

Web シンポジウム『休廃止鉱山のグリーン・レメディエーションと関連分野の最前線』  
講演資料

講演番号：06  
演題：坑廃水制御に寄与する不確実性評価を組合せた流域水循環モデリング技術

発表者：田原康博

所属：(株)地圏環境テクノロジー

キーワード：流域水循環モデリング, GETFLOWS, 不確実性評価, 旧松尾鉱山, 発生源対策

要旨：流域水循環モデリングは、陸域における様々な物質やエネルギーの輸送過程（図1）を一體的に捉えようとするアプローチである。この技術を利用することによって、気象条件や土地・水利用等の様々な自然・人工環境の変化が流域内の物質・エネルギー挙動にどのような影響を及ぼすかの定量評価を与えることができ、様々な意思決定に役立つ情報を抽出することが可能となる。一方で、流域水循環モデリングの中で用いるデータには不確実性を大きく有するものも存在するため、決定論的なアプローチで見出された1つのみのモデルによって得られる予測結果だけでなく、データなどの不確実性を考慮したアプローチによって、複数のモデルから予測結果を幅で提示していくことが適切な意思決定を行っていく上で望ましいと考えられる。

本稿では、旧松尾鉱山を対象サイトとして、流域水循環シミュレータ GETFLOWS を適用し、データの不確実性を考慮して複数のパラメータの組合せによって同程度の再現性を有するモデルを見出し、坑廃水制御のための発生源対策を行った場合の効果予測を幅で評価することを試みた。旧松尾鉱山周辺流域においてこれまでに蓄積されてきたデータに基づき流域水循環シミュレーションモデルを構築し、降水量や透水係数などの各パラメータの感度解析を行い、モデルの検証データである坑内水量や河川流量などに対して影響の大きいパラメータを抽出した。抽出されたパラメータに対して、手で調整を行い、検証データを良く再現するモデルを見出した。このモデルを基として、感度の大きい各パラメータに対して、取り得る値の幅を決定し、100パターンのパラメータの組合せを作成することで、検証データを良く再現するモデルの絞り込みを行った。絞り込まれた7つのパラメータの組合せを表1に、これらのモデルによる坑内水量の再現結果を図2に示した。

見出された7つのモデルを用いて、想定し得る11パターンの発生源対策工（表2）を対象として、坑内水量の増減の予測を試みた。一例として、図3に人工遮水材による地表面遮水を想定した場合の効果の予測幅を示す。現況における坑内水の集水域全域からの地表面浸透を抑制した場合でも、坑内水量の全てを削減するには至らず、対策工を実施する面積や効果、その幅の大きさの関係は単純ではないことが示されている。流域水循環モデリング技術は、分かりやすく定量的な情報を提供できるがゆえに、その情報が持つ確からしさや幅などを付帯させて注意深く発信していくことが必要である。

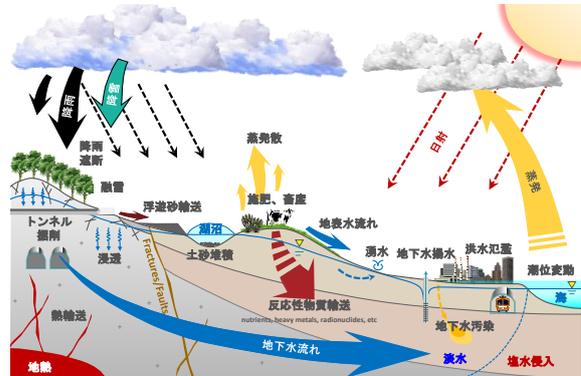


図1 流域水循環モデリングの主な対象プロセス

表1 不確実性評価から得られたパラメータの組合せ

パラメータ	ケース名						
	N-0	N-12	S-1	S-2	S-4	S-28	S-43
有効降水量 (mm/yr)	1,439	1,561	1,561	1,463	1,809	1,685	1,427
植物の上部葉面 (東部)	$1.0 \times 10^3$	$3.7 \times 10^4$	$3.3 \times 10^4$	$5.0 \times 10^4$	$1.7 \times 10^4$	$1.9 \times 10^4$	$1.8 \times 10^4$
浸透係数(浸透層)	$1.0 \times 10^3$	$1.0 \times 10^4$	$4.9 \times 10^4$	$1.3 \times 10^5$	$1.0 \times 10^4$	$9.0 \times 10^4$	$2.4 \times 10^5$
浸透係数(浸透層)	$1.0 \times 10^3$	$3.3 \times 10^4$	$2.3 \times 10^4$	$1.2 \times 10^5$	$4.7 \times 10^4$	$1.3 \times 10^5$	$6.7 \times 10^5$
浸透係数(浸透層)	$1.0 \times 10^4$	$1.5 \times 10^7$	$8.5 \times 10^7$	$2.3 \times 10^8$	$4.3 \times 10^7$	$4.5 \times 10^7$	$2.9 \times 10^7$
透水係数 (m/s)	$1.0 \times 10^3$	$3.1 \times 10^4$	$1.6 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$	$4.3 \times 10^7$	$3.1 \times 10^7$	$7.7 \times 10^7$
H: 水平方向	$H: 5.0 \times 10^7$	$H: 8.0 \times 10^7$	$H: 1.1 \times 10^8$	$H: 2.3 \times 10^8$	$H: 6.7 \times 10^7$	$H: 3.0 \times 10^7$	$H: 3.2 \times 10^7$
V: 鉛直方向	$V: 5.0 \times 10^9$	$V: 1.4 \times 10^9$	$V: 6.4 \times 10^9$	$V: 5.5 \times 10^9$	$V: 7.6 \times 10^9$	$V: 2.4 \times 10^9$	$V: 2.0 \times 10^9$
浸透係数(浸透層)	$H: 6.0 \times 10^6$	$H: 8.9 \times 10^6$	$H: 1.6 \times 10^6$	$H: 1.3 \times 10^6$	$H: 5.5 \times 10^6$	$H: 9.6 \times 10^6$	$H: 6.7 \times 10^6$
浸透係数(浸透層)	$V: 4.0 \times 10^7$	$V: 2.8 \times 10^7$	$V: 1.6 \times 10^7$	$V: 1.5 \times 10^7$	$V: 3.0 \times 10^7$	$V: 2.0 \times 10^7$	$V: 3.9 \times 10^7$
下部断面	$1.0 \times 10^4$	$2.5 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	$1.3 \times 10^4$	$1.3 \times 10^4$	$2.3 \times 10^4$	$9.0 \times 10^4$
浸透係数	-	-	$2.3 \times 10^4$	$1.8 \times 10^4$	$5.9 \times 10^4$	$9.7 \times 10^4$	$4.6 \times 10^4$

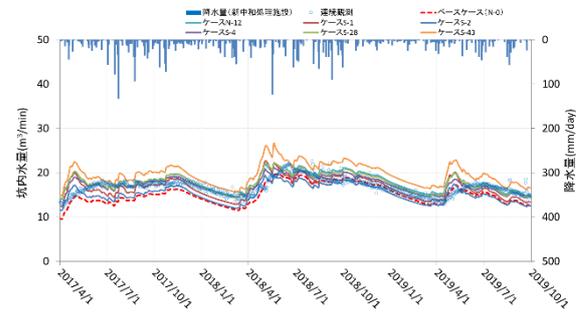
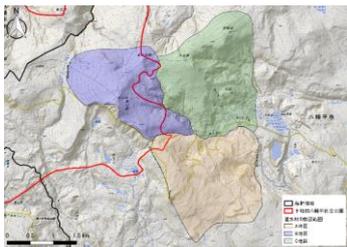


図2 不確実性評価から得られた坑内水量の再現結果

表2 想定し得る発生源対策工

ケース	対策工	想定される効果
1	人工遮水材による全面的地表面遮水	採掘部への湧水の集水域に遮水材を敷設
2	河川水の浸透層の遮水	採掘部近傍の河川から地下に浸透されていると判断される箇所にて遮水工などの遮水構造を施工
3	人工遮水材による部分的集水域遮水及び河川水の浸透層の遮水	採掘部の集水域の遮水材（ケース1）及び浸透河川への遮水構造の建設（ケース2）が覆合された対策工を施工
4	沢水の浸透層の遮水	採掘部上流の山腹の沢に遮水工などの遮水構造を施工
5	積土堆積層からの浸透防止	A 堆積層及び堆積層により遮水性の高い遮水材を敷設
6	露天採掘場跡地からの浸透防止	露天採掘場跡地により遮水性の高い遮水材を敷設
7	森林植生及び土壌の浸透促進	採掘部への湧水の集水域に浸透抑制を目的とした森林植生を確保
8	上流側の地下水層の建設	採掘部に対する地下水流の上流側に地下水層を掘削し遮水層を確保
9	上流側の地下水トンネルの掘削	採掘部に対する地下水流の上流側に近傍河川へ排水するための地下水トンネルを掘削
10	上流側の地下水層の建設及び地下水トンネルの掘削	採掘部の上流側の地下水層の建設（ケース8）及び地下水トンネルの掘削（ケース9）が覆合された対策工を施工
11	上部坑道の閉塞及び採掘部近傍の地下水層の建設	採掘部内の水位上昇を目的とした上部坑道の閉塞及び採掘部近傍の地下水層の建設



ケース	対象範囲	敷設面積 (km²)	坑内水増減量 (m³/分)	現況比 (%)	坑内水増減量の取り得る幅 (m³/分)
1-1	A地区のみ	4.1	▲ 7.35	50.8	▲7.43~▲6.06
1-2	A地区+B地区	7.1	▲ 8.42	43.7	▲10.01~▲8.16
1-3	A地区+C地区	8.3	▲ 10.14	32.2	▲10.14~▲7.21
1-4	A地区+B地区+C地区	11.4	▲ 11.89	20.5	▲12.83~▲10.93
1-5	A地区+B地区+C地区 (国立公園を除く)	8.9	▲ 10.97	26.6	▲10.97~▲8.15

図3 発生源対策工（人工遮水材による地表面遮水）を想定した場合の坑内水量に対しての効果の予測幅