

はじめに

乾燥地は世界の全陸地面積の41%を占め、そこには20億人もの人々が生活しており、世界の貧しい人々の半数が含まれるといわれる。さらに乾燥地に暮らす人々の人間開発指数（HDI：平均余命、識字率、就学率、国内総生産によって決まる）は、それ以外の地域に暮らす人々に比べてはるかに低い。いわば乾燥地には「最も取り残された人々」が多く暮らしていることになる。

このような乾燥地では、砂漠化が深刻な問題であり、110カ国以上の国に暮らす10億人が砂漠化の脅威の中で生活している。国連によれば、砂漠化の主な原因は過剰耕作、家畜の過剰放牧、森林の破壊、貧弱な灌漑施設とのことである。砂漠化や干ばつは、食糧安全保障の崩壊と飢餓、貧困をもたらし、それに起因する社会的、経済的、政治的緊張が地域の対立を生みだし、さらなる貧困と砂漠化を進行させるという負のスパイラルを形成してしまう。砂漠化対処条約（UNCCD）は、砂漠化問題の解決には、土地の回復、土地の生産性の改善、土地と水資源の保全と管理が重要としている。

筆者は鳥取大学に籍を置くまでは、農林水産省に在職し、国際農林水産業研究センター（JIRCAS、現国立研究開発法人）、農業工学研究所（NRIAE、現農研機構農村工学研究所）などで、湿潤地域における広域水管理をテーマに研究を行っていた。それまでの一連の研究成果は、博士学位論文「熱帯モンスーン地域における水稻二期作のための広域水管理」（英文：京都大学、1990年）に取りまとめた。この学位論文を機に、研究の幅を乾燥地にも広げたいと思うようになり、乾燥地を新たな調査研究対象として、アフリカ・サヘル地域（ニジェール川）、エジプト（ナイル川）、インド・ラジャスタン州、パンジャブ州（インダス川）などで活動を始めた。このころの成果は共著で著した『砂漠緑化の最前線—調査・研究・技術—』（新日本出版社、1993）の「Ⅴ アフリカの砂漠化と開発・緑化」にまとめた。

その後、1996年4月に鳥取大学へ転任してからは、本格的に乾燥地を対象に水管理研究を行うこととなった。以来、乾燥地研究センター（5年間）と農学部（13年間）での足掛け18年間にわたり、中央アジアのアラル海流域・イリ川流域（シルダリア川、イリ川）、中国黄土高原（黄河）、イスラエル、シリア、パレスチナ、ヨルダン（ヨルダン川）、インド、パキスタン（インダス川、ガンジス川）、アフリカ・サヘル地域（ニジェール川）、ケニア（タナ川）、エジプト（ナイル川）、メキシコ・バハ・カリフォルニア・スル州（ラス・リエブレス川）などの乾燥地、河川流域を主な対象として、調査研究を実施した。本書では、これらの地域、流域での調査研究で得た知見を中心に取りまとめた。

本書は、9章からなるが、各章の主な内容は、以下のとおりである。

第1章：乾燥地の気候的特徴、土地利用の状況、砂漠化問題の概要について論じ、乾燥地の水利用・水管理の現状と課題を整理した。また、乾燥地の河川の特徴を紹介した。

第2章：グリーンウォーター（雨水と水蒸気）の利用と管理について整理・類型化し、乾燥地の主要な水利用の一形態であるウォーターハーベスティングとユニークな水分捕捉法であるフォッグトラップについて述べた。

第3章：ブルーウォーター（河川水と地下水）の多様な利用と管理について整理・類型化し、伝統的な技術のインベントリーを作成した。

第4章：非従来型の水資源である下水・排水、海水・塩水に注目し、前者の再生と再利用、後者の淡水化利用について記述した。

第5章：乾燥地の灌漑農業と環境問題について、アラル海流域の大規模灌漑事業、インドのインデラガンジー水路プロジェクト、アメリカのオガララ帯水層に依存したハイプレーンズのセンターピボット灌漑、リビアの大人造河川計画などを取り上げ、それぞれの抱える環境問題と対策について事例を紹介した。

第6章：国際河川の分布と紛争の現況の概要を紹介し、国際河川の平和的利用にかかる「非航行利用に関する条約」、および「戦時における水の保護規定」成立の背景と現状について整理した。さらに、ヨルダン川流域とシルダリア川流域を取り上げ、流域国間で発生した係争の経緯と解決に向けた取

組みなどについて紹介した。

第7章：乾燥地で灌漑農業を行う場合、必ず注意しなければならない問題「塩類集積問題」について、その成因、塩類化の形態と実態、塩類化への対処、塩類集積農地の改良法などについて述べた。

第8章：乾燥地の水文、水資源について、アフリカのニジェール川流域を主な対象として取り上げその特徴を紹介した。

第9章：今後の地球温暖化の進行に対処し、持続可能な灌漑農業と水資源利用を展開していく方策について論じるとともに、水資源管理の効率化を適切に表現する評価指標、灌漑管理の実効評価法について整理した。

国連は、2015年8月にニューヨーク国連本部において、「国連持続可能な開発サミット」を開催し、持続可能な開発のための「2030 アジェンダ」を採択した。このアジェンダは、人間、地球および繁栄のための行動計画を宣言し、目標を掲げた。この目標が、2015年末に期限を迎えた「ミレニアム開発目標（MDGs）」の後継目標「持続可能な開発目標（SDGs）」である。この新たな国際目標は、17の目標と169のターゲットからなり、2016年1月から2030年までの15年間で達成することとなっている。SDGsで対象とするのは「最も取り残された人々」としていることから、乾燥地の持続可能な開発が重視されていると考えられる。

本書は多少なりとも、SDGsを意識しながら執筆したつもりであり、本書で扱う乾燥地の持続可能な水利用、水管理のあり方は、SDGsすべてに関わるテーマである。とりわけ目標2（飢餓を終わらせ、食糧安全保障および栄養改善を実現し、持続可能な農業を促進する）、目標6（すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する）、目標13（気候変動およびその影響を軽減するための緊急対策を講じる）、目標15（陸域生態系の保護・回復・持続可能な利用の促進、森林の持続可能な管理、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・防止および生物多様性の損失の阻止を促進する）に深く関わっていると考えられる。本書が少しでもこれらの国際目標達成に向けて活躍する方々の参考となれば望外の喜びである。

本書で主な読者として想定しているのは、乾燥地の水文・水資源、水問題、農業開発、水利用・水管理、砂漠化対策（環境問題）、乾燥地科学などに関

はじめに

心のある学生・社会人，政府機関，国際機関，国際開発コンサルタント，NGO・NPOで国際協力の実務に携わる方である。しかし，一般の方にも十分理解していただけるよう，できるだけ平易な説明を心がけた。

本書は，筆者がいままでにかかわってきた世界の乾燥地における水利用と水管理に関する調査・研究で得た知識，情報を中心に，筆者の停年退職を機に執筆を始め，このほど取りまとめたものである。執筆を決意したきっかけは，鳥取大学乾燥地研究センター長の恒川篤史教授の強い勧めがあったからである。本書をまとめるにあたっては，恒川教授から温かい励ましと助言をいただくとともに，乾燥地研究センターから多大な支援を受けた。この場を借りて厚くお礼を申し上げる。また，本書刊行の申し出を快諾され，編集に力を貸していただいた技報堂出版株式会社，同社編集部長石井洋平氏に感謝申し上げる。

2016年2月

北村 義信

目 次

第 1 章 乾燥地における水利用・水管理の 現状と課題	1
1.1 乾燥地とは	1
1.1.1 乾燥地の気候的特徴	1
1.1.2 乾燥地の土地利用	3
1.1.3 砂漠化問題	4
1.2 乾燥地の水利用・水管理の現状と課題	5
1.2.1 地球全体の水循環	5
1.2.2 ブルーウォーターとグリーンウォーター	7
1.2.3 世界の取水量の推移	8
1.2.4 各水利用部門間の取水をめぐる現状と課題	9
1.2.5 非従来型水資源の開発の重要性	13
1.3 乾燥地の河川の特徴	13
1.3.1 季節河川（ワジ）とその流出特性	13
1.3.2 乾燥地の河川でよくみられる水文地形学的特徴： 河川争奪	16
第 2 章 グリーンウォーターの利用と管理	21
2.1 雨水の利用	21
2.1.1 圃場内集水域からの集水方法	22
2.1.2 圃場外集水域からの集水方法	27
2.1.3 WH の設計（CCR の決定方法）	31

2.1.4	WH の一般的傾向と最近の動向	33
2.2	露, 霧の利用	33
2.2.1	集露利用およびフォッグトラップ	33
2.2.2	冷涼海岸砂漠の成因, 分布とその特徴	36
2.2.3	水蒸気の凝結が起こる理由	37
第 3 章	ブルーウォーターの利用と管理	41
3.1	河川水, 洪水の利用	41
3.1.1	河床内における洪水の集水利用	42
3.1.2	河床外における洪水の集水利用	50
3.2	地下水の利用	58
3.2.1	井戸の種類	59
3.2.2	乾燥地において特徴的な地下水利用技術	59
第 4 章	非従来型水資源の利用と管理	71
4.1	下水・排水の再生と再利用	71
4.1.1	アメリカ・カリフォルニア州オレンジ郡の Water Factory-21 とその後継計画	72
4.1.2	イスラエル・シャフダン排水処理プラント	75
4.1.3	エジプトの排水再利用	76
4.2	海水・塩水の淡水化利用	79
4.2.1	蒸留式	81
4.2.2	逆浸透式	84
4.2.3	電気透析式	88
第 5 章	乾燥地の灌漑農業と環境問題	91
5.1	地表水に依存した灌漑農業	91

5.1.1 中央アジア・アラル海流域の大規模灌漑による 水環境災害	91
5.1.2 インド・インディラ・ガンジー水路プロジェクト (IGNP：タール砂漠地域の灌漑農業を基軸とし た総合地域開発事業)のウォーターロギング問題, 塩類集積問題とその解決法(バイオ排水)	104
[トピックス1] 水利事業が引き金となった生物媒介感 染症(風土病)の蔓延	108
[トピックス2] ナセル湖からの導水を利用した砂漠緑化の 挑戦:エジプトの大規模砂漠開発プロジェクト(トシュ カ計画, ニューバレー地域農業総合開発計画)	111
5.2 地下水に依存した大規模灌漑農業	113
5.2.1 アメリカ・ハイプレーンズのセンターピボット灌 漑による過剰開発とオガララ帯水層の枯渇問題	114
5.2.2 スビア帯水層を利用したリビアの 大人造河川計画	125
5.3 まとめ	130

第6章 国際河川のはらむ問題とその解決 135

6.1 国際河川の分布とその影響	135
6.2 国際河川における紛争の概要	137
6.3 国際水路の非航行利用に関する条約および 戦時における水の保護規定成立の背景と現状	138
6.3.1 国際水路の非航行利用に関する条約	138
6.3.2 戦時における水の保護規定	141
6.4 主要な水紛争の原因と解決(水利協定の締結状況)	142
6.4.1 ヨルダン川の水紛争の経緯と現状	142
6.4.2 アラル海流域の水紛争の経緯と現状	159
6.5 まとめ	165

第7章	乾燥地灌漑農地における 塩類集積の脅威とその対策	171
7.1	塩類集積の成因	171
7.2	二次的塩類集積	172
7.2.1	塩類化の型：塩性化とソーダ質化	175
7.2.2	灌漑農地の塩類化の実態	176
7.3	塩害防止に必要な技術・知識	178
7.3.1	土壌の塩類化を予防・防止するための 灌漑水の水質管理	178
7.3.2	塩類集積農地の改良法	180
7.3.3	リーチングによる土壌塩類濃度のコントロール	181
7.3.4	ソーダ質化した土壌の改良	184
7.4	まとめ	185
第8章	乾燥地における水文、水資源 —西アフリカの水収支と水循環の事例—	189
8.1	アフリカの水収支と水循環	189
8.1.1	概要	189
8.1.2	地表水	190
8.2	西アフリカの河川流域における降雨・流出特性	191
8.2.1	ニジェール川流域	192
8.2.2	セネガル川流域	202
8.2.3	その他の流域	203
第9章	持続可能な灌漑農業と 水資源利用に向けて	207
9.1	地球温暖化が水資源に及ぼす影響とその対策	207

9.1.1	干ばつの頻発	207
9.1.2	洪水の頻発 (低水利用型灌漑から洪水利用型灌漑へ)	208
9.1.3	土壌侵食による土地資源の劣化	208
9.1.4	地下水補給量の減少と地下水賦存量の減少	209
9.1.5	氷河の早期融解と縮小	209
9.1.6	塩害発生頻度の増大	210
9.2	乾燥地で期待できる持続可能な灌漑農業・ 水資源利用	210
9.2.1	地表水と地下水の複合利用	210
9.2.2	地下ダム, 地下水涵養ダム	211
9.2.3	水蒸気の利用	211
9.2.4	排水の再利用・再生利用	212
9.2.5	先進的節水灌漑—マイクロ灌漑	213
9.2.6	水生産性を最大にする節水灌漑—不足灌漑	214
9.3	水資源管理の効率性を適切に表現する 評価指標の導入	215
9.3.1	水問題のひっ迫度を表す指標 (ファルケンマーク指標(水ストレス指標))	215
9.3.2	相対的水ストレス指標	216
9.3.3	バーチャルウォーター	217
9.3.4	ウォーターフットプリント	224
9.3.5	灌漑管理の実効評価法	229
9.4	まとめ	235
索引		239

第 1 章

乾燥地における 水利用・水管理の現状と課題

1.1 乾燥地とは

1.1.1 乾燥地の気候的特徴

乾燥地は、降水量が少なく、蒸発量・蒸散量が多いため、土壌水分が少なく、乾燥した植生の乏しい地域であり、水のひっ迫度が高い。そのため、この地域では元来生産性が低く、栄養分の循環が停滞しがちである。

乾燥地の定義は、幾つかあるが、ここでは国連環境計画（UNEP）およびミレニアム生態系評価（MA）の定義^{1)~3)}に従うこととする。UNEP および MA の定義では、乾燥度指数（aridity index : AI ）の値が 0.65 以下の地域を乾燥地としている^{1)~3)}。乾燥度指数は平均年降水量（ P ）と可能蒸発散量（ PET ）との比（ P/PET ）によって求まる^{2),3)}。すなわち、乾燥地とは、 $PET > 1.5P$ となる地域ということになる。可能蒸発散量は、蒸発散位ともいい、植生で一様に覆われた地表面で十分な水供給がある場合に、ある与えられた気候条件下で可能な仮想的最大蒸発散量のことをいう。例えば砂漠では蒸発する水がほとんどないので、実蒸発散量はほぼゼロとなるが、蒸発散を促す日射量が豊富なため、可能蒸発散量は非常に大きくなる。可能蒸発散量の計算には、ペンマン・モンティース式（Penman-Monteith）などのペンマン型の方法が用いられる場合が多い。

乾燥地は一様ではなく、表 1.1¹⁾ に示すように、乾燥の程度を表す AI によって、極乾燥地域、乾燥地域、半乾燥地域、乾燥半湿潤地域の四つの亜類型に区分される。この 4 地域の年降水量は、およその目安として、極乾燥地

域 ($AI < 0.05$) : 0 ~ 200 mm, 乾燥地域 ($AI = 0.05 \sim 0.20$) : 夏雨地帯は 200 ~ 400 mm (冬雨地帯は 200 mm 以下), 半乾燥地域 ($AI = 0.20 \sim 0.50$) : 夏雨地帯は 400 ~ 600 mm (冬雨地帯は 200 ~ 500 mm), 乾燥半湿潤地域 ($AI = 0.50 \sim 0.65$) : 夏雨地帯は 600 ~ 800 mm (冬雨地帯は 500 ~ 700 mm) と考えてよい⁴⁾ が, 年変動はかなり大きい。上記の分類による乾燥地の分布を図 1.1 に示す⁵⁾。ちなみに湿潤地域である我が国では, P が約 1 720 mm, PET が約 820 mm と仮定して計算すれば, AI は約 2.1 となる。

乾燥地の区分別面積, 人口は表 1.1 に示す。乾燥地は, 世界の陸地面積の約 41% を占め, そこには 2004 年時点で世界人口の約 3 分の 1 以上に相当する約 21 億人が生活している¹⁾。乾燥地に居住する人口の 90% は途上国に属

表 1.1 乾燥地の分類¹⁾

区分 (地域)	乾燥度指数 (AI) P/PET	面積 ($\times 10^6 \text{ km}^2$)	全陸地面積に 占める割合 (%)	現在の 人口 ($\times 10^9$ 人)	人口密度 (人 / km^2)	対地球人口 割合 (%)
極乾燥	< 0.05	9.8	6.6	101 336	10.3	1.7
乾燥	0.05 - 0.20	15.7	10.6	242 780	15.5	4.1
半乾燥	0.20 - 0.50	22.6	15.3	855 333	37.8	14.4
乾燥半湿潤	0.50 - 0.65	12.8	8.7	909 972	71.1	15.3
全体		60.9	41.3	2 109 421	34.6	35.5

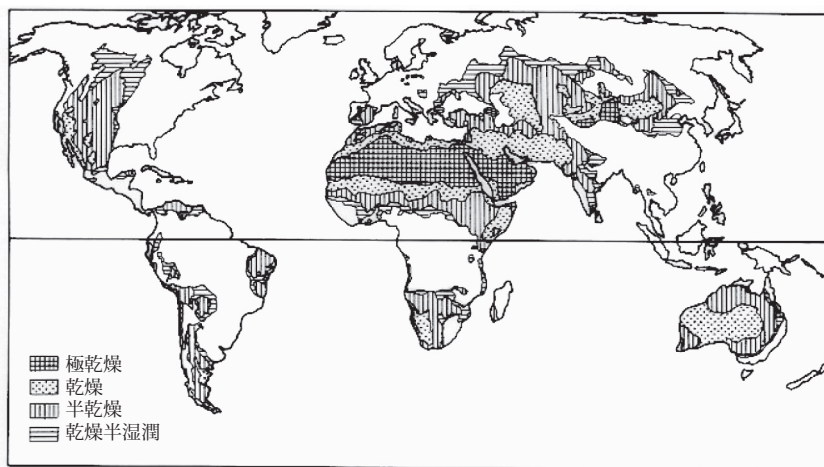


図 1.1 世界の乾燥地の分布 (MA (2005)⁵⁾ を改変して引用)

しており、社会経済状態はほかの地域に比べて大きく後れを取っている。

なお、砂漠とは一年を通して降水量が極端に少なく、土壌が乾燥し、植生がほとんど育たない地域であり、上記の分類では極乾燥地域と乾燥地域の一部に相当する地域である。

1.1.2 乾燥地の土地利用

乾燥地の土地利用については、表 1.2 に示すとおりであり、放牧地の占める割合が 65%と圧倒的に大きく、次いで耕地の 25%、居住地の 2%、その他の 8%となっている。しかしながら、放牧地の占める割合が依然として大きいものの、20 世紀後半の 50 年間で約 15%もの優良な草地が耕地に変換されている¹⁾。耕地については半乾燥・乾燥半湿潤地域では降雨依存農地の割合が多いが、極乾燥・乾燥地域では灌漑を行わなければ作物生産が不可能であるため、灌漑農地の割合が高くなる。また灌漑を導入した耕地で、不適切な水・土壌管理が行われているところでは、土壌の塩類化や侵食による栄養分の損失などの土壌劣化が進行している。

乾燥地においては、表土が薄く、有機物が乏しいことが、食料生産の主な制約となっている。表土は、硬質粘土から砂まで変化に富んだ構造を有し、時には高い塩類濃度を呈する。穀類と豆類は基本的な作物であり、小農によって栽培される。これらの作物は、トウモロコシ、ソルガム、ミレット、ササゲおよびキマメである。高原地域では、さらに小麦、大麦、テフが含まれる。

国土の大半が乾燥地である貧しい国々では、農業は国民の生計を維持していくうえで重要な役割を担っている。チャド、モザンビーク、ブルキナファソのような国では、農業部門は就業人口の 80～90%をも収容している。こ

表 1.2 乾燥地の土地利用¹⁾

区分 (地域)	放牧地 (%)	耕地 (%)	居住地 (%)	その他 (%)
極乾燥	34	47	4	16
乾燥	54	35	2	8
半乾燥	87	7	1	5
乾燥半湿潤	97	0.6	1	2
全体	65	25	2	8

のような高い数値は、最低限の生計を立てている小農が大量に農業に従事していることを反映している。そして多くの場合、これらの国々では農業以外の雇用機会が圧倒的に不足していることによる。また、多くの開発途上国では、GDPに占める農業の貢献度が高く、主要な経済部門となっている。このように、乾燥地の国々では、農業は地域の発展上重要な役割を演じている。多くの先進的途上国では、GDPに対する農業の貢献度が急激に低下しているのに対し、乾燥地の国々において農業は依然として重要な位置を占めている。さらに、農村地域は最貧層の人々の多くが生活していることを考えれば、乾燥地の国々における農村開発は、貧困対策を推進していくうえで、最重要課題であることは明白である。

1.1.3 砂漠化問題

砂漠化（desertification）は、乾燥地における最大の脅威であり、国連砂漠化対処条約（United Nation Convention to Combat Desertification：UNCCD）では、乾燥地域、半乾燥地域および乾燥半湿潤地域における、気候変動ならびに人間活動を含む種々の原因によって起こる土地の劣化と定義される。土地の劣化は、肥沃な表土の流失や土壌の塩類化によって、土地の性質が植物の生育に適さなくなることを意味し、究極的には極乾燥地域の土地のようになることである。このことから、UNCCDでは極乾燥地域を砂漠化対象地域から除外している。

砂漠化の原因としては、地球規模での大気循環の変動に起因する乾燥地の拡大（気候的要因）と、脆弱な生態系を持つ乾燥・半乾燥・乾燥半湿潤地域での許容限度を超えた人間活動に起因する乾燥地の拡大（人為的要因）とがある。後者は、過放牧、過耕作、薪炭材の過剰採取などによるもので、当該地域の住民の貧困と急激な人口増といった社会・経済的要因がその背景としてある。

乾燥地の中で、もっとも土壌劣化の危険性が高い地域は、半乾燥地域である。それは生態系の脆弱さと人口圧の両者から決まる。砂漠化の影響を受けている地域は、全大陸に分布しているが、とくに深刻なのはアフリカのサヘル地域、中近東、中央アジア、インド、中国北部、北アメリカ中西部などで

ある。しかしながら、砂漠化問題の深刻さにも関わらず、世界の砂漠化面積についての研究はごく限られており、しかも見積りに大きな差がある。砂漠化面積は、極乾燥地域を除く乾燥地の70%との見積りもある⁶⁾が、これは過大見積りであり、MAは世界の乾燥地の総面積の10～20%が砂漠化の影響を受けているとしている^{7),8)}。

灌漑の導入に伴うウォーターロギング（waterlogging：湛水・過湿状態の意。以下WLと表す。）と塩類集積は、砂漠化の一形態であり、乾燥地で灌漑農業を持続的に展開していくうえで克服しなければならない課題である。（塩類集積については、第7章にて詳述する。）

また、乾燥地における淡水の1人当たり供給可能量は2000年時点で平均1300 m³/人であり、生活の安寧を確保していくうえで最低限必要な量1700 m³/人⁹⁾を大きく下回っている。今後、さらなる人口増加、気候変動、土地利用の活発化、土地被覆の変化などが予想されることから、供給可能水量および生物生産量の減少に拍車がかかることが懸念される。

1.2 乾燥地の水利用・水管理の現状と課題

1.2.1 地球全体の水循環

大まかな地球全体の水文循環を年単位で見れば、海洋から約453 000 km³/yの水が蒸発し、うち約90%は降水となって海洋に還元し、残り10%（約41 000 km³/y）は卓越風により陸地にもたらされる。陸地からの蒸発散量は約72 000 km³/yであるから、合わせて約113 000 km³/y（830 mm/y）の降水が陸地に降ることになる。この大部分は土壌水分や地下水を涵養する。そして、72 000 km³/yが蒸発散して大気中に戻り、残り約41 000 km³/y（31 000～47 000 km³）が河川水となって最終的に海洋に流出する（図1.2）^{9),10)}。湿気を帯びた空気の陸地への流入分と河川水の海洋への流出分はほぼ量的に同じであるため、陸地と海洋間の水収支は均衡が保たれる。

地球上の河川には約2 000 km³の淡水が常時流れているが、水量の地域間格差は大きい（表1.3）。河川中の淡水量の半分は南アメリカ、4分の1はアジアに分布する。河川水の滞留時間を上記の地球全体の河川流量と河川水

量で逆算すると、地球平均で 17 ～ 18 日となる。各地域における河川の水量、流量、滞留時間は表 1.3 のように推定される。この河川中の淡水量は、再生可能水資源とみなすことができ、これをいかに賢く利用するかが人類生存のための生命線といえる。

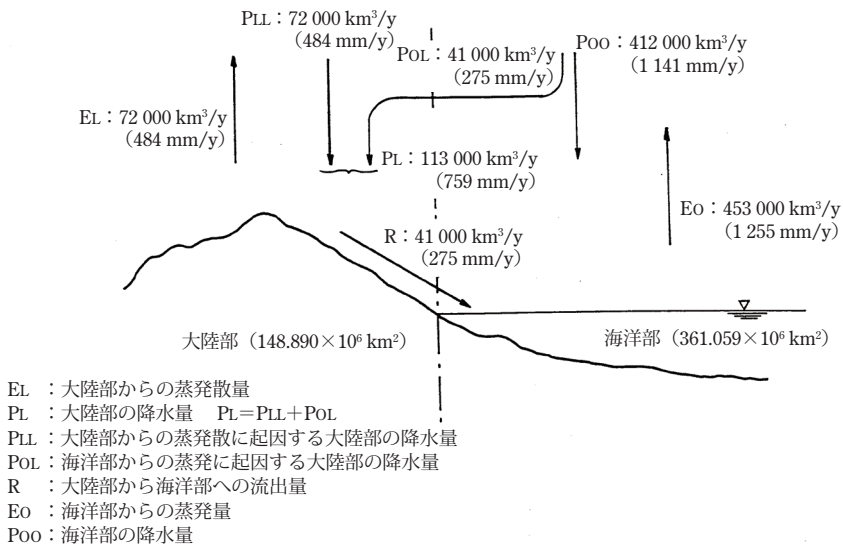


図 1.2 地球全体の水収支・水循環の概要^{9), 10)}

表 1.3 河川中に存在する淡水量の地域別比較¹¹⁾

地域	河川中の淡水量			滞留時間 (日)
	水量 (km³)	年流量 (km³/y)	1 人当たり流量*	
ヨーロッパ	76	2 321	3 128	12
アジア	533	14 835	3 374	13
アフリカ	184	4 184	3 573	16
北アメリカ	236	6 945	19 454	12
南アメリカ	946	10 377	16 471	33
オーストラリア	24	2 011	50 275	4
全体	2 000	41 000	5 588	17.8

Gidrometizdat (1974)¹¹⁾ ほかを改変して引用

* 1 人当たり流量 (WSI = 水ストレス指数) : m³/y/ 人
(人口は 2015 年データ。出典: 統計ポータルサイト Statista)

【著者略歴】

北村義信（きたむら・よしのぶ）

鳥取大学乾燥地研究センター特任教授，農学博士。

1949 年鳥取県生まれ。

1971 年鳥取大学農学部卒業後，農林水産省入省。

鳥取大学乾燥地研究センター助教授，鳥取大学農学部教授を経て現職。

専門は灌漑排水学・乾地水管理学。日本沙漠学会学術論文賞受賞。

農業農村工学会理事，日本沙漠学会評議員，日本砂丘学会評議員を歴任。

主な著書に『砂漠緑化の最前線—調査・研究・技術（共著）』（新日本出版社），『地球水環境と国際紛争の光と影—カスピ海・アラル海・死海と 21 世紀の中央アジア／ユ・ロシア（共著）』（信山社サイテック）などがある。

乾燥地の水をめぐる知識とノウハウ

—食料・農業・環境を守る水利用・水管理学— 定価はカバーに表示してあります。

2016 年 3 月 25 日 1 版 1 刷 発行

ISBN978-4-7655-3468-0 C3051

著 者 北 村 義 信

発 行 者 長 滋 彦

発 行 所 技報堂出版株式会社

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 1-2-5

電 話 営 業 (03)(5217)0885

編 集 (03)(5217)0881

F A X (03)(5217)0886

振替口座 00140-4-10

<http://gihodobooks.jp/>

日本書籍出版協会会員
自然科学書協会会員
土木・建築書協会会員

Printed in Japan

© Yoshinobu Kitamura, 2016

装幀 ジンキッズ 印刷・製本 愛甲社

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

JCOPY 〈出版者著作権管理機構 委託出版物〉

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は，そのつど事前に，出版者著作権管理機構（電話：03-3513-6969，FAX：03-3513-6979，e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。