

水環境モニタリングからみる紅河流域都市の変容と持続可能性

米澤 剛*・ベンカテッシュ ラガワン*・三田村 宗樹**・
益田 晴恵**・根本 達也**・野々垣 進***・
升本 眞二**・吉田 大介*・河野 泰之****・
柴山 守****・谷口 真人*****・スアン ルアン ツォン*****

Urban Transformation and Sustainability of Red River Basin in Vietnam based on Water Environment Monitoring

Go YONEZAWA*, Venkatesh RAGHAVAN*, Muneki MITAMURA**,
Harue MASUDA**, Tatsuya NEMOTO**, Susumu NONOGAKI***,
Shinji MASUMOTO**, Daisuke YOSHIDA*, Yasuyuki KONO****,
Mamoru SHIBAYAMA****, Makoto TANIGUCHI***** and Xuan Luan TRUONG*****

- * 大阪市立大学大学院創造都市研究科 Graduate School for Creative Cities, Osaka City University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan. E-mail: yonezawa@media.osaka-cu.jp
- ** 大阪市立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka City University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan.
- *** 国立研究開発法人産業技術総合研究所 Advanced Industrial Science and Technology, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan.
- **** 京都大学 Kyoto University, 46 Shimoadachi-cho, Yoshida Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan.
- ***** 大学共同利用機関法人総合地球環境学研究所 Research Institute for Humanity and Nature, 457-4 Motoyama, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto, 603-8047 Japan.
- ***** ハノイ鉱山地質大学 Hanoi University of Mining and Geology, Dong Ngac, Tu Liem, Hanoi, Vietnam.

キーワード：ハノイ，ラオカイ，紅河，ボーリング，地すべり
Key words : Hanoi, Lao Cai, Red River, Borehole, Landslide

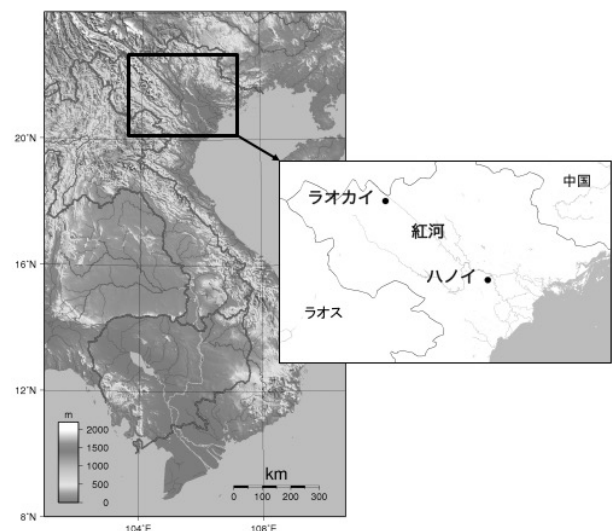
1. はじめに

これまで科学研究費補助金「水環境モニタリングからみる紅河流域都市の変容と持続可能性—ハノイを中心として—」(平成24年度～27年度)において、ベトナム北部の紅河流域都市であるハノイとラオカイの都市変容と都市環境問題解決に向けた基盤データ収集と関連する基礎研究をおこなってきた。本研究ではその成果の一部として、ハノイの地下構造把握のための3次元地質モデル構築、ラオカイで頻発する地すべりの要因、両都市をつなぐ紅河の水質について紹介する。

2. 紅河流域都市の水環境問題

本研究が対象とする地域は、北部ベトナムの紅河流域の都市、ハノイとラオカイである(第1図)。紅河は中国の雲南から南東に流れ、ハノイの北西から紅河デルタを形成し、トンキン湾(東シナ海)に注ぐ全長1,200キロメートルの国際河川である。

これまで北部ベトナムの紅河流域都市であるハノイとラオカイの都市変容と都市環境問題解決に向けた基盤データ収集と基礎研究をおこなってきた。首都ハノイはドイモイ政策以降の経済成長が著しく都市化が急速に進んでおり、大雨による洪水(内水氾濫)や地下水の過剰摂取による地盤沈下が深刻化している。これは都市のインフラ整備や上水道設備が十分ではないことが主な理由である。ま



第1図 研究対象地域。

た、ラオカイでは高速道路建設や都市周辺の農業用地拡大のために地すべりが多発している。特にラオカイなどの山地地域では政府の定耕定住政策により焼畑から常畑に代わり、急斜面での棚田が急激に増加して結果的に斜面の不安定化を招いている。

3. ハノイのボーリングデータ収集と地下構造の可視化

ハノイを中心として収集したボーリングデータは櫻井ほか(2008)の岩相対比支援システムに入力し、3次元地質モデリングに必要な境界面データを出力する。しかしながら、収集したボーリングデータは、岩石・土の表記が統一的な記載表示ではないため、本研究では JACIC ((財)日本建設情報総合センター)の土質コードにもとづいた岩相区分をおこなった。岩相区分をおこなったデータを岩相対比支援システムに入力し、春山(2004)が提示した紅河デルタの地質構造モデルにもとづいて対象地域を5つの地層に区分した。対比結果にもとづいて地質構造の論理モデルを構築し、ハノイの中心部の地形面と同じ範囲の DEM (4つの地質境界面 DEM) も作成した。地質構造の論理モデルと地形面・地質境界面の DEM を用いて、3次元地質モデルを構築し、可視化をおこなった(米澤ほか, 2015)。

4. ラオカイ周辺の斜面変動

ベトナム北部のホアンリエン山地の東側に沿って生じているいくつかの斜面変動について観察をおこなった。その結果、多くは原生代～古生代の花崗岩類・変成岩類が比較的深くまで強風化した結果、脆弱化し、その素因のもとに生じている。このような斜面変動を生じる誘因としては、この地域の雨季における大きな降雨が地下浸透して斜面の不安定化が生じているとみられる。しかし、それだけではなく、その多くが道路拡幅や高速道路建設に伴う斜面切取での不安定化を導いている。また、ラオカイ周辺の山岳地では、とくにモンセン地区(ラオカイとサバの中間地点)では、これまで焼畑中心であった山地斜面利用が、棚田開発に転換され、山地斜面下部の強風化部は選択的に棚田化している(第2図)。上方の溪流部分から灌漑水路によって導水された水は、斜面下部に展開された棚田に供給され、その水の一部は深層風化した斜面内部に浸透し斜面の強度低下と地下水上昇に寄与するものとみられる。

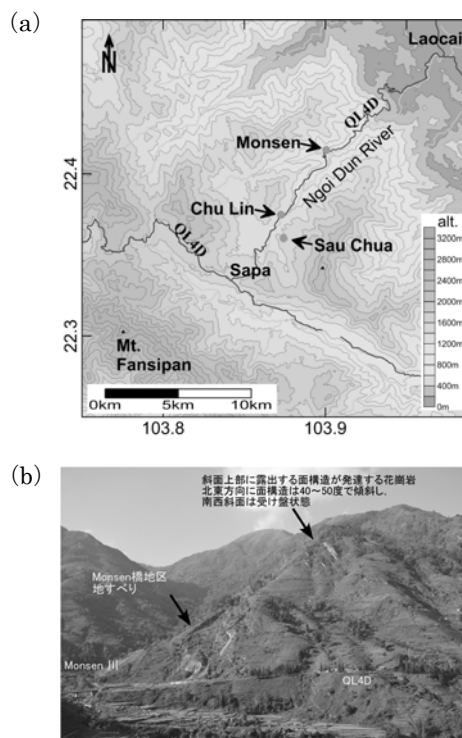
5. 紅河の水質と持続可能性

紅河デルタ地域ではヒ素による地下水汚染も広がっており、その運搬過程を追跡するために雨季と乾季の紅河の河川水サンプリングをおこない、水の安定同位体分析からベトナム北部における運搬過程も解明した(第3図)。中国・雲南省の岩体由来するヒ素や鉛は、紅河本流の河川中に WHO 環境基準値を超えて含有されることがある。しかし、鉛の大部分とヒ素の半分程度は砕屑性粒子や懸濁物にあり、ヒ素含有量も洪水によって希釈される雨季には低濃度になることがわかった。これらのことから砕屑性粒子を沈殿させる、可能な限りベトナム領内を流れる支流の河川水を用いるなどの対策を講じることにより、これらの有害元素が十分に低濃度となる水を得ることができると考えられる。

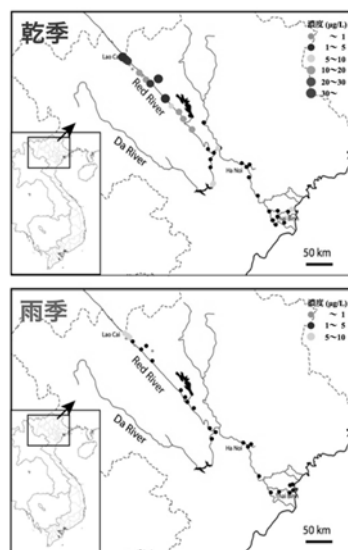
6. おわりに

ベトナムの紅河流域都市では、さまざまな都市環境問題が多発している。それぞれの都市が抱える問題は異なるものの、それぞれの要因には人間活動が深く関わっている。今後、都市の人間活動が流域の水・地形環境に与える影響を自然科学データだけでなく社会データも考慮して検討し、ベトナムの流域都市圏における自然と社会の調和を考える必要がある。

本研究は科研費(24251004)の助成を受けたものである。



第2図 ラオカイの地すべり調査地。
(a) ラオカイ・モンセン地区の地図と (b) 地すべり写真
(三田村作成・撮影)。



第3図 試料採取地点と溶存ヒ素濃度(益田作成)。

文献

- 春山成子(2004) ベトナム北部の自然と農業. 古今書院, 131p.
 櫻井健一・サラウット ニンサワット・塩野清治・升本眞二(2008) ホーリングデータを用いた岩相対比支援システム-Web-GISによる3次元地質モデル構築に向けて-. 情報地質, vol. 19, no. 2, pp. 82-83.
 米澤 剛・野々垣 進・櫻井健一・三田村宗樹・升本眞二・ベンカテッシュ ラガワン・スアン ルアン ツオン・根本達也(2015) ベトナムのボーリングデータにもとづく3次元地質モデリング. 情報地質, vol. 26, no. 2, pp. 100-101.