調査報告

カンボジア、メコン川下流平野における2011年洪水と河川微地形

2011 Flooding and Fluvial Micro Landforms in the Cambodian Lower Mekong Plain

南雲 直子・久保 純子

NAGUMO Naoko and KUBO Sumiko

(2013年4月22日受付 2013年7月13日受理)

2011年8月～10月に大規模洪水が発生したカンボジアのメコン川下流平野を対象とし、首都プノンペンを中心とした地域で洪水と微地形に関する調査を行った。衛星画像を用いて浸水範囲を把握し、水文データ等を入手するとともに、2012年3月の現地調査では洪水痕跡より浸水深を測定した。その結果、微地形と浸水範囲・浸水深の対応が良好に見られた。洪水はメコン川の氾濫原を利用して流下するとともに、トンレサップ川沿いでは深く湛水し、通常の雨季には浸水することのない高位沖積面にまで洪水が達した。これは近年最大規模といわれた2000年洪水に匹敵する規模であった。また、浸水域に比較すると相対的な被害は大きくなかった。カンボジアのメコン川はほとんど築堤が行われておらず、伝統的な地域に住む人々は毎年の洪水を経験しながらも、その環境に適応し、洪水リスクを最小限にするような土地利用や生活様式を続けている。

We conducted field research around Phnom Penh in the Cambodian lower Mekong plain, which was damaged by heavy flooding between August and October 2011. Flooded areas shown by satellite images and inundation depths measured in the field corresponded to the distribution of micro landforms. Flood water flowed through the Mekong River floodplain, and the area along the Tonle Sap River was heavily inundated. The flood water also reached higher alluvial surfaces, which are rarely inundated during the usual monsoon season. Although the flooding was comparable to that occurring in 2000, there was relatively less damage to infrastructure. In this region with cyclic annual flooding, people in local settlements make adaptations to maintain traditional lifestyles and land use patterns to minimize the risk of floods.

キーワード: カンボジア, 2011年水害, 洪水痕跡, 微地形, 土地利用

Key words: Cambodia, 2011 flood, flood mark, micro landforms, land use

I はじめに

モンスーンの影響を受けるインドシナ半島では気温は一年を通して比較的高温であるが、降水は雨季の数ヶ月間に集中するため、河川の高水期は数ヶ月ものあいだ続く。2011年の雨季にはインドシナ地域で例年より降水量が多い状態が続き、8月下旬頃から10月上旬にかけて、平野部を中心に大規模な洪水が発生した。タイのチャオプラヤ川下流の氾濫原に立地するバンコクやアユタヤでは、洪水そのものによる被害に加え、それによる日本企業の経済的損失も大きかったことから(田中ほか2012)、その被災状況は日本でも大きく報道された。一方、メコン川の下流域に位置するカンボジア(図1)でも、同時期にメコン川やトンレサップ川、トンレサップ湖の周囲で通常の雨季よりも広い範囲で浸水が見られ(図2)、2000年にメコン川下

流域で発生した、いわゆる2000年洪水(たとえば、海津ほか2004; 久保2006)以来の規模の洪水となった。

著者らは、これまでメコン川下流平野の地形学的調査を続けており、2011年洪水の緊急災害調査としてカンボジアで現地調査を行う機会を得た¹⁾。現地調査は2012年3月にプノンペンとその周辺で行い、メコン河委員会²⁾等の関係機関で洪水に関するデータを収集した。また、氾濫原の随所で洪水痕跡が認められたため、プノンペン周辺の国道5号線(トンレサップ川上流側の左岸)、6号線(メコン川上流側の右岸)、1号線(メコン川下流側の右岸)に沿ってその比高をレーザー距離計で計測し、浸水深を求めた。さらに現地の浸水範囲や被害状況を2000年洪水時のそれと比較し、地形条件との関係を考察した。

図1 調査対象地域。図中の赤枠は図2の範囲を、橙枠は図5の範囲を示す。

Figure 1 Map of study area. Red and orange boxes exhibit the extents of Fig. 2 and Fig. 5, respectively.

図2 Terra画像による雨季の浸水範囲（黒色部）。NASA/GSFC, Rapid Responseによる。上：2009年10月30日撮影，下：2011年10月30日撮影。

Figure 2 Terra images representing inundated area. Original data is from NASA/GSFC, Rapid Response. above: 30th Oct, 2009, below: 30th Oct, 2011.

II 2011年洪水の概要

1. 降水量と河川水位

インドシナ半島では夏に熱帯収束帯が北上することで雨季が訪れる。2011年の場合、熱帯収束帯の対流活動が6月初旬～9月にかけて活発となり、平年の雨季の1.2倍～1.8倍の降水が観測された（気象庁2011）。また、2011年6月から9月には南シナ海周辺に6つの台風が来襲した。そのうち、4号、8号、11号、18号、19号による影響は大きく特にベトナム北部に6月下旬に上陸した4号(Haima)や、7月下旬に上陸した8号(Nock-Ten)は、メコン川下流域に集中的な降雨をもたらした(MRC 2011)。その結果、ラオスのビエンチャンでは5月～10月の降水量が平年値を大きく上回り、下流のパクセやプノンペンでも、特に雨季の終盤にかけて大量の降雨があった（図3）。

メコン川下流域では降水量の季節変化に伴って定期的に水位・流量が増減する。たとえば、メコン川の水位は、乾季の終わりの4月と雨季後半の10月では、クラチェで約15 m、コンボンチャムで約11 mも異なる。その一方、高水期の水位・流量は毎年ほぼ一定で、大きく変化することは少ない。ところが、2011年の場合、平年を上回る降水量に伴って河川水位は上昇し、雨季の最盛期（8月～10月）にはクラチェで平年よりも約2 m高く、プノンペン付近のトンレサップ川やバサック川でも平年より約1 m高い状態となり（位置は図5参照）、メコン河委員会が定める警戒レベルを超える値となった（図4）。とくにトンレサップ川では、10月に洪水レベルを超える水位にまで達しており、トンレサップ川沿いで特に激しい洪水が発生したことが伺える。

図4では比較のために2000年と、2001年～2004年の平均水位も示す。2000年洪水は近年最大規模とされたものであり、2001年～2004年の平均水位よりも高くなっている様子がわかる。2011年には高水期のピークはずれるものの、いずれの地点でも2000年と同じレベルまで水位は上昇した。

2. 被害状況

Phnom Penh Post, Cambodian Dailyといった現地新聞には、8月末頃から雨季の洪水の異変を知らせる記事

図3 メコン下流域における降水量. 青棒は2011年, 白棒は平年値 (1981 ~ 2010年), ×印はデータなしを示す. データは気象庁 (http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/climatview_jp/index.html) による.

Figure 3 Monthly rainfall in the Lower Mekong Basin. Blue bars indicate observed value in 2011, and white bars show average value between 1981 and 2010. X marks mean no data.

図4 メコン川 (クラチェ), トンレサップ川 (プレックダム), バサック川 (チャトムック) における2000年, 2011年日水位と2001年~2004年の平均日水位. メコン河委員会, カンボジア国内メコン委員会提供のデータによる.

Figure 4 Daily water level of 2000 and 2011 in the Mekong, Tonle Sap and Bassac River, with average daily water level between 2001 and 2004. Original data is provided by Mekong River Commission and Cambodia National Mekong Committee.

が掲載されるようになり, 9月末~10月半ば頃までは被害状況を伝える記事が多くみられた. それ以降は復旧状況を伝える報道が中心となっており, 10月半ば以降, 洪水による被害は収束していったと推察される.

カンボジア国家防災委員会(NCDM)によって非常事態が宣言されたのは9月22日である. すべての州と自治体に洪水への緊急対応を求めるよう通達があり, 特にメコン川, トンレサップ川, バサック川沿いの地域は十分警戒するよう求められた(ADB 2012). 10月28日付の発表では (表1), カンボジアの全24州のうち18州が被災し, 約35万世帯以上が被災したこと, 死者は247名, 負傷者は23名に達したことが明らかとなった. また, 約26万ヘクタールの水田が深刻な被害をうけ, 全作付の10.7%が失われたという. 道路や橋梁, 学校等も各地で被害を受けたほか, シエムレアプの北東に位置するバンテアイスレイ遺跡では外国人観光客が市内に戻れなくなり, カンボジア軍のヘリコプターによって救出される事態も発生した. こうした状況に対し, 国連の関係機関やNGO等による水や食料, 衛生用品の提供があったほか, 日本政府からは10月上旬にJICAを通じて, 毛布などの緊急物資が送られている.

ADB (2012)によれば, 2011年洪水によるカンボジアの経済的損失額は6.2億米ドル以上になる. 同様に被災したタイに比べ浸水域は広いものの, 損失額³⁾は小さかった. これはカンボジアのメコン川下流平野ではチャオプラヤ川下流平野ほどインフラストラクチャーが整備されておらず, 工業化も進んでいないた

表1 2011年および2000年洪水によるカンボジア国内の主な被災状況.

Table 1 Major damage situation of year 2011 and 2000 floods in Cambodia.

	2011 年	2000 年
被災州 *	18 州	18 州
死者 *	247 名	347 名
被災世帯 * (被災者数)	350,274 世帯 (約 1,640,000 人以上)	750,618 世帯 (3,448,629 人)
避難世帯 * (避難者数)	51,594 世帯	85,000 世帯 (387,000 人)
水田 *	423,449 ha (うち 265,804 ha, 全作付の 10.7% が損傷)	冠水: 616,750 ha うち作物被害: 347,107 ha
学校 +	1,396 箇所	小学校: 860 箇所 中学: 128 箇所
医療センター +	115 箇所	病院: 158 箇所
地域インフラ +	井戸: 77,544 箇所 共用ため池: 579 箇所	橋梁・管路: 19 箇所 トイレ: 5,404 箇所 井戸・配管・ポンプ施設: 11,967 箇所
水資源施設 +	灌漑水路: 54 km 灌漑用貯水池の土手: 122 km	水文観測所: 123 箇所
輸送交通インフラ +	国道・州道: 延長 363 km 橋梁・暗渠: 177 箇所 (総延長 925 km) 地方道: 延長 4,470 km	国道・州道・その他道路: 延長 1,500 km 橋梁: 115 箇所 (総延長 3,204 km) 鉄道: 1,521 km

*United Nations in Cambodia (2011), +ADB (2012) による.
2000 年は川村 (2002) による.

めであると考えられる. また, 2011 年洪水は 2000 年
以来の規模であったものの, チャトムックにおける水
位 (図 4) は 2000 年の最大水位までは到達せず, 2000
年と同様にプノンペン市街への溢流はなかった. 最大
浸水範囲は 2000 年よりも狭く, 人的被害やインフラ
ストラクチャーへの直接被害 (表 1) も相対的に少な
かった.

III プノンペン周辺の微地形

調査対象地域であるプノンペン付近では, メコン
川, トンレサップ川 (支川), バサック川 (派川) が
合流・分流しており, これらの河川によって形成され
た沖積平野が広がる (図 5). 基盤岩の深度は西側で
浅く, 東側では未固結の堆積物がより厚く累重する.
空中写真や衛星画像の判読と現地調査により, この地
域は地形の特色により次の 5 つに大きく区分され, そ
れぞれの地域ごとに洪水の特徴が異なる (久保 2006,
Kubo 2008).

1) 平野西部の台地および扇状地

平野の西部はメコン川氾濫原との比高がわずかに大
きく, トンレサップ川右岸には台地面が認められる.
トナウト川 (プレックトナウト; Preak Tnaot) 沿い
には緩勾配の扇状地が形成されており, プノンペン市街
は扇端部に位置する. この扇状地ではトナウト川の氾
濫が局所的に発生することがあるが, トンレサップ川
やバサック川の外水氾濫の影響は及ばない.

2) メコン川の氾濫原

コンボンチャム付近から下流に発達する氾濫原で,
プノンペンの下流はベトナム国境付近にまで分布す
る. コンボンチャムからプノンペンの間は河道のシフ
トが顕著で, カンチャク川 (プレックカンチャク;
Preak Kang Chak) やムクカンブル川 (プレックムク
カンブル; Preak Mukh Kampul) に沿って, 大きく蛇
行したメコン川の旧河道が見られる. プノンペン付近
では自然堤防と後背湿地の組み合わせが観察でき
るが, この地域の自然堤防は比較的規模が小さく, そ
の幅は 1,000 m 以下である. 主な集落や道路は, この狭
い自然堤防上に立地する. ここでは洪水は簡単に自然

図5 プノンペン周辺の地形分類図。Kubo (2008)をもとに作成。基図はカンボジア公共事業運輸省による 1 : 100,000 地形図。黒丸は洪水痕跡調査地点を、茶の三角は寺院の位置を示す。1: 孤立丘, 2: ペディメント, 3: 台地, 4: 緩扇状地, 5: 自然堤防, 6: 高位沖積面, 7: 後背湿地

Figure 5 Land classification map around Phnom Penh, after Kubo (2008). Black circles indicate the location of investigated sites and brown triangles mean temples with the base map of 1 : 100,000 geomorphological map by Ministry of Public Works and Transport. 1: hill, 2: pediment, 3: upland, 4: alluvial fan, 5: natural levee, 6: higher alluvial surface, 7: back marsh.

堤防を溢流して後背湿地に流れ込むため、土地利用の可能な範囲は限られる。

3) トンレサップ川の氾濫原

平野北西部に発達する氾濫原で、メコン川との間に広大な後背湿地として分布する。トンレサップ川は乾季にはトンレサップ湖からメコン川へ排水するが、雨季にはメコン川からトンレサップ湖へ逆流するという

特色を持つ。河道は安定しているものの、自然堤防はあまり発達していない。雨季には広大な浸水域となる。プノンペン市街中心部（トンレサップ川右岸）の一部の区間では、河岸がコンクリートで護岸されている。また、市街の北西側には、洪水防御を目的とした人工堤防（コップスロウ堤防; Kap Srov dike）が建設されている。

4) バサック川の氾濫原

バサック川はプノンペン付近でメコン川より分派する。バサック川両岸には幅数 km の自然堤防状の微高地が発達し、その背後に後背湿地が認められる。この微高地は河道と後背湿地を結ぶ多数の人工灌漑水路（コルマタージュ；colmatage）沿いに発達する。洪水時に堆積物がコルマタージュ水路の両側に堆積することから（流水客土）、人工的に自然堤防状の地形が作られている。洪水はコルマタージュ水路に導かれるため、バサック川の河道から溢れることはほとんどない。プノンペン市街の南には人工堤防（チュンブン堤防；Tunpun dike）が建設されており、トンレサップ川氾濫原にあるコップスロウ堤防とともに、洪水から市街を守る役割を持っている。

5) 高位沖積面

メコン川の左岸側および、メコン川とトンレサップ川の間に認められる。氾濫原（後背湿地）よりもわずかに高く、その境界は一般に不明瞭であるものの、水田から湿地へと遷移する境界部にほぼ相当する。主な道路と集落が立地する地形面である。メコン川とトンレサップ川沿いでは、この地形面を縁取るように、小規模な堤防（トゥムヌップ；tomnup）が建設されている。この堤防で雨季に水を貯留し、洪水が引いたあとその水を周辺の水田で利用する。

IV 2011 年洪水における浸水状況と微地形

1. プノンペン周辺の浸水状況

カンボジアの北西部に位置するトンレサップ湖は天然の遊水地としての機能を持っており、毎年雨季にはトンレサップ川を通じて下流の洪水を受け入れるため、湖面は拡大する。しかし、2011 年には通常の雨季よりも多くの洪水が流入した結果、浸水域はシエムレアブやコンボントムにまで達した（図2）。これに伴い、トンレサップ川の氾濫原もほとんどが浸水し、左岸に分布する高位沖積面にも洪水が侵入している様子が確認できる（図6）。

メコン川では、コンボンチャム市付近より下流で洪水が氾濫原へと侵入する様子が認められる。自然堤防を残して後背湿地はほとんどが浸水しており、左岸に広がる高位沖積面にも洪水が進入している。カンチャ

ク川やムクカンブル川沿いの自然堤防はわずかに浸水を免れている。プノンペンより下流では、左岸の後背湿地が広く浸水する様子が見られるものの、右岸では現河道沿いに連続して発達する自然堤防が洪水の流入を防いでいるため、後背湿地への浸水はそれほど顕著ではない。

また、バサック川沿いの自然堤防には洪水は達しておらず、後背湿地が浸水するのみである。また、トンレサップ川右岸に分布する台地や、プノンペン市街が立地する緩扇状地でも浸水はほとんど見られない。トンレサップ川方向からの洪水は市街北のコップスロウ堤防によって食い止められており、南側のチュンブン堤防も市街への洪水の侵入を抑制している様子が確認できる。

現地新聞などによれば、プノンペン市街のトンレサップ川沿いでは河岸の高さまで河川水位が上昇し、土嚢を積むなどの対策が行われた。また、中心部では排水不良により各所で下水が溢れたという。この洪水に伴い、カンボジアの学校では10月1日の新学期の開始が延期されたほか、毎年11月初旬に王宮前のトンレサップ川で行われる水祭りのボートレースが中止となった。

2. 洪水痕跡調査

2012年3月14日および15日にプノンペン周辺の主要国道沿いで洪水痕跡調査を行い、結果を図7に示した。建物の壁や電柱に残った洪水痕跡は土砂を含んだ洪水によって残されたもので、直前の雨季の最大浸水深を示す。この地域では次の雨季までの数ヶ月間、保存されることが多い。一方、調査を行ったのは洪水から半年が経過した後であり、水田や畑では既に耕作が行われた後であったため、明瞭な洪水堆積物は確認できなかった。

以下に各地点の詳細を述べる。

1) loc.1（プノンペンポンプ場：11°34'45.3"N, 104°55'24.7"E）

プノンペン市内のトンレサップ川沿いポンプ場建物のコンクリート壁面に、明瞭な洪水痕跡が認められた。道路路面から洪水痕跡まで-0.60 m、調査時のトンレサップ川水位との比高は9.30 mであった。調査当日は乾季にあたり、水位は通常の雨季と比べると7 m以上低い（図4）。

図6 2011年10月8日撮影のRadarsat-2画像(ScanSAR, Narrow B). メコン河委員会提供の写真を加工. 浸水域や河川などの水域は黒く写っている.

Figure 6 Radarsat-2 imagery taken in 8th October, 2011. Original data is provided by Mekong River Commission.

- 2) loc. 2 (Kampong Luong 橋付近: $11^{\circ}50'00.2''\text{N}$, $104^{\circ}48'55.8''\text{E}$)

トンレサップ川左岸の水田地帯で、盛土された国道沿いに杭上家屋が並び、家屋（お堂）の杭に洪水痕跡が見られた。家屋の背後には低木が分布し、その葉には洪水時に付着したと思われる土砂が認められた。さらに後ろの後背湿地に広がる水田では、減水期に植えたと思われる稲が収穫間近といった様子だった。道路面から洪水痕跡までは -0.20 m 、水田面（後背湿地）から洪水痕跡までは 4.40 m であった。

- 3) loc. 3 (Sambour村: $11^{\circ}51'53.6''\text{N}$, $104^{\circ}50'46.9''\text{E}$)

国道5号線と6号線をつなぐ主要道に面しており、高位沖積面に位置する。高位沖積面は水田として利用されており、調査時には既に収穫されていた。住民の聞き取り調査により、例年洪水は道路面には達しないが、2011年は達したことを確認した。水田面（高位沖積面）から道路面までの比高は 2.00 m であった。

- 4) loc. 4 (Sangkaeub村: $11^{\circ}52'54.9''\text{N}$, $104^{\circ}53'07.7''\text{E}$)

道路沿いの電柱に洪水痕跡が見られた（図8）。電柱は高位沖積面に位置し、ため池に隣接する。その奥

図7 現地測量による地形断面と浸水深. 調査地点は図5に示した.

Figure 7 Geomorphic profiles and inundation depths based on field survey. Location of survey sites is shown in Figure 5.

には水田が広がっていて、調査時は収穫後であった。また、道路脇の低木の葉には、洪水痕跡の高さまで泥が付着していた。道路面から洪水痕跡まで-0.05 m、水田面（高位沖積面）から洪水痕跡までは2.75 mであった。

- 5) loc. 5 (国道6号線 No. 25 橋の下: $11^{\circ}52'42.7''\text{N}$, $104^{\circ}57'06.1''\text{E}$)

No. 25 橋の下のコンクリート壁に洪水痕跡が見られた。高位沖積面が後背湿地に接する場所に位置し、河床には雨季のみ水が流れる。道路面（橋）から洪水痕跡までは-3.86 m、河床から洪水痕跡までは3.70 mであった。また、河床に敷き詰められた礫が、一部えぐられているような様子も観察できた。

- 6) loc. 6 (Voat Thmei: $11^{\circ}48'09.9''\text{N}$, $104^{\circ}58'34.5''\text{E}$)

国道6号線がメコン川河岸の自然堤防に近接する地点で、道路沿いの電柱に洪水痕跡が見られた (図9)。

道路面から洪水痕跡までは-0.15 m、道路からメコン川までの距離は約200 mで、調査時のメコン川水位との比高は9.45 mであった。この付近の河岸はメコン川によって断続的に侵食されていた。また、メコン川と道路の間までの区間は、洪水がおさまってから植えたと思われるトゥガラシ畑が広がっていた。

- 7) loc. 7 (Kokir Thum寺院近く: $11^{\circ}20'43.3''\text{N}$, $105^{\circ}14'32.1''\text{E}$)

国道1号線脇の電柱に洪水痕跡が認められた。後背湿地に盛土されてつくられた道路の斜面には低木が生え、その葉にも洪水の痕跡が見られた。後背湿地面には低木と湿生植物が広く分布していた。道路面から洪水痕跡までは-2.75 m、後背湿地から洪水痕跡までは2.15 mであった。

- 8) loc. 8 (Preak Traeng: $11^{\circ}23'59.4''\text{N}$, $105^{\circ}14'09.3''\text{E}$)

国道1号線がメコン川河岸に接近する部分で、国道

図8 電柱に残る洪水痕跡 (loc. 4).
Figure 8 Flood mark on a power pole at loc. 4.

図9 電柱に残る洪水痕跡 (loc. 6).
Figure 9 Flood mark on a power pole at loc. 6.

図10 オウギヤシの幹に残る洪水痕跡 (loc. 8).
Figure 10 Flood mark on a palm tree at loc. 8.

そばのオウギヤシの幹に洪水痕跡が認められた(図10)。地表は植生に覆われていたが、河道に近づくにつれて砂が厚く堆積する様子が見られた。河道近くの砂地では、住民によってマメ科植物が栽培されていた。道路面から洪水痕跡までは-1.35 m、オウギヤシの生える地表(自然堤防)から洪水痕跡までは1.25 mであった。

図11 洪水痕跡の残る高床式住宅。コップスロウ堤防上から堤外地を撮影。

Figure 11 A stilt house with flood mark at waterside land of Kap Srov dike.

図12 寺院の建物に残る洪水痕跡。

Figure 12 Flood mark on the wall of temple building.

このほか、プノンペン市街北西のコップスロウ堤防沿いを調査した。堤外地には水域が広がり、ホテイアオイが見られた。また、堤外の高床式住宅には洪水痕跡が見られたが、聞き取りによれば洪水は堤防を越えなかった(図11)。同じく堤外に位置する寺院建物の壁にも、地表から0.9 mの高さに洪水痕跡が認められた(図12)。

3. 洪水の特色と微地形

研究対象地域やトンレサップ湖が位置するカンボジア平原の大部分は侵食性の平野であり、上流から大量の洪水が流入する。雨季にはメコン川上流から洪水が流入し、一部はトンレサップ湖に貯留されたあと、雨季の終わりから乾季にはゆっくりと下流に排水されるようになる。メコン川の氾濫原はコンボンチャム付近から広がるが、台地や扇状地が各河川の近くまで迫っているため、洪水が流入できるのはプノンペンよ

り東の限られた地域となる。そのため、東側の第四紀堆積物は西側よりも厚く、130 m以上も累重している (Kubo 2008)。

現地調査で認められた洪水痕跡から各地形面における浸水深を確認してみると (図7)、地形面ごとに違いが認められる。最も浸水深が深いのはトンレサップ川の後背湿地 (loc. 2) であり、4 mを超える。この付近ではトンレサップ川右岸の台地が河道に近接しているだけではなく (図5)、左岸でも孤立丘や高位沖積面などからなる地形の張り出しが認められる (図2)。そのため、やや閉塞されたような状態になっていて、メコン川からの洪水とトンレサップ湖へと向かう洪水が貯留しやすい環境にある。2011年の場合、例年以上に流量が増加した結果、トンレサップ湖は満杯状態となり、行き場を失った洪水がこの付近に貯留して著しく水深が深くなったと考えられる。そのため、通常の年には浸水しない高位沖積面でも、2 m以上の浸水深となった (loc. 3, loc. 4)。これは、プレックダム地点で洪水レベルにまで達するような高い水位が観測されたこと (図4) から明らかである。

一方、メコン川沿いでは、自然堤防と後背湿地で浸水深に明瞭な違いが認められた。自然堤防 (loc. 6, loc. 8) では1 m程度の浸水深が認められ、大規模な冠水は免れるような状況であったが、後背湿地 (loc. 7) では約2 mの浸水深であった。自然堤防の浸水深は比較的浅かったことから、通常の雨季の洪水時にも浸水するとは考えにくい。このことから、メコン川の自然堤防は2011年のような大規模洪水時の溢流によって、少しずつ形成されてきた可能性がある。

さらに、攻撃斜面にあたる地点では自然堤防が河岸の侵食によって削られている様子が見られた (loc. 6)。この地域のメコン川攻撃斜面では、水平方向の侵食は激しい箇所でも20 m/yr以上と比較的早い速度で進んでいる (桶谷2008)。2011年のような大規模洪水時には浸水リスクだけではなく、特に侵食リスクを考慮する必要がある。loc. 6地点付近では微高地にもかかわらず家屋が見られなかったことから、地域でも侵食リスクを認識して土地利用をおこなっていると考えられる。

プノンペン市街はメコン川・トンレサップ川合流部に接しているものの、河道からの溢流は見られなかった (loc. 1)。市街地は氾濫原との比高があるトナウト

川の緩扇状地末端に立地していること、市街が立地する河川合流部の右岸はコンクリートによって護岸されていること、コップスロウ堤防やチュンブン堤防の存在などにより、プノンペン市街では洪水の影響は比較的小さかったと考えられる。市街中心部で発生した浸水の多くは内水氾濫によるものだろう。

以上のように、洪水の特色と微地形にはきわめて良い対応が見られた。2000年や2011年のような通常の規模を超える洪水時には、洪水はメコン川の氾濫原を利用して流下するとともに、トンレサップ川沿いの後背湿地で深く湛水すること、通常の雨季には浸水しない高位沖積面も浸水する可能性があることが明らかとなった。トンレサップ川沿いでは浸水リスクが高くなるが、メコン川沿いでは攻撃斜面の侵食リスクにも注意が必要である。

V 洪水と土地利用

メコン川下流域では毎年洪水が発生し、後背湿地に長期間湛水が見られる。また、2000年や2011年のように、数年に一度程度、通常の雨季を超える規模の洪水が発生する。こうした地域では洪水に対する備えが必要であり、特に土地利用や居住地の選択は重要な問題である。そこで、古くからの集落がどのような場所に立地しているのか調べるため、図5の地形分類図上に寺院の分布を示した。カンボジアではほとんどの人が仏教を信仰しており、伝統的な集落には寺院が立地するため、寺院の分布を古くからの集落の分布とみなした。

調査対象地域で寺院が多く立地するのは、メコン川やバサック川本流沿いの自然堤防、メコン川左岸の高位沖積面である。また、トンレサップ川沿いにわずかに発達した自然堤防や、プノンペンが立地するトナウト川の緩扇状地でも多く認められる。これらはいずれも2011年洪水において激しい浸水を免れた地域である。一方、メコン川やバサック川の後背湿地や、トンレサップ川の後背湿地および高位沖積面等、広く冠水した地域には寺院の分布は少ない。毎年の洪水リスクだけではなく、2000年や2011年のような大規模洪水リスク軽減のため、ある程度比高のある土地を意識的に選んだ結果だろう。

メコン川下流域で発生する洪水に含まれる土砂は砂

図13 トンレサップ川の自然堤防に立ち並ぶ高床式住宅（2010年3月12日撮影）。

Figure 13 Stilt houses on natural levee along the Tonle Sap River at Phnom Penh, taken in March, 2010.

やシルトを主体とするため、一部の攻撃斜面を除き、氾濫原では強い掃流による侵食リスクは日本ほど高くない。洪水は上流から下流へと数ヶ月かけてゆっくりと排水されるので、水田には稲作に十分な水が供給されるとともに土壌は毎年更新され、淡水魚などの食料資源ももたらされる。また、平年の最大水位は毎年ほぼ一定で大きく変化することは少ないので、氾濫原には最大水位に耐えられる高さのある高床式住宅が立ち並ぶ（図13）。周囲が冠水したとしても、洪水の水勢は比較的弱く、家屋が流されることはほとんどないので、多少の備蓄と舟が装備されていれば、雨季の間は十分生活が可能である。穏やかで長期間湛水するタイプの洪水が毎年発生する地域にとっては最も持続可能な形の家屋といえる。

さらに、メコン川などの後背湿地のうち、例年長期間湛水する地域は、湿地として土地利用が行われない地域が広く分布する。その周囲には雨季の終わりに減水がはじまると田植えを行い、乾季に収穫する地域が見られる。トゥムヌップというため池状の水利施設（堤防）が地形面の境界に沿って見られる⁴⁾。高位沖積面は通常の年には浸水しないので、雨季の天水田として利用されている。バサック川沿いではコルマタージュ水路による流水客土の結果、雨季にも浸水しない耕地（畑地）が維持されている。

このような地形面と浸水の対応にあわせた土地利用がこの地域では広く行われている（久保2006）。メコ

ン川の洪水を堤防でコントロールすることは現実的ではない。雨季には氾濫原の広い範囲が洪水の流路となり、乾季には貯水池となる。カンボジアの農業は粗放的であり、河川の治水対策もほとんど行われていないが、氾濫原の土地利用や集落立地、家屋の構造等は工夫され、周期的な環境の変化に適応した暮らしが営まれているといえる。

VI おわりに

本研究では、カンボジアのメコン川下流平野における2011年洪水に関する調査を行った。この地域の2011年洪水は2000年洪水以来の規模の水害となり、メコン川沿いおよびトンレサップ川流域において広域で浸水が見られた。プノンベンとその周辺において、人工衛星画像の分析とともに幹線道路沿いで洪水痕跡調査を行った結果、微地形分類で示された各地形面と浸水深には明瞭な対応関係が認められた。メコン川下流平野では大規模洪水の挙動や浸水域を予測する上で、微地形分類が有効であること、また毎年周期的にみられる洪水に適応した土地利用がなされていることが改めて示された。

日本の河川は勾配が大きく、ひとたび雨が降ると短時間のうちに水位や流量が増大する。そこで、古くは木曽川下流域に輪中堤が作られ、富士川流域には雁堤や霞堤が建設されるなど、「洪水の水勢をいかにくいとめるか」という点に力が注がれてきた。さらに、現在では主要都市の多くが沖積平野に立地し、河道近くまで家屋が密集しているために河川堤防は必須であり、河川の機能を排水に特化させ、「洪水は一滴も漏らさない」という治水対策が進められている。しかし、連続堤防で河道を固定してしまうと、かえって超過洪水や破堤時の危険性は高まる。また、堤防によって排水を妨げられるため、堤内地の強制排水対策が必要となる。さらには、治水施設の整備によって川と地域社会は隔離され、「水害は起こらない」という防災施設への過度の信頼（高橋2012）を人びとに与えることになる。

メコン川下流域のように、毎年の浸水を前提とした土地利用や暮らしができれば、大きな水害にはならない。狭い沖積平野に人口が集中する日本において、沖

積平野が河川の氾濫によって形成されたことを理解し、河川を身近に感じ、そのふるまいに合わせた土地利用を進めることはどこまで可能だろうか。

謝 辞

本調査は、防災研究フォーラム「2011年タイ・カンボジア等水災害調査」および、平成23年度科学研究費「古代クメール都市の立地条件と生産基盤復元に関する地形学的アプローチ」により実施し、その一部は2012年日本地理学会秋季学術大会にて発表した。調査の機会を頂いた防災研究フォーラムには深く感謝する。また、調査を進めるにあたり、農村工学研究所の増本隆夫博士、および、土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センターの岡積敏雄氏、日比野繁信氏、郭 栄珠博士の助言を受けた。さらに現地では、メコン河委員会のNicolaas Bakker氏、Lam Hung Son博士、南 格博士、Khem Sothea博士、カンボジア国内メコン委員会のHak Socheat氏に大変お世話になった。ここに記してお礼申し上げる。

注

- 1) 2011年11月の防災研究フォーラム「2011年タイ・カンボジア等水災害調査」に関する公募による。
- 2) Mekong River Commissionは2013年4月現在、ラオスのピエンチャンとカンボジアのプノンペンに事務局があり、日本語では「メコン河委員会」と表記される（久保2009参照）。
- 3) 2011年洪水によるタイの経済的損失は、世界銀行によって465億米ドルと算出されている（World Bank 2012）。
- 4) 減水期稲作やトゥムヌップ堤防は、プノンペン周辺だけでなく、トンレサップ湖周辺でも広く見られる（Masumoto et al. 2008）。

〈著者略歴〉

南雲 直子（なぐも なおこ）

1981年東京都生まれ。東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻修了。博士（環境学）。東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻客員共同研究員。専門は自然地理学・地形学。

久保 純子（くぼ すみこ）

1959年東京都生まれ。東京都立大学大学院理学研究科地理学専攻修了。博士（理学）。早稲田大学教育学部教授。専門は自然地理学・地形学。著書（分担）『地形分類図の読み方・作り方』（大矢雅彦ほか、古今書院）、『日本の地形4 関東・伊豆小笠原』（貝塚爽平ほか編、東京大学出版会）など。

文 献

- 海津正倫・Nguyen, V. L.・Ta, T. K. O. 2004. メコンデルタにおける2000年水害と地形環境。名古屋大学文学部研究論集（史学）50: 57-69.
- 桶谷政一郎 2008. カンボジア、メコン下流域の土砂の侵食・堆積と人びとの生活。地理53(4): 110-115.
- 川村 勝 2002. 2000年メコン河流域洪水災害の復旧状況と今後の洪水対策 I. カンボディア王国の洪水被害とその復旧の現状——主要道路網およびプノンペン市——。国土建設防災 12: 92-109.
- 気象庁 2011. 平成23年10月12日報道発表資料。http://www.jma.go.jp/jma/press/1110/12a/world20111012.html
- 久保純子 2006. メコン川下流平野（カンボジア）における微地形と洪水特性、土地利用・水利用の特色。早稲田大学教育学部学術研究 地理学・歴史学・社会科学編54: 1-9.
- 久保純子 2009. メコン川とカンボジア（地理資料）。新地理57: 26-32.
- 高橋 裕 2012. 『川と国土の危機 水害と社会』岩波新書。
- 田中總太郎・田中修三・高崎健二 2012. 衛星画像で見る2011年タイ洪水。地理57: 20-27.
- ADB (Asian Development Bank) 2012. Flood damage emergency reconstruction project, preliminary damage and loss assessment. http://www.adb.org/projects/documents/flood-damage-emergency-reconstruction-project
- Kubo, S. 2008. Geomorphological features and subsurface geology of the Lower Mekong Plain around Phnom Penh city, Cambodia (Southeast Asia). *Revista Geográfica Acadêmica* 2: 20-32.
- Masumoto T., Pham T. H. and Shimizu, K. 2008. Impact of paddy irrigation levels on floods and water use in the Mekong River Basin. *Hydrological Processes* 22: 1321-1328.
- MRC (Mekong River Commission) 2011. Flood situation report 2011. *MRC Technical Paper* 36. Phnom Penh.
- United Nations in Cambodia, 2011. Cambodia-flood season situation report #8, Monday 5 December 2011. http://reliefweb.int/report/cambodia/flood-season-situation-report-8
- World Bank 2012. *Thai flood 2011, rapid assessment for resilient recovery and reconstruction planning*. Bangkok.