したが、バイオプラでは同じ時間を掛けることは出来ない。また、汎用プラでは儲からなかった経緯もあり、同様の構造に陥る可能性もある。
- ・ 旧来どおりのやり方ではなく、バイオプラ独自の事業展開を構築する必要がある。

(3) 人材育成・研修方法について

- ・ （特になし）

以上

(6) F社(繊維製造)

1. 日時 平成16年8月23日(月) 10時30分~11時30分

2. 場所 F社 会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

F社(繊維製造)

【事務局】

株式会社富士総合研究所 持続型社会研究室

川名 輝子、 玉井 伸明

4. 配布資料

ヒアリング調査票 (富士総合研究所より提出)

5. ヒアリング内容

(1) 素材開発産業におけるスキル・人材ニーズについて

- ・ バイオマスプラスチックの一番の問題は成形加工性である。たとえ製品に加工できたとしても、時間がかかりすぎるのであれば、事業として成り立っていない。そのため、開発を行う時点で成形加工性も十分考慮し、コストと性能を満足できる素材開発(高分子の特性を踏まえた加工性の評価や、加工性を高めるための技術開発)を行える能力が必要となる。
- ・ 一般的に大学の先生方は、性能面のみを追求しており、成形加工性を考慮しない傾向にあるので、物作りの視点からいえば不十分といえる。
- ・ 成形加工性の問題は、実際に開発にかかわる実務担当者やチームリーダーレベルでも把握しておく必要があるが、加えて事業の方向性を決定する事業統括者も成型加工性を十分理解した上で方向性を示していくことが重要となる。
- ・ 事業統括者レベルでも、基礎的な知識をしっかりとつけている人はそれほど多くない。生分解性についても誤解している人が多い。
- ・ バイオプラは各種出てきているが、最終的には淘汰されていくと考えられる。そのときに確実に残っていく素材を見極めるためにも、事業統括者には正確な知識が必要となる。

(2) スキル内容に対するコメント

- ・ 加工手法の部分をもっと詳細にしてほしい。性能面・生産コストを勘案した上で、製造条件・加工条件の判断ができるレベルまで習得できるような内容が必要。
- ・ ポリ乳酸はケミカルリサイクルしやすいので、今後研究が活発になる可能性はあるが、ケミカルリサイクルだけでは十分とはいえない。

- ・ 大きな範囲でリサイクルを取り上げ、各種リサイクル手法のうち、現場の中で最適な手法は何かを講義したほうが良いのではないか。
- ・ その他、新しい分解性の試験法や PL の基準などの最新知識が学べるものがあるとありがたい。

(4) 人材育成方法について

- ・ (特になし)

以上

(7) G社(素材製造)

1. 日時 平成16年8月25日(水) 10時30分~11時30分

2. 場所 株式会社富士総合研究所 会議室

3. 出席者

【プレヒアリング御協力】

G社(素材製造)

【事務局】

株式会社富士総合研究所 持続型社会研究室

川名 輝子、 玉井 伸明

4. 配布資料

ヒアリング調査票 (富士総合研究所より提出)

5. ヒアリング内容

(1) 素材開発産業におけるスキル・人材ニーズについて

- ・ チームリーダーの育成を一番注力している。
- ・ スキルとしては、実務担当者でも製品加工技術の知識を有していることが必要。製品加工業者と折衝するのは実務担当者が多いので、各種の製品加工技術を分かってないと、加工業者との話ができるレベルに無いといけない。
- ・ 製品加工の知識は、製品加工業者の7~8割(同じ土壌で話せる程度)の知識が必要。この知識は、座学よりも本来であれば実際の工場へ研修に出るのがベスト。
- ・ 素材開発産業としては、発酵・合成・機器分析・ケミカルリサイクルの知識は、実務担当者としては100%必要となる。
- ・ チームリーダーは現場を統括する立場にあるので、大体の成形加工に関する知識を有する必要がある。また、水酸基(OH基)の化学はしっかり理解しておいてほしい。
- ・ PMは流通から経済活動に関する分析ができる人が必要。
- ・ 技術的な知識に関しては、実務担当者が行っている最先端の実験を理解できるだけの知識が必要(普通は持つてはず)。途中から入った人に関してはそのための知識をまとめて復習するシステムが効果的ではないか。
- ・ 環境評価に関しては、実務者は基礎的・実務的な知識が必要であり、応用管理レベルの知識は、チームリーダー以上で100%必要となる。
- ・ 素材開発の営業は、製品加工業者を顧客とするので、会話の内容を現場にフィードバックさせる必要がある。技術内容(発酵・合成の基礎や一通りの製品加工方法の知識)を把握しておく必要がある。

(2) スキル内容に対するコメント

- ・ 化学合成の知識としてバイオプラ関連で一番重要なのは、水酸基(OH基)の反応に関する知識である。
- ・ その他、ポリマーブレンド技術、ポリマーアロイ技術、原料種別の物性、多糖類の化学が重要となる。
- ・ 機器分析は、実際に機械を扱う基礎知識も必要であるが、そのデータをフィードバックできるスキルが必要
- ・ ケミカルリサイクルよりも、カスケードリサイクルの話をする必要があるのではないか。
- ・ 製品加工では、各種の加工手法の知識や、製品加工方法が変わると物性がどう変化するのかを分子構造から推定できる知識が必要である。
- ・ 環境評価では、土壌微生物の知識を加えた方が良い。
- ・ 自然高分子(セルロース・デンプン)の物性を理解する必要がある。デンプンの研究者は少ないので、身につけている人はほとんどいない。
- ・ そのほか、基礎的な化学工学の知識がいるのではないか。研究者には必要ないが、事業化(チームリーダー以上)する(=工場を建てるなど)ときに必要となる。

(2) 人材育成方法について

仮に外部研修を受けるのなら、一人あたり10万円で20日間程度が妥当。

以上

3. アンケート調査結果

実施概要

- ・ 期間：平成 16 年 8 月 2 日～23 日
- ・ 対象：素材産業、製品加工・製造産業、技術人材派遣業 & 専門学校
- ・ 発送数：94
- ・ 回収数：14（素材産業 3、製品加工・製造産業 7、技術人材派遣業 & 専門学校 4）
- ・ 回収率：14.9%

集計結果

問 1 バイオマスプラスチック関連事業の取り組み状況（N=14）

設問肢	回答数	内訳		
		素材産業	製品加工・製造産業	技術人材派遣業・専門学校
1. 現在取り組んでいる	4	2	2	0
2. 将来的に取り組む予定がある、または関心がある	4	1	2	1
3. 取り組んでいないし、関心も無い	6	0	3	3

問 2 担当の部署・組織名

【省略】

問 3 理想的な人材像・イメージ

- ・ バイオマスプラスチック関連の知識を十分に持っており学生への知識・技術の指導が十分に行える人材
- ・ バイオマスプラスチック関連事業は、今後、国、自治体、業界団体、消費者との連携プレーを進めて行く必要がある。単なる一企業の製品開発に止まらず、各団体との共同事業、調整役等ディレクター、プランニングの能力も求められる。
- ・ 材料やその加工技術に一定水準の技術力を有している。
- ・ バイオマスプラスチックの特性に関し豊富な知識がありかつ、フィルム成形加工技術の知見が高いこと
- ・ 環境関連技術開発全般に造詣が深く、ポリマー開発技術に精通し、用途開発が出来る人材。
- ・ 基礎技術としてバイオマスプラスチックの知識は必要であるがそれ以上に、従来の常識を打ち破る発想が出来る人材。
- ・ バイオマスプラスチックの基本的な知識を有し、かつその応用技術を理解し、かつ交渉能力と経理・原価知識を有する人材。

問 4

問 3 の人材に望まれる能力 (N=8)

設問肢	回答数
1. 経験が豊富である	2
2. 最新技術に精通している	4
3. 技術力が高い	4
4. 専門領域をもっている	4
5. 広い領域に通じている	3
6. 研究者・科学者としての思考力がある	3
7. プロジェクト管理能力が高い	5
8. 市場・顧客ニーズを把握できる	5
9. リーダーシップに優れている	2
10. 部下等の育成ができる	1
11. コミュニケーション・交渉能力がある	4
12. 人脈が豊かで社内外の連携体制がとれる	1
13. その他	0
14. 特にない	0

問 5

人材像のレベル分けの妥当性 (N=8)

設問肢		回答数
初級者 (生産現場担当) のレベル	妥当	8
	妥当でない	0
中級者 (ライン管理) のレベル	妥当	8
	妥当でない	0
上級者 (プロジェクト管理) のレベル	妥当	7
	妥当でない	1

上級者の妥当な人材のイメージ

- ・ プロジェクト管理に加えて計数の理解が出来てかつ実務できること。(例)ROI、ROA、EBTDAなど。

◆ 必要度・不足感

設問			回答数	
発酵生産	1) 発酵生産に関する一般的知識(微生物学、微生物工学)を有し、微生物による高分子やモノマーの生産工程を正しく理解することができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 5 3 0
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	4 2 1 1
		必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 3 4 1
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	3 3 0 2
	2) 発酵生産工程のうち基本的な微生物の管理についての正しい知識を有し、安全かつ適切に菌管理を行うことができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 3 4 1
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	3 3 0 2
		必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 3 3 2
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	3 2 0 3
	3) 発酵生産工程のうち培養・発酵についての正しい知識を有し、安全かつ適切に培養・発酵を実施することができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 3 3 2
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	3 2 0 3
		必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 3 3 2
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	3 2 1 2
4) 遺伝子組み換えを利用した発酵生産法の技術・知識を有し、微生物系バイオマスプラスチックの応用的素材開発を行うことができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 3 3 2	
	不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	3 2 1 2	
	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	0 7 0 0	
	不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	0 5 2 1	
化学合成	1) 化学合成に関する一般的知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの素材開発工程を正しく理解することができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	1 7 0 0
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	0 5 2 1
	2) バイオマスプラスチックの設計・合成技術についての知識を有し、その化学合成工程を適切に実施することができる。また合成後に作業性の改善方法を検討することができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	1 4 2 1
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	1 4 2 1
機器分析	1) 機器分析や分析化学の知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックの基本物性評価を適切に行うことができる。	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	2 3 2 1
		不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	0 3 3 2
	必要度	1. 極めて必要 2. 必要 3. あまり必要ではない 4. 不要	2 3 2 1	
	不足感	1. 極めて不足している 2. やや不足している 3. あまり不足していない 4. 不足していない	0 3 3 2	

設問			回答数	
ケミカルリサイクル	1) ケミカルリサイクルについての知識を有し、化学合成系バイオマスプラスチックのケミカルリサイクル方法を検討、および検証することができる。	必要度	1. 極めて必要	0
			2. 必要	5
			3. あまり必要ではない	3
			4. 不要	0
		不足感	1. 極めて不足している	2
			2. やや不足している	2
			3. あまり不足していない	1
			4. 不足していない	3
製品加工	1) 複合材料、高分子加工の知識を有し、バイオマスプラスチックの製品加工を適切に行うことができる。	必要度	1. 極めて必要	5
			2. 必要	2
			3. あまり必要ではない	1
			4. 不要	0
		不足感	1. 極めて不足している	1
			2. やや不足している	4
			3. あまり不足していない	2
			4. 不足していない	1
製品加工	2) 強度、伸び等の基本機械的性質評価法についての知識を有し、必要な性質・条件が実現可能なようにバイオマスプラスチックの素材開発・合成過程にフィードバックできる。	必要度	1. 極めて必要	5
			2. 必要	2
			3. あまり必要ではない	1
			4. 不要	0
		不足感	1. 極めて不足している	5
			2. やや不足している	2
			3. あまり不足していない	1
			4. 不足していない	0
環境評価	1) LCA 評価に関する知識を有し、バイオマスプラスチックの素材生産から廃棄後の処理までを考慮にいたった環境評価を行うことができる。	必要度	1. 極めて必要	3
			2. 必要	4
			3. あまり必要ではない	1
			4. 不要	0
		不足感	1. 極めて不足している	4
			2. やや不足している	3
			3. あまり不足していない	0
			4. 不足していない	1
	2) 標準的な生分解性評価法についての知識を有し、バイオマスプラスチックの生分解性評価、及び安全性評価を適切に行って素材・製品開発に活用することができる。	必要度	1. 極めて必要	3
			2. 必要	3
			3. あまり必要ではない	2
			4. 不要	0
不足感	1. 極めて不足している	1		
	2. やや不足している	4		
	3. あまり不足していない	2		
	4. 不足していない	1		
3) 規格・法律に従った製品評価を行い安全基準等に則った製品開発を行うことができる。	必要度	1. 極めて必要	3	
		2. 必要	5	
		3. あまり必要ではない	0	
		4. 不要	0	
不足感	1. 極めて不足している	1		
	2. やや不足している	2		
	3. あまり不足していない	3		
	4. 不足していない	2		

◆ 育成方法 (N=8 ; 複数回答)

		回答数	素材産業	製品加工・製造産業	技術人材派遣業・専門学校
発酵生産	1. 社内研修	1	0	1	0
	2. 社外研修	3	1	2	0
	3. OJT	0	0	0	0
	4. 育成していない	5	2	2	1
化学合成	1. 社内研修	1	1	0	0
	2. 社外研修	2	0	2	0
	3. OJT	3	1	2	0
	4. 育成していない	3	1	1	1
機器分析	1. 社内研修	0	0	0	0
	2. 社外研修	1	0	2	0
	3. OJT	3	2	1	0
	4. 育成していない	4	1	2	1
ケミカルサイクリ	1. 社内研修	0	0	0	0
	2. 社外研修	2	0	2	0
	3. OJT	1	1	0	0
	4. 育成していない	4	2	2	1
製品加工	1. 社内研修	1	0	1	0
	2. 社外研修	4	1	3	0
	3. OJT	5	3	2	0
	4. 育成していない	1	0	0	1
環境評価	1. 社内研修	0	0	0	0
	2. 社外研修	5	1	4	0
	3. OJT	2	0	2	0
	4. 育成していない	3	2	0	1

問7

その他重要と考えられるスキル項目に関するコメント

分野	コメント
製品加工	汎用樹脂の応用例などの知識を有し、各業界の業務に精通している。
環境評価	環境行政は未整備分野がまだ多いので、行政に対して発言できる能力
その他	今後、国家事業として、学術部門からの参画も促し、広域プロジェクトを推進できる人材の育成が急務。

問 8 人材研修の受講形態 (N=14)

◆ 研修形態と金額

設問肢	金額	回答数
有料の外部研修でも利用したい		4
	うち1万円	1
	2万円	1
	3万円	2
無料の外部研修なら利用したい		8
eラーニング等による社内研修が可能なら利用したい		1
	うち1万円	1
研修を利用したいとは思わない		1

◆ 妥当な研修日数 (N=14)

日数	回答数
1日	1
2日	6
3日	4
1週間	1
無回答	2

問 9 スキルスタンダードの利用観点 (N=14 ; 複数回答)

設問肢	回答数
1. 採用活動時における能力評価基準	6
2. 人事考課時の判断基準	0
3. 人材配置の判断基準	6
4. 社員に必要な能力開発の明確化	9
5. 社内人材ニーズの把握	3
6. 利用しない	1
7. その他	2