

水・大気環境連携セミナー(2023/10/31)



# 反応性窒素の大気沈着量評価と その問題点

松田和秀

東京農工大学農学部

附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター

[Bay Basics](#)[Maryland's Bay  
Cleanup Plan](#)[Bay News](#)[Resources](#)[Tools](#)[Local Partners](#)[Chesapeake Cleanup  
Center Home](#)[Progress and Reports](#)

## The Story of Chesapeake Bay

- Excess Nutrients are Harming the Chesapeake Bay
- Humans are Responsible for Polluting the Bay
- Maryland as a Leader in Chesapeake Bay Restoration

### Excess Nutrients are Harming the Chesapeake Bay

#### Our Bay is Polluted

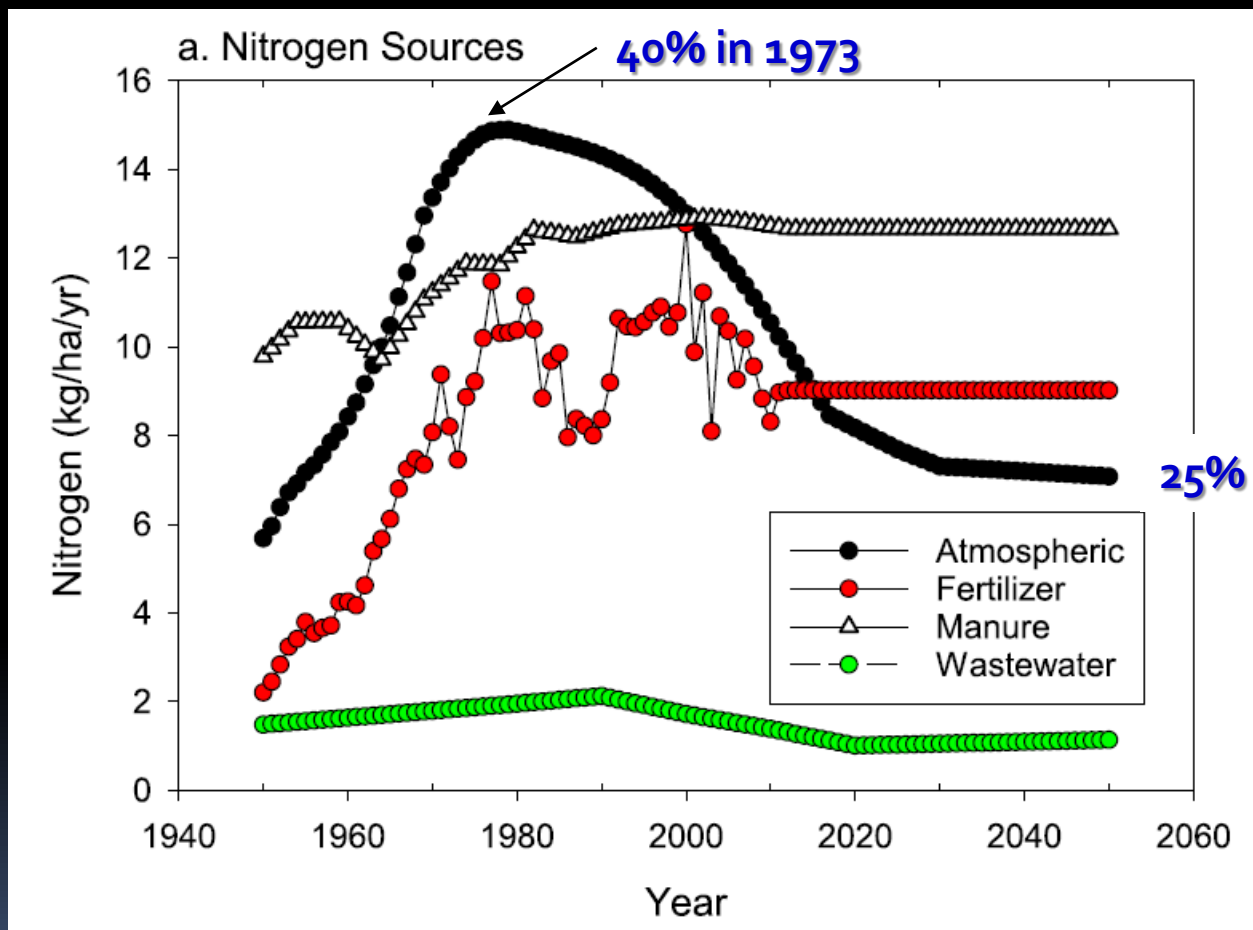
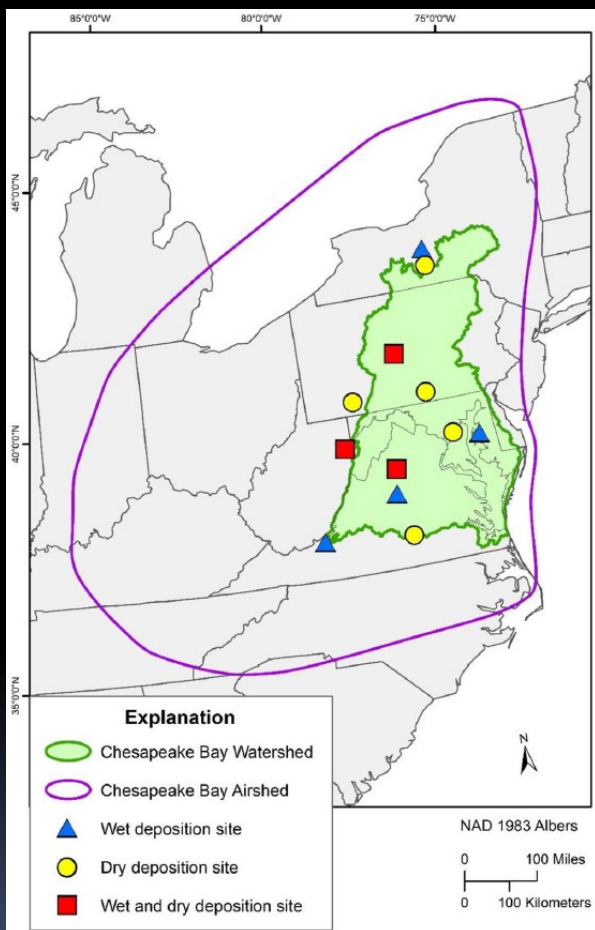
Excess nutrient pollution is the leading cause of the decline and degradation of the Chesapeake Bay and its tributaries. Water quality had been in decline since the 1950s and was taking a turn for the worse; by the 1970s the Chesapeake was at a tipping point where aquatic life was rapidly disappearing from the Bay's waters.

#### Scientific Study Determines the Cause



Water quality had been in decline **since the 1950s** and was taking a turn for the worse; **by the 1970s** the Chesapeake was at a tipping point where **aquatic life was rapidly disappearing** from the Bay's waters.

# チェサピーク湾流域における主要N発生源の負荷量の推移



# 窒素沈着の主要物質 “Major N-deposition Species”

- 湿性沈着:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$
  - 乾性沈着: gas  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_3$   
particle  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$
- 酸化態N沈着量      還元態N沈着量

## 窒素沈着の影響 “Impacts of N deposition”

- 植物による $\text{CO}_2$ 吸収量増加
- バイオマスの増加 など
- 特定種への毒性(乾性沈着)
- 酸性化および富栄養化
- 生物多様性の減少

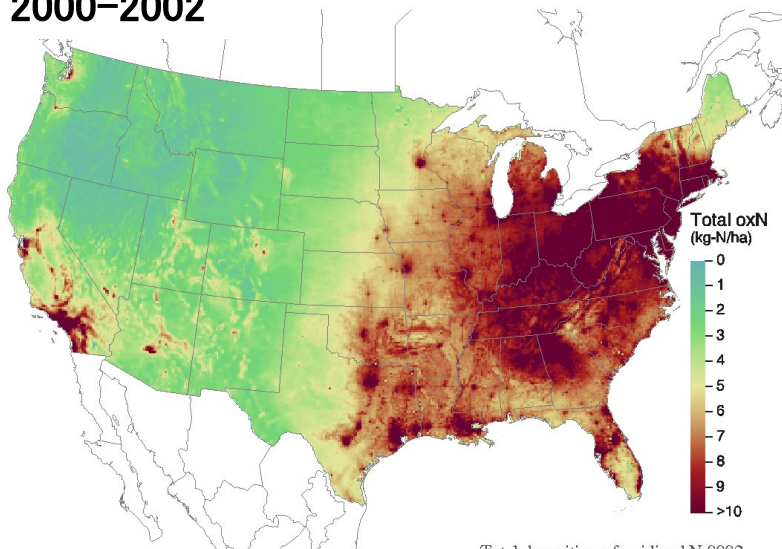
Critical level



# 酸化態N沈着量

# 還元態N沈着量

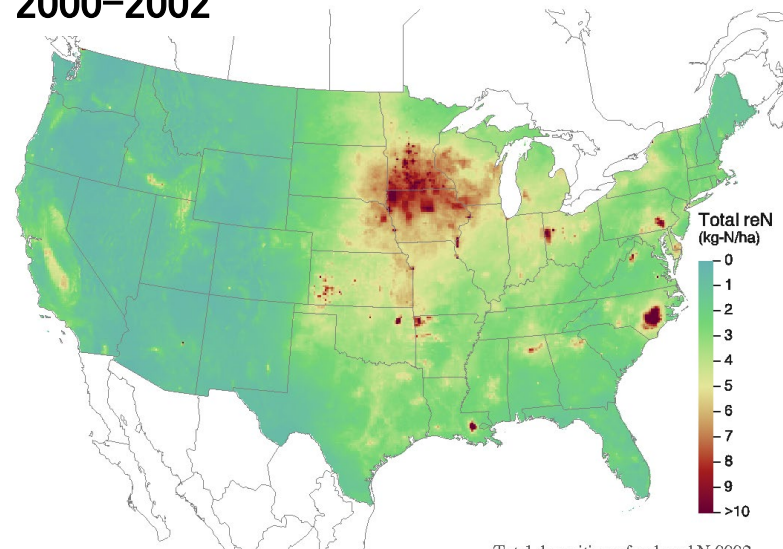
2000-2002



Total deposition of oxidized N 0002  
USEPA 02/19/19

Source: CASTNET/CMAQ/NADP

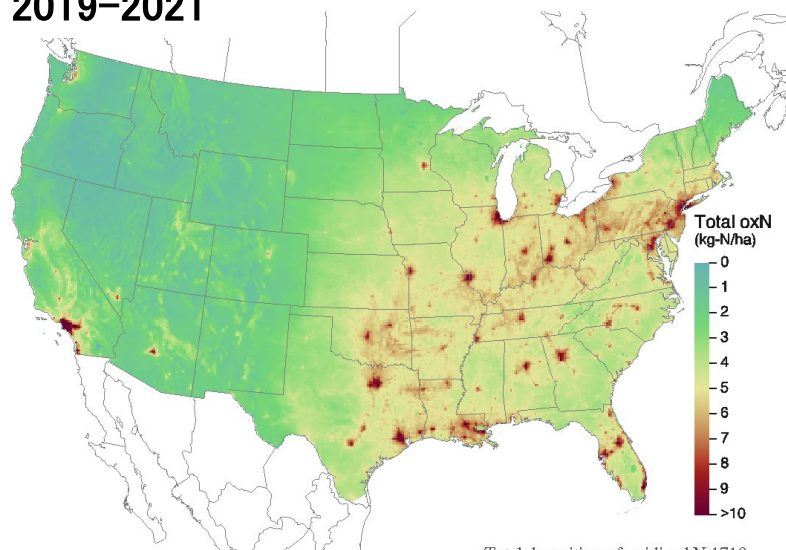
2000-2002



Total deposition of reduced N 0002  
USEPA 02/19/19

Source: CASTNET/CMAQ/NADP

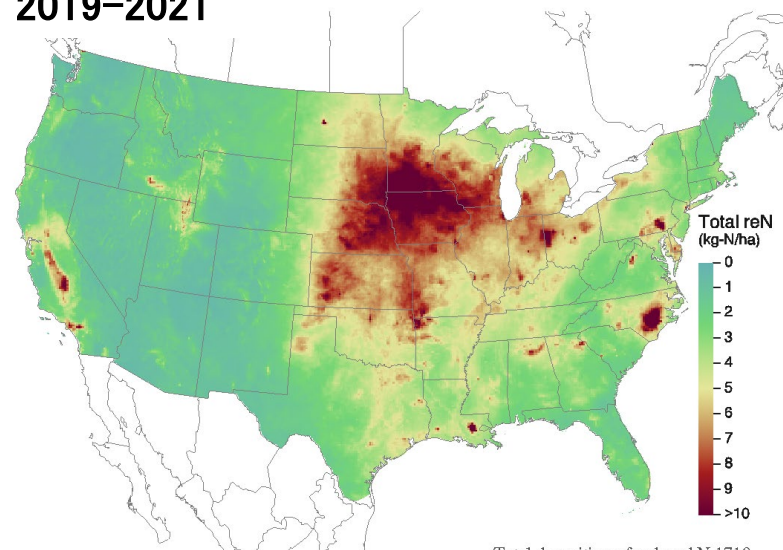
2019-2021



Total deposition of oxidized N 1719  
USEPA 11/20/20

Source: CASTNET/CMAQ/NADP

2019-2021



Total deposition of reduced N 1719  
USEPA 11/20/20

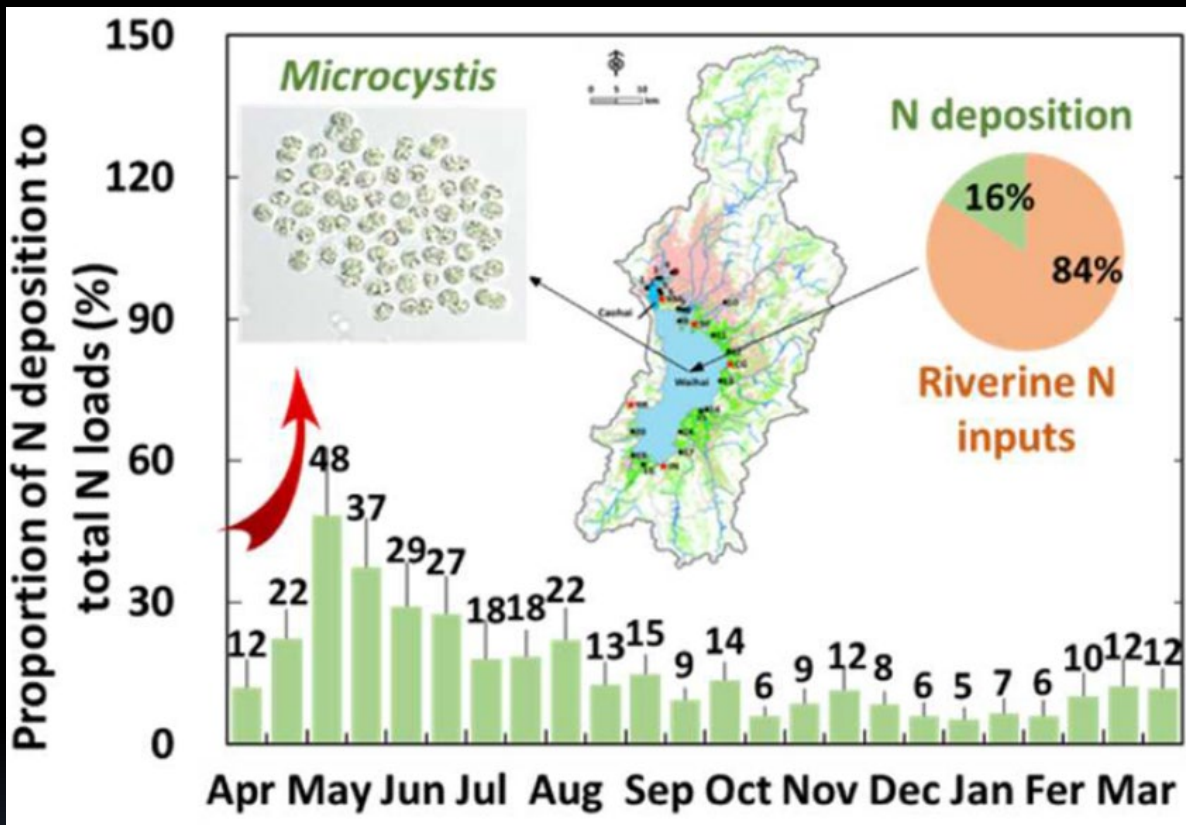
Source: CASTNET/CMAQ/NADP

# 中国雲南省Lake Dianchi(富榮養湖)における反応性窒素の大気沈着の影響

Xiaoying Zhang et al. (2017)



Lake Dianchi (Wikipedia)



2010~2011年平均

Our observations reveal that **reduced N (59%)** contributes a greater amount than oxidized N to total N deposition, reaching **56–83% from late spring to summer**. Progress toward mitigating eutrophication in Lake Dianchi and other bloom-impacted eutrophic lakes will be difficult without **reductions in ammonia emissions** and subsequent N deposition.



# 大気沈着測定局 (例: EANET 蟠竜湖)



ガス・粒子捕集装置

気象計

乾性沈着モニタリング



降水捕集装置

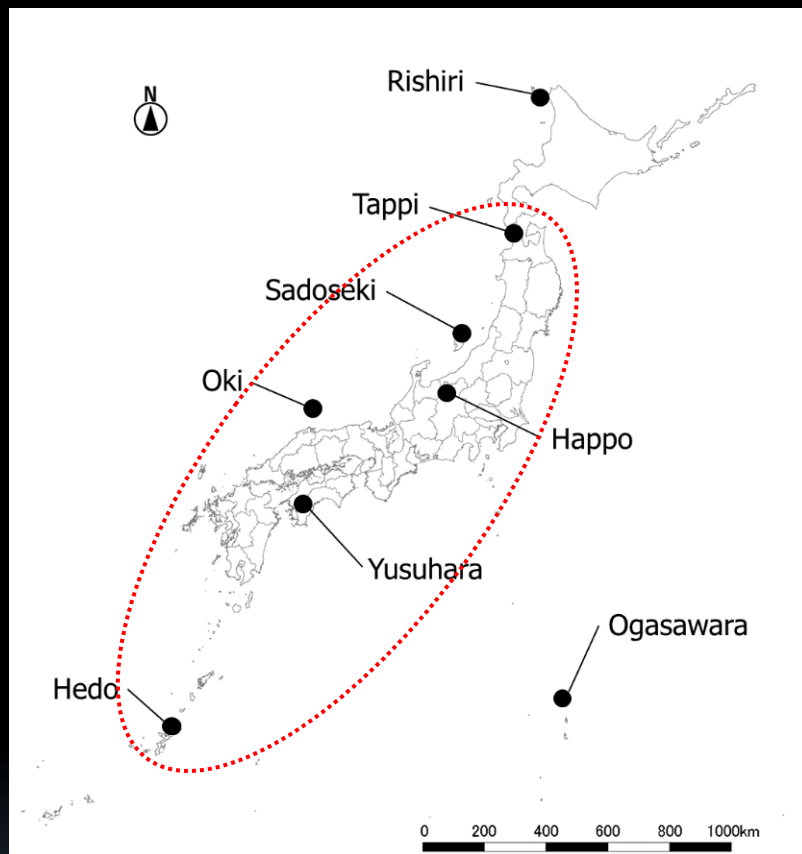
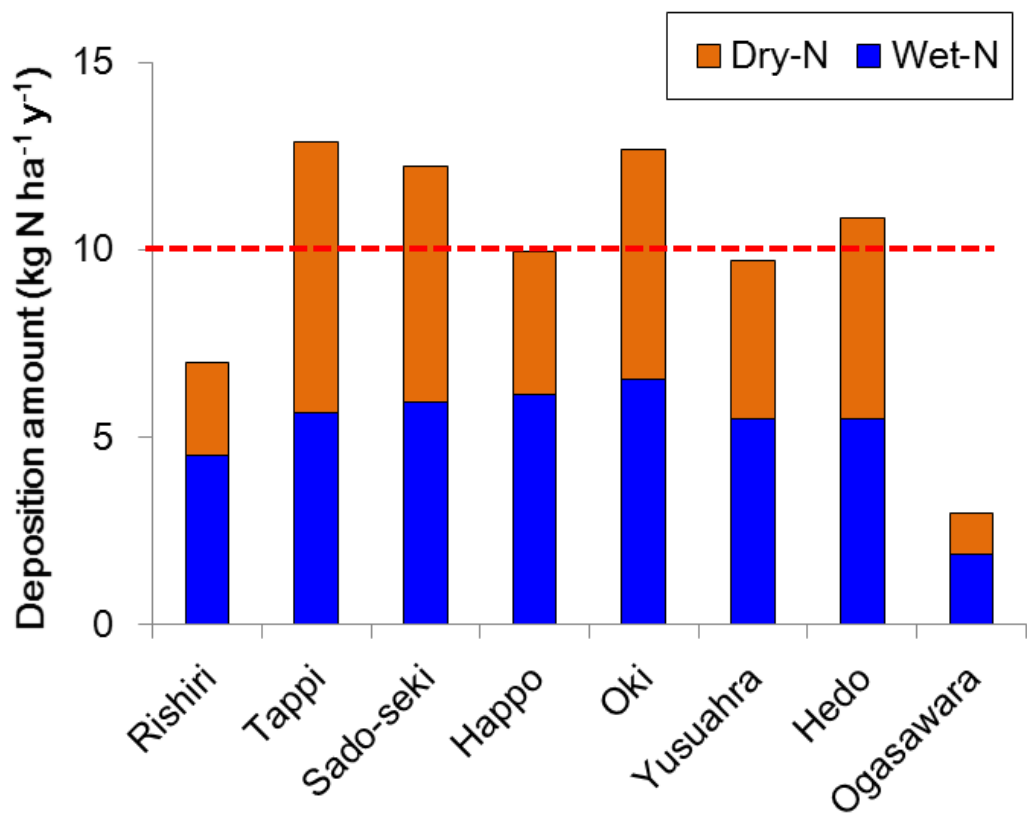
雨量計

湿性沈着モニタリング

$V_d$ 推計モデルに沈着面情報、気象データ等の影響因子を入力して算出

$$\text{乾性沈着量}(F_i) = \text{濃度}(C_i) \times \text{沈着速度}(V_{d,i})$$

# 日本の遠隔域における窒素沈着量(2003~2012年平均)



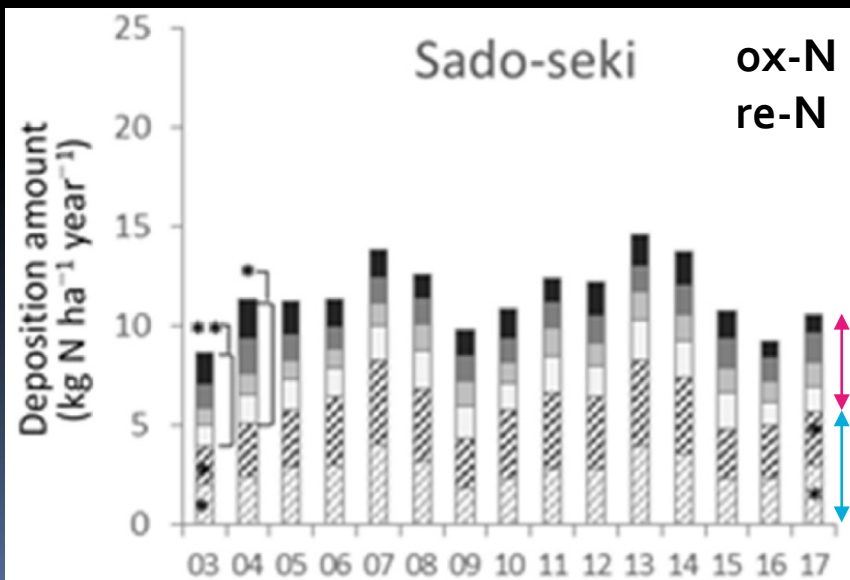
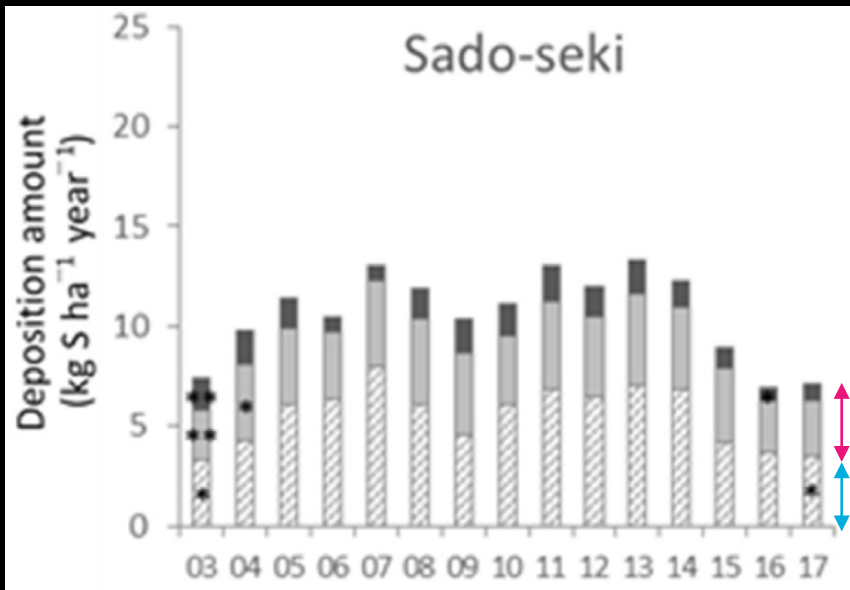
Ban et al., Atmos. Environ. (2016)

“We used **10 kg N/ha/year** as a tentative threshold for N deposition effects, based on empirical critical load studies from Europe.”

Bleeker et al., Environmental Pollution 159 (2011) 2280-2288

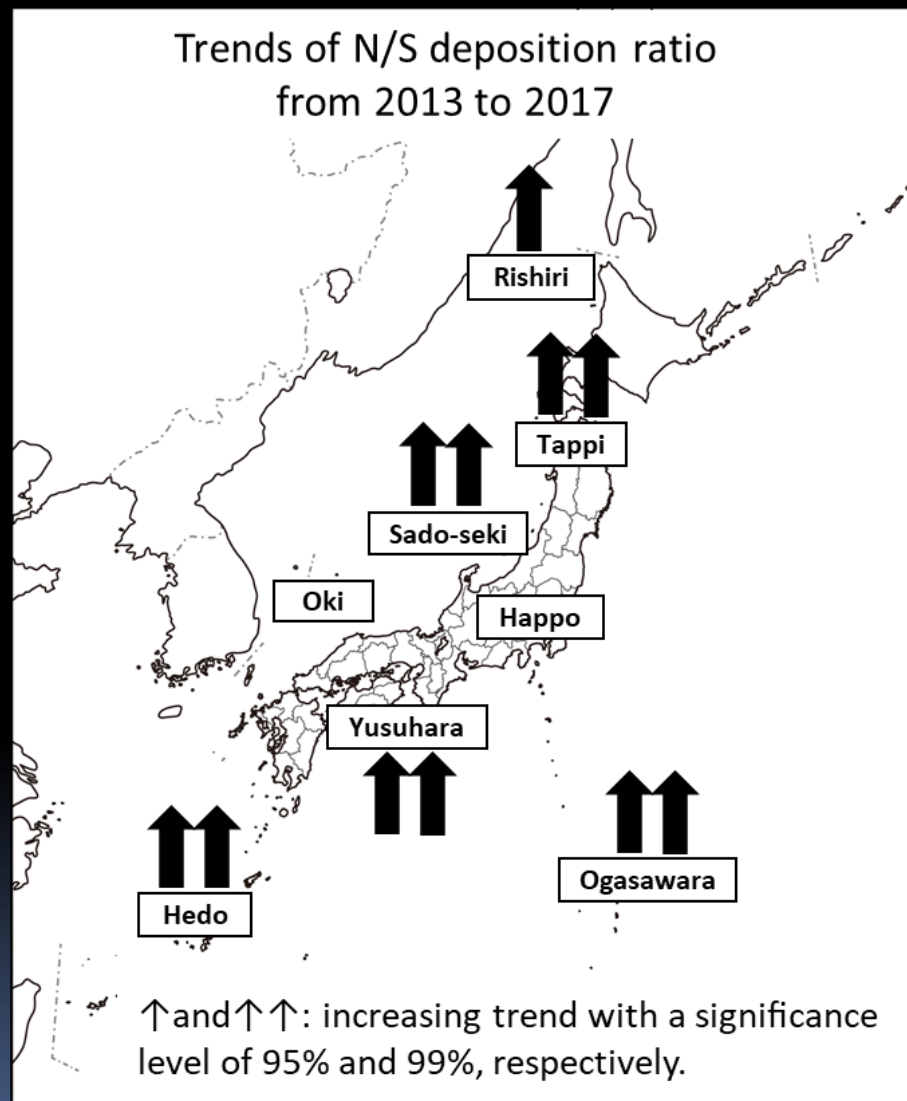


# 窒素沈着量のトレンド(2003~2017年)

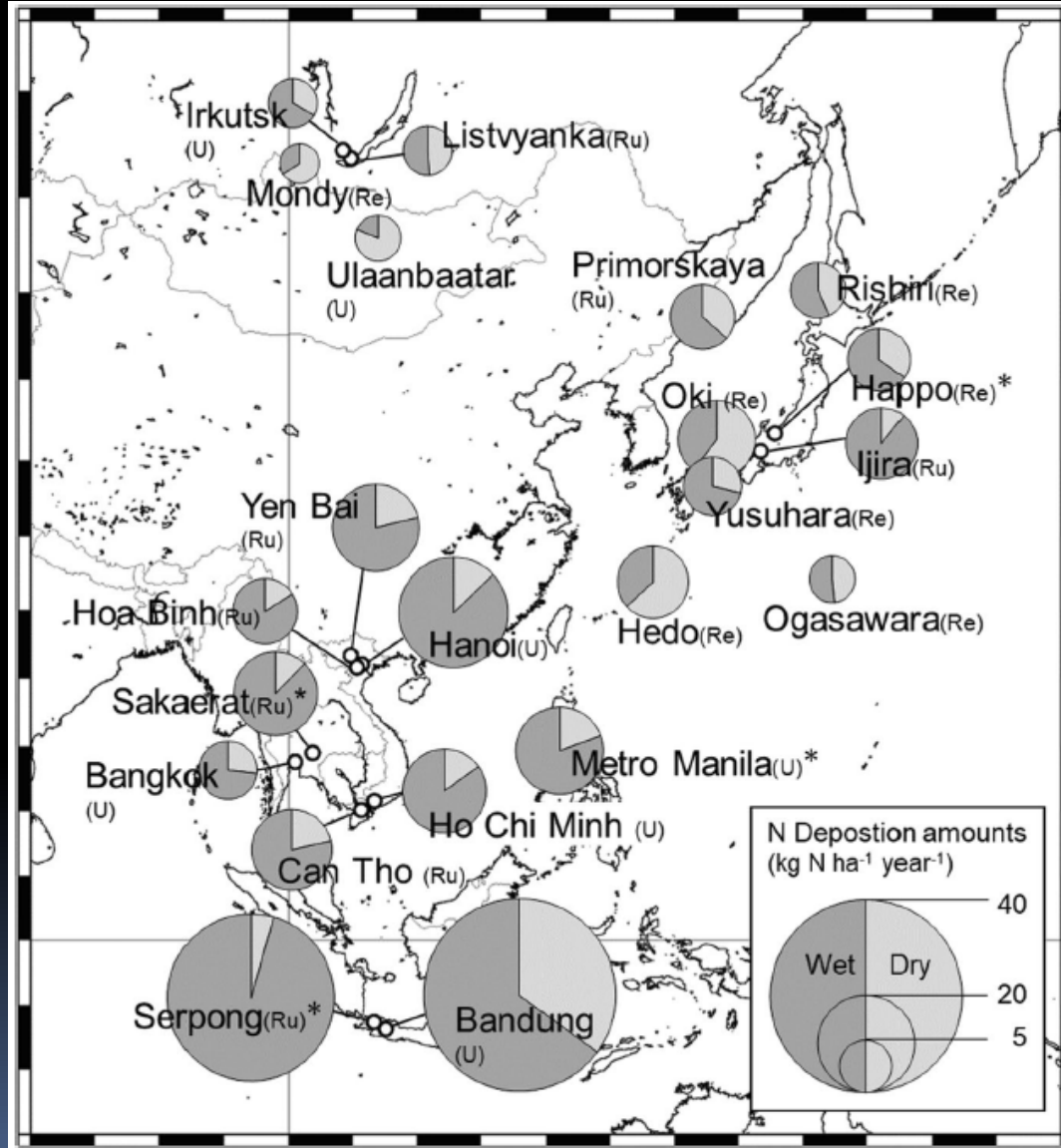


g p w

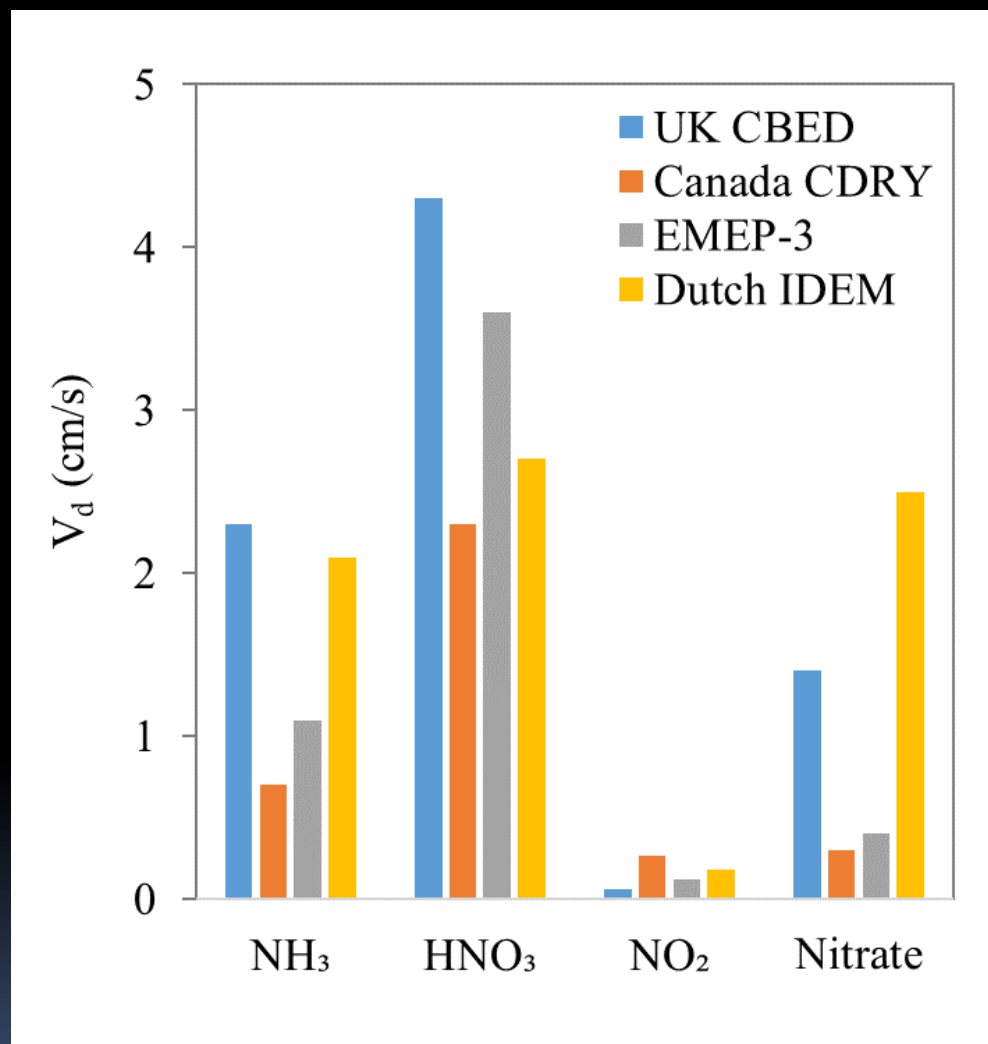
g p w



# EANET局における窒素沈着量の推計(2019年)



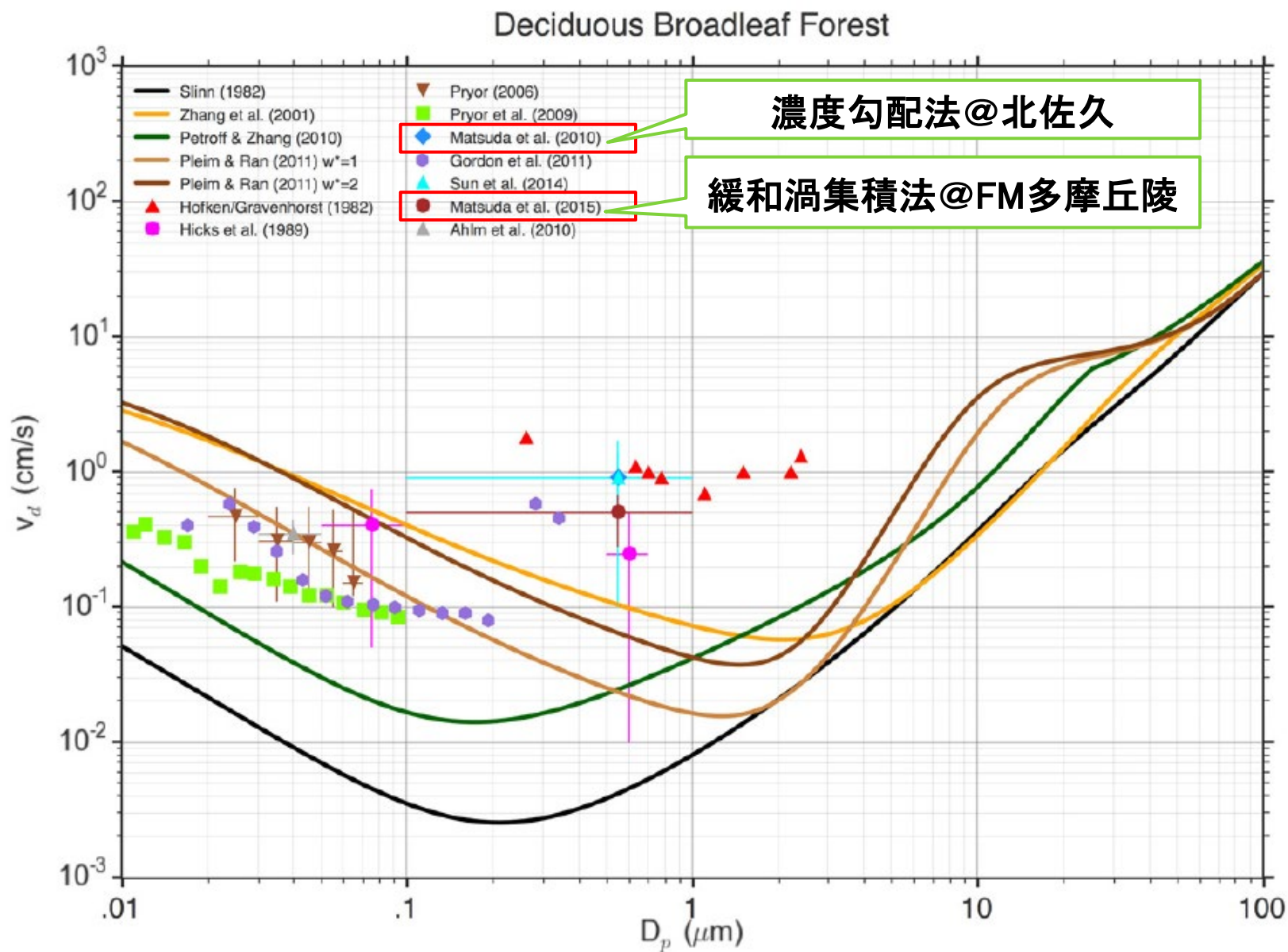
# 乾性沈着における沈着速度の不確実性



森林を対象とした沈着速度 ( $V_d$ ) 計算値のモデル間比較結果  
Flechard et al. (2011)より作成

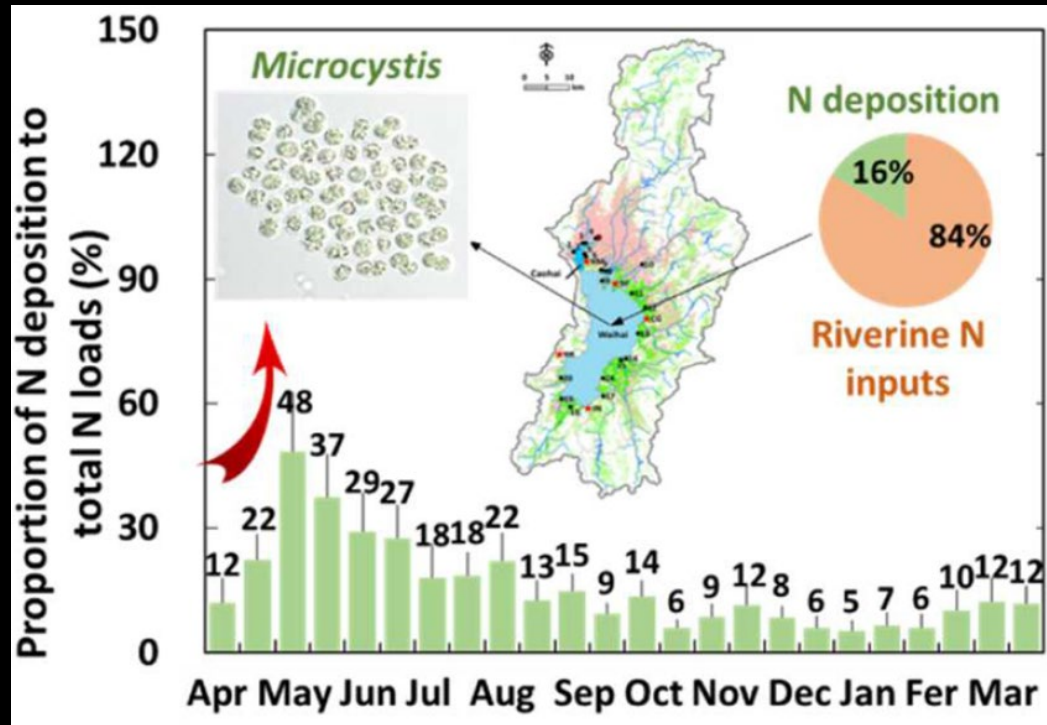
# The particle dry deposition component of total deposition from air quality models: right, wrong or uncertain? Tellus B (2019)

R.D. Saylor, B.D. Baker, P. Lee, D. Tong, L. Pan, and B.B. Hicks





# 中国雲南省Lake DianchiにおけるN沈着量推計



## 乾性沈着量推計方法

- 湖面への沈着量を推計
- 沈着速度：Wesely (1989), Slinn (1982)
- パッシブサンプラー：2週間
- ハイボリュームサンプラー：24時間／週

# 沈着モデルの検証

観測

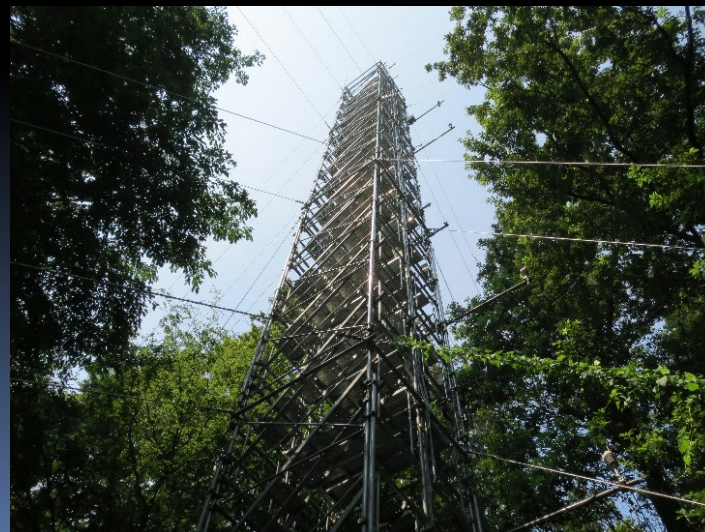
フラックス

濃度

モデル

$$\frac{\text{フラックス}}{\text{濃度}} = V_d = \frac{1}{R_a + R_b + R_c}$$

考慮されていないプロセスの発見、モデルの精緻化



- ・半揮発性粒子の乾性沈着プロセス
- ・NH<sub>3</sub>双方向交換メカニズムなど

# IPCC WG1 (科学的根拠)

報告書	公表年	人間活動が及ぼす温暖化への影響についての評価
第1次報告書 First Assessment Report 1990(FAR)	 1990年	「気温上昇を生じさせるだろう」 人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
第2次報告書 Second Assessment Report: Climate Change 1995(SAR)	 1995年	「影響が全地球の気候に表れている」 識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
第3次報告書 Third Assessment Report: Climate Change 2001(TAR)	 2001年	「可能性が高い」(66%以上) 過去50年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった <u>可能性が高い</u> 。
第4次報告書 Forth Assessment Report: Climate Change 2007(AR4)	 2007年	「可能性が非常に高い」(90%以上) 温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加による <u>可能性が非常に高い</u> 。
第5次報告書 Fifth Assessment Report: Climate Change 2013(AR5)	 2013~ 14年	「可能性が極めて高い」(95%以上) 温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化の主要因は、人間の影響の <u>可能性が極めて高い</u> 。

環境省(2014年)

第6次報告書

2021年 人間の影響による温暖化は疑う余地がない