

タイ洪水調査まとめ（案）

飛野 智宏（東京大学 環境安全研究センター）

本多 了（金沢大学 理工研究域 サステナブルエネルギー研究センター）

1. 調査場所

Bangkok および周辺地区（Nonthaburi、Pathum Thani）

2. 調査期間および参加者

<予備調査>

目的：バンコク市街地の浸水状況の把握と、ERTC 調査対象地域（チャチェンサオ県）における洪水被害聞き取り調査

期間：11月12~13日

参加者：山本，本多

<第1回調査>

目的：バンコク市内および近郊における浸水状況の把握と水質調査

期間：11月19-21日

参加者：本多、カセ大学生

<第2回調査>

目的：バンコク市内および近郊における浸水状況の把握と水質調査

期間：12月4-9日

参加者：本多、飛野、Chaminda、古米、片山、渡部、真砂、カセ大学生・研究員、Jatuwat

3. 調査スケジュール

	内容	参加者
予備調査		
11月12日	地下鉄，BTS 駅周辺の浸水状況視察	本多
11月13日	チャチェンサオ県 PEO（Provincial Environment Office）にてヒアリング 被害状況視察・ヒアリング ・水門・ポンプ場 ・田圃 ・Bang Kadi 川の養殖業者	山本，本多
第1回調査		
11月19日 午前	現場視察	本多・カセ学生

		採水 (Pre.1-5)	
	午後	分析	本多・カセ学生
11月20日	午前	現場視察 (Lat Yao, Lak Si, Don Mueang) 採水 (Pre.6-10)	本多・カセ学生
	午後	分析	本多・カセ学生
11月21日	午前	現場視察 (Bang Kruai) 採水 (Pre.11-13,15)	本多・カセ学生
	午後	分析	本多・カセ学生
第2回調査			
12月4日	午前	ヘリコプターによるバンコクおよび周辺地域の上空からの視察	本多、古米、片山、真砂、Chaminda、飛野、カセ大研究員
	午後	現場視察 (Lat Yao, Don Mueang、Sena Nikhom) 採水 (St..1-3)、分析	本多、古米、片山、真砂、Chaminda、飛野、カセ大研究員、Jatuwat
12月5日	午前	現場視察 (Rangsit) 採水 (St.4)	本多、古米、片山、真砂、Chaminda、飛野、カセ大学生
	午後	現場視察 (Mueang Pathum Thani) 採水 (St.5)、分析	本多、古米、片山、真砂、Chaminda、飛野、カセ大学生
12月6日	午前	ERTCにて打ち合わせ	本多、古米、真砂、Chaminda、飛野、Jatuwat
	午後	現場視察 (Rangsit-Nakhon Nayok) 採水 (St.6-10)、分析	本多、飛野、Jatuwat
12月7日	午前	現場視察 (Bang Kruai) 採水 (St.11-14)	本多、渡部、飛野、カセ学生、Jatuwat
	午後	現場視察 (Bang Yai) 採水 (St.15-18)、分析	本多、渡部、飛野、カセ学生、Jatuwat
12月8日	午前	ヒアリング (@ Department of Drainage and Sewerage, Bangkok Metropolitan Administration)	本多、渡部、飛野、カセ学生、Jatuwat
	午後	下水処理場視察 (@ Rattanakosin Water Environment Control Plant)	本多、渡部、飛野、カセ学生、Jatuwat
12月9日	午前	現場視察 (Bang Kadi, Mueang Pathum Thani, Khlong Kluea) 採水 (St.19-21)	本多、渡部、飛野、カセ学生、Jatuwat
	午後	分析	本多、渡部、飛野、カセ学生、Jatuwat

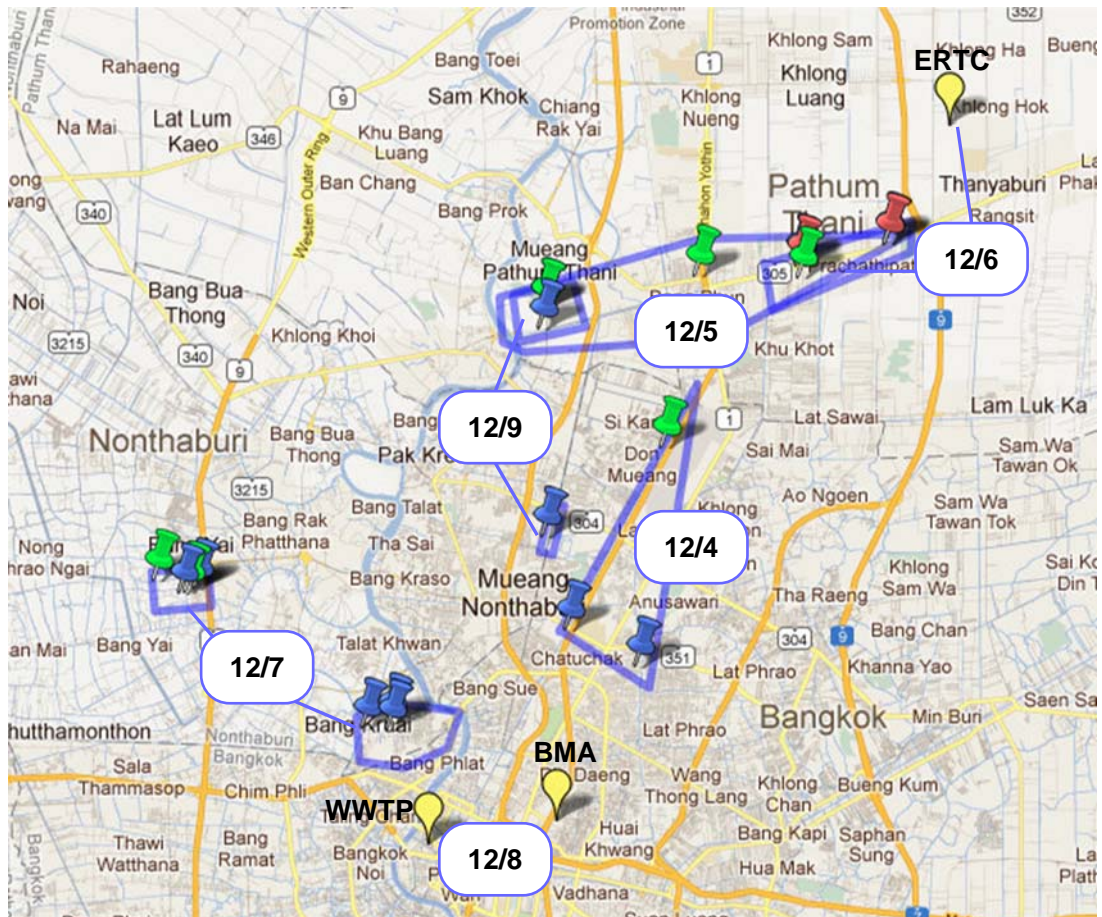


図 1 調査を行った地域



図2 採水地点

4. 水質測定項目

<予備調査>

大腸菌（群）数、ウイルス（解析中）、重金属

<本調査>

水温、pH、溶存酸素濃度、濁度、電気伝導度、アンモニア性窒素、大腸菌（群）数、ウイルス（解析中）、重金属

5. 水質分析結果

現在解析中であるウイルス以外の全データを表1に示す。各地点での溶存酸素濃度（DO）、アンモニア性窒素濃度（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）、大腸菌群数、大腸菌数、重金属（Cu, Znのみ）を図2-図7に示す。

表 1 水質測定結果 ^a C, Canal water; F, Flood water; P, Pumped wastewater

Date	Sample name	Time	Sample type ^a	Temp (°C)	pH	Cond (mS/m)	Turb (NTU)	DO (mg/L)	NH4-N (mg N/L)	Coliform (CFU / ml)	E. coli (CFU / ml)	Ni (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)
2011-11-19	Pre. 1	14:01	F	31.4	8.23	55.6	13.0	8.28	-	1.5×10 ³	3.2×10 ²	ND	1.5	7.8	ND	0.6
	Pre. 2	14:15	F	31.2	8.08	54.0	24.3	7.13	-	6.6×10 ²	2.9×10 ²	ND	1.4	8.4	ND	0.3
	Pre. 3	14:23	F	31.2	8.06	58.3	15.2	6.83	-	3.7×10 ³	5.1×10 ²	ND	1.6	9.4	ND	0.2
	Pre. 4	14:45	F	30.8	7.95	58.8	14.3	6.37	-	1.5×10 ³	2.3×10 ²	0.6	1.2	12.9	ND	0.5
	Pre. 5	15:22	F	30.1	7.54	48.8	8.2	1.77	-	8.2×10 ²	1.2×10 ²	ND	0.8	14.1	ND	0.2
2011-11-20	Pre. 6	9:20	F	28.3	7.63	52.4	7.4	2.38	-	5.2×10 ²	5.5×10 ¹	ND	1.1	9.8	ND	0.4
	Pre. 7	9:40	F	28.0	8.03	54.7	58.1	7.22	-	5.5×10 ²	5.5×10 ¹	ND	1.8	5.1	ND	0.2
	Pre. 8	10:50	F	29.0	7.50	45.0	8.8	2.10	-	6.7×10 ²	5	ND	0.3	5.6	ND	0.4
	Pre. 9	11:10	F	29.8	8.22	43.6	21.9	10.58	-	1.1×10 ³	2.4×10 ²	ND	0.4	5.2	ND	0.2
	Pre. 10	13:40	F	30.4	8.47	43.3	14.9	8.55	-	1.6×10 ³	2.8×10 ²	ND	1.3	11.5	ND	0.3
2011-11-21	Pre. 11	10:30	F	28.0	8.47	45.9	20.8	9.85	-	6.6×10 ³	1.3×10 ³	ND	1.2	7.4	ND	0.3
	Pre. 12	11:40	F	29.0	7.35	33.7	13.1	1.20	-	5.3×10 ²	5.0×10 ¹	ND	0.1	7.6	ND	0.1
	Pre. 13	12:00	F	29.2	7.30	32.9	9.9	1.72	-	4.9×10 ²	6.7×10 ¹	ND	0.1	5.4	ND	ND
	Pre. 14	12:17	F	28.8	7.54	25.1	9.5	3.26	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pre. 15	12:50	F	29.2	7.32	25.8	5.6	0.70	-	6.0×10 ²	5.9×10 ¹	ND	0.1	13.4	ND	ND
2011-12-04	St. 1	14:00	C	29.1	6.65	35.9	9.1	3.15	3.5	5.4×10 ³	2.1×10 ²	ND	2.3	10.2	ND	0.4
	St. 2	15:20	F	28.1	7.95	48.0	35.8	8.07	0.03	3.3×10 ²	5	ND	2.7	1.8	ND	0.0
	St. 3	16:10	C	27.6	7.21	46.9	15.1	1.75	0.54	1.8×10 ³	1.4×10 ²	ND	0.2	2.4	ND	ND
2011-12-05	St. 4	11:37	F	28.1	7.67	46.7	35.0	7.70	0.67	1.7×10 ³	6.8×10 ¹	0.4	0.8	4.9	ND	0.2
	St. 5	14:30	F	30.3	7.45	38.6	39.3	6.21	0.24	1.1×10 ²	5	ND	1.4	5.0	ND	0.3
2011-12-06	St. 6	15:12	P	27.3	7.15	50.0	46.0	4.70	2.4	3.0×10 ³	4.3×10 ²	ND	ND	ND	ND	0.1
	St. 7	15:45	C	28.6	7.23	35.1	17.9	2.46	0.00	1.4×10 ²	5	ND	ND	ND	ND	ND
	St. 8	16:30	C	30.3	8.26	40.0	11.9	13.70	3.2	2.0×10 ²	1.5×10 ¹	ND	0.0	0.1	ND	0.0
	St. 9	17:00	P	27.2	7.68	111	24.2	1.44	45	4.2×10 ³	2.8×10 ²	0.6	0.2	2.6	ND	ND
	St. 10	17:43	F	28.6	8.03	52.4	34.7	5.93	0.61	4.8×10 ³	8.0×10 ²	0.9	1.1	2.5	ND	0.2
2011-12-07	St. 11	10:45	C	26.3	7.07	37.9	19.5	0.78	0.30	8.1×10 ²	7.5×10 ¹	ND	0.1	1.0	ND	0.2
	St. 12	10:55	C	26.9	7.06	28.7	13.7	2.14	0.28	6.6×10 ²	2.5×10 ¹	ND	0.6	0.3	ND	0.0
	St. 13	11:07	C	27.4	7.20	25.6	19.2	1.59	0.28	4.2×10 ²	6×10 ¹	ND	0.6	ND	ND	ND
	St. 14	11:50	C	27.5	7.10	29.6	15.0	1.35	0.26	4.7×10 ²	1.1×10 ²	ND	0.2	0.8	ND	ND
	St. 15	13:56	C	28.2	7.03	34.0	8.5	0.86	0.07	2.6×10 ²	1.5×10 ¹	ND	0.1	0.4	ND	ND
	St. 16	14:24	C	28.6	7.14	28.1	6.1	2.33	0.00	7.8×10 ¹	ND	ND	0.0	5.9	ND	ND
	St. 17	14:38	F	32.1	8.47	34.6	35.1	5.87	0.49	3.8×10 ³	2.7×10 ²	ND	2.0	2.1	ND	0.1
	St. 18	15:13	F	30.3	7.48	28.7	22.2	6.11	0.00	4.0×10 ²	7.0×10 ¹	ND	0.4	11.7	ND	ND
2011-12-09	St. 19	10:46	F	29.0	7.38	39.3	63.7	7.72	0.15	2.4×10 ²	5	ND	2.0	13.1	ND	0.6
	St. 20	11:20	C	27.8	7.12	40.5	16.7	0.65	0.83	4.1×10 ²	7.2×10 ¹	0.6	0.0	6.9	ND	0.0
	St. 21	12:22	C	27.7	7.27	22.9	37.8	3.37	0.03	2.0×10 ¹	5	ND	0.5	1.0	ND	ND

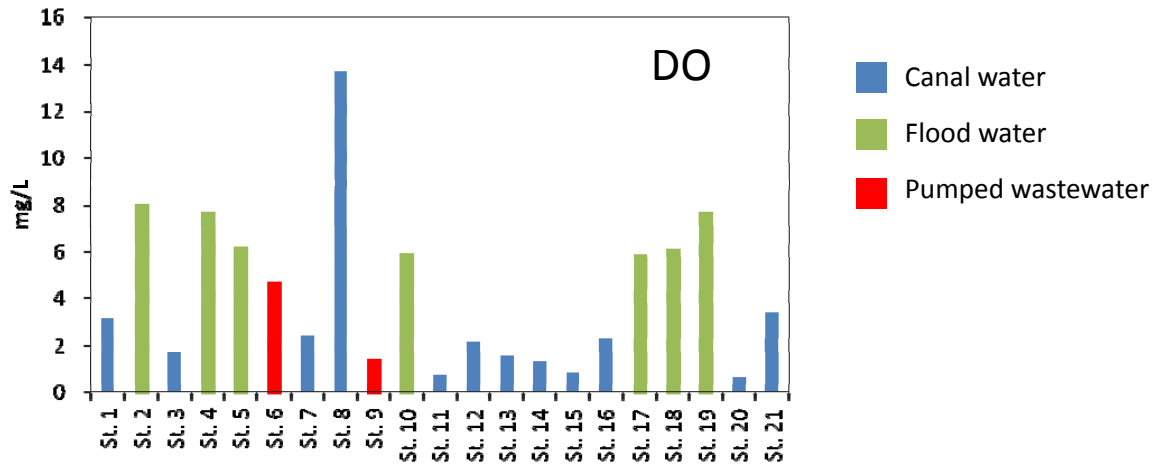


図3 各採水地点における溶存酸素濃度

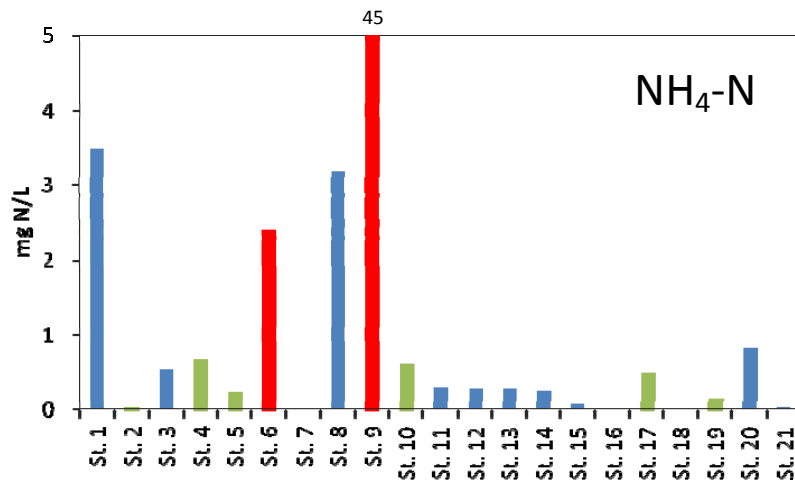


図4 各採水地点におけるアンモニア性窒素濃度

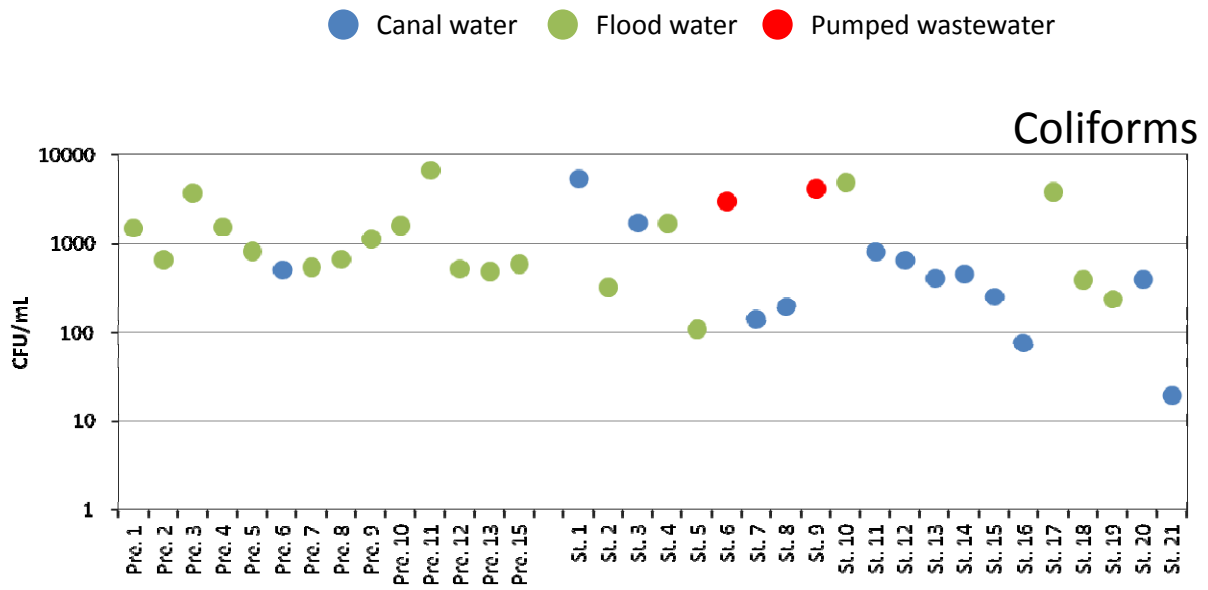


図5 各採水地点における大腸菌群数

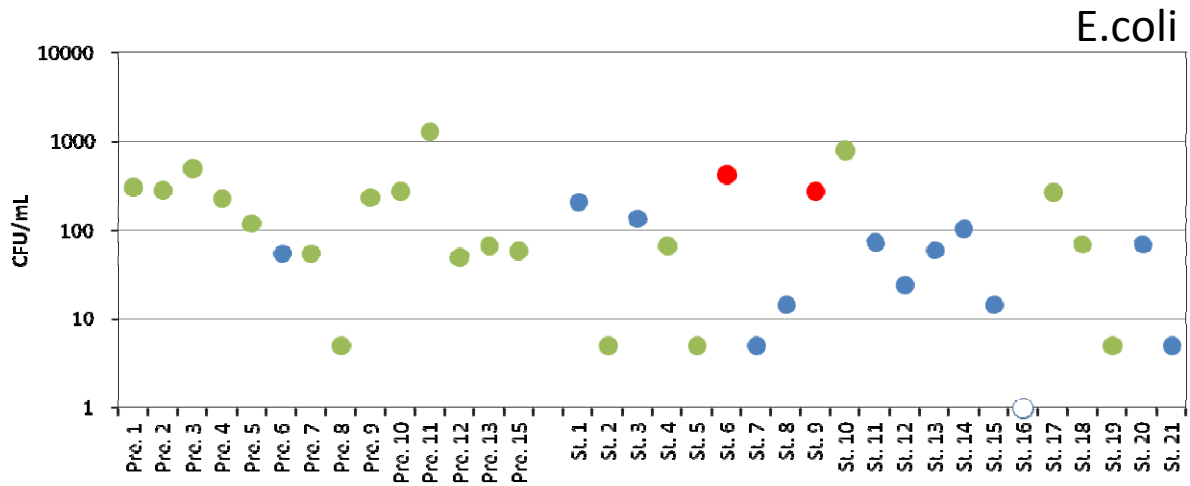


図6 各採水地点における大腸菌数

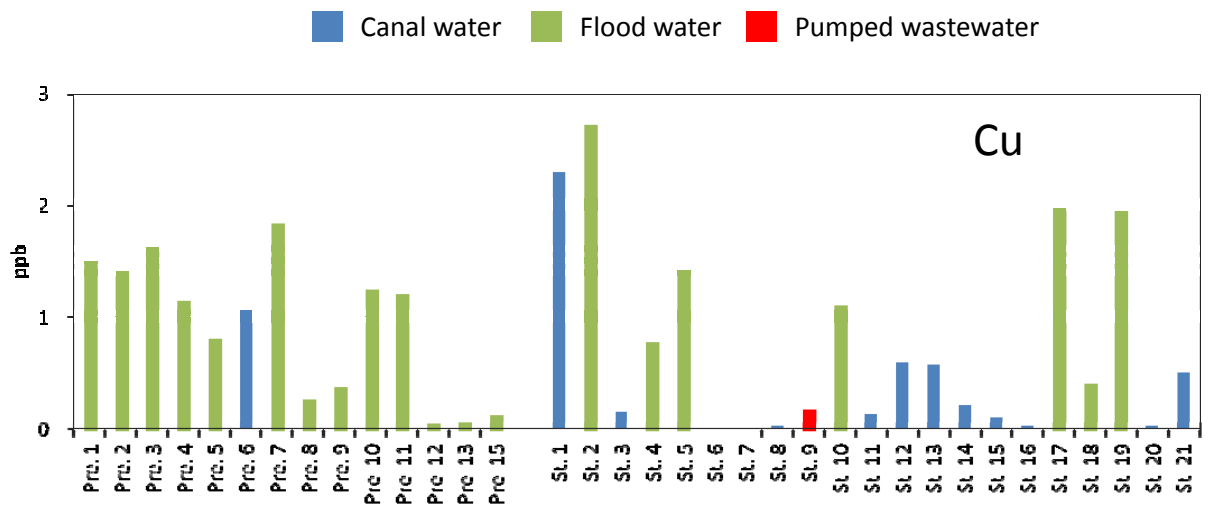


図7 各採水地点における Cu 濃度

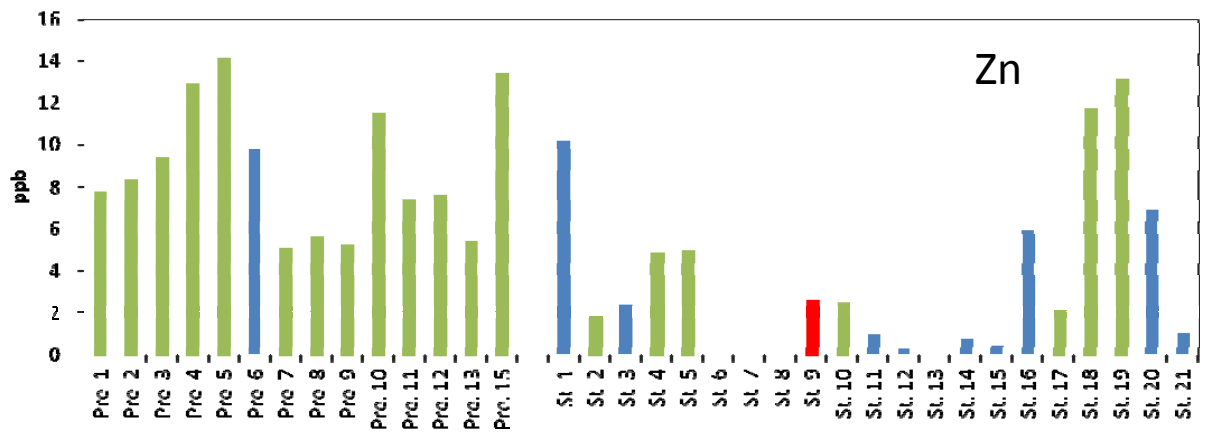


図8 各採水地点における Zn 濃度

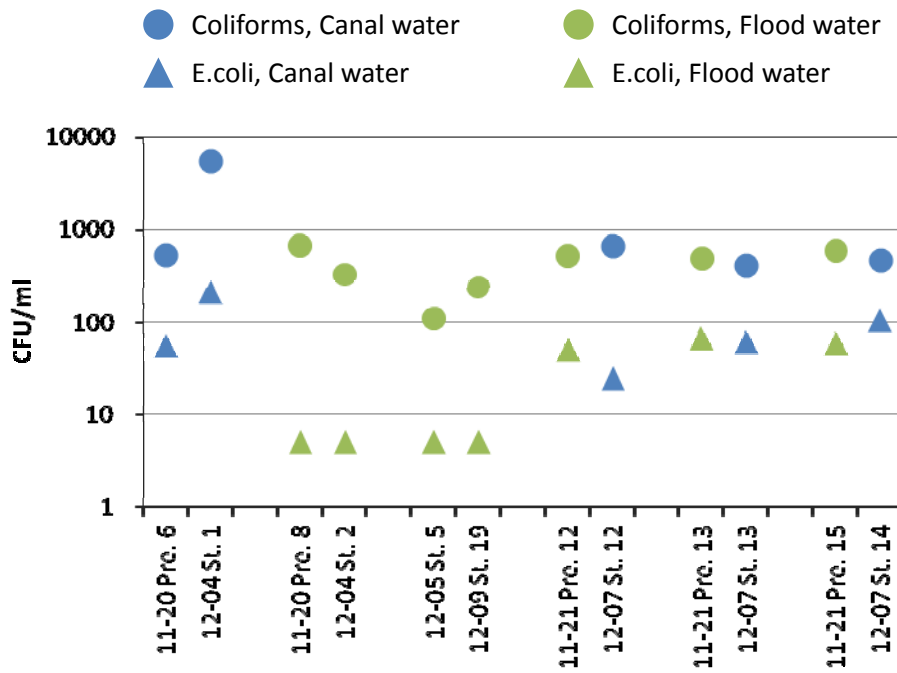


図9 異なる採水日における同一／近接地点の大腸菌群・大腸菌数の比較

6. 調査報告

<予備調査>

2011年11月12日

地下鉄の Ratchadapisek 駅以北の各駅および BTS の Mo Chit 駅にて浸水状況を調査した。各地の浸水状況は表 2 の通りであった。

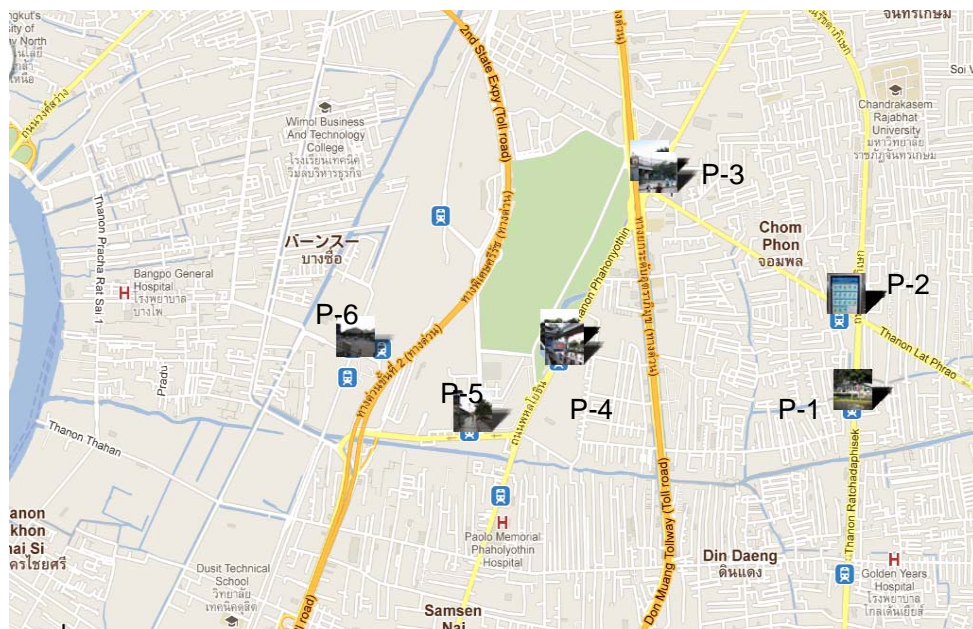


図 10 予備調査地点

表 2 2011年11月12日の各地の浸水状況

No.	地点	路線	浸水状況（深さ）
P-1	Ratchadapisek 駅	地下鉄	ふくらはぎ下
P-2	Lat Phrao 駅	地下鉄	ひざ丈
P-3	Phahon Yothin 駅	地下鉄	くるぶし
P-4	Chatuchak Park 駅 Mo Chit 駅	地下鉄 BTS	Phaholyothin 通り東側：ひざ下 Phaholyothin 通り西側：くるぶし
P-5	Kamphaeng Phet 駅	地下鉄	被害なし
P-6	Bang Sue 駅	地下鉄	被害なし

(a) P-1: Ratchadapisek



(b) P-2: Lat Phrao



(c) P-3: Phahon Yothin



(d) P-4: Chatuchak Park / 通り東側



(e) P-4: Chatuchak Park / 通り西側



(f) P-5: Kamphaeng Phet



図 11 2011 年 11 月 12 日の各地の浸水状況.

2011 年 11 月 13 日

※チャチェンサオ県予備調査報告は、別添の通り。

<第 1 回調査>

2011 年 11 月 19 日

カセサート大学近くの Sena Nikhom 1 通りにおいて、Phaholyothin 通りから Lat Phrao 運河までの間に 5 か所の洪水試料のサンプリングを行った。

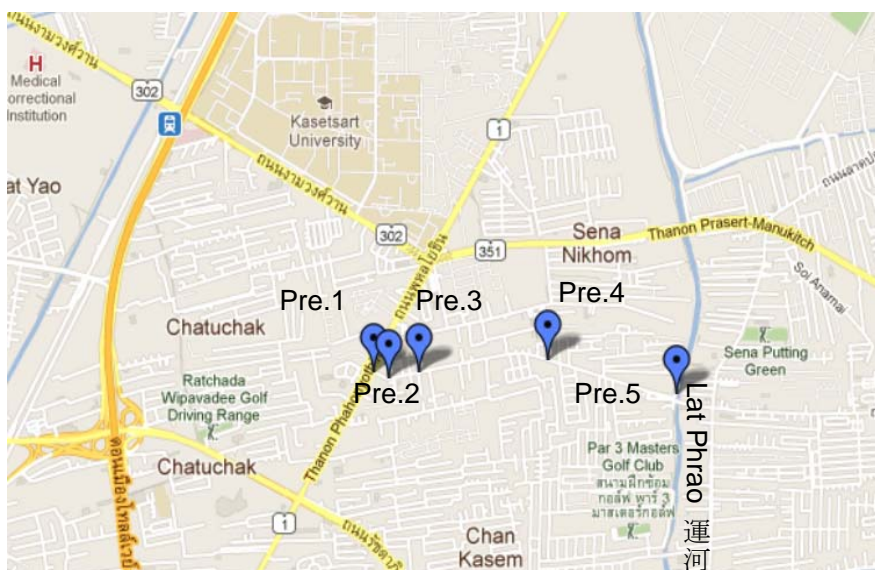


図 12 2011 年 11 月 19 日の試料採取地点

Sena Nikhom 通りは全体的に浸水しており、その深さはくるぶし〜ふくらはぎあたりであった。浸水した路面には藻類によってやや緑色になっており、長期間冠水していることが窺えた。



図 13 Pre.1 近辺からみた Sena Nikhom 1 通りの浸水状況

2011 年 11 月 20 日

Wiphawadi-Rangsit 通り沿いにおいて、カセサート大学近辺～ドンムアン空港の間の 5 地点で洪水試料の採取を行った。洪水の影響で Don Mueang 駅以北へのアクセスがなく、Rangsit 方面へは到達できなかった。鉄道は Don Mueang 駅で折り返し運転をしていた。

大通りでは、廃水の流入が少ないためか比較的 DO が高かったが、大腸菌群数も一定の濃度 (10^2 オーダー CFU/mL) で検出された。

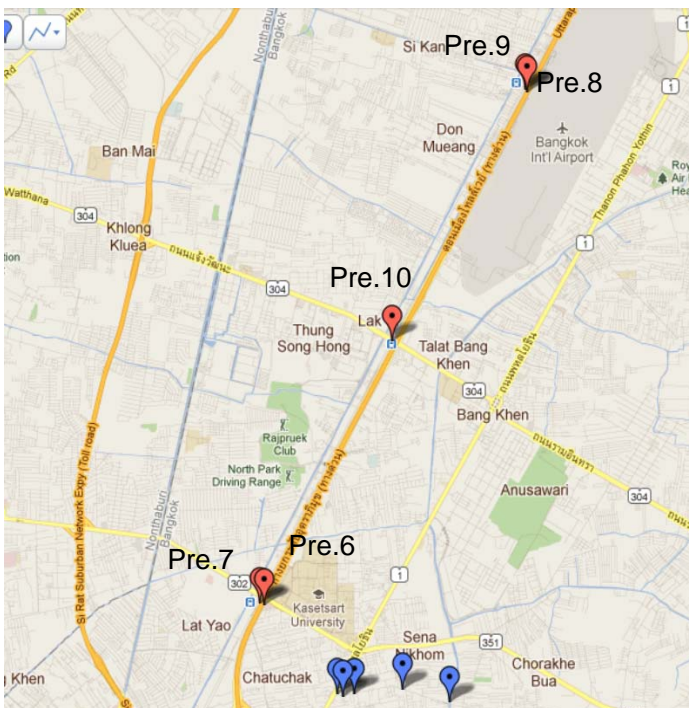


図 12 2011 年 11 月 20 日の試料採取地点

(a) Pre. 6/ Wiphawadi Hospital



(b) Pre. 6/ Wiphawadi Hospital



(c) Pre. 7/ Bang Khen Station 東側



(d) Pre. 8/ Don Mueang 駅東側



(e) Pre. 9/ Don Mueang 駅西側



(f) Pre. 10/ Lak Si Station 西側



図 13 2011 年 11 月 20 日採水地点付近の様子

2011 年 11 月 21 日

Nonthaburi 県 Bang Kruai 地区の浸水地域にて洪水試料採取を行った。この地域は住宅街であり、すでに 3 週間以上の期間浸水していた。大腸菌群数は、住宅密度の大きかった Pre. 15 より交通量の多い Pre.11 で最も高かった。Pre. 11 においては洪水が引き始めており、洪水の水による希釈による水質改善が乏しいからと考えられた。Pre.11 以外の地点では 10^2 CFU/mL を超えない程度であった。また、DO と大腸菌群数に顕著な相関はみられなかった。

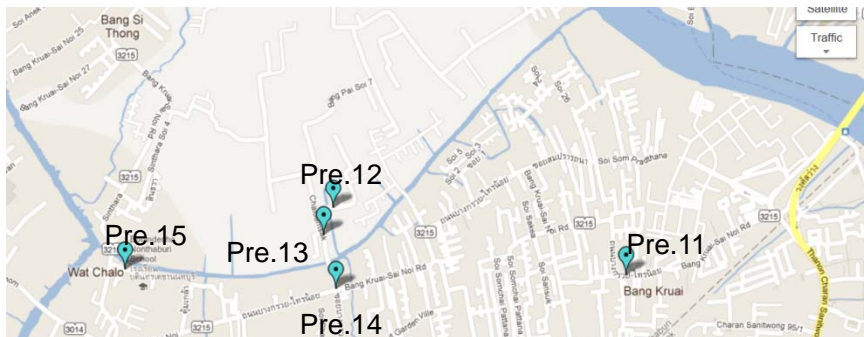


図 14 2011 年 11 月 22 日の試料採取地点

(a) Pre. 11

(b) Pre. 12

(c) Pre. 13



(d) Pre. 14

(e) Pre. 15



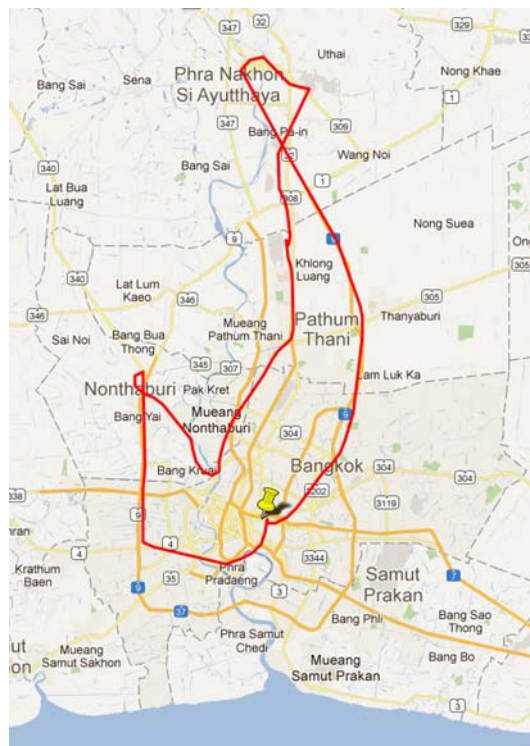
図 15 2011 年 11 月 22 日の試料採取地点付近のようす

<第2回調査>

2011年12月4日

午前：ヘリコプターによる上空からの視察

Bangkok から離陸し、Nonthaburi、Pathum Thani、Ayutthaya 地域にかけて約90分間、上空からの視察を行った。



飛行ルート



図 10 上空からの写真

午後：現場視察、採水

カセサート大学および Don Mueang 空港沿いの幹線道路を視察した。2 週間前の第 1 回調査と比べて水はかなり引いており、第 1 回調査の試料採取地点で試料採取可能だったのは Don Mueang 空港向かい Pre.8 のみであった。Don Mueang 空港ではまだ道路内に洪水が溜まっており、ポンプを用いた排水を行っていた。幹線道路沿いの 2 地点 (St.1, St.2) およびカセサート大学付近の運河 (St.3) で採水を行った。いずれの地点も 11 月の予備調査時は洪水していたが、12 月 4 日の時点ですでに St.1 および St.3 で洪水は引いていたため、近傍の運河より採水した。



Bang Khen station 付近での洪水の痕跡



Don Mueang 空港付近でのポンプによる排水



道路上に水上トイレが放置されていた



St.1



St.2



St.3

12月4日 水質測定結果

Sample name	St. 1	St. 2	St. 3
Time	14:00	15:20	16:10
Temp (°C)	29.1	28.1	27.6
pH	6.65	7.95	7.21
Cond (mS/m)	35.9	48.0	46.9
Turb (NTU)	9.1	35.8	15.1
DO (mg/L)	3.15	8.07	1.75
NH4-N (mg N/L)	3.5	0.03	0.54
Coliform (CFU / ml)	5.4×10^3	3.3×10^2	1.8×10^3
E. coli (CFU /ml)	2.1×10^2	5	1.4×10^2
Ni (ppb)	ND	ND	ND
Cu (ppb)	2.3	2.7	0.2
Zn (ppb)	10.2	1.8	2.4
Cd (ppb)	ND	ND	ND
Pb (ppb)	0.4	0.0	ND



2011年12月5日

Rangsit 地区を視察。おおむね洪水は収まっていたものの、いくつかの場所ではまだ洪水の水が溜まっていた。運河沿いにある住宅地では溜まった水を下水管からポンプにて汲み上げて運河へと排水していた。Future Park 付近の商店街は洪水が引いたあとの復旧を行っていた。住民に聞き取りを行い、洪水を防ぐための防水壁を家の周りに作ったものの、水の浸入を完全に防ぐことができず、屋内まで浸水したとのこと。



住宅地内に溜まっている下水をポンプにて排水



担当者からの説明



Future Park 付近



Future Park 付近の商店街の様子



St.4



St.5

12月5日 水質測定結果

Sample name	St. 4	St. 5
Time	11:37	14:30
Temp (°C)	28.1	30.3
pH	7.67	7.45
Cond (mS/m)	46.7	38.6
Turb (NTU)	35.0	39.3
DO (mg/L)	7.70	6.21
NH4-N (mg N/L)	0.67	0.24
Coliform (CFU / ml)	1.7×10 ³	1.1×10 ²
E. coli (CFU /ml)	6.8×10 ¹	5
Ni (ppb)	0.4	ND
Cu (ppb)	0.8	1.4
Zn (ppb)	4.9	5.0
Cd (ppb)	ND	ND
Pb (ppb)	0.2	0.3



2011年12月6日

午前中はERTCにて打ち合わせを行った。ERTCは洪水期間中に1階が浸水したため、清掃作業を行っていた。午後は12月5日に訪れた運河沿いの住宅地を再度視察し、採水を行った。



ERTCの様子



St.6



St.7



St.8



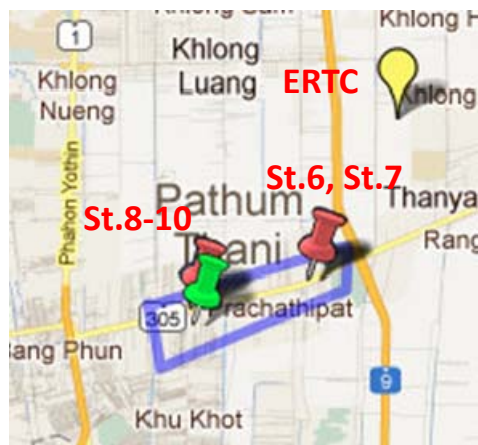
St.9



St.10

12月6日 水質測定結果

Sample name	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10
Time	15:12	15:45	16:30	17:00	17:43
Temp (°C)	27.3	28.6	30.3	27.2	28.6
pH	7.15	7.23	8.26	7.68	8.03
Cond (mS/m)	50.0	35.1	40.0	111	52.4
Turb (NTU)	46.0	17.9	11.9	24.2	34.7
DO (mg/L)	4.70	2.46	13.70	1.44	5.93
NH4-N (mg N/L)	2.4	0.00	3.2	45	0.61
Coliform (CFU / ml)	3×10^3	1.4×10^2	2×10^2	4.2×10^3	4.8×10^3
E. coli (CFU/ml)	4.3×10^2	5	1.5×10^1	2.8×10^2	8.0×10^2
Ni (ppb)	ND	ND	ND	0.6	0.9
Cu (ppb)	ND	ND	0.0	0.2	1.1
Zn (ppb)	ND	ND	0.1	2.6	2.5
Cd (ppb)	ND	ND	ND	ND	ND
Pb (ppb)	0.1	ND	0.0	ND	0.2



2011年12月7日

Bang Kruai 地区および Bang Yai 地区にて視察・採水を行った。Bang Kruai 地区は11月の予備調査時は洪水していたが、12月7日の時点では既に洪水は引いていた。洪水被害で発生した大量のごみが路上に山積されているのが散見された。Bang Yai 地区ではまだ洪水している場所が見られた。



Bang Kruai 地区



St.11



St.12



St.13



St.14



Bang Yai の住宅地にある酸化池



St.15



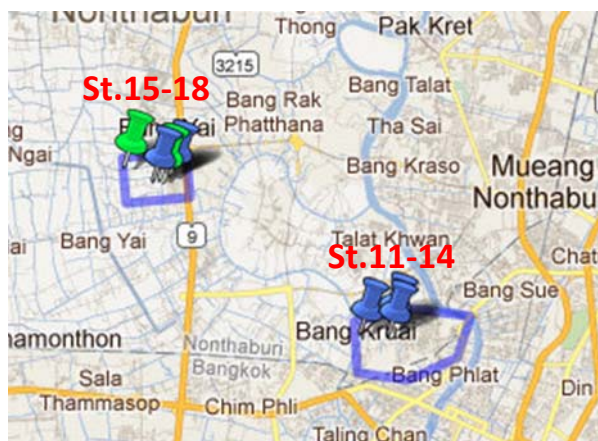
St.16



St.17



St.18



12月7日 水質測定結果

Sample name	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15	St. 16	St. 17	St. 18
Time	10:45	10:55	11:07	11:50	13:56	14:24	14:38	15:13
Temp (°C)	26.3	26.9	27.4	27.5	28.2	28.6	32.1	30.3
pH	7.07	7.06	7.20	7.10	7.03	7.14	8.47	7.48
Cond (mS/m)	37.9	28.7	25.6	29.6	34.0	28.1	34.6	28.7
Turb (NTU)	19.5	13.7	19.2	15.0	8.5	6.1	35.1	22.2
DO (mg/L)	0.78	2.14	1.59	1.35	0.86	2.33	5.87	6.11
NH4-N (mg N/L)	0.30	0.28	0.28	0.26	0.07	0.00	0.49	0.00
Coliform (CFU / ml)	8.1×10^2	6.6×10^2	4.2×10^2	4.7×10^2	2.6×10^2	7.8×10^1	3.8×10^3	4×10^2
E. coli (CFU / ml)	7.5×10^1	2.5×10^1	6×10^1	1.1×10^2	1.5×10^1	ND	2.7×10^2	7×10^1
Ni (ppb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cu (ppb)	0.1	0.6	0.6	0.2	0.1	0.0	2.0	0.4
Zn (ppb)	1.0	0.3	ND	0.8	0.4	5.9	2.1	11.7
Cd (ppb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb (ppb)	0.2	0.0	ND	ND	ND	ND	0.1	ND

2011年12月8日

Bangkok Metropolitan Administration の Department of Drainage and Sewerage の担当者にヒアリングを行った。今回の洪水の要因として、タイ北部での大雨のためチャオプラヤ川の流量が排水能力を超えたこと、および上流で起こった洪水が南下してバンコクに侵入したことが挙げられた。洪水に備えてバンコク内には排水ポンプが設置されているものの、これらのポンプはチャオプラヤ川からの氾濫を想定したものであり、上流で氾濫した水がバンコクに侵入することは想定されていなかったため、洪水被害が拡大したとのことであった。また住民側では、洪水期間中はいつ水が引くのか、洪水終息後は発生したごみおよび浸水した家屋内に発生したカビへの対処が主な関心事・問題となっていた。今後の対策としては、バンコク内の運河の排水能力を高めることが案として考えられるが、大きな予算と時間を要する。来年同規模の洪水が発生する場合を想定すると、早期的な対応策をこれから考えねばならないとのことであった。

午後はバンコク内の下水処理場、Rattanakosin Water Environment Control Plant を視察した。本処理場は洪水期間中も運転を続けていた。洪水の影響により、余剰汚泥の処理がままならなくなったため、処理量を通常の半分に抑えて運転を行い、曝気槽内の滞留時間を長くすることで余剰汚泥発生量を抑えて対応したとのことであった。



BMA でのヒアリング



ヒアリングの集合写真



下水処理場の視察

2011年12月9日

Bang Kadi 工業団地付近を視察した。洪水時の浸水高さは2mを超えていたことが洪水の痕跡から見て取れた。また、水質の経時変化をみるために12月5日と同一の採水地点で採水し、他2地点でも採水を行った。



Bang Kadi 工業団地の洪水の痕跡



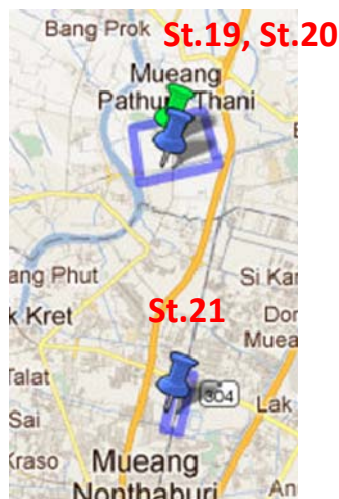
St.19



St.20



St.21



12月9日 水質測定結果

Sample name	St. 19	St. 20	St. 21
Time	10:46	11:20	12:22
Temp (°C)	29.0	27.8	27.7
pH	7.38	7.12	7.27
Cond (mS/m)	39.3	40.5	22.9
Turb (NTU)	63.7	16.7	37.8
DO (mg/L)	7.72	0.65	3.37
NH4-N (mg N/L)	0.15	0.83	0.03
Coliform (CFU / ml)	2.4×10^2	4.1×10^2	2×10^1
E. coli (CFU / ml)	5	7.2×10^1	5
Ni (ppb)	ND	0.6	ND
Cu (ppb)	2.0	0.0	0.5
Zn (ppb)	13.1	6.9	1.0
Cd (ppb)	ND	ND	ND
Pb (ppb)	0.6	0.0	ND