

制御理論を応用した持続可能な開発のための教育の進め方

藤平和俊（環境学研究所）

E-mail: kkg@mve.biglobe.ne.jp

1. はじめに

21世紀、人類の課題は、さまざまな環境・社会問題を解決して、「持続可能な開発 (Sustainable Development, SD)」を実現することである。SDの推進には教育が極めて重要であるが、「持続可能な開発のための教育 (Education for Sustainable Development, ESD)」を進める上で拠り所となる方法論は存在しなかった。そこで、本研究では、制御理論の応用という新たなアプローチによって、信頼できる ESD の方法を確立することを目指した。

制御理論を応用したのは次の理由による。SDを実現するには、環境・社会問題の原因となる人間活動を、SDを実現できるように変えていく必要がある。ここに「注目する対象を目標の状態にする」という“制御”の構図があるため、制御理論を応用できる。また、制御理論は学問として確立され、工学をはじめ経済学・農学・医学など幅広い分野に応用されていることから、信頼性の高いアプローチである。

研究手順としては、まず、SDの実現という課題に制御理論を適用できるように、「SDのための制御系」を提示した。次に、ESDの進め方として、教育目標の設定方法および教育を構成する基本要素を示した。さらに、この進め方に則した教育を実践しその有効性を検証した。

なお、本研究は、環境意識プロジェクトに対して次のように貢献すると想定された。環境意識プロジェクトの成果は、SDにつながる土地利用のための基礎的知識となることが期待されている。また、環境意識の調査過程ではアンケートなどを介して住民に情報が伝えられるが、この情報伝達には教育効果のあることが指摘されている。よって、本研究で提示した ESD の方法を、住民への情報伝達の際に活用することで、プロジェクトの意義を高めることが期待できる。

2. SDのための制御系

制御理論を応用して課題に取り組むには、制御する対象である「制御対象」、制御したい変数である「制御量」、および制御を行う目標である「制御目標」を特定しなければならない。課題が SD の実現の場合、制御対象、制御量、制御目標、および制御目標を導く上で必要となる「制御目的」は次のように特定できる。図1は、これらの要素を取り入れて描いた制御系の簡略図である。なお、図1中の「外乱」とは、制御対象に作用して制御系に悪影響を及ぼす因子のことである。環境・社会問題に起因する外乱の例としては、環境汚染による公害、

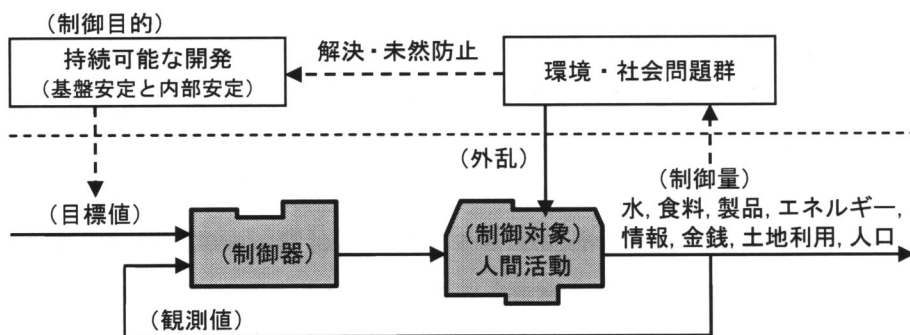


図1 SDのための制御系

乱開発による水害・土砂災害、地球温暖化による諸被害が挙げられる。

(a) 制御対象

制御対象は、対処すべき環境あるいは社会問題の原因となる人間活動である。人間活動の単位は、個人や家庭や企業を主体とした活動、地域内あるいは国内の活動など、さまざまに想定できる。

(b) 制御量

制御対象となる人間活動の中でも、対処すべき問題との関係で制御したい変数が制御量となる。想定される制御量の中でも重要な要素として、「水」「食料」「製品」「エネルギー」「情報」「金銭」「土地利用」「人口」の8つを抽出した。

(c) 制御目的

制御目的はSDであり、安定をキーワードにした「SDのモデル」(図2)を新たに提示した。SDの鍵概念を「安定」とした理由は2つある。1つは、制御を考えると、通常その目的としてシステムの安定が最重要視されることによる。加えて、システムの安定を中心に据えて描いた図2が、SDの本質を的確に表現できることによる。すなわち、SDとは、有限の地球環境・天然資源という絶対的制約下で、全人類の長期的な幸福という究極目的を達成するために、「基盤安定と内部安定を両立させること」である。「基盤安定」とは、人間の生存環境の安定および必要物資の安定供給であり、そのための条件は「地球環境保全と天然資源の持続的利用」となる。一方、「内部安定」とは、経済的・社会的安定のことであり、その条件は、健康・安全・相互扶助・自己実現のような「人間の幸福の基礎条件を満たすこと」となる。

(d) 制御目標

制御対象と制御量が決めれば、注目する制御量に対応する目標値を制御目的から導く。たとえば、制御量がエネルギーならば、制御対象のエネルギー利用に関する目標値を、制御目的である「人間活動全体の安定」から導くわけである。その上で、制御目標は、注目する制御量の現状を捉えた観測値を目標値に一致させることとなる。

ちなみに、図1に示す制御系の課題は、制御目標を達成できるような制御器、すなわち制御の手段を計画・実行することとなる。

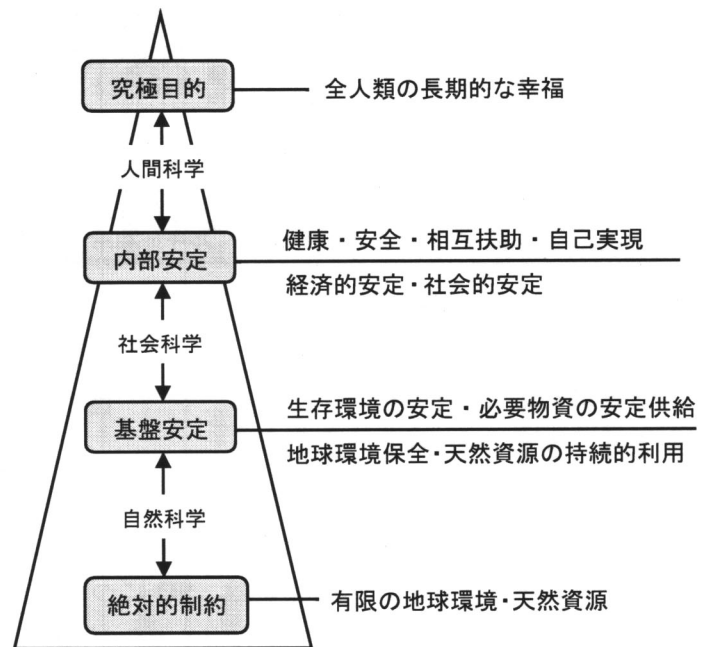


図2 SDのモデル

3. ESDの方法

(1) ESDの役割

人間活動を制御するには、行動様式や生活様式の変更、環境技術の活用のような「行動変化」が必要であり、人間には行動変化を可能にする能力と意欲が求められる。制御理論の応

用アプローチでは、この SD につながる行動変化を可能にする能力と意欲を高めるのが ESD の役割と捉える。

(2) ESD の進め方

制御理論を応用して ESD を進めるとき、まず、学習者がかかわる人間活動について、何をどのように変えるべきかを明確にする。言

い換えれば、制御系を構成する制御対象、制御量、目標値、さらには対処すべき問題を特定する。図 3 は、各要素を特定した制御系の一例である。

その上で、教育プログラムの中には、SD につながる行動変化を促進する「能力を高める要素」と「意欲を高める要素」をできる限り組み込む。以下に、それぞれの要素の要点を記す。

●能力を高める要素

(1) 制御量と目標値を理解

制御目標は、制御量を目標値に一致させることであるから、制御量と目標値の両方を理解することが必要になる。

(2) 制御器の計画能力向上

制御器、すなわち制御目標を達成できるような行動変化を計画することが求められる。よって、制御器の計画能力向上が求められる。

(3) 制御器の実行能力向上

考案した制御器を現実の世界で実行するために、制御器の実行能力向上も重要である。

●意欲を高める要素

(1) 制御量と問題との関係を認識

これは、学習者自身が問題に関与していることを認識することである。言い換えれば、学習者の責任感を喚起することである。

(2) 問題および外乱を認識

「問題」の認識は、対処すべき環境・社会問題について認識することである。また、「外乱」の認識とは、問題が制御対象に及ぼす悪影響について認識することである。

(3) 制御による直接的利益を認識

学習者が制御に伴う直接的利益を認識することも、行動への意欲を高める。ここで利益とは、金銭的利得だけでなく、健康増進をはじめ学習者の生活の質を高める諸要素が含まれる。

4. 教育実践による検証

前章で示した「ESD の進め方」に則した教育を、学校および地域社会で実践した。なかでも、図 3 に示した制御系に基づくエネルギー環境教育を数多く実施した。実施結果は、参加者のエネルギー利用を改善しようとする能力と意欲を顕著に高めたことを示しており、この方法の有効性を裏付けた。

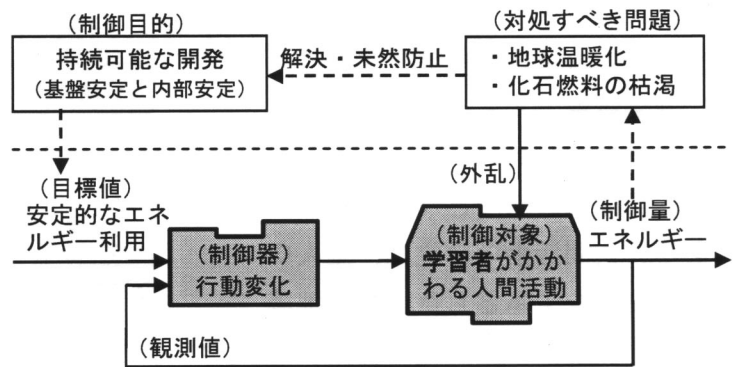


図 3 ESD のための制御系の一例

主な観測データ

環境意識プロジェクトの中で観測されたデータのうち、主なものを示す。リストにはプロジェクト開始以前から観測されていたものも含まれる。これらのデータは、プロジェクトの中でシミュレーションモデルの構築等に用いられた。データベース化されていないデータについても、今後、Webページ等の媒体を通じて公開が進められる予定である。なお、社会調査班による調査データについては、プロジェクトより先行されたそれぞれの報告書を参照されたい。

調査地	データセット名	概要	調査地点	項目	期間(自)	期間(至)	データベースURL	担当
雨龍研究林	泥川水質データ	泥川観測橋における河川水のpH、ECおよび主要イオン濃度	泥川流域観測橋	pHメーター、ECメーターおよびオンクログラフイー	2003年	継続中	http://larix.fsc.hokudai.ac.jp/ju/ef_data/fredchemnote.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	ブトカマベツ川水質データ	ブトカマベツ川観測橋における河川水のpH、ECおよび主要イオン濃度	ブトカマベツ川観測橋	pHメーター、ECメーターおよびオンクログラフイー	2004年	継続中	http://larix.fsc.hokudai.ac.jp/ju/ef_data/fredchemnote.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	赤井川水質データ	赤井川観測点における河川水のpH、ECおよび主要イオン濃度	赤井川観測点	pHメーター、ECメーターおよびオンクログラフイー	2004年	継続中	http://larix.fsc.hokudai.ac.jp/ju/ef_data/fredchemnote.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	母子里気象データ	雨龍研究林庁舎前の自動気象観測	雨龍研究林庁舎前露場	気温、湿度、風向・風速、日射量、降水量	1993年	継続中	http://forest.fsc.hokudai.ac.jp/~Meteco/PStartMeteco.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	泥川気象データ	泥川観測橋近傍における気象観測	泥川流域観測橋	気温、湿度、風向・風速、日射量、降水量(無雪期のみ)	2004年	継続中		北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	泥川水文水質データ	泥川観測橋における水文・水質の通年連続観測	泥川流域観測橋	水位、水温、電気伝導度	2004年	継続中		北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	長期観察林データ	雨龍研究林内における毎木調査データ	研究林内各地	胸高直径、樹高	1988年	継続中	http://forest.fsc.hokudai.ac.jp/~research/trf.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	土壌データ	雨龍研究林内における土壌調査データ	研究林内各地	土壌断面記載、一般理化学性	-	-	http://larix.fsc.hokudai.ac.jp/Soil/soil_top.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	更新台帳データ	雨龍研究林内における森林施業内容の資料	研究林内各地	新植、天然更新補助作業などの台帳データおよび地図画像	1956年	継続中	http://larix.fsc.hokudai.ac.jp/Kosin/kosintop.htm	北海道大学北方生物圏 フィールド科学センター
	土壌データ	泥川流域の土壌物理性調査データ	泥川流域内	土壌孔隙分布	2006年	2006年		山下三男(日本上下水道設計)
土壌データ	泥川流域の土壌物理性調査データ	泥川流域内	貫入試験・浸透能	2007年	2008年		手計太一(福岡大学)	

調査地	データセット名	概要	調査地点	項目	期間(自)	期間(至)	データベースURL	担当
朱鞠内湖	朱鞠内湖フィーールド・水質データ	朱鞠内湖の水質に係る基礎データ	朱鞠内湖	水温、電気伝導度、透明度、透視度、溶存酸素、pH、クロロフィル色素、懸濁体炭素、窒素・リン、河川流速、硝酸体窒素、リン酸体リン、アルカリ度、亜硝酸窒素、アンモニウム窒素、溶存体全窒素、全窒素、溶存体全リン、懸濁物、光子、濁度、吸収度、堆積物有機体炭素、窒素、溶存体無機炭素、溶存体有機炭素、窒素、炭酸、溶存体ケイ酸、沈降量、硫酸イオン、全力子イオン、全アニオン、ナトリウムイオン、塩素イオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン	2002年	2008年		山形大学理学部
	朱鞠内湖動物プランクトンデータ	朱鞠内湖の動物プランクトンの組成のデータ等	朱鞠内湖	動物プランクトン	2002年	2008年		山形大学理学部
	朱鞠内湖植物プランクトンデータ	朱鞠内湖の植物プランクトンの組成のデータ等	朱鞠内湖	植物プランクトン、一次生産量、光合成比活性	2002年	2008年		山形大学理学部
	その他	朱鞠内湖のピコプランクトン、細菌の現存量に関するデータ等	朱鞠内湖	ピコプランクトン、水生植物量、アルカリフォスファターゼ、アシッドフォスファターゼ、細菌量	2002年	2008年		山形大学理学部
	GISデータ	護摩壇山実験林における地形関連データ	実験林全体	集水域面積、TI	2007年	2007年		京都大学フィールド科学教育研究センター
	気象データ	護摩壇山実験林における気象データ	実験林内各地	気温、降水量、地温	2003年	継続中		京都大学フィールド科学教育研究センター
	外部循環データ	護摩壇山実験林における水・物質外部循環データ	実験林内各地	林内雨、林外雨、渓流水質、流量	2002年	2008年		京都大学フィールド科学教育研究センター
	気象データ	和歌山研究林における気象データ	研究林内各地	気温、降水量	1976年	継続中	http://fserc.kais.kyoto-u.ac.jp/waka/	京都大学フィールド科学教育研究センター

注1: データベースURLは2009年3月1日現在のものである。