

世界遺産アユタヤの洪水調査ならびに文化遺産防災へ向けた提案

Investigation of flood in Ayutaya and proposals for disaster mitigation of cultural heritage

檀上徹¹・上野祐生²・谷口仁士³・深川良一⁴・里深好文⁴

Toru Danjo, Yuki Ueno, Hitoshi Tanigichi, Ryoichi Fukagawa and Yoshifumi Satofuka

¹立命館大学大学院 理工学研究科総合理工学専攻 博士後期課程 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)
Graduate Student, Ritsumeikan University, Doctor's Course of Science and Engineering

²立命館大学大学院 理工学研究科総合理工学専攻 博士前期課程 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)
Graduate Student, Ritsumeikan University, Master's Course of Science and Engineering

³立命館大学教授 R-GIRO 歴史都市防災研究センター (〒603-8341 京都市北区小松原北町58)
Professor, Ritsumeikan University, Ritsumeikan Global Innovation Research Organization

⁴立命館大学 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)
Professor, Ritsumeikan University, Dept. of Civil Engineering

Ayutthaya has been registered as a world heritage by UNESCO in 1991. Ayutthaya is located in a low elevation area, surrounded by three rivers. Therefore flood occurs frequently. The flood in October, 2011 had continued more than a month. Bricks of many remains had been deteriorated and the ground under the remains is unequally settled due to flood. If this situation continues in the future, there is a possibility that the value of cultural heritage decreases. By researching several cases of the flood, this paper proposes future disaster mitigation of culture heritage in Ayutthaya.

Keywords : *Ayutaya, flood, World heritage, disaster mitigation*

1. はじめに

アユタヤ遺跡は、タイ国の首都であるバンコクから北へ76km 離れた場所に位置し、チャオプラヤ川、ロップリー川、パーサク川に囲まれた中洲内にある。1350年にウートーン王によって建都され、1767年にビルマ軍の攻撃で破壊されるまでの417年間、アユタヤ王朝の都としてタイの中心であり続けた。

チャオプラヤ川とその支流に囲まれた地形は水運に恵まれ、17世紀はじめにはヨーロッパと東アジアを結ぶ国際貿易都市として繁栄した。また、長きに渡る王朝時代に数多くの寺院や仏像が建てられ、王朝が減んだ際にビルマ軍により一部破壊されたが、現在でも多くの文化遺産が当時の姿で残っており、1991年にユネスコによって世界遺産として登録された。

アユタヤは水源が多い地帯であり海拔も低いことから、近年でもしばしば洪水に見舞われ、1995年や2006年にも遺跡が浸水する大規模な洪水が発生した。当時の調査においても、城崎ら¹⁾は、アユタヤ遺跡周辺の洪水に対する防水壁等の整備は不十分であり、アユタヤの文化遺産地域での対策における政府の優先順位は低いと述べている。水田ら²⁾は、国内外からの観光客のアユタヤの観光価値について定量的に評価し、文化遺産保全の重要性について述べている。

こうした中、2011年10月には、1ヵ月以上にも渡る洪水の浸水が続いたことから、世界遺産を保存していく上で、遺跡の腐食や劣化等に対して何らかの対策をとる必要があると考えられる。そこで著者らは、2011年10月に発生したアユタヤでの洪水調査を行うことで、世界遺産であるアユタヤ遺跡群の今後の防災に向けての提案を目指す。

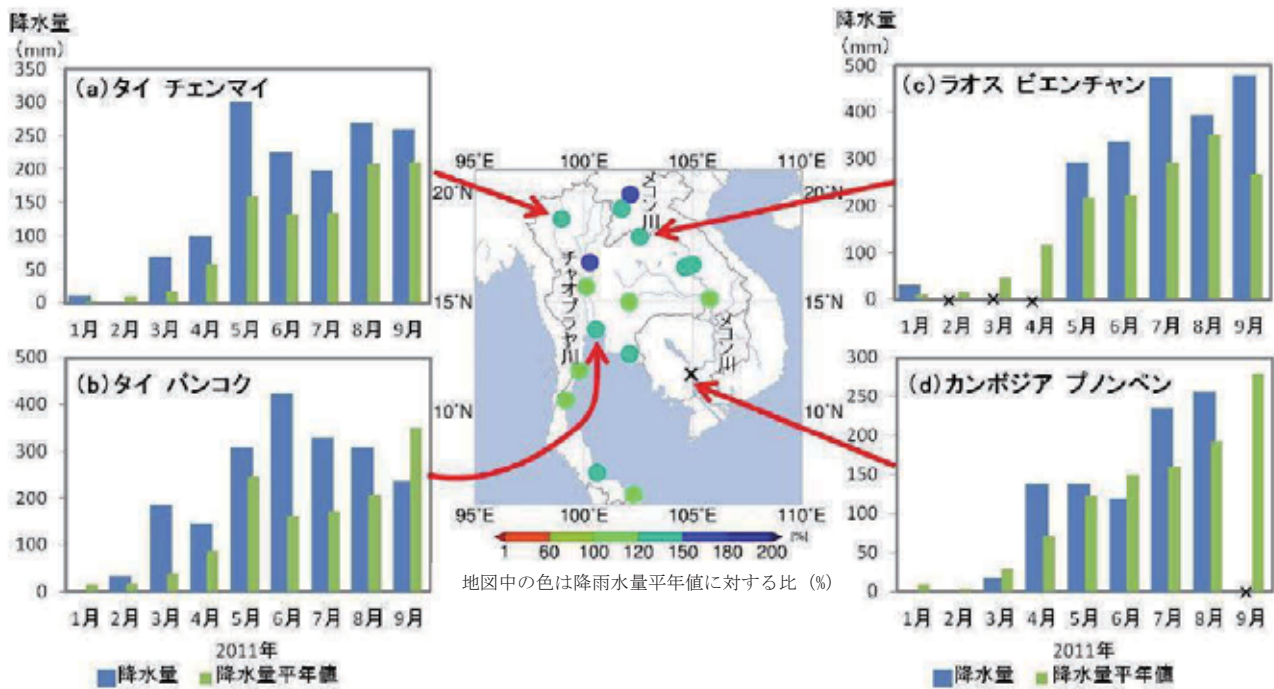


図1 2011年1～9月までの東南アジア地区における降水量³⁾

2. チャオプラヤ川の洪水概要

(1) 気象的条件³⁾

2011年のタイにおける洪水の直接的な原因は、50年に1度の降水量であるとされている。2011年6月～9月の4ヶ月の降水量平年比の分布と、インドシナ半島の主要地区の月降水量の経過を図1に示す。インドシナ半島では、夏のモンスーンによる雨季にあたる6月から9月にかけて、平年より雨の多い状況が続き、チャオプラヤ川やメコン川の流域では洪水による大きな被害が報道されている。6月から9月までの4か月降水量は、タイ北部のチェンマイで921mm（平年比134%）、タイの首都バンコクで1251mm（同140%）になるなど、インドシナ半島のほとんどの地点で平年の約1.2倍から1.8倍の多雨となった。主な地点の月降水量の経過や毎月の降水量平年比の分布に見られるように、この多雨をもたらした降雨は、上記の河川流域全体に、雨季の期間を通して、平年よりも多く降り続いたというのが特徴である。また、その後10月上旬にも、チャオプラヤ川流域の広い範囲で100～200mm程度の降水量が観測されており、多雨の状態が続いた。



図2 洪水の発生日時のイメージ図

(2) 地形的条件

タイの地形は日本とは異なり、大部分が平野である。そのため標高が低く、河川の流速も比較的遅い傾向がある。例えば、チャオプラヤ川流域の標高は、チャオプラヤ川大堰周辺では15m、アユタヤ周辺では7m、バンコクとその周辺では5mであり、したがって河川勾配は1/10,000～1/15,000と著しく緩やかである⁴⁾。さらに、河川は水が集まる下流の方が流下能力は大きくなるのが普通である。チャオプラヤ川の特徴として、下流の流下能力が乏しい。そのため、上流から流下した洪水は下流で水位が上昇し流域内での洪水が発生する。また、河川勾配が緩やかであることから、支川から本川への流下が行われず、支川内での洪水が拡散し、こ

れが下流域の大きな洪水被害を防いでいる結果となっている。このような河川の特徴を活かして、タイ国はこれまで、工業団地がない右岸側を氾濫地にすることで、氾濫水位を低下させ洪水被害の軽減を図ってきた。こうしたチャオプラヤ流域の氾濫を許容することで、バンコクの安全を担保している。

2011年の洪水のイメージ図を示す(図2)。タイ北部に位置するチェンマイでは、2011年9月29日にピン川で過去最高水位を記録し、河川流域では60cmほどの浸水が発生した。しかしながら、チェンマイでは海拔が高いため、3日間で水が引いた。チェンマイで引いた水は下流に流れ、10月4日～14日に掛けてアユタヤ内で甚大な被害を引き起こした⁵⁾。その後洪水は南下し、バンコクに被害が及ぶこととなった。こういった勾配のない地形での洪水は、日本の鉄砲水とは違い、非常にゆっくりと水位が上昇し越流するため、家などが流される被害はないものの、長期間に渡る水没生活を強いられることとなる。

3. 世界遺産アユタヤの洪水被害

(1) 洪水の概要

世界遺産のアユタヤ遺跡周辺に暮らす住民は、洪水が発生する1ヵ月前に約1.2mの高さの土嚢を河川沿いに設置した。さらに、タイ北部の被害から、今回の河川水位が高いことが分かったことで、洪水発生1週間前にさらに0.4m高さの盛土を設置した。また、洪水対策として、アユタヤ市職員が24時間体制パトロールを行い、図3のⅠ地点の水門や土嚢、盛土の監視ならびに補強を行っていた。一方、図3のⅡ地点の水門は、洪水前に既に壊れていたとの報告が成されていた。河川へと中洲内を繋いでいる北東の生活用の排水管から、河川の水位上昇に伴い中洲内へと浸水が続く中、10月7日の22時頃に北東(パーサク川とロップリー川の合流地点付近)の盛土あるいは水門が、中洲内から浸食され破壊し、一気に水が中洲内へ流入したことが、地元住民からのヒアリングから分かっている(例えばA地点)。この他にも、北東のマーケットのオーナーが、営業スペースに土嚢の設置を拒み、ギリギリになって対策を行ったが、すでに遅かったとの情報もあった。さらに、河川の両岸の堤防高さが異なり(C地点)、世界遺産側の方が高い造りになっていたため、堤防の低い方の住んでいる住民が堤防を破壊したとのヒアリング結果もあった。中洲内へ流入した洪水は0.5～2.0mに達し、1ヵ月以上に渡り浸水が続いた。さらに、南西に位置する公園地帯は、中洲内でも標高が低い地域であることから、最後まで浸水した状況が続いた(Ⅲ地点)。勾配の緩やかな地形であるため、長期間に渡り中洲内の水位が下がらなかったことから、ポンプにより強制排水も行った。

著者らは、2012年3月10日～15日にアユタヤを訪れたが、河川の護岸の階段や手すりよりも水位が高いことから、洪水が発生して5ヵ月が経った現在もなお、水位が高い状態であることが分かる。さらに、北東のパーサク川とロップリー川の合流地点付近では、目視ではあるがほとんど水が流れていない場所もあった(Ⅰ地点付近の河川合流地域)。

(2) 文化財への被害

D地点(図3)のローカスターラーム寺院は、寝仏や寝釈迦像と呼ばれる涅槃仏があり、今回の洪水による水位の跡が明確に残っている。また、アユタヤの遺跡には、F地点のマハータート寺院のような煉瓦で造られた建築物が多数点在している。アユタヤ遺跡で使用されている煉瓦は、野焼き煉瓦と言われており、低い温度で焼成されているものである。特に著しい風化が生じている箇所では、指先で削れるこのできる土壌のような状態が見られ、日干し煉瓦並みと言わざるを得ないほど極めて低い強度であることが推定される⁶⁾。さらに、降雨量が比較的多い高温多湿のタイの気候条件から考えると、アユタヤの遺跡群は耐久性上、極めて困難な状況下に置かれていることが分かる。また、F地点では、遺跡の煉瓦が白くなっている部分が見られたが、これらは今回の洪水による水位高さを示しており、その時に塗料や色素が抜けたため変色したものと考えられる。そのため、今回の長期間に渡る洪水によって、洪水の力による建造物の倒壊はないものの、煉瓦の劣化や腐食が進行する可能性が高いと言わざるを得ない。

アユタヤ地域における建造物の多くは、上述したように煉瓦で造られており、いずれの場所も不同沈下が生じている(例えばF地点)。そのため、ピサの斜塔のように遺跡が傾いている。アユタヤ遺跡が建造されてから現在に至るまで何百年の月日が過ぎているが、現在も沈下が生じている可能性があるため、地盤の土質が極めて不均質であることが推測される。このまま放置しておく倒壊する可能性もあることから、対策を行うべき課題の一つだと考えられる。



C地点：左岸と右岸の標高差



B地点：水路



A地点：洪水時決壊



E地点：水門



D地点：寝般像



F地点：レンガ劣化、沈下

図3 アユタヤ世界遺産地区における被害状況

このように、洪水によるアユタヤ遺跡群への被害があり、このままで放置されると遺産自体の価値が下がる可能性もあることから、今まで以上の洪水対策を講じる必要がある。

4. 世界遺産アユタヤの文化遺産防災に向けて

(1) 水路の活用

図4に1750年に書かれたアユタヤの地図を示す。当時の地図には、中洲内の至る所に水路が張り巡らされているのが特徴であり、現在はその大部分が埋め立てられて道路になっている。残っている水路は大きいもので南北方向に2本(図3の青いライン)だけであり、これらは街中ではオープンな状態であるが、外周道路とぶつかる場所では、道路の地下のパイプを通じて河川に合流するような仕組みである。しかしながら、水路の現状としては水が流れている気配が全く無く、水が溜まり悪臭を放つような状態である(B地点)。さ

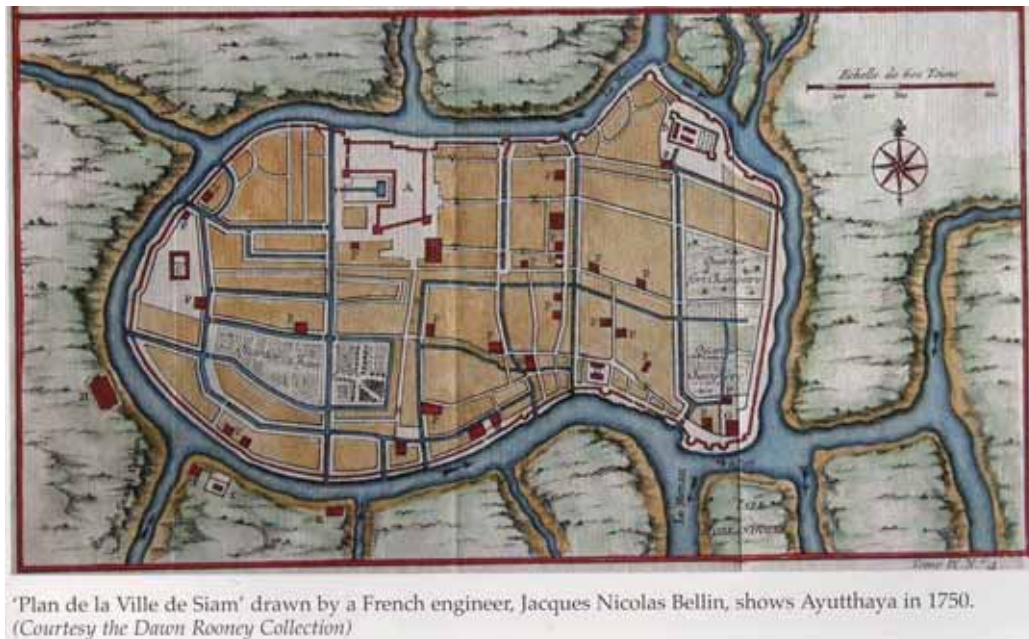


図4 アユタヤの地図（1750年）

らに、北東に位置する小さな水路では、ほとんど水が無く、水路としての機能が全く発揮されていない場所もあった。さらに、南西に位置するシーナカリン王太后記念公園付近にある水門では、シャッターが閉じられており、河川との水の行き来がシャットアウトされている（E地点）。また、公園内には、至る所に水路が形成されているが、それぞれが繋がっておらず独立したような池となり、水が溜まっている状態である。

以上のように、当時の地図から水路と位置付けられた部分の現状としては、埋め立てられて道路あるいは溜め池としてしか活用されておらず、水の流れが全く感じとられない状況となってしまう。今回の洪水からも分かるように、気象的条件から雨季の河川水位の上昇は食い止めることは不可能であり、アユタヤ地域の河川水位上昇は仕方ないものだと考えられる。しかし、河川から越流した水が1ヵ月以上もの間、停滞し続けることが問題であり、その中でも水が流れないことが一番の問題でもある。水路が河川に繋がらず独立していることも踏まえて、如何にして洪水後にいち早く河川へと水を流すかが重要になると推測される。そのためには、現在の水路を本来の水路の役割が果たせるように整備し、ひとたび洪水が発生しても次の洪水のアクションまでに、中洲内の貯水量を十分に減らして、立ち向かわなければならないと考えられる。

前章で示したように、南西に位置する公園は、中洲内で最も海拔が低く、最後まで水が残っていた地区である。さらに、周辺には文化遺産や民家も少なく、1km×2kmほどの公園（図3のⅢ地点）が広がっていることから、この地区に一時的に水を集めることで、河川の流量に合わせて排水していくことが望ましいのでないかと考える。さらに、水路だけでは対応できない水量に関しては、街中の東西南北に走る道路（元々は水路）を、水の通り道として活用することで、文化遺産の浸水を防ぐ配慮も必要である。

(2) 地盤状況の把握

アユタヤ地域における地質は、第四紀層（沖積層）が広く分布している。第四紀層の各岩体は地質時間の間に風化作用を受けており、いずれの地域でも地表付近には、風化生成物であるラテライトと呼ばれる鉄に富んだ褐色の岩石が分布している。ラテライトは、カオリン鉱物を含み、濡れた後に乾燥することによって硬化が進むことから、著しいものは煉瓦として使用される^{7,8,9)}。カオリン鉱物を含むことから、粘性土でもあるため、表土の透水性が低い可能性が考えられる。つまり、洪水時に地盤へ浸透する量が少ないため、湛水状態になりやすいとも推測される。さらに、湛水状態が続くことで、表土の浸食や地盤内の空隙が大きくなることで、長期的な沈下が生じている可能性も考えられる。現段階では、地盤内を把握できるようなデータ（例えば、ボーリングデータ等）は一切なく、推測でしか議論するしかできない。しかし、現実には不同沈下が起きていることから、文化遺産を保全するために、原因究明ならびに対策を行うことは非常に重要であり、地盤調査をすることは必要不可欠であると著者らは考える。

5. おわりに

これまで、アユタヤに暮らす住民らは、河川の水位上昇に伴う洪水に対して、土嚢を積み上げるなどの対策をすることで、上手く付き合ってきた。しかし、近年では16年間に3度も発生した大洪水により、世界遺産であるアユタヤ遺跡群が浸水する被害を受けた。そのため、建造物に用いられている煉瓦の劣化が進み、変色や破損が見られるほか、長期間に渡る地盤の不同沈下の影響により、建造物が傾いているという現状がある。そこで、2011年の洪水における調査結果を踏まえた、今後のアユタヤ文化遺産の防災に関する著者らの提案を以下に示す。

- 1) 現在ある水路は、溜め池としての機能しか持っていないため、中洲内の水が河川へと流れるよう整備することが望ましい。そうすることで、越流時の中洲内の水の排出口となり、長期にわたる浸水が軽減され、さらに水が常に流れていることから、水質の向上に繋がることを期待される。
- 2) 南西に位置する公園が最も海拔が低く、周辺に文化遺産や民家が少ないことから、洪水時に一時的に水を集める地区としては最適だと考える。また、文化遺産地区に洪水時の水が入り込まないように、水路または道路を活かして、水の通り道になるように整備する。そうすることで、文化遺産をはじめ中洲内の民家等の被害が軽減され、一カ所でまとまった排水対策ができることが期待される。

このような提案を行うに当たり、現在のアユタヤ遺跡群の地盤情報をボーリング等により把握することは非常に重要であり、不同沈下への対策ならびに文化遺産の防災を行う上で、把握しておかなければならない情報であるとも言える。

参考文献

- 1) 水田哲生・チャイワン デンパイブーン・大槻知史・鐘ヶ江秀彦：世界文化遺産タイ・アユタヤにおける水害に対する認識と観光価値の定量的分析の試み, 歴史都市防災論文集, Vol.3, pp.237-242, 2009.
- 2) 城月雅大・大槻知史・水田哲生・鐘ヶ江秀彦：アユタヤ遺跡周辺地域における住民と場所との心理的結び付きが災害対策・遺跡保全意識に与える影響に関する基礎的研究, 歴史都市防災論文集, Vol.2, pp.27-34, 2008.
- 3) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/press/1110/12a/world20111012.html>
- 4) 小森大輔：2011年タイ国チャオプラヤ川大洪水はなぜ起こったか, 盤谷日本人商工会議所所報2月号, pp.2-10, 2012.
- 5) 東京大学生産技術研究所沖研究室 [2011] 『2011年タイ国水害調査結果（第4報）』：http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Mulabo/news/2011/111130_4th_report.pdf
- 6) 長谷川哲也・畑中 重光・PRINYA Chindapasirt・THANUDKIJ Chareerat：タイ国アユタヤ遺跡の劣化調査と修復方法の提案, 大会学術講演会研究発表論文集, pp. 191-194, 2006.
- 7) UNESCO：Attras geologique du monde, UNESCO Paris, 1980.
- 8) 朽津信明：タイの遺跡における使用石材とその劣化に関する調査報告, 保存科学, Vol.37, pp.59-67, 1998.
- 9) 社団法人地盤工学会：地盤工学用語辞典, p.62, 2006.