

モデル適用による河套灌区水収支構造の分析

星川圭介 渡辺紹裕

(総合地球環境学研究所)

1. はじめに

本稿では、黄河流域最大の灌区である河套灌区を対象として、水収支モデル適用を通じた水収支構造分析の結果を述べるとともに、現在進行中の節水対策を、モデル解析の結果に基づいて考察する。

2. 河套灌区水管理・水収支の概要

河套灌区は総面積 110 万 ha、計画灌漑面積 57 万 ha の大型灌区であり、年間 60 億 m³ 以上取水している。(ただし配水管理用水として一部が用水路から黄河へ排出されるため、実質的な取水量は 50–53 億 m³ (光明日报, 1999))。

河套灌区への取水地点は三盛公。黄河本流に設けられた取水堰から左岸の総幹渠に年間約 53 億 m³ 取水 (1994–2000 年平均) (河套灌区資料) するほか、同取水堰の上流約 20km の地点で一幹渠 (沈烏渠) への直接取水も平均年間 3.7 億 m³ 程度行っている (王敬安ら, 出版年不詳)。ちなみに一幹渠取水口対岸には、伊盟灌区 (河套灌区外) (計画灌漑面積 9 万 ha・年間取水量 3 億 m³ 強 (中国水利报, 2001)) への取水口もある (図 1)。総幹渠末端より下流の三湖河幹渠には、年間 2.3 億 m³ が流入している (1986–97 年平均) (王成海ら, 出版年不詳)。河套灌区のうち、一幹渠によって灌漑される地域を保尔套勒盖灌域、烏梁素海 (総幹渠末端) 以東、包頭まで黄河沿いに伸びる地域を三湖河灌域、その間を后套灌域とする呼び方もある。

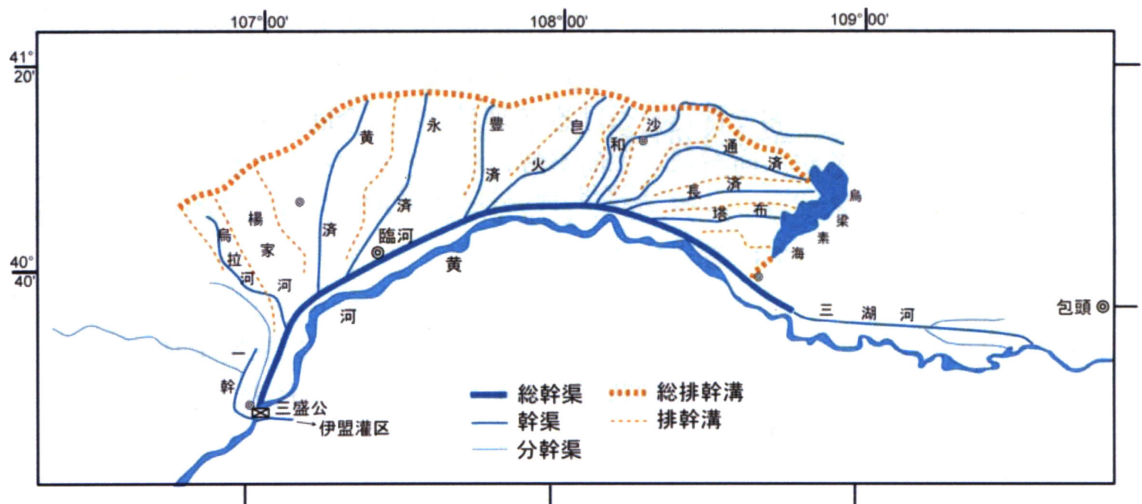


図 1：河套灌区幹渠用排水系統

排水は年間 6-7 億 m^3 。后套灌域からの排水はいったん烏梁素海に流入した後黄河へと排出。三湖河灌域の排水は、直接黄河へ流入しているものと推定される。河套灌区から最終的に黄河へと流入する排水は年間 2-3 億 m^3 程度である（光明日報，上掲）。各種節水努力により，取水量は 1990 年代末以降減少傾向にある（光明日報，上掲；人民日報，2002；馬，2002）。

3. 永濟渠への IMPAM の適用

永濟渠とその周辺を対象として IMPAM を適用し，水収支構造の分析を行った。解像度は 500m 四方，適用範囲は南北 50km（総幹渠以北総幹溝以南）東西 25km（図 2）。1991-2000 年にかけて 10 年分の気象データを用いてシミュレーションを行った。前半 5 年間をスピニングアップ期間とみなし，結果には後半 5 年間の値を示す。

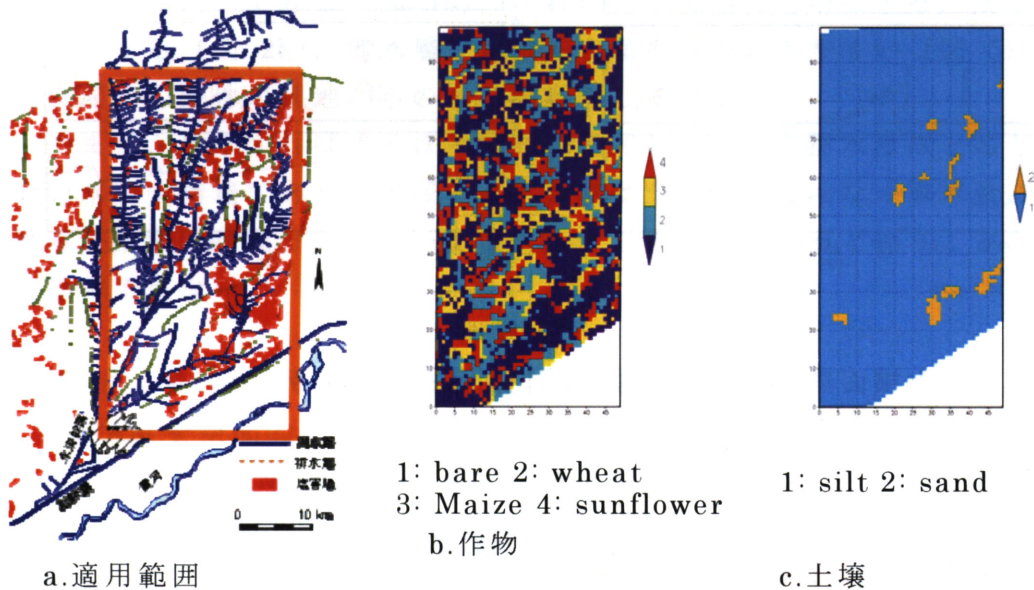


図 2：モデル適用地域

データ・パラメータ

気象データ：臨河 1991-2000 年

土地利用・作付：Matsuoka (2004) (TM・ETM)・現地聞き取り (図 2b)

用水系統諸元：永濟灌域管理局 (2002) および王倫平ら (1993)

表層土壌：シルトおよび砂 (王倫平ら，上掲) (図 2c)

滞水層：

層厚：(内蒙古自治区水利水電勘測設計院，2000)

透水係数： $8m \cdot d^{-1}$ (王倫平ら，上掲)

灌漑パターン：赤江ら (2004) および現地聞き取り

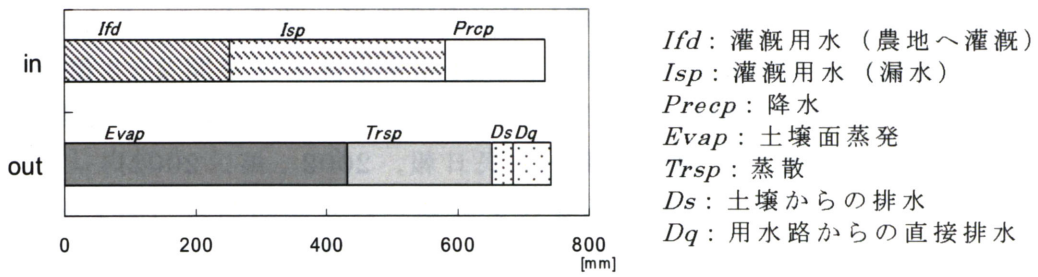
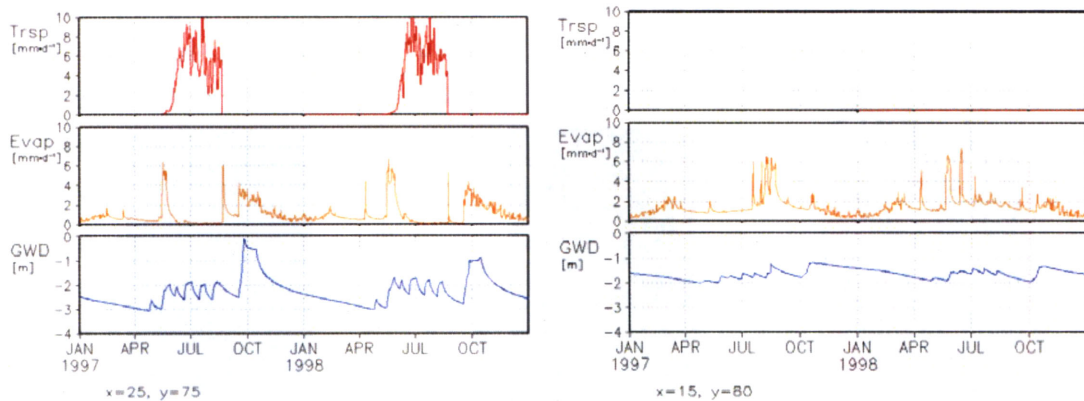


図 3：対象地区水収支（1996－2000 年平均）



a. 農地

b. 裸地

図 3：蒸散，土壤面蒸発，地下水位（地表面基準）時系列変化

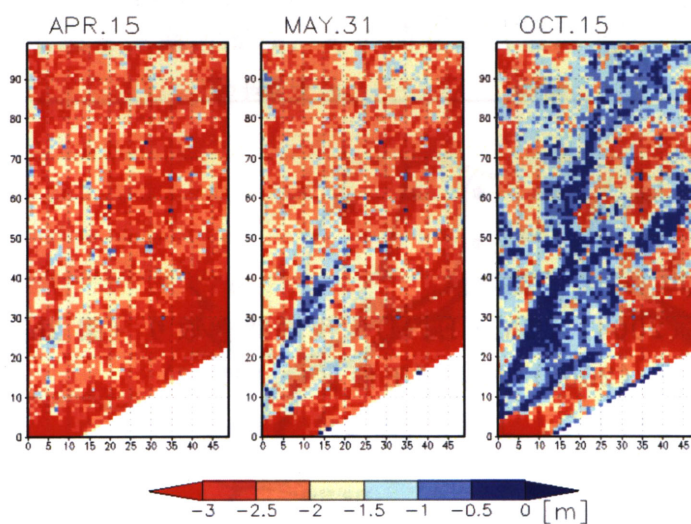


図 4：各期の地下水位（地表面基準）

灌溉期前（左），第 1 回灌溉中（中），秋季灌溉中（右）

結果

取水量および取水量に占める漏水の割合、排水量が良好に再現された。

収支の内訳を見ると支出に占める蒸発の割合が高い（図 3）。1991–2000 年平均で降水を含む流入水量が 700mm 程度であるのに対して可能蒸発量（土壌表面）は 1200mm であるから、土壌に浸透した水が排水等の形で域外に流出することはほとんど起こりえない。モデル計算結果でも、排水の 60% 近くが水路からの直接排水であり、塩類濃度から算出した結果（王亚东, 2002）とも非常によく合致する。農地において土壌面からの蒸発が多く発生するのは、被覆度が低い段階で灌漑が行われた直後（5月下旬）、収穫直後（8–9月）、秋季灌水後である（9–10月）。十分に被覆率が高い段階では、地下水位が上昇しても土壌面蒸発は増加しない（図 4a）。非農地では灌漑が行われないが、幹線水路近傍や農地に隣接した土地では、漏水や過剰灌漑によって地下水位が上昇し（図 4b）、それに伴って蒸発も増加する。農地と裸地が混在する（図 2b）、滞水層における水頭拡散が起きやすい（図 5）という河套灌区の条件が裸地からの蒸発を増やしている。

つまり、取水すればするほど蒸発が増加し、一方で排水はほとんど増加しない水収支構造であり、地域の水消費量は土地利用ではなく取水量に規定される。灌漑の余剰分や漏水が土壌水分として貯留されるということはほとんど期待できない。

4. 灌区全域への 0.1 度グリッドモデルの適用

IMPAM を空間的にランプしたモデルを構築した（図 6）。本モデルをここでは仮に LIMPAM（Lamped IMPAM）とする。もっとも粗い場合でも 1km 四方程度の空間解像度を前提とした IMPAM に対し、LIMPAM は 0.1°（Lat/Lon）の空間解像度で灌漑農業地域における水収支の計算を行う。IMPAM と LIMPAM との相違点は解像度だけではない。IMPAM ではアークやポリゴンで管理していた水路や農地に関する情報管理や計算を、LIMPAM ではすべてグリッドベースで行い、計算過程の簡略化や入力データ作成の省力化を図った。IMPAM が個々の灌漑農業地域を対象とするのに対し、LIMPAM は流域などある程度広域を対象としたモデルである。この LIMPAM を河套灌区全域へ試験的に適用した。

結果

配水が行われた直後に土壌面蒸発が増加する過程が再現された（図 7）。

取水量、排水量の時間分布に関しては、輪番灌漑モジュールのパラメータやアルゴリズムの再調整が必要である。

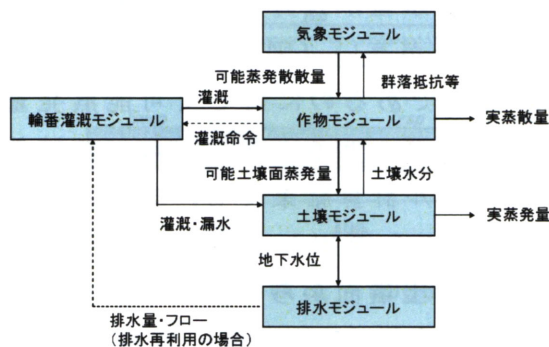


図 6 : LIMPAM

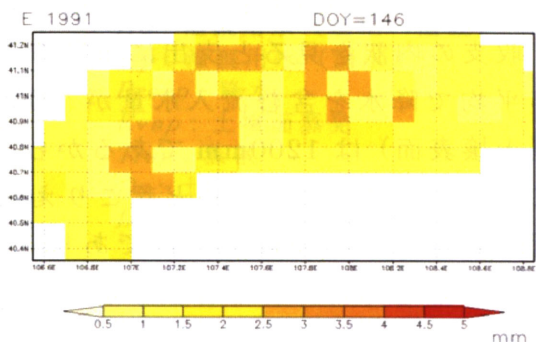


図 7 : 土壌面蒸発量

5. 結語

河套灌区が節水を行うためには蒸発を減らすことが必要である。これには 2 通りの方法が考えられる。ひとつは漏水や過剰な灌漑を減らし、地下水を下げること。もうひとつは裸地を減らすことである。

前者に関しては、国家の援助の下、主要水路のライニングおよび管水路化が進められている（人民日報，2002；馬，2002）ほか、農地からの蒸発を減らすために、秋季灌漑を縮小し、一部を春先の灌漑に回すなど灌漑パタンの見直しも行われている（馬，上掲；重庆農業信息网，2002）。また、過剰な灌漑を減らすために農地の小区画化・表面の均平化を進めている（仏山水利，2003）。

2003 年の水不足の際には塩害農地への灌漑をやめる代わりにその他の農地での増産・増収が図られた（中国新闻网，2003）。塩害農地は塩害裸地の中に点在することがしばしばであるので、これは後者の解決法とも言えるかもしれない。

他に、灌漑用水源の一部を井水に切り替えることも主要な節水対策として掲げられている（仏山水利，上掲）。これは排水を兼ねたもので、地下水位を下げ土壌面蒸発を抑制する上でも有効である。河套灌区では、上記をはじめとしたさまざまな対策の組み合わせにより、農家収入への悪影響を極力避けながら節水を実現しようとしているようである。

参考文献

- Matsuoka, M., Hayasaka, T., Fukushima, Y., Oki, T., Honda, Y., 2004. Land Cover Analysis on Yellow River Basin using Remote Sensing Data. Proc. of 2nd International Workshop on Yellow River Studies. Nov. 2004, Kyoto.

- 赤江剛夫，森本一幹，史海濱，李延林，2004. 内蒙古，河套灌区における塩害地改良法と圃場レベル水分・塩分動態，寒冷乾燥気候アジアにおける砂漠化進行農地および草原の修復と貧困改善対策. 農業土木学会地球環境研究委員会，環境事業団地球環境基金助成金 2003 年度報告書
- 王亚东，2002，河套灌区节水改造工程实施前后区域地下水位变化的分析. 节水灌溉. 2002-1. [中国語]
- 永济灌域管理局，2002. 永济灌域水利誌 [中国語]. 内蒙古自治区河套灌区永济灌域管理局
- 馬祖融，2002. 河套灌区节水改造效益显著 [中国語]
<http://www.cws.net.cn/Journal/cwr/200209/19.html>
- 内蒙古自治区水利水電勘测設計院，2000. 黄河内蒙古灌区統建配套与節水改造規画報告（修訂本）[中国語]
- 王倫平，陳垂新，曾国芳（編），1993. 内蒙古河套灌区灌溉排水与塩碱化防治，水利電力出版社
- 王成海，李民英，出版年不詳. 三湖河灌域水资源可持续利用发展潜力评价. 巴彦淖尔农牧业信息网.
<http://www.bmagri.gov.cn/webpage/showFagui.asp?ID=2717>
- 王敬安，殷素刚，出版年不詳. 浅谈乌兰布和沙区地下水资源的开发利用. 巴彦淖尔农牧业信息网.
<http://www.bmagri.gov.cn/webpage/showFagui.asp?ID=2718>
- 仏山水利，2003. 河套灌区：节水抗旱保增收. 2003 年 4 月 24 日 [中国語]
<http://www.fswater.gov.cn/News/fxkh/huanghly/2003/200304240017.htm>
- 人民日报，2002，巴盟河套灌区推行节水型农业. 2002 年 04 月 13 日第五版 [中国語]
- 重庆農業信息网，2002. 河套灌区改变灌溉制度节水见成效. 2002 年 7 月 8 日.（引用元：新華社）[中国語]
<http://www.cqagri.gov.cn/detail.asp?pubID=36236&page=17>
- 中国新聞网，2003. 黄河缺水制约春播 河套灌区百万亩田地被迫休耕. 2003 年 3 月 14 日 [中国語]
<http://www.chinanews.com.cn/n/2003-03-14/26/282544.html>
- 中国水利报，2001. 无私奉献铸丰碑--内蒙古黄河三盛公水利枢纽安全运行四十年记. 2001 年 10 月 24 日 [中国語]
<http://2004.chinawater.com.cn/newscenter/dfsl/20011024/200110230070.htm>
- 光明日报，1999. 惜水如金河套人--河套灌区节水灌溉纪实. 1999 年 11 月 7 日 [中国語]
<http://www.enviroinfo.org.cn/Agriculture/Irrigation/a110801.htm>