

頻発する世界の洪水に対する対策 (インダス川を例として)

2015年11月10日

三宅 且仁

国立研究開発法人 土木研究所

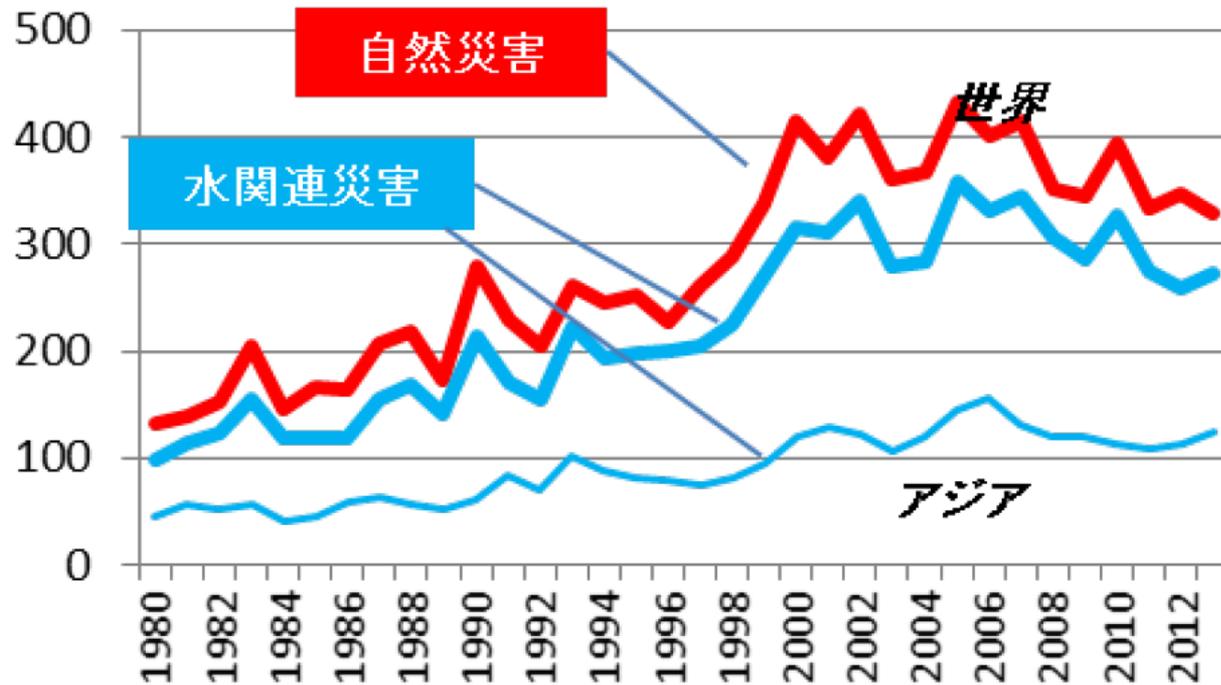
水災害・リスクマネジメント国際センター

International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM)

Under the auspices of UNESCO

Public Works Research Institute (PWRI)

増加する水災害



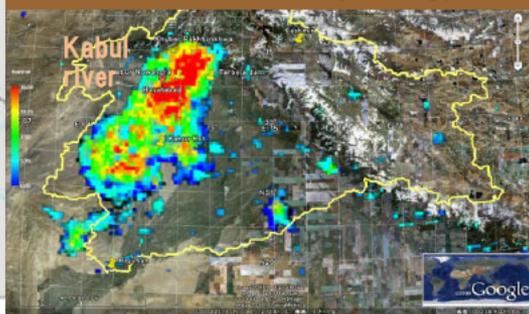
水災害発生件数の推移(1980-2013)

Made by ICHARM based on CRED EM-DAT



パキスタンの大洪水 (2010年7~8月)

Satellite based rainfall
GSMaP ICHARM modified (29 July)



Balochistan
Deaths: 48
Injured: 102
Damaged Houses: 75,261
Pop Aff.: 700,000*

*An additional 600,000 IDPS from Sindh are living in Balochistan

Khyber Pakhtunkhwa
Deaths: 1,156
Injured: 1,198
Damaged Houses: 200,799
Pop Aff.: 3,800,000

Gilgit - Baltistan
Deaths: 183
Injured: 60
Damaged Houses: 2,820
Pop Aff.: 100,000

AJK
Deaths: 71
Injured: 87
Damaged Houses: 7,108
Pop Aff.: 200,000

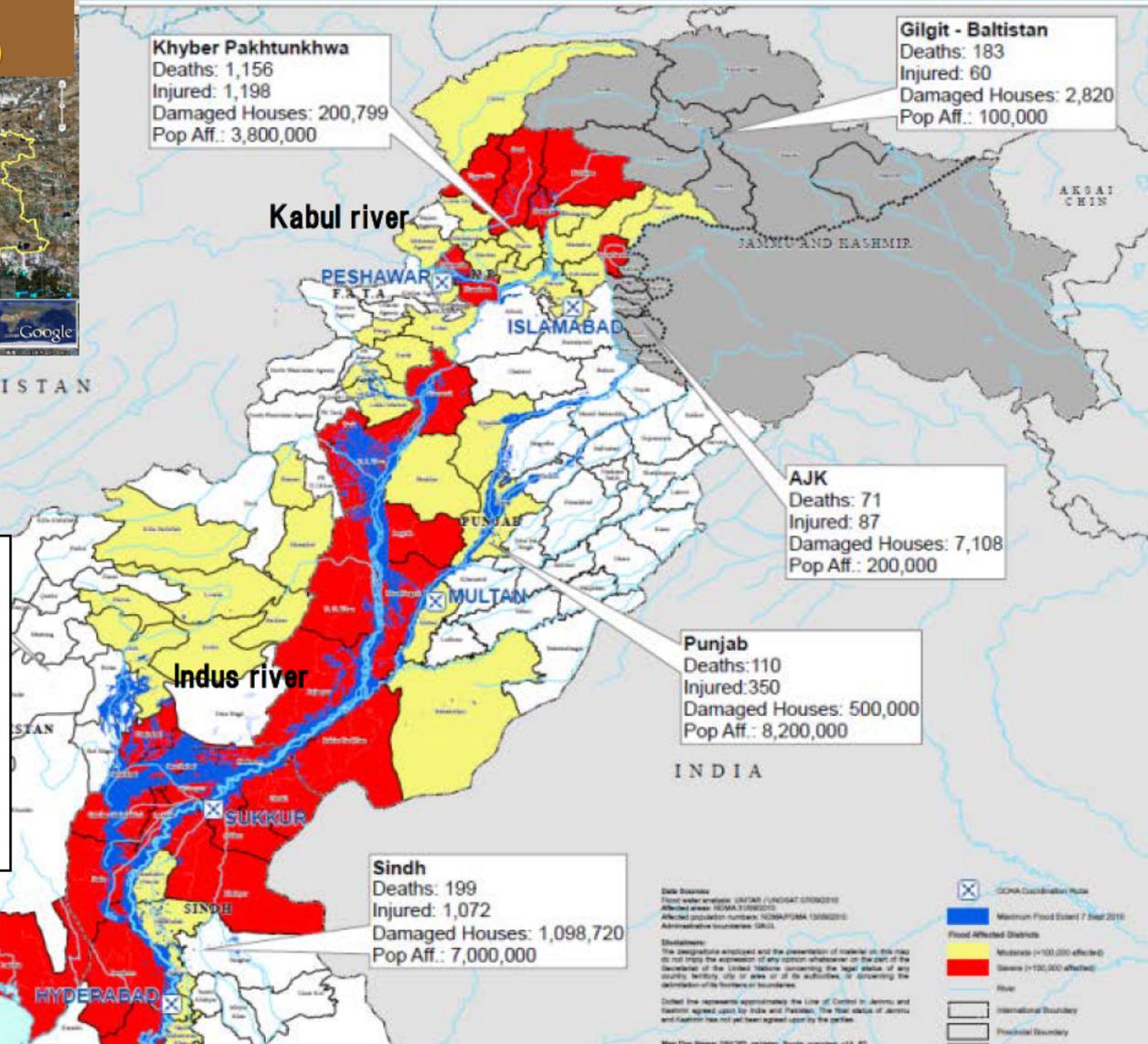
Punjab
Deaths: 110
Injured: 350
Damaged Houses: 500,000
Pop Aff.: 8,200,000

Sindh
Deaths: 199
Injured: 1,072
Damaged Houses: 1,098,720
Pop Aff.: 7,000,000

被害の概要

- ・ 浸水範囲: 160,000 km²
- ・ 直接被害: 100 億ドル
- ・ 死者数: 1,985名
- ・ 影響人口: 2,000万人

Source: Annual Flood Report 2010
(MOWP, Pakistan Government)



Legend:
 Blue: Maximum Flood Extent 7 Sept 2010
 Yellow: Moderate (<100,000 affected)
 Red: Severe (>100,000 affected)
 Blue line: River
 Grey line: International Boundary
 Grey line: Provincial Boundary

Scale:
 0 100 200 Kilometers
 0 100 200 Miles

Disclaimer:
 The designations employed and the presentation of material on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers.

Attribution:
 OCHA Distribution Note
 Data Source: Flood water analysis: UNISAT (UNOSAT 01060210) Affected areas: FEMA/SUNOSAT Affected population numbers: OCHA/IFEMA (09062010) Administrative boundaries: OCHA

Other:
 Dotted line represents approximately the Line of Control in Jammu and Kashmir and reflects positions agreed upon by India and Pakistan. The final status of Jammu and Kashmir has not yet been agreed upon by the parties.

赤: 被害が深刻なエリア (赤色)
Sources : OCHA

UNESCO ミッション、パキスタン政府との合意事項

(2010年8月23日から26日、イスラマバード)

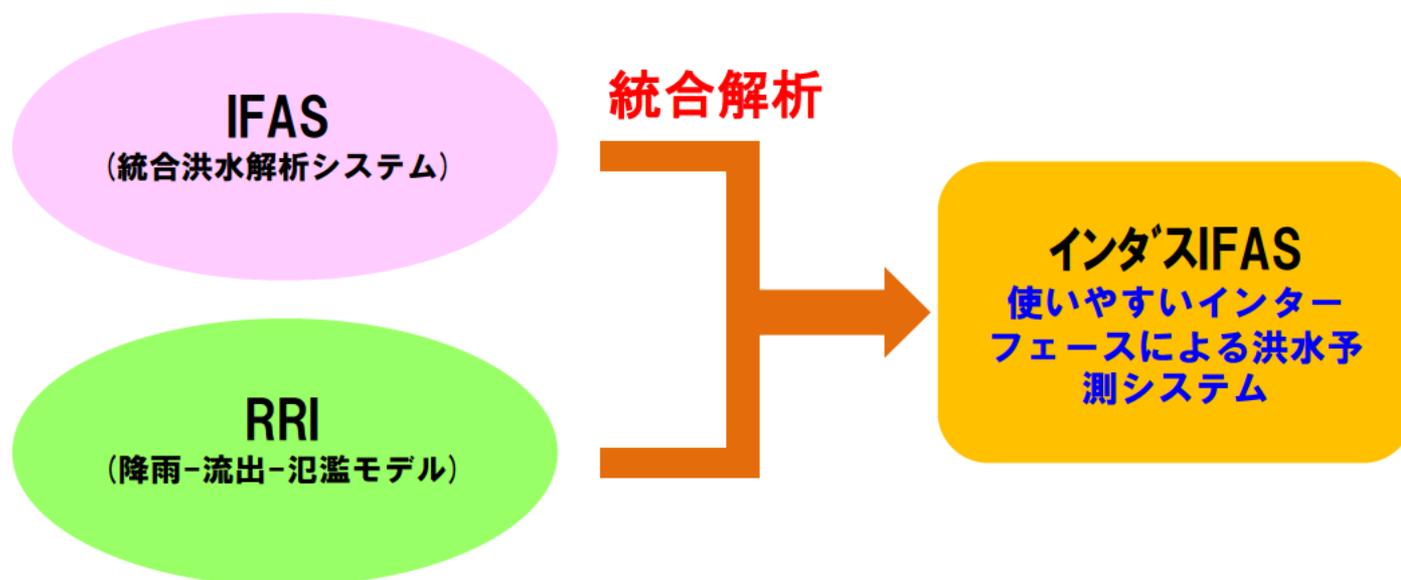
	短期 (1年以内)	中期 (2から3年)	長期 (3から5年)
総合的な洪水・流域管理	<ul style="list-style-type: none"> ・地元の技術水準向上のため洪水予報の水文モデルを向上できる箇所の確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水早期警報システムと関係づけた実時間洪水氾濫モデル ・リスク及びハザードマップの開発 ・洪水予報のパイロット地域での充実 ・雪と氷の被覆地図とモデル。 ・洪水原因の分析・河川地形の分析 ・WMOやUNESCOのネットワークを利用し(例えば、FRIENDやIFI)国境を越えるデータ入手の促進 ・洪水予報のためのレーダー範囲の拡大。 ・洪水予報のためリモートセンシングを活用した雨量データの利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水による地下水涵養の安全性調査 ・地下水水質、環境の洪水インパクト調査 ・パキスタンの気象・水文ネットワークと関連づけた地下水モニタリングネットワークの構築 ・ペシャワール地域でのフッ素、カスール地域での砒素の高含有量の評価
緊急事態のための地下水資源	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急な地下水資源に関するパイロット地域(マードン、ペシャワール峡谷)、及び地質水文学的に適当なサイト(バルチスタン州、パンジャブ州、シンド州)での地下水の脆弱性調査と地図の作成。 		<ul style="list-style-type: none"> ・組織間の連携と知識の拡充。 ・雪なだれの機構分析。 ・UNESCOネットワークを用いた総合的な環境地質学ネットワークの構築。 ・地すべりの水文・気象学的機構の解明。
地すべりと地盤の不安定	<ul style="list-style-type: none"> ・総合的な水文地質モデルの教育 ・地すべりによる災害に対処するための政策ガイドラインの拡充 		
教育・人材開発	<ul style="list-style-type: none"> ・不確定な事象を扱うための水文学及び地盤災害のリスクマネジメントについて政治家、政策立案者、高級管理者のために特化した教育訓練。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高等教育レベルの洪水予測専門家のために特化した教育訓練。 ・水関連省庁の中間技術者、管理者のための訓練。 ・パキスタンで現存する研究所のカリキュラムの更新。 ・地盤災害管理のためのレビュー、共同体の強化、学校教育。 ・水関連教育の現存研究所等の力量調査。 ・異常水文現象や地盤災害に関する水管理分野におけるパキスタン国内のUNESCOセンターの活性化。 	

ICHARMはユネスコプロジェクトに参加

“パキスタンにおける戦略的洪水予警報・洪水管理能力強化プロジェクト”

・ 3つの活動に参加

1. インダス川流域の大部分をカバーする洪水予測システムの開発

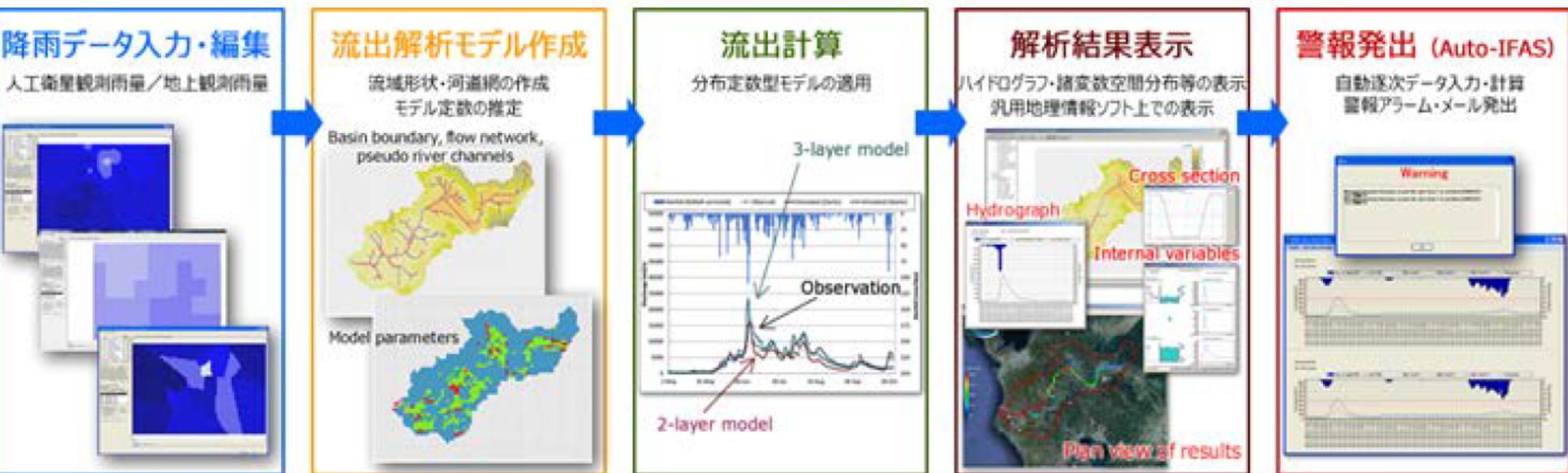


2. インダス川下流域におけるハザードマップ作成

3. パキスタン政府職員的能力強化

総合洪水解析システム

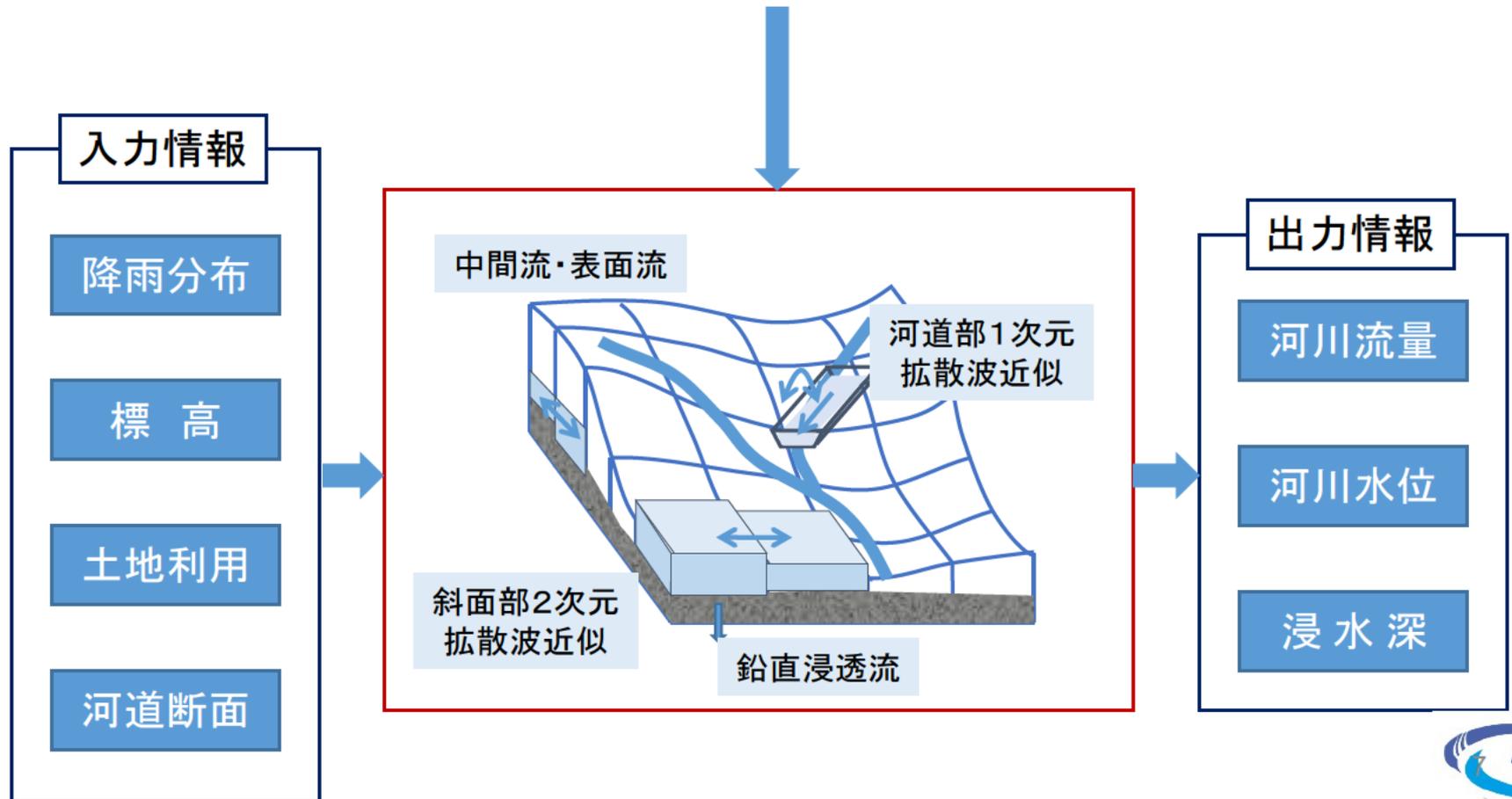
(IFAS : Integrated Flood Analysis System)



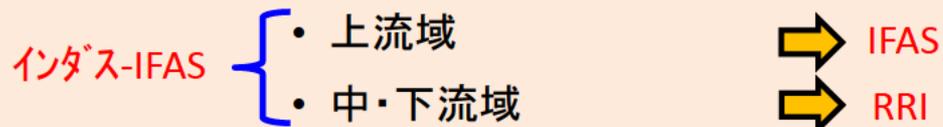
RRIモデル (Rainfall-Runoff-Inundation)

衛星情報や気象予測情報を活用し、世界各地の大規模洪水を河川流量から洪水氾濫まで準リアルタイムで一体的に予測する技術

降雨(Rainfall) – 流出 (Runoff) – 氾濫 (Inundation) → RRIモデル



インダス川流域モデリング



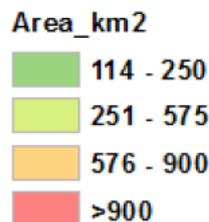
インダス川流域モデルの課題

- ・不十分な雨量計ネットワーク
- ・高山地域(標高7000m以上)における融雪のモデル化の困難さ



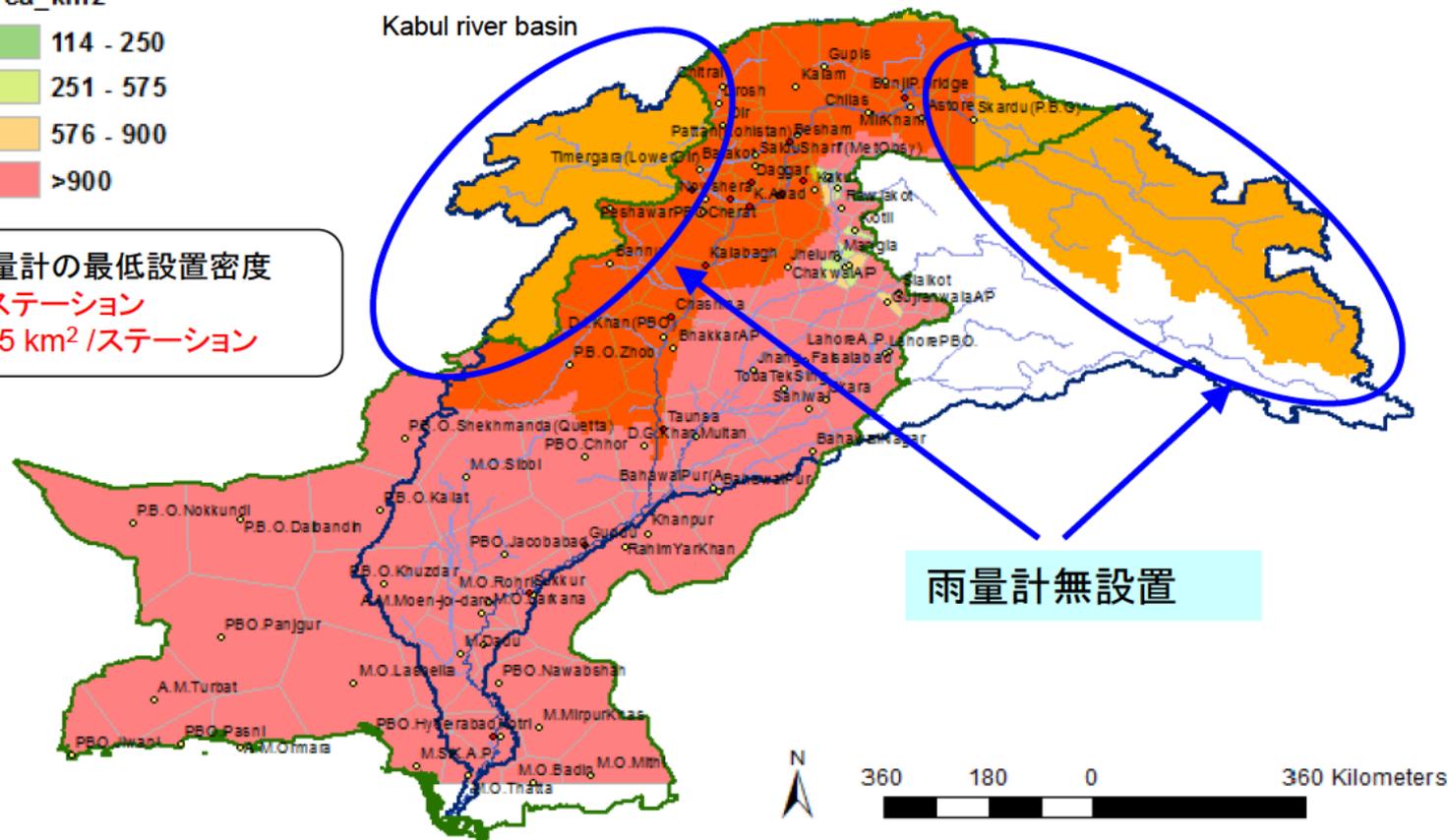
不十分な地上雨量観測ネットワーク

雨量計の設置密度



WMOが推奨する雨量計の最低設置密度

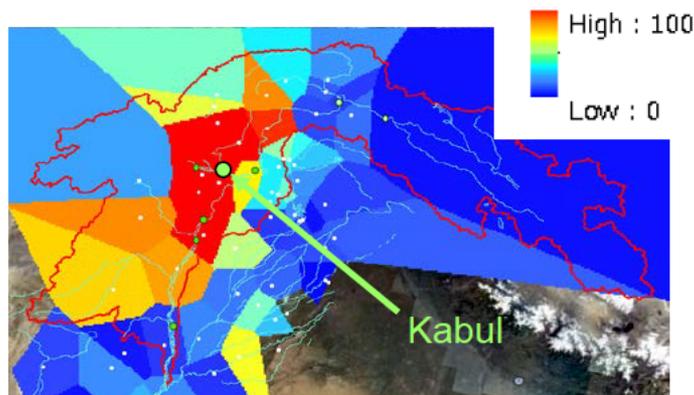
- ・ 山岳域: 250km^2 /ステーション
- ・ 平野部/丘陵地: 575km^2 /ステーション



- ・雨量計の設置密度が非常に低い (平均 $15,000\text{km}^2$ /ステーション)
- ・カブール川及び上流域には雨量計が無設置

衛星観測雨量の補正

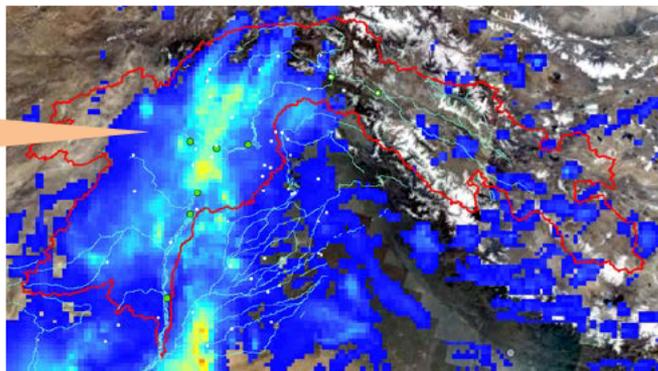
雨量分布 (2010/7/29)



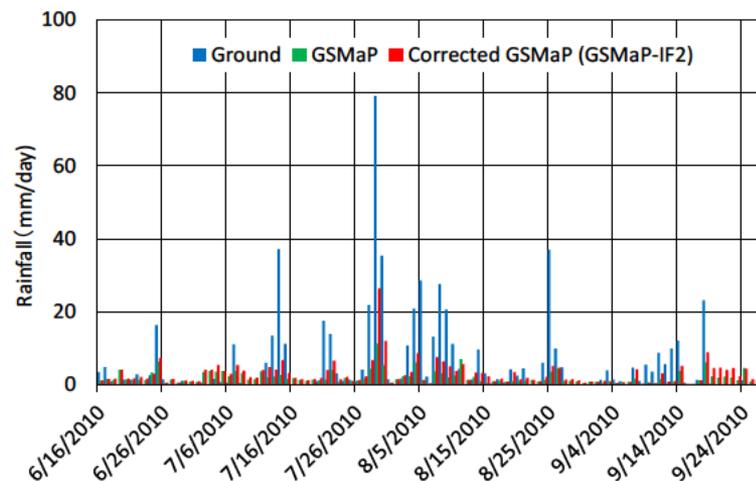
地上観測雨量
(ティーセン法による
内挿)

GSMaP NRT

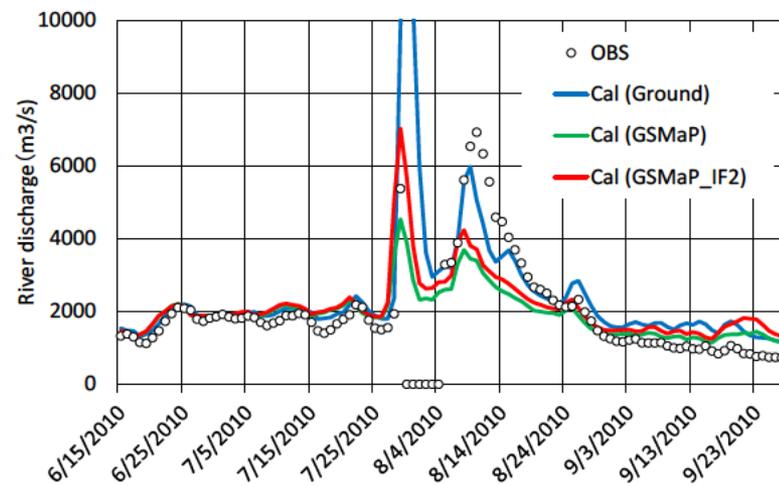
GSMaP による雨量は地上観測雨量に比較し小さい



日雨量 (カブール)

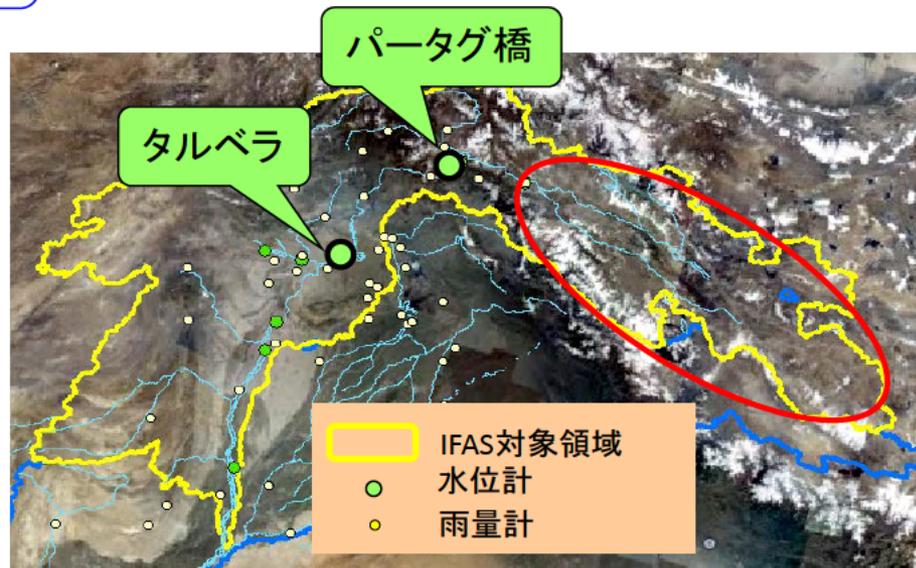
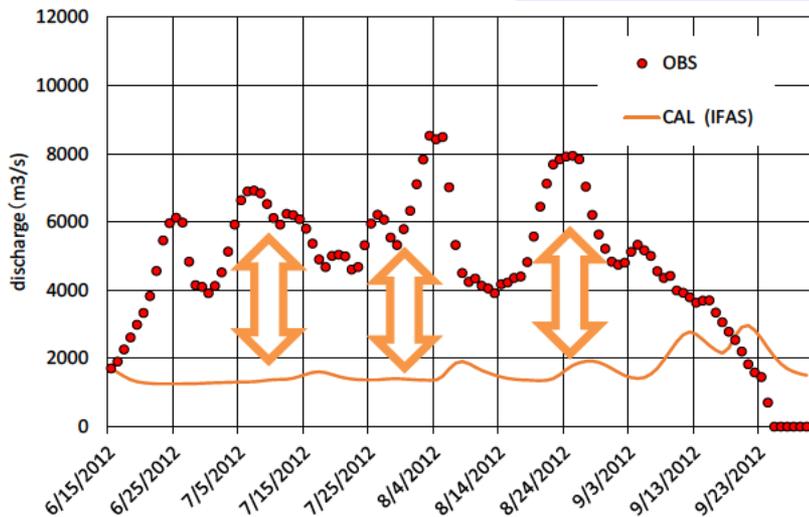


IFASによる結果 (カブール地点の流量)

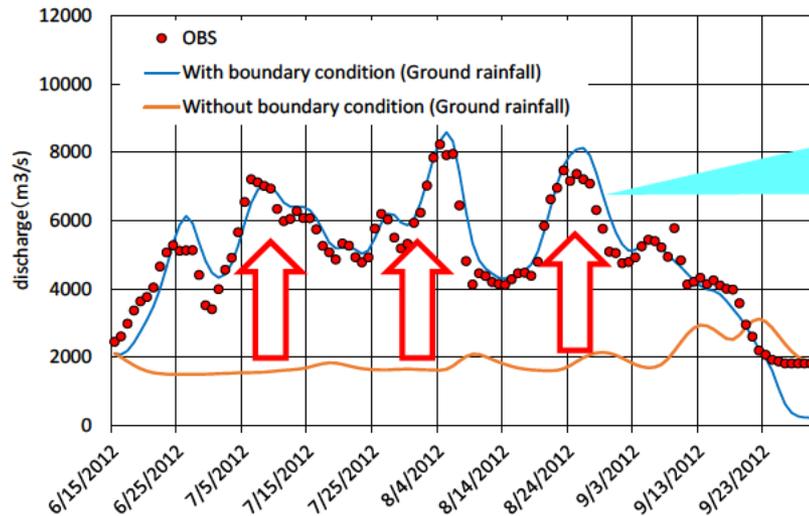


- ・雨量計の欠如
- ・融雪

IFASで計算された流量は観測された雨量よりも小



タルベラ

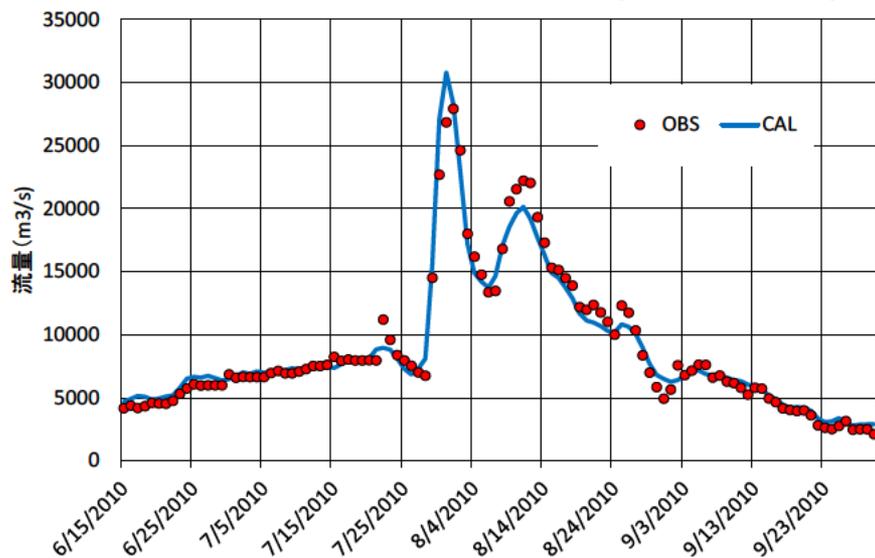


パートグ橋で観測された流量を境界条件としてインプットすることにより精度向上

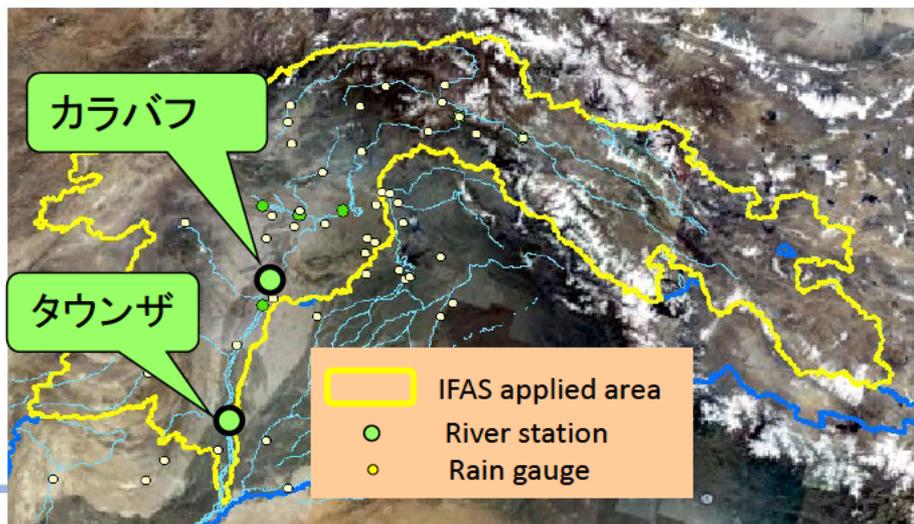
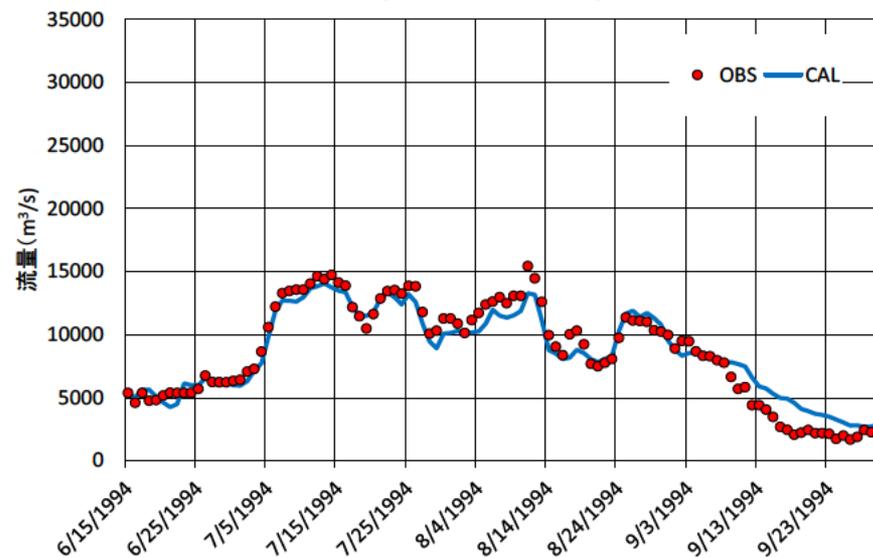
キャリブレーションと検証 (IFAS)

タウンザ

キャリブレーション (2010洪水)

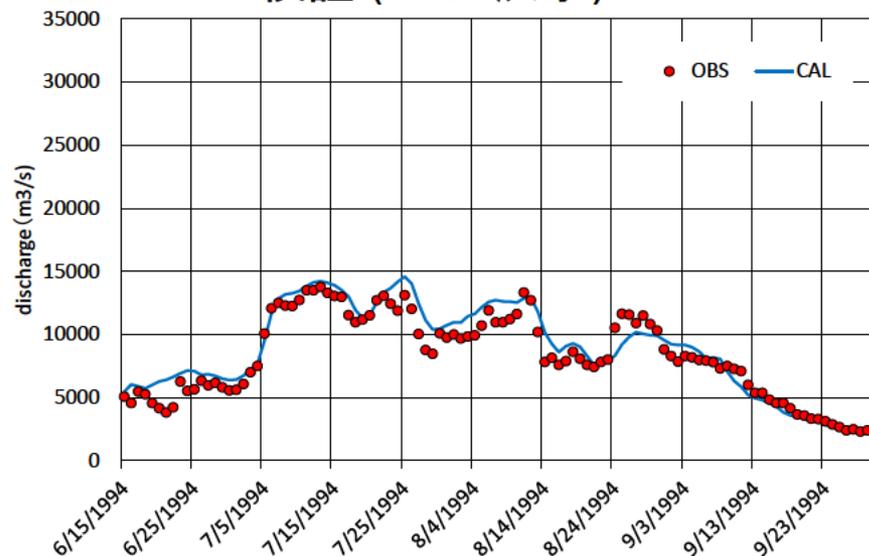


検証 (1994洪水)

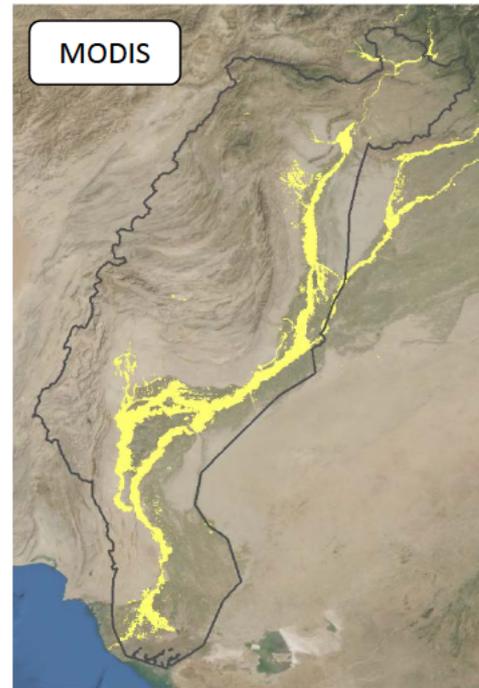
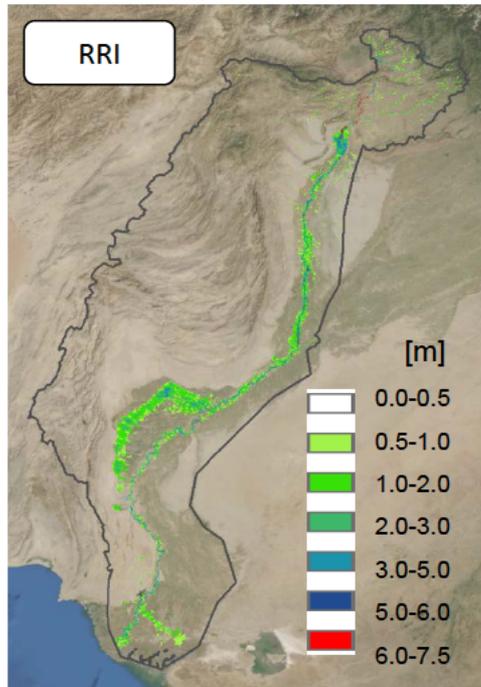


カラバフ

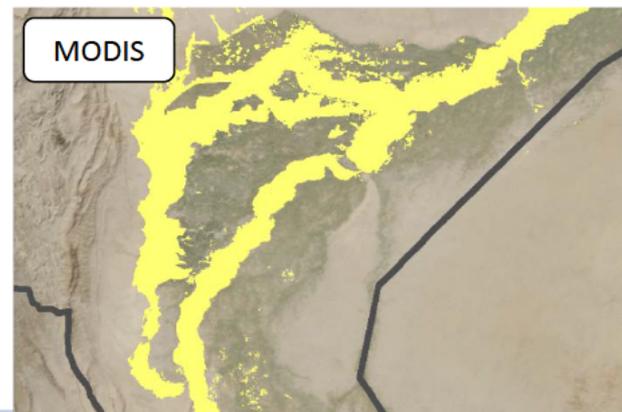
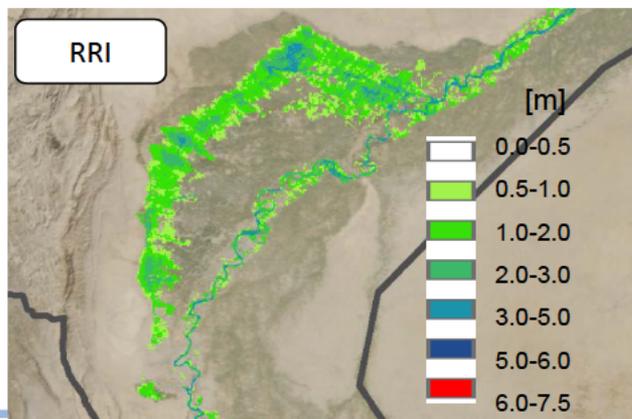
検証 (1994洪水)



2010年の氾濫域の検証 (RRI)



RRIモデルにより計算された最大洪水範囲及び浸水深(左)
MODISリモートセンシングにより計測された最大洪水範囲(右)



使いやすいインダス I F A S の画面

インプットデータ:

- 雨量データ (地上雨量計, GSMaP 及び 予測値)
- リアルタイム観測された流量データ

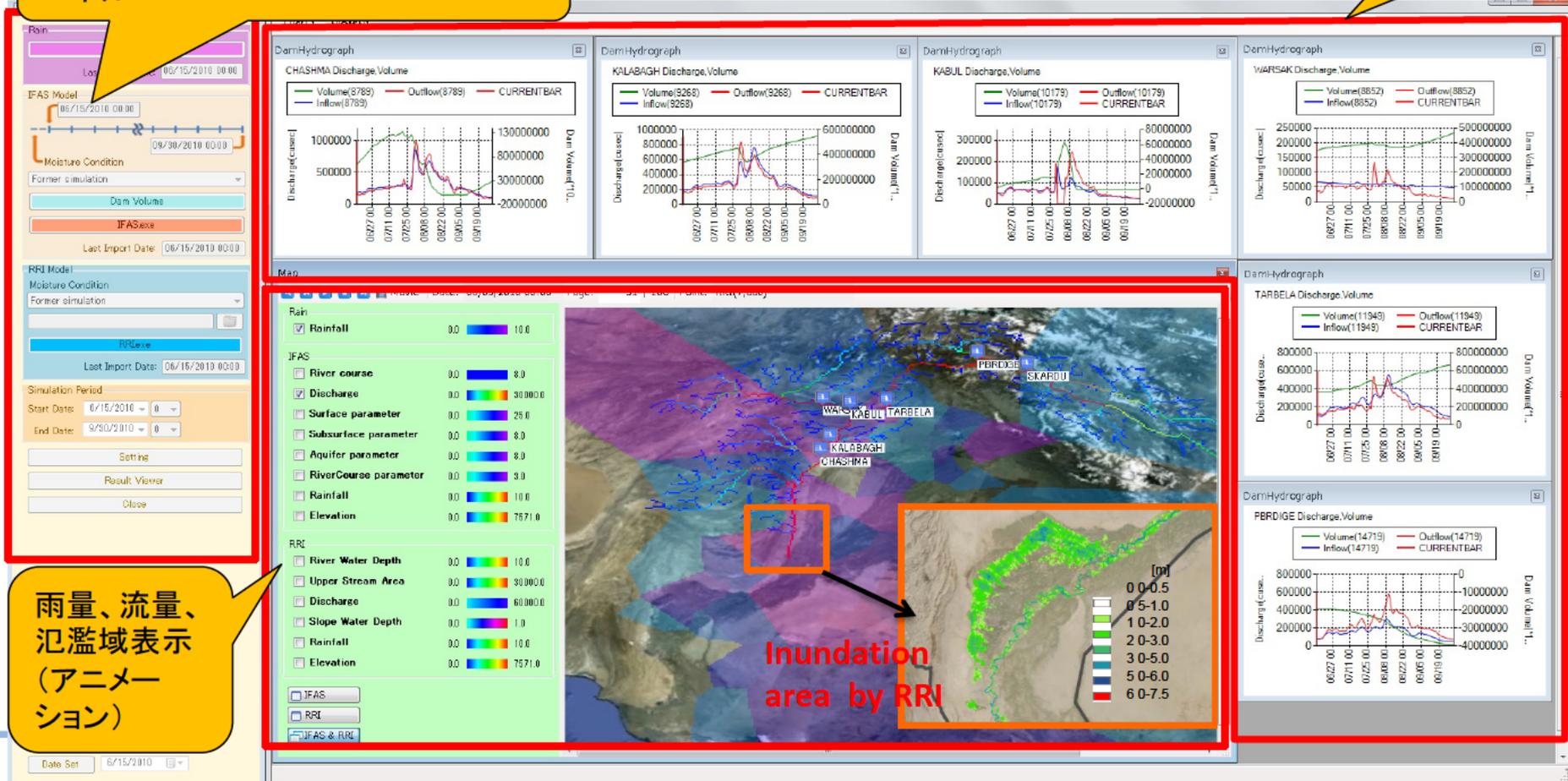


アウトプットデータ:

- 雨量分布図
- 特定地点のハイドログラフ
- インダス中下流域の氾濫分布

パラメータセッティング用コントロール
パネル

ハイドログラフ

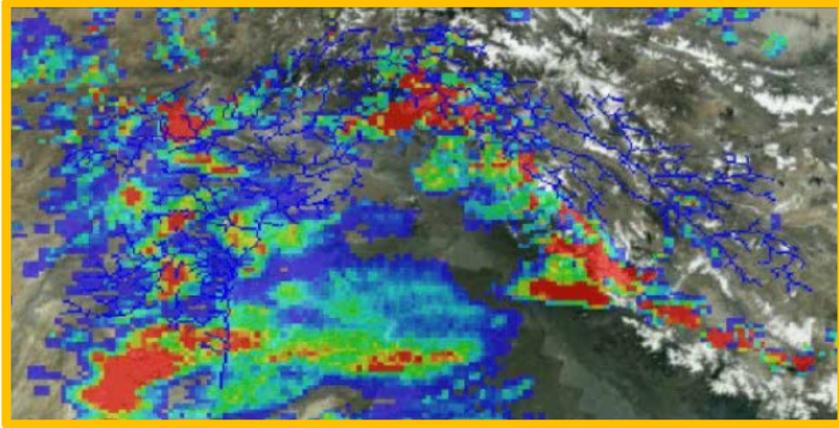


雨量、流量、
氾濫域表示
(アニメーション)

Inundation
area by RRI

アニメーション 表示(2010 洪水)

雨量



地表水と氾濫域 (RRI)



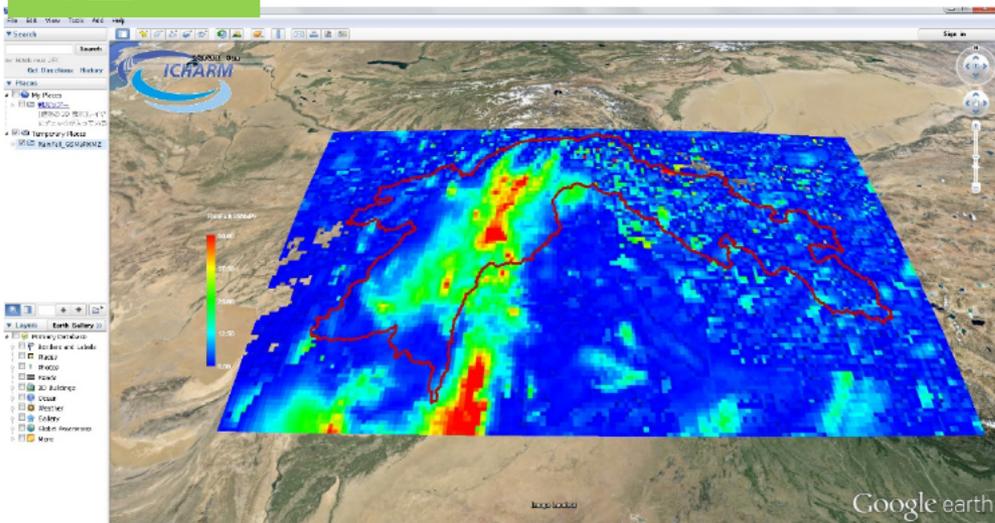
流量 (IFAS)



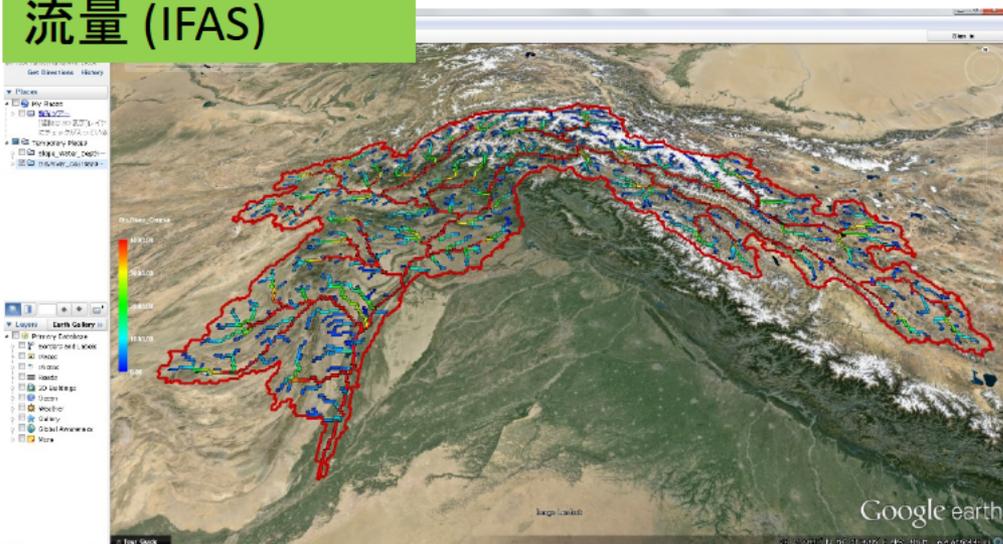
イメージ例

KML フォーマットに変換し Google earthで表示

雨量



流量 (IFAS)



地表水と氾濫域 (RRI)



インダス-IFAS 洪水予報のウェブページ (2014.6~)

パキスタン気象局, 洪水予報部による

(http://www.pmd.gov.pk/FFD/index_files/ifashyd.htm)

IFAS & RRI PRODUCTS

IFAS Products

UPPER INDUS

- [PARTAP BRIDGE](#)
- [TARBELA](#)
- [KABUL](#)
- [KALABAGH](#)
- [CHASHMA](#)

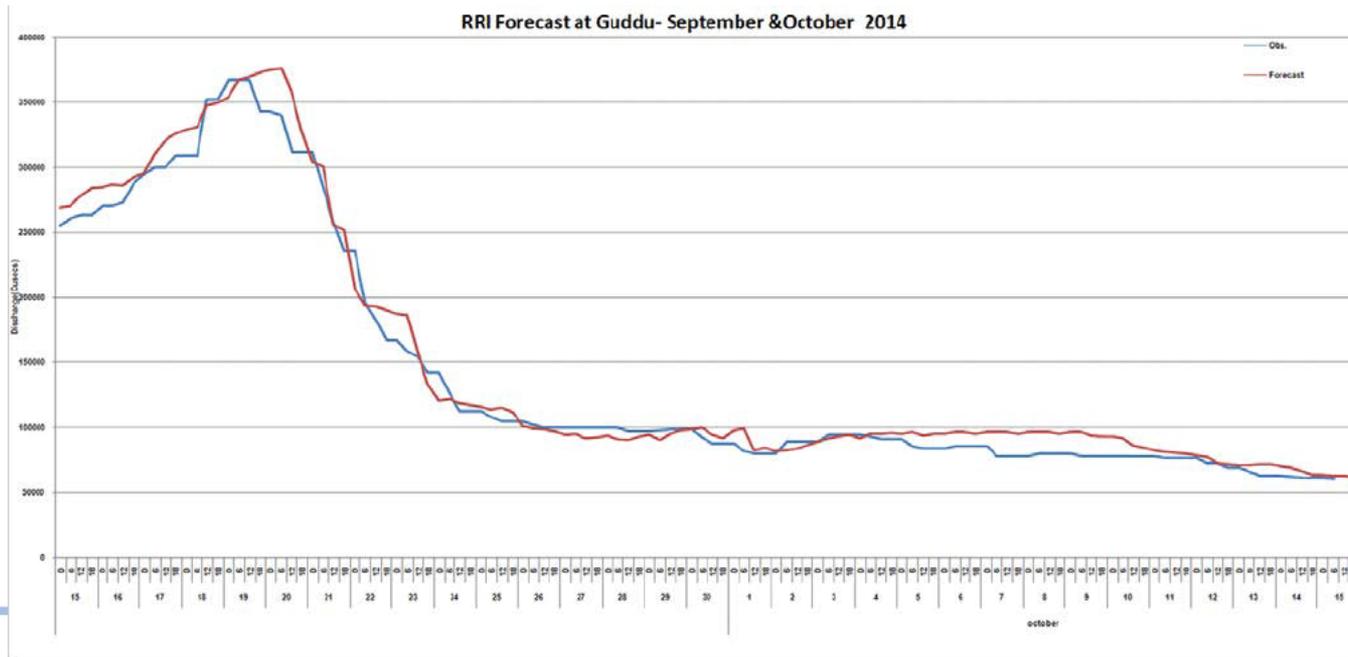
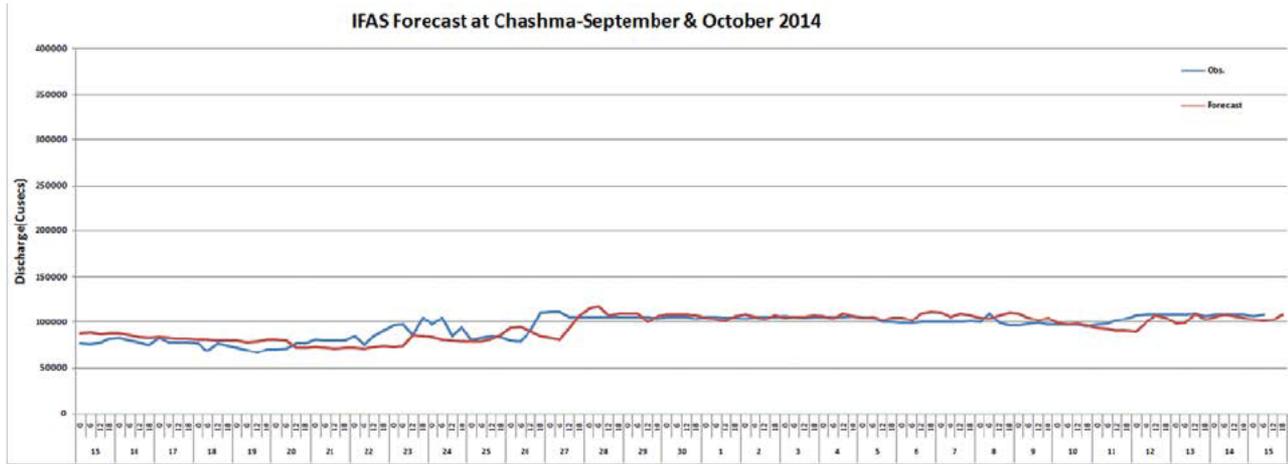
RRI Products

MIDDLE & LOWER INDUS

- [TAUNSA](#)
- [GUDDU](#)
- [SUJKHUR](#)

IFAS (Integrated Flood Analysis System) is a product of ICHARM (International Centre for Water Hazard and Risk Management) Japan and used internationally for flood analysis. This product has been customized over Indus river under the project "Strategic Strengthening of Flood Warning and Management Capacity of Pakistan" (2012-2014) and transformed into rainfall runoff forecasting model namely Indus-IFAS. The project was undertaken by UNESCO with the help of Government of Japan in collaboration with the Pakistan Met. Department. This model has the capability of forecasting a flood wave. Additional benefit of this model is that it covers the upstream Tarbela right from Skardu and the Kabul river catchment (which the FEWS lacks in the present shape) down to Kotri. The model was handed over to FFD/PMD in March 2014 and presently running on trial basis during this flood season for its calibration and validation. Another component of this model is Rainfall Runoff Inundation (RRI). The most useful tool to manage the flood water. This component also provided by ICHARM Japan under this project.

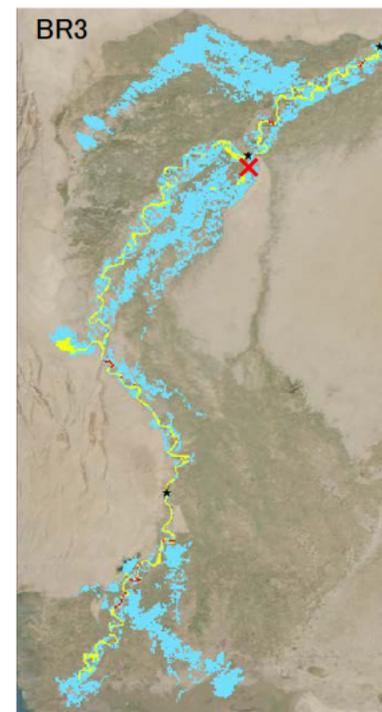
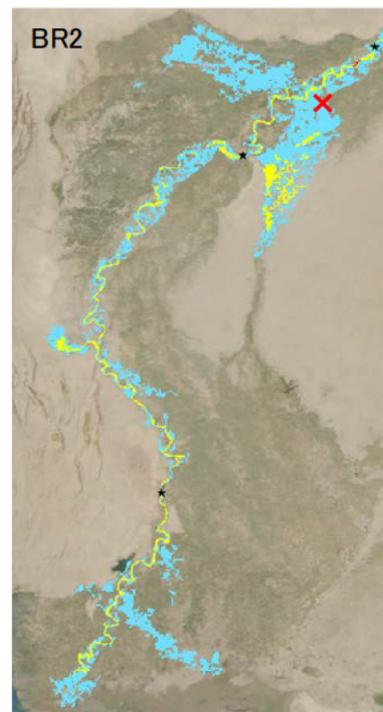
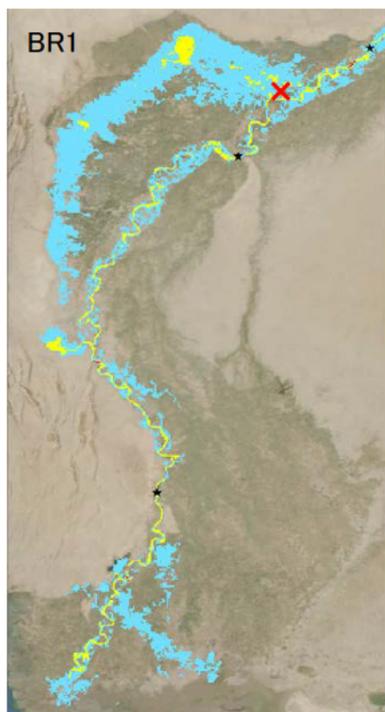
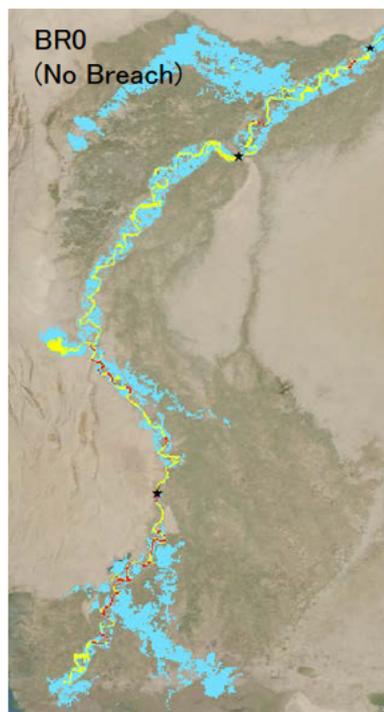
ウェブページによるインダス-IFAS 洪水予報



インダス川下流域の洪水氾濫予想図

12のシナリオ (3 生起確率 x 4 破堤シナリオ) による氾濫域をRRIモデルにより図化

洪水ハザードマップ (生起確率1/100)



(X : 想定破堤ポイント)

パキスタンの人材育成 (2012-13)

パキスタンの4名の政府職員 (PMD,
SPARCO) が ICHARM/GRIPS による
マスターコースを卒業



幹部職員への短期トレーニングコースを
提供



パキスタンでの国際ワークショップへの
貢献

現地でのインダスIFASトレ
ニング実施

まとめ

- ICHARMは、IFASとRRIのシステムをベースに衛星を利用した雨量観測を用いて洪水予報システム(インダス-IFAS)を開発した。
- 地上雨量観測計の少なさや不明確な融雪の寄与量を克服するために、境界条件として観測流量を用いた。
- 地上観測網(雨量計と河川流量観測所)の充実がより精度の高い洪水予測と、モデル作成のために肝要である。
- ローカリズムを掲げるICHARMは、他にもADB資金によるプログラム等への積極的な参加等により各国でのモデルプロジェクト等を実践し、地球規模課題に貢献。