

## 静止大気環境衛星のサイエンスプラン

北 和之(茨城大・理)、笠井康子(情報通信研究機構)、秋元 肇(海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター)ほか大気化学研究会大気環境衛星検討ワーキンググループ サイエンス要求検討チーム

大気化学研究会では、平成 18 年度に「大気環境観測衛星検討会」(当初は「対流圏化学衛星検討会」)を立ちあげ、主に対流圏の大気化学・大気質に関する観測を行なう衛星の実現へ向けての議論を行っており、今年度はサイエンスプランとしてまとめる作業を行ってきた。

### 大気環境衛星の必要性

大気汚染は人間の健康を害し、森林衰退や農作物の減収をもたらす大きな問題である。世界的に見て最も注目を浴びている大気汚染物質は一般に、途上国では粒子状物質(エアロゾル)であり、先進国ではオゾンである。その理由は人間に対する健康影響が、エアロゾルとオゾンがそれぞれの地域において最も人間の健康に対し悪影響を与えていると考えられていることによる。例えば我が国の場合、健康影響の指標である環境基準の不適合率が最も高い大気汚染物質がオゾン(オキシダントの主成分)であり、全国の実に 99%以上の測定局で環境基準が満たされていない。最近アジア大陸からの越境輸送が影響していると思われるオゾン濃度の増加が全国的に見られ、オゾン濃度が 120 ppb を越える光化学スモッグ注意報の発令日数が増えている(環境省, 2007)。例えば一昨年(2007 年)5 月 8 日には、これまで注意報が一度も発令されたことのない大分県、新潟県でオキシダント注意報が発令された。欧米においてもオゾンの環境基準の未達成率が高く、その原因及び対策に対する社会的・行政的関心が高まっている。

オゾンは窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )と揮発性有機化合物(VOC) (炭化水素・アルデヒドなど)から大気中の光化学反応で生成し、その大気中滞留時間は季節と場所によって異なるが一般に数日以上と比較的長い。従ってオゾンの分布は、 $\text{NO}_x$  や VOC の放出と輸送、それらからの化学反応による生成、生成したオゾンの長距離輸送などにより複雑な影響を受ける。同様にエアロゾルの中でも健康に大きな影響を持つ微小粒子は、二酸化硫黄、VOC、オゾンなどから化学反応で生成し、オゾン同様に長距離輸送される。これら大気中の変動の大きい大気汚染物質の変動のメカニズムを解明し、広域にわたってその空間的・時間的変動を把握するには、オゾン・エアロゾル及びその原因物質の流れをほぼリアルタイムに近い時間分解能で監視できる静止衛星観測が最も適している。

### 大気環境衛星の科学目的・要求

大気化学研究会静止大気環境衛星検討 WG 会合でまとめた科学目的は以下の 8 項目であり、サイ

エンスプランではその実現のためのユーザ要求をそれぞれ挙げてある。

- A. 社会的要請に直接対応し、広域大気汚染に関する情報提供を目的とする。
- (1) 東アジアの広域大気汚染、日本の大気汚染の実況解析と予測：近年日本での光化学スモッグの発生が再び増加しつつあり、特に越境汚染の影響が指摘されている。エアロゾル(SPM)濃度もしばしば環境基準を超過し、オゾンとともに健康や生態系・農業生産、さらには地域規模気候変動にも影響が懸念されている。また、中国など東～東南アジア域では、より高濃度汚染が起こっている。そこで、東アジアから日本にかけての領域において、衛星データおよびそれをモデルへ同化することにより、主要な大気汚染物質であるオゾン、エアロゾルおよび関連物質の実況分布を推定し、いわば大気化学版客観解析データを作成するとともに、それをもとに信頼性の高い予測を行なう。
- B. メインターゲットである東アジアの広域大気汚染～日本の大気環境を理解することを目的とし、それを通じて広域大気汚染に関する情報の精度等の向上をめざす。
- (2) 東アジア地域スケールでの大気質の理解 (I) ～オゾン・エアロゾル前駆気体の放出源分布：大気汚染や地域規模気候変動にとって重要な、オゾン・エアロゾルのモデルシミュレーションにとって、前駆気体の放出源分布は基本的な情報であり、様々な指定を行なわれている。しかし、その精度はいまだ不十分であり、また日変化などの情報はほとんど得られていない。より信頼性の高いモデル構築のためには、より高精度な放出源分布の情報が必要である。そこで、東アジアから日本にかけての領域において、主要な大気汚染物質であるオゾンおよびエアロゾルの増加原因である、それらの前駆気体の放出源分布とその時間・空間変動を定量的に推定する。
- (3) 東アジア地域スケールでの大気質の理解 (II) ～オゾンの光化学生成・消失過程と輸送過程：大気汚染や地域規模気候変動にとって重要な対流圏オゾンの定量的理解、モデルシミュレーションの高精度化のため、前駆気体からの光化学生成、消失、および輸送過程を詳細に定量化する必要がある。しかし、従来の観測では、光化学変化と輸送の効果が分離できず、理解の進展を阻んできた。静止衛星による時間・空間的に連続した観測データは、光化学生成・消失、および輸送過程をそれぞれ定量化する上で、きわめて有効である。そのデータを他の直接観測やモデルと組み合わせることで、主要な大気汚染物質であるオゾンの、東アジア地域スケールにおける、前駆気体からの生成、消失、および輸送過程を詳細に理解する。
- (4) 東アジア地域スケールでの大気質の理解 (III) ～エアロゾルの前駆気体、雲、輸送過程との関係：大気汚染や地域規模気候変動にとって重要な対流圏エアロゾルの

定量的理解、モデルシミュレーションの高精度化のため、黄砂発生や都市などの1次放出源、前駆気体からの光化学生成・消失、とくに雲との関係、および輸送過程を詳細に定量化する必要がある。従来の観測では、光化学的な生成消失と輸送の効果が分離できず、理解の進展を阻んできた。特に、雲とエアロゾルの相互作用は定量化が困難であった。静止衛星による時間・空間的に連続した観測データは、光化学生成、消失、および輸送過程をそれぞれ定量化する上で、きわめて有効である。

(5) 東アジア地域スケールでの大気質の理解(Ⅳ)～アジア域での有機物収支の理解：炭化水素他の有機物には多種の物質が含まれ、その放出源は人為源のほかに植生などの自然源の寄与も大きく、その放出や光化学変化についての定量的理解は遅れている。対流圏オゾン・エアロゾルのモデル予測をさらに高精度化するためには、その動態の理解が鍵となると考えられている。そこで、炭化水素他の有機物およびその生成物であるアルデヒドの広域観測を行なうことによって、放出源地域と強度、特に気候変動と放出強度との関係、光化学変化過程など、有機物の収支とそれによる対流圏オゾン・エアロゾル生成に関する情報が得られ、これまでにない新しい知見が得られる。

C. Bに比べ、より大きいあるいは小さい空間スケールを対象として大気汚染・大気環境を理解することを目的とし、それを通じて広域大気汚染に関する情報の精度等の向上をめざす。

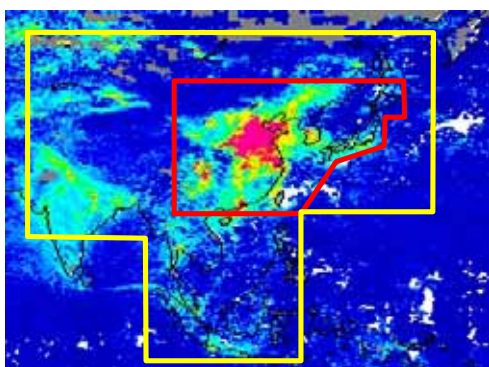
(6) アジア大陸規模の越境汚染の理解：対流圏オゾンは北半球全体で増加傾向にあり、ヨーロッパ～アジア～北米といった大陸間規模の越境汚染が重要であると考えられる。また、エアロゾルもアジアから北米への長距離輸送が重要である可能性がある。その理解のため、大気汚染物質の半球規模輸送調査委員会(Task Force on Hemispheric Transport of Atmospheric Pollutants, TF-HTAP)など国際的な活動が行なわれている。静止大気環境観測によって、特にアジアにおける大陸～半球規模の大気汚染の定量的理解のため、東アジア域へのインド、シベリア、ヨーロッパ、中央アジアからのinflow、太平洋・アメリカへのoutflowのフラックスをリアルタイムで捉え、定量化することができる。このフラックスの定量化は、境界条件としてモデル予測の改善に役立つ。

(7) 大都市域大気汚染の理解：大都市域は、大気汚染物質の主要な放出源となっている。また、人口が集中しているため、そこで暮らす人への環境影響も大きい。環境対策のために、そこでの放出量を詳細に定量化し、またオゾンやエアロゾルの動態を把握することが重要である。高分解能観測により、東京など大都市域における汚染物質排出の状況、域内スケールでの輸送の理解、オゾン・エアロゾルの分布の測定を通じて、各都市域での大気汚染状況の把握とその原因物質排出抑制対策の根拠、

大気汚染の予測、さらに他地域大気環境への影響理解に役立てる。

- D. 静止衛星の利点を活かし、大気汚染にとっても重要な突発的現象を監視し、大気環境に加え災害監視という観点からも有用なもの。

(8) 東アジア及び周辺地域におけるバイオマス燃焼や火山噴火など突発的現象の監視：森林火災などのバイオマス燃焼や火山噴火などは、時間・空間的に一定せず、その放出量の把握は大気化学・大気環境において重要であるにもかかわらず、困難であった。また、これらの把握は、防災上にもメリットが大きい。静止衛星により、バイオマス燃焼や火山噴火からの放出量を連続的に観測できれば、空間的・時間的に変動の激しいこれらの突発的放出源からの放出量をより緻密に定量化することができる。



このような観測を実施すべき領域の例を左図に示す。赤枠が、東アジア～日本での大気環境理解のため必須の領域で、黄枠が観測すべき領域を示す(背景は、SCIAMACHY 2007.Nov の対流圏 NO<sub>2</sub> カラム量分布)

大気環境にかかわる微量物質は多岐にわたり、静止衛星からの観測では、全部を観測できるわけ

ではない。大気化学研究会大気環境衛星検討ワーキンググループの感度解析シミュレーションチームでは、紫外～可視域と中赤外域、マイクロ波域でどのような物質が十分な精度で測定可能であるか、そのために必要なセンサーの要件と実現可能性について、JAXA のスタッフと話し合いながら定量的に検討を行なっている。現在のところ、ほぼ確実に観測可能であると考えられているのは、O<sub>3</sub> 対流圏カラム、NO<sub>2</sub> 対流圏カラム、CO 対流圏カラム、HCHO 対流圏カラム、HNO<sub>3</sub> 対流圏カラム、エアロゾル光学厚などであり、十分観測可能性があるものとしては、CHOCHO 対流圏カラム、SO<sub>2</sub> 対流圏カラム、NH<sub>3</sub> 対流圏カラム、CH<sub>4</sub> 対流圏カラム、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 対流圏カラム、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 対流圏カラム、アセトン対流圏カラム、CH<sub>3</sub>CHO 対流圏カラム、エアロゾルタイプ分類などである。

この静止大気環境観測衛星計画の実現については、現在のところ極めて不透明なのが現状であるが、今後も十分な技術的実現可能性を確立するため、センサー技術と解析アルゴリズムやモデルへの同化技術など様々な検討を行ないながら、諸般の協力を得て実現を目指して行きたい。