

福井県から見る地球温暖化現象に関する調査研究

—大気常時監視データにおける経年的傾向—

山田克則・谷口佳文・坪川博之

Study on the Phenomena of Global Warming in Fukui Prefecture
- Trends in the Continuous Atmospheric Monitoring Data -

Katsunori YAMADA, Yoshifumi TANIGUCHI, Hiroyuki TSUBOKAWA

1. はじめに

福井県衛生環境研究センターでは平成 22 年度より「福井県から見る地球温暖化現象に関する調査研究」を開始した。この研究の一環として、センターでこれまでに収集した大気常時監視データから、地球温暖化の影響を受けている、あるいは温暖化現象に影響を及ぼしている可能性がある測定項目について集計し、その経年的傾向（トレンド）を整理したので報告する。

2. 方法

集計対象として次の 3 項目を選んだ。

1 光化学オキシダント濃度

光化学オキシダントは、人体に有害な大気汚染物質の一つとして昭和 48 年に環境基準が定められ、大気常時監視測定局（以下、「測定局」という。）において従来から測定している。光化学オキシダントの大部分はオゾンと考えられ、最近ではオゾン測定機の測定値をもって光化学オキシダント濃度としている（以前は吸収液に大気を反応させる湿式のオキシダント測定機の値を用いていた。）。

光化学オキシダント濃度は、紫外線が強くなって光化学反応が活発化する暖候期に頻繁に環境基準値を超過し、福井県では毎年数回、光化学スモッグ注意報発令基準近くまで上昇する。地球温暖化が進行した場合、光化学反応がより活発化するなどの影響により、濃度上昇の頻度が増える可能性がある。

一方、対流圏のオゾンは温室効果ガスの一つであり、地球温暖化に影響を及ぼしているとされる¹⁾。対流圏のオゾンの由来としては窒素酸化物や炭化水素の光化学反応による生成のほか、成層圏からの流入がある（地球の大気全体でみた場合、オゾンの大部分は成層圏に存在し、対流圏に存在するオゾンは大気中のオゾン総量の 10%に満たない。）。

2 メタン濃度

メタンは、二酸化炭素に次いで地球温暖化に及ぼす影響が大きな温室効果ガスとされている。

測定局では、光化学反応によりオキシダントを生成する前駆物質の一つである非メタン炭化水素を自動測定機により測定しており、その際、メタンも同時に測定される。

3 気温

気温は、温暖化の指標そのものであるが、大気汚染物質の化学反応や拡散の状況に影響を及ぼす気象因子の一つであり、測定局では参考項目として測定している。

集計対象とする測定局、測定期間については、これまでの測定データの継続性から次のとおりとした。

測定局（表 1、図 1）：三国局、福井局、神明局、敦賀局
測定期間：1978～2009 年度（32 年間）

表 1 対象測定局

	三国局	福井局	神明局	敦賀局
所在地	坂井市 三国町 山岸 31-1	福井市 豊島 2-5-26	鯖江市 水落町 4-13-23	敦賀市 松栄町 7-28
緯度	36°11'27"	36°03'25"	35°58'08"	35°39'13"
経度	136°08'35"	136°13'21"	136°11'05"	136°03'44"



図 1 対象測定局の位置

3. 結果および考察

3. 1 光化学オキシダント濃度の経年的傾向

図 2-1、2-2 に対象測定局および 4 局平均の光化学オキシダント濃度の年平均値の経年変化グラフを示した。なお、1988 年度までは昼間（5 時から 20 時までの時間帯）データのみを集計していたため、それまでの年平均値の変動は定かでない。そこで、以前から集計し、環境省への報告項目となっている「昼間の日最高 1 時間値の年平均値」の経年変化グラフを図 2-3、2-4 に示した。また、表 2 に濃度上昇率の集計値を示した。なお、個々の数値は末尾の別表に記載した（他の項目も同様）。

図 2-1～2-4 のグラフから、光化学オキシダント濃度の経年的傾向は、測定局による違いや年毎の上がり下がりがあるものの、平均すると、緩やかな上昇傾向が認められる。

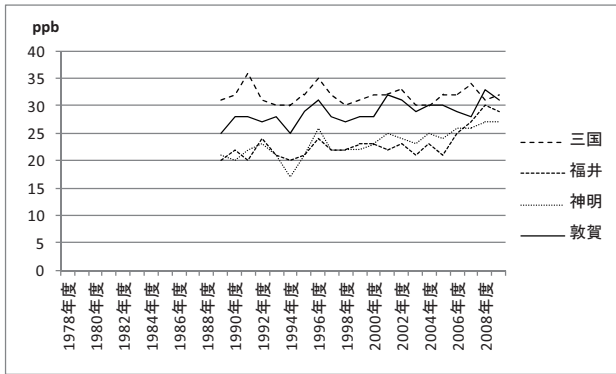


図 2-1 光化学オキシダント濃度の経年変化 (各局)

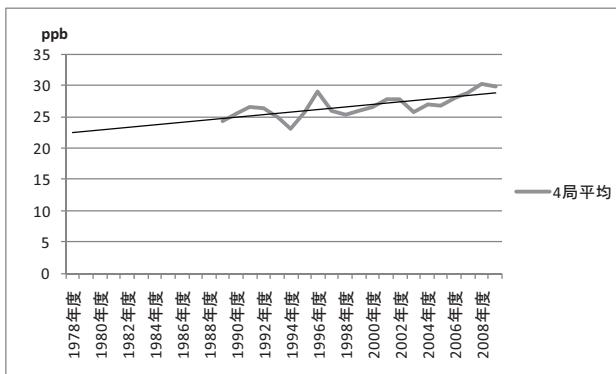


図 2-2 光化学オキシダント濃度の経年変化 (平均)

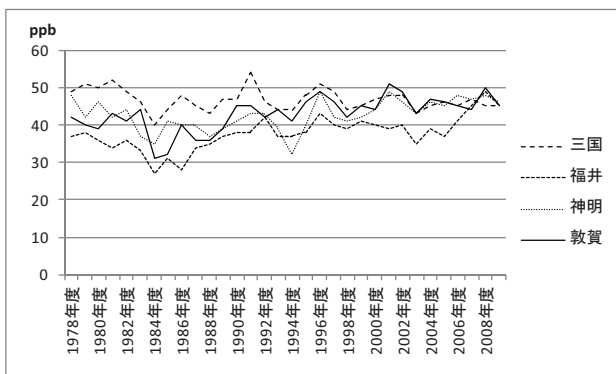


図 2-3 光化学オキシダント濃度の経年変化 (各局)
(昼間の日最高1時間値の年平均値)

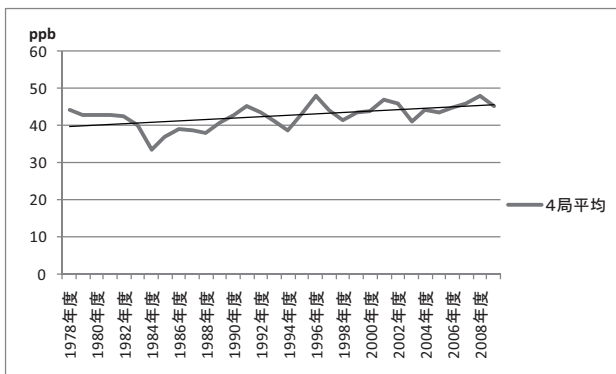


図 2-4 光化学オキシダント濃度の経年変化 (平均)
(昼間の日最高1時間値の年平均値)

表 2 光化学オキシダント濃度の上昇率
(21年間:1989~2009年度; 32年間:1978~2009年度)

	三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均
「年平均値」の上昇率 (21年間)	-0.01 ppb/y	0.31 ppb/y	0.32 ppb/y	0.21 ppb/y	0.21 ppb/y
「昼間の日最高1時間値の年平均値」の上昇率 (32年間)	-0.09 ppb/y	0.33 ppb/y	0.19 ppb/y	0.31 ppb/y	0.18 ppb/y

(上昇率=経年変化を近似した回帰直線の傾き)

表 2 から、濃度上昇率は、4局平均すると、「昼間の日最高1時間値の年平均値」において、期間の全体では年に0.18ppbであった。

光化学オキシダントの主成分であるオゾンの濃度の世界的な状況については、気象庁の「大気・海洋環境観測報告」¹⁾によれば、次のとおりである。

○対流圏オゾン濃度は産業時代以前に比べて 38%増加した (IPCC 報告(2007))。

○ヨーロッパ中部対流圏における地上オゾン濃度の観測結果では、1980年代前半は増加が大きかったが、その後は増加傾向が小さくなっている。

○東アジア地域では、オゾンゾンデによる観測、オゾン全量マッピング分光計を用いた観測、定期航空便を使った観測のいずれにおいても近年、日本付近において対流圏オゾン濃度の増加を観測している。

○この最近の増加の原因については、東アジア地域から放出された窒素酸化物などのオゾン前駆物質の影響によるものであるという指摘がある。

本県の測定局における光化学オキシダント濃度の経年の傾向は、全体としては、近年上昇傾向を示しており、東アジア地域の対流圏オゾン濃度の上昇傾向と一致している。

光化学オキシダントに関しては、国立環境研究所と地方環境研究所との共同研究において全国レベルでの解析を以前から行っている。その第3期の研究課題「光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究」(平成 19~21年度)の最終報告によれば、光化学オキシダント濃度は、概ね 1985年度以降、全国的に上昇傾向を示しており、特に近年は西日本における上昇率が高く、大陸からの移流の影響が増大していることが示唆されるとしている²⁾。

一方、地球温暖化が光化学オキシダント濃度に及ぼす影響については、気温上昇による光化学反応の活発化、前駆物質である VOC 等の揮発量の増加、植物活動の活発化による植物由来の VOC の増加等により濃度上昇に影響する可能性がある³⁾とされる。しかし、これらが実際にどの程度影響しているかは明確でなく、これまでに世界各地で観測されている濃度上昇は、温暖化よりも窒素酸化物や VOC 等の前駆物質の排出量の増加による影響が大きいと考えられている³⁾。

本県においても気温上昇が濃度上昇にどの程度影響を及ぼしているかは明確でない。

3.2 メタン濃度の経年的傾向

図3-1、3-2に対象測定局および4局平均のメタン濃度の経年変化グラフを示した。また、表3に濃度上昇率の集計値を示した（神明局については1999年度末に近隣（同じ鯖江市内）の鯖江局から測定機を移設して測定を開始したため、1978～1999年度分については鯖江局におけるデータで代用した。）。

図3-1、3-2のグラフから、メタン濃度の経年的傾向は、測定局により若干の違いがあるものの、全体としては、期間の前半（1990年代半ばまで）は濃度上昇、後半は横ばい傾向が認められる。



図3-1 メタン濃度の経年変化（各局）

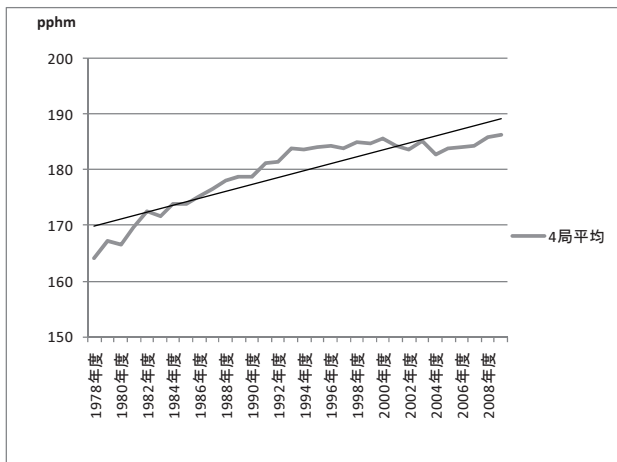


図3-2 メタン濃度の経年変化（平均）

表3 メタン濃度の上昇率（1978～2009年度）

	三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均
年平均濃度の上昇率 (32年間)	0.83 pphm/y	0.46 pphm/y	0.44 pphm/y	0.74 pphm/y	0.62 pphm/y
年平均濃度の上昇率 (前半16年)	1.66 pphm/y	1.25 pphm/y	0.60 pphm/y	1.25 pphm/y	1.19 pphm/y
年平均濃度の上昇率 (後半16年)	0.01 pphm/y	-0.04 pphm/y	0.04 pphm/y	0.26 pphm/y	0.07 pphm/y

（上昇率＝経年変化を近似した回帰直線の傾き）

表3から、濃度上昇率は、4局平均すると、期間の全体では年に0.62pphmであったが、期間の前半は1.19pphm、後半は0.07pphmであった。

メタン濃度の世界的な状況は、気象庁の温室効果ガス監視情報⁴⁾によれば、次のとおりとされる。

○メタンは、湿地や水田から、あるいは家畜および天然ガスの生産やバイオマス燃焼など放出源が多岐にわたり、農業や工業などの人間活動に伴って放出量が増加してきた。

○大気中メタン濃度は19世紀初頭から増加を続け、1980年代には年に10ppb(=1pphm)以上の割合で増加した。

○1990年代以降は増加が鈍ったが、2007年以降、増加量が再び高くなった。この最近の増加の原因は十分には分かっておらず、今後の見通しははっきりしない。

また、同じく気象庁の大気・海洋環境観測報告⁵⁾によれば、緯度帯別の濃度変化グラフは図3-3のとおりである。

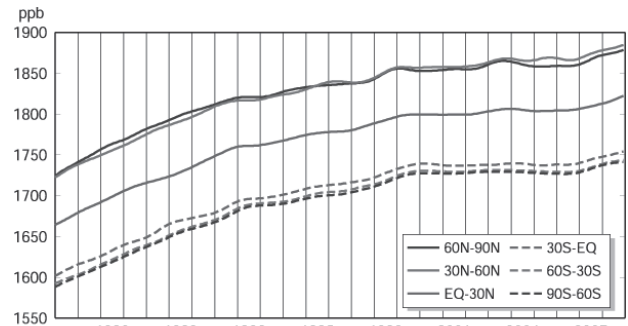


図3-3 メタン濃度の経年変化（全球平均；緯度帯別）⁵⁾

本県の測定局におけるメタン濃度の経年的傾向は、以上の世界的な傾向と概ね一致している。

なお、地球温暖化がメタン濃度に及ぼす影響については、正の影響（気温上昇による湿地や植物からの放出量増加）および負の影響（乾燥化による湿地からの放出量減少）がある⁶⁾とされ、全体としての影響度合いは明確でない。

3.3 測定局における気温の経年的傾向

図4-1、4-2に対象測定局および4局平均の気温の経年変化グラフを示した。また、表4-1に気温上昇率の集計値を示した。

グラフから、気温の経年的傾向は、年毎にかなりの変動があるものの、期間全体としては上昇（温暖化）傾向が認められる。

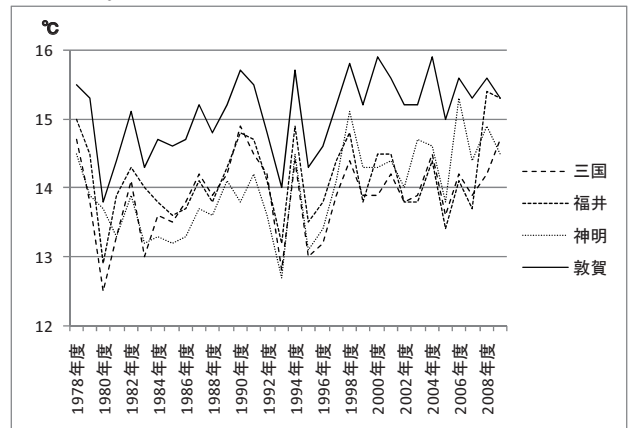


図4-1 気温の経年変化（各局）

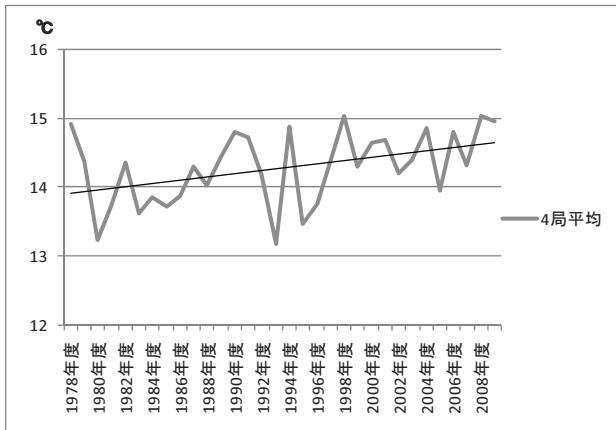


図 4-2 気温の経年変化 (平均)

表 4-1 気温の上昇率 (1978~2009 年度)

	三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均
気温上昇率 (32年間)	0.017 °C/y	0.012 °C/y	0.038 °C/y	0.027 °C/y	0.023 °C/y

(上昇率=経年変化を近似した回帰直線の傾き)

表 4-1 から、気温上昇率は 4 局ともプラスで、神明局>敦賀局>三国局>福井局の順に高い。

気温上昇の原因としては、温室効果ガスによる地球温暖化の影響のほか、都市化の影響(人間活動の排熱によるヒートアイランド現象の進行)が考えられる。特に神明局周辺では 1993 年に国道 8 号線バイパスが開通するなど次第に都市化が進んでおり、気温上昇の一因となっていることが推定される。

測定局における気温の測定は、気象台の観測点における測定とは測定条件、測定方法等が異なる。したがって、気象台の測定値と同じレベルでの評価はできないが、参考として、気象台が公表しているデータ⁷⁾から、測定局の近隣に気象台が設置している観測点の気温上昇率を集計すると表 4-2 のようになる(神明局の近隣には気象台の観測点はない)。

表 4-2 気温の上昇率 (1978~2009 年)
(気象台の観測点)

	三国	福井	敦賀
気温上昇率 (32年間)	0.036 °C/y	0.026 °C/y	0.041 °C/y

(上昇率=経年変化を近似した回帰直線の傾き)

表 4-1、4-2 を比較すると、測定局における気温上昇率は、近隣の気象台の観測点における気温上昇率よりもかなり低めである。しかし、上昇率が、敦賀局>三国局>福井

局の順に高いことは気象台の観測点と同様であった。

測定局における気温の測定は、大気汚染の参考データとして測定しているものであり、精度については、気象台の測定値に比べて誤差が大きい可能性がある。しかし、経年的傾向としては、気象台の測定結果と同様に、各地点で温暖化が進行していることを示していると考えられる。

4. まとめ

本県の気象常時監視測定局 4 局(三国局、福井局、神明局、敦賀局)において、1978~2009 年度の 32 年間に観測された、光化学オキシダント濃度、メタン濃度および気温のデータの経年的傾向について整理した。その結果は以下のとおりであった。

1 光化学オキシダント濃度

経年的傾向は、全体としては、近年上昇傾向を示しており、東アジア地域の対流圏オゾン濃度の上昇傾向と一致していた。最近の濃度上昇に関して、本県も参加した国立環境研究所と地方環境研究所との共同研究の報告において、近年、大陸からの移流の影響が増大していることが示唆されるとしている。

2 メタン濃度

経年的傾向は、全体としては、期間の前半(1990 年代半ばまで)は濃度上昇、後半は横ばい傾向であった。この傾向は世界的な傾向と概ね一致していた。

3 気温

経年的傾向は、全体としては、上昇(温暖化)傾向が認められた。上昇率は、神明局>敦賀局>三国局>福井局の順に高く、神明局が最も高かった一因として都市化の進行が推定される。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ>気象統計情報>地球環境・気候>[刊行物]大気・海洋環境観測報告>対流圏オゾン
- 2) 光化学オキシダント等に関する共同研究グループ：光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究，国立環境研究所研究報告，第 203 号，65(2010)
- 3) 田村憲治他：地球温暖化と大気汚染：光化学オキシダント濃度への影響と超過死亡リスク，地球環境，14(2)，271-277(2009)
- 4) 気象庁ホームページ>気象統計情報>地球環境・気候>温室効果ガス監視情報>メタン濃度の経年変化
- 5) 気象庁ホームページ>気象統計情報>地球環境・気候>[刊行物]大気・海洋環境観測報告>世界のメタン濃度
- 6) 気象庁ホームページ>気象統計情報>地球環境・気候>[刊行物]大気・海洋環境観測報告>メタン
- 7) 気象庁ホームページ>気象統計情報>過去の気象データ検索

別表 各測定項目の年間値の推移 ((注) 神明局メタン濃度の1978～1999年度分は鯖江局での測定値)

	光化学オキシダント濃度 年平均値 (ppb)						光化学オキシダント濃度 昼間の日最高1時間値の年平均値 (ppb)				
	三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均		三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均
1978年度						1978年度	49	37	48	42	44.0
1979年度						1979年度	51	38	42	40	42.8
1980年度						1980年度	50	36	46	39	42.8
1981年度						1981年度	52	34	42	43	42.8
1982年度						1982年度	49	36	44	41	42.5
1983年度						1983年度	46	33	37	44	40.0
1984年度						1984年度	40	27	35	31	33.3
1985年度						1985年度	44	31	41	32	37.0
1986年度						1986年度	48	28	40	40	39.0
1987年度						1987年度	45	34	40	36	38.8
1988年度						1988年度	43	35	37	36	37.8
1989年度	31	20	21	25	24.3	1989年度	47	37	39	39	40.5
1990年度	32	22	20	28	25.5	1990年度	47	38	41	45	42.8
1991年度	36	20	22	28	26.5	1991年度	54	38	43	45	45.0
1992年度	31	24	23	27	26.3	1992年度	46	42	43	42	43.3
1993年度	30	21	21	28	25.0	1993年度	44	37	39	44	41.0
1994年度	30	20	17	25	23.0	1994年度	44	37	32	41	38.5
1995年度	32	21	21	29	25.8	1995年度	48	38	40	46	43.0
1996年度	35	24	26	31	29.0	1996年度	51	43	49	49	48.0
1997年度	32	22	22	28	26.0	1997年度	49	40	42	46	44.3
1998年度	30	22	22	27	25.3	1998年度	44	39	41	42	41.5
1999年度	31	23	22	28	26.0	1999年度	45	41	42	45	43.3
2000年度	32	23	23	28	26.5	2000年度	47	40	44	44	43.8
2001年度	32	22	25	32	27.8	2001年度	48	39	49	51	46.8
2002年度	33	23	24	31	27.8	2002年度	48	40	46	49	45.8
2003年度	30	21	23	29	25.8	2003年度	43	35	43	43	41.0
2004年度	30	23	25	30	27.0	2004年度	45	39	46	47	44.3
2005年度	32	21	24	30	26.8	2005年度	46	37	45	46	43.5
2006年度	32	25	26	29	28.0	2006年度	45	41	48	45	44.8
2007年度	34	27	26	28	28.8	2007年度	47	45	47	44	45.8
2008年度	31	30	27	33	30.3	2008年度	45	49	48	50	48.0
2009年度	32	29	27	31	29.8	2009年度	45	45	46	45	45.3
21年間平均	31.8	23.0	23.2	28.8	26.7	32年間平均	46.7	37.8	42.7	42.9	42.5
	メタン濃度 年平均値 (pphm)						気温 年平均値 (℃)				
	三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均		三国局	福井局	神明局	敦賀局	4局平均
1978年度	165	161	168	162	164.0	1978年度	14.7	15.0	14.5	15.5	14.9
1979年度	168	167	171	163	167.3	1979年度	13.8	14.5	13.9	15.3	14.4
1980年度	157	169	174	166	166.5	1980年度	12.5	12.9	13.7	13.8	13.2
1981年度	158	173	178	170	169.8	1981年度	13.3	13.9	13.3	14.4	13.7
1982年度	161	174	182	173	172.5	1982年度	14.1	14.3	13.9	15.1	14.4
1983年度	167	172	178	170	171.8	1983年度	13.0	14.0	13.2	14.3	13.6
1984年度	169	177	179	170	173.8	1984年度	13.6	13.8	13.3	14.7	13.9
1985年度	170	177	174	174	173.8	1985年度	13.5	13.6	13.2	14.6	13.7
1986年度	174	179	176	172	175.3	1986年度	13.8	13.7	13.3	14.7	13.9
1987年度	175	179	174	178	176.5	1987年度	14.2	14.1	13.7	15.2	14.3
1988年度	178	182	175	177	178.0	1988年度	13.9	13.8	13.6	14.8	14.0
1989年度	177	182	177	179	178.8	1989年度	14.2	14.3	14.1	15.2	14.5
1990年度	177	180	178	180	178.8	1990年度	14.9	14.8	13.8	15.7	14.8
1991年度	182	181	182	180	181.3	1991年度	14.5	14.7	14.2	15.5	14.7
1992年度	182	183	182	179	181.5	1992年度	14.2	14.1	13.6	14.8	14.2
1993年度	186	183	184	182	183.8	1993年度	12.8	13.2	12.7	14.0	13.2
1994年度	186	183	184	181	183.5	1994年度	14.4	14.9	14.5	15.7	14.9
1995年度	186	183	185	182	184.0	1995年度	13.0	13.5	13.1	14.3	13.5
1996年度	186	183	185	183	184.3	1996年度	13.2	13.8	13.4	14.6	13.8
1997年度	183	183	185	184	183.8	1997年度	13.9	14.4	14.1	15.2	14.4
1998年度	185	184	185	186	185.0	1998年度	14.4	14.8	15.1	15.8	15.0
1999年度	184	183	186	186	184.8	1999年度	13.9	13.8	14.3	15.2	14.3
2000年度	185	184	185	188	185.5	2000年度	13.9	14.5	14.3	15.9	14.7
2001年度	183	184	183	187	184.3	2001年度	14.2	14.5	14.4	15.6	14.7
2002年度	184	181	183	186	183.5	2002年度	13.8	13.8	14.0	15.2	14.2
2003年度	186	183	185	187	185.3	2003年度	13.9	13.8	14.7	15.2	14.4
2004年度	183	182	181	185	182.8	2004年度	14.5	14.4	14.6	15.9	14.9
2005年度	185	182	184	184	183.8	2005年度	13.6	13.4	13.8	15.0	14.0
2006年度	185	182	184	185	184.0	2006年度	14.2	14.1	15.3	15.6	14.8
2007年度	185	182	185	185	184.3	2007年度	13.9	13.7	14.4	15.3	14.3
2008年度	185	183	188	187	185.8	2008年度	14.2	15.4	14.9	15.6	15.0
2009年度	187	184	186	188	186.3	2009年度	14.7	15.3	14.5	15.3	15.0
32年間平均	178.3	179.5	180.8	179.3	179.5	32年間平均	13.9	14.2	14.0	15.1	14.3