

港湾・臨海部におけるカーボンニュートラルの取り組みを考える課題解決型授業と人材育成



角野 晴彦

岐阜工業高等専門学校
環境都市工学科 教授



松本 嘉孝

豊田工業高等専門学校
環境都市工学科 准教授

1. はじめに

カーボンニュートラル(CN, Carbon Neutral)は、技術者や技術者を目指す者に限らず、実務者や高～初等教育の学生まで、現世代から次世代を担う全ての者が意識し取り組まなくてはならない。CNを理解し取り組める人材を育成するため、文理融合・分野横断型で、かつ縦断的(世代別)に連続性のある教育が求められる。このような教育には、課題解決型授業(PBL、Project (Problem) Based Learning)が適している。PBLとは、少人数で構成された班内での協調、共同によって理解を深める学習方法である。PBLの課題は、学習者自身を当事者にさせるため、実社会にあり、かつ時機を得ているべきである。この学習方法は、得られる知識量では座学型授業に劣るが、近年の教育キーワードである能動性(例、アクティブラーニング)、統合性(例、STEAM、エンジニアリングデザイン)、できる・使える資質と能力(例、コンピテンシー)等を育み、高い学習定着率を達成できる。そこで我々は、PBLの課題にCNを対象として、持続可能な開発の三側面である環境・社会・経済のバランスを考えられる人材育成を進めている。

2020年に経済産業省が策定した「2050年CNに伴うグリーン成長戦略」¹⁾によると、「港湾・臨海部のCO₂排出量削減の余地は非常に大きい、次世代エネルギーの利活用のポテンシャルが高い」とされている。ここでのCO₂排出・削減量の対策、算定、期待は、エネルギー生成、物流、製造業等の概ね有形(ハード)の変革と、それに伴う環境・経済の好循環に留まっている。ここには、住民の意識・行動の変化に代表される社会的因子、途切れない土木工事による維持管理的因子、CO₂の吸収・固定先である生態・食料の生物的因子が不足している。我々のPBL課題は、港湾・臨海部に注目し、CNへの影響を数値で示し、各立場でどのようにCNに貢献していくかを皆で考えられる学習方法を提供する。

2. 課題解決型授業 (PBL) の開発

(1) 構成

本PBLの工程は、事前知識導入：50分、情報収集・計算：教室外学習、課題解決：100分の3部で構成した。PBLに取り組む時間は、高専での授業の他に、中学生を対象にした公開講座、一般の方のワークショップ等に対応できるようにした。

受講者は、中学生以上とする。この理由は、小学4年までの社会において港湾・臨海部の製造業・エネルギー変換施設の集積を学習しており、中学1年において元素の学習を始めるためである。環境に関する知識は、継続的な学習(授業)になっておらず浅くしか定着していないと推測される。そのため、事前知識導入は、予め知識レベルを揃えるねらいで設けた。

(2) 事前知識導入

受講者に理解してもらう項目は、次の通りである。炭素循環に関して、単位(t-CO₂)、CO₂の排出源・吸収先、循環に化石資源を含まない理由(図1)、CO₂排出量の削減の重要性、CO₂排出量の計算、港湾・臨海部における炭素循環の影響力(図2)である。CO₂排出量の削減の重要性は、受講者に、新たな炭素フリーエネルギーの開発に頼る危うさを伝える。例えば、伊勢湾における洋上風力発電の潜在能力は、約5000基の建設によって、愛知・三重県の一般家庭(340万世帯)の電力消費量の2倍の発

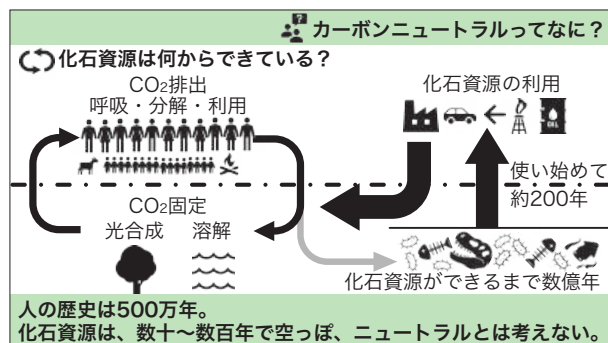


図1 カーボンニュートラルの考え方

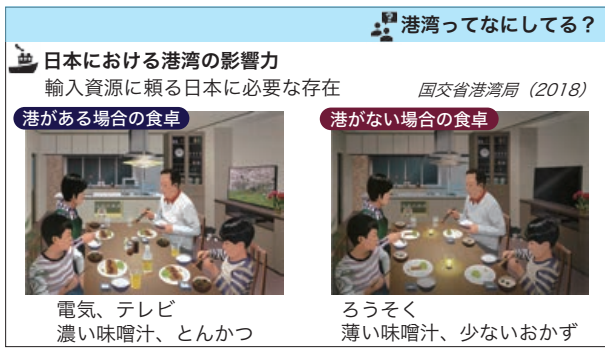


図2 港湾を介した炭素の動き

電量を賄える²⁾。ただ数十年先の未来あるいは2050年に、その風景は時間的にも経済的にも想像し難いことを伝える。これらより、技術革新と社会変革の速度を考え、これら両面の重要性を論ず。港湾・臨海部における炭素循環の影響力は、まず視覚的に理解してもらうように絵³⁾で示した。

(3) 情報収集・計算、課題解決 —省エネ（社会行動の変化）が洋上風力発電建設に与える影響—

課題は、CO₂排出量を削減するための行動方法の提案とその貢献度とする(表1)。CO₂排出量は、事前に自動車による通勤距離、エアコン(空調)の使用時間を調査してもらう。手荒いが、これを愛知・三重県の代表値とする。CO₂排出量とCO₂削減量は、CO₂排出原単位を用いて計算する。自動車とエアコンの利用を半減した場合、CO₂削減量の各貢献度が何基の洋上風力発電の建設に相当するかを表す。表1に示した例においても、CO₂削減量の貢献度は、図2に示した絵に加えてCO₂削減の強い動機付けになるとともに、港湾・臨海部における炭素循環の影響力の理解を促す。ここからはファシリテーション技法⁴⁾を用いた討議にて課題解決に至る。課題解決を提案する際に重要な点は、新たな省エネ技術等の未来の技術開発に期待しないことである。課題解決の案は、自動車による通勤では年齢・曜日制限や相乗り等、エアコンの使用ではIoTによる全戸管理や冬の厚着等が挙げられる。

表1 愛知県と三重県における社会行動の変化(省エネ)による洋上風力発電建設への影響

対象	自動車 248万台	エアコン 380万台
調査：通勤距離、エアコン使用時間 課題：利用を半減する行動方法の提案	通勤距離 (km/日) 21.0→10.5	使用時間(時間/日) 8.0→4.0 消費電力(kWh/日) 5.52→2.76
CO ₂ 排出原単位	(g-CO ₂ /km/人) 130	LNG火力発電 (g-CO ₂ /kWh) 473.5
CO ₂ 排出削減量 (t-CO ₂ /日)	3389	4969
風力発電建設相当数 (基)	565	828

風力発電を1基建設すると、6.0t-CO₂/日のCO₂削減量が見込めるとする。

技術者は、CN実現に向けて科学を駆使してあらゆる可能性を追求していく。ただ、一つの技術によってCNの中核であるエネルギー問題を解消するような魔法はない。CN実現は、技術革新を待つのみではいけない。我々のPBLでは、CN実現に向けて、技術革新と社会変革(住民行動)の2つの社会変容が車の両輪のごとく、まさしく循環型「社会」の形成が必要であることを教育できるようにした。

3. CN算定の精度向上

港湾・臨海部は、製油、発電、鉄鋼、化学に関する産業という目立ったCO₂排出源を持つ。ところが、維持管理のため途切れない土木工事からのCO₂排出源、主に藻類(独立栄養性生物)から始まるCO₂の吸収、そこから魚介類までの炭素の固定・備蓄についての挙動や影響が明確になっていない。CN実現に向けての第一歩は、CO₂排出源とCO₂の吸収・固定先を取り溢さず拾い上げ、炭素に関する物質循環を把握すること、換言すればCN算定の精度向上である。2020年度の名古屋港における物流を支える活動、ターミナル内外を結ぶ物流を支える活動のCO₂排出量は、それぞれ年間15.5万トン、46.7万トンである⁵⁾。これに対して我々の試算では、港湾・臨海部の土木工事の土砂の浚渫工事による年間平均CO₂排出量は1.4千トン、最大の年では3.6千トンと推定された。この排出量は港の全体からすれば小さな量であるが、CO₂排出は様々な事業活動の積み重ねから算出されることを考えると、無視できない値であるとも言える。そして、この結果からも、CN算定の精度向上の重要性を再認識できた。同時に、CN実現にはあらゆる業界の技術者が携わることを考慮すると、港湾・臨海部の土木工事が、PBLに必須である実社会の課題の1つに加えられる。

謝辞

本研究の一部は、ちゅうでん教育振興助成(高等専門学校の部)、豊橋技術科学大学研究連携ネットワーク構築支援プロジェクトの支援を受けて実施しています。PBLの作成と実行には、角野研究室の長坂忠明氏に協力を頂きました。記して、関係各位に御礼を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 経済産業省、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、成長戦略会議(第6回)配付資料、内閣官房HP、2020、閲覧2021.7
- 2) 嶋田進ら、伊勢湾における洋上風力発電の可能性に関する検討、風力エネルギー、29(2)、p.92-97、2005
- 3) 国土交通省港湾局(監修)、世界に通じる、未来へ通じる「港湾」の話、日本経済新聞出版社、2018
- 4) 大石加奈子、エンジニアリング・ファシリテーション、森北出版、2011
- 5) 名古屋港カーボンニュートラルポート検討委員会、名古屋港CNP形成基本構想、名古屋港管理組合HP、2022、閲覧2022.7