

分布型都市雨水モデルとGAを用いたCSO対策に関する研究

開発情報工学研究室 下牧史靖

背景

雨水と汚水を一つの管で排除する方式
合流式下水道

利点

施工が容易
建設費が安価

特徴

管径が太い
勾配が緩い
汚濁物が堆積

雨天時

堆積物が雨水と一緒に公共用水域に直接放流される

越流水(CSO)問題

一方

コンピュータの機能向上
水文計算: 雨水の下水管網への流入
水理計算: 下水管網内での下水の挙動

InfoWorksCS 都市型下水道ネットワークをシミュレーションすることによって様々な要素を解析するモデル

機能
HydroWorks : シミュレーションモデル
GIS : 地理情報システム
RDB : データ管理 & 操作

目的

膨大な数 下水管網 複雑な構造

汚濁負荷量の少ない最適な下水管網の決定

不可能

GA 最適値を探すためのアルゴリズムの一つで、生物の進化過程に習い最適値を求める手法

本研究では、InfoWorksCSによるシミュレーションとGAを用いて、最適な下水管網を作成する方法を提唱する。

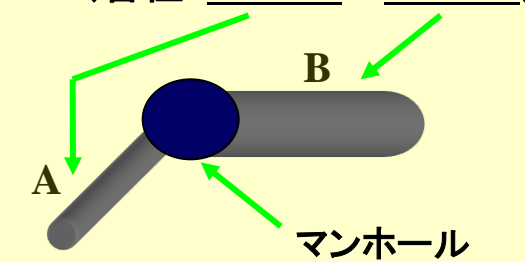
研究方法

対策: 管径の変化による汚濁負荷量を減少

仮定

材料費 = 管径コスト
工事費 = 土被りコスト

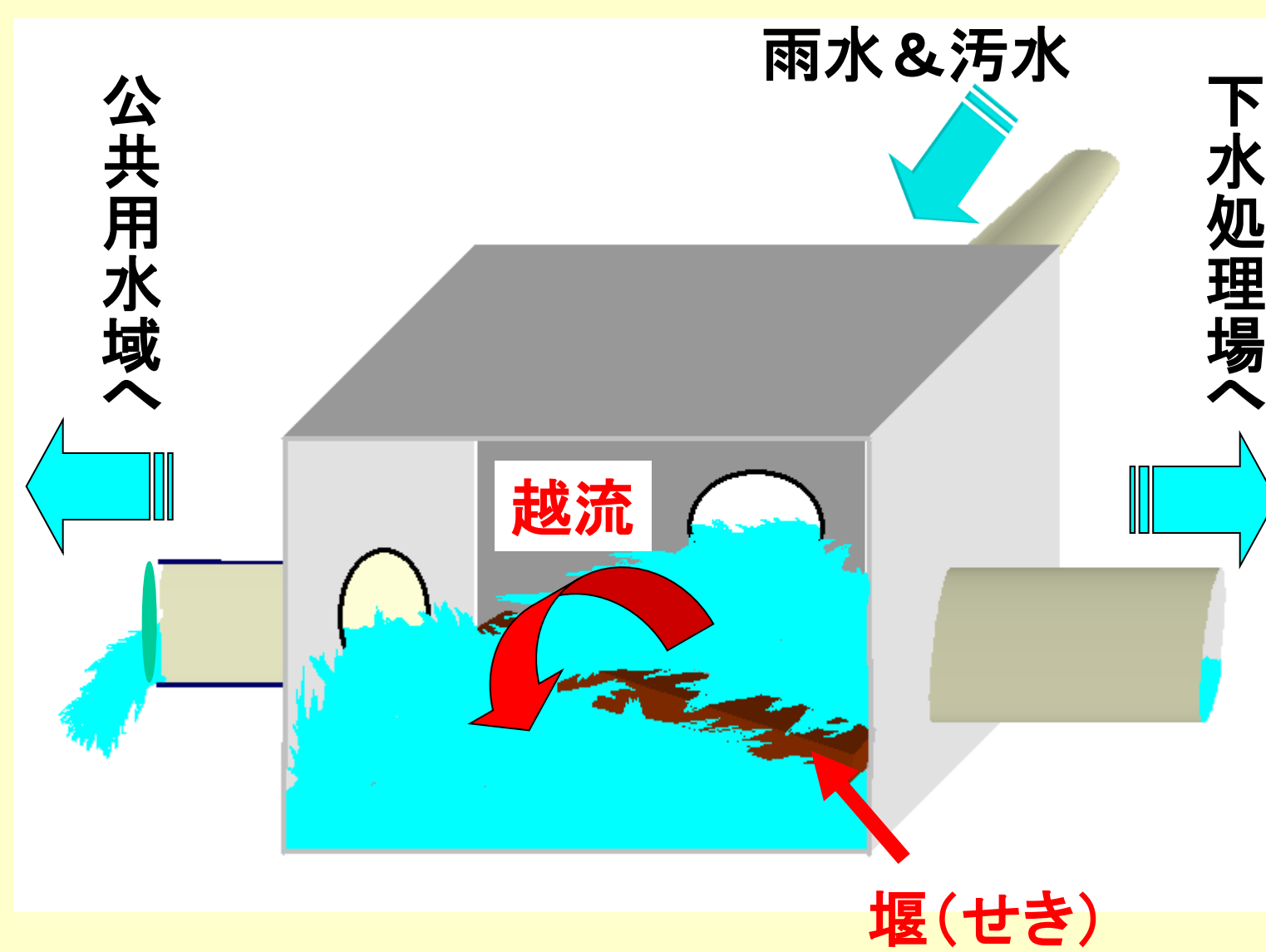
例. 下水管網がAとBである場合
(管径: 400mm & 900mm)



遺伝子	管径 (mm)	材料費 (円/m)	工事費 (円/m)
0000	200	6400	125800
0001	250	8700	152500
0010	300	11300	174300
0011	350	14100	192700
0100	400	17000	208700
0101	450	20100	222800
0110	500	23400	235400
0111	600	30300	257200
1000	700	37800	275800
1001	800	45700	291600
1010	900	54000	305700
1011	1000	62700	318300
1100	1100	71800	329700
1101	1200	81300	340100
1110	1350	96100	354200
1111	1500	111700	366800

合計コスト = (管径コスト + 土被りコスト) × 管長
= (17000 + 208700) × 管渠Aの管長 + (54000 + 305700) × 管渠Bの管長

雨水吐き室

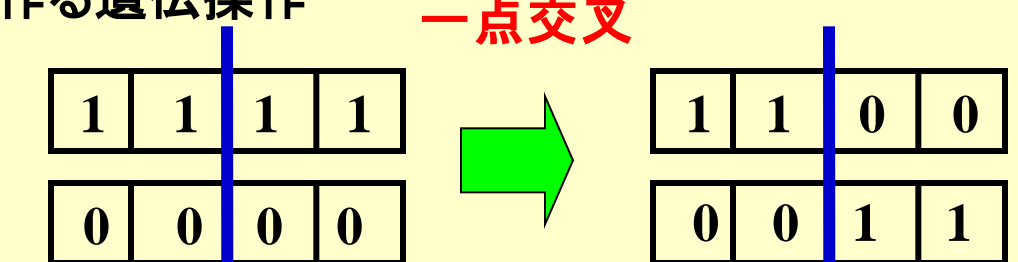


GAの基本操作

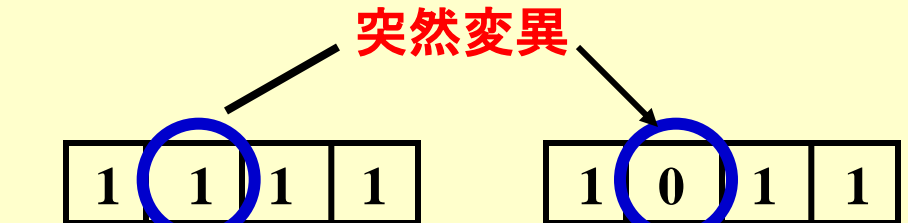
選択: 個体群の中から、適合度の高い個体を選択し、次世代に残す操作

ルーレット方式: 適合度の値に比例した確率で選ばれる方法
エリート保存方式: 一番高い適合度をもつ遺伝子を次世代に残す方法

交叉: 確率的に決定される位置で2つの染色体を切断し、相互に入れ替えた新たな染色体を作る遺伝操作



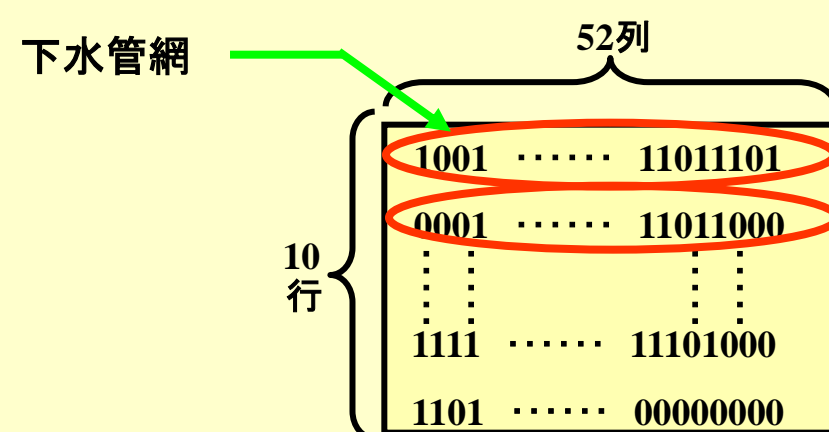
突然変異: ある遺伝子を確率的に対立遺伝子で置き換える操作



次世代の遺伝子が作成される

一世代目

① 遺伝子 ← ランダムに二進数を発生



② 制約遺伝子 ← 制約コスト(材料費+工事費)を満たす遺伝子にする

仮定 制約コスト = 362850000円
= 全管渠の管径を300mmアップさせた時の合計コスト

①の遺伝子 → ③に進む (制約コスト > 合計コスト)

①の遺伝子 → ①に進む (制約コスト < 合計コスト)

③ InfoWorksCS ← 汚濁負荷量を算出

「適合度」= 「ある一定の値」- 「汚濁負荷量」として扱う
理由として、GAは適合度を高くしていくことが目的だから

④ GA ← 選択、交叉、突然変異を行い、遺伝子の組替え

二世代目以降

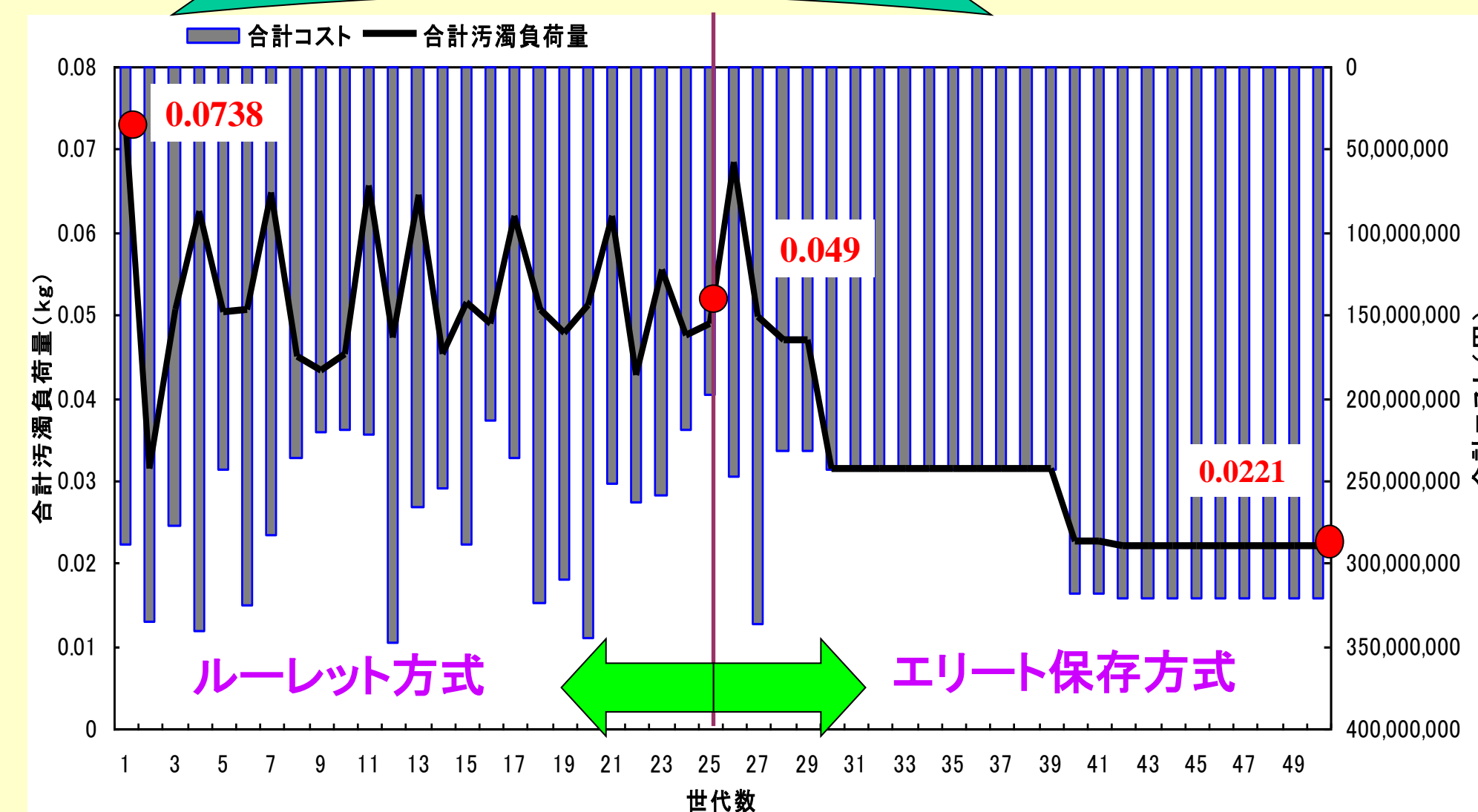
②~④の操作を繰り返す

最適な下水管網

結果

本研究では、繰り返し計算を50世代目までおこなった。
42世代目に最小汚濁負荷量が0.0221kgになった。
合計汚濁負荷量と合計コストはあまり相関がみられなかった。

合計汚濁負荷量

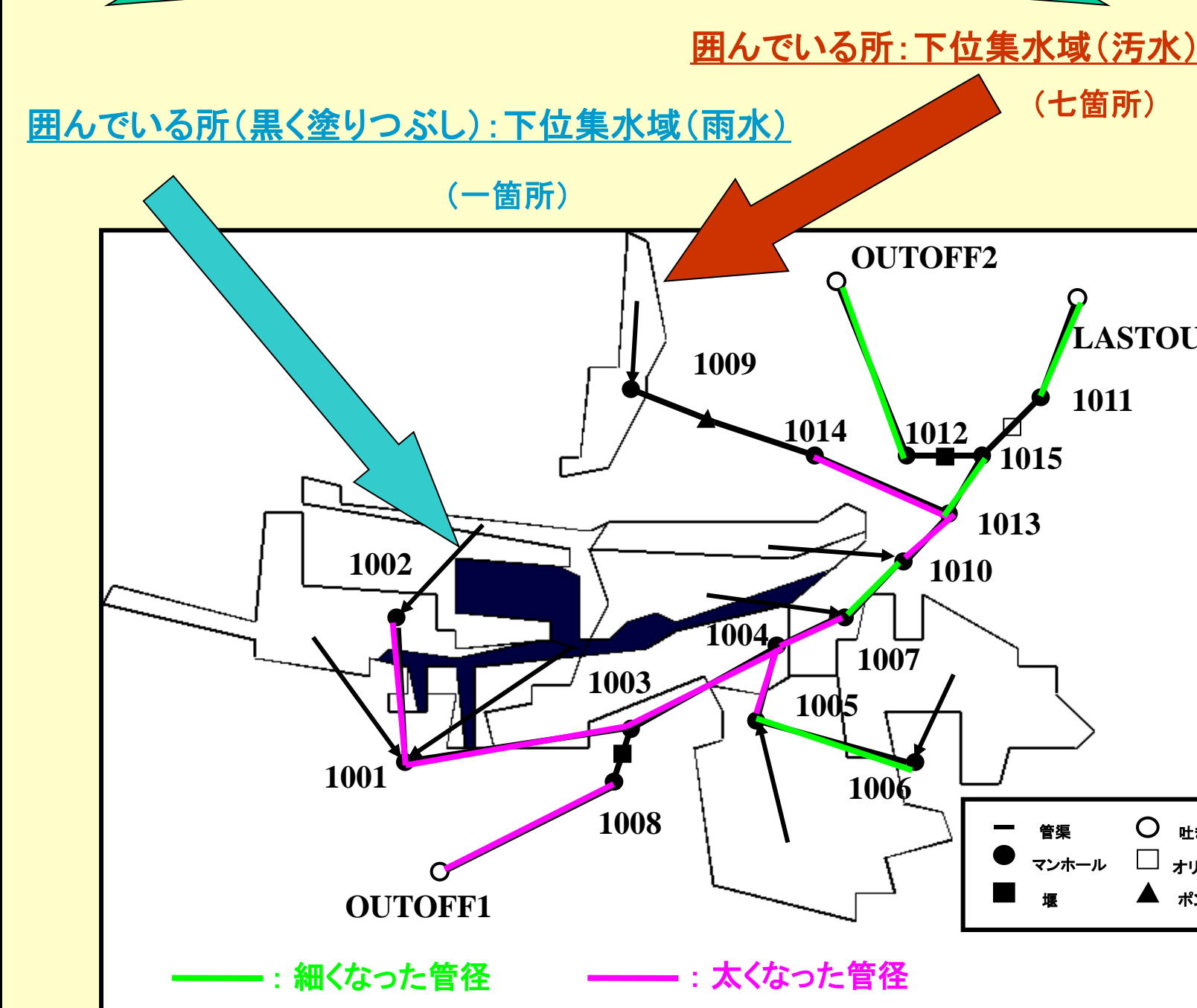


管径の比較

(初期遺伝子と42世代目の遺伝子)

nodeID	管径 (mm)
ID 1001 → ID 1003	250 → 900
ID 1002 → ID 1001	200 → 350
ID 1003 → ID 1004	250 → 900
ID 1004 → ID 1007	400 → 500
ID 1005 → ID 1004	400 → 1500
ID 1006 → ID 1005	450 → 350
ID 1007 → ID 1010	400 → 200
ID 1008 → ID outoff1	700 → 1000
ID 1010 → ID 1013	500 → 1500
ID 1012 → ID outoff2	700 → 350
ID 1013 → ID 1015	900 → 200
ID 1014 → ID 1013	200 → 900
ID 1011 → ID lastoutf	500 → 450

下水管網の比較



まとめ

提唱した方法をおこなうことで汚濁負荷量の少ない最適な下水管網を作成することができた。

しかし...

この方法をおこなう上で

シミュレーション実行
結果データの保存

手動

この方法を実践的に活用するためにも自動化をすることが重要である。

また、InfoWorksCSのパラメータの決定のために観測データや検証データをさらに集積していく必要があると考えられる。