

Saint-Venat 方程式による Mae Lao 灌漑システムのモデル化

Modeling of Mae Lao Irrigation System Using Saint-Venat Equations

大久保優紀*, アングーン ウォングトラトゥン*, ○久保成隆*, 丹治 肇**

Yuki OHKUBO, Unggoon WONGTRATOON, Naritaka KUBO, Hajime TANJI

研究の目的 東南アジアの多くの大規模灌漑システムにおいて、水利用効率向上の必要性が言われているが、水利用効率の低さが何に起因しているか、本当のところは良く分らない。乾季水稲作に必要な全水量を低く見積もり過ぎているのかも知れないし、水管理が杜撰で大量の水を余水吐や水路末端から無効放流しているのが原因かも知れない。そのような原因を突き止めるためには、水路システム全体での水の動きを、昼夜を分かたず、監視しなければならないが、そのようなことは現実には不可能である。そこで、数値シミュレーションによって、灌漑システムでの水の動きを再現し、水利用効率の低さの本当の原因を調べるというのが、本研究の目的である。

対象地域 タイ国チェンライ県を流れるメラオ川より取水する灌漑システムの右岸幹線水路の受益地区を対象とした。幹線水路長は 49.48km、最大流量は $26.70 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、二次水路は 23 本で延長距離は 90.09km、三次水路は 3 本で延長距離は 15.69km である。また、右岸地区の総受益面積は 21,072ha である。

灌漑システムのモデル化 モデル化を行う際にポイントにしたのは、水路構造物（スルースゲート、刃型堰、サイフォン）、横流入、取水口、水路断面の変化する地点、分岐点、水田である。これらのポイントで水路を区切り、 Δx が 100m 以上になるようにブランチを分けた。また、横流入、取水口は多数存在するため、ある条件の元で幾つかを一つにまとめた。また、水田はタンクモデルを用いてモデル化した。その結果、ブランチ 190 本、水田タンク 25 個、チェックゲート 7 箇所、サ

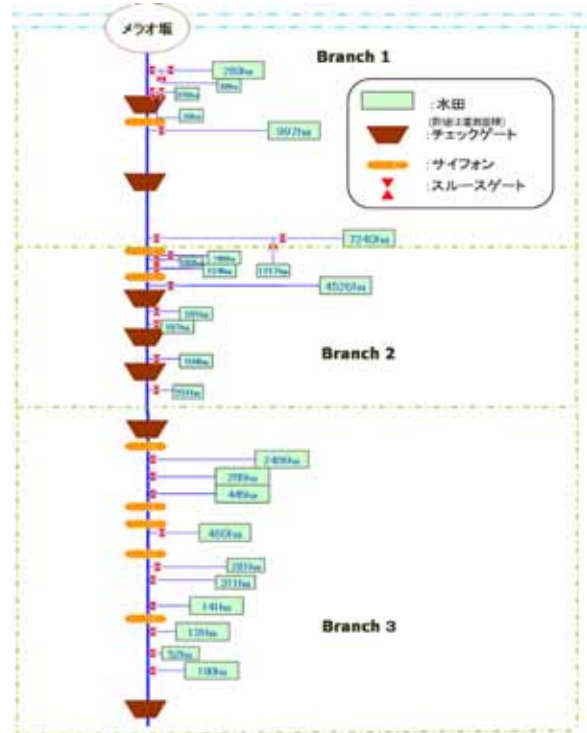


Fig.1 モデル化された Mae Kao 灌漑システム

イフォン 8 箇所、スルースゲート 28 箇所の灌漑システムモデルを作成することができた。

水田のタンクモデル化 タンクモデルは通常 3～4 段からなるが、今回は水田の地上部を第 1 段目、作土にあたる部分を第 2 段目、それ以下の地下水のある部分を第 3 段目としてモデル化した。流入高には、降雨高を無視した水路からの流入を、蒸発散高は RID(Royal Irrigation Department)で用いられている値を用いた。第 1 段目の流出係数は、水田面積 1ha 当たり幅 1m の水尻から流出する水量をタンクから流出する量に等しくなる様に与えた。第 2 段目の流出・浸透係数は、RID で用いられている浸透量 2mm/day から計算によって

値を求めた。第3段目は半減期が二年となるように係数を与えた。

Table 1 タンクモデルの係数

	初期貯留高(mm)	流出孔係数	浸透孔係数	流出孔高(mm)
一段目	0	0.4530	0.1000	100
二段目	0	0.0676	0.0676	0
三段目	1000	0.0010	0.0010	0

非定常流シミュレーション方法 水路中の流れの計算には、Saint-Venant 方程式を 2 step Lax-Wendroff 法を用いて差分計算を行った。研究対象期間は、タイ国において、乾季水稻栽培期間に当たる 1 月 1 日~5 月 20 日(140 日)とし、 $\Delta t=10\text{sec}$ 、 Δx の最小値を 100m、最大水深 $H=3.5\text{m}$ 、最大流入量を $25\text{m}^3/\text{sec}$ と設定した。

水利システムの操作ルール 大規模灌漑を行う際、できるだけ無駄がない様に水を流す必要がある。そのため、今回は水田タンク、水路末端、水路網内の制御ポイントにおいて操作の判断を行った。

水田タンクの水深が十分である場合、水田に水を入れる必要がないため、水田に接続する水路のゲートを閉める。ただし、タンクモデルでの計算は日単位であるため、この判断・操作は一日ごとに行う。

幹線水路系の最末端部から放流される水は無効放流であるので、この量を減らすために、最末端部での無効放流量が一定量を超えた場合、頭首工地点での幹線水路への流入流量を減らす。

水路系内に点在するサイフォンなどの水路構造物では、水量が一定値を越えると周囲に溢水するので、通常、余水吐が設けられていて、水路系内の制御ポイントにおいて過剰な水は余水吐へと放流され、これらの水は無効放流とカウントされる。

結果 25 個の水田圃場のうち、3 圃場での湛水深変化を、タンクモデルでの第 1 段目の水深変化によって示す。初期は同じ動きをしているが、日が経つにつれて、個々別々の動きを示すようになる。現状においては、データが

不足なため、それぞれの水田圃場の特性を表すパラメータに、同じ値を与えている。このため似た動きをしている。異なった特性値を与えれば、多様な動きをすると考えられる。

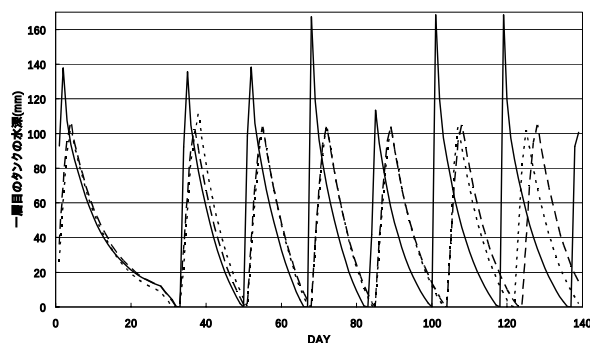


Fig.2 圃場における湛水深の変化

結論 対象地区であるメラオ灌漑システムを、非定常流モデルとタンクモデルによってモデル化することに成功した。また、このモデルによって、乾季の全灌漑期間(140 日間)における水路系および圃場での水の動態をシミュレーションすることができた。今回は、詳細な操作ルールに関しては、常識的なルールを適用したに過ぎないが、シミュレーション結果は、不自然な水の動きをすることはなく、水利用効率の低さの本当の原因を追究するための道具として、十分に利用可能であることが実証された。また、制御ポイントでの無効放流が多数見られ、水利用効率向上の可能性が示唆された。

今後の展望としては、現地調査によって実際に運用されている操作ルールを検討することで、水管理の再現性を高めることができると考える。また、モデルの開発は水利用効率の低さの原因を追究する目的をもって行なわれたが、水利用効率を上げる操作ルールを考案する道具になり得ることは言うまでもない。

参考文献

- Practical Aspects of Computational River Hydraulics、J.A.Cunge、F.M.Holly,Jr/A.Verwey、1980 年、PITMAN PUBLISHING LIMITED
- Royal Irrigation Department <http://encarta.msn.com/encnet/features/mapcenter/map.aspx> ほか