

温暖化問題のリスク管理 と将来枠組み

杉山大志

(財)電力中央研究所 上席研究員

2012年2月7日

RITE ALPS国際シンポジウム

1. はじめに

IPCCのこれまでの成果

- 地球温暖化を公式の科学とし、政治的な課題に位置づけ、「警告」の役割を果たした。
- WG1: 「地球温暖化が起きている」「これがCO₂等の人為的排出による」ことを地球規模シミュレーションで示した。
- WG2: 地球温暖化によって生じる悪影響について提示し、警告を発した。
- WG3: 排出削減の技術経済的側面について情報を集約した。
- 「2度、450ppm、 $\Delta 80\%$ 」などの政治目標を提言したとされる(但し、実際は提言はしていない)。

警告の役割は果たした。
では、どう対応すべきか？

本発表の動機

- 温暖化は起きていて、人為活動による。
- しかし、悪影響がどの程度になるか、不確実性は大きい。
- 悪影響への適切な対応策を検討するためには、温暖化による悪影響の度合いを、自然変動や適応、人為的介入等との比較を通して相対的に理解し、かつ、不確実性を考慮したりリスク管理の在り方を探らねばならない。

2. 温暖化問題の相対的理解

温暖化問題を相対的に理解する

① 自然変動の影響

温暖化以外の理由による自然の変動は人間・生態系へどう影響したか？

② 自然変動への適応

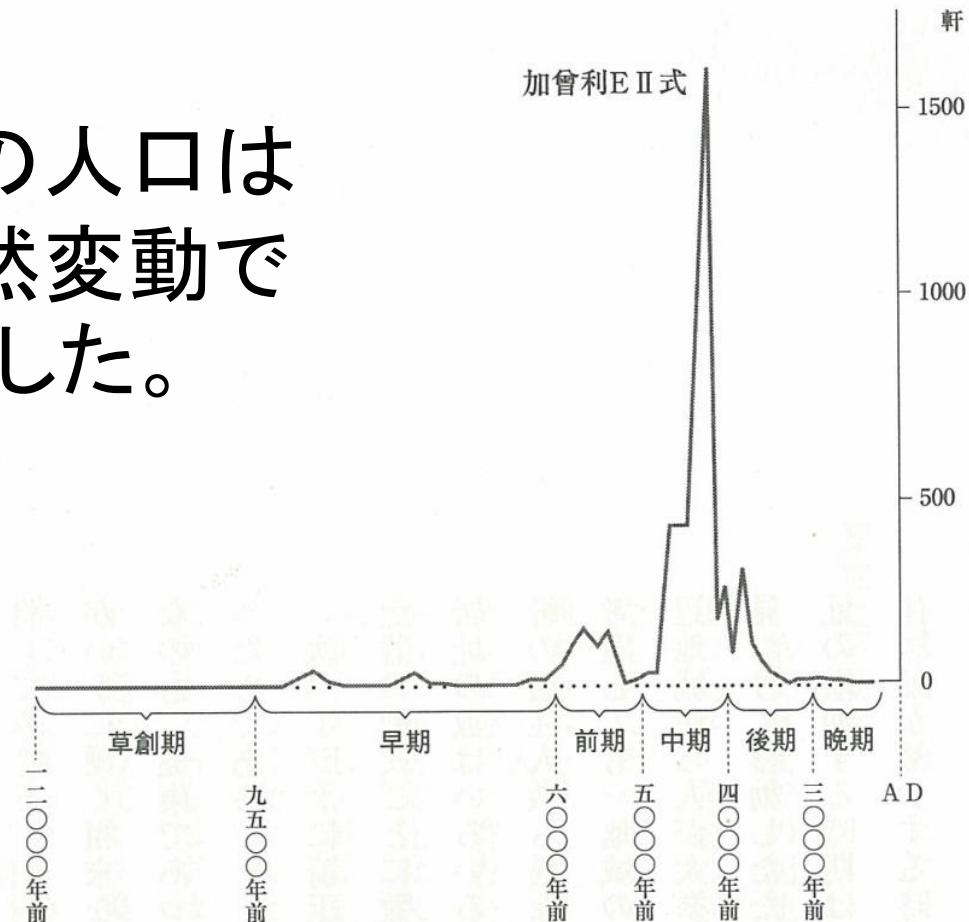
人間は自然変動へどう対応してきたか？

③ 人間の介入

温暖化以外に、人間はどのように人為的に自然に介入し、変化させてきたか？

自然変動の影響

石器時代の人口は
気候の自然変動で
大きく変化した。



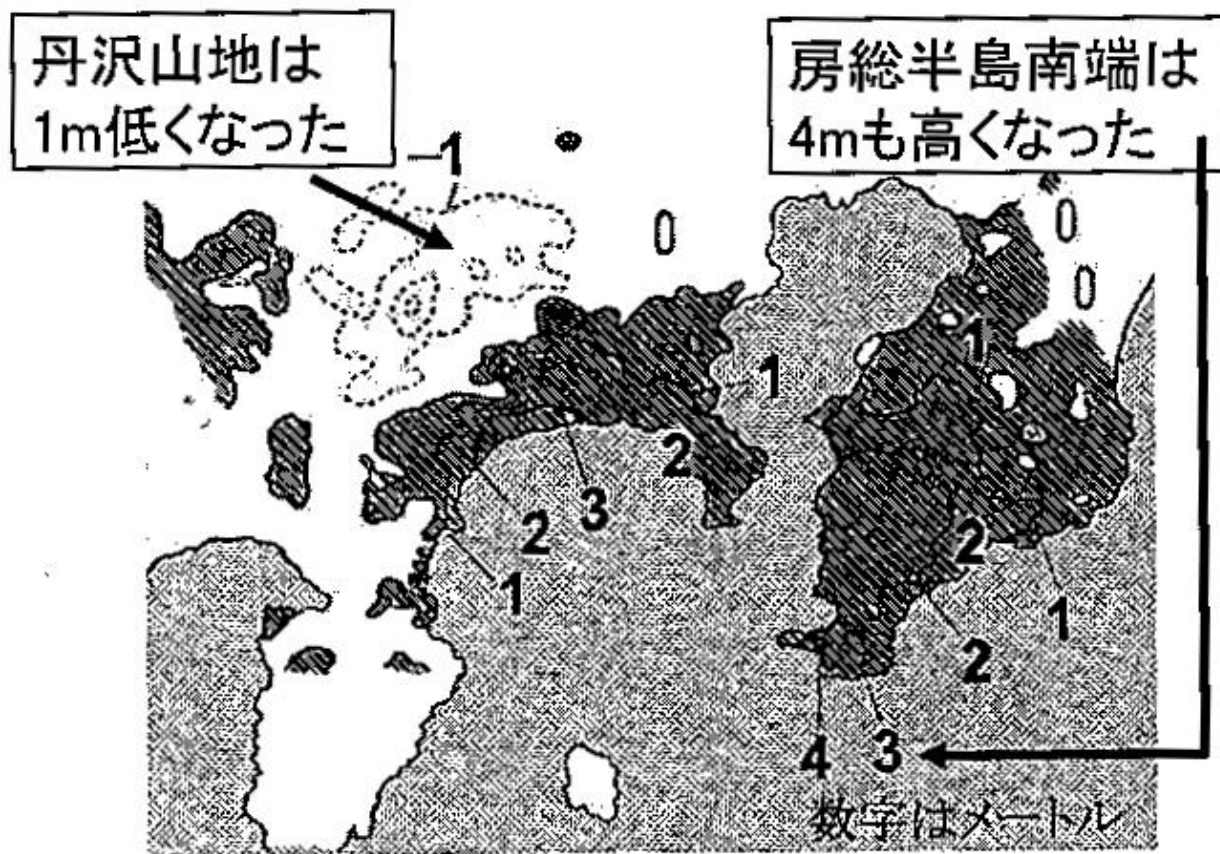
●—南西関東における住居址数の変動 100年あたり何軒発掘されているかを示す。

(今村 2002)

自然変動の影響

【図38】 関東大震災（1923年9月1日）後の激しい地盤の上下動

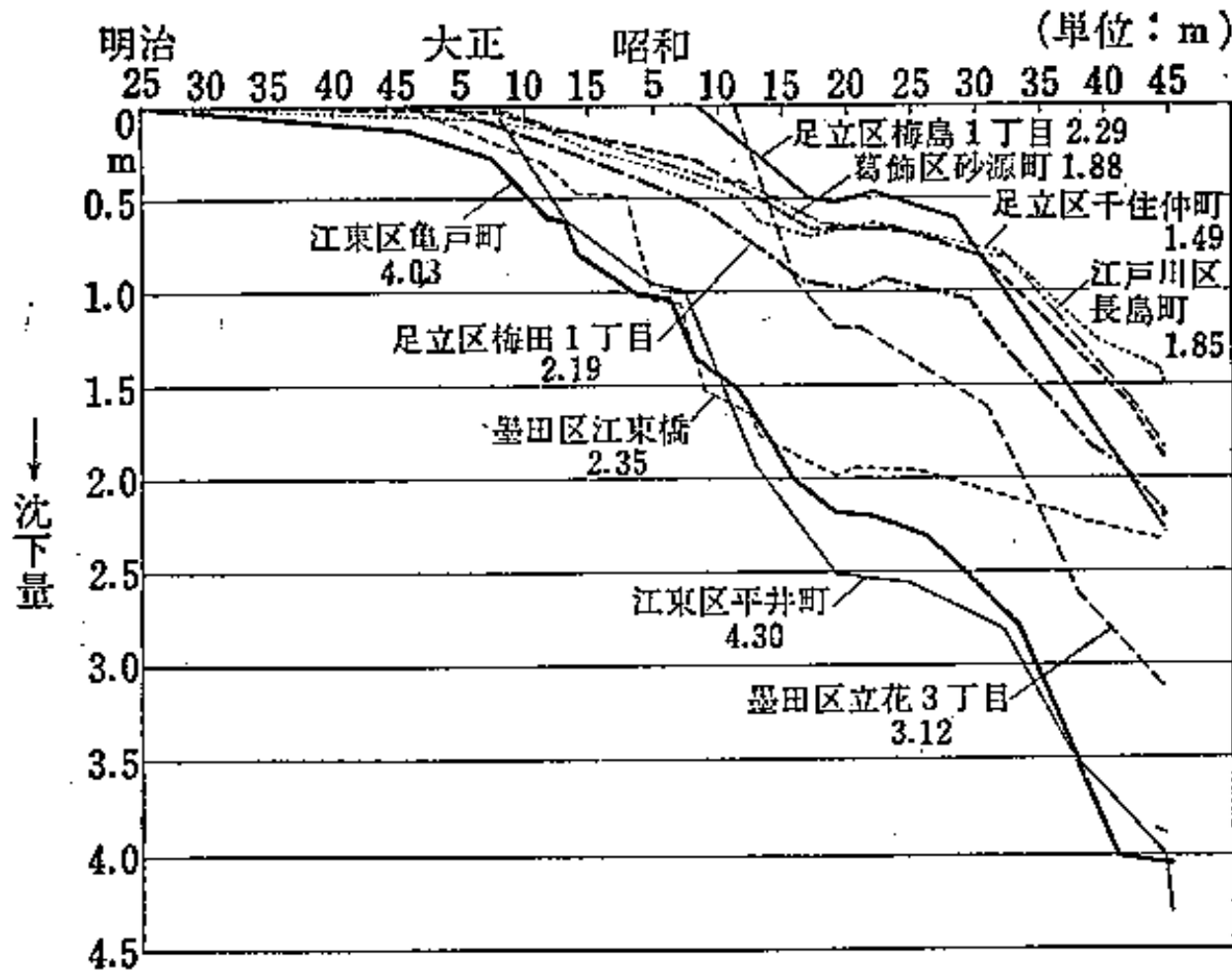
地震の度に海面は数メートル上下した。



『科学の事典』岩波書店、1982年版、所載の図より。

人間の介入

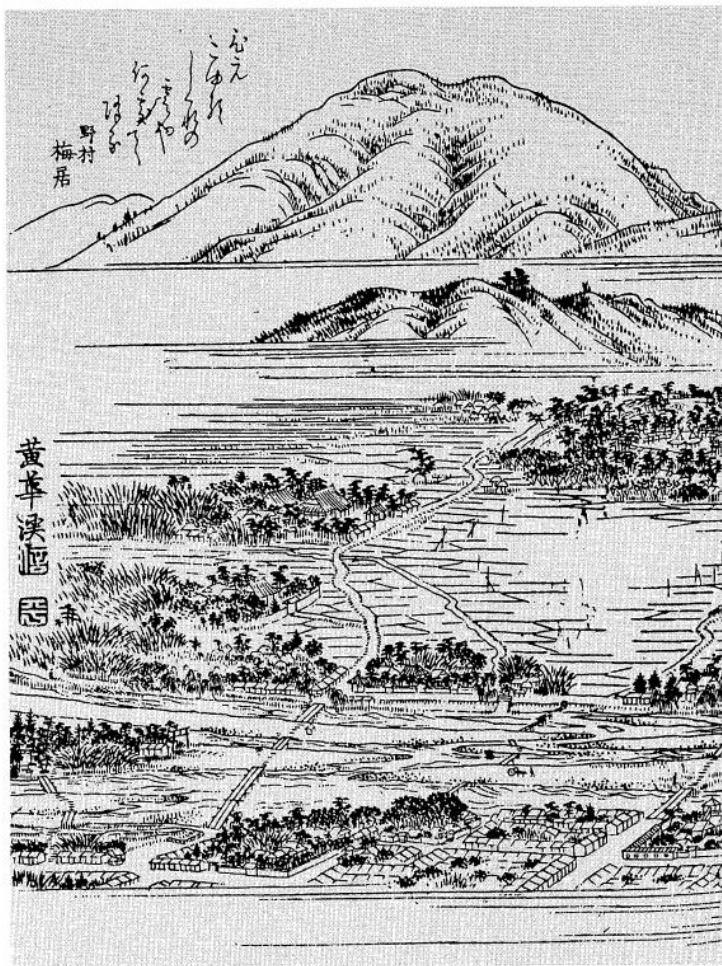
図18 東京都における地盤沈下量の推移



地盤沈下は
50年間で
4mにも及んだ。

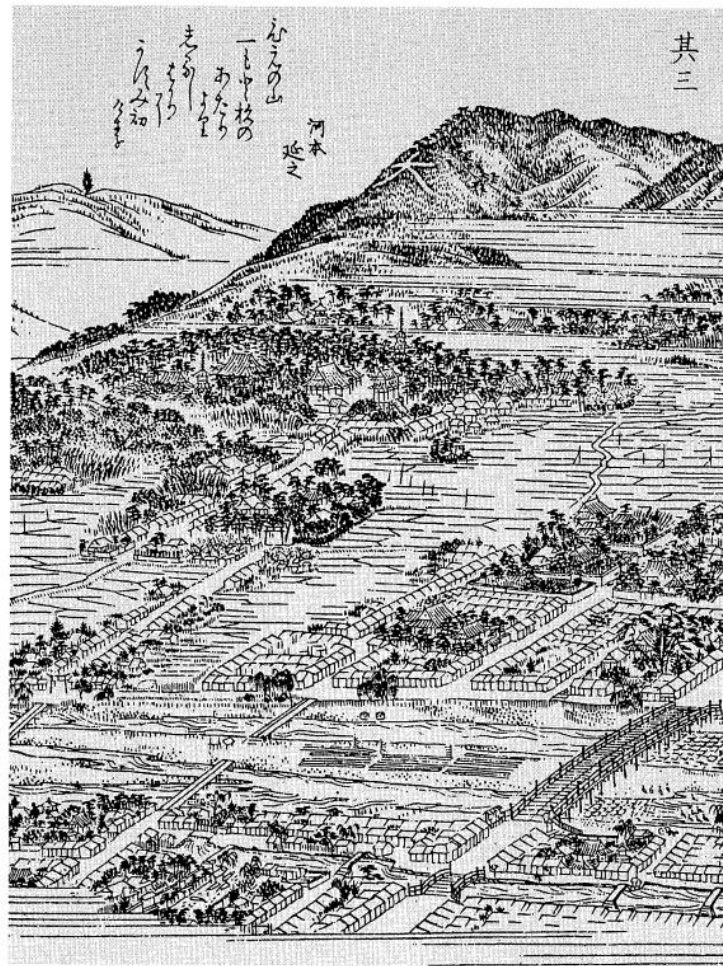
(注) 『建設白書』(昭和45年版)より

人間の介入



●—比叡山・東山の風景 一本杉付近には「ひえの山—もと杉のあたりよりしる

日本は農業によりはげ山だらけだった。



しはかりにかすみ初けり」と記されている(「東山全図」『再撰花洛名勝図会』)。

人間の介入

シカの数 は 狩猟で 激変した。

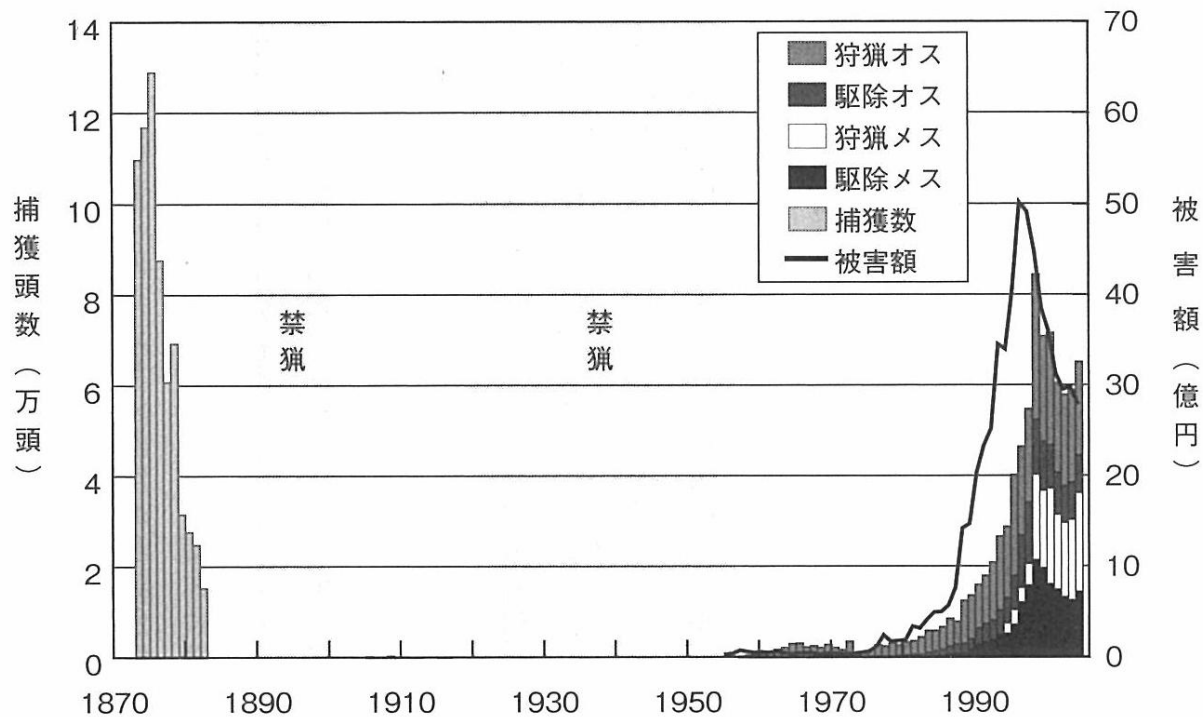


図1 北海道のエゾシカ捕獲頭数(1873～2004年)と農林業被害額(1955-2004年)の年変化⁽³⁾

1955年以降の捕獲頭数は、雌雄別・狩猟と駆除(許可による捕獲)とに分けて示した

(湯本・松田 2006 p41)

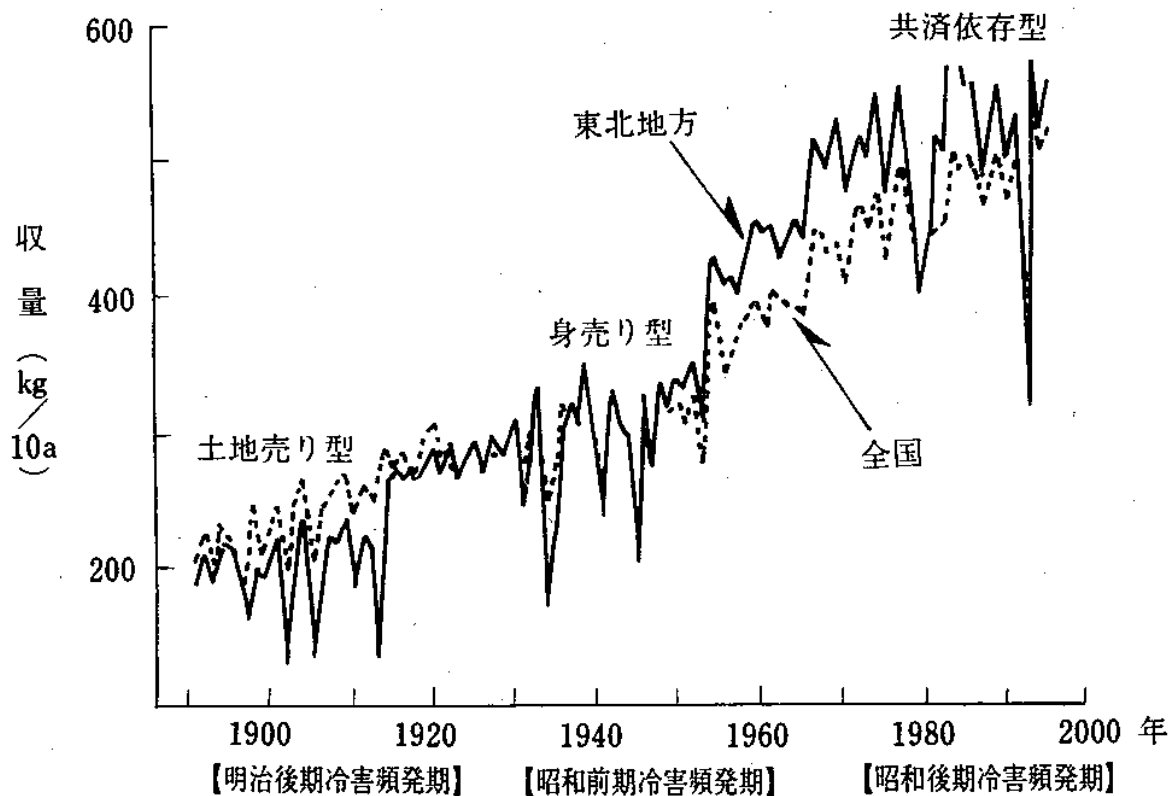
自然変動への適応

表7 鈴木善一郎家の畑作・漁撈変遷 (静岡県沼津市桃里)

ウミ	ハマ	明治 20 年	ガーラ	シタミチ	タジマ
エビ サクラ	イワシ (イワシ網)	桃	栗・黍 甘藷・麦	里芋 麦	
		桃 → 桑	陸稲 甘藷・麦	桑 里芋 麦	
		桃 桑 蔬菜	陸稲 甘藷・麦	桑 里芋 麦	
	マダロ(大網)	桑 蔬菜	陸稲 甘藷・麦	桑 里芋 麦	
	イナダ(イナダ網)	ブドウ 蔬菜	陸稲 甘藷・麦	里芋 麦	
	シラス(タフ網)	ブドウ 甘藷・麦	陸稲 甘藷・麦	里芋 麦	
	カワハギ・ホウボウ・タイなど(小網)	ブドウ 甘藷・麦	陸稲 甘藷・麦 蔬菜	里芋 麦	
		ブドウ 丸桃 生姜モヤシ	蔬菜	里芋 麦	
		ブドウ 菊	蔬菜	東洋パイル 工場用地	
		ブドウ 菊	高橋紙業 工場用地	東洋パイル 工場用地	
		自家用野菜	高橋紙業 工場用地	東洋パイル 工場用地	
		栗・梅・桃 自家用野菜	高橋紙業 工場用地	東洋パイル 工場用地	

食の安全保障は
多様性で確保し
ていた。近代は専
業化が進み・・・

自然変動への適応



近代では生産性向上と交換経済で食糧安全保障を担保してきた。

図3.8 近・現代における農家の冷害への対応 (卜藏, 1998)

冷害の歴史(卜藏 2001)

米作の技術進歩

飽くなき技術開発で、北海道の稲は5年程度で新品種に代わってきた。

北海道における米の作付面積シェア(%)

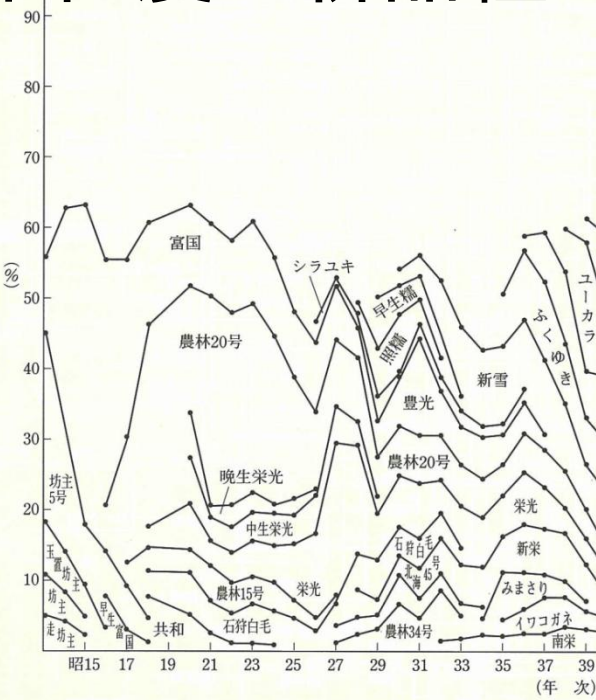
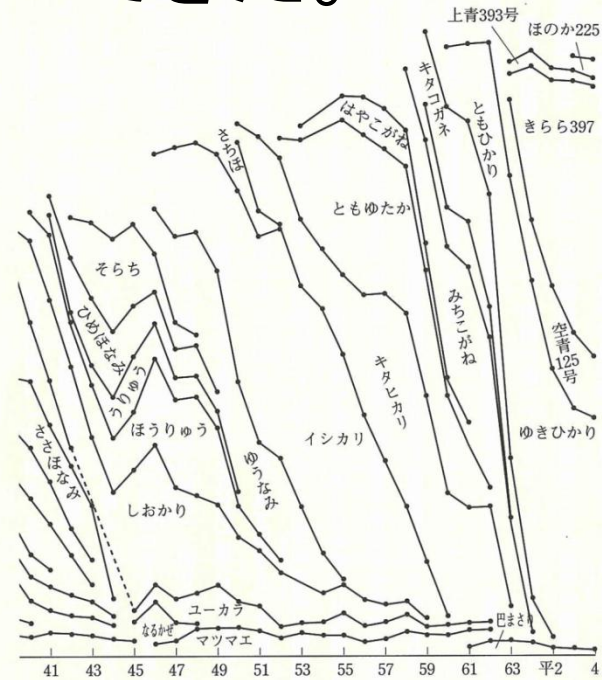


図1 北海道における主要品種の作付
1)北海道における水稲品種の変遷
2)大内邦夫作図

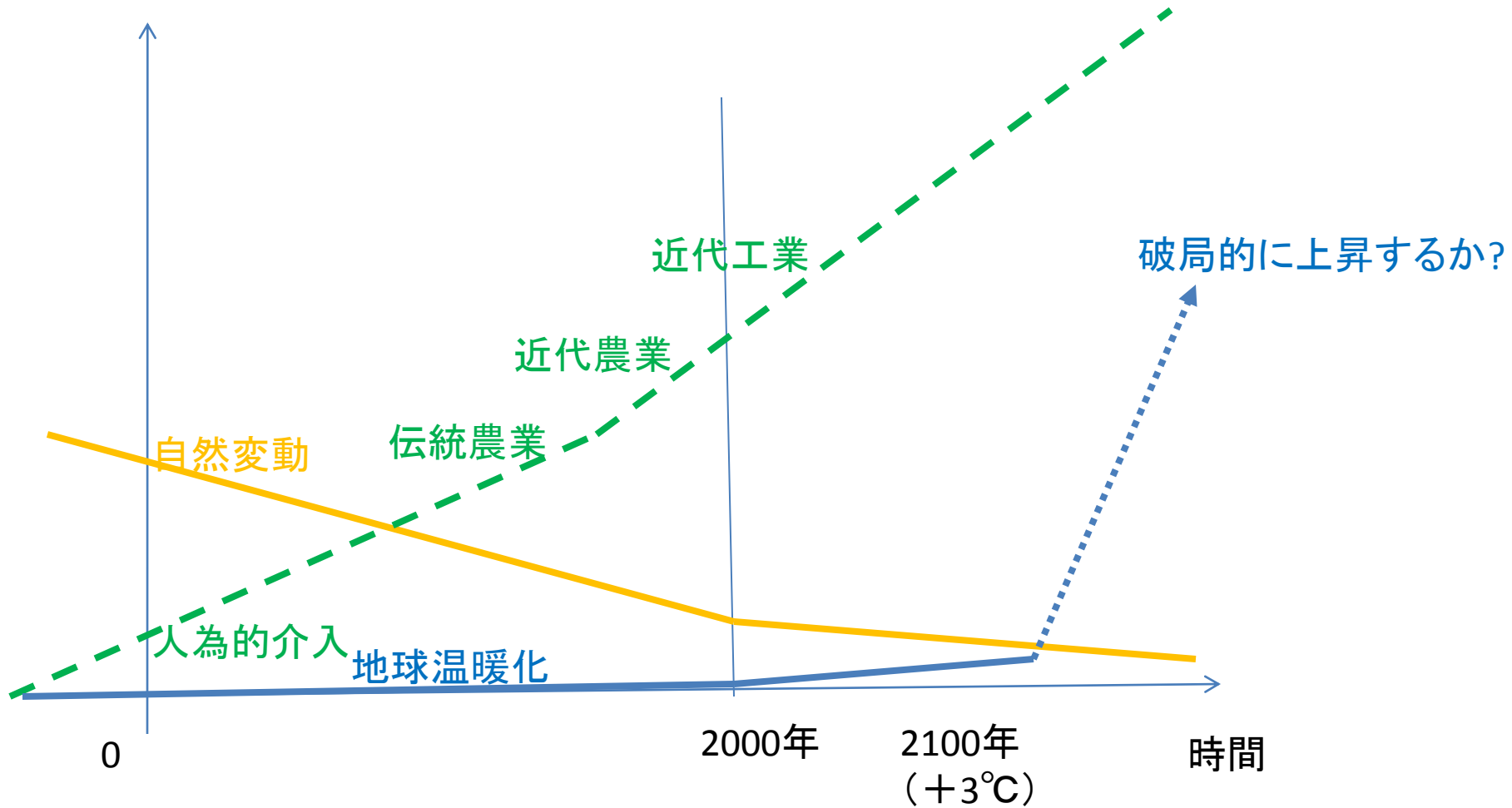
出典：星野達三「北海道の稲作」1994，北農会



比率の推移 (昭和13～平成4年)
(米麦改良協会)

(昭和農業技術研究会 2002)

人間生活と自然生態系への影響の強さ



人間および自然生態系への影響

1. 石器時代(紀元前)

自然変動 >> 人為的介入

2. 歴史時代(紀元後)

人為的介入 >> 自然変動

3. 今と将来

人為的介入 >> 自然変動及び気候変動

温暖化の悪影響は小さく、適応は既存の防災活動・農業活動・自然保護の延長で十分出来るのではないか。

(注: 但し日本で2050-2100年迄に+2~3°C の場合)

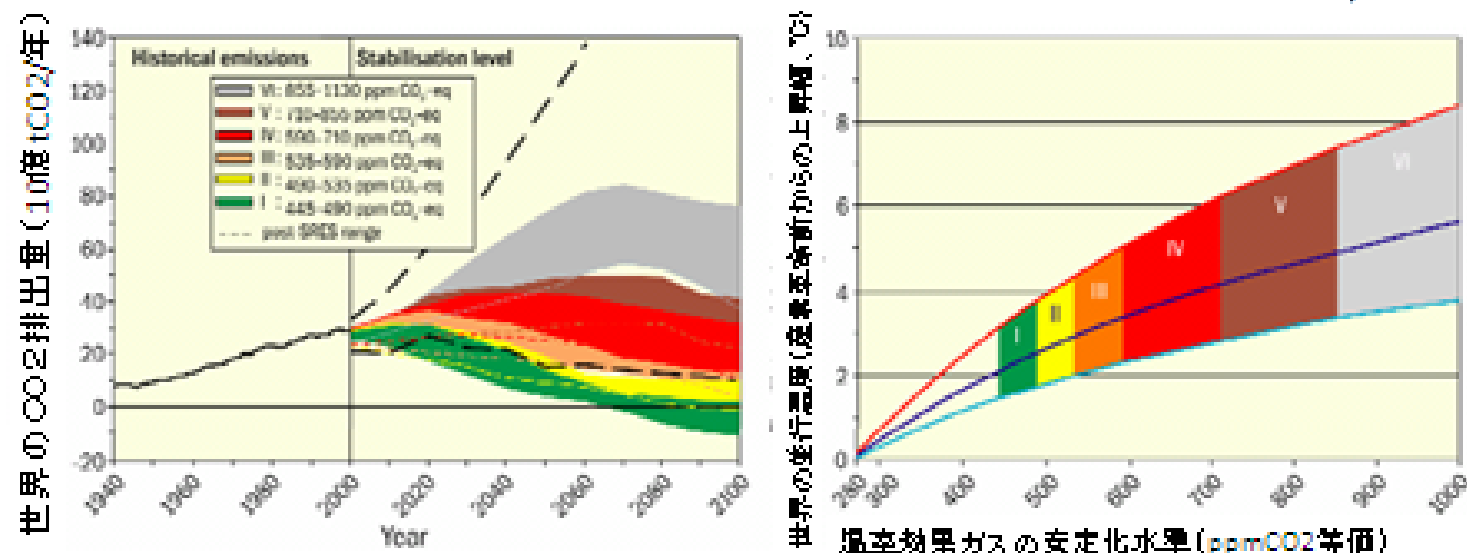
ここまでのまとめ

- ① 森林破壊、農業の拡大、海岸地形の改変など、人間の介入は徹底的に行われた。これは、近年になるほど宅地開発やコンクリート護岸などの形で加速化した。
- ② 地震・津波・火山噴火・洪水・自然気候変動など、活発な自然活動があり、人も自然も翻弄され、また適応もした。
- ③ 地球温暖化による日本へのリスクは、2050-2100年までに2～3°C上昇であれば、人為的改変や自然変動に比べて、相対的に小さく、
- ④ 個々の温暖化の影響は、未知の現象ではなく、これまでの防災・農業・自然保護活動の延長で十分適応できるだろう。
- ⑤ 環境への最大の脅威は人為的な直接介入であった。これは今後も変わらない。この在り方を真剣に問い直すべき。

3. 温暖化の不確実性 とリスク管理戦略

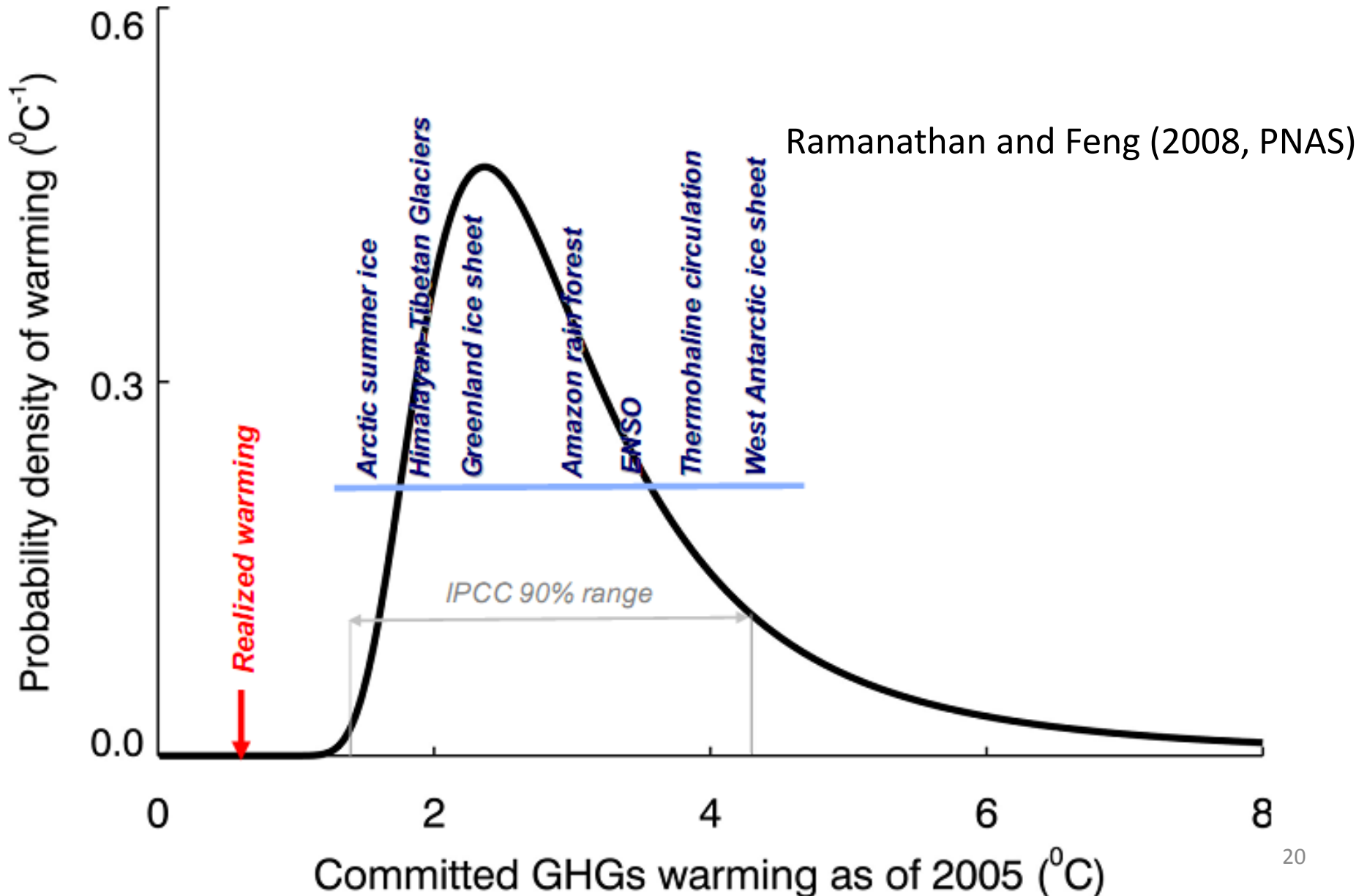
温度上昇の不確実性は大きい

図9-1 IPCCの第4次評価報告書
 カテゴリー別のCO₂排出量および気温上昇

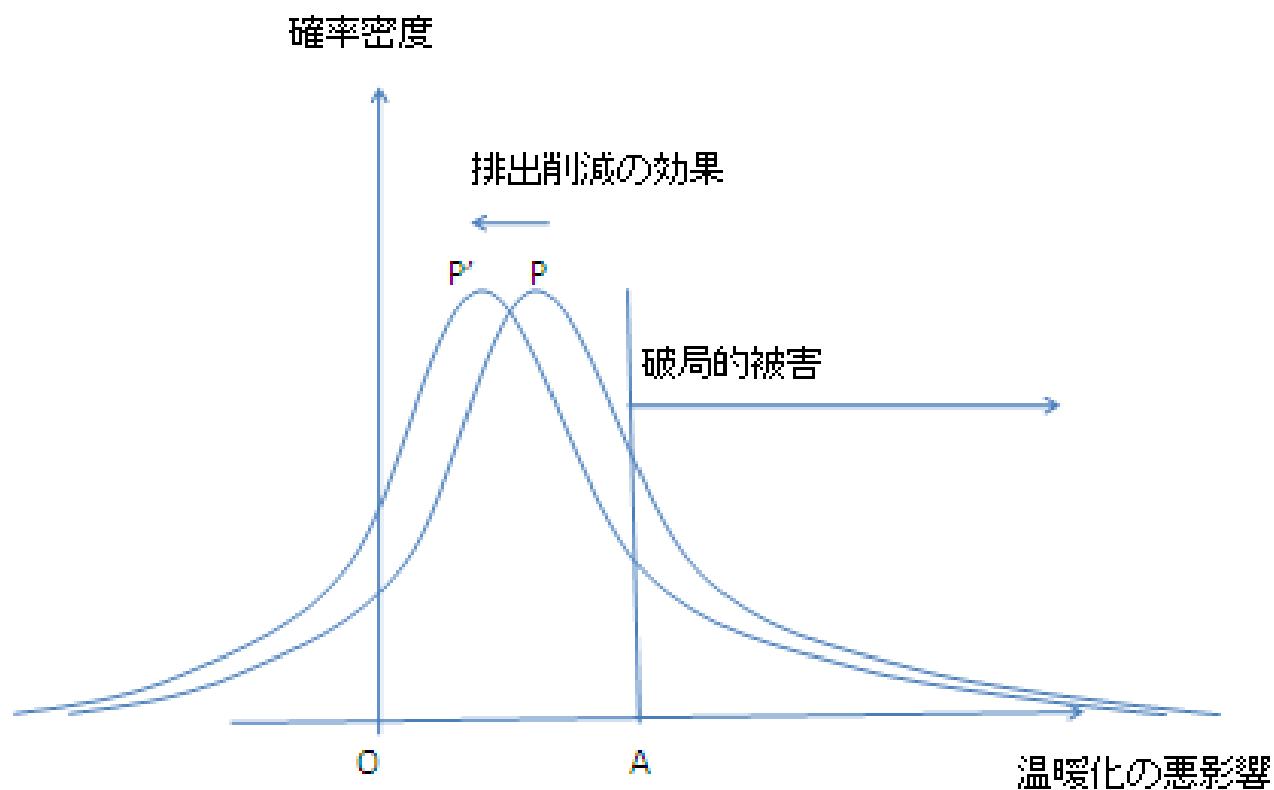


出典: IPCC 第4次評価報告書(統合報告書SPM、図11)。

「危険な人為的干渉」は避けられない？



排出削減の効果はいかほどか？



損害コストの確率分布の簡単な試算

定義

- D: damage % of GDP of globe ; 温暖化による世界のGDP損失(%)
- K: parameter ; GDP損失の係数
- T[°C]: global temp. rise due to global warming ; 温室効果ガス上昇による地球の平均温度上昇
- λ [°C]: climate sensitivity (temp. rise for doubling of CO2 compared to preindustrial level 275ppm ; 気候感度 (CO2濃度が産業革命前に比べて倍増したときに何度温度が上昇するか)
- M[ppm]: greenhouse gas concentration ; 大気中の温室効果ガス濃度

定式化

- $D = K (T/2)^2$
- $T = \lambda \ln(M/275) / \ln 2$
- $K = [0.1, 2]$; (ノードハウス 2002)では1。ここでは区間内で一様分布の確率変数とする
- $\lambda = [1.5, 4.5]$; (ノードハウス 2002)では2.5。ここでは区間内一様分布の確率変数とする
- $M = 750, 650, 550, 450$; 濃度は人類が制御可能であるとして、4通りを計算する。

何年時点かはとくに意識しないが、2100年ごろを念頭におく。

以上の準備をすると、4つのMの値に対して、K, λ を確率変数として、Dの確率分布を書くことができる。

科学的な不確実性を考慮し、濃度Mを操作変数と見なした場合。

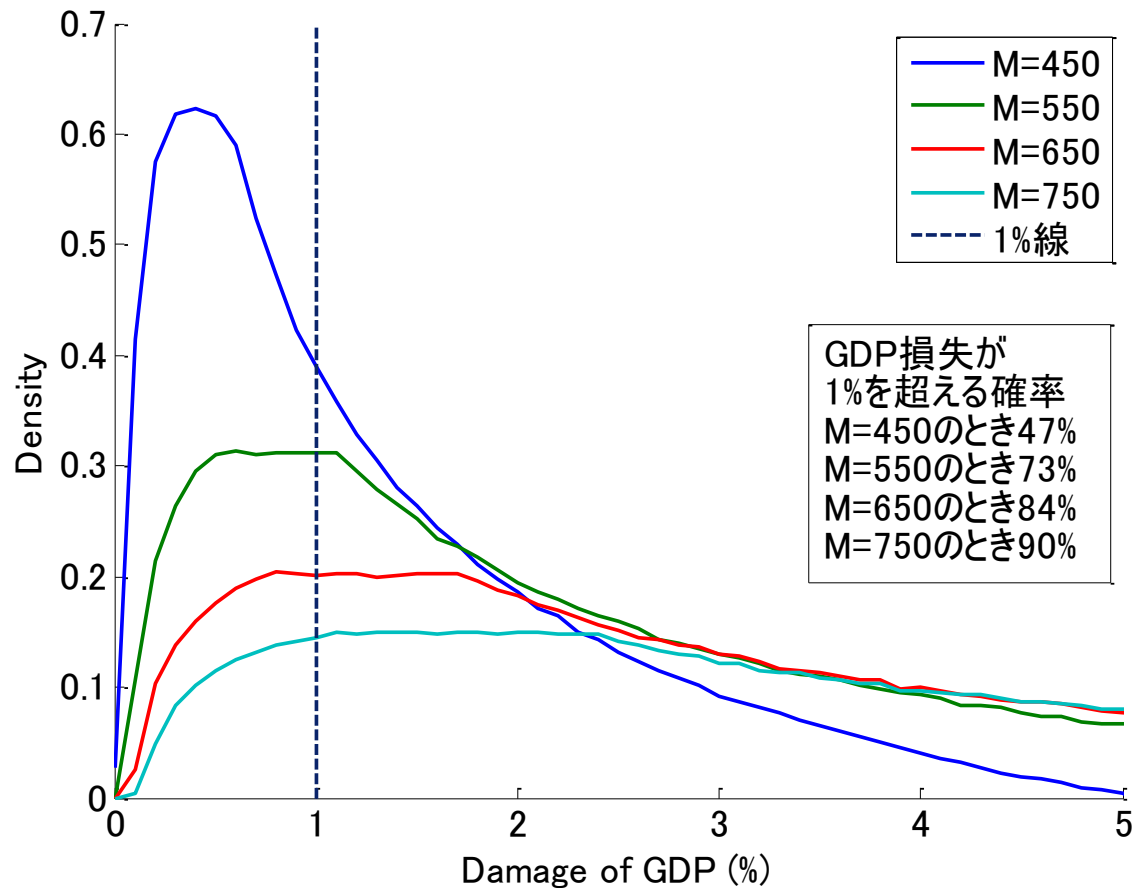


図 地球温暖化による損害Dの確率分布

「ベースラインBの不確実性」を考慮し、政策的な排出削減の効果mは限定的とした場合

定式化

$$M=B-m$$

$B=[550,750]$; ベースラインの不確実性を考慮して、区間内の一様分布とする。

$m=0,100$

政策的な排出削減の効果に限定的であるとして、 $m=0,100$ の2通りとする。

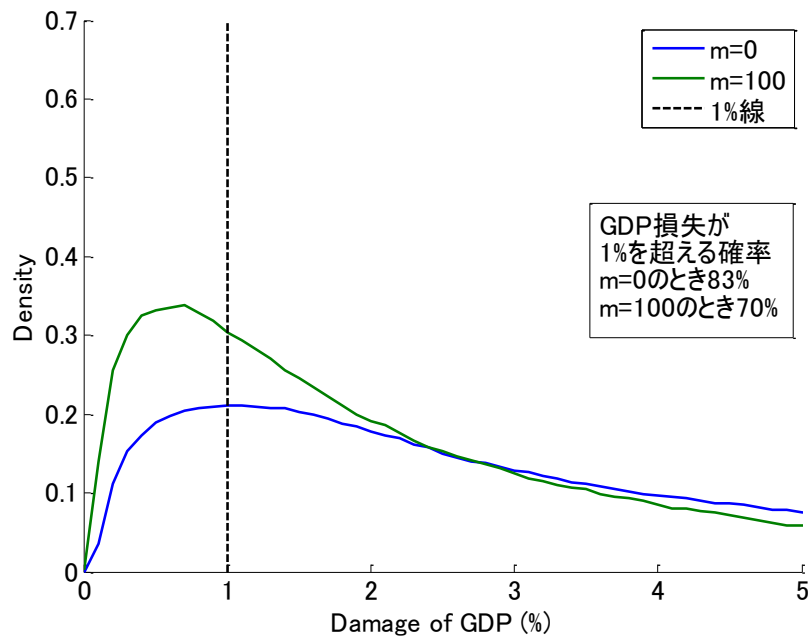
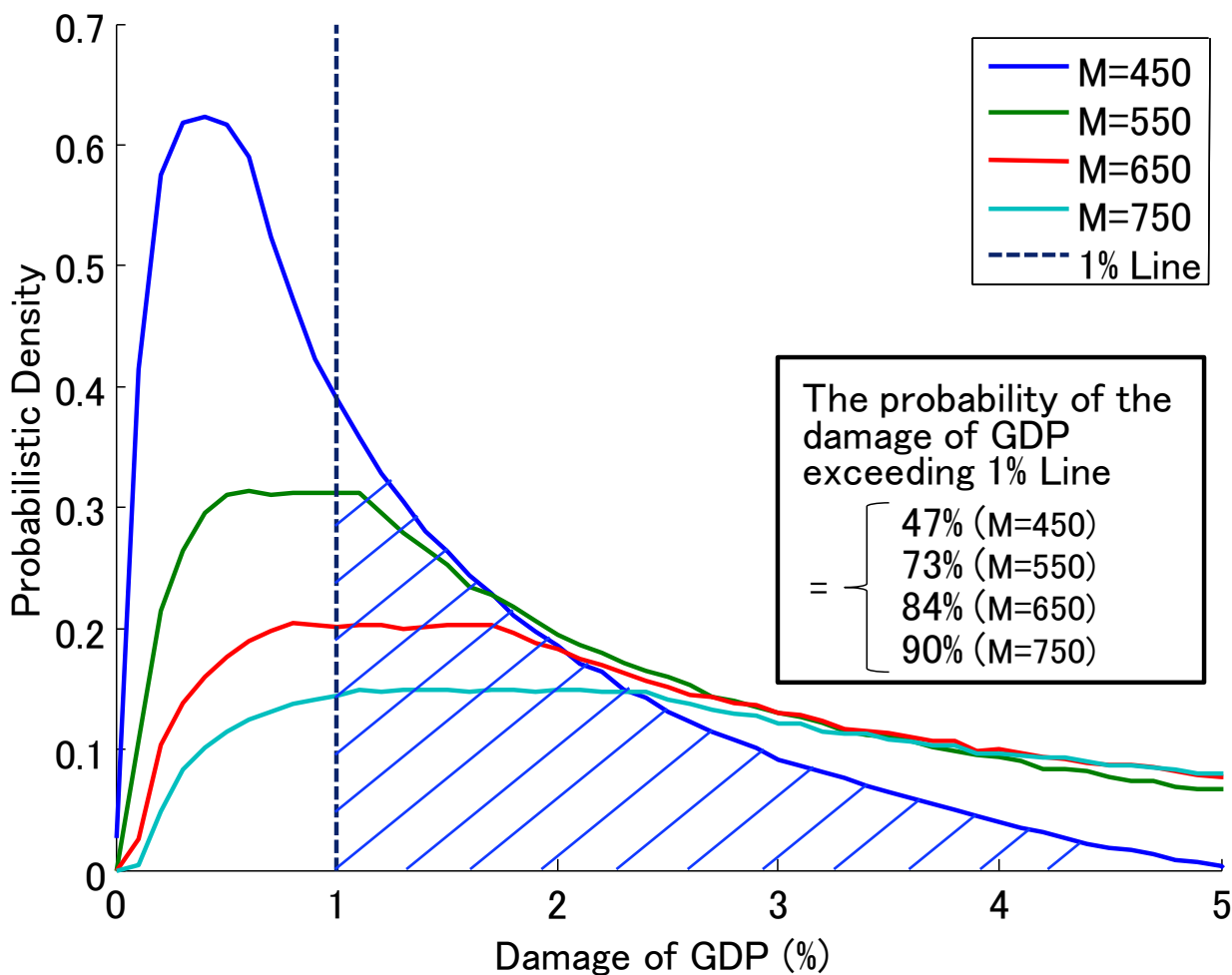


図 地球温暖化による損害Dの確率分布

科学的不確実性を考慮し、濃度Mを操作変数と見なした場合

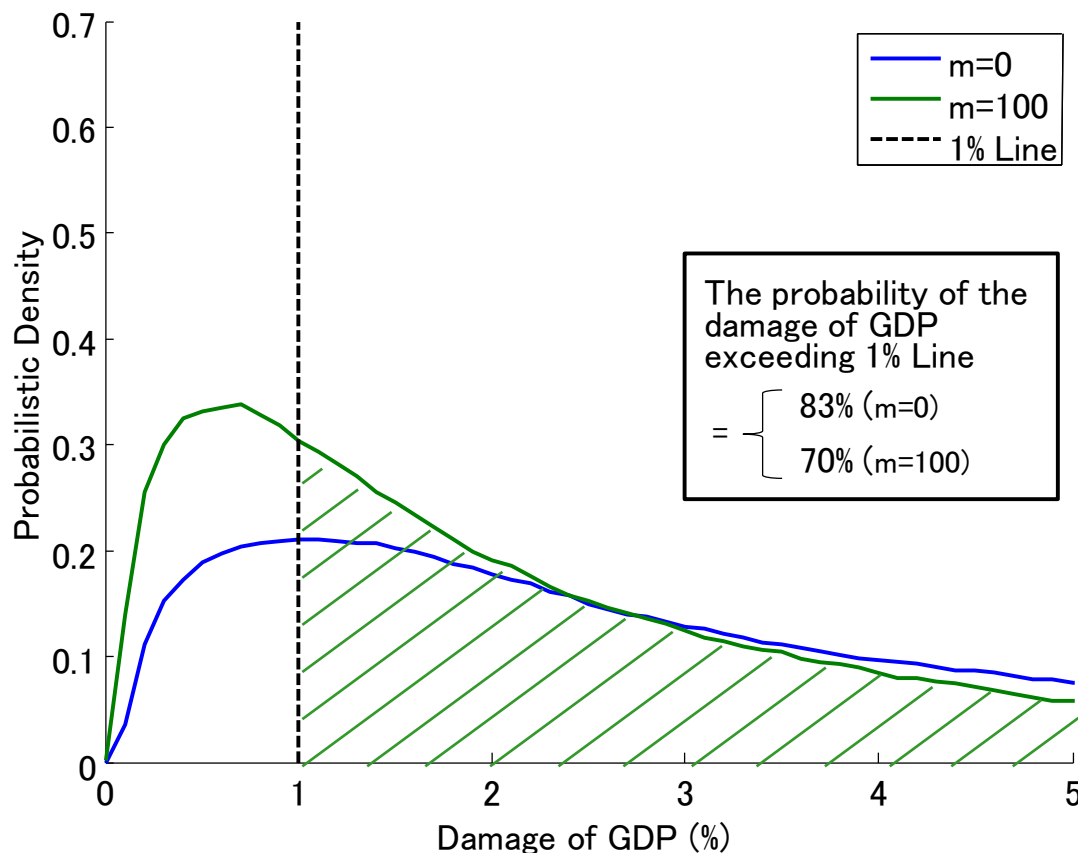


排出削減政策によって損害の確率分布をある程度変えられる。

「ベースラインBの不確実性」を考慮し、政策的な排出削減の効果mは限定的とした場合

$$M=B-m$$

$B=[550,750]$; ベースラインの不確実性を考慮して、区間内の一様分布とする。
政策的な排出削減の効果mが限定的であるとして、 $m=0,100$ の2通りとする。



損害の確率分布は排出削減政策によってあまり変わらないかもしれない。

排出削減による影響軽減と不確実性

- 排出削減努力の効果は、何を操作変数と見るかで大きく変わる。
- ベースラインの不確実性が大きく、排出削減政策に出来ることが限られているならば、以下のようになる：

(世論でしばしばそう思われているが、偽)

(排出削減による影響軽減幅)

>> (温暖化影響の科学的な不確実性幅)

(真)

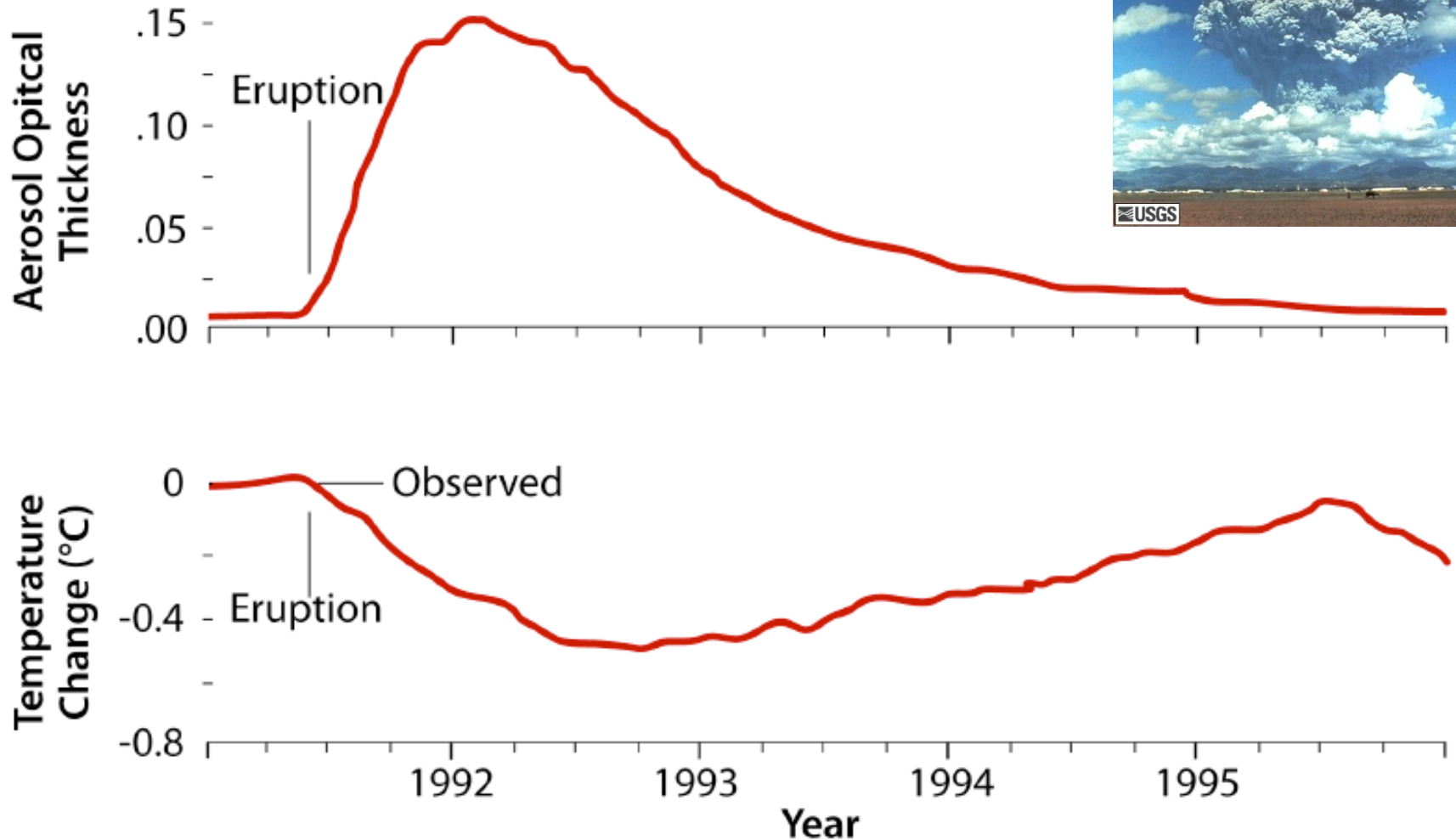
(温暖化影響の科学的な不確実性幅)

>> (排出削減による影響軽減幅)

気候工学： 成層圏へのエアロゾル注入

Source: USGS

フィリピンでのピナツボ火山爆発



成層圏へのエアロゾル注入

- 利点

- 発動から効果がでるまで時間が少ない
- うまく行かないようなら止めることができる。
- 安い
- 合意形成が排出削減より容易(?)

- 問題点

- 降雨パターンの変化など残余の温暖化影響があるだろう。
- オゾン層破壊などの悪影響があるかもしれない

4. おわりに

リスク管理戦略としての温暖化対策

- ① 2050-2100年までに2-3°Cの緩やかな温度上昇であれば、日本については、人為的改変や自然変動に比べると、悪影響は小さい。日本の適応研究は、4°C以上の上昇、極端現象、あるいは海外に注力すべきである。
- ② 地球温暖化問題にはなお不確実性が大きいいため、悪影響が大きくなる場合に備えて、気候工学研究を推進すべきである。気候工学は、排出削減・適応と並んで温暖化対策の3つの柱となる。
- ③ 排出削減は進めるべきだが、2020年△25%、2050年△80%などの数値は、それを超えると破局するという閾値ではなく、リスク管理の指標に過ぎない。むしろこれらの数値が野心的に過ぎて、国際交渉の失敗等、具体的な政策実施を阻んできたので、現実的な数値に見直すべき。

将来枠組みについて

- ① 排出削減枠組みはプレッジ&レビューになるだろう。2015年までに京都議定書型の枠組みに主要国が合意する見込みは低い。
- ② 適応については、当面日本以外でも、温暖化影響は相対的には小さいのではないか。防災・農業技術・環境保全の既存組織を強化していくことが、喫緊の課題にこたえつつ将来ありうる温暖化影響に備えることになる。
- ③ 気候工学研究については研究推進の強化が重要である。日本も本格的に参加すべき。