高原地域における EbA 導入による内水氾濫リスク軽減に関する基礎的検討 ― 那須塩原市の降雨の将来予測をケーススタディとして ―

池田　裕一[1]・飯村　耕介[2]・高林　優美[3]

[1]正会員　宇都宮大学教授　地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)
E-mail:ikeda@cc.utsunomiya-u.ac.jp (Corresponding Author)

[2]正会員　宇都宮大学助教　地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)
E-mail:k_iimura@cc.utsunomiya-u.ac.jp

[3]学生会員　宇都宮大学大学院　地域創生科学研究科社会デザイン科学専攻
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)

高原地域の栃木県那須塩原市における降雨の将来予測結果に対して，EbA（生態系を活用した気候変動適応）による氾濫リスク軽減効果を検討した．まず解析対象降雨は，現在気候で那珂川が避難判断水位に達する 24 時間降水量と，2100 年気候でそれと同じ確率年のものとした．次に EbA メニューを考慮して，土地利用ごとに有効降雨パラメーターを設定した．そして 4 通りの EbA シナリオを想定して，氾濫解析を実施した。その結果、現在の土地利用では、現在気候での対象降雨に対する最大浸水深はおよそ 70cm だが，2100 年気候では 107cm に増加することがわかった．さらに EbA メニューのうち田んぼダムやレインガーデンなどを導入するよりも，森林の保全を持続することが有効であることが明らかになった．

Key Words: *climate change, inland water flooding, EbA, paddy field dam, green dam*

1. はじめに

近年，気候変動による水害の激甚化が課題となっており，河川からの氾濫だけでなく堤内地での内水氾濫の対策も含めた流域治水の実装が急務である．流域治水では，河川とその周辺の線的な整備のみに限定されず，流域全体で広く施策を推進する必要がある．それを効果的に実施していくためには，グリーンインフラ活用の発想が重要になる．グリーンインフラは，自然環境の多様な機能を活用して社会における様々な課題解決に活用しようとするもので，日本では 2015 年に策定された国土形成計画[1]や社会資本整備重点計画[2]に盛り込まれた．2019 年には国土交通省がグリーンインフラ推進戦略[3]を公表し，2020 年には日本学術会議が災害対策としてグリーンインフラの活用推進を提言[4]している．

グリーンインフラのなかでも気候変動に対する適応戦略としての取り組みは，EbA（Ecosystem-based Adaptation）とも呼ばれている[5]．これは災害対策だけでなく，住民の暮らしの質や地域の魅力の向上に資するなど，多様な効果を意識したものである．EbA の代表的なメニューとしては，農地についてはいわゆる田んぼダム，森林については持続的保全活動，市街地についてはレインガーデンなどがあり，氾濫リスクの軽減効果が期待されている．

しかし，平野部における田んぼダムの効果については検討が進んでいるものの[6]，多様な地域特性に応じた施策の総合的検討[7]はなかなか進んでいない．例えば高原地域では農地だけでなく森林や市街地の面積も多く，それらにおける多様な EbA メニューの導入効果を詳細に検討した例はほとんど見られない．また，現在気候だけでなく気候変動による将来的な降雨に対する効果の分析こそが重要であろう．そこで本研究では，高原地域の栃木県那須塩原市における降

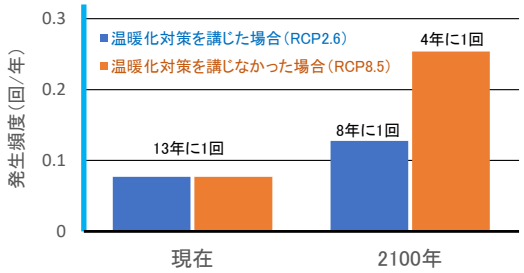


図-1 24時間雨量200mmの発生頻度の将来予測

表-1 24時間雨量の予測結果

確率年	現状	2100年 (RCP2.6)	2100年 (RCP8.5)
4	139	163	200
8	172	200	246
10	183	214	263
13	200	231	285
30	255	297	366
32	262	302	372
50	297	347	427
100	366	427	525

※単位:mm

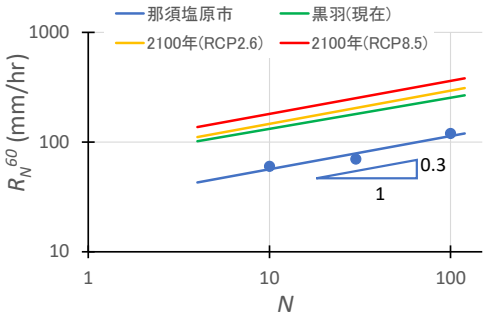


図-2 確率年NによるR_N^{60}の変化

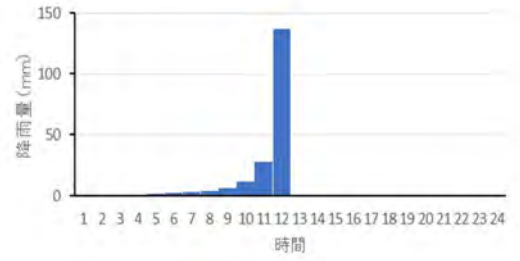


図-3 12時間後方集中型分布の例
（現在気候の13年確率24時間雨量200mm）

雨の将来予測結果に対して，代表的なEbAメニューによる氾濫軽減効果の基礎的な検討を行った．

2. 降雨の将来予測

(1) 同一降雨の頻度予測

ウェザーニューズ社（以下，WN社）は，那須塩原市の委託を受けて，2100年までの気候変動による気温，降水量等の変化を予測し，それに伴う農業，酪農，健康，観光等へのリスクを分析している[8]．その中で24時間雨量については，災害に関係する閾値を設定して，その閾値を超える超過確率の将来予測を示している．

具体的には，市内を流れる主要な河川として那珂川を選定し，その有効な水位観測所が市内にないため，隣接する大田原市内の黒羽観測所の水位データを対象とした．この観測所で避難判断水位を超えた際の24時間雨量の下限値が204mmであったので，200mmを河川氾濫の閾値とした．

その結果，この雨量は現在の気候状況では13年確率程度の頻度で発生すると報告している．そしてこの雨量は2100年時点では，温暖化対策を講じた場合（RCP2.6）には8年確率，講じなかった場合（RCP8.5）には4年確率で発生すると予測している（**図-1**）．

しかし，気候変動による災害の激甚化の傾向を推し量るには，同じ発生年確率で生起する災害外力が増大していく状況を示すほうが具体的にイメージしやすい．つまり，13年確率で発生する24時間雨量が，RCP2.6，RCP8.5で2100年にどの程度のものになるか予測する必要がある．

(2) 同一確率年の降雨量予測

本研究では，WN社の将来予測結果を元に，タルボット式を援用して，同一確率年の降雨量の将来予測を試みる．タルボット式は降雨継続曲線を記述する数式の一つで，N年確率でt分継続する降雨の平均雨量強度（mm/hr）を

$$R_N(t) = R_N^{60}\frac{60 + b_N}{60 + t} \qquad (1)$$

により計算するものである．ここに，R_N^{60}はN年確率で60分継続する降雨の雨量強度（mm/hr），b_NはN年確率の式で用いる定数である．R_N^{60}とb_Nは地域ごとに定められている場合が多く，那須塩原市では$N = 10, 30, 100$について値が定められている[9]．b_NはNによってそれほど変化せず，$b_N \approx 30$であった．R_N^{60}は，Nのおよそ0.3乗に比例していたので（**図-2**の「那須塩原市」），これらの値を補間して13年確率の24時間雨量を算出したが，WN社が示した雨量とは異なる値となった．そこで，両者が一致するようにR_{10}^{60}，R_{30}^{60}，R_{100}^{60}の値を定数倍して，それを現在気候における新しいR_{10}^{60}，R_{30}^{60}，R_{100}^{60}の値とした（**図-2**の「黒羽（現在）」）．つぎにR_N^{60}がNのおよそ0.3乗に比例すると仮定して，RCP2.6とRCP8.5それぞれの2100年気候での24時間雨量200mmが8年確率，4年確率となるように，それぞれの場合の比例定数を求めた．以上の手順により，それぞれの気候状態における代表的なN年確率の24時間雨量を算出した結果をまとめて**表-1**に示す．

ところで，各地に大きな被害をもたらした令和元年東日本台風では那須塩原市において1日で262mmの降雨があり，

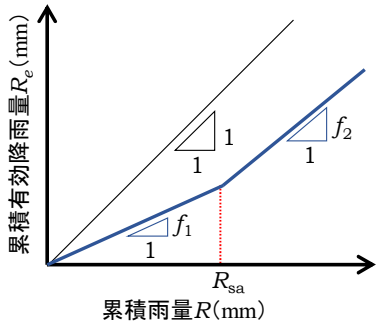


図-4 有効降雨の概念図

表-2 有効降雨モデルのパラメータ

土地利用	1次流出率 f_1	飽和雨量 R_{sa}	2次流出率 f_2
水田	0	50mm	※1
畑	0.3	100mm	1
森林	0.3	200mm	1
市街地	0.8	60mm	1

※1:水田流出モデルに従う。

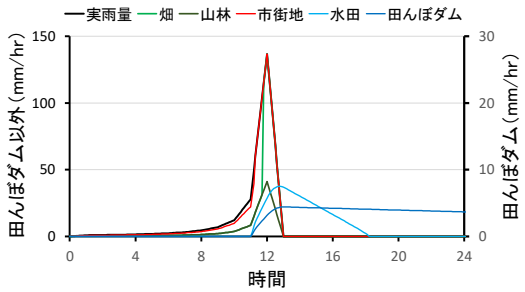


図-5 現在気候13年確率24時間雨量に対する土地利用ごとの有効降雨(雨量強度)

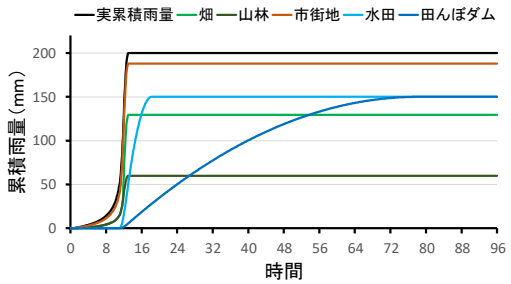


図-6 現在気候13年確率24時間雨量に対する土地利用ごとの有効降雨(累積雨量)

その確率年を今回の枠組みで求めると32年確率であった. **表-1**には, この32年確率に関する将来予測結果も記載した.

⑶ 解析対象降雨

氾濫解析を実施するには, 24時間雨量ではなく, 降雨強度の時系列を与える必要がある. 本研究では, タルボット式をもとに後方集中型の降雨分布[10]を与えることにする. これは本来なら24時間かけて与えられた雨量を降らせるものだが, 実際には初めの20時間はほとんど降雨がない. そこで, 氾濫解析の計算時間を節約するために, ある時刻の降雨強度に12時間後の降雨強度を加えることで, 12時間で全雨量を降らせる降雨波形を作成した(**図-4**).

3. 有効降雨モデル

将来予測した降雨は、各地点の土地利用状況に応じて貯留・流出されることになる. 本研究では, その流出量を各地点の有効降雨として計算して, 氾濫解析の入力条件に用いることにする. 有効降雨モデル[11][12]では, 時刻tの有効降雨$r_e(t)$は実際の降雨$r(t)$に対して, 次式で計算される.

$$r_e(t)=\begin{cases} f_1\cdot r(t) & (R(t)\le R_{sa}) \\ f_2\cdot r(t) & (R(t)>R_{sa}) \end{cases} \qquad (2)$$

ここに, f_1:1次流出率, f_2:2次流出率, $R(t)$:時刻tまでの累積雨量, R_{sa}:飽和雨量である(**図-4** 参照). すなわち, 累積雨量が飽和雨量に達するまでは, 降雨量にf_1を乗じた分だけが流出に寄与し, $(1-f_1)$の分は浸透すると考える. 累積雨量がR_{sa}に達してからは、基本的に降雨量がそのまま流出分になるが($f_2=1$に相当), 一般性を持たせるために2次流出率を用いた形にしている.

f_1, f_2, R_{sa}のパラメーターは土地利用の状況に応じて異なる. **表-2**は, 標準的な値[13)~15)]を考慮しながら, $(1-f_1)R_{sa}$の値が志村[16)]が試算した土地利用別の雨水貯留量とほぼ等しくなるように設定したものである.

ただし水田については, 田んぼダムの貯留効果を考慮するために, 以下のように計算することにする. 水田の飽和雨量R_{sa}は, 排水口の堰板の高さあるいは排水孔の下縁高さ[6)]に相当すると考えてよい. そこから水田の水面までの高さを$h_e=h-R_{sa}$とすると(h:水田の水深), 流出流量Q_pは, 吉川ら[6)17)]の計算式を単純化して, 次式で計算される.

$$Q_p=C\,\pi r^2\sqrt{2gh_e} \qquad (3)$$

ここに, r:排水孔の半径, $C=0.62$である. 流出量を降雨量と同じように扱うことができれば便利なので, Q_pを水田面積A_pで割って流出高q_pとして表すことにする. また実務的には, 排水孔直径Dの単位は mm, A_p:a(アール), h, h_e, R_{sa}:mm, g:m/s^2, q_p:mm/hr とすると数値の扱いが楽だろう. さらに, D, A_pの具体的な数値を文献[6)17)]をもとに検討した結果, おおよその目安として, 田んぼダムを実施しない場合は

$$q_p=3.68\sqrt{h_e} \qquad (4)$$

田んぼダムを実施する場合は

$$q_p=0.368\sqrt{h_e} \qquad (5)$$

とすればよいことがわかった. 田んぼダムを実装すると, 流出

表-3 EbA 導入シナリオ

土地利用	シナリオ L0		シナリオ L1		シナリオ L2		シナリオ L3	
	面積	割合	面積	割合	面積	割合	面積	割合
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
畑	7,249.9	12.2	7,249.9	12.2	10,438.1	17.6	29,831.9	50.3
山林	38,787.5	65.4	38,787.5	65.4	38,787.5	65.4	19,393.7	32.7
市街地	6,376.5	10.8	6,376.5	10.8	3,188.3	5.4	3,188.3	5.4
水田	6,860.1	11.6	0	0	0	0	0	0
田んぼダム	0	0	6,860.1	11.6	6,860.1	11.6	6,860.1	11.6
合計	59,274.0	100.0	59,274.0	100.0	59,274.0	100.0	59,274.0	100.0

高がおよそ 10 分の 1 程度に抑えられ，水田からの雨水流出が劇的に抑制されることになる．この流出高の式を用いて水田からの流出を計算する手順は、以下のようになる．まず，累積降雨がR_{sa}より小さいうちは，降雨強度rの分だけ水田内の水深hが増加するのみで，水田からの有効降雨はゼロである．hがR_{sa}を超えると，水田から流出高q_pで有効降雨が発生し，hは時間増加率$r - q_p$で増加する．さらにhが増加して畦畔高さを超えて溢れるようになると，hは畦畔高さのまま変わらず，降雨強度rがそのまま有効降雨になることにする．

図-5, **図-6** は，現在気候の 13 年確率降雨(**図-3**)に上述の有効降雨モデルを適用した結果を示したものである．降雨強度がピークに差し掛かると，市街地ではすぐに飽和雨量に達して，実雨量と同じ分を流出させている．やや時間をおいて畑も飽和雨量に達し，流出が大きくなっている．森林については，飽和雨量がこの降雨の総降雨量になっているので，終始流出が抑えられた形になっている．雨量強度のピークが約 140mm/hr であるのに対して，森林の有効降雨のピークは 50mm/hr 以下になっている．田んぼダムを実施しない水田ではピークの抑制が森林と同じ程度で，ピーク時刻も遅らせる効果を見せている．田んぼダムを実施しなくてもある程度の効果がみられている．田んぼダムを実施した場合には，さらにピークを抑制して 5mm/hr 程度にまでなっている．**図-6** をみると，田んぼダムの流出が極めてゆっくりで，他の土地利用では 24 時間以内に流出が終了しているのに，田んぼダムでは 3 日ほどかかっていることがわかる．ところで、**図-6** で実累積雨量に比べて水田および田んぼダムの累加雨量が小さいのは，雨水を浸透させているのではなく，R_{sa}つまり排水孔の下縁高さの分だけ水田に残留したものである．総流出体積(累積雨量)は，畑や森林に比べて大きいことに留意すべきである．

4. 氾濫解析

(1) EbA 導入シナリオ

内水氾濫解析を実施してEbA導入効果を検討するにあたり，具体的なEbAの導入シナリオを**表-3**の4通りとする．シナリオL0は，現状の那須塩原市の土地利用状況[18]である．ただし「畑」には，流出特性が類似するとみられる自然地や空き地も含ませている．「市街地」は，住宅用地のほか道路・各種施設用地を合わせたものとしている．シナリオL1は，田んぼ全体を田んぼダムにする．シナリオL2はさらに市街地の半分の面積をレインガーデン整備等により浸透・貯留能力を畑レベルに上げる．シナリオL3はL2に加えて山林の2分の1が荒廃して浸透・貯留能力が畑レベルに下がるものである．L1とL2はEbAを導入した際の効果を見るものである．L3は，これまでやってきた山林の保全活動が出来なくなった際の影響を見るものである．

(2) 氾濫解析方法

氾濫解析の対象範囲は西那須野地区とした．具体的な対象範囲は，図-7～10を参照されたい．氾濫解析ソフトウェアには，iRIC Nays2dFloodを用いた．ただし，このソフトウェアでは，地点ごとに降雨時系列を与えられない．そこで，那須塩原市全体の土地利用別の面積率を用いて，市域の平均的な有効降雨時系列を求めて，これを対象範囲全体の降雨時系列として与えることにした．

(3) 氾濫解析結果

まず，現在気候の 13 年確率降雨(避難判断水位相当)のシナリオ L0 に対する氾濫解析結果(最大浸水深)を**図-7** に示す．解析範囲は堤内地ではあるが，土地の高低差で雨水が集中・分散して内水氾濫が発生していることがわかる．浸水深の最大値は 0.706m であった．現在気候の 32 年確率降雨(令和元年東日本台風相当)のシナリオ L0 に対する氾濫解析を実施した結果を**図-8** に示す．**図-7** と同様な氾濫状況であるが，やや小規模になっている．実際，浸水深の最大値は 0.612m で 13 年確率よりも小さい値となった．これは，24 時間雨量は 13 年と 32 年確率でそれぞれ 200mm，262mm となり，32 年確率のほうが大きいが，時間雨量強度のピーク値は 13 年確率の後方集中型降雨分布と 32 年確率の実績降雨分布ではそれぞれ 137mm，34mm となり，13 年確率のほうが 32 年確率の 4 倍程度の集中豪雨になっているためと考えられる．そこで今後は，13 年確率の後方集中型降雨分布

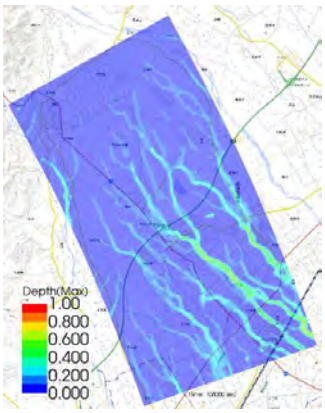


図-7 現在気候の 13 年確率降雨のシナリオ L0 に対する氾濫解析結果（最大浸水深）

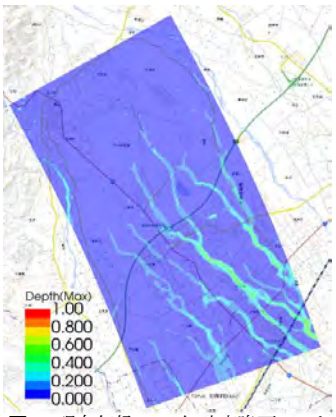


図-8 現在気候の 32 年確率降雨のシナリオ L0 に対する氾濫解析結果（最大浸水深）

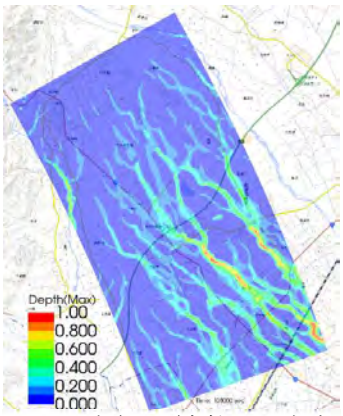
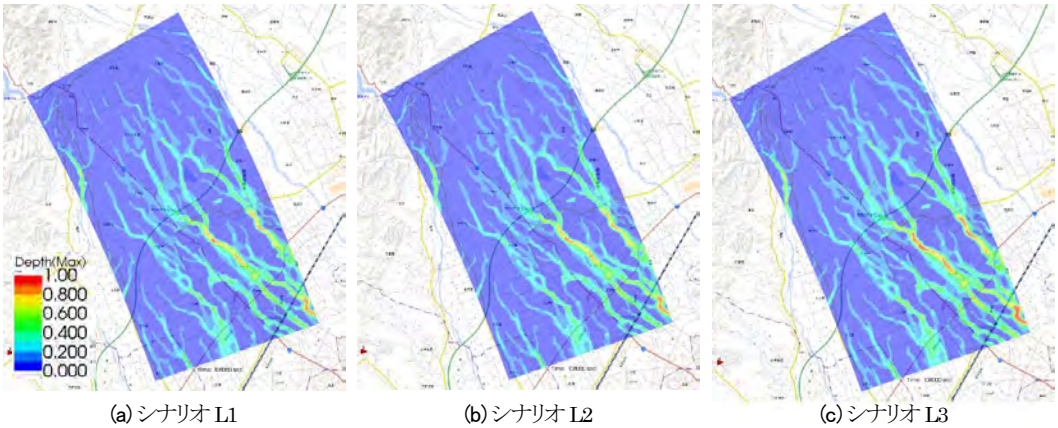


図-9 2100 年（RCP8.5）気候での 13 年確率降雨のシナリオ L0 に対する氾濫解析結果（最大浸水深）



(a) シナリオ L1　　(b) シナリオ L2　　(c) シナリオ L3

図-10 2100 年（RCP8.5）気候での 13 年確率降雨によるシナリオ L1～L3 に対する氾濫解析結果（最大浸水深）

について氾濫解析を実施することにする．

図-9 は，2100 年（RCP8.5）での 13 年確率降雨のシナリオ L0 に対する氾濫解析結果を示したものである．内水氾濫の発生個所が現在気候に比べて広がっており，水深も深くなっている．最大浸水深は 1.069m になり，気候変動により，浸水深が 30cm 以上も増加している．同じ降雨でシナリオ L1～L3 に対する解析結果を**図-10** に示す．コンター表示にすると細かい違いが分かりにくいので，最大浸水深で比較したものを**図-11** に示す．L1 と L2 の解析結果から田んぼダムやレインガーデンの導入は一定の効果は認められるものの効果は限定的である．これは水田や市街地それぞれの面積が市全域の 1 割程度でしかないことにある．一方で，市域の 6 割を占める山林の荒廃の影響をみるシナリオ L3 では，シナリオ L0 よりも浸水深が約 10cm 増える結果となった．田んぼダムや市街地のレインガーデンなどの推進は重要ではあるが，山林の保全を持続していく取り組みが今後は重要になるといえる．

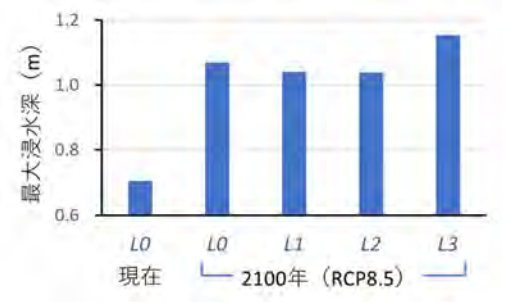


図-11 現在気候と将来気候の浸水深の比較

5. おわりに

本研究では，那須塩原市をケーススタディとして，降雨の将来予測に対して，高原地域の多様な EbA メニューを適用した際の氾濫被害軽減効果を検討した．その結果，得られた知見は以下の通りである．

1) 那須塩原市において，那珂川が避難判断水位を超える 24 時間雨量の現在気候および 2100 年気候での発生頻度を調査した結果を元に，その降雨の現在気候と同じ確

発生頻度で発生する 2100 年気候での24時間雨量をタルボット式を援用して求めることができた.

2) EbA メニューによる氾濫被害軽減作用を有効降雨モデルで表すことにし, 水田および田んぼダムの雨水貯留効果を組み込むことができた.

3) 氾濫解析を実施したところ, 現状のままでは 2100 年では最大浸水深が大きく増加することがわかった. EbA メニューとしては, 森林保全を持続することが重要であることが明らかになった.

今回の氾濫解析では対象範囲全体に市域の平均雨量を与えていたため, 局所的な効果の発現まで詳細に検討するまでには至らなかった. 今後は, 地点ごとに有効降雨を与えられるように氾濫解析方法を改善するとともに, 最大浸水深以外の適切な指標を検討していくつもりである.

REFERENCES

1) 国土交通省:第二次国土形成計画(全国計画), 2015. [MLIT of Japan : National Spatial Strategy (National Plan), 2015.]
2) 国土交通省:第 4 次社会資本整備重点計画, 2015. [MLIT of Japan : The 4th Priority Plan for Social Infrastructure Development, 2015.]
3) 国土交通省:グリーンインフラ推進戦略, 2019. [MLIT of Japan : Green Infrastructure Promotion Strategy, 2019.]
4) 日本学術会議:提言 気候変動に伴い激甚化する災害に対しグリーンインフラを活用した国土形成により"いのちまち"を創る, 2020. [Science Council of Japan : Proposal Creation of a "City of Life" through national land formation utilizing green infrastructure against disasters that are becoming more severe due to climate change, 2020]
5) 例えば, 環境省自然環境局: 生態系を活用した気候変動適応策(EbA) 計画と実施の手引き, 37p., 2022. [MOE of Japan : Ecosystem-Based Adaptation to Climate Change (EbA), Guide to Planning and Implementation, 37p., 2022.]
6) 例えば, 吉川夏樹, 宮津進, 安田浩保, 三沢眞一:低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.67, No.4, pp.I_991-I_996, 2011. [Yoshikawa,N., Miyazu,s., Yasuda,h and Misawa,S. : Development of inundation analysis model for low-lying agricultural reservoir, Jour. JSCE, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol.67, No.4, pp.I_991-I_996, 2011.]
7) 柳原駿太, 山本道, 風間聡, 峠嘉哉, Yikai Chai, 多田毅:田んぼダムの潜在的な洪水被害軽減の国内地域別評価, 土木学会論文集G(環境), Vol.77, No.5, pp.I_33-I_42, 2021. [Yanagihara,H., Yamamoto,T., Kazama,S., Touge,Y., Chai,Y. and Tada,T. : Regional evaluation of potential damage reduction by paddy field dam in Japan, Jour. JSCE, Ser. G (Environment), Vol.77, No.5, pp.I_33-I_42, 2021.]
8) 株式会社ウェザーニューズ Climatenews プロジェクト:那須塩原市気候変動リスク分析報告書, 23p., 2022 (https://www.city.nasushiobara.lg.jp/material/files/group/17/risk_houkokusyo.pdf, 2023 年 8 月現在). [Weathernews Inc. Climatenews Project : Nasushiobara City climate change risk analysis report, 23p., 2022 (https://www.city.nasushiobara.lg.jp/material/files/group/17/risk_houkokusyo.pdf, Aug 2023).]
9) 那須塩原市農林整備課:森林法に基づく林地開発許可申請の手引き, pp.27-29, 2023. [Nasushiobara City : Guide to Forest Land Development Permission Application Based on the Forest Law, pp.27-29, 2023.]
10) 例えば, 山梨県県土整備部:河川ハンドブック, 第2章 洪水防御計画の基本, pp.2_29-2_30, 2009. [Yamanashi Prefecture : River Handbook, Chapter 2 Basics of Flood Control Planning, pp.2_29-2_30, 2009.]
11) 立川 康人:降雨流出予測の最新技術, 水工学に関する夏期研修会講義集, 第 47 回, pp.A-2_1-A-2_20, 2011. [Tachikawa,Y. : State-of-the-art technology for rainfall-runoff prediction, Lecture Notes for Summer Seminar on Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.47, pp.A-2_1-A-2_20, 2011.]
12) 土木学会水理委員会:水理公式集例題集(昭和 60 年版), 【例題 2.8】貯留関数の定数解析, pp.50-59, 1976. [Japan Society of Civil Engineers Hydraulics Committee : Constant analysis of storage function, Solving Problems based on Manual of Hydraulic Engineering, pp.50-59, 1976.]
13) 橋本健・森田正:土地利用変化を評価する洪水流出モデルに関する研究, 土木学会論文集, 第 325 号, pp.45-50, 1982. [Hashimoto,T. and Morita,T. : A Study on the land-use hydrological system model, Jour. JSCE, Vol325, pp.45-50, 1982.]
14) 武庫川流出解析ワーキングチーム用資料, 133p., 2005 (https://web.pref.hyogo.lg.jp/hnk09/documents/0000040812.pdf, 2023 年 8 月現在). [Materials for Mukogawa River Runoff Analysis Working Team, 133 p., 2005 (https://web.pref.hyogo.lg.jp/hnk09/documents/000040812.pdf, Aug 202).]
15) 八千代エンジニヤリング株式会社:上越市新クリーンセンター施設整備事業者選定アドバイザリー業務造成基本設計業務報告書, 巻末4:氾濫解析, 2013(https://www.city.joetsu.niigata.jp/uploaded/attachment/76181.pdf, 2023 年 8 月現在). [Yachiyo Engineering Co., Ltd.: Joetsu City New Clean Center Facility Development Company Selection Advisory and Basic Design Report, Appendix 4: Flood Analysis, 2013 (https://www.city.joetsu.niigata.jp/uploaded/attachment/76181.pdf, Aug 2023).]
16) 志村博康:水田・畑の治水機能評価, 農業土木学会誌, Vol.50, No.1, pp.25-29, 1982. [Shimura,H. : Evaluation of flood control function of paddy fields and vegetable fields, Jour. JSIDRE, Vol.50, No.1, pp.25-29, 1982.]
17) 吉川夏樹, 宮津進, 小出英幸, 三沢眞一, 安田浩保 : 未圃場整備地区における「田んぼダム」の洪水緩和機能の評価, 河川技術論文集, 第 16 巻, pp.507-512, 2010. [Yoshikawa,N., Miyazu,S., Koide,H., Misawa,S. and Yasuda,H. : Evaliation of flood mitigation effect of a paddy field dam in an unimproved paddy field area, Advances in river engineering, Vol.16,

pp.507-512, 2010.]
18) 栃木県 県土整備部 都市計画課：土地利用現況調査の結果について（https://www.pref.tochigi.lg.jp/h08/totiriyougenkyou.html, 2023年8月現在）. [Tochigi Prefecture : About the results of the land use survey （https://www.pref.tochigi.lg.jp/h08/totiriyougenkyou.html, Aug 2023）.]

(Received June 19, 2023)
(Accepted August 21, 2023)

BASIC STUDY ON RISK REDUCTION OF INLAND FLOODING WITH THE INTRODUCTION OF EbA IN A HIGHLAND REGION - CASE STUDY FOR FUTURE FORECAST OF RAINFALL IN NASUSHIOBARA CITY -

Hirokazu IKEDA, Kosuke IIMURA and Yumi TAKABAYASHI

The effect of EbA (Ecosystem-based Adaptation to climate change) on the future rainfall forecast in Nasushiobara City, Tochigi Prefecture, was examined. First, the target rainfall was set to be the 24-hour rainfall that reaches the evacuation decision water level of Nakagwa River both in the present climate and the same probability in the 2100 climate. Next, considering the EbA menu, effective rainfall parameters were set for each land use. Then, inundation analysis was performed assuming four EbA scenarios. The results showed that the maximum inundation depth for the target rainfall in the present climate is about 70 cm, but it increases to 107 cm in the 2100 climate under the current land use. Furthermore, it was clarified that maintaining forest conservation is more effective than introducing paddy field dams and rain gardens among the EbA menus.