過去2000年間の降水量の変動を1年単位で復元！

中塚 武

・気候の自然変動によって、**降水量はどの程度変化する**のか？（**気候学**）
・**治水や利水**に向けた**対策**は、**どの程度必要**なのか？（**水文学**）
・降水量の変化は、**人々の生活**に**どのように影響**して来たのか？（**歴史学**）

長期かつ高時間分解能の降水量データの重要性！

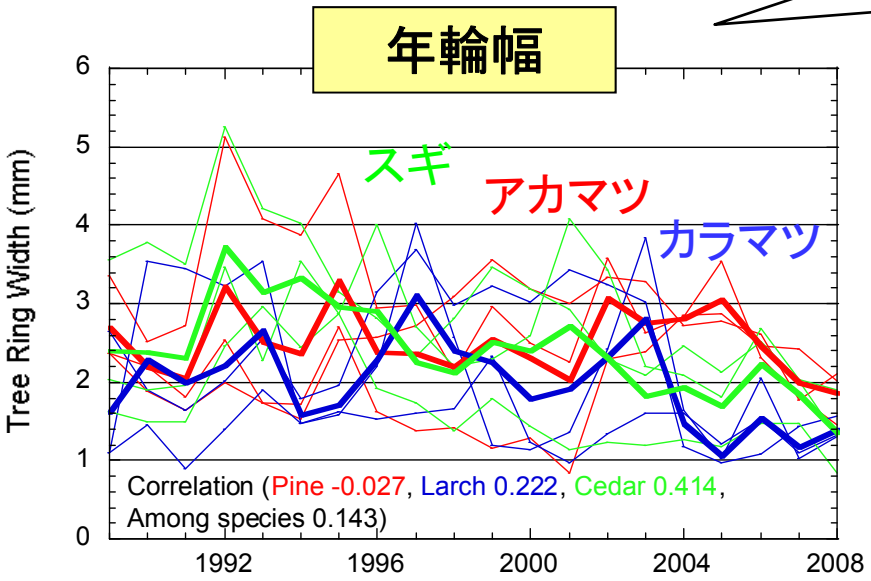
●樹木年輪による古気候復元の潜在力

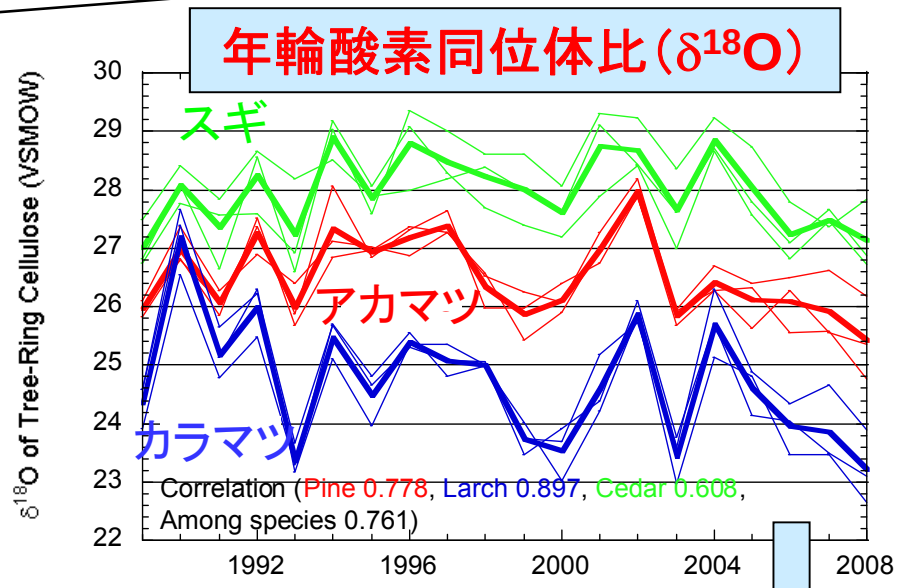
・数10、数100、数1000年の連続データを提供できる！**＜長期間＞**
・樹木は、どこにでも生えている！**＜高空間分解能＞**
・時間分解能が極めて細かく、かつ正確！**＜高時間分解能＞**
・倒壊・埋没、伐採・加工後も、記録としての能力を失わない！**＜耐久性＞**

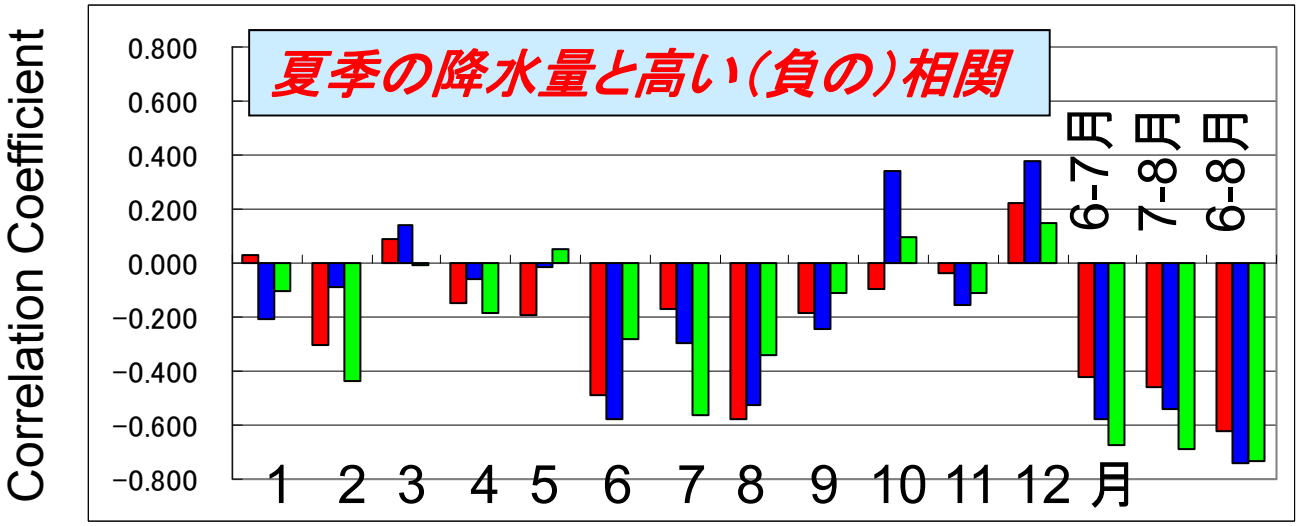
夏の降水量の変動を、そのまま記録するものとして、
セルロースの酸素同位体比に注目します！

年輪に含まれるセルロースの酸素同位体比を使えば、夏の降水量が復元できます！

長野県・上伊那の信州大学構内で無作為採取した樹木年輪試料

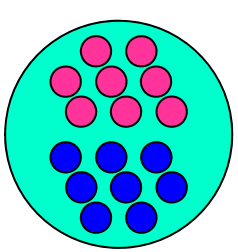




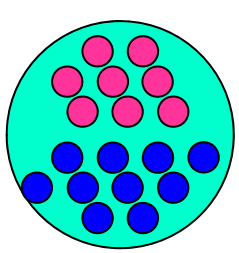


「酸素同位体比」とは？ 理解できなくても、大体の話は分かりますが・・・

1. 全ての物質は、**原子**（炭素・酸素など）で、できています！
2. 原子の重さを決めているのは、原子核の中に含まれる **陽子**と**中性子**の合計の数です。（ちなみに、陽子の数が、元素の種類に対応します。酸素の場合、陽子の数は、8個と決まっています！）。



陽子8個と中性子8個の場合、“質量数16の酸素” ^{16}Oと言います。



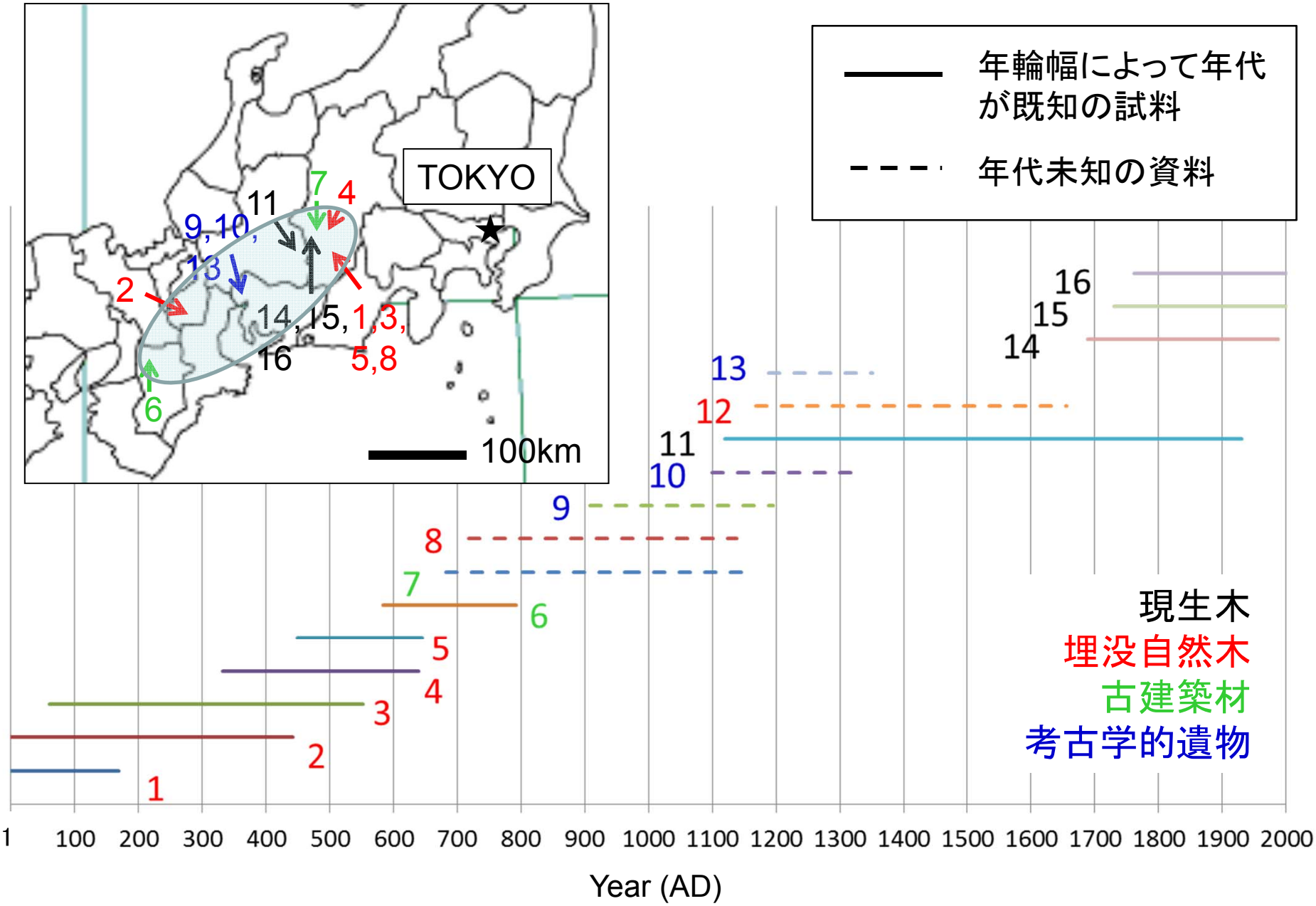
陽子8個と中性子10個の場合、“質量数18の酸素” ^{18}Oと言います。

3. 「陽子の数は同じだが、中性子の数が違うもの」、つまり、「同じ種類の原子だが、重さの違うもの」を、**同位体**と言います（酸素の^{16}Oと^{18}Oの関係など）。
4. 年輪セルロースなどの試料に含まれる^{18}Oと^{16}Oの存在比（$^{18}O/^{16}O$）を、**酸素同位体比**と言います。酸素同位体比は、化学反応や、物質の相変化（蒸発や凝結）、移動（拡散など）の際に、変化します。一般に、^{16}Oの方が^{18}Oより速く反応・移動し、また気体になりやすい傾向があります。
5. ただし、その変化幅は非常に小さいため、「試料の中の酸素同位体比」は、国際標準物質（VSMOW）の酸素同位体比に対する、千分偏差（$\delta^{18}O$）で表します。

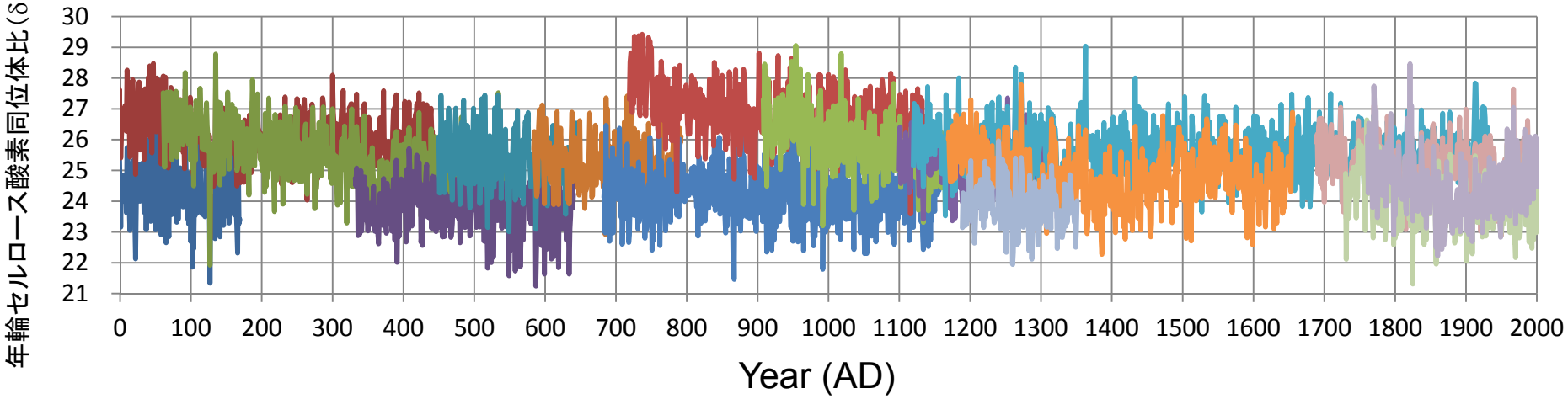
$$\delta^{18}O = [(^{18}O/^{16}O)_{試料} / (^{18}O/^{16}O_{VSMOW}) - 1] \times 1000 (‰)$$

一般に、この表現を使います。

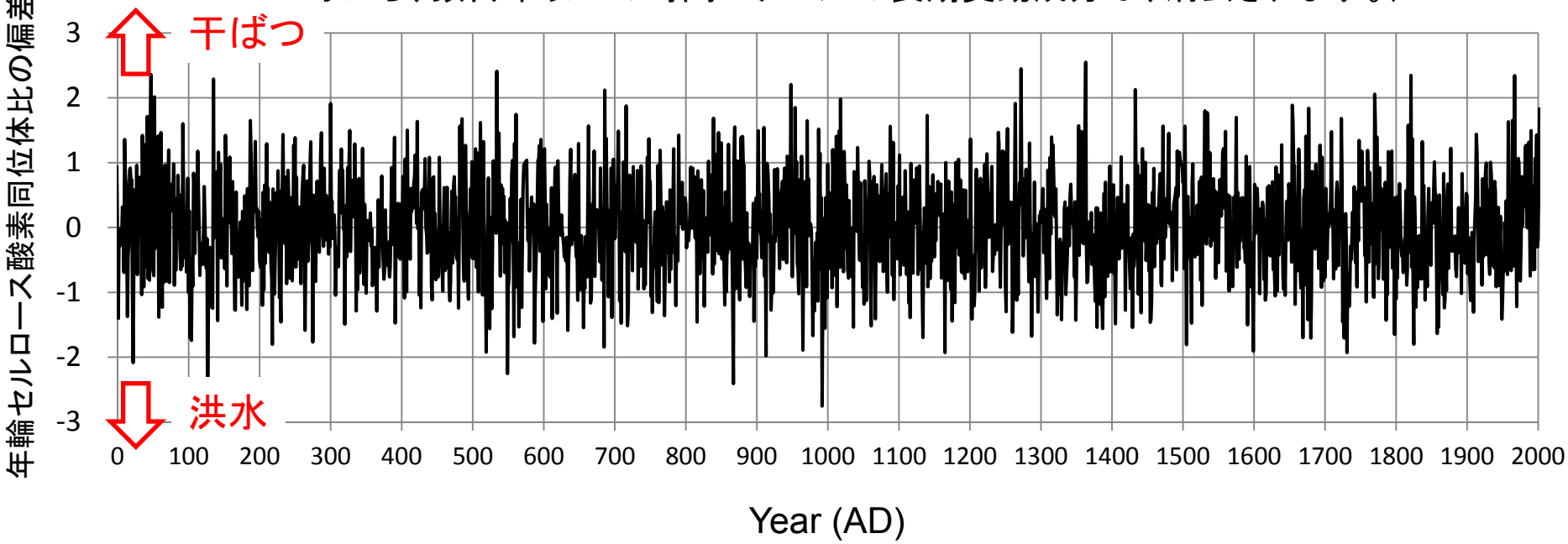
年輪の酸素同位体比の長期時系列データを、作成するために
過去2千年間のヒノキの試料群を、近畿・東海地方から集めました！



過去2千年に及ぶヒノキの年輪酸素同位体比の連続データを作成しました！

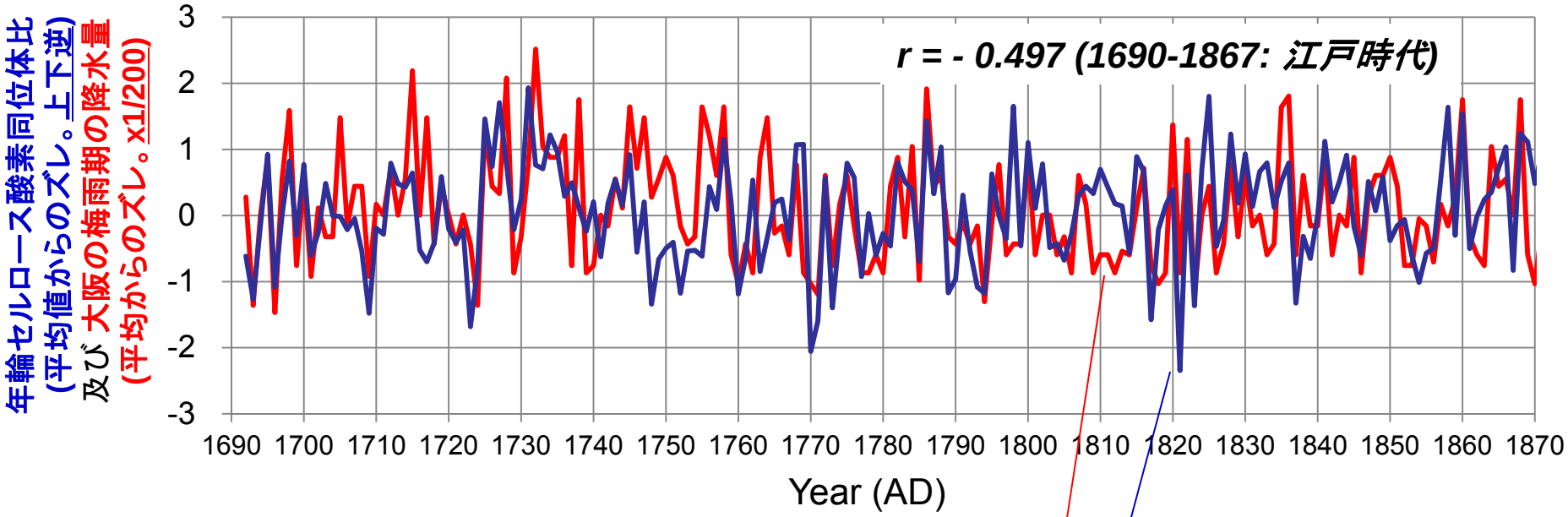


ヒノキの年輪セルロース酸素同位体比には、成長と共に単調に減少する「樹齢効果」があるので、それを負の係数の指数関数で近似して、トレンド除去してから、接合します
（残念ながら、数百年以上の時間スケールの長期変動成分は、消去されます。）



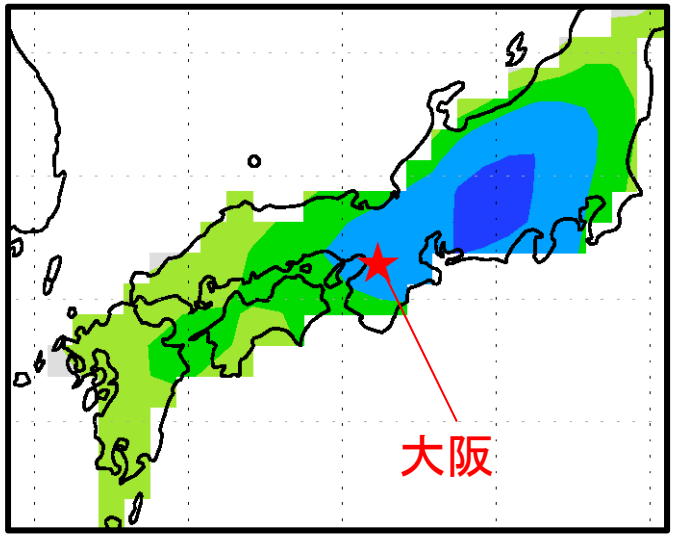
復元された夏季降水量は、どの程度正しいか

- 歴史学的検証 -



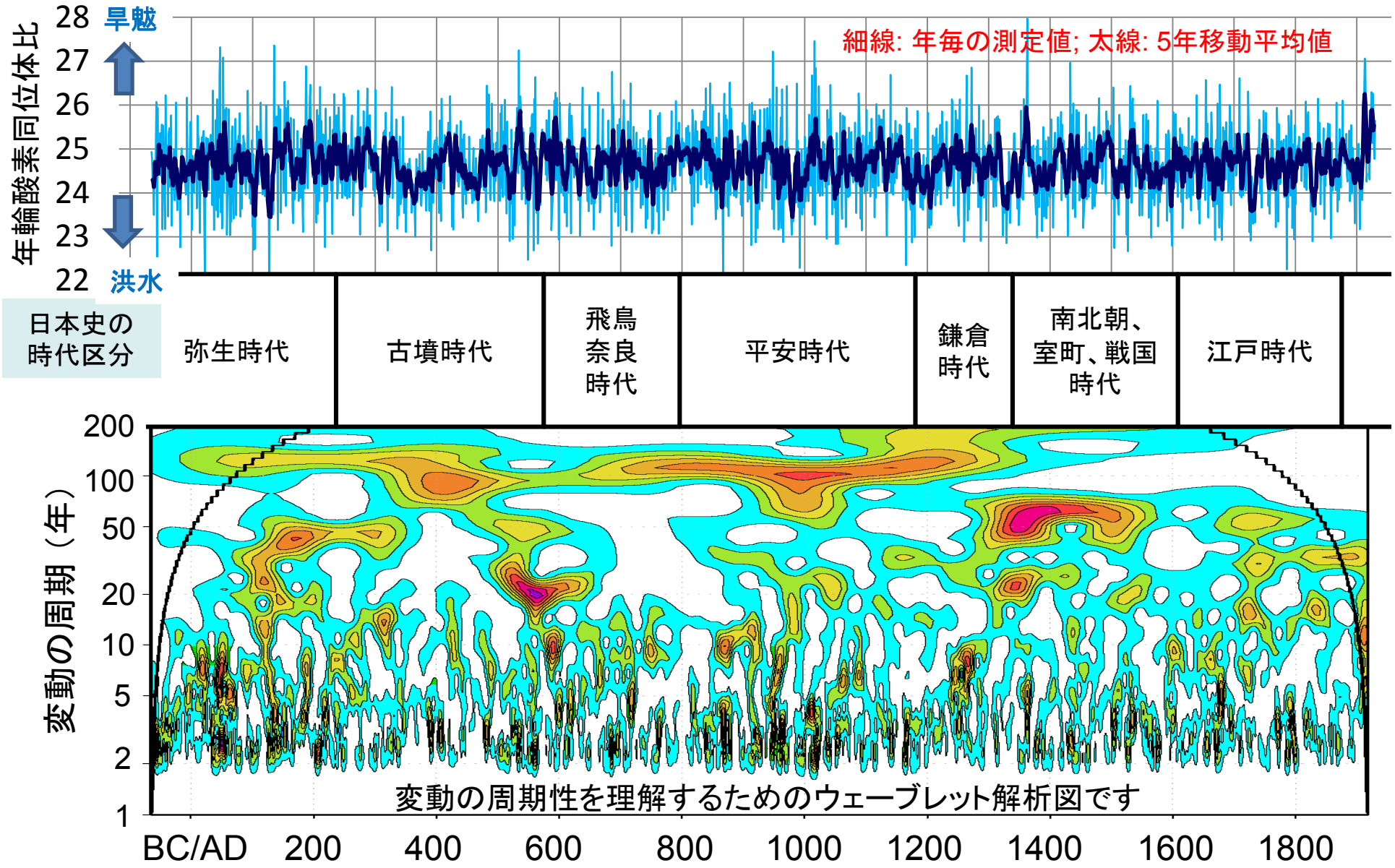
近畿・中部の日記記録から推定
復元された大坂の梅雨期の降水量
(mm/yr (*水越,1993*)

近畿・東海のヒノキ
年輪酸素同位体比



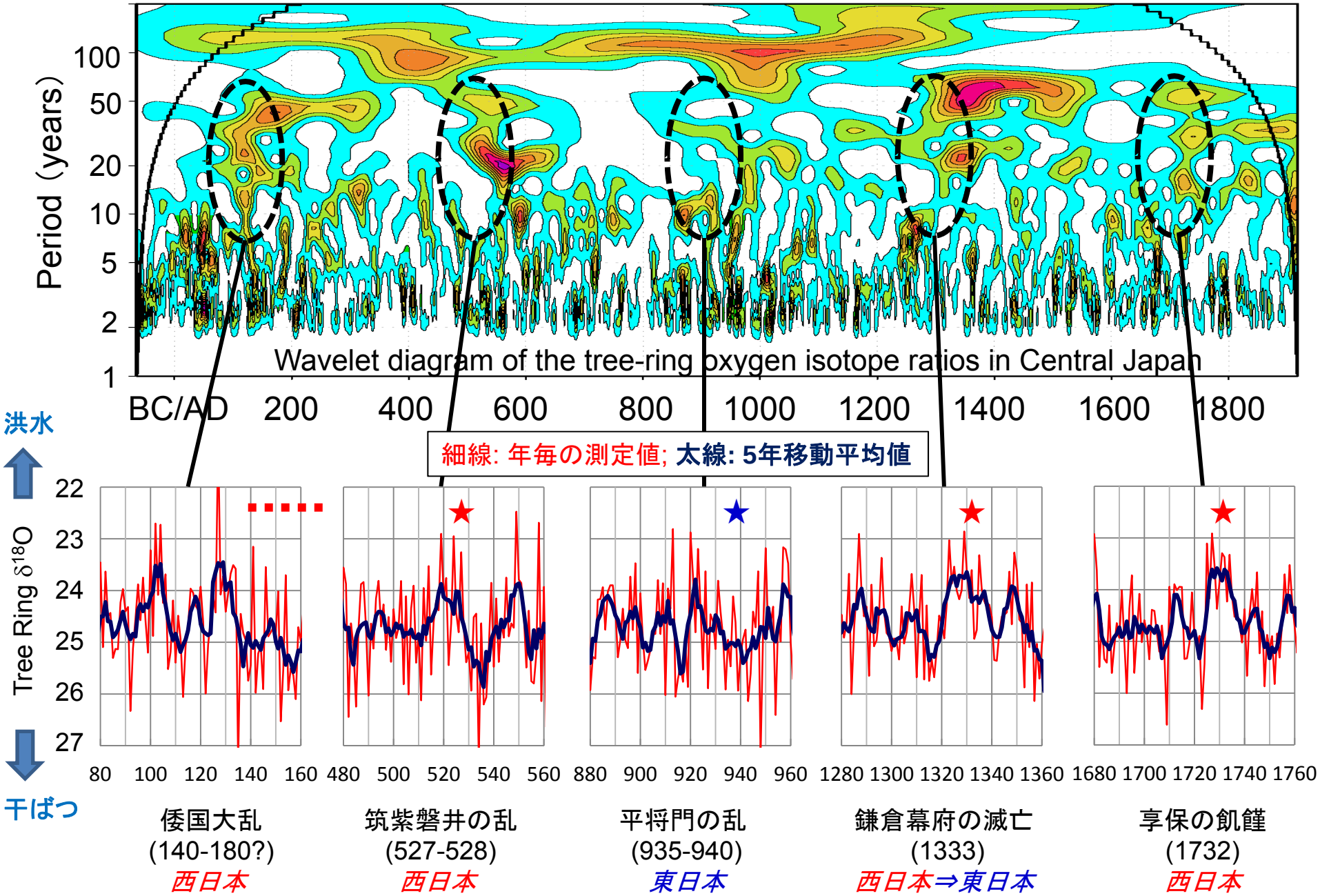
ヒノキ年輪セルロースの酸素同位体比と 古日記から復元した江戸時代の梅雨期降水量は、よく一致します。
データは、
信用できます！

過去2千年間の年輪酸素同位体比データ（接合＆トレンド除去）とその周期性



約400年に1度、「降水量の変動（特に数十年周期の変動）が激しくなる時代」が訪れ、
その度に、日本の政治システムが大きく変わる動乱期を迎えていたことが、分ります。

突然の年輪δ18Oの低下（降水量の増大）で始まる、400年に一度の大きな変動期！



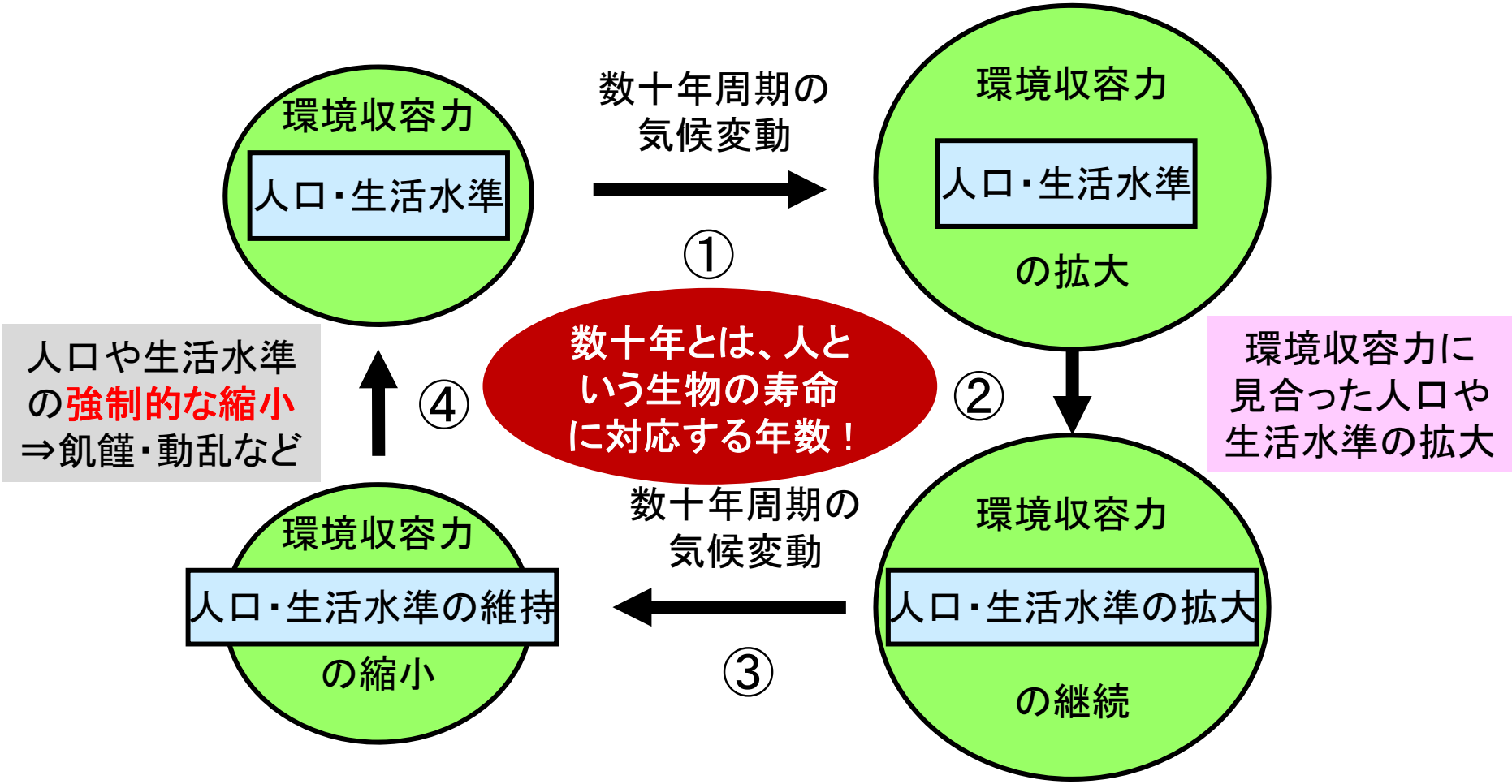
過去2千年間の降水量変動データが意味するもの
－降水量変動のパターンは、歴史的に変化する－

●気候学的意味－何故、変動パターン自身が変化するのか？
＊400年の周期性は、太陽活動の変化が原因？
＊地球温暖化と重なるとどうなるか？－原因解明の必要性。

●水文学的意味－次の「変動期」は、約100年後 ??
＊400年周期が正しいとすると、次の変動期は、22世紀初頭？
＊治水・利水の長期計画の必要性。

●歴史学的意味－数十年周期成分の拡大が歴史を転換させる？
＊詳細な歴史研究の必要性と、地球環境問題への含意。
＊何故、人間社会は、「数十年周期変動」に敏感なのか？

何故、人間社会は数十年周期の気候（環境）変動に、敏感なのか？



数十年周期の変動は、人間の記憶に残りにくいが、人間の寿命の期間内で起きます。
→ つまり**「予測」が難しく、**(人口調整などの社会的な)**「対応」も難しい**と考えられます
★“より短周期”の変動であれば、②が生じないし、短期備蓄でも、乗り切れる(予測可能)
★“より長周期”の変動であれば、④への対応に、時間的余裕がある(対応可能)