

(52) 岩盤浸透流解析の涵養量の算定について

動力炉・核燃料開発事業団	中部事業所	○中島 誠
動力炉・核燃料開発事業団	中部事業所	斎藤 章
動力炉・核燃料開発事業団	中部事業所	柳澤孝一
埼玉大学 工学部		正会員 渡辺邦夫

Calculation of Recharge on Rock Mass Fluid Flow Analysis

Makoto NAKASHIMA	; Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
Akira SAITO	; Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
Koichi YANAGIZAWA	; Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
Kunio WATANABE	; Saitama University

Abstract

Recently, some projects have been planned to make facilities in deep underground space, because of its superior stable environment. To realise them, a lot of technical problems should be solved. Developing the techniques to evaluate the cavern excavation effect on the hydrological characteristics of rock mass surrounding the cavern, may be one of the most important problems.

Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation has been excavating a shaft 6m in diameter and 150m in depth, and has been investigating changes of hydrological characteristic in situ with a view to understand a movement of groundwater in rock mass surrounding the shaft.

In this study, recharge from unconsolidated formation situated in subsurface zone to rock mass had been calculated in order to decide the upper boundary conditions on rock mass fluid flow analysis. As the result of examination of water balance in subsurface zone, it is calculated that recharge is 207.5 mm/year (0.57 mm/day).

1. はじめに

近年、大深度地下開発に関する大きなプロジェクトが幾つか計画されているが、これらの研究開発課題の一つとして、地下空洞掘削に伴う周辺岩盤の水理学的影響の評価が挙げられる。動力炉・核燃料開発事業団中部事業所では、仕上がり直径6m、深さ150mの立坑を掘削し、実規模の立坑掘削時の周辺岩盤の地下水の挙動の把握を目的とした水理学的状況変化の計測調査を実施している。本報では、岩盤浸透流解析における上部境界条件の設定を目的として行った表層部（未固結層）から下層（岩盤）への涵養量の算定結果について述べる。

2. 立坑掘削に伴う水理学的影響調査解析の概要

立坑掘削による水理学的影響を評価するために、a. 現象の把握（場の理解）、b. 水理地質構造モデルの作成、c. 地下水流動の予測解析、d. 長期観測値との比較検証という一連のシステムの設定を行った。本調査の対象区域は、動力炉・核燃料開発事業団中部事業所・東濃鉱山敷地内の立坑掘削位置を中心とした約300m四方の地域である（図-1）。表層部からの地下水涵養量を推測するため、本地域表層部に広く

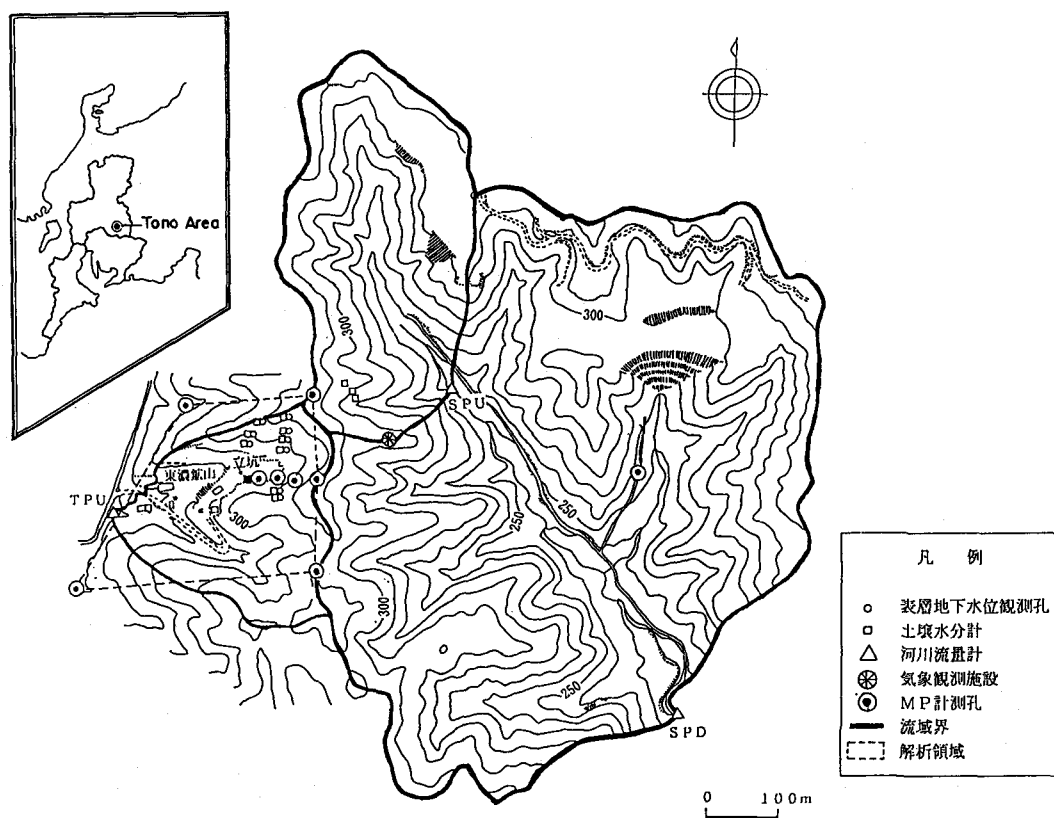


図-1 立坑周辺地下水流動調査位置図

分布する未固結層（瀬戸層群砂礫層）において9箇所、土壌水分計及び自由地下水面観測井を配置し、また、気象観測施設、河川流量観測施設を各1箇所づつ設置して、長期連続観測を行っている。また、岩盤中（瑞浪層群泥岩、砂岩、礫岩及び花崗岩）の水理地質状況を把握する目的で、試錐孔を利用し、岩芯観察、ボアホールテレビによるボーリング孔壁の観察、水理学的な代表点における原位置透水試験を行い透水係数の分布を調査し、さらに試錐孔内に設置されたマルチパッカー方式のケーシング（MPシステム）により層別に止水された各帯水層毎の間隙水圧を計測している。こうして現場計測されたデータは、データファイルに入力され、立坑掘削影響予測解析に活用されている（表-1）。

3. 表層部の水収支の検討と下層への涵養量の算定

解析対象区域内における河川流量観測が開始されて間もないため、調査対象地域の東側に隣接する流域での河川流量観測地点（SPD）の河川流量データを用いて、表層部の水収支の検討を行った。なお、SPDの流域面積は0.535km²である。

表-1 立坑周辺地下水流動調査試験項目

項 目	数 量
①土壌水分調査 イ) 土壌水分計設置 ロ) 土壌水分観測	9箇所×8深度
②表層地下水調査 イ) 試錐、検層 ロ) 地下水位観測システム設置 ハ) 地下水位観測	約30m×9孔 9孔
③河川流量調査 イ) 河川流量計設置 ロ) 河川流量観測	1箇所
④気象観測 イ) 気象観測装置設置 ロ) 気象観測	1箇所
⑤孔内間隙水圧計測及び採水 イ) 試錐、検層 ロ) コア観察 ハ) ボアホールTV観察 ニ) 透水試験 ホ) PS検層 ヘ) MIPシステム設置 ト) MIP計測	130m×1孔, 180m×1孔, 200m×7孔 130m×1孔, 180m×1孔, 200m×7孔 130m×1孔, 150m×1孔, 180m×1孔, 200m×7孔 9孔 200m×2孔 10孔
⑥湧水量調査 イ) 既設坑道湧水量測定 ロ) 新立坑湧水量測定	
⑦地下水流動解析 イ) 3次元地下水流動解析	

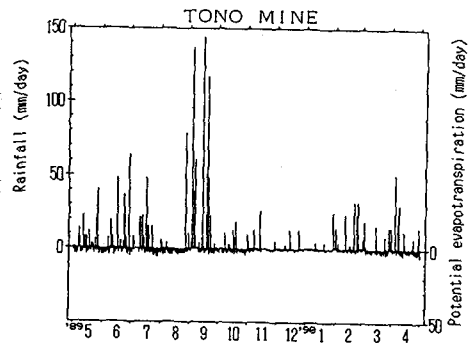


図-2 降水量、Penmanの可能蒸発散量の経年変化

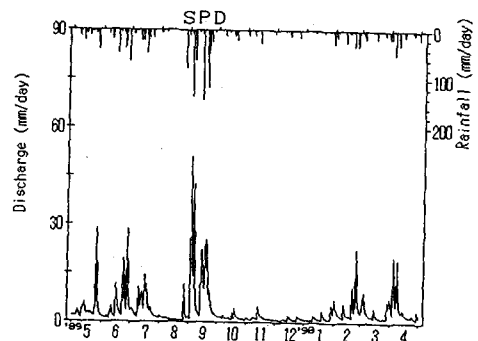


図-3 河川流出高 (SPD) の経年変化

流域における水収支は、次式で表すことができる。

$$P = E + Q + \Delta W + \Delta S + G \quad \dots(1)$$

P : 降水量 (mm)

E : 蒸発散量 (mm)

Q : 河川流出量 (mm)

ΔW : 土壌水分貯留変化量 (mm)

ΔS : 地下水貯留変化量 (mm)

G : 下層への涵養量 (mm)

(1) 式において、一般に水文期間を1年にとれば、その流域の貯留量の変化($\Delta W + \Delta S$)はゼロとして取り扱われることが多い。従って、1年間での水収支を考える場合には、次式が成り立つと考えられる。

$$P = E + Q + G \quad \dots(2)$$

本研究では（２）式を水収支式として考え、
 １９８９年５月から１９９０年４月までの１年
 間について表層部の水収支を検討した。なお、
 降水量については日積算値を、河川流出量につ
 いては日平均値を用いた。

蒸発散量については、気象観測データをもと
 に推定する方法を採用した。Penman（
 １９４８，１９６３）は、「植物で完全に覆わ
 れた地表面に十分に水が供給されている場合に
 失われる蒸発散量」を可能蒸発散量と定義して
 おり、中川（１９７９）は、Penmanの可
 能蒸発散量に０．７を乗じたものを短草植被面
 可能蒸発散量としている。本研究では、植被面
 への水分の供給は十分にされていたと考え、こ
 の短草植被面可能蒸発散量を実蒸発散量とした。
 なお、蒸発散量の算出は、日単位でおこなった。

図－２に降水量とPenmanの可能蒸発散
 量の変化を、図－３に河川流出高の変化を示す。
 日単位で求められた値から、月間合計及び年間
 合計を求めると、表－２のような値が得られた。
 これらの年間合計値を（２）式に代入すると、

表－２ 表層水理観測結果

年	月	降水量 (mm)	Penmanの 可能蒸発散量 (mm)	SPD 河川流量 (mm)
89	5	168.5	66.2	117.8
	6	243.5	71.0	150.7
	7	180.5	70.9	139.0
	8	101.0	86.4	40.3
	9	646.0	52.1	343.5
	10	70.5	59.1	45.1
	11	55.5	27.8	38.2
	12	34.5	21.8	31.8
90	1	42.5	20.0	45.1
	2	144.5	30.3	121.5
	3	110.0	53.0	92.3
	4	147.0	72.2	129.6
計		1944.0	630.8	1294.9

$$\begin{aligned}
 G &= P - E - Q \\
 &= 1944.0 - (0.7 \times 630.8) - 1294.9 \\
 &= 207.5 \text{ [mm/year]} \\
 & (= 0.57 \text{ mm/day})
 \end{aligned}$$

以上の結果から、表層部（未固結層）から下層（岩盤）への涵養量として、 207.5 mm/year （ 0.57 mm/day ）という値が得られた。この涵養量を cm/sec オーダーに換算すると、 $6.6 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ となり、表層部の直下に分布している瑞浪層群泥岩、砂岩の透水係数（ $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ cm/sec}$ ）とほぼ等しい値をとる。このことから、表層部の未固結層から下層の岩盤への地下水涵養は、表層部の直下に分布している層（瑞浪層群泥岩、砂岩）の透水係数とほぼ同じ速度で行われていると考えることができる。

4. おわりに

立坑掘削に伴う水理学的影響調査解析（岩盤浸透流解析）の上部境界条件の設定を目的として、表層部の未固結層での水収支を検討し、以下に示す結果を得た。

- 1) １９８９年５月から１９９０年４月までの１年間の気象観測データ及び河川流量観測データから、年間降水量 1944.0 mm 、河川流出高 1294.9 mm が得られた。また、短草植被面可能蒸発散量、すなわち Penman の可能蒸発散量に 0.7 を乗じたものを実蒸発散量と考え、年間蒸発散量 441.6 mm を得た。

- 2) 上記1)の値をもとに表層部の未固結層での水収支を検討した結果、表層部の未固結層から下層の岩盤への涵養量として、 207.5 mm/year (0.57 mm/day)という値が算定された。
- 3) 今回算定された表層部の未固結層から下層の岩盤への涵養量を cm/sec オーダーに換算すると $6.6 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ となり、表層部の直下に分布している泥岩、砂岩の透水係数 ($10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ cm/sec}$) とほぼ等しい値をとる。このことから、表層部の未固結層から下層の岩盤への地下水涵養は、表層部の直下に分布している泥岩、砂岩の透水係数とほぼ同じ速度で行われていると考えられる。

しかし、今回算定された涵養量は幾つかの仮定の上で求められたものであり、今後、さらに精度良く涵養量を推定するためには、

- ① さらに長期にわたる観測データの蓄積
 - ② 蒸発散量の推定方法の検討
 - ③ 土壌水分及び表層地下水位観測データ等による土壌水分貯留量変化、地下水貯留量変化の検討
 - ④ 表層部の地下水流動特性の把握
- 等が必要であると考えられる。これらについては、今後の課題としたい。

[参考文献]

- 1) 開発一郎(1989): 土壌水の水収支. 気象研究ノート, 167, 91-112.
- 2) 中川清隆(1979): 輪島における熱収支・水収支の気候学的推定. 金沢大学教育学部紀要, 27, 15-25.
- 3) Penman, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc., London, A, 193, 120-145.
- 4) Penman, H. L. (1963): Vegetation and Hydrology. Tech. Common. No. 53, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, England, 124p