

新潟砂丘の水収支 — その1 — *

吉田昭治** · 青木 滋**

Water balance in the Niigata sand dune — Part 1 —

by

Shōji YOSHIDA and Shigeru AOKI

(Abstract)

A portion of the record obtained from a automatic water-level recorders in operation in a shallower well (Yamaguchi's well with depth of 6.58 m) and a deeper well (Asazuma's well with depth of 16.61 m) in the Niigata sand dune is reproduced as Fig 2. Detailed examination of these diagrams shows that the water level in both of these wells recovered from a low stage in summer or fall seasons to a high stage in winter season. The average annual change of water level was 0.81 m in the shallower Yamaguchi's well and was 0.39 m in the deeper Asazuma's well.

The approximate figures of p_a , G and ΔM can be roughly estimated as shown in Table 3 from plotting $(P-E)$ versus ΔH (Fig.5) on the basis of the following equation of water balance ;

$$p_a \cdot \Delta H = (P - E) - (G + \Delta M)$$

in which P is the precipitation on the soil surface, E the evapotranspiration from the soil surface, G the net ground-water outflow, ΔM the increment in soil moisture, ΔH the rise of ground-water level and p_a the air ratio (% by volume). These quantities are expressed as millimeters depth on the water area for some convenient time interval, where the surface outflow is neglected.

い ま え が き

筆者らの一人青木は、鈴木幸治と協力して、昭和46年より主として新潟大学五十嵐キャンパス付近の砂丘地において、井戸の水位観測を実施してきた。観測結果は、新潟大学理学部地盤災害研究施設研究年報第1号～第4号、新潟大学積雪地域災害研究センター研究年報第1号に報告してある。

ここでは、これらの結果の一部を使用して、砂丘地の水収支の検討を行った。

観測に御協力いただいた災害研究センターの鈴木幸治氏に御礼を申し上げる。

* この報文の一部は、昭和50年日本地下水学会において講演したものである(青木 滋・西田彰一・鈴木幸治, 1975)。

** 新潟大学積雪地域災害研究センター

II 解析に使用した観測記録

解析に使用した井戸観測記録は、図-1のうち、山口井戸、朝妻井戸の2ヶ所のもので、井戸諸元は、表-1に示したとおりで、いずれも口径60cmの家庭用井戸(未使用)である。水位観測には、ウイジン社製1ヶ月巻水位計を使用し、観測期間は、山口井戸が昭和46年10月1日より、昭和52年2月28日まで、朝妻井戸が昭和46年5月15日から昭和52年2月28日までである。

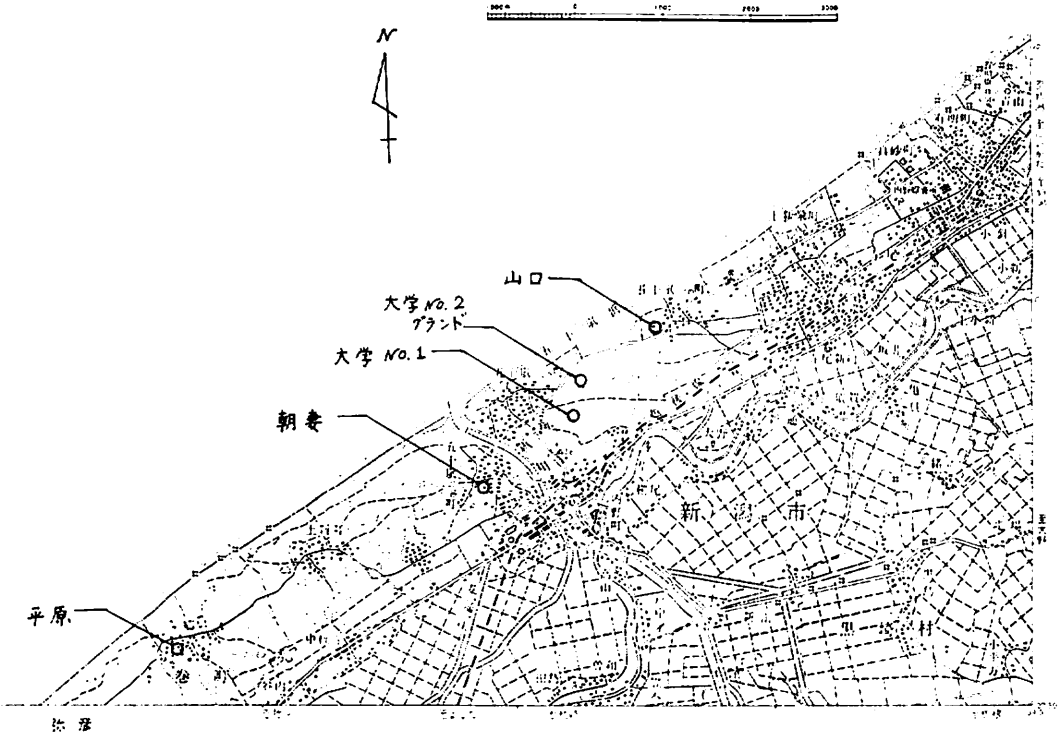


図-1 水位観測井と位置図

Fig.1 Location of observation wells

表-1 観測井

Table.1 Observation wells

住 所	所 有 者	井戸深さ m
新潟市五十嵐一ノ丁	山 口 ム ツ	6.58 m
〃 五十嵐三ノ丁	朝 妻 愿	16.61 m

降水記録は、昭和48年2月までは新潟気象台の記録を、それ以降は、五十嵐キャンパス内(理学部わき)の雨量計の記録を使用した。

III 地下水位変化の特徴

1 年間変化

図-2に、昭和47年から49年までの3年間の3ヶ月平均(季節別)水位変化を示す。これを見ると、両井戸とも一般に、夏季又は秋季に最低水位を示し、冬季に最高水位を示している。各井戸について、昭

和47年から51年までの各年の最高、最低水位を示したのが表-2である。この表からもわかるように、井戸深の浅い山口井戸の水位差は、0.56~1.23 m、平均0.81 mで、井戸深の深い朝妻井戸の水位差は、0.22~0.63 m、平均0.39 mで、井戸深の浅い井戸水位の方が、最高-最低水位の変動幅は大きい。

なお、観測期間中の昭和48年と51年の夏季は、例年にくらべて降水量が少なく、新潟県下の水田で渇水障害が発生した。

そのため、夏季の水位低下がいちじるしいので、この年の水位変動差をのぞくと、山口井戸の水位変動差は、平均0.63 m、朝妻井戸のそれは0.27 mとなる。

2 水位変化と降水量

太平洋側の鹿島砂丘地では、10月に最高水位を示し、2月に最低水位を示す(金子良, 丸山利浦, 1965)。日本海側の砂丘地の水位変動は、上述のようにこれと異なっており両地区の降雨条件の相違を反映していると考えられる。

山口、朝妻両井戸の季節別の平均水位と平

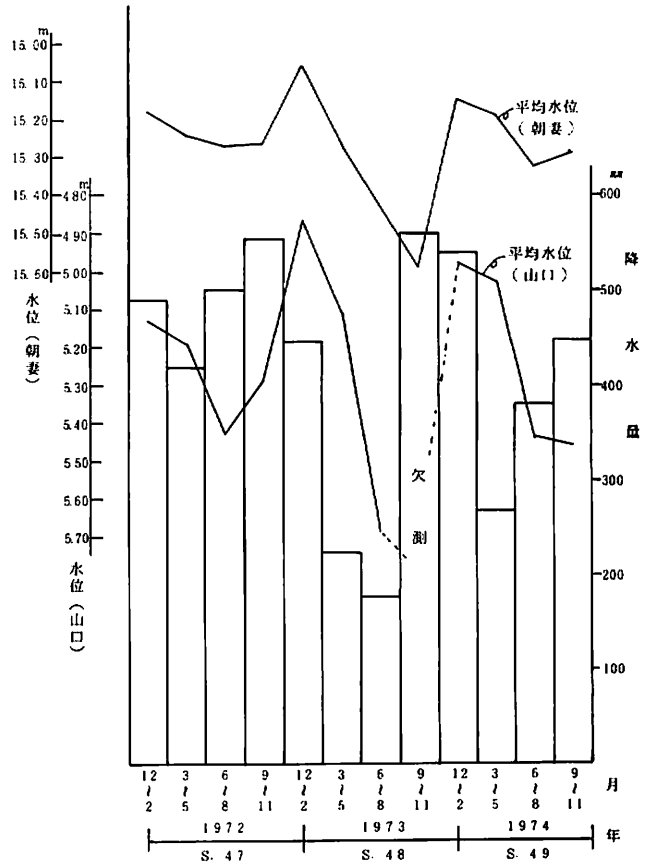


図-2 平均水位と降水量

Fig.2 Average ground water level and amount of rain fall

表-2 最高水位と最低水位

Table.2 Highest and lowest levels of ground water

	昭和47年(月,日)	昭和48年	昭和49年	昭和50年	昭和51年
山口井戸最高水位 m	4.86(12月29日)	4.78(1月20日)	4.88(3月10日)	5.28(3月9日)	4.81(12月31日)
最低水位 m	5.65(8月1日)	6.01(9月1日)	5.69(9月6日)	5.84(7月24日)	5.64(8月1日)
差 m	0.79	1.23	0.81	0.56	0.73
朝妻井戸最高水位 m	15.06(1月26日)	14.99(1月10日)	15.05(2月3日)	15.33(3月10日)	15.00(9月27日)
最低水位 m	15.31(8月21日)	15.62(10月8日)	15.40(9月2日)	15.55(9月9日)	15.51(8月6日)
差 m	0.25	0.63	0.35	0.22	0.51

均降水量(図-2)をみると、水位の変動は、降水量の変化に対して1旬ずつおくれた形で対応している。

また、1回の降水による水位上昇は、山口井戸の方が鋭敏にあらわれており、井戸深の深い朝妻井戸では、あまり顕著でない。

IV 砂丘地の水収支

分水点 $x = 0$ から下流側へ x の点までの区間での水収支を考える (図-3)。

いま, P : 降水量, E : 蒸発量, ΔM : 土湿増加量, ΔH : 地下水位上昇高, G : 地下水流出量とする。これらの量はいずれも T 時間での値とし, 単位は, mm/T 又は cm/T とする。 T には普通日とか月をとる。 ΔH と ΔM は, $0 \sim x$ 区間での平均値とする。 G については, 点 x の断面における T 時間での地下水流動量を $Q\text{cm}^3/T$ とすると,

$$G = Q/x \dots\dots\dots(1)$$

となる。

砂丘地の特性を考慮して, 表面流出がないものとする, $0 \sim x$ 区間での水収支式は,

$$P - E = \Delta M + p_a \cdot \Delta H + G \dots\dots\dots(2)$$

である。ただし, p_a : 容気率

上式(2)は, 金子・丸山 (1965) によるものであるが, ここでは, 金子らのように, 各量を詳細に求めないで, 簡単な方法 (吉田, 1972) で, p_a や G の概略値を求める。

すなわち, (2)式を変形して

$$p_a \cdot \Delta H = (P - E) - (G + \Delta M) \dots\dots\dots(3)$$

とし, これに収支期間を月にとって, ΔH , P , E の観測データを入れて, 図-4のようにグラフ化する。縦軸を, ΔH , 横軸を ($P - E$) とすると, パラメータは, ($G + \Delta M$), 勾配が $1/p_a$ となる。

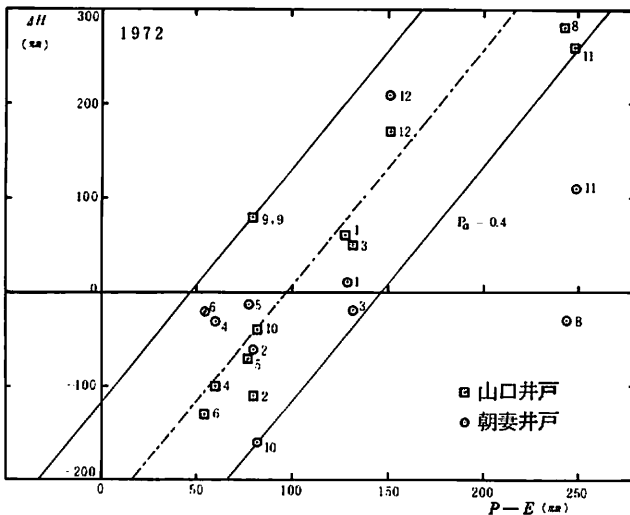


図-4-1 $\Delta H \sim (P - E)$ のプロット
Fig.4-1 $\Delta H \sim (P - E)$ plots (1972)

データは, 勾配が $1/p_a$ に平行な 2 直線の間分布するが, この 2 直線の幅は ΔM の正負の変動を示し, この 2 直線の中線の横軸との交点が平均的な G の値を示すものと考えられる (図-5)。ただし, 降雨量が大きいため表面流出があるときのみは, この直線の外にはずれるものとした。 G は, 直接的には地下水位によって, またこれに影響を及ぼす「降雨量-蒸発量」ならびに ΔM に強く影響する降雨パターンなどによって変動し, 一定の値をとらない。しかし, 砂丘地のように地形にほぼ対応した凸型の地下水面を形成する場合には, 常に正の値であり, ΔM のように正・負にわた

って変動しないので, ΔM にくらべれば, ほぼ一定の値をとると考えられる。

以上のように, あらい前提に立って(3)式から, p_a , G , ΔM の概略値を同時に求めるのが, この方法

の特徴で、結果を表-3に示す。ここで容気率 p_a は、図-4-1~3で分かるように、0.40とすると、どのデータもよく説明がつくと思われる。この0.40の値は、平均砂丘地で実測された容気率(金子, 1954) 0.35~0.40の上限値に相当しているが、その範囲に入っていることから、ほぼ妥当な値とみなされよう。この点については今後さらに実測によって確かめたい。

なお、計算にあたっては、つぎのような仮定をもちいた。

1. 季節別(3ヶ月間)の G の平均的な値は、金子ら(1965)にならって地下水位の高さに比例するものとして求める。

2. 井戸で観測された地下水位 H と水位変化 ΔH はそれより上流側の H と ΔH の平均値を表わすものとした。

3. 地下水流出量 G は、その年の降雨特性(降雨量, 降雨パターン)によって異なると考えて、年別に求めた。

4. 蒸発散量 E は、蒸発計蒸発量と

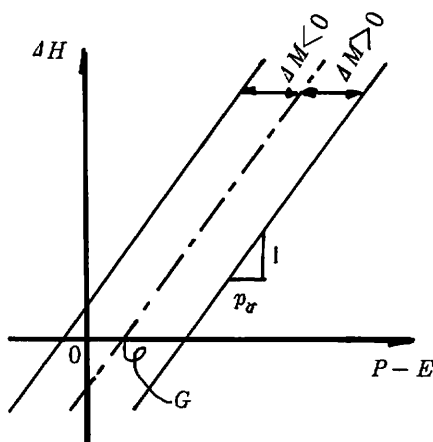


図-5 $\Delta H \sim (P-E)$ プロットによる ΔM , G , p_a の求め方

Fig.5 Schematic diagram to determine ΔM , G and p_a by $\Delta H (P-E)$ plots

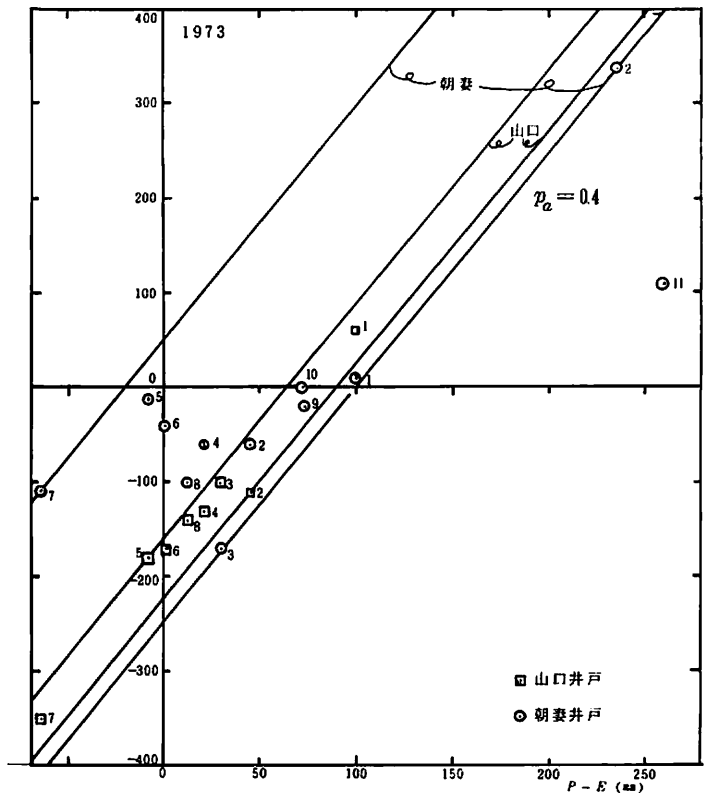


図-4-2 $\Delta H \sim (P-E)$ のプロット

Fig.4-2 $\Delta H \sim (P-E)$ plots (1973)

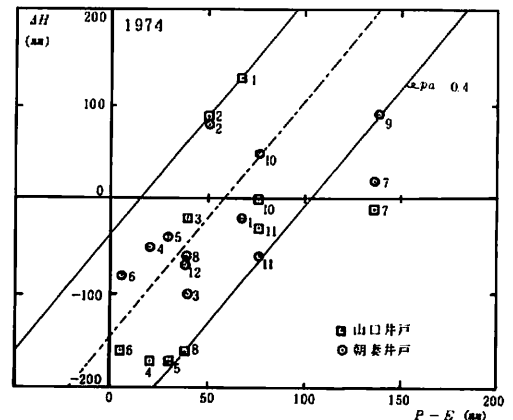


図-4-3 $\Delta H \sim (P-E)$ のプロット

Fig.4-3 $\Delta H \sim (P-E)$ plots (1974)

表-3 土湿変化 2|ΔM|と地下水流出量G

Table.3 Change of soil moisture content (2|ΔM|) and ground water outflow (G)

年	季	山 口 井 戸				朝 妻 井 戸			
		H_0 (m) * (平均地下水位)	2 ΔM (mm/月)	G_0 (mm/月)	G^{**} (mm/日)	H_0 (m) (平均地下水位)	2 ΔM (mm/月)	G (mm/月)	G (mm/日)
1972		5.22	99	97	3.23	15.23	83	105	3.50
	3~5	5.21		97	3.2	15.25		106	3.5
	6~8	5.47		92	3.1	15.27		106	3.5
	9~11	5.21		97	3.2	15.27		106	3.5
	12~2	5.88		85	2.8	15.06		108	3.6
1973		5.46	20	77	2.57	15.34	121	40	1.33
	3~5	5.18		81	2.7	15.31		40	1.3
	6~8	5.79		72	2.4	15.49		40	1.3
	9~11	欠		-	-	15.57		39	1.3
	12~2	4.97		84	2.8	15.10		41	1.4
1974		5.26	89	58.5	1.95	15.25	84	60	2.00
	3~5	5.10		60	2.0	15.23		60	2.0
	6~8	5.49		56	1.9	15.36		60	2.0
	9~11	5.42		57	1.9	15.30		60	2.0
	12~2	5.42		57	1.9	15.38		60	2.0

* 平均地下水位 H_0 は単純に月末の地下水位の算術平均をとった。

** $G = \frac{G_0}{H_0} (2H_0 - H)$ による。

表-4 計算に用いた蒸発散量

Table.4 Evapotranspiration used in calculation

月	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
蒸発散量 mm/日	1.5	1.5	2.0	2.0	2.3	2.5	2.2	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0

の比率で求める方が好ましいが、データがないので、金子(1954)の新潟県築地砂丘における研究を参考にして、気象条件によらず、表-4の値を用いた。

但し、7月については、無降雨日数20日以上の場合は、2.5mm/日とした。

文 献

- 金子 良(1954)：砂丘地における地下水位変化の解析，農業土木試験場研究報告，22-1，22-35。
 金子 良・丸山利浦(1965)：鹿島南部地域における水収支と地下水，農業土木学会論文集，12，30-36。
 吉田昭治(1972)：裏日本砂丘地の水収支，農業土木学会誌，40-3，164-166。