

環境研究総合推進費

H26-27環境問題対応型研究課題

累積予算額：114,647千円(間接経費、税込)



5-1402 :

# 水系感染微生物による水環境汚染の把握 と指標生物管理の限界に関する研究

研究課題代表者：田中宏明

日本水環境学会水中の健康関連微生物研究委員会  
京都大学流域圏総合環境質研究センター  
東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻  
東北大学未来科学技術共同研究センター

- 背景
- わが国では河川等での大腸菌群数が環境基準値を満たしていない地点が多い
  - 環境省はH21年度から環境基準生活項目の衛生指標の見直し開始
  - 環境基準は、大腸菌を新指標に、水環境の実態に合わせた数値を検討中だが、ウイルスのリスクレベルは不明



目的

- 水質管理計画策定に必要な水域での病原・指標微生物の挙動把握
- 現在検討中の指標微生物を用いた環境基準の限界と改善の検討
- 指標微生物のウイルスに対する指標性把握

# 研究の概要：海域、湖沼での病原・指標微生物調査

- 震災の影響を受けた宮城県沿岸域、琵琶湖南湖、東京湾での病原微生物・指標微生物の存在実態調査
- 指標細菌と病原微生物の挙動解明と影響因子の推定

これまでの  
指標細菌

大腸菌、大腸菌群  
腸球菌

リスク因子  
ヒトウイルス

ノロウイルス  
(GI, GII-NoV)


アイチウイルス  
(AiV)

ファージ  
(F-phage, Somatic phage)  
ファージタイピング  
(GI, GII, GIII, GIV)  
トウガラシ微斑ウイルス  
(PMMoV)

指標候補ウイルス

日本水環境学会  
水中の健康関連微生物研究委員会  
委員長◎、幹事長●  
幹事○、委員\*


研究代表: **田中 宏明◎**



京都大学グループ(1)  
琵琶湖南湖での下水放流による  
病原微生物と水生生物影響  
田中宏明◎, 山下尚之\*, 中  
田典秀, 井原賢\*, 端昭彦\*

研究協力者  
宮崎大学 **鈴木祥広○**  
滋賀県、大津市


★琵琶湖南湖での病原微生物・指標微生物の存在実態と挙動  
★東北沿岸海域の医薬品測定



東京大学グループ(2)  
水環境中のウイルスと指標微生物の動態の把握  
片山浩之●, 小熊久美子,  
井上健太郎\*

研究協力者  
東京都保健安全研究センター  
保坂三継 前●, 猪又明子○

★東京湾・東北沿岸海域での病原微生物の存在実態と挙動  
★河川・海域の腸管系ウイルス・指標微生物の定量



東北大学グループ(3)  
病原微生物の動態に与える環境因子の影響の評価  
大村達夫 前◎, 久保田健吾,  
稲葉愛美\*, 風間しのぶ\*

研究協力者  
宮城県保健環境センター  
植木 洋\*  
北海道大学 佐野大輔\*  
国連大学 真砂佳史○

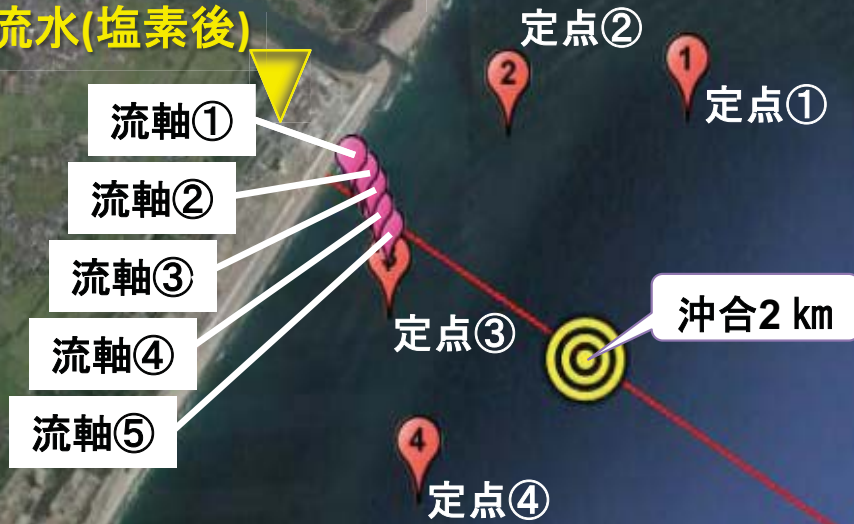
★東北沿岸海域での病原微生物・指標微生物の存在実態と挙動  
★病原微生物・指標微生物の挙動解明と影響因子とリスク評価



# 東北沿岸海域調査

## 海域での病原微生物、指標微生物調査

南蒲生浄化センター  
放流水(塩素後)



- 調査日
- 1回目: 2014年9/24, 10/1
  - 2回目: 11/25, 12/8
  - 3回目: 2015年 2/2-11
  - 4回目: 8/3- 4
  - 5回目: 10/19-20
  - 6回目: 12/17-18
  - 7回目: 2016年1/26-27

復旧途上の南蒲生浄化センター  
2015年8月アドバイザー会合視察

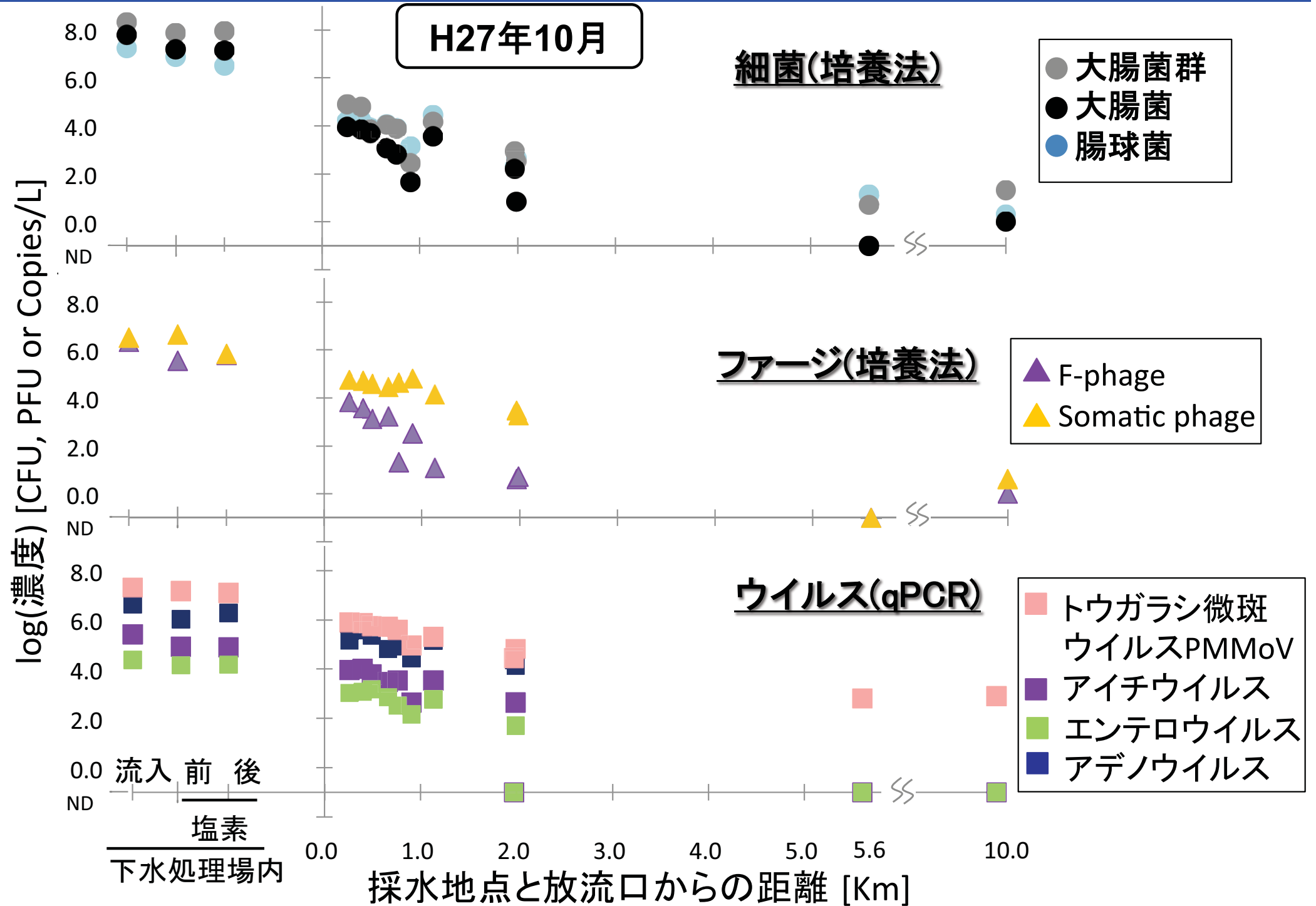


沖合5km

沖合10km

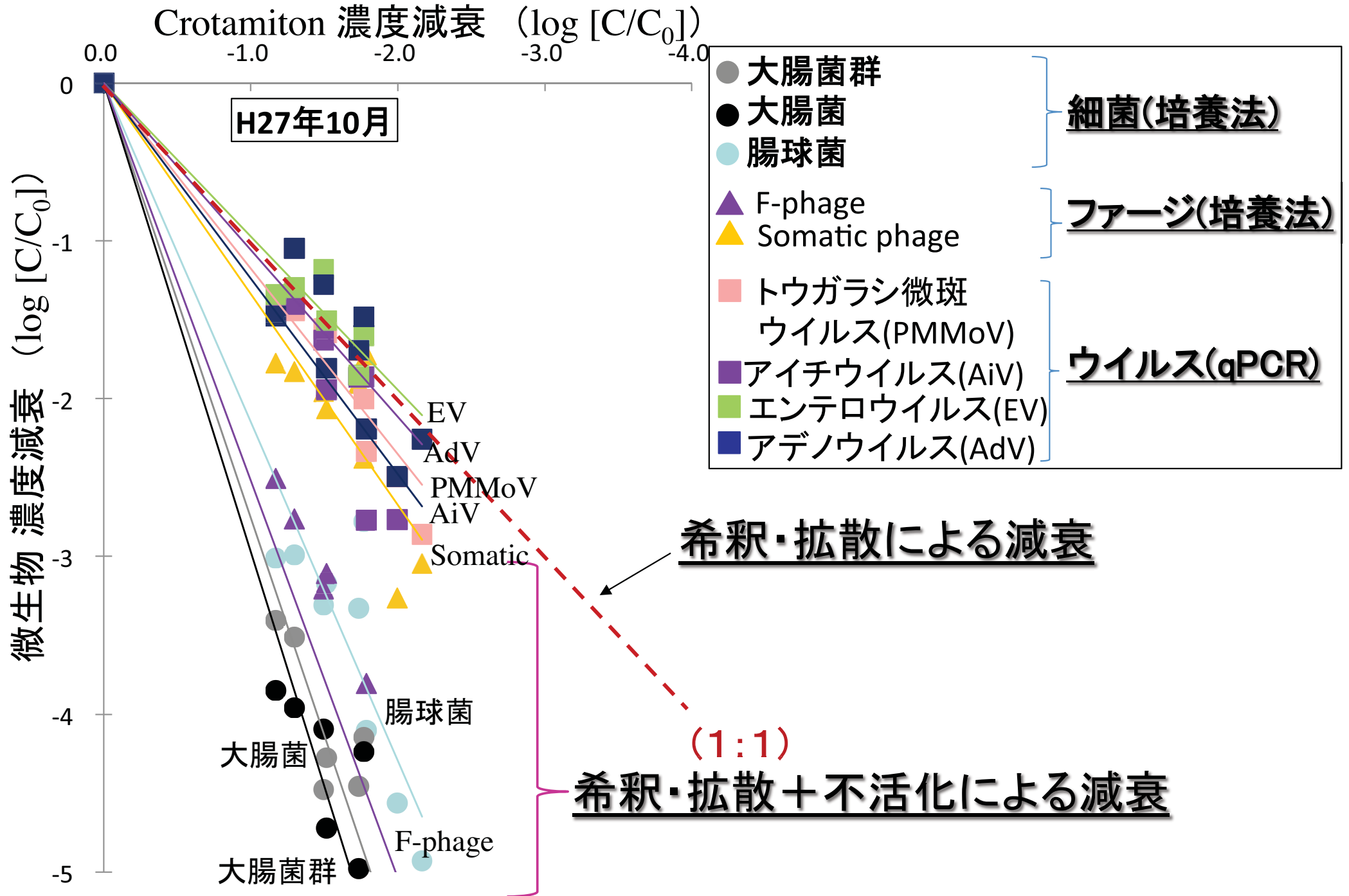
# 海域における細菌、ファージ、ウイルスの減衰

H27年10月

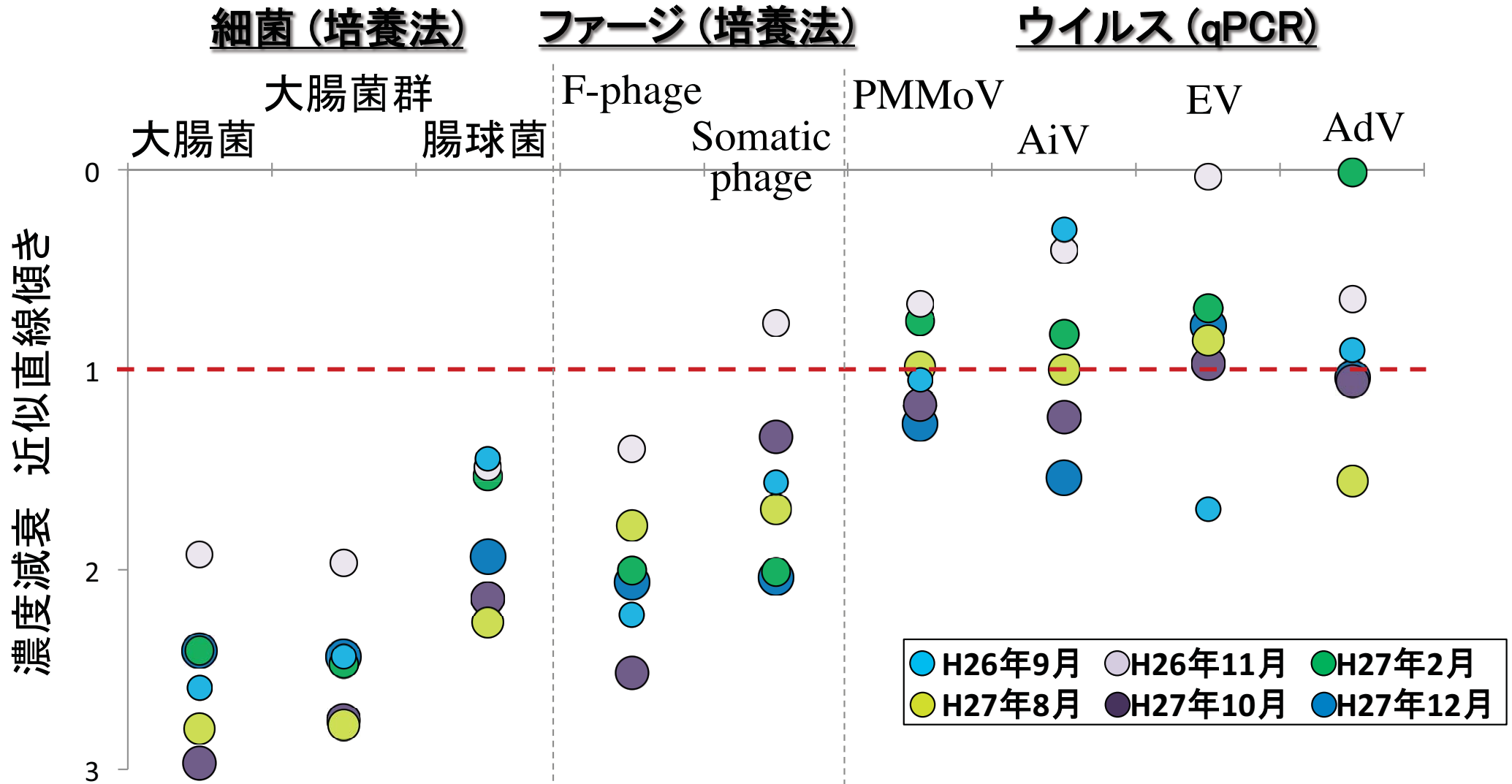


# 拡散指標と微生物濃度の比較 -拡散・不活化の評価- 7

- 下水に含まれる難分解性医薬品類 (クロタミトン) を処理水拡散の指標として使用



## 微生物減衰に対する影響因子 まとめ

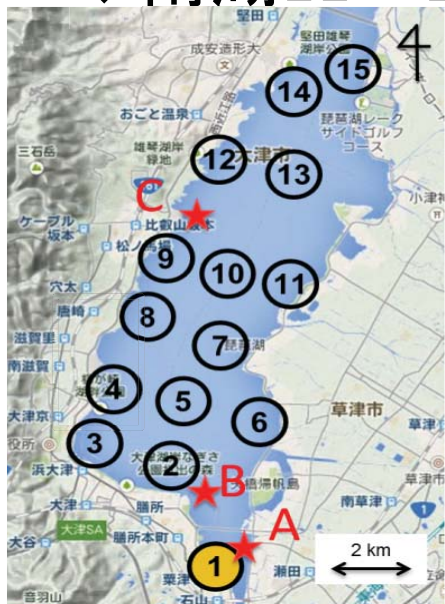


- ✓ クロタミトンの濃度減衰(希釈拡散)傾き=1との比較
- ✓ 細菌、ファージの減衰傾き > 1 ⇒ 希釈・拡散 + 不活化
- ✓ ウイルスの減衰傾き ≒ 1 ⇒ 希釈・拡散が主因子



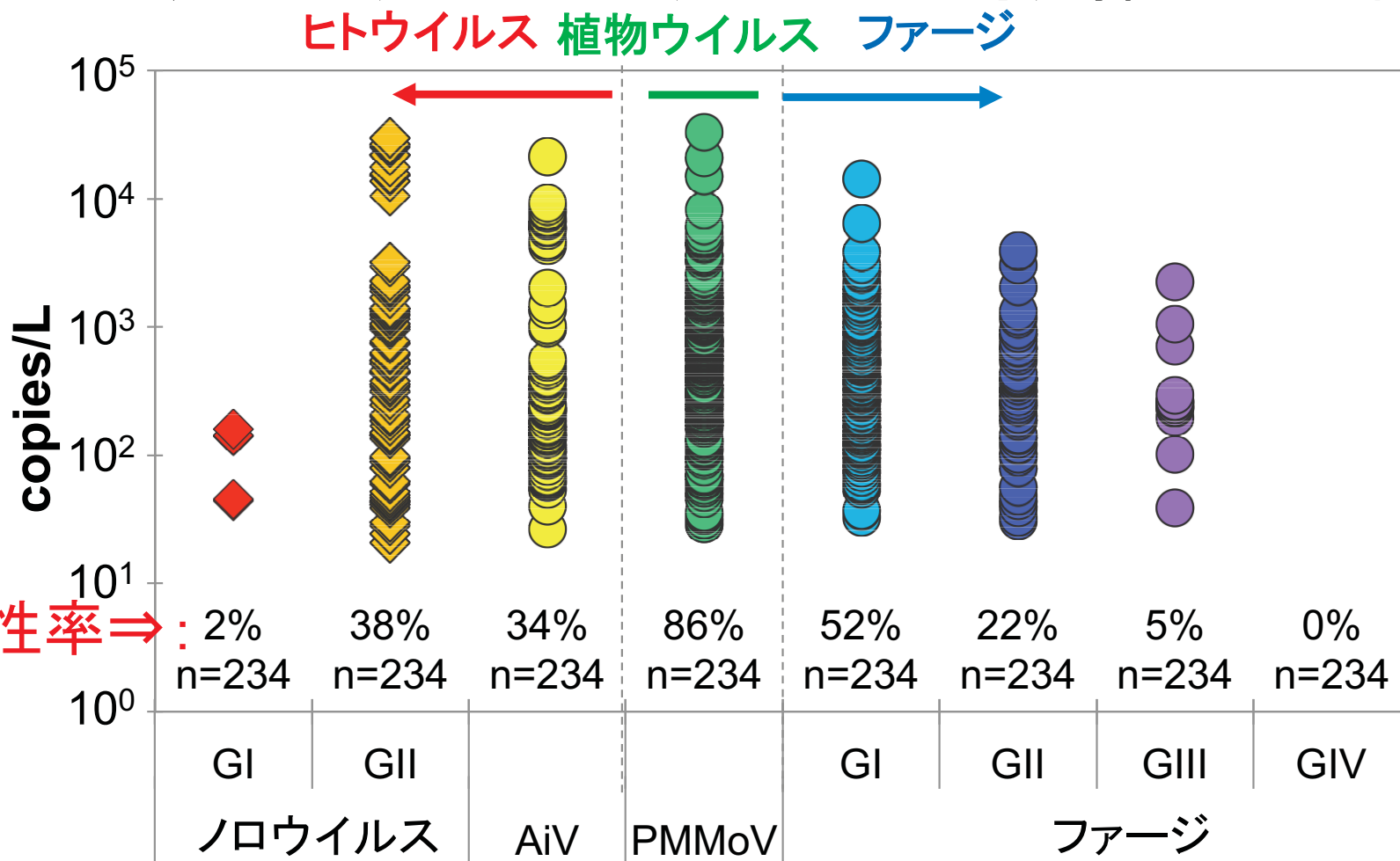
## ウイルス 検出状況 (RT-qPCR)

◆南湖11~15地点、2014.7月~2016.3月にかけて毎月採水(計21回)



★: 処理場放流口

陽性率⇒



✓琵琶湖でもヒトウイルスを検出

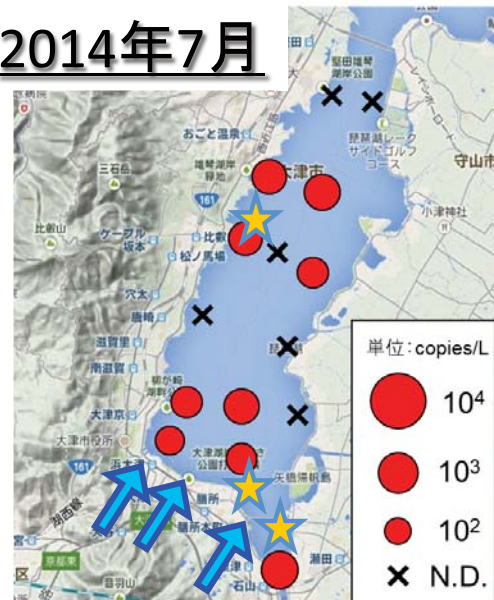
✓PMMoVの陽性率が特に高い(糞便由来ウイルス汚染指標の候補)

## 琵琶湖南湖調査

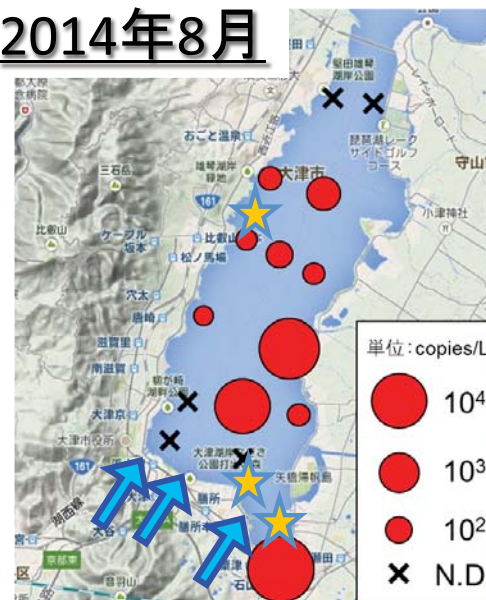
## GIIノロウイルス (NoV) 濃度の空間分布、季節変動

↗: 雨水吐口 ★: 処理場放流口

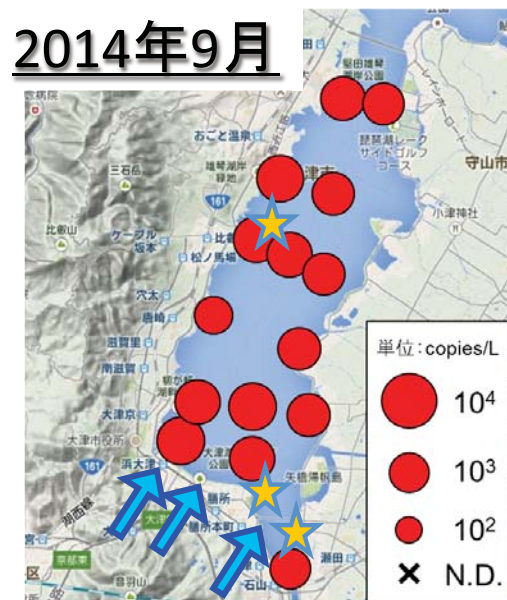
2014年7月



2014年8月



2014年9月



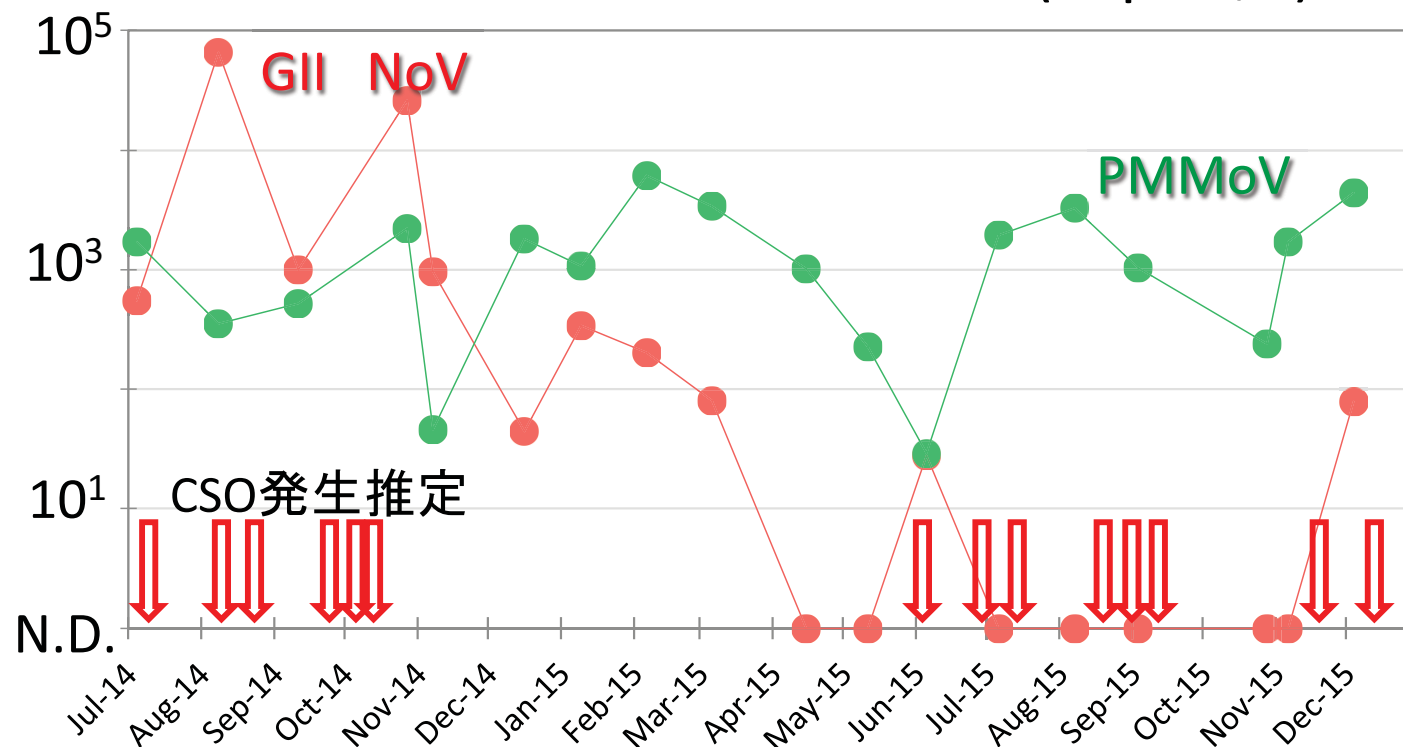
✓ GIINoVは、琵琶湖では空間分布よりも季節変動の方が大きい

## ウイルス濃度の季節変動



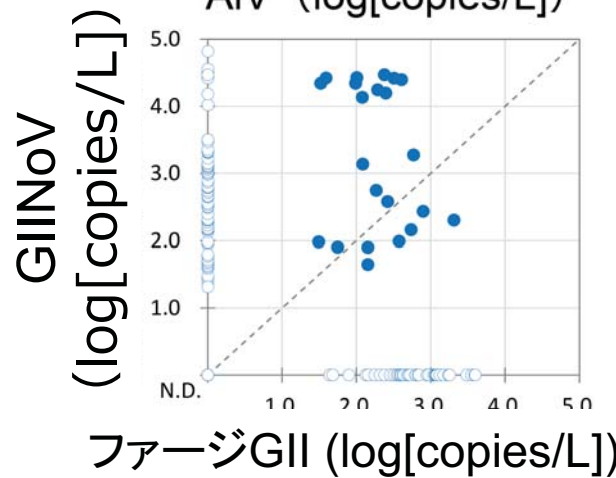
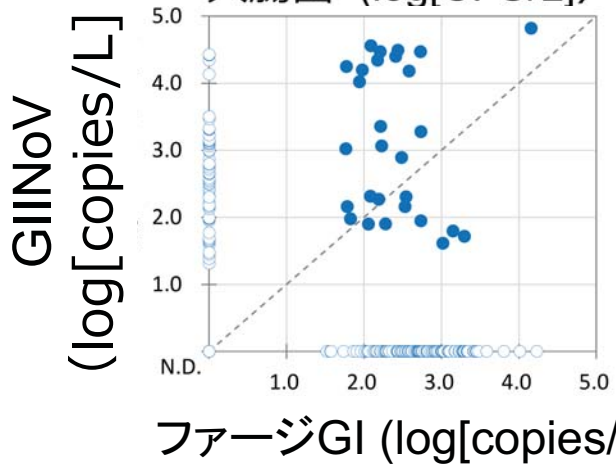
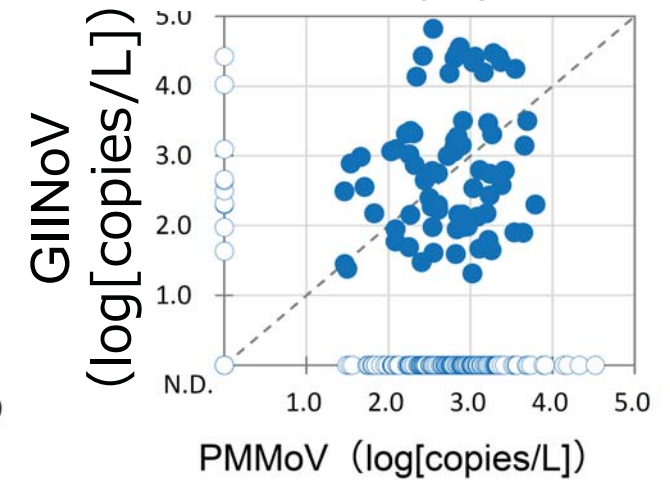
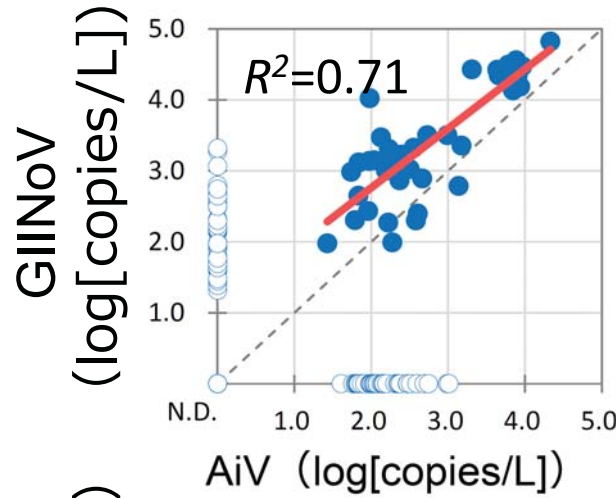
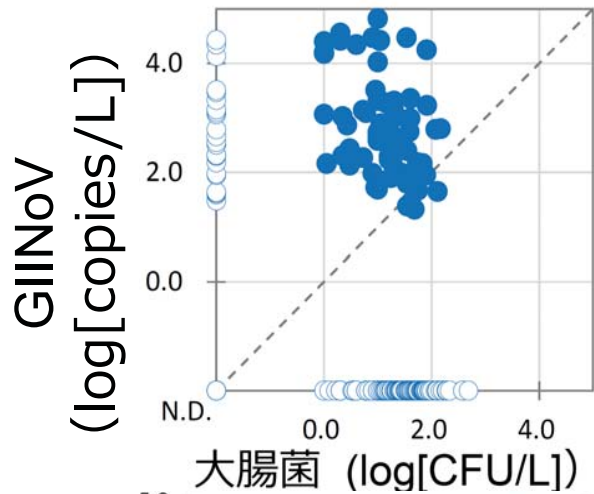
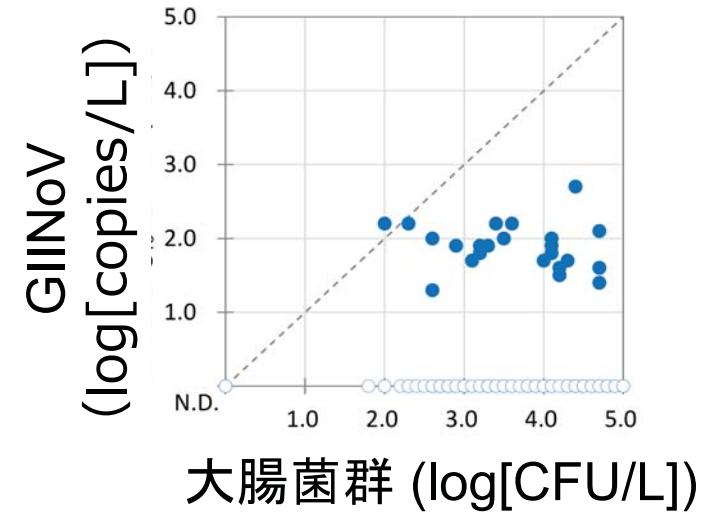
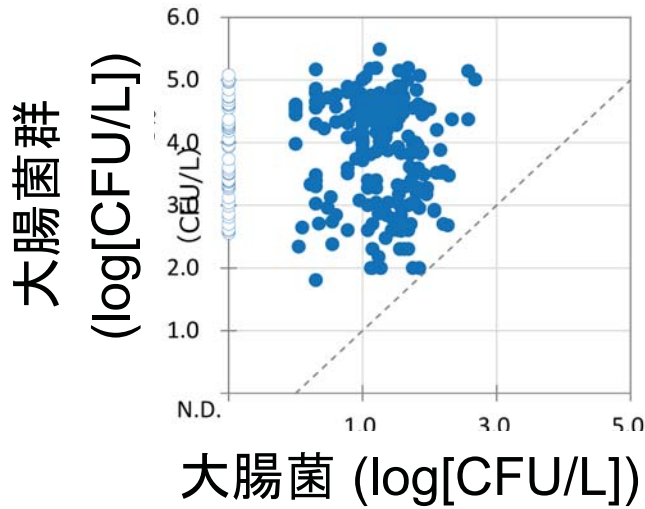
➡: 雨水吐口 ★: 処理場放流口

地点1におけるウイルス濃度変動(copies/L)



- ✓ PMMoV濃度は季節変動は小だが、GII NoVは季節変動大
- ✓ GII NoVは2014年夏季にも検出(滋賀県患者のノロ検出報告)
- ✓ GII NoVは放流水濃度が高い時期に湖水の陽性率が高い傾向  
⇒汚染源は下水処理場放流水？CSO？その他？
- ✓ 降雨量による推定では、CSOの影響を捉えた採水日はほとんどなく、今後CSOの影響調査が必要





## 病原微生物、指標微生物調査

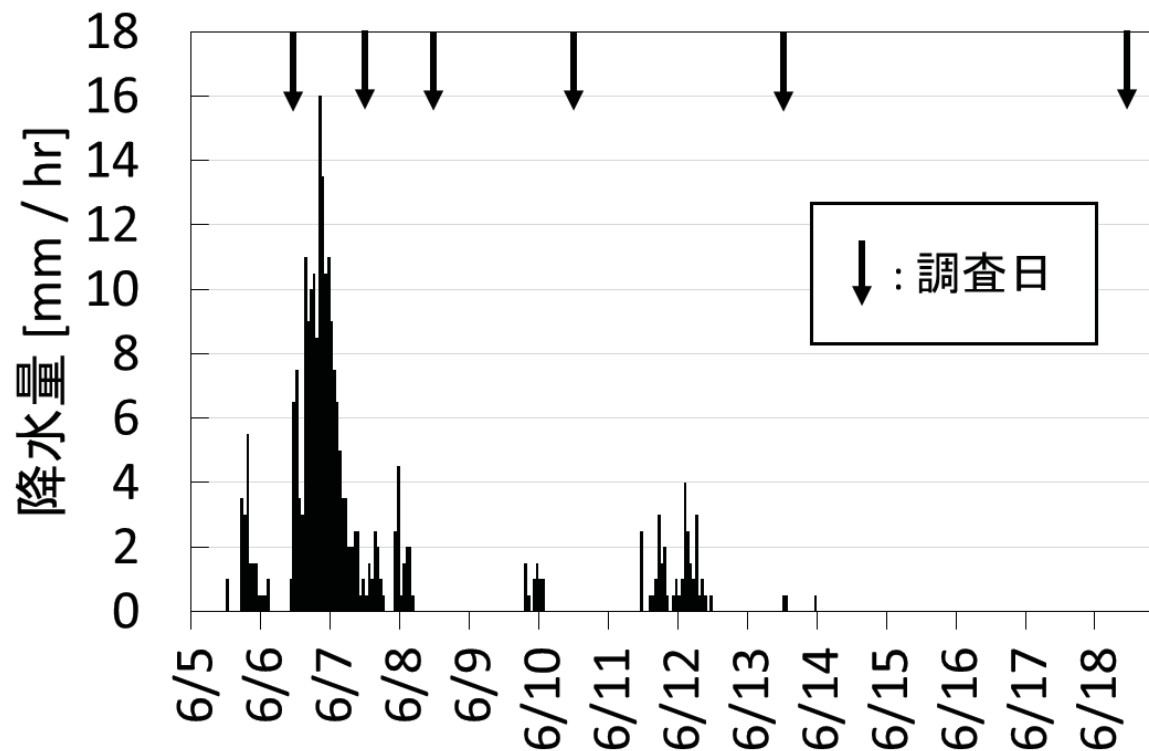


\* 試料は測線に沿って航行中に連続的に採水

採水日	6/6	6/7	6/8	6/10	6/13	6/18
隅田川河口	○	○	○	○	×	×
目黒川河口	○	○	○	○	×	×
測線観測地点	○	○	○	○	○	○
お台場	○	○	○	○	×	○

合計57試料

○:採水 ×:採水せず

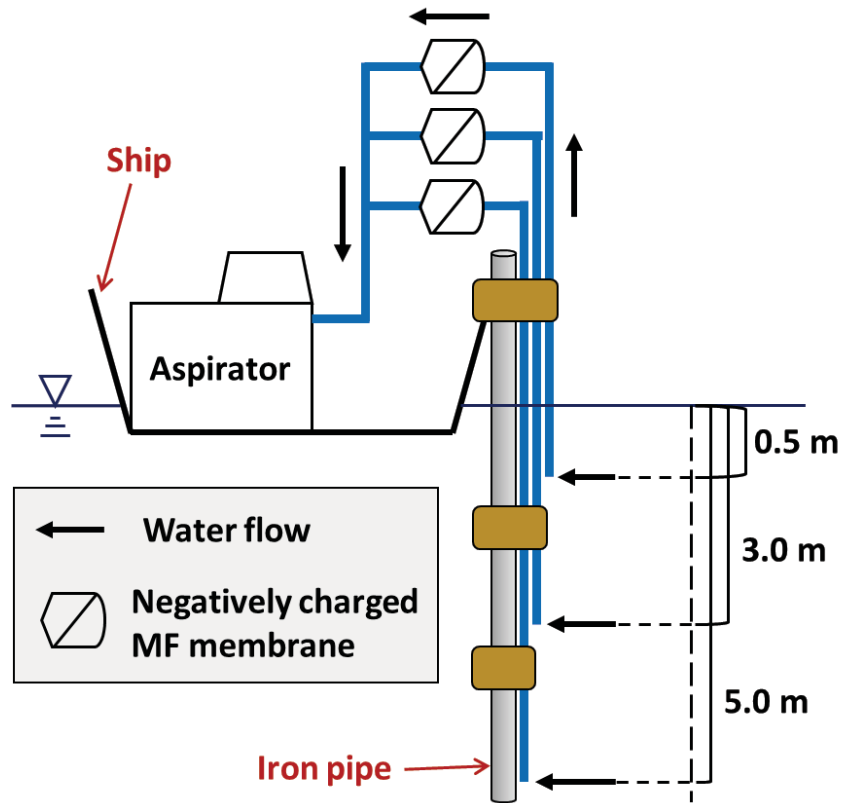


(期間中総降雨量 247mm、時間最大降雨量 16mm/hr、大手町観測所)



## 病原微生物、指標微生物調査

## 採水方法

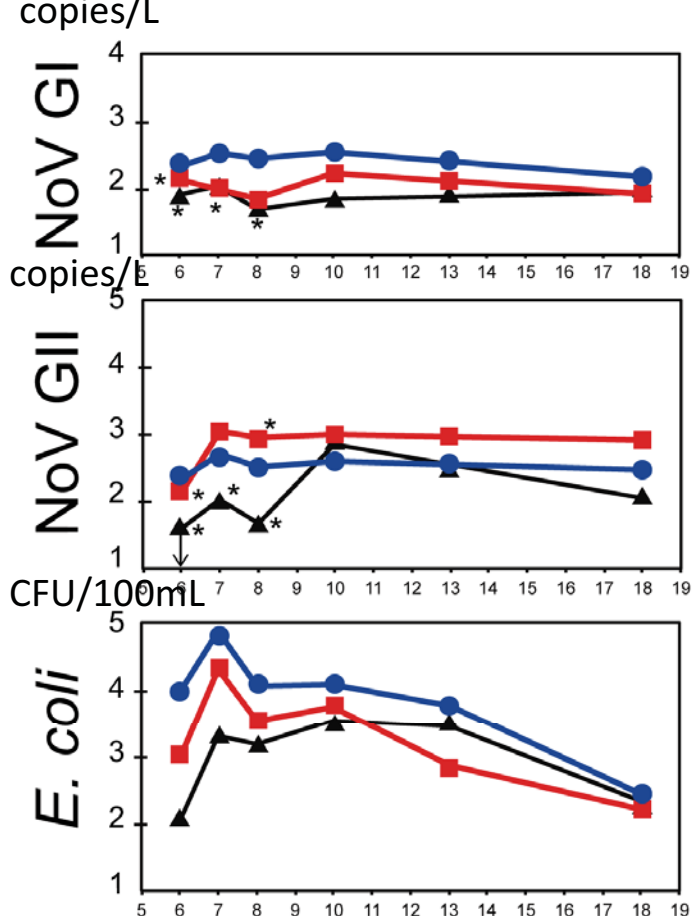


- 鉄パイプにシリコンチューブを固定し、鉛直方向3層から採水
- 採水と同時に陰電荷MF膜表面にウイルス粒子を吸着(約15-100Lを通水)

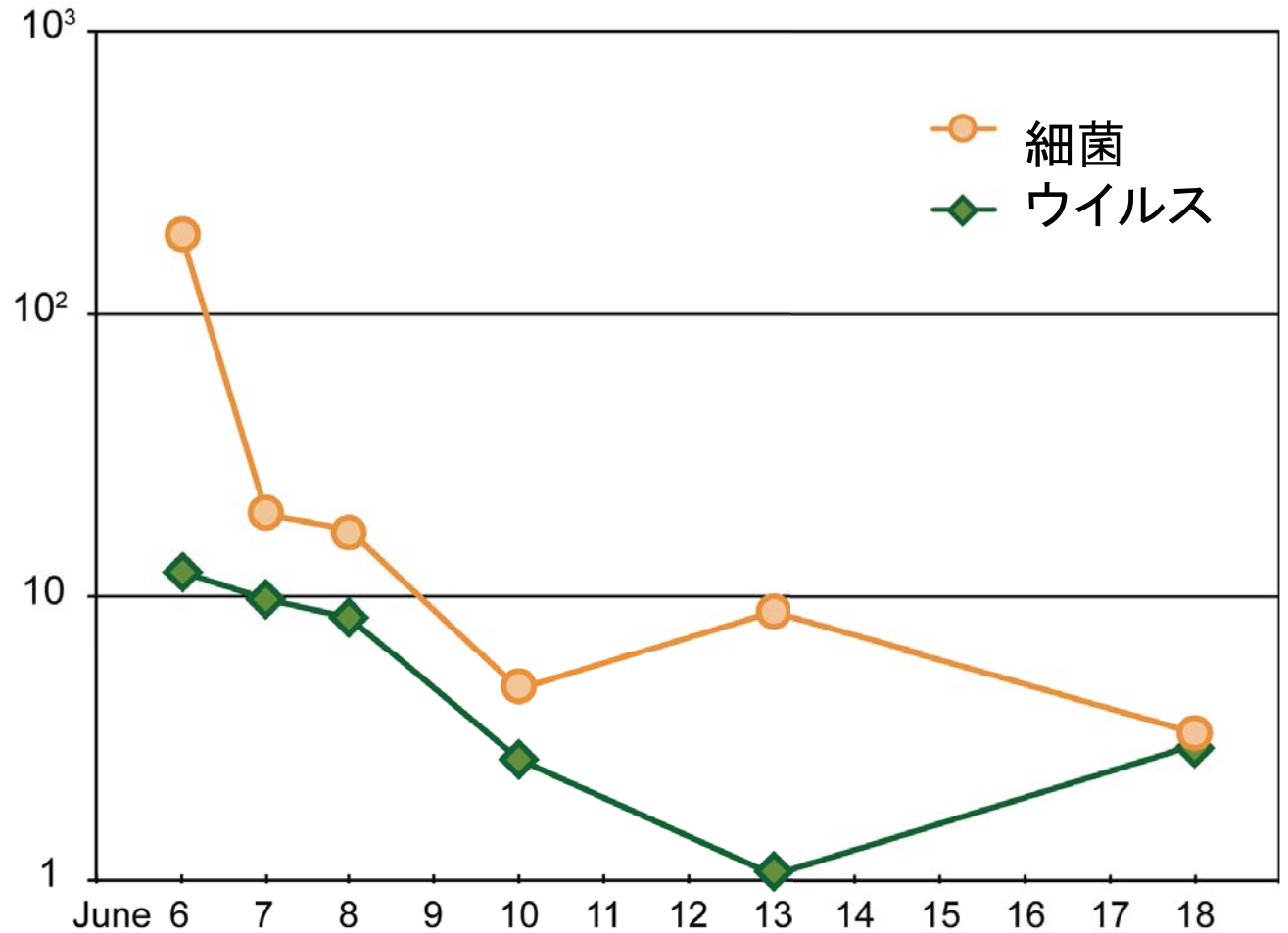
# 東京湾調査

## 各微生物指標の濃度変動と、表層－低層間の濃度比

お台場における濃度変動例



表層－低層間の濃度比(全測点の平均値)



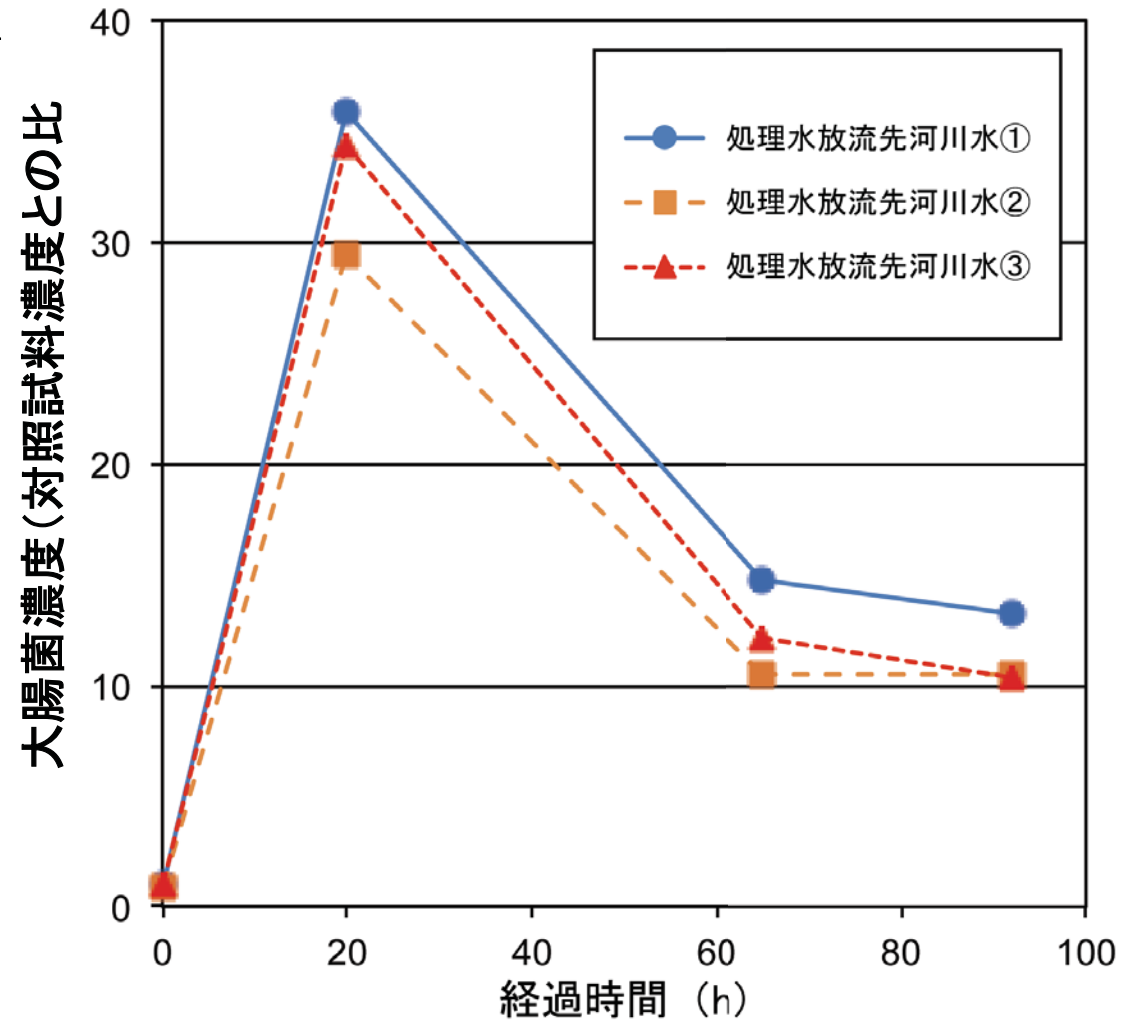
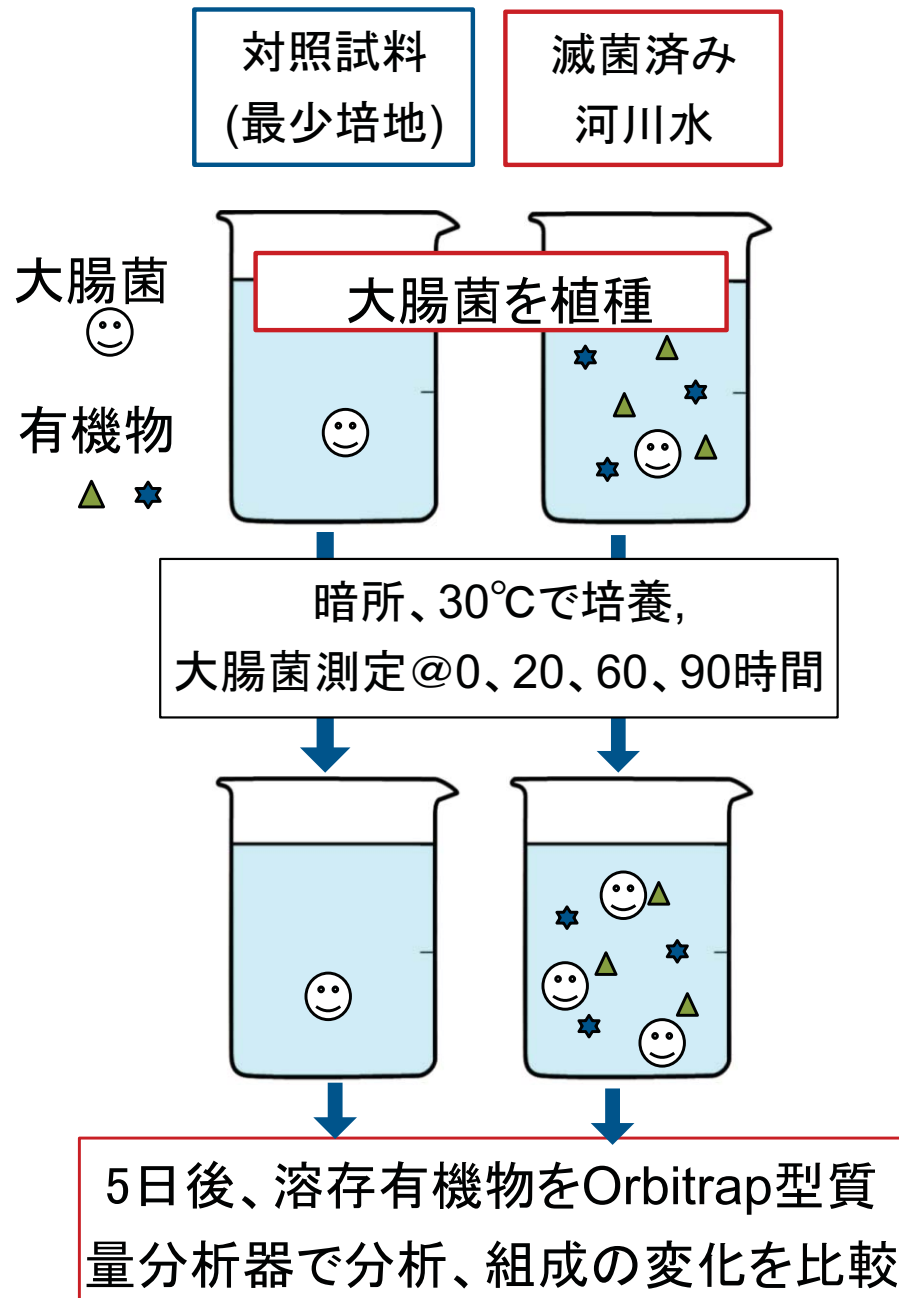
June  
 ● Upper  
 ■ Middle  
 ▲ Lower

- ウィルスの表層－低層間の濃度比変動は大腸菌よりも小
- 指標菌とウィルスの挙動は異なる。

(下向き矢印は不検出を、アスタリスクは検出阻害を表す)

# 環境水中溶存有機物による大腸菌の増殖可能性の評価と増殖基質の探索

下水処理水の放流先河川水を対象とした



- 大腸菌が河川水中の溶存有機物 (シュウ酸等)を利用して増殖か
- 大腸菌を指標細菌として用いる際に注意を要する

## 東北沿岸海域での調査

- ✓ 病原微生物、指標微生物の海域での動態の差を把握
- ✓ 細菌や大腸菌ファージ濃度低減は拡散と不活化が主要因
- ✓ ウイルスの濃度低減は拡散が要因で、10km沖でも検出

## 琵琶湖南湖での調査

- ✓ ウイルス濃度は、琵琶湖では空間分布よりも時間変動が大
- ✓ 下水処理場放流水GII NoV濃度が高い、時湖水濃度高い傾向
- ✓ 大腸菌と大腸菌群は無相関で、ともにウイルス濃度とも無相関

## 東京湾での調査

- ✓ CSOの発生後のウイルスの濃度変動、上下層の濃度比は小さいが、大腸菌は大。 ⇒細菌とウイルスの挙動が異なる
- ✓ 大腸菌は、環境水中溶存有機物を利用して増殖することを確認

- 大腸菌群は糞便汚染細菌の指標に不適切で、大腸菌に水質基準変更が必要
  - 大腸菌の環境中での増殖を踏まえた水質管理が必要
  - ヒトウイルス、大腸菌ファージ、細菌の動態は異なり、ウイルスの保存性が高い
  - このため、例えば
    - アイチウイルス:ヒトウイルスの指標
    - PMMoVや大腸菌ファージ:糞便由来指標ウイルス
    - クロタミトン(難分解性医薬品類)等:糞便の挙動指標
- 等をウイルス指標の候補として今後検討することが考えられる



# 成果, アウトリーチ

## • アウトリーチ

- 第17回水環境学会シンポジウムにてセッションを開催
- 宮城県, 仙台市等関連機関への報告会, 国民との対話シンポジウム
  - 「環境研究総合推進費『水系感染微生物による水環境汚染の把握と指標微生物管理の限界に関する研究』報告会  
(2015年6月16日, 仙台)」
  - 日本水環境学会水中の健康関連微生物研究委員会シンポジウム  
「水中の病原微生物によるリスク制御への総合対策に向けて」  
(2015年12月15日, 東京)」

## • 学術的成果

- 招待講演: 7件 (国際2件, 国内5件)
- 学会発表: 10件 (国際3件, 国内7件)
- 論文: 1件
- 論文投稿準備中: 5件

## • 社会貢献

- 環境省大腸菌環境基準検討会で成果を活用

# ポンチ絵

- 震災の影響を受けた宮城県沿岸域、琵琶湖南湖、東京湾での病原微生物・指標微生物の存在実態を把握
- 指標微生物と病原微生物の挙動の違いを把握、**影響因子を推定**

