

5-2 航空写真の整備状況

調査対象地域の既存航空写真は、いずれも基本図の作成または経年変化修正のために撮影されたものである。航空写真の縮尺は大部分が5万分1で、一部に6万分1のものがある。また、クジルオルダ市とトゥルキスタン市の周辺には、3万5千分1から1万7千分1の、比較的大縮尺の航空写真がある。図5-3にこれらを整理した。これらの撮影年度は、1978年から1993年まで様々であるが、そのほとんどは1980年代である。撮影に使用された航空カメラの焦点距離は70mmまたは100mmである（ごく一部に140mmのものがある）。

これらの航空写真は、ブルンダイ・アヴィア社が撮影したものであり、現在（1997年4月時点）、この会社には2機の撮影機（アントノフ30、双発レシプロ機30席程度）に、旧ソ連邦製の各種航空カメラ（焦点距離70～300mm、画角18～30cm）を装備している。旧ソ連邦時代には、中央アジア唯一の航空写真撮影機関として、中央アジアの各地域で年間100万km²の撮影を行っていたというが、現在は作業量が10分の1以下に減少して、経営は困難を極めている。平成8年度には、JICAの技術協力によるシルダリア流域灌漑開発計画調査のための地形図作成に参加して、約4,300km²の航空写真撮影の実績がある。撮影機器・写真処理の施設は、多種かつ大型であるが、いずれも1970年代の旧ソ連邦製で、老朽化が目立った。

5-3 基準点の整備状況

カザフ国では、旧ソ連邦時代に整備された国家基準点（三角点、水準点）網が全土をカバーしており、1等から4等までの水準点及び三角点が設置されている。観測、測定は三角測量及び多角測量によって行われており、GPS測量による基準点はない。その網図、点の記、成果表は、地図と同様に「中央地図測地ファンド」で、管理・保管されている。

クジルオルダ市周辺の水準点、三角点について、数点の現地確認を行ったが、いずれも、近年に使用された形跡はなく、近隣での工事などのために破損したままのものもある。

5-4 環境関連地図の整備状況等

(1) 土壌図・地質図

旧ソ連邦時代には、政策として土壌、地質に関わる調査が精力的に行われていたようである。特に、土壌については、土壌学発祥の地であるロシアの影響を強く受け、この分野ではかなりの学問的蓄積があるようである。現在、公表されていて入手可能なものとしては、

①「400万分1ロシア連邦及び周辺諸国の土壌図（1995）」（収集資料24）

②「250万分1カザフスタン国土壌図（1976）」（収集資料27）

がある。また、アトラスの形でまとめたものとしては、

③「カザフスタン南部アトラス地図帳（1990）」（収集資料3）

④「カザフ・ソビエト社会主義共和国アトラス 第1巻(1982)」(収集資料6)

があり、それぞれ250万分1、500万分1の縮尺で、土壤図・地質図のほか自然環境に関わる各種主題図がまとめられている。

上記の諸図及び次項の植生図については、調査対象地域とその周辺を抜粋したものを、第6章に掲げる。

しかしながら、上記のような公表(出版)された情報は極めて限られている。その背景には、独立後のカザフ国の経済的不安定さがある。ロシアからの支援もなくなり、科学アカデミーなどの研究機関の予算が極めて乏しく、データや図化された原稿図はあっても、印刷・出版できないのが実状のようである。科学アカデミー土壤学研究所(侵食及び人為的土壤変化研究部)を訪問した際、次のような未公表の資料を見た。

⑤「20万分1シルダリア・デルタ地域の土壤図(1956, 1969, 1990)」

ノボカザリンスク付近からアラル海東岸までの地域について、現地調査によって3時期の詳細な土壤図が作成されている。これらの土壤図を比較することで、海岸線の後退状況、塩害の変化状況などが経年的に把握できる。ただし、手書きの図面が各一部ずつあるのみで、公表・出版されていない。

⑥「50万分1アラル海沿岸部～シルダリア流域の土壤図(1992)」

本案件の対象地域の全域をカバーする土壤図で、上記の20万分1土壤図と同じ凡例を用いて作られている。これも手書きのものしかなく、未公表。

⑦「30万分1アラル海沿岸部の土壤図(1990)」

アラル海の縮小によって干上がった地域の土壤図である。図面中には、海面後退線と垂直にいくつかのラインが引いてあり、このライン上の数地点で、毎年、土壤の物理化学的变化を調査している。未公表。

また、土壤学研究所においては、最新の50万分1土壤図を、衛星画像をもとに新たに作成中で、カザフ国南東部(バルハシ湖南部地域)については、既に原図は作成済みである(未公表)。今後は、アラル海沿岸からシルダリア流域を対象に調査を進める予定とのことであり、これが完成すれば、古い土壤図との比較から環境の変化を把握することも可能である。

いずれの仕事も、資金不足のために計画どおりに調査が進まず、また、印刷・出版もできないのが実状のようである。なお、本件調査における既存の環境関連主題図のデジタル化に関しては、対象地域を網羅していて縮尺も妥当であること、また未公表であることなどから、⑥などが適切と考えられる。

(2) 植生図

植生関係についても、旧ソ連邦時代から精力的な研究活動が行われているようである。市販されている植生図としては、「250万分1カザフスタン及び中央アジアの植生図(1995)」(収集資料25)がある。これは、カザフ国を含む中央アジア諸国の研究者が共同で、今までの成果

を集大成したもので、地域ごとに、優占種と種組成について266の凡例を用いて作成されたものである。植生図の解説はロシア語と英語からなり、個々の凡例について詳しく解説されている。植物学研究所（^{オガリ}Ogar女史）によると、これを作成する元となった100万分1、50万分1、20万分1の植生図（未公表、作成時期は1980～1990年代）があり、同研究所ではデジタル化（ラスター）もやっているとのことであった。また、対象地域全域を網羅してはいないが、上記の作成時期よりも古いデータ及び新しいデータもあり、特にシルダリアデルタ地域については、30万分1、50万分1で、1960年代、1970年代、1995年の3時期の植生図もあるとのことであった。

また、同研究所は、日本カザフ研究会（代表は京大農学部の石田教授）とアラル海周辺の生態系の変化に関する共同研究を活発に行っており、その成果は日本カザフ研究会の報告書（「中央アジア乾燥地における大規模灌漑農業の生態環境と社会経済に与える影響」、JRAK調査報告書、No. 1～5）として公表されている。なお、本件調査中の、環境主題図のデジタル化に関しては、既に同研究所でデジタル化（ラスターデータ）しているものもあるということなので、その詳細を把握して検討する必要がある。

（3）土地利用図の整備状況

旧ソ連邦時代以降、国土の基本図が改訂されていない状況を反映して、カザフ国全域についての土地利用図は、小縮尺のものを除いて未整備のままである。関連機関を訪問して資料収集を行ったが、まとまった土地利用図はなく、旧ソ連邦時代に作成された将来の農業用地計画図やゾフォーズなどを示した土地所有区分図など以外には確認できなかった。

ただし、クジルオルダ市にある州営企業の土地設計研究所では、農業開発や農地改正などの農業的土地利用を把握することを目的としたフォトマップ（1万分1、アルミ板に貼ったもの）などを空中写真から作成している。ほかに、このような農業開発用地図は、クジルオルダ州においてはシルダリア河岸から約20kmの範囲について、個々の水田の形状まで詳細に図化した2万5千分1地形図（図5-4）として作成されている。また、農業開発域外についても5万分1、10万分1で土地利用図を作成している。これらの図面は、土地資源国家管理委員会の管理下ではなく、航空写真測地研究所のもとで作成しており、非公表の内部的な資料である。たとえば、農業関係者が利用する場合も、図を写し取ることが許されるだけで、特に周辺の座標値は写すことも禁じられているなど、秘図扱いとされている。

その他、科学アカデミー地理学研究所は、ユネスコ、UNDPなどの国際機関からの資金援助を受けて、土壌学研究所、植物学研究所と共同でアラル海周辺地域（特にシルダリアデルタ地域）の環境調査を進めており、現在、50万分1土地利用図を作成中である。

(4) その他の、環境関連地図に係わる情報

S/W協議での滞在中、地理学研究所などを訪問した際、環境関連図についての幾つかの貴重な情報が得られた。以下、内容別に列記する。

a) 地理研, Nurmanbetov氏 (地形学)

調査対象地域は、今世紀初頭にベテルブルグからタシケントまで鉄道をひく際に、地形測量を行っており、かなり古い時期の地図がある。

同氏の研究室では、現在、この100年間に地形がどのように変化してきたかを、縮尺50万分1と100万分1でまとめる作業を行なっている。

b) 地理研, Geldieva氏 (景観学)

同氏の研究室では、カザフ国内の沙漠地域の景観区分図(分類カテゴリーは、土壌、植生、地形、地質などの自然環境条件を統合したもの=景観)を作成しており、1978年の研究は、本件調査の対象地域と一致している。

次のような研究成果があるが、いずれも印刷物にはなっていない。

- クジルオルダ地域の景観区分図 (100万分1)
- カザフスタン全土の景観区分図 (250万分1)
- シルダリア流域の景観区分図 (20万分1より大縮尺)
- クジルオルダの環境状態地図 (20万分1, 50万分1, 100万分1)
- 農業利用目的の地形区分図 (清水建設との共同研究)

c) 地理研, Malkovsky氏 (水文学)

英国エジンバラ大学との共同研究による「アラル海沿岸部のGISデータ作成」は、今年の7月に設計作業を行なう予定である。予算措置を含め、具体的な内容は決まっていないが、方針としては、土壌と植生について、ここ3~5年の変化及び季節変化をみる予定である。

d) 宇宙研究所, Zakarin氏

気象衛星NOAAの受信施設を1995年に設置。1日3回受信して、農業省・環境省の発注により、10日ごとに植物と雪の分布図を作成している。本件調査のために、画像データを提供することは可能とのこと。図5-5に、カザフ国全域を対象とした、この解析画像を掲げる。

カザフ国では、GISが一種の流行となっており、宇宙研究所にもGIS研究センターが設置され、Arc Infoなどのソフトが導入されている。

なお、Zakarin氏の子息は、京都大学大学院に留学中との由。

この研究所では、NOAAの受信画像を次のとおり、販売している。

解像度	1 km
画角	480×640ピクセル
処理	幾何補正
チャンネル数	5
データのフォーマット	GIF

- 1 飛行の範囲 各チャンネルについて、480×640kmの、5フレーム
1 飛行の5チャンネルについての価格；US\$100

5-5 現地作業関係企業等の状況及び現地作業とその所要経費

(1) 現地作業関係企業の概要

本件調査に係わる現地作業のうち、地図作成から印刷までは国営企業「インジゲオデジア」、
「ジャンピル・ゲオデジア」、「シムケント・ゲオデジア」が、マップデジタイズ及び数値地
図のデータ加工は国営企業「カルトインフォルム」が作業を行う能力を有していること
ができる（4章-1参照）。そのほか、航空写真撮影を依頼できるブルンダイ・アヴィア社、GIS
システム構築を依頼できるELSI Tech社、衛星画像処理を依頼できる科学アカデミー宇宙研究所
が存在する。以下で、この後者3社の概要を述べる。

a) ブルンダイ・アヴィア社

地形図作成のための航空写真撮影、写真処理を専門に行う民間企業で、1997年初めに完全民営化
された。アルマティ国際空港とは別に市の中心部から約15Km離れたブルンダイ（地名）にある空
港を基地として、カザフ国内のみならず中央アジア諸国の航空写真撮影業務を行っている。ほかに、
旅客用チャーター飛行、航空写真撮影を請け負う。旅客用飛行機10台、航空写真撮影用飛行機2台、
ヘリコプターを保有する。従業員は現在600人で、そのうちパイロット150人、技師150人である。
写真測量部には12人のスタッフがいる。空港は軍と共有しており、空港の横に写真処理施設がある。

b) ELSI Tech社（注：表記はELSIで可、ESRIとERDASの代理店）

SUNコンピュータ、デジタイザー、大型カラープリンター等のコンピュータハード機器及び
ArcInfo、Infomix等のGISソフトウェア、ERDAS-Image等の衛星画像処理ソフトウェアを扱っており、
これらをシステム構築して販売している。ArcInfoのカスタマイズ等も受け付ける。GISソフトウェ
ア「MapInfo」は扱っていない。コンピュータの修理も受け付ける。ArcInfoに関しては、この開発
元ESRIの支社がモスクワにあり、この下で代理店となっている。これまで、宇宙研究所、地理研
究所、地質省、軍事関係機関への納入実績がある。

TEL (3272) 61506 ; Adress 15, Shevchenko St., Almaty (宇宙研究所内)

c) 宇宙研究所

ここの主な研究は、衛星データリモートセンシングで、ほかに、GISセンターを設けて、GISも
仕事の1つとしている。職員は、研究員・技師が約180名、事務員が約20名である。研究所の全体
予算の3分の2は政府から、残り3分の1は受注業務から得ている。コンピュータ設備は、ハード
ウェアとしてSUNスパーク10、SUNスパーククラシック等8台を保有し、コンピュータソフトとし
てArcInfo（地図関連業務）、ERMapper（衛星画像処理、アメリカ）、ERDAS（衛星画像処理、アメ
リカ）を保有している。また、本研究所はNOAAのデータ受信設備を持っている。これは、1995年
にアンテナを設置し、同年1月3日からデータ受信開始した。現在1日3回受信し、雪、植物等を
対象に10日ごとの地図を作成している。また、1985年から1995年までのNOAAのデータは、アメ
リカから購入して保有している。衛星画像写真はロシアからも取得し、スキャナーで読んでデジタル
化している。これらの処理結果は販売しており、最大の客先は農業省で、特に植生データを提供し
ている。環境省とも顧客関係がある。（一部前項既述）

(2) 写真測量

a) 基準点

新規撮影予定の5万分1航空写真及びSPOT画像について、地上との位置の対応をとり、画像の幾何歪みを補正する(標定)ためのコントロールポイント(標定点)は、既存の10万分1及び20万分1図から、経年変化のないと考えられる著名な地物を選んで使用することを原則とする。よって、通常の基準点測量は実施しないが、既存地形図にそのような点がない地域では、標定点新設の必要がある。これを現地再委託で実施する場合は、国営企業のインジゲオデジアまたはジャンピルゲオデジア、シムケント・ゲオデジアなどが考えられる。

調査対象地域では、10月下旬から翌3月までは積雪があるので、現地作業期間は4月から10月初旬と考えなければならない。

水準測量については、調査対象地域の大部分が平坦地で、既存図にも標高点は多数存在すること、また、標高については経年変化を考慮する必要は殆どないので、調査に際して新たな水準測量の必要はない。

既存地形図ではコントロールポイント(標定点)が得られない地区については、現地でGPS測量を行う必要がある。あらかじめ、必要とする目標地点をSPOT画像または航空写真上で選んで実施するが、その測量方法は、作成する地図データの縮尺相当精度に留意する必要がある。

なお、現地GPS測量の点数、地域などが特定できないので、正確な見積もりはできないが、インジゲオデジアでの見積もりは次のとおりである。

GPS測量**

1チーム4人構成、車両(最大3台)**、
人件費、機材損料、消耗品、宿泊費などを含む
US\$ 11,210/月(車両が3台を超える場合は、US\$ 14,124/月)

*1; 現在、同社にはGPS機材の所有がなく、日本から持込む必要あり。

よって、上記価格にはGPS機材にかかる部分は含まれていない。

*2; 同社の現有車輛のうちで、野外での使用に耐えうるのは3台のみであり、沙漠に入る場合、または作業班を増す場合には、別途、車輛調達の必要あり。

参考見積り; 車輛調達について

①上記()内は、インジゲオデジア社が調達して作業車として使用する場合。

この場合、単価が違うのは、自己所有の機材の使用について、減価償却費の考えがないことによるらしい。次項の航空写真撮影が安価なものも、同様。

②レンタカーは、ランドクルーザー相当のもので、20~30US\$/時間

ただし、現地クジルオルダ市では、該当車輛の確保は困難。首都から2日をかけて移動。

③新規購入は、ランドクルーザー、パジェロなどで、31,000~37,000US\$

上記は、アラブ首長国連邦経由で輸入し、車輛登録経費を含む。

b) 航空写真撮影

調査対象地域の全域について、5万分1航空写真の撮影を行うが、この作業はカザフ国の民

間企業ブルンダイ・アヴィア社に再委託して実施することが適当と考えられる。撮影、写真処理に関する設備、機器、資材は、同社が所有もしくは調達するものを使用する。航空カメラは旧ソ連邦製なので、フィルムも旧ソ連邦の規格のものを使用する。カメラの画角は18cm×18cm、焦点距離は100mmまたは70mmである。撮影コースの設定にはGPSナビゲーション・システムを使用する。

調査対象地域は、10月下旬から3月までは積雪があるので、撮影時期は4月から10月上旬までになる。さらに、植生などの地上被覆情報を得るためには、5月と6月が撮影適期となろう。調査対象地域のステップ地帯に優占するヨモギ類の生育は、4・5月に最盛で、6月以降の高温期になると一時的に枯れる。そのため、パナクロ画像では植生の判読が多少困難になることが懸念されるので、注意が必要である。なお、マルチカラー画像では、植生の活力が低い夏季においても、土地被覆の大局的な分類解析には大きな支障はないと思われる。

撮影に必要な機体、機器、施設、材料及び写真処理を含む5万分1の白黒実体視（ステレオ）航空写真の撮影について、ブルンダイ・アヴィア社の見積額はつぎのとおりである。

撮影面積	17,200km ²	US\$ 6. -/km ²	US\$ 103,200. -
	40,000km ²	US\$ 4.5/km ²	US\$ 180,000. -
	142,000km ²	US\$ 3. -/km ²	US\$ 426,000. -

c) 現地調査（判読のキイ作成、地名収集など）

画像から判読出来ない情報については、現地での調査が必要となる。すなわち、主要な地目、地物に関して、画像と現地とを対比して、画像判読のキイを作成する必要がある。

一方、カザフ国では、独立後に地名が変更されたり、行政界の変更が行われている。これらは、基本的にはカザフ国側の提出資料によるが、必要に応じて現地確認を要する場合もある。

これらの現地調査を現地再委託で実施する場合は、国営企業のインジゲオデジアまたはジャンピル・ゲオデジア、シムケント・ゲオデジアなどが考えられる。この地域では、10月下旬から3月までは積雪があるので、現地作業期間は4月から10月初旬と考えなければならない。また、7・8月は野外での昼の気温が40℃を超えるため、熱射による疲労が著しく、作業効率が悪くなることも充分考慮すべきである。

インジゲオデジア社による、これらの作業の見積もりは次のとおりである。

判読キイ作成のための現地調査（車輛関係については、前項参照）

1チーム4人構成、車輛、人件費、機材損料、
消耗品、宿泊費などを含む
1ヶ月あたり US\$ 11,210. -

地名収集、行政界の調査、点検

1人で主として資料調査
1ヶ月あたり US\$ 3,558. -

d) 地図印刷

10万分1図をカザフ国内で印刷する事が考えられるが、その費用についてのカルトグラフィア社による見積りは次のとおりである。

100枚あたり US\$ 322. - (国内での地形図印刷は、需要の少ないこともあって 100枚単位)
500枚あたり 不明；単価はほぼ同額であろう（4～5日で印刷できる由）

(3) GIS・コンピュータ関係

a) マップデジタル化作業

国営企業カルトインフォルムに発注できる、10万分1地形図1枚の全データのデジタル化に要する費用は、工数14人日でUS\$ 1,200. -。20万分1地形図では、工数14人日でUS\$ 1,600. -とのことであった。Pascal, Basic言語等によるGUI手法を用いないプログラム開発も、委託可能と思われる。

ただし、5章-1で述べたように、現地における地図のデジタル化に際しては、必要とするデータが得られるように十分な配慮が必要であり、二度手間とならないように注意を要する。

b) コンピュータ販売店

アルマティ市に、次の各社がある。

“GLOTUR社”

パソコン、プリンターを販売している。現在扱っていない製品でも、ヒューレットパッカード、IBM、Compaq、DECの製品であれば取り寄せ可能である。取り寄せの場合、注文から受け取りまで6週間程度かかる。コンピュータの修理も受け付け、修理はこの事務所で行う。

“ELSI Tech社”

宇宙研究所の一角を借りて事務所としている。SUNのコンピュータ及びArcInfo、ERDAS-image、Infomix等のソフトウェアを販売している。すべて取り寄せで行い、注文から受け取りまで6週間程度である。すべて前払い制であるが、交渉によっては半額前払い、残りを納品後とすることも可能である。ArcInfoのカスタマイズなども受け付けてくれる。デジタルイザー、大型カラープリンターの購入も可能。コンピュータの修理も受け付ける。SUNのコンピュータであれば、SUNの事務所がカザフ国内にあり、2～3日で修理可能とのこと。ArcInfoは、モスクワにESRI事務所があり、その下で代理店となっている。今までに、宇宙研究所、地理研究所（UNESCO）、地質省、軍事関係機関に納入実績があるとのこと。（一部前項既述）

次のようなコンピュータ及びGISソフトウェアからなるシステムをおおまかに見積もってもらったところ、約US\$120,000. -とのことであった。

ワークステーション：SUNワークステーション、ソフトウェア「ArcInfo」・「ArcView3」

※ ワークステーションとパソコンはEthenetにより接続。ソフトウェアサポート1年間分を含む

パソコン：Pentiumパソコン、ソフトウェア「ArcView3」

周辺機器：レーザープリンター、A0デジタルイザー、A0カラープロッター、A0スキャナー

“ALSI社”

パソコン、プリンター、マイクロソフト製品を中心に販売している。修理も受け付ける。修理はこの事務所で行う。現在手元のない製品でも、ヒューレットパッカード、UNYSIS、SUN製品は取

り寄せ可能である。

c) 衛星画像購入

科学アカデミーの宇宙・GIS研究所から購入できる。NOAAのNDVI処理画像デジタルデータの1シーン(480km×640km)の価格はUS\$300 とのこと。なお、幾何補正済み画像は、5章-6に述べたとおり、US\$100で頒布している。

第6章 現地調査の結果

6-1 調査地域の概要

(1) 地域概況

本件調査の対象地域は北緯43~47°，東経60~69°に位置し，カザフ国南部のクジルオルダ州内にあり，シルダリアの中流域から同河に沿って，地域の西端はアラル海に至る約150,000 km²の範囲である。調査地域の大部分は，標高100~200mの平坦なステップないしは沙漠地帯で，東端部に1,500~2,000mの山々からなるカラタウ山脈（アルマティの南に連なるアラタウ山脈の西への延長がさらに北西に分かれて，シルダリアとチュー河の分水嶺をなしている部分）がある。対象地域の西端にあたるアラル海では，1950年代に開始されたソ連による綿花栽培のための大規模な灌漑によって，シルダリアの流量が極端に減少したことに起因する水位の低下，水面面積の縮小が急激に進んでおり，旧湖底部の陸化が進行している。主な都市として，地域の南東部にトルケスタン市，中央部に州都クジルオルダ市，西端部にカザリンスク市などが，いずれもシルダリア沿いに点在する。シルダリア沿いには，鉄道と国道が平行しており，各都市を結んでいる。

(2) 気候

表6-1，図6-1（6章-1関連の図表は，6章-1末尾に一括掲載する。）にトルケスタン，クジルオルダ，カザリンスク3市の，1990~1995年の月別平均気温，降水量，相対湿度，晴天日数を示す（Institute of Hydrogy and Meterology より購入；収集資料36）。

調査対象地域は内陸性の乾燥気候で，年間200mm以下の降水量，12月から3月の間はマイナス20℃以下に達する厳寒の冬，5月から9月は沙漠地帯に特有の高温の夏である。雨季，乾季の区別が殆どないので，相対湿度は気温の変化に相関している。また，この地域では10月下旬から3月までは積雪があり，航空写真の撮影や現地調査，標定点測量などに障害となる。

(3) 地形・地質

アラル海は新生代新第三紀の鮮新世以降，出現と消失を繰り返してきた。現在のアラル海は，新生代第四紀の更新世（洪積世）に，現在のアラル海がある低地部にシルダリアからの流水が流れ込むことによって始まった。完新世（沖積世）になってアムダリアからも流入するようになり，低地部に溜まる水量が増えて現世のアラル海の状態に至っている（広沢・森，1995）。

図6-2に，対象地域の地形分類図（ソ連邦測地・地図部，1982）を，図6-3に地質図（ソ連邦地質省ほか，1990）を示す。対象地域のうち，シルダリア沿いには春季の洪水時に流水が氾濫する標高100m以下の第四紀沖積平地が広がり，その範囲はカラタウ山地を擁する上流部で

狭く、クジルオルダ付近で最大になり、アラル海に注ぐデルタ地帯で再び広がっている。これらのシルダリア流域及びデルタ地域の河道付近には、三日月湖や後背湿地が点在している。シルダリア河岸から離れるに従って標高は300m程度まで高くなり、南部地域では沙漠地帯が広がっている。湖北部の小アラル周辺での地質は第三紀層に属し、シルダリア北側のノボカザリンスクの北東部には、白亜紀のやや固結した地質の地域がみられ、標高約300mのやや台地状の地形となっている。対象地域東端のトルクメニスタン北側には、原生代～オルドビス紀の古い地質からなる標高1,500～2,000m（最高標高点2,176m）のカラタウ山脈が北西から南東方向に約200kmにわたって連なっている。

(4) 土壌

図6-4に、対象地域の土壌図（ロシア共和国測図・地図部，1995）を示す。年間降水量200mm以下の乾燥気候の下で、対象地域には沙漠またはステップに特有の土壌が分布している。特に、ローム質土壌での著しい乾燥と蒸発散のために、可溶性の塩類を含んだ地下水が毛細管現象によって地表まで達し、塩類が析出して地表面に白く薄い皮膜を作るソロンチャックが特徴的である。

対象地域での主な土壌の分布をみると、クジルオルダ付近から上流部のシルダリア流域の沖積低地では、地下水位が浅くグライ層が発達する低湿地土が分布し、それよりも下流部ではやや塩性でローム質の氾濫原低湿地土がデルタ地域を中心に分布している。シルダリア南側は、砂沙漠に移行している。北部沙漠地帯には、砂質またはローム質の褐色土、灰色沙漠土がまとまって見られ、それらに隣接して塩害化の著しいソロンチャックまたはソロネッツが分布している。また、対象地域東端のカラタウ山脈付近では、山地の灰色土が分布している。以下に、町田ほか（1981）、松井（1988）に従い、主な土壌タイプの説明を示す。

① タキール (Takyr)

主としてローム質の未発達な薄い沙漠土壌で、粘土化が進んだ場合には乾季に多角形の割れ目ができる。維管束植物は見られないが、藻類や地衣類は土壌形成において旺盛である。主に沖積低地での、定期的に氾濫するような立地に形成される。

② タキール性土壌 (Takyr-like soils)

タキールが発達する過程での、洪水や地下水の影響なしに多角形の表土を伴う、未発達な薄い沙漠土壌。維管束植物は生育可能。

③ ソロンチャック (Solonchak)

大陸の亜熱帯から温帯にわたる、乾燥ないし半乾燥気候下のステップ地帯で、地下水位の高い排水不良地に分布する成帯内性土壌。乾燥地域では塩湖の干上がった跡にも成立する。植生は、貧弱なオカヒジキなどの好塩性草本しか生育できない。地下水中に溶存する可溶性塩類が毛細管上昇し、土層内ないし地表に沈殿・集積する。

④ ソロネッツ (Solonets)

ソロンチャックに伴って分布する成帯内性土壌。地下水面の低下や人為的灌漑などに

より、ソロンチャックが脱塩化されてできる。過剰の塩類は下層に洗脱され、Naの一部は炭酸塩または重炭酸塩となり、その加水分解によって強アルカリ性を示す。そのため、特殊な好アルカリ性植物しか生育できない。

⑤ 褐色土 (brown soils)

温帯から亜熱帯の乾燥気候下にみられる、湿気に乏しく炭酸性に富む成帯性土壌型。肥沃度は低く、主として放牧に利用される。

⑥ 灰褐色沙漠土 (gray desert soils)

温帯から亜熱帯までの乾燥地に広く分布する沙漠土のうち、わずかに腐植を含んで灰色ないし灰褐色を呈する表土と、その直下の炭酸カルシウムあるいは硫酸カルシウムの集積物の存在で特徴づけられる土壌。

⑦ 灰色土 (Grey soils - serozem)

乾燥地域で、特殊な水分及び気温条件 (夏季の高温と乾燥、冬から春にかけての最大降水量) のもとで、山麓緩斜面のレス、またはレス・ローム層に形成される土壌。

(5) 植生

a) 植生概況と類型区分

年間降水量200mm以下の厳しい乾燥気候下にある対象地域の植生分布は、気温・降水量、地形、地質、土壌、土地利用 (灌漑や放牧) などの様々な環境要因によって、地域的に規制されている。森本ほか (1996) は、リモートセンシングを利用した植生活性度の季節変化から、対象地域の植生を大きく次の3つに区分している。

① 降水依存植生

中央アジア低地の地下水の供給が少ない沙漠には、降水に依存するヨモギ属などが優占する沙漠植生が最も卓越している。これらの種は、春季に生育し、高温・乾燥の暑い夏季には地上部は枯れ、秋季に開花結実する多年生の短命植物である。これらの植生は、土壌の塩性の度合いに応じて塩性植物を伴うが、地下水位にはさほど関係なく、乾燥した沙漠地域に普遍的に分布する。

② 河川水、地下水依存植生

シルダリア沿いでは、地下水や河川水、春先の雪解けに伴う洪水、氾濫による一時的な水分供給によって成立する、ヨシ、ヤナギ類、ポプラ類、グミ類、タマリクスなどの河畔林が分布している。特に、デルタ地域では、洪水に伴う上流からの土砂の供給と塩性土壌の洗い流しなどによって、降水に依存しない湿性群落を形成している。また、サクサウルは、旧河道を中心に分布する耐乾性に富む樹種であるが、地下水位や洪水による水分供給が期待できない立地下や塩性土壌では生育できない。

③ 塩生植生

ソロンチャック、タキールなどの塩性土壌が卓越するところでは、アカザ科のマツナ属、オカヒジキ属などの耐塩性に富む塩生植物が生育する。

対象地域の植生は、上記の3つの植生パターンを基本として、地域の微地形ごとに、それぞれ異なる立地条件 (地下水位、塩化の度合いなど) に対応した形で、上記植生が複合的に混じり合って群落を形成している。

b) 対象地域の植生分布

図6-4に対象地域の植生図を示す。Rachkovskaya, F. I. et al. (1995)による「250万分1カザフスタン及び中央アジアの植生図」(収集資料25)は、カザフ国を含む中央アジアの植生を、優占種及び構成種の組み合わせから266の凡例を用いて図化した、比較的新しい植生図である。これによると、対象地域は地域的に、山地植生、平地植生(北部・中部・南部沙漠)、山麓緩斜面と低山の沙漠、ソロンチャック植生、河谷植生、河谷外草地植生に区分されている。ここでは、それぞれの地域区分ごとに、主要な植生タイプと特徴について解説する。

① 山地植生(カラタウ山脈)

対象地域東端に連なる標高1,500~2,000mのカラタウ山脈には、標高の高い所から順に山地ステップ、岩生灌木林、短命性ヨモギ属-イネ科草地が帯状に垂直分布している。山地ステップには、ハネガヤ属(*Stipa* spp)や短命性ヨモギ類(*Artemisia djibjanskyi*など)が、岩生灌木林はシモツケ属(*Spiraea hypericifolia*)が優占する。

② 平地植生

シルダリアの春の増水の影響を受けない沙漠地域では、主として土壌(特に塩分濃度)、地下水位、微地形などの立地環境に対応して、ヨモギ属、アカザ科の塩生植物などが、モザイク状に分布している。

<北部沙漠>

小アラルの東側、ノボカザリンスクの北側に位置する沙漠地帯では、ローム質の褐色土上に、ヨモギ属(*Artemisia semiarida*)と耐塩性の強いアカザ科オカヒジキ属(*Salsola* spp)、*Anabasis*属などが、複合群落を形成している。塩分濃度の低い砂質の立地には、黒サクサウル(*Haloxylon aphyllum**)も混生している。

※ 小林ほか(1994)によると、黒サクサウルは、葉は乾燥地に適応して退化し筒状に茎を取り巻き、枝はトクサ状の形態を示すアカザ科の灌木で、カザフスタンの平地部に広く分布する。根茎を発達させて、地下水を利用する地下水植物であり、その地下茎は20~30mにも達するといわれる。耐乾性に富む樹種であるが、地下水位の低い立地や、塩分濃度の高い土壌には生育できない。シャシュイックを焼くための炭木として利用されるので、伐採によって減少している(森本・守村, 1997)。サクサウル林は、この地域における乾性遷移系列の極相として位置づけられるが、より乾燥化が進んで地下水位が低下した場合には、ヨモギ類(*Artemisia terrae-albae*)が優占する草原になる。

<中部沙漠>

シルダリア氾濫原の両側に拡がる沙漠地帯で、対象地域では最も広い面積を占めている。クジルオルダ付近にまとまって見られる塩性の強いタキール性土壌またはソロネツ上には、ヨモギ属(*Artemisia terrae-albae*)とアカザ科オカヒジキ属(*Salsola* spp)、*Anabasis*属が混生しているが、塩性の弱い砂地には黒サクサウル(*Haloxylon aphyllum*)がまとまって群落を形成している。

<南部沙漠>

クジルオルダ南側には、砂質土壌が広く分布しており、ここには黒サクサウル(*Haloxylon aphyllum*)、白サクサウル(*H. persicum*)が灌木群落を形成している。サクサウル林の構成種は、砂丘の微地形や砂の動きに応じて異なっている。白サクサウルの方がより砂質~砂質ロームを好み、黒サクサウルはむしろ粘土質の土壌(特に旧河道)に生育するとされている。

③ 山麓緩斜面と低山の沙漠

カラタウ山脈下部、トルケスタン付近の山麓緩斜面（標高約200～300m）の灰色土上には、ナガハグサ属（*Poa bulbosa*）を伴うヨモギ属（*Artemisia* spp）の群落が主に分布する。

④ ソロンチャック植生（アラル海沿岸）

1960年時には湖水面であった箇所が次第に干上がり、現在では塩性の強いソロンチャックとなっているアラル海旧湖底域には、部分的にアカザ科の*Halocnemum strobilaceum*や、ヨシ（*Phragmites australis*）、マツナ属（*Suaeda* spp）、タマリクス（*Tamarix hispida*）など、いずれも塩分に強い塩生植物の群落が形成されている。

⑤ 河谷植生（シルダリア氾濫原）

シルダリア沿いの春季の増水時に冠水する低地には、河川水と地下水に依存した植生が発達している。ここを利用して、稲作も行われている。最も河川に近い、河岸から後背湿地には、ヤナギ属（*Salix alba*, *S. songarica*）、グミ属（*Elaeagnus oxycarpa*）、ポプラ属（*Populus euphratica*）、タマリクス（*Tamarix hispida*）などの優占する河畔林（ツガイ）や、ヤマアワ（*Calamagrostis epigeios*）などの湿性草地を形成している。また、シルダリアがアラル海に注ぐデルタ地域には、冠水地に成立するヨシ（*Phragmites australis*）群落のほか、地下水位や洪水による攪乱の度合いに応じて、タマリクス（*Tamarix hispida*）の灌木林も分布する。

⑥ 河谷外の草地植生（デルタ地域）

シルダリアデルタの一部には、ガマ（*Typha latifolia*）、ヒメガマ（*T. angustifolia*）、ホタルイ属（*Scirpus* spp.）、ヨシ（*Phragmites australis*）などの湿性群落もみられる。

表6-1 調査地域の気象データ（カザフ局水利気象局資料(収集資料32)により作成）
月別平均気温・同 降水量・同 相対湿度・同 日照時間・月別天気日数

月別平均気温 °C

カザリンスク

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	-10.4	-12.5	-4.1	13.3	19.4	26.6	27.5	23.4	17.9	11.5	2.4	-5.4
1992	-5.5	-5.2	-3.4	10.8	17.6	23.6	25.5	21.4	16.7	7.5	2.6	-4.7
1993	-7.5	-7.5	-1.3	10.9	17.2	24.1	26.5	24.1	15.0	--	-8.0	-12.4
1994	-12.0	-15.0	-4.1	10.2	19.8	25.7	24.4	24.0	17.0	10.1	2.3	-5.6
1995	-8.2	-4.2	2.0	16.0	19.4	26.5	27.6	25.3	17.6	9.2	4.0	-6.6
平均	-6.72	-8.88	-2.18	12.24	18.70	25.30	26.34	23.64	16.84	9.58	0.66	-7.38

クジルオルダ

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	-9.4	-9.2	-1.0	14.1	19.2	26.7	26.4	24.7	18.6	12.3	3.6	-4.0
1992	-3.6	-3.6	-1.2	12.6	17.7	24.9	27.0	22.6	16.8	8.7	3.5	-2.3
1993	-6.4	-6.0	1.0	12.3	17.9	25.6	27.7	24.6	16.4	8.8	-5.9	-11.0
1994	-9.8	-11.3	-2.2	11.1	20.8	27.1	26.3	25.5	17.2	10.6	4.1	-3.6
1995	-7.3	-1.2	4.0	15.8	20.4	26.8	28.2	26.4	19.0	10.1	4.8	-6.5
平均	-7.20	-6.06	0.12	13.22	19.2	26.22	27.52	24.76	17.64	10.14	2.02	-5.48

トゥルキスタン

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	-6.6	-2.1	4.8	15.6	20.5	26.6	29.1	26.0	20.3	14.0	4.5	-0.6
1992	-1.5	2.8	4.4	15.1	17.7	25.1	28.3	23.9	18.3	10.5	6.4	1.9
1993	-4.3	-0.5	5.0	14.1	18.7	26.4	29.0	25.6	18.8	10.2	-1.4	-6.1
1994	-6.0	-6.3	4.4	12.0	21.3	26.2	27.3	26.7	18.2	13.6	7.2	-1.5
1995	-2.4	2.1	7.2	17.5	21.2	27.9	29.3	27.5	20.6	11.1	7.2	-4.7
平均	-4.20	-1.20	5.16	14.86	19.68	26.90	28.60	25.91	19.28	11.68	4.76	-2.61

月別平均降水量 mm

カザリンスク

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	39.6	0.7	1.0	3.1	24.3	16.0	12.9	0.3	0.0	6.6	21.1	17.2
1992	9.7	4.7	2.7	19.0	23.7	0.0	0.0	14.6	0.7	0.4	2.8	33.3
1993	10.0	9.0	20.1	18.8	8.2	12.1	2.7	26.1	0.8	--	25.8	17.1
1994	4.0	11.0	24.5	9.8	7.3	1.7	4.5	7.6	0.0	13.9	32.3	20.8
1995	2.9	16.5	7.5	6.6	14.9	5.1	0.4	0.0	12.0	26.0	6.5	13.6
平均	13.24	8.38	14.16	11.46	15.66	6.98	4.10	9.72	2.70	11.72	18.10	20.40

平均年間降水量(5年間) 133.64 mm

クジルオルダ

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	34.3	7.0	4.3	8.3	76.4	17.9	7.2	1.2	15.6	2.8	38.3	27.3
1992	27.2	25.5	5.1	31.2	16.8	0.7	0.0	20.1	0.0	0.6	3.4	22.7
1993	27.2	12.9	15.7	2.9	82.4	12.2	1.3	3.0	0.0	5.0	53.9	12.5
1994	25.5	21.1	19.9	0.3	22.7	15.7	1.2	5.4	0.6	3.0	29.4	10.6
1995	3.5	6.6	12.9	2.0	18.3	16.7	1.8	5.2	3.2	34.8	7.1	6.4
平均	23.54	14.62	11.58	8.94	43.12	12.64	2.30	6.98	3.98	9.24	26.42	16.30

平均年間降水量(5年間) 179.62 mm

トゥルキスタン

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	28.0	14.6	15.4	13.6	38.1	1.4	3.2	0.0	1.1	1.6	26.2	32.8
1992	25.6	50.6	15.6	22.1	22.1	15.7	0.0	2.2	7.1	16.1	16.0	16.2
1993	15.3	26.9	25.6	20.7	50.7	5.7	0.8	3.8	0.0	0.8	47.2	18.3
1994	46.8	27.1	16.7	11.9	4.6	0.6	0.0	0.0	0.9	0.9	44.7	41.4
1995	8.2	14.0	12.1	0.6	10.3	17.1	13.3	0.0	9.8	9.3	3.1	5.6
平均	24.76	26.64	17.08	13.78	25.16	8.10	3.46	1.20	3.76	5.74	27.64	23.66

平均年間降水量(5年間) 151.22 mm

月別平均相対湿度 %

カザリンスク

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	85	77	81	52	47	44	45	40	48	52	78	84
1992	85	85	78	58	49	41	42	56	51	57	71	87
1993	84	76	77	56	44	51	49	51	49	--	83	85
1994	81	78	60	56	50	42	50	50	47	57	60	66
1995	76	86	69	41	53	44	42	44	49	60	72	81
平均	82.2	80.4	77.0	53.0	48.6	44.4	45.6	48.2	48.6	56.5	76.6	84.6

クジルオルダ

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	91	82	67	45	47	40	--	--	--	45	--	--
1992	--	73	65	47	42	32	30	40	39	44	55	73
1993	71	68	62	40	36	37	34	37	39	42	68	74
1994	60	73	74	47	44	39	43	44	49	49	79	82
1995	75	77	63	36	43	43	36	35	39	50	61	66
平均	79.25	74.6	66.2	43.0	42.8	38.2	36.3	39.0	41.5	46.0	65.75	74.25

トゥルキスタン

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	77	74	60	49	46	39	35	33	40	46	74	85
1992	85	77	65	57	54	41	34	44	42	54	67	82
1993	82	72	66	51	45	41	38	38	38	47	66	86
1994	82	80	75	53	46	34	35	30	40	43	78	79
1995	76	71	55	30	39	31	30	27	34	49	50	69
平均	80.4	74.8	64.6	46.0	46.4	37.2	34.4	34.4	38.6	47.8	71.0	80.2

日照時間の月別平均値 時間

カザリンスク

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	100.0	189.5	205.9	238.5	307.0	355.9	390.5	367.6	306.0	---	59.6	59.5
1992	55.4	69.9	207.0	242.1	309.4	357.5	376.4	306.7	278.4	220.7	135.8	64.4
1993	72.5	134.3	153.1	234.3	323.3	---	385.1	327.2	---	---	73.6	93.0
1994	94.0	152.1	---	276.4	305.2	345.1	390.1	334.5	321.5	291.3	81.7	63.1
1995	155.0	128.9	243.9	268.0	360.4	377.4	382.0	---	---	---	---	---
平均	91.78	134.94	202.48	255.86	321.06	359.23	385.02	334.00	302.00	256.00	87.68	70.00

トゥルキスタン

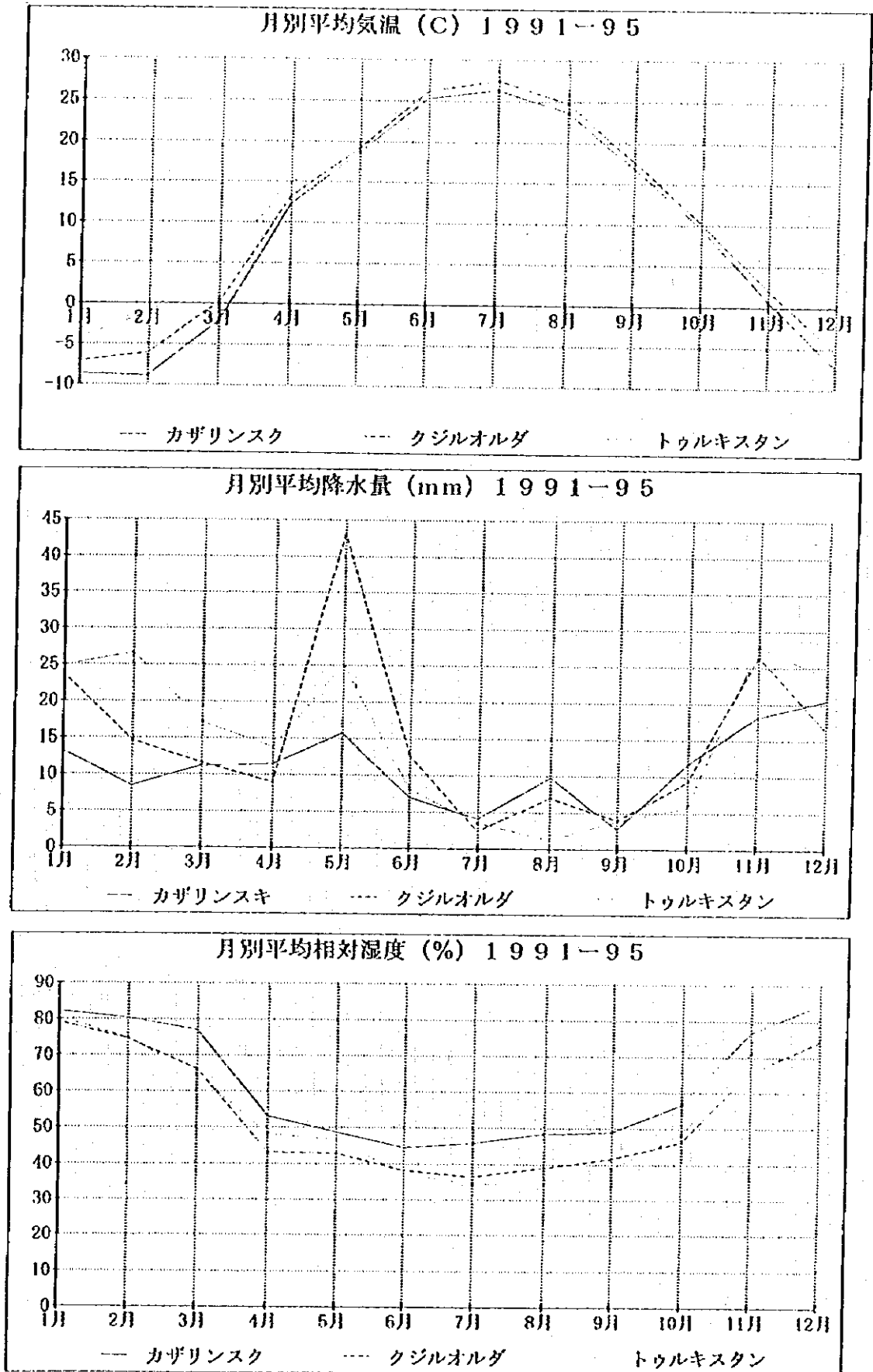
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991	107.0	153.7	212.9	272.2	293.2	363.7	415.4	393.5	333.6	282.9	142.9	85.0
1992	87.6	140.5	210.4	218.5	284.6	336.0	409.9	362.1	318.9	251.3	159.0	95.9
1993	111.9	129.6	178.7	261.3	332.6	358.3	405.7	366.8	325.4	269.0	70.1	133.7
1994	115.1	120.3	211.0	285.7	354.8	382.0	423.2	395.7	329.3	296.2	115.9	112.1
1995	153.0	170.5	254.6	338.8	347.9	390.0	394.2	390.5	---	247.0	192.9	180.7
平均	114.92	142.92	213.52	275.50	323.02	366.00	409.68	381.72	326.80	269.28	136.16	121.48

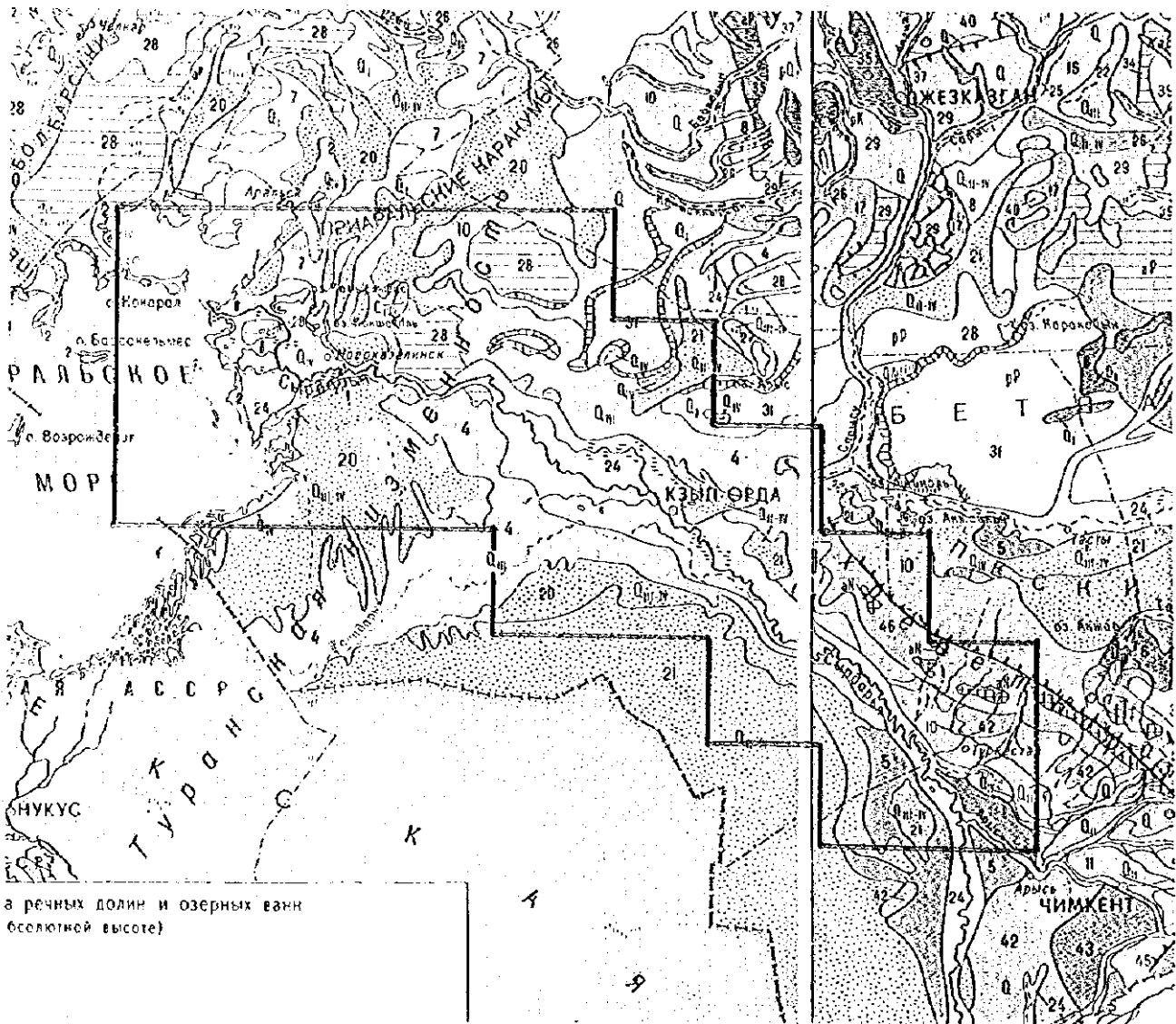
クジルオルダ月別天気日数

(晴れ：曇量30%以下 不照：70%以上)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1991												
晴れ	2	4	6	2	8	6	14	17	18	19	2	6
不照	13	3	4	7	6	1	0	0	1	0	15	10
1992												
晴れ	0	4	10	4	3	7	16	11	12	13	6	0
不照	13	14	5	6	2	0	0	2	0	2	2	12
1993												
晴れ	4	5	4	6	7	9	15	13	15	14	1	2
不照	10	9	6	3	1	2	0	0	0	5	20	13
1994												
晴れ	6	3	4	10	6	7	13	18	17	20	1	3
不照	12	6	8	4	3	0	0	0	2	1	15	13
1995												
晴れ	14	6	10	15	10	6	13	22	12	9	6	4
不照	6	7	4	2	3	2	0	0	0	1	5	8

図6-1 調査地域の気象要素年周変化図（カザフ局水利気象局資料(収集資料32)により作成)
 月別平均気温・同 降水量・同 相対湿度





а речных долин и озерных ванн
бсолютной высоте)

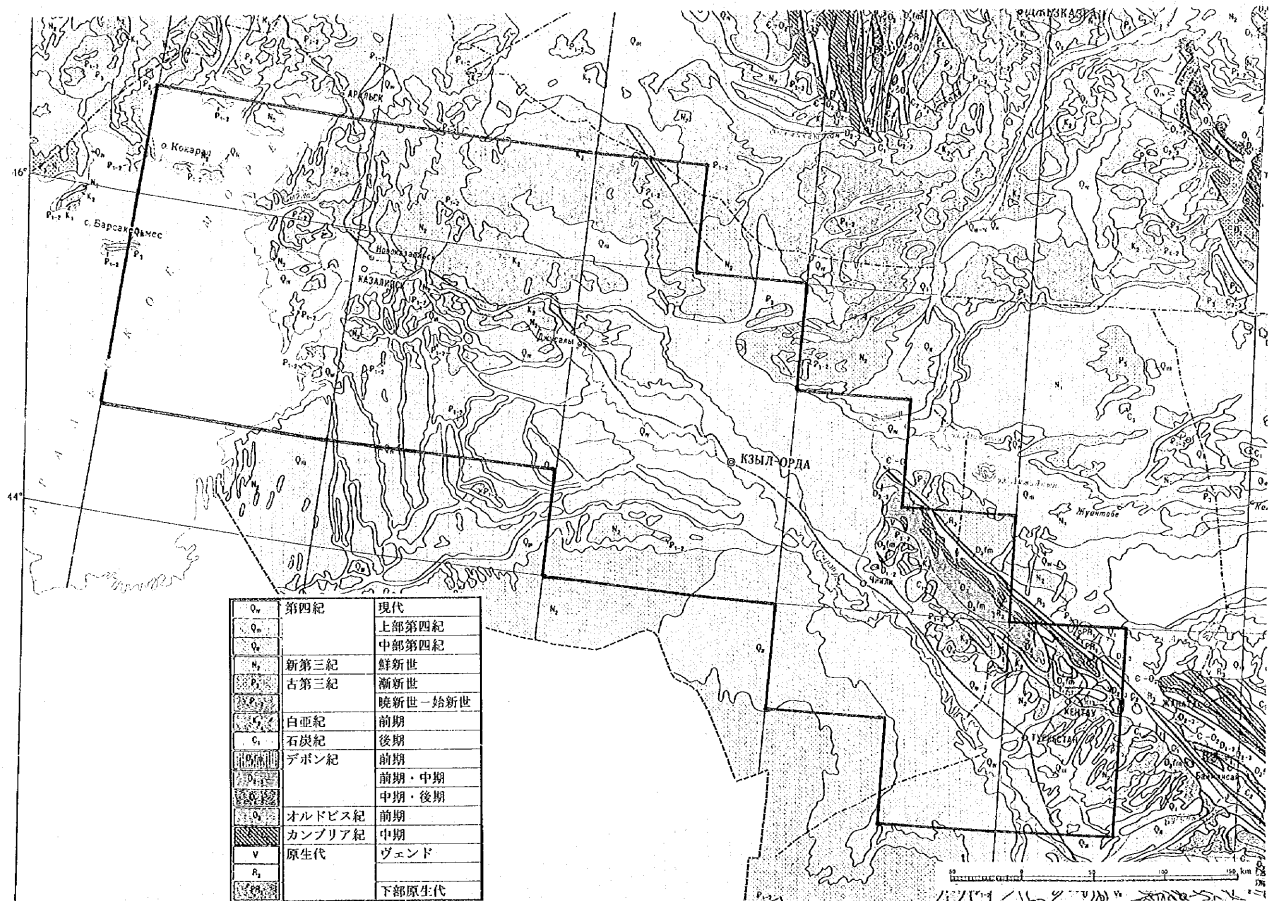
地質による平地			浸食による平地と台地		
2	標高 0-100m	海成層の起伏	28	標高 300m 以下	水平堆積層の上にある
4	標高 0-100m	沖積層の起伏			構造的(層狀的) 平地
5	標高 100-300m	沖積層の起伏	31	標高 300m 以下	水平堆積層の上にある
7	標高 0-100m	湖成層・沖積層の起伏			構造的水平地
10	標高 100-300m	沖積層(山麓)沖積層の起伏	42	標高 300m 以下	種々な丘陵及び山麓の地形
20	標高 0-100m	風の作用による起伏	46	標高 2000-3000 m	狭い尾根をもつ中位の山で古代の平らにされた地表がわずかに保存され、褶曲基礎の構造が地形においてはっきりと表わされているもの
21	標高 100-300m	風の作用による起伏			
川沿いの低地や湖の堆積による起伏の形状					
24	春の増水時に冠水する低地				
26	春の増水時に冠水する部分と冠水未域より高いところにある台地とが一緒になったもの				
地質構造の変動による地域的な岩棚			部分的に同折された傾しい表面浸食による断面		
平坦で薄い山地のフラット					

(日本語は露語を翻訳したもの; 以下の各図も同じ)

図 6-2 調査対象地域とその周辺の地形分類図 (付した日本語は仮訳)

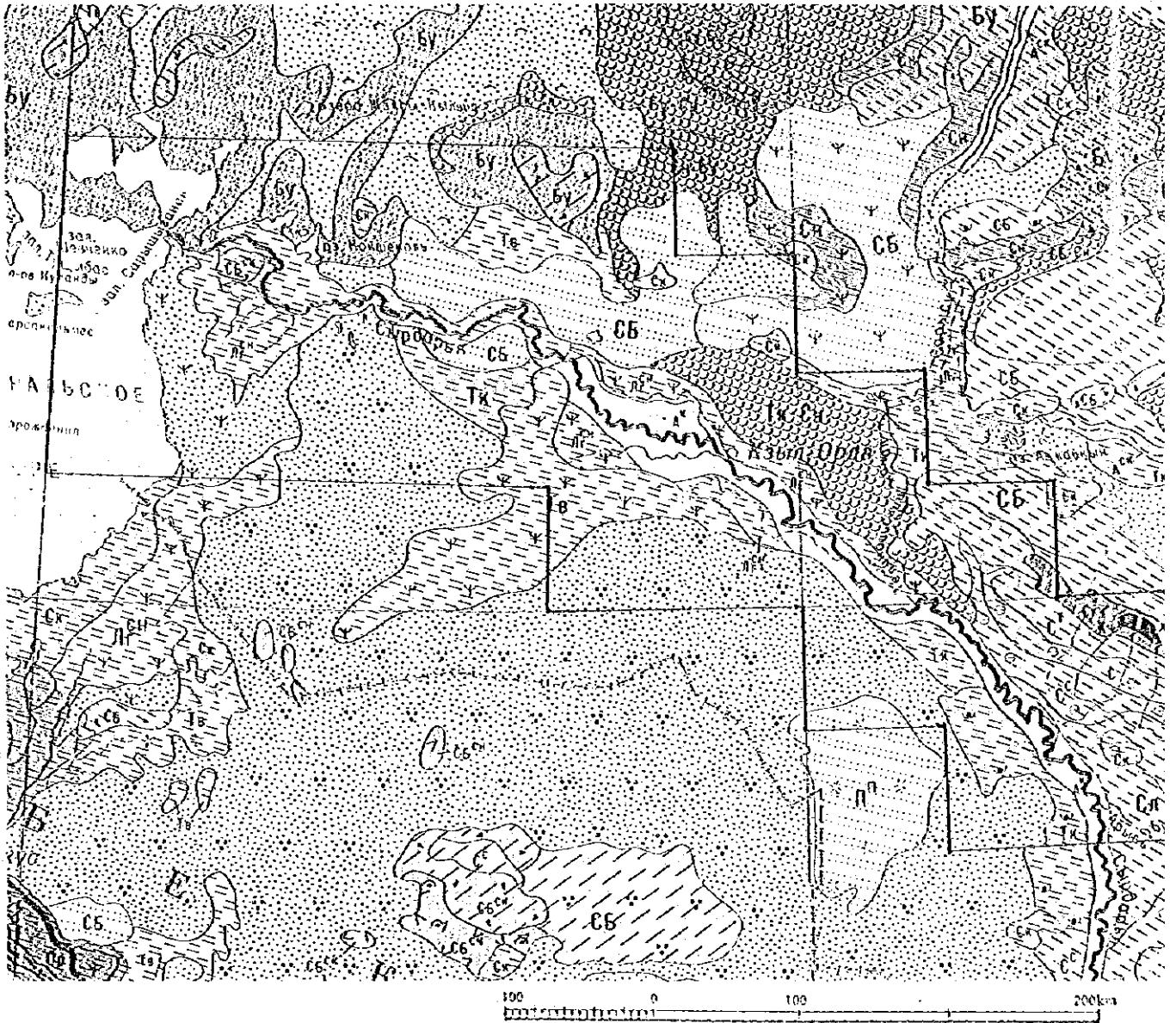
Атлас Казахской ССР Том I

(カザフスタン・ソビエト社会主義共和国アトラス第1巻)、1982より



Q ₄	第四紀	現代
Q ₃		上部第四紀
Q ₂		中部第四紀
N ₃	新第三紀	鮮新世
N ₂	古第三紀	漸新世
N ₁		続新世—始新世
J ₃	白亜紀	前期
J ₂		後期
J ₁	石炭紀	後期
D ₃	デボン紀	前期
D ₂		前期・中期
D ₁		中期・後期
P ₃	オルドビス紀	前期
P ₂	カンブリア紀	中期
V	原生代	ヴェンド
P ₁		下部原生代

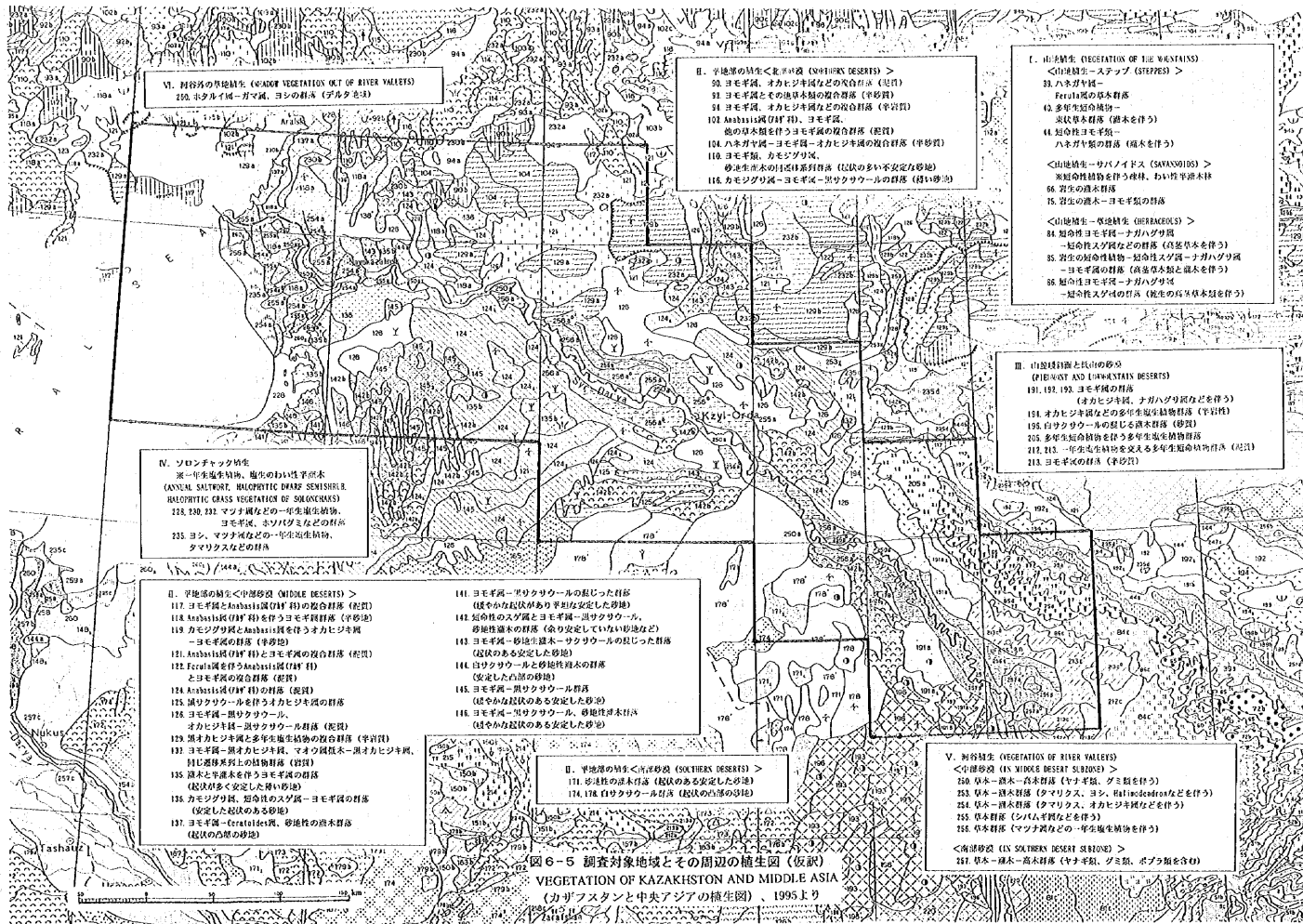
図6-3 調査対象地域とその周辺の地質図 (付した日本語は仮訳)
 (ATLAS maps of south Kazakhstan, 1990より)



亜寒帯			
By	褐色土	ソロネツ	
СБ	灰色褐色土	ソロンチャク	
СБ ^{св}	灰色褐色土 (ややソロンチャク性)	沖積層及び低地	
п ^п	砂質・砂漠	低湿地土	
Тк	タキール	ハロゲン (まだらに隆起があり窪みがあるもの)	
Тк ^{св}	タキール性土壌	タキール、あるいはソロネツ	
亜熱帯		ソロネツ及び褐色で草層ステップ上	
С ^с	茶色土	(今やソロネツのものも含む)	
С ^{св}	灰茶色土	山岳部	
С ^с	明るい灰色土	高地の、日光に当たる向きの斜面	
С ^с	典型的な灰色土	土壌を形成する層 (もろい)	
С ^с	暗い灰色土	ローム質及び粘土質	
С ^с	草原の灰色土	ローム質及び粘土質 (炭酸塩質)	
		ローム質及び粘土質 (塩分の多い)	
С ^с	湿草原土	砂質及びローム土壌	
С ^с	氾濫原低湿地上	適足的な肥分	
		未固結の砂地	

図6-4 調査対象地域とその周辺の土壌図 (付した日本語は仮訳)

Почвенная карта Российской Федерации и сопредельных государств. Масштаб 1:4 000 000 (1/400万 ロシア連邦及び周辺諸国の土壌地図)、1995より



Ⅴ. 河谷系の草地植生 (CROAD VEGETATION OUT OF RIVER VALLEYS)
210. ステパルイ16-ガウシク, ヨモギの群落 (ゾルタモ草)

Ⅱ. 半乾燥の植生<北半部 (STEPPIE DESERTS) >
20. ヨモギ平原, オカヒシギ平原などの混合群落 (乾田)
21 ヨモギ平原とその過半乾燥の混合群落 (半砂漠)
22 ヨモギ平原, オカヒシギ平原などの混合群落 (半草原)
102 Anabasis属(群)群, ヨモギ平原,
他のヨモギ属を伴うヨモギ平原の混合群落 (乾田)
104 ハネギ平原-ヨモギ平原-オカヒシギ平原の混合群落 (半砂漠)
110. ヨモギ平原, ガモシツアリ,
砂地帯水木の自然系系列群落 (起伏の多い不安定な砂地)
116. カモシツアリ属-ヨモギ平原-アウツカサウールの群落 (窪み砂地)

Ⅰ. 山嶺植生 (VEGETATION OF THE MOUNTAINS)
<山嶺植生-ステップ (STEPPIES) >
33. ハネギ平原
34. ハネギ平原
35. Ferula属の低木群落
42. 多年生短命植物 - 高山草群落 (湖水を伴う)
44. 短命植物群落
ハネギ平原の群落 (湖水を伴う)
<山嶺植生-サバナイデス (SAVANNOIDES) >
36. 短命植物群落を伴う森林, 低い半草原森林
36. 葉生の低木群落
37. 葉生の低木-ヨモギ平原の群落
<山嶺植生-乾燥植生 (DERRIDEMENTS) >
84. 短命性ヨモギ平原-ナガハグワ属
-短命性スズランなどの群落 (高草草水を伴う)
85. 葉生の短命性植物-短命性スズラン-ナガハグワ属
-ヨモギ平原の群落 (高草草水と湖水を伴う)
86. 短命性ヨモギ平原-ナガハグワ属
-短命性スズランの群落 (低草の低草草水を伴う)

Ⅳ. ソロンチャク植生
第一年生地帯植物, 地生のおいで草の水
(ANNUAL GRASS, HELIOPHYTIC GRASS VEGETATION OF SOLOENCHES)
228, 230, 231. マツノ属などの一年生地帯植物,
ヨモギ平原, ネノバグミなどの群落
235. ヨシ, マツノ属などの一年生地帯植物,
タマリクスなどの群落

Ⅲ. 山嶺植生と低地の砂漠
(MOUNTAIN AND MOUNTAIN DESERTS)
191, 192, 193. ヨモギ平原の群落
(オカヒシギ平原, ナガハグワ属などを伴う)
194. オカヒシギ平原とその多年生短命植物群落 (半砂漠)
195. 白オウツカサウールの群生する過半乾燥植群落 (砂漠)
205. 多年生短命植物を伴う多年生地帯植物群落
212, 213. 一年生地帯植物を伴う多年生短命植物群落 (乾田)
213. ヨモギ平原の群落 (半砂漠)

Ⅰ. 半乾燥の植生<中部砂漠 (MIDDLE DESERTS) >
117. ヨモギ平原-Anabasis属(群)群の混合群落 (乾田)
118. Anabasis属(群)群を伴うヨモギ平原群落 (半砂漠)
119. カモシツアリ属とAnabasis属を伴うオカヒシギ平原
-ヨモギ平原の群落 (半砂漠)
121. Anabasis属(群)群とヨモギ平原の混合群落 (乾田)
122. Ferula属を伴うAnabasis属(群)群
とヨモギ平原の混合群落 (乾田)
124. Anabasis属(群)群の群落 (乾田)
125. 過ウツカサウールを伴うオカヒシギ平原の群落
126. ヨモギ平原-過ウツカサウール,
オカヒシギ平原-過ウツカサウール群落 (乾田)
127. 過ウツカサウールとその多年生短命植物の混合群落 (半草原)
129. ヨモギ平原-過オカヒシギ平原, その過半乾燥-過オカヒシギ平原,
同じ過半乾燥の植物群落 (乾田)
132. 湖木と半湖木を伴うヨモギ平原の群落
(起伏が多くなった窪み砂地)
133. カモシツアリ属, 短命性スズラン-ヨモギ平原の群落
(起伏の多い窪み砂地)
137. ヨモギ平原-Ferula属, 砂地帯の湖木群落
(起伏の多い窪み砂地)

141. ヨモギ平原-アウツカサウールの群生した群落
(起伏の多い窪み砂地を伴った不安定な砂地)
142. 短命性スズランとヨモギ平原-過ウツカサウール,
砂地帯湖木の群落 (盛り安定していない砂地など)
143. ヨモギ平原-砂地帯湖木-アウツカサウールの群生した群落
(起伏のある安定した砂地)
144. 過ウツカサウール-砂地帯湖木の群落
(安定した窪みの砂地)
145. ヨモギ平原-アウツカサウール群落
(窪みか窪み状のある安定した砂地)
146. ヨモギ平原-アウツカサウール, 砂地帯湖木群落
(窪みか窪み状のある安定した砂地)

Ⅱ. 半乾燥の植生<南半部 (SOUTHERN DESERTS) >
171. 砂地帯の湖木群落 (窪地の安定した砂地)
174, 178. 白オウツカサウール群落 (窪地の窪みの砂地)

Ⅴ. 河谷植生 (VEGETATION OF RIVER VALLEYS)
<半砂漠 (IN MIDDLE DESERT SLOPES) >
220. 草水-湖木-低木群落 (オカサギ属, グミ属を伴う)
223. 草水-湖木群落 (タマリクス, ヨシ, Halimolobosなどを伴う)
224. 草水-湖木群落 (タマリクス, オカヒシギ平原などを伴う)
225. 草水群落 (シバノ草属などを伴う)
226. 草水群落 (マツノ属などの一年生地帯植物を伴う)
<南部砂漠 (IN SOUTHERN DESERT SLOPES) >
247. 草水-湖木-低木群落 (オカサギ属, グミ属, ボブラ属を含む)

図 6-5 調査対象地域とその周辺の植生図 (仮訳)
VEGETATION OF KAZAKHSTAN AND MIDDLE ASIA
(カザフスタンと中央アジアの植生図), 1995上り

6-2 現地調査

(1) 航空機による現地概査

既存の10万分1及び20万分1地形図（1970～80年代の更新）における表示事項と、現況の地形、土地利用との相違を調査するために、航空機による空中目視概査を実施した。

調査は、1997年6月12日（木）、14日（土）の2日間実施した。使用した航空機は旧ソ連製アントノフ30（双発レシプロ機30席程度）で、調査の飛行高度1,000m、総飛行時間10時間である。

飛行コースは、図6-6に示すとおり、トルケスタンからアラル海までのシルダリア流域である。

a) 土地利用の変化状況

航空機による空中概査によって、現況の土地利用状況と1980年代初めに作成された20万分1地形図を対象させた結果、土地の起伏が少ないためか、旧河道やシルダリアの蛇行状況など大規模な地形の変化は認められなかったが、土地利用のうち特に水田については著しい変化が確認できた。すなわち塩類が地表面に析出した塩害による放棄水田である。これらの放棄水田は、上空からは白っぽく見え、同じ大規模区画の水田域でもこの時期に水を張ってある水田と塩類集積の放棄水田とが隣接して見られた（写真-28, 29）。なお、塩類集積は、水の過剰供給によって地下水面が上昇した結果、毛管現象による地下水の地表への上昇・蒸発により、塩類の地表析出が引き続く結果によって起きる。

b) 湖沼・湿地の乾燥化の状況

20万分1地形図で小湖沼または湿地として表現されている箇所については、多くは上空から見ると塩類析出によって白っぽく見える。特にシルダリアの沖積低地やデルタ地域において顕著に見られる（写真-22, 30, 35）。元来、シルダリア沖積低地に点在していた湿地や小規模の湖は、春に天山山脈の雪解け水が引き起こす増水によって氾濫した水が、周辺の窪地に定期的に流れ込むことによって維持されてきたものと考えられる。灌漑のための過剰な取水によって流量が減少したシルダリアからは水が氾濫する頻度が減り、厳しい乾燥気候の下で降雨量よりも蒸発量の方が多くなり、次第に乾燥化していったものと推測される。気候的な要因も考えられるが、乾燥化の原因の一つにはシルダリアの流量の減少があることは否定できない。

(2) クジルオルダ市周辺における現地調査

クジルオルダ市は、シルダリアの沖積低地に立地する州都で、周辺にはシルダリアの水を利用した農地やステップが広がっている。本地域は、本報告書冒頭に掲げた新旧の地形図に見るように、旧ソ連時代に農業開発の目的（主に綿花栽培）で大規模灌漑開発が行われ、これに伴いシルダリアを水源とした大規模な水田開発が進み、現在ではカザフ国全土の米の約70%を生

産する主産地となっている。しかし、灌漑施設の老朽化や不適切な水管理、排水施設の不備による土壌の塩酸化によって、米の生産は年々減少しているといわれている。また、一方で過剰なまでの大規模な灌漑設備によってシルダリアの流量は減り、同時にアラル海の水量が年々減少しており、様々な環境問題を引き起こしている。

このような背景を踏まえて、①土地利用の変化状況（特に水田）、②湖沼・湿地の乾燥化の現状、③シルダリアの現状について、車による現地調査を行った。調査地点は図6-7に示すとおりである。

a) 土地利用の変化状況

クジルオルダ市郊外北東方にある、1960年代の地図で最もまとまっている水田でかつ現在も利用されている地区と、塩害による放棄水田（1980年代初の地図では水田）の2箇所について調査をおこなった。その結果、前者は現在も水田として利用されている（写真-13）が、部分的に放棄されてヨシの優先する湿性植物群落も見られ、水田としては全般に縮小傾向にあるようであった。

カザフ国の稲作は、水耕栽培（水を入れわずかに湿らせた土地に籾を撒き、発芽後水を入れる）であり、この時期（6月）、水田は水を張った状態であって、使われているかどうかは判別可能である。一方、放棄水田は、現在は一見放牧地として利用されているような外観で、矮小化したヨシが塩類の析出によって白っぽくなった土地を一面に覆い、部分的に塩類殻（salt crust）が形成されていた（写真-16, 17）。また、表層の数センチ下は水気の多い粘土質の土壌となっており、地下水位が高いことが示唆された。その他、耐塩性の強いタマリクス¹の生育も見られた。

このように、水田開発された区域では、現在も灌漑用水路に水が勢いよく流れる中で、塩害によって水田と放棄水田がモザイク状に分布していた。さらに、灌漑農地に隣接する未耕地区域においても、地下水位の上昇による土壌の湿地化、塩酸化及びそれに伴う植生変化が見られた。

b) 湖沼・湿地の乾燥化の状況

1960年代の地形図で湖沼または湿地がまとまっている箇所を調査した。地形図では湖沼として表現されているが、現在ではこの区域は乾燥化が進み、わずかに水たまりが残存するものの、ヨモギ類、ハネガヤ類、タマリクスなどが一面に覆うステップとなっていた（写真-9, 10）。航空機による上空からの調査（写真-35ほか）と同様に、乾燥化した湖沼・湿地は塩類析出によって白くなり、乾燥化が進んでいることをうかがわせた。

c) シルダリアの現状

クジルオルダ周辺の、1950年代と1980年代初の状況を示した10万分1地形図（巻頭に掲載）を比較すると、シルダリア河道周縁では大きな変化が見られる。すなわち、以前は河道の両側

の沖積低地は、春季の増水時に冠水すると思われる湿地が広く広がっていたのが、1980年代作成の地図では、河道幅が狭くなった上、湿地の記号も殆どなくなっていることである。現地調査によって、地図では湿地として表現されていたところで、乾燥化してアカザ科やヨモギ属の生育する沙漠植生になっていたり、かつての三日月湖は乾燥化して、ヨシなど湿性植物の生える湿地に変化している箇所もみられた。

河川の状況について、現在のシルダリア本流と旧河道の三日月湖の2ヶ所（写真-11, 12）について調査した。三日月湖では、水の流れがないために水際にヨシ（*Phragmites australis*）が繁茂し、水際から少し離れた所にはポプラ属（*Populus diversifolia*）、ヤナギ属（*Salix alba*, *S. songarica*）、グミ属（*Elaeagnus oxycarpa*）などの高木や、ギョリヨウ科の低木タマリクス（*Tamarix hispida*）が点在していた。シルダリア本流は、かなりの流速があり、ヨシはあまり繁茂していなかったが、自然堤防上では上記の高木類が河畔林（ツガイ）を形成していた。このツガイの森の変化状況は地形図との比較からは判断できないが、燃料として消費される人為的な伐採による影響も大きいらしく、その面積は減少しているものと思われる。

第6章 参考・引用文献

- 広沢祐二・森季雄（1995）：アラル海の水位変動と灌漑農業。『地球水環境と国際紛争の光と陰—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—』, 89-105.
- 小林達明・沖津二郎・N. オガリ（1994）：サクサウル林をはじめとしたベレケ周辺の植生の水分動態と光合成。『中央アジア乾燥地における大規模灌漑農業の生態環境と社会経済に与える影響—1993年調査報告—JRAK調査報告書』, No-2, 57-73.
- ソビエト社会主義共和国測地部・地図部（1982）：『カザフスタン・ソビエト社会主義共和国アトラス 第1巻 自然条件と資源』（ロシア語）, 1-81.
- ソビエト社会主義共和国地質省（1990）：『カザフスタン南部アトラス地図帳』（ロシア語）, 1-17.
- 松井健（1988）：『土地地理学序説』.
- 町田貞・井口正男・貝塚爽平・佐藤正・根野勇・小野有五（1981）：『地形学事典』.
- 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。『中央アジア乾燥地における大規模灌漑農業の生態環境と社会経済に与える影響—1995年調査報告—JRAK調査報告書』 No-4, 39-48.
- 森本幸裕・守村敦郎（1997）：アラル海危機と植生変動の景観生態学的考察。日本緑化工学会誌, 22(3), 181-189.
- ロシア共和国測地部・地図部（1995）：『ロシア連邦及び周辺諸国の土地地図』縮尺 1:4, 000, 000（ロシア語）.
- Chief editor: E. I. Rachkovskaya（1995）：“Vegetation of Kazakhstan and Middle Asia (Desert Region) Explanatory Text and Legend to the Map” Scale 1:2, 500, 000, 1-128+Vegetation map.
- 守村敦郎・森本幸裕・N. オガリ（1996）：アラル海流域植生調査。『中央アジア乾燥地における大規模灌漑農業の生態環境と社会経済に与える影響—1995年調査報告—JRAK調査報告書』, No-4, 49-63.

現地地上調査 写真 (地点番号は位置図に表示)



写真-7 (地点1) 遠方白色部が、クジルオルダ市街。水面は、シル河本流(遠方)と、蛇行するその旧河道。

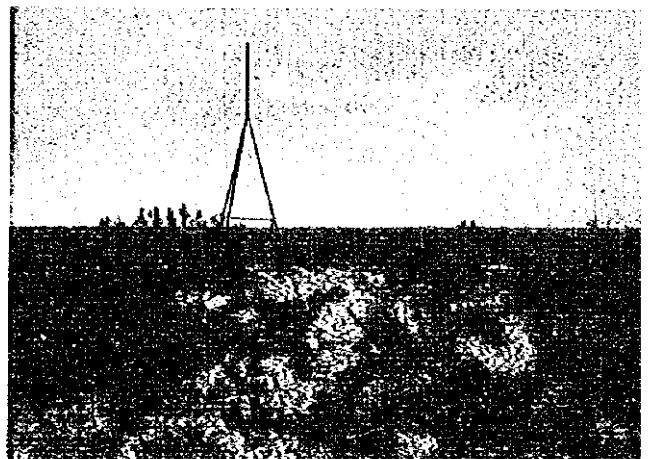


写真-8 (地点2) 地形図(位置図)中に表示されている三角点、丘陵の上にあつて展望はよい。三角点櫓は鉄骨製で、高さは約5m、中心位置の地表に標石が埋められている。現地にはこの種の櫓がかなり残っているが、近年使われた形跡はない。



写真-9 (地点1) 右上写真地点から北東方を望む。地形図には幅1kmの狭長な湖沼があるが、実際は、写真のとおり、わずかな水面が断片的に点在するのみ。写真遠方の濃緑色の部分が、地形図上の湖沼の範囲に相当する。付近は、ヨモギ類とタマリクスが目立つステップ。



写真-10 (地点2) 左記の、旧湖沼の近接写真(位置図中で、道路が湖沼を横断する地点)。写真に見るように、低地の中に小さな池が残った状態となっている。樹木は、タマリクスと、駱駝の好む豆科の灌木ほか。



写真-11 (地点3) クジルオルダ市西方での、シルダリア本流。このあたりでの河幅は、200m前後で、河岸との比高数m。かつては、増水期には溢水していたとのことだが、その後の水位低下で、通年ほぼ安定している山。河畔林は、ポプラ・グミ類・柳を主とし、通称は「ツガイ」。



写真-12 (地点4) シルダリア旧河道。位置図中の三日月湖(本流と分離された蛇行部に残った水面)。手前は水際に茂る蘆(ヨシ)。



写真-13 (地点5) 現在も利用されている水田。1960年の10万分1地形図中で唯一表示されているもの。初めのぼらまき播種後、芽が出た段階で水を張り、活着を待つとのことで、風があれば、苗が吹き寄せられること(写真中央遠方)もある。



写真-14 (地点6) 耕作放棄された水田の多い地帯での、維持が充分ではない水路。

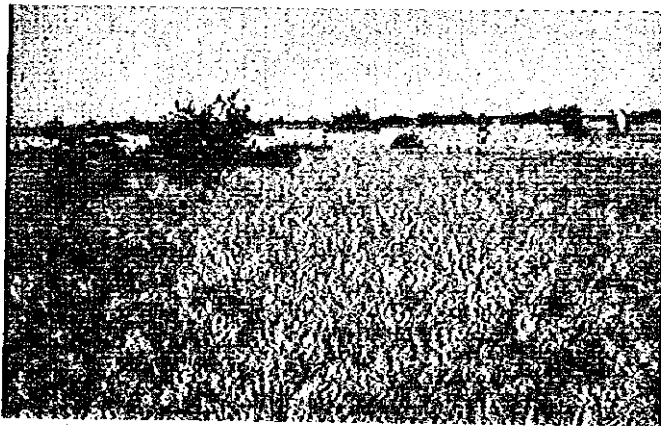


写真-15 (地点7) 放棄された水田。一面に短い单子葉植物が分布する。地表が白っぽいのは、析出した塩類による。

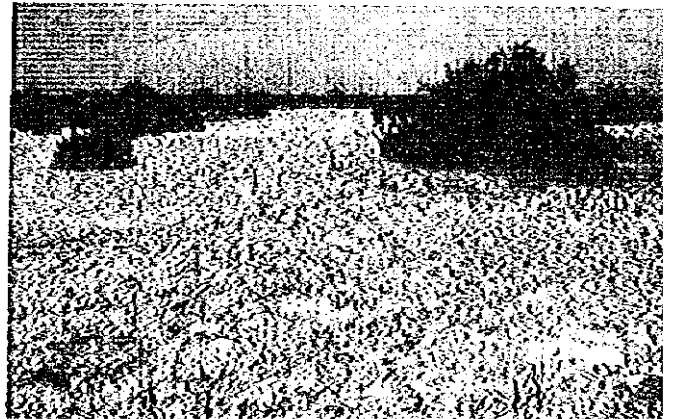


写真-16 (地点7) 塩類皮殻に覆われた放棄水田。好塩性の植物(タマリクスほか2,3種のみ)が繁茂している。

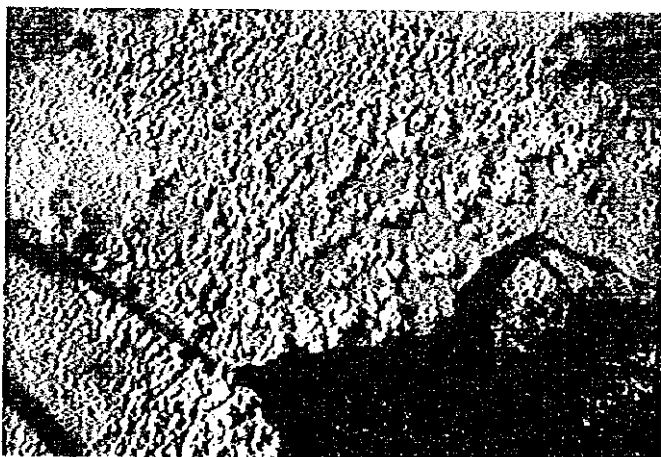


写真-17 (地点7) 塩類皮殻。厚さ2~3mmで、バリバリと割れやすく、その下は所によって塩水を含んだ泥滓状となっている。

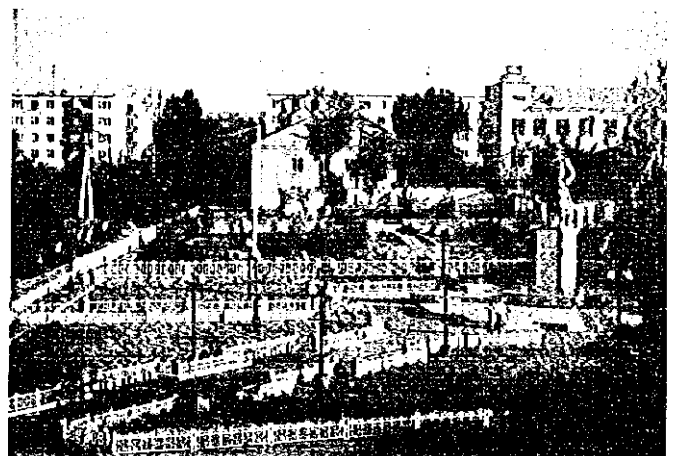


写真-18 (地点8) 調査地域中央の地方都市、クジルオルグ市の中心部。旧ソ連邦時代の初期には、カザフの行政の中心であり、現在でも立派な劇場や博物館がある。なお、クジルオルグとは「赤い都」の意。

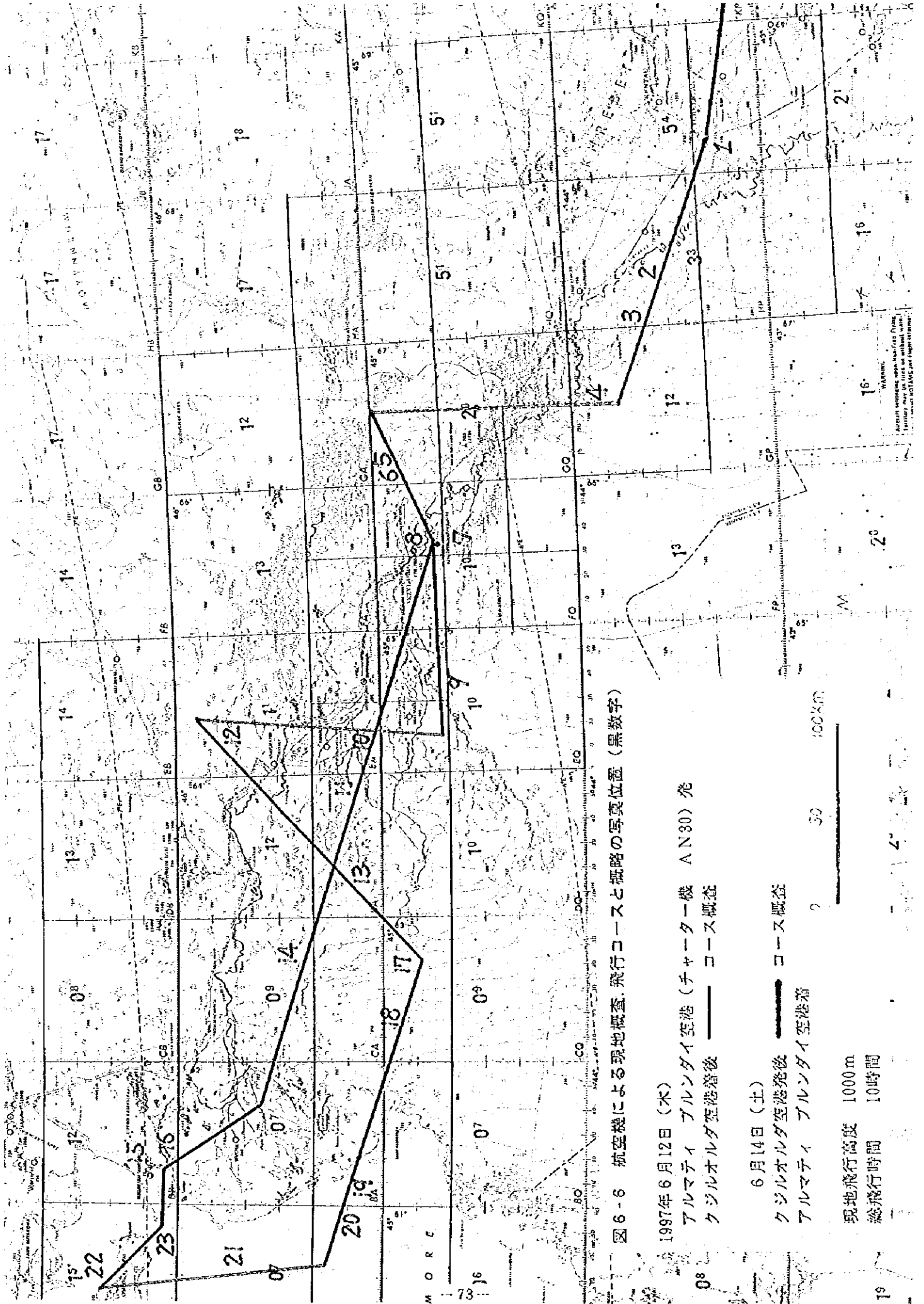


図 6-6 航空機による現地概査、飛行コースと概略の写真位置 (黒数字)

1997年 6月12日 (木)

アルマティ ブルンダイ空港 (チャーター機 AN30) 発
 クジロルダグ空港着後 ——— コース概査

6月14日 (土)

クジロルダグ空港発後 ——— コース概査
 アルマティ ブルンダイ空港着

現地飛行高度 1000 m
 総飛行時間 10時間

航空機による現地概査 写真

地点番号は位置図に表示, ただし概略位置
写真は, 原則として, 地域の東から西に配置

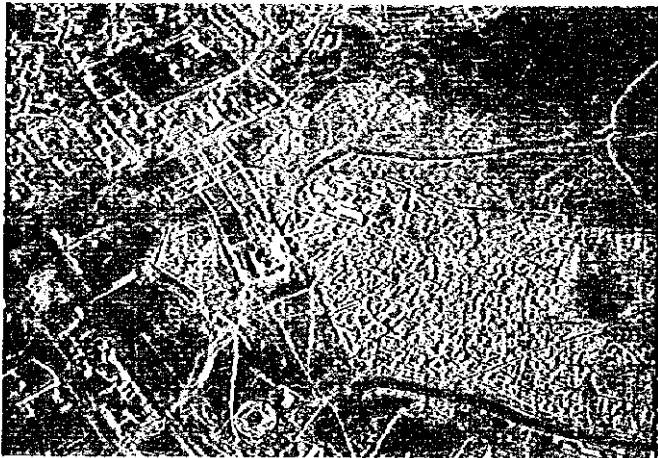


写真-19 (地点1) 上空から見た, 調査地域東部のトルケスタン市の市街縁辺。中央の青い屋根は, 16世紀に建設されたホッジ・アフメッド・ヤサビ(12世紀のイスラム聖職者)廟。

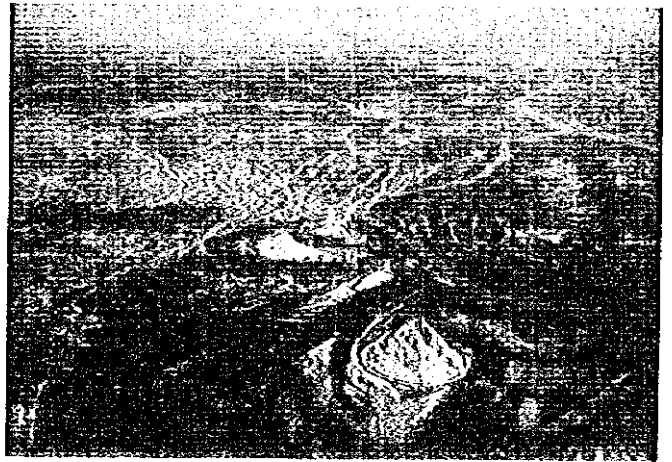


写真-20 (地点2) 蛇行する旧河道が明瞭なシルダリア本流周辺域。



写真-21 (地点3) 蛇行するシルダリア本流沿いに広がる大規模開墾水田。白色部は塩類析出のために耕作放棄された部分。

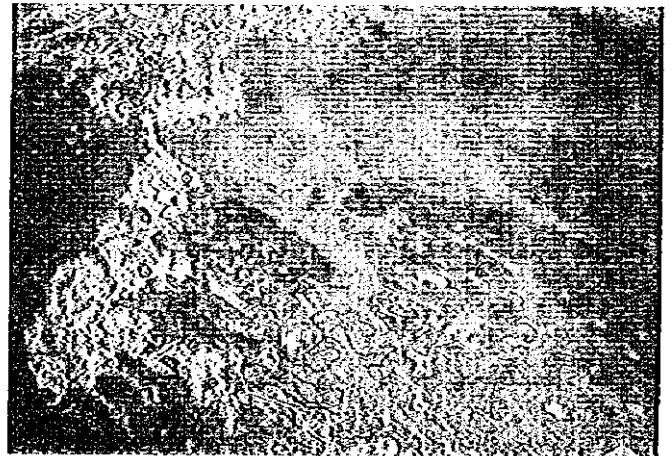


写真-22 (地点4) ステップ~沙漠地帯で見たパターン。白色部は塩類が析出したもの。

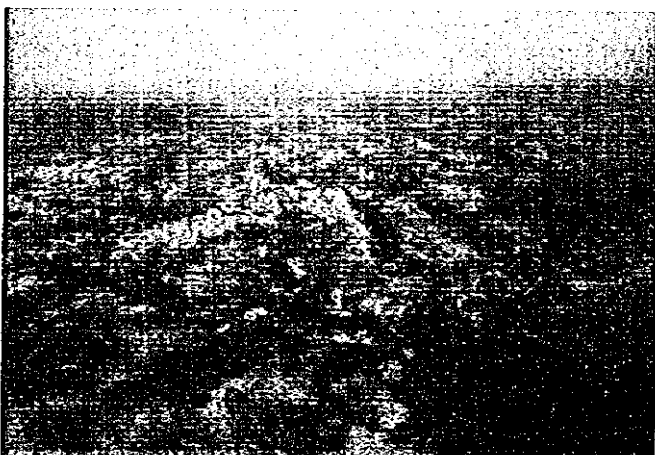


写真-23 (地点5) 古い砂丘列。



写真-24 (地点6) 沙漠地帯に見る旧流路パターン。

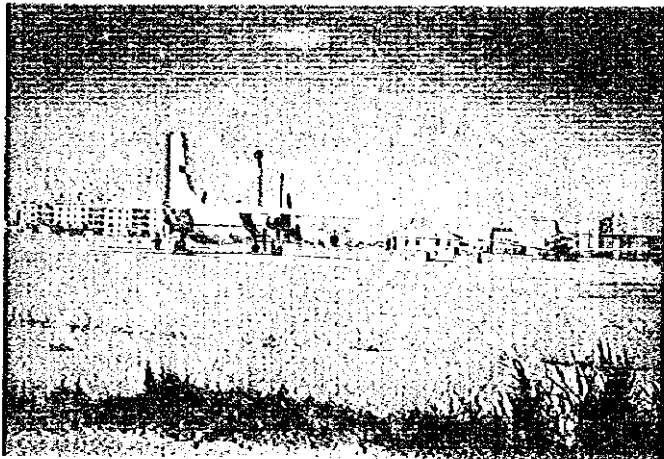


写真-25 (地点7) クジロオルダ空港と、現地調査で使用したアントノフ30型機。

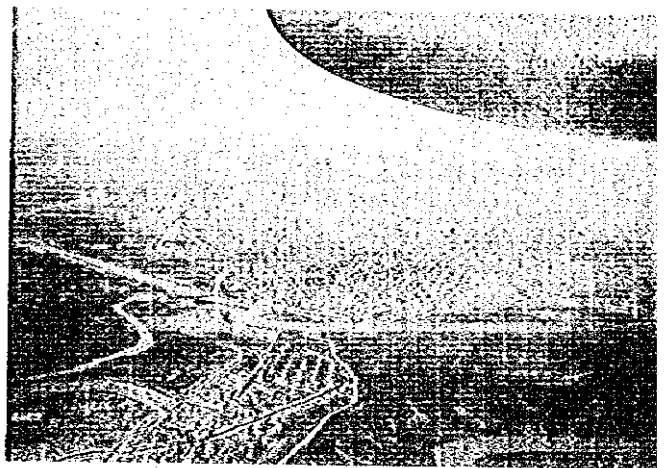


写真-26 (地点8) クジロオルダ市南方のシルダリア本流。河道を横切るのは、第二次大戦後の日本人抑留者が設計・建設した取水ダム。現在も当時のままで機能している。



写真-27 (地点9) 蛇行するシルダリア本流沿い。河沿いの植生の豊かな地域(「ツガイ」と称する河畔林)と、その外側のステップ～沙漠地帯の対比が明瞭。

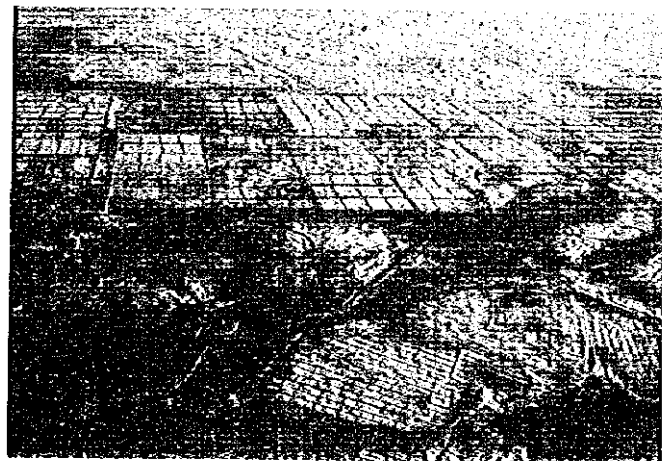


写真-28 (地点10) シルダリア本流からやや離れた地域で、導水によって大規模開墾された水田。白色部は、塩類析出のために耕作放棄された部分。

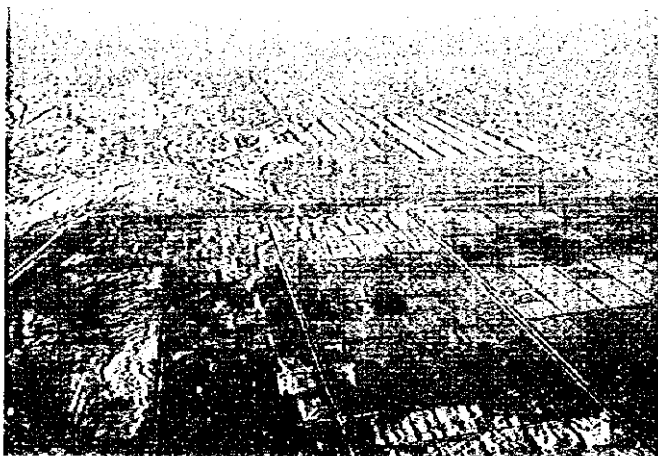


写真-29 (地点11) 前写真にほぼ同じ。



写真-30 (地点12) ステップ～沙漠地帯に点在する小湖沼。

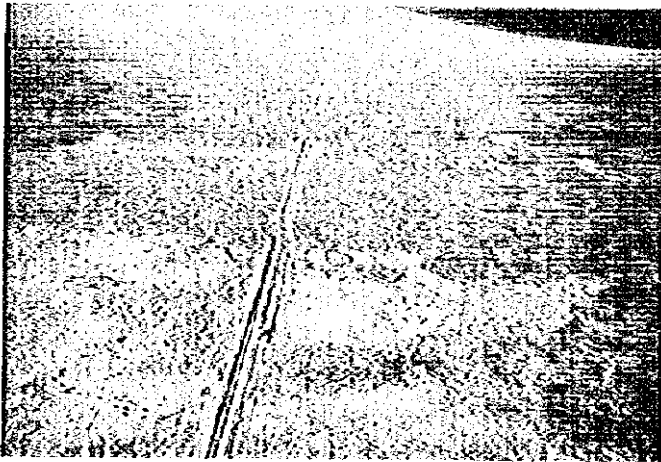


写真-31 (地点13) ステップ～沙漠地帯に続く道路。

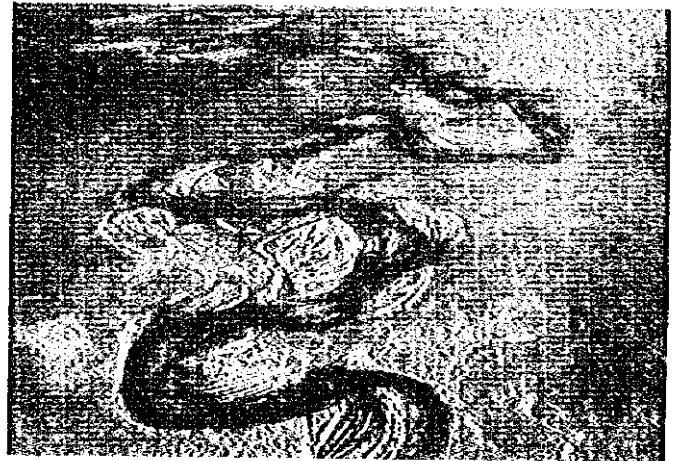


写真-32 (地点14) シルダリアの派川に見る自然蛇行、蛇行の進展とその痕跡が教科書的に見える。



写真-33 (地点15) アラル海に近い沙漠化したところでの、水位低下した湖沼と、その沿岸のほぼ廃村と化した集落。右の写真とともに、低高度での撮影。

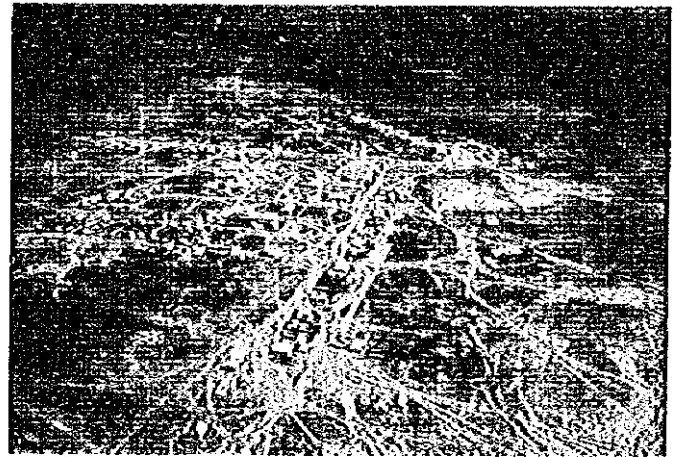


写真-34 (地点16) 左写真と同様の集落。アラル海はこの30年間で水位が15mほど低下し、この集落も、かつてはアラル海湖岸の漁村だったとのこと。

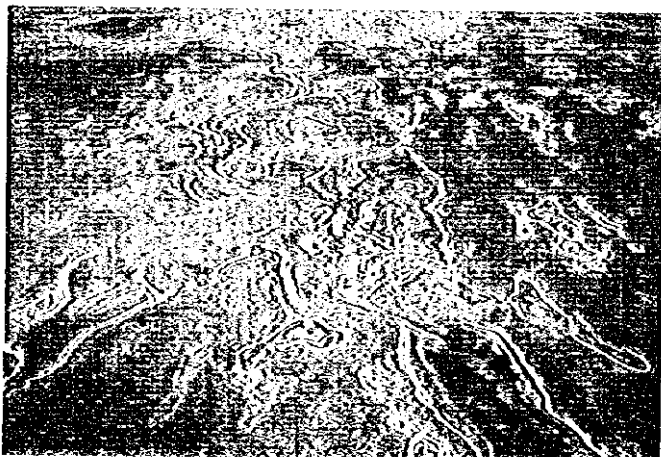


写真-35 (地点17) ステップ～沙漠地帯に点在する小湖沼。水面周縁の白部は、水の蒸発に伴って析出した塩類。



写真-36 (地点18) アラル海に近い沙漠での、異様な色の水面とその周縁の塩類析出部(白縁部)。



写真-37 (地点19) 昔のアラル海湖岸付近。かつて、砂丘の間から湖水が出入りしていたと思われる部分で、その部分だけに植生が見られ、ほかは沙漠化して白色に見える。



写真-38 (地点20) 現在の湖岸線。位置図に表示された湖岸よりも30~40km湖水中の位置にある。この辺りでは、旧湖岸と現湖岸の間は、一面白色の沙漠状となっている。

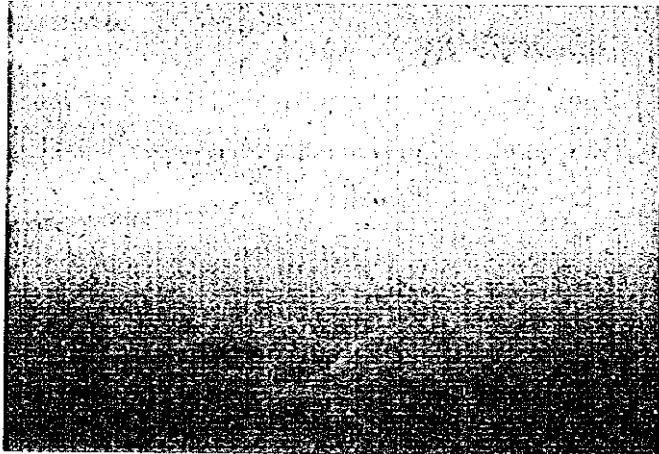


写真-39 (地点21) 湖面の水位低下によって現われた砂嘴状の地形。水中に見える線状パターンは、かつて漁業が行われていた時代の、大型トロール漁船による漁網の曳行跡と思われる。

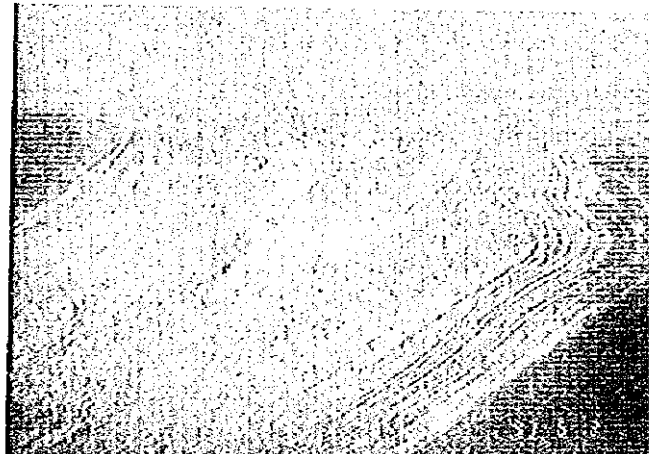


写真-40 (地点22) 水位低下によって水面に現れて、拡大しつつある陸域。周縁部には、段階的な水位低下の痕跡が明瞭。

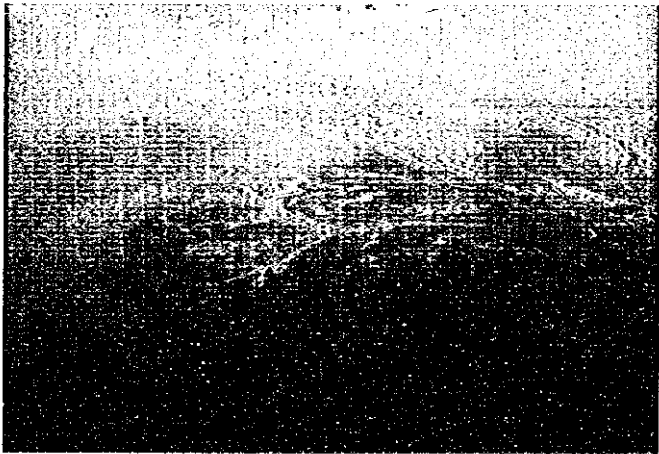


写真-41 (地点23) アラル海の水位低下に伴い、シルダリア河口部に新たに形成されつつある小規模な三角洲。



写真-42 (地点23) 同左、やや内陸側から見たもの。

第7章 本格調査実施への提言

7-1 本格調査の方向

(1) 調査の目標

既に本報告書冒頭で述べてきたとおり、シルダリア流域では過度の取水・灌漑が進められた結果、シルダリアの水量激減とともに農耕地の砂漠化、土壌と地下水の塩水化が著しい。本調査は、この地域について諸般の措置を講ずるためにも、さまざまな地理的情報を整備して、地域の現状（環境）を把握する必要がある、として着手される技術協力である。

このため、調査の目標としては、地理情報を一元的に管理し利用するためのGISの基盤となる地図データを作成し、必要に応じてプリントアウトして、紙地図としても利用できるようにすることを提案する。データ作成に際しては、整備の緊急性に配慮して、広域的かつ全面的な現地調査は実施しないことを前提とする。

具体的には、シルダリア流域について、主に(人工)衛星画像を用いて、20万分1地形図相当の地図データと土地被覆データを搭載した地理情報システム（以下、GISという。）用基盤データを構築するとともに、このうちの主要地域については10万分1地形図（印刷図）の改訂を行う。また、この地域の環境問題に鑑み、地図データ作成のための基礎資料とするほか、広く一般に使用されることを目的に、全域についての5万分1航空写真（空中写真）撮影を行う（空撮経費は広域だが低廉；SPOT画像の判読補助として活用）。あわせて、衛星画像と旧版地形図などを用いて、土地被覆の変遷を中心とした時系列的な地理情報の整備も行う。

なお、本案件は、この地域が地球規模の環境問題として、世界銀行・UNDP・UNEP・西欧諸国などによって注目され、農業再土地利用計画、環境改善計画等が検討・実施されようとしているなかで、現在の状況を表示した新しい地形図がなく、広域的な環境破壊の実態把握や、諸対策の企画立案のための基礎資料に欠くとして着手される技術協力であり、そのゆえに、従来の案件にも増して、成果は広く公開される必要がある。

また、本格調査の終了後においても、カザフ国側において、独自に地図データの更新が行い得ることと、データが有効に活用できることが必要であり、そのための技術の習得及びGISに関する分野での技術移転も重要な目的として位置づけられる。

以上、とりまとめれば、本調査の目標は次のとおりである。

- ① 国家の情報基盤としての地図情報（地図及び関連のデジタルデータ）の整備。
- ② アラル海環境問題に対処するための、土地被覆の変遷を中心とした地理情報の整備。
- ③ 各種情報は公開とし、関係機関・国での利活用を可能とする。
- ④ 技術移転に充分配慮し、将来も同国の事業として継続できる状況を作る。

(2) 調査の対象地域と事業量

調査の対象地域は、本報告書冒頭の図及び巻末のS/W中の図にあるとおりである。また、事業量を含めてまとめれば、次のとおりである。

- ①10万分1地形図相当のデジタルデータ作成 2.1万km²(地形図15面相当)
- ②10万分1地形図印刷15面
- ③20万分1地形図相当のデジタルデータ作成 15万km²(地形図27面相当)
 - ①の地域との重複 3.5面相当あり
 - SPOT画像約81シーン(単シーン)利用, 別途空撮; 全域15万km²,
- ④全域, 長期3時期(1950年代, 70年代末~80年代初, 現在)の^{ランドカバ-}土地被覆時系列データほか短期数時期(科学アカデミー宇宙研究所によるNOAAデータ解析結果などを活用)その他, 主題図化された各種地理情報のデジタル化(地質, 土壌, 植生, ほか)

7-2 実施基本方針

地図データの作成には、位置的精度の確保と精密な内容が重要な要素となるが、これを確保するためには多くの経費と時間を必要とする。本調査では、位置精度が20万分1及び10万分1地形図相当の各地図データを、広大な地域について短期間で整備することが条件となっている。そこで、前者については位置精度や精密さには特に厳密にはこだわらず、使用可能な既存の情報を利用し、できるだけ効率的にデータの取得が行えるようにする。後者については、位置精度及び精密さについてはなるべく既存の地形図と同程度となるように作成することを目指す。

位置基準点(コントロールポイント)については、広大な地域のすべてを現地調査することは不可能なので、既存の地形図から計測する位置情報を用いながら、画像データの幾何歪みの補正などを行うが、必要な地域はGPS測量を行う。

また、シルダリア流域の環境変化に鑑み、土地被覆データの経年変化をとらえるため、Landsatデータを3時期にわたって入手し、新しく作成した情報との重ね合わせなどができるようにすることを考えたが、必要なデータは入手できない(存在しない?)ことが判明した。代わって、既存の地形図が丁度、大規模農業開発が行われ始める直前と、開発の最盛期の状況を示したものが広域的に整備されていることが判明したため、これを利用して、各時期の土地利用・土地被覆についての数値化データを整備することとした。

なお、衛星画像データを用いた地形図の修正等に関する技術、GISに関する基礎知識及びGISで使われる各種データの作成・更新・加工技術をカザフ国側カウンターパートが習得する事が肝要であり、そのためには無理のない範囲で、オン・ザ・ジョブ・トレーニングを行うことが望ましい。さらに、カザフ国内で一部工程を実施することも、これらに資するであろう。

(1) 衛星画像データの入手

a) ランドサットデータ

ランドサット (Landsat) は地球表面の観測を目的に打ち上げられた衛星で、本調査地域においても、乾燥化などによる地形や植生など環境の変化を調査するために、数時期の時系列データを取得する予定であった。しかし、調査地域の全域についての過去のデータが入手できないことが判明 (RESTECを通して調べた結果、入手できたのは巻頭の3シーンのみ) したことから、環境変化を調査するために必要とする調査範囲全域の時系列データの取得はおこなわず、調査地域の選定に関して必要とする一部地域のデータを取得した。取得したデータの範囲は、本報告書冒頭の調査対象地域図に示す3シーンである。購入金額は以下のとおりである。

表7-1 Landsatのデータ購入価格 (RESTECによる)

項目	単価 (円)	数量	金額 (万円)
プリント (ポジ)	385,700	3シーン	116

なお、以下にLandsatの観測性能を示す。

表7-2 Landsat MSSの観測性能 (Landsat 4, 5号)

観測波長帯	観測項目	地表分解能	観測幅
0.495-0.605 μm	沿岸海域, 湖沼水質	80m	185km
0.603-0.698	植物活性, 植生		
0.701-0.813	地表水, 地質構造		
0.808-1.023	水分布, 地表水		

表7-3 Landsat TMの観測性能 (Landsat 4, 5号)

観測波長帯	観測項目	地表分解能	観測幅
0.45-0.52 μm	沿岸水	30m	185km
0.52-0.60	植物活性		
0.63-0.69	クロロフィル吸収		
0.76-0.90	バイオマス, 水塊		
1.55-1.75	植物水分, 雪・雲区別		
2.08-2.35	熱水変質岩	120m	
10.40-12.50	地表面・海面温度		

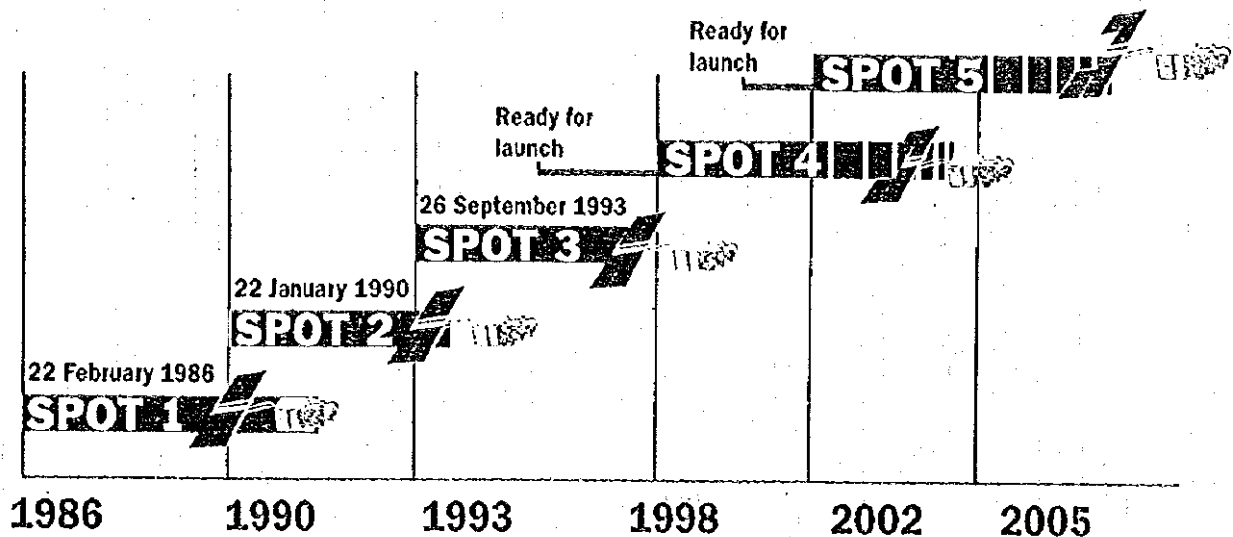
b) スポットデータ

スポット (SPOT: Systeme Probatoire d' Observation de la Terre) はフランスの高分解能陸域観測衛星で、1号機は1986年2月に打ち上げられた。運用は民間に移管され、SPOTイメージ社が行っている。

SPOTは、表7-2に示すとおり、観測幅が60kmで地表分解能が20mのマルチスペクトル(3バンド)モードと10mのパンクロモードを持ち、観測幅が60kmの高分解能可視近赤外センサー HRV (High Resolution Visible) が2台搭載されている。

この10mという地表分解能は、1996年現在でも、地球観測衛星に搭載されているもののなかでは最高である。また、HRVは、衛星の軌道を横切る方向に $\pm 26^\circ$ の範囲で動かして斜め下方を観測できる機能を持っており、これによって立体画像の取得及び同一地点の観測頻度の向上が達成されている。少し前までは、1993年9月に打ち上げられた3号が運用されていたが、運用停止され、現在利用可能なのは、1号と2号のみである。

THE SPOT PROGRAMME



Continuity of service.

A 7 June 96

図7-1 SPOTの打ち上げ予定 (“SPOT IMAGE Know-How for mapping applications” より)

AA1924

LOCATION OF THE PROGRAMMED SCENES
AND OF THE ARCHIVE SCENES

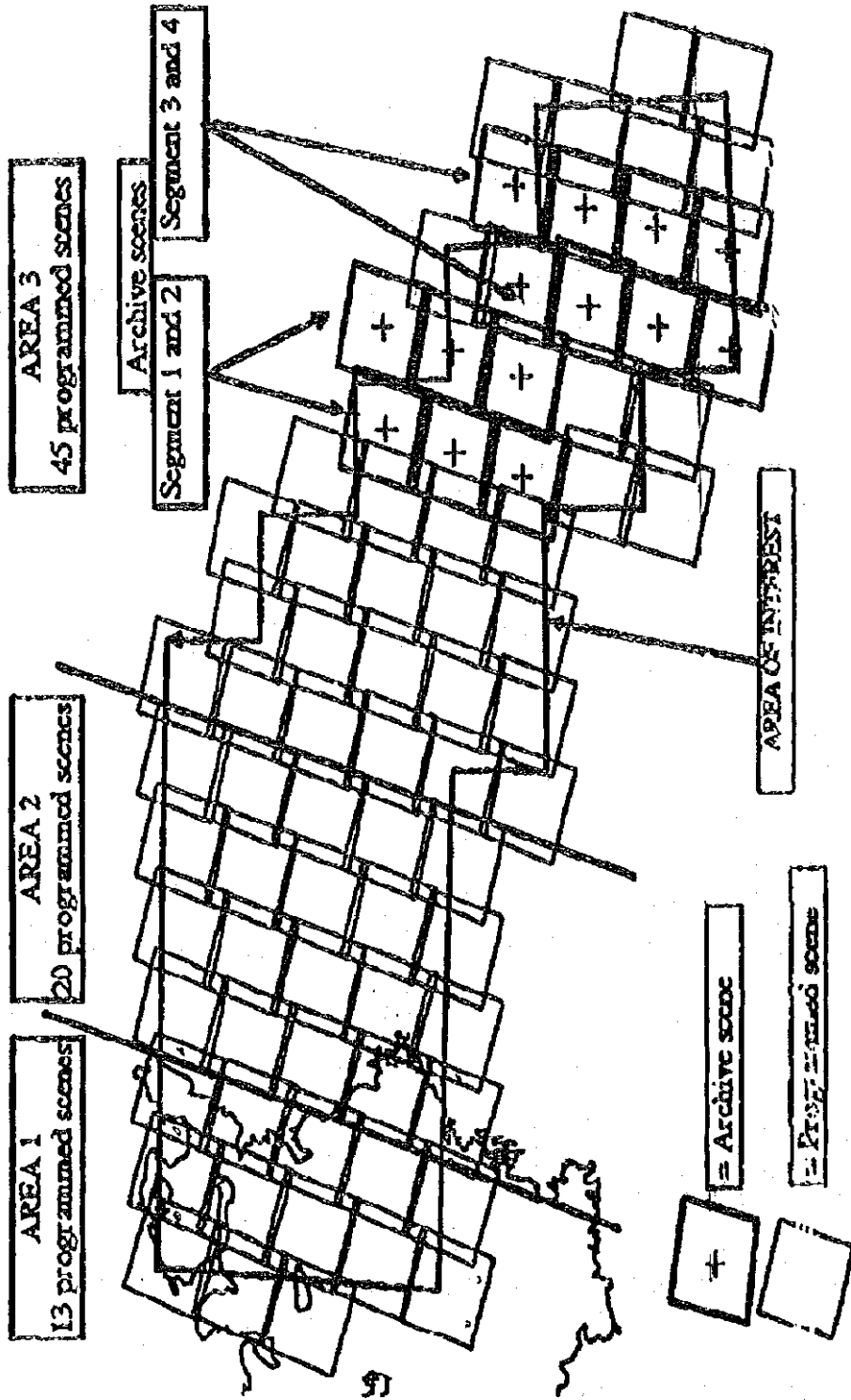


図7-2 SPOTデータの取得見込みシーン数 (SPOT IMAGE社による)

今後の予定ではあるが参考として掲げれば、1997年に打ち上げられる計画のSPOT4号では、HRVのパンクロバンドの代わりに、マルチスペクトルバンドのうちの一つに地表分解能10mのモードを追加し、さらに中間赤外域の1バンドを追加した改良型センサHRVIR (High Resolution Visible and Near Infrared Radiometer) と、HRVIRのバンドにさらに青の領域の1バンドを加えた5バンド、地表分解能1km、観測幅2000kmの広域観測センサVGT (Vegetation Monitoring Instrument) の2つセンサが搭載される。VGTでは、大規模な海洋、植物生物、環境変動の研究のための観測が行われる。

引き続き5号は、さらに新しい世代の衛星となり、地表分解能5mのパンクロモード、HRVIRの地表分解能を10mに向上させたマルチスペクトルモード及び前後視のステレオモードの3モードで構成される高性能センサHRG (High Resolution Geometric Imaging Instrument) とVGTを搭載する。この衛星は2003年に打ち上げられる予定である。図7-1はSPOTの打ち上げ予定図である。

SPOTの軌道は、26日で地球全体をカバーするが、オフナディア機能を働かせることにより、例えば緯度45°では最短1日前後、平均2.5日ごとに同一地点の観測が可能となる。

SPOTの観測データは、世界各国に配置されている地上受信局と衛星に搭載されているデータレコーダで取得される。日本では、1986年2月より、NASDA/EOSで受信、処理、保管されており、RESIEC (財団法人リモート・センシング技術センター) を通じて一般に配布されている。

なお、今回のカザフ国など外国のデータの入手は、代理店 (テクノコンサルタンツ株式会社; Tel. (03)-3470-6801) を通じて購入手続きを、撮影範囲の全シーンについて最優先でデータを取得する「レッドプログラミング (Red Programming)」の仕様で進めている。

表7-4 SPOT HRVの観測性能 (「わかりやすいリモートセンシングと地球観測システム」より)

観測波長帯	観測項目	地表分解能	観測幅
0.50-0.59 μm	クロロフィル, 水濁度	20m	60km
0.61-0.68	クロロフィル吸収 穀物, 裸地		
0.79-0.89	植物活性, 陸・水区別		
0.51-0.73	地形	10m	

調査範囲のSPOTデータ取得シーン数 (図7-2), 予定購入価格 (表7-3), 画像の月別取得確率集計表 (表7-4) 及び雲量10%以下の画像の取得確率 (図7-3) を次に掲げる。

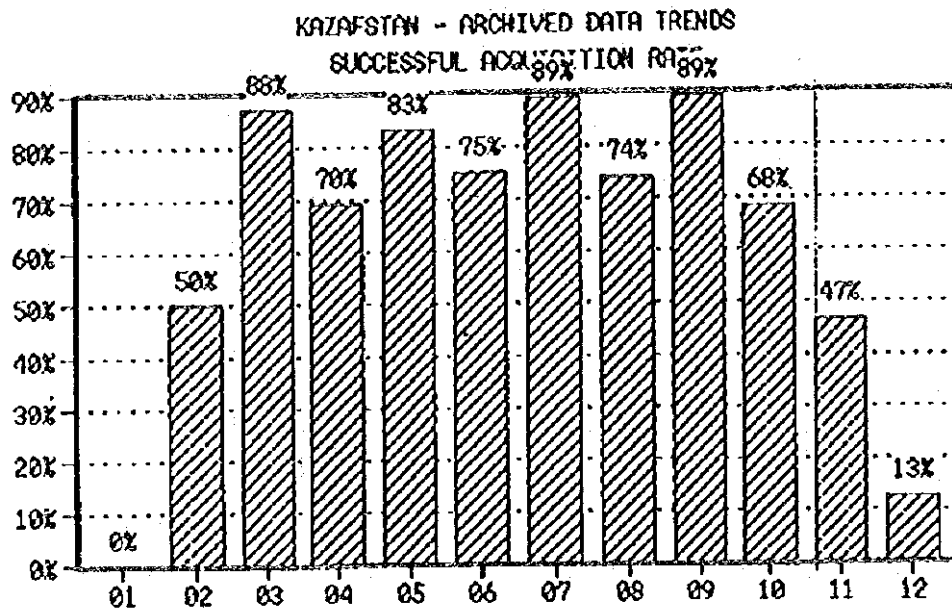


図 7-3 調査地域についての、雲量10%以下のSPOT画像の月別取得確率 (SPOT IMAGE社による)

表 7-5 SPOTデータの購入見積り価格 (テクノコンサルティング社による)

項目	数量	単価	金額
レッドプロギラミング (P)			
アクセスフィー	64	256,000	16,384,000
アテンションフィー	309	36,300	11,216,700
レッドプロギラミング (XS)			
アクセスフィー	65	256,000	16,640,000
アテンションフィー	144	36,300	5,227,200
SPOT製品1A (CD-ROM)			
パンクコマック (P) 10万フレーム	78	367,500	28,665,000
マルチスペクトル (XS) 10万フレーム	65	284,000	18,460,000
並行販売			
パンクコマック (P) 10万フレーム	78	20,500	1,599,000
マルチスペクトル (XS) 10万フレーム	65	36,300	2,359,500
プロジェクトマネジメントフィー	一式	5,124,000	5,124,000
合計 (税抜き)			105,675,400

なお、参考まで、同地域をLandsatデータでカバーすると9シーンとなり、データを米国EOSATから購入すると次のとおりとなる。(RESTEC調べ)

項目	単価 (円)	数量	金額 (円)
デジタルデータ	585,200	9	5,266,800
プリント (ポジ)	385,700	9	3,471,300
計			8,738,100

表 7-5 (続き) ; 表 7-5 のための基礎資料 (次ページとともに、テクノコンサルタント(株)資料により作成)

SPOT シーン製品の価格構造

前処理レベル1の価格例

SPOT製品のプラン価格は国際統一価格です。円価格は換算レート21円/フランを暫定的に用いています。通関料等の送料、消費税は含まれていません。引合時の為替レートに基づき御見積り致します。

<p>【ケース1】 CD-ROM, CCT, 標準フィルム、 紙焼きのいずれか1枚 基本料金 ¥279,300 (XS 画像 1A 又は 1B の場合)</p>	<p>【ケース2】 【ケース1】 + 追加紙焼き (同時注文) 追加料金 ¥35,700 紙焼き写真1枚 基本料金 ¥279,300 CD-ROM 1 枚 (XS 画像 1A 又は 1B の場合) 合計 ¥315,000</p>
--	--

基本画像単価	備考	モード	
		パンクロマチック PA (白黒)	マルチスペクトル XS (カラー)
SPOT シーン	レベル1 A 又は 1 B	FF17,200 ¥361,200	FF13,300 ¥279,300
SPOT アルバム	80年代取得画像で 1B、 CD-ROM のみ	FF9,000 ¥189,000	FF7,000 ¥147,000

この他、前処理レベル2の他、Geospot 製品等を取り扱っています。
詳しくは P.9~14 を御参照下さい。

追加紙焼き単価 (追加注文時)		モード	
印画紙サイズ	縮尺	パンクロマチック PA (白黒)	マルチスペクトル XS (カラー)
964x964mm	1/100,000 (7/4寸)	FF950	FF1,700
	1/50,000 (1/4寸)	¥19,950	¥35,700

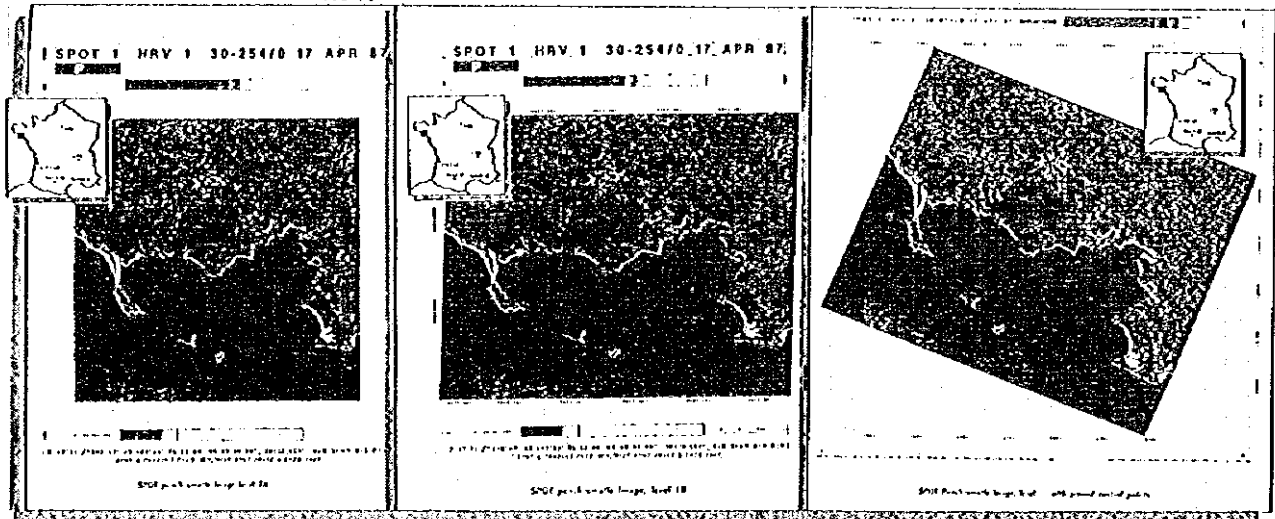
複数枚購入時の特別割引価格

取得日の異なる同一 XJ 番号の画像を複数枚まとめて御購入の場合、以下の特別割引価格が適用されます。

第1画像を 標準価格
第2画像以降の画像を標準価格より50%割引*

参考；前処理レベルの説明

*：フランス FOB 価格に適用



パンクロマチック-前処理レベル1A

ラジオメトリック補正のみを行った、生データに最も近い画像です。
主にステレオ視覚化等に用いられています。
パンクロマチックでは6000×6000のピクセルで構成されています。

パンクロマチック-前処理レベル1B

レベル1B
ラジオメトリック補正と、システムの系統的歪みに伴う幾何学的補正を含んでいます (地球の自転、パララックス、ストリッピング効果、観測角)。絶対的な位置精度は直下観測で50m (ras) で、内部相対精度は約0.5×10⁻²(ras)です。写真射影とセマティック射影の基本レベルです。

パンクロマチック-前処理レベル2A

レベル2A
精密前処理レベルです。1Bのラジオメトリック補正に加えて、与えられた地形投影 (ランベルト等角投影、横メルカトル投影、斜角投影、極心透射、多列投影など) に従ってシーンをプロットするために、二方向平面地形補正が実施されます。補正は標高高度データと地形平面投影を使って実施されます。GCP等を使うと位置精度は50m (RMS誤差) に改善されます。

表 7-5 (続き) ; SPOT シーン製品 / 価格表

製品	前処理レベル	メディア (複製選択)	説明	値段	主な用途
SPOT データ	1B	CD-ROM	<ul style="list-style-type: none"> - 前処理レベル 1B (ジオメトリックおよび幾何補正) - シーン (得年月日: 1986-1989年のみ) o XS (マルチバンドモード) <ul style="list-style-type: none"> - 20m リゾリューション - 3 バンド (緑、赤、近赤外) - シーン 60km x 60km (斜め観測時は80kmまで) 	FF7,000 Y147,000	<ul style="list-style-type: none"> - 環境 - 森林 - 土地利用 - 経年変化調査 - 写真判読
			<ul style="list-style-type: none"> - 前処理レベル 1B (ジオメトリックおよび幾何補正) - シーン (得年月日: 1986-1989年のみ) o P (パンクロマチックモード) <ul style="list-style-type: none"> - 10m リゾリューション - 1 バンド (白黒画像) - シーン 60km x 60km (斜め観測時は80kmまで) 	FF9,000 Y189,000	<ul style="list-style-type: none"> - 環境 - 森林 - 地質 - 経年変化調査 - 写真判読
SPOT シーン	1A/1B	<ul style="list-style-type: none"> - CD-ROM - CCT - 標準フィルム 241 x 241 mm - 縮尺 1:400,000 (7/4シーン) - および 1:200,000 (1/4シーン) - 紙焼き、縮尺 1:100,000, 1:200,000 (7/4シーン) - 紙焼き、縮尺 1:100,000, 1:50,000 (1/4シーン) 	<ul style="list-style-type: none"> - 前処理レベル 1A (ジオメトリック補正) または 1B (ジオメトリックおよび幾何補正) o XS (マルチバンドモード) <ul style="list-style-type: none"> - 20m リゾリューション - 3 バンド (緑、赤、近赤外) - 7/4 シーン 60km x 60km (斜め観測時は80kmまで) - 1/4シーン 30km x 30km (斜め観測時は40kmまで) 	FF13,300 Y279,300	<ul style="list-style-type: none"> - 農業 - DEM (バリエーション) - 環境 - 森林 - 地質 - 土地利用 - 写真測量 (バリエーション)
			<ul style="list-style-type: none"> - 前処理レベル 1A (ジオメトリック補正) または 1B (ジオメトリックおよび幾何補正) o P (パンクロマチックモード) <ul style="list-style-type: none"> - 10m リゾリューション - 1 バンド (白黒画像) - シーン 60km x 60km (斜め観測時は80kmまで) - 1/4シーン 30km x 30km (斜め観測時は40kmまで) 	FF17,200 Y361,200	<ul style="list-style-type: none"> - DEM (バリエーション) - 森林 - 地質 - 市街化計画 - 道路・鉄道網等 - 写真測量 (バリエーション) - 写真判読 - 遠隔通信
			<ul style="list-style-type: none"> - フルシーンまたは1/4シーン - 前処理レベル 1A (ジオメトリック補正) または 1B (ジオメトリックおよび幾何補正) o XS (マルチバンドモード) (20m リゾリューション) o P (パンクロマチックモード) (10m リゾリューション) 	FF22,200 Y466,200 FF26,100 Y548,100	<ul style="list-style-type: none"> - 農業 - 環境 - 森林 - 地質 - 土地利用 - 市街化計画 - 道路・鉄道網等 - 遠隔通信
SPOT シーン	2A	<ul style="list-style-type: none"> - CD-ROM - CCT - 標準フィルム 241 x 241 mm - 縮尺 1:400,000 (7/4シーン) - および 1:200,000 (1/4シーン) - 紙焼き、縮尺 1:100,000, 1:200,000, 1:400,000 (7/4シーン) - 紙焼き、縮尺 1:100,000, および 1:50,000 (1/4シーン) 	<ul style="list-style-type: none"> - フルシーンまたは1/4シーン - 前処理レベル 2A (CCP無しでの地図製作投影法による幾何補正)。本製品は地図のグリッドマーカーを用いた長方形座標によって定められた点、与えられた地図製作投影法での(XとY座標)のピクセルリゾリューション - XS (マルチバンドモード) (20m リゾリューション) - P (パンクロマチックモード) (10m リゾリューション) 	FF15,900 Y333,900 FF19,300 Y405,300	<ul style="list-style-type: none"> - 農業 - 環境 - 森林 - 地質 - GISへの組込 - 土地利用 - 道路・鉄道網等 - 写真判読 - 市街化計画

参考 ; SPOTの軌道

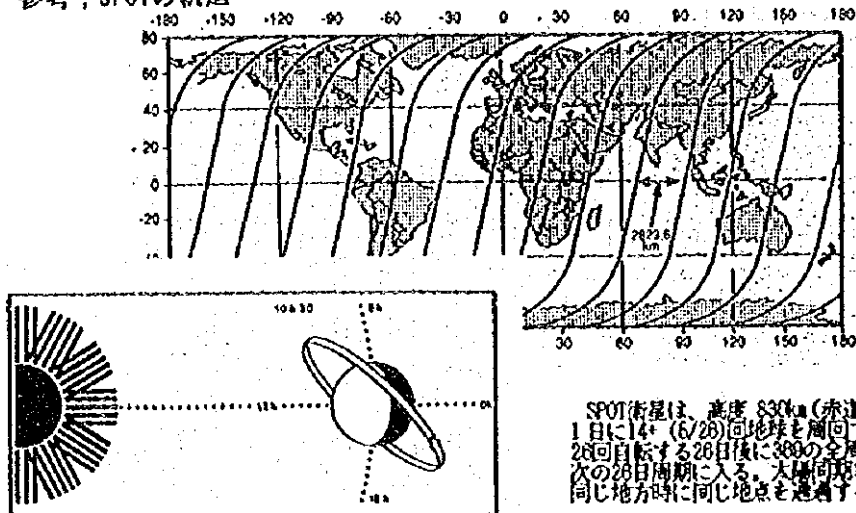


表7-6 調査地域についてのSPOT画像の月別取得確率集計 (SPOT IMAGE社による)

KAZAFSTAN - ARCHIVED DATA TRENDS

CLOUD LESS THAN 10%

		YEAR											
197		86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
M O N T H	01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	02	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	03	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	7
	04	0	0	0	3	0	0	0	0	13	0	0	16
	05	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10
	06	10	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12
	07	13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	17
	08	7	0	0	0	0	0	0	0	3	0	10	20
	09	2	2	0	6	0	1	0	4	14	1	3	33
	10	2	0	0	0	0	0	0	2	8	0	1	13
	11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	0	7
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
		34	3	1	18	0	1	1	6	50	9	16	139

CLOUD NO LIMIT

		YEAR											
177		86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
M O N T H	01	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	15
	02	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	03	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	0	8
	04	0	0	0	6	0	0	0	0	17	0	0	23
	05	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	12
	06	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	16
	07	14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	19
	08	10	0	0	0	0	0	0	0	3	0	14	27
	09	2	2	0	8	0	1	0	4	14	1	5	37
	10	2	0	0	0	0	0	0	2	8	0	7	19
	11	0	0	2	1	0	0	0	0	0	12	0	15
	12	0	0	0	5	0	0	0	0	0	19	0	24
		42	3	2	39	5	1	1	6	57	32	29	217

SUCCESSFUL ACQUISITION RATE

		YEAR												
157		86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96		
M O N T H	01				0%	0%							0%	
	02				50%								50%	
	03				100%					67%			88%	
	04				50%					76%			70%	
	05									83%			83%	
	06	71%			100%								75%	
	07	93%	100%					100%					67%	89%
	08	70%								100%			71%	74%
	09	100%	100%		75%		100%		100%	100%	100%	100%	60%	89%
	10	100%							100%	100%			14%	68%
	11			50%	100%							42%		47%
	12				0%							16%		13%
		81%	100%	50%	46%	0%	100%	100%	100%	88%	28%	55%	64%	