

The Vegetation of the Pollution Areas Caused by the Lead Tile in Kanazawa Castle

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-12-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.24517/00056392 |

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



本浄高治*・菅沼広美*・里見信生**：金沢城内鉛瓦による 汚染地域の植生

T. HONJO*, H. SUGANUMA* and N. SATOMI**: The Vegetation of the Pollution Areas Caused by the Lead Tile in Kanazawa Castle

緒 言

金沢城石川門と三十間長屋の鉛瓦が近年大気汚染物質を含む雨水で溶解し、周辺の土壌の鉛汚染が進んでいるがここでは一般の植物の生育が悪く鉛に耐性があると思われるシダ類が多数見られる。なかでもヘビノネゴザの群生が目につくのである。この種は古くから、金山草（かなやまそう）と呼ばれ、例えば生野銀山等では山師連中が経験的に金属鉱床を探す指標植物としていた。石川県下でも旧中島鉱山、尾小屋鉱山附近に多く、特に尾小屋鉱山の下流梯川流域では群生していてカドミウムやその他の重金属汚染の指標植物となり得る。そこで昭和52年4月から昭和52年11月まで金沢城石川門、植物園、三十間長屋の地域を中心に、鉛瓦からの汚染と鉛汚染土壌地域の植生について調査した。

実 験

試料採取：昭和52年4月～昭和52年11月にわたり、Fig. 1 に示す各地点において育成している主な植物と表土を採取し実験室に持ち帰った。シダ植物は11月頃になると枯れはじめていた。

分析試料の調整：植物試料は葉のみ蒸留水で洗浄したのち電気乾燥器で85°C、4時間乾燥し粉碎したのちシリカゲルデシケーター中に保存した。このとき新鮮物中の約75%の水分が失われる。表土は電気乾燥器で110°C、3～4時間乾燥したのちゴミなどを除き乳鉢で粉碎し、65 meshの大きさの区分を集め再度110°Cで乾燥したのちシリカゲルデシケーター中に保存した。雨水は採水ビンにロートをつけ、あるいはビーカーを用いて採取した。そのpHは日立一堀場pHメーターで直接測定し、鉛含量は1%硝酸で定容とし原子吸光法で定量した。

化学分析：植物試料を湿式分解するため、乾燥試料100～200mgを100mlエルレンマイヤーフラスコあるいはビーカーに精秤し、過塩素酸と濃硝酸を2：3に混合した混合酸を溶液の色が澄むまで適宜加えホットプレート上で加熱分解する。蒸発残渣が白くなったのち濃硝酸を少量加え再び蒸発乾涸し放冷する。つづいて1%硝酸を加えシリカなど不溶性残渣を濾別したのち定容とし、鉛、マンガン、亜鉛、銅

をPerkin Elmer Model 303型原子吸光分光光度計で定量した。また乾式分解するときには、植物試料200～300mgを20ml磁性ルツボあるいは白金ルツボに精秤し、電気炉中500～550°Cで灰化したのちシリカゲルデシケーター中で放冷した。灰分を精秤したのち100mlエルレンマイヤーフラスコあるいはビーカーに移し、濃硝酸を少量加えて蒸発乾涸し、1%硝酸を加えシリカなど不溶性残渣を濾別したのち定容とし、目的の重金属を原子吸光法で定量した。土壌試料は0.5～1.0gを30～50ml遠心管に精秤し、1%硝酸（約pH1）20mlを加え、振とう機で20分振りまぜ3000rpmで30分遠心分離し、上澄液中に溶出してきた重金属の濃度を原子吸光法で定量した。また可吸態との関連性を調べるために、1M酢酸アンモニウム（約pH7）による抽出も行った。土壌中の金属元素の濃度として重要なのは植物が取り込みうる濃度、可吸態濃度である。カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、マンガンの各イオンに関しては1M酢酸アンモニウムを用いるのが常道であるので、本実験においても用いたのである。また金属元素によっては希薄な塩酸、硝酸あるいは有機酸などさまざまな抽出法が考えられるが、今回は鉛汚染土壌調査の意味も含め1%硝酸を用いた。

結果と討論

鉛汚染地域の主な植生はTable 1のようになっていることが分かった。植物園は、最初は鉛の非汚染地域と考えていたのであるが、シダの群生が見られ、土壌分析の結果、Table 2に見られるように鉛汚染が相当に進んでいることが分かった。石川門側溝内と植物園発掘跡との植生に類似性が見られるのは注目すべきことであるが、植物園が旧金沢城の本丸に位置し、落雷や火災、大地震による大破により土中に埋没したままになっている鉛瓦や熔融した鉛塊で汚染されていることを裏づけている。

近年この附近で鉛瓦が発掘されている（齋藤）。また鉛汚染地域は土壌採取地点1～8に及んでおり、古くは城内の建物がほとんど鉛瓦でふいてあり、過去数回の大火があったことに起因すると思われる、

*金沢大学理学部化学教室 Department of Chemistry, Faculty of Science, Kanazawa University. **金沢大学理学部生物学教室 Department of Biology, Faculty of Science, Kanazawa University, 金沢市丸の内1番1号, 1-1, Maruno-uchi, Kanazawa.

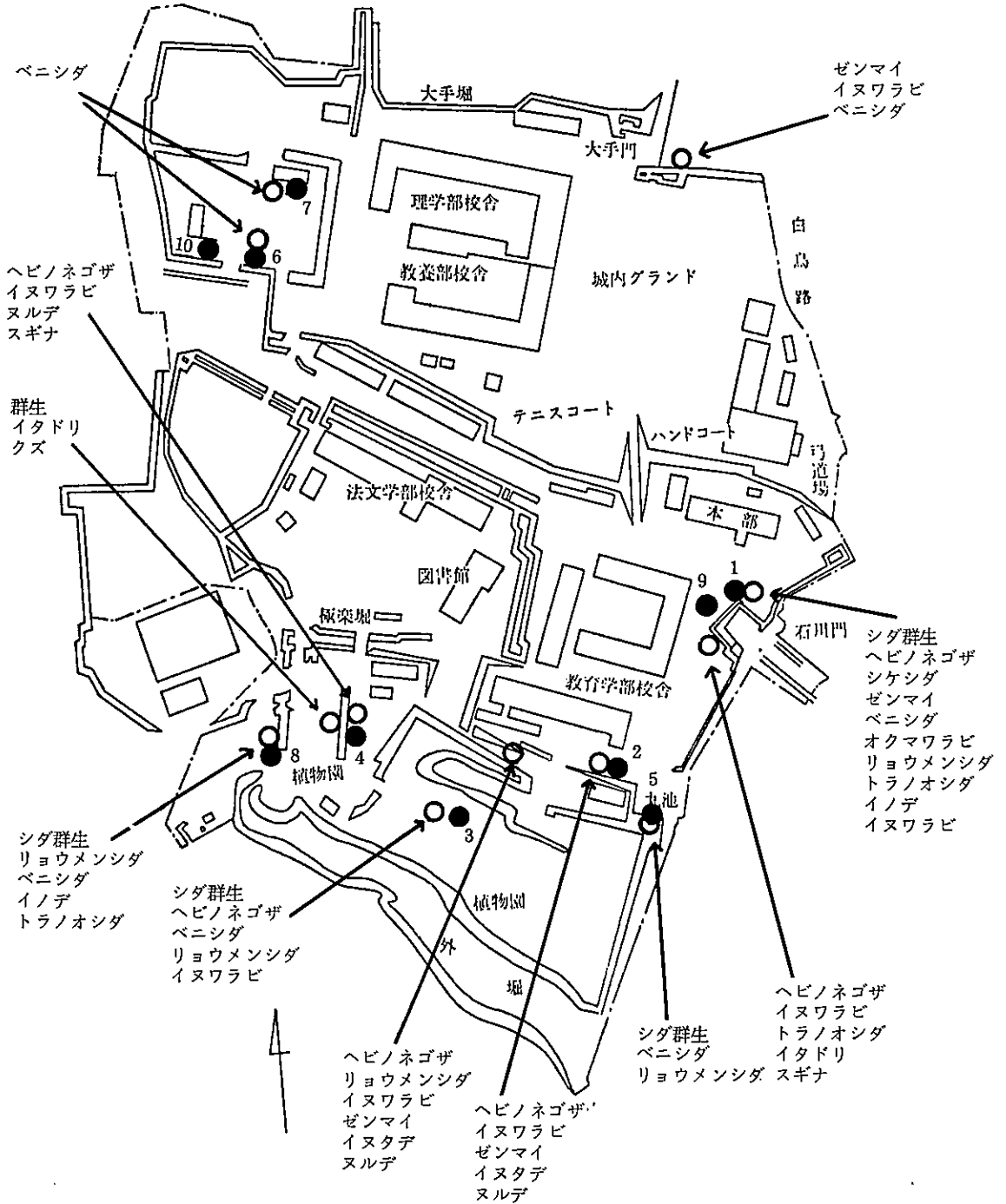


Fig. 1. Map showing the sampling stations at the area of the former Kanazawa Castle, now the campus of Kanazawa University. ●— soil, ○— fern

城内全域が汚染されている可能性がある。特に金沢城石川門と三十間長屋の地域は鉛汚染が非常に進んでいることが分かった。

また、硫黄酸化物、窒素酸化物、煤塵、一酸化炭素、有機化合物、金属酸化物、粉塵など、大気汚染物質を含んだ酸性の雨水は、屋根の鉛瓦ばかりでな

く土中の鉛をも溶解し鉛汚染を進めている可能性がある。そこで、石川門において、雨水と鉛瓦から落ちる雨だれを採取し、pH と鉛含量を調べてみたところ、Table 3 のようになり、pH 4.6~5.8 を示し、雨だれ中に 5.9~14.8ppm の鉛が検出された。

これは鉛瓦の表面の白色の塩基性炭酸鉛、硫酸鉛、

Table 1 Vegetation of Lead Pollution Areas*

| 1. 石川門側溝 | 2. 植物園入口 | 3. 植物園発掘跡 | 4. 三十間長屋 |
|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| ヘビノネゴザ イヌワラビ リョウメンシダ ゼンマイ シケシダ オクマワラビ | ヘビノネゴザ イヌワラビ ヤマイヌワラビ ゼンマイ | ヘビノネゴザ イヌワラビ リョウメンシダ ベニシダ | ヘビノネゴザ イヌワラビ |
| ヤブソテツ イヌビエ アキノキリンソウ イヌガラシ エノコログサ イヌタデ ミズヒキ イノモトソウ | イヌタデ ヌルデ | | クズ イタドリ |

* これらの植物の標本は金沢大学理学部生物学教室に保管している

Table 2 Concentration of metals in ppm for samples of soils*

| | Pb | Mn | Cu | Zn |
|------------------|-------------------|--------------|-------------|------------|
| 1. 石川門側溝内 | 6,050 (2,468) | 127 (66) | 33 (0.4) | 80 (31) |
| 2. 植物園入口 | 1,310 | 413 | 25 | 52 |
| 3. 植物園発掘跡 | 3,740 | 177 | 42 | 19 |
| 4. 三十間長屋 | 19,000 (2,781) | 213 (76) | 128 (15) | 51 (20) |
| 5. 教育学部丸池付近 | 1,720 (527) | 550 (167) | 56 (7) | 43 (12) |
| 6. 職員宿舍生協側入口 | 636 | 288 | 54 | 42 |
| 7. 職員宿舍池の付近 | 114 | 137 | 30 | 18 |
| 8. 宮守坂中腹 | 667 | 322 | 34 | 49 |
| 9. 教育学部付近, モミジの下 | N. D. | 120 | 14 | 64 |
| 10. 職員宿舍内, 桜の木の下 | N. D. | 280 | 23 | 97 |
| 文献値 | 20 | 660 | 45 | <80 |

* 乾燥試料; 抽出液: 1%硝酸, ()は1M酢酸アンモニウム; 文献値: U. S. A. 非汚染地; N. D.: 検出されない

Table 3 pH and concentration of lead in ppm for samples of rain water and rain drops from the lead tile.

| 試料採取 月/日 | | 11/7 | 11/8 | 11/9 | 11/10 | 11/11 | 12/6 | 12/18 |
|----------|----------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| 雨 水 | pH | 5.32 | | 4.70 | | 5.10 | 5.48 | |
| | Pb (ppm) | N. D. | | N. D. | | | | |
| 鉛瓦からの雨だれ | pH | 5.80 | 4.60 | 4.65 | 4.95 | | 5.60 | 5.70 |
| | Pb (ppm) | 5.90 | | 14.83 | 9.37 | | 6.10 | |

N. D.: 検出されない

酸化鉛などが汚染性雨水で溶解したものである。次に鉛汚染土壌地域に成育している各種シダの葉の鉛, マンガン, 銅, 亜鉛などの重金属濃度を調べた結果を Table 4 に示してある。石川門と三十間長屋のシダ類の鉛含量が異常に高いのは, 鉛瓦から溶解した鉛が葉の表面に相当量付着しているためと思われる。試料調整のとき表面を蒸留水で洗っても洗液中にほとんど鉛を検出できなかったのであるが, 1%硝酸に浸すと高濃度の鉛が検出された。それ故, Table 4 に示してある鉛の値は, シダ類が体内に鉛を濃縮した値と表面に付着した鉛の値との和の形となっており, 特に大きな値は表面汚染によるものと思われる。

また, 石川門側溝の排水口付近に成育する植物分布は, 鉛濃度が特に高いところにヘビノネゴザ, シケシダ, 少し離れてリョウメンシダ, さらに少し離れてイヌワラビ, ベニシダ, オクマワラビ, ゼンマイ, さらに離れた所にイノデ, トラノオシダ, イノモトソウ, ヤブソテツが成育し, シダ以外の植物にイヌタデ, ミズヒキなどが成育しており, これらの植物は鉛汚染に対し耐性の強い植物と言える。一般にシダ植物中の重金属含量は, マンガン>亜鉛>銅>鉛の順に低く, これらの結果と考え合わせるとヘビノネゴザなどシダ植物は鉛をある程度取り込んで体内に蓄積し, 鉛汚染の著しい土壌でも成育できる何らかの耐性を備えているものと思われる。またヘビノネゴザは三十間長屋において雨だれの直下には成育していなかったことから, 土壌鉛濃度が19000 ppm 以下のところに成育限界があるものと思われる。石川門のところの雨だれ直下でも成育の止ったヘビノネゴザが散見された。

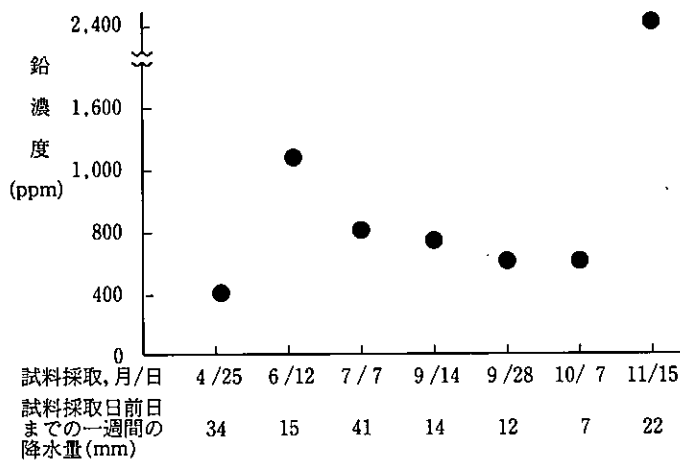
次に年間を通じヘビノネゴザ中に検出された鉛濃度の変化を調べた。その結果を Table 5 に示してある。6月と11月に異常に高い数値を示したので降水量との関係を調べた結果, ヘビノネゴザの採取を長雨の後に行なったことから考え, 鉛の表面汚染が著しかったことによるものと思われる。

Table 4 Concentration of metals in ppm for samples of ferns*

| | | ヘビノネゴザ | シケシダ | リヨウメンシダ | イヌワラビ | ベニシダ | 土 壌 |
|-----------|----|------------|-------|---------|-------|------|--------|
| 1. 石川門側溝 | Pb | 328~17,000 | 1,431 | 1,079 | | | 6,054 |
| | Mn | 110 | 44 | 53 | | | 127 |
| | Cu | 25 | < 16 | 21 | | 15 | 33 |
| | Zn | 90 | 71 | 111 | | 68 | 80 |
| 2. 植物園入口 | Pb | 22~41 | | | < 145 | | 1,310 |
| | Mn | 92 | | | 35 | | 413 |
| | Cu | 10 | | | 10 | | 25 |
| | Zn | 110 | | | 20 | | 52 |
| 3. 植物園発掘跡 | Pb | 145 | | 40 | 87 | 79 | 3,740 |
| | Mn | 43 | | 74 | 62 | 260 | 177 |
| | Cu | 16 | | 14 | 21 | 11 | 42 |
| | Zn | 74 | | 29 | 60 | 91 | 19 |
| 4. 三十間長屋 | Pb | 585 | | | 1,030 | | 19,000 |
| | Mn | 34 | | | 19 | | 213 |
| | Cu | 17 | | | 14 | | 128 |
| | Zn | 48 | | | 44 | | 51 |

* 乾燥試料

Table 5. Concentration of lead in ppm for samples of *Athyrium yokoscense* at all seasons*



* 乾燥試料

○ - 呉市 - 公園の樹木 呉市教育委員会発行, B 5 版, 94 頁。

公園, それは人が自由に手足をのばし, 心身ともに楽しく憩える場所である。本書は呉市内所在の中央・二河・堺川・広・大空山・音戸・串山・寺本等の公園に植栽されている樹木を各公園ごとに概略を述べ, さらに植栽図を描き, 目録を載せ, 最後の一覧表がつけられている。本会々員, 太刀掛 優氏他13氏による協同調査によってまとめられた。(里見信生)

結 論

金沢城内鉛瓦による汚染地域の植生はヘビノネゴザのようなシダ植物の群生となって現われていることが裏付けされたと思われる。

また, 人体への多量の鉛の摂取による急性鉛中毒は, 疝痛, 貧血神経病あるいは脳疾患となって現われるので, 金沢城跡, 現金沢大学キャンパスを鉛汚染から守る早急の対策が望まれる。

終わりに, 本研究中適切なお助言を賜った木羽敏泰金沢大学名誉教授に深謝いたします。

参考文献

三宅驥一: へびのねごぞと鉍質トノ関係 (1897) Tokyo Bot. Mag. Vol. 11, p. 434.
 山中二男: 銅山地帯の研究 (予報) (1954) Act. Phytotax, Geobot. Vol. 15, p. 199.
 里見信生: ヘビノネゴザと鉍山(1958) Jour. Geobot. Vol. 7, p. 26.
 武者宗一郎, 下村 滋: “原子吸光分析”, (1972), 共立出版.
 山 登: “微量元素”, (1977), 産業図書.

Summary

The vegetation of the pollution areas caused by the lead tile in Kanazawa Castle may be characterized by the gregariousness of ferns like *Athyrium yokoscense*.

Since the accumulation of lead in the human body brings about the acute lead poisoning such as colic, anemia, neurosis, and brain disease, the authors hope the ruin of Kanazawa Castle, now the campus of Kanazawa University, will be protected from the lead pollution without delay.