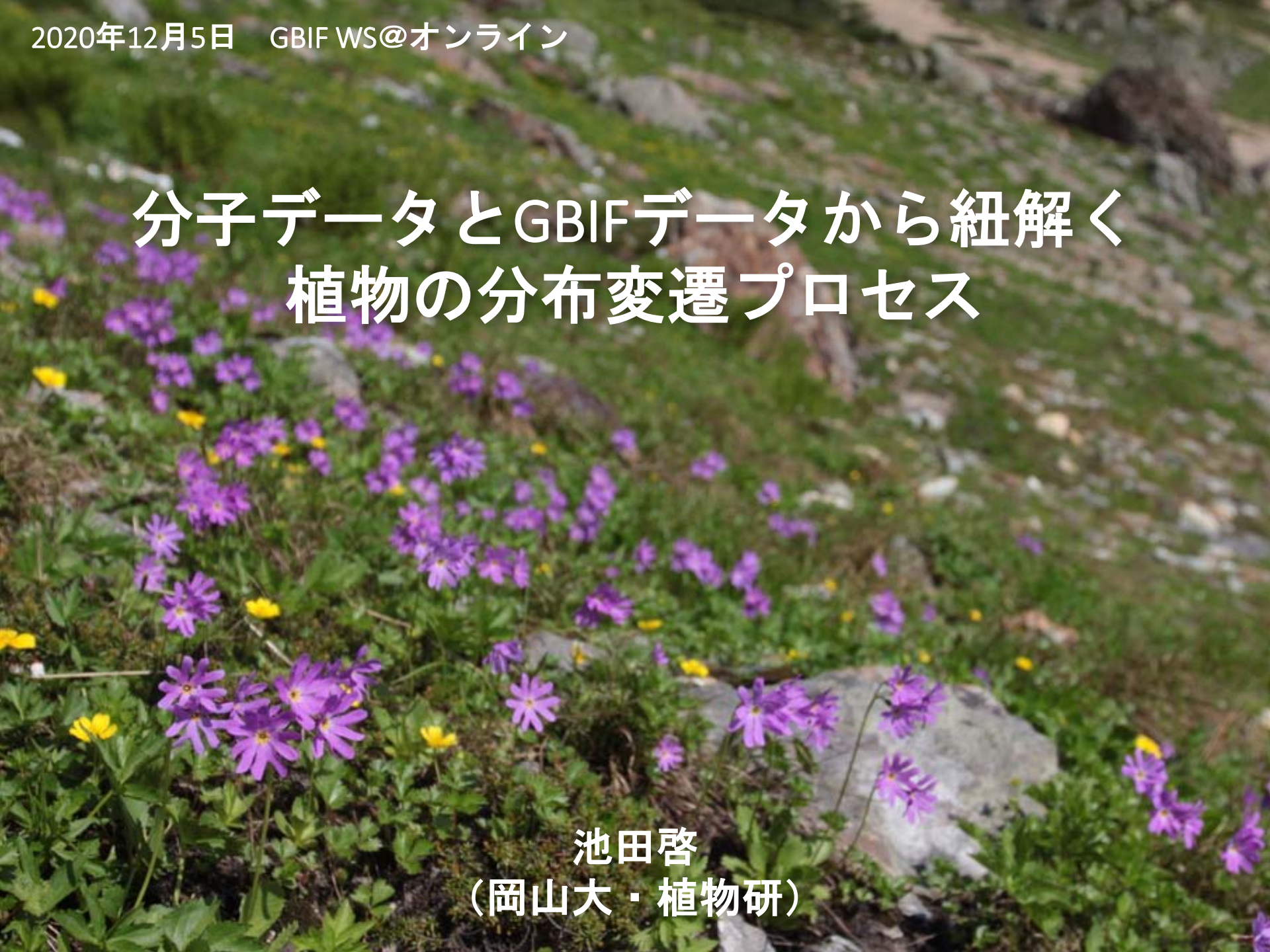
2020年12月5日　GBIF WS@オンライン

分子データとGBIFデータから紐解く植物の分布変遷プロセス



池田啓
（岡山大・植物研）

生物は種ごとに決まった範囲に分布する

ブナ属 Fagus

ブナ（2）
F. crenata

分布／北海道（北限は渡島半島の黒松内），本州，四国，九州（南限は鹿児島県高隈山）

生育地／山地．北海道と東北では平地でも見られる．

樹形／落葉高木．高さ30に，直径1にほどになる．

樹皮／灰白色でなめらか．割れ目はない．地衣類や蘚苔類が着生していることが多い．

枝／本年枝は暗紫色で光沢があり，長楕円形の皮目が散生する．はじめ黄褐色の軟毛があるが，のち無毛となる．

冬芽／長さ1～3の披針形．本年枝と2年枝の境にはっきりした輪状の芽鱗痕がある．

花／雄雌同株．5月頃，葉の展開と同時に開花する．雄花序は新枝の下部の葉腋から垂れ下がり，6～15個の雄花が頭状に集まってつく．花序の柄は長さ1～3で，軟毛が密生する．雄花の花被は長さ5ほどで，長い軟毛におおわれている．雄しべは12個あり，葯は花被の外にでる．雌花序は新枝の上部の葉腋に上向きにつく．雌花は直径1ほどの総苞のなかに2個入っている．総苞は4裂し，外側は線形の鱗片におおわれている．花柱は線形で3個，柱頭は赤い．

分布／北海道（北限は渡島半島の黒松内），本州，四国，九州（南限は鹿児島県高隈山）

ブナ科 FAGACEAE 219

Ericaceae • Heather Family | SHRUBS 81

Lingonberry, Mountain-cranberry
Vaccinium vitis-idaea

General: **Dwarf,** branched, **mat-forming;** stems trailing to ascending, 5–25 cm long/tall, minutely hairy.

Leaves: Alternate, **evergreen,** leathery, narrowly elliptic to egg-shaped, 0.5–1 cm long, rounded to shallowly notched at tip; **margins not toothed,** somewhat rolled under; shiny, green above, paler and spotted with **short brown (whiskery) glandular hairs below.**

Flowers: Solitary to several in compact clusters at branch tips, short-stalked, **bell-shaped,** nodding; **corolla pinkish white,** 3–5 mm long, **4-lobed** to near the middle; **sepals 4,** much shorter than corolla; stamens 8, **filaments hairy.**

Fruits: **Berries bright red,** tart, **globe-shaped,** 6–10 mm across.

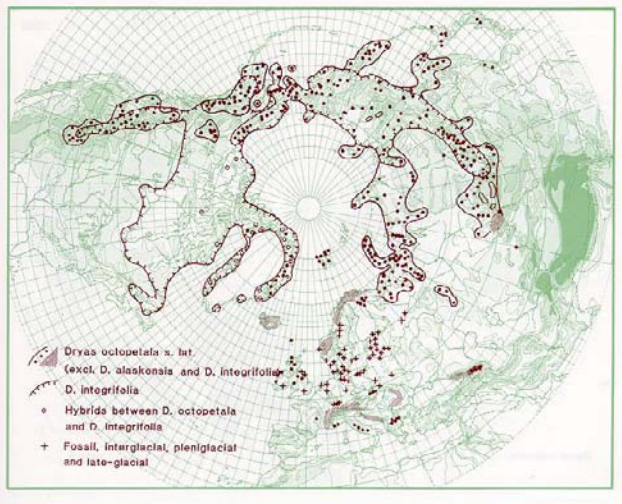
Where Found: Wet to dry, boreal forests, bogs, thickets, open rocky slopes and exposed ridges, heathlands, stony barrens and tundra; lowland to alpine zones; common in the northern ⅔ of the region, infrequent southward; subarctic-arctic, circumpolar.

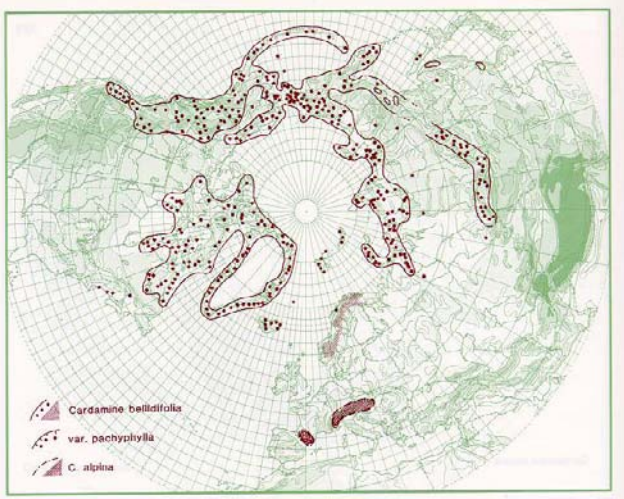
Similar Species: See kinnikinnik (p. 80).

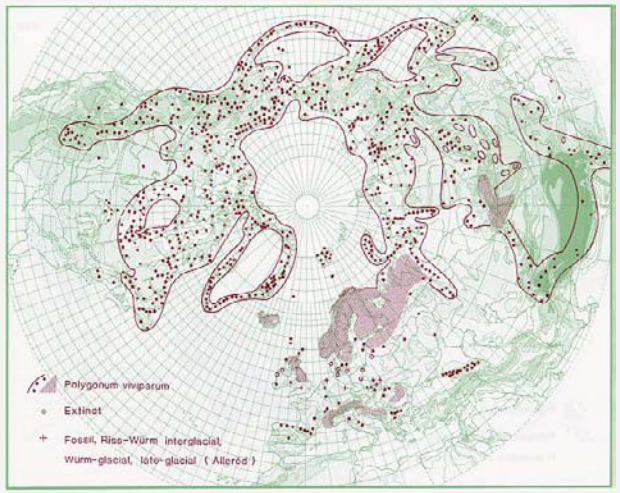
Notes: Edible but initially hard and tart, the berries are best after the first autumn frost. They remain on the plant through winter, and children in the North often collect handfuls of them as the snow disappears. The berries were eaten fresh or mixed with lard or oil for storage or added to pemmican. The Nisga'a would whip lingonberries with snow for a dessert. Today, they usually mix the berries with sugar and lard to make this treat. They are also excellent for making jam, jelly and cranberry sauce. • The Cree and Dene would boil the stems and roots and drink the decoction for bladder problems. The raw berries were good for treating fever and "cleaning out" the stomach. The Gwich'in consider lingonberry juice to be good for kidney problems, colds, coughs and improving the appetite. The juice is also used to dye porcupine quills. • Lingonberry is akin to the Old Norse and Middle English *lyng*, meaning "heather" or "heath." *Vitis-idaea* literally means "vine of Mt. Ida," a mountain in Crete where this plant grew.

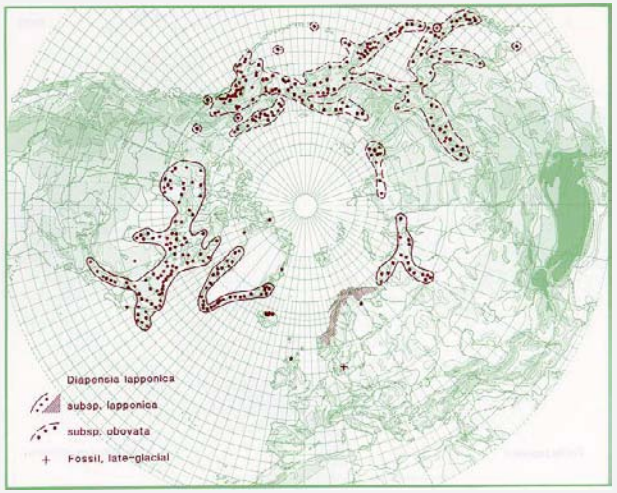
国内・国外に関わらず，図鑑には分布の記載がある

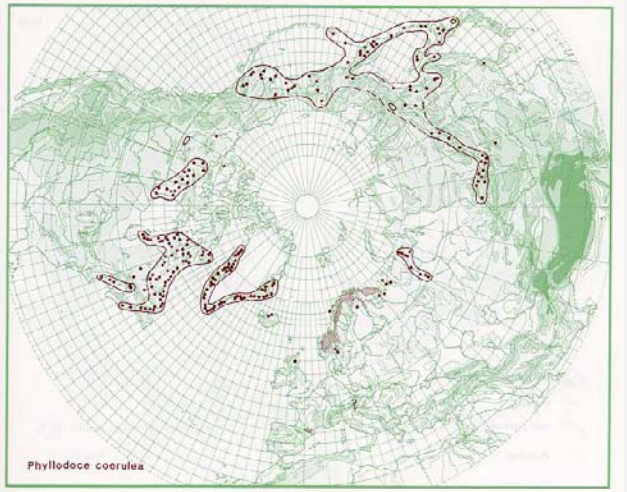
分布パターンは複数の生物に共通する







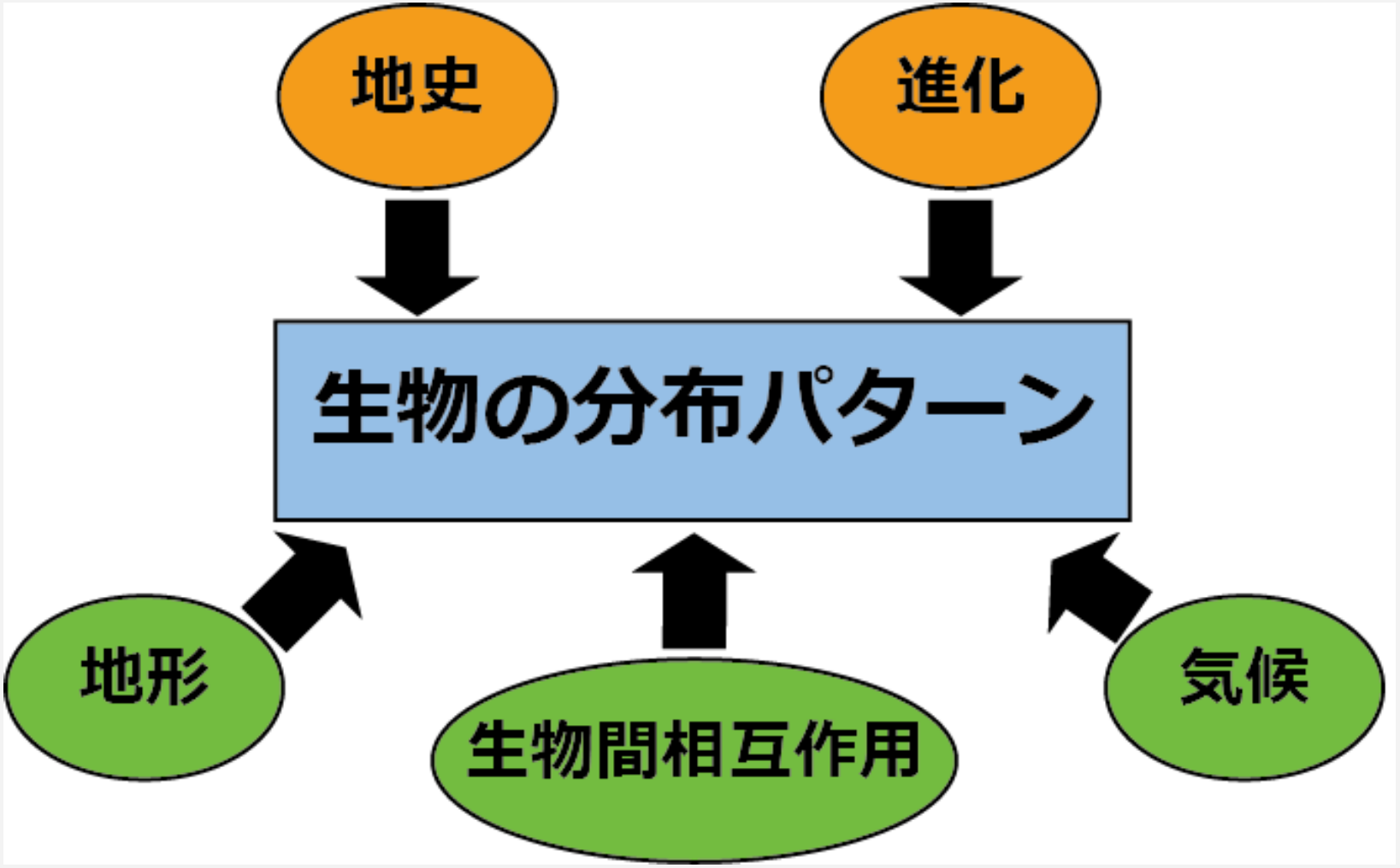




生物地理学：生物の分布パターンが形成される要因を解明

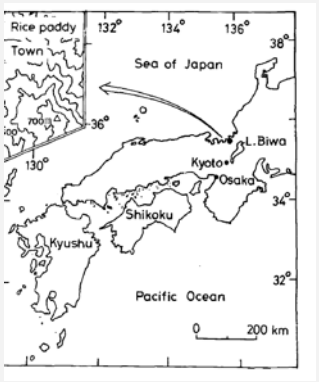
http://linnaeus.nrm.se/

生物の分布パターンに関わる様々な要因

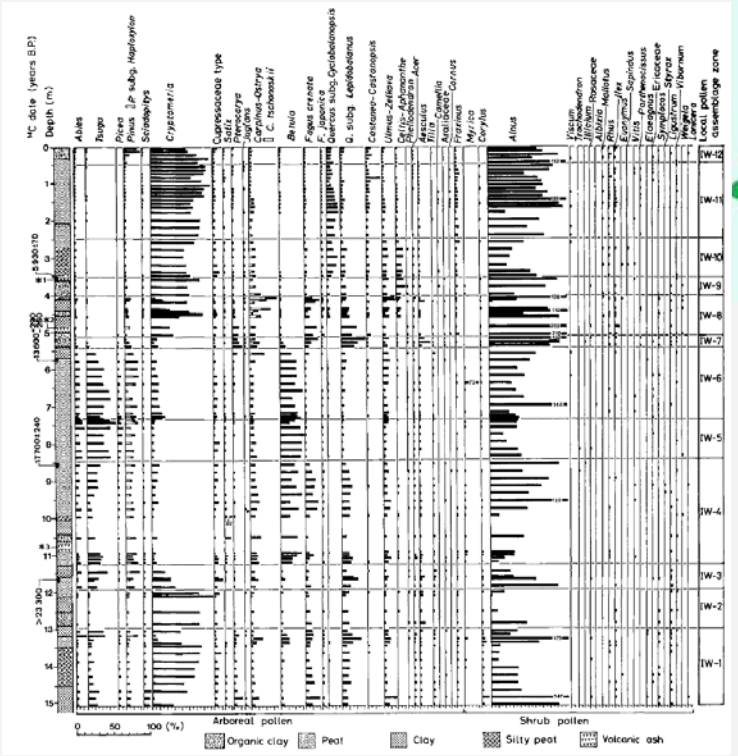


生物の分布パターンを決める要因は，どのように明らかにされるのか？

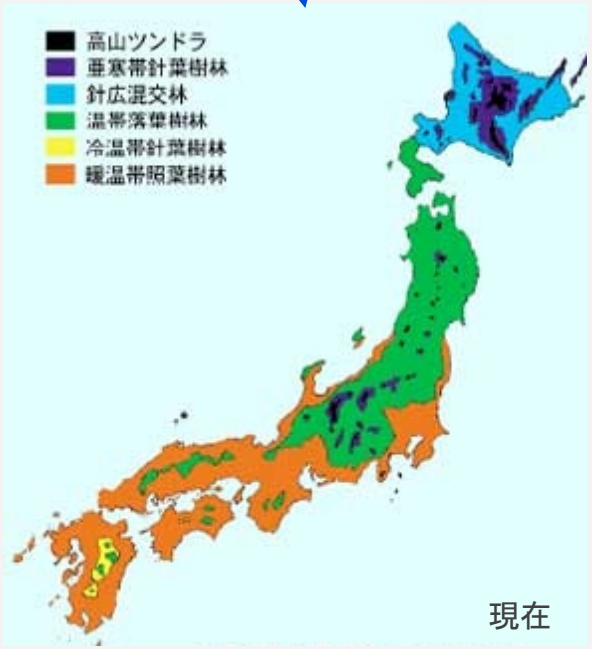
花粉化石の記録をもとに
分布変遷プロセスを復元する研究



化石（花粉）



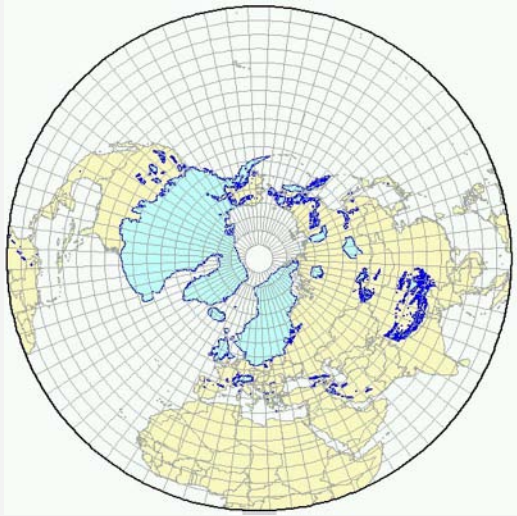
約2万年前（最終氷期）



現在

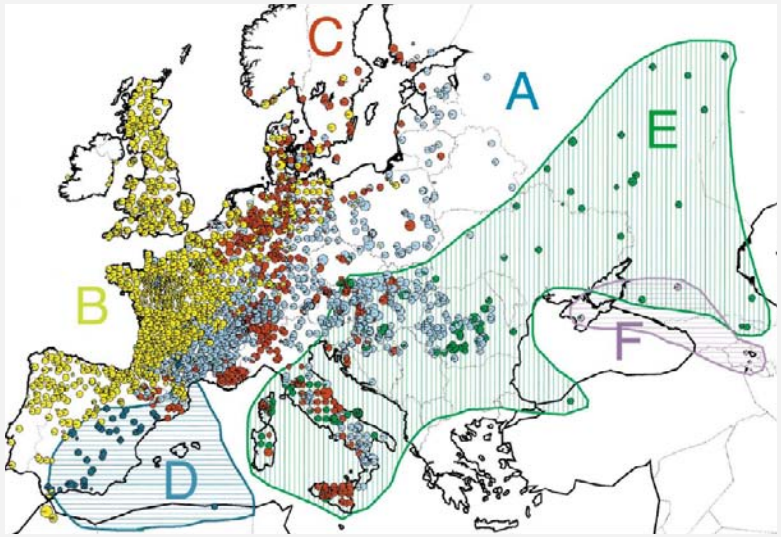
Takahara & Takeoka. 2000. Ecological Research

分子マーカーを用いて
分布形成の歴史的側面を明らかにする研究
―系統地理学―

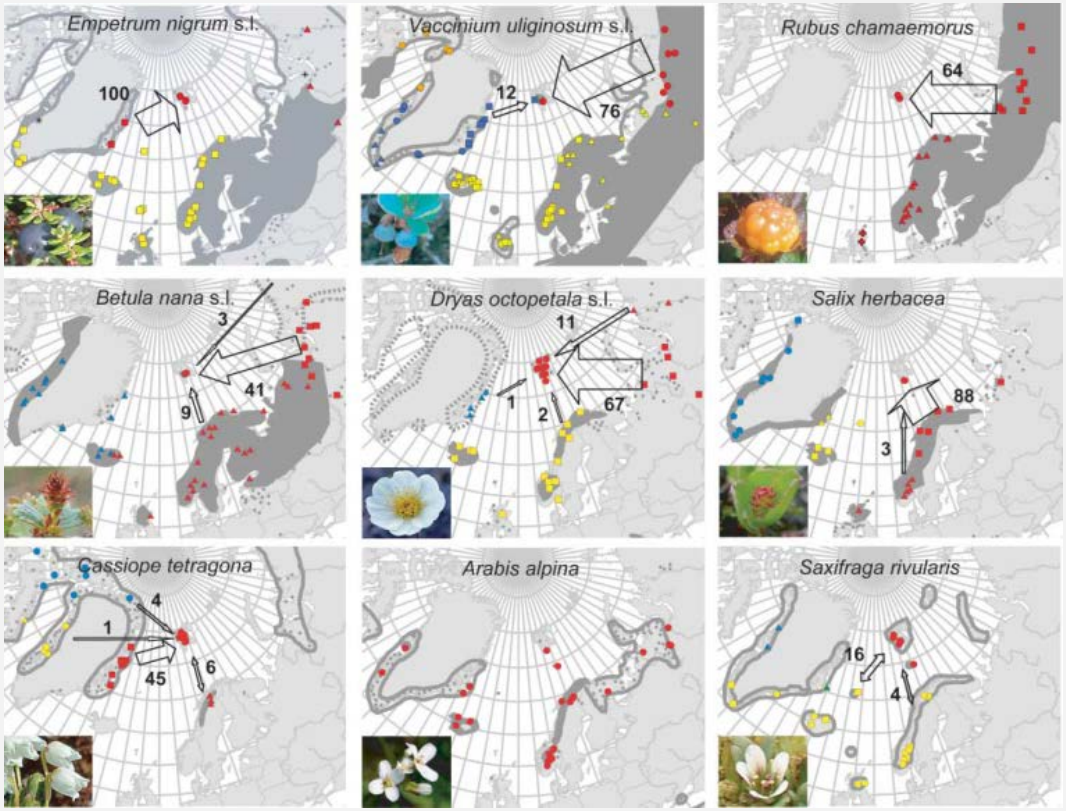


最終氷期（約10〜2万年前）に
大陸氷床で覆われるヨーロッパ

◎遺伝的多型・構造をもとに，
氷床後退後の分布形成プロセスを推定

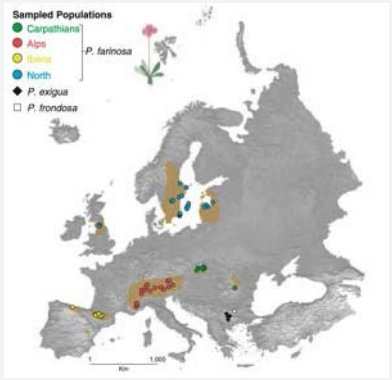


Petit et al. 2002. Forest Ecology & Management

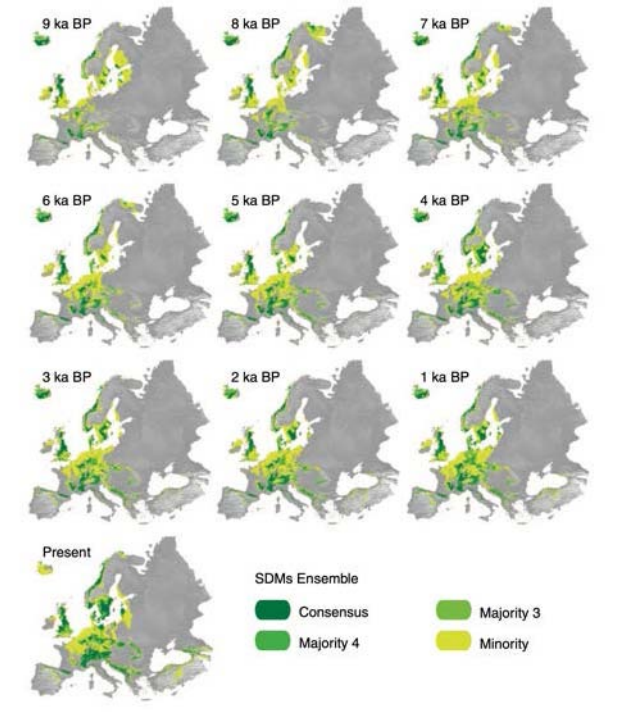


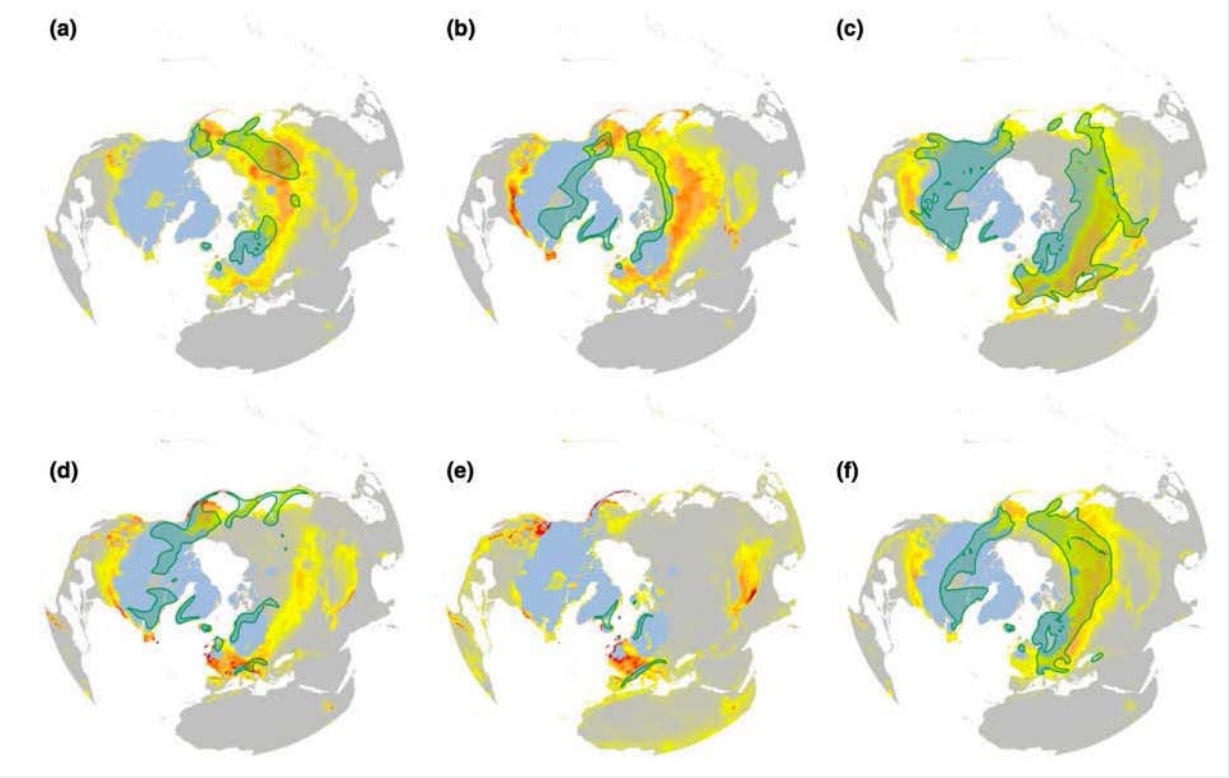
Alsos et al. 2007. Science

分布データと気候データを用いて
分布変遷プロセスを推定する研究
ー分布推定モデルー



◎現在の出現地点の気候をもとに，
　生育適地（≒分布域）の変遷を推定



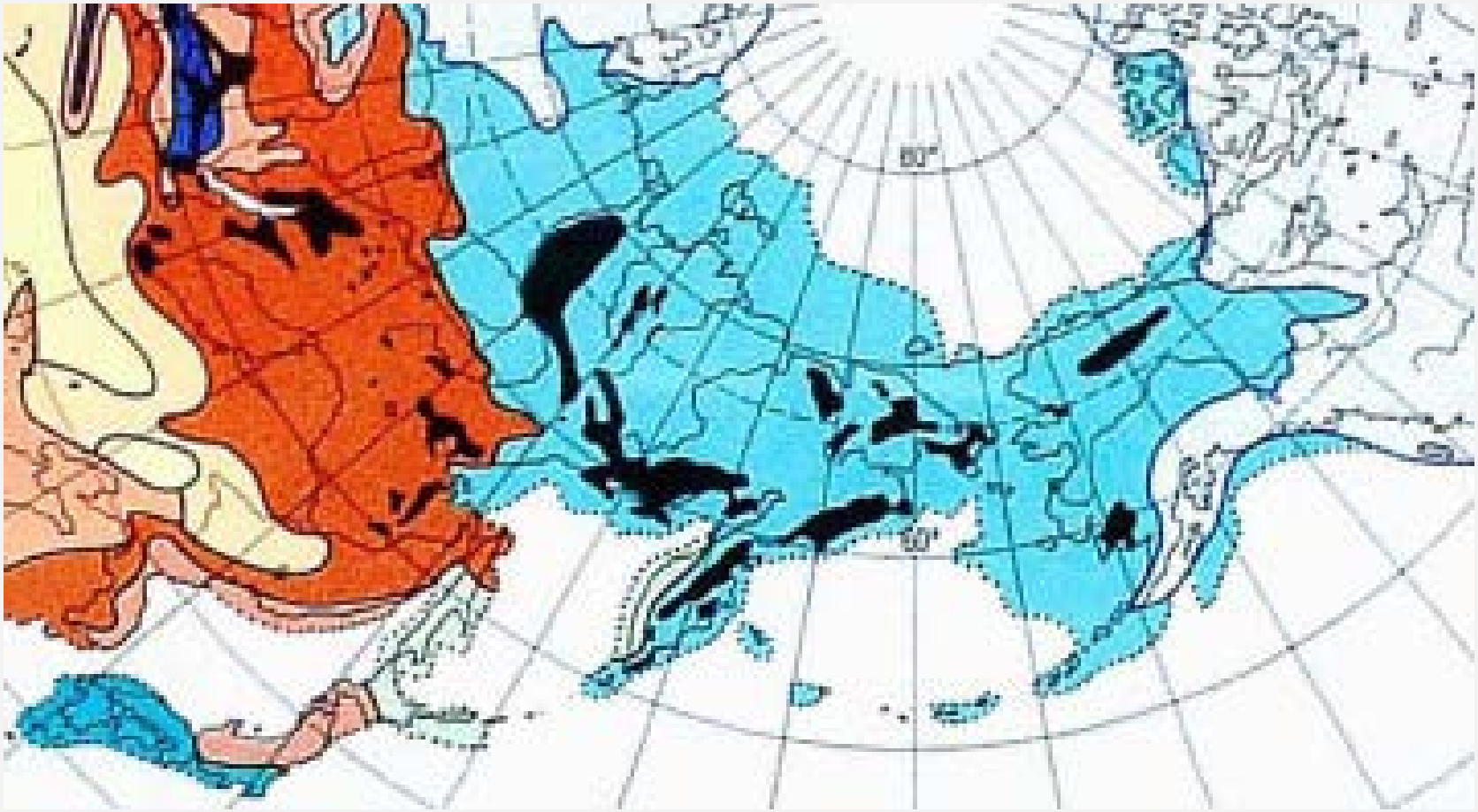


Theodoridis et al. 2017. Systematic Biology

Pellisseir et al. 2016. Journal of Biogeography

寒冷な地域の生態系は
気候変動に伴いどのように変遷するのか?

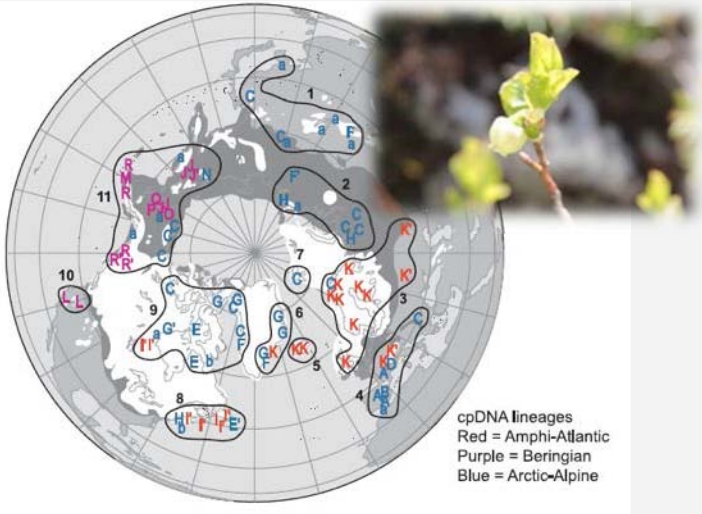
寒冷な環境に生育する植物の分布変遷における拠点
ーベーリンジア・レフュージアー



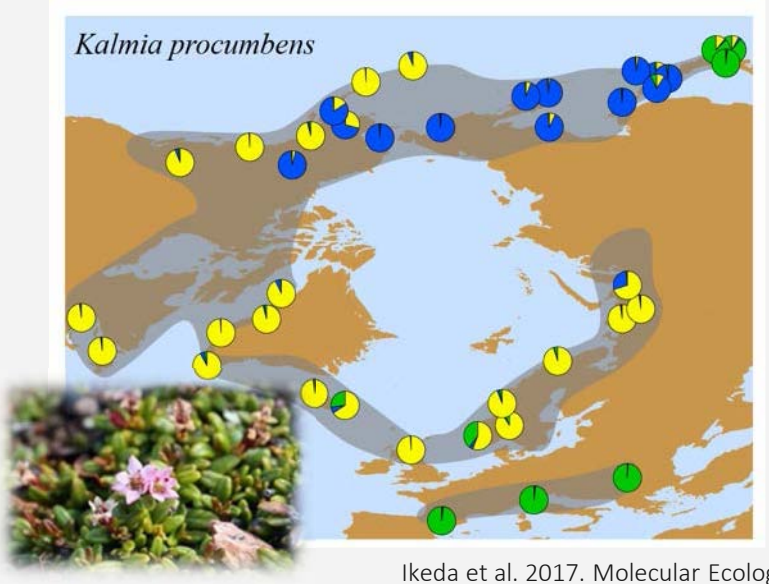
ベーリング陸橋周辺（ベーリンジア）は
寒冷な環境を好む生物が氷期を生き抜く重要な地域
ベーリンジアを拠点に北半球の広い範囲へと分布を広げた

Frenzel et al. 1992

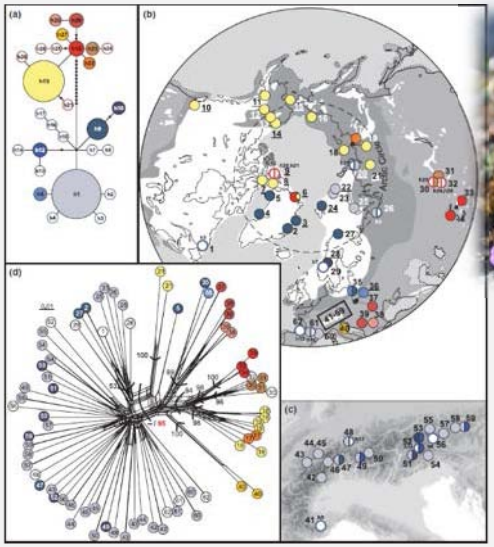
ベーリンジアを中心とした
分布変遷を裏付ける系統地理学



Alsos et al. 2006. Molecular Ecology

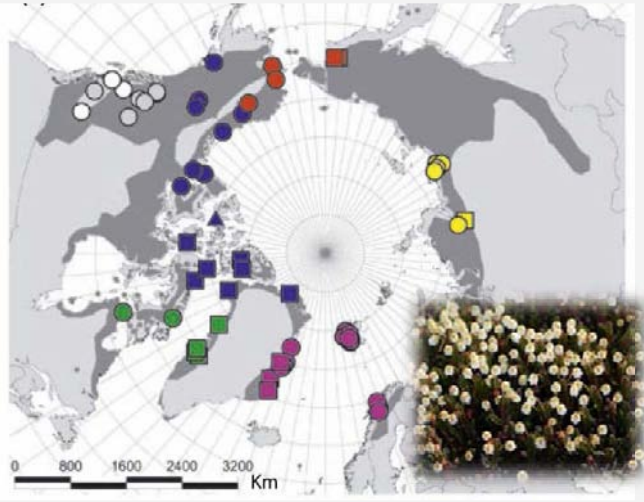


Ikeda et al. 2017. Molecular Ecology



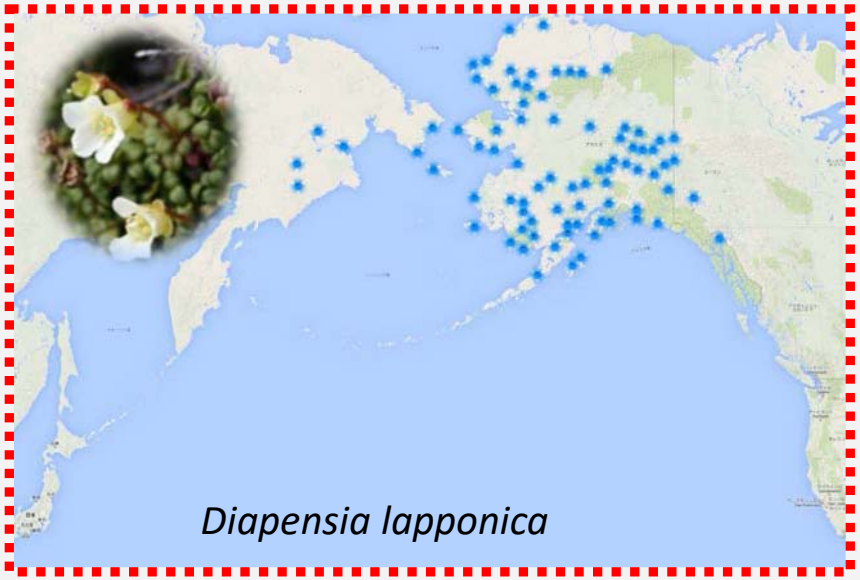
Winkler et al. 2012. Molecular Ecology

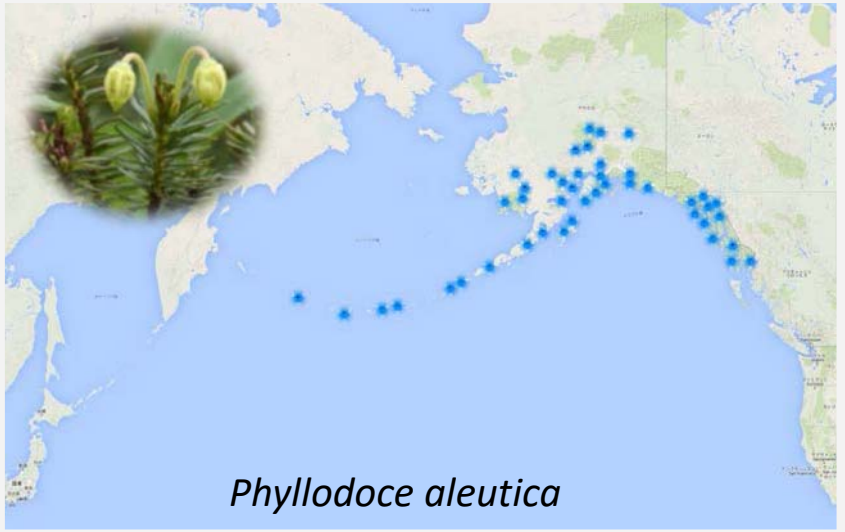
Gussarova et al. 2015. AJB

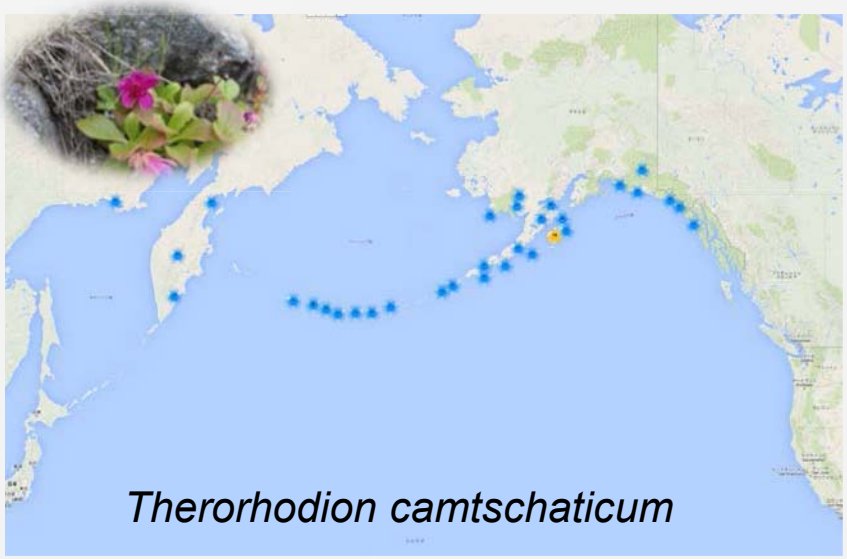


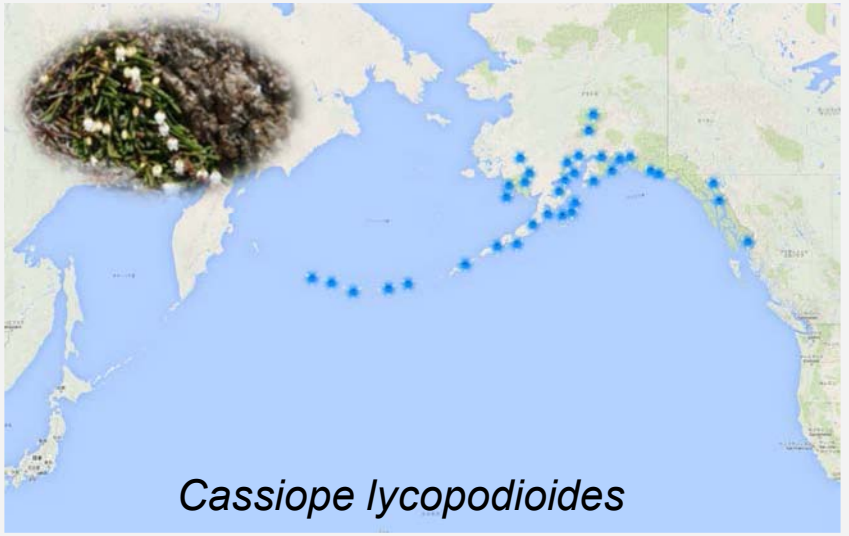
Eidesen et al. 2007. Journal of Biogeography

ベーリング海峡周辺に分布しない高山植物









ベーリンジア・レフュージアを中心とした分布変遷プロセスが当てはまるのか？

http://arctos.database.museum/

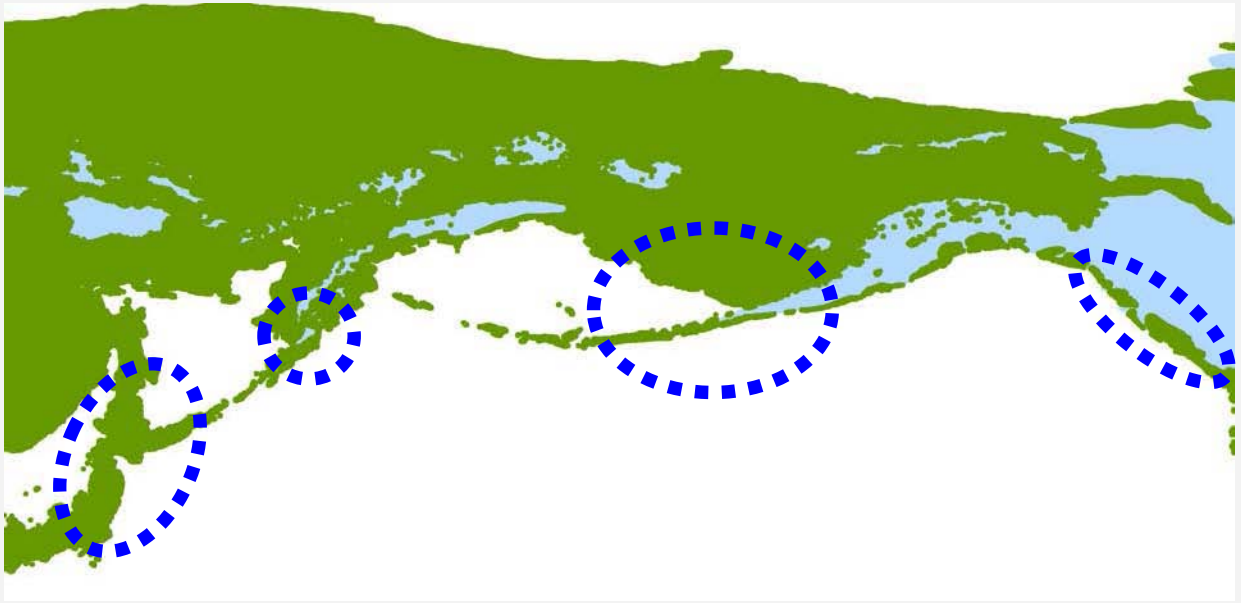
北太平洋沿岸地域に分布する高山植物の分布変遷

> *"... many of the species must have been too oceanic to have been able to live there (the Bering Straits area) during the time when Beringia was dry..."*
>
> Hultén 1937

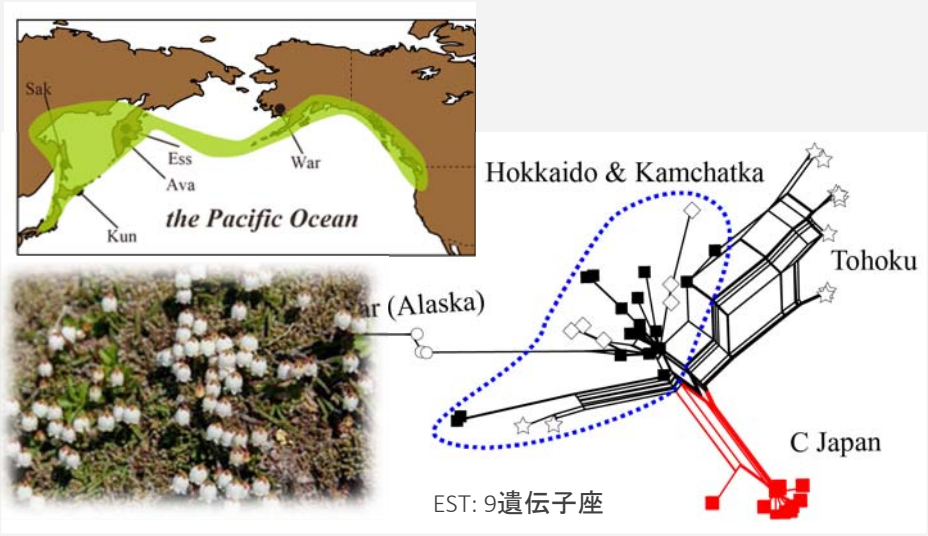
- 海洋性の気候を好む種にとって，ベーリンジアは乾燥が強い

北太平洋沿岸地域に分布形成の拠点となるレフュージア？

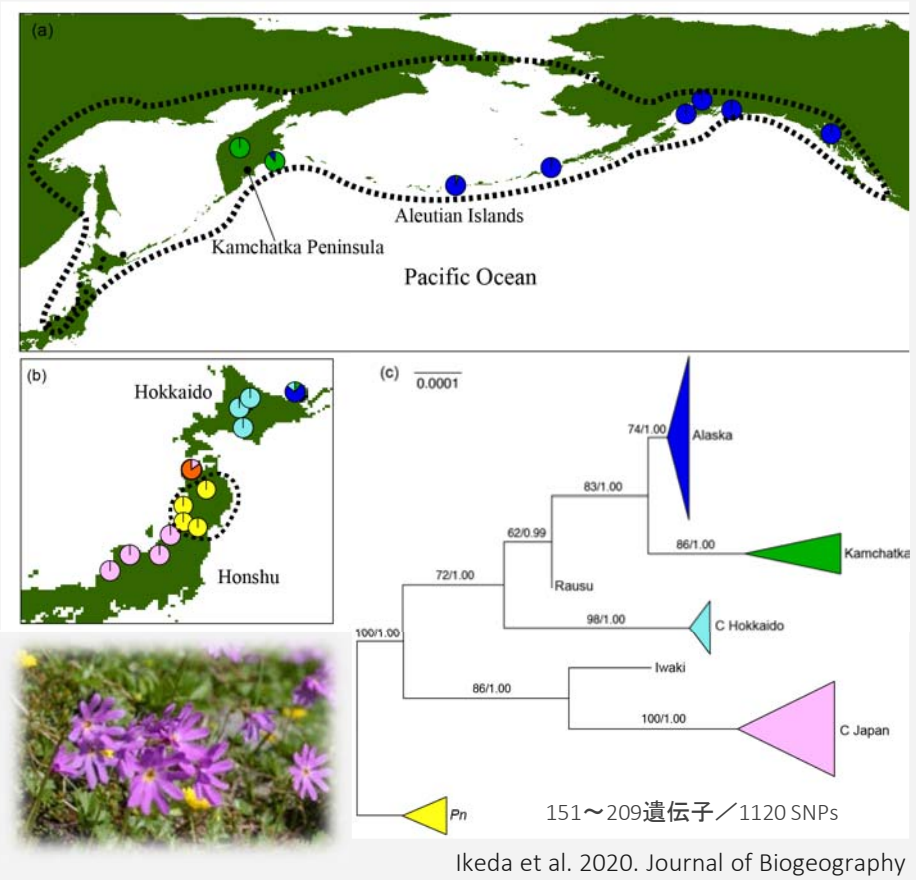
OUTLINE OF THE HISTORY OF ARCTIC AND BOREAL BIOTA DURING THE QUARTERNARY PERIOD



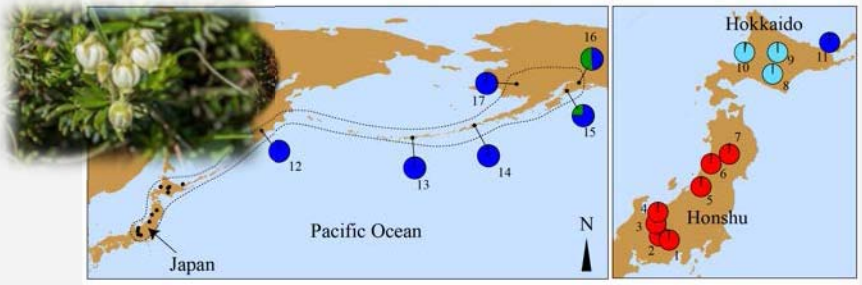
北太平洋地域の高山植物における系統地理学的研究

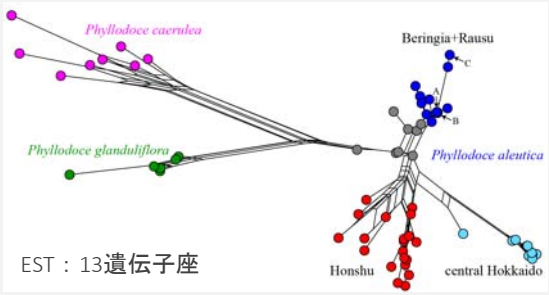


Ikeda et al. 2013. Biological Journal of Linnean Society



Ikeda et al. 2020. Journal of Biogeography



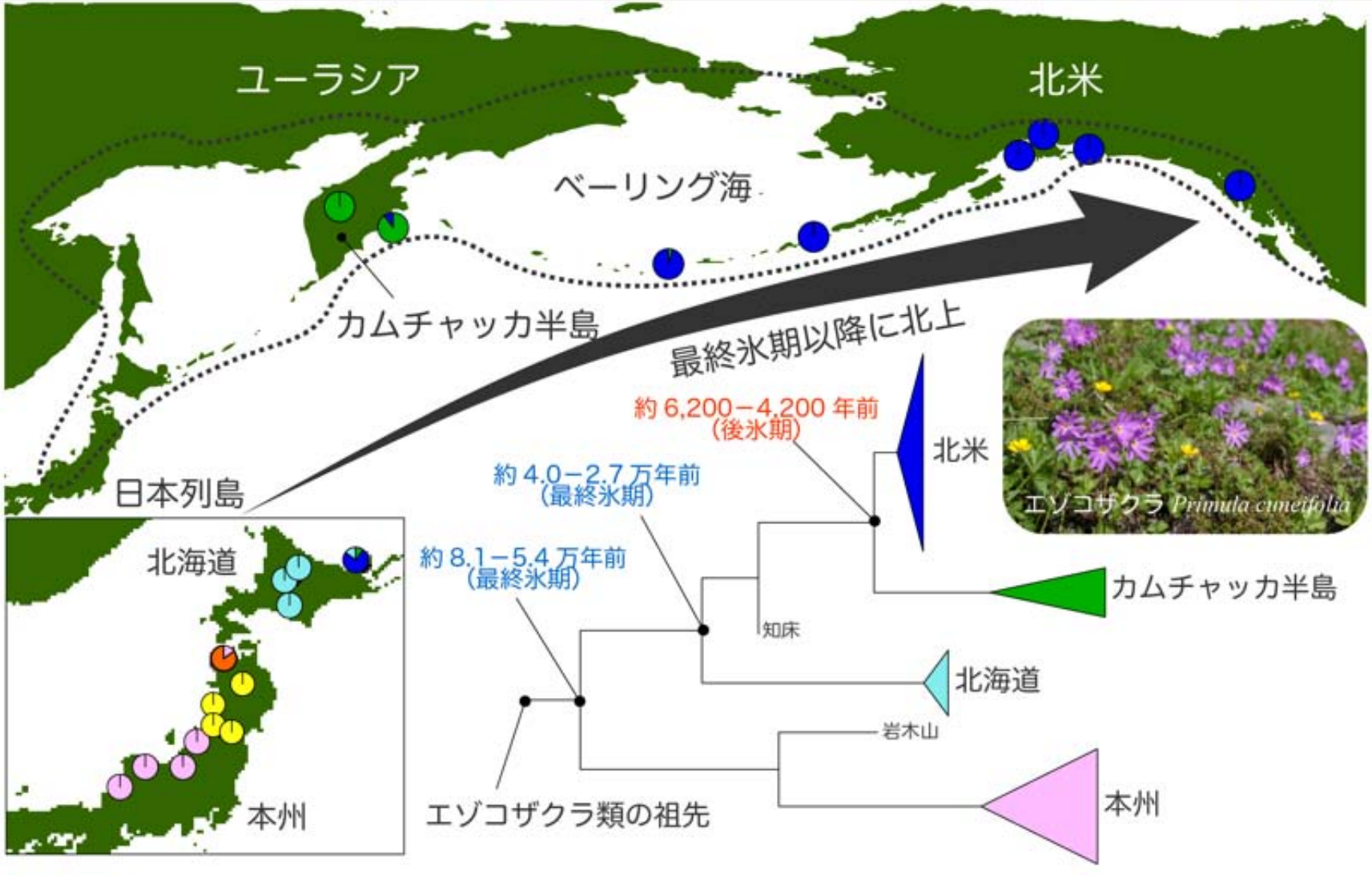


Ikeda et al. 2018. Journal of Biogeography

◎東北アジア～北米には，遺伝的に非常に近い系統が分布
…複数のレフュージアを拠点とした可能性は低い

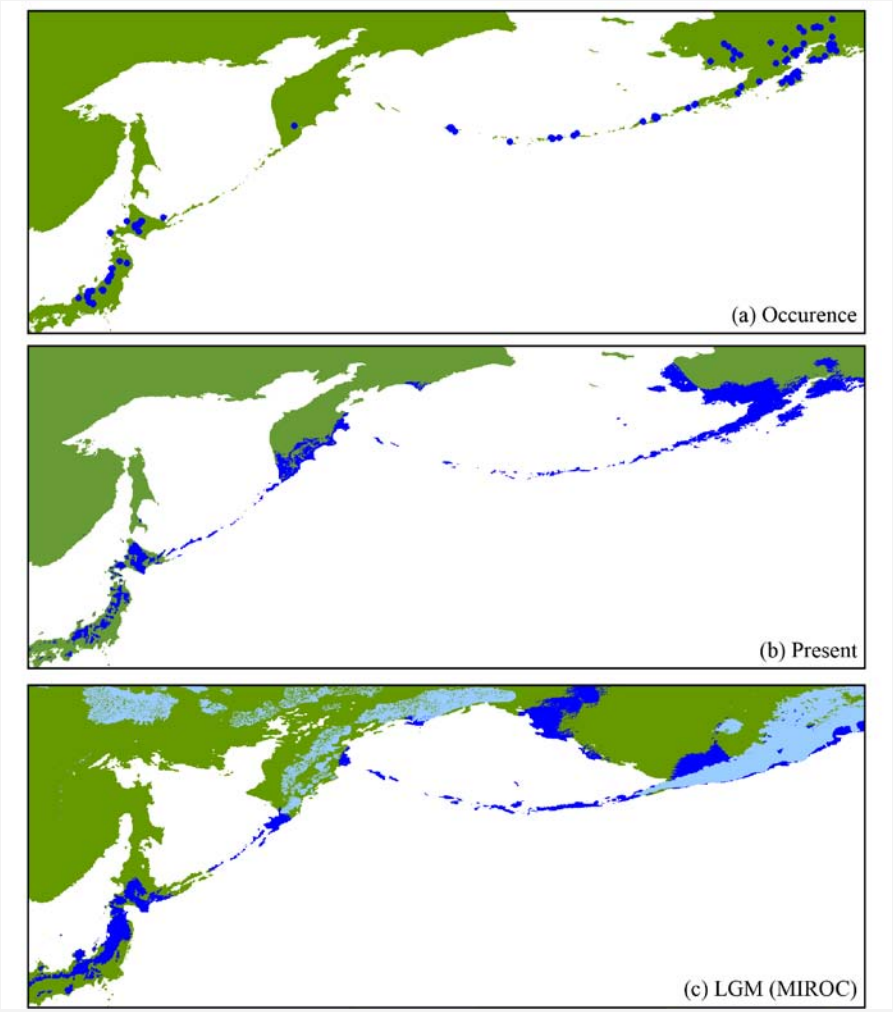
最終氷期に広域分布 or 最終氷期以降に分布拡大

最終氷期以降に日本列島から北上した高山植物
ーエゾコザクラ・ハクサンコザクラー

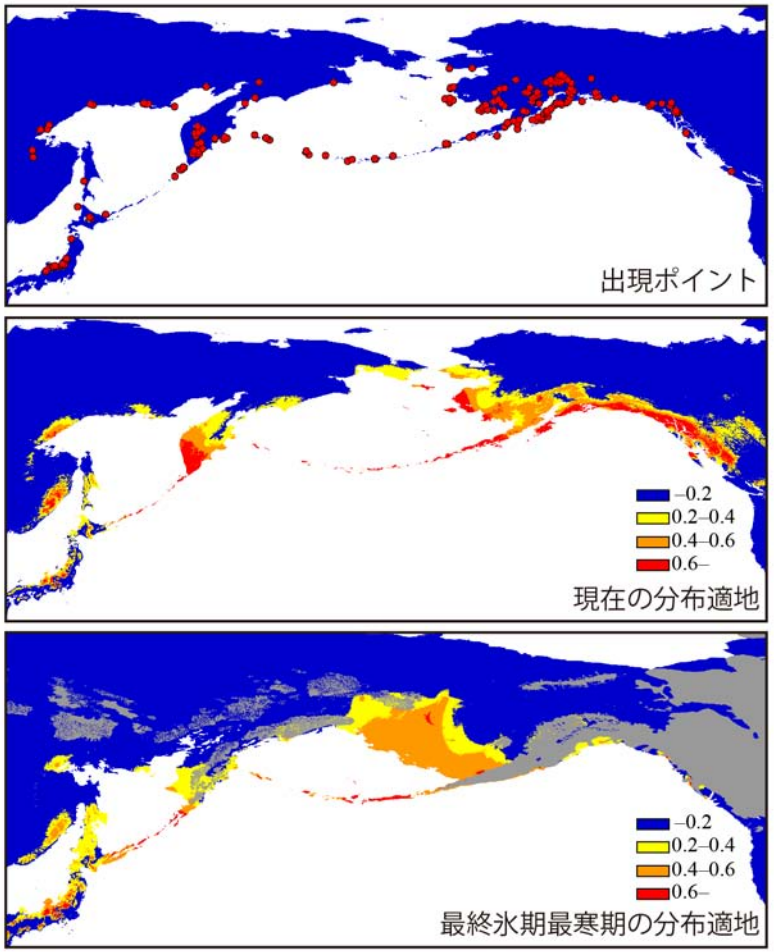


Ikeda et al. 2020. *Journal of Biogeography*

GBIFの分布記録を用いた分布適地の推定
―分布推定モデル：SDM―



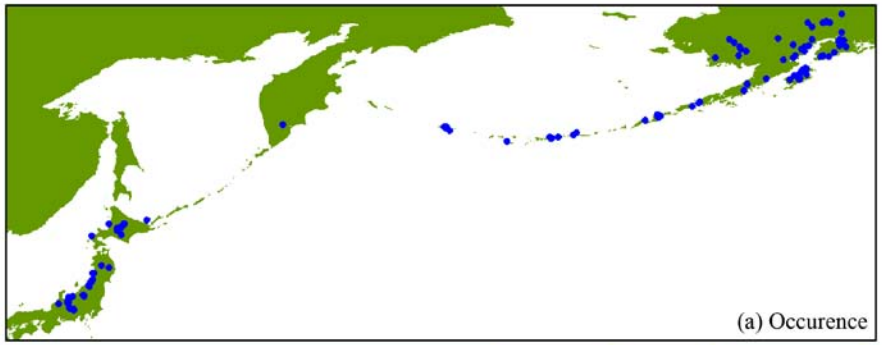
・426地点（GBIF由来：189地点，調査記録：237地点）
・9個のBioclimを用い，Maxentにより推定

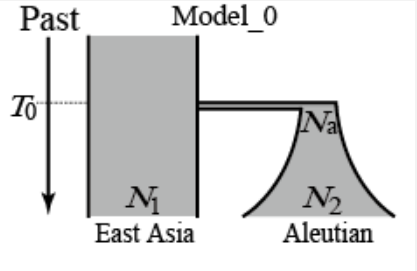


- 666地点（GBIF由来：378地点，調査記録：288地点）
- 7個のBioclimを用い，Maxentにより推定

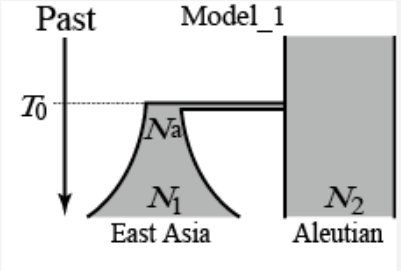
Ikeda et al. 2018, 2020. Journal of Biogeography

分布推定モデルと系統地理学の統合的解析
ーアオノツガザクラの例ー

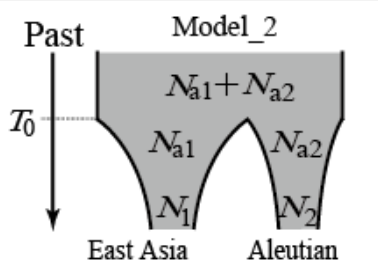




＜東アジアから分布拡大＞



＜北米から分布拡大＞



＜広域分布の分断＞

☆集団動態のモデル選択

（13個の核遺伝子を用いたABC）

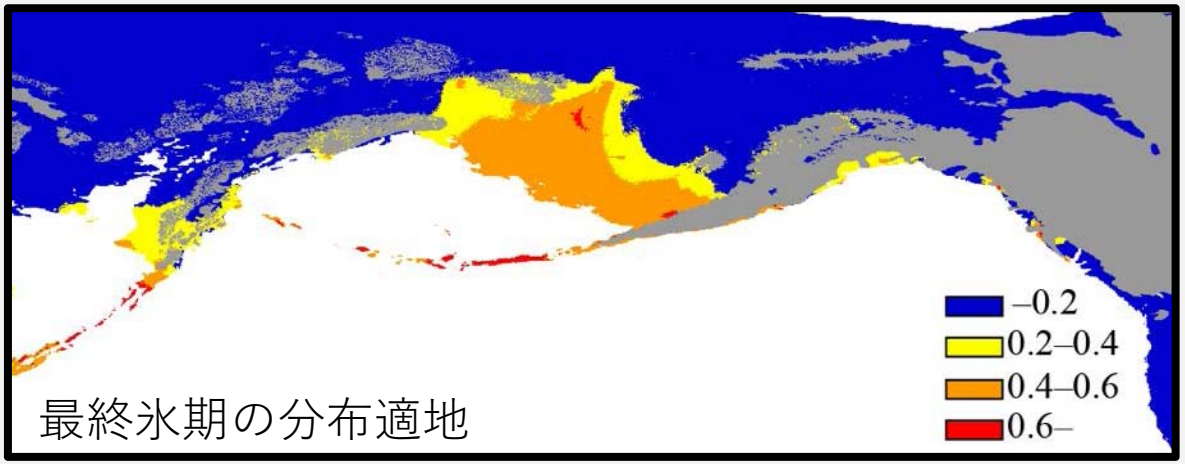
- Model_0: PP = 0.87
- Model_1: PP = 0.00
- Model_2: PP = 0.13

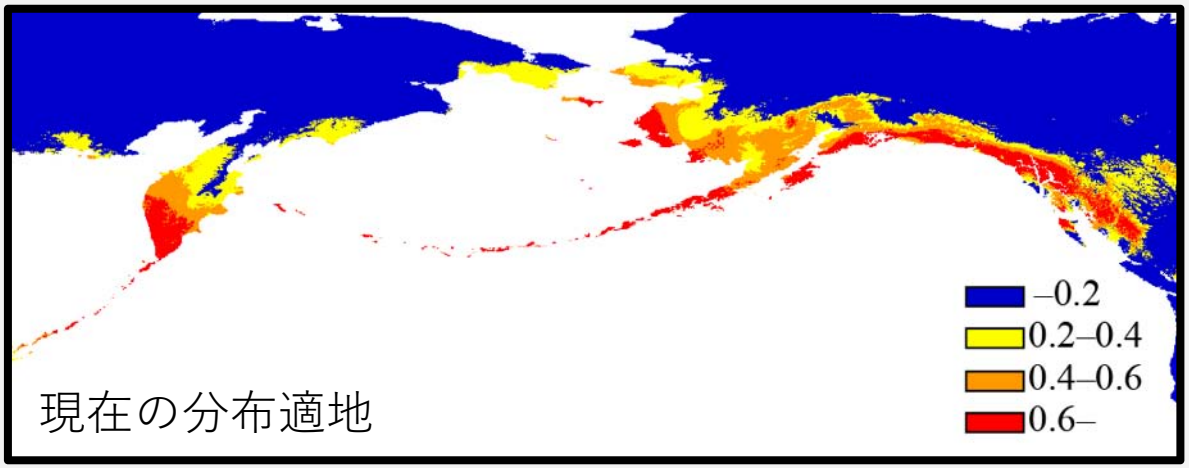
分岐年代 (T) = ca. 12ka (ca. 8-32ka)

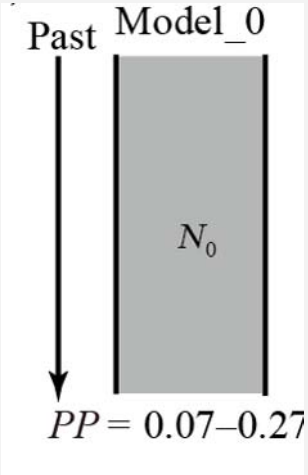
後氷期に東北アジア＞北米へと分布を広げた

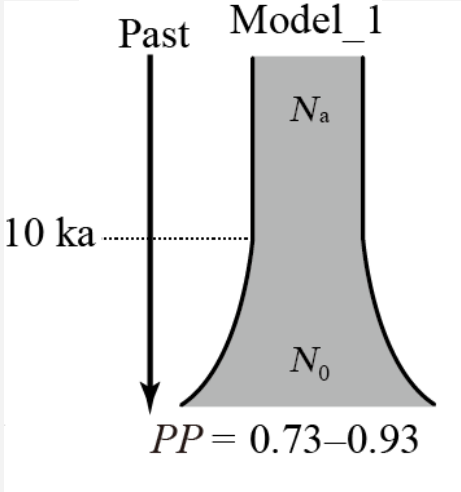
Ikeda et al. 2018. Journal of Biogeography

分布推定モデルと系統地理学の統合的解析
―エゾコザクラの例―









- 現在の方が北太平洋地域に広大な分布適地をもつ
- 北米集団は後氷期に分布を広げた拡大したモデルを支持

後氷期に北米の広い範囲へと分布が広がった

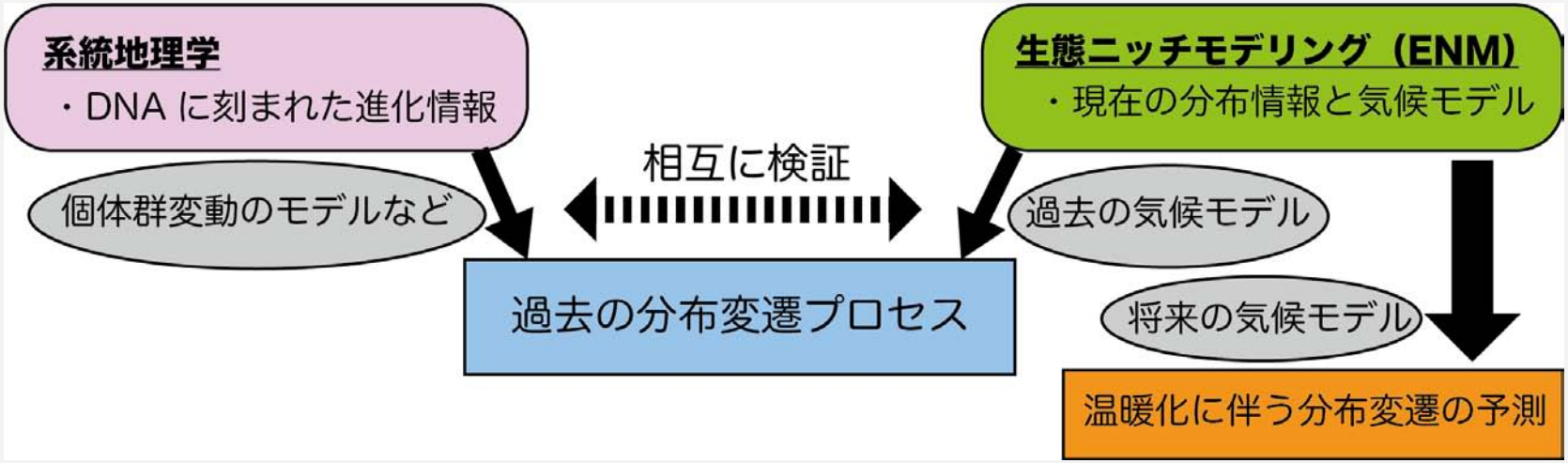
Approximate Bayesian Computation：
1000,000個のシミュレーションデータを用いたモデル選択

Ikeda et al. 2020. Journal of Biogeography

まとめ

- 北太平洋沿岸地域に分布する高山植物は，最終氷期以降に東北アジアから分布を広げることで現在の分布を形成した。

- 生態ニッチモデリングと分子データの解析を統合することで，独立したデータをもとに分布変遷プロセスを推定できる。



＜謝辞＞
（研究費）
科研費・昭和聖徳記念財団・稲盛財団
（共同研究者　＊敬称・所属略）
藤井紀行，佐藤和広，Valentin Yakubov, Vyacheslav Barkalov，瀬戸口浩彰