

土木学会水工学委員会
基礎水理シンポジウム

氾濫解析法の展開

2011年12月5日

京都大学名誉教授

井 上 和 也

内 容

1. 氾濫解析法のはじまり

1.1 1D氾濫解析

1.2 ポンドモデル

1.3 2D氾濫解析

2. 淀川三川合流と巨椋池干拓地の洪水氾濫

3. 氾濫解析のモデルと格子分割

4. 氾濫解析法の応用

4.1 統合型モデル

4.2 地下空間

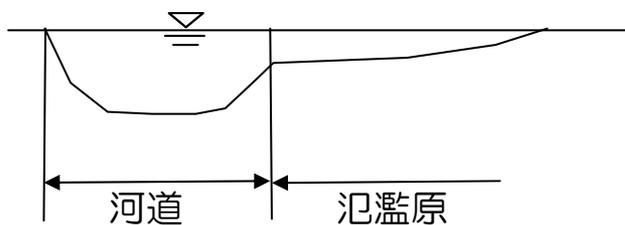
4.3 メコンデルタ

5. 今後の課題

1. 氾濫解析法のはじまり

1.1 1D氾濫解析

河川沿いの氾濫原も河川とみなして1D解析法（定常あるいは非定常）を適用する。



1998年8月阿武隈川と郡山市

1.2 ポンドモデル（タンクモデル）

氾濫原を林立する水槽とみなして水槽間の流れを管路流れあるいは開水路流れとして扱う。



1998年8月阿武隈川と郡山市

ポンドモデル



ポンド間の流量

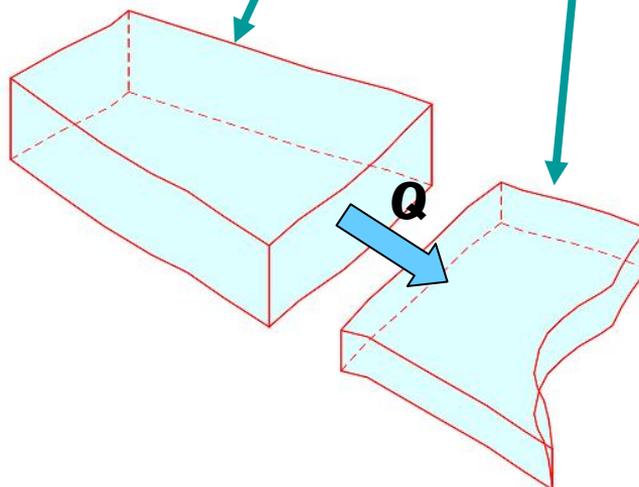
$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{h_i - h_{i+1}}{L} - \alpha Q|Q|$$

あるいは

$$Q = CA\sqrt{2g|h_i - h_{i+1}|}$$

ポンドの水位

$$A_i \frac{\partial h_i}{\partial t} = \sum_j Q_j$$



メコンデルタの氾濫解析にポンドモデルを適用

SOGREAH (Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques, France) のモデル

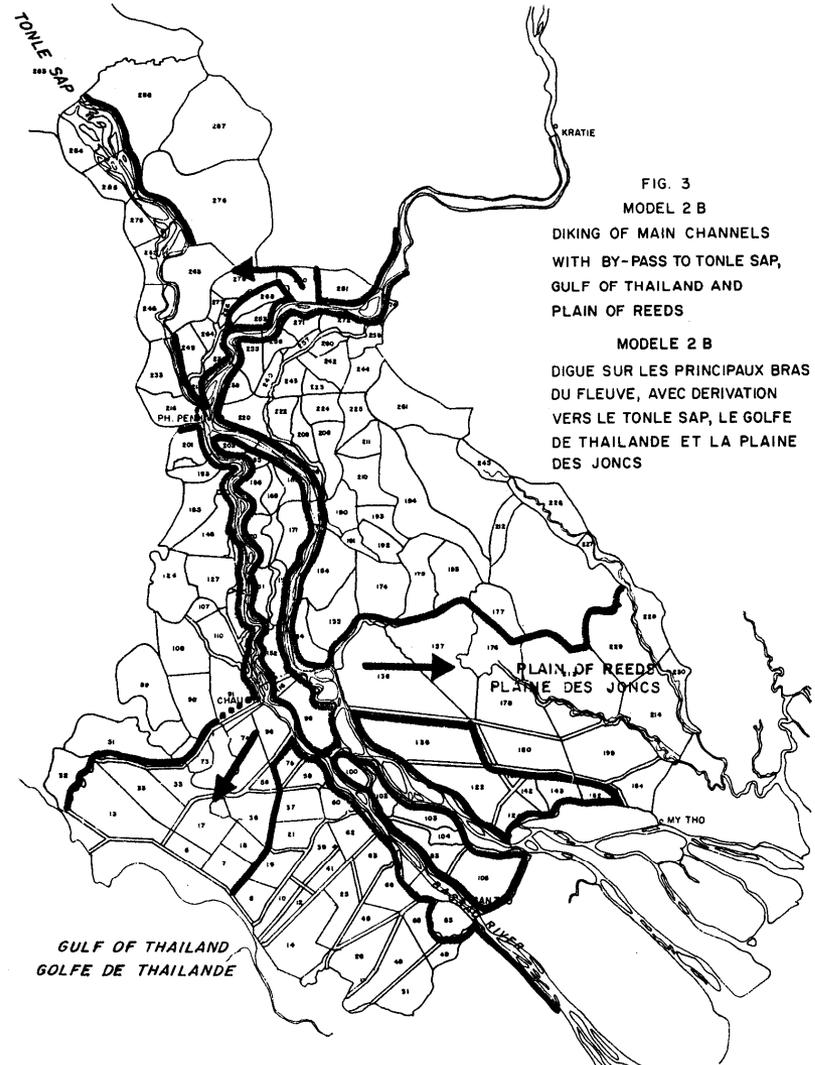
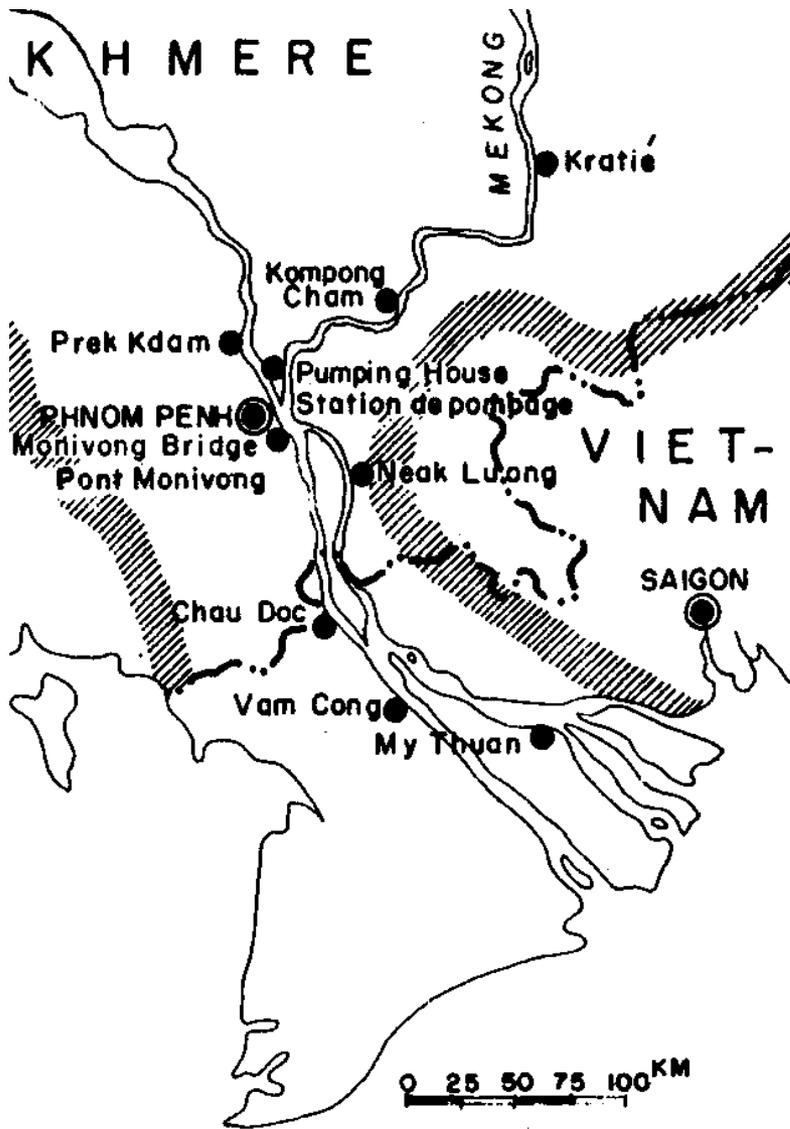
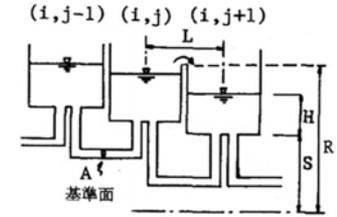
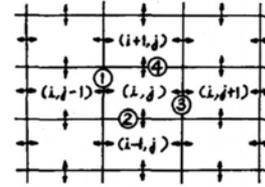
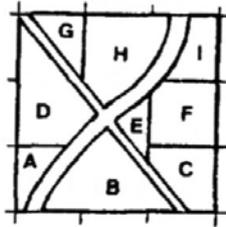
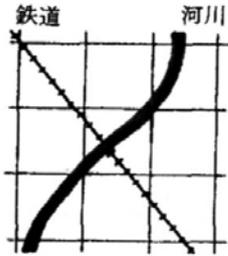


FIG. 3
 MODEL 2 B
 DIKING OF MAIN CHANNELS
 WITH BY-PASS TO TONLE SAP,
 GULF OF THAILAND AND
 PLAIN OF REEDS
 MODELE 2 B
 DIGUE SUR LES PRINCIPAUX BRAS
 DU FLEUVE, AVEC DERIVATION
 VERS LE TONLE SAP, LE GOLFE
 DE THAILANDE ET LA PLAINE
 DES JONCS

MATHEMATICAL MODEL OF THE MEKONG DELTA MODEL 2 B
 MODELE MATHEMATIQUE DU DELTA DU MEKONG MODELE 2 B

揖斐川流域の多芸輪中のポンドモデル

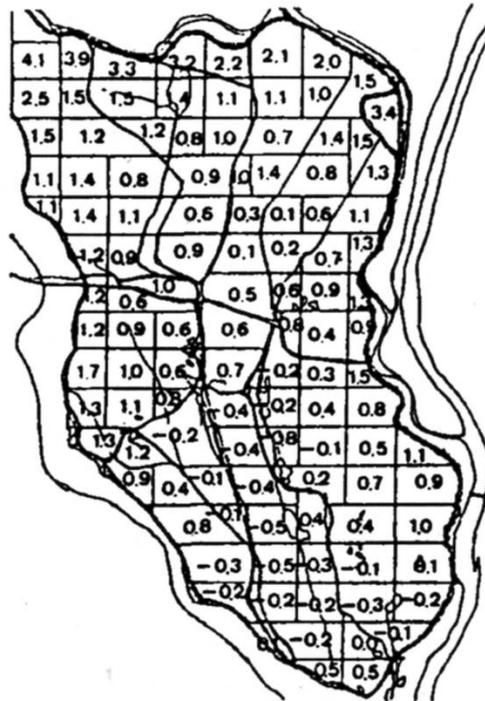
鶴巻有一郎，奥田朗，神月隆一：平面流れとして取り扱った氾濫シミュレーションについて，第25回水理講演会論文集，pp.249-256，1981



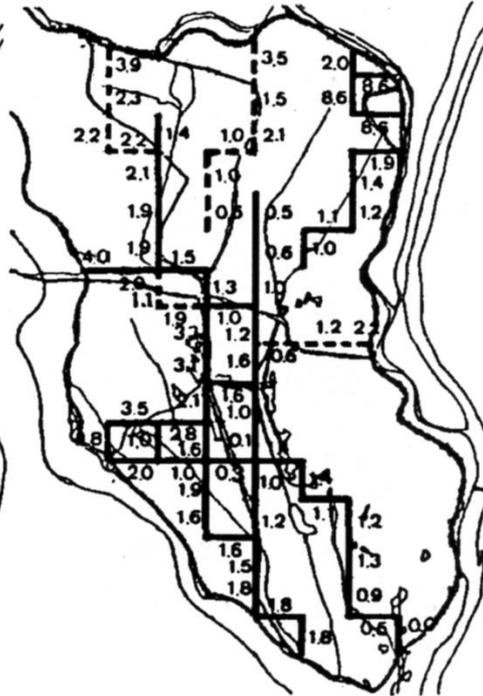
(a)地形図をメッシュ割りする (b)地形変化に応じて区分する (c)平面モデル

(a)流れの平面モデル

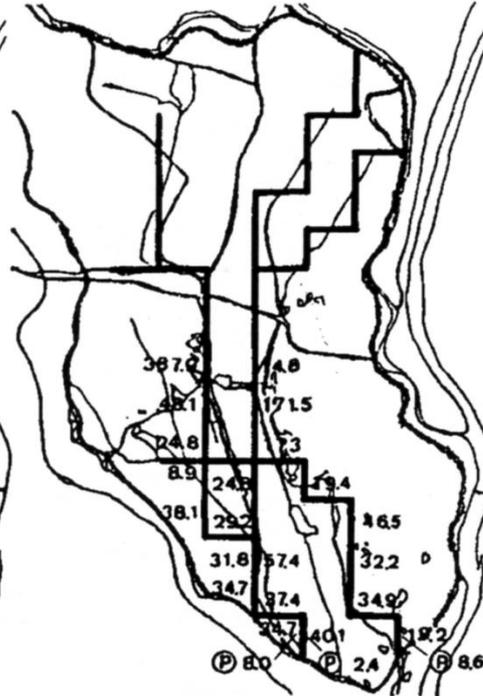
(b)モデルの横断面図



(a)地域区分と平均地盤高



(b)連続盛土堤のモデル化



(c)小河道のモデル化と流下能力

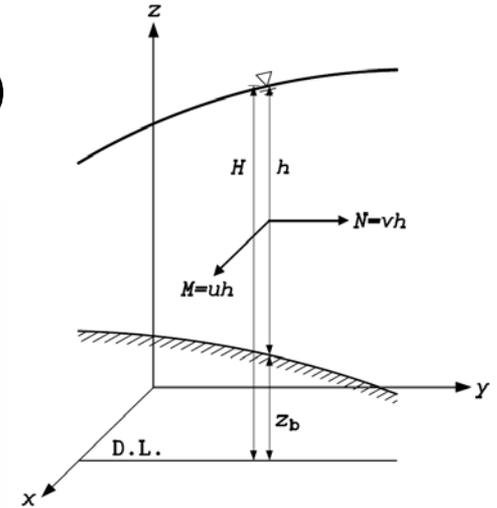
1.3 2D氾濫解析

氾濫原を2次元格子に分割し、2D非定常解析法を適用する。



1998年8月阿武隈川と郡山市

汜濫解析の基礎式（平面2次元流れ）



連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

x-方向の運動量式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x(b)}{\rho}$$

y-方向の運動量式

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uN + \frac{\partial}{\partial y} vN = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y(b)}{\rho}$$

底面のせん断応力

$$\frac{\tau_x \text{ or } y(b)}{\rho} = \frac{gn^2 u \text{ or } v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$

運動方程式のモデル化

x -方向運動方程式

- **dynamic wave model:**

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x(b)}{\rho}$$

- **diffusion wave model:**

$$0 = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x(b)}{\rho}$$

- **kinematic wave model:**

水位 H , 水深 h , 地盤高 z_b , $H = h + z_b$

$$0 = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_x(b)}{\rho}$$

2D解析法

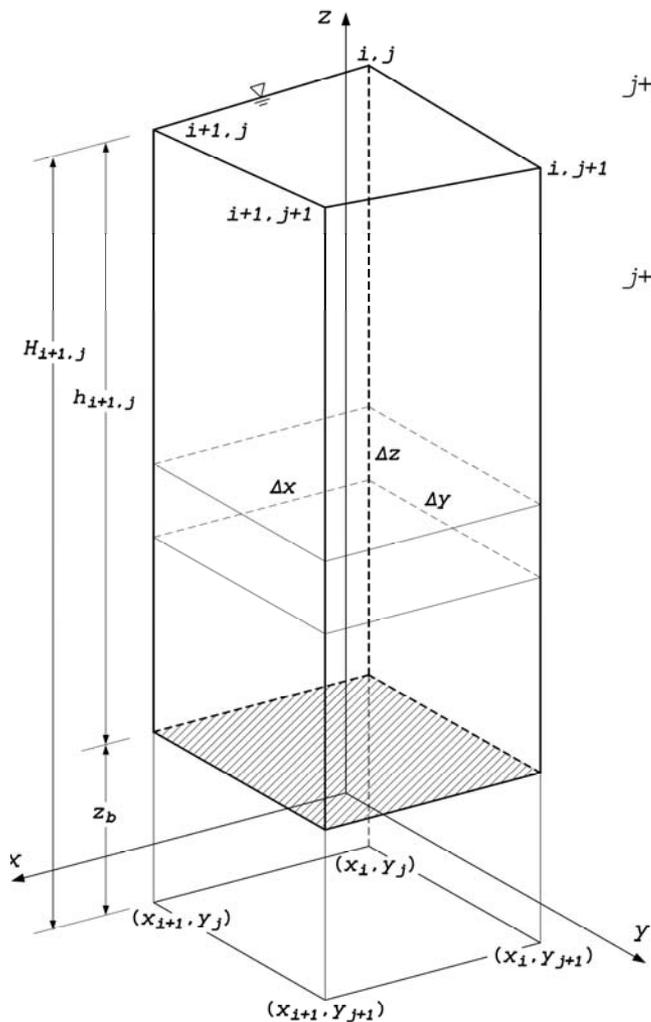
(下線は今回の内容)

- ① 用いる座標系：デカルト座標系，
一般（あるいは直交）曲線座標系
- ② 2D格子分割：定型，不定形（非構造格子）
- ③ 運動方程式：
Dynamic wave model
Diffusion wave model
Kinematic wave model
- ④ 計算法：差分法，有限要素法

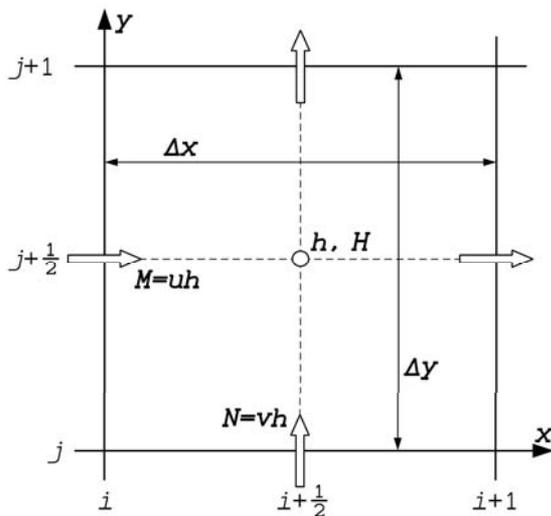
例：デカルト座標，定型格子，Diffusion wave model，差分法

Xanthopoulos, Th. And Ch. Koutitas: Numerical simulation of a two-dimensional flood wave propagation due to dam failure, Jour. Hydraulic Research, Vol.14, No.4, pp.321-331, 1976

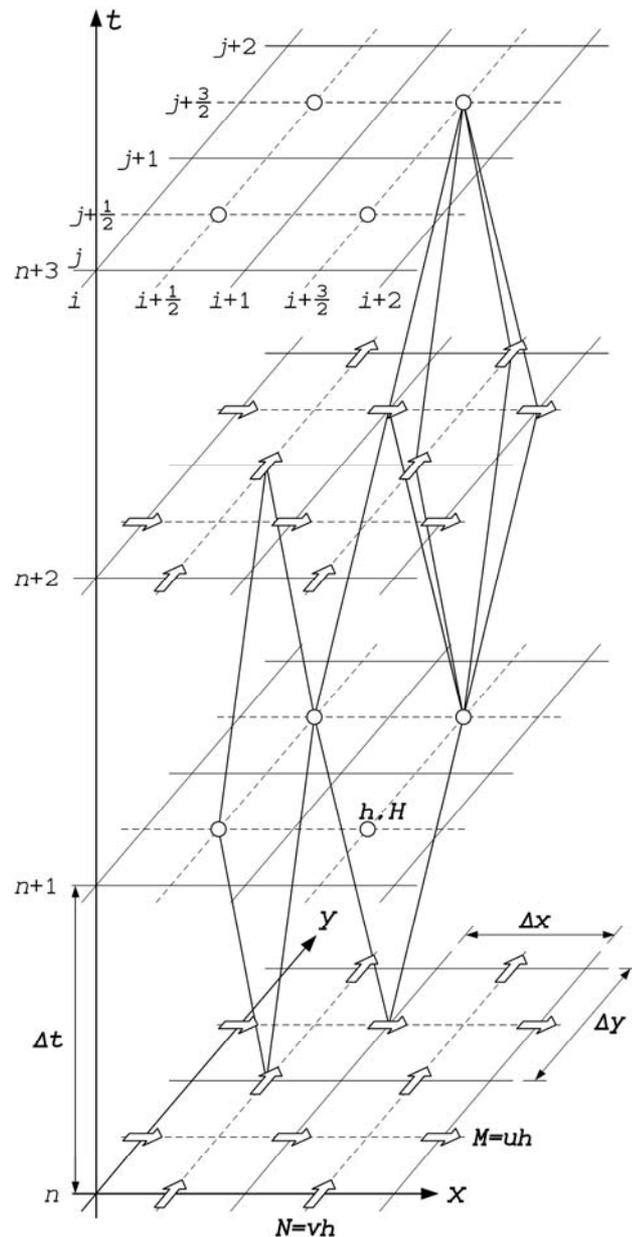
2次元平面流れの差分式



Control volumeでの積分



変数の配置



Leap-Frog法による計算の進行

2D差分式の例

連続式

$$\frac{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+3} - h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}}{2\Delta t} + \frac{M_{i+1,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^{n+2}}{\Delta x} + \frac{N_{i+1/2,j+1}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^{n+2}}{\Delta y} = 0$$

x-方向運動量式（移流項は含まず）

$$\begin{aligned} \frac{M_{i,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^n}{2\Delta t} &= -g \frac{(h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})(H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i-1/2,j+1/2}^{n+1})}{2\Delta x} \\ &- gn_{i,j+1/2}^2 \frac{(M_{i,j+1/2}^n + M_{i,j+1/2}^{n+2})\sqrt{(u_{i,j+1/2}^n)^2 + (v_{i,j+1/2}^n)^2}}{2[(h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})/2]^{4/3}} \end{aligned}$$

y-方向運動量式（移流項は含まず）

$$\begin{aligned} \frac{N_{i+1/2,j}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^n}{2\Delta t} &= -g \frac{(h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})(H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i+1/2,j-1/2}^{n+1})}{2\Delta y} \\ &- gn_{i+1/2,j}^2 \frac{(N_{i+1/2,j}^n + N_{i+1/2,j}^{n+2})\sqrt{(u_{i+1/2,j}^n)^2 + (v_{i+1/2,j}^n)^2}}{2[(h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1})/2]^{4/3}} \end{aligned}$$

計算の安定条件

CFL(Courant–Friedrichs–Lewy) 条件 : $(c \pm v)\Delta t \leq \Delta x$

摩擦項の安定条件 (Vasiliev) :

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -fv$$

差分式を $\frac{v^{n+1} - v^n}{\Delta t} = -fv^n$ とすると $v^{n+1} = (1 - f\Delta t)v^n$

であり, 増幅因子は $\lambda = 1 - f\Delta t$ である. $|\lambda| \leq 1$ から $\Delta t \leq \frac{2}{f}$ が安定の必要条件となる.

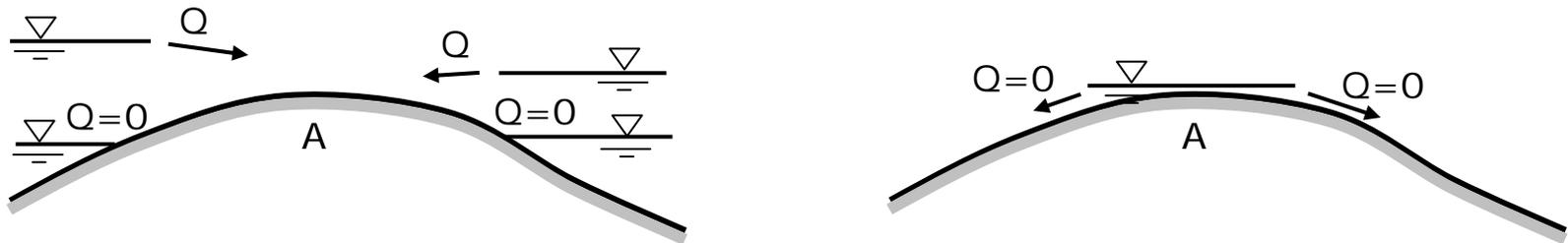
差分式を, $\frac{v^{n+1} - v^n}{\Delta t} = -f\frac{v^n + v^{n+1}}{2}$ とすると, $\lambda = \frac{1 - f\Delta t/2}{1 + f\Delta t/2}$ であり, どのような Δt に対しても, $|\lambda| \leq 1$ である.

氾濫水の先端

1. 周辺水位より地盤高が高い格子Aにおいて浸水がいまだ及んでいないとき、格子Aには出入りする流れはないとする。

格子Aに浸水が及ぶのは、周辺水位が格子Aの地盤高より高くなってからである。

つまり、浸水が高い地盤へ駆け上がることはないとする。



2. 浸水深が非常に浅い格子から流出する流れが計算されたときは、これを0とする。
3. 格子の水深が負に計算されたときは、これを0で置き換える。

2. 淀川三川合流と巨椋池干拓地の洪水氾濫



洪水時にあなたの街は本当に安全？，洪水氾濫危険区域図について，建設省淀川工事事務所，1995

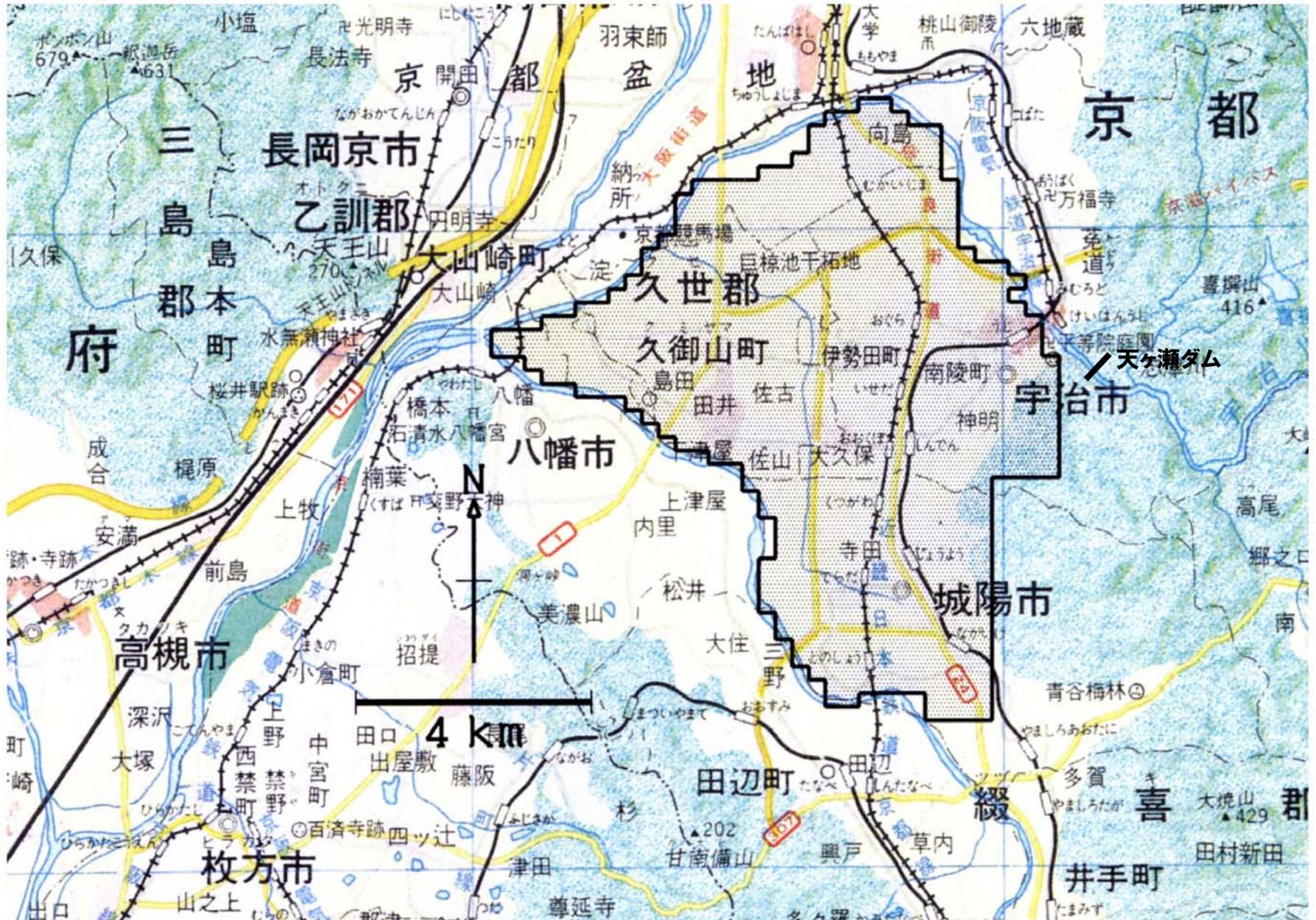
河川には1D解析法，氾濫原には2D解析法を適用し両者を破堤点（あるいは越流点）で連結する。

河道内の洪水・・・1D解析（非定常）

堤内地の氾濫・・・2D解析（非定常）

破堤点・・・・・・越流公式

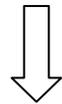
淀川三川合流部と巨椋池干拓地



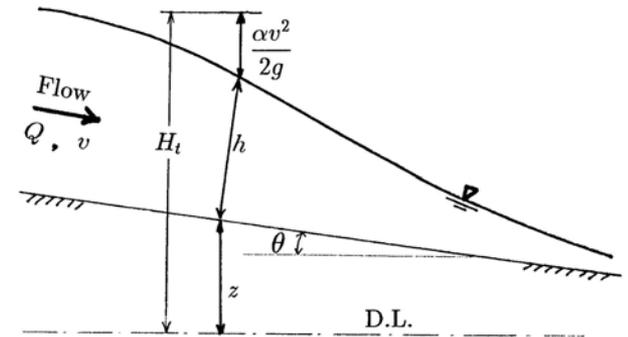
洪水解析の基礎式（開水路 1 次元流れ）

連続式
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

エネルギー式
$$\frac{\beta \partial v}{g \partial t} + \frac{\alpha v \partial v}{g \partial x} + \lambda \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} = s_0 - s_f$$

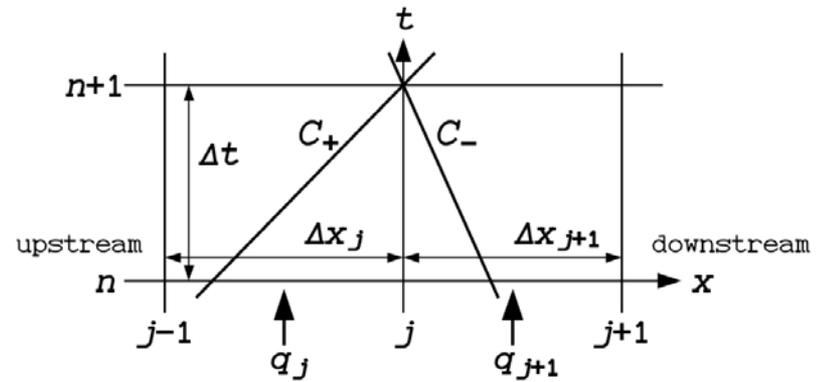


$$\frac{\beta \partial v}{g \partial t} + \frac{\partial H_t}{\partial x} = -s_f$$



全エネルギー水頭
$$H_t = \frac{\alpha v^2}{2g} + z + \lambda h \cos \theta$$

特性曲線による表示：



$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{\pm} = \frac{\alpha + \beta}{2\beta}v \pm c$$

$$\frac{\lambda \cos \theta}{B} \left(\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) + \left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta}v \pm c \right) \left(\frac{\beta}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial H_t}{\partial x} + s_f \right) = 0$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta}v\right)^2 + \frac{\lambda g A \cos \theta}{\beta B}}, \quad B: \text{水面幅}$$

特性曲線法の差分式

流れを常流として上流から下流に向かう差分式

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\lambda \cos \theta}{B}\right)_j^n \left(\frac{A_j^{n+1} - A_j^n}{\Delta t} + \frac{Q_j^n - Q_{j-1}^n}{\Delta x_j} - q_j^n \right) \\ & + \left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta}v + c\right)_j^n \left(\frac{\beta v_j^{n+1} - v_j^n}{g \Delta t} + \frac{H_{tj}^n - H_{tj-1}^n}{\Delta x_j} + \frac{s_{fj}^n + s_{fj-1}^n}{2} \right) = 0 \end{aligned}$$

流れを常流として下流から上流に向かう差分式

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\lambda \cos \theta}{B}\right)_j^n \left(\frac{A_j^{n+1} - A_j^n}{\Delta t} + \frac{Q_{j+1}^n - Q_j^n}{\Delta x_{j+1}} - q_{j+1}^n \right) \\ & + \left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta}v - c\right)_j^n \left(\frac{\beta v_j^{n+1} - v_j^n}{g \Delta t} + \frac{H_{tj+1}^n - H_{tj}^n}{\Delta x_{j+1}} + \frac{s_{fj+1}^n + s_{fj}^n}{2} \right) = 0 \end{aligned}$$

破堤点

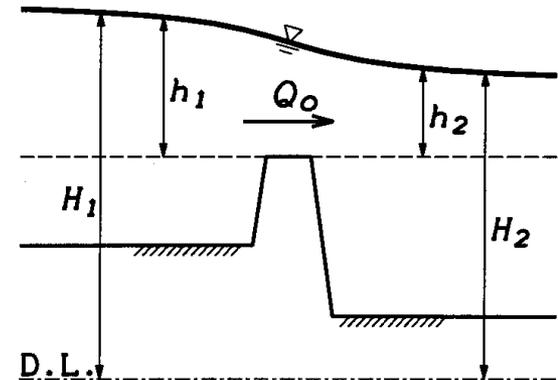
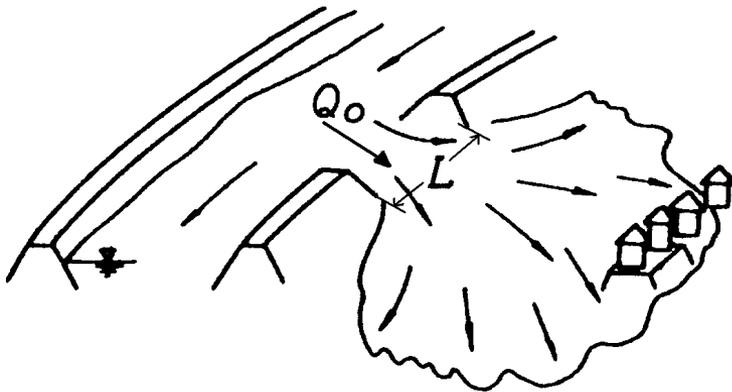
越流流量 Q_o を内水位，外水位から求める。河道の洪水には Q_o を横流出流量として扱う。

$$Q_o = \mu L h_1 \sqrt{2gh_1} \quad , \quad h_2/h_1 \leq 2/3,$$

$$Q_o = \mu' L h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad , \quad h_2/h_1 > 2/3$$

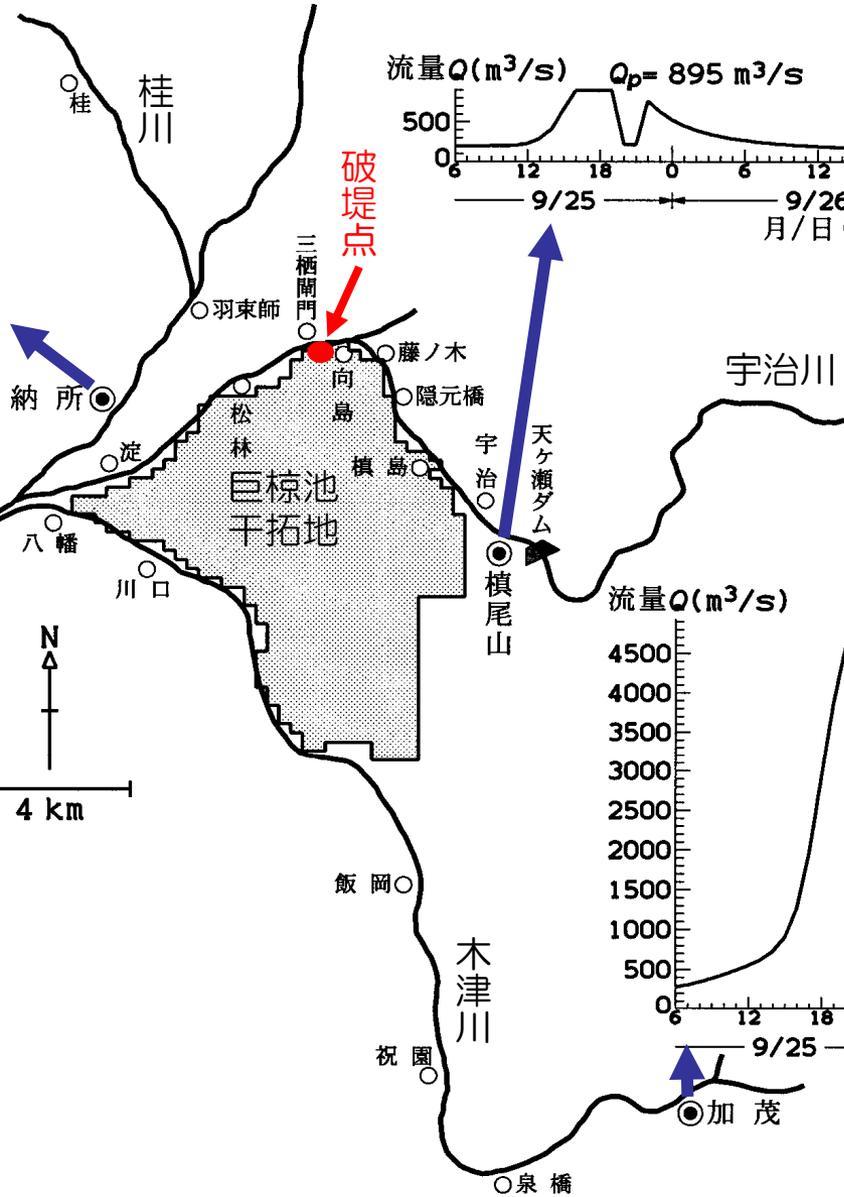
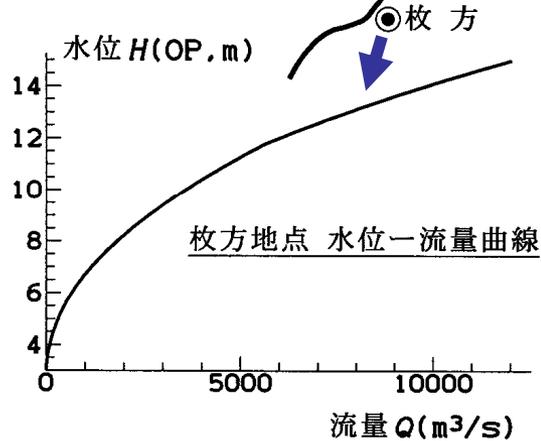
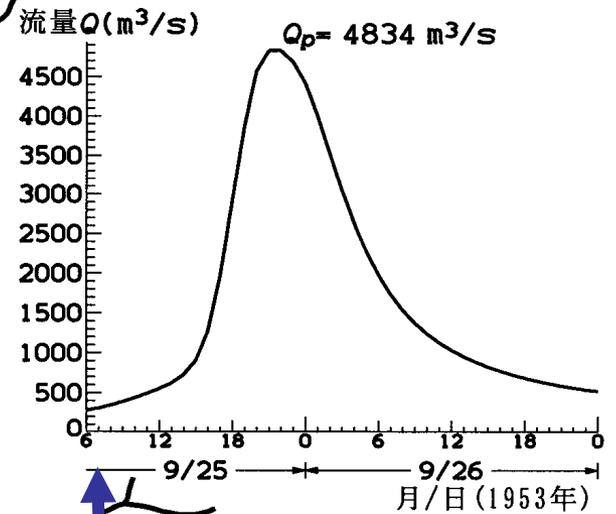
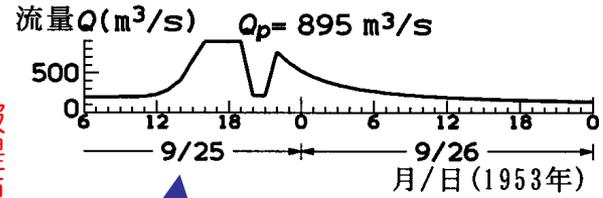
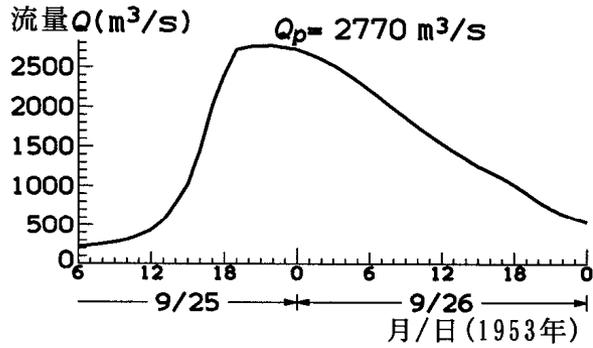
$\mu = 0.35$: for the perfect overflow,

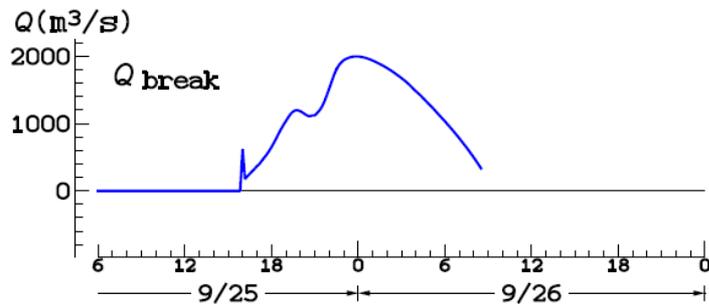
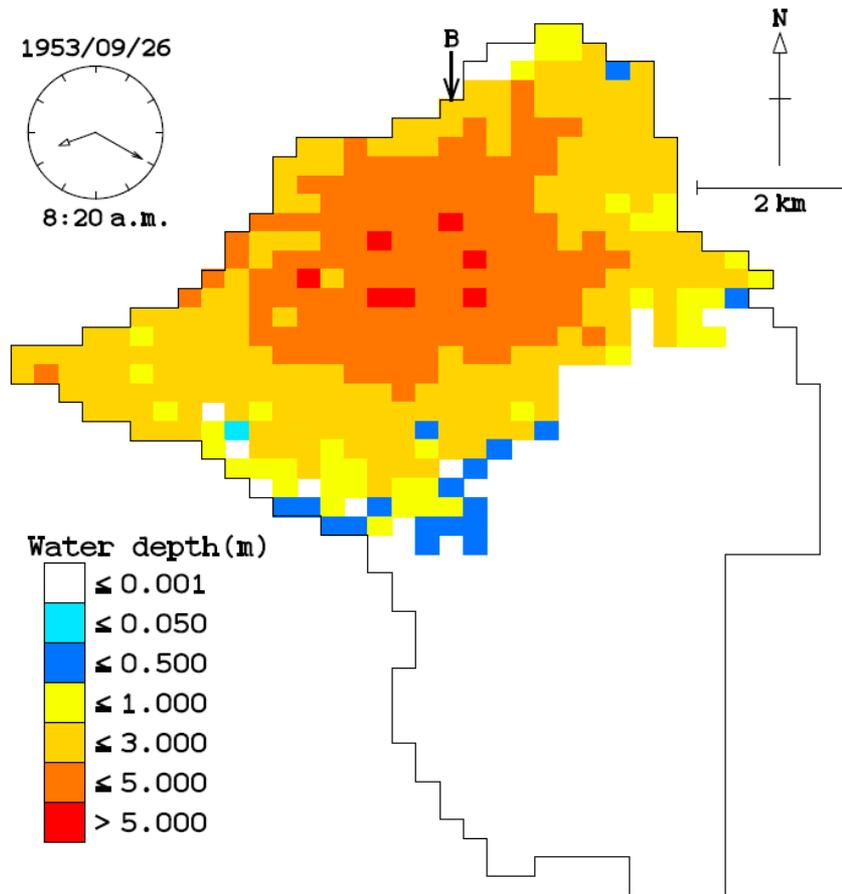
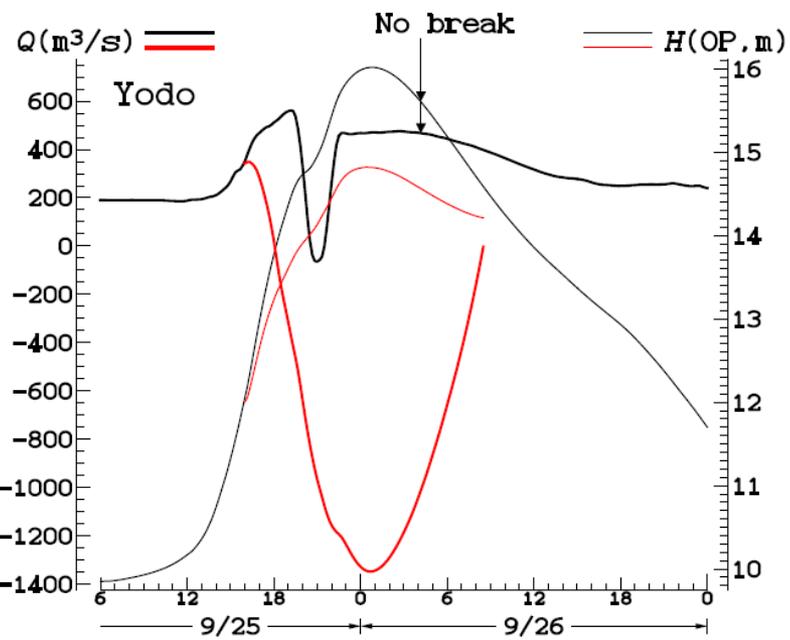
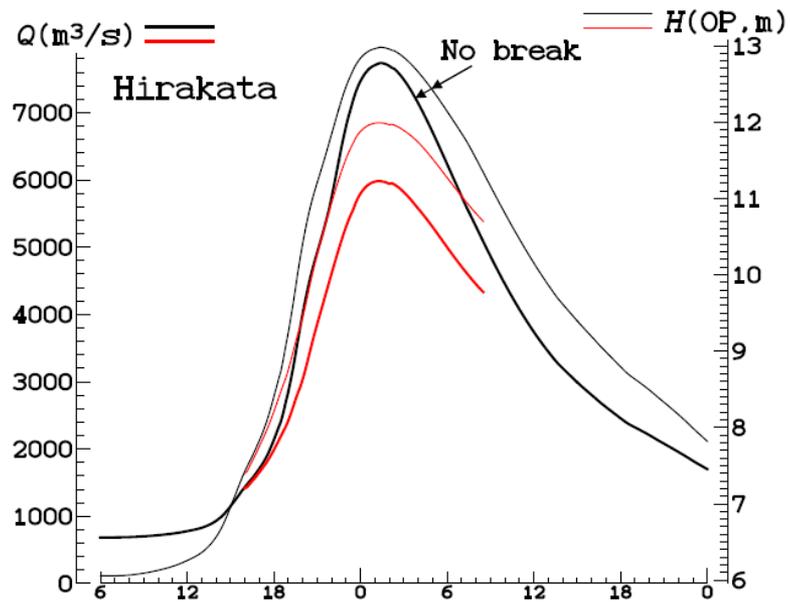
$\mu' = 0.91$: for the submerged overflow.

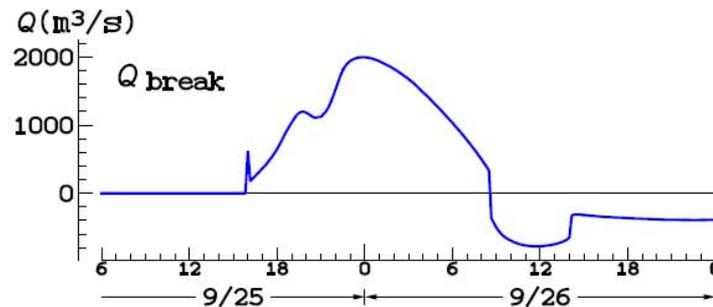
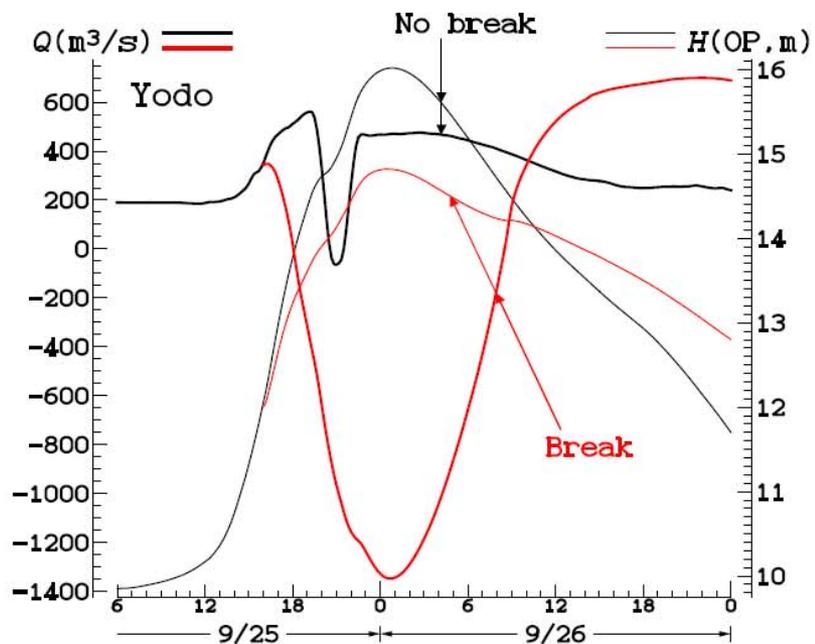
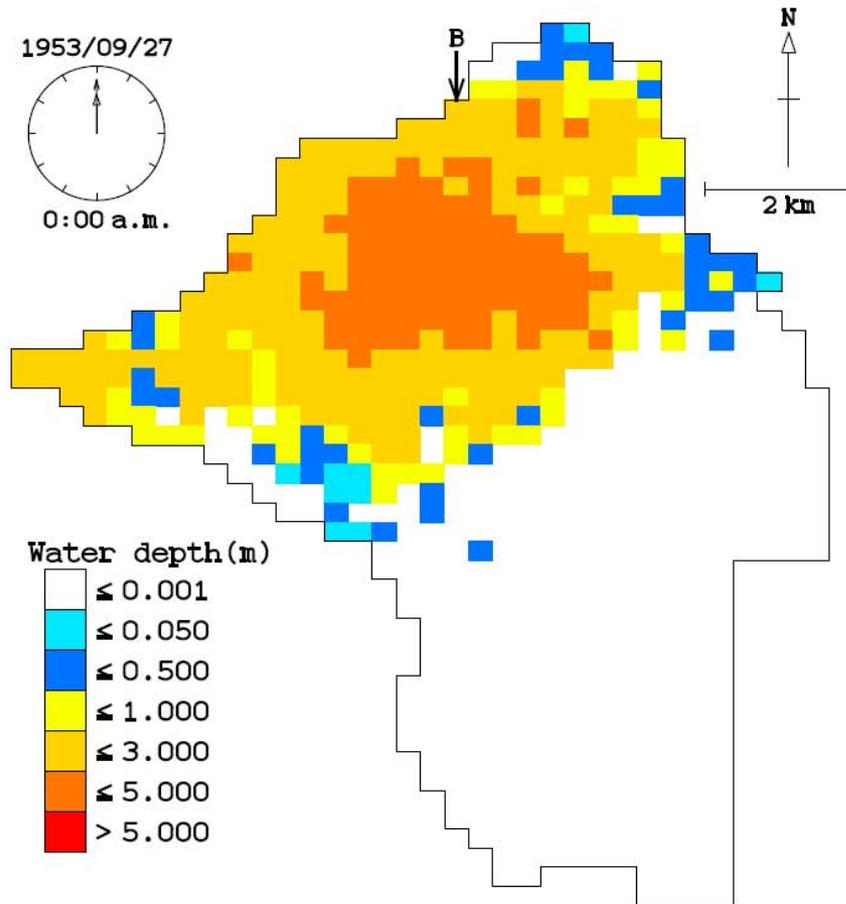
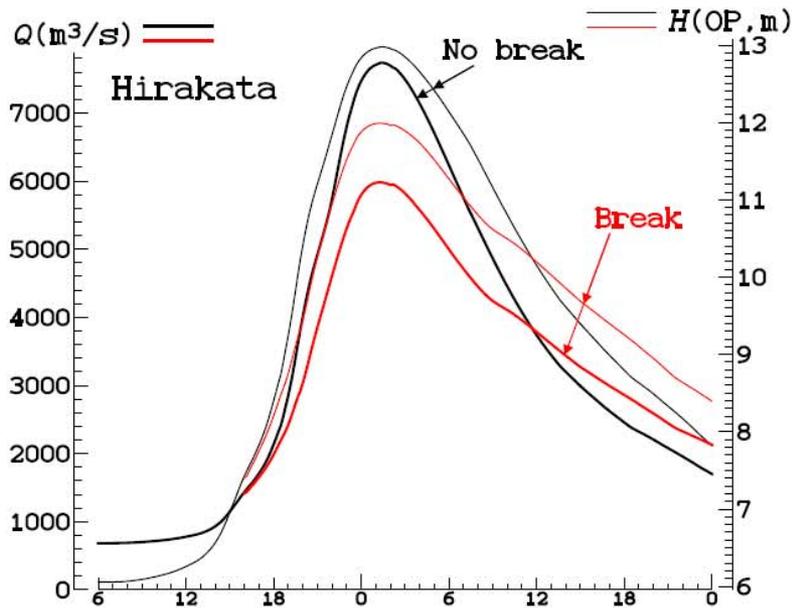


● 想定破堤点：淀川本川（宇治川）向島下流左岸

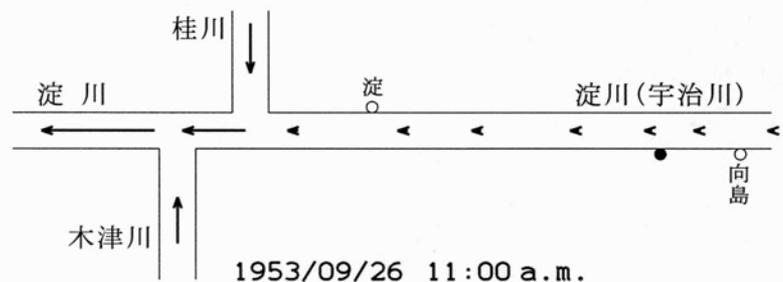
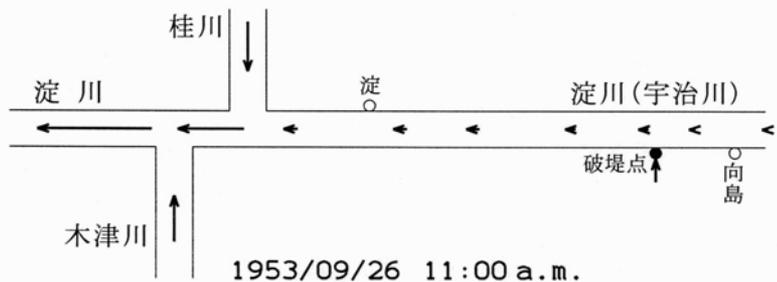
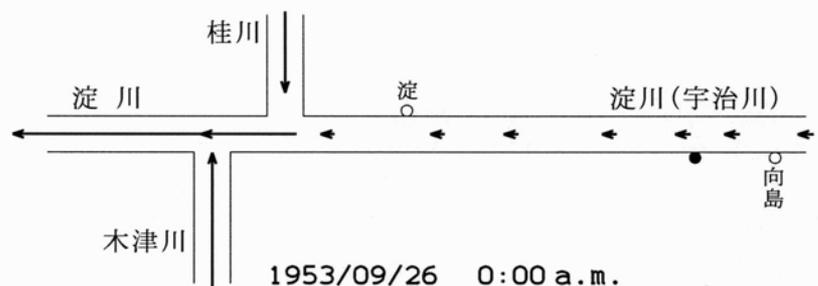
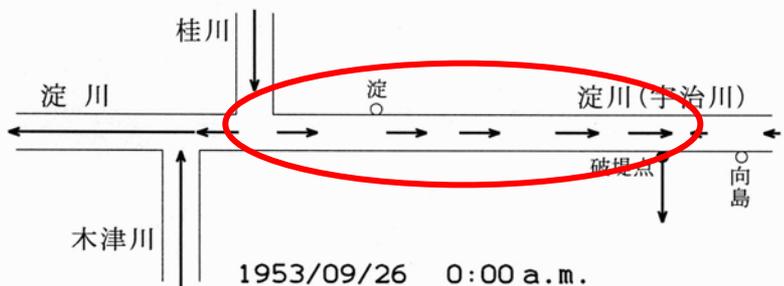
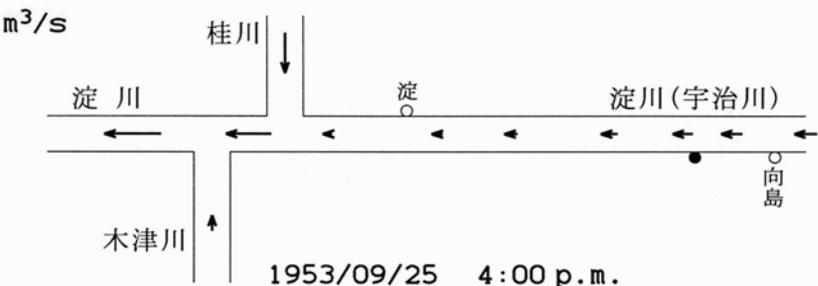
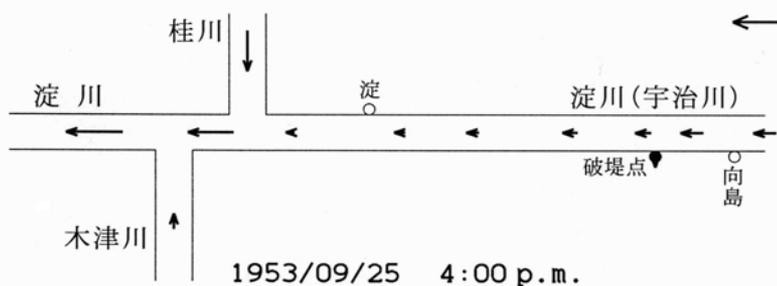
● 想定洪水：5313型







河川流量の分布



破堤あり

破堤なし

計算時間

淀川三川合流部と巨椋池干拓地の洪水氾濫解析

1 D河川断面数 . . . 37

2 D格子数 924

洪水継続時間 42 時間

計算ステップ数 . . 30240

		CPU時間
1994	KUDPC(KUMA)	186 秒
1998	PC9821 Xa10	720
2002	Mebius MM1-H1W	60
2003	Panasonic CF-W2	20
2003	Dell GX260	10

- この氾濫では、干拓地の氾濫水の排水のため、宇治川の御幸橋直上流にある大池排水樋門が伊丹駐屯の保安隊（当時）によって爆破されたという。

わが国では、堤防の爆破・開削は禁止されており、記録ではカスリーン台風時の利根川氾濫で緊急的措置として例外的に爆破されたことがある。



1953年（昭和28年）9月29日（火曜日）

洛南タイムス 第423号 (四)

救われるか六万二千數百石

宇治川東岸御幸橋流を切開

伊丹保安隊も鐵門バク破に成功

近キ 地建

二五日夜御月橋下流一千米の地点で宇治川が決壊。御幸、佐山、三浦池。宇治市の一部水田等二千數百町歩の水田等が水没、この一雨の中に排水しなると六万二千石の産米が全滅の浮目を見たと事態を憂慮した、山崎宇治市長、沢野御牧村、池町長は廿七日午前より米軍大保キャンプ、近畿地区建設局、保安隊伊丹部隊等に要請して宇治川、大津川、桂川の合流点八幡御幸橋や上流宇治東岸を人工で壊れで切開させ水没になつて御幸、佐山、巨塚開拓田の雨水を、排水する事になり、廿七日午後八時より近畿地建強化工事事務所

では切開工事に着手、一處せずして切開しても排水しただけの水が決壊口より流れ込み減水しないとの議論が出て当局者を迷わしていたが、御牧村の権災委員は、一つのソ軍一台が出勤して作業に取りかかつたが不成功に終り、同七時伊丹保安隊の手で、ダイナマイト四発で爆破させ排水に成功。一方地建局の切開作業も同日午前十一時半頃成功。これがため海水は徐々に減水を始め、水没になつた六万二千石の産米が助かるとの、明るい見通しがついた。

この人工排水は最初近畿地建局が責任する事になつたが日時を要し、また決壊した宇治川堤防を閉

生活の糧である産米が全減か、助かるかの境界で、あるだけに、御幸橋、手ぬ御牧村一部村民が村の対策部にとりかかると、思ひ思ひに堤防切開作業を行つた。このため宇治市、御牧村水害対策本部が要請、正式な堤防切開、排水口爆破作業となつたものである。

この人工切開、爆破作業と同時に宇治川

の決壊口を閉鎖しなくて、は決壊口より水が流れ込み切開口に抜けるだけで水没地帯は減水しないので、宇治市、御牧村対策本部では南部流開の水門を閉鎖するよう近畿地建局に要請、宇治川の減水を持つて土俵五万俵を決壊口に投入して閉鎖し、早く地元消防隊が到着して閉鎖している。

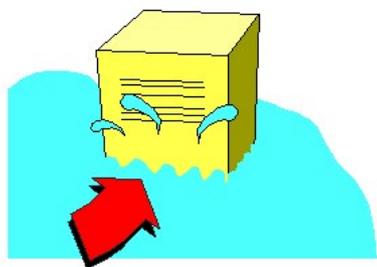
市内福島町西目川の約廿七戸は未だ海水の中に孤立している市対策本部では現在食料、飲料水を舟で運んでいるが、少い食糧と連日の疲労で部連民に照慮の色が濃い。

宇治川大水害、宇治市危機管理課編、2006年3月

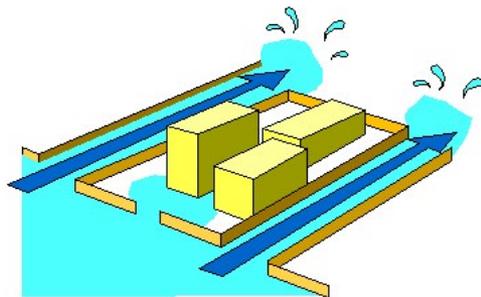
3. 氾濫解析のモデルと格子分割

氾濫流に影響する都市要素

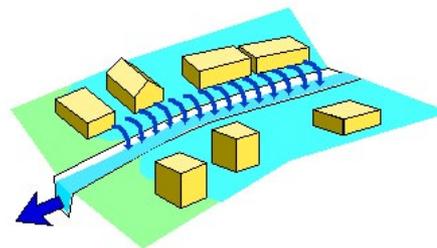
建造物による流れの遮断



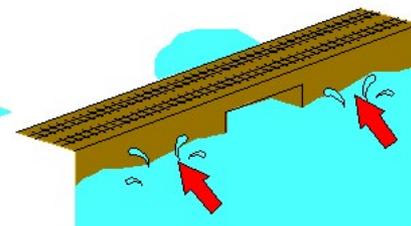
道路に沿う流れの伝播



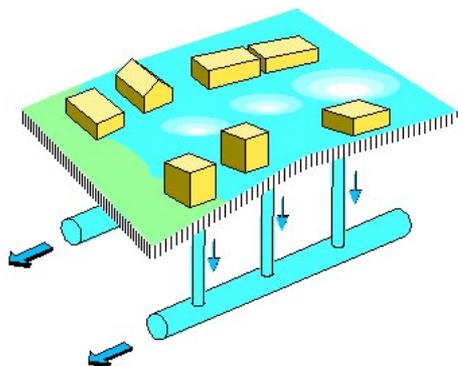
中小河川からの排水



連続盛土による遮断



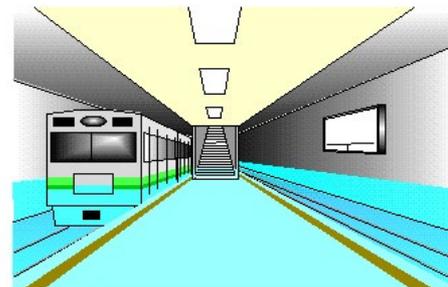
下水道からの雨水排除



地下街の浸水

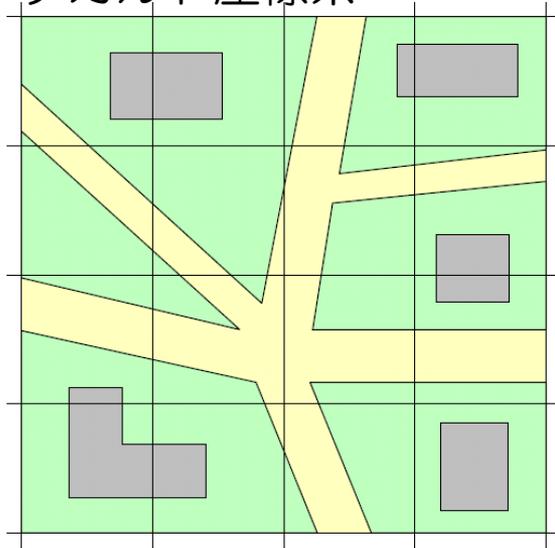


地下鉄・駅構内の浸水

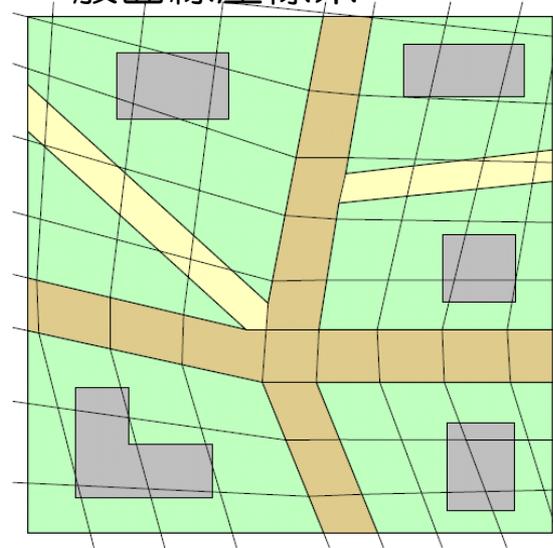


格子分割の方法

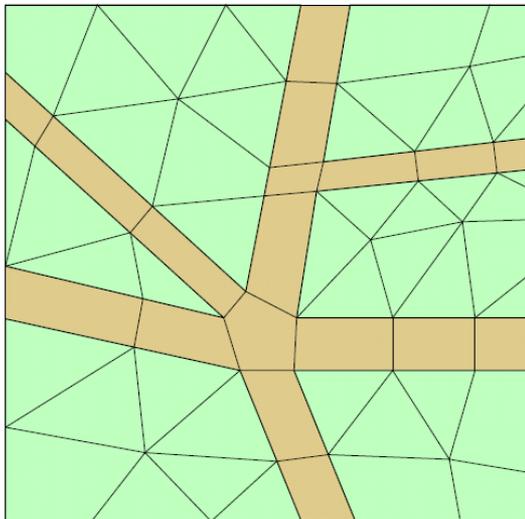
デカルト座標系



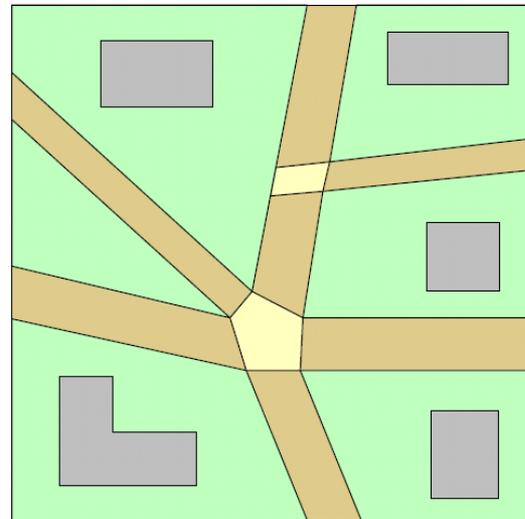
一般曲線座標系



非構造格子



街路ネットワーク



建造物

住 区

道 路

リンク

ノード

住 区

建造物

街路ネットワークモデル (1)



新潟県三条市における五十嵐川の氾濫 (2004/7/13)

国土交通省北陸地方整備局

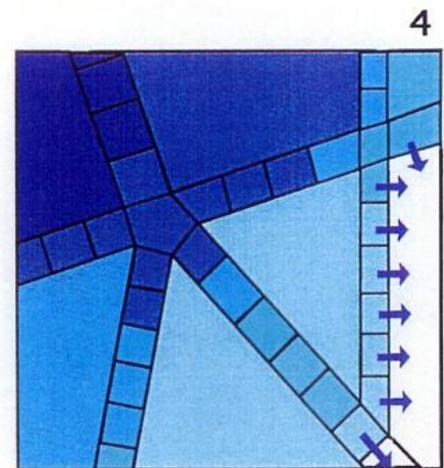
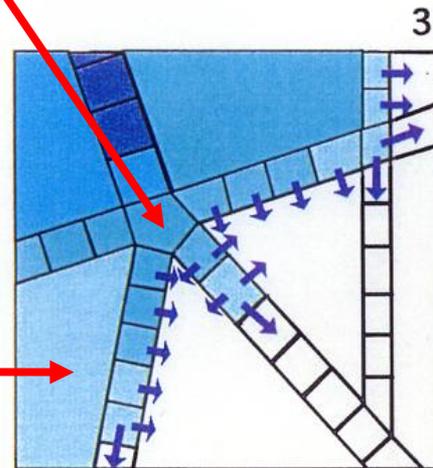
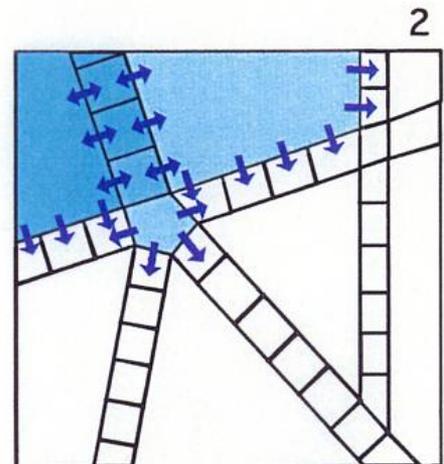
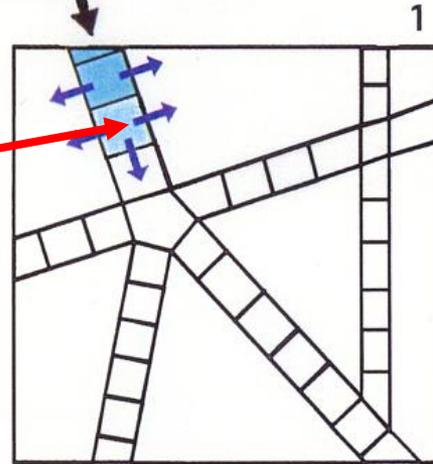
街路ネットワークモデル (2)

氾濫水の流れ

街路
: 1D解析

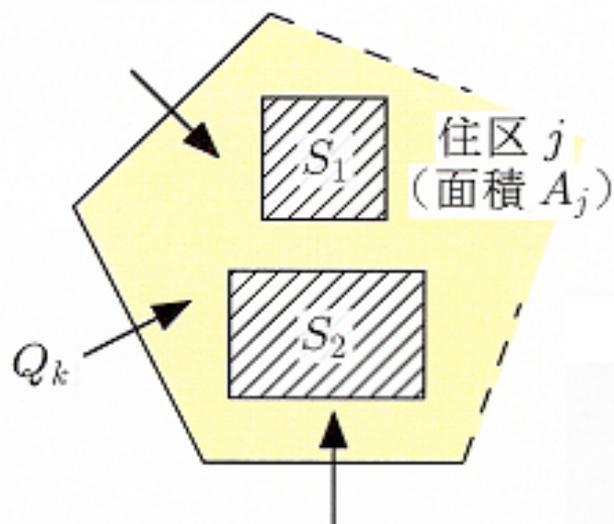
ノード (交差点)
: 連続式

ブロック (住区)
: 連続式



建物の影響

- 1. 非浸水性の建造物による氾濫面積の拡大
 - 2. 建造物による氾濫水の遮断
 - 3. 道路に沿った氾濫水の伝播
- 占有率 —— 連続式
 粗度係数 —— 運動量式



占有率 $\lambda_j = \frac{\sum S}{A_j}$

通過率 $\beta_j = \sqrt{1 - \lambda_j}$

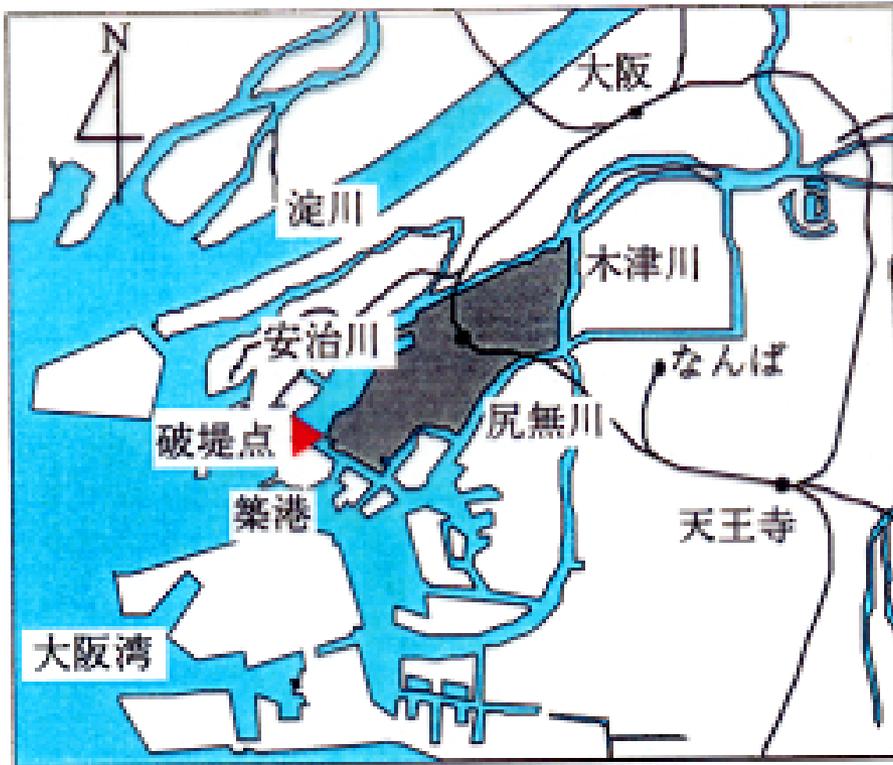
流量 Q_k の補正

$$\tilde{Q}_k = \begin{cases} \beta_j Q_k & : \text{住区へ流入} \\ Q_k & : \text{住区から流出} \end{cases}$$

< 占有率 λ を考慮した連続式 >

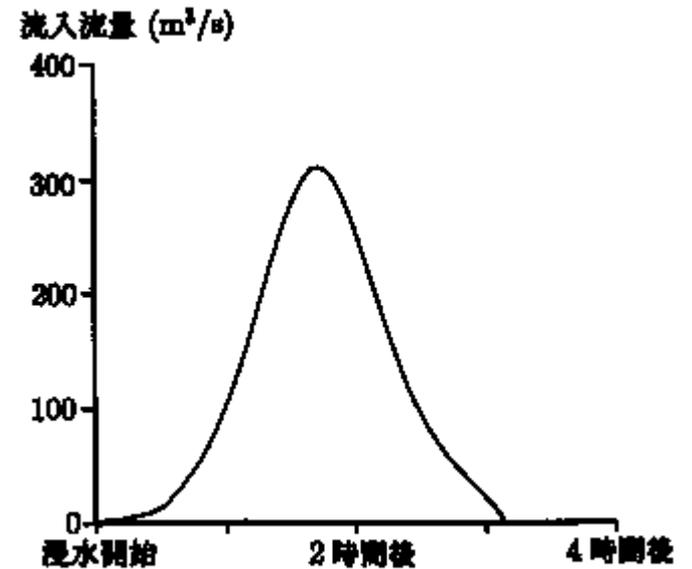
$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{(1 - \lambda_j) A_j} \sum_{k=1}^m \tilde{Q}_k$$

高潮氾濫の結果を比較（大阪市港区）



大阪市港区

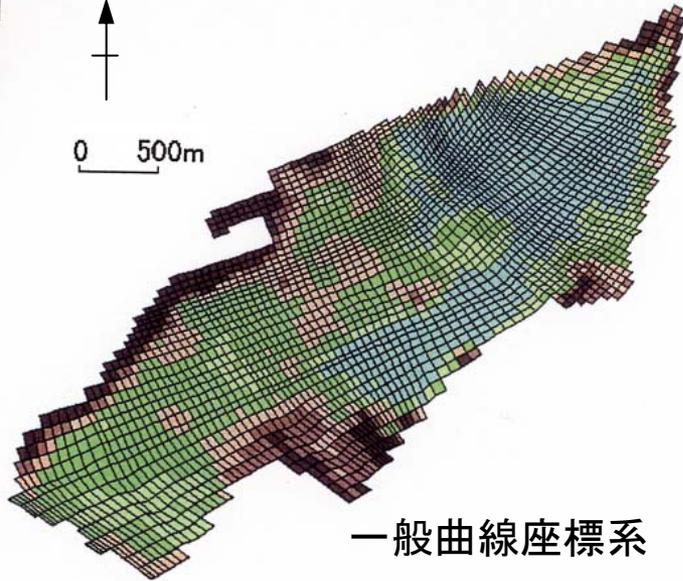
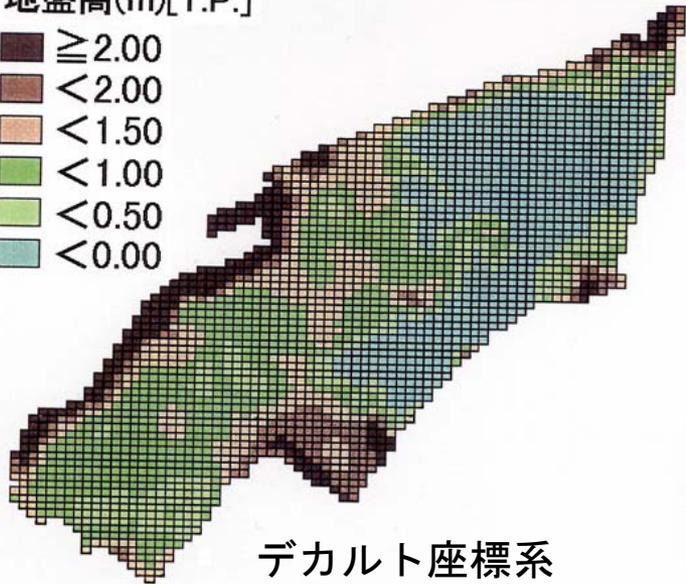
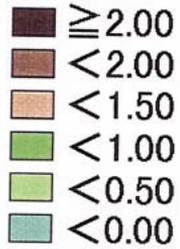
(対象範囲の面積は6.4km²)



堤内地への流入流量

格子分割と地盤高

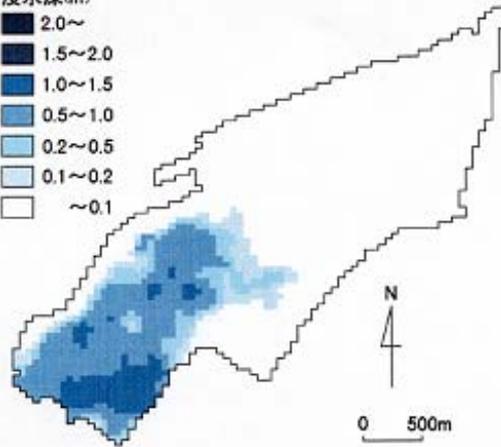
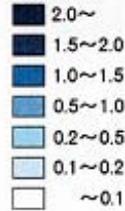
地盤高(m)[T.P.]



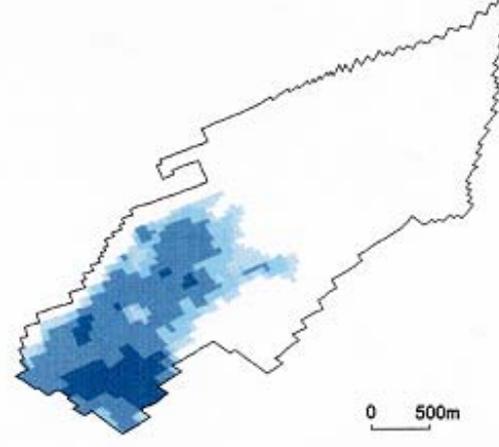
計算開始後3時間目の浸水深

(都市的要素—街路および建物—を考慮しない場合)

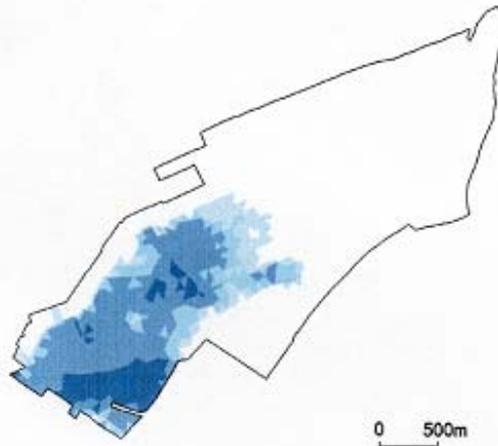
浸水深(m)



デカルト座標系



一般曲線座標系



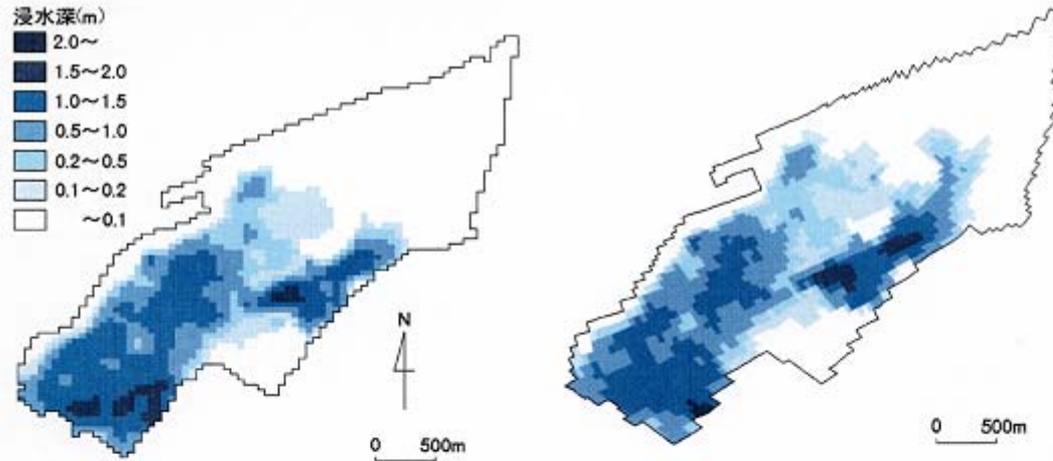
非構造格子



街路ネットワークモデル

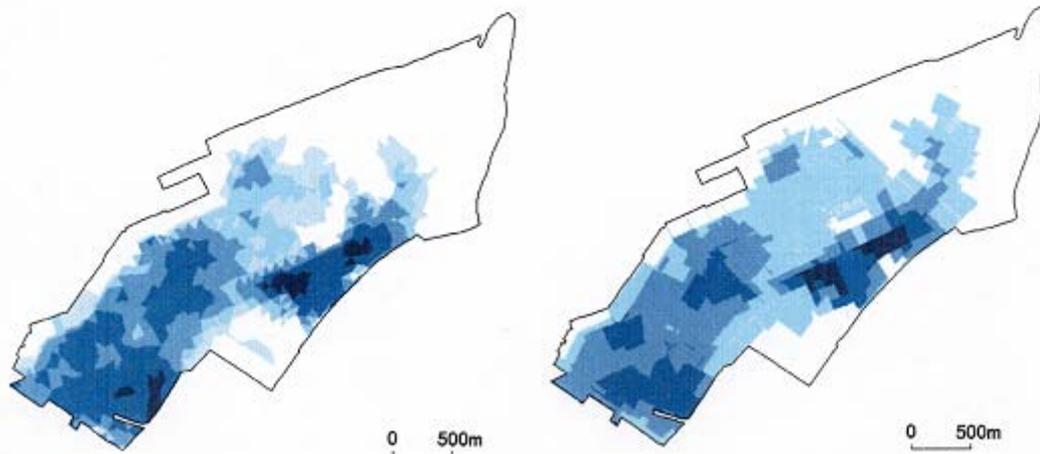
計算開始後 3 時間目の浸水深

(都市的要素—街路および建物—を考慮した場合)



デカルト座標系

一般曲線座標系



非構造格子

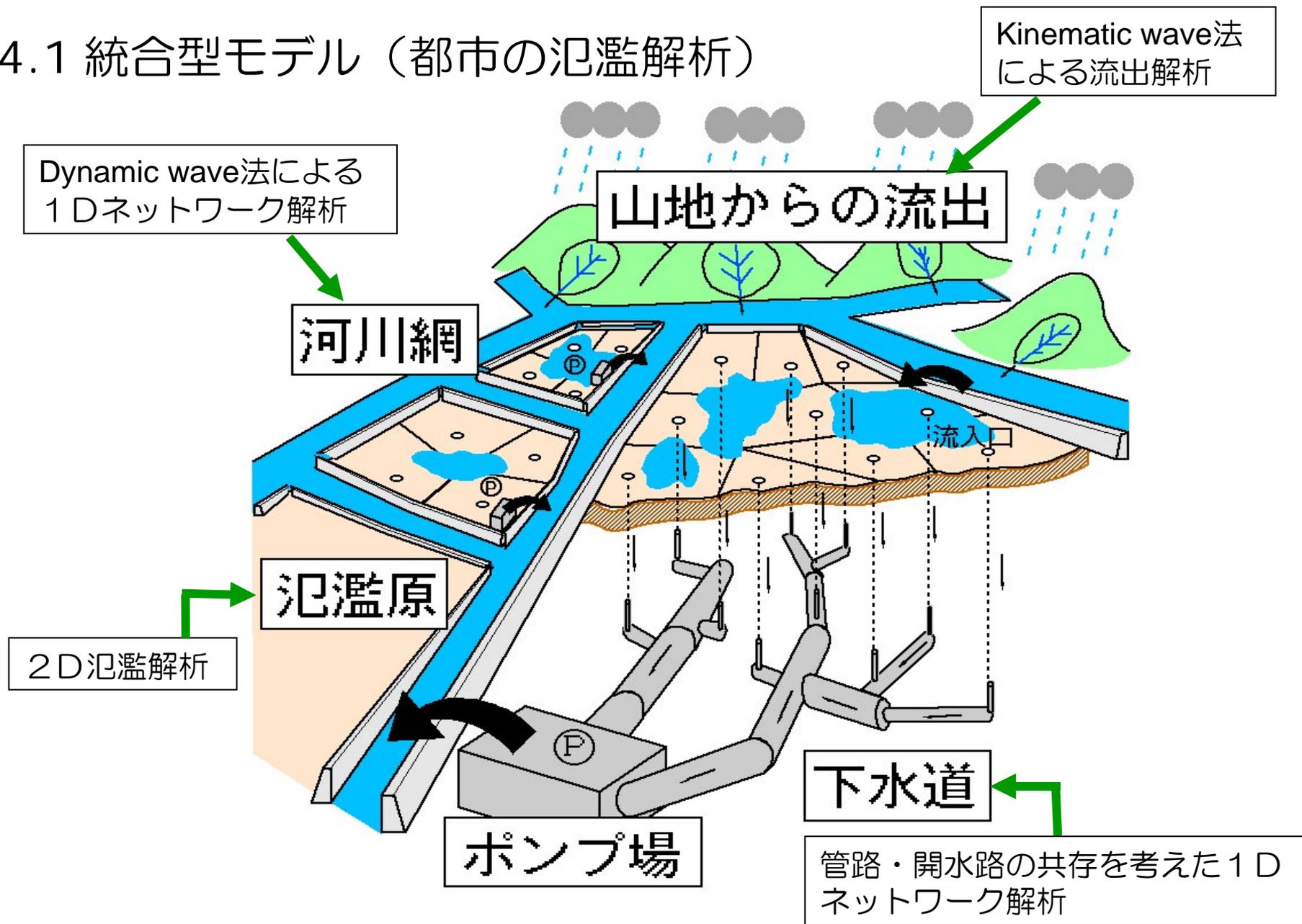
街路ネットワークモデル

市街地における氾濫解析モデルの比較

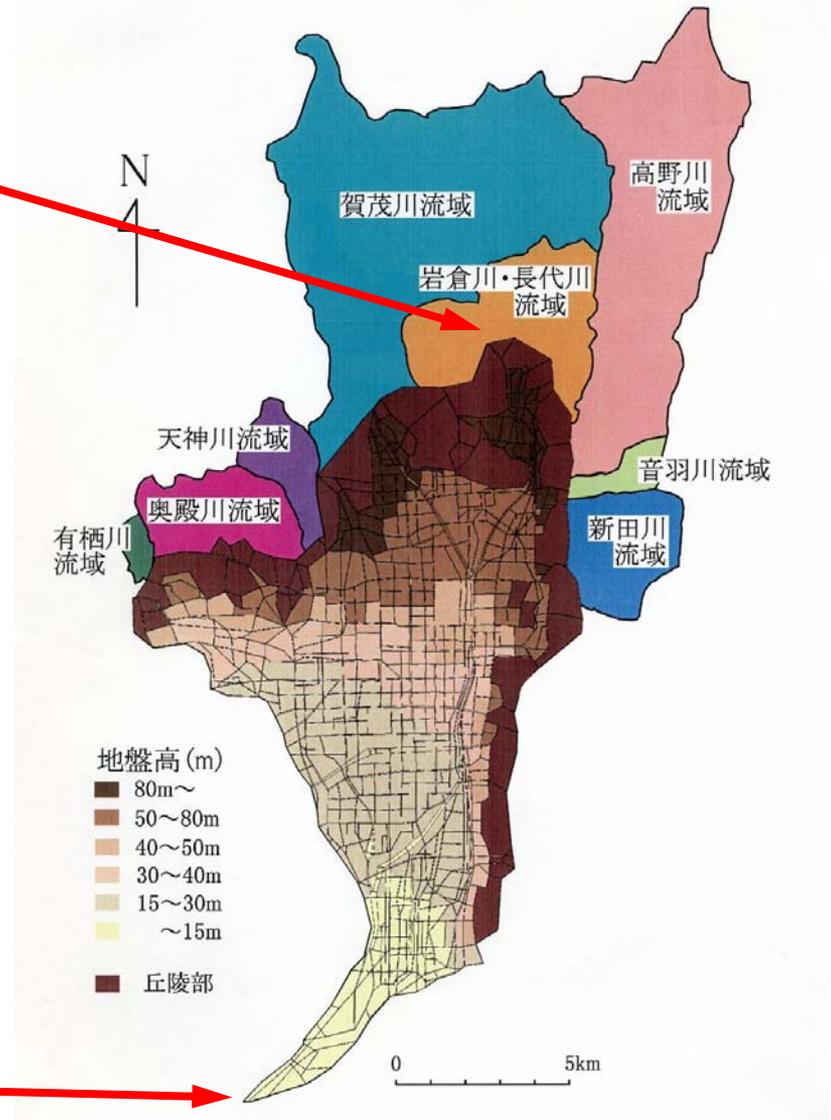
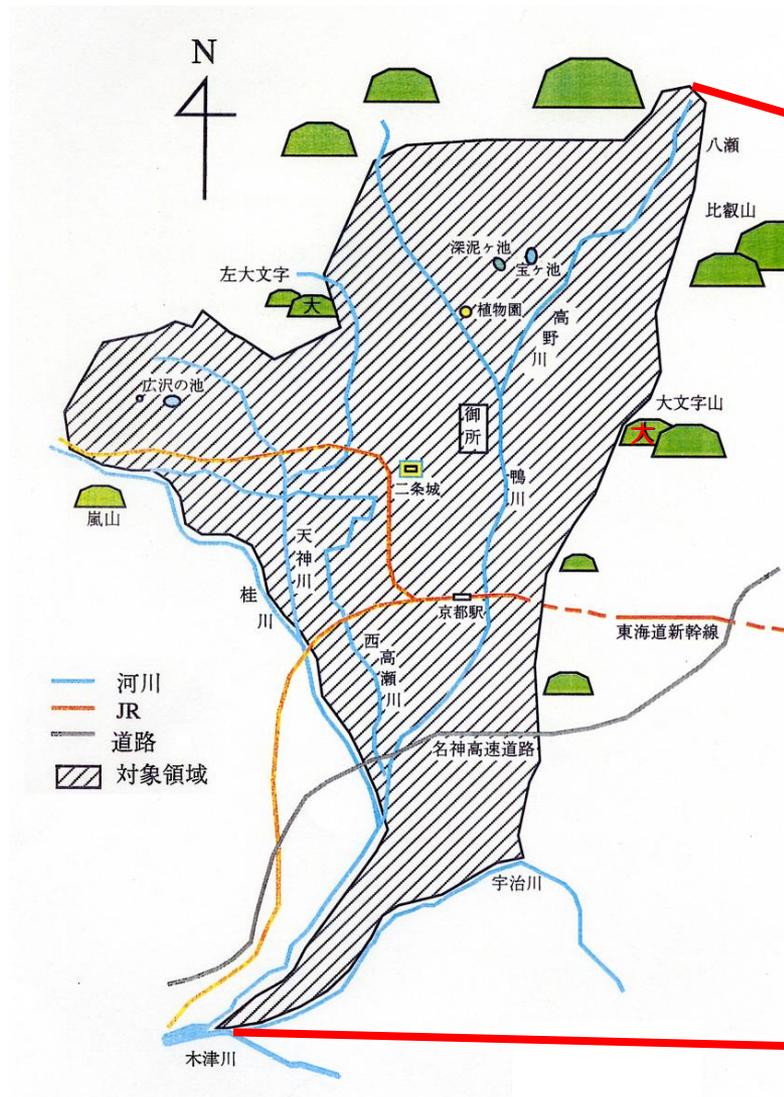
氾濫解析モデル	長 所	短 所
デカルト座標系モデル	格子形成が簡便。氾濫状況を大まかに把握するのに好都合。	建物や街路の影響を考慮するのが困難。
一般曲線座標系モデル	主要な街路に沿った格子形成が可能。	格子形成が街路網の形状に依存（五叉路などは表現できない）
非構造格子モデル	複雑な地形や境界を取り込むのが容易。	格子形成に相当の時間と労力を要する。
街路ネットワークモデル	密集市街地において、建物や街路の影響を考慮するのに好都合。	格子形成にかなりの時間と労力が必要。

4. 氾濫解析法の応用

4.1 統合型モデル（都市の氾濫解析）



京都市の中心部と周辺の山地



鴨川の流域面積・・・143 km² (荒神橋地点)

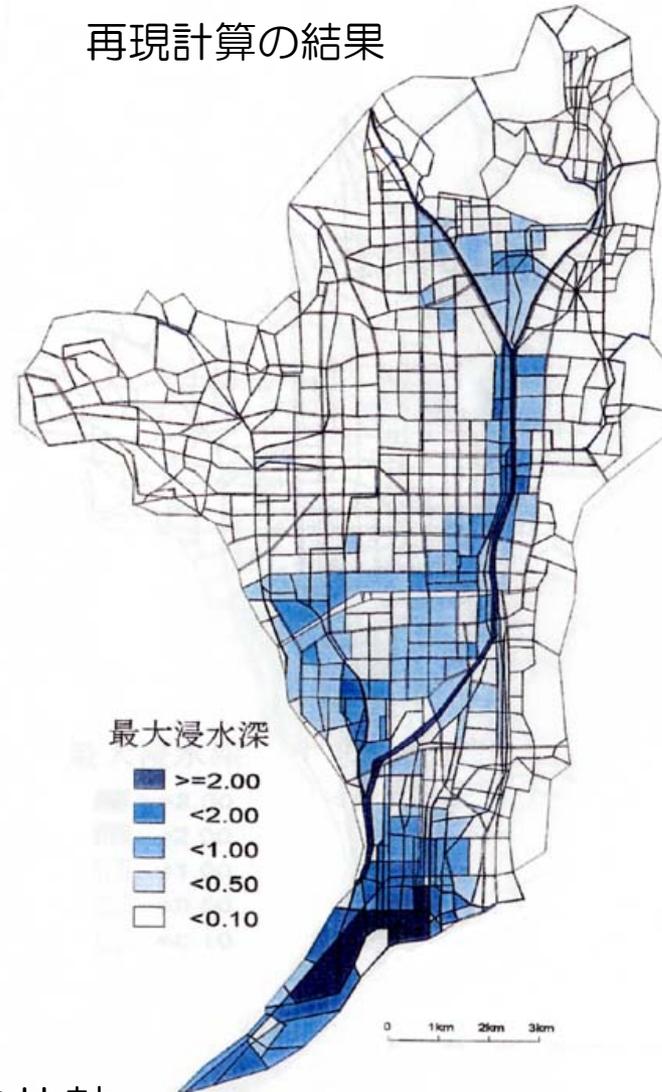
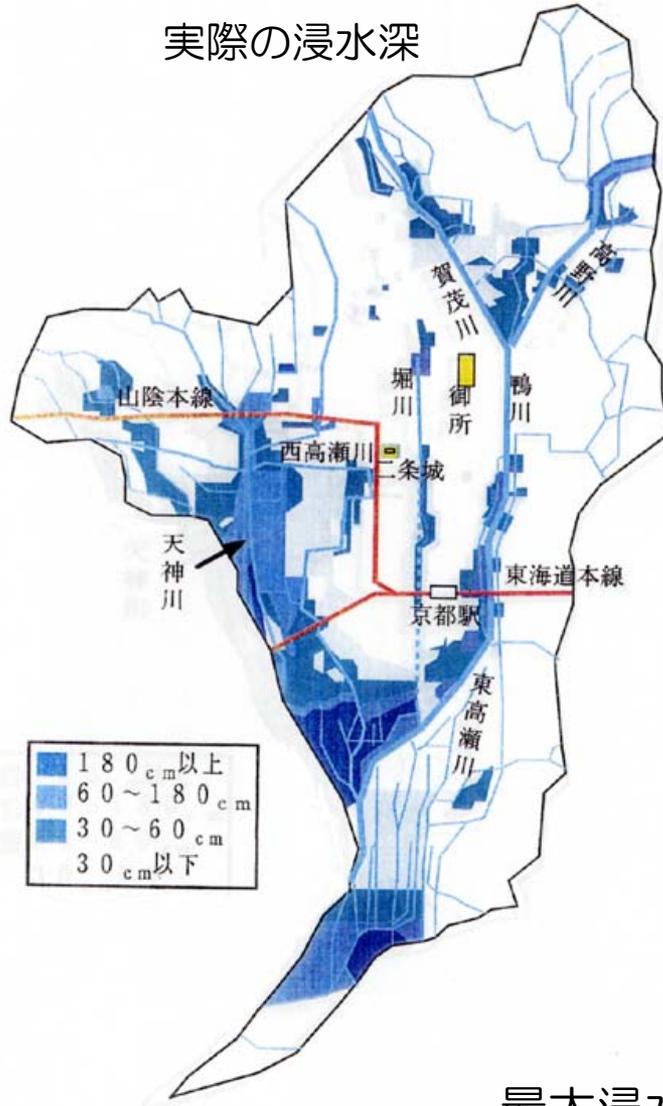
昭和10年（1935年）6月の洪水



一部が流失した三条大橋（29日）

水禍と京都，京都市土木局（1936）

昭和10年（1935年）6月の氾濫



最大浸水深の比較

4.2 地下空間

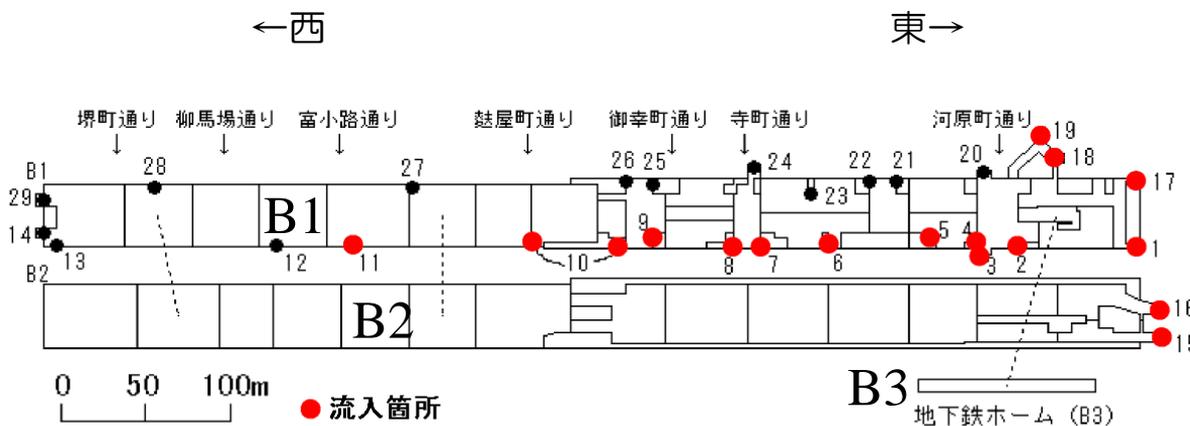
対象：京都・御池地下街と地下鉄東西線



- 東西方向に650m.
- 東側に鴨川が流れている。

流入条件

- 京都市市街地模型氾濫実験の結果より流入条件を決定
- 鴨川御池大橋付近より $100\text{m}^3/\text{s}$ の溢水を想定
- 地下3階ホームの扉は閉めた状態
- 各流入口で時間差をつけて流入

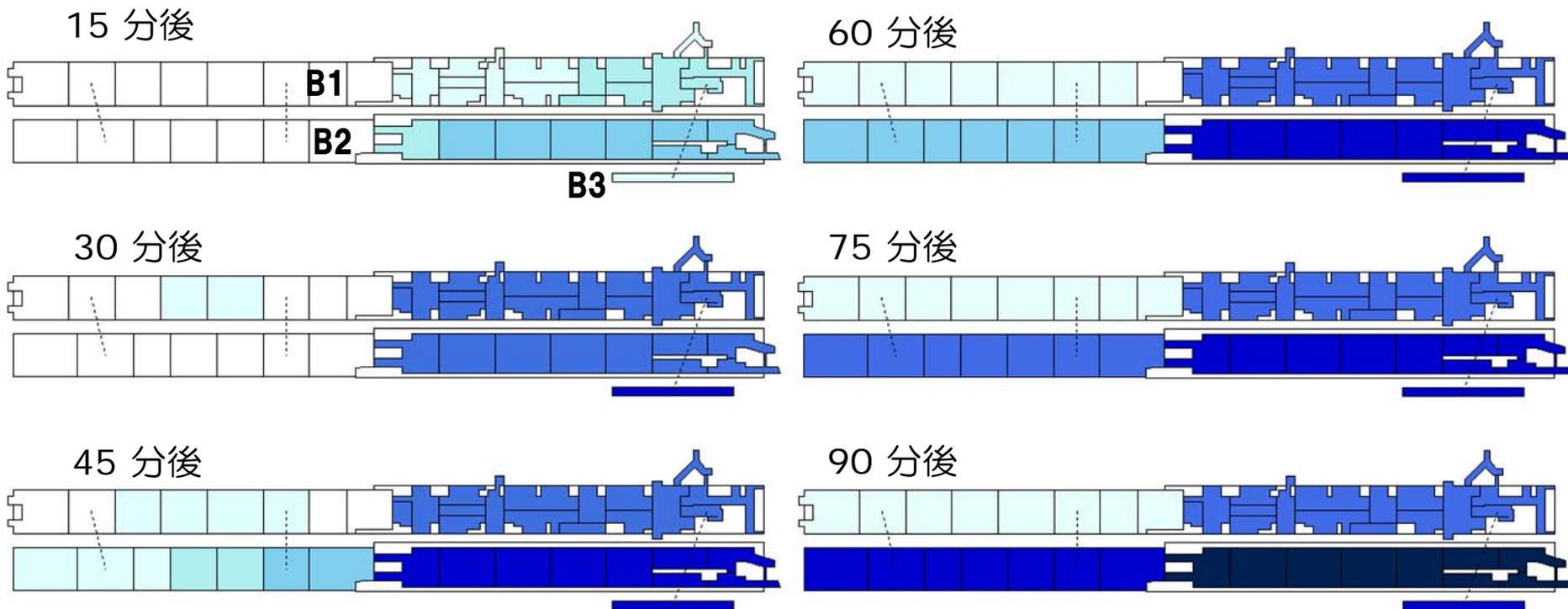


流入口番号	流入開始時間	流入流量 [m^3/s]
1	0	1.58
15+16	6分18秒	14.08
3	10分03秒	1.32
5	10分14秒	2.13
4	10分30秒	1.88
2	10分47秒	2.63
18+19	11分25秒	0.38
6	11分53秒	1.31
17	12分42秒	2.00
7	14分09秒	1.08
9	23分06秒	1.10
10	24分01秒	0.54
8	24分28秒	0.94
11	27分18秒	0.67

注：時間の起点は、流入口1番から地下空間に浸水が始まった時とする。

計 $31.64 \text{ m}^3/\text{s}$

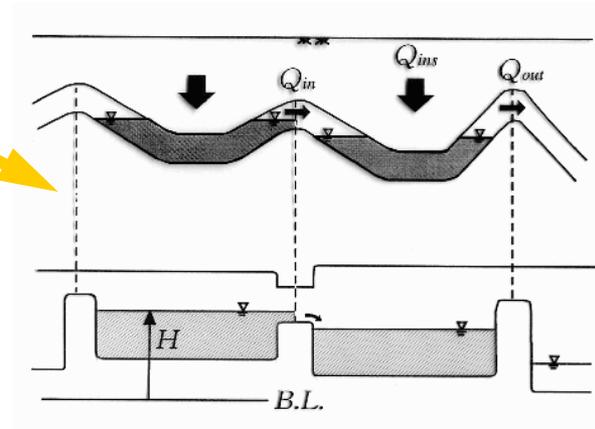
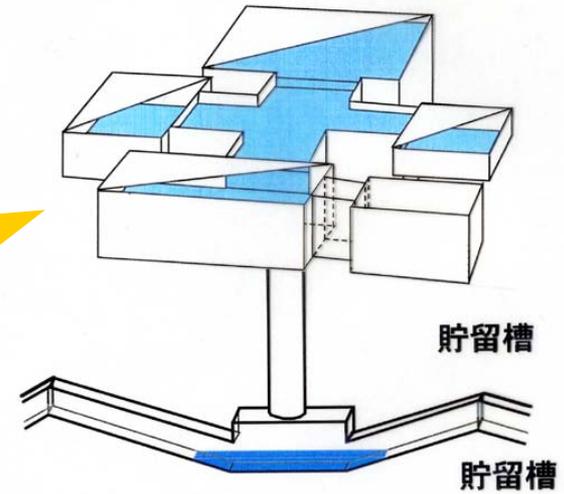
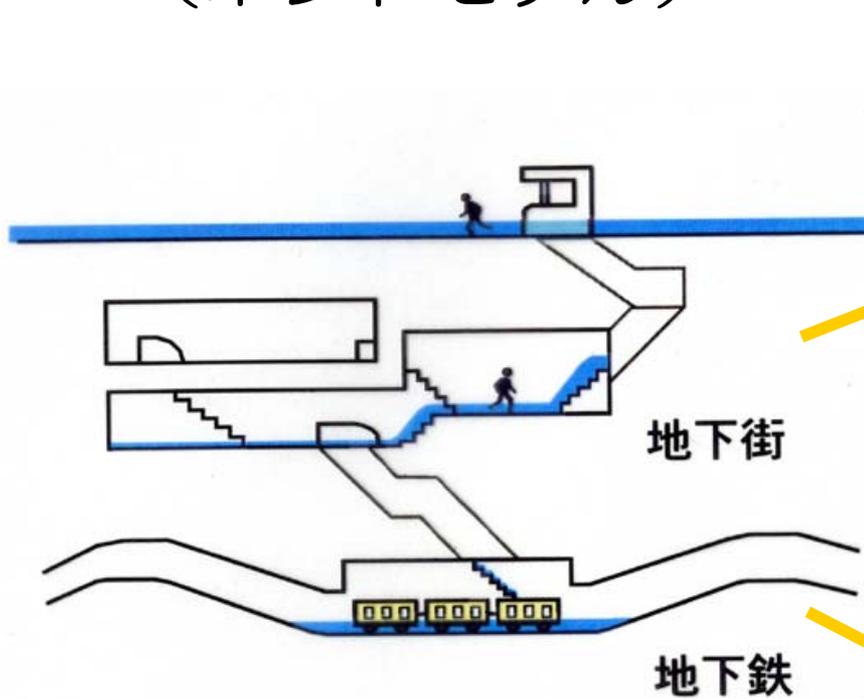
実験の浸水過程（平面図）



0 50 100m

浸水深 [m]
■ 3.00~
■ 2.00~3.00
■ 1.00~2.00
■ 0.50~1.00
■ 0.20~0.50
■ 0.01~0.20
■ ~0.01

地下空間へ浸水する流れのモデル化 (ポンドモデル)

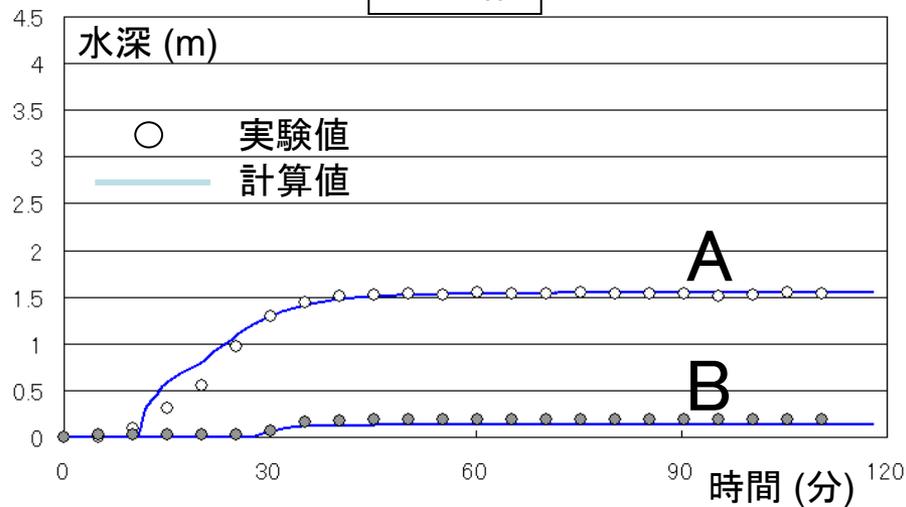


地下空間を、貯留槽が連結された空間
と考える。

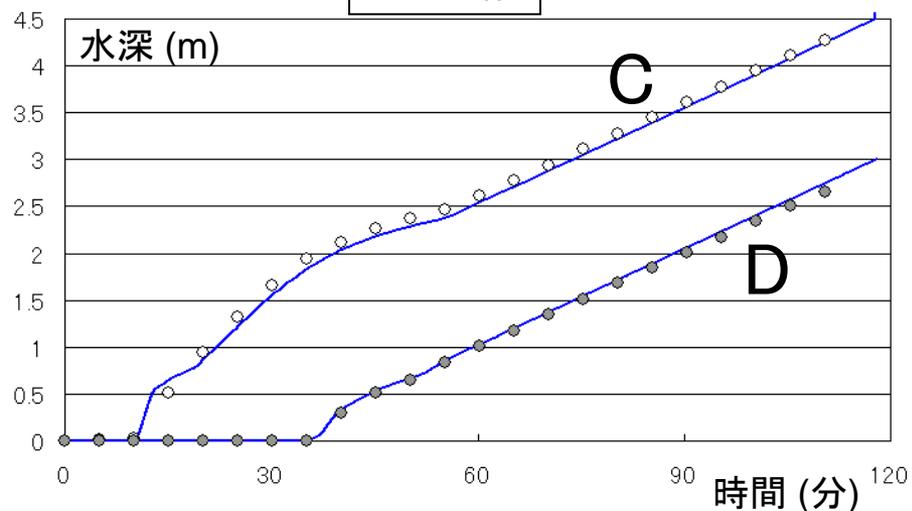
貯留槽間の流れには、種々の流量公式
を適用する。

実験結果との比較

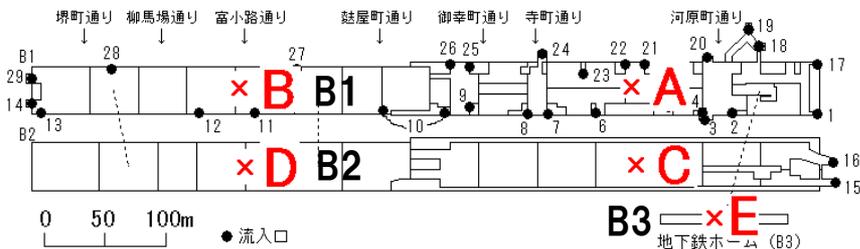
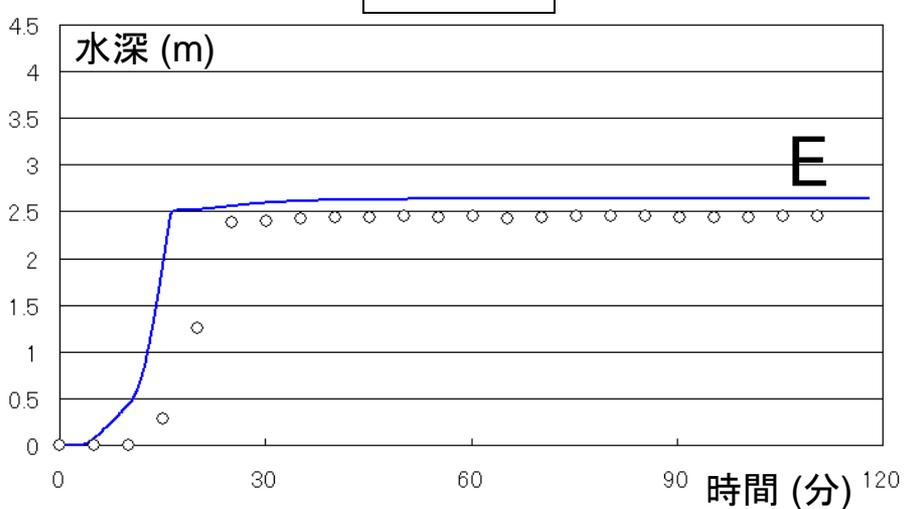
地下1階



地下2階



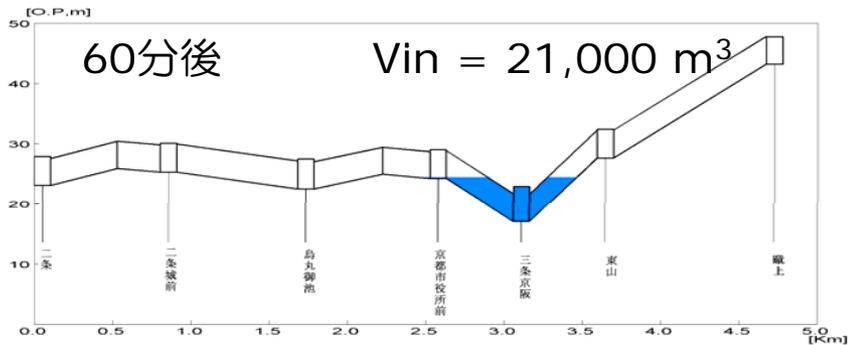
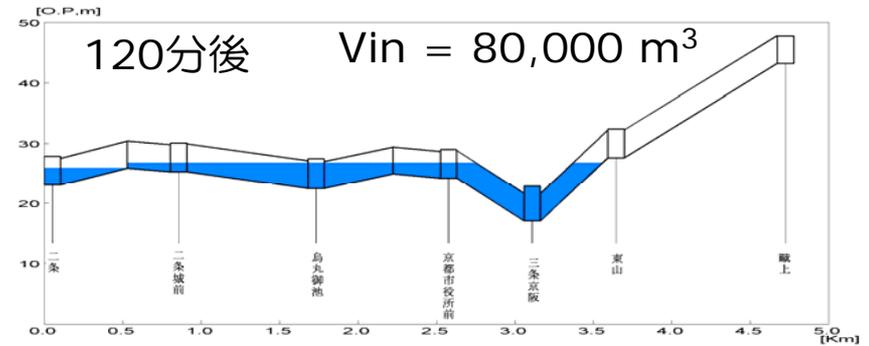
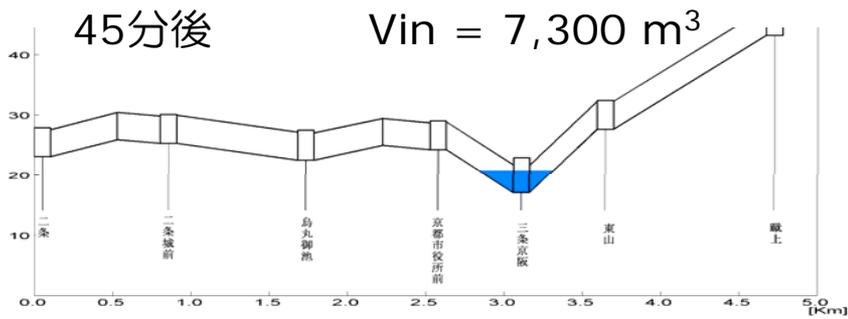
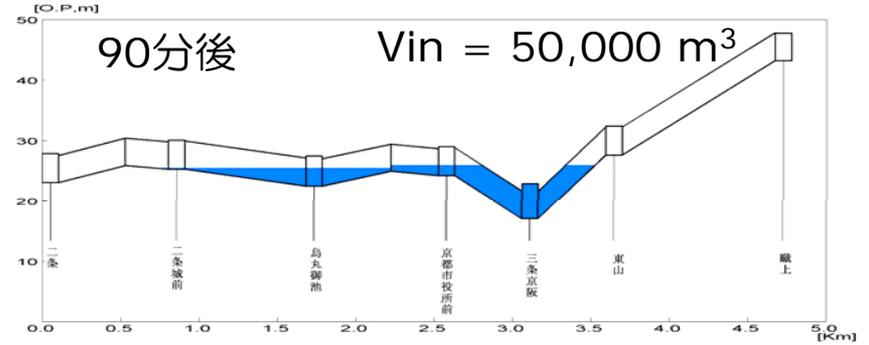
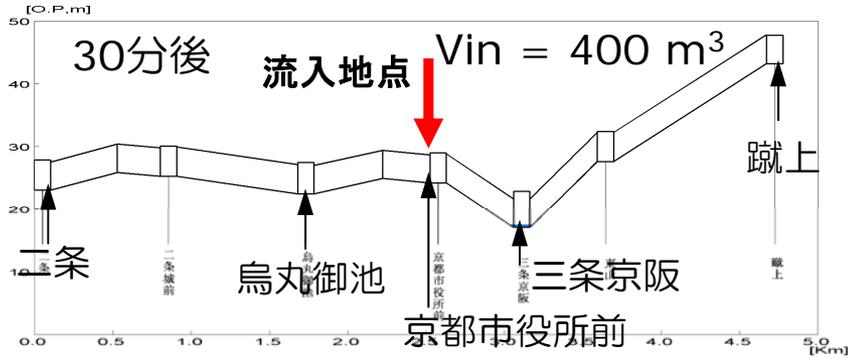
地下3階



計測地点

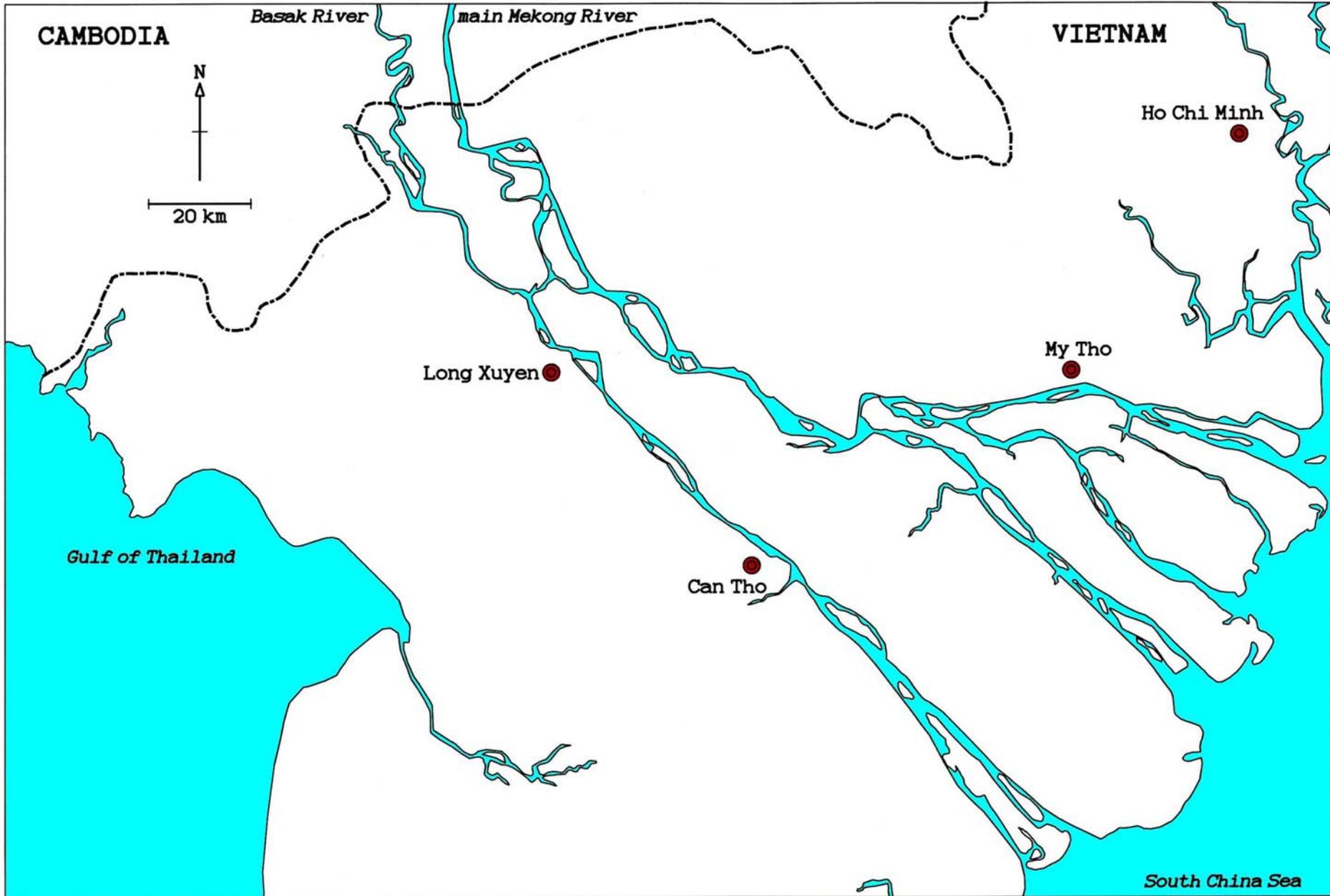
地下鉄トンネルへの浸水

(実験で求めた浸水量を与えて解析した結果)

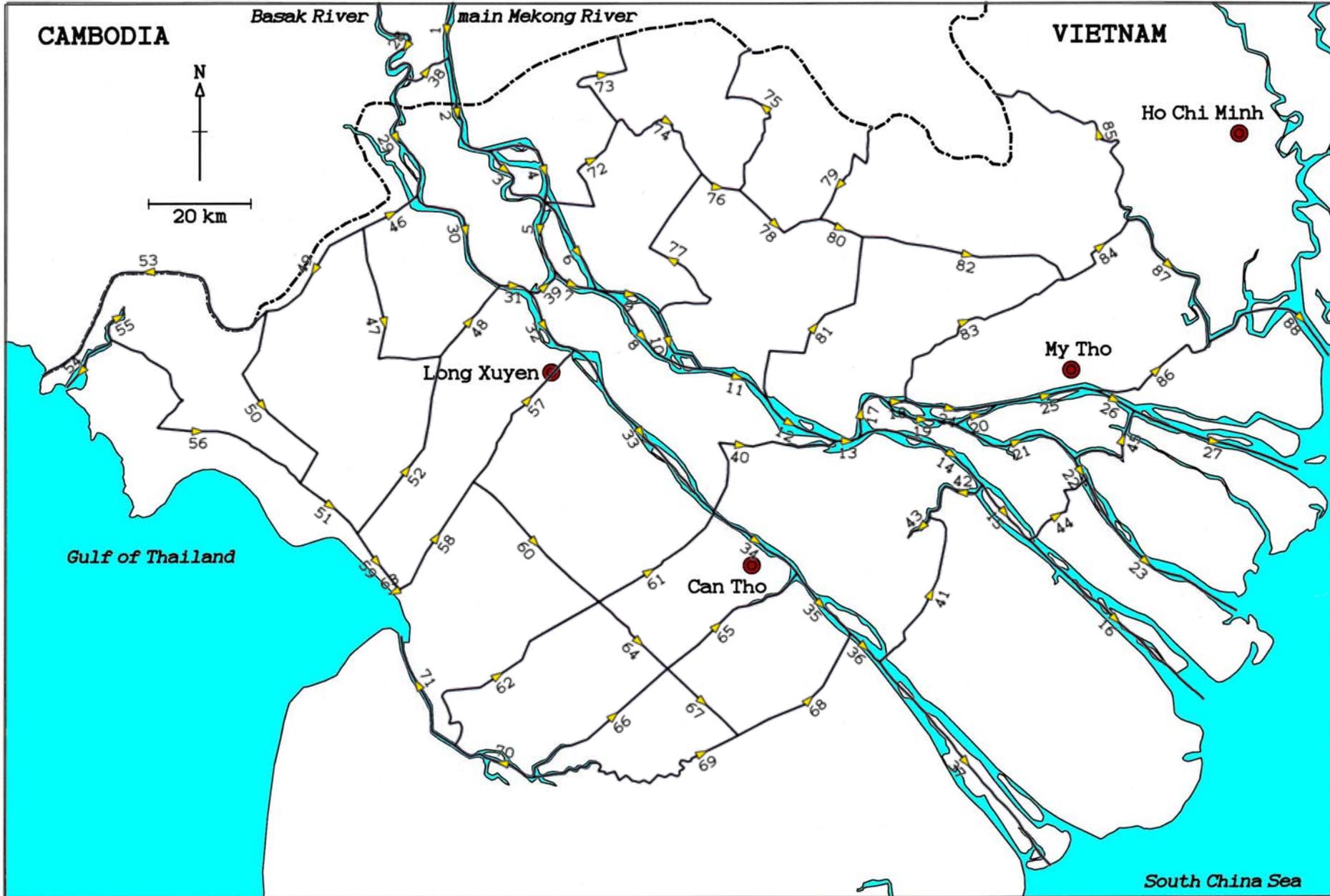


V_{in} : 地下鉄空間へ浸入した水量

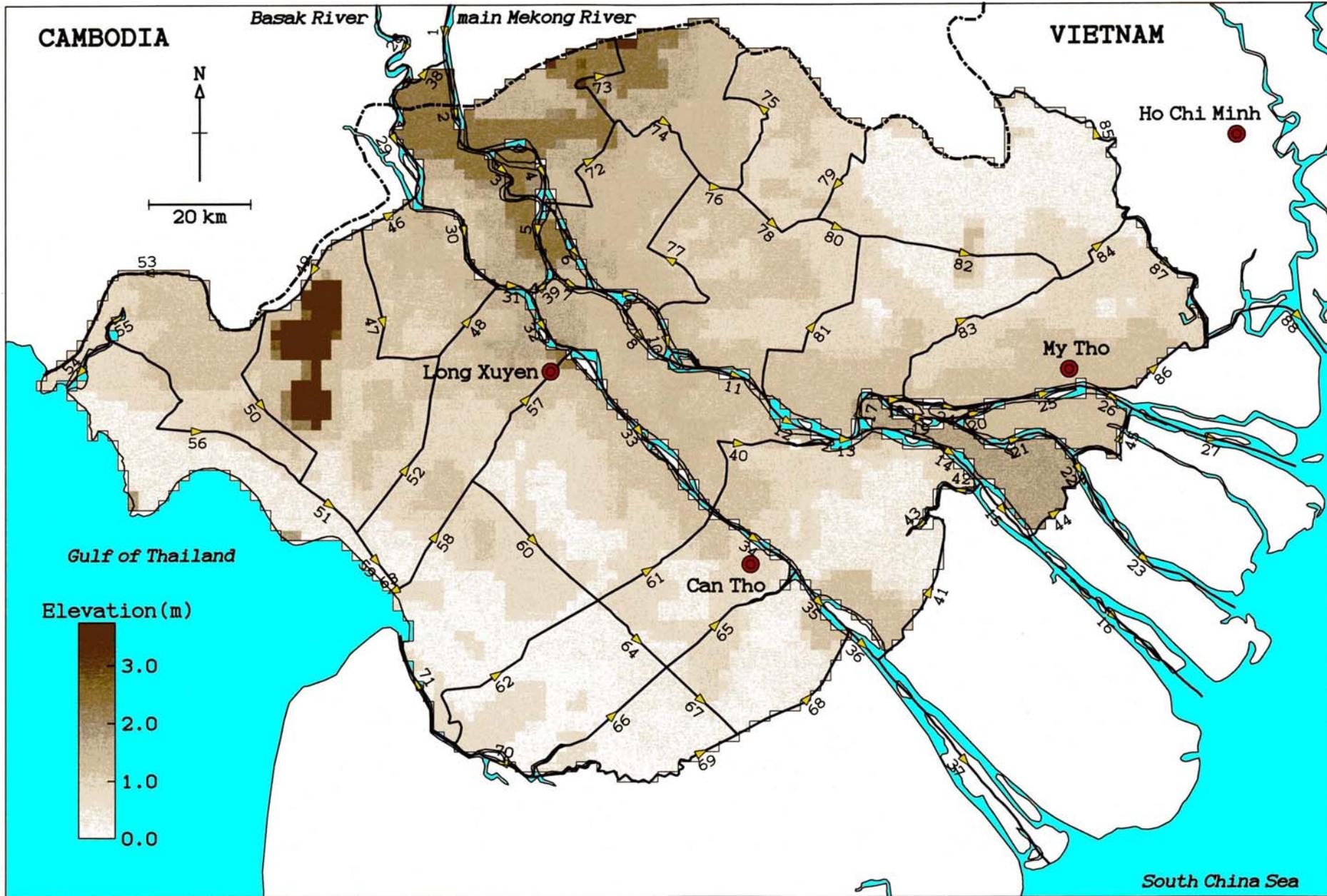
ベトナム領メコンデルタ（北半分）



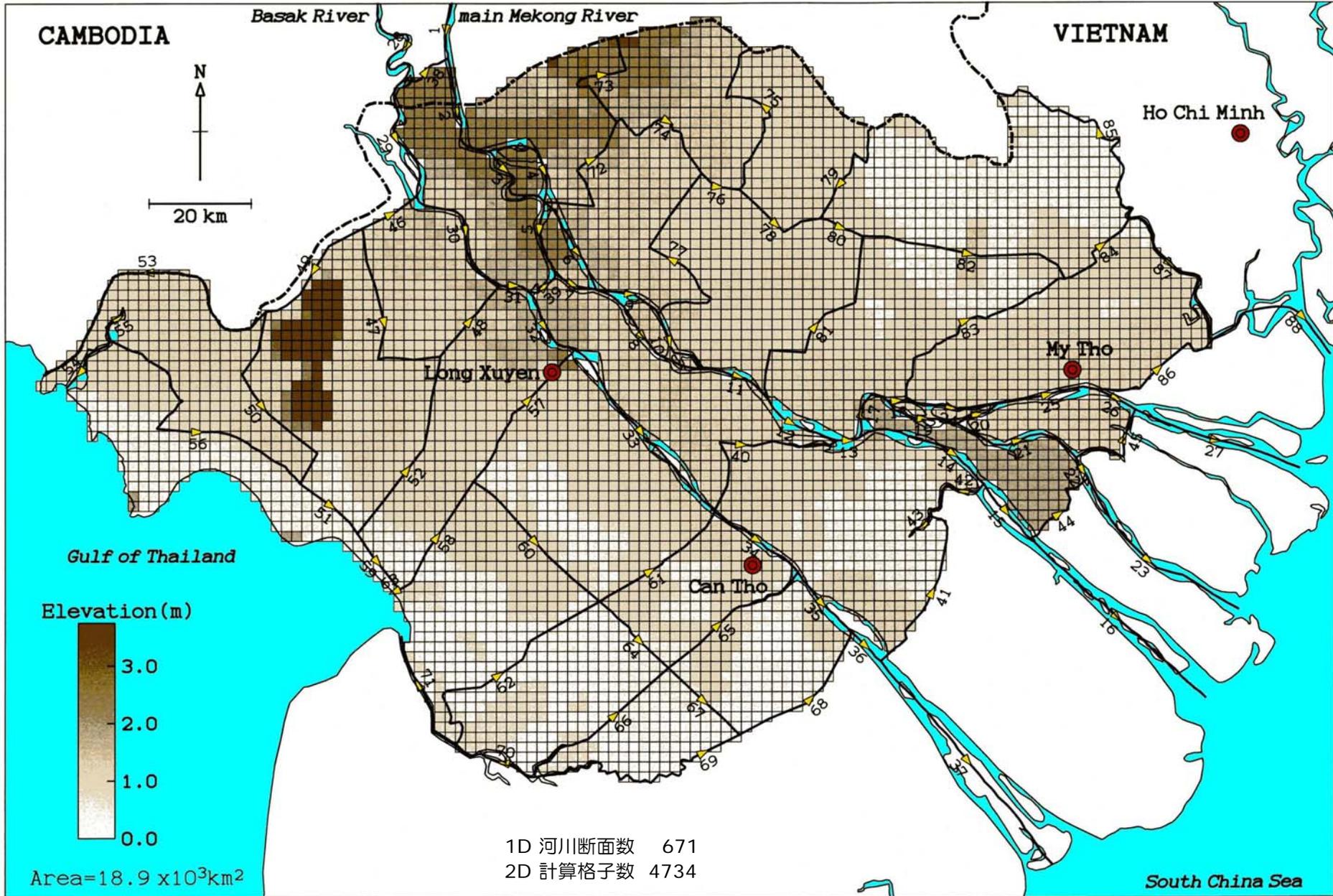
ベトナム領メコンデルタ（北半分）



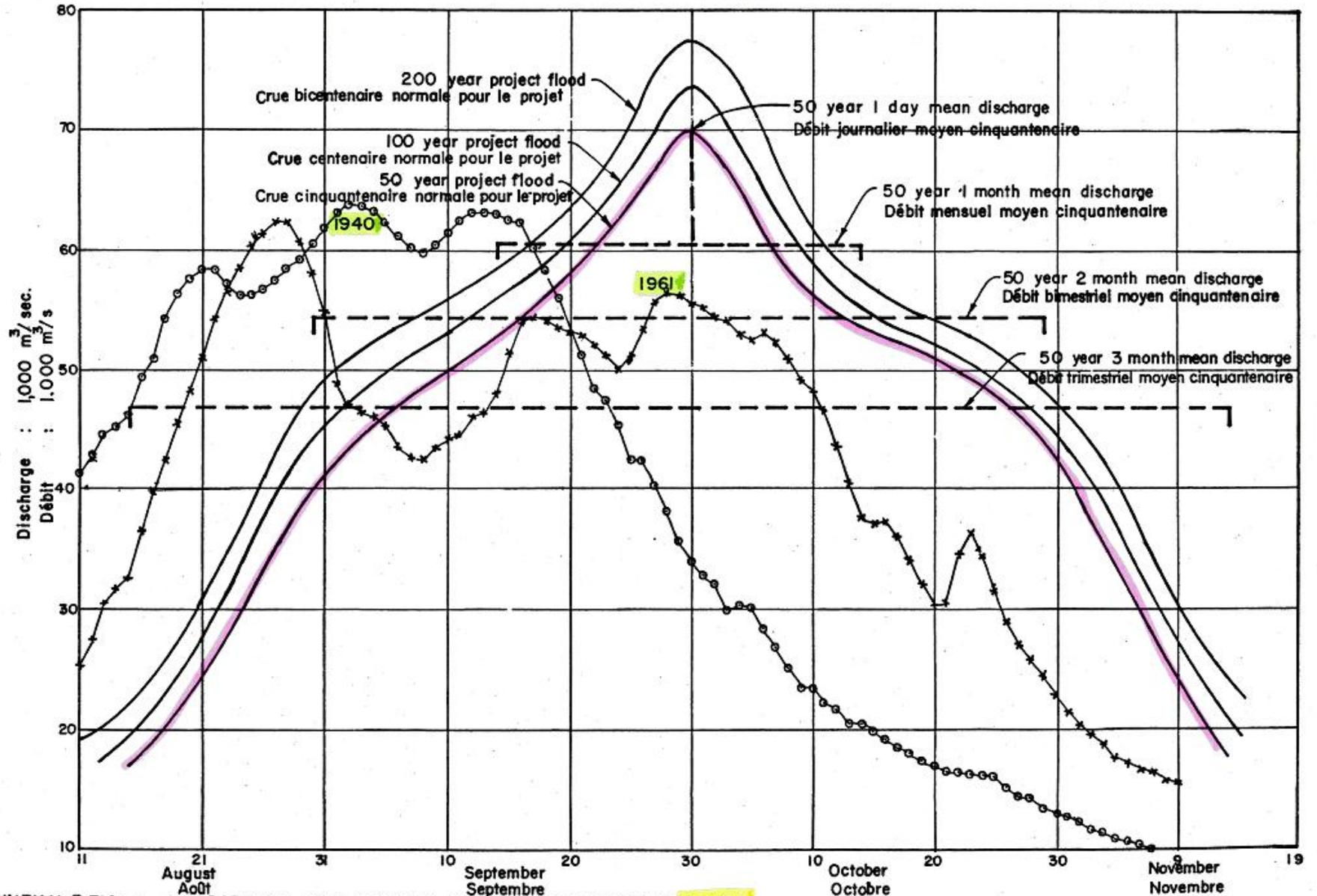
ベトナム領メコンデルタ（北半分）



ベトナム領メコンデルタ（北半分）

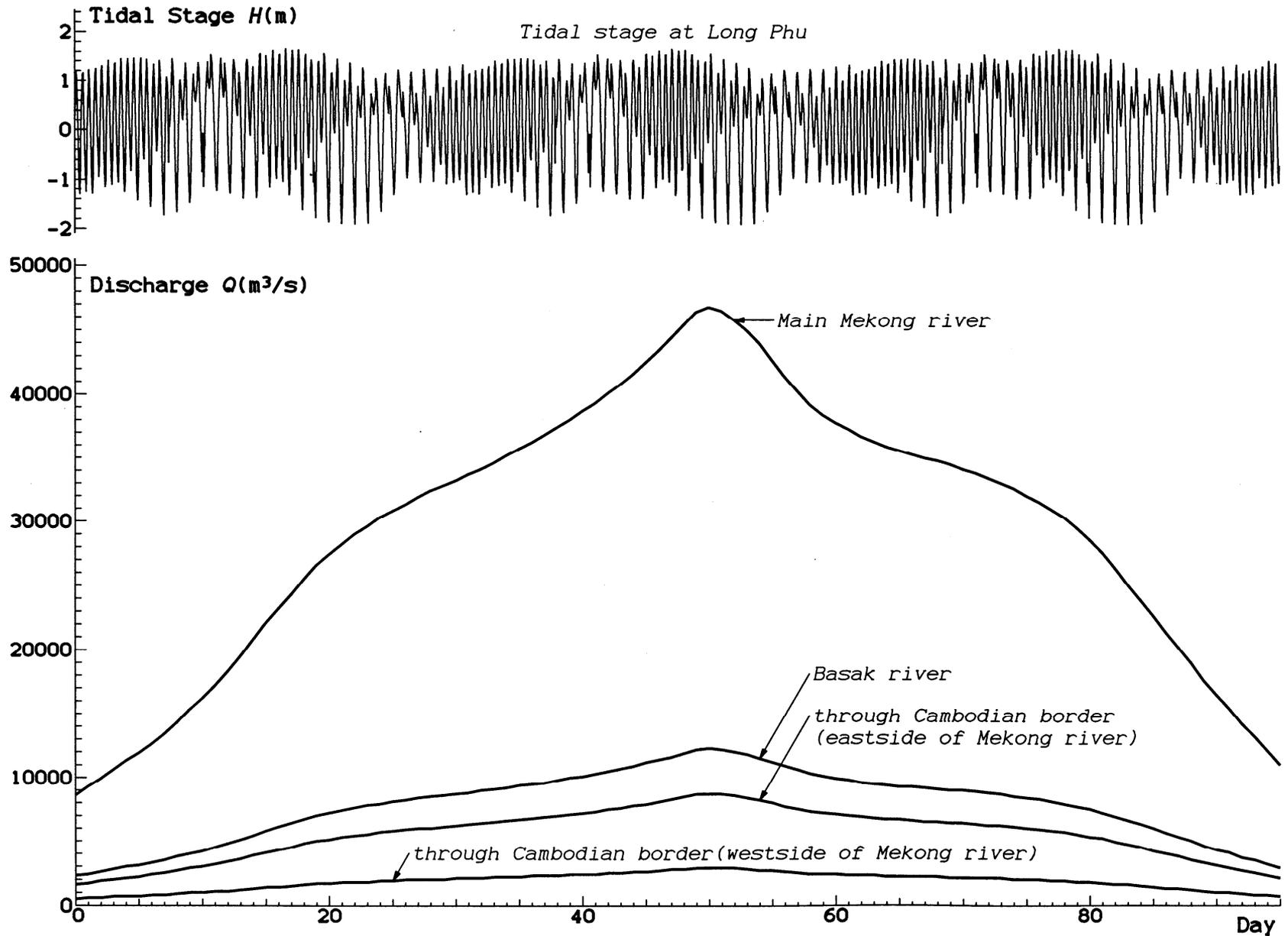


メコン川の洪水

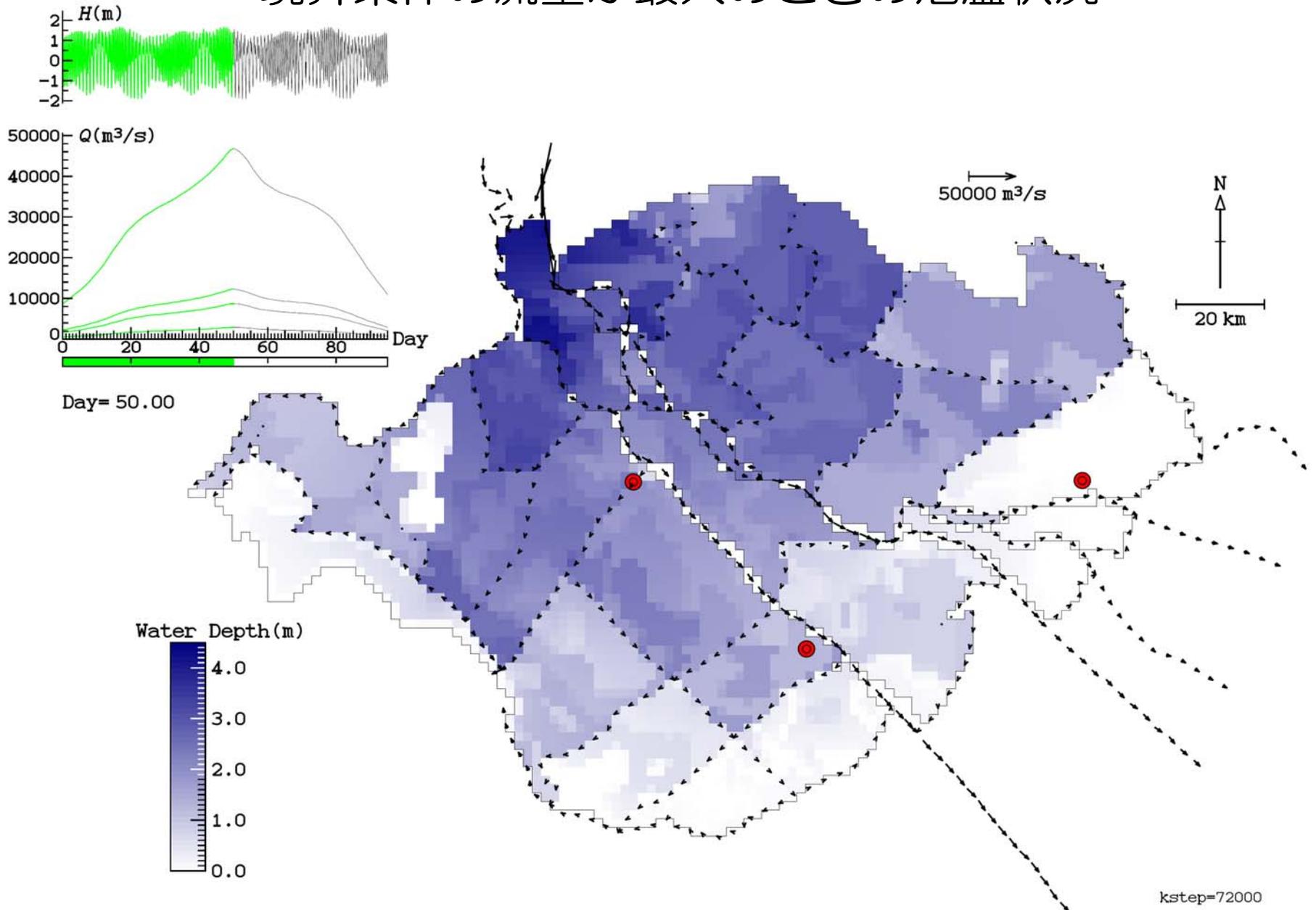


ANNEX V-3 FIG. 4 : OBSERVED AND DERIVED FLOOD HYDROGRAPHS AT KRATIE
HYDROGRAMMES DE CRUES ENREGISTRÉS ET DERIVÉS A KRATIE

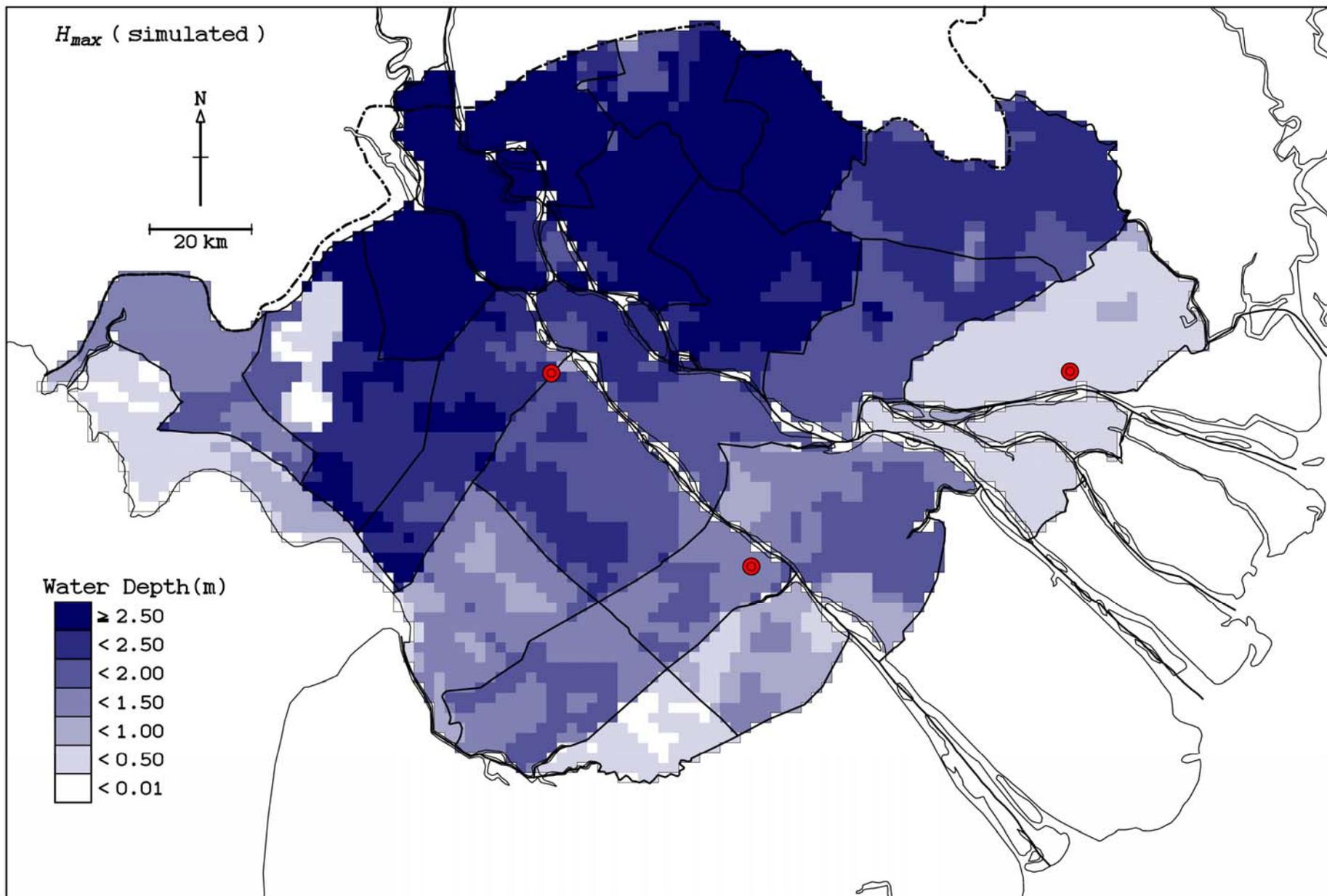
氾濫解析に使った境界条件



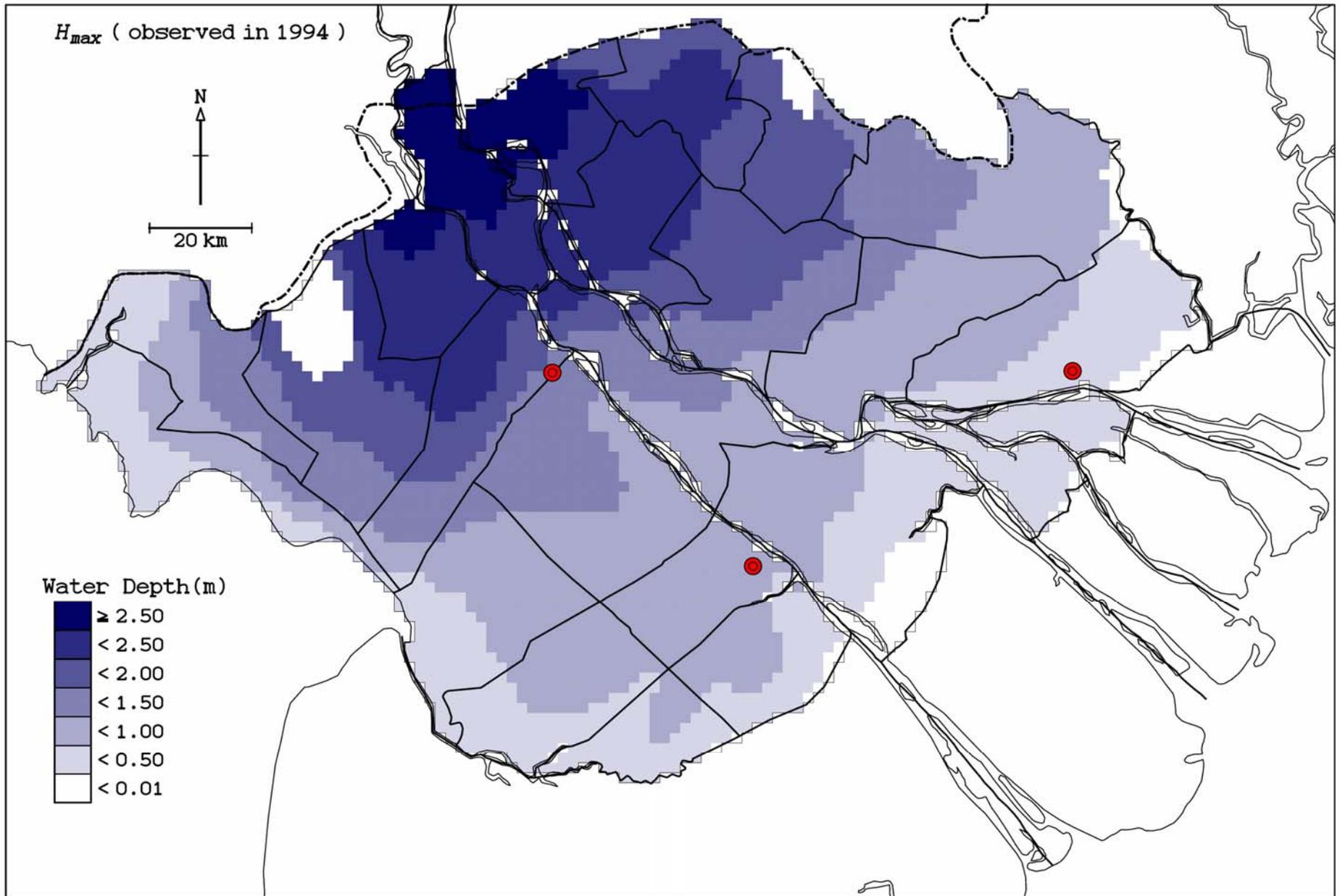
境界条件の流量が最大のときの氾濫状況



解析結果の最大浸水深



1994年洪水の最大浸水深



5. 氾濫解析のこれからの課題

1. 解析法・・・精度，計算時間の短縮
2. 地形の表現，GISとの結合
3. 都市への適用・・・都市要素，内水氾濫，下水道
4. 被害予測
5. 情報提供，ハザードマップ，避難への活用
6. 土砂氾濫災害，土砂水理
7. 水害に強い都市をつくる

最近の災害からの課題

1. 東日本大震災の津波

津波の陸地での伝播

漂流物

衝撃力

破壊力



スマトラ沖地震の津波（2004/12）

2. 台風12号による土砂災害

3. タイの氾濫災害・・・氾濫水の排水

ご清聴，ありがとうございます

