

十勝川流域のリスク評価について

河川の氾濫による被害の特徴

■ 令和元年の台風第19号、平成30年の西日本豪雨、平成28年の北海道や東北地方における台風被害をはじめとし、これまで、河川の氾濫により様々な被害が生じてきた。

①人的被害

・平成30年西日本豪雨による死者及び行方不明者数 221人

・平成28年台風第7号、第11号、第9号、第10号および前線による大雨・暴風による死者及び行方不明者数 29人

②病院等への被害

主要病院の1階もしくは地下に設置された非常用電源が浸水し、心肺維持装置等が使用できなくなった。
(ハリケーン・カトリーナ)

大規模な氾濫に見舞われた病院においては、避難してきた近隣住民も合わせて約300人が孤立状態に陥った。(平成30年西日本豪雨・倉敷市真備町)

老人福祉施設が浸水。
(平成28年・岩手県岩泉町)



平成28年岩手県岩泉町

③防災対応を行う施設への被害

町役場の1階に設置された受電設備と非常用発電機が浸水し停電。
電話交換機が使用出来なくなった。
(平成12年東海豪雨水害)

市役所周辺が浸水。
(平成27年関東東北豪雨・茨城県常総市)



平成27年茨城県常総市

④経済への被害

直接被害を受けた工場のほか、部品工場の被災や主要道路の通行止めによりサプライチェーンが寸断し、多くの工場で操業停止が発生。(平成30年西日本豪雨)

⑤農業への被害

農業の被害面積は約4万ha。被害金額は543億円。
農地が浸水することにより、農作物が「収穫できない・収穫が遅れる」などの被害や、畑地の土壌流出が発生。農作物の価格が高騰し、全国的に影響が及んだ。(平成28年北海道)



平成28年北海道南富良野町



食品加工工場の浸水
平成28年北海道南富良野町

検討の対象とするリスク

- 河川の氾濫により、これまでに流域で様々な被害が生じてきたところ。気候変動の影響により降雨量がさらに増大し、頻発・激甚化することが懸念される水害に対して、リスクの変化を把握する。

リスク種別	評価項目	評価方法
人的被害	年平均想定死者数 避難困難地域	年平均想定死者数の地域ごとの確率を評価 浸水時の水位上昇が早い状況となる確率を計算したうえで、避難困難地域として評価
病院等へのリスク	病院(入院可能な施設) 老人福祉施設	浸水の可能性がある地域に所在する左記の施設を評価
防災対応を行う施設へのリスク	役場等	浸水の可能性がある地域に所在する左記の施設を評価
経済へのリスク	年平均想定被害額	年平均想定被害額を地域ごとに評価
農業へのリスク	農地の浸水確率 農業施設の被災 食品加工工場の被災	各地域の農地の浸水確率を評価 浸水の可能性がある地域に所在する左記の施設を評価

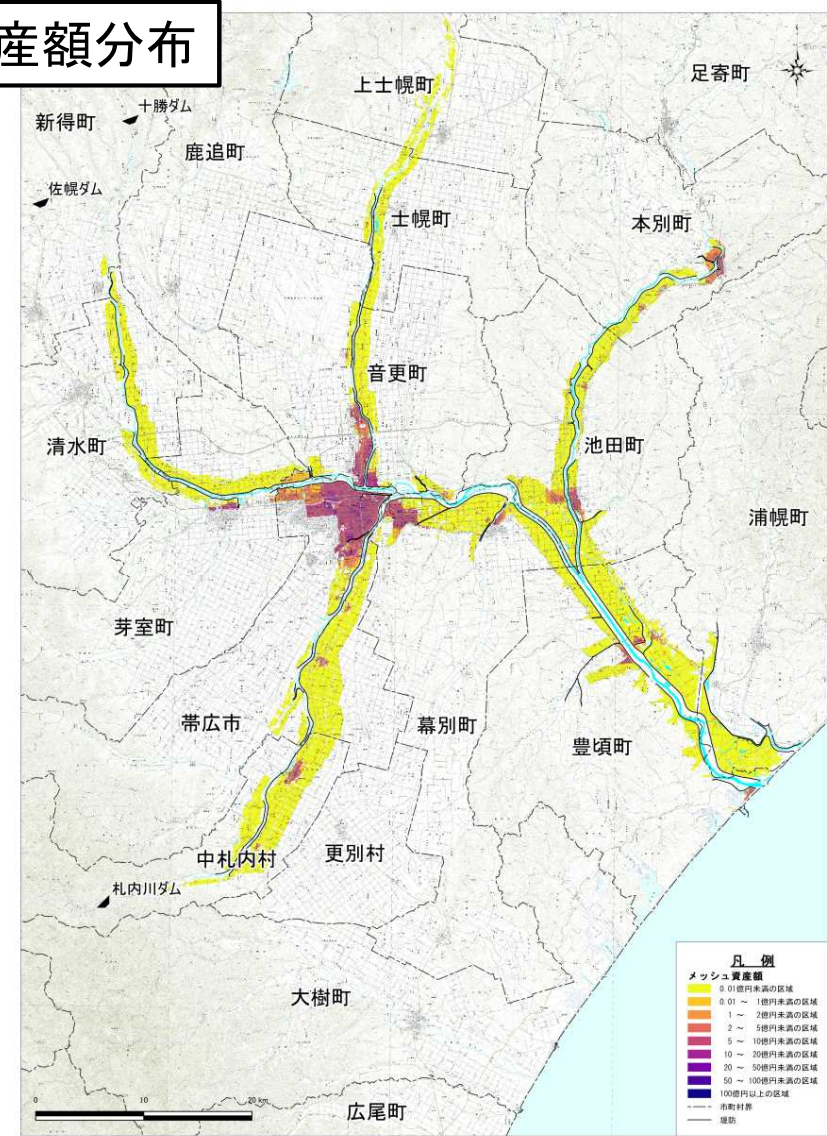
十勝川流域の人口・資産分布

- 十勝川流域は、中流部に帯広市が所在し、道東地域の経済・産業・文化の拠点となっている。帯広市を中心とした帯広圏(帯広市、音更町、芽室町、幕別町)は、近年、十勝川・音更川・札内川と並走する国道沿いに市街地が拡大している。
- 十勝川下流部の豊頃町、利別川沿いの本別町や池田町、札内川沿いの中札内村など、十勝川流域において人口・資産が集積する市街地が分散している。

人口分布



資産額分布



氾濫シミュレーションについて

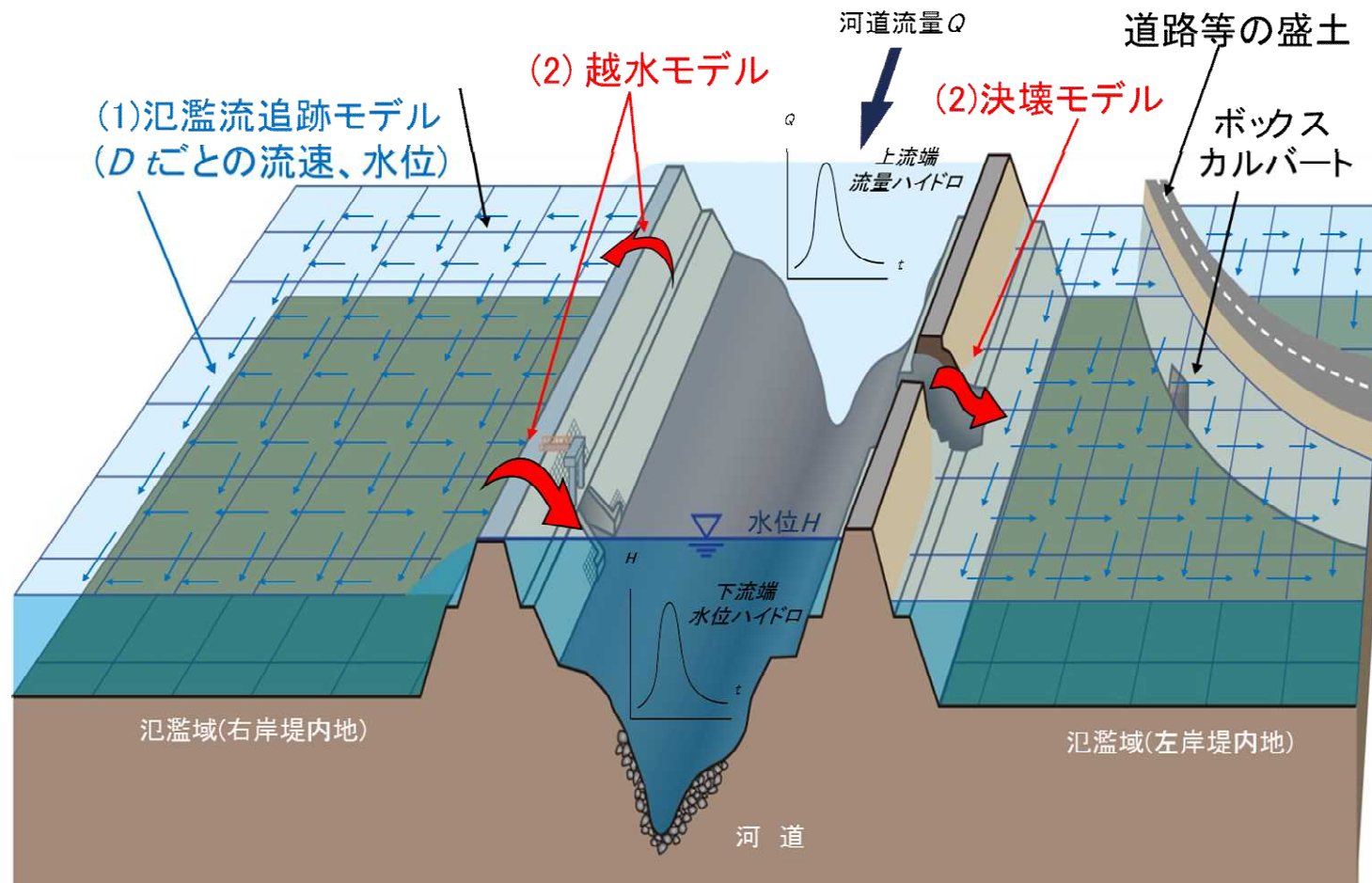
- 大量アンサンブル降雨データから算出した流量データを用いて気候変動前後における氾濫シミュレーションを実施した。
- 大量アンサンブルデータを用いることにより、評価する浸水深に応じた浸水確率をメッシュ毎に算出することが可能となる。
- 氾濫シミュレーションモデルは、平面二次元不定流計算を組み込んだ、以下のモデルを用いる。

(1) 氾濫流追跡モデル

透過率・空隙率を考慮した平面二次元不定流計算

(2) 決壊・越水モデル

越流公式(河道⇒氾濫原:栗城等の式、氾濫原⇒河道:本間の式)



※施設状態は現況を想定した

氾濫シミュレーション条件について

■ 以下の条件のもと、氾濫シミュレーションを実施した。



●主な氾濫シミュレーション条件

項目	内容
計算メッシュサイズ・地盤標高	100mメッシュ(メッシュ地盤高は最新のLPデータより作成)
河道状態	平成30年河道
洪水調節施設	現況施設(十勝ダム、札内川ダム、佐幌ダム)
破堤地点	破堤の可能性のある地点(破堤開始水位を超過)全ての地点で氾濫計算を実施。最大となる浸水深を算定。
破堤条件	破堤開始水位(HWLを基本とする)を河道水位が超過した時
破堤地点上流の氾濫による流量低減	水位が堤防高や地盤高を上回る場合には氾濫による河道流量を低減

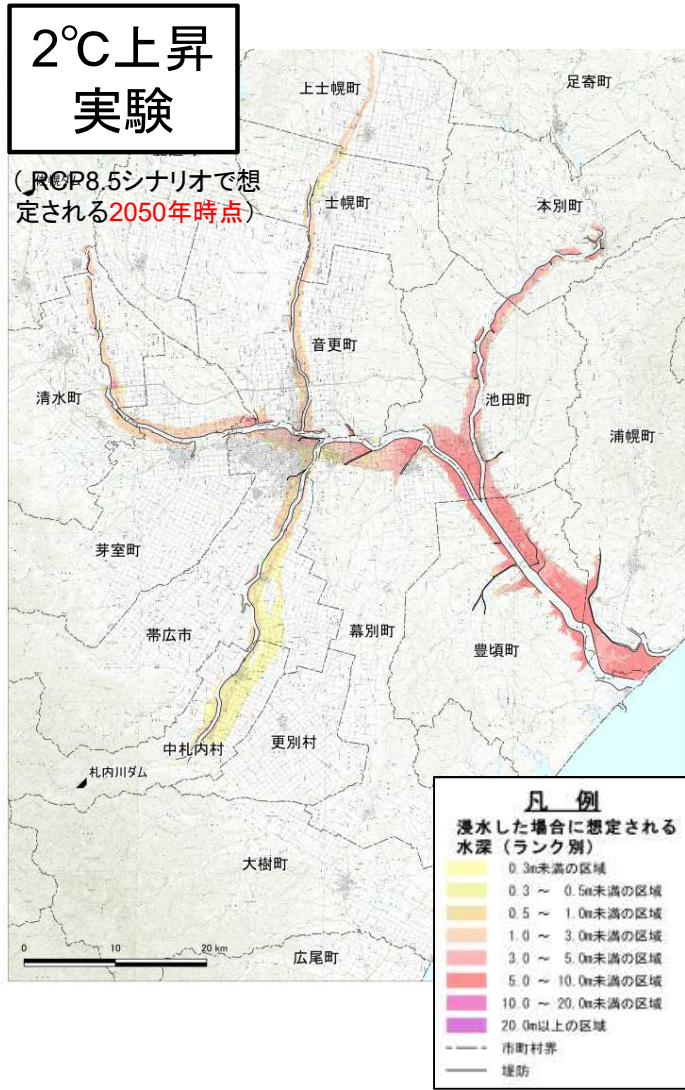
十勝川流域における気候変動による最大浸水域の変化

- 堤防の決壊が想定される全ての地点で氾濫シミュレーションを実施し、最大包絡の浸水域及び浸水深を算定した。
- 過去実験3000ケースの最大浸水域は、十勝川および音更川、札内川、利別川沿い等に広がっている。
- RCP8.5シナリオで4℃上昇が想定される2090年時点では、浸水面積が増加するほか、同一地点の浸水深が増大する傾向にある。

過去実験



2℃上昇
実験



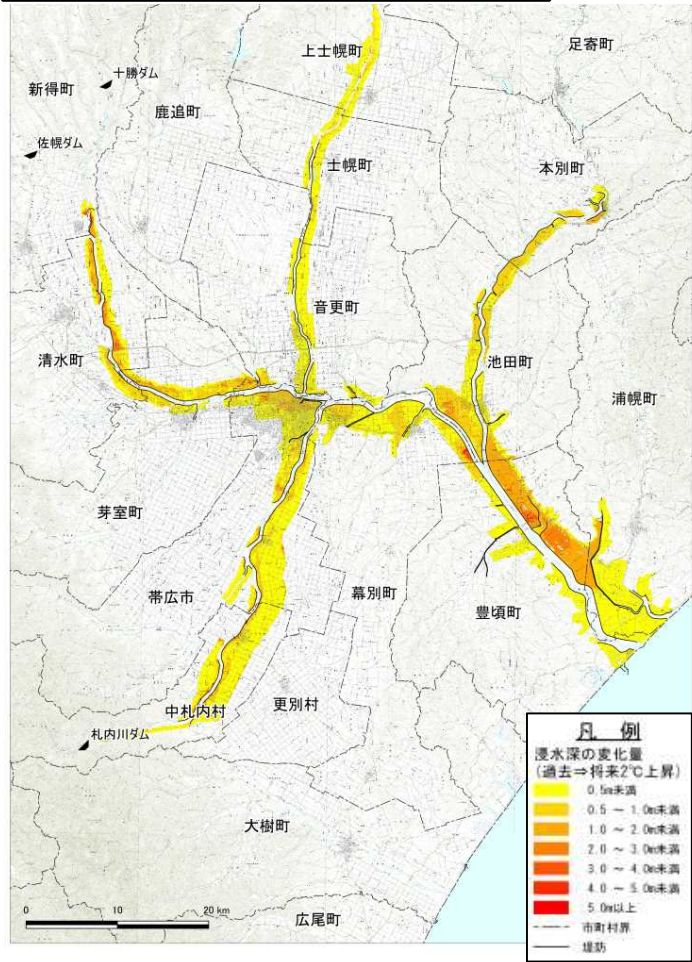
4℃上昇
実験



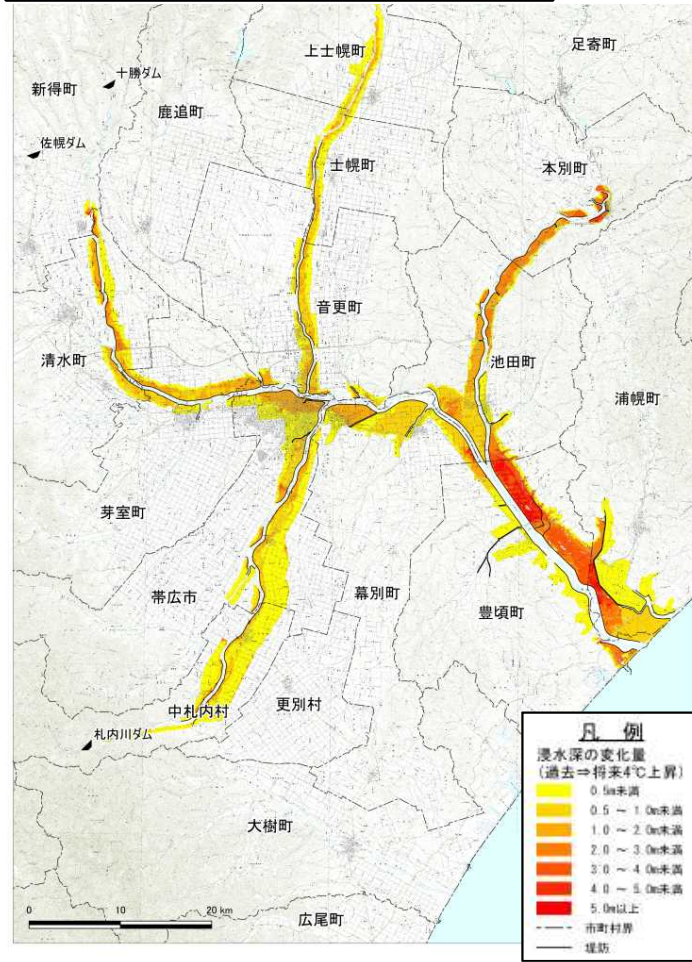
十勝川流域における気候変動による氾濫の変化（最大浸水深の変化量）

- 過去実験から2℃上昇時点の最大浸水深の変化量を見ると、十勝川下流部の左岸など、十勝川流域の広範囲で変化量が大きくなる。
- さらに、2℃上昇時から4℃上昇時にかけて、流域全般に浸水深が増加。特に十勝川下流部の左岸など、2℃上昇時で変化量が大きかった地域において、さらに浸水深が大きく増加する傾向が見られる。

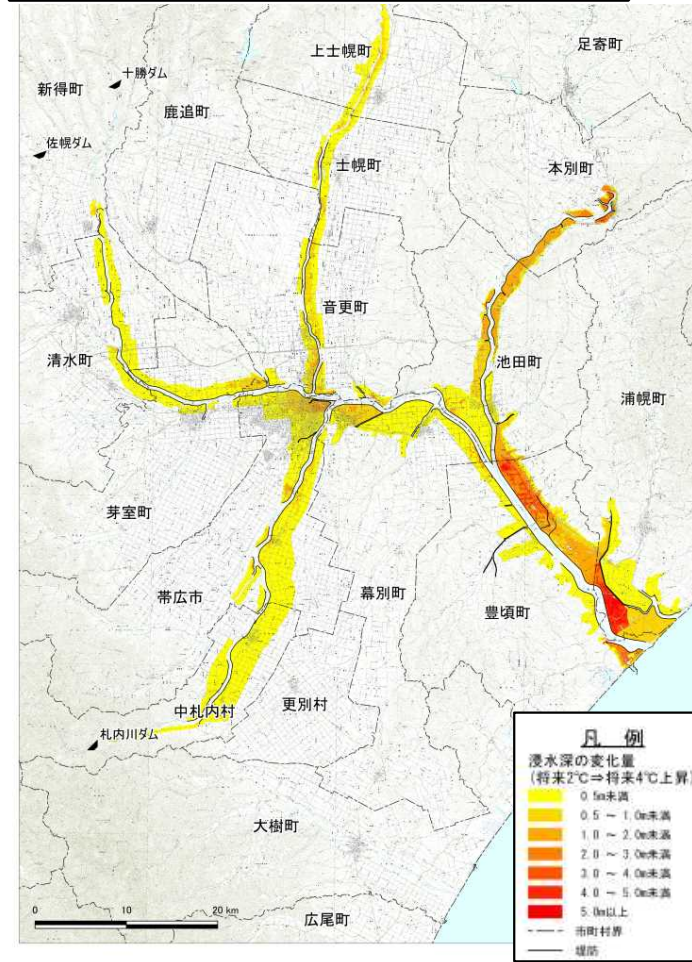
過去実験⇒2℃上昇実験



過去実験⇒4℃上昇実験



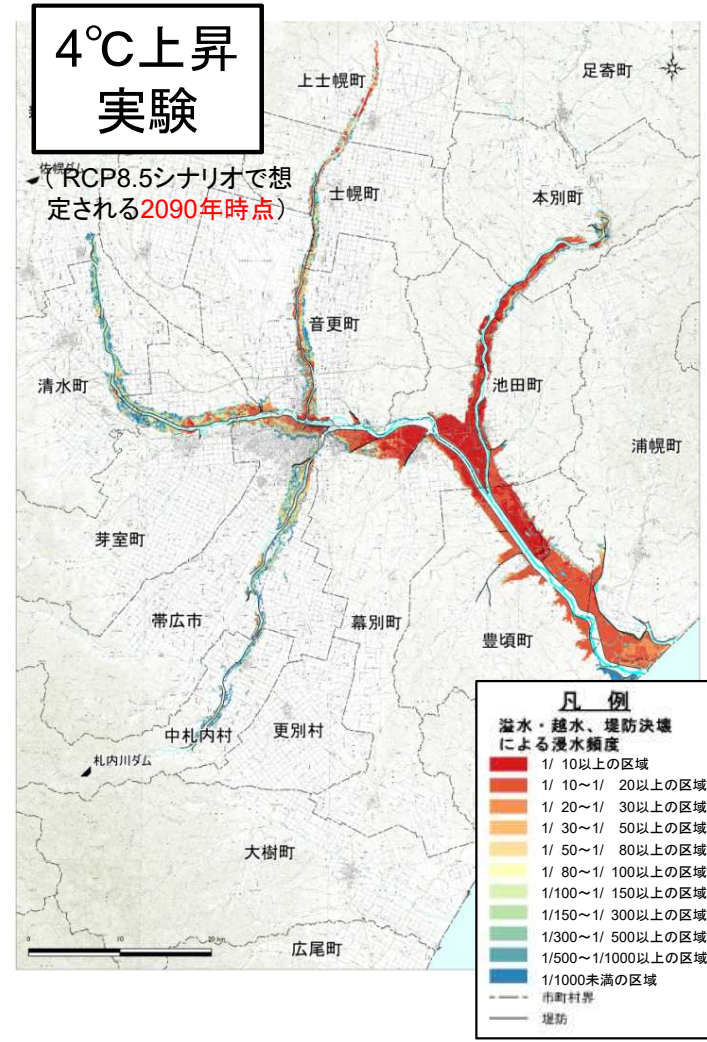
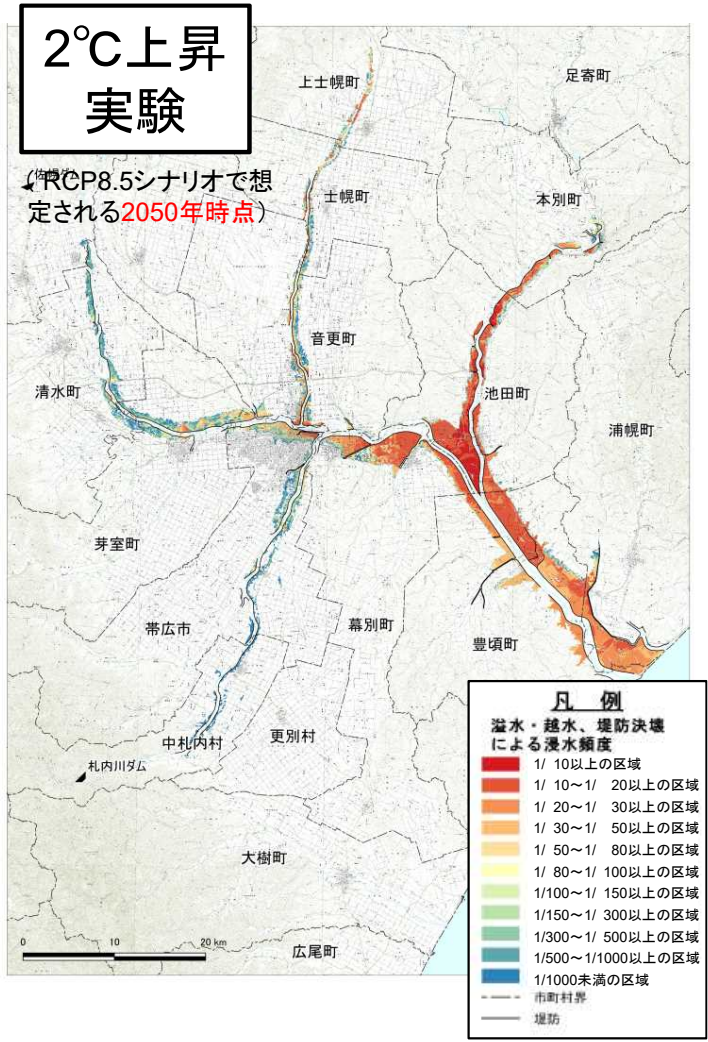
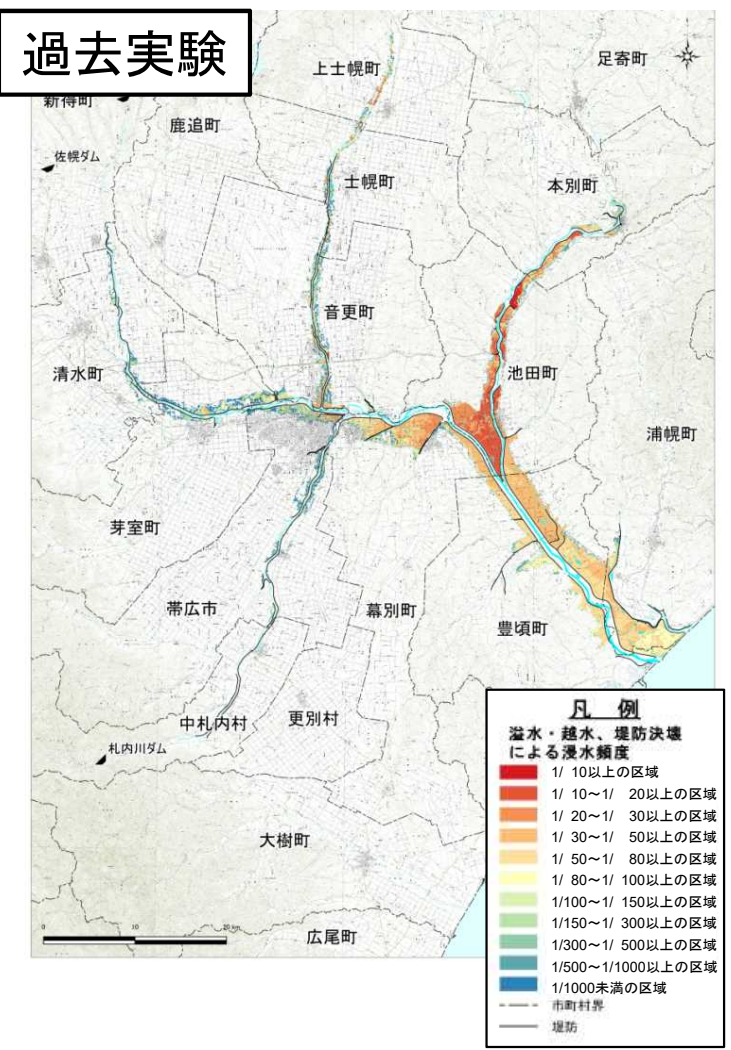
2℃上昇実験⇒4℃上昇実験



十勝川流域における気候変動による浸水確率の変化（浸水深1m）

- 河道掘削等の整備が予定※されている十勝川本川下流部および利別川沿い等で、浸水確率が高い。
※十勝川水系河川整備計画【変更】(H25.6改定)
- RCP8.5シナリオで4℃上昇が想定される2090年時点では、同一地点であっても浸水確率が増大する傾向にある。

床上から50cm程度の浸水深となる確率(浸水深1m)

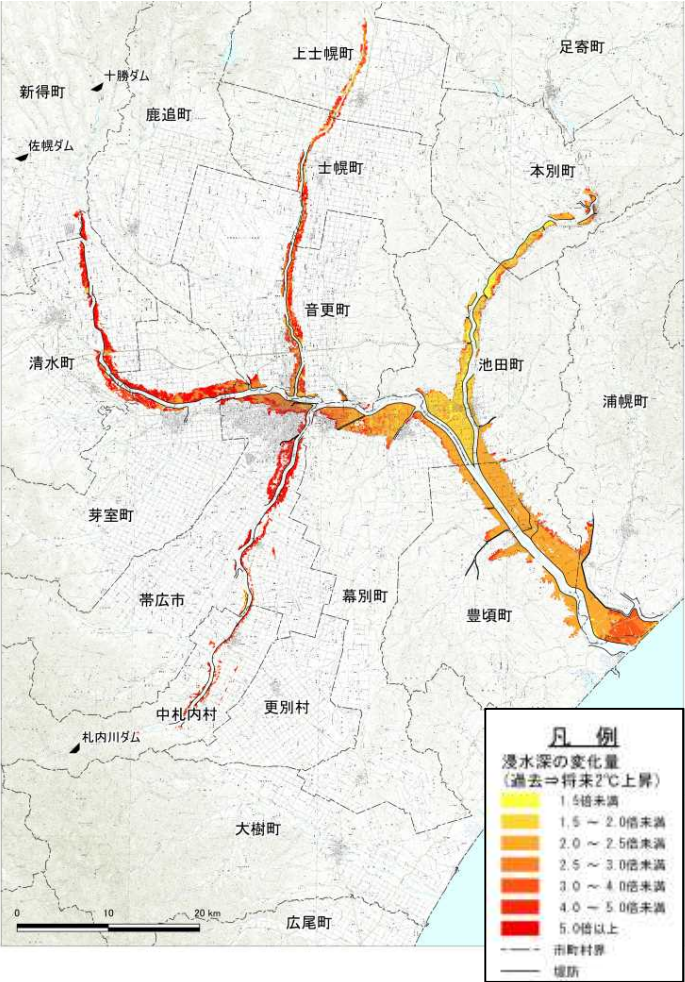


十勝川流域における気候変動による浸水確率の変化（浸水深1m・変化倍率）

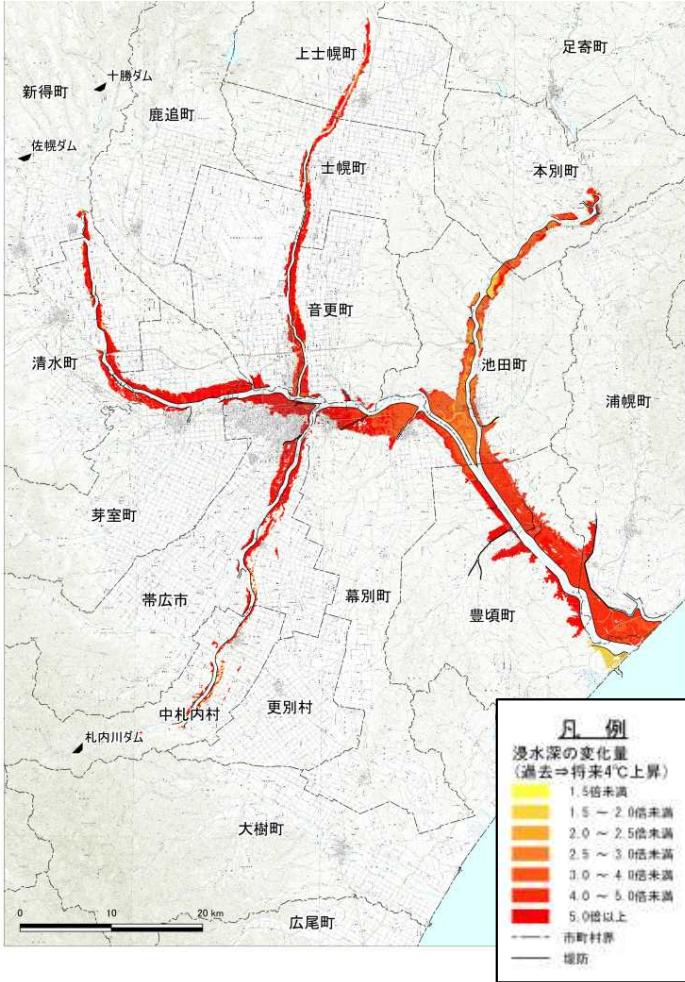
- 浸水深1mとなる浸水確率について、各時点による変化倍率を示す。
- 過去実験から2℃上昇実験、2℃上昇から4℃上昇実験ともに、十勝川上流部、音更川、札内川など、流域の上流部において変化倍率が特に大きくなる傾向が見られた。

床上から50cm程度の浸水深(浸水深1m)確率の変化倍率

過去実験⇒2℃上昇実験



過去実験⇒4℃上昇実験



2℃上昇実験⇒4℃上昇実験



※過去実験3000ケース及び4℃上昇実験5400ケースの氾濫計算を実施し、各メッシュで浸水深1mを超える頻度を表示

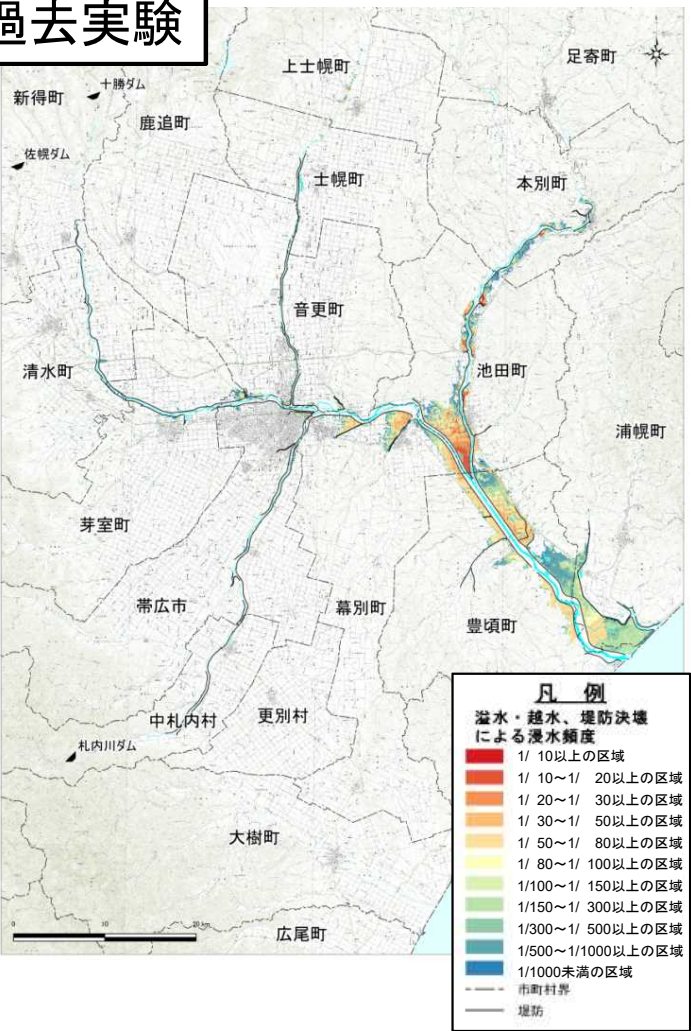
十勝川流域における気候変動による浸水確率の変化（浸水深3.2m）

- 河道掘削等の整備が予定※されている十勝川本川下流部および利別川沿い等で、浸水確率が高い。

※十勝川水系河川整備計画【変更】(H25.6改定)
- RCP8.5シナリオで4℃上昇が想定される2090年時点では、同一地点であっても浸水確率が増大する傾向にある。

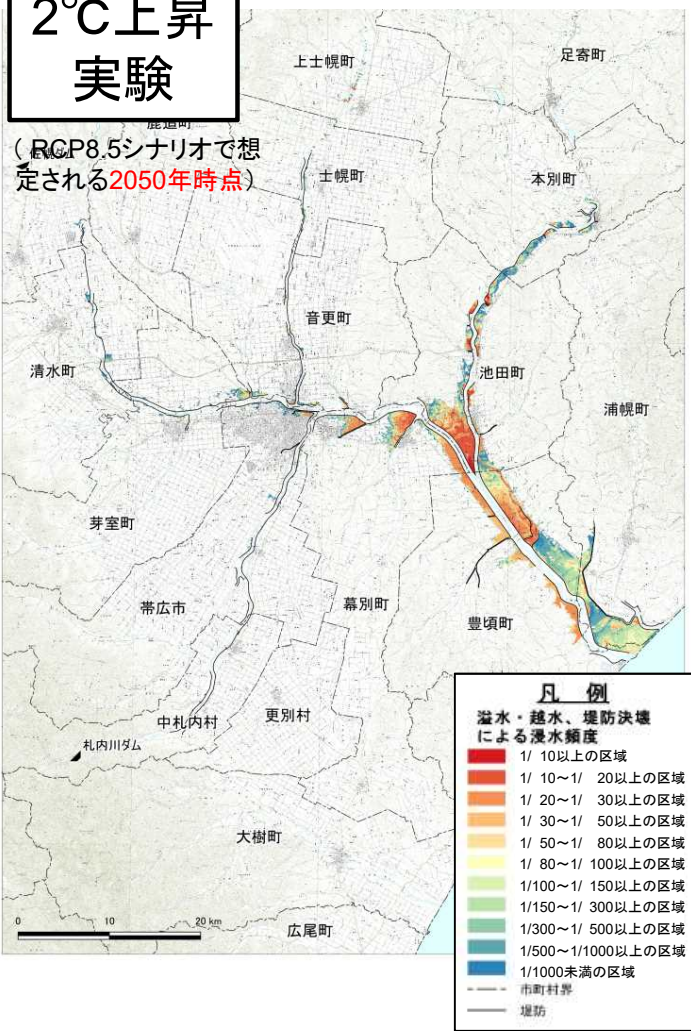
1階が水没する程度となる浸水深となる確率（浸水深3.2m）

過去実験



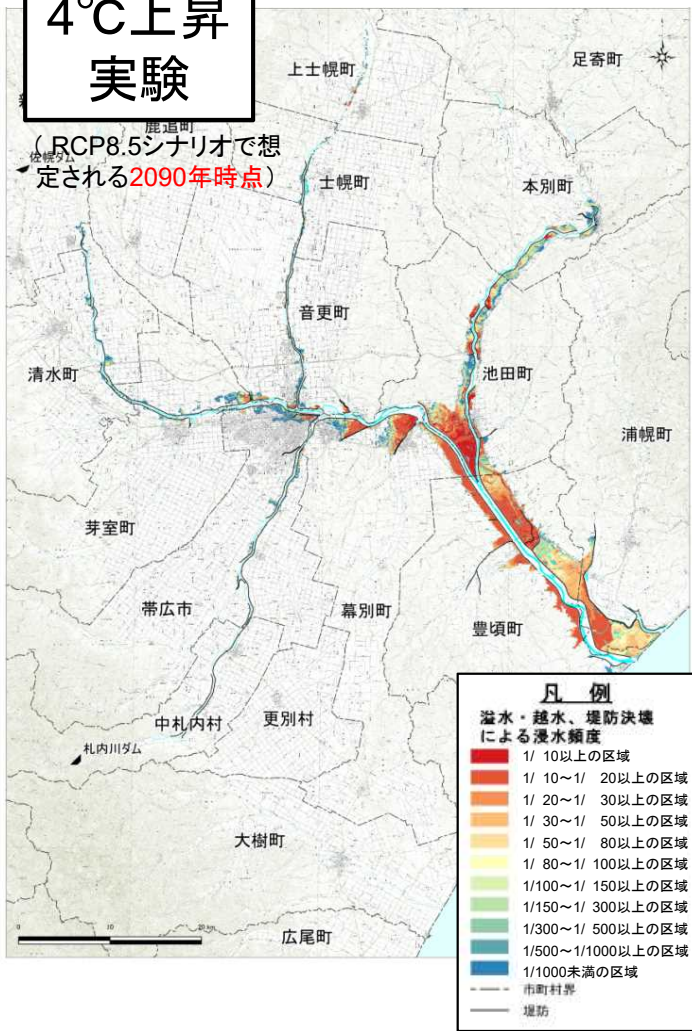
2℃上昇 実験

（RCP8.5シナリオで想定される2050年時点）



4℃上昇 実験

（RCP8.5シナリオで想定される2090年時点）



※過去実験3000ケース及び4℃上昇実験5400ケースの氾濫計算を実施し、各メッシュで浸水深3.2mを超える頻度を表示

十勝川流域における気候変動による浸水確率の変化（浸水深3.2m・変化倍率）

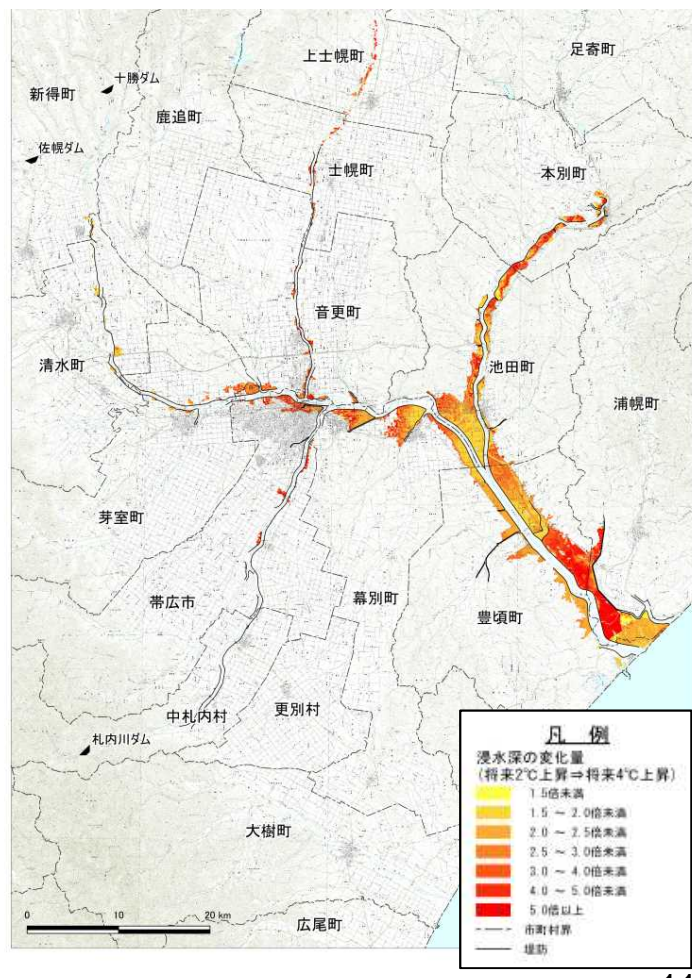
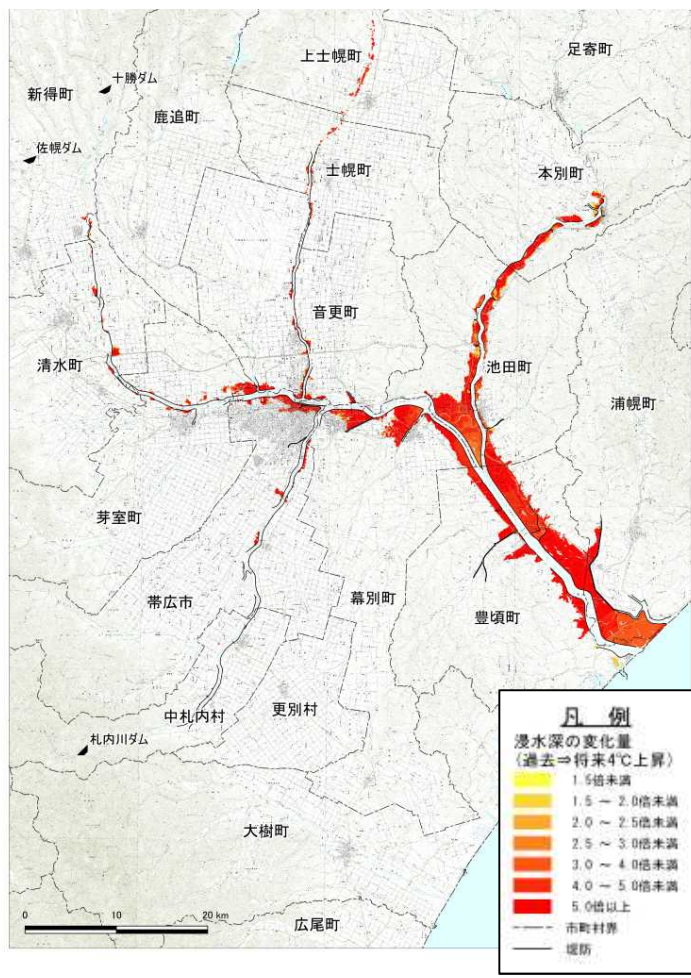
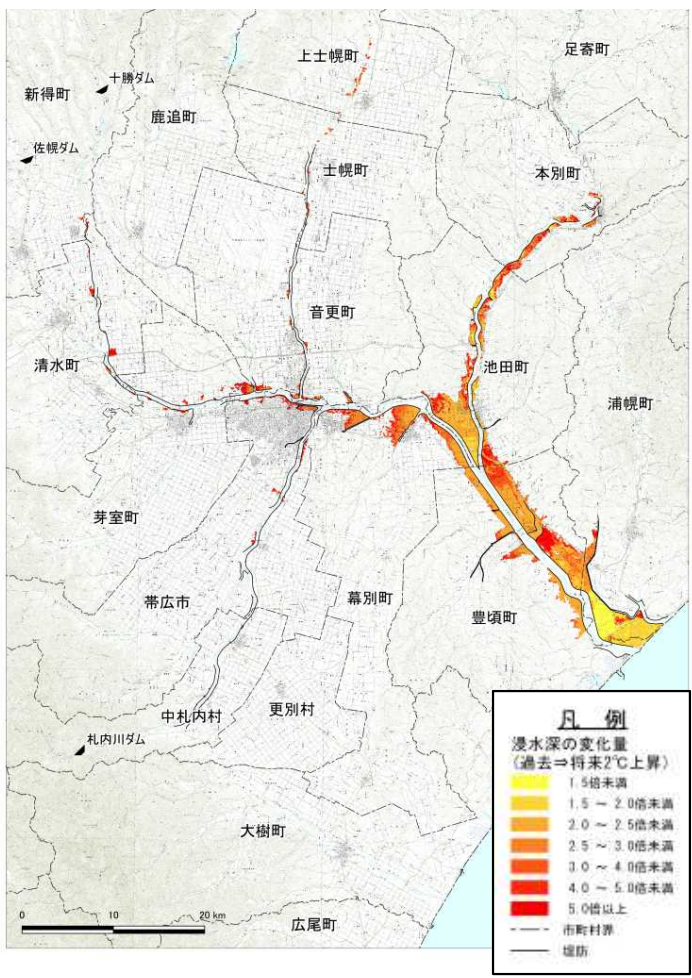
- 浸水深3.2mとなる浸水確率について、各時点による変化倍率を示す。
- 過去実験から2℃上昇実験、2℃上昇から4℃上昇実験ともに、①十勝川下流部や利別川などの流域の下流部、②本川と支川に挟まれる地域、③帯広市を含めた市街地の一部などにおいて、変化倍率が大きくなる傾向が見られた。

1階が水没する程度となる浸水深(3.2m)確率の変化倍率

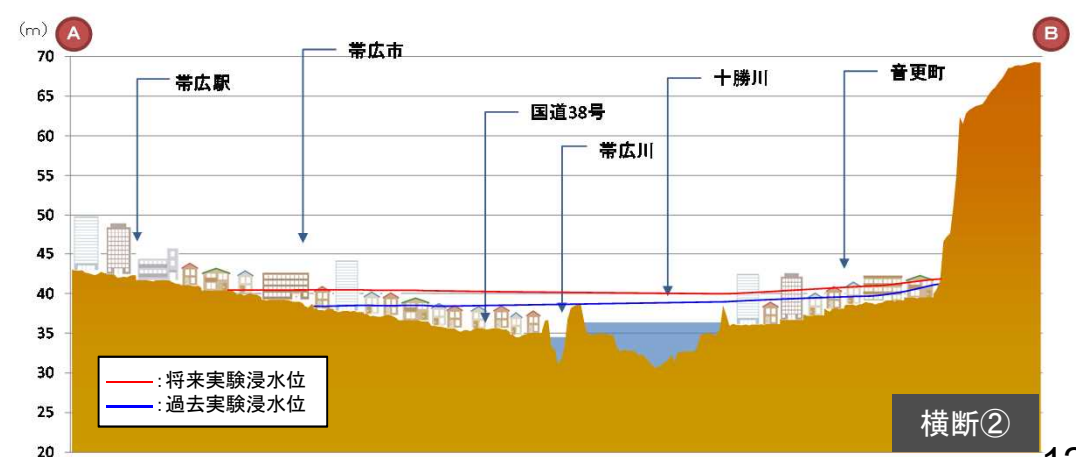
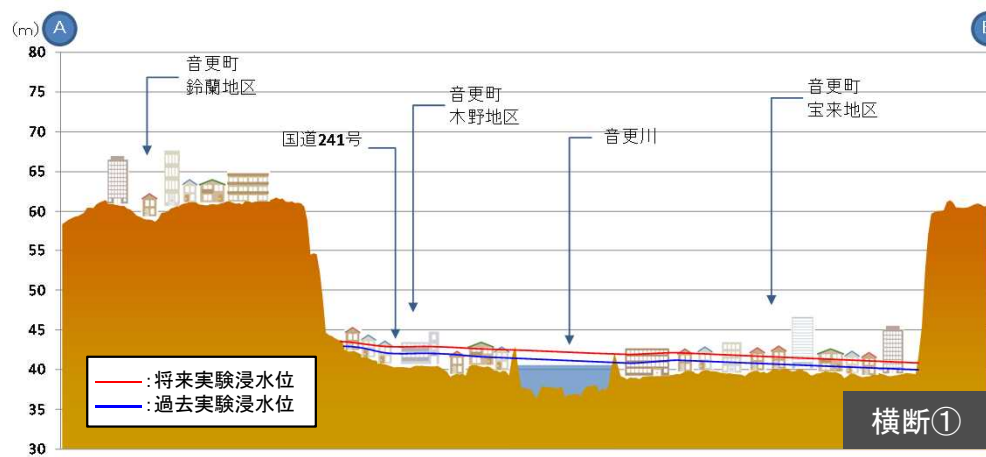
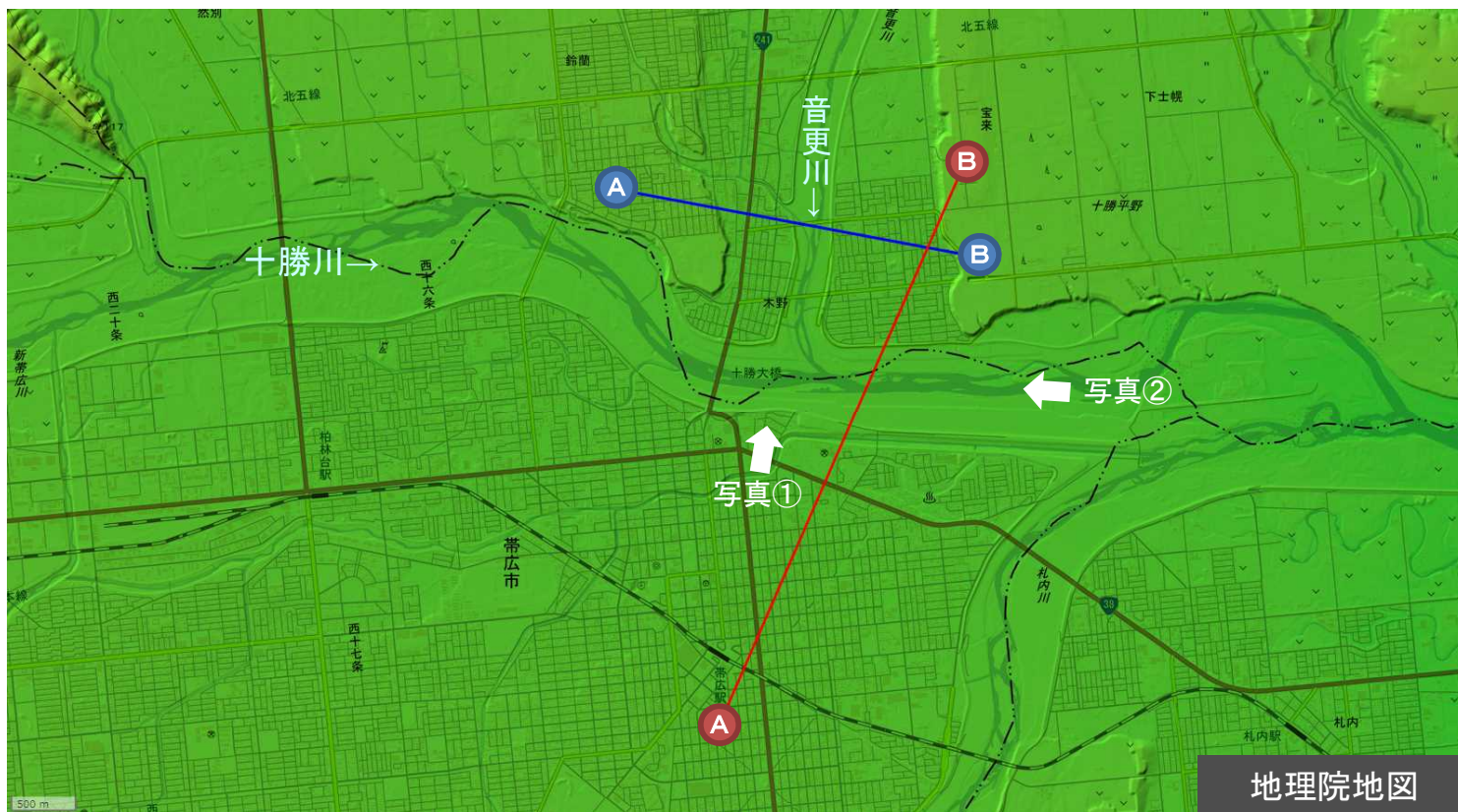
過去実験⇒2℃上昇実験

過去実験⇒4℃上昇実験

2℃上昇実験⇒4℃上昇実験



(参考)帯広市・音更町市街地付近の断面図



本検討における想定死者数の算定手法(オランダにおける手法)

- オランダにおいては、浸水深に加えて流速や水位上昇率の観点も含めることで想定死者数を算定している。
- この手法では、浸水深さ・流速・水位上昇率の観点から浸水域を4つの領域に分割し、それぞれの領域における死亡率を与えることにより、想定死者数を算定する。
- 本検討においては、オランダの手法を用いて想定死者数を算出することを仮定したうえで、人的被害のリスクを試算した。

<4つの領域>

【領域1(決壊箇所付近の領域)】

d : 浸水深さ(m)、 v : 流速(m/s)、
 w : 水位上昇率(m/hr)、 F_D :死亡率

$d \cdot v \geq 7m^2/s$ かつ $v \geq 2m/s$
 $F_{D,B} = 1$

【領域2(水位が急激に上昇する領域)】

$d \cdot v < 7m^2/s$ または $v < 2m/s$ 、 $d \geq 2.1m$ かつ $w \geq 4m/hr$
 $F_{D,Rise}(d) = \Phi_N \left(\frac{\ln(d) - \mu_N}{\sigma_N} \right)$
 $\mu_N = 1.46, \sigma_N = 0.28$

【領域3(遷移領域)】

$d \cdot v < 7m^2/s$ または $v < 2m/s$ 、 $d \geq 2.1m$ かつ $0.5m/hr \leq w < 4m/hr$
 $F_D = F_{D,Remain} + (w - 0.5) \frac{F_{D,Rise} - F_{D,Remain}}{3.5}$

【領域4(その他の領域)】

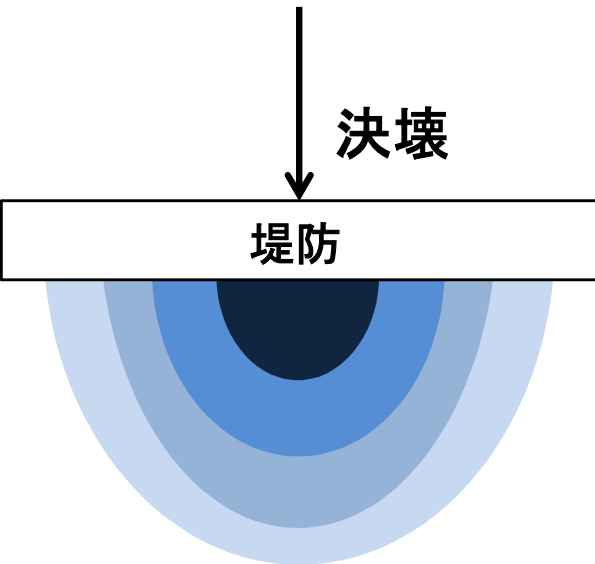
$w < 0.5m/hr$ または $(w \geq 0.5m/hr$ かつ $d < 2.1m)$ 、かつ $(d \cdot v < 7m^2/s$ かつ $v < 2m/s)$
 $F_{D,Remain}(d) = \Phi_N \left(\frac{\ln(d) - \mu_N}{\sigma_N} \right)$
 $\mu_N = 7.60, \sigma_N = 2.75$

: 領域1(決壊箇所付近の領域)

: 領域2(水位が急激に上昇する領域)

: 領域3(遷移領域)

: 領域4(その他の領域)

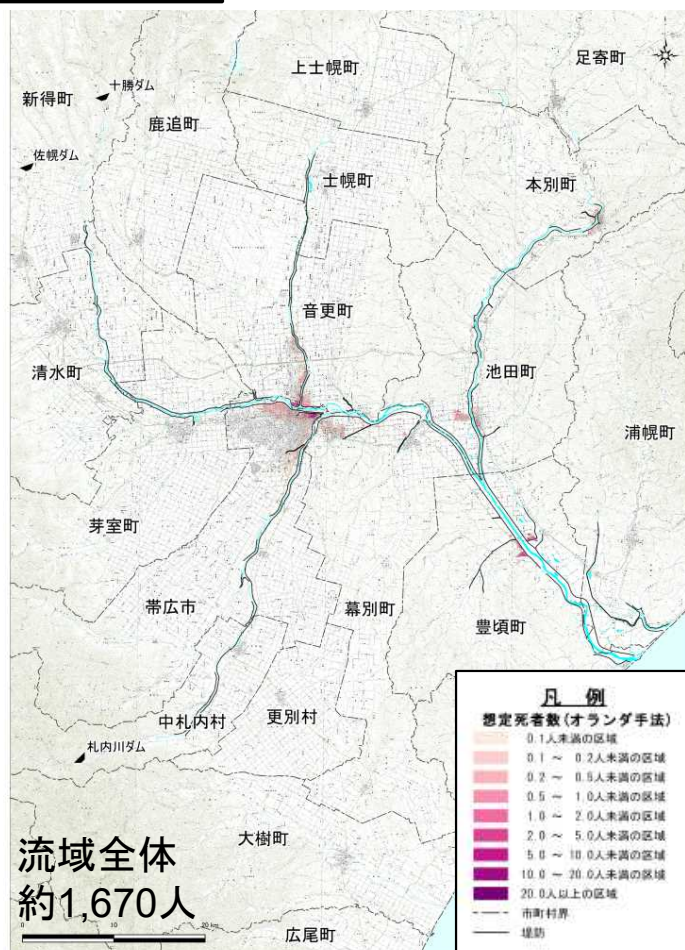


また、本検討においては、上述の領域1～3にあたる地域については、水位上昇が早く避難が困難になると想定されることから、これらの領域にあたる可能性のある地域を避難困難地域と定義することにより、以下の検討を進めた。

十勝川流域における気候変動による最大想定死者数の変化

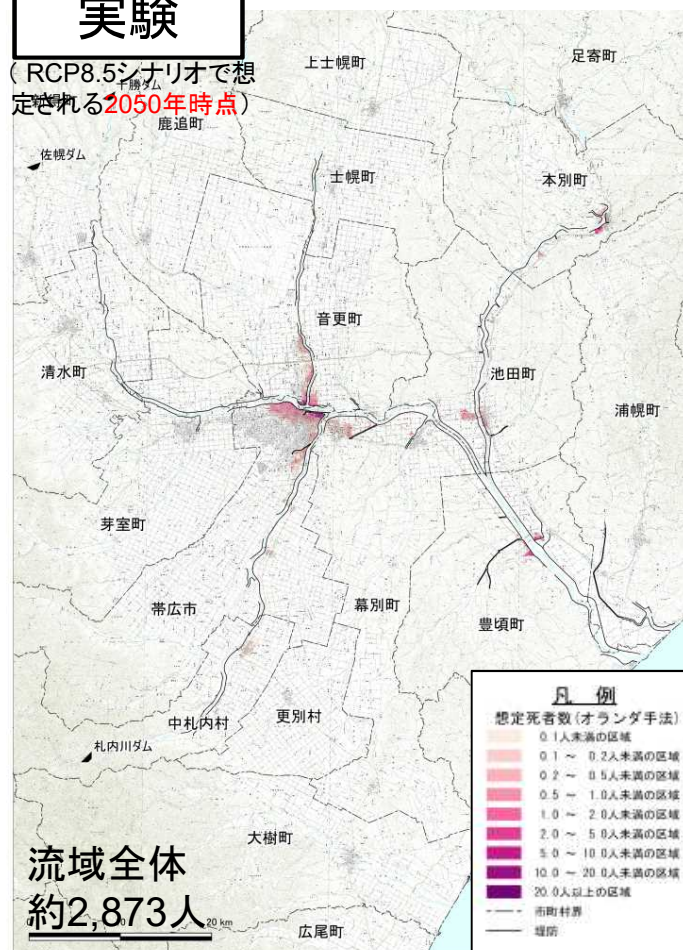
- 流域における100mメッシュごとに、オランダの手法を用いて最大想定死者数を算出した。
- 過去実験では、流域全体の最大想定死者数は1,670人であった。4℃上昇実験では最大想定死者数は約4,326人となった。すなわち、気候変動により気温が4℃上昇すると、洪水による最大想定死者数は約2.6倍に増加する結果となった。

過去実験



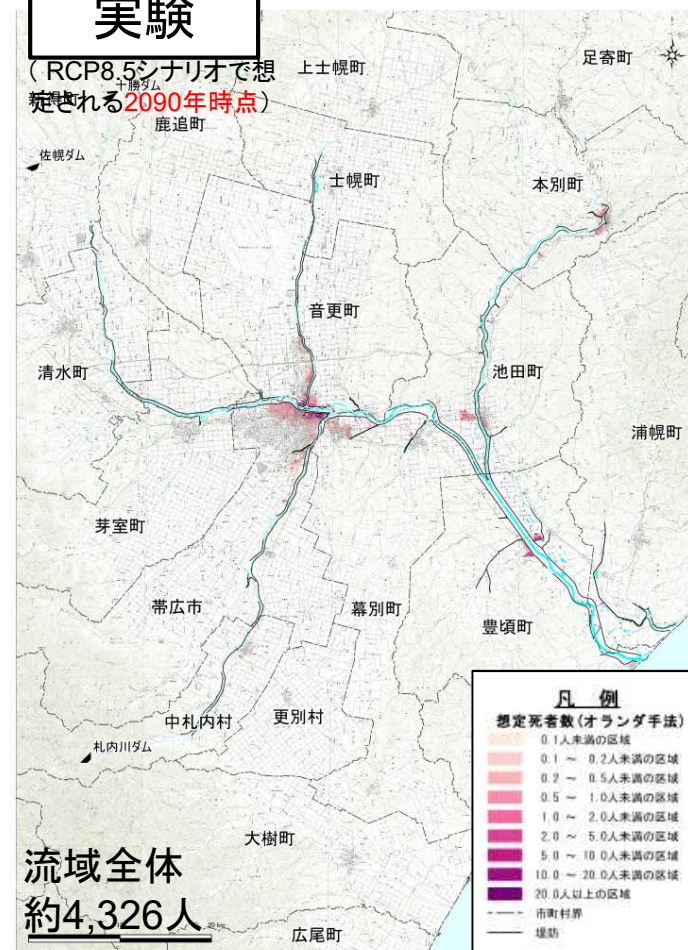
2°C上昇 実験

(RCP8.5シナリオで想定される^{千勝タム}2050年時点)



4°C上昇 実験

(RCP8.5シナリオで想定される2090年時点)



※過去実験3000ケースおよび2℃上昇実験3240ケース、4℃上昇実験5400ケースの全破堤地点での氾濫計算結果をもとに、「オランダの手法」を用いて想定死者数を計算し、このうち全ケースで最大となるものを各メッシュごとで試算したものである。

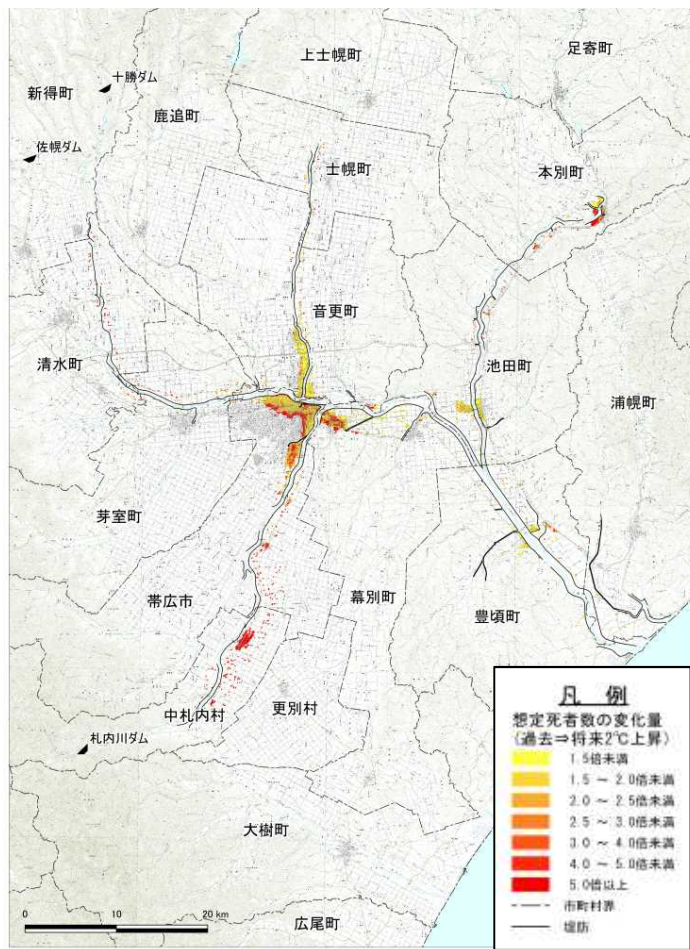
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

※避難率は0%として試算した。

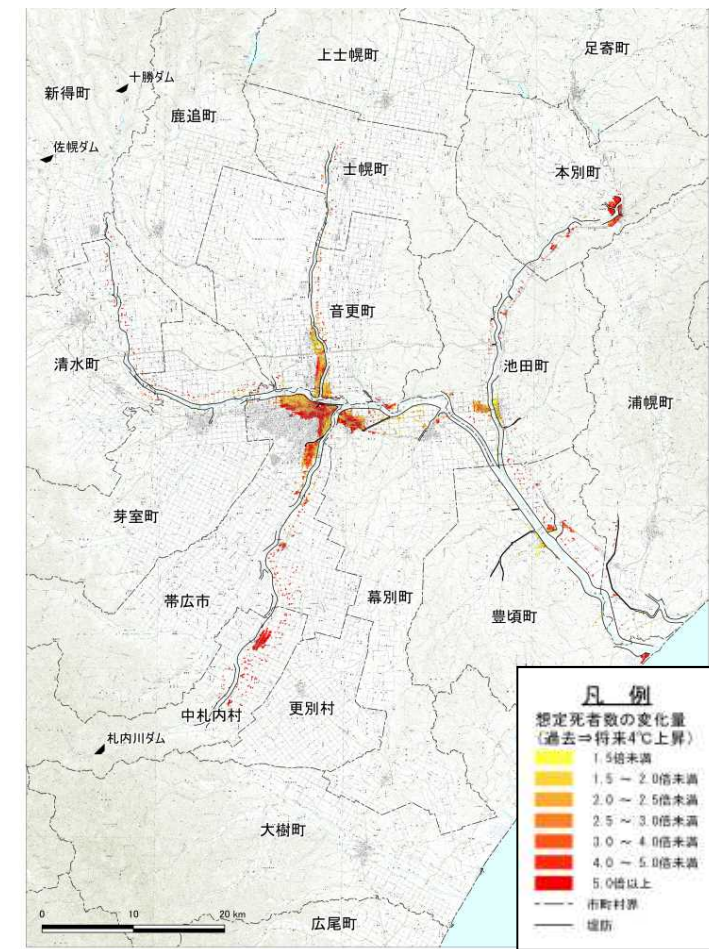
十勝川流域における気候変動による最大想定死者数の変化(変化倍率)

- 最大想定死者数について、各時点による変化倍率を示す。
- 過去実験から2℃上昇実験においては、浸水域の周辺部など、新たに浸水被害が生じる地域などで変化倍率が高い傾向にある。過去実験から4℃上昇実験においては、この傾向に加えて、すでに浸水被害が生じていた地域においても変化倍率が大きくなる傾向にある。

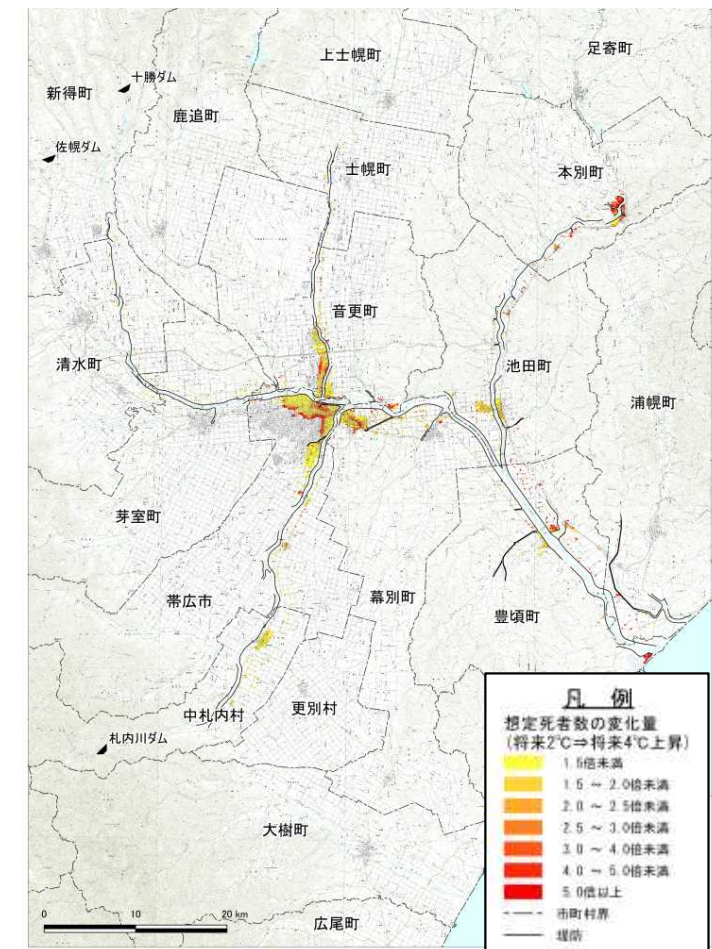
過去実験⇒2℃上昇実験



過去実験⇒4℃上昇実験



2℃上昇実験⇒4℃上昇実験



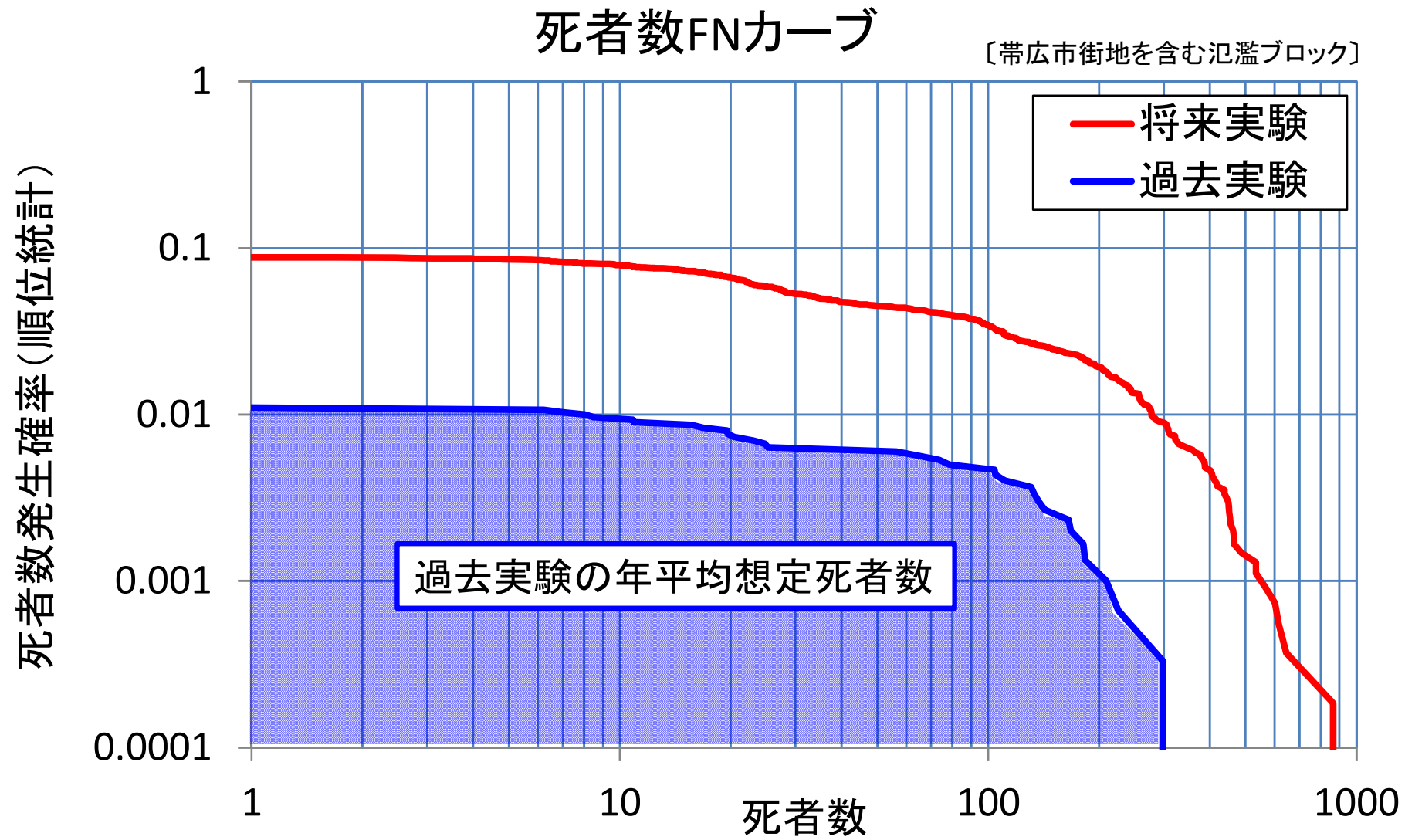
※過去実験3000ケースおよび2℃上昇実験3240ケース、4℃上昇実験5400ケースの全破堤地点での氾濫計算結果をもとに、「オランダの手法」を用いて想定死者数を計算し、このうち全ケースで最大となるものを各メッシュごとで試算した。本頁においては、過去実験と将来実験等の間における変化倍率を示している。

※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

※避難率は0%として試算した。

年平均想定死者数の算出

- 流域における100mメッシュ毎で、各シナリオ（過去実験3,000ケース、4℃上昇実験5,400ケース）での死者数を計算したうえで、各メッシュごとの死者数と発生確率の関係性を順位統計により整理した。
- 死者数とその発生確率の関係から、これを積分することにより、年平均想定死者数を試算した。



※ 避難率は0%として試算した。

※ 順位統計とは、各実験（合計Nケース）の各ケースにおける想定死者数を数が少ないほうから並べていき、例えば死者数が0となるものがM個あったとすれば、死者数が0となる確率は (M番目/Nケース) となる。

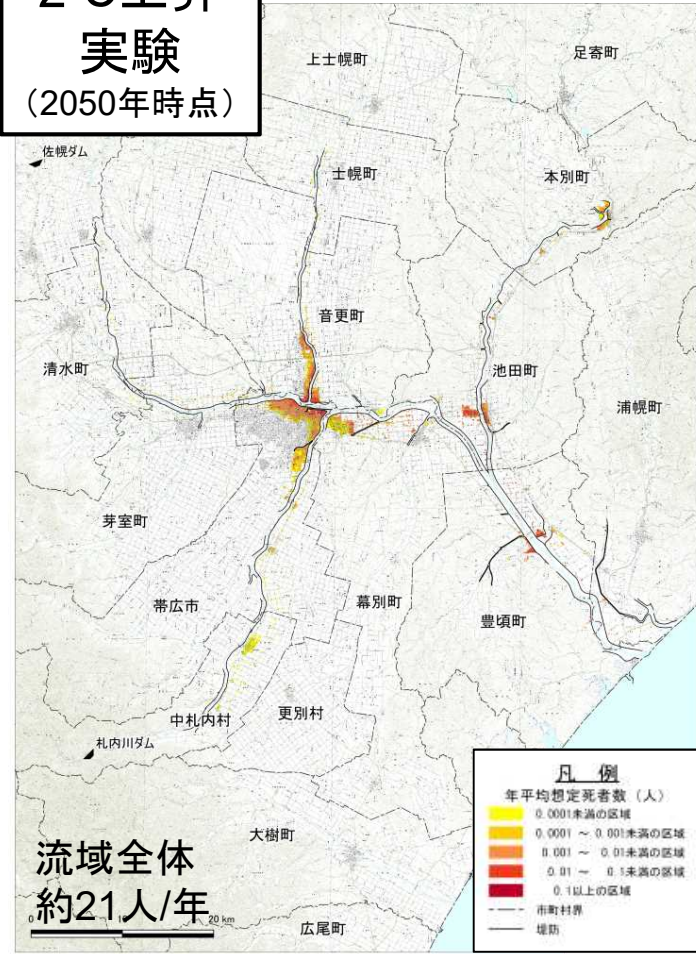
十勝川流域における気候変動による年平均想定死者数の変化

- 過去実験における流域全体の年平均想定死者数は約9人/年であった。一方、4℃上昇実験における年平均想定死者数は約58人/年となった。すなわち、気候変動により気温が4℃上昇すると、洪水による年平均想定死者数は約6.4倍に増加する結果となった。
- 年平均想定死者数は、流域中流部の帯広圏のほか、下流部に位置する池田町や豊頃町などの市街地において集中する傾向にある。

過去実験



2℃上昇 実験 (2050年時点)



4℃上昇 実験 (2090年時点)



※過去実験3000ケースおよび2℃上昇実験3240ケース、4℃上昇実験5400ケースの全破堤地点での氾濫計算結果をもとに、「オランダの手法」を用いて想定死者数を算定したうえで、「年平均想定死者数の算出」の考え方にに基づき、各メッシュ毎で試算したものである。

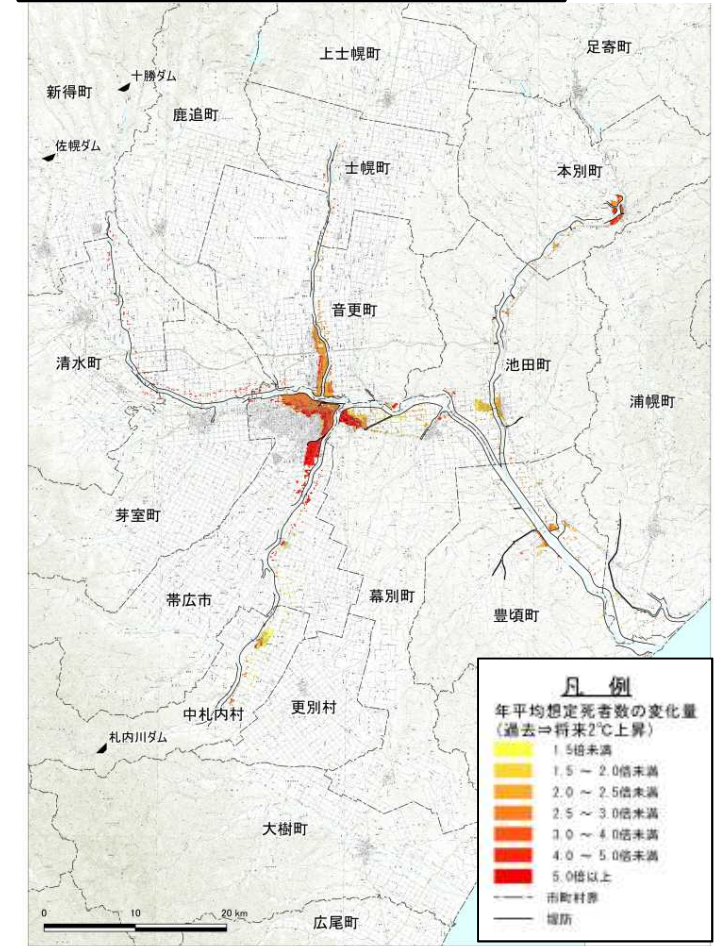
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

※避難率は0%として試算した。

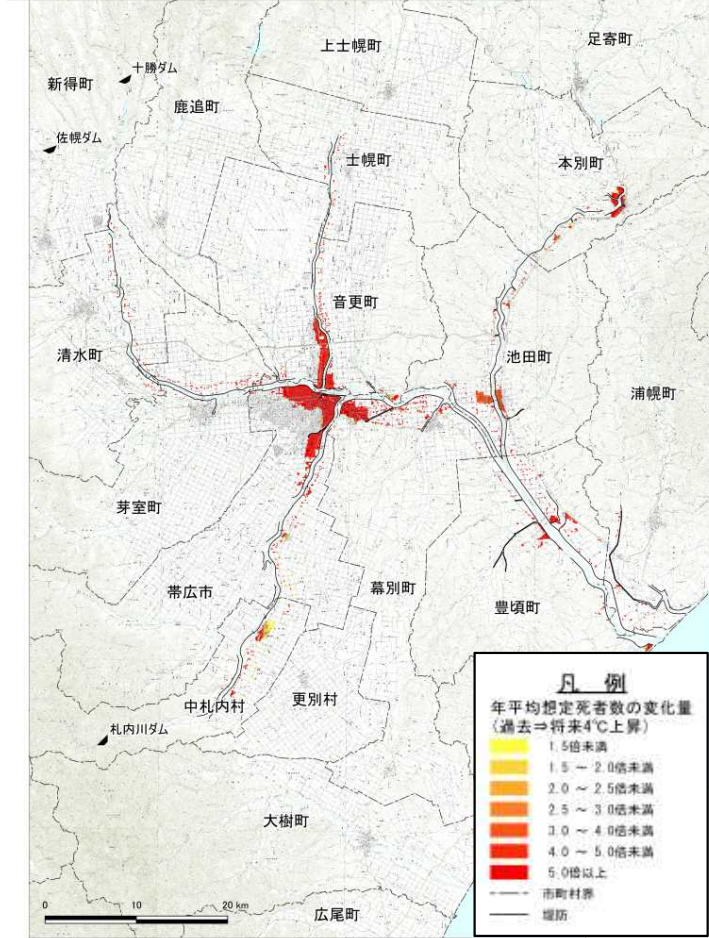
十勝川流域における気候変動による年平均想定死者数の変化(変化倍率)

- 年平均想定死者数について、各時点による変化倍率を示す。
- 過去実験から2℃上昇実験においては、浸水域の周辺部をはじめ、新たに浸水被害が生じる地域などで変化倍率が大きい傾向にある。過去実験から4℃上昇実験においては、浸水域の広い範囲で変化倍率が大きくなる傾向にある。

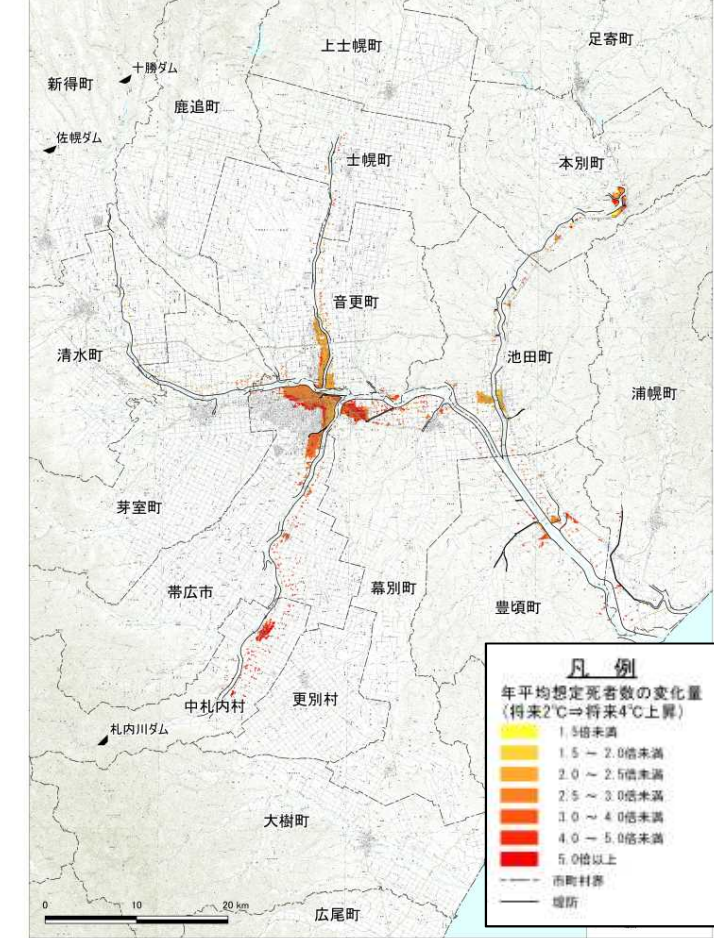
過去実験⇒2℃上昇実験



過去実験⇒4℃上昇実験



2℃上昇実験⇒4℃上昇実験



※過去実験3000ケースおよび2℃上昇実験3240ケース、4℃上昇実験5400ケースの全破堤地点での氾濫計算結果をもとに、「オランダの手法」を用いて想定死者数を算定したうえで、「年平均想定死者数の算出」の考え方にに基づき、各メッシュ毎で試算したものである。本頁では過去実験と将来実験等の間における変化倍率を示している。

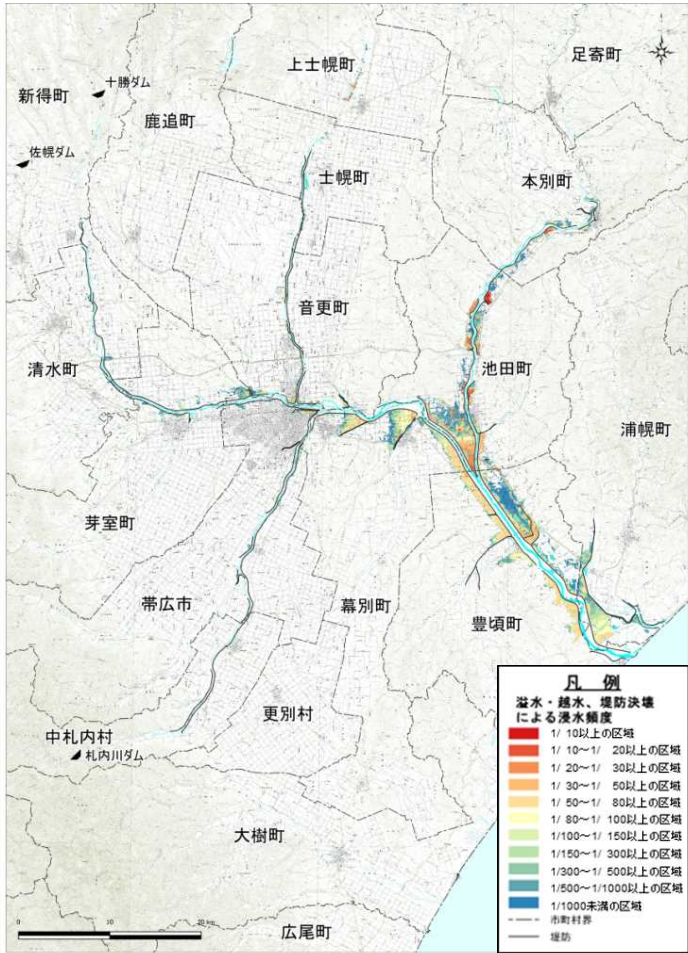
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

※避難率は0%として試算した。

十勝川流域における気候変動による避難困難地域の変化

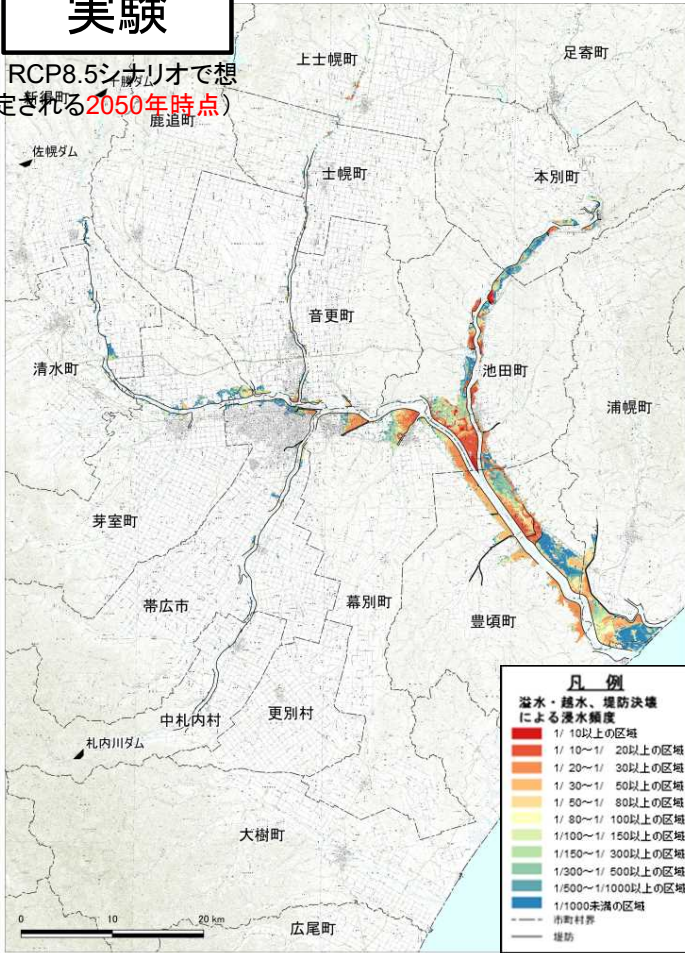
- 下流部を中心に避難困難区域※が広がっており、浸水時の水位上昇が早いことが想定される。また、帯広圏の市街地でも避難困難区域となる地域がある。
 - とりわけ、本川と支川で挟まれた地域では、避難困難地域となりやすい傾向がみられた。
- ※想定死者数の算定において、領域1～3にあたる地域については水位上昇が早く避難が困難になると想定されることから、これらの領域にあたる可能性のある地域を避難困難地域と定義している。

過去実験



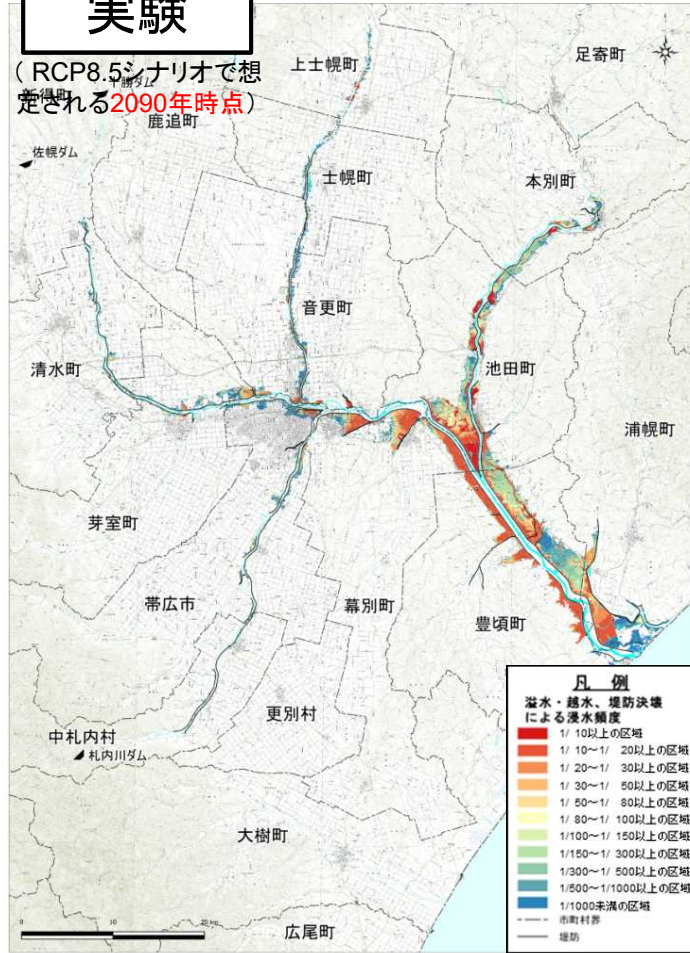
2℃上昇 実験

(RCP8.5シナリオで想定される2050年時点)



4℃上昇 実験

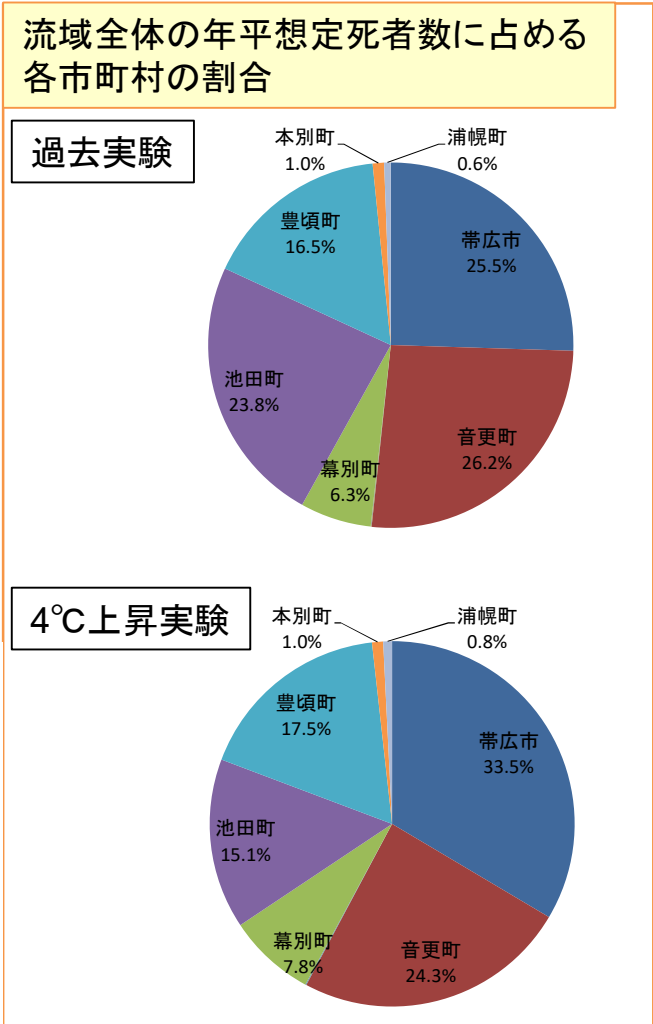
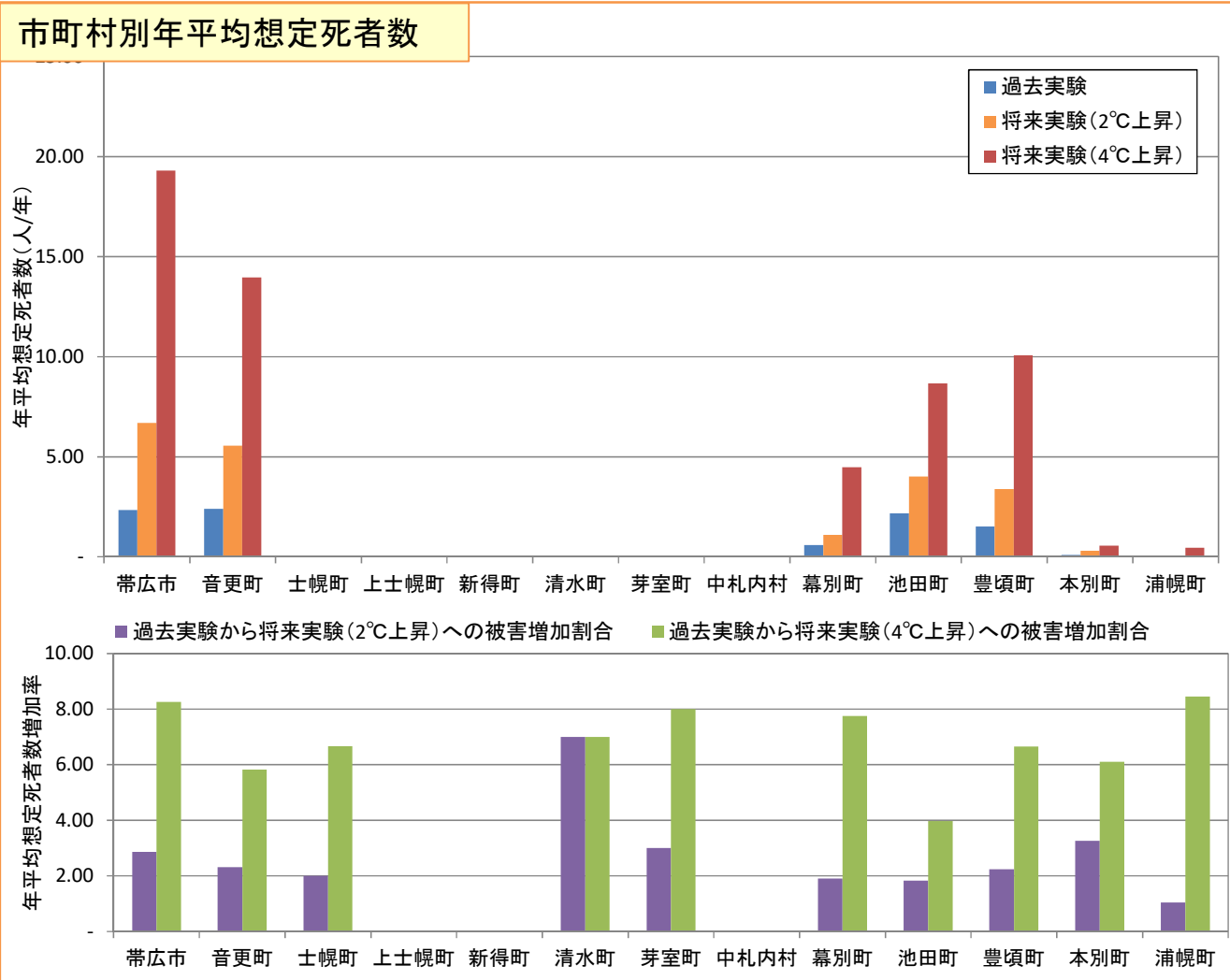
(RCP8.5シナリオで想定される2090年時点)



※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。
※避難率は0%として試算した。

十勝川流域における気候変動による年平均想定死者数の変化(自治体毎)

- 年平均想定死者数を市町村別にみると、十勝川中流部の帯広市・音更町・幕別町に集中しているほか、下流部では池田町・豊頃町で多くなっている。
- 流域全体の年平均想定死者数に占める3市町(帯広市・音更町・幕別町)の割合は、過去実験で約58%、4℃上昇実験で66%となっている。



※過去実験3000ケースおよび2℃上昇実験3240ケース、4℃上昇実験5400ケースの全破堤地点での氾濫計算結果をもとに、「オランダの手法」を用いて想定死者数を算定したうえで、「年平均想定死者数の算出」の考え方にに基づき、試算したものである。

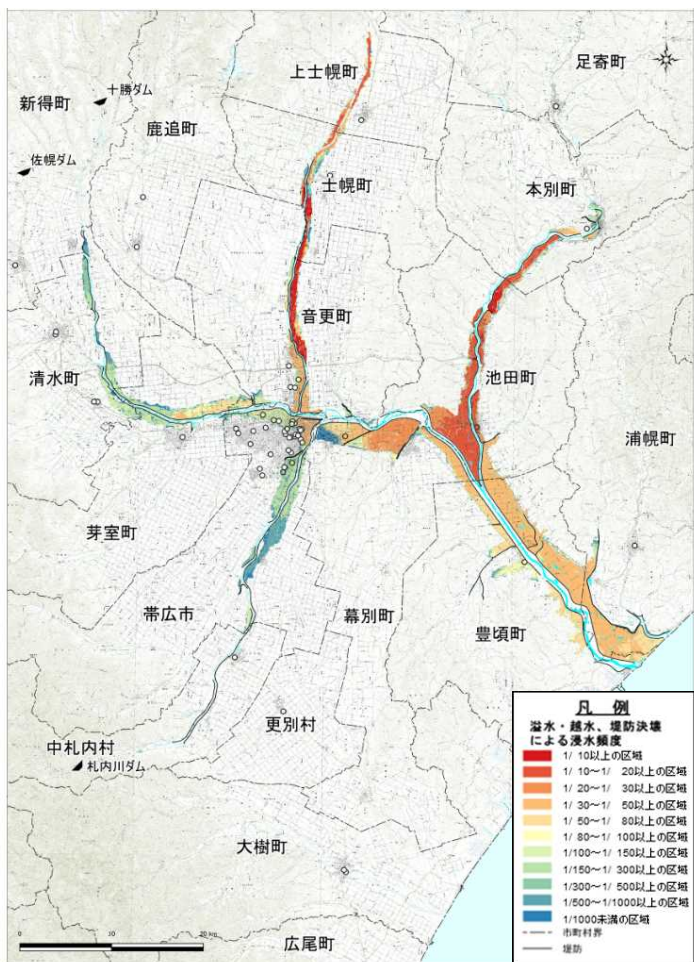
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

※避難率は0%として試算した。

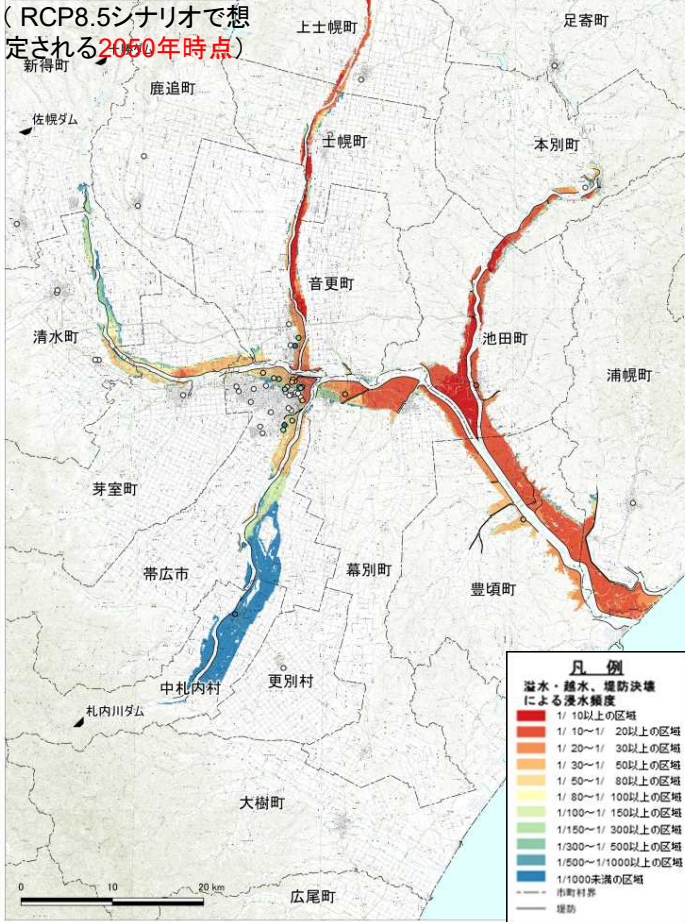
十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 病院(入院可能な施設)

- 十勝川流域には、入院が可能である病院が50施設存在しており、このうち半数以上となる32施設が帯広市に位置している。
- 帯広市や音更町にある一部の病院では、過去実験における浸水確率は1/100以下であったが、4℃上昇実験では1/10～1/20の浸水確率となる状況がみられる。

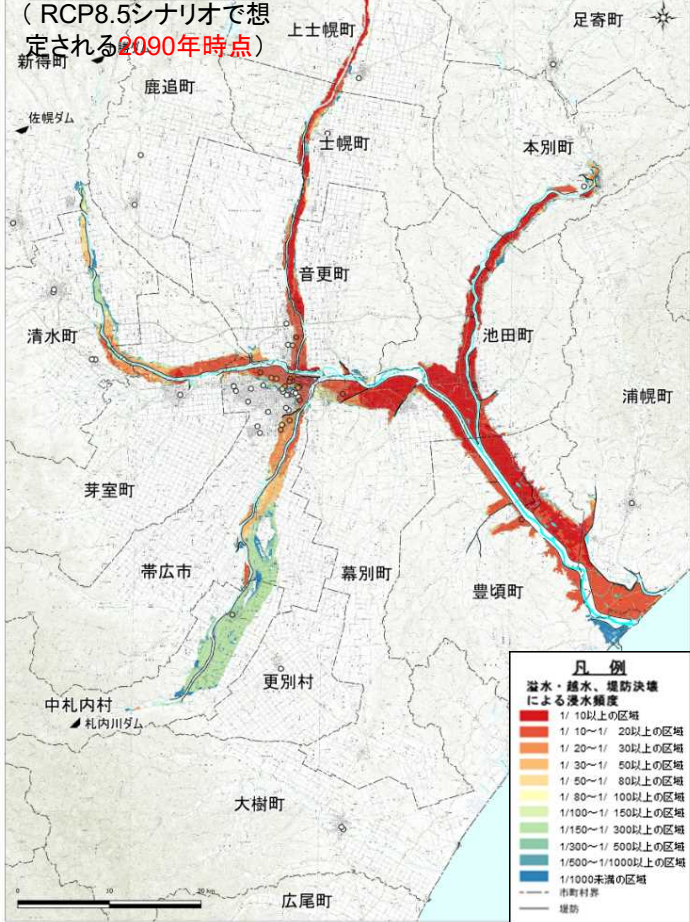
過去実験



2℃上昇
実験



4℃上昇
実験

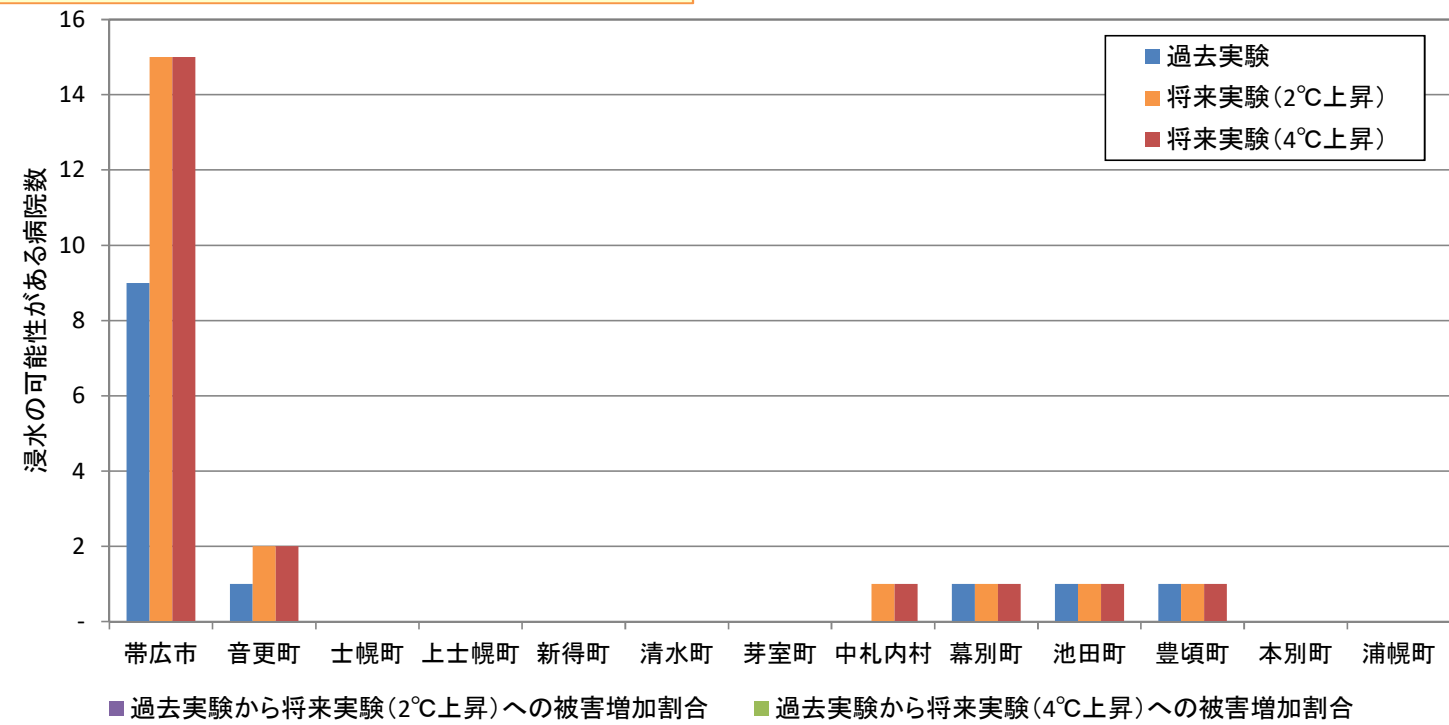


※国土数値情報から取得した病院のうち、病床数1以上の病院を抽出。
※自動車の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位(30cm)に達する可能性のある施設は浸水確率を表示
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

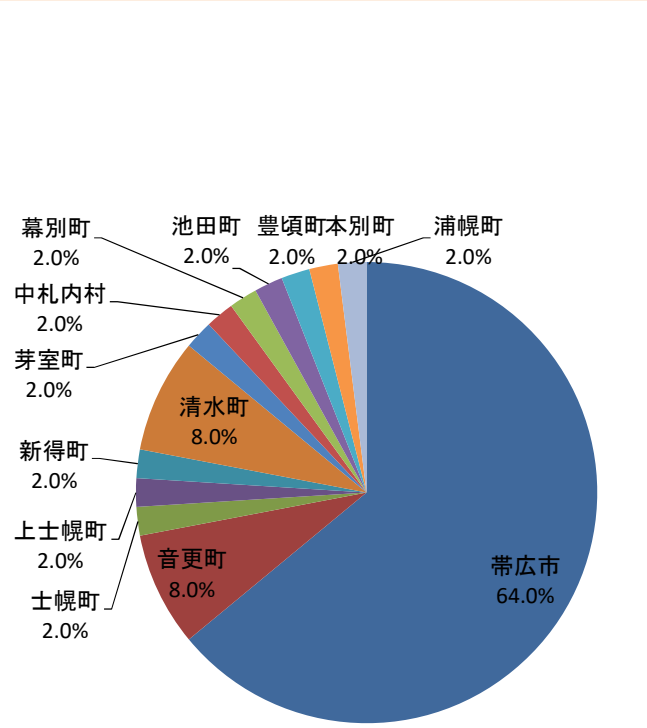
十勝川流域における気候変動によるリスク変化：病院(入院可能な施設)

- 浸水の可能性のある病院(入院可能な施設)は、過去実験で13施設(うち帯広市9施設)、4℃上昇実験で21施設(うち帯広市15施設)となっており、帯広市内に集中している。
- 気候変動により気温が4℃上昇すると、浸水の可能性のある病院数は約1.6倍に増加する結果となった。

市町村別浸水の可能性のある病院数



流域全体の病院数に占める各市町村の割合



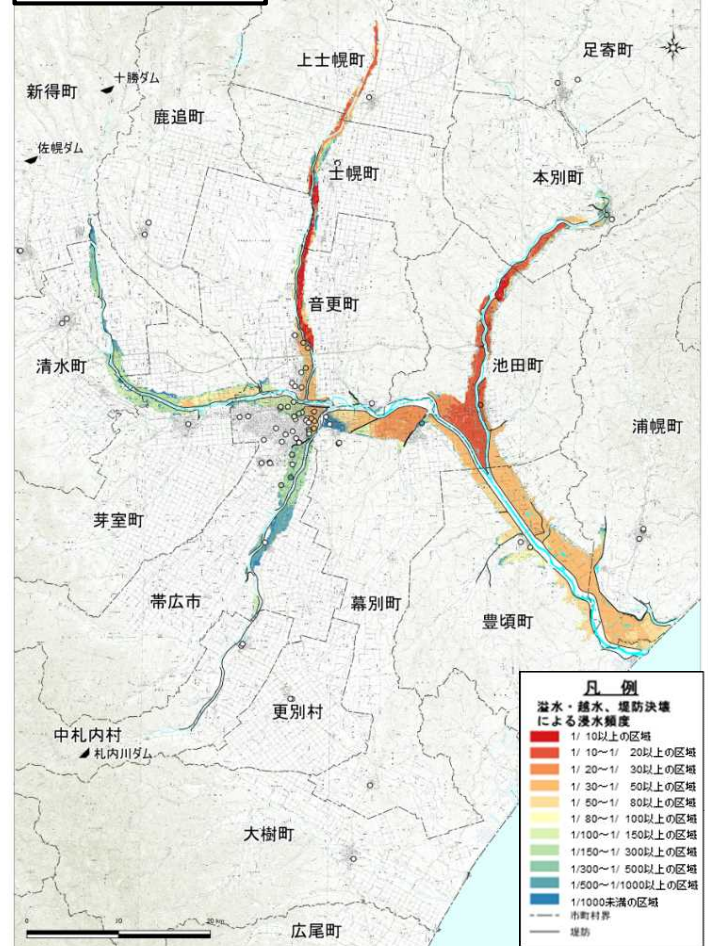
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

22

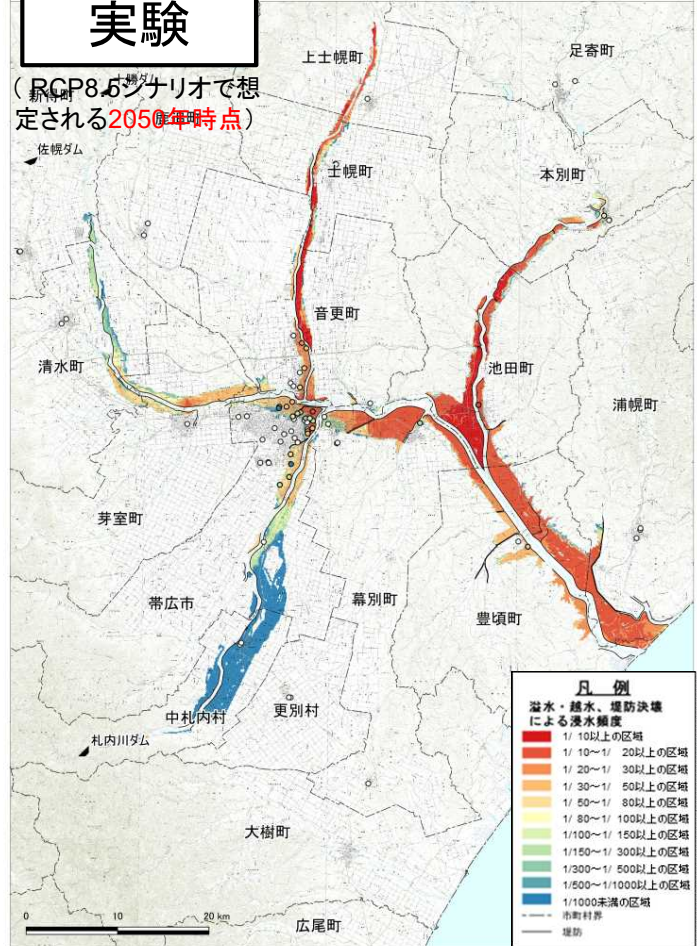
十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 老人福祉施設

- 十勝川流域には、老人福祉施設が83施設存在しており、そのうち60施設が帯広市・音更町・幕別町に位置している。多くの老人福祉施設が河川沿いに位置している。
- 一部の施設では、過去実験における浸水確率が1/10～1/20であったが、4℃上昇実験では1/10以上の浸水確率となる状況がみられる。

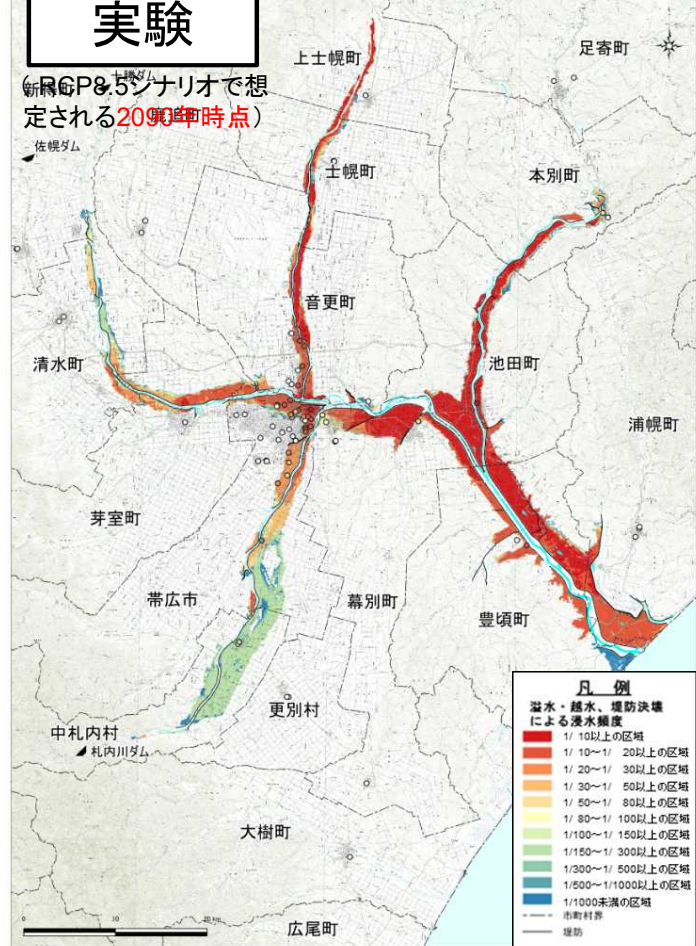
過去実験



2℃上昇
実験



4℃上昇
実験



※老人福祉施設: 国土数値情報から取得した老人福祉施設。養護老人ホーム(一般)・特別養護老人ホーム・老人福祉センター(特A型)・老人福祉センター(A型)・軽費老人ホーム(ケアハウス)・軽費老人ホーム(A型)・有料老人ホームが含まれる。

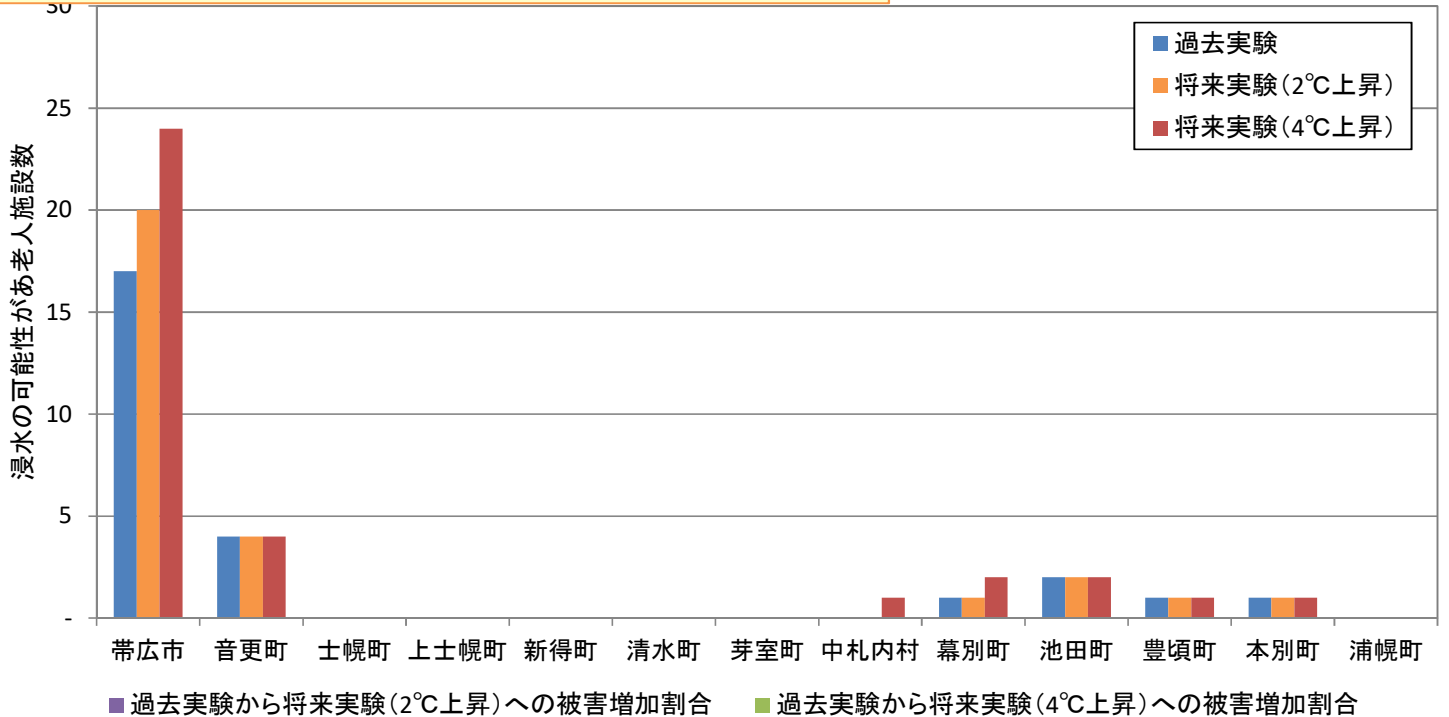
※自動車の走行困難、災害時要援護者の避難が困難な水位(30cm)に達する可能性のある施設は浸水確率を表示

※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

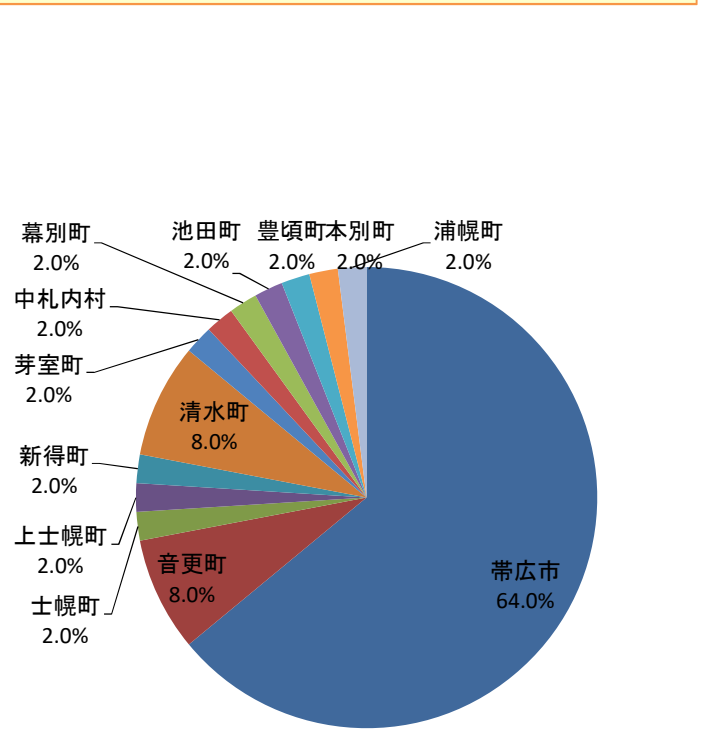
十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 老人福祉施設

- 浸水の可能性のある老人福祉施設は、過去実験で26施設(うち帯広市17施設)、4℃上昇実験で35施設(うち帯広市24施設)となっており、帯広市内に集中している。
- 気候変動により気温が4℃上昇すると、浸水の可能性のある老人福祉施設数は約1.4倍に増加する結果となった。

市町村別浸水の可能性がある老人福祉施設数



流域全体の老人福祉施設数に占める各市町村の割合



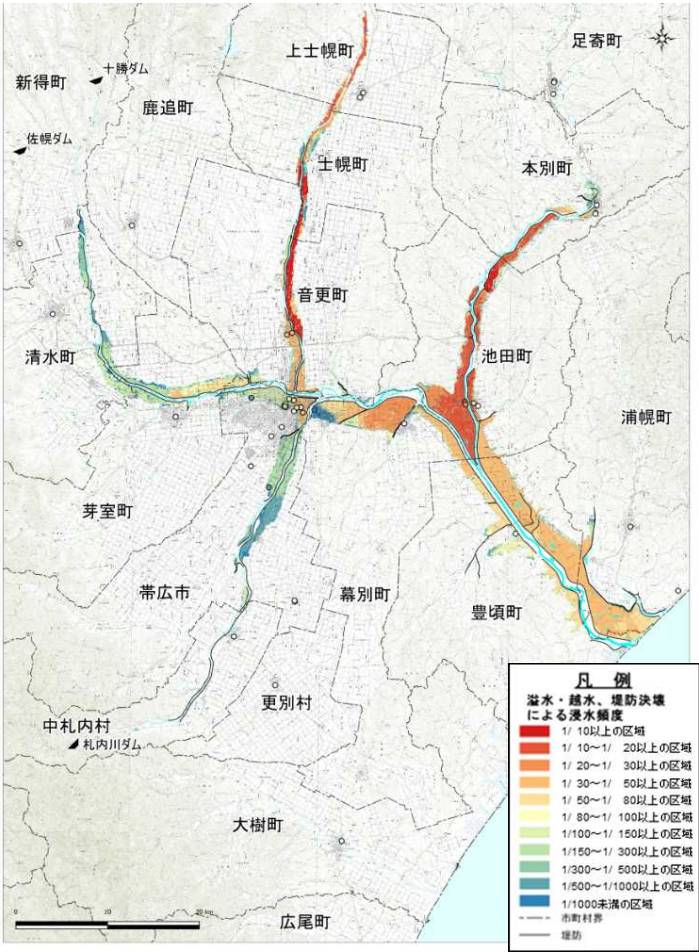
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

24

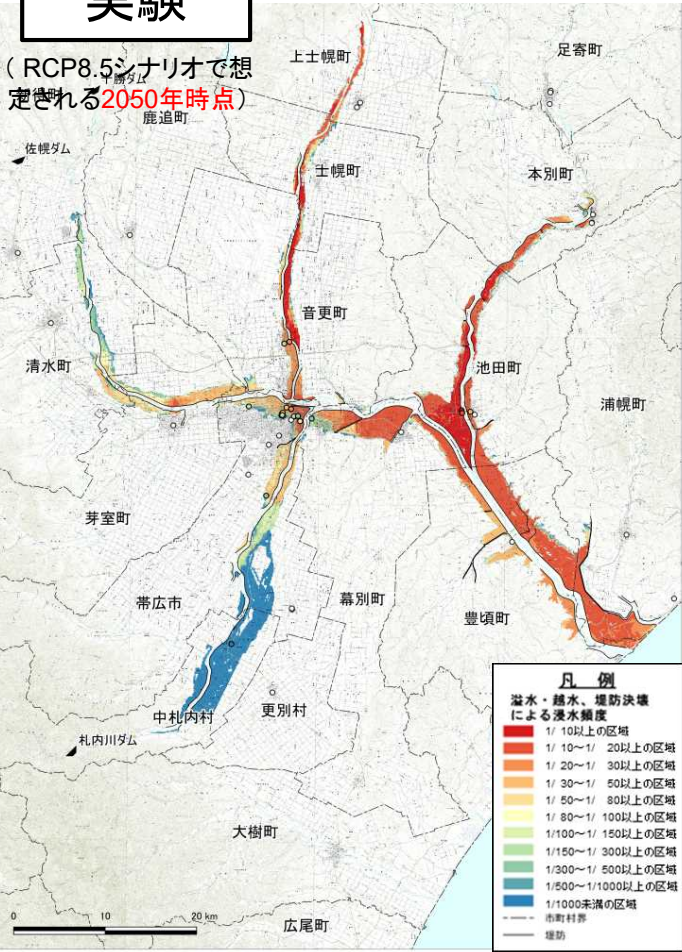
十勝川流域における気候変動によるリスク変化：役場等

- 全国の過去の災害において、役場等が被災することにより、自治体における防災上の機能が十分に発揮されない事例が見られる。
- 過去実験においては、帯広市、音更町、池田町で役場等が浸水することが想定されている。一方、4℃上昇実験においては、上述の自治体に加えて、中札内村、本別町においても役場等の浸水が想定される。

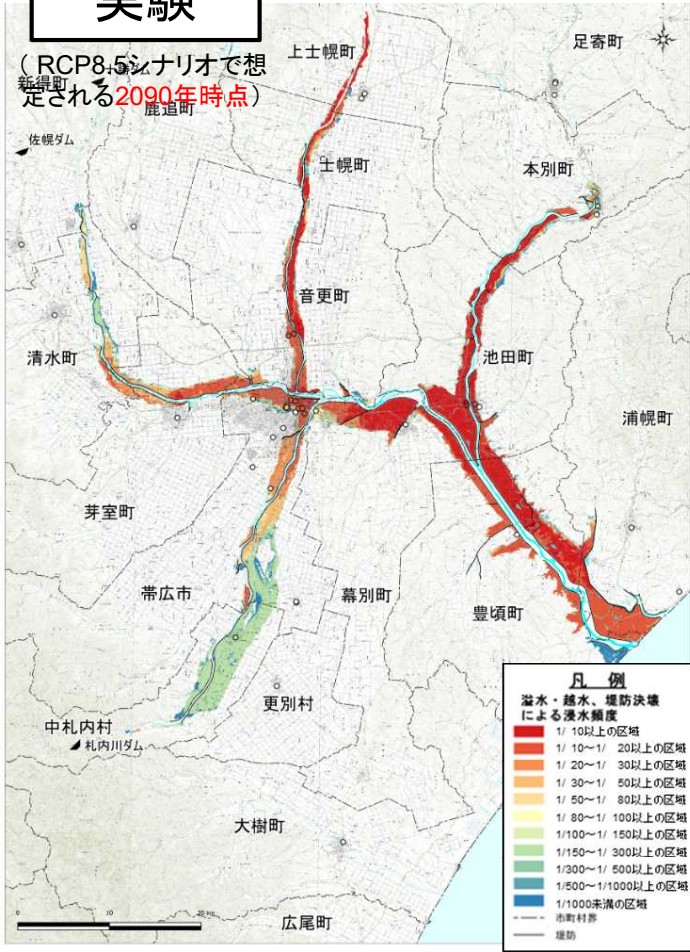
過去実験



2℃上昇 実験



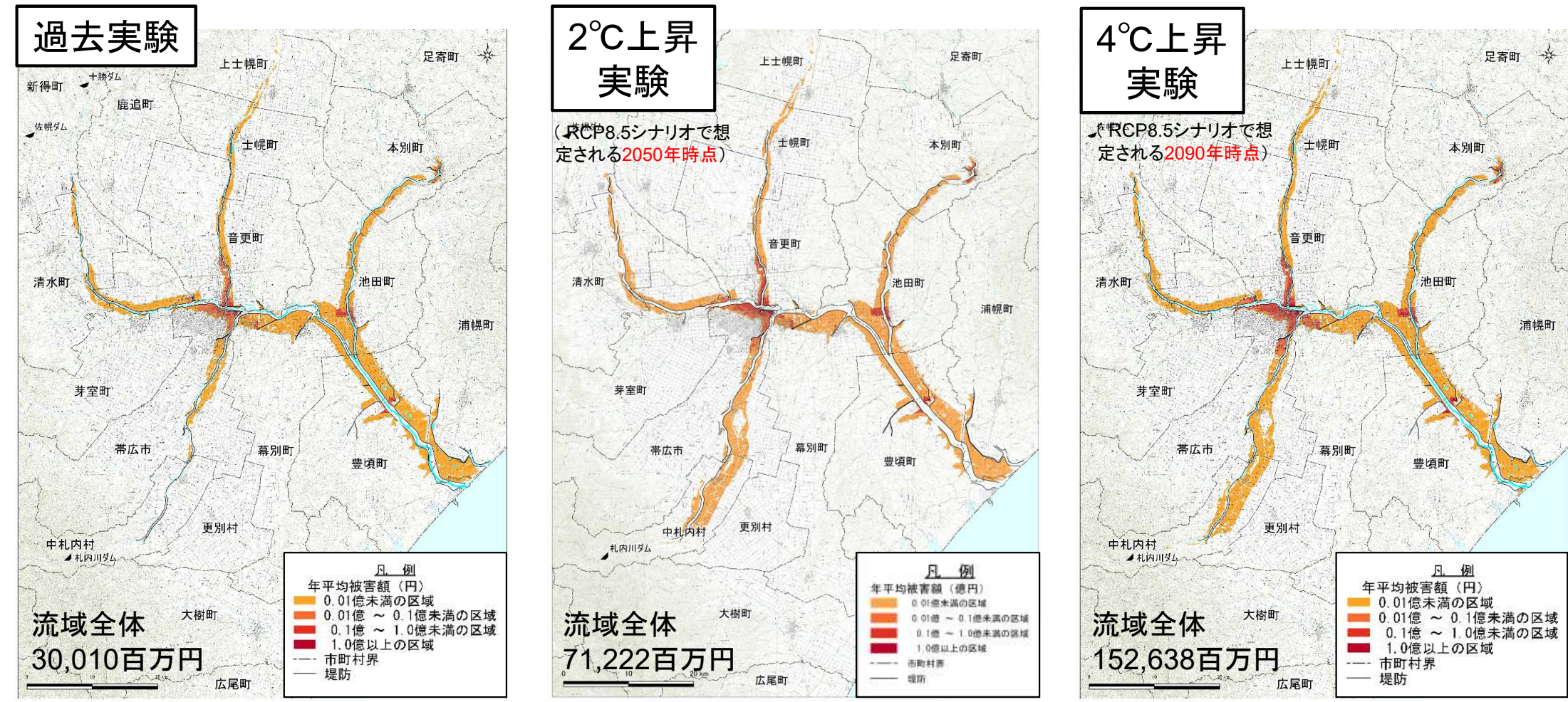
4℃上昇 実験



※自動車が行き止まりな水位(30cm)に達する可能性のある施設は浸水確率を表示
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 年平均想定被害額

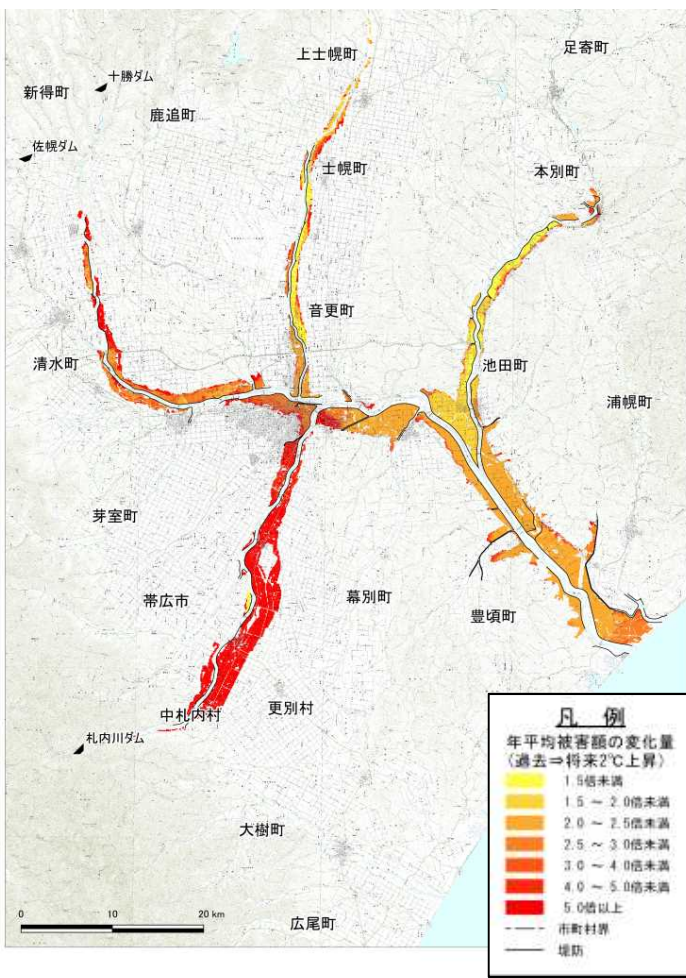
- 流域における100mメッシュ毎で、各シナリオ(過去実験3,000ケース、4℃上昇実験5,400ケース)での浸水深から被害額を計算し、各メッシュごとの被害額とその発生確率の関係性を順位統計により整理した。また、被害額とその発生確率の関係から、これを積分することにより、年平均想定被害額を算出した。
- 過去実験では、流域全体の年平均被害額は約300億円であった。4℃上昇実験では流域全体の年平均想定被害額は約1,530億円となった。すなわち、気候変動により気温が4℃上昇すると、年平均想定被害額は約5.1倍に増加する結果となった。
- 年平均想定被害額は市街地に集中する傾向にあるほか、河川沿いも農地被害による年平均想定被害額が広がっている。



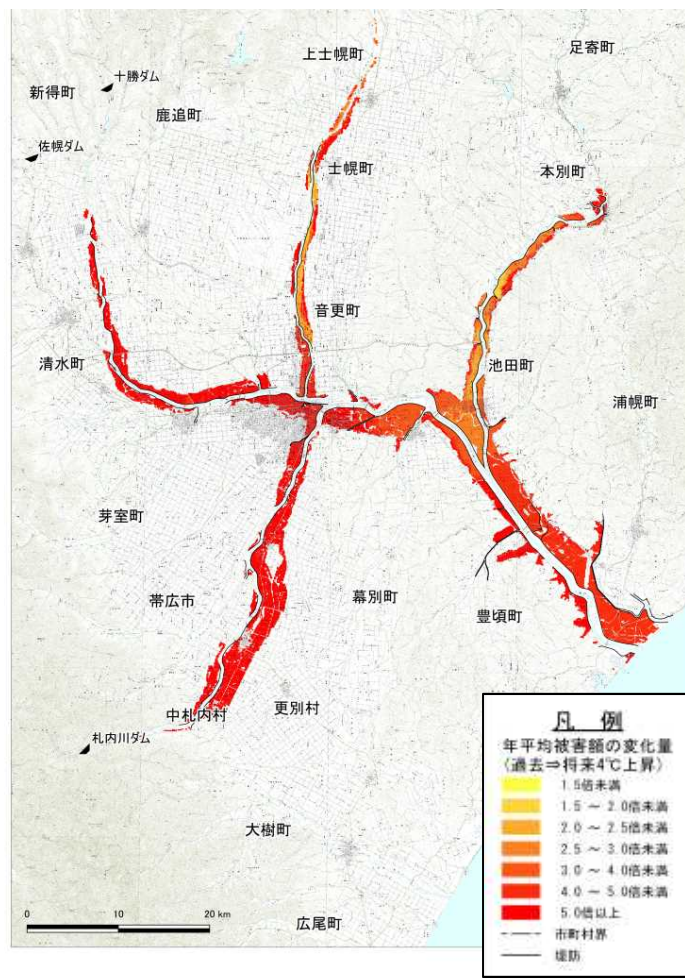
十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 年平均想定被害額(変化倍率)

- 年平均想定被害額について、各時点による変化倍率を示す。
- 過去実験から2℃上昇実験においては、全域にわたって年平均想定被害額の増加が見られ、特に札内川などにおいて、変化倍率が大きくなっている。また、2℃上昇実験から4℃上昇実験においても、同様の傾向が見られる。

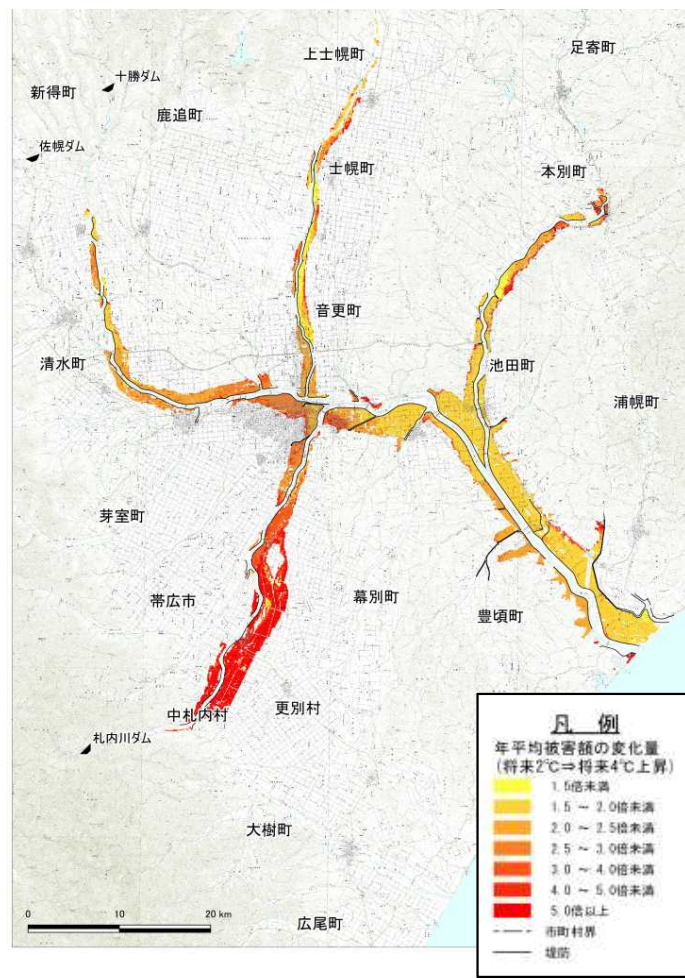
過去実験⇒2℃上昇実験



過去実験⇒4℃上昇実験



2℃上昇実験⇒4℃上昇実験

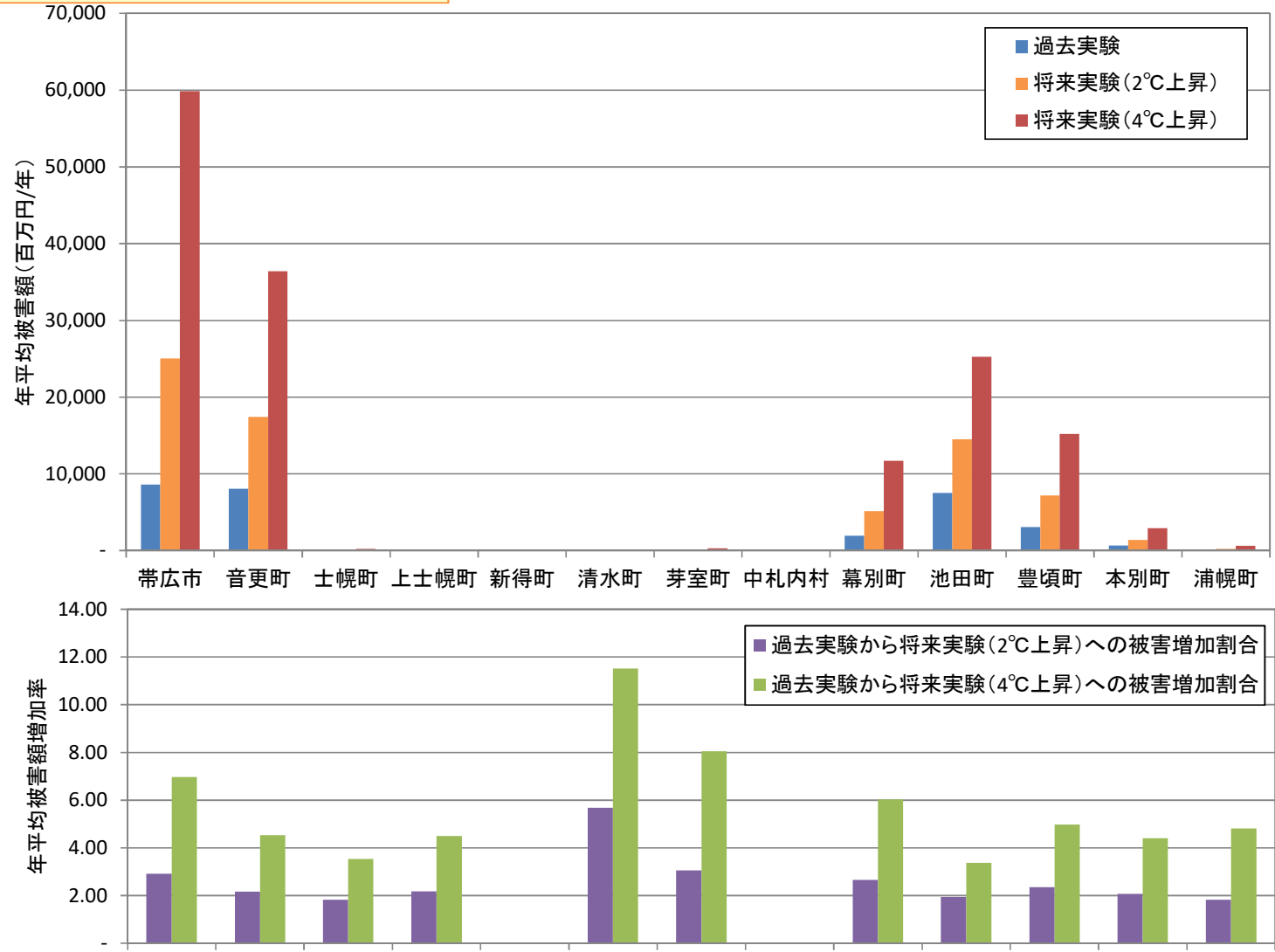


※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 年平均想定被害額

- 十勝川流域の年平均想定被害額は、中流部では帯広市・音更町・幕別町に集中しており、流域全体の年平均想定被害額に占める3市町村の割合は、過去実験で約62%、4℃上昇実験で71%となっている。
- このほか、下流部では、特に池田町や豊頃町における平均想定被害額が大きい傾向にある。

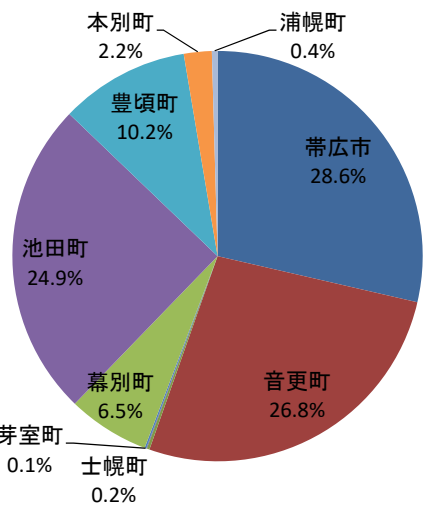
市町村別年平均想定被害額



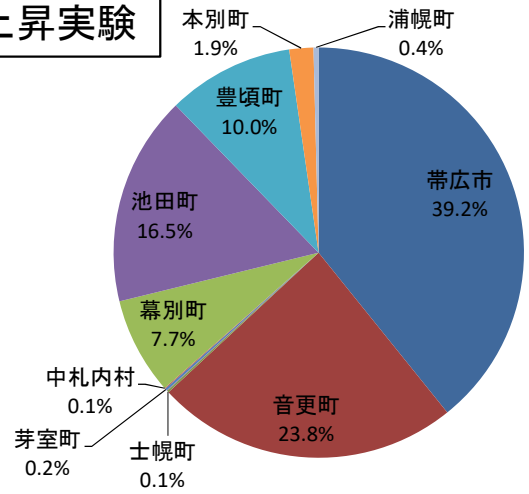
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

流域全体の年平均想定被害額に占める各市町村の割合

過去実験



4℃上昇実験



浸水が十勝地方の農業へ与える影響について

- 十勝川流域では、畑作、酪農・畜産を中心とした大規模な農業が営まれ、また、これらを加工する食料品製造業が盛んである。
- 一方、平成28年の水害は、日本有数の食料供給地である十勝地方を直撃し、農作物の価格高騰などによる影響が全国的に及んだ。
- 平成28年の水害による農業被害を通して、気候変動がもたらす農業分野における影響について整理した。

【農地が浸水することによる影響】

- 畑作物は水に浸かることに非常に弱い。農地への浸水は作物の減産、不作に繋がる。
- 農地の土壌には、微生物や有機物などに加えて、保水性と排水性の両方が重要。
土づくり(特に表層30cm)には複数年を要し、洪水による流出は影響大。
- 浸水被害が2年連続で発生した場合には、農家への経済的な損失は大きなものとなり、廃業へと繋がりがねない可能性がある。

【農作物の集積施設や食品加工工場が浸水することによる影響】

- 農作物の集積施設の浸水により、集積施設としての機能が停止することで、その地域全体の農作物の集荷・選別・加工等、流通の全行程に影響が及ぶ可能性がある。
- 小麦やばれいしょ、豆類などを貯蔵する集積施設は、作物の温湿管理が重要。
浸水により電気系統の損害を受けた場合には、貯蔵中で浸水被害を受けなかった作物にも影響が及ぶ可能性。
- 十勝川流域には、大手乳製品メーカーや肉牛加工工場などの大規模工場が立地し、施設が浸水した場合には、受け入れ停止による生乳の廃棄や、生乳・肉牛の代替施設輸送など十勝地域全体の畜産農家に影響が及ぶ。

【地域経済への波及的影響】

- 農業の直接的な被害が、全国の食品加工業や外食産業などに間接的な経済被害を及ぼす。



農地の浸水被害(H28年8月南富良野町)



食品加工工場の浸水被害
(H28年8月南富良野町)

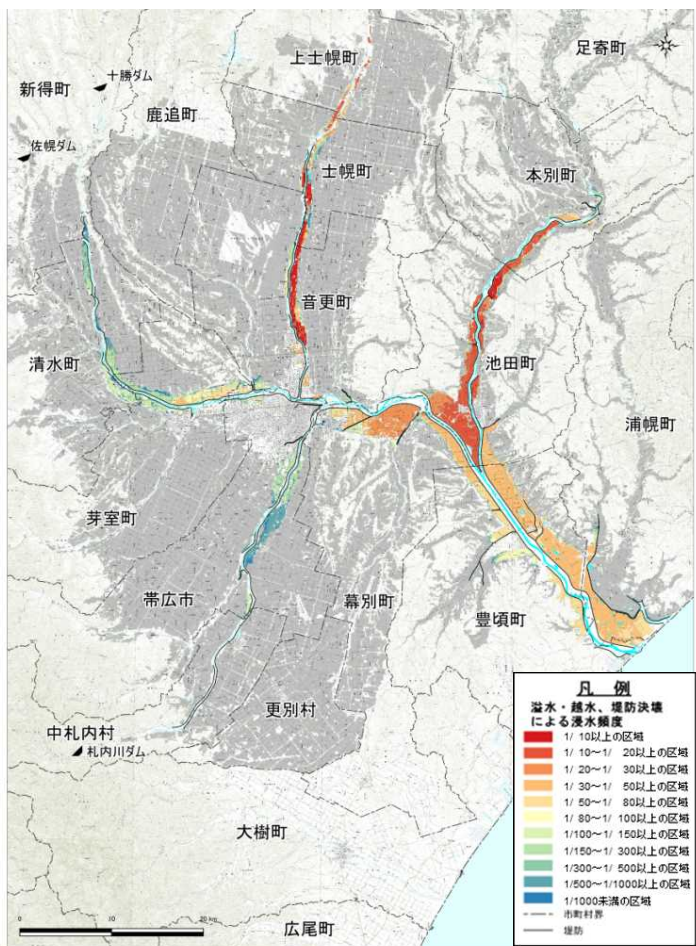
※農業に関連する研究機関からの聞き取りによる。

浸水が十勝地方の農業に与える影響を踏まえ、気候変動による「浸水の頻度」、「農業集積施設における浸水リスク」、「経済への波及的な影響」等について分析を進めた。

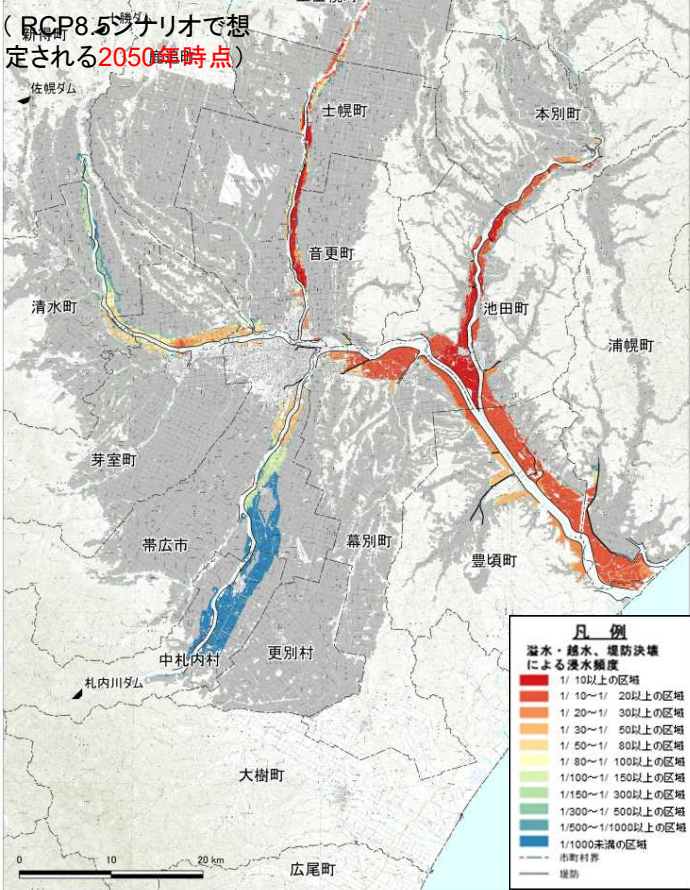
十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 農地の浸水確率

- 過去実験においても、音更町および士幌町、池田町等において1/10以上の確率で浸水する農地が存在する。4℃上昇実験においては、上記に加えて上士幌町、芽室町、幕別町、豊頃町、本別町、浦幌町においても1/10以上の確率で浸水する農地が存在する。
- すなわち、気候変動により気温が4℃上昇すると、特に下流部を中心に十勝川流域の広い範囲で、農地の浸水確率がかなり高くなる。

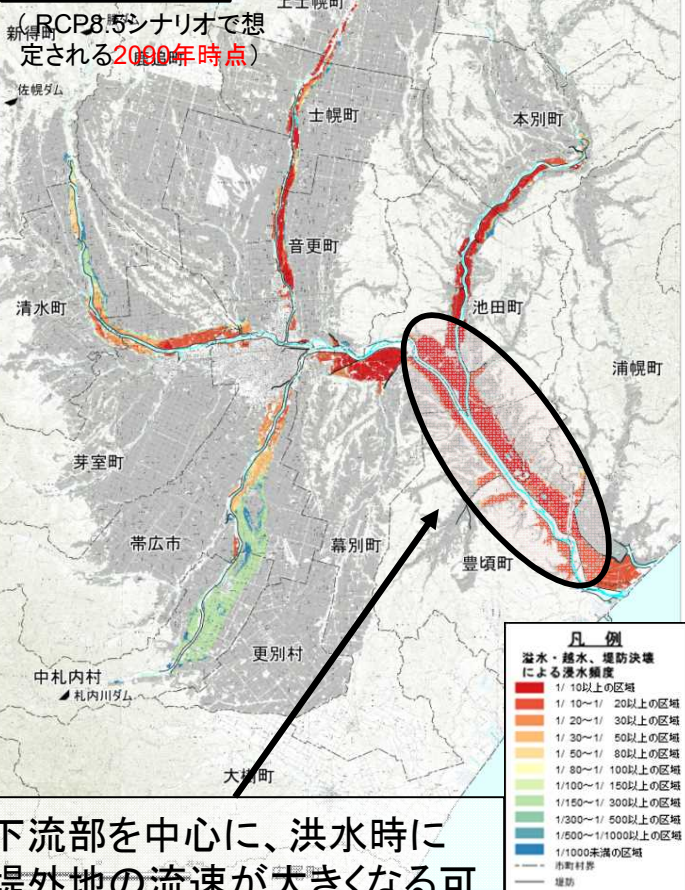
過去実験



2℃上昇
実験



4℃上昇
実験

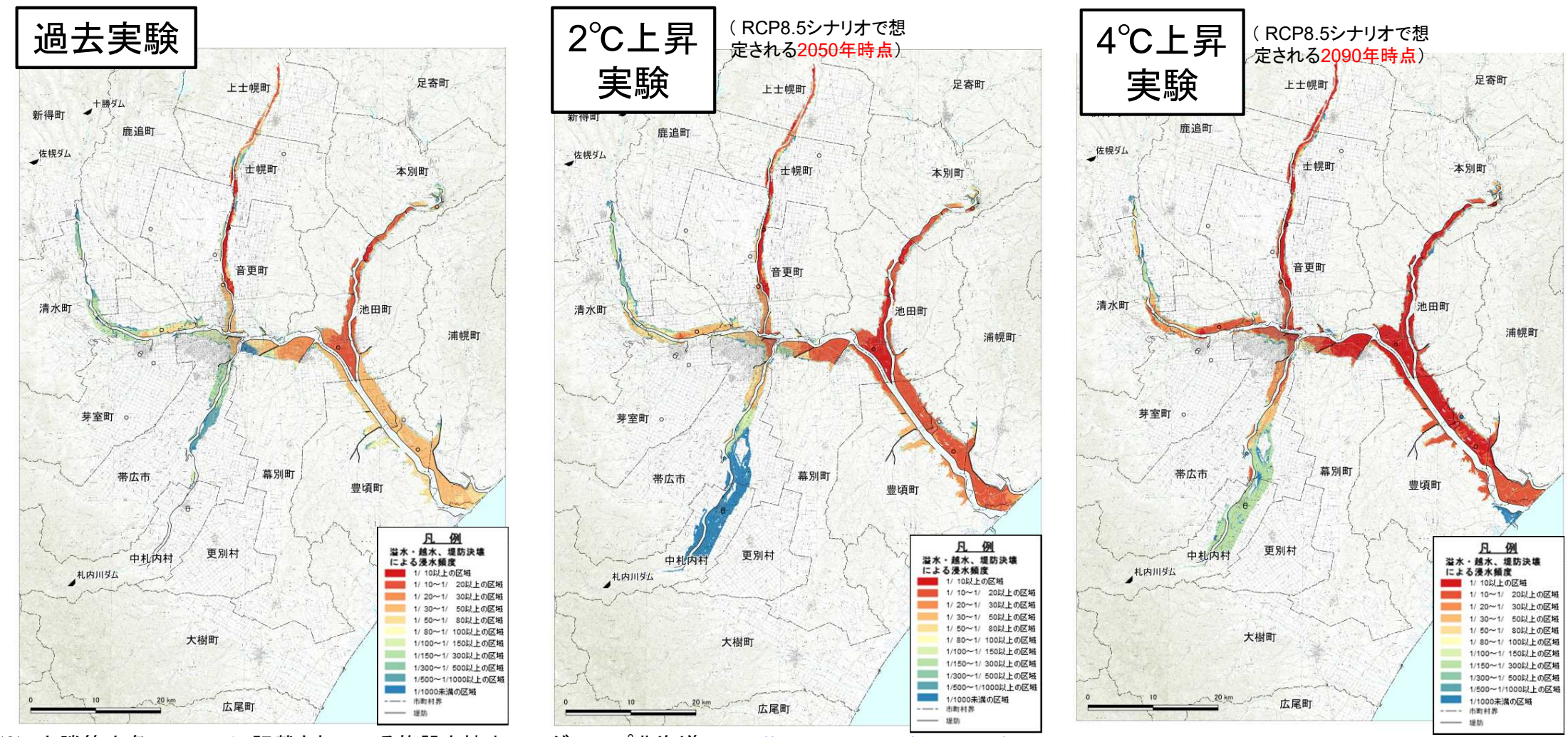


下流部を中心に、洪水時に堤外地の流速が大きくなる可能性。土壌の流出も懸念。

※作物が浸水する水位(0cm以上)に達する浸水確率を表示
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

十勝川流域における気候変動によるリスク変化：農作物の集積施設

- 農作物の集積地は、その多くが河川沿いに位置している。
- 過去実験では、池田町・音更町・芽室町・豊頃町などにおける農作物の集積施設の浸水が想定された。4℃上昇実験では、上記に加えて中札内村においても、農作物の集積施設の浸水が想定された。
- 農作物の集積施設が浸水することにより、浸水被害を免れた農地にも集荷・選別・加工等、流通の全工程に影響し、結果的に地域全体に影響が広がる可能性がある。



※ 十勝管内各JAのHPに記載されている施設を抽出 JAグループ北海道 <http://ja-dosanko.jp/dounaija/tokachi.php>

※ 浸水する可能性のある水位(0cm以上)に達する可能性のある施設は浸水確率を表示

※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

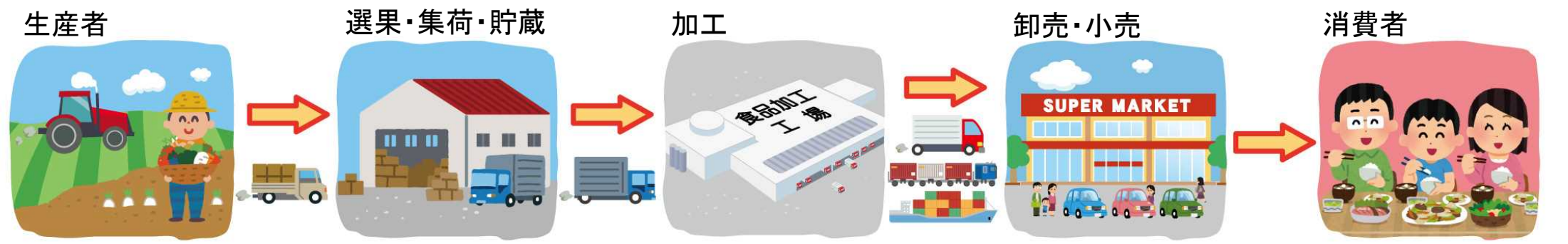
(参考)十勝川流域の農業施設

- 各地域ごとに農作物の集荷、貯蔵が行われている。
- 農業集積施設や食品加工工場が浸水被害により機能停止した場合には、受け入れ停止による農作物の廃棄、加工品の減産やそれに伴う生産農家の収益低下、消費者、関連産業（食品加工業、外食産業）への影響が想定される。

【十勝川流域の主要農作物の流通イメージ】

十勝地方で生産された農作物が集積

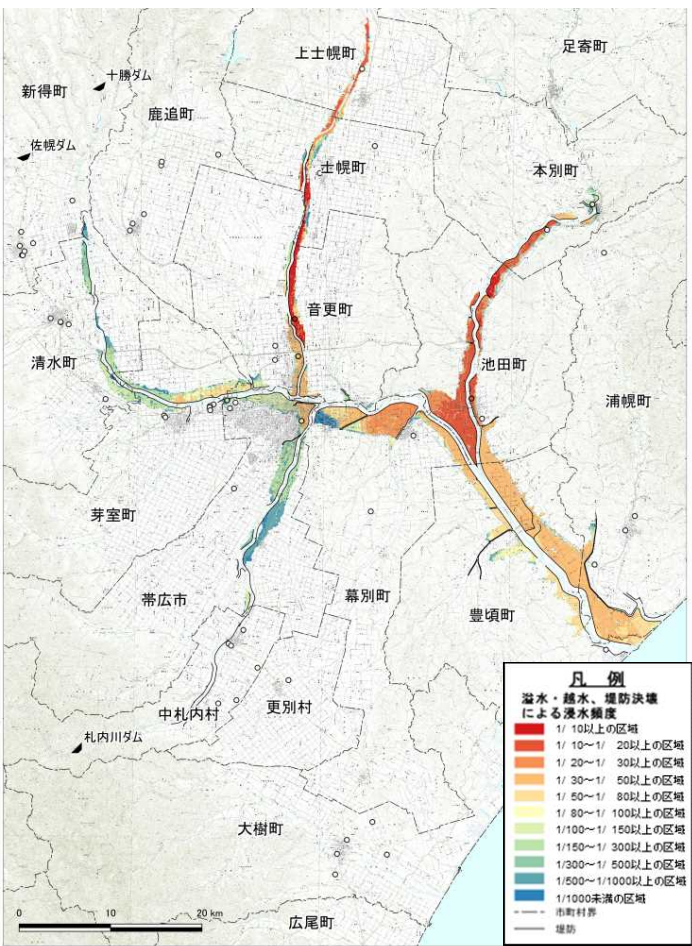
作物名	生産	選果	集荷	取り扱い1	取り扱い2	卸売・小売	消費等
小麦 	生産者 →	共同 →	共同 →	→ 製粉業者	→ 卸売・小売業者	→ 消費者	
てんさい 	生産者 →	個人 →	共同 →	製糖工場 →	全国市場 →	卸売・小売業者 →	消費者
ばれいしょ (加工用) 	生産者 →	個人 →	共同 →	加工工場 →	全国市場 →	卸売・小売業者 →	消費者
大豆 	生産者 →	個人 →	共同 →	→ 全国市場	→ 卸売・小売業者	→ 消費者	
小豆 	生産者 →	個人 →	共同 →	→ 全国市場	→ 卸売・小売業者	→ 消費者	



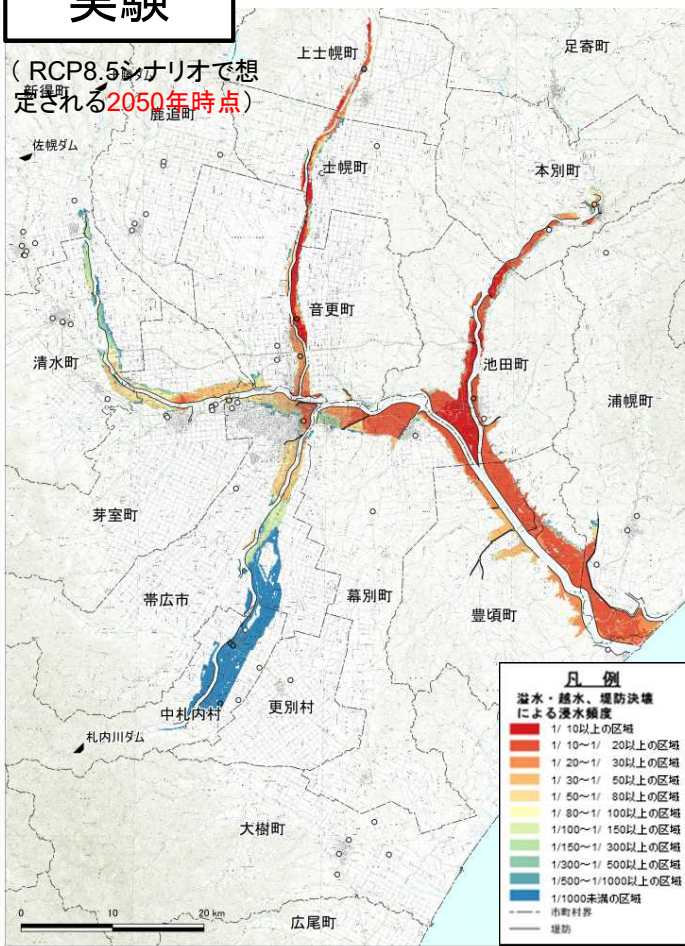
十勝川流域における気候変動によるリスク変化 : 食品加工工場

- 帯広市や音更町などに立地する食品加工工場では浸水する可能性があり、4℃上昇実験では浸水確率が1/10年～1/20年程度となる。
- 食品加工工場が浸水することにより、農作物の生産農家や外食産業に影響が広がる可能性がある。

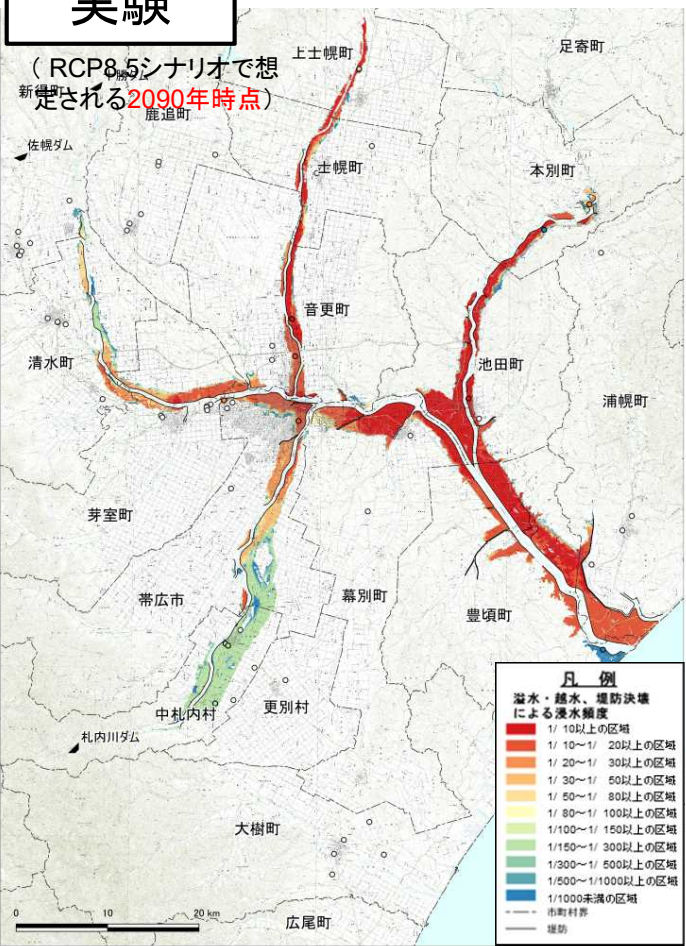
過去実験



2℃上昇
実験



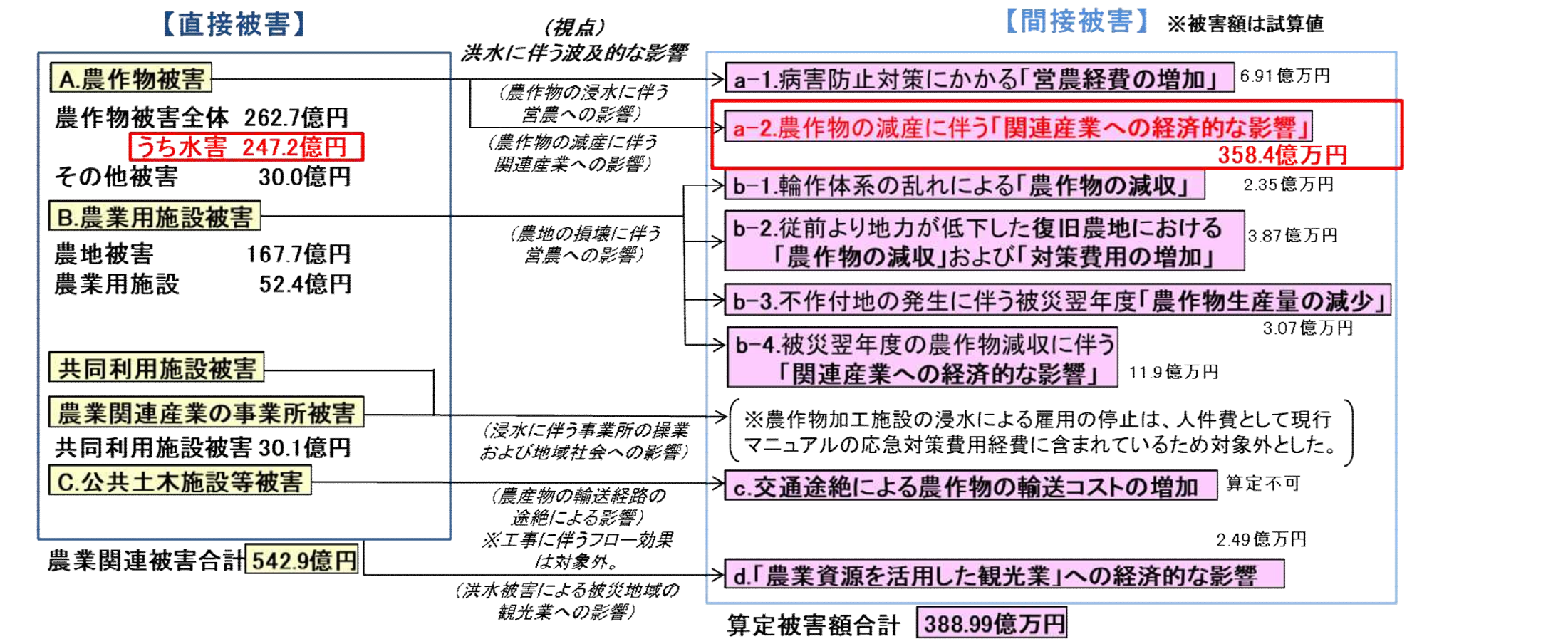
4℃上昇
実験



※ 十勝総合振興局 十勝の工業 主な工場一覧より抽出 <https://search.yahoo.co.jp/search?b=1&n=10&ei=UTF-8&fr=ie8sc&p=%E5%8D%81%E5%8B%9D%E3%81%AE%E5%B7%A5%E6%A5%AD>
※ 浸水する可能性のある水位(0cm以上)に達する可能性のある施設は浸水確率を表示
※北海道管理区間の氾濫(十勝川、利別川、札内川、音更川の一部区間を除く)や内水氾濫は考慮されていない。

H28の水害による波及的な農業被害に関する試算について

- H28の台風による農業被害合計額は約543億円であり(図黄色部分)、そのうち水害によるものは約247億円を占める。
- 直接被害に対する間接被害をヒアリング調査をもとに体系化し、その全体額を推計すると約389億円となる(図ピンク色部分)。
- 間接被害のうち、産業連関分析による「関連産業への経済的な影響」は約358億円となり、間接被害全体の約9割を占めるとともに、水害による直接被害額の約1.4倍となり、北海道農業への被害が全国的な経済被害を及ぼしたことが想定される。



※間接被害の各項目は、H28台風被害に対するNOSAI・JA・被災した食品加工工場など11カ所を対象にヒアリングを行い抽出したものの、またそれぞれの試算額については下記の仮定のもと算出している：

(a-1) 営農経費の増加＝掛かり増し営農経費(円/ha)×被害対象面積(ha)

(b-1) 輪作体系の乱れによる農作物の減収＝収量減少＋肥料費用を中心とした営農経費の増加＝平年収量(kg/ha)×減収割合(%)×単価(円/kg)×連作面積(ha)＋掛かり増し費用(円/ha)×連作面積(ha)

(b-2) 地力の低下による「農作物の減収」＋「対策費用の増加」＝農作物資産額(円/ha)×終了減収割合(%)×農地普及事業対象面積(ha)＋整備費(円/ha)農地復旧事業対象面積(ha)

(b-3) 不作付地による農作物生産量の減少＝農作物資産額(円/ha)×不作付地面積(ha)

(b-4) 翌年度の「関連産業への経済的な影響」：a-2の手法をb-1～b-3に適用し算出

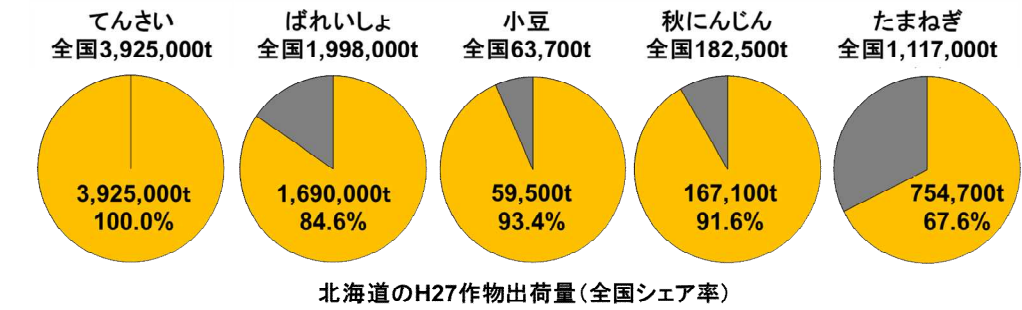
(c) 交通途絶による輸送コストの増加：算定不可(水害起因の交通途絶の判別、および通常と比較した場合のコスト増加率の把握が困難なため)。

(d) 農業資源を活用した観光業への経済的影響＝(平年の観光客数－被災年の観光客数)(人)×農業関連施設での消費額(円/人)

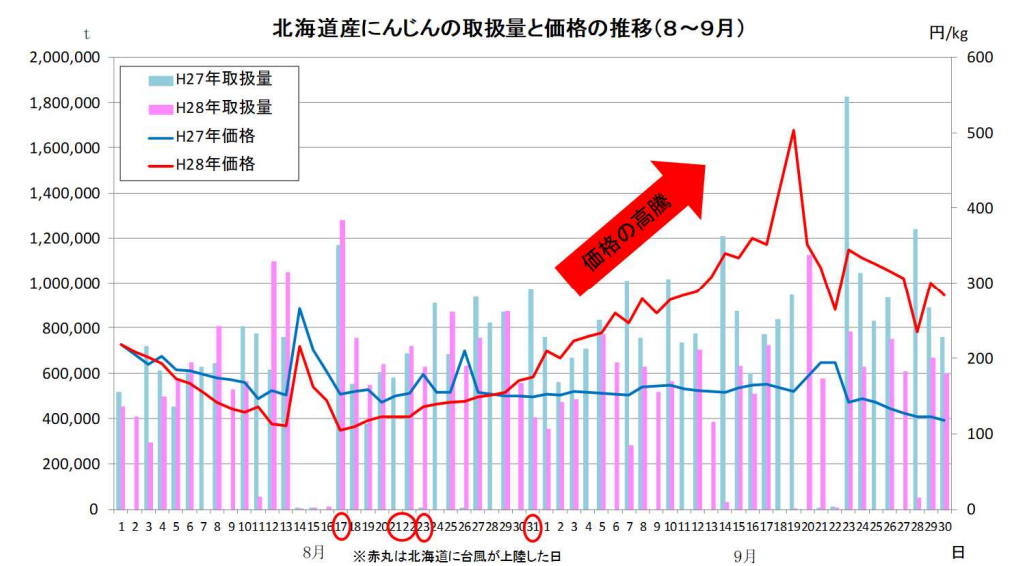
北海道の農業被害がもたらす全国への経済的影響について

- 北海道が高いシェアを占める農作物は数多くあり、これらが被害を受けると全国的な波及効果が発生する可能性がある。
 - H28の水害に対して、産業連関分析※1を用いて全国の関連産業への経済的な波及被害額を算定したところ、約358億円と試算されることから、北海道の農業被害が全国への経済的影響をもたらしたことが想定される※2。
- ※1: 経産省および各都道府県作成の「平成17年 地域間産業連関表」を使用 ※2: H28水害における農業の直接被害額: 約247億円

○北海道は多くの農作物において高い全国シェアを占めており、H27年作物出荷量の全国シェア率において、てんさいは100%、ばれいしょ・小豆・秋にんじんは80%以上。



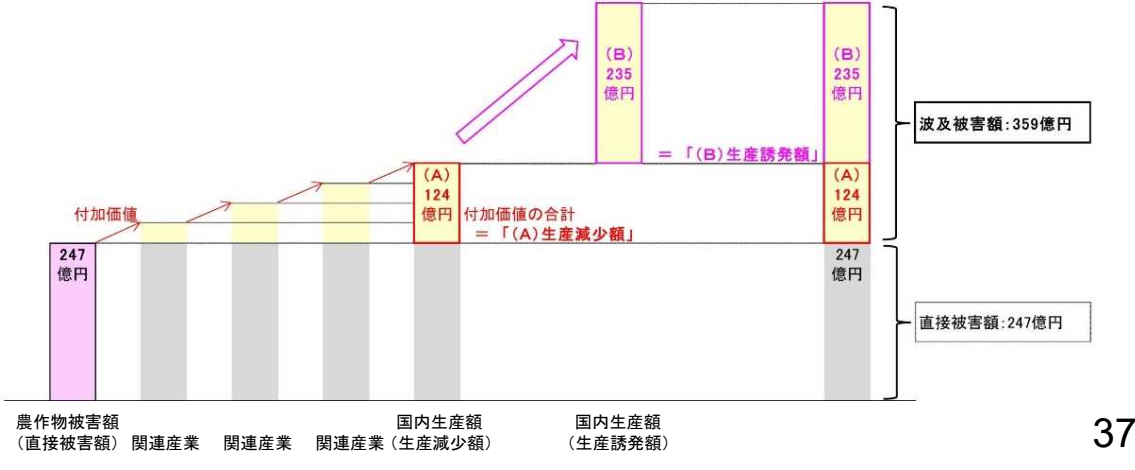
○北海道産にんじんは、例年8月以降全国シェア率9割を占めるため、H28の災害後は価格が過年度の2倍にまで高騰した。



○H28の水害において、農作物被害による関連産業(食品加工業、運送業、卸・小売業、飲食店等)への全国への経済的な波及被害額を産業連関分析にて算定した。ここで、
波及被害額＝生産減少額※1＋生産誘発額※2



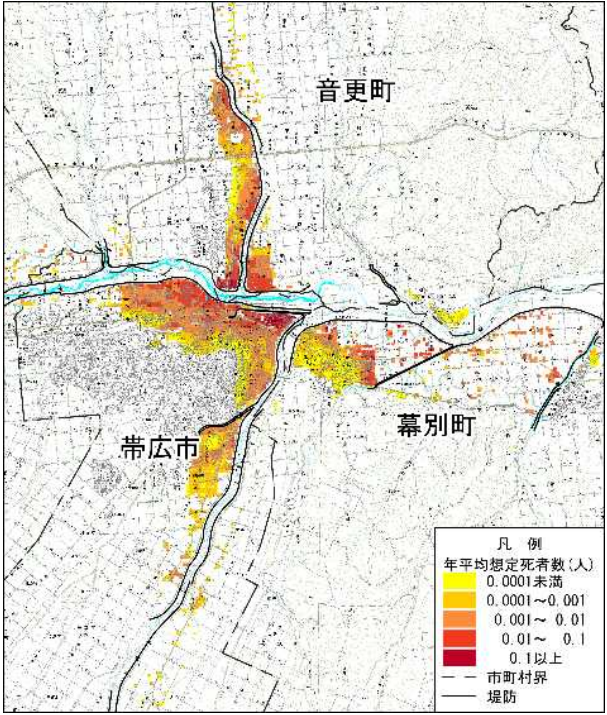
○農作物の直接被害額247.2億円に対して、
生産減少額 + 生産誘発額 **波及被害額**
123.77億円 + 234.67億円 = **358.4億円**
となり、北海道の農業被害が全国的な影響をもたらすことが分かった。



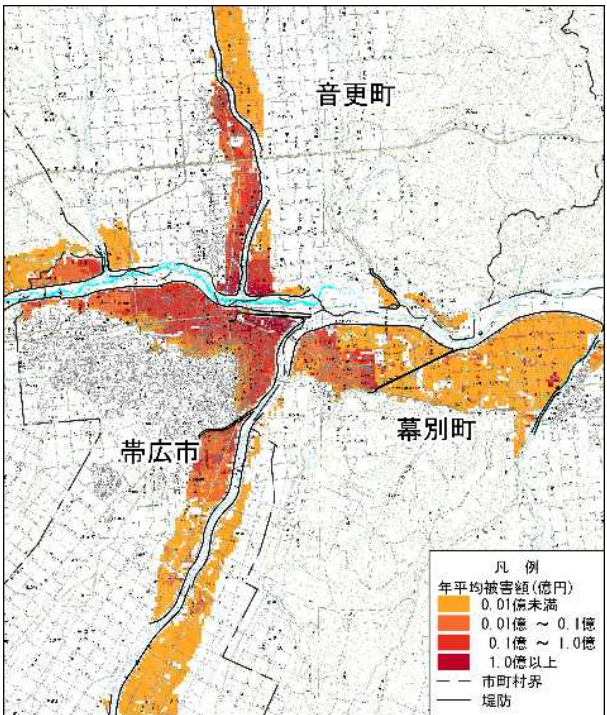
社会的リスクについて

- 大規模な洪水が発生すると、人命はもちろんのこと、市役所等の防災・行政拠点、ライフライン関係施設、地域の主要産業を支える施設や、地域の社会経済活動に影響を与える可能性がある幹線道路、主要鉄道など、「地域社会を支える重要施設」へも大きな影響を及ぼす。
- 大量アンサンブルデータを活用することにより、地域に対して洪水時にどのようなリスクが現れるかを定量的に表現することが可能となった。本検討ではこうしたリスクを総合的に勘案して、流域内における洪水時の人的被害や経済被害に加えて、地域社会や地域経済に大きな影響を及ぼすことが想定される地域を『社会的リスクの高い地域』として定義した。
- 社会的リスクの高い地域に対しては、ハード対策・ソフト対策を総動員することにより、特に社会全体で被害軽減を図っていく必要があるため、その方策について検討を行うものとする。

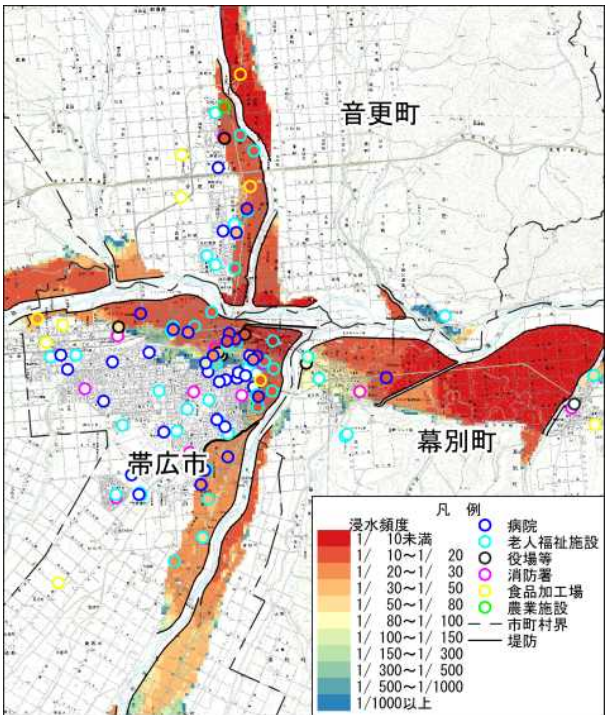
年平均想定死者数



年平均想定被害額



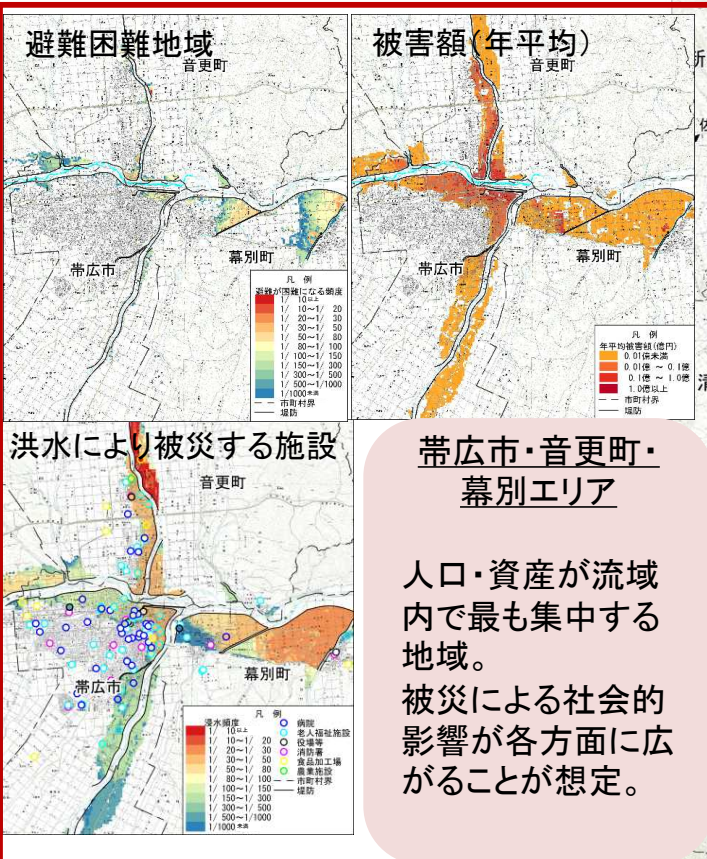
洪水により被災する施設



社会的リスクの高い地域の評価

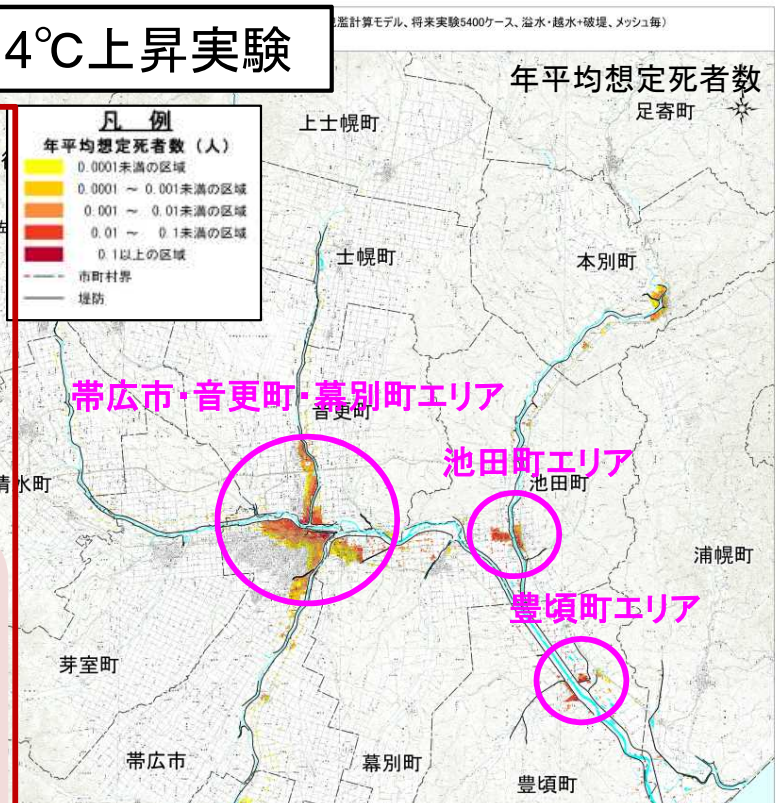
■社会的リスクの高い地域として、相対的にリスクの高い地域である「帯広市・音更町・幕別町エリア」「豊頃町エリア」「池田町エリア」が挙げられる。

4℃上昇実験



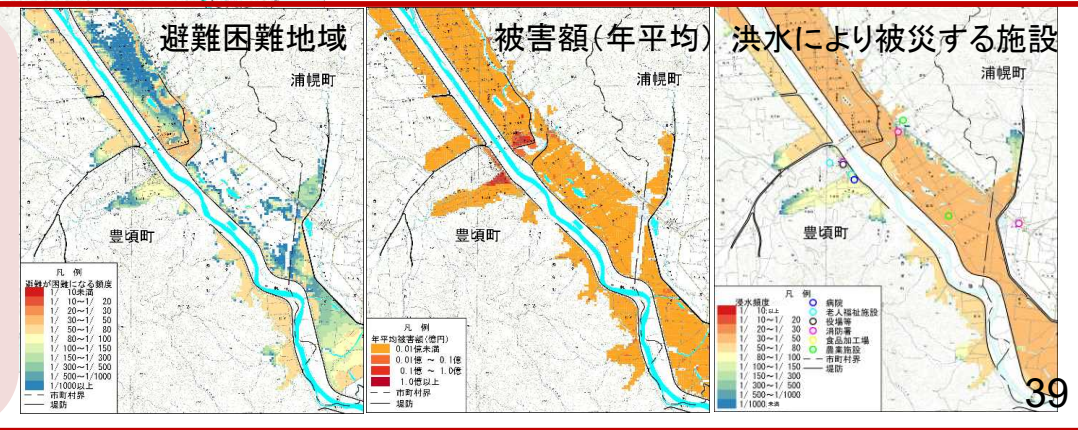
帯広市・音更町・幕別町エリア

人口・資産が流域内で最も集中する地域。
被災による社会的影響が各方面に広がることが想定。



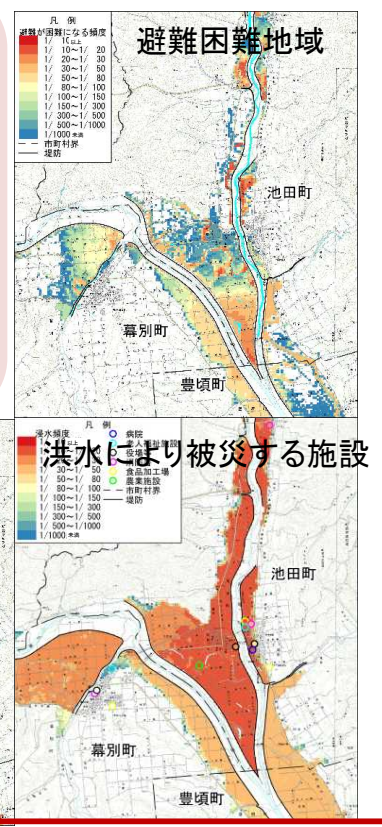
豊頃町エリア

浸水確率が高い領域が広範囲に広がっていることに加え、人口・資産が集中する地区があることから、社会的影響が各方面に広がることが想定。



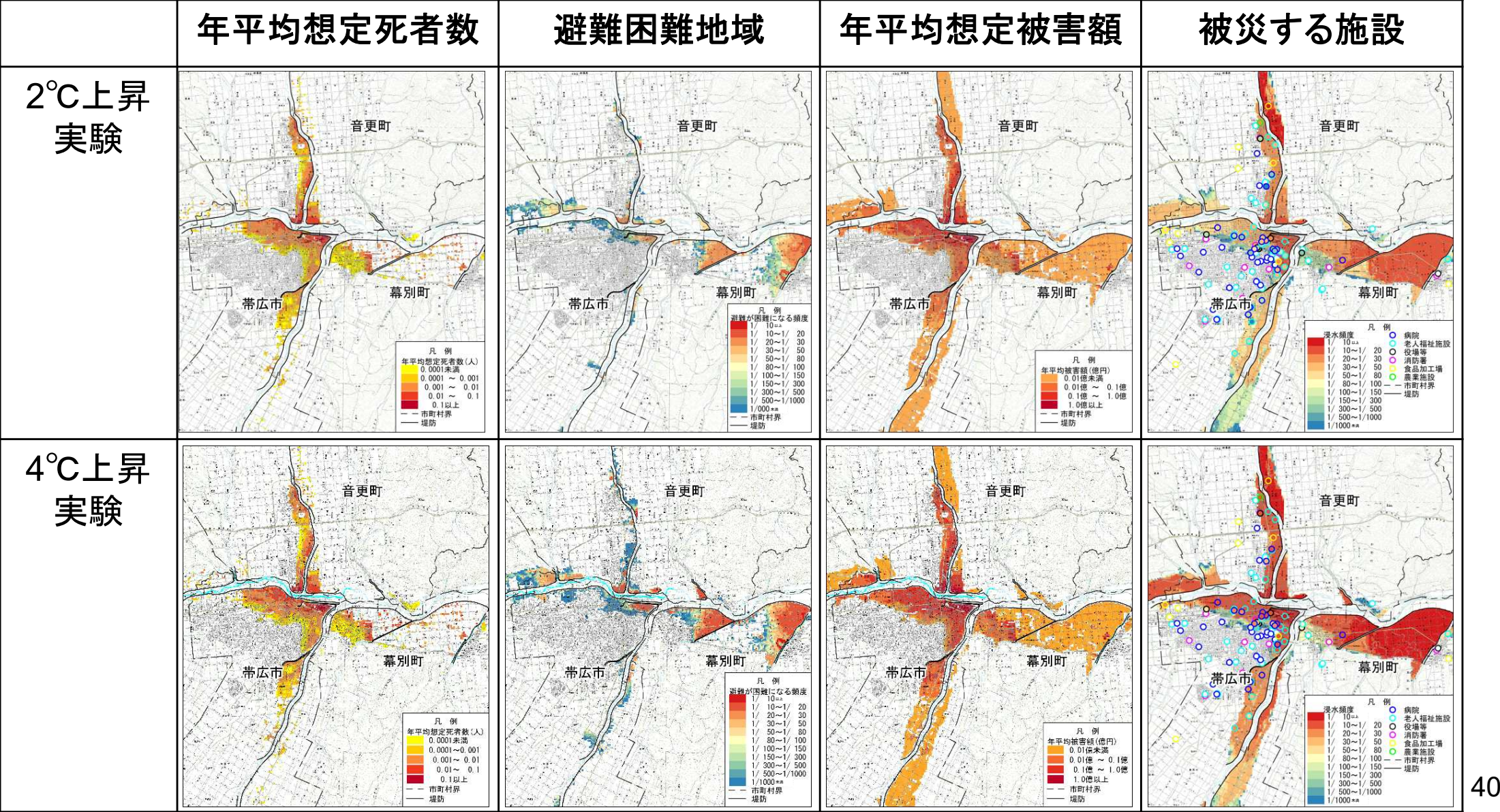
池田町エリア

浸水確率が高い領域が広範囲に広がっていることに加え、人口・資産が集中する地区があることから、社会的影響が各方面に広がることが想定。



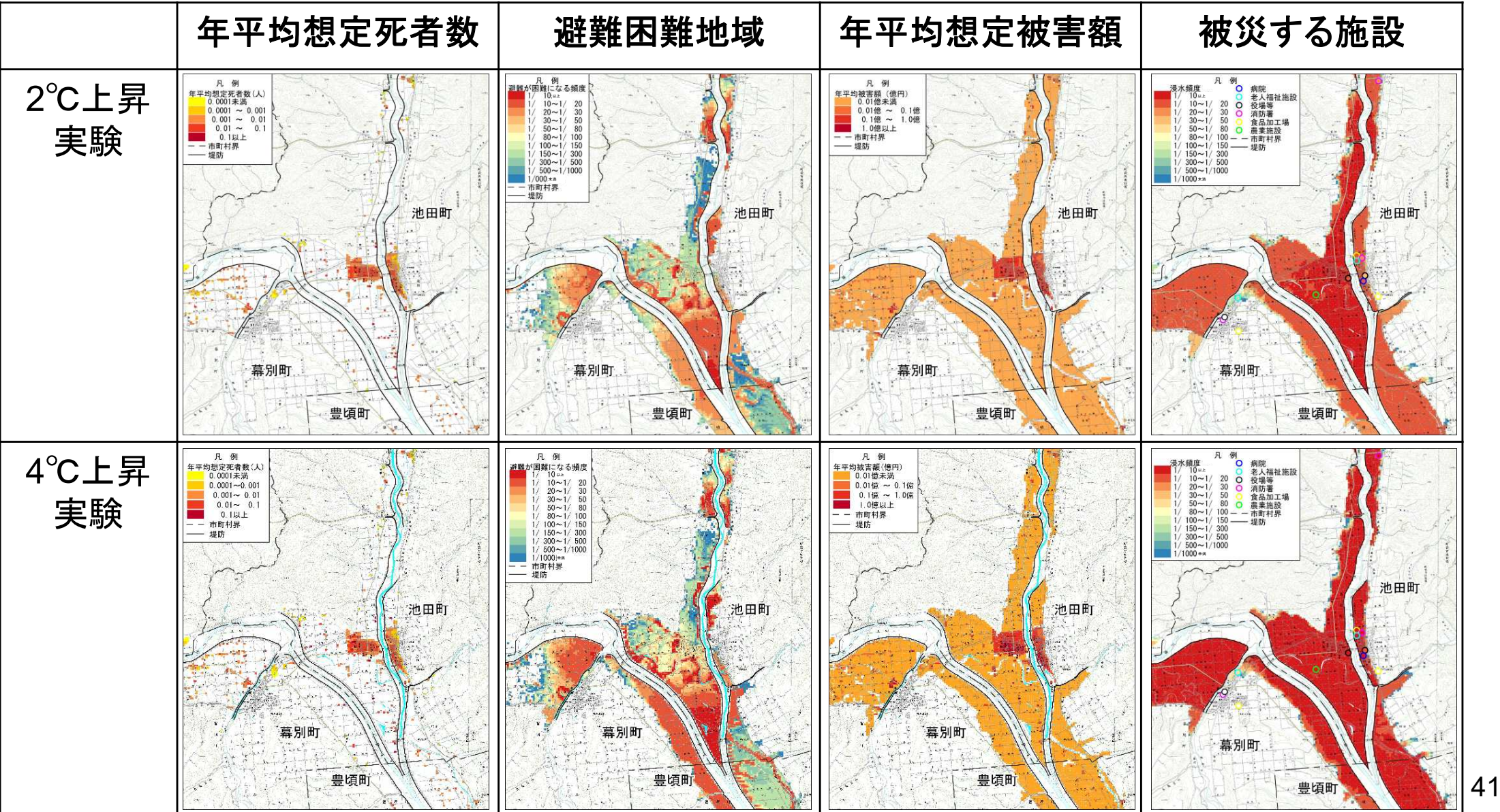
社会的リスクの高い地域(帯広市、音更町、幕別町エリア)

- 十勝川中流部に位置する帯広市・音更町・幕別町のエリアは、年平均想定死者数および年平均想定被害額が最も集中しており、工場などの施設が被災する可能性のある地域である。また、市街地でも避難困難区域となる地域が想定される。
- 浸水時の人的被害や経済被害に加えて、地域社会を支える重要施設の浸水による被害が想定される。社会的リスクの高い地域であることから、ハード対策・ソフト対策を総動員することにより、社会全体で被害軽減を図っていく必要がある。



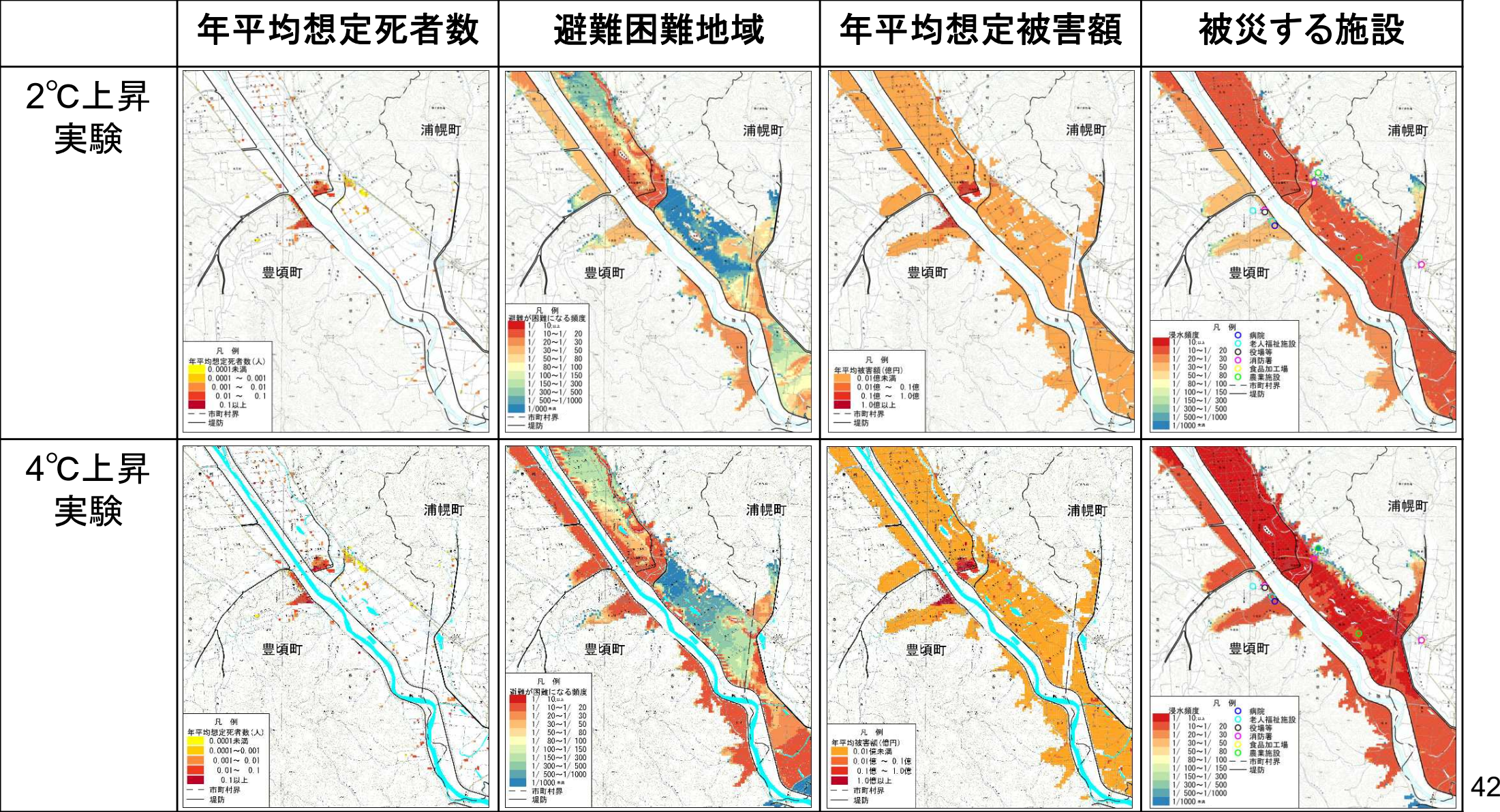
社会的リスクの高い地域(池田町エリア)

- 十勝川と利別川の合流点付近に位置する池田町のエリアは、年平均想定死者数および年平均想定被害額が集中する地域のひとつである。町役場や病院などの重要施設の浸水が想定されるほか、十勝川と利別川で挟まれた地域など、広い範囲が避難困難区域となると想定されている。
- 浸水時の人的被害や経済被害に加えて、地域社会を支える重要施設の浸水による被害が想定される。社会的リスクの高い地域であることから、ハード対策・ソフト対策を総動員することにより、社会全体で被害軽減を図っていく必要がある。



社会的リスクの高い地域(豊頃町エリア)

- 十勝川下流部に位置する豊頃町のエリアは、年平均想定死者数および年平均想定被害額が集中する地域のひとつであり、農作物の集積施設など重要施設の浸水が想定されるほか、堤防周辺の広い範囲が避難困難区域になると想定されている。
- 浸水時の人的被害や経済被害に加えて、地域社会を支える重要施設の浸水による被害が想定される。社会的リスクの高い地域であることから、ハード対策・ソフト対策を総動員することにより、社会全体で被害軽減を図っていく必要がある。



気候変動を踏まえたリスク変化のまとめ

【リスクの変化】

気候変動により気温が4℃上昇した際のリスク変化を試算したところ、

- 洪水による最大想定死者数は約2.6倍に増加する結果となった。
また、洪水による年平均想定死者数は約6.4倍に増加する結果となった。
- 浸水の可能性のある病院数は約1.6倍に増加する結果となった。
- 多くの役場等が浸水することが想定される結果となった。
- 年平均想定被害額は約5.1倍に増加する結果となった。

また、地域の産業に与える影響として、農業関連分野においては、

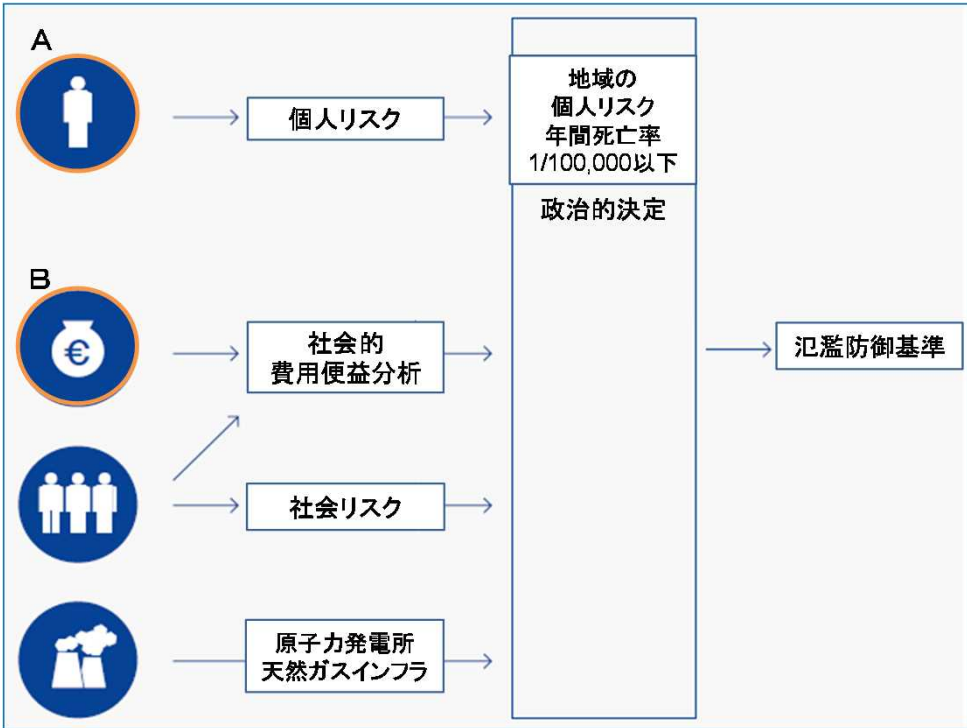
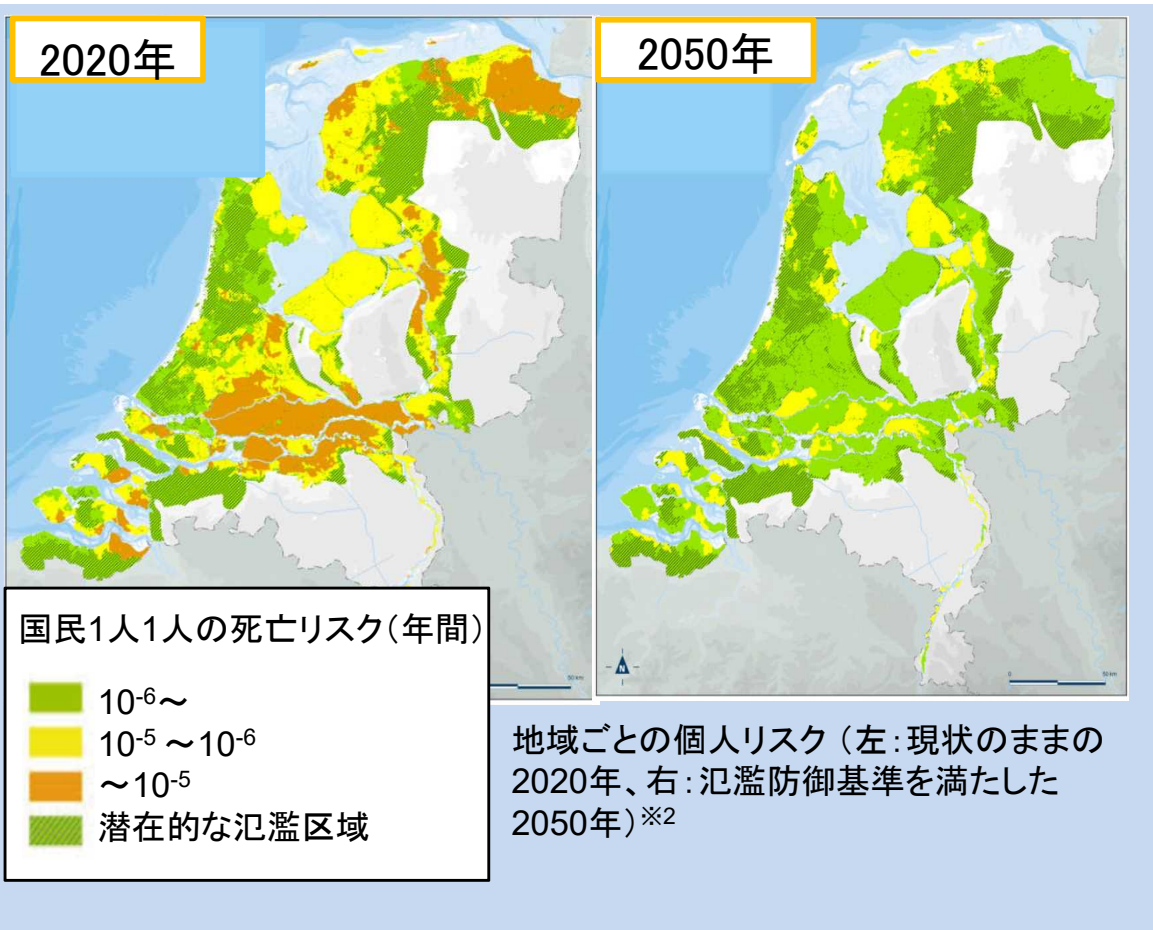
- 下流部を中心に十勝川流域の広い範囲で、農地の浸水確率がかなり高くなった。
- 農作物の集積施設が浸水することにより、浸水による直接的な被害を受けなかった農地も含めて、地域全体に影響が広がる可能性がある。
- 北海道の農業被害が全国へ経済的影響をもたらすことが想定された。

【社会的リスクの高い地域について】

- 流域内における洪水時の人的被害や経済被害に加えて、地域社会や地域経済に大きな影響を及ぼすことが想定される地域として、「帯広市・音更町・幕別町エリア」「池田町エリア」「豊頃町エリア」が挙げられた。
- このような社会的リスクの高い地域に対しては、特にハード対策・ソフト対策を総動員することにより、社会全体で被害軽減を図っていく必要がある。

(参考)オランダにおける氾濫防御基準の決定方法

- オランダの治水分野においては、個人リスク(Individual risk)と社会リスク(Societal risk) により、氾濫防護の基準が決定されている。
- このうち、個人リスクとして許容される範囲としては、National Water plan (国家水計画)において 10^{-5} 以下として明文化をされている。※1
- 加えて、社会リスクおよび社会的費用便益分析 に基づいて、氾濫被害が非常に大きな場合には、氾濫の可能性(確率)を小さくすることが適切とされている。



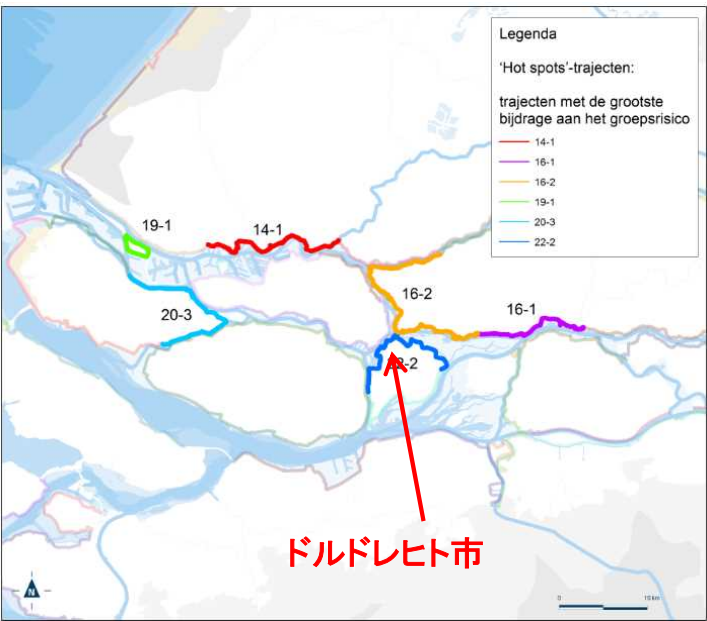
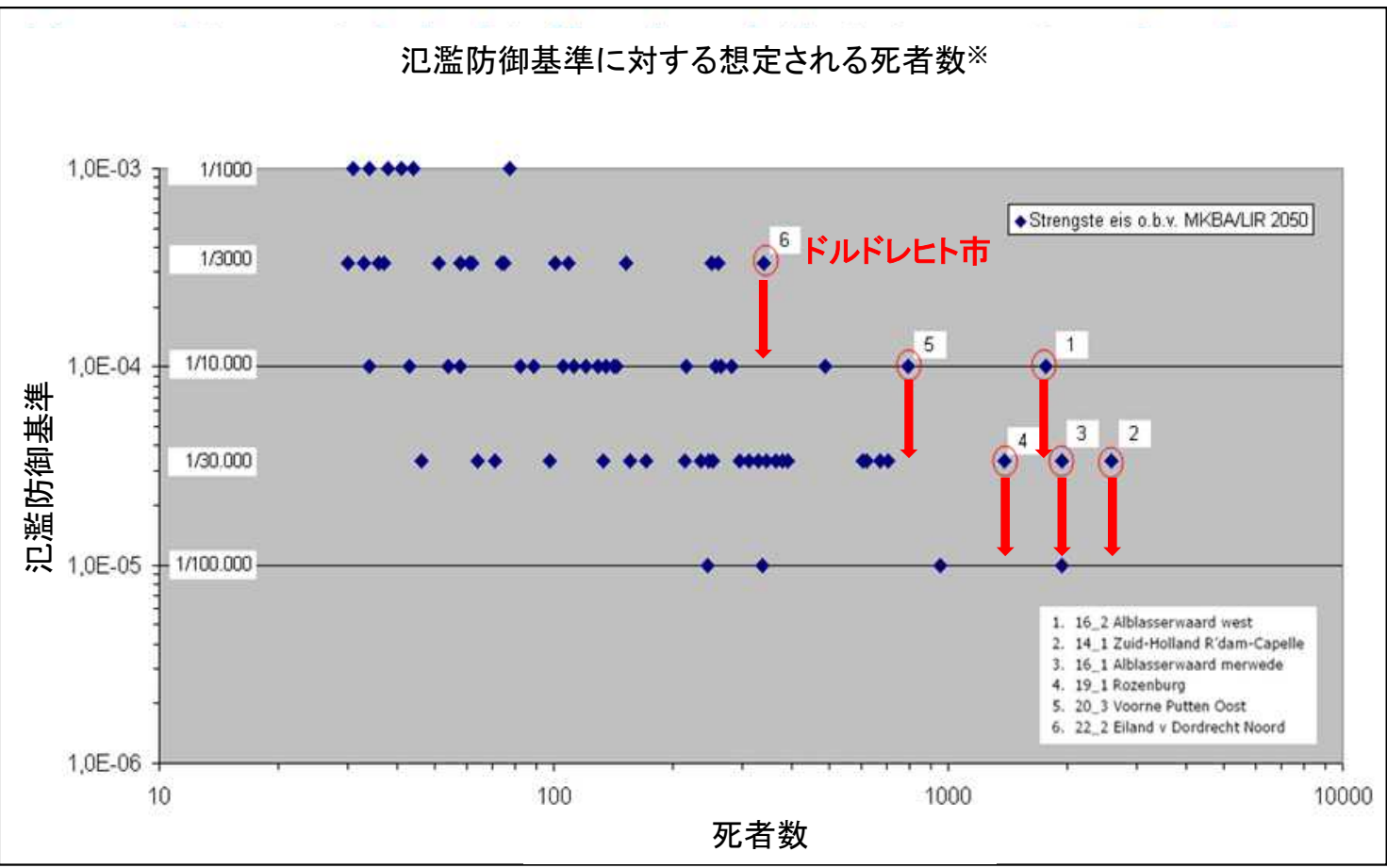
個人リスクに加えて、以下の場合には基準を引き上げている

- ・死者数が多い場合(6地域)
- ・費用便益分析によって便益を見込める場合(便益がある場合にはさらなる投資)

出典: ※1 Ministry of Infrastructure and the Environment, Ministry of Economic Affairs, National Water Plan 2016-2021, pp15, <https://www.government.nl/documents/policy-notes/2015/12/14/national-water-plan-2016-2021>
※2 J.Van Alphen, The Delta Programme and updated flood risk management policies in the Netherlands, 2016.7, pp9, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfr3.12183/abstract>

(参考)オランダにおける氾濫防御基準の決定方法(例)

■ オランダのドルドレヒト(Dordrecht)市など、社会リスクの非常に高い6つの地域では、行政的な判断により氾濫防御基準を高める措置を行っている。



氾濫防御基準を高めた6つの地域※

潜在的に死傷者が多数発生する6つの地域は、氾濫防御基準を高めている。

※ 出典:オランダ公共事業局Rijkswaterstaat提供資料より

(参考)適応策の設定の考え方(オランダにおける将来を見据えた対策設定)

- オランダでは、長期的に2100年の様々なシナリオを見据えながら、現在実施すべき対策を検討している。
 - タイプAは「現在実施している対策」、タイプBは「現在の対策の延長上にあるもの」、タイプCは「付随する対策」を示す。タイプDは「将来の可能性を考えているだけで、計画には含まれていないものの、今のうちに考えなければならないもの」、タイプEは「タイプDのために現在実施しなくてはならないこと」である。
- ※タイプE とは、引堤や放水路の新設(タイプD)のために、現在実施しなければならない「都市計画への取り込みや土地の確保」などを指す。

