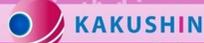


災害環境への 気候変動影響評価研究進展の進展

中北英一

京都大学 防災研究所
 気象・水象災害研究部門

SOUSEI

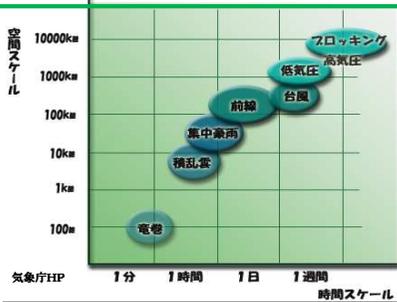


我が国の災害影響評価へのポイント

- 様々なハザード、人と関わった災害がある。
- 現実味のある(たとえば)河川流量を算定するためには、時間・空間的にきめ細かな情報が求められる。
- 気候モデルによる高解像出力が可能となって初めて、我が国の洪水、高潮・高波・波浪、風災害などの災害環境への気候変動による影響評価が可能となった。



災害をもたらす豪雨のスケール



台風

範囲: 1000km
継続時間: 1日から数日
 大河川での洪水、大規模水害、土砂災害
 2009/08/08 in台湾
 台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

集中豪雨

範囲: 100km
継続時間: 6時間から半日程度
 中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害
 2010/10/20 in奄美

南日本新聞 OFFICIAL SITE

ゲリラ豪雨(局地的豪雨)

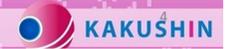
範囲: 数km
継続時間: 1時間程度
 小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫
 2008/07/28 at都賀川 2008/08/05 at雑司ヶ谷

都賀川モニタリング映像 共同通信

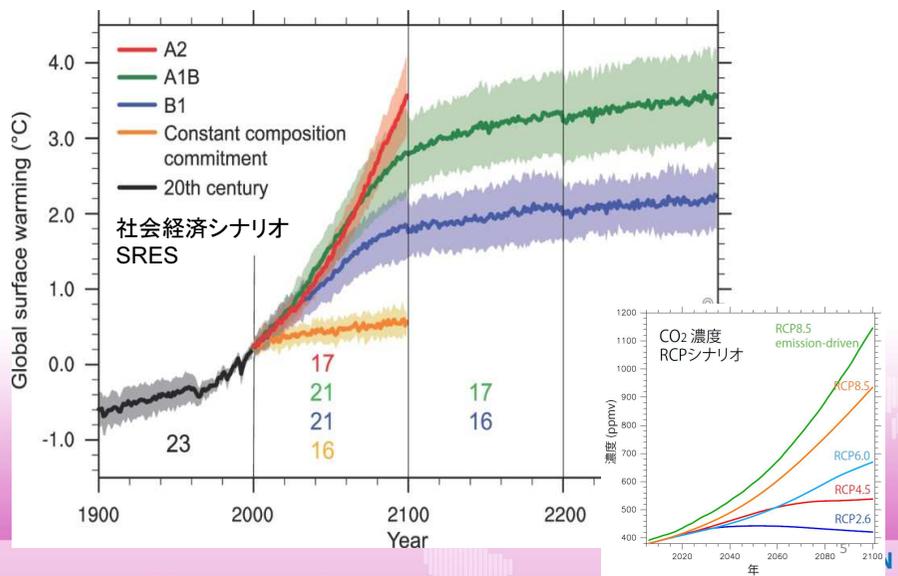
内容

- 気候モデルによる出力とは
- 水災害に関する気候モデル出力の特徴
- 水災害に関連する諸量の将来変化
- 不確定性について
- 最悪シナリオについて
- 創生プログラムの向けて

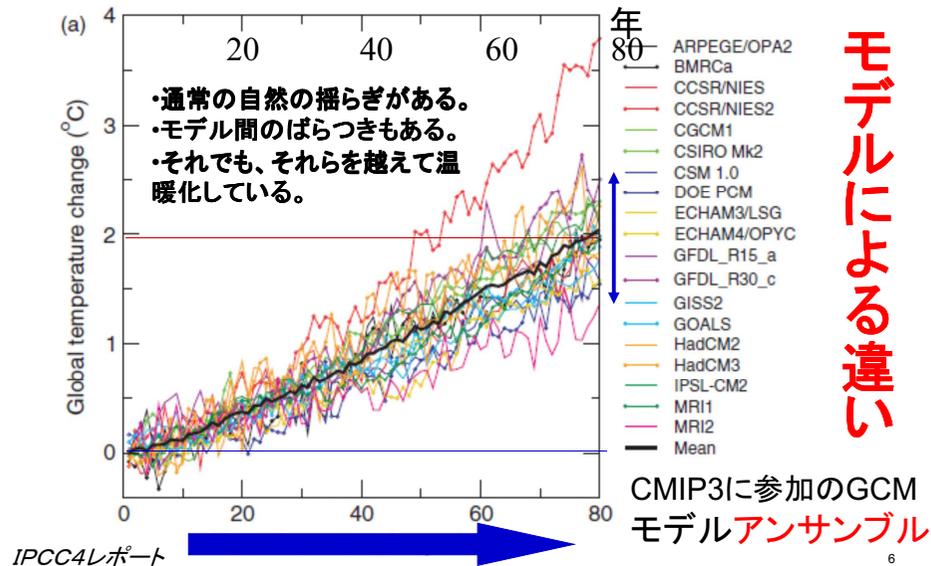
SOUSEI



CO2排出シナリオの違い

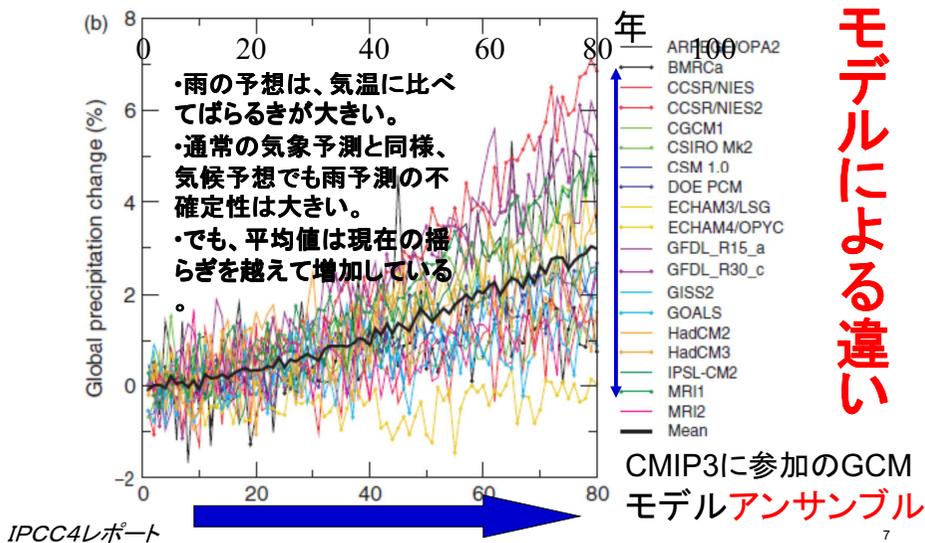


CO₂増加(1%/年)により、どの最新(最良の)気候モデルも、**全球気温の上昇**(平均1.5~2.5°C/100年)を予測



モデルによる違い

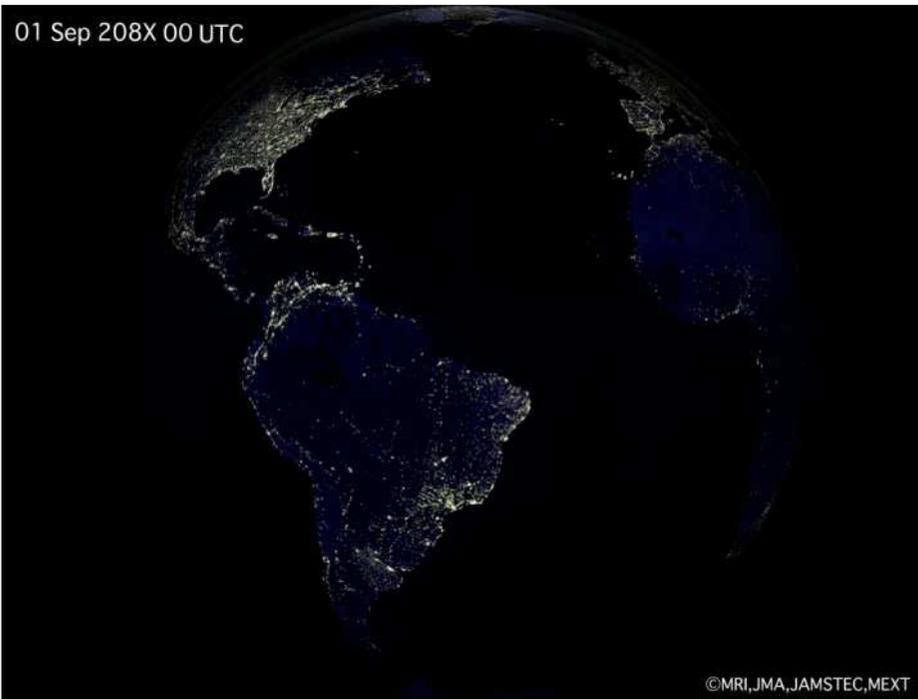
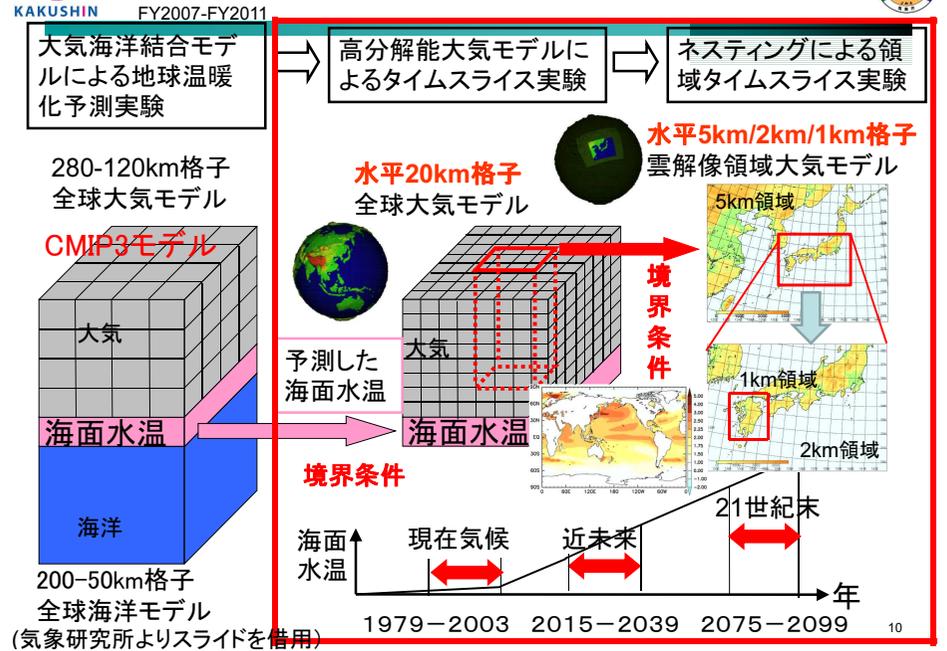
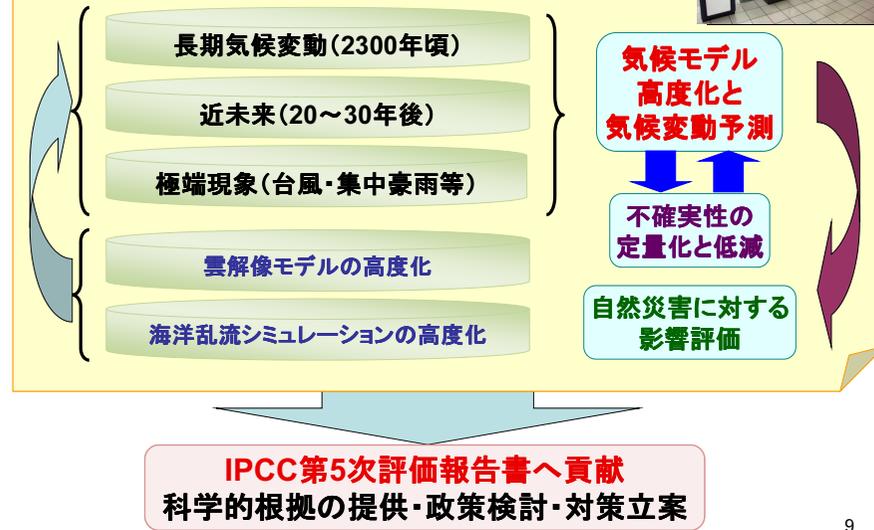
CO₂増加(1%/年)により、どの最新(最良の)気候モデルも、**全球降水量の増加**(平均2~3%/100年)を予測



モデルによる違い

共生、革新から創生プログラムへ

- **Kyousei(共生)Program:2002-2006**
 - 20kmRCM(領域気候モデル) (日雨量)
- **Kakushin(革新)Program:2007-2011**
 - 20kmGCM(全球気候モデル、時間雨量)
 - 5,2,1kmRCM (時間雨量、30分雨量、10分雨量)
 - 自然災害への影響評価
- **Sousei(創生)Program:2012-2016**
 - アンサンブル情報を用いた影響評価(ハザード+社会的・経済的)
 - 適応策への哲学、考え方の構築
 - 自然災害, 水資源, 生物生態系・生態サービス



気象予測と気候予測との違い

(気象研究所よりスライドを借用)

■ 天気(気象)予報

- 大気の瞬間値を予測
- たとえば、
2013年
11月22日15時の
気温
降水量

■ 気候予測

- 平均値など統計を予測
- たとえば
2071年-2100年の30年平均
の
3月の
月平均気温
月平均降水量
日平均気温の発生頻度
日降水量の発生頻度

気候予測の方法

■ 気象の予測

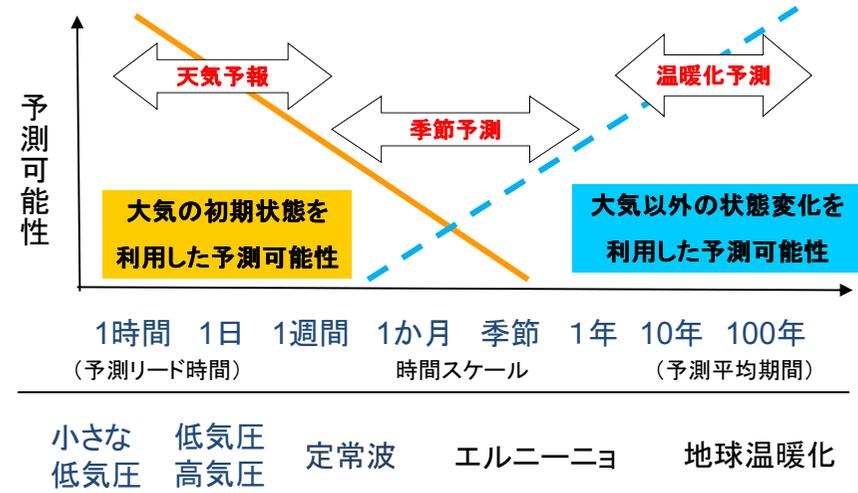
- 大気の時空間発展
- 初期値問題
- 大気の瞬間値を予測
- 現実には、カオスなどによる限界あり（～数週間）
- 高低気圧の移動を決める大気の運動方程式が基本。
- 高い空間分解能

■ 気候の予測

- 大気の平衡状態の変化
- 境界値問題：CO2など
- 平均値など統計を予測
- 現実には、統計サンプル数に限界あり（～30年）
- 気候の平衡を決めるエネルギー収支や水循環など。
- 気候システム全体の表現

(気象研究所よりスライドを借用)

気候の予測可能性



(気象研究所よりスライドを借用)

気候予測の信頼性

■ 数値モデルの信頼性

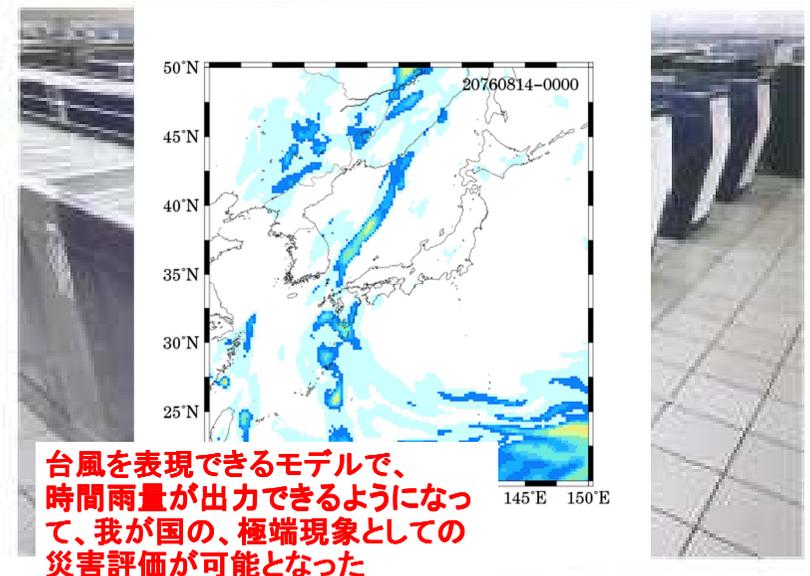
- 物理の基本方程式を利用
- 素過程(雲など)をモデル化
- 天気予報による試験
- 現在気候と変動の再現
- 各種アンサンブル実験による不確実性の評価

■ 過去の気候変化の再現性

- 20世紀の気候変化の再現
- 観測のトレンド(変化傾向)との比較
- 気候変化の定性的な理解(理論的説明)

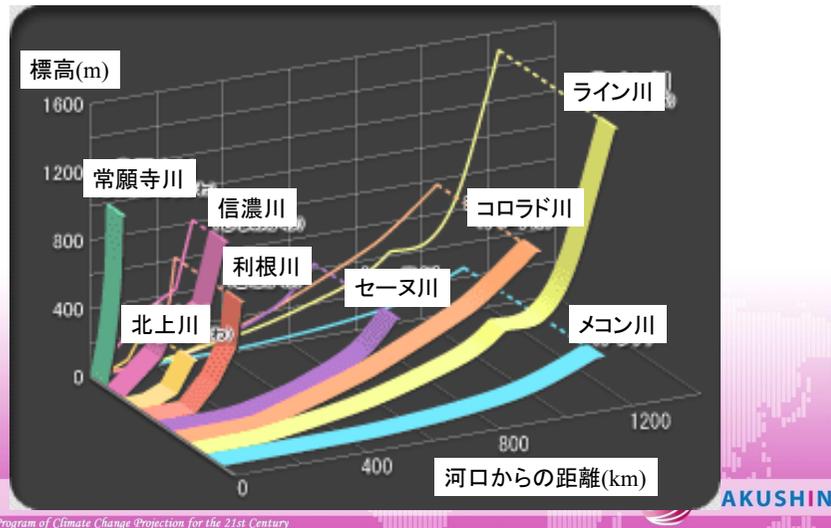
(気象研究所よりスライドを借用)

地球シミュレーターが推測する2076年8月後半



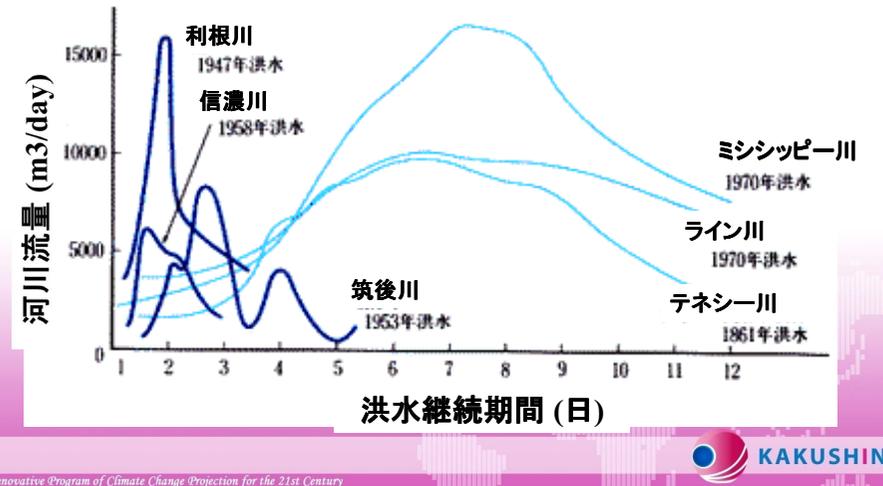
日本の河川の特徴 (1)

- ・ 短い長さ と 急な勾配



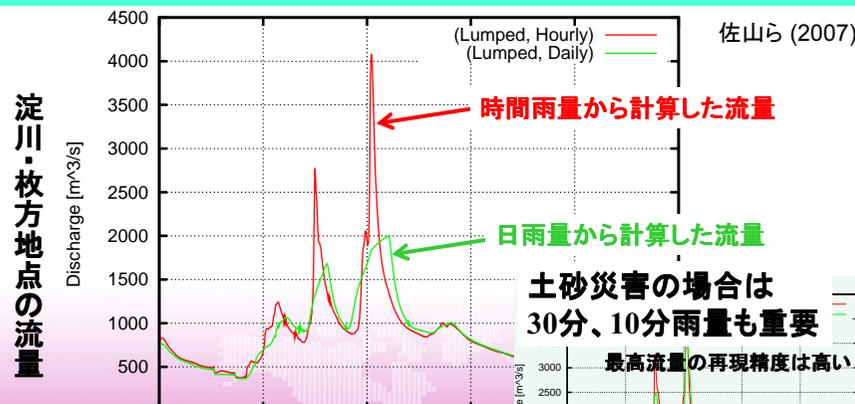
日本の河川の特徴 (2)

- ・ 大きなピーク流量と短い洪水期間



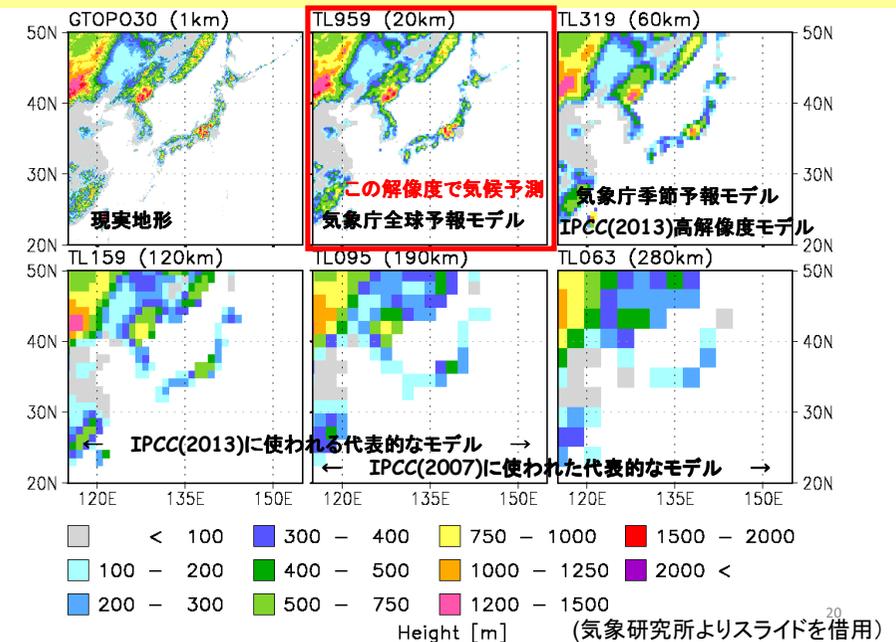
我国の災害評価における時間雨量の重要性

日雨量データの利用だけではピーク流量を半分に算定してしまう。



利根川や淀川といった大河川ですら毎時毎時の雨量情報が気候モデルから出力されるようになって初めて、現実味のある河川流量や水位の算定が可能になりました。

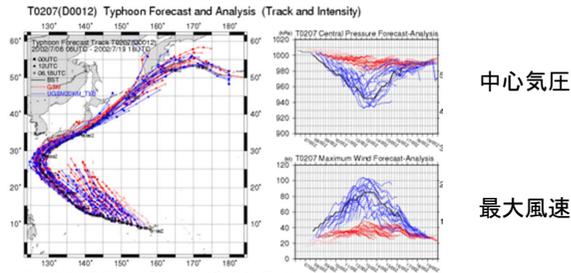
高解像度の重要性



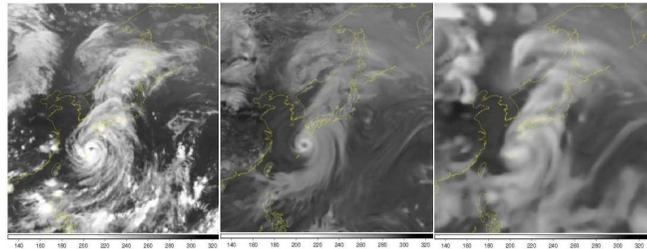
台風予測のモデル分解能依存性

(20kmと60kmモデル) (気象研究所よりスライドを借用)
(Murakami et al., 2008)

台風の
予測トラック

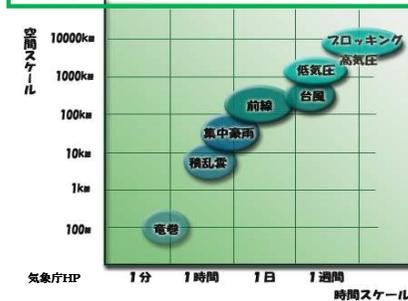


36時間
予測図



21

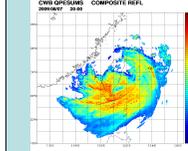
豪雨と災害のスケール



台風

範囲: 1000km
継続時間: 1日から数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害、高潮・
2009/08/08 in 台湾
高波、強風災害



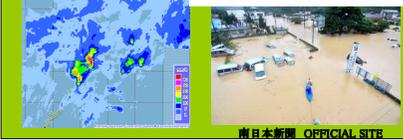
GCMで影響評価可能



集中豪雨

範囲: 100km
継続時間: 6時間から半日程度

中・小川での洪水、内水氾濫、土砂災害
2010/10/20 in 奄美
RCMで影響評価可能



ゲリラ豪雨(局地的集中豪雨)

範囲: 数km
継続時間: 1時間程度

小川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫
2008/07/28 at 都賀川 2008/08/05 at 雑司ヶ谷
まだ影響評価不可能



22

気象予測と気候予測との違い

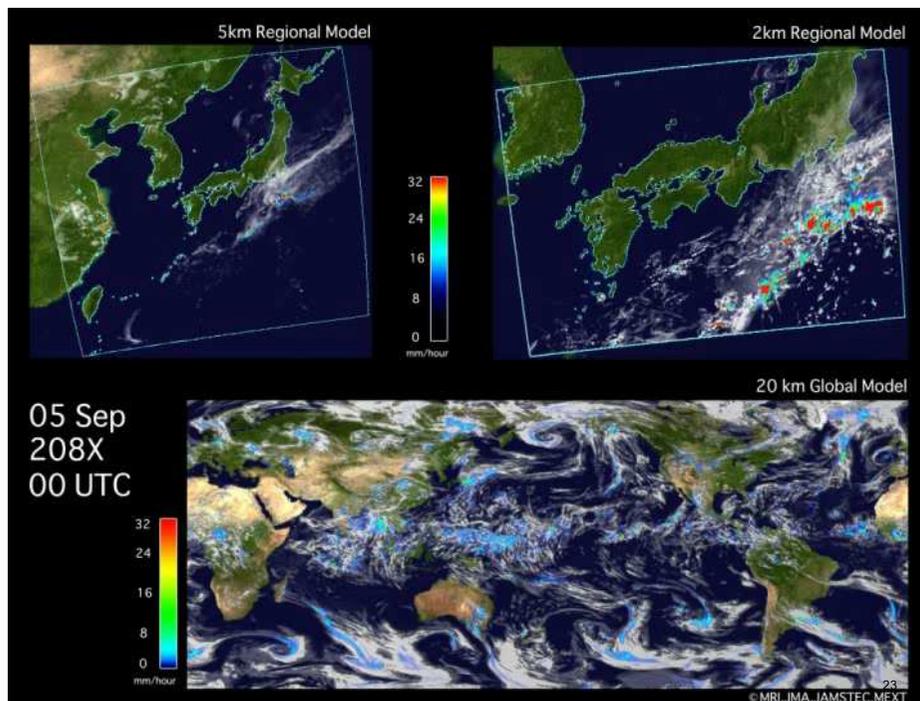
(気象研究所よりスライドを借用)

■ 天気(気象)予報

- 大気の瞬間値を予測
- たとえば、
2013年
11月22日15時の
気温
降水量

■ 気候予測

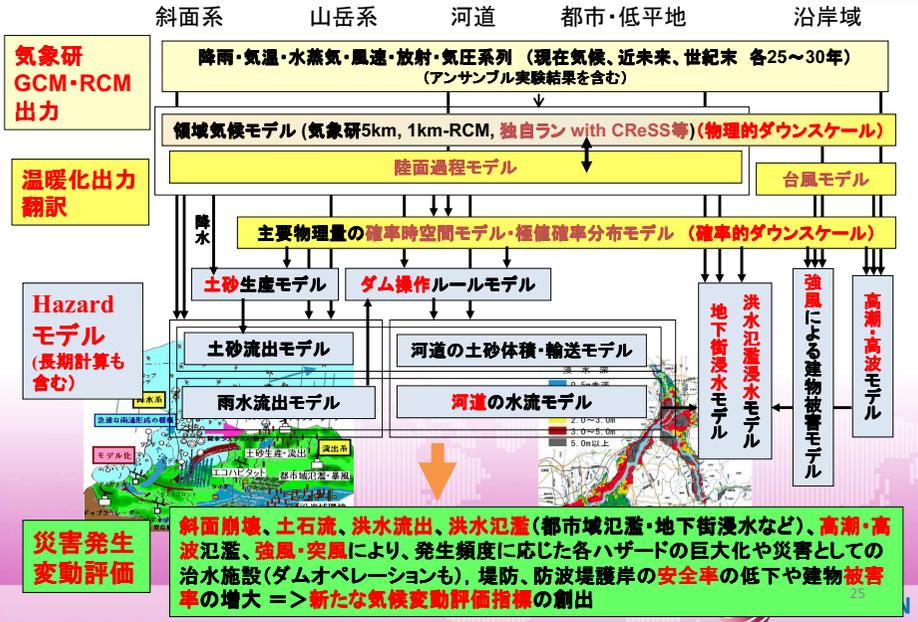
- 平均値など統計を予測
- たとえば
2071年-2100年の30年平均の
3月の
月平均気温
月平均降水量
日平均気温の発生頻度
日降水量の発生頻度



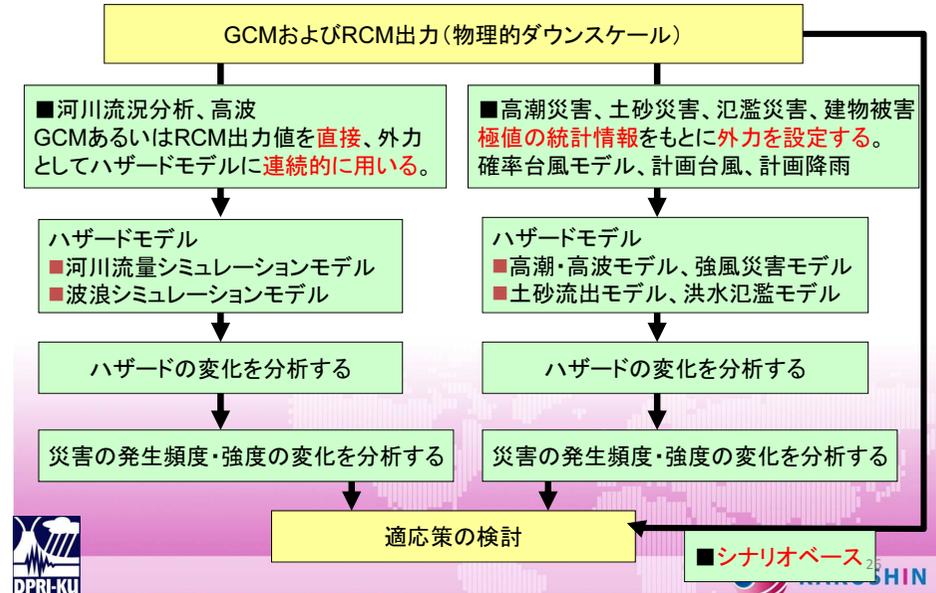
23

24

極端現象に伴う災害発生変動評価



影響評価の方法

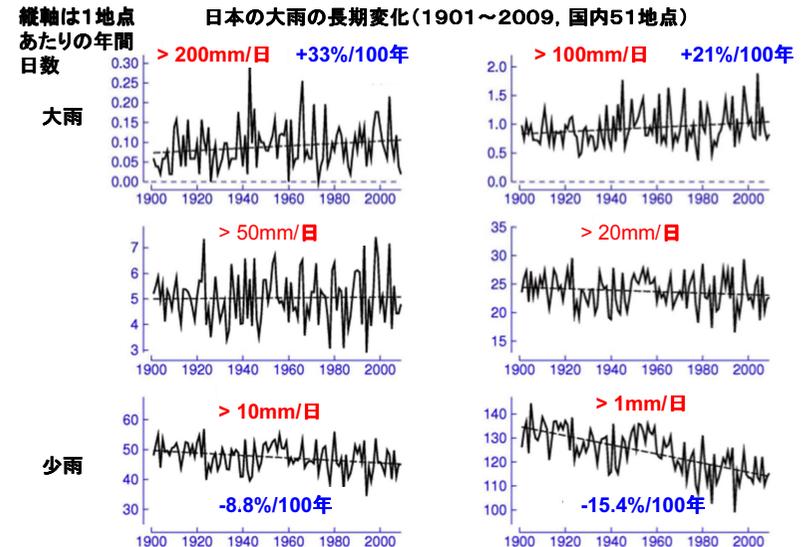


内容

- 気候モデルによる出力とは
- 水災害に関する気候モデル出力の特徴
- 水災害に関連する諸量の将来変化
- 不確定性について
- 最悪シナリオについて
- 創生プログラムの向けて

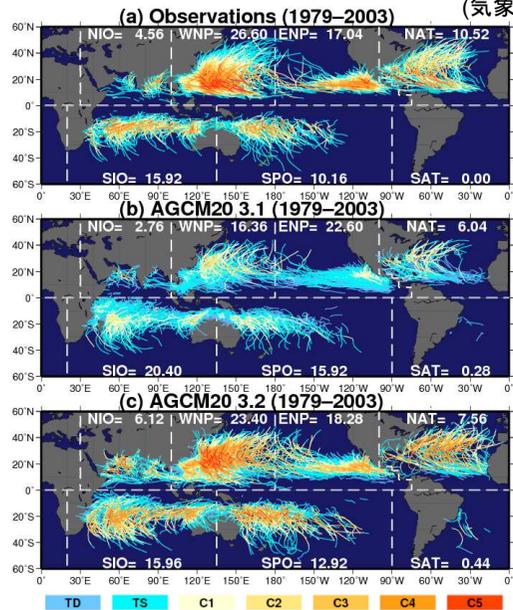


観測のトレンドと傾向は一致



熱帯低気圧の強度別分布図

(気象研究所よりスライドを借用)



観測

TL959L60
前期モデル

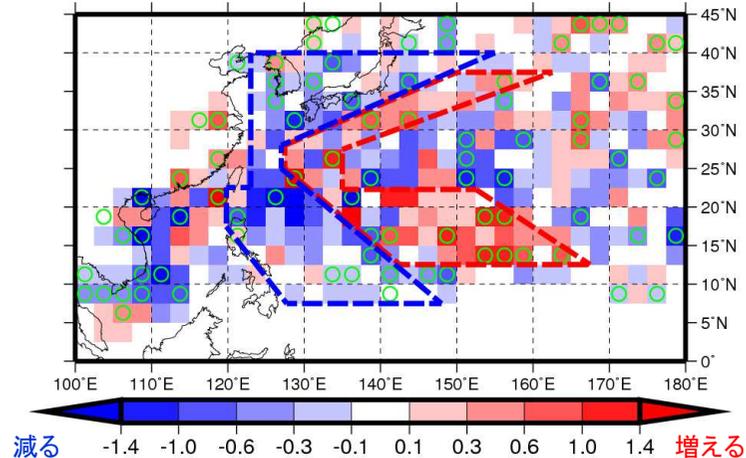
TL959L64
後期モデル

Murakami et al.,
2012, J.Climate

台風の存在頻度は東へシフト (前期モデル)

(気象研究所よりスライドを借用)
Murakami et al. (2011) J. Climate

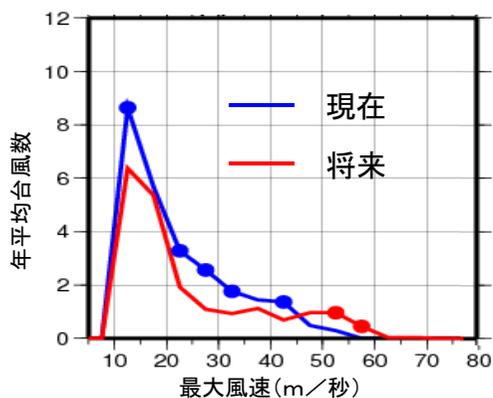
1年の台風最盛期(7月~10月)、東西2.5度x南北2.5度領域あたりの個数
 将来気候実験(2075-2099年)と現在気候実験(1979-2003年)の差



マーシャル諸島付近から日本の南岸に沿って増加(赤の枠線)
 フィリピンや台湾の東から韓国、西日本にわたる領域(青の枠線)で減少

強い台風が増加 (前期モデル)

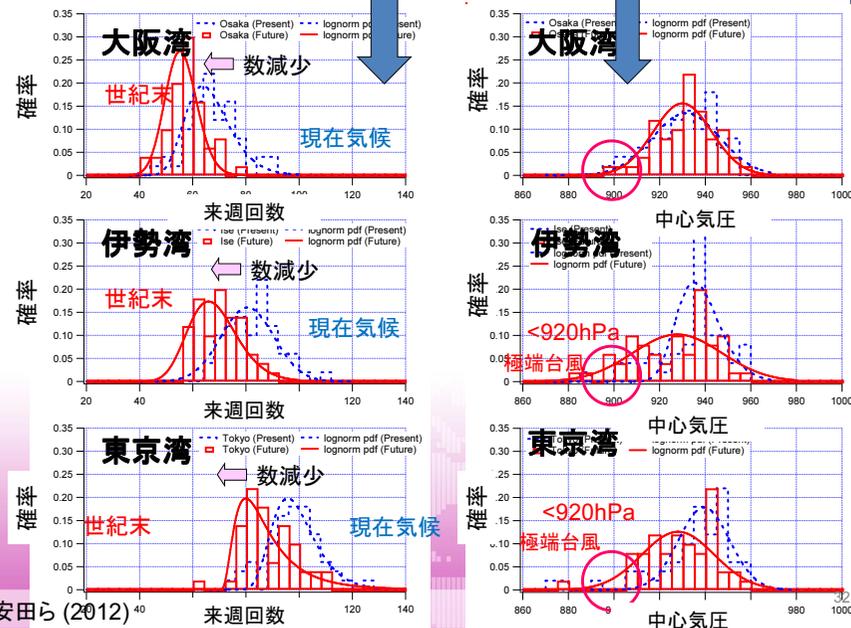
(気象研究所よりスライドを借用)



Murakami et al.,
2012, J.Climate

台風の発生数は減るが、いったん発生すると、発達に必要な水蒸気が(気温が高いと)多いため、最大発達可能強度は強くなる

三大湾への台風来襲回数と中心気圧の頻度変化

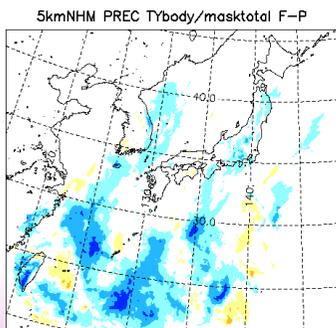


安田ら (2012)

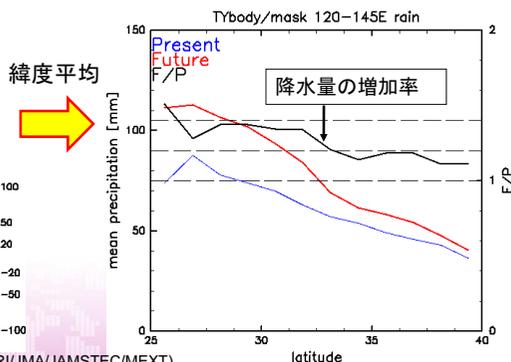
台風によってもたらされる 日本付近の降水の特性と将来予測

(気象研究所よりスライドを借用)

台風1個あたりの降水量の変化



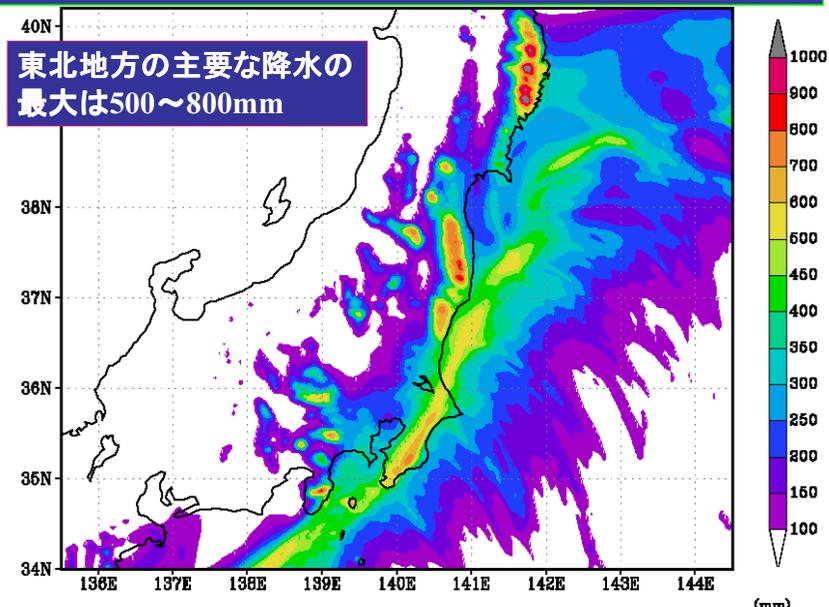
台風1個あたりの降水量の変化(緯度平均)



21世紀末には台風一個あたりの降水量が増加
日本付近での降水量増加は約20~40%
ただしサンプル数が少ない→擬似温暖化実験



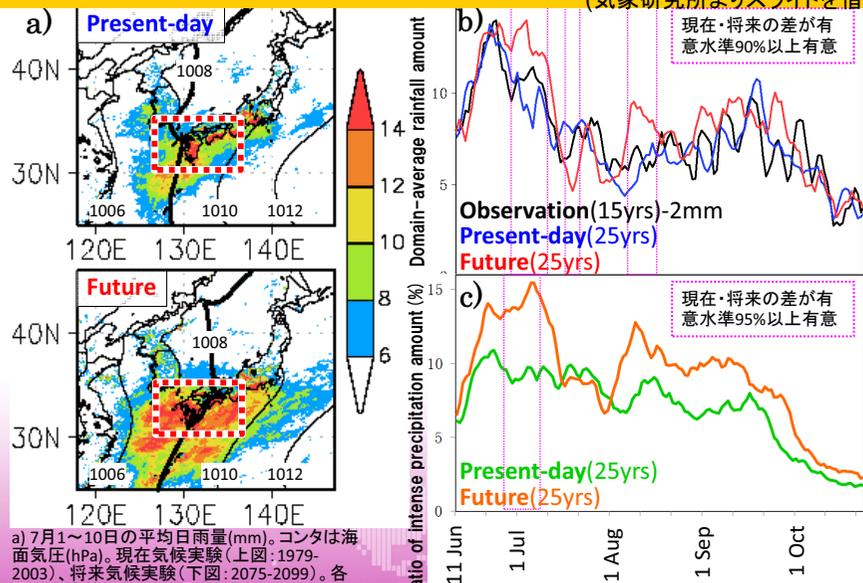
GCM温暖化気候の台風のCReSS実験: 台風SF0508による総降水量(mm)



坪木ら (2009)

西日本周辺域の梅雨の変質

(気象研究所よりスライドを借用)



a) 7月1~10日の平均日雨量(mm)、コンタは海面気圧(hPa)。現在気候実験(上図:1979-2003)、将来気候実験(下図:2075-2099)。各図内の赤枠はb)、c)の領域。

b) a)で示した領域の25年平均日雨量(mm)の季節変化、c)日雨量100mm以上の大雨によってもたらされる雨量の総量に対する割合(%)

(Kanada et al., 2012, JMS)

内容

- 気候モデルによる出力とは
- 水災害に関する気候モデル出力の特徴
- 水災害に関連する諸量の将来変化
- 不確定性について
- 最悪シナリオについて
- 創生プログラムの向けて

SOUSEI



Program of Climate Change Projection for the 21st Century

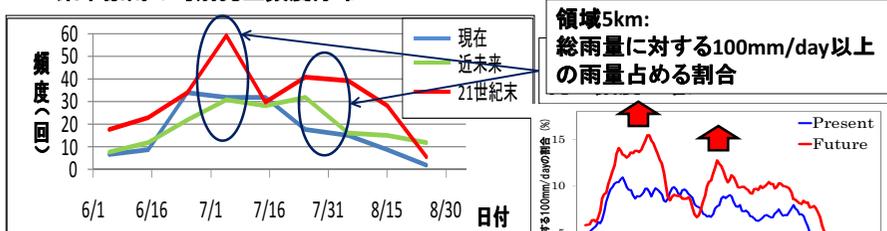


KAKUSHIN

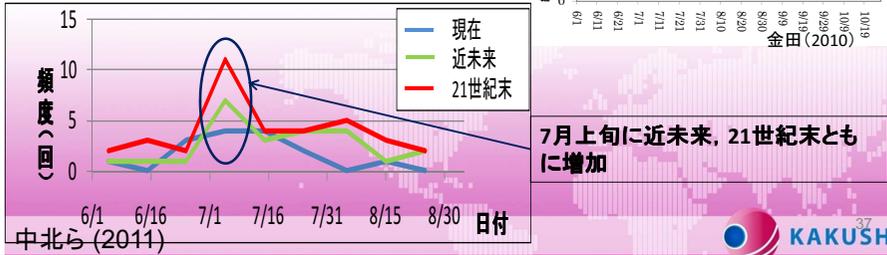
梅雨期集中豪雨の旬別発生頻度

旬別頻度分布:ひと月を10日ずつ3分割して、その10日間の合計頻度の分布

●集中豪雨の旬別発生頻度分布

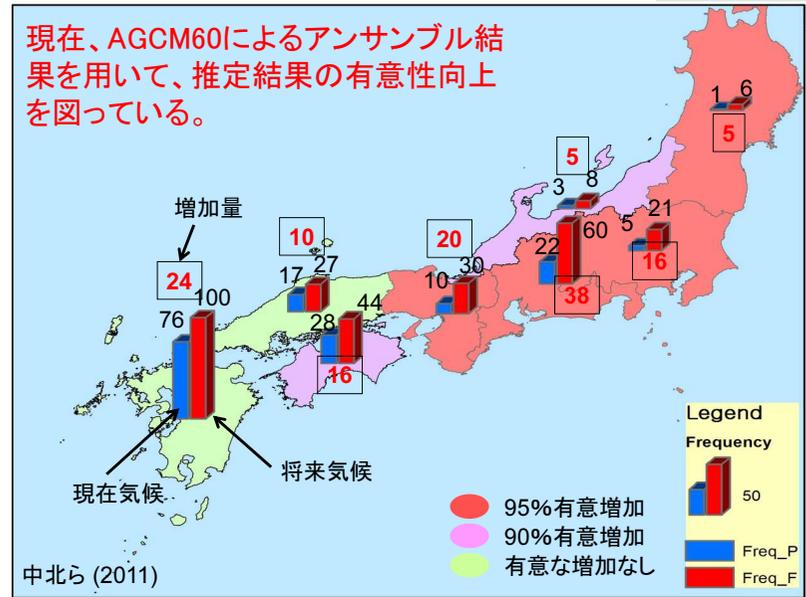


●1度に3つ以上の集中豪雨をもたらす気象擾乱の頻度



RCM5を用いた梅雨集中豪雨の発生回数(25年)

現在、AGCM60によるアンサンブル結果を用いて、推定結果の有意性向上を図っている。



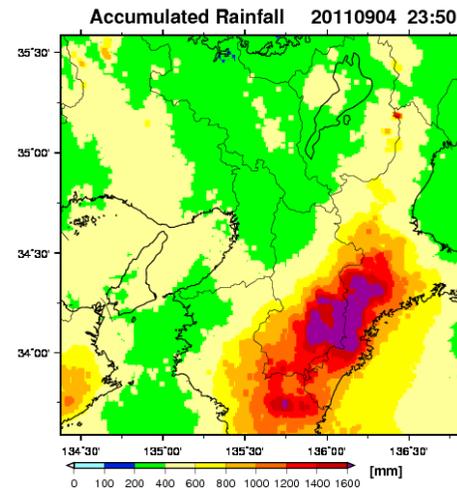
台湾での大斜面崩壊災害

災害翌日

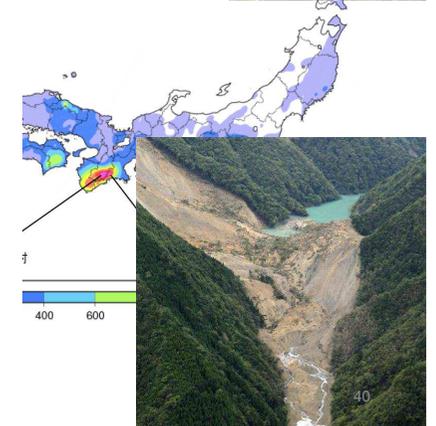


高雄県消防局提供

2011年の近畿南部豪雨(121)



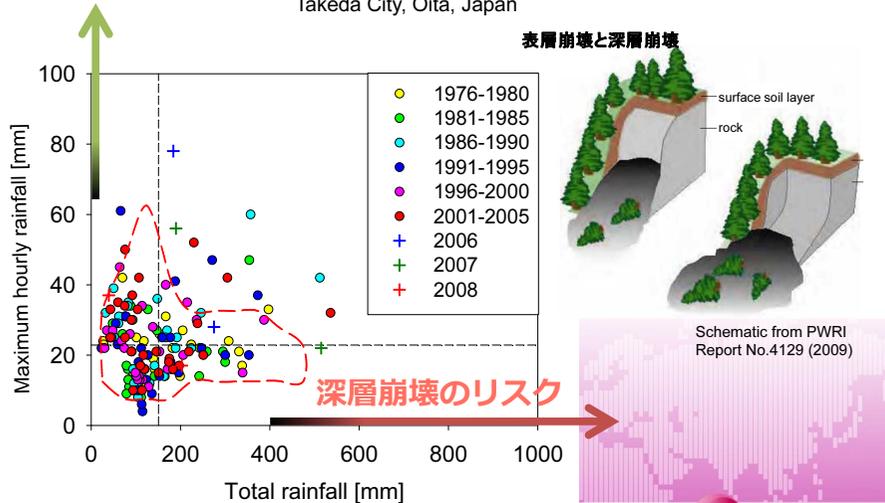
(アメダス: 8月30日~9月)



総雨量と最大1時間雨量

表層崩壊のリスク

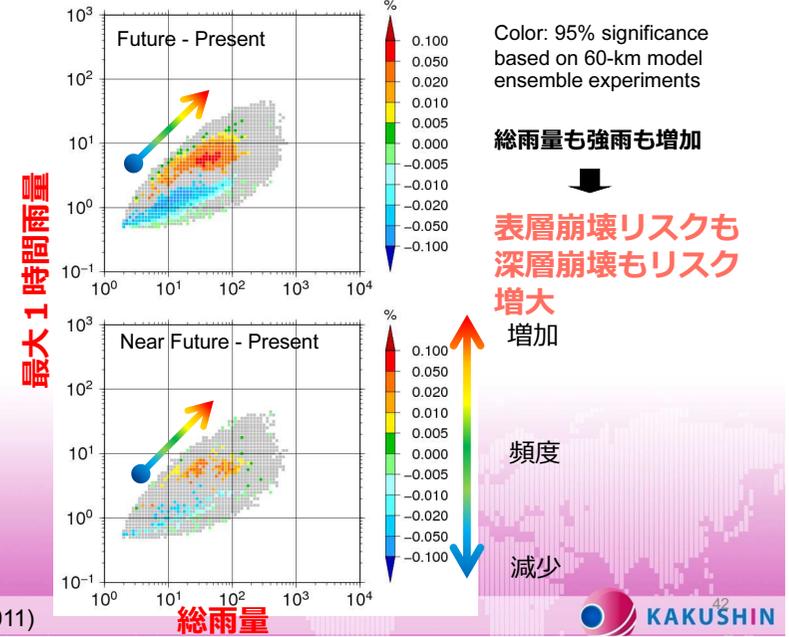
Top 20 data of total rainfall and maximum hourly rainfall from Takeda City, Oita, Japan



Oku et al (2011)



日本における総雨量と最大時間雨量の将来変化推測値

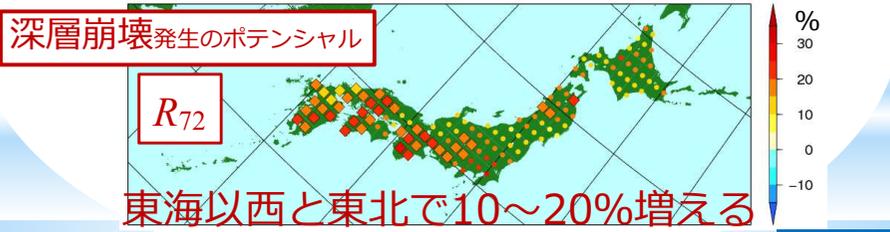
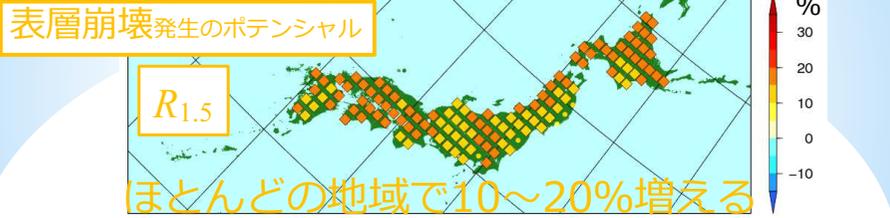


Oku et al (2011)



*実効降水量の将来変化

全球モデル(60km)アンサンブル計算 不確実性を評価

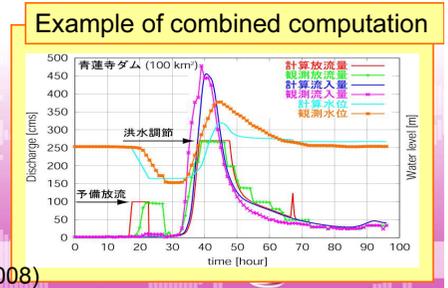
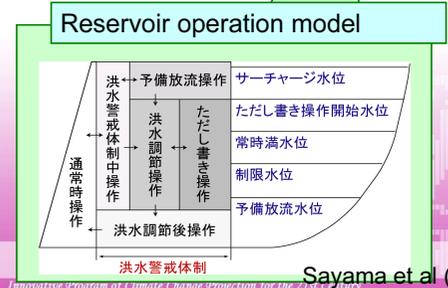
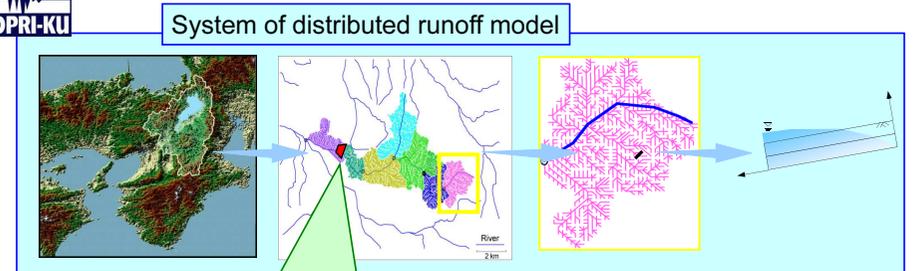


◆.....95%の信頼度で有意な変化, *.....それに満たない変化

Oku and Nakakita (2013)



Introducing reservoir operation models into distributed runoff model



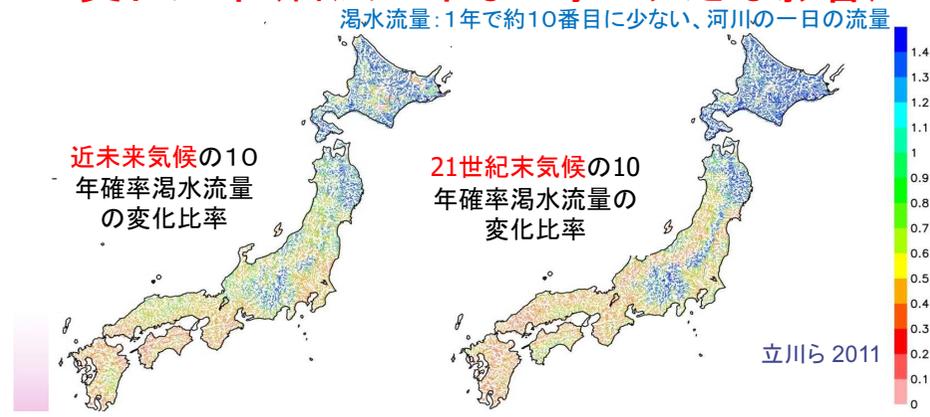
Sayama et al (2008)

再現期間100年に対応する年最大流量の変化比率(台風到来が大きな影響)



- 東北南部と北陸東部以外、ほとんどの地域で最大流量は増加。30-40%増も。
- もともと大雨の少ない東北では、クリティカルになる危険性が高い。
- ただし、九州～近畿以外では、台風到来頻度が元々相対的に少なく、GCMIによる25年間の計算では、たまたまという影響が大きいと考えられる。洪水危険度は東日本も要注意。

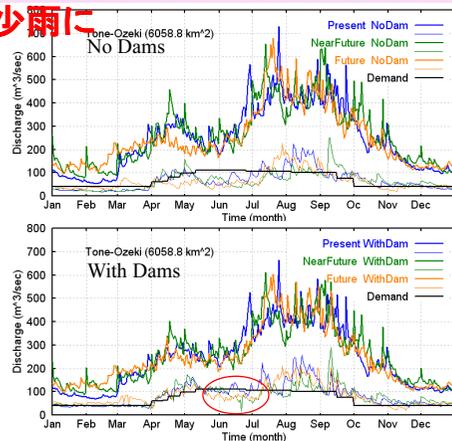
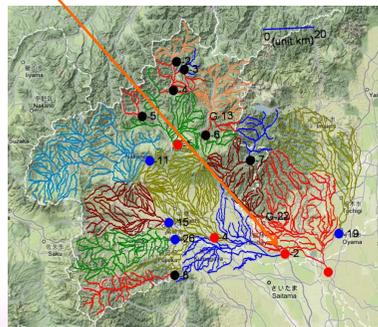
再現期間10年に対応する渇水流量の変化比率(台風が来ない事が大きな影響)



- 北日本と中部山地以外では、渇水時の流量減少。渇水が深刻に。
- 西日本では、洪水危険も増すし、渇水危険度も増す。
- ただし、九州～近畿以外では、台風到来頻度が元々相対的に少なく、GCMIによる25年間の計算では、たまたまという影響が大きいと考えられる。

利根川ダム群は今世紀末の少雨に対応できるか?

Water Resources at
Tone-Ozeki (6058.8 km²)



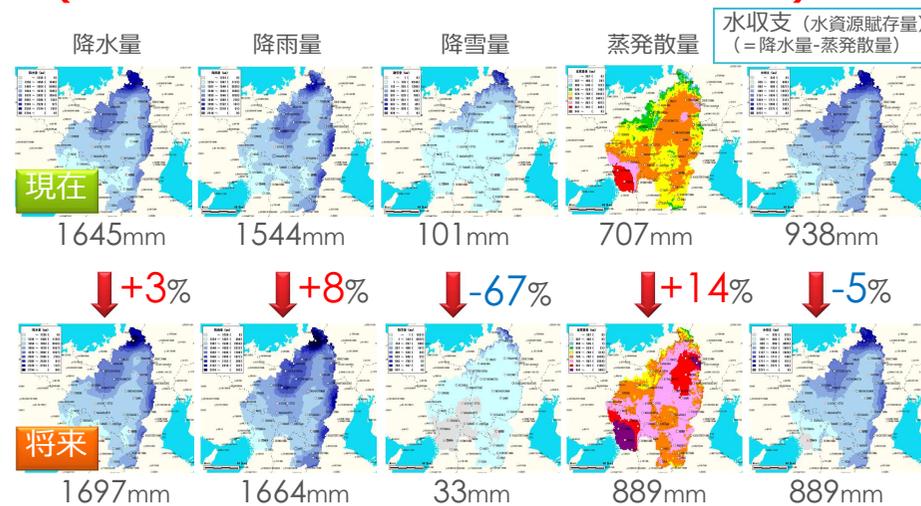
Water Demand

- Living water: 37.43 m³/s
- Industrial water: 2.08 m³/s
- Agricultural water:
Apr~May 39.51 ~ 60.99 m³/s
May~Sep 111.62~186.71 m³/s

- ダム群から離れた下流の地点である利根大堰(流域面積6058.8km²)に対する計算結果からは、ダム群の操作影響が少なくなることがわかる。
- **利根大堰地点では、ダム群操作にもかかわらず年最小流量が必要な水利用量に対して満足できない時期が現れる。そのため、新たな操作ルールの開発が必要とされる。**

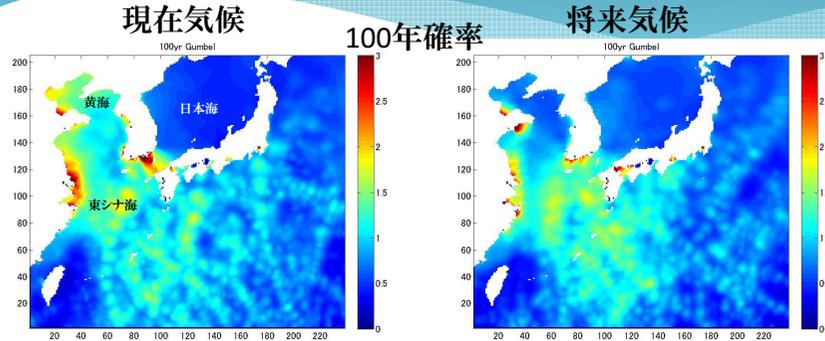
淀川水系

(降水・降雨・降雪(融雪)・蒸発散・水収支)



気候変動予測実験出力を直接用いた高潮リスクの評価 20km出力を用いた直接評価

GCMデータを駆動力として高潮シミュレーションを実施。台風ごとの最大高潮偏差を極大値資料とし、Gumbel分布を用いて極値統計解析を行った。再現期間は100年。



現在気候では、中国東海岸、対馬海峡および渤海での高潮が顕著。将来気候では、中国東海岸と対馬海峡で高潮が小さくなる。東シナ海は多くの強い台風が通過するため、引き続きリスクの高い海域である。

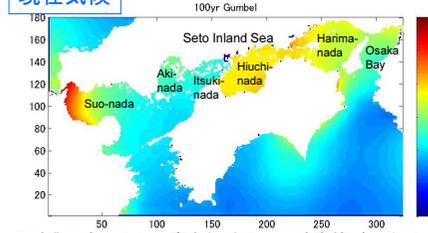
間瀬・森・安田G(2011)

49

気候変動予測実験出力を直接用いた高潮リスクの評価

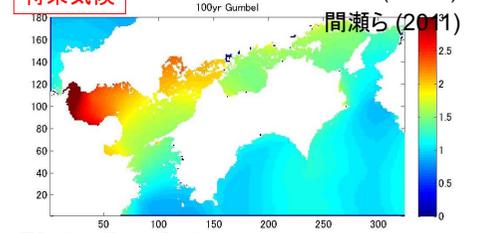
GCMデータを駆動力として高潮シミュレーションを実施。台風ごとの最大高潮偏差を極大値資料とし、Gumbel分布を用いて極値統計解析を行った。再現期間は100年。

現在気候



周防灘西部における高潮偏差の再現確率値が最大で、2.4~2.7m。燧灘および播磨灘においても大きい。

将来気候



周防灘で、現在気候に比べて大きく増大し、3.0~3.7m。燧灘や播磨灘では小さく、安芸灘および斎灘では大きくなった。

間瀬ら2011



東京湾で最も大きく2.3~3.0m。次いで、伊勢湾西部および三河湾で大きく、それぞれ1.8~2.1m, 1.5~2.1m。



東京湾では2.3~3.4mに増大したのに対し、伊勢湾では2.2~2.6m、三河湾では2.5~3.2mと際だって増大した。

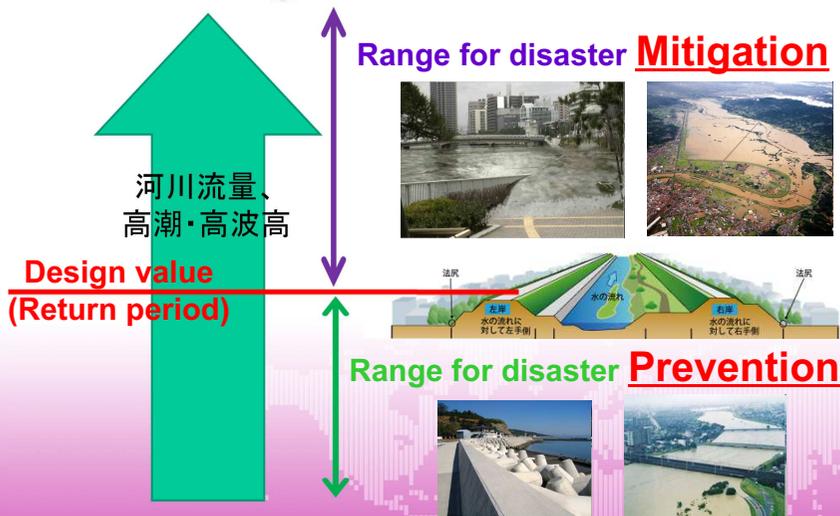
内 容

- 気候モデルによる出力とは
- 水災害に関係する気候モデル出力の特徴
- 水災害に関連する諸量の将来変化
- **不確定性について**
- 最悪シナリオについて
- 創生プログラムの向けて

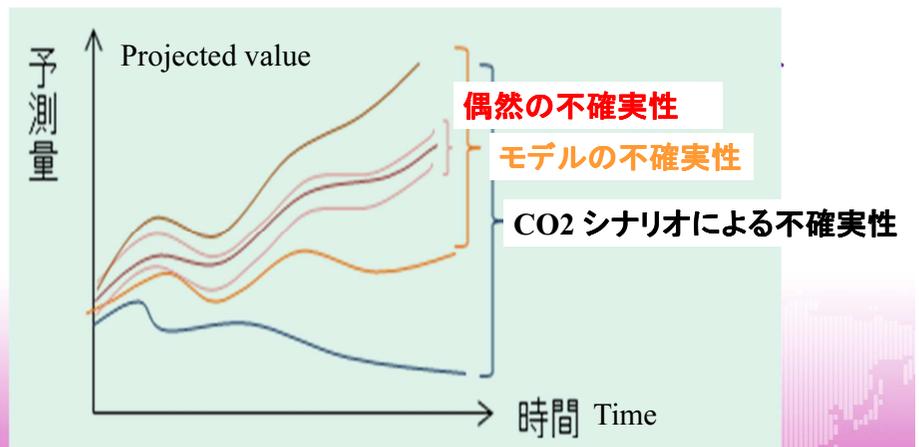
不確定性がまだまだある(1)

- 以上の気候変動影響評価としての計算結果は概算値である。特に、まれな(極端な)ハザードほど不確定性は高い。(もちろん、概算値とその精度が出るだけでも、飛躍的な進歩である)
- なぜなら、気候モデルによる世紀末までの出力の中には特定の河川や湾に対する最悪の台風がたまたま含まれない場合も想定されるから。

Design value (確率値)

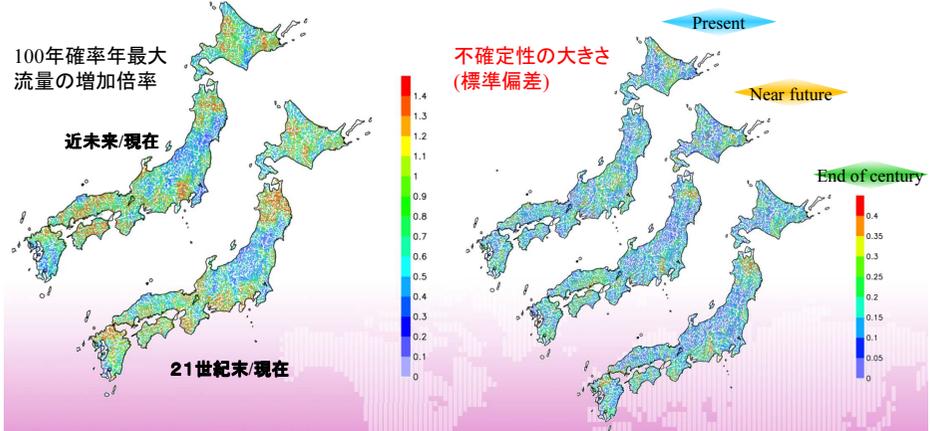


GCM予測に潜む不確実性



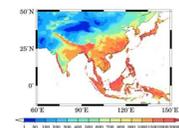
年最大河川流量の増大推測の不確実性

100年確率値の不確実性(Jackknife 法による)
25年時系列から推定する場合

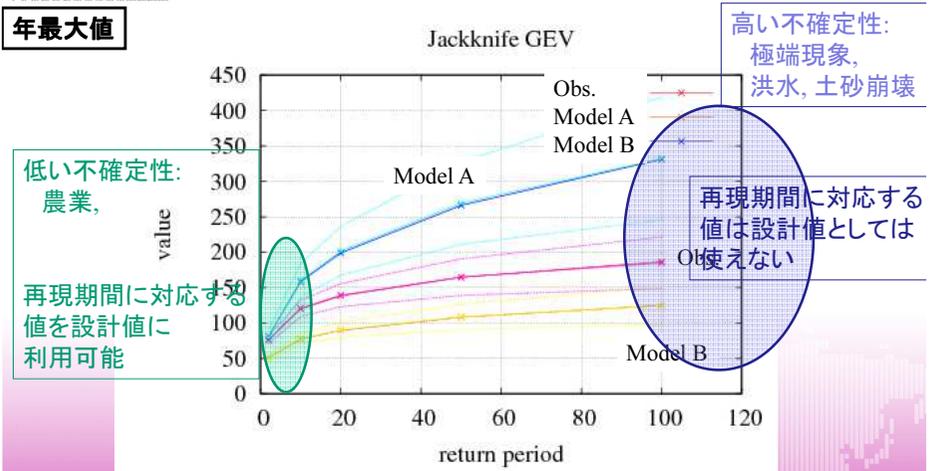


増大倍率が高いほど不確実性が大きい

再現期間に対応する推定値の不確実性



年最大値



25年の時系列から算定

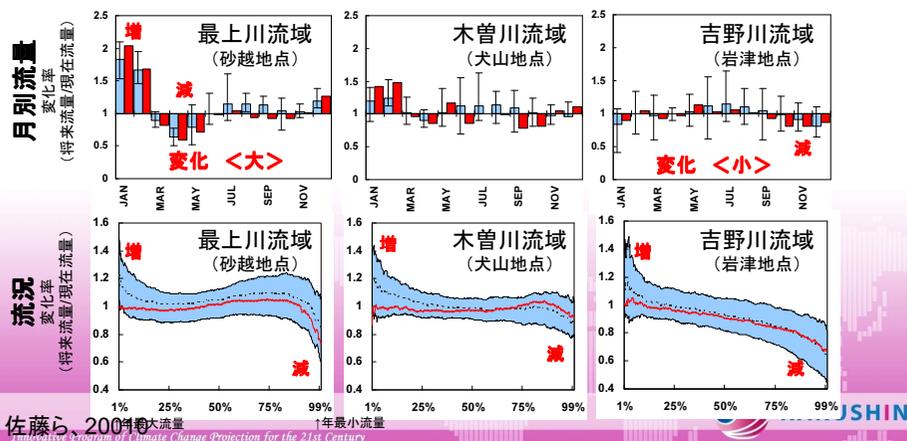
Konoshima and Nakakita (2010)

河川流域の将来流況変化 (マルチモデルによる評価)

Present	Future
1981-2000	2081-2100

赤色: AGCM20 (MRI-AGCM3.1S)
水色: CMIP3 (AOGCM-8model)

Model	MRI-AGCM20	INGV-SXG	MIROC3.2(hires)	CSIRO-Mk3.0	CSIRO-Mk3.5	ECHAM5-MPI-OM	CNRM-CM3	UKMO-HadCM3	CGCM3.1(T47)
Horizontal Resolution	20km	125km	125km	208km	208km	208km	313km	274km	417km



佐藤ら、2007年
Adaptive Program of Climate Change Projection for the 21st Century

JSIH

内容

- 気候モデルによる出力とは
- 水災害に関する気候モデル出力の特徴
- 水災害に関連する諸量の将来変化
- 不確定性について
- **最悪シナリオ**について
- 創生プログラムの向けて

SOUSEI



Adaptive Program of Climate Change Projection for the 21st Century



KAKUSHIN

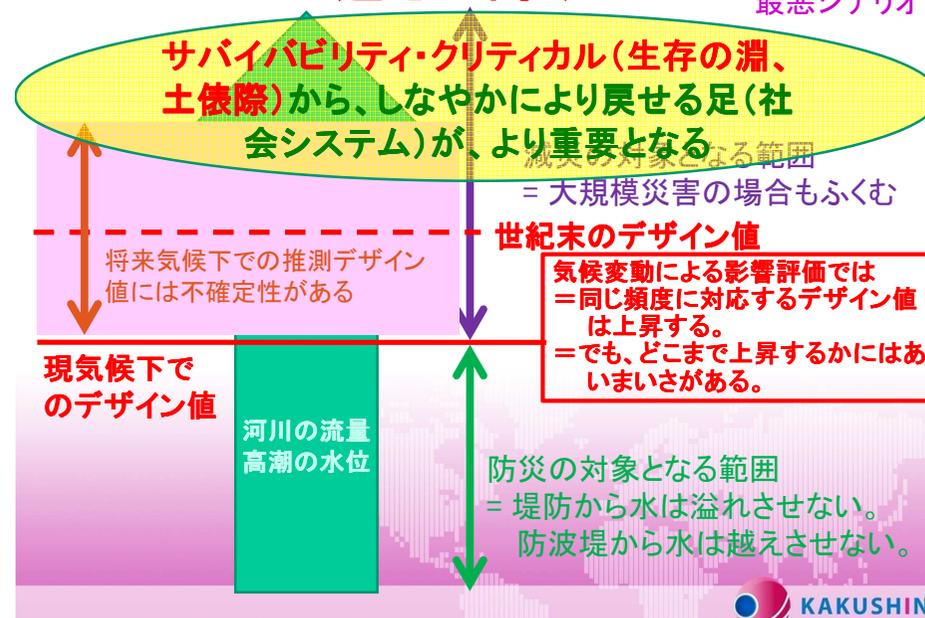
不確定性がまだまだある(2)

- ・ そこで、最悪シナリオも影響評価の対象としておきたい。
- ・ たとえば、できるだけ気象学的に根拠のある形で台風のコースをずらして大雨や河川流量を算定するとどうなるだろうか？

KAKUSHIN

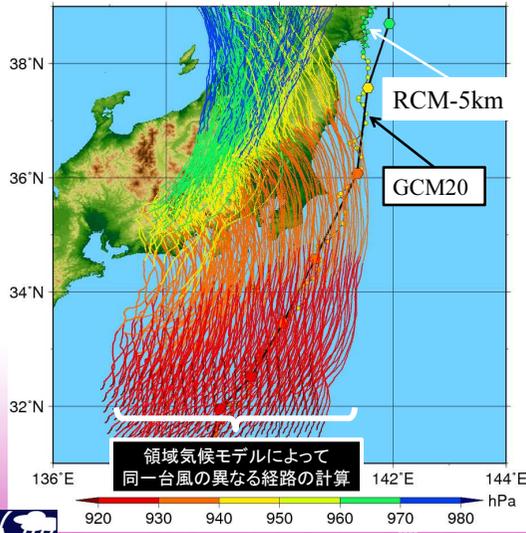
適応に向けて

最悪シナリオ



KAKUSHIN

極端台風の進路を操作して最悪シナリオを

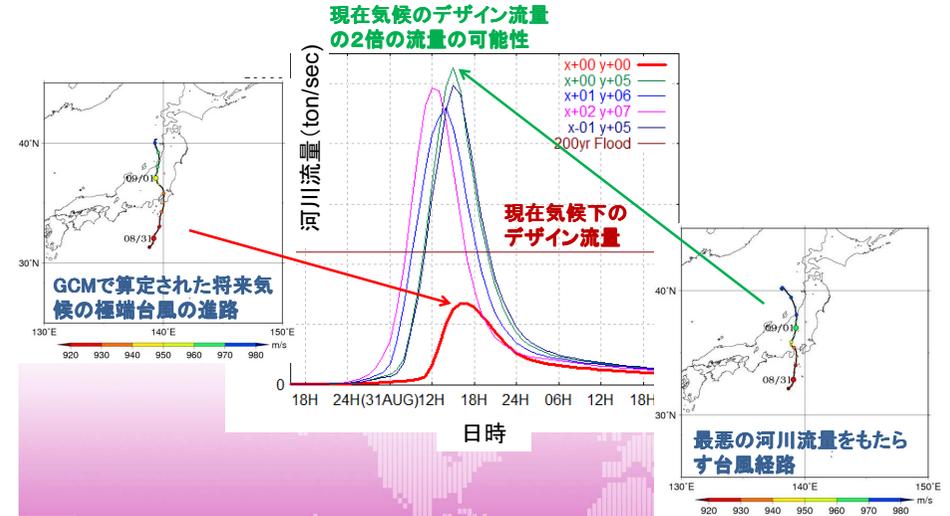


台風の渦を保存させて中心位置を移動させる。
(コマを移動させる)

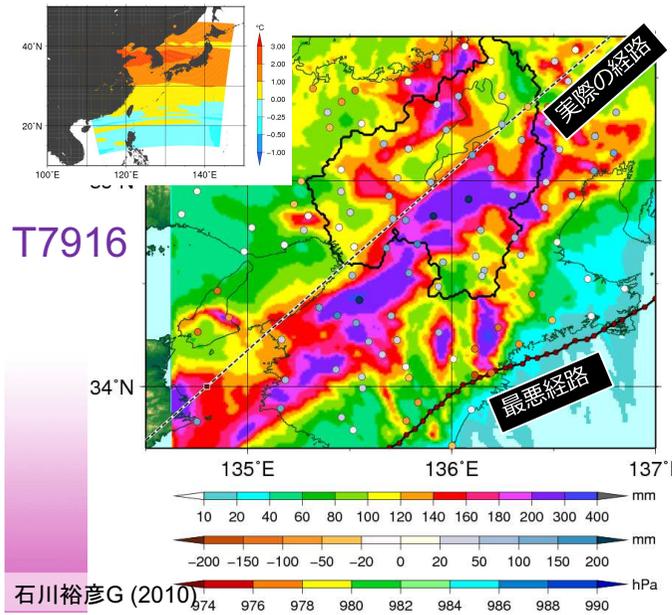
領域気象モデルで移動後の数値シミュレーションを実施。
(コマを再び放して勝手に移動させる)

影響評価
・ 陸: 強風・河川流量・浸水
・ 海: 波浪・高潮

GCMで算定された将来気候極端台風を 進路変更させたときの最悪河川流量

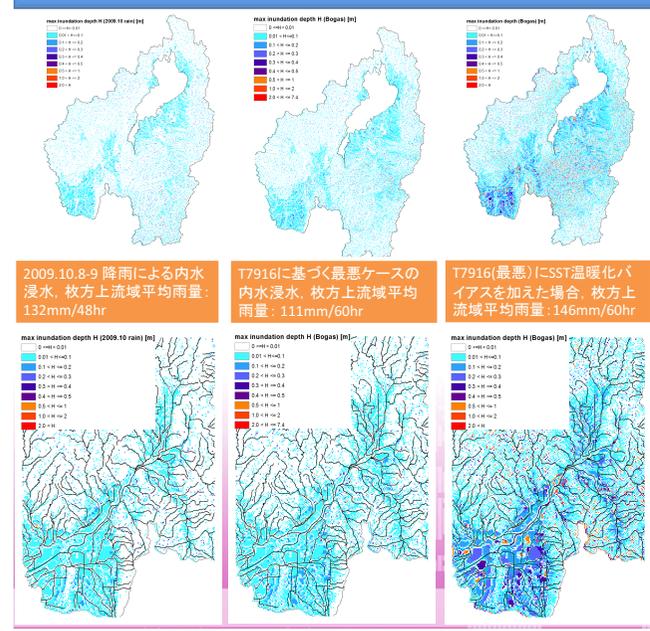


海面水温上昇を仮定した「最悪経路」積算降水量



積算降水量の最大は2.26倍に
=1.5倍(最悪経路)
×1.5倍(温暖化)

浸水深計算結果(T7916ベース)



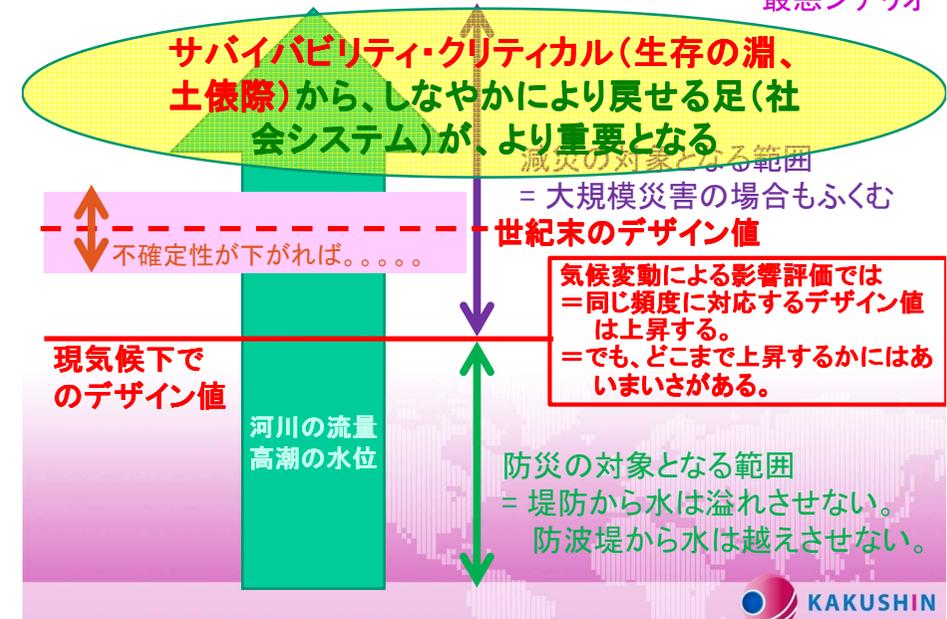
結果的に低平地では、最悪経路(現在)で大きくて10~20cm程度の浸水深、
最悪経路(将来;温暖化)で20cm~1mの浸水深が計算された。
今回は破堤・溢水はない。

適応策に向けて

- できるだけ気象学的に根拠のある形で台風のコースをずらして大雨や河川流量を算定すると現在の治水目標値の2倍の流量が算定される場合があります。
- 将来の適応のためにこの算定値は考慮に入れるべきでしょうか？
- たとえどれくらいの頻度で到来するかは推定できなくとも、また災害を完全に防ぐことができないものであっても、少なくとも「生起してしまった場合にどうすべきか？」という被害軽減策を考えておく必要があると思っています。

適応に向けて

最悪シナリオ



気候変動影響評価・適応策を考えるにあたって

- 革新プロジェクトで初めて我が国の災害への影響評価が可能になった
- 気候変化が語れる空間分解能と計算分解能等は同じではない:
 - 20km以下の細かさで予想されるからといって、100年先の影響の神戸と大阪で違いは議論できない。
- 安全度評価(デザイン値の将来推定)には不確実性がある:
 - 現在の防災計画は、200年確率など、再現確率をデザイン値にしている。しかし、100年先の状態について正確に「生起確率を評価することはできない危険性がある」。(気候モデルの不確実性やアンサンブル計算数の少なさによる)
- 最悪シナリオ、サバイバル・クリティカルの重要性:
 - 気候変動適応策には増大するデザイン値の確率評価(安全度評価)だけでなく、最悪シナリオベースの評価も極めて大切である。スーパー台風が物理的根拠を持った計算上生起することが見込まれるならば、生起確率が不明であっても最悪シナリオの一つとして採用し、適応策を考える哲学を構築する、そんな考え方の転換が必要がある。サバイバビリティ・クリティカル(生存の淵、土俵際)から、しなやかにより戻せる足(社会システム)が、より重要となる。

内容

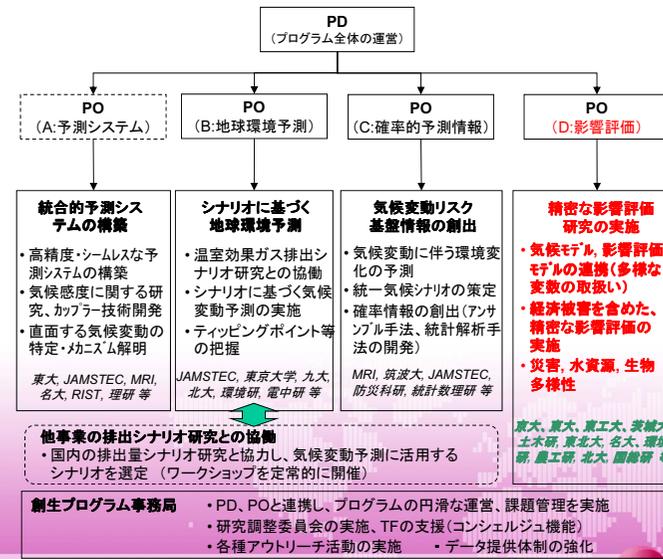
- 気候モデルによる出力とは
- 水災害に関係する気候モデル出力の特徴
- 水災害に関連する諸量の将来変化
- 不確実性について
- 最悪シナリオについて
- 創生プログラムの向けて

共生、革新から創生プログラムへ

- **Kyousei(共生)Program:2002-2006**
 - 20kmRCM(領域気候モデル) (日雨量)
- **Kakushin(革新)Program:2007-2011**
 - 20kmGCM(全球気候モデル、時間雨量)
 - 5,2,1kmRCM (時間雨量、30分雨量、10分雨量)
 - 自然災害への影響評価
- **Sousei(創生)Program:2012-2016**
 - アンサンブル情報を用いた影響評価(ハザード+社会経済的)
 - 適応策への哲学、考え方の構築
 - 自然災害、水資源、生物生態系・生態サービス



【創生プログラムの運営体制・研究機関】



領域テーマD 課題対応型の精密な影響評価

(領域テーマ代表: 中北英一(京大・防), PO: 原澤英夫(国立環境研究所))

- i 自然災害に関する気候変動リスク** (課題代表: 中北英一(京大・防))
 - i-a 気候変動に伴う気象災害リスクの評価 (サブ課題代表: 竹見哲也(京大・防))
 - i-b 気候変動に伴う河川流域災害リスクの評価 (サブ課題代表: 立川康人(京大・工))
 - i-c 気候変動に伴う沿岸災害リスクの評価 (サブ課題代表: 森 信人(京大・防))
 - i-d 気候変動リスクの社会・経済影響と適応策の評価手法の構築 (サブ課題代表: 多々納裕一(京大・防))
 - i-e アジアにおける水災害リスク評価と適応策情報の創生 (サブ課題代表: 田中茂信(土研・ICHARM))
- ii 水資源に関する気候変動リスク** (課題代表: 田中賢治(京大・防))
 - ii-a 気候変動に伴う水資源に関する社会・経済的影響及びその不確実性の評価研究 (サブ課題代表: 田中賢治(京大・防))
 - ii-b 水資源・水循環の人為的改変を含めた評価研究 (サブ課題代表: 沖 大幹(東大・生研))
- iii 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク** (課題代表: 中静 透(東北大・生命科学))
 - iii-a 気候変動予測情報を活用した、将来の生態系・生物多様性に関する影響及びその不確実性評価研究 (サブ課題代表: 中静 透(東北大・生命科学))
 - iii-b 生態系サービス等を通じた社会・経済的影響の評価研究 (サブ課題代表: 馬奈木俊介(東北大・環境科学))
 - iii-c 北東ユーラシア・東南アジア熱帯における気候・生態系相互作用の解明と気候変動に対する生態系影響評価研究 (サブ課題代表: 熊谷朝臣(名大・地球水循環))
 - iii-d 沿岸海洋生態系に対する気候変動の複合影響評価研究 (サブ課題代表: 山中康裕(北大・地球環境))

課題対応型の精密な影響評価

安定化目標値設定に資する気候変動予測 (JAMSTECほか)

直面する地球環境変動の予測と診断 (東京大学ほか)

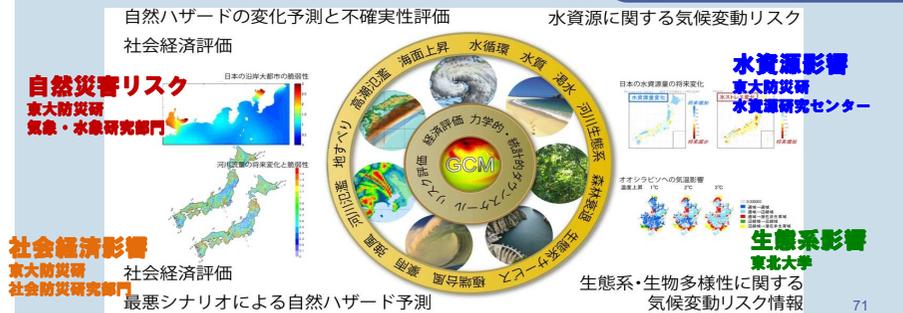
温暖化予測実験データ

気候変動リスク情報の基盤技術開発 (筑波大学・気象研究所ほか)

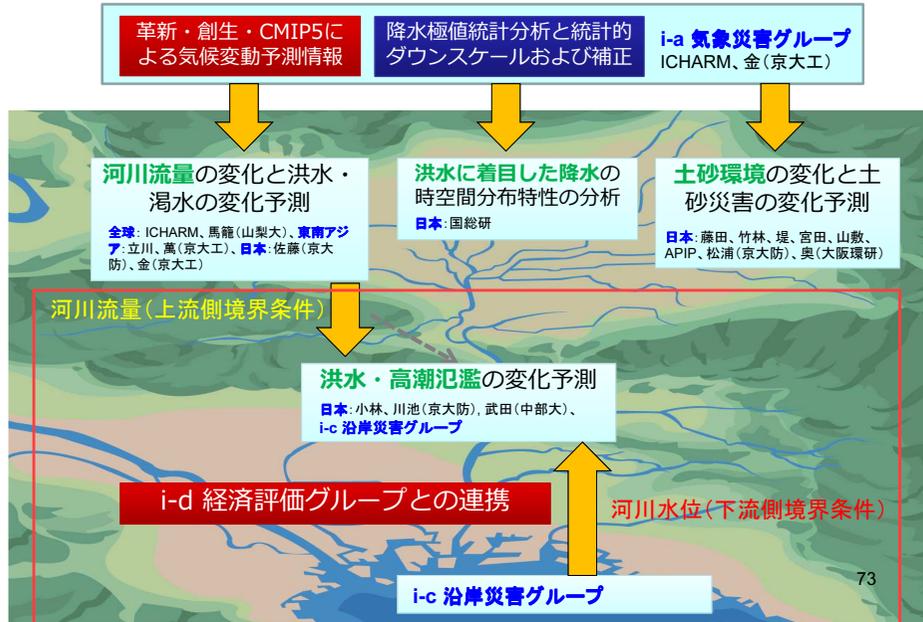
代表: 中北英一(京大防災研)
 参画機関: 京大、東北大、土木研、東大、東工大、名大、北大等

課題対応型の精密な影響評価

自然災害に関する気候変動リスク (中北英一: 京大防災研)
 水資源に関する気候変動リスク (田中賢治: 京大防災研)
 生態系・生物多様性に関する気候変動リスク (中静 透: 東北大)



気候変動に伴う河川流域の災害リスクの評価



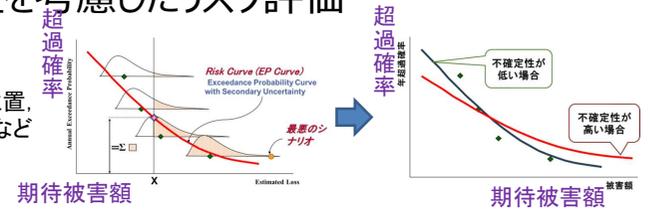
SOUSEI
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

適応策の費用便益評価方法の構築



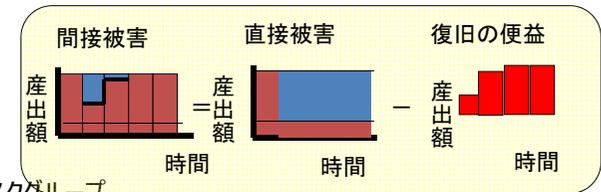
不確定性を考慮したリスク評価

不確定性:
台風の発生位置、
破堤シナリオなど



被害の整合的評価

$$\begin{aligned} \text{総被害額} &= \text{直接被害額} - \text{復旧の純便益} \\ &= \text{間接被害額} + \text{復旧費用} \end{aligned}$$



創生京大リスクグループ



Sousei (創生) Program (2012-2016)

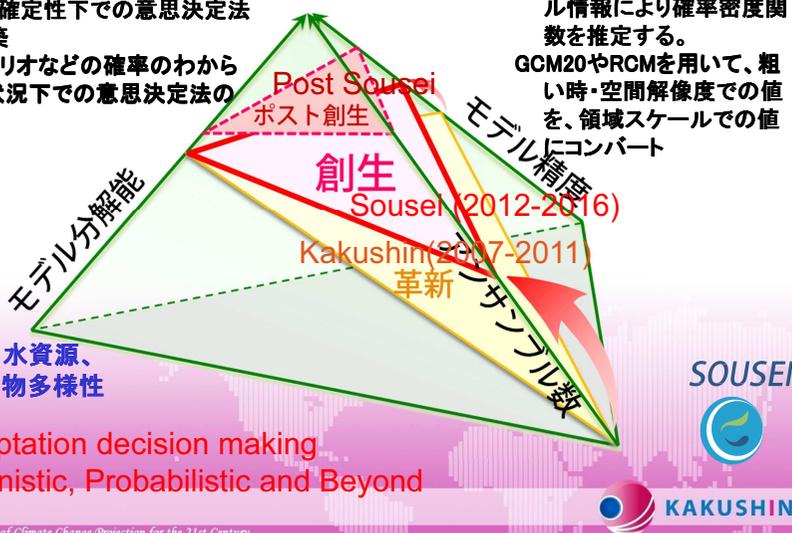
適応策創出の哲学・考え方の構築

大きな不確定性下での意思決定法の構築
 最悪シナリオなどの確率のわからない状況下での意思決定法の構築

Ultimate Goal

より精度の高い確率の推定

粗いモデルによるアンサンブル情報により確率密度関数を推定する。
 GCM20やRCMを用いて、粗い時・空間解像度での値を、領域スケールでの値にコンパート



対象:
自然災害、水資源、
生態系・生物多様性

For adaptation decision making
 Deterministic, Probabilistic and Beyond

適応への考え方

- 気候変動モデルによる時間毎の出力値により、我が国の気候変動影響評価が可能となった。
- まだ不確定だからといって適応を遅らせていると将来の適応が不可能あるいは困難になる危険性がある。
- 実践を通しての適応:「はっきりとはわからないけど進める」
 - 専門家はまずこの認識を持つことが大事。
 - 「現在の進行も適応になる」以上の認識が必要。
 - この認識を、他省庁とも共同して、国民に理解してもらうように努める。
 - 温暖化の影響らしきものを国民に発信してゆく
 - 「具体的な実行があつて助かった」を蓄積してゆく。
- 基本計画としての適応
 - 設計値(年確率値)にのみこだわるならまだまだ不確定性は高い。
 - だからこそ、最悪シナリオ(極端シナリオ)をどう計画に組み込んでいくか、という適応が重要。(設計値にという意味ではない)

