

第47回自然災害科学総合シンポジウム

(平成22年度防災研究所 重点推進型共同研究)

講演論文集

平成 22 年 12 月 20 日(月)

於:東京工業大学蔵前会館
ロイヤルブルーホール

主催

京都大学防災研究所自然災害研究協議会

目 次

【平成 21 年度科学研究費補助金・特別研究促進費による突発災害調査研究】

「平成 21 年 7 月の豪雨による防府地域の土砂災害と防災対策に関する研究」

羽田野袈裟義（山口大学大学院 理工学研究科）

兵動正幸（山口大学大学院 理工学研究科）

朝位孝二（山口大学大学院 理工学研究科）

宮田雄一郎（山口大学大学院 理工学研究科）

山本晴彦（山口大学 農学部）

鈴木素之（山口大学 大学評価室） 1

【平成 22 年度重点推進型共同研究：突発災害時における初動調査体制拡充および継続的調査研究支援システムの試行】

「2008 年岩手・宮城内陸地震において地盤の非線形応答が低層 RC 造建物の被害に与えた影響」

三辻和弥（山形大学地域教育文化学部生活総合学科）

前田匡樹（東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻）

松川和人（東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻） 11

「2009 年 7 月下旬の中国・九州北部豪雨の気象状況

– 2009 年 7 月 19 日～26 日の豪雨 –」

守田 治（福岡大学環境未来オフィス）

川野哲也（九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門）

鈴木賢士（山口大学農学部生物資源環境科学科）

山口榮次（元気象庁関西航空地方気象台長） 19

【企画：自然災害総合研究班発足から 50 年】

「自然災害総合研究班から自然災害研究協議会へ：50 年の歩みを振り返って」

寶 馨（京都大学防災研究所教授） 29

【平成 22 年度京都大学防災研究所重点推進型共同研究（22N-02）】

「多分野の研究者との連携およびステークホルダーとの協働による新たな総合的災害観測・調査・防災研究推進の枠組みに関する検討」

- 1) 環境・社会構造変化に伴う新たな研究課題解決を目的とした多分野の研究者の連携による新たな共同研究・災害観測・調査体制の構築

「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り –研究プロジェクトの概要について–」

三隅良平（独立行政法人防災科学技術研究所） 31

「首都直下地震防災・減災特別プロジェクトで見えてきたもの」	
	酒井慎一（東京大学地震研究所）
	平田 直（東京大学地震研究所） 35
2) 災害軽減に関わる様々なステークホルダーとの協働による研究フレームの構築（フィールド科学の構築）	
「市民の目を見た防災研究」	
	所澤新一郎（共同通信社会部） 39
「減災に取り組む市民活動」	
	池上三喜子（財団法人市民防災研究所） 43
3) ユビキタス社会における災害情報の蓄積・配信手法および研究者ネットワーキングのあり方	
『今』を把握するウェザーリポート、その現状と可能性について」	
	内藤邦裕（ウェザーニュース 予報センター） 47

平成 21 年 7 月の豪雨による防府地域の 土砂災害と防災対策に関する研究

【平成21年度科学研究費補助金・特別研究促進費による突発災害調査研究】

羽田野袈裟義*・兵動正幸*・朝位孝二*・宮田雄一郎*・
山本晴彦**・鈴木素之***

*山口大学大学院理工学研究科

**山口大学農学部

***山口大学大学評価室

要 旨

2009年7月中国・九州北部の豪雨により防府で発生した土砂災害の緊急調査の結果を報告している。防府と山口では 6 時間雨量が200mm を超え、10分間雨量8mmを超える雨が断続的に降ったこと、降雨量の差は小さいが地質の違で土砂災害の発生に大きな差が出たこと、土石流が発生したが災害は土砂災害であったこと、などを述べている。また、剣川流域の土砂流出を調べ、堰堤の有効性を述べると共に今後の防災対策を提示している。

1. はじめに

平成 21 年 7 月 21 日未明からの豪雨により山口県では過去に例を見ない大規模な土砂災害が発生した。土砂災害は防府市を中心に発生し、多くの人的、物的損害を受けた。この地域は花崗岩および花崗岩が風化したマサ土からなり、多量の雨と地質が斜面崩壊とそれに続く土石流を引き起こした。災害発生直後から、山口大学工学部社会建設工学科の教員を中心として、(社)土木学会、(社)地盤工学会、(社)砂防学会など、関係する学会の調査団が組織され緊急調査にあたった。本文は、その調査結果を取りまとめたものである。8月10日時点における山口県下の被害状況は表-1に示すとおりである。県内で、死者数17名(防府市14名(老人ホーム7名、下右田4名、真尾2名、奈美1名)、美祢市1名、下関市1名、岩国市本郷1名)、重傷者8名、家屋全壊33棟、床上浸水706棟、公共土木施設(道路・河川等)約670か所、土石流発生65か所、がけ崩れ125か所となっている。

土砂災害についてみると、防府市の国道262号沿い(剣川沿い)と佐波川左岸上流の真尾、石原地区

で大規模な土石流が発生して人的被害が出た。国道262号沿いでは、11:40頃、勝坂、下右田などの溪流で大規模な土石流が発生して剣川に流入して剣川を土砂礫の堆積や流木で閉塞したため、土砂流が国道を流下し、佐波山トンネルから新幹線の高架橋付近まで約2.5kmの区間に土砂礫が押し寄せ、通行中の車両数台とそれを救出するために駆けつけた消防車が土砂の中に閉じ込められる、などの被害が出た。

表-1 山口県内の被害概要

被害の分類	被害の状況	
人的被害	死者	17名
	重傷者	1名
住家被害	全壊	31棟
	半壊	65棟
	一部損壊	29棟
	床上浸水	676棟
	床下浸水	3,526棟
公共土木施設	道路・河川等	約670箇所
土砂災害	土石流	63箇所
	崖崩れ	132箇所

また、勝坂、下右田の沿線一帯で土石流により家屋や耕作地が土砂で埋没した。特に剣川と国道が交差する勝坂で剣川上流約 2 km の支溪流で生産された大量の土砂が流出してきた。下右田では国道沿いの剣川にほぼ同じ地点で流入する両側の溪流で土石流が発生した。この土石流で剣川の右岸に流入する支溪流に設置されていた治山ダムの袖部が破損した。

真尾では、佐波川支流真尾川の支流、上田南川で大規模な土石流が発生し、近くの特養老人ホームに 12 時半ごろ、大量の土砂が流入して 1 階部分をほぼ埋め尽くした。その結果、入所者 7 人が犠牲になった。また、真尾川より尾根 2 つ隔てた下流の石原地区にあり佐波川左岸に流入する 2 本の溪流で比較的大きな土石流が発生し、ふもとの家屋が土砂で埋没し、2 名の死者が出た。聞き取り調査によると、石原地区の 2 溪流では過去に約 60 年前と約 100 年前に土石流が発生している。また、地質の年代測定により、上田南川では約 200 年前に土石流が発生していたことが推定されている。また、国道 262 号沿線では住民が豪雨時の土砂災害の危険に一定の認識をもっていた。今回の豪雨により防府で発生した主な土砂災害の状況を表-2 に示す。

表-2 防府で発生した主な土砂災害の状況

名称	所在地	人的被害	状況
真尾まなお	防府市大字真尾	死者 7 名	真尾川支流上田南川の土石流災害 12 時 30 分頃発生、老人ホームが被災 数箇所の崩壊に起因して発生
石原 A・B	防府市大字真尾字石原	死者 2 名	矢筈ヶ岳北斜面の土石流災害 下流の住宅地が被災 山火事の痕跡あり
勝坂	防府市大字下右田字勝坂		表層崩壊 但し、最奥の源頭部で大規模崩壊 谷部の堆積土砂の侵食により土石流が発生し、下流の住宅地・道路・橋梁が被災 土砂を堆積させた砂防堰堤あり
下右田しもみぎた	防府市大字下右田・高井	死者 4 名	国道を挟んで、東西両側の沢部から土石流発生 11 時 40 分頃発生 流出土砂は国道を流下し、住宅街に土砂堆積 西側に治山ダムあり
峠下たおした	山口市大字下小鯖		泥流が発生、下流側の広域に広がる 粗粒のまき土が主体

2. 降雨特性

2.1 梅雨前線の動きと豪雨の概略

防府市・山口市で集中豪雨が発生した 2009 年 7 月 21 日午前 9 時には、梅雨前線が対馬海峡から山口県の北の海上をゆっくり南下し、山陰沖から近畿地方を通過して東海地方に延びる前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込み、前線の活動が著しく活発化した。これにより、梅雨前線に近い山口県では、21 日明け方から激しい雨が降り始め、8 時までの 1 時間に山口

県北部、西部、中部で 80mm を超える雨を記録した。そして、山口県下の広い範囲で 21 日昼ごろにかけて 50mm/hr を超える雨を記録した。防府 (アマダス) では明け方から昼過ぎにかけて 270mm に達するなど、県内のほぼ全市町に土砂災害警戒警報が発表された。21 日 9 時の天気図と気象衛星画像 (下関地方気象台 (2009)) を図-1 と図-2 に示す。

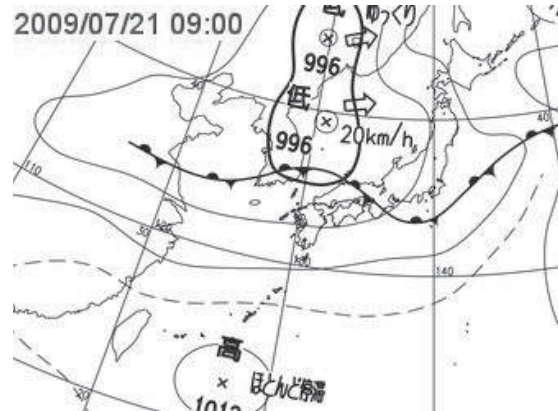


図-1 天気図 (7 月 21 日 9 時)

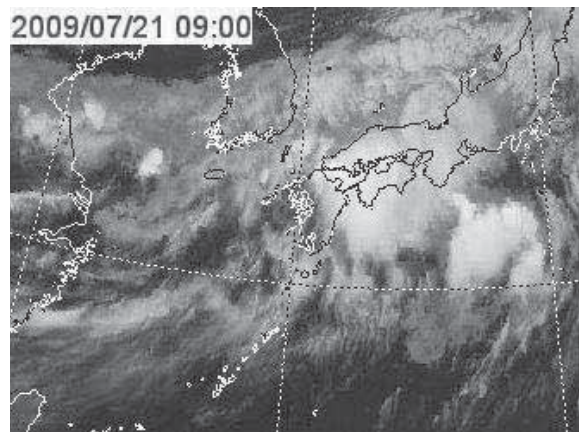


図-2 気象衛星画像 (7 月 21 日 9 時)

図-3 は県中央部の 7 月 21 日の日雨量の分布を示す。日雨量は山口 (測候所) で 277mm, 防府 (アマダス) 275mm, 柳井 (同) 272mm, 下松 (同) 264mm, 桜山 (同) 250mm, 真尾 (国交省) 266mm, 防府 (同) 256mm, 小鯖 (同) 241mm となっている。

詳細は後述するが、山口と防府の各時間最大雨量とその再現期間は、防府: 1 時間 63.5mm (20.5 年), 3 時間 126.0mm (48.7 年), 6 時間 220.0mm (245.9 年), 24 時間 275mm (82.6 年); 山口: 1 時間 74.5mm (63.6 年), 3 時間 160.5mm (206.6 年), 6 時間 266.0mm (601.7 年), 24 時間 277mm (48.1 年) となっている。

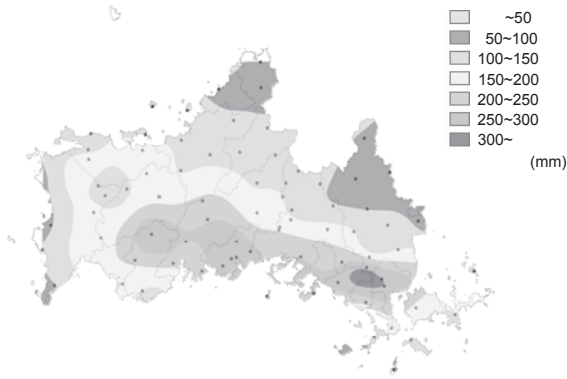
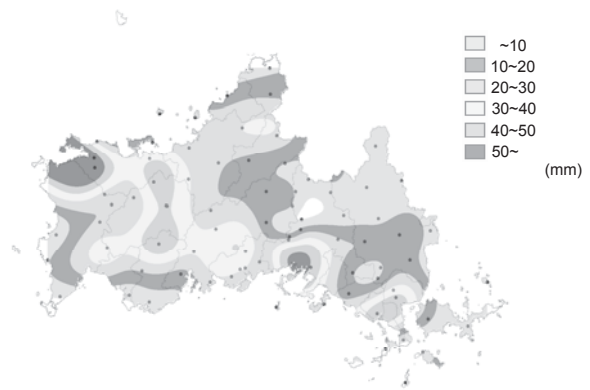


図-3 日雨量分布

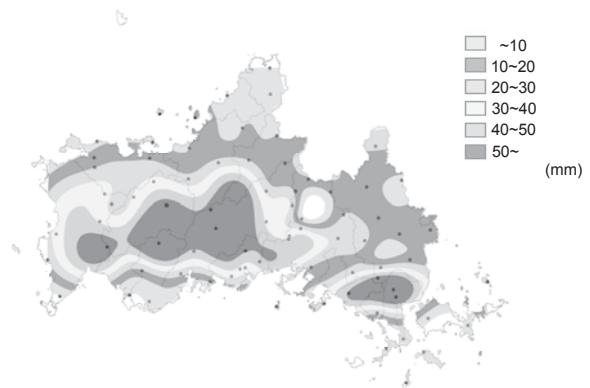


(b)7am-8am

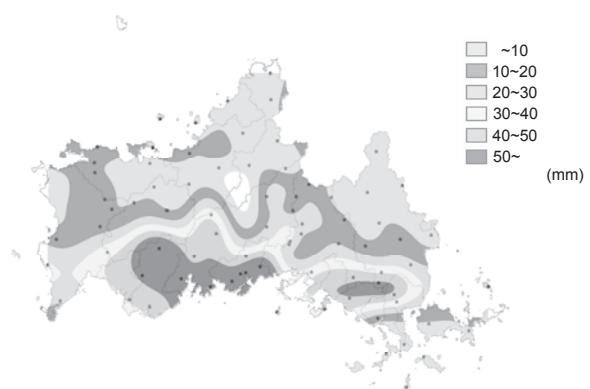
2.2 時間雨量分布の変化

山口県内にある気象庁、国交省、県の地上雨量計のデータを用いて、県内の雨量分布の時間変化を調べた。図-4は21日の各正時の1時間雨量を示す(山本ら(2009))。各時刻で1時間雨量が大きい地域は次のようになる(朝位(2009))。

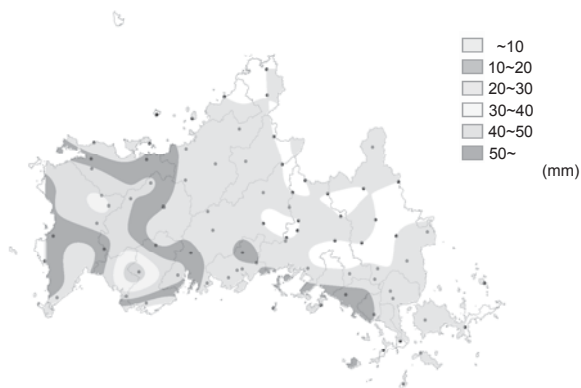
- 【1】6時-7時：山口(気象庁)36.5mm, 真尾(国交省)37mm, 防府土木(県)31mm, 美祢, 周南, 柳井付近でも強い雨
- 【2】7時-8時：山口(同上)74.5mm, 真尾(同上)51mm, 防府土木(同上)37mm, 美祢, 柳井でも強い雨
- 【3】8時-9時：山口(同上)49.5mm, 真尾(同上)42mm, 防府土木(同上)59mm
- 【4】9時-10時：日本海沿岸で強い雨
- 【5】10時-11時：山口(同上)53.5mm, 真尾(同上)46mm, 防府土木(同上)22mm
- 【6】11時-12時：山口(同上)49.5mm, 真尾(同上)49mm, 防府土木(同上)56mm
- 【7】12時以降：雨雲が東に進み、雨は弱まった。



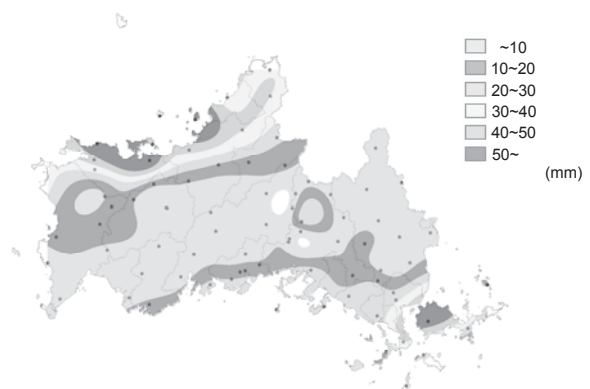
(c)8am-9am



(d)9am-10am

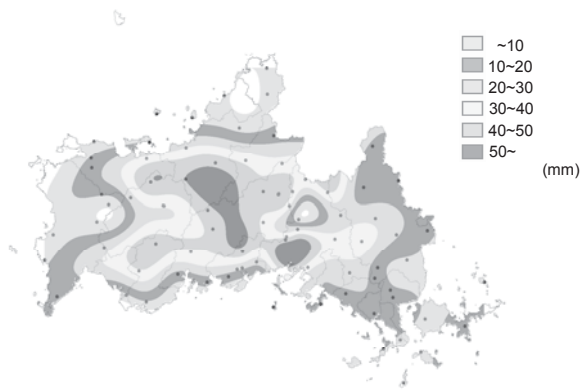


(a)6am-7am



(e)10am-11am

図-4 時間雨量分布



(f)11am-12am

図-4 時間雨量分布

2.3 防府と山口の降雨特性

(1) 時間雨量と累加雨量

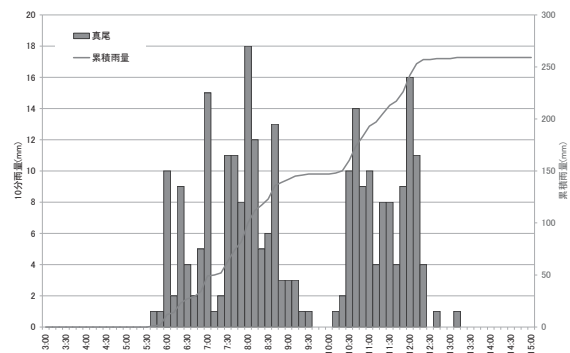
本節では、土砂災害が多発した防府と浸水被害が大きかった山口について重点的に述べる。図-5は、21日の真尾（国交省）、防府（気象庁）、山口（気象庁）の1時間雨量と降り初めからの累加雨量の経時変化を示す（朝位（2009）、山本ら（2009））。

真尾では、20日午前中から降っていた雨が同日13時には止み、それから15時間経過した21日未明より降り始め、6時頃から雨脚が強くなり、8時までの1時間雨量が51mmとなった。この日の降り始めから7時間で220mmを超える驚異的な降雨があった。雨は9時過ぎに止んだが、10時過ぎから再び1時間雨量50mm程度の強い雨が2時間続いた。

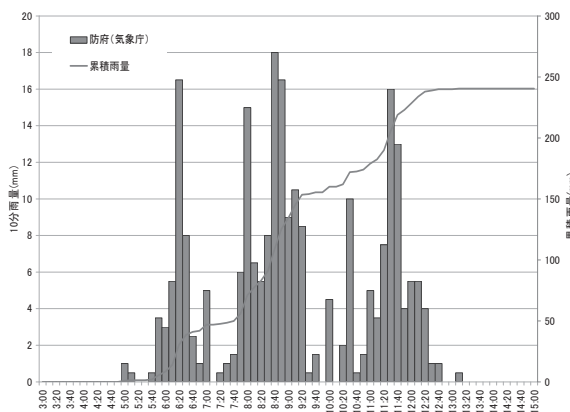
真尾の老人ホームの土砂災害は12時半頃発生したが、老人ホームの近所の人々は、11時台に大きな地響きを聞いた、と言っている。その後、土砂災害は土石流溪流から平旦地に出て土石流中の石礫が堆積した後、土砂流が老人ホームを襲ったと考えれば、この地響きの時に土石流が発生したとみなして差し支えない。真尾の日雨量は20日30mm、21日266mm、2日間累計雨量は296mmで、21日の日雨量は1979年に観測を開始して以来最大である。（財）国土技術研究センターが公開している水文統計ユーティリティを用いた再現計算の結果、21日の真尾の日雨量の再現期間（1979年から2008年のデータから算定）は、150年～200年となった。前述のように、地質の年代測定により、上田南川では約200年前に土石流が発生していたことが推定されており、日雨量の再現期間との偶然の一致は驚きである。なお、正時1時間最大雨量の51mmの再現期間は5年であった。

防府の気象庁の観測所は防府航空自衛隊の近くにあり、海岸に近い。1日雨量は20日が56.5mm、21日が275mmで、2日間雨量は331mmであった。2日間雨量は真尾、山口を合わせた3地点では最も多い。今回の

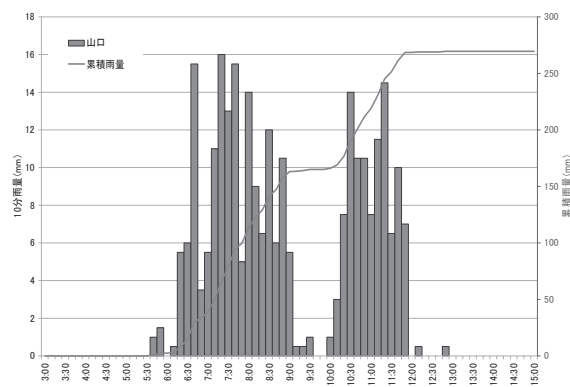
豪雨での防府の最大日雨量275mmと最大1時間雨量72.5mmは共に1976年に観測を開始して以来最高である。これらの再現期間を前記と同様に計算した結果、それぞれ150年～200年、20年～30年と算定された。



(a)Manao



(b)Hofu



(c)Yamaguchi

図-5 時間雨量および累加雨量

山口では、真尾と類似の降雨パターンであるが、21日8時までの1時間に74.5mmの強い雨を記録した。1日雨量は20日に17mm、21日に277mmで、2日間雨量は294mmである。前記と同様の再現期間の計算の結果、21日の山口の日雨量の再現期間は30年～50年であった。また21日の非正時の1時間最大雨量77mmは、再現期間30年～50年であった。

防府と山口で日雨量の再現期間がかなり異なることが特徴といえよう。以上でのべた防府、山口の雨量観測結果を表-3にまとめて示す。

表-3 雨量観測結果

雨量(mm)	山口	真尾	防府		
			(国交省)	(県)	(気象庁)
19日日雨量	0.5	1	0	0	0.5
20日日雨量	17	30	50	48	56.5
21日日雨量	277	266	256	254	275
2日間(20日21日)	294	296	306	302	331.5
21日1時-12時	268.5	243	227	228	228.5
20日1時-21日12時	285.5	273	277	276	285

(2) 10分間雨量

真尾、防府、および山口の21日の10分間雨量を累積雨量と共に図-6に示す。10分間雨量5mm~8mmが土石災害に対する雨量指標といわれている(豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測編集委員会(2006))。10分間雨量8mm以上を記録した回数は真尾18回、山口14回、防府12回であった。真尾では強い降雨が何度も起こったことがわかる(朝位(2009))。

(3) 最近の降雨の異常性

前述のように、今回の防府の日雨量の最大値は、1950年以降第1位である(山本ら(2009))。1950年以降の降雨で観測された日雨量の最大値を並べると、上位10位以内に1990年以降の雨が5回、2000年以降の雨が2回ランクインしている。防府の1時間雨量は1976年以降観測されているが、1976年以降の1時間雨量の最大値を大きい順に並べると、上位10位以内に1990年以降の雨が8回、2000年以降の雨が4回ランクインされており、近年の防府の雨は以前よりも極値が大きくなっていることが明確になった。

3. 土石流の発生と土砂災害

3.1 土石流発生地の地質と地形(鈴木(2009))

今回の災害の大きな特徴として、防府の佐波川流域の多くの場所で大小さまざまな斜面崩壊と土石災害があったが、絶対値として同程度の雨が降った山口市では土石災害があまりみられず、もっぱら浸水災害であったことが挙げられる。これはこれまでとも言われてきたように、地質の違いによるとみられる。



図-6 土石災害発生地の分布

(国際航業株)：平成21年7月21日山口県豪雨垂直写真判読図(速報版)，2009(に加筆)

今回土砂災害が多発した地域の地質はおもに花崗岩で、一部に三郡変成岩がみられた。その多くが深層までマサ土状に風化し、斜面や尾根部に玉ねぎ状風化した花崗岩や低角度節理（シーティングジョイント）を有する花崗岩がみられる。また、真尾川支流の上田南川の溪流沿いに、ひん岩やアプライトが貫入した花崗岩が認められる。今回の豪雨では、土石流は佐波川の支流に流入する溪流で発生した。そして勾配が緩やかな地点に到達して、土石流中の石礫は堆積し、細粒分の土砂が平坦な下流へと大量に流れ、土砂災害が発生した。

3.2 崩壊・土石流の発生と基岩の状態

(1) 下右田地区（鈴木（2009））

剣川流域では勝坂地区で今回の豪雨で斜面崩壊と土砂流出が最も多かったが、この節では崩壊を中心に述べるため、崩壊の詳細データが乏しい勝坂地区の説明は後の土砂流出の項に回し、ここでは、土石流現象の分析が可能な下右田について述べる。

写真-1は剣川の東に位置する右田ヶ岳とその溪流（枯れ溪流）から流出した巨礫が国道まで達した状態を示す写真である。右田ヶ岳の至る所に花崗岩が露出している。このように花崗岩が露出した状態は佐波川の北側の山ではよくみられる光景である。溪流出口では過去の土石流堆積物からなる土石流錐が形成されていたとみられるが、道路建設により末端が切り取られ、土石流堆積物が露出した切土面にプレキャスト法枠工が施工されていた。今回の豪雨では、溪流を流下してきた土石流が法枠工を削って国道に到達した。土石流中の巨礫は国道に出た後は堆積し、国道は大人の腰くらいまでの深さの急速の土砂流が発生した。

写真-2は、この溪流と道路を隔てた反対側の溪流から流下してきた土石流によって袖部が破損した治山ダムを示す。この土石流は、剣川の西側に位置する西目山の東向き斜面の尾根付近で発生した崩壊によるものである。崩壊源頭部の幅は10～20mで、その直下では幅が30m程度であった。崩壊部の勾配は20～30度、崩壊深さは1～2mであり、尾根付近の風化層が崩壊した。

この地域の花崗岩には低角度節理がよくみられる。写真-3はこの地域で見られた低角度節理を示す。雨により表土中に浸透した水が節理の裂け目に入ってより低所の表土の部分で伏流水として出てきた場合、被圧による間隙水圧上昇のため溪床堆積物が、容易に流下する状況が生まれると考えられる。その意味で、この節理は、花崗岩質の地質域の土石流災害の発生と強い係わりをもつことが予想される。

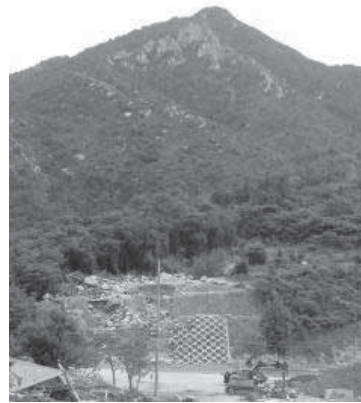


写真-1 岩塊の露出する右田ヶ岳



写真-2 被災した砂防堰堤



(a) Simomigita



(b) Katsusaka

写真-3 節理を持つ岩塊

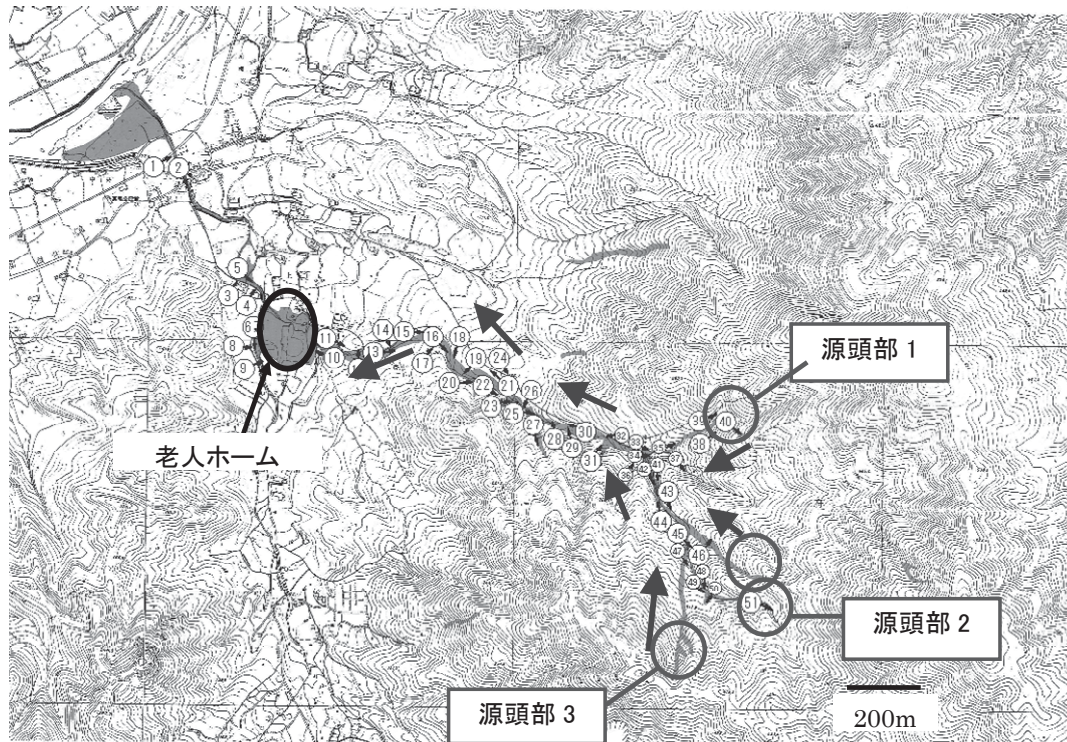


図-7 土石流流下状況（真尾）

(2) 真尾地区（鈴木（2009））

真尾地区では、7月21日に上田南川の上流で土石流が発生し、谷出口の下流にある特殊養護老人ホーム（入所者90名）を土砂流が襲い、建物の1階に居て逃げ遅れた7名が犠牲になった。前述のように、老人ホームに土砂が押し寄せたのは12時半ごろであるが、地元の人の話では、11時台に地響きが開こえたとのことである。老人ホームの上流側には農道が設置され、開通式の日であった。上田南川はこの工事で農道の部分で直角に近い角度で曲がる構造になっていた。農道は少し高く盛られており、土石流が谷から出てきて農道の上流側で石礫が堆積し、その後農道の上流側が堆積土砂で埋まるのに少し時間がかかったと考えれば、土石流の発生が11時台の地響きの時と判断できる。土石流は流下の途中で鋼製スクリーン形式の治山ダムの大部分を破壊した。図-8に老人ホームを襲った土砂流の原因となった崩壊地と土石流の流路を示す。老人ホームは、図-7のように、扇状地に建設されていた。老人ホームは1階部分が土砂でほぼ埋め尽くされた。写真-4には老人ホームの上流側で堆積した土砂や石礫を示す。土砂礫に加え大量の流木が目についた。写真-5は老人ホーム建物内の土砂の堆積状態を示す。土石流発生の原因となった源頭部1~3は、勾配約30度の溪流の源頭部、その直下で勾配約20度、幅10~15m、崩壊深さ2m程度の表層崩壊である。



写真-4 老人ホーム上流の巨礫の堆積



写真-5 老人ホーム内の土砂堆積

(3) 石原地区（鈴木(200)）

石原地区は、佐波川左岸の真尾の下流にある（図-6）。石原地区では2本の溪流で土石流が発生し、土砂流により2名が犠牲になった。地元の人の話では、午前11時50分ごろ、2度大きな土石流が押し寄せ

た。土石流の高さは4~5mで、巨石、土砂、流木の順に流れてきた。また、地震と間違えるほどの地響きであった。写真-6に石原地区の土石流の流下した跡を示す。土石流は1kmほど溪流を浸食しながら流下し、巨礫は溪流の出口手前で堆積していた。この地区では30~40戸が土石流と土砂流で被災したとみられる。犠牲者は土砂流で出た。写真-7,8に石原地区の土石流、土砂流の被害の状況を示す。

地元の人の話では、石原 A では約 100 年前に、石原 B では約 60 年前に土石流が発生している。今回の調査で過去の土石流堆積物が確認されている。また、詳細は省略するが、石原地区でも源頭部で節理が確認されている。石原という地名が土石流の発生しやすい土地であることを示している可能性が高い。

5. 土砂災害の減災・防災の方策

以上、今回の豪雨により防府で発生した土石流と土砂災害を中心に述べてきた。今回の土砂災害が発生した地域は一帯を花崗岩が風化したマサ土が覆う地域である。このような地質では土石流が発生しやすいと言われてきたが、本研究では花崗岩の節理に浸した水による溪床堆積土砂のボイリングとその後の流動化を促進することの可能性をのべた。今回は、10 分間雨量が 8mm を超える強い雨が断続的に降っており、降雨としても土石流が発生しやすい環境にあったといえる。

5.1 アクティブセイフティー

土砂災害ではまず、降雨への認識が重要である。天気予報での雲の動き、西方地域の天気、視覚情報では雲の色の濃さ、上流山岳地帯の上空の雲、西の空の雲などである。また、24 時間雨量、1 時間雨量、10 分間雨量に対する一定の目安である。地形・地質では、急傾斜地、扇状地、マサ土、シラスなどは土砂災害の発生しやすい地形・地質である、との認識と警戒である。

また、その土地の過去の災害の伝承、地名の由来、古くからの農家の人の情報、低価格の土地への疑問、地元出身の土木技術者の情報も有用情報である。

防災施設への認識として、砂防ダム、治山ダム、擁壁などは強雨時に土砂災害が発生しやすい危険箇所であるとの信号である。これを一般の人に周知するのは土木技術者の責務であろう。

5.2 建物 1 階の使用制限

今回の老人ホームの災害は、要援護者施設の入所者の生活空間の設定に対して大きな課題を投げかけた。このような施設は、地価の安いところを求めて建設されるが、そのような場所は災害が起りやすい場所であることが多い。土砂災害や浸水災害が発生しやすい土地にある要援護者施設では、1 階を入所者の生活空間や居住空間から外すように建築基準を改正することを視野に入れて検討すべきであろう。直近の対策としては、このような配慮をした施設を国や自治体が優良施設として公表することが考えられる。また、1 階を生活空間や居住空間から除外す



写真-6 石原地区で発生した土石流



写真-7 石原地区の被害の状況



写真-8 石原地区の土砂氾濫状況

る方策は、木曾三川下流部の水屋と類似の発想であるが、平成22年7月16日に広島県庄原市で3時間に170mmを超える豪雨があり、今後はいつどこでこのような豪雨があってもおかしくない状況であり、また近い将来に大地震による津波が発生する可能性が高いことを考えると、莫大な資産が集中する都市部の標高の低い土地の建築物の1階の使用制限を視野に入れた基準の見直しが必要と考えられる。これは、被害が甚大で復旧に多額を要し、また損害保険が対応できず、国費を投入せざるを得ない事態が十分考えられるからである。

5.3 防災行政の実質化

担当者の責任追及に関心が向かいがちな社会において行政の避難指示が硬直化しやすいこと以外に防災行政の弱点がある。まず、現在国でも自治体でも防災を担当する部署の権限なるポストに防災に関する自然現象や防災方法の知識を持たない職員が配置される場合が多い。このような状態を改善し、防災を実質化することが急務といえる。

5.4 砂防ダム管理の提案

今回の災害では、その上流に貯まった土砂礫を除去していた砂防ダムや治山ダムでは被害が明らかに軽減された。このことから、土砂堆積用ダムに貯まった土砂礫を日頃から除去すること施策が有効である。これを計画的に行えば、直接的な防災と防災施設新設の経費節減に加え、中山間地の雇用創出、雇用・賃金の均等配分、現地住民の活かした防災教育、建設材料の確保、下流の河床低下防止などで大きなメリットがある。

現在の砂防ダム上流部の土砂礫堆積の考え方は次のようである。土石流が発生して砂防ダム上流に堆積する場合、図-8の洪水勾配のラインまで土砂礫が堆積しうるとし、土石流発生で溜まった土砂礫の細砂分はその後の中小洪水で砂防ダム下流に流され、堆積状態は平衡勾配に近づく想定されている。しかし、今回の災害調査の結果、砂防ダムや治山ダム上流で水通しよりある程度高くまで堆積した状態では、ダム上流の表層は石礫主体で細砂分は下流へと流されている。一方、ダム上流の堆積高さが水通しより低い場合、ダム上流の表層は細砂で覆われている状況が目についた。このことは、粘着力が小さいマサ土を対象とする場合、平時から砂防ダム上流の堆積状態を砂防ダムの水通し高さより多少低くなるように除石管理することが必要であることを示唆している。砂防ダム・治山ダム上流の河床高の望ましい状態として図-9を考えることができる。また、土石流が起きてから何度か中小洪水が来襲した後は、砂防ダム・治山ダム上流に堆積した砂礫は流水で洗われているので骨材にも利用できる。計画的な除石は防災だけでなく経済性の点でも有利である。

6. おわりに

以上、平成21年7月の豪雨により山口県防府市で発生した土石流による災害の調査結果の概要を報告する共に、土砂災害減災の方策をいくつか提言した。

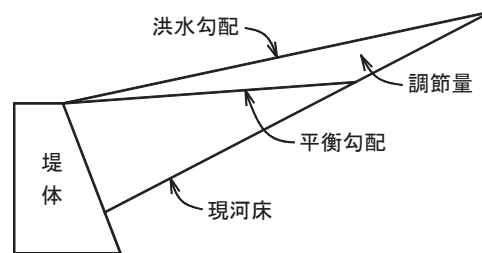


図-8 砂防ダム上流部の堆積の考え方

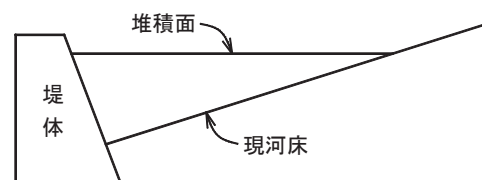


図-9 砂防ダム上流の望ましい堆積状態

謝 辞

本稿は、山口大学工学部社会建設工学科が組織した、「山口大学平成21年7月21日山口防府豪雨災害調査チーム」がまとめた、「山口防府豪雨災害調査報告書（速報版）」（平成21年10月14日）を再整理したものである。また、これは科学研究費平成21年度特別研究促進費「2009年7月中国・九州北部の豪雨による水・土砂災害発生と防災対策に関する研究」（代表：羽田野袈裟義）、山口大学工学部平成21年度プロジェクト21「7.21防府地区土砂災害の発生メカニズムに関する調査研究」（代表：兵動正幸）の支援を受けて実施中の調査研究である。また土木学会緊急調査団（団長：羽田野袈裟義）、地盤工学会緊急調査団（団長：兵動正幸）の調査として行なった。上記学会および、上記の報告書作成や学会の調査団に参加頂いた研究者・技術者、研究費を頂いた文部科学省や山口大学工学部、資料提供を頂いた国土交通省山口河川国道事務所、国際航業株式会社、アジア航測株式会社、山口県土木建築部など、陰に陽にご助力頂いた関係各位に深甚の謝意を申し上げます。

参考文献

- 朝位孝二（2009）：災害発生時の降雨特性，平成21年7月21日山口豪雨災害調査報告書（速報版），pp. 5-16.
- アジア航測（株）（2009）：現地調査参考資料－航空レーザー計測による土砂移動量解析結果，航空写真.
- 気象庁：過去の気象データ検索：
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>.
- 豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度

- 予測編集委員会（2006）：豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測，丸善，p. 105.
- 国際航業（株）（2009）：平成21年7月21日山口県豪雨垂直写真判読図（速報版）.
- （財）国土技術研究センター：水文統計ユーティリティーHP，
<http://www.kasen-keikaku.jp/suimon/>
- 国土交通省：川の防災情報，
<http://www.river.go.jp/nrpc0302gDisp.do?areaCode=87>.
- 下関地方气象台（2009）：平成21年7月20日から21日にかけての梅雨前線に伴う山口県の大雨について，災害時気象資料.
- 鈴木素之（2009）：崩壊源頭部の特徴，平成21年7月21日山口豪雨災害調査報告書（速報），pp. 17-59.
- 瀬尾克美・船崎正継（1973）：土砂害（主に土石流的被害）と降雨量について，新砂防.
- 関根雅彦・兵動正幸・羽田野袈裟義・朝位孝二・鈴木素之（2009）：6. まとめ，平成21年7月21日山口豪雨災害調査報告書（速報版），pp. 76-78.
- 土木学会地盤工学委員会斜面工学小委員会（2009）：2009年7月山口豪雨災害調査報告書（速報版），（社）土木学会.
- 西村祐二郎・今岡照喜・宇多村譲・亀谷 敦（1995）：新編山口県地質図1:150,000，山口地学会.
- 羽田野袈裟義（2009）：5. 砂防ダムの有効性，平成21年7月21日山口豪雨災害調査報告書（速報版），pp. 72-75.
- 兵動正幸（2009）：1. 被害の概要，平成21年7月21日山口豪雨災害調査報告書（速報版），pp. 1-4.
- 山口県：山口県土木防災情報システム，
<http://y-bousai.pref.yamaguchi.jp/>
- 山本晴彦・山崎俊成・森 博隆・有村真吾（2009）：2009年7月21日に発生した山口豪雨の特徴と水災害の概要，第28回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，PP. 35-36.
- 山本晴彦・山崎俊成・森 博隆・有村真吾：2009年山口県防府土砂災害「降雨特性」，11月2日土木学会報告会資料.
- 山本晴彦・山崎俊成・森 博隆・有村真吾・岩谷 潔・吉越 恒・高山 成（2009）：2009年7月21日に発生した山口豪雨の特徴と水災害の特徴，日本農業気象学会中国・四国支部大会（2009年12月6日）.

2008年岩手・宮城内陸地震において地盤の非線形応答が低層RC造建物の被害に与えた影響

三辻和弥*・前田匡樹**・松川和人**

*山形大学地域教育文化学部生活総合学科

**東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻

要 旨

2008年岩手・宮城内陸地震において見られた同時期に建設された、ほぼ同じ構造形式の低層RC建物の被災程度の差を説明するために、常時微動観測、余震観測、地震応答解析を行った。余震観測の結果より、唯一、被災度区分判定で「大破」と判定された上野目小学校の地表面では地震動が増幅される傾向にあること、また、地盤の等価線形解析および建物の立体地震応答解析より、建物の地震被害を説明するためには敷地地盤、特に盛土の非線形地震応答を考慮することがあることを指摘した。

1. はじめに

著者らは2008年岩手・宮城内陸地震の発生直後より被災地域周辺で主に建築構造物の被害調査を行い、その被災要因について検討してきた(三辻ら, 2010: Mitsuji et.al. 2009: 中神ら, 2009: 前田ら, 2008)。建築構造物の被害についてはそれほど多く報告されていないが、宮城県大崎市の小学校校舎や宮城県栗原市の高等学校校舎において地震被害が報告されており、被災直後に行われた被災度区分判定によると、前者は「大破」、後者については「小破」と判定されている。このうち、被災度区分判定で「大破」を判定された大崎市立上野目(かみのめ)小学校では、周辺の建物被害は大きくないにもかかわらず、2階建てRC造の普通教室棟が大きな被害を受けている。また、近隣の同じ時期に建設された、ほぼ同じ構造形式をもつ2つの小学校では目立った被害は見られなかった。周辺の状況や関係者の話などから、上野目小学校の敷地の一部は盛土地盤になっていることが想定され、この影響が校舎建物の地震被害に影響を与えたことが考えられる。本論では、上野目小学校と近隣の2つの小学校、あわせて3つの小学校校舎の被災程度の差を説明するために、各学校で被災直後より建物および敷地で行った常時微動観測、余震観測の結果、さらにこれらの結果に基づいて行った地盤および建物の地震応答解析結果より、主に地盤の非線形性が建物被害に与えた影響について報告する。

2. 建物被害概要

2.1 建物概要

図-1には震央と被災地の関係を示す地図を、図-2には3つの小学校周辺の拡大図を示す。図中において、「KMN」は大きな被害のあった上野目小学校を、「NOS」、「MYM」は構造的な被害が見られなかった西大崎小学校、真山小学校をそれぞれ表す。「IWD」は3つの小学校から最も近接した地点にある震度計が設置されていた大崎市岩出山総合支所を示しており、岩出山総合支所の震度計では本震および余震の地震記録が得られている。

大崎市立上野目小学校は、宮城県大崎市岩出山地区の山麓に位置しており、1963年および1982年建設の2階建てRC造校舎2棟および屋内運動場がある。新耐震設計法により設計された1982年建設の管理教室棟は無被害であったが、1963年の普通教室棟(写真-1)と屋内運動場に被害が生じた。被害調査は被害が見られた普通教室棟と屋内運動場について行っている。なお、上野目小が所在する大崎市には、教室棟に関して建設時期、構造形式がほぼ同じである真山小と西大崎小が位置しているが、上野目小に大きな建物被害が見られたのに対し、真山小と西大崎小では目立った建物被害は見受けられなかった(前田・中埜, 2008)。



図-1 震央と被災地の地図

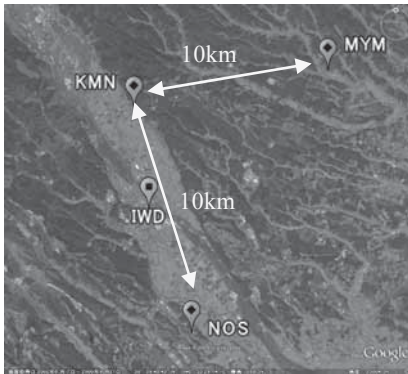


図-2 被災地拡大図

上野目小学校は2006年度に耐震診断（2次診断）が行われている。診断の結果、1, 2階とも、柱は靱性指標 $F=2$ 以上の曲げ柱で靱性型の建物と評価され、 I_s 値が目標値 $I_{so}=0.7$ を上回り耐震補強不要と判断された。普通教室棟の柱断面リストを図-3に、柱梁伏図を被災度とともに図4に示す。



写真-1 上野目小学校普通教室棟

	C1	C2
2階		
	主筋 4-22φ 4-19φ 帯筋 9φ@200	主筋 8-22φ 帯筋 9φ@200
1階		
	主筋 4-22φ 6-19φ 帯筋 9φ@200	主筋 10-22φ 帯筋 9φ@200

図-3 代表的な柱断面リスト

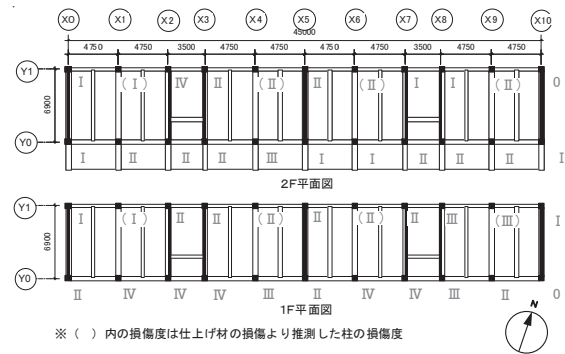


図-4 柱梁伏図と被災度

2.2 被害状況と被災独文判定

・普通教室棟（RC造2階建、1963年建設）

図-4の柱梁伏図中には被災度区分判定による柱の損傷度を示した。1階では、柱22本のうち、4本に幅10mmを超える大きなせん断ひび割れが生じ（損傷度IV・写真-2）、3本にも大きなせん断ひび割れが生じた（損傷度III・写真-3）。1階の南構面は東方向に10mm程度の残留変形が生じていた。

柱断面は、図-3に示したように450mm×450mmとこの規模の建物としては小さく、また、1971（昭和46）年以前の建築基準法により設計されており、設計図書によると帯筋も9φ@200と少ないため、上記のような大きなせん断ひび割れが生じた柱は、せん断耐力、及び、軸力支持能力を失う直前の状態であったと考えられる。

2階の被害は、1階と比較して全体的に損傷度は小さく、損傷度II以下の柱が半数を占めたが、局所的に損傷度の大きい柱も見受けられ、Y1- X2の柱には幅7mmのせん断ひび割れが生じた（損傷度IV）。2階も1階同様、南構面において東方向に10mm程度の残留変形を生じている柱が多数見られた。



写真-2 1階Y0-X6柱(損傷度IV)



写真-4 敷地西側の擁壁の被害



写真-3 1階Y0-X8柱(損傷度III)

3. 上野目小学校での常時微動観測

図-5 に上野目小学校の敷地概要を示す。写真-4に示すように、敷地西側にある盛土や擁壁・アスファルトに亀裂などが見られた。また擁壁近くに建つ体育館ではブレースの破断、体育館に隣接する旧校舎では中央から西側にかけて柱に損傷度III~IV程度のせん断ひび割れが生じるなどの被害が見られた。被害状況から察するに敷地西側にある盛土の挙動が建物被害に何らかの影響を与えたことが推察される。

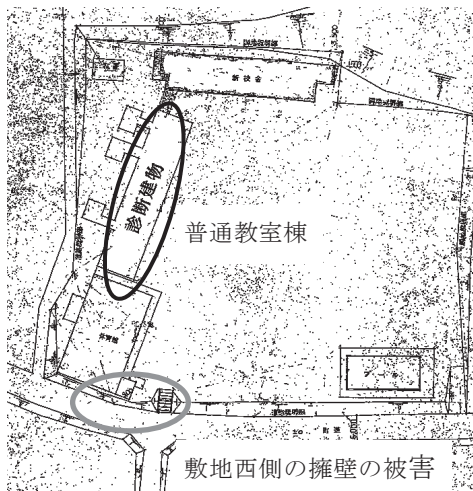


図-5 上野目小学校敷地概要

後述する余震観測のための地震計を撤去した後、ほぼ同位置にセンサーを設置して常時微動観測を行った。計測器には電磁式速度計（東京測振社製）を用い、サンプリング周波数は100Hzとした。図-6および図-7にNS（短辺）、EW（長辺）方向について2階／1階のフーリエスペクトル比を示す。計測は10分間行い、1セット40.96秒として10セットについて求めたフーリエスペクトル比の平均と採用している。短辺方向ではおよそ5.7Hzに、長辺方向ではおよそ2.5Hzと7.8Hzにピークが見られる。スペクトル比の結果は余震観測結果とも概ね対応しており、このあたりが建物の固有周波数と考えられる。また、フーリエスペクトル比の倍率は長辺方向のほうが短辺方向に比べて約2~4倍程度大きな増幅率を示している。図-8および図-9にはNS（短辺）、EW（長辺）方向について2階／1階のコヒーレンス関数を示す。短辺方向では6Hzより少し低周波数側からコヒーレンスが大きく低下している。また、長辺方向では2.5Hz前後でコヒーレンスの低下が大きく、4Hz付近ではほぼ0を示しており、図-6および図-7が示す固有周波数をほぼ裏付ける結果となっている。図-10および図-11には1階西側／1階中央、2階西側／2階中央のコヒーレンス関数を示す。特に長辺方向では、1階はほぼ同様な挙動を示していることが窺えるが、2階の挙動は卓越周波数付近でのコヒーレンスが高く、その前後で低下していることがわかる。

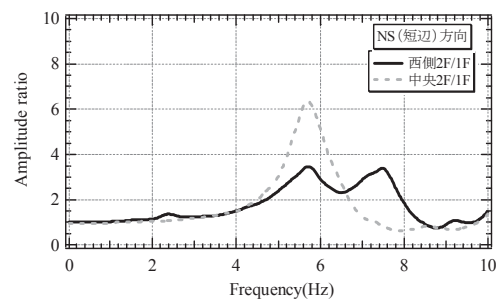


図-6 NS（短辺）方向のスペクトル比

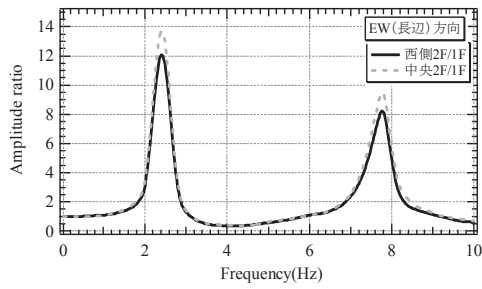


図-7 EW (長辺) 方向のスペクトル比

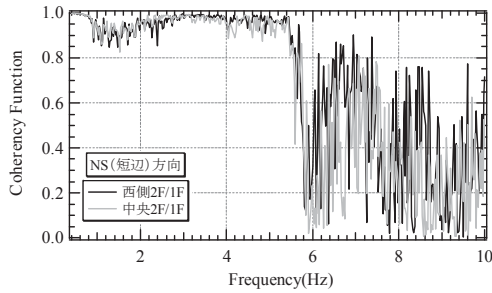


図-8 建物2F/1Fのコヒーレンス(NS)

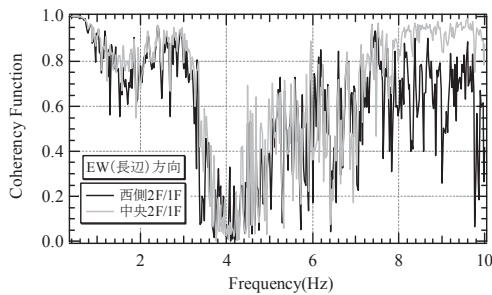


図-9 建物2F/1Fのコヒーレンス(EW)

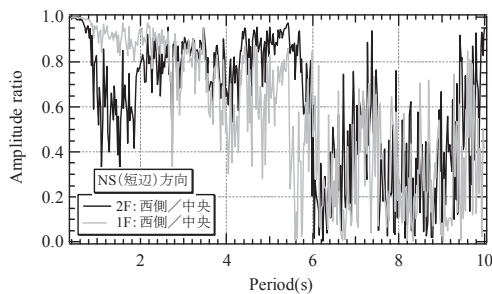


図-10 建物西側と中央のコヒーレンス(NS)

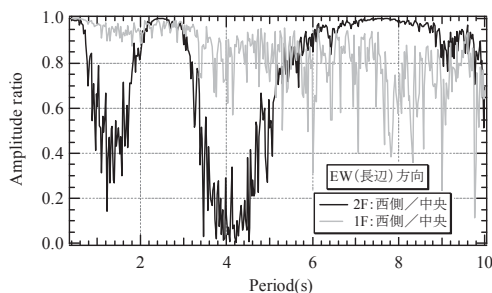


図-11 建物西側と中央のコヒーレンス(EW)

4. 余震観測記録

2008年7月2日から8月1日の1か月間にわたって、上野目・真山・西大崎小学校において余震観測を行った(地表面加速度の最大が上野目の37gal)。本震時には上野目小学校から約5km離れた大崎市岩出山総合支所で地震記録が得られている。そこで、本震時の各小学校敷地での入力地震動の程度の差を抽出することを目的として、岩出山観測点と各小学校の地表面で得られた余震記録から応答スペクトル比を算出した(各サイトで記録の得られた6波、真山小については4波)。図-12にEW方向の加速度応答スペクトル比を示す($h=5\%$)。柱断面リストなどの情報から建物モデルを作成して行った静的増分解析では上野目小学校普通教室棟の弾性固有周期は約0.3秒と推定した。図-12より建物の弾性固有周期0.3秒周辺では、上野目小学校は他の2校に比べて揺れやすいことが推察される。ただし、各小学校での観測記録の長周期領域にはノイズとみられる成分が混入していることが見られたため、周期約0.8秒よりも長周期領域では信頼性が低くなっていると考えられる。

5. 地震応答解析

5.1 上野目小学校地盤の地震増幅特性

図-13に示すように上野目小学校周辺でボーリングデータ得られている。N値の情報から図-14に示すように、各層におけるせん断波速度を太田・後藤の式を用いて算出し(Ohta and Goto, 1976)、一次元重複反射理論を用いた等価線形解析(Schnable et al., 1972)により、上野目小学校表層の10mによる地盤増幅特性を求めた。地盤の非線形特性は図-15に示す宮城県調査報告によるものを用いた(宮城県, 1985)。ここでは、岩出山の本震記録を解放基盤面での地震動と仮定して解析を行った。図-16に線形解析の場合と比較した上野目の増幅スペクトルを、図-17、図-18に等価線形解析の結果得られた上野目の推定地震波形およびフーリエスペクトルを示す。時刻歴波形ではそれほど顕著な差は見られないが、フーリエスペクトルおよび増幅スペクトルの図からは、表層地盤の非線形化によってスペクトルのピークが低周波数側に移動している様子が見られる。しかし、静的増分解析で求めた結果より、建物の弾性固有周期が3Hz付近にあるとすると、非線形解析の結果は建物に大きな被害を及ぼすには3Hz付近でそれほど大きく増幅しているようには見えない。

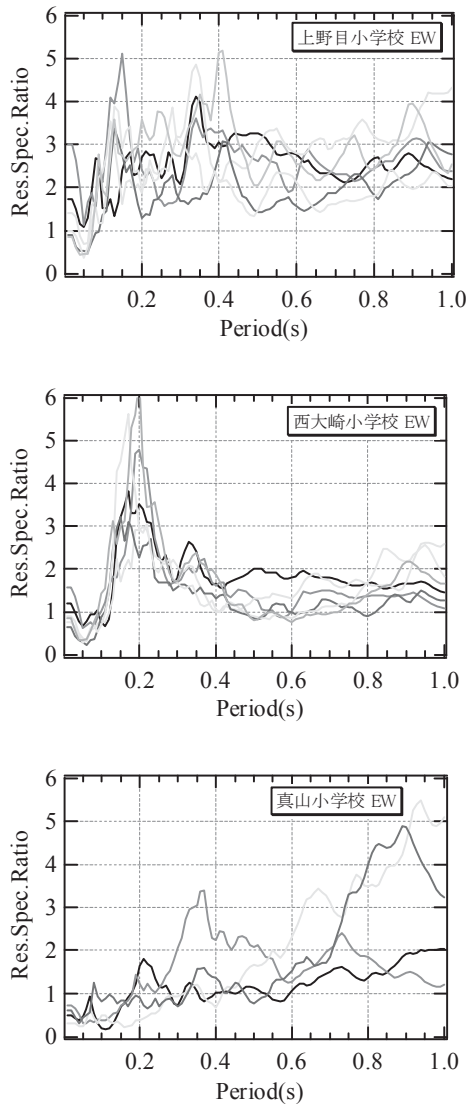


図-12 各小学校で観測された余震と岩出山で観測された余震の加速度応答スペクトル比

また、図-13に示したボーリング情報は上野目小学校前の道路付近で得られたもので、学校はそこから2m程度盛土された敷地に建てられている。学校関係者などへの聞き取りから、グラウンド途中に切土・盛土の境界があり、普通教室棟はその境界をまたいで建設されているようであるが、詳細については今のところ把握できていない。そこで、校舎西側の地盤が盛土されていることを考慮して図-14のせん断波速度構造の表層を2mだけ高くし、最上層($V_s=83\text{m/s}$)のせん断波速度よりもやや小さい $V_s=50\text{m/s}$ の層を2m分だけ最上層に載せたモデルをCase1、最上層と同じ物性値の層をそのまま2m分だけ載せたモデルをCase2として、図-19に盛土による地盤増幅の影響を考慮した計算結果を地表面の地震応答のフーリエスペクトルについて示す。結果は建物被害の大きかったEW方向のみ示した。図-19より、

盛土にあたる層を考慮したことにより、振幅が増幅される周波数帯が低周波数側に移動し、図-18と比較すると、1Hz～3Hzの周波数帯で大きく増幅されており、弾性固有周波数約3Hzの建物に被害を及ぼす可能性の高い地表面の地震応答になったと考えられる。

図-20、図-21には本震について、地盤の等価線形解析で得られた上野目の地表面応答と岩出山の観測記録の応答スペクトル比を示す。盛土地盤の非線形性を考慮したCase1およびCase2の結果より周期0.3～1.0秒の範囲で非線形性を考慮した方が、応答スペクトルが大きくなることが示されている。また、図-22、図-23には上野目の地盤の地表面応答について、地盤の非線形性を考慮した場合としない場合(線形解析)の応答スペクトル比を示す。ここでも、同様に周期0.3～1.0秒の範囲で非線形性を考慮した方が、応答スペクトルが大きくなるのがわかる。

5.2 校舎建物の非線形地震応答解析

静的増分解析に基づいて立体解析モデルを作成し、岩出山の本震記録および前節で求めた地盤の非線形増幅特性を考慮した上野目の推定地震動を入力地震動として非線形地震応答解析を行った。柱および梁は曲げせん断モデルで置換し、非線形特性には武田モデルを用いた。入力地震動はNS、EWの2方向とし、Case0は図-17、図-18で求めた上野目の地盤の非線形性を考慮した地表面の応答波形を、Case1、Case2は図-19にそのフーリエスペクトルを示した盛土の影響を考慮して求めた地表面の応答波形を用いている。図-24に被害の大きかった、EW(建物長辺)方向の第1層の層せん断力-層間変位関係を示す。結果は地盤を線形として地表面の応答を求めた場合と地盤の非線形性を考慮した場合とで比較している。Case0の場合は地盤の非線形性を考慮しても線形の場合とそれほど結果は変わらず、これは図-18の地表面応答のフーリエスペクトルの結果が、地盤の非線形性を考慮しても、建物の弾性固有周波数3Hz付近でそれほど大きく増幅していないためと考えられる。一方、Case1、Case2の結果では、地盤の非線形性を考慮すると、第1層の層間変位は塑性化して大きくなり、Case1の場合で最大層間変位が約110mm、Case2の場合で約70mmとなった。解析では第1層の内法階高を3600mmと仮定しており、Case1の場合の最大層間変形角が約1/30、Case2の場合は約1/50と、被害に対応する程度の応答結果となった。建物モデルの精度など、他にも検討するべき項目はあるものの擁壁や道路の被害と考え合わせると、学校敷地の西側にあると思われる盛土の影響を考慮することによって建物への入力地震動が大きくなり、建物に大きな被害を与えたことが説明できるのではないと思われる。

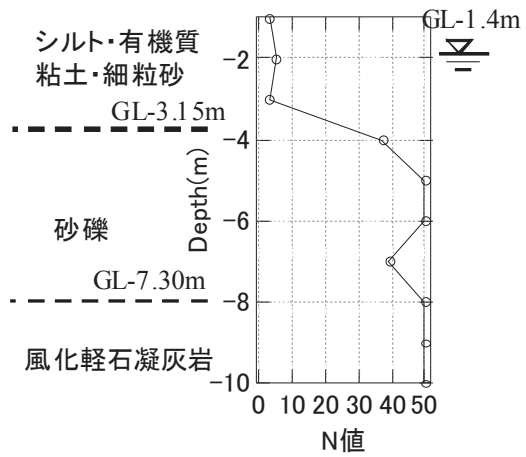


図-13 上野目小学校周辺地盤のN値

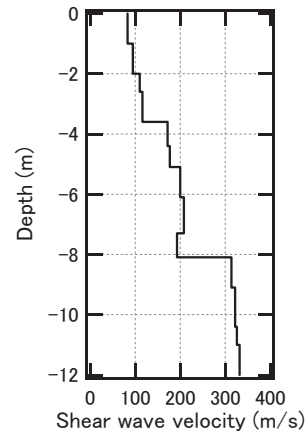


図-14 上野目小学校周辺地盤の推定せん断波速度

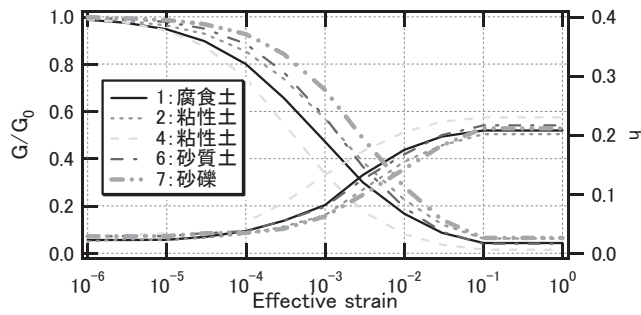


図-15 各地層の非線形特性

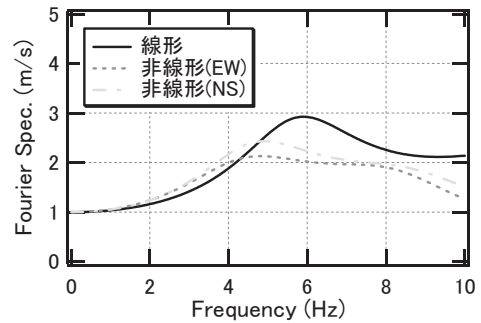


図-16 上野目の増幅スペクトル

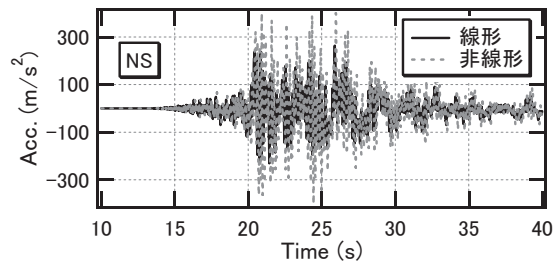
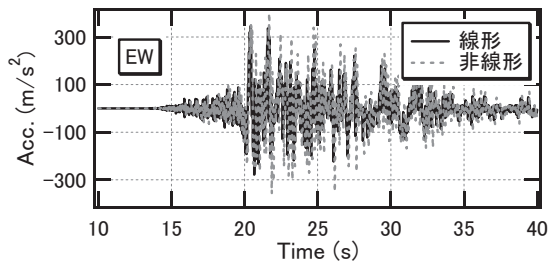


図-17 上野目の推定時刻歴波形

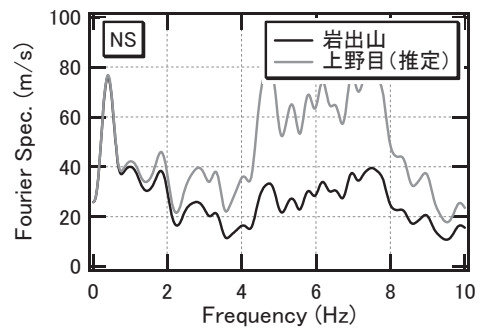
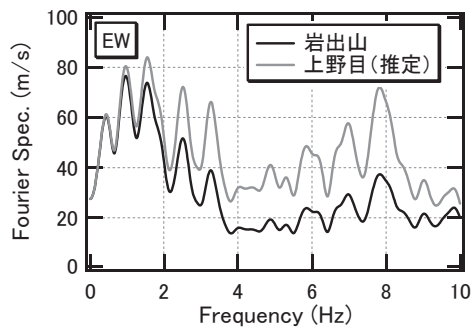


図-18 上野目の推定フーリエスペクトル

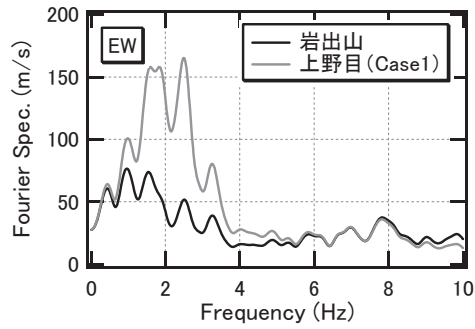


図-19 盛土の影響を考慮した上野目の推定フーリエスペクトル

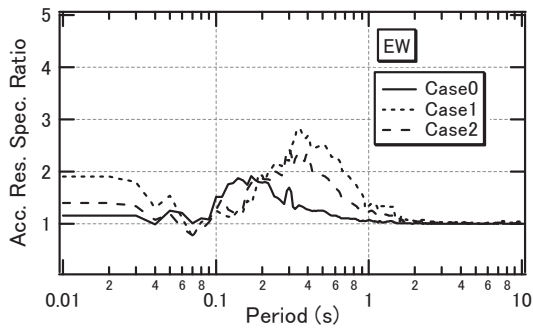
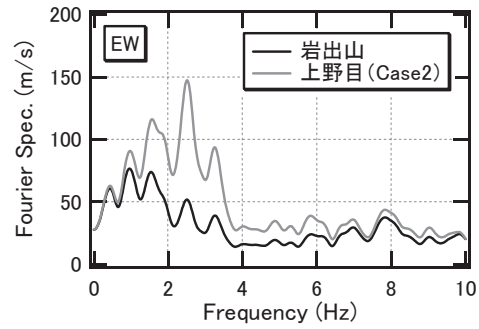


図-20 応答スペクトル比(上野目／岩出山：EW)

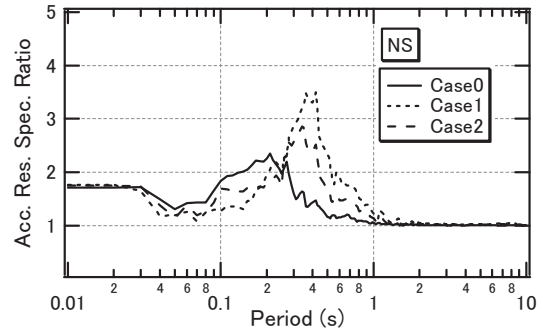


図-21 応答スペクトル比(上野目／岩出山：NS)

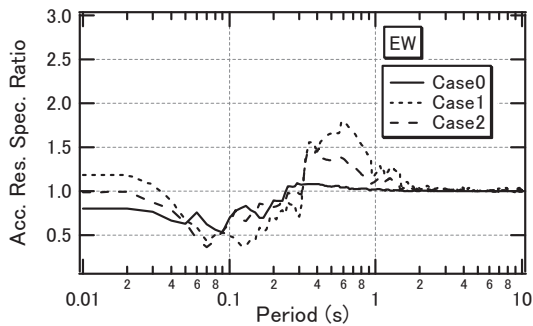


図-22 上野目地盤での応答スペクトル比
(非線形／線形：EW)

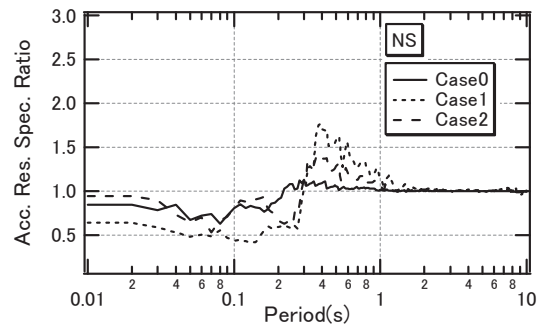


図-23 上野目地盤での応答スペクトル比
(非線形／線形：NS)

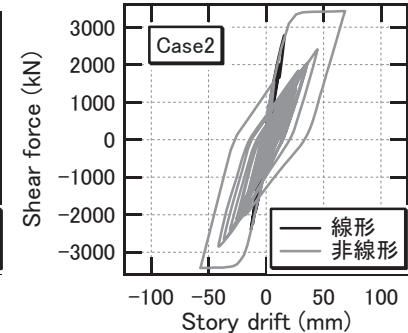
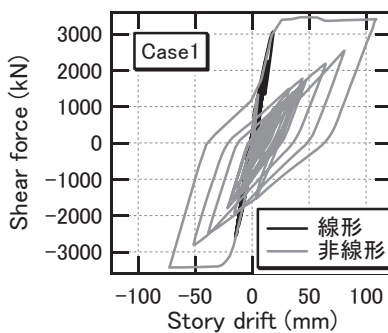
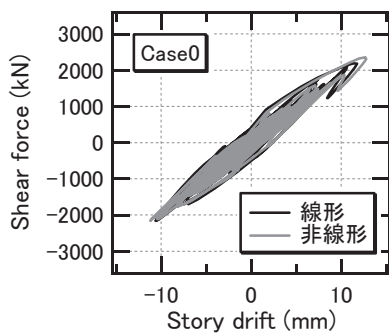


図-24 第1層の層せん断力 - 層間変位関係

6. まとめ

2008年岩手・宮城内陸地震において、同時期にほぼ同じ構造形式で建設された3つの小学校校舎のうち、唯一、大きな被害の見られた上野目小学校での被害と地盤振動特性の関係について検討した。

1) 地震直後に行った常時微動観測からは被害の大きかった建物長辺方向(EW)の固有周波数は約2Hz, 短辺方向(NS)は約6Hzとなった。

2) 各小学校で行った余震観測記録と岩出山観測点で得られた余震記録から求めた加速度応答スペクトル比の結果から、上野目小学校の敷地では建物に被害を与える影響の大きい0.3秒～0.5秒の周期帯で大きな応答が得られる可能性が指摘された。

3) 上野目小学校周辺の敷地で得られているボーリングデータから地盤の一次元等価線形解析を行い、地盤の非線形性が地表面応答に及ぼす影響について検討した。ボーリングデータから得られる地盤の増幅特性だけでは非線形性を考慮しても十分でなく、盛土の影響を考慮することにより、建物被害に影響を与える地盤の増幅特性となった。

4) 立体モデルによる建物の非線形地震応答解析の結果から、盛土の非線形性を考慮した地盤の増幅特性を考慮することにより、第1層の最大層間変形角が約1/50～1/30と、建物の被害を説明できる結果が得られた。

盛土の非線形性の影響を考慮することにより、ある程度、上野目小学校の被害が大きかった理由は説明できると考えられるが、建物モデルの精度をより高めることや切土・盛土境界の不整形性の影響、建物のねじれ振動の影響などについて、さらに検討する必要があると考えている。

謝 辞

本稿は参考文献(三辻ら, 2010)を加筆・修正して作成いたしました。

調査、観測にあたり大崎教育委員会、学校関係各位に感謝いたします。地震観測記録については、気象庁から公開されている自治体震度計のデータ、および東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センター大都市圏強震動観測ネットワーク(宮城県、東北大学工学研究科災害制御研究センター)のデータを使用しました。余震観測は鹿島建設小堀研究室

と共同で行い、被害調査については東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻リハビリテーション工学研究室と宮城高専の共同で行いました。岡野創氏、山添正稔氏、迫田丈志助手、李晩在准教授および研究室の学生の方々には多大なご協力をいただきました。常時微動観測を実施するに当たっては秋田県立大学クアドラ・カルロス准教授の協力を得ました。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 三辻和弥・前田匡樹・松川和人(2010): 2008年岩手・宮城内陸地震における低層RC造建物の被害と地盤振動特性の関係, 第13回日本地震工学シンポジウム, pp.2705-2712
- Mitusji K., Maeda M., Nakagami H. and Matsukawa K. (2009): Estimation of Ground Motion and Seismic Response of RC Buildings Damaged in the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, the 2009 Asian-Pacific of Network of Centers for Earthquake Engineering Research (ANCER) Workshop, Urbana, USA
- 中神宏昌・三辻和弥・松川和人・前田匡樹(2009): 2008年岩手・宮城内陸地震により被災したRC造学校建築の入力地震動と被害要因に関する研究(その1)～(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, 構造III, pp. 347-350
- 前田匡樹・三辻和弥・迫田丈志・五十嵐さやか・松川和人・中神宏昌・山添正稔・岡野創(2008): 2008年岩手・宮城内陸地震により被災した学校建築物の調査と余震および常時微動観測(その1)～(その5), 日本地震工学会大会梗概集, pp.324-333.
- 前田匡樹・中埜良昭(2008): 2008年6月14日岩手・宮城内陸地震による建築物の被害調査報告, ビルディングレター2008年8月号, 日本建築センター, pp63-74
- Ohta, Y. and Goto, N. (1976): Estimation of S-wave velocity in terms of characteristics indices of soil, Buturi-Tanko, 29(4), pp.34-41
- Schnabel, P. B., Lysmer, J. and Seed, H. B. (1972): SHAKE, A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, Report No. EERC72-12, University of California, Berkeley
- 宮城県(1985): 宮城県地震地盤図

2009年7月下旬の中国・九州北部豪雨の気象状況 —2009年7月19日～26日の豪雨—

守田 治*・川野哲也**・鈴木賢士***・山口榮次****

* 福岡大学環境未来オフィス

** 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

*** 山口大学農学部生物資源環境科学科

****元気象庁関西航空地方気象台長

要 旨

2009年7月19日から26日にかけて、いくつかの低気圧の東進に伴って梅雨前線が対馬海峡から鹿児島の間を南北に振動した。このため北部九州から中国地方にかけて記録的な豪雨となり、期間の積算降水量は多いところで500mmから700mmに達した。この豪雨が原因となり北部九州と中国地方の各地で斜面崩壊、土石流災害が発生し、死者は30名に達した。特に山口県防府市では大規模な斜面崩壊と土石流が発生し、14名もの死者がでた。

本稿では豪雨をもたらした気象状況と、環境場、降水系の構造、また豪雨の背景をなす短時間降水量の増加傾向について述べる。

キ-ワード

梅雨前線、寒冷前線、メソβ線状降水系、地形性線状降水系、アンビル

1. はじめに

図-1に7月19日から26日までの積算降水量を示す。積算降水量が多かった観測点は大分県日田市椿ヶ鼻702.0mm、福岡県太宰府市太宰府636.5mm、福岡県飯

塚市飯塚604.5mm、山口県防府市防府549.0mmとなっている。これらの観測点周辺では、積算降水量が400mmを越えている。降水は低気圧、温暖前線、寒冷前線、停滞性梅雨前線、その南側に発生する地形性線状降水系によってもたらされ、それらの位置、各観測点における擾乱の通過時間などの組み合わせによって決まる。中国地方の降水は7月19日～21日、九州地方の降水は主として7月24日～26日に発生したものである。

大分県日田市椿ヶ鼻では積算降水量が702.0mmと際立って多くなっているが、これは梅雨前線が中国地方にかかっている時も、野母崎半島の谷地形を起点とする地形性線状降水系（長崎ライン）が発生し、その降水が梅雨前線本体の降水に加わったためである。

降水量の極値は各地で塗り替えられ、1時間降水量については11地点、3時間降水量は15地点、日降水量は7地点で記録が更新された。今回の豪雨のみならず、近年各地で短時間降水量の記録更新が相次いでいるが、本論分ではこのことが統計学的に有意であることを示す。また豪雨の特徴、および梅雨前線付近で発達するメソβ降水系の構造について述べる。

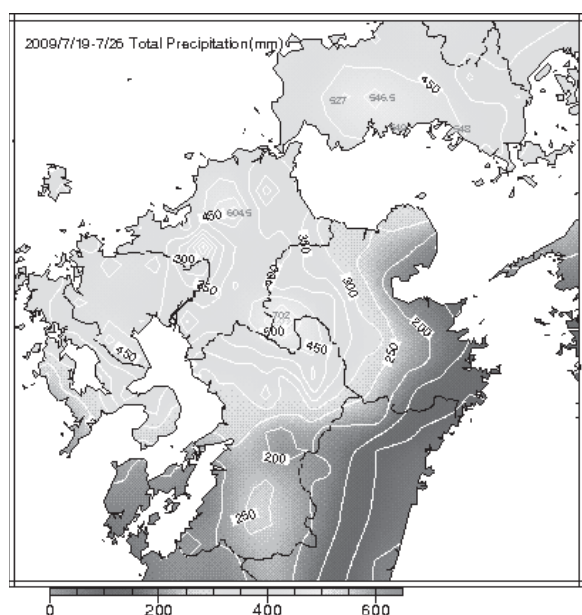


図-1 7月19日～26日の積算降水量分布

2. 降水域の時系列変化と降水系の詳細

第2章では降水域と降水が発生した時間によって節に分割し、それぞれの降水の特徴と降水系の構造を、様々なデータの解析をとおして解明する。

2.1 7月19日中国地方の豪雨

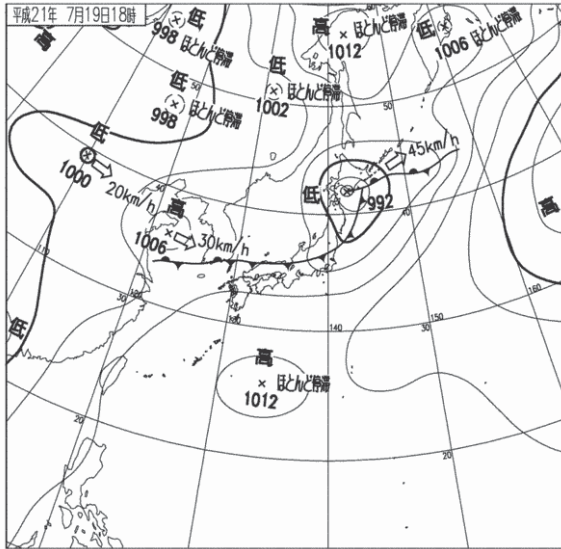


図-2 地上天気図 (7月19日18時)

図-2に7月19日18時の地上天気図を示す。日本海中部にあった低気圧が東進し津軽海峡を通過した。低気圧の東進に伴って寒冷前線が南下し、18時ころ中国地方北部にかかり、その後さらに南下して近畿、中国地方南部から朝鮮半島南岸にわたって停滞した。このため、中国地方北部を中心に豪雨となり、一部の観測点では日雨量が100mmを越えた（鳥取県大山町大山：151.5mm，島根県安来市伯太：116.5mm，島根県雲南市大東：116.5mm）。図-3に19日の日雨量が最も多かった鳥取県大山町大山における前1時間降水量と積算降水量（7月19日～21日）を示す。19日17時10分～18時10分の1時間に65.0mmの最大1時

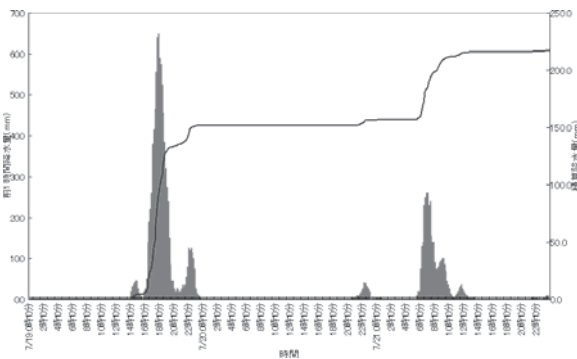


図-3 大山の前1時間降水量と積算降水量 (7月19日～21日)

間降水量を記録した。降水のピークはこの時間帯の1つだけで、寒冷前線の通過時に起こった。図-4に18時のレーダ・エコー分布を示す。図-2と併せると、寒冷前線に沿ってメソβ線状降水系が発達し、この中に降水強度の強い対流セルが1つ存在し、ちょうど大山付近にかかっている。この対流セルが大山における19日18時ころの強い降水ピーク (図-3) に対応している。

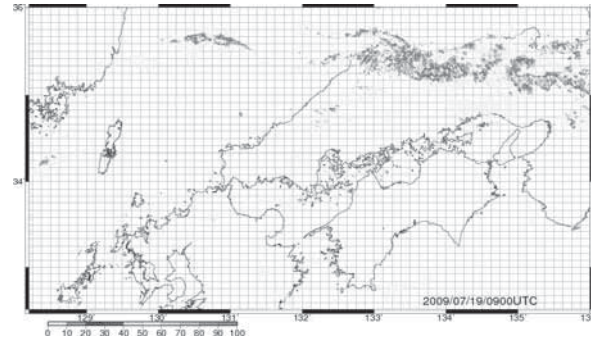


図-4 レーダ・エコー分布 (7月19日18時)

活発に活動する対流セルが生成するアンビルの様相は、図-5の気象衛星赤外画像 (7月19日) からうかがえる。寒

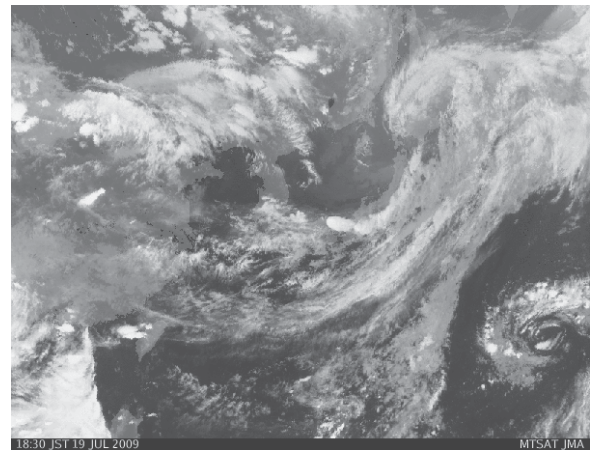


図-5 気象衛星赤外画像 (7月19日18時)

冷前線に沿って北海道襟裳岬から中国地方北部にかけて輝度の高い弧状の雲列が見られる。中国地方北部には特に輝度の高い楕円形の雲が見られるが、これは積乱雲が圏界面に達し巻層雲が水平方向に広がったもの (アンビルまたは鉄床雲という) である。アンビルの形状は対流雲自身が作る水平発散と上層風の組合せによって決まり、上層風が弱い時には円形、風速がやや大きくなると楕円形、上層風が強くなると楔形 (テーパリングクラウドと呼ばれる) になる。輝度の高いアンビルが出現するという事は、その下で活発な対流活動が起こっている証であり、

豪雨災害が起こる可能性が高い。

図-6に7月13日、北緯33.6°における水平風速場、温度場、相対湿度場の鉛直断面を示す。高相対湿度領域は対流セルに対応しており、その軸は上方に向かって西から東に傾いている。これは東西風の強い鉛直シアが存在するためであり、アンビルが寒冷前線の走向に沿って伸張していることと整合性がある。

以上の解析結果から明らかになったメソβ降水系の構造は、対流圏下層では寒冷前線に沿う狭い線状構造で、線状構造のところどころで対流圏全層に広がる背の高い対流セルが発達し、その対流セルが作る巻層雲が対流圏界面で水平方向に広がってアンビルを形成するという、いわばマッシュルーム型構造である。この構造は、梅雨前線上もしくは梅雨前線付近のシアライン上で形成されるメソβ降水系の多くに共通する一般的な構造である。

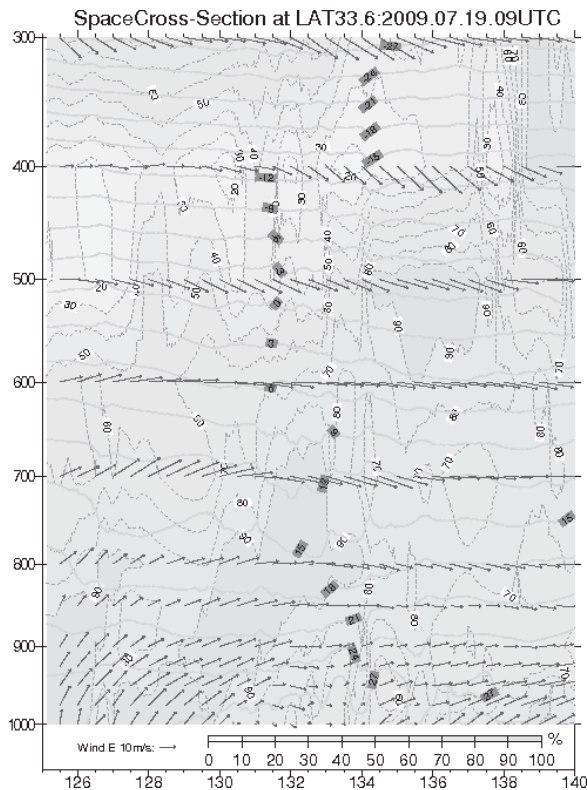


図-6 北緯33.6°における水平風速場、温度場、相対湿度場の鉛直断面（7月19日18時）

2.2 7月20日九州中部・中国地方の豪雨

図-7に20日9時の地上天気図を示す。20日は中国地方に停滞する梅雨前線が南北に振動し、中国地方の広い範囲で日降水量が150mmを越える豪雨となった（広島県安芸太田町内黒山：187.5mm，島根県益田市匹見：173.0mm，山口県岩国市羅漢山：164.0mm）。一方、梅雨前線の南象限で発達する地

形性線状降水系（長崎ライン）によって、大分県と熊本県の県境付近で大きな日降水量を記録した（大分県日田市椿ヶ鼻：187.5mm，熊本県小国町南小国：131.0mm）。

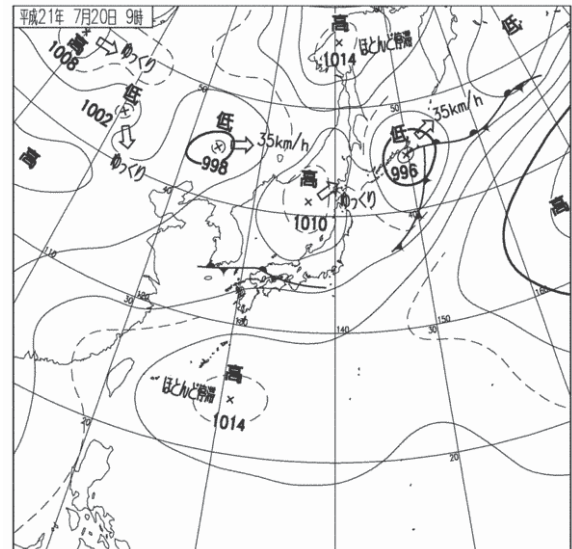


図-7 地上天気図（7月20日9時）

図-8に島根県益田市匹見における7月19日から21日の前1時間降水量と積算降水量を示す。20日0時から20日13時にかけて、1時間降水量が20mmを越える降水ピークが3つ見られる。匹見では2日間の積算降水量が273.5mmに達した。

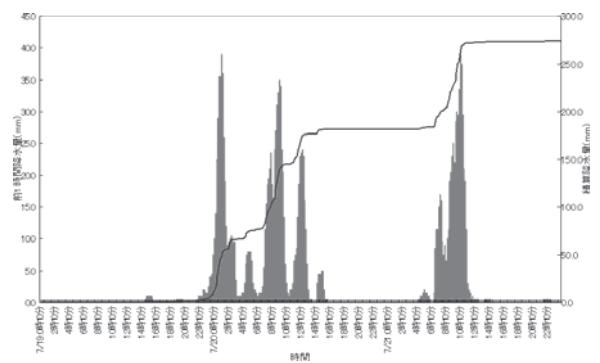


図-8 匹見の前1時間降水量と積算降水量（7月19日～21日）

図-9に20日9時のレーダ・エコー分布を示す。図から匹見における20日9時の降水は、梅雨前線上のメソβ線状降水系中の発達した対流セルによるものであることが分る。また図-9から、野母崎半島から伸びる地形性線状降水系（長崎ライン）が熊本県南小国町小国や大分県日田市椿ヶ鼻にかかっている様子が分る。

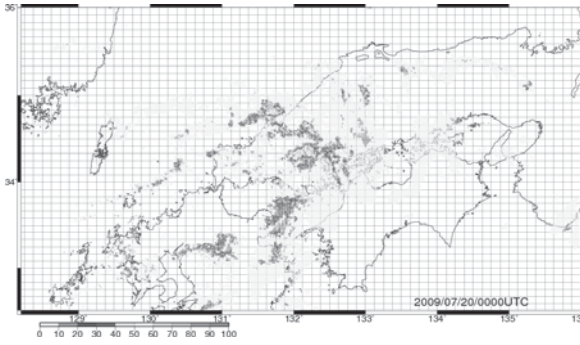


図-9 レーダ・エコー分布 (7月20日09時)

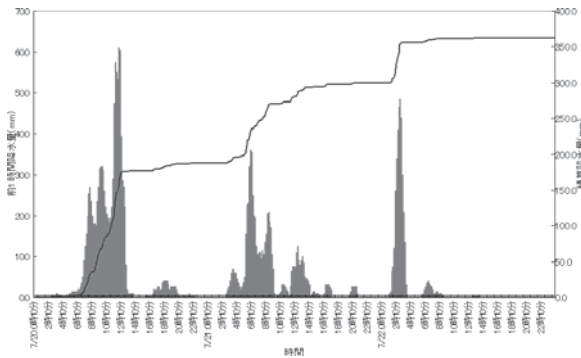


図-10 椿ヶ鼻の前1時間降水量と積算降水量 (7月20日～22日)

図-10に大分県日田市椿ヶ鼻における7月20日から22日の前1時間降水量と積算降水量を示す。1時間降水量が50mm程度の降水が断続的に続く、典型的な地形性線状降水系降水の特徴を示しており、11時から12時までの1時間に最大降水量61.0mmを記録した。

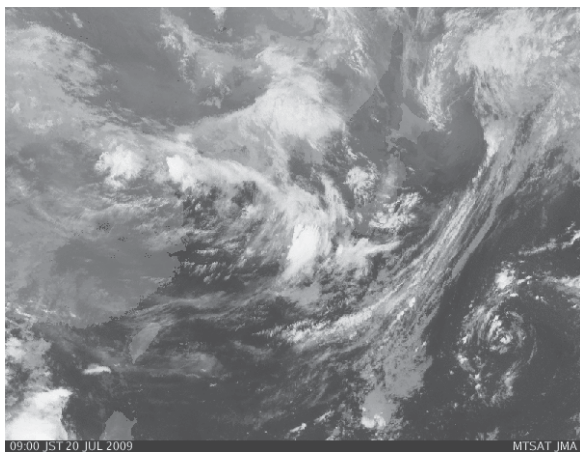


図-11 気象衛星赤外面像 (7月20日09時)

図-11に7月20日09時の気象衛星赤外面像を示す。梅雨前線上で発生したメソβ線状降水系が作るアンビルと地形性線状降水系が作るアンビルが一体となって南北に広がる巨大な団塊状アンビルを形成してい

る。

図-12に7月20日09時の東経130.5°における水平風速場、温度場、相対湿度場の鉛直断面を示す。高相対湿度領域は対流セルに対応しており、北緯32°と34°付近に存在する。前者は梅雨前線上で発生したメソβ線状降水系上の対流セルに対応し、後者は長崎ライン上の対流セルに対応する。

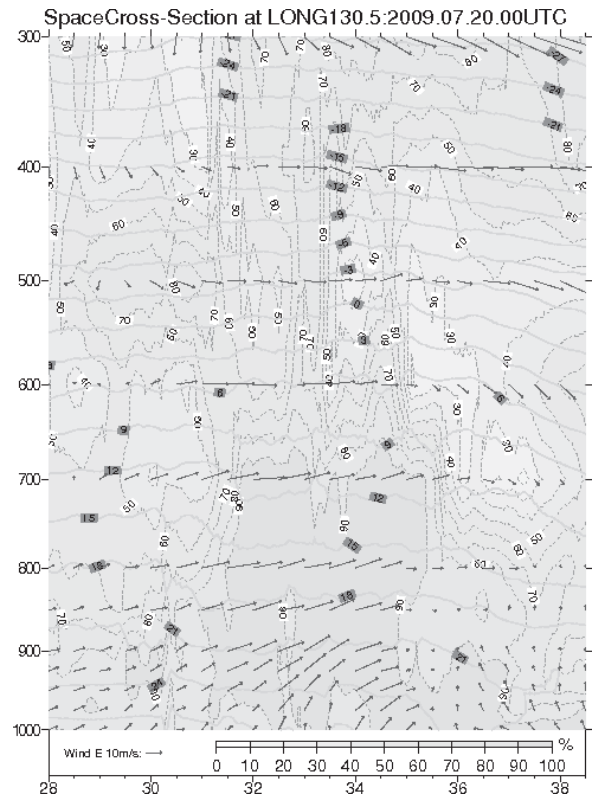


図-12 東経130.5°における水平風速場、温度場、相対湿度場の鉛直断面 (7月20日09時)

2.3 7月21日九州中部・中国地方の豪雨

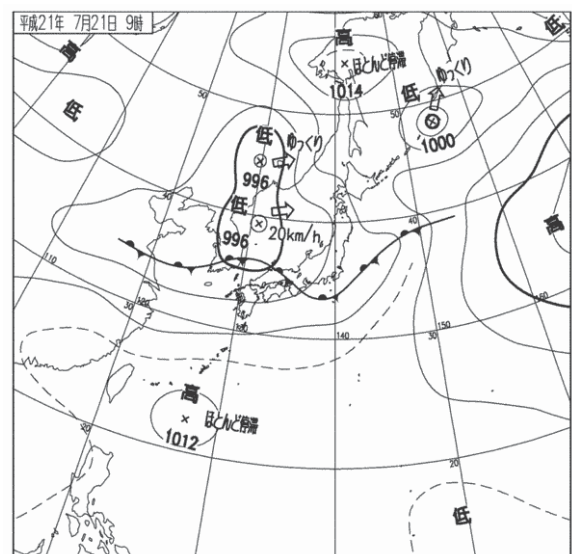


図-13 地上天気図 (7月21日9時)

図-13に21日9時の地上天気図を示す。21日6時ころ、山陰沖に停滞する梅雨前線上で低気圧が発生しゆっくり東進した。低気圧の東進に伴って梅雨前線が南下し、九州北部、中国、東海地方南岸に停滞した。このため、中国地方南部で日降水量200mmを越える豪雨となり、山口県防府市を中心として未曾有の豪雨災害が発生した（山口県山口市山口：277.0mm、山口県防府市防府：275.0mm、山口県柳井市柳井：272.0mm、山口県美祢市桜山：250.0mm）。一方、九州中部でも4つの観測点で日降水量が100mmを越えた（大分県豊後大野市温見：115.5mm、大分県日田市椿ヶ鼻：112.5mm、熊本県阿蘇市阿蘇乙姫：110.0mm、熊本県南小国町南小国：106.5mm）。この豪雨は7月20日に引き続いて、地形性線状降水系（長崎ライン）によりもたらされたものである。

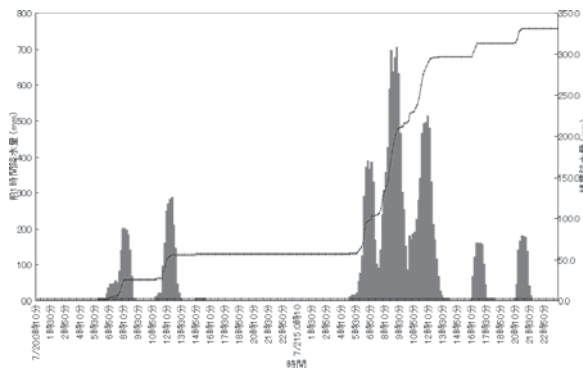


図-14 防府の前1時間降水量と積算降水量（7月20日～21日）

図-14に防府市防府における7月20日から21日の前1時間降水量と積算降水量を示す。8時20分から9時20分にかけて1時間降水量70.5mmを記録したのをはじめ、21日6時から12時にかけて3つの降水ピークが見られる。

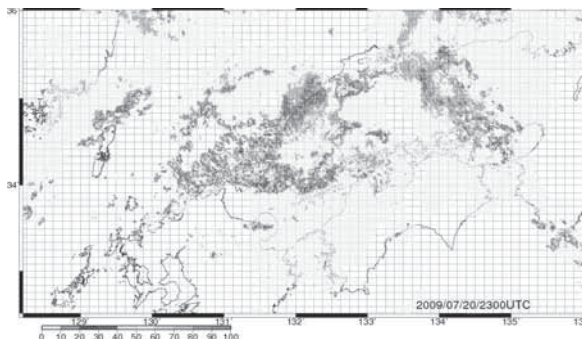


図-15 レーダ・エコー分布（7月21日08時）

図-15に21日8時のレーダ・エコー分布を示す。梅雨前線上にメソβ線状降水系が発達しており、その中に4-5個の強い降水エコーが見られる。このうちの

3個が防府に侵入し、図-14に見られる3つの降水ピークを作った。

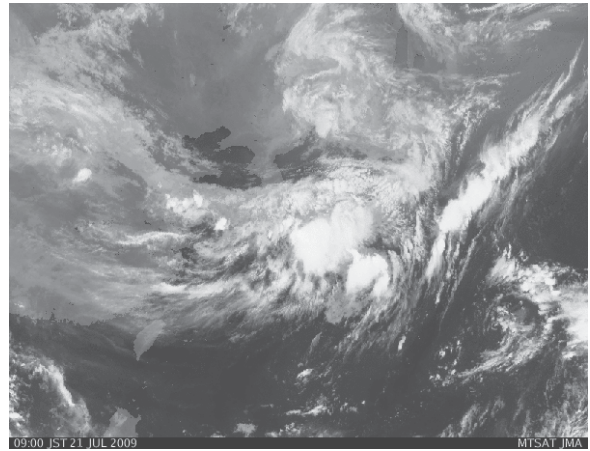


図-16 気象衛星赤外面像（7月21日09時）

図-16に7月21日09時気象衛星赤外面像を示す。梅雨前線上に輝度の高い円形のアンビルが2つ重なっているのが見られるが、上層の風速が小さいため対流セルが自ら作り出す発散場で円形のアンビルが形成されたものである。

7月22日から23日にかけて、梅雨前線は九州の南会場まで南下したため北部九州および中国地方の豪雨は一旦休止した。

2.4 7月24日九州北部の豪雨

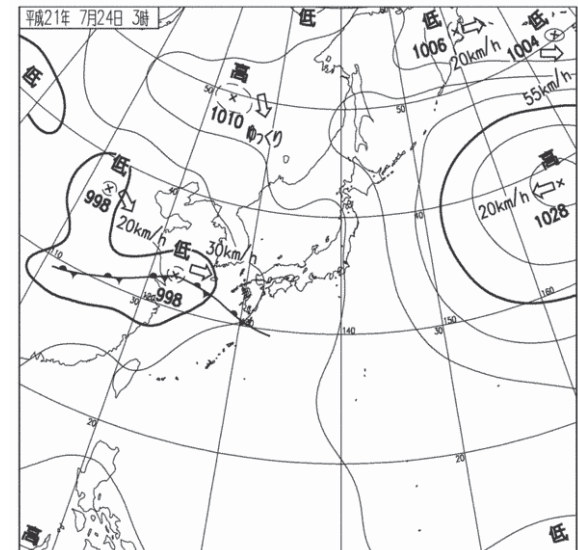


図-17 地上天気図（7月24日3時）

図-17に7月24日3時の地上天気図を示す。7月23日に中国東海岸で発生した低気圧が黄海を東進するのに伴って、7月24日9時には温暖前線が九州南部まで北上した。低気圧は朝鮮半島南岸に達しその後停滞した。温暖前線は対馬海峡まで北上し、九

州北部で1時間降水量が100mmをこえる豪雨になった(長崎県壱岐市芦辺:103.0mm, 16:30, 長崎県壱岐市石田:108.0mm, 16:50, 福岡県福岡市博多:114.0mm, 19:20, 福岡県篠栗町篠栗:100.5mm, 19:30, 福岡県飯塚市飯塚:105.0mm, 19:50)。一方, 日雨量が200mmを越えた観測点は8地点あった(長崎県壱岐市芦辺:313.0mm, 長崎県壱岐市石田:268.0mm, 福岡県飯塚市飯塚:289.5mm, 福岡県宗像市宗像:234.5mm, 福岡県北九州市頂吉:266.5mm, 福岡県前原市前原:205.5mm, 福岡県篠栗町篠栗:251.0mm, 福岡県福岡市博多:239.5mm)。

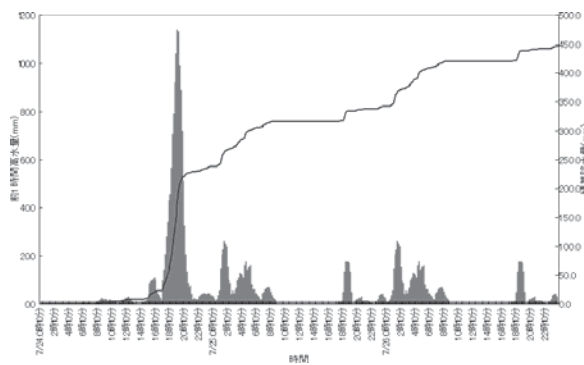


図-18 博多の前1時間降水量と積算降水量(7月24日~26日)

図-18に7月24日で全観測点中最大1時間降水量を記録した, 福岡県福岡市博多における前1時間降水量と積算降水量を示す(7月24日~26日)。18時25分から19時25分までの1時間に116.0mmの降水があった。7月24日18時の地上天気図(図は省略)を見ると, この観測点は対馬海峡に中心を持つ低気圧の暖域に位置していた。

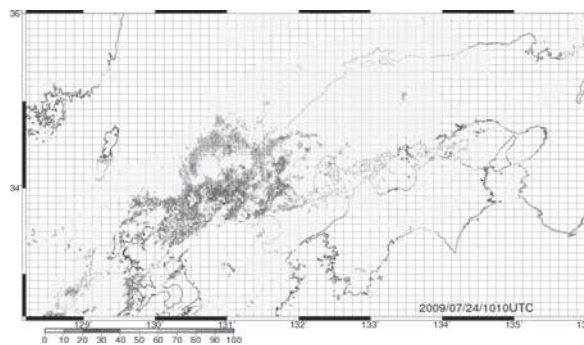


図-19 レーダ・エコー分布(7月24日19時10分)

図-19に7月24日19時10分のレーダ・エコー分布を示す。暖域に2本の暖域バンドと呼ばれるメソβ線状降水系が見られる。この内の1本が観測点・博多にかかって1時間雨量116.0mmの集中豪雨となった。

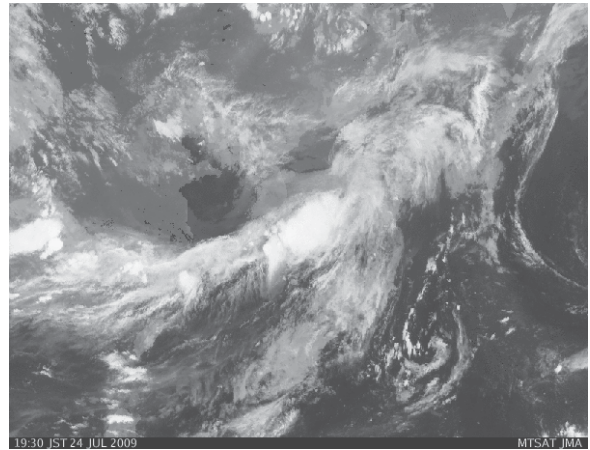


図-20 気象衛星赤外面像(7月24日19時30分)

図-20に7月24日19時30分の気象衛星赤外面像を示す。図-19に見られる暖域バンドの上空に輝度の高い楕円形アンビルが形成されている。

この事例でもメソβ降水系の構造は, 下層では線状降水系の中のところどころで対流圏界面まで達する対流セルが発達し, 対流圏界面に達すると巻層雲が水平方向に広がってアンビルを形成するというマッシュルーム型である。

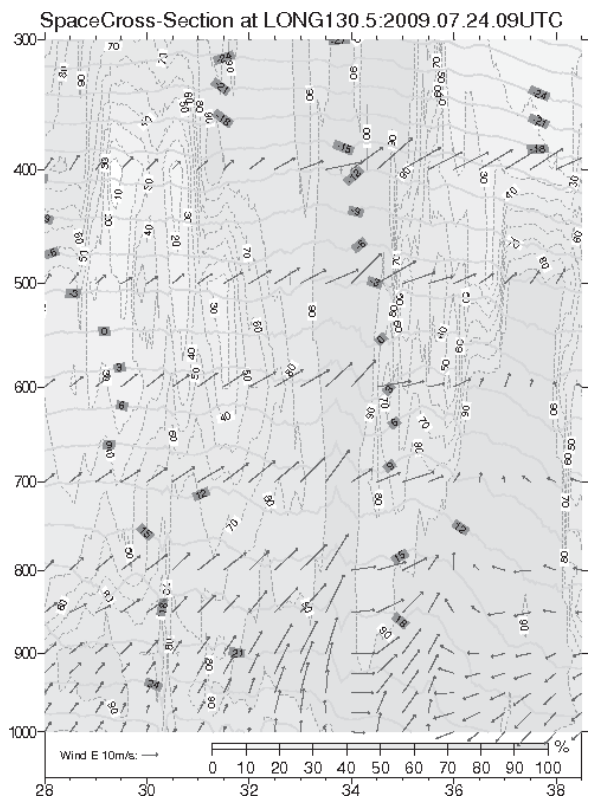


図-21 東経130.5°における水平風速場, 温度場, 相対湿度場の鉛直断面(7月24日18時)

図-21に7月24日18時の東経130.5°における水平風速場, 温度場, 相対湿度場の鉛直断面図を示す。

図-19の2本の暖域バンドに対応して2本の対流セルが認められる。南側の対流セルはほぼ鉛直方向に直立し、対流圏界面まで達している。一方、北側の対流セルは上方へ行くに従ってやや北側に傾斜し、雲頂高度は400hPa面（約7km）にとどまっている。

2.5 7月25日九州地方の豪雨

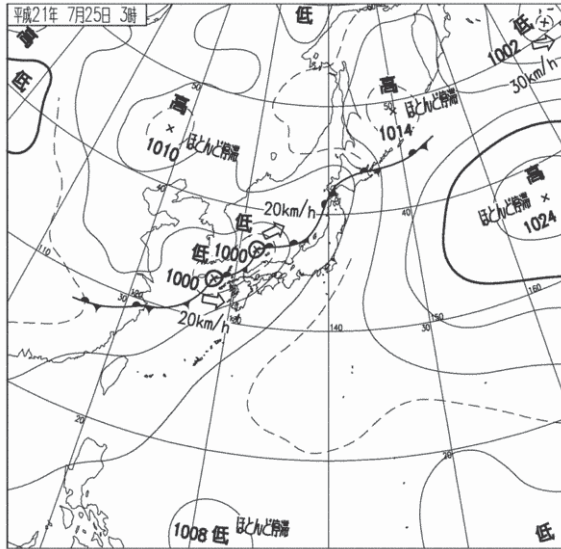


図-22 地上天気図（7月25日3時）

図-22に7月25日3時の地上天気図を示す。中国東海岸で発生した低気圧が揚子江中流域から華南から九州に伸びる梅雨前線を東進し、メソβ線状降水系が発達した。九州北部、九州中部、中国地方の14観測点で1時間降水量が50mmを越えた。日降水量は多くの観測点で100mmを越え、200mmを越える観測点が3地点あった（福岡県久留米市耳納山：203.5mm、熊本県益城町益城：201.0mm、熊本県人吉市人吉：200.5mm、熊本県多良木町多良木：194.5mm、広島県呉市蒲刈：184.5mm、熊本県南阿蘇村阿蘇山：180.0mm、大分県玖珠町玖珠：172.5mm、長崎県佐世保市佐世保：170.5mm）。

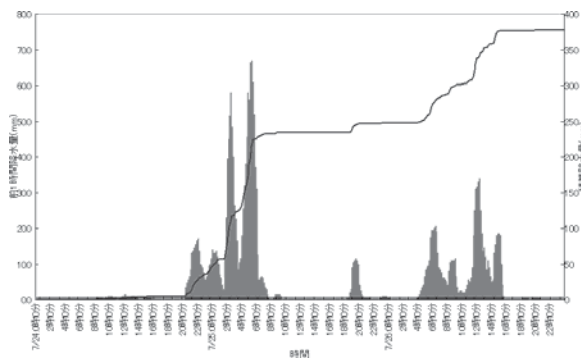


図-23 耳納山の前1時間降水量と積算降水量（7月24日～26日）

図-23に福岡県久留米市耳納山における7月24日から26日の前1時間降水量と積算降水量を示す。24日20時から25日6時ころにかけて1時間最大降水量67.0mmを含む4つの降水ピークがある。7月25日5時30分のレーダ・エコー分布(図-24)と較べる

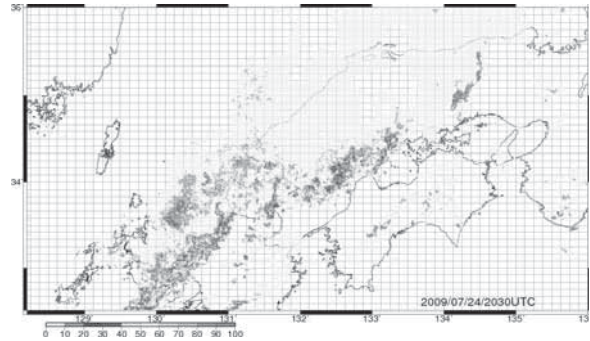


図-24 レーダ・エコー分布（7月25日05時30分）

と、梅雨前線上でメソβ線状降水系が発達し、その中で活発な対流セルが多数発達し、次々に強い降水をもたらしたことが分る。

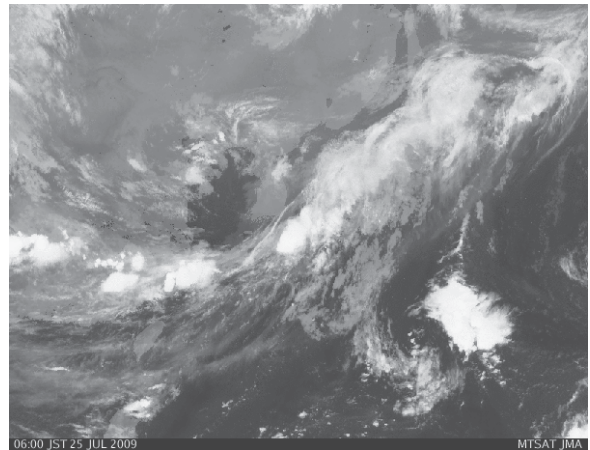


図-25 気象衛星赤外面像（7月25日06時00分）

図-25に7月25日06時00分の気象衛星赤外面像を示す。メソβ線状降水系の上空に輝度の高い円形のアンビルが3つ並んでいる。

2.6 7月26日九州北部の豪雨

図-26に7月26日3時の地上天気図を示す。梅雨前線は九州北岸から中国地方に停滞していた。3時ころ九州西海上で低気圧が発生しゆっくり東進、21時には中国地方北岸に達した。このため、九州北部で1時間降水量が50mmをこえる豪雨になった（福岡県那珂川町九千部山：79mm, 11:20）。また3つの観測点では日雨量が200mmを越えた（福岡県那珂川町九千部山：309.5mm、福岡県太宰府市大宰府：277.5mm、佐賀県嬉野市嬉野：211.5mm）。

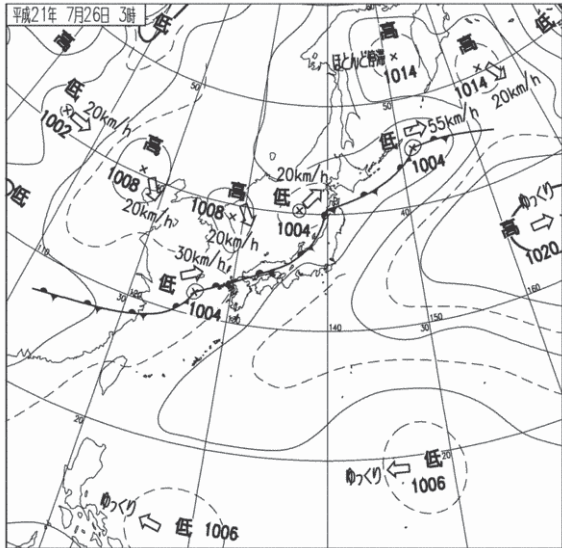


図-26 地上天気図（7月26日3時）

その中の微細構造である個々の対流セルの通過時に地上では強い降水を観測した。

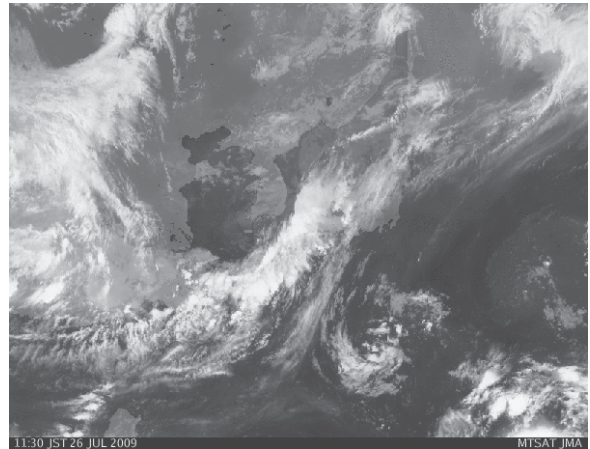


図-29 気象衛星赤外面像（7月26日11時30分）

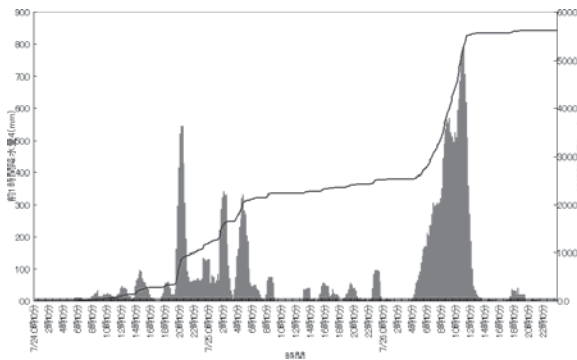


図-27 九千部山の前1時間降水量と積算降水量（7月24日～26日）

図-27に7月24日から26日にかけての福岡県那珂川町九千部山における前1時間降水量と積算降水量を示す。26日4時から12時ころにかけて1時間降水量79.0mmを記録した。また、日降水量は309.5mmに達した。

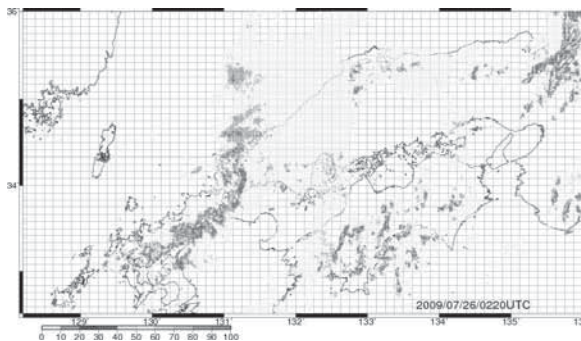


図-28 7月26日11時20分のレーダ・エコー分布

図-28に7月26日11時20分のレーダ・エコー分布を示す。梅雨前線上でメソβ線状降水系が発達し、

図-29に7月26日11時30分の気象衛星赤外面像を示す。いくつもの対流セルのアンビルが併合したため、形状は梅雨前線に沿う不定形となっている。

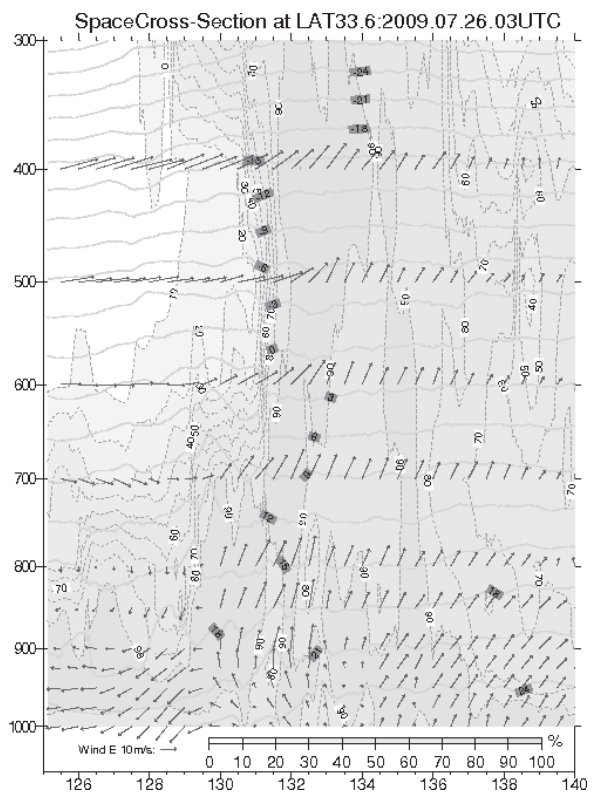


図-30 北緯33.6°における水平風速場、温度場、相対湿度場の鉛直断面（7月26日12時）

図-30に7月26日12時の北緯33.6°における水平風速場、温度場、相対湿度場の東西-鉛直断面図を示す。対流セルは対流圏界面まで達している。その後方（西方）の中・上層に乾燥した大気層が広がっており、

乾燥空気が対流セルの後方から流入している。リアーインフローと呼ばれる現象で、豪雨が発生するための重要な要件である。

3. 地球温暖化に伴う豪雨の増加傾向

2009年7月北部九州・中国地方の豪雨において、11観測地点で1時間降水量の極値が更新された。本事例に限らず、最近の豪雨では短時間降水量の極値の更新が頻繁に起こっている。短時間降水量が増えているのではないかという日常経験は、はたして統計的に有意なのだろうか。

気象庁はアメダスの観測が始まった1976年以降の観測結果から、1時間降水量が50mmと80mmを越える降水が1年間に1000観測点で起生する回数を求め、さらに全期間を10年毎の小期間に分割してそれぞれの期間の起生回数を求めホームページに掲載している。その結果を改変した図を図-31と図-32に示す。また、このデータを元に3つの期間の起生回数の平均値の間に統計的に有意差があるか否かを検定する。

3.1 1時間降水量が50mmを越える降水

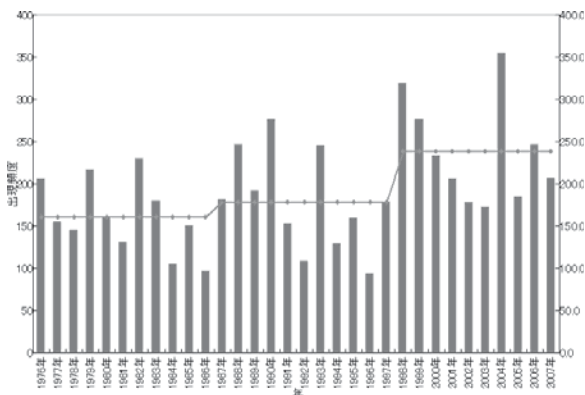


図-31 各年の1時間降水量が50mm以上の降水が発生する頻度(観測点1,000点あたりに規格化)(1976年～2008年)

1976年から2008年までの観測期間を第1期(1976年～1986年)、第2期(1987年～1997年)、第3期(1998年～2008年)の3期間に分け、それぞれの期間

期間	平均	分散
1976-1986	160.4	43.5
1987-1997	177.5	58.5
1998-2008	237.8	59.0

表-1 1時間降水量が50mm以上の発生頻度

の起生回数の平均と分散を求めた。

表-1に結果を示す。これらの平均と分散を用いてT-検定を行うと、第1期と第2期の平均値の間には統計的有意差は認められない。しかし、第2期と第3期の平均値の間には95%以上の有意水準で有意差が認められ、第1期と第3期の平均値の間には99%以上の有意水準で有意差が認められた。すなわち、1時間に50mm以上の豪雨が起生する回数は、近年になるほど増加傾向にあることが明瞭に示された。

3.2 1時間降水量が80mmを越える降水

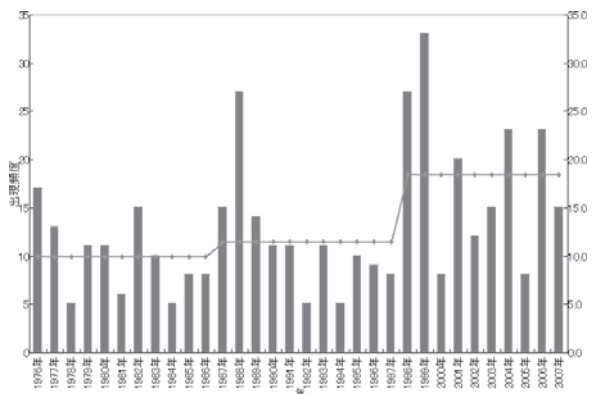


図-32 各年の1時間降水量が80mm以上の降水が発生する頻度(観測点1,000点あたりに規格化)(1976年～2008年)

1時間80mmを越える豪雨の年起生回数について、1976年から2008年までの観測期間を第1期(1976年～1986年)、第2期(1987年～1997年)、第3期(1998年～2008年)の3期間に分け、それぞれの期間の起生回数の平均と分散を求めた。

期間	平均	分散
1976-1986	9.9	4.0
1987-1997	11.5	6.0
1998-2008	18.4	7.8

表-2 1時間降水量が80mm以上の発生頻度

表-2に結果を示す。これらの平均と分散を用いてT-検定を行うと、第1期と第2期の平均値の間には統計的有意差は認められない。しかし、第2期と第3期の平均値の間には95%以上の有意水準で有意差が認められ、第1期と第3期の平均値の間には98%以上の有意水準で有意差が認められた。すなわち、1時間に80mm以上の豪雨が起生する回数についても、近年になるほど増加傾向にあることが明瞭に示された。

3.3 温暖化に伴って豪雨が増加する物理過程

地球温暖化は、全地球的に一様に起こるわけではない。大陸と海洋では昇温の大きさが異なり、低緯度と高緯度でも昇温の大きさが異なる。鉛直方向に関していえば、対流圏下層の方が下層よりも昇温が大きい。このことは、大気の成層状態の安定度を低下させ、対流現象を激化させる。一方、大気柱の平均温度が上昇すると飽和水蒸気圧が大きくなる。すなわち、大気の単位体積に含まれる降水となりうる水の量(可降水量)が増加する。以上の2つの物理過程の変化に伴って、地球温暖化が進むほど、短時間降水量は増加する結果になる。

台風の巨大化や、最大瞬間風速の記録更新、竜巻の発生頻度の増加なども、対流現象の激化に伴うものとして理解できる。

4. おわりに

マルチセル降水系を例外として、梅雨前線近傍で発達する降水系の大部分の下部構造はメソβ線状降水系であり、上層のアンビルは対流セル自身が作り出す水平発散場と基本風速場の組合せで決まる。アンビルの形状は円形、楕円形、テーパー型、団塊状など様々である。

2009年7月下旬に北部九州、中国地方で発生した豪雨は総てメソβ線状降水系によるものであった。この事実からも明らかのように、メソβ線状降水こそ、梅雨前線付近のメソ降水系の本質的構造といえよう。

本論文ではまた、集中豪雨の激化の背景に地球温暖化があることを明らかにした。

本論文の骨子は、著者の一人が西部地区自然災害資料センターニュースNo.43に寄稿した論文(守田, 2010)に、その折紙面の都合で割愛した部分と共著者の研究成果とを書き加えたものである。

謝 辞

本研究は、平成22年度科学研究費補助金・特別研究促進費による突発災害調査研究から研究費をいただいで実施したものです。関係者の皆様に心から感謝いたします。

参考文献

守田 治 (2010) : 2009年7月中国・九州北部豪雨の気象状況,NDIC NEWS No. 43, pp. 21-26.

自然災害総合研究班から自然災害研究協議会へ ～50年の歩みを振り返って～

京都大学防災研究所 寶 馨

1959年の伊勢湾台風を契機に、大学における災害科学関係の研究者による研究連絡組織体の必要性を当時の長谷川万吉福井大学長が国立大学協会を通じて全国の大学に呼びかけられ、「災害科学総合研究班」が発足した(平澤朋郎, 2001)。その後、「自然災害科学総合研究班」として1999年まで40年経過し、2000年は移行組織としての「自然災害科学研究連絡委員会」が京都大学防災研究所に設置され、2001年(平成13年)からは「自然災害研究協議会」となった。

本講演では、1960年から数えてちょうど50年になる今年、この50年間の歩みを振り返りつつ、今後を展望する。以下、平澤(2001)の記事をそのまま引用して、発足から40年までの歩みの概要について、読者の便に供したい。

「自然災害総合研究班」の発展的解消にあたって

総合研究班代表 平澤 朋郎
(東北大学大学院理学研究科)

平成11年12月16日に開かれました自然災害総合研究班研究連絡委員会で、1960年以來40年の歴史をもつ自然災害総合研究班が、京都大学防災研究所に設置される「自然災害科学研究連絡委員会(仮称)」を核とする新たな研究ネットワーク組織へと、発展的に解消することとなりました。ただし、正確に述べますと、平成12年度予算で同委員会の設置が保証され、実際に発足したとき、自然災害総合研究班は解散し、新組織に移行いたします。

災害科学総合研究班が1977年に発行した「わが国の自然災害科学」によりますと、自然災害科学の研究を総合的に実施するために、全国の大学等に分散している広い学問分野にわたる研究者が参加できる全国的な組織が形成される契機となったのは、中部地方に大災害をもたらした1959年の伊勢湾台風であったそうです。その翌年、当時福井大学長であった故長谷川万吉先生が国立大学協会を通じて全国の大学に呼びかけられ、大学における災害科学関係の研究者による研究連絡組織体、災害科学総合研究班が発足する運びとなりました。この発足にあたっては、文部省科学研究費補助金(80万円)が交付されましたが、当時の研究分担者はわずか30名前後であったそうです。

1963年には、文部省科学研究費の特定研究の中に自然災害科学の研究領域が設定され、計画的、組織的に研究が進められるようになるとともに、総合研究班が研究の企画・調整・総括の役割を果たすようになりました。その後、1972年に文部省科学研究費の特別研究という範疇に変わりましたが、総合研究班は特定研究あるいは特別研究の総括班として科学研究費にサポートされ、活発な活動を続けてきました。1987年、特別研究から重点領域研究に移行するに及んで、総合研究班を科学研究費の枠の中で継続的に

維持することが次第に困難になりました。

このように、科学研究費のもとで発足し、維持されてきた総合研究班は、歴史的にみて、きわめて多面的な機能を果たしてきたと考えられます。まず第1に、自然災害科学という学際的研究領域の学会的役割です。第2は、文部省の科学研究費を対象にした自然災害科学に関する総合的・系統的研究の企画・調整・評価の機能です。第3は、国立大学を中心とする自然災害科学の研究ネットワークで、研究体制・組織の強化（たとえば、各地域の災害資料センターの設置・整備）なども図ってきました。この第1の役割に関しては、1981年に自然災害科学会（現在の日本自然災害学会）が発足し、さらに昨年には、日本災害情報学会も設立され、総合研究班のこの点での役割は概ね終了したと言って良いでしょう。第2に関しては、「突発災害研究」という特殊な科学研究費の項目を除けば、「自然災害科学特別研究」といった包括的な領域が設定されていない以上、その特化された役割は存在し得ないでしょうし、また、一般的な問題には、学会や学術会議の研究連絡委員会が役割を果たすはずです。第3に関連して、京都大学防災研究所が1996年に全国共同利用研究所に改組され、防災研究所を中核とする新たな形態の「自然災害科学研究ネットワーク」の素地ができあがりました。

このような背景のもとで、「自然災害総合研究班」は、京都大学防災研究所に設置される「自然災害科学研究連絡委員会（仮称）」を中核とする新たな研究ネットワーク組織に移行する決断をしたわけです。この「自然災害科学研究連絡委員会（仮称）」は、防災研究所に設置されますが、そこでの議論は決して防災研究所の枠の中にとどまる必要はありません。研究体制・組織を含めて、わが国の自然災害科学研究の推進を図るためには、（主として大学は）どうすべきか、何をなすべきかを審議する「研究協議会」的イメージを、私はもっています。なお、自然災害科学研究連絡委員会（仮称）」の規約の骨格については、昨年12月16日の研究連絡委員会で決まっておりますが、最終的には新たに発足する研究連絡委員会で決めていただくことになっております。

おわりに、自然災害総合研究班を立ち上げ、ここまで発展させ、維持してこられた多くの先生方のご努力に、心から敬意を表させていただきたいと思えます。同時に、全国の多くの研究者が「われわれの研究連絡委員会」、「われわれの研究ネットワーク」と思える新組織が発足し、研究ネットワーク全体が自然災害科学のCOEとして機能し、大きく発展することを期待しております。

（災害科学研究通信 No.60, 2001.3）

（自然災害総合研究班，京都大学防災研究所自然災害科学研究連絡委員会）

気候変動に伴う極端気象に強い都市創り —研究プロジェクトの概要について—

三隅良平*

* 独立行政法人 防災科学技術研究所

要 旨

気候変動により増加が懸念される極端気象（局地的な大雨，強風等）に強い都市を創ることを目的として，政府機関，独立行政法人，地方自治体，民間企業等24機関の参加のもと，平成22年度より5ヵ年計画で科学技術振興調整費「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」がスタートした。研究プロジェクトの概要について紹介する。

1. はじめに

「ゲリラ豪雨」の名称で報道されるような局地豪雨や竜巻，突風など突発的な気象災害対策が大きな社会問題となっている。これらの災害では現象が起こってから災害の発生までの時間が極めて短く，災害を軽減するには気象観測網の充実のみならず，わかりやすい防災情報の作成や，迅速な情報伝達が重要な課題である。そのためには理学，工学，社会学など分野を越えた研究者が連携するとともに，現場の防災担当者とも密煮に連携して課題の解決を図らねばならない。

「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」（課題代表者：防災科学技術研究所 真木雅之）は科学技術振興調整費「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」として採択された課題の1つである。図2にプロジェクトの実施内容，図3に実施体制を示す。実施内容は3つのサブ課題「稠密観測による極端気象のメカニズム解明」「極端気象の監視・予測システムの開発」「極端気象に強い都市創り社会実験」から構成され，政府機関，独立行政法人，地方自治体，民間企業等24機関が協力してその実施にあたる。以下，個々の課題で実施する研究開発や社会実験について説明する。

2. 稠密観測による極端気象のメカニズム解明

2.1 概要

局所的な豪雨や突風は，その空間スケールが小さいため観測が難しく，発生メカニズムが十分に解明されていない。極端気象の実態を解明するとともに，その予測に必要なデータを高密度で取得するため，関東周辺に研究機関や大学が所有する観測機器を集中的に配備して観測を実施する。2010年度を準備期間とし，2011～2013年度に集中観測を実施する予定である。以下，使用される主な測器について述べる。

2.2 Xバンドレーダネットワーク（X-NET）

空間スケールの小さな大気現象の監視に有効な方法の1つは，波長の短い小型の気象レーダを複数配置して，細かい時空間分解能で観測を行うことである。関東周辺では防災科学技術研究所（2台），防衛大学校，中央大学，電力中央研究所，山梨大学が所有するXバンドドップラーレーダ（うち4台はマルチパラメータレーダ）をネットワーク化し，5分間隔で同期観測を行っている。この観測網はX-NETと呼ばれている。すべてのデータは防災科学技術研究所でリアルタイム処理され，500mメッシュの雨・風情報が作成される。本プロジェクトではX-NETを活用し，関東周辺で5年間にわたって暖候期の連続観測を実施する。

一方，国土交通省は2010年度より3大都市圏でマルチパラメータレーダネットワークの試験運用を開始している。研究用レーダであるX-NETにより開発された豪雨・強風の観測・解析手法を，国交省のネットワークに組み込み，恒常的に極端気象を監視・予測していく方法を確立する。

2.3 Kuバンドレーダ

Kuバンドレーダは大阪大学を中心に開発された波長2cmの小型レーダで、1分間隔、10mの距離分解能で3次元スキャンを行うことができる。通常の気象レーダが5分間隔、1kmメッシュであることを考えると、非常に高い時空間分解能をもっている。このレーダの活用により、豪雨や強風をもたらす積乱雲の微細構造の解明が期待されている。2010年度に気象研究所がKuバンドレーダの実機を製作し、2011年度より東京都内において試験観測を開始する。

2.4 ドップラーライダー

北海道大学、情報通信研究機構および気象庁が所有するドップラーライダーは、ドップラー機能をもつレーザレーダで、大気中のエアロゾルによる散乱を利用して気流を観測する。雲や雨の無い場所でも上空の気流を面的に計測することができるのが特徴である。ドップラーライダーを東京都内に2台配置するとともに、羽田空港で運用されている気象庁の現業レーダを加えた観測網を構築し、東京湾から侵入する海風前線の微細構造や、積乱雲発生前の状況に関する知見を得る。

2.5 航空機観測

電子航法研究所が所有する観測用航空機ビーチクラフト式B99を活用し、積乱雲が発生する直前の気温、湿度、風の状況を広域に観測する。同時に稠密気象観測情報を活用し、航空機の安全な飛行経路予測に関する研究も実施する。

2.6 高密度地上観測網

気象研究所が山形県庄内平野で行っていた高密度観測の実績に基づき、地点間隔約3kmの高密度地上観測網を積乱雲の発生が多い東京都西部に展開する。観測項目は気温、湿度、気圧、風向・風速で、積乱雲の発生前の風の発散・収束の状況や、ガストフロントの微細構造の検出などが期待される。

2.7 その他

シンチロメータやラジオゾンデを用いた大気境界層の観測、Cバンド偏波レーダを用いた積乱雲内の降水粒子の判別手法の開発、東京湾上の「海ほたる」にGPS受信機を置いての水蒸気観測、ビデオディストロメータを用いた雨滴の形状の観測、気象衛星ひまわりのラピッドスキャン（5分間隔）データを用いた積乱雲の監視と予測などが計画されている。同時に稠密気象観測データを用いたデータ同化手法の開発や数値シミュレーションも実施する。

3. 極端気象の監視・予測システムの開発と社会実験

3.1 概要

前述したような稠密気象観測により、局地豪雨や突風がある程度観測可能になると考えられる。しかし防災情報の伝達の問題が残されている。局地豪雨の発生を観測できても、速やかに防災担当者や一般の人に情報が伝達されなければ被害は軽減され得ない。本プロジェクトでは、局地豪雨や突風など極端気象を観測した場合、速やかに情報を伝達する「極端気象早期検知・予測システム」を開発することを目標にしている。このシステムの開発にあたっては、地方自治体、消防、鉄道、建設会社等の防災担当者にも参加していただき、各分野において「どのタイミングで「どのような」防災情報を必要としているかを明らかにしながら、システム開発を進めていくことにしている。



図-1 緊急豪雨情報のイメージ

3.2 緊急「豪雨」情報の作成

地震の分野では「緊急地震速報」が大きな成果を上げている。緊急地震速報は地震発生のほんの十数秒から数十秒前の情報伝達であるが、限られた時間でも命や財産を守るための様々な行動をとることが可能である。同じことは豪雨についても言える。局所的な豪雨は突然発生し、雨の降り始めから20分程度で甚大な被害を生じさせる。豪雨発生のため5～10分前であっても、精度の高い予測情報を伝達することができれば、被害を軽減させることができると考えられる。本プロジェクトでは豪雨発生を早期に検知するため、地上のみならず上空の雨を監視し、予測情報に活用することを計画している（図1）。雨粒が落下する速さを毎秒9メートル程度とすれば、

高度4000メートルで豪雨が検知できれば、地上に雨が達する約7分前に豪雨発生を予測できることになる。情報の受け手が緊急的な避難行動をとれるようにこの情報を文字情報などに変換し、携帯電話等でいち早く現場に伝えるシステムの構築を目指している。予測システム構築後は、モニターとして参加した個人に実際に情報を流して実証実験を行う。

3.3 河川警報装置の高度化

平成20年7月28日午後、神戸市を流れる都賀川を突然の鉄砲水が襲い、親水施設（河川に入って遊べる施設）にいた子供を含む5人が水死するという痛ましい災害があった。親水施設は神戸市だけではなくいろいろな市町村の河川に設置されており、各市町村では突発的な豪雨に備えてその災害対策が急務となっている。本プロジェクトでは横浜市道路局河川部の協力を得て、親水施設に設置されている警報装置の高度化を目指す。具体的な計画として、稠密気象観測により正確な雨量を取得し、それに基づいて流域に降る雨量や水位の変動を予測することにより、警報装置の空振りや見逃しを改善していく。実験として特定の河川に対して試験的な警報を作成し、既存の手法と比較してどの程度向上しているかを検証する。

3.4 水防活動・防災行政のための情報提供

水害発生前の警戒や発災直後の対応など、地方自治体による水防活動や防災行政は、豪雨被害の軽減に重要な役割を担っている。特に災害発生直後には、防災担当者は災害の規模や状況を的確に判断し、迅速かつ効率的な対応をすることが重要となる。本課題では東京消防庁、江戸川区、藤沢市の協力により、稠密気象観測による監視・予測情報をリアルタイムで防災担当者に提供し、水防活動や防災行政を効率的かつ的確に実施するためのシステム開発を進めている。東京消防庁には2010年にX-NETに基づく雨量と風の情報を試験配信し、その有効性を検証しているところである。また藤沢市や江戸川区には、レーダ雨量と水文モデルを組み合わせたリアルタイム浸水危険度情報を提供する。担当者の意見を聞きながら、より実効性の高い情報提供を目指していく。

3.5 建設現場や鉄道運行の管理

平成20年8月5日、東京都豊島区雑司が谷で局所的な豪雨が発生し、下水道工事をしていた5名の作業員が水流に流されて死亡する災害があった。一般に作業現場は危険が伴うだけでなく、作業の終了から退避行動に移るまである程度の時間を要することも被害を起こしやすくしている原因であると考えられ

る。このような災害を防ぐためには、十分な先行時間を持ち、かつ正確気象情報が必要となる。本課題では（株）大林組の協力のもと、建設現場に対して的確かつわかり易い防災情報の提供の仕方を検討していく。試験的に稠密気象観測情報の端末を建設現場に設置して、その有効性を検証していく予定である。

また現在、列車の運行管理は主として鉄道沿線におかれた雨量計や風速計で行われている。その問題点としては雨量計同士のすき間に降る局所的な雨が検知できないことや、遠くからはやい速度で通過する突風前線など監視できないことがある。本プロジェクトではJR東日本およびJR東海の協力により、稠密気象観測に基づく監視・予測情報の列車運行管理への応用可能性を検討する。実際に稠密気象観測の情報を列車運行管理者に提供することや、列車運行シミュレーションを活用した費用対効果の検証を行うことを計画している。

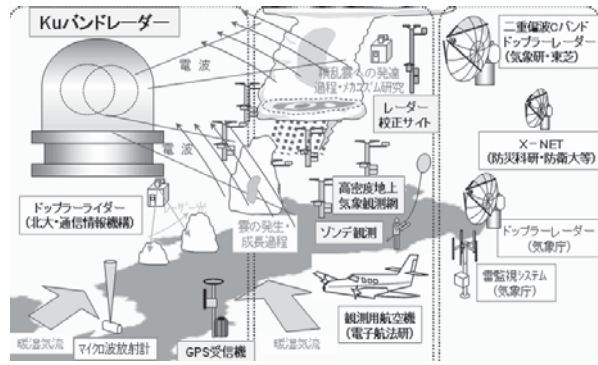
3.6 データベース作成と防災教育

人は一般に防災情報を得たとしても、そこから起こる被害を想定しない限り、なかなか避難行動には移さない。したがって自分の住んでいる場所の過去の災害履歴を知っておくこと、および自然災害に関する知識を持つておくことは的確な避難行動を起こすために重要である。本課題では過去の台風の経路や規模、被害状況を記録した「台風災害データベース」、土砂災害の起こった場所を記録した「土砂災害データベース」、東京都内での浸水被害を記録した「浸水被害データベース」の構築を進めている。また高等学校に稠密気象観測情報をモニターするためのパソコンを設置し、生徒の皆さんにリアルタイムで気象情報を見ていただきながら災害の知識を高めていただく試みも計画している。

4. プロジェクト終了後の展開

研究プロジェクトは5年で終了するが、終了後も継続してシステムが運用されていくことが望ましい。現業運用を考えたとき、情報のソースとしてその核になるのは、国土交通省が構築を進めているXバンドマルチパラメータレーダネットワークであろう。現在、本プロジェクトを含め、様々な研究資金によりXバンドマルチパラメータレーダの有効活用について検討が行われているところである。本プロジェクトが成功し、様々な分野での有効な活用例を示すことができれば、同様な取組みが全国に広がっていき、極端気象による災害が徐々に軽減されていくことが期待される。

極端気象(局地的大雨、強風など)



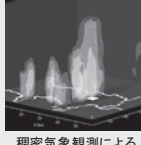
隘路①：現状の技術では予測が困難

課題1：稠密観測による極端気象のメカニズム解明

【理学的研究】

—先端的観測システムと気象学研究者による現象解明—

- (1) 新たな観測技術の開発・実用化
- (2) 稠密気象観測によるメカニズム解明
- (3) 統計的解析



隘路②：情報の精度，伝達の的確さ

課題2：極端気象の監視・予測システムの開発

【工学的研究】

—エンドユーザとの双方向のやりとりを通じた開発—

- (1) 発生予測手法の開発
- (2) 監視・予測システムの開発と運用
- (3) データベース構築



隘路③：プロジェクト終了後の継続性

課題3：極端気象に強い都市創り社会実験

【社会学的研究】

—社会実験を通じたシステムの定着—

- (1) 4つの分野での社会実験
 - ① 救助活動
 - ② 危機管理
 - ③ 社会基盤
 - ④ 生活・教育
- (2) 解析と問題点の抽出，提言



図-2 プロジェクトの実施内容

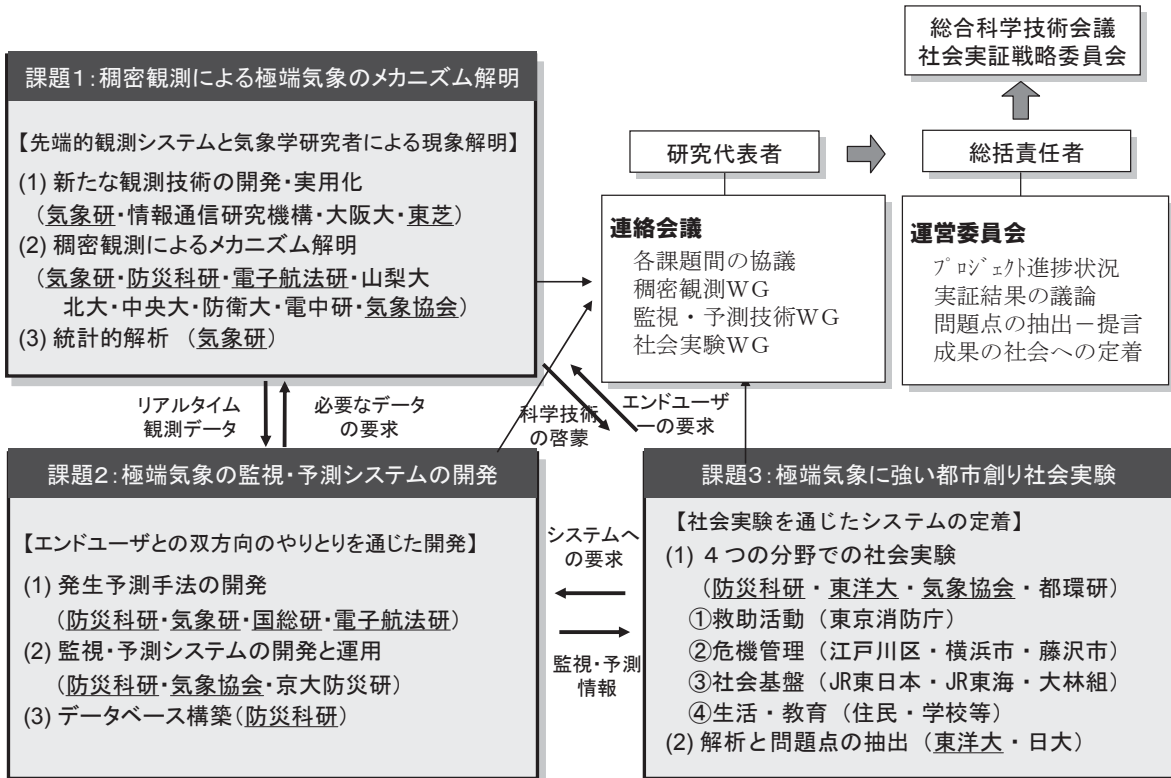


図-3 プロジェクトの実施体制

「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」で見えてきたこと

酒井慎一・平田直

東京大学地震研究所

要旨

南関東で発生するマグニチュード (M) 7 程度の地震の発生確率は、今後 30 年以内で 70%程度と高い (地震調査研究推進本部の長期評価)。また、東京湾北部で M7.3 の地震が起きれば、最大で死者数約 11,000 人、経済被害約 112 兆円とされている (中央防災会議)。このように南関東で発生する M7 程度の地震については切迫性が高く、被害も甚大であるため、首都圏において稠密な調査観測を行い、首都直下地震像を明らかにするとともに、耐震技術の向上や迅速な被害把握等の研究と有機的な連携を図り、被害軽減と首都機能維持に資することを目的とした「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」を文部科学省は平成 19 年に開始した。

キーワード：首都直下地震，被害軽減，地震観測網，地下構造，地震活動

1. はじめに

地震調査研究推進本部は平成 17 年 8 月に「今後の重点的調査観測計画について」をとりまとめ、その中において南関東で発生する M7 程度の地震を重点的調査観測の対象候補として挙げている。この地震は、同本部地震調査委員会の長期評価において、今後 30 年間で 70%程度という高い発生確率を予測している。一方、政府の中央防災会議が平成 17 年 7 月にまとめた「首都直下地震対策専門調査会報告」による被害予測では、首都直下地震の一つの類型として想定された東京湾北部地震によって、最大で死者数約 11,000 人、経済被害約 112 兆円とされている。

このように、南関東で発生する M7 程度の地震については切迫性が高く、推定される被害も甚大であるが、これらの地震を対象とした調査観測・研究は十分ではなく、未だ首都直下で発生する M7 程度の地震の全体像等は明らかにされていない。これらを踏ま

えて、首都圏における稠密な調査観測を行い、複雑なプレート構造の下で発生しうる首都直下地震の姿 (震源域、将来の発生可能性、揺れの強さ) の詳細を明らかにするとともに、耐震技術の向上や地震発生直後の迅速な被害把握等と有機的な連携を図り、地震による被害の大幅な軽減と首都機能維持に資することを目的とした研究開発プロジェクトとして、「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」を平成 19 年から開始した。

2. 首都圏に発生する大地震

最近の地震発生にかかわる研究の進展により、海溝型の大地震は、沈み込む海洋プレートと陸側プレートとの境界部のある一定の場所 (アスペリティ) で発生すると考えられるようになってきた。たとえば、北海道の南方沖で発生した 2003 年十勝沖地震 (M8.0) は、1958 年にも発生していて、位置も規模もほぼ

同じであることが報告されていて、このような M8 級のプレート境界型巨大地震は、発生間隔からある程度予測できるようになってきた。

一方、首都圏地域では、1923 年大正関東地震や 1703 年元禄関東地震のような M8 級のプレート境界型巨大地震が発生してきた。このような巨大地震の発生間隔は 200~300 年と長く、大正関東地震から 87 年経った現在、次の巨大地震の発生までには、まだ若干の時間があると思われる。しかし過去の事例では、M8 級巨大地震が発生する間の期間に、M7 級大地震が何度も発生し、江戸・東京（首都圏）に大きな被害をもたらしてきた。たとえば、安政江戸地震（1855 年）、1894 年明治東京地震（M7.0）は、江戸・東京で数十~数千人の死亡者を出した大地震であるが、当時は近代的な地震観測網がなかったため、それら M7 級地震の震源の位置・深さ・規模などの震源要素の詳細はわからず、首都直下地震の地震像が把握できていない。これらの地震が、プレート境界で発生していたのか、沈み込むプレート内で発生していたのか、浅い地殻内の活断層で起きていたのか、といった基本的な地震の型すら、首都圏地域で発生する大地震に対しては、わかっていない。

そのため、首都圏地域でそれらの大地震が発生したときに、どのような地震動が生成され、地表や地下の建築物・ライフライン等にどのような被害をもたらすのかがわからず、適切な耐震対策や免震対策を施すことができていない。その結果、被災者に対する最適な救急体制や応急対策、そしてその後の生活再建方策や復旧・復興対策が明確になっていない。

3. プロジェクトの研究内容と目的

このように首都直下地震の防災・減災を考えるには、理学分野、工学分野、社会科学分野にまたがる広い知見が必要であるが、まだ不十分であった。そこで、この「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」では、以下の 3 つのサブプロジェクトを構成し、理学、工学、社会科学の各分野が連携して、首都圏における地震災害の軽減を目的とした研究を進

めている。

3.1 首都圏周辺でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等

首都圏での自然地震観測によるプレート構造の推定、地震の震源断層モデル・地下構造モデルの構築により、首都直下地震の詳細を明らかにし、地震の長期予測や強震動予測の精度向上を目的とする。

3.2 都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究

実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を活用した防災・減災に資する研究開発を実施することで、首都直下地震に対する都市施設の直接被害を軽減し、建物の継続使用性を維持することを目的とする。

3.3 広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究

首都直下地震時の被災者の生活再建方策を「危機対応能力」、「生活再建能力」および「地域抵抗力・回復力」の観点から研究し、応急対策から復旧・復興対策までを包括的に研究する。

4. 首都圏地震観測網の構築

まず、本プロジェクトでは首都直下で発生する大地震の詳細を明らかにするために、首都直下のプレート境界形状およびプレート内の不均質構造を解明する。そのために、首都圏地震観測網（MeSO-net）の構築を開始した（平田ほか、2009）。

本プロジェクトは、首都直下のプレート構造の解明が主たる目的であるため、首都圏の中心部を覆う観測点分布でなくてはならない。首都直下には、南方からフィリピン海プレートが沈み込み、さらにその下へ太平洋プレートが東方から沈み込んでいる。沈み込むフィリピン海プレートが存在する北限までを覆うことができるような地域に観測網があればよいと考えた。一方で、フィリピン海プレートが沈み

込む前後での地下構造や地震活動の対比のために、プレートが沈み込む前の関東山地周辺も観測範囲とすることにした。全体として、東京東部を中心とした半径約 80km の範囲を研究対象領域とした。

この研究では、M7 級地震（断層サイズ約 20km）の解明が目的の一つであるため、この地震断層のサイズ以下の不均質構造を分解できる観測が不可欠である。そこで、平均 5km 間隔での観測点配置を検討した（酒井ほか，2009）。例えば、東京駅を中心とした半径約 80km の円内をおおよその首都圏と考えて、その中を約 5km 間隔で均一に覆うとすると、約 850 点の観測点が必要になる。しかし、注目する地域に観測点を集中させるなどして観測点分布に粗密が生じることを許せば、もう少し観測点数を減らしても十分な研究成果を上げることが可能な配置になると考えた。

そこで、5本の直線状の観測点分布（2～3km 間隔）と半径約 80km 内の面状分布（4～10km 間隔，中心に近いほど密な間隔）の組み合わせによる配置を考え、最終的に 400 か所の観測点候補地を選んだ。この 5本の線状観測点は、過去の大地震の発生域，現在の地震活動域，くり返し地震やゆっくり地震の発生域，主な速度不均質構造等注目すべき地域に位置するように配置した。一方で既存の観測網をすべて利用できるように，東京大学地震研究所，神奈川県温泉地学研究所，気象庁，防災科学技術研究所の観測網も取り込み，統合して処理することにした（図-1）。



図-1 首都圏地震観測網。青丸：MeSO-net 観測点，黒丸：既存観測点。

地震の観測を行う際には、できるだけノイズレベルが低い静かな場所を選んで設置してきたが、首都圏に設置する場合、そのような環境を満たす場所は少ない。そのため、観測点候補地として、道路や鉄道路線から比較的離れることが可能で、地震計を設置する 20m の深さまで掘削することが可能な広い場所を持つ学校や公園を選ぶことにした。特に、学校には多くの児童・生徒や先生など地震観測に興味を持つ可能性の高い方々が多くいる。そのような方々に対しては、専用のウェブサイトで各地点での地震波形や環境測定データ（気温・気圧）を簡便に閲覧できるようにして、防災教育や理科教育に役立てられることも期待している。

今年度までに、東京都，神奈川県，千葉県，茨城県，埼玉県，山梨県に合計 249 観測点を設置した。観測点設置場所の内訳は，小学校が 168 箇所，中学校が 36 箇所，高等学校が 19 箇所，公園等が 26 箇所である。孔底に設置された三成分の加速度計は，地上装置に送られ，インターネット網を介して地震研究所のデータセンターで収集されている（笠原ほか，2009；森田ほか，2009）。観測点や回線状態によってデータが届かなかったときも，再送機能によって確実にデータが届けられるため，データの欠落が無く，24 時間 365 日の連続収録が達成できている（中川ほか，2009；川北・酒井，2009）。これまでに多くの地震記録が得られている（図-2）。

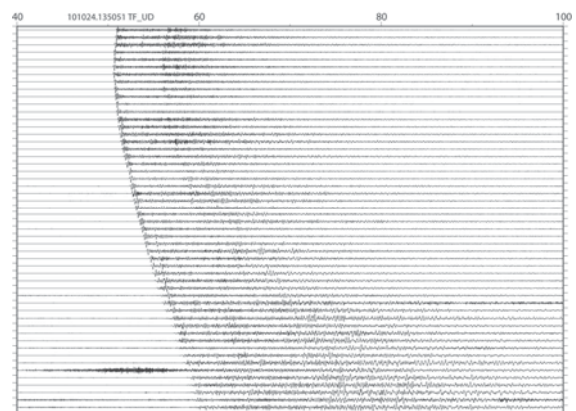


図-2 得られた波形例。10月24日13時50分茨城県南西部のM4.4の地震。つくばから藤沢に至る52観測点を並べた。横軸は60秒。

それらを処理し、解析することによって、首都圏における地下構造や地震活動に関するいくつかの知見が得られつつある（図-3）。

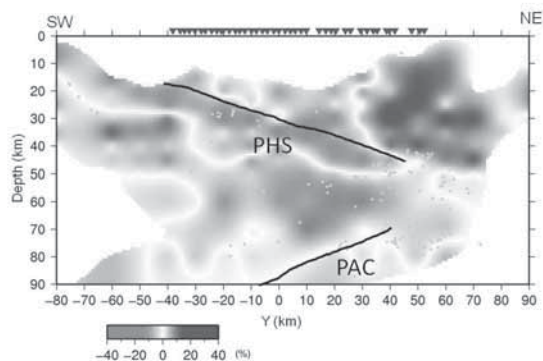


図-3 速度構造断面図。色は地震波速度を表し、赤色は遅く、青色は速いことを示す。図の右が茨城県つくば市、左が神奈川県藤沢市。

5. おわりに

これまでの4年間で、地震観測や実物大実験によりデータが蓄積され、また被災地域の調査により災害対応時の課題等がまとめられつつある。これらの過程で国内外の研究機関や地方自治体との連携も進み、研究成果の社会還元も進められているが、3つのサブプロジェクトの連携をさらに進め、首都直下地震防災・減災特別プロジェクトとして有機的に研究成果を統合し、我が国の防災力向上に貢献できるようプロジェクトを進めていく。

このように、理学的な地震や地下構造の知見を深めることで、工学的な建築土木の耐震研究に活かされ、その情報を利用することで、人的被害を最小限にする復旧復興対策へ結びつけることが、大きな目標である。

謝辞

気象庁、防災科学技術研究所、神奈川県温泉地学研究所の観測点を用いて、統合処理を行った。この研究は、文部科学省の委託研究事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」（代表：平田直）の一環として行われたものである。

参考文献

- 笠原敬司・酒井慎一・森田裕一・平田直・鶴岡弘・中川茂樹・楠城一嘉・小原一成，首都圏地震観測網(MeS0-net)の展開，地震研究所彙報，84，71-88，2009。
- 川北優子・酒井慎一，首都圏地震観測網(MeS0-net)で見られる様々なノイズ，地震研究所彙報，84，127-140，2009。
- 酒井慎一・平田直，首都圏地震観測網の設置計画，地震研究所彙報，84，57-70，2009。
- 中川茂樹・鶴岡弘・川北優子・酒井慎一・平田直，首都圏地震観測網データセンターの構築と運用，地震研究所彙報，84，107-114，2009。
- 平田直・酒井慎一・佐藤比呂志・佐竹健治・瀬戸一，「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」サブプロジェクト①「首都圏周辺でのプレート構造調査，震源断層モデル等の構築等」の概要，地震研究所彙報，84，41-56，2009。
- 森田裕一・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田直・鏡弘道・加藤拓弥・佐藤峰司，首都圏地震観測網(MeS0-net)のデータ伝送方式について—自律協調型データ送信手順(ACT protocol)の開発—，地震研究所彙報，84，89-106，2009。

市民の目で見た防災研究

所澤新一郎

共同通信社会部

要 旨

本稿は、防災研究の特徴、防災研究者が直面する課題、防災研究者によるアウトリーチの例、および防災研究を取り巻く現状について、著者の考えを取りまとめたものであり、防災研究者の方々には被災地のコミュニティー再生に向けた後押しを願うものである。

1. はじめに

近年の防災研究は内容が非常に多岐にわたっていると感じる。特に1995年の阪神・淡路大震災以降、社会に対する研究成果の還元や、研究者による啓発・教育活動は熱心な取り組みが続いており、手法も出前授業や講演、地域との協働作業などさまざままで、その熱意に頭が下がる思いである。残念ながら地震・噴火・津波・台風・水害・土砂災害などによって犠牲者が出る事態は今も続いているが、尊い犠牲を教訓に防災・減災に取り組まれている方々に敬意を表したい。

2. 防災研究の特徴

- ・人命に直結する
- ・防ぎようがない自然現象が相手（いかに事前に逃げるか、対策を打つか）
- ・地域社会への貢献を求められる
- ・被災地という現場がある
- ・災害の度に新しい課題が生じる
- ・社会対応は研究者だけでは完結せず、諸領域と協力する必要がある

防災研究が対象とする地震、津波、噴火、地滑り、土石流、豪雨などの自然現象自体は防ぎようがない。人的被害を回避するには事前にこれらの事象の前兆を把握して避難行動等に結び付ける必要がある。また、こうした現象が起きても被害が最小限で済むように家屋や施設の耐震化推進、砂防施設や堤防、防潮堤などの事前対策も防災研究者の英知を結集して進められてきた。

防災に関する研究が社会的に注目されてきたのは、

結果が人命に直結する内容だからである。被災地という目に見える現場で、大切な人や財産を失って悲嘆にくれる人々がいる。これまで接した被災者はそろって「こういう悲しい思いをするのはわたしたちだけにしてほしい」という言葉を口にしてきた。この思いや犠牲者の無念から学び続ける社会でなければならぬし、研究者はその作業の先頭に立つことが期待されている。

災害は起きるたびに社会に違う課題を突きつける。毎回、災害が見せる「顔」は異なる。93年の北海道南西沖地震による津波では「揺れを感じたらすぐに高台に避難する」ことが教訓になった。一方で今年2月のチリ地震津波では遠地で発生した津波に対する避難意識の低さが問われた。地震災害でも、阪神・淡路大震災は都市部を中心に大きな被害をもたらしたのに対し、2004年の新潟県中越地震や08年の岩手・宮城内陸地震では中山間地の集落が土砂災害により相次いで孤立する特徴があった。中越地震や内陸地震では土砂が河川をせき止めてできた「土砂ダム」の決壊や、土砂災害の危険度の見極めが大きな課題となり、研究者は現在進行形の対応に迫られた。

このように、防災研究者は地域貢献を迫られることが多い。平時でも各地域で防災対策を検討する各種委員会の中心的存在である。純粋に科学的な研究にとどまらず、社会との接点を絶えず意識せざるを得ない特異な研究分野である。これまで研究者が危険を把握して警告を発したのに、社会が十分に受け止めきれずに大きな被害を招いたケースもあった。情報発信の在り方、行政や住民との連携にも配慮しなければならない大変な仕事である。自身の研究領域だけでは直結しない宿命を背負っているといえよう。

3. 防災研究者が直面する課題

- ・住民と対話する機会が多い（事前・事後とも）
- ・住民自身が能動的に行動しないと被害を回避できない
- ・住民に対して「業界用語」は避け、平易な用語に置き換える必要
- ・真理を追究し、新しい知見獲得を目指す「科学」とは違う論理
- ・啓発は同じことを繰り返す必要性
- ・現在進行形の対応や、推移が読めない中で見通し・助言等を求められる
- ・ストレスが多く、激務で体調を崩しやすい
- ・担当者の異動が激しい自治体や報道機関も相手にする必要がある
- ・被災地で「調査災害」を招くことがしばしばある
- ・日常的な啓発は論文になりやすく、成果主義の中で業績になりにくい
- ・地道な調査や観測あってこそ

防災と科学の論理は違う。科学は新しい知見獲得が研究の原動力であり、いかに人と違うことを言うかが求められる面がある。これに対し、防災は啓発として繰り返し同じことを言う必要がある。住宅耐震の必要性や、津波来襲時の「とにかくすぐに高台へ避難」など…。1回伝えただけでは必ずしも理解してもらえないとは限らない。防災研究者にとって防災は日々の生活の中でももちろん大きなウェートを占める。だが、住民は日々の生活に追われているし、用事がたくさんある中でいつ起きるか分からない災害に意識を振り向ける余裕はない。そう認識することこそが、コミュニケーションのギャップをスムーズに埋める近道である。

防災・減災を実現するには、住民や観光客といった、災害に見舞われたらその場で被害に遭うかもしれない「潜在的な被災当事者」がいざという時にどう知識を生かしてどう動けるかにかかっている。住民が能動的に行動できなければ意味がないし、研究者はこれらの方々を支えていく必要がある。

ただ、このように同じことを繰り返したり、ほかの研究者と同じことを言ったりする行為は論文や科学的な業績にはなりにくい。社会やコミュニティを育てる、防災の種をまくという仕事も年々厳しい状況に直面している。

また、時として自然現象が終息しない現在進行形の状況下での防災対応や、推移予測が完全に読めない中で自治体等への助言等を求められるのもこの分野の特徴である。マスコミからもしばしば見解を求

められる、自然現象はまだ分からないことがたくさんあるという、研究者にとっては自明のことを社会は時に受け入れなかったり、性急な結論を求めたりする。過去には明確な回答がないと受け止めた新聞記者が「何かを研究者は隠している」と思い込み、「サツ回り」同様の感覚で研究者の自宅を夜討ち朝駆けすることもあった。

遠地津波や、活動が長期化しやすい火山噴火や群発地震、決壊の時期や条件の見通しを立てにくい土砂ダム、亀裂が斜面にどう入っているのかなどが分かりにくい地滑り、前線が居座って降雨量が増えていく中での水害や土砂災害の予測などが上記の状況に該当する。火山研究者と報道の側の論理を対比した研究を示す。これらの対立点を押さえておくだけでも、いざというときの不要な摩擦を回避できるだろう。

◎火山危機における科学者とジャーナリストとの不一致の原因 (Peterson, 1986)

科学者 *われわれの見解がニュースで間違
って引用される

ジャーナリスト*科学者はちんぷんかんぷんのわけ
の分からない話ばかりする

科学者 *記者は無理強いを迫り、けんか腰
である

ジャーナリスト*科学者は象牙の塔にこもり、取り
付きにくく協力を得がたい

科学者 *記者は科学者の話に耳を傾けず、
常に隠している自分の論点にこだわり、あまりに疑
い深い

ジャーナリスト*科学者は全体について話してくれ
ず、話すことをためらったり情報を隠したりする

科学者 *記者の多くはあまりに準備不足で、
まったく知識がなかったり、何を聞けばよいのかさ
え知らないことがある

ジャーナリスト*科学者は、ジャーナリストが専門
知識を持っているべきだと過度に期待しており、基
本背景等必要事項をちゃんと説明してくれない

科学者 *記者は科学者の邪魔をし、時間を
つぶしてしまうため、科学的解決が結果として妨げ
られ、遅れてしまうことを理解できないようだ

ジャーナリスト*科学者はジャーナリストが原稿締
め切りなど時間とのたたかいの中で仕事をしている
ことを理解してくれない

科学者 *記者は科学者の話を全部聞いてくれない。表面的な報道にとどまりがちで、条件付きの話を結論だけにすり替えてしまう。すべては黒か白であるべきだと信じ、中間の灰色の部分すべて捨ててしまう

ジャーナリスト*科学者はあまりに長たらくくどい話し方をする。あれやこれや話をするが、いつまでたっても肝心の点を説明しない。ジャーナリストは単純明快な言葉を用いる必要があるし、科学者の込み入った言葉をわかりやすい表現に直さなければならぬ

科学者 *記者は科学者の間の意見の不一致を探し求め、大々的に騒ぎ立てる。何とかして専門家の間で見解の相違があるとでっち上げ話にもっていかうとする

ジャーナリスト*異なった意見がある場合、それを確かめようとしても一人一人の科学者は意見が違っていて共通の解答が得られない。どの科学者の話を信じればよいか、どうやって知ることができるのだろうか

筆者は過去に、災害時に体調を崩して病院に運ばれたり、点滴を打ちながら関係機関との調整に追われたりする研究者を見てきた。現在進行形の環境に身を置いていると、さまざまな社会的圧力や、行政・報道対応で心身ともにエネルギーを費やす。火山噴火では避難規制区域の設定で、境界ラインの住民や業者は不満を募らせる。2000年の有珠山噴火では避難解除を求めるホタテ漁業者の陳情を研究者が直接受けた。自治体や首長は「科学のことは分からない」と指示を仰いでくる。マスコミも次の展開を求める。災害対応の各種協議会や検討会では座長や責任ある立場に就く方が多い。複数の官公庁などの依頼が重なることもしばしばである。

「調査災害」という言葉はご存じだろうか。災害が起きると、どっと多数の研究者が被災地に入る。聞き取りをしたり、調査をしたり、アンケートをしたり。アンケートの度重なる依頼にへきえきする人や、「こんなに答えて何の役に立つのだろうか」と漏らす住民も過去にはいた。研究者の比ではない人数が押し掛け、被災地に多大な迷惑を掛ける報道機関の人間が決して言えた筋合いではないが、取材や聞き取りに対し「それまでの生活が一変して、立て直して苦労している人々の貴重な時間を奪っており、うかがったお話はどこかで社会に還元しよう」という姿勢だけは持っていたいものである。

4. 防災研究者によるアウトリーチの例

- ・講演
- ・出前授業など学校との協働作業
- ・話の一方通行ではない、議論や実験なども交えた取り組み
- ・図上訓練・防災マップづくりの助言など地域への協力
- ・報道機関を案内する巡検や勉強会の開催
- ・大学生や院生の参加による地域活性化
- ・出版物やメディア活用

ほんの一部であるが、研究者によるアウトリーチの例を示した。最近では啓発する側の研究者が自然体で、楽しみながらこの作業に取り組んでいる。かつて学校では機械的にただ机の下に潜り込んだり、地域では義務的に消火器を使ったりするような防災訓練の時代があったが、さまざまな方法が取り入れられるようになってきた。炊き出しなどのイベントとセットにして参加者を増やす工夫も多い。食事などが設定されていると緊張が解けるし、防災という領域に対する敷居がぐっと下がる効果がある。

防災は、取り組みの継続性が問われる。楽しみの要素がないと長続きしない。被災地は家族や財産をなくした方々がおり、えりをただして厳粛な気持ちで入らないといけませんが、日常の啓発ではしかめ面で防災を論じていてもあまり浸透しないだろう。生活者のやわらかい視点に支えられた、肩の力を抜いた啓発が望まれていると思う。

5. 防災研究を取り巻く現状

- ・国立大法人化や大学の評価進行、成果・論文主義
- ・地道な観測のピンチ
- ・論文になりにくいテーマの研究はどうなる？
- ・後継者は育っているか
- ・地学教育・理科離れ

言うまでもないが、防災に携わる多くの研究者が所属する大学や独立行政法人は厳しい状況に置かれている。特にこの10年、国立大は法人化し、ほかの大学も「改革」の掛け声の中、外部評価や成果主義が進行し、短期間で研究者の業績を評価する傾向が強まった。業績は競争的資金の獲得や論文をどれだけ書いたかなどの指標が重視され、学内では審査の資料づくりや会議、多様な入試対応に費やされる時間が格段に増えた。ゆったりした時間や余裕を見出しにくい環境になりつつある。机上の書類と格闘する時間が災害現場に向かうことを妨げているとし

たら、何より現場が大事な防災研究にとって不幸なことである。

市民や社会に対する啓発・アウトリーチは繰り返しの要素が強く、論文や短期間での業績にはなりにくいと前述した。貴重な実践に取り組む研究者を支えるべく、「社会」が評価する方向に外部やメディアの人間もより協力すべきである。

地震や火山などでは長期間かけてデータを蓄積する必要がある。平時にきちんとデータを取っているからこそ、いざというときのデータの持つ意味を解釈できる。また10年単位のスパンでデータを見続けて初めて得られる知見もある。地道だがこうした基礎的なデータは、災害大国ニッポンの共有財産であると考えられる。これが、例えば法人化した国立大の6年の中期目標の中で今後どう位置付けられるのか。財政当局の理解を促すべく、関係者に対する働き掛けも必要になってくる。

研究者は、災害関連の研究プロジェクトの期間をどう受け止めているのだろうか。昨今の流れだと、数年単位の期間で「税金を使用した説明責任」から「地域貢献として結果を出す」よう求められるようだ。ただ、あまり「社会に役立つ」よう意識しすぎて、短期間で結果を出すことを目指す研究ばかりそろうのもどうだろうか。防災研究は地域貢献や社会への成果還元といった、昨今の大学等に求められる研究の趣旨によく符合する。ただ、それだけではなく、研究目的はさておき、対象への興味から没頭するような研究、期間にあまりとらわれない研究にも光が当たってほしいのである。助成金を出す側からすれば、カネは出すが口は出さない姿勢こそが結果的にスケールの大きい研究につながるのだと思う。官僚や助成金、補助金を出す側は「とにかく成果を」とあまり言わないでほしい。

防災活動に熱心に取り組む、地域社会にもかわいがってもらえる大学生や大学院生がいるが、そのことを生かした進路に進める人は決して多くない。素晴らしい研究者の素質を持っているのにポストク問題に直面したり、任期付きの形でつないでいる人も少なくない。教育・研究機関、民間企業でもっと就職口が増えないだろうか。欧米やアジア各国では国家として防災の専門職を養成しているのに対し、日本はどうだろうか。防災に詳しく博士号を持った人が国家公務員として防災政策を立案したり、防災関連の研究費を支出する立場になれば、状況は変わる可能性がある。

自治体や報道機関の防災担当者が数年程度で異動し、また一から啓発をしなければならないという「断続的な防災啓発」に苦勞している研究者もいると思うが、研究者自身の後継者育成がないと「持続可

能な防災サイクル」の前提を失ってしまうのである。

6. 最後に

米国で1980年代に噴火したセントヘレンズ火山周辺やハワイ島を訪ねた際、現地を包む自然観に圧倒された。被災地を保存する動きは国内でも最近盛んだが、スケールが違う。観光客らは遊歩道から外れると罰金を徴収される規定になっており、植生の回復も自然の一環として考えると人間が手を加えてはならないという理由だった。日本によくある売店、自動販売機、「〇〇まんじゅう」などは見当たらない。被災地に一時的に災いをもたらした自然現象ではあるが、それも地球の振る舞いであるという奥行きのある深い自然観に支えられているように感じた。ビジターセンターには訓練を積んだボランティアのガイドが観光客の説明に丁寧に答え、ドライブインやガソリンスタンドなどには豊富な文献も用意されており、そこで起きた自然現象がどんなメカニズムで起きたのかが分かりやすく説明されている。

国内の被災地で小学生がよく「地震は怖かった。もう2度と来ませんように」という作文を書く。46億年の歴史を持つ地球からすれば何度でも地震は繰り返す。ふだん親しんでいる温泉や景観などの恩恵と、災いは一体であるという認識が広く共有されるには、啓発や地学教育の果たす役割が大きい。研究者が楽しみながら、息長く子どもや地域の人々にかかわり続けてほしい。

最後に、防災研究者の方々には被災地のコミュニティー再生に向けてぜひ後押しをお願いしたい。中山間地や火山などでは、被災した古里には戻らずに別の地で再建するのか、お金はかけて安全対策をした上で元の地に戻るのかという議論がよく出る。新潟県中越地震や岩手・宮城内陸地震でも「巨額のお金をかけて元に戻すよりは下に降りてもらった方ははるかに経済的だ」「わずか数十世帯が戻るのにあれだけのお金が必要なのか」という声があった。

重要なのはその地域にいる住民の意思だろう。「元のお家が家で生活したい」「生まれ育った場所を死に場所にしたい」と住民が希望するならば、安全面を考慮しながらもできるだけその意向を尊重して実現するように支援するのが社会の在り方だと思うのである。「被災者」とひとくくりにするのではなく、「Aさん」「Bさん」がかつて営んでいた日々の生活に思いを致し、また再建できるよう支える姿勢で臨みたい。防災も人あってこそその研究だと思う。

減災に取り組む市民活動

池上 三喜子

(財) 市民防災研究所

要 旨

1995年に起きた兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）以降、全国各地で市民による減災のための取り組みが盛んに行われるようになりました。東京では東京消防庁災害時支援ボランティア制度、東京消防庁地域の防火防災功労賞制度、財・東京救急協会（現公益財団法人 東京防災救急協会）の視聴覚障がい者のための応急手当講習教材が市民の防災力を高めるための大きな力となり、思わぬ効果を挙げています。ここでは江東区と東村山市で「防災の輪」を広げている2つのグループを紹介いたします。

1. はじめに

これから紹介する「手話サークル江東」と「東村山地域安全サミット」には五つの共通点があります。一つ目はどちらのグループにもキーパーソンがおり、東京消防庁災害時支援ボランティアに登録しているメンバーがいること、二つ目は障がい者と共に地域の資源を有効に活用し防災力を高めていること、三つ目は東京消防庁・地域の防火防災功労賞を受賞していること、四つ目は防災まちづくり大賞・消防科学総合センター理事長賞を受賞していること、五つ目は折に触れ、筆者と情報交換をしていること等です。

東京消防庁災害時支援ボランティア制度は、東京消防庁管下で発生した地震災害などの大規模災害に対して、消防機関と専門的な知識・技術を持った災害時支援ボランティアがお互いに協力して、災害の拡大を防ぎ、被害を小さくするために活動することを目的としています。活動領域は、既存の防災組織の活動と競合せずに、消防隊の行う活動の支援を重点とします。震災時における支援活動の内容としては、応急救護活動、消火活動、救助活動などが挙げられます。平成7年7月からこの制度を導入し、平成21年10月末日現在、17,371人の登録が得られています。

東京消防庁地域の防火防災功労賞制度は、阪神・淡路大震災から10年の節目に当たる平成16年より地域の防火防災力の向上に資するため、防火防災に関する町会、自治会、事業所等の事前の取り組み

について募集、表彰することを目的に創設され、現在に至っています。

2. 手話サークル江東

手話サークル江東は江東区聴覚障害者福祉推進協議会の構成員仲間でもある聴覚障害者団体や手話通訳者団体と共に下記のような活動を展開しています。

平成14（2002）年より災害対策関連の研修会を開催

平成15（2003）年に江東区総合防災訓練を見学、以来毎年参加

東京消防庁・深川災害時支援ボランティアとの交流を開始

平成16（2004）年 手話コミュニケーションカード制作に取り組む

平成17（2005）年 手話コミュニケーションカード完成

平成18（2006）年 防災まちづくり大賞・「防災情報部門」で（財）消防科学総合センター理事長賞を受賞

聞こえない人、聞こえる人にかかわらず手話ができ、聴覚障がい者のコミュニケーションの手助けをしようとする意欲のある人のための手話支援パンダナ制作に取り組む

平成19（2007）年 手話支援パンダナ完成

平成20（2008）年 聴覚障がい者対象の普通救命講習を開催

平成21(2009)年 江東区総合防災訓練会場にPRブース(パネル展示、ミニ手話教室等)を開設



写真-1 手話支援バンドナ



写真-2 バンダナを使用しての活動の様子



写真-3 手話コミュニケーションカード

防災TOPICS

第11回防災まちづくり大賞
消防科学総合センター理事長賞 受賞
災害時の防災活動にあたる深川災害時支援ボランティアのみなさんが、聴覚障害者との意思疎通を図るために作成した、「手話コミュニケーションカード」。

深川消防署・災害時支援ボランティア、江東区聴覚障害者福祉推進協会による取り組みで総合防災訓練や震災訓練などで活用し、この度、第11回防災まちづくり大賞に入賞しました。

Q 手話コミュニケーション・カードって何?

A 手話コミュニケーションカードは、手話を使う聴覚障害者と、手話のわからない健常者とのコミュニケーションを助けるために作られました。



カードには、手話のイラストとその意味が書かれています。手話のわからない人も利用できます。



深川消防署の災害ボランティアは、このカードを携帯して活動しています。

災害時、聴覚障害者は・・・

- 目にも耳にも音が聞こえません。災害時、聴覚障害者はサイレンや放送などが聞こえないため、何が起きているのか?どこに行けばいいのか?どうしたらいいのか?判断がしにくいことがあります。
- 指差しや身振り、文字や手話など、見て分かるような方法で伝える工夫をしてください。
- 暗がりや背後などは見えません。見える場所で伝えるようにしてください。懐中電灯の光や筆談ボードの使用も効果的です。



写真-4 手話カードパネル



写真-5 手話カードを使つての訓練の様子



写真-6 手話カードを使つての訓練の様子



写真-7 防災訓練での普及活動



写真-8 防災訓練での普及活動

3. 東村山地域安全サミット

東村山地域安全サミットは「市民の立場から防災や防犯の重要性を呼びかけて、大震災や重大犯罪から一人でも多くの命を守りたい」との思いから七名のメンバーで立ち上げました。そこに至るまでの経過と現在の活動は下記の通りです。

平成9（1997）年 東京消防庁災害時支援ボランティアに登録

平成10（1998）年 東京消防庁災害時支援ボランティア・リーダー講習修了者による「リーダー会」を発足

普通救命講習支援に積極的に参加し、独自の帽子や連絡網を作成

機関紙「東村山通信」を発行

平成14（2002）年 防災まちづくり大賞「防災と人づくり部門」で（財）消防科学総合センター理事長賞を受賞

中学校の「命の学習」に参加し、応急手当・空き缶を使っでの炊き出し訓練を実施

平成16（2004）年7月 中学校で実施した「命の学習」等がNHK総合テレビ「難問解決！ご近所

の底力」で地震から逃げ延びるための妙案の一つとして全国で紹介される。

第1回地域の防火防災功労賞の優秀賞を受賞

平成19（2007）年3月 東村山消防ボランティアの活動は大震災発生時に消防署の支援を行う活動であるため、これとは別に平常時に「防災の輪」を広げる活動の場として「東村山地域安全サミット」を立ち上げる。

平成20（2008）年 東映株式会社 教育映像部企画・制作による防災ビデオ「地域で減災！あなたが力 みんなが力」に出演

平成22（2010）年 視覚障害者友の会代表の提案で、視覚障がい者であっても解説放送付きであれば映画を観ることができるとわかり、東映株式会社 教育映像部の了解を得て、制作会社に解説放送を依頼する。また、制作会社の紹介により聴覚障がい者用の字幕も併せて付けていただくことになる。関係者のご好意ですべてボランティアでしていただく。

平成22（2010）年9月 視覚障害者友の会主催の防災教室で完成したばかりの解説放送・字幕付き版「地域で減災！あなたが力 みんなが力」の上映会を開催



写真-9 D I G



写真-10 防災ビデオの撮影風景



写真-11 中学生の命の学習風景



写真-12 視覚障害者防災教室

4. おわりに

障がい者と共に推進していく減災対策はまだ始まったばかりです。この流れが一過性に終わることのないように取り組んでいかなければなりません。また、幼児期からの防災教育が大切であることが認識され、東京消防庁では「幼児用総合防災教育教材」を作成し、都内の消防署に配布しています。課題はこれらの教材が有効に活用されるよう人材育成が急務であるということです。当初は消防官のお世話になるとしても保育園・幼稚園・児童館等の関係者や防災教育に関心のある市民の方々も巻き込んで共に幼児や障がい者の減災対策に取り組みたいと願っています。

謝 辞

この論文作成にあたり資料等を提供してくださった手話サークル江東の辰野栄里子さん、東村山地域安全サミット代表の古川美智子さんに謹んでお礼申し上げます。

参考文献

東京消防庁防災部防災課 編集・発行、平成21年、
「大震災への挑戦」～ボランティア活動のために～

2008年『今』を把握するウェザーリポート、その現状と可能性について

内藤 邦裕

株式会社 ウェザーニューズ 予報センター

『今』を把握するウェザーリポート、
その現状と可能性について

株式会社 ウェザーニューズ
予報センター 内藤邦裕

ウェザーリポートとは？

ウェザーニューズの携帯サイト、WEBサイトを通じて一般の方々から寄せられる、一日あたり平均で数万通以上の各種の体感や実況などの報告。

ウェザーリポートの全体像と実際の運営フレーム

ウェザーリポートの全体像

ウェザーリポート

- カテゴリー
 - ・天気
 - ・綺麗な自然
 - ・草花、動物
 - ・季節、風物
 - ・オモシロ発見
 - ・地震
 - ・災害
 - ・ハズレ
 - など
- 全国23万人のウェザーリポーター
- 平均3千通～最大2万通/1日
- 位置/時刻情報とコメント、写真による報告
- 季節限定のプロジェクトも多数 (ゲリラ雷雨防衛隊など)

10分天気リポート

- カテゴリー
 - ・天気
 - 晴れ曇り(影の有無)
 - 体感降水ランク
 - 降水相
 - 風
 - 積雪ランク
 - 視程
 - ・体感
 - 暑さ寒さ
 - ・五感
 - ・天気の変化
 - ・雲の色
- 全国160万人の有料無料サポーター
- 平均3万通～最大20万通/1日
- 位置/時刻情報、実況の報告

ウェザーリポート報告画面(携帯サイト)

- 1 ウェザーニューズのトップページを表示します
- 2 リポートの種類を選択します
- 3 リポートする場所を設定します
- 4 天気リポートを投稿します

(アスペクト社 ウェザーリポーターのためのソラヨミハンドブックより)

ウェザーリポート報告例

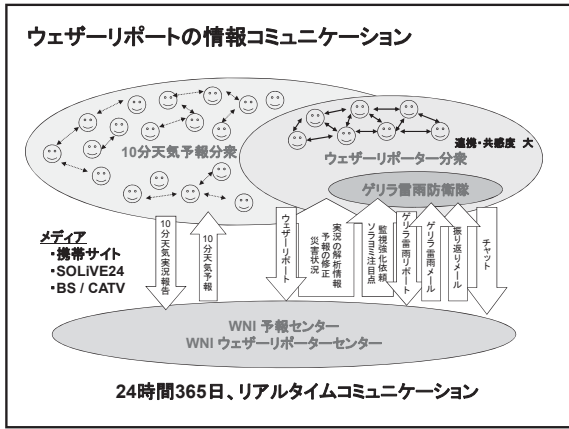
こんなリポート、届きました!

報告例

(アスペクト社 ウェザーリポーターのためのソラヨミハンドブックより)

10分天気レポート報告・表示画面(携帯サイト)

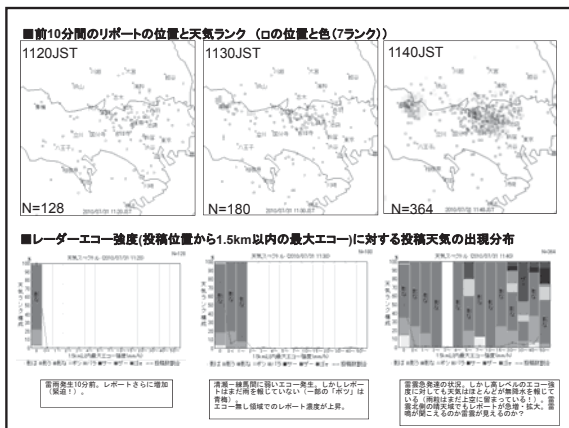
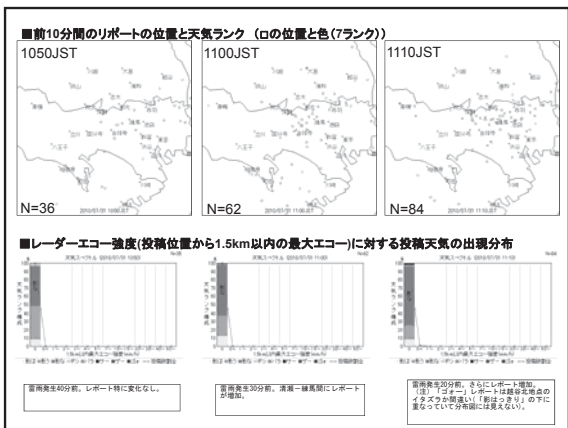
- 「10分天気予報」を選択
- 「GPS検出」を選択し、位置情報を送信
- 現在地の情報を確認し「OK」を選択
- 現在地の「天気」を選択し、「次へ」を選択
※天気によって項目が追加される場合があります。
- レポートが完了し、現在地の「10分天気予報」が表示
- 「10分天気マップ」で周辺の天気もチェック

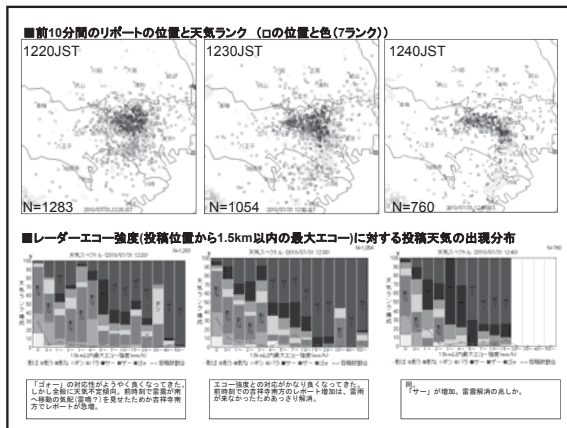
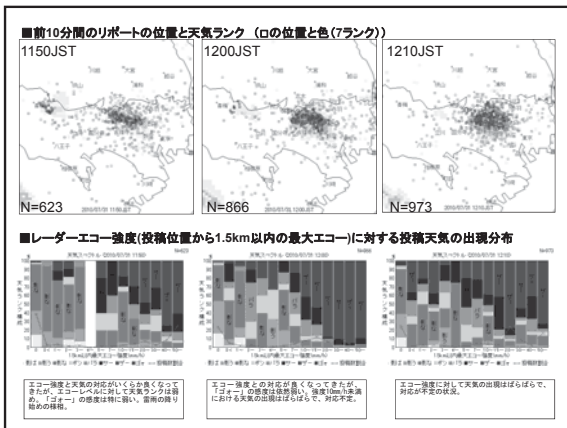


リアルタイムコミュニケーションのメディア

事例詳細1: 2010年7月31日(急発達する雷雨)

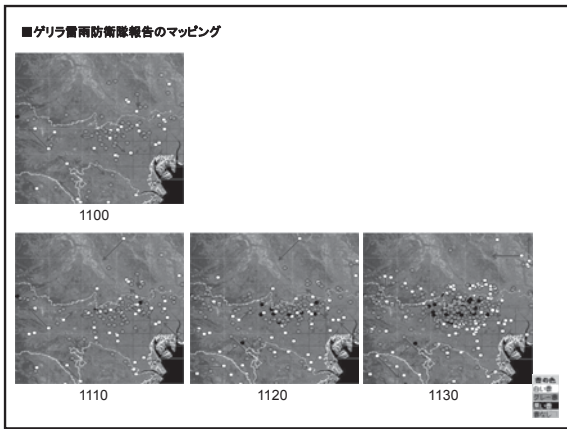
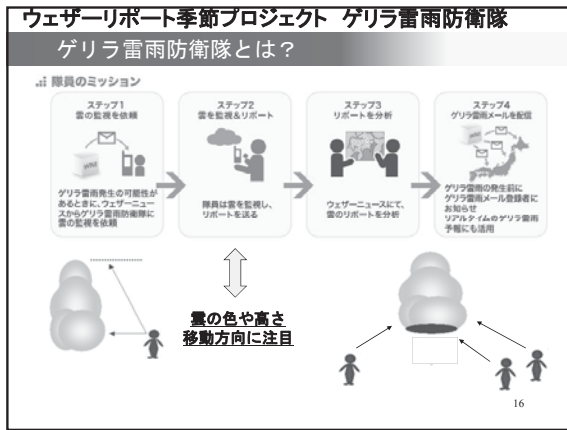
10分天気実況レポート変化





事例詳細1: 同日

ウェザーレポート(ゲリラ雷雨防衛隊)のソラヨミレポート変化



■ゲリラ雷雨防衛隊報告事例

時刻	報告内容	画像
2020-07-21 11:00	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	
2020-07-21 11:05	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	
2020-07-21 11:10	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	
2020-07-21 11:15	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	
2020-07-21 11:20	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	
2020-07-21 11:25	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	
2020-07-21 11:30	クラウドコミュニティから報告された。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。上空(雲)が濃くなっている。気圧が急激に下がっている。	

■こと作り・文化育成のテーマ1 **減災Ch.とは？**

また、その被害を減らすために、被害が発生した際に近い気象現象が発生した場合に、すくに対応が取れるよう、登録されたメールに被害発生の可能性をお知らせする「減災ソリューション」を自分だけでなく、ご近所や地域の皆さんにも送信することができます。地域の減災活動に役立てることが出来ます。

■こと作り・文化育成のテーマ2 予報志道場
ウェザーニューズ予報“志”道場

2007年より開始 ～ 童理気象グループ ～

- ・「雲」「空」をより身近に
- ・教科書だけでは学べない体験・参加型
- ・「天気予報」を自分で活用
→ みんなの役にも立てるように。

↓

2010年

- ・7月に参加者のべ2000人突破
- ・昨年度から、修学旅行（教育旅行）で参加される学校も

32

■こと作り・文化育成のテーマ2 予報志道場
どんな人たちが参加してるの？

小学生
■千葉、習志野市の5年生が中心

中学生
■近隣の他、地方の修学旅行生が多い

高校生
■千葉市内の高校2年生が中心

高齢者
■近隣の高齢者協会

親子
■夏休み/冬休み きぼーるツアー

33

■こと作り・文化育成のテーマ2 予報志道場
どんな人たちが参加してるの？

小学生

- 参加頻度は一番高い（特に5年生）
- 一番興味深く参加（感想より）
- 「今まで以上に空を見るようになった」
- 「自分でソラヨミができるようになった」

中学生

- 近隣の中学校の他、地方の修学旅行生が多い
- ・2010年4月 白河市立白河中央中学校
- ・2010年5月 仙台市立田子中学校
- ・2010年6月 愛知県立東郷中学校
- ・2010年7月 千葉大教育学部附属中学校
- ・2010年2月 北京月糧中学校

高校生

- 近隣の高校が多い
- ・2010年7月 渋谷教育学部幕張高等学校
- ・2010年7月 幕張総合高等学校

■こと作り・文化育成のテーマ2 予報志道場
どんなことやっているの？（1）

ソラヨミクイズ

ウェザーリポート/ソラヨミ
（携帯を使った情報送信）

雲をつくる実験

みんなと創る天気
の現場を覗いてみる

■こと作り・文化育成のテーマ2 予報志道場
どんなことやっているの？（2）

ソライブ24に出演

天気予報やってみる/発表してみる

～考えてみる～
雲の分類/どこにできる雲？

36

第47回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集

平成22年12月20日

発行：京都大学防災研究所 自然災害研究協議会

議長 矢田部龍一(愛媛大学大学院理工学研究科)

問瀬 肇(京都大学防災研究所・自然災害研究協議会委員)

(お問い合わせ) 電話：0774-38-4145

<http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/ndic/contents.html>

印刷：株式会社 田中プリント

