

内水氾濫による流出油の移流拡散に関する数値解析

寒地土木研究所 井上卓也

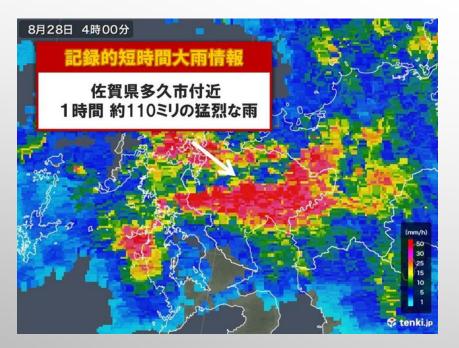
RIVER LINK 旭一岳

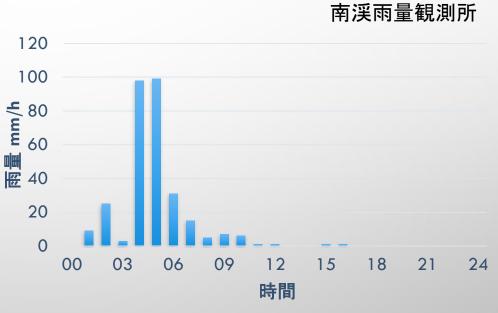
寒地土木研究所 岩崎慎介

北海道大学 清水康行



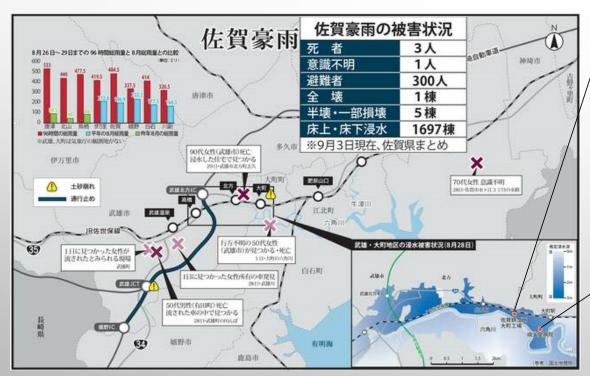
2019年8月27-28日における佐賀豪雨

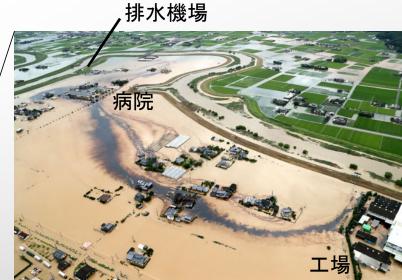






佐賀豪雨主な被害





28日午後0時21分工場から流出した油 (朝日新聞社へリから撮影)

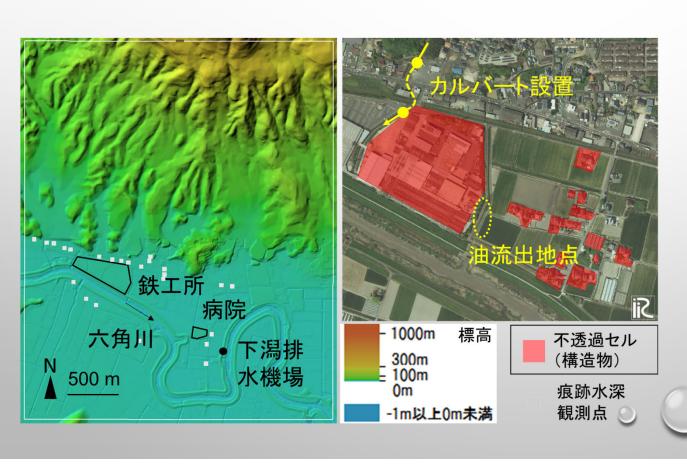


油追跡計算

- 海洋における流出油の漂流予測モデルをみると、油を油膜と考えオイラー的に解く方法と、油を粒子の集合体と考えラグランジュ的に解く方法がある。
- 多くの場合ラグランジュ的な手法が採用されている。
- これは流出油が複数の油膜に分裂・結合する計算を、オイラー的な手法行うのが難しいためである。
- 本研究でも、油膜は帯状に分裂していることから、海洋における実績を踏まえて、ラグランジュ的手法を採用する。



降雨一内水氾濫解析(NAYS2D FLOOD)

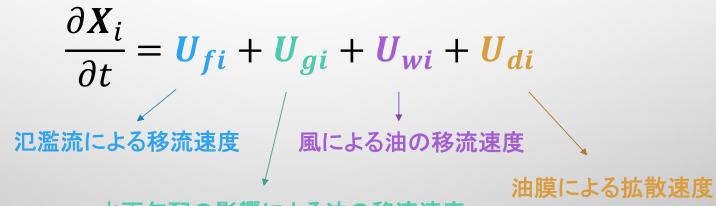


- 南北方向3.7 km, 東西方向3 km
- 計算格子10 m
- 基盤地図情報数値標高モデル
- 鉄工所や家屋は不透過セル
- 道路下の水路はカルバートとして扱う
- 粗度係数は全領域0.03
- 南渓の雨量を計算領域に一様に与える
- 地下飽和状態であったと仮定し、降雨の地下浸透は考えない



油追跡のモデル化

• ベースは清水らの流木追跡モデル、油を扱うために基礎式を改良



水面勾配の影響による油の移流速度



油追跡のモデル化

氾濫流による移流速度

水面勾配の影響による油の移流速度

風による油の移流速度

油膜による拡散速度

$$m_i \frac{\partial \boldsymbol{U_{fi}}}{\partial t} = \frac{1}{2} \rho f_1 A \sqrt{\left(\boldsymbol{U_i} - \boldsymbol{U_{fi}}\right)^2} \left(\boldsymbol{U_i} - \boldsymbol{U_{fi}}\right)$$

$$m_i \frac{\partial \boldsymbol{U_{gi}}}{\partial t} = (1 - f_1) m_i g \boldsymbol{S_i}$$

$$m_i \frac{\partial \boldsymbol{U_{wi}}}{\partial t} = \frac{1}{2} \rho_a f_2 A \sqrt{(\boldsymbol{W}_i - \boldsymbol{U}_{fi})^2} (\boldsymbol{W}_i - \boldsymbol{U}_{fi})$$

$$m{U_{di}} = \sum_{j}^{N} k rac{m{r_{ij}}}{m{r_{ij}^4}}$$
 松崎・藤田モデル

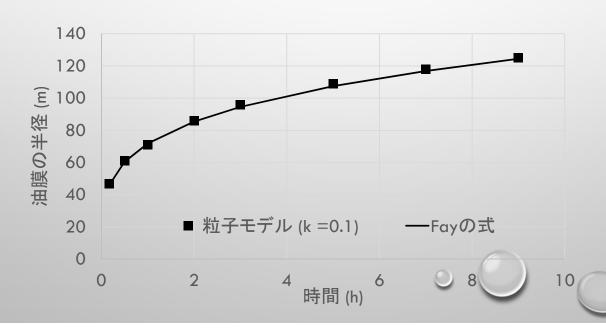


モデル係数

• 油と水の界面抵抗係数 f_1 ・・・ 吉川らの油輸送実験から0.005

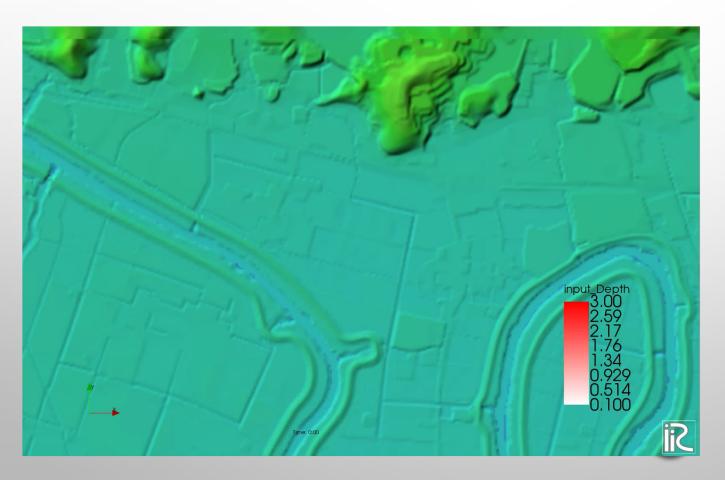
• 油と風の界面抵抗係数 f_2 ・・・ 吹送流の研究で得られた風と水の抵抗係数 1.0×10^{-3}

・ 拡がり係数K ・・・ FAYの実験式と一致する拡がり係数Kを、試行錯誤的に求める。





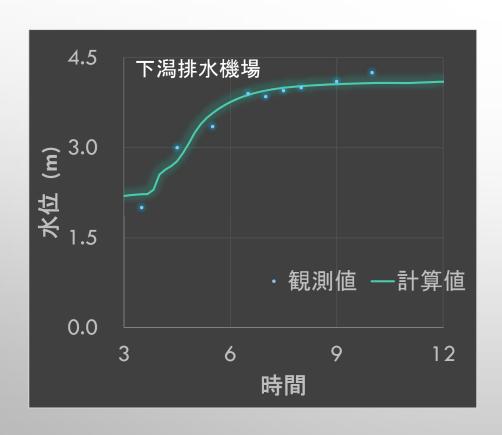
油の追跡計算結果(風なし)

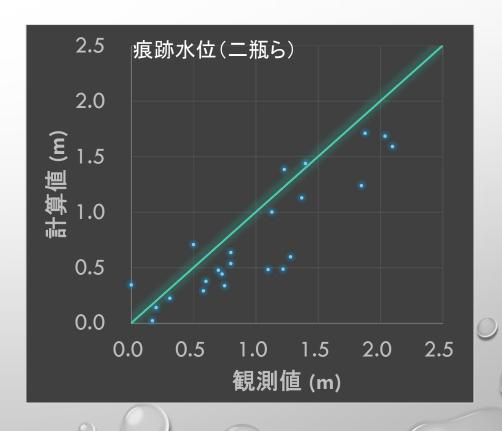


 油粒子(ρ_o=861 kg/m³)を午前5時から 午後1時の間に10分間 隔で計2,700個(1個20 ℓ,計5.4万ℓ)投入.



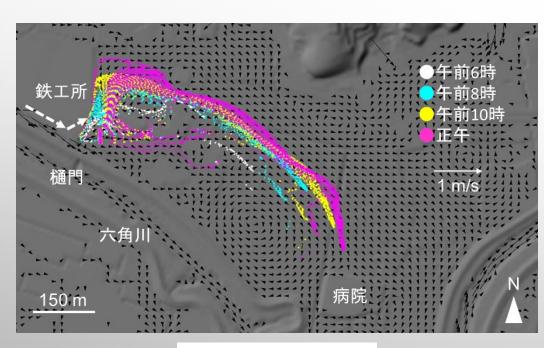
水位比較

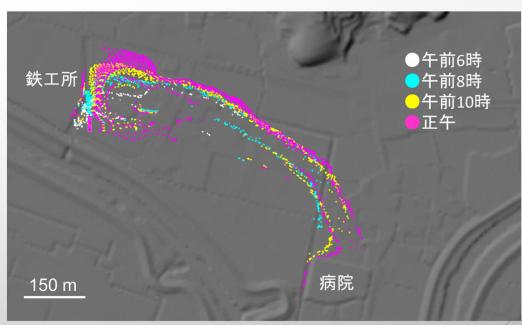






油の追跡計算結果(各項比較)



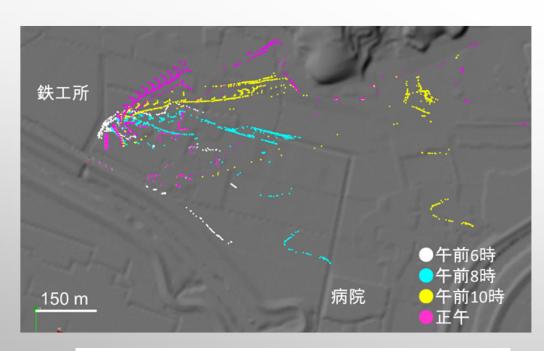


 U_{fi} (流れのみ)

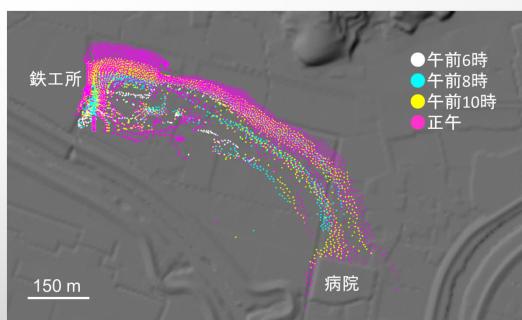
$$U_{fi}$$
(流れ) + U_{gi} (水面)



油の追跡計算結果(各項比較)



 $U_{fi}($ 移流 $) + U_{gi}($ 水面 $) + U_{wi}($ 風)

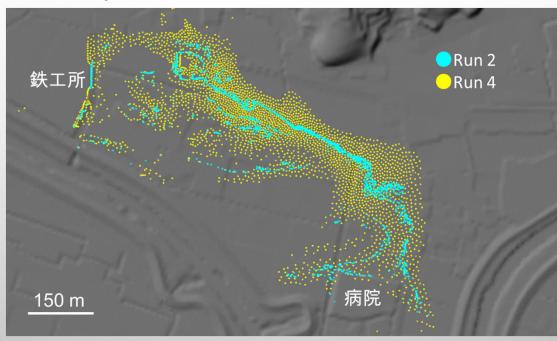


$$U_{fi}($$
移流 $) + U_{gi}($ 水面 $) + U_{di}($ 油膜 $)$



氾濫流の影響VS油自身の拡散作用

油の拡散は流れが遅くなった後に効いてくる



28日24時時点



まとめ

- ・ 水面勾配の影響を考慮することでモデルの再現性が向上.
- ・油の挙動は流れに対し完全に受動的ではなく、油膜特性による自律的な拡散 作用を有する. しかし、流れが速い間はその影響は相対的に少なく、流速の低 下とともに影響が大きくなることを確認した.
- ・油の流出は下流環境へ与える影響が大きいため、油の拡散範囲について事前に解析を行い、適切な対応を模索しておくことが、今後必要になると考えられる.