

11. 自己組織化マップによる島原市の地下水水質の分類

○天野弘基（長崎大院・水環）・中川 啓（長崎大院・水環）・河村 明（首都大院・都市環）

1. はじめに

自己組織化マップ（SOM）は、多次元データを2次元で表し、結果を視覚的に容易に判断できるため、統計データの分類など多くの適用事例がある^{1) 2)}。本研究では、硝酸態窒素による地下水汚染が深刻な長崎県島原市を対象とし、主要イオン濃度より SOM を作成し水質分類を試みた。

2. 研究対象地の概要

研究対象地とした島原市は長崎県南東部の島原半島北東部に位置し、面積は82.8km²であり、島原半島全体の約18%を占めている。半島の中心にそびえる雲仙普賢岳（標高1,483m）から東の有明海にかけてなだらかな斜面が広がる扇状地となっており、2012年における島原市の年間降水量は約2,540mm、平均気温は約17°Cでありケッペンの気候区分では温暖湿潤気候に分類され、これらの土地と気候を生かした畑作農業地帯となっている。島原市の耕地率は22.7%（2010年）であり、畜産では、乳用牛：約1,200頭、肉用牛：約3,000頭、豚：約13,000頭、採卵鶏：約937,700羽（2010年）が飼育されていた。また、島原市では、水道水をはじめ、ほとんどの水利用を地下水に依存している。近年、水道水源として利用されている地下水や飲用井戸水、長崎県の実施している定期モニタリング地点の井戸水の硝酸態窒素濃度が高くなる傾向にあり、多くの地点で基準値を超過する状況にある³⁾。

3. 使用したデータと SOM の作成

SOM の作成には、採水地点40ヶ所における、2011年8月から2013年11月の水質データ（Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ mgL⁻¹）を使用した。データ総数は277である。SOM作成には、入力データ間のユークリッド距離が使われるため、SOM作成は非常にデータ前処理に敏感である。そのため、SOM作成の前に、全ての入力データに等しい、もしくは類似した重要性を持たせるために、データを標準化する必要がある。よって、本研究では入力データを0から1に正規化した。

SOM は、入力データの類似性をマップ上に描画することのできるニューラルネットワークのひとつである。これにより、多次元のデータを2次元マップ上に分類し、可視的に表現することができる。入力ベクトルは、2011年8月から2013年11月の水質データ（8次元）により構成される。各ノードは、入力ベクトルと同次元の参照ベクトルを持ち、この参照ベクトルが入力ベクトルの特徴に漸近するように反復学習させる。最終的に、入力ベクトルは、最も類似した（ユークリッド距離が最も小さい）参照ベクトルに分類され、ノードマップ上での距離が近いほど互いに類似している。

SOM のノード総数を84、縦列のノード数を12、横列のノード数を7とした。マップ上の参照ベクトルを、クラスター分類をおこなう際は、最適クラスター数を DBI 値 (Davies-Boundin Index)により決定し、ウォード法によりクラスター分類をおこなった。

4. 結果と考察

図-1に各イオンの特徴を示す。これらの SOM により、視覚的に各イオンの関係を判断することができる。例えば、(a) Cl と (b) NO₃ より、どちらも左下部が黒色を示し、上部半分が白色を示していることから、強い相関があることがわかる。同様に、色の濃淡を比較すると、(e) Na と (g) Mg にも強い相関があることがわかる。各ノードの参照ベクトルを用いて各イオンの相関係数を求めた結果、最も高い相関係数は、Cl と NO₃ の 0.98 であった。

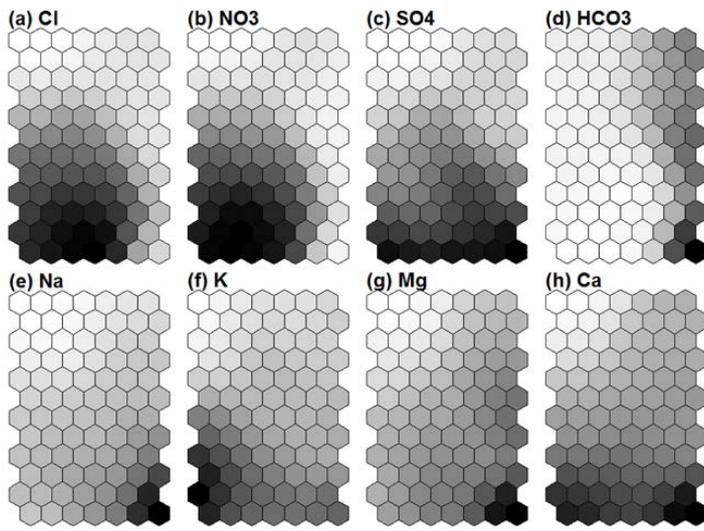


図-1 各イオンのSOM

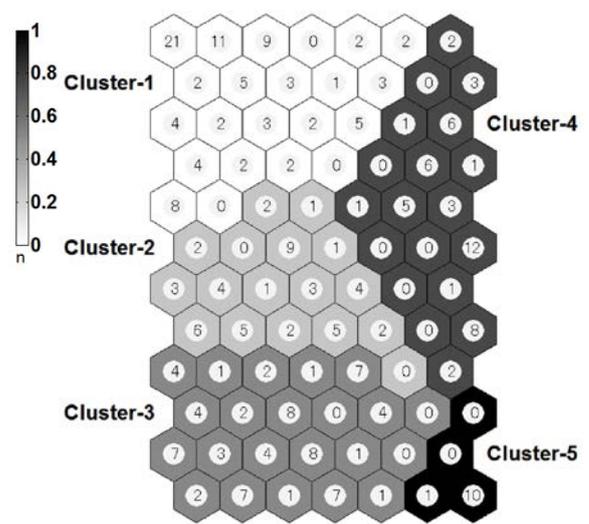


図-2 SOMによるクラスター分類

また、NaとMg、SO₄とCaの相関係数は、それぞれ0.95、0.94と非常に高い相関を示した。SO₄とCaの相関係数は0.94と、マップの類似性はClとNO₃、NaとMgほどではないが、高い相関を示した。

最適クラスター数をDBI値により求めた結果、クラスター数は5となった。この結果を元に、ワード法により、84のノードをクラスター分類した結果を図-2に示す。ノード上の数字は、そのノードに分類された入力データ数を表す。図-1と図-2を比較することで、各クラスターのイオンがどのような傾向を持つか考えることができる。例えば、クラスター1は、マップの左上部を示しており、どのイオンも他のクラスターと比べ値が低く、クラスター3は、Cl、NO₃、SO₄、K、Caの値が高く、HCO₃、Na、Mgの値は低いと判断できる。

各ノードの参照ベクトルを非正規化した値によりヘキサダイアグラムおよびトリリニアダイアグラムを描画した。ヘキサダイアグラムから、クラスター1の各イオン濃度は低く、クラスター4、クラスター5の各イオン濃度はクラスター1より高く、どのクラスターも硝酸態窒素濃度はわずかであった。また、クラスター2、クラスター3は、硝酸態窒素により影響を受けた地下汚染が分類されるクラスターだと考えられる。トリリニアダイアグラムによると、クラスター1、クラスター4、クラスター5は、日本の浅層地下水でよくみられるアルカリ土類炭酸塩型 (Ca-HCO₃)を示し、クラスター1の一部、クラスター2およびクラスター3はアルカリ土類非炭酸塩型 (Ca-NO₃型)を示した。

5. おわりに

SOMにより、ClとNO₃、NaとMgの相関を容易に判断することができ、相関係数により統計的にも相関が明らかとなった。また、DBI値より84のノードは5つのクラスターに分類することができ、その結果を元に描画したヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラムから、対象地域の水質は、アルカリ土類非炭酸塩型 (Ca-NO₃型)とクラアルカリ土類炭酸塩型 (Ca-HCO₃)に分類することができた。

参考文献

- 1) Y.-H. Jin, A. Kawamura, S.-C. Park, N. Nakagawa, H. Amaguchi and J. Olsson (2011) : Spatiotemporal classification of environmental monitoring data in the Yeongsan River basin, Korea, using self-organizing maps, Journal of Environmental Monitoring, 13, 2886-2894.
- 2) 石原成幸, 河村 明, 天口英雄, 高崎忠勝, 高橋泰之, 川合将文 (2014) : 自己組織化マップを用いた東北地方太平洋沖地震発生前後の東京の年間地下水位変動特性, 土木学会論文集B1(水工学), 70(4), 11129-11134.
- 3) 島原半島窒素負荷低減対策会議 (2011) : 第2期島原半島窒素負荷低減計画, 長崎県環境政策課, 100p.