

4. 監視可能区間の設定

4.1 限界距離の算出

河道閉塞形成にともなう流量減少の程度が河道閉塞箇所からの距離が下流に離れるに従い緩やかになることを考慮し、流量観測箇所から上流に河道閉塞形成を覚知できる最大距離を決定する。

【解説】

河道閉塞箇所の直下では流量は急激に減少するが、河道閉塞箇所から下流側に距離が離れるにつれて、流量波形が緩やかになると考えられる（図 4 参照）。すなわち、河道閉塞箇所から離れた場合、河道閉塞箇所下流における支川の合流がなくとも解析時間間隔内に流量がゼロにならない場合が考えられる。

そこで、流量減少の程度が緩やかになり解析時間間隔内に十分な流量減少が生じなくなると考えられる河道閉塞箇所からの距離を「限界距離」とし、流量観測箇所から上流側に限界距離以内の区間に河道閉塞が形成された場合は、河道閉塞の覚知が可能とする。すなわち、4.1 で求めた限界面積より流域面積が大きい区間であっても、流量観測箇所からの距離が限界距離以上離れた区間で生じる河道閉塞は覚知困難と見なす。

現状では、観測データから限界距離を求めることは困難であると考えられる。そこで、数値シミュレーションにより限界距離を算出することを基本とする。

数値シミュレーションによる限界距離の算出例を参考図 1、参考表 1、参考表 2、参考表 3 に示す。この結果から、河道閉塞箇所直下では、流量が瞬間的にゼロになるとした条件であっても、流下距離が長くなるに従い解析時間間隔内の流量減少率が小さくなることがわかる。

参考表にあるように、解析時間間隔（10～60 分）内に流量が元流量の 0% になることを条件に限界距離を算出すると、限界距離が短くなり、監視可能区間が小さくなることが考えられる。

そこで、ここでは、ある程度、流量が低減するまでの時間が解析時間間隔より短いかどうかについて検討することとし、検討対象とする流量低減の程度を限界距離算出流量低減率（ α ）とする。限界距離算出流量低減率（ α ）は 0.7～

0.9 を基本とする。限界距離算出流量低減率を大きくすると、限界距離は短くなるが、次節でも算出する限界面積は大きくなる。そこで、限界距離算出流量低減率 (α) は、限界距離と限界面積の両者の観点から、必要な監視ができるだけ可能となるように適切に設定する。

10 分間隔の流量データが得られている場合は、解析時間間隔 10 分、30 分、60 分についてそれぞれの限界距離を算出する。基本的に、解析時間間隔を小さくとした場合、限界距離は小さくなる傾向を示す。

なお、数値シミュレーションによる評価が難しい場合、参考表 1, 参考表 2, 参考表 3 を参考として限界距離を求めても良い。

参考 限界距離の算出例

計算条件

支配方程式：1次元浅水長波方程式

$$\text{(連続式)} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\text{(運動方程式)} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) = -gA \frac{\partial H}{\partial x} - B \frac{\tau_b}{\rho}$$

A ：流れの通水断面積 [m²]

Q ：流量[m³/s]

B ：川幅[m]

v ：流速 ($v = Q/A$) [m/s]

H ：水面標高 ($H = z + h$) [m]

g ：重力加速度[m/s²]

z ：河床標高[m]

ρ ：流体密度[kg/m³]

h ：水深[m]

τ_b ：せん断抵抗力[kg/m²]

時間の離散化手法：リーブフロッグ法

空間の離散化手法：スタガード格子による差分法

抵抗則の評価：マンニングの抵抗則

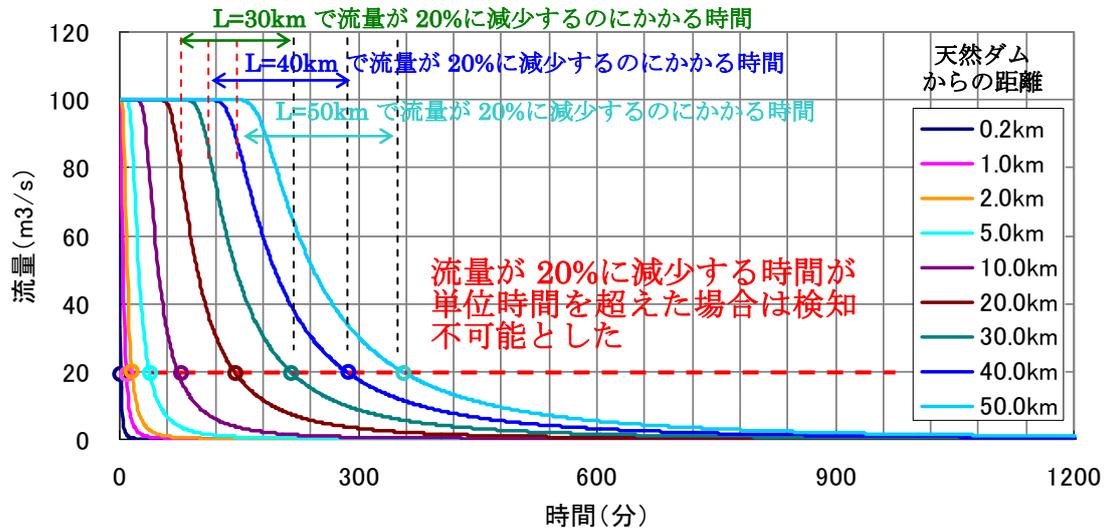
地形条件：一定川幅 (50m)、一定勾配 (1/100、1/50、1/10)

外力条件：上流端から一定流量後に流量ゼロ

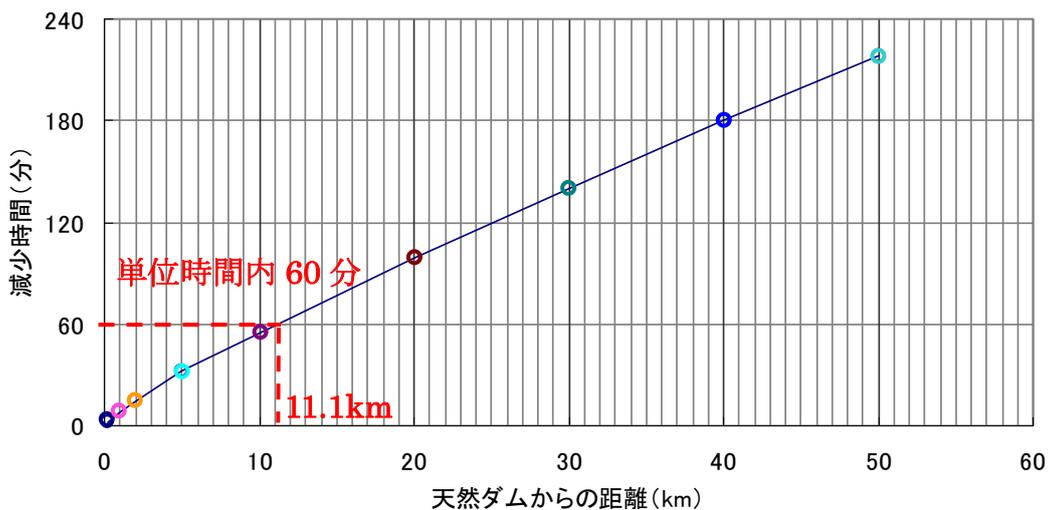
(1000m³/s、500m³/s、250m³/s、100m³/s、25m³/s)

支川および残留域からの側方流入水量なし

粗度条件：粗度係数=0.02、0.03、0.05、0.07、0.09



(a) 河道閉塞箇所下流のハイドログラフ (初期流量 100m³/s 河床勾配 1/100)



(b) 流下距離と初期流量が 20% に減少するまでの経過時間
(初期流量 100m³/s 河床勾配 1/100 粗度係数 0.03)

参考図 1 数値計算による限界距離の検討例

参考表 1 流量と勾配に応じた限界距離算出例 ($\alpha=0.7$)

解析時間間隔 $\Delta t=60$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	61.3km	80.0km	95.0km	135.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	43.6km	56.7km	67.5km	98.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	31.3km	40.0km	49.0km	70.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	20.4km	26.3km	31.9km	46.4km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	10.5km	13.7km	16.3km	24.5km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	43.6km	57.5km	68.8km	100.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	31.4km	41.5km	50.0km	72.9km
250m ³ /s	5m ³ /s	22.9km	30.0km	35.7km	53.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	14.8km	19.3km	23.3km	34.7km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	7.8km	9.6km	12.2km	18.2km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	28.2km	39.2km	46.7km	70.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	20.5km	27.8km	33.6km	50.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	15.3km	20.4km	24.5km	36.4km
100m ³ /s	2m ³ /s	10.0km	13.3km	16.1km	23.8km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	5.2km	6.9km	8.4km	12.6km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	21.3km	29.4km	36.0km	51.3km
500m ³ /s	10m ³ /s	15.8km	21.4km	26.3km	39.2km
250m ³ /s	5m ³ /s	11.5km	15.6km	18.9km	28.9km
100m ³ /s	2m ³ /s	7.7km	10.2km	12.6km	18.9km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	4.1km	5.4km	6.5km	9.8km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	17.2km	24.0km	29.4km	45.5km
500m ³ /s	10m ³ /s	12.7km	17.6km	21.7km	32.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	9.5km	13.0km	18.9km	24.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	6.4km	8.4km	12.6km	15.5km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	3.3km	4.3km	6.5km	8.0km

解析時間間隔 $\Delta t=30$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	27.0km	35.7km	41.7km	60.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	19.2km	25.0km	30.0km	44.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	13.5km	17.3km	20.9km	30.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	8.6km	11.4km	13.3km	20.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	4.3km	5.8km	6.8km	10.5km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	18.6km	24.4km	31.1km	45.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	13.5km	17.9km	20.9km	31.4km
250m ³ /s	5m ³ /s	9.6km	12.8km	15.3km	23.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	6.3km	8.2km	10.0km	15.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	3.4km	4.3km	5.0km	7.8km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	12.0km	16.7km	20.0km	30.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	8.9km	12.0km	14.4km	21.8km
250m ³ /s	5m ³ /s	6.4km	8.6km	10.0km	15.6km
100m ³ /s	2m ³ /s	4.2km	5.5km	6.8km	10.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	2.3km	2.9km	3.6km	5.2km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	9.0km	12.2km	15.3km	23.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	6.7km	9.0km	11.0km	16.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	5.0km	6.7km	8.0km	12.2km
100m ³ /s	2m ³ /s	3.4km	4.3km	5.2km	8.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.7km	2.3km	2.7km	4.1km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	7.4km	10.0km	12.6km	19.2km
500m ³ /s	10m ³ /s	5.7km	7.5km	9.0km	13.8km
250m ³ /s	5m ³ /s	4.5km	5.5km	6.8km	9.8km
100m ³ /s	2m ³ /s	2.8km	3.6km	4.2km	6.8km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.4km	1.9km	2.7km	3.4km

解析時間間隔 $\Delta t=10$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	7.0km	8.8km	10.0km	16.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	4.4km	5.0km	5.8km	10.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	3.3km	3.4km	4.4km	7.5km
100m ³ /s	2m ³ /s	2.3km	2.3km	2.8km	5.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.1km	1.1km	1.5km	2.3km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	4.5km	6.7km	7.5km	10.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	3.3km	4.0km	5.0km	7.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	2.3km	3.1km	3.8km	5.7km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.6km	2.0km	2.3km	3.5km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.9km	1.1km	1.3km	2.0km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	3.3km	4.4km	5.0km	7.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	2.3km	2.9km	3.5km	5.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.8km	2.0km	2.4km	4.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.1km	1.3km	1.8km	2.4km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.7km	0.8km	0.9km	1.3km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	2.3km	3.3km	3.7km	5.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.7km	2.3km	2.8km	4.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.3km	1.8km	1.8km	2.9km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.9km	1.1km	1.3km	1.8km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.5km	0.7km	0.8km	1.0km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離			
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	2.0km	2.7km	3.3km	5.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.5km	1.8km	2.3km	3.5km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.1km	1.5km	1.8km	2.4km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.8km	1.0km	1.3km	1.6km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.5km	0.5km	0.8km	0.9km

参考表 2 流量と勾配に応じた限界距離算出例 ($\alpha=0.8$)

解析時間間隔 $\Delta t=60$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	44.2km	56.7km	66.3km
500m ³ /s	10m ³ /s	31.9km	40.8km	48.2km
250m ³ /s	5m ³ /s	23.0km	29.4km	35.3km
100m ³ /s	2m ³ /s	15.0km	19.3km	22.9km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	7.8km	10.0km	12.0km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	32.4km	42.1km	49.1km
500m ³ /s	10m ³ /s	23.2km	30.0km	36.2km
250m ³ /s	5m ³ /s	17.0km	21.7km	26.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	11.1km	14.3km	17.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	5.9km	7.6km	9.0km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	20.9km	27.9km	34.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	15.5km	20.4km	24.8km
250m ³ /s	5m ³ /s	11.2km	15.2km	17.9km
100m ³ /s	2m ³ /s	7.6km	9.8km	12.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	4.0km	5.1km	6.2km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	16.1km	21.9km	26.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	12.0km	15.9km	19.3km
250m ³ /s	5m ³ /s	8.8km	11.7km	14.2km
100m ³ /s	2m ³ /s	5.9km	7.7km	9.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	3.1km	4.1km	4.9km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	13.2km	17.9km	21.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	9.6km	13.2km	16.1km
250m ³ /s	5m ³ /s	7.3km	9.6km	11.6km
100m ³ /s	2m ³ /s	4.8km	6.4km	7.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	2.5km	3.3km	4.0km

解析時間間隔 $\Delta t=30$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	20.0km	25.6km	30.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	14.1km	18.5km	21.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	10.0km	13.3km	15.3km
100m ³ /s	2m ³ /s	6.4km	8.3km	10.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	3.4km	4.3km	5.0km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	13.9km	18.0km	22.2km
500m ³ /s	10m ³ /s	10.0km	13.2km	15.6km
250m ³ /s	5m ³ /s	7.4km	9.6km	11.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	4.8km	6.1km	7.5km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	2.5km	3.2km	3.9km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	9.3km	12.1km	14.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	6.8km	8.9km	10.5km
250m ³ /s	5m ³ /s	4.8km	6.4km	7.8km
100m ³ /s	2m ³ /s	3.2km	4.2km	5.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.7km	2.2km	2.7km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	6.9km	9.3km	11.4km
500m ³ /s	10m ³ /s	5.0km	6.9km	8.3km
250m ³ /s	5m ³ /s	3.8km	5.0km	6.1km
100m ³ /s	2m ³ /s	2.5km	3.3km	4.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.3km	1.7km	2.0km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	5.7km	7.8km	9.3km
500m ³ /s	10m ³ /s	4.3km	5.7km	6.9km
250m ³ /s	5m ³ /s	3.2km	4.2km	5.1km
100m ³ /s	2m ³ /s	2.1km	2.7km	3.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.1km	1.4km	1.7km

解析時間間隔 $\Delta t=10$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	5.0km	6.0km	8.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	3.3km	4.4km	5.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	2.3km	3.3km	4.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.6km	2.0km	2.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.9km	1.1km	1.3km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	3.5km	5.0km	6.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	2.4km	3.3km	4.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.8km	2.3km	2.9km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.3km	1.6km	1.8km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.7km	0.8km	1.0km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	2.3km	3.3km	4.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.7km	2.3km	2.8km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.3km	1.6km	1.8km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.9km	1.1km	1.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.5km	0.6km	0.7km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	1.9km	2.3km	2.8km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.3km	1.7km	2.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.0km	1.3km	1.5km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.7km	0.9km	1.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.4km	0.5km	0.6km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/10
1000m ³ /s	20m ³ /s	1.5km	2.0km	2.3km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.1km	1.5km	1.8km
250m ³ /s	5m ³ /s	0.9km	1.1km	1.5km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.6km	0.8km	1.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.4km	0.4km	0.6km

参考表 3 流量と勾配に応じた限界距離算出例 ($\alpha=0.9$)

解析時間間隔 $\Delta t=60$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	27.5km	35.0km	41.5km
500m ³ /s	10m ³ /s	20.0km	25.7km	30.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	14.7km	18.6km	22.1km
100m ³ /s	2m ³ /s	9.5km	12.5km	14.7km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	5.0km	6.5km	7.7km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	20.0km	26.0km	31.6km
500m ³ /s	10m ³ /s	14.9km	18.9km	22.6km
250m ³ /s	5m ³ /s	10.9km	13.9km	16.8km
100m ³ /s	2m ³ /s	7.1km	9.3km	11.1km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	3.8km	4.9km	5.8km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	13.7km	18.3km	21.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	10.0km	13.3km	15.9km
250m ³ /s	5m ³ /s	7.4km	9.6km	11.6km
100m ³ /s	2m ³ /s	4.6km	6.4km	7.6km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	2.7km	3.4km	4.1km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	10.6km	14.2km	16.9km
500m ³ /s	10m ³ /s	7.9km	10.2km	12.4km
250m ³ /s	5m ³ /s	5.8km	7.6km	9.1km
100m ³ /s	2m ³ /s	3.9km	5.0km	6.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	2.0km	2.7km	3.2km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	8.7km	11.7km	14.2km
500m ³ /s	10m ³ /s	6.5km	8.7km	10.4km
250m ³ /s	5m ³ /s	4.8km	6.4km	7.7km
100m ³ /s	2m ³ /s	3.3km	4.1km	5.0km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.7km	2.2km	2.7km

解析時間間隔 $\Delta t=30$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	12.5km	16.3km	18.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	8.9km	11.4km	13.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	6.4km	8.4km	10.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	4.2km	5.5km	6.4km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	2.1km	2.8km	3.4km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	9.3km	11.8km	14.2km
500m ³ /s	10m ³ /s	6.8km	8.3km	10.0km
250m ³ /s	5m ³ /s	4.8km	6.1km	7.4km
100m ³ /s	2m ³ /s	3.1km	4.1km	4.8km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.6km	2.0km	2.5km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	6.2km	8.1km	9.6km
500m ³ /s	10m ³ /s	4.5km	5.8km	7.1km
250m ³ /s	5m ³ /s	3.3km	4.2km	5.2km
100m ³ /s	2m ³ /s	2.1km	2.8km	3.4km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	1.1km	1.4km	1.7km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	4.6km	6.3km	7.5km
500m ³ /s	10m ³ /s	3.4km	4.6km	5.5km
250m ³ /s	5m ³ /s	2.5km	3.3km	3.9km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.7km	2.2km	2.6km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.9km	1.1km	1.3km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	3.8km	5.2km	6.3km
500m ³ /s	10m ³ /s	2.8km	3.8km	4.6km
250m ³ /s	5m ³ /s	2.1km	2.8km	3.9km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.4km	1.8km	2.6km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.8km	0.9km	1.3km

解析時間間隔 $\Delta t=10$ 分

【n=0.02】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	3.3km	4.0km	5.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	2.3km	3.1km	3.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.6km	2.2km	2.7km
100m ³ /s	2m ³ /s	1.1km	1.3km	1.6km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.6km	0.7km	0.9km

【n=0.03】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	2.3km	3.1km	3.7km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.7km	2.0km	2.7km
250m ³ /s	5m ³ /s	1.3km	1.6km	1.8km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.8km	1.0km	1.3km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.5km	0.6km	0.7km

【n=0.05】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	1.6km	2.0km	2.4km
500m ³ /s	10m ³ /s	1.1km	1.5km	1.8km
250m ³ /s	5m ³ /s	0.9km	1.1km	1.3km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.6km	0.7km	0.9km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.3km	0.4km	0.5km

【n=0.07】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	1.2km	1.6km	2.0km
500m ³ /s	10m ³ /s	0.9km	1.1km	1.4km
250m ³ /s	5m ³ /s	0.7km	0.9km	1.0km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.5km	0.6km	0.7km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.2km	0.3km	0.4km

【n=0.09】

流量		河床勾配に応じた限界距離		
初期値	単位幅値	1/100	1/50	1/30
1000m ³ /s	20m ³ /s	1.0km	1.3km	1.6km
500m ³ /s	10m ³ /s	0.8km	1.0km	1.1km
250m ³ /s	5m ³ /s	0.6km	0.7km	0.8km
100m ³ /s	2m ³ /s	0.4km	0.5km	0.6km
25m ³ /s	0.5m ³ /s	0.2km	0.3km	0.4km

4.2 限界面積の算出

4.2.1 流量定常または減水時における限界面積の算出

流量定常または減水時において、河道閉塞の形成による流量減少を検知し、河道閉塞の形成を覚知できると考えられる区間の最小集水面積（限界面積）を、流量減少率および流量観測箇所の流域面積から算定する。

【解説】

3.4 で決定した監視基準値の候補に基づき、監視基準値ごとに流量減少または減水時における限界面積を算出する。なお、監視基準値と限界面積の関係についての概念図を図 13 に示した。

本項では、流量定常または減水時の限界面積を算出する。ここでは、流域内の比流量が面的に一樣でかつ時間変化がないとして、河道閉塞地点からの流出が完全に遮断（ゼロカット）されると仮定する。この仮定に従い、流量観測箇所上流の流域面積（ A ）を用いて、ある解析時間間隔あたりの流量減少率（ ΔQ_{cr} ）を監視基準値とした場合の「流量定常または減水時の限界面積」（ A_{min} ）を次式により算定する。

$$A_{min} = \Delta Q_{cr} \times A \times \frac{1}{\alpha} \quad (\text{数式 3})$$

ここで、 α は、限界距離算出時に用いた限界距離算出流量低減率である。

例えば、監視基準値となる流量減少率が 0.2、流量観測箇所上流の流域面積が 100 km²、のとき、限界距離算出流量低減率が 0.9 のとき、限界面積は、 $0.2 \times 100 \times (1/0.9) = 22.2$ [km²]となる。

本項の限界面積には非河道閉塞形成時に生じる流量の減少は見込んでいない。そのため、河道閉塞箇所より下流における流入量の減少が生じた場合は、限界面積はより小さくなる（より上流域まで監視可能となる）と考えられるが、ここでは安全側を見て流量が定常状態であると仮定する。また、流量定常または減水時の限界面積による監視可能区間の算定イメージを図 14 に示す（これに限界距離を考慮して最終的な監視可能区間を決定）。

10 分間隔の流量データが得られている場合は、解析時間間隔 10 分、30 分、60 分についてそれぞれの限界面積を算出する。なお、基本的に、解析時間間隔を小さくとした場合に限界面積は小さくなる。

流量減少率30%を監視基準値とした場合

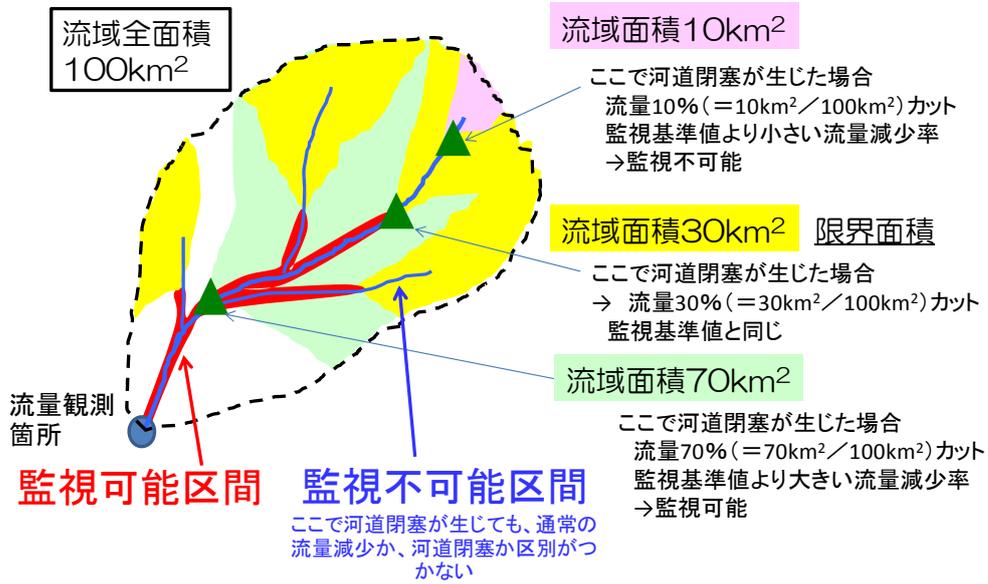


図 13 流量定常または減水時の限界面積のイメージ図

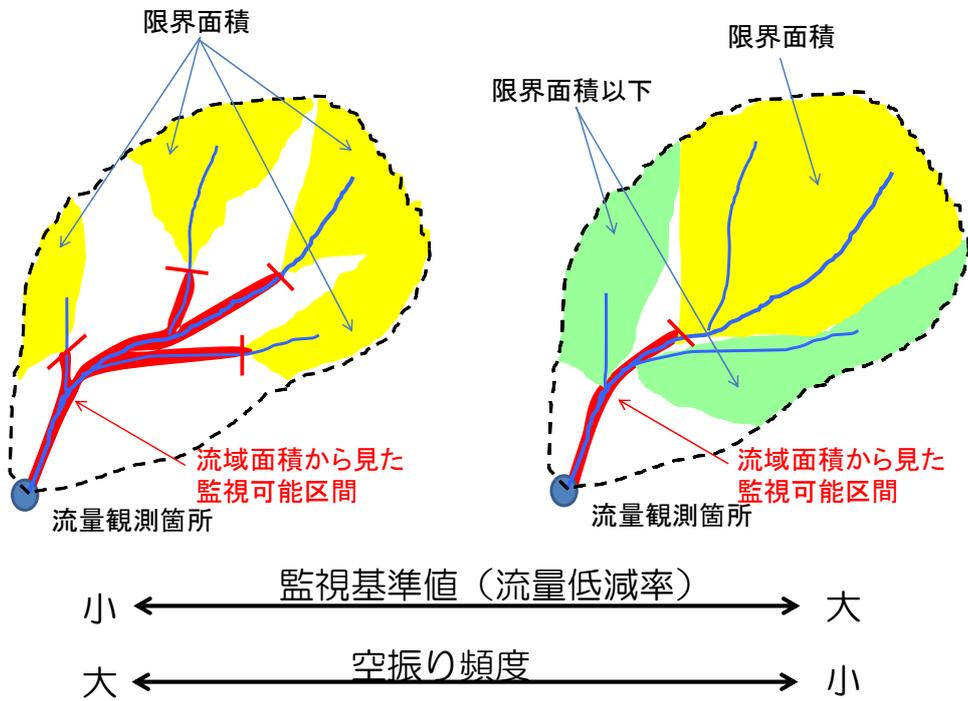


図 14 監視基準値と限界面積の関係のイメージ図

4.2.2 増水時における限界面積の算出

増水時において、河道閉塞の形成による流量減少を検知し、河道閉塞の形成を覚知できると考えられる区間の最小集水面積を、流量減少率、流量増加率および流量観測箇所の流域面積から算定する。

【解説】

本項では、増水時の限界面積を算出する。ここでは、流域内の比流量および比流量の増加率が面的に一様として、河道閉塞地点からの流出が完全に遮断（ゼロカット）されると仮定する。この仮定に従い、ある流量減少率（ ΔQ_{cr} ）を監視基準値とした場合に、流量観測箇所上流の流域面積（ A ）から、ある流量増加率（ ΔQ_r ）のときの「増水時の限界面積」（ $A_{r_{min}}$ ）を次式により算出する。

$$A_{r_{min}} = A \left\{ \frac{\Delta Q_{cr} - 1}{\Delta Q_r} + 1 \right\} \frac{1}{\alpha} \quad (\text{数式 4})$$

ここで、 α は、限界距離算出時に用いた限界距離算出流量低減率である。また、ここで用いる流量増加率は、「3.3 通常時（非河道閉塞形成時）の流量増加に関するデータ整理」の結果に基づくこととし、出現回数の異なる複数の流量増加率ごとに限界面積を算出する。

例えば、監視基準値となる流量減少率が 0.2、流量観測箇所上流の流域面積が 100 km² のとき、流量増加率を 1.5、限界距離算出流量低減率を 0.9 とすると限界面積は、

$$100 \times \left\{ \frac{0.2 - 1}{1.5} + 1 \right\} \times \frac{1}{0.9} = 51.9 \text{ [km}^2\text{]}$$

となる。なお、増水時の限界面積による監視可能区間の算定イメージを図 15 に示す（これに限界距離を考慮して最終的な監視可能区間を決定）。

10 分間隔の流量データが得られている場合は、解析時間間隔 10 分、30 分、60 分についてそれぞれの限界面積を算出する。

流量減少率30%を監視基準値とした場合 (増水時)

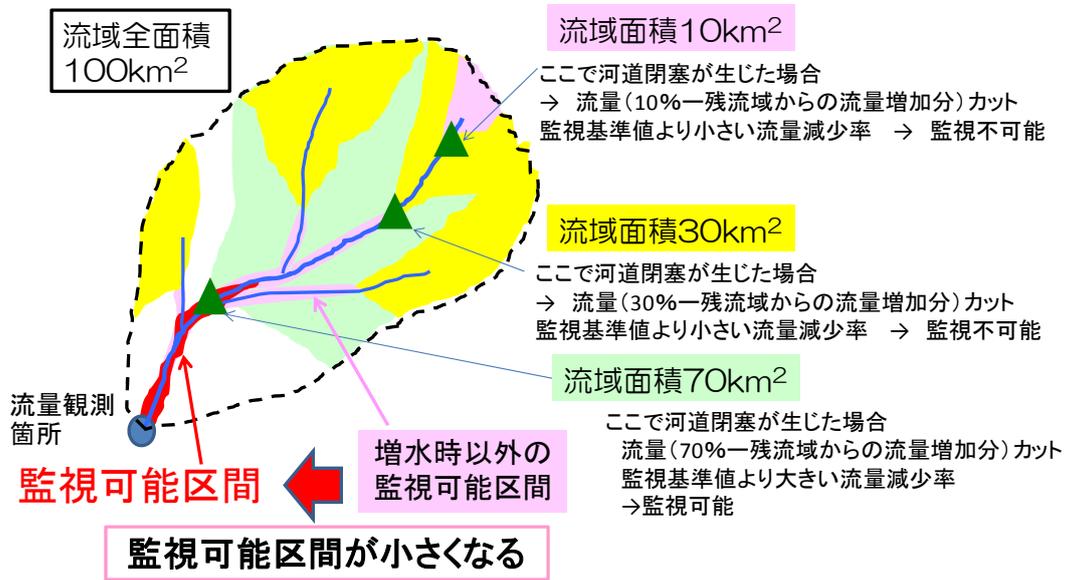


図 15 増水時の限界面積のイメージ図

4.3 監視可能区間の設定

4.3.1 流量定常または減水時の監視可能区間の設定

流量定常または減水時において、限界面積と限界距離から、河道閉塞の覚知が可能となる河道区間について検討する。

【解説】

監視基準値とする「解析時間間隔あたりの流量減少率」ごとに流量定常または減水時に発生する河道閉塞について覚知が可能な区間（監視可能区間）を図示する。まず、4.2.1 で設定した限界面積以上の流域面積を有する河道区間を監視可能区間として抽出する。その上で、4.1 で設定した限界距離以上離れた区間については監視可能区間から除外し、最終的な監視可能区間を設定する（図 16 参照）。監視可能区間を図示した例を図 17 に示す。

10 分間隔のデータが利用可能な場合は、解析時間間隔の違いによる監視可能区間について比較し、最適な解析時間間隔を決定する。最適な解析時間間隔は、下限流量、空振り頻度別にそれぞれ決定する（表 2 参照）。

また、監視可能区間内であっても、河道閉塞の規模が小さい、または、河道閉塞の規模に対して湛水池への流入流量が大きい場合、検討の解析時間間隔内に越流することが懸念される。河道閉塞形成後、短時間で決壊が生じる場合は、そもそも対応が困難である場合が多いと考えられるが、解析時間間隔の検討にあたっては、解析時間間隔を長く取ると解析時間間隔内に河道閉塞箇所の越流が開始するなど、河道閉塞を見逃すおそれが高くなることに留意する。

なお、基本的に、解析時間間隔を小さくとった場合、限界面積、限界距離は小さくなる傾向を示す。

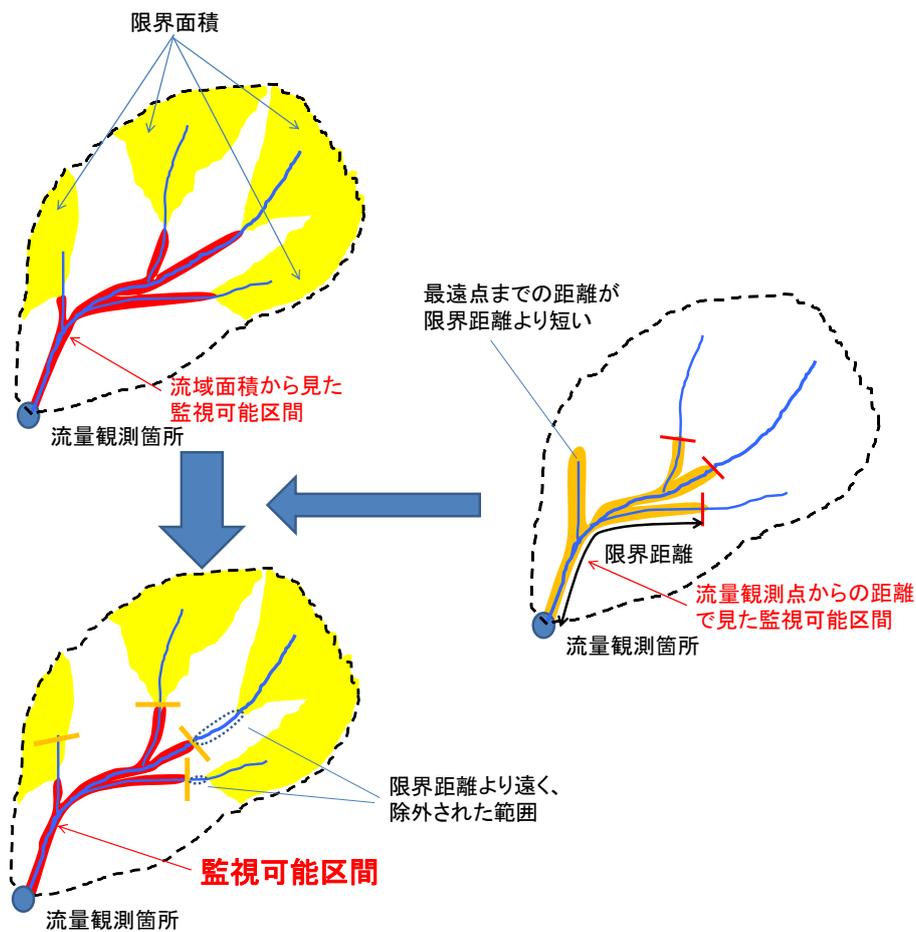


図 16 監視可能区間設定の概念図

表 2 下限流量と空振り頻度ごとの解析時間間隔の整理イメージ

下限流量	下限流量と空振り頻度に応じた 最適な解析時間間隔		
	0.5 回以下	1 回以下	3 回以下
50 (m ³ /s) 以上	30 分	60 分	60 分
100 (m ³ /s) 以上	10 分	30 分	60 分
150 (m ³ /s) 以上	10 分	30 分	30 分

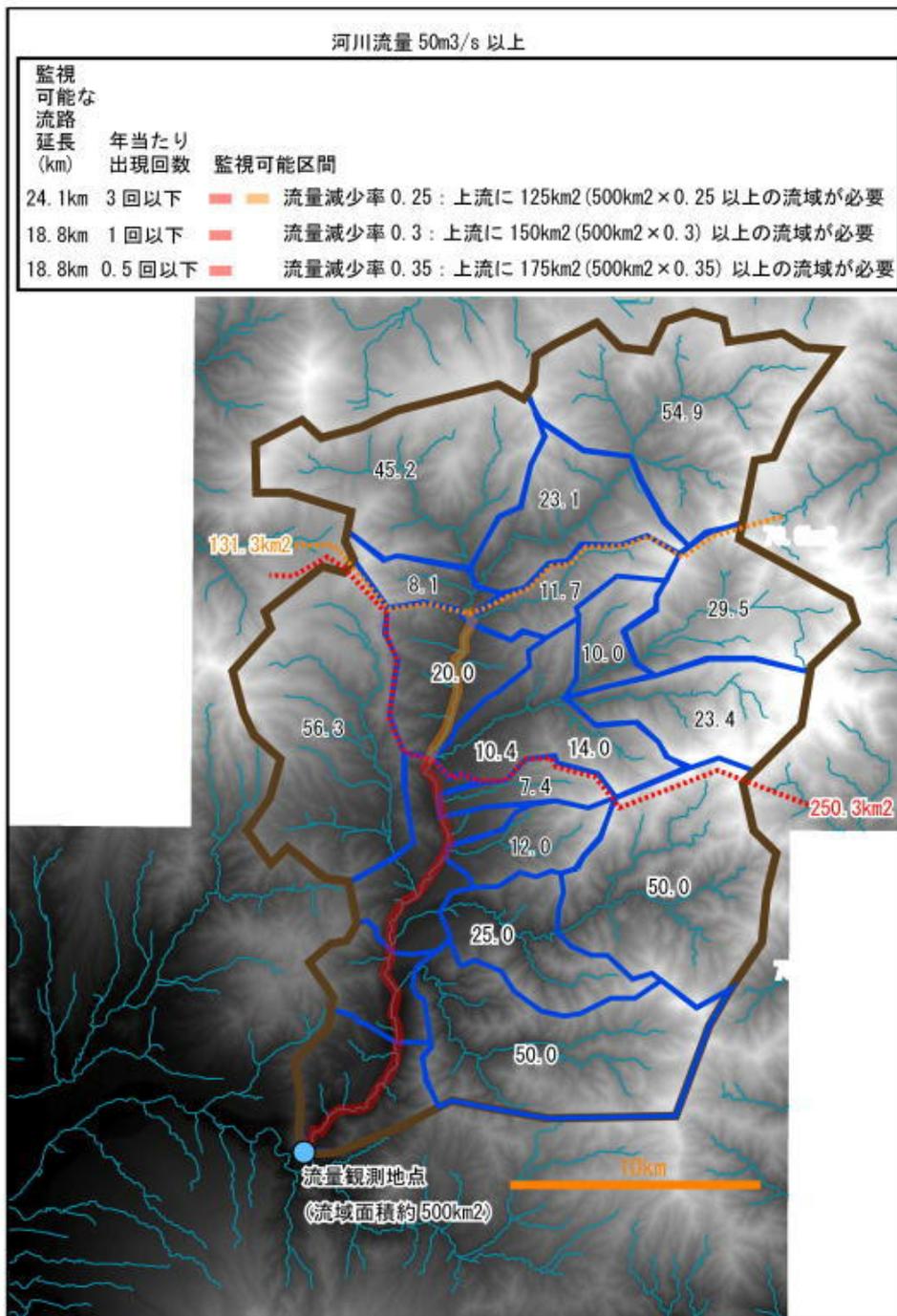


図 17 (a) 「解析時間間隔あたり流量減少率」 毎の監視可能区間の表示例 (減水時、河川流量 50 m³/s 以上、解析時間間隔 60 分の場合)

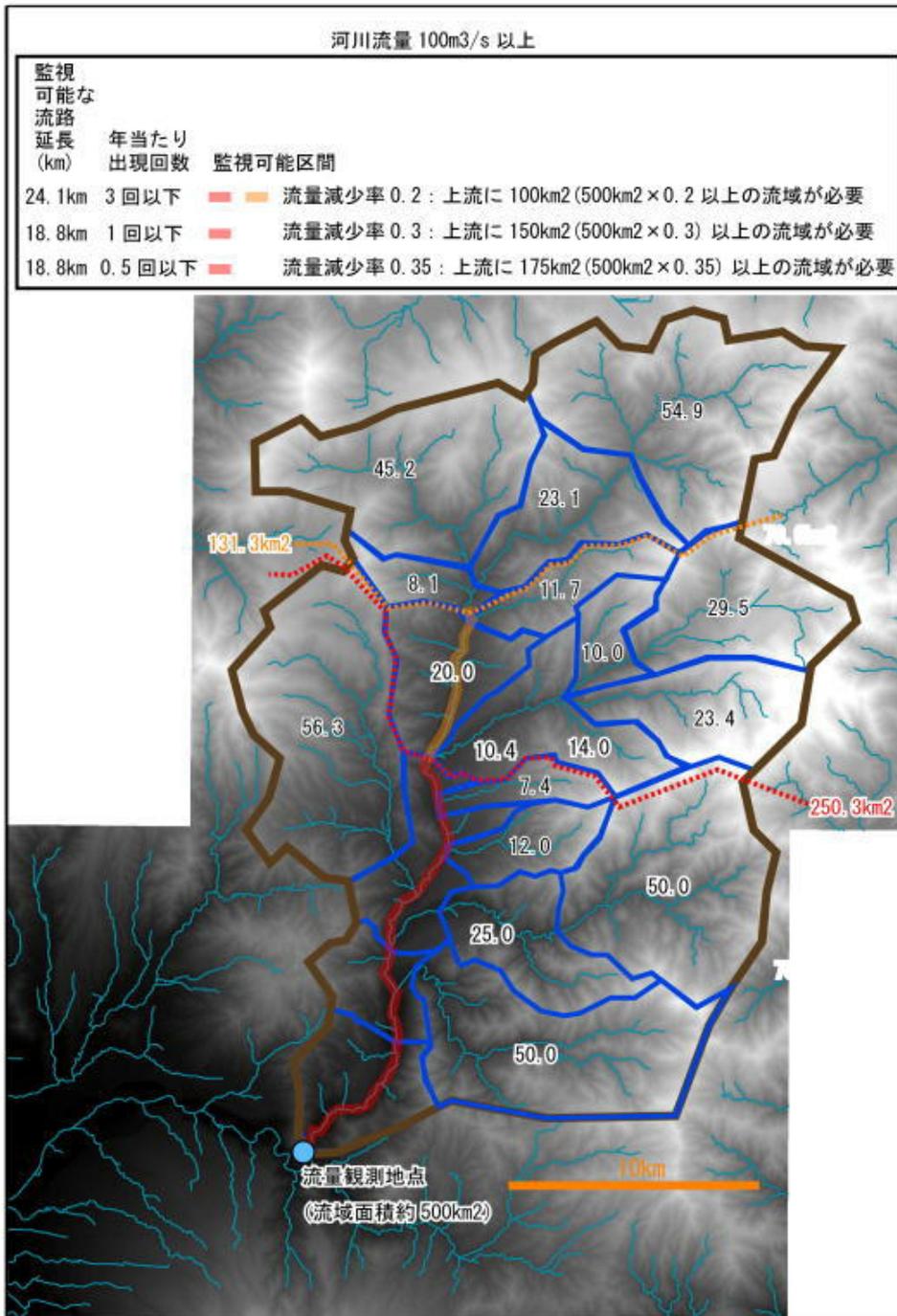


図 17 (b) 「解析時間間隔あたり流量減少率」 毎の監視可能区間の表示例 (減水時、河川流量 100 m³/s 以上、解析時間間隔 60 分の場合)

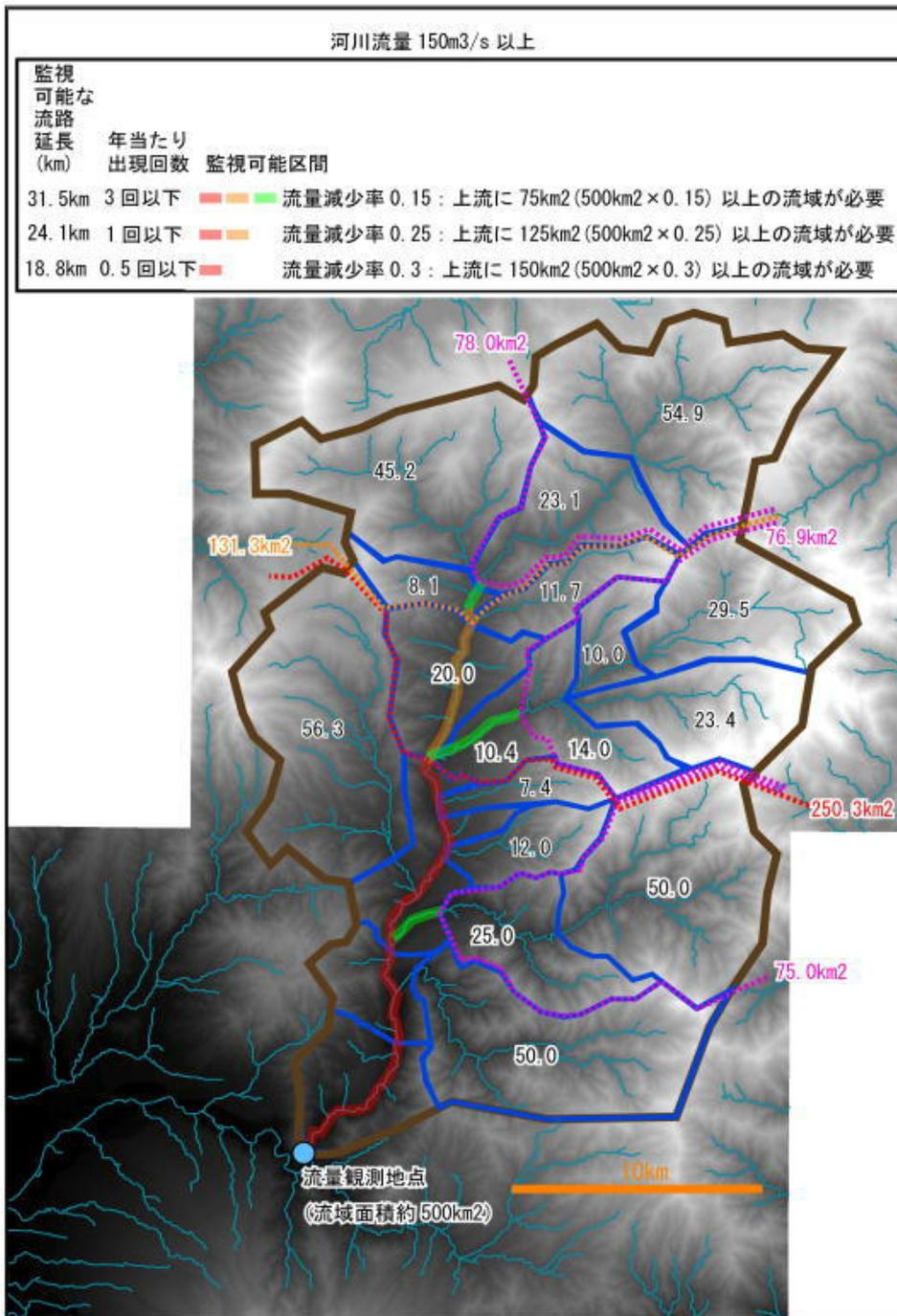


図 17 (c) 「解析時間間隔あたり流量減少率」 毎の監視可能区間の表示例 (減水時、河川流量 150 m³/s 以上、解析時間間隔 60 分の場合)

4.3.2 増水時の監視可能区間の設定

増水時において、限界面積と限界距離から、河道閉塞が形成した場合に河道閉塞の覚知が可能となる河道区間について検討する。

【解説】

監視基準値とする「解析時間間隔あたりの流量減少率」ごとに増水時に発生する河道閉塞について覚知が可能な区間（監視可能区間）を図示する。まず、4.2.2 で設定した増水時における限界面積以上の流域面積を有する河道区間を監視可能区間として抽出する。その上で、4.1 で設定した限界距離以上離れた区間については監視可能区間から除外し、最終的な監視可能区間を設定する（図 16 参照）。監視可能区間を図示した例を図 18 に示す。

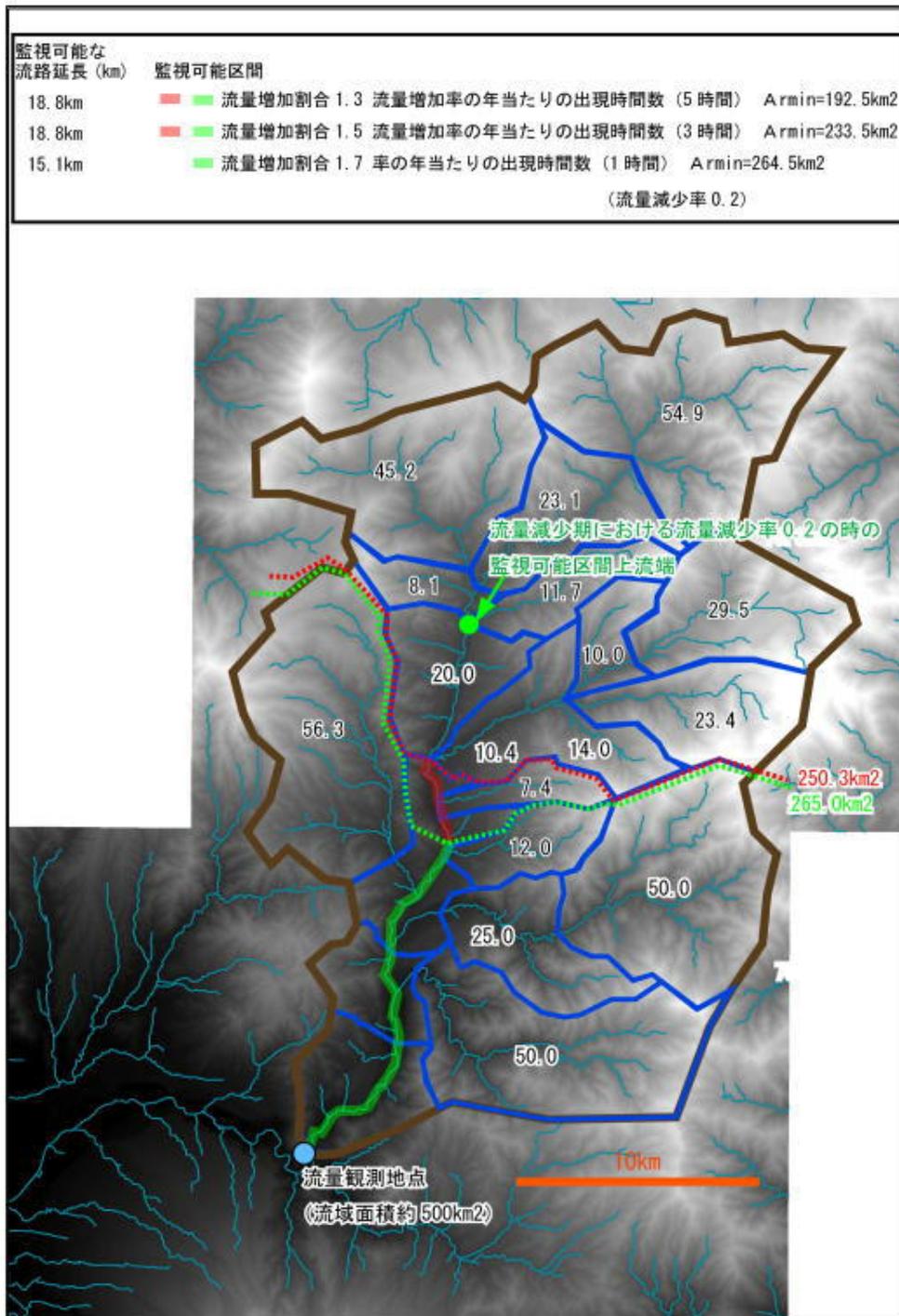


図 18 増水時の監視可能区間の整理イメージ
「増水時、流量 100m³/s 以上、1 時間あたりの流量減少率 0.2 以上」
(※) 設定した監視基準値、流量、流量増加率について必ず図示することとする。