

保健環境トピックス

2019 年末から発生した新型コロナウイルス感染症の流行について

1 新型コロナウイルス感染症の発生及び対応

2019 年 12 月に中国の湖北省武漢市で原因不明の肺炎として広まった新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、2020 年 1 月 11 日には中国で患者 41 名うち死者 1 名という状況 (中国の保健当局の発表) となり、その後 2 ヶ月も経たない間に世界各国に感染が拡大しました。国内では 1 月初旬に、「中国湖北省武漢市で報告されている原因不明の肺炎に対する対応と院内感染対策について」の通知が出されました¹⁾。1 月 15 日に世界保健機関 (WHO) が原因ウイルスを新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) と認定し、同時期に国内 1 例目となる感染者 (武漢市より帰国) が確認されました。その後、ヒト-ヒト感染の可能性が指摘されるようになり、保健所による積極的疫学調査の実施が定められました²⁾。1 月下旬には、国立感染症研究所により検体採取マニュアル及び検査マニュアルが整備され、全国の地方衛生研究所に検査試薬が配布されると同時に、福岡県においても早急に検査体制を整備しました。1 月 31 日に WHO が緊急事態宣言を発出し、2 月 1 日に新型コロナウイルス感染症は国内で感染症法における「指定感染症」に定められました。さらに、3 月 11 日に WHO は世界的な大流行である「パンデミック」であることを宣言しました。2009 年に新型インフルエンザ (現在の A/H1pdm09 亜型) のパンデミック宣言が出されましたが、コロナウイルスによるパンデミックを宣言されたのは初めてのことです。

2 SARS-CoV-2 について

SARS-CoV-2 は、ニドウイルス目・コロナウイルス亜科・コロナウイルス科に属する直径約 100-200nm の球形のウイルスです。コロナウイルスには他に一般の風邪の原因となる 4 種類のウイルスの他、「重症急性呼吸器症候群 (SARS)」や「中東呼吸器症候群 (MERS)」があります^{3), 4)}。コロナウイルスの特徴は、ウイルス表面のたんぱく質が王冠 (コロナ) のような形をしていることです (図 1)。約 30,000 塩基という大きさのウイルスゲノムを持っています。また、コロナウイルスはエンベロープという脂質二重膜の構造を持っており、インフルエンザウイルスと同様にアルコール消毒が有効なウイルスです⁴⁾。一般的にウイルスは単独では増殖できず、宿主の細胞に侵入して、宿主

側の機能を利用して増殖します。SARS-CoV-2 表面のスパイクタンパク質が肺などにある ACE2 (アンジオテンシン変換酵素 2) という細胞表面にある受容体に吸着することで感染することがわかっています⁵⁾。SARS-CoV-2 は、飛沫感染、接触感染により感染します⁴⁾。発熱や咳などの症状が出る 2 日前から発症後 7~10 日間程度他の人に感染させる可能性がある⁶⁾とされており、無症状病原体保有者からも感染する可能性があります⁴⁾。マスクなしの会話、3 密 (密閉・密集・密接) が感染リスクを拡大させます。

一般にウイルスは感染を繰り返す中で少しずつ変異することが知られていますが、SARS-CoV-2 は約 2 週間に 1 箇所程度の速さで変異しています。SARS-CoV-2 の変異株は現在、そのリスクによって「懸念される変異株 (VOC)」と「注目すべき変異株 (VOI)」に分類されています⁴⁾。

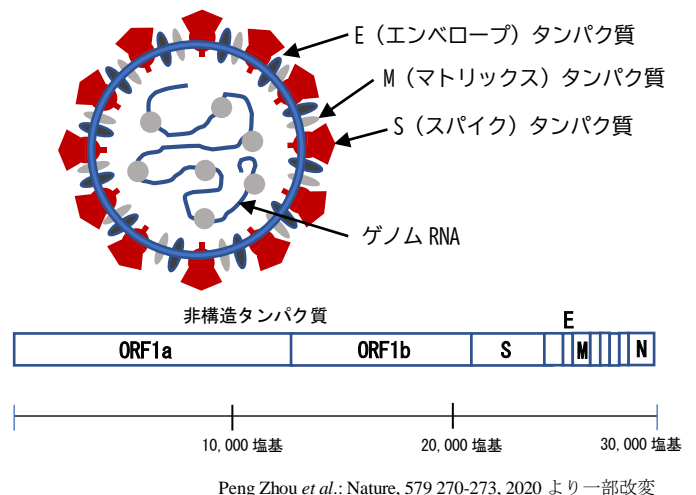


図 1 SARS-CoV-2 の構造 (上) とゲノム配列 (下)

3 SARS-CoV-2 の検査およびゲノム解析について

SARS-CoV-2 の検査は、遺伝子検査である PCR 法が最初に開発されました。当初の PCR 法による検査は 7~9 時間以上と時間がかかるものでしたが、より迅速なリアルタイム PCR 法が導入され、国立感染症研究所及び地方衛生研究所だけでなく、民間検査機関や大学等にも検査体制が拡充されました。その後、LAMP (Loop-Mediated isothermal amplification) 法や TMA 法 (Transcription Mediated Amplification)、抗原検査等が開発及び承認され、広く検査されています。当所では、リアルタイム PCR と TMA 法であるパンサーシステムを用いて検査を行なっています。

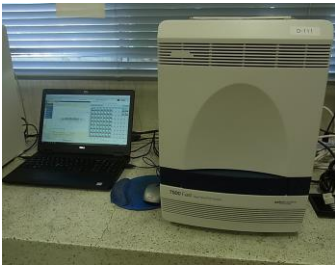


写真1 リアルタイム PCR



写真2 次世代シーケンサー

さらにリアルタイム PCR を用いた変異株のスクリーニング検査、次世代シーケンサーを用いたウイルスゲノム解析を実施し、国立感染症研究所や保健所等の関係機関と協力し、県内におけるウイルスの流行動態の把握や感染経路等の解明に全力に取り組んでいます。

4 国内及び福岡県における COVID-19 の発生状況

2020年1月15日に武漢からの渡航者が国内で初めて陽性と確認され、1月から2月にかけて主に中国渡航歴のある感染者から広がったと見られるクラスターが国内で発生しました。県内では2月20日に九州で初めてとなる陽性者が福岡市で確認され、3月1日には北九州市、3月19日には県域（福岡市、北九州市及び久留米市以外）で陽性者が確認されました。3月末から4月の流行は主に欧米経由の輸入症例から感染が拡大したと見られています⁹⁾。2020年4月7日に東京、神奈川、埼玉、千葉、大阪、兵庫、福岡の7都府県に最初の緊急事態宣言が発出されました。この時の全国の新規陽性者数は365名、福岡は23名でした。この後、第1波のピークとなり、緊急事態宣言は全国に拡大されました。緊急事態宣言が解除されたのは5月25日でしたが、7月から再び陽性者数は増加し、第2波が到

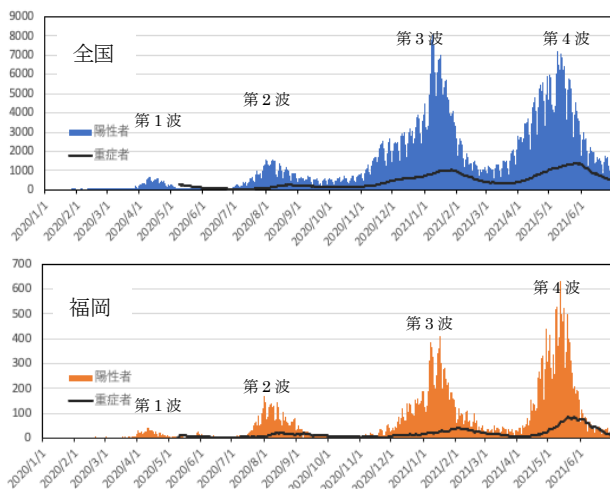


図2 全国及び福岡における新規陽性者数と重症者数
(2020年1月1日～2021年6月30日)

来しました。11月末からは第3波、2021年4月からは第4波と、「緊急事態宣言」や「まん延防止等重点措置」等の措置が取られて一時は減少するものの、再び増加し波を繰り返しています。福岡の第2波のピークは7月31日の169名（全国は8月7日の1,597名）、第3波のピークは2021年1月16日の411名（全国は1月8日の8,045名）、第4波のピークは5月12日635名（全国は5月8日の7,239名）と増加傾向にあります。また全国的に陽性者数の下げ止まりの傾向も見られ、感染拡大の波はまだ収まっていない状況です。

5 COVID-19 の今後の対策について

世界では7月4日時点で直近1週間の新規陽性者数は260万人以上が報告されています。東京オリンピック・パラリンピックがCOVID-19流行下で開催され、感染拡大のリスクの増加が懸念されています。国内においては、2021年2月17日から医療従事者等、4月12日から高齢者等へのワクチン接種が始まりました。ワクチン接種は急速に進められ、ワクチンの効果に期待が寄せられています。陽性者数及び重症者数を抑えるためには、高齢者だけでなく、より低年齢層へのワクチン接種が急務です。今後、COVID-19が完全に終息することなく、毎年流行する可能性も考えられます。マスク、手洗い、消毒などの基本的な感染症対策は今後も重要と考えられます。また、流行が長期化する中、新たな変異株の出現に注意する必要があります。さらに、地方衛生研究所として、このような新たなウイルスによるパンデミックに備え、検査体制の整備、ウイルスに関する調査研究及び情報収集、保健所との連携等、より一層の体制の強化が重要課題です。

参考文献

- 1) 厚生労働省：中華人民共和国湖北省武漢市における原因不明肺炎の発生について、
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_08767.html.
- 2) 国立感染症研究所：新型コロナウイルス（Novel Coronavirus 'nCoV）に対する積極的疫学調査実施要領、
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/coronavirus/2019-ncov/2484-idsc/9357-2019-ncov-2.html>.
- 3) 日本ウイルス学会：新型コロナウイルス感染症について、
<http://jsv.umin.jp/news/news200210.html>
- 4) 厚生労働省：新型コロナウイルスに関する Q&A(一般の方向け)、
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/dengue_fever_qa_00001.html#Q1-7.
- 5) Peng Zhou *et al.*: pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin, *Nature*, 579 270-273, 2020.
- 6) 国立感染症研究所：新型コロナウイルス SARS-CoV-2 のゲノム分子疫学調査 (2020/4/16 現在), 2020.

福岡県における化学輸送モデルの活用について

1 はじめに

PM_{2.5}や光化学オキシダントなどの大気汚染物質の濃度が上昇したとき、濃度上昇の原因や経緯を知ることは非常に重要です。しかし、光化学オキシダントや、PM_{2.5}の主成分である(NH₄)₂SO₄やNH₄NO₃などは、直接排出されるのではなく、汚染物質が大気中で化学反応して生成する物質であるため、主要な発生源は何か、どのように反応して移流したのかを知ることが困難です。そこで有効となるのが、化学輸送モデルです。化学輸送モデルでは、気温や風向風速といった気象データとSO₂やNO_xなどの大気汚染物質の排出量データを用い、化学反応を考慮して、大気汚染物質の生成・移流過程を計算することができます。気象を計算するモデルや化学輸送モデルは様々な種類が存在しますが、福岡県では、気象モデルWRFと化学輸送モデルCMAQを用いています。本トピックスでは、福岡県における化学輸送モデルの活用例を紹介いたします。

2 夏季高濃度PM_{2.5}の濃度上昇機構解明

福岡県では、夏季、太平洋高気圧に覆われると、日本の南海上から清浄な大気が流入するため、PM_{2.5}濃度は低くなる傾向があります。しかし、2018年7月中旬に、九州・山陰・瀬戸内・北陸地方の複数の地点で、日平均値が50 μg/m³を超える高濃度PM_{2.5}が観測されました。この原因について、化学輸送モデルを用いて解析を行いました。

WRF/CMAQによって計算した、SO₄²⁻粒子と風向風速の水平分布を図1に示します。図1から、SO₄²⁻は九州西方海上で濃度が上昇し、その後太平洋高気圧の縁辺流に沿って対馬海峡、山陰沖を通り、高濃度を維持したまま日本海(佐渡島付近)まで輸送されていたことがわかります。海上の汚染気塊は、日中の海風によって山陰・北陸地方へ流入していました。

化学輸送モデルを使うと、特定の発生源からの排出量を削減して計算を行い、通常の計算との差分を取ることで、その発生源

が任意の汚染物質の濃度上昇に対してどの程度寄与していたかを知ることができます。日本において、広域でPM_{2.5}が高濃度となる要因の一つとして、越境汚染が挙げられます。SO₄²⁻粒子生成に寄与するSO₂ガスについて、国外の人為起源排出量を0として計算し、通常の計算との差分から、越境汚染の寄与率を算出したものを図2(a)に示します。なお、図2では、100%に近いほど、SO₄²⁻粒子生成に対する寄与が大きいことを表します。

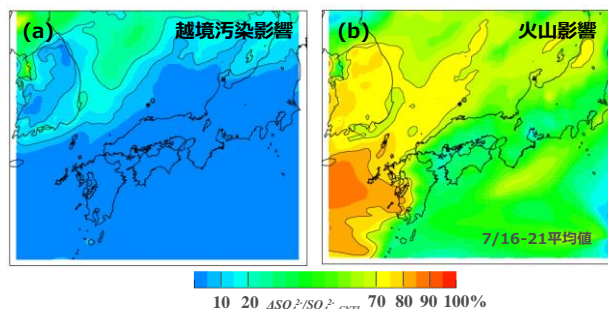


図2 SO₄²⁻粒子生成に対する越境汚染・火山の寄与

図2(a)から、越境汚染の影響は小さく、最も寄与の大きかった北陸から東北にかけてでも、10%程度であったことがわかります。越境汚染以外でPM_{2.5}濃度上昇に寄与する要因としては、火山からのSO₂が挙げられます。2010年の桜島からの年間SO₂排出量は約520 Gg¹⁾であり、これは2010年の国内人為起源SO₂排出量の推定値約588 Gg²⁾と同程度になります。そこで、国内火山からのSO₂ガス排出量を0とした計算を行い、SO₄²⁻粒子生成に対する火山の寄与率を算出したものを図2(b)に示します。図2(b)から、火山の寄与は非常に大きく、九州の西の海上で約80%、山陰沖・北陸地方で約70%となっていることがわかります。これらから、火山から噴出したSO₂から生成したSO₄²⁻粒子が九州西方海上を経由して日本海上を輸送され、広域にわたる高濃度PM_{2.5}事例を引き起こしていたことが明らかになりました。

3 光化学オキシダントのNO_x, VOC 排出量削減に対する感度

光化学オキシダントは、NO_xや炭化水素が光化学反応を起こ

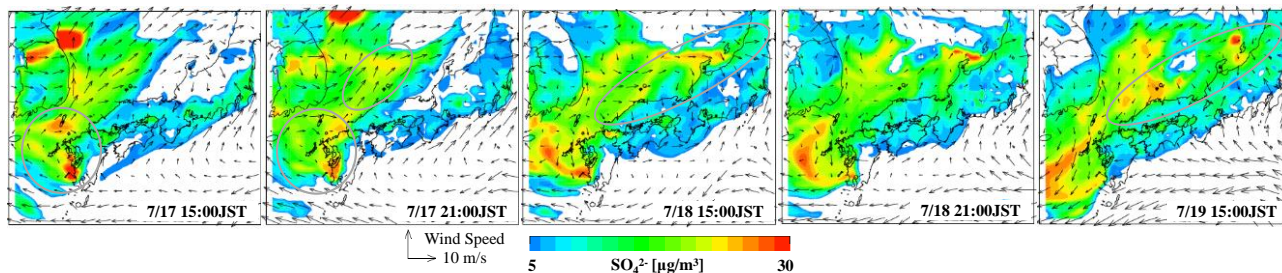


図1 SO₄²⁻粒子濃度と風向風速の水平分布

して生成した酸化力の強い物質を示し、その主成分はオゾン(O₃)です。以下、光化学オキシダントとオゾンを同義として扱います。オゾン濃度は、前駆物質であるNO_xやVOC(揮発性有機化合物)の濃度が減少しているにも関わらず、近年増加傾向にあります。その原因の1つとして、日中のオゾン生成濃度が、対象とするエリアのNO_x、VOC排出量変化に対して、非線形的に変化することが挙げられます。オゾン濃度とNO_x、VOC濃度との関係の模式図を図3に示します(井上ら(2010)³⁾をもとに加筆)。

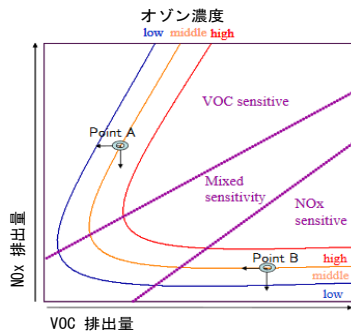


図3 NO_x、VOC排出量に対するオゾン濃度の感度の模式図

例えば、対象とするエリアが図3中のPointAに該当する場合、VOC排出量を削減するとオゾン濃度は減少しますが、NO_x排出量を削減しても減少しません。一方、PointBに該当する場合は、NO_x排出量を削減するとオゾン濃度は減少しますが、VOC排出量を削減しても減少しません。そこで、2018年6-8月の、九州内で生成したオゾンが高濃度(80ppb以上)となった日(以下、高濃度日)を対象に、九州内のNO_x、VOC排出量を削減した場合、県内のオゾン濃度はどのように変化するかを試算しました。

WRF/CMAQで計算した、高濃度日のオゾン濃度と風向風速の水平分布の時間変化を図4に示します。11:00に北九州エリアと福岡市エリア(図4(a)灰点線丸部)の風下で濃度が上昇し始め、その後、14:00から17:00にかけて、海風の侵入に伴い、高濃度オゾンは小郡市や大牟田市付近へ流れていました。

九州のNO_xまたはVOC排出量を、計算期間である6~8月の間3割削減した計算と、全排出量を含む標準計算について、オゾンが高濃度となる11:00から17:00までを平均し、(a)九州のNO_xを3割削減した計算と標準計算のオゾン濃度の差、(b)九州のVOCを3割削減した計算と標準計算のオゾン濃度の差、として図5に示します。図5はオゾン濃度の変化量を表し、NO_x、VOC削減によってオゾンが減少した場合は負(寒色)、増加した場合は正(暖色)を示します。

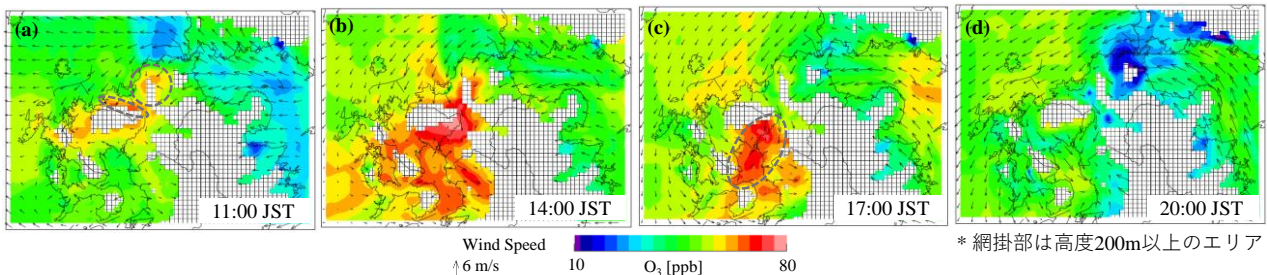


図4 高濃度日のオゾン濃度と風向風速の水平分布

は正(暖色)を示します。

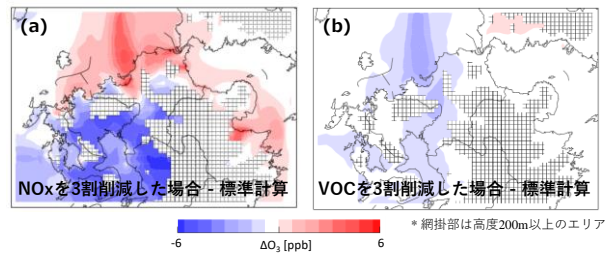


図5 NO_x、VOCを3割削減した計算と標準計算のオゾン濃度差

図5(a)から、福岡県では、NO_x排出量を削減すると、NO_x排出量の多い工業地帯(北九州)・都市部(福岡市)を含む県北側ではオゾン濃度が増加していることが分かります。この原因として、NO_x排出量の多いエリアでは、地上付近ではNOによるオゾンの分解が支配的であるため、NO_x排出量の削減によってオゾンの分解反応が減少したことが挙げられます。一方、福岡市エリアより南では、オゾン濃度が減少していました。都市部上空では、NO₂とO₂の反応などによるオゾンの生成が起きています。NO_x排出量を削減したことにより、上空で生成するオゾンが減少したため、都市部の風下に位置する南のエリアでは、都市部から流入するオゾンが減少したと考えられます。また、図5(b)から、VOC排出量を削減した場合は、福岡県全域でオゾン濃度が減少していましたが、その減少濃度は最大でも3ppb程度であり、NO_xに比べてVOCの影響は小さいと考えられました。

4 今後の展望

気象/化学輸送モデルは、大気汚染物質濃度上昇要因を解明するうえで、非常に有益なツールと考えられます。しかし、計算結果を濃度削減施策の検討などに用いるためには、モデルが十分な精度を持っていることが重要です。当所では、排出量データの更新や観測データによる補正などを行うことでさらにモデルの精度を高め、将来的に、汚染濃度分布の予報や実際の施策の試算に用いることができるよう、研究を進めています。

参考文献

- 1) 気象庁：各火山の活動状況(2018)
- 2) 福井ら：大気環境学会誌, 49, 117-125 (2014).
- 3) 井上ら：大気環境学会誌, 45(5), 183-19 (2010)