

宮城県仙台西高等学校地学部

災害・気象研究グループ

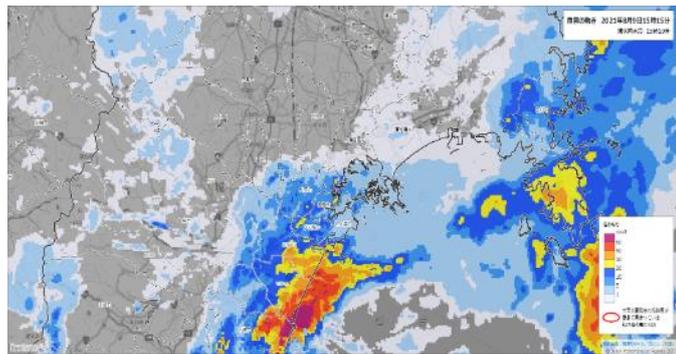
テーマ

豪雨による仙台西高等学校の斜面崩壊はどのような気象条件で発生するのか

－豪雨と斜面崩壊の関係を調べ、予測方法を考察する－

宮城県仙台西高等学校 地学部

3年	井出真菜	久保敦也
2年	佐藤 光	佐藤 颯
1年	澤田 遥	



豪雨による仙台西高等学校の斜面崩壊はどのような気象条件で発生するのか
 —豪雨と斜面崩壊発生 の関係を調べ、予測方法を考察する—

1 はじめに

近年、地球温暖化の影響を受け、日本においてもいろいろな気象災害が発生する頻度や被害の程度が大きくなってきていると言われている。私たち宮城県仙台西高等学校地学部の災害・気象研究グループは（以下、研究Gとする）これまで地球温暖化の影響が本当に仙台西高校学校（つまり仙台上空）に及んでいるのかについていろいろな角度から研究してきた。（表－1）

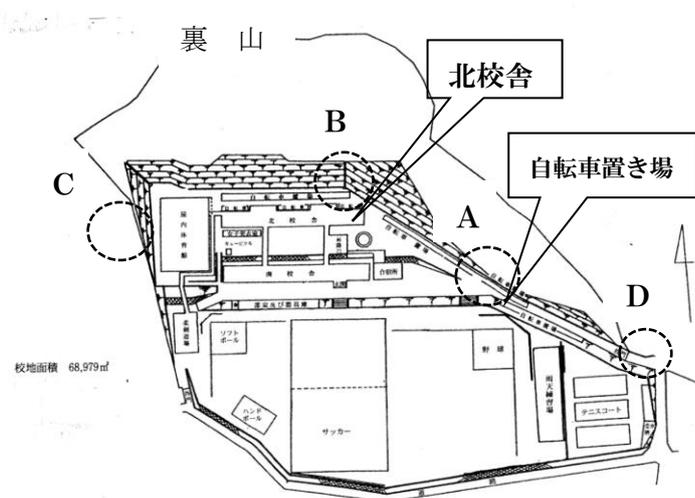
表－1 仙台西高地学部のこれまでの研究内容（概要）

	期 間	テーマまたは主な研究内容
1	平成 24～26 年	大気不安程度を示す指数の開発、熱雷の発生する条件の研究
2	平成 27～30 年	「地球温暖化の影響は仙台西高にあるのか？」
3	平成 31～令和 2 年	地球温暖化によるゲリラ豪雨の発生（仙台市内・周辺地域の降水量の違い）

今年度は局地的強雨（豪雨）と土砂災害の発生状況の関係を調べることを一つの目的（研究主題）とした。仙台西高校でも記録されている土砂災害（斜面崩壊）は少なくとも3回発生している。（図－1, 表－2）仙台西高は昭和 58 年に開校し、今年 年目をむかえる。校地は丘陵地の斜面を整地したもので、北校舎の北側には傾斜の大きい斜面がある。本校北校舎は角度の急な崖に囲まれている。局地的強雨とこの斜面崩壊の関係を調べれば、再度発生するかもしれない災害を予知し、人命を失うことや物的被害（建物、自転車など）を未然に防ぐことができるのではないかと考えた。

表－2 仙台西高で発生した斜面崩壊（図－1, 2 参照）

	災害発生年月日（期間）	発生箇所・地点	主たる要因	降水量
1	平成 6 年(1994) 9 月 22～24 日	自転車置き場 A	寒冷低気圧	300mm
2	平成 27 年(2015) 9 月 5～11 日	北校舎裏北側斜面 B	台風 19 号	355mm
3	令和元年(2019) 10 月 11～13 日	体育館裏西側斜面 C・および B	台風 18 号	402mm



図－1 仙台西校敷地で斜面崩壊が発生した場所



図－2 実際の斜面崩壊発生の写真(B地点)

昨年度の研究テーマ（令和2年度環境甲子園で発表）は「ゲリラ豪雨はどんな条件の時発生するのか？」であった。先輩達の研究を簡単に要約すると、以下ようになる。

- (1) **ゲリラ豪雨**は気象庁で使っている正式な用語ではなく、正式には「**集中豪雨**」や「**局地的強雨**」である。私たち研究Gは20×30km四方の地域で降る1時間当たり50mm以上の雨をゲリラ豪雨として研究をした。
- (2) 研究Gは、部員の自宅に簡易雨量計を設置、気象庁のアメダスデータも含めてより緻密な観測網を設けて観測した。その結果、仙台管区気象台のデータと各地点の降雨量のデータには気象条件によって大きな差ができることがわかった。その場合、いくつかのパターンがある。（略：昨年度の論文参照）
- (3) 気象庁の20年間のデータを調べ、前半10年と後半10年を比較してみた。40mm以上の降雨があった回数は前半0回、後半6回と明らかである。（表-3）しかし、50mm以上降雨があった回数はわずかに3回で、仙台地域にいわゆる**ゲリラ豪雨が多発するようになった**というのは間違いである。
そこで、私たち研究Gは仙台西高で発生する斜面崩壊は、具体的にどのような雨の降り方の時に発生したのかを調べることになった。（局地的強雨と斜面崩壊の関係について）

表-3 1976～1985年、2010～2019年10年間の一日降水量・時間最大降水量の比較

	MAX(1日)	月日	MAX(1時間)	月日		MAX(1日)	月日	MAX(1時間)	月日	主な原因	
1	1976	102.5	9月4日	38.0	9月4日	2010	69.5	9月12日	42.5	7月26日	雷雨
2	1977	71.5	9月19日	17.5	9月19日	2011	235.5	9月21日	51.0	9月21日	台風15号
3	1978	50.0	8月17日	25.0	8月30日	2012	85.0	6月20日	31.0	6月20日	
4	1979	90.0	10月19日	30.0	8月20日	2013	75.0	9月15日	40.5	9月15日	台風18号, 停滞前線
5	1980	78.5	8月30日	33.0	7月25日	2014	110.0	10月14日	47.5	10月14日	台風19号
6	1981	123.5	9月26日	26.0	9月26日	2015	163.5	9月11日	50.0	9月11日	台風17号, 低気圧
7	1982	112.0	9月12日	37.0	9月12日	2016	131.0	9月8日	36.5	9月8日	
8	1983	72.0	7月5日	30.0	9月7日	2017	132.5	10月23日	33.0	10月23日	
9	1984	63.0	9月3日	10.0	7月11日	2018	70.0	8月28日	21.5	9月5日	
10	1985	58.5	9月29日	25.5	6月9日	2019	644.5	10月12日	63.5	10月12日	台風19号
	平均	82.2	平均	27.2		平均	171.65	平均	41.70		

注 は1時間当 40mm以上 は1時間当 50mm以上の降雨

2 研究手法

- (1) 仙台西高等学校における過去の斜面崩壊の記録を調べる。
 - (2) その時の気象データ（アメダス）を分析し、その特徴をまとめる。
 - (3) 本校屋上に気象観測装置を設置し常時気象観測を行い、データを集める。
令和2年度より、屋上に雨量センサーを、令和3年度より自動気象観測装置を設置した。（表紙写真）
 - (4) 昨年度に引き続き部員の自宅に簡易雨量計を設置し、この地域の雨量データを集める。
 - (5) 大雨が降った場合、今後降ることが予想される場合、土壌水分計（図-6）を使って斜面に含まれる水分の変化を記録する。
 - (6) 崖の特徴・性質を調べる。（表-4）そして、崖の状態を常時観測・記録する。
 - (7) (3)～(6)を総合的に分析し、斜面崩壊が発生するかどうか予測する。
- (1)(2) は本校におけるこれまでの土砂災害（斜面崩壊）に関して、データを収集し災害が発生する傾向を分析することである。(3)～(6)は現在の観測である。そして、(7)は(1)及び(2)で求めた仮説の検証ということになる。

3 結果

(1) (2) 過去3回の斜面崩壊時における雨の降り方を調べると次のようになる。(図-3, 4, 5)

共通点として考えられるのは25~27時間で3回とも積算降水量が250mmを越えていることである。

ただし、斜面崩壊が始まる瞬間を捉えてはいないので、何mmに達すると発生するという仮説は立てられなかった。しかし、2019年のケースは崩壊の直後を確認している。

(図-3)

(3) (4) 本校では降雨に関して3種類のデータを常時集めている。

- ① 簡易雨量計 屋上及び地学部員の自宅に設置し、气象台との降雨量の違いをチェックする。(昨年度環境甲子園の論文参照)
- ② 自動気象観測装置 (ISS) 表紙写真
- ③ 雨量センサーを接続したデータロガー

(5) (6) 昨年度より大雨が降ると予想される場合、土壌水分計(図-6)を使って1日1~2回測定記録している。

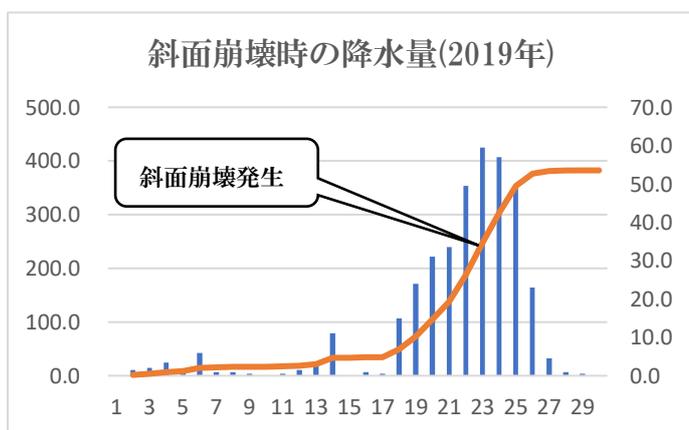
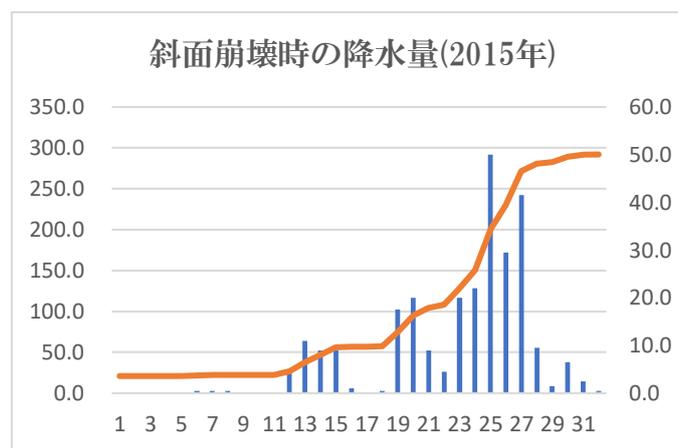
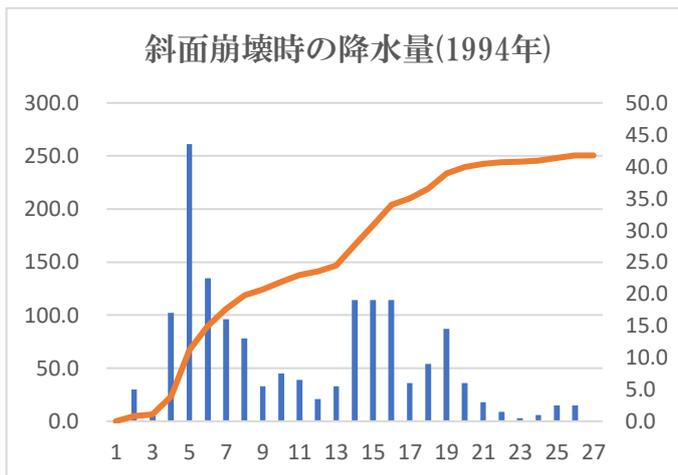


図-3, 4, 5 (上から) 斜面崩壊時の降水量

凡例

- 1時間当り降水量
- 積算降水量

縦軸左側は積算降水量, 右側は1時間当降水量 (mm) 横軸は時間の経過である

(5) 土壌水分の測定

土壌水分の測定方法はいろいろな方法がある。研究Gは2つ方法で記録した。① 崖の試料200gを採取し秤量,その後ホットプレート180℃で2時間乾燥させ再び秤量した。この計測は3回実施した。② 土壌水分計(竹村機器製 図-6)を使ってプローブの半分まで崖に差し込み,5回計測して平均値を採用した。これは長期間毎日測定した。この測定方法は電気抵抗から水分量(%)を割り出す方法で①の値と10ポイント程度離れている。(表-6)

特徴として降雨が連続してあり, 水分を多く含むと晴天が続き乾燥状態が何日も連続しても土壌水分量は大きく減少しないことがわかった。図-9



図-6 土壌水分計測器
(竹村計測器製)



図-7 土壌中の水分を計測



図-8 試料200gをホットプレートで2時間乾燥させ, 水分量を測定

(6) 本校の崖の特徴(地質) 本校の崖は名取層群・綱木層と呼ばれる海生の地層で主に砂岩, 泥岩, 凝灰岩からなる堆積岩である。堆積年代は新第三紀後期中新世とされる。海生層という根拠は砂質泥岩の層から海生の珪藻化石が大量に産出されているからである。(仙台西高校地学部・化石グループの研究による。省略)

化石グループはこの崖から岩石試料を採取して粒度分析している。(表-4 C地点のサンプル)

表-4 試料の粒度分析

	粒径mm	重量g	重量g
1	2 以上	5.3	13.0
2	2~0.5	21.4	70.3
3	0.5~0.25	21.4	34.3
4	0.25 以下	154.4	66.8

注 乾燥試料約200gをふるいにかけて重量を計った(C地点2か所)

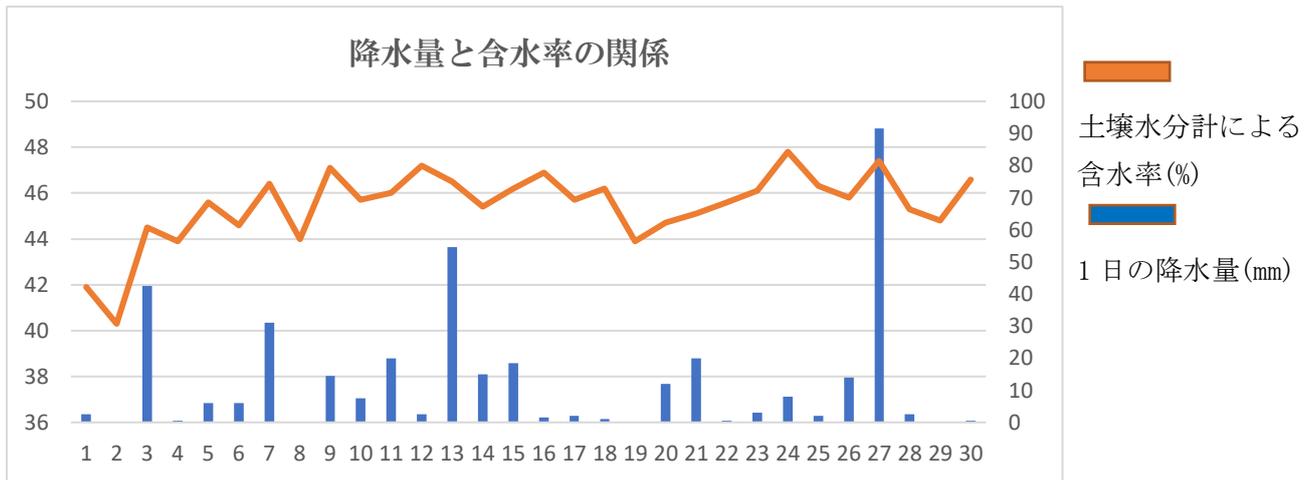
表-5 碎屑物の区分と堆積岩の種類

	粒径 mm	区分	堆積岩の区分
1	2 以上	礫	礫 岩
2	1~2	極粗粒砂	砂 岩
3	1~0.5	粗粒砂	
4	0.5~0.25	中粒砂	
5	0.25~0.125	細粒砂	
6	0.125~0.063	極細粒砂	シルト岩
7	0.063~0.031	シルト	

これによると斜面崩壊が起こった本校崖の特徴は砂岩, 砂混じりのシルト岩(泥岩)と考えられる。観察の結果, 水分を含んでも, かなり固い岩質と考えられる。(付属資料参照)

土壌中の水分を計測したデータを記載するが, 土壌水分計(水分チェッカー)の値と, 実際に乾燥させて乾燥重量から水分量を求めた値を比較すると, 10ポイント以上差が出てくる。しかし, 崖の水分量を連続して計測していれば, どちらの方法でも危険な状態が迫って来ているか予測できると考える。

2020年7月C地点において小規模の斜面崩壊が発生。この時の含水率は46%に達していた。表層から雨水が染み出し, 表面から流れ出していた。(補助資料参照) これを一つの目安とした。



図－9 1日当り降水量と含水率（2020年7月）

縦軸左は含水率（%），縦軸右は降水量（mm） 横軸は1日を示す。

表－6 土壌中の含水率（水分量）測定値の比較

	測定期日	電気抵抗法(直接崖で)	同左(ビーカー中で)	乾燥重量法 %
1	2020年 7月 30日	46.9	計測せず	34.3
2	2020年 8月 9日	44.2	39.1	30.3
3	2021年 8月 3日	43.1	42.1	29.5

まとめと考察

- (1) 本校で発生する土砂災害（斜面崩壊）は25～27時間の間に積算で250mm以上の降雨があると発生するのではないかと考えられる。また、雨の強さは1時間当り40mm以上降っているという記録はあるがこれが斜面崩壊の条件とすることはできない。
- (2) 本校の崖は砂岩および砂質泥岩である。土壌水分（含水率）は電気抵抗法によれば降雨があっても44～50%を推移する。
- (3) C地点では土壌水分が46%程度で飽和状態になり、雨水が表面を伝わって下に流れ、小規模の表層崩壊が発生した。
- (4) 本研究は本校での斜面崩壊の回数が少ないので、発生条件を確定できないが、発生傾向をつかむことはできたと考える。即ち、今後台風の接近などにより、25～27時間で250mm以上の降雨があれば斜面崩壊の発生すると発信できると考える。
- (5) 図－9のように現在斜面崩壊が起きないように工事がなされたが、地質的には同じなのでどこでも崩壊が起こる可能性がある。今後も観測を継続していきたいと考える。
- (6) さらに、地学部員の自宅データも取り入れた仙台西高周辺における斜面崩壊の研究も行いたい。



図－9 開始された復旧工事

参考文献

飯田智之 技術者に必要な斜面崩壊の知識 鹿島出版会 2012年