

モロッコの伝統的な地下水路・カッターラ

Traditional Irrigation System (Khattara) in Morocco

濱田 浩美*・上村 三郎**

Hiromi HAMADA, Mitsuro UEMURA

要 約

モロッコはアフリカ大陸の北西部に位置し、面積 45 万 km²、人口約 3000 万人の立憲君主国家である。国土のほぼ中央部にはアトラス山脈が北東から南西方向に広がり、特に、アトラス山脈の東部と南部には降水量が 200 mm 以下の乾燥地域が卓越し、砂漠化が進行している。この地域では表流水の多くは雨季のみに流れを有するワジとなっている。これらのワジは、比較的地下水が豊富なことからオアシス農業が古くから営まれてきた。また、オアシス農業が盛んな地域には伝統的な灌漑施設であるカッターラと呼ばれる地下水路が建設されている。オアシスを維持するためのカッターラは、人間生活に必要な不可欠な水利施設として重要であるが、近年、人口流出により定期的な維持管理ができない村落では施設を放棄せざるを得ない状況になり、オアシス自体の放棄につながるなど深刻な問題が生じている。

1. はじめに

カッターラは中近東のイランを起源としており、その分布はアフリカ、中近東、中国および日本にまで及んでいる。モロッコではカッターラと呼ばれているが、アルジェリアではフォガラ、イランではカナート、中国ではカルアルチンまた日本ではマンボとそれぞれの地方によって名称が異なっている。しかし、いずれの地方においても、遠くの水源を導水するための地下水路と維持管理用の竪坑によって構成されている。

日本は例外として、これらの施設は主に乾燥地帯に分布しており、井戸掘削技術が未熟であった当時としては、実に画期的な取水・導水施設であり、末端にはオアシスが形成されている。限られた水源しか有していない乾燥地域にカッターラのような施設が建設された背景としては、人類の生産活動に対する努力と試行錯誤があったものと考えられている。そしてこの施設は住民にとって貴重な財産として位置づけられており、水利権としての水の使用量は施設の維持管理に対する貢献度によって決定されている。

今日では、動力ポンプによる大量の地下水の揚水や都市への人口流出によって、カッターラの存在意義が次第に低下していった。その結果、主に水源の枯渇や施設の崩壊等の維持管理に起因する問題が多発している。この現象は世界的な規模で同時進行している。今回の調査においても、対象地域の 570 基の内 220 基が上記の理由によって放棄されていることが判明している。もし、これらの施設を改修し、技術的に維持管理が大幅に軽減されたシステムを導入することができれば、中規模ダム 2~3 個分に相当する水を確保することが可能となる計算結果もある。既存の歴史的な施設は効率性等において必ずしも評価されなくなりつつあるが、動力源を必要とせず、しかも環境破壊をしないカッターラのような施設の価値は 21 世紀に再評価されるべき時期を迎えている。

2. カッターラの現状

モロッコ南東部のエルラシーディア、タフィラレット地方は、図 1 に示すようにサハラ砂漠の北西端に位置し、南下するほど降水量が減少する傾向にある地域である。年平均降水量はエルラシーディア北部のオートアトラス

* 千葉大・教育学部 (Chiba Univ.)

** (財) 日本国際協力システム (JICS)

付近で 200～250 mm，エルラシーディア付近で 100～120 mm，エルフード付近では 70 mm，それ以南では 50 mm 以下となる。このため，住民が利用できる水資源も南部ほど少なくなり，表流水の利用は雨期のみでありほとんどの住民が地下水に依存している。

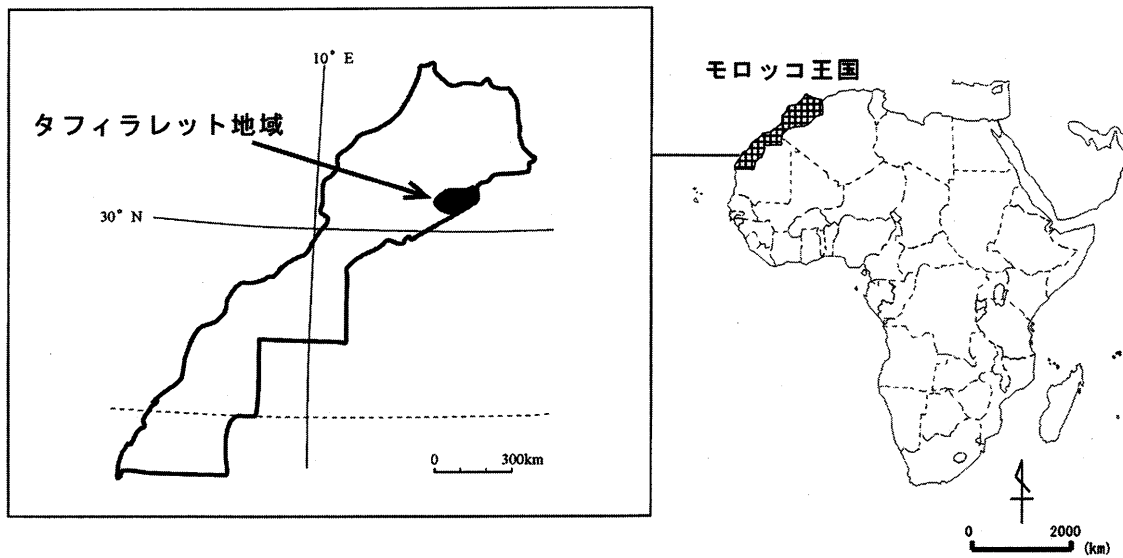


図1 調査地域位置図

2-1 分布状況

現在モロッコにおけるカッターラの分布状況は十分に確認されていない。しかしながら，アトラス山脈の東部 Tafilalet 地方には数多くのカッターラが存在し，その数は 570 基になることが報告されている。モロッコの水資源に関する実施機関である農業省・Tafilalet 地方農業・灌漑開発公社（通称 ORMVAT）の調査では，同地方の既存カッターラ 570 基の内，約半数の 220 基が何らかの理由によって使用されていない状況にあることが報告されている。この他，モロッコの南部や東部のオアシスには大小様々なカッターラが存在し，一部のカッターラは日本の大使館による草の根無償案件として改修工事が実施されたこともある。

2-2 構造他

図2に示すようにモロッコのカッターラの構造は維持管理用の堅穴と導水用の地下水路が主体である。維持管理用の堅穴は 15m 間隔で設置されており，地上部には水路の内部から浚渫された土砂が 2m 程度放射状に積み上げられている。地下水路の幅は 1m 前後，高さは 2m 程度となっている他，内部は崩壊などによって直線が湾曲している場所も多い。

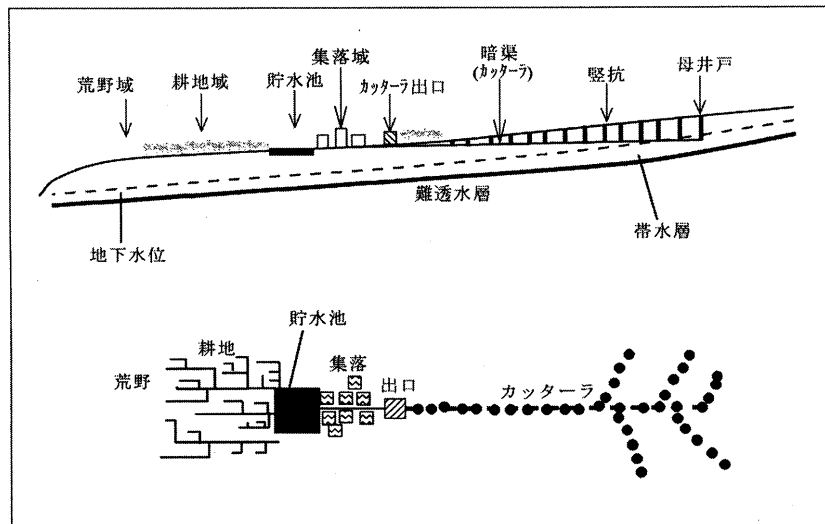


図2 カッターラの概況

不圧地下水が存在する比較的浅い帯水層に横井戸を放射状に掘り、それを自然流下させる方式をとっている。この帯水層は主に冬期に集中する雨と河川の氾濫によって涵養されており、地下水位はこれらの増減によって大きく変動することが予想される。また、カッターラの導水勾配は 0.5 から 1m/1000m と非常に緩く、流速も小さい。さらに、カッターラの長さは最長 20 km から 2 km 前後となっており、その流量も 5~25l/s となっているほか年間の変動が大きい等の特徴を有している。

写真 1, 2 はカッターラの地下水路を上空から撮影した写真である。延々と砂漠や土漠の中に続く維持管理用の堅井戸はほぼ 5~10m 間隔に掘削されており、これらは洪水の進入を防止するために、地上部が火山のカルデラ状になっている。また多くのカッターラでは漂砂を防ぐため、堅井戸の入り口にフタが取り付けられている。

カッターラは、最終的には灌漑用水として利用されているが、集落の中心部には水汲み場や洗濯場も設置され、住民の貴重な生活用水としても活用されている。写真 3, 4 はオアシス内での地下水利用である。写真 3 はカッターラの水路が初めて地上に現れる水利施設で、飲料水の取水はもちろん、食器、食材の洗浄、洗濯などの雑用水として利用されている。写真 4 は飲料水、雑用水として利用した後の水路で、オアシス内の農業用水として灌漑に利用されている。このように、カッターラによって集められた地下水は、すべて使われ、有効利用されている。



写真 1



写真 2

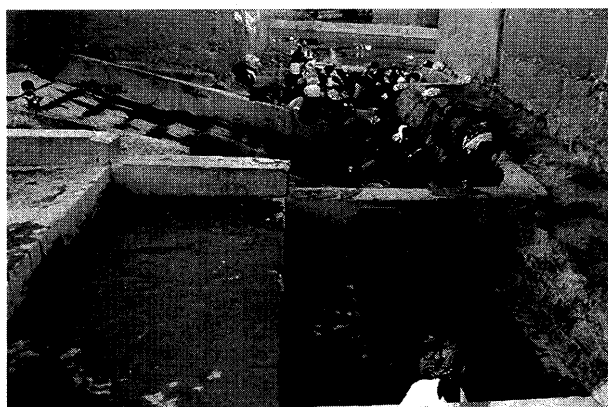


写真 3

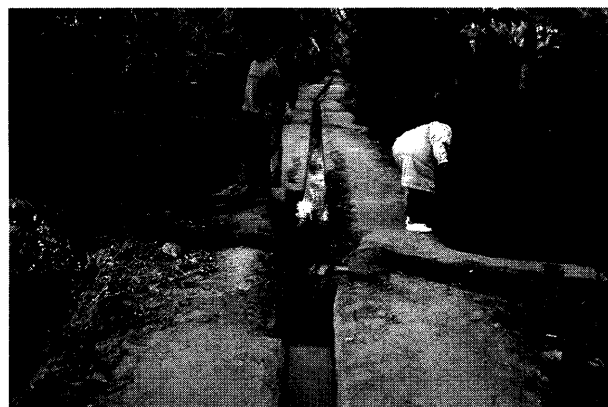


写真 4

2-3 問題点

(1) 漂砂

モロッコ東部のアルジェリア国境付近は広大なサハラ砂漠と接しており、多量の砂がモロッコ側に移動している。カッターラの分布する地域は、これらの漂砂の影響を受けやすい乾燥地域にあり、今回の調査においても漂砂に埋没しているカッターラを多数確認することができた。モロッコでは毎年 4 月から 10 月にかけて Chergui と呼ばれる砂漠からの強烈な熱風が発生し、多量の漂砂が押し寄せている。現地には漂砂を防止するための防砂柵な

ども設置されているが、砂の供給量が多いために、漂砂はこれらの施設を乗り越えて移動している。その結果、フタの設置されていないカッターラの縦井戸に多量の砂が流入し、使用不可能な状況となっている。写真5は漂砂によって埋没しているカッターラである。カッターラの改修には漂砂の流入をいかに削減するかが大きな課題となっている。

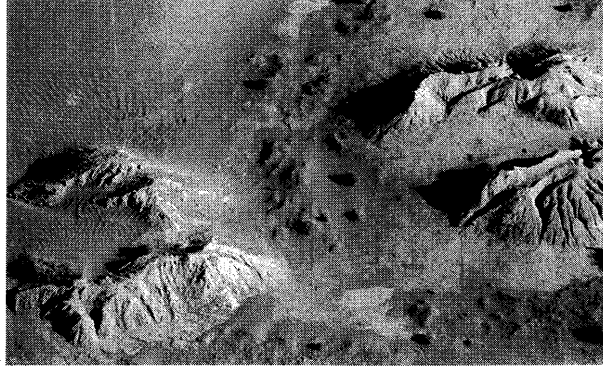


写真5

(2) 崩 壊

カッターラは、粘土質の表層部とその下部に分布する砂礫層に横井戸と縦井戸が掘削された構造になっている。カッターラの内部は高温多湿の状態であり、この温度と湿度によって素掘の側壁や天井が風化し粘土や砂礫が水路内に落下している。既存の施設にはこれまでコンクリートなどの材料は使用されておらず、近代的な施設の改修が実施されていないカッターラは全て素掘りとなっている。そのために、井戸の内部には砂礫が落下し、それを定期的に清掃する必要がある。写真6はカッターラの内部を撮影したものである。人の身長を超えるほど大口径のカッターラである。地下水位の変化により、天井部の崩落が認められる。



写真6

一方、不圧地下水を利用しているカッターラ内部においては地下水位の変動が大きく、この変動に伴う乾湿によって抗壁が風化し、時々大規模な崩壊が発生している。大規模なカッターラ内部の崩壊には多大な経費や時間および労力を必要とするために、一部のカッターラでは修復されることなく放置されている。既存の素掘りでも地下内部が空洞化しているカッターラにおいては、構造的に崩壊や漂砂の埋没は避けられないが、コンクリートやPVCパイプの設置によって、これらの問題に対応することも可能である。

図3にはカッターラの断面および横断図を示した。また、地下水位の季節変化に伴い、予想される地下水面の位置を示した。涵養域、半涵養域、減水域と3つの部分に分けることができ、それに合わせた修復が考えられる。すなわち、涵養域では、年間を通して地下水面の中にカッターラの水路がある地域で、この間にはパイプの全て

の方向に孔を開けて集水できるような構造にする。半涵養域では、パイプの上部にだけ孔を開け、地下水位が高い時には上部からの地下水を集水し、地下水位が低下した時にはパイプの半分の径の中をパイプが水路としての役目を負う構造となっている。また、減水域ではパイプの全方向を密閉したパイプにすることにより、漏水することなく、オアシスまで貴重な地下水を送水できる構造とすることが考えられる。

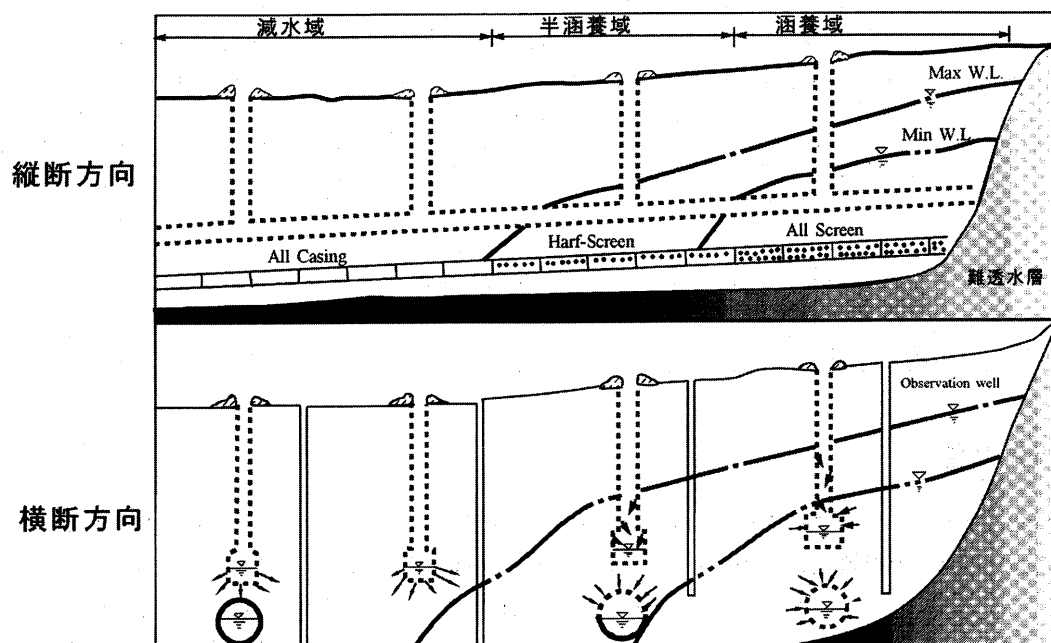


図3 カッターラ改修例の断面および横断面

(3) 維持管理の放棄

カッターラのもたらす恩恵を受けて生涯をオアシスで過ごす伝統的な習慣が大きく変化している現代においては、若者の離村は避けられない現実となっている。特に都市部と地方部との地域格差が極端に大きなモロッコにおいては、現金収入と快適な生活を求める若者の都市への流入が大きな社会問題となっており、政府は地域格差の是正を国家の最優先課題に位置づけている。

漂砂や崩壊等によるカッターラの修復には多大な時間と労力および経費が必要となり、これらを捻出できない村落は、カッターラを放置せざるを得ない。また、人材の流出によって定期的なカッターラの維持管理が実施できない村落においても同様な問題が発生している。

(4) 水質汚濁

表1はカッターラや周辺地域の地下水の水質測定結果である。電気伝導度 (E.C.) は 2mS/cm 前後の値を示し、乾燥地域の地下水中の塩分量は高く、飲料水として利用するには限界値に近い塩分濃度が認められた。pH は 7.5～8.4 の値を示した。

カッターラの水質は集落を通過するまでは水源とあまり変化しないが、集落付近での水利用や汚水の流入によって水質が汚濁されている。特に近年においては化学洗剤が農村部でも広く普及しているために、これらが下水としてカッターラに流入すれば飲料水として利用している下流部の住民に大きな健康障害を引き起こす可能性がある。同時に汚染された水がオアシスの作物に影響を与えることも懸念されるため、カッターラの水質汚濁防止対策も早急を実施する必要がある。

表1 カッターラ観測結果

No	NAME	DAY	TIME	Latitude (N)	Longitude (W)	E.C. (ms/cm)	pH	Tw (°C)	Q	Remarks
106		09/02	8:14	31° 21' 03.3"	4° 19' 36.6"	2.93	8.1	22.8	25.7	カッターラ末端
110	Jdida Belhouare	09/02	9:29	31° 24' 14.7"	4° 21' 02.7"	3.10	7.9	22.0		カッターラ上端
112		09/02	10:06	31° 24' 56.3"	4° 19' 38.8"	2.00	8.0	23.7	3.5	カッターラ末端
116		09/02	10:42	31° 26' 37.7"	4° 20' 26.0"	2.20	8.1	24.1		カッターラ末端
117		09/02	11:00	31° 28' 44.8"	4° 23' 54.9"	3.10	7.8	23.2		カッターラ末端
124	Boundnib	09/03	8:47	31° 56' 52.8"	3° 36' 45.3"	1.83	8.4	23.1	17.4	カッターラ末端
126	Beniouzim	09/03	9:55	31° 57' 31.5"	3° 32' 10.8"	2.00	7.4	22.3		カッターラ上端
127		09/03	11:00	31° 49' 54.4"	2° 58' 05.0"	3.50	8.1	22.7		修復カッターラ
128		09/03	13:02	31° 15' 45.3"	3° 24' 26.2"	0.78	8.0	21.8	13.1	河川越えカッターラ
131		09/04	18:55	31° 33' 59.9"	4° 11' 18.0"	6.70	6.8	23.2		自噴井
Todora	Todora	09/04	15:00			0.75	7.6	19.5		湧水
134	Ouedelmali	09/05	17:28	31° 04' 24.0"	7° 08' 25.9"	3.70	7.1	23.1		
135		09/05	17:45	31° 02' 51.1"	7° 07' 59.6"	6.40	7.0	18.7		
136	Timgichte	09/06	11:00	30° 31' 09.8"	7° 15' 29.1"	1.53	8.0	19.3		

※いずれも2000年における観測値である。

3. 今後の研究課題

モロッコ全体に分布するカッターラは不明な点が多くその現状も十分に把握されているわけではない。また、この分野における先進国や国際機関の協力は現在イスラミック銀行のみとなっており、必ずしも十分な協力が得られている状況にはない。現在、モロッコでは日本による水資源開発に関する開発調査が実施されており、これは中規模ダムの建設を目的としているものである。ダムの建設がモロッコにおいて重要であることは事実であるが、調査から実施まで長期間を要すると同時に工事には莫大な費用と自然破壊が伴う。これに対して、既存の水源であるカッターラはその現状さえ説明すれば、安価な費用で改修工事を実施できるばかりではなく、仮にモロッコ全体のカッターラを改修できれば、中規模ダム数個分の水量を供給することも可能となる。そのためには開発調査を早急に実施し、全体的なカッターラの現状を把握することが望ましい。

サハラ砂漠に隣接しているモロッコ東部は砂漠化防止の最前線であり、これまでもさまざまな緑化事業や漂砂防止の為の対策が講じられてきた。サハラ砂漠から押し寄せる砂丘は移動を繰り返し、モロッコ内陸部にまで影響を及ぼしている。モロッコ政府はオアシスの砂漠化防止を継続しているが、膨大な漂砂を固定する事は困難な状況にある。しかも、水源の枯渇によってオアシスの緑が減少している場所は、緑豊かなオアシスに比べて有効な対策が更に難しくなり、最終的にはオアシスが砂漠に飲みこまれることになる。カッターラの修復計画では崩壊や漂砂によって機能が低下している施設を回復させ、オアシスの再生を図ることが目標である。オアシスの再生が実現すれば緑が回復し最終的にはオアシス農業の復活にもつながることになり、まさにカッターラの修復計画は環境保全分野としても重要な事業となることであろう。

上記のような環境保全、歴史的遺産の修復によるオアシス住民の定住化など、カッターラの修復のもたらす効果ははかり知れない。今後は日本の国際協力機関と協力し、調査研究分野は大学が主体となる調査研究プロジェクトを実施し、地下水の分布、年間の変動量の把握、受益者人口や利用実態を明らかにすることが重要である。その上で、実際の修復工事はJICA等が主体となったプロジェクトを行なうことで、研究にとどまらない社会貢献が行なえるものと考えられる。調査研究だけの枠にとらわれないプロジェクトが必要な時期が到来しているといっても過言ではない。

参考文献

- 1) 上村三郎・濱田浩美 (2001): モロッコの伝統的な地下水路・カッターラ (1). 日本地理学会春季学術大会.
- 2) 濱田浩美・上村三郎 (2001): モロッコの伝統的な地下水路・カッターラ (2). 日本地理学会春季学術大会.
- 3) 濱田浩美 (2001): 乾燥地域の水利用—モロッコ, カッターラ—. 日本地学教育学会第55回全国大会.