

# 都市部の不浸透域を考慮したHYPEモデルの適用に関する検討

田内 裕人<sup>1</sup>・河村 明<sup>2</sup>・天口 英雄<sup>3</sup>・OLSSON Jonas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 博(工) 和歌山大学 システム工学部 (〒640-8441 和歌山県和歌山市栄谷 930)  
E-mail: tanouchi@center.wakayama-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 工博 首都大学東京 教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

<sup>3</sup>正会員 博(工) 首都大学東京 助教 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

<sup>4</sup>非会員 Ph.D., Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SE-601 76 Norrköping)

本研究では、都市構造を精度よく表現可能なポリゴン型不浸透域データであるUrban Atlasを活用し、広域水文・水質統合解析モデルであるHYPEモデルに都市部の不浸透域の流出特性を設定したU-HYPEモデルを提案するとともに、本モデルを流域面積と土地利用が異なる2つの流域に適用し、流出予測精度についての比較と検討を行った。その結果、U-HYPEモデルを活用することによって、従来の大規模スケールを対象とした流出解析モデルでは表現が困難であった降雨時のピーク流量について、対象流域の流域面積によらずに表現することが可能であることを示した。また、降水強度と流出予測精度の関係について検討した結果、U-HYPEにおいて降水強度の大きなイベントで洪水到達時間を過小評価する傾向が示唆され、HYPEモデル改善に関する複数の重要な知見が得られた。

**Key Words :** HYPE model, Urban Atlas, runoff analysis, urban landscape, impervious area ratio

## 1. はじめに

近年、水辺環境の維持と保全が世界的な課題となっており、大規模スケールや全球スケールで水循環機構を把握し包括的な水環境保全の実現を図ることが求められている。大規模・全球スケールにおける水循環機構の把握では、河川流量や栄養塩の観測地点が存在しない未観測地域が多数含まれるのが一般的であるため、土地被覆、土壌、起伏などの地理的特性から流域をモデル化し、土地利用変化や地球温暖化の影響などが生じる様々な条件下において流域からの流出量を予測可能な分布型流出モデルの活用が有効である。こうした背景からスウェーデン気象水文研究所(SMHI)では、流域と地下水の流れを考慮した数十km<sup>2</sup>のポリゴン型サブ流域を計算単位とする準分布型水文・水質統合解析モデルのHYPE (HYdrological Predictions for the Environment) モデルを開発した。HYPEモデルは、2007年にスウェーデン全域を対象としたモデル(以降、S-HYPEと記す)が公開されて以降、世界各地に拡張され、ヨーロッパ全域、北極圏やアフリカなどさまざまな地域の流出量予測で用いられてきた<sup>2)</sup>。

流域の流出特性は、その流域の土地利用形態に大きく

依存することが知られている。特に、流域に都市部を含む場合には、道路や舗装地などの不浸透域に降ったの雨水が雨水・下水道管路を介して直接排水されるため、降雨時の洪水到達時間の短縮やピーク流量の増大など、流出特性に様々な影響を生じる<sup>3)</sup>。このためHYPEモデルのような広域を対象とした流出モデルにおいても、都市部の不浸透域を精緻に表現したGISデータを活用し、都市部の流出特性をモデル中に反映させることが重要と考えられる。しかし、広域を対象とした流域モデル化においては、対象領域を包括し、かつ都市部の不浸透域を精緻に表現可能な土地利用データは入手困難なのが一般的であり、都市部の不浸透域は無視されていた。

一方、近年のGIS分野における技術的進歩に伴い、都市部の不浸透域を表現可能かつ広域で配備されたGISデータが入手可能となりつつある。たとえばUrban Atlas<sup>4)</sup>は、都市構造を記述可能なポリゴン型土地被覆データであり、宅地の土地被覆種別には不浸透面積率の情報が与えられている。そこで著者らは、S-HYPEを対象にUrban Atlasから都市部の不浸透域を新たに設定したモデル(以下、U-HYPEと記す)を提案し、従来のS-HYPEによる流出解析結果と比較検討を行うとともに、その優位性を示した<sup>5)</sup>。

しかし現在のところU-HYPEモデルの適用は、流域面積52.2km<sup>2</sup>のSege川上流域のみであり、異なる流域を対象とした流出解析結果の比較検討は行っていない。また、直接流出量の変動特性は、流域の土地被覆に加えて降水強度のような降雨特性にも強く影響されると考えられるが、U-HYPEモデルによる流出解析結果について、降雨特性を考慮した検証は行われていない。対象とする空間スケールや気象条件の変化に伴う流出解析結果の変化傾向を捉えることは、U-HYPEを従来HYPEモデルが解析対象としている大陸スケールに適用する際には必要不可欠であると考えられる。

そこで本研究では、Sege川上流域の4倍程度の面積をもつとともに、より都市化の進んだHöje川上流域を対象としてU-HYPEを適用し、その流出解析結果をSege川上流域と比較することによって、流域面積がU-HYPEのモデル特性に及ぼす影響を検証する。また、従来研究では不十分であったU-HYPEにおける降水強度と流出予測精度の関係について検討を行い、広域かつ様々な条件下でU-HYPEを適用するための知見を蓄積する。

## 2. 対象流域と流域モデル化

図-1は本研究で対象流域としたSege川上流域とHöje川上流域の位置を、また図-2はこれら2つの流域における土地被覆データ「CORINE land Cover」<sup>6)</sup>およびUrban Atlasを示している。S-HYPEにおいては、土地被覆のGISとして100mグリッドのCORINE land coverが用いられており、都市部は市街地、郊外の2土地被覆のみの設定で、不浸透域の設定は行われていない。Sege川上流域の面積は52.2km<sup>2</sup>であり、その流域出口に小都市Svedalaが位置し、Sege川上流域出口における降雨時のピーク流量増大は、Svedala市街地からの直接流出の寄与が大きいと考えられる。一方、Höje川上流域の面積は237km<sup>2</sup>であり、その流域出口に人口8万人程度の中規模都市Lundsが、また中流域にはStaffanstorp, Dalby, Genarpといった小都市が複数分布し、降雨時にはこれらの都市からの直接流出がピーク流量増大に寄与すると考えられる。また、スウェーデン南部にはSege川上流域のように大きな湖が点在するのが一般的であるが、Höje川上流域には湖がほとんど見られないことも両流域の違いといえる。

## 3. HYPEモデルの設定

### (1) HYPEモデルの概要

図-3はHYPEモデルの基本構造を示している。HYPEモデルでは対象領域を数km<sup>2</sup>程度のサブ流域に分割し、サ

ブ流域ごとに直接流出量や土壌への浸透量、蒸発散量を計算する準分布型の物理モデルとなっている。ここで、個々のサブ流域には任意の数と種類の土地被覆と土壌の組み合わせ（以下、土地被覆-土壌クラスと記す）を面積率として設定可能であり、サブ流域内部の土地被覆と土壌の不均一性について考慮可能なモデル構造となっている。HYPEモデルの流域モデル化ではまず、対象とする領域の土地被覆、土壌、ポリゴン型サブ流域のGISデータを用意し、次いで、土地被覆データと土壌データを重ね合わせ、農耕地（シルト土壌）や針葉樹林（モレーン土壌）といった土地被覆と土壌の組み合わせを土地被覆-土壌クラスとして抽出する。次に、個々のポリゴン型サブ流域に対してそれぞれの土地被覆-土壌クラスが占める面積率を計算し、サブ流域の属性として与え、流域をモデル化する。

図-4は、HYPEモデルで考慮可能な土壌の鉛直構造お

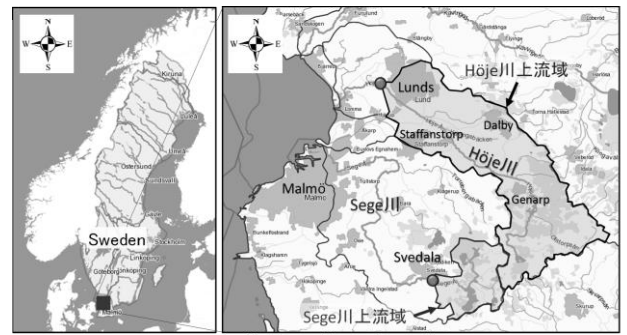


図-1 Sege川上流域およびHöje川上流域の位置および概略図

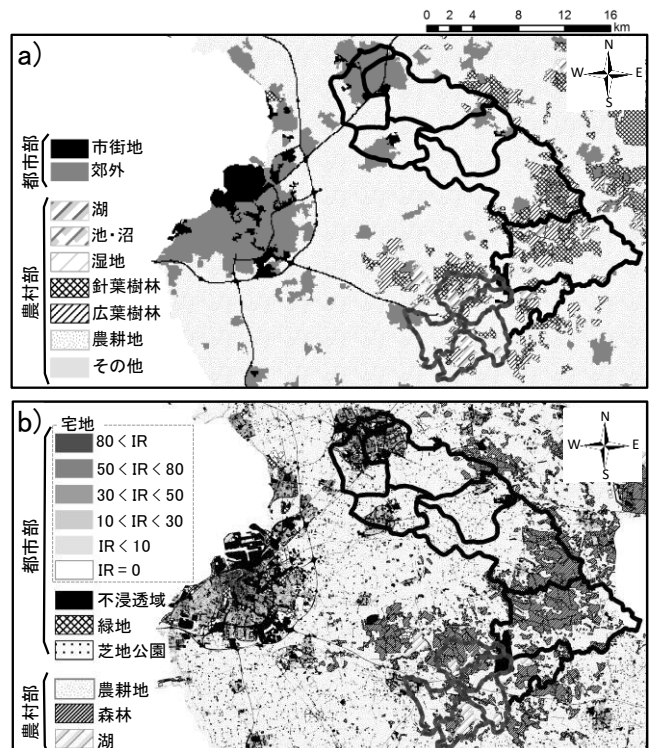


図-2 Sege川上流域およびHöje川上流域のa)CORINE land Coverとb)Urban Atlas。図b)都市部の宅地におけるIRは不浸透面積率[%]を示している。

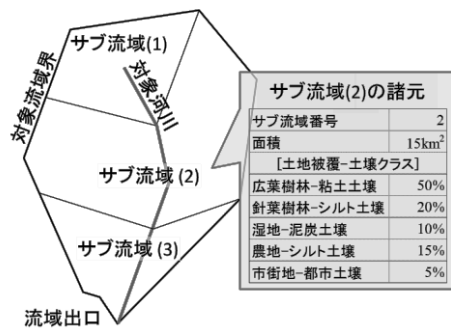


図-3 HYPEモデルの流域基本構造。

よび水文諸過程を示している。HYPEモデルにおいては、個々の土地被覆-土壌クラスには、上層土壌、中層土壌および下層土壌の3層の土壌を設定可能となっており、土壌層ごとに層厚、萎れ点、圃場容水量、有効間隙率などの土壌物理パラメータ、直接流出量や土壌浸透量、地下水位変動、蒸発散量、などを計算するための水文パラメータを個々に設定可能である。HYPEモデルで扱う水文過程は、地表面流出、土壌各層からの中間流出や浸透、蒸発、積雪・融雪過程、灌漑による取水や湖内部の水・栄養塩循環、水の移動に伴う農耕地等からの栄養塩輸送である。また、HYPEモデルのシミュレーションに必要な気象データは、サブ流域ごとの日降水量および日平均気温であり、本研究においてはスウェーデン国内の定点観測データを空間内挿した後、サブ流域の平均標高で補正し得られた流域平均の日降水量・日平均気温データを用いた。

あるサブ流域に与えられた降水はまず、サブ流域を構成する個々の土地被覆-土壌クラスに対して、その面積率に基づき配分される。次いで、配分された降水は、地上気温に基づき降雨か降雪かの判別が行われる。ここで降水が降雨として地表面に与えられる場合には、その降水が当日の浸透、地表面流出などに寄与するが、降水が降雪として地表面に与えられる場合には、降雪が積雪として地表面に蓄えられ、気温が融雪の基準となる閾値よりも高くなる日まで保存される。次に、個々の土地被覆-土壌クラスに与えられた降水は、配分パラメータに基づき地表面流出成分、マクロポア流成分および土壌浸透成分として配分される。ここで地表面流出成分はただちにサブ流域出口に排水され、降雨当日のサブ流域出口の河川流量を増加させる。また、マクロポア流成分は地下水に直接涵養され、地下水位上昇と地下水流出量の増加に寄与する。一方、土壌浸透成分については、日最大浸透能と上層土壌における間隙の飽和・不飽和の状態に基づき浸透成分と余剰成分に分けられ、余剰成分については地表面に残り次の日の計算にまわされる。上層土壌の水分は、水分量が萎れ点を上回る場合には蒸発散量の計算に、圃場容水量を上回る場合には蒸発散量、直接流出

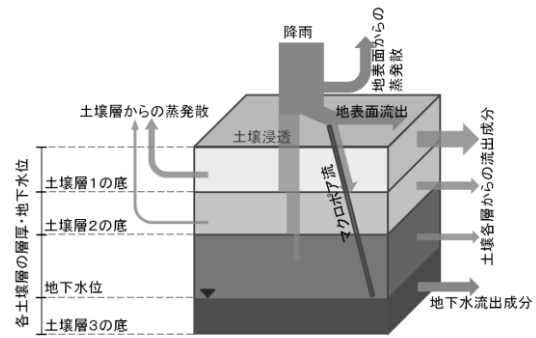


図-4 HYPEモデルで考慮可能な土壌の鉛直構造および水文諸過程。

量、中層土壌への浸透量のそれぞれの計算にまわされる。また、蒸発散量、直接流出量、中層土壌への浸透量がすべて計算された後に上層土壌に残った水分量については、余剰水として次の日の各水文量の計算にまわされる。中層土壌および下層土壌における各水文量は上層土壌と同様の計算式で計算されるが、下層土壌においては、土壌深層からの蒸発散を微小として無視し、同層の蒸発散量を0としている。また、下層土壌は定常的に地下水がある層として扱われ、基底水位のパラメータとして設定した深さ以上に存在する水のみが流出量変動に寄与する。

河川に流出した流出成分は、そのサブ流域に湖やダム湖がある場合には一時的にこれらに貯留され、最終的にはサブ流域出口における日流出量に集約される。この際に、サブ流域の土地被覆に農耕地を含む場合には、耕作期間には農作物の種類ごとに必要水量を算定し、必要水量と農耕地の土壌水分の差分を流出量やダム湖の貯水量から差し引くことにより、灌漑の影響を表現している。これらの過程を経て、直接流出量等の各種水文量の日平均値が出力される。これら水文諸過程の詳しい計算方法は、HYPE wiki<sup>9)</sup>を参照されたい。

## (2) U-HYPEの土地被覆-土壌クラス設定

図-5は、U-HYPEでの土地被覆-土壌クラスの設定手順を示している。土地被覆-土壌クラスの設定ではまず、CORINE land coverを用いて対象流域を都市部と農村部に分離し、次いで都市部をUrban Atlasで、農村部をCORINE land coverでそれぞれ分類するとともに、都市部と農村部の地表面データを統合することで流域を包括した土地被覆データを構築している。次に、作成した土地被覆データをS-HYPEモデルの土壌データとして活用されているSGU soil database<sup>9)</sup>と重ね合わせ、個々の土地被覆-土壌クラスを作成する。最後に、作成した土地被覆-土壌クラスをポリゴン型サブ流域と重ねることによって、サブ流域に対して個々の土地被覆-土壌クラスが占める面積率を計算し、サブ流域の属性として与える。

U-HYPEの各土地被覆-土壌クラスごとのパラメータ設定は、以下の考え方に従い行うこととする。まず、

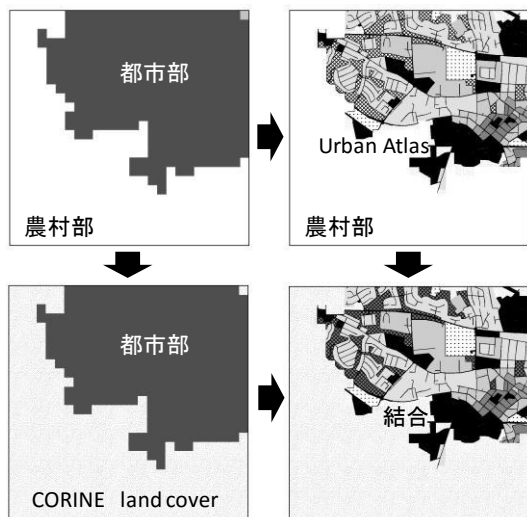


図-5 Urban Atlas と Corine Land Cover 両方を用いた土地被覆データの作成方法。CORINE Land Cover の凡例は図-2a)と、Urban Atlas の凡例は図-2b)と同様。

U-HYPE と S-HYPE 双方で CORINE land cover を用いており土地被覆種別の違いがない農村部では、U-HYPE の土地被覆-土壌クラスのパラメータを、S-HYPE のものと同じに設定する。また図-4 b)都市部の4土地被覆種別のうち、「緑地」は農村部の「広葉樹林」と、「芝地公園」は「草原」と、また「建物用地浸透域」は「郊外」と水文学的特性がそれぞれ類似すると考え、同じパラメータを設定することとした。なお、これらの土地被覆種別下の土壌の水文学的特性については、S-HYPE と同様に SGU Soil Database を用いて設定している。さらに「不浸透域」については、S-HYPE モデルで類似の水文学的特性をもつ土地被覆種別が設定されていないため、田内ら<sup>9)</sup>と同様に不浸透域の土地被覆-土壌クラスを新たに設定し、水文パラメータを以下の考え方に従い設定した。すなわち、不浸透域では雨水浸透が基本的には生じず、雨水の大部分は地表面もしくは雨水・下水道管路を介する直接流出となることを考慮し、不浸透域の土壌タイプ「不浸透タイプ」における上層土壌には、間隙、浸透量、マクロポア流量が極めて小さく、かつ地表面流出量が大きな「不浸透層」の特性を持たせた。

#### 4. 流出解析結果と考察

表-1は、U-HYPEの構築時に得られたSege川上流域および上流域における各土地被覆の占める面積率を示している。Sege川上流域では、都市部の占める割合は5.7%であり、不浸透域は2.6%のみであった。一方Höje川上流域では、都市部が占める割合が12.7%、不浸透域は5.3%とSege川上流域の倍以上の値となった。この結果は、Höje川上流域には中規模都市Lundsやその他小都市が複数含まれ、Sege川上流域よりも都市化が進んでいることを示している。

図-6は、本研究で解析対象期間とした2006年から2014年におけるSege川上流域の流出解析結果とSvedala流量観測点の観測流量の比較結果を、またHöje川上流域の流出解析結果とLunds流量観測点の観測流量の比較結果を示している。また図-7は図-6の2013年7月1日から同年9月30日までの拡大図を示している。本研究ではまず、Höje川上流域で設定したU-HYPEの流出解析結果に着目し、これがSege川上流域のU-HYPEと同様に、河川流量の季節変動と降雨時のピーク流量発生を捉えているかについて検証した。なお、HYPEモデルで計算される河川流量が日平均値であるのに対し、観測流量は瞬間値となっている。このため、観測流量とより適切な比較を行うためには、各時間ステップ内で流量一定とみなせるような高時間解像度のモデル計算を行う必要があり、例えばSMHIにより現在開発中の時間分解能1時間のHYPEモデルを用いる等の工夫が必要と考えられる。

まず図-6に注目すると、Svedala、Lundsそれぞれの観測点において、降雪の影響を受ける冬季に河川流量が増大し、灌漑がおこなわれる夏季に河川流量が減少するという基本的特性がS-HYPE、U-HYPE共に表現されていることが見て取れる。また季節スケールの傾向についてはU-HYPEとS-HYPEの両方で表現されており、Sege川上流域とHöje川上流域の両方においてS-HYPE、U-HYPE間に明確な差は見られず、都市部を考慮した影響が大きく現れていないことがわかる。また図-7に注目すると、Höje川上流域ではSege川上流域と同様に、U-HYPEではS-

表-1 Sege川上流域 / Höje川上流域における各土地被覆の占める面積率[%].

Sege川上流域 / Höje川上流域		土壌タイプ							合計		
		粘土	シルト・砂	粗粒土	泥炭・有機土	モレーン	不浸透	水域			
土地被覆種別	農村部	湖	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 01	00 / 00	11.0 / 0.5	11.0 / 0.7	943/872
		池・沼	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 04	00 / 01	00 / 00	06 / 0.0	06 / 0.5	
		湿地	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 0.0	00 / 0.0	
		広葉樹林	28 / 03	00 / 01	04 / 13	39 / 12	98 / 72	00 / 00	00 / 0.1	175 / 102	
		針葉樹林	04 / 02	00 / 00	00 / 10	32 / 08	51 / 82	00 / 00	00 / 0.0	90 / 101	
		農耕地	15.1 / 309	0.7 / 1.7	3.9 / 102	6.1 / 2.5	296 / 202	0.0 / 0.0	0.0 / 0.2	562 / 65.7	
	都市部	不浸透域	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 00	00 / 00	2.6 / 5.3	00 / 0.0	2.6 / 5.3	5.7/12.8
		建物用地浸透域	0.3 / 3.1	0.0 / 0.0	0.0 / 0.6	0.1 / 0.0	2.5 / 1.1	0.0 / 0.0	0.0 / 0.0	2.9 / 4.9	
		緑地	0.0 / 1.4	0.0 / 0.1	0.0 / 0.2	0.0 / 0.0	0.1 / 0.2	0.0 / 0.0	0.0 / 0.0	0.1 / 1.9	
		芝地・公園	0.1 / 0.3	0.0 / 0.0	0.0 / 0.1	0.0 / 0.0	0.0 / 0.2	0.0 / 0.0	0.0 / 0.0	0.1 / 0.6	
合計		19.4 / 362	0.7 / 2.0	4.8 / 133	14.4 / 5.0	49.7 / 36.8	2.6 / 5.3	10.9 / 0.9	100.0		

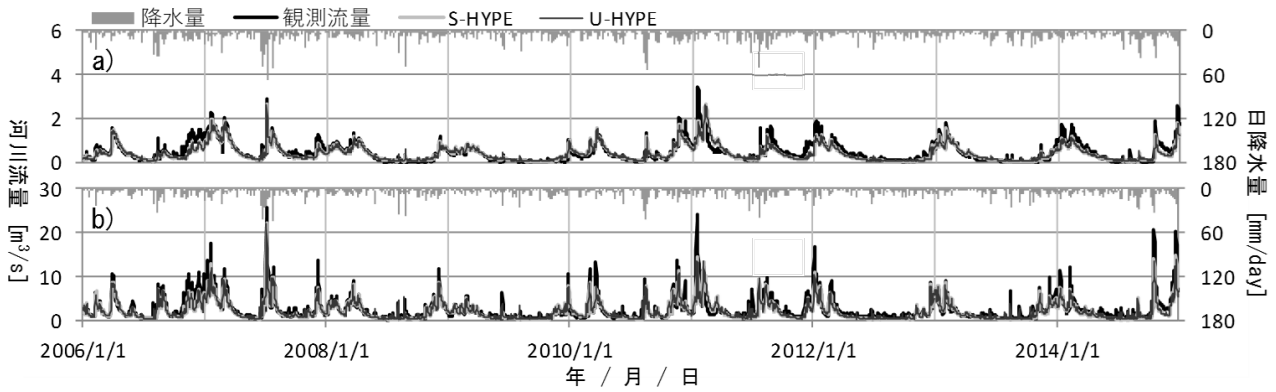


図-6 2006年から2014年における a) Sege川上流域, b) Höje川上流域の流出解析結果と観測流量の比較

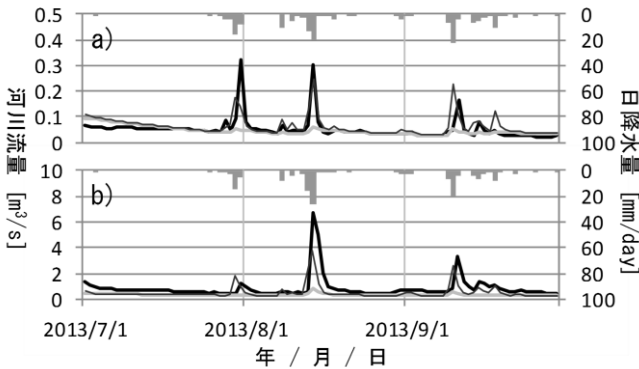


図-7 2013年7月1日～9月30日までの a) Sege川上流域, b) Höje川上流域での流出解析結果と観測流量の比較. 凡例は図-6と同様.

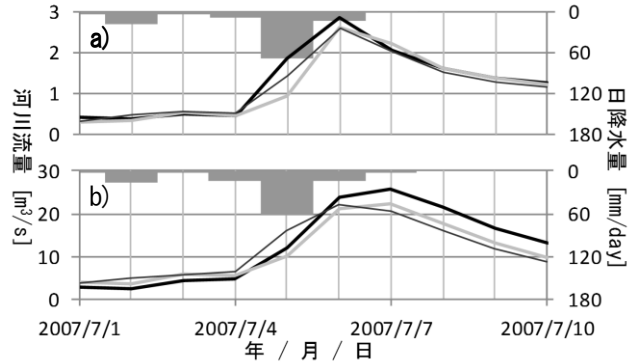


図-8 2007年7月1日～7月10日までの a) Sege川上流域および b) Höje川上流域における流出解析結果と観測流量の比較. 凡例は図-6と同様.

HYPEと比較し夏季における降雨時のピーク流量について再現性が向上することが確認できる. これらの結果から, Höje川上流域とSege川上流域におけるU-HYPEの基本的な特性に大きな差がないことが分かった.

次に, 日降水量と流出予測精度の関係性を把握することを目的に, 日降水量ごとにS-HYPE, U-HYPEおよび河川流量を分類し, それぞれの日降水量でNash-Sutcliffe指標 (以下, NS指標と記す) を計算した. 表-2は, Sege川上流域およびHöje川上流域において, 日降水量10mmごとに計算したNS指標を表している. なお, 本研究では降雨による直接流出の効果を検証することを主眼に置いているため, 降水が降雪として観測された事例はすべて除いている. まず降水がない場合と日降水量10mm以下のNS指標に着目すると, Sege川上流域, Höje川上流域両方のS-HYPEとU-HYPEにおいて0.80以上の近い値を示しており, Sege川上流域とHöje川上流域の間に大きな違いは見られない. しかし10~20mmに注目すると, Sege川上流域とHöje川上流域の両方において, U-HYPEのNS指

標がS-HYPEのそれを上回っており, U-HYPEがS-HYPEと比較し流出予測精度が高いことがわかる. さらに20mm以上のまとまった雨が観測される事例においては, Sege川上流域ではU-HYPEのNS指標がS-HYPEを大きく上回る結果となった一方, Höje川上流域ではS-HYPEのNS指標が大きくなるという結果となり, Höje川上流域におけるU-HYPEの流出予測精度はS-HYPEと比較し低いという結果となった. この結果を生じた原因について検証するため, 降水強度が大きな降水イベントを抽出し, その流出解析結果をさらに検証することとした.

図-8は, Sege川上流域とHöje川上流域両方においてまとまった降雨が観測された2007年7月1日から同10日における両流域のS-HYPE, U-HYPEおよび観測流量の比較結果を示している. まずSege川上流域に着目すると, 60mm以上の降雨が観測された7月5日に観測河川流量が増加し, 次の日にピークを迎え, その後河川流量が減少している. こうした特性は, S-HYPEとU-HYPE両方で概ね再現されており, ピーク流量は観測と同様に7月6日に観測されている. 一方, Höje川上流域では, 観測流量が最大になるのは降雨量が最大の7月5日から2日後の7月7日となっており, その後河川流量は緩やかに小さくなっている. この原因としては, Höje川上流域の流域面積がSege川上流域と比較し大きく, 流域出口への洪水到達時間が大きいためと考えられる. またS-HYPEでは, ピーク流量の過小評価は認められるものの, 流量観測と概ね

表-2 Sege川上流域およびHöje川上流域における日降水量ごとのNash-Sutcliffe指標.

	Sege川上流域				Höje川上流域			
	データ数	NS指標		データ数	NS指標			
		S-HYPE	U-HYPE		S-HYPE	U-HYPE		
全データ	2922	0.80	0.81	2922	0.82	0.82		
降水量 [mm/day]	降水無し	1019	0.85	0.84	1127	0.83	0.82	
	0-10	1170	0.84	0.84	1164	0.82	0.84	
	10-20	130	0.80	0.84	99	0.78	0.85	
	20以上	36	0.47	0.65	32	0.64	0.38	

同じ傾向を示した。一方U-HYPEでは、ピーク流量は7月6日に発生しており、実際と比較して洪水到達時間が短いことが見て取れる。この原因としては、HYPEモデルではサブ流域内部の洪水到達時間を無視しており、降水の直接流出成分はただちにサブ流域出口に排水されるため、直接流出量を大きく見積もるU-HYPEでは洪水到達時間を過小評価したことが考えられる。こうした結果から、降水強度の大きなイベントを対象としてU-HYPEを設定する場合には、洪水到達時間の遅れを考慮した改良がさらに必要となることが示唆された。また図-8は、日降雨量が60mmを超えるような大きな降水イベントではS-HYPEでもピーク流量が発生することを示している。この理由としては、降水量が非常に大きくなると土壌が飽和し、土地被覆や土壌に関係なく直接流出量が大きくなるためと考えられるが、より詳しい検証は今後の課題としたい。

## 5. むすび

本研究では、U-HYPEモデルを大陸スケールに適用するための知見の蓄積を目標とし、流域面積の異なる2つの流域を対象にU-HYPEモデルを適用するとともに、その流出予測精度について、目視及びNash-Sutcliffe指標を用いた検証を行った。その結果、日降水量が10mm以下の小さな降水イベントでは、S-HYPEとU-HYPEで大きな差が見られないこと、日降水量10~20mm程度の中規模な降水イベントではU-HYPEがS-HYPEよりも流出予測精度が高く有利であること、また日降水量20mm以上の降水イベントでは、面積が小さな流域ではU-HYPEの流出予測精度が優れるものの、面積が大きい場合にはU-HYPEの洪水到達時間が過小評価され、流出予測精度が悪化することが分かった。さらに、日雨量60mmを超え

るようなイベントでは、U-HYPEとS-HYPEの流出解析結果の差が小さくなり、土地被覆の影響が相対的に小さくなることが示唆された。今後は、U-HYPEの洪水到達時間過小評価の原因究明、および時間分解能1時間のHYPEモデルを活用した同様の検討を行う予定である。

**謝辞：**本研究を遂行するにあたり、科学研究費(基盤研究(C))、代表：天口英雄、課題番号：25420530)の補助を受けました。ここに記して深謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Lindström, G., Pers, C.P., Rosberg, R., Strömqvist, J. and Arheimer, B.: Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) model – A water quality model for different spatial scales, *Hydrology Research*, Vol. 41(3)-4, pp. 295-319, 2010.
- 2) SMHI Hydrology Research, <http://www.smhi.se/en/research/research-departments/hydrology/>, アクセス日：2015/9/23.
- 3) W.D. Shuster, J. Bonta, H. Thurston, E. Wamemenda and D. R. Smith.: Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review, *Urban Water Journal*, 2:4 pp.263-275, 2005.
- 4) Urban Atlas, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>, アクセス日：2015/9/23.
- 5) 田内裕人, 河村明, 天口英雄, OLSSON Jonas : 都市部におけるポリゴン型不透水面積率データを用いたHYPEモデルの流出予測精度向上に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.72, No.4, I\_427- I\_432, 2016.
- 6) CORINE Land Cover, <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>, アクセス日：2015/9/23.
- 7) Johansson, B.: Estimation of areal precipitation for hydrological modeling in Sweden, Thesis (Dr), Earth Science Center, Department of Physical Geography, Göteborg University, A76, 2002.
- 8) SMHI HYPE Model Documentation, <http://www.smhi.net/hype/wiki/doku.php?id=start>, アクセス日：2016/6/22.
- 9) SGU soil database, <http://www.sgu.se/en/>, アクセス日：2015/9/23.

(2016. 4. 7 受付)

## A STUDY ON HYPE MODEL APPLICATION CONSIDERING IMPERVIOUS SURFACE IN URBANIZED WATERSHED

Hiroto TANOUCHI, Akira KAWAMURA, Hideo AMAGUCHI and Jonas OLSSON

To improve a precision of flow rate forecasting, water quantity model set-up in consideration of impervious surface is effective. In this study, flow rates forecasting calculated by a dynamic water quality and quantity model, HYPE model incorporating hydrological characteristics on impervious surface were verified. Firstly, a method to set up HYPE model by using a precise land cover data storing impervious property named Urban Atlas was reviewed. Then, HYPE model were set up with a small and a large scale watersheds. Finally, model performance were evaluated by a comparison between model forecasting and flow rate observation. Evidences show that although proposed HYPE model could be applied water quantity forecasting regardless of catchment special size basically, it was shown that proposed HYPE model has a tendency to underestimate flood concentration time under heavy storm event.