

学位論文題名

Study on Water Distribution Management  
of *Aflaj* Irrigation Systems of Oman

(オマーン国アフラジ灌漑システムにおける水配分管理に関する研究)

学位論文内容の要旨

乾燥・半乾燥地域は地球上の陸域の約 4 割を占め、7 億の人口を擁している。またその土地の 6 割は発展途上国に位置しており、これらの地域における持続的農業の堅持は地域の安定と発展のために不可欠である。乾燥地における水資源の利用と管理は、生物生産ひいては人間の生存そのものを左右する極めて重要な要素である。

アラビア半島東部に位置するオマーン国では、アフラジ (*aflaj*, 複数形はファラジ *falaj*) とよばれる独特の灌漑農業が営まれてきた。アフラジそのものは、水源から農村集落と農地に導水する水利施設のことを指し示すが、そこには特有の水利用形態に対応した水管理システムが備わっており、なおかつその管理には地域農民が自ら管理する、いわば農民参加型管理が実践されてきた。本研究はアフラジにおける水管理の面について、その配分の平等性担保の仕組みや、干ばつ時の対応、近代化に伴う水配分システムの変化の実態、灌漑効率の評価を、フィールド調査をつうじて明らかにし、乾燥地特有の水利システム管理のあり方について検討したものである。

1. 年間降水量が 100~200mm にすぎないオマーン国で古くから利用されてきたアフラジ灌漑システムについて概括した。現代においても 3 千を越える様々な規模のアフラジがオマーン国内において利用されており、これらは水源の種類により 3 タイプに大別される。湧水を起源とするアイニ・アフラジ (*Aini aflaj*)、表流水を起源とするガイリ・アフラジ (*Ghaili aflaj*)、それにワジ (涸れ川) の伏流水や地下水を起源とするダウディ・アフラジ (*Daudi aflaj*) である。このうちダウディ・アフラジは、イランやアフガニスタンなどにみられるカナート灌漑に類似のものである。

アフラジの水は、干ばつに対応しうる利用形態がとられている。流水はまず生活用水として集落で用いられた後、永年生作物 (主にナツメヤシ)、ついで一年生作物 (穀類、野菜など) に灌漑される。すなわち、干ばつ時にはまず人間の生存を確保した後、永年生作物の枯損を防ぎつつ、水量に応じた一年生作物の作付がなされる。アフラジの水管理システムは管理責任者 (ワキル) を筆頭とした農家組織に依っており、農家はそれぞれが所有する水利権に応じた水配分を得ることとなる。

2. アフラジの水は、多くの場合、水量ベースではなく時間ベースで配分される。これは干ばつ時においても平等に水を行き渡らせるための工夫の一つである。アサル (*athar*) とよばれる基本時間単位が用いられており、理論上、1 アサルは 30 分となっている。また一つの灌漑ローテーションはドーラン (*dawran*) とよばれ、地区によって異なるが、通常 4 日間ないし 20 日間で 1 ドーランとなっている。

時計のない時代から、ローテーション灌漑をできるだけ正確に行うため、農家はさま

さまざまな方法を採ってきた。伝統的によく使われてきたのは太陽と星の運行を用いる方法である。季節による太陽高度の違いと日長変化に対応する工夫のなされた日時計が広く用いられてきた。近年、機械時計（クロノグラフ）が一般化しても、保守的な農村社会ではすぐに時計利用には移行せず、段階的移行にとどまっている。すなわち、時計導入以前の計時システムから、一部天体運行を使いつつ日単位で時計を利用するシステム、さらに恒常的に時計を利用するシステムへと変化してきている。いっきに時計利用へ移行しないのは、大きな水利権を有する農家の既得権に配慮しているためである。

3. 日長変化や流量変動に対応しつつ、水配分の公平性を保つため、地区毎に農家は様々な工夫をしてきた。天体運行を使うことにより季節毎に生ずる昼夜の単位時間長の差異を最小限にするためには、灌漑ローテーションを常時組み替えることで対応している。干ばつ時の流量減少には、分配する支線水路の数を制限し、灌漑ローテーションの単位であるドーランを2倍・3倍する、あるいは用水を水槽に一時貯留することで水路損失を減少させる、などの方法が採られている。事例調査を行った地区では、地形的制約もあって非常に複雑な水配分ルールが設けられていた。しかし水配分を時間ベースに頼っている以上、正確な計時がもっとも重要なことでありながら、時計を使わない伝統的方法では不正確さは排除しきれていない。

4. 2つのアラジにおいて、その灌漑効率を評価するための調査をおこなった。2002年5月から2003年4月にわたるほぼ1年間の観測では、両地区の総降水量は50mmを下回り、流量も逡減傾向にあった。この間、ひとつのアラジでは流量の減少に対応して2つの支線に同時に通水せず1支線のみを通水とし、それぞれの支線が有する9日および10日というドーラン（灌漑ローテーション）を統合して19日のローテーションが組まれた。干ばつが深刻になったときには、さらに倍の38日のドーランが組まれるに至っている。

一つの灌漑区単位で水需要量と供給量の比を取り、これを需要供給比（D/S, Demand / Supply Ratio）とした。需要量には基幹作物であるナツメヤシの水消費量を文献値から採用し算出した。供給量には各地区のアラジの幹線水路で実測した流量を用いた。ひとつのアラジでは年ベースでみた場合、D/Sが1をやや上回ったことから、供給不足の傾向がうかがえた。月ベースでは冬季に0.6以下、夏季には1.0以上となる季節変化をみせた。もう一方のアラジでは年ベースでD/Sが大きく1を下回り、供給過剰にあることが判明した。ただしこの灌漑区の土壌はシルト質で透水性が大きいため、灌水頻度を多くする必要があり、供給量も多くなっていた。作物の水需要は蒸発散量の変動によって大きく季節変化するのに対し、アラジによる灌水ローテーションは固定的である。灌水頻度、灌水量、灌水時間を調整することによる灌漑効率向上の余地がある。

5. アラジ灌漑は、極度の乾燥条件下で人間が生存しかつ農業を営むために生み出されたシステムのひとつであり、その管理方法には水配分の合理性と平等性を担保するためのさまざまな工夫が盛り込まれていることが明らかとなった。水源の特異性と乾燥地という立地条件を反映して、干ばつに対応した水供給がなされていたが、その一方で水需要に柔軟に対応したシステムとはなっていない点も明らかとなった。

乾燥地では、農村社会の存続基盤はひとえに水利システムにあり、オマーン国でも農村社会の持続と発展のためには、根幹にあるアラジ水利システムの維持と近代化が不可欠である。そのためには伝統的計時システムから時計計時への移行と、既存水利権の調整が重要である。また灌漑効率の向上のためには、需要に応じた水管理が行えるようなシステムの導入や、一時貯留施設の設置も検討に値する。

近年、オマーンでも石油エネルギーを用いた地下水（深井戸）の利用が増加しているが、短期的に生産の増大をもたらしても、地下水位の低下、枯渇、塩水浸入といった問題を

引き起こすことは必定である。農業生産を基本としつつ、地域社会の安定と持続を保証してきたアフラジシステムという数千年に及ぶ人類の知恵を生かすことが肝要である。

# 学位論文審査の要旨

主 査 助 教 授 井 上 京  
副 査 教 授 長 澤 徹 明  
副 査 教 授 長 谷 川 周 一  
副 査 教 授 長 南 史 男

学 位 論 文 題 名

## Study on Water Distribution Management of *Aflaj* Irrigation Systems of Oman

(オマーン国アフラジ灌漑システムにおける水配分管理に関する研究)

本論文は7章からなり、図80、表27、引用文献118を含む195頁の英文論文である。他に参考論文8編が添えられている。

アラビア半島東部に位置するオマーン国では、アフラジ (*aflaj*, 複数形はファラジ *fulaj*) とよばれる独特の灌漑農業が営まれてきた。アフラジそのものは、水源から農村集落と農地に導水する水利施設のことを指し示すが、そこには特有の水利用形態に対応した水管理システムが備わっており、なおかつその管理には地域農民が自ら管理する、いわば農民参加型管理が実践されてきた。本研究は、乾燥地における水資源の利用と管理のあり方の一典型としてアフラジの水管理を位置づけ、水配分の平等性担保の仕組みや、干ばつ時の対応、近代化に伴う水配分システムの変化の実態、ならびに灌漑効率について明らかにしたものである。

1. 年間降水量が100～200mmにすぎないオマーン国で古くから利用されてきたアフラジ灌漑システムについて概括した。アフラジでは、干ばつに対応できるよう、水はまず生活用水として集落で用いられた後、永年生作物（主にナツメヤシ）、ついで一年生作物（穀類、野菜など）に灌漑される。アフラジの水管理システムは管理責任者（ワキル）を筆頭とした農家組織に依っており、農家はそれぞれが所有する水利権に応じた水配分を得ることとなる。
2. オマーン各地のアフラジにおける水配分ルールの実態を調査した結果、アフラジの水は、多くの場合、水量ベースではなく時間ベースで配分され、ローテーション灌漑が行われていた。これは干ばつ時においても平等に水を行き渡らせるための工夫の一つであることを明確にした。また時間ベースのローテーション灌漑をできるだけ正確に行うためには、正確な計時が必要であるが、そのために機械時計のない時代から採られてきたさまざまな方

法について紹介した。特に伝統的に使われてきた太陽と星の運行を用いる方法について、その方法と内容を各地のアフラジについて詳細に調査した。また近年、時計が一般化しても、すぐに時計利用には移行せず段階的移行にとどまっているが、その理由が農村社会の保守性と、複雑な水利権にあることを明らかにした。

3. 日長変化や流量変動に対応した、公平な水配分のためにアフラジ組織がおこなってきた様々な工夫を示した。例えば、天体運行を使うことにより季節毎に生ずる昼夜の単位時間長の差異を最小限にするためには、灌漑ローテーションを常時複雑に組み替えることで対応していること、干ばつ時の流量減少には、分配する支線水路の数を制限し、灌漑ローテーションの時間間隔を2倍・3倍する、あるいは用水を水槽に一時貯留することで水路損失を減少させる、などの方法が採られていることを示した。
4. 2つのアフラジにおいて、その灌漑効率を評価した。灌漑区単位で水需要量と供給量の比を求め、これを需要供給比 (D/S, Demand / Supply Ratio) とした。年ベースでみた場合、D/S が1をやや上回る、供給不足の傾向にあるアフラジと、D/S が大きく1を下回り、供給過剰のアフラジがあることが判明した。作物の水需要は蒸発散量の変動によって大きく季節変化するのに対し、アフラジによる用水供給は固定的であり、灌漑頻度、灌水量、灌水時間を調整することによる灌漑効率向上の余地があることを見出した。
5. アフラジ灌漑は、極度の乾燥条件下で人間が生存しかつ農業を営むために生み出されたシステムのひとつであり、その管理方法には水配分の合理性と平等性を担保するためのさまざまな工夫が盛り込まれていることを示した。水源の特異性と乾燥地という立地条件を反映して、干ばつに対応しうる水供給がなされているものの、その一面で水需要に柔軟に対応したシステムとはなっていない点も明らかにした。

乾燥地では、農村社会の存続基盤はひとえに水利システムにあり、オマーン国でも農村社会の持続と発展のためには、根幹にあるアフラジ水利システムの維持と近代化が不可欠である。そのためには伝統的計時システムからの脱却と、既存水利権の調整が重要であること、灌漑効率の向上のために、需要に応じた水管理が行えるようなシステムの導入や、一時貯留施設の設置を検討する必要があることを示した。

以上のように、本論文はオマーン国の伝統的な灌漑システム・アフラジの水管理の特性を多様な視点から明らかにしたものであり、乾燥地における水利システムのあり方を考える上で重要な示唆を与えるものである。よって、審査員一同は、Abdullah Saif Al-Ghafri が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。