

社会にインパクトある研究

A. 持続可能環境の実現



TOHOKU
UNIVERSITY

A-1 地球温暖化の緩和と適応への貢献

研究・実践集

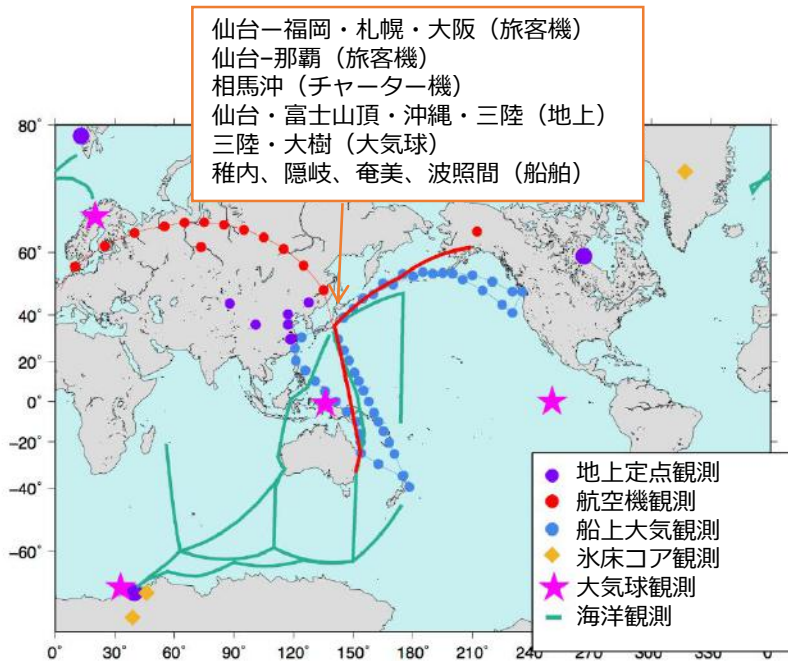
研究・実践集

基礎研究	気候変化の基礎情報の計測、検討、検証、将来予測
応用研究	基礎研究結果、蓄積データを活用した社会実装

研究・実践集

基礎研究	気候変化の基礎情報の計測、検討、検証、将来予測
基礎-1	温室効果ガス研究
基礎-2	エアロゾル・雲の気候影響に関する研究
基礎-3	東北農業における温暖化適応策と気象情報の高度利用
基礎-4	日本領域における過去60年の大気場の再解析
基礎-5	領域気候モデルによる超高解像度ダウンスケーリング
基礎-6	気温の高解像度化
基礎-7	断熱保存量に基づく新しい温暖化指標の創出
基礎-8	海水温の長期変動の研究

温室効果ガス研究



本センターが参画・維持してきた温室効果ガス観測網

- 二酸化炭素、メタン等温室効果ガス濃度・同位体比の高精度観測手法を開発
- 国内外の研究機関と協力し、温室効果ガスの全球観測網を展開・維持
- 極域氷床コア分析による過去80万年の古環境復元や、海洋炭素循環の観測
- 蓄積した高精度観測データの解析により、温室効果ガスの変動と循環のメカニズム解明に貢献

開発・推進

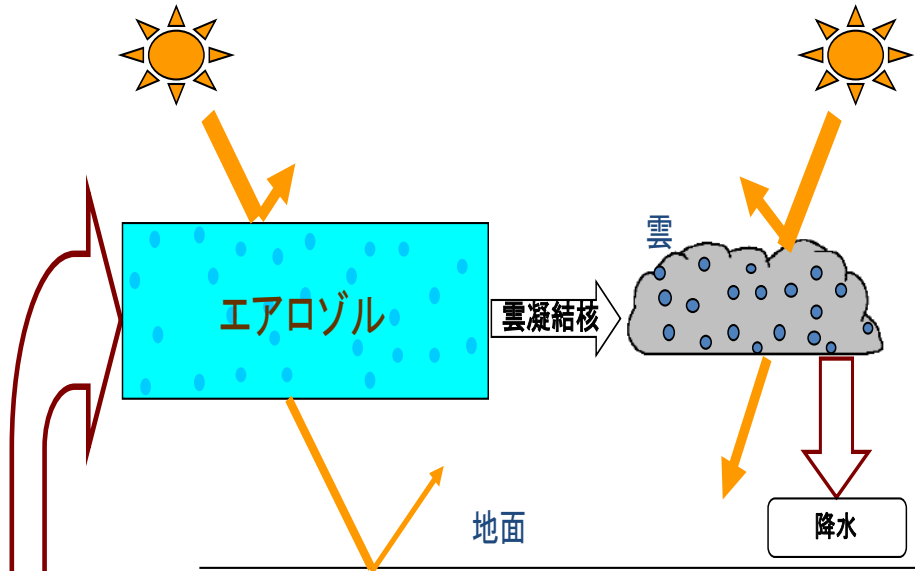
東北大学大学院理学研究科大気海洋変動観測研究センター物質循環学分野

参考資料等

南極昭和基地でのCO₂濃度観測データ：<http://caos.sakura.ne.jp/tgr/ssco2/>

Umezawa, T., D. Goto, S. Aoki et al., Variations of tropospheric methane over Japan during 1988-2010, Tellus 66B, 23837, doi://10.3402/tellusb.v66.23837, 2014.

エアロゾル・雲の気候影響に関する研究



**エアロゾルと雲は、気候変動の
主な要因となり、気候変動・水
循環等の地球規模の問題を解明
するために極めて重要である。**

- 地上観測の実施とそのデータを用いたエアロゾル・雲推定アルゴリズムの開発
- 地上及び衛星観測データを用いて、エアロゾル・雲の気候影響の解析
- 地上観測データを用いて、衛星観測エアロゾル・雲プロダクトの検証

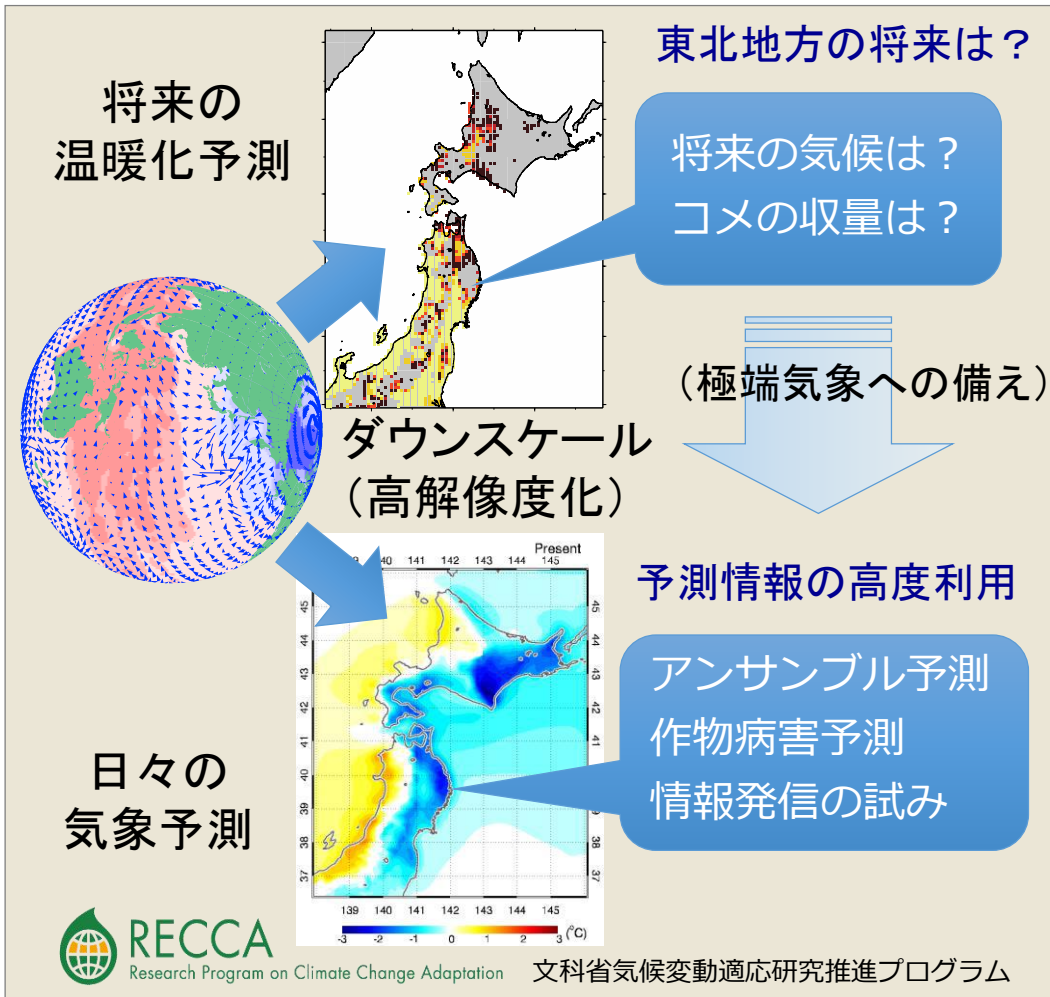
開発・推進

東北大学大学院理学研究科大気海洋変動観測研究センター気候物理学分野

参考資料等

- Khatri et al. (2016), Factors for inconsistent aerosol single scattering albedo between SKYNET and AERONET, *J. Geophys. Res.*, DOI: 10.1002/2015JD023976.
- Khatri et al. (2014), Observation of low single scattering albedo of aerosols in the downwind of the East Asian desert and urban areas during the inflow of dust aerosols, *J. Geophys. Res.*, 119(2), doi:10.1002/2013JD019961.

東北農業における温暖化適応策と気象情報の高度利用



- 東北地域のヤマセと冬季モンスーンの 先進的ダウンスケール研究

<https://www.restec.or.jp/recca/staticpages/index/iwasaki.html>

- 地域の気象予測・気候予測の高度化
- 予測情報の高度利用技術の開発
- 文科省：気候変動適応研究推進プログラム (RECCA)

* (2010～2014年度)

開発・推進

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻流体地球物理学講座気象学・大気力学分野

参考資料等

気候変動適応研究推進プログラム (RECCA)

<https://www.restec.or.jp/recca/>

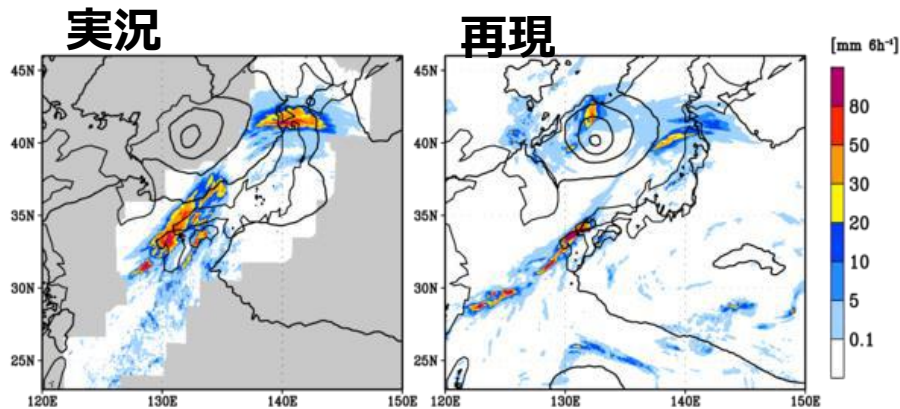
日本領域における過去60年の大気場の再解析

領域再解析システムの構築と実証

全球再解析データを側面境界
最先端の観測データ同化手法
高解像度(5km)数値予報モデル



本解析：ポスト京コンピュータ



- 地球温暖化の日本への影響評価
温暖化は予測から検証の時代へ
 - 歴史的な災害を引き起こした
極端現象の再現
 - 土地利用変化が地域気候に
及ぼす影響評価
 - 過去～現在の水資源の推定
- * 技術実証 (～2020)
* 本解析 (2020～)

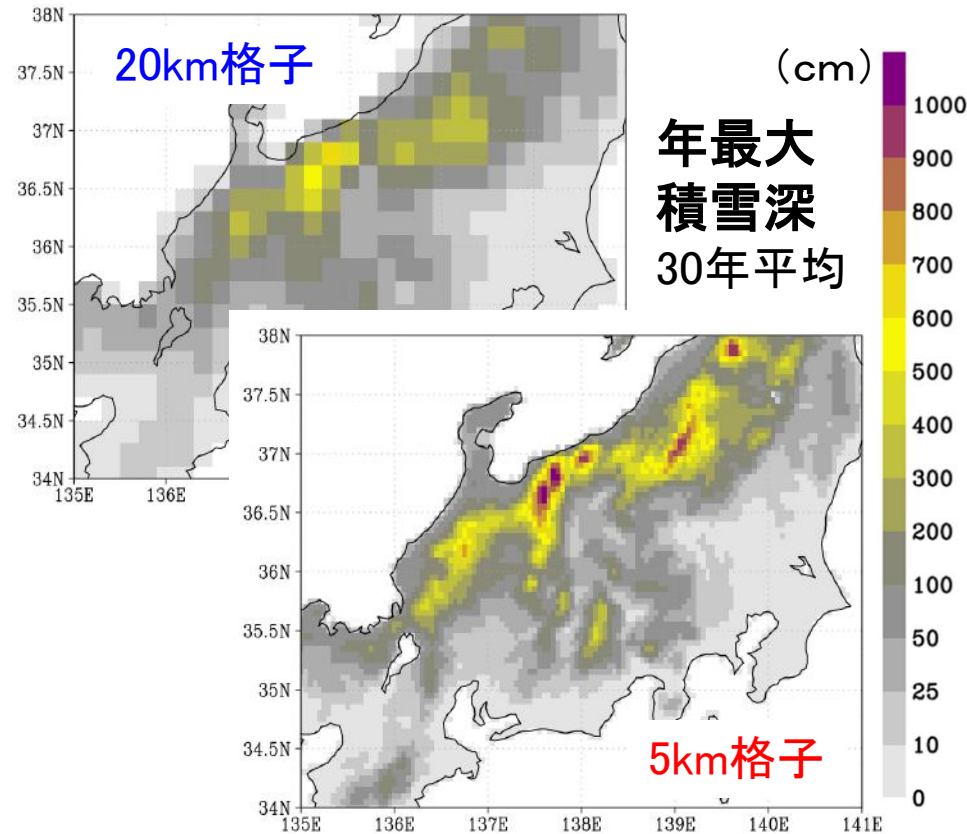
開発・推進

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻流体地球物理学講座気象学・大気力学分野
(岩崎グループ) (ポスト「京」重点課題の一部として技術実証研究を実施中)

参考資料等



領域気候モデルによる超高解像度ダウンスケーリング



- モデル自治体等を対象にダウンスケーリング手法を確立

- 確率情報を含む信頼度の高い地域気候予測データベースを創出

- 生態系、防災、水資源、農業への活用

(海洋研究開発機構、気象研、防災科研との共同研究)

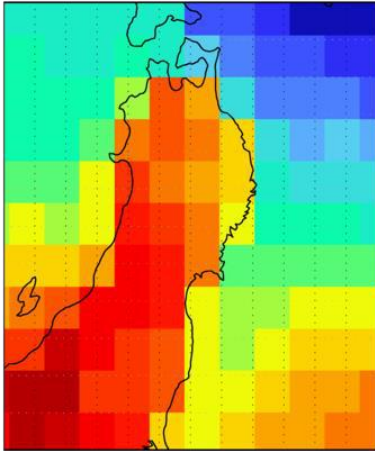
開発・推進

東北大学大学院理学研究科流体地球物理学講座気象学・大気力学分野（山崎グループ）

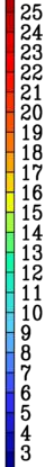
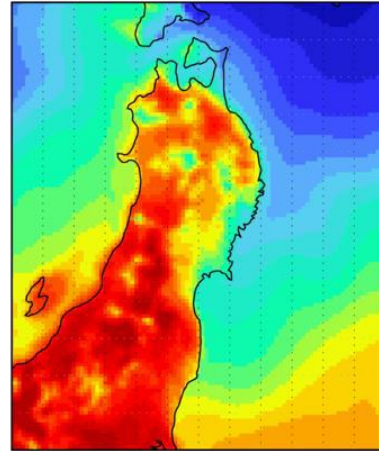
参考資料等

気温の高解像度化

Ts JRA55 (dx~55km)

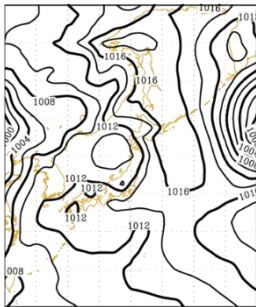


Ts メソ解析 (dx=5km)



- 最新の全球再解析（JRA55）でも、水平解像度は50km程度（2013年5月13日15JST）
- 地域スケールの現象を現実的な時空間変動度で再現するには、全球再解析データでは不可能で高解像度化が必要
- 開発された高解像度モデルでは極端な気温分布の再現に成功

Psea JRA55



開発・推進

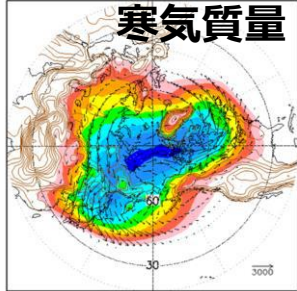
東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻流体地球物理学講座気象学・大気力学分野

参考資料等

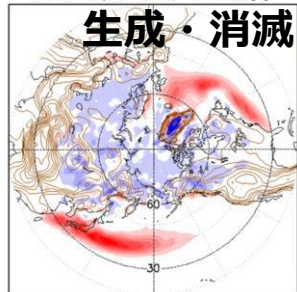
断熱保存量に基づく新しい温暖化指標の創出

(左) 寒気(温位<280K)の気候値
(下) 北半球寒気総量の経年変化

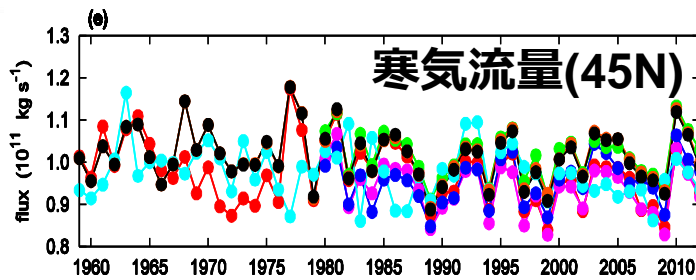
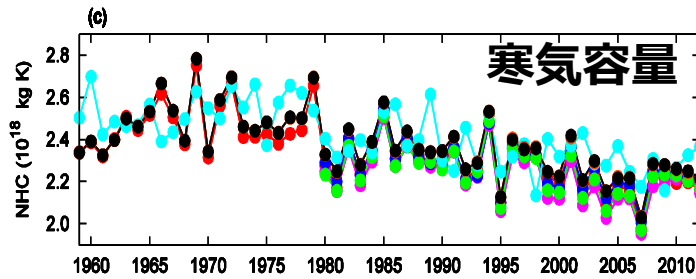
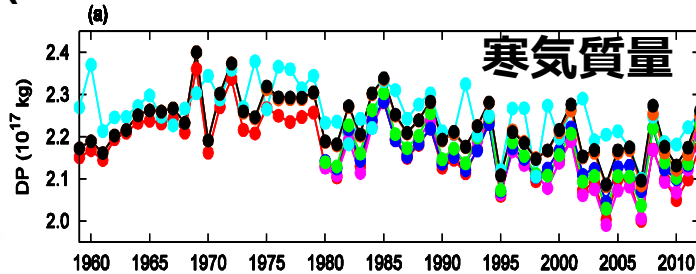
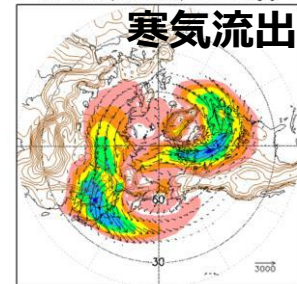
Cold air mass[hPa] & cold air flux[hPa·m/s]
JAN Climate(1981-2010) ● PT=280[K]



Cold air mass genesis/loss [hPa/day]
JAN Climate(1981-2010) ● PT=280[K]



Cold air mass flux intensity[hPa·m/s]
JAN Climate(1981-2010) ● PT=280[K]



全球再解析の比較

NCEP — 赤線
CFRSR — 紫線
JRA-25 — 青線
ERA-int. — 緑線

■ 中高緯度における冬季の気候診断のため、特定温位以下の寒気質量・寒気容量の生成・流出・消滅に関する、新しい解析手法を開発。

■ 異常気象の診断資料として、気象庁の気候解析にも活用。

http://www.data.jma.go.jp/gmd/extreme/kaigi/2017/0302_teirei/h28teirei.html

■ 極域の温暖化増幅機構の解明。

開発・推進

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻流体地球物理学講座気象学・大気力学分野

参考資料等

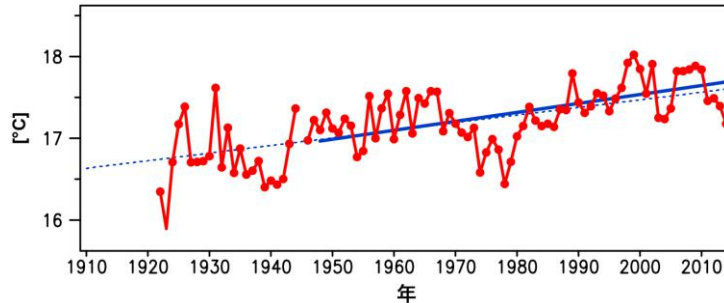
Iwasaki et al., 2014: J. Atmos. Sci., 71, 2230-2243. <http://dx.doi.org/10.1175/JAS-D-13-058.1>

Kanno et al., 2016: J. Geophys. Res. Atmos., 121, 20138-10152. <http://doi.org/10.1002/2015JD024635>



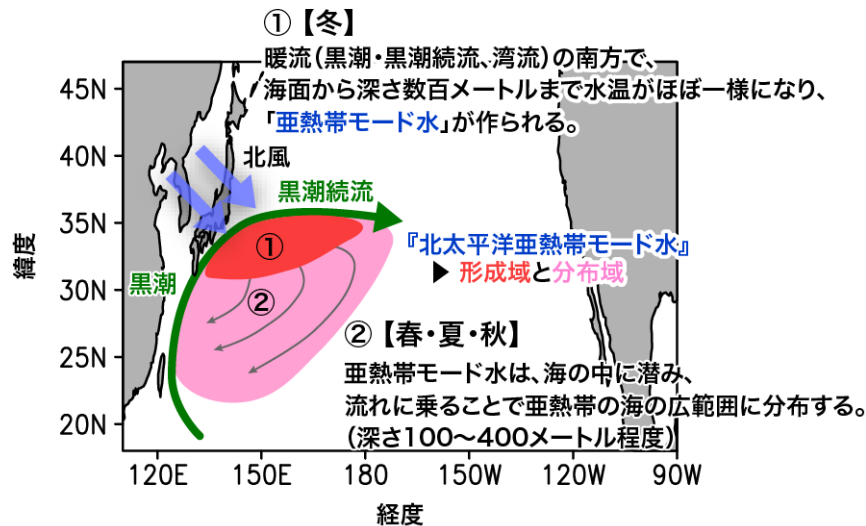
海水温の長期変動の研究

北太平洋亜熱帯の海水温変化（深さ100~400メートル程度）



北太平洋亜熱帯の海水温上昇率は世界平均の海面水温の上昇速度の2倍

- 長期間にわたる海洋観測データセットの整備
- 世界の海洋を構成する主要な水塊の形成・輸送過程と熱の再分配機能についての解析
- 海洋内部の水温の長期変動の実態把握とメカニズムの解明
- 海洋環境・海面水位の変動予測に貢献



開発・推進

東北大学 理学研究科地球物理学専攻 海洋物理学分野

参考資料等

Sugimoto, S., K. Hanawa, T. Watanabe, T. Suga and S. -P. Xie, Enhanced warming of the subtropical mode water in the North Pacific and North Atlantic, Nature Climate Change, DOI:10.1038/nclimate3371, 2017.

研究・実践集

応用研究	基礎研究結果、蓄積データを活用した社会実装
応用-1	自然生態系・農林水産業における温暖化影響予測
応用-2	環境・社会変化が作物生産性に与える影響評価
応用-3	家禽の安定生産のための温暖化対策新技術
応用-4	ヒートストレスを緩和する食品の開発
応用-5	地球温暖化による砂浜消失への適応
応用-6	地球温暖化による水災害への適応
応用-7	温暖化による水源貯水池の水質悪化と適応
応用-8	自然共生に多大な影響を与える河川環境（流木流出量）の発生メカニズムの解明

研究・実践集

応用-9	国土交通省 沿岸部における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会における活用（海浜への影響）
応用-10	環境省 地球温暖化「日本への影響」（平成26年3月）における報告
応用-11	福島県 「福島県の気候変動と影響の予測」における活用
応用-12	三重県 「三重県の気候変動の影響と適応のあり方について」へのデータ提供（平成28年3月）

自然生態系・農林水産業における温暖化影響予測

ある樹木を対象とした生態ニッチモデリングによる、地球温暖化後の分布予測範囲のイメージ図



- 生態ニッチモデリングによって、温暖化等の予測気候下における生物の分布を予測することができる。
- 分子系統地理学的なデータを利用して、生物の過去および未来の遺伝的空間構造を推定できる。
- これらのデータを利用し、農林水産業における地球温暖化後の適応策や、希少生物を対象とした保全対策の策定などに生かすことができる。

開発・推進

東北大学大学院農学研究科資源生物科学専攻植物生産科学講座生物共生科学分野（陶山グループ）

津村義彦，陶山佳久（編）（2015）地図でわかる樹木の種苗移動ガイドライン．176pp、文一総合出版、東京

参考資料等

岩崎貴也・阪口翔太・横山良太・高見泰興・大澤剛士・池田紘士・陶山佳久（2014）生物地理学とその関連分野における地理情報システム技術の基礎と応用．日本生態学会誌64：183-199

環境・社会変化が作物生産性に与える影響評価



- 過去データ解析による気候変動が作物生産に与えた影響の定量化
- シミュレーションモデルを用いた将来気候下における作物収量予測
- 日本や東南アジアを対象とした現地調査に基づく作物生産阻害要因の評価
- 耕種的な対応による緩和策の提示

温暖化に加えこのような現象がこれまでにあるいはこれから作物生産性に与える影響を評価する

開発・推進

東北大学大学院農学研究科資源生物科学専攻植物生産科学講座作物学分野（本間グループ）

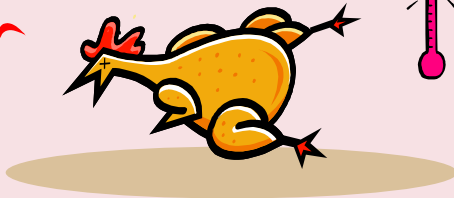
参考資料等

Homma, K. et al. (2014) Variability of rice production in monsoon Asia. *Open Agric. J.* 8, 28-34.
Hirooka, Y. et al., (2016) Evaluation of cultivation environment and management based on LAI measurement in farmers' paddy fields in Pursat province, Cambodia. *Field Crops Res.* 199, 150-155.

家禽の安定生産のための温暖化対策新技術

暑熱環境

夏季などの



- 暑熱下での家禽の安定的生産を効率的に制御する技術を開発
- 機能性飼料資材を創製し、質の高い動物生産の最適制御を可能
- 国境を越えた良質の安定的動物性タンパク質供給を実現

深刻な問題

- ・生産性の低下
- ・熱死の発生

→動物生産の効率化と高品質化は高い経済効果をもたらし、世界からの信頼をうける

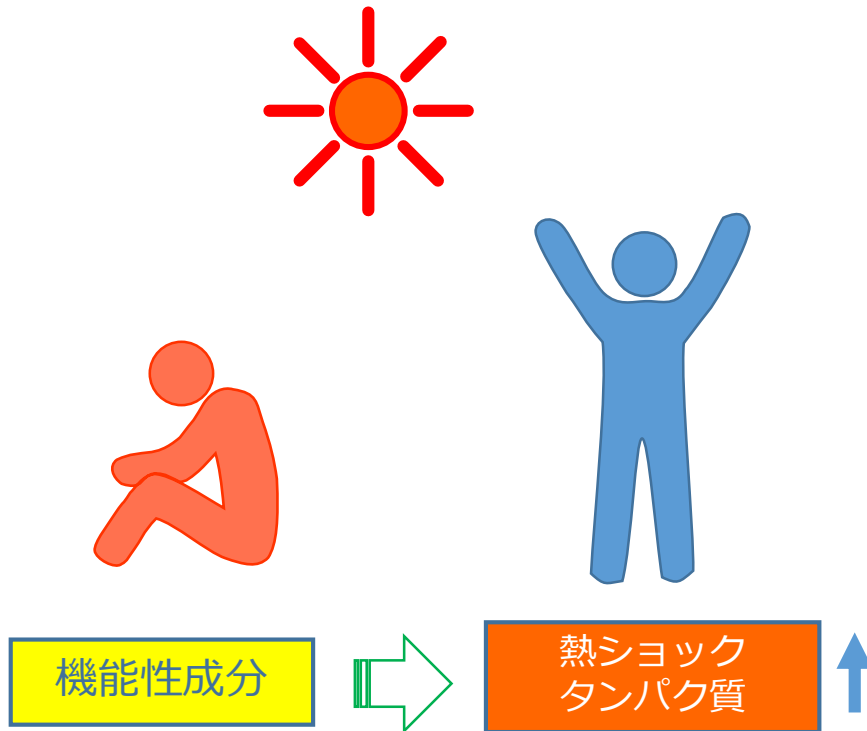
開発・推進

東北大学大学院農学研究科応用生命科学専攻動物機能科学講座動物栄養生化学（豊水・喜久里グループ）

参考資料等

Kikusato, M., Yoshida, H., Furukawa, K. and Toyomizu, M. Effect of heat stress-induced production of mitochondrial reactive oxygen species on NADPH oxidase and heme oxygenase-1 mRNA levels in avian muscle cells *The Journal of Thermal Biology* 52:8-13 (2015).
Mujahid, A., Akiba, Y. and Toyomizu, M., Olive oil-supplemented diet alleviates acute heat-stress induced mitochondrial ROS production in chicken skeletal muscle, *Am. J. Physiol.* 297: 690-698 (2009)

ヒートストレスを緩和する食品の開発



- 温暖化によるヒートストレスは炎症を誘発し、ヒトの活動を低下させるだけでなく、様々な疾病の原因となりうる
- 熱ショックタンパク質は抗炎症作用を発揮し、炎症のフィードフォワードループを阻害する
- 植物、発酵食品などから熱ショックタンパク質の発現を上昇させる成分をスクリーニングし、食品へ応用する
- ヒートストレスだけでなく、他のストレス（災害時ストレスなど）誘導炎症の抑制への応用を展開する

開発・推進

東北大学大学院農学研究科作物産業創成科学専攻食品機能健康科学講座栄養学分野
 (白川グループ)

参考資料等

Giriwono PE, *et al.* Dietary supplementation of geranylgeraniol suppresses lipopolysaccharide-induced inflammation via the inhibition of NF- κ B activation in rats. *Eur. J. Nutr.*, 2013, **52**, 1191-1199.

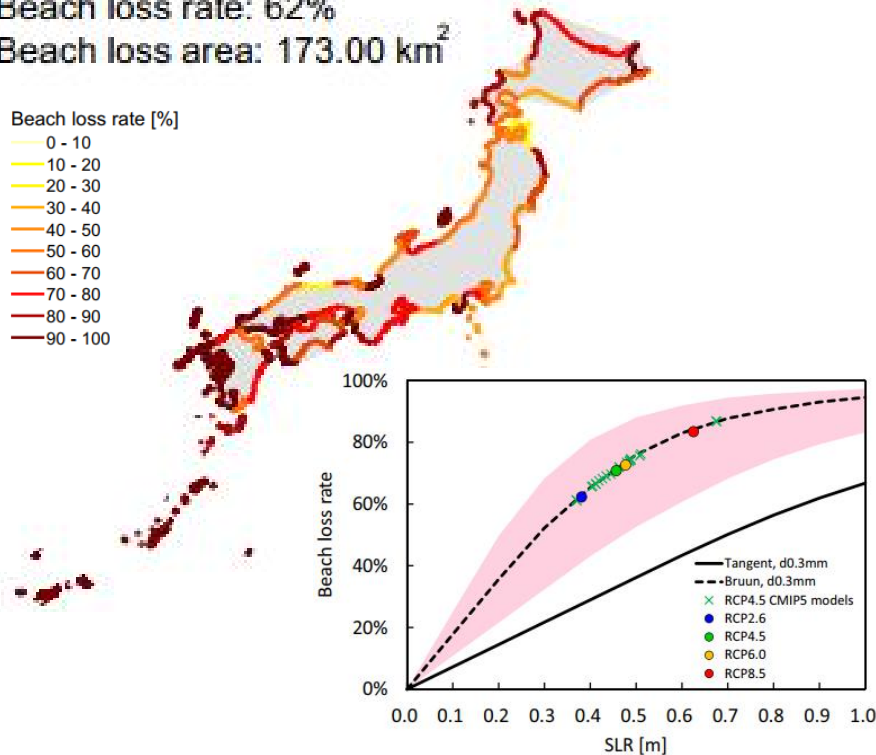
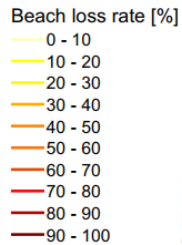


地球温暖化による砂浜消失への適応

RCP2.6

Beach loss rate: 62%

Beach loss area: 173.00 km²



(左上) 将来 (2081-2100年) の砂浜消失予測結果の例
 (右下) 海面上昇に対する砂浜消失被害関数

- 海面上昇による将来の砂浜消失推定モデルの構築
- 全国の砂浜消失の将来予測 (左上図)
- 砂浜の防災・環境・利用における価値を考慮した経済評価手法の開発
- 適応策オプションの提示

海面上昇に対する砂浜消失被害関数 (右下図) の構築
 →タイ・スリランカ等のアジア各国においても同様に被害関数を構築し国際比較を行う。
 →各国の実情に応じた適応策の検討を行う。

開発・推進

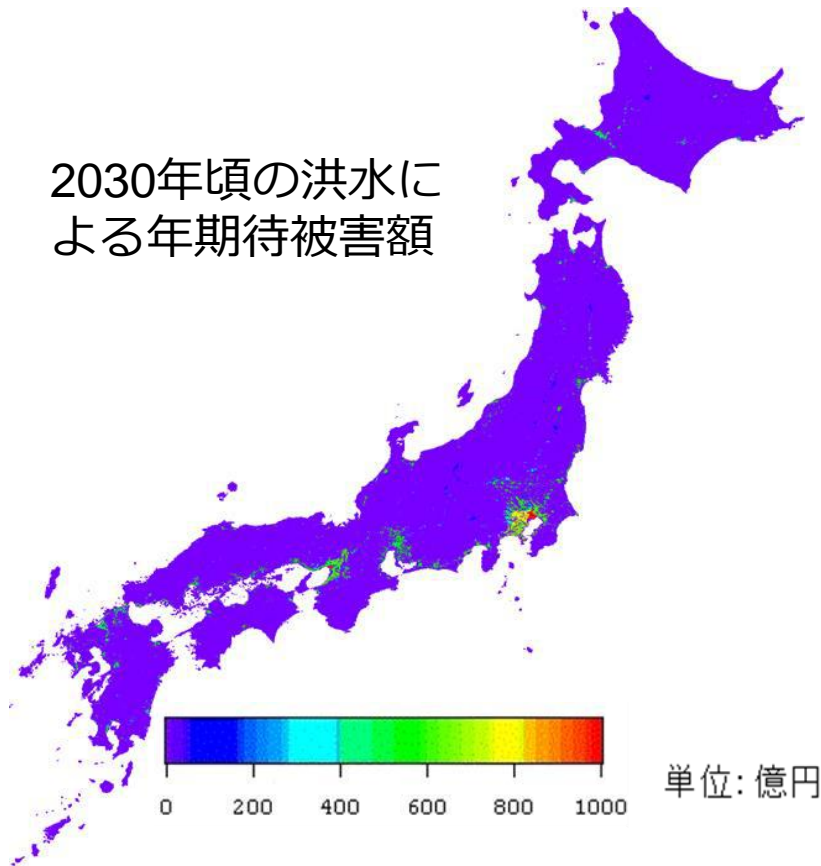
東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門災害ポテンシャル研究分野 (有働グループ)

参考資料等

Udo, K. and Y. Takeda (2017): Projections of future beach loss in Japan due to sea-level rise and uncertainties in projected beach loss, Coastal Engineering Journal. (online ready)

地球温暖化による水災害への適応

2030年頃の洪水による年期待被害額



- 豪雨による将来の水災害被害推定モデルの構築
 - 将来全国被害分布図の作成
 - 俯瞰的に見た対策, 投資の効率化, 対策重点地域の選定に利用
- 土砂, 高潮, 濁水などの被害評価への適用. 本モデルの多様な利用

経済モデルとの併用

環境影響評価への利用

森林・生態系への影響評価

水質, 水資源への影響評価

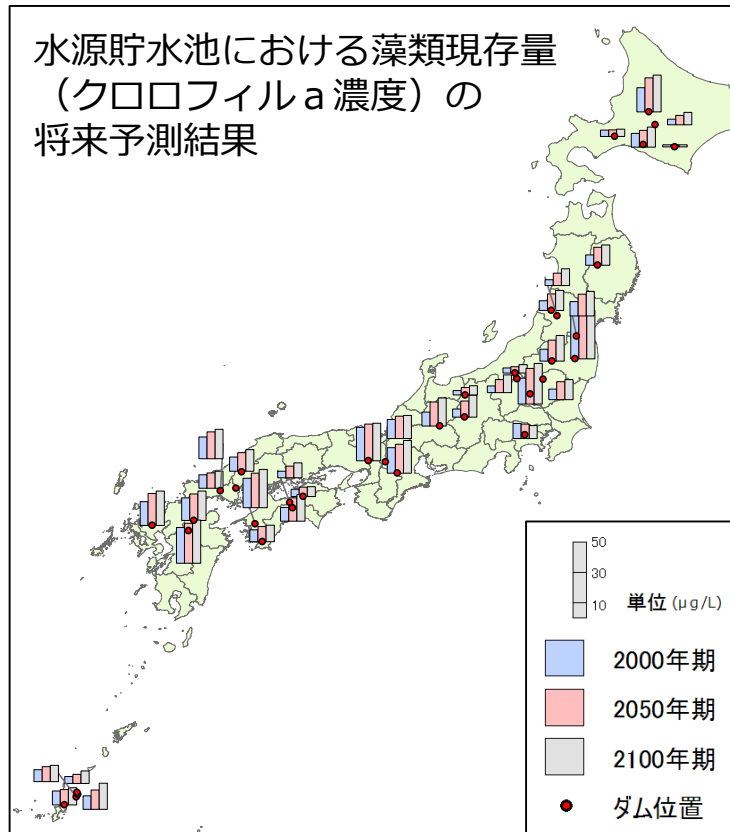
開発・推進

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境学講座水環境システム学研究室（風間グループ）

参考資料等

S. Tezuka, H. Takiguchi, S. Kazama, A. Sato, S. Kawagoe, R. Sarukkalgige (2014), Estimation of the effects of climate change on flood-triggered economic losses in Japan, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol.9, pp.58-67.

温暖化による水源貯水池の水質悪化と適応



- 水道水源の約半分を占めるダム貯水池で、富栄養化現象による水質悪化の懸念。
- 気温上昇等による将来の水質悪化の可能性を、全国的な貯水池を対象に評価。
- 適応策として、水質の湖内対策の効果を評価。

開発・推進

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境学講座環境水理学研究室（梅田グループ）

参考資料等

梅田信・桑原亮, 将来の環境変化が国内のダム湖水質に与える影響の予測, 土木学会論文集G (環境) 71(5), I_127-I_134, 2015,



自然共生に多大な影響を与える 河川環境（流木流出量）の発生メカニズムの解明

▶ 主な流木の発生源 芳賀ら (2006)



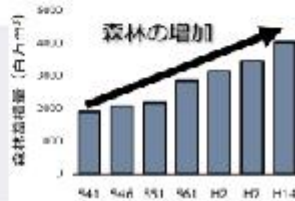
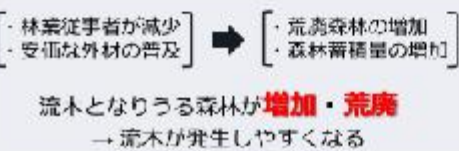
→ 長所 Montgomery et al (1996) Gregory et al (2003)

- ・有機物 / 土砂 / 栄養塩の貯留
- ・集合状態の流木群による河川内生息場所の提供
- ・砂礫堆や泥濘原に堆積し河川植生の種多様性に貢献

→ 短所 牧ら (2007)

- ・流下過程の衝突による河川構造物の損傷
- ・堰止めによる洪水氾濫被害
- ・ダム取水障害
- ・養殖用生質/定置網の損傷

▶ 日本の森林の現状 今井 (2006)



2016年東北豪雨による流木被害状況
写真左 沢における流木発生状況
写真右 沢上流における土砂ダム

- 全国のダムデータ（1103箇所）および2016年東北豪雨で甚大な被害が生じた岩手県小本川を対象に、地質・植生・水文などの素因から想定しうる最大流木発生量の推定式を開発。
- 河川における流木発生ポテンシャルを把握することに活用でき、自然共生と防災のための流域総合治水への発展。
- 近年の気候変動に伴う台風の大型化や局地的な豪雨の頻発など、将来予測研究への応用。

開発・推進

東北大学大学院環境科学研究科先端環境創成学専攻太陽地球システム・エネルギー学講座水資源システム学分野（小森グループ）

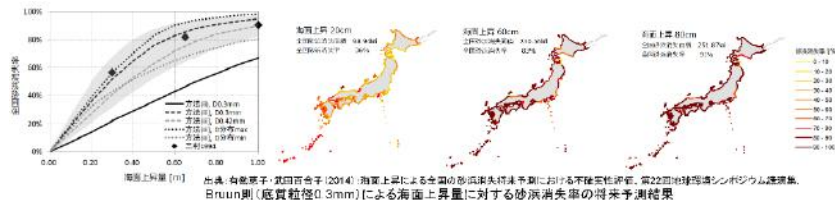
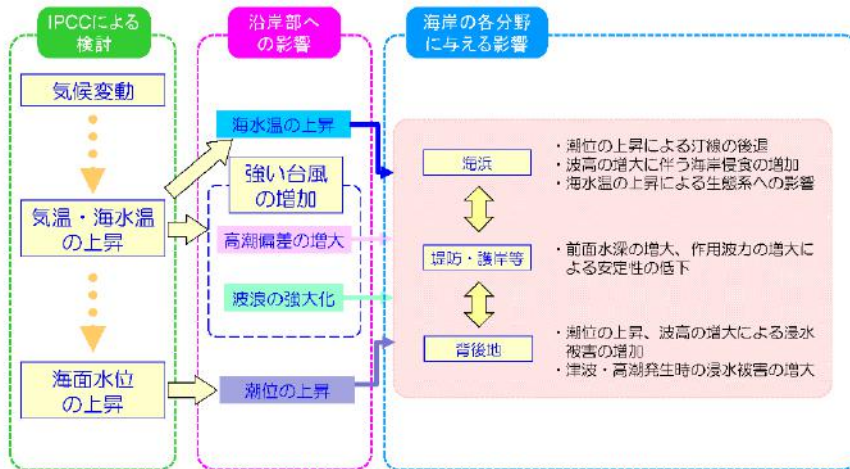
参考資料等

日本全国のダム貯水池における流木流出量の統計解析. 助川友斗, 小森大輔. 土木学会論文集G (環境), 73(5), 55-62, 2017

国土交通省 沿岸部における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会における活用（海浜への影響）

気候変動と海岸分野の関連

IPCC第5次評価報告書における検討結果を踏まえ、気候変動による海岸の各分野への影響を検討する。



- 国土交通省の海岸分野における影響についての検討委員会（平成26年11月28日）資料にて、将来予測結果が活用されている。
- 同委員会で検討している海浜（砂浜と生態系）、海岸堤防・護岸等、背後地への影響のうち砂浜への影響の検討において、海面上昇量に対する砂浜消失率の将来予測結果が参考として提示された。

開発・推進

東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門災害ポテンシャル研究分野（有働グループ）

参考資料等

国土交通省 第2回沿岸部（海岸）における気候変動の影響及び適応の方向性検討委員会 海岸分野における影響について（平成26年11月28日）



環境省 地球温暖化「日本への影響」 (平成26年3月) における報告



- 環境省環境研究総合推進費戦略研究開発領域 S-8温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究において、将来予測結果が報告されている。
- 同研究推進費に基づき、12のサブ課題が分担し推進している。
- サブ課題「沿岸・防災リスクの推定と全国リスクマップ開発」において、砂浜消失率の将来予測結果が参考として提示された。

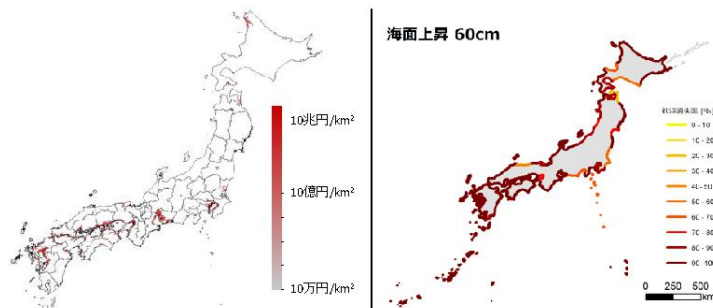


図1(4)-2 (左)海面上昇60cmのときの高潮被害額と(右)2100年頃の砂浜消失率

開発・推進

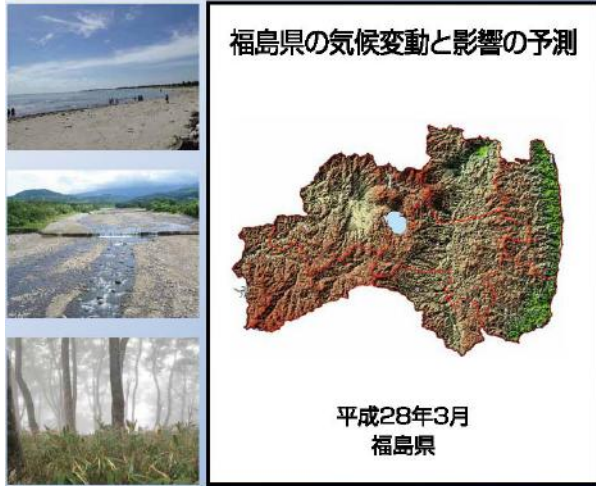
東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門災害ポテンシャル研究分野 (有働グループ)

参考資料等

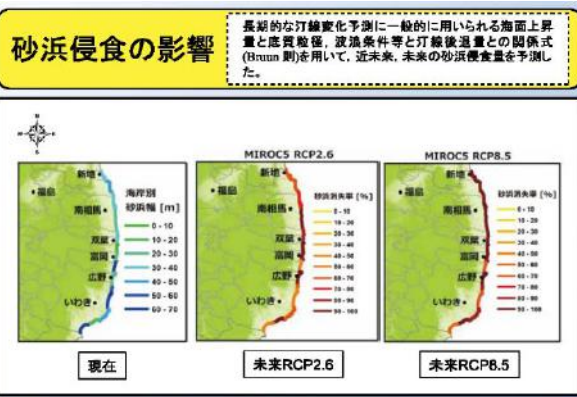
環境省環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域 S-8 温暖化影響評価・適応制作に関する総合的研究 2014報告書 (平成26年3月)

福島県 用

「福島県の気候変動と影響の予測」における活



- 福島県では、県の特性を踏まえ、より詳細な気候変動及び影響の予測を報告した。
- 同報告は、環境、農作物、植物等の15項目への影響予測結果をとりまとめた。
- その15項目の中の「砂浜侵食の影響」項目において、予測結果が提示された。



開発・推進

東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門災害ポテンシャル研究分野（有働グループ）

参考資料等

福島県の気候変動と影響の予測（平成28年3月 福島県）



三重県 「三重県の気候変動の影響と適応のあり方について」へのデータ提供（平成28年3月）

報告書

三重県の気候変動影響と適応のあり方について

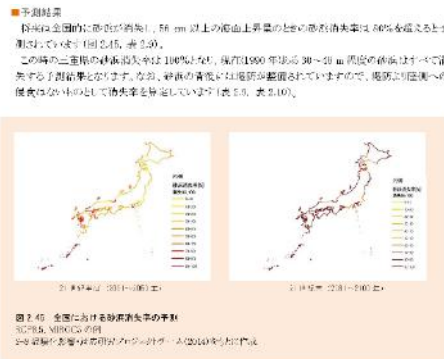


表2.0 三重県における海抜消失率の予測

海抜区分	RCP2.6			
	2010-2025年	2026-2100年	2010-2100年	2026-2100年
陸域消失率(%)	33	40	24	100
陸域消失面積(㎡)	17	42	20	50
陸域消失割合(%)	13	41	20	100
陸域消失割合(%)	17	47	20	55
陸域消失割合(%)	33	46	20	52
陸域消失割合(%)	44	42	21	50

海抜区分	RCP2.6		RCP4.5	
	2010-2100年	2026-2100年	2010-2100年	2026-2100年
三重県・伊勢湾	25	50	20	100
伊勢湾	14	21	20	56
陸域消失率(%)	25	50	20	100
陸域消失面積(㎡)	1.1	41	20	55
陸域消失割合(%)	26	51	20	90
陸域消失割合(%)	44	42	21	56

海抜区分	RCP2.6		RCP4.5	
	2010-2100年	2026-2100年	2010-2100年	2026-2100年
三重県・伊勢湾	20	70	12	100
伊勢湾	18	22	22	52
陸域消失率(%)	20	69	12	100
陸域消失面積(㎡)	20	36	22	52
陸域消失割合(%)	26	62	12	92
陸域消失割合(%)	41	38	21	59

東北大学災害科学国際研究所 危機・防災学部の気候変動予測センター作成

- 三重県では、気候変動による影響と適応の考え方や進め方、県の適応策の基本的な方向性についてまとめた報告書を作成した。
- 同報告は、気候の変化と将来予測、気候変動影響の現在の状況と将来予測、気候変動影響の適応の在り方について多岐にわたって報告されている。
- その中の「三重県における影響予測情報 砂浜消失率」のためのデータ・資料提供を行った。

開発・推進

東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門災害ポテンシャル研究分野（有働グループ）

参考資料等

報告書 三重県の気候変動影響と適応のあり方について（平成28年3月 三重県）