

論文

沙漠化土地の修復のための環境教育教材の 開発と環境モニタリングシステムの構築

吉崎 真司 諏訪 敬祐 愛澤 克洋 高橋 祥子 新井 進太 外山 英里

沙漠化土地の修復のために中国で実施している「日中共同沙漠緑化フィールド研修」について、参加者へのアンケート結果から環境教育教材の開発と事前学習の必要性を明らかにした。また、サイバーキャンパス整備事業の一環として「沙漠植物データベース」及び参加者のための「学習支援コンテンツ」を開発するとともに、横浜キャンパスと中国国内において、現地画像と気象データをリアルタイムで取得できるモニタリングシステムを構築し、機能を検証した。今後は、個々の成果の完成度を高めるとともに、「統合的環境監視システム」の構築と環境リーダー育成のための環境教育プログラムへの発展を模索する必要があると考えられた。

キーワード：日中共同沙漠緑化フィールド研修、環境モニタリング、学習支援コンテンツ、サイバーキャンパス

1 はじめに

近年、地球上の多くの人々が土壌や土地の劣化を含む沙漠化と対峙している。「沙漠」と違って、過放牧や過開墾、過伐採など土地の不適切な利用による人間行為がその主な原因とされる「沙漠化」は、沙漠周辺の乾燥地や半乾燥地において顕著に見られる現象であり、今や急務の地球環境問題である。国連(1991年)によれば、世界全体では36億haの土地が荒廃しており、その面積は乾燥地の農地の約70%、全陸地の約30%に相当し、世界人口の1/6にあたる8億5千万人の人々が沙漠化の影響を受けていると報告されている。本研究の対象地である中国においても沙漠化は深刻な問題であり、その防止には国をあげて取り組んでいる。また、中国やさらにその北側に隣接するモンゴル共和国内から飛散した微細な粒子は「黄砂」となって我が国へ越境輸送され、各地で大気環境問題などの原因の一つとして考えられている他、沙漠や沙漠化土地での緑化は、近年の地球温暖化の抑制のための二酸化炭素の吸収源として期待されるなど、我が国

にとって無縁ではない。

一方、沙漠や沙漠化土地を持たない我が国では、上記したような状況を理解することは容易ではない。そこで、本学では平成13年度(2001年度)より中国内蒙古自治区に位置するホルチン沙地において、北京林業大学水土保持学院と協力して「日中共同沙漠緑化フィールド研修プログラム」を年1回の頻度で実行してきた。これは、環境問題を、対象とする環境の「中(in)」で、環境保全の「ために(for)」、環境に「ついて(about)」の教育を実施したいという意図である。本プログラムでは、過去に延べ100名を超える学生に対して沙漠化とその修復方法に関するワークショップを実践し、多くの教育効果を挙げてきた。

本稿では、上記の沙漠化土地の状況を日本国内の人々にリアルタイムで伝えたい、またそれらのデータを講義を通して学生などへの環境教育の材料として活用したいという思いから、現地の映像や温度、湿度、降水量、風などの自然環境要素のデータをリアルタイムで無線伝送するシステムを構築するとともに、環境教育用WEBコンテンツの開発を行った結果を報告する。

なお、本研究の一部は、文部科学省による「サイバーキャンパス整備事業」の一環として実施したものである。

1 日中共同沙漠緑化フィールド研修の概要

1.1 中国の沙漠化の現状

中国における沙漠面積(砂沙漠、ゴビ沙漠)は130.8万 km^2 で、中国国土面積の13.6%を占めている。中国の国土を乾燥、半乾燥、半湿潤、湿潤地域に区分すると、全体の52.5%が乾燥・半乾燥地に含まれ、西北部だけでも30%を占め、その大部分が新疆ウイグル自治区、甘粛省、内

YOSHIZAKI Shinji

東京都市大学 環境情報学部 環境情報学科 教授

SUWA Keisuke

東京都市大学 環境情報学部 情報メディア学科 教授

AIZAWA Katsuhiko

日本サムスン(株)

TAKAHASHI Shoko

(株)山崎文栄堂

ARAI Shinta

(株)エーエヌエースカイパル

SOTOYAMA Eri

日本ハウジング(株)

蒙古自治区に集中している。また、中国政府が実施した全国荒漠化・沙化調査の2005年の報告では、現在沙漠化している土地は173.97万k㎡にも達する。更に、砂漠化の危険がある土地の総面積は凡そ33.4万k㎡で、そのほとんどが乾燥・半乾燥地域である。すでに沙漠化した土地は17.6万k㎡で、残りの15.8万k㎡は潜在的に沙漠化の危険がある土地であると位置づけられている⁽²⁾。

1. 2 日中共同沙漠緑化フィールド研修の意義

本研修は2001年(平成13年)8月以来毎年実施され、昨年2008年で7回目(2003年はSARSにより中止)となった。過去の参加者は、本学の学生のみでなく慶応義塾大学、日本大学、静岡大学、麻布大学、北京林業大学、寧夏大学であり、参加者数はすでに150名ほどに達した。

本研修の目的は、沙漠化が進行する中国国内において、専門家から沙漠化の現状についての講義を受けながら沙漠化防止活動に参加し、乾燥・半乾燥地域における環境問題を総合的に学習することである。そのために、研修目標として、①現場体験：地球環境問題の一つである沙漠化が進行している地域を実体験する。②調査・研究：沙漠化を計る方法、防止する技術を学ぶ。③地域理解：沙漠化土地における自然と人間との関係性を理解する。④国際交流：中国人学生、地域の若者との交流を通して他者への思いやりを育てる。の4つをあげて実行している



図1 沙漠緑化フィールド研修の様子(2007. 8)

る(図1)。

1. 3 日中共同沙漠緑化フィールド研修の実施

1. 3. 1 組織

本研修プログラムの実行は多くの機関との協力体制に拠っている。図2は2001年から2007年まで中国内蒙古自治区のホルチン沙地で実施した際の関係機関の関係図である。図から、わかるように、本研修を支えているの

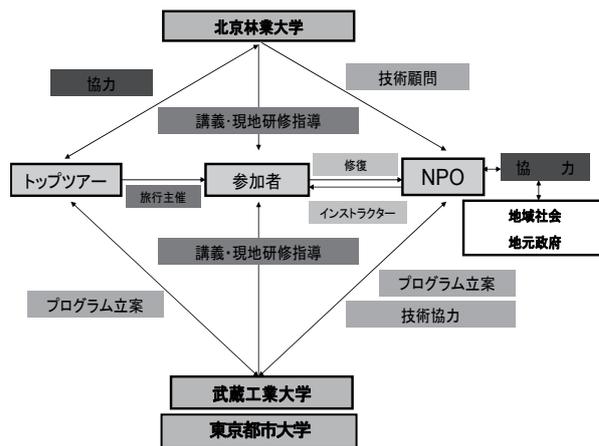


図2 日中共同沙漠緑化フィールド研修に係る機関のネットワーク

は日本のNPO法人の現地スタッフである。また、本学との協力協定校である北京林業大学水土保持学院の学生、大学院生と教員、現地政府職員とも協力関係にある。

1. 3. 2 プログラム内容

本研修は、当初は上述した日本のNPO法人と旅行会社からの企画提案によってスタートしたという経緯がある。従って、実施当初は「沙漠緑化体験ツアー」というような性格であった。しかし、大学で行う研修としてはその内容では不十分ということになり、徐々にではあるが、単なる体験ツアーから研修ツアーへ変更していった。つまり、植林や維持管理の体験から現地測定や調査、ワークショップを伴ったプログラムへの変更である。

1. 3. 3 参加者の評価⁽¹⁾

本研修では、毎年参加者を対象にアンケート調査を実施している。その結果、参加者の満足度は非常に高い。筆者らは、その内容を更に解析しプログラムの改善に活用するために2004年のアンケートデータを用いてプログラム内容の評価を行った。対象学生数は26名である。研修前に実施した「研修への参加動機」の結果から、約8割に当たる76%の学生は「沙漠が見たい」というのが動機で、次いで「海外に行ってみたい(5%)」であり、その他「植樹がしたい」、「環境問題の一つであるため」、「緑化事業がどんなものか知りたい」など意識の高い回答が見られた。また、現地で学びたいこととしては、「沙漠化の現状(26.3%)」、「緑化の方法(26.3%)」、「沙漠化に対する現地住民の考え(21.1%)」、「沙漠化の進行の仕方(15.8%)」であり、日本では見ることができない「沙漠化」への興味が非常に高かった。

表1 研修実施前後の参加者の沙漠化への認識の変化

単位 (%)

質問項目	認識できた		少し認識できた		認識できていない	
	実施前	実施後	実施前	実施後	実施前	実施後
沙漠化の原因	15.8	66.7	84.2	33.3	0.0	0.0
沙漠化の問題理由	31.6	66.7	68.4	33.3	0.0	0.0
沙漠化の進行の仕方	10.5	54.2	73.7	45.8	15.8	0.0

一方、研修の前後での「沙漠化」への認識の変化を問うた結果、沙漠化の原因、問題、進行についてはほぼ全員が理解できたものと考えられる(表1)。また、沙漠化の原因については、約2割の学生が「沙漠と沙漠化の違い」を間違えて認識していたと答えており、これらの結果から「事前学習」の必要性、重要性があらためて感じられた。参加学生13名を対象に「満足度」と7つの小プログラムとの関係を見たところ、植林体験(r=0.940)、ワークショップ(r=0.800)、フィールド調査(r=0.730)が上位3位を占め、更に「満足度」に対する寄与率では植林体験が0.884、ワークショップ0.640となり、沙漠化を防止したいという気持ちと中国大學生との交流という2つの要素を持つプログラムに対して満足度が高くなる結果になったのではないかと考えられた。

2. 環境モニタリングシステム構築と運用

2.1 環境モニタリングの意義

前述してきたように、筆者らが現地で実施してきた研修プログラムは一応の成果を出していると評価できる。今後は、まだ現地へ行った経験が無い学生、これから研修に参加しようと考えている学生に対して、現地の画像や温度、湿度などの環境要素、現地に生育する植物や動物の状況を、極力リアルタイムに近い形で伝えることができれば、沙漠や沙漠化への理解も更に深まるのではないかと考え、無線LAN対応のWEBカメラ及び気象装置を組み合わせ、現地の画像と気象データを遠隔地へ伝送するシステムの構築を検討した。

2.2 環境モニタリングのシステム⁽⁷⁾

本システムは、最初の2005年に横浜キャンパス内でデータを取得して機能を検証し、2006年には中国北京林業大学にシステムを構築して実証試験を行った。また、2008年からは中国4大沙漠の一つである騰格里沙漠の東縁にあたる内蒙古自治区阿拉善左旗地区にシステムを構築し、動作確認を行い、気象データと画像データが閲覧できるようになった。

2.2.1 横浜キャンパスでの試み

横浜キャンパスでは小笠原計器社製の気象装置と農業



図3 気象装置(左)、モニタリングサーバ設置状況

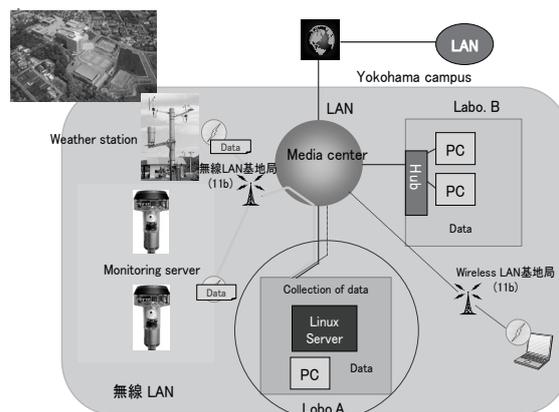


図4 横浜キャンパスにおける環境モニタリングシステムの構成⁽⁷⁾

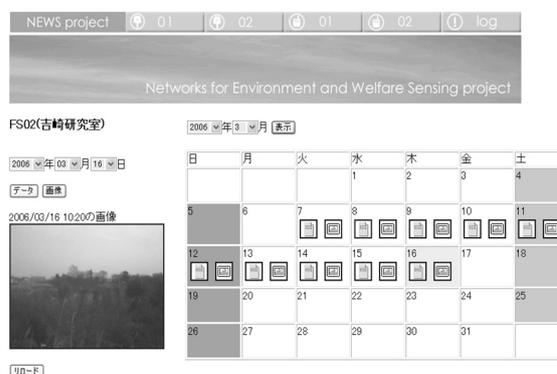


図5 横浜キャンパスにおける環境モニタリング画面

環境研究所が開発した WEB カメラ内蔵のモニタリングサーバ(温度、湿度、日射量)を設置した(図3)。図4はそのシステム構成図、図5は横浜キャンパスにおける環境モニタリング画面である。

モニタリングサーバは移動が簡単で、どこへでも簡単に持ち運べる。内蔵のWEBカメラの解像度は30万画素で、温湿度や日射量データが取得でき、DC電源にも対応しており、電源の無い沙漠や沙漠化土地での利用を想定したものである。また、気象装置は空気温度、湿度、日射量、風向・風速、二酸化炭素濃度、地温、降水量が取得でき、原則としてAC電源を利用して、無線LANシステムを新たに組み込んだ型である。上記の機器で取り込まれたデータは無線LAN経路で伝送され、研究室内のサーバに蓄積され、学内LAN経路で研究室から閲覧できる。データはエージェントプログラムにより取得し、データベースとして蓄積する。データの閲覧はWEBページへアクセスすることで閲覧に供するシステムとなっている。

2. 2. 2 北京林業大学での試み

横浜キャンパスでの動作確認ができたことから、2006年8月に中国北京市内にある北京林業大学構内の建物屋上緑化地に気象装置、そこから約50mほど離れた別棟の6FにWEBカメラを設置した。北京林業大学で当初構築した伝送システムは、北京林業大学から学外への情報量や使用者の制限などの様々な理由からインターネットへの常時接続が難しく、システムの維持が困難と判断され

た。そこで、当初のシステムから、第二世代携帯電話方式であるCDMA1Xを用いて、定額制のデータカードを利用することにより常時接続を可能とする方式へ改良した(図6, 図7)。

2. 2. 3 内蒙古自治区阿拉善左旗での試み

横浜キャンパス及び北京林業大学での伝送試験を受けて、北京から西へ約1,000km離れた内蒙古自治区の沙漠化土地からの画像と気象データのリアルタイム伝送システムの構築を試みた。ここは前述したフィールド研修プログラムを実施している場所で、日本の国際協力機構(JICA)が現地及び日本のNPOに協力して環境教育センターを建設した場所でもある。

2007年8月にアメリカDavis社製の無線LAN対応型気象装置Vantage pro.2を一基、更に2008年8月に一基を設置した(図8)。また、4台のWEBカメラを建物屋根下に設置して、東西南北方向の緑化状況を監視することとした。本試験地で北京林業大学で構築したシステムを利用したところ、たびたび日中間の回線が切断し測定データの欠落が発生した。そこで、現地にデータサーバを設けることにより、通信障害が発生しても測定データをサーバに蓄積してデータの欠落を防止するシステムへ改良した。現在のシステム構成は図9のようにになっている。設置したデータサーバの構成及びデータの取得手順は諏訪ら(2009)に詳細に報告されている。図10は現地における伝送システムの試験状況である。



図6 北京林業大学での気象装置設置状況

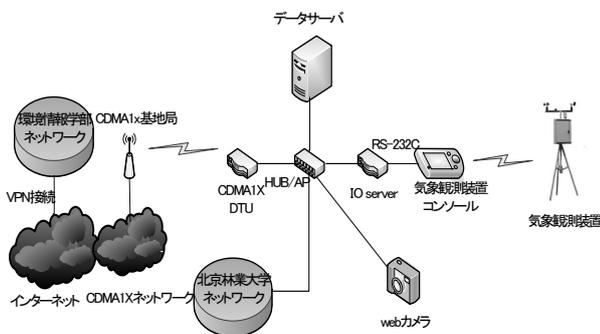


図7 北京林業大学でのモニタリングシステム⁽⁷⁾



図8 現地試験地への気象装置の設置状況

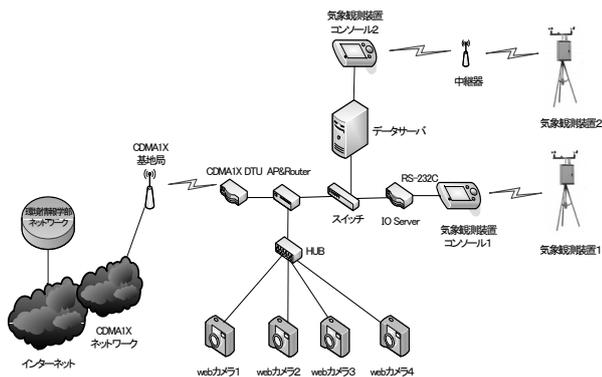


図9 内蒙古自治区でのシステム構成図(7)



図10 現地における伝送システムと取得画像の状況

2.3 取得データとそこからわかったこと

本試験地において取得している気象データは、平均及び最高・最低気温(℃)、相対湿度(%)、露点温度(℃)、風速(m/s)、風向、風程、最大風速(m/s)、最大風速時の風向、気圧(hPa)、降水量(mm)、日射量(w/m²)、日射エネルギー(Ly)、可能蒸発散量(mm)、地温(℃)であり、30分おきに取得され、サーバに蓄積される。

さて、これらのデータから現地のどんな気象特性が把握されるのであろうか。筆者らが明らかにしたいことは、①乾燥・半乾燥地域における気象概況と他地域との比較。②沙漠化土地の修復のための緑化事業が地域の微気象環境にどのような変化または貢献をもたらすか。③乾燥・半乾燥地で最も重要な降雨はどのようなタイミングでもたらされるのか。④緑化はどのようなタイミングで行うことが苗木の活着率や実生の生存率を上げることに寄与するのか。⑤黄砂の発生源の一つと言われている現地では、春先どのようなタイミングで砂嵐(砂塵暴)が発生するのか。といったことである。これらを明らかにするためには、長期にわたる観測データが必要であり、地道な解析を必要とする。筆者らが今回のシステムで取得できたデータは、2008年6月から10月までのわずか5ヶ月間でしかない。例えば同期間の横浜キャンパスのデータと比較(表2)してみると9月から10月にかけて一気に気温が低下していくことや降水量の大幅な違いがわかる。また、中国内モンゴルの現地では、日平均気温が毎日上昇した後に降雨があり、その直後に一気に気温が低下することを繰り返しながら全体として気温が低下していくこと、すなわち、日射による地表面温度の上昇と降雨による地表面温度の低下への寄与を顕著に確認することができた。

表2 横浜キャンパスと中国内モンゴル自治区阿拉善地区との気象比較(2008年6月-10月)

	月	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	平均/合計
平均気温(℃)	横浜	20.5	26.4	25.7	22.9	18.3	22.8/
	阿拉善	23.8	24.1	21.2	15.6	9.7	18.9/
平均湿度(%)	横浜	73.1	68.6	72.3	68.5	66.5	69.8/
	阿拉善	34.1	48.5	52.4	62.9	50.4	49.7/
降水量(mm)	横浜	201.5	31.0	379.5	218.0	193.5	/1023.5
	阿拉善	1.6	43.4	67.8	34.0	16.6	/163.4
降水日数(日)	横浜	15	6	13	12	10	/56
	阿拉善	3	11	9	7	5	/35
可能蒸発散量(mm)	横浜	—	—	—	—	—	—
	阿拉善	117.9	176.7	149.2	66.2	101.9	/611.9
日射量(w/m ²)	横浜	242.4	426.8	232.9	168.9	173.0	248.8/
	阿拉善	306.5	166.8	246.7	149.1	171.3	208.1/
平均風速(m/s)	横浜	1.6	1.7	1.6	1.3	1.2	1.5/
	阿拉善	1.2	1.4	1.0	1.3	1.6	1.3/
最大風速(m/s)	横浜	5.2	6.6	4.9	8.2	4.7	5.9/
	阿拉善	18.8	14.3	12.5	13.9	14.8	16.0/

3. 学習支援コンテンツ

本稿1. 3. 3で記述したとおり、参加者がフィールド研修に参加する以前は、沙漠や沙漠化についてはほとんど理解していない実体から、事前学習の必要性があげられた。また、筆者らが2007年に無料のWEBアンケート作成サービスを利用して、本学横浜キャンパスで実施した海外フィールド研修の認識度調査では、環境情報学科47名、情報メディア学科29名、工学部などから33名、合計109名からの回答が寄せられた。その結果、筆者らの沙漠緑化フィールド研修の認識割合は55.0%、実施時期の認識割合は35.80%、説明会実施の認識割合は32.10%に過ぎず、学内で実施されている他の海外研修に比べて低い結果であった。このことから筆者らは、研修地の状況についてのデータベースを作成し、自学自習支援のためのコンテンツを作成して、学内における研修の認識度の向上と、参加者の増員、並びに沙漠と沙漠化への正しい理解のために有効活用することを企図した。

3. 1 沙漠植物データベース⁽⁴⁾

前述のフィールド研修に参加した学生が最初に驚くことは、生育する植物の多さである。多くの学生は「沙漠は植物のないところ」という先入観を持って参加するので、「ここは沙漠化土地であって沙漠ではない」、「沙漠化土地にはもともと多くの植物が生育している」ということを教えることは重要である。また、沙漠化修復のため



図11 沙漠植物データベースカード⁽⁴⁾

の緑化目標を設定するためにも、対象地における生育植物のデータベースを作成することは意義がある。

筆者らは、前述したフィールド研修の第1回から生育植物の写真を記録し、カード型データベースソフト「File maker Pro7」を用いて、植物図鑑と検索システムの作成に取り組んできた。その結果、現在までに未同定種を含めて199種(木本23種、草本176種)を収納することができた。図11はバラ科オオミサンザシのデータベースカードである。種ごとのカードには、①和名②学名③中国名④科名⑤自然分布⑥生育場所⑦利用方法⑧生活形⑨家畜嗜好性⑩実期⑪刺の有無⑫見分けのポイント⑬参照図鑑⑭標本番号⑮採集地点⑯花色⑰採集日などの情報が収められている。

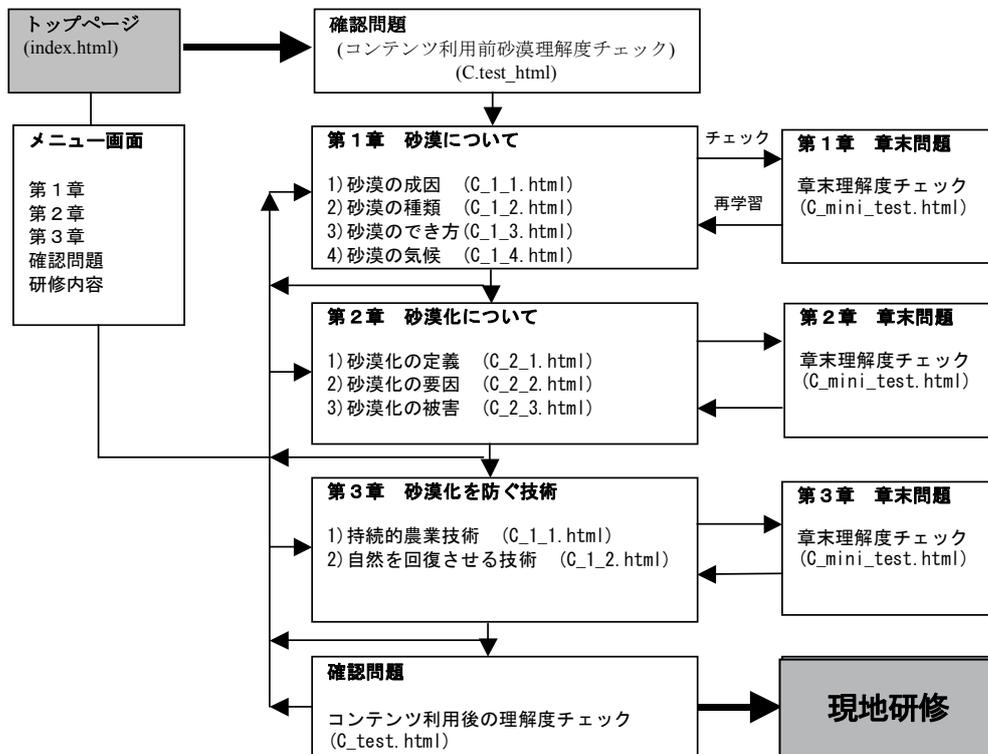


図12 学習支援コンテンツパッケージ⁽⁵⁾

3.2 学習支援コンテンツの作成⁽⁵⁾

学習支援コンテンツ作成にあたり、材料として過去のフィールド研修で収集された写真、ビデオ画像を使用し、一部不足のものについては2007年のフィールド研修に同行して現地取材することで補足した。また、コンテンツは、Adobe Flash CS3, Adobe CaptiveCS3, Apple Final Cut Proを使用して作成した。

作成した学習支援コンテンツパッケージを図12に示す。本パッケージ作成のコンセプトは、「ユーザビリティに配慮した誰でも利用できるコンテンツ構築」である。そのために、①Flashの特性を生かして音声や動画による解説を行う。②学習者の沙漠や沙漠化に対する事前の知識レベルを確認するためのプレテストを組み込む。③各章の間に理解度確認小テスト、コンテンツの最後に理解度確認テストを行う。などの特徴を持って構成されている。

本学習支援コンテンツは未完であり、今後改善していく必要がある。例えば、①理解度確認問題のフィードバックシステムの構築。②利用するユーザーのレベルに合致した学習内容の改善。③事後学習コンテンツの作成。④コンテンツ内容情報の更新システムの構築。などがあげられる。

4 まとめ

中国の沙漠化土地の修復のために、学生を対象とする環境教育プログラムと環境教育教材開発を実施した。また、フィールド研修の事前研修や研究・教育のために現

地画像と気象データのリアルタイム伝送システムの構築と検証を行った。

フィールド研修は、2001年より毎年開催し、延べ150人を超す学生が参加した。参加学生へのアンケート結果から、環境教育教材の開発と学習支援システムの作成が必要と考えられたことから、教材として沙漠植物データベースを構築し、また自学自習支援のためのコンテンツを作成した。

一方、現地画像と気象データのリアルタイム伝送システムを構築し、環境モニタリングシステムとして機能するかを検証した。ただし、中国には気象法第13号令という法律があり、気象データの収集については、今後中国国内法に基づいて検討する必要がある。

5 今後の展望

筆者らは、本研究を通して沙漠化修復のためのいくつかの試みを行ってきた。個々の試みはまだ十分には完成しておらず、今後、精度を高めていく必要がある。一方、個々の成果を関連付けて一つの統合的なシステムとする必要もある。図13はその一例であるが、「沙漠化修復のための統合的環境監視システム」を構築するとともに、今後はこれを日中の環境リーダーを育てるための環境教育プログラムとして発展させることも視野に入れている。

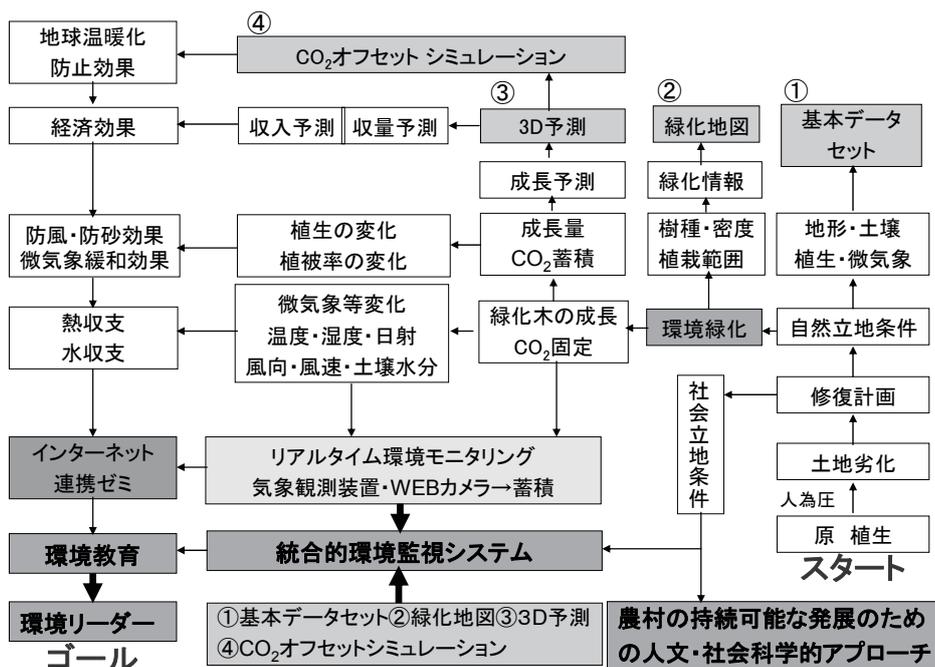


図13 統合的環境監視システムと環境教育プログラムへの発展のイメージ

おわりに

本研究の遂行にあたりご協力いただいた、マイクロシステムズ社の夏燕江氏及び孟氏、NPO 法人緑化ネットワーク、NPO 法人世界の砂漠を緑で包む会、北京林業大学水土保持学院趙廷寧教授、王賢元教授、丁国棟教授、寧夏大学農学部孫權教授に御礼申し上げます。また、学習支援コンテンツ作成に協力いただいた情報メディア学科シユレストアマノズ氏、カンデルアニタ氏、東京都市大学横浜キャンパス情報メディアセンター倉田仁氏、原直美氏にも御礼申し上げます。

引用文献

- [1] 新井進太(2005)環境教育としての「日中共同沙漠緑化フィールド研修プログラム」に関する考察, 2004年度武蔵工業大学環境情報学部卒業論文.
- [2] 刘拓他(2006)中国土地沙漠化防治策略, 中国林業出版社.
- [3] 黄勝澤(2006)砂漠化対策としての緑化と“砂地産業”寧夏における取組みを事例に, 日本緑化工学会誌, 32(2), 209-303pp.
- [4] 外山英里(2006)中国内蒙古自治区ホルチン沙地植物図鑑, 2005年度武蔵工業大学環境情報学部卒業論文.
- [5] 愛澤克洋・高橋祥子・諏訪敬祐(2008)海外フィールド研修プログラムのための学習支援コンテンツ構築, 武蔵工業大学環境情報学部情報メディアセンタージャナル, 第9号, 62-70pp.
- [6] 王林和他(2008)中国の砂漠化防止に関する歴史及び現在, 日本緑化工学会誌, 33(4), 554-560pp.
- [7] 諏訪敬祐・吉崎真司(2009)日中環境モニタリングシステムの構築, 武蔵工業大学環境情報学部紀要, 第10号, 40-49pp.