

コミュニティ早期警報用機器の開発

大井 英臣(一般社団法人国際砂防協会)

大町 利勝

上田 進(上田電気事務所)

山田 孝(三重大学)

1. 研究開発の目的

土砂災害は、局所的・短時間の集中豪雨により発生する。土砂災害による被害を軽減するためには、土砂災害のこのような特殊性に鑑み、行政からの情報を参考にしつつ、コミュニティ独自の観測・警報システムによる迅速な行動が必要である。さらに気候変動により「極端現象」の増加が予想されることから、コミュニティ早期警報が一層重要である。一方、開発途上国では、国の観測・警報体制が整っていないのでコミュニティシステムが不可欠であり、「防災世界会議」等での合意に基づき、各国及び援助機関が優先的に取り組んでいる。

本研究・開発は、このような内外の状況から、安価で観測・維持管理が容易といったコミュニティ防災に適した機器（簡易水位雨量監視警報装置）の開発・普及を図り、もって日本を含む世界の土砂災害による被害の軽減に資することを目的とする。

2. 成果の概要

2-1 VCEW水位雨量監視警報装置の概要

コミュニティ用簡易水位雨量監視装置の開発は、2004年、当時のJICAカリブ地域防災プロジェクトと西インド洋大学（トリニダードトバゴ）との共同開発に始まる。この機器は、カリブ地域各国に配布され関係者に対し運用に関するワークショップも行われた（2006年、草の根無償）。

コミュニティ早期警報機器の開発は世界共通の課題であり、また日本政府の援助においても、供与してきた最新型の機器は、部品や消耗品の入手が難しいこともあって、故障した場合に現地で修理することが出来ずに放置されるという苦い経験も多く、大井、大町、上田はボランティアグループを作り（Volunteers for the Promotion of Community Early Warning：VCEW）、カリブの機器をベースに改良を加え途上国で調達可能な部品を使い、途上国の人々が自分で製作し修理できる水位雨量監視警報装置の開発と世界的な普及に取り組むこととした。

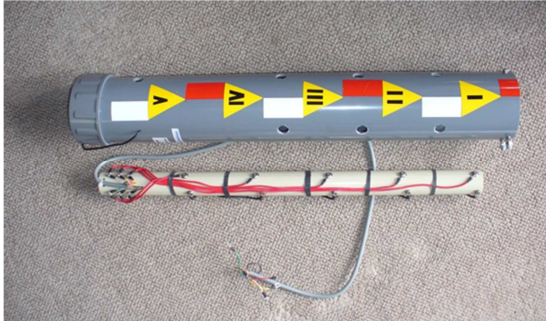
一方、2011年の台風12号による紀伊半島の土砂災害等では、気象観測体制が整った日本でも住民が自ら状況を把握（気象・水文の監視）し、判断し、行動することの重要性があらためて認識されこともあって、2012年からは国内での普及活動を開始するとともに、国内のニーズに合わせた機器の改良普及にも取り組むこととした。

VCEWの機器は、その開発経緯を反映して、次の特徴を持っている。

- (1) 安価で入手が容易な部品で構成
- (2) 構造が簡単で素人にも製作できる。

- (3) 電源は12ボルトのバッテリー、太陽電池あるいはACコンバーターを使用。
- (4) 水位なら5点、雨量なら5累加雨量をモニターし、任意の水位/雨量で警報音を発する。

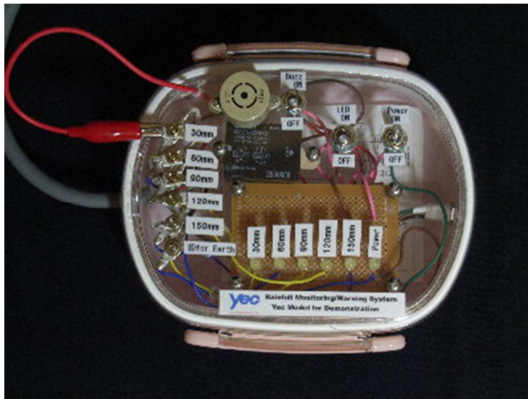
装置の外観と回路



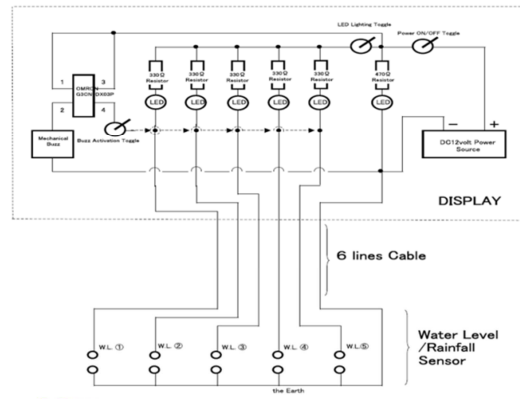
簡易水位警報器 (写真はデモンストレーション用の縮小モデル)



簡易雨量警報器



簡易監視警報器モニター (容器は弁当箱)



回路図

自主製作を基本としており、費用は部品代（日本国内価格）で、水位計（2mフルスケール・モデル）が約3,300円、雨量計（20ℓリボン・モデル）が1,600円、モニターが約4,500円、6芯ケーブルが75円/mである。製作には、ラジオペンチ、ニッパー、電気ドリルと錐、電子工作用ハンダコテなど一般的な工具を使う。

必要な資材と価格

部位	品名	型式	規格	単位	数量	参考単価	参考金額
水位検知部	硬質ビニル電線管	MIRAI HI VE-28J2	2m	本	1	700	700
	ケーシングパイプ	スズ/VU75		本	1	700	700
	ケーシングキャップ	VU75		個	1	300	300
	ステンラス(木ねじ)	Φ9L10mm		個	10	5	50
	ステン丸摩金	Φ8mm		個	10	6	60
	圧着端子	Φ8mm		個	10	5	50
	赤リード線			m	12	30	360
	黒リード線			m	3	30	90
	M3圧着端子			個	6	5	30
	フラ板	25x65mm		枚	1	10	10
	M3ステンレスボルト	L10mm		個	12	5	60
	M3ステンレスナット			個	6	6	36
	M4ステンレスボルト	L80mm		個	2	15	30
	M4ステンレスナット			個	4	6	24
	耐候性シール(白)			cm2	100	2	200
	耐候性シール(黄)			cm2	200	2	400
耐候性シール(黒)			cm2	100	2	200	
小計							3,300

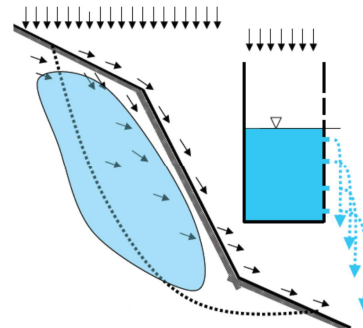
部 位	品 名	型 式	規 格	単 位	数 量	参 考 単 価	参 考 金 額
雨量検知部	3Lポリビン			個	2	550	1,100
	ポリビン接合M3ステンボルトL10mm			個	6	5	30
	ポリビン接合M3ステンナット			個	6	6	36
	ポリビン接合M3ステン丸座金			個	6	5	30
	アース端子M3トラス頭ステンボルトL25mm			個	5	5	25
	アース端子M3ステンナット			個	15	6	90
	アース端子M3ステン丸座金			個	5	5	25
	アース連結ステンワイヤー			cm	15	5	75
	検知端子M3銅頭ステンボルトL25mm			個	5	5	25
	検知端子M3ステンナット			個	15	6	90
	検知端子M3ステン丸座金			個	5	5	25
	コード固定用金具			個	1	10	10
	コード固定用M3トラス頭ステンボルトL15mm			個	2	5	10
	コード固定用M3ステンナット			個	4	6	24
	コード固定用M3ステン丸座金			個	2	5	10
	小計						1,605

部 位	品 名	型 式	規 格	単 位	数 量	参 考 単 価	参 考 金 額
表示監視部	収納ブラケース	AE-3G	2.54mmピッチ、約72x47mm	個	1	300	300
	ユニバーサル基盤	L10mm	4組1セット	個	1	100	100
	基盤スペーサー	PB21-5Z02	定格9v(3-12v対応)発信回路内蔵	個	1	100	100
	メカニカルプザー	OMRON G3CN-DX02P		個	1	200	200
	リレー	1/4W 330Ω		個	1	1,250	1,250
	カーボン抵抗 330Ω	1/4W 430Ω		個	5	10	50
	カーボン抵抗 430Ω	白	OSPWS161P	個	1	10	10
	高輝度LED	ST-1061		個	6	100	600
	トグルスイッチ			個	2	100	200
	プッシュスイッチ			個	1	100	100
	ミノムシクリップ	N30C	2A	個	1	100	100
	ガラス管ヒューズ	ベークヒューズホルダー		個	1	40	40
	ヒューズホルダー	シャーシ取付タイプ 内径2.1mm 外径5.5mm DCジャック		個	1	40	40
	DCジャック	6芯ケーブル		個	1	100	100
	配線ケーブル①	赤、黒各		cm	10	3	30
	配線ケーブル②			cm	50	1	50
	M3圧着端子	M3-L6mm		個	11	5	55
	ターミナル用ボルト	M3-L6mm		個	6	5	30
	プザー固定用ボルト		M3-L10mm	個	2	5	10
	ヒューズホルダー固定	M3-L20mm		個	1	5	5
	リレー固定用ボルト			個	2	5	10
	M3ナット			個	9	6	54
	M3丸座金	Input:100-240V Output:12V,2A		個	8	5	40
ACアダプター			個	1	1,000	1,000	
小計						4,474	

2-2 機器の改善と開発

2-2-1 土砂災害監視シミュレーターの開発

満水の雨水貯留ビンを空にするため、監視・警報に影響のない範囲で、常時漏水させてはどうかとの提案が訪問したネパールであった。人と機械の相互補完を旨とするCEWにはそぐわないと考えたが、貯留型の流出モデルをアナログ化し、降雨の流域残貯留量と土砂害の発生ポテンシャルを関連付けることによって土砂災害を監視するアナログ・シミュレーターが作れないか次の手順で検討した。



Step-1 ポリビンの底部に数種の孔を空け、ポリビン内の水位（貯留量）と流出量の間を実験的に調べ、貯留関数との関係を比較しておく。

Step-2 過去の土砂害発生時の近傍の時間雨量記録を使い、数種の貯留関数を想定して、災害発生時の流域残貯留量(S)との関係を調べ、流域残貯留量と災害発生の関係

を最も良く説明できる貯留関数(K, p, T0)の定数を求める。

Step-3 上記の結果を参考に、孔の大きさと配置を工夫して、Step-2 で得られた貯留関数に最も近い雨水貯留ビン（以下、アナログモデル）をつくる。

Step-4 アナログモデルの貯留関数を実験的に決定し、Step-2 の結果を検証する。

Step-5 検証結果を、過去実際に発生した土砂害(目標 500 件以上)のうち、それぞれ 2%、5%、10%、25%、50%が発生した時の流域残貯留量（ポリビンに残留している雨の量）として整理する。

その結果 step-2 では、 $p=1/3$ 、 $K=40$ 、 $T0=0$ hr が得られた。しかし step-3 で、多孔式にすることによって $p=1/3$ のモデルを近似的に実現できることが確認できたが、 K が 10 以上のモデルを実現するためには、1mm 以下の孔を使う必要で、目詰まりが懸念され実務的ではないことが分かり、アナログなシミュレーターを作ることは断念した。しかし、「これまでに日本で発生した xx 件の土砂害のうち、xx%はこの残貯留量以下で発生している」という表現が、危険度の指標として一般に受け入れられ、これが何年か後に地域に適した指標として自律的に発展していけるのであれば、市販のデジタル雨量計とパソコンを組み合わせたシミュレーター・警報器を作ることができるかもしれない。

2-2-2 連続通電によるセンサー端子の電蝕と対策

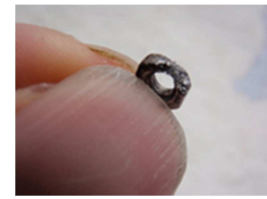
雨水の導電率を改善するため少量の食塩を添加することにしたが、長時間の通電で貯留水が濁り、センサー用のボルトが大きく損傷すること



黒く濁った貯留水



折損したボルト



電蝕したナット

が分かった。このため、機器の稼働の必要最小限の塩分量を調べ、その条件での電蝕の程度を調べることにした。

その結果、2ℓの雨水に対して、耳かき6杯の食塩が必要なことが分かり、この濃度での電蝕量は僅かであったが、降水量が30mm(2ℓビンで約400ml)では、濃度が5倍になり、大きな電蝕が進むことが予想された。このため、塩分濃度、経過時間、電蝕の進み具合の関係を体系的に調べることにした。

実験条件として、降水量30mmの雨水(約400ml)に対して、①必要最小塩分量耳かき6杯、②耳かき20杯、③耳かき40杯、④80杯の食塩を加えて通電し、電蝕の進行を調べることにした。その結果、ケース①では、39時間の通電で貯留水は濃く着色するものの、センサーボルトに目立った損耗は見られなかった。このことから、耳かき6杯程度の食塩添加で30mm程度の降雨があった後、2日程度の放置しても、ボルトの折損には至らないことが分かった。一方、ケース④では、39時間の通電で陽極側のセンサーボルトの先端部が大きく減耗し、場合によって折損することも予想された。

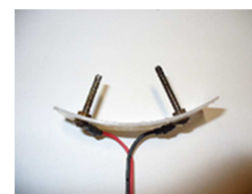
このため、僅かとはいえセンサーボルトの損耗は望ましいことではないので、取扱説明に雨水を貯留したまま長時間通電しないことを書き加えるとともに、不用意に長時間通電しないようLEDスイッチをプッシュオンスイッチに変更することにした。



最少必要塩分量



51時間通電後



センサーボルトの電蝕(耳かき80杯、51時間後、陽極先端が損耗して短くなった)

2-2-3 ソーラー電源と受水・貯留分離型雨量計の試作

屋外設置に伴う機器の機能、耐久性を検討するためもあって、観測精度に問題はあるものの、マンションのベランダから受水部を突出させて、雨水をビニールホースでベランダに設置した貯留ビンに導くことにした。同時に、ベランダフェンスに太陽光パネルを設置し、自動車用バッテリーに蓄電してモニター電源とすることにした。平成24年6月に設置して間もなく、長期通電によるセンサーボルトの電蝕が問題であることが分かり、前節の実験を行い取扱説明書の変更などに結果を反映させた。ソーラーシステムは、現在までのところ問題なく機能している。



貯水部とバッテリー



ベランダから張出した受水部



ソーラーパネル

2-2-4 簡易水位雨量監視警報装置への漏電報知器の活用

VCEWの簡易水位雨量監視装置は途上国を念頭に開発されたが、国内でも局地的な豪雨による土砂崩れ、鉄砲水などによる被害は一向に減らない現状から、VCEWの装置を国内にも普及することとして活動を開始した。その中で、事業所建物を中心に普及しつつあるEメール漏電監視通報装置を利用して、インターネットや携帯電話を通して、常にどこにいても水位、雨量の状況を監視することができるか検討した。

その結果、装置を若干変更することによってEメールによる警報が発信できることを確認したが、現在のままでは、モニターを長時間作動したままにするとセンサーボルトが電蝕し、貯留水の濁りとセンサーボルトの損耗

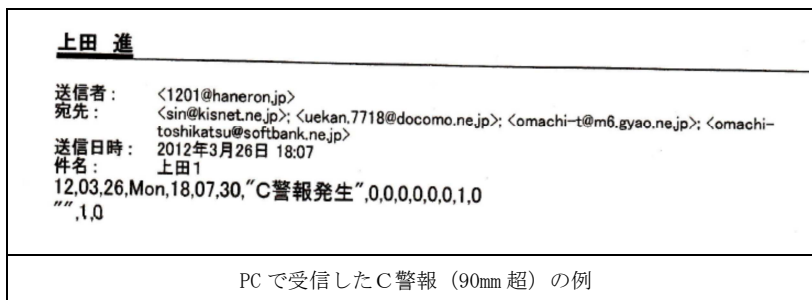
(甚だしい場合には折損)を起こすことがわかり、水中の通電によらないに示すリードスイッチを使ったものに改造した。入

手した漏電監視警報装置が最大4回路までの監視になっていたため、警報発信は、30mm、60mm、90mm、120mmの4レ

ベルとして実験し、携帯電話とパソコンで計画した通りの警報が受信できることを確認した。さらに貯水ビン内側のウキと外側の磁石をテグスでつなぐ構造からウキと磁石を一体化して貯水ビン内に納め、これを外側に貼り付けたリードスイッチで感知する構造への改良も行い、漏電警報装置を使ったEメールによる警報発信に関する試験を完了した。

検討結果と今後の課題としては、

- 1) リードスイッチの利用については、センサーの電蝕を心配することも必要なくなるので更に検討する必要がある。
- 2) ウキ、磁石、ガイドレールを一体化した部品を作ることは難くないが、個人の工作には信頼性に限界があり、商品化を考える必要がある。
- 3) 「Eメール水位雨量監視通報装置」を開発することは可能であるが、同じ機能を持った機器が既にあるかどうか、ないとしても既存のものを改良できないかなど他の方法との優劣、販売価格と市場性などを検討する必要がある。



関係3機器を接続した状態

2-2-5 市販雨量計ワイヤーセパレート雨量計の改造

複数の市販の雨量計を簡単に精度チェックした結果、市販品の中ではワ

イヤセパレート雨量計が最も正確なことがわかったが、欠点は、mm 表示ではなく inch 表示のため、計測値を換算しなければならないことである。そこで、この雨量計の電子部品に手を加えることなく、受水面積を縮小（約 1/4）したモデルを試作し、現在屋外で検証中である。



受水面積を縮小したモデル

2-3 機器の普及

2-3-1 普及活動の概要

国内関係では、県市町村を訪問し機器に関する紹介、設置・運用に関する説明を行った。

国外関係では、JICA研修や国際会議を利用し、また直接途上国や国際機関を訪問する機会を利用し、機器について紹介し機器を寄贈した。国際機関に対しては、併せて、それぞれの機関のネットワークを通じ広く紹介するよう依頼した。

場所	時期	普及活動内容
和歌山県砂防課	2012. 6. 27	・機器の説明、寄贈、県内市町村への広報依頼
福島県砂防課	2012. 11. 26	・機器の説明、寄贈、県内市町村への広報依頼
長野県砂防課	2012. 11. 15	・機器の説明、寄贈、県内市町村への広報依頼
和歌山・那智勝浦町	2012. 6. 25-27	・防災担当者への機器の説明と寄贈 ・雨量計現地設置(1カ所)
	2012. 11. 12-13	・雨量計現地追加設置
	2013. 6. 11	・設置済み機器の点検修理指導
福島・只見町	2012. 11. 26	・機器の説明と情報収集
福島・南会津町	2012. 11. 26	・防災担当者に対する機器の説明と寄贈
	2013. 5. 22	・防災担当者に対する機器の説明（人事異動の為）
長野・青木村	2013. 4. 24	・防災担当者に対する機器の説明と寄贈
長野・生坂村	2013. 4. 25	・防災担当者に対する機器の説明と寄贈
	2013. 6. 6	・防災講演会での説明（講師：群馬大片田教授）
長野・伊那市	2013. 4. 26	・防災担当者に対する機器の説明と寄贈 ・伊那ケーブルテレビでの広報、機器の寄贈
愛知・岡崎市	2013. 1. 23	・防災担当者に対する機器説明
筑波大学	2012. 6. 29	・学生に対する機器の説明（環境防災学講座講師）
京都大学	2012. 6. 12	・Rajib 研究室職員、留学生に対する機器の説明、寄贈、意見交換。参加：中国、フィ

		リピン、バングラデシュ、インドネシア、ミャンマー
JICA帯広センター	2012. 8. 1	・「水資源に関する能力向上研修」の講義で機器の説明。参加：ベリーズ、ドミニカ共和国、レソト、マラウイ、モザンビク、ソロモン諸島の6カ国から9人
JICA兵庫センター	2012. 11. 20	・「中米地域防災研修」の講義で機器の説明と寄贈。参加：コスタリカ、エルサルバドル、グアテマラ、ホンジュラス、ニカラグア、パナマの6カ国から14人
砂防会館	2013. 1. 31	・日台共同研究シンポジウムで台湾代表に対する機器の説明と寄贈
ジュネーブ・国際赤十字連盟	2012. 3. 12	・コミュニティ防災担当者に対する機器の説明、寄贈、各国赤十字に対する広報依頼
フィリピン	2012. 12. 10-14	・政府機関（PAGASA, 赤十字, OCD）及びコミュニティ（Olongapo市, Balanga市, Quezon市）への機器の説明と寄贈
	2013. 4. 18-21	・UNESCO Regional Workshopで機器の説明と参加国への機器寄贈（フィリピン、インドネシア、東チモール）
ケニア	2013. 1. 27	・JICAコミュニティプロジェクトに対する寄贈
ネパール	2013. 5. 13-20	・防災情報交換セミナーでの機器の説明と主要機関への機器寄贈（ネパール赤十字） ・2010年に設置した機器の修理指導（雨量計、水位計各1基）

2-3-2 ネパール現地調査と意見交換

1) 背景

2010年、政府（治水砂防局：DWIDP）及び ICIMOD（International Center for Integrated Mountain Development）の職員を対象にワークショップを行い、簡易水位雨量監視警報装置の共同製作と設置を行い、翌2011年7月には1年後の状況調査を行った。ICIMOD は、2010年、早速 VCEW の改良型をインドのアッサム地方に設置した。この様な背景で、2013年5月、①2010に設置した機器の利用状況と機器の状態を調査すること、②ICIMOD において設置した機器の利用状況と今後の計画を調べること、③コミュニティ防災の普及に関する諸団体間の意見交換を行うことを目的として、ネパールを訪問した。

ボランティアグループ VCEW は 2010 年 7 月にネパールを訪問し、VCEW が開発した簡易水位雨量監視警報装置の共同製作と設置を行い、翌 2011 年 7 月にはフォローアップを行った。一方、技術移転を行った ICIMOD（International Center for Integrated Mountain Development：国際総合山岳開発センター）では、VCEW のセミナーを契機として改良型を 2010 年にインドのアッサム地方に設置した。この様な背景で、平成 25 年 5 月、①2010 に設置した機器の利用状況と機器の状態を調査すること、②ICIMOD におけるその後の発展と今後の

計画を調べることで、③コミュニティ防災の普及に関する諸団体間の意見交換を行うことを目的として、ネパールを訪問した。

2) VCEW設置機器の現況



3年前に設置した Matatirtha の雨量警報装置はケーブルの破断と雨量計の破損で機能していなかった。日本から持参した雨量計に交換したが、ケーブルの劣化が著しく、いずれ再び破断することが必至と思われたので新しいケーブルに交換することにした。ソーラーパネルに異常はなく、バッテリーをチェックしたところ、電圧は9V程度で警報装置の稼働には問題はないことを確認したが、提供したソーラーシステムを LED 照明に使っている家人からは照明が暗くなったとの話があった。バッテリーの大型化と定期的な交換を検討する必要があることが分かった。また、管理人からは雨量警報装置の監視のための手当などがほしいとの要望が出され、DWIDP で検討することになった。



この家の屋上に雨量計を設置



放置されたモニター



屋上のソーラーパネル



埃まみれの電池とコントローラー



雨量計を交換



モニター再結線

2年前にも補修した Khandichaur の水位警報装置は、ケーブルが断線して機能していなかった。ケーシング、センサーロッド、モニターは保管されていたが、ケーブルの劣化が著しく、また DHM(水文気象局)が水位観測所を上流に設置したとのことだったので補修しないことにした。上流の Barhabise の雨量・水位観測所は5月に完成したばかりで、水位計のケーブルは川沿いに地中埋塞されており、恐らく水圧式と思われる。雨量計とテレメーター設備は金網で囲われ施錠されていた。なお Khandichaur から上の流域の半分強は中国領土であること、また崩壊が懸念されている氷河湖もあることから、水位の常時監視は中国との交易路と沿線の集落を守るために非常に重要だと言われている。



3年前に設置した時の水位計



破断したケーブル接続部



Barhabise の水位/雨量観測所



3) Joint Meeting

関係機関の連携を深めることによりネパールのコミュニティ早期警報を推進する、その中でDWIDPの早期警報分野の強化を図る、VCEWが取り纏め中の「世界各地のコミュニティ早期警報事例集」へのインプットを得るなどを目的として情報交換のためのJoint-Meetingを開催した。会議には、ネパール側から7機関、15名が参加した。

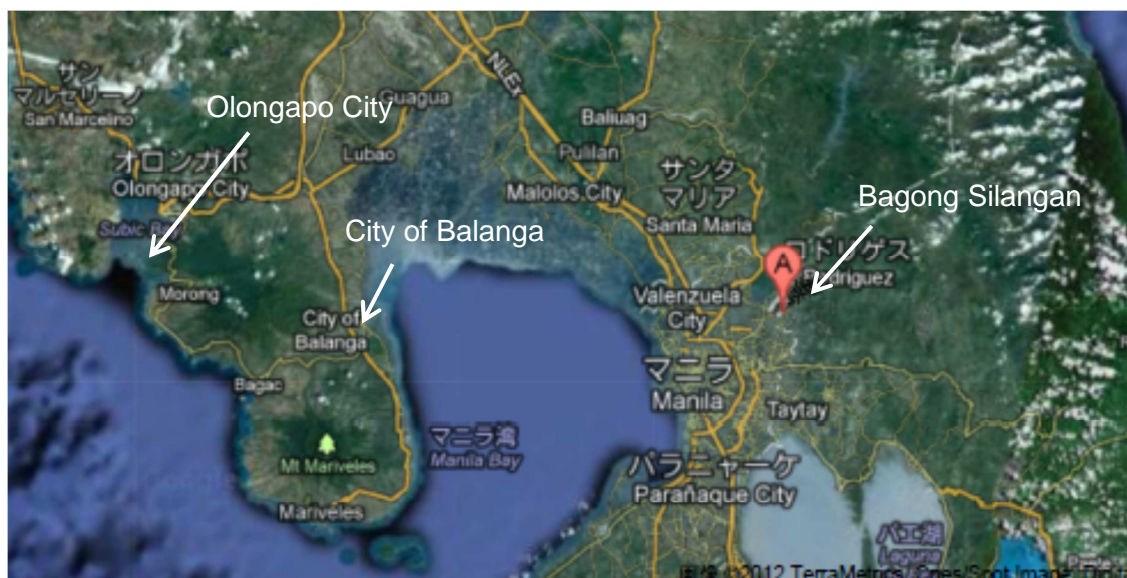
VCEW からは、①Examples of Hydrological Equipment for Community-based Early Warning、②Comparison of Rain Gauge と題して、CEW の事例紹介と市販雨量計の比較結

果を発表した。DWIDP は、Status of Early Warning Information System and support of DWIDP と題して、VCEW が3年前に設置した施設の現況、CEW への取組、護岸、砂防ダムなどハード面での対策を紹介した。ICIMOD は、Piloting of Flood Early Warning System in the Jiadhah River Catchment, Assam, India と題して、VCEW の機器を発展させた形で実施したインド・アッサム地方での CEW への取組を紹介するとともに、監視警報装置の無線化についても発表した。急遽出席した UNDP からは、Early Warning System Initiatives と題して UNDP のネパールにおける活動が紹介された。Nepal Red Cross Society は、Integrated Disaster Risk Reduction Initiatives Nepal と題してネパールにおける活動を、日本の NGO である Shapla Neer は、Community Initiatives for Disasters Risk Reduction Project in Chitwan と題して Chitwan における活動をそれぞれ紹介した。これら各機関からの説明・紹介を踏まえて、全体で協議・意見交換を行い、情報交換を密にして減災に向けて各機関が今後も協力していくことが重要であるとの結論を得た。

2-3-3 フィリピン現地調査

2012年12月、大井と大町は、フィリピンにおける CEW の実態を調査し、今後の協力の可能性を調査するため、フィリピン気象庁(PAGASA)を受入機関として現地調査を行った。

調査地域



PAGASA の Flood Forecasting and Warning Center で VCEW の機器開発の経緯の紹介と実演を行い機器を見本として贈呈した。PAGASA の電気通信関係職員も参加し、材料単価、機器設置方法などに多くの質問があった。



PAGASA 機器説明



贈呈機器

Philippine Red Cross にも同様のプレゼンを行った。PRC からは、国全体として積極的に推進するためには、OCD(Office of Civil Defense)を中心として関係機関のコンセンサスを取り付ける必要がある。気象観測衛星 NOAA の情報も有用ではあ

るが、コミュニティが自ら観測できる VCEW の簡易な監視機器は有効だと思うとのコメントがあった。

11 日午後には Quezon City の Marikina 河上流の Barangay Bagong Silangan を視察した。

バラ
ンガ
イ事
務所



VCEW 雨量計の説明を聞く住民



被災状況聞き取り



多くの命を救った大木

ラスで VCEW 簡易水位雨量監視装置の説明会を開催。地区の住民 10 数名（主として女性）が参加した。3 年前の大出水（2009 年 9 月 26 日台風 Ondoy による洪水）で 50-60 名が亡くなったということもあって熱心に聞いていた。地元民の案内で、多くの犠牲者がでた Green land 地区を視察した。ここは河岸段丘の下に



広がる川よりは少し高い氾濫原で住家が散在する地区である。洪水前には 150 世帯ほどが住んでいたが、戻ってきたのは半分以下とのこと。背の高い雑木、雑草、サトウキビが生い茂る中に集落を形成しているので見通しが悪く、河川の増水も察知しにくいので、VCEW の水



VCEW 機器の紹介(Olongapo)



市が準備している避難袋



市内の浸水標識



保管されている防災機材



大型ペットボトルはウキに利用



警報用の鐘



情報伝達用の無線



我々のために急遽やってくれた救難訓練



位計で浸水を早期に検知し警報することが有効だと思われた。

翌日からは、米海軍のスービック基地があった Olongapo City、翌々日には City of Balanga を訪問した。いずれの市も防災に非常に熱心で、雨量、水位などの監視、情報伝達、避難などの準備が整っており、毎年防災演習を行っているとのことだった。



Balanga 市内の水位標



防災資材（バランガイ Cupang Proper）



事務所玄関に河川水位状況を常時公開

帰路 PAGASA の Pampanga River Flood Forecasting & Warning Center 訪問した。雨量観測所 17、水位観測所 10、すべて正常に機能していた。パンパンガ洪水予警報システムは日本の協力で実施した台風委員会のパイロットシステム第 1 号で、庁舎入り口正面に、計画当時の図（雨量計、水位計、テレメーター中継所の位置図）が掲示されていた。

最後に訪問した Office of Civil Defense 本部では、訪問の趣旨と現地調査の結果について意見交換をし、VCEW の機器がコミュニティベースの予警報に有用だということで意見が一致した。

2-3-4 和歌山県那智勝浦町

那智勝浦町では2011年9月の紀伊半島豪雨災害の直後から、気象台・県からの情報の他に、町内の地区ごとに独自に雨量や水位を観測する体制をとる意向を表明していた。このため、途上国を念頭に開発してきた簡易水位・雨量監視警報装置ではあるが、2012年6月、那智勝浦町を訪問し、災害後の警報体制について情報を収集するとともに、VCEWの雨量監視警報装置を設置した。その後も、11月に第二回、2013年6月に第三回目の訪問を行い、その後に町役場のご尽力で設置したのも含めて、機器の状況と活用状況を調べるため現地調査を行った。現在、那智勝浦町にはVCEWの監視警報装置が4基設置されている。それぞれの現況は次の通りである。



川関地区T様宅



市野々地区K様宅



井関地区K氏宅



井関地区井関クラブ



那智勝浦町 VCEW 雨量計設置箇所

- (1) 川関地区T様宅、2012年6月設置
管理人は不在だったが正常に作動することを確認
- (2) 井関地区K様宅、2012年11月設置
30mmと90mmのLEDが常に薄く点灯するため、持参したモニターと交換を依頼。古い機器は後日回収し原因を調べることにしている。また雨量計が建物の影響を受ける位置にあったので、影響のない場所に移設することを依頼した。
- (3) 市野々地区K様宅、2012年11月設置
機器が正常に作動することを確認
- (4) 井関地区井関クラブ、2012年11月設置。
管理人は不在。機器は一式揃っているが、排水栓も開けたままで使用した形跡はなかった。

また、市野々地区のK様からは、災害時には警報レベルを順次上げながら状況を監視するという時間的に余裕がなく、透明容器への雨の貯まり具合を監視するなど、より直截な方法のほうが望ましい、といった実体験に基づいた貴重な意見があった。

3. 国内・国外で使用されている機器のインベントリー作成

3-1 コミュニティ早期警報のための水文観測機器の事例収集

上記2の普及活動の際併せて水文観測機器に関する事例を収集するとともに、JICA報告書、インターネット等からも情報を収集した。

■雨量計

	<p>長野県青木村 180ml の one cup の内側に 10mm 単位の目盛が刻まれ、溢れると 100mm である。家庭の庭先に置き、時間雨量が 20 mm を超えた時または累加雨量が 100 mm を超えた時（雨が cup から溢れた時）区長に連絡し避難体制に入る。同様な試みは 1990 年代にもあった。酒造会社に依頼し cup の内側に目盛を付した。青木村の取り組みはそのリバイバルといえる。</p>
	<p>山口県、鳥取県の豪雨計 1978 年（昭和 53 年）山口県河川課が開発。山口、鳥取両県で設置。雨量強度と累加雨量を夜間でも屋内から目視できるよう目盛、浮子に蛍光塗料。簡易豪雨計と危険報知式豪雨計があり、危険報知式は予めセットした目盛に達するとランプが点灯し危険を報知する。価格（当時）は簡易豪雨計 55,000 円、危険報知式 70,000 円。県が補助金を出し（県 1/3、市町村 2/3）がけ崩れ危険地区ごとに全県的に設置する計画であったが、防災の主流が国に移行したこと、気象観測の発達などで全県的な拡大には至らなかった。</p>
	<p>和歌山・那智勝浦町 VCEW 雨量計。 2 階ベランダに設置。</p>
	<p>普通雨量計 コスタリカ（左）はプラスチック製（透明）で mm と inch の目盛がある。インドネシアとフィリピン（中、右）は雨を容器から取り出して計測する。普通雨量計はコミュニティ防災で今でも広く使われている。</p>



台湾

ポータブル雨量計。警報の3つのレベルに対応して目盛が色分けされている。

全国の土石流危険地域にあるすべてのコミュニティ（585）に2～3人の訓練を受けたボランティアが配属されている。各ボランティアには雨量計が貸与され、ボランティアの観測値に基づき警報が出される。



カリブで開発された自動警報装置付雨量計

JICAカリブ防災プロジェクトと West Indies University (Trinidad & Tobago) のOpadeyi教授グループの共同開発。センサーは5本のステンレス棒で、累加雨量が各棒の下端に達するごとに自動的にランプが点灯しブザーが鳴る。

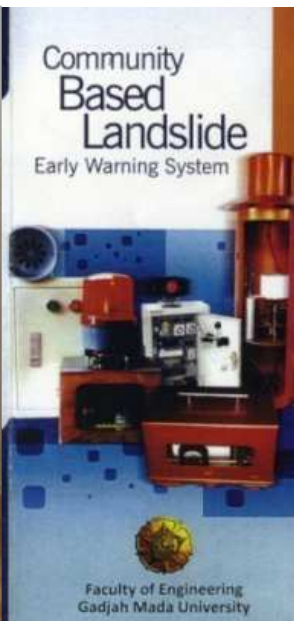


スリランカでの設置

カリブ以外にスリランカでも同じ機種が設置されている。屋根に設置された雨水受口と部屋の中に設置されたセンサー。



左：フィジーのVCEW雨量計
 中：VCEWの改良型（インドネシアでJICA 専門家と政府職員の共同作業）
 右：VCEWの改良型（ICIMODが改良しインド・アッサムに設置）



インドネシア・ガ
ジャマダ大学の
コミュニティ地
すべり早期警報
システム

雨量計、伸縮計、
水位計、傾斜計か
ら成り、それぞれ
警報装置に接続
している。

雨量計は、転倒升
型雨量計、サイレ
ン、回転灯から成
り、時間雨量が連
続的に記録され
る。

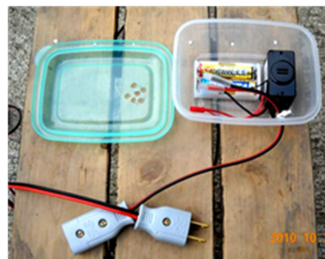
転倒升型雨量計、サイレン、回転灯

福島県只見町



「一体型雨量計」の名でネット
ショップで売られている。非
常にコンパクトで持ち運びが容
易。只見町では町内に配布し
て市民防災に活用しているとの
こと。定置というよりは持ち

運び型なので、屋外に出なければならないのが難点。



上田式雨量警報器（試作
品）

ペットボトル内の雨水が
一定の重さに達すると警
報する簡易なもの。



雨量計 (?)

ポリバケツの底にコンクリートを打って重しにして、窓際から目視で雨の状況を監視できるようにしたもの。ネットショップで商品として販売されているが、自分で作ることも簡単。



営農用の雨量計

大規模農場が多い**米国**では、農場自身が雨量を測っているところも多いらしい。その一部が日本でもネットショップで入手できる。

[上]モニターは有線で室内で監視できる。PC、インターネットとのインターフェースなどアクセサリも豊富。ただしインチ表示。フィリピンでも使用。

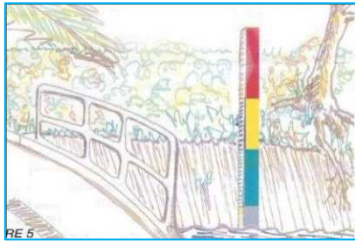
[下]モニターはワイヤレスで配線不要。受水器、モニターとも極めて小型。24時間雨量の警報機能がある。

■ 水位計、浸水検知



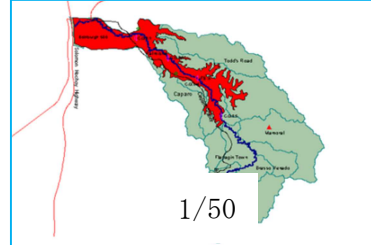
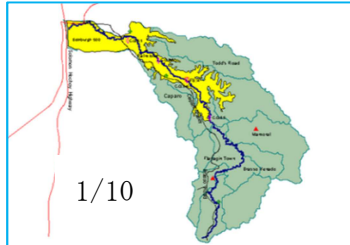
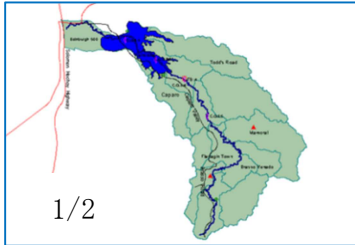
普通水位計：左端はジャマイカ、他はフィリピン





トリニダードトバゴ (Caparo River)

普通水位計が上流、中流、下流の3カ所に設置され、それぞれに下流の氾濫面積（2年、10年、50年確率洪水）に対応する水位が示されている。



**グアテマラ防災機関CONRED
が開発した警報装置付き水
位計**

上左：ケーブル（河川近くに設置されるセンサーと屋内に設置されるモニターを連結する）、センサー（ケースに入れて設置される）及びモニター。

上右：CONREDのMr. Ruben。彼とそのグループが一手に引き受けて製作。

下左：河川上流部での設置。
下右：河川下流部での設置。



VCEW水位計とその類似型の設置事例

インド・アッサム
 左：高架ケーブル(家畜による損傷防止)
 右：壁に架けられたモニター







VCEW水位計

ネパール

インドネシア

フィリピン・ミンダナオ浸水警報装置

河川沿いの低地の集落の家の縁の下に長短2本のステンレス棒をぶら下げてあり、河川からの氾濫が短い棒の下端に達すると自動的にサイレンが鳴り、集落の人々に警報が伝わる。




岡崎市浸水警報装置

市内8カ所の浸水常襲地区に設置。浸水計は各地区で最も低地にある家の近くに設置され、浸水が当該家屋のベース(敷高)に達するとサイレンが作動する。




← 浸水計

↑ サイレン

3-2 市販雨量計の評価

3-2-1 雨量計の比較（精度を除く）

前節に掲載した機器の内、ネットショップで入手できた4種の雨量計とVCEWの雨量計の対比を示した。

市販雨量計の比較

	VCEW 雨量監視警報装置	一体型雨量計	1427 ワイヤセパレート雨量計	簡易雨量計雨ダス君	雨量計 WS 9004
検知 / 計量方式	センサーケーブルの浸水による通電を検知する。	筒の中を流下する雨水量を検知する。	転倒マスの転倒回数をカウントする。	バケツに溜まった雨水量を目視で監視する。	転倒マスの転倒回数をカウントする。
特徴	どこでも手に入る部品で手作り可能	コンパクトで手持ちできる	転倒マスの廉価版	見ての通り	転倒マスの廉価版
外観					
受水面積（口径）	φ 23cm	φ 4.2cm	φ 21cm	φ 27cm	長 方 形 10cmx3.5cm
外形寸法（モニター除く） （高さ x 径 cm）	h32cmx φ 23cm	h13cmx φ 11.4cm	H21cmx φ 21cm	H25cmx φ 30cm	H8.8cmxL14.4mmxW5.5cm
重さ（g）（モニター除く）	300g	270g	750g	3.5kg	140g
梱包サイズ		14cmx12.5x12.5	24.5x23.5x23.5	29x31x31	6x25.5x16.5
価格（通販価格）	部品代約 8,000 円	12,600 円	18,700 円	2,940 円	7,350 円
生産国	現地生産	日本製？	米国製？	日本製	中国
製造者	VCEW	電子通商(株)	米 国 Rainwise Inc.	(株)四国防災	米 国 La CROSSE Technology
販売者	非売品	杉並区「電子通商(株)」	イーデンキ ヤフー店	(株)四国防災	杉並区「電子通商(株)」
計測単位	30mm	0.1mm	0.01inch(0.254mm)	10mm	1mm
測定範囲	150mm	999.9mm	9.99inch(254mm)	150mm	9999mm
精度、誤差	±5mm、定誤差	不明、累積誤差	不明、累積誤差	±5mm、定誤差	不明、累積誤差
表示	LED でレベル表示	液晶で累加雨量	液晶で累加雨量	目盛	液晶で累加雨量と 24hr 雨量
設置場所・方法	庭先、物干場に定置	庭先、物干場に定置あるいは可搬	庭先、物干場、屋根に定置	庭先、物干場に置く	庭先、物干場、屋根に定置
電源	直流 12V	単 3 乾電池 1 本	RC44 ボタン電池 1 個	不要	単 4 乾電池 4 本
遠隔監視（有線）	可(100m まで検証済)	不可	可(付属コード 18m) 無線監視のものもある	不可	無線で 100m まで
Internet 接続	警報発信を検討中	不可	可、インターフェースなどあり	不可	不可
警報機能	ブザー	なし	おそらく可能	なし	ブザー

改造、改良可能性	あり	なし(商品として完成している)	なし(商品として完成している)	あり	なし(商品として完成している)
修理	可	不可	米国以外では実務上不可	可	不可
自己修理	可	不可	不可	可	不可
将来への期待	リードスイッチ、漏電報知器による警報 E メール発信。	液晶表示をワイヤーで室内に引き込む、メカがよくわからないがそのほかはここまでかな。	PC 接続、Eメール警報発信、雨量強度表示など、本格的雨量計の簡易版、廉価版として大いに期待したい、ただインチ表示なのが残念日本で改造版をだせないか、要検討。	良くも悪しくもこれ以上はない。	PC、携帯とのインターフェイス。
ひとりごと	30mm 刻みでしかわからないのが・・・それと塩をやったりしないといけないし・・・ワイヤーセパレート雨量計が mm 単位になり、もう少し安くて、アフターサービスができるようになれば、VCEW 型の出る幕はないかも。	土砂降りの夜中、外で 10 分も待つのはどうかな？折角の液晶も雨の中、野外では読みにくいだろうし。梱包サイズが小さいので途上国に持参して無償で提供するのに適している。	メカは簡単だし、値段も手ごろで、PC にも接続できて警報も可能と思われるので、廉価版としてはパーフェクト。ただ、インチ単位なのと、米国以外で修理が難しいのが最大の難点。他にも同種のものではないだろうか。	単純明快、ごちゃごちゃ言わなければ、これがエバーサルスタンダードかな、ワンカップもいいけどすぐ一杯になるし、小さくて見にくいし。	製造者も明確で信頼できそう。価格的にも手頃で、配線が不要。これぞ求めていたものなのか。この値段なら、故障したら新品に交換しても途上国でも利用できるか。また、梱包サイズが小さいので途上国に持参して無償で提供するのに適している。

1) 一体型雨量計 (RainGauge(雨量計))

福島県只見町が採用している。受水面積は極めて小さく、代表性と安定性に不安があるが小型で一体化しており、強度は十分と思われる。筒を通過する水量を検知するタイプなのでキャリブレーションが難しい。液



カバーを外したところ



検知部詳細

晶表示は機器と一体化しており、手持ちの場合は良いが、杭などに固定した場合は読みにくいので、固定部材から簡単に取り外せるような工夫が必要。どちらかといえば降雨強度を計るのに適していると思われ、只見町では、屋外で 10 分計測して 6 倍して時間雨量を推定するという運用を考えているとのこと。

2) 1427 ワイヤーセパレート雨量計 (Rainew 111 Tipping Bucket Wired Raingauge)

フィリピンで実際に使われていたものと同じものである。形状は大きすぎず小さすぎず安定感がある。インチ表示のものしかないので注意を要する。転倒マスタイプで、マスの転倒の検知にリードスイッチを使った非接触型なので構造は簡単で部品数も少ない。液晶表示は遠隔(付属コード 18m)なので、機器の設置場所を選ばない。



フィリピンでの設置例

また、電源もボタン電池のみでメンテも簡単。転倒マス型なので誤差は累積することになるが、調整機能はない。調整機能をつけることも考えられるが、コストが上がることと機構がその分複雑になることから、防災機器としてはそれが良いとは一概にいえない。ただし、購入したらジョウロで注水するなどして簡単にチェックしておくことが必要だろう。警報機能がないのが残念だが、販売元（米国）では、データロガー、パソコンとの接続やインターネットによる警報や照会のためのオプションも準備している。



受水カバーを外したところ

転倒マス

転倒検知部

表示部（カソー）

ネットショップでは2万円弱で売られているが、メーカーのホームページでは73ドル（約7千円）と更に安い。

3) 簡易雨量計雨ダス君

市販のバケツの底にコンクリートを充填して重石にし、側面に目盛をつけただけの驚くほど単純なものだが、窓から見える範囲の庭先に設置すれば、室内からでも目視で監視できる。バケツ

の底にコンクリートが充填されており、これだけの重さなら相当な強風にも耐えられると思われる。

単純さが一番の特徴で、自分で作ることもできる。バケツの口が広いので、床高50cm、身長



外観



底のコンクリートとフロート



315円で試作したもの

165cmとすると、つま先からバケツのへりまで2m先で0mmの目盛を、2.5m先で30mmの目盛を見ることができる。透明なバケツならもう少し遠くでも視認できると思われる。一家に一台ということなら一番にお勧めできる。市販品を参考に試作してみた。費用は百元ショップで購入した210円のバケツと105円の蛍光シールの合計315円だけで、重石には平たい丸石、フロートには発泡スチロールのトレーを使った。

4) 雨量計 WS 9004

小さな転倒マスの形状に合わせてコンパクトに作られている。モニターと受水器を無線でつないでおり、扱いがきわめて簡単で、設定された雨量で警報音（ブザー）を発するようになっている。モニターの液晶もほどほどの大きさで、ワイヤレスの手持ち型なので非常に見やすい。受水器は小さく玩具のようで精度に不安がある。ワイヤーセパレート雨量計同様転倒マス型だが調整機能はない。次節で報告する簡易な精度検定によれば、

入手した機器にはマイナス 15%程度の誤差が見られる。これが個々の機器によるバラつきなのか、共通する誤差なのか分からない。



受水器とモニター



受水器の内部



パッケージ

3-2-2 市販雨量計の精度比較

市販の簡易な雨量計には、製造元すら明らかでないものもあり、精度がよくわからない。また、多くがネット販売で品質の保証と修理体制は十分でない。このため、雨量計の精度を簡易にチェックする方法を検討し、ネットショップで購入した雨量計3種について精度を調べた。

チェックは一般家庭で入手可能な器具を使うこととして、(1) 雨量強度によって精度が異なる可能性があるため、数 mm/hr から百数十 mm/hr まで数種の強度について、雨量計の受水部に注水して調べる、(2) 計量カップで cc 単位の計測が難しいので、デジタルキッチンスケールを使って g(cc) 単位で容量 (注水量) を計る、(3) 注水速度 (降雨強度) の微調整には病院で使われている点滴用具を使って行った。(写真参照) 結果は次の通りであった。

i) 一体型雨量計 (RainGauge(雨量計))

計器が表示する降雨強度の方が実際の降雨強度よりも、15%程度大きな値を示しているように見える。しかし、誤差のバラつきが大きく計器表示の方が実際よりも少ないケースもみられるため、この傾向は判然としたものではない。誤差が大きい原因としては、検定で扱う量そのものが小さいことによる検定手法に起因するものもあると思われるが、受水面積が小さいことと、



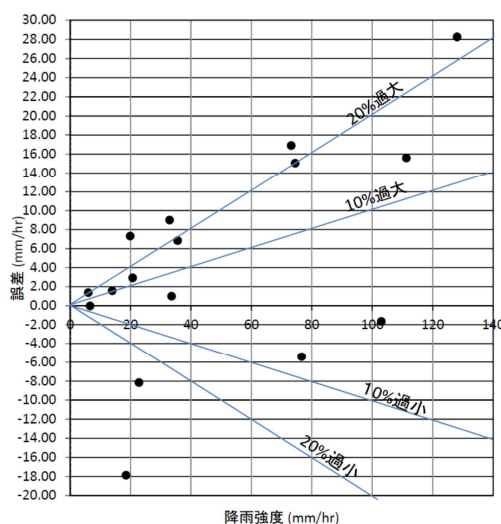
検定装置全景



キッチンスケール



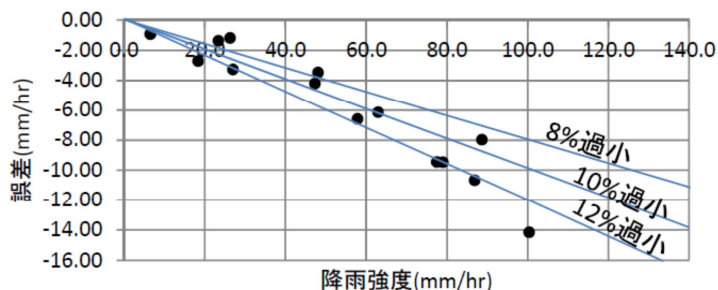
流量調整部



水が細い筒の中を通ることによる電気、磁気的な変化を計測していると思われる間接的な計測方法そのものが原因ではないかと推測される。屋外で実際の雨について長期の観察が必要であろう。

ii) 雨量計 WS 9004

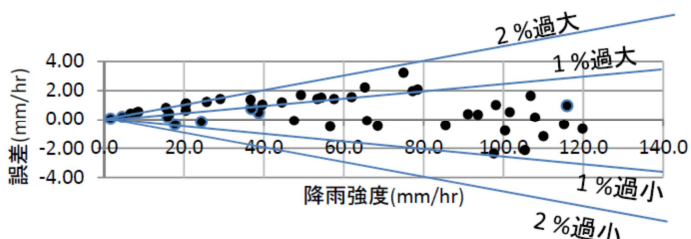
誤差のバラつきは小さく、計器の方が実際の降雨量よりも10%程度小さな値を表示する。従って、計器表示量に1.1を乗ずればかなり正しい値を計測するといえよう。この原因が受水面積と転倒マスの関係が製造工程で狂っ



ているのか、またこれが全製品に共通するものなのか、個々の製品によって異なるものなのかは、一台だけの検定ではわからない。コンパクトで誤差の補正をすればかなりの精度になることを考えると残念である。もう一台購入して同じ検定を行い、降雨強度にマスの転倒が追いつかないなど、この製品の一般的傾向なのか、製品によるバラつきなのか見てみる必要がある。また、この誤差が、実際の降雨パターンの下ではどのような誤差をもたらすのか、野外で一年程度検証する必要がある。

iii) 1427 ワイヤーセパレート雨量計 (Rainew 111 Tipping Bucket Wired Raingauge)

検定した3台の中では最も精度が高く、±2mm程度の範囲に収まっており、コミュニティ防災に必要な精度を持っている。惜しまれるのは表示がインチであることである。なお、この機種については検定手法の検証のためも



あって、かなりの数のテストを行った。それから分かったことは、降雨強度50mm/hr程度までは誤差がほぼ直線的に増加するが、それ以降はバラつきが大きくなるものの誤差の平均値がむしろ小さくなる傾向がみられた。この原因としては、降雨強度が強くなると、マスの転倒が追いつかず、雨水の飛散量が増えるからではないかと推測され、これが正しいければ転倒マス型共通の傾向といえよう。国内での使用に当たっては、インチからmmへの換算図表を利用するか、受水面積を調整してmm単位に変えるか、カウンター側で数値を変換させるかしなければならない。

[まとめ]

今回は一定の降雨強度が続くという条件で検査したが、実際の降雨は分単位で強さが変わり、また継続時間も長いことから、ここで評価したよりも現場での誤差の方が小さくて問題がないのかもしれない、今後は野外での比較検定を続けていきたい。

4. 総括

研究開発活動を通じて、近年の災害の発生状況、国の防災の方針、県や市町村の取り組みなどからコミュニティレベルでの早期警報が重視され、従ってコミュニティに適した機器の開発普及のニーズがますます高くなりつつあることが実感された。振り返れば、山口県、鳥取県で市町村独自の観測が推進された1950年代から約60年、阪神震災の後各戸にワンカップ雨量計が置かれた頃から約20年、いわばコミュニティ早期警報のリバイバルである。これからの防災は、世界的にも国内においても、科学技術の進展を期待しながらもコミュニティでの対応が基調となると考えられるので、本研究開発は大きな意義がありタイムリーでもあった。

第2章に述べたようにいくつかの改良を試みた。VCEWの機器は一応実用の域に達したと考えているが、細かな課題はいくつかあり今後も改良を継続し、少しでも耐久性や機能面で優れたものを目指したい。しかしVCEWが改良を一手に引き受けて途上国や国内のコミュニティに一方的に供与するのではなく、各コミュニティがVCEW機器をベースに工夫しそれぞれに適した機器に改善することを期待している。ネパール（ICIMOD）やインドネシアではそのような改善が行われ成果を挙げている。

機器が有効に生かされるためには、住民の間で十分な話し合いが行われ、コミュニティ防災全般について理解や意識が深まるとともに、基準雨量・水位、機器の管理・運用、警報の伝達などについての合意が必要である。VCEWの役割は基本的に機器の開発・普及に限られ機器を防災にどう生かすかはコミュニティ次第であるが、対象コミュニティの選定に当たっては、コミュニティ活動がしっかりして機器を供与すれば十分生かせるという素地があるかどうかについて考慮するとともに、対象コミュニティに対しては活発なコミュニティ活動を促す必要がある。

第3章では、世界各地で使われている機器の事例を広く収集した。事例を途上国に紹介するとともに国際機関にも提供して、これを核に国際機関のネットワークでさらに多くの事例を収集し、世界的な事例集の集大成に寄与することを目指すものである。VCEWの機器は多くのコミュニティに有効であると考えますが、コミュニティはそれぞれ事情が異なるので、VCEWの機器にこだわることなく各コミュニティがそれぞれに適した機器をコミュニティ自身で選択することが望ましいという趣旨である。「3-2 市販雨量計の評価」もそのような意図の一環である。これまでも折に触れ国際機関と情報交換を行ってきたが（国連早期警報促進センター、WMO、ESCAP、OCHAなど）、本研究開発の成果をベースに国際機関に働きかけ、2015年の防災世界会議に向け事例集の集大成を作成したい。