アラル海危機に対するシナリオスタディに向けた シルダリアデルタにおけるモニタリングについて

堀川真弘¹・森本幸裕²

大阪府立大学大学院農学生命科学研究科 599-8231 堺市学園町 1-1

(¹hori@rg.envi.osakafu-u.ac.jp, ²yuki@envi.osakafu-u.ac.jp)

Ecotope monitoring of the Syr-Darya delta for a scenario study of the Aral crisis

Masahiro HORIKAWA and Yukihiro MORIMOTO

Graduate School of Agriculture and Biological Science, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Sakai
599-8231 Japan

はじめに

中央アジア西部に位置するアラル海の縮小は「20世紀最大の環境破壊」と呼ばれるに至っている。この環境破壊の主要な原因はこの乾燥地を貫流するアムダリア・シルダリアの河川水を灌漑農業用水として取水したことである(石田, 1993; 福島他, 1995)。この乾燥地での水域の減少によって、デルタ植生の壊滅および砂漠化など本地域に成立する生物環境への悪影響や乾燥地での灌漑農業によって生じる塩類化などのために耕作放棄地が増加していることが報告されている(森本他, 1996; 渡辺, 1998)。

これらの現状について、本地域の植生や土壌などの調査報告や農業上の対策に向けた研究がなされてきているが、自然条件のみならず、社会経済的に困難な状況のもとで、自然回復や持続的な農業生産に向けた成果は上がっていない。

アラル海が縮小を初めて約40年が経過する近年、小アラルと大アラル間でのダム建設によってシルダリアデルタと小アラルのリハビリテーショ

ンが検討されており、粗放なダム建設とその崩壊による新たな大規模環境変動も発生している(石田, 2000)。このような現状に至り、自然生態系の回復や持続可能な土地利用など、この地域に適した環境回復計画が必要とされ、その将来的な状況を予測したり、複数の代替案の評価を行う際に用いるシナリオスタディが望まれるといえる。そのためには初期段階として、ベースとなる本地域の植生などの生物環境や土壌、フィジオトープなどの現状およびその関係を把握する必要がある。

そこでこの近年の変動の最も激しいシルダリア河口域を対象とし、干上がった湖底など新しく成立した自然環境を含め、植生と土壌、および農耕地の状況などの土地被覆の分布状況を面的に明らかにする事を目的として基礎データの収集および各GISデータの作成方法の検討・整備を行った。

モニタリングおよび解析方法

対象地域を図1に示す。シルダリアデルタにおける調査は1999年8～9月にかけて行い、デルタ周辺地域における植物群落と土壌型の調査を行い、プラントキャノピーアナライザー(LAI2010)を用いて植生量定量評価のためのLAI(葉面積指数)の測定と分光放射計(SE590)を用いた土壌・植物群落などの分光反射率の測定を行った。また地上調査では捉えにくい土地被覆状況の把握のため、ヘリコプターによる上空からのラインセンサスをGPSを用いて位置を特定しながら行い教師データとした。これら現地データを元に高空間解像度の衛星画像SPOT/HRVIR1999年8月の画像を用いてLAI画像および土地被覆分類画像の作成を行った。

結果および考察

1. ヘリコプターでのラインセンサス結果

土地被覆状況を上空より観測することによって

図1. アラル海の推移および研究対象地

捉えることを目的とし、センサスルートを3ルートに分け(図2),土地被覆のカテゴリの決定を行った。その結果アラル海周辺地域の土地被覆状況はアラル海の縮小により、縮小以前より陸であった地域と旧湖底域に分けられ、また灌漑農業地域のような人的影響を受ける地域と自然立地とに分けられる。分類結果を図3に示す。

また、分類結果により各ラインにおける土地被覆の割合を算出することでこの地域の灌漑農地と自然立地の分布状況の考察を行った(図4,5)。

その結果、アラル海縮小以前より陸であった地域においては、現在耕作がなされているのは3分の1程度であり、放棄された地域が残りをしめている。

図3. 凡例 上段：灌漑農地 下段：自然立地

図4. 縮小以前より陸であった地域の土地被覆

る。これらの放棄地のうち、塩類が集積した農地や塩生植物が侵入しているものが大半を占めている。また、ノボカザリンスクより下流の地域では、旧来漁業を主とした村落が多く、農地はそれほど見られず自然立地の土地がほとんどである。多くはBrouw-desert soil上に成立する降水依存型植物群落と砂地に成立する沙地植物群落が占めている。シルダリア川湖沼周辺には河畔林やヨシ群落が見られるが、河川幅の減少、湖沼の縮小により塩類集積がみられることよりその衰退状況が伺え、生物生息地の減少が推察される。

旧湖底域においては、土壌は砂地もしくはアラル海の塩分によるソロンチャーク性土壌であり、

図2. ラインセンサスルート

- (1) ノボカザリンスク - 小アラル海
- (2) バルサケレメス島 - カスカクワン島
- (3) カスカクワン島 - ローハリ村
- ローハリ村 - ノボカザリンスク

図5. 干上がったアラル海湖底の土地被覆割合

アラル海が縮小を初めて約40年を経て、旧湖底域には植物の侵入が見られ、侵入する植物は主に塩生植物である。しかし大アラル東岸では海岸線の移動が近年になるほど急速であることより、植物の侵入の見られない裸地が大半を占めている。

この地域の灌漑農業では6～8年のうち1年を休耕させるサイクルとしているが、約3分の2の農地において、塩分が集積し白く変色した農地か、植物が侵入して数年を経過されてもなお耕作を行っていない農地であることより、耕作放棄された農地が大半を占めている事が確認される。これらの放棄地を再度耕作する際にはリーチングなどが必要であるが、そのためには大量の灌漑用水が必要であり、アラル海への河川流入量とトレードオフの関係にあるといえ、灌漑農業とアラル海保全とのバランスへの対策、処置が必要であるといえる。

2. リモートセンシングによる SPOT/HRVIR 解析

図 6. SOIL LINE

図 7. TSAVI-LAI 回帰

調査の困難な地域においてその土地被覆状況を面的に捉える方法としてリモートセンシングが有用であり、ラスタデータとしてGISへの適用が可能である。よって、SPOT/HRVIR 画像 1999 年 8 月のシルダリアデルタ地域の画像を用いてこの地域の土地被覆状況および、植生量の定量化を行った。

(1) 土壌の反射を考慮した植生指数画像の作成

衛星画像より植物量を定量的に示す画像に作成するにあたり、対象地域における植物群落において土壌の反射の影響を考慮に入れる必要がある。これを解決する植生指数としてTSAVIがあげられる(守村他, 1993)。よって現地調査においてソイルサンプラーに土壌11種を採集し水分条件を変えて分光反射率の測定を行い、赤色域および近赤外域の直線回帰を行いうことで Soil line の算出を行った(図6)。この回帰式の回帰係数と切片からパラメータ a, b を得て、以下のように TSAVI 式を

図 8. 上段：TSAVI 画像、中段：LAI 画像
下段：教師付き分類画像

推定した。

$TSAVI = 1.55nir - 1.32r - 0.0265 / 1.15nir + r + 0.159$
この式を用いてまず TSAVI 画像の作成を行った (図 8)。

(2) 定量的植生画像の作成

Soil line より作成した TSAVI 値の示す地点の値と現地調査において測定した LAI (葉面積指数) より LAI との関係式を求めた (図 7)。

$$y = 0.0738e^{7.42} \quad (R^2 = 0.9118)$$

この式を用いて LAI 画像の作成を行った (図 8)。

(3) 教師つき分類画像の作成

現地調査において、ヘリコプターでのラインセンサスおよび地上調査において GPS をもちいて位置を特定することで、画像上の地点の土地被覆状況を特定できることより、SPOT/HRVIR のバンド 1,2,3 間での教師つき分類を行った (図 8)。教師の選定においてはヘリコプターと地上調査での結果得られた土地被覆カテゴリーを参照した。カテゴリー全ての分類は非常に困難であることより、その特徴から判断できる地域として 7 クラスに分類を行った。分類を行っていない地域はその他とし後の課題とする。

3. GIS の構築

対象地域の生物環境やフィジोटープ状況をまとめる手法として GIS (地理情報システム) 注目さ

図 11. GIS 作成フロー

れている。リモートセンシングデータをベースとして GIS の構築を試みた。LAI 画像を生物環境を示すものとし、土地被覆画像をサーフェイスレイヤーとして扱うことができる。さらに、既存地図の標高より 37000 地点をサンプリングし、同じサイズの標高モデルの作成をおこない、1 レイヤーとして統合を行った。

4. 旧湖底域における植物群落の分布状況

作成した 3 レイヤーの GIS を用いて旧湖底域に成立する植物群落の示す LAI と標高との関連性の解析を行った。旧湖底域は縮小以前において海岸線の標高が 53.3m であることがわかっている事より (野村・塚谷, 1995), 53.3m 以下のエリアの切り出しを行い、レイヤー間で植物群落の示す標高値と LAI 値を求め、その関連性を捉えた。

その結果、ヨシ群落と Salicornia 群落、塩生植物群落間で明確な分布傾向が見られた。また、ヨシ群落においては 2 つの分布傾向がみられ、より標高の低い地点では 1999 年海岸線より低い地域に成立している。これは旧湖底においてシルダリアデルタからの堆積によって湖底の標高が上昇したためと思われる、シルダリア川の涵養を受けることより高い植生量である事が推察される。

おわりに

アラル海の縮小によってもたらされた生物生息環境の破壊に対し、環境回復にむけたシナリオ作

図 9. 標高モデル画像 (DEM)

図 10. 旧湖底における群落 LAI と標高の関係

成を目的とし、そのための基礎データの構築を現地調査データおよび衛星画像の解析を行うことで、基礎的なベースを作成した。現段階ではまだ情報不足であるが、今後のさらなる調査を行い、他の環境要因を含めた総合的な GIS ベースを作成を行いたい。

引用文献

福島義宏・村上雅博・水文水資源学会. 1995. 地球水環境と国際紛争の光と影ーカスピ海・アラル海・死海と21世紀の中央アジア／ユーラシアー. 233pp, 新山社サイテック, 東京.

石田紀郎. 1993. カザフスタンの環境問題に取り組むまでの経過. 日本カザフ研究会調査報告書 No.1 : 1- 8 .

石田紀郎. 2000. アラル海ダムの建設と決壊-経過と小アラルの水質- 日本カザフ研究会調査報告書 No.8 : 1-11.

守村敦郎, 森本幸裕, 小林達明, ナタリア・オガリ. 1993. イリ川流域の SPOT データ解析結果, 日本カザフ研究会調査報告書 No.2, 15-24.

森本幸裕・守村敦郎・小林達明・N.オガリ. 1996. 中央アジア乾燥地域の沙漠開発と植生変動. 農業土木学会誌 64 : 7-16.

野村政修・塚谷恒雄. 1995. アラル海の自然史. 73pp, 京都大学経済研究所, 京都.

渡辺紹裕. 1998. シリーズ「乾燥地の灌漑農業と水環境」連載にあたって. 水文・水資源学会誌, 11 (4): 396-397.