

# アメリカ・タイ等での洪水発生状況と 衛星雨量データの活用

一般社団法人国際建設技術協会  
研究第2部長 池田 鉄哉

平成24年4月26日(木)

第73回河川・流域技術研究会

# はじめに

本日の発表資料は、平成23年度に国土交通省及びJAXA・RESTECからの受託業務による調査結果と、関連して収集した各種情報を用いて取りまとめたものである。

現地調査及び訪問先については、

○ アメリカ:2012年1月29日～2月4日

訪問先:陸軍工兵隊、連邦危機管理庁 等

○ タイ:2011年12月22日～28日

(※ 土木学会との合同調査)

訪問先:首相府、気象局、王立灌漑局、BMA 等

ここで使用した資料は、これら訪問先からの提供資料及び他機関(JICA、東京大学等)が実施した調査成果を活用させていただいた。

# 発表事項

1. 国建協の紹介
2. 2011年度における世界の水害発生状況
3. 2011年 アメリカ・ミシシッピ川の洪水について
4. 2011年 タイ・チャオプラヤ川の洪水について
5. 洪水管理における衛星雨量データの活用について
6. 全体のまとめ

# 1. 国建協の紹介

## (1) 全体概要

### ○ 設立

昭和31年(1956年)に建設省(当時)所管の社団法人として設立。  
法人会員と個人会員、賛助会員で構成。

### ○ 組織： 職員数 25名

正会員(法人31社、個人182名)、賛助会員(35社)

### ○ 活動内容

#### a. 国際協力の推進

(プロジェクト発掘・形成、IFNetやアジアハイウェイ 等)

#### b. 国際交流の支援

(海外からの研修員受け入れ、要人・技術者交流支援 等)

#### c. 国際化への支援

(建設情報に関する国内外への発信、セミナー開催 等)

## (2) 研究第2部の活動

### ○ 活動テーマ

河川管理、水資源管理、水関連災害対策、下水道、水環境

### ○ 主な活動実績(平成23年度)

- 水資源・防災等に関するセミナーの開催及び開催支援
- 世界の水関連災害に関する調査・分析
- 水分野における国際協力活動の調査・分析及び実施
- 研修の実施支援と、個別受け入れ
- 国際会議やワークショップ等の開催支援と参画、情報発信及び技術交流活動(台風委員会、世界水フォーラム等)
- IFNetやアタッシュェ・JICA専門家などとのネットワーク構築、情報の受発信
- 衛星雨量データを活用した洪水管理に係る検討(GFAS)

# 2. 2011年度における世界の水害発生状況

## (1) 発生状況の一覧

※ 国建協作成

※先進国で死者10名以上、途上国で死者数50名以上の洪水を抽出



死者	～50名
死者	～100名
死者	～500名
死者	～1000名
死者	1000名～

**現地調査実施災害**

## 2. 2011年度における世界の水害発生状況

### (2) 水害の特徴

- 2011年度の水害の特徴として、
  - アメリカや韓国、またオーストラリア(1月)といった先進国において洪水被害が発生した。これらの国では、人的被害の面ではそれほど大きな被害は生じていない。
  - また、タイ、ベトナム、カンボジア、フィリピン、インド、パキスタンといったアジア諸国でも死者数百人レベルの甚大な洪水被害が発生した。
  - 特に、ベトナム、パキスタンでは2010年の洪水に続き、同じ地域で洪水被害が発生しており、再度災害の早期防止が必要となっている。
  - なお、2010年から2011年にかけて、オーストラリア、ブラジル、南アフリカといった南半球の諸国で大規模な洪水が発生した。(La Ninaの影響と言われている。)

### 3. 2011年 アメリカ・ミシシッピ川の洪水について

#### (1) 河川の概要

○ 河川延長: 3,779km(世界第4位)

※支川ミズーリ川の源流から河口までは5,971km

○ 流域面積: 325万km<sup>2</sup>(世界第3位)、全米の41%の雨水を集める。

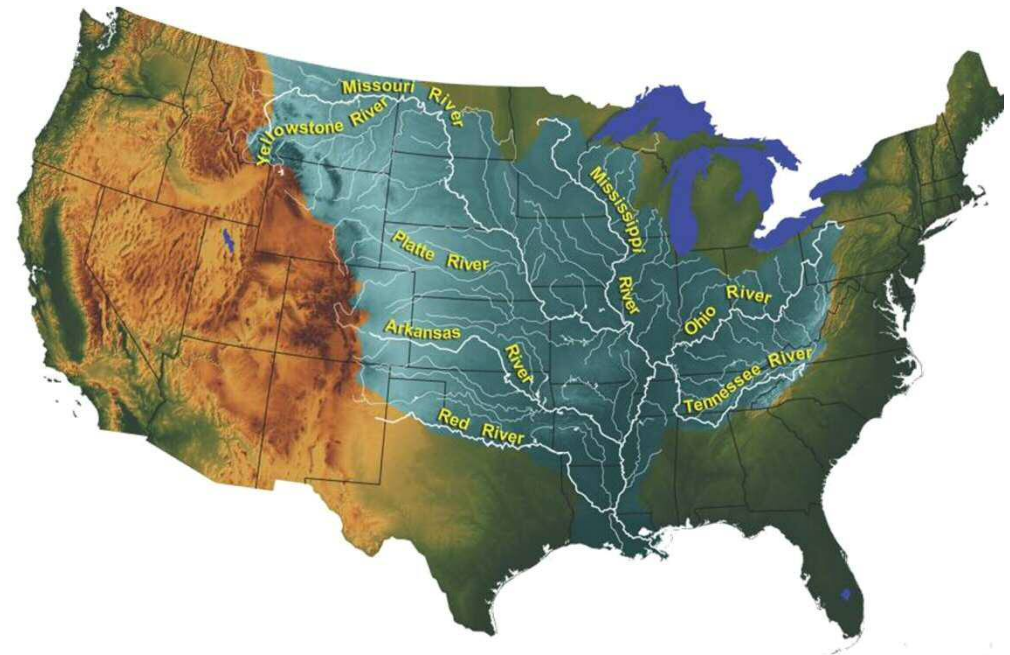
○ 流域内人口: 約6,020万人、氾濫区域内人口: 約769万人

○ 主な管理目的は、洪水防御と舟運(Central Coastと呼ばれる。)

○ 意思決定は委員7名からなるMRC(Mississippi River Commission)

○ 2011年洪水の際には、MRC委員が空路、陸路、水路による巡回視察や関係者との対話、放水路開放等の意思決定を行った。

○ 陸軍工兵隊(USACE)が管理を行い、本部はVicksburgのMVD(Mississippi Valley Division)で、6つのDistrictに分けて管理が行われている。





## (2) 1927年洪水と1928年の洪水防御法制定

- 死者 5,000人、32.5万人が避難
- 家屋浸水 16.2万件
- 1,680万エーカー(6.8万km<sup>2</sup>)が浸水
- 1.03億ドルの穀物被害



### 1928年の洪水防御法制定

- MR&Tプログラムの設定  
(Mississippi River and Tributaries)
- 包括的な洪水リスク管理手法の導入
- 従来の堤防のみによる対策に加えて、放水路、水路の改修を盛り込む。
- バーズポイント-ニューマドリッド (BPNM) 放水路の承認



※ MRC 2011 MR&T Flood Reportより

### (3) MR&Tプロジェクトの概要

- 3.5万平方mile(約9万km<sup>2</sup>)を対象
- これまで139億ドルを投資(89%の進捗)
- これにより約3,700億ドルの被害軽減
- 投資効果は1:27(2011年洪水を受けて、1:34に見直し。)
- 流域人口の400万人を防護



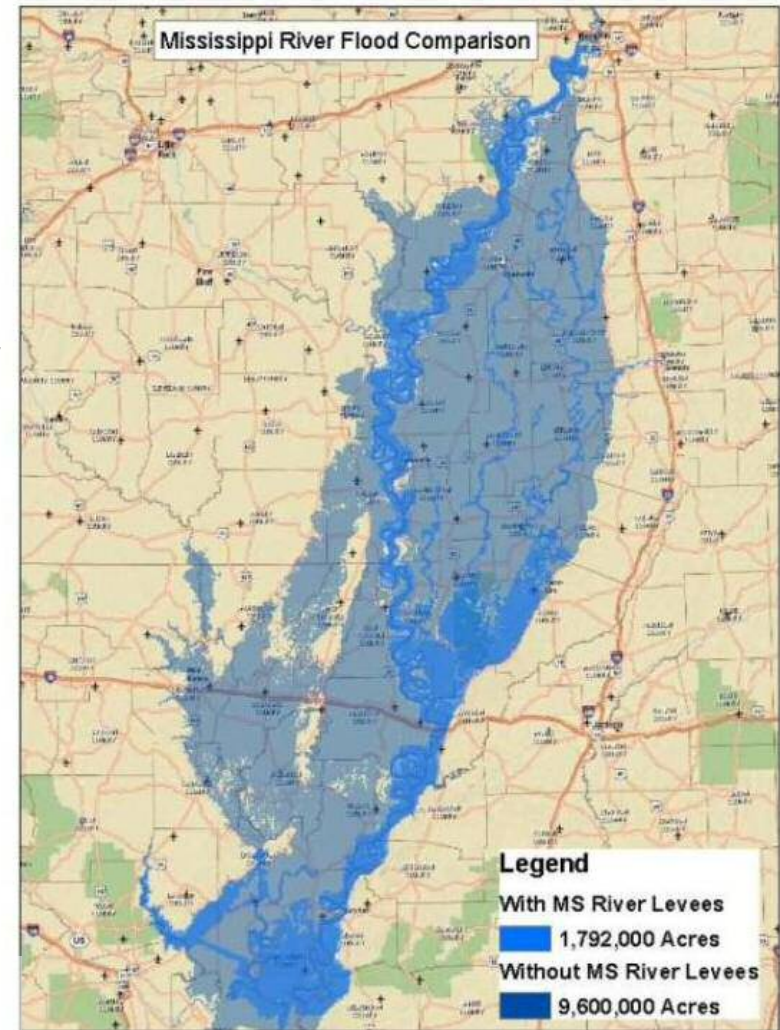
堤防整備



放水路整備



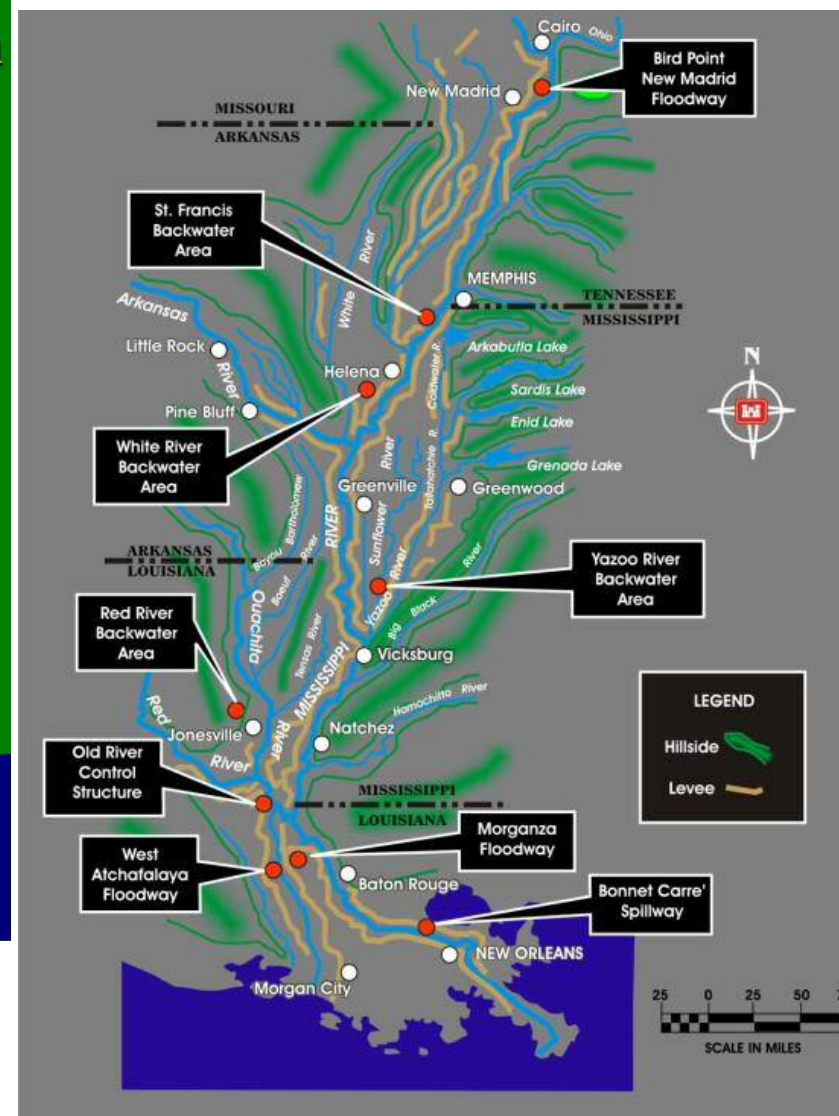
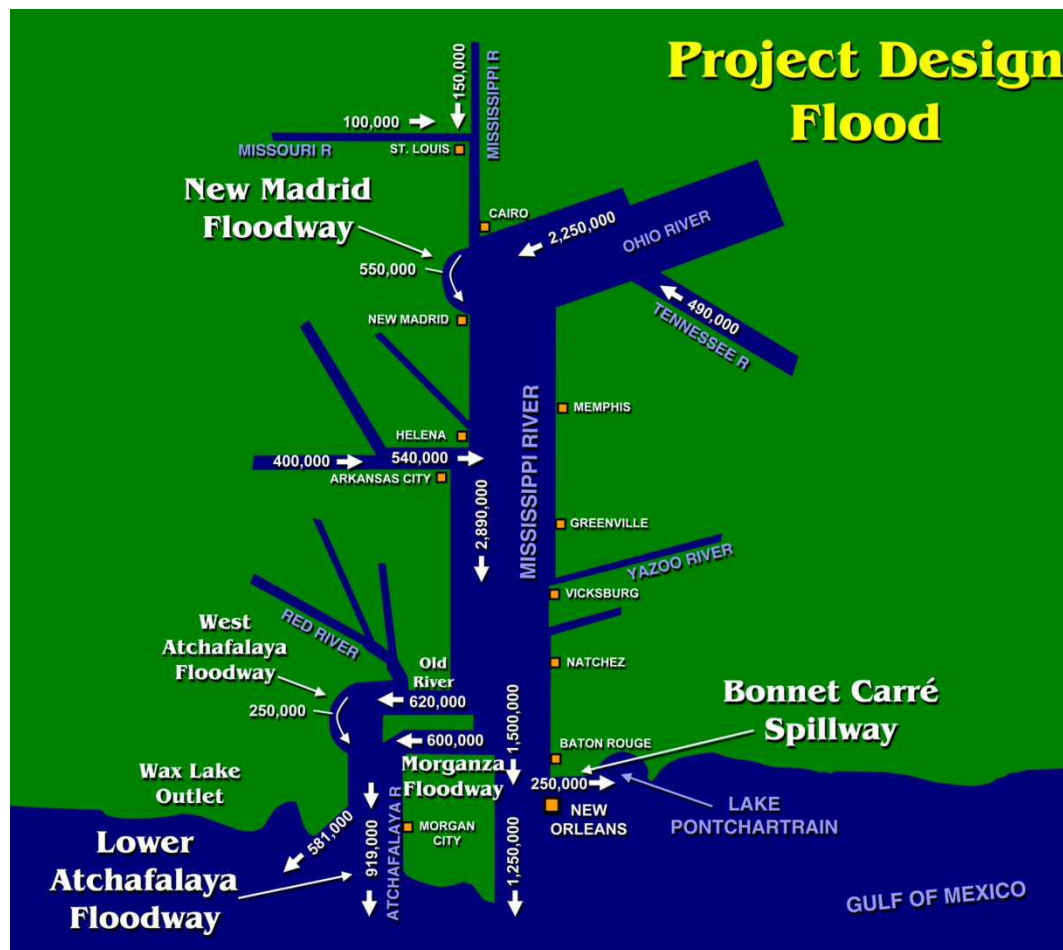
支川改良



堤防未整備の場合の浸水区域(960万エーカー)に対し、堤防整備により浸水区域を179万エーカーに軽減。

※ USACE MVD提供資料より

## (4) MR&Tプロジェクトにおける改修計画



MR&Tにおける計画流量(PDF)

※ 最大計画流量は289万cfs

(≒81,800m<sup>3</sup>/s、1/500相当)

放水路(4カ所)及び背水区間(4カ所)の設定状況 ※ USACE MVD提供資料より 11

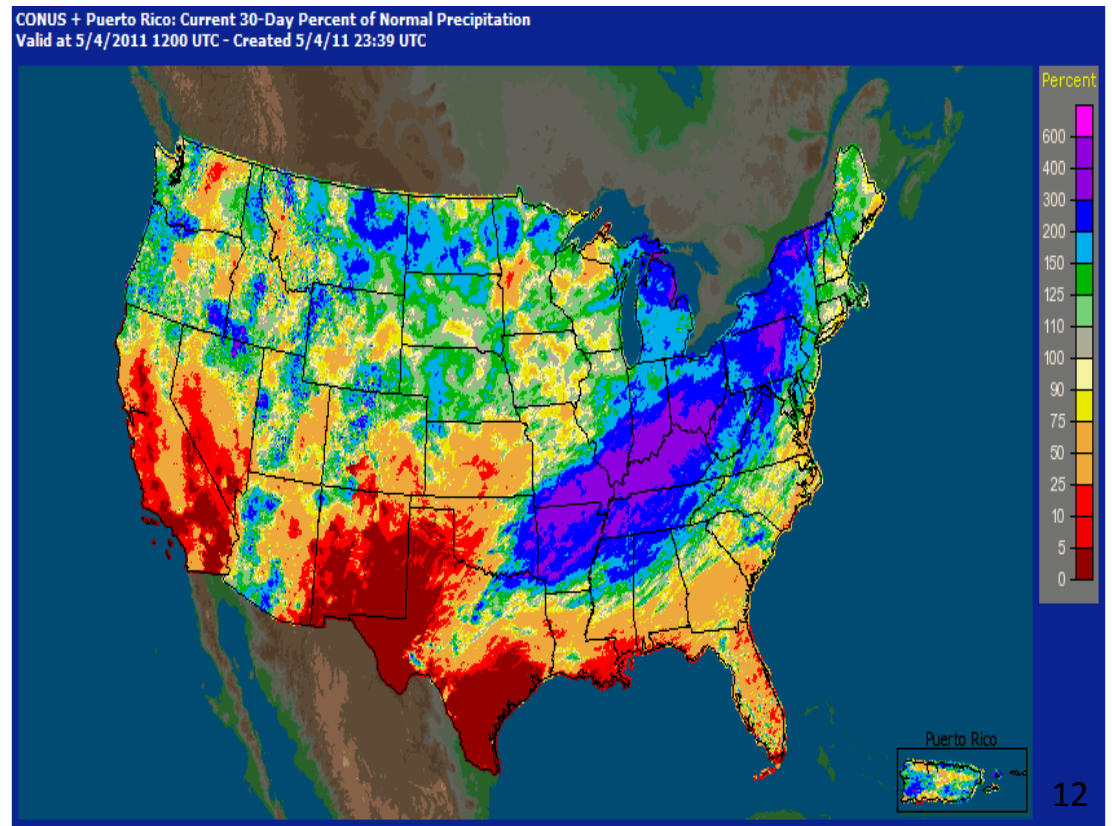
## (5) 2011年冬～初夏の異常気象

- オハイオ川流域で通常の300%、一部で600-1,000%の降雨量。
- オハイオ川からミシシッピ川中流域全体としては、3月から5月にかけては少なくとも通常の150%もの降雨量であった。
- オハイオ川渓谷での記録的な豪雨は、融雪水と相まってミシシッピ川の中下流域で1927年、1937年の歴史的洪水を上回る高水位を記録。

○その一方で、南部平原 (Southern Plains) では、2011年初めからの5ヶ月間は乾燥した風の強い月が続き、記録的な少雨。(重度～例外的な干ばつとされた。)

右図: 通常の30日雨量に対する割合 (2011年4月5日12時時点)

※ USACE MVD提供資料より



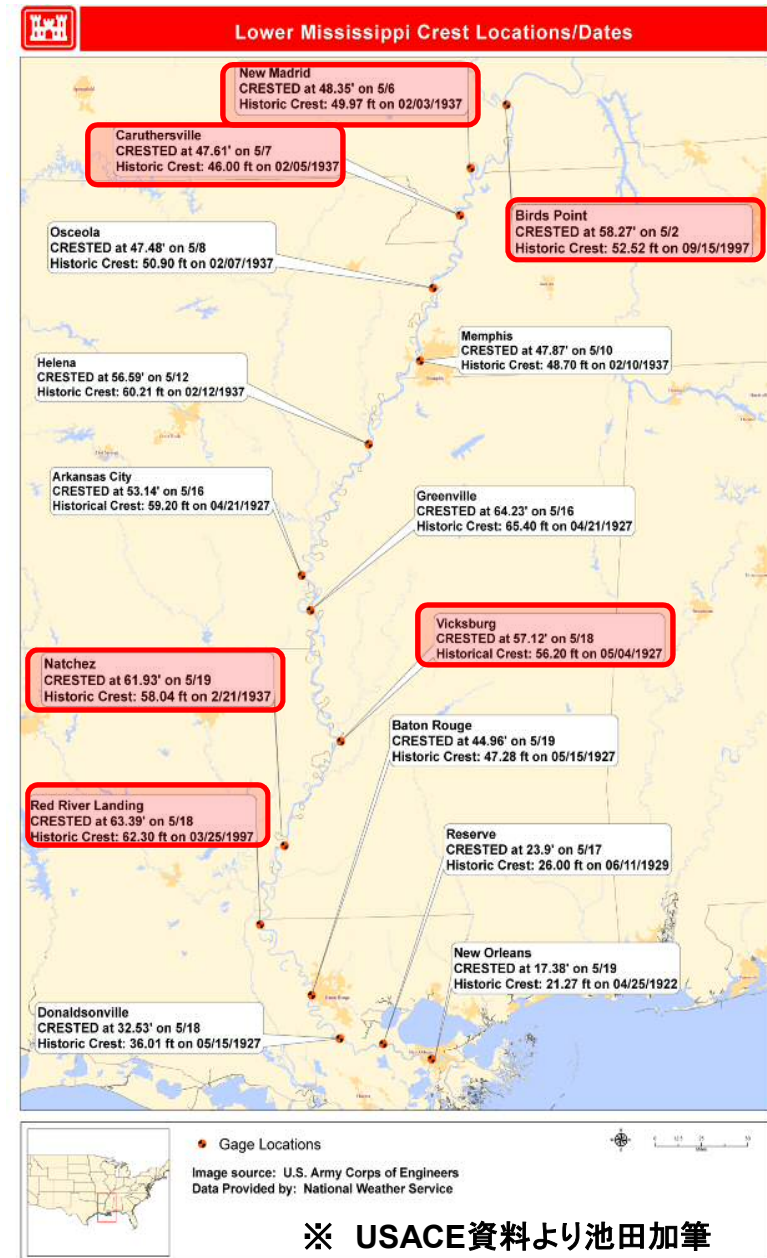
## (6) 2011年洪水の概要

○ Cairo, New Madrid, Caruthersville, Vicksburg, Natchez, Red River Lndgの6地点で、1927年又は1937年に観測された既往最高水位を更新。(右図赤網掛)

○ これに対し、これまでの堤防整備やBPNM放水路を開放したことによる効果等から、2011年洪水では浸水区域が軽減されたことと、特に人的被害が発生しなかったことなど、被害を大幅に軽減させることができたと言える。

○ このように2011年洪水は、1927年来の大規模な洪水であったものの、

- 全ての放水路・背水区間が活用されたものではなかった。(635万エーカーが浸水したのに対して、150万エーカーの余裕があった。)
- 2011年洪水はMR&TのPDFに対して80-85%の規模であった。



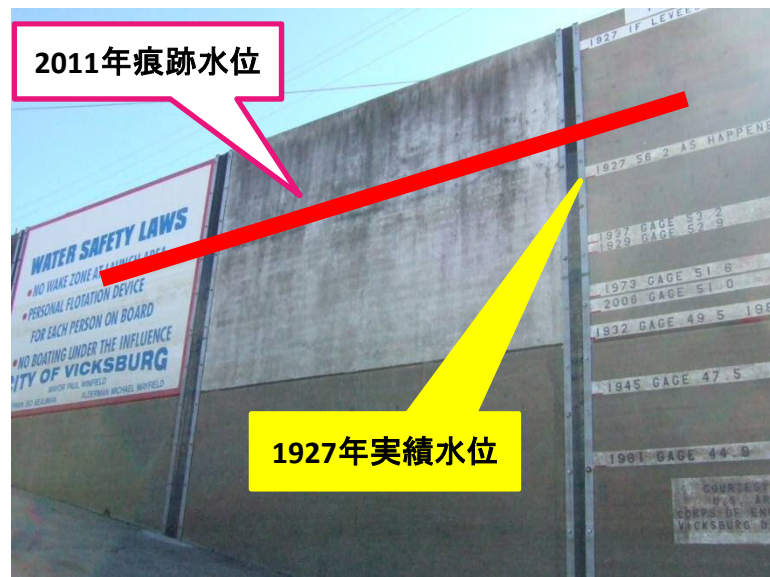
## (7) 2011年洪水の状況 <1/2>



Vicksburg市内駅舎の  
浸水状況

左:2012年1月著者撮影  
右:2011年洪水時

※ USACE MVD提供資料より

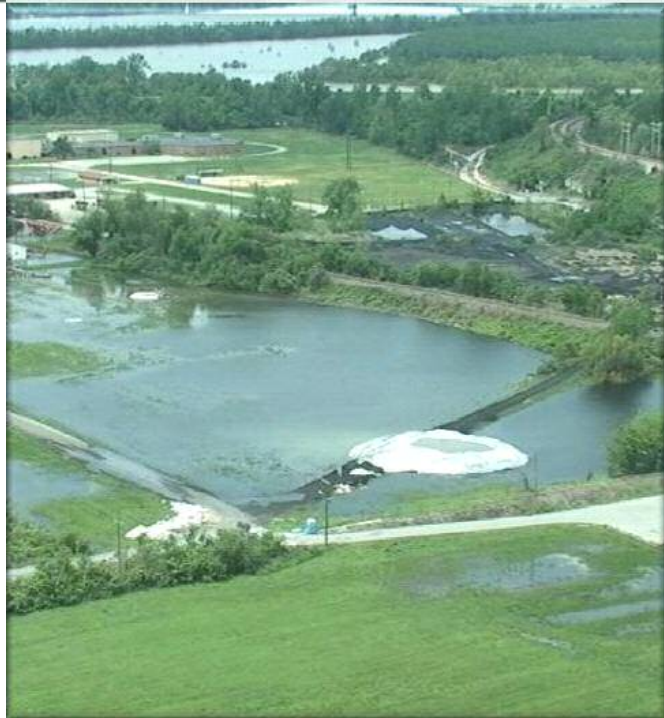


Vicksburg市内堤防の痕跡水位。1927年の実績水位より上の表示はその氾濫戻し。(2012年1月著者撮影)



ミズーリ川との合流地点・Cairo市内堤内地での路面陥没状況、建物の裏手がミズーリ川(2012年1月著者撮影)

## (8) 2011年洪水の状況 <2/2>



ミズーリ川右岸堤内側・Cairo市内で発生したMega Sand Boil(2011年4月30日)

※ USACE MVD提供資料より

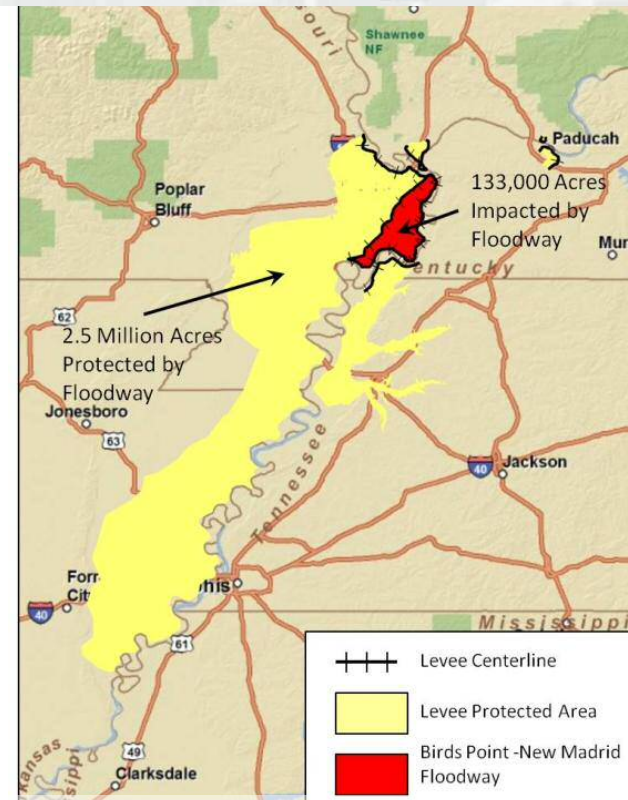
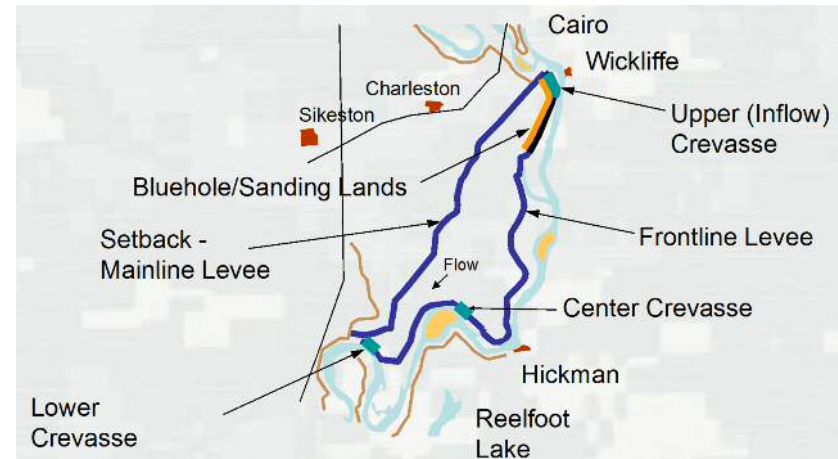
## (9) BPNM放水路の概要

○1928年の洪水防御法で位置付け、地権者等からの反対を受けつつも、1937年に初めて開放。今回はそれ以来の2回目の開放であった(なお、他の2つの放水路と同じ時期に一斉に開放したのは初めてのこと)。

○2011年洪水時は、5月2日時点で、Cairoの水位が63ft(5/5)に達すると予測されたため、同日22時に上流側の爆破開放を実施(Cairo水位61.72ft)。その後、5月3日、5日に下流側(流入部)、中流部を爆破開放。

○ それによってCairoでは3.55ft(約1.1m)の水位低減効果があった。また、13.3万エーカーを湛水させることで下流の250万エーカーを洪水から防御できるとしている。

○ 放水路の開放に先立ち、影響を受けるミズーリ州から開放差し止め請求が行われたが、連邦最高裁判所によって棄却された。



※ USACE Memphis District提供資料より



# (10) BPNM放水路の爆破開放・復旧状況

※ USACE Memphis District提供資料より



堤防爆破用薬剤の  
充填状況(5/2)



上流側堤防の爆破  
状況(5/2 22:00)



下流側堤防の爆破  
状況(5/3 12:37)



上流側堤防からの  
洪水流出状況(5/3)



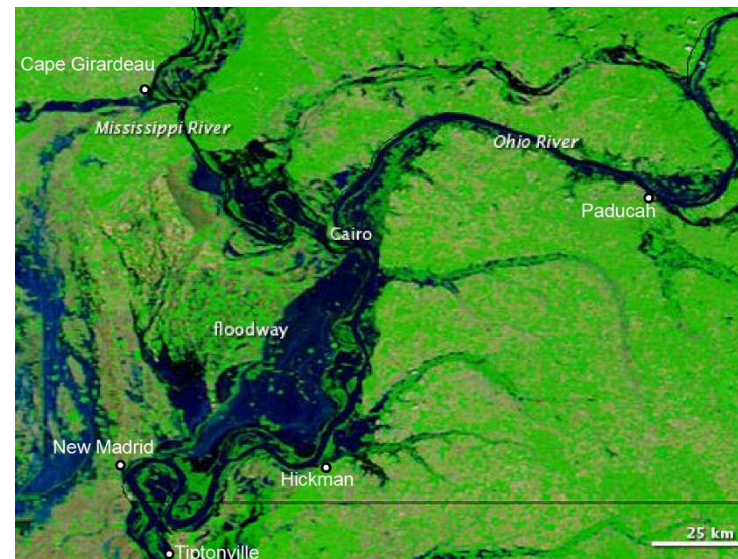
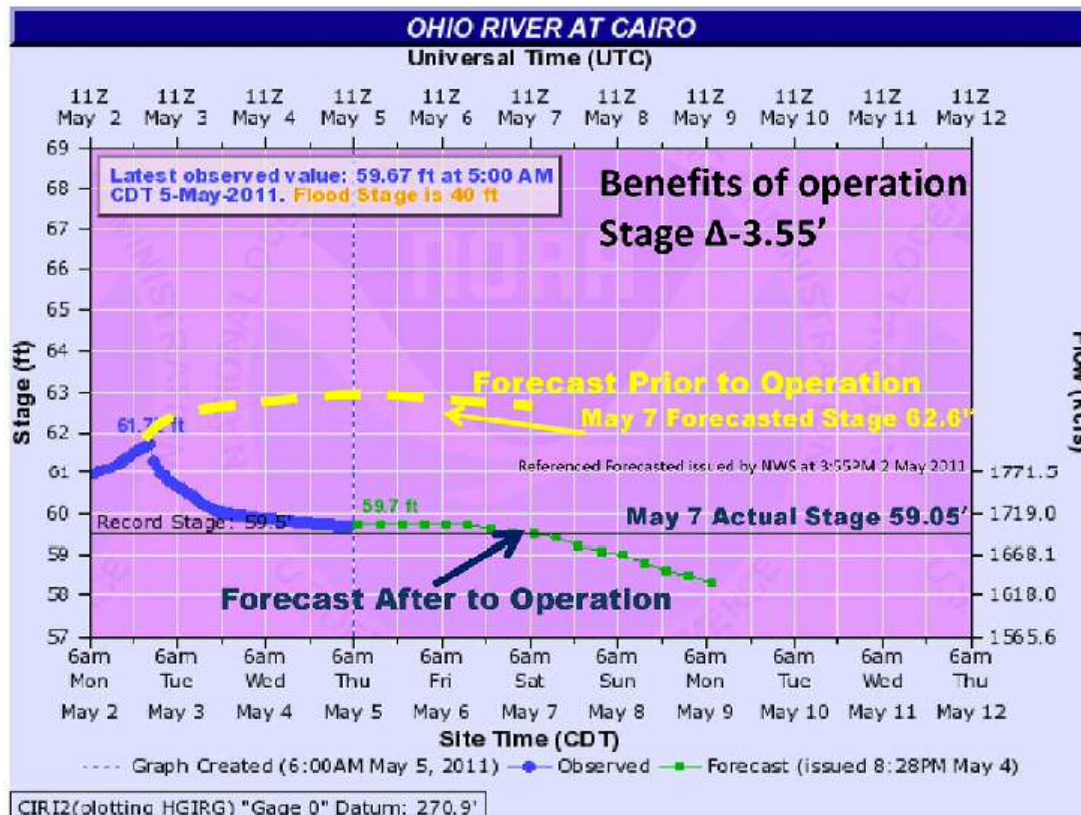
放水路区域内家屋の浸水。  
なお、放水路区域内は地  
役権が設定されている。



上流側堤防応急復旧状  
況(2012年1月著者撮影)

# (11) BPNM放水路の開放による効果

※ USACE Memphis District提供資料より

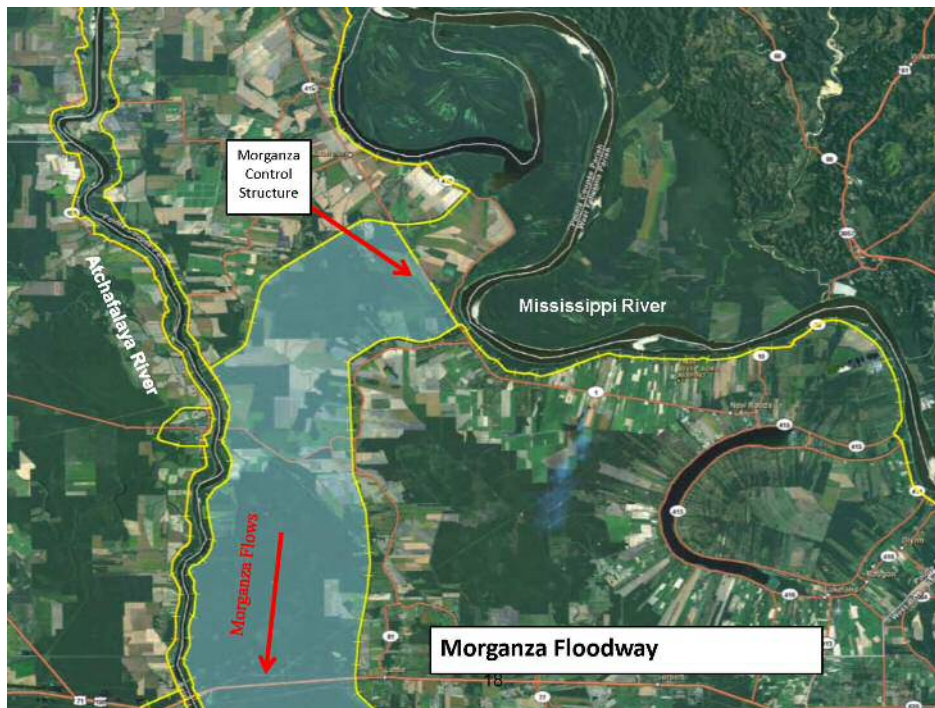


BPNM放水路開放によるCairoでの水位低減効果(62.6ft ⇒ 59.05ft: 3.55ftの低減)。なお、上流のダムによる洪水調節が行われなければ水位は66.73ftにまで上昇すると見込まれていた。

上写真は放水路開放前(4/29)、  
下写真は開放後(5/4)

## (12) Morganza放水路について

- 1954年に完成、本川のPDF・289万cfs (81,800m<sup>3</sup>/s)のうち、60万cfs (17,000m<sup>3</sup>/s)を分流。なお、下流には地役権が設定されているが、放流に当たっては温度センサー等を用いて人的被害が生じないような措置が講じられた。
- 放水路の全長は20マイル(32km)、幅5マイル(8km)
- 呑口の分流施設として、スライスゲート2門と、125のゲート。
- 1973年に初めて放流、2011年5月14日には、それ以来となる2回目の放流を実施。17のゲートが開放され、18.2万cfs (5,200m<sup>3</sup>/s)が放流された。



※ USACE New Orleans District提供資料より

## (13) Bonnet Carre放水路について <1/2>

- 1929～1931年に建設、現在も当時の構造体によって運用されており、歴史地点として登録されている。本川のPDF・150万cfs (42,500m<sup>3</sup>/s)のうち、25万cfs (7,100m<sup>3</sup>/s)を分流。なお、下流用地はすべて買収されている。
- 放水路の全長は5.7マイル(9km)、幅7,700～12,400フィート(2.3～3.8km)
- 呑口の分流施設として350のゲート、1ゲート当たり20枚の木製板を設置。
- これまで9回放流、2011年5月9日から6月20日まで330ゲートを開放して、31.6万cfs(8,900m<sup>3</sup>/s)を放流。ここで、PDFを超える流量が放流されているが、放水路自体の設計流量はそれよりも上であるため、構造的には問題ないとのことであった。



※ USACE New Orleans District提供資料より

# (14) Bonnet Carre放水路について <2/2>

※ USACE New Orleans District提供資料より



ゲート下流側より(2012年2月2日著者撮影)



ゲート開放状況。通常時は36時間かかるが、緊急時は3時間で開放できる。



ゲート上流側のミシシッピ川本川方向。大型タンカーが行き来する(2012年2月2日著者撮影)



ゲート開放時には多くの住民が見学に来る。2011年は1.5万人が見に来た。<sup>21</sup>

## (15) 情報開示・合意形成の取り組み

○ MRCは、すべての委員がMotor Vessel Mississippiに乗船して、年2回、High-water InspectionとLow-water Inspectionを実施。(2011年は、High-waterが4/10-15、Low-waterが8/6-19の間実施。)

○ 2011年のHigh-water Inspectionでは、各地の治水・利水等に係る施設について視察・監査を行うとともに、240人を超える住民等からのパブリックヒアリング、ステークホルダーとのダイアログを実施。

○ また、情報発信の観点から、陸軍工兵隊ではTVやラジオ、ウェブサイトに加え、Facebook、YoutubeやTwitterといったソーシャルメディアを情報公開・地域とのコミュニケーションに活用。



Motor Vessel Mississippi



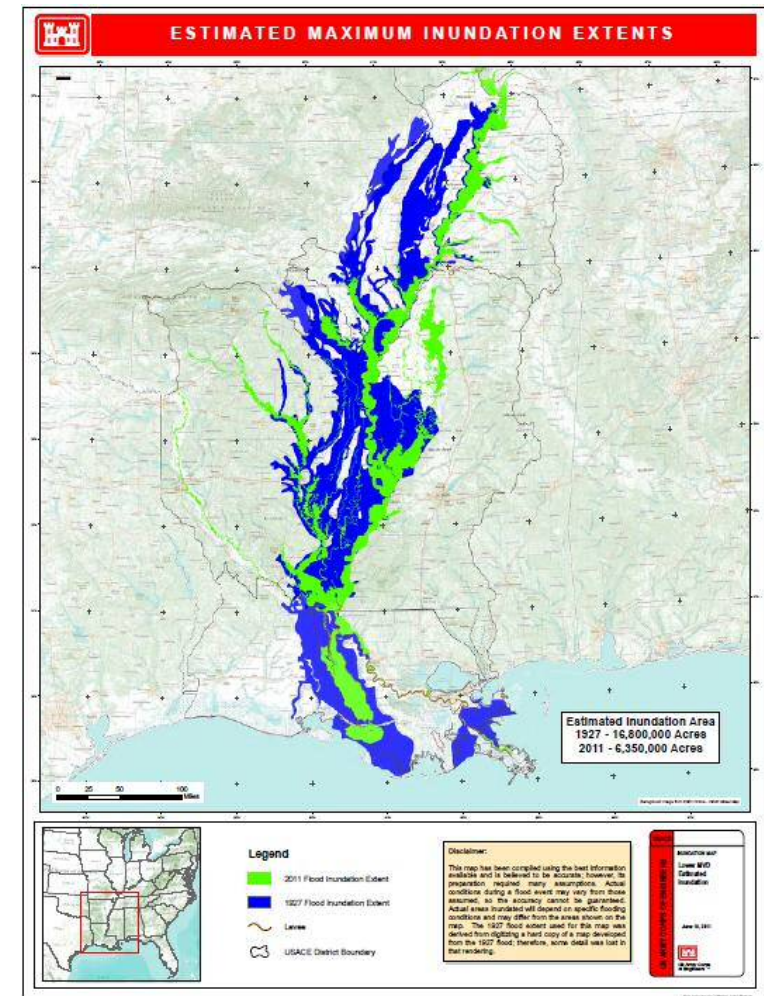
陸軍工兵隊のFacebook



河川水位情報等の提供

## (16) 考 察 <1/2>

- 2011年のミシシッピ川洪水に関しては、2010年冬期の例年に比べて多い降雪量と、春先の異常な降雨量に起因して発生。
- このため1927年以來となる大規模な洪水が発生。
- 特に、BPNM放水路やMorganza放水路、Bonnet Carre放水路を同じ時期に開放したのは、1928年の洪水防  
御法に基づいてこれらの施設が整備さ  
れてから初めてのこと。
- このような大規模な洪水の発生にも関わらず、直接的な人的被害は皆無  
で、また社会・経済活動に深刻な打撃  
を与えるほどの被害は生じなかった。



1927年浸水区域: 1,680万エーカー (6.8万 km<sup>2</sup>)

2011年浸水区域: 635万エーカー (2.6万 km<sup>2</sup>)

⇒ 1927年の浸水区域の38%

※ MRC 2011 MR&T Flood Reportより

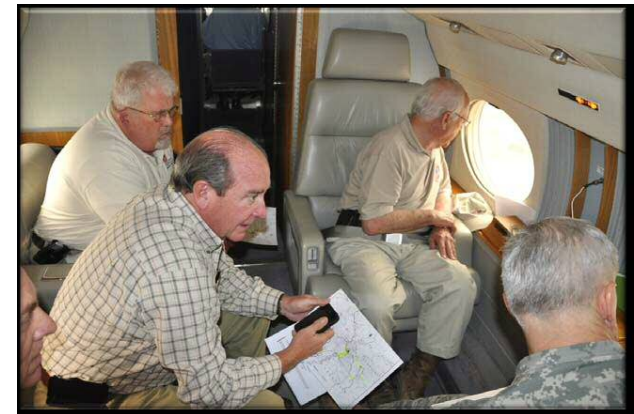
## (17) 考 察 <2/2>

○ これは、これまで陸軍工兵隊によって整備されてきた堤防やダム、放水路などの洪水対策(MR&T)の効果であり、2011年洪水についても流域全体として余裕があったとの見方もあった。

※放水路に関しては、全体36.6万エーカーに対して21.2万エーカーが湛水(58%)。また背水区間に関しては、全体165.2万エーカーに対して33.5万エーカーが湛水(20%)。

○ そして、一部反対意見が見られたものの、今回の対応について、自治体・住民等からの見方は好意的であり、情報公開やstakeholderとの緊密な対話を行ってきた成果と言える。

○ 今回の放水路開放を指揮したMVDのWalsh司令官(MRCの委員長でもある)は、その功績によってENR(Engineering News-Record)による2011年のNewsmakers25人の一人に選ばれている。



※ MRC 2011 MR&T Flood Reportより

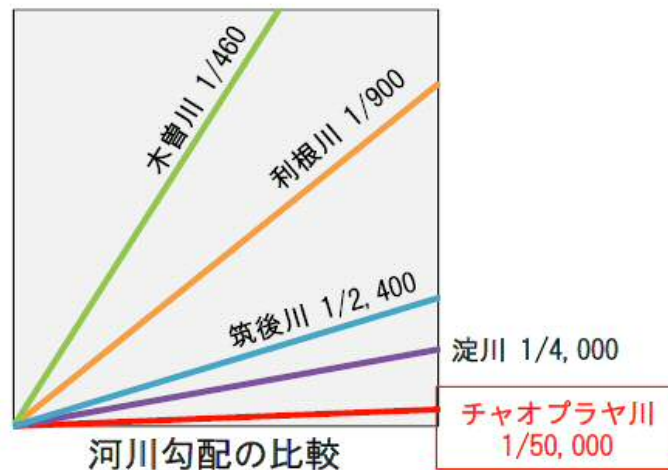


# 4. 2011年 タイ・チャオプラヤ川の洪水について

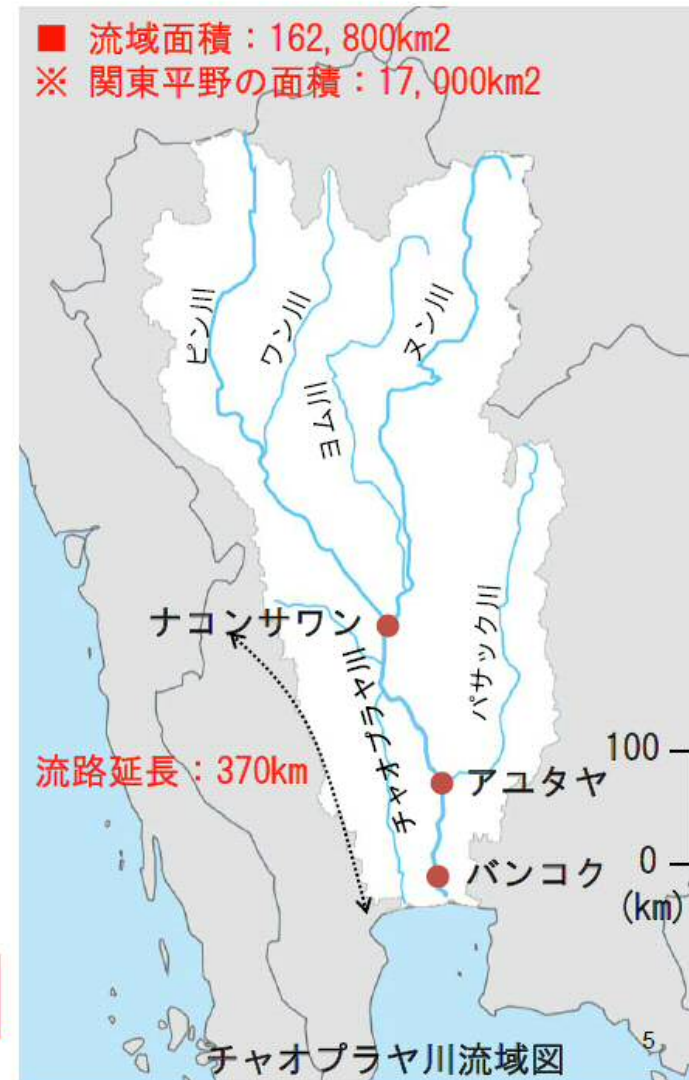
## (1) 河川の概要

### チャオプラヤ川の概要

- 流域面積は約16万km<sup>2</sup>  
→関東平野の約10倍.
- ナコンサワンでピン川, ワン川, ヨム川, ナン川が合流.
- 河川勾配は約1/5万.  
→日本の河川と比べてもかなりの緩流河川



※日本の河川は計画河床高を用いた.



※ 東京大学 沖研究室発表資料より

## (2) チャオプラヤ川での洪水発生状況(1983～)

発生年	発生確率 (概算)	浸水区域 (km <sup>2</sup> )	被害額 (100万バーツ)
1983	3	11,900	6,600 *
1995	30	6,140	7,761
1996	5	7,120	2,029
2002	15	5,080	1,915
2006	20	19,000	4,167

1バーツ=2.6円=0.3USD  
 \* 特にバンコク及びその近郊で被害が発生。

※ RID提供資料より



IN 1942



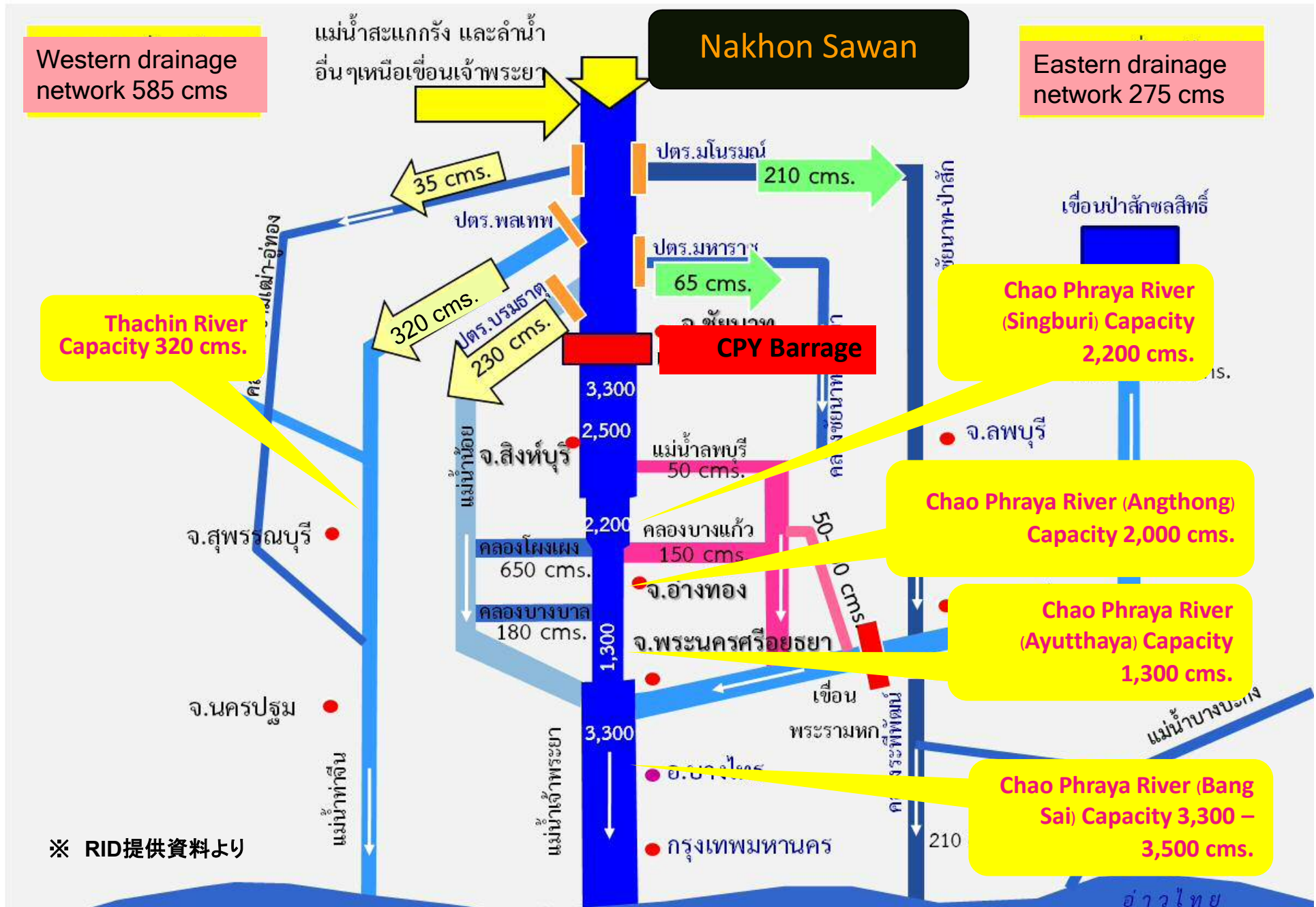
IN 1995

※ 富山県立大学 手計講師提供資料より

### (3) チャオプラヤ川のダム群（既設及び計画・構想）



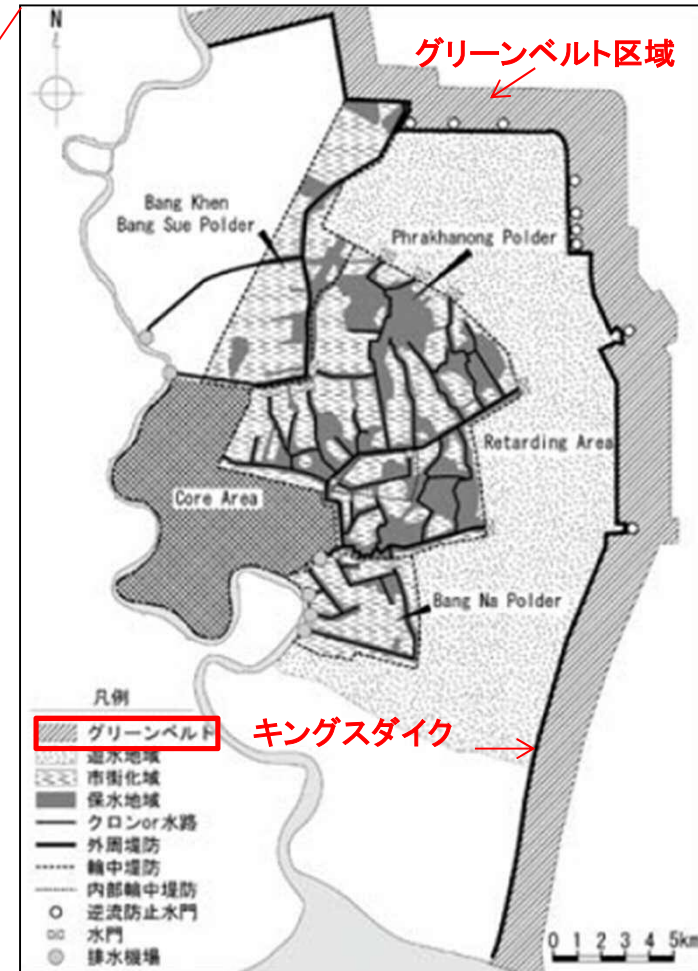
# (4) ชาอปรยา川の流量配分図



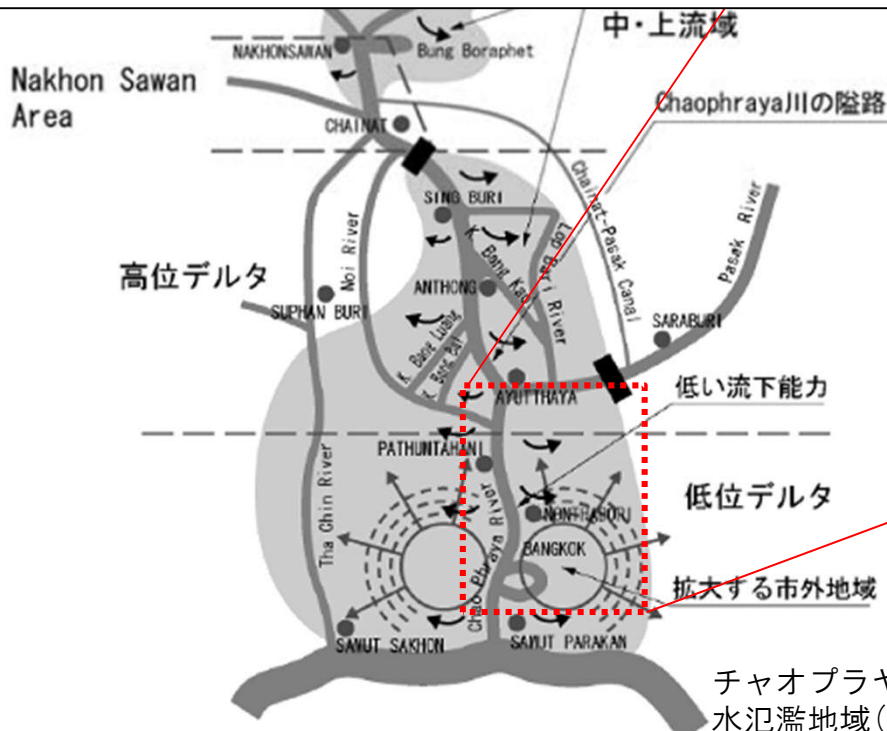
# (5) 日本の技術協力によるバンコク東部治水計画

1999年JICAマスタープランによってチャオプラヤ川洪水からの首都防御計画を提案。

- ① 外周堤防「**キングスダイク**」により北東部からの氾濫流を防御。
- ② その外周堤防周辺(氾濫域)の土地利用を規制(**グリーンベルト化**)。
- ③ グリーンベルトを活用してバンコクを迂回する放水路を建設。



バンコク首都圏の東郊外流域と総合的な治水対策(チャオプラヤ川左岸側) (吉川, 2011)

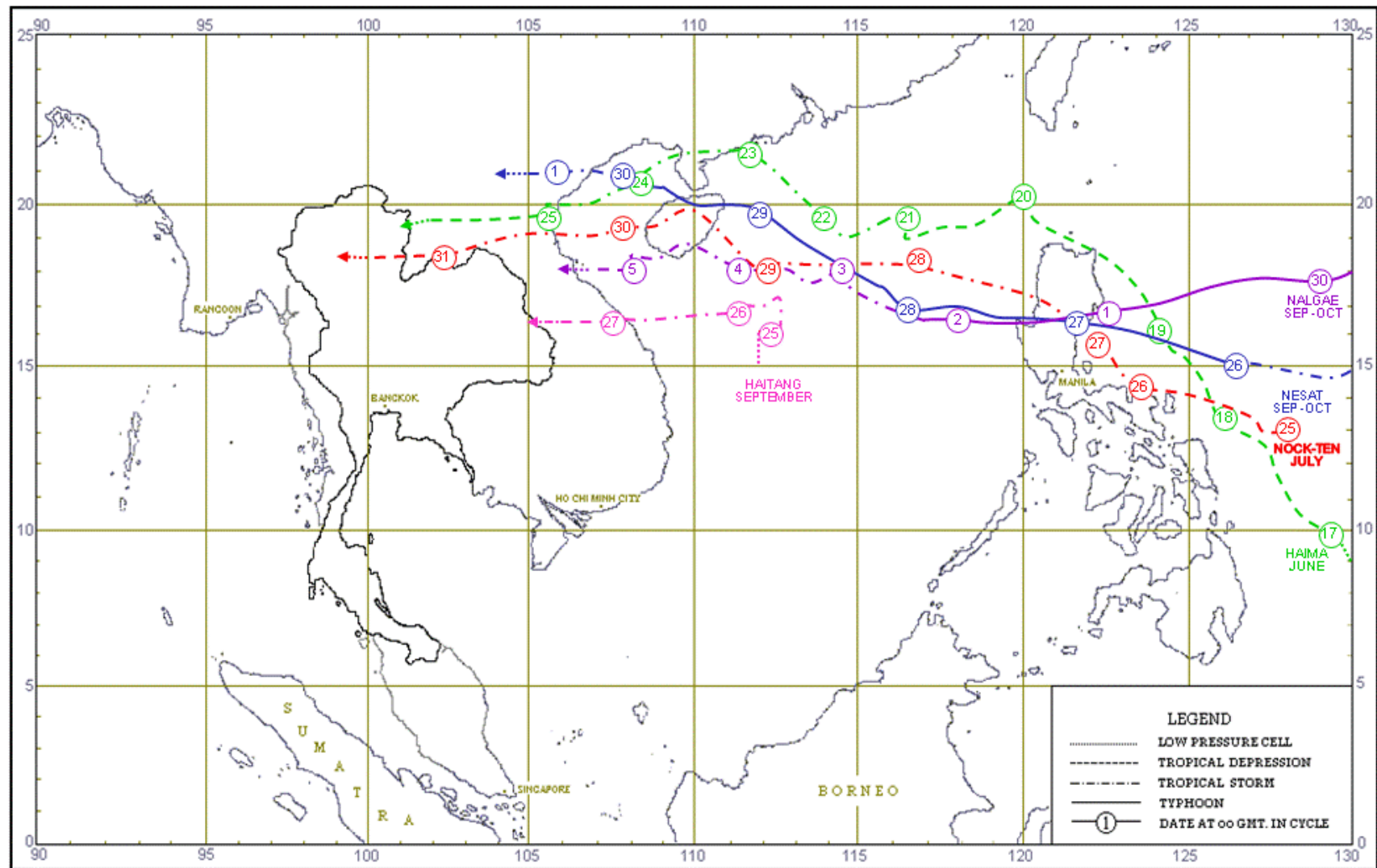


チャオプラヤ川流域での洪水氾濫地域(吉川, 2006)

※ JICA竹谷専門員提供資料より

## (6) 2011年春～夏の気象概要 <1/3>

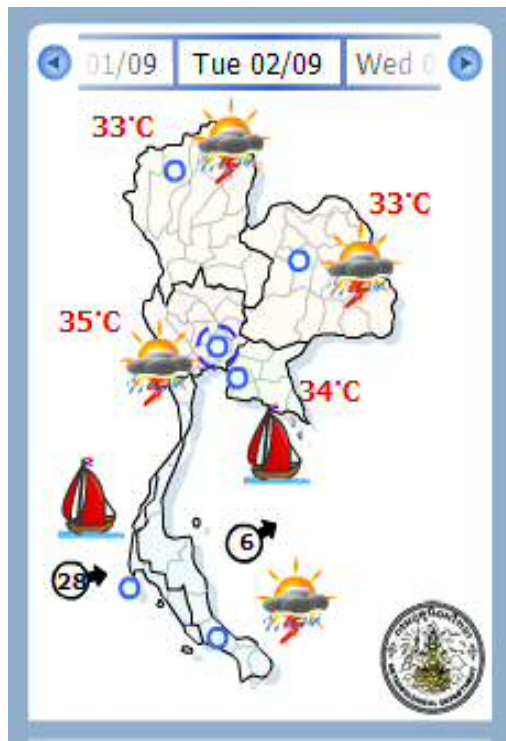
2011年の春から夏にかけて、5つの台風・低気圧が降雨をもたらした。うち、7月の Nock-Tenのみ、タイ本土に上陸。



※ TMD提供資料より

## (7) 2011年春～夏の気象概要 <2/3>

2011年は、特に3月から8月にかけて、北部・中部で通常（1971-2000年）よりも降雨量が多かった。

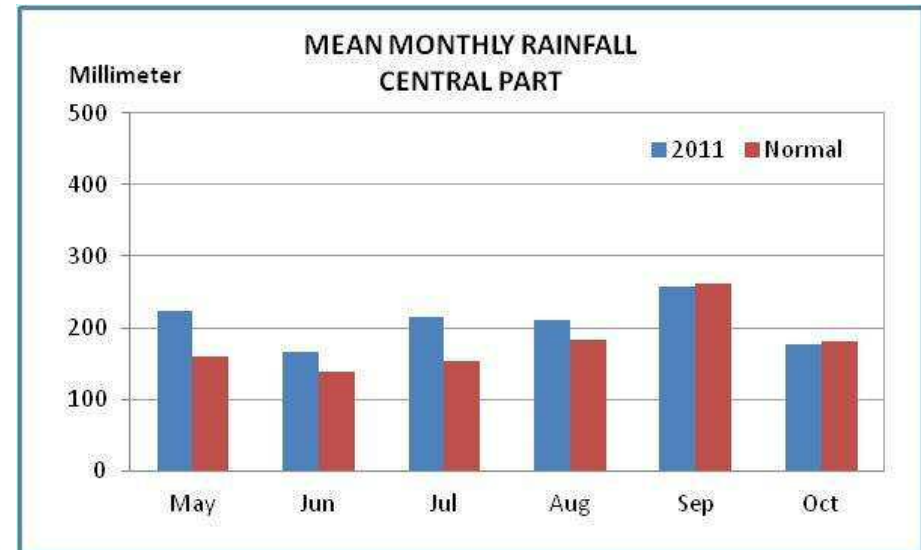
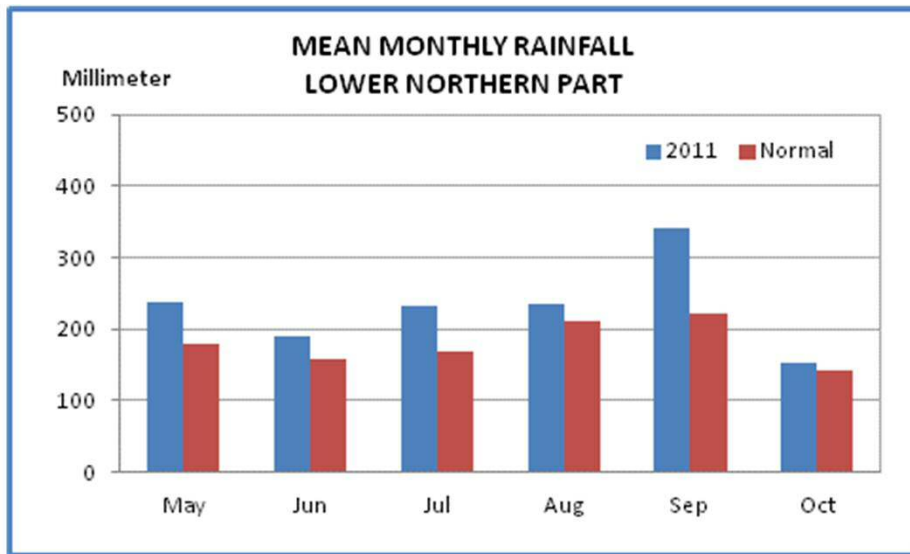


<i>Region</i>	<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Ma y</i>	<i>Jun</i>	<i>July</i>	<i>Aug</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Total</i>
<i>North</i>	-10	-40	333	76	41	43	43	22	46	8	-61	40
<i>Northeast</i>	-95	-15	-39	-8	10	-11	54	26	46	64	-68	23
<i>Central</i>	-77	73	305	51	39	20	41	15	-2	-2	-87	22
<i>East</i>	-100	63	113	42	-20	2	-3	7	40	20	-78	11
<i>Southeast</i>	195	-43	1005	-13	-9	11	25	23	-15	-4	-27	35
<i>Southwest</i>	178	-30	502	-27	-15	-28	3	14	2	-14	-13	8
<i>Country</i>	109	-7	369	20	10	5	29	18	27	10	-34	24

※ TMD提供資料より

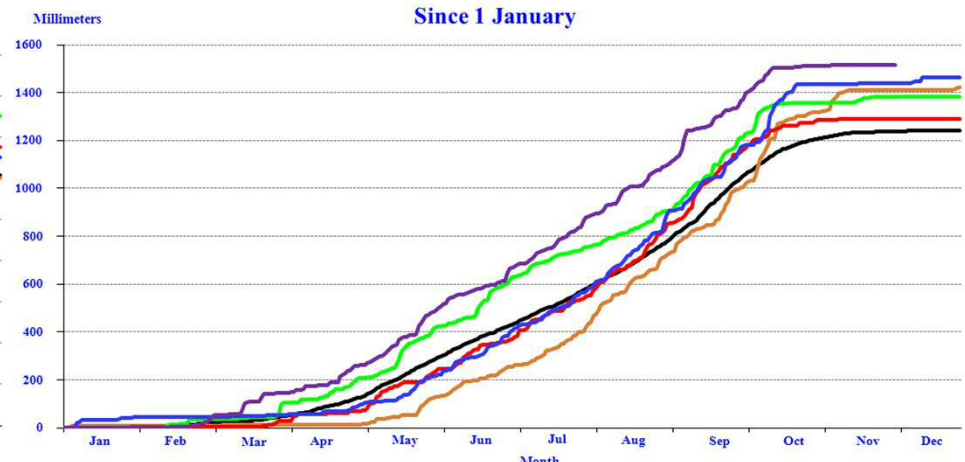
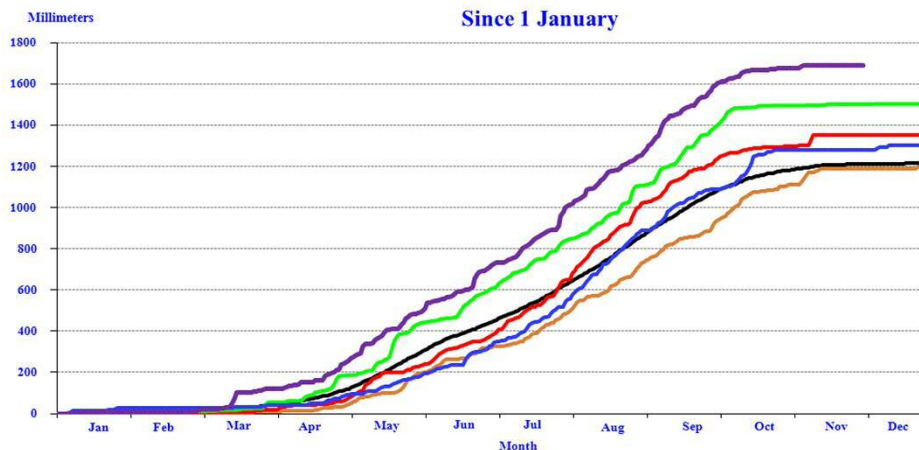
# (8) 2011年春～夏の気象概要 <3/3>

2011年1～10月のタイ全体の降雨量は1,822.4mmで、通常より28%多かった。



ACCUMULATIVE RAINFALL IN NORTHERN PART

ACCUMULATIVE RAINFALL IN CENTRAL PART



— Normal (1971-2000) — 1983 — 1995 — 2006 — 2010 — 2011

— Normal (1971-2000) — 1983 — 1995 — 2006 — 2010 — 2011

※ TMD提供資料より



# (9) 2011年チャオプラヤ川洪水概要

## (2011年12月調査時点の情報等)

### ○ 洪水被害発生要因

- ・ 中上流域における通常より多い降雨
- ・ 河口の高潮位の影響
- ・ 河川の流下能力不足
- ・ 地形的要因(緩い河川勾配)
- ・ 地盤沈下の影響
- ・ 土地利用の変化
- ・ 治水対策の遅れ・未実施
- ・ 気候変動による影響の可能性(降雨、海面上昇)

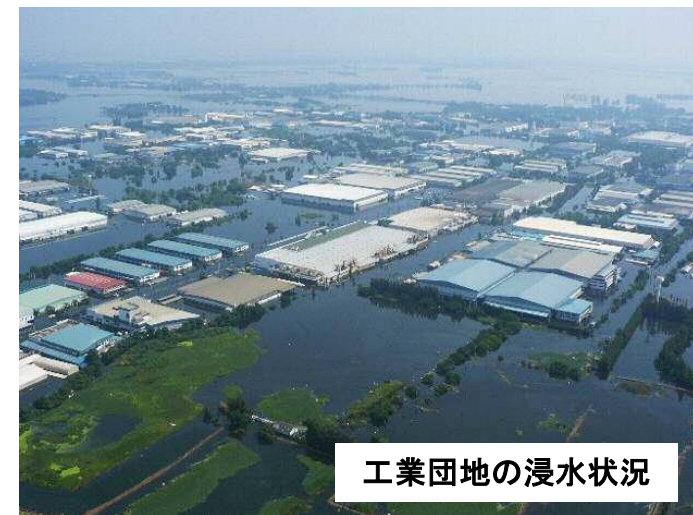
### ○ 2011年洪水被害の概要

- ・ 湛水期間: 2011年9月下旬～  
2012年1月下旬(5ヶ月間)
- ・ 影響者数: 約1,360万人
- ・ 死者数: 823人(2011年12月末時点:AFPより)
- ・ 洪水による失業者数: 約40万人
- ・ 経済的影響: GDP1.5%の減少(3.8%⇒2.3%)
- ・ 被害額: 4,938.6億バーツ(うち、工業部門3,579億バーツ)

※ 1バーツ=2.6円=0.3USD



アユタヤの浸水状況

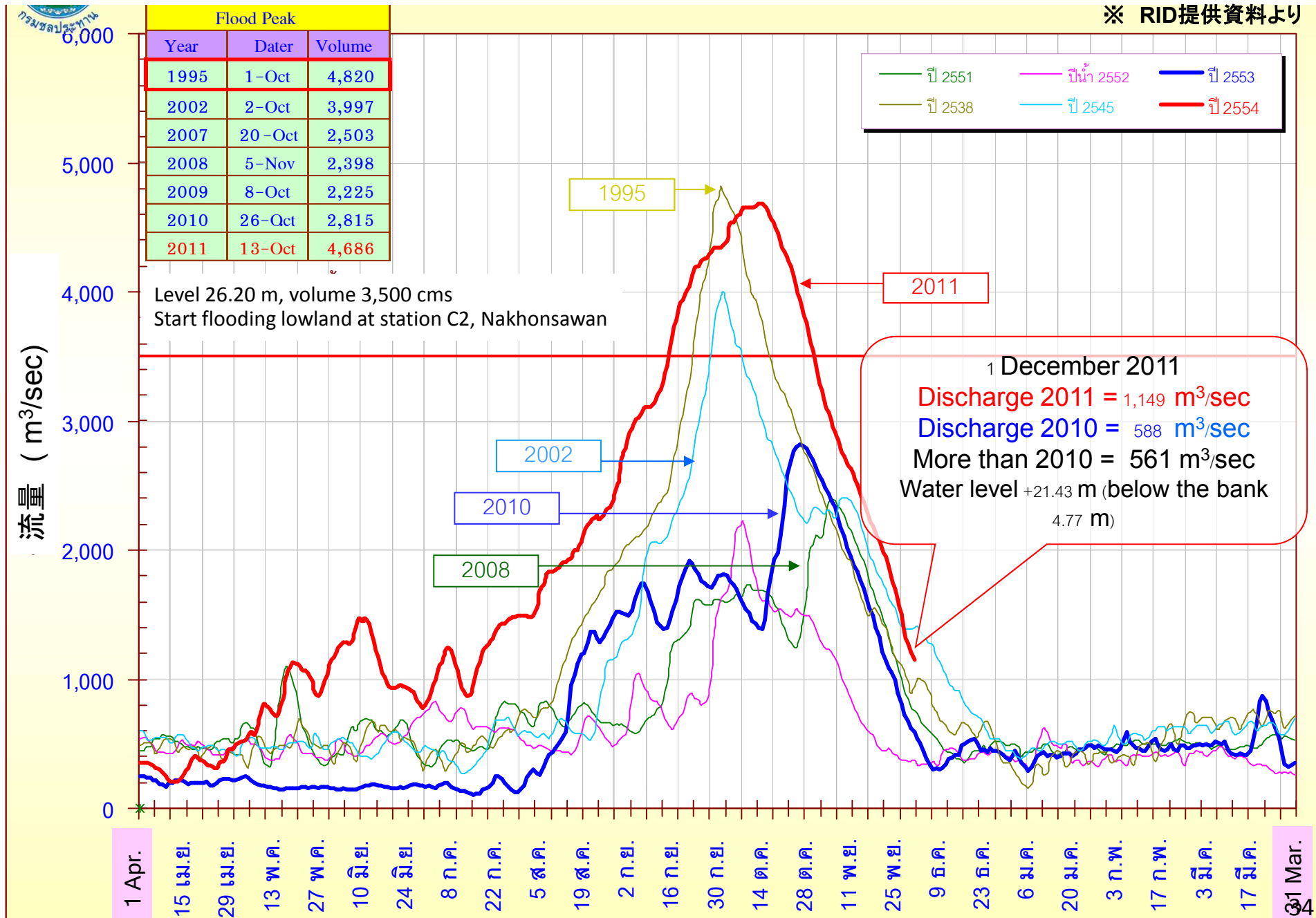


工業団地の浸水状況

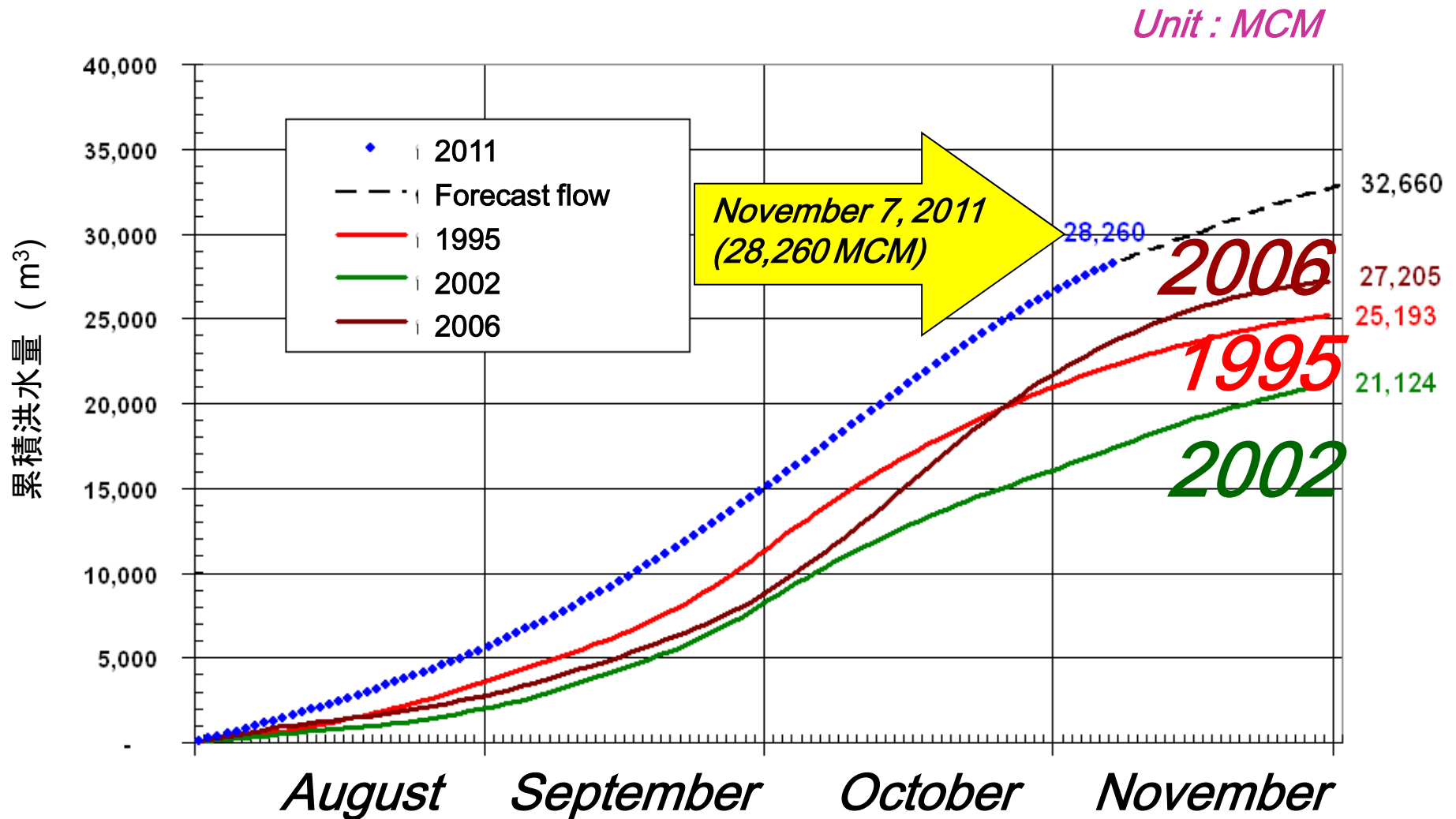
※ JICA竹谷専門員提供資料より

# (10) นาคอนसान(C.2)での観測流量

※ RID提供資料より



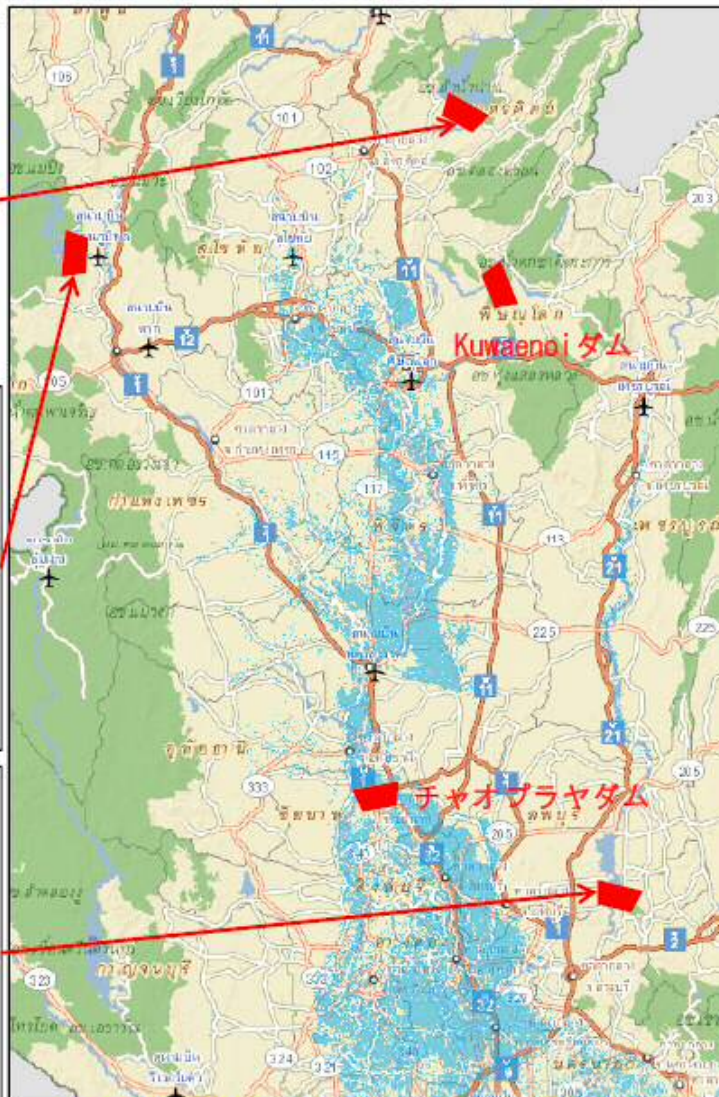
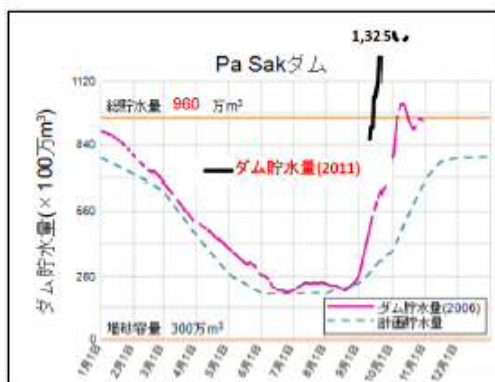
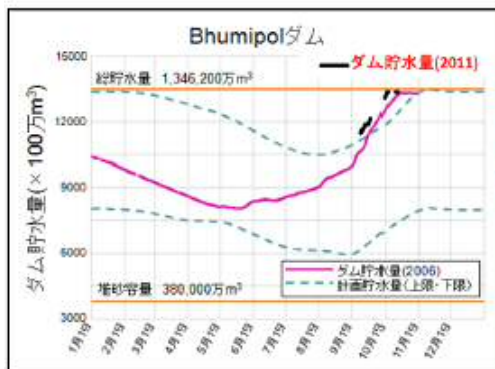
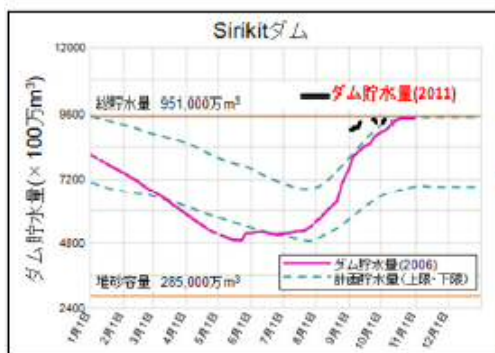
# (11) ナコンサワン(C.2)における8月以降の累積洪水量



※ RID提供資料より

# (12) チャオプラヤ上流ダムによる洪水貯留

2011年10月初旬までに、上流の2つのダム(Bhumipol、Sirikit)によって約100億m<sup>3</sup>の洪水を貯留。これは総氾濫量の約半分に相当すると考えられる。

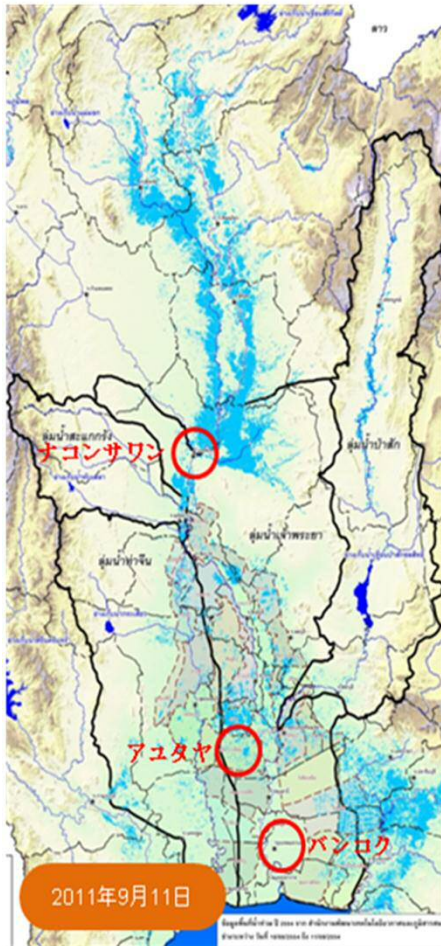


GISTDA:<http://203.150.230.27/FloodMap/index.html>  
(2011年10月19日現在)

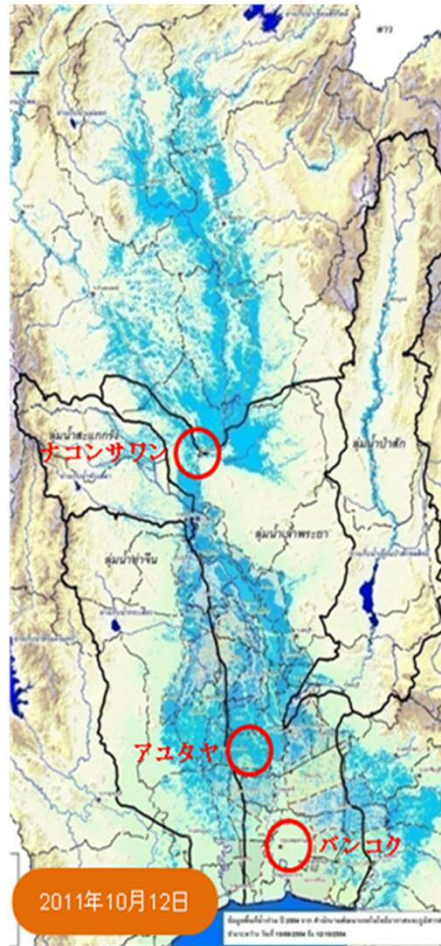
※ 東京大学 小森助教  
発表資料より

# (13) チャオプラヤ川流域の浸水状況

2011年9月11日



10月12日



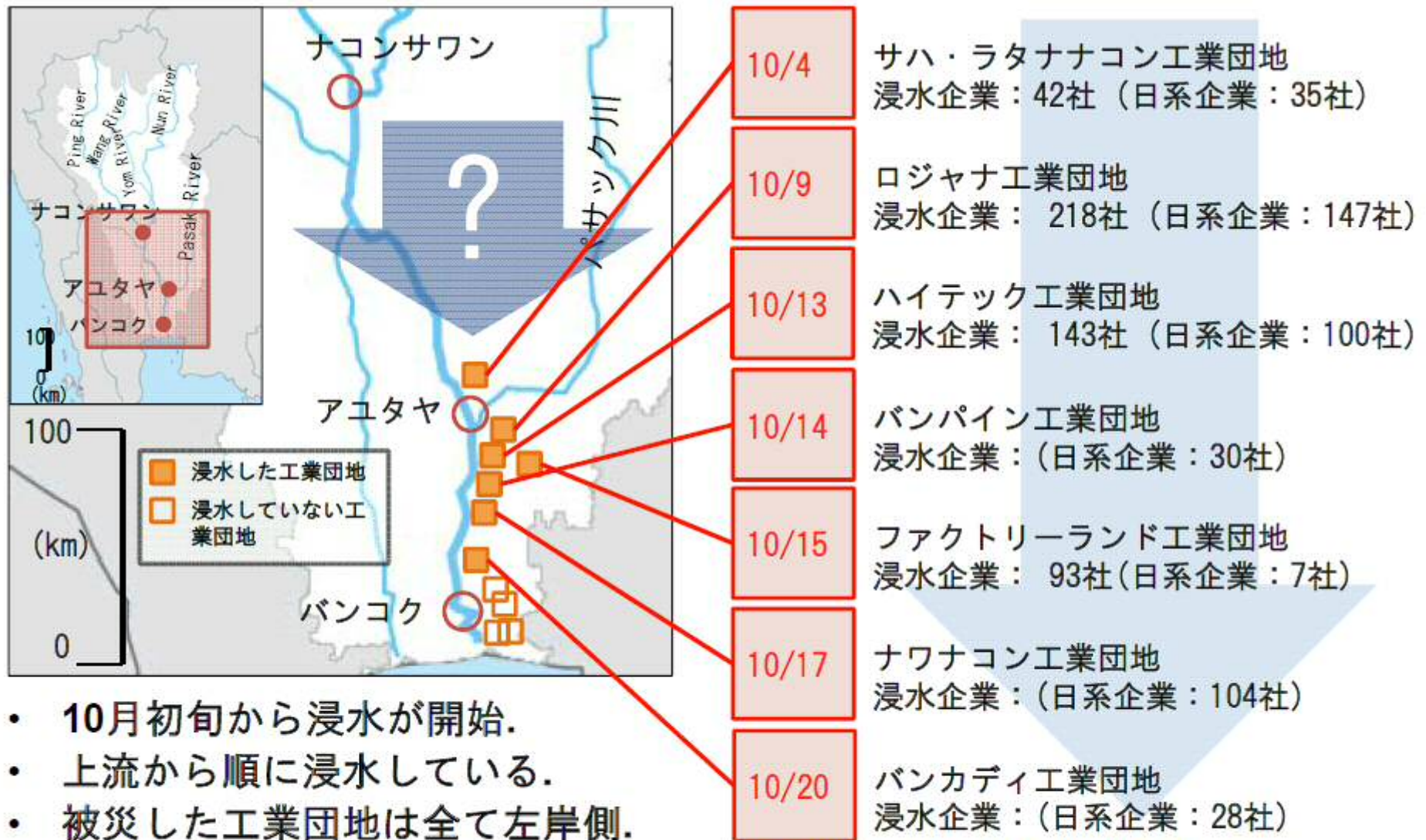
11月6日



2011年11月8日におけるバンコク浸水状況

※ RID, BMA提供資料より  
国建協で加筆

# (14) 工業団地の浸水・被災について



- 10月初旬から浸水が開始.
- 上流から順に浸水している.
- 被災した工業団地は全て左岸側.

日本貿易振興機構(ジェトロ)HPより作成(11月22日時点)：  
<http://www.jetro.go.jp/world/asia/th/flood/complex.html>

The UNIV. OF TOKYO

Global Hydrology and Water Resources Engineering, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo  
 E-mail: s-naka@iis.u-tokyo.ac.jp

※ 東京大学 沖研究室発表資料より

# (15) 2011年洪水による浸水・被災状況等 <1/2>

※ 2011年11月30日、ポンプ車稼働状況視察時(著者撮影)



北部バンガディ工業団地周辺道路の冠水状況



北部バンガディ工業団地周辺の家屋被災状況



高架橋への車両一時避難の状況



国土交通省から提供・活用された排水ポンプ車



奥の河川への排水状況。手前が工業団地側



排水先河川左岸の土のう。浸水は生じなかった。39

# (16) 2011年洪水による浸水・被災状況等 <2/2>

※ 2011年12月25日、ナワナコン工業団地・AIT視察時(著者撮影)



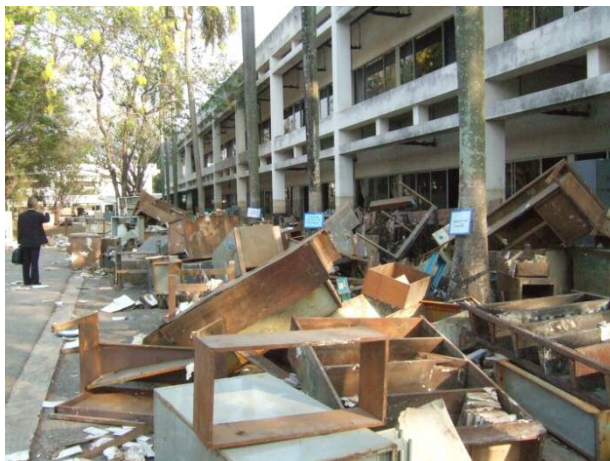
工業団地周辺で浸水痕跡の残る電話ボックス



工業団地脇の河川(左側)からの越流箇所



工業団地内部の被災・汚泥の堆積状況



AIT・浸水して建物外に放置された机など



AIT校舎内の機材冠水・被災状況



AIT敷地内住宅の冠水・被災状況



## (17) 考 察 <1/2>

- 2011年のチャオプラヤ川洪水は、春先から初秋にかけての例年より多い降雨量に起因。(50年来の大規模洪水と言われている。)
- また、バンコクを含むチャオプラヤ川下流域は、低平地であって、河川勾配の緩いこと、高潮位の影響を受けることなどから、洪水に対してもともと脆弱な地域であった。
- このため、経済成長・社会的発展に先立って、1999年のJICA・M/Pで提案されたような治水対策を優先的に実施することが必要ではなかったか。
- しかしながら、ここ10年で急速に土地利用の高度化が進展し、多くの工業団地が立地するなど、洪水に対して脆弱な社会・経済状態になったことから、今回のような地域的・世界的に影響を及ぼす大規模な災害が発生することとなった。(その一方で、氾濫原下流地域のスワンナプーム国際空港では、周辺地域では3m<sup>3</sup>/sポンプを中心に整備されているのに対して、25m<sup>3</sup>/sポンプが設置されるなど、慎重な洪水対策が取られていた。)

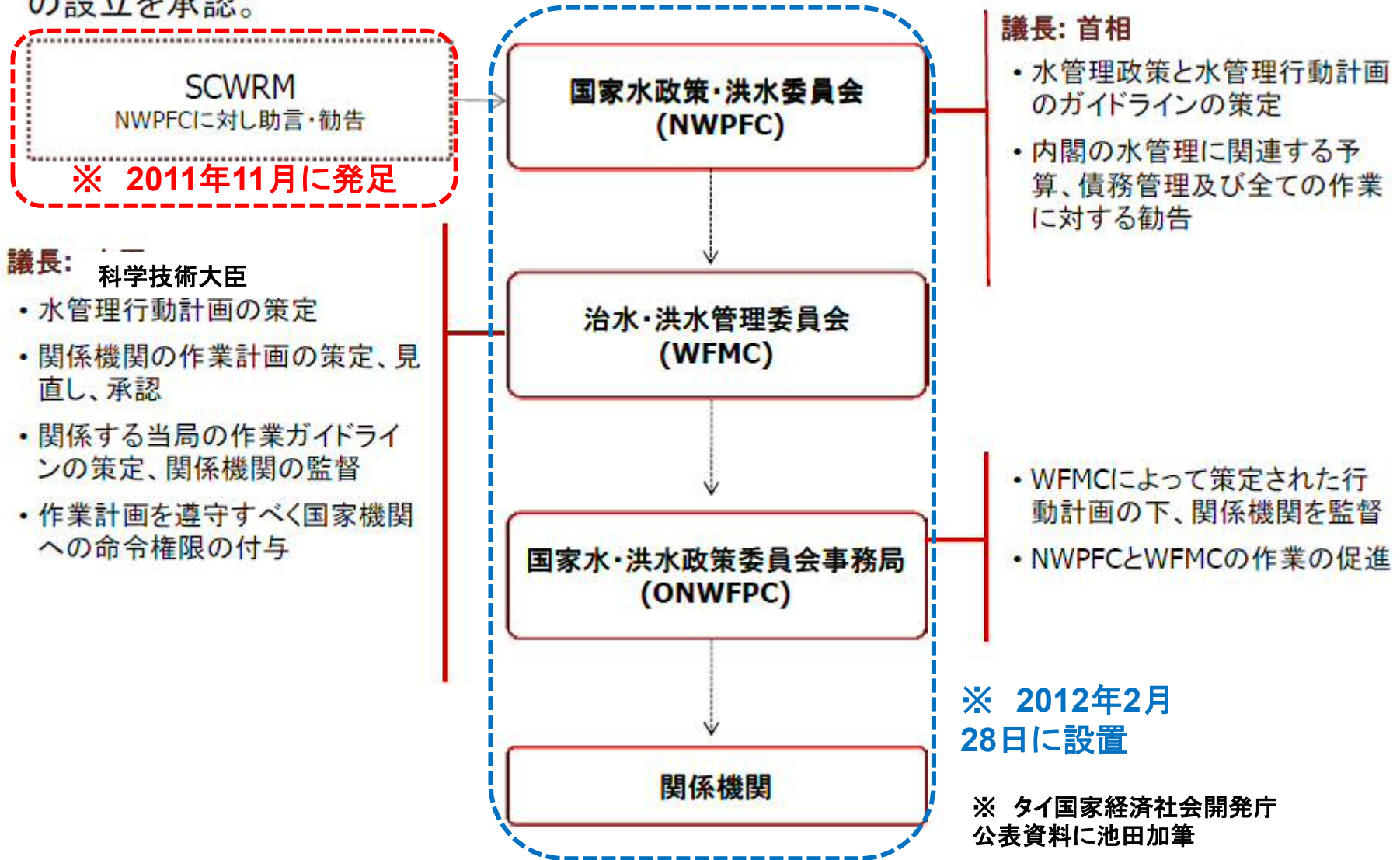
## (18) 考 察 <2/2>

○ 現地調査及びタイ政府関係機関へのヒアリングを通じて抽出された主な課題は以下の通り。(あくまでも私見)

- 水文観測が行われていないわけではないが、防災計画の策定や緊急時対応に情報がどこまで活用されていたか？また、地形情報など必要かつ十分な情報が得られて、活用される仕組みとなっていたか？
- 各関係機関においては、その所掌の範囲でできることがなされていたが、平時の防災対策として、また緊急時対応として、全体的なコーディネーションが図られていたか？(例えばRIDは農地対策は行うが、住宅・工業団地に転用された後は所掌外となる。加えて、農地転用に対する規制は存在せず、また地先の判断で堤防を設置できることとなっている。)
- 社会的・経済的に成長していく中で、住民や産業界の中で洪水のリスクやその影響がどの程度認識されていたか？(洪水発生時の水門開閉に際して住民とのトラブルが報告された。また、今後、工業団地で自衛の洪水壁が設置された場合の周辺住民感情はどうなるか。)
- 治水計画(M/P)は提案されたが、なぜ実行されなかったか？また、日本側としてなぜフォローをしなかったか？(現在、M/Pの見直しが行われているが、実効性が担保されなければ二の舞となりかねない。)

# (19) 今後の対応に向けた組織体制

内閣は、国の水管理と洪水防止のための単一指揮機関(シングル・コマンド・オーソリティ)の設立を承認。



# (20) 国王のイニシアティブによる洪水防御・水資源管理



## 5. 洪水管理における衛星雨量データの活用について

### - 目 次 -

- (1) 背景とIFNetの概要・GFASの開発経緯
- (2) 地上観測雨量と衛星観測雨量との関係  
(ベトナムでのケーススタディ)
- (3) 衛星観測データを用いた確率雨量の算定と  
その活用
- (4) 2011年 タイ・チャオプラヤ川洪水のレビュー  
と雨量情報配信システムの構築

# (1)-1 背景

- 洪水予警報に利用可能な水文観測データ取得の課題 -

洪水被害に悩まされているアジア諸国などにおいては、

- 雨量、水位、流量など不十分な地上観測及び情報通信体制
- リアルタイムのデータ取得が困難
- 洪水予警報に利用できるようなデータ・モデルの不在
- 地上観測体制の整備・運用に当たっての予算・人材不足.
- 地上観測体制を整備・運用できる制度面・技術面での枠組み不在

⇒ このような状況に対して、洪水の予警報に関して、いつでもどこでも利用可能な衛星観測雨量データでもって、地上観測体制を補完することができるのではないか？



手作業による雨量観測

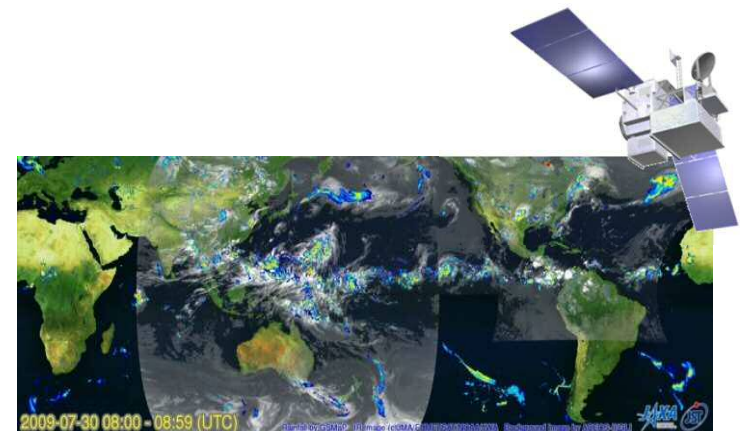
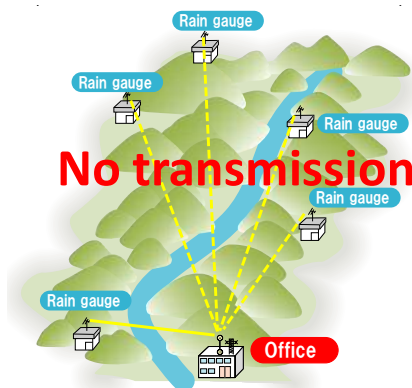


Image Source : JAXA

# (1)-2 IFNet (International Flood Network)

## Background

- ◆ Rising trend of flood damages
- ◆ Flood issues as becomingly serious concerns
- ◆ Few networks that dedicated to flood issues
- ◆ Necessity to give priority to flood issues

## Objectives

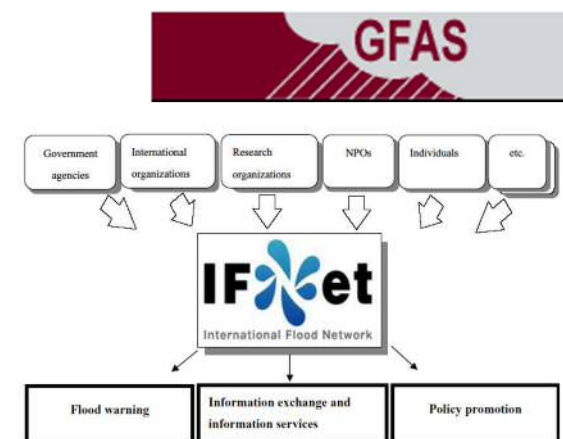
To contribute to reduce flood damages by:

- ◆ Sharing knowledge and lessons,
- ◆ Promoting good practices,
- ◆ Raising awareness on flood risk among policy makers & citizen.

## Membership

- ◆ IFNet is an **open, free network** to everyone, currently 617 registered from 81 countries (as of 31 March, 2010).
- ◆ **Advantage:** Opportunity to receive **GFAS** information

**IFNet is an open network everyone can join!**



# (1)-3 GFAS (Global Flood Alert System)



## 1. Project Concept

- Attempt to utilize **satellite precipitation data** for flood early warning
- Support for **existing flood early warning** wherever necessary
- Promoted both by MLIT and by JAXA

## 2. Development through collaboration among:

- JAXA** as satellite precipitation data provider
- IDI** as system developer and operator
- IFNet** as flood early warning transmission network
- Hydrological/ Meteorological Authorities, Disaster Management Sections, and River Managers of any part of the world** as users of flood early warning and forecasting

time	biggest[time]	spot name
24-hours within biggest	10.8mm [14:00 - 15:00]	Nyaungdo

time	Basin average[time]	biggest[time]	spot name
1-Days cumulative	8.81mm	44.23mm	Nyaungdo
2-Days cumulative	18.15mm	77.96mm	Nyaungdo
3-Days cumulative	55.82mm	237.2mm	Nyaungdo

## 3. Development until today:

Up-grading from 3B42RT to GSMaP, which enabled **more detailed and more rapid transmission** of precipitation data.

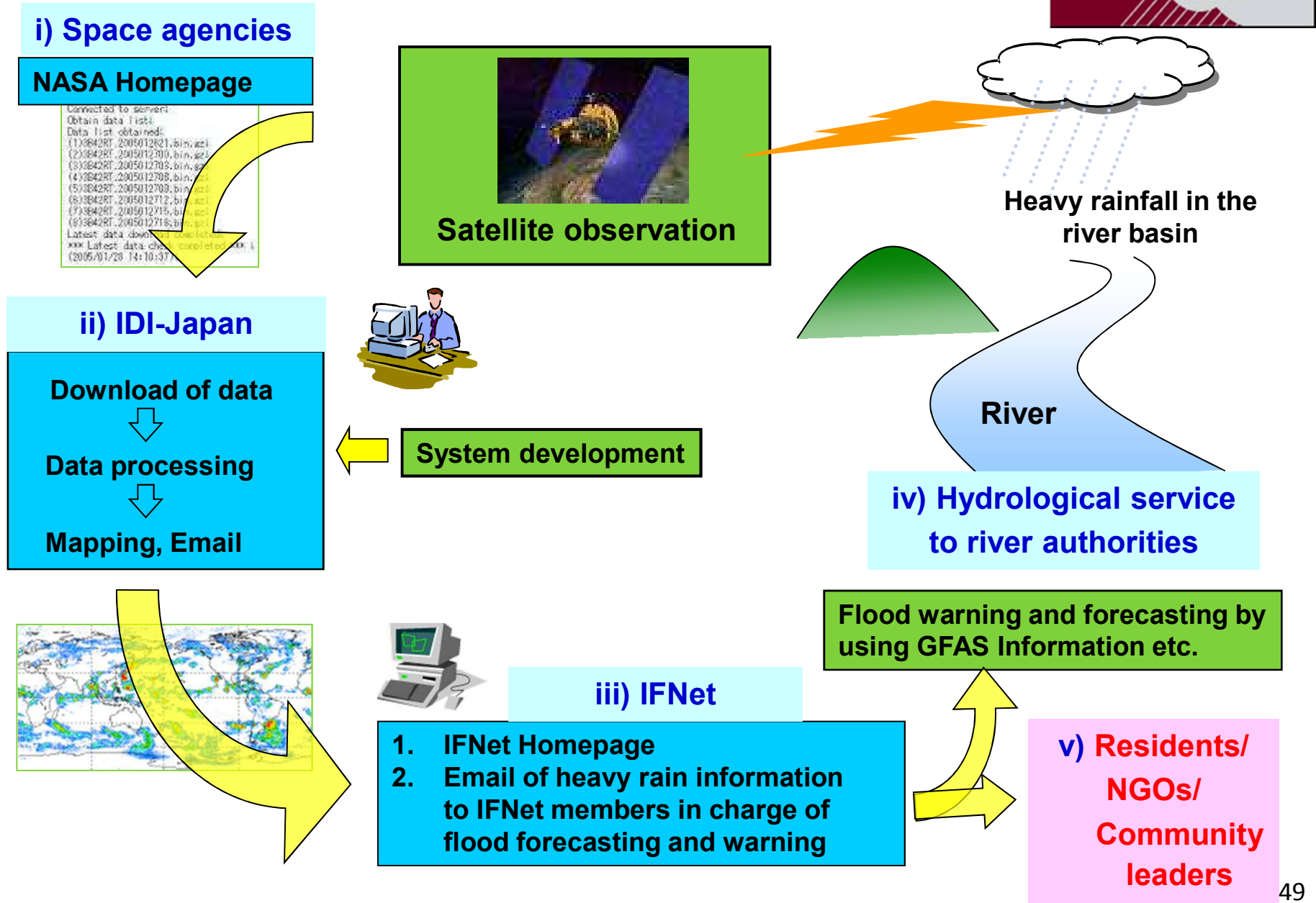
- **3B42RT (1998-2008)** Mesh size:  $0.25^{\circ}$  , data delay: 10 hours
- **GSMaP (2007-)** Mesh size:  $0.1^{\circ}$  ( $10 \times 10 \text{ km}^2$ ), data delay: 4 hours

## 4. Available data

- maximum hourly precipitation data within 24 hours
- 1-day, 3-day or 1-week precipitation data



# (1)-4 GFASの仕組み



# (1)-5 世界レベルでの衛星雨量観測体制

The image shows a screenshot of the Global Flood Alert System (GFAS) web interface. The browser title is "Global Flood Alert System - Web Version - Netscape Browser" and the URL is "http://210.255.213.236/gfas-web/". The page header includes the GFAS logo and the text "GLOBAL FLOOD ALERT SYSTEM (GFAS) Trial running". The main content area displays a world map showing rainfall data for 03/04/2006 at 00:00 GMT. The map uses a color scale from 0 to 100 mm, with a legend at the bottom right. The left sidebar contains a "Select Condition" section with the following options: "Processing date" set to "One Day", "Rainfall return period" set to "Five years", "Area" set to "World", and "Date" set to "2006/03/04". A "Display" button is highlighted with a red dashed circle. Below the "Display" button are "Display information", "Heavy Rain Information", and "Data Download" buttons. A "Reference" section is partially visible at the bottom.

**You can select 1 or 3-day rain fall from pull-down menu here.**

**Latest 1 day rainfall in the world is displayed on the initial page**

**You can select from 9 regions**

**Then, click here for display.**

As at 00:00, 03 04 2006 (GMT)

0 5 10 20 30 50 75 100 (mm)

# (1)-6 日観測雨量 - 東南アジアの事例



Global Flood Alert System - Web Version - Netscape Browser

File Edit View Go Bookmarks Tools Help

http://210.255.213.236/gfas-web/

Global Flood Alert System (GFAS)  
Trial running

Area : Southeast Asia

As at 00:00, 03 04 2006 (GMT)

Select 1 or 3-day rainfall from pull-down menu

Latest 1 day rainfall is displayed

Processing dates: One Day

Rainfall return period: Five years

Area: Southeast Asia

Date: 2006/03/04

Display

Heavy Rain

Data D

Reference

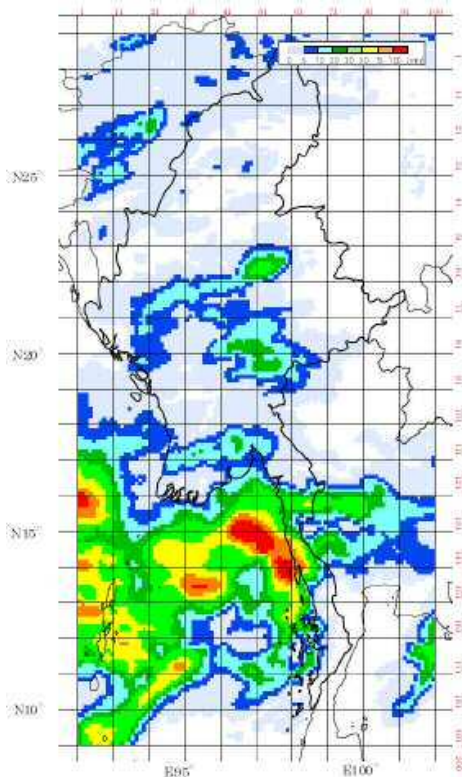
To request enlarged maps to a nation/basin and others,

Done

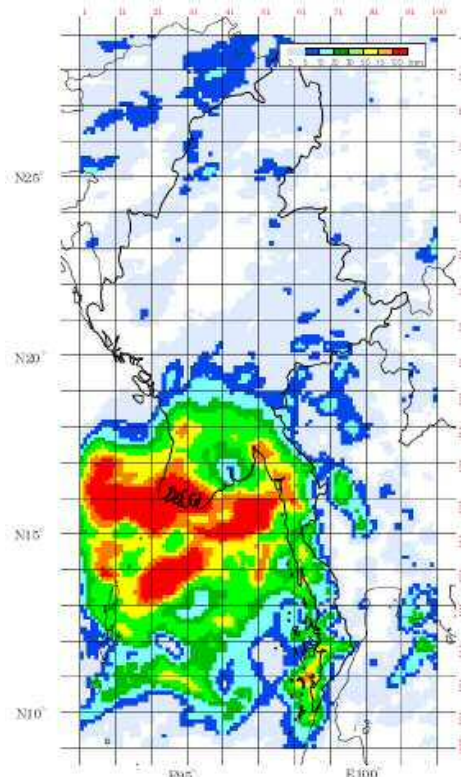
# (1)-7 ミャンマー・イラワジ川での衛星雨量観測例

Heavy rain caused by Typhoon Nargis

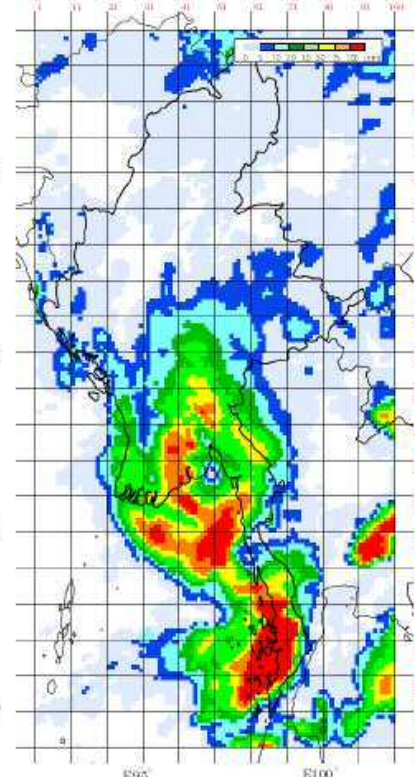
(using GSMaP data)



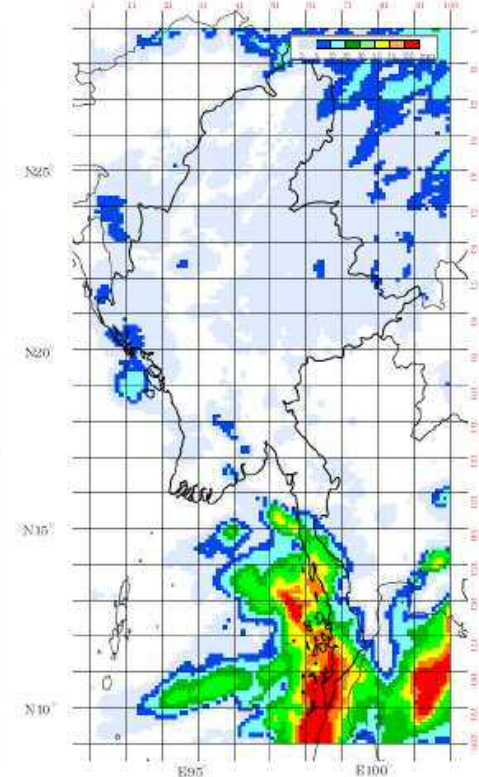
01 May 2008



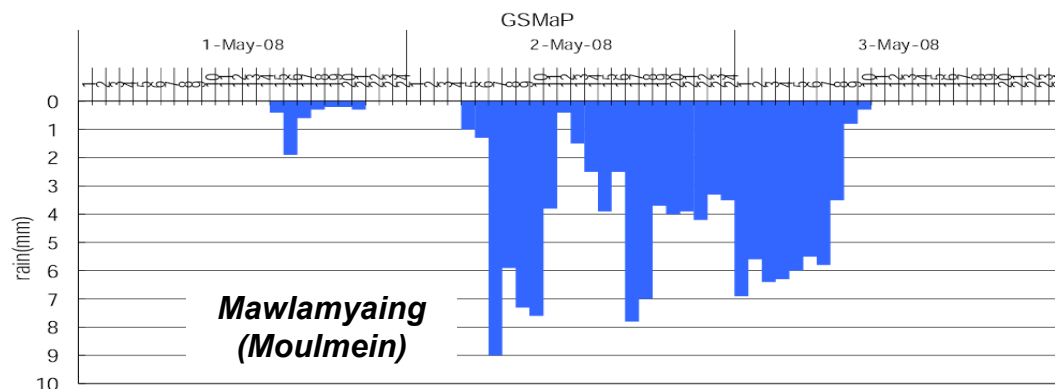
02 May 2008



03 May 2008



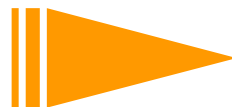
04 May 2008



From any parts of the world, **hourly precipitation data of any place** (mesh) can be obtained even though **ground observations are not available.**

# (1)-8 GFASによる通信・連絡体制

from Tokyo



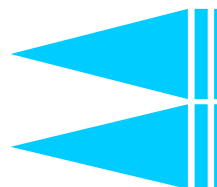
to Philippines

Alert mail  
(sample)

**E-mail SAMPLE:**  
Heavy rain information to ZZ area at ---.  
**Mean basin precipitation** of Ayeyarwady  
is XX mm/day. Please check on IFNet  
website!  
<http://xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx>



to Tokyo

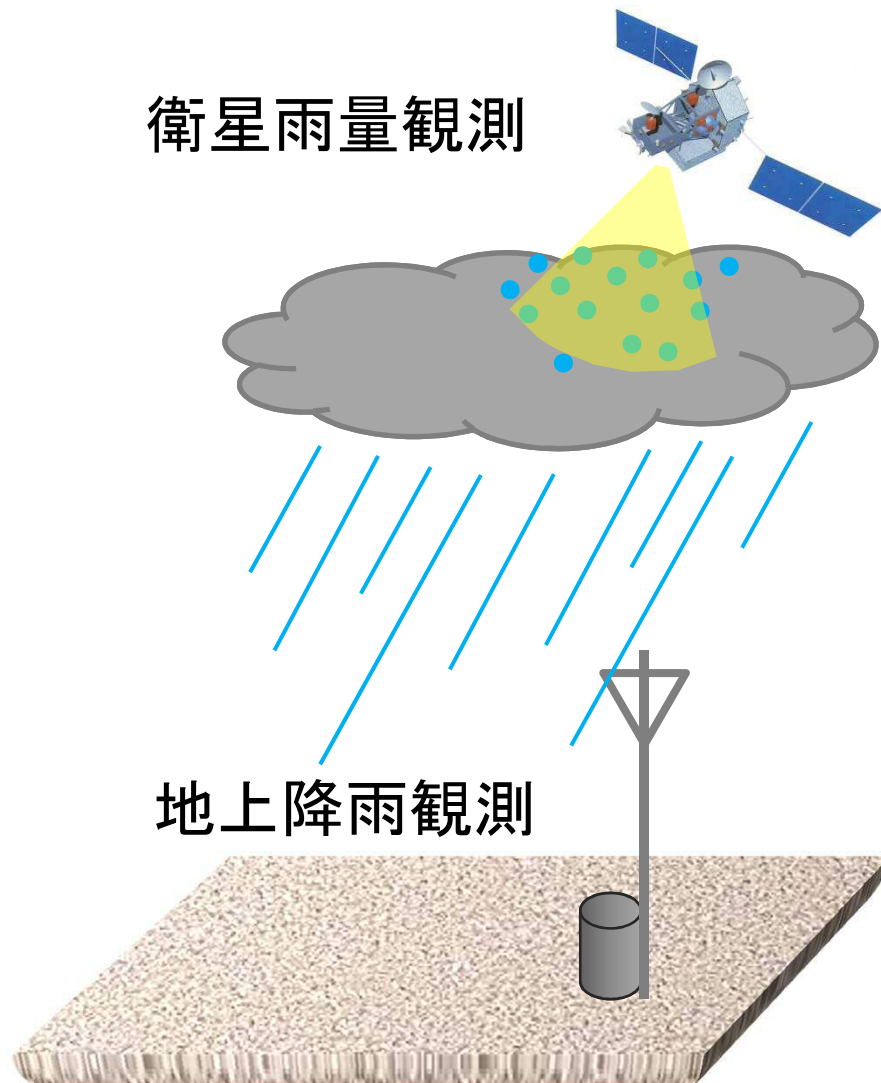


from Philippines

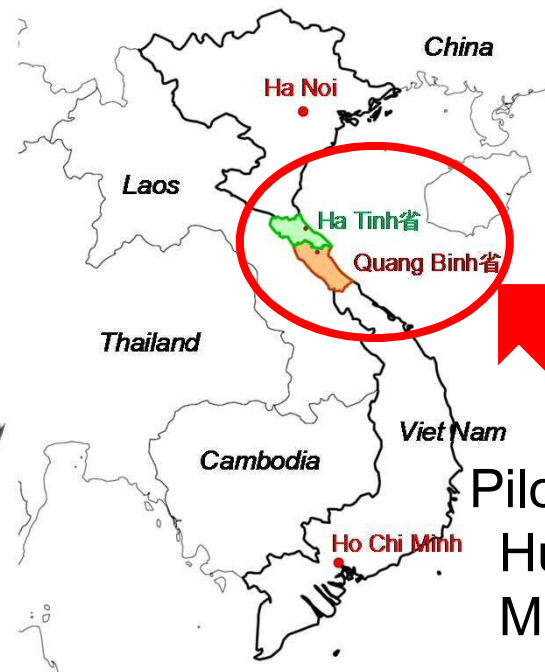
Request mail  
(sample)

**Set up a new interface for \*\*\*\* City.**  
**The alert is so frequent that you should reset the alert  
level as 50mm/h.**

## (2)-1 地上観測雨量と衛星観測雨量との関係

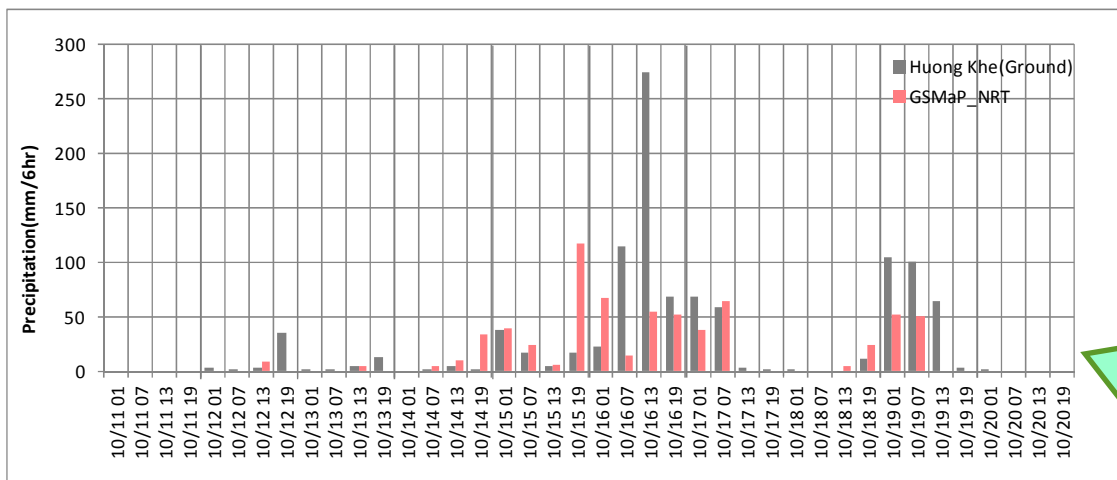


衛星観測雨量との相関関係を有していれば、地上観測降雨量が推定できるのではないか？

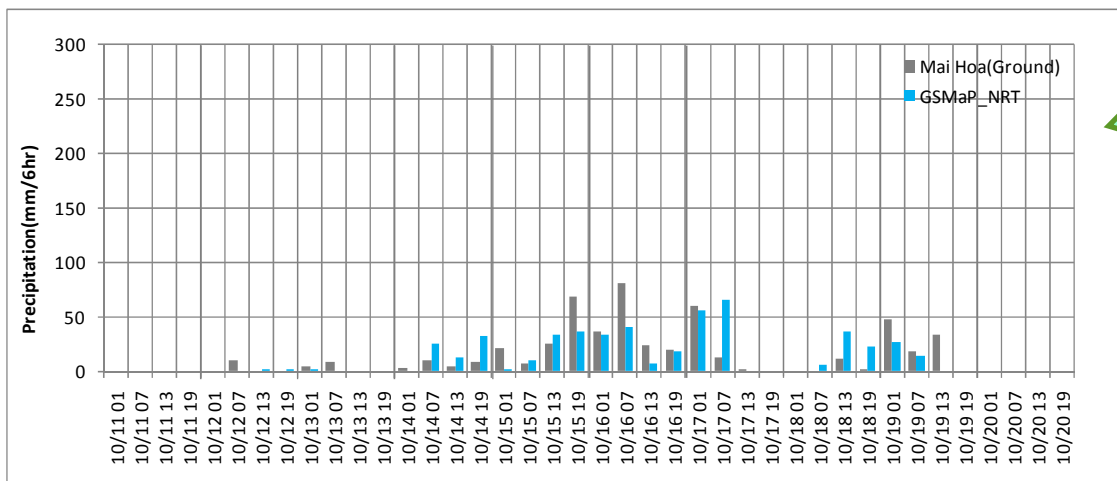


Pilot study areas:  
Huong Khe (Ha Tinh),  
Mai Hoa (Quang Binh)

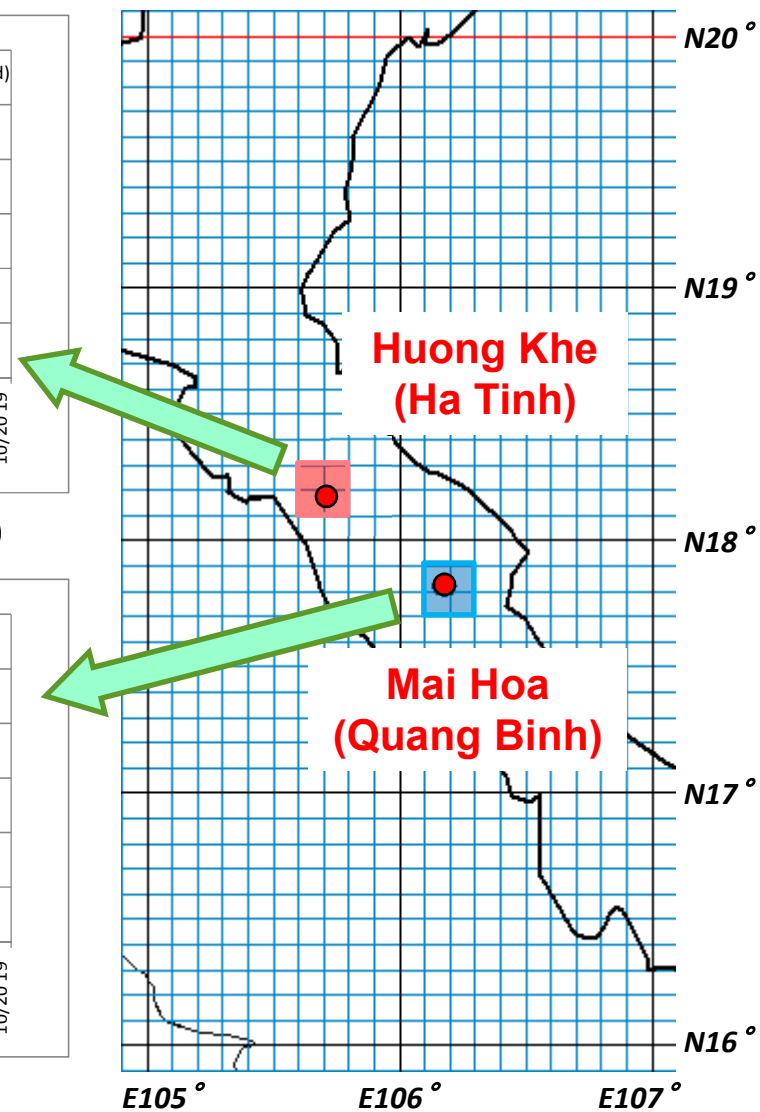
## (2)-2 6時間雨量の比較(2010/10/11-10/20)



Huong Khe, Ha Tinh (R=0.158)

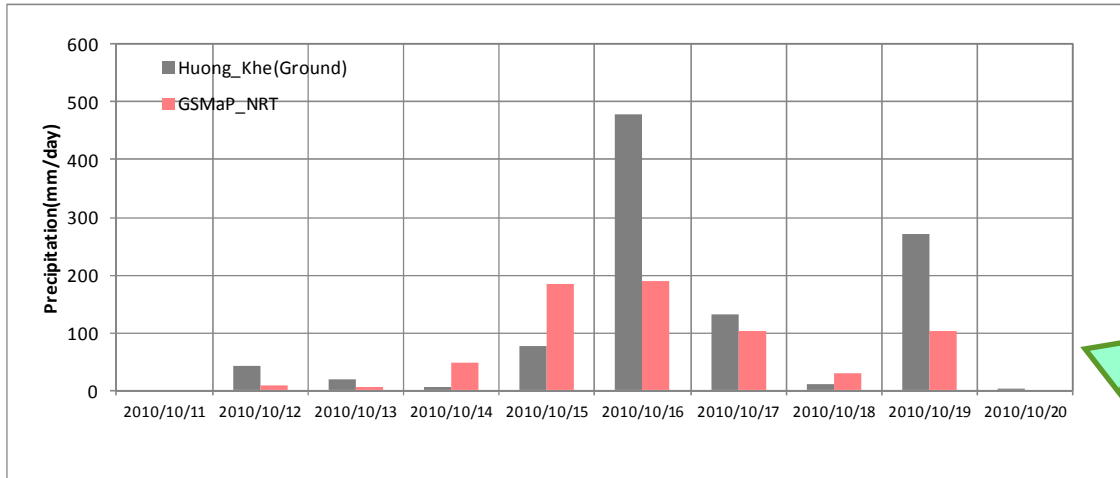


Mai Hoa, Quang Binh (R=0.499)

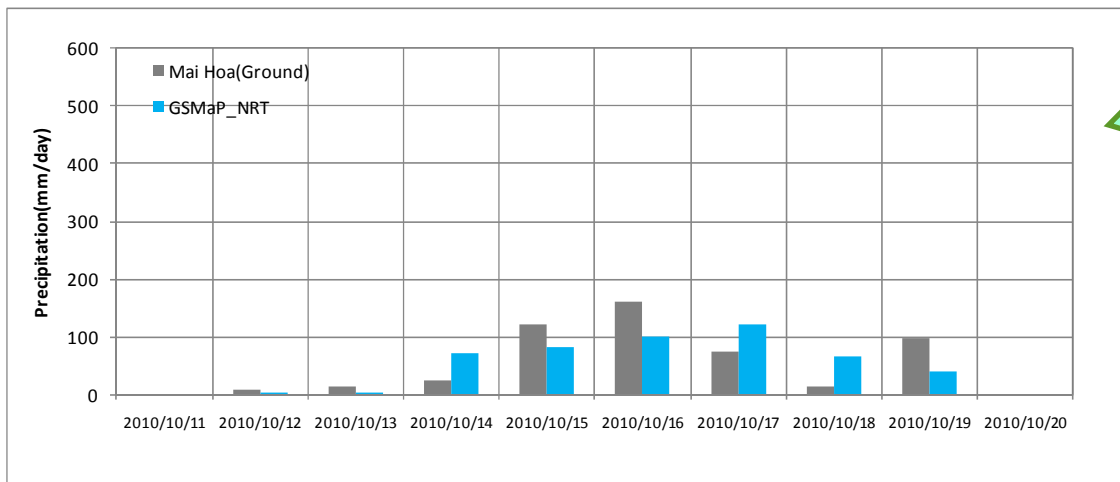


Note: GSMaP\_NRT data is the maximum one among the four mesh data. ( )

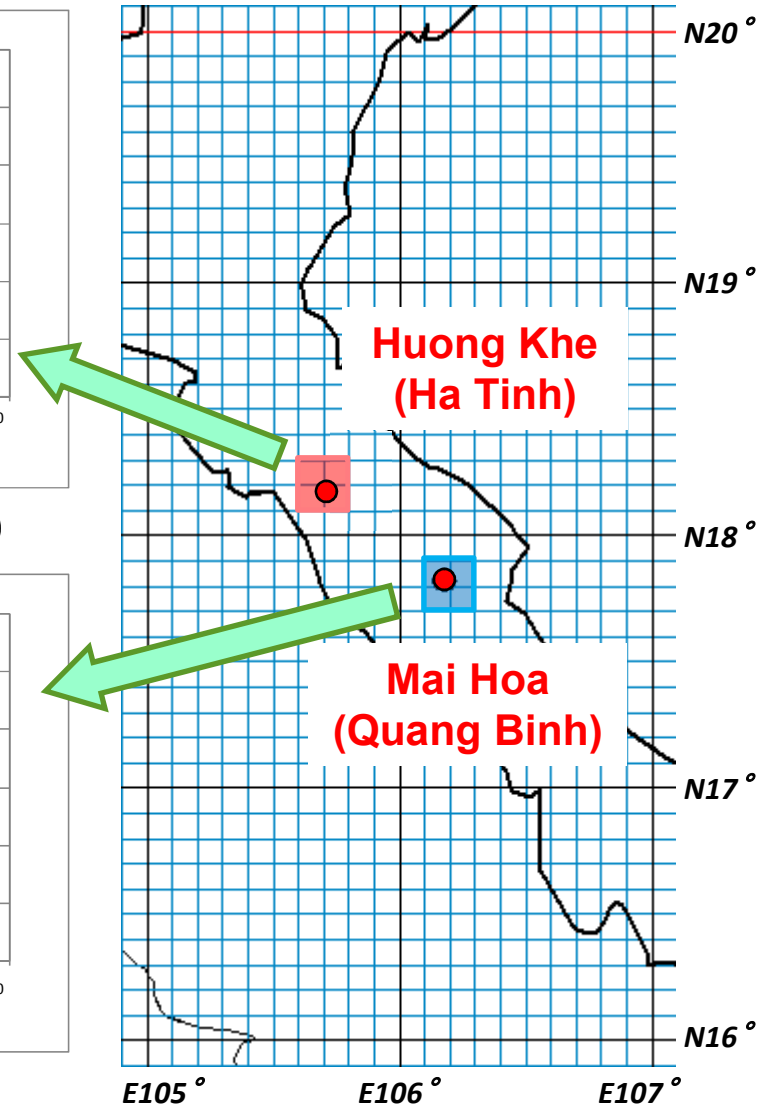
## (2)-3 日雨量の比較(2010/10/11-10/20)



Huong Khe, Ha Tinh (R=0.598)



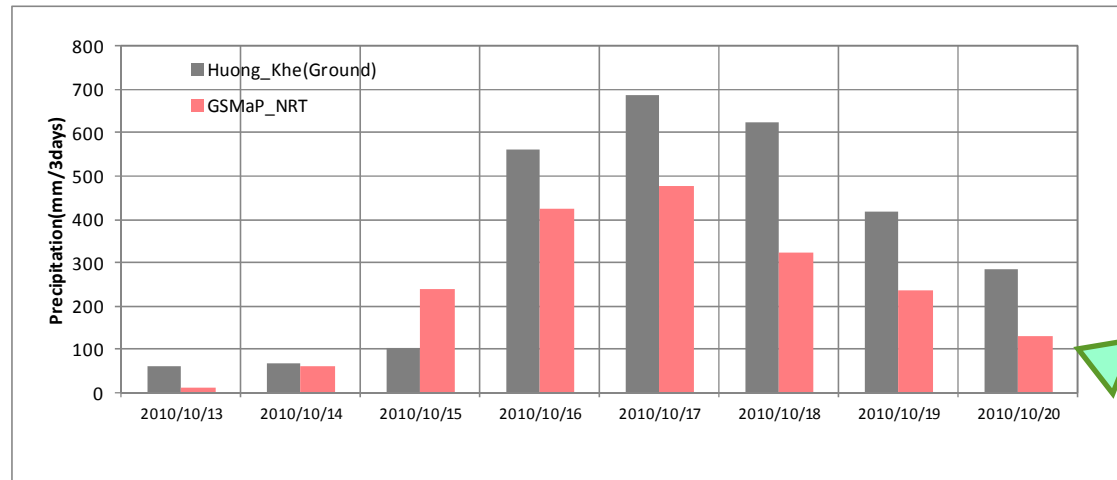
Mai Hoa, Quang Binh (R=0.306)



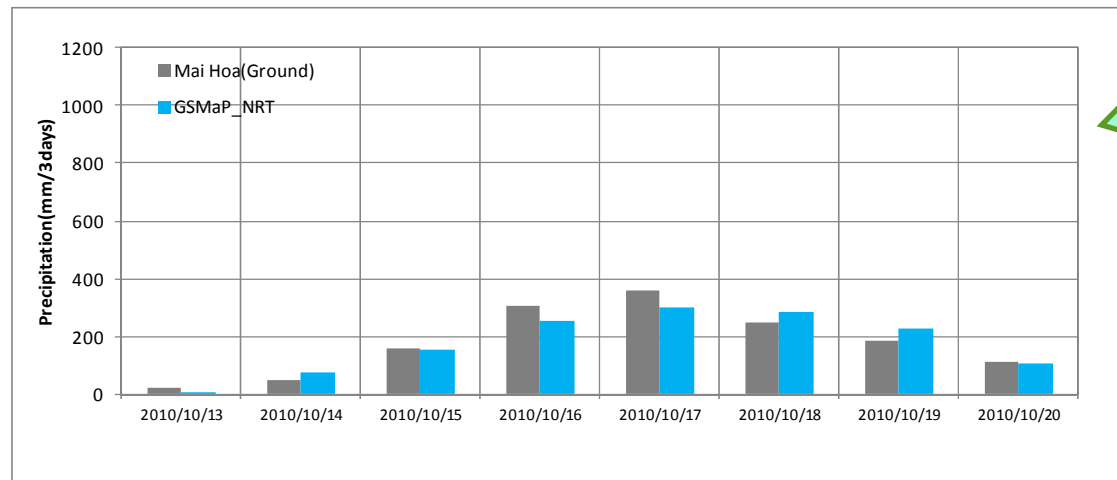
Note: GSMaP\_NRT data is the maximum one among the four mesh data. ( )



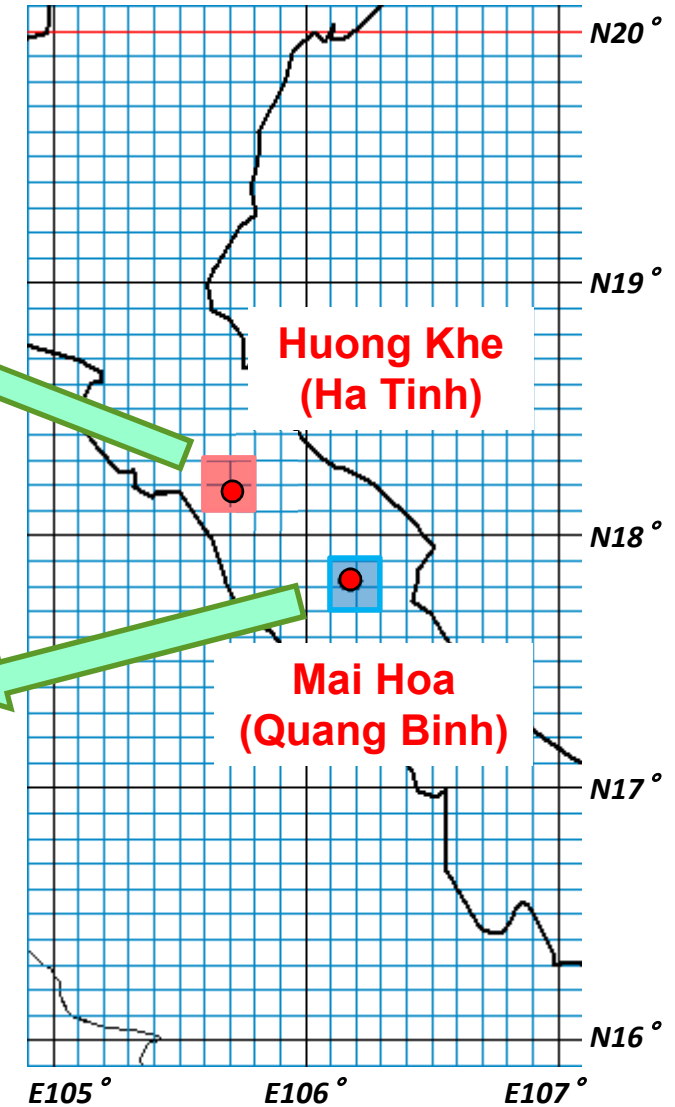
## (2)-4 3日雨量の比較(2010/10/11-10/20)



Huong Khe, Ha Tinh (R=0.881)



Mai Hoa, Quang Binh (R=0.942)



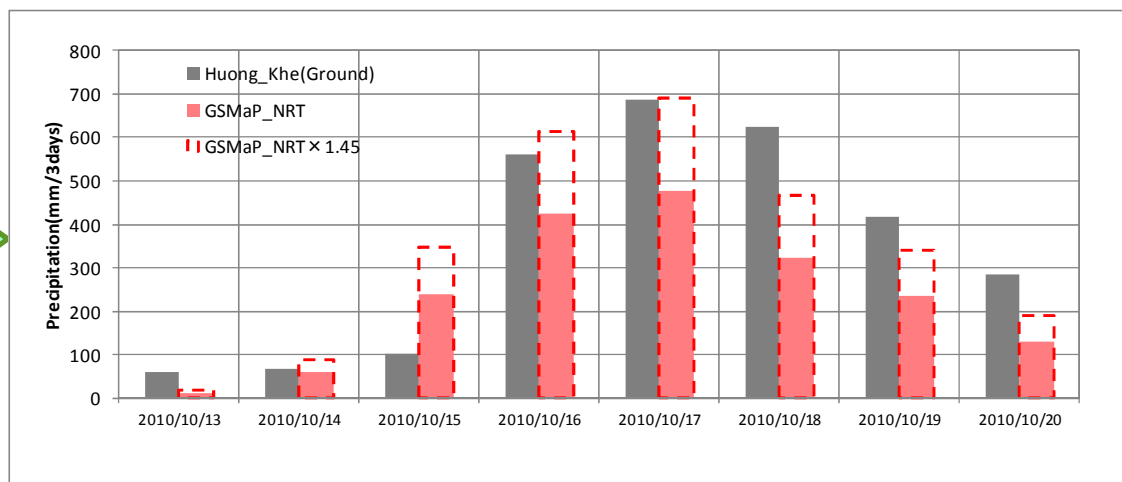
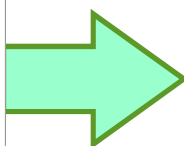
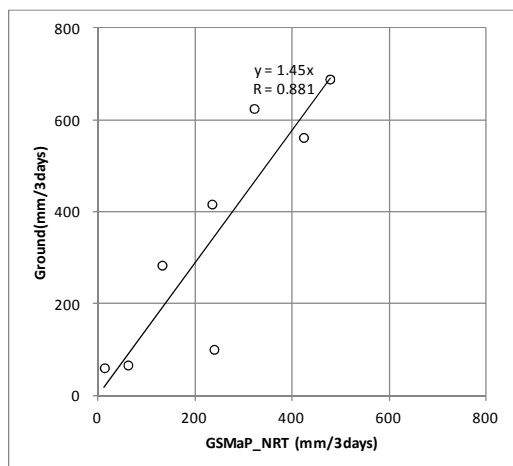
Note: GSMaP\_NRT data is the maximum one among the four mesh data. ( )

## (2)-5 衛星データを用いた地上雨量の推定

### 地上観測雨量と衛星観測雨量との相関関係

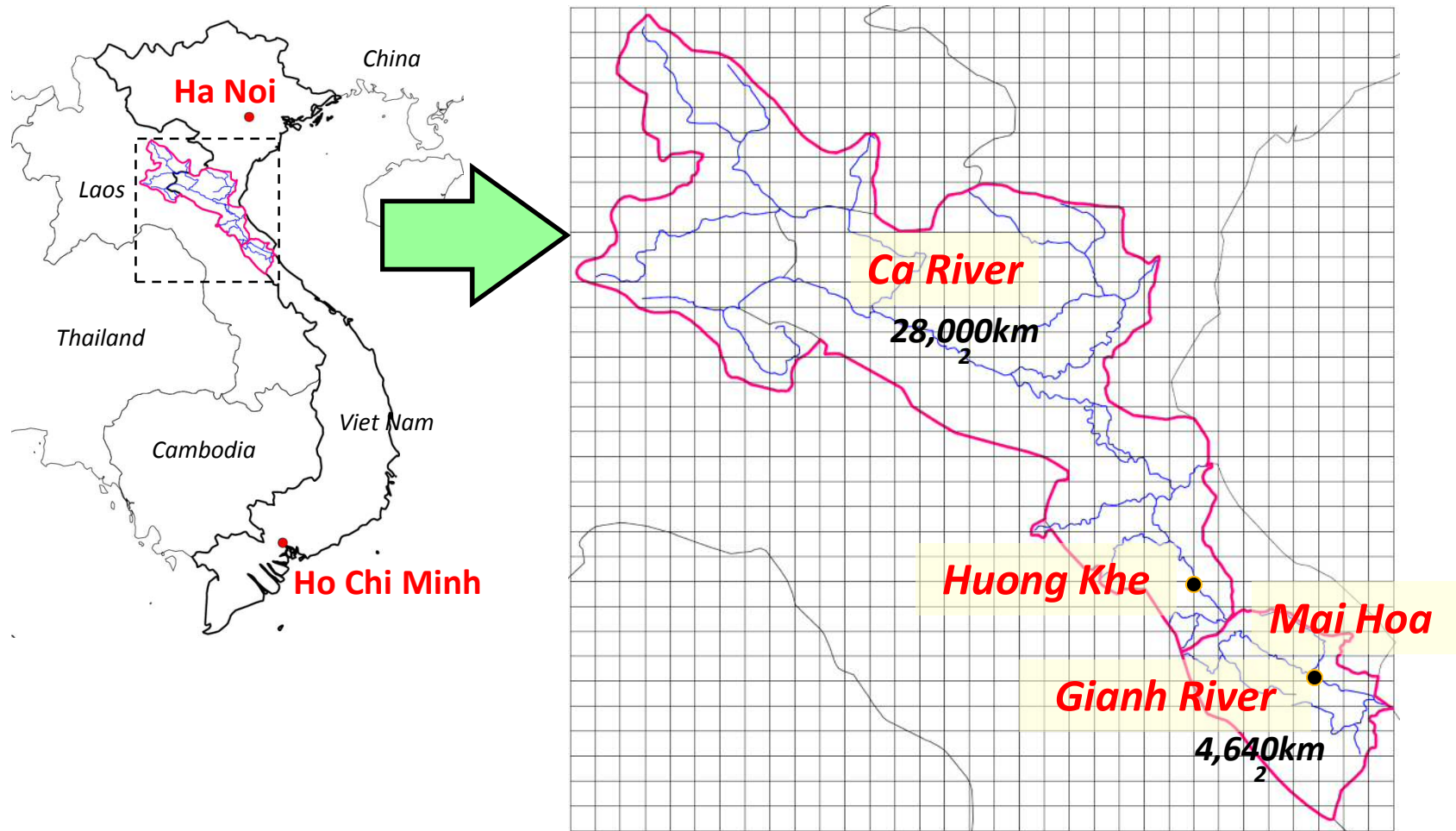
	Huong Khe	Mai Hoa
6-hours precipitation	0.158	0.499
1-day precipitation	0.598	0.306
<b>3-days precipitation</b>	<b>0.881</b>	<b>0.942</b>

- 地上観測体制の整備・充実を基本としつつも、
- 3日雨量に関して高い相関関係がみられたことから、
- 衛星観測雨量を補完的に活用することも考えられないか。

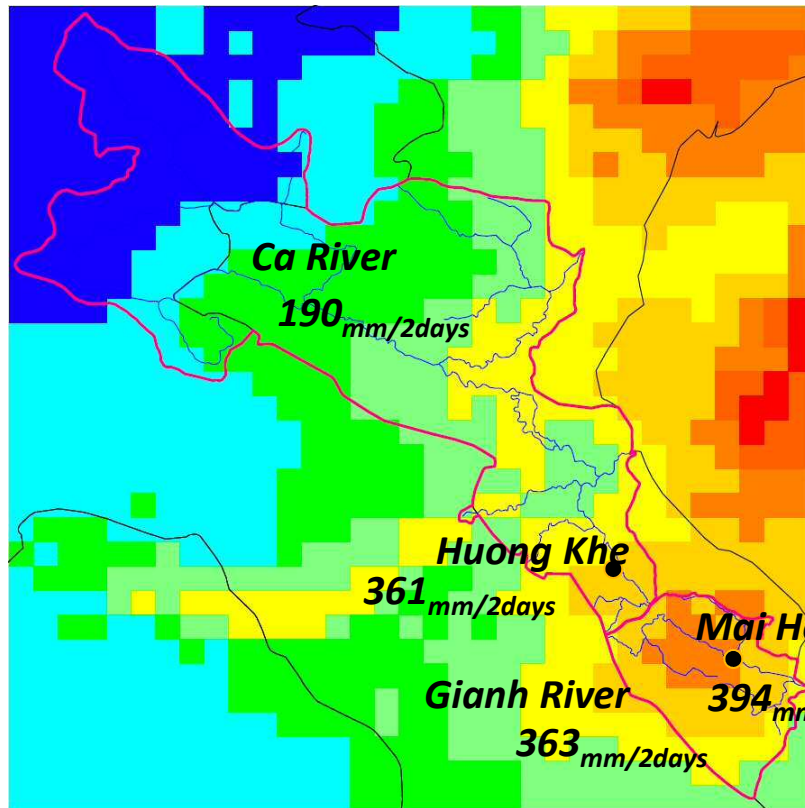
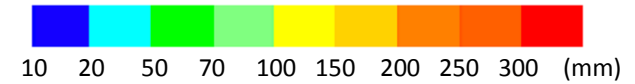


# (3)-1 衛星観測データを用いた確率雨量の算定とその活用 (1/3, 1/5, 1/10...)

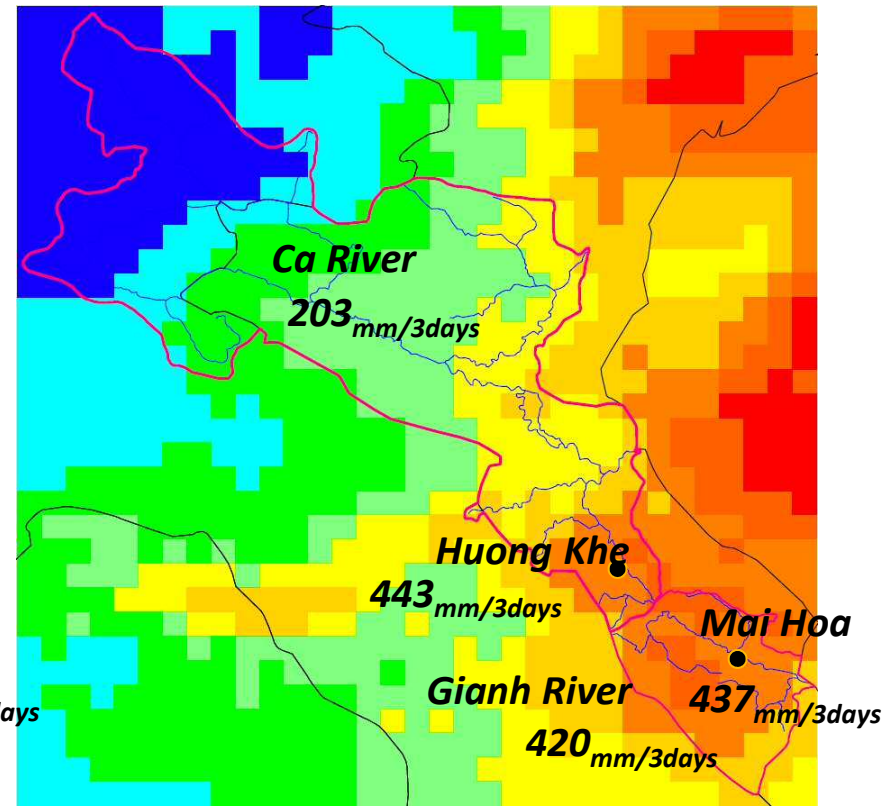
Pilot Areas : Huong Khe, Ca River Basin  
Mai Hoa, Gianh River Basin



# (3)-2 2日雨量及び3日雨量に関する 10年確率雨量の算定 (1/10)



**2-days precipitation**



**3-days precipitation**

Used Data:2003-2011 (9 years)

### (3)-3 洪水管理面での確率雨量の活用

各河川流域で3日雨量に関する確率雨量を算定(1/3, 1/5, 1/10...)

	Ca River	Gianh River
1/3	156 mm	252 mm
1/5	177 mm	317 mm
1/10	203 mm	420 mm
1/30	243 mm	633 mm
...	...	...

世界のいかなる河川流域・地域でもGSMPデータを用いて確率雨量を算定することが可能。

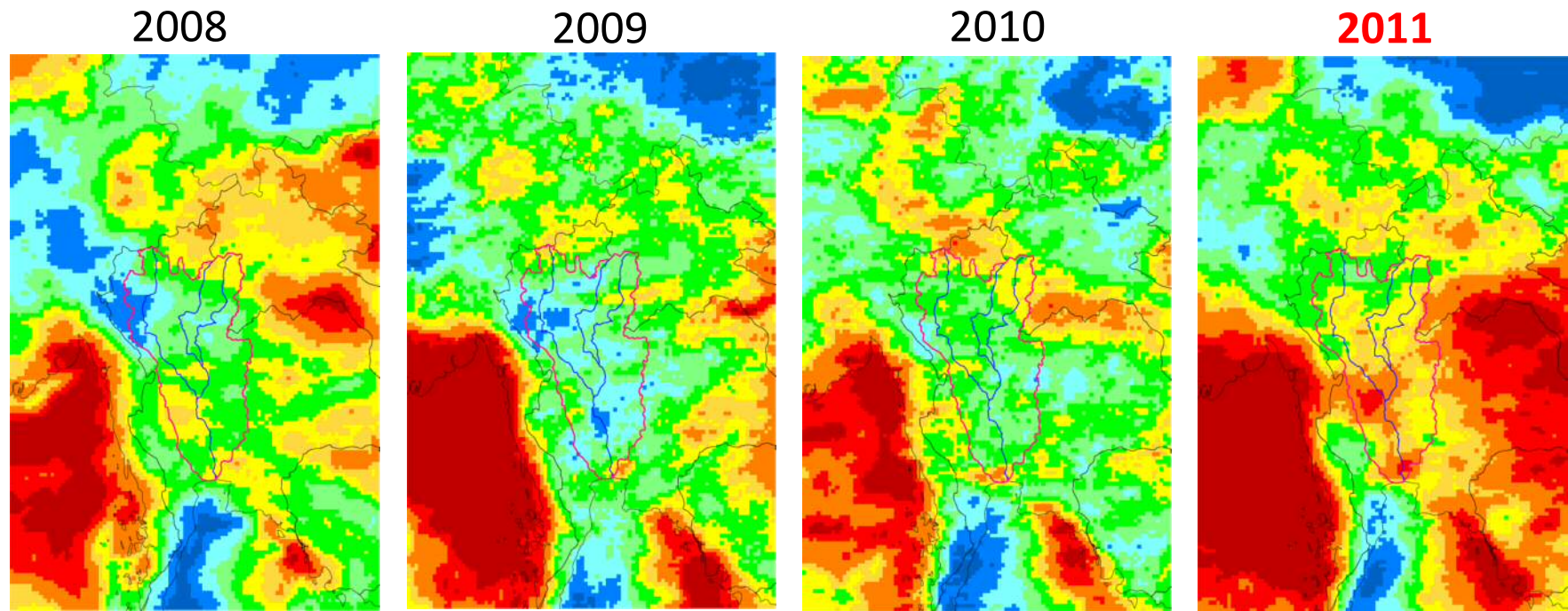
地上観測体制と連携しつつ、これまでの経験上、一定の閾値(例えば1/10確率雨量)を超過した時点で洪水警報の発令が可能となる

**Flood Alert**

- ・ 住民避難の開始
- ・ 水防活動、浸水対策の準備

# (4)-1 2011年 タイ・チャオプラヤ川洪水のレビュー と雨量情報配信システムの構築

GSMaPによる衛星観測雨量データを用いれば、地上観測データによらずとも3ヶ月の流域平均雨量を算出できる。(2008年から2011年までの7-9月の算定例)



Basin mean precipitation in Chao Phraya River Basin from July to September

518mm

424mm

527mm

**710mm**

DATA/ GSMaP MVK(2008)  
GSMaP NRT(2009-2011)

Average(Bangkok)



0 200 300 400 500 600 700 800 1,000 1,200(mm) 62

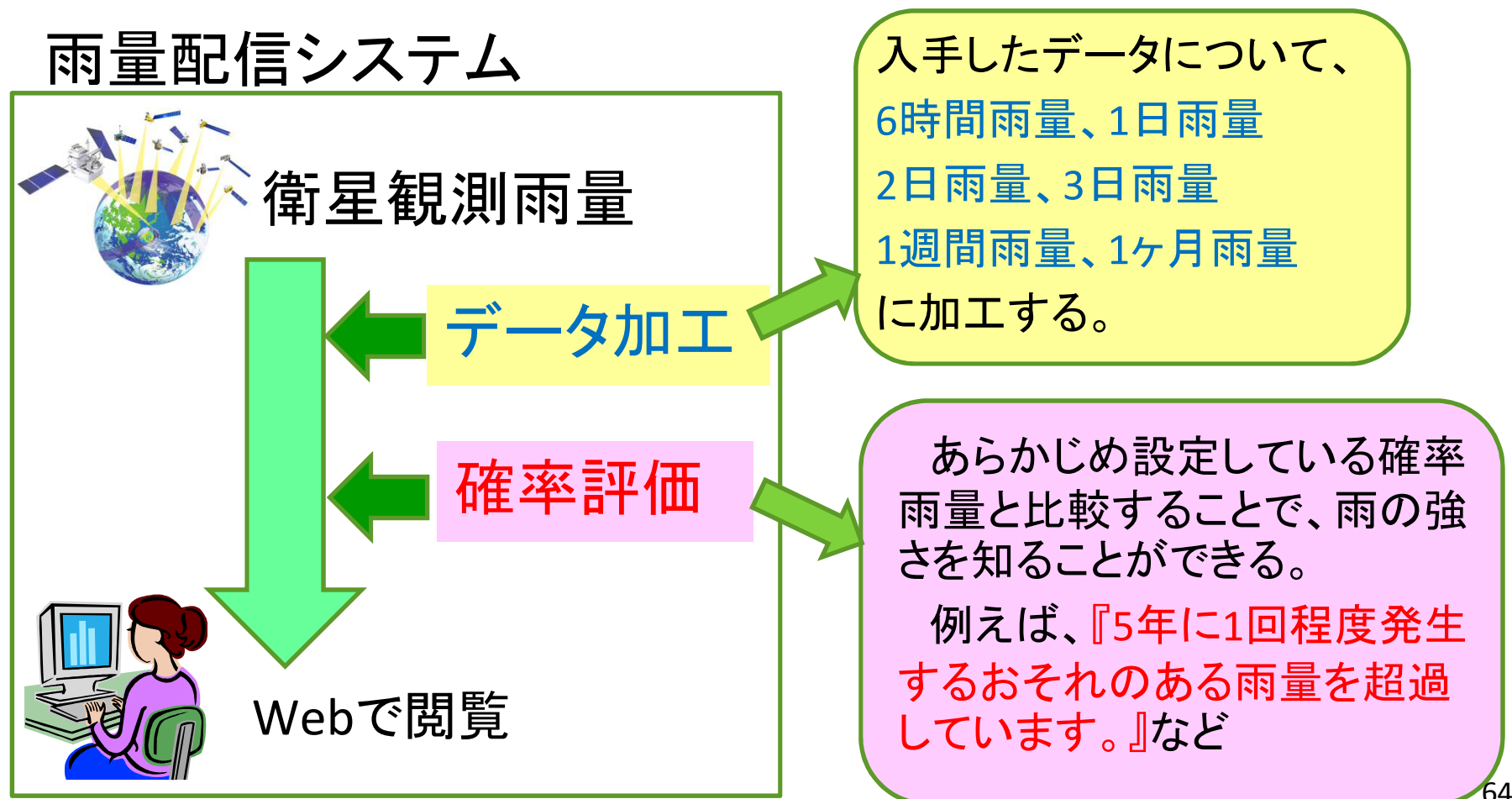
## (4)-2 GSMPによる衛星観測雨量の 洪水管理への活用

	2008	2009	2010	Average of 3 years (2008-2010)	2011 (compared to 3 years average)
July	164mm	128mm	147mm	146mm	205mm (140%)
August	164mm	151mm	217mm	177mm	225mm (127%)
September	190mm	145mm	162mm	166mm	279mm (168%)
Total rainfall in 3 months	518mm	424mm	527mm	490mm	710mm (145%)

- ・ 2011年の7-8月の雨量は過去3カ年に比べて27-40%多く、9月は68%も多かった。
- ・ 過去3カ年に比べてより多い雨量が観測されていた**8月末の時点で、仮に9月の雨量も更に多ければ、過去に例のない大規模な洪水の発生が懸念されていた**のではないか。
- ・ このように、**8月末の時点で考えられる準備・対策**が講じられていれば、少なくとも今回のような**大規模な影響を回避、又は最小化**できたのではなかろうか？

## (4)-3 衛星観測雨量データの自動配信システム

タイ国において、衛星観測雨量(GSMaP)を用いて**確率評価**を行った。そして各河川流域・Tambon地域別に衛星観測雨量を1時間ごとに画像表示し、確率雨量の超過状況を整理した。





# (4)-4 衛星観測雨量データの自動配信システム - 流域別閲覧画面のイメージ <1/2>-

## ■トップ画面(河川流域)

**Precipitation Automatic Transmission System**

① Basin を選択

② 衛星観測雨量を選択

- ・1 hour
- ・6 hours
- ・1 day
- ・2 days
- ・3 days
- ・week
- ・month

③ 表示させる年月日時を選択

④ 流域をクリック  
Click !

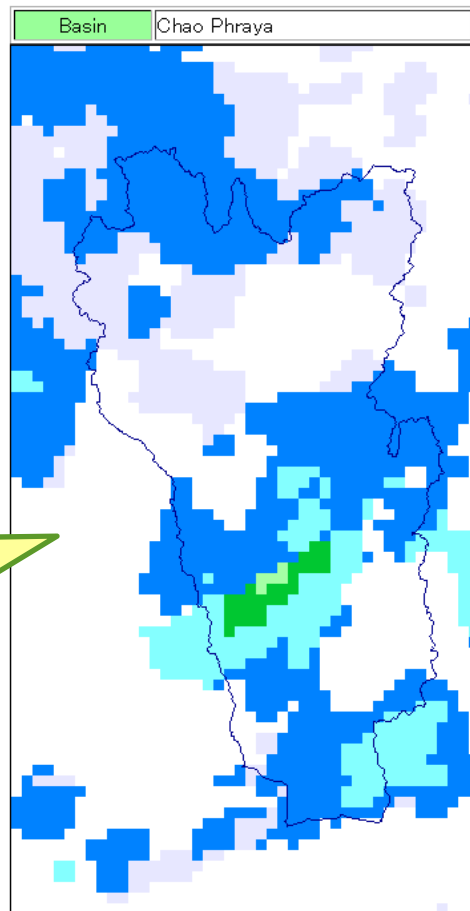
Basinを選択した場合、Basinの一覧表(確率規模、雨量)を表示

Basin	Period	week
Chao Phraya	1/5(99.9mm)	101.65mm

# (4)-5 衛星観測雨量データの自動配信システム - 流域別閲覧画面のイメージ <2/2>-

## ■チャオプラヤ川流域画面

選択した時間の衛星観測雨量分布を表示



0 1 5 10 20 30 40 50 (mm/h)

period precipitation (mm)							
period	1-hour	6-hours	1-day	2-days	3-days	week	month
1/2	3.3	15.6	31.5	50.2	59.1	80.8	217.4
1/3	3.8	18	36	57.5	66.8	89.8	236.4
1/5	4.4	20.3	41.4	65	75.4	99.9	257.5
1/10	5.2	22.7	48.7	73.5	86.2	112.5	284.1
1/30	6.4	25.4	60.8	84.5	102.5	131.6	324.2

基準となる確率雨量を表示

Basin average precipitation (mm)							
date	1-hour	6-hours	1-day	2-days	3-days	week	month
2011/09/13 20:00	2.17	10.71	24.07	42.49	55.83	101.65	306.24
2011/09/13 19:00	1.93	10.06	22.78	41.12	54.28	100.05	304.59
2011/09/13 18:00	1.58	9.04	21.4	39.86	52.79	99.09	303.1
2011/09/13 17:00	1.23	8.14	21.6	38.79	51.48	98.36	301.83
2011/09/13 16:00	2	7.35	22.13	38.11	51.28	97.9	300.8
2011/09/13 15:00	1.79	6.13	21.73	37.46	50.33	96.83	299.15
2011/09/13 14:00	1.53	5.03	21.3	37.18	49.52	96.09	297.82
2011/09/13 13:00	0.91	4.1	20.93	37.21	49.74	95.48	296.8
2011/09/13 12:00	0.69	3.69	21.02	37.59	50.46	95.41	296.42
2011/09/13 11:00	0.44	3.35	21.13	37.75	51.33	95.4	296.22
2011/09/13 10:00	0.78	3.72	21.36	37.79	52.21	95.61	296.12
2011/09/13 09:00	0.69	3.73	21.6	37.41	52.7	95.01	295.56
2011/09/13 08:00	0.6	3.8	21.8	37.03	53.16	94.47	295.03
2011/09/13 07:00	0.5	3.9	21.89	36.64	53.28	94.04	294.53
2011/09/13 06:00	0.34	4.06	22	36.25	53.16	93.64	294.13
2011/09/13 05:00	0.82	4.3	22.02	36	53.14	93.45	293.81
2011/09/13 04:00	0.79	3.94	21.46	35.36	52.32	92.65	293
2011/09/13 03:00	0.75	4.24	20.91	34.68	51.56	91.9	292.23
2011/09/13 02:00	0.7	4.54	20.4	34.07	50.83	91.2	291.52
2011/09/13 01:00	0.65	4.71	20	33.49	50.47	90.55	290.87
2011/09/13 00:00	0.59	4.61	19.68	33.18	50.27	89.97	290.26
2011/09/12 23:00	0.46	5.81	19.45	32.92	50.2	89.5	289.71
2011/09/12 22:00	1.09	7.11	19.42	32.85	50.38	89.17	289.26
2011/09/12 21:00	1.05	7.63	18.77	32.05	51.16	88.75	288.22
2011/09/12 20:00	0.88	7.94	18.42	31.76	52.12	88.5	287.23

衛星観測雨量を表示。  
確率規模を超えた場合、着色されて注意喚起を促す。

1/2 1/3 1/5 1/10 1/30

download

# (4)-6 衛星観測雨量データの自動配信システム

## - Tambon (行政区域) 別閲覧画面のイメージ <1/2> -

### ■トップ画面 (Tambon)

**Precipitation Automatic Transmission System**

**① Tambonを選択**

**② 衛星観測雨量を選択**

- ・1 hour
- ・6 hours
- ・1 day
- ・2 days
- ・3 days
- ・week
- ・month

**③ 表示させる年月日時を選択**

**④ 見たいTambonが所属するエリアをClick!**

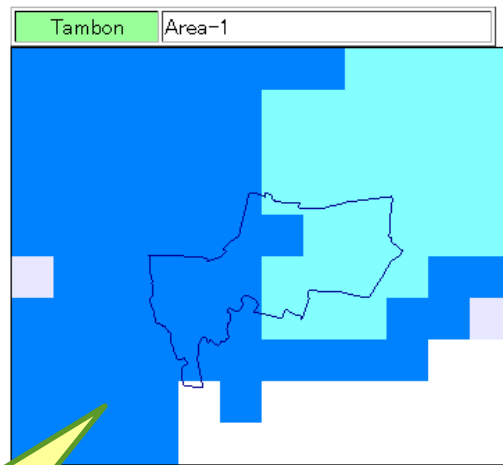
**⑤ 見たいTambonをClick!**

1/2
1/3
1/5
1/10
1/30

# (4)-7 衛星観測雨量データの自動配信システム

## - Tambon (行政区域) 別閲覧画面のイメージ <2/2> -

### ■ Tambon画面



選択した時間の衛星観測雨量分布を表示

period precipitation (mm)							
period	1-hour	6-hours	1-day	2-days	3-days	week	month
1/2	3.3	15.6	31.5	50.2	59.1	80.8	217.4
1/3	3.8	18	36	57.5	66.8	89.8	236.4
1/5	4.4	20.3	41.4	65	75.4	99.9	257.5
1/10	5.2	22.7	48.7	73.5	86.2	112.5	284.1
1/30	6.4	25.4	60.8	84.5	102.5	131.6	324.2

基準となる確率雨量を表示

Tambon average precipitation (mm)							
date	1-hour	6-hours	1-day	2-days	3-days	week	month
2011/09/13 20:00	2.17	10.71	24.07	42.49	55.83	101.65	306.24
2011/09/13 19:00	1.93	10.06	22.78	41.12	54.28	100.05	304.59
2011/09/13 18:00	1.58	9.04	21.4	39.86	52.79	99.09	303.1
2011/09/13 17:00	1.23	8.14	21.6	38.79	51.48	98.36	301.83
2011/09/13 16:00	2	7.35	22.13	38.11	51.28	97.9	300.8
2011/09/13 15:00	1.79	6.13	21.73	37.46	50.33	96.83	299.15
2011/09/13 14:00	1.53	5.03	21.3	37.18	49.52	96.09	297.82
2011/09/13 13:00	0.91	4.1	20.93	37.21	49.74	95.48	296.8
2011/09/13 12:00	0.69	3.69	21.02	37.59	50.46	95.41	296.42
2011/09/13 11:00	0.44	3.35	21.13	37.75	51.33	95.4	296.22
2011/09/13 10:00	0.78	3.72	21.36	37.79	52.21	95.61	296.12
2011/09/13 09:00	0.69	3.73	21.6	37.41	52.7	95.01	295.56
2011/09/13 08:00	0.6	3.8	21.8	37.03	53.16	94.47	295.03
2011/09/13 07:00	0.5	3.9	21.89	36.64	53.28	94.04	294.53
2011/09/13 06:00	0.34	4.06	22	36.25	53.16	93.64	294.13
2011/09/13 05:00	0.82	4.3	22.02	36	53.14	93.45	293.81
2011/09/13 04:00	0.79	3.94	21.46	35.36	52.32	92.65	293
2011/09/13 03:00	0.75	4.24	20.91	34.68	51.56	91.9	292.23
2011/09/13 02:00	0.7	4.54	20.4	34.07	50.83	91.2	291.52
2011/09/13 01:00	0.65	4.71	20	33.49	50.47	90.55	290.87
2011/09/13 00:00	0.59	4.61	19.68	33.18	50.27	89.97	290.26
2011/09/12 23:00	0.46	5.81	19.45	32.92	50.2	89.5	289.71
2011/09/12 22:00	1.09	7.11	19.42	32.85	50.38	89.17	289.26
2011/09/12 21:00	1.05	7.63	18.77	32.05	51.16	88.75	288.22
2011/09/12 20:00	0.88	7.94	18.42	31.76	52.12	88.5	287.23

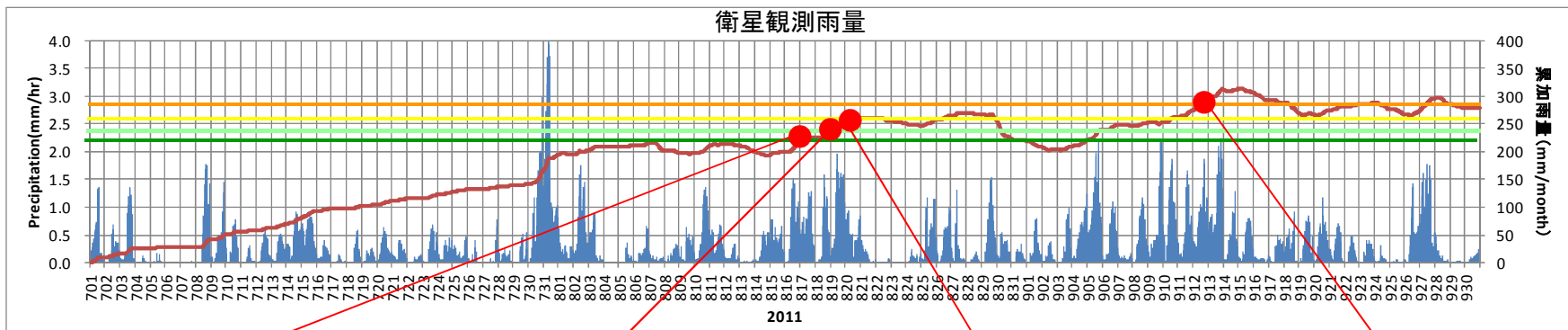
衛星観測雨量データを表示。確率規模を超えた場合、着色されて注意喚起を促す。

1/2 1/3 1/5 1/10 1/30

download

# (4)-8 システムを用いた雨量の長期的傾向把握

## 2011年7-9月における月雨量の長期的傾向の再現



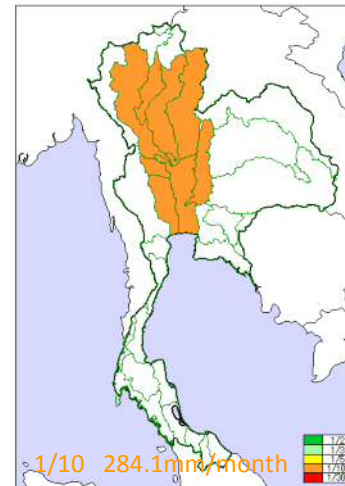
8/17 5:00 1ヶ月雨量  
確率規模1/2を超える



8/19 9:00 1ヶ月雨量  
確率規模1/3を超える



8/20 21:00 1ヶ月雨量  
確率規模1/5を超える



9/12 17:00 1ヶ月雨量  
確率規模1/10を超える

衛星雨量観測から、8月中旬には確率規模1/2を超え、9月中旬には確率規模1/10を超えるなど、例年になく洪水リスクの高まりが懸念されていた。

## 6. 全体のまとめ

- 2011年のアメリカ、タイでの洪水について詳細な調査を行った結果、
  - アメリカの洪水では、過去の大規模洪水被害を踏まえた計画・洪水防御施設の機能が十分発揮され被害軽減に寄与したと言える。
  - その一方で、元来洪水に脆弱なタイでは、十分な対策が実施されなかったため、今回のような大規模な被害が生じることとなった。
  - これらから、いずれも社会生活・経済活動を下支える洪水防御計画・施設の重要性が再認識された事例ではなかったか。
  
- 我が国に対する教訓・今後の方向性として、
  - これらを教訓とした治水計画・事業の重要性を再認識。
  - タイで発生したような大規模な洪水・浸水に対する備えの充実。  
(最悪シナリオの再検証)
  - タイ洪水のフォロー、国際協力の一層の推進と実効性のフォロー。
  - 衛星雨量観測データの活用可能性検討、各国での適用・普及。

## 謝 辞

- 国土交通省 河川計画課、海外プロジェクト推進課
- アメリカ現地調査: USACE MVD、Memphis District、New Orleans District、FEMA、ルイジアナ州政府
- タイ現地調査: 首相府、工業省、BMA、DWR、RID、DDPM、TMD、EIT、AIT、ナワナコン工業団地、バンケン浄水場、ESCAP、国土交通省・土木学会合同調査団の皆様
- 在タイ日本大使館、JICA、東京大学沖研究室



2012年1月30日 USACE MVD  
訪問



2011年12月23日 キティラット副首相  
面談(首都大学東京・河村教授提供)

ご清聴、ありがとうございました

**Please contact to [2bu01@idi.or.jp](mailto:2bu01@idi.or.jp):**

**IFNet: <http://www.internationalfloodnetwork.org>**

**GFAS: <http://gfas.internationalfloodnetwork.org/n-gfas-web/>**