

地下水を上手に使いながらも健全な水環境を後世に引き継いでいくために－地下水利用コンプライアンスと育水－

共生型地下水技術活用研究会
中村裕昭(株)地域環境研究所)

1. はじめに

水は人類及び地球上の全ての生物の生存に欠かせない環境要素かつ資源であり、水循環系を成して存在している。地下水はその水循環系の一部を構成し、特に我が国では、良質な水を身近で簡易に得られる場合が多いので、地下水は貴重な水資源の1つとなっている。

しかし、水循環系の健全性とその持続可能性(Sustainability)に配慮しないサイトごとの無秩序な地下水利用は、広域地盤沈下に代表される環境影響を発生させた過去の苦い経験から、都市域では地下水揚水規制が導入され、地下水は実質的に利用できない状況となっている地域が多い。また、地下水利用に限らず流動系における涵養域での無秩序な土地利用や林業衰退に伴う森林荒廃は、流域の水循環系(地下水流動系)に悪影響を及ぼし、表-1に示すような水環境が備えた各種機能を損ないつつある現実も一方で存在する。

このような地下水が利用し難い、あるいは流域の水循環系(地下水流動系)が悪化しつつある環境の中で、地下水を有効に利用するためには、水循環系(地下水流動系)を悪化させないための担保が必要となる。

水循環の概念自体は、専門分野内に限らず、広く一般に普及した感があるが、残念なことに、この水循環の健全性維持を前提とした地下水利用の包括的仕組みは必ずしも確立されてはいないのが現状である。

このような基本認識のもと、現代において地下水を上手に使いながらも、水環境のもつ環境機能と資源の健全性を後世に引き継ぐ、即ち、水環境と地下水利用との共生を現実化するための1つの考え方を“育水”と“地下水コンプライアンス”で表現する。

表-1 水の多面的機能と資源の側面¹⁾

分類	機能・資源	機能・資源の効果役割
機能的側面	地象・水象	地象の安定(浸食・運搬・堆積等の安定)、水象の安定(流出の維持と平滑化)
	気象緩和機能	地上気象の安定、都市気候の緩和
	地盤環境維持機能	地盤の維持・安定、海水侵入の防止、地下環境の安定
	物質運搬・収容機能	地下水による物質運搬・収容(良好な水の運搬、汚水物質等の浄化)
	生物生息環境維持機能	湖沼・湿地等の形成、湿地性植物の生育
資源的側面	多種用水資源	農業用水、工業用水、生活用水への利用
	エネルギー資源	冷暖房、消雪、氷室、温泉への利用
	アメニティ空間資源	観光地・親水空間、遺跡・史跡・文化財、温泉地としての利用

この表中の、機能的側面には環境要素と防災要素が含まれている。

2. 共生型地下水利用の基本的考え方

地下水が流域の共有資源・共有財産であり、水循環系の中で有限な水資源であることを踏

まえて水循環系の健全性を維持し、周辺環境に悪影響を及ぼさない地下水利用方法は、以下の4つの方法が考えられる。

- I. 自然界の水循環の許容範囲内で使う(今までの適正利用の基本的考え方)
- II. 流域単位で貯蓄して、その範囲内で使う(これからの適正利用の基本的考え方)
- III. サイト単位で貯蓄して、その範囲内で使う(同上)
- IV. 借りて使い、使った分を還す(適正利用の次善策)

これらを共生型地下水適正利用パターン総括表として表-2にまとめた。

表-2 共生型地下水適正利用パターン総括表²⁾

目的	範囲	環境思想区分		パターン	水収支	涵養	取水	還水
健全な水循環を踏まえた共生型地下水利用	流域単位	涵養域保全型	環境配慮	I	涵養最大化型	[A]流域単位での極的涵養域保全	適正利用内での利用	既往システム
	事業単位	環境負荷低減型	水循環ミティゲーション	II	涵養取水相殺型	[B]上流域で人工涵養	特定サイトで取水	既往システム
				III	取水還水相殺型	---	特定サイトで取水	[C]近傍浄化還水
			再生水利用	IV	取水還水最小化型	---	[D]取水還水最小化	

注.1: 還水とは、自然界の水循環系に水を戻すこと。
 注.2: 環境負荷とは、ここでは主に地下水水位低下と水質悪化。
 注.3: ミティゲーションとは、失われる環境を別の形で補填する考え方。

ここで、Iの『自然界の水循環の許容範囲内で使う』というのが、従来の地下水利用の考え方である。この枠組みだと、許容範囲の評価が難しいこと、民法207条の「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及ぶ。」を拠り所に、地下水を井戸等取水施設の土地所有者によって早い者勝ち的に利用する仕組みとの整合性、前述したが地下水を利用しなくても、涵養域での無秩序な土地利用や森林荒廃によって、流域の水循環系(地下水流動系)が悪化している地域があること等を踏まえると、この枠組みで利用できる地下水は極めて限定的であることを認識しなければならない。

IIの『流域単位で貯蓄して、その範囲内で使う』というのは、換言すれば、森林を保全して、涵養域での地下水涵養量を増加・維持する(緑のダム整備のイメージ)、あるいは流域単位での人工涵養策の導入で地下水涵養量を増加させ、これらの施策による涵養量の増加分に見合った範囲内で、地下水を流域単位で公共性重視かつ公平なルールのもと、共有資源として利用しようという考え方である。ここで重要なことは、森林保全や人工涵養の主体と地下水利用の主体とは、必ずしも1対1に対応するとは限らない。流域単位で保全し涵養促進して、流域単位で上手に公平に使おうという考え方であって、流域住民は保全・涵養に対して、それぞれができることを役割分担し、地下水利用に当たっては、流域における保全・涵養が実施されている結果として利用できるという認識を持ち、それに対する応分の負担を分担することとなり、地下水は只とはならない可能性があることを認識する。ここで言う流域単位での保全・涵養策を包括的に“育水”と呼び、利用に当たっての基本的考え方を含めて“地下水利用コンプライアンス”と称することにする。詳細は後述する。

IIIの『サイト単位で貯蓄して、その範囲内で使う』というのは、自然界の地下水流動系に水収支上の影響を与えないように、揚水の上流側で、揚水に見合った分を人工涵養して、

サイト周辺の領域内で水収支上マイナスがでないようにする考え方である。

IVの『借りて使い、使った分を還す』というのは、揚水したら、その揚水分を地下に戻す(還す)という考え方で、工事等で活用されている地下水還元工法(リチャージ工法, 復水工法, 注水工法, 等)の応用である。

ここでは、地下水の量的利用の側面で4つの方法を概説したが、地下水の質的利用, 温度利用, エネルギー利用, 等にも共通する考え方である。

3. “育水”の概念

“育水”は水環境と人類との共生を踏まえた『健全な水循環系確保』の為の施策で、図-1に示すような水量のコントロールと水質のコントロール技術に代表される概念である。

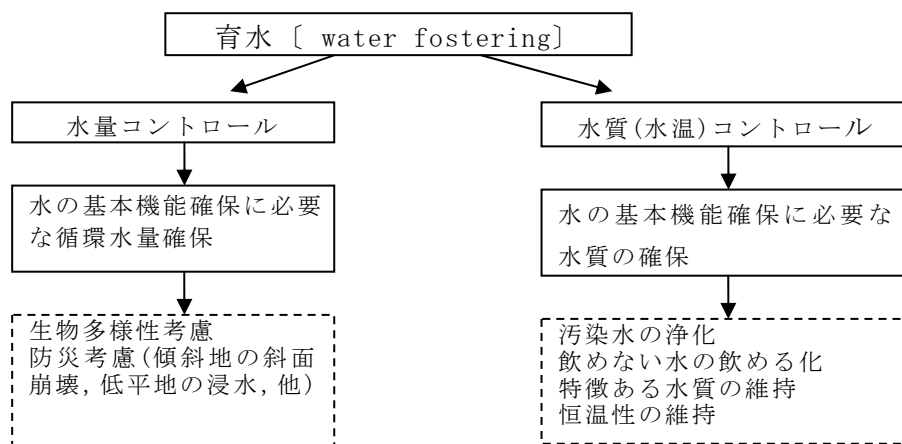


図-1 育水による制御の概念

流域の秩序に反した地下水利用を行えば、水環境の悪化(水量低下, 水質悪化, 地盤沈下)を招き、水循環の健全性が低下・喪失し、地下水利用規制を導入せざるを得ない環境となる。一方、流域の秩序に則った地下水利用が行われれば、水環境の保全と健全な水循環の確保が維持され、地下水利用の持続可能性も確保される好循環を創出できる。

ここで言う秩序の1つを『育水』と考えている。このような概念のもと、水環境全般に共通する施策の概念として『利水』『治水』『育水』を掲げたい。

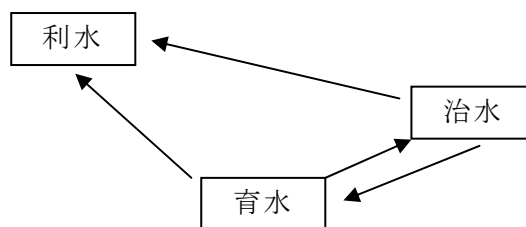


図-2 “利水”と“治水”と“育水”

“育水”に活用できる、既に現在各地で実績のある地下水保全手法を表-3に例示する。

表－3 “育水” に活用できる地下水保全手法の例示

大区分	No.	手法例
涵養域保全	1	土地利用管理(用途保護・制限)
	2	森林保全
	3	水田の涵養機能維持
人工涵養	4	涵養域での人工涵養
	5	流動域での人工涵養
	6	使用後浄化水の還水
	7	工事揚水の覆水(リチャージ)
雨水浸透促進	8	人工施設内への漏水の覆水(リチャージ)
	9	雨水浸透施設設置
河川構造物	10	浸透型の調節池・調整池・遊水地・他
	11	ダム, 堰
地下構造物	12	地下ダム, 地下水迂回工法
その他	13	湧水保全・復活, 統合的水管理

表－3の涵養域保全で例示した森林保全は、単に、地下水涵養促進効果やダム水源確保だけでなく、表－4に示すように、森林の持つ多面的機能保全効果を含めて期待する総合施策で、広く環境と防災に共通する概念である。

表－4 森林の多面的機能(日本学術会議答申)³⁾

生物多様性保全	遺伝子保全	
	生物種保全	植物種保全, 動物種保全(鳥獣保護), 菌類保全
	生態系保全	河川生態系保全, 沿岸生態系保全(魚つき)
地球環境保全	地球温暖化の緩和	二酸化炭素吸収, 化石燃料代替エネルギー
	地球気候システムの安定化	
土砂災害防止機能 ／土壌保全機能	表面侵食防止, 表層崩壊防止	
	その他の土砂災害防止	落石防止, 土石流発生防止・停止促進, 飛砂防止
	土砂流出防止	
	土壌保全(森林の生産力維持)	
水源涵養機能	その他の自然災害防止機能	雪崩防止, 防風, 防雪, 防潮など
	洪水緩和, 水資源貯留, 水量調節, 水質浄化	
快適環境形成機能	気候緩和	夏の気温低下(と冬の気温上昇), 木陰
	大気浄化	塵埃吸着, 汚染物質吸収
	快適生活環境形成	騒音防止, アメニティ
保健・レクリエーション機能	療養	リハビリテーション
	保養	休養(休息・リフレッシュ), 散策, 森林浴
	レクリエーション	行楽, スポーツ, つり
文化機能	景観(ランドスケープ)・風致	
	学習・教育	生産・労働体験の場 自然認識・自然とのふれあいの場
	芸術, 宗教・祭礼, 伝統文化, 地域の多様性維持(風土形成)	
物質生産機能	木材	燃料材, 建築材, 木製品原料, パルプ原料
	食糧, 肥料, 飼料, 薬品その他 の工業原料, 緑化材料, 観賞用 植物, 工芸材料	

育水の基本は、森林の保全整備が中心となるが、育水によって、水環境の多面的機能、森林の多面的機能と地下水利用との共生かつ好循環の仕組みの構築が狙いである。

現在の水循環は、自然界の水循環と人工的水循環が合成されている。水循環系の収支や質を評価する際に、そのエリアのとり方、時間(期間)の取り方、自然界と人工との区別の仕方等で、評価結果は大きく異なる可能性がある。基本は河川流域に準じた流域と1年単位と考える。

4. 地下水利用コンプライアンス

育水は地下水だけを特別扱いするのが主旨ではない。地下水を大いに使いましょう。という啓発では決してない。あくまでも、表流水を含め環境との共生を考慮した各種水資源利用方法のメニューの中に、きちんと地下水を選択肢として位置付けた上で、総体的に地下水利用の有効性が検証された時に、効果的に地下水を使える環境を確保するための仕組みの構築が狙いである。

地下水利用は、物理的条件だけではなく、水環境の機能維持の理念と必要な水資源確保の中でのバランス感覚、即ち、地下水利用に関わるコンプライアンスが重要である。一般的に法規制は、個別の事象に対応していることが多く、流域単位での水環境機能や森林の多面的機能の保全という課題への対応とは、調和し難い場合が多い。この法規制の隙間を補填するのが、水循環系の健全性確保や、その持続可能性(Sustainability)への配慮、それに基づく流域内での合意形成である。従って、育水を踏まえた地下水利用に当たっては、地下水利用に関わるコンプライアンスを踏まえた市民啓発・連携が重要である。

図-3に地下水利用に関わるコンプライアンスのイメージを示す。

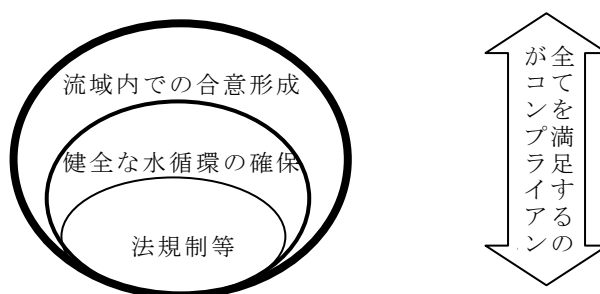


図-3 地下水利用のコンプライアンス

5. 地下水は有限な流域の共有資源・共有財産

地下水の流動性と地下水が果たしている機能を踏まえれば、流動地下水は流域の共有資源・共有財産であるとの基本認識と、水環境(水循環)の保全と水利用計画は、流域単位で管理運用するのが望ましいと考える。

現時点では、地下水を公水と私水とで二者択一で捉えるのは現実的ではないと考えている。基本は地域の事情に応じて割合が異なるという両立的考え方である。そのイメージを

図-4に示す。また、水の見方には図-5に例示するように、いろいろな側面があるが、地下水の有限性を考える時の地域特性を、以下に例示する。

- (1) 量〔流域の気候(降雨, 降雪条件), 地形(集水地形), 土地被覆・土地利用(浸透能)〕
- (2) 容れ物としてのキャパシティ

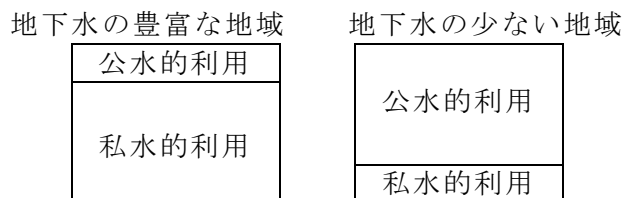


図-4 資源としての水の側面

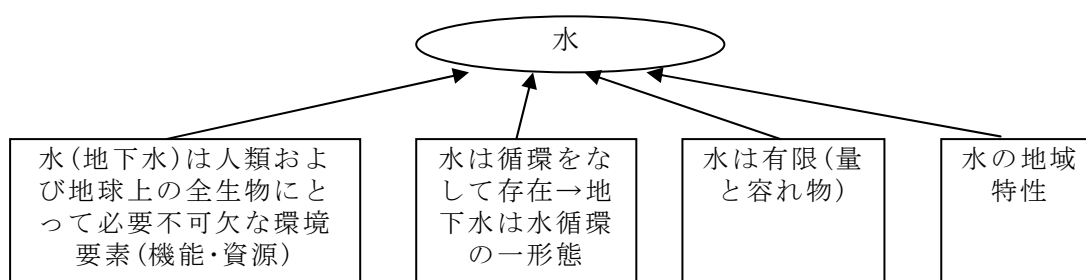


図-5 水の見方

6. “育水”という用語

“育水”という用語を用いるようになった経緯と、育水を踏まえた共生型地下水利用の基本的考え方を以下に述べる。

『健全な水循環の確保』⁴⁾が叫ばれて久しく、この概念は定着したかに見える。このフレーズにおける『健全な』とは、循環系のもとに形成されている水の環境要素としての機能、資源としての役割、防災機能、等を維持することと考えることができる。

我々が資源としての水を利用するには、この水循環系における健全性を維持し続けるという制約が課せられることになる。これが共生型地下水利用であり、健全性維持の方策に対する用語として、我々は“育水”を用いている。

河川分野では“治水”・“利水”という用語が定着している。そのことも踏まえ、我々は治水・利水・育水を水施策の基本理念にしたいと考えている。図-2参照。

見掛け上、積極的な地下水利用をしなくても、地球上での人類活動の影響で、水環境(水循環)は着実に悪化している可能性(現実)があり、水環境(水循環)の健全性を維持するためには、何らかの施策を講じなければならない背景がある。個々の地域で見れば地下水が豊富で余剰がある例外的地域もあり得るが、総体的に見れば、水環境(水循環)の健全性を保つには育水が欠かせないし、更に、地下水の利点を踏まえ、地下水を有効に利用するには、育水の担保が必要と考える。

水の特性には、水量と水質、水温の3つの側面があるが、地下水流動系(涵養・流動・流出)

において水量に着目して考えると、先ずは涵養の確保(水量の確保)が挙げられる。涵養を育水の重要な側面との認識から、涵養に関する用語を表－5に、その英語表記を表－6にまとめた。これらの作業から、量だけでなく質や温度の保全も包括できる概念として、また、前述の“治水・利水・育水”の語呂も考慮して、“育水”を採用することとした。

表－5 涵養に関連する用語

用語	意味
育水	(いくすい)[water fostering]: 水を育てる。質と量の両面で水循環の健全性を守り育てる。
水育	(みずいく)[water harvesting]: “水”を「暮らし」「からだ」「科学」「環境かんきょう」という4つの切り口から、水の不思議ふしぎさ、人間との関かかわりを通じて、限かぎりある水の大切さ、すばらしさを学ぶプログラム【サントリー】。水の収穫、収穫のための灌漑。
創水	(そうすい)[water harvesting]: 『地下水の創水(そうすい)』とは、自然の地下水涵養機能を回復させるだけではなく、人工的に実施される地下水涵養を含み、地下水の利用と涵養の均衡を図り、水循環系の健全性の確保に資するもの。【富山県地下水指針】
涵養	(かんよう)[recharge]: 雨水を含む地表水の地下浸透
人工涵養	(じんこうかんよう)[artificial recharge]: 人為的な涵養促進
注水	(ちゅうすい)・復水(ふくすい)・地下水還元(ちかすいかんげん)[recharge]: 揚水の対語。工法。揚水した水を①環境影響対策、もしくは②放流先、として地下に戻す
地下水還元	同上

表－6 関連類似用語の英語表記

英語表記	意味	日本語表記
Harvesting (water harvesting)	刈り取る, 収穫する	創水(そうすい) 水育(みずいく)
Fostering (water fostering)	育てる, 育む, 育成する	育水(いくすい)
Recharge (artificial recharge)	再び満たす, 戻す	涵養(かんよう) 注水(ちゅうすい) 復水(ふくすい) 地下水還元(ちかすいかんげん) 人工涵養(じんこうかんよう)

7. “育水”の課題

地下水は流域の有限な共有資源・財産を基本理念として論を進めてきたが、その主旨を以下に要約する。

- ① 全国一律かつ全面的な『公水』化を訴えるものではない
- ② 地下水管理・保全・利用における基本理念
- ③ 流域の事情に応じた流域内での共有認識に基づく合意形成を促す
- ④ 地下水利用者は公共事業、民間企業、個人に大別でき、それぞれに応じた責務の認識と配分ルール(優先順位付け)が必要

- ⑤ 健全な水循環確保を前提に利用可能な地下水の利用は公共性・公平性が前提となり、社会貢献型が優先
- ⑥ 地下水には地域に応じて、勝手に使える(私的使用の)許容範囲が存在する(環境権、恵み)
- ⑦ 地下水のステークホルダーには、水環境や涵養域となる森林の多面的機能を踏まえると直接的地下水利用者のみでなく、広く流域内の住民が含まれる

そして施策展開に際しては、以下に列記するように流域ごとに事情を考慮する必要がある。

- ・地下水が豊富か？少ないか？
- ・代替水源の有無・整備状況(水量・水質)
- ・産業構造・土地利用(農業・工業・他)
- ・国土の脆弱性(地盤沈下, 浸水リスク, 他)
- ・育水策の実施状況と実効性(効果)
- ・その他

育水を展開する場合、個人的にできることもあるが、総じて個人を超えた規模となるものが大半であり、以下に列記するような課題への地域特性に応じた検討が必要となる。

- 1) 誰が実施すべきか？
- 2) 誰が費用負担すべきか？(森林税や利用者負担からフィードバックできるか？)
- 3) 効果検証(モニタリング)の方法
- 4) 流域連合(連携)の構築, 流域単位での地下水流動系を前提とした地下水管理・保全・利用に関する合意形成〔流域の特殊事情の反映〕
- 5) 人工涵養における水源確保, 人工涵養における浸透・注水技術の確立
- 6) 人工涵養における水質・水温制御技術の確立〔地下水の維持すべき水質・水温の評価技術の確立〕

参考文献

- 1) 環境省総合環境政策局編集, 大気・水・環境負荷分野の環境影響評価技術検討会編: 環境アセスメント技術ガイド「大気・水・土壌・環境負荷」, 環境省「平成17年度環境影響評価技術手法要素別課題検討調査」報告書, (社)日本環境アセスメント協会発行, B5-390p., 2006.1.
- 2) 上田敏雄・瀬古一郎・西垣 誠・中村裕昭: 健全な水循環確保を踏まえた共生型地下水利用の基本的考え方, 地下水地盤環境に関するシンポジウム 2009－安心快適社会・地球温暖化・地下水－, pp. 41～48
- 3) 林野庁 H.P. [http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/con_1.html]
- 4) 環境庁水質保全局: 健全な水循環の確保に向けて～豊かな恩恵を永続的なものとするために～, 健全な水循環の確保に関する懇談会報告, 1998.1.