

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：64303

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650607

研究課題名(和文)桜の開花に及ぼす地下温暖化の影響評価

研究課題名(英文)Impacts of subsurface warming on cherry blossom blooming

研究代表者

谷口 真人(Taniguchi, Makoto)

総合地球環境学研究所・研究部・教授

研究者番号：80227222

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：地下温暖化が桜の開花にどのような影響を与えるかを明らかにするために、開花の変化トレンドと、地温の経年変化トレンドを明らかにした。桜の開花は日本の103箇所の平均で過去50年に5日開花が早まっており、特に大都市の東京、大阪、名古屋でその開花早期化の傾向は強く、都市化によるヒートアイランド現象が大きな要因であることが明らかになった。桜の開花変化トレンドに最も相関性が高いのは、深度50cmの地温であることが明らかになった。またその開花の違いにおよぼす土壌水分および土壌水質の違いについても調査した。

研究成果の概要(英文)：In order to evaluate the subsurface warming on phenology such as cherry blossom blooming, the long term records of soil temperature and cherry blossom blooming were analyzed. The records at 103 locations over the Japan show the 5 day earlier of blooming during the last 50 years. The cherry blossom blooming in Tokyo, Osaka and Nagoya were much faster than other locations in Japan, which shows the heat island effect due to urbanization. Soil temperature at the depth of 50 cm show the most highest correlation with cherry blossom blooming. The soil water content and chemistry were also analyzed related to the cherry blossom blooming.

研究分野：水文学

キーワード：温暖化 地下温暖化 生物季節 桜 開花

## 1. 研究開始当初の背景

日本における「桜」は文化の象徴である。桜の開花予測は毎年日本の春の風物詩であり、様々な行事・社会活動・経済などがこの桜の開花予測に大きく依存している。桜の開花予測は、学術的には、気温の積算値を評価することでこれまで行われてきた。つまり開花を決める要因として気温のみが考慮されてきた。しかしその気温の積算開始時期に関しても前年の秋(10月頃)から始めるものから、開花の年の2月頃から始めるものまで、様々な提案がなされており、科学的には不明な点が多い。桜の開花は日本の6大都市では0.12日/年、ソウルでは0.14日/年の割合で早くなっており(Ho *et al.*, 2007)、温暖化のみの影響ではなく、都市の中心部で開花が早くなる割合が高いなど、都市化によるヒートアイランドの影響も見られる。一方、根域に直接影響を与える地温に関しては、我が国においては1970年代前半まで、日本各地の気象官署の各深度において連続測定が行われてきたが、桜の根域に影響を与えると考えられる地温上昇の影響評価に関しては、まだ行われていない。

桜の開花にいたるメカニズムは、前年の夏に花芽を形成→「休眠」→冬季の「休眠打破」→花芽の成長→「開花」というのが、長年の研究による通説である。ここでの休眠打破は、1日の平均気温が3~9℃程度の日が2週間ほど続くことで起きることが有力とされており、開花時期は、休眠打破以降におけるある起算日からの温度変換日数(日平均気温と関係)の積算値が所定の値に到達する日とされている。また、暖冬により休眠打破の時期が遅れば開花時期も遅れ、休眠打破がなければ開花しなくなる。これらのように、桜の開花予想手法は花芽の成長が地上気温と密接な関係にあることに基づいている。一方で、地下の温度は気温の積算情報をも蓄えており、地上気温だけではなく根域の地中温度を考慮した方が、開花にいたるメカニズムや開花日予想の精度を、より向上させるのではないかという仮説がある。

本研究は、従来、気温との関係のみで議論されてきた桜の開花などのフェノロジーを、根域に直接影響を与える「地温」との関係から新たな展開を図る点で斬新である。また、温暖化や都市化によるヒートアイランドに伴う温度上昇は、気温のみならず地下温度にも影響を与えていることが指摘されており、桜の「根域の地下温暖化」が桜の開花時期に変化をもたらしているという仮説は斬新なアイデアである。地温の測定は1970年代前半まで、国内気象官署において行われてきたが、諸事情で測定が中止されており、今回新たに深度ごとの地温を測定し、桜の開花との関係を明らかにするとともに、その影響をマッピング化する点がチャレンジングな点

である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、「地球環境変動とフェノロジー(生物季節)」との関係を「桜の開花時期と地温」から明らかにし、地下温暖化の影響をフェノロジーからマッピングする事である。桜の開花に影響を与える因子として、従来の気温ではなく、根域に直接影響を与える「地温」に注目し、桜の開花に最も影響を与える地温“深度”を明らかにし、従来の開花予測とは異なった視点から地球環境問題との関係を明らかにする。また温暖化および都市化に伴うヒートアイランドの影響を、地下温暖化の視点から、サクラの開花というフェノロジー影響分布を明らかにすることを最終目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究の目的を遂行するために、桜を有する都市(大阪)の中心・周辺・郊外・沿岸・公園等において、深度の異なる地点での地温の連続測定を行い、桜の開花に最も関係のある深度を明らかにする。また花芽成長の定点モニタリングのための連続観察と、花芽寸法の実測観察を行なう。あわせて1970年代前半までに測定された全国103箇所の地温(11深度)の解析を行い、気温の積算値としての地温と桜の開花の関係を明らかにする。さらに温暖化・都市化による桜の開花の影響を明らかにするために、都心・周辺・郊外での地下温度の逆解析を行い、いつから温暖化・都市化の影響が開始したのかを地下温度環境から復原する。

地温と桜の開花との関係を明らかにするために、まず(1)桜の開花に最も影響を与える地温深度を明らかにし、ついで(2)都市の中心・周辺・沿岸・公園等での比較から、桜の開花促進に及ぼす地下温暖化の影響を、温暖化と都市化の影響に分離し、さらに、(3)土壌水分や土壌水の水質が、桜開花に及ぼす影響を明らかにし、これらを通して、桜のフェノロジーと地球環境変動との関係を明らかにする。

全国103箇所で1930年代から1970年代までに測定された地温データ(11深度)の解析では、各地点の桜開花データを元に、桜開花の経年変化と地温の経年変化・気温の経年変化傾向の関係を明らかにする。また大阪府下でこれまでに申請者が測定した、都市中心・周辺・郊外の地下温度(深度200m)を逆解析し、過去の地表面温度の復元(温暖化の歴史)を行う。その際に、桜の開花の促進が最も早い場所を中心に同心円状に地点を選定し、都市化によるヒートアイランドの影響を明らかにする。

さらに、比較実験を行うために、総合地球環境学研究所の敷地内の胸高直径・高さ・枝

ぶりなどの似たサクラ3本を選定し、幹の根元から50cmの地点に深度50cm、100cm、150cmの3深度の地温と、気温を測定する熱電対を設置し、10分ごとの連続測定を行う。また土壌水分や土壌水の水質、根域の状況などを調査する。

#### 4. 研究成果

地下温暖化が桜の開花にどのような影響を与えるかを明らかにするために、まず過去の変化トレンドと、地温の経年変化トレンドを明らかにした。桜の開花は日本の103箇所の平均で過去50年で5日開花が早まっており、特に大都市の東京、大阪、名古屋でその開花早期化の傾向は強く、都市化によるヒートアイランド現象が大きな要因であることが明らかになった。地温の経年計測は1970年代で終了しているが、終了までの約30年間の平均をみると、桜も開花変化トレンドに最も相関性が高いのは、気温ではなく、深度50cmの地温であることが明らかになった。

また各深度の地温と根域の状況、および桜の開花の関係を明らかにするために、総合地球環境学研究所の敷地内の胸高直径・高さ・枝ぶりなどの似たサクラ3本を選定し、幹の根元から50cmの地点に深度50cm、100cm、150cmの3深度の地温と、気温を測定する熱電対を設置し、10分ごとの連続測定を行った。地温は深度とともに温度変化の振幅を減少しながら、位相が遅れる変化傾向を示した。総合地球環境学研究所内で選定した3本の桜のうち、2本と残り一本の桜の開花時期に違いがあり、その開花の違いに地温および土壌水分の違いの影響が出ている可能性が明らかになった。

また、サクラ開花の経年変動と地温との関係をより詳細に解明するために、大阪府内の地下温暖化の影響評価を行った。大阪都心部にみられるヒートアイランドの中心域での地下温暖化の影響は、サクラ開花の早期化のスピードの違いとして現れ、さらに緑地公園など土地利用の現在の状況ばかりでなく、土地利用の変遷の影響が表れていることなどが明らかになった。

さらに温暖化に伴う地下温暖化現象が、桜の開花時期などのフェノロジーに与える影響について、異なる深度の地中温度の連続測定と土壌水分等の地下環境の測定を行い、サクラの開花時期などとの関係を明らかにした。深度ごとの地温と開花時期との関係では、深度50cmの地温が開花時期と最も相関関係があることが明らかになり、根域分布との関連性が示唆された。また、詳細な土壌水の水質と桜の開花時期には、明瞭な関係性を見出すことはできなかった。地下温暖化現象は世界的にみられる現象であり、これがフェノロジーに与える影響に関してはまだ不明な点が多い。今後の課題として、コントロール実験などを行うことにより、定量的に要因を

評価することが必要である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

①有本 弘孝、北岡 豪一、谷口 真人、濱元 栄起、大阪中之島における地下温度鉛直分布の特徴、地下水シンポジウム2012論文集、20巻、2012、25-34

②濱元 栄起、有本 弘孝、北岡 豪一、谷口 真人、大阪都心部における地下温暖化履歴の推定、地下水シンポジウム2013論文集、21巻、2013、59-64

③有本 弘孝、北岡 豪一、谷口 真人、濱元 栄起、大阪都心部における地下温暖化の実態、地下水シンポジウム2013論文集、21巻、2013、53-58

[学会発表] (計6件)

①谷口 真人、地下温暖化の要因と負荷、都市域の地下温暖化と地中熱エネルギー研究会、2012年11月15日、建設交流会館、大阪

②Makoto Taniguchi、Subsurface warming due to global warming and heat island effects in Asian mega cities、Joint Assembly of IAHS/IAPSO/IASPEI、2013年07月22日~2013年07月26日、Gothenburg, Sweden

③Makoto Taniguchi、Aiko Endo、Masahiko Fujii、Jun Shoji、Kenshi Baba、Jason J Gurdak、Diana M Allen、Fernando Pascual Siringan、Robert Delinom、Security of water, energy, and food nexus in the Asia-Pacific region、AGU FALL MEETING、2014年12月17日、San Francisco

④谷口 真人、最新の地下水事情、日本地下水学会秋季学術大会 若手セミナー、2014年11月06日、熊本

⑤谷口 真人、水にまつわる地球環境問題 その1：世界の水問題を衛星から見る・現場から見る、日立環境財団サイエンスカフェ、2014年10月22日、東京

⑥谷口 真人、水にまつわる地球環境問題 その2：水とつながるエネルギーと食料、日立環境財団サイエンスカフェ、2014年10月22日、東京

[図書] (計1件)

① Taniguchi, M. and T. Hiyama, Springer, Groundwater as a key for adaptation to the changing climate and society. 2014, 145pp.

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

URL : <http://www.chikyu.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

谷口 真人 (TANIGUCHI, Makoto)  
総合地球環境学研究所・研究部・教授  
研究者番号：80227222