

## ブータンヒマラヤの氷河湖堰止めモレーンダム構成材料の性質とダム決壊に係る2,3の検討

### Properties of the Dammed Moraine of the Glacial Lake and Some Analytic Examinations of Collapse of It in Bhutan Himalaya

梅村 順<sup>1\*</sup>, 小森 次郎<sup>2</sup>, 竹中 修平<sup>3</sup>, プンツォ ツェリン<sup>4</sup>, 小池 徹<sup>3</sup>, 檜垣 大助<sup>5</sup>, 佐藤 剛<sup>6</sup>

Jun Umemura<sup>1\*</sup>, Jiro Komori<sup>2</sup>, Shuhei Takenaka<sup>3</sup>, Phuntsho Tsering<sup>4</sup>, Toru Koike<sup>3</sup>, Daisuke Higaki<sup>5</sup>, Go Sato<sup>6</sup>

<sup>1</sup>日本大学工学部, <sup>2</sup>名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>3</sup>株式会社地球システム科学, <sup>4</sup>ブータン地質鉱山局, <sup>5</sup>弘前大学農学生命科学部, <sup>6</sup>帝京平成大学現代ライフ学部

<sup>1</sup>Nihon University, <sup>2</sup>Nagoya University, <sup>3</sup>Earth System Science Co.LTD.,

<sup>4</sup>Department of Geology and Mines, Bhutan, <sup>5</sup>Hirosaki University, <sup>6</sup>Teikyo Heisei University

#### 1.はじめに

ヒマラヤ地域では近年、気候変動に伴う氷河の融解に起因したモレーン堰止め氷河湖の決壊洪水(GLOF)災害に悩まされている。本報告では、氷河湖堰止めモレーンダムの決壊に対する検討の基礎となる、その構成材料の性質について、ブータンヒマラヤの氷河湖で採取した試料に対して調べた結果について報告する。次いで、既存のソフトウェアを用い、これら結果をパラメータとして越流決壊を対象として解析的に検討した結果について述べる。

#### 2.試料の採取場所とその性質

試料は著者らの内、小森、竹中、および、プンツォが、2009年9月9日から10月15日にかけて実施した、マンデチュエ上流域調査の過程で採取した。

試料の性質に係る試験では、本報告で越流決壊を想定しているので、その素因に相当する土粒子そのものの密度、土粒子集合体としての密度(かさ密度)、粒度分布を調べた。それらの結果を表-1、図-1に示す。土粒子の密度は一般に、2.65g/cm<sup>3</sup>程度であるので、特徴的な値ではなかった。また、かさ密度は、LakeAとLakeDとで異なり、これらの値から得られる間隙率は、LakeAが34.6%、LakeDが49.4%であった。これらの試料が砂質土であることを考慮すると、LakeDはル

Table-1 Physical properties of dammed material (by JIS A 1202)

	Lake A (Bhutan)	Lake D (Bhutan)
Specific gravity of soil particles	2.635g/cm <sup>3</sup>	2.641g/cm <sup>3</sup>
Bulk density	1.723 g/cm <sup>3</sup>	1.336 g/cm <sup>3</sup>

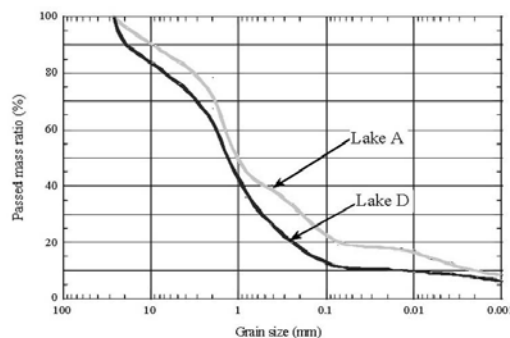


Fig. -1 Grain size distribution curve (by sieve and hydrometer method)

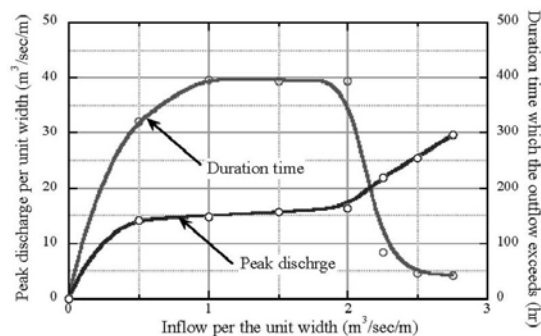


Fig. -2 Relationship of the peak discharge and the duration time with the change of the inflow (by BREACH model analysis)

ーズな状態にあることがわかった。さらに、粒度分布は、LakeAで細粒分(シルト分以下)が20%程度含まれている点で特徴的であった。なお、これらの試験はいずれも、日本工業規格(JIS)に準拠して実施した。

### 3.越流解析ソフトによる決壊の検討

梅村(2009)は、越流決壊の場合、モレーンダムの勾配は主因子にはならず、越流水の量とその継続時間が大きな要因になることを示した。そこで本報告では、この点について検討を行った。具体的には、1)上流から氷河湖に流入する水が増加し、湖水面が高くなって越流する場合、2)氷河湖内への落石等により津波が生じてダム上部が破壊されて湖水面よりも天端が低くなったために、低くなった天端の位置まで湖水が低下する過程での越流、などに対応させて、湖水面を天端と一致させた位置から恒常的に上流から水量を与える条件の下で、流入量の影響を調べた。

解析には、BREACHモデルによる解析ソフト(Boss International社製)を利用した。ジオメトリデータを固定し、試験から得た材料パラメータと、今回は得られず、不足したパラメータは、梅村がネパールImjaTsho氷河湖で求めた値を用い、流入量を段階的に変化させた。

図-2は、その結果の一例である。ダムに対して流入を与えると、初期に天端が浸食されて流出にピークを生じるものの、流出量は急増することなく、長い時間かかって浸食が継続して次第に安定化していく傾向にあった。一方、流入が多くなると、一気に大きなピークを呈して流量が急増し、そのために流出が継続せずに安定化していく傾向にあった。後者の傾向は、まさに決壊→土石流化のシナリオであり、このような傾向での決壊が、危険度の高いGLOFに相当すると考えられる。

### 4.まとめ

本報告では、

- 1)ブータンヒマラヤに発達する氷河湖の堰止めモレーンダムを構成する材料の性質を示した。
- 2)解析の結果、越流決壊の場合、ダムに与える上流側からの流入量が、決壊時の土石流化の有無に影響を及ぼした。このことから、氷河湖決壊の危険性検討に、氷河湖の流入流出に係るデータ、すなわち、水収支が有用であることが示唆された。

なお、本研究は、平成20年度JST&JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業(研究代表者：名古屋大学大学院 西村浩一)の補助を受けた。

キーワード:ブータン,氷河湖決壊洪水,ダム構成土,物理的性質,越流決壊解析

Keywords: Bhutan, Glacial Lake Outburst Flood, Dammed moraine, Physical property, Analysis of Collapse of Dam caused by overflow