

出島村における水資源と水利用

新 見 治

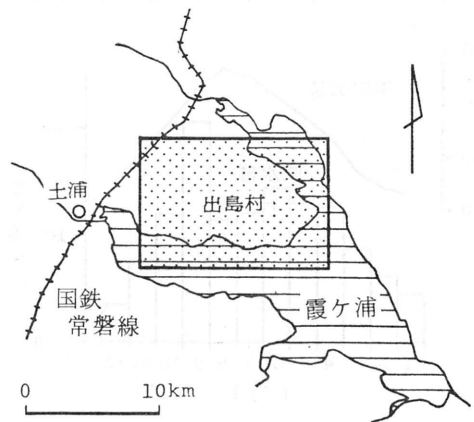
I はじめに

水は、人間活動にとって不可欠な物質の一つであり、近年水需給の逼迫にともない、「水資源」として強く認識されるようになってきた。また、水は大気や土壌とともに環境を構成する主要な要素でもある。梶根(1977)¹⁾は、「水資源の開発とは……(中略)……自然の水循環系の中へ利水システムをはめ込むことにほかならない。うまい利水システムとは、安全で永続的な水利用を可能ならしめるようなシステムのことであり、それはその土地の条件に合致したものでなければならない。したがって利水に当っては水循環の実態を良く把握しておく必要がある。」と述べている。

本稿は、適正な水資源の管理のためには、水資源の賦存状態と現実の水需要構造についての的確な認識が不可欠であるとの視点から、出島村における水資源と水利用の実態を明らかにするものである。このため、既存の諸資料を収集・整理するとともに、水利用に関するアンケート調査・水道水の使用量調査を実施し、これらの資料を分析する。

出島村は、茨城県の霞ヶ浦北岸の半島部に位置し、その陸地面積は70.51km²である(第1図)。現在の出島村は、1955年2月に旧6ヶ村—下大津村・美並村・牛渡村・佐賀村・安飾村・志士庫村—が合併・成立したものである。その人口は18,081人(1978年10月1日)で、産業別就業の状況は、第1次産業55.2%、第2次産業20.7%、第3次産業23.9%である(1975年国勢調査)。

1978年における経営耕地は3,217haで、その内訳は、田1,522ha、畑1,007ha、果樹園(主に



第1図 調査対象地域

栗)427ha、桑園178haである。畜産の現況をみれば、豚29,740頭、乳牛2,501頭、肉用牛1,247頭で、他に鶏・ブロイラーの飼育も多い(1978年)。また、工業については、1977年において工場数70、製造品出荷額は216億円である。

地形的には、出島村は、常総台地の一部である25~30mの高度をもつ出島台地と霞ヶ浦湖岸の1~3mの沖積低地から構成されている。そして、一ノ瀬川(流長15km、流域面積28km²)・菱木川(12km、24km²)が、出島台地を樹枝状に開析し、霞ヶ浦に流入する。

II 出島村の水資源

水収支式は、対象とする地域および期間によっ

て異なるが、一般には次式で表わされる。

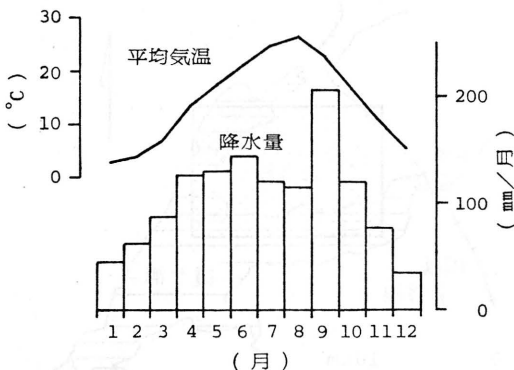
$$P = E + R + \Delta S \quad (1)$$

ここで、 P は降水量、 E 蒸発散量、 R 流出量、 ΔS その地域の貯留量変化である。水収支期間として長期間を考えれば、 ΔS は無視することができ、(1)式は次のようになる。

$$P = E + R \quad (2)$$

以下、各水収支項の値を推定することとする。

第2図は、出島村牧之内における気温および降水量(P)を示したものである。観測期間は、



第2図 出島村の気温・降水量(1973～1978年)

(出島村役場資料より作成)

1973～1978年の6年間と短いですが、土浦における1965～1976年の12年間の値と比べても著しい差異はない。年平均気温は14.3℃、年降水量は1,292mmである。また年による降水量の変動は、灌漑期(5～9月)、とくに8月に著しく大きい。

可能蒸発散量は、気温の関数として求められるソーンスウェイトの方法(市川, 1973)²⁾によれば、794mm/年と推定される。また、ペンマンの方法により求められた関東平野における可能蒸発量の分布図(関東地方建設局, 1974)³⁾によれば、1961～1970年の値として約750mm/年と推定される。

以上の概算によれば、出島村の水収支は、次のように推定される。すなわち、年降水約1,300mmのうち、約700mmは蒸発散によって失なわれ、

残りの600mmの一部が直接流出として河川に流入し、残りは地下水をかん養している。

野口(1973)⁴⁾は、1967～1970年に出島台地の水収支調査を実施し、直接流出は全降雨の10～20%であることを示した。ここで、直接流出率を15%とするなら、直接流出は200mm/年となり、残りの400mm/年が地下水をかん養し、基底流出として徐々に河川に流出する。また、茨城大学農学部霞ヶ浦研究会(1977)⁵⁾は、1973年6月～1975年2月の隔月に1回、大雨直後をさけ、平常の状態で流量測定を実施した。その結果を流出高に換算すれば、一ノ瀬川で約550mm/年、菱木川で約400mm/年となる。これらの河川は、灌漑期には浅層地下水と霞ヶ浦を水源とする出島用水の還元水によって養なわれ、非灌漑期には浅層地下水によってのみかん養されている。それゆえ、出島村内における利用可能な水資源の量は、地下水かん養量または基底流出量である約400mm/年と考えられる。

霞ヶ浦は、面積167.7km²、最大深度7.3mの日本第2の湖沼で、湖沼型としては富栄養湖に分類される(東京天文台, 1979)⁶⁾。1,950km²の流域面積をもつ霞ヶ浦流域には、年間26億m³の降水があるが、このうち14億m³が蒸発散により失なわれ、残りの12億m³が約50の中小河川を経て霞ヶ浦へ流入する。これに湖面への降水3億m³と蒸発2億m³との差を加えた13億m³が太平洋へ流出するとされている(茨城大学農学部霞ヶ浦研究会, 1977)⁷⁾。この流出量が霞ヶ浦における利用可能量に相当すると考えられる。

出島村南部の湖岸地域にみられる露頭では、一般に、礫交りの灰色の中粒砂の固結した砂層である菟層の上に、細・中粒砂からなる成田層下部層、中粒砂からなる成田層上部層、1～5mの厚さを持ち褐色の細礫を含む砂層である竜ヶ崎砂礫層、0.5m程度の灰色の常総粘土層、さらに1～3mの厚さの関東ローム層と続いている(大山・蜂須, 1977; 大森・蜂須, 1979)^{8) 9)}。出島台地上の浅層地下水は、竜ヶ崎砂礫層を主な帯水層とし、

その地下水面の標高は14~24mで、井戸の深さは6~10mのものが多く、一方、沖積低地の浅層地下水は沖積層砂層部を帯水量とし、地下水面標高は0.3~3m、井戸の深さは2~6mである。水質的には弱酸性から中性(pH 5.8~7.1)で、電気伝導度は200~740 μ mho/cmと高く、汚染されている地下水もある(野口, 1973; 出島村, 1976) 10) 11)。

出島村村営水道第1号井(出島台地上西成井, 地盤標高26.4m, 井戸深度153m)の地質柱状図から、深層の地質をみれば、およそ-25~-40mと-75~-90mに粗砂・礫層があり、主要な帯水層である。他は、細砂・砂質粘土・粘土層である。これは他の井戸においても同様である。多くの深井戸は複数の帯水層から揚水しており、連続揚水試験により得られた透水係数の値は、 $1.1 \times 10^{-3} \sim 3.4 \times 10^{-2}$ cm/secである(出島村, 1976) 12)。また、水道第1号井において、地下水位の変化をみれば、さく井時(1962年11月)における静水位(揚水をしない時の地表面から地下水面までの深さ)は20.8m(水面標高5.6m)であったが、1974年以降著しい水位の低下傾向はみられず、1979年6月においては25.0m(標高1.4m)であった。ただし、夏期においては2~3mの水位低下が生じるが、これは農業用深井戸による揚水の影響と考えられる。他の深井戸においても地下水位に著しい低下傾向はみられず、水面標高0mを下回るような揚水はなされていないものの、新規に大規模な深層被圧地下水の開発をすることは、水文環境の保全のため期待できない状態にある。

Ⅲ 出島村の水利用

Ⅲ-1 水利用の概要

水利用の分類のしかたは様々であるが、ここでは用途にもとづいて、農業用水、家庭用水、公共



第3図 出島村における水利用の概況
(浅層地下水は除く)

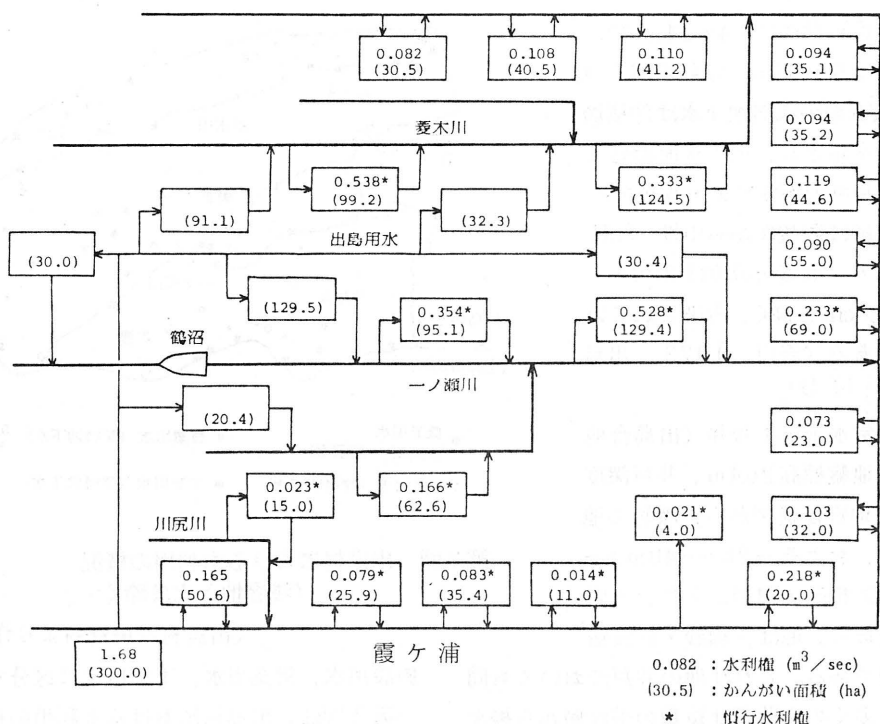
(出島村役場資料より作成)

施設用水、営業用水、工業用水に区分する。

第3図は、出島村における水利用の概況を示したものである。用途別水利用の詳細については後述するが、その概要は次のとおりである。農業用水の主水源は霞ヶ浦・河川水であり、地下水は補助的な水源である。家庭・公共施設・営業用水は主として深層地下水を水源とする村営水道に依存するが、工業用水では、各々の工場による深層地下水の利用が主である。

Ⅲ-2 農業用水

1978年農業基本調査によれば、出島村の水田総面積は1,521haであるが、このうち地表水を水源とするものは1,369haで、残りの水田は地下水と溜池に依存していると考えられる。第4図は、地表水を水源とする農業用水の用排水システムを表わしている。村内における農業水利権は39件、5,051 m^3/sec で、その灌漑面積は1,368.8haである。水源別内訳は以下のようなものである。霞ヶ浦を水源とする団体は17で、その最大水利権は3,201 m^3/sec である。従来は慣行水利権であったものが、圃場整備事業の進展とともに、許可水利権へと変更され、現在、許可水利権は11件、2,553 m^3/sec で、その灌漑面積687.7ha、慣行



第4図 出島村における地表水を水源とする農業用排水システム

(出島村役場農地課資料より作成)

水利権は6件、 $0.648 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 165.3 ha である。出島用水は、1949年着工、1966年に完成した大規模な農業用水システムで、その取水地点は土浦市田村にあり、水利権は最大 $1.68 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。また、河川を水源するものはすべて慣行水利権で、22件、 $1814 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 516 ha である。

農業用浅層地下水の利用状況は1974年度に調査されたが、データの得られなかった集落もあり、確認された井戸は524本であった。その約90%は水田灌漑用であり、畜産・果樹園・園芸用にも利用されている。地域的にみれば、下大津地区や安飾地区に多い。この調査にもとづけば、出島村には700~800の農業用浅井戸があると推定される。また、農業用深井戸は、第3図に示したように、下大津地区(梨の灌漑)や佐賀地区の出島台地(水田灌漑)に多い。

出島村における農業用水システムは、4つに大別される。すなわち、(1)霞ヶ浦を水源とし出島台

地の水田を灌漑する出島用水、(2)河川の自然流量と出島用水の還元水を水源とし、河岸低地の水田を灌漑する用水システム、(3)霞ヶ浦を水源とし湖岸低地の水田を灌漑する用水システム、(4)地下水などを水源とする小規模な用水システムである。

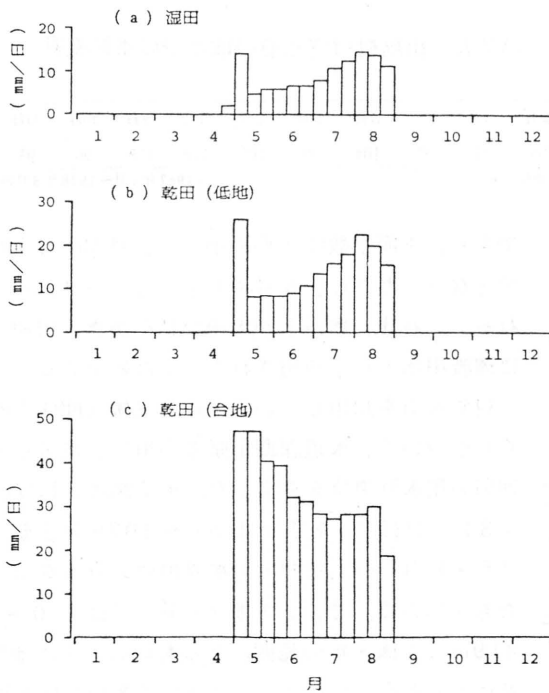
農業用水需要の季節的变化を明らかにするため、揚水ポンプの運転時間や消費電力量から各月の需要量の比率を推定した。その結果を、第1表に示した。水利団体によっては差異があるものの、一般的には5月と8月にピークをもつ変化パターンを示している。ただし、干ばつのあった1978年7・8月には、農業用水の需要は著しく増大した。この変化パターンは、出島村において実測された水田の単位用水量(減水深)の変化パターン(第5図)とよく一致する。また、出島村における田植の時期が5月上・中旬に集中していることを考えれば(関東農政局、1976)¹³⁾、5月のピークはしろかき、田植期に、8月のピークは幼穂形成・

第1表 農業用水（灌漑用水）の需要の変化

土地改良区・水利組合	1977年							1978年							水 源
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
出島・第1機場	2	35	23	23	14	3	-	1	29	21	23	25	1	-	霞ヶ浦
出島・第5機場	-	22	21	21	21	17	-	-	23	19	21	19	18	-	地下水
平 尻	-	21	15	1	17	34	12	-	1	13	23	33	30	0	霞ヶ浦
加 茂 東 部	1	24	39	16	15	4	-	1	11	19	18	28	22	-	地下水
沢 沢	-	-	-	-	-	-	-	1	26	15	25	23	32	-	地下水
水 ノ 口	-	11	7	28	31	16	9	-	9	11	23	32	17	7	霞ヶ浦
坂 湖 岸	1	24	22	15	20	10	8	2	19	20	16	25	15	3	霞ヶ浦
折 本	-	42	35	5	16	2	-	0	22	23	20	30	5	-	地下水
牛 渡	6	34	18	14	23	4	-	7	25	22	22	21	4	-	霞ヶ浦
計 { 平均	1	27	23	15	20	11	4	1	18	18	21	26	14	1	
標準偏差	(2)	(9)	(10)	(8)	(5)	(10)	(5)	(2)	(9)	(4)	(3)	(5)	(9)	(2)	

単位：％

(各土地改良区・水利組合の資料より作成)



第5図 水田の単位用水量（減水深）の旬別変化

(出島村役場資料より作成)

出穂開花期に相当している。

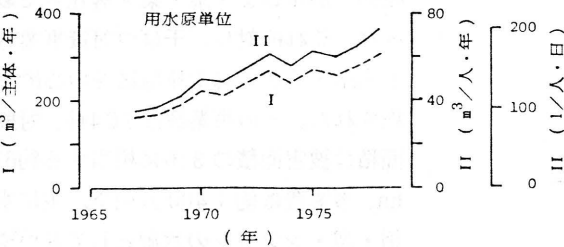
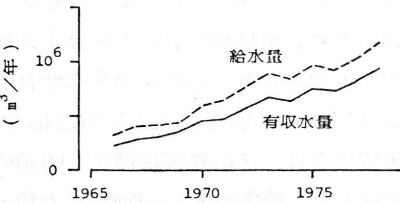
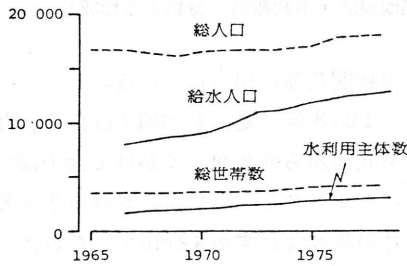
1978年の夏、わが国では広く、九州北部から東北地方にかけて大干ばつにみまわれた。出島村における7・8月の降水はわずか44mmで、これは1973～1978年における平均値235mmの19%である。このような異常少雨のため、出島村においても農業の被害が大であった。出島村の全作付面積3,211haの61%にあたる1,963haが被害をうけ、その被害総額は11.9億円に達した。被害の著しい作物は、水稻・陸稲・かんしょ・梨・栗・落花生であった。これに対し、干ばつ対策事業も下大津・美並・志士庫地区を中心に実施された。その事業数は104件、対象面積は被害面積の3%に相当する約61ha、事業費は約1,400万円で、主に水稻・梨・レンコンの水源として井戸やポンプの新設をおこなった。

Ⅲ-3 家庭用水

1970年農林業センサスによれば、

出島村の全集落80のうち、飲料水を上水道・簡易水道に依存しているのはほぼ4/5で、他は地下水を利用している。水道事業は深層地下水を水源としており、出島村村営水道（水源は4つの深井戸、1979年7月の調定2,616件）、広域簡易水道下大津（深井戸1,339件）、同柏崎（深井戸1,135件）があり、他にも簡易水道や小規模水道がある。（第3図）

第6図は、出島村村営水道事業の推移を示したもので、給水は1961年に開始している。水利用主体数、給水人口ともに、1966年度末（1967年3月）の1,750件、8,045人から、1978年度末には3,063件、12,906人に増加した。一方、給水量、有収水量も、1966年度の320,903 m^3 、229,125 m^3 から、1978年度には1,171,279 m^3 、



第6図 出島村村営水道事業の推移

（出島村役場水道課資料より作成）

928,124 m^3 へと増大した。さらに、用水原単位は、1967年度には158.9 m^3 /主体・年、35.0 m^3 /人・年（すなわち96 l /人・日）であったのが、1978年には307.8 m^3 /主体・年、72.7 m^3 /人・年（199 l /人・日）へと倍増した。しかし、1971・74・76年度には、用水原単位は前年度に比べ若干の減少がみられる。一般に、ある年度の用水原単位は、その年度の水使用量（有収水量）を水利用主体数または人口で除した値として示される。従来、水利用主体数・人口として年度末の値がとられてきたが、これは適切でない。ここでは、年度初と年度末の平均値を用い、用水原単位を算定した。

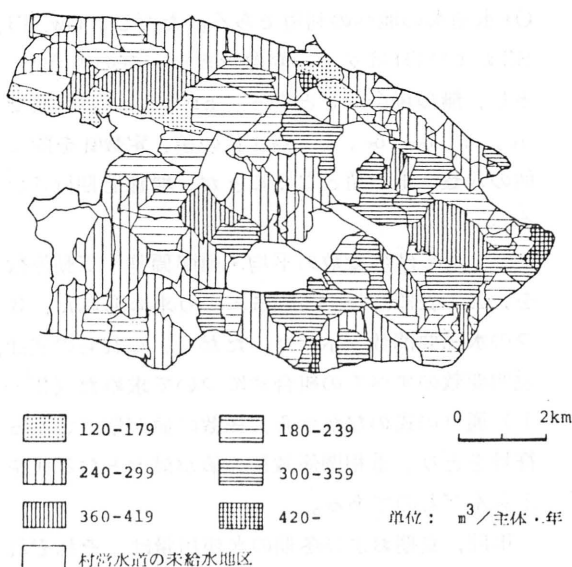
村営水道の需要の季節変動特性を明らかにするため、連環比率法（竹内、1971）¹⁴⁾によって、季節指数を算定した。なお、分析に用いたのは、1967年4月～1978年8月の月取水量の時系列データである。第2表は、その結果を示したもの

第2表 出島村村営水道の取水量の季節変動

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
季節指数	92	95	97	97	104	99	109	120	108	96	93	90
単位：%	(1967年4月～1978年8月の月取水量)											

であり、季節指数は冬期に小さく、夏期に大きな値となる。ただし、5月にも小さなピークがみられる。これは、水道水が水田のしろかき・田植期に灌漑用水として利用されているためである。

村営水道を利用している水利用主体（団体を除く）について、水道課調定原票を用い、地区別・期別の用水原単位を算定した。第7図は、1978年3期（ほぼ7・8月に相当）～1979年2期（5・6月）の1年間の用水原単位の分布を示したものである。2、3の地区を除いては120～419 m^3 /主体・年の範囲にあるものの、その地域差は大である。これは、家庭外で営業用や農業用に使われる水も含めて、用水原単位が算定されているためと考えられる。また、第8図は、同期間における期別用水原単位の変動係数（標準偏差を



第7図 用水原単位の分布

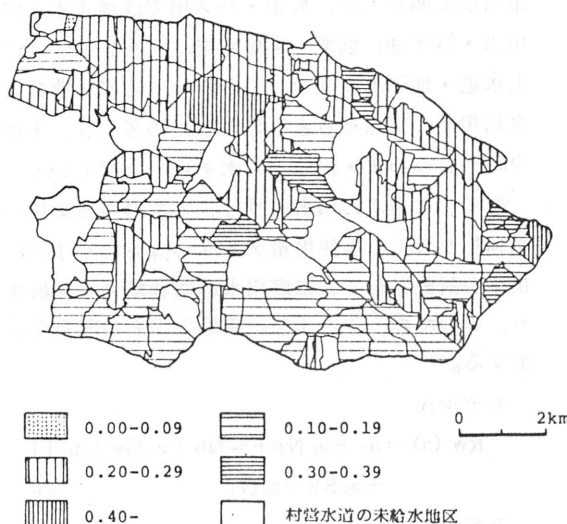
(1978年7・8月～1979年5・6月)
(出島村役場水道課調定原票より作成)

平均で除した値)の分布を表わしている。一般に、変動係数は0.10～0.29の値であり、地域的には、南部の下大津・牛渡地区で水需要の季節変動は小さい。

次に、家庭における水利用の実態を明らかにするため、新見(1977)¹⁵⁾とはほぼ同じ方法により、アンケート調査と水使用量調査を実施し、得られた資料を分析した。アンケート調査は、南中学校および北中学校の生徒の家庭を対象に1979年7月に実施し、433世帯から有効な回答を得た。また、村営水道を利用している家庭については、1978年1期(3・4月)～1979年2期(5・6月)の期別水使用量を、水道課調定原票から転記した。

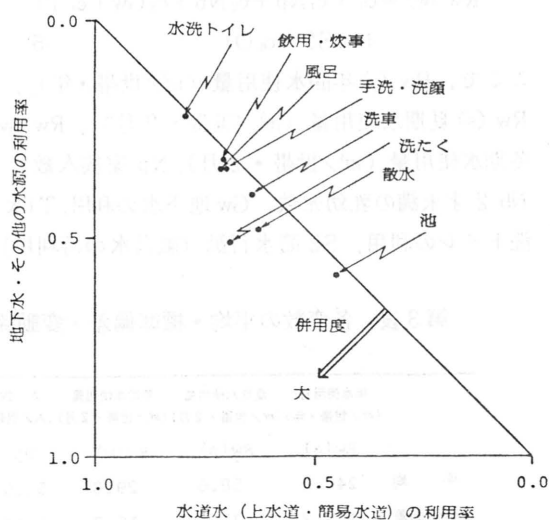
443世帯についての家庭水利用実態調査の主な結果は以下のとおりである。平均水使用量は、年間276.1m³/世帯・年、夏期66.2m³/世帯・2月、冬期33.6m³/世帯・2月である。夏期の水使用量は冬期の約2倍、世帯間での水使用量の差異も変動係数0.7と大である。これは、営業用や農業用に水を利用している家庭を含むためと思われる。家族人数は平均5.26人/世帯で、2才未満の

乳幼児のいる家庭はわずか2世帯である。また、職業別には農家が60%、非農家が40%である。水源別には、水道水の利用率は70%強、地下水の利用率は約35%である。水洗トイレの利用率は約17%であり、庭への散水、洗車、池はそれぞれ80%、60%、12%の家庭で利用されている。用途別の水源への依存度を表わしている、第9図



第8図 用水原単位の変動係数の分布

(1978年7・8月～1979年5・6月)
(出島村役場水道課調定原票より作成)



第9図 家庭用水の用途別の水源への依存度

によれば、一般的には水道水への依存度が高いものの、池・庭への散水・洗車などの屋外用水では、地下水への依存度は、屋内用水に比べ高い。今後、導入が予定される水利用機器は水洗トイレで、他の水利用機器の導入の可能性は低い。また、将来の水源としては、多くは上水道に依存するとしながらも、地下水利用を考えている家庭も多い。農業用水に関しては、水田・ハス田では地下水・河川水・霞ヶ浦、畑地・果樹園では天水、畜産では上水道・地下水に依存している。さらに、農業用水利用上の支障ありと答えたものの多くは、干ばつ時やしらかき・田植期の水不足をあげている。

次に、水道水の給水を受け、営業用や農業用の水利用がなく、水使用量データの得られた160世帯を対象として、家庭用水の需要構造を分析する。このため、次の3つの線形の水需要関数を設定する。

モデルA

$$Rw(a) = a_0 + a_1 Np + a_2 Nb + a_3 Gw + a_4 Tl + a_5 S2 + a_6 Ot \quad (3)$$

モデルB

$$Rw(s) = b_0 + b_1 Np + b_2 Nb + b_3 Gw + b_4 Tl + b_5 S2 + b_6 Ot \quad (4)$$

モデルC

$$Rw(w) = c_0 + c_1 Np + c_2 Nb + c_3 Gw + c_4 Tl + c_5 S2 + c_6 Ot \quad (5)$$

ここで、 $Rw(a)$ 年間水使用量 (m^3 /世帯・年)， $Rw(s)$ 夏期水使用量 (m^3 /世帯・2月)， $Rw(w)$ 冬期水使用量 (m^3 /世帯・2月)， Np 家族人数， Nb 2才未満の乳幼児数， Gw 地下水の利用， Tl 水洗トイレの利用， $S2$ 節水行動（風呂水の再利用），

Ot 水道水の池への利用である。ただし、 Gw , Tl , $S2$ および Ot はダミー変数であり、有の場合は1とし、無の場合は0とする。 a_i , b_i , c_i は係数で a_3 , a_5 , b_3 , b_5 , c_3 , c_5 は負の値、定数項を除く他の係数は正の値となることが、理論上期待される。

第3表には各変数の平均・標準偏差・変動係数を、第4表には最小自乗法により求められた、3つの水需要関数を示した。ただし、これらの式は、説明変数のすべての組合せについて求めた ($2^6 - 1$) 通りの式のなかから、係数の値が期待される符号をとり、重相関係数 R の値が最大となる式を選んだものである。

年間、夏期および冬期の水使用量は、それぞれ平均 $244.1 m^3$ /世帯・年、 $58.6 m^3$ /世帯・2月、 $29.8 m^3$ /世帯・2月であり、これらの標準偏差・変動係数も第8表の値に比べれば、小さな値である。家族人数、乳幼児数の平均は、それぞれ5.05人/世帯、0.01人/世帯である。何らかの用途に地下水を利用している家庭は26%であり、水洗トイレの利用、風呂水の洗濯や散水への再利用、および水道水を池に利用している家庭は、それぞれ16%、20%、7%である。また、1人当たり水使用量は $48.3 m^3$ /人・年 ($132 l$ /人・日)で、1978年度村営水道における用水原単位 $72.7 m^3$ /人・年 ($199 l$ /人・日)の2/3にあたる。

導びかれた水需要関数の標準回帰係数の絶対値の大きさから、主要な水需要因子をみれば(第5表)地下水の利用 Gw ,家族人数 Np ,水洗トイレの利用 Tl ,池への水道水の利用 Ot である。また、家族人数に関する水需要の平均弾力性は、年間で0.42夏

第3表 各変数の平均・標準偏差・変動係数

	年水使用量 (m^3 /世帯・年)	夏期水使用量 (m^3 /世帯・2月)	冬期水使用量 (m^3 /世帯・2月)	人 数 (人/世帯)	2才未満の乳幼児 (人/世帯)	地下水 利用	水洗トイレ の利用	節 水 (風呂水の再利用)	水道水の 池への利用	年1人水使用量 (m^3 /人・年)
	$Rw(a)$	$Rw(s)$	$Rw(w)$	Np	Nb	Gw	Tl	$S2$	Ot	Rwc
平 均	244.1	58.6	29.8	5.05	0.01	0.26	0.16	0.20	0.07	48.3
標準偏差	115.2	33.5	16.2	1.13						
変動係数	0.47	0.57	0.54	0.22						

第4表 家庭用水の需要関数

	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	R	F	d.f.	\bar{E}_{Np}
モデルA	153.0	20.4 (0.20)	62.7 (0.04)	-103.9 (-0.40)	75.3 (0.24)	-22.5 (-0.08)	98.3 (0.21)	.556	11.39**	153	0.42
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	R	F	d.f.	\bar{E}_{Np}
モデルB	30.9	6.2 (0.21)		-21.9 (-0.29)	12.9 (0.14)	-8.9 (-0.11)	27.4 (0.20)	.439	7.36**	154	0.53
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	R	F	d.f.	\bar{E}_{Np}
モデルC	22.3	1.8 (0.13)	11.5 (0.06)	-15.3 (-0.42)	10.5 (0.23)	-0.4 (-0.01)	7.0 (0.11)	.518	9.34**	153	0.30

a_1, b_1, c_1 : 回帰係数

()内の値: 標準回帰係数

R: 重相関係数

F: 分散比

d.f.: 自由度

\bar{E}_{Np} : 家族人数に関する水需要の平均弾力性

** 有意水準1%で回帰式は有意である

第5表 家庭用水需要の主要因子

	Np	Nb	Gw	T1	S2	Ot
モデルA (通年)	4	6	1	2	5	3
モデルB (夏期)	2		1	4	5	3
モデルC (冬期)	3	5	1	2	5 6	4

数字は重要度の順位を表わす

期に0.53, 冬期に0.30であった。

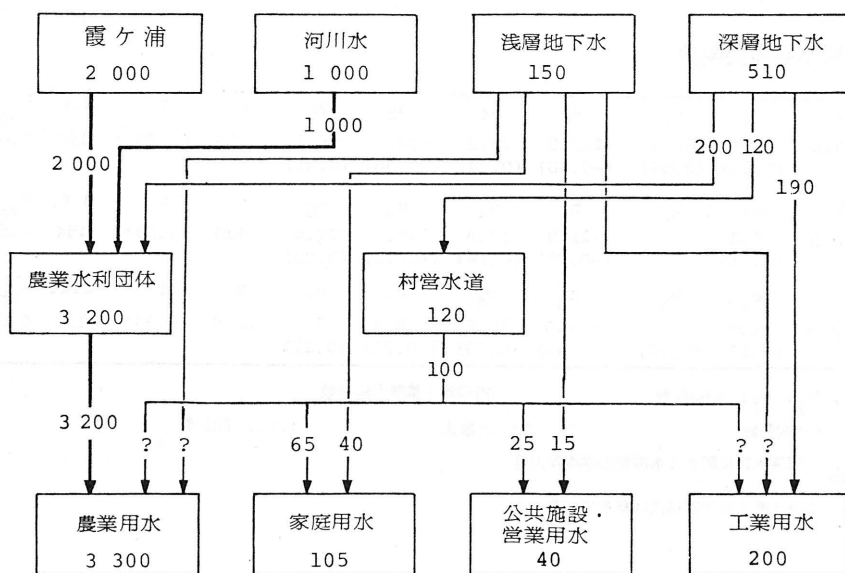
最後に、水利用面での都市化がもっとも進んでいる状態—地下水利用がなく、水洗トイレが完備 ($Gw = 0, T1 = 1$)—にある2地区について、調定原票による水使用量調査と住民票による家族人数の調査をおこなった。有効なデータは56世帯（独立住宅の深谷団地で30世帯、集合住宅の三晃アパートで26世帯）について得られた。この結果、家庭用水原単位は、深谷団地で297 m^3 /世帯・年、76.2 m^3 /人・年であり、三晃アパートで282 m^3 /世帯・年、75.5 m^3 /人・年であった。これらの値は、同様な状態にある新興住宅地での値とよく一致している（新見、未公表）。

Ⅲ-4 公共施設・営業・工業用水

公共施設（学校・官公庁など）・商店・事務所および工場における水利用の実態を明らかにするため、家庭用水の場合と同じように、アンケート調査と水使用調査を実施し、59の事業所および

31の工場から有効な回答を得た。主な調査結果は以下のである。

公共施設、営業用水について、約4/5の事業所で村営水道を水源とし、約1/5では地下水の個別的な取水をおこなっている。これに対し、上水道を利用する工場は約1/3で、地下水を水源とするものは約2/3である。特に、大きな規模の工場は、深層地下水を水源とし、回収水の利用もおこなわれている。水洗トイレは、約2/5の事業所および約1/2の工場で利用され、その多くは節水型である。プールは、9つの小・中学校のすべてにあり、水道水を水源としている。排水とくに一般排水については、未処理で水域へ放流されるものも多く、水質汚染上問題を残している。また、節水対策は、約1/10の事業所と約1/3の工場で実施されており、水利用上での支障ありとするものも若干みられた。さらに、水利用設備や水需要の増加が、今後見込まれると答えた事業所・工場もあるが、水量的にはそう多いものではない。将来、水源転換を予定しているのは2つの工場で、うち1工場では水源の一部を地下水から工業用水道へ転換の予定であるとの回答があった。なお、現在、出島村村営水道では、その水需要の約1/3を公共施設・営業・工業用水で占められており、工業用地下水の利用は5,000 m^3 /日程度と推定さ



単位：万 m^3 /年

第10図 出島村における水資源利用の現況
(1979年)

れる。以上、本節では、サンプル数に限りがあるため、用水原単位等についての統計的分析はおこなわず、水利用の実態のみについて記した。

IV まとめ

以上、出島村における水資源と水利用の実態を明らかにしてきたが、その結果をまとめれば、次のようである。

(1) 出島村の気候学的水収支は以下のようである。年降水量1,300mm(水量に換算すれば約9,200万 m^3)のうち700mm(4,900万 m^3)は蒸発散で失われ、残りの600mm(4,200万 m^3)のうち200mm(1,400万 m^3)は直接河川に流出し、400mm(2,800万 m^3)が浅層地下水をかん養し、そのほとんどが基底流出として河川に流入する。出島村内における利用可能な水資源の量は、この地下水かん養量、すなわち基底流出量であり、それを上回る水需要の水源地は霞ヶ浦に依存せざるをえない。

(2) 出島村における水資源配分の現況を推定し

たものが、第10図である。出島村における年間の水需要の総量は、およそ3,650万 m^3 (水高にして516mm)と推定され、その内訳は、農業用水3,300万 m^3 (466mm)、家庭用水105万 m^3 (15mm)、公共施設・営業用水40万 m^3 (6mm)、工業用水200万 m^3 (28mm)である。水源別には、霞ヶ浦約2,000万 m^3 (283mm)、河川水1,000万 m^3 (140mm)、浅層地下水150万 m^3 (21mm)、深層地下水約500万 m^3 (72mm)と推定される。

(3) 農業用水システムは、霞ヶ浦を水源とし出島台地の水田を灌漑する出島用水、河川の自然流量と出島用水の還元水を水源とする河岸低地の用水システム、霞ヶ浦を水源とする湖岸低地の用水システム、および地下水を水源とする小規模の用水システムの4つに大別される。水田での水需要が増大するしろかき、田植期や、干ばつ時には、水不足を生じ、作物は多大な被害をうけている。

(4) 村営水道の月取水量時系列について、連環

比率法により季節指数を算定したところ、5月と8月にピークがみられた。5月のピークは、水道水がしろかき・田植期の水田用水として利用されるためである。

(5) アンケート調査・水使用量調査によって得られた資料を用い、家庭用水の需要構造を分析した。その結果、主な水需要因子は、地下水利用、家族人数、水洗トイレの利用および池への

水道水の利用であり、家族人数に関する水需要の平均弾力性は、0.30～0.53であった。これらの結果は、立川市や芦田川流域における調査結果（新見，1977，未公表）¹⁶⁾とよく一致した。また、新興住宅地（地下水利用が無く、水洗トイレの完備した）における家庭用水原単位（ $\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{年}$ または $\text{l}/\text{人}\cdot\text{日}$ ）の値は、従来の値とよく一致している。

本稿の作成にあたり、出島村役場および多数の出島村村民の方々から、御協力をいただいた。また、資料の収集・整理にあたっては、筑波大学自然学類の古田辰也君の助力を得た。ここに記して謝意を表する。さらに、本調査をおこなう機会を与えて下さった筑波大学地球科学系の山本正三・高橋伸夫両先生に対しても、厚くお礼を申しあげるしだいである。

〔註および参考文献〕

- 1) 榎根 勇 (1977) : 水を知り 自然を知る, 日本の科学と技術 '77/資源, 16～20.
- 2) 市川正巳 (1973) : 水文学の基礎, 古今書院, 310 ページ.
- 3) 関東地方建設局 (1974) : 関東地域地下水調査報告書.
- 4) 野口正三 (1973) : 茨城県出島台地の水収支, 水温の研究, 16 (5), 3～12.
- 5) 茨城大学農学部霞ヶ浦研究会 (1977) : 霞ヶ浦, 三共出版, 203 ページ.
- 6) 東京天文台 (1979) : 理科年表, 丸善.
- 7) 前掲 5)
- 8) 大山年次・蜂須紀夫 (1977) : 茨城県地学ガイド, コロナ社, 299 ページ.
- 9) 大森昌衛・蜂須紀夫 (1979) : 日曜の地学〔8〕 茨城の地質をめぐる, 築地書館, 204 ページ.
- 10) 前掲 4)
- 11) 出島村 (1976) : 出島村地下水調査報告書.
- 12) 前掲 1)
- 13) 関東農政局 (1976) : 水稻作期調査報告書. 田植は, 水田面積の 61.5% が 5 月上旬に, 37.5% が 5 月中旬におこなわれている.
- 14) 竹内 清 (1971) : 需要予測入門, 丸善, 211 ページ.
- 15) 新見 治 (1977) : 立川市の家庭用水需要分析, 地理学評論, 50 (8), 471～482