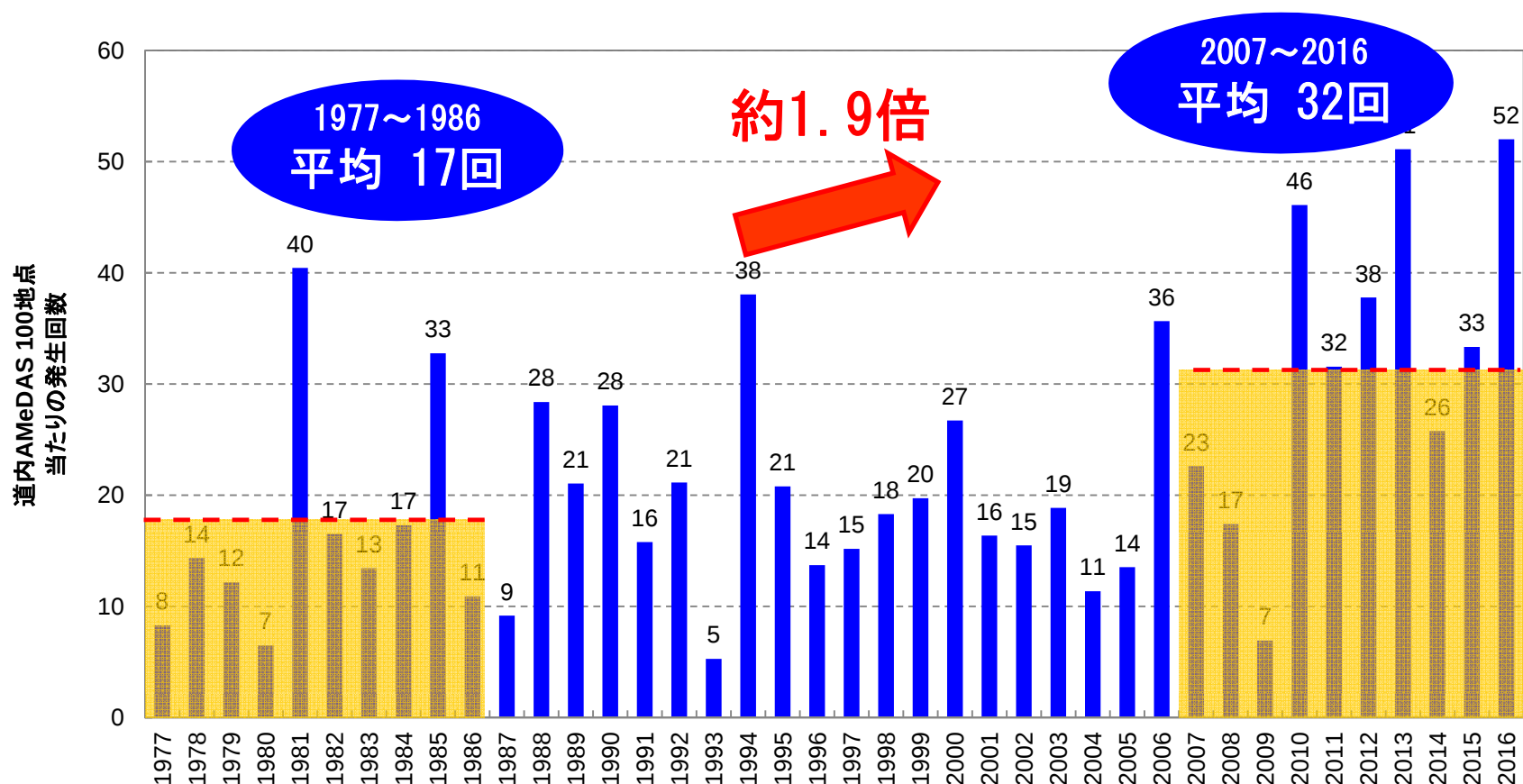

2. 近年の北海道の気象の変化

近年の降雨の状況(北海道)

本文P.8
3.1

■北海道において、時間雨量30mmを超える短時間雨量が約30年前の約1.9倍になるなど、近年、短時間強雨の発生回数が増加している。



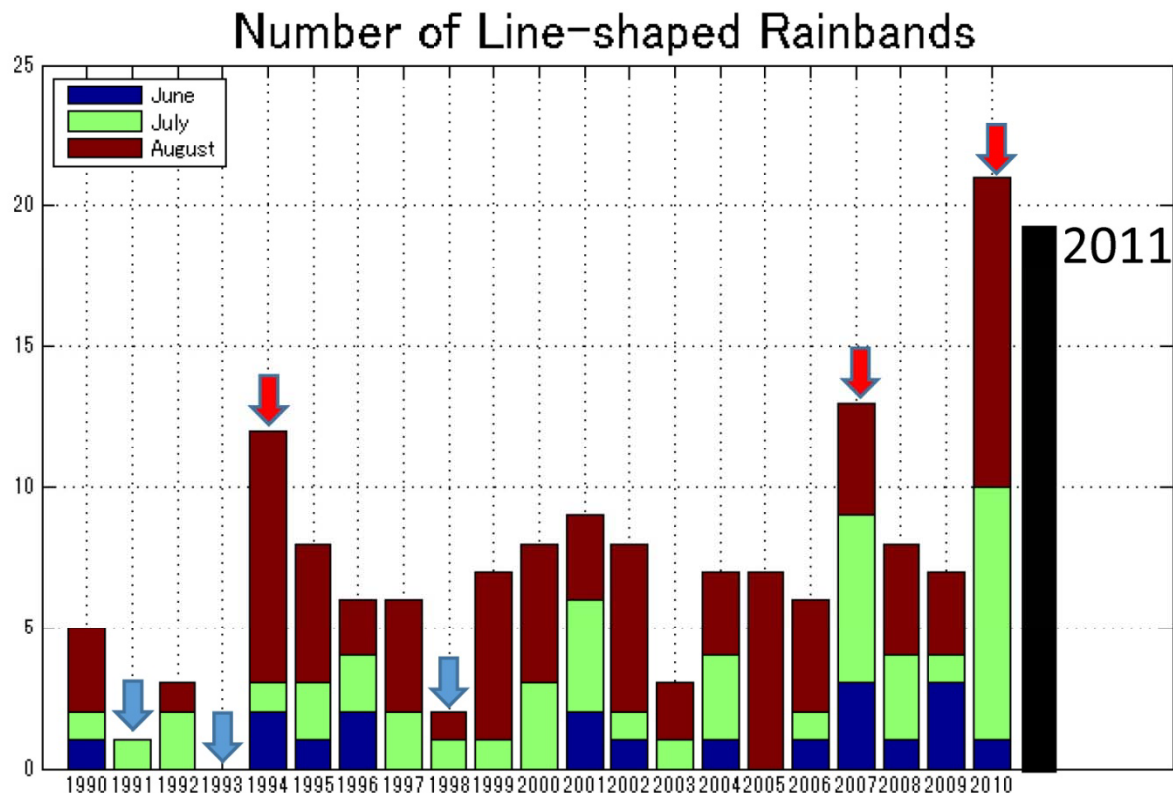
道内アメダス100地点当たりの時間当たり30mm以上の降雨発生回数

※一般財団法人 日本気象協会北海道支社 資料を一部改変

北海道における近年の降雨傾向の変化

本文P.8
3.1

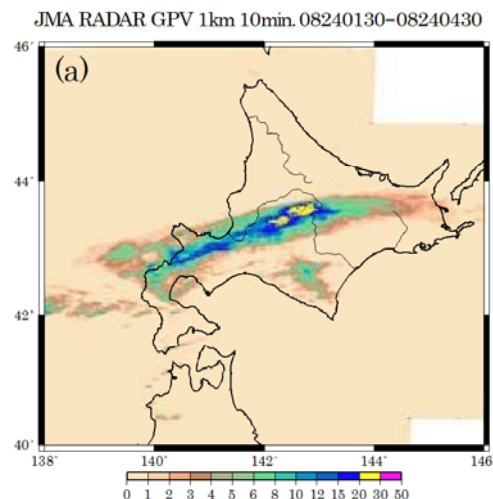
■北海道では近年、線状降水帯の発生回数が増加傾向にある。



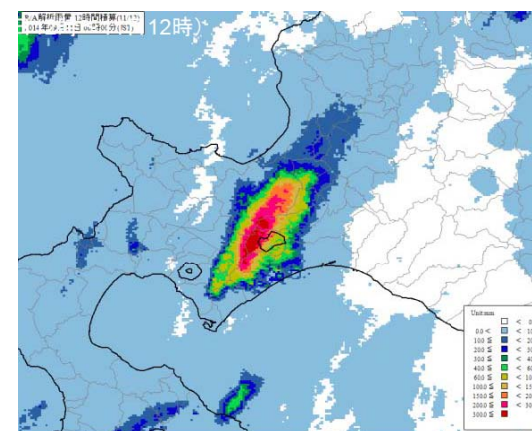
北海道における線状降水帯の発生回数と各年の月別積算回数
(1990－2011)

線状降水帯：降雨域が線状に発達し長期間停滞した状態

左図、右上図は山田朋人准教授(北海道大学)提供



平成22年8月に発生した線状降水帯
の雨量分布図



平成26年 9月に発生した線状降水帯
の雨量分布図

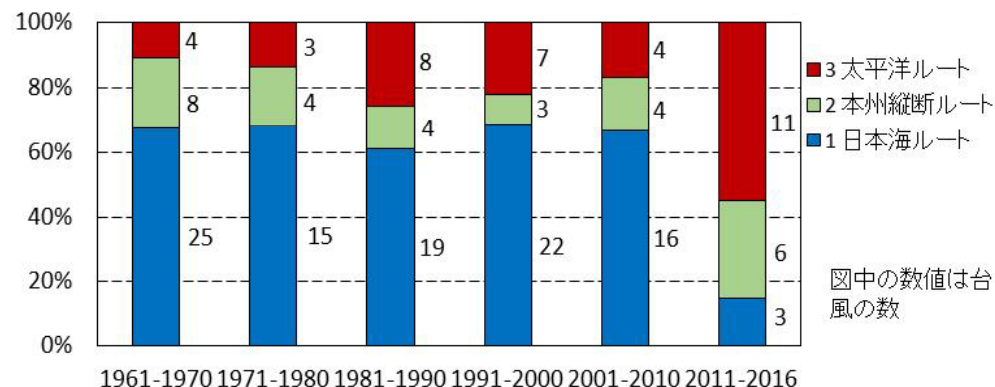
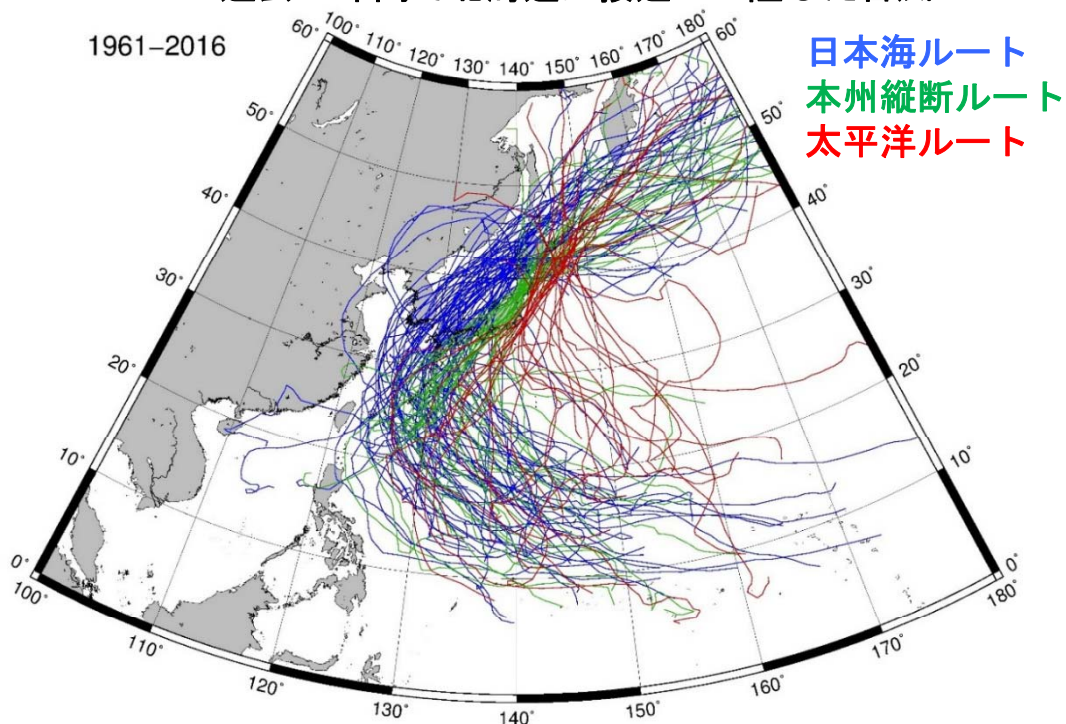
2014/9/11 6:40気象庁報道発表資料

北海道に接近する台風の特徴

本文P.8
3.1

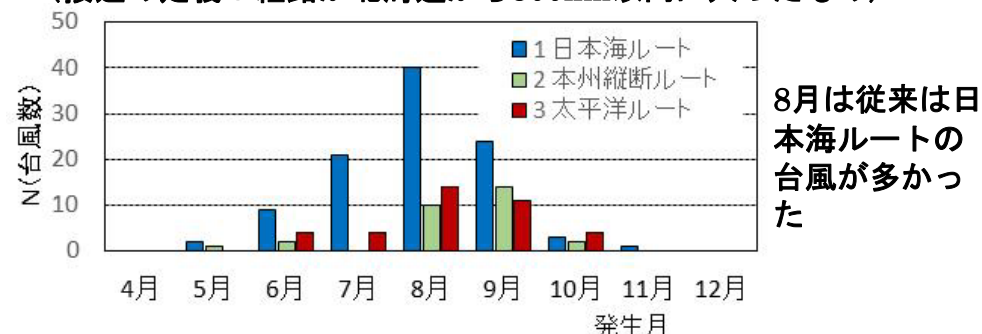
- 近年、北海道への台風接近ルートが変化し、以前は6割以上が日本海ルートだったが、太平洋ルートが5割以上に増加している。
- 太平洋から北海道に接近する台風は、他のルートより中心気圧が低い状態のまま北上する傾向にある。

過去56年間で北海道に接近・上陸した台風



北海道に接近・上陸した台風の数の変化

(接近の定義：経路が北海道から300km以内に入ったもの)



台風発生月ごとの北海道への台風接近ルート

北緯30度から北緯40度を通過するまでの中心気圧の気圧変化度 (hPa/° N) と数(N)

(北緯30度を中心気圧980hPa以下で通過した台風を対象)

平均期間	年数	全ルート		1 日本海ルート		2 本州縦断ルート		3 太平洋ルート	
		気圧変化度	N	気圧変化度	N	気圧変化度	N	気圧変化度	N
1961-2016	56	2.62	116	2.90	67	2.68	24	1.82	25

気圧変化度：中心気圧の変化量 [hPa] / 緯度変化量 [°] , N：対象台風数

山田朋人准教授 (北海道大学) 及び山本太郎氏 (北海道河川財団) 作成資料から

太平洋ルートで北海道に接近する台風は他のルートより弱体化しづらい

3. 気候変動の影響

■IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書では、気候システムの温暖化については疑う余地がなく、中緯度の陸域のほとんどで極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高いという予測がなされている。

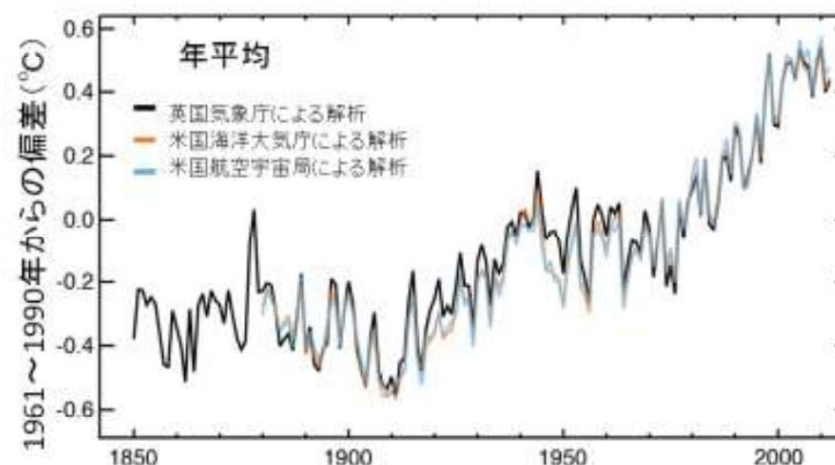
【観測事実と温暖化の要因】

- ◆ 気候システムの温暖化については疑う余地がない。
- ◆ 人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の主要因であった可能性が極めて高く、温暖化に最も大きく効いているのは二酸化炭素濃度の増加。
- ◆ 最近15年間、気温の上昇率はそれまでと比べ小さいが、海洋内部(700m以深)への熱の取り込みは続いており、地球温暖化は継続している。

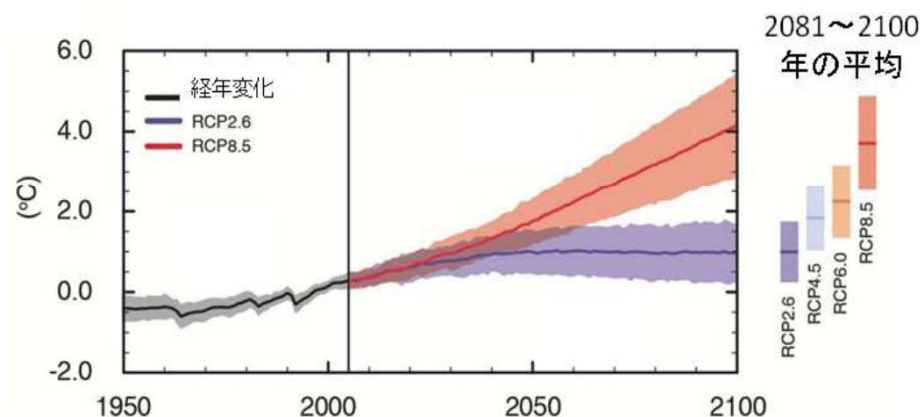
【予測結果】

- ◆ 21世紀末までに、世界平均気温が0.3～4.8℃上昇、世界平均海面水位は0.26～0.82m上昇する可能性が高い(4種類のRCPシナリオによる予測)。
- ◆ 21世紀末までに、ほとんどの地域で極端な高温が増加することがほぼ確実。
また、中緯度の陸域のほとんどで極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い。
- ◆ 排出された二酸化炭素の一部は海洋に吸収され、海洋酸性化が進行。

世界の地上気温の経年変化



1950～2100年の世界平均地上気温の経年変化(1986～2005年の平均との比較)

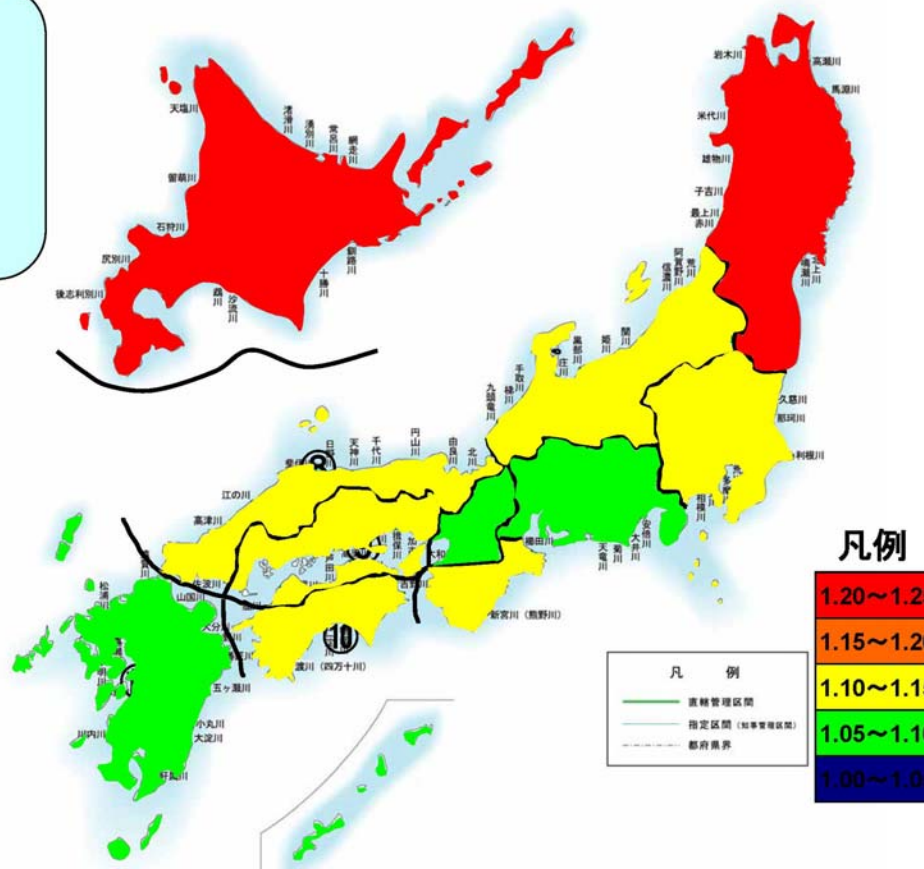


(IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書を基に水管理・国土保全局が作成)

■気候変動による影響は、国内でも高緯度ほど大きいと予測されており、100年後の北海道の年最大日降水量が1.24倍になると予測されている(GCM20(A1Bシナリオ))。これにより、河川の現計画が目標とする治水安全度について、年超過確率1/100の場合は1/25～1/50程度に著しく低下することが報告されている。

GCM20(A1Bシナリオ)で求めた
各調査地点の年最大日降水量から
(2080-2099年の平均値)
(1979-1998年の平均値) を求め
将来の降雨量を予測(上記の中位値)

①	北海道	1.24
②	東北	1.22
③	関東	1.11
④	北陸	1.14
⑤	中部	1.06
⑥	近畿	1.07
⑦	紀伊南部	1.13
⑧	山陰	1.11
⑨	瀬戸内	1.10
⑩	四国南部	1.11
⑪	九州	1.07



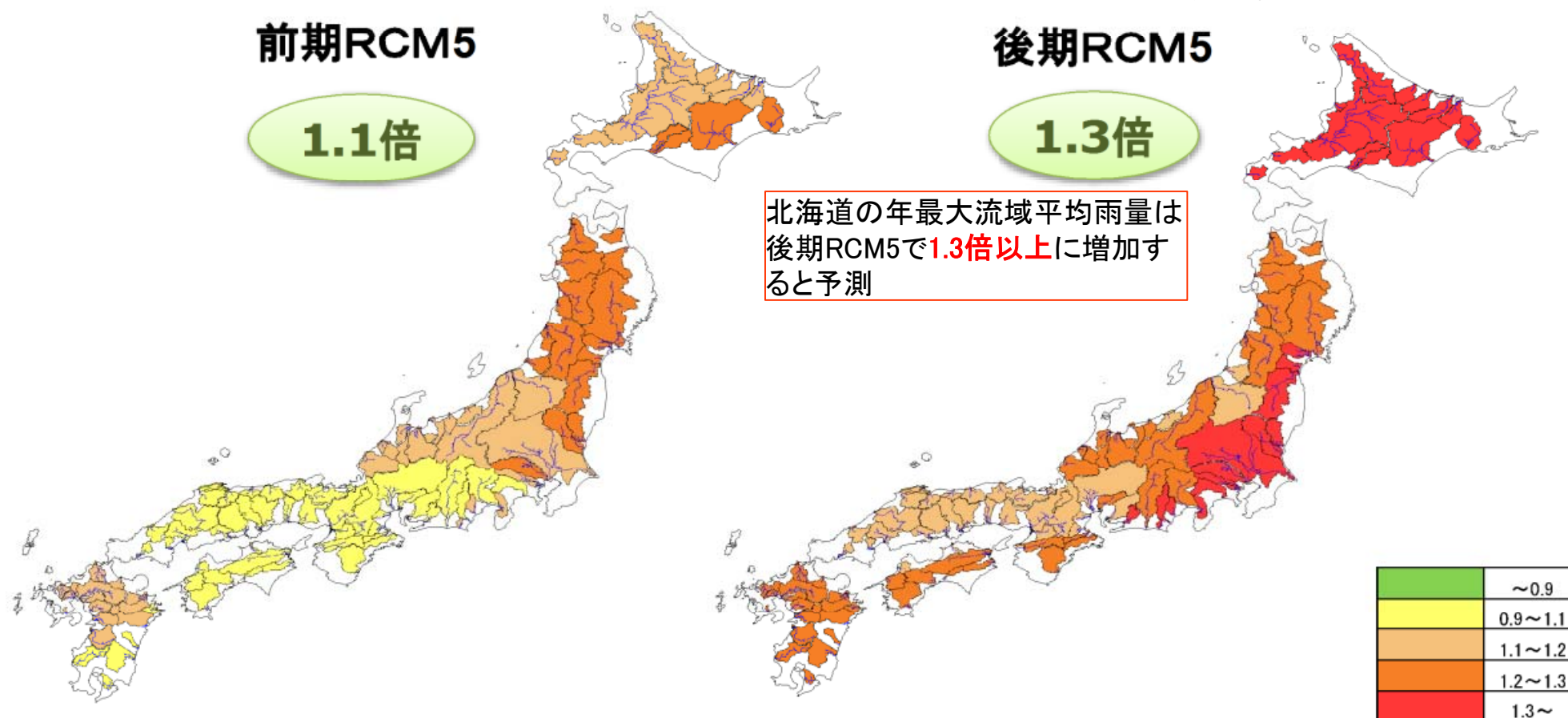
各地域における100年後の年最大日降水量の変化率

出典：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策のあり方について（答申）平成20年6月 社会資本整備審議会
地球温暖化に伴う気候変化が水災害に及ぼす影響について（平成20年6月 国土交通省）

■気候変動で、北海道の一級河川の年最大流域平均雨量が全国平均を上回る1.1～1.3倍以上になると予測されている(SRES A1Bシナリオ)。

計画降雨継続時間での降雨量倍率の予測結果

(出典：国土技術政策総合研究所資料No.749から作成)



SRES A1Bシナリオ による年最大流域平均雨量の将来予測

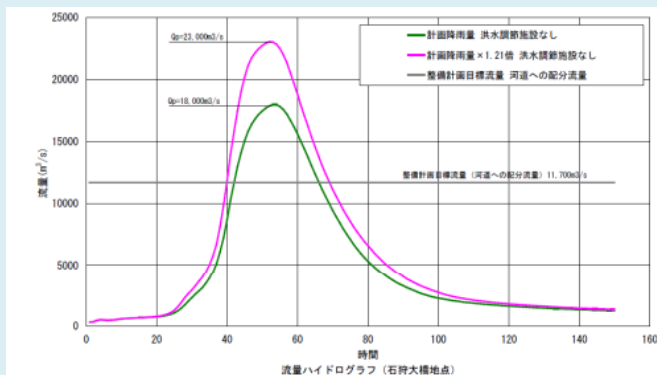
※SRES A1Bシナリオを適用した4つの気候モデルについて、現在(前期RCM5は1990～1999、後期RCM5は1979～2003)、将来(前期RCM5は2086～2095、後期RCM5は2075～2099)の予測値(中位値)の幅を示したもの

(出典：国土技術政策総合研究所資料No.749から作成)

- 国土交通省北海道開発局での気候変動への取組事例として、H20.3～23.3に実施した「石狩川流域における気候変動に適応した治水利水対策検討会」で将来の各種リスクを検討している。
- その中で、石狩川では、将来の降水量(年最大3日雨量)は現在の1.21倍に増加すると予測されており、その降水量で石狩川の流量計算を行った結果、既定計画18,000m³/sに対し、23,000m³/sとなり、治水安全度が大幅に低下する。

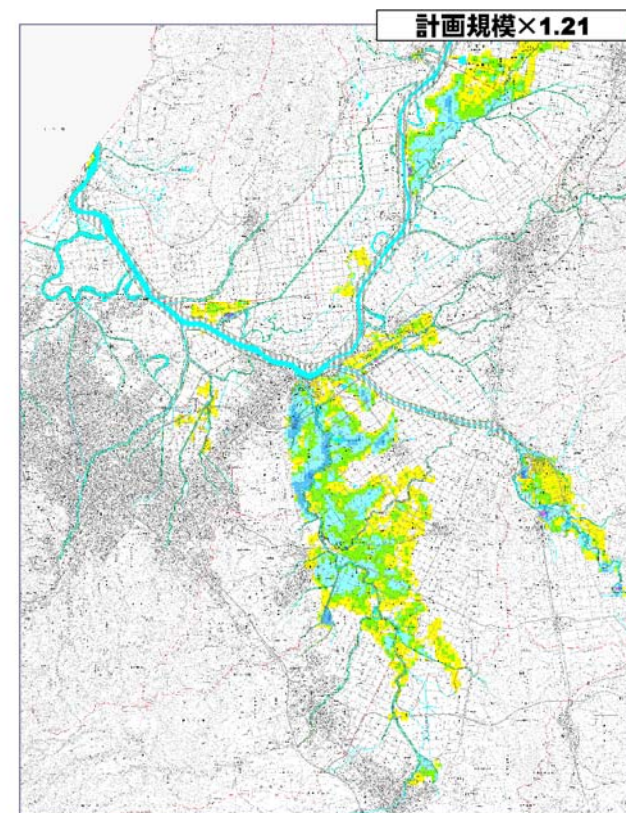
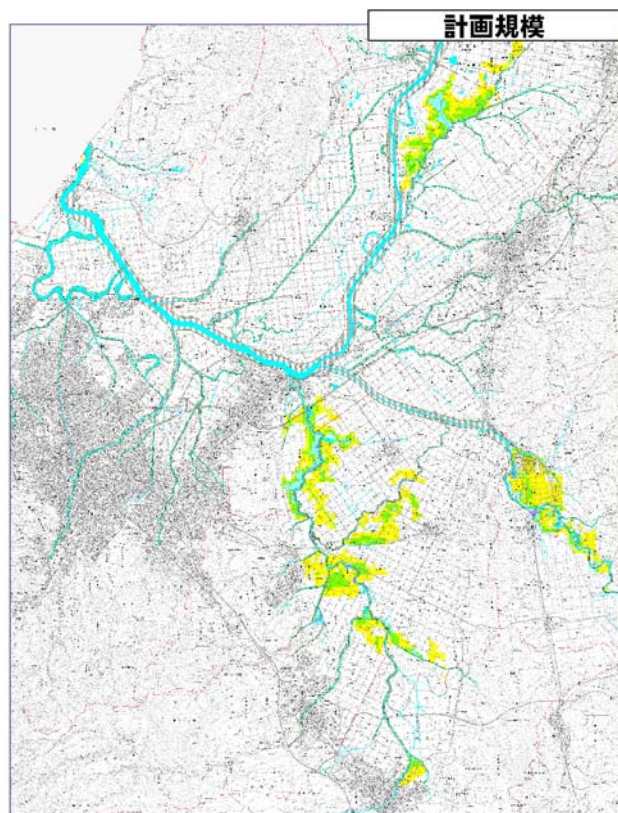
【石狩川流域における気候変動に適応した治水利水対策検討会】(H20.3～H23.3)

- ・石狩川流域を対象に、気候変化が洪水、渇水、土砂災害、高潮災害等へ及ぼす影響を把握し、地域に与える影響について分析、評価を行い、総合的かつ順応的な治水・利水に関する適応策を検討



石狩大橋地点の流量ハイドログラフは、石狩川水系河川整備基本方針で基本高水を含めた流出計算モデル(貯留関数法)を用いて、石狩大橋基準地点の流域平均雨量260mm/3日(規定計画、計画規模1/150)が、温暖化による降雨量の増加(規定計画の1.21倍=315mm/3日)になるように引き伸ばした雨を用いて、流出計算を行ったものである。

石狩大橋地点ハイドログラフ
〔基本高水〕



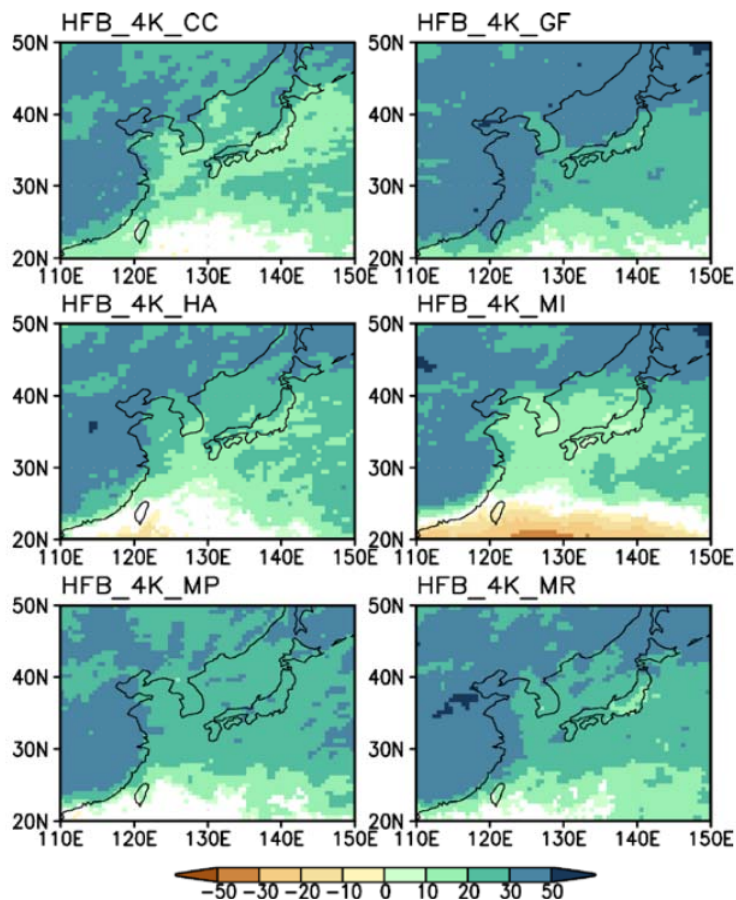
石狩川下流部の氾濫シミュレーション結果(越水のみ)

※GCM20モデル(気象研究所開発)A1Bシナリオにて予測

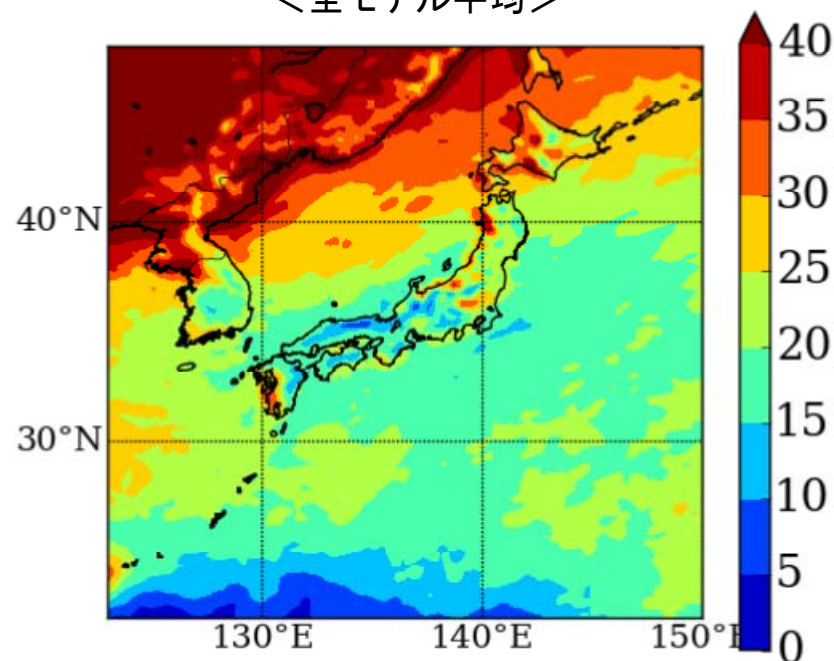
■ 全球気温が4度上昇する場合において、いくつかの代表的な海面水温ターンを含む大量アンサンブル予測計算により得られた年最大日降水量の予測は、日本全体で増加傾向にあるが、北海道は30%を超える増加となるなど増加率が特に顕著であり、その傾向は海水温パターンによらないとの予測結果がある。

年最大日降水量の将来変化(%)

<6種類の海面水温モデル別>



<全モデル平均>



地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF) (文部科学省、気象庁気象研究所、東京大学待機海洋研究所、京都大学防災研究所、国立環境研究所、筑波大学、海洋研究開発機構)から転載

■欧米諸国では、既に気候変動により増大する外力を踏まえた施設計画や設計における対策など、気候変動の適応策が進められている。

欧米諸国における気候変動の影響を踏まえた適応策の例

	気候変動の影響を踏まえた適応策
イギリス	治水事業の計画段階で用いるべき海面上昇や流量を20%割増 など※1
ドイツ	従来の100年確率流量を気候変化係数1.15倍割り増し など※1
オランダ	KNMI06気候シナリオにより、ライン川の将来計画流量を設定※1 ・2015年までの計画流量16,000m³/s ・2050年までの計画流量18,000m³/s
アメリカ	将来の海面上昇について独自の3つのシナリオを設定し、ライフサイクル全体での代替案比較を実施することになっている。※2

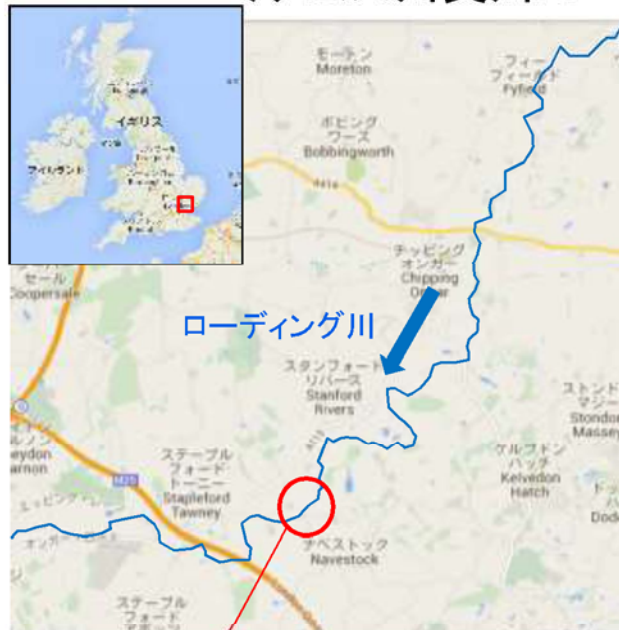
※1 JICELレポート19号 から

※2 水災害分野における気候変動適応策のあり方について 答申 p9-10 から

(参考) イギリスの適応策の例

- 国の指針において気候変動予測を踏まえた将来の洪水流量や海面上昇量等の変化率を設定し、将来の変化に対応可能な洪水・海岸侵食対策を決定
- テムズ川流域の洪水調節施設(年超過確率1/200規模)については、2006年に策定された指針に基づく洪水流量の変化※¹(20%増)をあらかじめ見込んで貯水容量を決定
- 2011年に改訂された指針に基づく洪水流量の変化※²の上限値(70%増)でも堤体や洪水吐きが安全であることを確認。

＜テムズ川支川ローディング川の洪水調節施設の事例(2012年計画承認)＞



洪水調節池(比高3.75m、延長700mの土堤)

※1: Flood and Coastal Defence Appraisal Guidance FCDPAG3 Economic Appraisal Supplementary Note to Operating Authorities – Climate Change Impacts October 2006,
Department for Environment, Food and Rural Affairs

※2: Adapting to Climate Change: Advice for Flood and Coastal Erosion Risk Management Authorities,
Environment Agency, 2011

①将来予測(2006年指針※¹)をもとに、洪水流量20%増で施設規模を決定

将来の洪水流量の変化率(大流域)

1990～2025年	2025～2055年	2055～2085年	2085～2115年
10%	20%		

②新たに出された予測値(2011年指針※²)をもとに、最も洪水流量が増大する場合(70%増)でも堤体や洪水吐きが安全であることを確認

将来の洪水流量の変化率(Thames流域)

	2020年代	2050年代	2080年代
上限値	30%	40%	70%
中間値	10%	15%	25%
下限値	-15%	-10%	-5%

(参考) オランダの適応策の例

- 2001年にライン川ロビス地点の年超過確率1/1,250の計画流量 $15,000\text{m}^3/\text{s}$ を $16,000\text{m}^3/\text{s}$ に引き上げ※¹、2015年を目標に、例えばレント市付近では既存の堤防を堤内地側へ約350m引堤するとともに新たに分水路の整備などを進めている。
- 気候変動予測を踏まえ、今世紀末における計画流量を $18,000\text{m}^3/\text{s}$ にすべきこと※¹を示している。

※¹ 1993年に $16,000\text{m}^3/\text{s}$ から $15,000\text{m}^3/\text{s}$ に引き下げたものの、1993年および1995年に大洪水が発生したことから、再び $16,000\text{m}^3/\text{s}$ に引き上げ

※² オランダの気候変動シナリオKNMI'06で予測された降雨量を用い、流出モデルにより今世紀末におけるライン川ロビス地点の流量を $17,000\sim 22,000\text{m}^3/\text{s}$ と算定。大規模な洪水の場合、上流で氾濫が生じることに伴い洪水のピーク流量が減少することを考慮し、今世紀末での流量を $18,000\text{m}^3/\text{s}$ と設定



レント付近のボトルネックとなっている湾曲部で分水路を整備

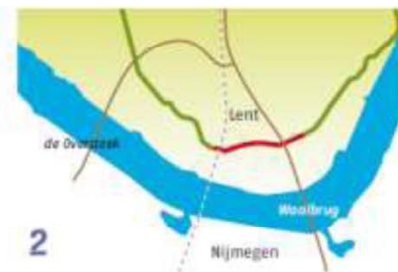
The measure

The measure at Lent shown in phases.



1 The present situation with the existing dike.

1 工事実施前



2 The dike is to be moved 350 metres inland.

2 350m引堤



3 An auxiliary channel is to be dug in order to give the river more room. This will create an elongated island.

3 分水路整備

出典：オランダ政府：National Water Plan 2009-2015、オランダ王立気象研究所：Onderzoek naar bovengrensscenario's voor klimaatverandering voor overstromingsbescherming van Nederland、municipality of Nijmegen：Room for the river Waal Nijmegen

(参考) ドイツの適応策の例

- 将来の外力増大時にできるだけ手戻りがない施設の設計。(設計流量(一般的に年超過確率1/100の洪水流量)に気候変動の影響を割増※)
- 堤防については、将来嵩上げが必要となった場合に備えて事前に用地を確保。
- 護岸等については、将来嵩上げが必要となっても容易に対応できるように設計。
- 橋梁については、当初から割増した流量により設計。

※ KLIWAプロジェクト(ドイツ気象庁とバイエルン州などの一部の州を含む共同プロジェクト)において、気候変動予測モデルで予測された降雨量を用い、流出モデルにより洪水流量を求め、現在(1971~2000年)と将来(2021~2050年)の年超過確率別の流量の比(気候変動係数)を設定。

表 ドイツの地域・確率年別気候変動係数

地域	確率年	気候変動係数
ネッカー	100	1.15
ドナウ上流	100	1.25
バイエルン	100	1.15



図 100年確率洪水水位及び気候変動による水位上昇見込み量概念図
※「Freeboard」は波・風等による水位上昇による越流を防止するためのもの

出典: KLIWA*: Climate Change in Southern Germany Extent -Consequences – Strategies, pp.18-19, 2009.

*KLIWA: 水資源管理に係る気候変動と同影響に対応するためのドイツのバーデン=ビュルテンベルク、バイエルン、ラインラント=プファルツの各州とドイツ気象庁を含む協同プロジェクト。

(参考) ハリケーン・サンディによるニューヨーク都市圏水害とその対応①

- 2012年10月、「ハリケーン・サンディ」上陸により、アメリカのニューヨーク州、ニュージャージー州で甚大な被害。

■ ハリケーン・サンディの概要

- 2012年10月29日、「ハリケーン・サンディ」は、ニュージャージー州に、最大風速36m/sの勢力を保ったまま上陸。

■ 被害の概要

- **死者147名**(うち米国で72名)。
- 大規模な停電、事業所停止等により**大都市の中核機能が麻痺**。**NY証券取引所も2日閉鎖**。
- ニューヨークの**地下鉄等トンネル16本が浸水**する等の甚大な被害が発生。深さ約40m のトンネルのほぼ入り口まで浸水。
- 被害額はニューヨーク州で320億ドル、ニュージャージー州で 294億ドル。



高潮による被害状況(ニュージャージー州沿岸)
<http://www.af.mil/News/Photos.aspx?igphoto=2000098970>



地下鉄の浸水状況(South Ferry駅)

A Stronger More Resilient New York, The City of New York, Credit MTA Photos



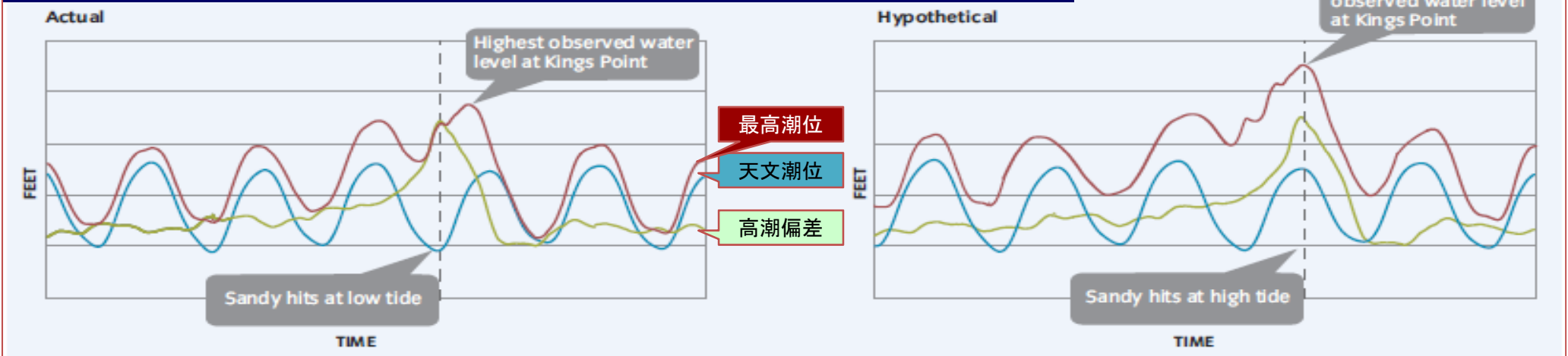
被災した家屋(ニューヨーク州スタテン島)

<https://www.flickr.com/photos/dvids/8167326468/>

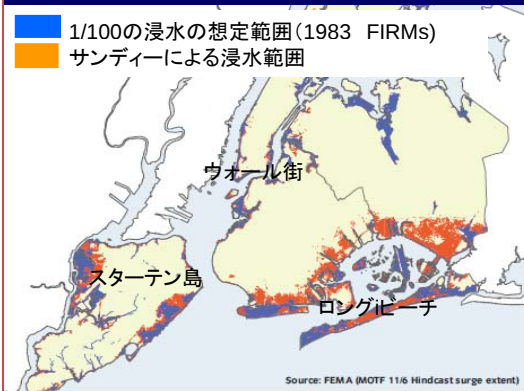
(参考) ハリケーン・サンディによるニューヨーク都市圏水害とその対応②

- サンディの来襲の時間が少し異なれば、NY中に甚大な被害が生じるおそれがあったことから、NY市は、サンディによる災害を歴史的なものであるが、最悪のケースではないと考えた。
- 浸水のリスクマップ(Flood Insurance Rate Map)より広範囲に浸水したことから、NY市はFEMAにFIRMの更新を要請したが、更新されたとしても、FIRMは過去の観測記録に基づき作成されるものであり、将来の気候変動の影響が反映されず不十分であると考えた。
- このため、NY市は、2008年から進めていた気候変動によるリスク評価の取組を促進し、2013年に気候変動に対する適応策(A Stronger More Resilient New York)をとりまとめた。

サンディの上陸時刻がずれていれば、より甚大な被害が発生していた



FIRMsと実際に生じた浸水範囲



NPCC (New York City Panel on Climate Change)による予測 (Climate Risk Information 2013)

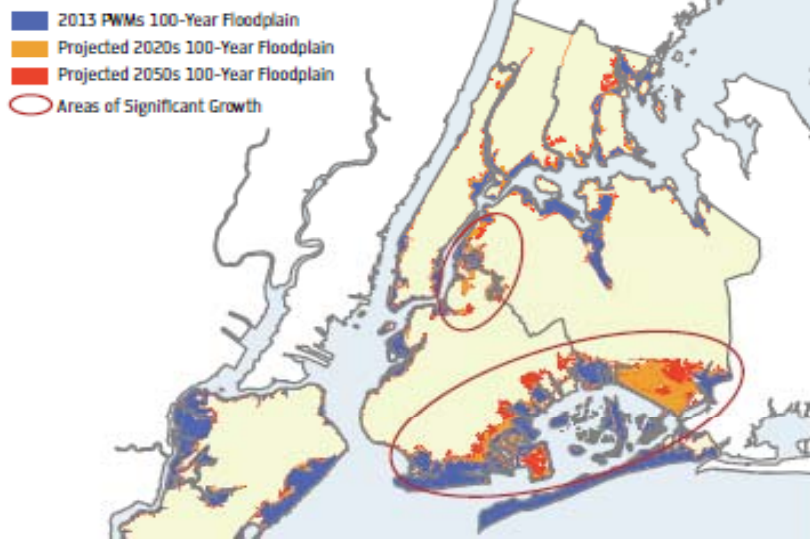
		基準 1971-2000	2020年代		2050年代	
			中位予測	最高予測	中位予測	最高予測
海面上昇		0	+4 to 8 in.	+11in.	+11 to 24in.	+31in.
雨量強度	2inchを超過する降水日	3	3 to 4	4	5 to 7	7
高潮	現時点の100年確率高潮の頻度	1.0%	1.2% to 1.5%	1.7%	1.7% to 3.2%	5.0%
	100年確率規模の高潮位(基準潮位 NAVD88からの超過 feet)	15.0	15.3 to 15.7	15.8	15.9 to 17.0	17.6

出典: A Stronger More Resilient New York, The City of New York

(参考) ハリケーン・サンディによるニューヨーク都市圏水害とその対応③

- NY市は、FEMA、陸軍工兵隊等と連携し、現状のリスク、気候変動によるリスクを科学的に評価。
- 被害の想定に基づき、海岸防御、建築物、公衆衛生、電力、通信、交通等の分野ごとに適応策を検討。

2020年代、2050年代を想定した浸水が想定される範囲

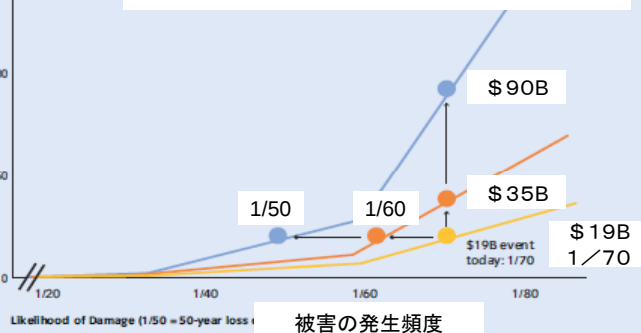


経済損失の規模と頻度の変化

Asset Damage and Lost Economic Activity (\$ in Billions)

資産及び経済活動の損失(10億\$)

- ・サンディによる災害は、現時点では、70年に一度の頻度で発生し、被害は190億ドル
- ・2050年代には、サンディと同等規模のハリケーン災害は、50年に一度へと頻度が増加
- ・2050年台には、70年に一度に発生する規模のハリケーン被害では、被害額は約5倍増加



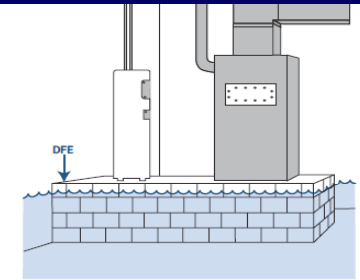
Comprehensive Coastal Protection Plan | Full-Build Recommendations

- Increase Coastal Edge Elevations**
 - Beach nourishment
 - ① Coney Island, Brooklyn
 - ② Rockaway Peninsula, Queens
 - ③ East and South Shores, Staten Island
 - ④ Orchard Beach, Bronx
- Armor Stone (Revetments)**
 - ① Coney Island Creek, Brooklyn
 - ② Annadale, Staten Island
 - ③ South Shore, Staten Island
- Bulkheads**
 - ① Citywide Program
 - ② Belt Parkway, Brooklyn
 - ③ Beach Channel Drive, Queens
- Tide Gates / Drainage Devices**
 - ① Oakwood Beach, Staten Island
 - ② Flushing Meadows, Queens
 - ③ Coney Island Creek, Brooklyn
 - ④ Mill Creek, Staten Island
- Minimize Upland Wave Zones**
 - Dunes**
 - ① Rockaway Peninsula, Queens
 - ② Breezy Point, Queens
 - ③ Coney Island, Brooklyn
 - Offshore Breakwaters**
 - ① Great Kills Harbor, Staten Island
 - ② South Shore, Staten Island
 - ③ Rockaway Extension
 - ④ City Island, Bronx
 - Wetlands, Living Shorelines and Reefs**
 - ① Howard Beach, Queens
 - ② Tottenville, Staten Island
 - ③ Plumb Beach, Brooklyn
 - ④ Brant Point, Queens
 - ⑤ Jamaica Bay
 - ⑥ Bay Ridge Flats
 - ⑦ Saw Mill Creek, Staten Island
- Groins**
 - ① Sea Gate, Brooklyn
- Protect Against Storm Surge**
 - Integrated Flood Protection System**
 - ① Hunts Point, Bronx
 - ② East Harlem, Manhattan
 - ③ Lower Manhattan / Lower East Side
 - ④ Hospital Row, Manhattan
 - ⑤ Red Hook, Brooklyn
 - ⑥ Brooklyn-Queens Waterfront
 - ⑦ West Midtown, Manhattan
 - Floodwalls / Levees**
 - ① East Shore, Staten Island
 - ② Farragut Substation, Brooklyn
 - ③ Astoria Generating Station, Queens
 - Local Storm Surge Barrier**
 - ① Newtown Creek
 - ② Rockaway Inlet
 - ③ Gowanus Canal, Brooklyn
 - Multi-purpose Levee**
 - ① Lower Manhattan

海岸防御の適応策の一例



建築物の適応策の一例

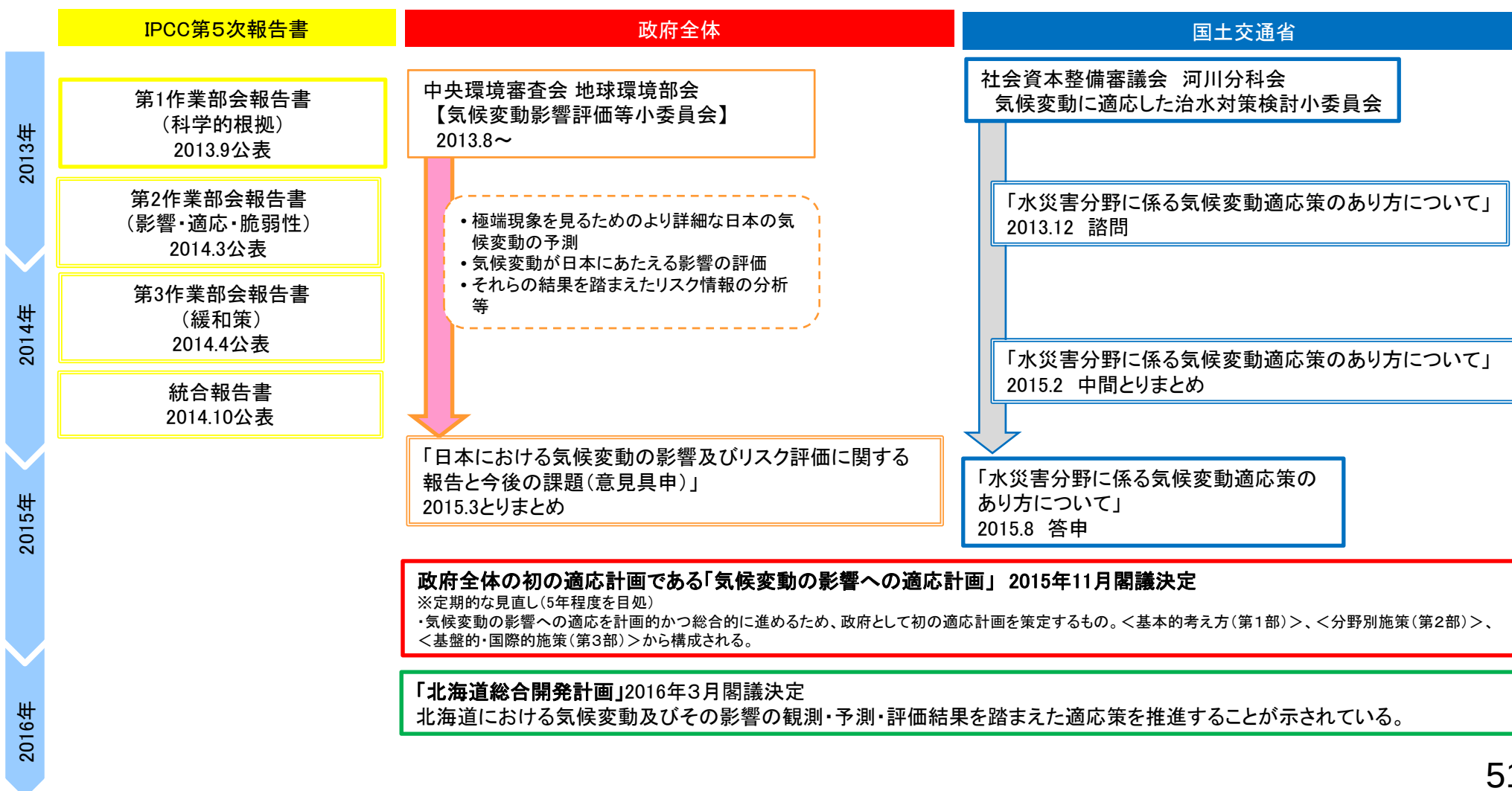


出展: A Stronger More Resilient New York, The City of New York

気候変動の影響への適応策に関する最近の動向

本文P.10
3.2

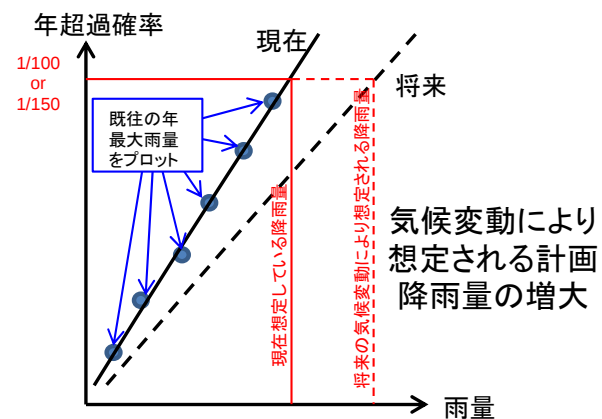
- IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書は、平成26年10月に統合報告書が公表。
- 平成27年3月に中央環境審議会から、「日本における気候変動の影響及びリスク評価に関する報告と今後の課題(意見具申)」が示される。平成27年8月に社会資本整備審議会から、水災害分野の気候変動適応策のあり方について答申。
- 平成27年11月、政府として初の気候変動の適応計画となる「気候変動の影響への適応計画」が閣議決定。



- これまで日本では、全国同じ安全度の考え方のもと、過去の降雨実績等に基づいて治水計画を立案している。北海道ではこれまで降雨量が少ないことから計画降雨量が相対的に小さい。
- 気候変動の影響は、日本の中でも特に北海道において大きいとの予測がなされている。将来の気候変動により、同等の確率規模でも降雨量が増大する可能性がある。

全国の主要な河川における計画規模と計画降雨量

地整名	河川名	流域面積	基準地点	計画規模	降雨継続時間	計画降雨量
北海道	石狩川	14,330km ²	石狩大橋	1/150	3日	260mm
	十勝川	9,010km ²	茂岩	1/150	3日	215mm
	常呂川	1,930km ²	北見	1/100	12時間	138mm
東北	北上川	10,150km ²	狐禅寺	1/150	2日	200mm
関東	利根川	16,840km ²	八斗島	1/200	3日	318mm
北陸	信濃川	11,900km ²	帝石橋	1/150	2日	270mm
中部	木曽川	9,100km ²	犬山	1/200	2日	295mm
近畿	淀川	8,240km ²	枚方	1/200	24時間	261mm
中国	江の川	3,900km ²	江津	1/100	2日	323mm
四国	吉野川	3,750km ²	岩津	1/150	2日	440mm
九州	筑後川	2,860km ²	荒瀬	1/150	48時間	521mm



100年確率日降雨量マップ(単位 mm/day)

「土木構造物の性能設計における作用の指針(案)」(土木学会)から

4. 今後の水防災対策のあり方

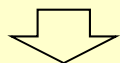
(1)気候変動を考慮した治水対策①【気候変動の影響予測】

本文P.15
5.2 (1)

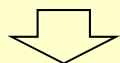
■ 北海道における気候変動の影響を最新の知見に基づき科学的に予測。

【北海道における気候変動の影響予測】

①将来予測モデル(シナリオ)



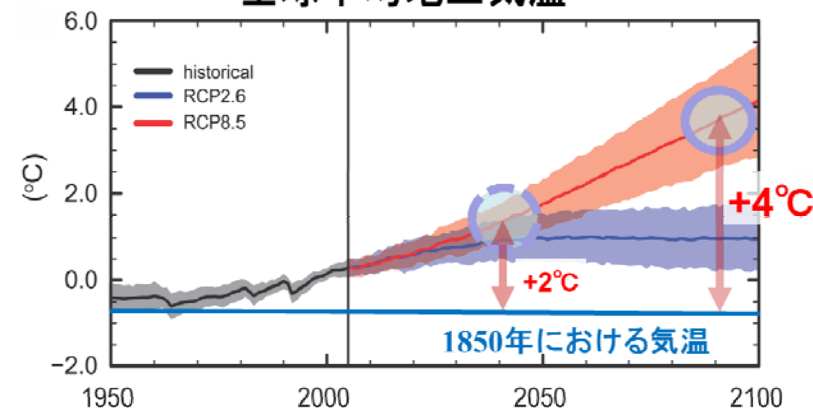
②流域レベルにダウンスケール



③将来の降雨量、洪水量の変化

<将来予測モデル>

全球平均地上気温



60km AGCM

100メンバ

非温暖化100メンバ

90メンバ

($6\Delta T \times 155T$)

日本域 20km

50メンバ

90メンバ

ダウンスケール

1951 過去実験 2010

将来実験 60年
※大量アンサンブル計算

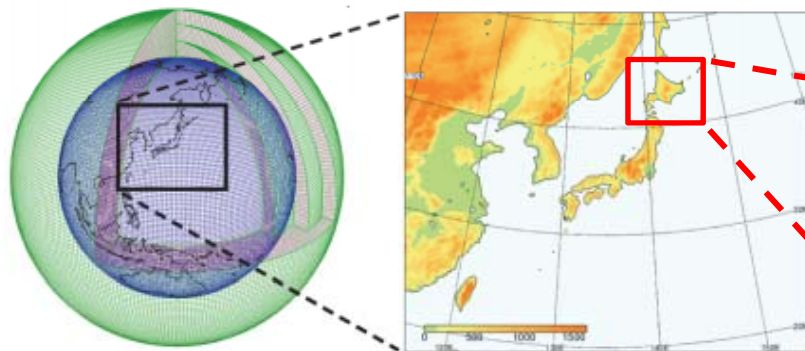
<ダウンスケール>

AGCM

(水平解像度約60km)

NHRCM

(水平格子間隔20km)



(画像:気象庁提供)

全球モデル(AGCM)と領域モデル(NHRCM)の解像度と計算領域。

数キロ格子でのダウンスケーリングにより、地形性降雨等の物理現象を考慮できる。

流域ごとの議論が可能。

文部科学省気候変動リスク情報創成プログラム

地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF) (文部科学省、気象庁気象研究所、東京大学待機海洋研究所、京都大学防災研究所、国立環境研究所、筑波大学、海洋研究開発機構)

山田朋人准教授(北海道大学)提供

(1)気候変動を考慮した治水対策②【リスクの評価と社会的共有】

本文P.16
5.2 (1)

■ リスクの変化(治水安全度の低下、被害の規模・形態・頻度の変化、社会的影響)を具体的に示して社会的に共有。

【気候変動の影響による将来リスクの評価】

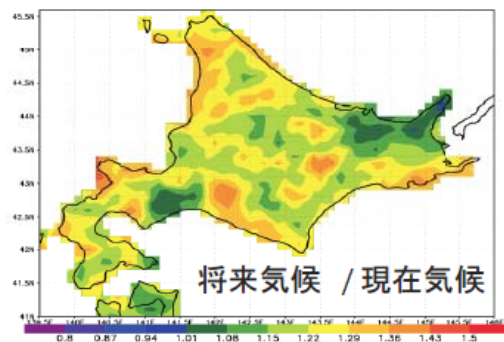
- 治水安全度の低下
- 被害の規模・形態・頻度の変化
- 被害想定:浸水面積、人的被害、生産空間の被害などの社会的影響



【社会的に共有】

- 地域がどのような被害が発生するかを具体的に共有
- 国・北海道・市町村等が認識を共有したうえで、今後の防災減災対策
- 具体的な適応策の議論

マルチGCM×マルチRAMによる
年最大3日降水量の変化率



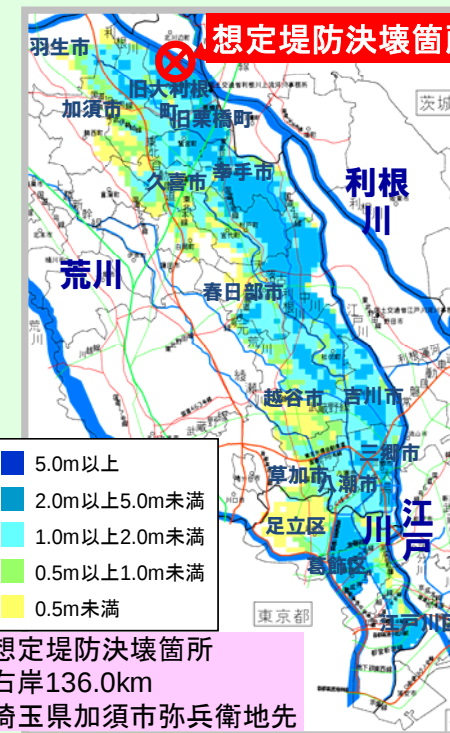
治水安全度の低下

「気候変動適応戦略イニシアチブ
気候変動適応研究推進プログラム
最終成果報告会要旨集」
から

<被害想定<の例>

利根川首都圏広域氾濫の被害想定

①浸水範囲(最大浸水深図)



②浸水面積

約530km²

③浸水区域内人口

約230万人

④死者数

約2,600人

⑤孤立者数

最大約110万人

(決壊2日後)

想定堤防決壊箇所
右岸136.0km
埼玉県加須市弥兵衛地先

【死者数の算出条件】

- ・65歳以上:住宅・建物の最上階の居住階まで避難
- ・65歳未満:住宅・建物の屋根の上等に避難

【降雨条件】流域平均雨量 約320mm/3日(流域面積 約5,100km²)

(1)気候変動を考慮した治水対策③【リスク評価を踏まえた対策】

本文P.16
5.2(1)

本文P.18
5.2(2)

(2)ハード対策とソフト対策の総動員【ハードとソフトの可能性と限界を踏まえた対策】

- リスク評価をもとに、治水計画やリスク管理に向けた目標水準を設定。
- ハード対策やソフト対策を組み合わせることで対策を検討。

気候変動の影響の将来予測、リスク評価

※最悪のシナリオも想定

治水計画やリスク管理に向けた目標水準を設定

ハード対策とソフト対策を組み合わせた対策

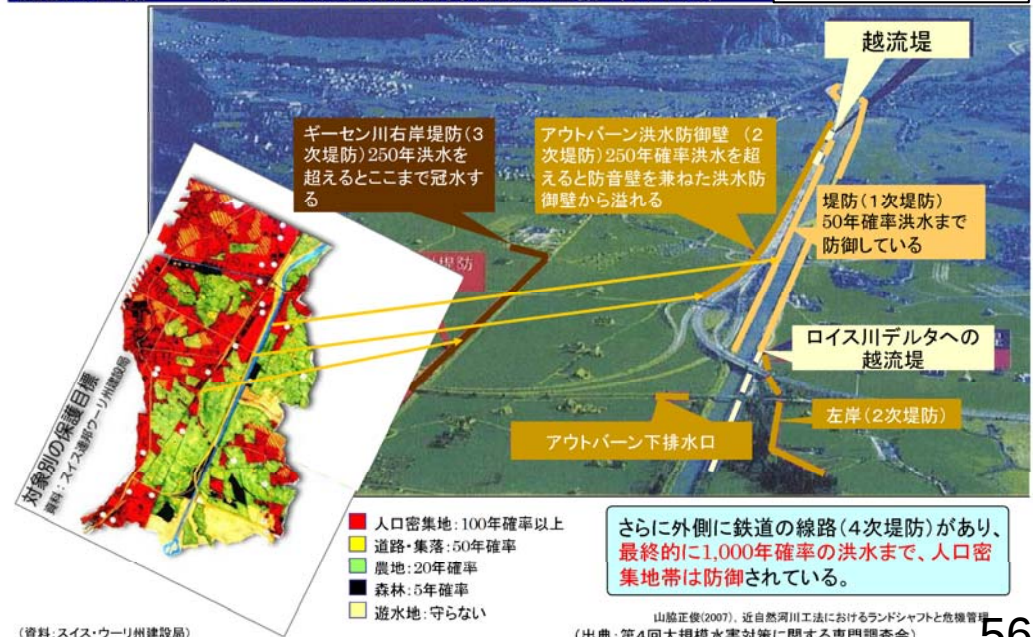
※河川の改修、再開発等による既存治水施設の有効活用、新規の治水施設の整備、土地利用の規制・誘導、氾濫を抑制する対策(霞堤、二線堤等)、危機管理型の施設整備、避難の強化対策等
※ハード対策とソフト対策の機能と役割分担、可能性と限界を考慮

津波防災地域づくり法イメージ



流域における土地利用に応じた治水安全度の設定と施設の整備 幾重もの洪水氾濫防御施設の整備 (スイス)

スイスの事例



(資料: スイス・ウーリ州建設局)

山崎正俊(2007), 近自然河川工法におけるランドシャフトと危機管理
(出典: 第4回大規模水害対策に関する専門調査会)

(1)気候変動を考慮した治水対策④【気候変動を考慮した治水計画】

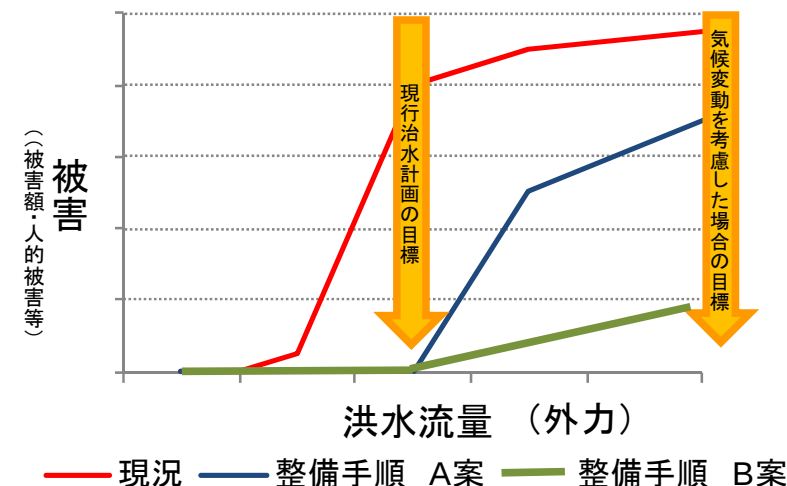
本文P.17
5.2(1)

- 諸外国の事例も参考にしつつ、将来の外力増大に対するリスク最小化等の観点を踏まえて、現時点における気候変動を考慮した治水計画を検討。

【気候変動を考慮した治水計画】

- 諸外国の事例を参考に、気候変動を考慮した治水計画を検討。
※欧米諸国では、気候変動の影響により将来外力は増大した場合でも、現行治水計画の安全度を下げないことを前提とした計画や、設計における対策など、適応策が進められている。
- 気候変動が既に顕在化している現状で対策に手遅れが生じぬよう、現行治水計画を早急に検証し、現時点における気候変動を考慮した治水計画を検討。
※気候変動が顕在化した近年の降雨状況を評価しつつ、将来予測される外力の増大に対するリスクの再評価、経済性、治水効果の早期発現、予測が持つ変動幅に対する柔軟性等の観点を踏まえて検討。

リスクを考慮した整備イメージ



整備手順B案は、整備水準を超過した洪水時に被害が少ない。



○ダムの再開発等



鶴田ダム再開発イメージ

○二線堤



吉田川 (東北地整)

○霞堤



渚滑川

(1)気候変動を考慮した治水対策⑥【変動を考慮したリスク分析】

本文P.17
5.2(1)

- 実績に基づく決定論的な計画論に対し、気候変動の影響予測は複数のシナリオ等に基づく一定の変動幅を有する。
- 観測方法等により降雨等も変動幅を有し、欧米諸国ではすでに変動幅を考慮したリスク評価を実施している。
- 変動幅を考慮したリスク分析を実施し、防災・減災対策に反映していくことを検討。

気候変動の予測

○2007 IPCC第4次評価報告書(AR4)

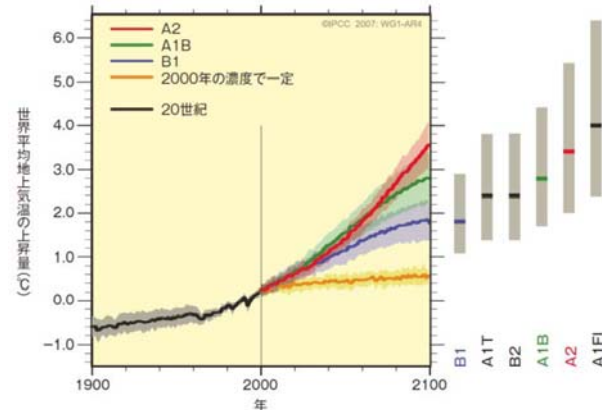
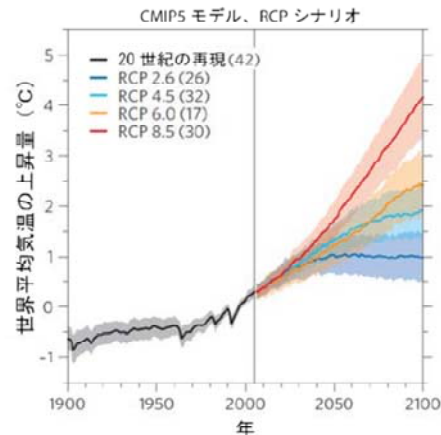


図 2.2.5 世界平均気温の上昇量

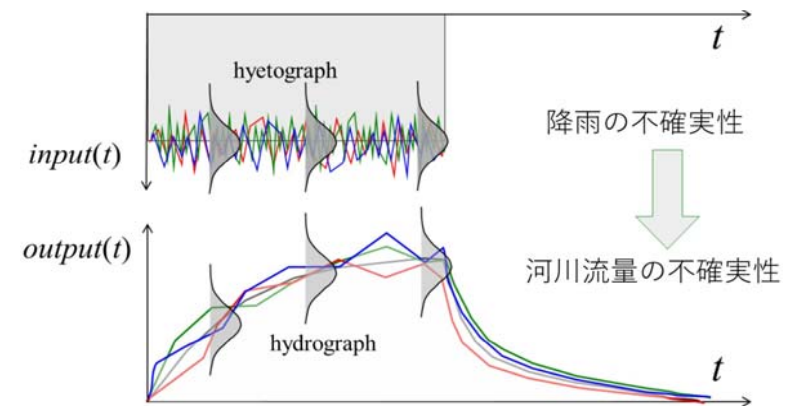
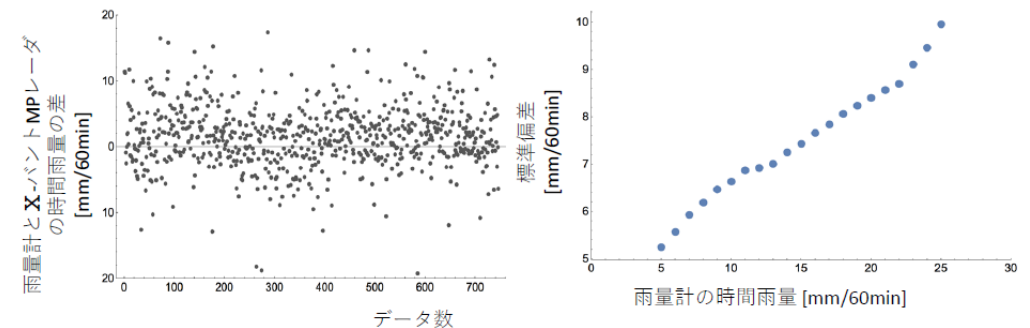
○2014 IPCC第5次評価報告書(AR5)



1986-2005 年平均を基準とした世界平均気温の上昇量 (°C)

出典:『日本の気候変動とその影響』2012年度版、文部科学省 気象庁 環境省

【北海道大学 山田朋人准教授 提供資料】

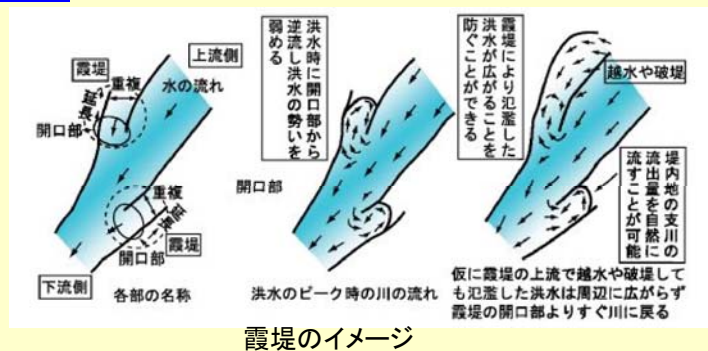


(2)ハード対策とソフト対策の総動員【氾濫の拡大を抑制する対策】

本文P.19
5.2 (2)

- 霞堤や二線堤の整備、道路等の連続盛土構造物等の保全・活用。
- 排水施設等の充実・強化を図るとともに、氾濫水を早期に排除するための方策を検討。

霞堤



霞堤事例(渚滑川)

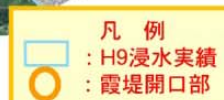
二線堤



霞堤と宅地嵩上げ等による取組事例(五ヶ瀬川水系北川)

- H9出水等を受け、霞堤方式により、宅地嵩上げと土地利用規制を組み合わせた対策を実施
- これまでの対策により、H28.9台風16号において、家屋等被害を軽減

位置図



H28台風第16号における治水事業の効果



(2)ハード対策とソフト対策の総動員

【氾濫の拡大を抑制する対策】【危機管理型の施設整備】
【大規模構造物の安全性の確認】

本文P.19
5.2 (2)

本文P.20
5.2 (2)

- 堤防決壊時に被害を軽減する工法など、減災工法について現地実験等を行い技術開発。
- 大規模構造物や重要施設について、想定最大外力の増大など、設計を上回る外力が発生した場合を想定して安全性を確認。
- 施設能力を上回る洪水時にも被害の軽減を図るような危機管理型の施設整備を検討。

減災工法の技術開発



実物大スケールの十勝川千代田実験水路における堤防決壊メカニズム及び決壊時の氾濫被害軽減に向けた実験

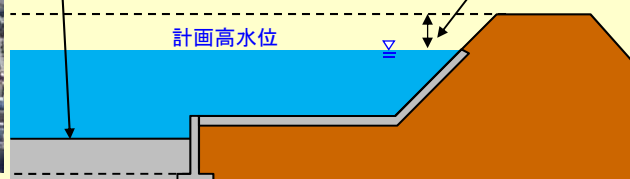
大規模構造物の安全性確認

- ダムなどの大規模構造物について、想定最大外力の増大など、設計外力を上回る洪水が発生した場合を想定し、安全性を確認
- その他重要構造物の安全性確認



床止め等の施設は、計画高水位以下の水位に対して安全を確保するよう設定されている。

重要施設については、堤防天端まで水位が上昇することを想定し安全性を確認することを検討。

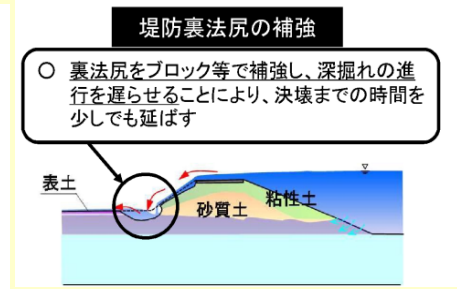
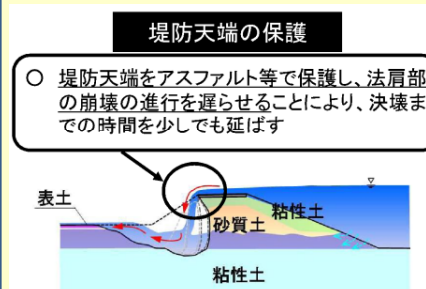


豊平川の床止群

構造物の安全性確認イメージ

危機管理型の施設整備

- 堤防構造を工夫する対策



- その他、超過洪水時に弱点となる水衝部や狭窄部における堤防防護対策や、氾濫時に被害を最小限にするための水門の設置など、危機管理型の施設整備を検討

(3)避難の強化と避難体制の充実【「水防災意識社会」再構築等の取組の推進】

本文P.21
5.2 (3)

- 「水防災意識社会」再構築の取組を、北海道管理区間も含めて一層推進。
- 水位上昇が早く、洪水予報が困難な中小河川において、ホットライン、タイムライン、水位周知の方策について検討・実施。
- 自治体の防災対応の強化・充実のため、資格取得や防災研修による防災担当者の技術レベル向上、洪水経験者の洪水時の対応状況や経験の共有を図るための仕組みづくりなどを検討。
- 減災対策協議会の場等の活用で連携を強化し、国、北海道、市町村等が総力を結集して災害に対応。

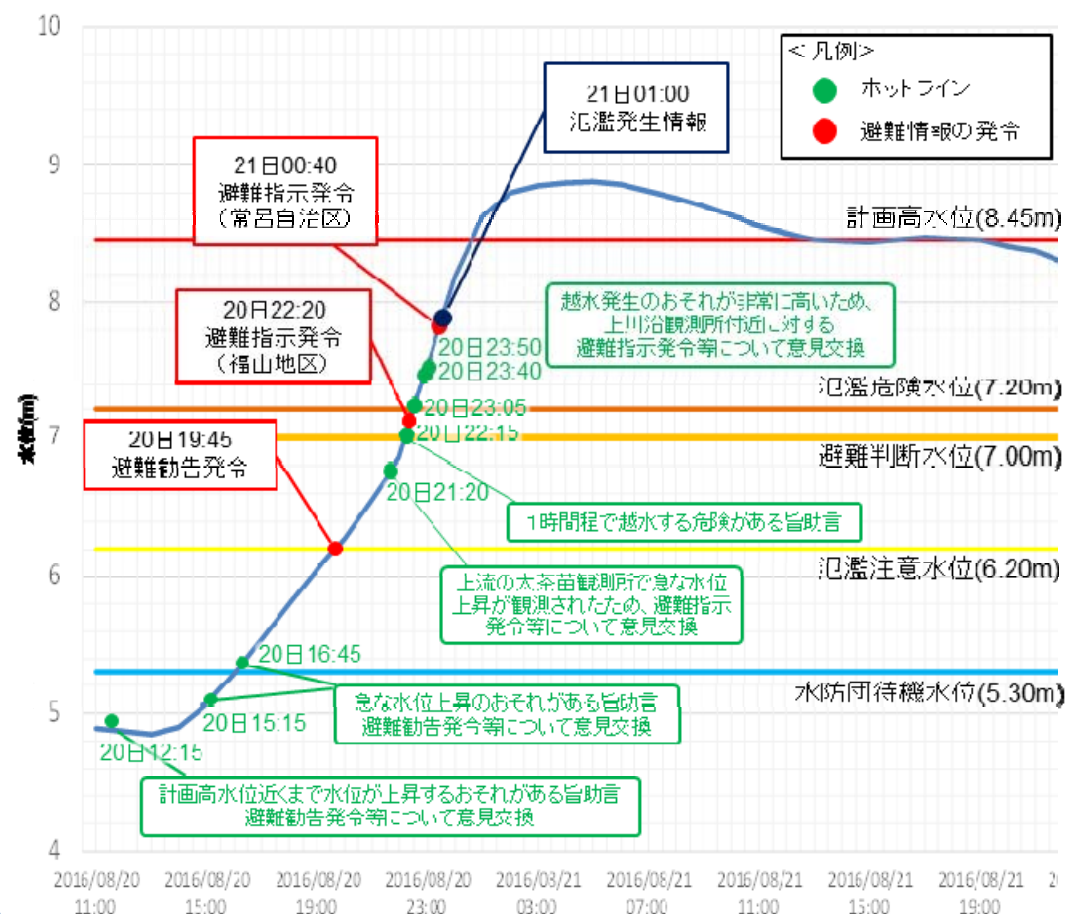


「石狩川下流減災対策委員会」開催状況



「十勝川減災対策協議会」開催状況

H28.8洪水における北見河川事務所から北見市へのホットラインの状況



(3)避難の強化と避難体制の充実【住民等との災害リスク情報の共有化】【避難施設の整備】

本文P.21
5.2 (3)

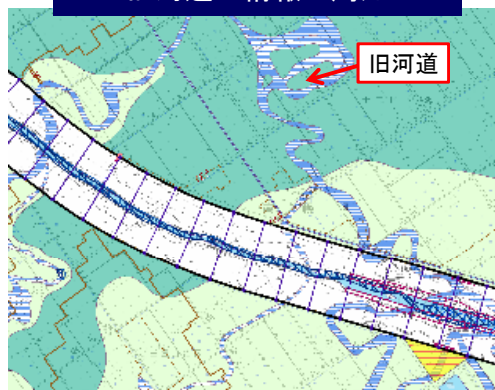
本文P.22
5.2 (3)

- 治水地形分類図などを用い、旧河道などの過去の地形を周知。
- 街の中の浸水実績等の表示についてより安価で多くの箇所に表示する手法、ハザードマップの高度化。
- 水位周知河川の指定促進、未指定河川における水害リスク情報の提供について検討。
- 災害時における一元的な情報発信の体制の構築を検討。
- 切迫した河川の状況に関する記者説明会を一定の頻度で開くなど、迅速な報道機関への情報提供。
- 一般住民が普段から川に接し、親しむことで、災害リスクをより正しく認識できる素地を養う。
- 治水施設の整備とともに、避難路や避難場所等の避難施設の整備を一体的に進める。

8月21日午前5時 常呂川の越流・堤防損壊を踏まえて
実施した緊急記者説明会の状況



旧河道の情報の周知



治水地形分類図の例(国土地理院HPより)

北海道からはじまる洪水リスクの新しい伝えかた（北海道まるごとハザードマップ）

問題認識

大規模な洪水氾濫から命を守るには、**(1) リスクを認識**し、リスクに備える**(2) 防災行動を事前に想定**し、非常時に防災行動のきっかけになる**(3) 災害情報を入手**することが重要ではないか。

(1)洪水リスクの周知

- ・ 浸水の深さや範囲を示すハザードマップが作成されているが、その認知度や活用は必ずしも高くない
- ・ 電柱等に浸水の深さを示すまちごとハザードマップの取組を進めているが、道内11市区町村にとどまる

(2)防災行動計画

- ・ タイムラインの策定や訓練・実践を通じた新たな取組が進みつつある

(3)災害情報

- ・ さまざまな媒体を通じて、瞬時に防災情報が住民に提供されているが、行動につながっていない
- ・ 防災情報を入手できても、観光客にはリスクが伝わっていないのでは

課題

- ・ さまざまな媒体を通じて、瞬時に防災情報が住民に提供されているが、行動につながっていない
- ・ 防災情報を入手できても、**観光客にはリスクが伝わっていないのでは**

対応

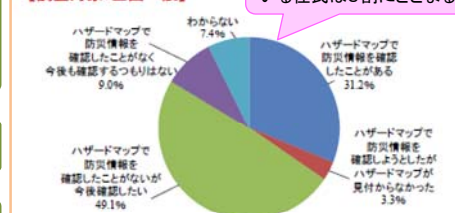
- ・ **安価で、より多くの箇所で、浸水リスクを表示する手法を検討**

- ・ 例えば、

全道統一で、洪水の浸水高さは**青**、津波の浸水高さは**赤**、土砂災害警戒区域は**茶**のように**統一したマーク(シンプルなりぼん)**が、至るところの電柱に貼られていれば、...

洪水について避難勧告が発令されたとき、例えば報道機関は、「青色のりぼんの高さまで浸水するおそれがあります。」と伝えれば、危険性を伝えることができ、観光客等も容易に理解ができる。

【調査対象:全国一般】



〔出典／内閣府政府広報室「防災に関する特別世論調査」平成22年1月21日〕

「まるごとまちごとハザードマップ」は、その地点がどのくらい浸水するのか、最寄りの避難所はどこで、どのくらい離れているかなどの情報を、わかりやすく「まちなか」に表示するもの



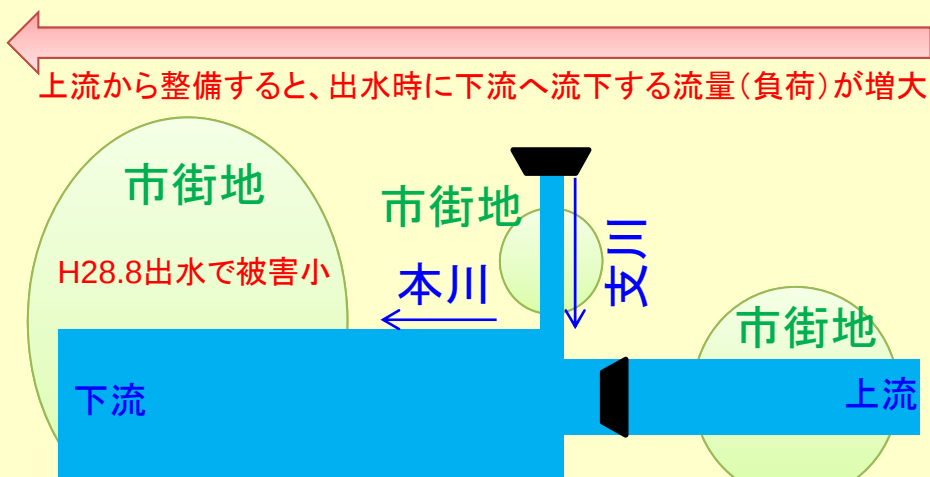
ある地域の設置場所の事例
自宅周辺の状況が把握できるほど、数多く設置されていない

(4)支川や上流部等の治水対策①【支川や上流部等の治水安全度の向上】

本文P.23
5.2 (4)

- 暫定的な掘削断面とする改修や局所的な対応などの改修方法の工夫。既設ダムの再開発等の有効活用や遊水地等の洪水調節施設などにより、下流に負荷をかけずに支川や上流部の治水安全度を早期に向上。

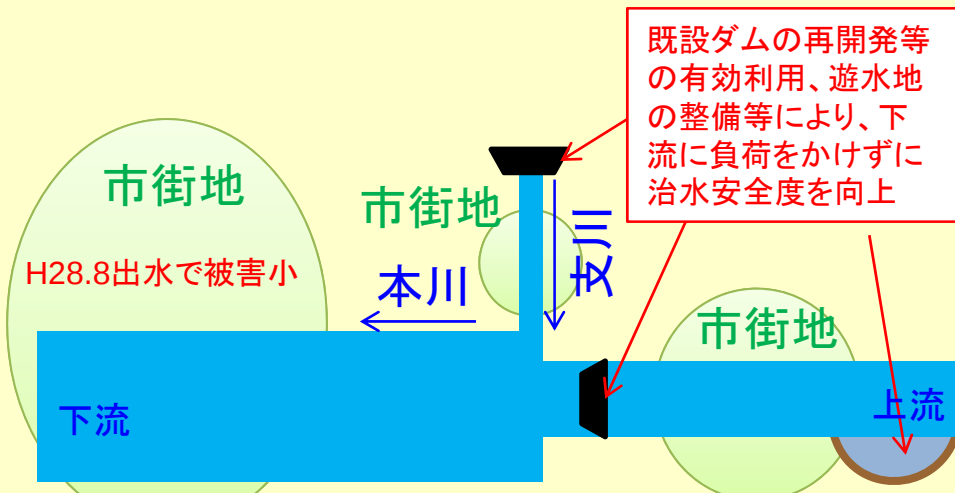
一般的な河川整備



河川の整備は下流に負荷を与えないように下流から実施

- ・上流(支川含む)の河川整備を実施すると、出水時に下流へ流下する流量が増加する。
- ・下流の河道が、上流からの流量増加に耐えられない場合、下流での被害が大きくなる。
- ・そのため、上下流バランスを考慮し、下流から順次河川整備を実施。

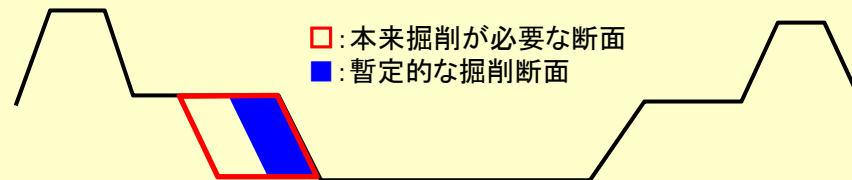
支川・上流域の治水安全度の早期向上の例



上流の改修に着手するスピードを早める

上下流バランス、地域の実情を踏まえて、上流の改修にも着手

□: 本来掘削が必要な断面
■: 暫定的な掘削断面



(4)支川や上流部等の治水対策②【土砂等の影響への対策】

本文P.23
5.2 (4)

- 洪水時の上流域からの土砂流出や河道の変化状況、河道内の樹木・流木等の影響について、連続した豪雨等の今回出水の特徴も踏まえて被災状況を調査・分析し、今後の河道計画や維持管理に反映。
- 土砂の流出量の増大は、河道での移動土砂の量と質のバランスを変化させ、河道形状等の変化が懸念される。洪水中の土砂動態等に関する調査・研究を推進。
- 上流域からの土砂流出対策や河川の浸食対策、堤防強化対策の実施。



十勝川水系ペケレベツ川



十勝川水系パンケ新得川



十勝川水系音更川



沙流川水系沙流川



石狩川水系辺別川



十勝川水系札内川

(5)既存施設の評価及び有効活用①【既設ダムの有効活用】

本文P.24
5.2 (5)

- 既設ダム(発電・農業用ダム含む)の再開発や、洪水予測精度の向上を踏まえた予備放流方式の導入など、流域にある既設のダムを最大限活用。
 - ダムの有効活用にあたっては、ダムからの放流量増加の制約になっているダム下流河川の改修に向けた検討をあわせて実施。
 - ダムの運用について、気候変動の影響による融雪期の河川流況の変化が水利用に与える影響等についても調査・研究を進めていくことが重要。

既設ダムの放流施設の改良事例【鶴田ダム】

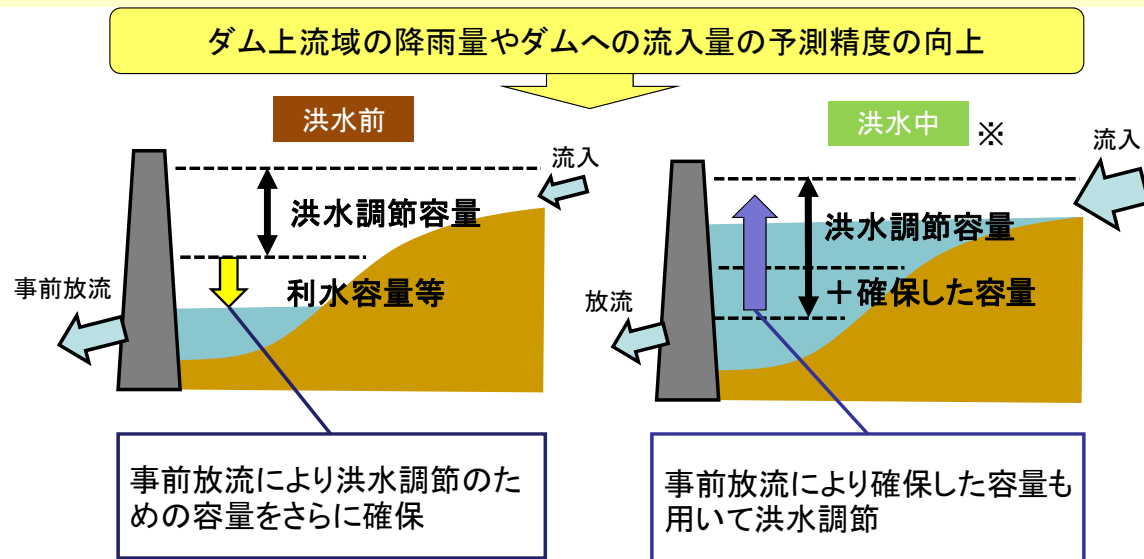
洪水調節容量を増量するため、低い貯水位でも放流可能なように新たな放流管を増設



鶴田ダムの再開発イメージ

雨量予測精度向上を踏まえた事前放流

雨量予測精度の向上を踏まえた、事前放流の導入



事前放流のイメージ図

※現在は、降雨予測の精度等から技術的制約があるため、十分な検討が必要。

(5)既存施設の評価及び有効活用②【堤防の評価や強化対策】

本文P.24
5.2(5)

■ 堤防の被災状況について調査・分析を行い、今後の堤防の危険度の評価方法や強化方法など、堤防管理に反映。

＜平成28年8月北海道大雨激甚災害の堤防被災状況＞



石狩川水系空知川



常呂川水系常呂川



十勝川水系札内川



十勝川水系音更川



十勝川水系札内川



常呂川水系常呂川

堤防決壊のメカニズム(イメージ)

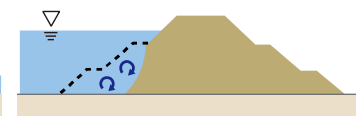
越水による堤防決壊

河川水の越流により川裏法尻が洗掘、堤防が崩壊



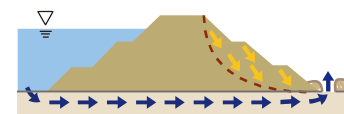
侵食・洗掘による堤防決壊

河川水による侵食・洗掘が進行、堤防が崩壊

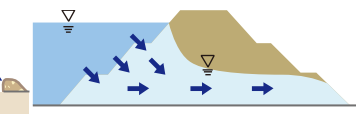


浸透による堤防決壊

地盤内にパイプ状の水みちができ拡大、堤防が崩壊



河川の水が、堤防内に浸透、堤防が崩壊



堤防調査委員会の開催



第1回堤防調査委員会(H28.9.30)

※被災原因の究明や堤防復旧工法等を検討

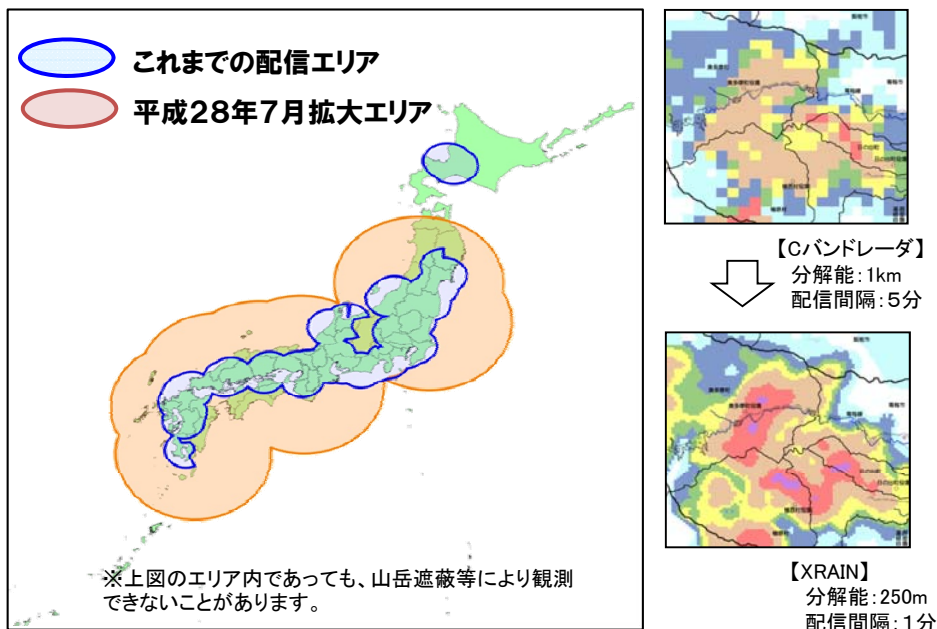
(5)既存施設の評価及び有効活用③【観測体制の強化・洪水予測精度の向上】

本文P.25
5.2(5)

- 観測精度の向上や欠測時の対応など、観測体制の強化・充実。
- 降雨から流出までの時間が短い中小河川への対応や、連続する降雨への対応として、降雨から流出までの一連の洪水予測技術の開発、洪水予測精度の向上。

レーダ雨量情報(XRAIN:エックスレイン)の配信エリアの拡大

従来のCバンドレーダ雨量計を高性能化し、XバンドMPレーダ雨量計と組み合わせることにより、高精度・高分解能・高頻度で、ほぼリアルタイムのレーダー雨量情報の配信エリアを拡大中。
(XRAIN:高性能レーダ雨量計ネットワーク)



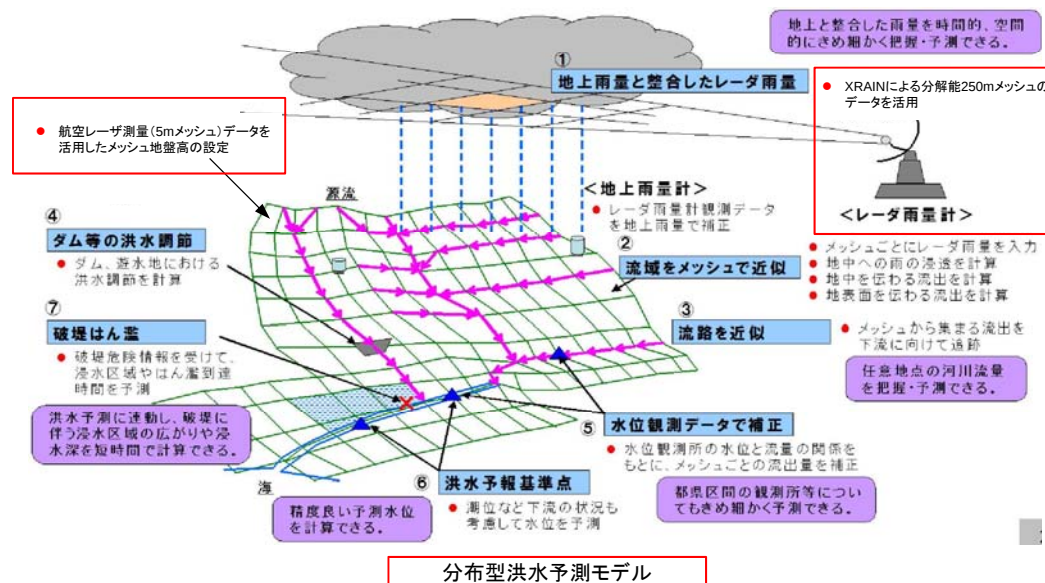
今後、北海道内においても
今まで以上にエリアを拡大

高精度・高分解能で、ほぼ
リアルタイムのレーダ雨量
情報を提供。

高度な洪水予測技術の開発

レーダ雨量情報(XRAIN)や航空レーザ測量による高精度の地形データ、分布型洪水予測モデルによる流出解析等を活用し、洪水予測技術、予測精度の向上を図る。

(データの活用例)



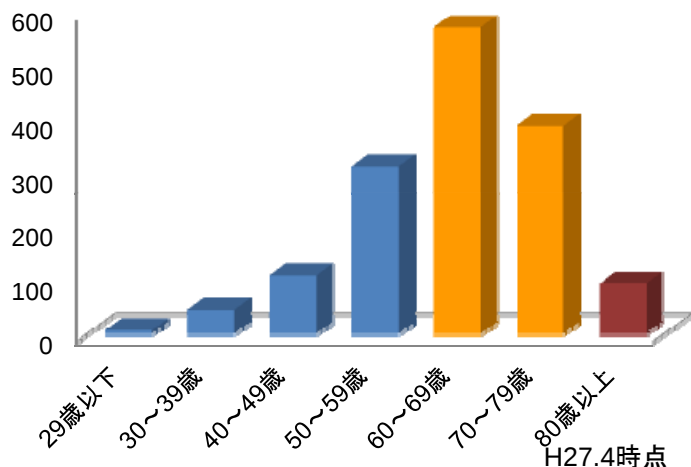
(5)既存施設の評価及び有効活用④【河川の適切な維持管理、施設の効果の確実な発現】

本文P.25
5.2 (5)

- 河道内の堆積土砂や樹木・流木について、より一層民間企業と連携して有効活用するための技術開発。
- 樋門の自動ゲート化の推進や樋門等の操作の地域の協力体制の検討など、確実な施設の運用体制確保に向けた取組。
- ICT等の技術を用いた監視体制の強化等、河川管理の高度化・効率化等に関する取組や技術開発。

樋門等操作要員の現状

樋門等の操作を委嘱している方々の年齢構成
(開発局管理河川)



樋門の自動化



営利目的も可能な民間公募樹木伐採の取組(無償)

平成28年8月8日 北海道開発局札幌開発建設部

北海道開発局札幌開発建設部では、河川内の樹木を資源として有効に利用する観点から、採取した樹木をバイオマス燃料や製品の原料などとして活用していただける企業や団体などを広く募集し、一定の条件を満たす方に河川産出物として採取を許可する「公募型樹木等採取」を試行的に実施しております。

本試行により採取した樹木等については、自家消費などの制約はありません。加工或いは販売など営利目的で使用する事ができます。

平成27年度国土交通省水管理・国土保全局予算概算要求概要(抜粋)

(4) 堆積土砂の掘削に関するコスト縮減と撤去土砂の有効活用の取組

中州が発達するなど、堆積土砂により流下能力が不足している箇所等において、これまで維持工事により対応していたものについて、生態系や良好な河川景観等への影響が生じない範囲内で民間事業者等による砂利採取を許可することで、掘削に係る費用の縮減に努めるとともに、民間での有効活用を促進する。

緊急的な河川工事に伴い発生する土砂等でこれまで有償処分していたものについて、新たな需要等の可能性について検討し、民間への売り払い等を試行的に実施する等、処分に係る費用の縮減に努めるとともに、民間での有効活用を促進する。

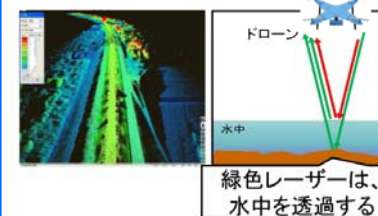
ICT等の技術を活用した河川管理の高度化

陸上・水中レーザードローン

- ・ 航空レーザー測量システムを大幅に小型化し、ドローンに搭載して、迅速・機動的に測量
- ・ 緑色レーザーにより水面下も測量
- ・ 低空からの高密度測量

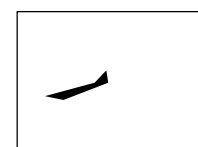


面的連続データによる河川管理へ



ICTを活用した堤防、河岸等の監視技術の開発

- ・ 既存CCTVカメラを活用して画像を自動取得、変状解析を行うシステムの開発等



(6)許可工作物への対応【被災要因の分析と対策、防災・減災技術の開発、ソフト対策】

本文P.26
5.2 (6)

- 橋梁背面の洗掘等による橋梁の被災や頭首工の被災等による経済や人的被害など、地域に大きな影響を与えたことを踏まえ、その被災要因を分析し、それに基づき有効な対策を検討。
- 河川の流路変動等の特徴的な被害状況を踏まえ、防災・減災技術の研究開発。
- 今回のような被害を出さないためにも、関係機関の情報共有や伝達方法などのソフト対策もあわせて検討。

H28.8大雨災害による橋梁の被災状況



〔太平橋(国道38号)〕



〔高原大橋(国道273号)〕



〔小林橋(国道38号)〕



〔千呂露橋(国道274号)〕

被災要因を分析・有効な対策を検討・ソフト対策をあわせて検討



国道橋被害



辺別川九線橋の被災(H28.8出水)

防災減災技術の開発

- 大規模流路変動現象と構造物に作用する流体の解析手法
- 大規模流路変動による道路盛土の浸食対策技術 等

(7)生産空間(農地)の保全①

【農業に対する治水対策の適正な評価方法】

【農地の利用形態等を考慮した治水対策、農業と河川事業の連携】

本文P.27
5.2 (7)

- 生産空間(農地)に対する治水対策の効果のより適正な評価方法の検討。
- 畑作地帯や水田地帯等の農地の形態や農作物の特性等に応じた治水対策を検討。
- 農地の排水事業と河川事業の連携などにより、より効率的で早期に排水可能な対策を検討。

農業被害の状況

【農地の復旧に関する農作物被害】

- ・農地の復旧が播種・移植期に間に合わない場合、翌年の農作物の収穫量に影響する。
- ・農地を復旧しても、土壌の変化により通常の収量に回復するまで(複数年かかる場合あり)の収量が減少する。

【輪作体系への影響】

- ・十勝地方の輪作において、秋小麦作付が土地利用全般を規定しており、大雨後に圃場が確保できない場合、秋小麦の連作となり、次年度以降に連作障害等が発生する懸念

【食品加工場に関する被害】

- ・農地の復旧が播種・移植期に間に合わない場合、翌年の農作物の収穫量に影響する。
- ・農地を復旧しても、土壌の変化により通常の収量に回復するまで(複数年かかる場合あり)の収量が減少する。

【他産業へ波及する被害】

- ・出荷量の減少により、流通・市場取引量・価格・卸売・小売・飲食業へ影響が波及する。



農地へ土砂が堆積



農地の土壌が流出

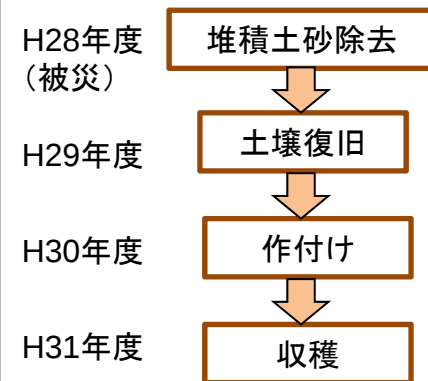


食品加工場の被災状況



加工用ばれいしょの浸水被害

畑地土壌の流出による影響 (ばれいしょ復興スケジュール)

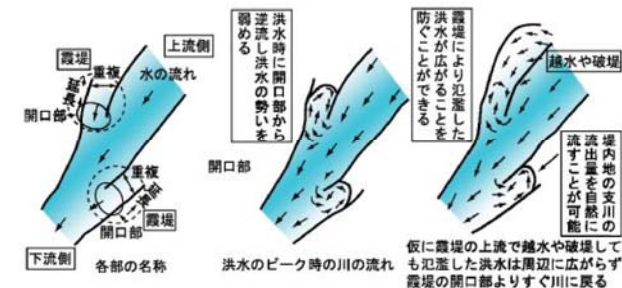


※種芋も被災したため、種芋の収穫ができない他、融雪期は工事ができないため収穫は4年目となる。

○農地の利用形態や農作物の特性等に応じた治水対策を検討



※例えば、霞堤により一部浸水は許容しつつ、農地の土壌流出のリスクを軽減できるなど、様々な治水対策の可能性について、農地の利用形態等も考慮しながら検討していくことが重要



(7)生産空間(農地)の保全②【河道掘削土や河道内樹木・流木の農業への有効利用】

本文P.27
5.2 (7)

- 河道掘削土や河道内の伐採木や流木、堤防除草等について、民間の活力も活かしつつ、地域の農地等への有効活用、より有効に活用するための技術開発を推進。

農業事業と連携した伐採樹木の活用事例

花苗生産農家などは厳冬期から花苗生産をするため、花苗ハウス内の温度管理が必要であるが、近年の燃料高騰を受け燃料費が経営を圧迫している。従来は処分場で処理していた流木等をボイラーの燃料として提供することで、処分費の縮減を図るだけでなく、地元産業への貢献を行う。



流木をハウスのボイラー燃料で活用し、処分費を縮減。
また、実証事業により、各地に展開されれば、今後、大きな維持管理コストの縮減が期待できる。



厳冬期から生産のためハウス内の温度管理が必要

恵庭市内における農林水産省のモデル事業



ボイラー燃料へ流木を活用しコスト縮減

【木1行全体①】

河川掘削土の農地への活用

帯広開発建設部の取組



- H28.8北海道大雨災害による農地の土壌流出被害などへの対応として、河道の掘削土の活用を調整するなど、農地復旧と連携

