共同研究報告書
整理番号第386号

発展途上国対応
洪水予警報システムに関する研究開発
共同研究報告書

平成20年11月

独立行政法人土木研究所
社団法人国際建設技術協会
株式会社建設技術研究所
パシフィックコンサルタンツ株式会社
日本工営株式会社
株式会社ニュージェック
株式会社建設技研インターナショナル
八千代エンジニヤリング株式会社
いであ株式会社
国際航業株式会社
株式会社東京建設コンサルタント

Copyright © (2008) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

共同研究報告書

第386号 2008年11月

発展途上国対応
洪水予警報システムに関する研究開発

独立行政法人土木研究所
社団法人国際建設技術協会
株式会社建設技術研究所
パシフィックコンサルタンツ株式会社
日本工営株式会社
株式会社ニュージェック
株式会社建設技研インターナショナル
八千代エンジニヤリング株式会社
いであ株式会社
国際航業株式会社
株式会社東京建設コンサルタント

世界で洪水の影響を受ける人数は2050年には現在の2倍の20億人に及ぶと言われている。国連防災世界会議においても、治水施設の整備が十分でない発展途上国を中心として、災害の早期予警報システムの重要性が再認識されている。本共同研究では、人工衛星により観測された雨量情報を用いることにより、一般的に気象水文観測が乏しい特徴を持つ発展途上国に簡易に適用できる洪水予警報整備に供することができる基盤的な総合洪水解析システム(IFAS)の開発を行った。

本報告書は、共同研究の成果として開発した総合洪水解析システム(IFAS)の機能や操作方法についてとりまとめをおこなったものである。

キーワード：人工衛星雨量情報、GIS、洪水予警報システム、流出解析、分布型モデル

はじめに

水関連災害は、人類の持続可能な開発、貧困の削減に向け克服すべき課題の一つで、近年、人口増加、資産の集中・高度化に伴い被害・影響が増加している。世界で洪水の影響を受ける人数は 2050 年には現在の 2 倍の 20 億人に及ぶと言われ、国連防災世界会議においても、治水施設の整備が十分でない発展途上国を中心として、災害の早期予警報システムの重要性が再認識されているところである。

河川整備が十分ではない諸国においては、水災害に関する人的被害軽減の観点から、災害時における住民避難等の行動が確実に行われることが重要となる。また、このためには、ハザードマップ等による危険性の周知や、洪水予警報の発令による避難の有無の判断が必要となる。しかしながら、費用的な問題や降雨情報の不足等の理由により、洪水予警報システムの整備が十分に進んでいない状況にある。

本共同研究では、水文データの乏しい地域において、迅速かつ効率的に洪水予警報システムの構築が可能となるよう、観測衛星からの降雨情報を活用した基盤的な総合洪水解析システム(IFAS)の開発を行った。このシステムでは、観測衛星による降雨情報を利用するとともに、モデル作成機能、流出解析エンジン、入出力インターフェース、結果表示機能を装備している。このシステムを利用することにより、一般的に気象水文観測が乏しい特徴を持つ発展途上国においても洪水予警報の発令に必要な流出計算が可能となり、効率的・効果的に洪水予警報整備が可能になると考えられる。

また本共同研究は、H17 年から 19 年度にかけ、独立行政法人土木研究所、社団法人国際建設技術協会、株式会社建設技術研究所、パシフィックコンサルタンツ株式会社、日本工営株式会社、株式会社ニュージェック、株式会社建設技研インターナショナル、八千代エンジニヤリング株式会社、いであ株式会社、国際航業株式会社及び株式会社東京建設コンサルタントにおいて実施された。

本報告書は、この共同研究により開発された総合洪水解析システム(IFAS)Ver1 について、その機能や操作方法の説明について、リファレンス編とマニュアル編として記載を行ったものである。

なお、本研究を進めるにあたり、京都大学椎葉充晴教授、国土交通省河川局河川計画課、独立行政法人国際協力機構、国際協力銀行、独立行政法人宇宙航空研究開発機構からは、貴重なご意見・ご指導を頂いた。また、本報告書をまとめるにあたり、国土交通省河川局、ラオス人民民主共和国気象水文省、フィリピン共和国気象庁のデータを利用させて頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。

共同研究参加者

以下に、本共同研究参加者の名前・参加時の役職を示す。なお、研究に参加したものの名前を示し、全てのものが研究期間全てを通じて研究に関与していたわけではない。

独立行政法人土木研究所	水災害研究グループ	グループ長	寺川　陽
		招聘研究員	中尾忠彦
	水文チーム	上席研究員	深見和彦
	水災害・リスクマネージメントチーム	前主任研究員	諏訪義雄
	水文チーム	研究員	杉浦友宣
		研究員	猪股広典
社団法人国際建設技術協会	研究第二部	前部長	梅田和男
		部長	伊藤和久
		上席調査役	解良一夫
		研究員	永井昌彦
株式会社建設技術研究所	東京本社	副本社長	兪　朝夫
	東京本社水システム部	部長	藤原直樹
		主幹	設楽昌弘
		主任	森山　智
		技師	矢島英明
パシフィックコンサルタンツ株式会社	国土保全技術本部	技術部長	浜口憲一郎
	空間情報センター	センター長	小泉　剛
			千葉晃史
日本工営株式会社	首都圏事業本部	副事業部長	高野　登
	中央研究所　総合技術開発部	主任研究員	中村　茂
		主任研究員	小川田大吉
株式会社ニュージェック	常務執行役員		岡本政明
	東京河川グループ　河川計画チーム	マネージャー	弘中貞之
		チームマネージャー	中西　太
	大阪河川グループ　河川計画第一チーム	チームリーダー	藤田　暁
株式会社建設技研インターナショナル	第二事業本部	副部長	森下甲子弘
	第一事業本部　水資源部		後藤俊宏
			中村和弘
			浜田祐一郎
			満倉　真
			池松　健
八千代エンジニヤリング株式会社	総合事業本部	総括副本部長	花岡憲男
	九州支店	支店長	才田　進
	総合事業本部　河川部	部長	北野真広

	河川部　技術第二課	課長	和田高宏
	技術推進本部　情報技術部	主幹	吉田武司
		技師	藤井純一郎
いであ株式会社	フロンティア事業本部	本部長	工藤徳人
	東京支社　水圏グループ	グループマネージャー	石川正人
	大阪支社　水圏グループ	グループマネージャー	杉山　知
	フロンティア事業本部情報・技術推進部	グループマネージャー	坂本俊二
国際航業株式会社	情報システム統括本部	副本部長	政木英一
	防災事業本部	部長	土方　聡
	事業開発本部	部長	八木英夫
	事業開発本部国土情報基盤事業推進部	グループ長	石井邦宙
	防災事業本部　防災企画部	技師	並川和敬
株式会社東京建設コンサルタント　環境防災部		部長	幸　弘美
		主任技師補	清水敬生
		上級技師	茂木鉄平

目次

はじめに
共同研究参加者

リファレンス編
1.開発の目的 …… Ⅰ-1
1.1 洪水予警報システム整備の必要性 …… Ⅰ-1
1.2 人工衛星の観測による降雨情報の利用 …… Ⅰ-1
1.3 Integrated Flood Analysis System (IFAS)の開発 …… Ⅰ-1
1.4 今後の開発について …… Ⅰ-2
2.計算エンジン(土研分布型モデル) …… Ⅰ-3
2.1 分布型モデルについて …… Ⅰ-3
2.2 土研分布型モデルの特徴 …… Ⅰ-3
2.3 各モデルの概要 …… Ⅰ-4
3.機能の紹介とケーススタディ …… Ⅰ-10
3.1 IFAS による流出解析モデルの特徴・適用範囲 …… Ⅰ-10
3.2 パラメータ設定 …… Ⅰ-13
3.3 計算結果の紹介 …… Ⅰ-27
4.データモデルの開発 …… Ⅰ-46
4.1 データモデル開発案の説明 …… Ⅰ-46
4.2 水文学的オブジェクトの設定 …… Ⅰ-55
4.3 水文学的オブジェクトの仕様 …… Ⅰ-68
4.4 ケーススタディー …… Ⅰ-84
4.5 最小構成による実証実験 …… Ⅰ-87
4.6 土研モデル ver2 の搭載 …… Ⅰ-92
4.7 結論 …… Ⅰ-96

マニュアル編
1.はじめに …… Ⅱ-1
1.1 開発の目的 …… Ⅱ-1
1.2 主な機能 …… Ⅱ-2
2.動作環境・インストール …… Ⅱ-3
2.1 動作環境 …… Ⅱ-3
2.2 座標系等 …… Ⅱ-3
2.3 インストール …… Ⅱ-4
3.ソフトフェアの全体構成 …… Ⅱ-7
3.1 ソフトウェア構成 …… Ⅱ-7

3.2　IFAS の操作方法 …… Ⅱ-10
3.3　プロジェクト管理 …… Ⅱ-15
4.各種データの取り込み …… Ⅱ-21
4.1　外部データの種類と特徴 …… Ⅱ-21
4.2　外部データの取り込み方法 …… Ⅱ-30
4.3　外部データの取り込み操作 …… Ⅱ-34
4.4　取り込んだデータの表示 …… Ⅱ-37
5.降雨データの取り込み …… Ⅱ-39
5.1　概要 …… Ⅱ-39
5.2　IFAS における降雨データの扱い方 …… Ⅱ-40
5.3　降雨データの取り込み方法 …… Ⅱ-46
5.4　降雨データの編集 …… Ⅱ-63
6.流出解析モデルの作成 …… Ⅱ-76
6.1　流出解析モデル作成の概要 …… Ⅱ-76
6.2　流域界の作成 …… Ⅱ-79
6.3　落水線作成 …… Ⅱ-84
6.4　パラメータの設定 …… Ⅱ-87
6.5　ダムによる洪水調節機能の設定 …… Ⅱ-94
7.計算の実施および計算結果の表示 …… Ⅱ-96
7.1　計算の実施 …… Ⅱ-96
7.2　計算結果の表示 …… Ⅱ-99

Integrated Flood Analysis System (IFAS) Ver1.0
リファレンス 編

1.開発の目的

1.1　洪水予警報システム整備の必要性

2005年1月に兵庫県神戸市で開催された国連防災世界会議において策定された兵庫行動枠組みの中で、「災害リスクを特定、評価、観測し、早期警報の仕組みを向上」することが最優先に取り組むべき行動の一つとして明記されたように、河川整備が必ずしも十分ではない諸国においては、迅速かつ効率的な洪水災害軽減対策として、洪水予警報システム整備への期待は高い。洪水予警報を実施するためには、上流側における雨量や水位情報を収集することが必須条件であるが、国の状況によっては、十分な観測所の設置が困難であったり、それら施設や機器の維持管理が十分に行き届かない、また、国境を越えて流れる国際河川の場合、上流側国の雨量や水位情報を入手するのが難しい、といった問題がある。このような状況の中で、人的被害を最小限に食い止めるためには、雨量計や水位計を活用しつつ生活地域周辺の水文観測値が示す危険レベルを住民に素早く伝える防災システムの普及を図ることや、地球観測衛星からの降雨情報を活用することで、地上の水文観測データに過度に依存しなくても流出計算および流出予測を可能とし、流域単位で洪水予警報システムの整備を図る方策が挙げられる。

本プログラム(Integrated Flood Analysis System (IFAS))は、この後者の方策を支援するものとして、地球観測衛星からの降雨情報を活用した流出計算システム・洪水予警報発令システムを目指して開発が行われている。

1.2　人工衛星の観測による降雨情報の利用

観測衛星からの降雨情報を活用し流出計算を行うためには、衛星観測データ入手し河川流域内の降雨量を把握するシステムの構築が必要となる。

観測衛星からのグローバルな降雨量情報は、既にインターネット上で無料で入手可能となっている。米国 NASA が提供する 3B42RT と呼ばれるプロダクトはその代表的なものであり、複数の衛星情報を活用しながら北緯 50 度～南緯 50 度の間の降雨量を約 25km メッシュ、3 時間単位という時空間解像度で降雨情報を提供している。また IFNet(International Flood Network)では、水防災担当者が使いやすいようにこのプロダクトを加工して、豪雨検知情報をメール等によって IFNet 加盟国の洪水予警報担当者に配信するとともに、インターネット上で日雨量および 3 日雨量の表示や 5 年および 10 年超過確率区域の表示を行っている。

この他にも様々なプロダクトがあり、現在ではインターネット上で観測衛星からのグローバルな降雨量情報を入手および利用することが可能となっている。

現状では、その配信の遅れ時間や時空間的な解像度などの課題があるものの、将来的には、衛星データからの降雨算出方法の開発や新たな観測衛星の打ち上げにより、時空間的な解像度や観測精度が向上し、衛星による降雨情報の利用が拡大するものと考えられる。

1.3　Integrated Flood Analysis System (IFAS)の開発

洪水予警報システムの整備が進まない要因として、前述のリアルタイムの降雨情報の欠如に加え、個別河川流域にあわせた洪水予警報システムを構築するために必要となる高いコストがある。またリアルタイムデータだけでなく過去の水文データがなければ、降雨-流出関係の同定が困難という課題もある。

これらに対し、そもそも流出計算は、個別の流域で観測地点や観測される雨量や流量の値は異なるものの、入出力データの項目や出力する値や図等は類似していることから、流出計算や洪水予報に必要と

なる共通的な入出力インターフェース、モデル作成モジュール等を準備することで、各河川流域への適用費用を削減することができると考えられる。また、流出計算に必要なパラメータについて、過去の水文データに依存して設定を行うのではなく、地形・地質・土壌・土地利用などの条件からパラメータの目安を設定できる分布型モデルを流出解析エンジンとして利用することが有効と考えられる。ただし、これらの情報を用いて分布型モデルのパラメータ設定を行うためには、別途 GIS 解析処理ソフトウェアを使うことなくパラメータ設定が可能となる GIS 解析機能を実装することが求められる。

以上のような考えに基づき、ICHARM では、(社)国際建設技術協会および民間コンサルタントとの共同研究により、H17 年度から Integrated Flood Analysis System (IFAS)の開発を行っている。

また、開発にあたっての設計コンセプトは以下の通りで、Integrated Flood Analysis System (IFAS)Ver1.0 の主な機能は、図-1.1 および別冊マニュアルに示す内容となっている。

①地上雨量だけでなく、観測衛星からの降雨情報を入力するインターフェースを装備することで、リアルタイム降雨データの入手が難しい河川流域でも、流出計算および洪水予測を可能とする。

②物理的な条件によってパラメータの目安の設定が可能な分布型モデルを採用し、過去の水文データが乏しい場合においても、流出計算および洪水予測を可能とする。また Ver1.0 では、分布型モデルとしてこれまで(独)土木研究所が開発を行ってきた「土研分布モデル」を採用する。

③最適な流出解析エンジンは各河川流域によって必ずしも同一ではないため、将来は様々な流出解析エンジンを実装できるようにオブジェクト指向モデリング手法を採用する。

④流出計算に必要とされる標準的な入出力インターフェースを装備するとともに、GIS 解析処理機能を有したモデル作成機能を装備する。

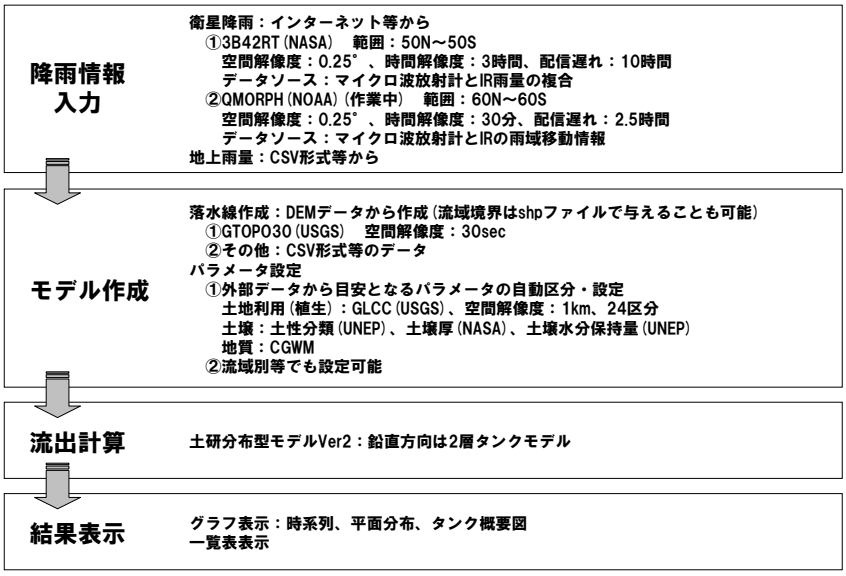


図-1.1　Integrated Flood Analysis System (IFAS)Ver1.0 の主な機能

1.4　今後の開発について

今後も観測衛星からの降雨情報を活用した流出計算システムとしての開発を継続する計画であり、操作性や処理速度の向上、時空間的な精度あるいは観測精度が向上した降雨情報の入力、精度の高い地形情報等の入力によるモデル作成機能の精度向上、他の流出解析エンジンの組み込み、氾濫計算機能の実装あるいは氾濫計算プログラムへのリンク等について機能追加を図っていく予定である。

2.計算エンジン(土研分布型モデル)

2.1　分布型モデルについて

流出モデルは、降雨を流量に変換するモデルを示し、大きく分布型と集中型に区分される。

集中型モデルは降雨と流出について応答関係を想定するもので、応答関係についてはブラックボックスであり、降雨と流出の関係を決めるためにいくつかの定数がある。定数は観測した降雨と流量により設定するか、類似の河川から定数を推定する。

分布型モデルには、物理分布型モデルと定数分布型がある。物理分布型モデルは、流出は降雨の流域内での移動現象としてとらえて、移動過程を浸透流式、一次元不定流式等により表現したものである。現在、完全に移動過程を物理式で表したモデルはないが、できるだけ物理式で表現したモデルとしてはいくつかのモデルが提案されている。一般に物理分布型モデルは、モデル化のために土壌、地質の特性、河道形状等の情報が必要で、また計算時間も長くなる。定数分布型モデルは、流域(一般的には一つのメッシュ)からの流出量算定には概念モデルを用い、計算時間を大幅に短縮させた洪水予測に適したモデルである。

2.2　土研分布型モデルの特徴

土研分布型モデルは、これまでに以下に示すようにVer1～Ver3までの開発が行われている。

Ver1：鉛直方向3タンク構造

Ver2：鉛直方向2タンク構造(洪水流出計算用として計算時間の短縮)

Ver3：低水流出計算用として蒸発散等を考慮

本プログラムでは、流出解析エンジンとして土研分布型モデル Ver2 を採用している。以下に、土研分布型モデルの特徴を示す。

(1) 各メッシュからの流出量は非線形タンクモデルを用いている。非線形特性は完全ブラックボックスではなく、表層の流れはManning則近似、浅層地下水流出は双曲線近似を用いている。

(2) モデルに関する定数は地形・土壌・地質・土地利用等のメッシュ情報を利用することにより、パラメータを一次推定できる。

(3) 貯留関数では洪水ごとに飽和雨量を変更して洪水の適合度を高めている。しかし、洪水前に飽和雨量を予測することは難しい。土研分布型モデルでは、2層非線形タンク構造を採用することにより、洪水ごとに定数を変更することを解消している。このため、これから発生するであろう洪水について飽和雨量などを推定する必要がなく、洪水予測モデルに適している。

(4) 貯留関数法を用いて洪水を再現すると、一般的に中小洪水での適合度が低い。貯留関数法は1層非線形モデルであるため、特性の違う大洪水と中小洪水を同一定数で合わせること難しい。土研分布型モデルでは2層非線形タンク構造を採用することにより、中小洪水における洪水の適合度が向上させている。

(5) 数値計算においては、差分式を解くために収束計算を用いていない。関数近似により時間積分解をあらかじめ求めておき、積分解を繰り返して求めることにより解析を実施している。このため、安定的にかつ高速数値計算が可能で、リアルタイムでの運用に適している。

(6) 河道追跡はKinematic　Waveモデルを採用し、時間遅れを思考錯誤なく計算できるようになっている。

また、土研分布型モデルVer2では鉛直方向を2タンクの構造としており、その概念を以下に示す。

表-2.1　モデルの構成

モデル	機能
表層モデル	地下浸透、表面流出、表面貯留、地表面からの蒸発
	早い中間流
地下水モデル	地下水流出
河道モデル	河道の流下

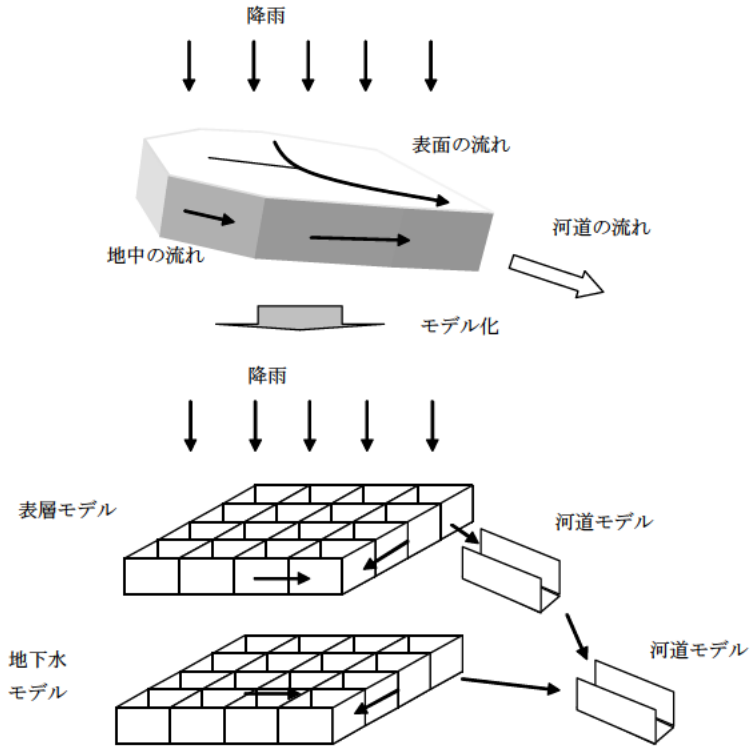


図-2.1　モデルの概要図

2.3　各モデルの概要

2.3.1　表層モデル

表層モデルは、入力としての雨量を表面流、早い中間流。地下浸透流に分離するモデルである。上から 1 番目の穴が表面流の穴で、2 番目の穴が早い中間流の穴で、下の穴が地下浸透の穴となっている。表面流は Manning 則が成り立つものとし、流出量は貯留高の 5/3 乗に比例するものとする。早い中間流は特に理論的根拠はないが貯留高に比例するものとする。地下浸透は Darcy 則に従うとし、浸透量は貯留高に比例するものとする。

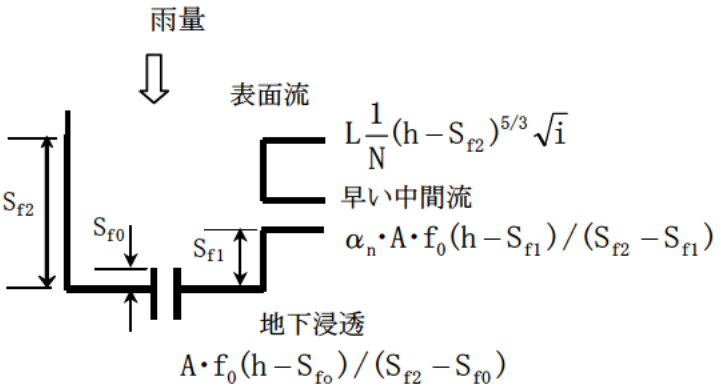


図-2.2　表層モデルの概念図

① $h \geqq S_{f2}$の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - Q_0 - Q_{sf} - Q_{ri} \quad \cdots\cdots (2.1)$$

② $S_{f1} \leqq h < S_{f2}$の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - Q_0 - Q_{ri} \quad \cdots\cdots (2.2)$$

③ $S_{f0} \leqq h < S_{f1}$の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - Q_0 \quad \cdots\cdots (2.3)$$

④ $h \leqq S_{f0}$の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R \quad \cdots\cdots (2.4)$$

ここに、R　：雨量　　Q_0：浸透モデルへの浸透量

Q_{sf}：表面流出量　　h：モデルの貯留高

S_{f2}：表面流の発生する高さ　　Q_{ri}：早い中間流出量

S_{f1}：中間流の発生する高さ　　S_{f0}：地下浸透の発生する高さ

地下浸透量はh＝S_{f2}で飽和透水係数と等しくなるとし、次のとおり。

$$Q_0 = \alpha_0(h - S_{f0})A \qquad \alpha_0 = f_0/(S_{f2} - S_{s0}) \quad \cdots\cdots (2.5)$$

ここに、f_0：最終浸透能

早い中間流は水深に比例するものとし、次のとおり。

$$Q_{ri} = \alpha_{ri} \cdot \alpha_0 \cdot (h - S_{f1})A \quad \cdots\cdots (2.6)$$

ここに、α_{ri}：係数

表面流の式は次のとおりである。粗度係数は等価粗度法のNと同じものと考える。

$$Q_s = \beta(h - S_{f2})^{5/3} \qquad \beta = 1/ni^{1/2}/L \quad \cdots\cdots (2.7)$$

ここに、ｎ：粗度係数

Ｌ：メッシュの長さ

2.3.2　地下水タンク

地下水モデルの構造は図-2.3のとおりである。横の穴の上から1番目は不圧地下水の穴で、2番目が被圧地下水の穴である。地下水の流出は被圧地下水がｈに比例し、不圧地下水がh^2に比例すると考える。

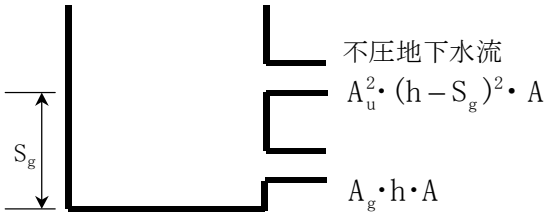


図-2.3　地下水モデルの概念図

①　ｈ≧S_gの場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_{g1} - Q_{g2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.8)$$

②　ｈ＜S_gの場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_{g1} - Q_{g2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.9)$$

ここに、Q_{in}：浸透モデルからの流入量　　ｈ：モデルの貯留高

Q_{g1}：不圧地下水流出量　　S_g：不圧地下水流出が発生する高さ

Q_g：被圧不圧地下水流出量

不圧地下水、被圧地下水の流出量は次のとおり。

$$Q_{in} = A_u^2 (h - S_g)^2 A \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.10)$$

$$Q_{g2} = A_g h A \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.11)$$

ここに、A_u、A_gはそれぞれ、不圧、被圧地下水位流出量に係る係数。

2.3.3　河道モデル

河道モデルの構造は図-2.4のとおりで、流出はManningの式に従うものとする。

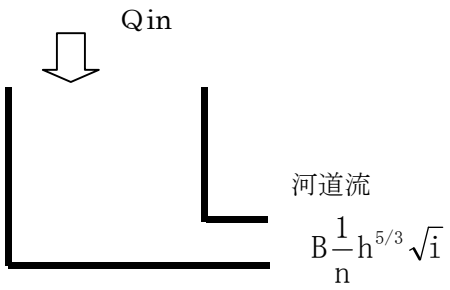


図-2.4　河道モデルの概念図

$$LB\frac{\partial h}{\partial t}=Q_{in}\text{-}Q_r \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.12)$$

ここに、Q_{in}：地下水モデル及び上流河道モデルからの流入量。

Q_r：河道流出量

L　：河道長

B　：河道幅

河道の流れはマニングの等流公式が成り立つとすると次のとおり。

$$Qr=1/nh^{5/3}i^{1/2}B \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.13)$$

河道幅（B）はレジューム理論から

$$B=cA^s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.14)$$

ここに、c，s：定数（sは一般に１以下である。）

と与える。モデルが流出を扱うものであるから、河道の流れ流出に与える影響は小さいと考えられる。

河道の時間遅れを考慮できるモデルで、基礎式は次のとおり。

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0 \quad Q=\frac{1}{n}Bh^{5/3}I^{1/2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.15)$$

ここに　Q：流量　A：断面積=Bh　h：水深　I：河床勾配　n：粗度係数

x：流下方向の座標　t：時間

解析は$\frac{\partial Q}{\partial t}+C\frac{\partial Q}{\partial x}=0$、$C=\frac{dQ}{dA}$として差分法で行う。

差分式は以下のとおりである。

$$\frac{1}{2\Delta t}\left(Q_i^{n+1}+Q_{i+1}^{n+1}-Q_i^n-Q_{i+1}^n\right)+\frac{C}{2\Delta x}\left(Q_{i+1}^n+Q_{i+1}^{n+1}-Q_i^n-Q_i^{n+1}\right)=0 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2.16)$$

ここに、Iは流下距離xのサフィックス、nは時間方向のサフィックス

$$Q_{i+1}^{n+1}=\frac{\left(\frac{1}{2\Delta t}+\frac{C}{2\Delta x}\right)Q_i^n+\left(\frac{1}{2\Delta t}-\frac{C}{2\Delta x}\right)Q_{i+1}^n+\left(-\frac{1}{2\Delta t}+\frac{C}{2\Delta x}\right)Q_i^{n+1}}{\frac{1}{2\Delta t}+\frac{C}{2\Delta x}} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2.17)$$

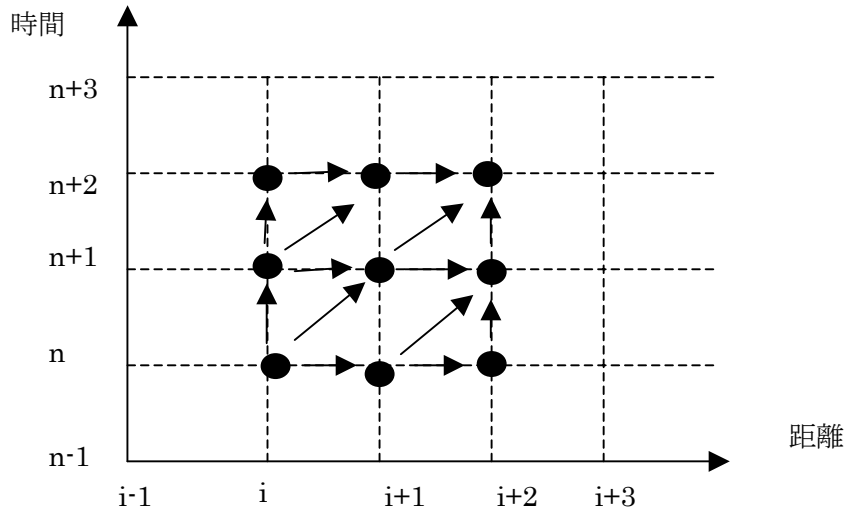


図-2.5 Kinematic Wave の差分法イメージ

本モデルでは、Δx=メッシュ長として、Δｔを小さくして計算できるようにしている。また、河道においては、複断面河道も計算できるようにしている。なお、本モデルでは、高水敷の流速は 0 として流量は低水路部分のみの断面で算定し、断面積は高水敷を含めた断面積として、高水敷があることによる貯留効果のみを考慮できる。また、高水敷を氾濫域とみなすことにより河道周辺の氾濫による貯留効果を考慮できる。

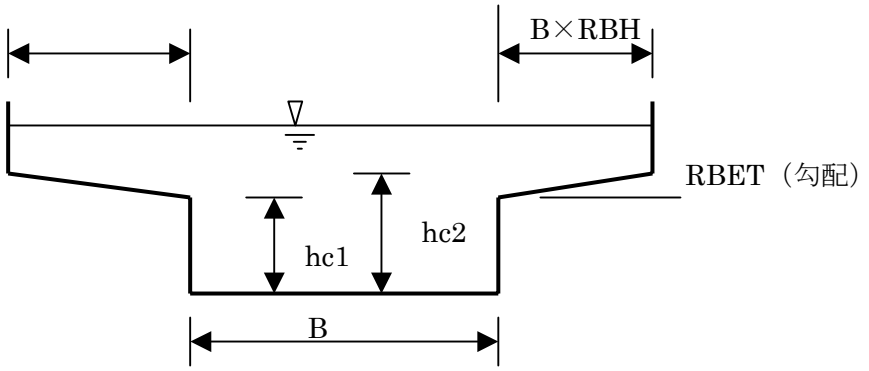


図-2.6 複断面河道の概念図

(1)B の設定

$B = RBW \cdot A^{RBS}$　　ここに B：川幅(m)　A：流域面積(km^2)　RBW,RBS：定数

(2)hc1 の設定

$hc1 = RHW \cdot A^{RHS}$　　ここに B：川幅(m)　A：流域面積(km^2)　RHW,RHS：定数

(3)hc2 の設定

$hc2 = RHW \cdot A^{RHS} + B \cdot RBH \cdot RBET$

(4)h≦hc1 のときの波速

$A = Bh$ であるから

$$C_0 = \frac{\frac{dQ}{dh}}{\frac{dA}{dh}} = \frac{\frac{5}{3}\frac{1}{n}Bh^{2/3}i^{1/2}}{B} = \frac{5}{3}\frac{1}{n}h^{2/3}i^{1/2} = \frac{5}{3}Q^{2/5}n^{-3/5}I^{3/10}B^{-2/5} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2.18)$$

(5)hc1≦h＜hc2 のときの波速

$A = Bh + RBET \cdot (h - h_{c1})^2$ であるから

$$C = \frac{\frac{dQ}{dh}}{\frac{dA}{dh}} = \frac{\frac{5}{3}\frac{1}{n}Bh^{2/3}i^{1/2}}{B + 2(h - h_{c1})/RBET} = \frac{B}{B + 2\left(\left(\frac{Qn}{BI^{1/2}}\right)^{3/5} - h_{c1}\right)/RBET}C_0 \quad \cdots \quad (2.19)$$

(6)hc2≦h のときの波速

$A = Bh + RBET \cdot (h_{c2} - h_{c1})^2 + 2B \cdot RBET(h - h_{c2})$ であるから

$$C = \frac{\frac{dQ}{dh}}{\frac{dA}{dh}} = \frac{\frac{5}{3}\frac{1}{n}Bh^{2/3}i^{1/2}}{B + 2B \cdot RBH} = \frac{1}{1 + 2RBH}C_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.20)$$

3.機能の紹介とケーススタディ

3.1　IFAS による流出解析モデルの特徴・適用範囲

3.1.1　流出解析モデルの特徴

流出解析モデルには、多くの種類(集中型・分布型等)があるが、IFAS では、分布型モデルである土木研究所モデル Ver.2(以下、土研モデル)を採用している。本モデルは、(1)表層モデル、(2)河道モデル、(3)地下水モデルから構成された鉛直方向 2 タンク構造のモデルである。

表層モデルでは、

(1)　表面流

(2)　早い中間流

(3)　地下浸透

河道モデルでは、

(1)　表層モデル、地下水モデル、支川からの流入

(2)　河道流

地下水モデルでは、

(1)　地下浸透

(2)　遅い中間流

(3)　基底流量

をそれぞれ計算することができる。

土研モデルは、洪水流出計算用に開発されたモデルで、主として Flush Flow を対象としており、計算時間が短いところに特徴がある。また、2 層非線形タンク構造を採用することにより、中小洪水における洪水の適合度が良く、洪水予測モデルに適している。土研モデルの選定理由は以下の通りである。

(1)同定しやすいモデルである。

(2)チューニングパラメータが少ない。

(2)計算時間が短く、フィードバック面で考えた場合有効性が高い。

(3)洪水波形の形を比較的よく再現できる。

(4)著作権が明確で、無償公開が容易である。

また、これまでの検討結果をもとに、各パラメータが GIS 情報に基づき推定でき、パラメータのデフォルト値が提示されていること、そしてパラメータは各グリッドおよび各サブ流域形状のブロックに与えるため流域内の空間的な不均一性の考慮が可能である点に特徴がある。特に、洪水流出への影響が大きいと考えられる表層タンクは、土地利用(GLCC)に応じてパラメータを設定している。

表-3.1　GLCC の凡例区分と IFAS 上での区分(開発時の区分案)

		GLCC の区分	IFAS の区分
1	100	Urban and Build-Up Land　市街地	市街地
2	211	Dryland Cropland and Pasture　乾燥耕作地・牧草地	湿地（田）
3	212	Irrigated Cropland and Pasture　灌漑耕作地・牧草地	
4	213	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture 混合乾燥地・灌漑耕作地	
5	280	Cropland/Grassland Mosaic　耕作地/モザイク草地	草地
6	290	Cropland/Woodland Mosaic　耕作地/モザイク森林	
7	311	Grassland　草地	
8	321	Shrubland　低木地	
9	330	Mixed Shrubland/Grassland　混合低木地/草原	
10	332	Savanna　サバンナ	
11	411	Deciduos Broadleaf Forest　落葉広葉樹林	森林
12	412	Decidous Needleleaf Forest　落葉針葉樹林	
13	421	Evergreen Broadleaf Forest　常葉広葉樹林	
14	422	Evergreen Needleleaf Forest　常葉針葉樹林	
15	430	Mixed Forest 混交林	
16	500	Water Bodies　水面	水面
17	620	Herbaceous Wetland　草本湿地	湿地（田）
18	610	Wooded Wetland　林湿地	
19	770	Barren or Sparsely Vegetated　荒原または疎林	草地
20	820	Herbanceous Tundra　草林ツンドラ	
21	810	Wooded Tundra　林土地ツンドラ	
22	850	Mixed Tundra　混合ツンドラ	
23	830	Bare Ground Tundra　裸地ツンドラ	
24	900	Snow or Ice　雪氷面	水・氷

3.1.2　IFAS で取り扱えるデータおよび結果表示方法

IFAS では、国内流域だけでなく地上の水文観測データが乏しい発展途上国を対象としており、水文データに依存することなく流出計算や洪水予測を可能にする洪水予警報システムの構築を図っている。そのため、地上データだけでなく地球観測衛星からの降雨情報および現状で利用可能な GIS 流域情報データを活用している。IFAS で利用可能な外部データは、次表の通りである。

表-3.2　利用可能な外部データ

区分	名称	作成元	グリッドサイズ	座標系	データ形式
DEM	GTOPO30	USGS	水平方向 30 秒（約 1km）間隔	水平方向 WGS84 鉛直方向　平均海面からメートル単位	各タイトルのデータは一組 8 つのファイルで提供される。
土地利用/植生/気象	WORLDCLIM	NatureServe	30 秒メッシュ（約 1km メッシュ）	水平方向　WGS84	bil フォーマット esri フォーマット
	GLCC	USGS EDS	1km 格子	測地系と楕円体に関しては ITRF94 と GRS80	ラスターデータ、バイナリーデータ
土壌/地質等	土性分類	UNEP/DEWA/GRID	1 度	北緯 90°　西経 180°を起点	GIF, BIL
	土性分類 土壌厚	GES DISC, NASA	1 度（111km）		
	土壌水分保持容量	UNEP/DEWA/GRID	1 度		GIF, BIL
	地質分類	CGWM		メルカトル図法	CD(Arc Info 形式)
降雨	3B42RT	NASA/GSFC	0.25°	WGS	binary
	QMORPH	NOAA/CPC	8km～0.5°	WGS	binary
地点雨量	CSV				

注：地点雨量としては、下記 2 種類のデータを読み込むことができる。

(1)WISEF で定義された地点雨量データファイル(Water Information Standard Exchange Format)

WISEF は、水情報標準交換フォーマットといわれる形式で、水文水質データベースに蓄積するための形式。IFAS では、その中の地点雨量のデータを読み込むことができる。

(2)IFAS で定義された地点雨量データファイル（CSV ファイル）を読み込むことができる。

計算結果については、平面図(ハイドログラフ)、時間制御コントロールを使用して、アニメーション(表層タンク水位・帯水層タンク水位・流出量・浸透量等)を表示することができる。また流域内の任意地点を選択すると、その地点より上流域の流量、その地点の雨量あるいはその地点より上流域の流域平均雨量を表示することができる(その地点の雨量とその地点より上流域の平均雨量はボタンにより選択可能)。

3.1.3　IFAS の適用範囲

現状で取り扱えるセルの上限値は、処理速度等の理由から 999,999 とし、IFAS の窪地処理の繰り返し回数についても制限を設けている(1,000 回)。この回数については、大流域等で計算を行う際には制約

となるが、計算エンジンの FORTRAN ファイルを書き換えることにより変更可能であり、今後プログラムの全体的な改良が行われ処理速度が改良された際には、変更を行う予定である。

本共同研究において、これまで IFAS を適用した流域は以下の通りである。

表-3.3　土研モデルの適用流域

	流域名	流域面積(km^2)
1	四十四田 (日本)	1,196
2	荒川上流域 (日本)	2,020
3	加古川 (日本)	1,730
4	早明浦 (日本)	472
5	Ping 川 (Thailand)	36,018
6	Pasig-Marikina 川 (Philippine)	499

3.1.4　IFAS の現状での課題

IFAS の現状での課題(取り扱えない素過程・取扱が難しい流域等)は、以下の通りである。

(1) 海外での大流域を対象とした場合、洪水到達時間が数日あるいは 1 週間以上と長くなり、蒸発散をモデルに組み込む必要がある。

(2) 積雪のある流域では、融雪のメカニズムをモデルに組み込む必要がある。

(3) ダム等の河川構造物の影響をモデルに組み込む必要がある。

(4) 衛星雨量は、地点雨量観測所の値と比較して多かったり少なかったりと、その傾向が一定していない。また、時間的なずれが生じることがある。そのため、衛星雨量はその精度にまだ問題があると考えられる。しかし、海外流域の山地に雨量観測所が無い場合には有益と考えられる。

(5) 3B42RT を使用する場合、インポートされた時系列データに欠測がある場合がある。時系列データが揃っていない状態で操作を進めると、データ補填機能を用いても演算できない。その場合、ダミーデータを作成し、時系列データを作成する必要がある。

(6) 流域の地形勾配が小さい、例えば河口デルタ地帯では、うまく落水線が引けないことがある。この場合には、背景図等と比較することにより手動で標高値を修正する必要がある。

(7) 流域作成について、現在の機能では全て選択しきれず、大流域になった際に操作性が悪い。

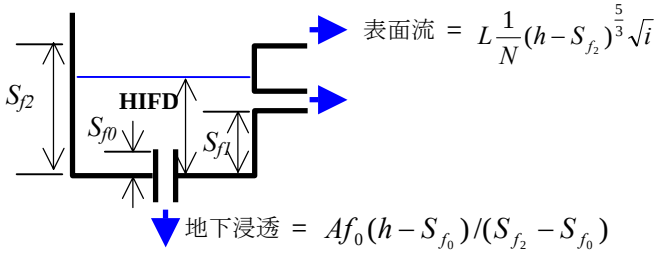
(8) 土研モデルでの流出計算自体は速いが、IFAS 内でのポストプロセッシングの影響で結果の表示までに時間がかかる。

3.2　パラメータ設定

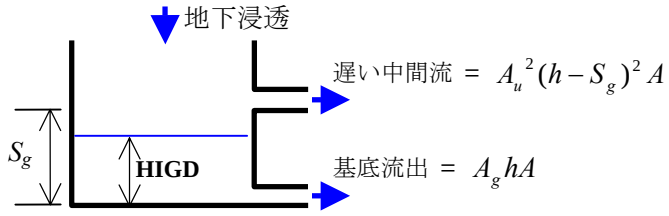
3.2.1　パラメータの解説

IFAS の流出解析エンジンは、土木研究所モデル Ver.2 を使用している。土研モデルは、表層モデル、地下水モデル、そして河道モデルの 3 つのモデルで構成されている。下図にモデルの概要および使用しているパラメータを示す。

【表層モデル】



【地下水モデル】



【河道モデル】

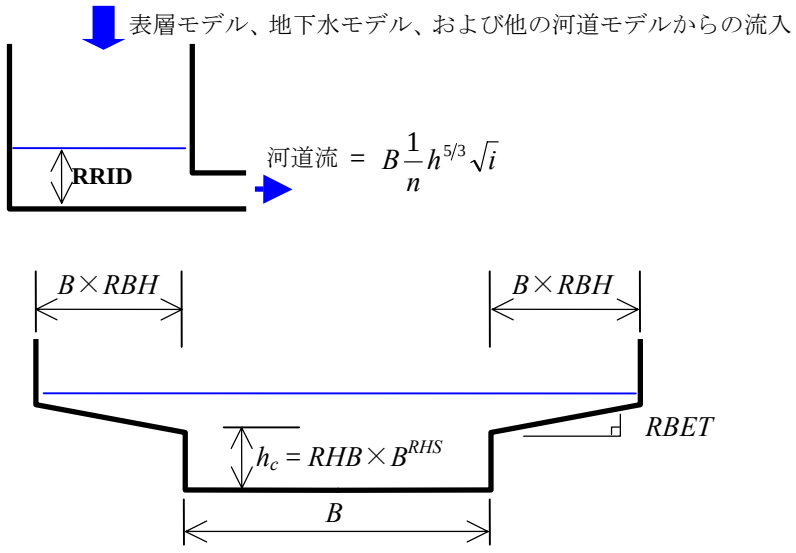


図-3.1　解析モデルおよびパラメータ（土研モデル Ver2）

下表にパラメータの概説を示す。

表-3.4　表層モデル　パラメーター覧

パラメータ	記号	表記	単位	概　説
最終浸透能	f_0	SKF	cm/s	この係数は、地下に浸透する流量を規定する。係数を大きくすると帯水層タンクの貯留高は大きくなり、表面流出量は低減する。既往の検討結果や文献より、土地利用別の最終浸透能のオーダーは概ね以下の通りとなる。 ・水田や市街地　10^{-4}～10^{-5} ・山林や自然林　10^{-3} ・活断層等　10^{-2}
最大貯留高	S_{f2}	HFMXD	m	表面流出が発生するときの貯留高。 表面流出が発生しにくい森林では値が大きく、表面流出が発生しやすい市街地では、値が小さくなる。
早い中間流出発生高	S_{f1}	HFMND	m	早い中間流が発生するときの貯留高
地下浸透発生高	S_{f0}	HFOD	m	地下水浸透が発生するときの貯留高。 S_{f0}以下の貯留高は流出しない。
地表粗度係数	N	SNF	$m^{-1/3}/s$	地表面の粗度係数。 GLCC 等のデータから土地利用を分類。
メッシュ長	L	－	m	解析モデルのメッシュ長。 IFAS では、標高モデルを取得する際に設定する。
早い中間流出規定係数	α_n	FALFX	無次元	早い中間流を規定する係数。 一次流出率程度とされている。日本の河川では、一次流出率の標準値は 0.5 である（貯留関数法）。また既往資料における日本の河川の一次流出率は、第 4 紀火山岩流域で 0.65 である。一次流出率は、地盤の飽和状況によって異なる。
初期貯留高	－	HIFD	m	表層モデルの初期貯留高。 洪水前の表層は乾燥状態を想定することから、初期貯留高は 0m を基本とする。

表-3.5　地下水モデル　パラメーター覧

パラメータ	記号	表記	単位	概　説
遅い中間流出規定係数	A_u	AUD	$(1/mm/day)^{1/2}$	遅い中間流を規定する係数。 なお、IFAS は洪水到達時間が 1 週間程度の洪水を対象とすることから、遅い中間流出を表現するためにこの係数を調整する。
基底流出係数	A_g	AGD	1/day	基底流量を規定する係数。 なお、IFAS は洪水到達時間が 1 週間程度の洪水を対象とすることから、洪水前流出を表現するためにこの係数を調整する。
遅い中間流出発生高	S_g	HCGD	m	遅い中間流が発生するときの貯留高。
初期貯留高	－	HIGD	m	地下水モデルの初期貯留高。 この値と A_g を用いて洪水前流出を設定する。なお、HIGD＞HCGD の場合は計算が安定しないため、HIGD≦HCGD とする。

表-3.6　河道モデル　パラメーター覧

パラメータ	記号	表記	単位	概　説
河道幅	B	-	m	河道幅 B はレジューム則により算定される。レジューム則は、河道幅は河川流量に応じて定まるという仮定に基づき考案された式である。 $B = c \times Q^s$ で表される。Q は流量である。
レジューム則の定数 c	c	RBW	無次元	レジューム則の定数 通常 c＝3.5～7
レジューム則の定数 s	s	RBS	無次元	レジューム則の定数 通常 s = 0.5
マニングの粗度係数	n	RNS	$m^{-1/3}/s$	河道の粗度係数。河道特性を考慮し設定。 n=1/M
河道初期水位	ー	RRID	m	河川の初期水位
帯水層タンク浸透量	ー	RGWD	1/day	河道タンクから帯水層タンクへの浸透量を規定。 IFAS は洪水到達時間が 1 週間程度の洪水を対象とすることから、河道タンクから帯水層タンクへの浸透量は 0 とする。
横断形状に関する係数	ー	RHW	無次元	低水路の河岸までの高さ h_c は、h_c=RHB×B^{RHS} で推定される。
同上	ー	RHS	無次元	低水路の河岸までの高さ h_c は、h_c=RHB×B^{RHS} で推定される。
同上	ー	RBH	無次元	高水敷幅を規定する値。 高水敷幅=B×RBH B はレジューム則により設定される河道幅
同上	ー	RBET	無次元	高水敷の横断方向の勾配
同上	ー	RLCOF	無次元	IFAS の地形モデルは正方形のメッシュで構成されるため、河川の長さはメッシュ長で設定される。ただし、河川が蛇行している場合は、河川の長さとメッシュ長が異なるため、RLCOF を用いて補正する。

3.2.2　パラメータ設定

ここでは、パラメータの設定方法について解説する。パラメータの設定にあったては、標準的なパラメータを初期値として与え、観測所の既往水文資料をもとにキャリブレーションを行い、最終的なパラメータを設定する。水文資料が十分に整理されていない地域においては、標準的な値を使用する。

次頁より、標準パラメータおよび各モデルのパラメータ設定方法について解説する。

表-3.7　流域データの有無とパラメータ設定

		水文観測データ	
		あ　り	な　し
河道データ	あり	・ 表層モデル・地下水モデルのパラメータの検証計算を行う。 ・ 河道パラメータの設定を行う。	・ 河道パラメータの設定を行う。 ・ 表層モデル・地下水モデルについて標準パラメータを用いる
	なし	・ 表層・地下水モデルのパラメータの検証計算を行う。 ・ 河道パラメータは標準値を用いる。	・ 全モデルにおいて標準パラメータを用いる

水文観測データ：流量算出地点における、時間流量データ。*H-Q* 式が整備されており、水位から流量が算定できる場合は、時間水位データ。

河道データ：横断測量図面や平面図、現地写真等。川幅や河道内の状況（粗度係数設定等に使用）が判読できる資料

(1) 標準パラメータ

標準パラメータとは、パラメータ検証の初期値として、また、実績洪水がなくパラメータの検証が行えない流域の計算に用いる標準的なパラメータとして、IFAS 開発時にテストケースを基に設定されたものである。標準パラメータにより、定数検証を行わなくても概ね妥当な流出計算結果が得られることが期待できるが、洪水痕跡資料や計算対象周辺の比流量(流出量/流域面)等を用いたチェックを行い、結果の妥当性を確認することが望ましい。

次頁に標準パラメータおよび各テスト流域における洪水再現パラメータを示す。

表-3.8　表層モデル　標準パラメータ案

流域	区分	SKF (cm/s)	HFMXD (m)	HFMND (m)	FHOD (m)	SNF ($m^{-1/3}/s$)	FALFX (無次元)	HIFD (m)
標準案	**森林**	**5.0E-04**	**0.1**	**0.01**	**0.005**	**0.7**	**0.8**	**0**
	草原	**2.0E-05**	**0.05**	**0.01**	**0.005**	**2**	**0.6**	**0**
	湿地(田)	**1.0E-05**	**0.05**	**0.01**	**0.005**	**2**	**0.5**	**0**
	市街地	**1.0E-06**	**0.001**	**0.0005**	**0.0001**	**0.1**	**0.9**	**0**
	水・氷							
四十四田 (日本)	水部	1.0E-06	0.02	0.01	0.005	2	0.1	0
	水田	1.0E-05	0.05	0.01	0.005	2	0.2	0
	沖積	1.0E-04	0.02	0.01	0.005	0.5	0.6	0
	その他	3.0E-04	0.1	0.01	0.005	0.7	0.5	0
Ping川 (Thailand)	森林(中)	2.0E-04	0.065	0.015	0.005	0.6	0.2	
	森林(小)	1.5E-04	0.08	0.015	0.005	0.6	0.3	
	灌木林(中)	2.0E-04	0.06	0.01	0.005	0.6	0.4	
	灌木林(小)	1.5E-04	0.07	0.01	0.005	0.6	0.5	
	サバナ(中)	8.0E-05	0.045	0.01	0.005	0.6	0.4	
	サバナ(小)	6.0E-05	0.05	0.01	0.005	0.6	0.5	
	畑水田	2.0E-05	0.02	0.01	0.005	3	2	
	市街地	1.0E-05	0.01	0.01	0.005	0.1	1	
荒川 (日本)	都市部	1.0E-10	0.0001	0.00009	0.00008	1.1	0.5	0
	水田	1.0E-10	0.0001	0.00009	0.00008	1.1	0.5	0
	その他	3.0E-04	0.11	0.03	0.00008	0.5	2	0.01
加古川 (日本)	都市部	1.0E-10	0.0001	0.00009	0.00008	1.1	0.5	0
	水田	1.0E-10	0.0001	0.00009	0.00008	1.1	0.5	0
	その他	1.0E-04	0.11	0.035	0.00008	0.5	14	0.01
Pasig-Marikina川 (Philippine)	水田	1.0E-05	0.05	0.01	0.005	2	0.2	0
	市街地	3.0E-05	0.025	0.002	0.001	0.1	0.3	0
	山林	6.0E-04	0.1	0.01	0.005	0.7	0.7	0
	その他	2.0E-04	0.05	0.005	0.002	0.6	1.2	0
早明浦 (日本)		2.2E-04	0.02	0.01	0.005	0.6	1.7	0

表-3.9　地下水モデル　標準パラメータ案

流　域	AUD $(1/mm/day)^{1/2}$	AGD (1/day)	HCGD (m)	HIGD (m)
標準案	**0.1**	**0.003**	**2**	**2**
四十四田（日本）	0.05	0.001	1	1
Ping川（Thailand）	0.08	0.018	0.3	
荒川（日本）	0.15	0.0001	1	0.93
加古川（日本）	0.15	0.0001	0.9	0.9
Pasig-Marikina川（Philippine）	0.008	0.0001	1	1
早明浦（日本）	0.4	0.01	1	1

表-3.10　河道モデル　標準パラメータ案

流　域	集水セル	RBW (無次元)	RBS (無次元)	RNS $(m^{-1/3}/s)$	RRID (m)	RGWD (1/day)	RHW (無次元)	RHS (無次元)	RBH (無次元)	RBET (無次元)	RLCOF (無次元)
標準案		**7**	**0.5**	**0.035**	**0.2**	**0**	**9999**	**1**	**0.5**	**0.05**	**1.4**
四十四田（日本）	0～19	6	0.5	0.07	0.2	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
	20～39	7	0.5	0.05	0.2	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
	40～	8	0.5	0.035	0.2	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
Ping川（Thailand）			0.5	0.035							
荒川・加古川（日本）	0～19	6	0.5	0.07	0	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
	20～39	7	0.5	0.05	0	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
	40～	8	0.5	0.035	0.1	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
Pasig-Marikina川（Philippine）	0～19	5	0.5	0.07	0.2	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
	20～99	10	0.5	0.05	0.2	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
	100～	20	0.5	0.035	0.2	0	0.5	0.2	2	0.05	1.4
早明浦（日本）		1	0.5	0.07	0.2	0	0.2	0.2	2	0.05	1.4

簡略化するためにセル数に応じて区分しない(もともとセル数に応じて川幅の計算はする)
RHW を 9999 として単断面とする

(2) 表層モデル・地下水モデルのパラメータ設定

ここでは、表層モデル・地下水モデルのパラメータ設定方法について述べる。パラメータは、計算によって得られる洪水流出波形が実測値を再現できるように、トライアンドエラーによって設定する。下表にパラメータの設定方針を示す。

表-3.11　表層モデル・地下水モデルのパラメータ設定方針

表層モデル

パラメータ	記号	表記	単位	設定方針
最終浸透能	f_0	SKF	cm/s	トライアンドエラーで設定する。
最大貯留高	S_{f2}	HFMXD	m	トライアンドエラーで設定する。
中間流出発生高	S_{f1}	HFMND	m	トライアンドエラーで設定する。
地下浸透発生高	S_{f0}	HFOD	m	トライアンドエラーで設定する。
地表粗度係数	N	SNF	$m^{-1/3}/s$	値は等価粗度係数を参考にする。 土地利用は GLCC 等により分類。 参考　等価粗度係数(N) 土地利用形態 / 標準値 水　面：0.0 水　田：2.0 山　林：0.7 丘陵、放牧地、公園、ゴルフ場、畑地：0.3 市街地：0.03 市街化程度 1°：区間割，道路整備ができるが相当裸地面積が残る。排水路整備済。：0.1 市街化程度 2°：道路舗装がかなり進む。下水路整備不十分。：0.05 市街化程度 3°：舗装されるべき面積の 50%以上が舗装され、下水路整備もほぼ十分。：0.01 市街化程度 4°：舗装されるべき面積の舗装完了。下水路整備完了。：0.005 出典）橋本他　土地利用を評価する流出モデル，土木技術資料，1977：水面を新たに追加
メッシュ長	L	－	m	解析モデルのメッシュ長
中間流規定係数	α_n	FALFX	無次元	トライアンドエラーで設定する。
初期貯留高	－	HIFD	m	0m を基本とする。

地下水モデル

パラメータ	記号	表記	単位	解　説
不圧地下水流出係数	A_u	AUD	$(1/mm/day)^{1/2}$	トライアンドエラーで設定する。
被圧地下水流出係数	A_g	AGD	1/day	トライアンドエラーで設定する。
不圧地下水流出高	S_g	HCGD	m	トライアンドエラーで設定する。
初期貯留高	－	HIGD	m	トライアンドエラーで設定する。

ここでは各パラメータの調整より、洪水波形がどのように変化するか解説する。対象箇所を下図に示す。

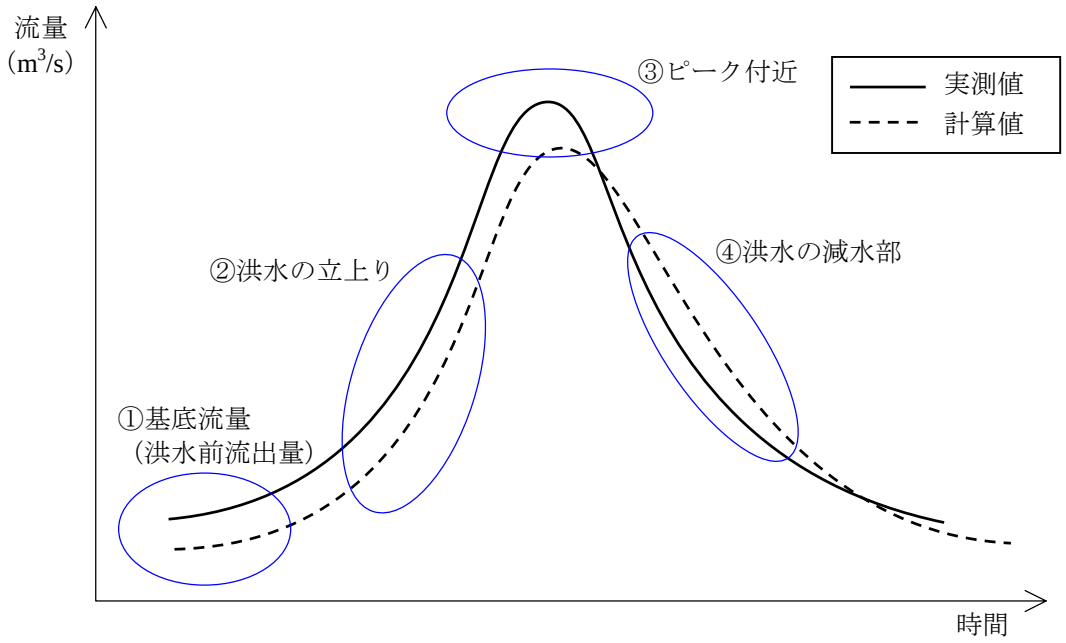


図-3.2　洪水波形の修正箇所とパラメータ

①基底流量（洪水前流出量）

洪水前流出量は、地下水モデルのパラメータを修正する。洪水前流出量は、無降雨の状態における流域からの流出である。流出量は、地下水タンクの初期貯留高 HIGD および基底流量を規定する係数 A_g(AGD)に依存する。

洪水前流出量を大きくする場合は、HIGD、AGD の値を大きくする。なお、初期値である HIGD を S_g(HCGD)より大きくすると計算開始時点から遅い中間流出が発生し、計算が不安定になることから、HIGD≦S_g（HCGD）とする。

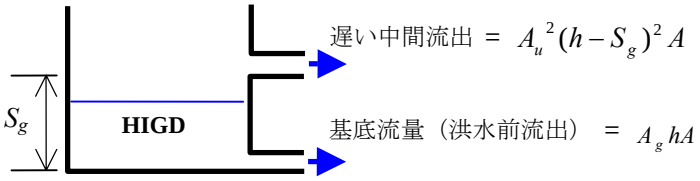


図-3.3　基底流量（洪水前流出量）の設定

［参考］

HIGD および S_g(HCGD)の設定にあたっては、降雨を 0 として計算を行い、その計算結果と観測流量の比較を行い、パラメータを設定する方法がある。無降雨の状態で計算を実施した場合、地下水タンクの水(HIGD＞0)は時間の経過とともに流末に辿り着くことから、流出量は緩やかに増加し、その後、下流端の水が抜けていくにつれ、0 に近づく。

無降雨条件で計算を行う際の計算時間については、実流域の無降雨期間が一つの目安となる。日本国

内の事例から、経験的に 1～2 週間程度の計算時間で流量は安定する。

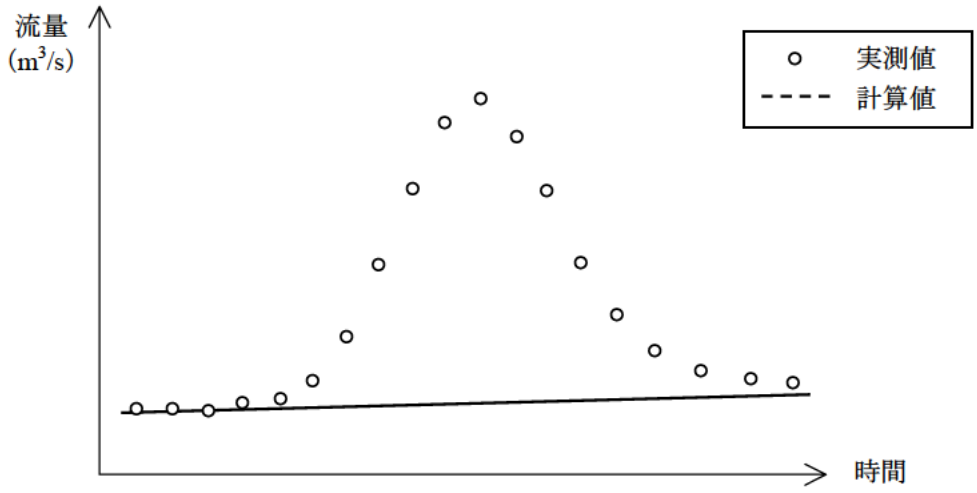
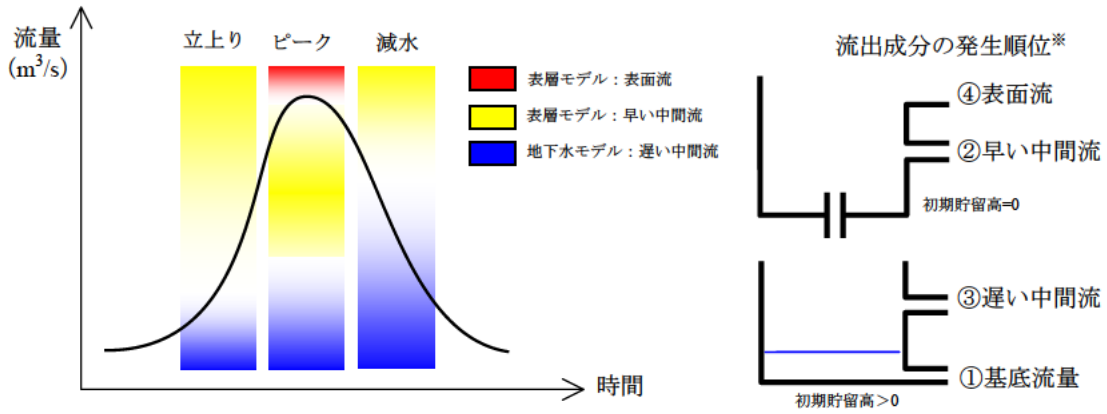


図-3.4　無降雨条件での流出波形

②立上り部

タンクモデルにおいては、上段のタンクからの流出の方が下段からのタンクからの流出より早く発生する。これは構造上、下段タンクの流出は、上段タンクから地下浸透によって水が供給された後に発生するためである。下図は洪水波形の各部と流出成分の構成比率のイメージを示したものである。立上り部分の流出は、流出の早い“早い中間流”が主となる。逆に洪水後半の減水部の流出は、地下水タンクの貯留高が増加していることから“遅い中間流”、による流出が主となる。洪水波形を実績値に合わせる場合は、タンクモデルの構造上の特性を理解し、パラメータを検証する必要がある。



※地下水タンクへの浸透能 f_0（SKF）を大きくし、遅い中間流出を早く発生させることも可能。また、浸透能を小さくすることで表面流出を早く発生させることも可能

図-3.5　流出成分の構成比（イメージ）

立上り部分の流出は、主に表層モデルの早い中間流に依存する。そこで立上り部の波形を修正するために、表層の流出成分に関わるパラメータを修正する。

立上りの流出量を大きくしたい場合は、以下のパラメータを調整する。

・f_0（SKF）の値を小さくし、表層モデルの貯留高を大きくする。

・S_{fl}（HFMND）の値を小さくし、早い中間流出を発生しやすくする。

・α_n（FALAX）の値を大きくし、早い中間流出量を増やす。

なお、表層モデルの流出量を増やすと、地下水モデルの貯留高が減少するため、洪水減水部の波形が小さくなる。

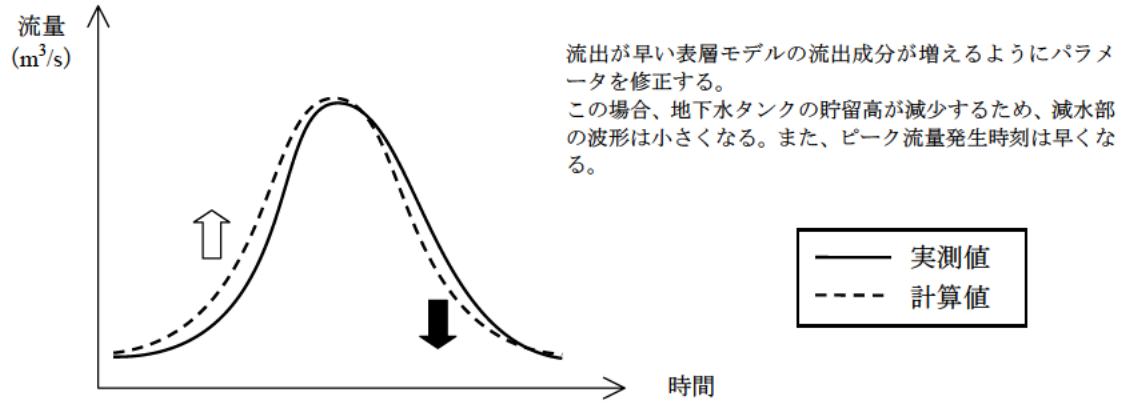
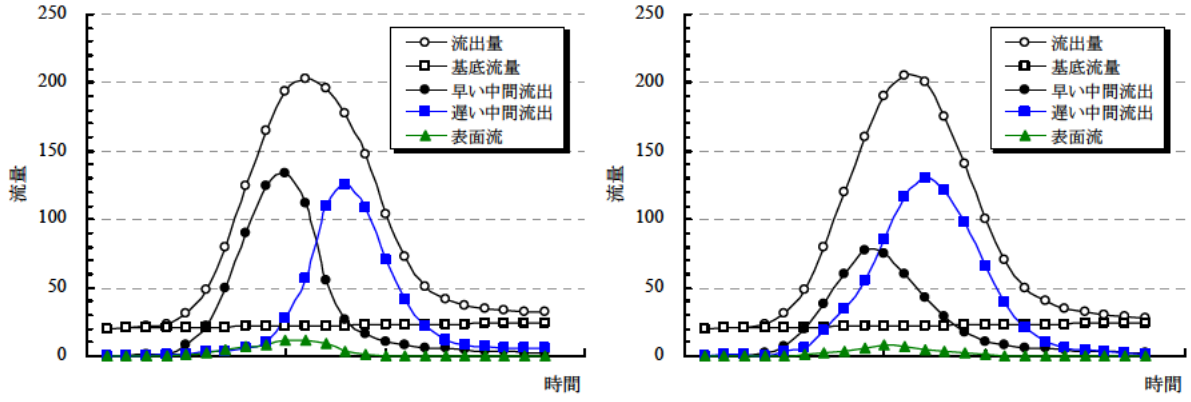


図-3.6　立上り部分の修正（増加させる場合）

③ピーク流量付近

計算流量は、表層モデル(早い中間流と表面流)、地下水モデル(基底流と遅い中間流)から流出成分の合計であり、ピーク流量を大きくするためには、それぞれの流出成分のピークが一致するように、各パラメータをトライアンドエラーする必要がある。

ピーク流量は、流出成分の構成が大きく異なる場合においても流量ピーク値が概ね再現されることがある。下図の(a)は、早い中間流出が大きい場合の計算結果、(b)は遅い中間流出が大きい場合の結果である。立上り部分と減水部分の波形は異なるが、ピーク流量値はほぼ同じ値となる。洪水予報を行う場合は、立上り部分の再現性が重要であることから、ピーク流量を算定する際は、立上り部分の再現性が良いパラメータを最終値として採用する。



(a)早い中間流出＞遅い中間流出　　(b)早い中間流出＜遅い中間流出

図-3.7　ピーク流量再現時の留意点

④減水部

減水部については、流出の遅い地下水モデルの流出成分に依存する。減水部の流出量を大きくする場合は、以下のパラメータを調整する。

- S_{fl}(HFMND)の値を大きくし、早い中間流出を発生しにくくする。
- f_0(SKF)の値を大きくし、地下水モデルの貯留高を大きくする。
- AUD の値を大きくし、遅い中間流の流出量を大きくする。

なお、地下水モデルの流出量を増やすために地下水貯留高を大きくする設定を行うと、表層モデルの貯留高が減少するため、立上り部の波形が小さくなる。

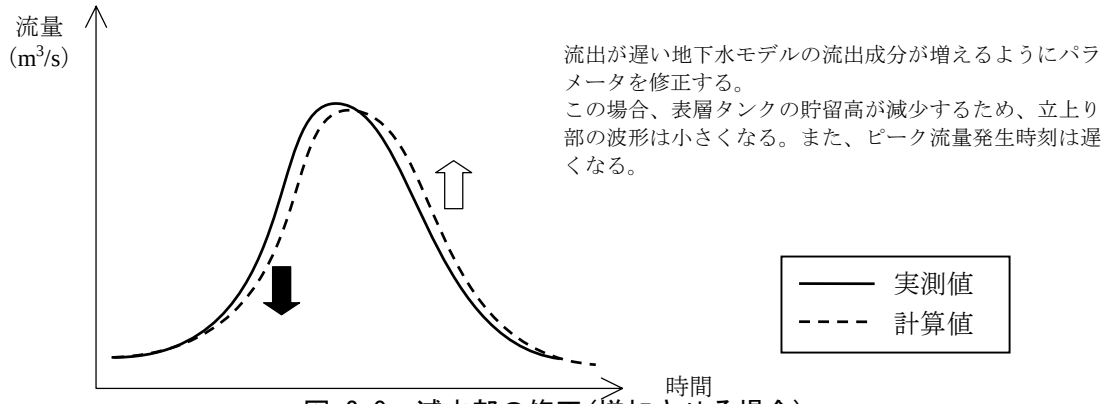


図-3.8　減水部の修正(増加させる場合)

下表に、各パラメータの特性を示す。なお、これらの特性は定性的なものであり、各タンクの貯留高の状態や地形によっては異なる特性を示す場合もある。

表-3.12　表層モデル・地下水モデルのパラメータ特性一覧

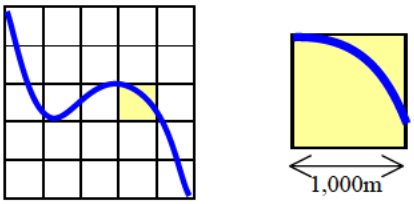
パラメータ	記号	表記	定数変化	特　性
最終浸透能	f_0	SKF	大	地下水タンクの貯留高が増加する。 地下水タンクからの流出量を増やせるため、減水部の波形を大きくする場合やピーク付近を遅らせる場合に有効である。
			小	表層タンクの貯留高が増加する。 表層タンクからの流出量を増やせるため、立上り部の波形を大きくする場合やピーク付近を早める場合に有効である。
最大貯留高	S_{f2}	HFMXD	大	表面流出量の発生が遅くなる。 ピーク流量が小さくなるか否かはタンクからの流出量と地形・土地利用に依存する。
			小	表面流出量の発生が早くなる。 ピーク流量が大きくなるか否かはタンクからの流出量と地形・土地利用に依存する。
早い中間流出発生高	S_{f1}	HFMND	大	立上り部の波形は小さくなる。 ピーク流量の発生が遅くなる。
			小	立上り部の波形は大きくなる。 ピーク流量の発生が早くなる。
地下浸透発生高	S_{f0}	HFOD	大	波形全体が小さくなる。 流出成分に変換されない水量が増える。
			小	波形全体が大きくなる。 0 にした場合、降雨は全て流出成分へ変換される。
地表粗度係数	N	SNF	大	表面流出の速度が遅くなる。 ただし、ピーク流量が小さくなるか否かはタンクからの流出量と地形・土地利用に依存する。
			小	表面流出の速度が早くなる。 ただし、ピーク流量が大きくなるか否かはタンクからの流出量と地形・土地利用に依存する。
メッシュ長	L	－	大	－
			小	－
早い中間流出規定係数	α_n	FALFX	大	立上り部の波形が大きくなる。
			小	立上り部の波形が小さくなる。
表層タンク初期貯留高	－	HIFD	大	－
			小	－
遅い中間流出規定係数	A_u	AUD	大	減水部の波形が大きくなる。
			小	減水部の波形が小さくなる。
基底流出係数	A_g	AGD	大	基底流出量が大きくなる。
			小	基底流出量が小さくなる。
遅い中間流出発生高	S_g	HCGD	大	減水部の波形は小さくなる。 ピーク流量発生が遅くなる。
			小	減水部の波形は大きくなる。 ピーク流量発生が早くなる。
地下水タンク初期貯留高	－	HIGD	大	基底流出量が大きくなる。
			小	基底流出量が小さくなる。

(3) 河道パラメータ設定値

ここでは、河道パラメータの設定方法について解説する。河道パラメータは河道特性をもとに設定し、洪水波形の調整には使用しないことを基本とする。これは、河道パラメータを固定的に扱うことで、パラメータ検証作業を繁雑にしないためである。

河道特性は現地踏査や地形図、航空写真等で把握する。

表-3.13　河道モデルのパラメータ設定方針

<table>
<tr><th>パラメータ</th><th>記号</th><th>表記</th><th>単位</th><th>設定方針</th></tr>
<tr><td>河道幅</td><td>B</td><td>-</td><td>m</td><td>河道幅 B はレジューム則により算定する。
$B = c \times Q^s$　　Q:流量</td></tr>
<tr><td>レジューム則の定数 c</td><td>c</td><td>RBW</td><td>m</td><td>河道特性から設定。任意の流量に対する河道幅（=水面幅）から C を調整する。
c=3.5～7</td></tr>
<tr><td>レジューム則の定数 s</td><td>s</td><td>RBS</td><td>無次元</td><td>0.5 を基本とする。</td></tr>
<tr><td>マニングの粗度係数</td><td>n
(=1/M)</td><td>RNS</td><td>$m^{-1/3}/s$</td><td>河道特性から設定する。
参考-　河川や水路の状況と粗度係数の範囲
<table>
<tr><th colspan="2">河川や水路の状況</th><th>マニングの
n の範囲</th></tr>
<tr><td rowspan="8">人工水路・改修河川</td><td>コンクリート人工水路</td><td>0.014～0.020</td></tr>
<tr><td>スパイラル半管水路</td><td>0.021～0.030</td></tr>
<tr><td>両岸石張小水路(泥土床)</td><td>0.025(Ave.)</td></tr>
<tr><td>岩盤掘放し</td><td>0.035～0.050</td></tr>
<tr><td>岩盤整正</td><td>0.025～0.040</td></tr>
<tr><td>粘土性河床、洗掘のない程度の流速</td><td>0.016～0.022</td></tr>
<tr><td>砂質ローム、粘土質ローム</td><td>0.020(Ave.)</td></tr>
<tr><td>ドラグライン掘しゅんせつ、雑草少</td><td>0.025～0.033</td></tr>
<tr><td rowspan="8">自然河川</td><td>平野の小水路、雑草なし</td><td>0.025～0.033</td></tr>
<tr><td>平野の小水路、雑草、灌水有り</td><td>0.030～0.040</td></tr>
<tr><td>平野の小水路、雑草多、レキ河床</td><td>0.040～0.055</td></tr>
<tr><td>山地流路、砂利、玉石</td><td>0.030～0.050</td></tr>
<tr><td>山地流路、砂利、大玉石</td><td>0.040 以上</td></tr>
<tr><td>大流路、粘土、砂質床</td><td>0.018～0.035</td></tr>
<tr><td>大流路、レキ河床</td><td>0.025～0.040</td></tr>
</table>
出典）建設省河川局監修「河川砂防技術基準(案)調査編」</td></tr>
<tr><td>河道初期水位</td><td>－</td><td>RRID</td><td>m</td><td>平水位を元に設定する。</td></tr>
<tr><td>帯水層タンク浸透量</td><td>－</td><td>RGWD</td><td>1/day</td><td>0 を基本とする。</td></tr>
<tr><td>横断形状に関する係数</td><td>－</td><td>RHW</td><td>無次元</td><td>河道特性から設定する。</td></tr>
<tr><td>同上</td><td>－</td><td>RHS</td><td>無次元</td><td>河道特性から設定する。</td></tr>
<tr><td>同上</td><td>－</td><td>RBH</td><td>無次元</td><td>河道特性から設定する。</td></tr>
<tr><td>同上</td><td>－</td><td>RBET</td><td>無次元</td><td>河道特性から設定する。</td></tr>
<tr><td>同上</td><td>－</td><td>RLCOF</td><td>無次元</td><td>地形図およびメッシュ図から設定する。
例）メッシュ長 L が 1,000m の場合、1 メッシュの河川長は 1000m となる。実際は 1 メッシュ内の河川長が 1000m より長い場合があるため，係数補正を行う。
 
</td></tr>
</table>

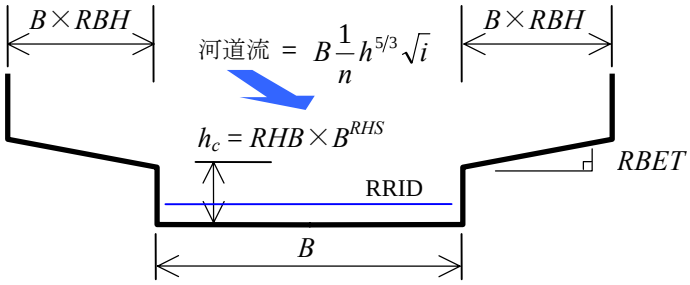


図-3.9　河道モデルのパラメータ

河道パラメータは、集水セルの範囲を定めることで複数与えることができる。例えば、河道モデルに流入する集水セルの範囲を 0～100、101～200 とした場合、集水セル数の少ない河道上流部と集水セルの大きい河道下流部のパラメータを個別に与えることができる。

3.3　計算結果の紹介

前節までの IFAS の特徴・適用範囲、およびパラメータ設定等を踏まえ、本節では、IFAS を適用した計算事例を紹介する。

なお、今回対象とした流域は、下記のとおりである。

表-3.14　計算事例の対象流域

No.	対象流域	降雨種別	対象洪水	比較地点
1	加古川流域 （兵庫県）	①3B42RT ②テレメータ	①1999/6 ②2002/7 ③2003/7 ④2004/10 ⑤2006/7	①船町 ②板波（いたば）
2	吉野川・早明浦ダム流域 （高知県・愛媛県・香川県・徳島県）	①3B42RT ②テレメータ	①2004/8 ②2004/10 ③2005/9 ④2007/7	早明浦ダム地点
3	Pasig-Marikina 川流域 （フィリピン国）	①3B42RT ②テレメータ	①2004/8 ②2004/11	St.Nino 地点
4	NamNgum 川流域 （ラオス川）	①3B42RT ②テレメータ	2003/8	Naluang 地点

［参考］

【標準パラメータ】

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層パラメータ	1	0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0
	2	0.00002	0.05	0.01	0.005	2	0.6	0
	3	0.00001	0.05	0.01	0.005	2	0.5	0
	4	0.000001	0.001	0.0005	0.0001	0.1	0.9	0
	5	0.00001	0.05	0.01	0.005	2	0.5	0

	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
帯水層	1	0.1	0.003	2	2

	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
河道	1	7	0.5	0.035	0.2	0	9999	1	0.5	0.05	1.4

3.3.1　加古川流域の事例

①加古川の概要

加古川は、但馬地域と播磨地域の境界に連なる山地の北部に位置する粟鹿山（青垣町）に源を発し、途中篠山川、杉原川、東条川、万願寺川、美嚢川等を合わせながら滝野町、小野市、加古川市等を貫流し瀬戸内海播磨灘に注ぐ幹川流路延長約 96km の河川である。

加古川市の流域は 9 市 13 町にまたがっており、その面積は約 1,730km^2 で兵庫県の約 21%を占め、播磨地域において最大の河川である。

②流域図・比較地点位置図

加古川流域における流域図・流量比較地点を右図に示す。

なお、加古川流域は標高差が少なく、落水線作成にあたり高低差のみでは流域界を特定することが困難なため、システム使用時には予め流域界を与えた後、落水線を作成した。

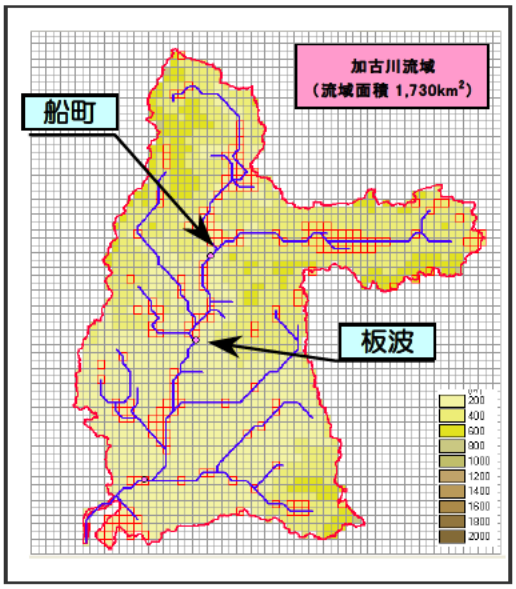


図-3.10　加古川流域図・流量比較地点位置図

③土地利用図

加古川流域における土地利用図を以下に示す。上流部は森林、中下流部では水田・耕作地の利用がなされている。

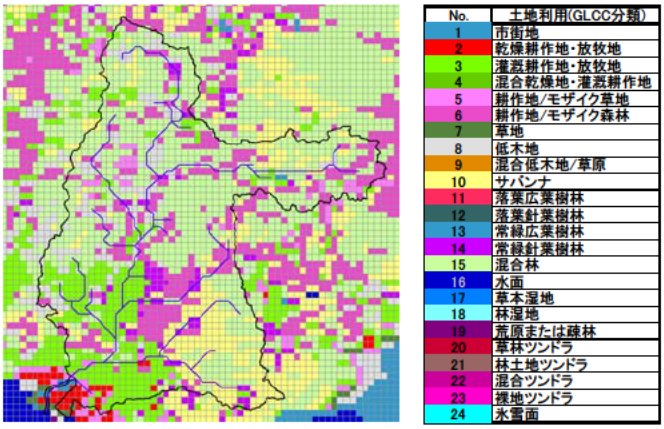


図-3.11　加古川流域・土地利用図

④演算条件

表-3.15　演算条件

	項　　目	内　　容
1	流域データ範囲	左下：(34° N 42′ 41″, 134° E 43′ 47″) 右上：(35° N 19′ 38″, 135° E 25′ 38″)
2	セルサイズ	1 km
3	演算時間間隔	1 hr
4	地形標高データ	GTOPO30
5	土地利用データ	GLCC
6	対象洪水	①1999/6, ②2002/7, ③2003/7, ④2004/10, ⑤2006/7
7	降雨データ	①3B42RT(3B42RT.*.bin) ②テレメータ(水質水文 DB CSV データ)

⑤パラメータ

表-3.16　計算に用いたパラメータ

【テレメータ調整パラメータ】

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層パラメータ	1	0.0001	0.11	0.035	0.002	0.5	5.5	0.01
	2	1.00E-09	0.0001	0.00009	0.00008	1.1	0.5	0
	3	1.00E-09	0.0001	0.00009	0.00008	1.1	0.5	0
	4	0.0001	0.002	0.01	0.005	1.1	0.1	0
	5	0.001	0.03	0.035	0.005	0.7	2.5	0

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.5	0.001	2	2

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	7	0.5	0.1	0	0	0.5	2	2	0.05	1.4

⑥計算結果

加古川流域を対象とした計算結果を下記に示す。

・「3B42RT」を用いた結果においては、降雨ピークとハイドロピークの発生時刻に関連が見出せない。

・「テレメータ」＋「標準定数」を用いた結果では、降雨ピークの数時間後にハイドロピークが発生する状況を表現できている。

・しかし、「標準定数」を用いた計算結果はハイドロ実績値に比べ小さめに表現された結果となる。

・「最適定数」の設定にあたり、計算によるピーク流量が大きめの結果となるよう、パラメータ[FALFX]を増大させることで中間流を増やす等、調整を行った。

・「最適定数」として 2004/10 洪水・板波地点で調整を行った結果、当該洪水の板波地点における適合性は良好である。他の洪水については、計算値のピークの発生時刻が実績に比べ１～２時間遅く発生しているものが多い。

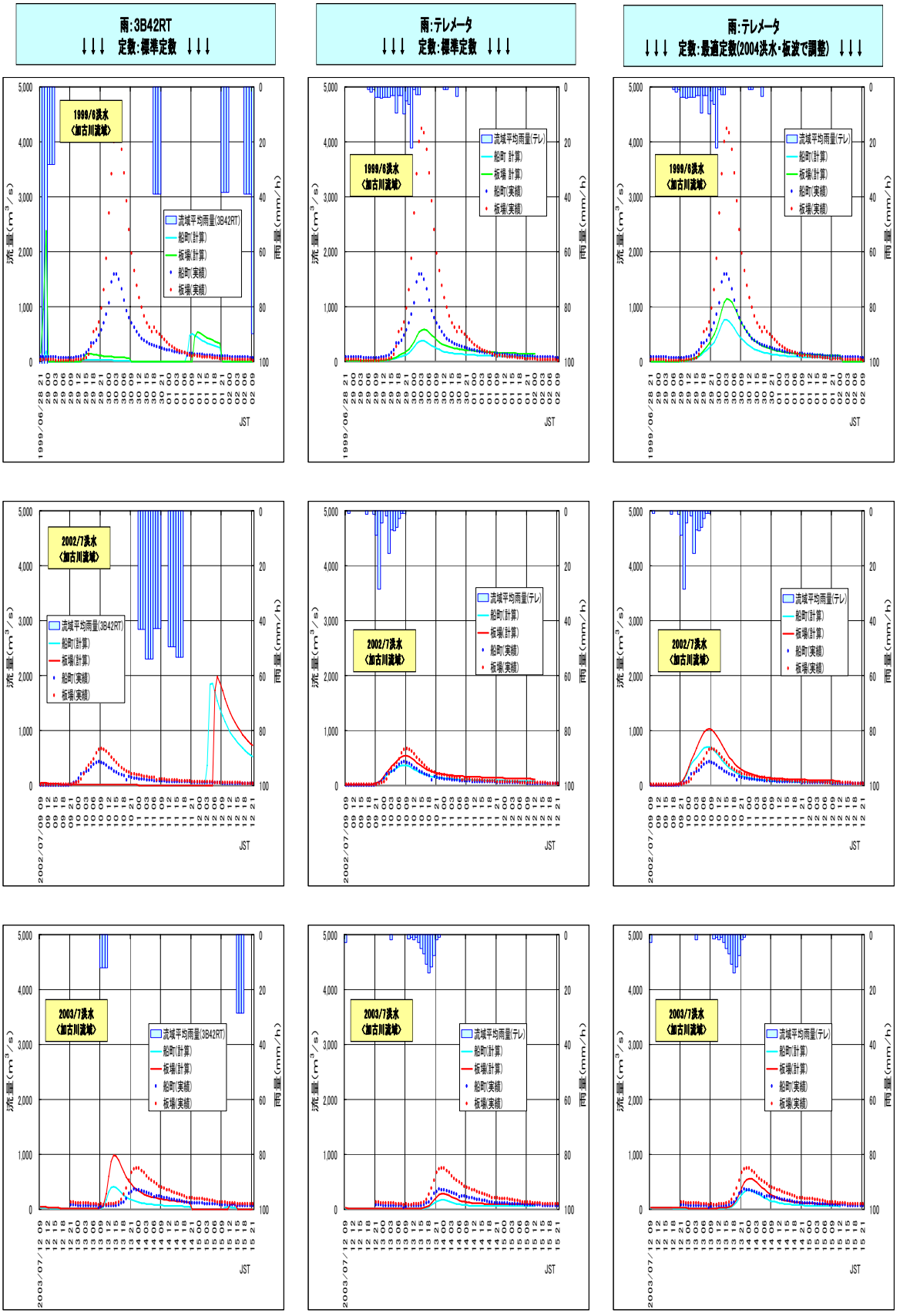


図-3.12(1) 加古川流域・流出計算結果

図-3.12(2)　加古川流域・流出計算結果

表-3.17　計算結果の一覧（ピーク流量）

地点名	洪水名	3B42RT 標準定数		テレメータ 標準定数		テレメータ 最適定数		実績値	
		流量ピーク値 (m^3/s)	発生時刻	流量ピーク値 (m^3/s)	発生時刻	流量ピーク値 (m^3/s)	発生時刻	流量ピーク値 (m^3/s)	発生時刻
船町	1999	506.4	1999/07/01 00:00	387.2	1999/06/29 18:00	768.9	1999/06/29 18:00	1587.4	1999/06/29 18:00
	2002	1863.1	2002/07/11 20:00	369.4	2002/07/09 23:00	703.6	2002/07/09 22:00	433.2	2002/07/09 23:00
	2003	418.5	2003/07/13 05:00	171.7	2003/07/13 14:00	348.0	2003/07/13 15:00	360.3	2003/07/13 13:00
	2004	1527.4	2004/10/20 13:00	1134.7	2004/10/20 12:00	1909.3	2004/10/20 11:00	2721.5	2004/10/20 10:00
	2006	〈無降雨〉		623.4	2006/07/19 00:00	912.3	2006/07/19 00:00	1066.4	2006/07/18 23:00
板波	1999	2385.1	1999/06/28 14:00	583.8	1999/06/29 19:00	1140.2	1999/06/29 18:00	4238.1	1999/06/29 18:00
	2002	1980.6	2002/07/11 22:00	541.2	2002/07/09 23:00	1037.3	2002/07/09 23:00	665.1	2002/07/10 00:00
	2003	983.3	2003/07/13 05:00	284.7	2003/07/13 15:00	561.9	2003/07/13 15:00	747.3	2003/07/13 14:00
	2004	2315.3	2004/10/20 14:00	1676.8	2004/10/20 13:00	2805.2	2004/10/20 12:00	2802.6	2004/10/20 11:00
	2006	〈無降雨〉		962.4	2006/07/19 01:00	1400.3	2006/07/19 01:00	1128.5	2006/07/18 23:00

3.3.2　早明浦ダム流域の事例

①早明浦ダム流域の概要

早明浦ダムは、一級河川・吉野川本川に位置するダムであり、四国地方最大の面積を誇る早明浦ダム湖を有している。

②流域図・比較地点位置図

早明浦ダム流域における流量比較地点を下図に示す。

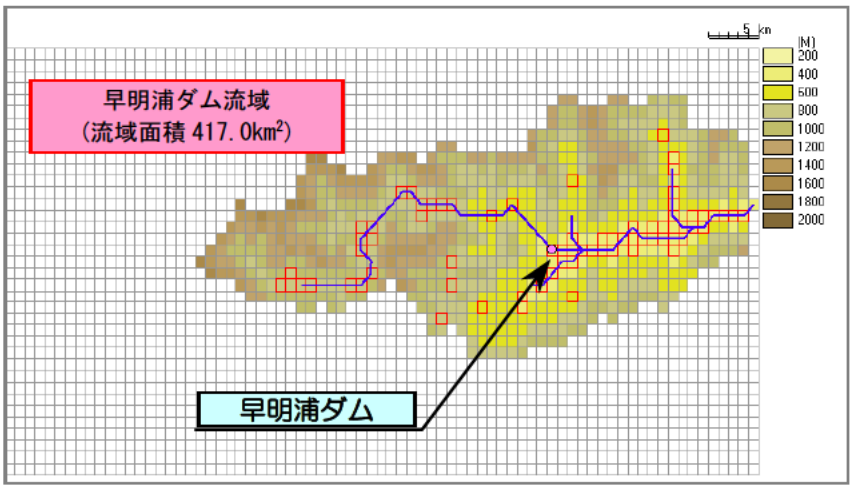


図-3.13　早明浦ダム流域図・流量比較地点位置図

③土地利用図

早明浦ダム流域における土地利用図を下図に示す。流域の大半が森林(GLCC：混合林)の利用である。

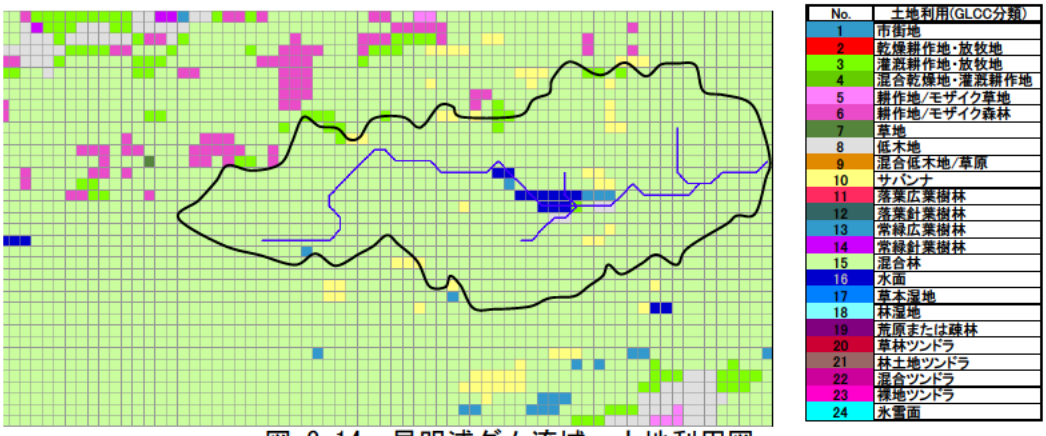


図-3.14　早明浦ダム流域・土地利用図

④演算条件

表-3.18　演算条件

	項　　目	内　　容
1	流域データ範囲	左下：(33° N 35′ 00″, 132° E 57′ 00″) 右上：(33° N 54′ 00″, 133° E 45′ 00″)
2	セルサイズ	1 km
3	演算時間間隔	1 hr
4	地形標高データ	GTOPO30
5	土地利用データ	GLCC
6	対象洪水	①2004/6, ②2006/4, ③2007/7, ④2007/8
7	降雨データ	①3B42RT(3B42RT.*.bin) ②テレメータ(水質水文 DB CSV データ)

⑤パラメータ

表-3.19　計算に用いたパラメータ

【テレメータ調整パラメータ】2004/6

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層パラメータ	1	0.0005	0.02	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	2	0.00002	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	3	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	4	0.000001	0.001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	5	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.38	0.01	1	1

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	1	0.5	0.07	0.2	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2

【テレメータ調整パラメータ】2006/4

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層パラメータ	1	0.0002	0.02	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	2	0.00002	0.02	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	3	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	4	0.000001	0.001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	5	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.15	0.01	1	1

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	1	0.5	0.07	0.2	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2

【テレメータ調整パラメータ】2007/7

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層パラメータ	1	0.0005	0.02	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	2	0.00002	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	3	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	4	0.000001	0.001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	5	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.3	0.01	1	1

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	1	0.5	0.07	0.2	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2

【テレメータ調整パラメータ】2007/8

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層パラメータ	1	0.0005	0.02	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	2	0.00002	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	3	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005
	4	0.000001	0.001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	5	0.00001	0.05	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.28	0.01	1	1

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	1	0.5	0.07	0.2	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2

⑥計算結果

早明浦ダム流域を対象とした計算結果を下記に示す。

・「3B42RT」雨量値は「テレメータ」に比べ相当小さめの値となっている。
・また、降雨ピークとハイドロピークの発生時刻に関連が見出せない。
・「テレメータ」＋「標準値パラメータ」では、ピーク流量値の表現ができないため、計算流出量を増大させるためには表層タンクのパラメータ調整だけでなく、地下水タンクの不飽和流出に関するパラメータの変更の必要があった。
・パラメータ調整を行うにあたり、各パラメータはここに独立しているのではなく、他の値の影響を受けるため、総合的に設定する必要があった。
・洪水毎にパラメータを調整した結果、ピーク流量値、及びその発生時刻をほぼ再現できた。

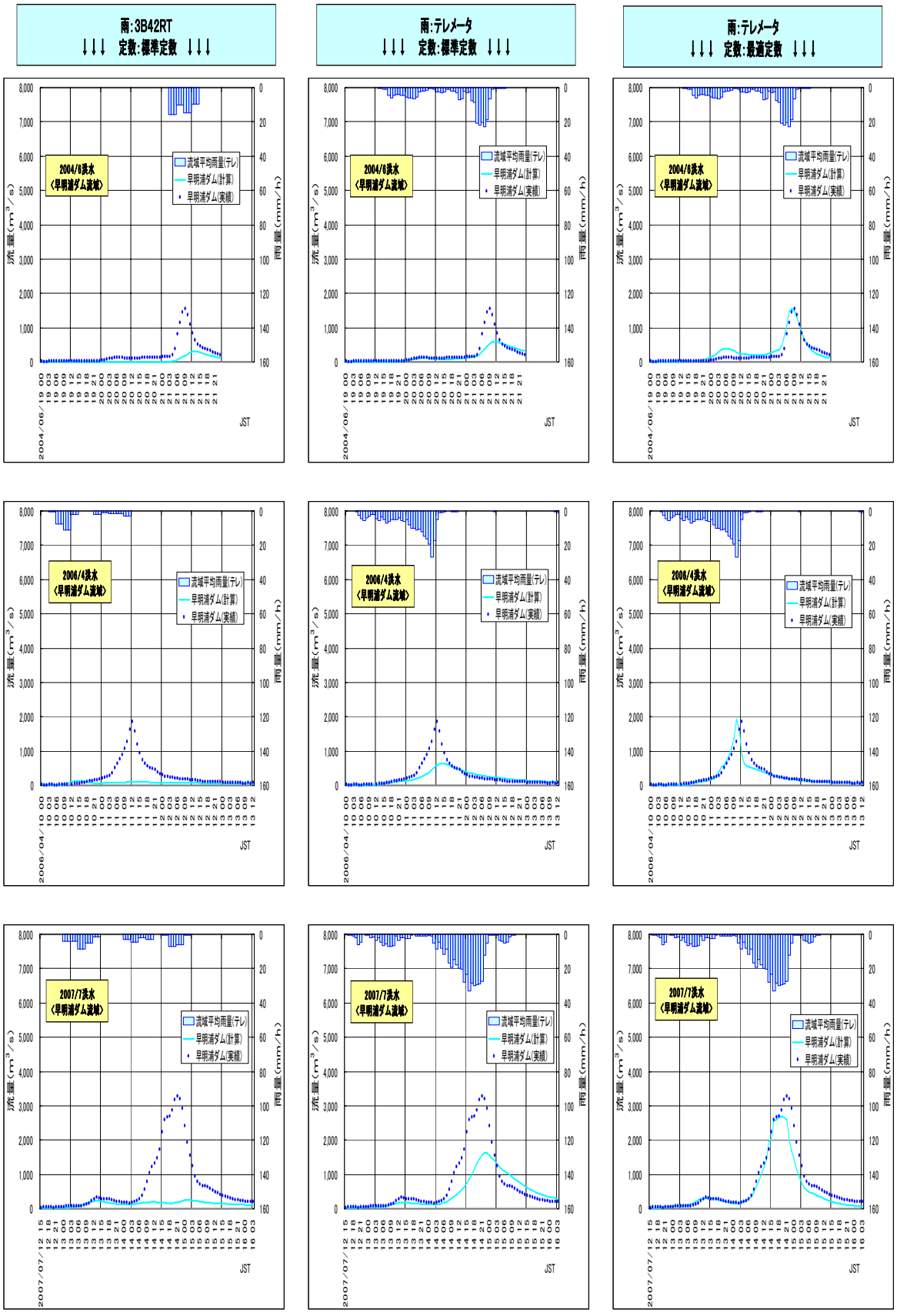


図-3.15(1) 早明浦ダム流域・流出計算結果



図-3.15(2)　早明浦ダム流域・流出計算結果

表-3.20　計算結果の一覧(ピーク流量)

3.3.3　フィリピン国 Pasig-Marikina 流域の事例

①流域図・比較地点位置図

Pasig-Marikina 流域における流量比較地点を右図に示す。流域は平地で標高差が少ないのが特徴である。

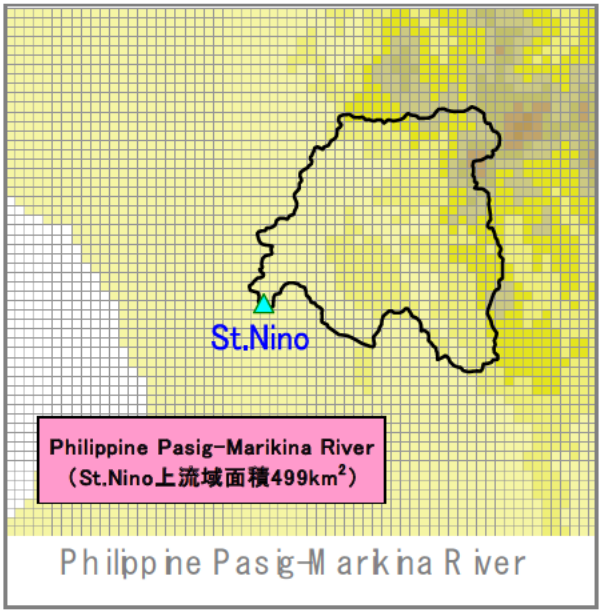


図-3.16　Pasig-Marikina 流域・流量比較地点位置図

②土地利用図

Pasig-Marikina 流域における土地利用図を下図に示す。流域の大半が耕作地として利用されている。

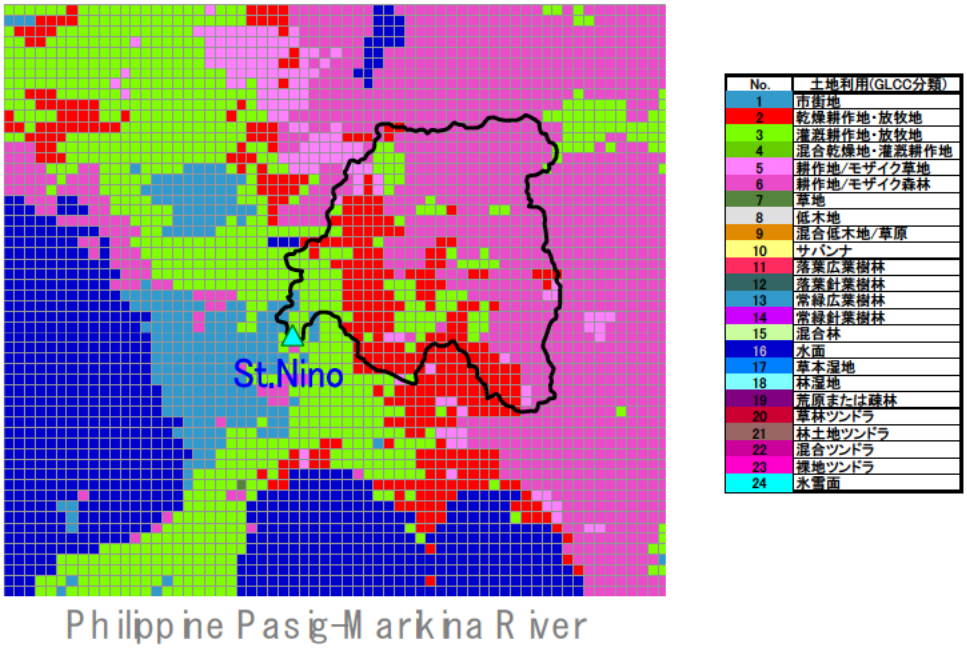


図-3.17　Pasig-Marikina 流域・土地利用図

③演算条件

表-3.21　演算条件

	項　　目	内　　容
1	流域データ範囲	左下：(14° N 25′ 00″, 120° E 50′ 00″) 右上：(14° N 55′ 00″, 121° E 25′ 00″)
2	セルサイズ	1 km
3	演算時間間隔	1 hr
4	地形標高データ	GTOPO30
5	土地利用データ	GLCC
6	対象洪水	①2004/8, ②2004/11
7	降雨データ	①3B42RT(3B42RT.*.bin) ②テレメータ

④パラメータ

表-3.22　計算に用いたパラメータ

【Pasig-Marikina川　調整パラメータ】

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層	1	0.0055	0.1	0.05	0.005	0.7	0.5	0
	2	–	–	–	–	–	–	–
パラメータ	3	0.00001	0.05	0.01	0.005	2	0.5	0
	4	0.00003	0.025	0.005	0.001	0.03	0.5	0
	5	0.0003	0.05	0.03	0.002	0.6	0.5	0

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.47	0.02	1.1	1

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	7	0.5	0.04	0.3	0	99.9	99.9	99.9	0.5	1.414
	2	7	0.5	0.035	0.5	0	0.5	0.3	2	0.01	1.414
	3	7	0.4	0.03	0.5	0	0.5	0.2	2	0.05	1.414

⑤計算結果

Pasig-Marikina 流域を対象とした計算結果を下記に示す。

・「3B42RT」雨量値は「テレメータ」雨量値と比べ、降雨期間、及びボリュームともにほぼ同様の傾向を示している。

・流出計算結果についても、「テレメータ」＋「標準定数」における流量ピーク値・発生時刻をほぼ再現できている（2004/11 洪水については、「3B42RT」を用いた結果もほぼ再現可）。

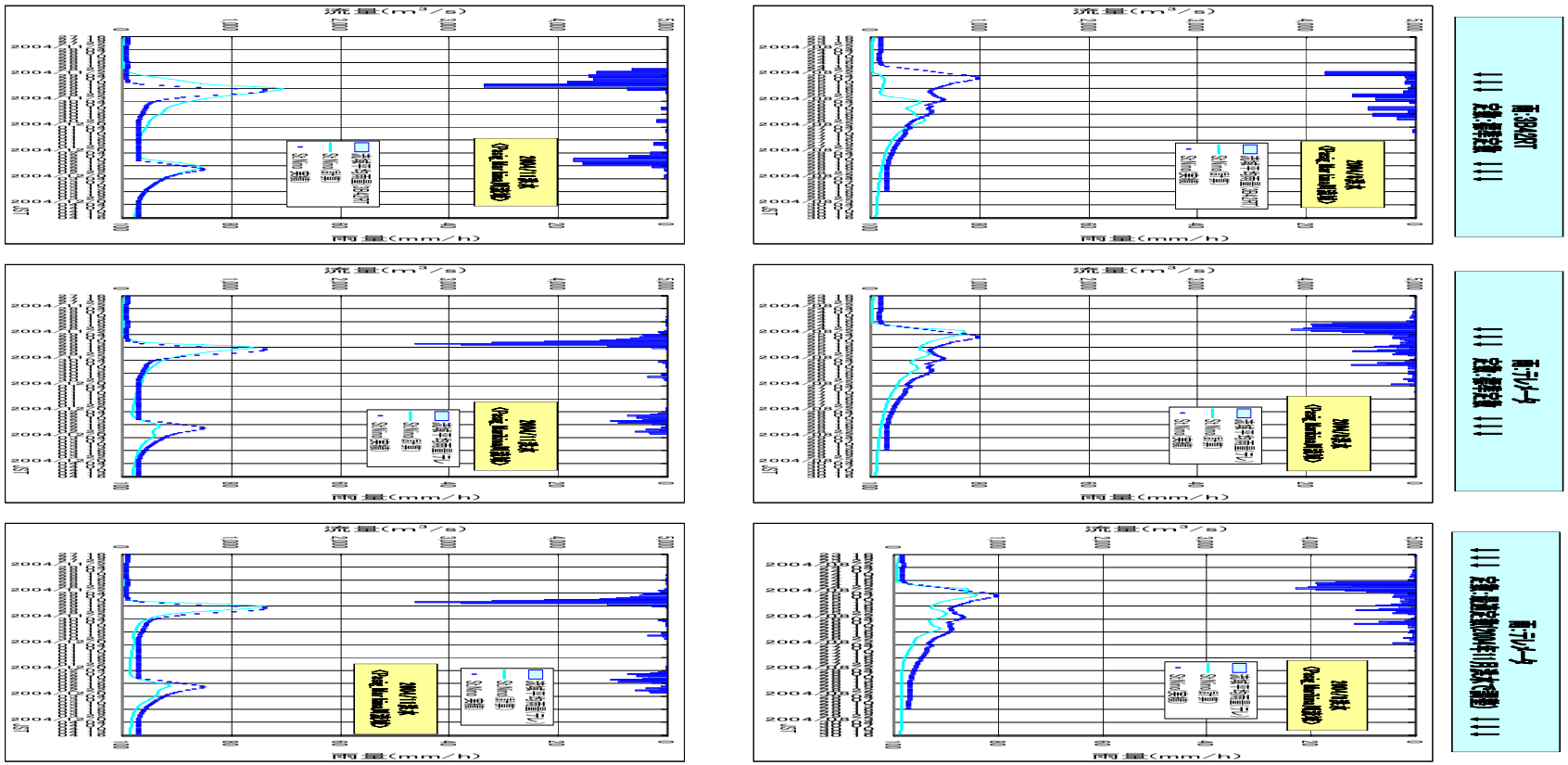


図-3.18　Pasig-Marikina 流域・流出計算結果

表-3.23　計算結果の一覧(ピーク流量)



3.3.4　ラオス国 NamNgum 流域の事例

①流域図・比較地点位置図

NamNgum 流域における流量比較地点を右図に示す。ラオス最大の貯水地面積を持つ NamNugm ダムの上流に位置し、急峻で複雑な地形を有するのが特徴である。

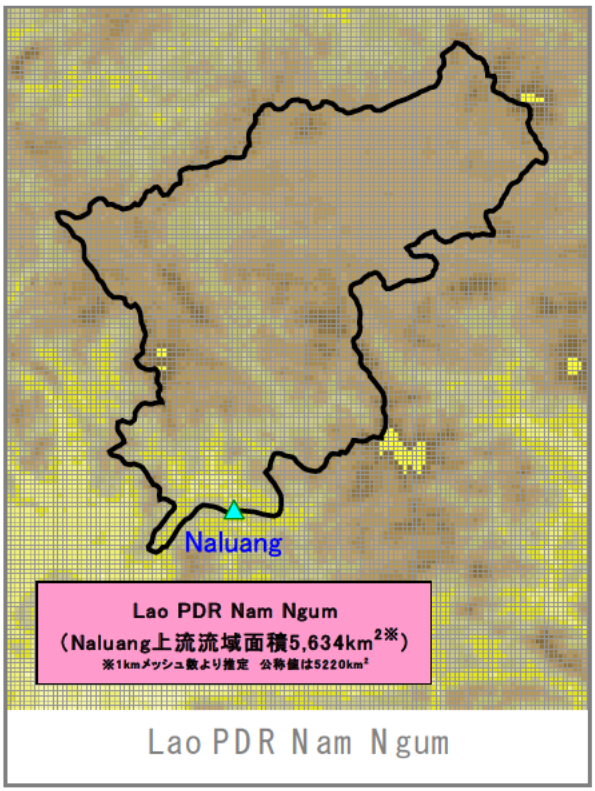


図-3.19 NamNgum 流域・流量比較地点位置図

②土地利用図

NamNgum 流域における土地利用図を下図に示す。データの利用は GLCC データを基本とするが、衛星写真と地形図から読み取れる土地利用と異なるため、手動で水田と山地の区分を行った。

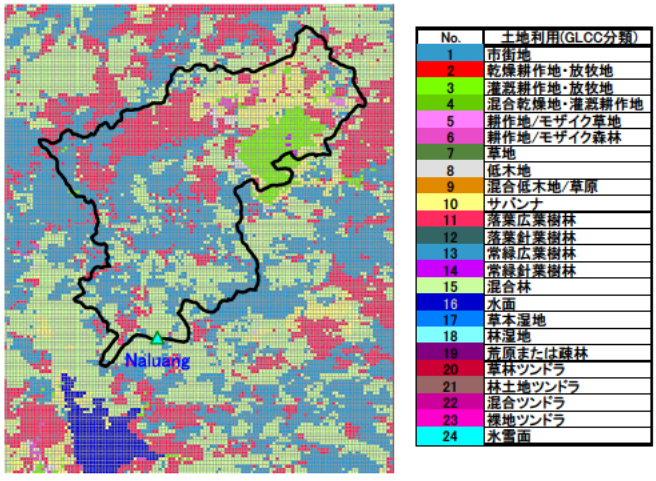


図-3.20 NamNgum 流域・土地利用図

③演算条件

表-3.24　演算条件

	項　　目	内　　容
1	流域データ範囲	左下：(18° N 30′ 00″, 102° E 20′ 00″) 右上：(19° N 50′ 00″, 103° E 30′ 00″)
2	セルサイズ	1 km
3	演算時間間隔	1 hr
4	地形標高データ	GTOPO30
5	土地利用データ	GLCC
6	対象洪水	2003/8
7	降雨データ	①3B42RT(3B42RT.*.bin) ②テレメータ

④パラメータ

表-3.25　計算に用いたパラメータ

【NamNgum流域　テレメータ調整パラメータ】

	No.	SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	HIFD
表層	1	0.0055	0.2	0.1	0.049	0.7	0.5	0
	2	-	-	-	-	-	-	-
パラメータ	3	0.00001	0.1	0.02	0.015	2	0.5	0
	4	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-

帯水層	No.	AUD	AGD	HCGD	HIGD
	1	0.1	0.003	2	2

河道	No.	RBW	RBS	RNS	RRID	RGWD	RHW	RHS	RBH	RBET	RLCOF
	1	7	0.5	0.04	0.3	0	99.9	99.9	99.9	0.5	1.414

⑤計算結果

NamNgum 流域を対象とした計算結果を下記に示す。

・当該洪水において「3B42RT」はほとんど雨量を捉えていない。

・「テレメータ」＋「標準定数」の結果は、計算地が実績値を大幅に下回る。

・「テレメータ」雨量とは、流域面積が約 5000km^2 の流域にわずか３つしか存在しない時間雨量観測所の降雨を用いているため、降雨分布及び総雨量を適切に捉えているとは言いがたいが、パラメータを調整することによって、流量の再現は可能であった。

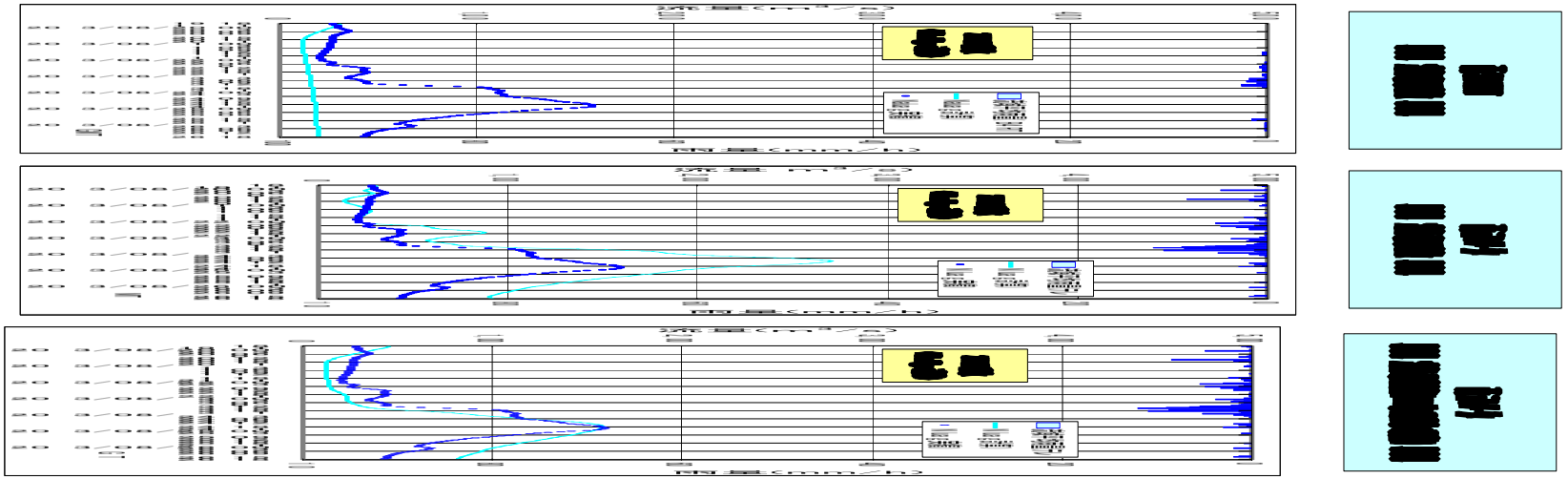
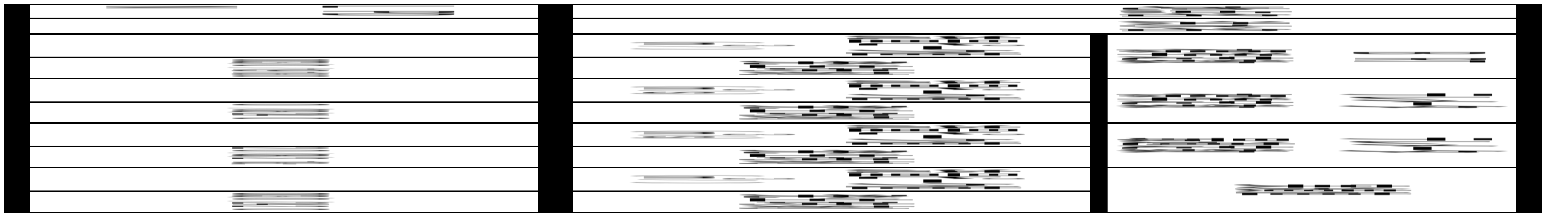


図-3.21　NamNgum 流域・流出計算結果

表-3.26　計算結果の一覧(ピーク流量)



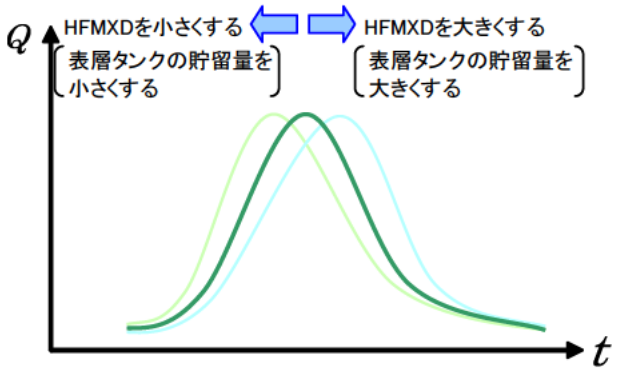
［参考:パラメータ調整］

ハイドログラフの微修正を行う際のパラメータ調整の目安を以下に示す。

なお、実際の調整にあたっては、各パラメータはそれぞれ相互に影響を与えるため、全体のバランスに注意しつつ調整を行う必要がある。

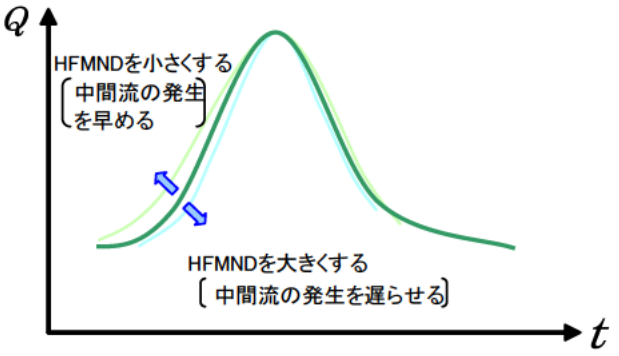
①ピーク発生時刻の調整

HFMXD は表面タンクの最大貯留高を決定するパラメータであり、この値を変化させることで１～２時間程度のピーク流量の発生時刻を調整することが可能である。



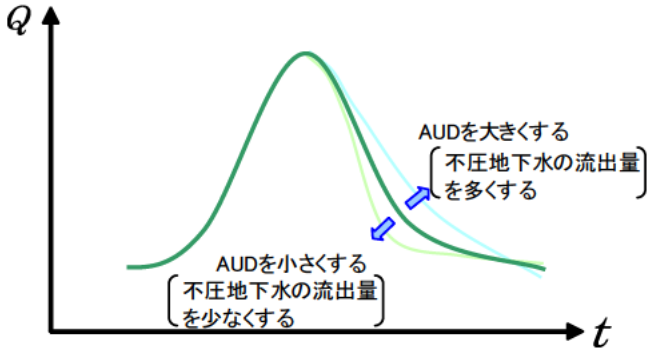
②ハイドログラフ立ち上がり部の調整

HFMND は早い中間流出の発生に影響する変数である。この値を変化させることで、中間流の発生を調整し、ハイドログラフの立ち上がり形状を調整することが可能である。



③ハイドログラフ逓減部の調整

AUD は不圧地下水の流出に影響する変数である。この値を変化させることで、遅い中間流の発生を調整し、ハイドログラフの逓減形状を調整することが可能である。

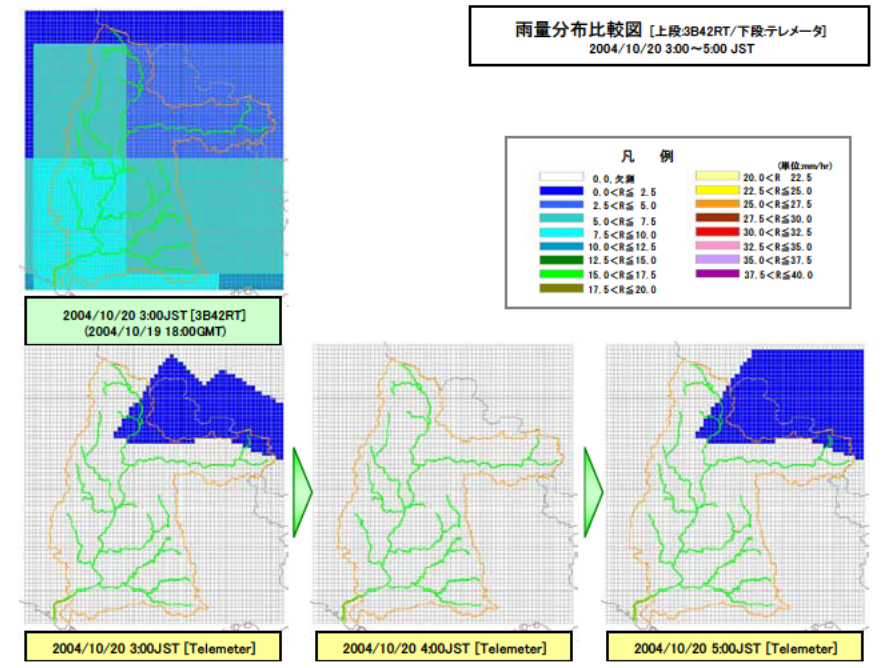


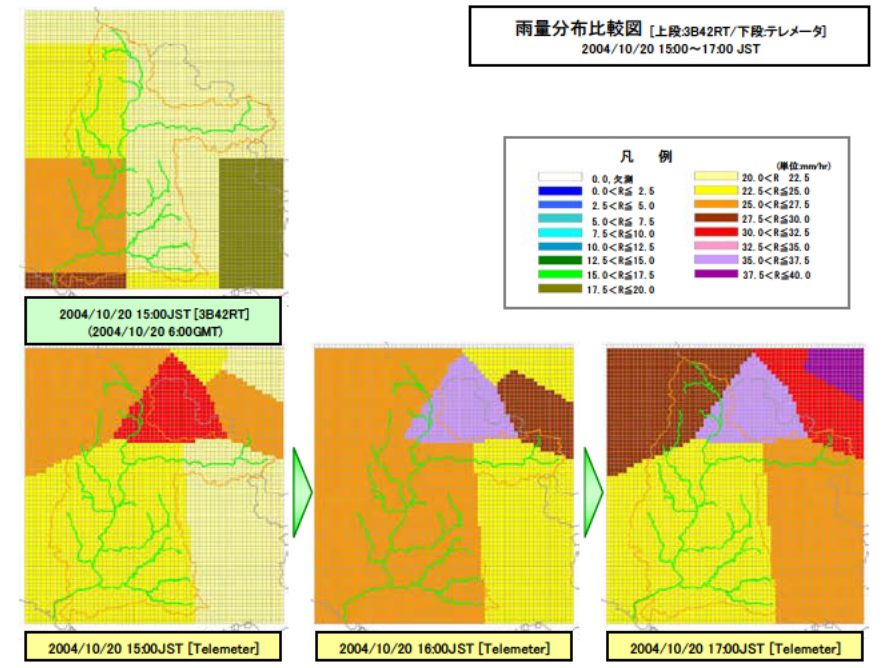
[参考:衛星雨量(3B42RT)とテレメータ雨量の比較]

参考として、加古川流域・2004 洪水における 3B42RT とテレメータ雨量の面的分布を比較した結果を次に示す。

2004 洪水における降雨の観測については、テレメータにおける少量の降雨量では、3B42RT では無降雨となることが多いようである。

また逆に、テレメータにおいて 20mm/hr を超えるような降雨が広範囲に及ぶ場合には、3B42RT においても、同様な雨域を捉えているようである。





4. データモデルの開発

4.1　データモデル開発案の説明

4.1.1　データモデルの提案概念

「データモデル」とは下記の総称である。オブジェクト指向によるシステム開発で使われているデザインパターンを活用して、再利用性の高いアプリケーションを開発する。

・水文学的オブジェクトとそれに付随する計算エンジン(図-4.1)
・水文学的オブジェクトを用いて流域モデルを作成する際のアルゴリズム
・水文学的オブジェクトの集合である流域モデルを用いて流出計算する際のアルゴリズム（水文学的オブジェクト間の接続や計算順序など）

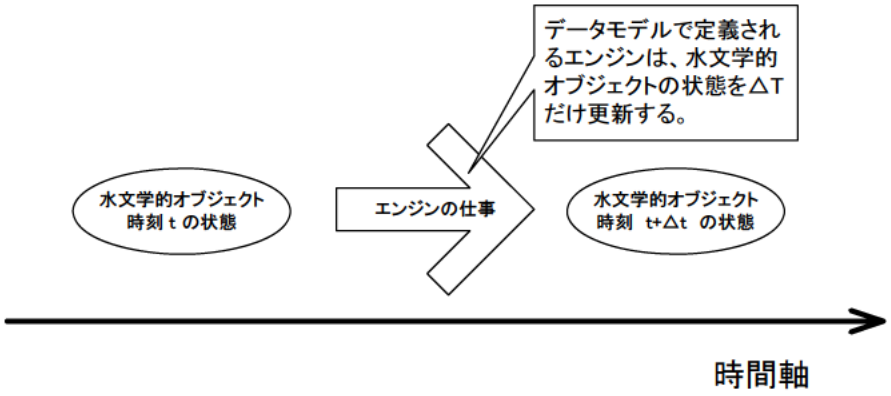


図-4.1　データモデルの中で定義する「エンジン」の説明

4.1.2　水文学的オブジェクトの概念

水文学的オブジェクトとは、水循環系を解析する際に、最低限切り分けるべき空間単位のこと。水文学的な解釈に基づいて切り分けを行う。その際に考慮すべき事項は下記である。

・既往の有力な解析手法が採っている計算単位の区分（表層土壌と帯水層の区分など）
・水文学的現象（不飽和域と飽和域の区分や、斜面流と河道流の区分など）

水文学的オブジェクトの概念を図-4.2 に例示した。

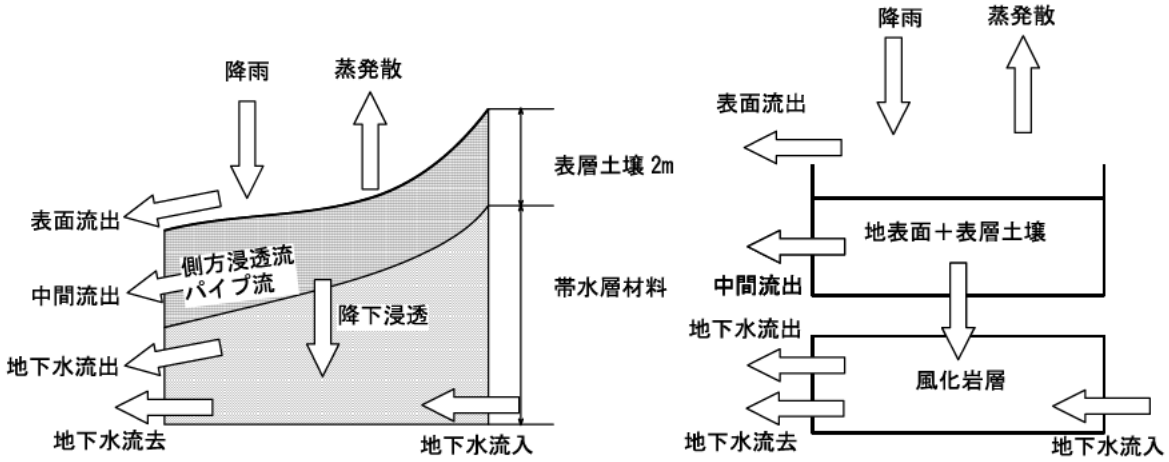


図-4.2　実際の斜面は右のような水文学的オブジェクトで表現できる(一例)

4.1.3　データモデルを規定することによる利点

優劣の判断は、関わり方の相違で視点が異なる。そこで、データモデルを規定することによる利点を議論するために、当プロジェクト成果に関わるステークホルダーを分類した。さらに、そのステークホルダーごとのプロジェクト成果の優劣判断の視点を関係付けたものを図-4.3 に示す。以下に、優劣判断の視点ごとにデータモデル規定の利点を述べていく。

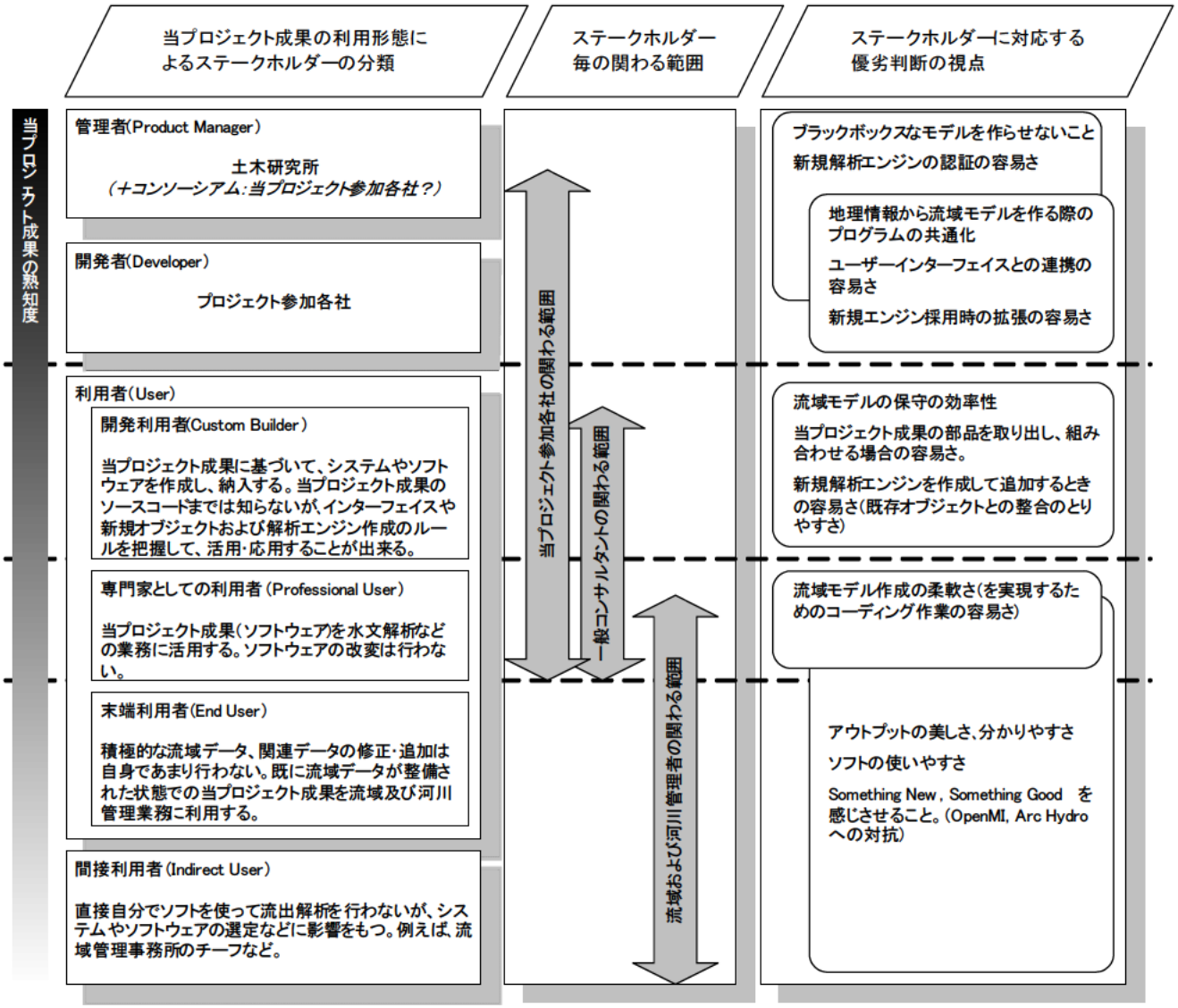


図-4.3　プロジェクト成果のステークホルダー分類と各ステークホルダーに対応する優劣判断の視点

(1) 管理者および開発者からみた優劣判断の視点

管理者にとって優劣判断の重要な視点は、ソフトウェアのバージョン管理を容易とすることにある。データモデルを規定することの利点は、新たな解析エンジンの追加の認証に関わる判断の効率向上となって現れる。開発者にとっては、当プロジェクト期間(2 年間)における開発行為の容易さおよび合理性が重要な視点であり、2 年後以降に管理者によって方向付けられたバージョンアップ時の作業の効率向上も欠かせない重要な視点である。

データモデルの規定は、作成したオブジェクトの再利用の効率を良くすることが重要なメリットであ

り､特にバージョンアップの管理と開発に利点が発揮される。逆にいえば､このプロジェクトの成果であるソフトウェアをこの 2 年間で作成したきりでバージョンアップしないならば､データモデル規定によるメリットの享受は半減する。

1) ブラックボックスはつくらせない

計算エンジンの概念があいまいで、流域全体を計算するものや、河道一本を計算するものなど、その守備範囲がバラバラであることは、ブラックボックスの存在を許容してしまう可能性が高い。流域全体を計算するタイプのエンジンを許してしまえば、その内部の部分モデル間の水量追跡など、モデル検証の機会を閉ざされてしまう。

データモデルの規定は、部分モデル(水文学的オブジェクト)毎のエンジン設定を強制するので、部分モデル間の水量は第３者からも把握できるようになる。更に水文学的オブジェクトは可能な限り単一の流出過程毎に設定するので、その内部の挙動は推定が容易となる。従って、ブラックボックス化を抑制することができる。

2) 新しい計算エンジンが登場したときの対応(認証)

データモデルを作成した後では、水文学的オブジェクト毎の計算中の水収支のチェックプログラムや、水文学的に生じては行けない状況(例えば､下流の水位上昇が無いのに時々マイナスの流量が発生する河道モデルなど)のチェックプログラムが容易に準備できる。

以下に新しいエンジン認証の理想的な場面を例示した。

> ある水文学的オブジェクトに関して、A 大学が新たなエンジンを提案した。これが実務に応用して良いものか、判断を迫られた担当者は、データモデルに付随している水収支チェック機能を用いて、連続式が満足されていることを検証した。また、既存の流域モデルの水文学的オブジェクトのエンジンを新エンジンに差し替えて、その精度向上効果を確認した。これらは、新エンジンのソースコードが開示されないまま行うことができた。

3) 地理情報から流域モデルをつくる際のプログラムを共通化できる

斜面流出計算を例にとると､全ての流出モデルに共通する空間データが存在する(表-4.1)。このような共通するデータ項目の空間集計プログラムは水文学的オブジェクト毎に保持するようにすれば、プログラムを共通化できる。

このようなアルゴリズムを図示すると図-4.4 となる。

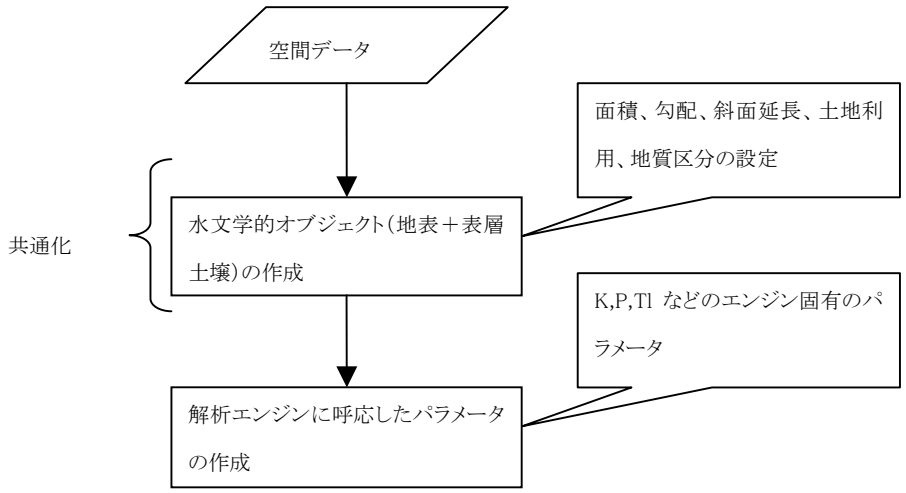


図-4.4　水文学的オブジェクトを介した斜面モデルの作成アルゴリズム

表-4.1　貯留関数法と等価粗度法の必要データ共通性(一例)

データ項目/パラメータ	貯留関数法	等価粗度法
面積	○	○
勾配	△	○
斜面延長（又は河道とのコンタクトライン）	△	○
土地利用毎の面積占有率	△	△
地質毎の面積占有率	△	△
樹種毎の面積占有率		
K	◎	
P	◎	
Tl	◎	
等価粗度 n		◎
一次流出率 f1	○	○
飽和雨量Ｒｓａ	○	○
飽和流出率 fsa	○	○

注 1)記号説明。◎：流出エンジンが独自に必要とするパラメータ、○；直接利用、△：間接利用

注 2)直接利用と間接利用のデータ項目の中から、水文学的オブジェクトに設定する共通データ項目を抽出する。

4)ユーザーインターフェイスとの連携

利用しやすく、見栄えの良いユーザーインターフェースの開発は重要であるが、データモデルを規定することと直接的には関わりが無い。

ユーザーインターフェースの主な目的は、解析モデルへの入力の指定と解析モデルからの出力の表示である。水文素過程に分けられ、それぞれの状態変数(貯留量)や入出力成分(フラックス)などを規定したデータモデルであれば、解析手法に関わらずデータを与える先や出力されるデータが決まるので、ユーザーインターフェースとの連携が容易となる。

例： 蒸発量の計算結果を表示させる機能を作成する場合、解析エンジンに関わらず次のコードで蒸発量を取り出すことが出来る。つまり、解析エンジンごとにアウトプットのための分岐文を用意する必要が無い。

```
Surface* theSurf;

evForOutput = theSurf->returnEv( );
```

5)新規流出解析エンジン採用時の拡張の容易さ

新規の流出解析エンジンが認証された場合､開発者は新規の流出解析エンジンを組み込む必要がある。データモデル規定が十分にされていれば、新たな流出解析エンジンを組み込む作業が大幅に軽減される。言い方を変えれば､データモデル規定は、このような管理･保守作業の効率化を目指したものである。

- ・流出解析エンジンが水文オブジェクトと分離しており、その関係が規定されているため、新規流出解析エンジンを追加するのに水文オブジェクトまで立ち戻る必要が無い。
- ・流出解析エンジンに関わらず、流域モデル作成アルゴリズムのオブジェクトや計算進行管理のオブジェクトが定義されるため､解析作業全体を見直す必要無しに全体的な整合が保証される。
- ･水文オブジェクトの状態変量(貯留量､水圧など)および入出力変数(フラックス)が固定されており、そのルールに従って流出解析エンジンを作成するため、既開発のコードとの整合が保証される。
- ・新規流出解析エンジンを追加したときに必要となるインターフェイスの追加作業は､パラメータ設定に関わる部分だけとなる。

(2)利用者にとっての利点 1(開発利用者)

当プロジェクト成果の想定される利用者には、その利用の仕方で様々な利用者が想定される。ここでは、当プロジェクト成果のソフトウェアパッケージをそのまま使わず、データモデル規定のルールを把握し､活用するような使い方をする「開発利用者」にとっての利点を挙げる。ただし、開発者と区別するため､当プロジェクトのソースコードにはアクセスできないものとする。

開発利用者の想定される当プロジェクト成果の使い方は以下のようなものが想定される。

- ・部品を取り出して利用する。
- ・他部品を組み合わせて要求に応じたシステムを作成する。
- ・新たな流出解析エンジンオブジェクトを作成し､既存成果の他部品と組み合わせる。

元のソースコードにアクセスしないままでこのような利用を行うには、データモデル規定だけでなく、COM(後述)などの別のソフトウェア技術を使用する必要がある。しかしながら、少なくともオブジェクト指向によらなければ、COM などの技術を活用することが出来ない。

1)流域モデル保守の効率向上

前任者が作成した洪水予報用流出計算プログラムの精度向上を依頼されたことを想定して､解説書(報告書)、ソースコード、データモデル準拠のそれぞれについて、有り/なしの場合の後任者の作業内容について表-4.2 に記述した。

データモデルに準拠して作成されたプログラムは、その挙動が一定ルールに従っていることが分かっているために、プログラムの一部を容易に差し替えることができる。これにより、改良を依頼された後任者の労力は大幅に軽減される。

表-4.2　洪水予報システムの改良を依頼された担当者の作業

	解説書（報告書）	ソースコード	データモデルに準拠	担当者（後任）の対応
ケース１	なし	なし	なし	前任者の成果品は全て捨てて、はじめから作り直す。
ケース２	有り	なし	なし	前任者の検討内容を踏襲して、全てのソースコードを作成し、それを改良する。
ケース３	なし	有り	なし	全てのソースコードを解読して、全体の手法を見極め、必要と思われる部分を改良する。
ケース４	有り	有り	なし	解説書とソースコードが一致していることを確認するために（バグの有無を確認するため)、ソースコードを全て解読して、必要と思われる部分を改良する。
ケース５	なし	なし	有り	精度向上に効きそうな水文学的オブジェクトを選んで、その部分のエンジンを差し替える。

2)当プロジェクト成果の部品を取り出して、組み合わせること

データモデル規定が十分になされていれば､ソースコードまで立ち戻らずに当プロジェクト成果を再利用して活用することも容易となる。

3)新規解析エンジンを作成､追加する場合の容易さ

業務において当プロジェクトで作成されていない流出解析エンジンの適用が必要となる場合、または、要求される場合がある。その際に､新規流出解析エンジンオブジェクトをデータモデル規定のルールに従って作成することで、解析ルーチン以外のオブジェクトとの整合が保証される。また、アウトプットインターフェイスの再利用も容易に出来る。

(3)　利用者にとっての利点-2(専門家としての利用者)

当プロジェクト成果の利用者のうち､ソフトウェアの改変を行わずに利用するユーザーを想定する。ただし、ここでは、コンサルタントなどが専門家として業務などに活用するような利用を想定する。ソフトウェアの改変を行わずに、与えられた機能だけを利用するような場合､データモデル規定の有無、オブジェクト指向プログラミングの利用の有無の差は現れない。オブジェクト指向プログラミングやデータモデル規定はソフトウェア開発の技術であるため､開発されたプロダクトの外側から利用するものにとってはメリットの享受はない。

専門家としての利用者にとっての直接的なメリットではないが､専門家ユーザーに求められる機能を実装するための手間を軽減するものとして、データモデル規定によって作成することのメリットを一例挙げる。

1)流域モデル作成の柔軟さ

レアなケースかもしれないが､上･中･下流域ごとに異なる流出解析エンジンを作成することを要求された場合を考える。このような仕組みを達成するためには､データモデル規定の有無､または、オブジェ

クト指向プログラミングの採用・不採用に関わらず達成できるため、専門ユーザーから見る場合は、データモデル規定によるメリットを感じることは無い。しかしながら、このような機能を達成する作業においては、データモデルを規定することで効率が大幅に向上する。

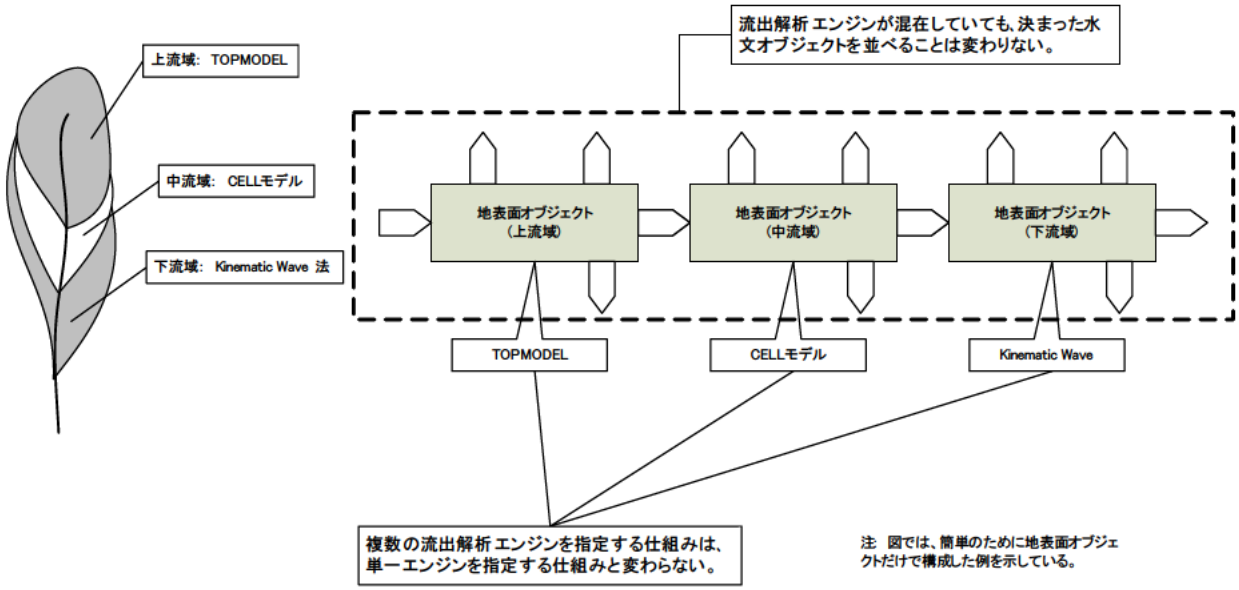


図-4.5　データモデル規定された複数の流出解析エンジンが混在する流域モデルの作成をする場合

(4) 利用者にとっての利点-3（末端利用者および間接利用者）

当プロジェクト成果の利用者として、以下の２種類を考える。

・当プロジェクトの成果の利用者であるが、流域データの作成やモデルキャリブレーションなどを積極的に行わないような末端利用者。

・直接的にソフトウェアを利用しないが、ソフトウェアを活用しての業務を指示するような立場としての関わり方をする間接的利用者。

1) アウトプットの美しさ・分かりやすさ・ソフトウェアの使いやすさ

末端利用者や間接的利用者にとっては、データモデル規定の有無やオブジェクト指向プログラミングの採用の有無は全く関係が無く、ソフトウェアのインターフェースの優劣が最も重要である。また、このような利用者でプログラミングの経験が無いような場合に、データモデル規定のメリットを伝えることは困難である。

2) Something New, Something Good を感じさせること

当プロジェクトの成果を広く普及させるためには、末端利用者や間接的利用者により良いものだと感じさせることが重要な戦略である。これは、PR 技術によることであり、データモデル規定などの開発技術によって左右される事柄ではない。しかし、単なる流出解析ソフトウェアとして PR するだけでなく、その背景にデータモデルであることや、オブジェクト指向に基づいていることなどを PR することで、“なんとなく”よいものだと感じさせるような PR が期待できる。

このような戦略をとって成功した先例に Sun Microsystems による Java の PR 戦略がある。Java は、開発言語としてはじめて見栄えのするロゴを与えられて PR された。その PR ターゲットは、専門知識を有する開発エンジニアよりもプログラミングの経験の無いような一般人に向けてよりよいイメージを

植え付ける戦略をとっている。その結果、新規参入した開発言語としては爆発的な普及につながったものである。Java の優れた機能を専門家にだけ分かるような PR 手法では、このような普及は無かったと考えられる。

繰り返しになるが、PR 手法とデータモデル規定は関係が無い。しかしながら、ヨーロッパ圏の OpenMI や米国主導の Arc Hydro なども見栄えのするホームページを活用して展開しており、非専門家や非開発者にとっても何か良いものだと感じさせるような PR を行っている。当プロジェクト成果は、流出解析ソフトウェアであるが、その背景にオブジェクト指向やデータモデルがあると PR することは、非専門家や非開発者に対して"Something New, Something Good"を感じさせることにつながり、普及促進に有効に働くと考える。

4.1.4　データモデル開発案のシステム基本設計

データモデルはソースコードの開示をすることなく、様々なエンジンを活用/再利用できるようにする。その為にデータモデル部分(水文学的オブジェクト・流域モデル作成アルゴリズム集・計算アルゴリズム集)は COM ベースで開発する。これにより、再コンパイルなしに、データモデル内部の各種のオブ ジェクトや関数にアクセス可能となる。

また、このようなシステム基本設計とすることにより、ユーザーインターフェース(GUI)についても、差し替えが可能となる。更に、洪水予警報システムの構築に際して、データモデルとエンジンのソースコードを開示せずに、自由に流域モデルを組み立て、そのままシステムに組み込ませることが可能となる。

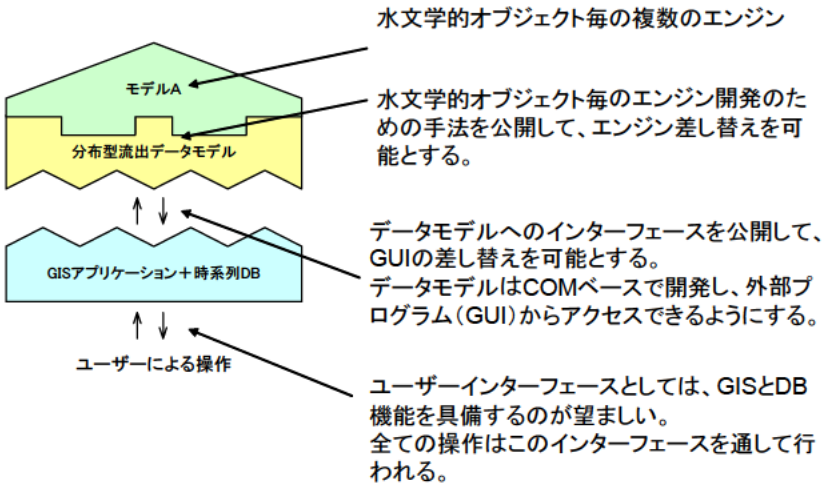


図-4.6　データモデル開発案のシステム基本設計（案）

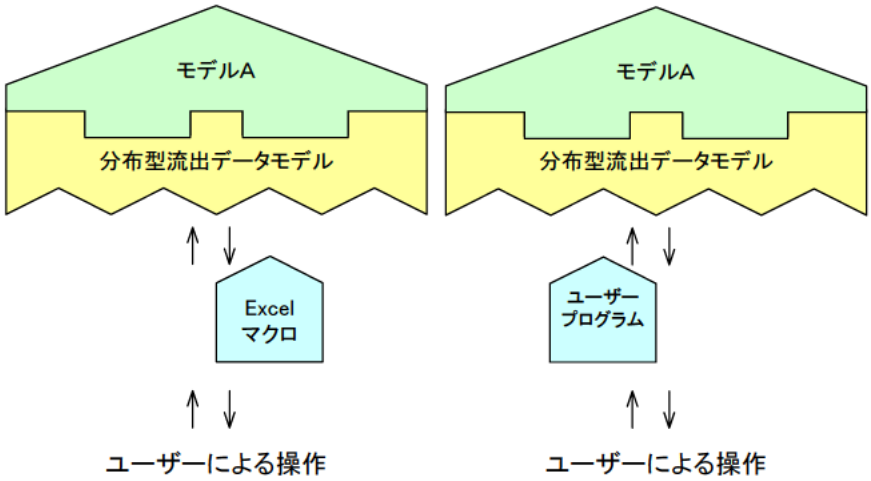


図-4.7　COM を利用した基本設計の利点

4.1.5　研究開発過程で解決すべき課題

・８割の実務者・研究者が納得できる水文学的オブジェクトの規定

・斜面などの地物との対応が１対１でない流出解析エンジンは、水文学的オブジェクトに載らない可能性がある(例えば、タンクモデルの３段目は表層土壌なのか、風化岩層なのか)

・データモデルを設定したことにより生じる計算過程のオーバーヘッドへの対策

・COM ベースで開発することによる実行速度低下への対策

4.2　水文学的オブジェクトの設定

4.2.1　水文プロセスからみた区分

(1) 水文プロセス

水文学的プロセスの区分は書籍毎に異なることが多く、また、プロセスの区分もあいまいである場合が多い。ここでは主に榧根(1980)[1]を参考にして水文プロセスを書き出した。

- 降雪、積雪、融雪については、今回の検討から除外した。
- 図中の「復帰流」の中には湧水の概念を含む。
- プロセスとして洪水期と渇水期を区別していない。
- 直接流出や間接流出などのハイドログラフ上の成分分離で用いられる用語については、プロセスとは切り離すこととして、記載していない。

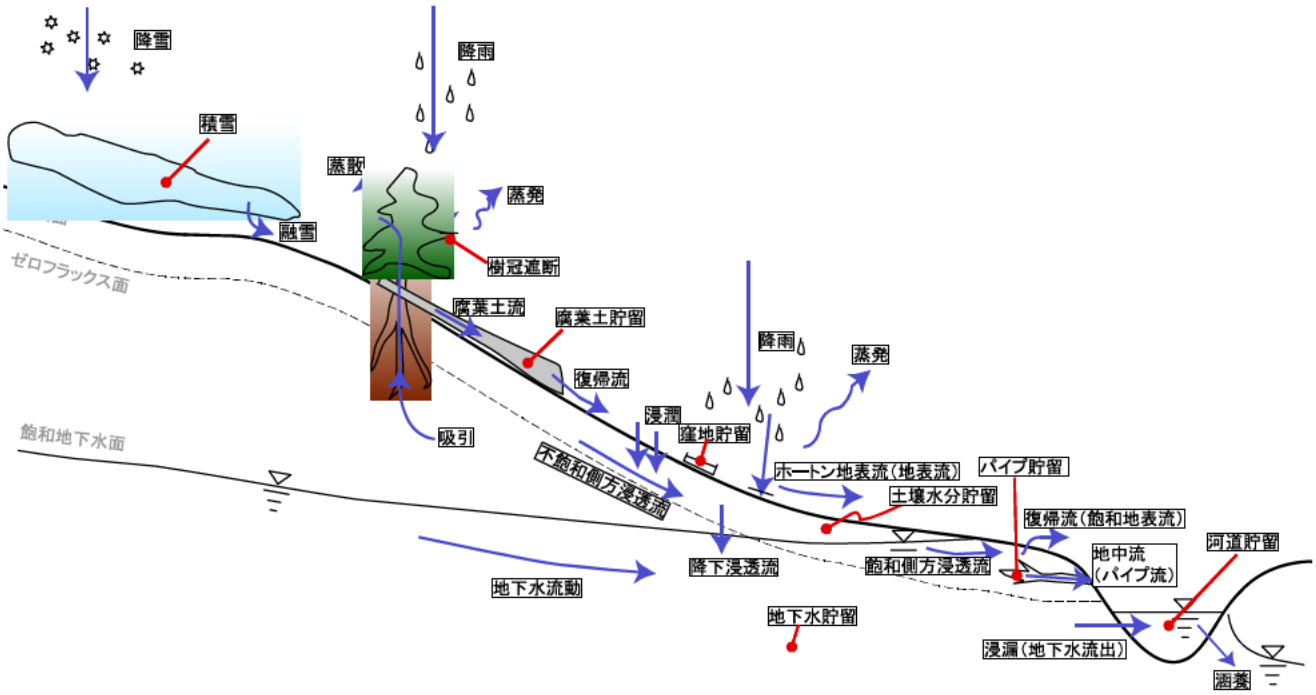


図-4.8　想定した水文プロセスの概念

(2) 水文学的オブジェクトの規定

想定した水文プロセスに配慮して、それぞれ水収支式が成立する「貯留」に着目して水文学的オブジェクトを規定した。各オブジェクトの中には、単一種の貯留が含まれるように配慮した。表-4.3 に水文学的オブジェクトの規定(案)を示した。また、その概念を表-4.4 に示した。

水文学的オブジェクトはその内部でも“流れ”を有するが、オブジェクト間を接続する流れについて表-4.5 にまとめた。一部の流れでは流量を決定する際に、流下先の状態を知る必要がある場合もあるので、計算手法の検討において注意が必要である。

[1] 榧根勇；水文学；大明堂

表-4.3　水文学的オブジェクトの規定(案)

水文学的オブジェクト名	貯留	外部との流入流出の種類	双方向（行き先の状態を知る必要がある）	支配方程式	定義
大気	水蒸気	降水		水収支式	流域規模に相当する大気を抽象化したもの。 一種類の降水量を持つ。
		蒸発			
		蒸散			
樹冠	樹冠遮断量	降水		水収支式	樹木の葉・枝・幹など。降水が地表に達する以前に付着する可能性のある部分。
		蒸発			
		樹冠通過雨量			
		滴下雨量			
		樹幹流			
地表	窪地貯留量 地表面抑留	降水(樹冠通過雨量、林外雨量)		水収支式 動水波近似式 拡散波近似式 浅水流方程式	地表面を抽象化したもの。土地利用や土地被覆状況を問わない。 この部分は窪地貯留や地表面抑留の場であり、また、地表流を流下させる場でもある。
		滴下雨量			
		樹幹流			
		蒸発			
		浸潤（浸透)・復帰流	○		
		地表流			
飽和・不飽和帯	土壌水分 パイプ貯留	浸潤（浸透）		水収支式 動水波近似式 高棹・椎葉モデル リチャーズ式	比較的浅い地中を抽象化したもの。土壌や地質の区分を問わない。 土壌内貯留とパイプ内貯留の場であり、パイプ流・飽和側方流・不飽和側方流を流す場でもある。 ゼロフラックス面よりも上の部分か、あるいは飽和面よりも上の部分と定義することも可能。 なお、斜面スケールを最小単位と考えて、斜面上下流方向の負圧変化による地中流の変動は、オブジェクト間をつなぐ流れとしては考慮しない（オブジェクト内部で考慮するのはエンジンの仕事)。
		復帰流			
		蒸発			
		蒸散			
		降下浸透・地下水位上昇	○		
		地中流			
不圧飽和帯	不圧地下水	降下浸透		水収支式 ダルシー流	地下水帯のうち、地表面に近く不圧状態の部分を抽象化したもの。この部分は河川水との流入・流出があ
		地下水位上昇			
		浸漏・涵養	○		

		地下水流動	○		る。 加圧層よりも上の部分。
被圧飽和帯	被圧地下水	地下水流動	○	水収支式 ダルシー流	地下水帯のうち、加圧層よりも下の部分で、被圧されている部分を抽象化したもの。 この部分は河川水との流入・流出は無い。
貯水池	貯水量	降水		水収支式 動水波近似式 拡散波近似式 浅水流方程式	ダムや堰により生じた貯水池あるいは自然地形としての沼・湖を抽象化したもの。 水面積を持つ。
		蒸発			
		地表流			
		地中流			
		浸漏	○		
		涵養	○		
		河道流	○		
河道	河道貯留	降水		水収支式 動水波近似式 拡散波近似式 浅水流方程式	内部に合流点を含まない、河道を抽象化したもの。勾配や自然・人工を問わない。 水面積を持つ。 河道網は、「河道」と「河道合流点」および「貯水池」の集合として定義される。
		蒸発			
		地表流			
		地中流			
		浸漏	○		
		涵養	○		
		河道流	○		
河道合流点		地表流		水収支式	「河道」あるいは「貯水池」を接続する点を抽象化したもの。 水面積を持たない。
		地中流			
		河道流	○		

表-4.4　水文学的オブジェクトの規定(案)概念図

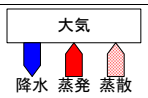
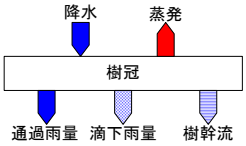
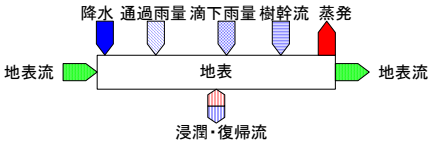
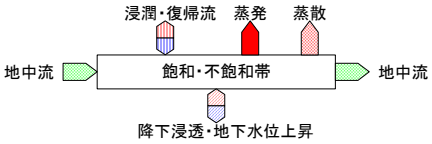
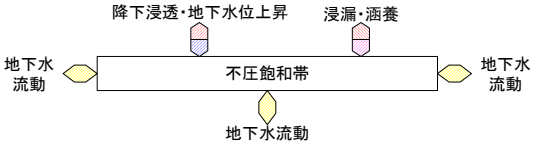
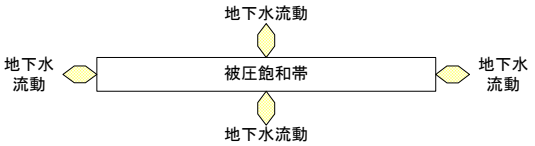
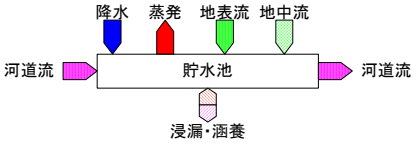
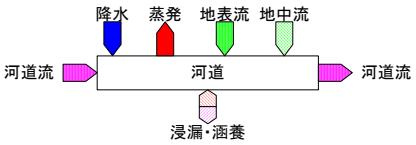
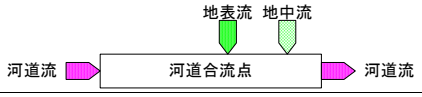
水文学的オブジェクト名	見直し後
大気	
樹冠	
地表	
飽和・不飽和帯	
不圧飽和帯	
被圧飽和帯	
貯水池	
河道	
河道合流点	

表-4.5　水文学的オブジェクト間の流れ

流れの名称	水文学的な表現	起動力	単位 （△T 間の平均値）	双方向 （行き先の状態を知る必要がある）
降水 （林外雨量）	大気中の水分が降下する水量。森林などの天空阻害のないところに降下する雨量。	重力	m/s	
蒸発	樹冠や地表に付着あるいは窪地貯留された水分が直接大気中に、又は、土壌中に保持された水分が地表を通して大気中に放出される水分。	熱、風、	m/s	
蒸散	植物の根から吸収され、気孔から大気中へ放出される水分。	熱、風、毛管力	m/s	
樹冠通過雨量	樹冠のすき間を通して地表に達する雨量。	重力	m/s	
滴下雨量	植物の表面に付着した雨水が下向きに滴下する雨量。	重力	m/s	
樹幹流	直物の表面に付着した雨水が樹幹をつたって地表に達する雨量。	重力	m/s	
地表流	地表面を斜面勾配に従って流下する水量。	重力	m3/s	
地中流	比較的浅い地中（ゼロフラックス面よりも上、又は、飽和帯よりも上）を斜面勾配に沿って流下する水量。 パイプ流、飽和側方流、不飽和側方流を含む。 なお、斜面スケールを最小単位と考えて、斜面上下流方向の負圧変化による地中流の変動は考慮しない。	重力、土壌内水圧	m3/s	
浸潤（浸透）・復帰流	地表面を通過して地中へ浸入する、あるいは地中から地表への水量。	重力、土壌内水圧	m/s	○
降下浸透・地下水位上昇	地中を下向きに降下する、あるいは飽和面の上昇水量。	重力、土壌内水圧	m/s	○
浸漏・涵養	地下水と河道との間の水圧の差により生じる、地下水から河道へ、あるいは河道から地下水への水分移動量。	重力、土壌内水圧	m3/s	○
地下水流動	不圧あるいは被圧帯水層内の水分移動量。水平方向と鉛直方向がある。	重力、土壌内水圧	m3/s	○
河道流	河道内の水移動量。	重力、河道内水圧	m3/s	○

4.2.2　水文プロセスからみた平面的な区分

(1)区分方法の整理

水文解析で行われる平面的な区分については、流出解析手法ごとに異なる場合もあるため、確定的なものを抽出することは難しい。しかし、多くのモデルで行われている区分をとりいれて一覧表にすると表-4.6 となった。

表-4.6　平面的な水文学的特性の区分

区分方法	区分の方法	具体的な区分	区分により決定される 水文学的特性
不浸透域	屋根面積や舗装面積、および水面面積を根拠に設定する。	浸透域・不浸透域・水面	浸潤（浸透）の有無 窪地貯留能の違い
土地利用	土地利用区分にはデータソース毎に違いがある。これらの中から水文学的観点からの必要に応じて区分を行う。	森林・畑・水田・裸地・締め固められた裸地	浸透能力（又は透水係数）の違い 窪地貯留能の違い 土壌水分貯留能(又は土壌空隙率）の違い
土壌種・地質	地質図や土壌図をもとに水文学的観点から必要に応じて区分を設定する。	ローム・砂・粘土・マサ土　など	浸透能力（又は透水係数）の違い 土壌水分貯留能(又は土壌空隙率）の違い
流出寄与域	地形・地下水位分布（利用可能なことは希である）をもとに、水文学的観点から必要に応じて区分を設定する。	涵養域・流出域	地表流発生の有無
植生	樹種などにより、地表を覆う植生を区分する。	針葉樹、常緑広葉樹、落葉広葉樹　など	樹冠遮断量 蒸散能力

(2)平面的な区分方法

流域モデルを作成に際して、流域全体をオブジェクトに切り分ける場合、その手法は下記のように大きく２つに分かれる。

①平面的な区分方法のいずれかをもとに、オブジェクト内は単一の区分となるように切り分ける。

②オブジェクトの内部において、区分毎の占める面積率を元に、重み付け平均するなどして水文学的な特徴を反映させる。この場合は、一つのオブジェクトの中に複数の区分面積が内包される。

このような２つの手法を図で示すと図-4.9 のようである。例えば、貯留関数法を適用する場合に、基準点上流を土地利用に従って複数に分割するか、あるいは単一の流域として扱うかの選択がある。前者の場合には、流下経路は必ずしも一貫していないところに現実とのギャップがあり、後者の場合には、土地利用毎の流出特性が丸められてしまい、水文特性が反映されない恐れがある。

ここでは事例として土地利用を挙げたが、これが流出寄与域の場合には、後者の選択は流出率の誤差となって計算制度に大きな悪影響を及ぼす危険がある。

このように考えると、平面的なオブジェクトの切り分けには、ある程度の自由度を持たせる必要があ

る。

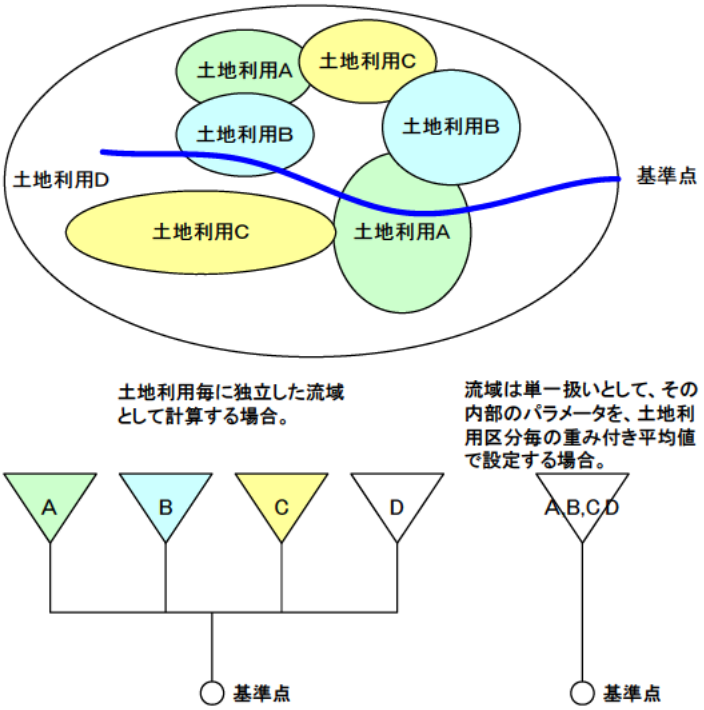


図-4.9 土地利用区分に基づく流域分割手法の例

4.2.3 オブジェクト内部の構造

(1)オブジェクト内部に保持する変数種

水文学的オブジェクトの内部に保持しなければならない変数は表-4.7 のように考えられる。全てのオブジェクトに全変数種が必要ということではないので、これらが選択的に設定できるようにする必要がある。

表-4.7 オブジェクト内部に保持する変数の種類

変数種	対応する流出モデル	備考
水位	地下水流動解析モデル	
水深	タンクモデル 等価粗度法 キネマチックウェーブを解くタイプ 土研分布モデル　など	
流速	キネマチックウェーブを解くタイプ　など	
流量	キネマチックウェーブを解くタイプ　など	
含水率	リチャーズ式を解くタイプ　など	
貯留量	貯留関数　ほか	
水圧	WEP モデル リチャーズ式を解くタイプ　など	負圧はマイナスの水圧としてカウントする。

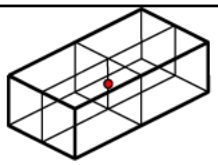
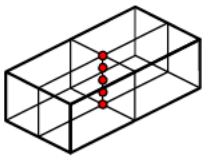
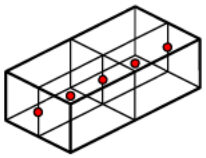
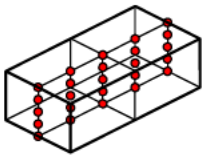
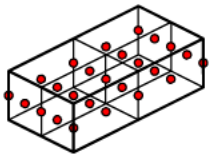
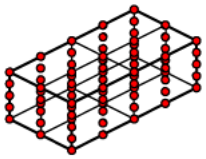
(2) オブジェクト内部の構造

水文学的オブジェクトの内部に保持しなければならない変数の構造は、様々なモデルに対応することを考えれば表-4.8 のようになる。

鉛直・流下・横手方向のそれぞれについて、複数の変数を設定する場合には、それらを平均化した流出量とそれぞれ単一の流出量の２種類を出力する必要があるかもしれない。

表-4.8 の 4，5 番のパターンまでを考慮すると、任意性が強くなりすぎて、今回の“データモデル”のポリシーに反する可能性がある。また、3 番のパターンも難しい可能性がある。そこで、今回は 0,1,2 番までを考慮する。

表-4.8　オブジェクトの内部表現

パターン				対応するモデル	概念図
番号	鉛直方向	流下方向	横手方向		
0	1	1	1	窪地貯留池のモデル 一段物理タンク 貯留関数　など	
1	*	1	1	SHE モデル WEP モデル 多段物理タンク 土研分布モデル　など	
2	1	*	1	キネマチックウェーブモデル セル分布型モデル　など	
3	*	*	1	多層のキネマチックウェーブモデル（小川モデルなど）	
4	1	*	*	平面２次元地下水解析モデルが該当する。	
5	*	*	*	３次元地下水解析モデルが該当する。	

注）パターン表記の「*」は複数(1 以上)であることを意味する。

4.2.4　オブジェクト間の接続

(1) 接続の制限

今回の“データモデル”のポリシーを考えて、オブジェクト間の接続には下記のような制限を設定する必要がある。

・オブジェクトを接続する場合には、同じ流れ同士に限る。

この制限を外した場合には、下記のような不具合が生じる。

・流出過程に非現実的な想定をすることになる(例えば、上流斜面要素の地表流を下流斜面要素の地中流へ接続した場合)

・水文学的オブジェクトが何を要求して何を出力するのかが、エンジン毎に異なってしまい、新しいエンジンが開発されるたびに、全ての利用者がその内部を熟知しなければならない。

(2) 接続形態(単体/複数の接続)

水文学的オブジェクトは様々な形態で接続させなければならないことが推定される。表-4.9 は各オブジェクト間の相互接続の形態を整理したものである。

表-4.9　水文学的オブジェクトの接続形態一覧

(欄内の「＼」の左の数値は行項目、右の数値は列項目、「*」は複数可を、「-」は接続しないことを意味する)

	大気	樹冠	地表	飽和・不飽和帯	不圧飽和帯	被圧飽和帯	貯水池	河道	河道合流点
大気	-	*＼*	*＼*	*＼*	-	-	*＼*	*＼*	-
樹冠		-	*＼*	-	-	-	-	-	-
地表			-	*＼*	-	-	*＼*	*＼*	*＼*
飽和・不飽和帯				-	*＼1	-	*＼*	*＼*	*＼*
不圧飽和帯					*＼*	1＼1	*＼*	*＼*	*＼*
被圧飽和帯						*＼*	-	-	-
貯水池							-	-	1＼2
河道								-	1＼2
河道合流点									-

①大気の接続

・ティーセン分割などを考えれば、一つの樹冠や地表に対して複数の大気が存在する場合がある。

・流域平均雨量を保持する大気を設定した場合は、流域内の複数の樹冠や地表が一つの大気と接続する

②樹冠の接続

・樹冠の特徴を詳細な地域ごとに区分した場合は、一つの地表に複数の樹冠が対応する場合がある。流域内の平均的な樹冠の特性を一つの樹冠オブジェクトで表現した場合には、複数の地表がそれに接続する場合がある。

③地表の接続

・地表面下に平面的に複数の地質が分布している場合には、一つの地表面に複数の土壌が接続する場合がある。
・複数の地表が一つの貯水池・河道・河道合流点へ流入する場合がある。
・その地表オブジェクトが大きく、河道網が比較的密に設置された場合には、一つの地表オブジェクトから複数の貯水池・河道・河道合流点へ流入する場合がある。

④飽和・不飽和帯の接続

・複数の飽和・不飽和帯が一つの不圧飽和帯オブジェクトの上にある場合が想定される。
・飽和・不飽和帯オブジェクトの下に、複数の不圧飽和帯オブジェクトを許可した場合、地下水位の上昇にともなう飽和･不飽和帯オブジェクトの変化が徒に平均化される危険性がある（例えば、地下水位上昇に伴う流出寄与域の拡大など)。そこで、飽和・不飽和帯オブジェクトの下には、複数の不圧飽和帯オブジェクトを許可しない。
・その飽和・不飽和帯オブジェクトが大きく、河道網が比較的密に設置された場合には、一つの飽和・不飽和帯オブジェクトから複数の貯水池・河道・河道合流点へ流入する場合がある。

⑤不圧飽和帯の接続

・不圧飽和帯どうしは１対１の関係が基本であるが、流域の下流に近づくにつれて、流入先の不圧飽和帯オブジェクトが一つに収斂する場合は考えられるので、複数対複数の場合を考慮する。
・被圧飽和帯との接続は１対１が基本である。
・貯水池・河道・河道合流点との接続は地表などの場合と同様に複数対複数とする。

⑥被圧飽和帯の接続

・被圧飽和帯どうしは１対１の関係が基本であるが、流域の下流に近づくにつれて、流入先の被圧飽和帯オブジェクトが一つに収斂する場合は考えられるので、複数対複数の場合を考慮する。

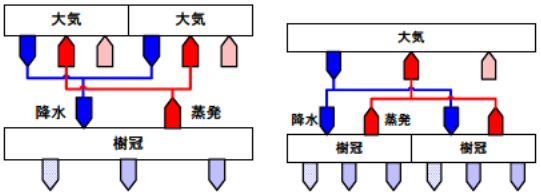
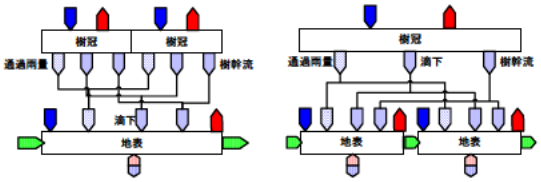
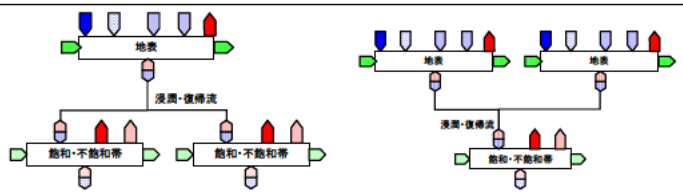
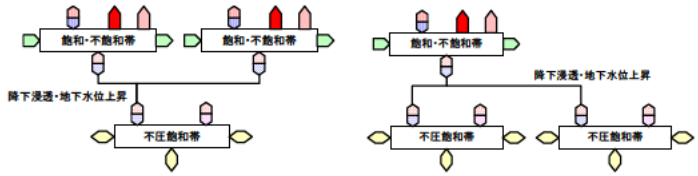
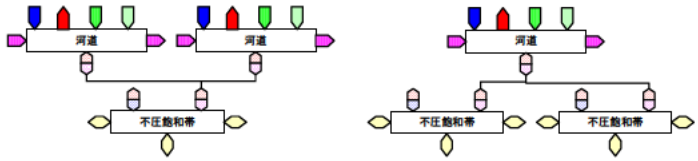
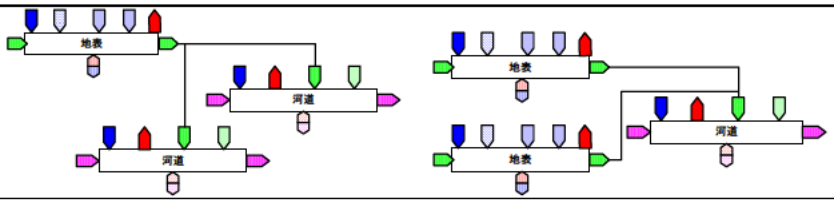
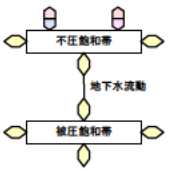
⑦貯水池の接続

・河道網の幾何関係を明確にする意味もあって、貯水池は必ず２つの河道合流点と接続する。

⑧河道の接続

・河道網の幾何関係を明確にする意味もあって、河道は必ず２つの河道合流点と接続する。

表-4.10　接続形態の概念図

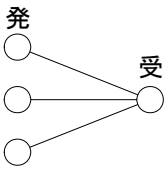
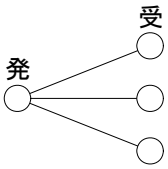
流れ	接続パターンの概念図	備考
降水 蒸発		大気に対する樹冠と同様に地表、飽和・不飽和帯、貯水池、河道についても多対多の関係となる。
通過雨量 滴下雨量 樹幹流		
浸潤・復帰流		双方向性のため、互いに接続相手の情報を多く把握する必要がある。
降下浸透・ 地下水位上昇		
浸漏・涵養		
地表流		地中流についても同様な扱いとなる。
地下水流動		１対１の関係を基本とするが、多対多の関係も検討の必要がある。

(3) 接続関係の保持に必要な情報

１対１の関係であれば、接続(＝流れ)関係は相手先のみで良いこととなる。しかし、多対多の関係を考えれば、どの相手から来る流れは自分に対して全体の何割になるのか、という情報が必要となる。また、逆の見方をすれば、自分が吐き出す流れは誰に対して何割が行くのかという情報も必要となる。 このような付加的に必要となる情報を表-4.11 にまとめた。

このように考えると、包括的に考えれば、いずれの場合にも相手先とその相手先の重み係数が必要ということになる。その重み係数は「発」側と「受」側で異なるので、２種類の係数が必要となる。

表-4.11　多対多接続の場合に付加的に保持する情報

発	受	流れの単位が[m/s]の場合 （鉛直方向の流れ）	流れの単位が[m3/s]の場合 （水平方向の流れと浸漏・涵養）	備考
多	1	必要： 各々の「発」が「受」に対して何割の面積を占めているのか､という付加的な情報が必要となる。	不要： 「受」側では各「発」の量を合計すればよいので､付加的な情報は不必要である。	「受」側に付随した情報となる。 
1	多	不要： 「受」側では「発」からの量をそのまま受け入れればよいので､付加的な情報は不必要である。	必要： 「発」が各々の「受」に何割ずつ配分するのか、という付加的な情報が必要となる。	「発」側に付随した情報となる。 

(4) 双方向流れの扱い

双方向流れを表現する場合に、２つのオブジェクト間で相互に参照される可能性のある変数種を想定すると表-4.12 のようである。これらのオブジェクトは、変数種の数値を外に公開する必要がある。

表-4.12　双方向流れで参照される変数(想定)

	オブジェクト１で参照される変数	オブジェクト２で参照される変数
浸潤・復帰流	地表面： 窪地貯留量	飽和・不飽和帯： 水圧、水深、水位、含水率
降下浸透・地下水位上昇	飽和・不飽和帯： 水圧、水深、水位、含水率	不圧飽和帯： 水圧、水深、水位
浸漏・涵養	貯水池、河道： 水深、水位	不圧飽和帯： 水圧、水深、水位
地下水流動	不圧飽和帯、被圧飽和帯： 水圧、水深、水位	不圧飽和帯、被圧飽和帯： 水圧、水深、水位
河道流	貯水池、河道： 水深、水位、流速、流量	貯水池、河道： 水深、水位、流速、流量

(5) 接続間の値の渡し方

水文学的オブジェクト間の値(流れや、水位・水深などのポテンシャル)の渡し方は、水文学的オブジェクト間の計算時間間隔を△t とするとき、下記のように規定する。なお、水文学的オブジェクト内部では、それぞれの解析エンジンに従って、内部用の計算時間刻みがあってもよい。ここで規定するのは水文学的オブジェクト間の接続の際に使用する△t である。

・「流れ」については、t+△t 時点の値を渡す。

・「水位・水深などのポテンシャル」については、t+△t 時点の値を渡す。

なお、当初は「流れ」の受け渡しは△t 間の平均値を渡すものとしていたが、土研モデル ver.2 の実装の段階において、t+△t 時点のものを渡すことと変更した。

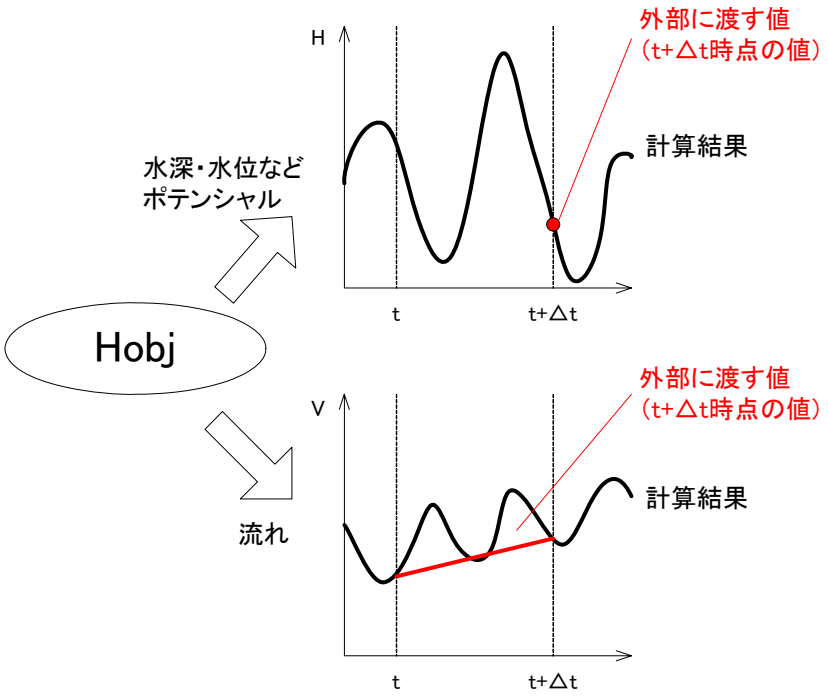


図-4.10　Hobj から他の Hobj への出力(流れ・ポテンシャル)の渡し方概念

4.3　水文学的オブジェクトの仕様

4.3.1　水文学的オブジェクトクラスの定義

(1)抽象クラス“Hobj”

水文学的オブジェクトは共通部分を抜き出した抽象クラスを、全てのオブジェクトが継承するCompositeパターンとする。抽象化クラス“Hobj”のメンバー変数とメンバー関数は下記とする。

表-4.13　Hobjのメンバー変数

	説明
id	流域モデルの中で、一意の整数を保持し、計算順序の設定などに使う。
Computer	自分の状態を時間△Tだけ更新する関数を保持する変数。 ストラテジーパターンによる、計算エンジンの外部カプセル化。
Bchecker	自分が保持している水流関連変数を合計して、水収支情報（情報を示す構造を別途定義する）を提供する。計算エンジンと同様にストラテジーパターンを用いて外部カプセル化。
IsRefreshed	△t間の計算初期状態になったか。

表-4.14　Hobjのメンバー関数

	説明
refreshDT()	IsRefreshedに1を代入し、状態量と外部入出力を更新する。 void refreshDTT() {IsRefreshed=1; 内部変数（状態量）と外部入出力変数の全てについて、時刻t+△tのものを時刻tへコピーする。}
GodT()	自分が保持しているCumputerを一回コールする。 void GodT() {*Computer->Compute(this)}
CheckSum()	自分が保持しているBcheckerを一回コールする。 void CheckSum() {*Bchecker->reportWBudget(this)}

△T時間分の計算を進める外部からの呼び出し方法。および水収支チェック関数の呼び出し方法。

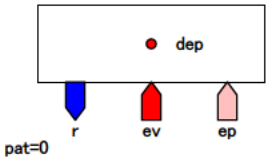
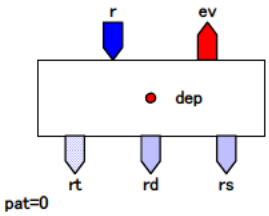
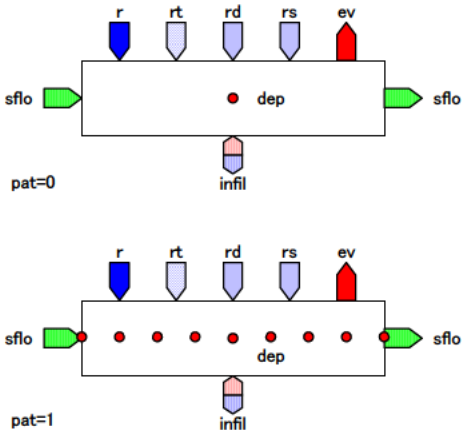
```
Hobj->refreshDT()
Hobj->getFrom(aHobj,share)
Hobj->GodT()
```

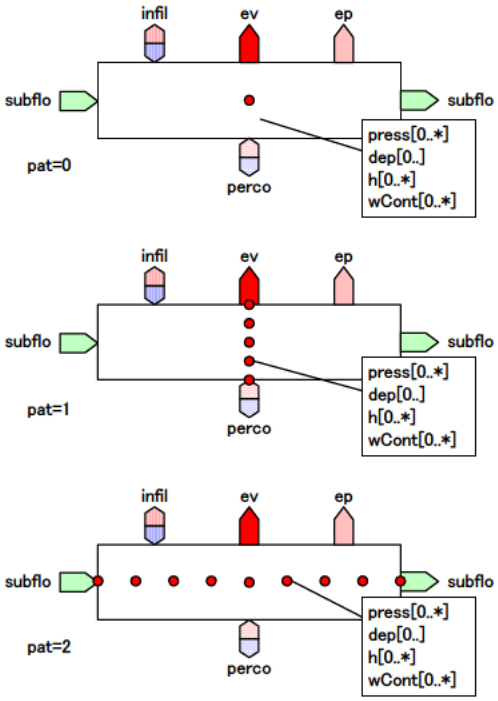
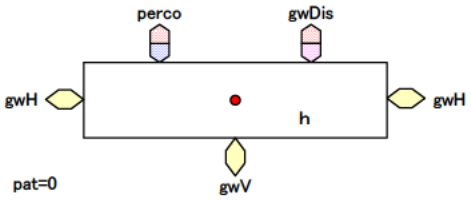
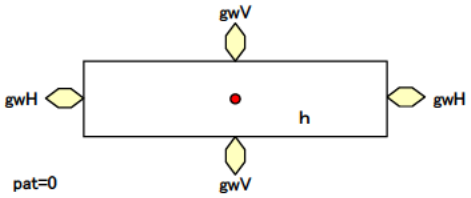
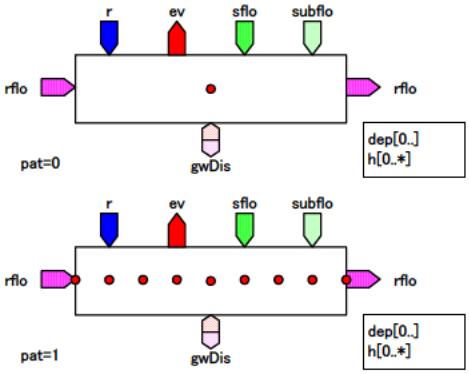
(2)水文学的オブジェクトのクラス

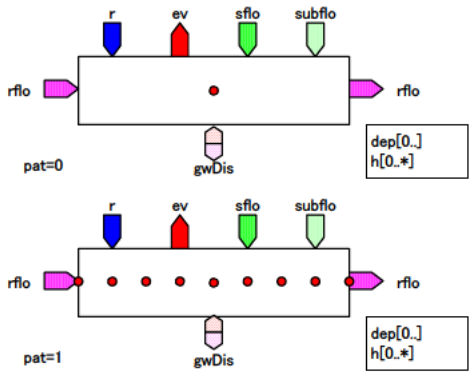
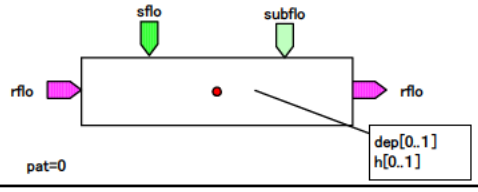
全ての水文学的オブジェクトはHobjを継承する。△T時間分の計算実行命令はHobjで定義されている GodT()であり、また、オブジェクトの水収支情報を計算する命令はやはり Hobj で定義されているCheckSum()である。水文学的オブジェクトに対して要求される命令は、主にこの２種類のみであるの

で、それを継承する各クラスではメンバー関数を別途定義しない。一方、各クラスが保持すべきデータ種は異なるので、メンバー変数はクラス毎に追加定義される。

表-4.15　“Hobj”を継承する水文学的オブジェクトのクラス

オブジェクト名	クラス名と想定した構造	外部接続変数		内部変数（状態変数と諸元）	
		メンバー変数	変数の説明	メンバー変数	変数の説明
大気	Atomos  	r ev ep	降水 蒸発 発散	dep a	水蒸気量 面積
樹冠	Canopy  	r ev rt rd rs	降水 蒸発 通過雨量 滴下雨量 樹幹流	dep a	貯留 面積
地表	Surface  	r rt rd rs ev infil sfloIN sfloOUT	降水 通過雨量 滴下雨量 樹幹流 蒸発 浸潤(*/-) 地表流 IN 地表流 OUT	dep a slope pat	窪地貯留 面積 勾配 パターン

飽和・不飽和帯	SubSurf 	infil ev ep perco subfloIN subfloOUT	浸潤(+/-) 蒸発 発散 降下浸透(+/-) 地中流　IN 地中流　OUT	press dep h wCont a pat	圧力 貯留高 水深 含水率 面積 パターン
不圧飽和帯	UnconfAq 	perco gwDis gwH gwV	降下浸透 浸漏(+/-) 水平流(+/-) 鉛直流(+/-)	h D s coef a	水位 帯水層厚さ 貯留係数 面積
被圧飽和帯	ConfAq 	gwH gwV	水平流(+/-) 鉛直流(+/-)	h D s coef a	水位 帯水層厚さ 貯留係数 面積
貯水池	Reservoir 	r ev sflo subflo gwDis rfloIN rfloOUT	降水 蒸発 地表流 地中流 浸漏(+/-) 河道流　IN 河道流　OUT	dep h a HV pat	水深 水位 水面積 H-V 関係式 パターン

河道	RivArc  	r ev sflo subflo gwDis rfloIN rfloOUT	降水 蒸発 地表流 地中流 浸漏(+/-) 河道流　IN 河道流　OUT	dep h length width cross pat	水深 水位 流下距離 水面幅 断面（構造体） パターン
河道合流	unction  	sflo subflo rfloIN rfloOUT	地表流 地中流 河道流　IN 河道流　OUT	dep h	水深 水位

注）外部接続変数および、内部変数の内で状態量を示すものは全て二重化し、一方は時刻 t の値、他方は時刻 t+△t の値を保持する。

(3) オブジェクトの振る舞い

区分した水文学的オブジェクトの振る舞いを表-4.16 に示した。

表-4.16　水文学的オブジェクトの振る舞いの規定（案）

水文学的オブジェクト名	振る舞い	振る舞いの分解	関数名	関数の呼び出し元
Hobj（共通）	Hdirector から流入元の Hobj を指定してもらい、型に応じて自分の変数（流入量）を更新する。その後、△T後の自分の状態を計算する。	自分の内部状態（状態変数）と関連する接続変数を△T だけ更新する。	Compute	演算制御
		自分の内部の水収支を検査する。	CheckSum	演算制御
		Hdirector により自分に対する境界条件を設定してもらう。	setBC	Hdirector
大気	Hdirector により時刻を指定されると、自分が保持するエンジンにより、降水量を更新する。	現在の降水量を返す。	returnR	樹冠 地表 貯水池 河道
樹冠	Hdirector により降雨を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、蒸発、通過雨量、滴下雨量、樹幹流を更新する。	現在の通過雨量を返す。	returnRt	地表
		現在の滴下雨量を返す。	returnRd	地表
		現在の樹幹流を返す。	returnRs	地表

地表	Hdirector により降雨、通過雨量、滴下雨量、樹幹流と上流からの地表流の流入を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、蒸発、地表流、浸潤を更新する。	現在の蒸発を返す。	returnEv	大気
		現在の地表流を返す。	returnSflo	地表
		現在の浸潤・復帰流を返す。	returnInfil	飽和・不飽和帯
		現在の窪地貯留量（水深）を返す。	returnDep	飽和・不飽和帯
飽和・不飽和帯	Hdirector により浸潤と上流からの地中流の流入を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、蒸発、蒸散、降下浸透、地中流を更新する。	現在の浸潤・復帰流を返す。	returnInfil	地表
		現在の蒸発を返す。	returnEv	大気
		現在の蒸散を返す。	returnEp	大気
		現在の地中流を返す。	returnSubflow	飽和・不飽和帯
		現在の降下浸透・地下水位上昇を返す。	returnPerco	不圧飽和帯
		現在の水圧を返す（地表用）。	returnPress4u	地表
		現在の貯留量を返す（地表用）。	returnDep4u	地表
		現在の水深を返す（地表用）。	returnH4u	地表
		現在の含水率を返す（地表用）。	returnWcont4u	地表
		現在の水圧を返す（不圧飽和帯用）。	returnPress4d	不圧飽和帯
		現在の貯留量を返す（不圧飽和帯用）。	returnDep4d	不圧飽和帯
		現在の水深を返す（不圧飽和帯用）。	returnH4d	不圧飽和帯
		現在の含水率を返す（不圧飽和帯用）。	returnWcont4d	不圧飽和帯
不圧飽和帯	Hdirector により降下浸透を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、浸漏、水平流、鉛直流を更新する。	現在の降下浸透・地下水位上昇を返す。	returnPerco	飽和・不飽和帯
		現在の浸漏・涵養を返す。	returnGwDis	貯水池 河道
		現在の水平地下水流動を返す。要求元との間の水平地下水流動を返す。	returnGwH	不圧飽和帯
		現在の鉛直方向地下水流動を返す。要求元との間の鉛直方向地下水流動を返す。	returnGwV	被圧飽和帯
		現在の地下水位を返す。	returnH	飽和・不飽和帯 不圧飽和帯 被圧飽和帯 貯水池 河道

被圧飽和帯	Hdirector により時刻が更新されると、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、水平流、鉛直流を更新する。	現在の水平地下水流動を返す。要求元との間の水平地下水流動を返す。	returnGwH	被圧飽和帯
		現在の鉛直方向地下水流動を返す。要求元との間の鉛直方向地下水流動を返す。	returnGwV	不圧飽和帯 被圧飽和帯
		現在の地下水位を返す。	returnH	不圧飽和帯 被圧飽和帯
貯水池	Hdirector により降雨、地表流、地中流と上流からの河道流を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、浸漏と河道流（流出）を更新する。	現在の蒸発を返す。	returnEv	大気
		現在の流量を返す。要求元との間の流量を返す。	returnRflo	河道合流点
		現在の浸漏・涵養を返す。	returnGwDis	不圧飽和帯
		現在の水位を返す。	returnH	河道合流点
河道	Hdirector により降雨、地表流、地中流と上流からの河道流を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、浸漏と河道流（流出）を更新する。	現在の蒸発を返す。	returnEv	大気
		現在の流量を返す。要求元との間の流量を返す。	returnRflo	河道合流点
		現在の浸漏・涵養を返す。	returnGwDis	不圧飽和帯
		現在の水位を返す。	returnH	河道合流点
河道合流点	Hdirector により地表流、地中流と上流からの河道流を設定してもらい、自分が保持するエンジンにより、状態量に加え、河道流（流出）を更新する。	現在の流量を返す。要求元との間の流量を返す。	returnRflo	河道合流点
		現在の水位を返す。	returnH	貯水池 河道

(4) UML による記述

解析エンジンとは切り離した水文学的オブジェクトが保持すべきデータと振る舞いをまとめて UML 図を作成すると図-4.11 のようになる。

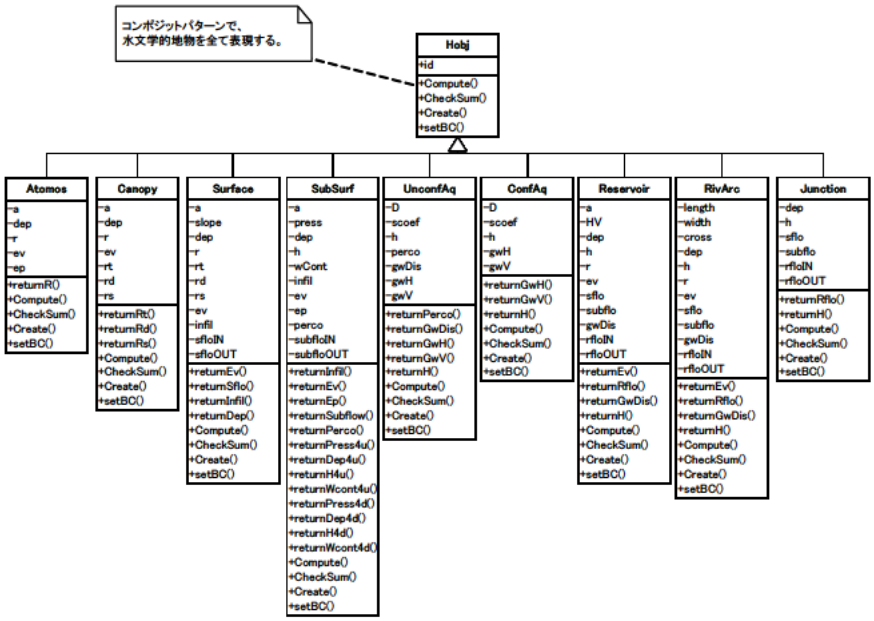


図-4.11　水文学的オブジェクトの定義(案)

4.3.2　解析エンジンの定義

(1)解析エンジンの抽象クラス“Hcomputer”

Hobj による水文学的オブジェクトの表現とは別に、それらを計算するいわゆるエンジンをストラテジーパターンを用いてカプセル化し、自由な差し替えを可能とする。

表-4.17　Hcomputer のメンバー変数

	説明
name	エンジン名称

表-4.18　Hcomputer のメンバー関数

	説明
Compute	時間を△T 分進めるための演算処理。

(2)エンジンのクラス

全てのエンジンは Hcomputer を継承し、Hcomputer で定義されている関数 Compute()をオーバーライドする。これにより、抽象化された命令が、各クラスレベルで具体的な演算処理に変更される。

表-4.19　“Hcomputer”を継承するエンジンのクラス

対象となる水文学的オブジェクト	オブジェクト説明	クラス名	メンバー変数	変数の説明	Compute()の中身
大気	降水データ更新	RainData	time	時刻	△T 間の降水量データを設定する。
樹冠	樹冠用の池モデル	CanopyPond	depth	樹冠貯留能	△T 間の樹冠貯留池の水収支計算を行う。

地表	貯留関数	StorageFunc	k p Tl f1 Rsa fsa	貯留係数 貯留指数 遅れ時間 初期流出率 飽和雨量 飽和流出率	△T 間の貯留関数を計算する。
	動水波近似式	KinematicWave	n width length	等価粗度係数 斜面幅 斜面長さ	△T 間のキネマチックウェーブ計算を行う。
	高棹・椎葉モデル	TSkwSurf			TSkw の計算結果から、地表流成分を取り出す。
飽和・不飽和帯	簡略化リチャーズ式	Richards	pF Kr K0 K0h	pF 曲線構造体 Kr 曲線構造体 飽和透水係数 斜面方向透水係数	△T 間のリチャーズ式計算を行う（簡易）。
	高棹・椎葉モデル	TSkw	K0 Ks s D	飽和透水係数 斜面方向透水係数 A 層貯留係数 A 層の厚さ	△T 間のキネマチックウェーブ式の計算。TSkwSurf と対になって用いる必要がある。
	土研モデル ver2	Doken2			
不圧飽和帯 被圧飽和帯	ダルシー流	SimpleDarcy	K0 K0h	飽和透水係数 斜面方向透水係数	△T 間のダルシー流計算をする。
	地下水タンク	GWTank	a	タンク孔の係数	△T 間のタンク計算。
貯水池	池モデル	Pond	weir	積諸元（構造体）	△T 間の池モデル（水収支計算）。
河道	動水波近似式	上記に同じ			
	貯留関数	上記に同じ			
河道合流点	流量接合	EqualFlow	-	-	ルールに従って、△T 後の接合河道・貯水池の流量配分を決定する。
	水位接合	EqualDepth	-	-	△T 後の接合河道・貯水池の水深を比較して、誤差を返す。

斜面における流出現象をキネマチックウェーブでモデル化する手法として高棹・椎葉[2]がある。
モデルの連続式は式(1)、運動方程式は(2)と(3)で表される。

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=re\cdot\cos\varphi-K_0\cos\varphi \qquad (1)$$

$$Q=\frac{K_s\sin\varphi}{s}H \qquad : H<d \quad (2)$$

$$Q==\frac{K_s\sin\varphi}{s}H+\frac{\sqrt{\sin\varphi}}{n}(H-d)^{5/3} \qquad : H>=d \quad (3)$$

ここに、

x　　:斜面方向独立変数
t　　:時刻
H　　:斜面に垂直にとった水深[m]
Q　　：単位巾流量[m3/s/m]
re　　:有効降雨[m/s]
K0　　:A 層→B 層の鉛直方向透水係数[m/s]
Ks　　:A 層内斜面方向透水係数[m/s]
s　　:A 層内の貯留係数
D　　:A 層の厚さ[m]
d=sD　　：であり、A 層の空隙のみを取り出した厚さである[m]
ϕ　　:斜面勾配[度]
n　　:地表面の粗度係数（マニングの n）

これらの基礎式を陰式四点差分法により数値解析している。

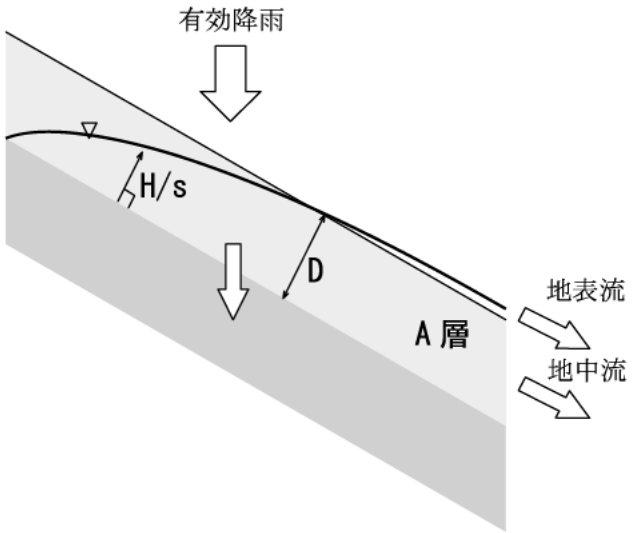


図-4.12　斜面キネマチックウェーブモデル概念図

[2]Kinematic Wave 法への集水効果の導入；京都大学防災研究所年報；第２４号 B-2；pp.159-170；1981

(3)UML による記述

ストラテジーパターンを利用した解析エンジンクラスを UML 図で記述すると図-4.13 のようになる。Hcomputer は一つの Hobj 毎に一つが設定される。Hobj の種類と Hcomputer の種類については対応可否を事前に定義する必要がある。

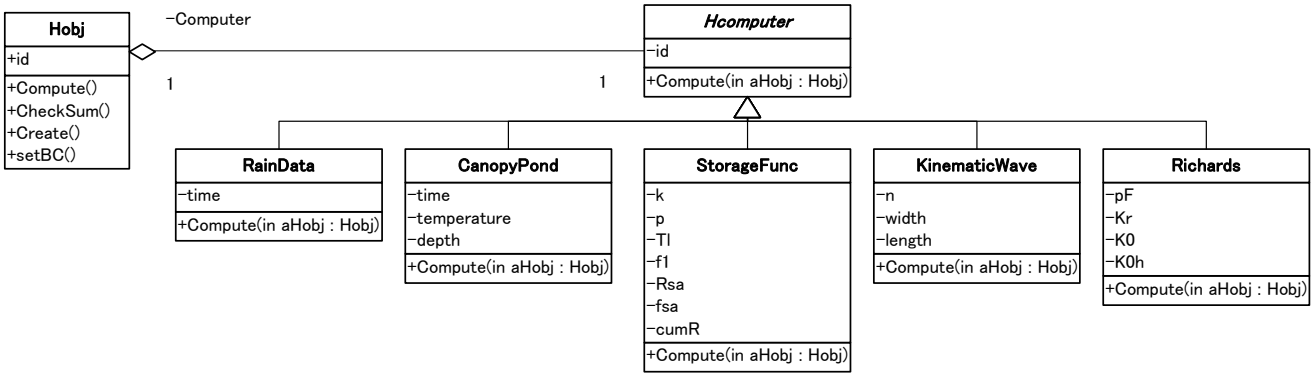


図-4.13　解析エンジンの定義(案)

4.3.3　演算制御

(1)方針

個別に分解されたオブジェクトのそれぞれについて、どのようなタイミングで演算実行の命令を出すのか、また、オブジェクトを接続する流れが双方向的なものである場合に、どのような制御をとる必要があるのかを検討した。その際に留意した点は下記である。

・オブジェクト相互の関係を密にしないために、Hobj には自分がどの Hobj と関連しているのかという情報を保持させない。これによりオブジェクトの再利用性を確保する。

・双方向流れや、順流として扱えるものなど、制御方法には様々な選択肢があるので、これらをカプセル化して、そのアルゴリズム自身を再利用可能なものとする。

これらの方針にそった制御を行うためにメディエーターパターンを活用する。

(2)演算制御の抽象クラス“Hdirector”

演算制御に関係するアルゴリズムと情報（計算順序や接続情報など）をカプセル化した”Hdirector”を下記のように規定する(図-4.14)。

・流域モデル毎に一つの Hdirector を作成する。

・Hobj への計算命令を出す順番や、流量の整合性をとるための繰り返しアルゴリズムを保持する。

・Hobj 間の関連性(流れで相互に接続される関係)を保持する(２種類の関連表を保持する。表-4.20、表-4.21 を参照のこと。特に、Hobj 間において一方通行の流れを前提としたモデルでは表-4.20 のみを用いることとする。)。

・Client（流域モデルの計算実行者）は Hdirector にたいして、△T 間の計算を実行する命令を出すこととし、その他のクラスへはアクセスしない。

表-4.20　「発」側からの接続参照テーブルの例(図-4.8 の接続関係を反映)

発	受	重み係数
0	1	0.5
0	2	0.5
1	2	1.0
2	-	1.0

表-4.21　「受」側からの接続参照テーブルの例(図-4.8 の接続関係を反映)

受	発	重み係数
1	0	1.0
2	0	0.5
2	1	0.5

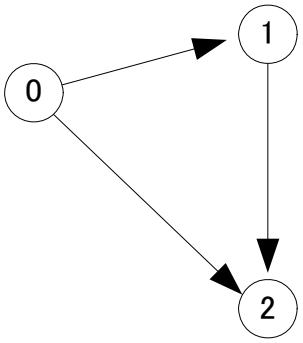


図-4.14　Hobj の接続関係のサンプル

(3)Hdirector のクラス

表-4.22　Hdirector のクラス

	振る舞い	備考
OneWayHdirector	双方向の流れを含めて、全ての流れはある一つの Hobj が計算する。双方向性は、その流れを計算する側の責任で達成する。	
TwoWayHdirector	双方向の流れを含む Hobj の計算に際しては、２つの Hobj の計算結果を収束させる手段を設定する。	アルゴリズムの検討が必要。

(4)UML による記述

Hdirector について UML 図で記述すると図-4.15～4.17 のようになる。

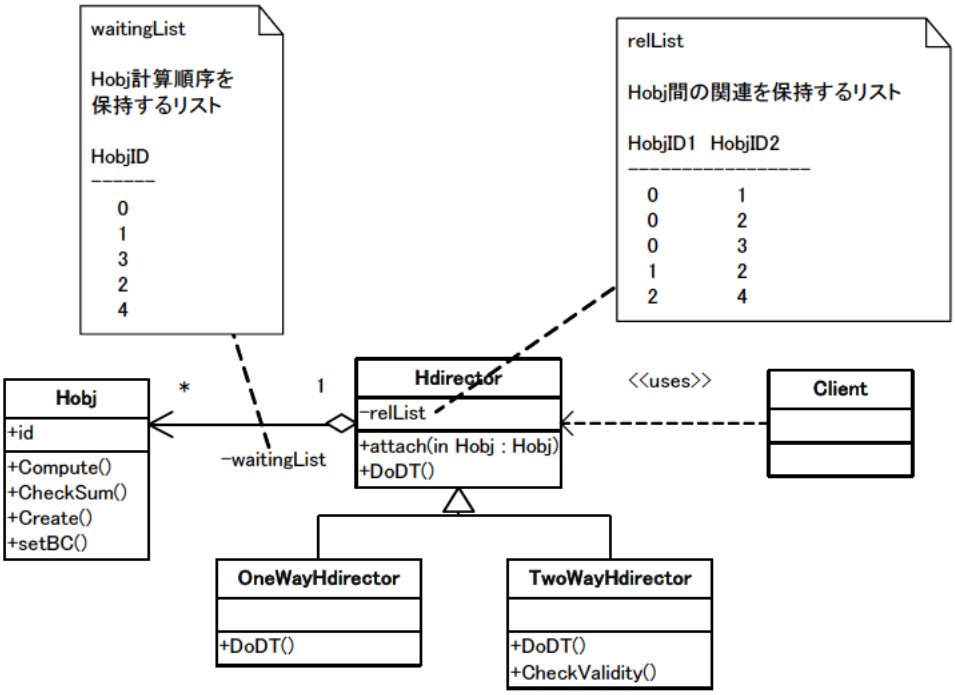


図-4.15　演算制御の抽象クラス“Hdirector”と“Hobj”との関係

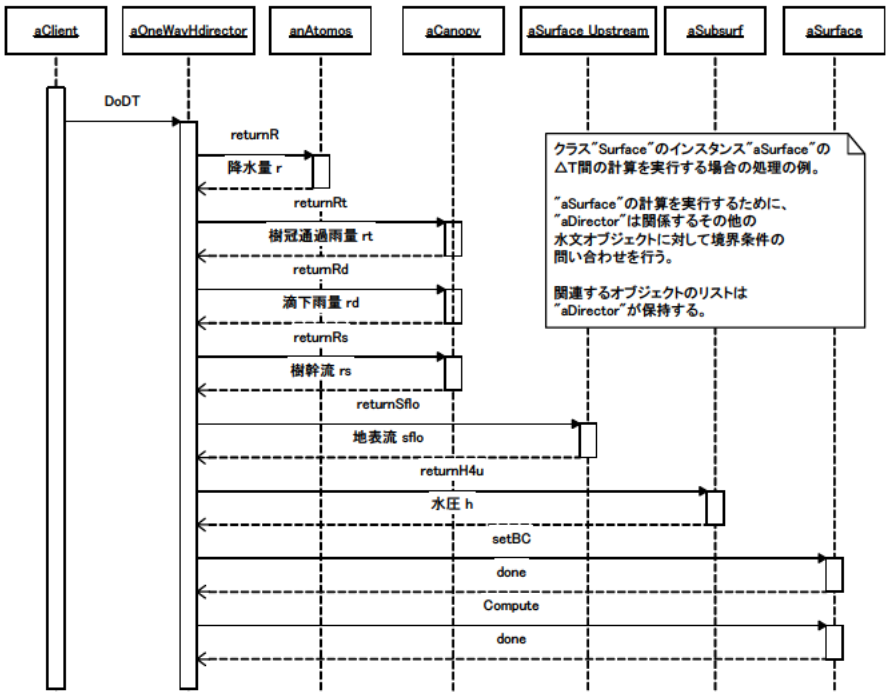


図-4.16　一方通行の OneWayHdirector

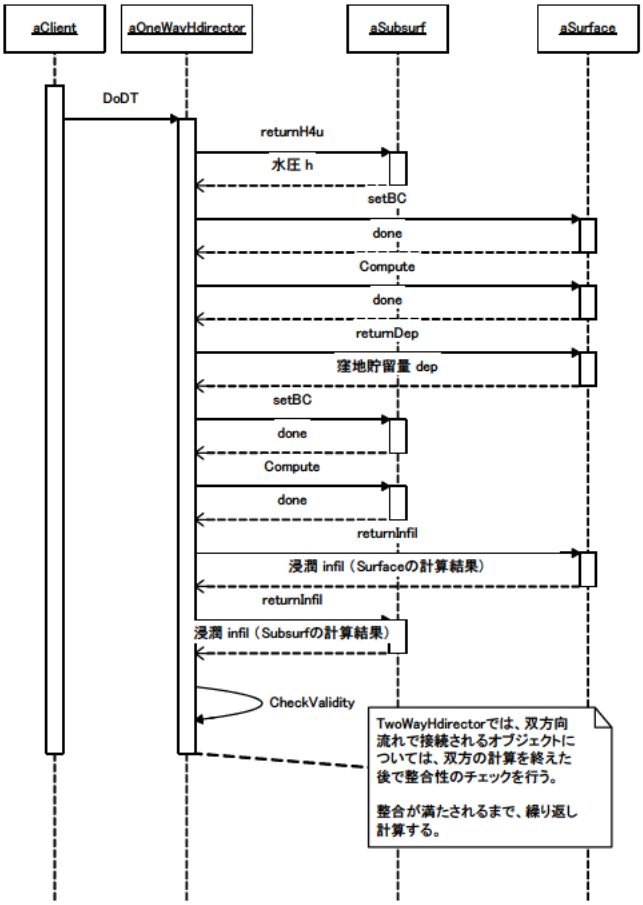


図-4.17　双方向流れの整合性をとる TwoWayHdirector

4.3.4　流域モデルの生成

(1) 方針

流出解析を行うための流域モデルを作成するためには、以下のような動作が必要となる。

- 流域モデルに必要な種類と数の Hobj のインスタンス[3]を生成する。
- 流域モデルに必要な種類と数の Hcomputer のインスタンスを生成する。
- Hdirector のインスタンスを一つ生成する。
- Hobj と Hcomputer の関連に関する情報に基づき、Hdirector インスタンスのパラメータ(Hobj の計算順序など)を設定する。
- Hobj インスタンスの値(パラメータ変数、Hcomputer との結びつき)を設定する。
- Hcomputer のパラメータの値を設定する。

[3] インスタンス：オブジェクト指向プログラミングで、クラスを基にした実際の値としてのデータのこと。クラスと対比して用いられることが多く、クラスを「型」、インスタンスを「実体」として説明されることもある。「オブジェクト」とほぼ同義語のように用いられることが多いが、実際にメモリ上に配置されたデータの集合という意味合いが強く、データの実体をより具体的・直接的に捕らえた用語である。（IT 用語辞典より。http://e-words.jp/）

入力されるデータは、定義されたフォーマットに従ったテキストファイルであったり、グリッドデータだったりとインターフェースによって異なる。また、入力データの咀嚼の程度により、インスタンスに与えるパラメータを得るまでに処理が必要となる場合もある。洪水予測システムの開発への利用などを考えれば、将来的に様々なデータフォーマットへの対応や、インスタンスの生成の仕方、タイミングの変更に柔軟に対処できる流域モデルの生成が望ましい。

したがって、流域モデルの生成は、以下のような方針で設計する。

- Hobj インスタンスのパラメータの設定の仕方は、差し替えが容易となるようにストラテジーパターンを適用する。
- 同様に Hcomputer インスタンスのパラメータの設定の仕方の差し替えが容易となるように、Strategy Pattern を適用する。
- Hobj インスタンスの生成、Hcomputer インスタンスの生成、Hdirector インスタンスの生成の数･種類・方法について様々な組み合わせで要求されても対処できるように、ビルダーパターンを適用して Hbuilder クラスを設計する。

(2)インスタンスの生成を行う抽象クラス

①Hobj インスタンスのパラメータ設定を行う抽象クラス”HobjBuilder”

- Hobj のコンクリートクラス(Atomos, Canopy, Surface,など)に応じた処理、また、さまざまな変数の設定方法の要求に従った処理を行う。
- コンクリートクラスは、Hobj の種類と処理方法を具体的にしたクラスとなる。

②Hcomputer インスタンスのパラメータ設定を行う抽象クラス“HcompBuilder”

- Hcomputer のコンクリートクラス(KinematicWave, StorageFunc, など)に応じた処理、また、さまざまな変数の設定法方法の要求に従った処理を行う。
- コンクリートクラスは、Hcomputer の種類とパラメータ設定方法を具体的にしたクラスとなる。

③UML による記述

HobjBuilder および HcompBuilder について UML 図で記述すると図-4.18 のようになる。

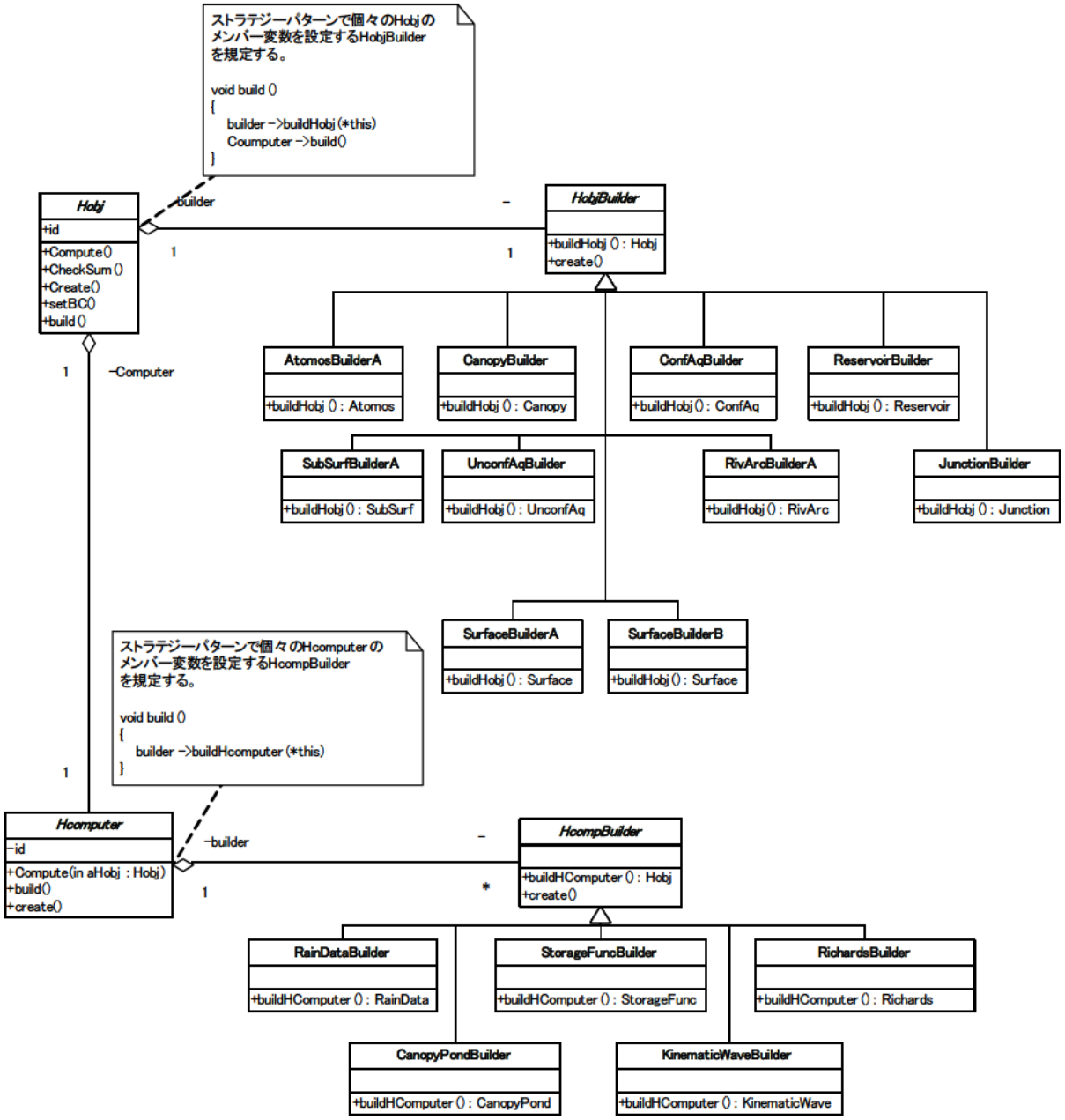


図-4.18　Hobj, Hcomputer インスタンスのメンバー変数の設定を行う HobjBuilder, HcompBuilder

(3) 流域モデルのインスタンス生成を行う抽象クラス”Hbuilder”

Hbuilder は、以下の作業を行う。

・必要な数と種類の Hobj インスタンスの生成

・必要な数と種類の Hcomputer インスタンスの生成

・Hobj インスタンスのメンバー変数を設定する HobjBuilder インスタンスの生成

・Hcomputer インスタンスのメンバー変数を設定する HcompBuilder インスタンスの生成

・Hdirector インスタンスを生成する。

Hbuilder によって生成された Hdirector オブジェクトは、設定された HobjBuilder, HcompBuilder を用いて Hobj, Hcomputer インスタンスの値を設定する。

(4) UML による Hbuilder の記述

Hbuilder クラス定義を UML 図で記述すると図-4.19 のようになる。また、Hbuilder による流域モデルの生成シーケンスを UML 図で記述すると図-4.20 のようになる。

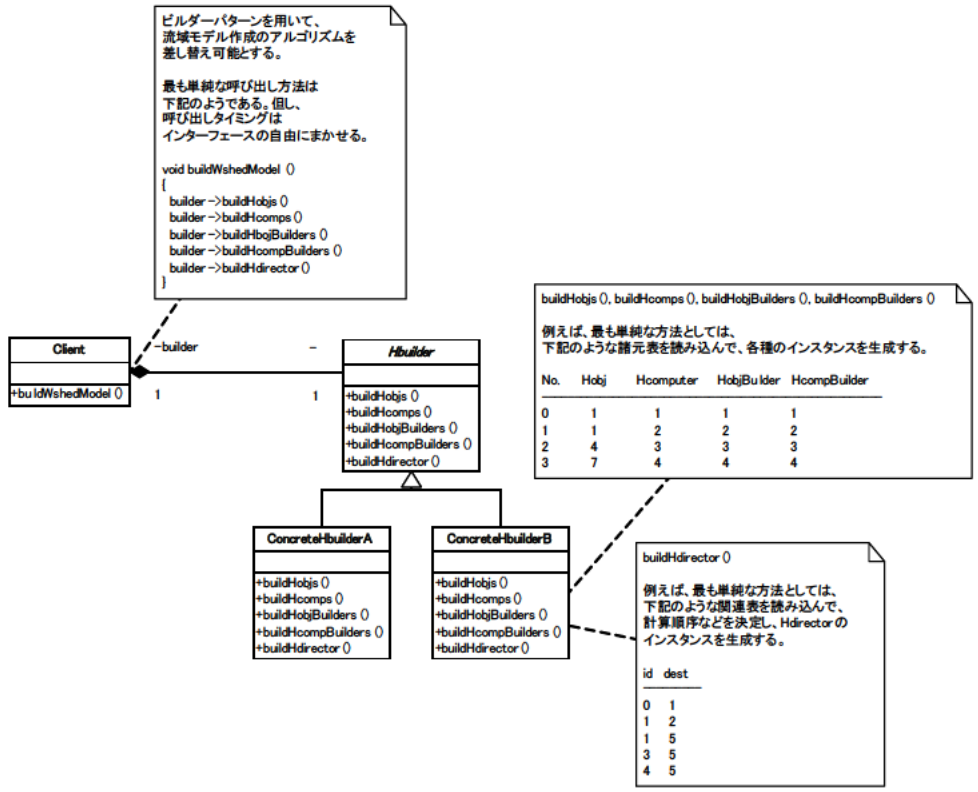


図-4.19　流域モデルを生成する Hbuilder クラス図

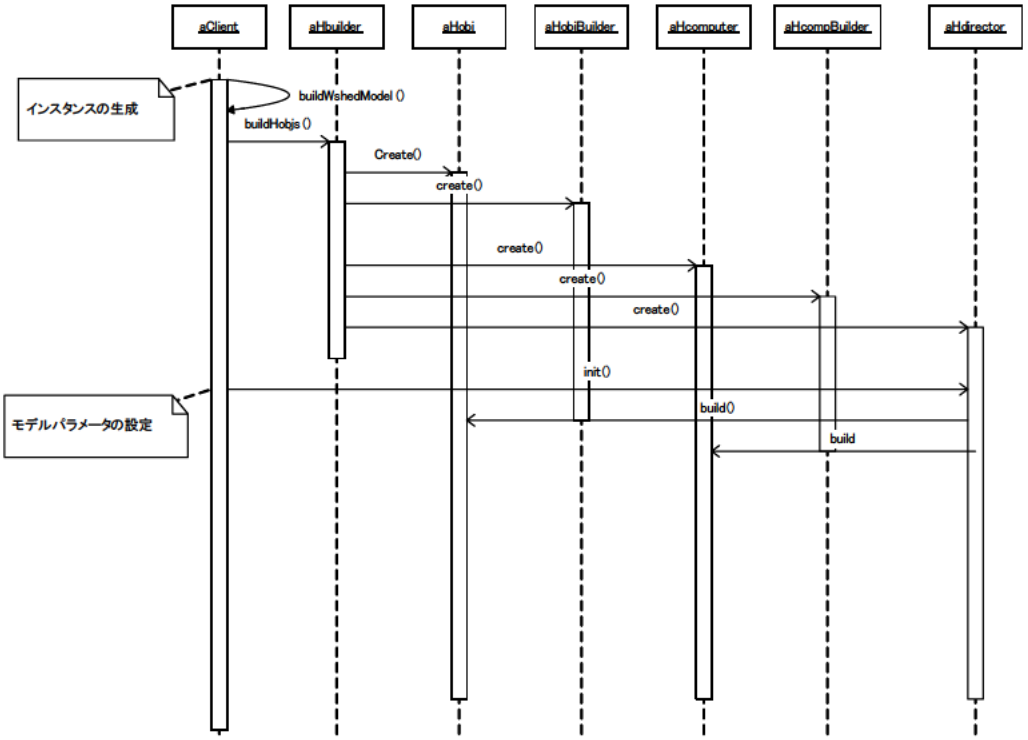


図-4.20　Hbuilder による流域モデル生成のシーケンス図

4.4　ケーススタディー

4.4.1　斜面要素の事例

(1)河道を内包する斜面要素

・河道は面積を有するので、河道上空の大気を斜面とは別途設置することができる。

・河道上の降水と蒸発を無視する場合には、河道上空の大気を区分する必要はない。

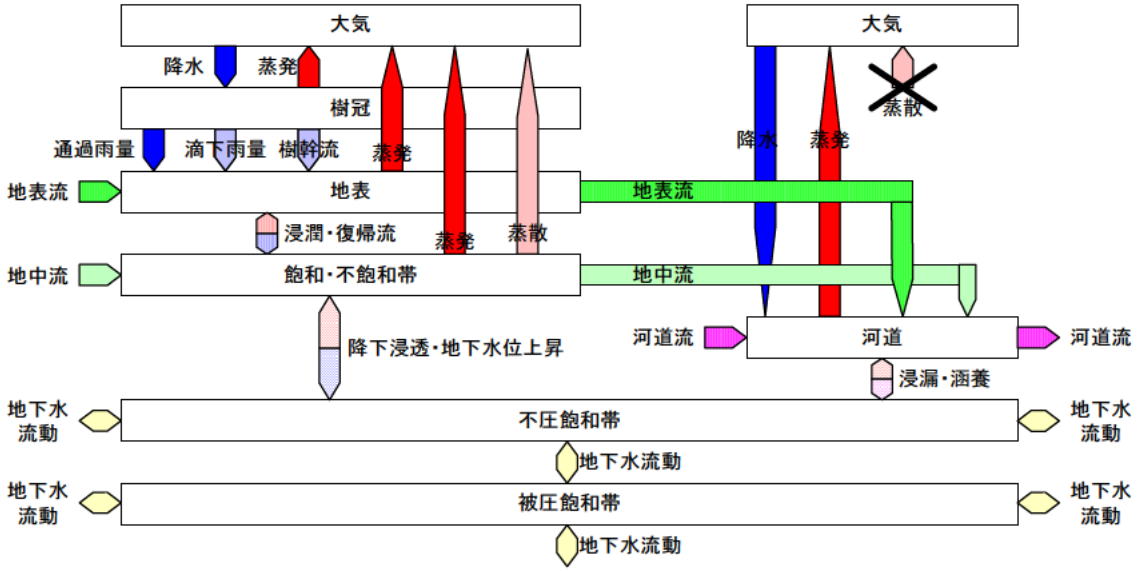


図-4.21　フルスペックの流域モデルの斜面要素(河道を内包する場合)

(2)河道を有さない斜面要素

・河道が無い場合には、不圧飽和帯オブジェクトの浸漏・涵養接続点を使わずに斜面要素を作成する。

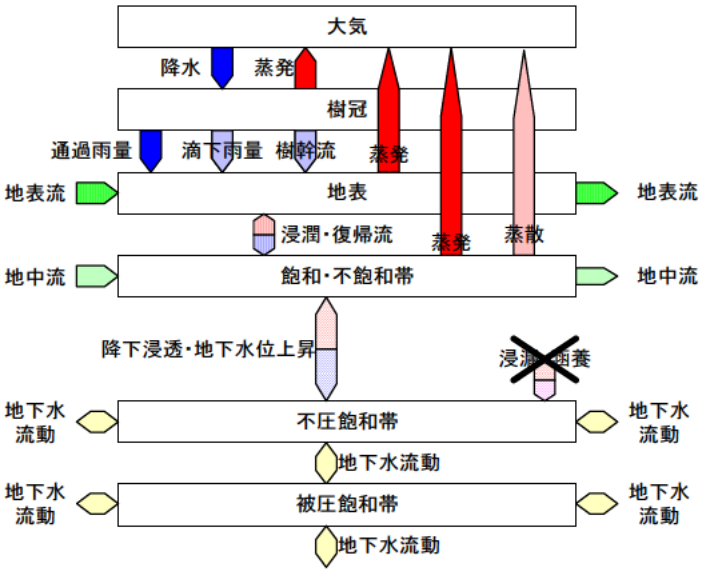


図-4.22　フルスペックの流域モデルの斜面要素(河道なし)

(3)貯留関数・等価粗度法・準線形貯留型・合理式等の斜面要素

・地表面オブジェクトの中で、損失降雨の算定を行って、損失降雨は浸潤量として排出する。

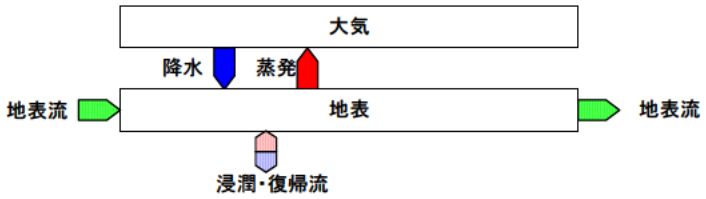


図-4.23　貯留関数法・等価粗度法・準線形貯留型・合理式等の斜面要素

(4) 地中流を KW で解く高棹・椎葉モデルの場合の斜面要素

・キネマチックウェーブ式を工夫して、ある水深まではダルシー流として、それ以上の水深ではキネマチックウェーブとして、地中流と地表流を同時(一つの水深として)に計算する。

・オブジェクトの構成としては、河道無しのフルスペックモデルの飽和帯を除いた形となる。

・地表と飽和・不飽和帯の間に特徴的なつながりがあることに注意する必要がある。その為、地中流を KW で解く場合には、飽和・不飽和帯にそのエンジンを載せるのと同時に、地表にも呼応する特殊なエンジンを載せる必要がある。

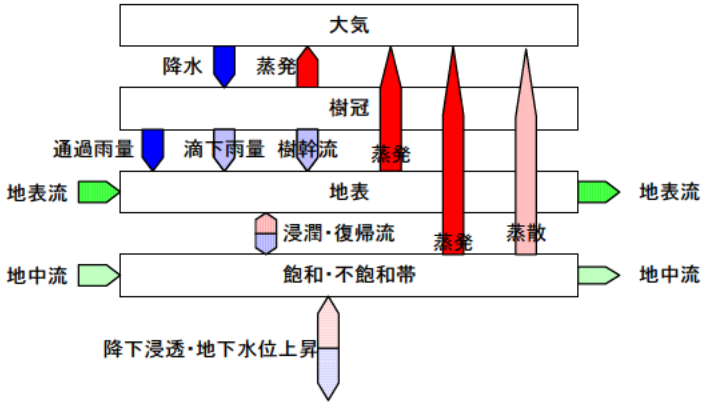


図-4.24　地中流を KW で解く場合の斜面要素

(2) グリッドセルの事例

・グリッドセルの場合も、それが正方形に区切られた小さな斜面要素であると考えれば、斜面要素のオブジェクト構成と等しくなる。

・また、一方では一つのオブジェクトの中をグリッドセルで構成させることも考えられる。

(3) 斜面要素と河道網の関係

斜面要素(あるいはグリッドセル)と河道および河道合流点との関係は図-4.25 のような概念である。

・複数の斜面要素から河道への流入を考慮する。

・河道網は河道と河道合流点の集合として定義する。

・斜面要素からの流入は河道合流点へ流入するものや、河道へヨコ流入するものがある。

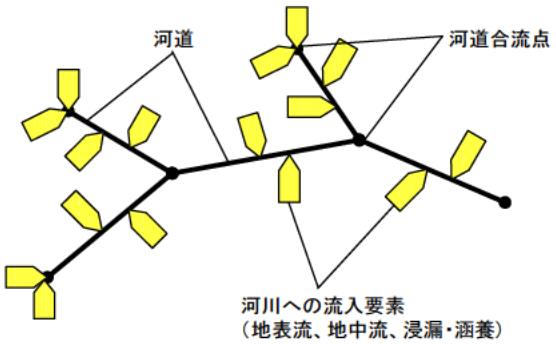


図-4.25　斜面要素と河道および河道合流点の関係(概念)

(4) 貯留関数法による流出計算

・貯留関数法により分割流域の集合(図-4.26)として流域モデルを作成する。

・大気、地表、河道合流点、河道オブジェクトの接続点の内、多くを使わずに(常にゼロとする)流域モデルを作成する。

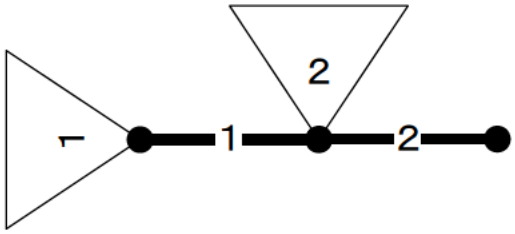


図-4.26　貯留関数法による流域表現

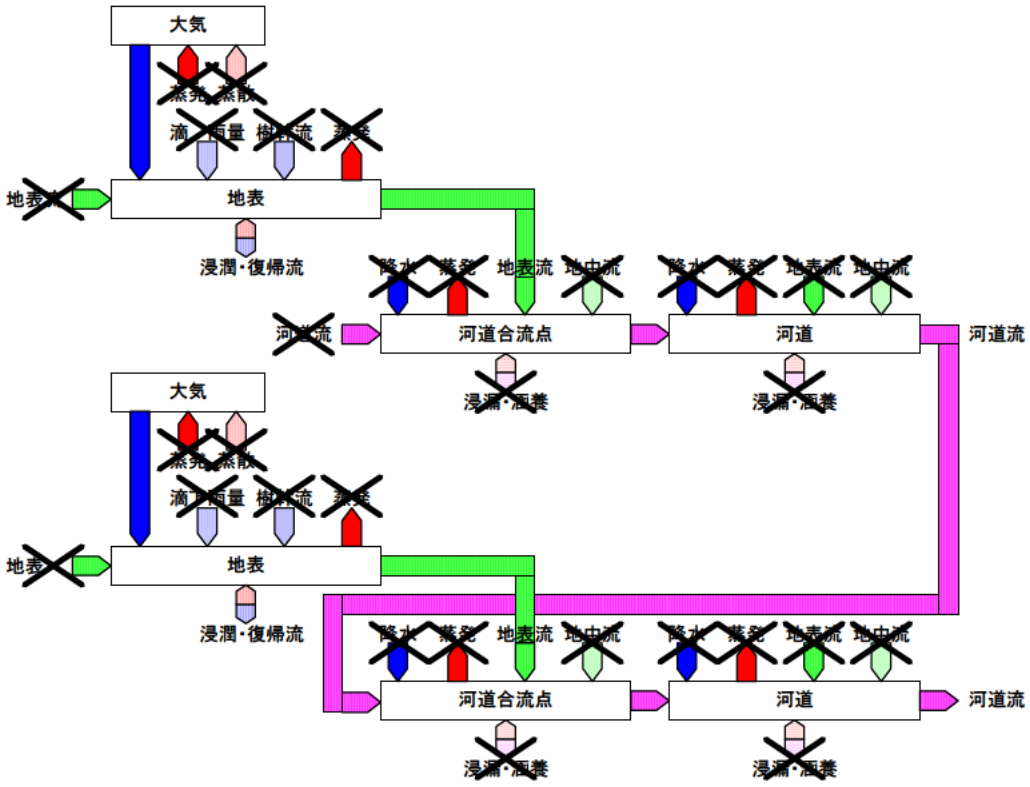


図-4.27　データモデルによる流域表現(貯留関数法)

4.5　最小構成による実証試験

4.5.1　サンプルプログラムの構成

実証試験のためのサンプルプログラムは図-4.28 に示した単純な表面流出モデルの接続を想定した。解析エンジンは上流からの流量に係数 C1 を足し上げる単純なものとした。
計算順序はプログラム中にハードコーディングした。

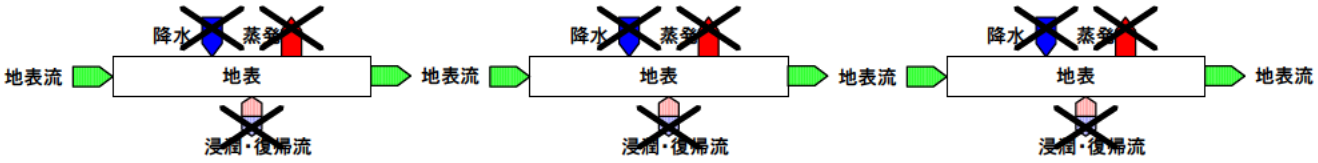


図-4.28　サンプルモデル

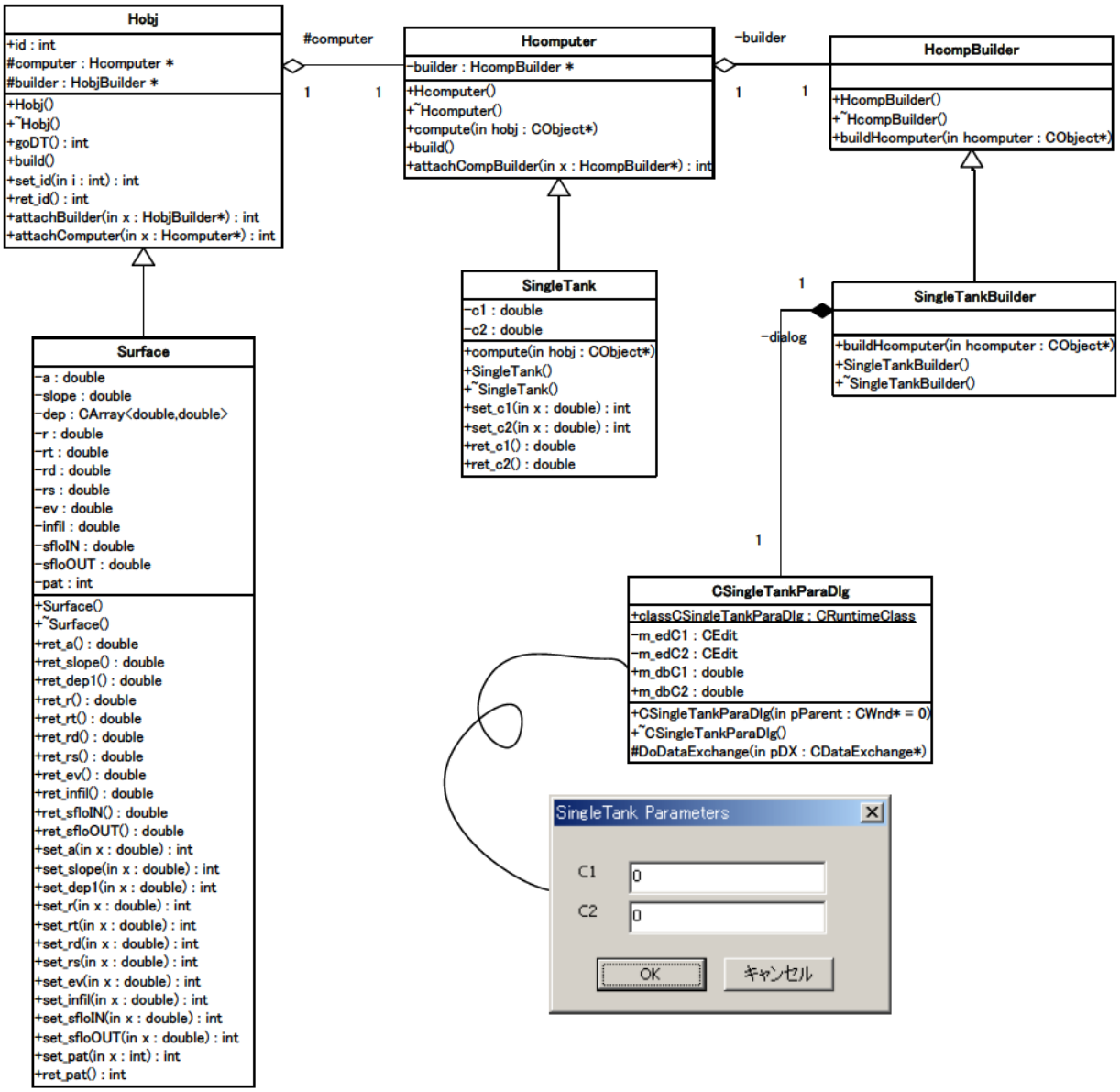


図-4.29　Surface と SingleTank および SingleTankBuilder の関係

（計算エンジン”SingleTank”のビルダーである”SingleTankBuilder”が独自のダイアログをコントロールしてパラメータを入力する）

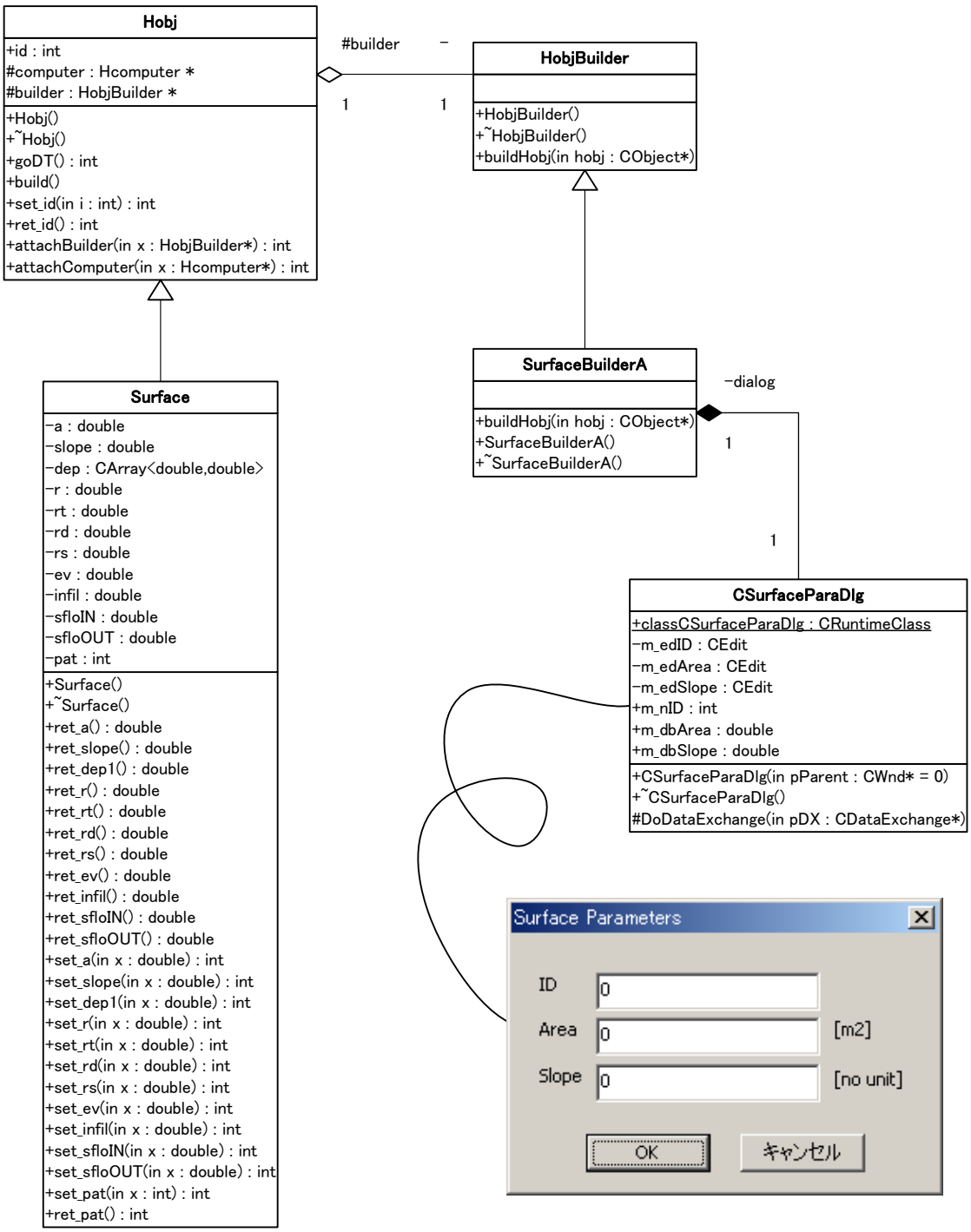


図-4.30　Surface と SurfaceBuilderA の関係

（水文学的オブジェクト”Surface”のビルダーである”SurfaceBuilderA”が独自のダイアログをコントロールしてパラメータを入力する）

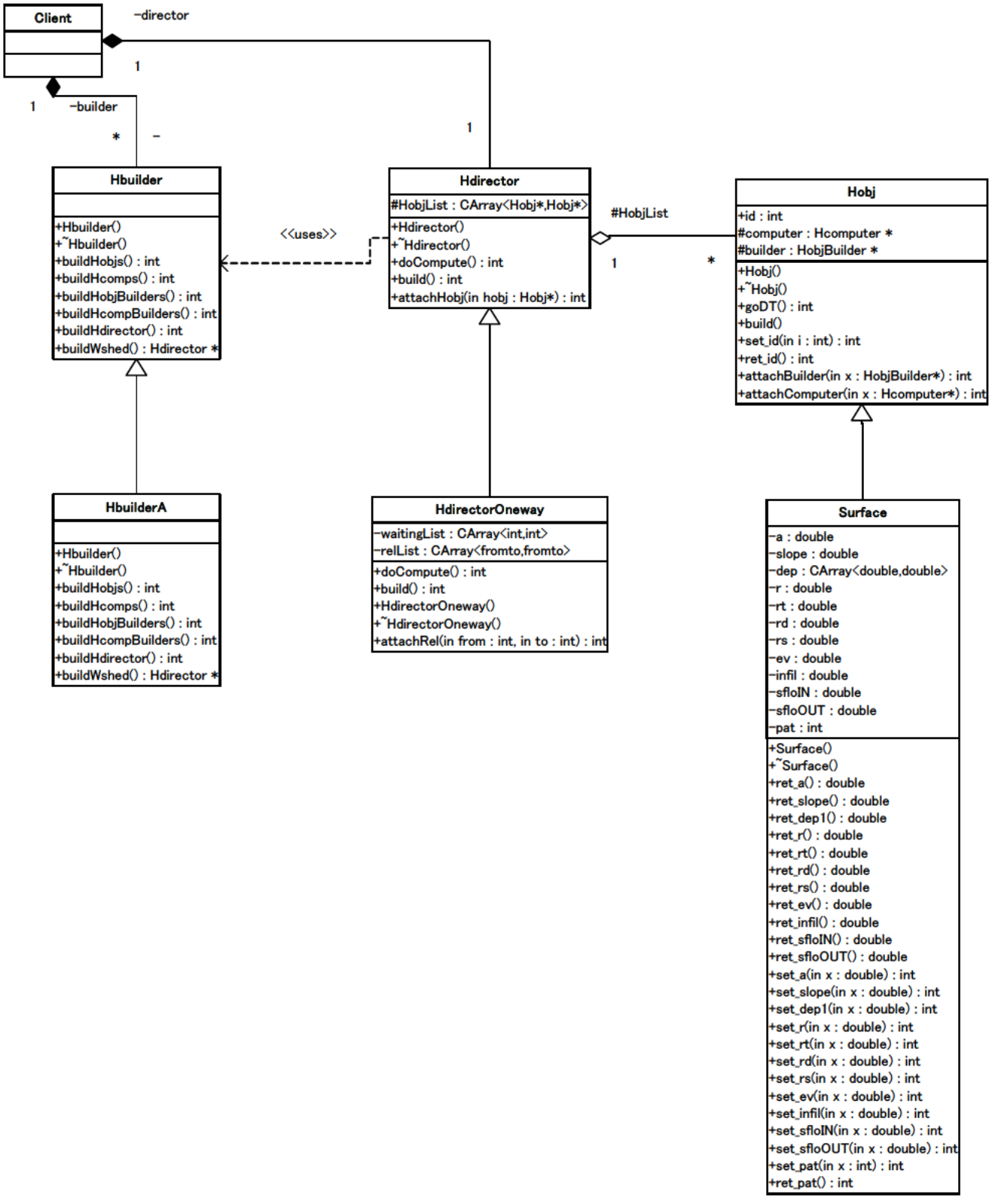


図-4.31　Client プログラムは HbuilderA と Hdirector を保持する

(Hdirector は Hobj のリストを保持し、計算制御を受け持つ。Hbuilder は Hdirector を生成し、その後に消去される)

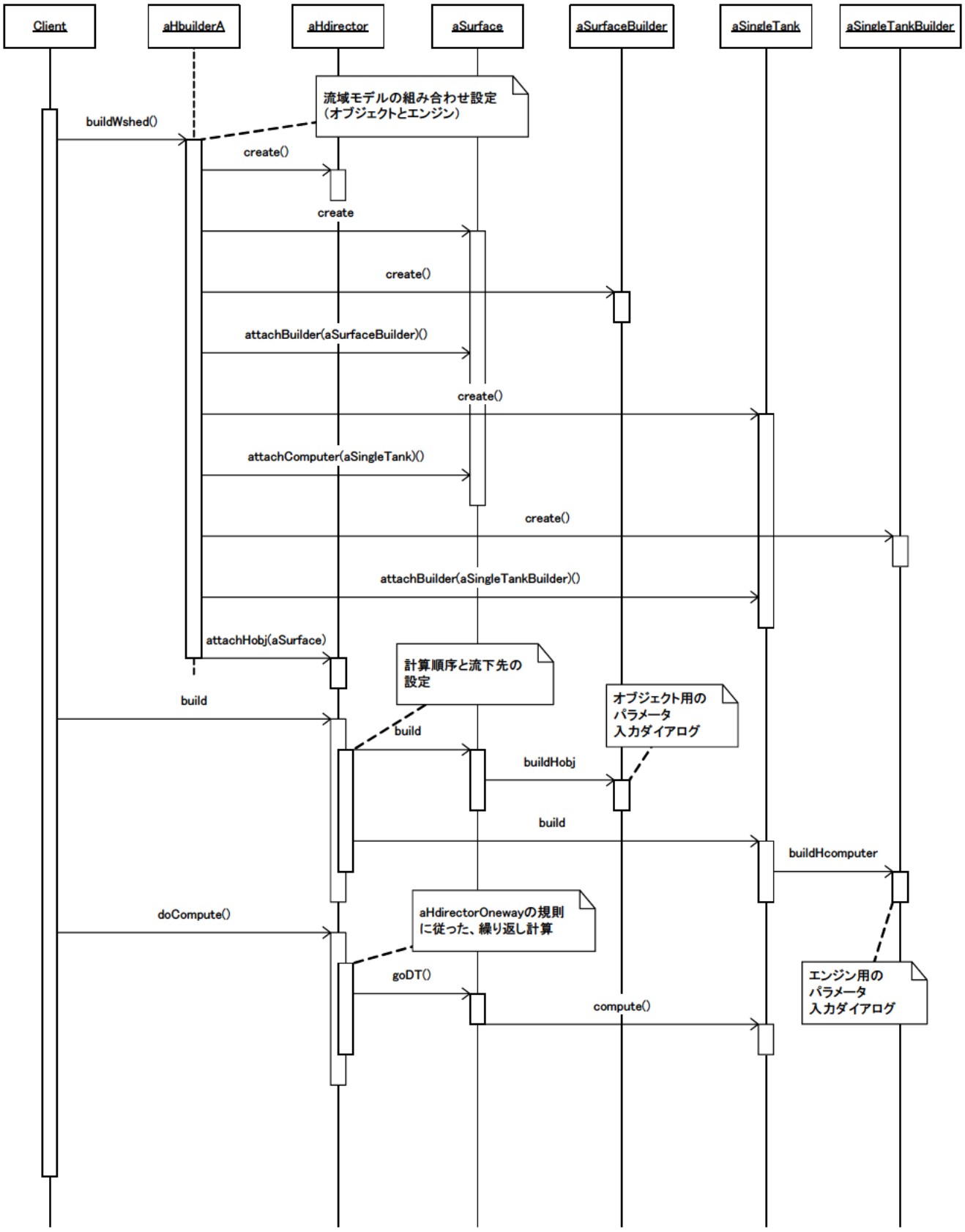


図-4.32　流域モデルの作成から計算までのシーケンス

4.5.2　再利用性の確認

再利用性の確認のためにクラス相互の依存関係を調べた。依存関係とは、そのクラスをコンパイルするために必要となる他のクラスの有無で確認した。今回の実証試験では 15 のクラスに区分されるので、それらの総当たりの依存関係を図-4.33 に示した。同表の行と列名はそれぞれ 15 クラスの名称であり、行に記したクラスが依存している場合に当該列にマークを付した。各行をみればその行のクラスが依存しているクラスが分かり、各列をみればそのクラスが影響を及ぼしているクラスが分かる。同表について下記である。

- Hobj と HobjBuilder および Hcomputer と HcompBuilder は相互依存の関係にあるので、プログラミング上の工夫が必要であったが、「前方参照」という相互の参照方法を適用することで解決できた。
- 流域モデルのパラメータ設定と相互関係設定および計算実施を制御する HdirectorOneway はデータモデル管理者以外には改変を受けないクラスのみに依存していることから、計算エンジンの変更や流域モデルの作成手法の変更などによる影響を全く受けないことが分かった。
- 流域モデルのインスタンスを生成する HbuilderA は計算エンジンの変更や流域モデルの作成手法の変更による影響を常に受けてしまうことが分かった。これに伴って、クライアントプログラムも影響を受けてしまう。

	Hobj	HobjBuilder		HComputer	HcompBuilder		Surface	SurfaceBuilderA	SurfaceParaDlg		SingleTank	SingleTankBuilder	SingleTankParaDlg		Hdirector	HdirectorOneway		Hbuilder	HbuilderA		ClientProgram
Hobj	－	○		○																	
HobjBuilder	○	－																			
HComputer	○			－	○																
HcompBuilder				○	－																
Surface	○						－														
SurfaceBuilderA	○	○						－	●												●
SurfaceParaDlg									－												●
SingleTank				○			○				－										
SingleTankBuilder					○						●	－	●								●
SingleTankParaDlg													－								●
Hdirector	○														－						
HdirectorOneway							○								○	－					
Hbuilder															○			－			
HbuilderA							○	●			●	●						○	－		
ClientProgram																●			●		－

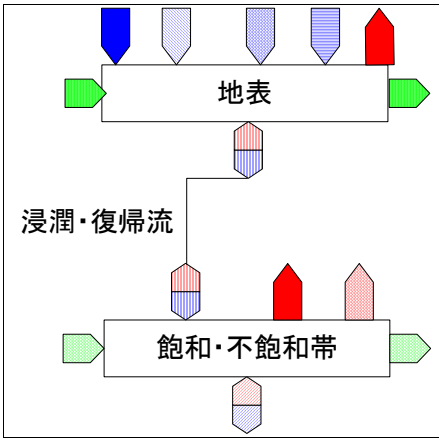
図-4.33　プログラムファイルの依存関係

（黄色：相互依存、水色：依存しても影響はない、赤丸：依存先が改変される可能性があるので注意が必要、青文字はダイアログを表示するクラス）

4.6　土研モデル ver.2 の搭載

4.6.1　水文学的オブジェクト

(1) SFTANK

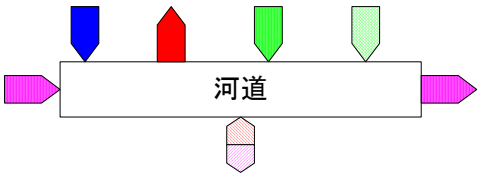


・土研モデル ver.2 の地表と飽和・不飽和帯を合成した概念であるので、これらを一体化させるため、地表モデルを単に値を通過させるだけのモデルにする。

・地表（Surface）に相当する Hobj は設定するが、単に雨量を浸透量に変換するものとする。その他の流入流出は全て常にゼロとする。

・SFTANK に相当するのは飽和・不飽和帯の水文学的オブジェクトとする。

(2) RITANK と RSTANK および KINEMA



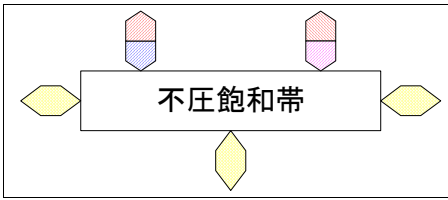
・河道流の計算ルーチンは RITANK, RSTANK, KINEMA の３種類が用意されている。

・RITANK と RSTANK は線形化近似式で地表流を計算する。

・KINEMA はキネマチックウェーブ計算する。

・河道の水文学的オブジェクトとなる。

(3) GWTANK



・地下水の計算ルーチン GWTANK は不圧飽和帯の水文学的オブジェクトとなる。

4.6.2　オブジェクト間の連結

土研モデル ver.2 では SFTANK の流出と GWTANK の流出を河道へ入れる場合と、下流のそれぞれのタンクへ流入させることが選択できる。オブジェクト間の連結は、このパターンに従って３つに区分できる。この内、SFTANK と GWTANK の流出を両方共に河道へ入れる場合について、河道モデルを差分計算と近似計算の２つの計算手法から選択できる。従って、グリッドセルとしてのタイプは４つとなる。

また、全てのメッシュ間流れは、多対多の関係は無く、全て１対１の関係である。

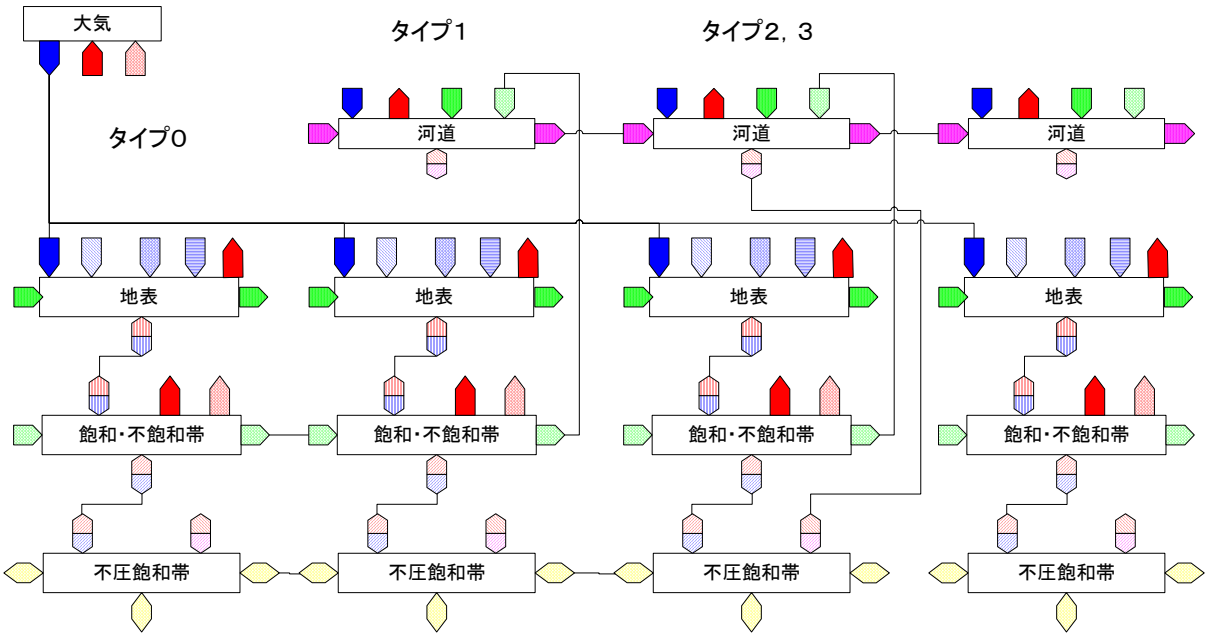


図-4.34　土研モデル ver.2 の Hobj 間接続の典型

4.6.3　演算制御

土研モデル ver.2 の演算は、上流から下流への一方通行の流れを計算するので、予め計算順序を決めて、その順番に従って各オブジェクト(インスタンス)に計算命令を出して行く、単純なものでよい。これらは全て Hdirector を継承した Hdirector_DK2 にて制御した。

なお、Hdirector_DK2 の内部で計算結果のファイル出力についても実装した。外部出力についてはデータモデルの検討において、その独立性を十分に検討していなかったため、これらの部分も含めて Hdirector_DK2 の内部に実装したが、外部出力の方法についてもデータモデルとして規定する必要があるかもしれない。

4.6.4　プログラム作成

(1) クラス設計

下表に従って土研モデル ver.2 用のデータモデル対応プログラムを作成した。

作成したクラスとその役割	メンバ関数	処理内容
Hbuilder_DK2（継承元：Hbuilder） ・土研モデル ver.2 の入力ファイルを読み込む。 ・土研モデルの Hobj 要素として、Atomos, Surface, SubSurf, UnconfAq, RivArc をメッシュ設定に従って作成する。 ・土研モデルの計算処理要素として、DK2_SFTANK,DK2_RITANK,	readFnames	ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙ名の読み込み
	readcntl	タンク諸元（sf,gw,rv）とメッシュ面積の読み込み
	readTFILE	メッシュ毎の諸元の読み込み
	readDT	計算時刻の読み込み
	buildHobjs	読み込んだ TFILE を元に流域モデルに必要な Hobj 要素を作成する。

DK2_RSTANK,DK2_KINEMA, DK2_GWTANK をメッシュ設定に従って作成する。 ・DK2_GridRain を作成し、Atomos へ接続する。 ・土研モデルの計算制御を行う Hdirector_DK2 を作成する。		読み込んだ TFILE と CNTL をもとに DK2_SFTANK, DK2_RITANK,DK2_RSTANK, DK2_KINEMA,DK2_GWTANK を作成する。 読み込んだ TFILE と計算時刻を元に計算順序を設定し、Hdirector_DK2 を作成する。
Hdirector_DK2（継承元：Hdirector） ・規定の計算順序に従い、メッシュ毎の計算を実施する。 ・土研モデルの Hcomputer により Hobj 要素から出力された流量を流下先の Hobj 要素へ代入する。 ・計算結果を順次出力ファイルへ出力する。	output	時間ステップ毎に計算結果をファイルへ出力する。 指定地点の流量データほかをファイルへ出力する。
	doCompute	HobjList（計算順序）と relList（流入・流出の関係）に従って、全 Hobj に順次演算指示を出す。
DK2_SFTANK(継承元：Hcomputer) ・演算対象：SubSurf ・土研モデル ver.2 の表層タンクに相当する計算を行う。	compute	△Ｔの SFTANK の演算処理を行う。フォートランプログラムからの移植。
DK2_RITANK (継承元：Hcomputer) ・演算対象：RivArc ・土研モデル ver.2 の RITANK（地表流）の計算を行う。 ・SFTANK と GWTANK の流量を受け入れるタイプ。	compute	△Ｔの RITANK の演算処理を行う。フォートランプログラムからの移植。
DK2_RSTANK (継承元：Hcomputer) ・演算対象：RivArc ・土研モデル ver.2 の RSTANK（地表流）の計算を行う。 ・SFTANK の流量を受け入れるタイプ。	compute	△Ｔの RSTANK の演算処理を行う。フォートランプログラムからの移植。
DK2_KINEMA (継承元：Hcomputer) ・演算対象：RivArc ・土研モデル ver.2 の KINEMA（河道流）の計算を行う。	compute	△Ｔの KINEMA の演算処理を行う。フォートランプログラムからの移植。
DK2_GWTANK (継承元：Hcomputer) ・演算対象：UnconfAq ・土研モデル ver.2 の GWTANK（地下水流）の計算を行う。	compute	△Ｔの GWTANK の演算処理を行う。フォートランプログラムからの移植。

・流出の出口の違いにより２種類作られる。		
DK2_Atmos01 (継承元：Hcomputer) ・演算対象：Atomos ・読み込んだ雨を保持して、各グリッドセルに適用する。	compute	対応するグリッドセルの雨量を与える。
	readGridRain	メッシュベース雨量データファイル名の読み込み

4.7　結論

4.7.1　最小構成による実証試験から

①単純なサンプルプログラムを作成した実証実験の結果、新たな解析エンジンを組み込むためには、特殊な技術(前方参照)を必要とすることが分かったが、これは大きな問題とはならなかった。

②計算制御やパラメータ設定手法の更新などについては、メインプログラムの修正は不要であることが分かったので、部分ごとの差し替えが可能なシステムが作成可能なことがわかった。

4.7.2　土研モデル ver.2 の実装から

①既存のフォートランプログラムをデータモデル X へ換装する場合には、既存のプログラムがどれだけ構造化されているかにより、その作業量が大きく変わる。土研モデル ver.2 はメモリを節約することが重大関心事であった時代に開発が始まっているため、内部のアルゴリズムは構造化がされておらず、ルーチンごとの独立性が低いためにデータモデルへの換装作業は非常に大きな時間を要してしまった。同様なプログラムをデータモデルへ換装するためには、相当量の作業時間を見込む必要がある。

②外部出力に関する部分のデータモデルの検討が十分でなかったために、プログラムの制御を行う Hdirector_DK2 に特殊な実装が多くなってしまった。データモデルとその外部との関係については、今後の課題である。

4.7.3　データモデル X の評価

最小構成による実証試験および土研モデル ver.2 について実測が可能であったことから、開発した IFAS 用データモデルは当初予定していた機能を実現できたものといえる。水文学的オブジェクトの規定に則ったエンジンを作れば、部分ごとにエンジンを抜き差しできるシステムが開発できたものといえる。

Integrated Flood Analysis System (IFAS) Ver1.0
マニュアル 編

1. はじめに

1.1　開発の目的

河川整備が必ずしも十分ではない諸国においては、迅速かつ効率的な洪水災害軽減対策として人的被害を最小限に食い止めるために洪水予警報システム整備への期待は高い。

しなしながら、洪水予警報システムの整備は必ずしも十分に進んでいない現状にある。この主な要因としては、洪水予警報を実施するためには、上流側における雨量や水位情報を収集することが必須条件であるが、国の状況によっては、十分な観測所の設置が困難であったり、それら施設や機器の維持管理が十分に行き届かない、また、国境を越えて流れる国際河川の場合、上流側国の雨量や水位情報を入手するのが難しい、といった問題がある。またリアルタイムデータだけでなく過去の水文データがなければ、降雨-流出関係の同定が困難という課題があるとともに、個別河川流域にあわせた洪水予警報システムを構築するためには多額のコストが必要となるといった課題もある。

このような状況の中で、地球観測衛星からの降雨情報を活用することで、地上の水文観測データに過度に依存しなくても流出計算および流出予測を可能とし、流域単位で洪水予警報システムの整備を図る方策が挙げられる。また、洪水予警報に欠かすことのできない流出計算は、個別の流域で観測地点や観測される雨量や流量の値は異なるものの、入出力データの項目や出力する値や図等は類似していることから、流出計算や洪水予報に必要となる共通的な入出力インターフェース、モデル作成モジュール、地形・地質・土壌・土地利用などの条件からパラメータ設定を行う機能等を備えたプログラムを準備することで、効率的に洪水予警報システムの構築が可能になるものと考えられる。

以上のような考えの基で、本プログラム(Integrated Flood Analysis System (IFAS))の開発を行っている。

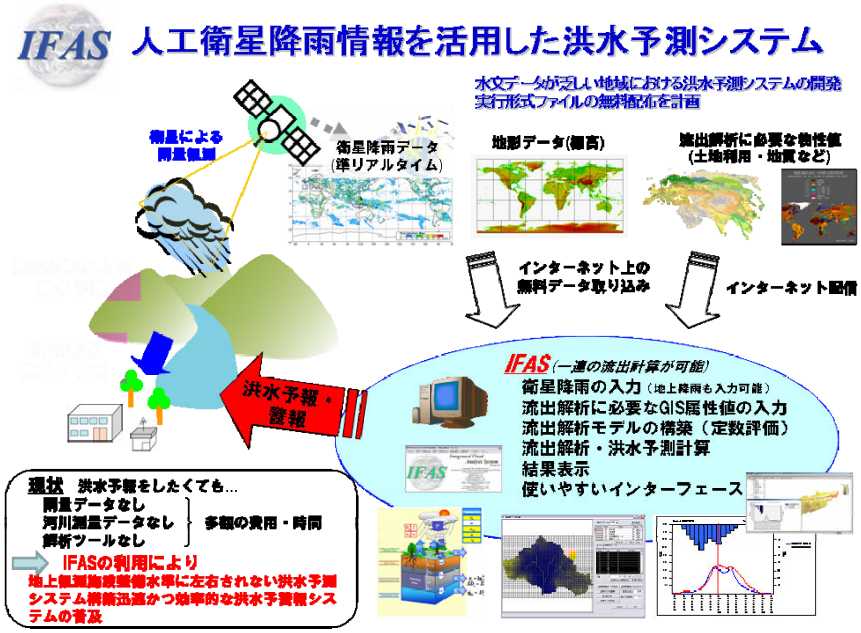


図-1.1　IFAS の開発目的

1.2　主な機能

Integrated Flood Analysis System (IFAS)Ver1.0 は、流出解析エンジンとして「土研分布型モデル」を用いた分布型の流出解析を行う流出計算プログラムである。

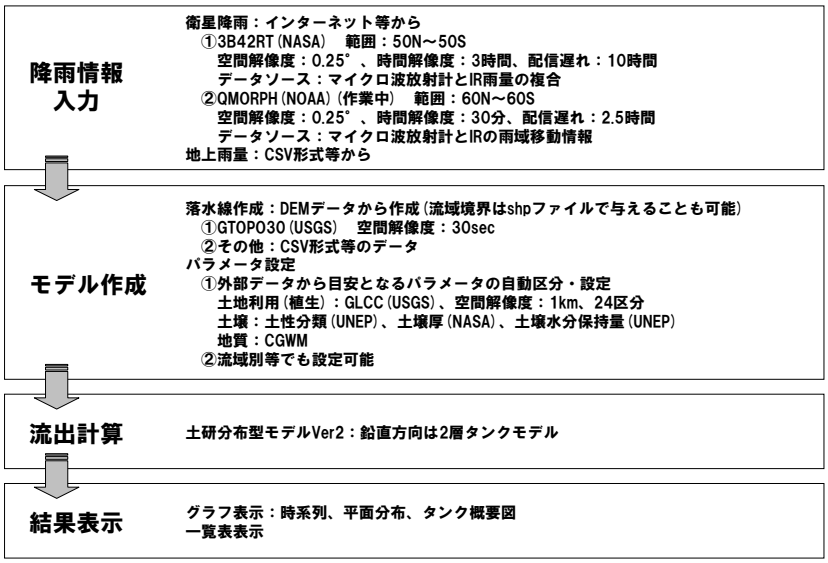


図-1.2　Integrated Flood Analysis System (IFAS)Ver1.0 の主な機能

入力として、衛星雨量および地上観測雨量をグリッドデータとして取り込みを行い、DEM データから落水線を作成するとともに、土地利用や地質・土壌条件等を基にパラメータ設定を行い、計算モデルの作成を行う。また計算結果については、グラフ表示や一覧表としての出力が可能である。

2. 動作環境・インストール

2.1　動作環境

IFAS を実行するための動作環境は以下のとおり。ただし、後述する外部データが大容量(数 GB)となるため、使用するデータやこれらのデータを別のディスク等によって使用することにより必要なハードディスクの容量は異なる。また計算結果は、対象とする流域の大きさやメッシュサイズ、計算期間によっても異なるが、1 計算あたり少なくとも 1GB 程度以上のハードディスクの容量が必要となる。

・OS：WindowsXP または Windows2000(SP3 以上)

・メモリ：512MB 以上

・ハードディスクの空き容量：10GB 以上

(最低限の容量であり計算条件や回数によってはさらに必要)

2.2　座標系等

IFAS では、座標系として UTM 図法を採用している。外部データをインポートする際には、自動的に UTM 座標系に変換が行われる。

また、時刻については GMT を基準として採用している。衛星降雨等 GMT を基準とするデータをインポートする際には問題ないが、各地域の時間を基準にして観測観測されている地上観測雨量等のデータを取り込む際には、時差を考慮してインポートする必要がある(時差を考慮しなくてもインポートや流出計算は可能であるが、GMT を基準とする衛星降雨やこれによる流出計算の結果と比較することはできない)。

2.3　インストール

IFAS のインストールには以下の 3 つの作業が必要となる。

(1)「Microsoft.NET Framework 2.0」のインストール

(2)「IFAS」のインストール

(3)参照する外部データ等のコピー

2.3.1 「Microsoft.NET Framework 2.0」のインストール

「IFAS」を構成するプログラムの中で“GTOPO30 グリッド変換”など、主にデータ変換を行なうプログラムが「VC++2005」や「C#」で作成されているため、予め IFAS を実行する PC に「Microsoft .NET Framework 2.0」のセットアップが必要となる。

既に「Microsoft .NET Framework 2.0」がインストール／セットアップ済みの PC には設定不要。(「コントロールパネル」－「プログラムの追加と削除」で確認可能)

インストールファイルは、以下の URL より「Microsoft .NET Framework 2.0 Service Pack 1 (x86)」および日本語パッケージのダウンロード(英語版の IFAS を使用する際には不要)およびインストールを行う。

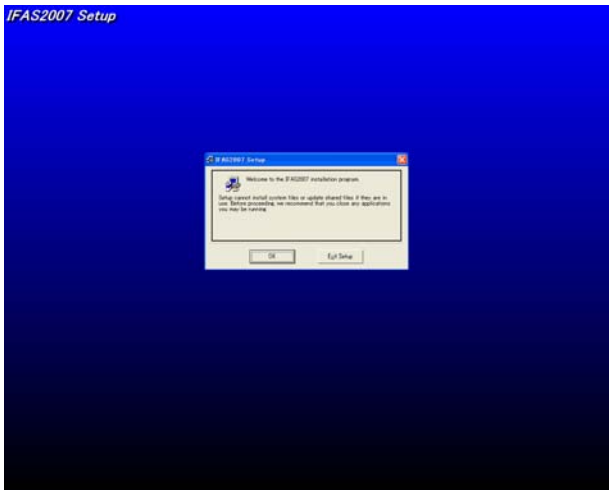
http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=79BC3B77-E02C-4AD3-AACF-A7633F706BA5&displaylang=ja

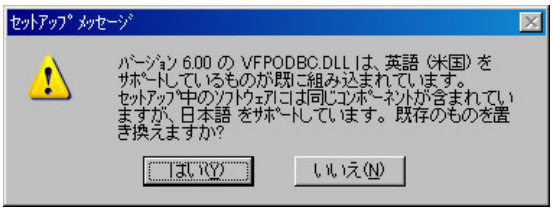


図-2.1　インストールするファイル

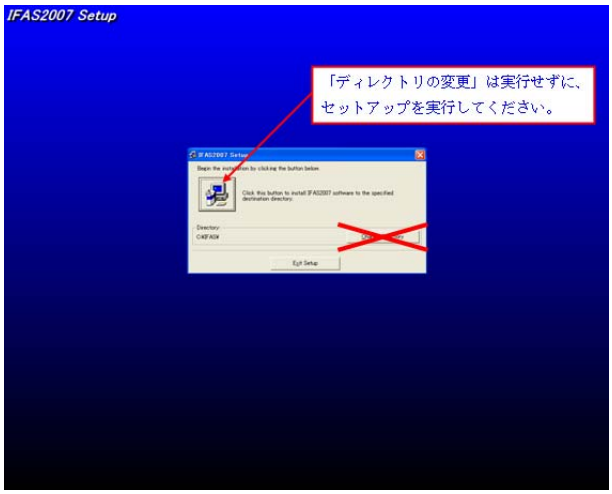
2.3.2　「IFAS」のインストール

インストールファイル「setup.exe」を実行(アイコンのダブルクリックあるいは「ファイル名を指定して実行」等で実行)し、セットアップを開始する。





上記、右図のようなエラーがでる場合には、「はい」もしくは「YES」を押して継続。



インストール先については、デフォルトで「C:¥IFAS」にインストールされるので、変更せずにセットアップを行う。

インストール後、［スタート］メニューに「IFAS」が登録されるので、IFAS を実行する際には、サブメニューより実行。

2.3.3　参照する外部データ等のコピー

IFAS では、外部データを利用してモデル作成等を行うため、これに必要なデータもあわせてインストールする必要がある。

システムのインストール／セットアップが正常に終了した場合は、「IFAS インストール」の「インストール先の指定」で設定したインストールフォルダ内に「IMPORT_DATA」フォルダが作成されるので、標高や観測データ等をコピーしてシステムで使用する。

データの入手先については後述する。また、使用しないデータ・項目についてはインストールする必要がなく、インストールする際にも、データを読み込む際に保存先のフォルダを指定することにより、必ずしも C ドライブにインストールする必要はない。

表-2.1　インストールされる外部データフォルダ

3B42RT
CGWM
GTOPO30
GLCC
HYDRO1K
PROFDEP
SOILWATER
Unep
WISEF
Worldclim

2.3.4　エラー等について

「Microsoft ActiveX Control Pad」が実行中に要求される場合がある。原因は、再配布が許されていない「Fm20.dl」がインストールされていることによる。

参考 http://support.microsoft.com/kb/224305/ja

対処法は、下記 URL より「Microsoft ActiveX Control Pad」インストールファイルをダウンロードしてセットアップを行なう。

http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms968493.aspx

(1)「setuppad.exe」をダウンロード

(2)「setupjpn.exe」をダウンロード

(3)「setuppad.exe」「setupjpn.exe 」の順に実行

また、Office95 以上がインストールされている場合はこの現象は生じないとされる。

参考 http://support.microsoft.com/kb/224305/ja

3. ソフトフェアの全体構成

3.1　ソフトウェア構成

IFAS は４つの TASK と、計算エンジンモジュールから構成されており、ソフトウェアの全体構成と処理の流れはは以下に示した通りとなっている。

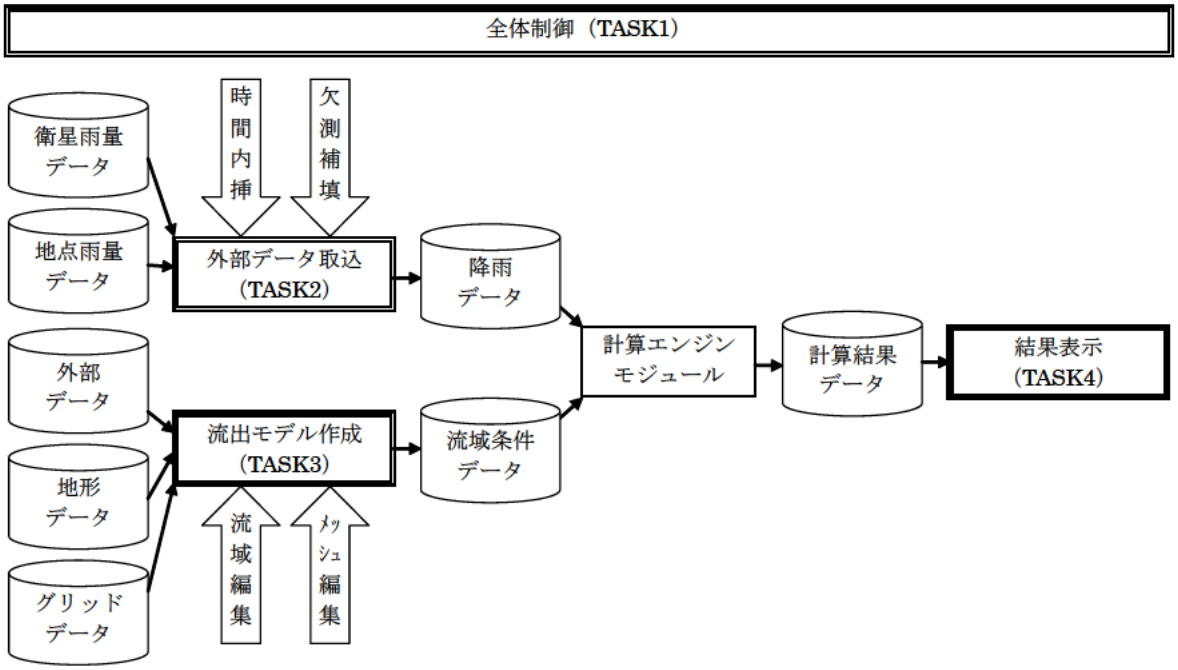


図-3.1　IFAS の全体構成と処理の流れ

3.1.1　モジュール構成

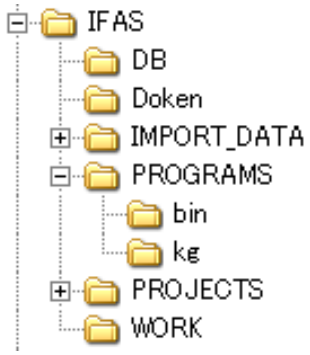
４つの TASK と計算エンジンの機能概要については、次のとおりである。

表-3.1　モジュール構成

モジュール	機能概要
全体制御（TASK１）	メインメニューとして全体制御を行い、プロジェクト毎に処理の全体を管理するモジュール。パラメータの異なる分析結果を比較するために、プロジェクト内には複数のシミュレーション計算ケースを保持することができる。
降雨データ取込（TASK２）	降雨データを処理するモジュール。外部から取り込んだ各種フォーマットの衛星雨量、地点雨量の変換処理を行い、解析に必要な雨量情報を生成する。
流出モデル作成（TASK３）	地形データ・土地利用データ等を取り込む機能を持ち、取り込んだデータを元に流域、河道、落水線網を作成し、流出解析を実施するための、モデル構成データを生成するモジュール。
計算エンジンモジュール	TASK2 で生成された降雨データ、TASK３で生成されたモデル構成データをもとに流出解析を実施するモジュール。
結果表示（TASK４）	計算エンジンモジュールが出力した結果を表示するモジュール。平面図より、任意の地点のハイドログラフ、タンク図等の表示を行う機能を持つ。また、三次元表示や、解析結果をアニメーション表示する機能を有する。

3.1.2　ファイル構成

プログラムのファイル構成は、DB、DOKEN、PROGRAMS の３つのフォルダにシステムに必要なプログラム群がインストールされる。



(1)DB フォルダにインストールされるファイル群

.¥DB¥	
Cgwm.leg	ResultAnalysis.mdb
DLT4.ini	TASK3.mdb
Glcc.leg	TASK4.mdb
Legend1.ini	Unep.leg
ProjectDB01.MDB	WISEF_STATION.dat
	全国水水雨量.xls

(2)DOKEN フォルダにインストールされるファイル群

.¥DOKEN¥
DokenModelV2.exe

(3)PROGRAMS フォルダにインストールされるファイル群

IFAS.ICO	.¥Bin¥	.¥kg¥
IFAS2007.exe	3B42Finder.exe	input.dat
IFASTsk4.exe	3B42RT2grid.exe	Kriging.out
Kriging.exe	3b42rtToShp.exe	
	bin2grid.exe	
	clipEsriAsciiGrid.exe	
	demToShp.exe	
	esriAsciiGridToShp.exe	
	GLCC2GRID.exe	
	gtopo2grid.exe	
	hdrToShp.exe	

	ifasimport.dll mergeEsriAsciiGrid.exe proj.dll qm2gr.exe QMFinder.exe shapelib.dll shpToEsriAsciiGrid.exe UTMMeshsize.exe	

3.2　IFAS の操作方法

3.2.1　システムの起動方法



デスクトップ上の IFAS アイコンあるいはスタートメニューから IFAS を実行することで、IFAS システムを起動することができる。

システムの起動時には、下記のタイトルロゴが表示された後、プロジェクト選択画面が表示される。



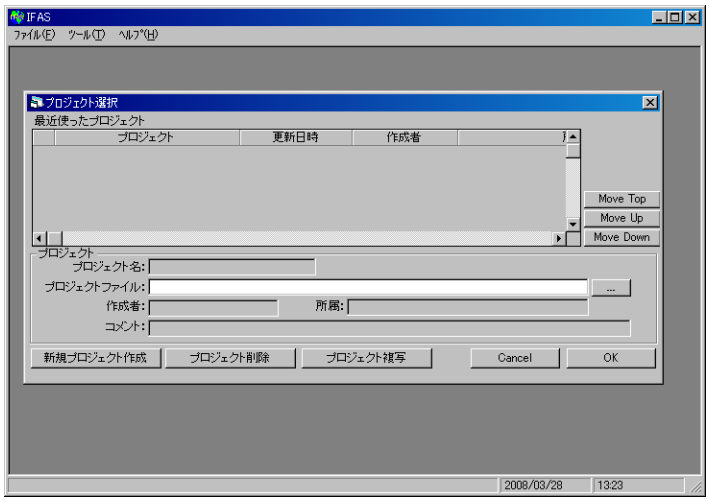


図-3.2　スプラッシュ画面とプロジェクト選択画面

3.2.2　操作方法

(1) システムの操作体系

IFAS のメインウィンドウからは、ファイル、ツール、ヘルプの３つのメニューボタンが選択可能である。

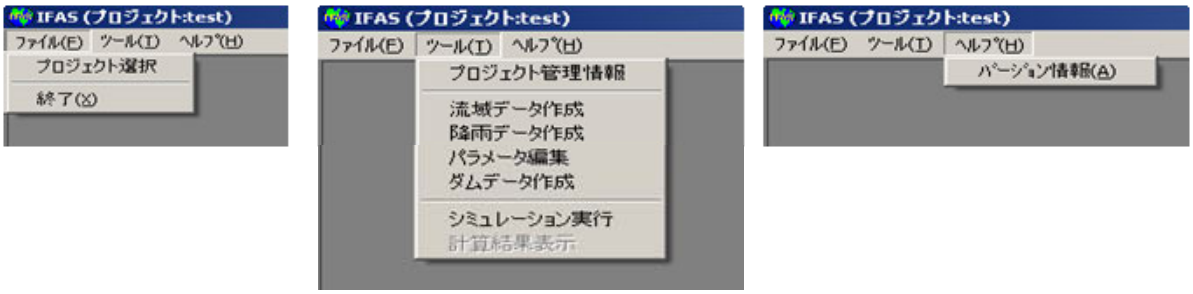


図-3.3　IFAS のメインメニューウィンドウのメニュー

(2)全体の処理の流れ

プロジェクトの作成 ･･･プロジェクトを作成。

↓

外部データ取り込み ･･･標高データ、土地利用データなどを取り込む。

↓

流域データの作成 ･･･対象となる流域を決定するとともに落水線等を作成する。

↓

降雨データの作成 ･･･衛星による雨量、地上で観測された雨量を取り込み計算を行う為の降雨データを作成する。

↓

パラメータ編集 ･･･表層、帯水層、河道のタンクパラメータ、ダム機能を決定し、流出計算を行うモデルを作成する。

↓

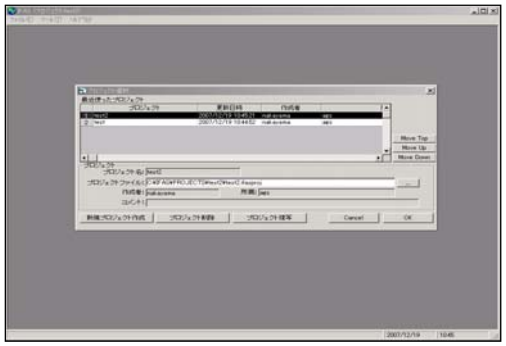
計算の実施と結果表示 ･･･流出計算を行うとともに、シミュレーション計算の結果を表示する。

図-3.4　IFAS を用いた流出解析手順

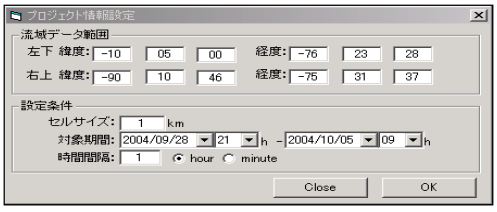
(3)画面遷移

①プロジェクトの作成

プロジェクト作成

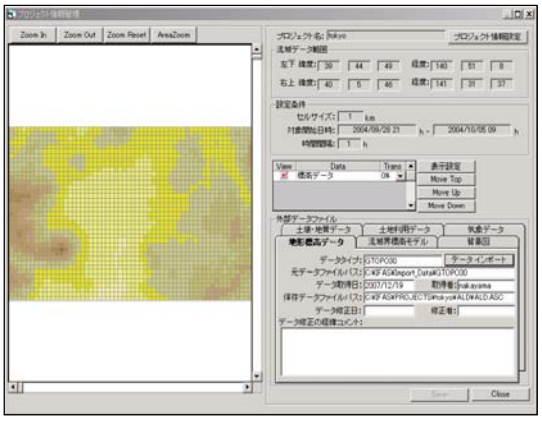


プロジェクト情報設定

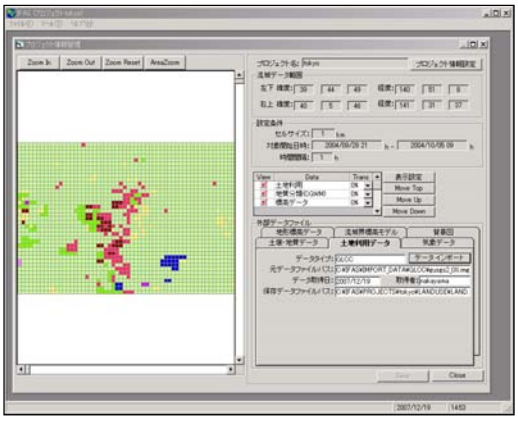


②外部データの取り込み

標高データ

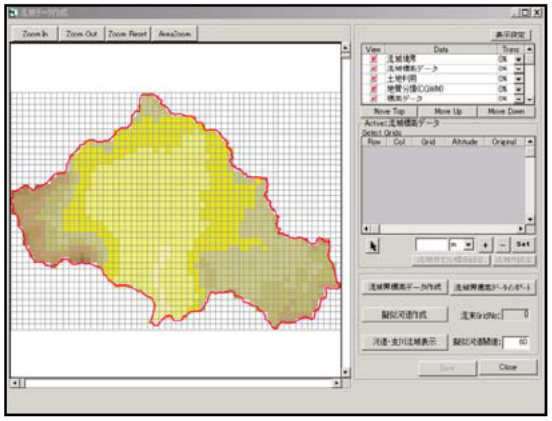


土地利用データ

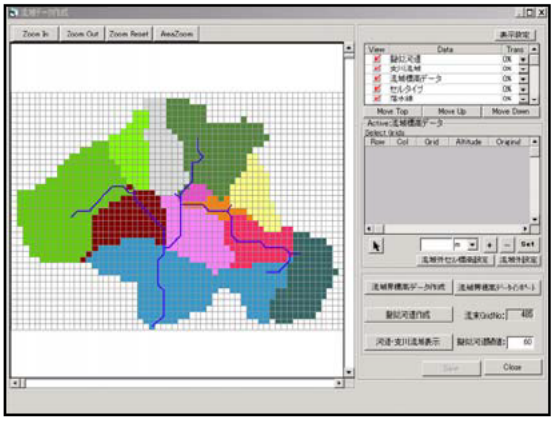


③流域データの作成

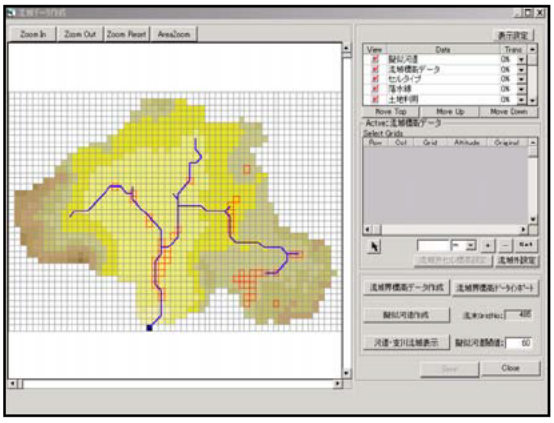
流域界



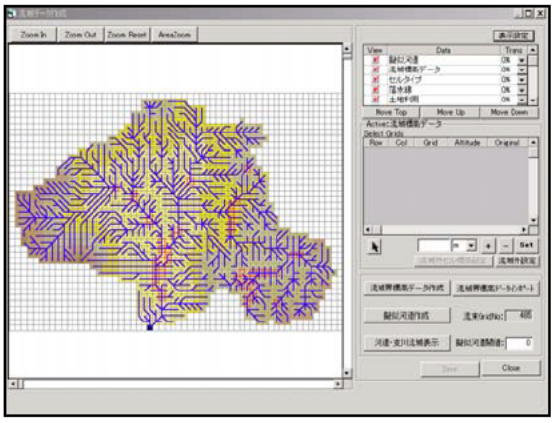
支川流域区分



疑似河道網

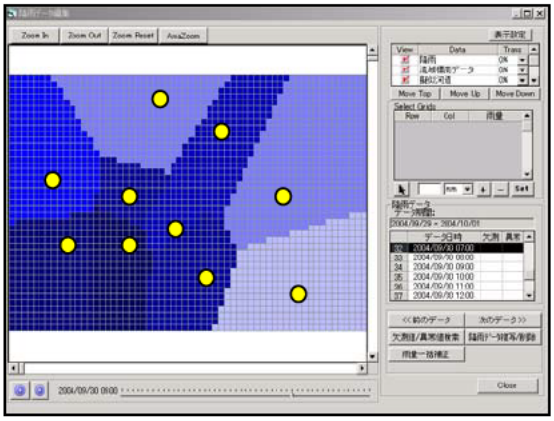


落水線

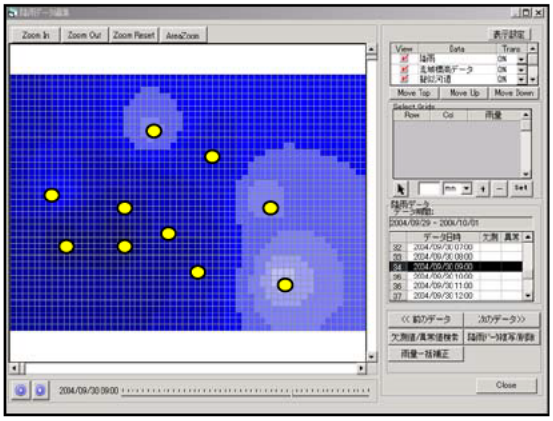


④降雨データの作成

ティーセン分割

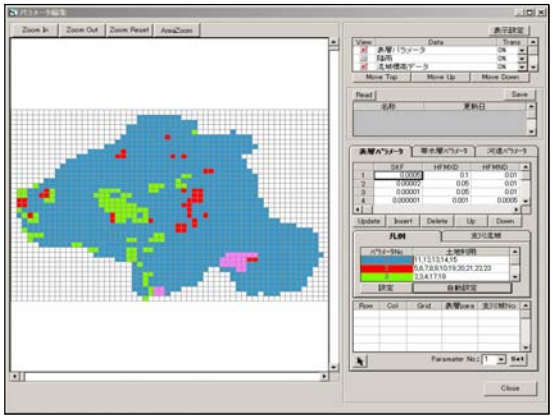


距離重み付け

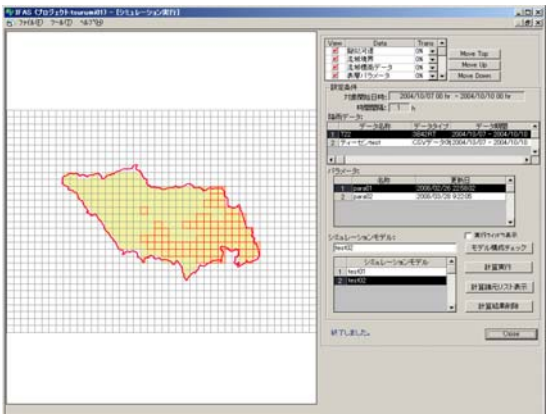


⑤パラメータ編集と計算

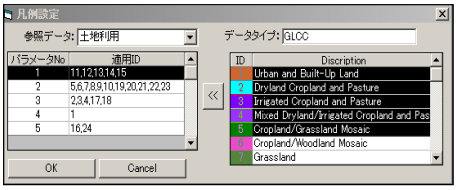
パラメータ設定および平面表示



計算の実施

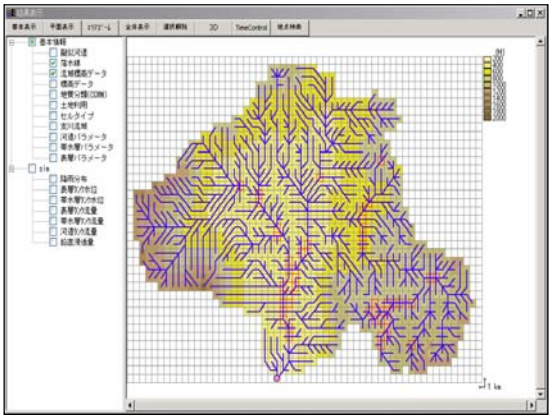


凡例設定

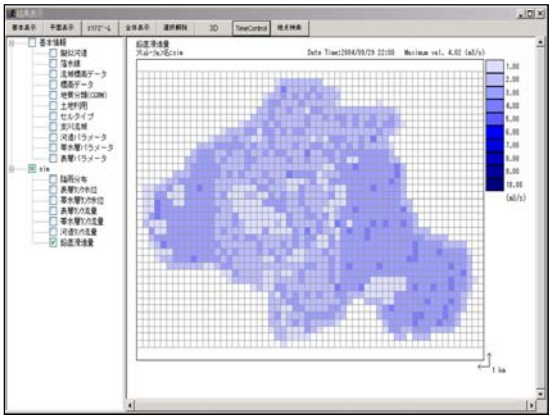


⑥計算結果表示

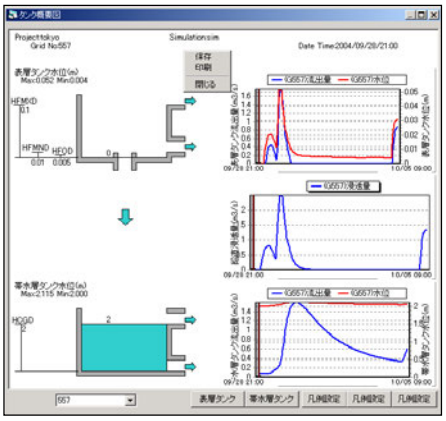
落水網



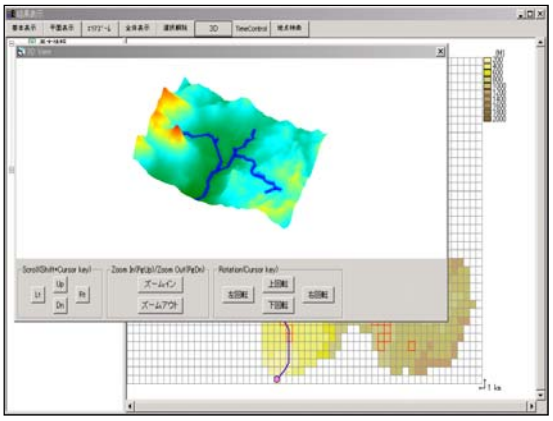
浸透量の平面表示



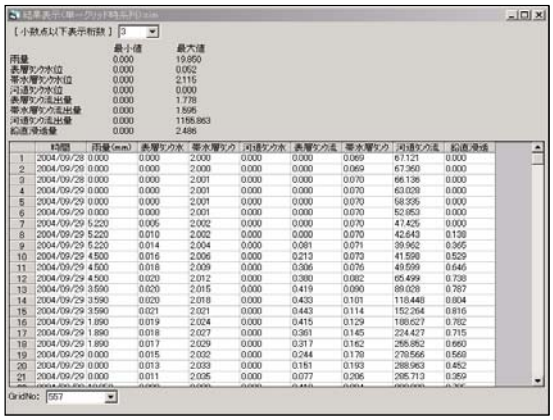
タンク水位



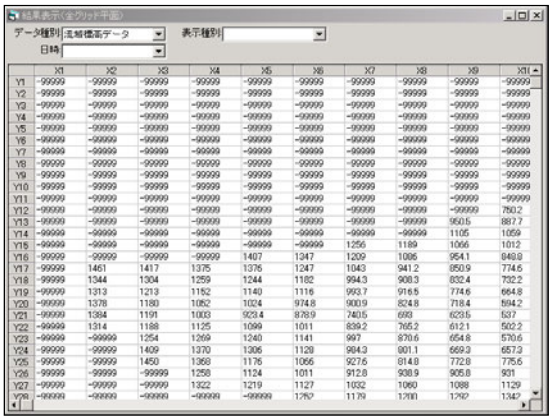
３Ｄ表示



計算結果の時系列表示



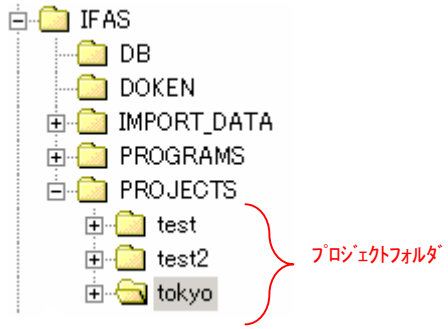
計算結果の平面表示



3.3　プロジェクト管理

3.3.1　プロジェクト管理の概念

IFAS ではプロジェクト単位でデータを管理する機能を保持しており、デフォルトでは C:¥IFAS¥PROJECTS 以下にプロジェクトフォルダを作成する。また、任意の場所に、プロジェクトフォルダを作成することも可能である。



プロジェクトフォルダには、標高データ、土地利用データ等の各種データが保存される。また、SIMU フォルダには、シミュレーション結果が保存され、同一プロジェクトにおいて、降雨やパラメータ等の条件の異なる計算結果を格納することができる。

ALD	標高データ
BASIN	流域標高データ
DB	洪水計算データ
FLOW	落水線データ
LANDUSE	土地利用データ
PARAM	タンクパラメータデータ
RAIN	降雨データ
RIVER	河道データ
SIMU	洪水計算結果データ
SOIL	土質／地質データ

3.3.2　プロジェクトの作成・選択・削除・複写

(1)プロジェクトについて

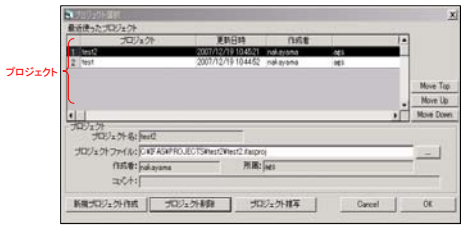
IFAS では「プロジェクト」という単位でデータを管理するため、まず始めにプロジェクトの選択画必要である。プロジェクトの選択には、新規にプロジェクトを作成する方法と、既に作成されたプロジェクトの中から選択する方法の 2 種類がある。作成したプロジェクトはプロジェクト選択画面に表示される。

なお、プロジェクト名は半角英数 20 文字以内で、全角文字を含むひらがなや漢字は入力できない仕様である。また、プロジェクト名にスペースを使用することはできない。

例）プロジェクト名

“TESTIFAS”　・・・・　OK

“TEST　IFAS”　・・・・　NG

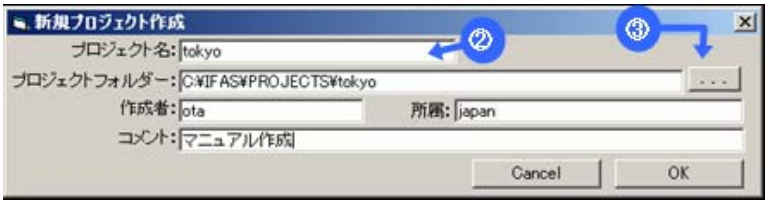


(2)プロジェクトの新規作成

プロジェクトの新規作成では、プロジェクト名に作成したいプロジェクトの名称を入力して、enter キーを押すと自動的に C:¥IFAS¥PROJECTS の下に「プロジェクト名」と同名のプロジェクトフォルダが作成される。

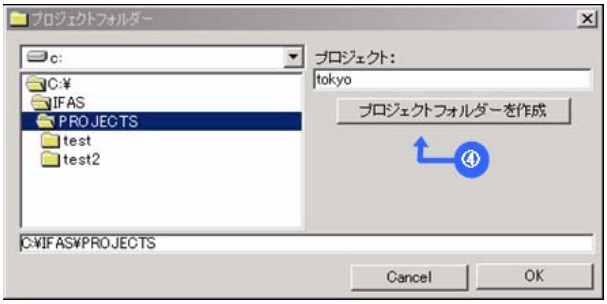


ここで、作成者欄には PC のユーザアカウントが自動的に入力されるが、変更することも可能である。所属欄にはプロジェクトの作成者が所属している部署名などを入力し、コメント欄にはそのプロジェクトについてのコメントを入力することができる。コメントの内容に、プロジェクトの対象流域の地名や特徴などを記載することを想定している。



作成したい場所を選択し「プロジェクトフォルダを作成」ボタンをクリックすると、選択した場所の下にプロジェクトフォルダを作成することができる。

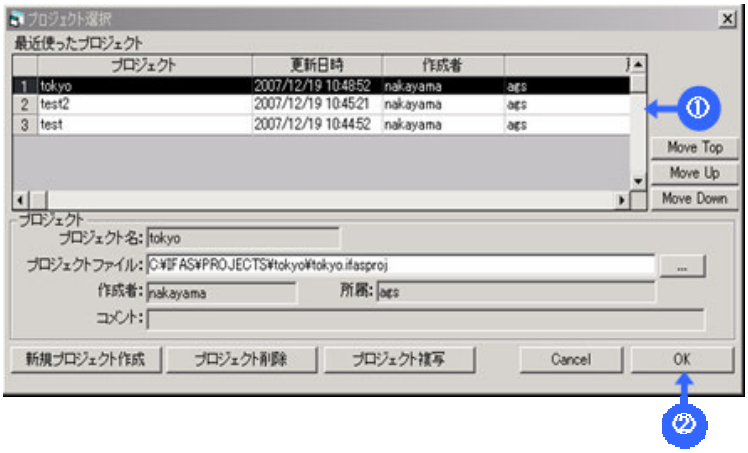
上記の場合は、IFAS というフォルダの下に tokyo というプロジェクトフォルダが生成される。(プロジェクト名を入力し「Enter」キーを押すことにより自動的に作成される)



(3)プロジェクトの選択と削除

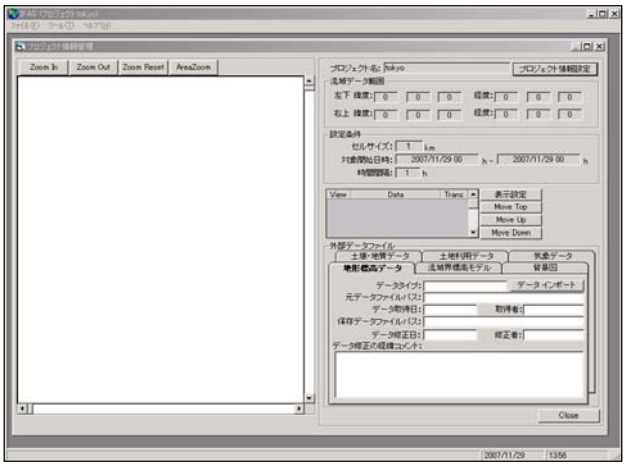
既に作成されたプロジェクトファイルは、プロジェクト選択画面から選択することができる。作成されたプロジェクトは最大 10 個まで表示される。表示されていないプロジェクトを選択する場合は、選択ボタンを押し、「PROJECTS」フォルダから直接選択することができる。

プロジェクト選択画面には、作成されたすべてのプロジェクトが表示され、「MOVE　UP」、「MOVE DOWN」、「MOVE　TOP」のボタンで自由に並順を入れ換えることができる。

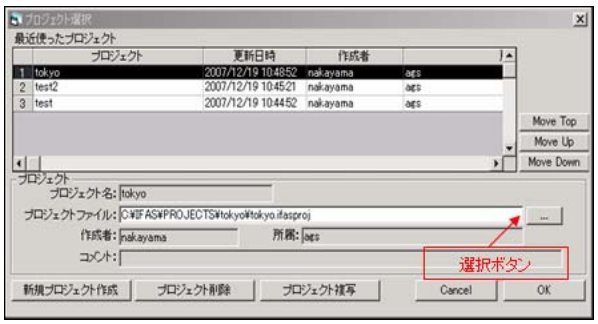


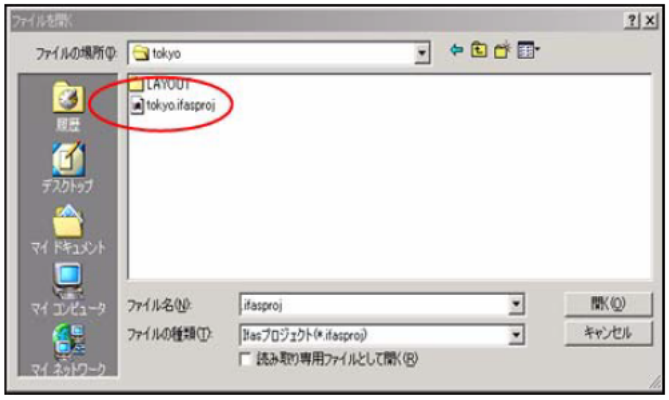
①プロジェクトを一覧表から選択。（選択したいプロジェクト欄上でクリックすると色が反転する。）

②「OK」ボタンをクリックするとプロジェクト情報管理画面が表示される。



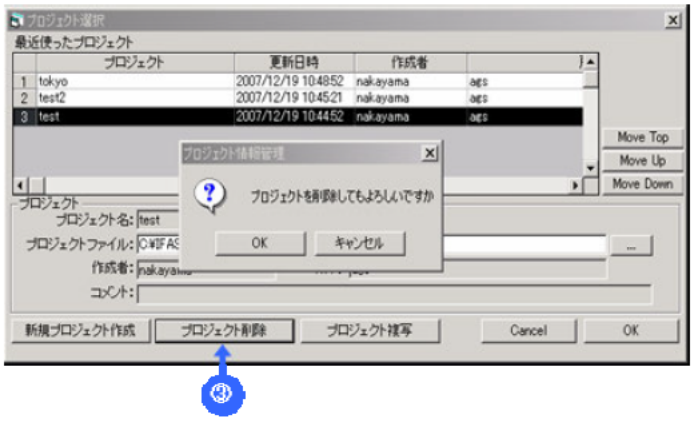
また、任意の場所からプロジェクト選択する場合は、プロジェクト名をダブルクリックしてフォルダ内の、「フォルダ名.ifasproj」ファイルを選択する。





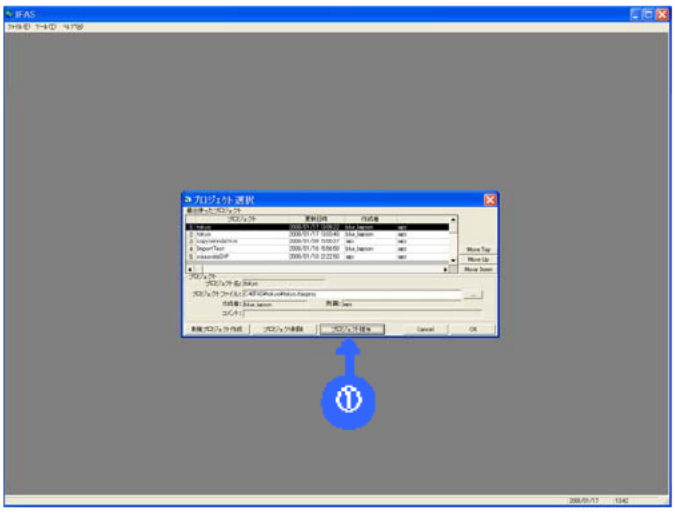
※プロジェクトを作成した後、リネームすることはできない。また、他の PC で作成したプロジェクトのデータをコピーして、違う PC にデータを移しプロジェクトを読み込むことができる。ただし、PROJECTS フォルダまでのフルパスが両方とも同じであることが条件となる。

③プロジェクトを選択して「プロジェクト削除」ボタンをクリックすると確認メッセージが表示され、「OK」を選択するとプロジェクトフォルダが削除される。この場合、選択したプロジェクトフォルダの配下にあるファイル、フォルダは全て削除される。

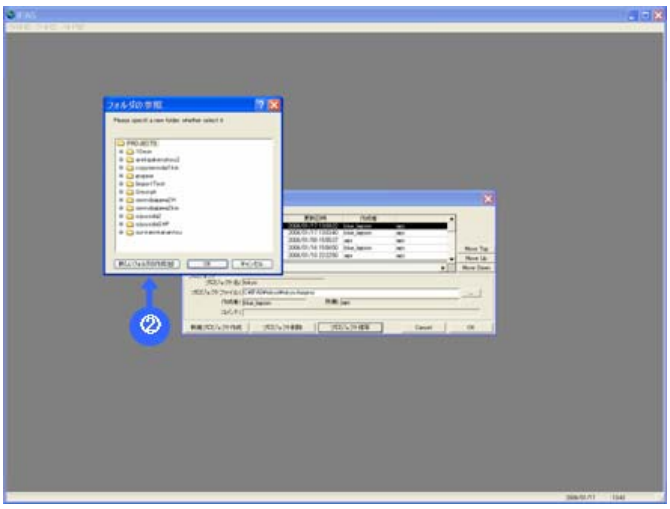


(4)プロジェクトの複写(コピー)

①「プロジェクト複写」ボタンをクリックすると、「フォルダの参照画面」が表示される。



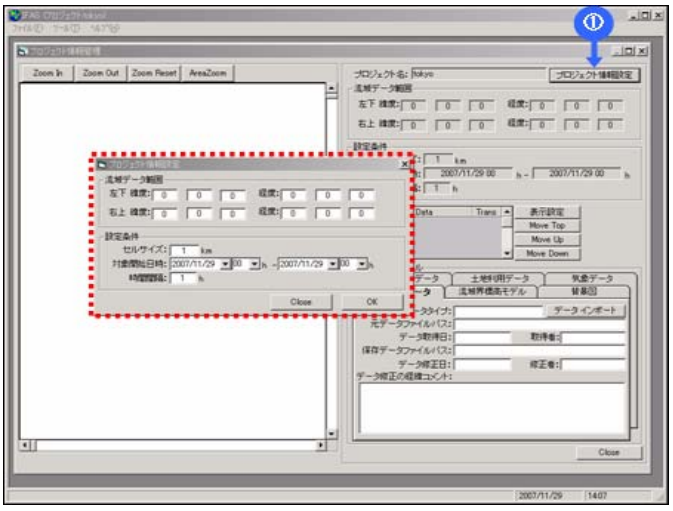
②表示されているツリー図から、作成した場所を選択し「新しいフォルダの作成」ボタンをクリックすると、新しいフォルダが作成され名前を付けることができる。「OK」をクリックするとデータの複写が実行される。



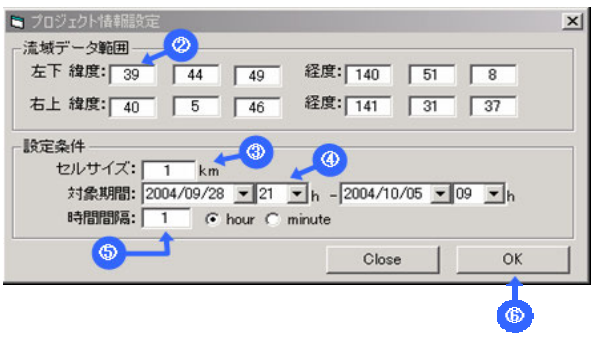
(5)プロジェクト情報の設定

「新規プロジェクト作成」、「プロジェクト選択」が完了すると、プロジェクト情報管理画面が表示され、ここで、プロジェクトの流域データ範囲と基本条件を設定する。

①「プロジェクト情報設定」ボタンをクリックするとプロジェクト情報設定画面が表示される。

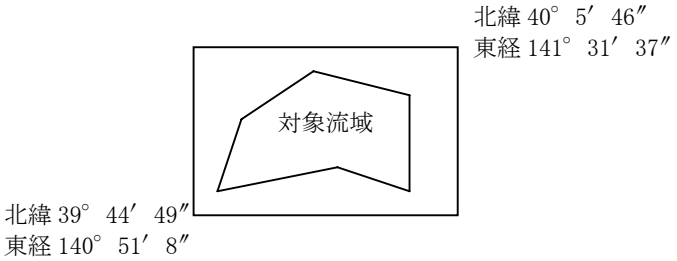


プロジェクト情報設定では、流域データ範囲と、設定条件を指定する。



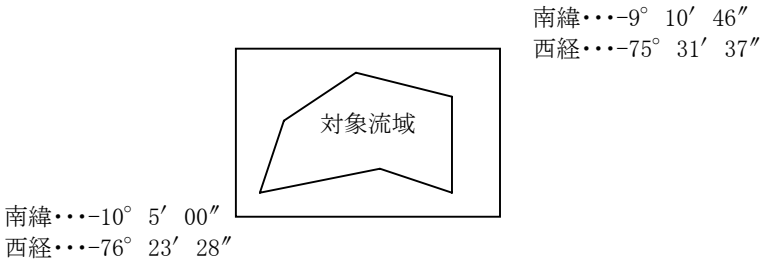
②対象となる流域を含む範囲の左下と右上の緯度、経度を入力する。ただし、北緯、南緯とも 60° 以上は入力できない。(少数点以下は四捨五入される)

入力例



経緯度が西経、南緯の場合は“－”の符号を付けて入力する。

入力例



③セルサイズの入力。IFAS では、流域を複数のセルの集合体で表現し、セル単位で演算処理を行う分布型モデルを採用している。セルサイズとは、このセルの長さのことで、単位は km で入力する。

④対象期間の入力。対象期間とは、洪水シミュレーションを行う期間のことをいい、ここで設定した期間を超えてシミュレーションを行うことはできない。対象開始日時はカレンダーからも入力可能。

⑤時間間隔の入力。時間間隔は洪水シミュレーションの計算を行う時間 ΔT のこと。実際に計算を行う場合は、ここで設定した時間間隔に対応した（時間間隔を 30 分に設定した場合は 30 分ごとの）降雨データファイルが必要。

⑥「OK」ボタンをクリックすると入力した内容が反映され、再び「プロジェクト情報設定」ボタンを押さない限り変更はできない。

注)プロジェクト情報設定で､流域データ範囲およびセルサイズを変更した場合は標高などインポートしたデータは全てイニシャライズされる。対象期間、時間間隔を変更した場合は降雨データがイニシャライズされる。

4. 各種データの取り込み

4.1 外部データについて

4.1.1 外部データの種類と特徴

IFAS ではインターネット等を通じて一般に入手可能なデータを用いて流出計算モデルの作成を行う(最低限必要なデータは「GTOPO30」等の地形標高データ)。以下に、IFAS で対応する外部インポートデータの種類と各外部データの概要を示す。

表-4.1　IFAS で対応するインターネット等から得られる外部インポートデータの種類

区分	名称	作成元	グリッドサイズ	座標系	提供データ形式
DEM	GTOPO30	USGS	水平方向 30 秒（約 1km）間隔のグリッド	水平方向 WGS84 垂直方向　平均海面からメートル単位	各タイル(33 個)のデータは一組 8 つのファイルで提供される。
土地利用	GLCC	USGS EDC	1km 格子	測地系と楕円体に関しては ITRF94 と GRS80	ラスターデータ(img)、バイナリデータ
気象	WORLDCLIM	NatureServe	30 秒メッシュ（約 1km メッシュ）	水平方向 WGS84	bil フォーマット esri フォーマット
土壌地質他	土性分類	UNEP/DEWA/GRID	1 度	北緯 90°　西経 180°　を起点	bil
	土壌厚	GES DISC,NASA	1 度（111km）		bil、sol
	土壌水分保持容量	UNEP/DEWA/GRID	1 度	北緯 90°　西経 180°　を起点	bil
	地質分類	CGWM		メルカトル図法	Bsq CD（Arc Info 形式）

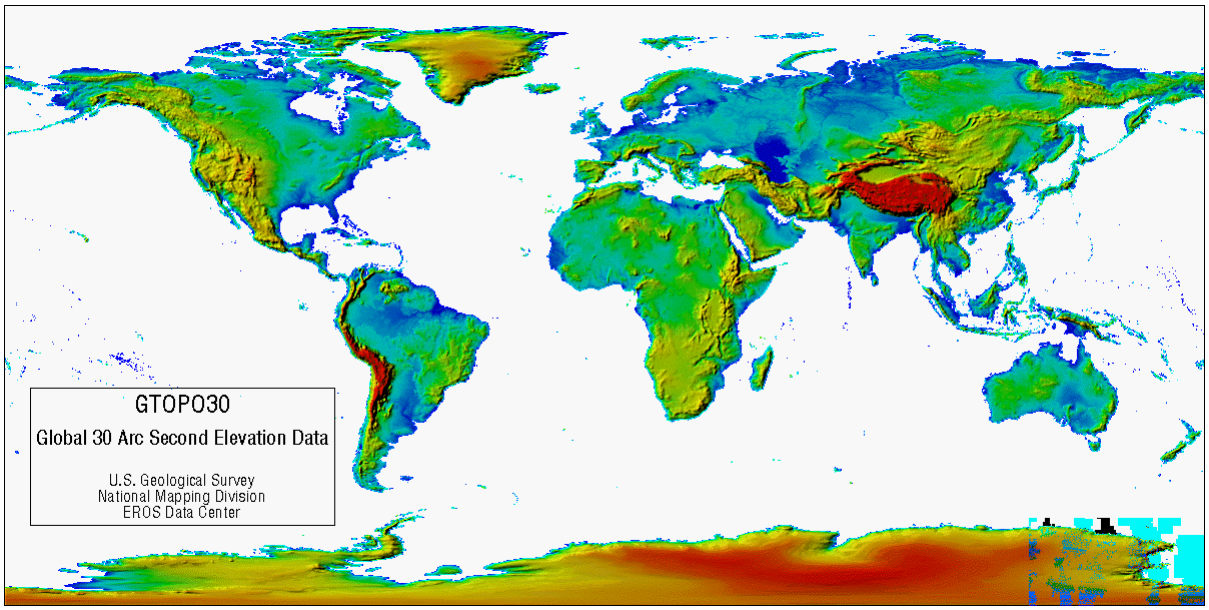
(1)地形標高データ

①GTOPO30　標高(DEM)

http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/gtopo30/gtopo30.html

GTOPO30 は全世界の標高データ(DEM データ)で、1996 年に 8 機関の情報源(米航空宇宙局(NASA)、国連環境計画/全地球資源情報データベース(UNEP/GRID)、米国国立画像地図庁(NIMA)、米国国際支援庁(USAID)、メキシコ国立統計地理情報局(INEGI)、日本国国土地理院(GSI)、ニュージーランド・マナーキ・ウェヌア・ランドケア・リサーチ、南極研究科学委員会(SCAR))からデータを提供され作成されいる。水平方向は WGS84 で、垂直方向は平均海面からのメートルの座標系で持っており、西経 180 度から東経 180 度および南緯 90 度から北緯 90 度の全球が 43,200×21,600 の 30 秒格子に分割された約 1km メッシュでグリッドモデル化されている。

データは、下記の 33 に分割されたタイルごとに、8 つのファイルで無料提供されている。



GTOPO30 tiles

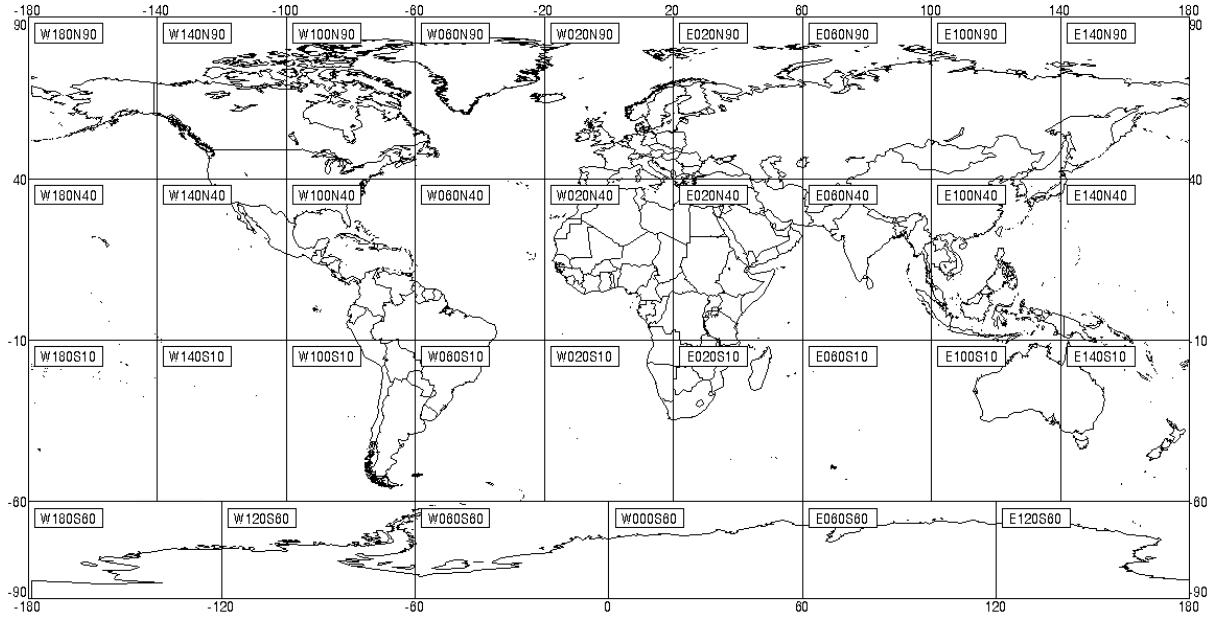


図-4.1　GTOPO30 における tile 区分

(2)気象データ　　WORLDCLIM

http://www.worldclim.org/

WORLDCLIM は南極大陸を除く全地球気候のデータであり、30 秒(約 1km)メッシュの他、2.5 分、5 分、10 分メッシュで提供されている。座標系は WGS84 でデータには 1950～2000 年平均での月別の平均気温(Mean.Temperature)、最低気温(Min.Temperature)、最高気温(Max.Temperature)、降水量(Precipitation)、およびバイオ Clim 変数(Bioclim)、高度(Altitude)があり、bil、esri フォーマットで download が可能。

Bioclim は、上記の平均、最大、最低気温、降水量から求められる変動幅や季別の気温・降水量等を

示したもので、以下のような内容となっている。

BIO1 = 年平均気温(°C * 10)Annual Mean Temperature

BIO2 = 平均気温幅(最高気温-最低気温)(°C * 10)Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))

BIO3 = 等温線 Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)

BIO4 = 気温の季節変動(標準偏差＊100)Temperature Seasonality (standard deviation *100)

BIO5 = 最も暖かい月の最高気温(°C * 10)Max Temperature of Warmest Month

BIO6 = 最も寒い月の最低気温(°C * 10)Min Temperature of Coldest Month

BIO7 = 気温の年間範囲(°C * 10)Temperature Annual Range (BIO5-ＢＩＯ6)

BIO8 = 最も湿った３ヶ月間の平均気温(°C * 10)Mean Temperature of Wettest Quarter

BIO9 = 最も乾いた３ヶ月間の平均気温(°C * 10)Mean Temperature of Driest Quarter

BIO10 = 最も暖かい３ヶ月間の平均気温(°C * 10)Mean Temperature of Warmest Quarter

BIO11 = 最も寒い３ヶ月間の平均気温(°C * 10)Mean Temperature of Coldest Quarter

BIO12 = 年間降水量(㎜)Annual Precipitation

BIO13 = 最も湿った月の降水量(㎜)Precipitation of Wettest Month

BIO14 = 最も乾いた月の降水量(㎜)Precipitation of Driest Month

BIO15 = 降水量の季節変動(㎜)Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)

BIO16 = 最も湿った３ヶ月間の降水量(㎜)Precipitation of Wettest Quarter

BIO17 = 最も乾いた３ヶ月間の降水量(㎜)Precipitation of Driest Quarter

BIO18 = 最も暖かい３ヶ月間の降水量(㎜)Precipitation of Warmest Quarter

BIO19 = 最も寒い３ヶ月間の降水量(㎜)Precipitation of Coldest Quarter

IFAS では、月別の最低気温、最高気温、降水量、平均気温と、気候として Bioclim のうち一つを読み込むことが可能(対応しているのは bil 形式のみ)。

なお、Worldclim はデータ容量が大きいため、30 秒メッシュの場合は下記のような全世界を区分した tile 別に download することが可能となっている。

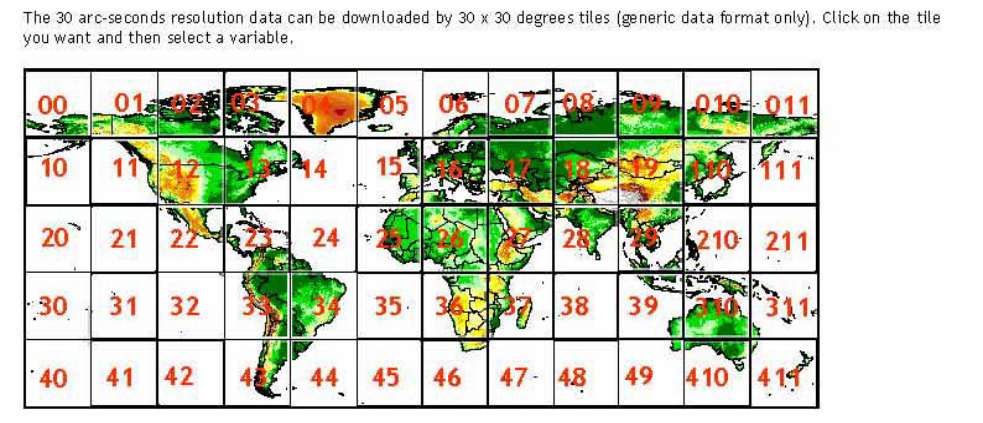


図-4.2　WORLDCLIM における tile 区分（30 秒メッシュの場合）

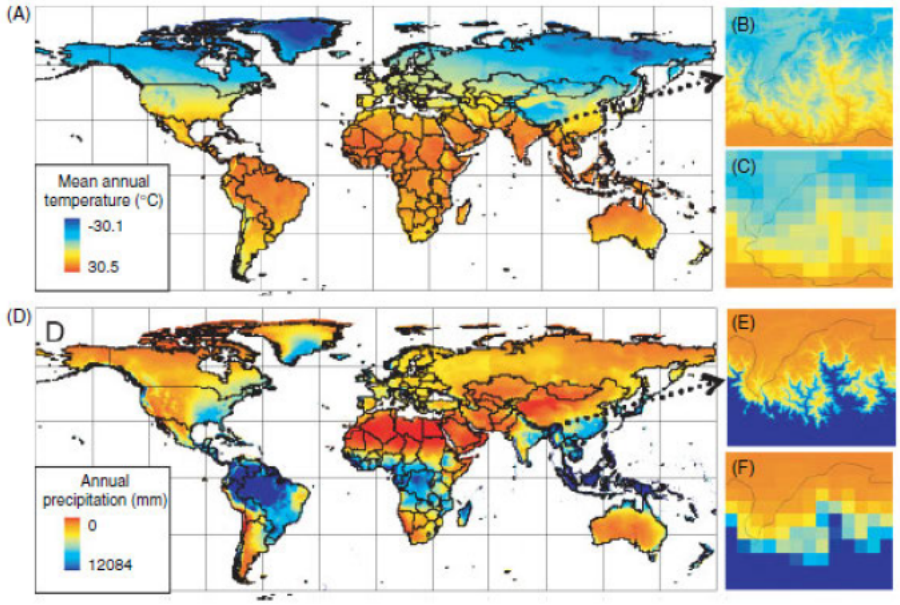


Figure 4. Mean annual temperature (A) and annual precipitation (D). Close ups for an area including western Bhutan of about 220 by 190 km at the 30 arc s (~1 km) resolution (B and E) and at a 10 arc min (~18 km) resolution (C and F). This figure is available in colour online at www.interscience.wiley.com/ijoc

図-4.2　WORLDCLIM による全世界の平均気温と降水量

(出典：VERY HIGH RESOLUTION INTERPOLATED CLIMATE SURFACES FOR GLOBAL LAND AREAS)

(3)土地利用データ　GLCC

http://edcsns17.cr.usgs.gov/glcc/

GLCC とは米国地質調査所 (USGS)、リンカーン大学、欧州委員会が環境研究用にモデル化した 1km メッシュの土地利用データで、土地利用は以下の 24 区分に分類されている。

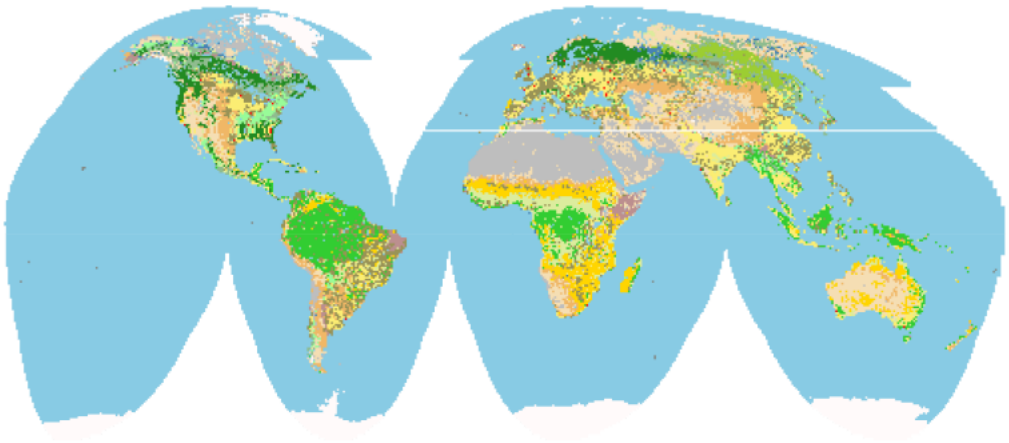


図-4.3　GLCC 土地利用区分

Value	Code	Class Name
0		INTERRUPTED AREAS (GLOBAL GOODES HOMOLOSINE PROJECTION)
1	100	Urban and Built-Up Land
2	211	Dryland Cropland and Pasture

3	212	Irrigated Cropland and Pasture
4	213	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture
5	280	Cropland/Grassland Mosaic
6	290	Cropland/Woodland Mosaic
7	311	Grassland
8	321	Shrubland
9	330	Mixed Shrubland/Grassland
10	332	Savanna
11	411	Deciduous Broadleaf Forest
12	412	Deciduous Needleleaf Forest
13	421	Evergreen Broadleaf Forest
14	422	Evergreen Needleleaf Forest
15	430	Mixed Forest
16	500	Water Bodies
17	620	Herbaceous Wetland
18	610	Wooded Wetland
19	770	Barren or Sparsely Vegetated
20	820	Herbaceous Tundra
21	810	Wooded Tundra
22	850	Mixed Tundra
23	830	Bare Ground Tundra
24	900	Snow or Ice
100		NO DATA

(4)土壌・地質データ

①UNEP(World soils for global climate modeling)・土性分類(土壌相区分)

http://www.grid.unep.ch/data/data.php

UNEP(国連環境計画)による GRID(地球資源情報データベース)データの中での土性分類データ。地球資源情報データベース(GRID)は、GEMS が収集・加工したデータや人工衛星によるリモートセンシングデータなど環境に関する多種・多様なデータを統合し、世界中の研究者や政策決定者へ提供することや、環境データ処理技術の開発途上国への移転を目的 として作成されている。

Zobler の「全球気候モデルのための世界土壌」は、優占土壌ユニット(土壌タイプのクラス分け)、傾斜区分、土壌質の区分、土壌相といったデータを含む、土壌タイプの全球的分布を表す。これらは、1 度セルの最大地図単位を定量するためにドット・グリッド重ね合わせ手法を用いて、FAO の世界土壌図(FAO、1974)と Matthews の植生データ(1984)から緯度経度 1 度平方のグリッドセルへ一般化することにより作成されている。

データファイルは、緯度経度 1 度の空間分解能、データはピクセルにつき 1 バイト(8 ビット)、180 行(ライン)×360 列(要素/ピクセル/サンプル)のデータ、原点は北緯 90 度－西経 180 度、南緯 90 度－東経 180 度までがカバーされている。

なお、GRID データを用いたすべての成果に対して、オリジナルデータの提供元とともに GRID、UNEP に対して断り書きをすることが義務づけられている。例えば、「UNESCO(1987)、GRID を通じて提供」のように記せばよい。

UNEP/GRID から提供されている 5 つのデータファイルは、以下のものである。

・26 のいわゆる「土壌大分類」に氷を加えた、27 のカテゴリーによる土壌ユニットの普及版
・106 土壌分類による土壌ユニットの完全版
・７つの傾斜カテゴリーによる優占的土壌傾斜
・８つの土質カテゴリーによる優占的土壌質
・18 土壌相カテゴリーによる優占的土壌相(1 度×1 度のグリッドセルのすべてが関連する相の値を持つわけではない。このデータの GRID 版では 4 つまでの相から一つのみを示している)

IFAS では、このうち土壌相区分に対応して読み込みが可能となっている。

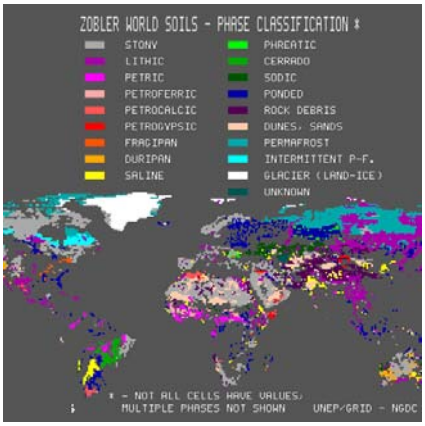


図-4.3　世界土壌ファイル・土壌相区分

表-4.2　世界土壌ファイル・土壌相区分の凡例

番号	土壌相区分	
0	Water	水
1	Stony	石質
2	Lithic	結石質
3	Petric	化石質
4	Petroferric	鉄鉱石質
5	Petrocalcic	石灰石質
6	Petrogypsic	石膏質
7	Fragipan	フラギパン
8	Duripan	デュリパン
9	Saline	岩塩質
11	Phreatic	フレアティック
12	Cerrado	セラード
13	Sodic	曹達質
21	Permafrost	永久凍結層
22	Permafrost; intermittent	永久凍結層；間欠的
23	Glacier (i.e., land-ice)	氷河（すなわち、凍土）
24	Ponded	池
25	Dunes, Sands	砂丘、砂
26	Rock debris	岩屑
27	Unknown	不明

②土壌水分保持容量　UNEP(Soil Water Holding Capacity)

http://www.grid.unep.ch/data/data.php

このデータセットは、土壌水分保持容量の全球分布を、表層土壌(0～30cm)のフィールドでの容量について緯度経度１度の空間分解能で表しており、土壌タイプと性質に関する情報(FAO 世界土壌地図)から作成されたもので NASA/GISS、ゴダード宇宙科学研究所(ニューヨークシティのコロンビア大学)において、国立公衆衛生環境保護研究所(RIVM; P.O.Box 1; 3720 BA; Bilthoven, the Netherlands)の Lex Bouwman により 1990 年に試験的データセットとして開発されている。

データセットは以下の凡例と階級値を持っている。

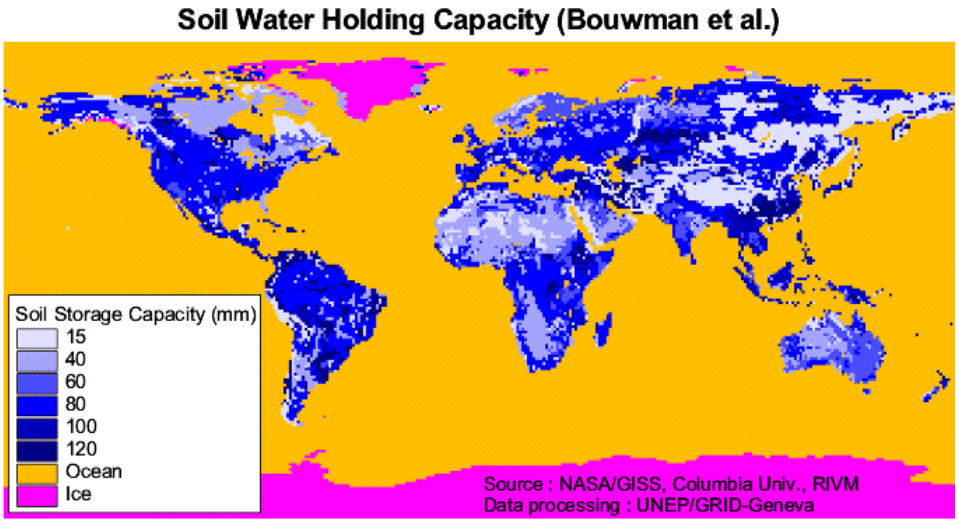


図-4.3　土壌水分保持量

表-4.2　土壌水分保持量の凡例

土壌質区分	d.n.値＝水分保持容量(mm)
Rendzina（レンジナ様土） Lithosol（リトソル） Ranker（ランカー）	１５（FAO土壌コード　22,40,85）
SAND（砂）	40
ORGANIC（有機性）	60
Vertisol（バーティソル）	〃（FAO土壌コード　86,87)）
MEDIUM（中間）	80
Vertic Cambisol（ﾊﾞｰﾃｨｯｸｶﾝﾋﾞｿﾙ） Luvisol（ルビソル）	〃(FAO土壌コード　13,55)
Ferralsol（フェラルソル）	〃　(FAO土壌コード　23～28) 100
FINE（細かい）	120
Andosol（アンドソル）	〃（FAO土壌コード　81～84）
Oceans（海洋）	-250
Ice（氷）	-251

(5)地質分類　CGWM

http://ccgm.free.fr/index_gb.html

CGWM(Commission for the Geological Map of the World：世界地質図委員会)が 2000 年に作成の全世界における地質分類図。ユネスコとの共同出版で CD が有償販売されている。

(6)土壌厚　GES(Soil Depth)

http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/ISLSCP/

Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center(GES DISC)、NASA による土壌厚データ。

4.1.2 その他データの種類と形式

前述の外部データの他、IFAS では GIS 等で作成した地形標高データや背景図を取り込むことが可能で、これらは、ユーザーが市販ソフト等を使って任意に作成する必要がある。

データの種類およびデータ書式を以下に示す。

(1)地形標高データ　標高 Grid データ(ESRI Arc/Info)

地形標高データをユーザーが GIS 等で作成し、GTOPO30 の代わりに地形標高データとすることができる。グリッドデータ作成には GIS を利用するのが一般的だが、テキストデータであるので、テキストエディターや表計算ソフト等を利用しても作成することがでる。

下記に、グリッドデータのフォーマットを示す。

```
ncols 58        ←列数
nrows 39        ←行数
XLLCORNER 487339.289969151   ←左下X座標
YLLCORNER 4399671.14425054   ←左下Y座標
CELLSIZE 1000.000   ←セルサイズ(m)
nodata_value -9999  ←ノーデータ（データがない場合の数値）
685.4 585.4 469.3 399.1 503.2 537 635.7 593 571.4 581 582.1 512
729 614 445.8 489.4 580.1 638.7 681.4 655.3 604 615.4 620.9 543.
637.7 511.5 466 550.4 669.7 739.4 780.8 725.9 639.9 616.7 641.2
598.3 492.5 520.8 597.6 676.1 784.7 870.4 792.7 662.1 605.3 604.
622.9 511.6 579.2 723.9 804 843.6 849.3 758.1 650.1 583 555.9 58
623.1 535.8 645.4 745.1 808.5 809.6 737.3 678.1 587.6 526.2 526.
586.6 601.8 696.8 768.1 724.4 714.6 637.6 617 542.5 504.8 497.2
624.2 662 700.7 775.1 781.7 747.1 729.6 688 590.2 504 481.6 494.
691 696.4 705.1 758.6 832.7 832.8 798.1 755.2 587.5 512.6 503 50
769.8 751.8 796.7 800.5 848.8 809 708.4 710.5 669.3 601.1 565.5
897.9 829.8 853.5 874.3 899.1 830 755.1 794.2 734.6 668.3 614.6
1022 932 929.3 991.8 930.1 864 861.1 860.9 809.5 750.2 673.3 584
1174 1100 1057 1130 1012 983.9 [illegible] 950.5 887.7 750.5 591.7
1364 1223 1207 1228 1136 1144 [illegible] 1105 1059 843 629.9 565.
1499 1374 1337 1329 1302 1287 1256 1189 1066 1012 839.8 626.3 55
1559 1501 1448 1425 1407 1347 1209 1086 954.1 848.8 735.3 585.4
1477 1461 1417 1375 1376 1247 1043 941.2 850.9 774.6 660.3 525.5
1396 1344 1304 1259 1244 1182 994.3 908.3 832.4 732.2 623.6 485.
1388 1313 1213 1152 1140 1116 993.7 916.5 774.6 664.8 569.5 453.
1407 1378 1180 1052 1024 974.8 900.9 824.8 718.4 594.2 506.9 435
1319 1384 1191 1003 923.4 878.9 740.5 693 623.5 537 482.8 450.4
1249 1314 1188 1125 1099 1011 839.2 765.2 612.1 502.2 505.4 492.
1206 1371 1254 1269 1240 1141 997 870.6 654.8 570.6 567.4 573.4
```

標高値

図-4.5　グリッドデータのフォーマット

(2)背景図

背景図には、以下の画像データ(ラスタデータ)のいずれかを取り込むことが可能。

①Bitmap データ(*.bmp)

Bitmap データとは画像ファイルの形式の一種で

・ファイルヘッダ(bmp ファイルの一般的な情報が格納されている)

・情報ヘッダ(bmp イメージについての詳細な情報が格納されている)

・カラーパレット(使用される色の定義が格納されている)

・ビットマップデータ(イメージがピクセルごとに格納されている)

の 4 つの構造に分けられている。

②Jpeg データ(*.jpg)

Jpeg データとは静止画像のデジタルデータを圧縮する方法の一種で一般に非可逆圧縮のフォーマットとなっている。

これらの背景図(ラスタデータ)を利用する際は、座標を指定するためのファイル(ワールドファイル)が必要となる。ワールドファイルはテキスト形式のファイルで、その書式は以下のとおり。

0.25	1 ピクセルの X 方向の長さ
0.0	行の回転速度
0.0	列の回転速度
-0.25	1 ピクセルの Y 方向の長さ
65000	左上ピクセルの中心位置の X 座標
-100500	左上ピクセルの中心位置の Y 座標

ラスタデータとして BMP 形式、JPEG 形式の画像が利用できるが、画像形式によりワールドファイルの拡張子が異なる。ワールドファイルの拡張子は、対応する画像データの拡張子の最後の文字に「w」を付けたものとなる。(BMP 形式の場合「bmpw」、JPEG の場合「jpgw」)

4.1.3 各インポートデータの選択と格納先

各インポートデータで必要なデータと格納先は以下のようになる。これらは、プロジェクトで指定した矩形形状の緯度経度範囲で各データから抽出される。

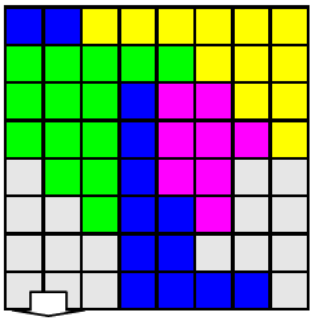
表-4.3　インポートデータファイルと格納先

種別	対象外部データ	必要ファイル	格納フォルダ	格納ファイル	備考
地形標高データ	GTOPO30	*.DEM *.HDR *.DMW *.STX *.GIF *.SRC *.SCH （各taile別）	ALD	ALD.asc	いずれか１つを選択 ※標高データは必ず必要
	標高GRIDデータ	*.asc			
背景図	Bitmap Data	*.bmp *.bmpw	MAP	MAP.bmp	任意で、いずれか１つを選択
	Jpeg Data	*.jpg *.jpgw		MAP.jpg	
土地利用データ	GLCC	gusgs2_0ll.hdr gusgs2_0ll.img	LANDUSE	LAND.asc	任意
気象データ	Worldclim最低気温（Min.Temperature)	*.hdr *.bil	WORLDCLIM	METE1.asc	任意
	Worldclim最高気温（Max.Temperature)	*.hdr *.bil		METE2.asc	
	Worldclim降水量（Precipitation)	*.hdr *.bil		METE3.asc	
	Worldclim　気候（Bioclim）	*.hdr *.bil		METE4.asc	
	Worldclim平均気温（Mean.Temperature)	*.hdr *.bil		METE5.asc	
土壌・地質データ	CGWM　地質分類	CGWM.bsq CGWM.hdr	SOIL	SOIL1.asc	任意
	土性分類（土壌相区分） World soils for Global climate modeling (Zobler)　(1986)	zobphase.bil zobphase.hdr (gnv007.zipが相当)		SOIL2.asc	
	土壌厚	PROFDEP.bil PROFDEP.hdr PROFDEP.SOL		SOIL3.asc	
	土壌水分保持容量 Soil water holding Capacity (Bouwman et al.)	soil_h2o.bil soil_h2o.hdr (gnv025.zipが相当)		SOIL4.asc	

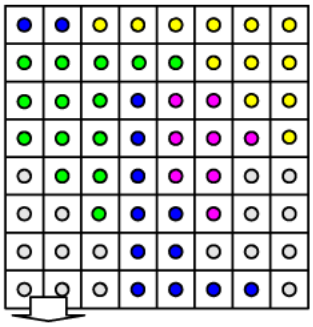
4.2 外部データの取り込み方法

4.2.1　インポート方法

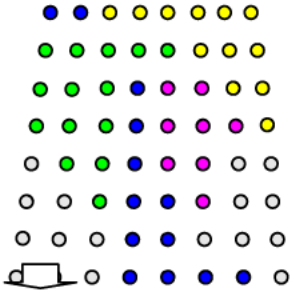
IFAS で扱うグリッドデータは、UTM(Universal Transverse Mercator：ユニバーサル横メルカトール)図法において展開されたデータとしている。IFAS で使用する衛星データは、その種類によってフォーマットに違いはあるがラスター形式のデータとなっている。IFAS では、以下の手順でこれらのデータを取込んで UTM 座標に変換し、グリッド上に表示する。



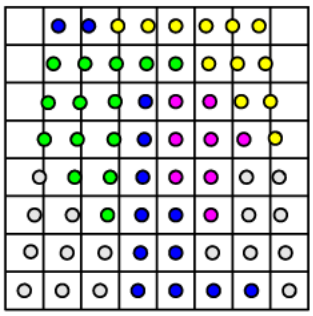
① 元データを準備する。各種データフォーマットに従ってラスターデータとして読み込む。
（例：30 秒刻みのオリジナルのメッシュデータ）



②メッシュの中心にデータがあると考える。位置座標（緯度経度）をつけてベクトルデータ化を行なう。



③UTM 空間に点を投影し、位置座標を緯度経度から UTM に変換する。



④ユーザーにより定義された各メッシュ（例では 1km メッシュ）の中心点の値を③の点集合から空間内挿する。ソースデータが連続値（標高データなど）の場合は IDW 法、テーマデータ（土地利用など整数 ID）の場合は Nearest Neighbor 法で空間内挿し、ラスターデータ化する。

図-4.6　外部データのインポート方法概要

以下に、インポート方法を示す。

1)各種データをラスターデータとして読込む

まず、各種データ(標高・土地利用・地質・降雨など)を、それぞれのデータフォーマットに従ってラスターデータとして取り込む。データは、座標系 WGS84(またはほぼ等値の ITRF94)の緯度経度区切りのラスターデータである。

データは、標準的なテキストヘッダファイル(*.HDR)によって構成が記述されているプレーンな

バイナリデータとなっている。インポートプログラムはテキストヘッダファイルを読み取って、バイナリデータを読み込む。

2)ベクトルデータ化

前項で読み込まれたデータはラスター、言い換えるとリニアな数値がただ並んでいる状態となっている。この数値に位置座標をつけてベクトル化する。

位置座標は、元のデータが座標系 WGS84 の緯度経度区切りのラスターデータであるため、緯度経度で記述する。

3)緯度経度より UTM へ変換

ベクトルデータの位置座標を、緯度経度から UTM 座標へと変換する。

座標系には ITRF94、楕円体は GRS80 を使用している。これは、元データが WGS84 座標系に準拠したデータであり、WGS84 と ITRF94 はほぼ同じであるためである。

4)内挿してラスターデータ化

UTM に座標変換を行ったら、再びラスターデータへと変換する。ベクトルデータの位置とラスターセル中央の位置がぴったり重なることはほとんどないので、ラスターセル中央の値を決定するのに、(a)最近隣のベクトルデータの値、(b)近隣いくつかの点の逆距離加重平均の値、どちらかを使う。

(a)最近隣法(ＮＮ：Nearest neighbor)

ラスターセル中央の位置座標にもっとも近いベクトルデータの値を、ラスターセル中央値とする。データがコードで記述されている以下のデータに適用している。

・GLCC　土地利用
・UNEP(World soils for global climate modeling) 土性分類
・CGMW　地質分類

(b)逆距離加重平均法(IDW：Inverse Distance Weighted)

ラスターセル中央の位置座標に近いいくつかのベクトルデータの値を、距離を重みとして加重平均をとる。

インポートプログラムにおいては点検索の省力化のため、最近隣ベクトルを検索してから、そのベクトルの周囲８点をとっている。重みは、距離の逆数の二乗としている。データが量を表す数値である以下のデータに適用している。

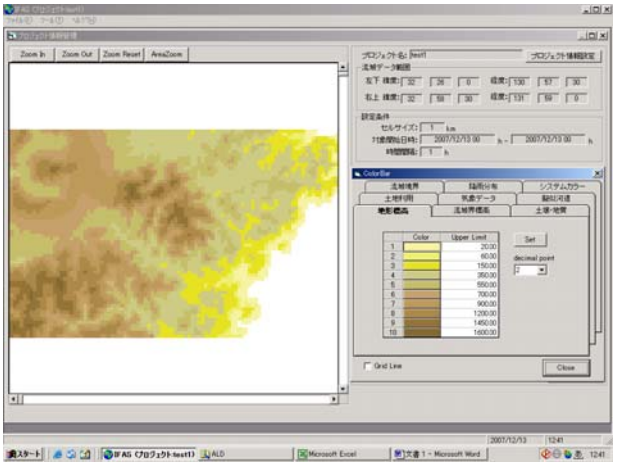
・GTOPO30　標高(DEM)
・ WORLDCLEM(Min.Temperature,Max.Temperature,Precipitation,Bioclim,Altitude) 気象
・UNEP(Soil Water Holding Capacity)　土壌水分保持容量

重み付け加重平均式　$V = \sum(w \times v) / \sum w$

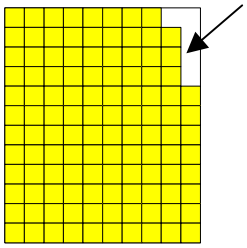
V：平均値、w：重み= $(1/d)^2$、v：サンプル点の値、d：距離

4.2.2　インポート例

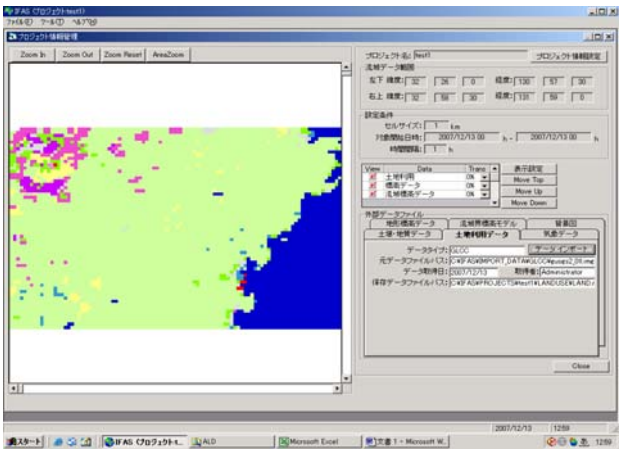
①GTOPO30(標高)



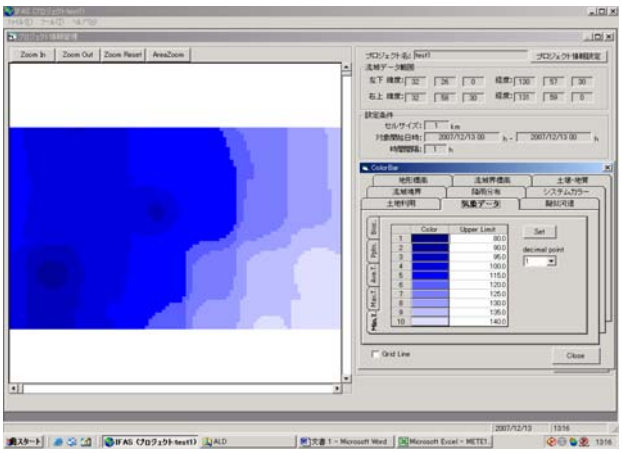
IFASは、左下と右上の２点の経緯度から、元データを抜き出しUTM座標に変換しているため、範囲が大きくなると左図のように、端部でセルが欠ける現象が発生するが、これはエラーではなく、UTM座標に変換したために起きる必然的な現象。



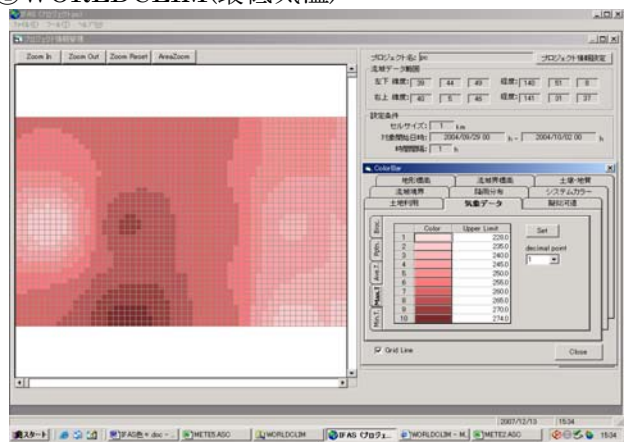
②GLCC(土地利用)



③WORLDCLIM(最低気温)

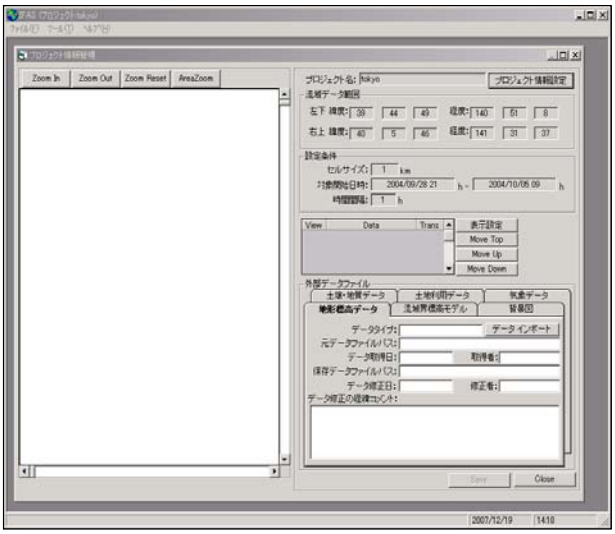


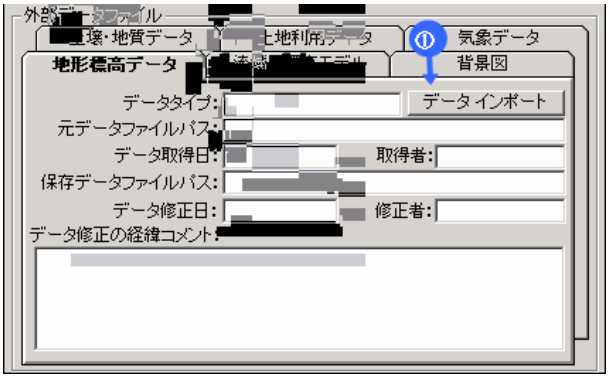
④WORLDCLIM(最低気温)



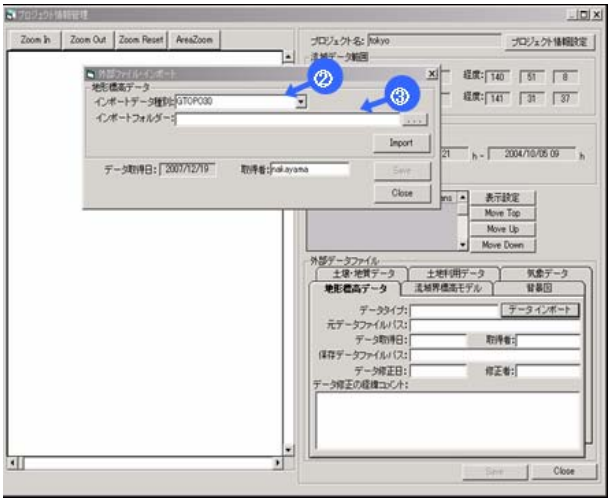
4.3 外部データ取り込み操作

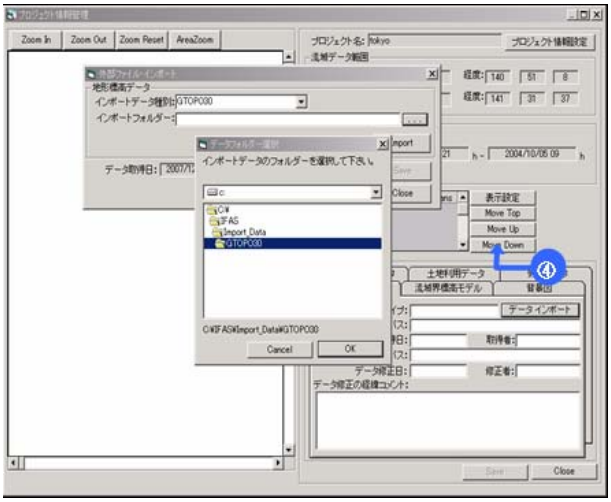
外部データの取り込みでは、前述した各データを読み込むことができる。ここでは、例として「地形標高データ」のインポート例を示す。





①地形標高データタブを選択し、「データインポート」ボタンをクリックすると「外部ファイル・インポート」画面が表示される。

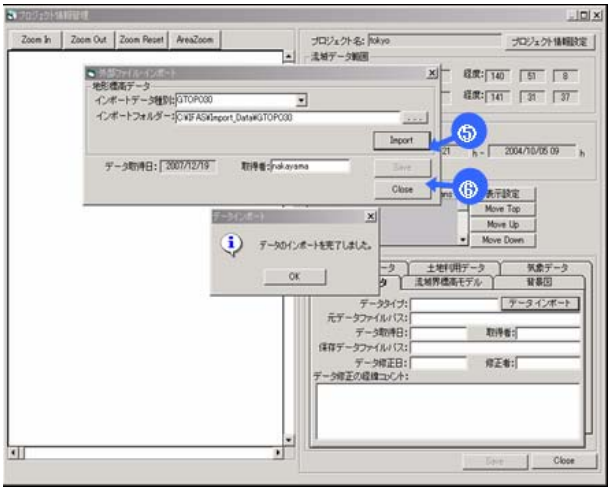


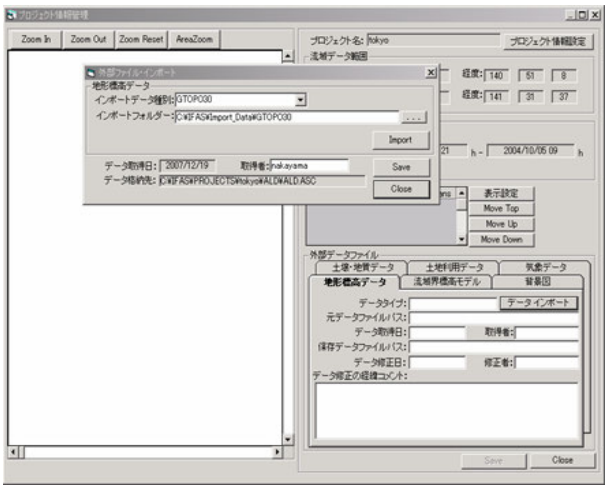


②インポートデータ種別でインポートしたい地形標高データの種別を選択する。

③選択ボタンをクリックするとデータフォルダ選択画面が表示される。

④地形標高データをインポートするフォルダを指定(フォルダ名をダブルクリック)し「OK」ボタンをクリックするとインポートフォルダが選択される。

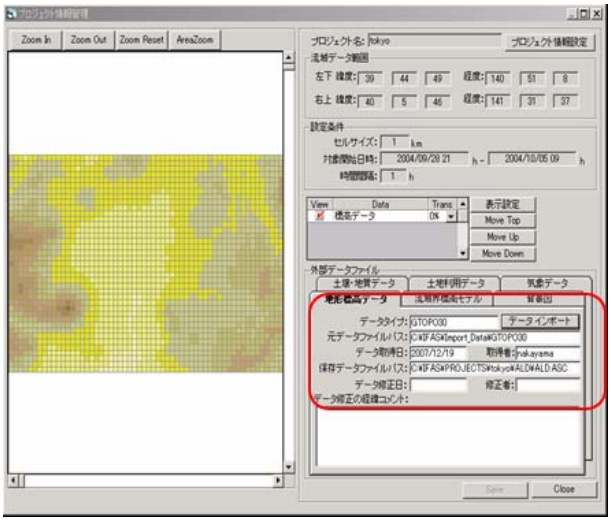




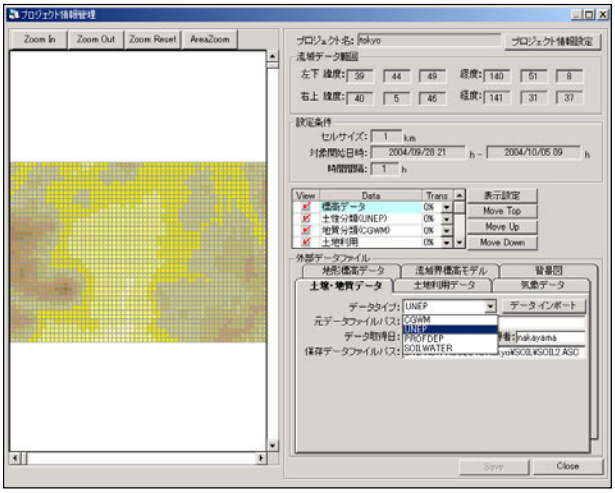
⑤「Import」ボタンをクリックすると、確認画面が表示されるので「OK」ボタンをクリックする。(インポート完了後は、C:¥IFAS¥PROJCTS¥プロジェクト名¥Work に一度データファイルが作成される)この時点で「Close」をクリックすると、データは保存されない。

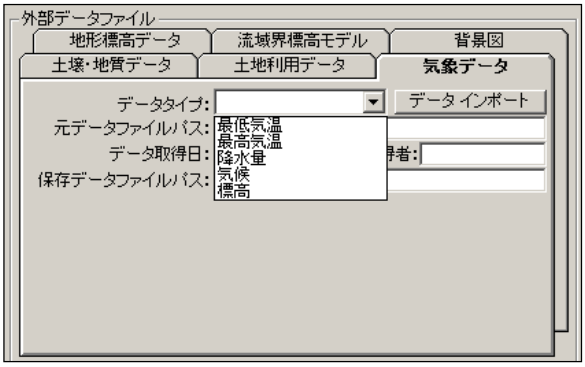
⑥「Import」完了後は「Save」が選択できるようになるので「Save」ボタンを押してインポートしたデータを保存する。「Save」ボタンをクリックすると確認メッセージが表示されるので「OK」をクリックする。(インポートされた地形標高データは「Work」フォルダに一時ファイルとして格納され、それを元に「ALD.ASC」という名称のファイルとして「ALD」フォルダに格納される。格納先、ファイル名を変更することはできない。)

⑦「Close」ボタンを押して終了する。



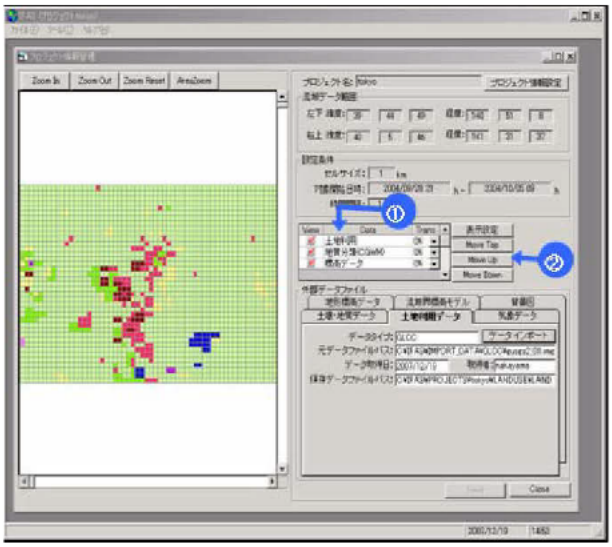
インポートが完了すると各データタブ内にインポート時の詳細情報が表示される。



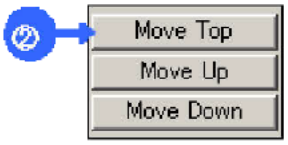


土壌・地質データについてはインポートデータタイプが「CGWM」、「UNEP」、「PROFDEP」、「SOILWATER」の四種類あるので、「データタイプ」欄も四種類から選べるとともに、気象データは「最低気温」、「最高気温」、「降水量」、「気候」、「標高」の五種類から選択することができる。

4.4　取り込んだデータの表示







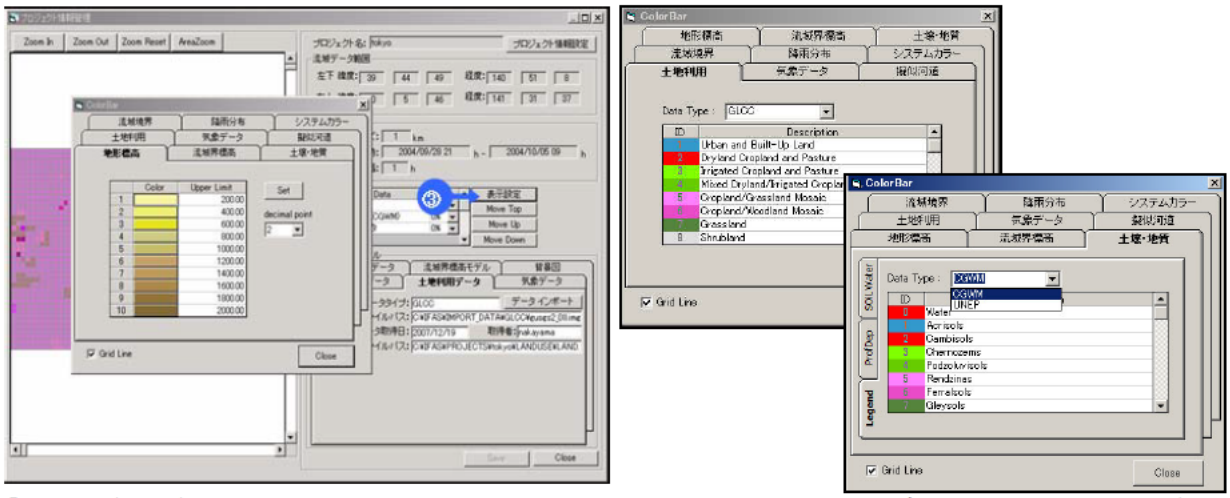
①レイヤーコントロールリストの「View」にチェックを入れるとそのレイヤーが表示さる。レイヤーの順番はリストの順番と同じでリストの最上位のものがレイヤーの一番上になる(インポートしたデータは自動的にレイヤーコントールリストに追加される)。また「Trans」の数位を変えることで透過率を変化させ、下に配置したレイヤーを透かしてみることができる。

②レイヤーの順番の並べ換えは、並び換えたい Data をリストから選択し、「Move Top」「Move Up」「Move Down」ボタンをクリックすることによって行う。

「Move Top」ボタン・・・選択したレイヤーを最上段に移動する

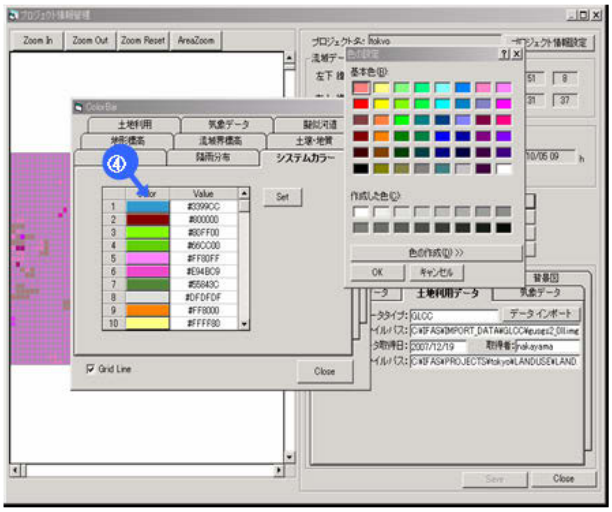
「Move Up」ボタン・・・選択したレイヤーを上のレイヤーと並び換える

「Move Down」ボタン・・・選択したレイヤーを下のレイヤーと並び換える

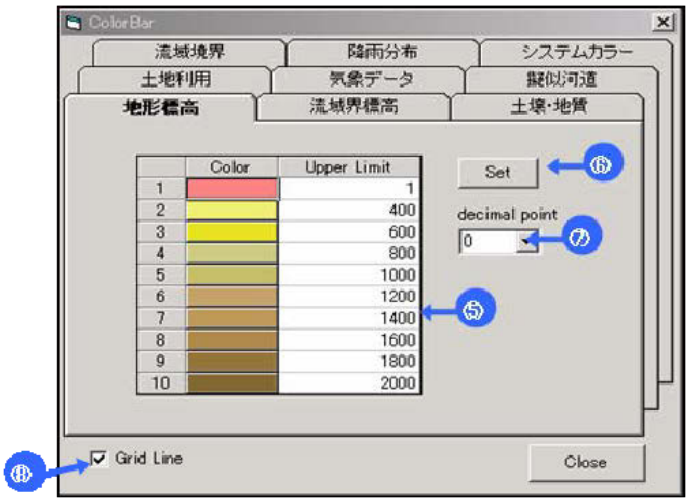


③「表示設定」ボタンをクリックすることにより、インポートされた外部データの凡例、表示設定、システムカラーを変更することができる。

「土地利用」、「土壌地質」では凡例が表示され、「土壌・地質」については「CGWM」、「UNEP」の凡例の選択と「PROFDEP」、「SOILWATER」の表示設定を変更することができる。



④「Color Bar」内の各項目ごとに色の凡例が表示されるので「Color」の表示色部分をクリックすると「色の設定」画面が表示される。凡例の設定を変更する場合はここから任意の色を選択する。



表示設定を変更する場合は対象の項目に任意の値をいれて「Set」をクリックすることにより設定した値が反映される。

⑤変更したい数値部分をクリックして直接、値を変更することも可能。

⑥色、または値を変更したら「Set」を押して設定を変更する。

⑦「decimal point」では設定値の少数点以下の桁数設定を行うことができる。

⑧「Grid Line」のチェックの付け外しをすることでグリッド線の表示、非表示を設定することが可能。

5. 降雨データの取込み

5.1　概要

5.1.1　IFAS における降雨データ取込み

観測衛星からのグローバルな降雨量情報は、既にインターネット上で無料で入手可能となっている。米国 NASA が提供する 3B42RT と呼ばれるプロダクトはその代表的なものであり、複数の衛星情報を活用しながら北緯 50 度～南緯 50 度の間の降雨量を約 25km メッシュ、3 時間単位という時空間解像度で降雨情報を提供している。

IFAS では、以下の 4 つの降雨データを扱うことが出来る。

- 3B42RT
- QMORPH
- WISEF データファイル
- IFAS で定義された地点降雨データファイル

ここでは、IFAS における降雨データの内部形式、時間の概念、またそれぞれのデータの取り込み方、データ編集について述べる。

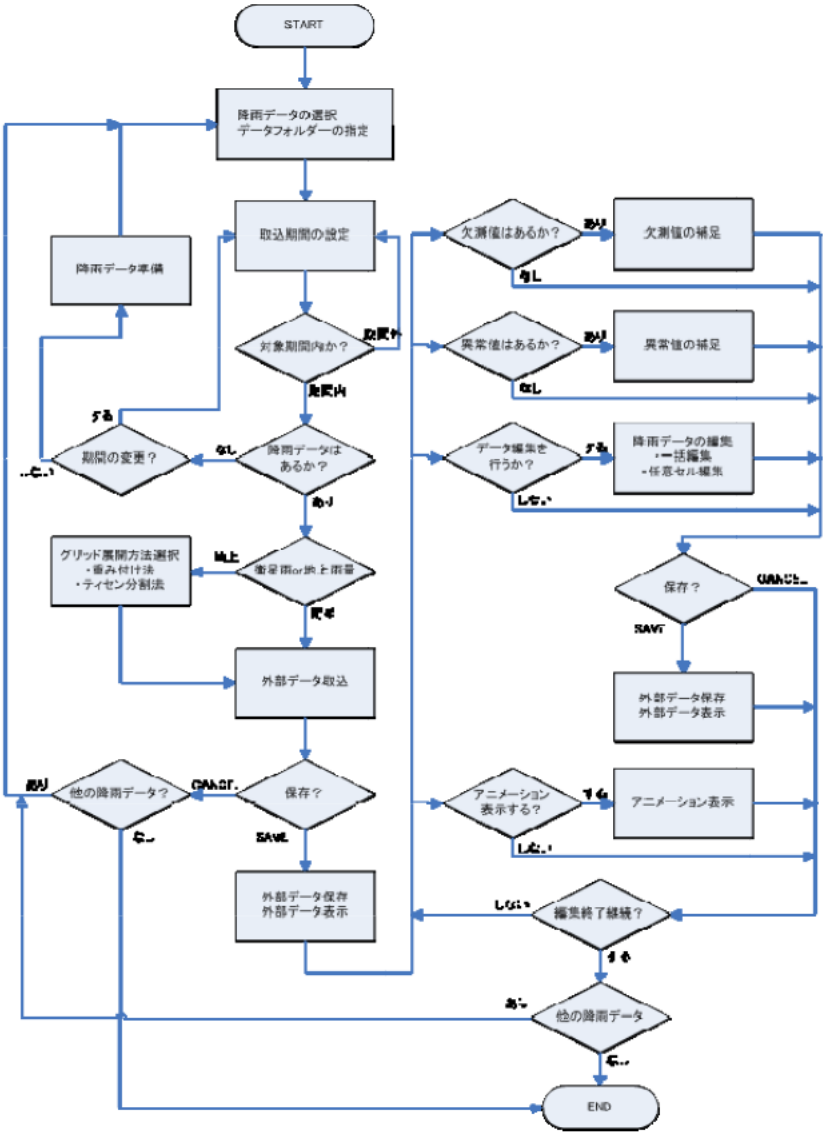


図-5.1　降雨データ取込みフロー

5.2　IFAS における降雨データの扱い方

5.2.1　IFAS の降雨データの内部形式

(1)ファイル形式

IFAS における降雨データは、ESRI ASCII Grid(エスリ・アスキー・グリッド)と呼ばれるファイル形式で扱われる。

ESRI ASCII Grid 形式は、前半にファイルのデータ構成を表わすヘッダー部と、後半に実際のデータ部をもったテキストファイルであり、ASC の拡張子をもって表現される。

ESRI ASCII Grid のフォーマットは、以下のとおり格子状に並んだデータを扱うフォーマットであり、セルを基準としたメッシュでデータを扱う IFAS に適している。

IFAS 内部では、降雨データの観測日時をファイル名としている。

フォーマットと実例について以下に示す。

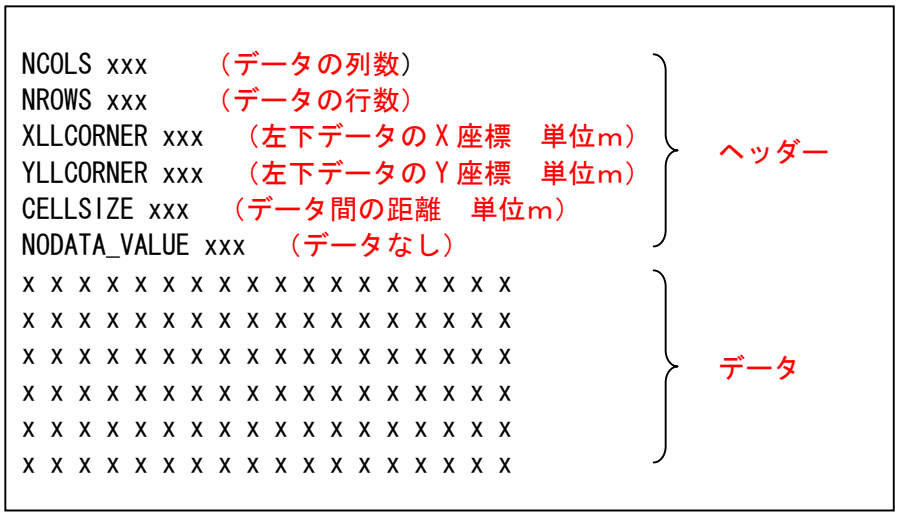


図-5.2　ESRI ASCII Grid のフォーマット

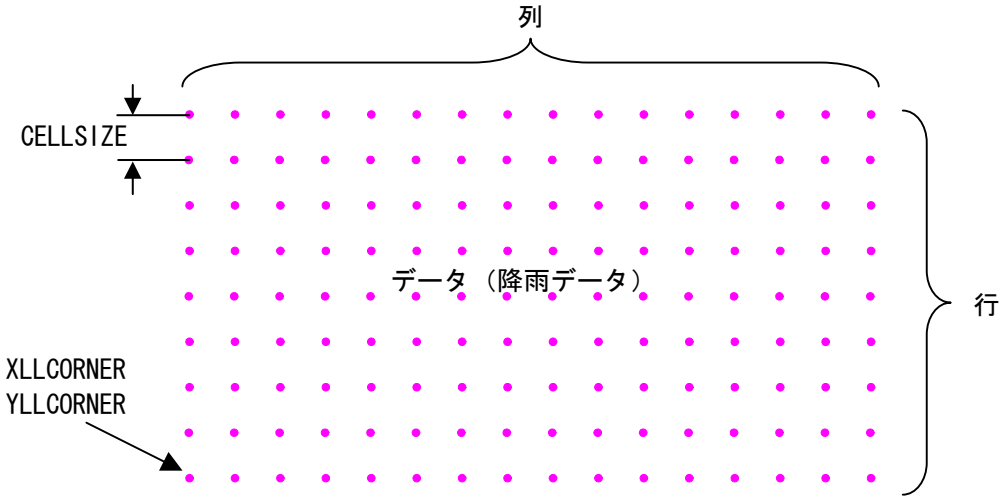


図-5.3　降雨データのモデル

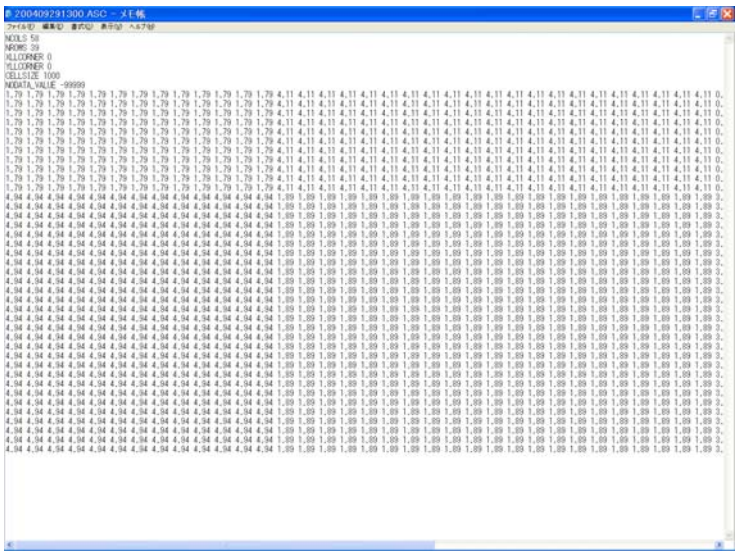


図-5.4　降雨データファイル(200409291300.ASC)

(2)降雨データの格納フォルダとパス

IFAS では、各プロジェクト内にフォルダを分けて降雨データを格納している。格納フォルダと IFAS 内部でのパスを以下に示す。

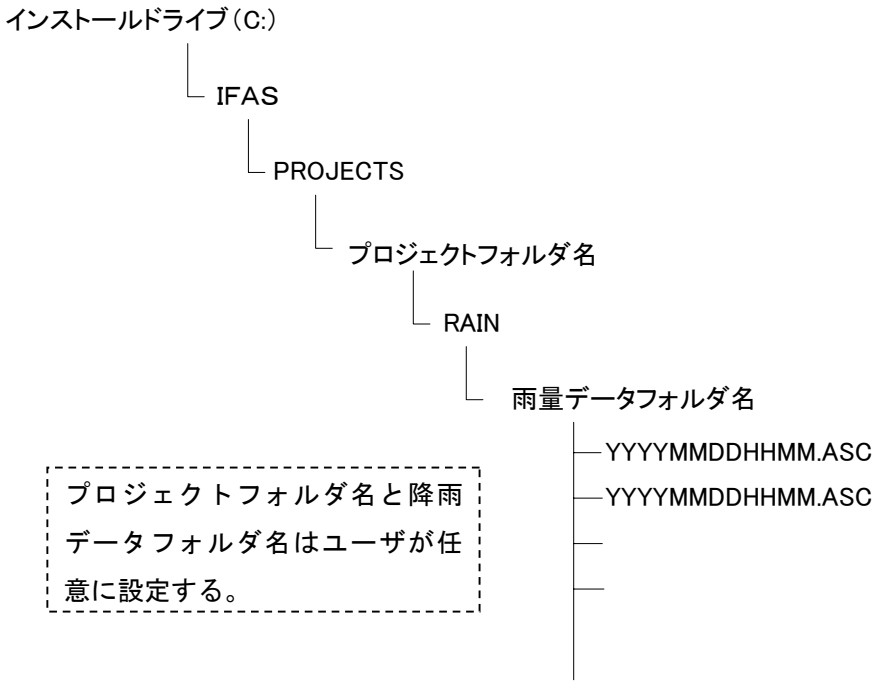


図-5.5　降雨データの格納フォルダとパス

5.2.2　IFAS における期間の概念

IFAS には、以下に示す３つの期間がある。

(1)対象期間・・・システム入力項目

プロジェクトの全期間を定義し、降雨データのデータ取得期間(雨量の取込みの期間)および洪水計算の範囲を制限する。

(2)観測降雨データの期間

ASC ファイルを生成するための元となる降雨データの期間。

(3)データ取得期間（計算時間：洪水計算をする期間）・・・システム入力項目

観測降雨データからデータを取込む期間。この期間分の計算を行う。

5.2.3　IFAS で扱える観測降雨データ

(1)扱える観測降雨データの種類

IFAS では、以下の 4 つの観測降雨データを扱うことができる。

- 3B42RT(衛星雨量)
- QMORPH(衛星雨量)
- WISEF データファイル(地点雨量)
- IFAS で定義された地点降雨データファイル(CSV ファイル)

(2)IFAS で扱うための条件

IFAS で観測降雨データを扱うためには以下に示す条件に配慮する必要がある。

①ESRI ASCII Grid 形式のファイルであること

IFAS では前述のとおり降雨データを ESRI ASCII Grid 形式のファイル(以下、ASC ファイルという)として扱うため、IFAS で扱う観測降雨データはもともと ASC ファイルであるか、または ASC ファイルに変換が可能である必要がある。

IFAS では、IFAS の取込み機能(データ変換機能)によって、前述の 4 種類の観測降雨データを ASC ファイルに変換して扱っている。

各観測降雨データの特徴および取込み方については、後述する。

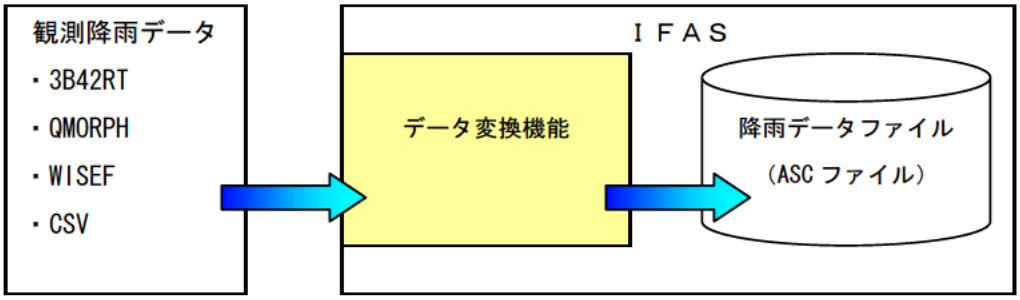


図-5.6　降雨データファイルの生成

②観測降雨データファイルは時系列的に連続したデータであること

IFAS では、プロジェクト作成時に「時間間隔」として洪水計算の時間間隔を入力することになっており、この「時間間隔」の数値に準じて計算、グラフ表示を行っている。そのため、「時間間隔」の数値に整合した降雨データファイルが生成できないと流出計算ができない。

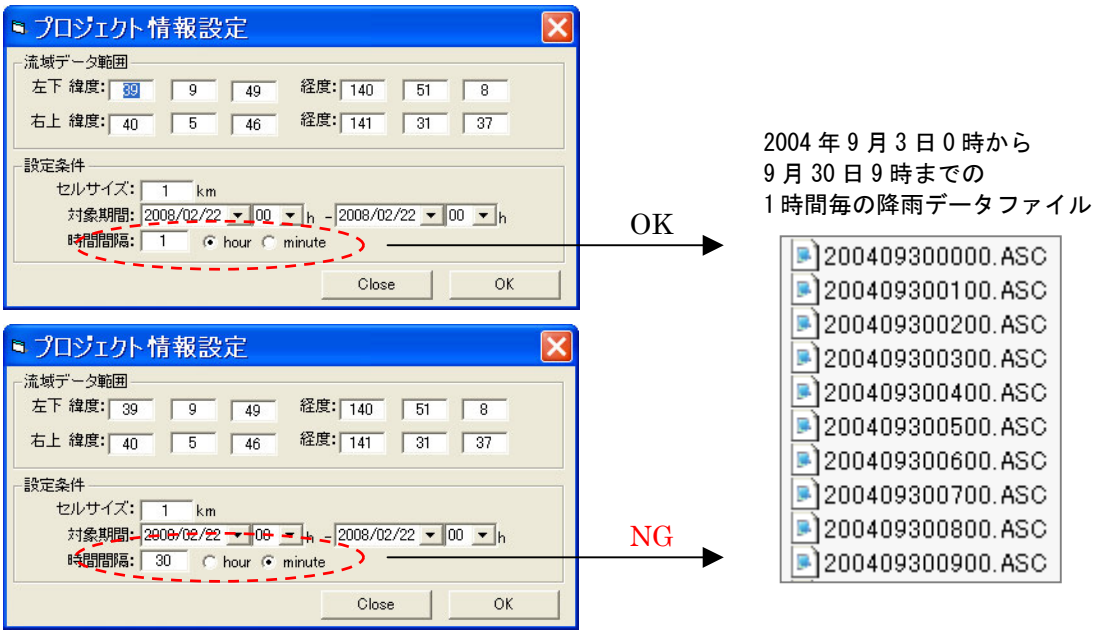


図-5.7　時間間隔と降雨データファイル

例えば、前図のように降雨データファイルが 1 時間毎のデータであるのに対して、「時間間隔」を 1 時間とした場合には正常に流出計算が行われるが、30 分とした場合は降雨データがないとして計算実行時時にアラートが発生し、「時間間隔」の数値を変更するか、「時間間隔」にあった観測降雨データを準備するか、戻っていずれかの処理をしなければならない。

また、ASC ファイルは時系列的に連続であることが必要なため、ファイルが部分的に途切れるような場合は扱うことができない。ASC ファイルが途切れる場合は、観測降雨データの連続性に依存するため、詳細は後述する。

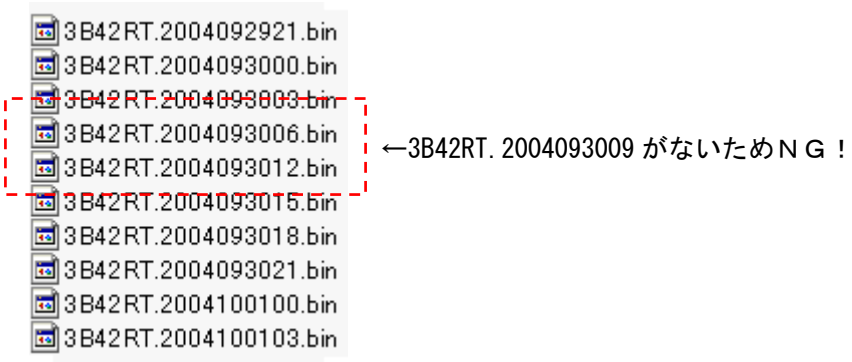


図-5.8　観測降雨データの欠測

③流出計算に必要な期間の観測降雨データが存在すること

IFAS では、プロジェクト作成時に「対象期間」としてプロジェクト全体の期間を入力しており、その範囲を超えての降雨データ取得期間の指定はできない。

従って、事前に準備する観測降雨データは対象期間内のものであり、かつ必要な降雨データ取得期間の範囲を包括している必要がある。

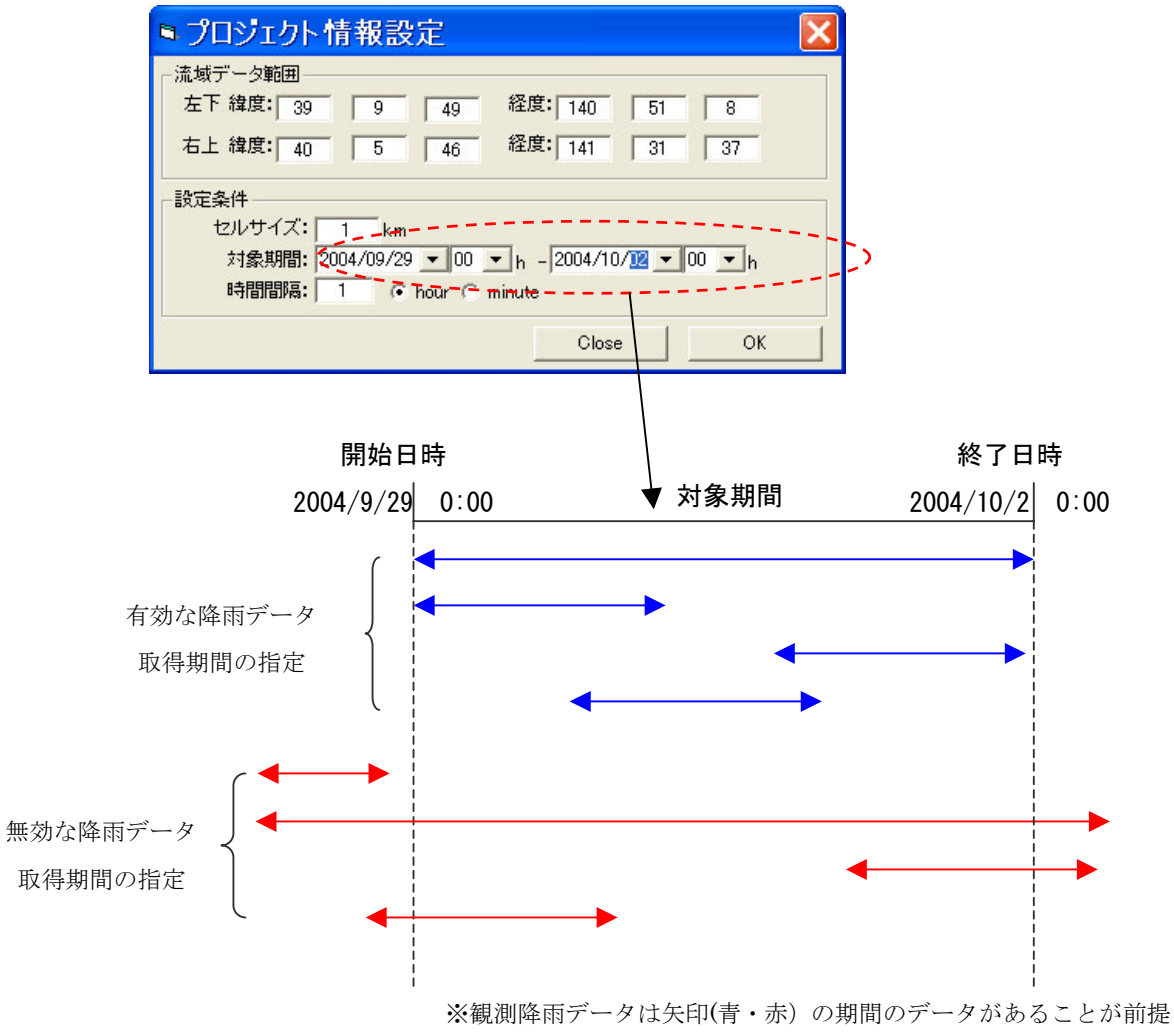


図-5.9　対象期間による降雨データの制限

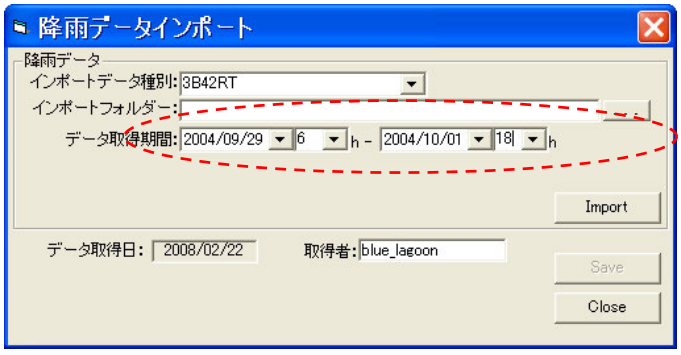


図-5.10　降雨データのデータ取得期間入力フォーム

5.2.4　雨量“０”の降雨データファイルの内挿

IFAS では、プロジェクト情報管理より入力された対象期間と降雨データ取得期間を比較して、期間に差がある場合は、その差分の期間についてプロジェクト情報管理画面から入力された時間間隔毎に雨量を 0mm とした降雨データファイルを差分のファイル数分だけ自動作成する。

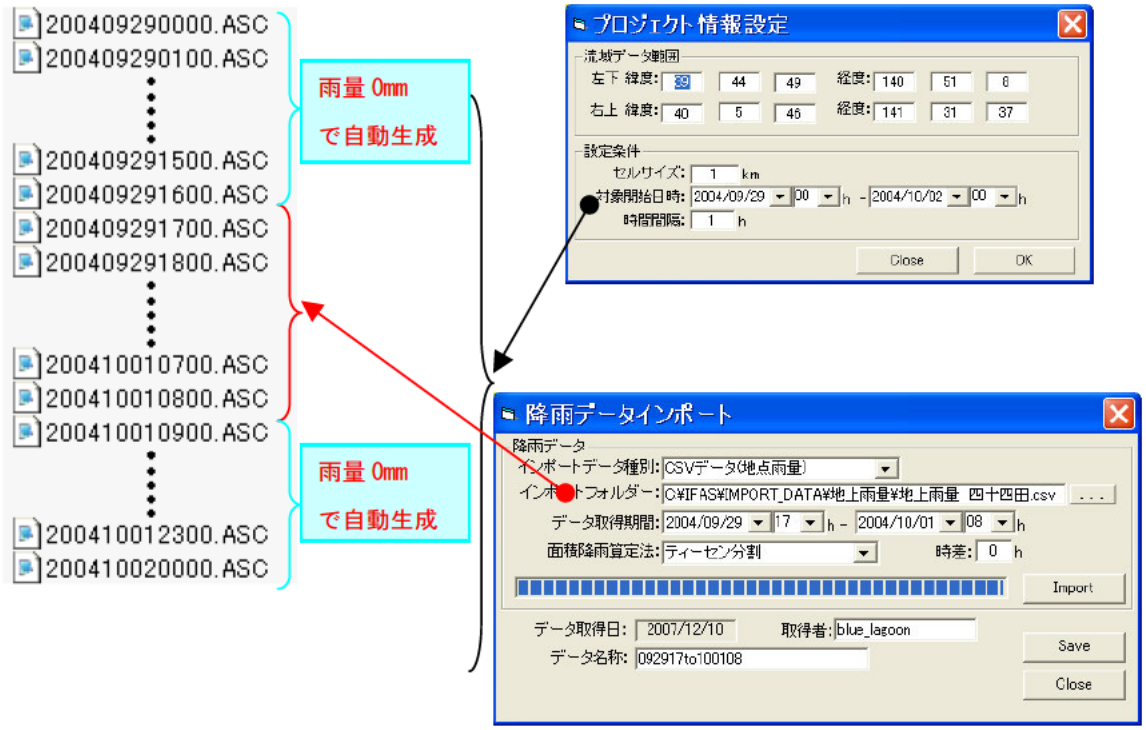


図-5.11　雨量０のデータファイルの内挿

5.3　降雨データの取り込み方法

5.3.1　3B42RT(衛星降雨データ)

(1)特徴

3B42RT は、米国 NASA が提供する降雨プロダクトのひとつであり、そのスペックを以下に示す。

使用衛星データ	TMI(TRMM マイクロ波観測装置) SSMI(マイクロ波放射計) IR(赤外線)
データ配信間隔	３時間
配信時間	準リアルタイム(６時間遅れ)
メッシュサイズ	0.25° ≒25km, A≒600km²
観測範囲	北緯 50 度～南緯 50 度
データ配信 URL	ftp://trmmopen.gsfc.nasa.gov/pub/merged/mergeIRMicro/

(2)データフォーマット

3B42RT は、座標系 WGS の 0.25 度間隔グリッドの降雨データである。データ構造は、“precipitation”、“precipitation_error”、“source” の三つのパートからなっている。インポートプログラムは、“precipitation” パートのみをとり出している。時間間隔３時間ごとのデータがあり、インポートプログラムは指定された時間帯のデータを取得することができる。

ファイル名は、“3B42RT.観測日時.bin”(例：3B42RT.2002070903.bin)で表わされ、ファイルのファーマットは以下に示すとおりである。

- ヘッダー部　2,880byte
- Precipitation　2byte×1,440（経度方向）×480（緯度方向）
- precipitation_error　2byte×1,440（経度方向）×480（緯度方向）
- source　1byte×1,440（経度方向）×480（緯度方向）

(3)取り込み方法(オペレーション)

3B42RT は IFAS の取り込み機能を使用して、システム内に取り込むことができる。

1)事前準備

IFAS に 3B42RT の降雨データを取り込む場合は、事前にシステムが起動するパソコン内に元となる 3B42RT の観測降雨データを保存する必要がある。

通常は、以下に示すフォルダ内に保存する。観測降雨データのフォルダ名は、複数種類の 3B42RT 観測降雨データを保存する場合のことを考えて、データの年月日などをフォルダ名に付加しておくと、フォルダ選択時に迷うことがなく便利である。

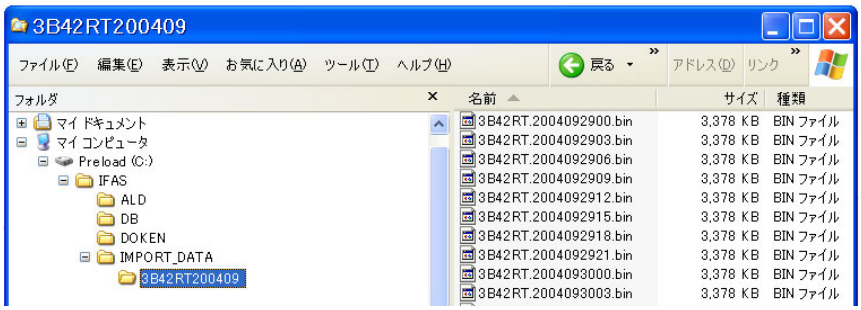
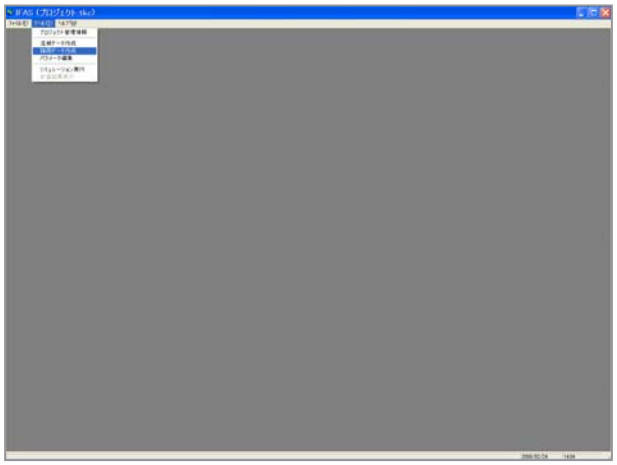
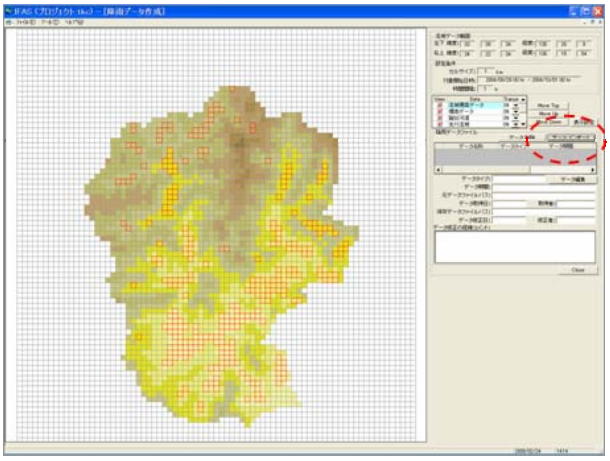


図-4.11　3B42RT の観測降雨データ

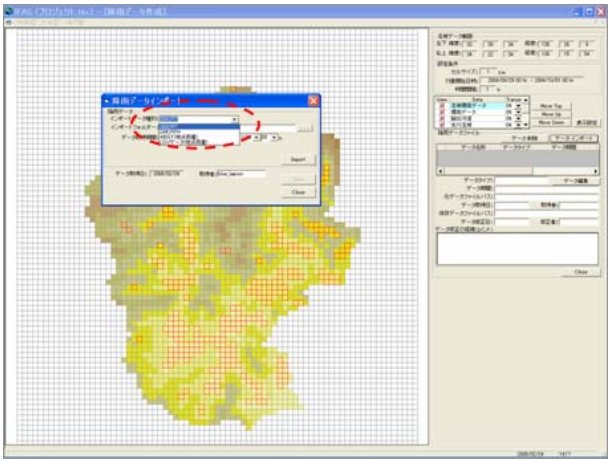
2)取り込み方法(オペレーション)

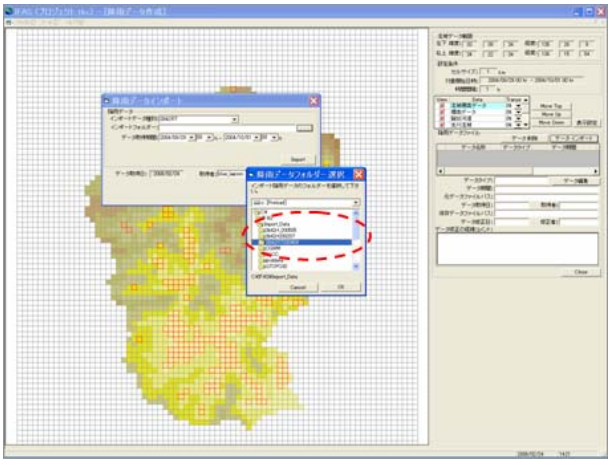




①ツールメニューから「降雨データ作成」メニューを選択する。

②降雨データ作成画面から「データインポート」ボタンをクリックする。

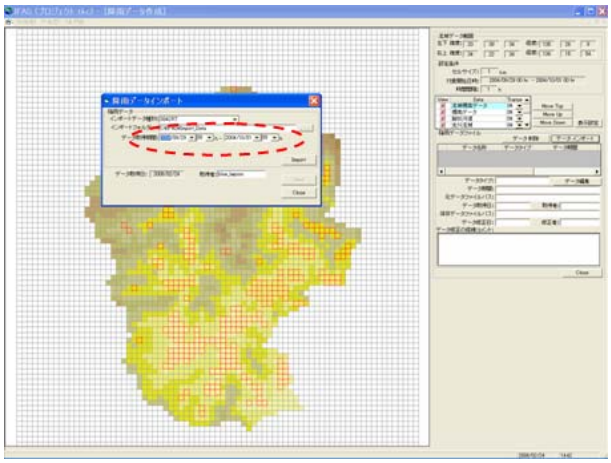




③「インポートデータ種別」のプルダウンメニューから「3B42RT」をクリックする。

④「インポートフォルダ」の「・・・」ボタンをクリックし、事前準備で保存した観測降雨データフォルダを選択して「OK」ボタンをクリックする。

フォルダ名が“3B42RT”の場合は、自動的にこのフォルダがフォーカスされる。フォルダ名が“3B42RT”以外の場合は、“Import_Data”のフォルダがフォーカスされるため、ユーザが任意に選択する。



⑤「データ取得期間」欄に降雨データの取得期間を入力する。取得期間はプロジェクトの対象期間内で 1 時間単位で入力し、取り込み先となる観測降雨データファイルが所定のフォルダに存在している必要がある。

【3B42RT の時間内挿】

3B42RT の観測降雨データは 3 時間ごと(0 時，3 時，6 時，9 時，12 時，15 時，18 時，21 時)のデータとして(.bin)提供される。

IFAS では 3B42RT のデータのみ自動で時間内挿入を行って 1 時間ごとの降雨データとして降雨データファイル(.asc)を作成している。

以下に、3B42RT の時間内挿のロジックを示す。

3B42RT の時間内挿は、観測降雨データがない時間の降雨データは、直前の降雨データファイルを複写することでその時間の降雨データファイルとしている。従って、通常は同じ雨量の降雨データファイルが 3 時間連続して現われることになる。

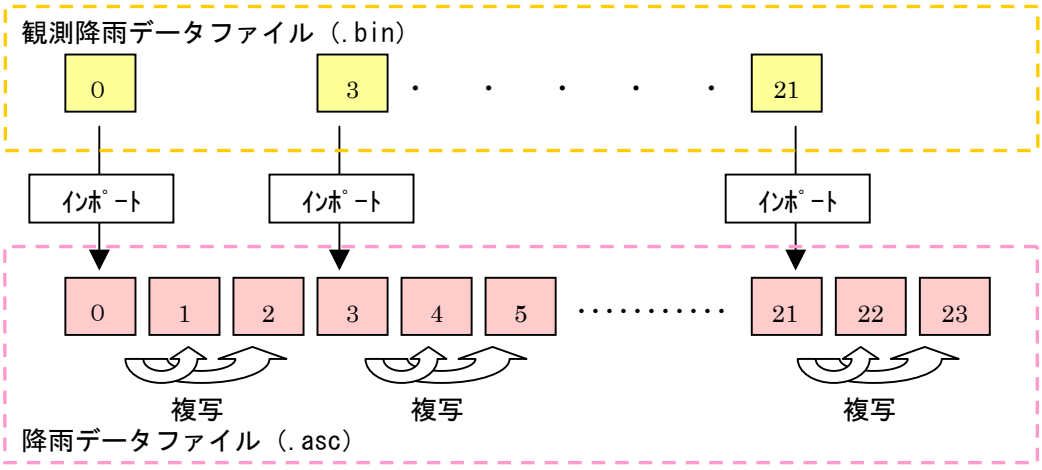


図-5.12　3B42RT の時間内挿

3B42RT の「データ取得期間」の設定は 1 時間単位で行うが、「データ取得期間」の設定時間が観測降雨データファイルのない場合(1 時と 2 時など)でも、自動的に補完し設定した期間の降雨データファイルを生成する。

下図のとおり、「データ取得期間」を 1 時から 22 時と観測降雨データファイルのない時間に設定した

場合でも、前半の 1 時と 2 時、後半の 22 時の降雨データファイルを自動的に生成する。(ただし、直前の 0 時の観測データファイルがあることが必要である。)

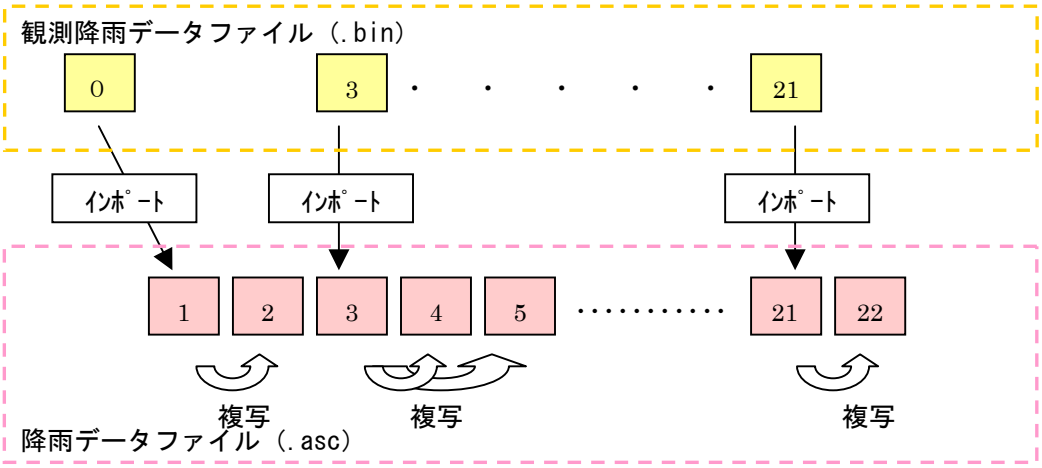
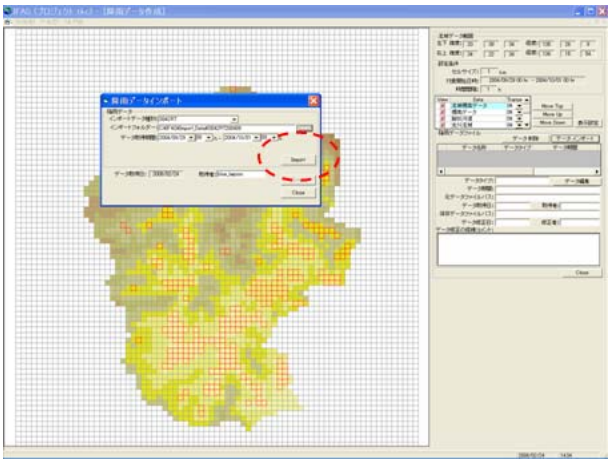
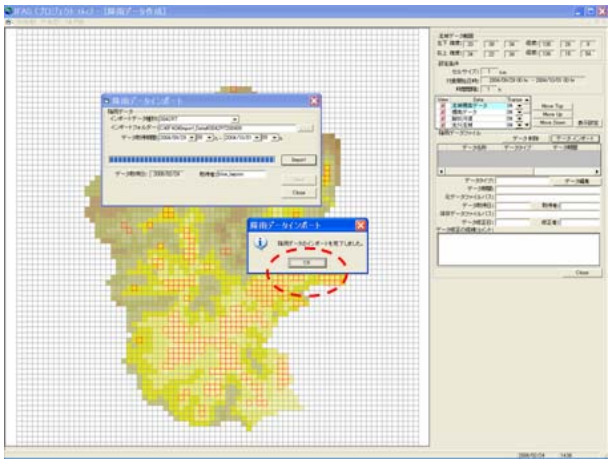


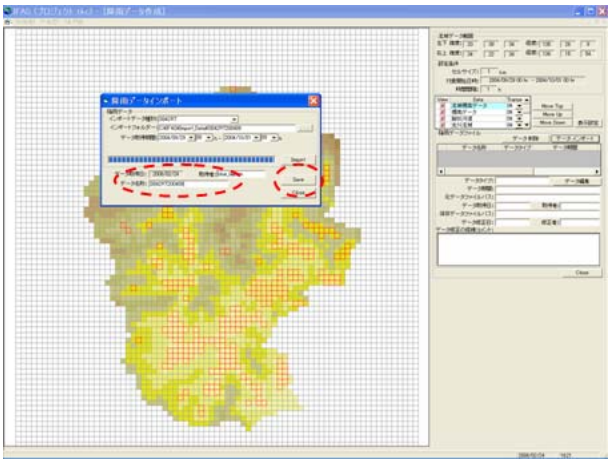
図-5.13　3B42RT の時間内挿(設定時間の観測降雨データファイルがない場合)

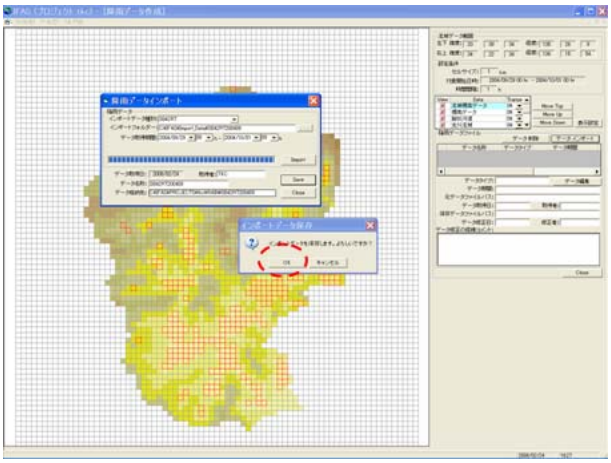




⑥「Import」ボタンをクリックする。

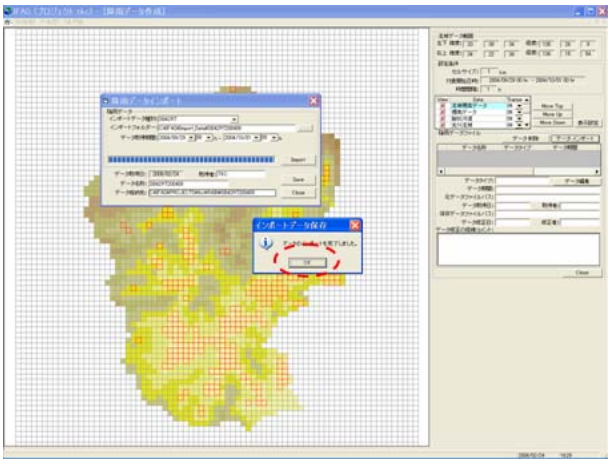
⑦「OK」ボタンをクリックする。

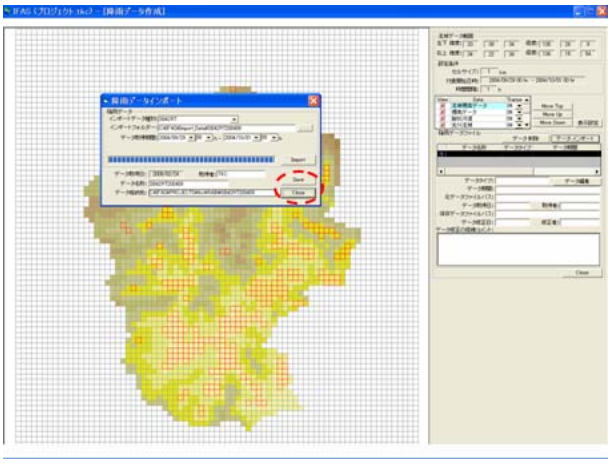




⑧「データ名称」欄に降雨データを保存するフォルダ名を入力し、「Save」ボタンをクリックする。フォルダ名は、降雨データファイルの内容を表わすものが望ましい。「データ取得日」は自動的に入力されるが、「取得者」はデフォルトではプロジェクト設定時の任意に変更ができる。

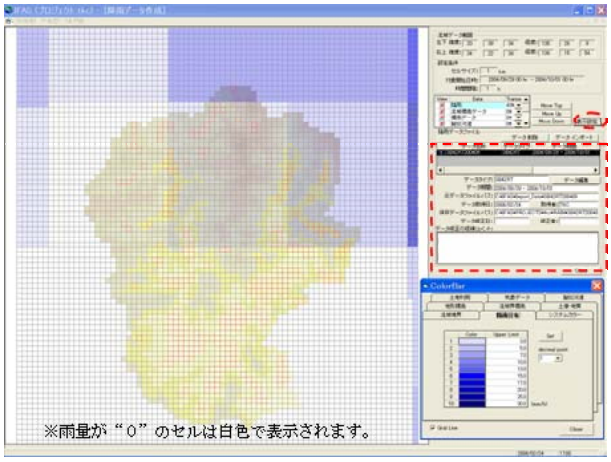
⑨「OK」ボタンをクリックする。「キャンセル」ボタンをクリックするとデータが保存されずに取り込み機能がキャンセルされる。





⑩「OK」ボタンをクリックする。

⑪「Close」ボタンをクリックする。



⑫フォルダ名等が表示され、3B42RT の取り込みが完了する。「表示設定」ボタンをクリックすると、凡例を表示する。

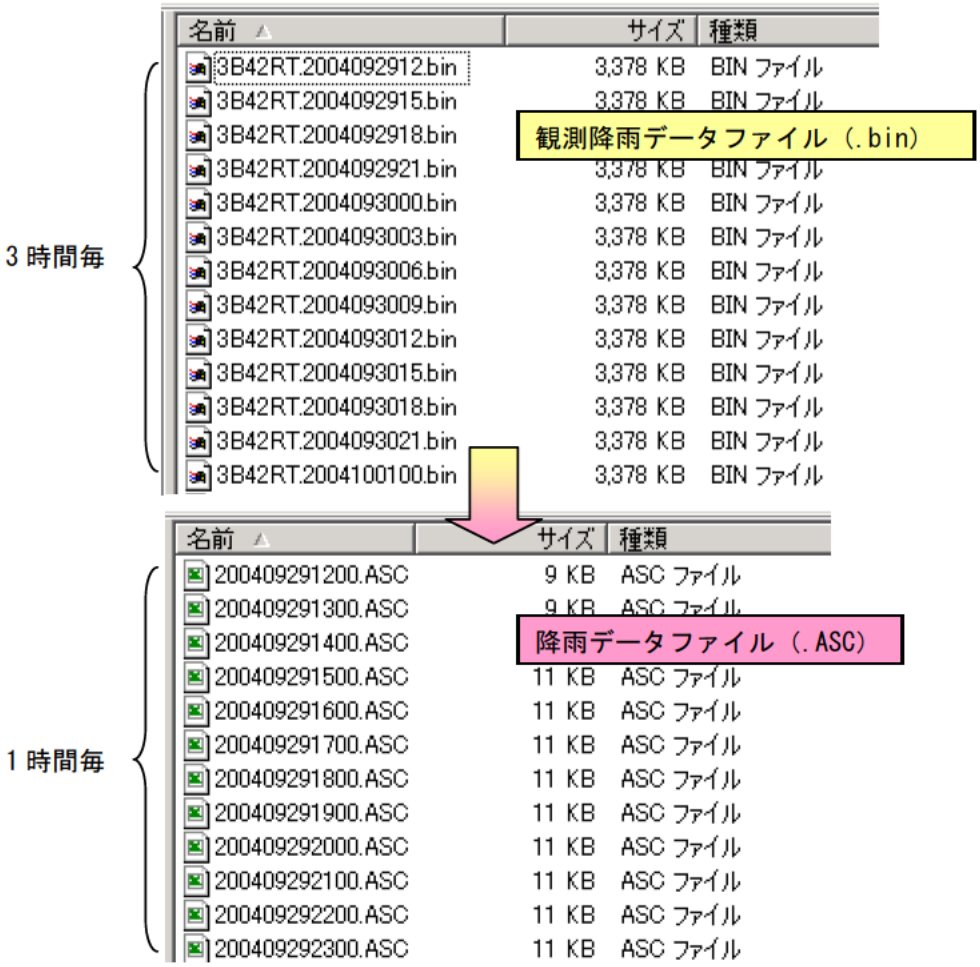


図-5.13　3B42RT の取り込み結果

5.3.2　QMORPH(衛星降雨データ)

(1)特徴

QMORPH のデータは、8km メッシュの降雨データで、マイクロ波と赤外線のデータから雨量を見積もることができ、18 時間先までの雨量の見積もりと 30 分間隔での降雨の観測を行っている。

データソース	：マイクロ波放射計と IR(赤外線)の雨域移動情報
データ配信間隔	：30 分
配信時間	：準リアルタイム(2.5 時間遅れ)
メッシュサイズ	：0.25°　≒25km, A≒600km²
観測範囲	：北緯 60 度～南緯 60 度
データ配信 UEL	：http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph_description.html/

(2)データフォーマット

QMORPH は、座標系 WGS の 0.25 度間隔または約 8km(経度方向 0.072756669 度、緯度方向 0.072771377 度)間隔グリッドの降雨データである。時間間隔 30 分ごとのデータがあり、インポートプ

ログラムは指定された時間帯のデータを取得することができる。

QMORPH のデータファーマットは、6 グループから構成され、1 グループは 4,948(経度方向)×1,649(緯度方向)個で各々1 バイトのデータのから成っている。

ファイル名は、“QMORPH_8km_観測日時”(例：QMORPH_8km_2007102301)で表わされ、ファイルのファーマットは以下に示すとおりである。

・CMORPH の概算降雨量を含む値
　・最も最近のマイクロウェブ波の値
　・衛星の ID を含んだ値　　} 前半の 30 分
　・CMORPH の概算降雨量を含む値
　・最も最近のマイクロウェブ波の値
　・衛星の ID を含んだ値　　} 後半の 30 分

IFAS では、2 番目と、5 番目のデータを抽出し、1 時間の降雨量としている。

(3)取り込み方(オペレーション)

取り込み方法は 3B42RT と同様であり、「インポートデータ種別」メニューから「QMORPH」を選択する。

5.3.3 WISEF(Water Informaion Standard Exchange Format)(地上降雨データ)

(1)特徴

国土交通省の水文観測業務規定に準拠する水情報標準交換フォーマット(WISEF：Water Information Standard Exchange Format)の降雨データを扱うことができる。これは、水文水質データベースの標準仕様であり、国内のデータは標準的にこのデータで取り扱われている。

地点降雨データ：普通観測，自記観測，テレメータシステムによる観測
データ配信間隔：1 時間
観測範囲　　：全国約 2,800 箇所
データ配信 UEL：http://www1.river.go.jp/（国土交通省水文水質データベース）

(2)データフォーマット

WISEF で定義される降雨データは、ヘッダー部とデータ部とで構成されたテキストデータで、1 時間単位の降雨データを記述することができる。

ファイルは、.wsf の拡張子をもって表わされる。

IFAS で取り扱うことができる WISEF のフォーマットを以下に示す。

IFAS で扱う場合は、観測所種別は“R”、データセット名は“RH”である。

1 観測所

FILE
STATION, 観測所種別(R), データベース登録コード, 品質コード, センサーコード
DATA, データセット名(RH)
YYYY/MM/DD, 1 時降雨データ, 2 時降雨データ・・・・・24 時降雨データ
YYYY/MM/DD, 1 時降雨データ, 2 時降雨データ・・・・・24 時降雨データ
YYYY/MM/DD, 1 時降雨データ, 2 時降雨データ・・・・・24 時降雨データ
EOD
STATION,
～
EOD
EOF

図-5.14　WISEF のフォーマット

(3)取り込み方法(オペレーション)

WISEF は IFAS の取り込み機能を使用して、システム内に取り込むことができる。

1)事前準備

IFAS に WISEF の降雨データを取り込む場合は、事前にシステムが起動するパソコン内に元となる WISEF の観測降雨データを保存する必要がある。

国土交通省の水文水質データベースなどから取得した観測所のデータおよび観測降雨データを IFAS が扱える WISEF のフォーマットに合わせてテキストファイルを作成する。

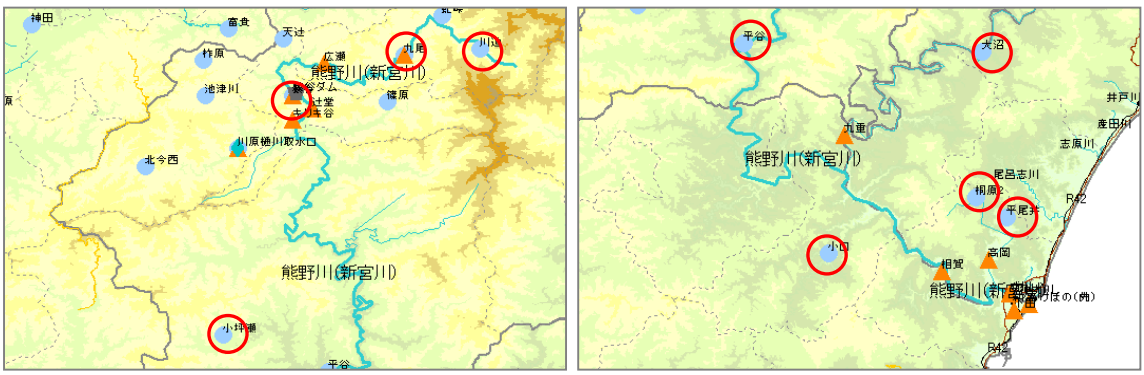


図-5.15　本書で使用した雨量観測所(○位置)(出典：国土交通省水文水質データベース)

表-5.1　本書で使用した雨量観測所のデータ(1)

観測所名	平谷(ひらだに)		観測所名	大沼(おおぬま)		観測所名	平尾井(ひらおい)	
観測項目	雨量		観測項目	雨量		観測項目	雨量	
観測所記号	1.06011E+14		観測所記号	1.06011E+14		観測所記号	1.06011E+14	
水系名	新宮川		水系名	新宮川		水系名	新宮川	
河川名	熊野川		河川名	北山川		河川名	相野谷川	
所在地	奈良県吉野郡十津川村平谷259		所在地	和歌山県東牟婁郡北山村大沼104		所在地	三重県南牟婁郡紀宝町平尾井1200	
緯度経度	世界測地系	北緯 33度56分 25秒 東経 135度46分 18秒	緯度経度	世界測地系	北緯 33度55分 59秒 東経 135度58分 10秒	緯度経度	世界測地系	北緯 33度47分 42秒 東経 135度59分 20秒
	(日本測地系)	(北緯 33度56分 13秒 東経 135度46分 28秒)		(日本測地系)	(北緯 33度55分 47秒 東経 135度58分 20秒)		(日本測地系)	(北緯 33度47分 30秒 東経 135度59分 30秒)
2004/8/4	01:00	0	2004/8/4	01:00	2	2004/8/4	01:00	0
2004/8/4	02:00	1	2004/8/4	02:00	1	2004/8/4	02:00	1
2004/8/4	03:00	1	2004/8/4	03:00	0	2004/8/4	03:00	0
2004/8/4	04:00	1	2004/8/4	04:00	1	2004/8/4	04:00	0
2004/8/4	05:00	0	2004/8/4	05:00	0	2004/8/4	05:00	0
2004/8/4	06:00	0	2004/8/4	06:00	1	2004/8/4	06:00	0
2004/8/4	07:00	0	2004/8/4	07:00	1	2004/8/4	07:00	0
2004/8/4	08:00	1	2004/8/4	08:00	0	2004/8/4	08:00	0
2004/8/4	09:00	0	2004/8/4	09:00	0	2004/8/4	09:00	0
2004/8/4	10:00	0	2004/8/4	10:00	2	2004/8/4	10:00	0
2004/8/4	11:00	0	2004/8/4	11:00	0	2004/8/4	11:00	0
2004/8/4	12:00	0	2004/8/4	12:00	0	2004/8/4	12:00	0
2004/8/4	13:00	0	2004/8/4	13:00	0	2004/8/4	13:00	1
2004/8/4	14:00	0	2004/8/4	14:00	1	2004/8/4	14:00	3
2004/8/4	15:00	2	2004/8/4	15:00	5	2004/8/4	15:00	1
2004/8/4	16:00	1	2004/8/4	16:00	1	2004/8/4	16:00	1
2004/8/4	17:00	3	2004/8/4	17:00	8	2004/8/4	17:00	12
2004/8/4	18:00	7	2004/8/4	18:00	11	2004/8/4	18:00	6
2004/8/4	19:00	12	2004/8/4	19:00	14	2004/8/4	19:00	28
2004/8/4	20:00	21	2004/8/4	20:00	38	2004/8/4	20:00	31
2004/8/4	21:00	38	2004/8/4	21:00	34	2004/8/4	21:00	15
2004/8/4	22:00	17	2004/8/4	22:00	14	2004/8/4	22:00	1
2004/8/4	23:00	8	2004/8/4	23:00	30	2004/8/4	23:00	7
2004/8/4	24:00	8	2004/8/4	24:00	38	2004/8/4	24:00	9
2004/8/5	01:00	9	2004/8/5	01:00	37	2004/8/5	01:00	11
2004/8/5	02:00	9	2004/8/5	02:00	38	2004/8/5	02:00	29
2004/8/5	03:00	0	2004/8/5	03:00	60	2004/8/5	03:00	17
2004/8/5	04:00	7	2004/8/5	04:00	35	2004/8/5	04:00	6
2004/8/5	05:00	11	2004/8/5	05:00	27	2004/8/5	05:00	7
2004/8/5	06:00	21	2004/8/5	06:00	11	2004/8/5	06:00	1
2004/8/5	07:00	19	2004/8/5	07:00	16	2004/8/5	07:00	8
2004/8/5	08:00	26	2004/8/5	08:00	16	2004/8/5	08:00	1
2004/8/5	09:00	38	2004/8/5	09:00	19	2004/8/5	09:00	0
2004/8/5	10:00	5	2004/8/5	10:00	11	2004/8/5	10:00	0
2004/8/5	11:00	9	2004/8/5	11:00	7	2004/8/5	11:00	0
2004/8/5	12:00	1	2004/8/5	12:00	3	2004/8/5	12:00	0
2004/8/5	13:00	0	2004/8/5	13:00	2	2004/8/5	13:00	0
2004/8/5	14:00	1	2004/8/5	14:00	5	2004/8/5	14:00	0
2004/8/5	15:00	1	2004/8/5	15:00	0	2004/8/5	15:00	0
2004/8/5	16:00	2	2004/8/5	16:00	1	2004/8/5	16:00	0
2004/8/5	17:00	0	2004/8/5	17:00	0	2004/8/5	17:00	0
2004/8/5	18:00	0	2004/8/5	18:00	0	2004/8/5	18:00	0
2004/8/5	19:00	0	2004/8/5	19:00	0	2004/8/5	19:00	0
2004/8/5	20:00	0	2004/8/5	20:00	0	2004/8/5	20:00	0
2004/8/5	21:00	0	2004/8/5	21:00	0	2004/8/5	21:00	0
2004/8/5	22:00	0	2004/8/5	22:00	0	2004/8/5	22:00	0
2004/8/5	23:00	0	2004/8/5	23:00	0	2004/8/5	23:00	1

表-5.1　本書で使用した雨量観測所のデータ(2)

観測所名	桐原2(きりはらに)		観測所名	小口(こぐち)		観測所名	猿谷(さるたに)	
観測項目	雨量		観測項目	雨量		観測項目	雨量	
観測所記号	1.06011E+14		観測所記号	1.06011E+14		観測所記号	1.06011E+14	
水系名	新宮川		水系名	新宮川		水系名	新宮川	
河川名	相野谷川		河川名	赤木川		河川名	熊野川	
所在地	三重県南牟婁郡紀宝町桐原		所在地	和歌山県新宮市熊野川町小口		所在地	奈良県五條市大塔町辻堂	
緯度経度	世界測地系	北緯 33度48分 42秒 東経 135度57分 50秒	緯度経度	世界測地系	北緯 33度45分 57秒 東経 135度50分 30秒	緯度経度	世界測地系	北緯 34度10分 42秒 東経 135度44分 31秒
	(日本測地系)	(北緯 33度48分 30秒 東経 135度58分 0秒)		(日本測地系)	(北緯 33度45分 45秒 東経 135度50分 40秒)		(日本測地系)	(北緯 34度10分 30秒 東経 135度44分 41秒)
2004/8/4	01:00	0	2004/8/4	01:00	3	2004/8/4	01:00	0
2004/8/4	02:00	0	2004/8/4	02:00	5	2004/8/4	02:00	0
2004/8/4	03:00	0	2004/8/4	03:00	6	2004/8/4	03:00	0
2004/8/4	04:00	0	2004/8/4	04:00	3	2004/8/4	04:00	0
2004/8/4	05:00	1	2004/8/4	05:00	1	2004/8/4	05:00	0
2004/8/4	06:00	0	2004/8/4	06:00	0	2004/8/4	06:00	0
2004/8/4	07:00	0	2004/8/4	07:00	1	2004/8/4	07:00	0
2004/8/4	08:00	0	2004/8/4	08:00	0	2004/8/4	08:00	0
2004/8/4	09:00	0	2004/8/4	09:00	0	2004/8/4	09:00	0
2004/8/4	10:00	0	2004/8/4	10:00	0	2004/8/4	10:00	0
2004/8/4	11:00	0	2004/8/4	11:00	0	2004/8/4	11:00	0
2004/8/4	12:00	0	2004/8/4	12:00	0	2004/8/4	12:00	0
2004/8/4	13:00	1	2004/8/4	13:00	6	2004/8/4	13:00	0
2004/8/4	14:00	4	2004/8/4	14:00	4	2004/8/4	14:00	0
2004/8/4	15:00	2	2004/8/4	15:00	11	2004/8/4	15:00	0
2004/8/4	16:00	1	2004/8/4	16:00	10	2004/8/4	16:00	0
2004/8/4	17:00	14	2004/8/4	17:00	21	2004/8/4	17:00	1
2004/8/4	18:00	7	2004/8/4	18:00	10	2004/8/4	18:00	6
2004/8/4	19:00	29	2004/8/4	19:00	51	2004/8/4	19:00	6
2004/8/4	20:00	38	2004/8/4	20:00	68	2004/8/4	20:00	10
2004/8/4	21:00	22	2004/8/4	21:00	46	2004/8/4	21:00	18
2004/8/4	22:00	3	2004/8/4	22:00	25	2004/8/4	22:00	17
2004/8/4	23:00	10	2004/8/4	23:00	19	2004/8/4	23:00	11
2004/8/4	24:00	19	2004/8/4	24:00	11	2004/8/4	24:00	5
2004/8/5	01:00	15	2004/8/5	01:00	7	2004/8/5	01:00	13
2004/8/5	02:00	39	2004/8/5	02:00	10	2004/8/5	02:00	6
2004/8/5	03:00	40	2004/8/5	03:00	11	2004/8/5	03:00	2
2004/8/5	04:00	18	2004/8/5	04:00	16	2004/8/5	04:00	0
2004/8/5	05:00	15	2004/8/5	05:00	15	2004/8/5	05:00	0
2004/8/5	06:00	3	2004/8/5	06:00	30	2004/8/5	06:00	0
2004/8/5	07:00	4	2004/8/5	07:00	8	2004/8/5	07:00	1
2004/8/5	08:00	2	2004/8/5	08:00	10	2004/8/5	08:00	5
2004/8/5	09:00	1	2004/8/5	09:00	15	2004/8/5	09:00	18
2004/8/5	10:00	1	2004/8/5	10:00	1	2004/8/5	10:00	7
2004/8/5	11:00	0	2004/8/5	11:00	2	2004/8/5	11:00	0
2004/8/5	12:00	0	2004/8/5	12:00	1	2004/8/5	12:00	1
2004/8/5	13:00	0	2004/8/5	13:00	1	2004/8/5	13:00	0
2004/8/5	14:00	0	2004/8/5	14:00	0	2004/8/5	14:00	1
2004/8/5	15:00	0	2004/8/5	15:00	0	2004/8/5	15:00	0
2004/8/5	16:00	0	2004/8/5	16:00	0	2004/8/5	16:00	0
2004/8/5	17:00	1	2004/8/5	17:00	1	2004/8/5	17:00	0
2004/8/5	18:00	0	2004/8/5	18:00	1	2004/8/5	18:00	0
2004/8/5	19:00	0	2004/8/5	19:00	0	2004/8/5	19:00	0
2004/8/5	20:00	0	2004/8/5	20:00	1	2004/8/5	20:00	0
2004/8/5	21:00	0	2004/8/5	21:00	0	2004/8/5	21:00	0
2004/8/5	22:00	1	2004/8/5	22:00	1	2004/8/5	22:00	0
2004/8/5	23:00	0	2004/8/5	23:00	0	2004/8/5	23:00	0

表-5.1　本書で使用した雨量観測所のデータ(3)

観測所名	川迫(こうせ)		観測所名	九尾(つづらお)		観測所名	小坪瀬(こつぼせ)	
観測項目	雨量		観測項目	雨量		観測項目	雨量	
観測所記号	1.06011E+14		観測所記号	1.06011E+14		観測所記号	1.06011E+14	
水系名	新宮川		水系名	新宮川		水系名	新宮川	
河川名	熊野川		河川名	熊野川		河川名	西川	
所在地	奈良県吉野郡天川村北角		所在地	奈良県吉野郡天川村九尾		所在地	奈良県吉野郡十津川村小坪瀬264	
緯度経度	世界測地系	北緯 34度13分 7秒 東経 135度53分 52秒	緯度経度	世界測地系	北緯 34度12分 48秒 東経 135度50分 6秒	緯度経度	世界測地系	北緯 33度58分 19秒 東経 135度41分 4秒
	(日本測地系)	(北緯 34度12分 55秒 東経 135度54分 2秒)		(日本測地系)	(北緯 34度12分 36秒 東経 135度50分 16秒)		(日本測地系)	(北緯 33度58分 7秒 東経 135度41分 14秒)
2004/8/4	01:00	0	2004/8/4	01:00	0	2004/8/4	01:00	1
2004/8/4	02:00	1	2004/8/4	02:00	0	2004/8/4	02:00	1
2004/8/4	03:00	2	2004/8/4	03:00	1	2004/8/4	03:00	0
2004/8/4	04:00	1	2004/8/4	04:00	0	2004/8/4	04:00	1
2004/8/4	05:00	1	2004/8/4	05:00	0	2004/8/4	05:00	0
2004/8/4	06:00	0	2004/8/4	06:00	0	2004/8/4	06:00	1
2004/8/4	07:00	0	2004/8/4	07:00	0	2004/8/4	07:00	0
2004/8/4	08:00	0	2004/8/4	08:00	0	2004/8/4	08:00	0
2004/8/4	09:00	0	2004/8/4	09:00	0	2004/8/4	09:00	0
2004/8/4	10:00	0	2004/8/4	10:00	0	2004/8/4	10:00	0
2004/8/4	11:00	0	2004/8/4	11:00	0	2004/8/4	11:00	0
2004/8/4	12:00	0	2004/8/4	12:00	0	2004/8/4	12:00	0
2004/8/4	13:00	0	2004/8/4	13:00	0	2004/8/4	13:00	0
2004/8/4	14:00	0	2004/8/4	14:00	0	2004/8/4	14:00	0
2004/8/4	15:00	1	2004/8/4	15:00	0	2004/8/4	15:00	0
2004/8/4	16:00	3	2004/8/4	16:00	1	2004/8/4	16:00	1
2004/8/4	17:00	4	2004/8/4	17:00	3	2004/8/4	17:00	3
2004/8/4	18:00	10	2004/8/4	18:00	7	2004/8/4	18:00	5
2004/8/4	19:00	1	2004/8/4	19:00	5	2004/8/4	19:00	6
2004/8/4	20:00	1	2004/8/4	20:00	12	2004/8/4	20:00	17
2004/8/4	21:00	31	2004/8/4	21:00	35	2004/8/4	21:00	38
2004/8/4	22:00	20	2004/8/4	22:00	12	2004/8/4	22:00	21
2004/8/4	23:00	1	2004/8/4	23:00	14	2004/8/4	23:00	23
2004/8/4	24:00	1	2004/8/4	24:00	15	2004/8/4	24:00	9
2004/8/5	01:00	1	2004/8/5	01:00	4	2004/8/5	01:00	13
2004/8/5	02:00	16	2004/8/5	02:00	9	2004/8/5	02:00	2
2004/8/5	03:00	1	2004/8/5	03:00	6	2004/8/5	03:00	1
2004/8/5	04:00	18	2004/8/5	04:00	2	2004/8/5	04:00	0
2004/8/5	05:00	1	2004/8/5	05:00	1	2004/8/5	05:00	0
2004/8/5	06:00	1	2004/8/5	06:00	2	2004/8/5	06:00	1
2004/8/5	07:00	1	2004/8/5	07:00	9	2004/8/5	07:00	16
2004/8/5	08:00	15	2004/8/5	08:00	5	2004/8/5	08:00	23
2004/8/5	09:00	49	2004/8/5	09:00	17	2004/8/5	09:00	23
2004/8/5	10:00	19	2004/8/5	10:00	7	2004/8/5	10:00	3
2004/8/5	11:00	1	2004/8/5	11:00	0	2004/8/5	11:00	14
2004/8/5	12:00	2	2004/8/5	12:00	1	2004/8/5	12:00	2
2004/8/5	13:00	0	2004/8/5	13:00	1	2004/8/5	13:00	0
2004/8/5	14:00	0	2004/8/5	14:00	0	2004/8/5	14:00	14
2004/8/5	15:00	1	2004/8/5	15:00	0	2004/8/5	15:00	2
2004/8/5	16:00	0	2004/8/5	16:00	0	2004/8/5	16:00	0
2004/8/5	17:00	0	2004/8/5	17:00	0	2004/8/5	17:00	0
2004/8/5	18:00	0	2004/8/5	18:00	0	2004/8/5	18:00	0
2004/8/5	19:00	0	2004/8/5	19:00	0	2004/8/5	19:00	0
2004/8/5	20:00	0	2004/8/5	20:00	0	2004/8/5	20:00	0
2004/8/5	21:00	0	2004/8/5	21:00	0	2004/8/5	21:00	1
2004/8/5	22:00	0	2004/8/5	22:00	0	2004/8/5	22:00	0
2004/8/5	23:00	0	2004/8/5	23:00	0	2004/8/5	23:00	0

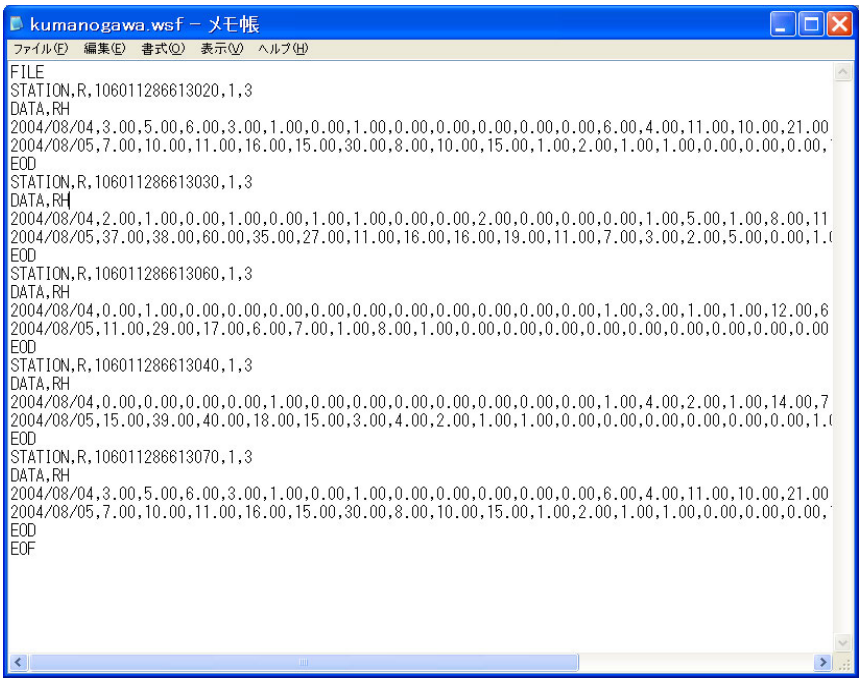


図-5.16　WISEF フォーマットの観測降雨データ(kumanogawa.wsf)

通常は、以下に示すフォルダ内に保存する。観測降雨データのファイル名は、複数種類の 3B42RT 観測降雨データを保存する場合のことを考えて、データの年月日などをフォルダ名に付加しておくと、フォルダ選択時に迷うことがなく便利である。

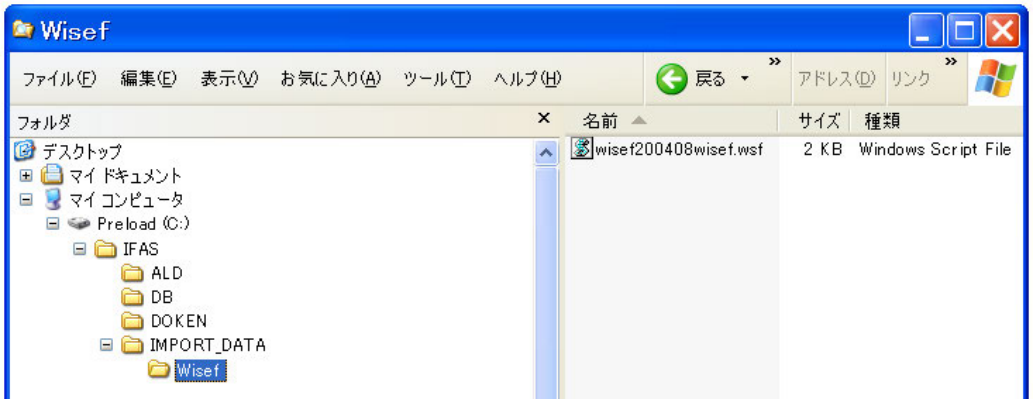
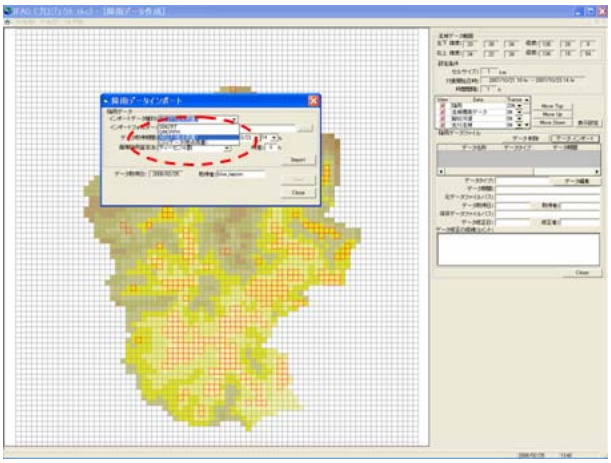
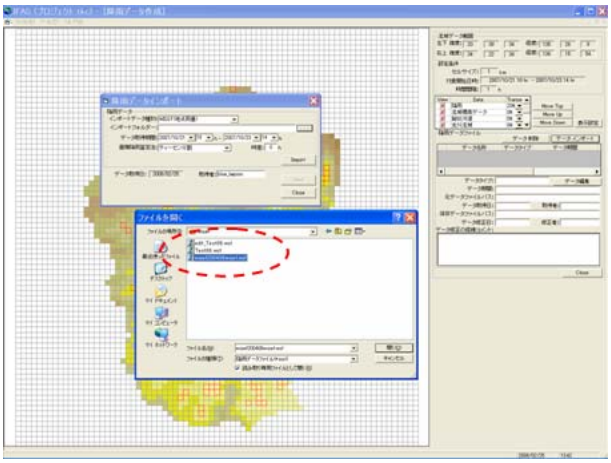


図-5.17　WISEF の観測降雨データ

2)取り込み方法(オペレーション)

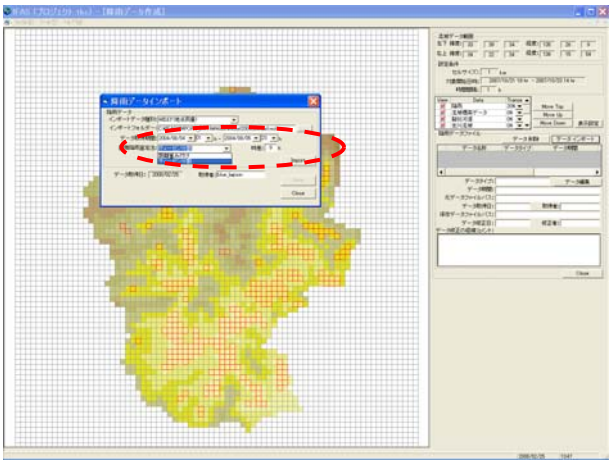
基本的な操作の流れは、衛星降雨の読み込み操作と同様である。ここでは、衛星降雨の読み込み操作と異なる点のみを示す。





①「インポートデータ種別」のプロダウンメニューから「WISEF(地点雨量)」を選択する。

②「インポートフォルダ」の「・・・」ボタンをクリックし、事前準備で保存した観測降雨データフォルダを選択して「OK」ボタンをクリックする。「Import_Data」のフォルダがフォーカスされるため、ユーザが任意に選択する。



③“データ取得期間”欄に降雨データの取得期間を入力する。

取得期間はプロジェクトの対象期間内で 1 時間単位で入力し、取り込み先となる観測降雨データファイルが所定のフォルダに存在している必要がある。

「面積降雨算定法」をプルダウンメニューから選択する。IFAS では「面積降雨算定法」は、「距離重み付け法」もしくは「ティーセン分割法」の 2 種類の方法から選択することができる。また、3B42RT などの衛星データの結果と比較したい場合などは、降雨の時間を GMT(グリニッジ世界標準時)に合わせることが望ましいため、IFAS では時差を入力することができる。

【面積降雨算定法】

距離重み付け法(IDW：Inverse Distance Weighted)

距離重み付けは観測点の平年値と観測値との差(平年差)を求め、これを距離の逆数で重み付けを行い

各メッシュの雨量を推定する方法です。 距離重み付け法を以下に示す。

$$V = \sum(w \times v) / \sum w$$

V：平均値　　w：重み= $(1/d)^2$　　v：サンプル点の値　　d：距離

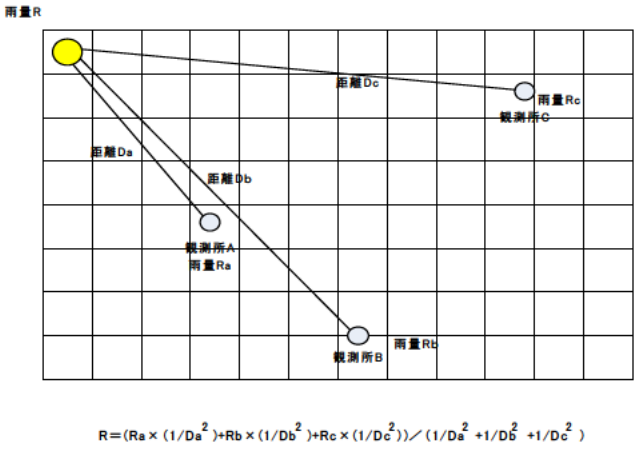


図-5.17　距離重み付け法

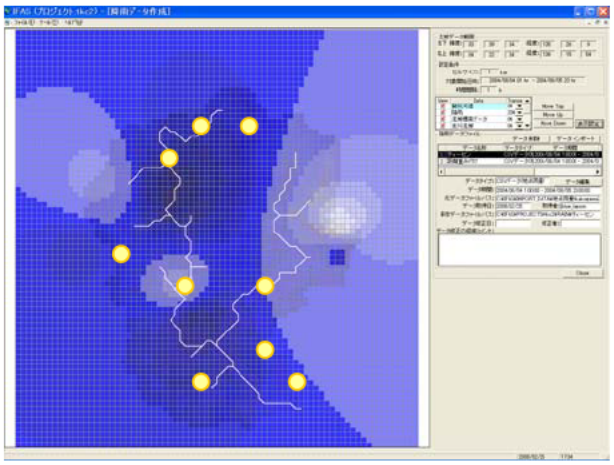


図-5.18　距離重み付け法による面積降雨

【ティーセン分割法】

ティーセン分割によるグリッド雨量の算出は、以下のとおり一つの観測所と他の観測所を結ぶ線の 2 垂直 2 等分線で囲まれる範囲をその観測所の影響範囲としその範囲のセルにはその観測所の雨量を割りあてることで地点雨量を面的に展開している。

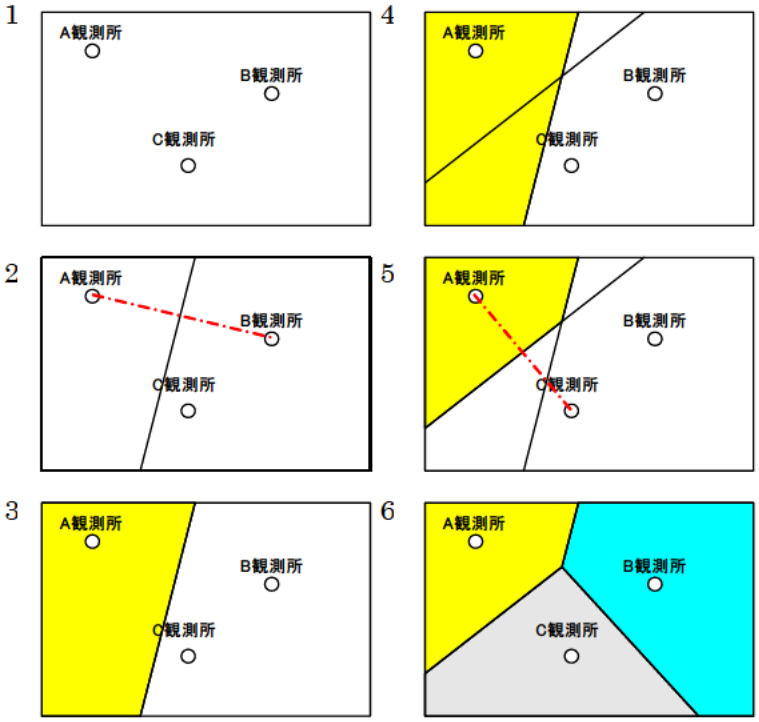


図-5.19　ティーセン分割法

雨量観測所は、対象範囲内に含まれるもののみを対象としている。

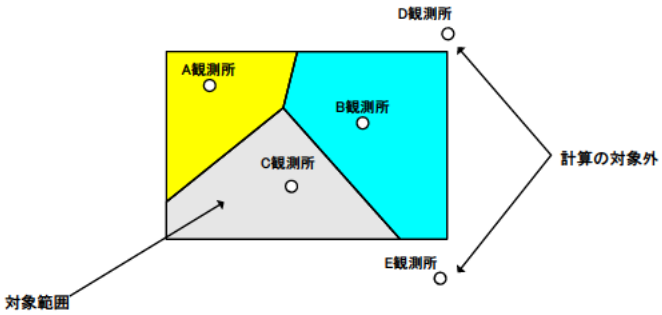


図-5.20　対象となる雨量観測所

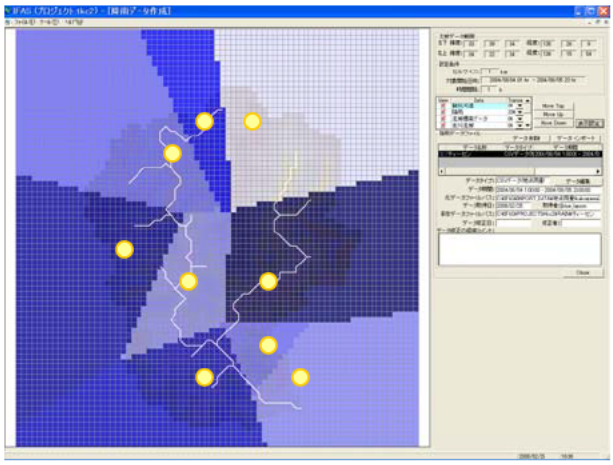
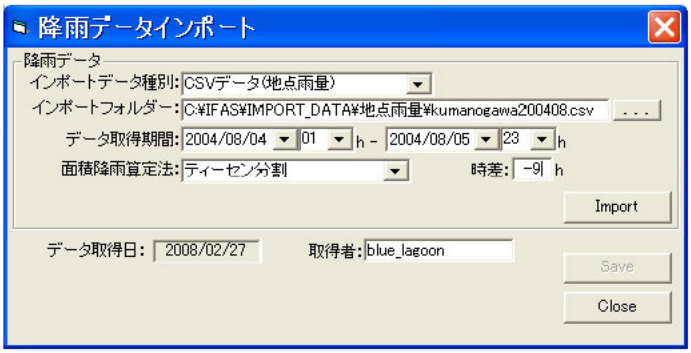


図-5.21　ティーセン分割法による面積降雨

【時差の調整】



IFAS では、日時を GMT で扱っているため、JMT で作成された WISEF や IFAS フォーマットのデータと計算結果を重ねるためには、“時差”欄に時差を入力する。GMT より日時が進んでいる場合は“－”の符号をつけて入力する。

上記の場合、例えば 8/4　1:00 のファイルには、8/4　10:00 のファイルのデータが記録される。

5.3.4　CSV 形式降雨データ（地点降雨データ）

(1)特徴

IFAS では、定義した形式に沿った地点降雨データファイル(CSV ファイル)を取り込むことができる。

(2)データフォーマット

IFAS で定義される降雨データは、ヘッダー部とデータ部とで構成されたテキストデータで、任意の時間単位の降雨データを記述することができる。データは CSV 形式のファイルに記述される。

IFAS で定義される CSV データのフォーマットは以下のとおりである。

YYYY/MM/DD HH:MM はその降雨量の時間は示す。

観測所名 1，観測所名 2・・・・観測所名 n
緯度，緯度 1，緯度 2,・・・・緯度 n
経度，経度 1，経度 2,・・・・経度 n
YYYY/MM/DD HH:MM 降雨データ 1，降雨データ 2・・・・降雨データ n
YYYY/MM/DD HH:MM 降雨データ 1，降雨データ 2・・・・降雨データ n
～
YYYY/MM/DD HH:MM 降雨データ 1，降雨データ 2・・・・降雨データ n
YYYY/MM/DD HH:MM 降雨データ 1，降雨データ 2・・・・降雨データ n

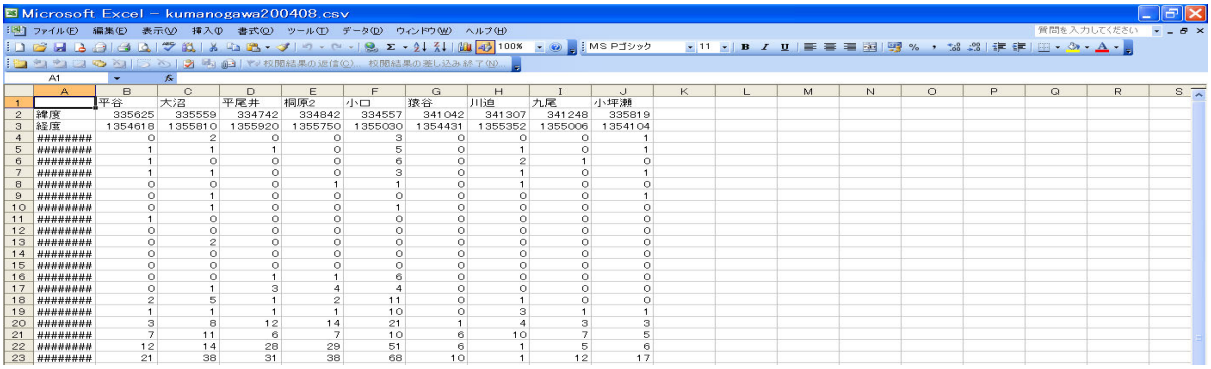
図-5.22　IFAS 形式降雨データのフォーマット

(3)取り込み方法(オペレーション)

①事前準備

事前にシステムが起動するパソコン内に元となる IFAS が読み込み可能となる CSV 形式の降雨データを保存する必要がある。

国土交通省の水文水質データベースなどから取得した観測所のデータおよび観測降雨データを IFAS 形式のフォーマットに合わせてテキストファイルを作成する。本書で IFAS 形式の降雨データとして使用する降雨データは、WISEF の項で使用した国土交通省水文水質データベースより抽出した 9 箇所の雨量観測所の観測データを使用している。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		平谷	大沼	平尾井	桐原2	小口	猿谷	川迫	九尾	小平瀬
2	緯度	335625	335559	334742	334842	334557	341042	341307	341248	335819
3	経度	1354618	1355810	1355920	1355750	1355030	1354431	1355352	1355006	1354104
4	########	0	2	0	0	3	0	0	0	1
5	########	1	1	1	0	5	0	1	0	1
6	########	1	0	0	0	6	0	2	1	0
7	########	1	1	0	0	3	0	1	0	1
8	########	0	0	0	1	1	0	1	0	0
9	########	0	1	0	0	0	0	0	0	1
10	########	0	1	0	0	1	0	0	0	0
11	########	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	########	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	########	0	2	0	0	0	0	0	0	0
14	########	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	########	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	########	0	0	1	1	6	0	0	0	0
17	########	0	1	3	4	4	0	0	0	0
18	########	2	5	1	2	11	0	1	0	0
19	########	1	1	1	1	10	0	3	1	1
20	########	3	8	12	14	21	1	4	3	3
21	########	7	11	6	7	10	6	10	7	5
22	########	12	14	28	29	51	6	1	5	6
23	########	21	38	31	38	68	10	1	12	17

図-5.23　IFAS 形式降雨データ(kumanogawa200408.csv)

②オペレーション

基本的な操作は、衛星降雨や WISEF 形式ファイルの操作と同様である。

ただし、データの取得期間はプロジェクトの対象期間内で CSV ファイルに記述した時間単位で入力し、取り込み先となる観測降雨データファイルが所定のフォルダに存在している必要がある。

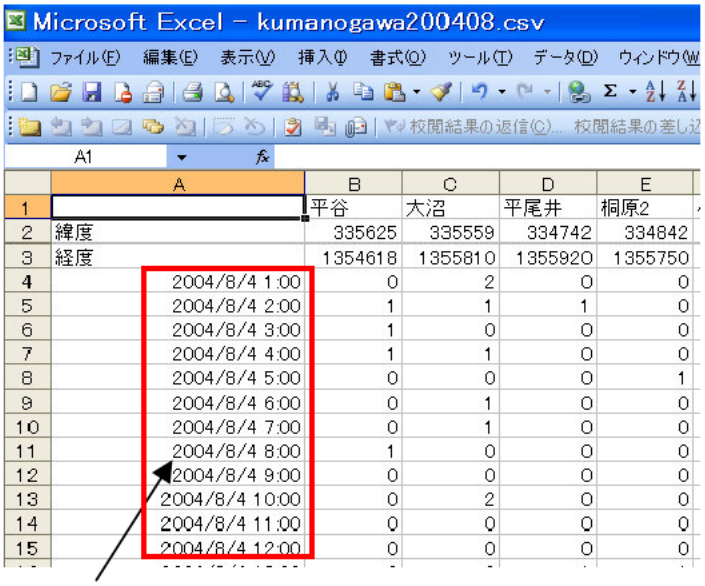


図-5.24　IFAS 形式の時間間隔

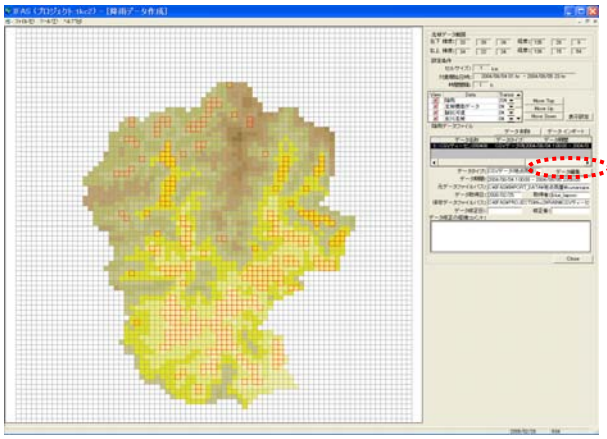
“面積降雨算定法”をプルダウンメニューから選択する。IFAS では「面積降雨算定法」は、「離重み付け法」もしくは「ティーセン分割法」の 2 種類の方法から選択することができる。また、3B42RT などの衛星データの結果と比較したい場合などは、降雨の時間を GMT(グリニッジ世界標準時)に合わせることが望ましいため、IFAS では時差を入力することができる。

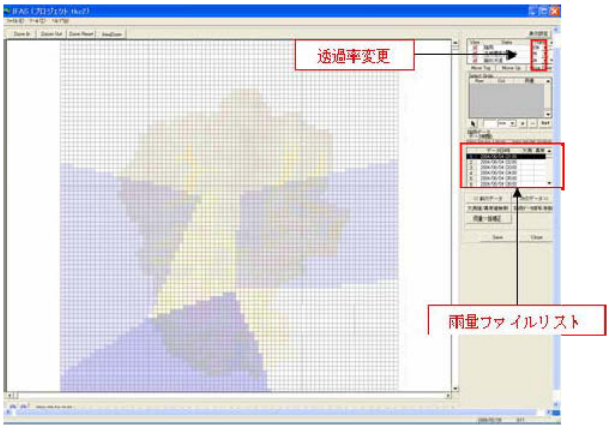
5.4　降雨データの編集

5.4.1　降雨データの表示

(1)表示

取り込んだ降雨データは、IFAS の降雨データの編集画面で表示することができる。



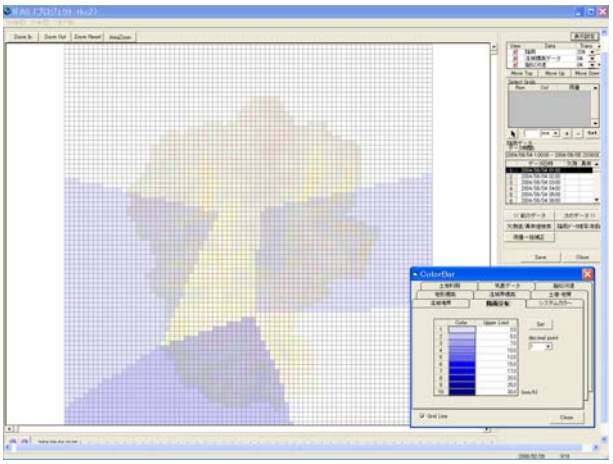


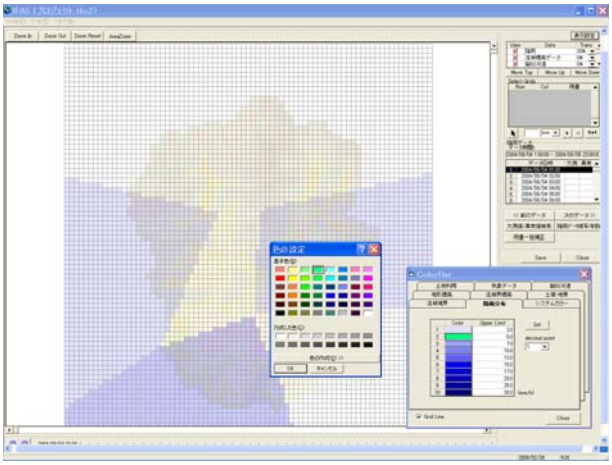
①降雨データ作成画面で、「データ編集」ボタンをクリックする。

降雨データ(フォルダー)が複数あるときは、表示させたいフォルダを選択してから「データ編集」ボタンをクリックする。

②リストから表示したい降雨データ(ファイル)を選択することで、平面図表示エリアに選択した降雨データが表示される。

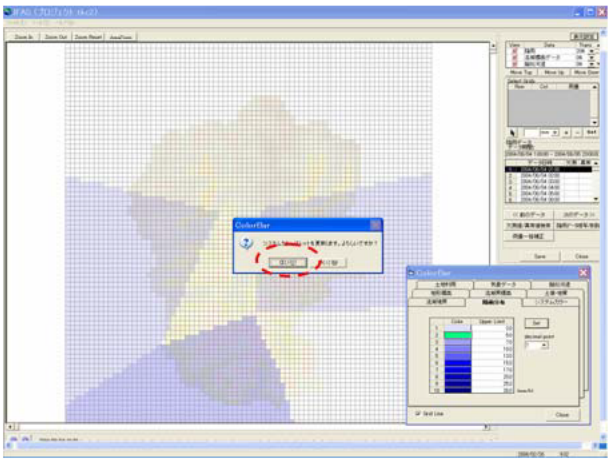
降雨データを透過することで、流域と重ねて降雨の状態を見ることができる。

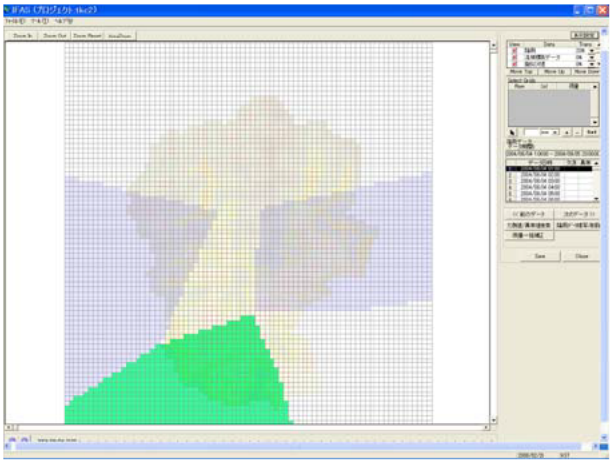




③「表示設定」ボタンをクリックすると凡例編集の画面が表示され、任意に表示の設定を変更することができる。

④ColorBar 画面に表示されたタブから「降雨分布」を選択し、変更したい箇所のカラーをクリックするとカラーパレットが表示され色を変更することができる。また、凡例の数値および少数点以下の表示桁数の変更もできる。表示されている凡例の数値は上限を意味している。



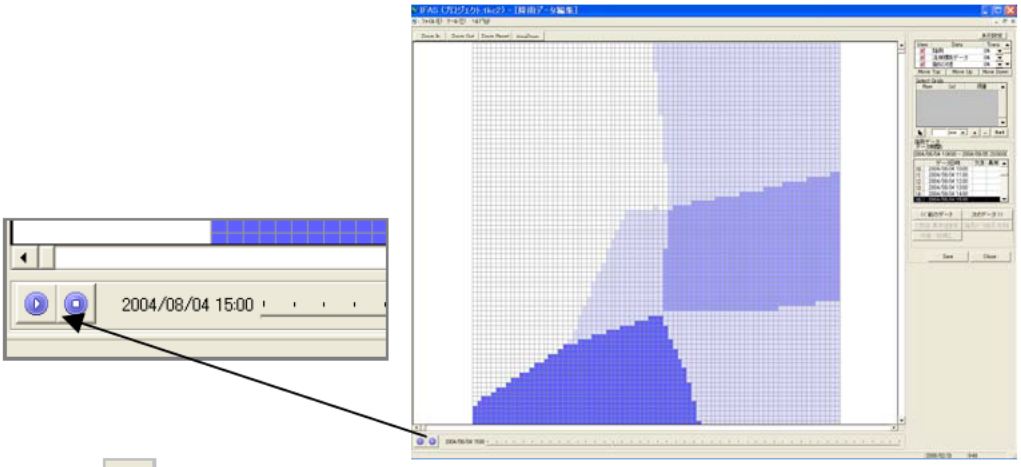


⑤ColorBar の「SET」ボタンをクリックすると、確認の画面が表示され、変更内容に間違いがなければ「はい」をクリックする。

⑥ColorBar の「Close」ボタンをクリックすると変更内容が反映される。

(2)アニメーション表示

取り込んだ降雨データは、タイムコンコントロールによりアニメーション表示することができる。



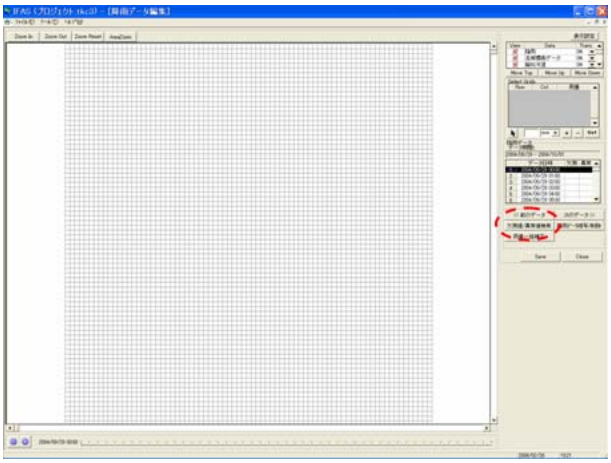
①スタートボタン  をクリックするとアニメーションが開始され、降雨データファイルを日時の順番に自動的に表示していくため容易に降雨の状態の遷移を見ることができる。

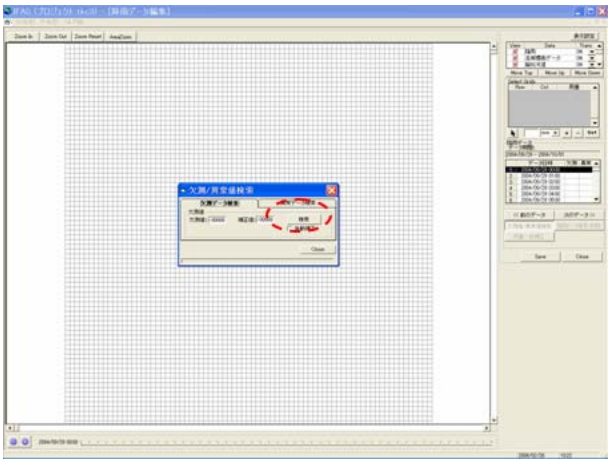
②ストップボタン  をクリックすると表示されている降雨データファイルでアニメーションがストップする。

5.4.2　欠測データの検索と補完

(1)検索

IFAS は、取り込んだ降雨データの欠測データを検索し、値を代入することができる。





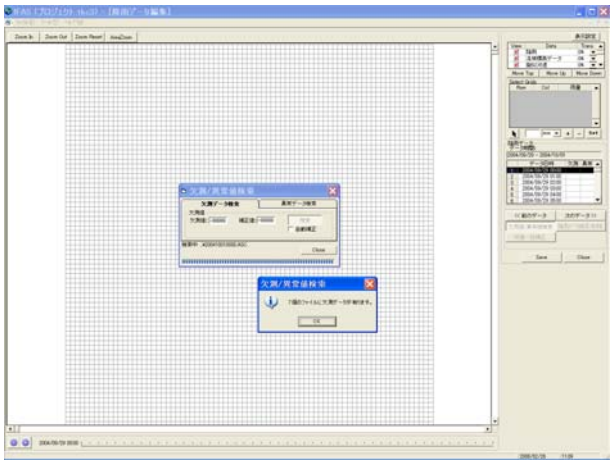
①「欠測値/異常値検索」ボタンをクリックする。

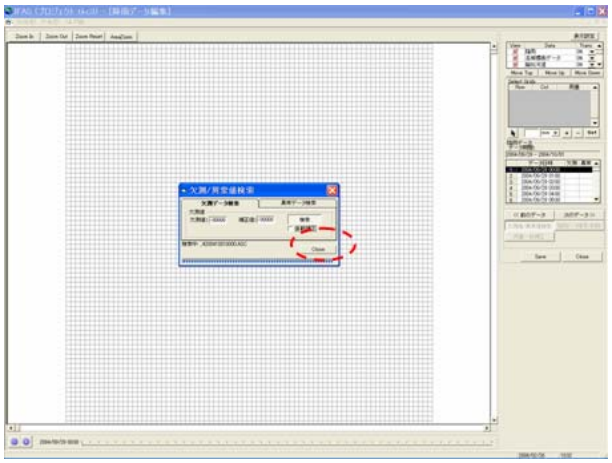
②欠測データ検索のタグを選択する。(デフォルトで表示される)

欠測値を確認し「検索」ボタンをクリックする。

降雨データの種類における欠測値は以下のとおり。

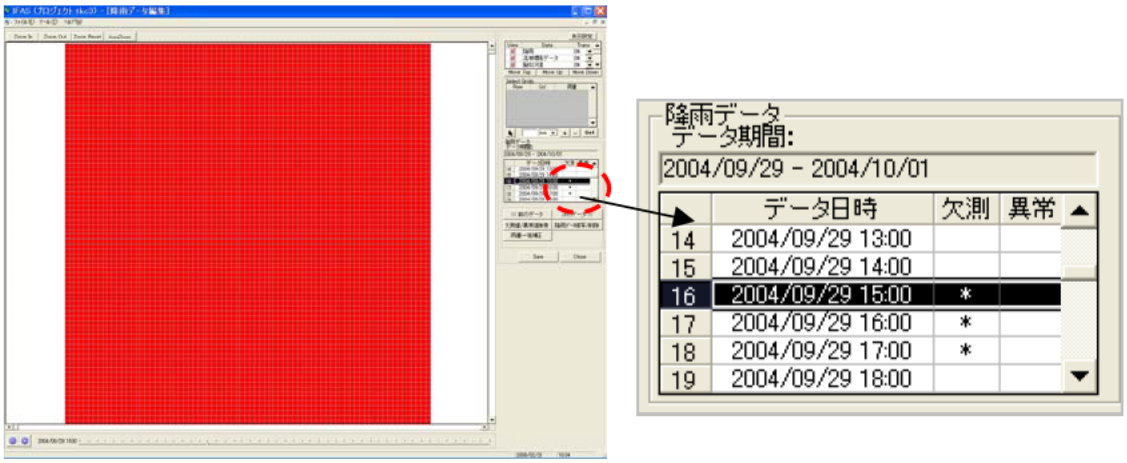
3B42RT･･･「-99999」　QMORPH･･･「255」　WISEF･･･「-9999」





③欠測値の有無を確認したら「OK」ボタンをクリックする。

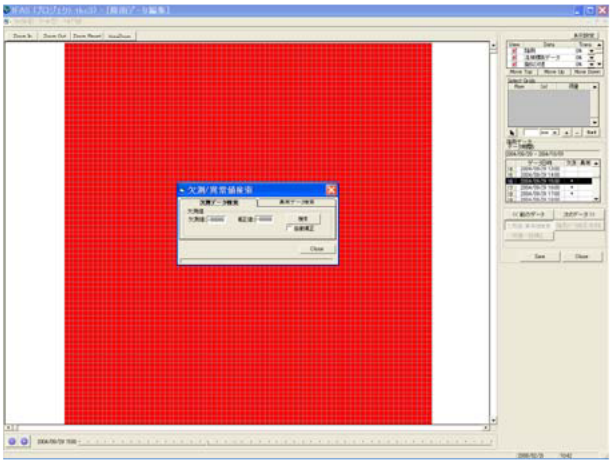
④「Close」ボタンをクリックする。

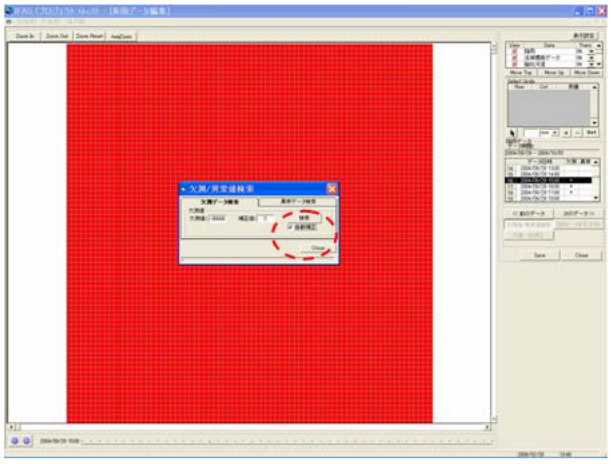


⑤欠測値が発見されたファイルにはリストに「＊」で表示され、欠測のあったセルは赤色で表示される。
上記画面は、ファイル全てのデータが欠測であったことを示す。

(2)補完

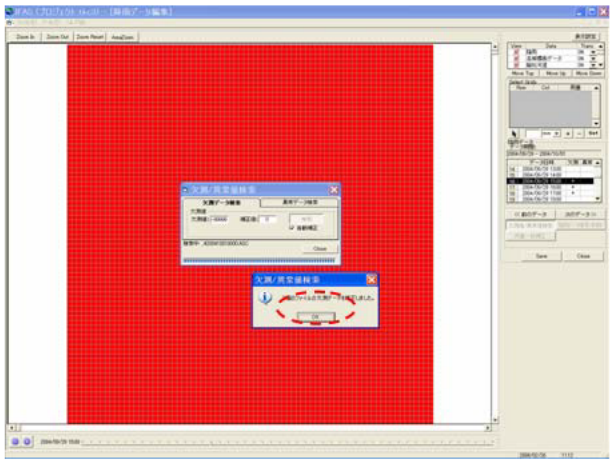
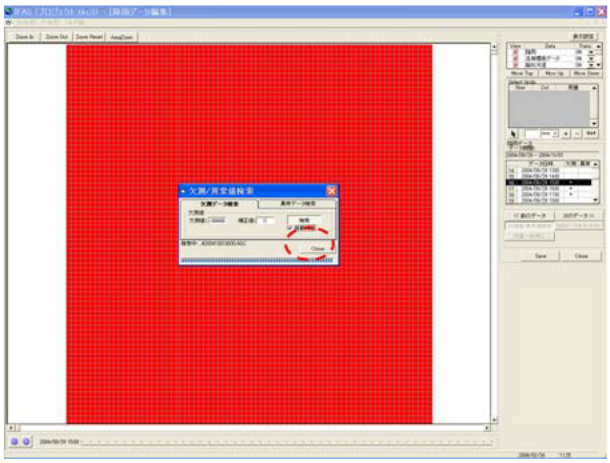
発見された欠測値は IFAS の補完機能で任意の降雨データに編集できる。





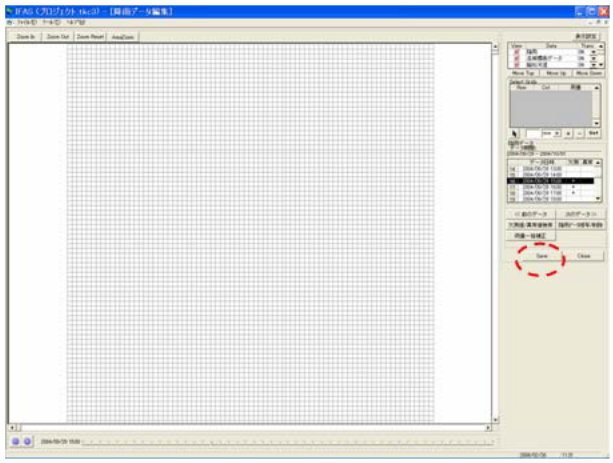
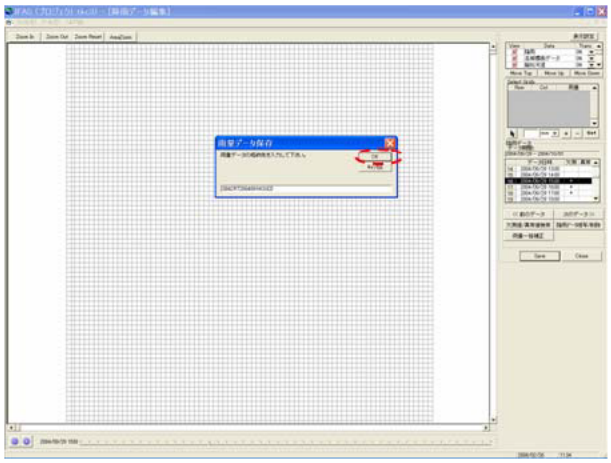
①「欠測値/異常値検索」ボタンをクリックし欠測/異常値検索ウィンドウを表示する。
②“補正値”欄に、変更したい雨量の値を入力し、「自動補正」のチェックボックスをクリックする。
チェックボックスがマークされたことを確認し、「検索」ボタンをクリックする。



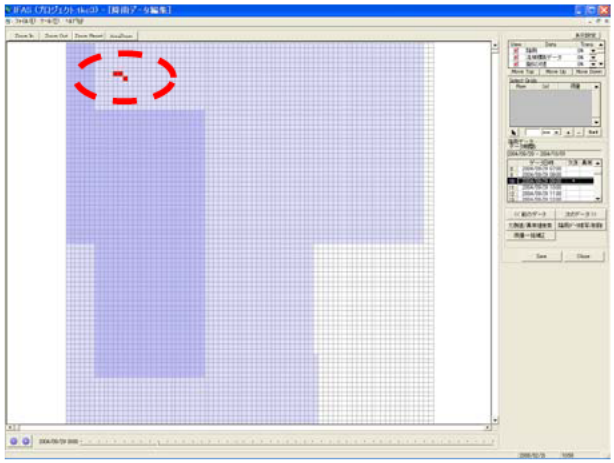
③ファイルが修正されたことを確認し「OK」ボタンをクリックする。

④欠測／異常値検索ウィンドウの「Close」ボタンをクリックする。

⑤「Save」ボタンをクリックする。

⑥編集した降雨データを保存するフォルダ名を入力し、「OK」ボタンをクリックする。
保存後「close」ボタンをクリックする。

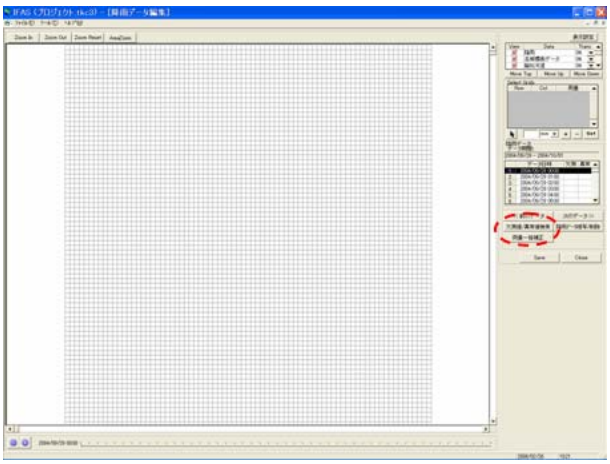


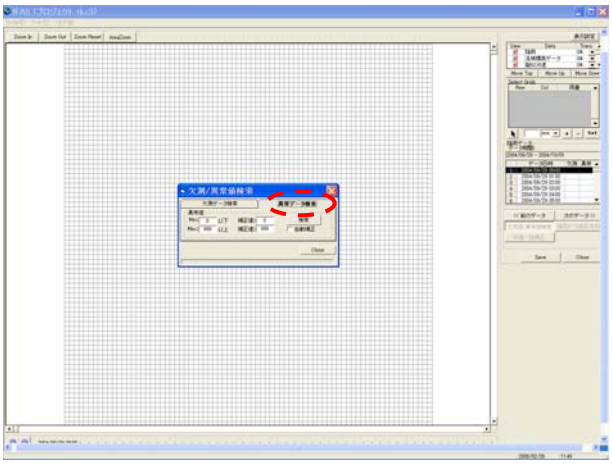
⑤上記の画面のように欠測が部分的な場合は前述の補正を行うと一緒に変更されてしまうため、不都合な場合は先に個別に編集を行ってから一括で補正を行うようにする。
個別の編集方法については後述する。

5.3.3　異常値データの検索と補完

(1)検索

IFAS は、取り込んだ降雨データの異常値データを検索することができる。

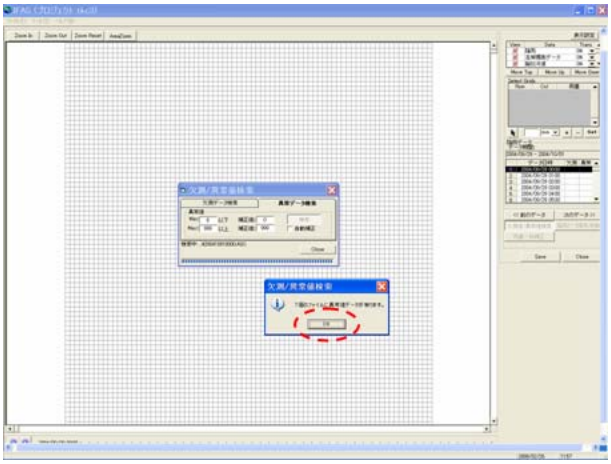


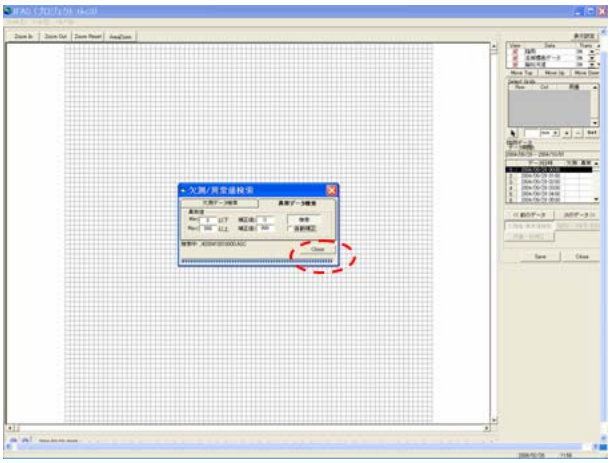


①「欠測値／異常値検索」ボタンをクリックする。

②異常データ検索のタグを選択する。異常値の設定を確認し「検索」ボタンをクリックする。

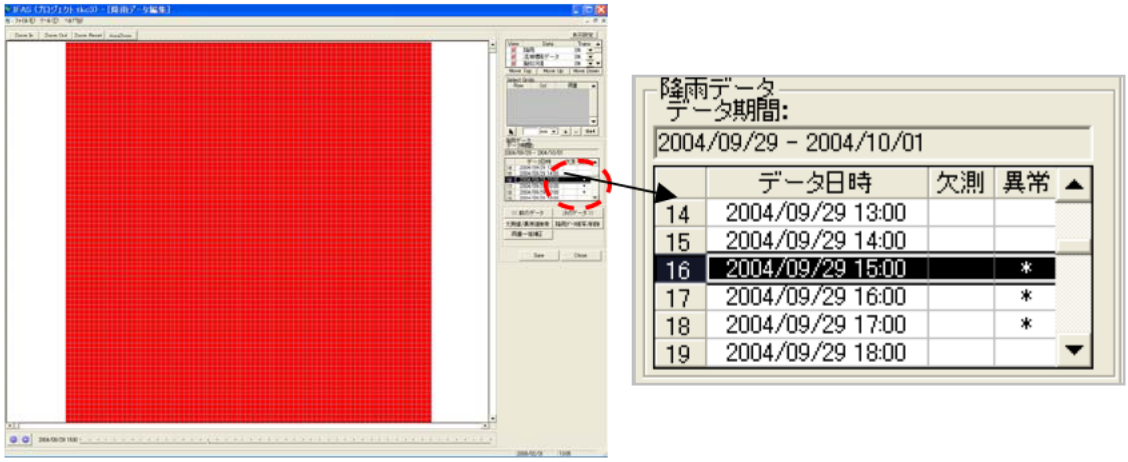
異常値設定はデフォルトで雨量が 0mm 未満および 999mm 以上の値が表示されるがこれは任意の値に設定することができる。





③異常値の有無を確認したら「OK」ボタンをクリックする。

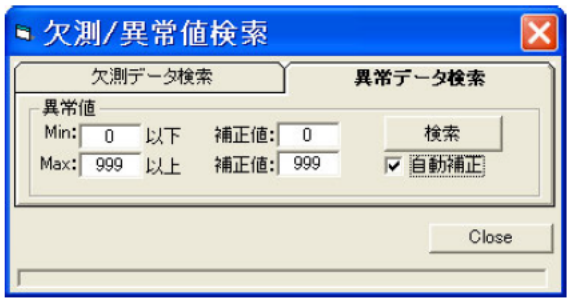
④「Close」ボタンをクリックする。



⑤異常値が発見されたファイルにはリストに「＊」で表示され、異常のあったセルは赤色で表示される。
上記画面は、ファイル全てのデータに異常があったことを示している。

(2)補完

発見された異常値は IFAS の補完機能で任意の降雨データに編集できる。操作方法は、欠測値の補完と同じであり、“異常データ検索”画面において、「補正値」欄に、変更したい雨量の値を入力し、「自動補正」のチェックボックスをクリックする。まは、補正後は同様にデータの保存が必要となる。

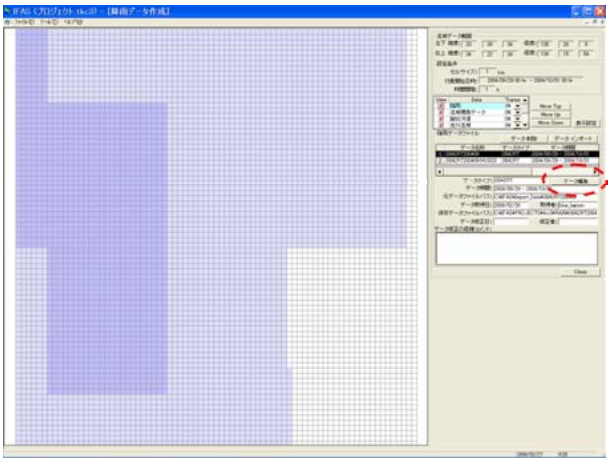


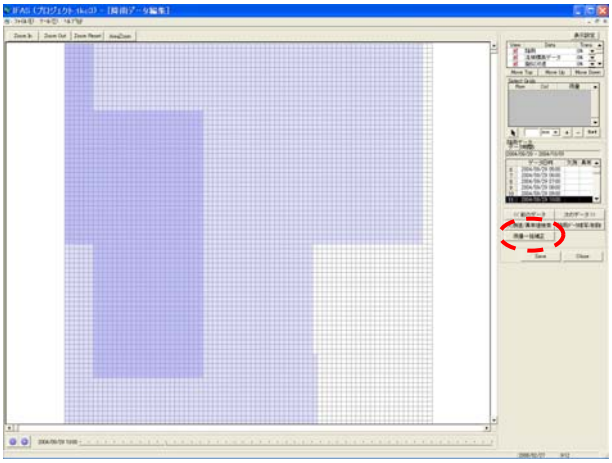
5.4.4 降雨データの編集(一括補正・個別補正)

(1)一括補正

IFAS では取り込まれた降雨データを一括で編集することができる。

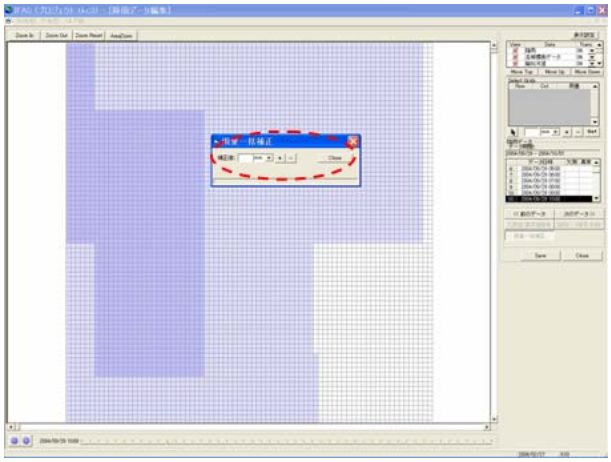
ここでいう一括とは、選択されたフォルダに含まれる全ての降雨データファイルに対するもので、画面に表示されている、降雨データファイルのみに対するものではない。従って、任意の降雨データファイルに対してのみ編集を行いたい場合は、(2)で説明する「個別補正」の機能を用いる。





①編集したい降雨データフォルダをリストから選択し、「データ編集」ボタンをクリックする。

②「雨量一括補正」ボタンをクリックする。



③「補正値」欄に数値を入力し、プルダウンメニューにより単位を選択し、「＋」ボタン、「－」ボタンをクリックすることで降雨データの一括編集ができる。

ただし、編集後の雨量がマイナス値になるような場合は、自動的に雨量“０”として編集される。

【雨量を 10mm を増加させる場合】



・“補正値”に“10”を入力する。

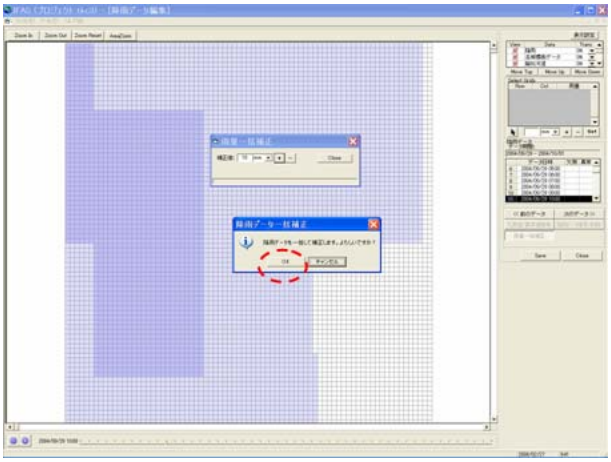
・プルダウンメニューから“mm”を選択する。

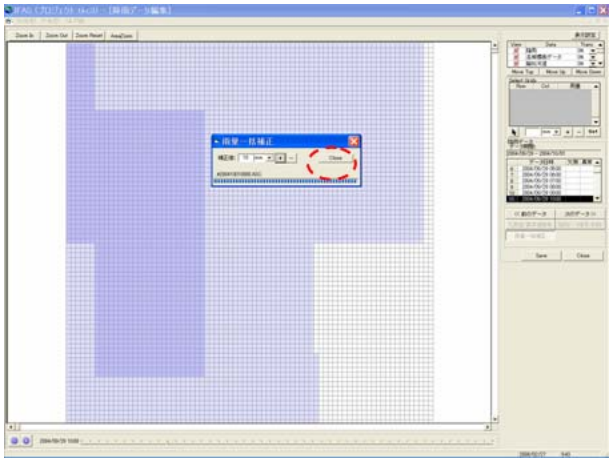
・「＋」をクリックする。

【雨量を 5%を増加させる場合】



・“補正値”に“5”を入力する。
・プルダウンメニューから“%”を選択する。
・「＋」をクリックする。

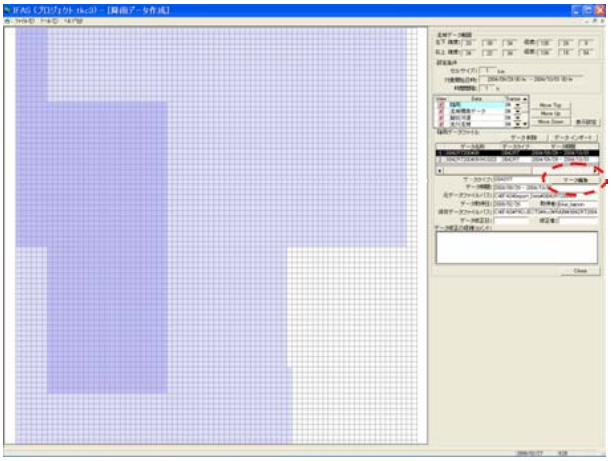


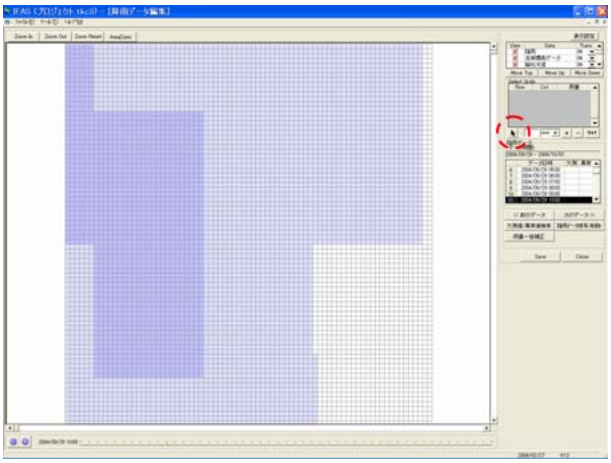


④「OK」をクリックする。
⑤「Close」をクリックする。
これ以降の操作は、これまでの他の説明と同様。データを保存するために Save を行う必要がある。

(2)個別補正

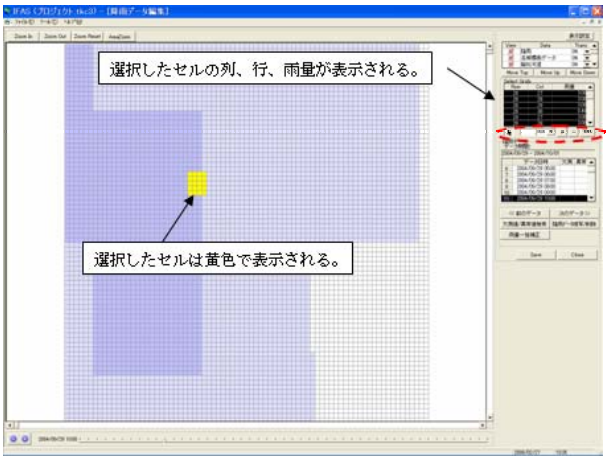
IFAS では取り込まれた降雨データを任意にセル単位で編集することができる。





①編集したい降雨データフォルダをリストから選択し、「データ編集」ボタンをクリックする。
②選択ボタン  をクリックして、編集したいセルを選択する。
選択方法は、セルを個別にクリックして選択する方法と、マウスをドラッグして矩形の範囲で選択す

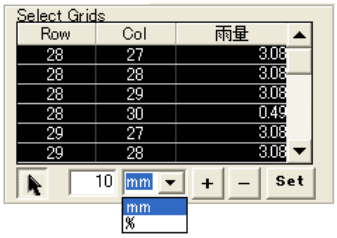
る方法の 2 種類がある。



③「補正値」欄に数値を入力し、プルダウンメニューにより単位を選択し、「＋」ボタン、「－」ボタンをクリックすることで選択したセルの降雨データを編集することができる。
また、「SET」ボタンを使用することで、直接数値を変更することもできる。

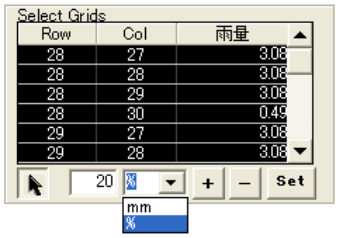
【雨量を 10mm を増加させる場合】

・“補正値”に“5”を入力する。
・プルダウンメニューから“mm”を選択する。
・「＋」をクリックする。



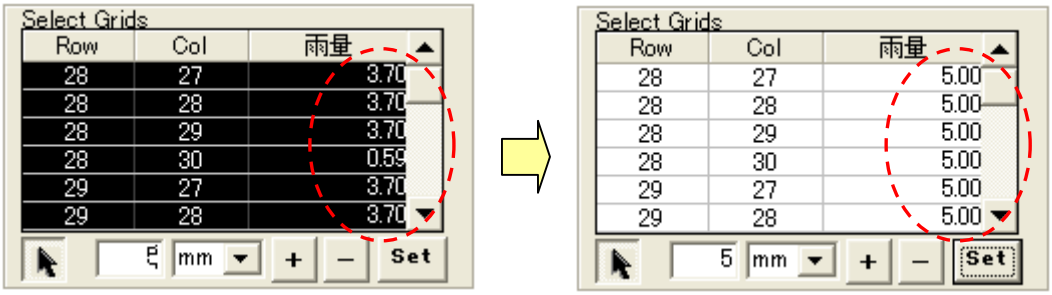
【雨量を 20%を増加させる場合】

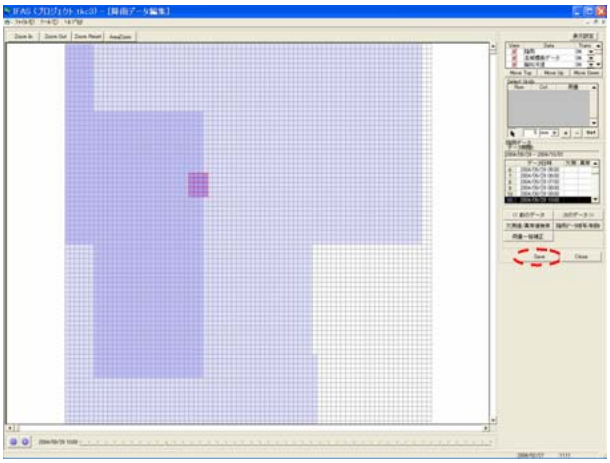
・“補正値”に“20”を入力する。
・プルダウンメニューから“mm”を選択する。
・「＋」をクリックする。



【雨量を 5mm に変更する場合】

・“補正値”に“5”を入力する。
・「SET」ボタンをクリックする。



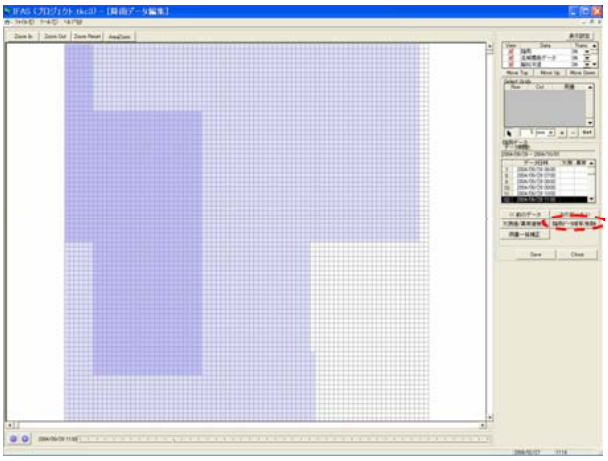


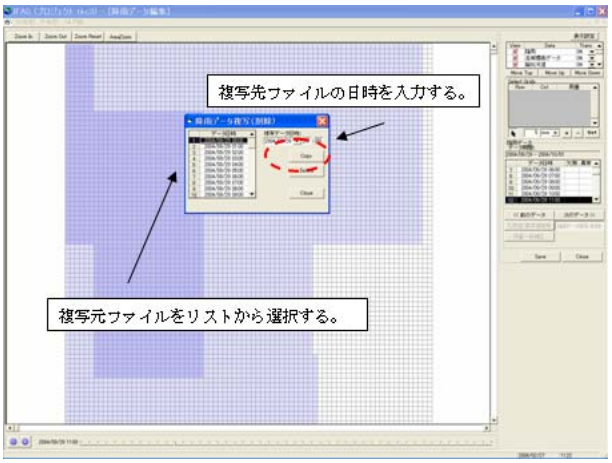
⑥変更されたセルは赤枠で表示される。以下、「Save」については一括補正と同じ。

5.4.5　降雨データ（ファイル）の複写と削除

IFAS では降雨データフォルダ内の降雨データファイルを複写および削除することができる。ただし、異なる降雨データフォルダをまたがっての複写はできない。

(1)複写



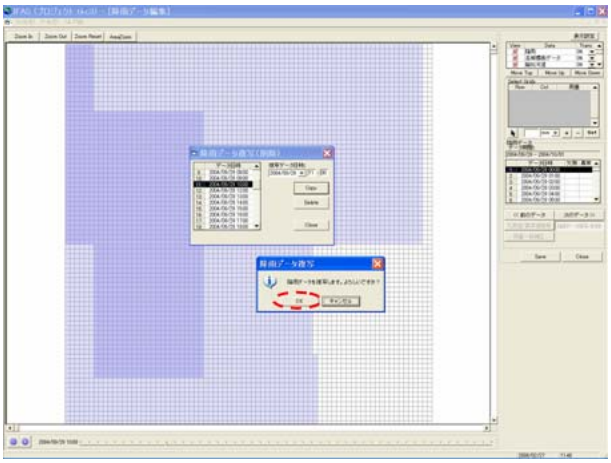


①「降雨データ複写/削除」ボタンをクリックする。

②複写元のファイルを選択し、「複写データ日時」欄に新規に作成(複写)するファイルの日時を入力する。
但し、プロジェクトの対象期間を超えてのファイルは作成できない。

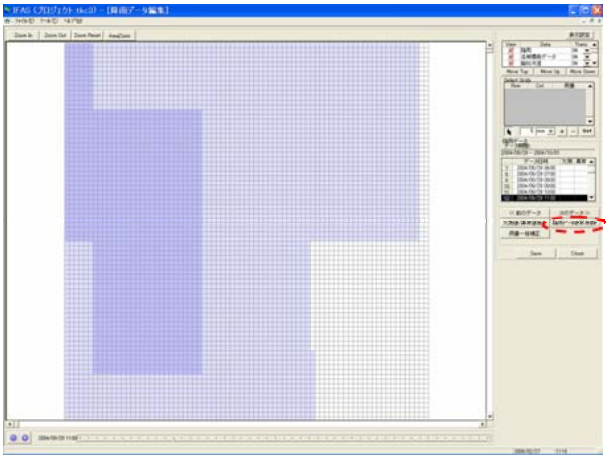


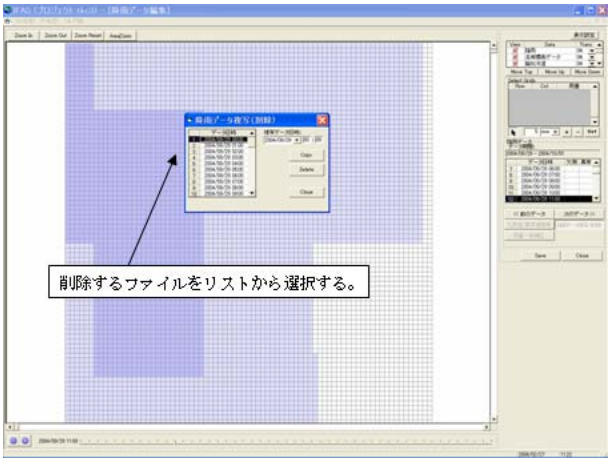
③例として、2004/09/29 00:00 のファイルを複写元として 2004/9/28 23:00 のファイルを作成する。
2004/09/29 10:00 のファイルを複写元として 2004/9/29 11:00 のファイルを作成する。
「COPY」ボタンをクリックする。



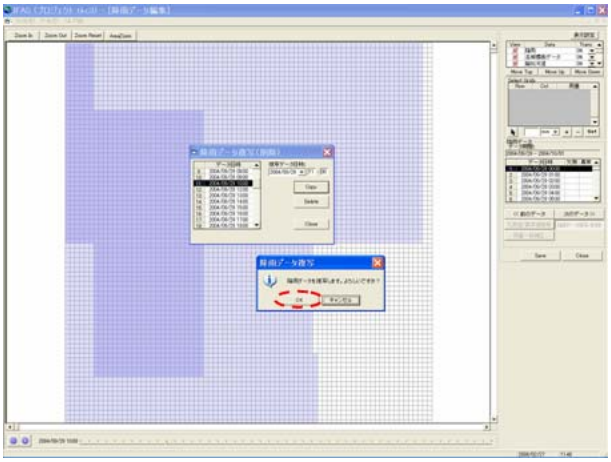
④「OK」ボタンをクリックする。降雨データ複写(削除)ウィンドウの「Close」ボタンをクリックする。
以下、Save 等は前述の他の機能と同じ。

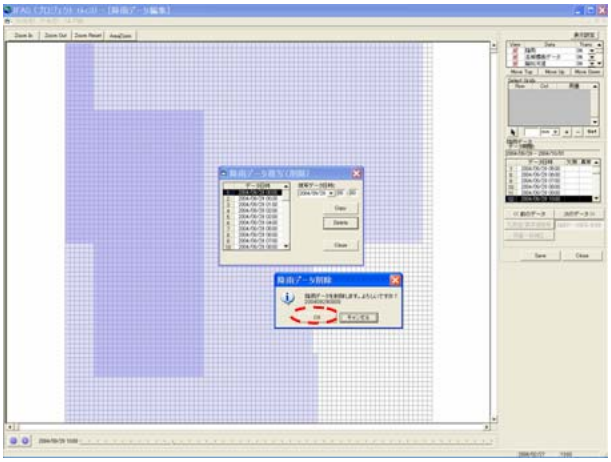
(2)削除





①「降雨データ複写／削除」ボタンをクリックする。
②削除する降雨データファイルのリストから選択する。





③「Delete」ボタンをクリックする。
④「OK」ボタンをクリックする。以下、降雨データ複写(削除)ウィンドウの「Close」ボタンおよび「ボタンについては複写の項と同じ操作である。

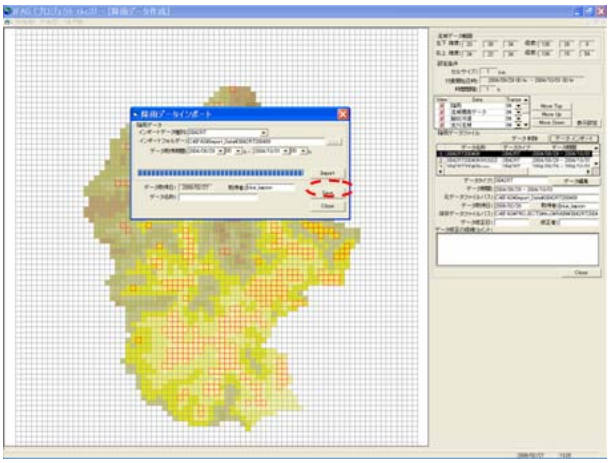
5.4.6　降雨データ（フォルダ）の保存と削除

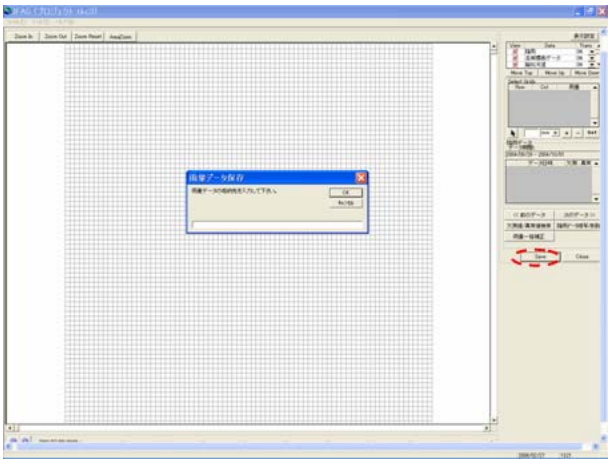
降雨データはフォルダ単位で保存と削除を行うことができる。

(1)保存

新規に取り込まれた降雨データは、降雨データインポートウィンドウから、編集を行った降雨データは降雨データ保存ウィンドウからフォルダ名称を付けて保存することができる。

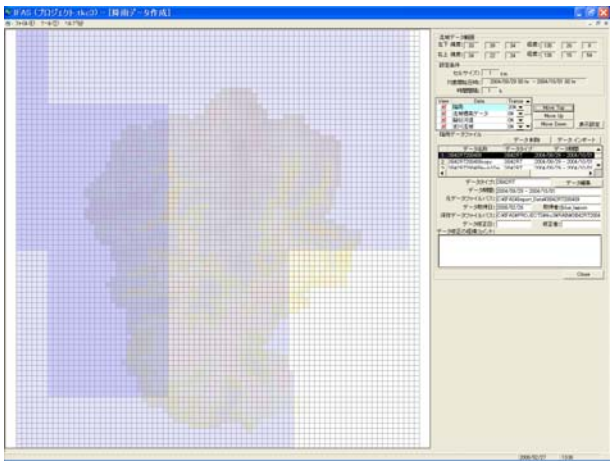
保存された降雨データフォルダは降雨データ作成ウィンドウのリストに表示される。

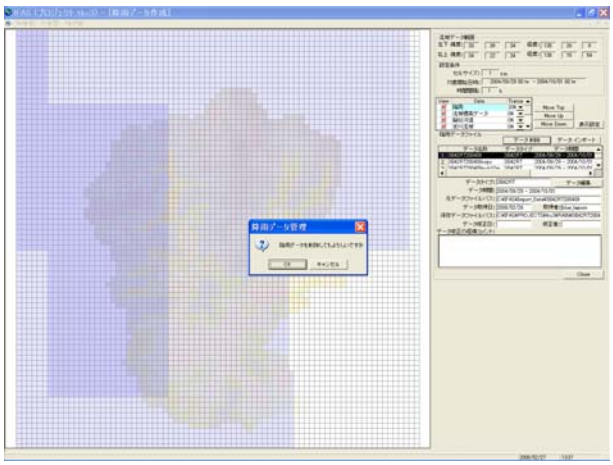




(2)削除

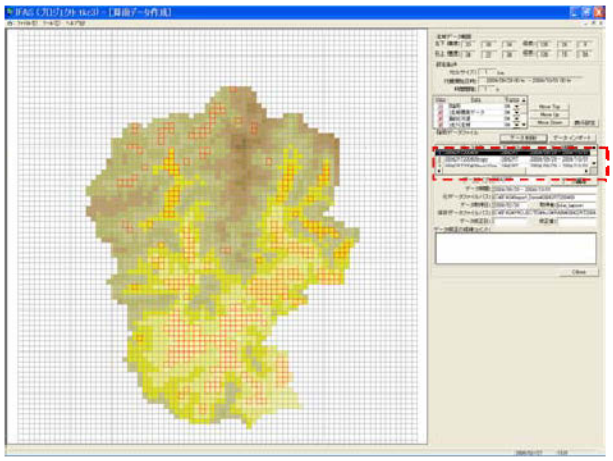
リストに表示された降雨データ(フォルダ)は、削除することができる。





①リストより削除したい降雨データフォルダを選択し「データ削除」ボタンをクリックする。

②「OK」ボタンをクリックする。



③削除対象の降雨データフォルダがリストから消える。

6. 流出解析モデルの作成

6.1 流出解析モデル作成の概要

6.1.1　流域データ作成手順

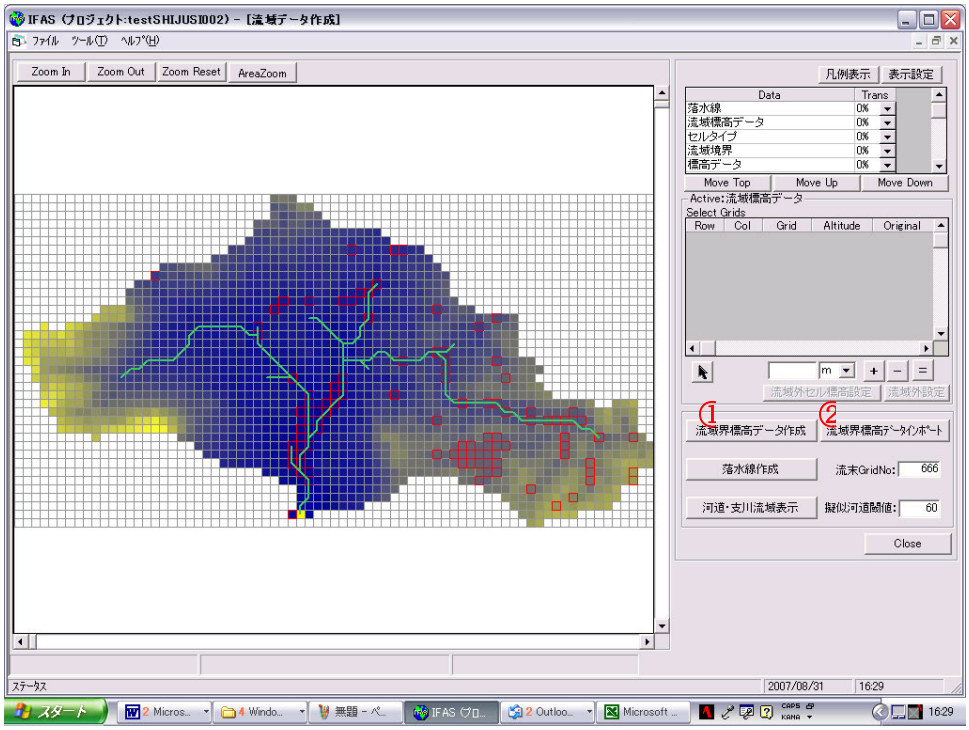
IFAS では、以下の 2 通り方法で流域界を決定することができる。

①流域界標高データ作成

読み込んだ地形標高データから標高差に基づき疑似河道網を作成するとともに、流域界を設定する方法。

②流域界標高データインポート

流域界などが既知であり、予め作成された流域界のデータ(shape ファイル)を読み込むことにより流域界を設定する方法。



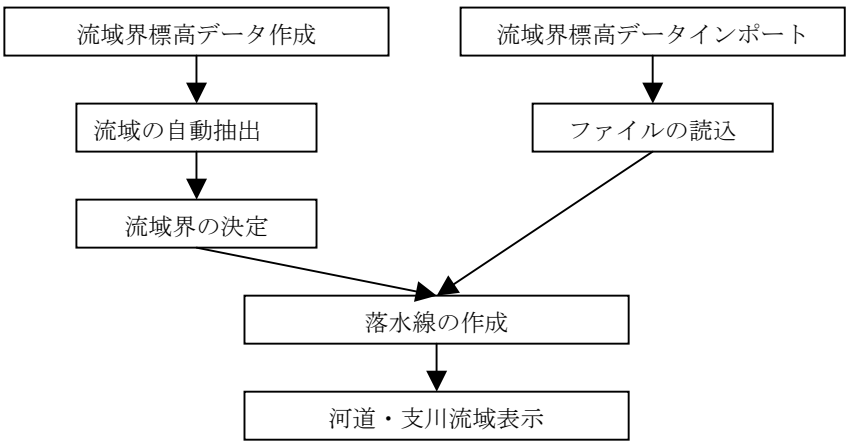


図-6.1　流域の作成方法

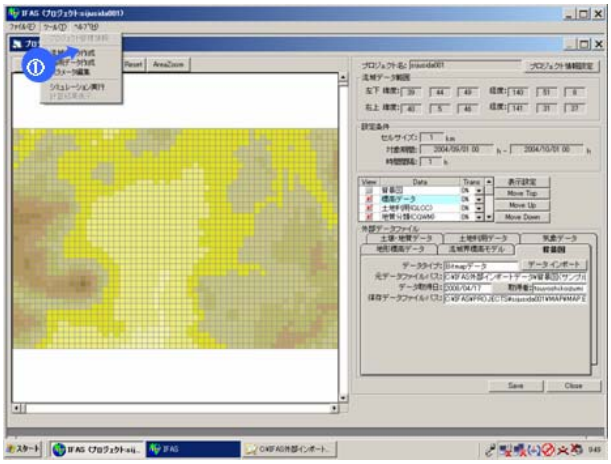
6.1.2　流域モデル作成時の留意事項

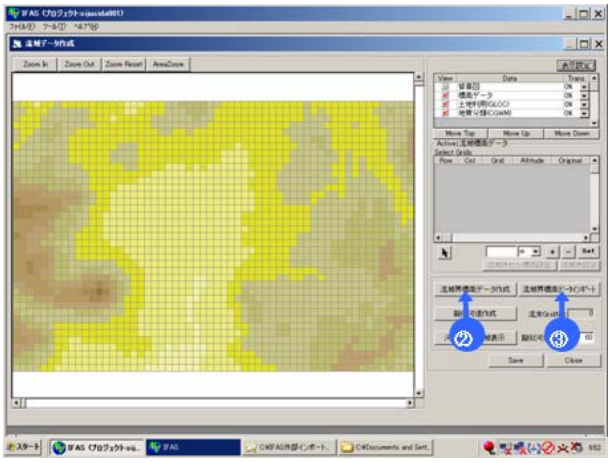
流域界標高データインポートにより流域界を設定する場合は、設定された流域界内の地形に対し各グリッドの標高差に応じて流域界・疑似河道等の設定を行う。各グリッドに標高差がない場合には、自動的に窪地処理が行われ標高が補正されるものの、この補正により基の標高値とは大きく異なる標高となったり、広大な平坦値では窪地処理が収束せず、モデルが作成できない場合もある。

また最終的に作成される落水線・疑似河道も。標高差に応じて作成されるが、落水網の処理は、１つの流末に対して落水網を算定するようにプログラムされている。そのため、下記の点について注意する必要がある。

複数の流末を有するような流域(例えば広島県の太田川のように複数の河口を有する河川)においては、分派する地点を流末として設定するか、分派する派川の流域の標高を修正して流末が１つの河川となるように修正するかどちらかの処理を行うことが必要となる。

また、流域界をデータインポート形式で設定した場合、流域界データと読み込んだ標高データによる地形データが異なる時(地形データでは流域外に流れる勾配となっていても流域界データに取り込まれている部分)、その部分の標高データに対し強制的に窪地処理が行われ、流域内に取り込むことになる。

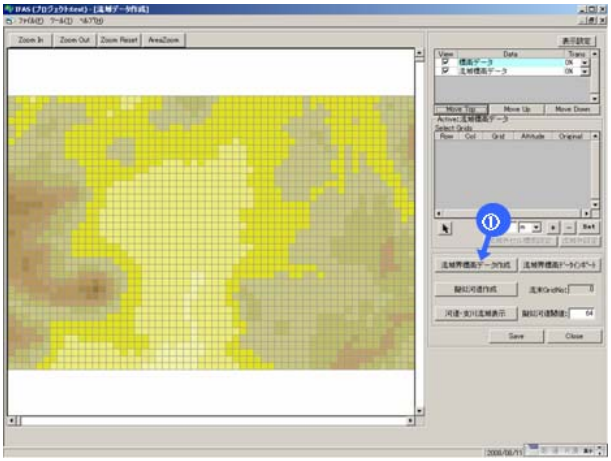


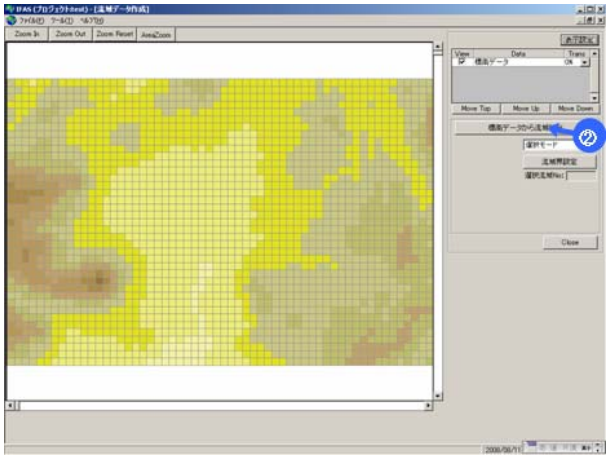


IFAS ウィンドウの「ツール」メニューから「流域データ作成」メニューをクリックすると、流域作成画面が表示される。IFAS では、流域の標高から流域界を決定する方法(②)と既存の流域境界の Shape ファイルをインポートして決定する方法(③)の 2 種類がある。

6.2　流域界の作成

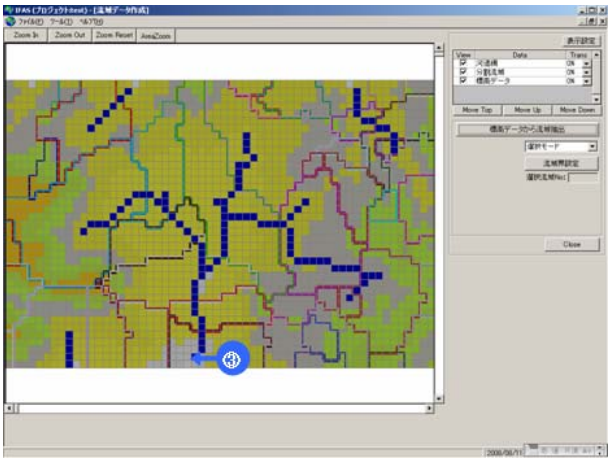
6.2.1　流域標高から作成する場合

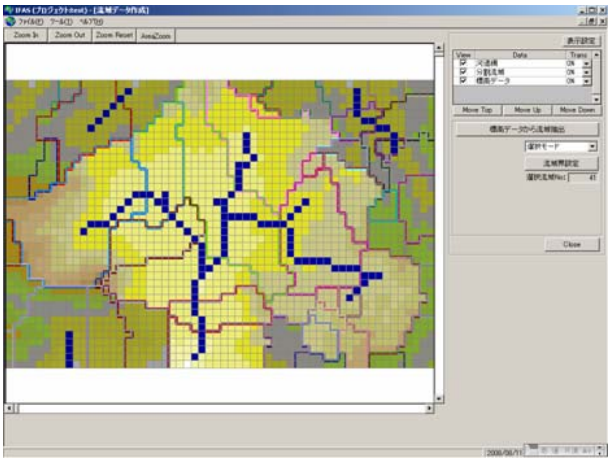




①「流域界標高データ作成」ボタンをクリックすると「流域データ作成」画面が立ち上がる。

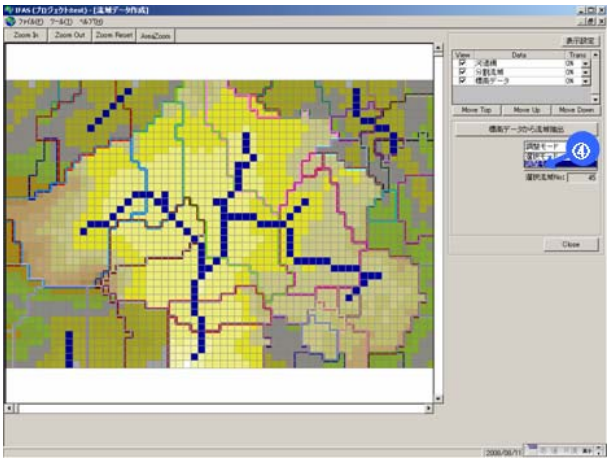
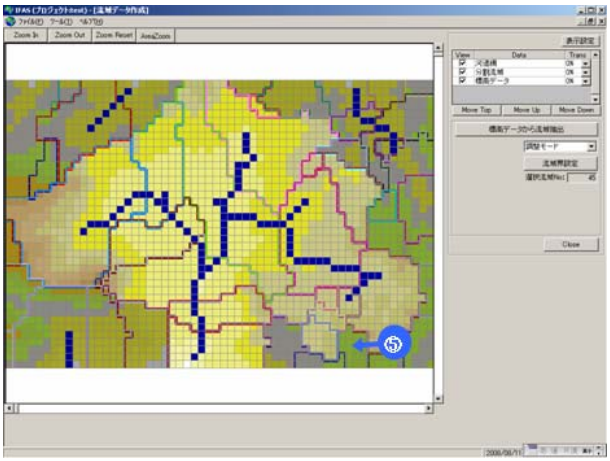
②「標高データから流域抽出」ボタンをクリックすると、各セルの標高を基に、自動的に小流域および疑似河道網が作成される。





③青色のセルが大まかな疑似河道を示し。各セルの集まりは、窪地処理を行わない際の小流域を示す。流出計算を行う地点もしくは最下流に相当するセルをクリックする。

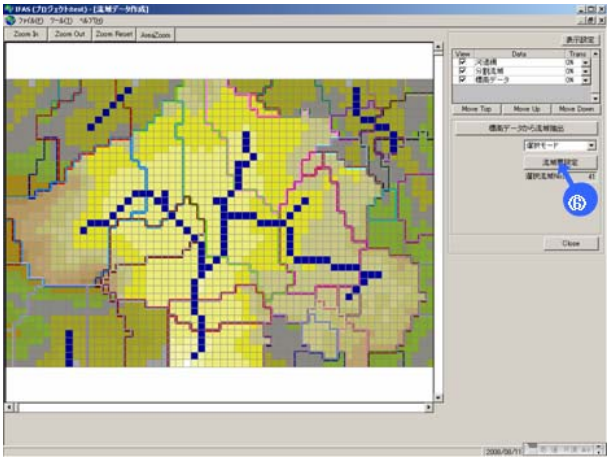
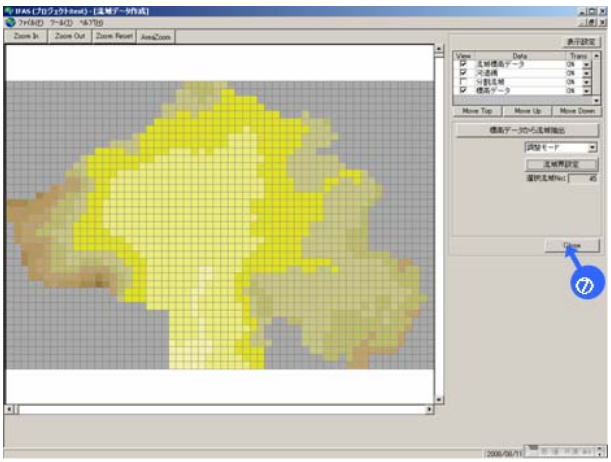
このセルよりも上流に位置するセルが、対象流域として選択される(右図)。

④対象流域の形状を変更したい際には、前述の小流域単位での変更が可能(ここではセル単位での変更は行えず、セル単位での変更を行う際には、後述する方法で行う。)。

「選択モード」から「調整モード」に変更する。

⑤対象から除く小流域をクリックする(ハイライトが消える)。逆に流域外の小流域を加えたい場合には、その小流域をクリックし、ハイライトさせる。いずれも複数の選択も可能。

⑤流域形状が決まったら「流域界設定」ボタンをクリック決定する。

⑥Close し、流域界の設定を終了する。

6.2.2　流域界の作成(Shape ファイルから作成する場合)

IFAS で選択できる流域界標高モデルは

- 流域境界 Shape ファイル
- 流域界標高 Shape ファイル
- 流域界標高 Grid データ(ESRI Anc/Info)

の 3 種類で、これらのデータ、GIS などで事前に作成しておくことが必要となる。また、流域界標高 Shape ファイルと流域界標高 Grid データは属性として標高値を持っていることが必要となる。

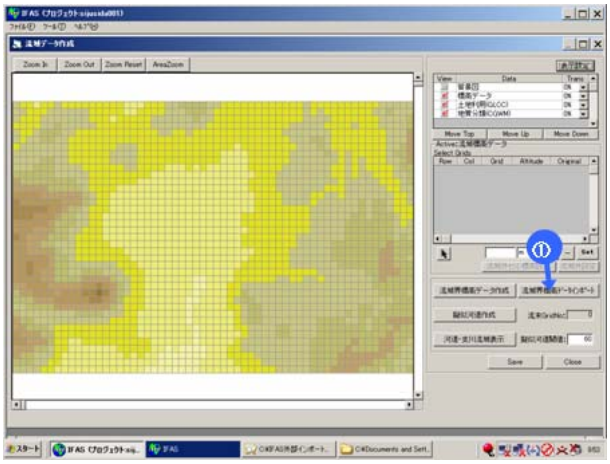
IFAS では、これらは UTM に投影された図形として扱うため、Shape ファイルまたは Grid ファイルを作成する場合はその図形は UTM に投影されたものである必要があり、Shape ファイルは Grid ファイルに変換したときに、等間隔のメッシュ状に標高値が配列されるものでなければ扱うことはできない。

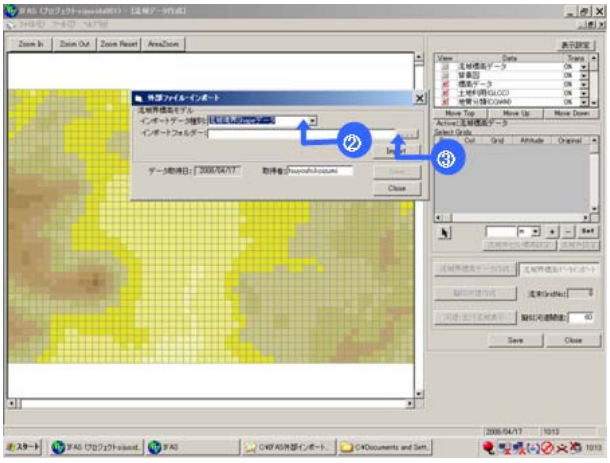
流域境界 Shape ファイルから流域界を決定する場合は、予め地形標高データをインポートしておく必

要がある。流域界標高 Shape ファイルは、属性として標高値を持っている Shape ファイルであることが前提で、地形標高データは必要ない。

流域界標高 Grid データ(ESRI Arc/Info)も流域界標高 Shape ファイルと同様に属性として標高値を持っていることが前提で、同様に地形標高データは必要ない。流域界標高 Shape データと流域界標高 Grid データは互換関係にある。

> Shape ファイルはトポロジー構造をもたない空間データの位置と形に関する情報と、その属性情報を格納するためのデータ形式です。位置と形に関する情報は、(座標値のベクトルで構成される)シェープとして格納されます。
>
> シェープファイルは点、線、画のデータを扱います。画は一筆書きの閉曲線であらわされ、境界線は二重になります。属性情報は dBASE フォーマットのファイルに格納します。属性ファイルの各レコードはシェープのレコードと 1 対 1 に対応します。
>
> 出典:ESRI ホワイトペーパー・シリーズ

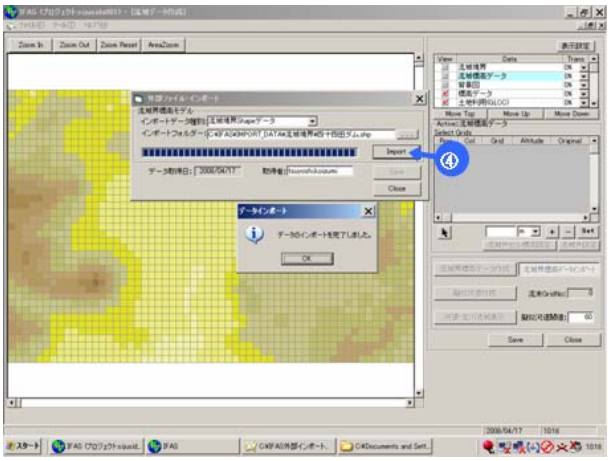
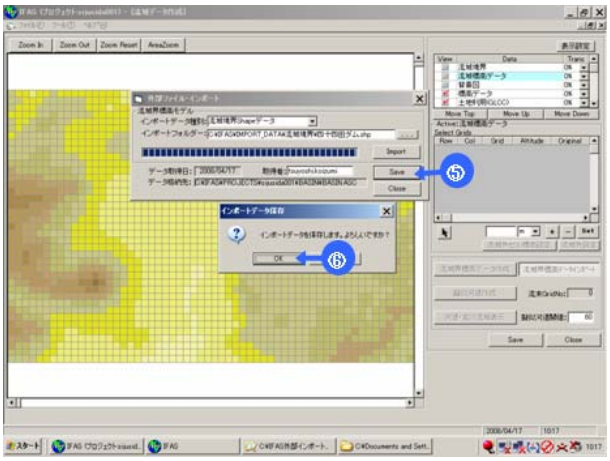




①「流域界標高データインポート」ボタンをクリックすると、外部ファイル・インポート画面が表示される。

②インポートデータ種別でインポートしたい流域界標高モデルの種別を選択する。

③選択ボタンをクリックするとデータフォルダ選択画面が表示されます。流域界標高モデルをインポートするフォルダを指定し(フォルダ名をダブルクリック)「開く」ボタンをクリックするとインポートフォルダが選択される。

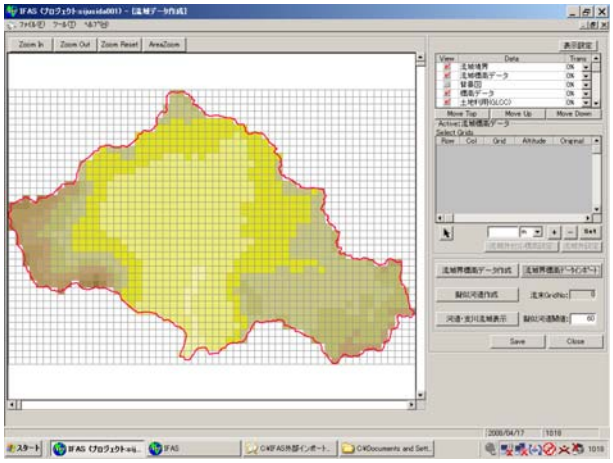
④「Import」ボタンをクリックすると、確認画面が表示され、「OK」ボタンをクリックするとインポートが開始される。

⑤インポートが終了すると確認画面が表示され、「OK」ボタンをクリックすると流域界標高モデルのインポートが完了し、外部ファイルインポート画面の下にデータ格納先が表示される。「Close」ボタンを押して保存を行う。

⑥「Close」ボタンをクリックするとインポートされた流域界標高モデルは「BASIN.ASC」という名称のファイルとして指定のフォルダに格納され、格納先、ファイル名を変更することはできない。

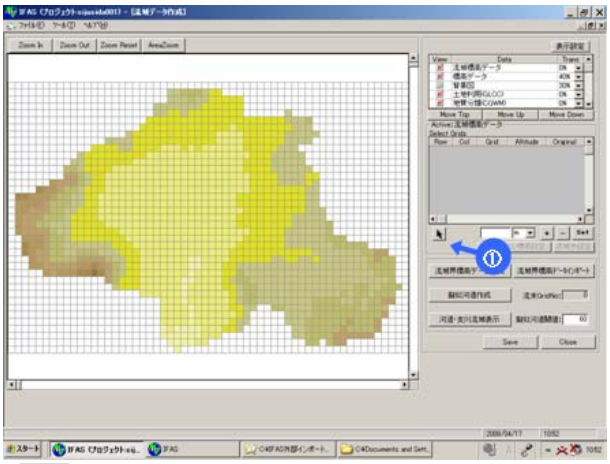
流域界標高モデルの格納先

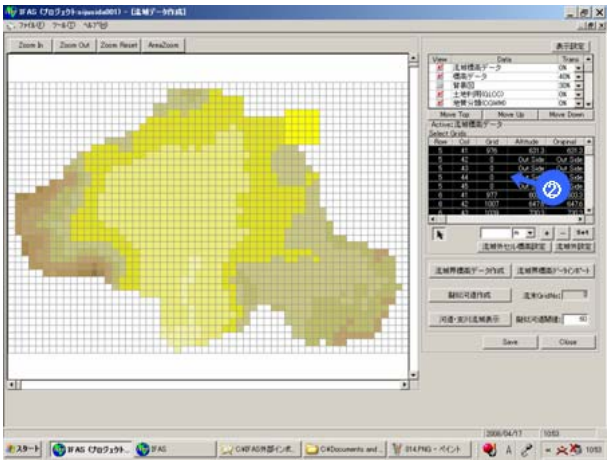
C:¥IFAS¥PROJCTS¥プロジェクト名¥BASIN¥ BASIN.ASC



⑧Shape ファイルで流域境界を設定した場合、読み込んだ流域境界の線が表示される。標高データを基に作成した場合には表示されない。

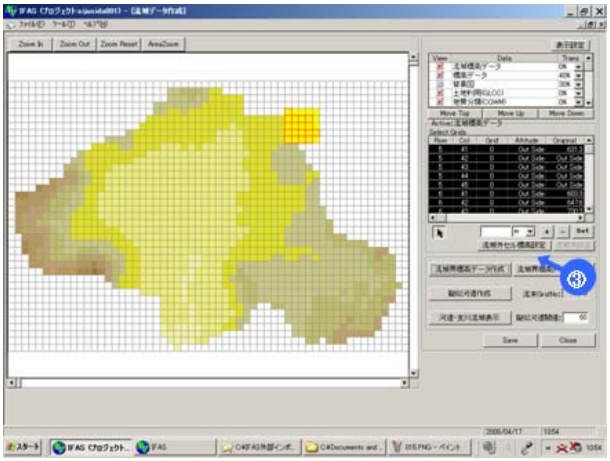
6.2.3　流域界の変更

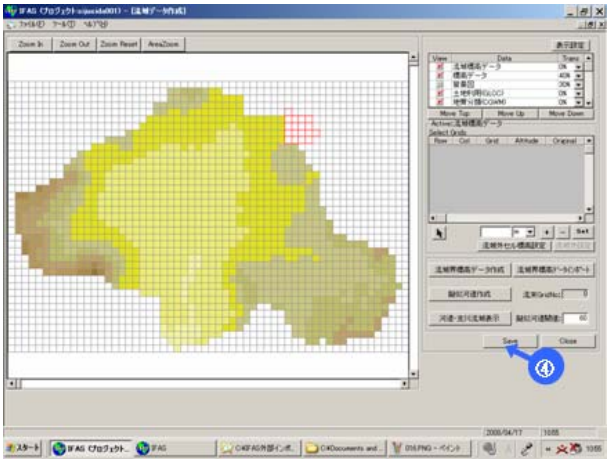




①　  　をクリックし変更したいセルをクリック、またはセル範囲を選択する。

②選択したセルが表示される。





③流域外セル標高設定をクリックすることでセルを流域外に変更することができる。選択セルの中で赤い枠線のセルは、何らかの修正が加えられたセルであることを示し、ここでは流域内となっていたセルが流域外となったことを示す。

④Save ボタンをクリックすると流域外にセルが変更されデータが保存され、データが反映される。

逆に、流域外のセルを流域内に加える場合には、セルを選択し、流域外設定をクリックすることで流域内となる。

6.3　落水線作成

6.3.1　落水線の作成

落水線図とは、雨水の流下方向を示したもので、ここでは、地下水の流れ、中間流表面流、河道の流れとも全て同じ方向と仮定する。流出計算を行うために、全てのセルに対し流下方向(落水線)を決定する必要があり、流末(流域外への水の出口)は 1 箇所のみとなる。

また流域となるセルの数により、比較的大きな河道のみを表示させたものを疑似河道とする。

なお、標高を用いて落水線の作成を行うと、当該点の標高が周囲の 8 地点より低い窪地が生じ、流れの方向が決まらない格子点が発生する。IFAS では、全てのセルに対して落水線の設定が行われるよう、窪地が解消するように標高の補正が行われるが、広大な平地がある場合には収束しない場合があるとともに、標高の修正により、河道の位置や標高が当初から大きく変更される場合もあるので、注意が必要である。

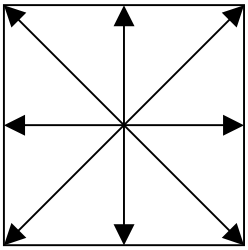
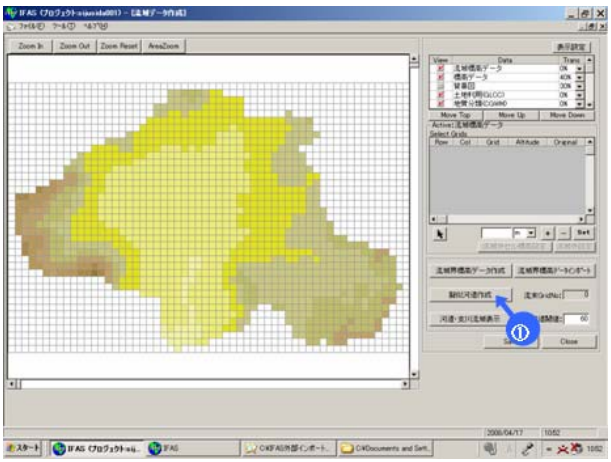
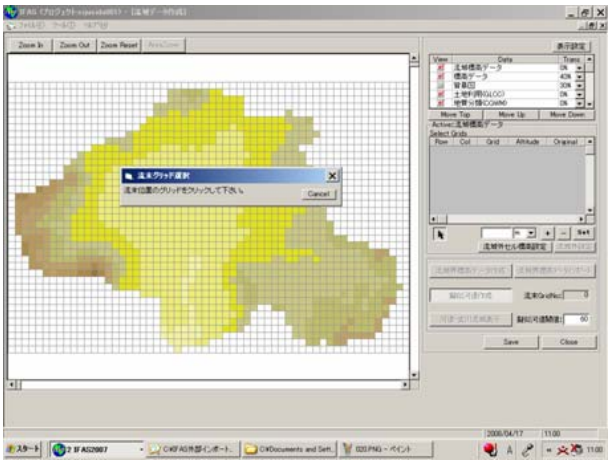
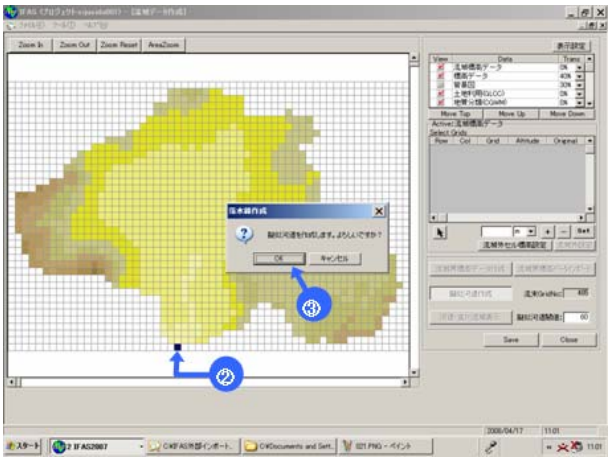


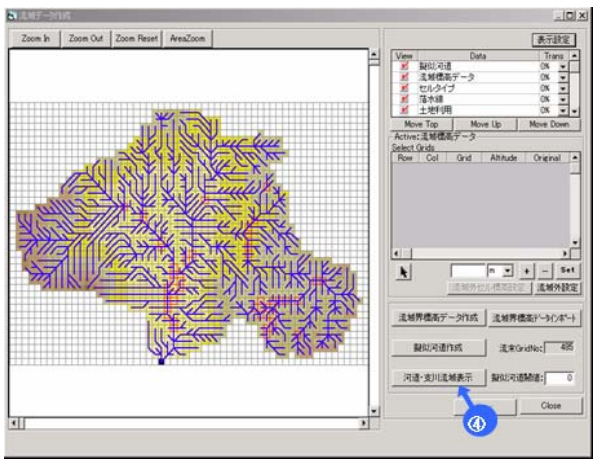
図-5.2　落水線の方向





①「擬似河道作成」ボタンを押して、落水網処理を行います。流末グリッド選択の画面が表示さる。

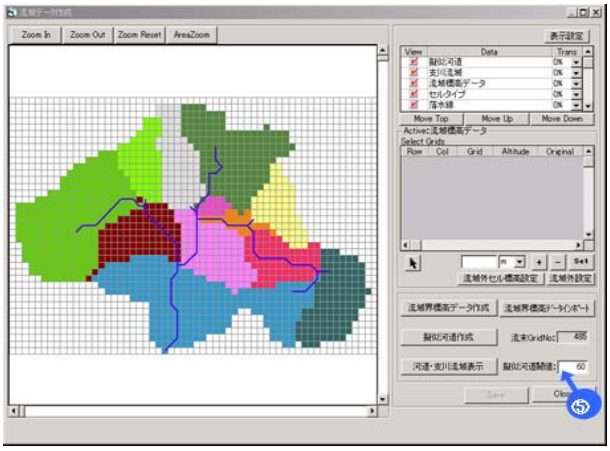


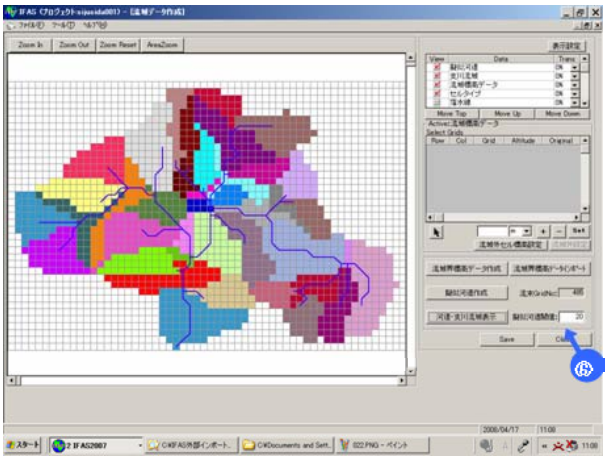


②流末グリッドを平面図上で選択する。流末は 1 箇所のみ選択し、流域内の一番外側のセルとする。

③確認の画面が表示され、「OK」ボタンをクリックすると落水線が作成される。

④「河道・支川流域表示」ボタンをクリックすると、自動的に支川流域に区分して表示される。このとき擬似河道の閾値は、支川とみなすセルの数を示し、変更することで支川流域の表示を変更することができ、閾値を 0 とすると各セルの落水網を表示する。

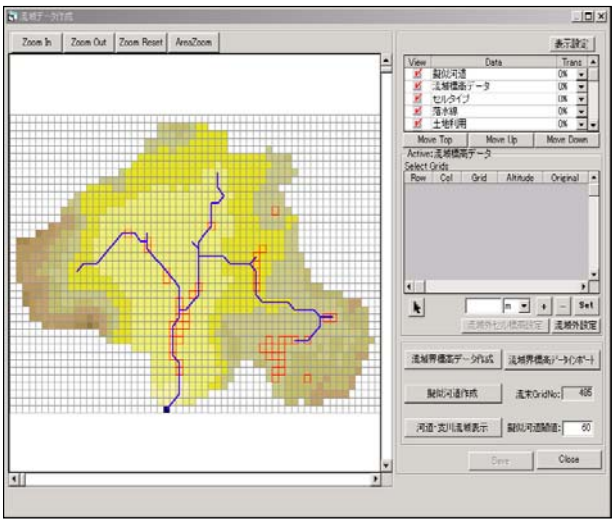




⑤閾値を 60 とした場合は上流の 60 セル以上の場所から水が集まってくる場所に落水線を形成し、それぞれの支流に集まってくるセルを支川流域として設定している。デフォルトでは土研モデルのセルタイプの区分と同じ 60 としている。

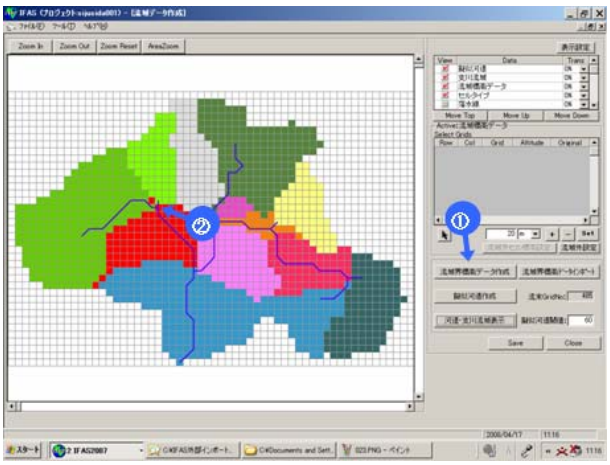
⑥閾値 20 とした例。

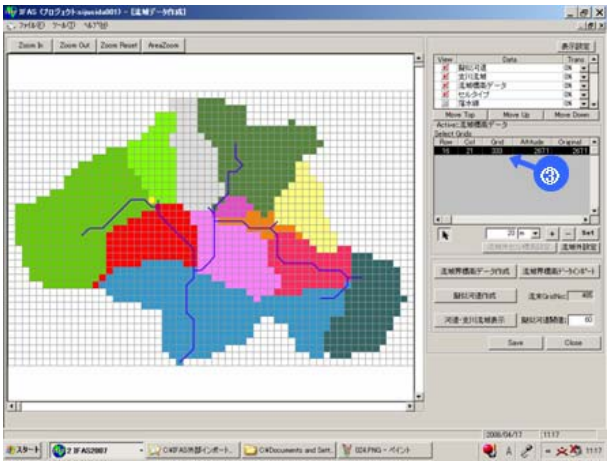
疑似河道が正しく作成されていることが確認できたら、Save し Close する。



⑦平面図上に表示される赤い枠のセルは、窪地処理を行った結果、標高値が変更されたセルを示す。変更された標高値は、セルを選択することでリストに表示され、変更前の標高値と合わせて確認することができる。

6.3.2　流域内標高の修正





①降雨データの修正等と同様に、標高を修正する場合には、  をクリックし変更したいセルをクリックまたは範囲選択し、②変更したい数値を②に入力し、変更する単位をｍもしくは%のどちらかを選択してから流域外セル標高設定をクリックすることで流域外のセルを流域に変更することができる。標高修正後は、全てのセルに対して落水線を設定するため、再度、河道網作成の処理を行う必要がある。

6.4　パラメータの設定

6.4.1　パラメータの項目

IFAS では、流出解析モデルとして下記のパラメータを設定する必要がある。

①表層パラメータ

表-5.1　表層パラメータ

記号	表　　記	単　　位	説　　明
Sf2	HFMXD	m	表面の最大貯留高 地表面の A0 層の最大貯留高を想定する 10～40 ㎜を想定すればよい
Sf1	HFMND	m	早い流出が発生する高さ 5～10 ㎜を想定すればよい
Sf0	HFOD	m	地下浸透が発生する高さ ５㎜程度を想定すればよい Sf1≧Sf0 の条件が必要
f0	SKF	cm/s	最終浸透能
αri	FALFX	無次元	早い中間流の流出量を規定する係数 fo･αri が最大の流出量になる。αri は一次流出率、不浸透面積率と同程度になる
N	SNF	m-1/3s-1	地表面の粗度係数。実際の斜面の粗度係数であり、等価粗度法の N 値より小さい値となる。最終浸透能を雨量強度より大きく設定すると表面流は発生せず、N 値は流出に無関係になる。
	HIFD	m	計算のための初期値

②帯水層パラメータ

表-5.2　帯水層パラメータ

記号	表　　記	単　　位	説　　明
sg	HCGD	m	不圧地下水が流出する貯留高
Au	AUD	(1/mm/day)^1/2	不圧地下水の流出係数　　Au2 でないことに注意
Ag	AGD	1/day	被圧地下水の流出係数
	HIGD	m	計算のための初期値

③河道パラメータ

表-5.3　河道パラメータ

記号	表　記	単　位	説　明
c	RBW		係数。実際の川幅から設定する。 単位は川幅が m、流域面積が km2 である
s	RBS	無次元	係数。0.3～0.5 程度である
n	RNS	m-1/3s-1	Manning の粗度係数
	RRID	m	計算のための初期値
	RGWD	1/day	河道から地下水タンクへの浸透係数 表層タンクと不飽和帯タンクの流出流が流入するタンクに利用できる。山地流域では特に必要ないと考える
	RHW	―	高水敷冠水流量に対応する水位を hc=RHW・ARHS で計算
	RHS	―	RHW を参照
	RBH	無次元	高水敷幅/低水路幅
	RBET	無次元	高水敷ののり勾配
	RLCOF	無次元	河道長の補正係数

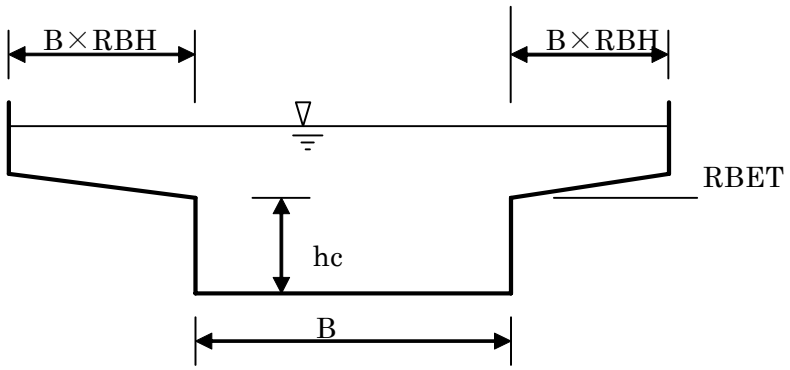


図-5.3　副断面水路における河道パラメータ

6.4.2　パラメータの設定方法

IFAS では、全てのセルのパラメータを設定する必要がある。前述の表層パラメータ、帯水層パラメータ、河道パラメータそれぞれについて、パラメータテーブルに示されるようにいくつかの区分に分類し、各セルにその分類を割りあてることにより設定を行う。

パラメータの設定方法は、主に以下の 3 とおりの方法がある。

①外部データの凡例区分による自動設定

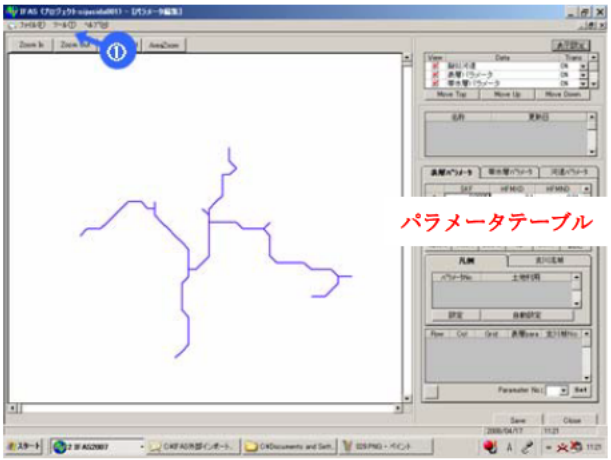
土地利用や土壌区分など、読み込んだ外部データに基づき、各セルのパラメータを自動的に設定する。

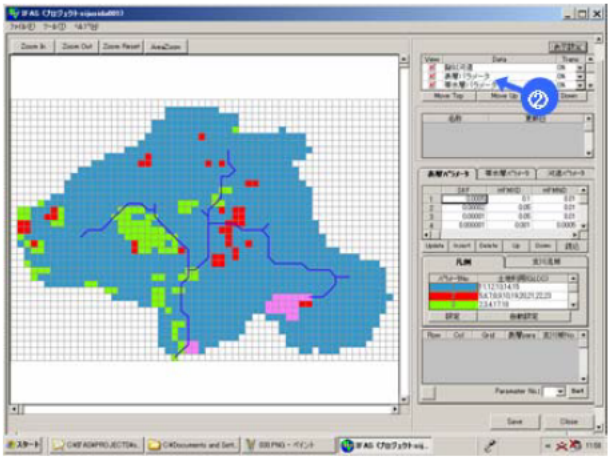
②支川流域による自動設定

支川流域毎にパラメータを設定する。

③手動による設定

ユーザがセルを選択し、任意にパラメータを設定する。上記の自動設定に対する修正も同様に行える。





①パラメータ編集を選択するとパラメータ編集画面が開く。

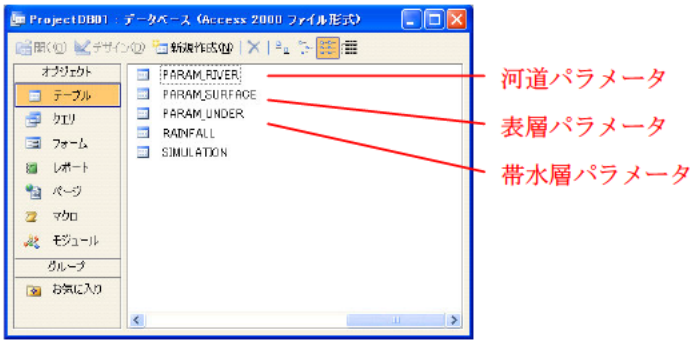
②パラメータ設定の際に参考とする土地利用データ等を表示させる。

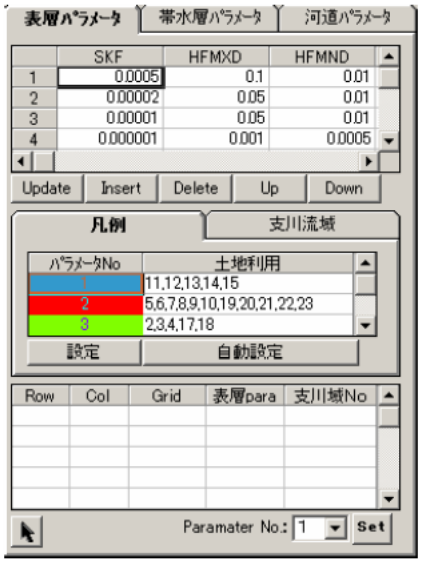
(1)パラメータテーブルの設定

まずはじめにパラメータテーブルの設定を行う。

IFAS では、表層パラメータ 5 区分、帯水層パラメータ 1 区分、河道パラメータ 1 区分のデフォルトのパラメータ値が用意されている。水文データ等が得られない場合にはこの値をそのまま使用することになるが、変更する際には、以下の手順に沿って変更を行う。

パラメータのデフォルト値は、C:¥IFAS¥DB¥ProjectDB01.mdb の中のテーブルで設定しており、このテーブルのデータを変更することによりデフォルト値が変更される。





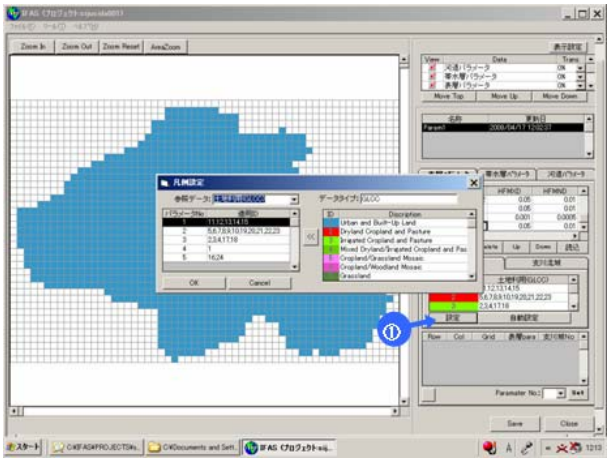
「Update」ボタン・・・パラメータを更新する。

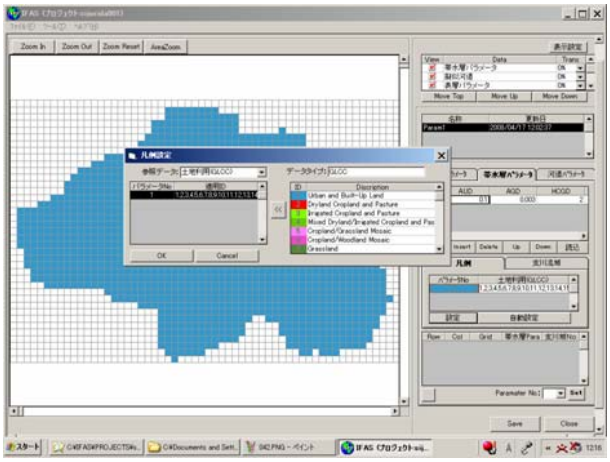
「Insert」ボタン・・・新規にパラメータ区分を追加する。ボタンをクリックするとリストの最後に行が追加され、値を入力することができる。入力後は「テーブル更新」ボタンを押し更新する。

「Delete」ボタン・・・既存のパラメータテーブルを 1 行ごとに削除する。

「Up」ボタン・・・リストに表示されたパラメータテーブルの位置を 1 つ上げる。

「Down」ボタン・・・リストに表示されたパラメータテーブルの位置を 1 つ下げる。





①表層パラメータの設定：ここでは GLCC による設定を示す。

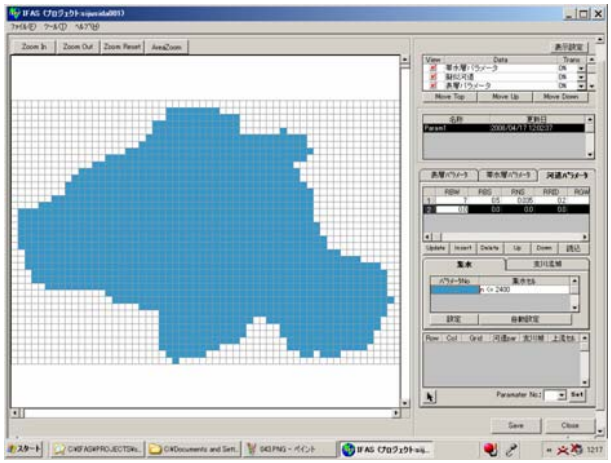
設定ボタンをクリックすると表層パラメータテーブルの設定画面が表示される。凡例設定画面の左側の表でパラメータ No を指定後、右側の「Discription」から凡例を選択し「＜＜」ボタンをクリックすることで、選択された凡例の“ID”が左側の「適用 ID」欄に表示され、パラメータ No に割当てられる。ここで、パラメータテーブルに対応した土地利用区分を選択し、O.K ボタンをクリックするとテーブルが反映されます。

ここでの凡例の対応を基に、自動設定が行われる。

GLCC だけでなく、土壌や地質データに関する対応を設定することにより、同様にパラメータを設定することも可能。

②帯水層パラメータの設定：ここでは GLCC による設定を示す。

帯水層のパラメータは、現在 1 区分のみとしているため、全ての土地利用に対して同じパラメータとしている。





③河道パラメータの設定

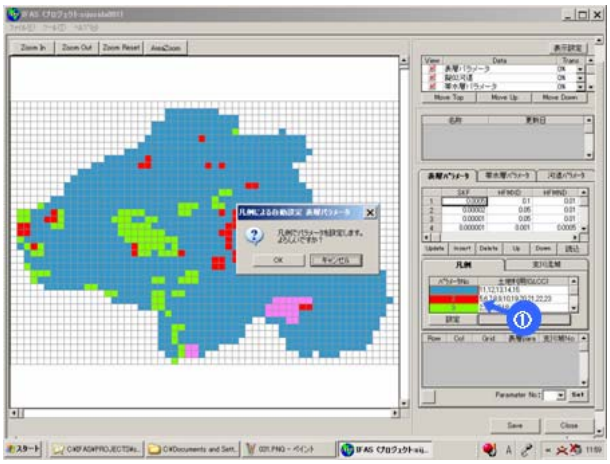
IFAS ウィンドウのツールから「パラメータの設定」メニューをクリックし、河道パラメーター選択すると、パラメータ設定画面が表示される。河道メッシュ数により用いるパラメーターテーブルを設定する。河道パラメータについては、「凡例設定」ボタンをクリックすると上流セル数凡例画面が表示され、上流セル数の値にパラメータ No を割当てることで、自動的に河道パラメータを各セルにセットすることができる。

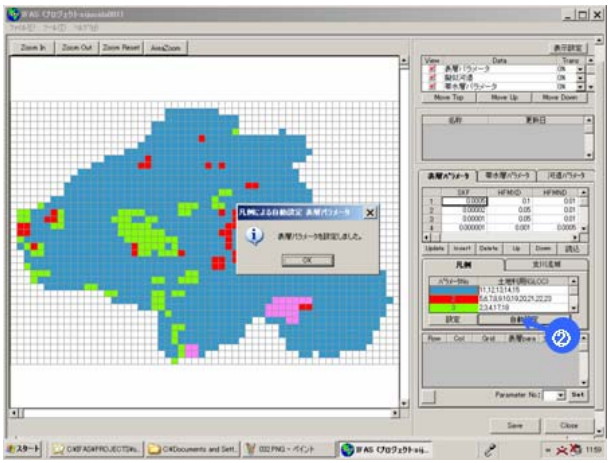
n＜＝ⓧ・・・上流セル数の値が x 以下の場合

Rangeⓧ--ⓨ・・・上流セル数の値が x 以上 y 以下の場合

n＞＝ⓧ・・・上流セル数の値が x 以上の場合

(2)外部データの凡例区分による自動設定

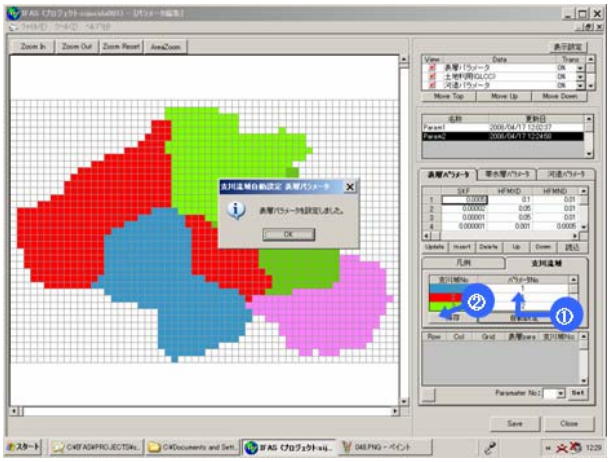


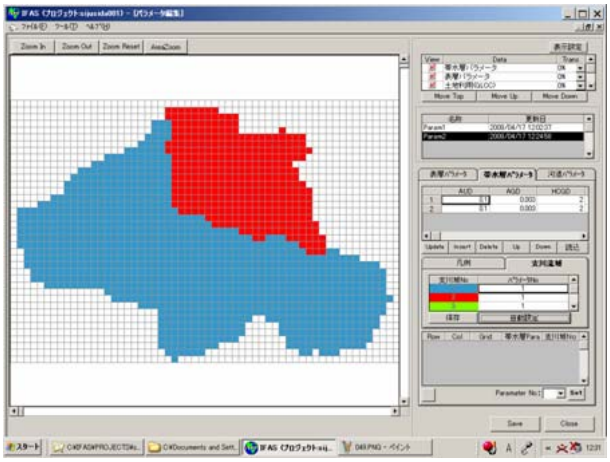


①凡例ボタンを押し、パラメータの区分と対応する土地利用等の区分が関連付けされていることを確認する。

②「自動設定」ボタンを押し、各セルに対してパラメータ設定を行う。
同様に、帯水層パラメータ、河道パラメータについても設定を行う。

(3)支川流域による自動設定



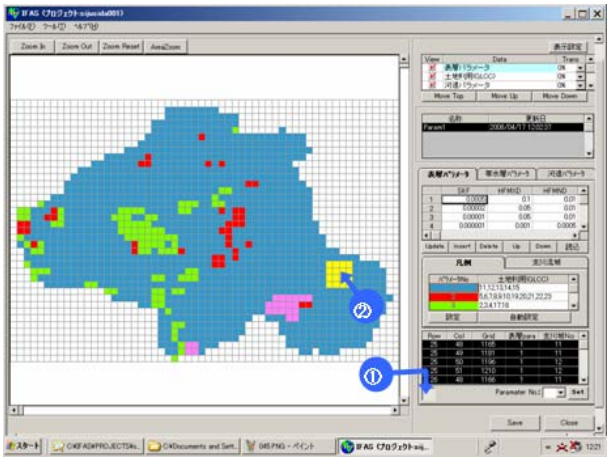


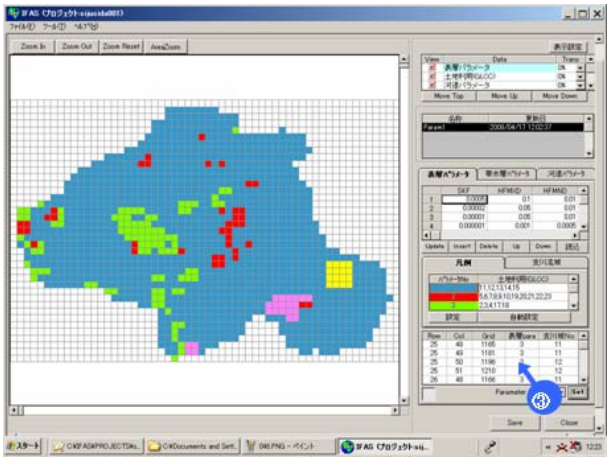
①支川流域によりパラメータを自動設定する場合は、支川流域 No に割当てるパラメータ No を入力し、

②凡例「保存」ボタンを押します。

③「支川流域自動設定」ボタンをクリックすると、設定された割当てに従って、各セルにパラメータがセットされます。

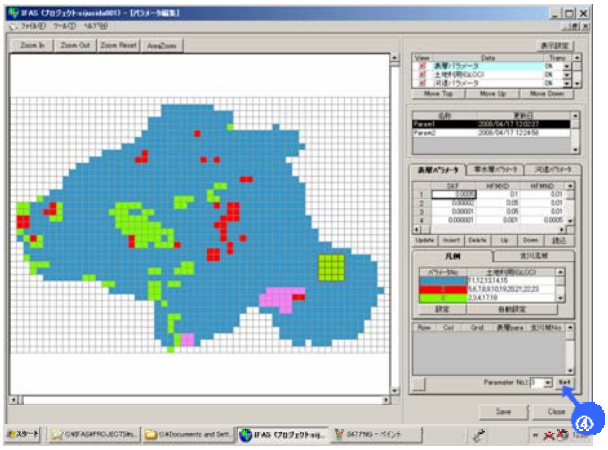
(6)手動による設定(変更)





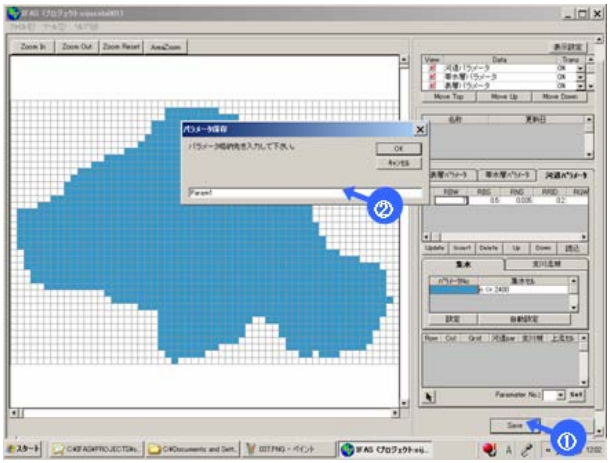
①  をクリックし、セル選択を可能にして、②修正するセルを選択します。指定されたセルの行、桁、グリッド、パラメータおよび支川流域 No が表示される

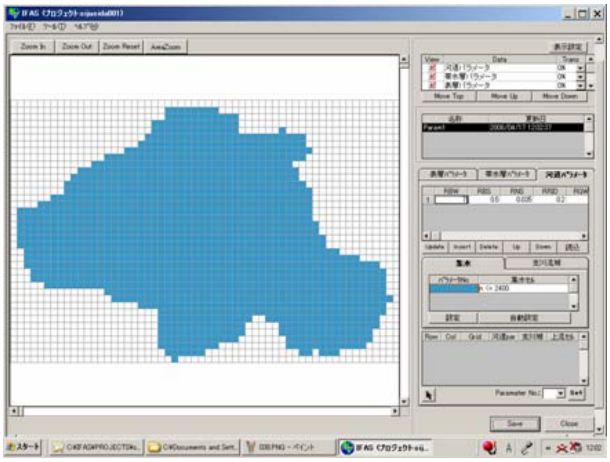
③修正するセルに対し、パラメータテーブル表にある変更するパラメータ区分や設定するパラメータ区分を入力する。



③パラメーターを修正後 Save すると修正したパラメーターが反映される。

(5)パラメータ設定の保存



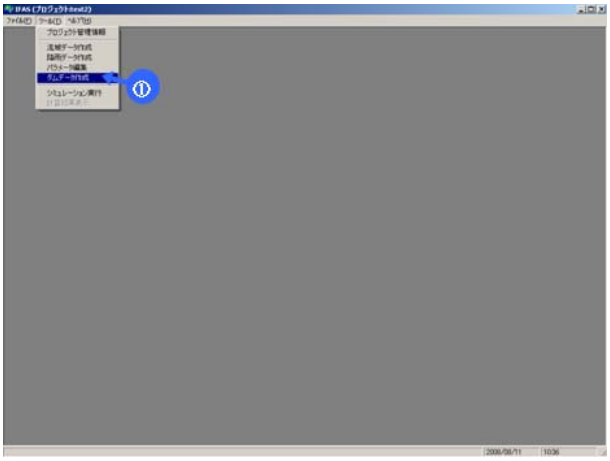
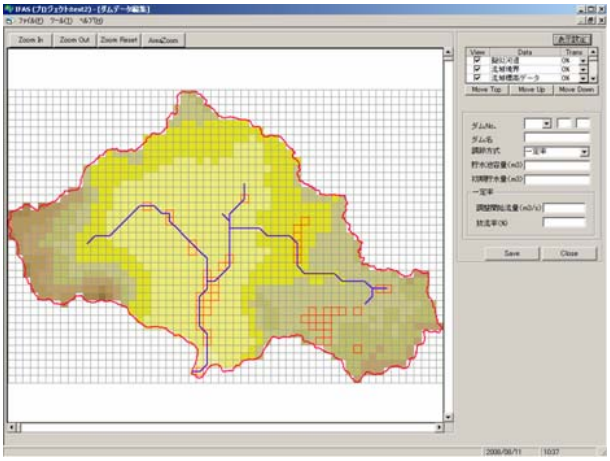


①Save をクリックするとパラメータの設定ファイルが表示されるので、②保存するパラメータ設定ファイル名を入力する。

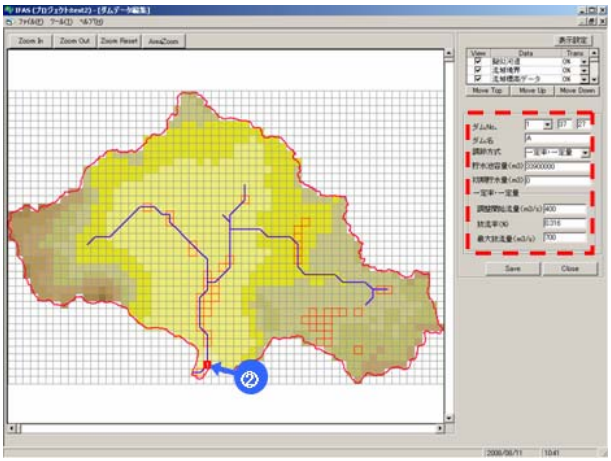
③Save するとパラメータが保存されます。Save されたパラメータ名を選択することにより、表紙・修正が可能。

6.5　ダムによる洪水調節機能の設定

IFAS では、任意の地点においてダムによる洪水調節効果を考慮した計算が可能である。

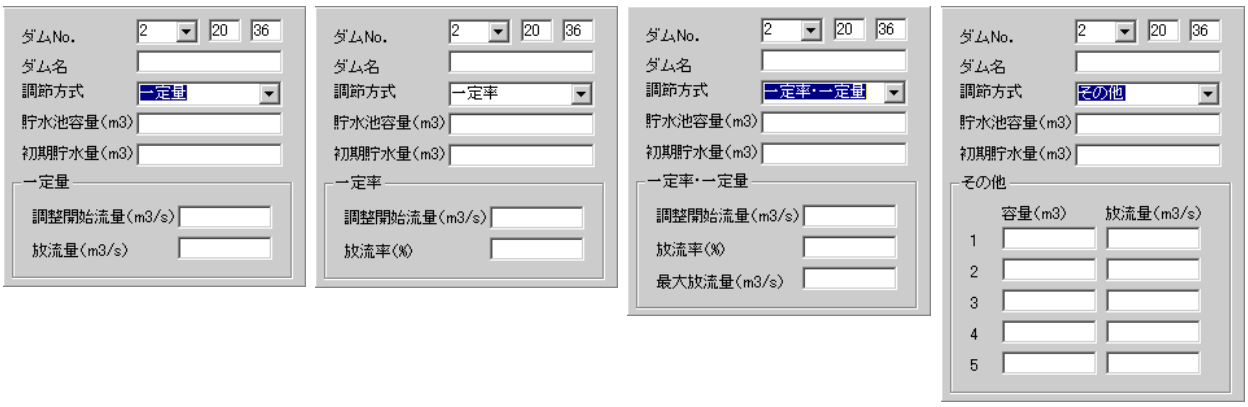



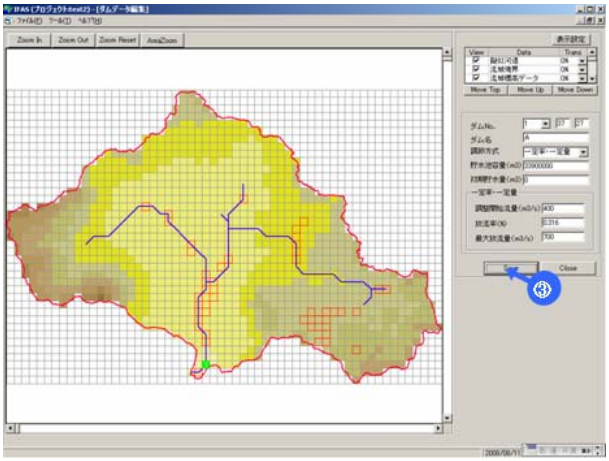
①「ツール」メニューから、「ダムデータ作成」を選択し、設定画面を表示させる。

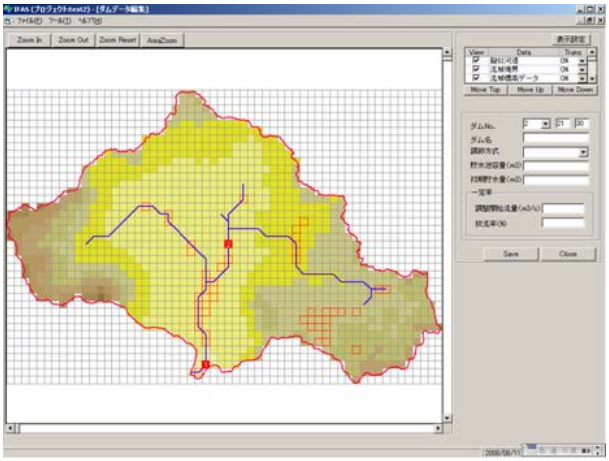


②平面図において、設定したいダムの位置をダブルクリックする。選択したセルが赤く着色されるとともに、ダムの番号が設定される。

ダムの洪水調節方法に関する数値を記入する。洪水調節方法は、一定量方式、一定率方式、一定率一定量方式、その他のなから選択し、必要な条件を入力する。ここで、その他の方式とは、貯水位量の容量に応じて放流量を変えるものであり、ユーザーは、容量に対する放流量を入力する必要がある。







③入力後、Save を行い保存する。

複数地点にダムを設定する際には、上記の作業を繰り返し実施する。また平面図上に、ダムの位置とNo.が表示される。

7. 計算の実施および計算結果の表示

7.1　計算の実施

7.1.1　シミュレーションの概念

IFAS では、作成した降雨データ(「5.降雨データの読み込み」参照)およびパラメータ(「6.流出解析モデルの作成」参照)を組み合わせて計算ケースを管理することが可能である。このケースのことを、「シミュレーションモデル」と呼ぶ。シミュレーションモデルのイメージは以下に示すとおりである。

これにより、ユーザーは降雨データの違いによる感度分析、パラメータの変更による実績流量の再現計算などの作業が効率的に実施可能となる。

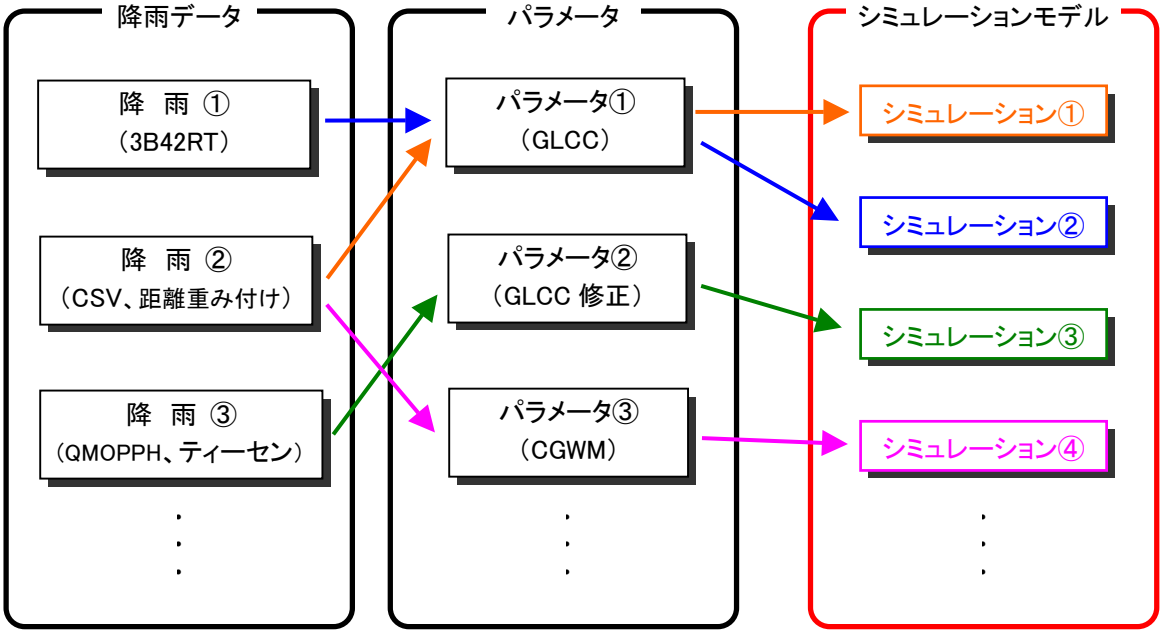


図-7.1　シミュレーションの概念

7.1.2　計算の実施

メニューバーの「ツール」→「シミュレーション実行」から、シミュレーション実行画面を起動する(図-7.2 参照)。

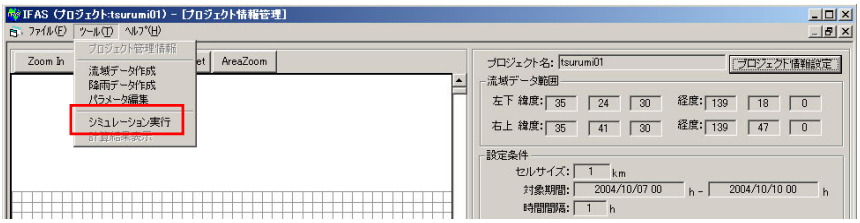


図-7.2　シミュレーション実行画面の起動

7.1.1 で説明したように降雨データとパラメータを選択してシミュレーションモデルを登録し、計算を実行する。

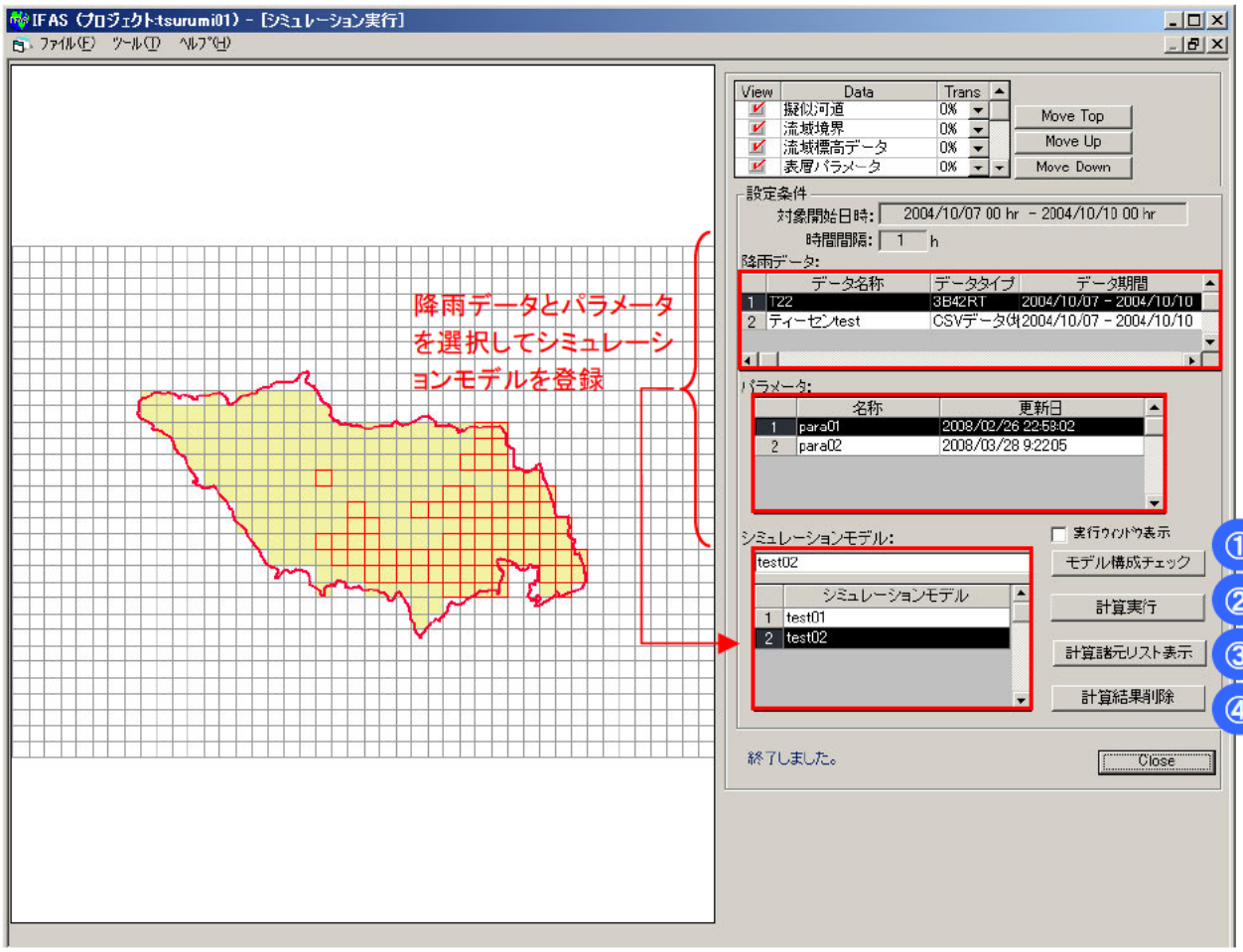


図-7.3　シミュレーション実行画面

①シミュレーションを実行するために必要なデータの不足がないかチェックする。
②計算を実行する。なお、実行ウィンドウ表示にチェックを入れて計算を実行した場合、コマンドプロンプト画面が起動し計算の経過を見ることが可能である。
③計算に使用するパラメータの一覧を表示する。
④ボタン左のリストからシミュレーションモデルを選択し、ボタンを押して削除する。

登録したシミュレーションモデルは、以下のフォルダに保存される。

保存先フォルダ ---> C:¥IFAS¥PROJECTS¥プロジェクト名¥SIMU

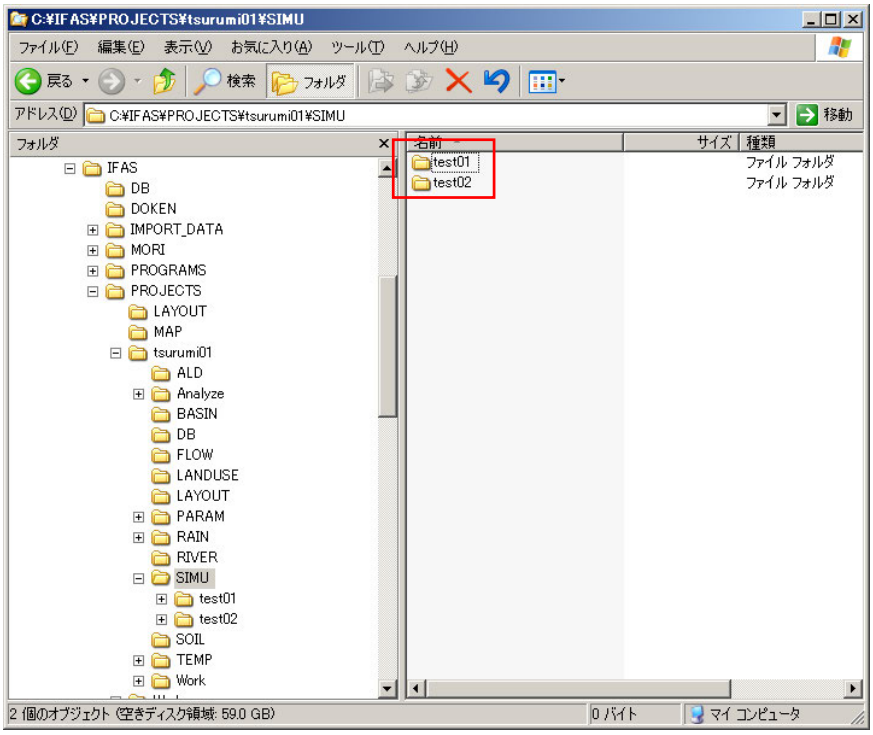


図-7.4　シミュレーションモデルの保存先

7.2　計算結果の表示

7.2.1　計算結果表示の機能

シミュレーション実行画面において結果を表示させたいシミュレーションモデルを選択し、メニューの「ツール」→「計算結果表示」から、シミュレーション結果表示画面を起動する(図-7.5 参照)。

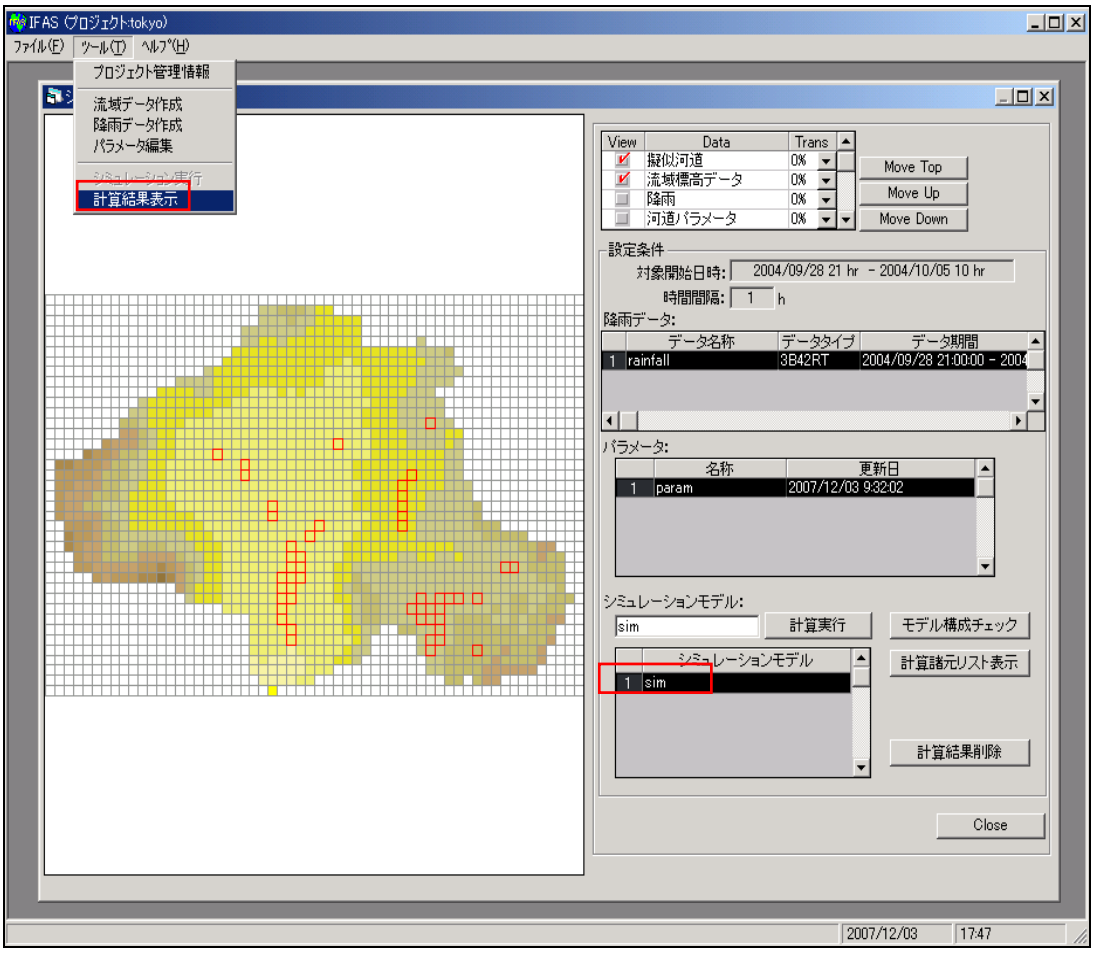


図-7.5　シミュレーション結果表示画面の起動

起動すると計算結果表示の基本画面である流域の平面図が表示される。この平面図では計算に使用した流域や河道の条件を表示できる他、指定した地点のハイドログラフや河道断面の水位変動なども表示することが可能である。

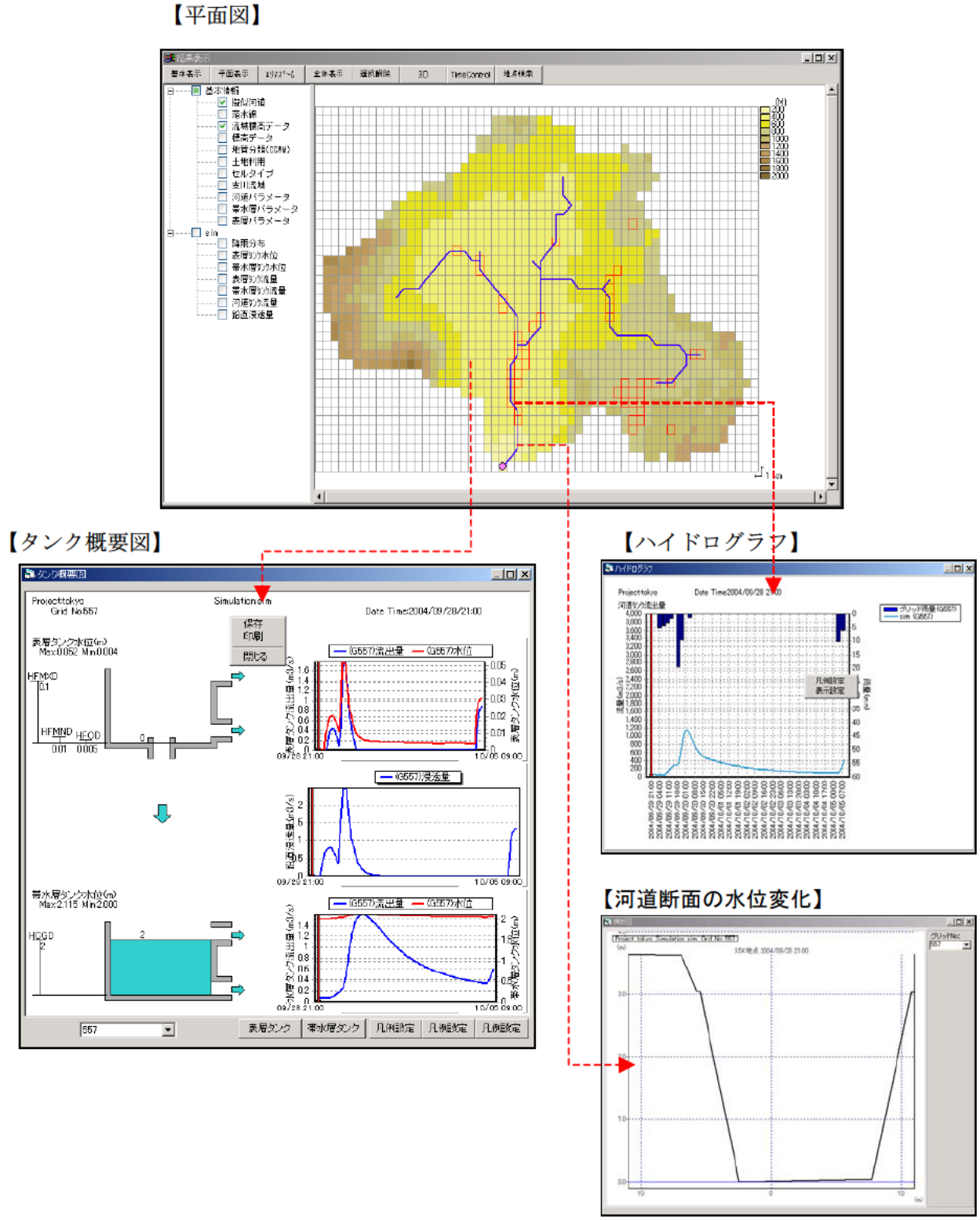


図-7.6　平面図からタンク概要図やハイドログラフの表示画面起動

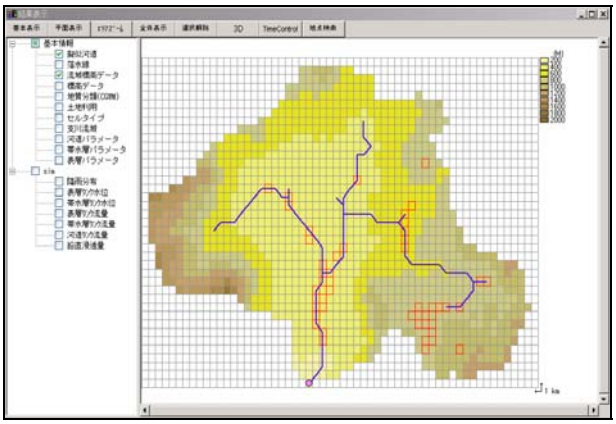
(1)平面図の機能

平面図は、画面左にある「基本情報」および「シミュレーションモデル」のメニューで選択したものが表示される。

「基本情報」は計算で使用した流域標高データやパラメータなどの計算条件、「シミュレーションモデル」は降雨分布やタンク水位・河道流量など計算結果が表示でき、かつシミュレーションモデルは複数のシミュレーションを追加することが可能である。

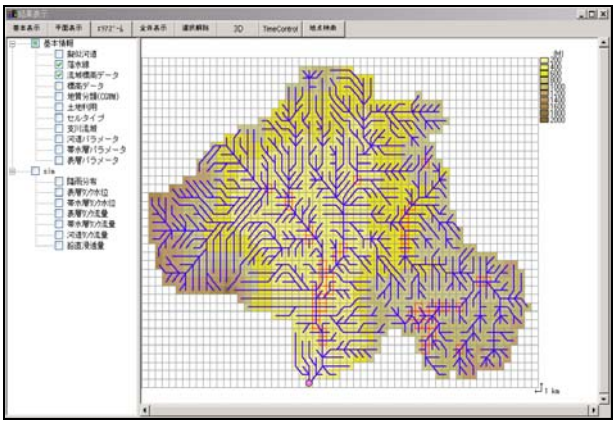
「基本情報」のイメージ図は以下に示すとおりである。

擬似河道・流域標高データ



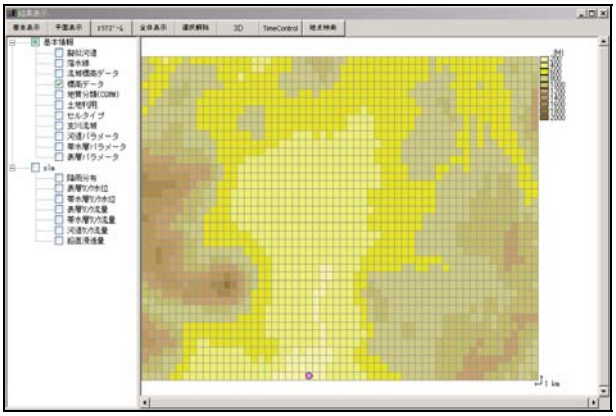
※擬似河道は単体では表示できない

落水線・流域標高データ



※ 落水線は単体では表示できない

標高データ



地質分類

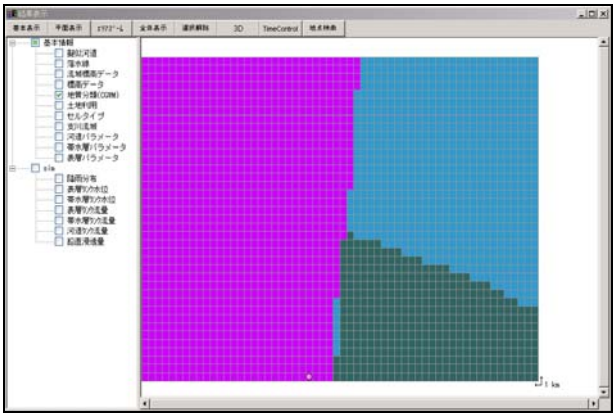
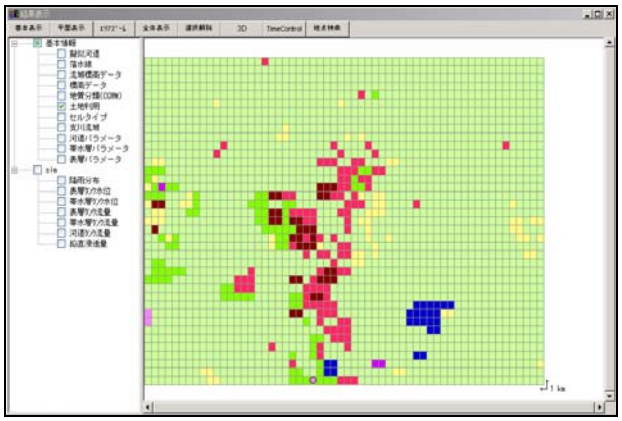
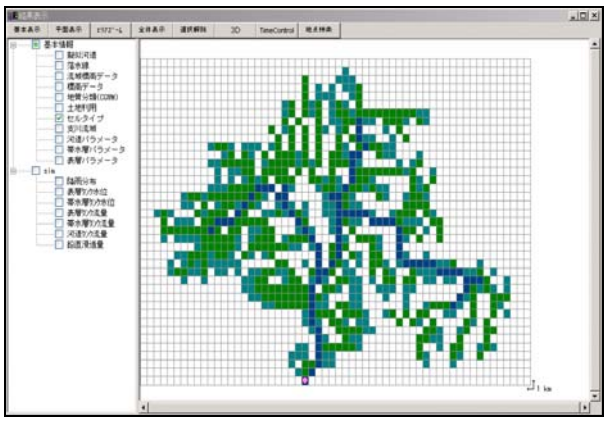


図-7.7(1)　「基本情報」の画面イメージ

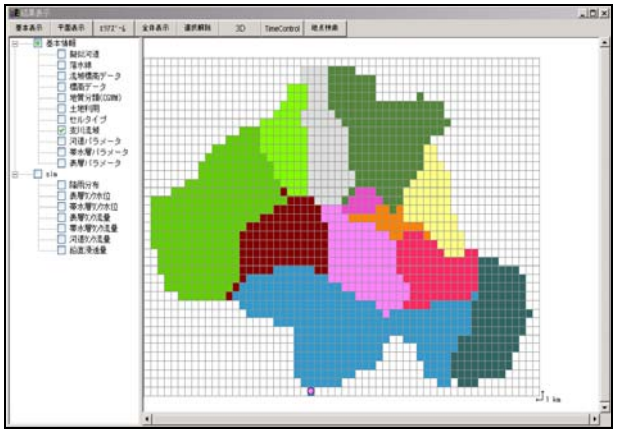
土地利用



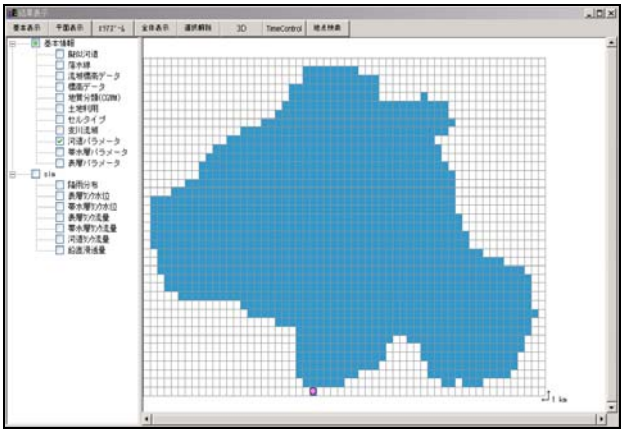
セルタイプ



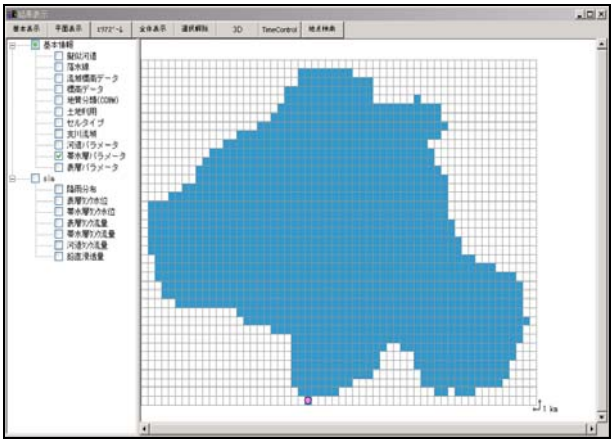
支川流域



河道パラメータ



帯水層パラメータ



表層パラメータ

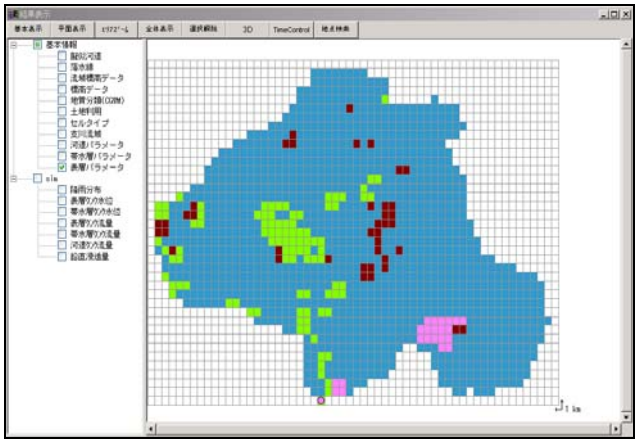


図-7.7(2)　「基本情報」の画面イメージ

ダム

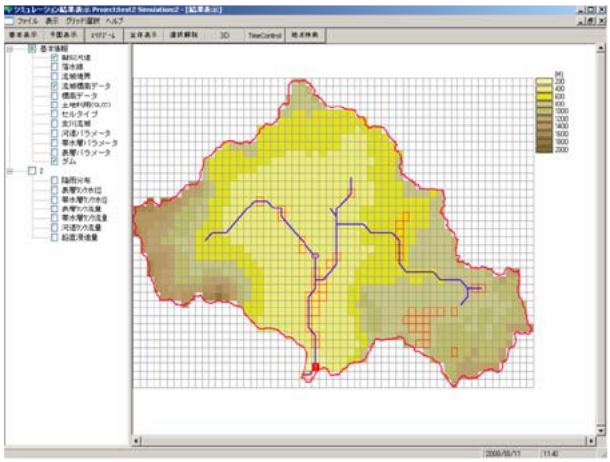


図-7.7(3)　「基本情報」の画面イメージ

シミュレーションモデルの計算結果は以下のフォルダに、すべてテキスト形式で保存されており、平面図ではそれらを図化して表示する。結果が格納されているフォルダを図-7.8、計算結果表示のイメージ図を図-7.9 に示す。

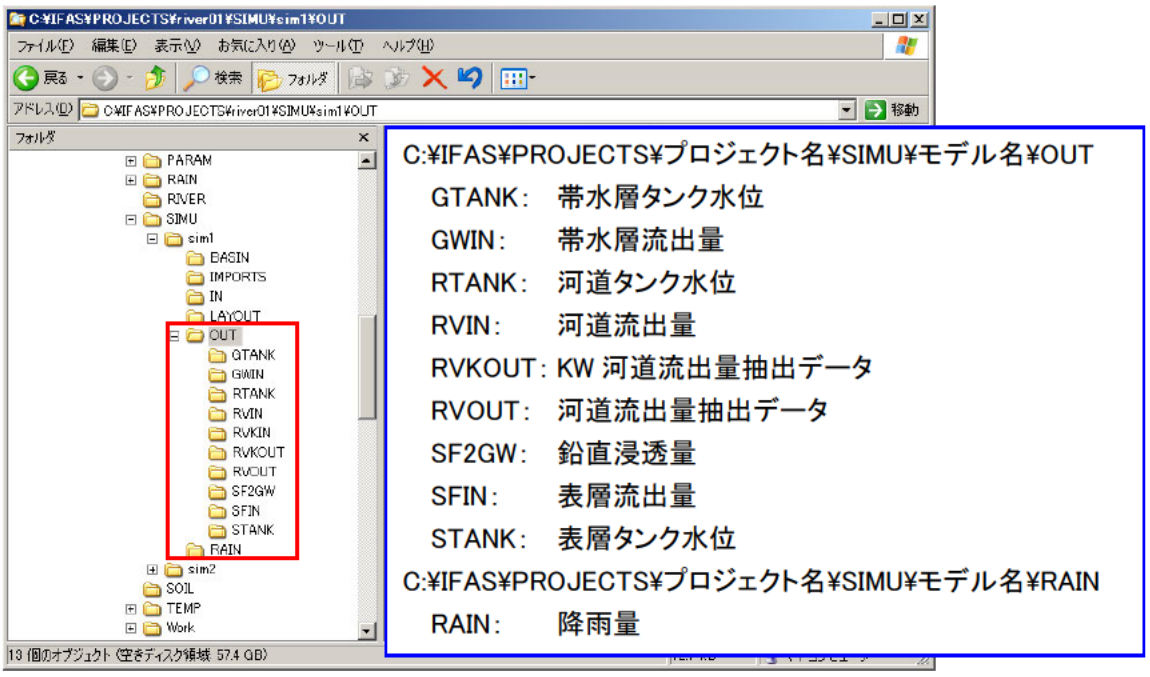
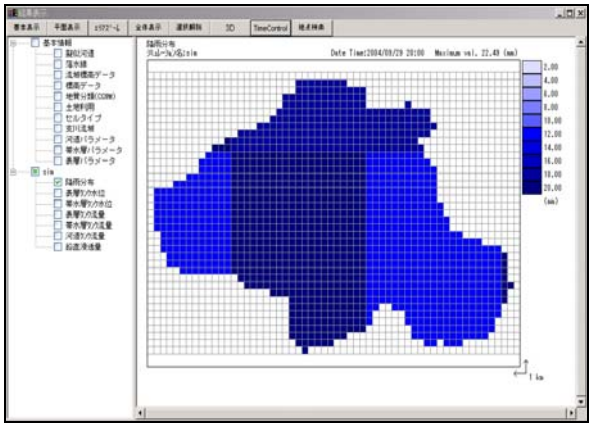
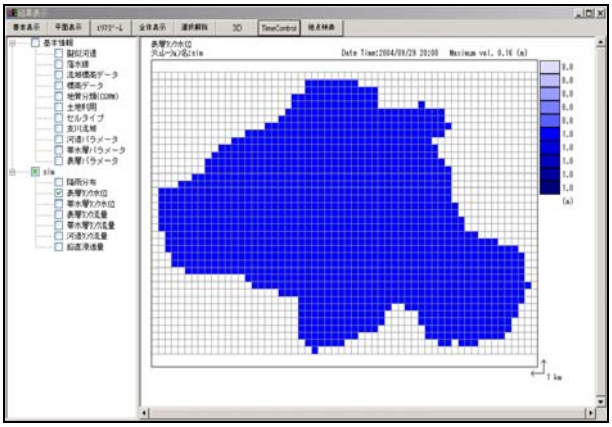


図-7.8　雨量および計算結果の保存先

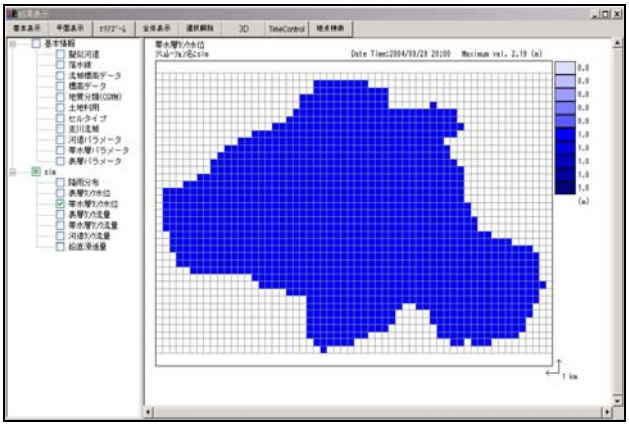
降雨分布



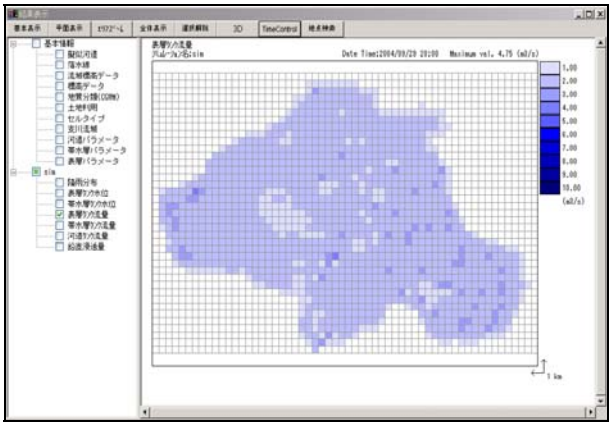
表層タンク水位



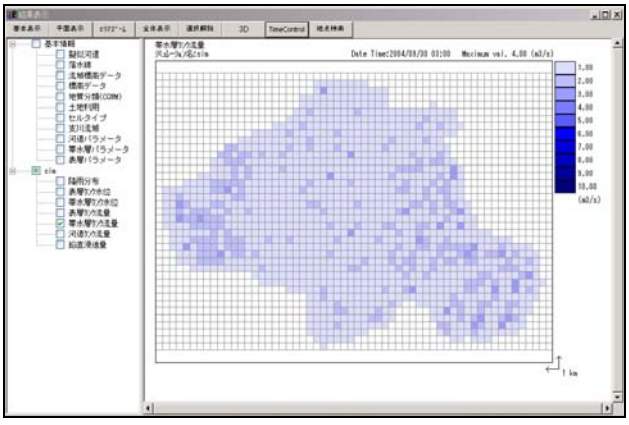
帯水層タンク水位



表層タンク流量



帯水層タンク流量



河道タンク流量

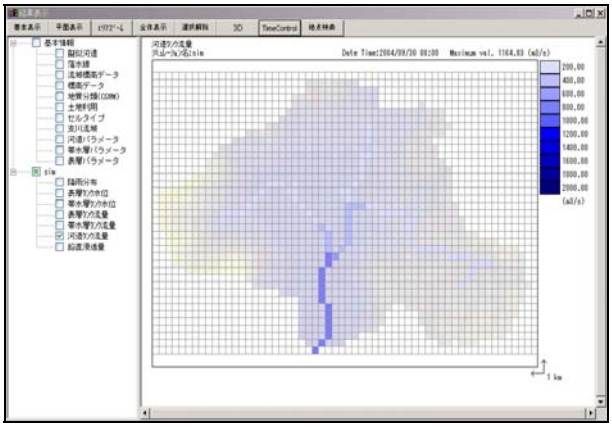


図-7.9(1)　「シミュレーションモデル」の画面イメージ

鉛直浸透量

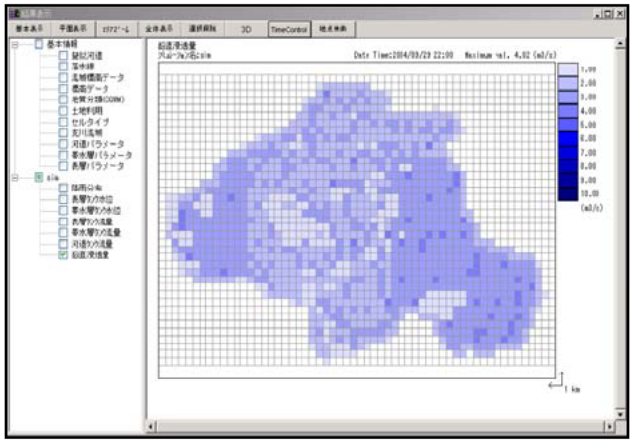
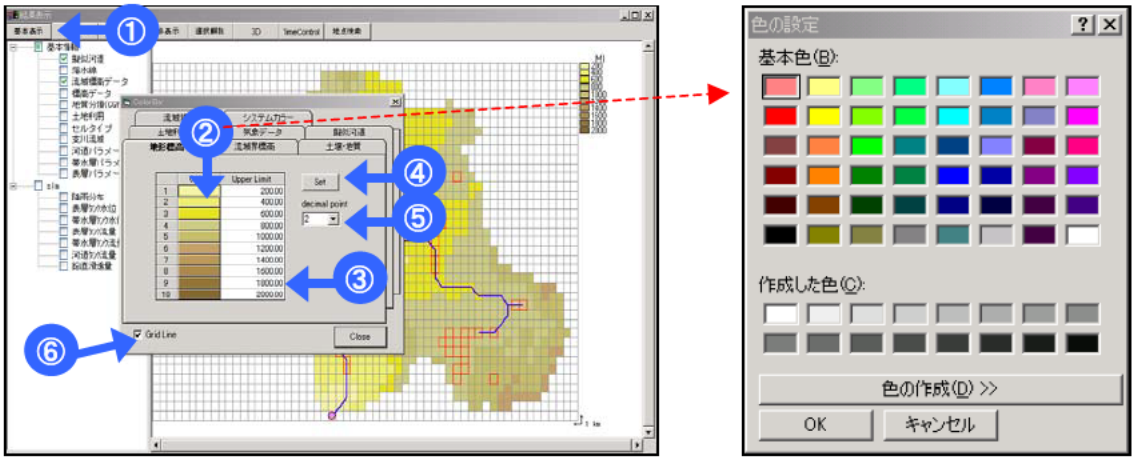


図-7.9(2)　「シミュレーションモデル」の画面イメージ

(2)表示設定

表示設定を変更する場合はメニューにある「基本表示」から Color Bar を起動し、表示設定の変更を行う。



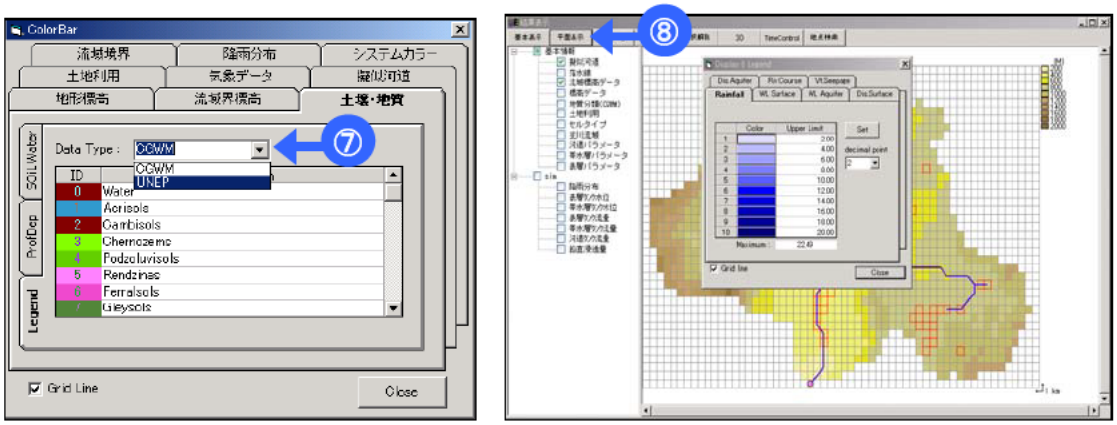


図-7.10　表示設定の変更

①「基本表示」ボタンをクリックすると「Color Bar」画面が表示される。ここでは「基本情報」に対する凡例の設定が行える。
②パレット部分をクリックすると「色の設定」画面が表示され、任意の色に変更することができる。
③変更したい数値部分をクリックして直接、値を変更することもできる。
④色、又は値を変更したら「Set」を押して設定を変更する。
⑤「decimal point」では設定値の少数点以下の桁数設定を行える。
⑥「Grid Line」のチェックの付け外しをすることでグリッド線の表示、非表示を設定することができる。
⑦「土壌・地質」では、「CGWM」と「UNEP」の凡例を見ることができる。
⑧「平面表示」は「基本表示」と基本的な操作は同様であり、降雨分布や計算結果の表示設定を行うことができる。

(3)エリアズーム・全体表示

「エリアズーム」により平面図の拡大、「全体表示」により平面図の全体表示が可能である。

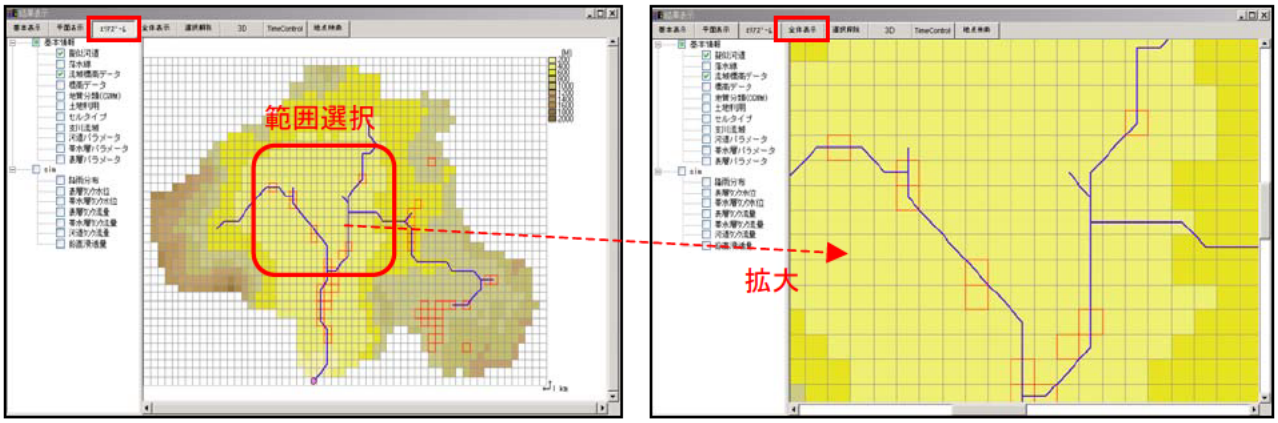


図-7.11　エリアズームのイメージ

(4)選択解除

平面図では、ハイドログラフや河道断面を表示させるグリッドを複数選択できる。この複数指定したグリッドを解除したい場合に「選択解除」をクリックする(グリッド選択については、0 で述べる)。

なお、選択解除した場合、最初に選択したグリッドはそのまま残る。

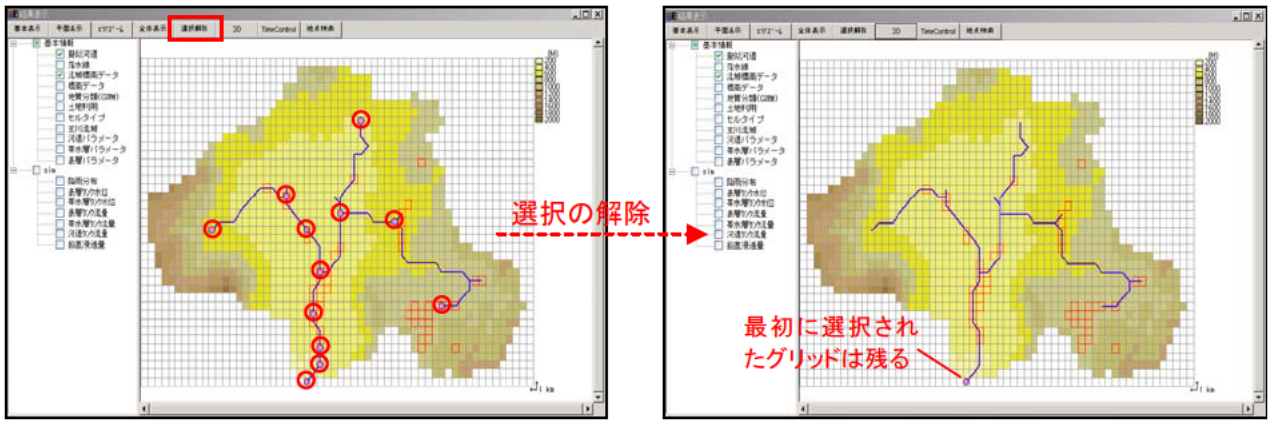


図-7.12　選択解除のイメージ

(5)3D

「3D」ボタンをクリックすると平面図を３次元化した状態をみることが可能である。

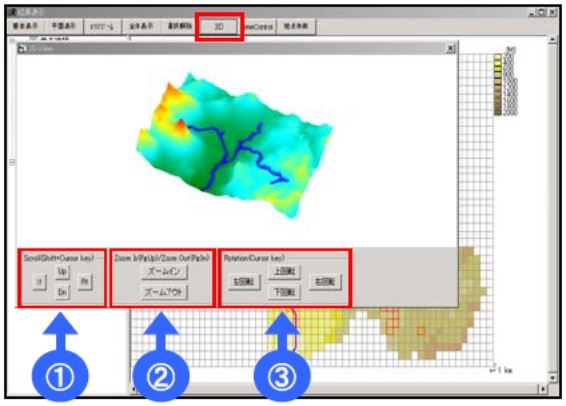


図-7.13　3D のイメージ

① Up　　図を上方向に移動
　Dn　　図を下方向に移動
　Lt図を左方向に移動
　Rt図を右方向に移動

② ズームイン　拡大
　ズームアウト　縮小

③ 上回転　　図の表示角度を上方向に変えていく。
　下回転　　図の表示角度を下方向に変えていく。
　左回転　　図の表示角度を左方向に変えていく。
　右回転　　図の表示角度を右方向に変えていく。

(6)Time Control

「Time Control」をクリックするとタイムコントローラーが表示され、計算結果をアニメーションで見ることが可能となる。また、画面上にハイドログラフやタンク概要図などを表示させていた場合、平面図のアニメーションと連動して動く。

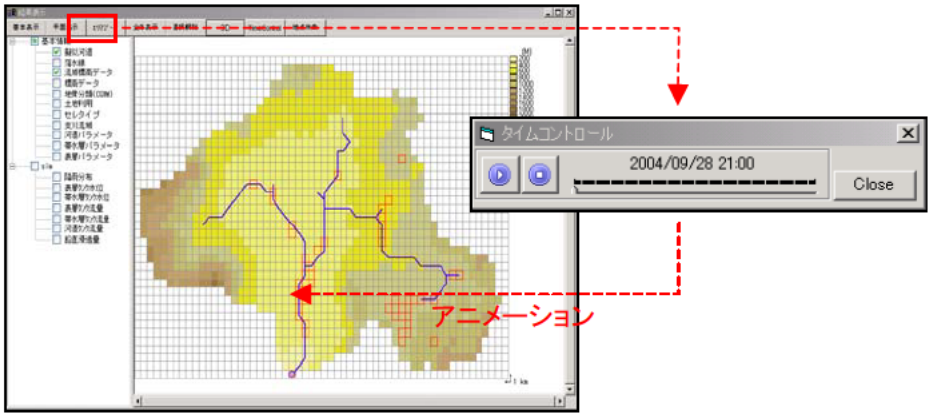


図-7.14　Time Control のイメージ

(7)地点検索

「地点検索」ボタンをクリックすると「地点検索」画面が表示され、任意の緯度経度を入力すると、平面図上の所定のグリッドを検索することができる。

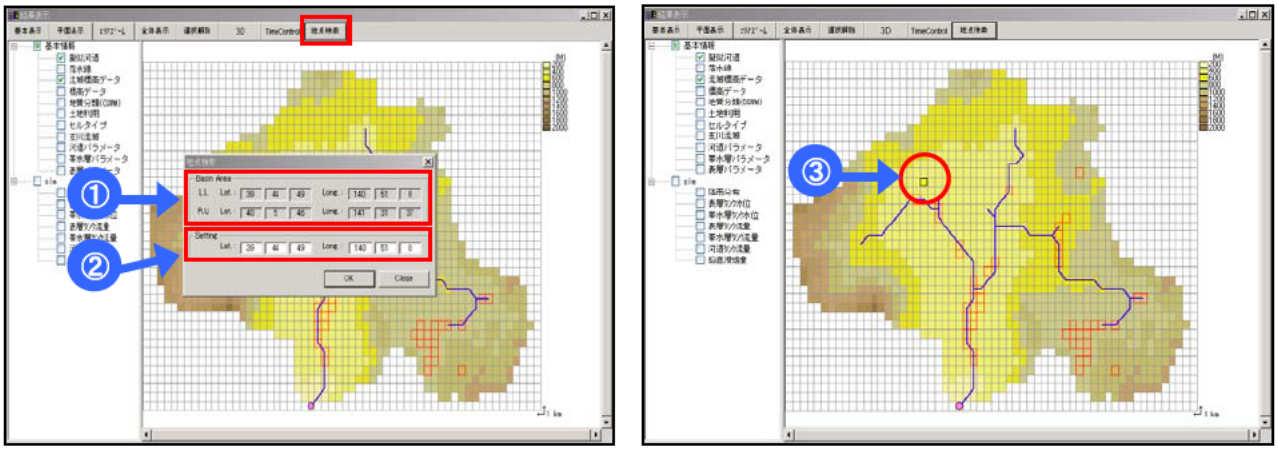


図-7.15　地点検索のイメージ

①「Basin Area」には現在表示させているプロジェクトの設定範囲情報が表示される。

②「Setting」には検索する地点情報(緯度・経度)を入力する(デフォルトでは、左下の緯度、経度が設定されている)。

③「Setting」に任意の値を入力して「OK」をクリックすると、入力した緯度、経度に対応したセルが黄色く表示される(「選択解除」ボタンをクリックすると検索前の状態に戻る)。

(8)シミュレーションの概要

シミュレーションモデルを右クリックすると、シミュレーションの計算条件・使用データの確認ができる。

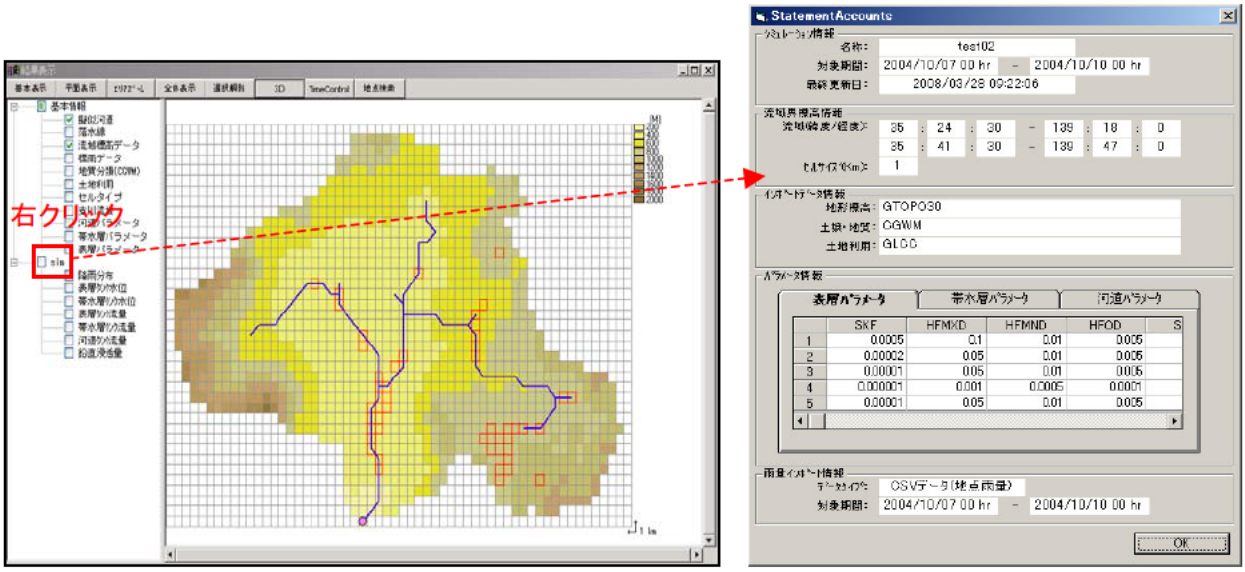
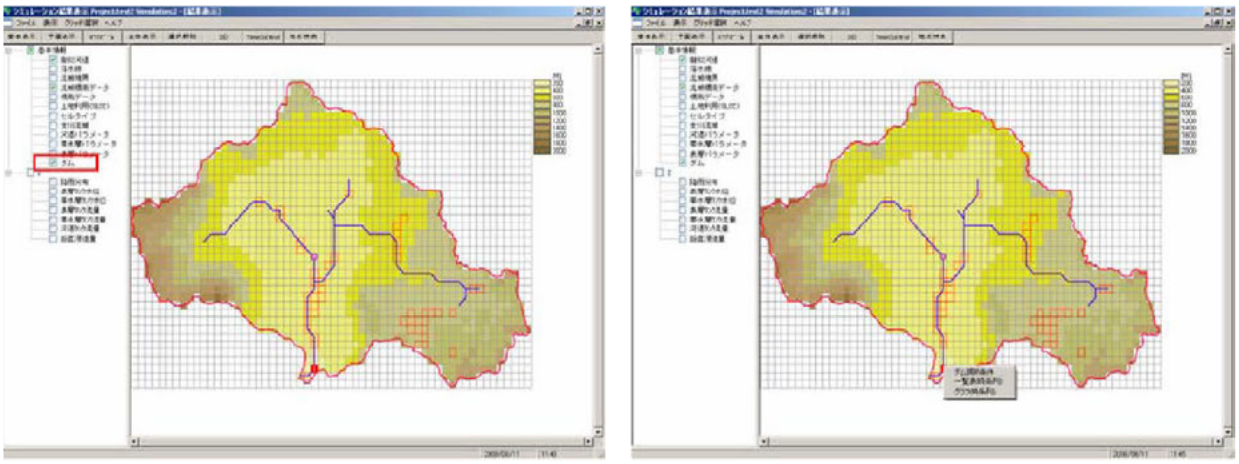


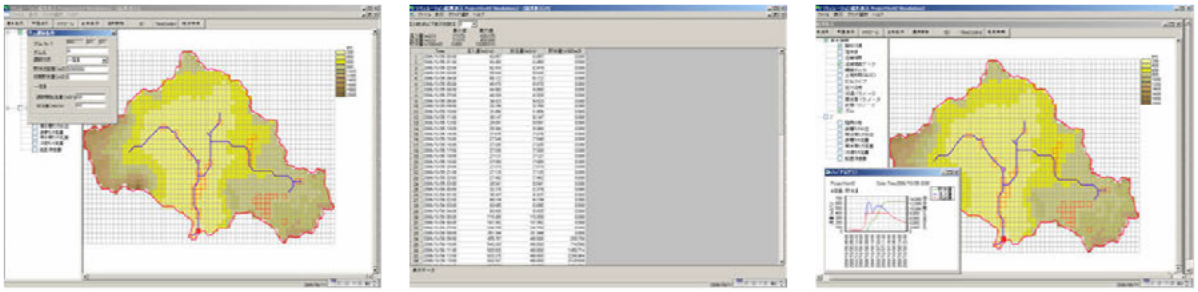
図-7.16　シミュレーションの概要表示

(9)ダムによる洪水調節の表示

基本情報から「ダム」を選択し、平面図上でダム位置を右クリックすると、「ダム調節条件」、「一覧表時系列」、「グラフ時系列」メニューが表示される。



各メニューを選択すると、以下のような図表が表示される。



7.2.2　シミュレーションファイルの追加と削除

IFAS の計算結果表示において、複数のシミュレーションを読み込み、ハイドログラフの重ね合わせなどにより結果を比較しながら見ることが可能である。

(1)シミュレーションファイルの読込み

メニューの「ファイル」→「シミュレーションファイル読み込み」から、シミュレーションの一覧表を起動し、シミュレーションの追加を行う。シミュレーションの一覧表から表示したいシミュレーションを選択して「OK」ボタンをクリックすると、選択したシミュレーションが画面左側のツリー図に追加される。

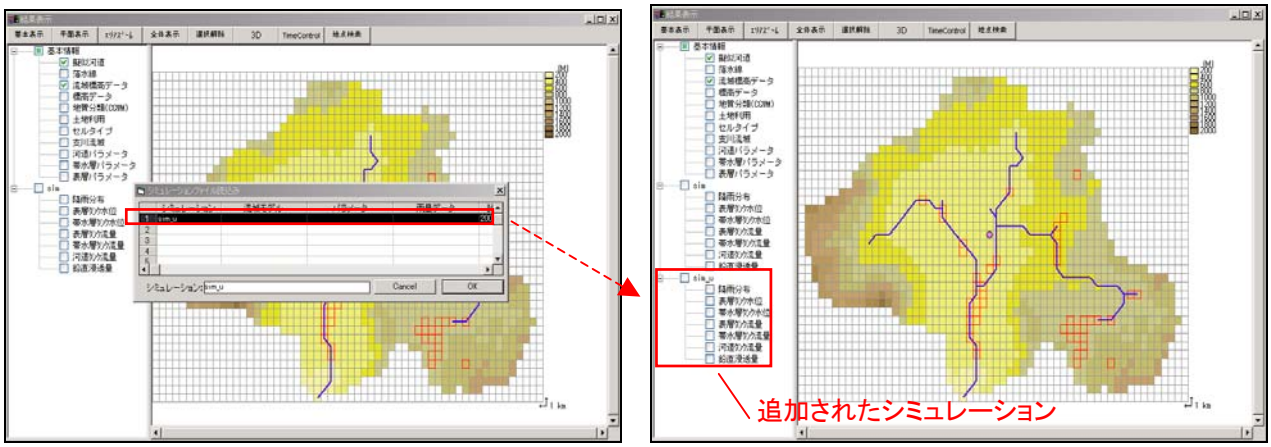


図-7.17　シミュレーションの追加

(2)シミュレーションファイルの削除

メニューの「ファイル」→「シミュレーションファイルの削除」から読み込んでいるシミュレーションの一覧表を起動し、シミュレーションの削除を行う(下図左参照)。なお、ここでの「シミュレーションファイルの削除」は、データそのものの削除ではなく読み込んだシミュレーションを削除することであり、実際のデータを消去したいときは、シミュレーションの実行の画面から「モデルの削除」を選択する(下図右参照)。

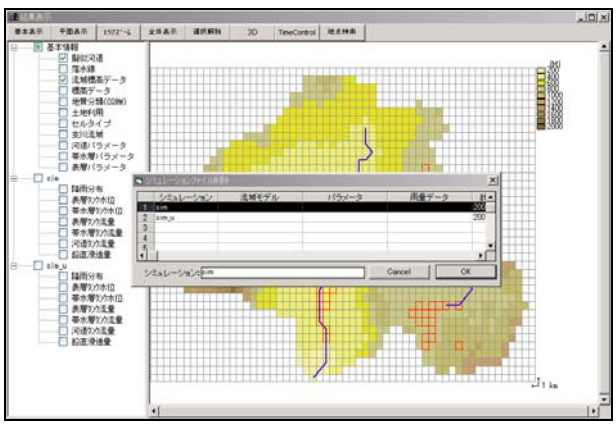


図-7.18　結果表示からのシミュレーションの削除

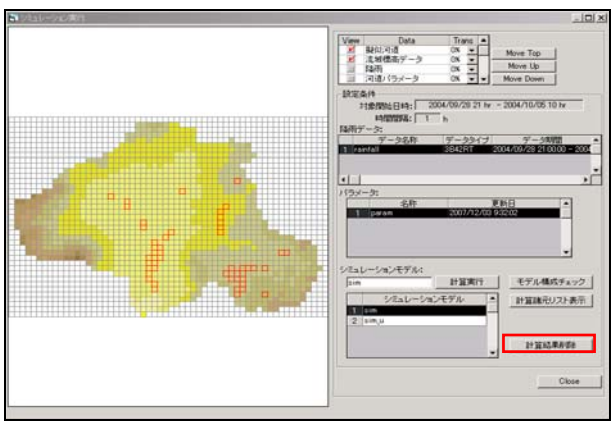


図-7.19　シミュレーションの削除

7.2.3　グリッド選択

特定のグリッドのハイドログラフやタンク概要図を表示させるために、平面図においてグリッドの選択を行う。グリッドの選択は平面図にあるピンクの玉をマウスで移動させることにより選択することになる。

IFAS では様々な選択オプションを用意しており、メニューから「グリッド選択」をクリックして使用することができる。

(1)単一グリッド選択と複数グリッド選択

グリッドを一つ選択したい場合は「単一グリッドの選択」を使用する。

また、複数グリッドのハイドログラフを重ね合わせたい場合などは、「複数のグリッド」を使用する。複数グリッドの選択は平面図上の任意の位置で Shift キーを押しながらクリックすることで選択できる。

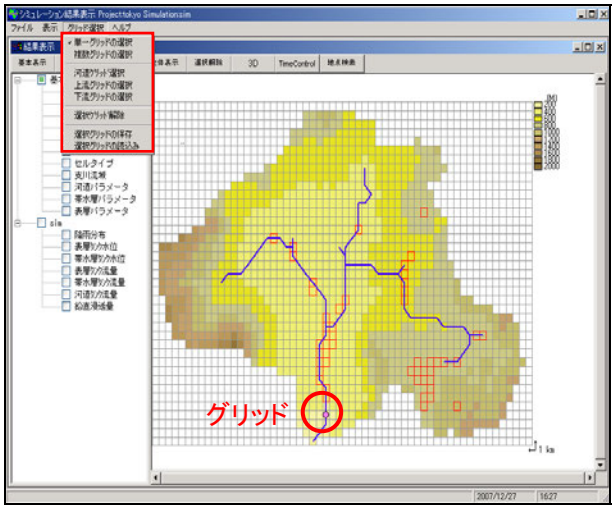


図-7.20　グリッド選択のメニュー

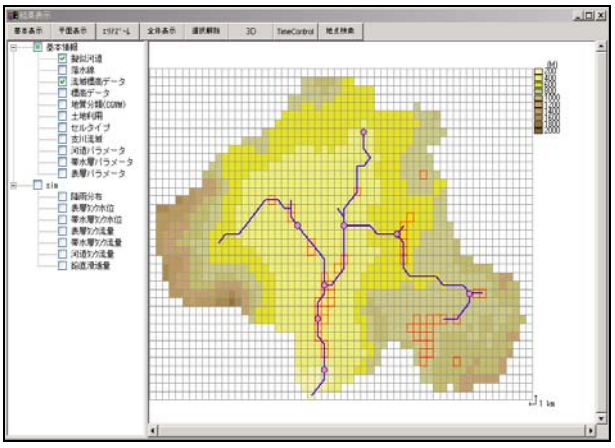


図-7.21　複数グリッド選択

(2)河道グリッド選択

「河道グリッド選択」では、擬似河道を選択することが可能である。この選択の場合は、選択グリッドの色が黄色で表示される。

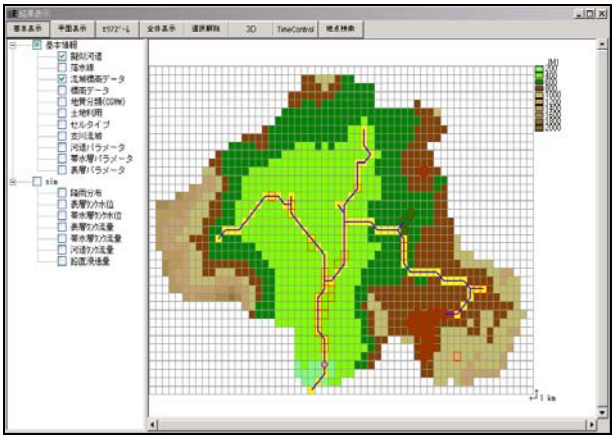


図-7.22　河道グリッド選択

(3)上流グリッドの選択、下流グリッドの選択

「上流グリッドの選択」では、選択したグリッドより上流に位置する部分全体が選択される(下図左参照)。

「下流グリッド選択」では選択したグリッドより下流に位置する河道部分を全て選択する(下図右参照)。

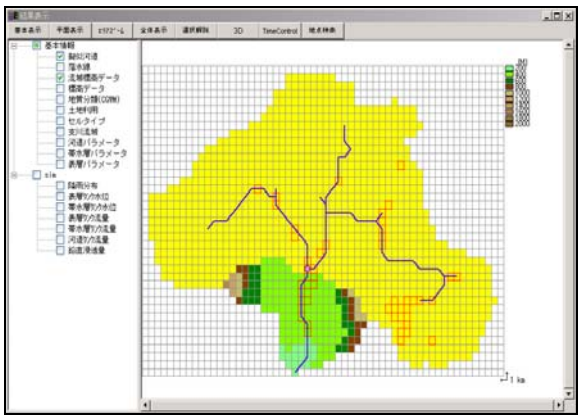


図-7.23　上流グリッドの選択

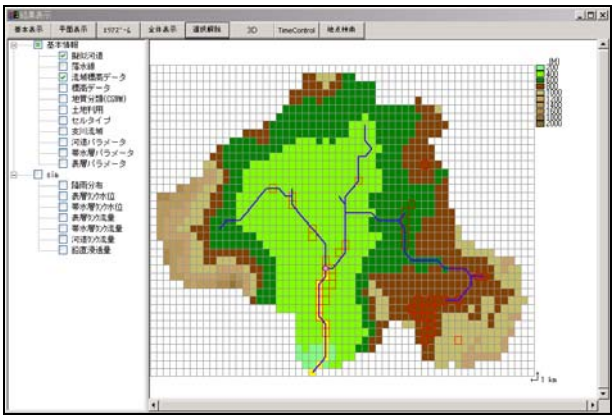


図-7.24　下流グリッドの選択

(4)選択グリッド解除

「選択グリッド解除」では、複数、河道、上流、下流グリッド選択されたものが解除される(但し、単一グリッドとして初期状態から存在しているグリッドはそのままの位置で残る)。

(5)選択グリッドの保存、選択グリッドの読込み

「選択グリッドの保存」では選択したグリッド数と位置が保存され、「選択グリッドの読込み」を行うことで保存されたデータを表示させることが出来る。

7.2.4　各種計算結果表示

メニューから「表示」をクリックすることで、平面図以外の計算結果を表示することが可能である。表示タイプは表-7.1 に示す 9 項目である。

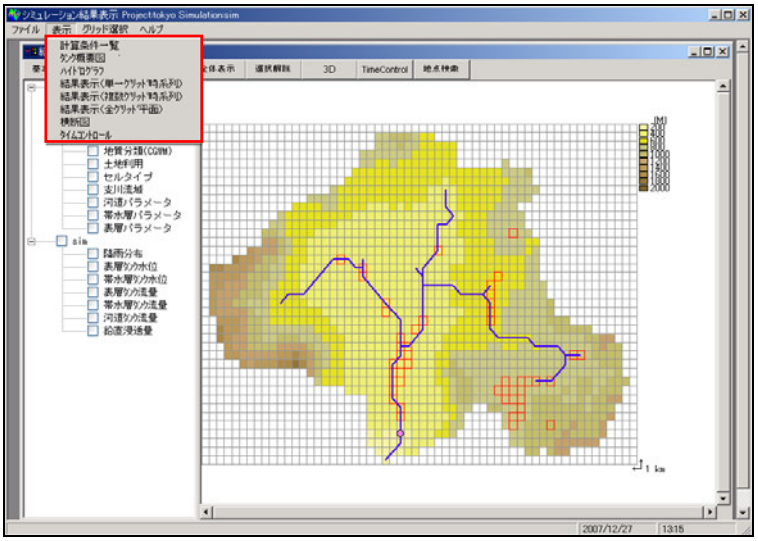


図-7.25　表示のメニュー

表-7.1　表示メニューの内容

項　目	内　容
計算条件一覧	計算に使用されたデータの一覧
タンク概要図	グリッドにおける表層タンク・河道タンクなどの模式図およびハイドログラフ
ハイドログラフ	流出量と雨量の時系列表示
結果表示（単一グリッド時系列）	特定のグリッドにおける雨量・タンク水位・タンク流出量の一覧表
結果表示（複数グリッド時系列）	複数のグリッドにおける雨量・タンク水位・タンクタンク流出量の一覧表
結果表示（全グリッド平均）	計算条件の平面表示、ある時刻の計算結果の平面表示
横断図	河道横断図とある時刻の水位の重ね合わせ表示
タイムコントロール	Time Control のメニューバー表示

(1)計算条件一覧

シミュレーションの計算に使われたデータの一覧を表示する。また、画面上で右クリックすることで、「保存」および「印刷」を選択することができ、「保存」では CSV ファイルで保存することができる。

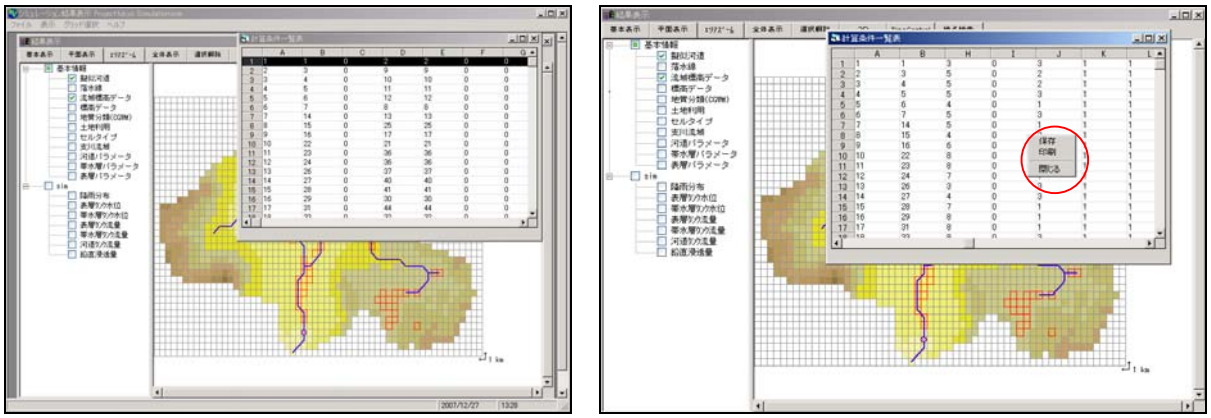


図-7.26　計算条件一覧

(2)タンク概要図

「タンク概要図」では、平面図で選択したグリッド位置の「表層タンク水位」、「帯水層タンク水位」、「河道タンク水位」、「表層タンク流出量」、「帯水層タンク流出量」、「河道タンク流出量」、「鉛直浸透量」がそれぞれ表示される。また、「Time Control」と併用してアニメーションを行うことが可能であり、上記「計算条件一覧」と同様に右クリックで「保存」および「印刷」が可能である。

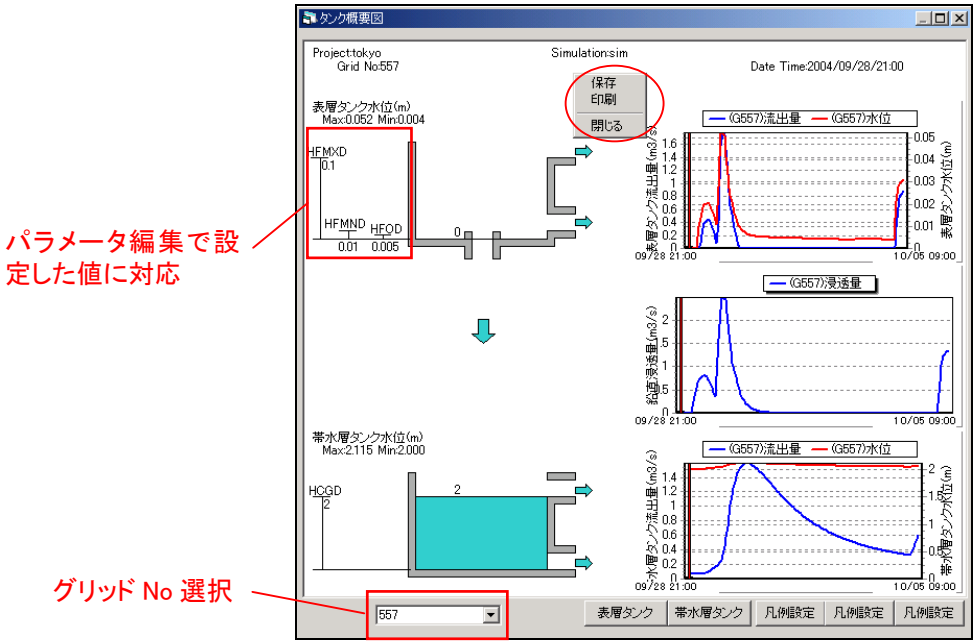


図-7.27　タンク概要図

(3)ハイドログラフ

平面図においてハイドログラフを表示させたい 1 箇所または複数のグリッドを選択し、「表示」→「ハイドログラフ」から表示設定画面を起動させる。表示設定では、選択したグリッド・実績のデータ(観測した流量データや他の計算結果)のハイドログラフを重ねて表示することができる。また、雨量についても、グリッド雨量またはグリッド上流域平均雨量をハイドログラフと併せて表示することが可能である。

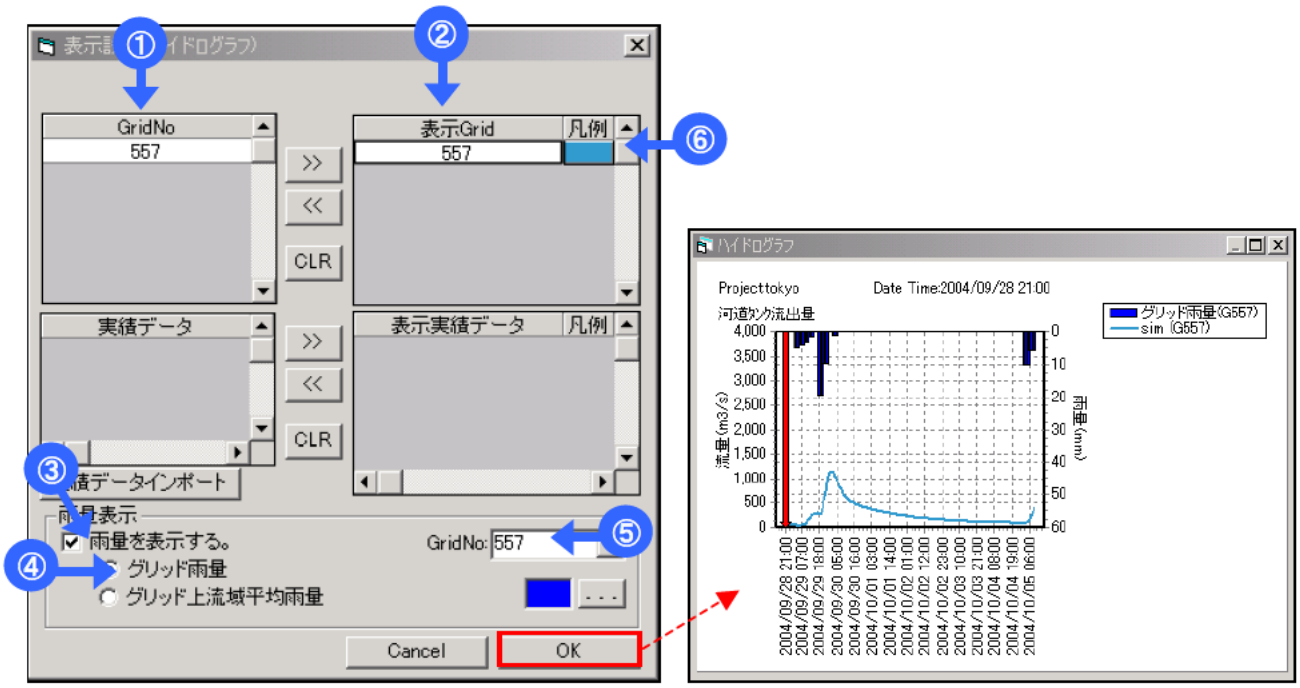


図-7.28　ハイドログラフの表示設定とハイドログラフの例

①「GridNo」リストには現在選択されているグリッドが表示される。実際にハイドログラフを描かせたいグリッドを選択し、②の「表示 Grid」に追加する。

②実際にハイドログラフを描くグリッドのリストである。リストからグリッドを削除したい場合は、グリッドを選択し「<<」をクリックすると削除される。また、すべて削除したい場合は「CLR」をクリックする。

③雨量を表示する場合は「雨量を表示する」にチェックをいれる。

④選択した「表示 Grid」の地点雨量を表示する場合は「グリッド雨量」、「表示 Grid」地点から上流部分の平均雨量を表示する場合は「グリッド上流域平均雨量」にチェックをいれる。

⑤「表示 Grid」リストに「GridNo」が複数設定されている場合は、その中から「雨量表示」させるグリッド地点を一つ選ぶ（雨量表示は一箇所の地点雨量しか表示できない）。

⑥「表示 Grid」の「凡例」は「計算流量」に対応しているので、凡例を変更すれば、グラフ中の計算流量の色が変わる。又、「実績データ」、「グリッド雨量」もそれぞれ「凡例」を設定出来る。

実績データと計算流量とを比較して表示させたい場合は、まず実績データのインポートを行う必要がある。実績データは CSV 形式であり、あらかじめ用意しておくこととなる。

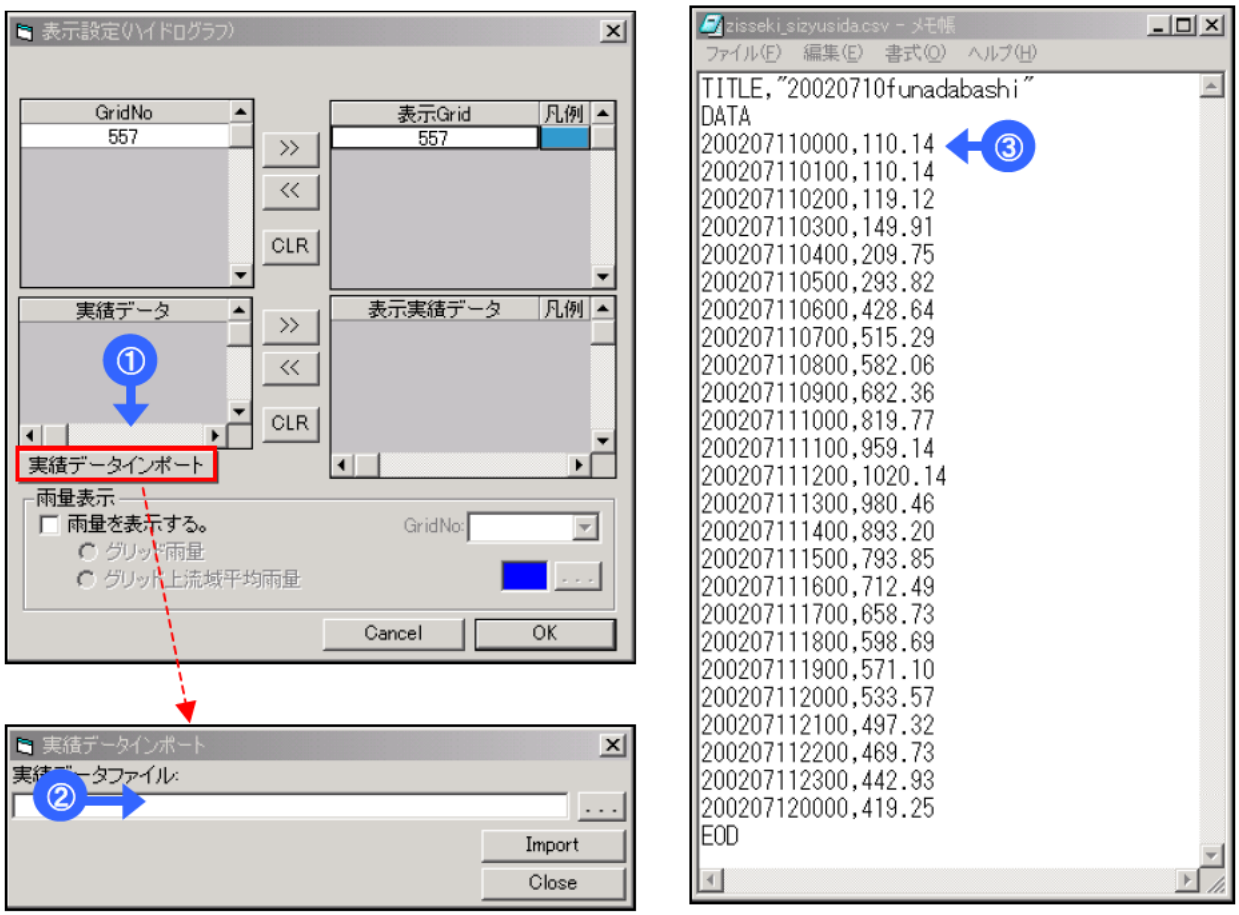


図-7.29　実績データのインポート

①実績のデータをハイドログラフに描きたい場合は、「実績データインポート」をクリックする。

②実績データインポー画面が表示されるので、選択ボタンを押し、任意のフォルダからデータファイルを選択する(実績データのファイルは CSV 形式)。

③CSV 形式のデータは上図に示すとおりであり、最後に「Import」をクリックするとデータがインポートされる。

また、ハイドログラフ上で右クリックすると「凡例設定」および「表示設定」を選択することができる。「表示設定」については前述の表示設定画面が再表示され、図化したいグリッドの選択等を行う。「凡例設定」については下図右に示すような凡例設定画面が表示され、ハイドログラフに関わる設定を変更することが可能である。

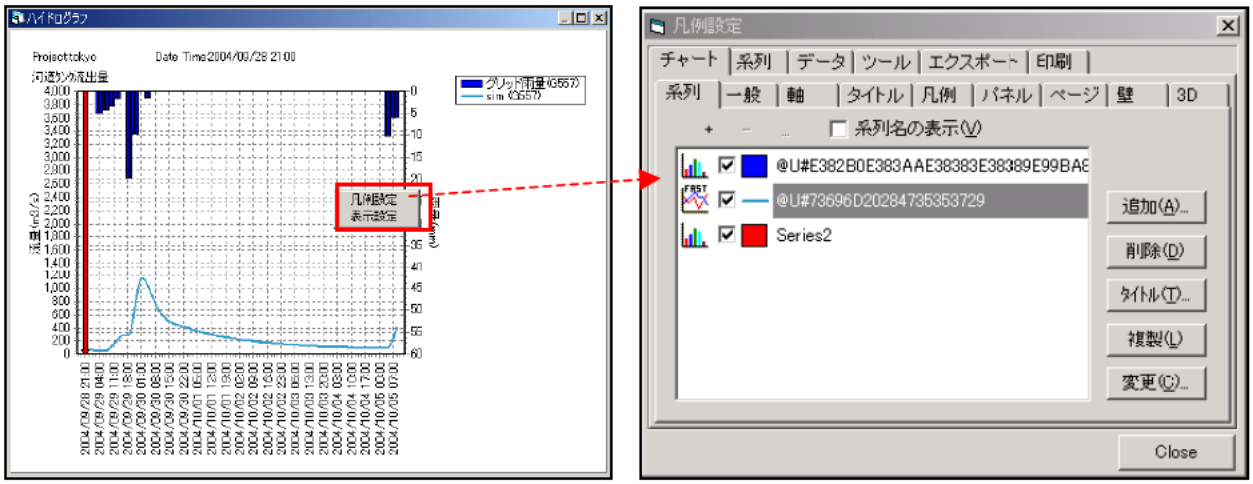


図-7.30　ハイドログラフの凡例設定

(4)結果表示(単一グリッド時系列)

「結果表示(単一グリッド時系列)」では、選択したグリッド地点の「雨量」、「表層タンク水位」、「帯水層タンク水位」、「河道タンク水位」、「表層タンク流出量」、「帯水層タンク流出量」、「河道タンク流出量」、「鉛直浸透量」を時系列で表示することができる。また、表上で右クリックすることで「保存」、「印刷」が選択できる。

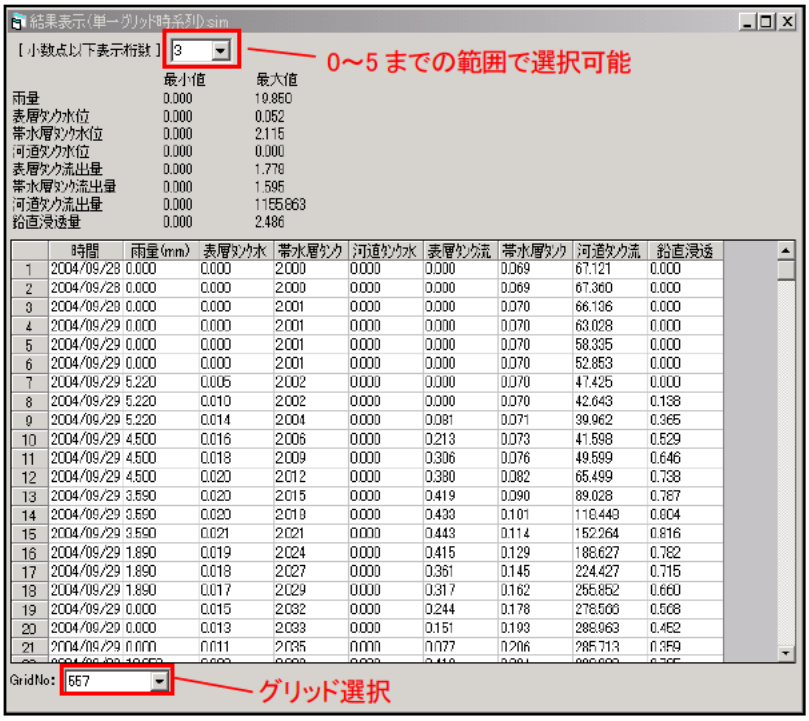


図-7.31　結果表示(単一グリッド時系列)

(5)結果表示(複数グリッド時系列)

「結果表示(複数グリッド時系列)」では、複数のグリッドにおける「雨量」、「表層タンク水位」、「帯水層タンク水位」、「河道タンク水位」、「表層タンク流出量」、「帯水層タンク流出量」、「河道タンク流出量」、「鉛直浸透量」を時系列で表示することが可能である。また、表上で右クリックすることで「保存」、「印刷」が選択できる。

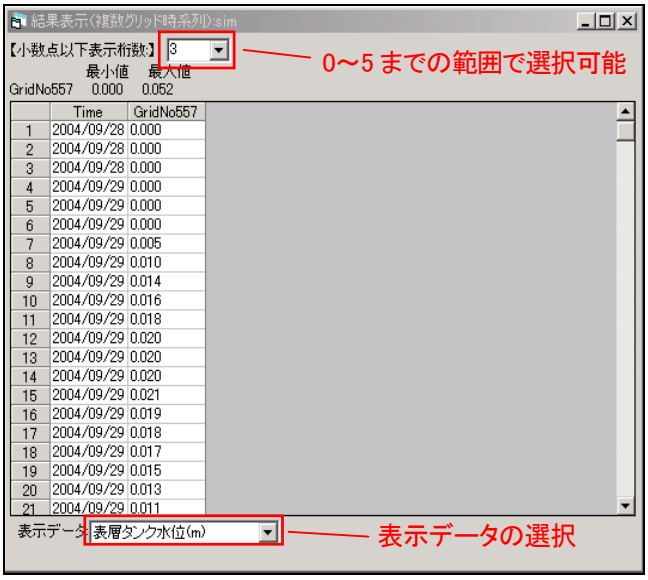


図-7.32　結果表示(複数グリッド時系列)

(6)結果表示(全グリッド平面)

「結果表示(全グリッド平面)」では、「基本情報」と「シミュレーション結果」のすべてのデータを表示することが可能である。また、表上で右クリックすることで「保存」、「印刷」が選択できる。

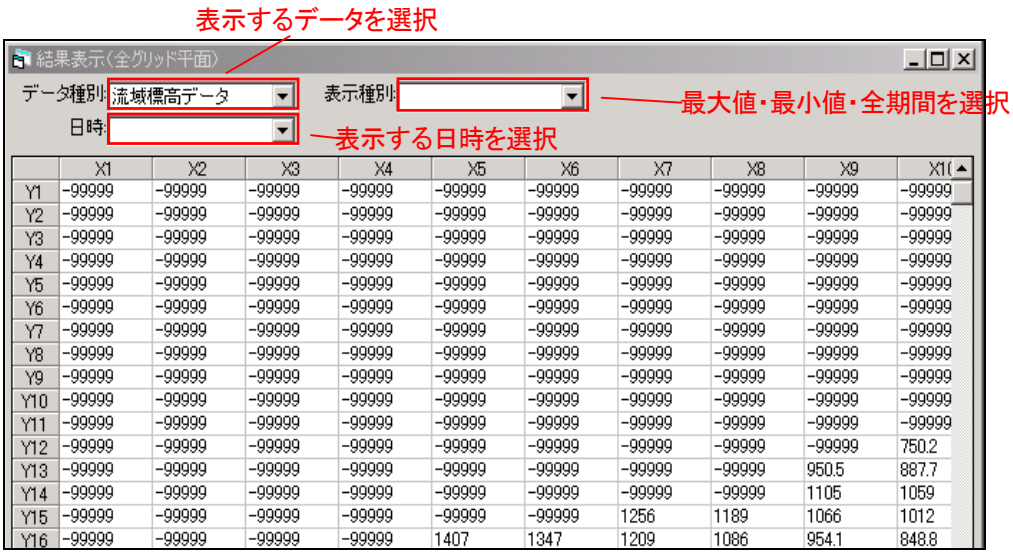


図-7.33　結果表示(全グリッド平面)

(7)横断図

「横断図」では、河道グリッドにおける河道水位と横断図を重ねて表示させることができる。また、「Time Control」と併せることでアニメーション表示させることが可能である。

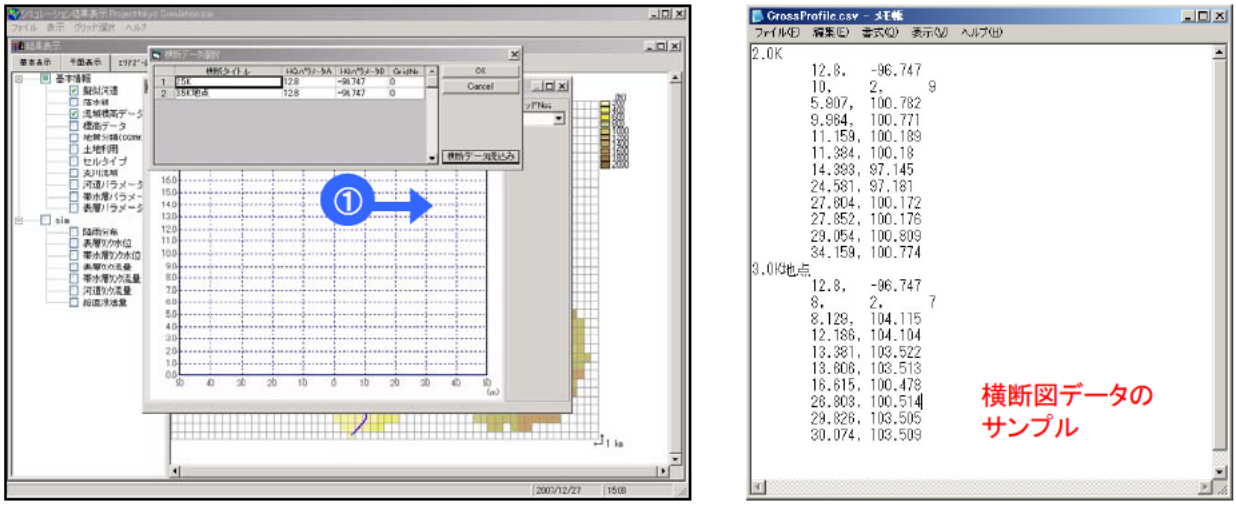


図-7.34　横断図データの読み込み

①一覧の中に表示させたいデータがない場合は「横断データ読込」で任意のフォルダからファイルを読込むことが出来る（横断図データのファイルは CSV 形式）。表示させたいデータファイルを選択して「開く」をクリックすると「横断データ選択」リストに追加される。

②横断図データのフォーマットは上図に示すとおりである。

また、画面上で右クリックすると、横断図の表示に関するメニューが表示される。「表示設定」では「横断図設定」、「軸の有無」、「グリッドの有無」、「目盛りの有無」の設定が出来る。

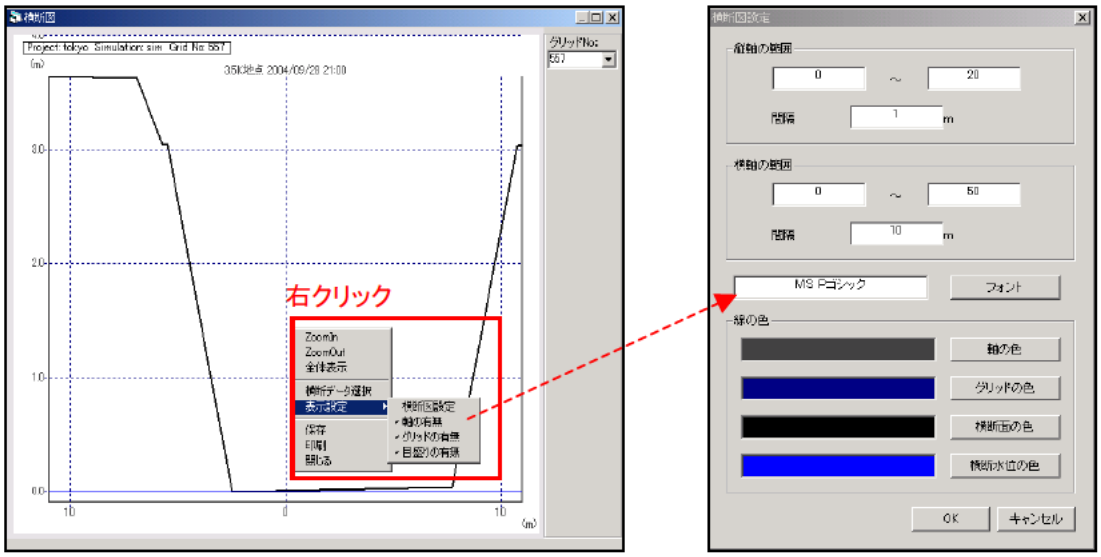


図-7.35　横断図画面の機能

7.2.5　ウィンドウレイアウト・全ウィンドウレイアウト

パラメータや雨量パターンを変更し繰り返し計算を行いながら実績洪水の再現計算を行う場合など、計算を実施するたびにあるグリッドの計算結果と実績データを重ね合わせたハイドログラフを表示させるのは非常に効率が悪い。このような場合、前回の画面表示を保存しておく「ウィンドウレイアウト」機能が便利である。

「ウィンドウレイアウト保存」では現在表示されているウィンドウの状態を記録することができ、「ウィンドウレイアウト読込み」で再び同じウィンドウの状態を表示させる事ができる。

ウィンドウのレイアウト機能は、グリッド毎に記録する「ウィンドウレイアウト保存」と、シミュレーションの表示も含み画面に表示されているすべてのウィンドウの状態を記録する「全ウィンドウレイアウト保存」の２つの機能があり、保存されたウィンドウレイアウトは、それぞれの読込みのメニューからレイアウトを複元することができる。

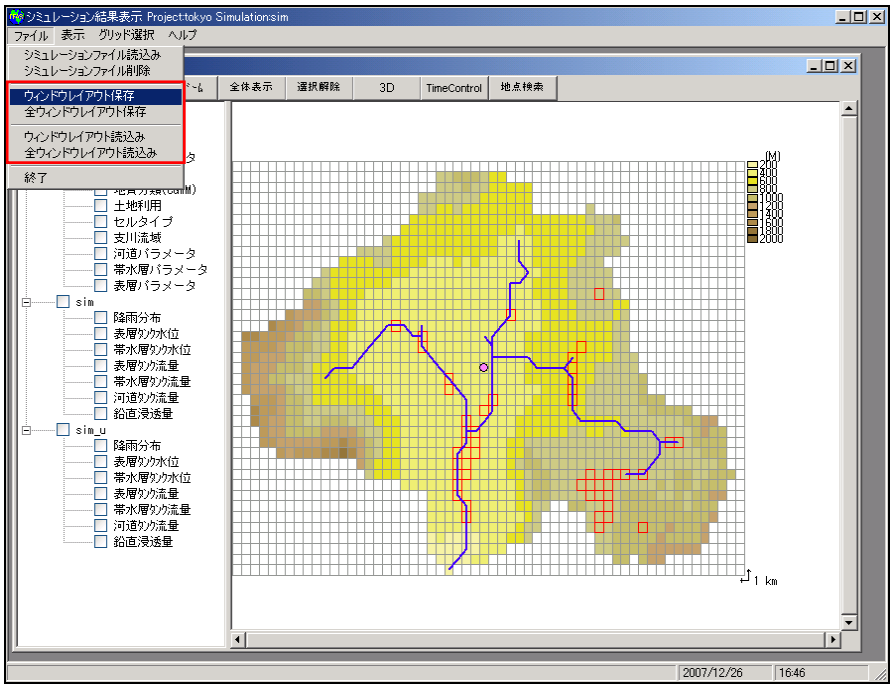


図-7.36　ウィンドウレイアウトのメニュー

「ウィンドウレイアウト保存」のメニューを選択するとレイアウト保存の確認画面が表示される。

「OK」ボタンをクリックすることで、現在表示されているグリッドと結果表示の項目、ウィンドウの大きさと位置を記録する。

メニューの「ウィンドウレイアウト読込み」を選択するとレイアウト情報の管理画面が表示され、記録されたグリッドの一覧が表示される。表示したいグリッドを選択し、「OK」ボタンをクリックすると記録されたレイアウトに復元される。

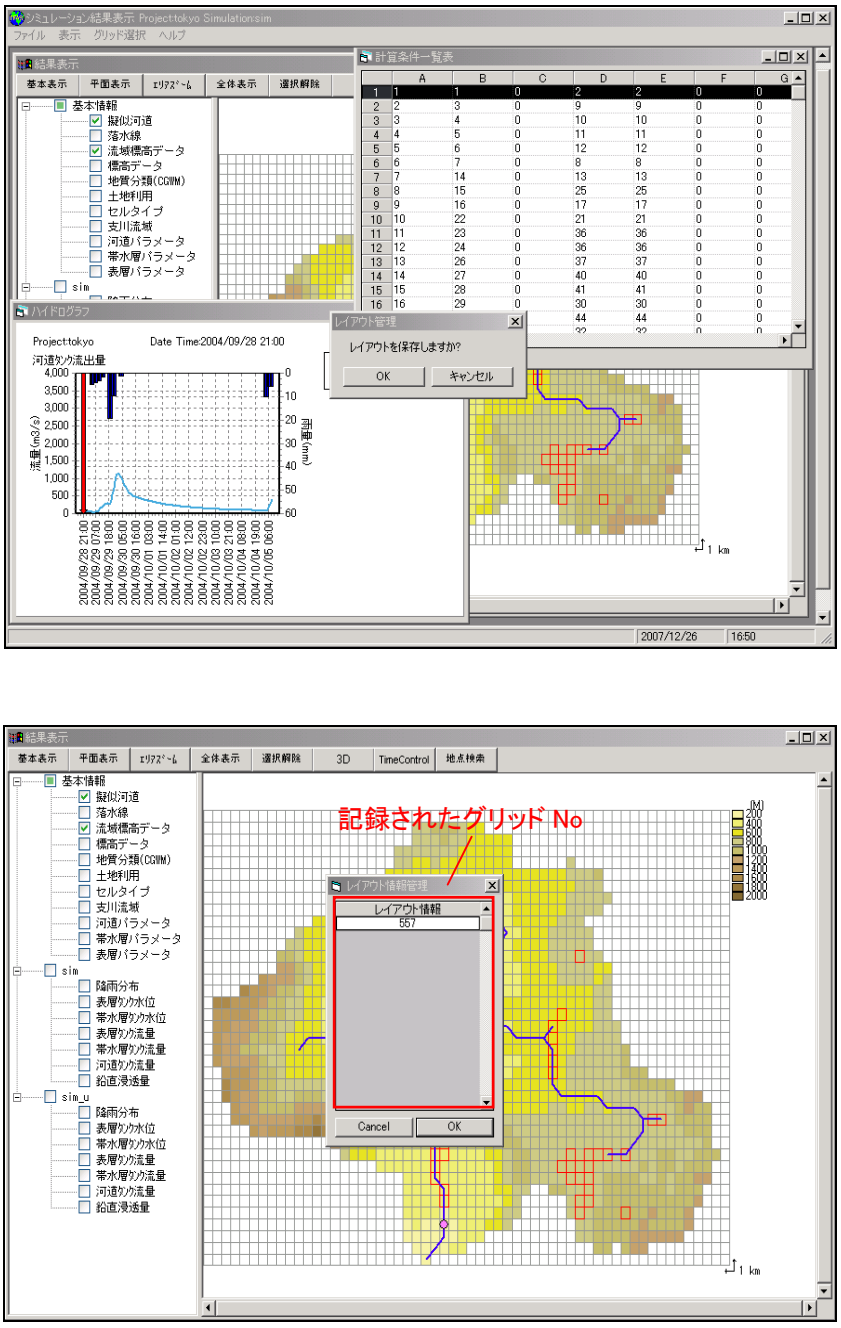


図-7.37　ウィンドウレイアウトの保存と読み込み

「全ウィンドウレイアウト保存」のメニューを選択すると全レイアウト保存の確認画面が表示される。「OK」ボタンをクリックすることで、表示されているすべてのシミュレーション、グリッド、結果表示、項目の種類と位置と大きさを記録する。メニューの「全ウィンドウレイアウト読込み」を選択することで、記録されたレイアウトに復元することができる。

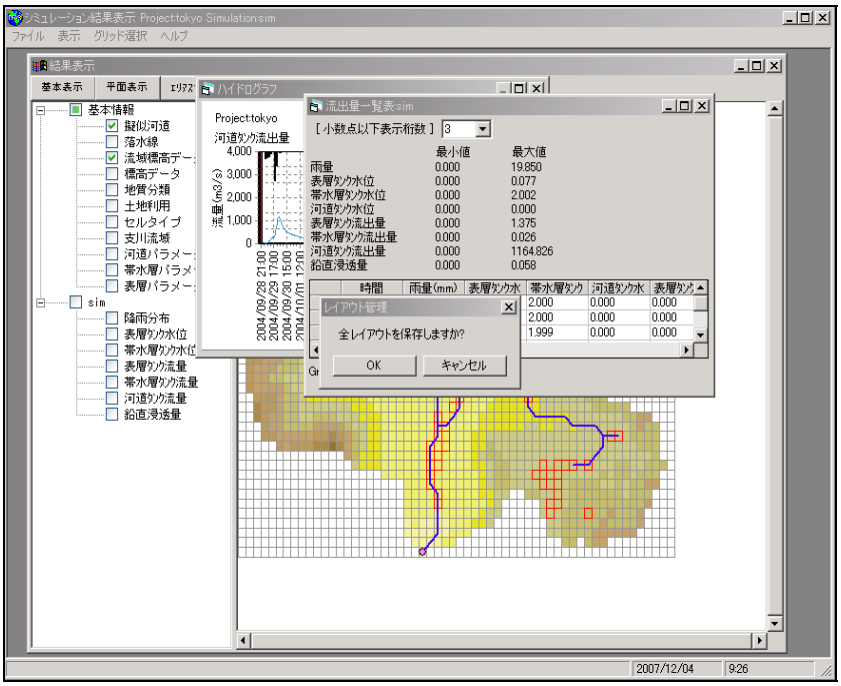


図-7.38　全ウィンドウレイアウトの保存