

# 多時期の Landsat データを利用した米国半閉鎖性水域の 水質変動モニタリング

- CALFED プログラムを対象として -

日大生産工(院) ○中村 光士郎 日大生産工(学部) 石橋 勇志 日大生産工 内田 裕貴  
日大生産工 野中 崇志 日大生産工 岩下 圭之

## 1 まえがき

2000年より2016年まで、本学教員がfellowshipとして関わってきた米国環境庁：(EPA) のStar Grant Researchの一環として、リモートセンシングデータによる米国閉鎖性海域の水質変動の時系列的モニタリングを行ってきた。これは併せて、テキサス大学海洋研究所、カリフォルニア大学サンタバーバラ校および日本大学との共同研究で構築した複合ラジオメトリック補正アルゴリズム「Filament-Shaped法」の効果について衛星/航空機リモートセンシングデータを利用して複数の内水域として検証を行うことも目的があり、成果を上げてきた。

本研究は、その継続的な研究の一環として、長年水質の悪化が問題視されてきた米国西海岸カリフォルニア州北部サンフランシスコ湾における水質環境を時系列Landsat画像を利用して水質改善のモニタリングならびに解析を行なった結果を報告するとともに、我が国に水質環境評価に対する将来戦略への指針を見出すことを目的としたものである。

## 2 研究対象地域

本研究では、1945年以降の土地被覆の変化・湾沿岸部の開発等により水質の悪化が問題視されてきた米国西海岸カリフォルニア州北部サンフランシスコ湾を対象とした (Fig.1)。この流域は、1980年代半ばより、毎年10km<sup>2</sup>のペースで湾の埋め立てが進み、加えて大規模農場からの農業排水により慢性的な水質汚濁が問題視され、地域の人々の懸念から米国環境庁EPA主導のもと「サンフランシスコ湾保全開発委員会 BCDC」(Bay Conservation and Development Commission)が設立され、様々な環境保全プロジェクトが実施されている。そのプロジェクトの一つとしてサンフランシスコ湾に流入するサクラメント水系などから形成される地域では、大規模な統合的水管理計画：CALFED BAY- DELTA PROGRAMにより水辺の修復・再生プログラムが実行され、生態系の保全などの分野に対して30年以上の年月をかけて環境修復努力が進められている。<sup>1)</sup>



Fig.1 Mosaic imageries of LANDSAT TM data covering San Francisco Bay Area and vicinities.

## 3 多時期の人工衛星データによるモニタリング

### 3.1 画像解析に利用したLandsatデータ

本研究の画像解析に利用したLandsatデータは、米国地質調査所 (USGS) のEarth Explorerとメリーランド大学Global Land Cover Facility (GLCF) から取得したものである。全てのバンドデータにはカリフォルニア大学Dozier、南フロリダ大学Carder、日本大学Iwashita等が構築したラジオメトリック補正アルゴリズムが組込まれている<sup>2)</sup>。これにより、現地観測水質データとの相関が著しく向上し、Chl-aの定量モデルを構築することができる。また、赤潮、青潮、貧酸素水塊等の水質挙動 (Water Body Behavior) の高精度な評価が可能となった。なお、数十年における時系列的な変化を抽出するためには、同季節でかつ雲の影の影響のない限られたデータ環境が必要となってくる。幸い1975年8月 (L2 MSSデータ)、1990年7月 (L5 TM) および2015年7月 (L8 OLI) を取得することができ、15~25年の期間での解析が可能となった。

## Water Quality Change Monitoring of Enclosed Coastal Seas in US Using Time-series Landsat Data

- focused on the CALFED program at San Francisco bay area -

Koshiro NAKAMURA, Yushi ISHIBASHI, Yuuki UCHIDA,  
Takashi NONAKA and Keishi IWASHITA

### 3.2 LANDSATデータの画像解析結果

Fig2.(a)、(b)および(c)にそれぞれ、各年度のバンドデータを利用した Chl-a 定量化モデルにより抽出・分類された 1975 年、1990 年、および 2015 年の夏季の Chl-a 分布画像を示した。画像より、以下の様に評価することができる。

#### ・1975 年 8 月 Chl-a 分布

約 40 年前の現地調査データが未整備のため実測値との関係を得ることはできず、Landsat MSS データであるためリサンプリングの範囲が若干異なる。画像から、主流のサクラメント川から流入する汚濁物質により近隣のスイスン湾に高濃度の Chl-a が発生分布（画像北部）している（Fig. 2）。

#### ・1990 年 7 月 Chl-a 分布

1975 年と比較すると、このシーンは取得日前にかけての数回の豪雨と猛暑の繰り返しにより、Chl-a が異常増殖し、湾全体が高濃度となった。特に、湾北部の東西に展開する広域な農耕域から農薬成分を含んだ周辺河川とサクラメント川を通じて流入する上流側都市域の生活排水のため、Chl-a が異常増殖し続け、湾全体的に高濃度域（平均 35mg/L）が判読でき、この時点で水質改善効果が出ているとは言い難い（Fig. 3）。

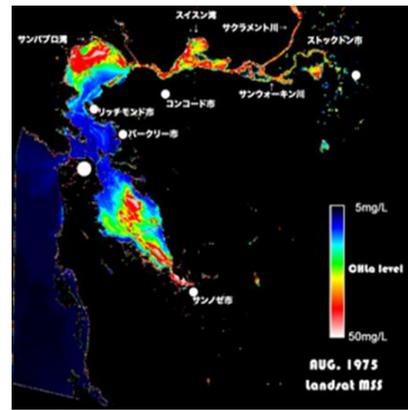
#### ・2015 年 7 月 Chl-a 分布

画像全体の Chl-a 濃度は 1990 年初頭と比較すると格段に水質が改善されており、CALFED プログラムの改善効果を確認することができる。主流のサクラメント川からサンパブロ湾を通じてサンフランシスコ湾全体に流入するというパターンは変わらないが、プログラムによる著しい水質改善効果が画像より判読できる（Fig. 4）。

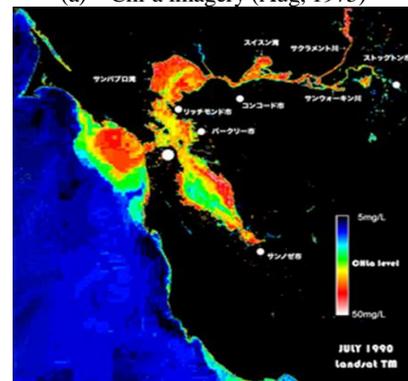
## 4 考察

本研究の解析結果からも湾全体の 40 年のスパンにかけての水質改善、すなわちプログラムの成果を視覚的に判読することができた。モニタリングの方法として、衛星データの有効活用できることが確認された。特に、2015 年の画像では当時の大統領令(2002 年)により官民一体となり劇的に改善された。しかし約 3 割の水域で水質基準が達成されていない。その主要因は、未規制である農業分野におけるさらなる削減努力が必要であることも示唆された。

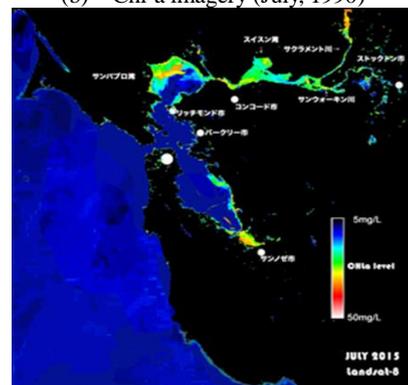
日本に適用した場合、手本となる CALFED プログラムは集水域を中心に検討されたが、集水域毎にまとめれば日本でも制度次第で応用は可能である。トップダウン的な命により、それを重要課題として主張する実力のある環境保護団体がリードし、その意見を受容する我々国民に土壌が課題と思われる。



(a) Chl-a imagery (Aug, 1975)



(b) Chl-a imagery (July, 1990)



(c) Chl-a imagery (July, 2015)

Fig.2 Time-series quantitative evaluation of regional distribution of Chl-a.

### 「参考文献」

- 1) 小椋和子,山脇正俊「アメリカ・カリフォルニア州の統合的水管理への挑戦 -CALFED ベイ・デルタ計画-」総合都市研究,第 74 号,(2001),p.77-92
- 2) K.Carder, T.Goodmann and K.Iwashita. "Ocean color radiometry from CBRSP".NASA/TM-2003-211621/Rev4-Vol.VI p.79