2025 年 2 月 26 日

2024年度松葉による金属類測定分析調査結果報告書

市民参加による松葉ダイオキシン調査実行委員会事務局
株式会社　環境総合研究所
〒 152-0033 東京都目黒区大岡山 1-31-9-401
Tel: 03-6421-4610, Fax: 03-6421-4611
E-mail:office@eritokyo.jp, Web:http://eritokyo.jp/

１．調査の目的

大気中には様々な発生源（自然由来、人為的発生源：自動車や焼却炉等）から多様な金属元素が排出されているが、廃棄物処理の高度化が進み、高温焼却や溶融が多く行われるようになり、金属類の環境中への排出が危惧されている。廃棄物に含まれるプラスチック類には各種添加剤（可塑剤、難燃剤、発色剤等）が使用され、それらには金属類が含まれるものがある。東京二十三区清掃一部事務組合が実施した「廃プラ混合焼却実証確認」では廃プラ混合可燃ごみには他のごみ質に比べて高濃度の金属類が検出されていた。

身近な松葉を採取して金属類の測定を行うことにより、環境中の重金属類と焼却炉の関係について市民が自ら考え、政策を提言していくための基礎となることを目的とし 2009・2012・2015・2018 年度に松葉中の金属類等を指標として調査を行った。本調査は少ない検体数で現状を把握することを目的として 2018 年度の 10 地域に渋谷区、中央区を加えた上で 6 地域に集約して調査を行った。

２．背景

２－１　廃棄物焼却施設の排ガス規制の実態

日本の都市部には人口密集地に大規模な焼却炉が立地している。焼却炉は、ばい煙発生施設（大気汚染防止法が定める大気の汚染の原因となるばい煙を排出する一定規模以上の施設）だが、規制されている大気汚染物質はわずか５項目（①ばいじん、②窒素酸化物、③硫黄酸化物、④塩素及び塩化水素、⑤ダイオキシン類）に過ぎない。

水銀については人為的な排出を削減する対策に世界的に取り組み、地球的規模の水銀汚染を防止することを目的とする「水銀に関する水俣条約」（平成 29 年 8 月 16 日発効）に基づき、大気汚染防止法が改正され、平成 30 年 4 月 1 日から水銀の大気への排出に関する規制が始まった。廃棄物焼却炉では、火格子面積が 2 平方メートル以上、あるいは、焼却能力が毎時 200 キログラム以上のものに限られ、規制基準値はそれぞれ、新設が 30 μ g/m^3、既設が 50 μ g/m^3 と定められた。

一方、EU では、12 項目の金属元素について粒子状物質はもとより、ガス状物質、水蒸気に含まれるものも含めて排ガス中の濃度が規制されている（表２－１）。

表２－１　EUにおける焼却炉の排ガス中重金属類　排出規制値

重金属類規制対象項目		規制値	暫定規制値*
カドミウム（Cd） タリウム（Tl）	及びその化合物 及びその化合物	合計 0.05mg/m^3	合計 0.1 mg/m^3
水銀（Hg）	及びその化合物	0.05mg/m^3	0.1 mg/m^3
アンチモン（Sb）	及びその化合物	合計 0.5mg/m^3	合計 1mg/m^3
ヒ素（As）	及びその化合物		
鉛（Pb）	及びその化合物		
クロム（Cr）	及びその化合物		
コバルト（Co）	及びその化合物		
銅（Cu）	及びその化合物		
マンガン（Mn）	及びその化合物		
ニッケル（Ni）	及びその化合物		
ヴァナジウム（V）	及びその化合物		

暫定規制値*：1996 年 12 月 31 日以前に許可を得た施設については、2007 年 1 月 1 日まで猶予。
出典：Guidance on; Directove 2000/76/EC On The Incineration of Waste Edition 2, pp.48-49

２－２　これまでの松葉による金属類調査の経過

これまで松葉によるダイオキシン調査を行ってきた各地のグループと共同で、ダイオキシン同様に、気孔から取り込まれ松葉に吸収・蓄積される金属類（EU が規制している 12 項目）について 2006 年度から 2018 年度まで測定を行った。その結果、次のことが明らかとなっている。

①廃プラスチック類の焼却を始める前と後では、後の方が多くの金属類の濃度が上昇した。
②サーマルリサイクル（ごみ発電）を開始する前と後では、後の方が全金属類の濃度が上昇した。
③発生源のない山間地のアカマツと焼却炉周辺のアカマツを比較すると、焼却炉周辺の方が濃度が高い項目が多く見られた。
④大都市部と郊外を比較すると発生源が集中する大都市の濃度が高い傾向が見られた。
⑤廃プラ専焼却炉近傍では、特に高濃度となる項目が多く見られた。

こうした結果は、金属類の発生源が多様でかつ多数集中していると考えられる大都市部より発生源が明確な地方都市や郊外などでより顕著に確認された。

３．調査の内容

（１）調査対象　対象地域内のクロマツの針葉（ダイオキシン類分析に供した試料と同一）

（２）対象地域　ダイオキシン類と同一地域

① 23 区南生活クラブ生協による調査地域

世田谷区	（世田谷区東部・世田谷区西部）
目黒区・渋谷区	（目黒区、**本調査で渋谷区を追加**）
大田区	（大田区東部・大田区西部）
品川区・港区	（品川区・港区）
中央区・江東区	（江東区、**本調査で中央区を追加**）
江戸川区	（江戸川区）

②環境総合研究所による調査地域（マツの採取は生活クラブ組合員が実施）

大田区京浜島　（大田区京浜島）

（３）分析項目　EU における規制項目 12 元素

ヒ素（As）、カドミウム（Cd）、鉛（Pb）、タリウム（Tl）、水銀（Hg）、アンチモン（Sb）、クロム（Cr）、コバルト（Co）、銅（Cu）、マンガン（Mn）、ニッケル（Ni）、バナジウム（＝ヴァナジウム）（V）

（４）測定分析機関

Bureau Veritas Canada（旧 Maxxam Analytics）（カナダ・オンタリオ州）
ISO/IEC Guide 25/17025 取得

（５）分析方法（含有濃度分析）

水銀：CVAA 分析（原子吸光法: Cold Vapor Atomic Absorption）カナダ保健省の方法に準拠した含有濃度分析
Bureau Veritas 社の社内プロトコル（CAM SOP-00453）に基づいた分析

水銀以外：ICP 分析（誘導結合プラズマ質量分析法:Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry）
米国環境保護庁　EPA SW846, 6020 に準拠した含有濃度分析
Bureau Veritas 社の社内プロトコル（CAM SOP-00447）に基づいた分析

４．評価の方法

マツの針葉に吸収・蓄積される金属元素の濃度の評価については、大気中や排ガス中の金属濃度と松葉に吸収蓄積された濃度との関係が明らかでないため、松葉に蓄積された金属類の濃度から環境リスクや健康リスクに言及することは困難ではある。

そこで実際に検出された濃度の 2006 年度（廃プラ焼却実施前）、2009・2012・201・2018 年度（廃プラ焼却実施後）と 2024 年度（今回）の比較を行いながら、地域毎の特徴についても検討を行う。

５．測定結果

５－１　地域別・項目別濃度の比較

金属類 12 項目の測定結果を 2006 年度（京浜島）、2007 年度（京浜島以外）、2009 年度・2012 年度・2015 年度の結果と合わせて表５－１に示す。地域は 2024 年度調査に合わせて集約して平均値を示した。二重分析された結果がある場合は２つの測定値の平均値を、一方の精度管理データに課題がある場合には、精度管理データに問題の無い方、あるいは平均値を記載した。

これらの項目は EU において排ガス中の濃度が規制されている項目である。

表５－１　松葉に含まれる金属類濃度

地域	調査年度	松葉中金属類濃度［μg/g］=［mg/kg］=［ppm］											
		ｱﾝﾁﾓﾝ (Sb)	ヒ素 (As)	ｶﾄﾞﾐｳﾑ (Cd)	ｸﾛﾑ (Cr)	ｺﾊﾞﾙﾄ (Co)	銅 (Cu)	鉛 (Pb)	ﾏﾝｶﾞﾝ (Mn)	ﾆｯｹﾙ (Ni)	ﾀﾘｳﾑ (Tl)	ﾊﾞﾅｼﾞｳﾑ (V)	水銀 (Hg)
世田谷区	2009	0.11	<0.1	0.20	<0.3	0.561	4.7	0.66	121	1.43	0.017	0.20	0.02
	2012	0.08	<0.1	0.18	0.4	0.437	3.6	0.53	77.2	1.20	0.014	0.20	0.04
	2015	0.09	<0.1	0.19	<0.3	0.507	4.5	0.53	92.7	1.25	0.018	<0.3	0.02
	2018	0.07	<0.1	0.19	<0.3	0.541	4.0	0.39	81.1	1.12	0.011	0.23	0.01
	2024	<0.05	<0.1	0.17	<0.3	0.421	3.3	0.25	67.7	0.96	0.013	0.14	0.01
目黒区・渋谷区	2009	0.16	<0.1	0.21	0.3	0.559	4.9	0.65	105	1.88	0.012	0.22	0.02
	2012	0.18	<0.1	0.16	0.5	0.518	4.7	0.80	80	0.97	0.018	0.31	0.04
	2015	0.09	<0.1	0.22	<0.3	0.487	4.6	0.60	78	1.28	0.018	<0.3	0.02
	2018	0.09	<0.1	0.23	0.4	0.349	4.3	0.49	54	1.11	0.011	0.24	0.02
	2024	0.11	<0.1	0.14	0.5	0.301	4.1	0.62	76	0.73	0.023	0.28	0.02
大田区	2009	0.18	<0.1	0.23	0.55	0.562	5.0	1.03	90.6	1.47	0.014	0.36	0.02
	2012	0.14	<0.1	0.25	0.5	0.44	4.1	0.81	88.8	1.49	0.014	0.36	0.04
	2015	0.10	<0.1	0.29	0.5	0.542	4.5	0.84	89.8	1.54	0.018	0.45	0.02
	2018	0.13	<0.1	0.27	0.6	0.522	4.3	0.74	91.1	1.79	0.012	0.46	0.02
	2024	0.08	<0.1	0.20	0.6	0.369	5.1	0.59	61.0	1.19	0.011	0.20	0.01
品川区・港区	2009	0.19	<0.1	0.26	0.5	0.401	6.2	1.13	69	1.26	0.018	0.41	0.02
	2012	0.17	<0.1	0.18	0.55	0.344	4.7	0.81	64	1.06	0.013	0.39	0.04
	2015	0.14	<0.1	0.21	0.4	0.492	5.0	0.78	73	0.97	0.011	0.40	0.02
	2018	0.12	<0.1	0.24	0.55	0.471	4.2	0.88	86	0.97	0.015	0.37	0.02
	2024	0.07	<0.1	0.11	0.5	0.185	3.1	0.41	52	0.59	0.017	0.19	0.01
中央区・江東区	2007	0.30	0.1	0.20	0.5	0.310	4.3	1.23	74.0	1.02	0.017	0.55	0.03
	2009	0.27	0.2	0.18	0.6	0.206	4.8	1.35	45.2	0.77	0.064	0.58	0.03
	2012	0.18	0.4	0.24	0.5	0.245	3.6	0.96	51.2	0.86	0.082	0.39	0.04
	2015	0.18	0.1	0.17	0.8	0.237	4.5	1.42	45.1	1.15	0.016	0.70	0.02
	2018	0.15	<0.1	0.21	0.9	0.164	4.2	0.87	48.3	0.93	0.011	0.55	0.02
	2024	0.13	<0.1	0.13	0.6	0.155	3.1	0.54	46.1	0.72	0.014	0.25	0.01
江戸川区	2009	0.17	0.1	0.24	0.5	0.390	5.0	1.16	88.0	1.29	0.016	0.37	0.02
	2012	0.15	0.1	0.18	0.4	0.375	3.4	1.02	76.3	1.06	0.013	0.28	0.03
	2015	0.15	0.2	0.23	0.5	0.373	4.2	0.88	76.9	1.17	0.016	0.30	0.02
	2018	0.15	0.2	0.21	0.7	0.277	4.3	1.09	83.0	1.24	0.013	0.53	0.02
	2024	0.07	<0.1	0.14	0.4	0.304	2.9	0.38	53.1	0.92	0.015	0.20	0.01
京浜島	2006	2.10	0.2	0.15	4.0	0.315	8.6	4.74	60.9	7.66	0.013	1.00	0.04
	2009	0.74	0.1	0.19	2.1	0.195	7.1	4.96	36.9	4.08	0.012	0.72	0.03
	2012	0.78	0.1	0.24	2	0.301	7.5	3.09	38.9	6.00	0.015	0.77	0.06
	2015	0.41	0.2	0.30	8.8	0.390	9.2	2.72	48.3	10.40	0.017	1.20	0.03
	2018	0.30	0.2	0.20	2.3	0.217	6.4	2.55	19.6	3.24	0.008	1.17	0.02
	2024	0.16	<0.1	0.19	0.9	0.195	4.5	0.83	51.2	2.18	0.006	0.27	0.02

測定を行った 12 項目の金属元素類のうち、最も濃度が高いのはマンガン、次いで銅・ニッケル・鉛等である。マンガンや銅は地球上に多く存在する元素であるため、土壌中にも多く存在している。また、マンガンと銅及びニッケルは植物にとっての必須栄養元素であり、特にマンガンは葉緑素の生成に不可欠な要素であるため、葉からは高濃度に検出される。

これらを踏まえマンガン・銅・ニッケルを除く 9 項目の合計を、図５－１に示す。過去からの大きな傾向としては大田区京浜島が最も高く、中央区・江東区がこれに次いで高く、さらに江戸川区、大田区、品川区・港区などが同程度、目黒区・渋谷区はやや低く、世田谷区が最も低い傾向にある。

2024 年度では京浜島が最も高く、次いで大田区がやや低く、目黒区・渋谷区、中央区・江東区、品川区・港区、江戸川区と少しずつ低下する。最も低いのが世田谷区である。

全体として 2018 年度より大幅に低下し、地域毎の差も小さくなった。

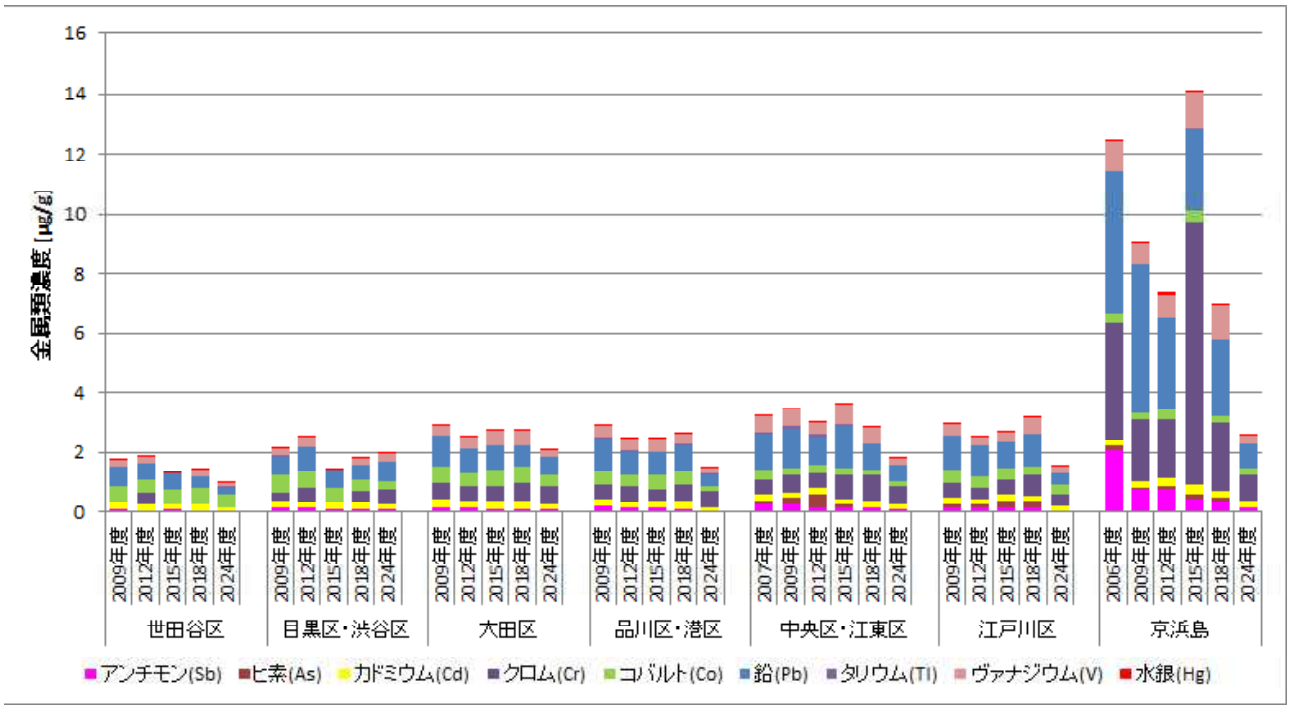

図５－１　マンガンと銅及びニッケルを除くその他の微量金属元素濃度の合計値比較

次に金属毎の傾向を示す。

（１）アンチモン（Sb）

アンチモンの測定結果を図５－２に示す。

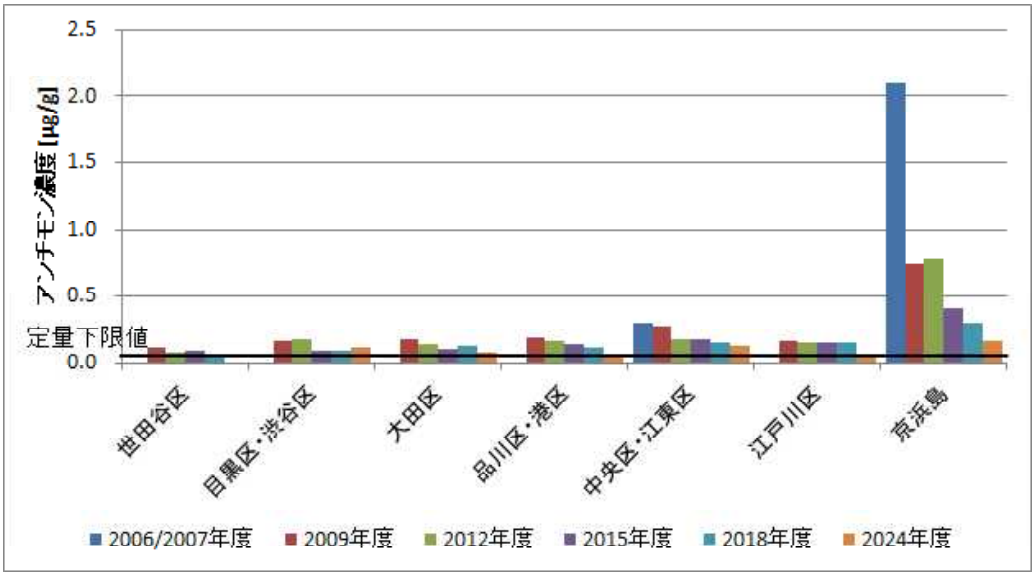

図５－２　アンチモンの濃度比較

・2006 年度から継続して調査している京浜島は一貫して他の地域より濃度が高いものの大きく低下した。
・中央区・江東区（2018 年度までは江東区全域）は 2007 年度から徐々に低下し、2024 年度には目黒区・渋谷区と同程度になった。
・2024 年度は京浜島以外では中央区・江東区、目黒区・渋谷区が次いで高かったが、その差は小さくなっている。最も低い世田谷区は定量下限値未満であった。

（２）ヒ素（As）

ヒ素の測定結果を図５－３に示す。

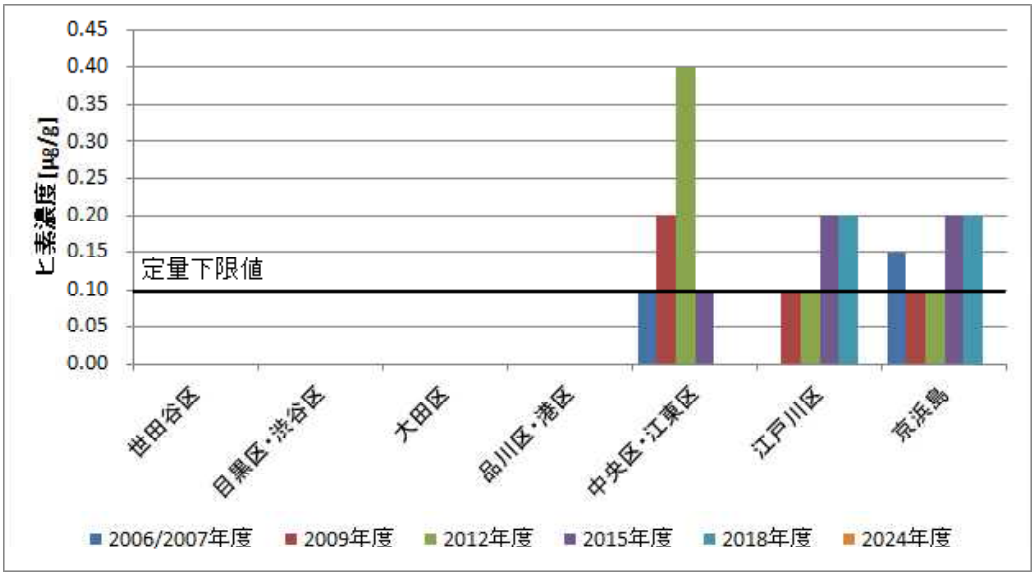

図５－３　ヒ素の濃度比較

・2024 年度は全ての地域で定量下限値未満だった。

（３）カドミウム（Cd）

カドミウムの測定結果を図５－４に示す。

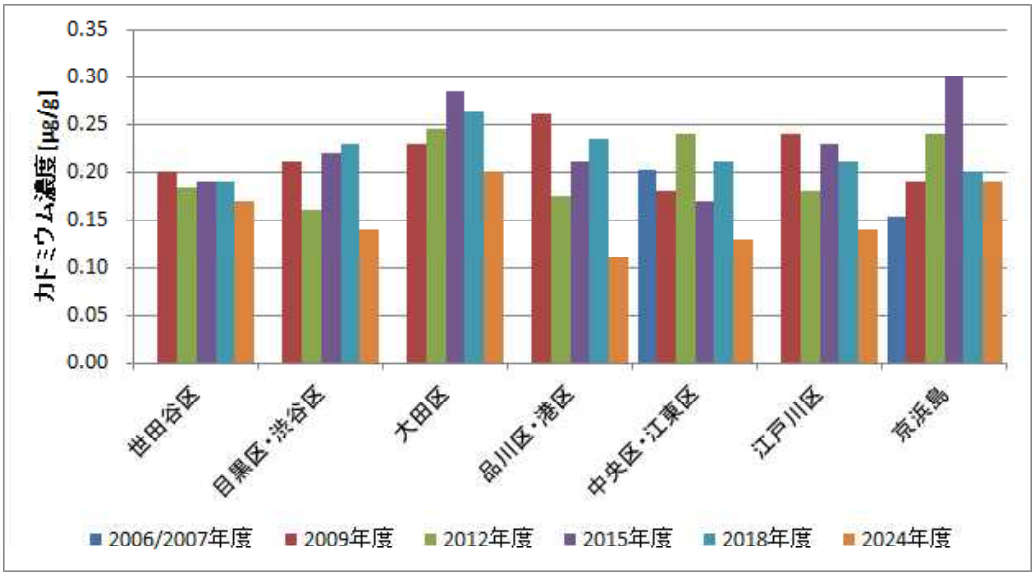

図５－４　カドミウムの濃度比較

・2024 年度は全地域で 2018 年度より低下した。
・引き続き京浜島や大田区が相対的に高いものの過去の他の地域と同程度になった。

（４）クロム（Cr）

クロムの測定結果を図５－５に示す。

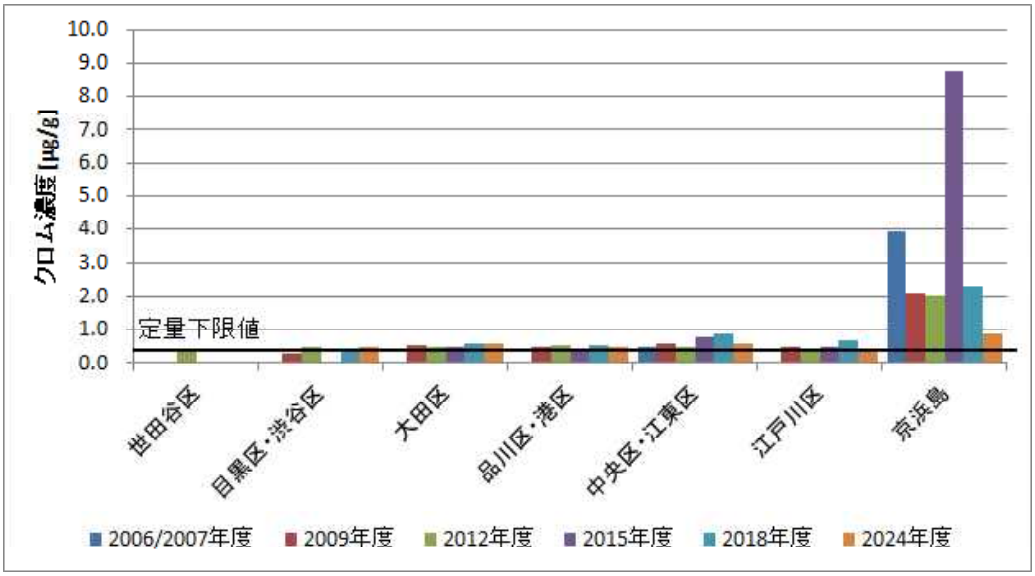

図５－５　クロムの濃度比較

・2024 年度は全地域で 1 μ g/g 未満と低くなった。
・相対的には京浜島が最も高く、最も低い世田谷区は定量下限値未満だった。

（５）コバルト（Co）

コバルトの測定結果を図５－６に示す。

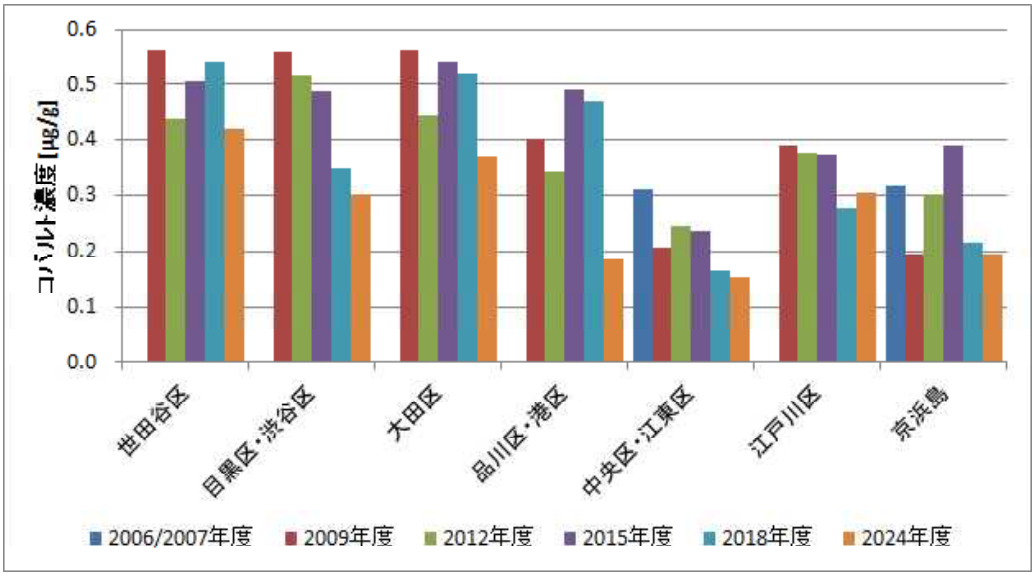

図５－６　コバルトの濃度比較

・2024 年度は江戸川区を除く地域で 2018 年度より低下した。江戸川区は 2018 年度と同程度で他地域と比較すると中程度の濃度だった。
・ダイオキシン類や他の項目で高い傾向のある、中央区・江東区、京浜島で相対的に低い状態が 2024 年度も続いている。

（６）銅（Cu）

銅の測定結果を図５－７に示す。

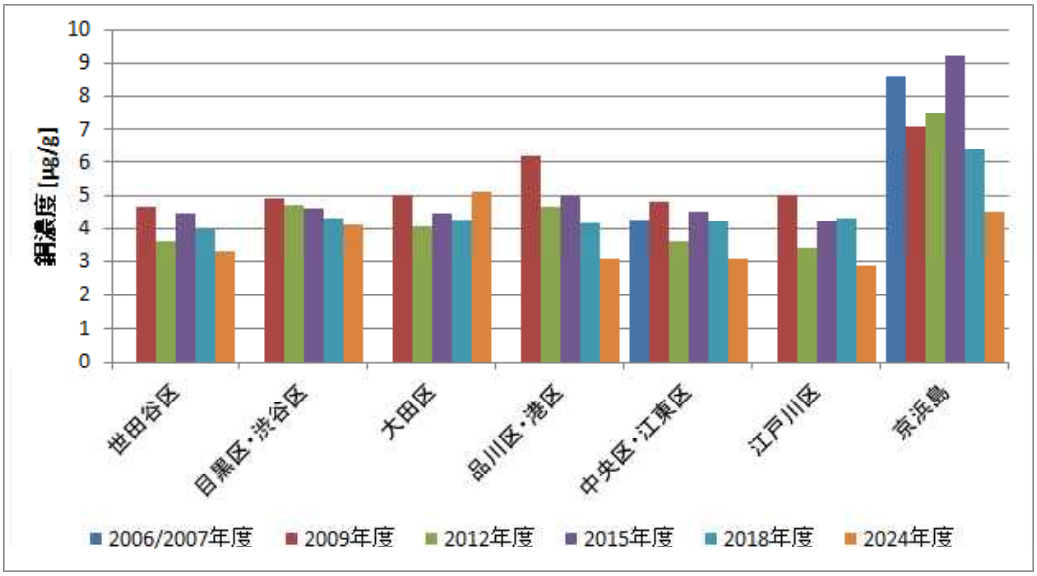

図５－７　銅の濃度比較

・銅は植物の必須元素である。
・2024 年度は大田区を除く地域で 2018 年度より低下した。
・突出した高かった京浜島は低下し他地域と同程度になり大田区が少し上昇して最も高くなった。

（７）鉛（Pb）

鉛の測定結果を図５－８に示す。

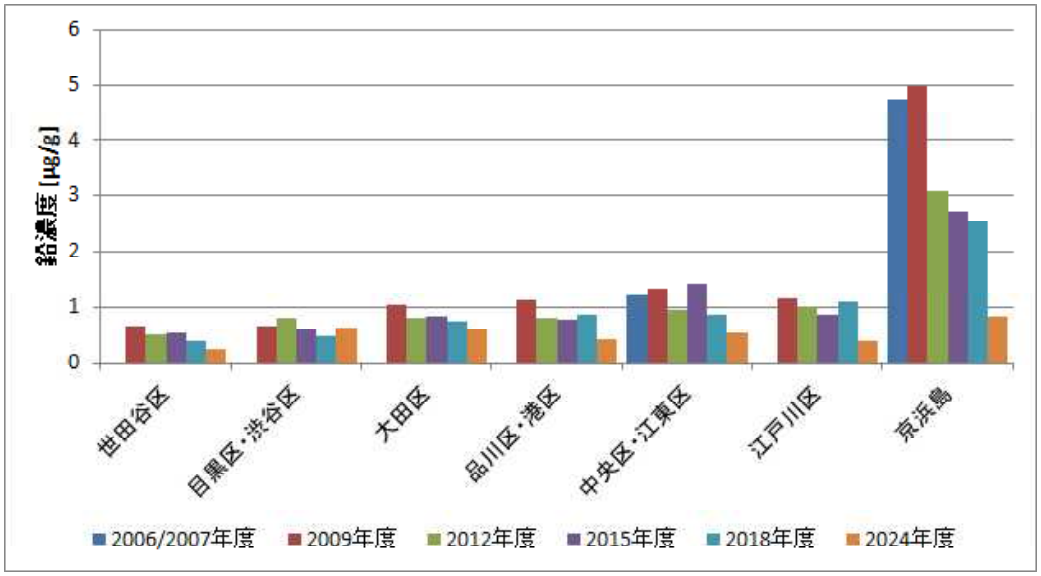

図５－８　鉛の濃度比較

・2024 年度は目黒区・渋谷区を除く地域で 2018 年度より低下した。
・引き続き京浜島が最も高いものの過去の他の地域と同程度になった。

（８）マンガン(Mn)

マンガンの測定結果を図５－９に示す。

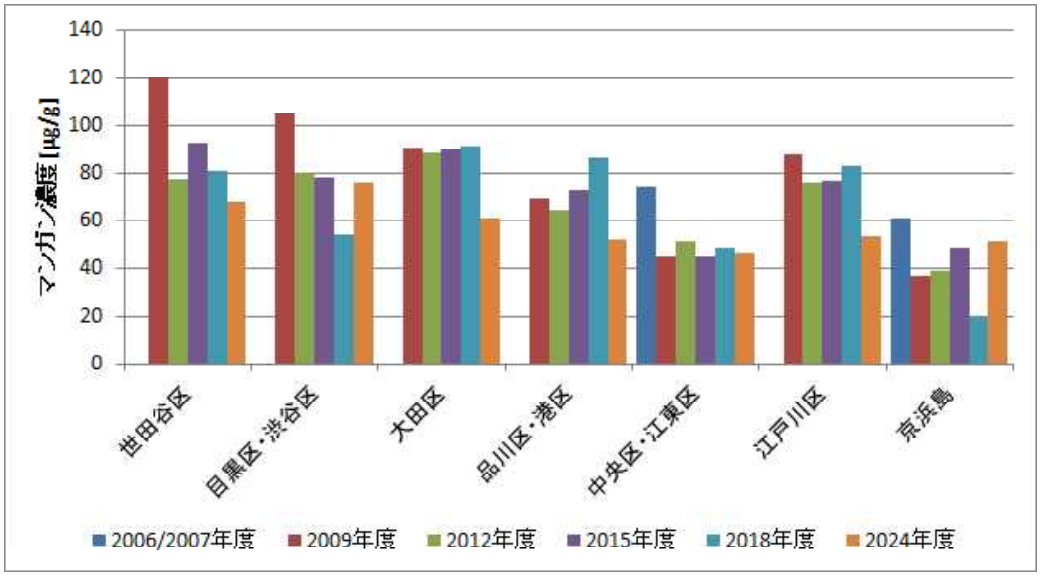

図５－９　マンガンの濃度比較

・マンガンは植物の必須元素である。
・ダイオキシン類や他の項目で高い傾向のある、中央区・江東区、京浜島で相対的に低い状態が 2024 年度も続いている。これは同じく植物の必須元素である銅と同じ傾向である。

（９）ニッケル（Ni）

ニッケルの測定結果を図５－１０に示す。

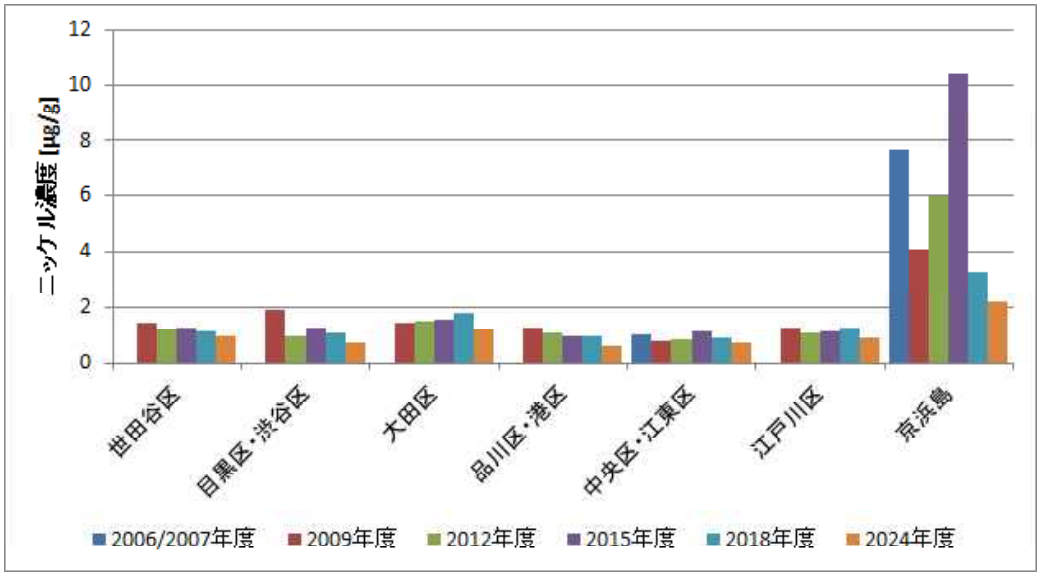

図５－１０　ニッケルの濃度比較

・ニッケルは植物の必須元素である。
・京浜島が突出して高い状況が継続しているものの、2015 年度からの大幅な低下が 2024 年度も継続している。
・他の地域は京浜島と比較すると同程度のレベルであった。

（１０）タリウム（Tl）

タリウムの測定結果を図５－１１に示す。

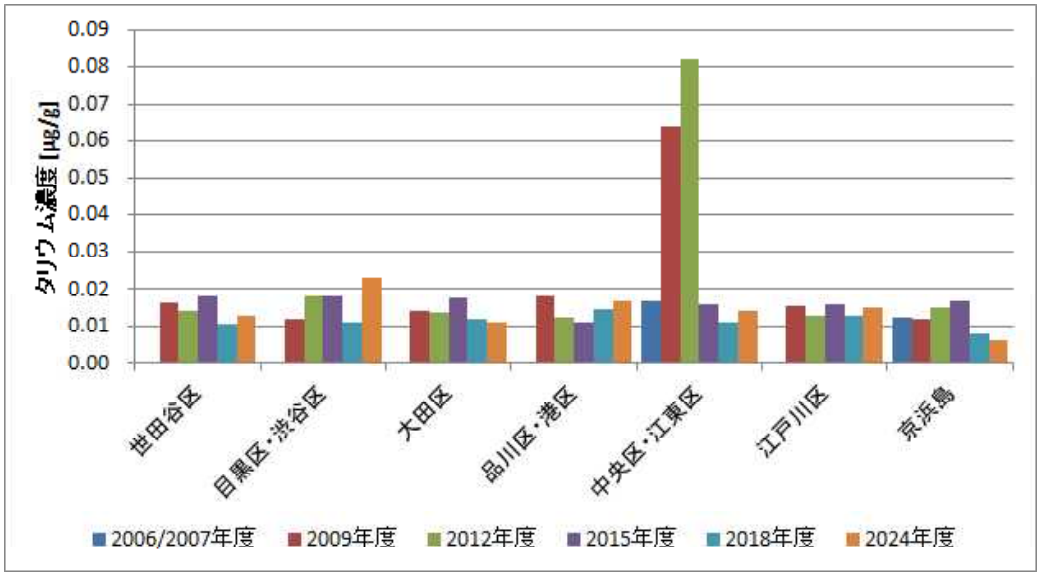

図５－１１　タリウムの濃度比較

・2018 年度と比較して 2024 年度は目黒区・渋谷区で大きく上昇し、京浜島では大きく低下した。
・他の地域はおおむね同程度であると言える。

（１１）ヴァナジウム（V）

ヴァナジウムの測定結果を図５－１２に示す。

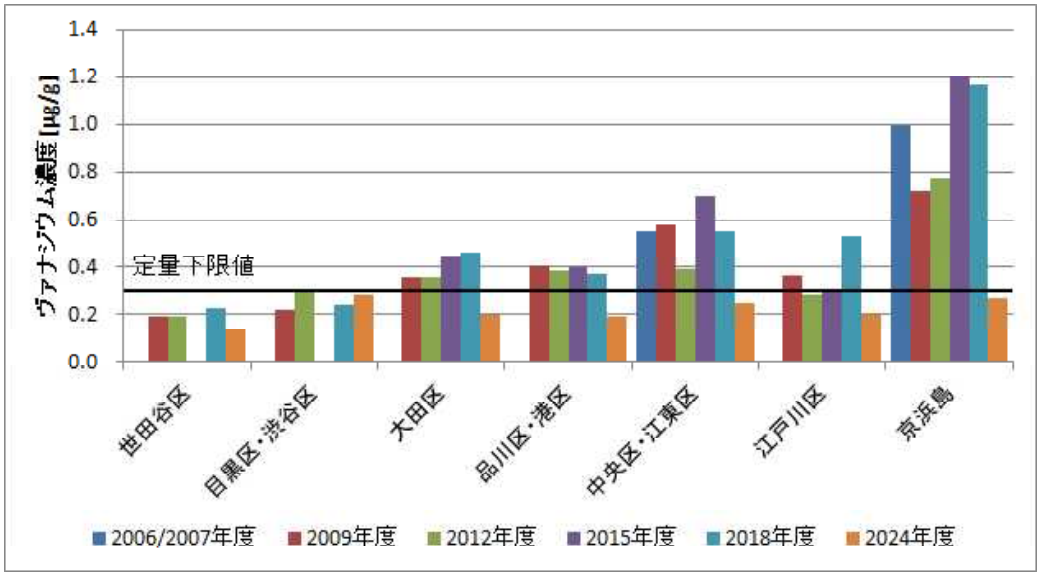

図５－１２　ヴァナジウムの濃度比較

・2024 年度は高かった地域の濃度が大幅に低下し、おおむね同程度の濃度になった。いずれも 2015 年度の定量下限値を下回っている。

（１２）水銀（Hg）

水銀の測定結果を図５－１３に示す。

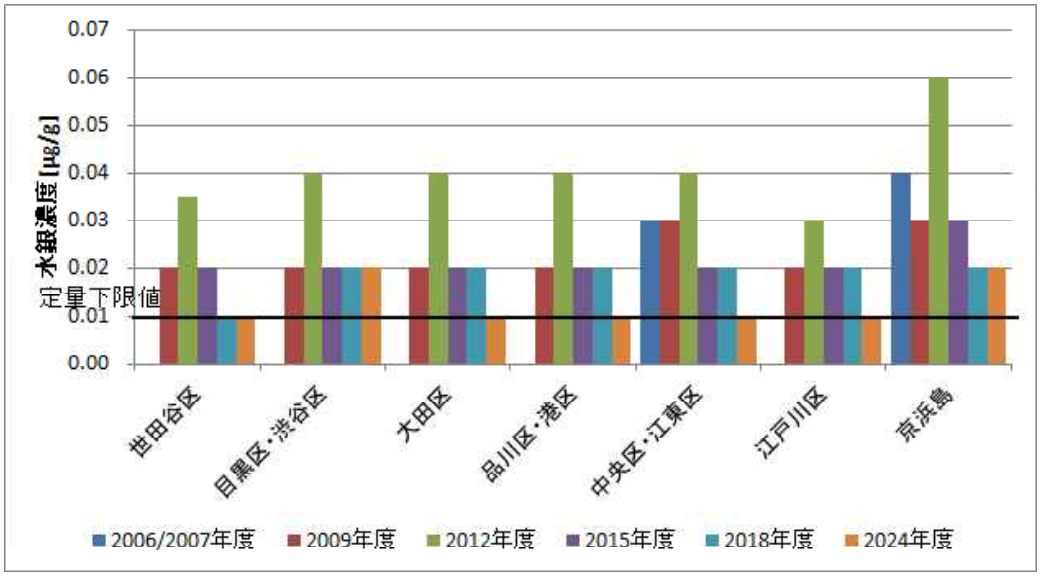

図５－１３　水銀の濃度比較

・2015 年度、2018 年度に引き続き、2024 年度も全地域でおおむね同程度（定量下限値と同程度かやや上回る程度）であった。

５－２　濃度分布・金属類濃度マップ

図５－１４～図５－２５にスプライン補間計算によって 2009 ～ 2024 年度（いずれも廃プラ焼却実施後）の松葉中金属類濃度分布を地図上に示したものを示す。廃プラ焼却実施前である 2006 年度、2007 年度は松葉金属類調査対象地域が少ないため分布図は作成できない。

（１）アンチモン（Sb）

2009 年度は京浜島、江東区臨海部、江東区全域等の臨海地域で高かったが、2012 年度は江東区全域、江東区臨海部等や世田谷区西部が下がり、その後全体的に低下し 2024 年度には全域が 0.2 μ g/g 以下となった。

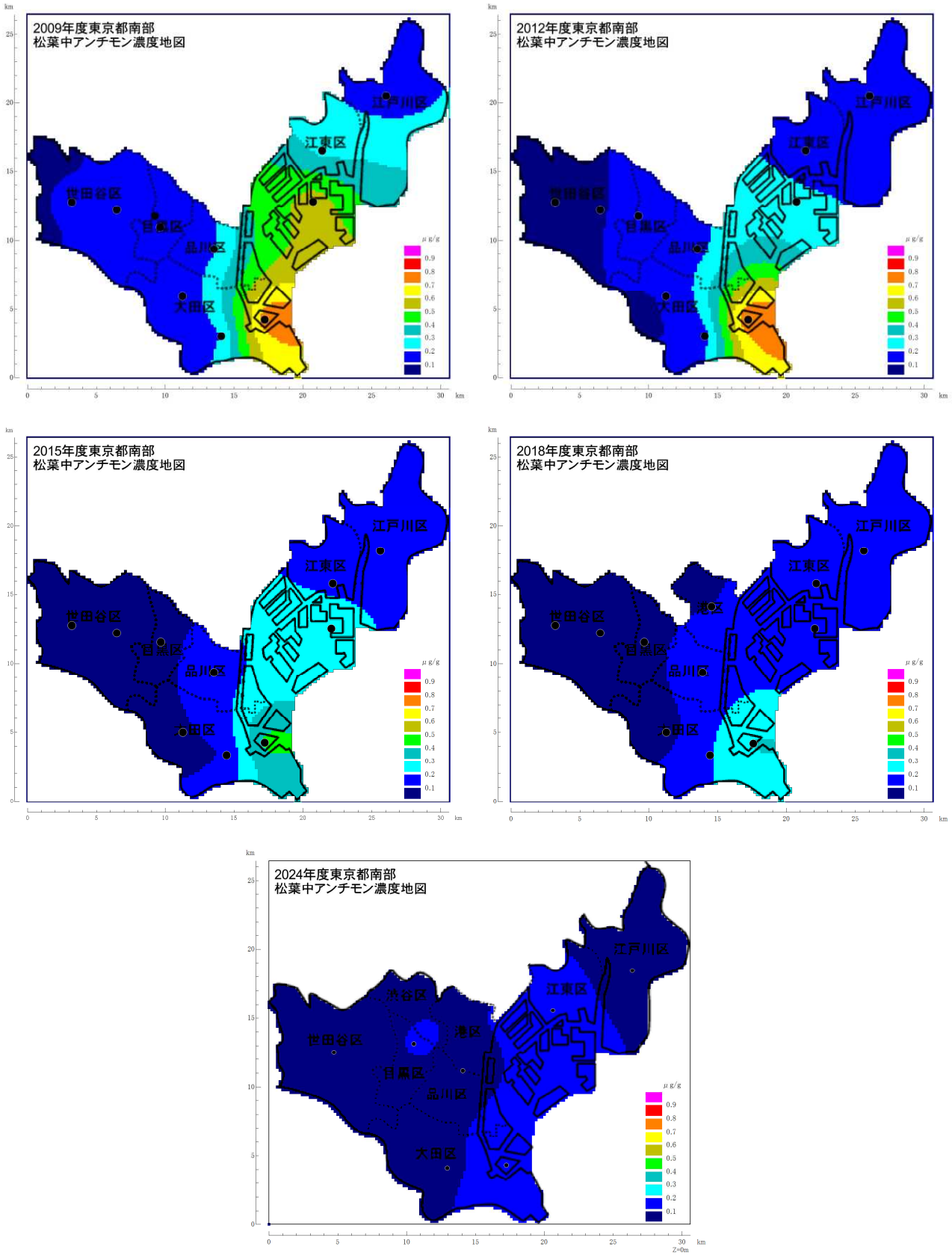

図５－１４　アンチモン

（２）ヒ素（As）

2009 年度は江東区全域、江東区臨海部をはじめ、江戸川区、京浜島等の臨海地域で高かった。2018 年度までに江東区の濃度は低下した一方、京浜島の濃度が上昇していた。

2024 年度は全ての地域で濃度が定量下限値未満となった。

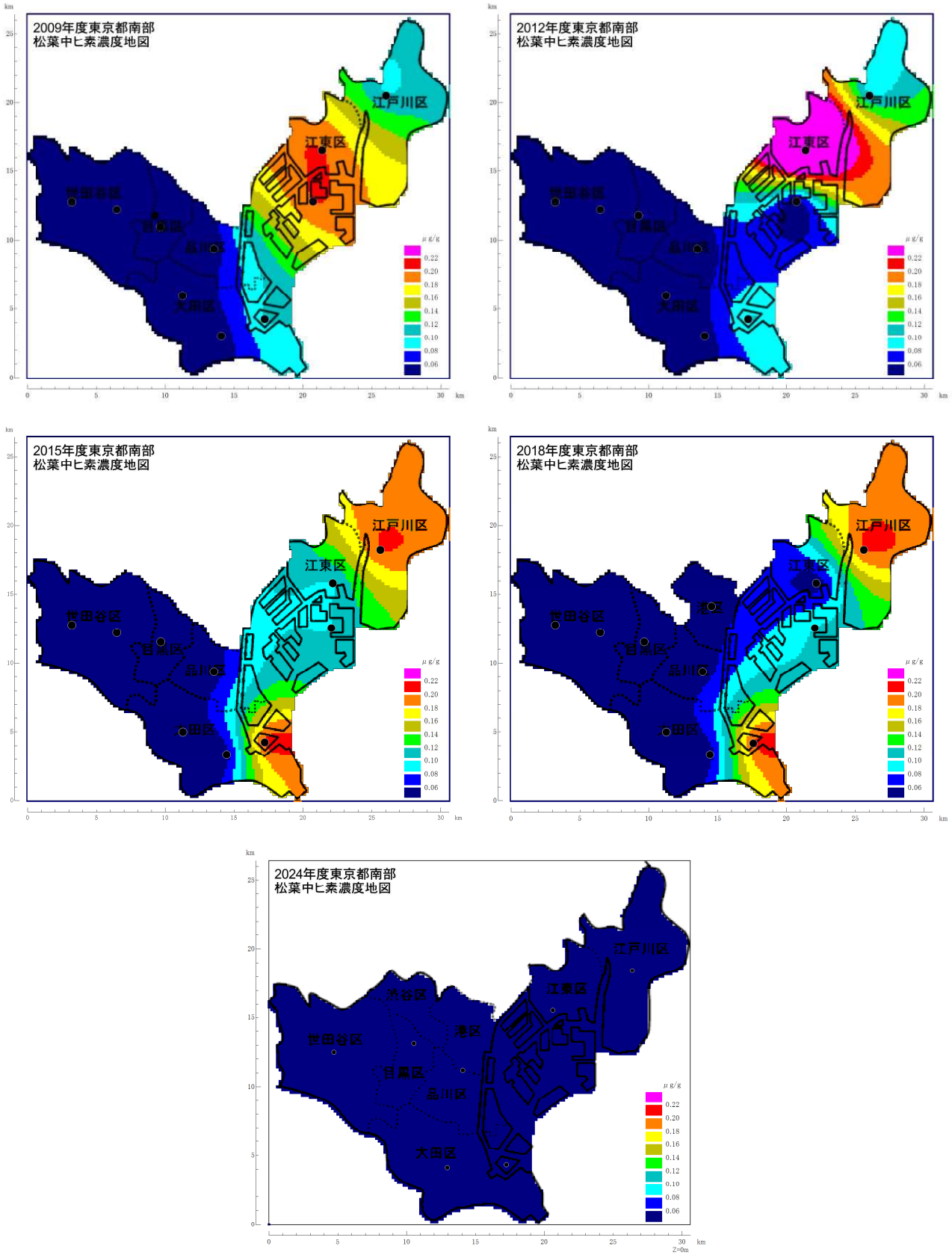

図５－１５　ヒ素

（３）カドミウム（Cd）

2009 年度は、大田区東部、品川区、江戸川区等で相対的に高く、江東区、京浜島、世田谷区西部等が相対的に低かった。2012 年度以降も大田区をはじめとして高い地域があった。

2024 年度は相対的には大田区が高いものの全体的に大きく低下した。

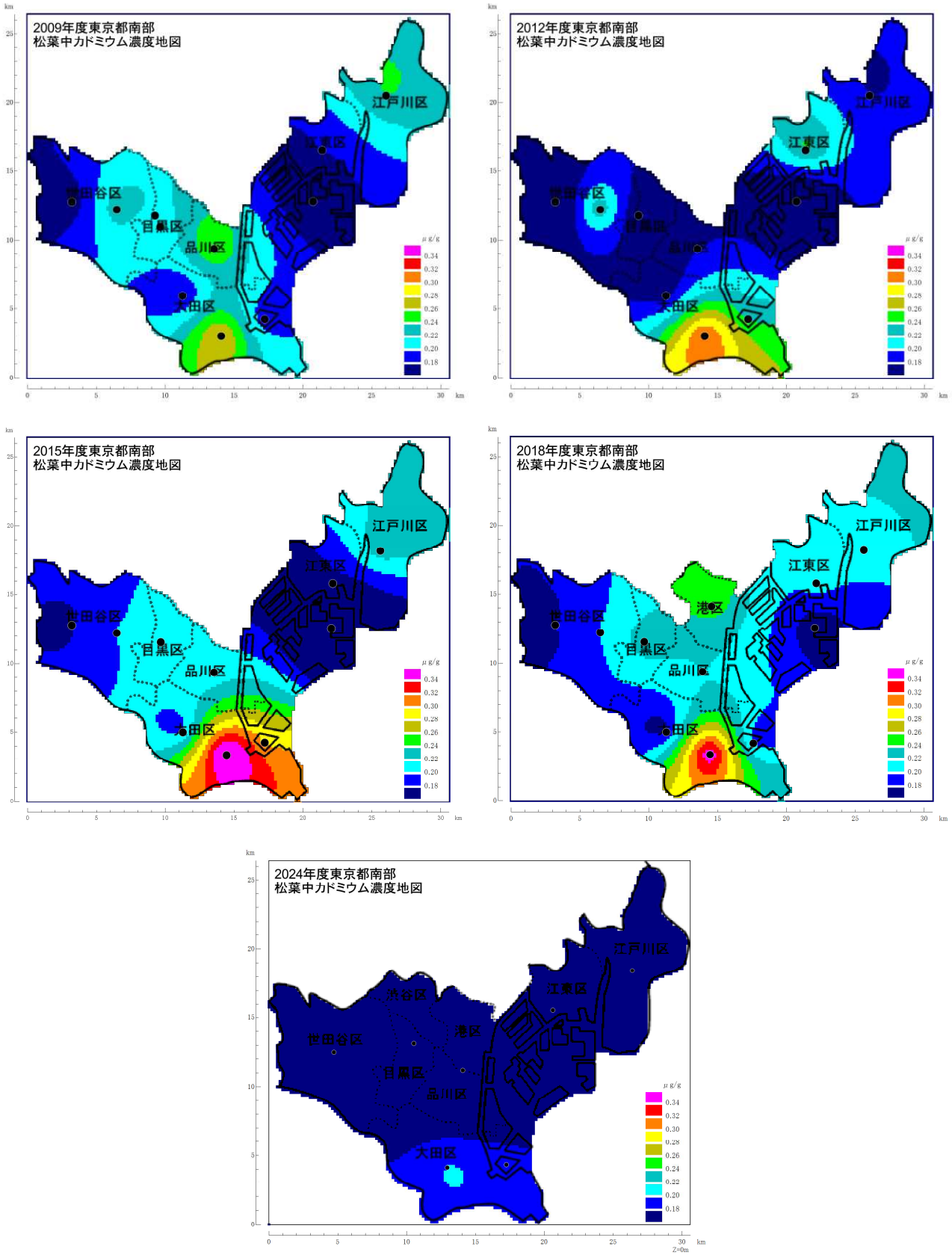

図５－１６　カドミウム

（４）クロム(Cr)

2009 年度は、京浜島をはじめ江東区臨海部、江東区全域、大田区東部、江戸川区等の臨海地域が高い傾向があった。2012 年度以降も京浜島や臨海地域で高かった。

2024 年度は臨海部で相対的に高い傾向は残るものの大幅に低下しているのが分かる。

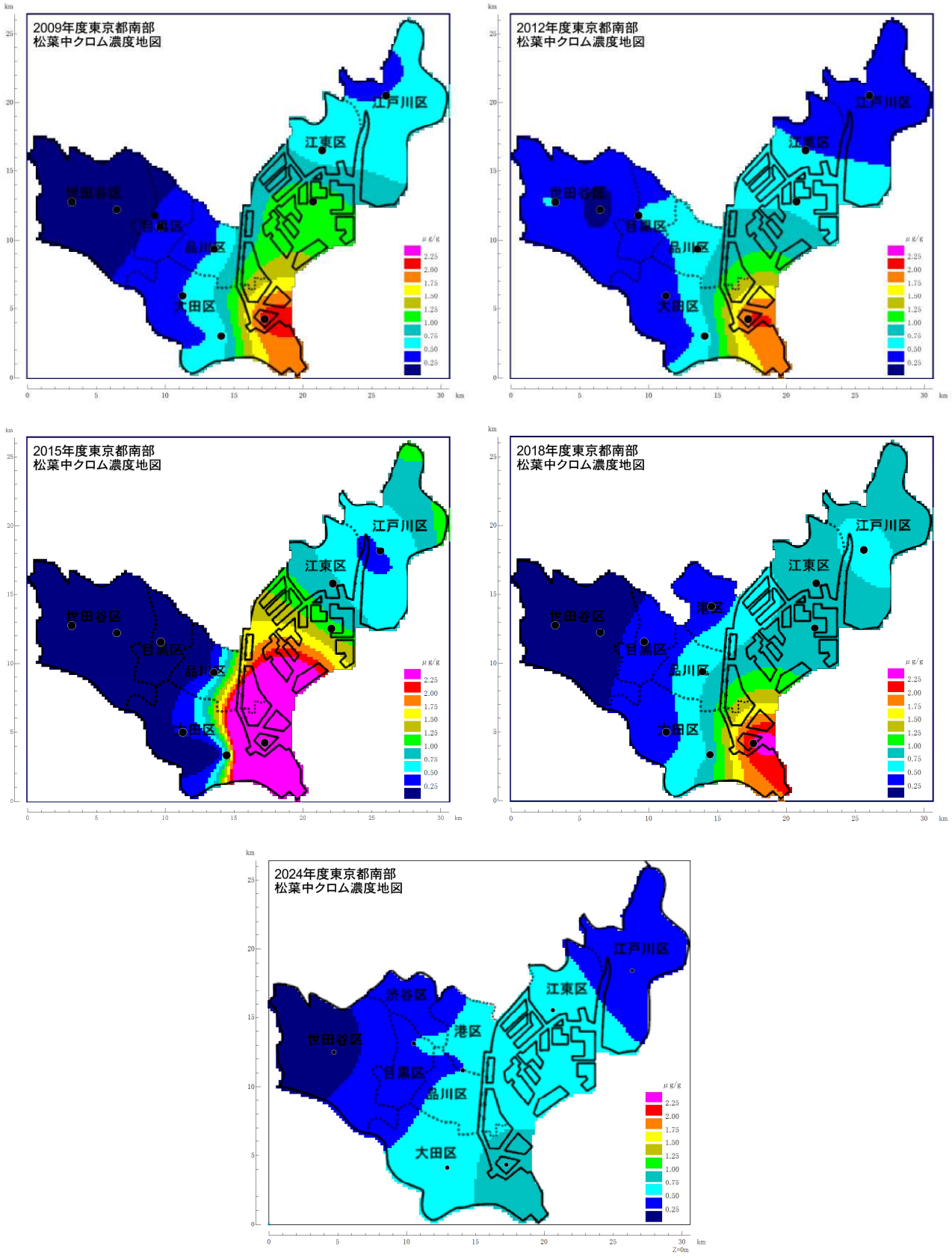

図５－１７　クロム

（５）コバルト(Co)

2009 年度は、世田谷区東部ををはじめ目黒区、大田区、世田谷区西部等が高い傾向があった。2012 年度以降も内陸部の方が高い傾向がみられた。

2024 年度は内陸部で相対的に高い傾向は残るものの大幅に低下しているのが分かる。

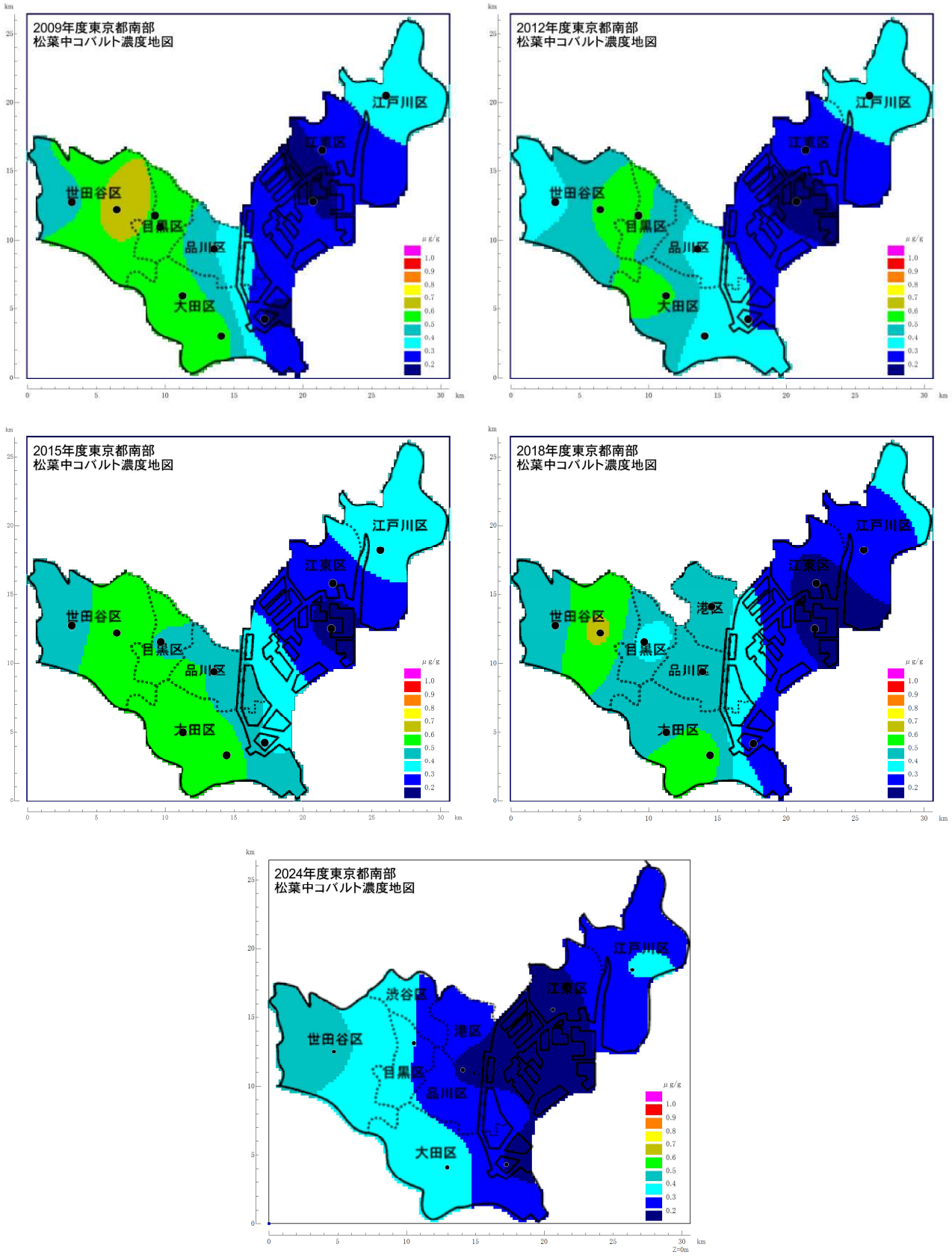

図５－１８　コバルト

（６）銅(Cu)

2009 年度は江東区臨海部、京浜島で高く、隣接する品川区や大田区東部もやや高めだった。2012 年度以降、京浜島以外は大きく低下した。京浜島は上昇後低下した。

2024 年度は京浜島で濃度が大きく低下し全体の濃度が低くなった。

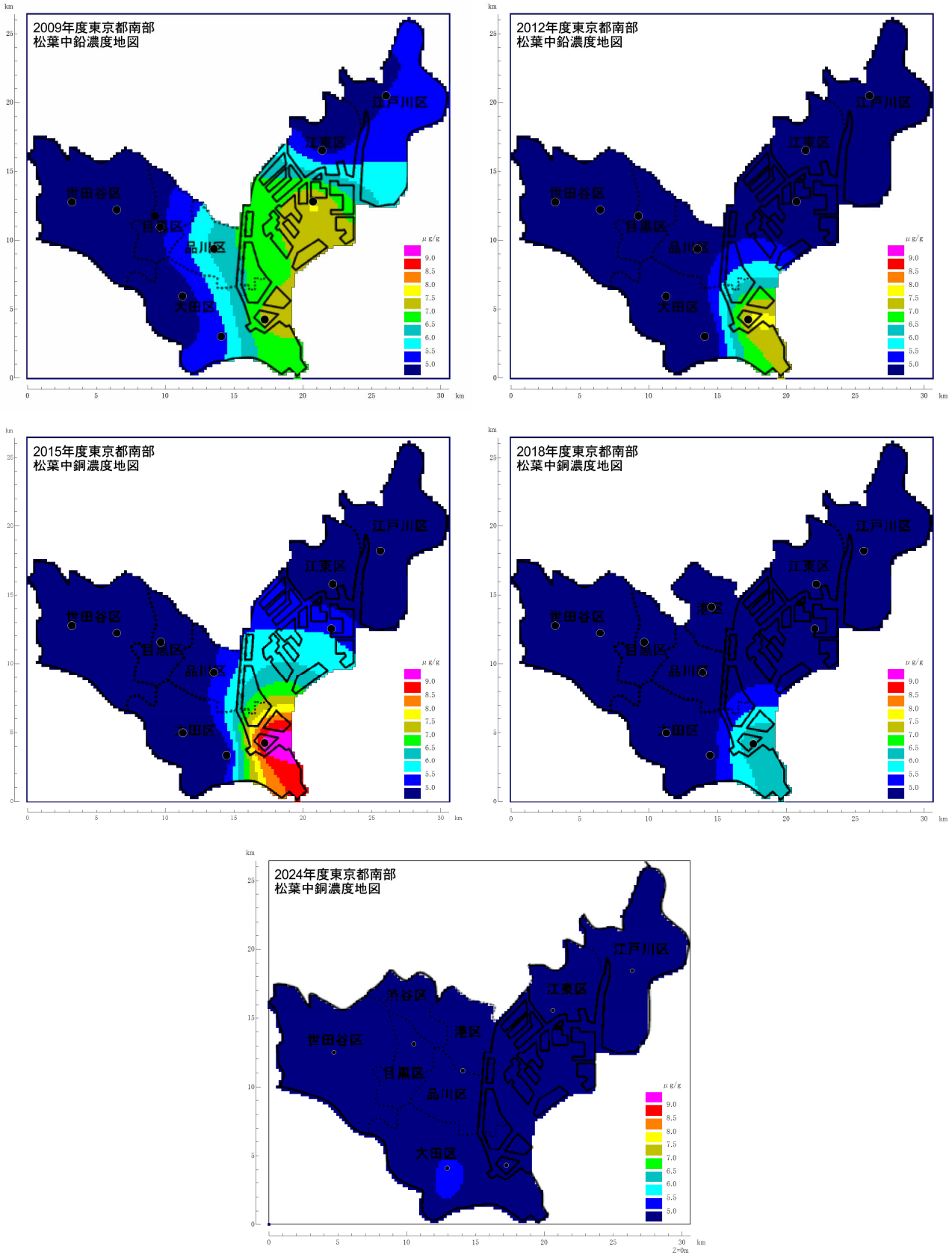

図５－１９　銅

（７）鉛(Pb)

2009 年度は京浜島をはじめ、江東区臨海部等の臨海地域が高かったが、その後京浜島を含めて全体で濃度が低下した。

2024 年度はさらに全体的に濃度が低下した。

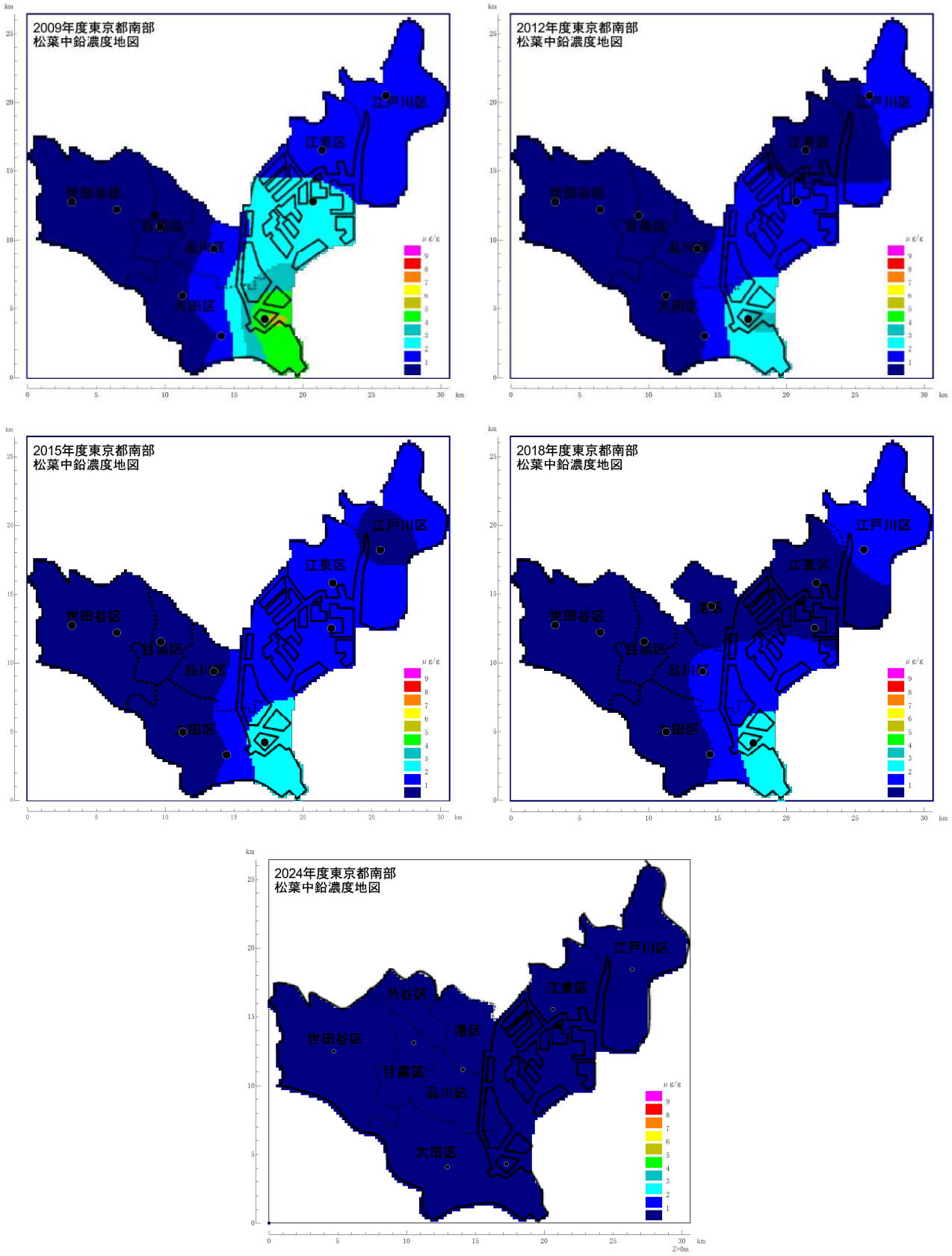

図５－２０　鉛

（８）マンガン(Mn)

2009 年度は世田谷区、目黒区、大田区など西側の区に加え江戸川区で高かった。2012 年度以降は内陸部と江戸川区で相対的に高い傾向が続いた。

2024 年度は内陸部でやや濃度が高めな分布ではあるが全体的に濃度が低下した。

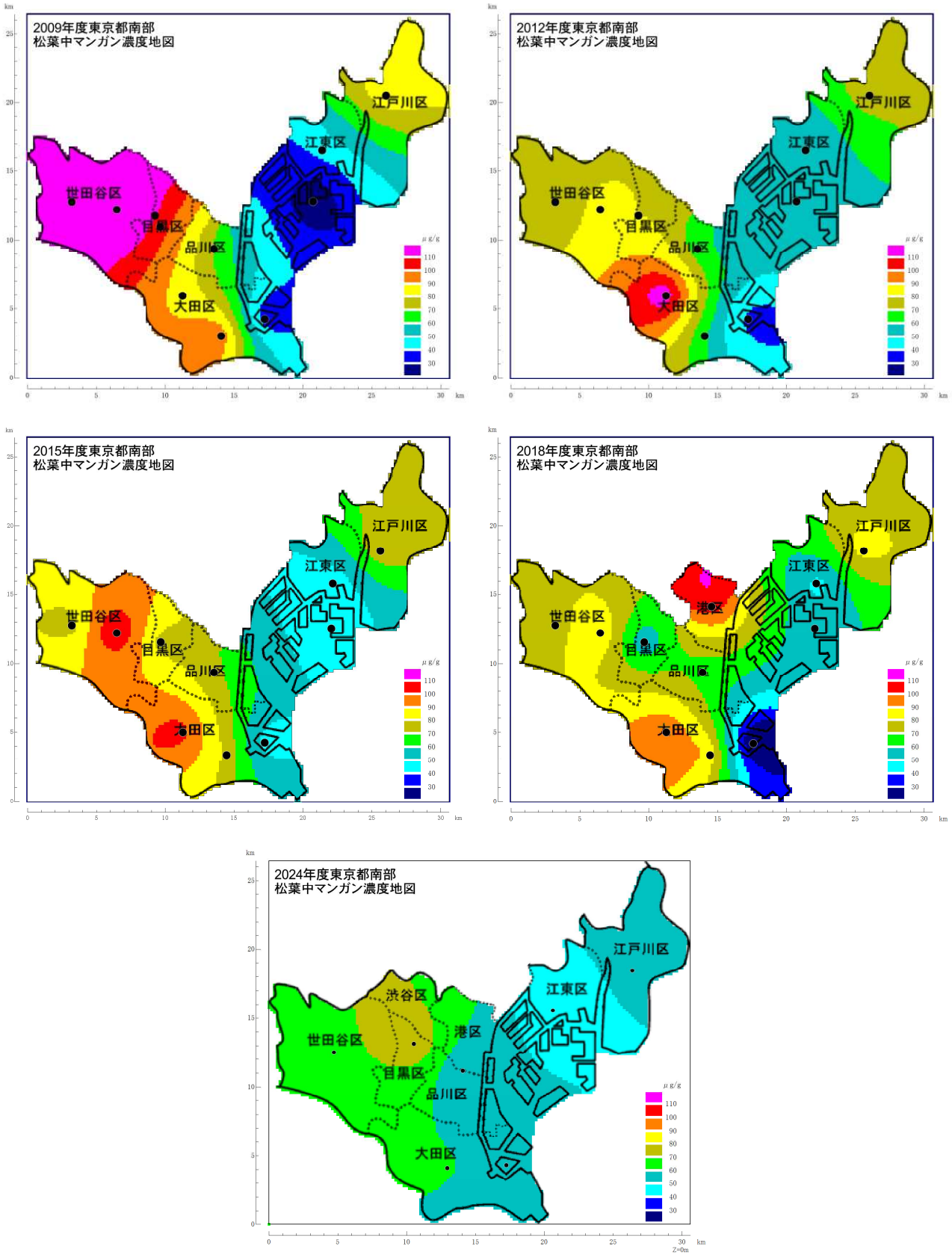

図５－２１　マンガン

（９）ニッケル(Ni)

2009 年度は京浜島が突出して高い以外は、西側の区が東側の区よりもやや高めの傾向を示していた。2012 年度以降は京浜島が上昇した後低下したが依然として突出して高かった。

2024 年度は京浜島は依然として相対的には高いものの京浜島を含め全体的に大幅に低下した。

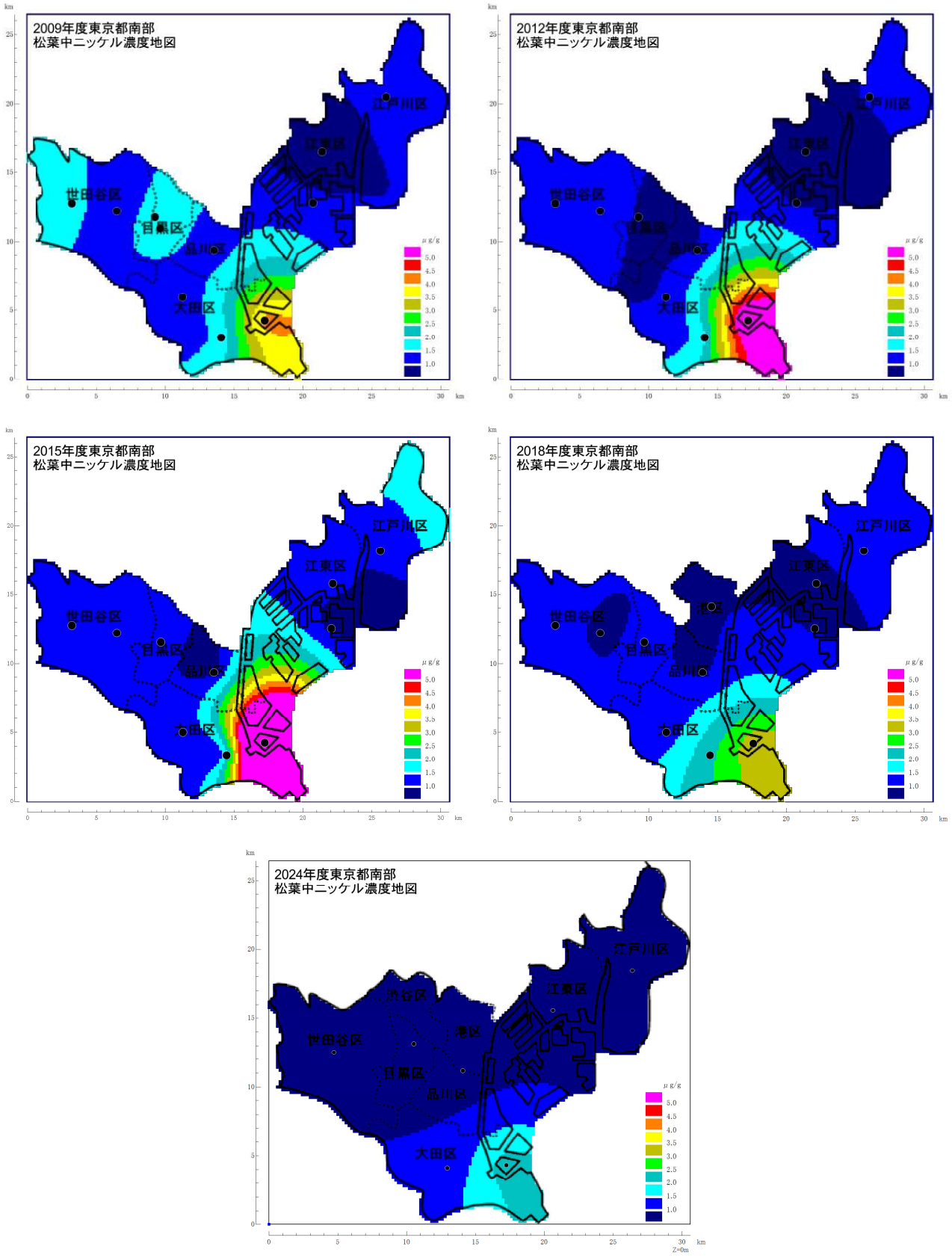

図５－２２　ニッケル

（１０）タリウム(Tl)

2009 年度、2012 年度はは江東区全域のみが高かった。2015 年度以降は全地域で低くなっている。

2024 年度は目黒区・渋谷区で少し上昇したが、全地域において低いことに変化はない。

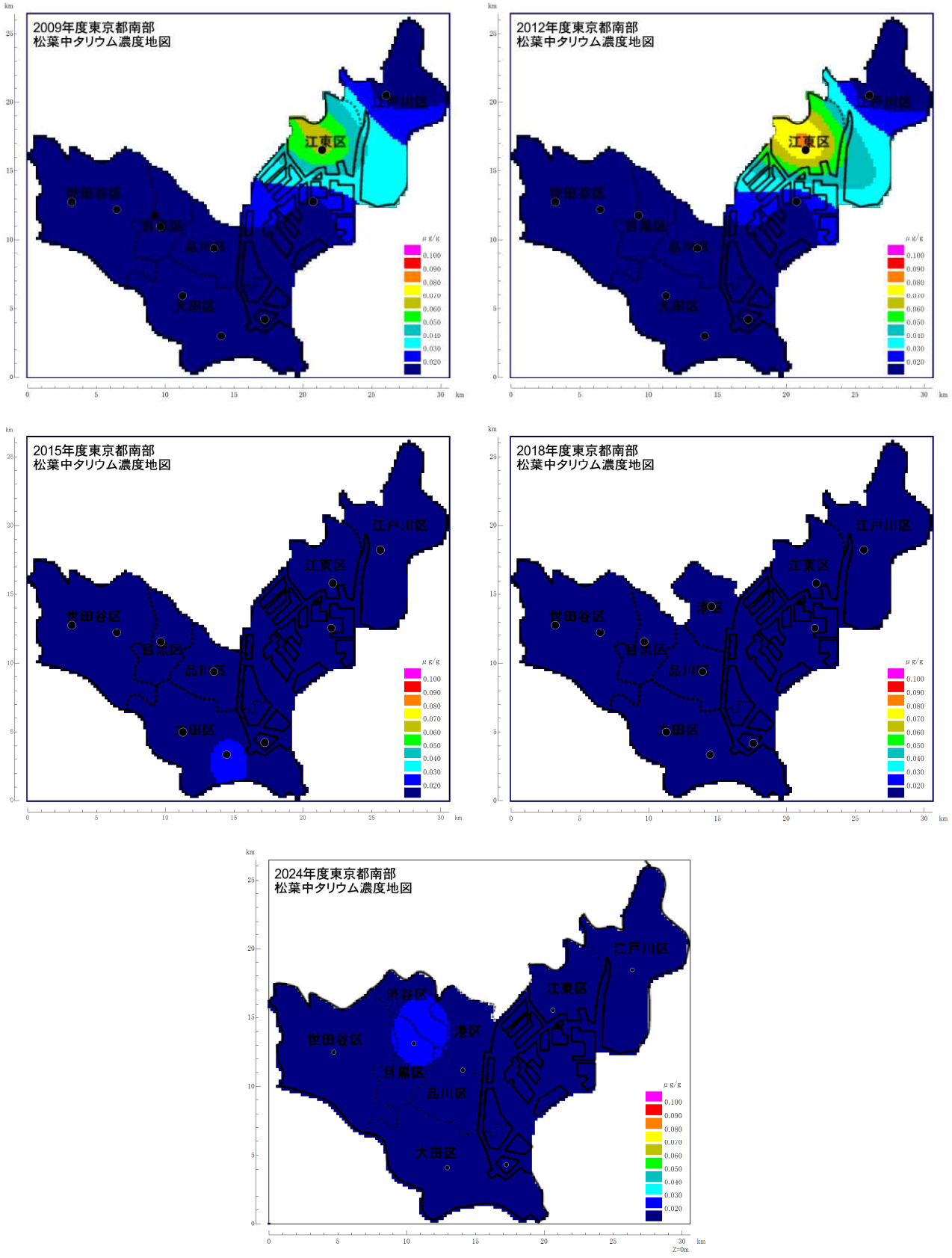

図５－２３　タリウム

（１１）ヴァナジウム(V)

2009 年度は江東区臨海部をはじめ江東区、大田区東部、京浜島等の臨海地域が高かった。2012 年度以降は臨海部で上昇したり低下した地域があった。

2024 年度には全地域で大幅に低下した。

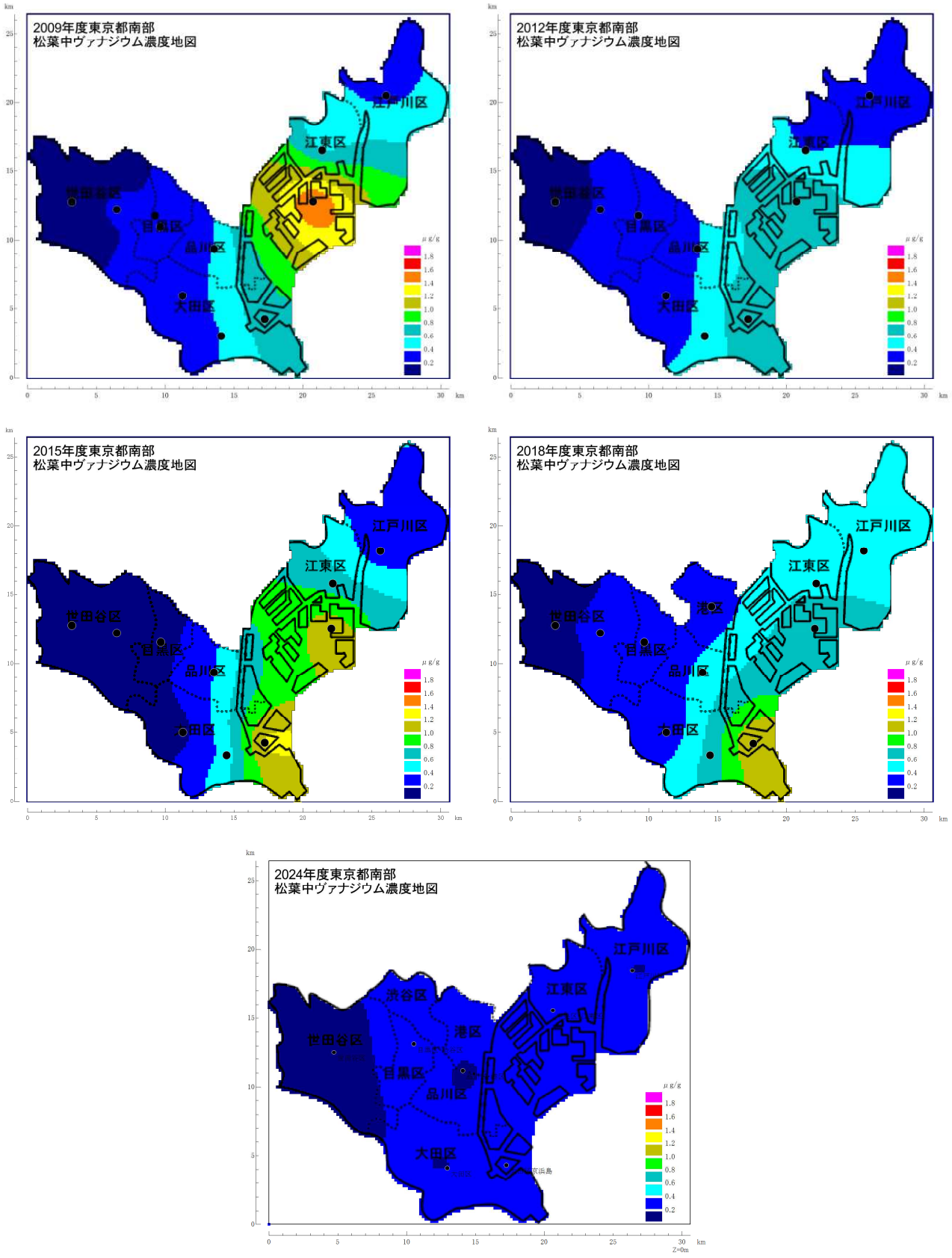

図５－２４　ヴァナジウム

（１２）水銀(Hg)

2009 年度に対して 2012 年度は全ての地域で大幅に濃度が上昇した。いずれも臨海部が内陸部より高い傾向がある。2015 年度、2018 年度は 2009 年度と同程度に低下した。

2024 年度には全地域で大幅に低下した。

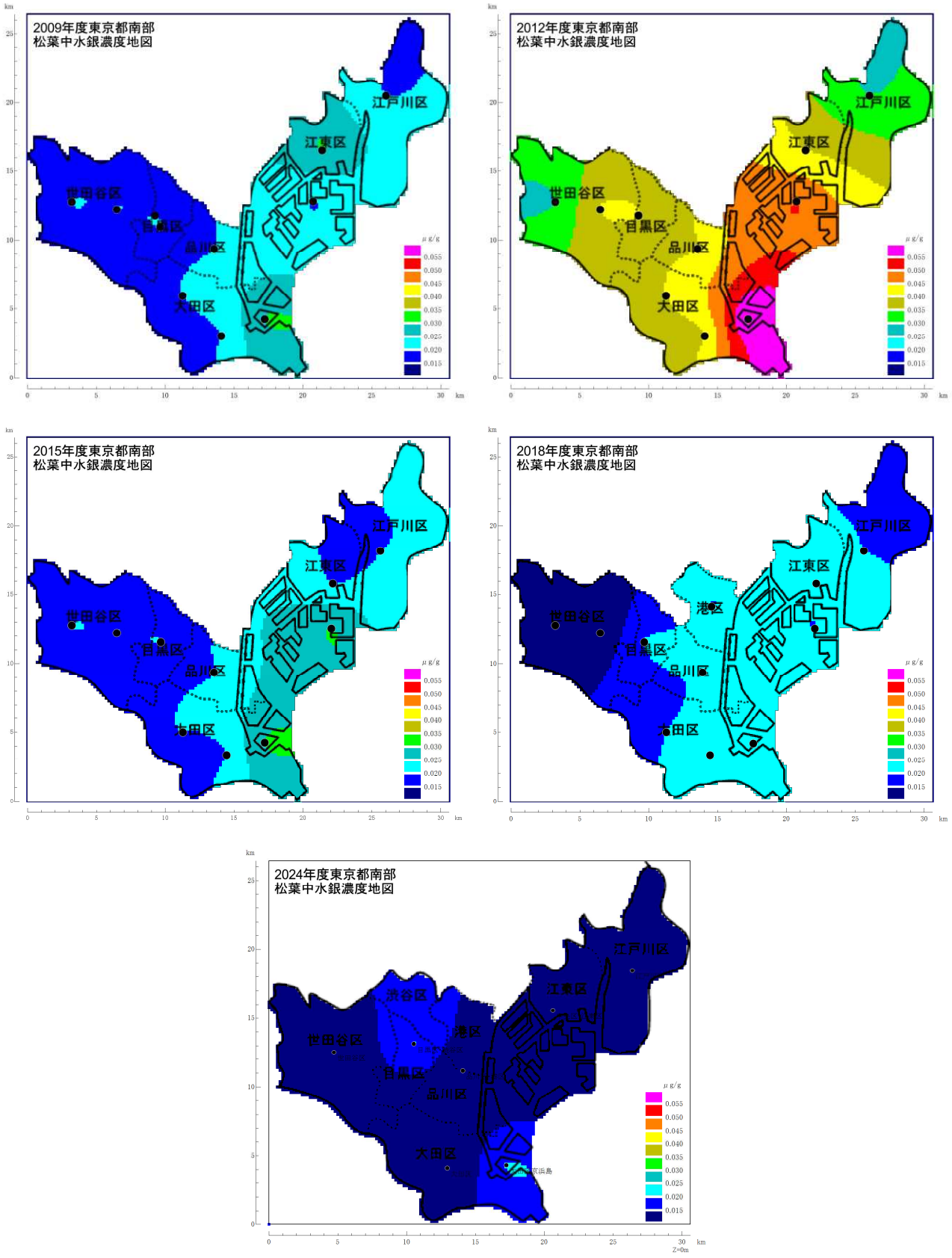

図５－２５　水銀

５－３　物質毎の地域濃度分布、濃度変化の傾向

以上の濃度マップをみると、全ての物質について低下あるいは大幅に濃度が低下し、全体的に環境が改善されたことが分かった。

2015 年度から 2018 年度にかけて地域毎の傾向、変化の傾向が異なったのと対照的である。表５－２は 2015 年度から 2018 年度にかけた変化を整理したものである。これに対して 2024 年度は地域的な相対的な違いが残る物質はあるものの、全ての物質で大きく改善されている。

表５－２　過年度報告書より参考：物質毎の地域濃度分布、濃度変化（2015から2018年度）の傾向

物質	地域的な分布の傾向				変化の傾向		
	臨海部が高い	西側が高い	東側が高い	その他	上昇	低下	その他
アンチモン	○					○	
ヒ素			○				○
カドミウム				○			○
クロム	○				○	○	
コバルト		○				○	
銅	○					○	
鉛	○						○
マンガン				○			○
ニッケル	○					○	
タリウム				○		○	
ヴァナジウム	○				○	○	
水銀	○					○	
ダイオキシン類	○					○	○

注）上昇する地域と低下する地域の両方がある場合には両方に○をつけた

６．まとめ

以上より、全物質の多くの地域で大幅な低下傾向がみられた。これはダイオキシン類と同様の傾向である。

改善された環境を維持しさらに良好にするため、今後も監視、対策を行う必要がある。

また、行政が行っている１年に数日の環境大気中ダイオキシン類調査ではこれらの状況を把握できていないこと、水銀はそもそも調査されていないことなどから、松葉を生物指標とした環境モニタリングの有効性が示されていることもわかった。