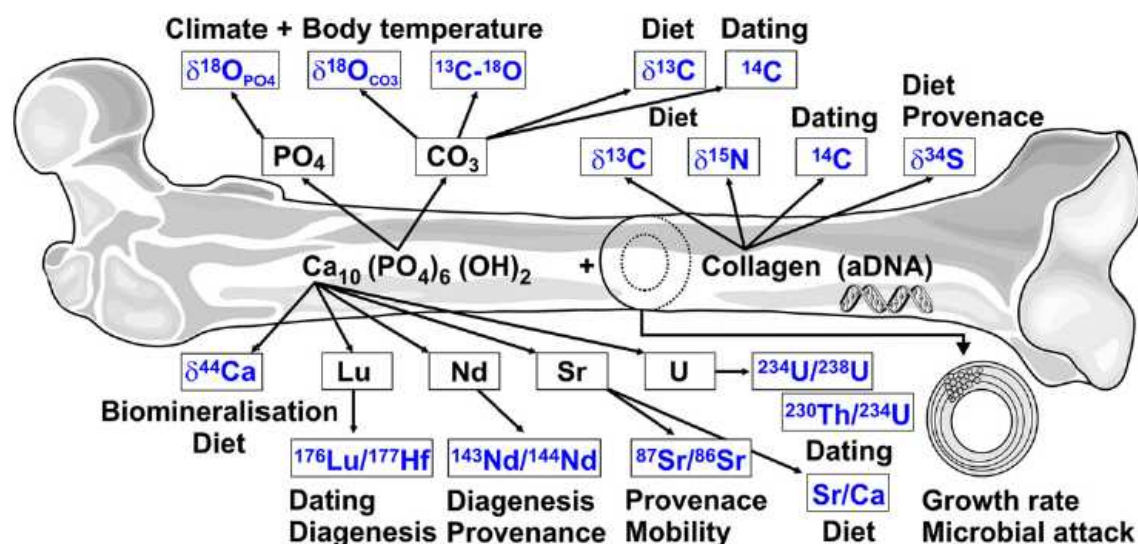


骨の同位体比測定による 帰属集団の判定法



Tütken & Vennemann (2011)

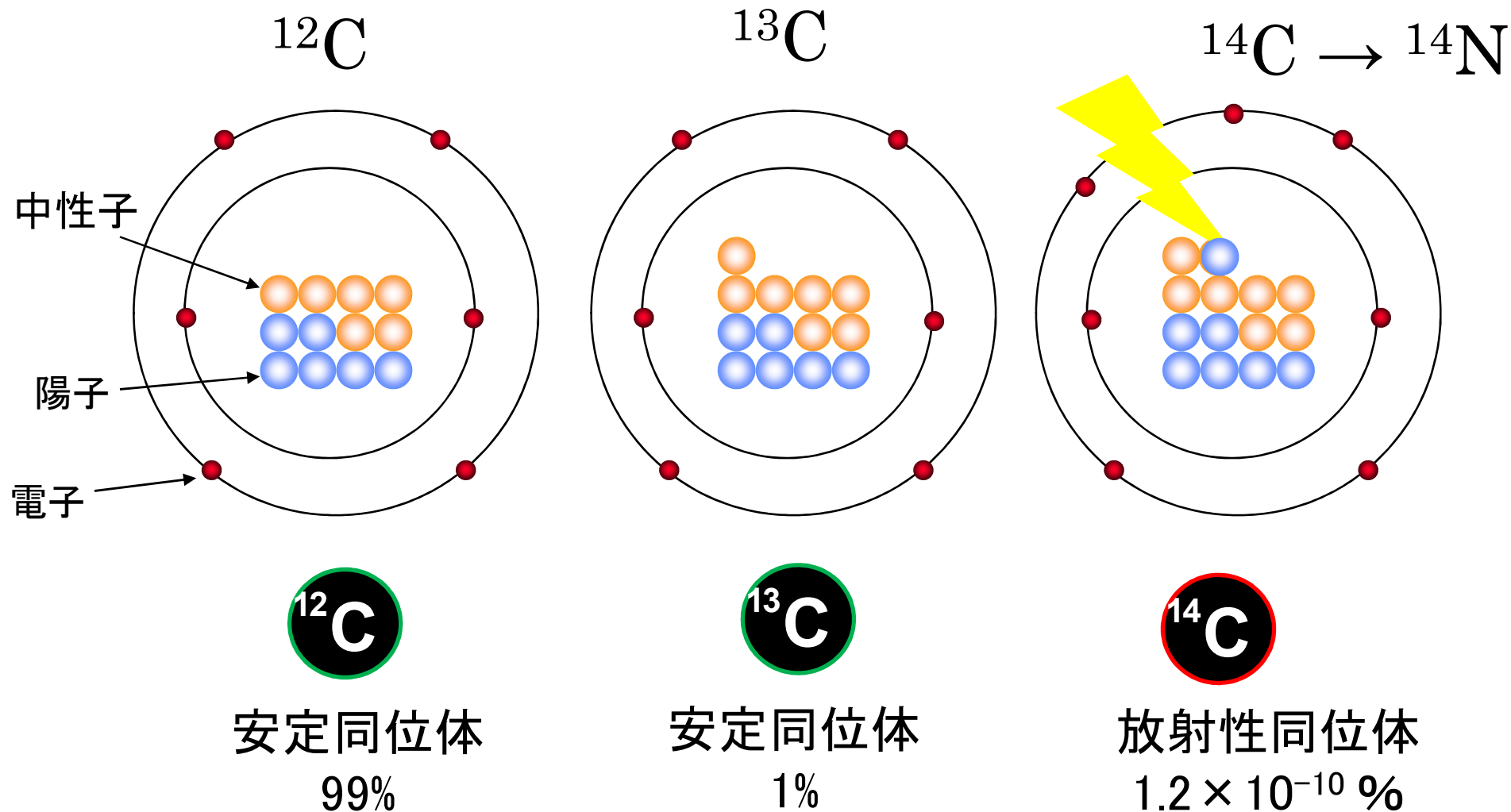
東京大学

総合研究博物館

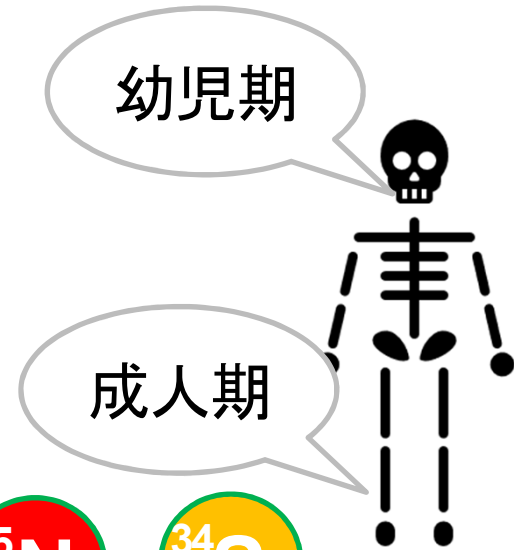
米田 穰

myoneda@um.u-tokyo.ac.jp

同じ元素で違う重さの原子



分析試料としての骨と歯



- 骨（成人期に形成）

- コラーゲン（タンパク質）



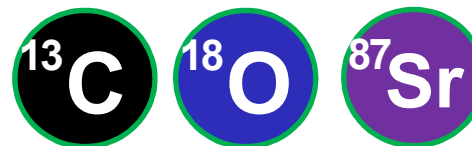
- ヒドロキシアパタイト（無機質）



- 歯（幼児期に形成）

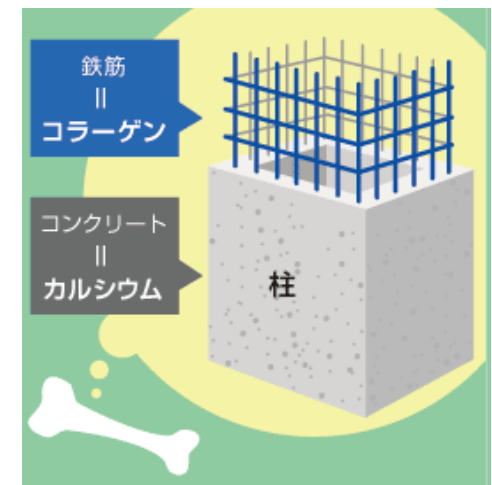
- エナメル質

- ヒドロキシアパタイト



- 象牙質

- コラーゲン



骨・歯の同位体比測定でわかること

骨や歯のタンパク質は、硬組織によってバクテリアから守られる。古代の骨で分析可能。

歯エナメル質の結晶は極めて頑丈。化石歯で分析可能。

- 年代 
 - 過去の食生活   
 - 個人の出身地や移動履歴   
- 応用分野
 - 古生物学
 - 考古学・人類学
 - 法医学
 - 生態学

同位体の測定方法

多様な手法と素材を駆使して、劣化試料でも分析可能な技術が確立している



東京大

加速器
質量分析
AMS

東京大・地球研

元素分析＋
安定同位体比
質量分析
EA-IRMS

東京大・地球研

熱分解元素分析＋
安定同位体比
質量分析
TCEA-IRMS

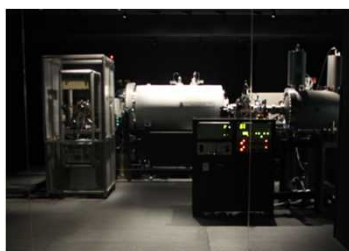
地球研

表面電離型
質量分析
TIMS

OR

地球研

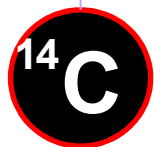
誘導結合プラズマ
質量分析MC-
ICP-MS



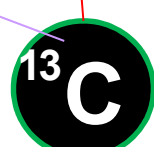
東京大・地球研

ガスベンチ＋
安定同位体比
質量分析
GB-IRMS

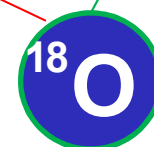
コラーゲン



コラーゲン



エナメル質 骨アパタイト



エナメル質





コラーゲンの抽出:ゼラチン化

骨・歯を歯科用ドリルで0.2~1.5 mg採取

アルカリ処理による土壌由来の有機物を除去

酸処理による炭酸カルシウムを除去


熱処理によるコラーゲンのゼラチン化

ガラスフィルターによる濾過

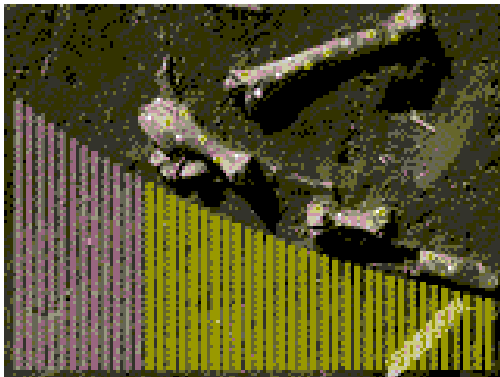
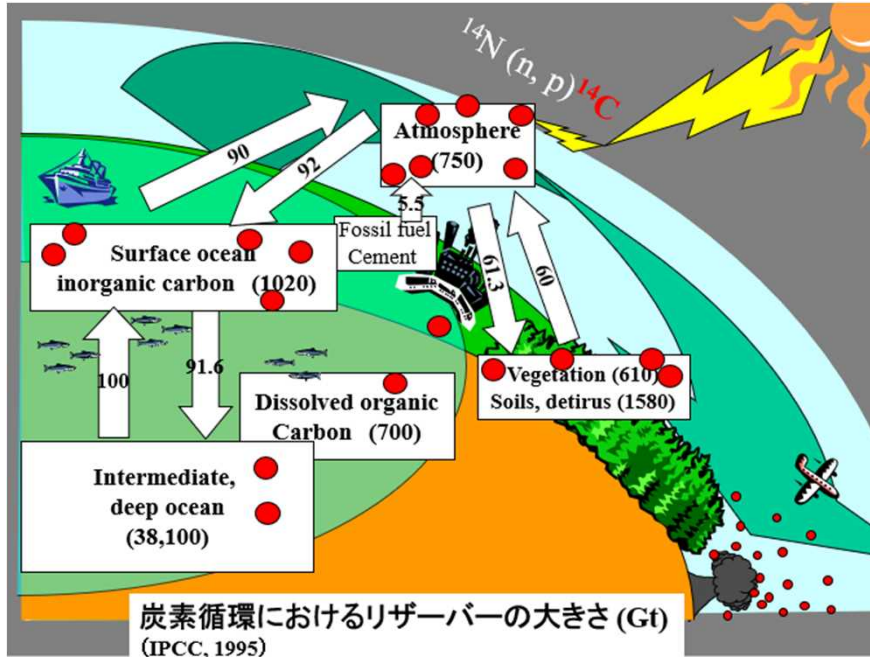
濾過溶液を凍結乾燥



放射性炭素年代測定の概要

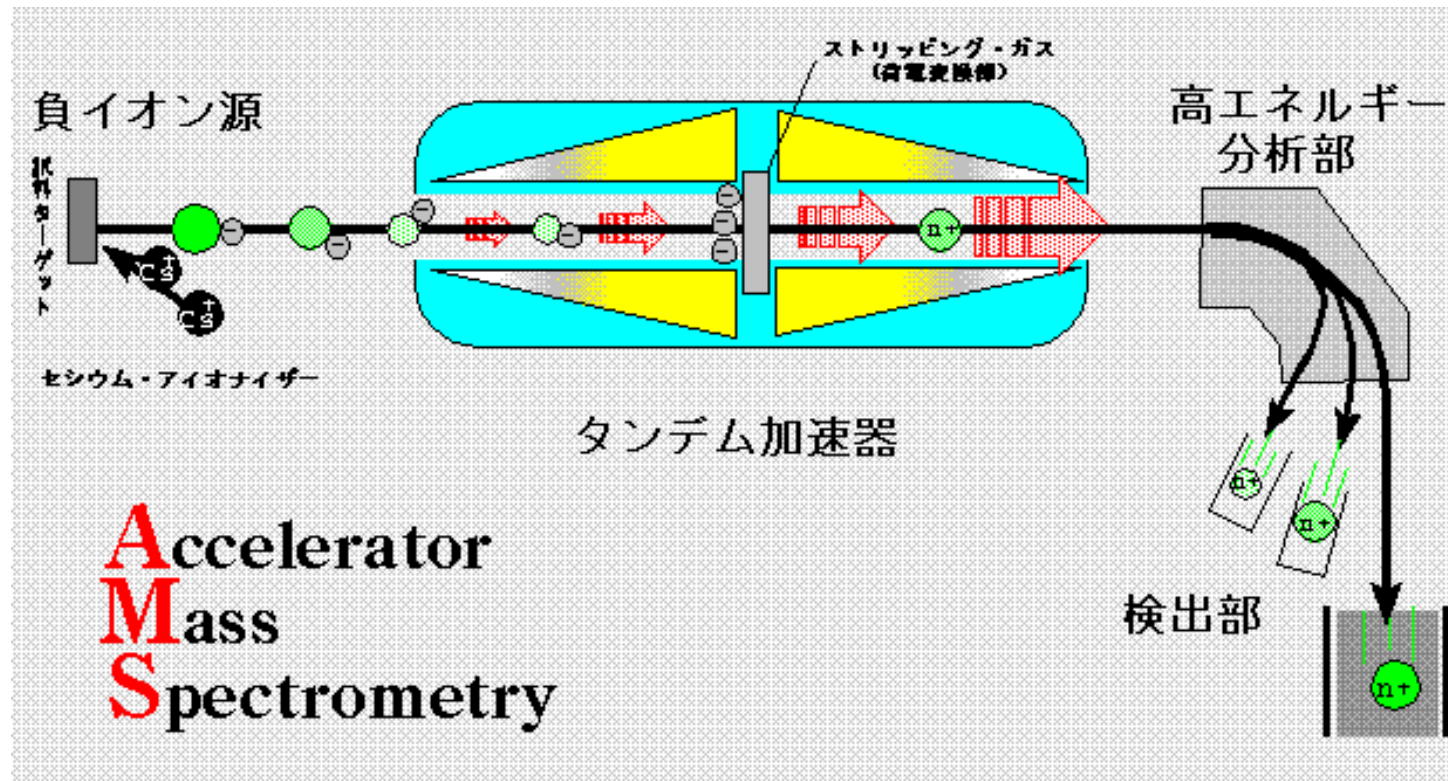
- 試料：骨・歯根部のコラーゲン 2.5 mg
（骨・歯根部で約0.3g程度採取）
- 測定法：AMS 
- 実施機関：東京大学総合研究博物館
 - 他にも民間2機関、大学5機関、国研2機関
- 原理：半減期5730年の ^{14}C と ^{12}C の存在比から年代推定
 - 1960年ノーベル化学賞がW.リビーに授与

^{14}C の循環と人体への取り込み



- ^{14}C は宇宙線と窒素の核反応で大気上層で生成
- 二酸化炭素として地球上を循環
- 光合成によって生態系に取り込まれる
- 動物は食物から常に取り込む
- 動物が死亡すると取り込みがなくなり、減衰が始まる

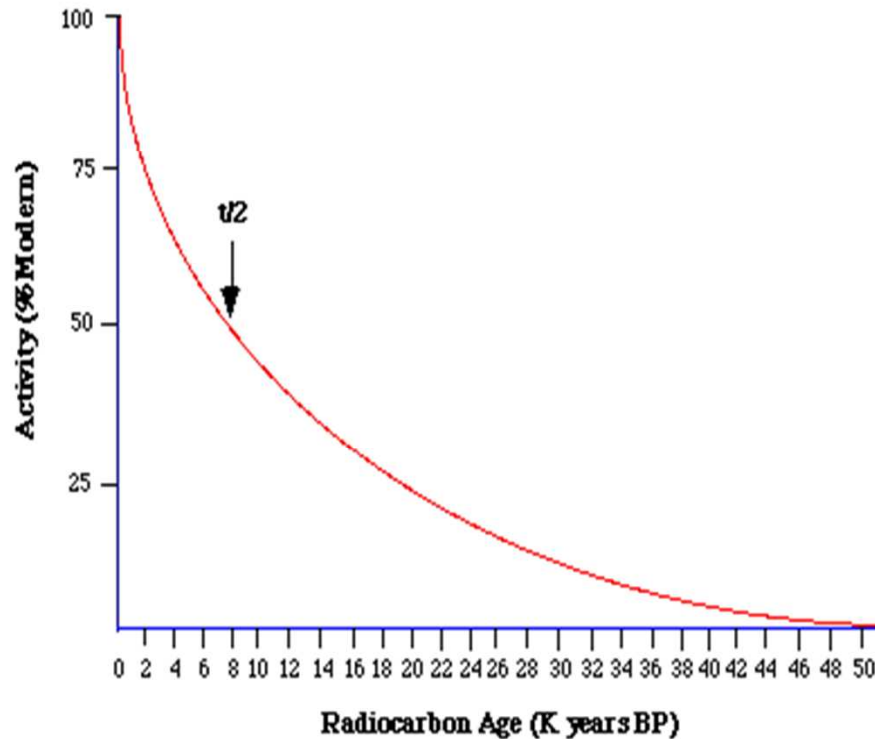
加速器質量分析の原理



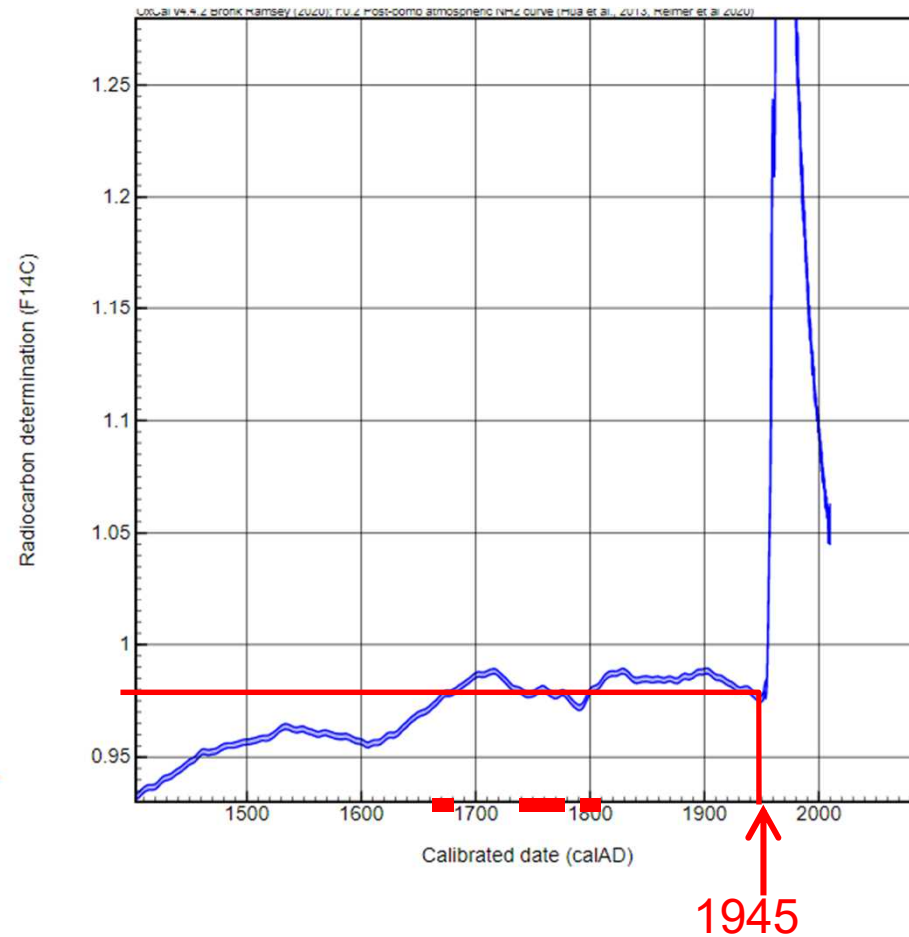
- ・負イオン源による ^{14}N の除去
- ・ストリッピングによる ^{13}CH , $^{12}\text{CH}_2$ 等の除去
- ・高エネルギーによる ^{14}C のカウント

放射性炭素年代の戦没者遺骨への応用

放射性炭素の減衰曲線



大気中の¹⁴C濃度の変化



類似する場合もあるが、近世以前の古墓由来の人骨と峻別可能

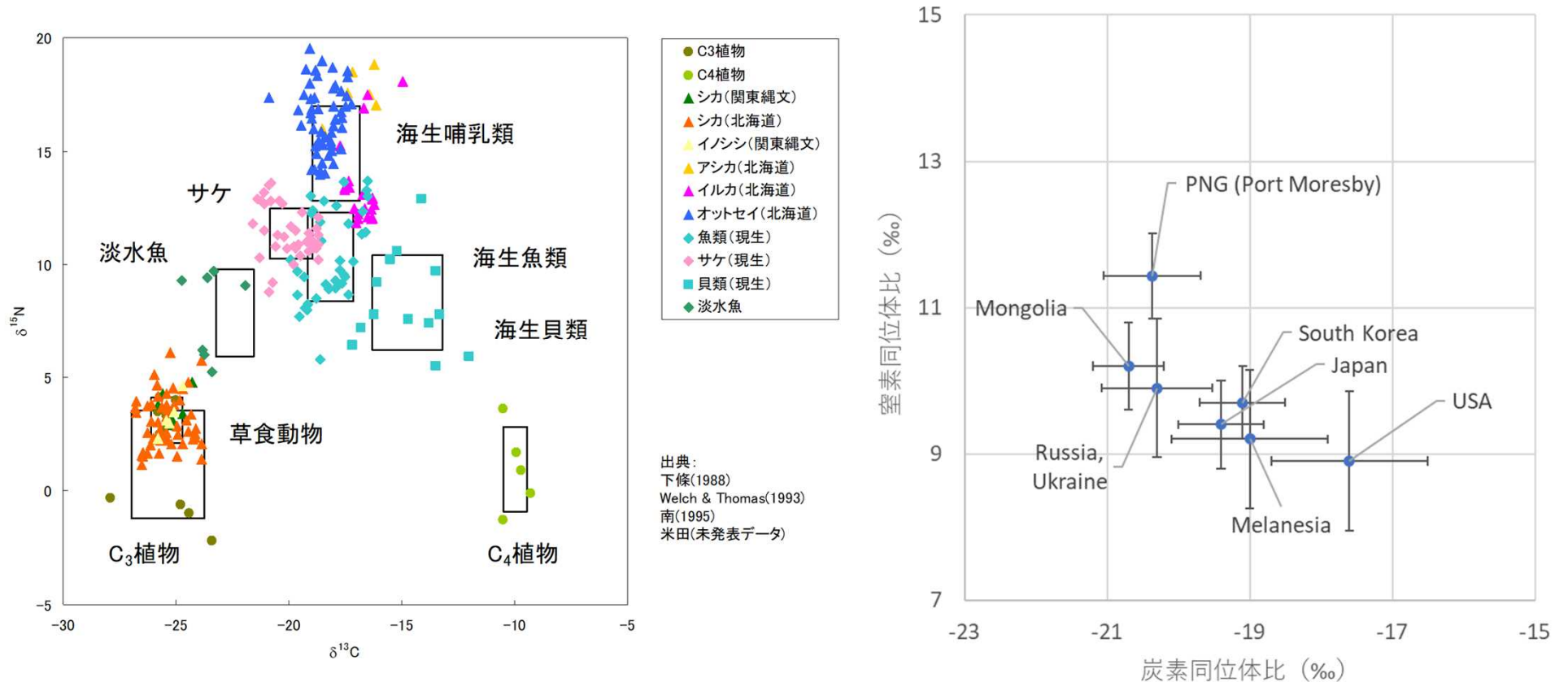
コラーゲンの同位体比測定

- 試料：骨・歯根部のコラーゲン 0.4～5 mg
(骨・歯根部で約0.5 g程度採取)
- 測定法：EA-IRMS
- 実施機関：東京大学/地球研
 - 他にも地球化学・生態学関係の研究室多数
- 原理：食物の同位体比を反映
 - 雑穀(C4植物)の特殊な光合成は ^{13}C を濃縮
 - 海洋の長く複雑な食物連鎖は ^{15}N を濃縮
 - 海産物・海水飛沫の影響で ^{34}S が上昇



炭素と窒素の同位体比の変動 と現代人の頭髪データ

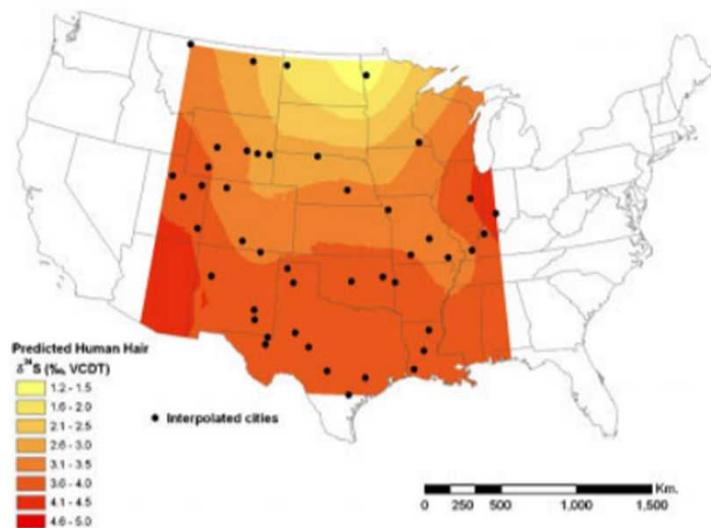
食物とくにタンパク質の同位体比と強く相関する
米国人では飼料(トウモロコシ)が影響



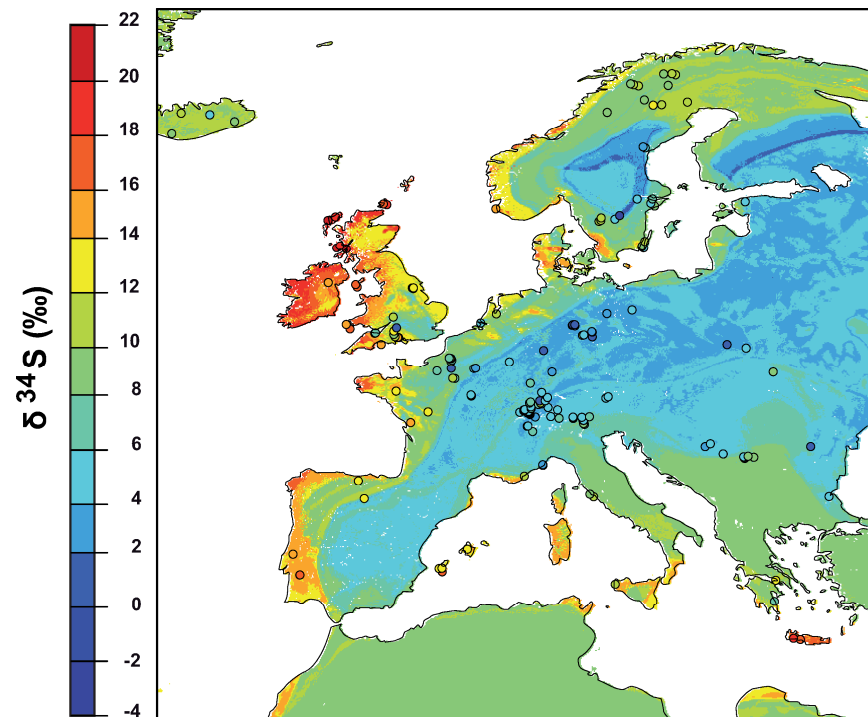
Bird et al. (2021) PNAS 118 e2024642118

硫黄同位体比の変動

- 食物を通じて体内に摂取
- 土壌ミネラルとエアロゾルが供給
- 陸上 (-15~15‰) と海洋硫酸塩 (15‰以上) の寄与
- 海産物摂取の指標
- 同位体地図を作成可能



Valenzuela et al. (2011) RCMS



Bataille et al. (2021) PLoS ONE 16(5)