

第 6 調査研究

1 報文

平成 31 年（令和元年）京都市感染症発生動向調査事業における病原体検査成績

微生物部門

Detection of pathogenic agents in the Kyoto City Epidemiological Surveillance of Infectious Diseases in 2019

Division of Microbiology

Abstract

Virological and bacteriological tests were performed using various specimens from patients in the Kyoto City Epidemiological Surveillance of Infectious Diseases in 2019. Of 323 patients, 143 were positive for viral and/or bacterial agents. An annual detection rate of these agents was 44.3% of the surveyed patients. 141 strains of viruses and 34 strains of bacteria were detected in total. *Seasonal Influenza viruses* were detected from the patients with influenza mostly in January and December. Enteroviruses were detected during the period between early summer and autumn mostly in the patients with Herpangina and Hand-foot-and-mouth disease. Various types of viruses were detected especially in the 1-4 year age group.

Key Words

Epidemiological Surveillance of Infectious Diseases 感染症発生動向調査, *Influenzavirus* インフルエンザウイルス

1 はじめに

本市では、昭和 57 年度から京都市感染症発生動向調査事業を行っている。当所においては、流行性疾病の病原体検索を行い、検査情報の作成と還元を行うとともに、各種疾病と検出病原体との関連について解析を行っている。本報告では、2019 年（平成 31 年 1 月から令和元年 12 月まで）に実施した病原体検査成績を述べる。

2 材料と方法

(1) 検査対象感染症

平成 31 年 1 月から令和元年 12 月までに病原体検査を行った疾病は、感染性胃腸炎、ヘルパンギーナ、感染性髄膜炎、インフルエンザ、手足口病、RS ウイルス感染症、咽頭結膜熱、A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎、流行性角膜炎、百日咳、流行性耳下腺炎及びその他（マイコプラズマ肺炎）の計 12 疾病であった。

検査材料は、市内 4 箇所の病原体定点（小児科定点 4 箇所、インフルエンザ定点 4 箇所、眼科定点 1 箇所、基幹定点 1 箇所）の医療機関の協力により採取されたもので、患者 323 名から、ふん便 142 検体、鼻咽喉ぬぐい液 166 検体、髄液 37 検体、咽頭うがい液 2 検体、

尿 2 検体、気管吸引 1 検体、水泡ぬぐい液 1 検体及び皮膚病巣 1 検体の計 352 検体について検査を行った。

(2) 検査方法

ア ウイルス検査

検査材料を常法により前処理した後、培養細胞（FL「ヒト羊膜由来細胞」、RD-18S「ヒト胎児横紋筋腫由来細胞」及び Vero「アフリカミドリザル腎由来細胞」）を用いてウイルス分離を行った。インフルエンザウイルスの分離には、培養細胞（MDCK「イヌ腎由来細胞」）を使用した。

分離したウイルスの同定には、中和反応、ダイレクトシーケンス法、蛍光抗体法（FA）及びリアルタイム RT-PCR 法を用いた。

ロタウイルス、アデノウイルスの抗原検出には免疫クロマト法（IC）を用い、ノロウイルスについてはリアルタイム RT-PCR 法により遺伝子検出を行った。

イ 細菌検査

検査材料を、直接若しくは増菌培養後に分離培地に塗抹して分離を行った。

ふん便には、ドリガルスキー改良培地、SS 寒天培地、TCBS 寒天培地、エッグヨーク食塩寒天培地等を

用いた。鼻咽頭ぬぐい液には、Q 培地及び羊血液寒天培地（溶血性レンサ球菌）、CFDN 寒天培地（百日咳菌）等を用いた。髄液は、遠心分離して得られた沈渣を羊血液寒天培地及びチョコレート寒天培地に塗抹して分離を行った。

分離した細菌の同定は、鏡検、生化学的性状検査、血清凝集反応、PCR 法等により行った。

3 成績及び考察

(1) 月別病原体検出状況（表 1）

各月の受付患者数は、7 月が最も多く 37 名で、11 月が最も少なく 12 名であった。年間の受付患者 323 名のうち 143 名から 175 株の病原微生物を検出し、受付患者当たりの検出率は 44.3%であった。

ウイルス検査では、被検患者 319 名中 128 名から 141 株のウイルスを検出した。被検患者当たりのウイルス検出率は 40.1%であった。

検出ウイルスの季節推移をみると、コクサッキー A 群ウイルスやエコーウイルスなどのエンテロウイルスは、夏から冬にかけて検出した。アデノウイルスは、概ね 1 年を通して検出した。ロタウイルスは 3～6 月に検出、ノロウイルスは、1 月～7 月、12 月に検出した。インフルエンザウイルスは、1 月、7 月～12 月に AH1pdm09 型、1 月～2 月、10 月に AH3 型、12 月に A 型（亜型不明）、7 月に B 型を検出した。

細菌検査では、被検患者 136 名中 30 名から 34 株の病原細菌を検出し、患者当たりの検出率は 22.1%であった。

A 群溶血性レンサ球菌は 2 月、5 月に検出し、下痢原性大腸菌は 1 月、3 月～8 月、11 月～12 月に検出した。

(2) 感染症別病原体検出状況（表 2）

受付患者数の多かった上位 6 疾病は、感染性胃腸炎の 131 名、ヘルパンギーナの 84 名、感染性髄膜炎の 35 名、インフルエンザ及び手足口病の 28 名、RS ウイルス感染症の 20 名であった。

感染性胃腸炎は、受付患者数の 40.6%、インフルエンザ、ヘルパンギーナ、咽頭結膜熱、RS ウイルス感染症、A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎などの呼吸器疾患は、45.8%を占めていた。

主な感染症別の病原体検出率は、インフルエンザが 78.6%、A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎が 75.0%、RS ウイルス感染症が 55.0%、手足口病及び流行性角結膜炎が 50.0%、感染性胃腸炎が 46.6%、ヘルパンギーナが 36.9%、

咽頭結膜熱が 25.0%であった。

主な感染症についてウイルスの検出状況をみると、感染性胃腸炎では、エンテロウイルス 2 種 3 株、アデノウイルス 3 種 7 株、ロタウイルス 16 株、ノロウイルス 2 種 25 株、単純ヘルペスウイルス 1 型 2 株の計 9 種 53 株を、インフルエンザでは、インフルエンザウイルス 4 種 19 株、アデノウイルス 2 種 2 株を、ヘルパンギーナでは、エンテロウイルス 5 種 10 株、ライノウイルス 7 株、アデノウイルス 3 種 7 株、RS ウイルス 2 株、単純ヘルペスウイルス 1 型 4 株、インフルエンザ 1 種 1 株を、咽頭結膜熱では、ライノウイルス 1 株、アデノウイルス 1 種 2 株をそれぞれ検出した。

また、細菌の検出状況をみると、感染性胃腸炎では、下痢原性大腸菌 25 株、黄色ブドウ球菌 5 株、サルモネラ属菌 2 株の計 32 株を検出した。

A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎では、A 群溶血性レンサ球菌 2 株を検出した。

(3) 年齢階層別病原体検出状況（表 3）

受付患者の年齢階層別分布をみると、1～4 歳が 145 名 (44.9%) で最も多く、次いで 0 歳の 66 名 (20.4%)、5～9 歳の 64 名 (19.8%)、10～14 歳の 41 名 (12.7%) で、15 歳以上は 7 名 (2.2%) であった。

年齢階層別の受付患者当たりの検出率は、0 歳が 42.4% (ウイルス 12 種 30 株、細菌 2 種 5 株)、1～4 歳が 49.0% (ウイルス 21 種 68 株、細菌 4 種 18 株)、5～9 歳が 42.2% (ウイルス 8 種 25 株、細菌 3 種 10 株)、10～14 歳が 36.6% (ウイルス 9 種 16 株、細菌 1 種 1 株)、15 歳以上が 28.6% (ウイルス 2 種 2 株、細菌 0 種 0 株) であった。

エンテロウイルスは、1～4 歳が最も多く 9 種 21 株を検出し、次いで 0 歳で 5 種 11 株を検出した。ロタウイルスは 1～4 歳で 8 株、5～9 歳で 7 株、10～14 歳で 1 株を検出し、アデノウイルスは 0 歳で 2 種 5 株、1～4 歳で 3 種 8 株、10～14 歳及び 15 歳以上でそれぞれ 1 種 1 株であった。

インフルエンザウイルスでは、AH1pdm09 型を最も多く検出し、5～9 歳で 6 株、次いで 10～14 歳で 4 株、1～4 歳で 2 株、0 歳及び 15 歳以上で各 1 株であった。次に、AH3 型を 1～4 歳で 2 株、0 歳及び 5～9 歳で各 1 株、また、A 型（亜型不明）を 1～4 歳で 1 株、B 型を 10～14 歳で 1 株検出した。

(4) 主な疾病と病原体検出状況

ア 感染性胃腸炎 (図 1-1, 図 1-2)

全国におけるウイルスの検出状況は、2～6月にロタウイルスが多数検出され、ノロウイルスは1～7月及び11～12月に検出数が多かった。

本市では、臨床診断名が感染性胃腸炎の受付患者131名中61名から、ウイルス53株及び細菌32株を

検出した。

ウイルスでは、ロタウイルスは全検出数16株を3～6月に検出し、ノロウイルスはGIを3株、GIIを22株、1～7月及び12月に検出し、エンテロウイルスは3株、アデノウイルスは7株検出した。

細菌では、下痢原性大腸菌25株、黄色ブドウ球菌5株、サルモネラ属菌2株の計32株を検出した。

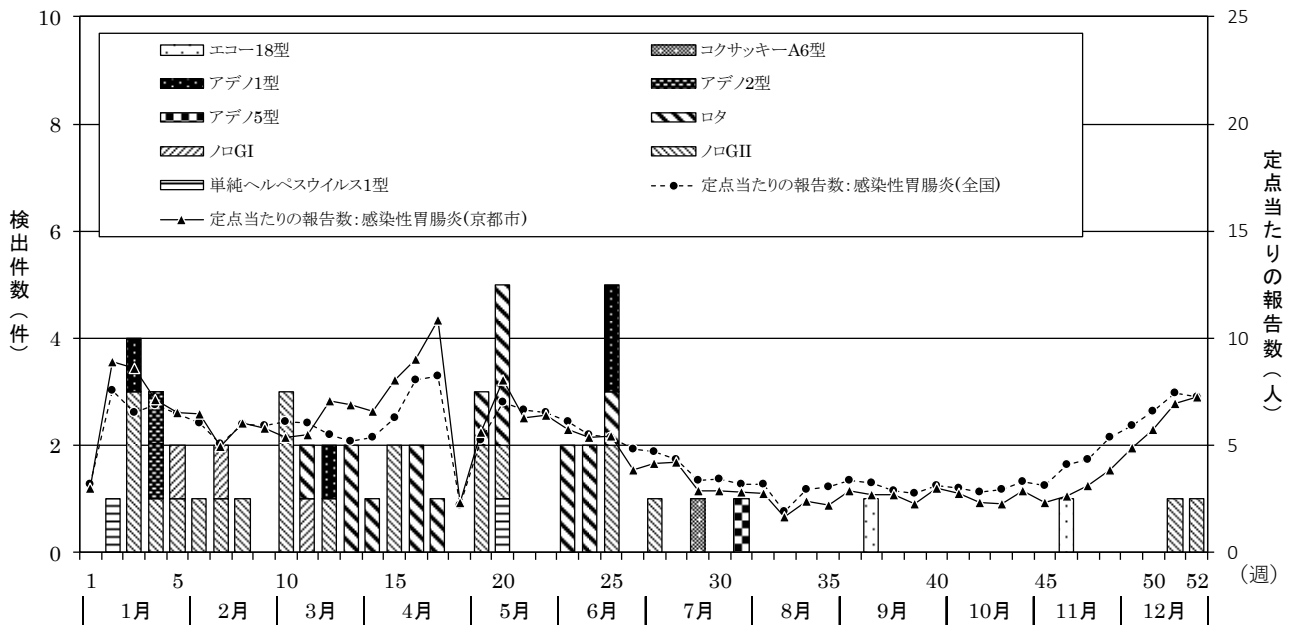


図 1-1 感染性胃腸炎患者における病原ウイルスの検出状況 (平成 31 年/令和元年)

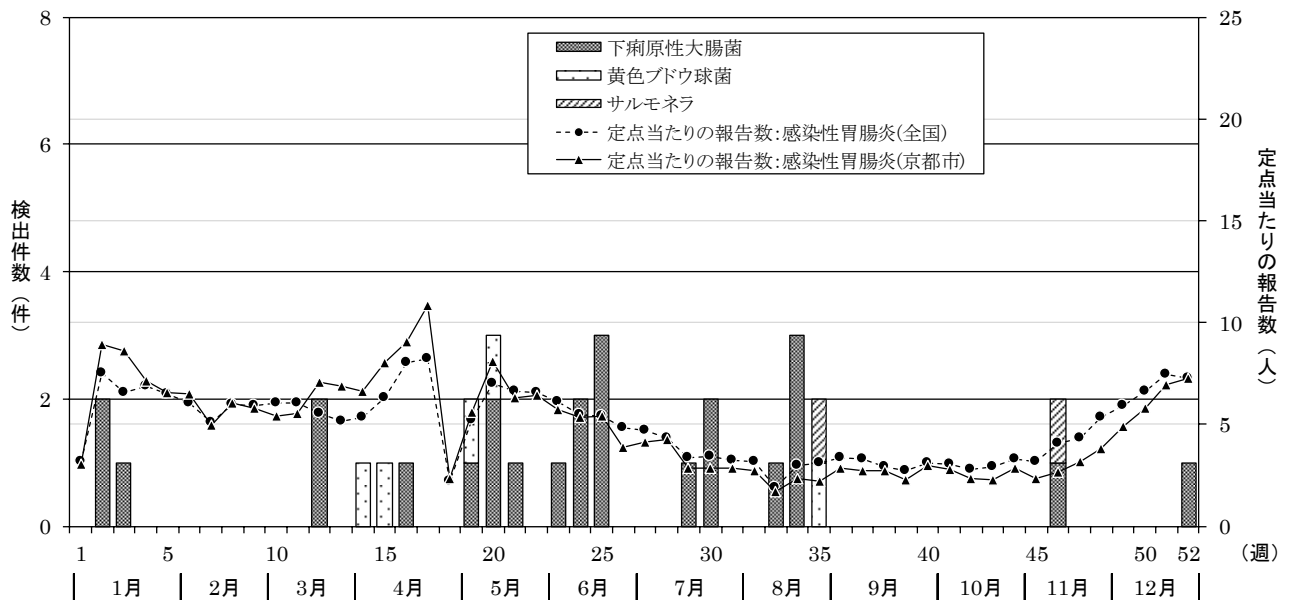


図 1-2 感染性胃腸炎患者における病原細菌の検出状況 (平成 31 年/令和元年)

イ ヘルパンギーナ (図 2)

ヘルパンギーナの流行は、全国では5月から増加し始め、7月(第28、30週)に二峰性のピークを示

して以降、9月(第36週)に一度増加した後に減少したが、本市でも、5月から増加し始め、複数のピー

クを示しながら10月に減少した。

臨床診断名がヘルパンギーナの受付患者数は84名で、そのうち29名から31株のウイルスを検出した。病原体の内訳は、コクサッキーA群ウイルス4型が3株、2型及び6型が2株、16型が1株、エコーウイルス30型が2株、ライノウイルスが7株、アデノウイルス1型が5株、3型及び6型が1株、RSウイルスが2株、単純ヘルペスウイルスが4株、イ

ンフルエンザAH1pdm09型が1株であった。ヘルパンギーナの原因とされるコクサッキーウイルスの検出比率を見ると、コクサッキーA群ウイルス4型(9.7%)、2型(6.5%)、6型(6.5%)、16型(3.2%)であった。

全国の病原体検出状況を見ると、2019年は、コクサッキーA群ウイルス6型(36.3%)、5型(12.4%)、10型(4.8%)、16型(3.3%)、4型(3.1%)の順であった。

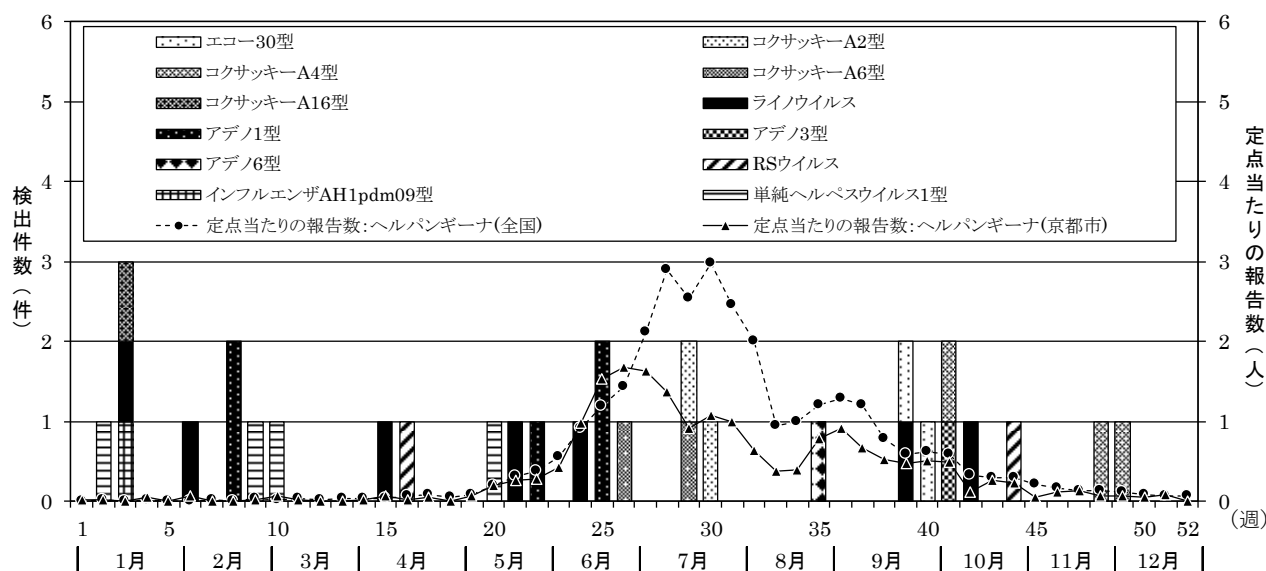


図2 ヘルパンギーナ患者における病原ウイルスの検出状況(平成31年/令和元年)

ウ インフルエンザ(図3-1, 図3-2)

本市感染症発生動向調査患者情報によると、2018/19(H30/31)シーズンでは、インフルエンザは例年より少し遅れて平成30年12月の第51週に定点当たり報告数が1.0を超え、流行期に入った。平成31年の第4週にピークを形成後緩やかに減少しながら、6月の第24週に1.0を下回り終息した。全国でも数週の差はあるものの同様の流行の動きであった。

本市でのインフルエンザウイルスの検出状況を見ると、平成31年1月の第2週から令和元年8月の第32週までAH1pdm09型を6株、平成30年10月第43週から平成31年2月の第8週までAH3型を6株、令和元年7月の第28週にB型を1株検出した。全国的にも2018/19シーズンは、主にAH1pdm09型が流行した。

また、本市感染症発生動向調査患者情報によると2019/20(R1/2)シーズンでは、インフルエンザは令和元年11月の第48週に定点当たり報告数が1.0を超え、インフルエンザの流行期に入り、令和元年12月の第52週にピークを形成後、複数のピークを示し

ながら緩やかに減少し、終息を迎えた。全国でも数週の差はあるものの同様の流行の動きであった。

本市でのインフルエンザウイルスの検出状況を見ると、令和元年9月の第37週から令和2年2月の第6週までAH1pdm09型を16株、令和元年10月の第40週にAH3型、令和元年12月の第51週にA型(亜型不明)を各1株検出した。B型は、令和2年2月の第6週から3月の第12週までに10株を検出した。全国的にも2019/20シーズンは、AH1pdm09型の検出が多く、次いでB型であった。

インフルエンザワクチンが任意接種となってから、ワクチンの接種率が低下している現状と抗体調査の結果からみても、各流行型に対する市民の抗体保有率は低いものと考えられる。日本ではインフルエンザの非流行期と考えられていた夏季や、海外渡航後に発症した者からの検出報告も増えており、患者発生と流行ウイルスの型別とを迅速かつ的確に把握する感染症発生動向調査は、インフルエンザの流行予防対策のためにも、今後ますます重要になると考え

られる。

また、抗ウイルス薬オセルタミビル及びペラミビルに耐性を持つインフルエンザウイルス A(H1N1)pdm09 型は全国で 1.6% (2019/20 シーズン)

が確認されており、当所でも耐性ウイルスの確認を実施するとともに、今後の動向に注意していく必要がある。

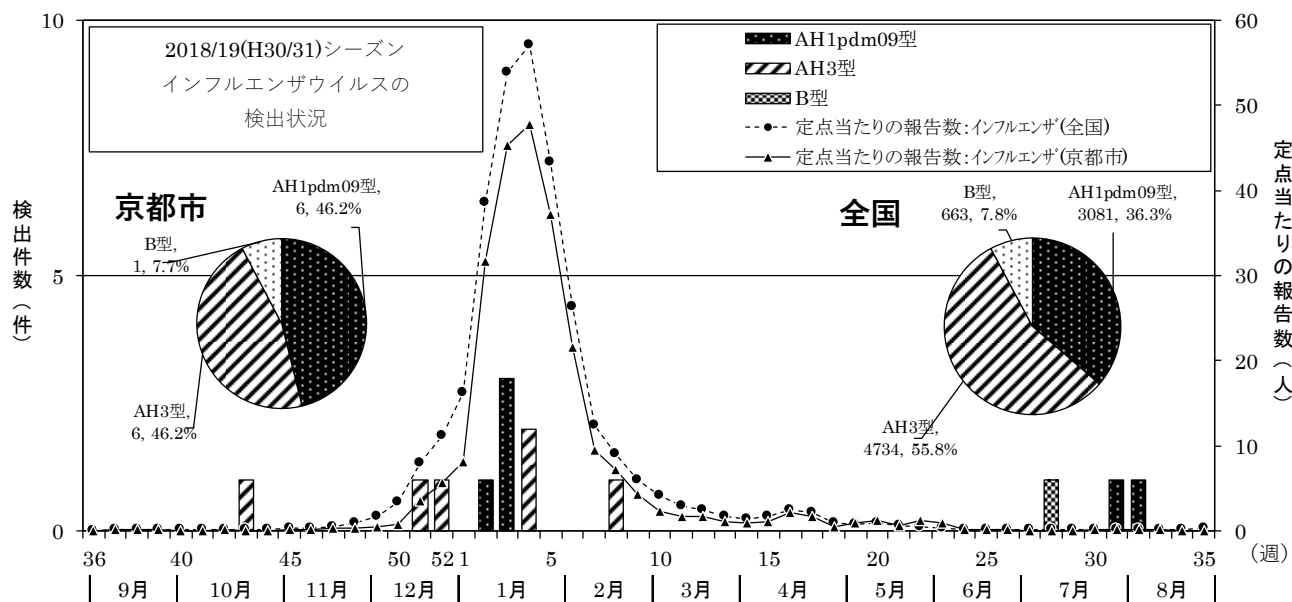


図 3-1 インフルエンザウイルスの検出状況 (平成 30 年 9 月～令和元年 8 月)

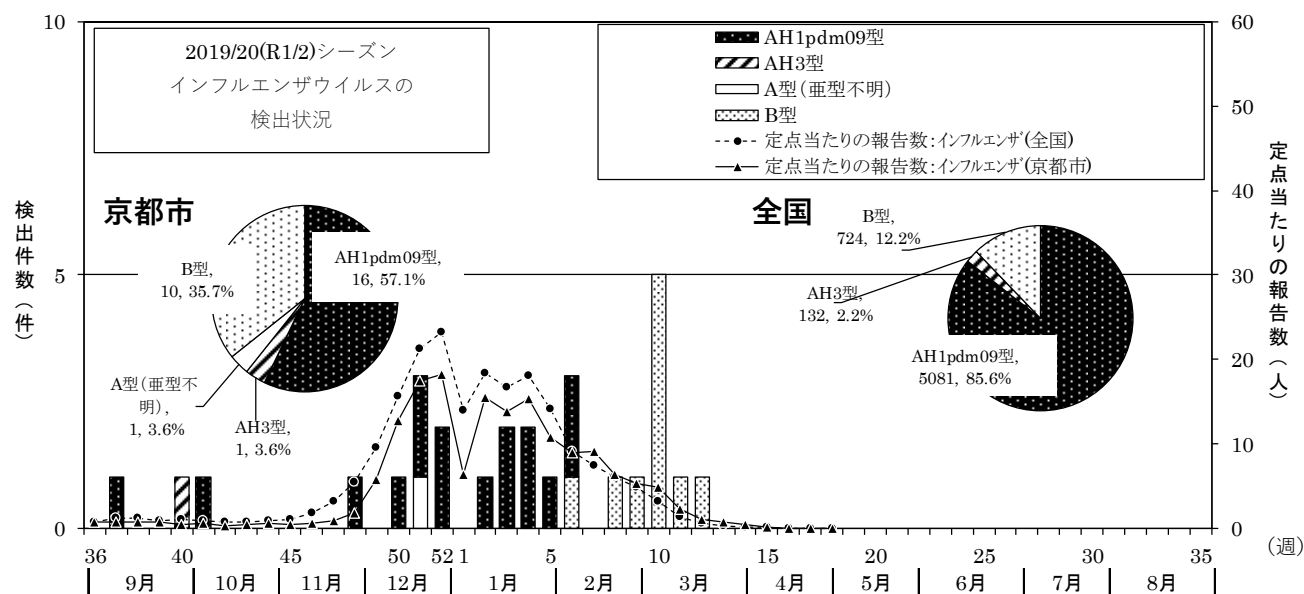


図 3-2 インフルエンザウイルスの検出状況 (令和元年 9 月～令和 2 年 3 月)

エ 咽頭結膜熱 (図 4)

本市における臨床診断名が咽頭結膜熱の受付患者数は 12 名で、そのうち 3 名からアデノウイルス 1 型を 2 株、ライノウイルスを 1 株の合計 3 株検出した。

本疾病の原因とされるアデノウイルス 1～7 型及び 11 型については、検出数の 66.7%にあたる 2 株 (1

型 2 株) を検出した。

2019 年の全国の咽頭結膜熱におけるウイルスの検出状況では、アデノウイルス 3 型が最も多く 39.7%, 次いで 2 型が 19.7%, 1 型が 16.5%, 5 型が 4.2%, 4 型が 2.2%であった。

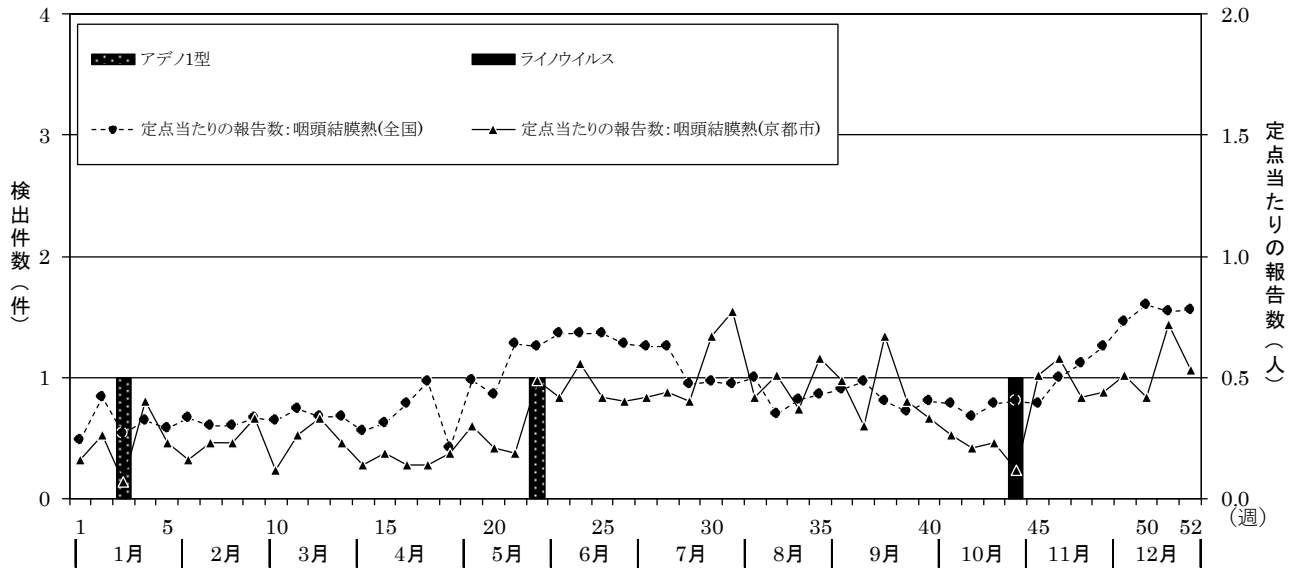


図4 咽頭結膜熱患者発生状況と病原体検出状況（平成31年／令和元年）

オ 手足口病（図5）

2019年は、全国の定点当たりの報告数が5月の第21週に1.0を超え、7月の第30週にピーク（13.44）となり、12月の第49週に1.0を下回った。本市では、定点当たりの報告数が同じく5月の第21週に1.0を超え、6月の第26週及び第27週ピーク（12.09）となり、10月の第41週に1.0を下回った。

手足口病を引き起こすウイルスとしては、コクサッキーA群ウイルス6型、10型、16型、エンテロウイルス71型が代表に挙げられるが、本市では、臨床診断名が手足口病の受付患者数は28名で、そのうち6名からコクサッキーA群ウイルス6型を7株、10

型、16型、エンテロウイルス71型を各1名から1株ずつ検出した。

また、全国では、コクサッキーA群ウイルス6型が1,030株（53.2%）、16型が463株（23.9%）、10型が18株（0.9%）、5型が13株（0.7%）、エンテロウイルス71型が11株（0.6%）、エコーウイルス18型が10株（0.5%）、その他392株（20.2%）の計1,937株で、2018年が1,106株、2017年が2,236株、2016年が772株、2015年が1,832株の検出となっており、隔年での流行が見られる。

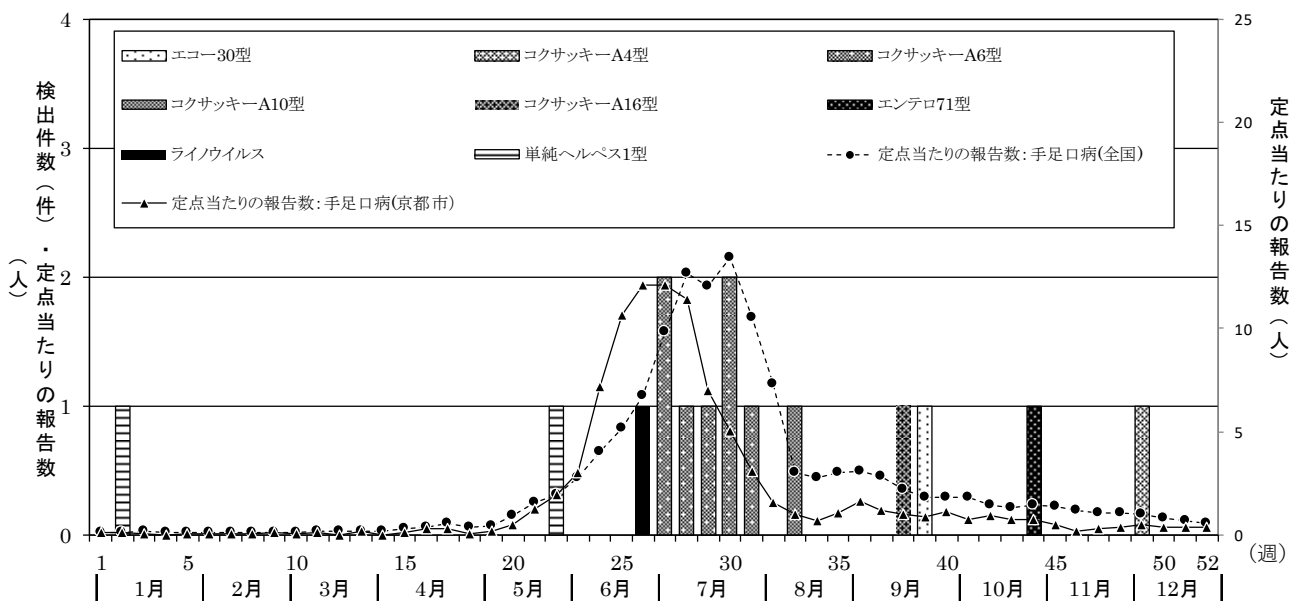


図5 手足口病患者における病原ウイルス検出状況（平成31年／令和元年）

カ A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎 (図 6-1, 図 6-2)

本市における臨床診断名が A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎の受付患者数は 4 名で、そのうち 2 名から A 群溶血性レンサ球菌を 2 株検出した。T 血清型別検

出比率でみると、劇症型溶血性レンサ球菌感染症事例における検出が多い T-1 型の検出率は、全国で 18.7%, 本市では 0%であった。

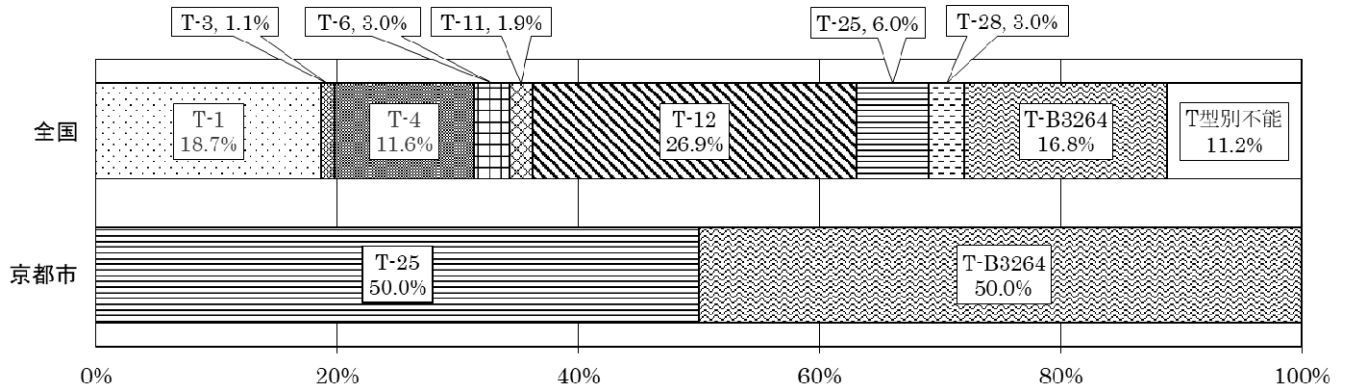


図 6-1 A 群溶血性レンサ球菌の T 血清型別検出比率 (平成 31 年/令和元年)

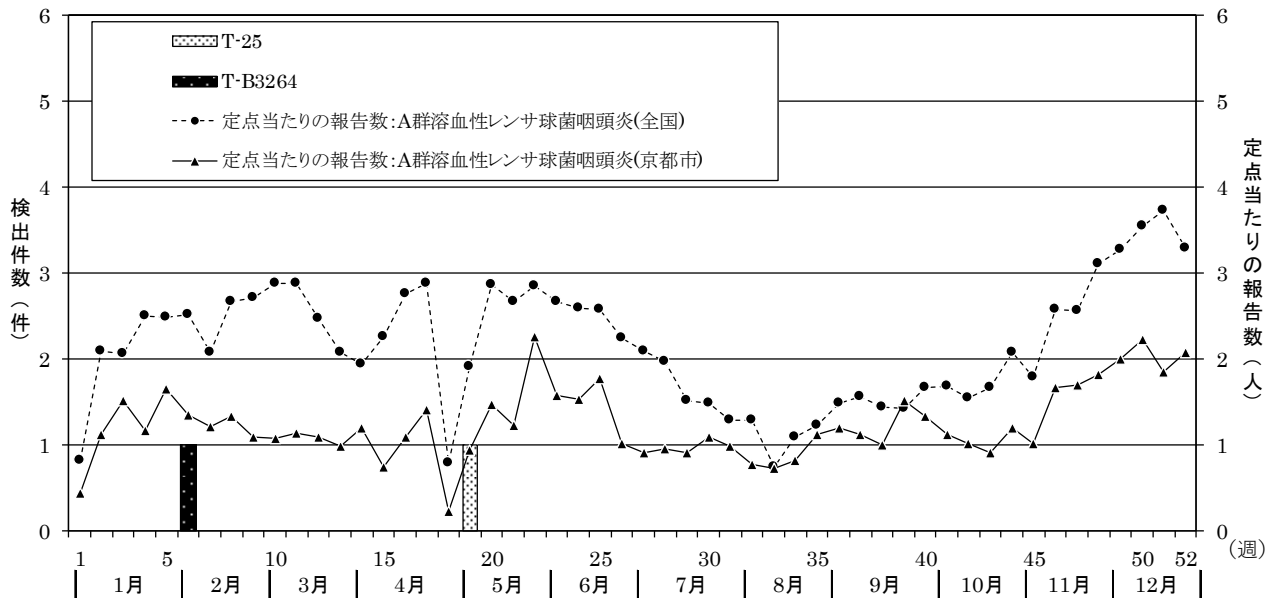


図 6-2 A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎の報告数と T 血清型別の病原体検出状況 (平成 31 年/令和元年)

(4) 検体別・検出方法別病原ウイルス検出状況 (表 4)

エコーウイルスは、全 13 株のうち、11 株が RD-18S 細胞で分離され、2 株が遺伝子検査によってウイルス遺伝子を検出した。

コクサッキーウイルス A 群では、2 型の 2 株、4 型の 4 株、6 型の 2 株が RD-18S 細胞で、6 型の 1 株が Vero 細胞でそれぞれ分離された。また、6 型の 6 株、10 型の 1 株、16 型の 2 株が遺伝子検査によってウイルス遺伝子を検出した。コクサッキーウイルス B 群では、5 型の 4 株が FL 細胞及

び Vero 細胞で分離された。

アデノウイルスは、1 型の 8 株、2 型の 3 株、5 型及び 6 型の各 1 株が FL 細胞で、1 型の 2 株、2 型の 1 株が RD-18S 細胞でそれぞれ分離された。また、3 型 2 株は遺伝子検査によってウイルス遺伝子を検出した。

インフルエンザウイルスは、20 株のうち 14 株が MDCK 細胞で分離され、6 株は遺伝子検査によってウイルス遺伝子を検出した。

ロタウイルスはIC法により抗原を検出し、ノロウイルス及びRSウイルスは、遺伝子検査によりウイルス遺伝子を検出した。

ライノウイルスは、FL細胞による分離及び遺伝子検査によりウイルス遺伝子を検出した。

単純ヘルペスウイルスは、FL細胞、RD-18S細胞、Vero細胞で分離された。

培養細胞法によるウイルスの検査体制はほぼ確立されているが、被検患者から採取した検体中に活性のあるウイルスが存在していることが必須条件となり、採取後の温度や期間等の保管条件によっては失活し検出できなくなる。また、分離困難なウイルスも存在するといった欠点がある。

感染症発生動向調査においても、迅速な実験室診断が要請される傾向は年々ますます強まっており、検出率と迅速性の向上を目指して、培養細胞法と並行して可能な限り新たな検査技術の導入を図っていかなければならないと考える。

4 まとめ

- (1) 京都市感染症発生動向調査事業における病原体検査（定点医療機関分）では、受付患者323名のうち143名(44.3%)から病原体を検出した。ウイルスでは、被検患者319名中

128名(40.1%)から、エコー、コクサッキーA群・B群、アデノ、ロタ、単純ヘルペス、ノロ、インフルエンザ等のウイルス24種類141株を検出した。細菌では、被検患者136名中30名(22.1%)から、A群溶血性レンサ球菌、黄色ブドウ球菌、サルモネラ属菌、下痢原性大腸菌の細菌34株を検出した。

- (2) 感染症別病原体の検出率は、疾病の種類により異なり、インフルエンザが最も高率で78.6%、次いでA群溶血性レンサ球菌咽頭炎の75.0%、RSウイルス感染症の55.0%、手足口病及び流行性角結膜炎の50.0%、感染性胃腸炎の46.6%、ヘルパンギーナの36.9%、咽頭結膜熱の25.0%であった。
- (3) ウイルスでは、夏から冬にかけてコクサッキー及びエコー等のエンテロウイルスをヘルパンギーナ患者などから検出した。ノロウイルスは、1～7月及び12月と、冬季及び春～夏季に多く検出し、ロタウイルスは、3～6月の春季に多く検出した。
- (4) 年齢階層別病原体検出状況では、1～4歳の検出率が最も高く43.1%で、次いで0歳の40.0%、5～9歳の38.7%、10～14歳の34.1%、15歳以上の28.6%であった。受付患者数では、1～4歳が145名(44.9%)と最も多く、多種多様の病原体を検出した。

表 1 月別病原体検出状況 (小児科, インフルエンザ, 眼科, 基幹定点) 平成 31 年 1 月 ~ 令和元年 12 月

検体採取月	平成 31 年 1 月 ~ 令和元年 12 月											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	33	22	27	27	36	28	37	25	30	19	12	27
総受付患者数	19	11	13	14	16	19	15	13	10	1	4	7
ふん便	16	10	11	12	18	10	24	10	17	15	6	17
鼻咽喉ぬぐい液	0	2	5	5	2	4	1	5	5	3	4	1
唾液	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
咽頭うがい液	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
尿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
気管吸引	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
水泡ぬぐい液	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
皮膚病巣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
病原体検出患者数	22	9	10	8	14	13	14	11	12	11	5	14
患者当たりの検出率(%)	66.7	40.9	37.0	29.6	38.9	46.4	37.8	44.0	40.0	57.9	41.7	51.9
被検患者数	33	22	27	27	35	28	35	25	29	19	12	27
検出患者数	20	8	9	8	11	11	13	7	12	11	4	14
患者当たりの検出率(%)	60.6	36.4	33.3	29.6	31.4	39.3	37.1	28.0	41.4	57.9	33.3	51.9
エコー18型								1	2	1	1	5
エコー30型								1	3	1	3	8
コクサッキーA2型							2					2
コクサッキーA4型												1.1
コクサッキーA6型												4
コクサッキーA10型						1	8		1	1	1	2
コクサッキーA16型								1				9
コクサッキーB5型									5			1
エンテロ71型												2
ライノウイルス	1	1	1	1	1	3			1	2		10
アデノ1型	1	2	1	2	2							5.7
アデノ2型	2											3
アデノ3型	1											8
アデノ5型												1
アデノ6型												3
ロタウイルス												1.7
ノロウイルスGI型	1	1	1									4.6
ノロウイルスGII型	5	3	4	2	3	2	1					2
RSウイルス	1			1			1	1	3	2	3	12
単細胞ヘルペスウイルス1型	2	1	1		2							6
インフルエンザAH1pdm09型	4						1	1	1	1	1	5
インフルエンザAH3型	2	1							1			14
インフルエンザA型 (亜型不明)												4
インフルエンザB型												1
インフルエンザB型												1
小計	21	9	10	8	12	13	14	7	16	11	6	14
被検患者数	16	11	13	12	17	16	14	12	11	3	3	8
検出患者数	3	1	2	3	7	6	2	4	0	0	1	1
患者当たりの検出率(%)	18.8	9.1	15.4	25.0	41.2	37.5	14.3	33.3	0.0	0.0	33.3	12.5
A群溶血性レンサ球菌												22.1
黄色ブドウ球菌												2
サルモネラ												5
下痢原性大腸菌												2
小計	3	1	2	1	4	6	3	4			1	1
合計	24	10	12	11	19	19	17	13	16	11	8	15
合計												175
合計												100.0

表2 感染症別病原体検出状況 (小児科, インフルエンザ, 眼科, 基幹定点) 平成31年1月～令和元年12月

疾病名		感染性 胃腸炎	イン フル エン ザ	ヘル パン ギー ナ	咽 頭 結 膜 熱	手 足 口 病	感 染 性 髄 膜 炎	A 群 溶 血 性 レ ン サ 球 菌 咽 頭 炎	百 日 咳	流 行 性 角 結 膜 炎	流 行 性 耳 下 腺 炎	R S ウ イ ル ス 感 染 症	そ の 他	計 (重 複 有)	計 (重 複 無)	病 原 体 検 出 比 率 (%)
総受付患者数		131	28	84	12	28	35	4	1	2	1	20	1	347	323	
検 査 材 料	ふん便	128	1	14	2	6	5	0	0	0	0	0	0	156	142	352
	鼻咽頭ぬぐい液	16	27	79	10	21	4	4	1	2	1	20	1	186	166	
	髄液	1	0	3	0	1	33	0	0	0	0	0	0	38	37	
	咽頭うがい液	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	
	尿	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	
	血液	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	気管吸引	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	水泡ぬぐい液	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	皮膚病巣	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	病原体検出患者数	61	22	31	3	14	8	3	0	1	0	11	0	154	143	
患者当たりの検出率(%)		46.6	78.6	36.9	25.0	50.0	22.9	75.0	0.0	50.0	0.0	55.0	0.0	44.4	44.3	
ウ イ ル ス	被検患者数	131	28	84	12	28	34	2	0	2	1	20	1	343	319	/
	検出患者数	48	21	29	3	14	8	1	0	1	0	11	0	136	128	
	患者当たりの検出率(%)	36.6	75.0	34.5	25.0	50.0	23.5	50.0	0.0	50.0	0.0	55.0	0.0	39.7	40.1	
	エコー18型	2					3							5	5	2.9
	エコー30型			2		1	4					1		8	8	4.6
	コクサッキーA2型			2										2	2	1.1
	コクサッキーA4型			3		1								4	4	2.3
	コクサッキーA6型	1		2		7								10	9	5.1
	コクサッキーA10型					1								1	1	0.6
	コクサッキーA16型			1		1								2	2	1.1
	コクサッキーB5型						4					1		5	5	2.9
	エンテロ71型					1								1	1	0.6
	ライノウイルス			7	1	1	1	1						11	10	5.7
	アデノ1型	4		5	2									11	8	4.6
	アデノ2型	2	1											3	3	1.7
	アデノ3型		1	1						1				3	2	1.1
	アデノ5型	1												1	1	0.6
	アデノ6型			1										1	1	0.6
	ロタウイルス	16												16	16	9.1
	ノロウイルスGI型	3												3	3	1.7
	ノロウイルスGII型	22												22	22	12.6
	RSウイルス			2								11		13	12	6.9
	単純ヘルペスウイルス1型	2		4		2								8	6	3.4
	インフル	インフルエンザAH1pdm09型	13	1										14	14	8.0
		インフルエンザAH3型	4											4	4	2.3
		インフルエンザA型(亜型不明)	1											1	1	0.6
		インフルエンザB型	1											1	1	0.6
	小 計	53	21	31	3	15	12	1	0	1	0	13	0	150	141	80.6
細 菌	被検患者数	125	2	10	2	1	6	4	1	0	0	0	0	151	136	/
	検出患者数	28	1	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	36	30	
	患者当たりの検出率(%)	22.4	50.0	40.0	0.0	100.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	22.1	
	A群溶血性レンサ球菌		1					2						3	2	1.1
	黄色ブドウ球菌	5		1										6	5	2.9
	サルモネラ	2												2	2	1.1
	下痢原性大腸菌	25		5		1								31	25	14.3
	小 計	32	1	6	0	1	0	2	0	0	0	0	0	42	34	19.4
合 計		85	22	37	3	16	12	3	0	1	0	13	0	192	175	100.0

表3 年齢階層別病原体検出状況（小児科，インフルエンザ，眼科，基幹定点） 平成31年1月～令和元年12月

年齢		0歳	1~4歳	5~9歳	10~14歳	15歳以上	計		病原体検出比率（％）	
総受付患者数		66	145	64	41	7	323			
検査材料	ふん便	15	65	33	24	5	142	352		
	鼻咽頭ぬぐい液	42	79	32	13	0	166			
	髄液	16	11	4	5	1	37			
	咽頭うがい液	0	0	2	0	0	2			
	尿	0	0	1	1	0	2			
	気管吸引	0	0	0	0	1	1			
	水泡ぬぐい液	0	0	0	1	0	1			
	皮膚病巣	0	0	0	1	0	1			
	病原体検出患者数		28	71	27	15	2	143		
患者当たりの検出率(%)		42.4	49.0	42.2	36.6	28.6	44.3			
ウイルス	被検患者数		65	144	62	41	7	319		
	検出患者数		26	62	24	14	2	128		
	患者当たりの検出率(%)		40.0	43.1	38.7	34.1	28.6	40.1		
	エンテロ	エコー18型	3	2				5	2.9	
		エコー30型	1	2	1	4		8	4.6	
		コクサッキーA2型	1	1				2	1.1	
		コクサッキーA4型		4				4	2.3	
		コクサッキーA6型	2	7				9	5.1	
		コクサッキーA10型		1				1	0.6	
		コクサッキーA16型		2				2	1.1	
		コクサッキーB5型	4	1				5	2.9	
		エンテロ71型		1				1	0.6	
	ライノウイルス		2	5	2	1		10	5.7	
	アデノ	アデノ1型	2	6				8	4.6	
		アデノ2型	3					3	1.7	
		アデノ3型		1		1		2	1.1	
		アデノ5型					1	1	0.6	
		アデノ6型		1				1	0.6	
		ロタウイルス			8	7	1		16	9.1
	ノロウイルスGI型				2	1		3	1.7	
ノロウイルスGII型		4	13	4	1		22	12.6		
RSウイルス		6	6				12	6.9		
単純ヘルペスウイルス1型			2	2	2		6	3.4		
インフル	インフルエンザAH1pdm09型	1	2	6	4	1	14	8.0		
	インフルエンザAH3型	1	2	1			4	2.3		
	インフルエンザA型（亜型不明）		1				1	0.6		
	インフルエンザB型				1		1	0.6		
	小 計		30	68	25	16	2	141	80.6	
細菌	被検患者数		18	61	33	19	5	136		
	検出患者数		3	16	10	1	0	30		
	患者当たりの検出率(%)		16.7	26.2	30.3	5.3	0.0	22.1		
	A群溶血性レンサ球菌			1	1			2	1.1	
	黄色ブドウ球菌		1	1	3			5	2.9	
	サルモネラ			1		1		2	1.1	
	下痢原性大腸菌		4	15	6			25	14.3	
	小 計		5	18	10	1	0	34	19.4	
合 計		35	86	35	17	2	175	100.0		

表 4 検出方法別病原ウイルス検出状況

平成31年1月～令和元年12月

	検体の種類				検出 件数	培養細胞				イムノ クロマト	遺伝子 検査
	ふん便	鼻咽頭 ぬぐい液	髄液	その他		FL	RD-18S	Vero	MDCK		
エンテロ	エコー18型	2	1	2	5		4				1
	エコー30型	1	5	2	8		7				1
	コクサッキーA2型		2		2		2				
	コクサッキーA4型		4		4		4				
	コクサッキーA6型	1	8		9		2	1			6
	コクサッキーA10型		1		1						1
	コクサッキーA16型	1	1		2						2
	コクサッキーB5型	1	2	2	5	4	4				1
エンテロ71型		1		1						1	
ライノウイルス	1	9		10	1					9	
アデノ	アデノ1型	4	4		8	8	2	1	1		
	アデノ2型	1	2		3	3	1				
	アデノ3型		2		2						2
	アデノ5型	1			1	1					
	アデノ6型		1		1	1					
	ロタウイルス	16			16					16	
ノロウイルスGI型	3			3						3	
ノロウイルスGII型	22			22						22	
RSウイルス		12		12						12	
単純ヘルペスウイルス1型		5	1	6	6	6	5	6			
インフルエンザAH1pdm09型		13	1	14				10			4
インフルエンザAH3型		4		4				4			
インフルエンザA型（亜型不明）		1		1	1						1
インフルエンザB型		1		1	1						1
合 計	54	79	6	2	141	24	27	12	15	16	67

平成31年度BG-センチネル™2トラップによる京都市内における蚊の生息調査

Survey of mosquitoes in Kyoto city using BG-Sentinel™2 trap in 2019

微生物部門 衛生動物

Division of Microbiology Sanitary animals

抄録

京都市内の各区モニタリング地点である医療衛生コーナー（11か所）において、臭気吸引トラップ「BG-センチネル™2トラップ」による採集法を用いて蚊の生息調査を行った。採集した蚊成虫の合計は225個体で、その種構成はヒトスジシマカ *Aedes albopictus* 142個体、アカイエカ群 *Culex pipiens* group 50個体、ヤマトヤブカ *Aedes japonicus* 30個体、コガタアカイエカ *Culex tritaeniorhynchus* 2個体、シナハマダラカ *Anopheles sinensis* 1個体、であった。ヒトスジシマカの雌成虫89個体についてデングウイルス遺伝子の保有検査を実施した結果、全て陰性であった。ヒトスジシマカとアカイエカ群の消長比較では、ヒトスジシマカは6月にピークを示し、4月下旬から11月上旬まで採集された。アカイエカ群も6月にピークを示し、4月下旬から10月上旬まで採集された。生息調査の結果、京都市内にはヒトスジシマカやアカイエカ群など蚊媒介感染症を媒介する蚊が広域に生息していることがわかった。

キーワード

BG-センチネル™2トラップ BG-Sentinel™2 trap, ヒトスジシマカ *Aedes albopictus*, アカイエカ群 *Culex pipiens* group, コガタアカイエカ *Culex tritaeniorhynchus*, ヤマトヤブカ *Aedes japonicus*, シナハマダラカ *Anopheles sinensis*

1 はじめに

現在日本で流行する恐れのある蚊媒介感染症として、デング熱、チクングニア熱、ジカウイルス感染症、ウエストナイル熱及び日本脳炎が挙げられ、国内でこれらを媒介する主たる蚊は、ヒトスジシマカ、アカイエカ群及びコガタアカイエカである。

京都市は、厚生労働省が平成27年に制定した「蚊媒介感染症に関する特定感染症予防指針」に基づき、「京都市蚊媒介感染症対応マニュアル」を策定し、蚊媒介感染症に対する取り組みを行っている。媒介蚊対策に係る調査として、各区モニタリング地点（医療衛生コーナー）及び大規模公園（1地点）で蚊成虫生息調査を実施している。

今回、平成31年度に実施した各区モニタリング地点における蚊成虫生息調査の結果について概要をまとめたので報告する。

2 調査方法

(1) 調査実施日（表1）

調査実施日は、平成31年4月9日から11月19日までの期間で月2回と12月3日及び令和2年3月24日とした。

(2) 調査地点（図1）

調査地点は、各区モニタリング地点である医療衛生コーナー（11か所）の敷地内とした。

(3) 調査方法

臭気吸引トラップ「BG-センチネル™2トラップ」（以下「BG-2トラップ」という）による採集法を用いて調査した。

BG-2トラップは、吸引口が地上高1.5～1.8mの位置になるよう設置（写真）し、調査実施日の午後1時に採集を開始、24時間経過後に回収した。

採集した蚊成虫は、形態学的にヒトスジシマカ、アカイエカ群、コガタアカイエカ、シナハマダラカ、ヤマトヤブカ及びその他の蚊に分類し、さらに雌雄に分けて計数した。



写真 医療衛生コーナーの敷地内に設置

表1 調査実施日

月	日
H31年 4月	9日 23日
R1年 5月	14日 28日
6月	11日 25日
7月	9日 23日
8月	13日 27日
9月	10日 24日
10月	8日 22日
11月	5日 19日
12月	3日
R2年 3月	24日

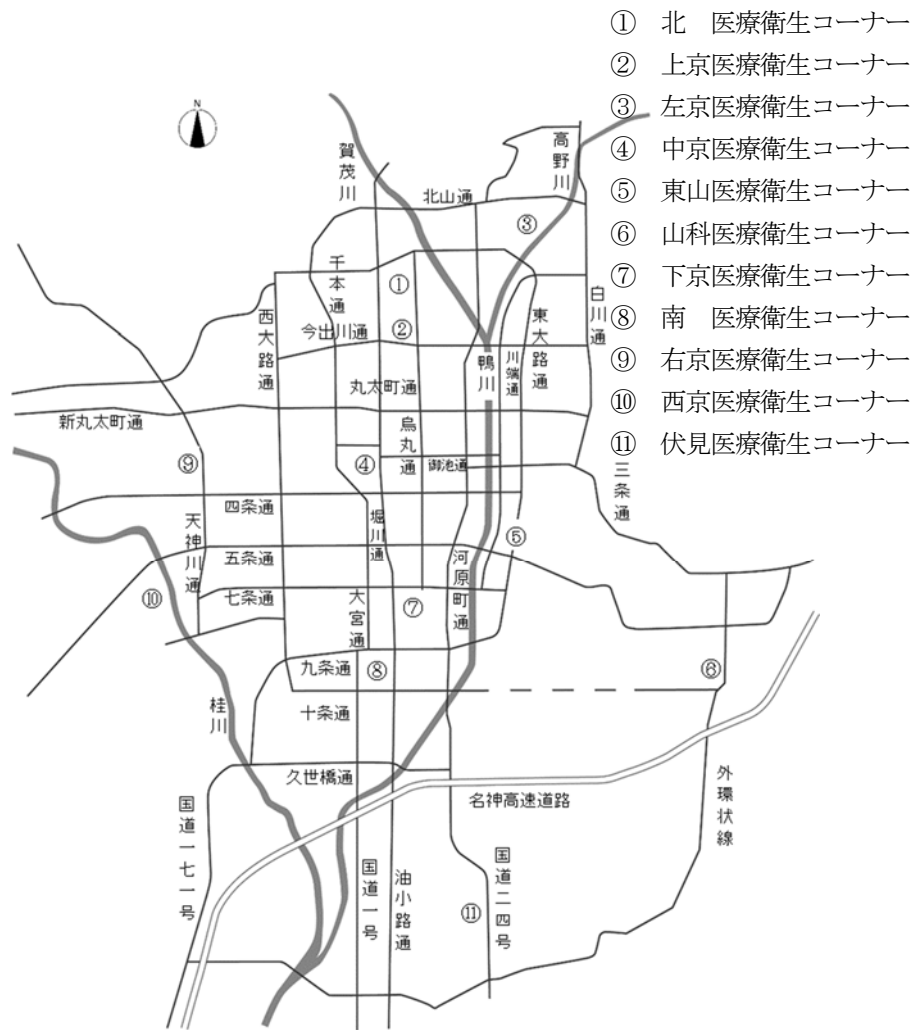


図1 調査地点

3 結果

(1) 採集数と種構成 (図2)

全調査地点で採集された蚊成虫の合計は225個体で、その種構成は、ヒトスジシマカが142個体(63.1%)で最も多く、次いで、アカイエカ群が50個体(22.2%)、ヤマトヤブカが30個体(13.3%)、コガタアカイエカが2個体(0.9%)、シナハマダラカが1個体(0.4%)、その他の蚊は採集されなかった。

(2) 調査地点別採集数 (表2)

ヒトスジシマカは全ての調査地点で採集された。南医療衛生コーナーが26個体で最も多く、次いで、西京医療衛生コーナーが24個体、北医療衛生コーナーが20個体であった。最も少なかったのは、上京、右京医療衛生コーナーの2個体であった。

アカイエカ群は9地点で採集され、北医療衛生コーナーが22個体で最も多く、次いで中京、山科医療衛生コーナーが7個体であった。左京、下京医療衛生コーナーでは採集されなかった。

ヤマトヤブカは、3地点で採集され、左京医療衛生コーナーが18個体で最も多く、次いで、東山医療衛生コーナーが9個体であった。北医療衛生コーナーは3個体が採集された。

コガタアカイエカは中京医療衛生コーナーで2個体採集された。

シナハマダラカは東山医療衛生コーナーで1個体採集された。

その他の蚊は全ての調査地点で採集されなかった。

表2 調査地点別採集数

調査定点	ヒトスジシマカ			アカイエカ群			コガタアカイエカ			シナハマダラカ			ヤマトヤブカ			その他の蚊		
	雌	雄	計	雌	雄	計	雌	雄	計	雌	雄	計	雌	雄	計	雌	雄	計
北医療衛生コーナー	15	5	20	6	16	22	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
上京医療衛生コーナー	0	2	2	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
左京医療衛生コーナー	11	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8	18	0	0	0
中京医療衛生コーナー	3	4	7	4	3	7	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
東山医療衛生コーナー	9	5	14	3	0	3	0	0	0	0	1	1	6	3	9	0	0	0
山科医療衛生コーナー	6	6	12	2	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下京医療衛生コーナー	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
南医療衛生コーナー	17	9	26	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
右京医療衛生コーナー	2	0	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
西京医療衛生コーナー	24	0	24	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
伏見医療衛生コーナー	2	5	7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	89	53	142	20	30	50	1	1	2	0	1	1	16	14	30	0	0	0
合計	225																	

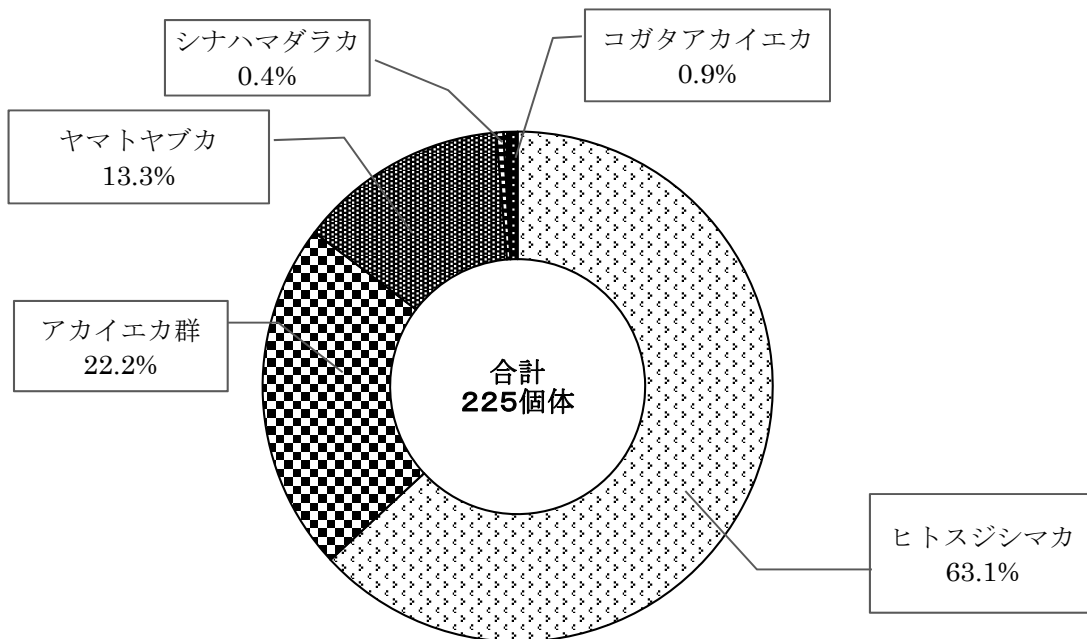


図2 採集数と種構成

(3) 調査日別採集数 (図3)

ヒトスジシマカは4月23日から採集され、気温の上昇と共に増加が認められた。6月25日をピークに減少に転じたが、11月5日に1個体を最後に採集されなくなった。

アカイエカ群は4月23日から採集され、6月25日をピークに減少に転じたが、10月8日に1個体を最後に採集さ

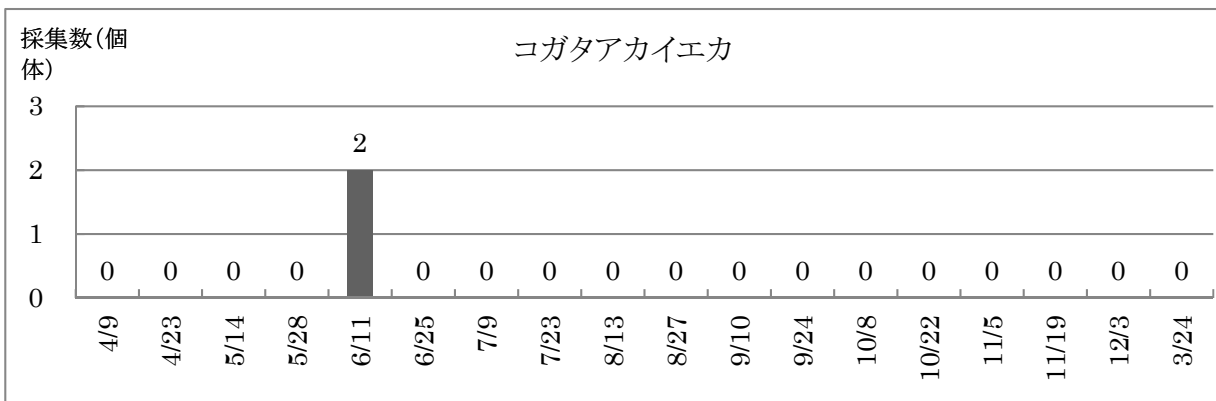
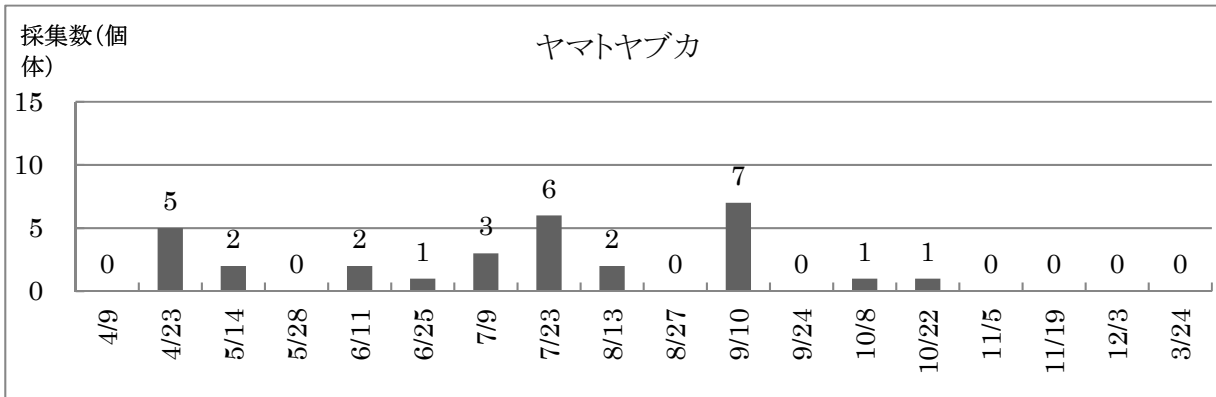
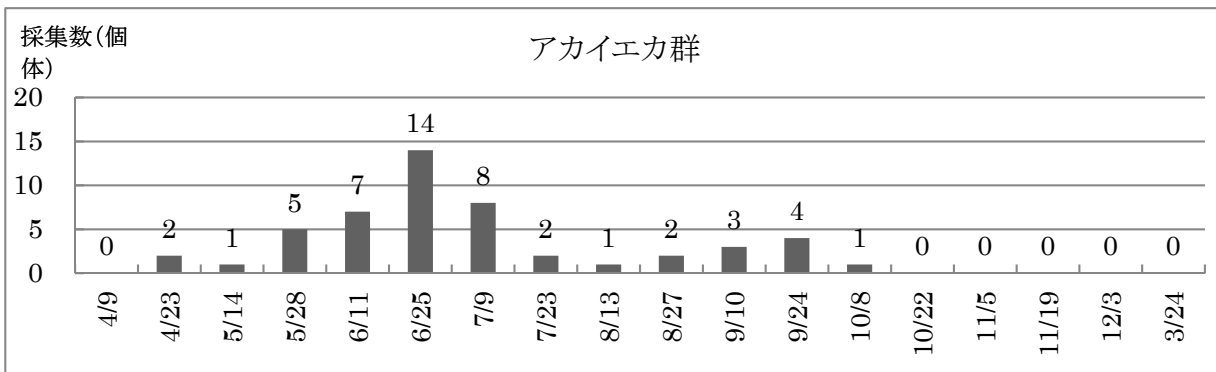
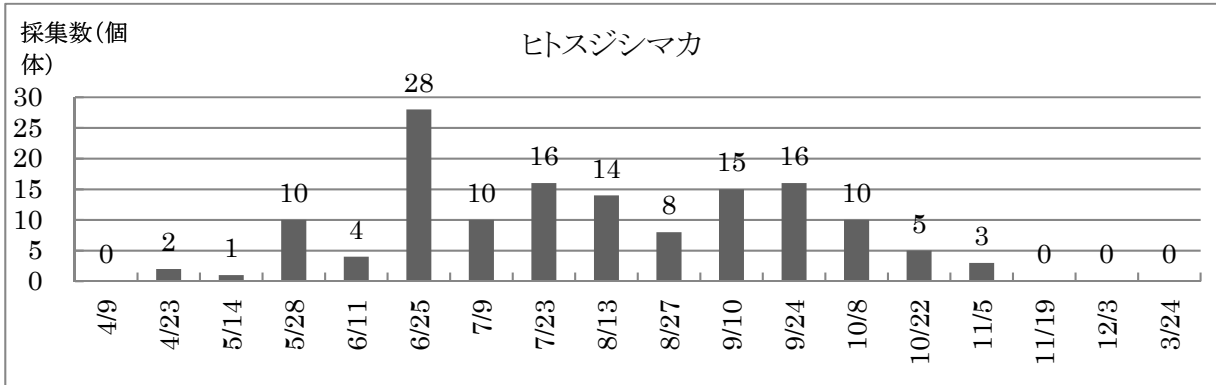
れなくなった。

ヤマトヤブカは4月23日から採集され、明確なピークを示さず増減が認められ、10月22日にも1個体採集された。

コガタアカイエカは6月11日に2個体のみ採集された。

シナハマダラカは9月24日に1個体が採集された。

その他の蚊は調査期間を通して採集されなかった。



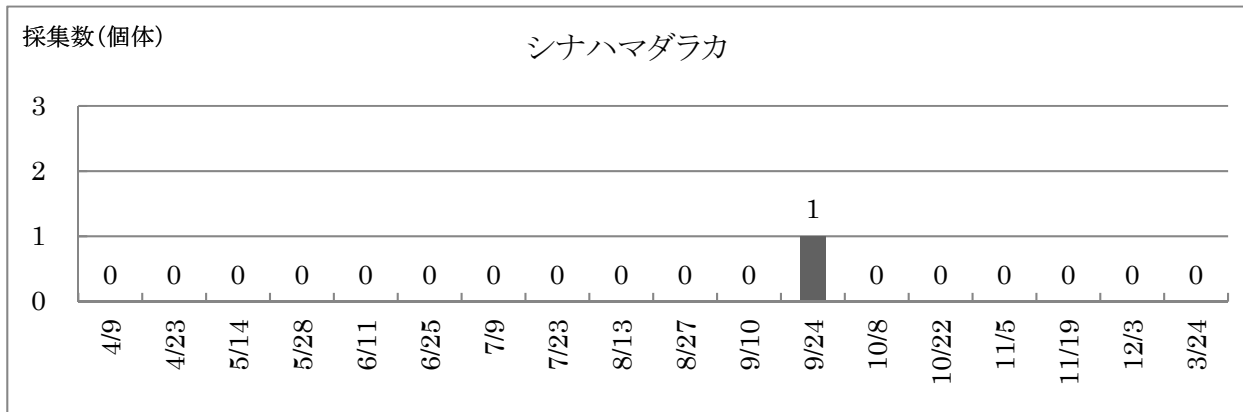


図3 調査日別採集数

(4) ヒトスジシマカとアカイエカ群の過去2年における消長比較 (図4-1, 4-2)

平成31年度のヒトスジシマカは4月下旬に採集されたが、これは平成30年度より2週間早く、平成29年度より1週間遅い結果であった。採集数のピークは6月下旬であった。このピークは平成29年度の8月下旬、平成30年度の8月中旬よりかなり早いピークであった。その後、蚊の採集数は減少を続けたが、11月上旬にも採集された。過去2年間の消長調査では、11月上旬から12月上旬を最後に採集されなくなっており、今年度も同じ結果となった。調査期間に得られた総採集数は142個体で、平成30年度の197個体より少なく、平成29年度の135個体より多くなっている。

アカイエカ群については、4月下旬に採集され、平成29

年度、平成30年度は4月上旬から採集されはじめての少し遅かった。総採集数は50個体で、平成30年度の27個体より多く、平成29年度の53個体とほぼ同じであった。また、平成29年度は11月上旬、平成30年度は12月上旬で採集されなくなったが、平成31年度は10月上旬から採集されなくなった、過去と比較して早い結果となった。

(5) デングウイルスの遺伝子検査

採集したヒトスジシマカの雌成虫89個体についてデングウイルス遺伝子の保有検査を実施した結果、全て陰性であった。

検査方法は、デングウイルス感染症診断マニュアル(国立感染症研究所)に準じて、RT-PCR法により遺伝子検出を行った。

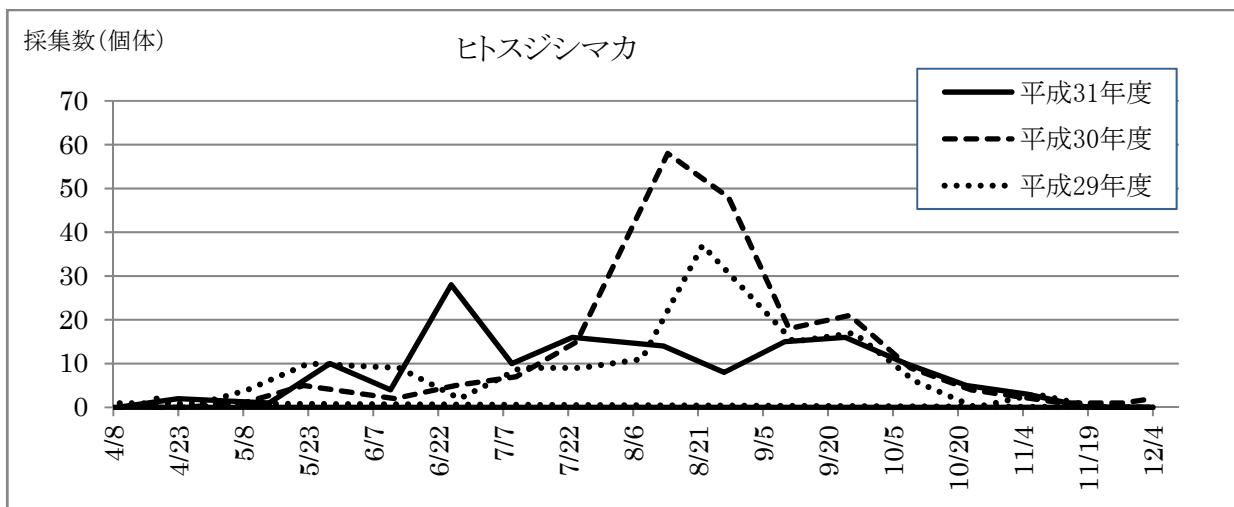


図4-1 ヒトスジシマカの過去2年における消長比較

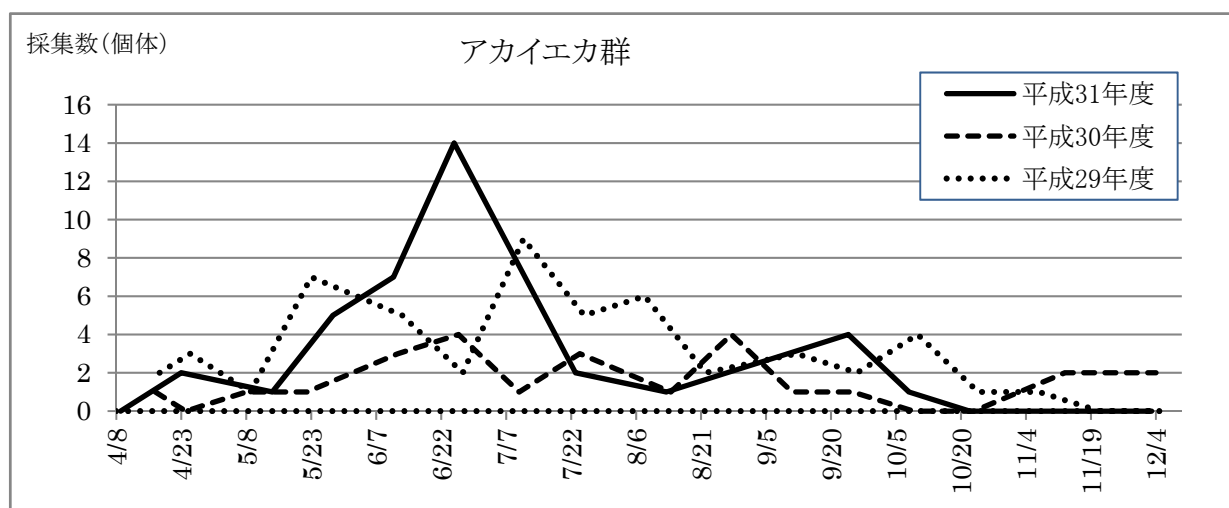


図4-2 アカイエカ群の過去2年における消長比較

4 考察

(1) ヒトスジシマカ

平成26年には東京の代々木公園を中心としたデング熱の国内感染例が70年ぶりに確認された。

平成27年には中南米でジカウイルス感染症の流行が確認された。特にジカウイルス感染症は、妊婦の感染により胎児の小頭症が多発することから国際的に大きな問題となった。

平成31年度は9月に沖縄県でデング熱感染疑い事例があった。また10月には東京からの修学旅行生2人が京都と奈良を滞在し帰京してデング熱が発症した感染疑い事例があった。

国立感染症研究所の感染症サーベイランス調査によると、平成31/令和元年のデング熱輸入症例は461件あり、これは過去4年で最も多く昨年の2倍を超えている、アジア諸国ではデング熱の流行が急激に広がっていることから、海外で感染するリスクは軽減していない。さらに近年、多くの海外旅行者を迎えている京都市においては、蚊媒介感染症の発生地域からの旅行者も多いことから、市内で感染者が発生する可能性も考えられる。

ヒトスジシマカは現在北海道を除いた日本各地に普遍的に生息しており、その根絶は非常に難しいといえる。したがって蚊媒介感染症の対策として、媒介蚊の発生状況をあらかじめ把握し、生息状況や消長調査などの基礎情報を収集することで平常時のリスク評価と対策を実施することが重要である。

平成31年度のヒトスジシマカは4月下旬から採集されたが、これは平成30年度より2週間早く、平成29年度より

1週間遅い結果であった。採集数のピークは6月下旬であった。このピークは平成29年度の8月下旬、平成30年度の8月中旬よりかなり早いピークであった。その後、採集数は減少を続け、11月上旬で採集されなくなった。原因として7、8、9月の猛暑でヒトスジシマカの発生と活動が抑制された結果、夏場のピークが低くなり総採集数も減ったのではないかと考えられる。

地球温暖化の影響で、気温や雨量の変動が著しく認められる中、ヒトスジシマカの発生や生息の変化などについても更なる検証が必要である。

(2) アカイエカ群

平成11年にウエストナイルウイルスによる患者が発生した米国では4年で全米に拡がり、毎年2,000人以上の患者と100人以上の死亡者が出ている。わが国でも平成15年に厚生労働省から「ウエストナイル熱の媒介蚊対策に関するガイドライン」が出された。ウエストナイルウイルスは鳥と蚊の間で感染環が維持され、主に蚊を介してヒトに感染し、発熱や脳炎を引き起こす。ベクターとして重要なアカイエカ群の消長調査は、今後も重要である。

平成31年度のアカイエカ群については、4月下旬に採集され始め、6月下旬にピークがあり、その後減少し10月上旬に採集されなくなった。原因としてアカイエカ群の雌は成虫で越冬するため、この1月、2月の暖冬が成虫の生存率を高め、その後産卵、幼虫、成虫となり6月にピークを迎えた。その後の減少は、猛暑がアカイエカ群の発生と活動を抑制したと考えられる。

平成31年度に採集されたアカイエカ群の総数は50個体と少ないが、トラップの種類によって各種蚊に対する

誘引度が異なるため、ヒトスジシマカの採集数と単純比較することは難しい。

(3) ヤマトヤブカ

ヤマトヤブカは北海道から九州に広く分布している。ヒトスジシマカと同様に昼間吸血性で人吸血性があるとされ、日本脳炎ウイルスやウエストナイルウイルスを媒介することが可能であるとされている。

平成31年度の総採集数は30個体で4月、7月、9月に多く採集された。ヒトスジシマカよりやや早い時期に発生するのは、ヤマトヤブカが幼虫（ボウフラ）で越冬することによるものと考えられる。

(4) コガタアカイエカ

コガタアカイエカは、中京医療衛生コーナーの2個体のみであった。コガタアカイエカは遠距離を飛翔して吸血源を探すタイプの蚊で、中国大陸からも海上飛来することが確認されている。今回採集された蚊は、中京地域で発生したものか、他の地域から飛来してきたものかは不明であるが、採集されたことに注視していく必要がある。また、西日本で採集されたコガタアカイエカから日本脳炎ウイルスが検出されていることや、豚の日本脳炎抗体保有状況において陽性豚が検出されていることから、日本脳炎患者の発生についても注意が必要である。

(5) シナハマダラカ

東山医療衛生コーナーの1地点で9月に計1個体採集さ

れた。なぜこの地点で採集されたのかは不明である。

現在、日本ではマラリアの発生はないが、シナハマダラカはマラリアを媒介する重要なベクターであることから、今後の調査に注意が必要である。

(6) その他の蚊

京都市内の山間部や河川沿いなどには採集された蚊以外にも多くの種類の蚊が生息していると推測されるが、今回の調査では採集されなかった。

5 まとめ

BG-2トラップによる京都市内における蚊の生息調査の結果、ヒトスジシマカやアカイエカ群、シナハマダラカなど蚊媒介感染症を媒介する蚊が広域にわたり生息していることがわかった。

京都市内における蚊の生息状況・生態については「京都市蚊媒介感染症対応マニュアル」に基づき、今後も継続的に調査を行い、モニタリング地点における採集データを蓄積し、蚊の発生や消長の解析、遺伝子検査を行っていく必要がある。

6 資料

- 1) 国立感染症研究所 日本の輸入デング熱症例の動向について
- 2) West Nile virus disease cases and deaths reported to CDC by year and clinical presentation, 1999-2018

京都市における大気粉じん中の重金属濃度について

Analysis of Heavy Metal Concentrations in Total Suspended Particles in Kyoto City

伴 創一郎

Soichiro BAN

Abstract

In order to recognize the pollution status of atmospheric particle matter in Kyoto City, TSP (Total Suspended Particle) samples were collected at 3 sampling points in Kyoto City, Sakyo Ward office, Omiya automobile exhaust gas monitoring station and Kyoto City institute of health and environmental sciences from March, 2019 to February, 2020. The concentrations of the 26 elements of TSP samples were determined by ICP-MS. Concentrations of the following natural origin elements K, Ti, Mn, Fe, Co, Rb, and TSP levels showed high correlation coefficient, while concentrations of the following anthropogenic origin elements Cu, Zn, Sn, Sb, Pb showed high correlation coefficient.

Concentrations of the Ca, Ti, Cr, Fe, Cu, Zn, Sn, Sb, Ba in Omiya monitoring station were twice or more than in Sakyo Ward office, suggesting that Omiya monitoring station was affected by mobile pollution sources. From the ratio of metal concentrations, Pb/Zn, V/Mn, and As/V, we evaluated the long-range transported air pollutions from the continent. We obtained 0.89 as Pb/Zn, 2.7 as As/V at Sakyo word office on Jan.21,2020, that were highest values in this study, suggesting Sakyo Ward office was affected by anthropogenic emission sources such as coal combustion. From the backward trajectory analysis, it was revealed that the air mass travelled through central China and the Korean peninsula to Kyoto City on Jan.21,2020, suggesting that long-range transported air pollution was observed in Kyoto City.

Key words

Total Suspended Particle/総浮遊粒子状物質, Heavy Metal/重金属, ICP-MS /ICP 質量分析法,
Ratio of metal concentration/金属濃度比, Long-range transported air pollution/長距離輸送大気汚染

1 はじめに

大気中には、工場、自動車等の排ガス又は土壌の飛散や巻き上げによって、多くの粉じんが浮遊している。これらの粉じん中には微量の有害金属が含まれていることがあり、それらが体内に取り込まれて蓄積した場合、健康を害する危険性がある。京都市では、大気汚染防止法に基づき、1997年から有害大気汚染物質モニタリング調査を実施しており、大気中の浮遊粉じん(Total Suspended Particular, TSP)に含まれる優先取組物質に指定されている6金属元素(As, Be, Cr, Mn, Ni, Hg)を対象に調査を実施してきた。TSP中のその他の金属元素については未調査で、大気中の濃度の実態を把握できていなかった。2017年3月、当研究所にICP-MSが導入され、微量金属の多元素同時分析が可能となった。今回、令和元年度の有害大気汚染物質モニタリング調査において左京区総合庁舎(一般環境)と自排大宮局(沿道)で、2019年4月から2020年2月までの間、毎月1回、ハイボリュームサンプラーにより24時間採取したTSPサンプルと衛生環境研究所(壬生)で2019年3月の8日間にわたり24時間採取したTSPサンプルについて、有害大気汚染物質に該当する金属を中心として26種の金属元素を選定し、分析及び測定結果の解析を行ったので報告する。

2 実験方法

(1) 調査項目

金属元素 26 種

(Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sm, Sn, Ti, V, Zn)

(2) 捕集方法

TSPの捕集

石英繊維ろ紙(Pallflex 社 2500QAT-UP)にハイボリュームサンプラー(柴田科学 HV-1000)で流量 1000 L/min で24時間捕集した。

(3) 調査地点及び期間

ア 衛生環境研究所屋上(京都市中京区壬生東高田町)

2019年3月12日～3月22日の平日8日間に各日24時間サンプリングを行った。

イ 左京区総合庁舎屋上(左京区松ヶ崎堂ノ上町)及び自排大宮局(中京区錦大宮町)有害大気汚染物質モニタリング調査の日程に従い2019年4月から2020年2月まで月1回24時間サンプリングを行った。

(4) 前処理

TSP を捕集したろ紙を有害大気汚染物質測定方法マニュアル2)記載のA法およびB法に従って前処理した。ろ紙をマイクロウェーブ分解装置(Anton-Paar 社:MultiwavePro)を用いて酸分解後、硝酸(2+98)で希釈して金属分析用試料溶液とした。

(5) 分析方法

金属元素の分析には誘導結合プラズマ質量分析装置を用いた。測定条件を表1に示す。

(6) 後方流跡線解析

国立環境研究所地球環境研究センターが公開している後方流跡線解析ツールMETEXを用いて、調査日の後方流跡線解析を行った。解析は高度 1000 メートル、調査開始時間から2時間後を起点とし、72時間遡り解析した。

3 結果及び考察

(1) 金属元素の測定結果

表2に左京区総合庁舎(一般環境)、自排大宮局(沿道)および衛生環境研究所(壬生)で測定したTSPおよび金属元素の測定結果(最大値、最小値、平均値)を示す。

検出下限値以下の値については、検出下限値の1/2の値を用いた。図1に各地点におけるTSP濃度、図2～図5に各地点における金属濃度の測定結果を示す。

表1 金属元素分析条件

装置	: shimadzu ICPMS-2030
プラズマガス	: 8.0L/min
補助ガス	: 1.1L/min
キャリアガス	: 0.7L/min
サンプリング深さ	: 5.0mm
オートサンプラー	: ASX-280
セルガス	: 6.0mL/min
セル電圧	: -21.0V
エネルギーフィルタ	: 7.0V
チャンバー	: サイクロンチャンバー
プラズマトーチ	: ミニトーチ
サンプリングコーン	: 銅
測定元素	: Be(9)Na(23)Al(27)K(39)Ca(43)Ti(47)V(51) : Cr(52)Mn(55)Fe(56)Co(59)Ni(60)Cu(63)Zn(66) : As(75)Se(78)Rb(85)Mo(95)Ag(109)Cd(114) : Sn(118)Sb(121)Ba(138)Ce(140)Sm(147)Pb(208)
内標準元素	: Li(7)Sc(45)Ga(71)In(115)Y(89)

表2 金属元素測定結果

採取期間	左京区総合庁舎(一般環境)			自排大宮局(沿道)			衛生環境研究所(壬生局)		
	2019/4～2020/2			2019/4～2020/2			2019/3/12～3/22		
	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg
TSP	76.0	13.7	28.5	72.1	22.6	36.1	52.3	18.9	31.2
Be	0.0459	0.00124	0.0115	0.0577	0.00283	0.0146	0.00872	0.00266	0.00450
Na	1113	301	707	1099	341	775	2087	197	650
Al	711	174	399	1230	241	621	210	6.33	57.2
K	663	81.5	200	706	133	259	328	166	236
Ca	567	78.6	249	1072	304	600	453	192	287
Ti	96.4	6.50	22.9	136	25.0	49.0	35.8	10.4	27.6
V	4.74	0.303	1.83	5.14	0.658	2.01	5.43	0.344	1.79
Cr	4.75	1.03	2.22	11.4	2.23	4.71	6.54	0.852	3.32
Mn	31.4	2.77	8.71	41.0	6.88	14.9	18.6	3.18	12.0
Fe	897	71.6	269	1189	300	545	588	112	363
Co	0.426	0.0441	0.136	0.547	0.0976	0.214	0.227	0.0381	0.138
Ni	4.16	0.87	2.08	4.13	1.62	2.83	4.03	0.418	1.73
Cu	11.9	2.54	5.36	27.6	6.74	15.2	13.2	2.36	7.40
Zn	103	4.59	26.3	179	25.5	68.7	68.7	14.8	48.5
As	1.69	0.151	0.524	1.61	0.176	0.527	1.68	0.808	1.19
Se	1.40	0.17	0.59	1.47	0.196	0.64	1.01	0.221	0.573
Rb	1.88	0.133	0.476	2.38	0.320	0.738	0.896	0.434	0.601
Mo	0.778	0.188	0.472	1.65	0.502	0.845	3.33	0.312	1.59
Ag	0.901	0.034	0.294	1.53	0.053	0.450	0.184	0.0375	0.122
Cd	0.339	0.0318	0.153	0.403	0.0586	0.179	0.340	0.102	0.233
Sn	1.83	0.399	0.950	3.75	1.22	2.02	7.06	0.275	1.86
Sb	7.39	0.253	1.346	7.88	1.00	2.78	4.41	0.295	2.21
Ba	64.4	9.8	34.2	283	36.2	108	28.0	11.7	20.6
Ce	1.49	0.196	0.892	1.79	0.556	1.20	0.516	0.200	0.413
Sm	0.193	0.00585	0.0989	0.271	0.0405	0.146	0.0478	0.00156	0.0125
Pb	21.1	2.14	7.65	21.7	3.09	10.39	14.7	4.81	11.0

単位 TSP: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, その他: ng/m^3

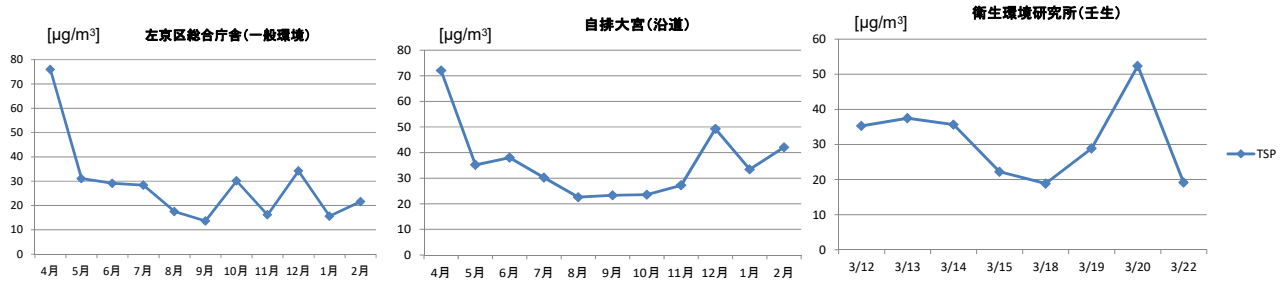


図1 各地点におけるTSP濃度

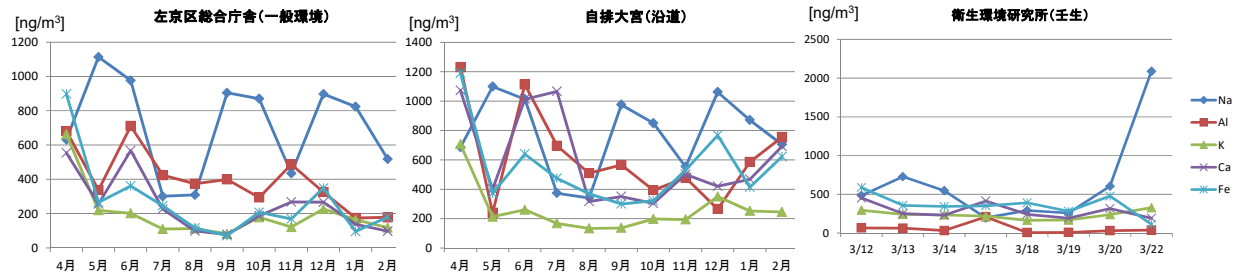


図2 各地点における金属濃度(Na, Al, K, Ca, Fe)

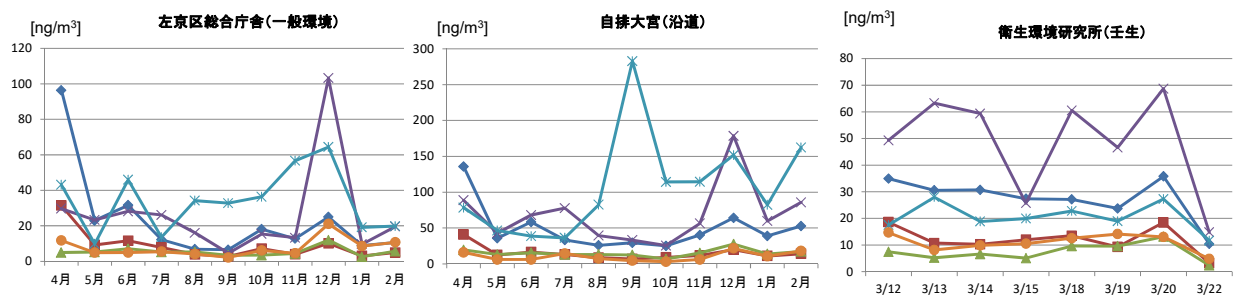


図3 各地点における金属濃度(Ti, Mn, Cu, Zn, Ba, Pb)

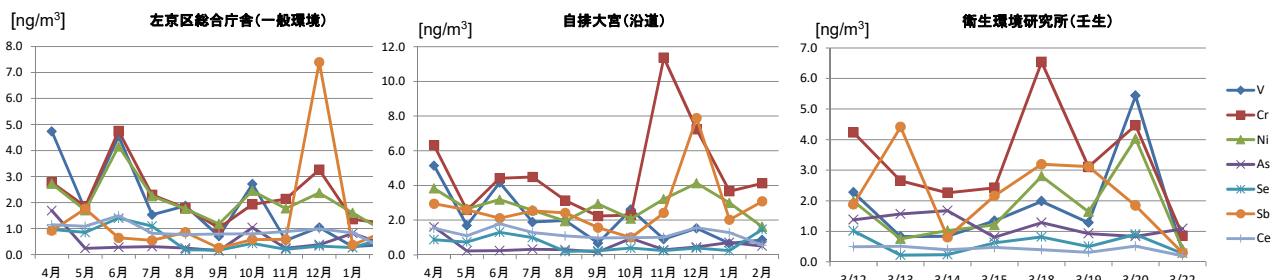


図4 各地点における金属濃度(V, Cr, Ni, As, Se, Sb, Ce)

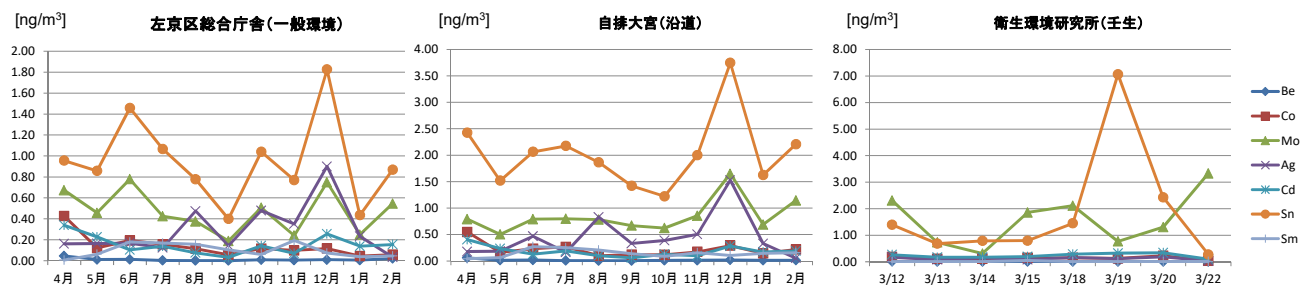


図5 各地点における金属濃度(Be, Co, Mo, Ag, Cd, Sn, Sm)

今回解析対象とした金属の発生源は、Be, Mn, Fe, Ti, Al, Ca は土壌由来、Ni, V は石油燃焼由来、Cr, As, Pb, Cd, Cu, Zn, Sb は廃棄物燃焼又は鉄鋼工業とされている。また、Fe, Cu, Ba, Sb の発生源としてブレーキパッドの寄与が報告されている。²⁾³⁾

左京区総合庁舎と自排大宮局の金属濃度の平均値を比較すると Ca, Ti, Cr, Fe, Cu, Zn, Sn, Sb, Ba の濃度が自排大宮局のほうが2倍以上高かった。

Fe, Cu, Ba, Sb はいずれも発生源としてブレーキパッド

表3 TSP及び金属濃度間の相関係数(左京区総合庁舎)

	TSP	Be	Na	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Ce	Sm	Pb
TSP	—																										
Be	0.88	—																									
Na	0.07	0.04	—																								
Al	0.54	0.41	0.00	—																							
K	0.96	0.90	0.12	0.53	—																						
Ca	0.72	0.62	0.22	0.86	0.71	—																					
Ti	0.97	0.91	0.10	0.64	0.99	0.79	—																				
V	0.73	0.59	0.18	0.79	0.69	0.84	0.76	—																			
Cr	0.40	0.24	0.22	0.72	0.34	0.84	0.43	0.69	—																		
Mn	0.99	0.89	0.08	0.64	0.97	0.79	0.99	0.77	0.46	—																	
Fe	0.98	0.89	0.06	0.65	0.96	0.81	0.98	0.75	0.50	0.99	—																
Co	0.94	0.81	-0.07	0.76	0.92	0.81	0.96	0.83	0.50	0.97	0.96	—															
Ni	0.45	0.24	0.25	0.75	0.39	0.85	0.47	0.83	0.94	0.50	0.51	0.57	—														
Cu	0.21	0.09	0.14	0.14	0.11	0.29	0.14	0.10	0.60	0.19	0.26	0.12	0.34	—													
Zn	0.31	0.13	0.19	0.03	0.22	0.25	0.21	0.05	0.50	0.26	0.32	0.15	0.29	0.94	—												
As	0.78	0.75	0.04	0.21	0.83	0.42	0.78	0.53	0.06	0.75	0.72	0.70	0.24	-0.22	-0.01	—											
Se	0.49	0.43	0.12	0.57	0.37	0.72	0.46	0.68	0.64	0.53	0.53	0.56	0.66	0.18	0.06	0.14	—										
Rb	0.95	0.89	0.24	0.63	0.98	0.81	0.99	0.79	0.47	0.98	0.97	0.93	0.52	0.15	0.21	0.75	0.51	—									
Mo	0.62	0.55	0.25	0.40	0.51	0.68	0.56	0.65	0.78	0.61	0.65	0.54	0.68	0.72	0.66	0.28	0.63	0.60	—								
Ag	-0.02	-0.24	0.09	-0.15	-0.04	-0.08	-0.09	-0.10	0.24	-0.08	-0.04	-0.12	0.15	0.62	0.72	-0.02	-0.47	-0.10	0.25	—							
Cd	0.86	0.77	0.21	0.15	0.82	0.50	0.77	0.40	0.26	0.80	0.81	0.67	0.22	0.40	0.54	0.65	0.35	0.79	0.63	0.16	—						
Sn	0.35	0.17	0.17	0.30	0.20	0.51	0.25	0.39	0.79	0.32	0.38	0.28	0.65	0.89	0.84	-0.02	0.42	0.27	0.86	0.56	0.43	—					
Sb	0.17	0.02	0.26	-0.14	0.11	0.07	0.08	-0.13	0.33	0.11	0.17	-0.02	0.10	0.89	0.97	-0.10	-0.14	0.08	0.51	0.78	0.48	0.72	—				
Ba	0.19	0.12	0.03	0.43	0.23	0.39	0.27	0.22	0.53	0.23	0.28	0.23	0.41	0.53	0.54	0.09	-0.22	0.22	0.35	0.66	0.07	0.53	0.50	—			
Ce	0.40	0.14	0.46	0.76	0.43	0.80	0.48	0.69	0.78	0.48	0.47	0.53	0.83	0.23	0.22	0.15	0.48	0.55	0.41	0.12	0.23	0.40	0.12	0.35	—		
Sm	-0.48	-0.59	-0.39	0.36	-0.54	0.04	-0.43	-0.04	0.32	-0.41	-0.38	-0.21	0.26	0.08	-0.12	-0.66	0.08	-0.46	-0.19	0.03	-0.67	0.12	-0.18	0.22	0.22	—	
Pb	0.42	0.40	0.12	-0.16	0.39	0.18	0.34	-0.03	0.27	0.36	0.42	0.20	0.08	0.74	0.87	0.31	-0.04	0.32	0.60	0.57	0.69	0.63	0.84	0.43	-0.04	-0.49	—
	土壌	土壌	土壌	土壌	土壌	土壌	土壌	石油	廃棄物	土壌	土壌	土壌	石油	廃棄物	廃棄物	廃棄物	石油	土壌	石炭	廃棄物	廃棄物	廃棄物	土壌	土壌	廃棄物	鉄鋼業	
		海塩		廃棄物	道路				鉄鋼業	鉄鋼業	鉄鋼業										鉄鋼業	鉄鋼業	鉄鋼業	土壌	土壌	鉄鋼業	
		廃棄物		野焼き	鉄鋼業					ブレーキ													ブレーキ				鉄鋼業
																										石炭	

表4 TSP及び金属濃度間の相関係数(自排大宮局)

	TSP	Be	Na	Al	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Ce	Sm	Pb
TSP	—																										
Be	0.93	—																									
Na	0.17	0.09	—																								
Al	0.55	0.63	-0.18	—																							
K	0.96	0.99	0.11	0.58	—																						
Ca	0.56	0.55	-0.24	0.83	0.51	—																					
Ti	0.96	0.98	0.07	0.67	0.98	0.60	—																				
V	0.60	0.75	0.01	0.70	0.69	0.62	0.70	—																			
Cr	0.30	0.29	-0.22	0.07	0.30	0.20	0.35	0.01	—																		
Mn	0.96	0.98	0.02	0.63	0.98	0.62	0.99	0.73	0.34	—																	
Fe	0.95	0.92	-0.01	0.64	0.94	0.64	0.97	0.66	0.48	0.96	—																
Co	0.94	0.93	-0.05	0.64	0.93	0.73	0.95	0.68	0.37	0.97	0.95	—															
Ni	0.57	0.57	0.38	0.17	0.59	0.24	0.59	0.31	0.54	0.59	0.60	0.58	—														
Cu	0.68	0.45	0.20	0.10	0.53	0.22	0.58	0.09	0.52	0.56	0.69	0.58	0.66	—													
Zn	0.61	0.36	0.18	0.02	0.45	0.25	0.47	0.07	0.45	0.48	0.62	0.54	0.60	0.94	—												
As	0.68	0.82	-0.06	0.45	0.83	0.30	0.73	0.59	0.06	0.76	0.66	0.68	0.24	0.11	0.12	—											
Se	0.42	0.28	0.03	0.59	0.25	0.74	0.35	0.39	-0.09	0.34	0.40	0.42	-0.18	0.15	0.20	0.06	—										
Rb	0.92	0.98	0.05	0.74	0.97	0.64	0.98	0.80	0.27	0.97	0.93	0.93	0.55	0.44	0.35	0.80	0.34	—									
Mo	0.38	0.11	0.08	-0.11	0.22	0.03	0.25	-0.13	0.45	0.23	0.43	0.29	0.36	0.86	0.91	-0.03	0.11	0.12	—								
Ag	0.02	-0.09	0.16	-0.41	-0.02	-0.38	-0.04	-0.09	0.31	-0.03	0.09	-0.06	0.45	0.59	0.61	-0.19	-0.45	-0.10	0.69	—							
Cd	0.92	0.84	0.13	0.30	0.88	0.46	0.83	0.52	0.20	0.88	0.82	0.87	0.51	0.60	0.60	0.68	0.32	0.79	0.31	0.03	—						
Sn	0.59	0.37	0.05	0.06	0.45	0.27	0.49	0.13	0.53	0.50	0.65	0.56	0.59	0.95	0.97	0.09	0.17	0.37	0.91	0.66	0.56	—					
Sb	0.47	0.21	0.23	-0.24	0.31	-0.02	0.32	-0.06	0.41	0.33	0.45	0.36	0.55	0.92	0.95	-0.02	0.00	0.18	0.90	0.76	0.51	0.94	—				
Ba	-0.17	-0.21	0.24	-0.22	-0.17	-0.46	-0.14	-0.48	-0.07	-0.24	-0.17	-0.23	0.00	0.09	0.02	-0.14	-0.32	-0.24	0.24	0.14	-0.31	-0.01	0.09	—			
Ce	0.44	0.47	0.25	0.39	0.46	0.47	0.47	0.64	0.19	0.50	0.48	0.49	0.74	0.41	0.42	0.19	0.06	0.53	0.15	0.39	0.40	0.44	0.33	-0.45	—		
Sm	-0.43	-0.48	-0.39	0.26	-0.51	0.35	-0.38	-0.07	-0.01	-0.39	-0.27	-0.28	-0.26	-0.14	-0.08	-0.58	0.28	-0.34	0.02	0.00	-0.54	-0.01	-0.17	-0.24	0.16	—	
Pb	0.68	0.41	-0.07	0.16	0.51	0.37	0.53	0.03	0.30	0.54	0.65	0.62	0.32	0.82	0.88	0.28	0.35	0.41	0.79	0.28	0.69	0.84	0.77	0.00	0.16	-0.11	—
発生源	—	土壌	土壌	土壌	土壌	土壌	土壌	石油	廃棄物	土壌	土壌	土壌	石油	廃棄物	廃棄物	廃棄物	石油	土壌	石炭	廃棄物	廃棄物	廃棄物	土壌	土壌	廃棄物	鉄鋼業	
		海塩		廃棄物	道路				鉄鋼業	鉄鋼業	鉄鋼業			鉄鋼業	鉄鋼業	鉄鋼業	鉄鋼業			鉄鋼業	鉄鋼業	鉄鋼業	土壌	土壌	鉄鋼業		
		廃棄物		野焼き	鉄鋼業					ブレーキ				ブレーキ		石炭						ブレーキ				鉄鋼業	石炭

(2) 金属元素の相関

表3に左京区総合庁舎の、表4に自排大宮局のTSP濃度及び金属元素濃度の相関係数を示す。いずれの地点でもTSP濃度と0.9以上の高い相関を示したのは、K、Ti、Mn、Fe、Co、Rbであった。これら6種類の金属間では互いの相関も0.9以上の高い値を示した。これらの金属元素の主な発生源は土壌由来とされている。これらの金属元素では月別濃度の濃度変化パターンが互いによく似た挙動を示していた(図6)。廃棄物の燃焼等の人為活動が発生源とされている金属では、Cu、Zn、Sn、Sb、Pbの相関が互いに0.7以上の高い相関を示した。石油燃焼が発生源とされているVとNiの相関は左京区総合庁舎では0.8以上の相関を示したが、自排大宮局での相関は0.31と低かった。

(3) 金属濃度比の解析

エアロゾル中の金属濃度は、風速や降水などの気象条件によって容易に変動することから、高濃度が出現したとしてもただちに長距離輸送現象の証拠とはなりにくいといわれている。気象条件に左右されにくい指標として金属濃度比が用いられている。^{3,4)}

ア Pb/Zn比

大陸からの長距離輸送の指標となる無機元素としてPb/Zn等の濃度比によって移流の推定が可能であると報告されている。日本では有鉛ガソリンの廃止が1970年代に始まったが、中国大陸では有鉛ガソリンの廃止が1990年頃から始まったため、大陸では環境中Pb濃度が日本より高く、大陸由来の寄与が大きい場合、一般的な汚染元素であるZnに対して相対的にPb濃度が高くなる。大陸由来の寄与が大きい場合Pb/Zn比が高くなり(0.5~0.6)、国内由来の寄与が大きい場合はPb/Zn比が低くなる(0.2~0.3)と報告されている。^{3,4)} 図7に左京区総合庁舎、自排大宮局、衛生環境研究所でのPb/Zn比およびPb、Zn濃度の測定結果を示す。Pb/Zn比の平均値は、左京区総合庁舎で0.37、自排大宮局で0.15、衛生環境研究所(壬生)で0.24であった。左京区総合庁舎の測定では2020年1月21日のPb/Zn比0.89、衛生環境研究所(壬生)の測定では2019年3月15日のPb/Zn比が0.41となり最大であった。自排大宮局の測定では2020年2月13日のPb/Zn比が0.21で最大であったが左京区総合庁舎と比較して全体的に低い傾向が見られた。今回実施した金属元素測定で左京区総合庁舎のZn濃度の平均値が26.3ng/m³であったのに対して自排大宮局のZn濃度の平均値は68.7ng/m³であり高かった。Znは廃棄物の燃焼等の人為活動が発生源とされており、自排大宮局では地域汚染の影響が左京区総合庁舎に比べて大きいためPb/Zn比が低くなったと考えられた。

イ V/Mn比

Vは石油燃焼に係る金属であり、Mnは一般的な金属である。V/Mn比が高ければ石油燃焼の影響が大きいと推定される。中国では冬季の暖房燃料として主に石炭を使用しているため、越境汚染があるところの影響をうけて冬季にV/Mn比が低下するといわれている。V/Mn比は、日本国内で0.2程度、中国大陸では0.054、地殻中で0.16であると報告されている。³⁾

図8に左京区総合庁舎、自排大宮局、衛生環境研究所でのV/Mn比およびV、Mn濃度の測定結果を示す。V/Mn比の平均値は、左京区総合庁舎で0.22、自排大宮で0.14、衛生環境研究所(壬生)で0.13であった。

左京区総合庁舎、自排大宮局のいずれにおいてもV/Mn比は、夏季に高く、冬季に低い傾向が見られた。2020年1月、2月のV/Mn比は0.1以下となっており、地殻中の0.16より小さいことから冬季に中国大陸からの影響を受けていることが示唆された。

ウ As/V比

As/V比は、石炭燃焼の指標として用いられる。石炭、重油、ガソリン燃焼由来のAs/Vの比はそれぞれ4.8、0.02、1.1であることが知られている。⁴⁾ 石炭燃焼が石油燃焼より優勢な地域ではAs濃度が相対的にV濃度より高くなる傾向がある。越境汚染があるところの影響をうけてAs/V比が高くなる。北京市でのPM_{2.5}中のAs/V比は3~13程度であると報告されている。⁵⁾ 図9に左京区総合庁舎、自排大宮局、衛生環境研究所でのAs/V比およびAs濃度、V濃度の測定結果を示す。As/V比の平均値は、左京区総合庁舎で0.54、自排大宮で0.34、衛生環境研究所(壬生)で1.2であった。

左京区総合庁舎、自排大宮でのAs/V比の変動パターンはよく似た挙動を示しており、2020年1月21日の測定において、左京区総合庁舎で2.7、自排大宮で1.1となり最大となった。2020年1月21日は左京区総合庁舎でPb/Zn比が最大となった日である。衛生環境研究所(壬生)の測定では、2019年3月22日のAs/V比が3.1となり最大となった。As/V比の測定結果からも、冬季、春季に中国大陸からの長距離輸送の影響を受けていることが示唆された。

(4) 後方流跡線解析

左京区総合庁舎を起点とした2019年4月~2020年1月の試料採取日の後方流跡線解析結果を図10に示す。衛生環境研究所(壬生)を起点とした2019年3月の試料採取日の後方流跡線解析結果を図11に示す。

2019年3月、4月は気塊が中国大陸を起点として日本に到達している日が多かった。5月、6月、7月は、気塊が日本近

傍で停滞していた。8月はフィリピン付近を通過していた。
11月以降は、気塊が中国大陸を起点として朝鮮半島を経由して日本に到達している日が多かった。

左京区総合庁舎の測定でPb/Zn比が0.89, As/V比が2.7で最大となった2020年1月21日の後方流跡線は、内モンゴル方面を起点として、北京市北部、遼寧省、北朝鮮を通過していた。

2019年3月の衛生環境研究所での測定でPb/Zn比が0.41

と最大となった3月15日の後方流跡線は、内モンゴル方面を起点として北京市、天津市、山東省、朝鮮半島を通過していた。後方流跡線解析の結果からPb/Zn比, As/V比の上昇は中国大陸からの長距離輸送が影響していることが示唆された。

今回実施した金属濃度比および後方流跡線解析結果から京都市では冬季および春季に中国大陸からの長距離輸送の影響を受けている可能性が示唆された。

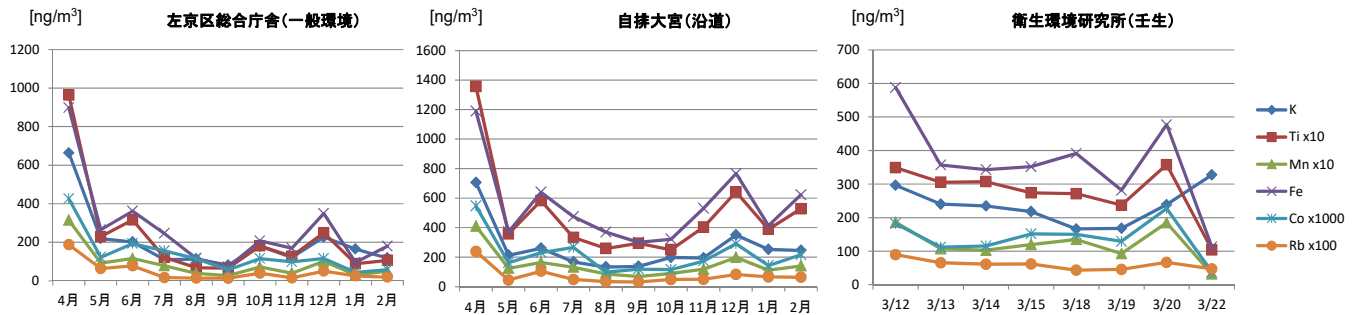


図6 各地点における金属濃度(K, Ti x10, Mn x10, Fe, Co x1000, Rb x100)

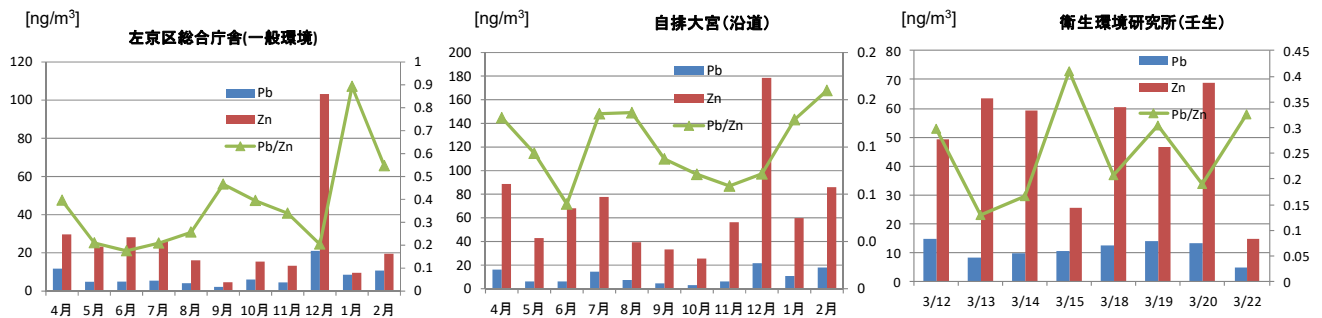


図7 各地点におけるPb/Zn比およびPb, Zn濃度

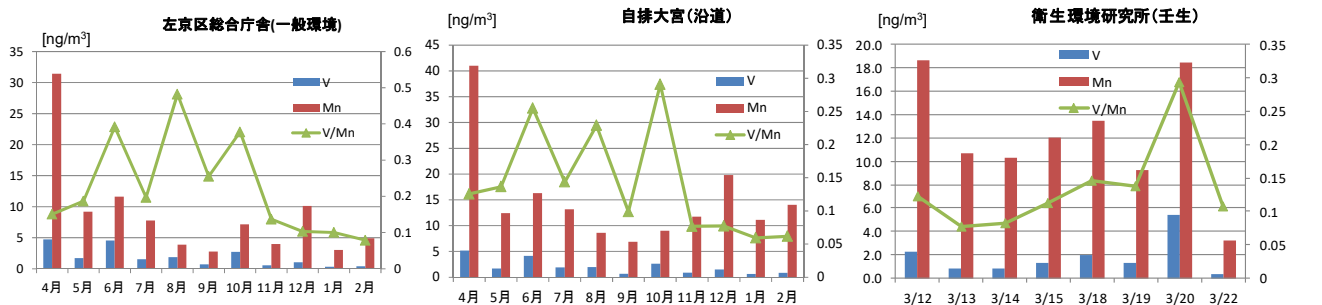


図8 各地点におけるV/Mn比およびV, Mn濃度

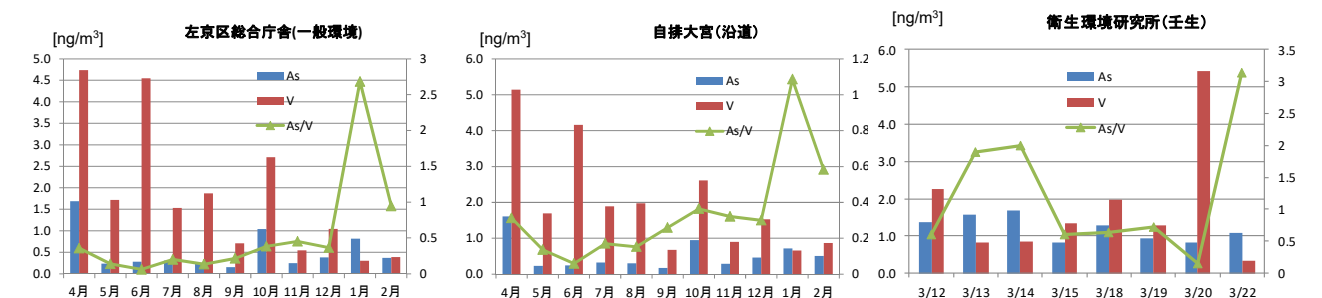


図9 各地点におけるAs/V比およびAs, V濃度

4 まとめ

左京区総合庁舎および自排大宮局で2019年4月～2020年2月に、衛生環境研究所(壬生)で2019年3月にサンプリングを実施し、大気粉じん中(TSP)の金属元素の分析および解析を行った。

分析対象とした金属元素のうち土壌由来の K, Ti, Mn, Fe, Co, Rb は TSP 濃度と相関が高く、互いの相関も高かった。廃棄物の燃焼等の人為活動が発生源とされている金属では, Cu, Zn, Sn, Sb, Pb の相関が高かった。

自排大宮局では Ca, Ti, Cr, Fe, Cu, Zn, Sn, Sb, Ba の平均濃度が左京区総合庁舎より2倍以上高く、自動車等の移動発生源や廃棄物燃焼の等の人為的発生源の影響をより多くうけていると考えられた。

Pb/Zn 比, V/Mn 比, As/V 比の金属濃度比の解析結果および後

方流跡線解析結果から京都市では冬季および春季に中国大陆からの長距離輸送の影響を受けている可能性が示唆された。

5 参考文献

- 1) 環境省：「有害大気汚染物質測定マニュアル」(2008)
- 2) 環境省：「浮遊粒子物質汚染予測マニュアル」(1997)
- 3) 日置他：降水中微量金属元素濃度比と鉛同位体比による長距離輸送と地域汚染の解析, 大気環境学会誌, 43(2)p100-111(2008)
- 4) 日置他：松山, 大阪, つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度比による長距離輸送と地域汚染特性の解析, 大気環境学会誌, 44(2), p91-101(2009)
- 5) 佐藤他：平成30年度PM2.5大気環境調査結果(2019)
- 6) 米持他：大気環境学会誌, 43, 140-144(2013)
- 7) 藤原他：兵庫県における春季大気粉じん中金属成分の経日変化(2009)

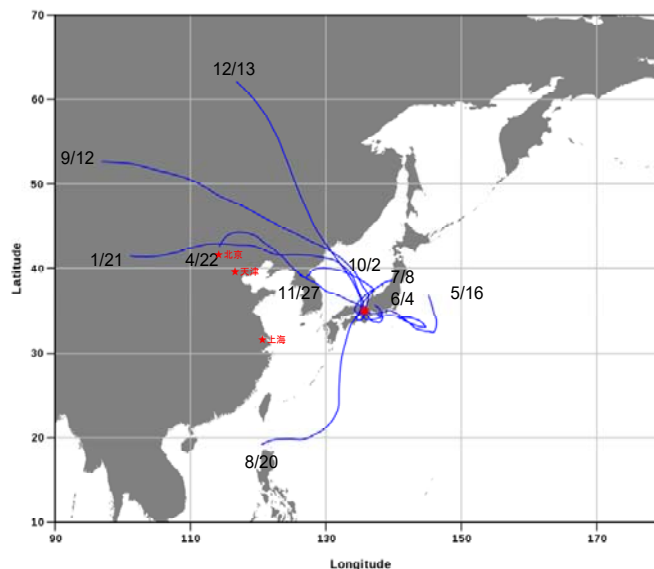


図10 左京区総合庁舎試料採取時の後方流跡線解析結果

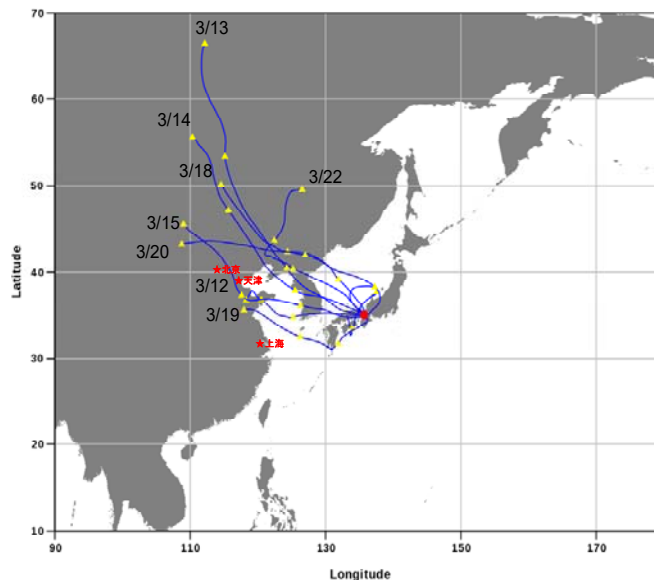


図11 衛生環境研究所(壬生)試料採取時の後方流跡線解析結果