

# 現行平年値のメッシュ気候データを用いた大後の 「チャの気候的栽培適否地域」地図の改訂<sup>†</sup>

水野 直美

(平成20年11月28日受理)

## Revision of Daigo's "climatic suitability map for tea cultivation" using current average mesh data

Naomi Mizuno

### I 緒言

チャの栽培分布や北限に関しては、これまで様々に言われてきたが、未だに統一的な見解が存在しない。これを解決するためには、実際のデータと過去の様々な説の検討が必要であり、現在取り組んでいるところである。これまでの主として現地調査の中間報告に関して(水野, 2002a, b, c; 水野ら, 2002a, b, c, d, e; 水野, 2003; 水野, 2004; 水野ら, 2005a, b; 水野, 2006; 水野ら, 2006a, b; 水野, 2007; 水野ら, 2007), たとえば「この場所は栽培不能地と考えられるがなぜ生存可能か」とか、「写真は幼木のようなだが温暖化で栽培可能となったのか」等々、大後(1980a)の説を根拠としたと考えられる種々の疑問が提示されたが、その栽培地帯区分図の分解能不足や、データ期間、作成方法などが不明のため、根拠を示しての回答が困難であった。このような問題を解消しようとして、大後の記載を再検討したところ、誤りを見出したので、検討結果としての大後の説明図のカラー化高分解能版作成の試みと共に報告する。

大後美保(だいがよしやす:1910~2000)は日本の農学/農業界に大きな影響を与えた農業気象学者である(村上, 2002)。その著書には「チャの気候的栽培適否地域」という標題の節でチャの産地特性が説明されているもの(大後, 1980a)がある。当該個所には論考のほか第180

図として「チャの気候的栽培適否地域」地図(以下、大後原図とする)が掲載されている。これらの要点は、日本全土は植物期間で190日未満の栽培不能地、190日以上栽培可能地、210日以上の経済的栽培地に区分でき、最後のもののうち3~8月の降水総量が850mm以上の場所は経済的栽培適地といえるというものである。植物期間とは「日平均気温5℃以上の期間」のことであり、同様なものとして生物期間(日最低気温が5℃以上)、霜日期間(日最低気温が0℃以下)、冬日期間(日最高気温が0℃以下)他についても記述されている(大後, 1980b)。この区分地図の作成方法は明らかでないが、おそらく各種計算結果を基に目の子で作成されたものと考えられた。現在では、気温などの空間分布はメッシュ気候値として公表されている。このデータを用いれば空間分解能を約1 Kmまで向上させることが可能であり、また、平年値は当時のものから基準となる統計期間が変化しているので、これを最新のものに合致させることを目的として、改訂作業を行った。

### II 材料および方法

大後の植物期間の定義に従い個々の3次メッシュデータ(気象庁, 2002)について、まず、日平均気温5℃以上の月数を数え、対応する日数に変換した。このことは、

5℃を横切る日付が月の変わり目に一致するということの意味する。この仮定は現実的ではないので、春に5℃を超えた月とその前月、秋に5℃を割り込んだ月とその前月について、月平均の出現日を月の中心と見なし、温度変化が直線で表されると考えて、5℃を横切る日付を求め、最初に求めた日数を補正した。得られた日数を、定義通り温度値で3区分、さらに降水量を加味して4区分し、色分けして改訂地図を作成した。この時、作成した地図の良否が一瞥で判定可能となるように、作図域をメッシュデータが存在する全域ではなく、大後原図の範囲内とした。生物期間についても植物期間の「日平均5℃」にかえ、「日最低気温5℃」を指標として、同様の処理を行い、地図を作成した。また、大後原図は形状がこの作成方法による改訂地図とは大きく異なるので、こちらも大後原図の外見を改訂地図に類似するよう、形状を変化させたものを作成した(以下これを大後図と呼ぶ)。大後図は、温度と雨量の双方の情報を含むが、まず最初に温度条件を決定するために、大後図から温度条件のみを取り出した図も作成し、これらを基準として以下の検

討に用いた。なお、改訂地図作成方法の詳細は既報(水野, 2002b)に準じた。

### III 結果

図-1は上述の考え方に従い作成した大後図である。まず最初に、処理を単純にするために、温度条件のみを考える。このため大後図(図-1)から温度情報のみを取り出したものを作成し、大後温度図(図-2)とした。一方メッシュデータの温度条件から大後の定義に従った地域区分を行い、改訂温度図を作成した(図-3)。大後温度図(図-2)と改訂温度図(図-3)は同じ定義の下に作成されたものであるが、分解能や気象変動による変化を考えても、これらは、明かに同一ではない。つまり、大後は、図の凡例も含むこの項目の本文の解説の内容とは異なる作成方法による図を掲載したと判断された。ちなみに凡例と本文の内容には齟齬はなかった。では、大後温度図(図-2)はいかなる方法により作成されたものであろうか?これを明らかにするため、地帯区分の境界と

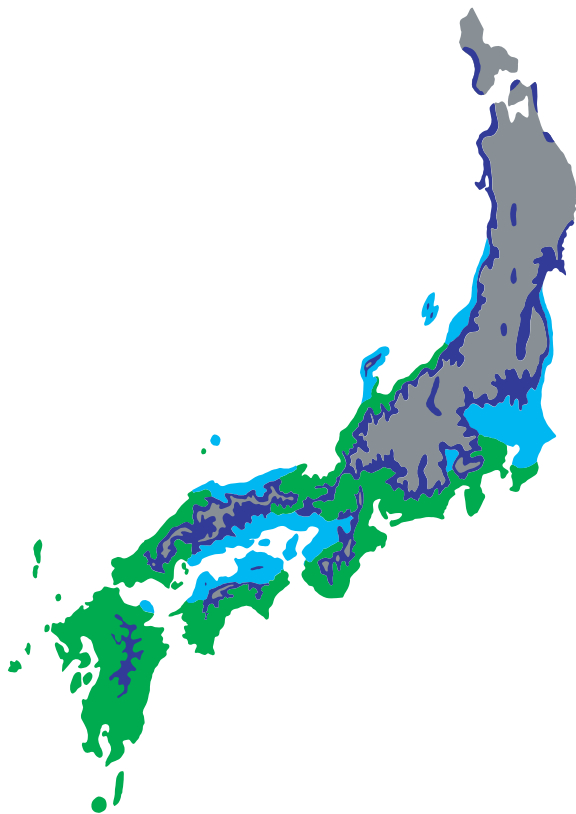


図-1 大後図。温度条件と降雨条件を考慮してモノクロの大後原図を改作したもの。緑色：経済的栽培適地、水色：経済的栽培地、藍色：栽培可能地、灰色：栽培不能地。

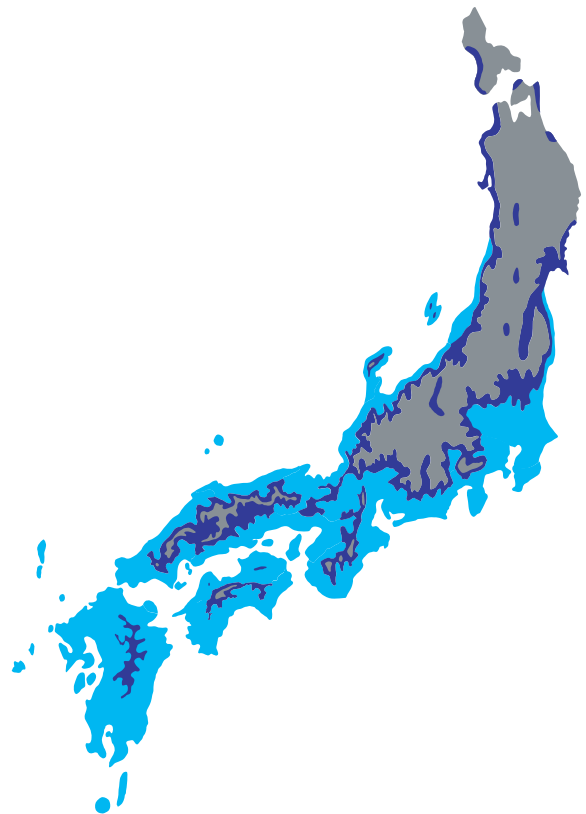


図-2 大後温度図。温度条件のみを考慮して大後図を改作したもの。水色：経済的栽培地、藍色：栽培可能地、灰色：栽培不能地。

なる日数を様々に変化させたものと、補正をしないで月数に対応する日数のみの場合も組み合わせた図を多数作成して検討した。大後温度図(図-2)の地帯区分の境界値は190日と210日であるが、下側境界値を190~290日、上側境界値を210~310日の範囲で調べたところ、240日と265日にしたものが(図-4)、類似度が高いと考えられた。

次に、温度指標として、大後温度図(図-2)が依拠した植物期間ではなく、生物期間を取った場合について検討した。境界値を定義通りとして得られた結果を図-5に示した。本図は、これまでに検討してきた図-4を含む多数の図とは異なり、例えば渡島半島、下北半島、能登半島などで明らかなように大後温度図(図-2)と類似点が多かった。細かな差異はあるものの、多くは大後温度図(図-2)において空間分解能が不足することが原因であると考えられるものであった。図-4を正しいものとした場合、上限値と下限値の2個の誤謬が生ずるが、図-5を正しい改訂地図とした場合には生物期間と植物期間の取り違えという1個の誤謬を仮定すればよ

いということとなり、オッカムの剃刀の原理により、後者が支持される。しかしながら、この図においては横手盆地在が判別できないなどの問題があり、それを解消しようとして、境界値の異なるものも作成を試みた。たとえば190日の境界値を185日にすると栽培可能地域が横手盆地に大後温度図(図-2)とほぼ同サイズで出現する一方、同時に松本盆地、米沢盆地、新庄盆地等々が大きなサイズで出現するほか、盛岡付近や、下北半島、夏泊半島周辺もかなり異なる様相となるなど、多くの問題が発生した。180~190日を1日刻みで検討したが、総合的に考えて大後温度図(図-2)の境界値を採用した場合に、最も類似したものとなると思われた。

大後温度図(図-2)の根拠となった温度条件が推定できたので、雨量条件を組み込んだ図を作成した(図-6)。これを大後図(図-1)と比較すると、山陰や国東半島等に若干の違いが見られた。このため、雨量条件を850mmから900mmに変えてみたが、余り改善は見られず、かえって三河や北近畿に大後図(図-1)と判定が相違してしまう悪影響が出現した。950mmでは山陰は



図-3 改訂温度図a. 文献(大後, 1980a)の記述通りに作成したもの。配色の意味は図-2に同じ。

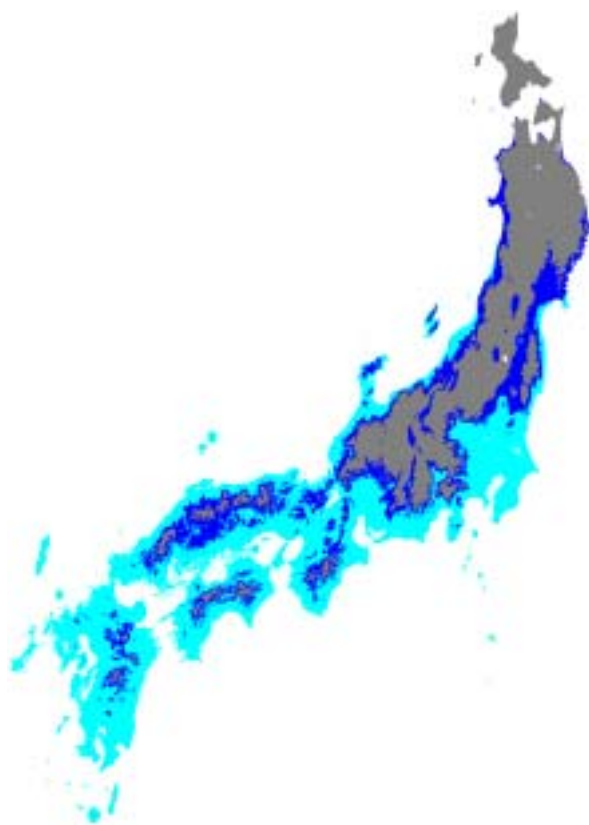


図-4 改訂温度図b. 文献(大後, 1980a)記載の温度境界値を変更して作成したもの内、図-2に最も良く類似したもの。配色の意味は図-2に同じ。

改善されるが、悪影響は拡大し、関東、北陸も悪化した。1000mmになってようやく国東半島の基部に少々の経済的栽培地が出現するが、この個所を含め大後図(図-1)とは大きく異なるものであった。総合的に判断すれば、大後図(図-1)に最も類似するものは850mmの場合であると考えられた。これらにより、大後図(図-1)の「正しい」改訂地図(図-6)が得られたと判断した。

#### IV 考察

本研究により、大後(1980a)のチャの気候的栽培適否地域地図及びその解説には誤りがあることがわかった。さらに、その地図の作成方針が解明され、結果として、誤りの内容が生物期間と植物期間の取り違いであることが分かった。この取り違いを訂正すれば、大後の記述の問題点は解消する。また、本研究の目的であった、最新の気象データに合致した、かつ、空間分解能の高い改訂地図(図-6)を得ることができた。この図と大後図(図-1)の間には空間分解能の違いに帰するのが難しいと思

われる若干の相違が残るが、大後図(図-1)の作成過程の詳細、つまり、使用した気象データの観測期間や観測所名、また温度の高度補正法や等値線描画の具体的手法などが全く不明であるので、差異の原因は解明できなかった。

植物期間が210日ということは、平均気温が5℃以上の月が約7ヶ月あるということである。たとえば札幌の気温の月別平年値(国立天文台, 2005a)を1月から順に示すと、-4.1, -3.5, 0.1, 6.7, 12.1, 16.3, 20.5, 22.0, 17.6, 11.3, 4.6, -1.0となる。概略で見積もっても、5℃以上の月が7ヶ月あると言うことで、札幌もチャの経済的栽培地域になってしまう。念のため日割り計算を行うと、221日となった。一方、生物期間として考えて、日最低気温の月別平年値(国立天文台, 2005b)をとれば、-7.7, -7.2, -3.5, 2.7, 7.8, 12.4, 17.1, 18.5, 13.6, 6.9, 0.9, -4.4となり、5℃以上の月は6ヶ月で、栽培可能地の190日には届かない様に思われた。厳密に調べても179日で栽培不能地となることが分かった。なお、同様の温度指標で良く用いられるものとして、川喜田が

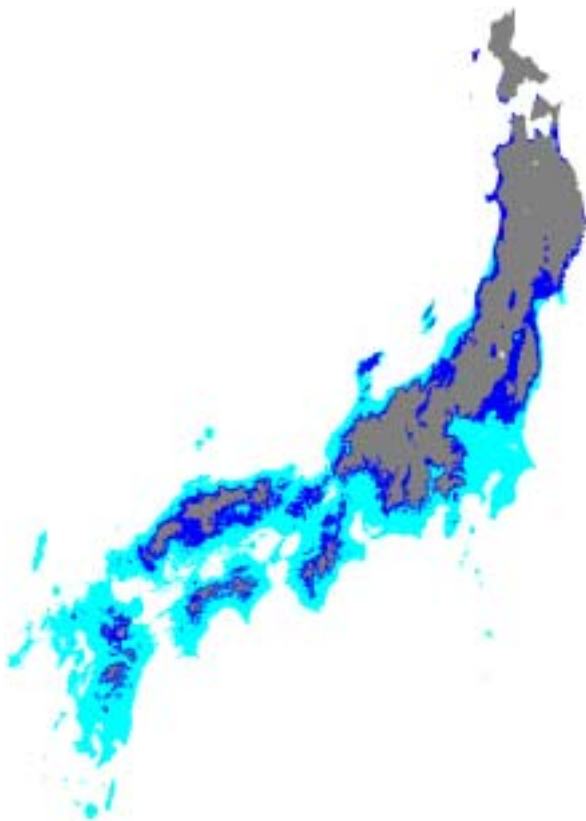


図-5 改訂温度図c. 文献(大後, 1980a)記載の温度の定義のうち、植物期間を生物期間に変更して作成したもの。配色の意味は図-2に同じ。

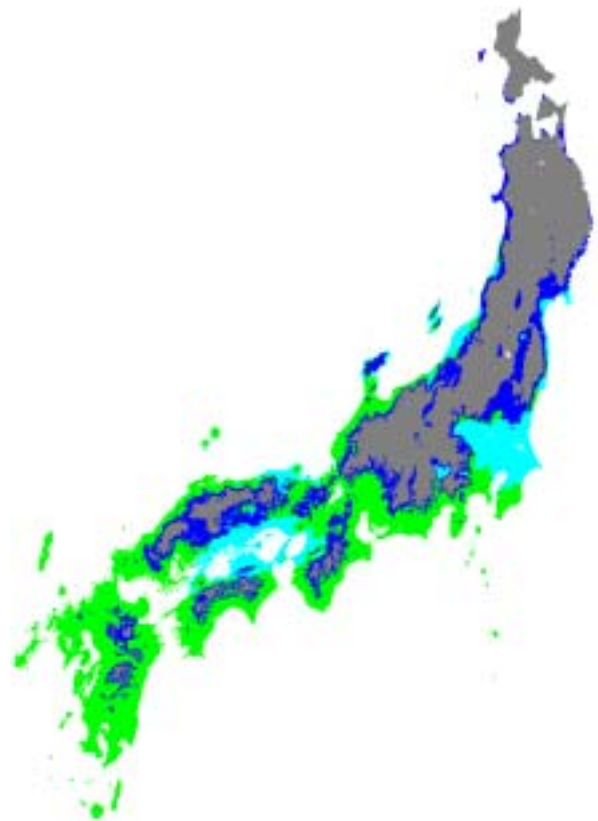


図-6 改訂地図。図-5に文献(大後, 1980a)の降水条件を加味して作成したもの。配色の意味は図-1に同じ。

発案し吉良が発展させた温量指数がある(川喜田, 1943; 吉良, 1945)。これは、月平均気温が5℃以上の月について、その越えた部分を集計したものであり、これは月数ベースの積算温度の一種である。これに対して、大後の指標は日数ベースの積算温度と見なすことが出来、当然ながらこれらの間には相関関係がある。

大後(1980a)の採用した気象データと作図法ははっきりしないが、少なくとも我々のものとは異なり、結果として異なる図が得られたのは当然であるが、差異の主要部分は空間分解能であると考えられた。その他の可能性として、たとえば気候変動により地帯区分が変化することも考えられる。しかし、Beck et al. (2006)がメッシュデータによるケッペンの気候図再作成において、1951~2000年のデータを使った場合と、1986~2000年の場合の変化で見出したように、この様な差異は系統的に出現するものと考えられるが、本件の場合、同時に作成した多数の図も含め、その様な兆候は認められなかった。

我々は、これまでモデルのパラメータには栽培学的な意味が必要であると主張してきた(水野, 1993)。本件に関しては、栽培が可能であるには190日の生物期間が必要であるというモデルにおいて、たとえば190日の生物期間では収穫可能であり、180日程度の場所では収穫直前に霜害に遭いやすいというような状況があれば190日というパラメータには栽培学的な意味が存在し、我々の観点からも妥当なものと言える。しかし、実際にはチャにおいてはそのようなことはなく、190日という数字に特段の栽培学的意味合いはない。しかし、恐らく日本付近におけるチャの栽培可能性は、低温による枯死により決定づけられているものと考えられる(水野, 2002b)。であるならば、指標としてはたとえば最低気温など栽培可能性に直接的に影響を与えるもの(直接指標)を用いるべきである。そもそも、すべての温度指標間には高い相関関係が存在する。このことは、たとえば栽培可能性について温度指標に基づいた議論をしようとした場合には、どのような指標を用いても類似の議論が成立することを意味する。事実、本研究においても図-4の大後図(図-1)に対する類似度はかなり高いものであった。生物期間を用いると言うことは、生存のために必要な生育量を確保するという意味があると同時に、その長さは、最低気温と逆相関関係であると考えられ、間接的に低温による枯死と関連づけられるという意味を持つ。しかし、前者に関しては、日本付近では制限要因とはならないと考えられるし、後者の意味ではあくまで間接的な指標に

しかならない。間接指標を用いると、その栽培学的な意味が不明となるし、直接的な指標を用いる場合と比較して、様々なノイズが入り込むことになる。従って、生物期間というような相関を介して影響を与えるような指標を茶の栽培可能性について用いるべきではない。また、他の指標である210日や850mmについては、これは経済性に関する議論であるので、我々の観点からは、収益に最も影響を与える指標を選び利用すべきであるということになるが、これ以上詳細な議論は本稿では行わない。

「チャの気候的栽培適否地域」を掲載した大後の著書、新編農業気象学通論は、その前身の農業気象綜説(大後, 1945)が戦時下に出版され、その後の版歴としては、「農業気象通論」(大後, 1948)、「新編農業気象学通論」(大後, 1955)、「増訂改版 農業気象学通論」(大後, 1967)、「新編 農業気象学通論」(大後, 1980c)と改訂、改訂ごとに書名も変更されて出版されてきた。恐らく教科書として採用されることが多かったことが原因と思われるが、改訂、増訂を伴いほぼ毎年のように刊行されてきた。今回問題にした、チャの気候的栽培適否地域に関する記述は1980年刊の新編農業気象学通論初版が初出であり、その後絶版直前の10版まで訂正されていない(大後, 1992)。これがたとえば初期の頃から同様の記述がある事項ならば、誤りに気づき訂正される可能性が高かったと考えられるが、残念ながら今では絶版となり、また筆者による直接の訂正の可能性も失われた。我々のこれまでの研究の過程(水野, 2002a, b, c; 水野ら, 2002a, b, c, d, e; 水野, 2003; 水野, 2004; 水野ら, 2005a, b; 水野, 2006; 水野ら, 2006a, b; 水野, 2007; 水野ら, 2007)では、大後の業績を含めた議論を求められることが多く、本研究により、直接・間接指標の議論も含め、今後はより詳細にわたって現行の平年値に基づいた正確な対応をすることが可能となった。現在までに起きている温暖化による変化や、寒冷地にチャが植栽された後の過去数百年間の低温極値出現の問題などについては今後の検討としたい。なお、大後原図のキャプションには年号なしで姓だけの表示で「(大後)」と注記があり、他の文献からの引用の可能性があったので、先行出版された文献及びデータベースを調べた(表-1)が作成手法に関連するような情報は見出せなかった。

図-5、図-6については、本出版物では作成したとおりの高解像度では提供できないため、既報(水野, 2002b)と同様約1 Km四方の3次メッシュデータが1ピクセルに対応する高解像度画像をネット上で公開していく予定である。

表一 大後の「チャの気候的栽培適否地域」

地図の作成方法に関する情報探索範囲

大後美保. 1942. 農業気象の知識. 帝國農會. 東京.  
 大後美保. 1943. 産業気象の研究, 第1輯. 共立出版. 東京.  
 大後美保. 1943. 旱害の研究. 地人書館. 東京.  
 大後美保. 1943. 植物生理気象学. 共立出版. 東京.  
 大後美保. 1944. 産業気象の研究, 第2輯. 共立出版. 東京.  
 大後美保. 1945. 日本作物気象の研究. 朝倉書店. 東京.  
 大後美保. 1947. 農作物と気象. 羽田書店. 東京.  
 大後美保. 1947. 農業と気象. 朝倉書店. 東京.  
 大後美保. 1947. 日本農業気象圖便覧. 共立出版. 東京.  
 大後美保, 鈴木雄次. 1947. 日本生物季節論. 北隆館. 東京.  
 大後美保. 1947. 農業気象の研究, 第3輯. 共立出版. 東京.  
 大後美保. 1948. 農業気象の研究, 第4集. 共立出版. 東京.  
 大後美保. 1948. 農地微気象の研究. 北隆館. 東京.  
 大後美保. 1949. 農業気象による豊凶予想法. 資料社. 東京.  
 大後美保. 1950. 産業と気象. 三省堂. 東京.  
 大後美保. 1950. 農業気象12ヶ月. 全国新聞情報農業協同組合. 東京.  
 大後美保. 1951. 農業気象. 朝倉書店. 東京.  
 大後美保. 1952. 農業災害とその防ぎ方. 博友社. 東京.  
 大後美保. 1957. 四季の農業気象. 朝倉書店. 東京.  
 大後美保. 1958. 日本の季節 植物編. 実業之日本社. 東京.  
 大後美保. 1961. 季節の事典. 東京堂. 東京.  
 長尾隆, 大後美保. 1972. 都市気候学. 朝倉書店. 東京.  
 大後美保, 大橋広好, 福田泰二. 1974. 原色季節の花大事典. 毎日新聞社. 東京.  
 大後美保. 1976. 気候と文明. 日本放送出版協会. 東京.  
 大後美保. 1977. 微気象の探究. 日本放送出版協会. 東京.  
 日本農業気象学会論文誌「農業気象」総目次 <http://www.soc.nii.ac.jp/agrmet/journal/jam/samj.html> 第1巻(1943)から第36巻(1980)を調査.  
 日本作物学会 日本作物學會紀事 [http://www.journalarchive.jst.go.jp/japanese/jnl1/top\\_ja.php?cdjournal=jcs1927](http://www.journalarchive.jst.go.jp/japanese/jnl1/top_ja.php?cdjournal=jcs1927) Vol. 1 (1927)からVol. 49 (1980)を調査.

## V 摘要

チャの北限や栽培地帯区分の議論は未だ収束していない。大後(1980)が発表した「チャの気候的栽培適否地域」地図はそのような提案の一つであるが、作成方法が不明のため種々の問題点を抱えている。これを空間分解能の向上と、用いる気象データを現行平年値のものとすることで解消することを目的に、メッシュ気候値を用いた改訂地図を作成しようとした。ところが、大後の記述に沿って作成した地図は、大後の地図とは大きく異なるものであったため、何が問題かを調査した。この検討の結果、大後の記述中の「植物期間」は「生物期間」の誤りであることが判明した。完成した改訂版の正しい地図は、現行平年値に合致し、約1 Km四方の分解能を持つものであり、今後各種のチャ研究に役立つものである。

## 引用文献

- 1) Beck, C., J. Grieser, M. Kottke, F. Rubel, and B. Rudolf, 2006: Characterizing Global Climate Change by means of Köppen Climate Classification. *Klimastatusbericht* 2005, 139-149.
- 2) 大後美保(1945): 農業気象綜説. 326pp., 養賢堂, 東京. (第1版[1945.4.15]を確認)
- 3) 大後美保(1948): 農業気象通論. 277pp., 養賢堂, 東京. (第1版[1948.9.25]第3版[1950.3.5]を確認)
- 4) 大後美保(1955): 新編農業気象学通論. 295pp., 養賢堂, 東京. (第1版[1955.4.15]第6版[1961.2.10]を確認)
- 5) 大後美保(1967): 増訂改版 農業気象学通論. 321pp., 養賢堂, 東京. (第4版[1970.6.1], 第10版 [1974.7.1], 第18版[1978.9.10]を確認)
- 6) 大後美保(1980a): チャの気候的栽培適否地域. 新編農業気象学通論, 308, 養賢堂, 東京.
- 7) 大後美保(1980b): 気温の年変化. 新編農業気象学通論, 22, 養賢堂, 東京.
- 8) 大後美保(1980c): 新編 農業気象学通論(第1版), 420pp., 養賢堂, 東京.
- 9) 大後美保(1992): 新編 農業気象学通論(第10版), 420pp., 養賢堂, 東京.
- 10) 川喜田二郎(1943): 北部東亜大陸の地政学的一考察一特に開拓の将来性について. 1943年京都帝国大学文学部史学科地理学教室卒業論文, (川喜田二郎著作集第2巻地域の生態史, 453-486, 中央公論社, 東京. 1996. に収録されたものを参照)
- 11) 吉良竜夫(1945): 農業地理学の基礎としての東亜の新気候区分. 23pp., 京都帝国大学農学部園芸学研究室, 京都.
- 12) 気象庁(2002): メッシュ気候値2000. 統計期間1971~2000年, OOS-099, 2002年3月, (財)気象業務支援センター, 東京.
- 13) 国立天文台(2005a): 気温の月別平年値. 理科年表, 平成18年版, 172, 丸善, 東京.
- 14) 国立天文台(2005b): 日最低気温の月別平年値. 理科年表, 平成18年版, 178, 丸善, 東京.
- 15) 水野直美(1993): ファイトテクノロジーの試み [20]---園芸学からのアプローチ---. 農業および園芸, 68(5), 631-636.
- 16) 水野直美(2002a): 温暖化が茶の栽培地域の変動に及ぼす影響. 近年の気候変動の状況と気候変動が農作物の生育等に及ぼす影響に関する資料集, 141, 農林水産省. 東京.
- 17) 水野直美(2002b): 茶の精密地帯区分図の作成と温暖化シミュレーション. 茶業研究報告, 93, 62-69.
- 18) 水野直美(2002c): チャの精密栽培地帯区分図の作成と温暖化シミュレーション. 茶業研究報告, 94 (別冊), 44-45.
- 19) 水野直美・池田奈実子(2002a): チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(1)黒石市法眼寺. 茶業研究報告, 94 (別冊), 46-47.
- 20) 水野直美・池田奈実子(2002b): チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(2)黒石市薬師寺, 須藤氏茶園. 茶業研究報告, 94 (別冊), 48-49.
- 21) 水野直美・池田奈実子・松尾喜義(2002): チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(3)古平町禅源寺. 茶業研究報告, 94 (別冊), 50-51.
- 22) 水野直美・池田奈実子(2002c): チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(4)上村下栗. 茶業研究報告, 94 (別冊), 52-53.
- 23) 水野直美(2002d): チャの栽培地帯区分と植生帯及び

- Plant Hardiness Zone Mapとの対比関係. 茶業研究報告, 94 (別冊), 54-55.
- 24) 水野直美(2003)：地帯区分境界の実証的研究(1)中川根町標高1400m地点植栽実験. 茶業研究報告, 96 (別冊), 8-9.
  - 25) 水野直美(2004)：栽培植物の「分布」の定義とチャの新分布. 茶業研究報告, 98 (別冊), 8-9.
  - 26) 水野直美・池田奈実子(2005a)：チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(5)大船渡市. 茶業研究報告, 100(別冊), 54-55.
  - 27) 水野直美・池田奈実子(2005b)：チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(6)一関市, 盛岡市. 茶業研究報告, 100 (別冊), 56-57.
  - 28) 水野直美・松尾喜義・根角厚司(2006)：静岡県の高標高1400m地点における茶樹植栽実験. 東海作物研究, 138, 20.
  - 29) 水野直美・池田奈実子(2006)：チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(7)山形県, 秋田県. 茶業研究報告, 101 (別冊), 164-165.
  - 30) 水野直美(2006)：チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(8)長野県北部. 茶業研究報告, 101 (別冊), 166-167.
  - 31) 水野直美・池田奈実子(2007)：チャの栽培地帯区分図の枯死域と限界地の境界調査(9)福島県. 茶業研究報告, 103 (別冊), 108-109.
  - 32) 水野直美(2007)：寒冷地に育つ茶③栽培地帯区分図と生育場所. 茶, 60(6), 44-46.
  - 33) 村上律雄(2002)：名誉会員 大後美保先生のご逝去を悼む. 生物と気象, 2, 1-2.

## Revision of Daigo's "climatic suitability map for tea cultivation" using current average mesh data

Naomi Mizuno

### Summary

Discussions on the northern limit of tea cultivation or zoning of tea cultivation has not yet come to a conclusion. A map, presented by Daigo(1980) as "climatic suitability map for tea cultivation", is one proposal. But he did not describe his detailed methods of making the map.

We cannot evaluate or use this adequately. To exclude such problems, we revised the map using mesh climate data aiming to use current average data and high spatial resolution (ca. 1Km). However, a map created according to Daigo's description resulted in one that was different from Daigo's. We investigated why both maps were different and found that the difference was due to a mistake Daigo's made. He described to the use of the 'plant growth period', but actually he used the 'biologically favorable period' for making his map. The resulting correct map using current average data and having high spatial resolution could be widely used in further tea study.