

カーボンニュートラルを皆で考える課題解決型授業の開発

岐阜工業高等専門学校 長坂忠明 (学)、角野晴彦 (正)

豊田工業高等専門学校 松本嘉孝 (正)

豊橋技術科学大学 市坪 誠 (正)

1 目的

カーボンニュートラル (CN) の概念は、持続可能な開発に重要である。持続可能な開発は、三側面として環境・社会・経済を持っている。

内閣官房は、グリーン成長戦略において2050年CN実現に向けて14の重要分野を設定した¹⁾。この政策は、環境・経済分野を対象としており、社会分野を含んでいない。筆者らは、CN実現に向けて社会的分野の成長を加える必要があると考えた。ここでの社会的分野の因子は、住民の意識・行動とした。本研究では、これを教育するための課題解決型授業 (Project Based Learning : PBL) を開発する。本PBLは、CNへの理解促進と、各立場で如何にCNに貢献するかを皆で考える内容とする。

2 PBL の設計

2-1 PBL 設計前の調査・準備

グリーン成長戦略においてCO₂排出削減の余地は、港湾・臨海部で大きいとしている¹⁾。そこで本PBLは、港湾・臨海部のCNを対象とした。

小中学生のCNの知識レベルを把握するため、小学3~6年の理科・社会、中学1~3年の理科・社会・技術の教科書を調査した。また、小学校から大学に涉って環境を課題にしたPBLの論文を調査した^{代表として2) 3)}。

2-2 PBL の概要

表1に、本PBLの概要を示す。

対象学年は、中学および高校とする。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。

PBLは、1班あたり3~6名にする。この人数は、既往のPBLに倣うとともに、理科室の実験機の利用を想定した。

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つとした。事前知識導入を実施する理由を次に示す。小学校から大学に涉って環境を課題にしたPBLは、20件中15件で事前知識導入を設けていた^{代表として2) 3)}。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だろう。そこで、事前知識導入は、PBLを実行する前に予め知識レベルを揃えるねらいであると考えられる。本PBLでもこのねらいを必要とした。

2-4 解決すべき課題

課題は、CO₂排出量を削減するための行動変革方法の提案とその貢献度とする。ここで削減するCO₂排出量の貢献度が、何基の洋上風力発電の建設に相当するかを表す。これにより、行動変革が与えるCO₂排出量の削減インパクト (環境負荷低減の効果) を理解してもらう。

3 PBL の実施

3-1 事前知識導入

まず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、CO₂排出量の削減の重要性、CO₂排出量の計算である。

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。ここでは、次に示す洋上風力発電を例に挙げる。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倍の発電量を賄える⁴⁾。ただし、風力発電の建設には、費用が15億円/基、工期が1年/基を要する⁵⁾。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る。

CO₂排出量の計算は、原単位を用いる^{6) 7) 8)}。表2に各CO₂排出源からのCO₂排出量の計算方法を示す。

3-2 教室外学習

前節で示したCO₂排出量の計算において、ある程度の実感を持たせる。そのため、受講者は、自身 (世帯) の自動車の移動距離、エアコンの使用時間、浴槽の容積 (給湯量) を調査して、その調査結果よりCO₂排出量を計算する。

3-3 課題解決

各班において、前節で調査した自動車の移動距離と、エアコンの使用時間、浴槽の容積 (給湯量) の平均値を出し、これを愛知・三重県の平均値と仮定する。解決すべき課題は、これらCO₂排出量の平均値を半分にする行動方法の提案とする。各班では、自動車、エアコン、給湯器のいずれかの1つで、課題を解決する。ここでは、表計算ソフトを利用して、ここでの削減するCO₂排出量の貢献度が、何基分の洋上風力発電の建設に相当するかを表して (表2、最右列)、強い動機付けにする。

これらCO₂排出量の平均値を半分にする行動方法の

提案では、新規性に富んだ提案を期待できる反面、ここでPBLの停滞を招きかけない。そこで、講師側は、複数の提案を準備しておく。

ここからは、ファシリテーション技法⁹⁾を用いた討議によって課題解決に至らせる。その結果を学級全員に向けて発表し、各行動の変革によって削減できるCO₂排出量の認識を共有する。最後に、本PBLの目的の達成度を評価するため、試験とアンケートを実施する。

4 まとめと今後の予定

CN実現は、絵空事にも思われる技術革新を待つのみではいけない。そこで本研究では、CN実現に向けて、技術革新と社会変革（住民行動）の2つ変化が車の両輪のごとく必要であることを教育するPBLを開発した。本PBLの試行は、愛知県、豊根村立豊根中学校の協力を得て実施予定であり、令和3年度土木学会中部支部研究発表会当日にその結果を報告する。

謝辞

本研究の一部は、豊橋技術科学大学の高専連携教育研究プロジェクト・研究連携ネットワーク構築支援プロジェクトとして実施しました。豊根中学校様には積極的な協力と貴重な教育現場を提供して頂きました。

参考文献

- 1) 内閣官房、内閣官房HP、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、2020、閲覧2021.7
- 2) 名倉ら、理科教育学研究、60(2)、p.397-407、2019
- 3) 古川ら、工学教育、66(3)、p.10-16、2018
- 4) 嶋田進ら、風力エネルギー、29(2)、p.92-97、2005
- 5) 梅津信廣、風力エネルギー、42(2)、p.154-157、2018
- 6) 国土交通省、国土交通省HP、運輸部門における二酸化炭素排出量、2021、閲覧2021.10
- 7) 電力中央研究所、電力中央研究所HP、日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価、2016、閲覧2021.11
- 8) 環境省、環境省HP、事業者からの温室効果ガス排出量算定ガイドライン、2003、閲覧2021.11
- 9) 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

表1 PBLの概要

班構成	実施学年	中学生、高校生	
	1班の人数	3~6名	
工程	課題内容	家庭におけるCO ₂ 消費半減の方法提案	
	事前知識導入	50分	CNの概論、課題内容の説明
	情報収集・分析	教室外学習	調査、CO ₂ 排出量の計算
	課題解決	100分	討議、発表

表2 各CO₂排出源からのCO₂排出量の計算

自動車			移動距離 (km) ^{*1}		CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /km/人)	CO ₂ 排出削減量 (t-CO ₂)	風力発電建設 相当数 ^{*2} (基)	
	設置世帯数		現状	改善後				
			21.0	10.5	130	4683	781	
エアコン	使用時間(h) ^{*1}		消費電力 (kWh)		CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)	CO ₂ 排出削減量 (t-CO ₂)	風力発電建設 相当数 ^{*2} (基)	
設置世帯数	現状	改善後	現状	改善後				
	3802253	8	4	5.52	2.76	473.5	4969	828
給湯器 都市ガス	給湯量 (L) ^{*1}		ガス使用量 (Nm ³)		CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /Nm ³)	CO ₂ 排出削減量 (t-CO ₂)	風力発電建設 相当数 ^{*2} (基)	
設置世帯数	現状	改善後	現状	改善後				
	2041688	180	90	0.20	0.10	2.49	509	85
給湯器 LPガス	給湯量 (L) ^{*1}		ガス使用量 (Nm ³)		CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /Nm ³)	CO ₂ 排出削減量 (t-CO ₂)	風力発電建設 相当数 ^{*2} (基)	
設置世帯数	現状	改善後	現状	改善後				
	438940	180	90	0.20	0.10	3.00	132	22

※1 任意の数値

※2 削減可能な風力発電相当数の計算方法

計算条件：①洋上風力発電の発電量 4.86(GWh/基/年)⁶⁾、②LNG火力発電のCO₂排出量 473.5(g-CO₂/kWh)⁷⁾

③洋上風力発電のCO₂排出量 25.2(g-CO₂/kWh)⁷⁾

洋上風力発電1基あたりの発電量をLNG火力発電で賄った場合のCO₂排出量=①×②=6.3(t-CO₂/基/日)

洋上風力発電1基あたりのCO₂排出量=①×③=0.3(t-CO₂/基/日)

LNG火力発電を洋上風力発電に置き換えた場合のCO₂排出削減量=6.3-0.3=6.0(t-CO₂/基/日)