

中国南部大気汚染物質の監視とタイムカプセルの森創成に関する研究

Monitoring of air pollution and creation of time capsule forest in southern China

研究代表者

立正大学地球環境科学部環境システム学科 教授 佐竹研一

Professor, Environmental System, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University, Kenichi Satake

共同研究者

群馬大学工学部 教授 角田欣一

Professor, Department of Chemistry, Gunma University, Kinichi Tsunoda

群馬大学工学部 助手 梅村知也

Assistant, Department of Chemistry, Gunma University, Tomonari Umemura
Fellow, Department of Environmental Science, Lancaster University, David John Bellis
Professor, Xiamen University, Ben-li Huang (黄本立)

Assistant Professor, Department of Chemistry, Xiamen University, Qiuquin Wang (王秋泉)

Assistant Professor, Department of Chemistry, Xiamen University, Zhenji Li (李振基)

和文アブストラクト

福建省三明地区ならびに廈門地区の樹木の樹皮に含まれている鉛とカドミウムの量を原子蛍光分析法ならびに ICP-MS 法(Inductively coupled plasma mass spectrometry)で分析した。そして両地区から得られた樹木外樹皮と入皮に含まれる両元素の量から過去から現在に至る両地区の汚染状況が明らかとなった。一方、福建省中部の天宝岩自然保護区と廈門郊外から採取した樹木樹皮ならびに樹木入皮について GC-MS 法を用いて環境汚染物質として知られる PAHs (多環芳香族炭化水素) の汚染状況および PAHs の集積メカニズムを明らかにした。樹木外樹皮と樹木入皮を用いる環境汚染ならびに環境汚染史解明研究は中国における大気汚染の実態とその汚染史を解明する上で有効と考えられる。

Abstract

The concentrations of lead and cadmium in the tree bark from Sanming and Xiamen, Fujian province, China were determined by atomic fluorescence spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry. The results obtained in the outer tree bark and tree bark pocket could reflect the bark and tree bark pocket could reflect the degree of present and historical air pollution at different sampling locations. In addition to this results, historical monitoring of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) pollution level was novelly demonstrated in the dated corks of a bark pocket formed from 1873-2003

sampled from Tianbao Rock National Nature Reservation in southeastern China. The mechanism of accumulation of airborne PAHs by various tree trunk tissues was also studied using camphor tree sampled in the urban area of Xiamen. Tree bark and tree bark pocket should be expected to be as a useful biomonitor of present and historical condition of air pollution.

1. 研究目的

中国福建省は中国の改革開放政策に従って急速に工業化の進んでいる地域である。この工業化と人口の集中、高速道路の建設に伴い大気汚染ならびに自然破壊の進行も著しく、私達の予察的研究で特に山岳地帯に挟まれた三明地区（ここに製鉄所が移転され、以後環境汚染問題が顕在化した）の汚染は著しいことが明らかになりつつある。本研究では、(1)福建省内で大気汚染の進行の著しい三明工業地区、高速道路沿線に注目して、その汚染の解明を進めると共に、比較的汚染の少ない地域として、台湾の金門島を眼前にして工場進出が少なく、従って大気汚染も少ないとされている廈門市（地区）、福建省中部の山岳地帯に位置し自然の保全されている天寶岩自然保護地域、福建省西部の山岳地域に位置し、世界自然遺産に指定されている武夷山地域等を対比させながら、これらの地域における環境汚染物質の分布とその汚染史を解明することを第一の目的としている。そして、これに加えて(2)福建省における過去、現在、未来にわたる環境汚染の時系列変化と森林の保全復元のため、環境汚染のタイムカプセルの森の創生を行うことを第二の目的としている。なお(1)(2)の目標を達成するため、日本で佐竹らが世界に先駆けて開発し発表した“環境汚染のタイムカプセル樹木入皮（いりかわ）による環境汚染史解明手法”を活用する。入皮とは樹木内に年輪にはさまれて封印されている樹

木の外樹皮のことであり、重金属や難分解性有機物等、様々な環境汚染物質について過去から現在に至る環境汚染の時系列変化を明らかにすることが出来るものである。

2. 研究経過

本研究は次のような経過をたどって進行し、今後の新たな展開、日中間の共同研究の展開が期待される。

2.1 研究の準備段階

1995-1997年 中国廈門大学王秋文が群馬大学角田研究室に留学。ICP-MS 等高感度多元素分析装置について学ぶ。

1999年 群馬大学角田欣一教授が廈門大学を訪れ、環境汚染のタイムカプセル樹木入皮研究を紹介、同大学の黄教授が是非にと共同研究を希望。

2001年6月 角田教授ならびに佐竹総合研究官（国立環境研究所）が廈門大学を訪れ、入皮研究ならびに調査サンプリング手法を指導。

2001年8月 廈門大学、王秋文が群馬大学ならびに国立環境研究所を訪れ共同研究の開始にむけて合意。

2.2 研究の展開

2002年4月 佐竹総合研究官、角田教授、Bellis 研究員の3名が廈門大学を訪れ、入皮研究の創始と展開について講演を行うと共に廈門大学の王秋文助教授、李振

基助教授、同大学院生らと共に廈門地区、三明工業地区、天宝岩自然保護区において試料採取を行った。

2002年8月 佐竹総合研究官が廈門大学(分析化学教室)を訪れ、樹木樹皮・入皮試料について試料の分解法、分析法の指導を行った。また、廈門地区において実試料の採取を行った。

2003年11月 廈門大学で The 2nd International Workshop on Tree Bark Pocket Researchers が開催され、この Workshop に佐竹総合研究官、角田教授、梅村助手の他、日本人研究者2名(東京理科大学: 保倉明子助手、横浜国立大学: 三条英章(博士課程2年))が参加し、それぞれ発表を行った。また、この Workshop 終了後、福建省西部地域(世界自然遺産地域を含む武夷山地区)を訪れ、入皮を含む樹木、水試料等を採取し、廈門大学に持ち帰った。また、水試料については国立環境研究所に持ち帰り分析に供した。

3. 研究成果

3.1 三明工業地区の樹木樹皮ならびに樹木入皮に蓄積した鉛、カドミウム

三明工業地区は福建省中部の Shaxi 川沿いの峡谷に建設された製鉄ならびに化学工業都市である。この地区の風は1年を通じて北東から南西に吹き、この風に乗って汚染物質が拡散している。この地で Shaxi 川の上流から下流にかけて Redbud の木の樹皮を採取し、併せてこの工業地区を眼下にする Hutou 山で松の樹皮を採取した。採取した試料に含まれていた鉛とカドミウムの量は概ね風下側で増加した。しかし、Hutou 山で採取した試

料中の鉛とカドミウムの量は 380m と 1020m で、2つのピークを示した。この結果は峡谷における大気界の移流・拡散・停滞を反映している可能性があり、今後の検討課題である。

3.2 廈門地区の樹木(mango)樹皮中の鉛とカドミウムの量

廈門地区の郊外から採取した樹木樹皮ならびに入皮中(1993年-2001年)に含まれていた鉛とカドミウムの量は1995年ならびに2000年に高い値を示し、この時の大気が他の年に比較してより汚染していたことを示していた。

3.3 廈門地区から採取した樹木(mango)樹皮に含まれる鉛の同位体比

ほとんど工場のない廈門地区の汚染源としては、主に自動車、ごみ焼却場、火力発電所等があり、これに他地域から移流拡散してきた汚染物質が加わっていると考えられる。これらの汚染源を探るため、鉛の同位体比($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ と $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$)を測定した結果、 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ならびに $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ の値は、1999年から2001年分と1993年から1998年分とは差があり、前者はより低い値を示していた(図1)。

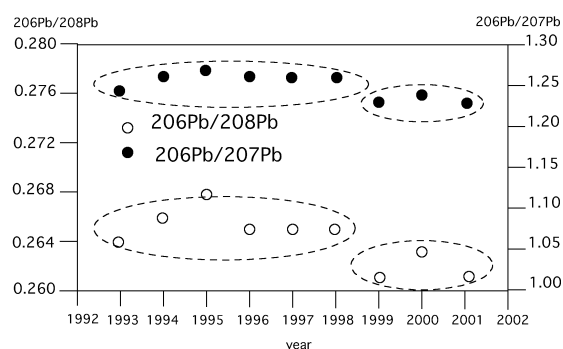


図1 鉛の安定同位体比の測定結果

鉛の安定同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) については、ヨーロッパやアメリカから輸入した鉛を含む石油の値が 1.10-1.21 であること、中国の地殻を構成する鉛の値が 1.19 等がすでに明らかにされてはいるが、ゴミ焼却場の値はまだ得られていない。しかし、中国（厦門地区）では 1999 年より鉛を添加したガソリンの使用が禁止されているので、これが鉛の安定同位体比の減少に関係しているのかもしれない。

3.4 天堡岩自然保護区から採取した樹皮・入皮中の多環芳香族化合物量

天堡岩の樹齢 147 年の longpetiole beech (*Fagus longipetiolata*) に含まれていた入皮 (1873-2003 年) 中の PAHs の値は (図 2) 1873-1875 年の 43.5ng/g から次第に増加し、1956-1961 年には最高値 345.7ng/g を示し、そして少しずつ減少して 2003 年には 267.0ng/g を示していた。樹木樹皮中の PAHs の量に関する物理的・化学的要因は多岐にわたり、この図に示された結果を直ちに当地の多環芳香族化合物による汚染と判断するのは早いかもしれないが、上記の結果は、樹木入皮法による環境汚染史モニタリングの可能性を示すものとして注目される。

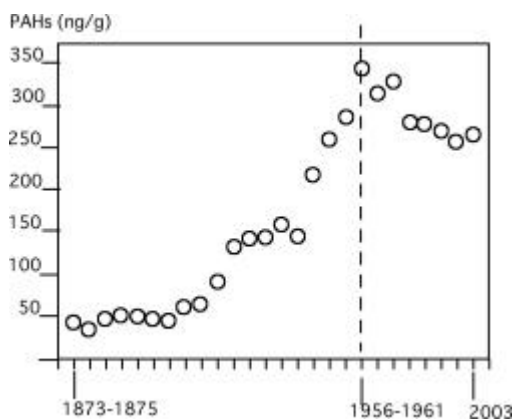


図 2 天堡岩自然保護区の入皮中の PAHs

の時系列変化

4. 今後の課題と発展

樹木入皮法による中国南部大気汚染モニタリング重金属ならびに PAHs についてを対象として行った結果、「入皮法」が中国の大気汚染の現状ならびにその汚染史を解明する上で有効な新しい研究調査手法であることが示された。私達はこの手法を更に未来に向けて確かなものとするため、またタイムカプセルの森の創生を祈念して、日中共同で 2003 年 11 月厦門大学構内において多数の mango の植樹を行った。

5. 論文リスト

1. Qiuquan Wang, Yuli Zhao, Dong Yan, Limin Yang, Zhenji Li and Benli Huang (in press). Historical Records of Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Pollution Levels by the Dated Corks in the Bark Pocket of a Longpetiole Beech Tree in Southeastern China. Environmental Science and Technology.
2. Wang Qiu-quan, Zhu Chen, Wang Yu, Huang Zhi-yong, Li Zhen-ji, Huang Ben-li, Tsunoda Kin-ichi and Satake Kenichi (2003). A novel sampling method for present and historical monitoring of air pollution by using tree bark. Environmental Chemistry (China). 22(3): 250-254.