

『相乗型豪雨災害』

防災のネクストステップで何に取り組む？

テーマ1 土砂・洪水氾濫の対策及び避難

土石流数値シミュレーションによる
土砂・洪水氾濫の検討

2020年12月16日
京都大学大学院農学研究科
中谷加奈



京都大学
農学研究科・農学部
Faculty/Graduate School of Agriculture, Kyoto University

対象地域



安芸郡坂町小屋浦地区



本川
右支川
左支川

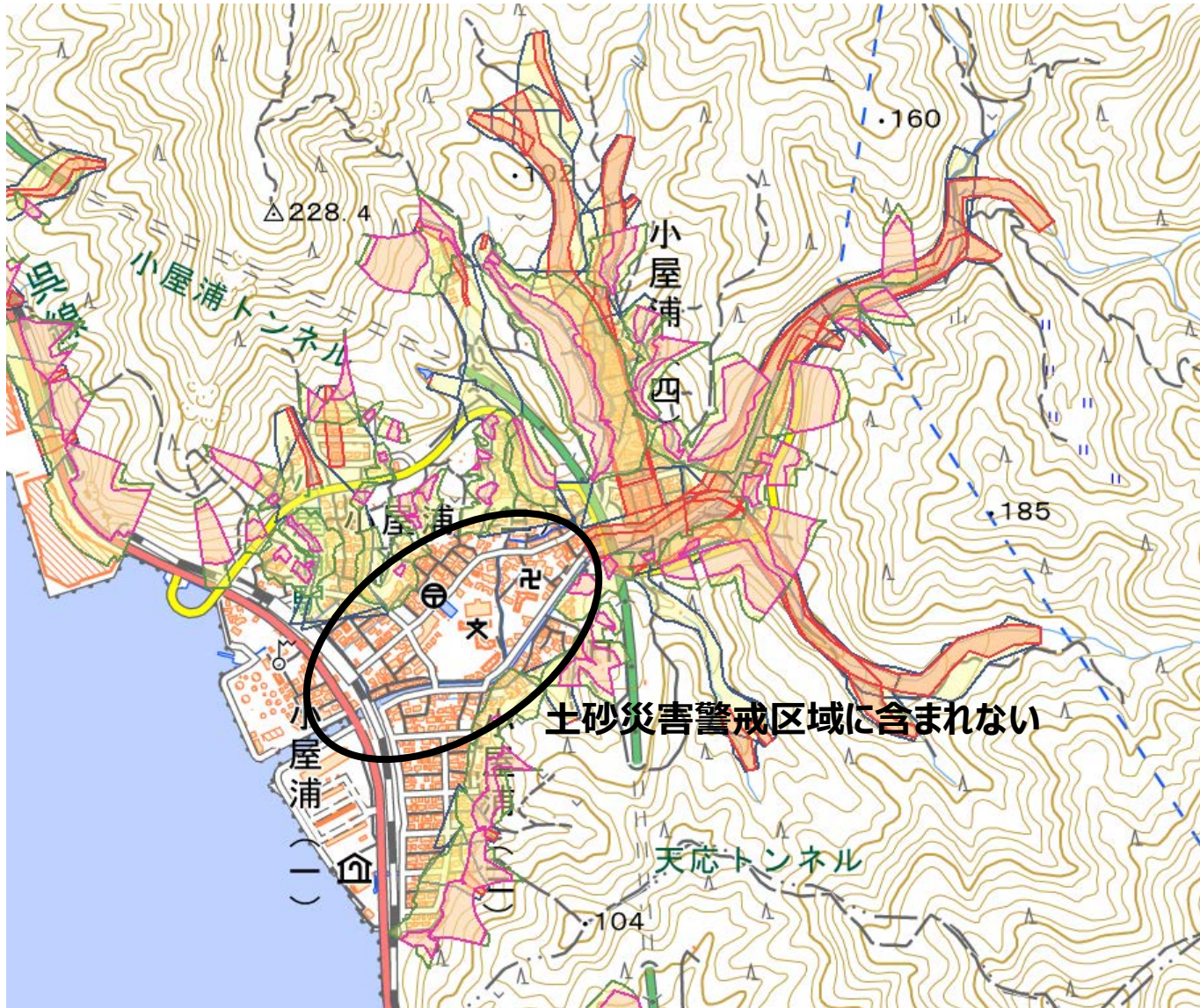
This aerial view of the region shows the main river and its tributaries. Yellow arrows point to the '本川' (main river) in the center, the '右支川' (right tributary) on the left, and the '左支川' (left tributary) on the right. The surrounding landscape is a mix of green forest and brown, eroded slopes.

右支溪
左支溪1
左支溪2

This aerial view shows the lower reaches of the river system, where the water flows through a densely populated village. Yellow arrows point to '右支溪' (right tributary stream), '左支溪1' (left tributary stream 1), and '左支溪2' (left tributary stream 2). The riverbed is filled with sand and silt, and the surrounding area shows signs of flooding and debris.



土砂災害警戒区域（小屋浦地区）



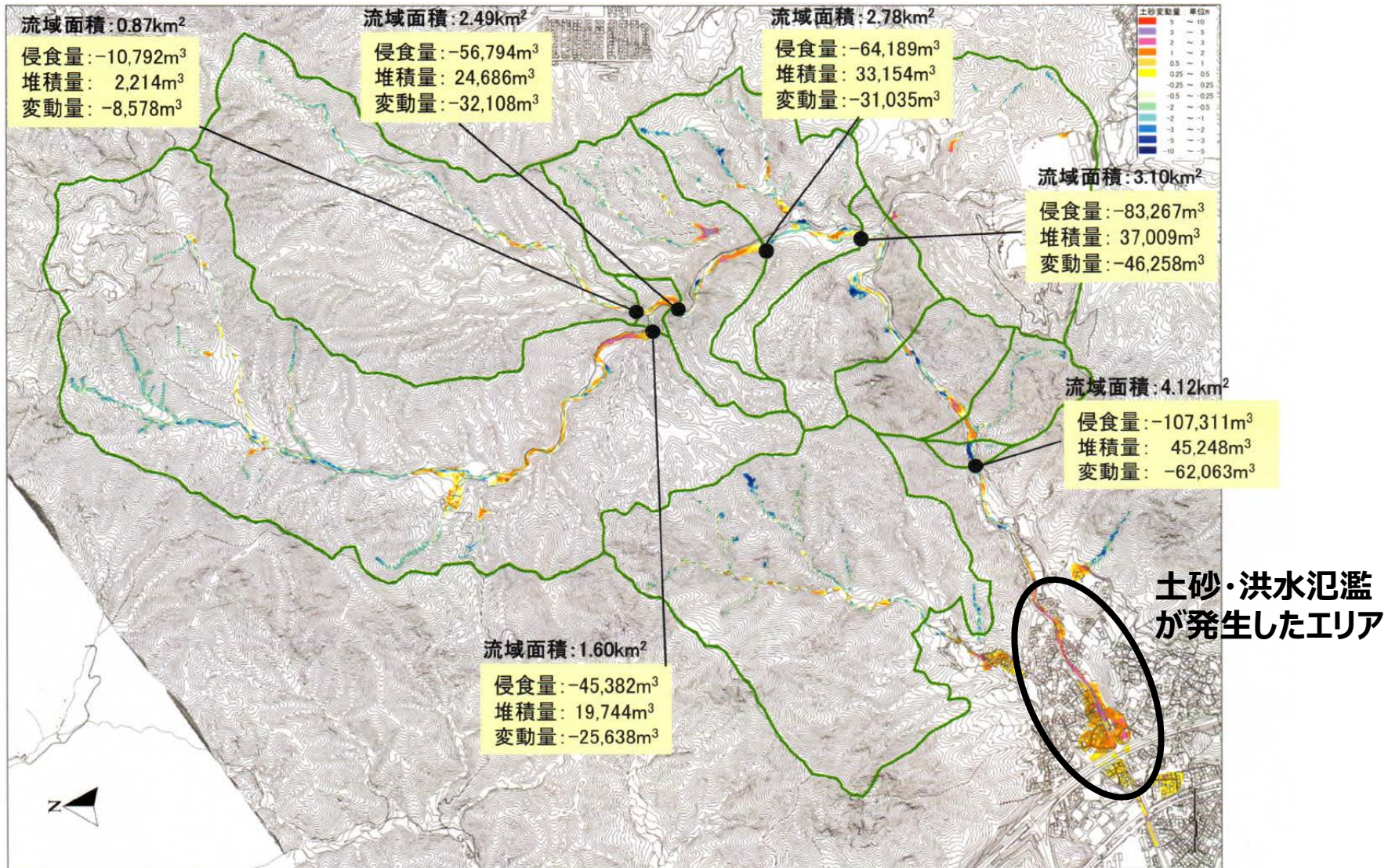
呉市天応地区



土砂災害警戒区域 (天応地区)



呉市天応地区



地図の方位が異なる

土石流数値シミュレーションとは？

step:0 time:0.00 sec



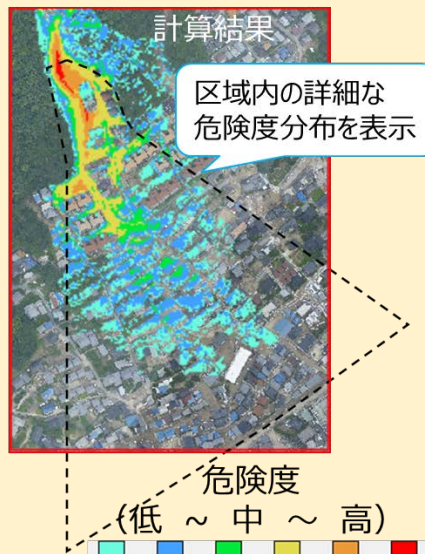
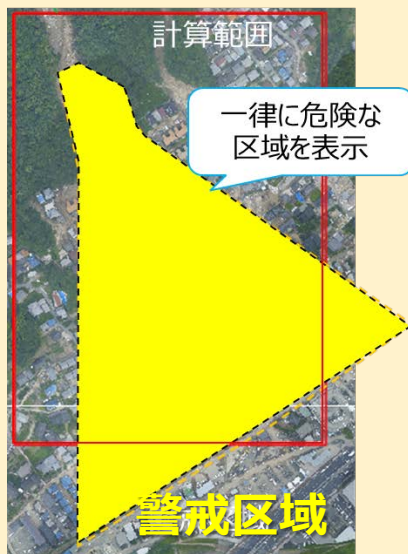
流動深(m)

値	色
5.000	Blue
4.000	Blue
3.000	Blue
2.000	Blue
1.000	Blue
0.500	Blue
0.150	Blue
0.050	Blue
0.011	Blue



2014年
土石流発生
広島
阿武里団地
堆積厚(m)

値	色
5.000	Red
4.000	Orange
3.000	Orange
2.000	Yellow
1.000	Yellow
0.500	Yellow
0.250	Green
0.100	Green
0.050	Cyan



- 土石流数値シミュレーションにより、詳細な危険度分布が示される
- 災害の再現、プロセスの検証、防災対策の提案が可能
- 適切な土石流シナリオの設定が重要

土石流数値シミュレーションとは？

支配方程式（一次元）

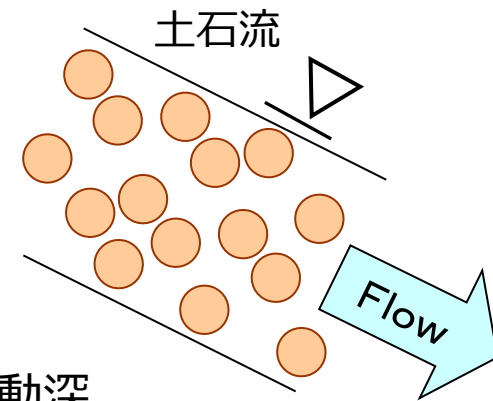
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h} \quad \text{運動方程式}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} = i \quad \text{全容積の保存則}$$

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial Chu}{\partial x} = iC_* \quad \text{流水中の土砂の保存則}$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i = 0 \quad \text{河床の連続式}$$

- 抵抗則・侵食堆積速度式は高橋モデルを採用
 - 代表粒径を採用
 - 一層流れを想定
 - **濃度や勾配に応じて土砂移動形態を考慮**



h : 流動深

u : 流速

g : 重力加速度

z : 河床高

$$H = h + z$$

C : 流動層濃度

t : 時間

C_* : 河床堆積物の体積濃度

ρ : 土石流（流体相）の密度

i : 侵食・堆積速度

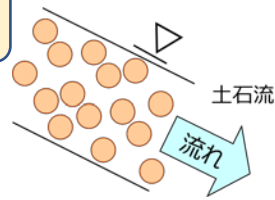
τ : 河床面せん断力

土石流数値シミュレーションとは？

濃度に応じた抵抗則を採用

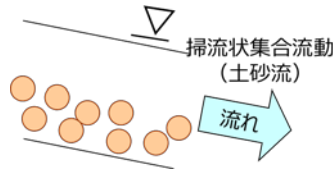
- ・ $C \geq 0.4C_*$ (土石流) のとき

$$\frac{\tau}{\rho h} = \frac{u|u|d^2}{8h^3 \left\{ C + (1-C) \frac{\rho}{\sigma} \right\} \left[\left(\frac{C_*}{C} \right)^{1/3} - 1 \right]^2}$$



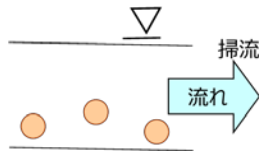
- ・ $0.01 < C < 0.4C_*$ (掃流状集合流動) のとき

$$\frac{\tau}{\rho h} = \frac{1}{0.49} \frac{u|u|d^2}{h^3}$$



- ・ $C \leq 0.01$ (掃流砂) または $h/d \geq 30$ (泥流状乱流土石流) のとき

$$\frac{\tau}{\rho h} = \frac{gn_m^2 u|u|}{h^{4/3}}$$



- u : 流速
- h : 流動深
- ρ : 流体相密度
- σ : 砂礫密度
- d : 粒径
- C : 土砂濃度
- C_* : 河床の容積濃度
- g : 重力加速度
- n_m : マニングの粗度係数

侵食・堆積は、平衡土砂濃度 C_∞ と実際の土砂濃度 C の差に起因

- ・ 侵食 ($C_\infty \geq C$) のとき

$$i = \delta_e \frac{C_\infty - C}{C_* - C_\infty} \frac{q}{d}$$

- ・ 堆積 ($C_\infty < C$) のとき

$$i = \delta_d \frac{C_\infty - C}{C_*} \frac{q}{h}$$

q : 土石流の単位幅流量

d : 粒径

C_∞ : 平衡土砂濃度

δ_e : 侵食速度係数

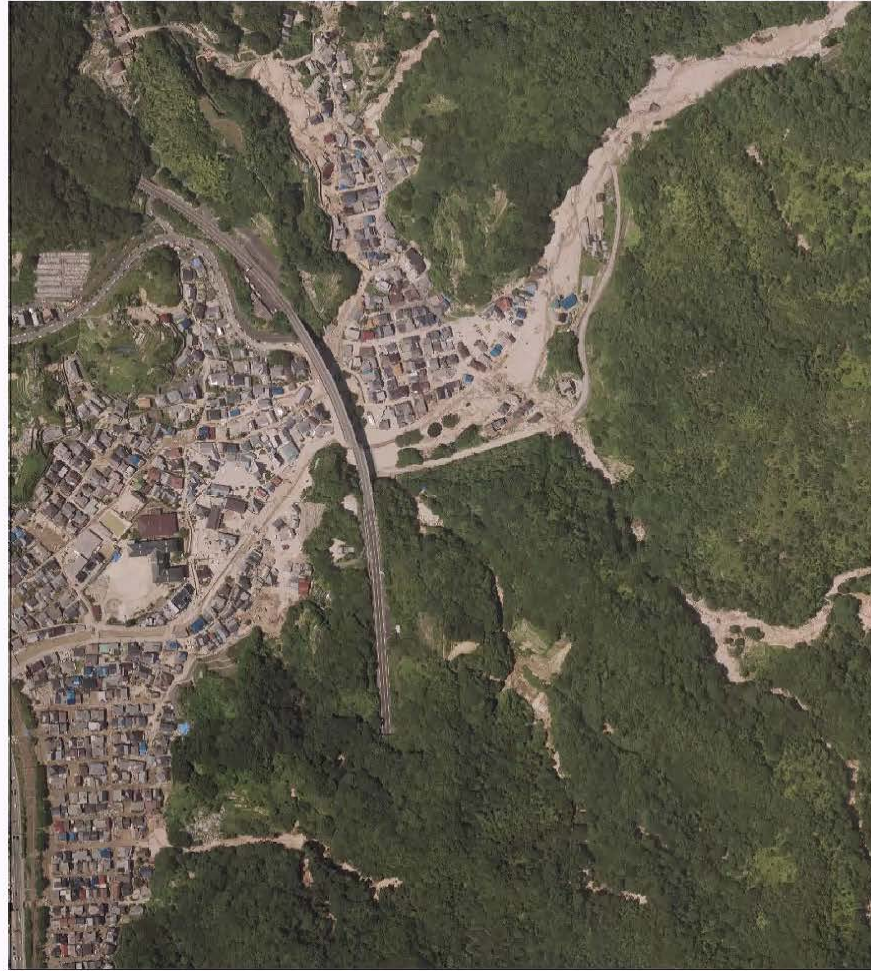
0.0007がよく使われる

δ_d : 堆積速度係数

0.05がよく使われる

土砂・洪水氾濫の検討（小屋浦地区）

step:0 time:0.00 sec



計算結果
流動深(m)

土砂・洪水氾濫の検討（小屋浦地区）

step:0 time:0.00 sec



計算結果
流動深(m)

土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=10,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=20,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=25,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=26,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=27,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=28,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=29,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=30,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=35,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=40,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=50,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

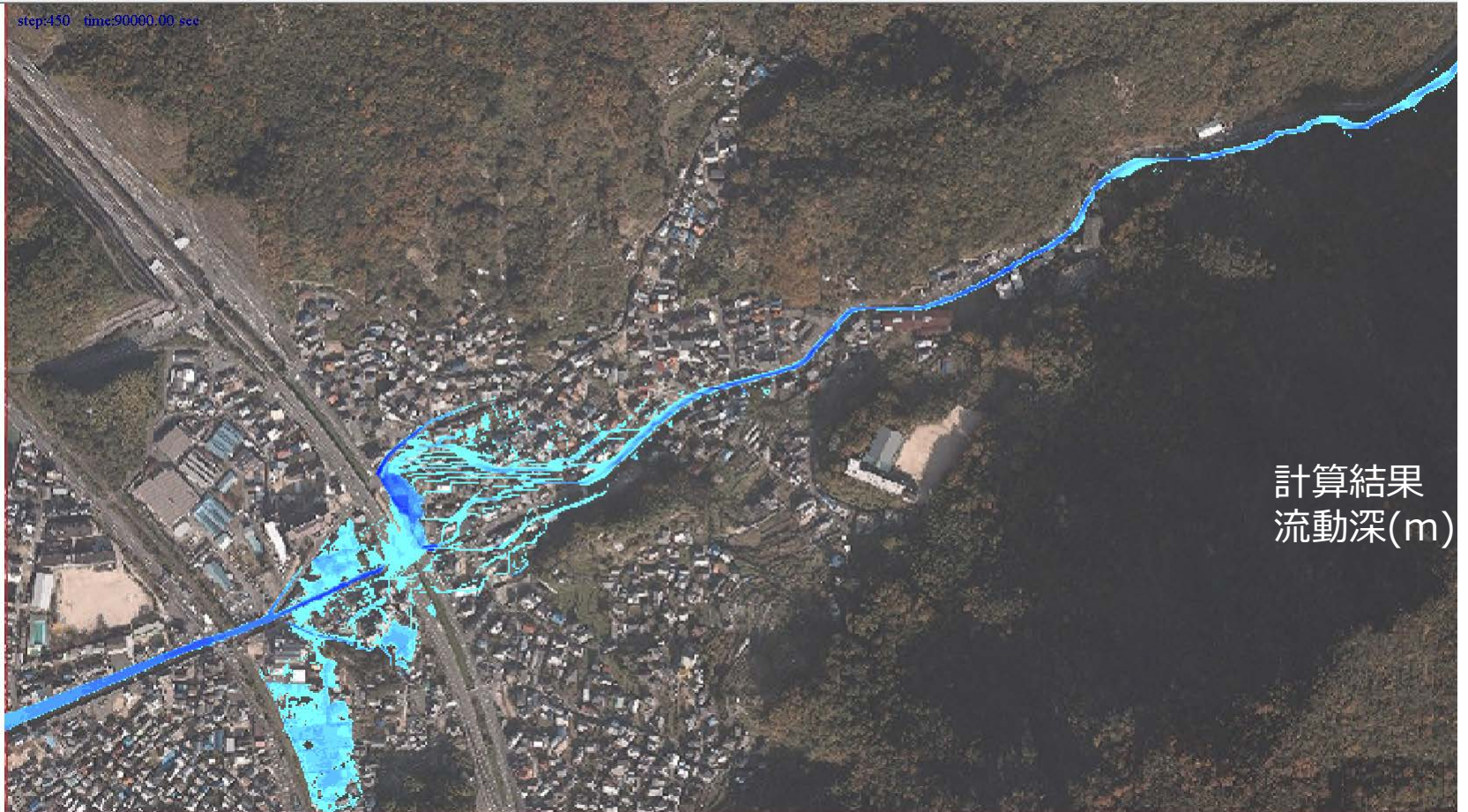
t=75,000sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

t=100,000sec

step:450 time:90000.00 sec



土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）

