

環境に配慮できる知識・技術を身に付けた工業技術者の育成 を目指した，工業高校における環境教育の在り方の研究

- 「地球環境化学」に向けた取組を通して -

佐賀県立鳥栖工業高等学校 教諭 田上 祐正

要 旨

新学習指導要領の教科「工業」では，技術革新への対応，地球環境問題等に配慮した技術を身に付けることが求められている。本研究は，21世紀における工業教育の展望を見据え，新科目「地球環境化学」を工業高校の環境教育の一環として，学習させることにより，「地球と共生する『環の国』日本」の形成に貢献できる技術者の育成を目指した。今後の環境技術教育には，「森の思想」「和の思想」を通底として「適正技術」へのブレイクスルー開発に当たり，責任ある環境倫理を習得させることが大切である。

具体的には，ディベートを活用したイシューズによるモデル指導案を作成した。その結果，生徒は，循環型社会型の技術者の在り方に興味・関心を示し，意欲が高められることが分かった。

<キーワード> 地球と共生 適正技術 ブレイクスルー思考 「環の国」
イノベーション 環境倫理 イシューズ

1 主題設定の理由

人間が，これまでのように文明社会の中で，生活を継続発展させていくためには，資源や環境面での厳しい制約の下，今まで築き上げてきた生活や産業にかかわる技術を，更に向上させなければならない。殊に資源をもたず工業立国として発展してきた日本は，世界に抜きん出た貢献を果たしてゆかなければならない。よって，これからの科学者や工業技術者らは，より独創的な基礎科学や，それらから導かれる新しいものづくりの技術を，自らの手で開発する必要がある。そのためには，若い世代から優れた実践的な技術者を生み出し，育ててゆく仕組みを確立する必要がある。

今回の新学習指導要領の教科「工業」では，技術革新への対応，地球温暖化や産業廃棄物に伴う環境問題等に配慮した環境技術を身に付けることが強く求められている。すなわち，「いかに作るか」の視点から，「どのようなものを作るか」へ転換し，環境に配慮しつつ，資源を大切に使うことも含めて，創意工夫を生かす実践的な技術者を育成するという趣旨が今回の改訂で，明確になされた。

これらのことを踏まえ，環境教育を将来のスペシャリストとして必要となる環境技術の習得と位置付け，基礎・基本の徹底を図るとともに，また，工業高校に学ぶ全ての生徒が，それぞれの専門分野において，環境に配慮しつつ，エネルギーや資源の有効利用等を念頭に置いた実験・実習を十分に体験し，上記の環境技術をしっかりと確実に身に付け，高学年に履修する「課題研究」へとスムーズに発展させる系統立てた指導がなされなければならない。

したがって，原則履修科目の2科目に加え，新科目「地球環境化学」を工業高校の環境教育の一環として，学習させることが，今回改訂された「工業」における教科指導目標の改善趣旨に沿ったものであり，21世紀の工業教育に期待される，未来を創る人材育成の取組であると考え，この主題を設定した。

2 研究の目標

全ての工業高校の生徒を対象に，環境に配慮できる知識・技術を確実に身に付けさせ，必要な職業観・倫理観を有し，工業の諸問題に主体的に対応でき，創造的な能力及び実践的な態度を兼ね備えかつ，技術

者の誇りと責任を確実に身に付けさせるために、新科目「地球環境化学」に向けた指導計画案及びモデル指導案等の作成を行い、その指導方法や工業高校における環境教育の在り方を探る。

3 研究の内容と方法

- (1) 環境教育において、生徒が自ら考え、判断するなどの「生きる力」の育成を図るとともに、環境に配慮できる技術の習得を図るため、「地球環境化学」に向けた取組を通して、専門性にかかわる発展的な知識や技術を精選し、それを確実に身に付けさせる指導の在り方についての文献・先行研究を研究する。
- (2) 文部省検定の教科書「地球環境化学」がないため、科目内容の具体的構成及び題材設定等の構成と、その取扱いを検討する。
- (3) 原則履修科目「工業技術基礎」で、学習する内容「人と技術と環境」を工業高校における環境教育の導入と位置付け、基礎的な環境知識や環境技術を身に付けさせるために必要な事項の調査研究をする。
- (4) 授業の視点としては、技術革新等への対応、環境への配慮、ものづくりにおける創意工夫との関連を図り、職業観とともに環境倫理を確実に身に付けさせる。そこで、個に応じた指導として、一人一人の良さを伸ばす指導に重点を置き、小グループでの研究討議、発表を通して、生徒が自ら思考、表現できるプロセスを重視した指導方法の工夫を行い、新科目「地球環境化学」に向けた取組の指導計画及びモデル指導案を立案し、検証する。

4 研究の実際

(1) 21世紀の工業高校に希求するもの

21世紀の工業技術者は、高度化・細分化した専門的知識・技術を取得すると同時に、統合化を行う能力を身に付け、科学技術が将来において人類の福祉に真に貢献するかどうかを、見極める洞察力をも学ばせなければならない。すなわち、創造的な仕事をする資質が問われ、その担い手となるフロントランナー型の新人材、つまり、全人教育を受け、「創造の工学」のコンセプトを身に付けた「ものづくり」のイノベーションをリードする能力をもつ技術者を育成することが、緊急かつ重要な課題である。

さらに、世界の経済活動がグローバル化したことにより、優秀な人材の移動が容易になったため、国際的に相互承認する技術の認可資格制度等が急浮上し、工業教育にその基盤となる国際的普遍性が求められる時代になった。

(2) 環境教育全体構造

工業の原則履修科目「工業技術基礎」の「人と技術と環境」を工業高校における環境教育の導入と位置付け、基礎的・基本的な環境知識・技術を身に付けさせるため、身近な製品の製作を取り上げ、質を変化させる加工や生産にかかわる技術的な内容を取り扱う。例えば、生活に身近な化学実習の基本操作、ハンドクリームの製作、草木染め（植物色素の利用）、または、廃棄物を使って、バイオリクター実験装置を製作する等を題材とすることが考えられる。

環境問題が、個別的公害問題から、環境への負担の少ない「持続可能な社会の構築」を目指して、国内外の社会経済の在り方にかかわるものへと変化してきた。それゆえ、環境に関する諸分野の研究・技術開発等においても、個別のプロセス研究から、現象解析・影響評価・対策技術の開発と社会への適用性についての環境評価（LCA）に至るまでを総体的・俯瞰的にとらえる総合的な研究への展開が求められている。

それと同時に、社会科学と自然科学の融合、予見的・予防的な研究を可能とするシナリオ主導型の研究の構築が主題となり、「地球と共生する『環の国』日本」の形成に貢献するという環境研究・環境技術研究が強く促されている。

以上のことを鑑み、「地球環境化学」では、地球環境と人間とのかかわりを「環境技術研究の在り方」

の学習を通し、21世紀、更にはその先の世紀を生きる子孫、そして、地球上に生きとし生けるものに対して、恵み豊かな地球環境を確実に引き継ぎ、人類が地球と永く共生していけるように努力する責務があることを認容させる。しかも、この環境技術が、人類の将来的な生存基盤を維持していくために不可欠な学習（技術）分野であると、とらえさせることが大切である。

また、環境教育の全体構造には、公平にバランス良く学習させ、正しい現状認識、勇気ある選択、そして、責任ある行動ができる人材の養成を、その目標とし、確実に実社会に貢献できる工業技術者の育成を目指した総合的な体系作りを図ることである。

(3) 地球環境問題への超克を求める技術

21世紀、それは「技術」が、いよいよ「社会」に向くときである。これは、20世紀の後始末の技術であり、それは工業技術の新たな方向への進展となる。この21世紀の工業技術は、地球環境問題を解決するため、人類の今後の存続に深くかかわるものとして認識され、ある意味で期待と希望として、その存在意義をもっている。

「環境に配慮できる技術」、それは結局のところ、この地球を守るために適切で、倫理的規範に合致し、道徳的に正しい、「適正技術」の在り方を問い、その社会的合意による遵守に他ならない。

人間と自然の共生との意味において、危機は「エコロジカル」である。また、環境問題は貧困、人種差別、性差別、失業、都市の悪化、及び企業活動により損なわれる生活の質のような他の社会的不公正と切り離すことはできない。ここに、「環境正義」の問題が表面化する。しかし、環境倫理に関する文献も膨大であり、そこには同様に膨大な不一致が存在している。

しかし、工業技術者は、環境技術研究の方向性を「適正技術」として見極め、社会的合意という観点をお忘れず、技術論と環境倫理の側面から、21世紀を見据えた工業技術の開発を図るべきであると考えられる。

(4) 循環社会の実現のための「森の思想」と地球とともに生きる「和の思想」

工業技術者は、性急に物質循環のみを循環型社会の実現に必要なものと考えて、単に物質を対象とした技術開発のみに、研究を向けがちである。これは、近時の対策技術となっても、根本的解決にはならない。なぜなら、地球環境問題を解決するためのバイオテクノロジーの有効性は高いが、遺伝子工学等による新しい微生物ないし生物の開発は、新たな問題提示を人類に課すことも予測されている。

地球環境の危機の根本的要因は、私たち自身の心の内部に潜んでいる、限りない「生命の欲望」である。この地球環境問題は、結局、我々に「循環と共生の哲学」を迫り、その血肉化するかを問い続け、我々に文明の自己批判と自己改造を要求してくると考えられる。

そこに、「生命はひとつだ」という「森の思想」が必要となる。「森の思想」、それは、「生命の循環の思想」である。すなわち、人間は生死を繰り返す。そして個体は死すけれども、遺伝子は永遠に生き残る。それが人間の永生である。同様に考えると、植物や動物のいのちを尊厳し、更には天地自然をも尊厳として調和して生きていく。それが人類の知恵である。

植物も動物もみな同じ「いのち」であって、すべてのものは「生まれ」、そして、「死んでいく」。この循環が、永遠に共生しているのであるという、認識に立たなければならない。もう一つは、日本古来からの「和の思想」である。この思想は、個の独善を批判し、異なった価値観や意見に対する寛容の必要性和、その論議から導き出せる理による共同体の統治運営である。

地球環境問題は、わが国、一国の問題ではなく、地球全体の諸各国における共同体の運営に関する問題でもある。ここに、日本がはぐくんだ「和」の思想とその可能性に関して、もっと素直に、もっと大胆に、思索を傾けるべきである。しかも、そのことは私たち自身を知るための努力であり、私たち自身を知ることこそ、地球環境問題に取り組む第一歩だからである。

(5) 地球環境問題と環境倫理

地球環境問題は、単に法の整備や制度の変革によってのみで解決することは不可能である。そこには、

環境や世界に対する我々の「意識の変革」が伴わなければならない。しかも、それは強制されたものではなく、自発的なものでなくてはならない。もはや、グローバル化した世界から地球環境問題を問う時、その基底である個人と全体、国家と世界を切り離して考えることはできない。個人の行為が、全体に影響を及ぼす。これは、正に西田哲学の「一即多・多即一」の基本的考え方である。つまり、地球環境の現状の明確な自覚からはじめ、環境と世界に対する意識改革と自発的当為の要求である。

それは、西田哲学の環境と自己との間における「作られたもの（自己）から作るもの（環境）へ」の思想に即応し、更に我々が徹底して「物となって見、物となつて行つ」精神である。

環境倫理学は、地球環境に対して人間の取るべき態度やかかわり方を問うものであり、しかして、その基底は、環境に対する人間の意識変革の要求である。なお、「工業倫理」には、この「環境倫理」を正しく把握しておかないと、産業人のもっている「利己主義的側面」を制御できない。「環境に配慮できる」という理念には、それほどの自己責任が必要である。ここに、環境倫理学を学ぶ意義がある。

(6) バイオグリーンケミストリー

グリーンケミストリーを実践していく上で、バイオテクノロジーの貢献が期待されている。例えば生体触媒は穏和な条件で極めて特異的な反応を進めることができ、また、副生物を生成しないため、環境調和型プロセスを構築できる。しかし、問題点もあり、生体触媒の応用は、医薬品や食品産業に限られていた。これに対し、バイオグリーンケミストリーという新しいスローガンの下に化学産業における製造プロセスに生物機能の利用の試みも始まっている。

(7) イノベーションの動向と産業活性化

国内経済は、大企業のリストラや海外展開を行い、新たな戦略的提携の下、これまでの垂直型に統合された産業経済組織が解体の岐路にある。一方、経済のグローバル化、情報化社会が進展し、ISOも中小企業界に普及し、「地域性」が新たな意味を有するようになった。これに注目し、産業の再編・産業クラスター形成の中核として、中小企業、コーディネータ型企業及びイノベーション支援組織が台頭している。そして、コストを上昇させずに環境改善や資源の生産性を向上させる「エコイノベーション」を軸とした競争優位の戦略を推進している。21世紀には、更に進んで、個人をベースとした様々な専門性を生かしたネットワークが産業界組織の核となり、より複雑化システムを提示することが予想されている。

(8) 地球の限界容量

産業革命の当時8億人であった地球人口は、現在約60億人である。1人当たりのエネルギー消費量もこの百年近くで3倍程度に増大している。食糧消費量も人口の増加を上回る伸びを示している。その一方で、地球温暖化の原因とされるCO₂濃度は産業革命以前の280ppmから380ppmに達している。このような様々な要因が、人類のこれ以上の増加を妨げようとしている。正に、「地球の限界容量」を越えつつあると言える。

しかしながら、世界の人口推測では、21世紀の中頃には100億人に達するとの予測さえある。このような背景の下で、人類は、生き延びることが、可能なのだろうか。それとも、悲惨な未来のシナリオのようになるのか。環境問題を考える上で、食糧問題、CO₂問題に加え、南北問題、そして限界容量を超える「夢」の技術をブレイクスルーしなければならない。

(9) 地球温暖化対策推進大綱の進捗状況及び今後の取組の重点

環境省は、社会構造の違いにより、2030年の国内のCO₂排出量が現在とどれだけ違うのかを予測した。それによると、「経済重視か環境重視か、国際社会重視か地域社会重視か」を組み合わせた4つのシナリオで試算し、その結果、最大で5割もの差が出ることを公表している。

国際競争に強く最も高い経済成長率が期待できるのは「経済重視・国際社会重視」のシナリオであり、巨大都市形成や活発な消費活動によりCO₂排出量は増え、1990年に比べ44%増となると試算している。

一方、環境重視の2つのシナリオでは2010年から20年の間にCO₂排出量が減少に転じる。特に「環境重視・地域社会重視」は1990年比で6%減少すると試算している。また、「環境重視・地域社会重視」は、当初は経済成長率が最も低いですが、約15年後には環境技術の普及によって「経済重視・地域社会重視」の経済成長率を上回るとしている。いずれのシナリオもCO₂削減対策を考慮せずに試算したものであるが、長期にわたる温暖化対策を考える際の参考になると提言している。

(10) ブレイクスルー思考

ブレイクスルーとは、現状突破の意味である。従来の「先例・事例から学ぶ」だけでは、先の読めない現状を打破できない。ブレイクスルーは、本質を根本から問い直し、新たな未来を創造する画期的な思考のパラダイムである。このブレイクスルー思考方法では、過去の延長上に未来はない。過去の成功体験、事例分析等から学ぶことができないと考える。つまり、根本から考え見直す「思考」が求められている。最近では、認識論を変え、問題解決の方式を転換し、思考を変えよ、という思考のパラダイムシフト論として、あらゆる業界に活用され、成果を上げている。なお、最近、技術者を対象としたブレイクスルー・エンジニアリング(BE)が、開発された。

(11) 高度な科学・技術社会における環境教育 - ディベートを活用したイシューズ教育 -

環境問題に関する事項は、唯一の正解や解決の得られる場合もあるが、必ずしも唯一の正解が得られず何らかの代替策を想定して、それらの中から解決策について意思決定を図る場合もある。これをイシューズと呼んでいる。現在の環境問題は、全否定でも全肯定でもない相矛盾する局面の中で、その時点・場面で総合的に考察して、最善か次善か何らかの解決策を今すぐに採択することが求められている。つまり、今後の環境教育に求められているのは、人間がある水準での社会生活をするためには、便益とリスクの相矛盾する事柄をいかに調整・調和して行くかが問われている。

イシューズ解決指向の教育は、与えられた正解のある問題のみを追求することのみならず、自らイシューズを探し求め、同定し、自分で問題解決や意思決定を図るための、総合的な判断や思考を働かせて行動をし、市民としての「責任」をもつことができる資質や能力の育成をねらいとしている。

以上のことから、イシューズ解決指向の教育は、「自分で課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、問題を解決する資質や能力」すなわち、「生きる力」の具現化するための新しい科学教育方法と考えられる。

そこで、ディベートを活用した指導案を試みた。なぜなら、ディベートは、科学的な資料やデータ収集(調べ学習)とそれに基づく科学的な解釈・考察、それに相手側の反論に対して、自分の立場を最後まで、論旨一貫性をもって、説得する論理的客観性が要求されるからである。つまり、ディベートは、環境教育の対象としている地球環境問題イシューズに対する意思決定を図る、格好の具体的な指導方法と考えられる。そのモデル試案を表1, 2に示す。

(12) 研究授業の反省

表1の第3限目の研究授業後に合評会を開き、評価できる点、反省点などを指摘していただいた。生徒自身によるディベートの発表も、はきはきとし、論旨も良かったと講評を得た。また、ディベートを活用し、そこに生徒自身が、自ら考え、自分の生き方を決め、期待する「工業技術者の在り方と国民(地

表1 モデル指導案の概要

	学習内容	配当時間
第1時	<p>ア 家電リサイクル法の法制定の意義を知る。循環型社会をイメージする手助けに「家電リサイクル法の施行に向けて」(経済産業省)の資料を読む。</p> <p>イ 「ディベート」について調べる。</p> <p>ウ 「3分で分かるディベートのつぼ」(神奈川大学ディベート部)を配布して、ディベートについて調べる。</p> <p>エ 「インスタントディベート」を行う。</p> <p>オ ディベートの代表チームを決め、区分けをする。</p> <p>カ ディベートの肯定側と否定側に分かれ、次回までの調査方法を考える。</p> <p>キ 代表チーム以外は、全体的な資料調査を考える。</p>	1時間 事前授業
第2時	<p>ア 肯定側の立論を聞く。</p> <p>イ 生徒自身が調査した資料等に基づいて立てた主張を聞き、論旨の一貫性、提出証拠資料の妥当性等を検証する。</p> <p>ウ 否定側の立論を聞く。</p> <p>エ 生徒自身が調査した資料等に基づいて立てた主張を聞き、論旨の一貫性、提出証拠資料の妥当性等を検証する。</p> <p>オ 対戦相手への質問事項を話し合う。</p> <p>カ 「フローシート」を配布し書き方の説明、メモの取り方、ラベリングと矢印の書き方について理解する。</p>	1時間 事前授業
第3時	<p>ア 実際に、ディベートを行う。</p> <p>イ 司会は、指導者が行う。</p> <p>ウ 代表者以外は、肯定側・否定側の立論を聞いて課題のもっている循環型社会構築に向けての問題点等について自らの考えを「フローシート」等の記入を通して、整理する。</p> <p>エ ここでは、本格的ディベートのように、勝敗を審判しない。</p> <p>オ 循環型社会に向けて、環境技術のもつ意義を、各自が考え、工業技術者としての適正な処理技術・環境調和型商品の在り方等を話し合う。</p> <p>カ 21世紀の期待する「工業技術者の在り方と国民(地球人)としてのライフスタイルの在り方」を考える。</p> <p>キ 上記のテーマについて、各自の考えを後日、報告書にて提出する。</p>	1時間 研究授業

球人)としてのライフスタイルの在り方」を創造させようとしている点に、新しい環境学習方法の独自性が認められるとの講評を得た。

5 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

本研究では、現状の地球環境問題を明確にするため、インターネット等を活用し、調査研究した。次に、21世紀の工業教育における新しい工業技術者像を求め、まず基本的概念の再考から始め、環境技術研究の方向性を「適正技術」と見極め、「地球環境化学」を、地球環境と人間とのかかわりにおける環境技術の在り方の探究と定めた。それゆえ、環境倫理学の検討を糸口として、「環境正義」の意義を見つめ、そして「適正技術」のコンセプトを得た。これに基づき、国家戦略である「地球と共生する『環の国』日本」の実現に貢献できる技術者育成を目指すため、環境技術教育は、地球環境問題に対し俯瞰的なものを見方を求め、「森の思想」と「和の思想」を通底とした「循環と共生の哲学」に迫り、文明への批判と自己改革を問い続け、「適正技術」の習得を通して「環境に配慮できる技術」の確立にあることが分かった。よって、環境技術へのブレイクスルー開発には、責任ある環境倫理と社会的合意による遵守が必要である。次に、最近の具体的例として、バイオグリーンケミストリーの現状、イノベーションの動向と産業活性化、地球の限界容量等を挙げ、国家戦略とシナリオ型による今後の政策・技術等の展開を示し、期待される工業技術者を探究した。さらに、これからの技術者には、是非ブレイクスルー思考を学び、創造性の時代を生き抜くことを示した。

最後に、本研究の「地球環境化学」の具体的授業の形態研究として、「家電リサイクル法」の施行を題材に、イシューズ科学教育に基づくディベートを活用したモデル指導案を立案した。それによる研究授業を実施し、循環社会型の技術者の責任と開発等に興味・関心を示し、意欲が高まることが分かった。

(2) 今後の課題

新科目「地球環境化学」には、検定の教科書が未だに存在しない。本研究を通して、研究者は、21世紀が求める工業技術者像を思索中である。今回の研究を、更に発展させ、研究者独自の教科書試案を、作成したい。また、今後は、実験等に導入すべき技術研究を深め、工業高校における総合的な環境教育体系づくりに研究を深めていかなければならない。

《参考文献》

- ・ 内閣府 『21世紀「環の国」づくり会議（配付資料、議事要旨他）』 2001年
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/wanokuni/index.html>
- ・ 内閣府 『総合科学技術会議 各研究分野（配付資料、議事要旨）』 2001年
<http://www8.cao.go.jp/project/main.html>
- ・ G・ナドラー他 『新ブレイクスルー思考』（海辺監訳） 1998年 ダイアモンド社

表2 研究授業のモデル指導案

過程	主な学習内容	主な指導及び支援	時間
導入	今日の授業の「ディベートの流れ」を理解する。	「ディベートの流れ」のプリントを配布し、司会と時給係の仕事の説明する。 「ディベートの流れ」を全員に配布し、ディベートの流れ全体を生徒全員にイメージさせる。	5分
展開	実際に、単元についてのディベートを行う。 代表チーム以外は、肯定側・否定側の立論等のディベートを聞いて、課題のもっている循環型社会構築に向けての問題点等について、「フローシート」に記入する。 ただし、審判をしない。 全チーム、循環型社会に向けての法的規制の意義と国民の役割と責任行動の在り方と21世紀の工業技術者としての適正な処理技術・環境調和型商品（適正技術）の在り方を中心に、話し合う。 さらに、21世紀の循環型社会としてあるべき理想像を、話し合う。話し合った内容は、必ずメモを取る。 今回の一連の授業に基づき21世紀が期待する「工業技術者の在り方と国民（地球人）としてのライフスタイルの在り方」について、各自の考えをまとめ、後日、報告書にて提出する。	司会は、指導者が担当し、「ディベートの流れ」に沿って、時間遵守にて、進行させる。 各側の立論等を正確にメモ（記録）させることを指導する。このとき、賛否の判定・意見を記入させない。 立論者の主張を正確に、聞き、理解することに集中させる。 各側の立論に対して、容認できる点とできない点を、自分の考え等を加え、明確にさせる。 その上で、循環型社会に向けての国民の役割と責任行動の在り方と21世紀の工業技術者としての適正技術の在り方を考えさせるように指導する。 各チームで行われた話し合った内容は、必ずメモ（記録）を取るよう指示する。 各自の考えをまとめたものを、後日、報告書にて、提出するよう指示する。	35分
まとめ	21世紀の工業技術者としての適正な処理技術・環境調和型商品（適正技術）の在り方を中心に、自由に想像する。	現在、国が推進している最先端技術の事例を題材に授業を進める。 このとき、環境技術の開発される点などを創造（想像）させ、環境技術のブレイクスルーをするように、留意する。 参考資料として、「2020年の科学技術」（科学技術庁編1992年）より、「環境問題とのかかわりが重要とされる領域」（抜粋）プリントを配布する。	10分