

特集

デジタル・グリーン成長分野の大学での学び

日本政府は、2022年10月『物価高克服・経済再生実現のための総合経済対策』を公表し、その中で「成長分野」として「GX（グリーン・トランスフォーメーション）」と「DX（デジタル・トランスフォーメーション）」を挙げ、「学校教育段階から社会で活躍し評価される人材を育成していくため、成長分野への大学・高専の学部再編等促進（略）等を進めていく」と記した。同時に、「成長分野をけん引する大学・高専の機能強化に向けた基金」が創設され、2023年4月から公募が開始され118件が選定された。この施策により、デジタル・グリーン等成長分野に関連する学部の再編が加速することになる。デジタル・グリーン等成長分野は、人材需要も高く、受験生とっても関心のある分野であろう。

今回は、「大学での学びの内容を知る」シリーズの番外編として、デジタル・グリーンに関連する東京工業大と早稲田大の全学的な取り組みを紹介する。大学選びの参考にしてもらいたい。

1 デジタル・グリーン成長分野の学びの実例① ～東京工業大～

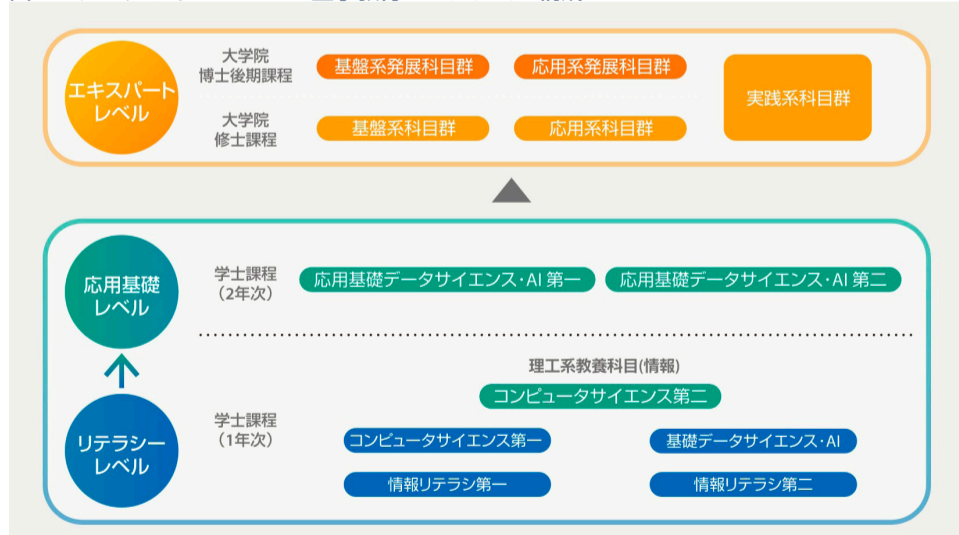
■データサイエンス・AI全学教育機構

東京工業大では、2019年度から「データサイエンス・AI大学院全学教育」を開始し、さらに2022年度に「データサイエンス・AI全学教育機構」を設置した。同機構では、リテラシーレベル、応用基礎レベル、エキスパートレベルという学士課程から修士、博士後期課程までを包含する体系化された全学教育を実施している。

東京工業大の考えるエキスパートとは、データサイエンスやAIの高度な専門知識や技術を有するだけでなく、専門分野の境界を越えてイノベーションを創出し、その未来を担う人材育成もできる「共創型エキスパート」であり、①データサイエンス・AIを駆使し、②データサイエンス・AIで交わり、③データサイエンス・AIを教えることのできる人材である。

理工系総合大学としての特長を活かし、ハイレベルなデータサイエンス・AI人材の育成に取り組んでいる。（参考：東京工業大ホームページ）

図1 データサイエンス・AI全学教育プログラムの構成



<https://www.dsai.titech.ac.jp/course/>

表1 全学教育プログラムの科目群と内容

科目群	内容	科目名
リテラシー系科目群	リテラシー系科目群では、数理・データサイエンス・AIへの関心を高めるとともに、適切に理解、活用するための基礎的な能力を育成。	情報リテラシー第一／情報リテラシー第二／コンピュータサイエンス第一／基礎データサイエンス・AI
応用基礎系科目群	応用基礎系科目群では、数理・データサイエンス・AIを、自らの専門分野へ応用するための基礎的な能力を育成。	コンピュータサイエンス第二／応用基礎データサイエンス・AI第一／応用基礎データサイエンス・AI第二

表1 全学教育プログラムの科目群と内容の続き

科目群	内容	科目名
基盤系科目群	基盤系科目群では、数理・データサイエンス・AIを理論的および実用的、両面から学び、高度な利活用を行なうための知識の習得を目指す。	基盤データサイエンス／基盤データサイエンス演習／基盤人工知能／基盤人工知能演習
応用・実践系科目群	応用・実践系科目群では、数理・データサイエンス・AIの実社会での利用について学び、それらの最前線で必要とされる技術の理解・習得を目指す。	応用AI・データサイエンス A, B, C, D／実践AI・データサイエンス A, B, C, D
発展系科目群	発展系科目群では、数理・データサイエンス・AIを理論的および実用的、両面から学び、研究開発の最先端で活用できる極めて高度な知識の習得を目指す。	基盤データサイエンス発展／基盤データサイエンス発展演習／基盤人工知能発展／基盤人工知能発展演習

〈東京工業大 データサイエンス・AI全学教育機構 奥村圭司特任准教授インタビュー〉

■東京工業大におけるデータサイエンス・AI教育の位置づけ

東京工業大では、全学的なプログラムを実施している。データサイエンス・AI全学教育機構の奥村 圭司特任准教授は、その経緯と背景についてこう話す。

「東工大では、2019年度から開始した『データサイエンス・AI大学院全学教育』を契機に、2020年度からは学士課程を対象とした科目も設置し、データサイエンス・AI全学教育プログラムを行ってきました。『データサイエンス・AI全学教育機構』は、学士課程から大学院までの一貫した全学教育プログラムを拡充・推進し、企業連携や大学間連携をさらに発展させるべく2022年に発足しました。近年はデータサイエンスやAIの飛躍的な発展に伴い、産官学において積極的な利活用が推し進められています。しかし現在の日本においては、この役割を担う人材が不足しているのが実情です。そのため、大学でのデータサイエンス・AI人材の育成が社会から強く要請されています。東工大は理工系総合大学として、トップレベルの人材を養成することを使命としています。学生は各学院において専門分野を学んでいくわけですが、データサイエンス・AIの知識・スキルをいかに専門分野に活かすことができるか常に考えられるよう、学士課程から『全学』での教育を実施する体制を整備しました」



奥村圭司特任准教授

図2 東京工業大における「知の共創プラットフォーム」



■「全学」教育としての取り組み

全学教育プログラムを実施されたことによる教育効果は、徐々に始めていると奥村特任准教授は言う。

「本機構が運営するデータサイエンス・AI関連科目には、実際に東工大の各学院から受講生が集まっています。それぞれの授業では、データサイエンス・AIのスキルレベルの変化などについてアンケートを取っており、学院によらず一様にスキルレベルが向上していることが読み取れます。また、客観的な数値などはないのですが、学生の就職や研究分野の拡大、学内の人材育成にとって効果が出始めていると感じています」

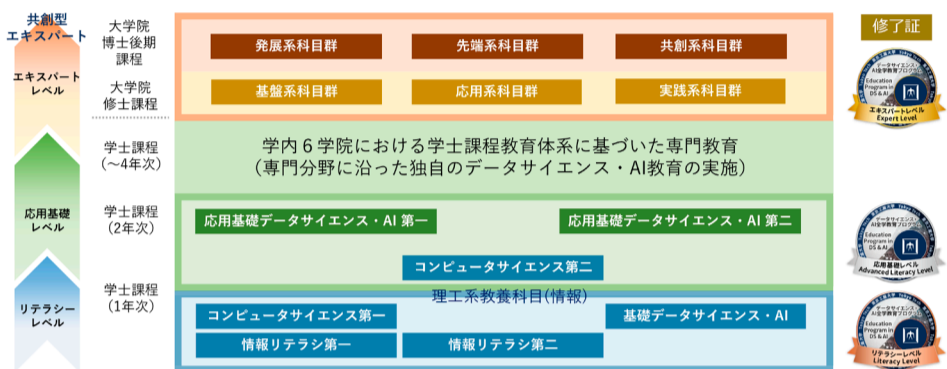
全学教育プログラムで履修する各科目について、こう説明する。

「リテラシーレベルとして、『情報リテラシー第一・第二』『コンピュータサイエンス第一』に加えて『基礎データサイエンス・AI』を受講できます。それらの科目では、数理・データサイエンス・AIの基礎的素養の習得と利活用に関する基本的な能力の獲得を目指します。

応用基礎レベルでは、『コンピュータサイエンス第二』に加え、『応用基礎データサイエンス・AI第一・第二』を学びます。これは、リテラシーレベルの素養を基として、より発展的な素養や実践スキルを習得し、エキスパートレベルへと繋げていくことを目標とします。エキスパートレベルでは、データサイエンス・AIの理論を学ぶ『基盤系科目群』『発展系科目群』、企業におけるデータサイエンス・AIの活用事例を学ぶ『応用系科目群』『実践系科目群』、最先端の内容に即してデータサイエンス・AIの理論的・倫理的側面を深く学ぶ『先端系科目群』を提供しています。これらを通して、データサイエンス・AIで社会的問題を解決する能力、データサイエンス・AIを他分野とつなげる力、および、データサイエンス・AIを教える能力を培っていきます。本機構では各レベルの修了にあたり、紙ではなく、オープンバッジと呼ばれるデジタルの修了証を発行しています

全学教育プログラムによって、データサイエンス・AIに関する素養・スキルのレベルアップが図られている。

図3 データサイエンス・AI全学教育プログラムの概要



出典：東京工業大ホームページ

■各分野で活かされるデータサイエンス・AI

1～2年次はデータサイエンス・AIの素養を学び、3～4年次は、各研究室で専門性に応じたデータサイエンス・AIのスキルを磨くわけだが、各学院ではどのようにデータサイエンス・AIのスキルが活かされるのだろうか。

「各学院でデータサイエンス・AIのスキルは必要とされています。理学院での素粒子の研究では、検出器に大量のデータが集まりますが、その中から有効なデータを効率よく取り出す手法が重要です。工学院であれば、自動運転や自動会話プログラムなどの自律システムや支援システムのために、当然データサイエンス・AIの技術が必要とされます。情報理工学院は人工知能や機械学習自体の研究を進めています。物質理工学院ではマテリアルズ・インフォマティクス、生命理工学院ではバイオインフォマティクス、環境・社会理工学院ではスマートシティで大量のデータを分析して最適化することが求められ、データサイエンスが必要とされるわけです。したがって、データサイエンス・AIのスキルは6学院のいずれの分野でも活かされるわけです。1～2年次で獲得したデータサイエンス・AIの素養を活用し、専門分野で使いながら、さらに磨きをかけるというわけです」

データサイエンス・AIのスキルを用いることで、研究の客観性が向上し、研究結果の精度が高まることになるという。

■「共創型エキスパート」人材とは

大学院では、エキスパートレベルの科目群を履修するだけでなく、企業や他大学と連携したプログラムにより、「共創型エキスパート」人材を育成している。

「所属する学院の専門に依らずに、基盤となる数理・データサイエンス・AIの素養を習得する過程において、学生がデータサイエンス・AIを（1）『駆使できる理論的な基盤を身につけ』、（2）『専門の境界を越えて多様な人々と交わり』、さらには学んだことを生かして（3）『未来を担う若者を教えらるる』トップレベルの人材に成長できるよう、取り組んでいます。我々はこのような人材像を『共創型エキスパート』と呼んでいます。共創型エキスパート人材を育てるための具体的な仕掛けとして、連携企業からのデータサイエンス・AI活用事例の学びや四大学連合（東京工業大・東京医科歯科大・東京外国語大・一橋大）での相互受講といった他大学との連携などが位置付けられています」

図4 「共創型エキスパート人材」が身につける能力



■東京医科歯科大との統合後の「データサイエンス・AI」教育

2024年秋には東京医科歯科大との統合が予定されている。統合後の構想として掲げるのが「理工学+医歯学+情報学+人文社会科学（総合知に基づくコンバージェンス・サイエンス）」である。東京工業大の取り組む「データサイエンス・AI」教育は、どのように変化するのだろうか。

「我々は『共創型エキスパート』人材を育成するため、東工大内での教育実施にとどまらず、四大学連合やTAISTとよばれる本学が独自にタイの関連機関と連携して運営している大学院など、他大学との連携も行ってきました。東京医科歯科大との統合は、この連携を加速するロールモデルになると考えています。『コンバージェンス・サイエンス』とは、すなわち、異分野どうしが協調して融合していくことです。そのためには、土台となる共通言語が必要です。データの解析やその特徴の抽出といったデータサイエンス・AI技術は、実社会に根差すどの学問分野においても普遍的な手続きといえます。データサイエンス・AIの考えが共通言語となることで、融合における触媒の役割を担っていく、あるいは両大学の学生にそのような意識をもってもらうよう働きかけていくことになると思います。また、本学は『数理・データサイエンス・AI教育強化拠点コンソーシアム』において、拠点校に選定されており、東京医科歯科大は医学歯学分野における同・特定分野校に選定されています。そのため、両大学がそれぞれの強みを活かすことで、より広い視点に立ったデータサイエンス・AI教育の実施が可能になると期待します」

2 デジタル・グリーン成長分野の学びの実例② ～早稲田大～

早稲田大は、2021年11月1日、カーボンニュートラルに寄与する教育研究領域における先進的な取り組みを通じて、SDGsの理念のもと、これらの知見を統合して新たな世界価値を創造するために、Waseda Carbon Net Zero Challengeを宣言した。2022年12月1日には総合大学としての強みを活かして、文理の枠組みを超えた研究力を結集して、「カーボンニュートラル社会研究教育センター」を設立し、カーボンニュートラル社会の早期実現を担う中核人材の輩出を目指している。

早稲田大では、「全学副専攻」制度を設けている。学部生を対象とし、所属学部での主専攻とは別の学問領域を体系的に学ぶことができる制度で23のコースが設けられている。副専攻は「学術的副専攻」と「学際的副専攻」の2種類に分類されるが、「学際的副専攻」は、今後重要性が増す分野や、学生の多様な関心に合わせた社会的問題・学問的課題について、幅広い視野から考え、学びを深めていく。2022年度より設置された「カーボンニュートラルリーダー」もその1つである。日本政府は2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを2020年10月に宣言し、経済産業省は「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。「カーボンニュートラル」は国家的課題であり、すべての産業分野で今後益々重要性を増すことになる。

早稲田大の全学副専攻「カーボンニュートラルリーダー」について、大学ホームページから紹介する。

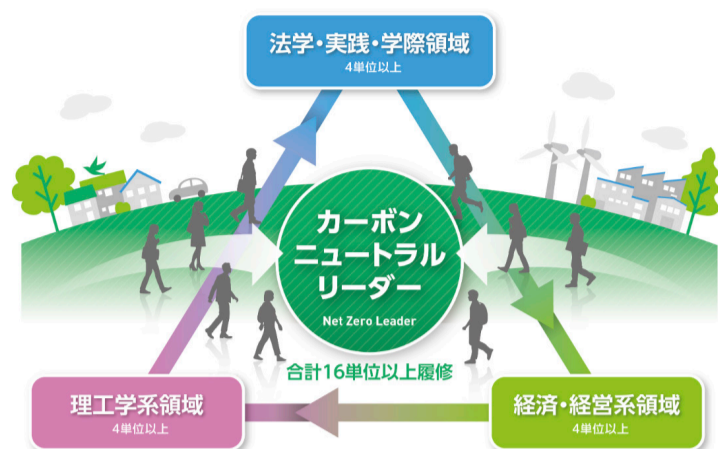
■全学副専攻「カーボンニュートラルリーダー」

早稲田大では文系理系を問わず、全ての学部学生が自身の所属する学部での学び（主専攻）に加え、もう1つの専門性と幅広い教養を身につけるべく、2007年から全学副専攻制度を開始しているが、2022年度よりカーボンニュートラルをテーマとして、副専攻「カーボンニュートラルリーダー」を新たに設置した。文系理系を越えた全学部生が参加する教育プログラムを展開し、在学中はもちろん、卒業後も日本全国、世界各国で、またあらゆる業界で世界的な視野でカーボンニュートラルを推進できる人材輩出を目指している。

この副専攻では、気候変動に関する国際的動向、カーボンニュートラルに寄与

する技術の開発と社会実装、国内外のエネルギー事情など、カーボンニュートラルに直結する知識や情報を修得すると共に、環境経済や環境法令、資源循環など、カーボンニュートラルの根底にある「法律」「経済」「理工学」等の環境全般の基礎知識を併せて修得することによって、深度と奥行きのある思考力を備えたカーボンニュートラルリーダーとなることを到達点としている。

図5 副専攻「カーボンニュートラルリーダー」プログラムの領域と単位数



出典：早稲田大ホームページ

<https://www.waseda.jp/inst/wcans/hr-development/minor>

表2 副専攻「カーボンニュートラルリーダー」の指定科目一覧

修了必要単位：16単位（領域・分野a：4単位、領域・分野b：4単位、領域・分野c：4単位）以上

★領域・分野a「法学・実践・学際」 修了必要単位：4単位

No.	設置箇所	科目名	配当年次	単位	備考
1	政経	産業エコロジー01	3年以上	2	
2	法学	環境法Ⅰ	3年以上	2	学部優先科目
3	法学	環境法Ⅱ	3年以上	2	学部優先科目
4	社会学	地球環境論	2年以上	4	
5	社会学	環境社会学Ⅰ	2年以上	2	
6	人科	環境社会学	1年以上	2	
7	国際教養	Global Environmental Politics and Policies 51	3年以上	4	
8	文構	環境変容と地域・都市の社会変動	1年以上	2	
9	文構	グローバル・イシューとコミュニティ	2年以上	2	
10	基幹	開発協力論	1年以上	2	
11	GEC	環境問題と持続可能な社会	1年以上	2	
12	GEC	再生可能エネルギーを地域から考える。	1年以上	2	
13	GEC	地域、環境、エネルギーを考える	1年以上	2	

★領域・分野b「経済・経営系」 修了必要単位：4単位

No.	設置箇所	科目名	配当年次	単位	備考
1	政経	国際公共政策01	3年以上	2	履修必須
2	政経	環境経済学01	3年以上	2	
3	政経	資源・食料経済学01	3年以上	2	
4	政経	開発と環境の経済学01	3年以上	2	
5	商学	Business in the Natural Environment 1	2年以上	2	
6	社会学	環境の産業連関分析	3年以上	2	
7	人科	地域資源論	1年以上	2	
8	創造	環境資源経済論	2年以上	2	
9	GEC	EU科学技術政策	1年以上	2	
10	GEC	環境を経営する	1年以上	2	
11	GEC	カーボンニュートラルと社会（学部生用）	1年以上	1	履修必須
12	GEC	環境 이슈を再編集する	1年以上	2	
13	GEC	環境 이슈を深く読み解く	1年以上	2	

★領域・分野c「理工学系」 修了必要単位：4単位

No.	設置箇所	科目名	配当年次	単位	備考
1	人科	環境行動学	1年以上	2	
2	創造	建築環境学	3年以上	2	
3	創造	広域環境論	3年以上	2	
4	創造	環境工学	2年以上	2	
5	創造	資源循環工学概論	2年以上	2	
6	先進	電気エネルギーシステムと環境	1年以上	2	
7	GEC	環境科学基礎講座Ⅰ	1年以上	1	
8	GEC	環境科学基礎講座Ⅱ	1年以上	1	
9	GEC	カーボンニュートラル技術概論α（学部生用）	1年以上	1	履修必須
10	GEC	カーボンニュートラル技術概論β（学部生用）	1年以上	1	履修必須
11	GEC	資源エネルギーと地球環境問題を考える	1年以上	2	
12	GEC	激動する世界の資源エネルギーを俯瞰する	1年以上	2	

出典：「全学副専攻履修ガイド」P145
早稲田大ホームページ

<https://www.waseda.jp/inst/gec/assets/uploads/2023/02/c858da0477fc2ac2de3eeaa9ed7f1232.pdf#page=27>

カーボンニュートラルは、あらゆる産官学界、すなわち民間企業、官公庁、教育・研究機関にさまざまな形で求められており、この副専攻で得られた知識と培った思考は、将来どのような業界で活躍することになっても活かされる。

また、将来、カーボンニュートラルに直接的に関わる機会がなかった場合でも、本副専攻で得られた課題解決に向けた文理融合のアプローチの手法は、今後生きていく中で直面する正解が1つではないあらゆる課題解決に活用、応用できるものとなっている。

■大学院人材育成プログラム

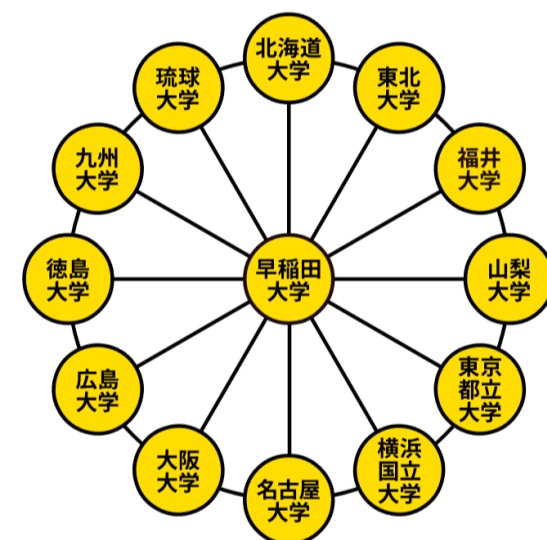
2020年に経済産業省が策定した「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」には、成長が期待される14分野として、エネルギーインフラを革新する材料から電力マネジメントシステムまでを包含する産業領域が盛り込まれている。

早稲田大は、2018年度の「卓越大学院プログラム」に「パワー・エネルギー・プロフェッショナル（PEP）育成プログラム」（以下PEP）が採択された。「卓越大学院プログラム」とは、「世界最高水準の教育力・研究力を結集した5年一貫の博士課程学位プログラムを構築することで、あらゆるセクターを牽引する卓越した博士人材を育成するとともに、人材育成・交流及び新たな共同研究の創出が持続的に展開される卓越した拠点を形成する取組を推進する事業」であり、日本の国際的研究力を牽引する役割を担う。

PEP（POWER ENERGY PROFESSIONALS）は、エネルギー材料分野が担う「生産」から電力システム分野が担う「消費」までの産業全体を幅広い視点でとらえ、次世代電気・エネルギーシステムを社会に対して積極的に展開できる人材の養成を目指している。PEPは、連携13大学による5年間一貫の博士人材育成プログラムである。プログラム修了後は、大学などのアカデミアに限らず、高度な専門知識をもとに、産業界をはじめ、国際機関や行政機関など、社会の多様な場で活躍することが想定されている。

電力・エネルギー分野全体の課題とビジョンの共通理解に基づき、全国国公立13大学教員による、オールジャパンでの電力・材料融合教育を実施しており、各大学が自身の強みを核にしながら、講義・演習の共同開発、共同研究、学生の相互交流などを通じて、これまでの教育研究における分散知の統合・体系化を図っている。

図6 「パワー・エネルギー・プロフェッショナル（PEP）育成プログラム」の連携大学



出典：早稲田大ホームページ

<https://www.waseda.jp/pep/about/>

PEPでは、博士課程前期と後期の連続年次をTD1～TD5とした5年間一貫カリキュラムを構成している。教育の質を継続して保証・可視化するために、学修活動を通じて得られる成果や能力を、複数の評価項目に分けて達成度を記した「ルーブリック」と、半期ごとの達成度を記録、確認する「学修ポートフォリオシステム」を活用する。カリキュラムにおいては、TD1年次より早稲田大に共通の学籍を置き、大学の壁を超えた同一環境で授業を受けられるインターユニバーシティ型の卓越必修科目のほか、卓越専門選択科目、卓越俯瞰選択科目、5年間通した研究指導といった多彩な科目群を提供している。

図7 PEPの指導・支援体制



出典：早稲田大ホームページ

<https://www.waseda.jp/pep/about/>