

3. 大気移動測定車データから見た県域レベルでの 光化学オキシダント濃度分布の推定

西 孝仁

Presumption of photochemical-oxidants concentration distribution on the
prefecture community level seen from move measurement vehicle data

Takahito Nishi

【要旨】 県域全体の光化学オキシダントの濃度実態を確認するため県内各地で実施した大気移動測定車による測定結果と常時監視局の測定結果を2007年度～2010年度測定データについて比較検討したところ、光化学オキシダント濃度実態は概ね類似することが確認された。この結果、県中央部を指定対象としている現状の注意報発令体制を、常時監視局の測定値と関連情報を基に予測精度の向上を図ることにより、県域レベルでの発令に向けた情報提供が可能になると考えられる。

Key words：移動測定車、光化学オキシダント、経月変化、経日変化、経時変化、風向、風速、紫外線強度、大気移流

1. はじめに

近年、我が国における光化学オキシダントの濃度レベルは上昇傾向にあり、その大気汚染注意報の発令地域も広域化している。

光化学オキシダントの年平均値はこの20年間(1985～2004年度)に全国平均値で約5 ppb上昇(光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会 2007年12月)するとともに、2009年には山形県、鹿児島県で初めて注意報が発令され、同年の注意報発令地域は28都府県で過去最多となった。

光化学オキシダントの90%以上の成分はオゾンであるとされているが、対流圏オゾン濃度も、北緯20度～60度において半球規模で高くなっている。

光化学オキシダント及び対流圏オゾンの濃度が、近年上昇している要因としては、大陸間や大陸内における輸送、前駆物質の排出量の変化、気象状況の影響等が指摘されているが、それらの寄与は明確にされていない。

このように光化学オキシダントは局所要因と広域要因が影響する複雑な現象であり、現象の把握には一定の測定網が必要となる。本県は常時監視局の数が少なく移動測定車を活用することにより測定網を補っている。

今回、大気移動測定車データから高知県にお

る県域レベルでの光化学オキシダントの濃度分布について取りまとめたのでここに報告する。

なお、今回のとりまとめは県域レベルでの実態整理を主目的としており、光化学オキシダントの前駆物質である揮発性有機化合物や窒素酸化物による光化学オキシダント生成への影響実態については対象外とした。

2. 方法

2.1 調査地点及び調査期間

表1 調査地点及び調査期間

区分	調査場所	調査地点名	調査期間
移動測定車	四万十町仁井田	仁井田町民会館	2007年11月1日～12月3日
	宿毛市宿毛	宿毛排水場	2008年9月27日～11月11日 2008年12月13日～2009年2月11日
	佐川町上郷	佐川町上郷	2009年2月14日～5月28日
	須崎市浦ノ内	浦ノ内西分	2009年10月16日～12月15日 2010年6月1日～7月29日
	安芸市港町	浄化センター	2010年3月3日～5月27日
	室戸市領家	室戸領家	2011年2月15日～3月31日
常時監視局	南国市大篠	南国大篠測定局	2007年11月1日～2011年3月31日
	高知市大津	大津測定局	2007年11月1日～2009年5月31日
	高知市介良	介良測定局	2007年11月1日～2009年5月31日
	高知市南新田町	南新田町測定局	2007年11月1日～2011年3月31日

2. 2 各調査地点の位置(図1)・地勢・交通等

仁井田町民会館 (A)：高知県西部標高約230mの台地に位置し周辺は山林と農地が広がっている。約100m東方に国道56号線があり、12時間交通量約8,800台である。

宿毛排水場 (B)：高知県西部に位置し宿毛湾に面している。近辺は開発され商業施設などが集中している。約100m北方に国道56号線があり、12時間交通量約11,000台である。

佐川町上郷 (C)：高知県中西部の内陸部にある盆地に位置している。約200m北方に国道33号線があり、12時間交通量約11,000台である。

浦ノ内西分 (D)：高知県中西部の土佐湾から内湾沿いに約2km入った場所に位置している。近辺に交通量の多い道路はない。

浄化センター (E)：高知県中東部の土佐湾に面した場所に位置し安芸市街地に隣接している。約300m北方に国道55号線があり、12時

間交通量約13,000台である。

室戸領家 (F)：高知県東部の土佐湾に面し内陸へ約800m入った場所に位置し室戸市街地に隣接している。約100m北方に県道202号線があり、12時間交通量約8,700台である。

南国大篠測定局 (G)：高知県中部に立地し国道195号線から焼く600m南に位置し周囲は学校、住宅街、田園地帯である。

大津測定局 (H)：高知県中部に位置し約200m北に通勤交通量の多い県道374号線が走り、県道北にはメッキ工場と食品団地がある。周囲は住宅と飲食店が混在した市街地である。

介良測定局 (J)：高知県中部に位置し総合運動公園の中にある。周りは田園地帯で、東には石灰工場がある。

南新田町測定局 (I)：高知県中部に位置し東に鏡川が流れ、すぐに高知港がある。また周囲には下水処理場、化学、窯業工場などがあり、約700m西を国道56号が走っている。

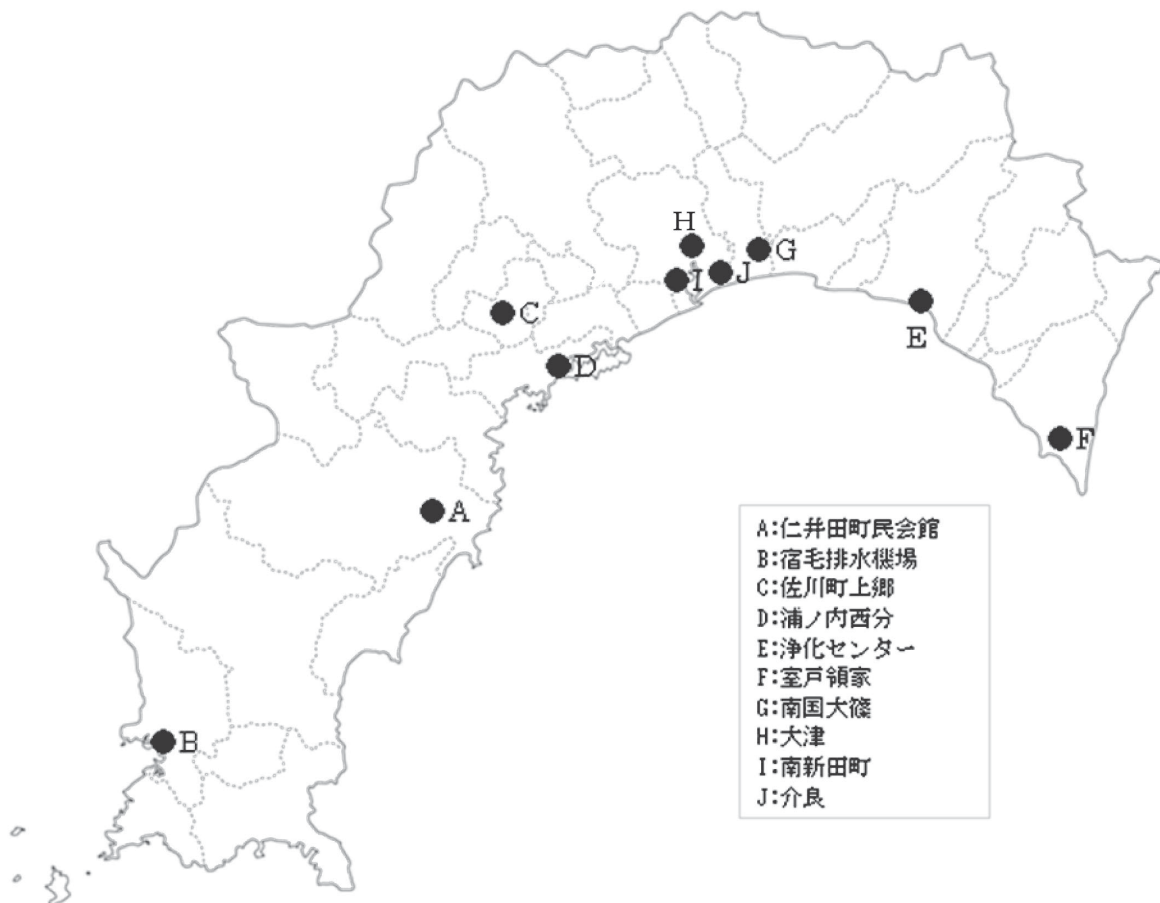


図1 調査地点

3. 調査項目及び調査方法

表2 調査項目及び調査方法

	二酸化硫黄	窒素酸化物	一酸化窒素	光化学オキシダント	浮遊粒子状物質	風向風速	日射放射収支	温度湿度	炭化水素
南国大篠				○			○		
大津	○	○		○	○	○			
介良	○	○		○	○	○			
南新田町	○	○		○	○	○			
移動測定車	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(注) 光化学オキシダント測定法
 大津, 南新田町測定局は吸光光度法 (湿式),
 介良測定局は紫外線吸収法 (乾式)
 大津測定局は2009年5月まで, 介良測定局は
 2009年6月から測定

4. 調査結果

4.1 月最高値の経月変化

常時監視局の月最高値の経月変化を移動測定車調査期間中示した。

2008年度前期は概ね他の測定局に比べ大篠局は高く大津局は低い傾向を示した。介良局は2010年度高い傾向を示した。その他の調査期間中は概ね一致した。

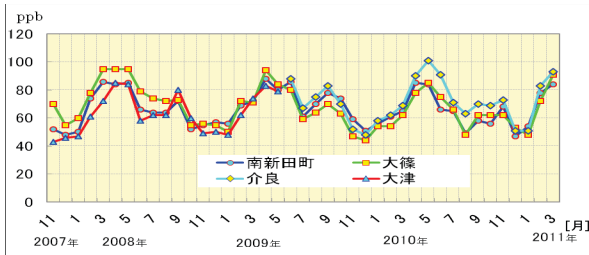


図2 月最高値の経月変化

4.2 日最高値の経日変化

仁井田町民会館；調査期間中の常時監視局と仁井田町民会館の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。大津局は調査期間中低い傾向を示した。大気移動測定車は11月28, 29

日を除き南新田町, 大篠局と概ね日最高値が一致した。

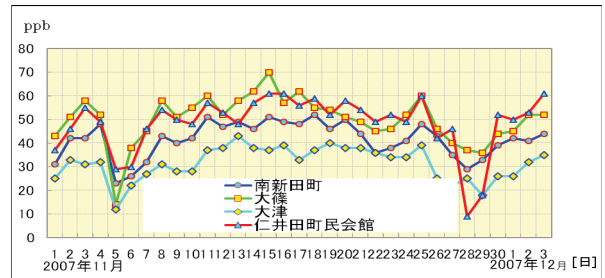


図3 仁井田町民会館

宿毛排水場；測定期間中 (2回) の常時監視局と宿毛排水場の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。1回目の調査期間中大気移動測定車は常時監視局に比べ高い傾向を示した。2回目の後半の調査期間中全測定地において概ね一致した。

移動測定車の2回目は測定機器の不調により2008年12月13日の調査開始日から2009年2月3日まで欠測扱いとした。

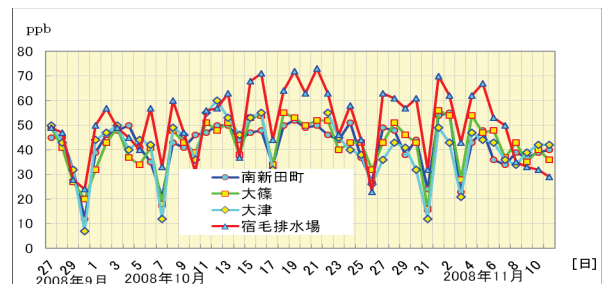


図4 宿毛排水場1

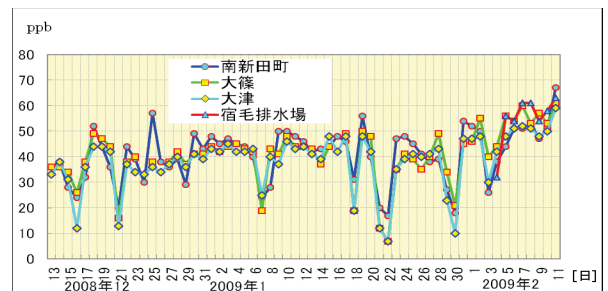


図5 宿毛排水場2

佐川町上郷；調査期間中 (2回) の常時監視局と佐川町上郷の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。しかし, 大気移動測定車の3月8日から10日, 27日から31日, また, 大津局の4月10日から15日は他の測定局と乖離が認められた。

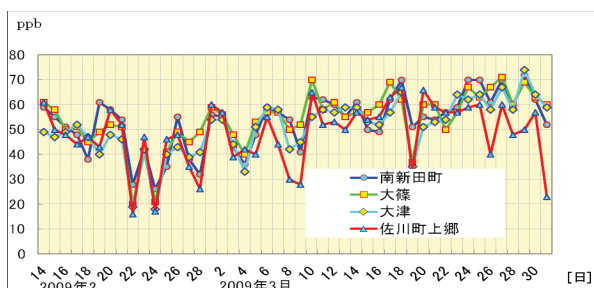


図6 佐川町上郷1

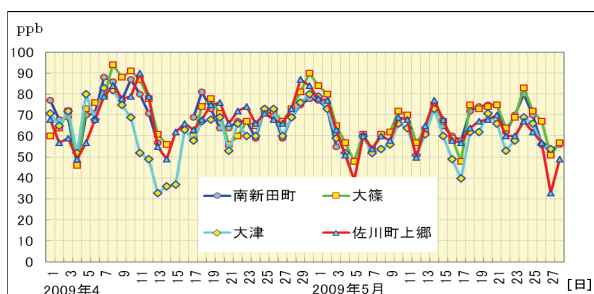


図7 佐川町上郷2

浦ノ内西分；測定期間中（2回）の常時監視局と浦ノ内西分の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。1回目の調査期間中全測定地において概ね一致した。2回目の測定期間中、介良測定局は6月11日から17日、6日から11日の期間高い傾向を示した。他の測定局は概ね一致した。

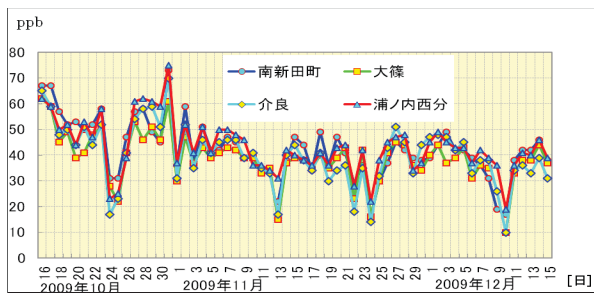


図8 浦ノ内西分1

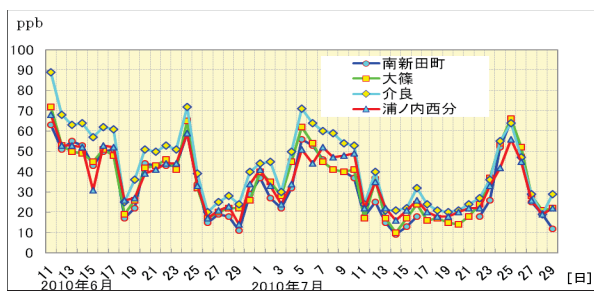


図9 浦ノ内西分2

浄化センター；測定期間中（2回）の常時監視局と浄化センターの日最高値の経日変化は、3月5日から9日を除き、概ね同様な傾向を示した。大気移動測定車の3月5日から9日、3月27日から4月1日、また、介良局の3月25日から4月19日を除き全測定地において概ね一致した。

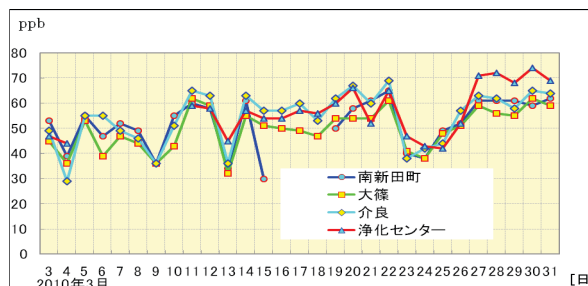


図10 浄化センター1

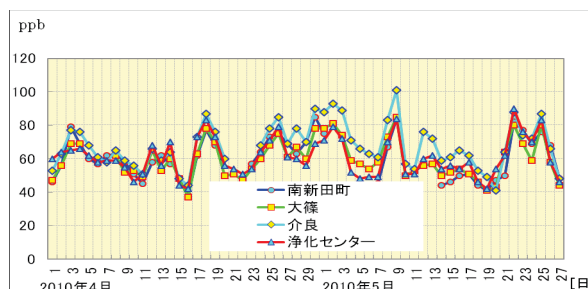


図11 浄化センター2

室戸領家；調査期間中の常時監視局と室戸領家の日最高値の経日変化は概ね同様な傾向を示した。

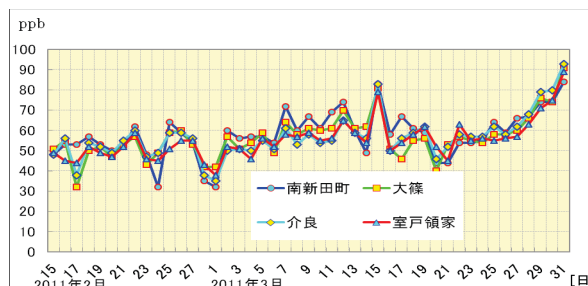


図12 室戸領家

4.3 時刻別期間内変化

仁井田町民会館；常時監視局と仁井田町民会館の時間別の濃度変化は概ね同様な傾向を示した。大津、南新田町測定局は昼間低い傾向を示した。南新田町の21時以降低下しないのは地域特性が考えられる。

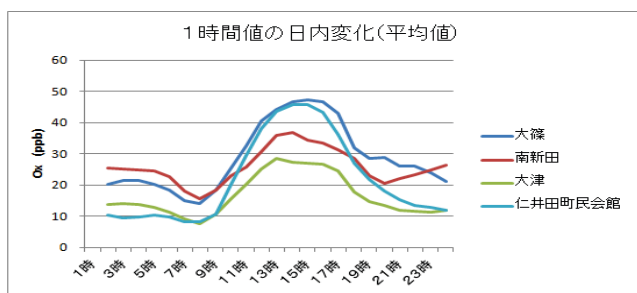


図13 仁井田町民会館

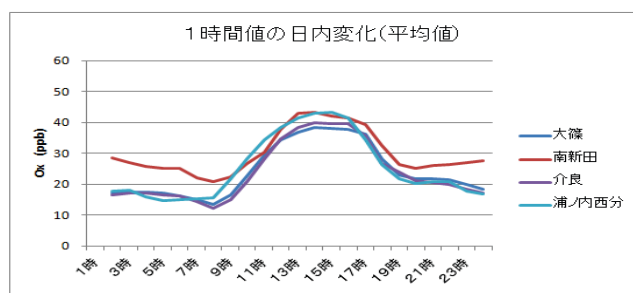


図16 浦ノ内西分

宿毛排水場；宿毛排水場の時間別の濃度変化は常時監視局3局に比べ全時間帯で高い傾向を示した。常時監視局3局は概ね光一致した。移動測定車の2回目の測定値は、測定機器の不調により2008年12月13日の測定開始日から2009年3月3日まで欠測扱いとした。

浄化センター；常時監視局と浄化センターの時間別の濃度変化は、12時以降介良が他の局に比べ高い傾向を示したが、それ以外は概ね一致した。

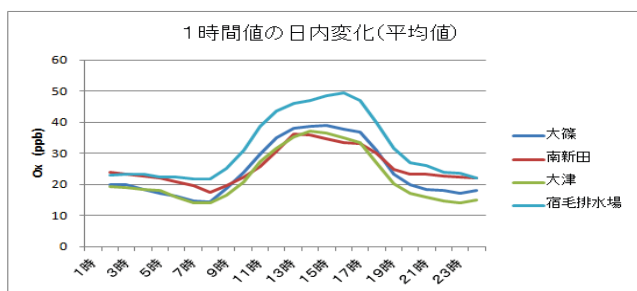


図14 宿毛排水場

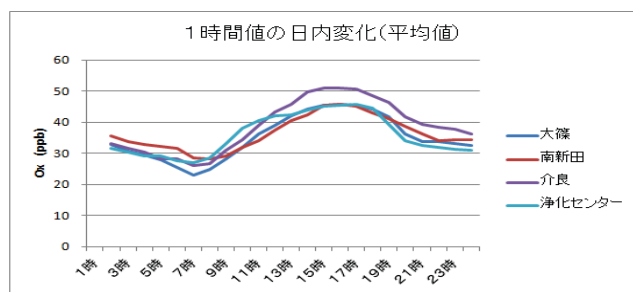


図17 浄化センター

佐川町上郷；佐川町上郷の時間別の濃度変化は常時監視局に比べ全時間帯で低い傾向を示した。特に日没後から日の出までの時間帯にその傾向が見られた。

室戸領家；常時監視局と室戸領家の時間別の濃度変化は概ね同様な傾向を示した。室戸領家は濃度変化の差が少ない傾向がある。南新田町は夜間に高い傾向がある。

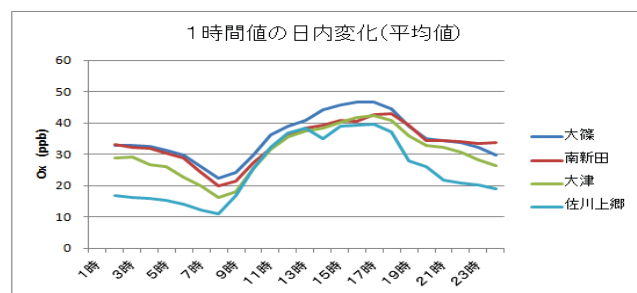


図15 佐川町上郷

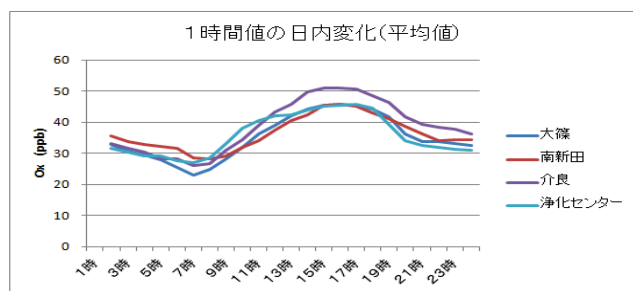


図18 室戸領家

浦ノ内西分；常時監視局と浦ノ内西分の時間別の濃度変化は南新田町の夜間帯を除き概ね一致した。

4. 4 1時間値の経時変化

移動測定車の各測定地での調査期間中、1時間値の最高日の経時変化を示した。

仁井田町民会館；2007年11月25日の常時監視局と仁井田町民会館の経時変化は概ね同様な傾向を示した。大津測定局の光化学オキシダント濃度は常時監視局中では低濃度傾向を示した。仁井田町民会館は10時から上昇し、13時

前後に1日の最高濃度を示し、その後低下する傾向を示した。濃度曲線は南国大篠局と概ね一致したが、南国大篠局は19時から21時にかけて再上昇した。

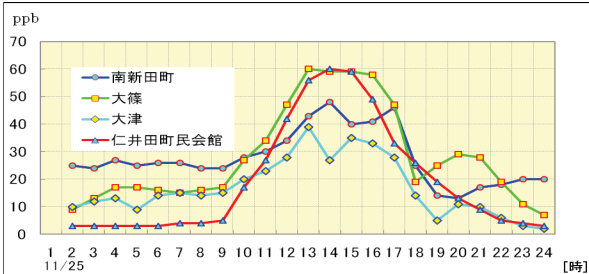


図19 仁井田町民会館

宿毛排水場；2008年10月17日の常時監視局と宿毛排水場の経時変化は常時監視局が概ね同様な傾向を示したのに対し、宿毛排水場は、11時～17時の間他の3局に比べ高い傾向を示した。

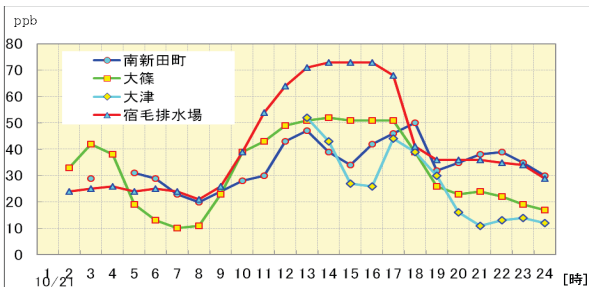


図20 宿毛排水場

佐川町上郷；2009年4月11日の常時監視局と佐川町上郷の経時変化は概ね同様な傾向を示した。大津局の11時以降は他の測定局に比べ低い傾向を示した。

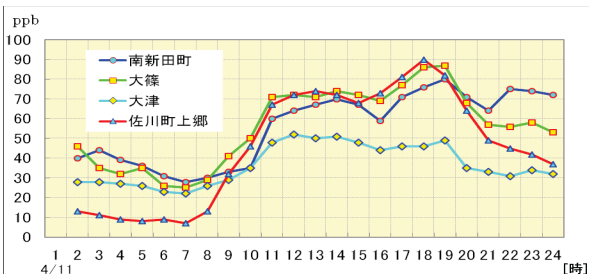


図21 佐川町上郷

浦ノ内西分；2009年10月31日の常時監視局と浦ノ内西分の経時変化は概ね同様な傾向を示した。

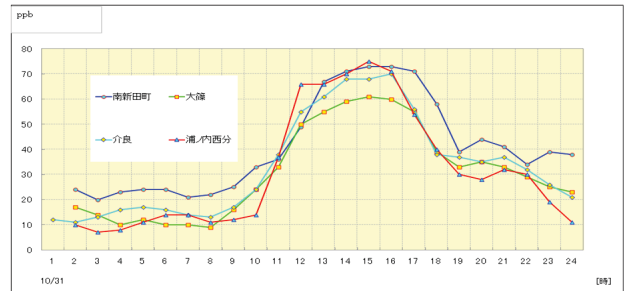


図22 浦ノ内西分

浄化センター；2010年5月9日の常時監視局と浄化センターの経時変化は概ね同様な傾向を示した。各測定局は通常より遅い17時前後に1日の最高濃度を示した。南新田町は10時から11時にかけて低下した。

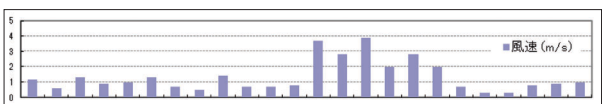
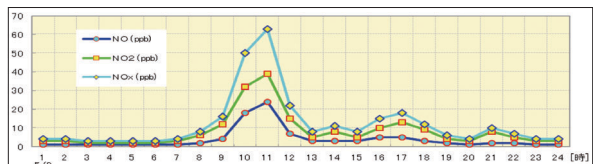
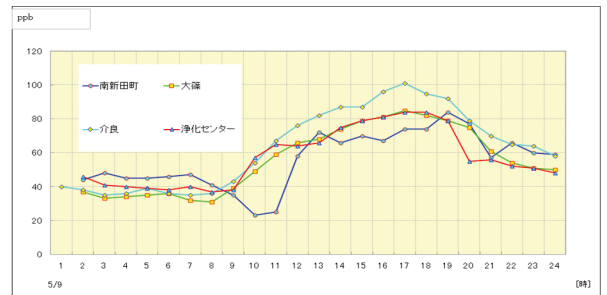


図23 浄化センター

室戸領家；2011年3月31日の常時監視局と室戸領家の経時変化は概ね同様な傾向を示した。

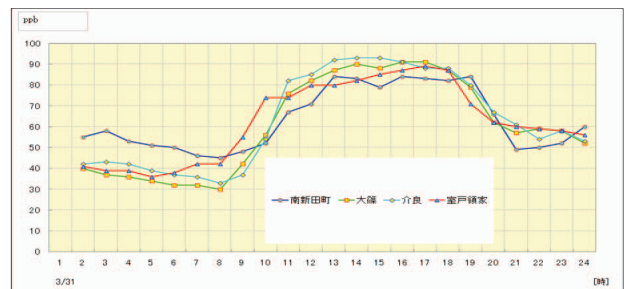


図24 室戸領家

5. 風向・風速

仁井田町民会館；調査期間中の仁井田町民会館の風向は、図25に示すように北西方向が多い。風速（平均）は小さい。（図25）

宿毛排水場；調査期間中の宿毛排水場の風向は、図26、図27に示すように東北東から東方向が多い。風速（平均）は1.7~2.4m/sである。（図26、図27）

佐川町上郷；調査期間中の佐川町上郷の風向は、図28、図29に示すように特徴は見られない。風速（平均）は西方向が強く（2.3~3.1m/s）吹く。（図28、図29）

浦ノ内西分；調査期間中の浦ノ内西分の風向は、夏季（1回目）から秋・冬季（2回目）にかけて西北西・東南東から西北西に変わった。風速（平均）は0.7~1.4m/sである。（図30、図31）

浄化センター；調査期間中の浄化センターの風向は、図32、図33に示すように北方向が多い。風速（平均）は1.5~1.9m/sである。（図32、図33）

室戸領家；調査期間中の室戸領家の風向は、図34に示すように東または西方向が多い。風速（平均）は1.4~2.2m/sである。（図34）

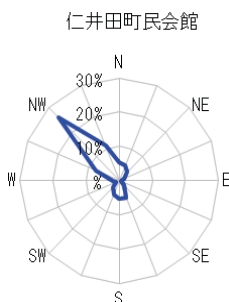


図25

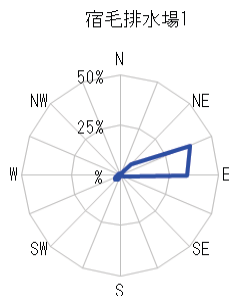


図26

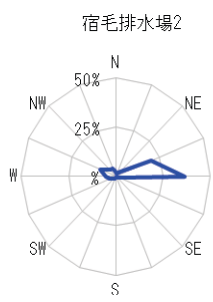


図27

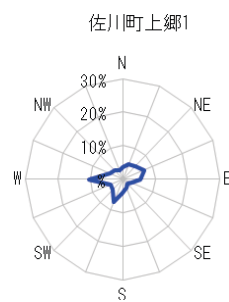


図28

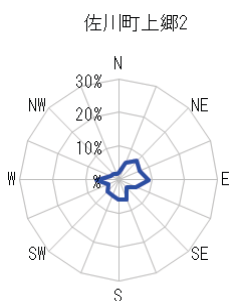


図29

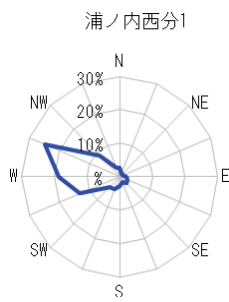


図30

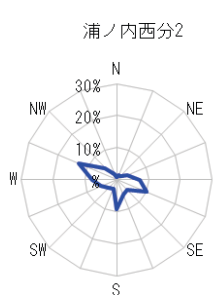


図31

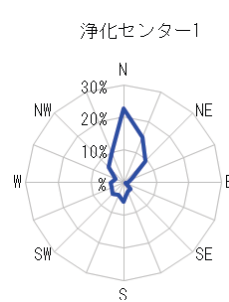


図32

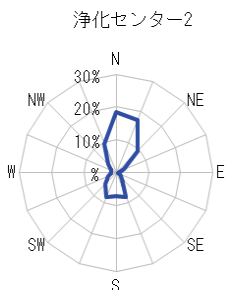


図33

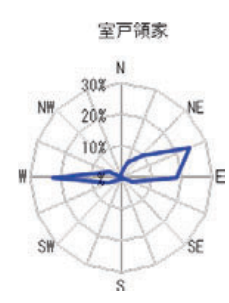


図34

6. 考 察

6. 1 移動測定車と常時監視局の光化学オキシダント濃度

移動測定車と常時監視局の光化学オキシダント濃度について、月最高値の経月変化、日最高値の経日変化、1時間値の経時変化、風配図、相関係数をもとに考察を行った。

6. 1. 1 常時監視局 (図2)

調査期間中の常時監視局の月最高値は同様の傾向を示した。また、この間の1時間値は表3のとおり強い相関を示している。この結果から、高知市及び南国市の光化学オキシダント濃度は同じ集団に属すると考えられる。

6. 1. 2 日最高値の経日変化 (図3～図12)

日最高値は宿毛排水場の9月2日から11月8日を除き、概ね常時監視局と同様の傾向を示した。宿毛排水場でも2月4日の機器調整後は常時監視局と同様の傾向を示したので、機器の不調が原因であったと考えられる。

6. 1. 3 1時間値の平均の推移 (図13～図18)

調査期間中の時間別平均値の推移は各測定局とも概ね常時監視局と同様の傾向を示した。

宿毛排水場の高濃度傾向は既に述べた機器の不調による影響を受けている。また、南新田町が夜間に高い値を示すのは地域特性によるものと考えられる。

6. 1. 4 1時間値の相関

各調査期間における1時間値の相関を表3～表9に示す。

常時監視局3局は強い相関を示しているが、南新田町がやや低い傾向を示しているのは周辺の地域特性によるものと考えられる。

各移動調査地点も良い相関を示しているが、中央部からの距離が大きくなるに従って相関係数が低下する傾向が見られる。また、浄化センターでやや低めの値となっているのは、周辺の川風の影響が考えられるが、今回詳細な調査は実施できなかった。

なお、全ての相関係数は危険率0.01%以下で有意となっている。

6. 1. 5 最高濃度事例の経時変化 (図19～図24)

各調査期間における最高濃度日の経時変化でも移動測定地点と常時監視局は同様の傾向を見せている。なお、2010年5月9日の南新田局において、10～11時の間、濃度低下が見られるのは周辺工場から排出されたNO上昇 (図23) によるものと考えられる。その時間帯は風速も弱く、風速の上昇とともにNO濃度の低下が見られ、あわせて光化学オキシダント濃度も上昇している。

以上の考察から、光化学オキシダント濃度は、移動測定車の各測定地点と常時監視局との間に大きな差は見られず、月間、日間、時間のいずれの濃度パターンも類似した傾向が確認され、本県では県内各地の局所的な影響に比べ県域レベルを超えたより広域的な影響が大きいことが示唆された。このことから、常時監視局において測定された光化学オキシダント濃度は、概ね県域レベルの濃度であると推察された。以上のことから、光化学オキシダント注意報発令は常時監視局3局の光化学オキシダント濃度を参考に、全県に発令することが可能ではないかと推察された。

相関係数

表3 常時監視局

	南国大篠	南新田町	大津	介良
南国大篠	1.000			
南新田町	0.850	1.000		
大津	0.918	0.877	1.000	
介良	0.930	0.867		1.000

表4 仁井田町民会館

	南新田町	南国大篠	大津	仁井田町民会館
南新田町	1.000			
南国大篠	0.723	1.000		
大津	0.782	0.875	1.000	
仁井田町民会館	0.597	0.639	0.657	1.000
サンプル数	757	757	754	756

表5 宿毛排水場

	南新田町	南国大篠	大津	宿毛排水場
南新田町	1.000			
南国大篠	0.772	1.000		
大津	0.810	0.913	1.000	
宿毛排水場	0.568	0.637	0.582	1.000
サンプル数	2450	2428	2378	1242

表6 佐川町上郷

	南新田町	南国大篠	大津	佐川町上郷
南新田町	1.000			
南国大篠	0.833	1.000		
大津	0.856	0.899	1.000	
佐川町上郷	0.680	0.735	0.687	1.000
サンプル数	2082	2355	2370	2387

表7 浦ノ内西分

	南新田町	南国大篠	介良	浦ノ内西分
南新田町	1.000			
南国大篠	0.841	1.000		
介良	0.819	0.928	1.000	
浦ノ内西分	0.769	0.802	0.772	1.000
サンプル数	2505	2738	2863	2535

表8 浄化センター

	南新田町	南国大篠	介良	浄化センター
南新田町	1.000			
南国大篠	0.816	1.000		
介良	0.846	0.940	1.000	
浄化センター	0.665	0.773	0.733	1.000
サンプル数	1571	1800	1872	1857

表9 室戸領家

	南新田町	南国大篠	介良	室戸領家
南新田町	1.000			
南国大篠	0.822	1.000		
介良	0.878	0.936	1.000	
室戸領家	0.660	0.711	0.759	1.000
サンプル数	1033	1032	1073	1032

6. 2 紫外線強度及び大気移流の影響

光化学オキシダントの生成には、二酸化窒素 (NO₂) を光解離させオゾン生成反応の起点となる

*UVインデックス

地上での波長別のUV強度に人体への波長別影響係数を乗じて波長250~400nmの間で積分した値(紅斑紫外線)を25 mW/m²で割って指標化したもの。したがって、光化学オキシダント生成とは異なる視点のインデックスであるが、ここでは全般的なUV強度を示す指標値として利用した。

紫外線(UV)と、この反応の逆反応を抑えて反応継続に作用する揮発性有機物質(VOC)が関与しているといわれる。このうちUVは季節や天候等に影響される自然要因であり、日々のUV強度の変化が光化学オキシダント濃度にも作用することが考えられる。

これを確認するため、本県の光化学オキシダント上昇期に各地で移動測定を実施した2009年2月~5月、2010年3月~5月、2011年2月~3月の期間について、気象庁が発表した日最大UVインデックス(推定値)*と光化学オキシダントの日最大濃度の相関を図35~図37に示した。これによると、各地点とも必ずしも明確な相関は認められず、この理由として相関からはずれるケースが散在することが考えられた。

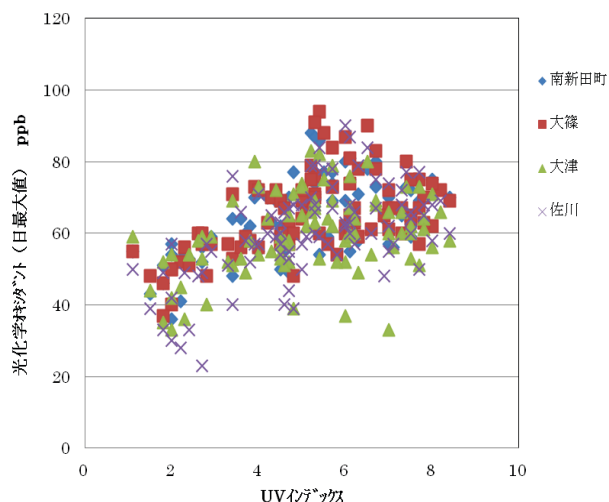


図35 佐川

表10 佐川

	UVインデックス	南新田町	南国大篠	大津	佐川
UVインデックス	1.000				
南新田町	0.555	1.000			
南国大篠	0.540	0.891	1.000		
大津	0.368	0.847	0.846	1.000	
佐川	0.563	0.828	0.840	0.725	1.000

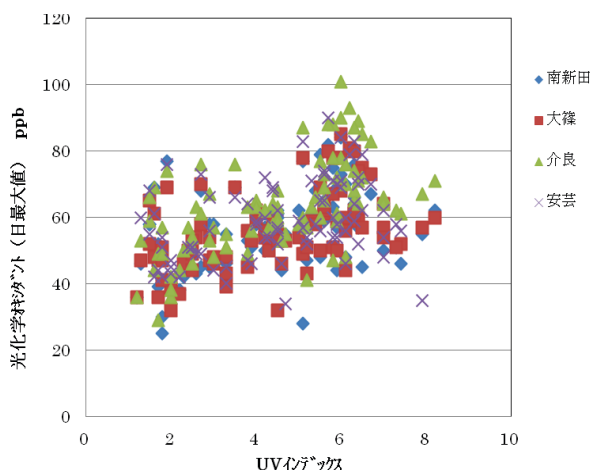


図36 安芸

表11 安芸

	UVインデックス	南新田町	南国大篠	介良	安芸
UVインデックス	1.000				
南新田町	0.444	1.000			
南国大篠	0.499	0.818	1.000		
介良	0.570	0.832	0.917	1.000	
安芸	0.336	0.723	0.791	0.790	1.000

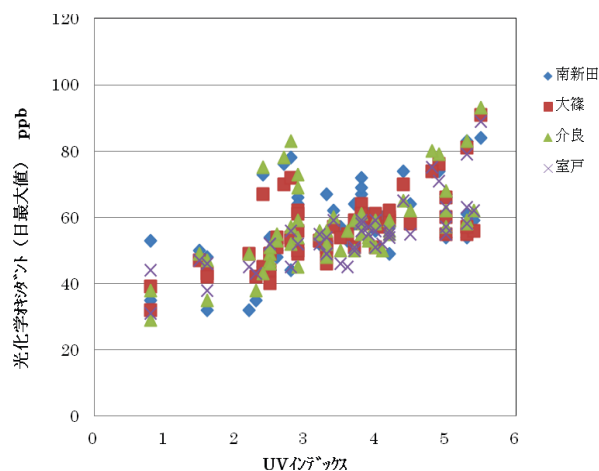


図37 室戸

表12 室戸

	UVインデックス	南新田町	南国大篠	介良	室戸
UVインデックス	1.000				
南新田町	0.588	1.000			
南国大篠	0.678	0.844	1.000		
介良	0.581	0.871	0.925	1.000	
室戸	0.775	0.846	0.890	0.949	1.000

このはずれたケースの中から代表的な事例について、その前後数日間の後方流跡線を図38～図40に示した。これによると、高濃度側の光化学オキシダントが続く期間は流跡線が大陸方面からの東向きが優勢である場合が多く、相関から低濃度側へはずれる時期は流跡線が別方向になっているケースが見られた。一方、この期間中のUVインデックス値はほぼ同レベルで推移していることが示されている。このため、大気の流れ方向の変化に伴い

UV以外のオキシダント生成要因に変化がもたらされたことが推察され、大陸や国内の工業地帯からのVOC等の流入など広域の影響を県域レベルで受けている可能性が考えられた。

今回は県域レベルでの光化学オキシダント実態を整理することを主目的としたが、今後はさらにVOC等との関係についても詳細な検討が必要と考えられた。

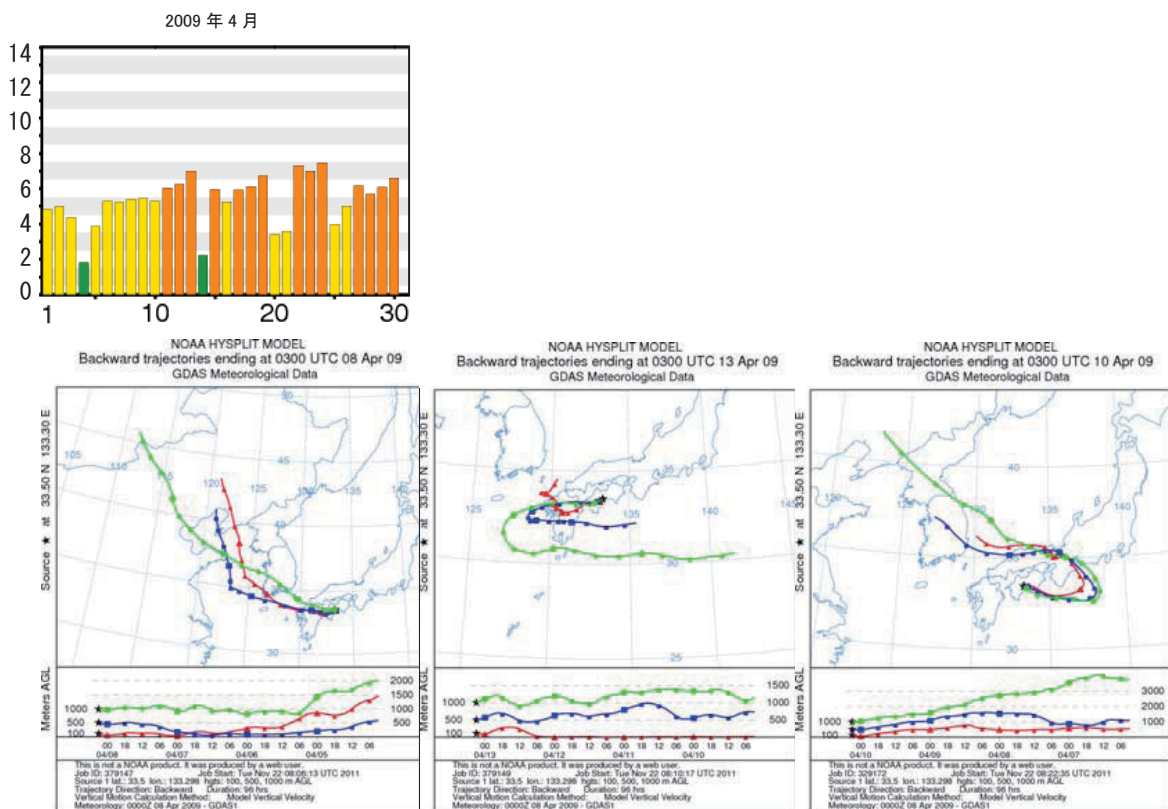


図38 佐川

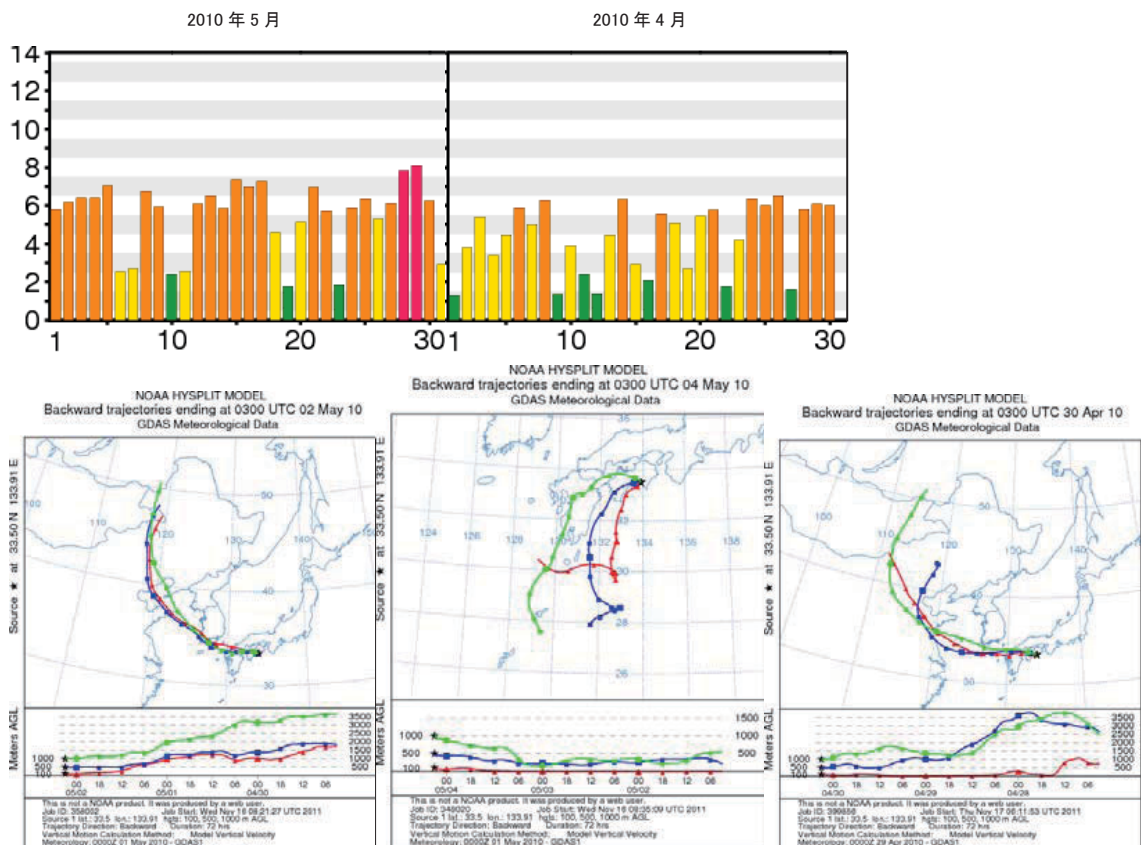


図39 安芸

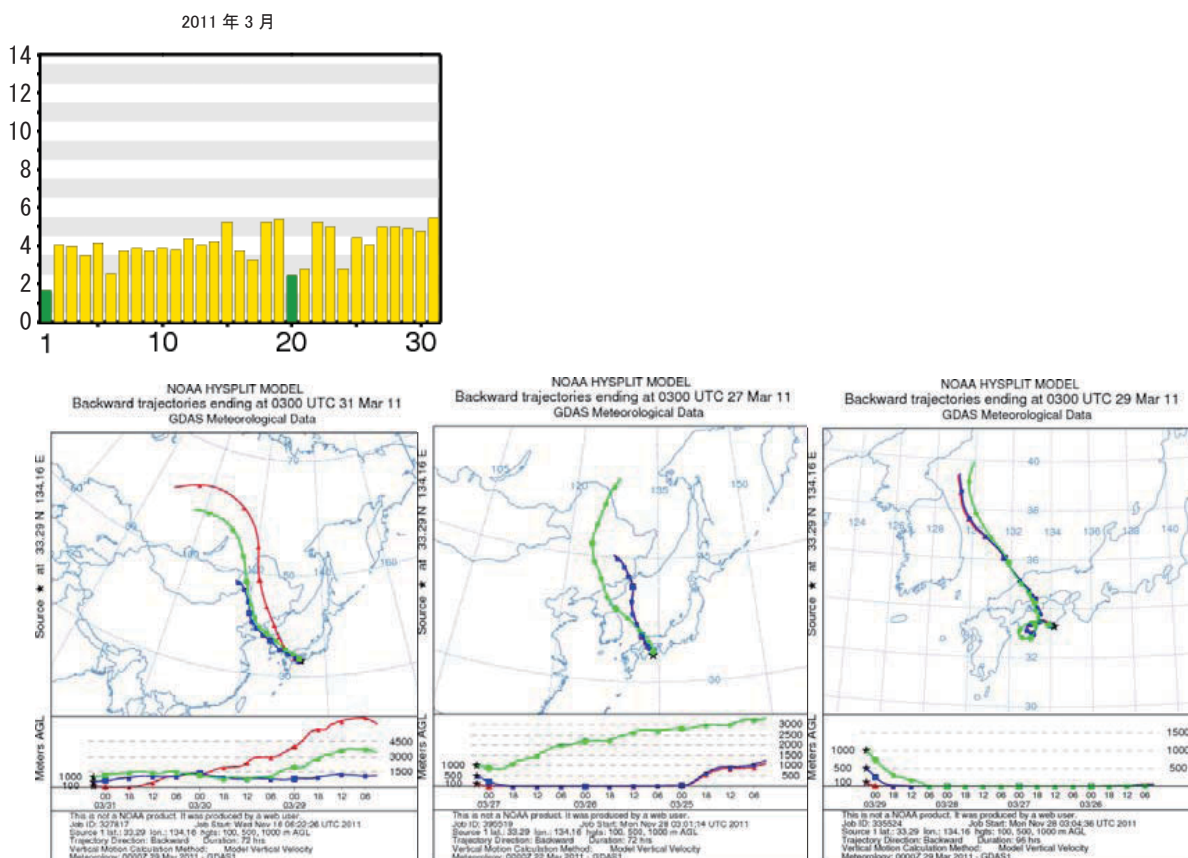


図40 室戸

おわりに

本県における光化学オキシダントは、常時監視を行った全ての局において環境基準非達成の状況が続いており、その原因を究明することが課題である。2010年度まで光化学オキシダント注意報を発令した事例はなく、健康被害も確認されていない。しかし、全国的に光化学オキシダントの上昇傾向がある中、幸いにも本県の場合特に上昇傾向はみられないが、今後は注意していく必要があると思われる。

また、当所は2006年度より、国立環境研究所と地方自治体との共同研究（C型）により「日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究」、「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」、「PM2.5と光化学オキシダントの実態解明と発生源寄与評価に関する研究」を課題として光化学オキシダントの汚染状況を全国の自治体（2010年度55自治体）と研究している。