

Abstract

1. はじめに
2. 人口動態からみた社会構造の変化
3. 地球温暖化と水バランスの変化
4. 最近の水関連学会の動き
5. 水循環基本法と基本計画
6. 水科学への期待

Abstract

1. はじめに

東日本大震災を乗り越え、我々は多くを学び、選択してきた。理想と文句だけを語るときは既に過ぎたと考えるべきであり、(一部の人には不本意かもしれないが) 実現可能な選択を議論する時期に来ている。水は生命の根源であり、最も重要なライフラインでもある。水を科学し、その技術を伝承するために、現状を的確に把握し、我々のスタンスを見極めなければならない。その一端として水文学・地下水学を念頭においた水科学を取り巻く状況について議論したい。

2. 人口動態からみた社会構造の変化

総務省統計局(2015)によれば、我が国の人口は2011年に1億2800万人のピークを迎え、今後は減少する傾向にあると報告している。計算上の幅はあるものの、2020年には1億2000万人を切り、2050年には1億人を切ることが予想されている。また、高齢化率も増加の一途をたどると考えられ、高齢者(65歳以上)の人口は、2020年には約3000万人、2050年には約4000万人にも上ると推計されている(図1)。すなわち、2050年頃(現在の若手世代は十分に活躍している時代)には、64歳以下の人口が6000万人程度であり、これは昭和初期のころに匹敵すると考えられる(図2)。

我が国の地方では過疎化が進み、限界集落が多発すると言われているが(文献)、もう一度、都市がどのように発達してきたかを考えてみたい。江戸時代の終わりごろには、3万以上の村があったと記録されているが、明治期に入り統合化が進み、昭和初期には16000の市町村があったと報告されている(文献)。それが世界大戦や高度経済成長を経て、平成になる頃には3000まで減少し、現在(平成27年:2015)では、1700余りにまで整理が進んできた。すなわち、社会の高度化が進行することにより、市町村が巨大化し、運営システムやインフラ等が変化してきている。

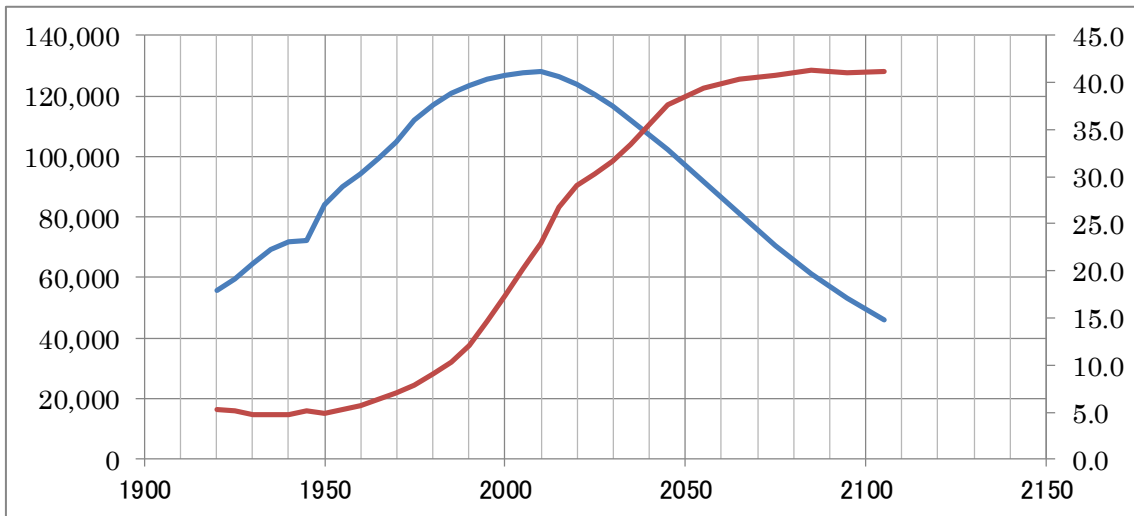


図1 我が国の総人口（単位：千人、青線）と高齢化率（65歳以上の人口比率(%)、赤線）、総務省統計局(2015)

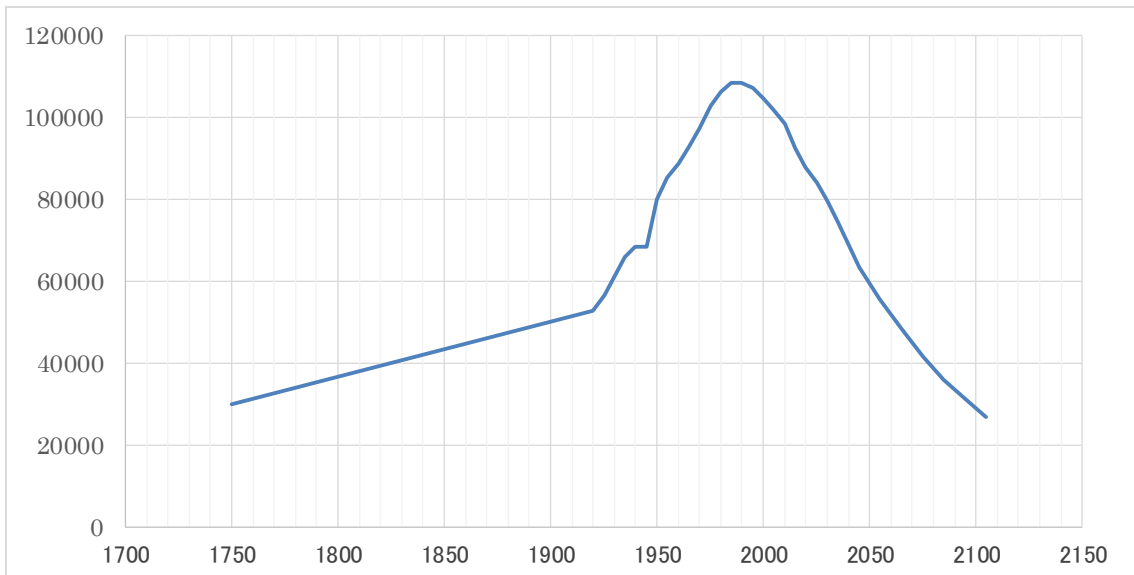


図2 我が国の64歳以下の人口の推移

話は変わるが、街が発達するとき、先ず洋服屋さんができる、人口集中が始まり、最終的に街が円熟すると町はレストランだらけになるらしい。さらに、公共インフラとしては、道路や鉄道の整備があるが、人間としての究極の移動手段（円熟の極み）は車の移動らしい（新幹線を整備しているわが国は、まだ自覚が足りないのかもしれない）。さらに、各戸へのライフラインとしては、電気→水道→都市ガスの順で整備が進んだが、差し止めなどの法的評価としては、水道が最も重要なライフラインと評価されている（最後まで止められない）。また、人口が増加するときは、同時多発的に各地に村が発生するが、人口が減少するとき、大都市を残して地方から一気に消滅するのが興味深い。

だとすれば、労働力の減少や税収の減少が必至であり、ライフラインやインフラの選択

的な整備（維持）が余儀なくされる時が来ると考えなければならない。

3. 地球温暖化と水バランスの変化

気象庁(2013)は、地球温暖化ガスによる世界的な気候変動（温暖化）を予測し、警告を促している。本来の地球は、（地質学的にみれば氷河期に向かっているのに）気温が低下する傾向にあるはずであるにもかかわらず、この 100 年間で約 1℃の気温上昇が認められた（昨今の夏は刺激的に暑いのに、それでも 1℃しか上昇していない）。さらに、今後 100 年においては、3℃以上のさらなる気温上昇が見込まれている（図 3， 4）。

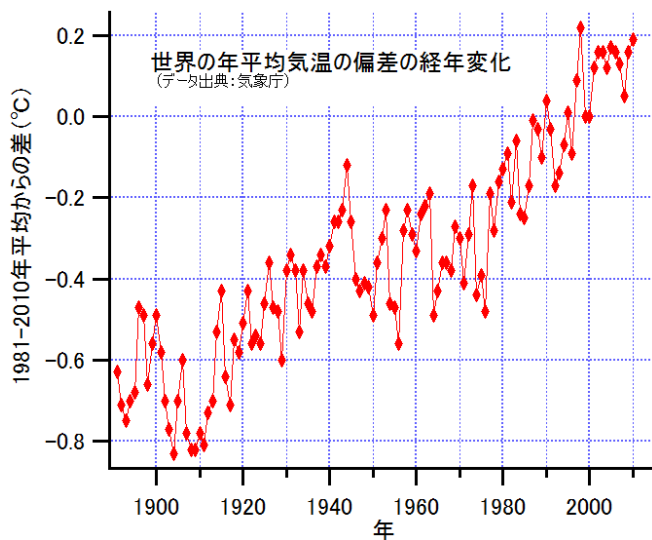


図 3 過去 100 年間の気温上昇（気象庁）

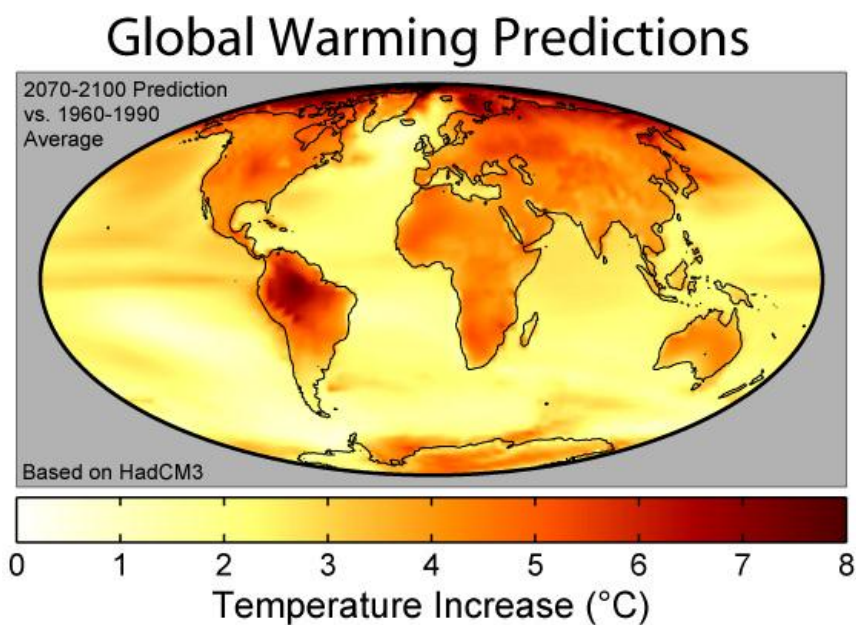
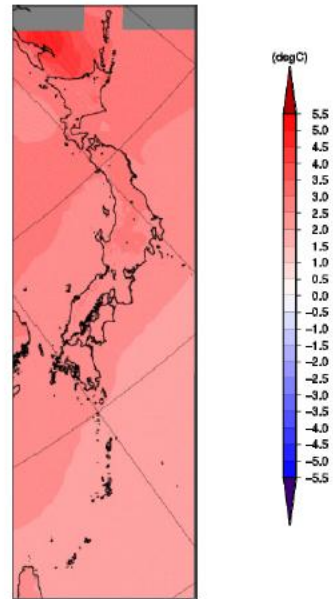
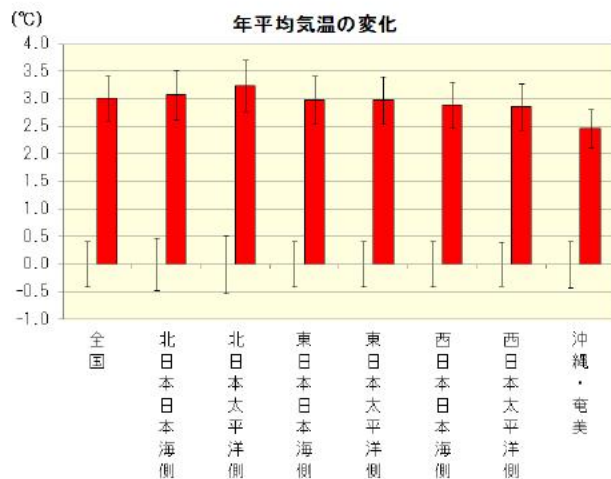


図 4 今後 100 年の地球規模の温暖化予測（IPCC）



	年	春	夏	秋	冬
全国	109.1	56.8	38.6	-27.9	41.6
北日本日本海側	139.5	57.8	60.5	-20.7	41.9
北日本太平洋側	89.4	46.4	34.1	-37.2	46.1
東日本日本海側	99.3	35.0	26.7	-46.6	24.2
東日本太平洋側	105.6	55.7	55.9	-56.9	51.1
西日本日本海側	111.7	61.3	27.1	0.3	23.1
西日本太平洋側	133.1	73.7	19.9	-10.7	50.3
沖縄・奄美	74.4	44.9	38.0	1.8	-10.4

図5 年平均気温の変化と降水量増加の予測（下表：単位は mm） 気象庁

今後我が国では、全体的に年間降水量が数十ミリから 140 ミリの間で増加するが(図5)、一般的に我が国では秋季の降水量が減り、冬から夏の降水量が増加する。特に悲劇的なのは西南日本であり、台風時期の雨は減るもののその他の季節においては、降水量が増加し、しかもゲリラ豪雨の形でもたらされることが多くなると予想されている（気象庁）。

この原因はもちろん経済活動に伴う排出ガスであるが、仮に時代や環境が変わっても発展途上にある国が更なる飛躍を遂げるためには、市場の失敗（マイクロ経済的に利得を追求するあまり環境問題対策を忘れ、陥ってしまった環境問題：入門経済学(2015)）と同様の過程を経ることが見込まれる（人口比で見ればこちらが主流派）。よって、この傾向はしばらく続くと考えざるを得ない状況にある。乾燥地域が広がる一方、集中的な豪雨や大雪等の異常気象に見舞われる地域も拡大することを念頭において今後の対応策を練る必要がある。

水には連続の法則があり、多少の温度変化や圧力変化で早々に体積を変えるものでもないことから、降水量がわかればその配分を追跡することもできる。幸い降水量は、気象要素の中で比較的正確に捉えられている。一方で、河川水量や地下水量など不確実なものも

多いが、ポイントを絞り込むことで、まずは変化量から確実に把握し、いずれは（理論的だが）完全に水量をとらえることができる。我が国の水文学教室が水収支講座として始まったように、もう一度原点に立ち返り、水バランスを把握しなければならない。さらに、ゲリラ豪雨が多くなることも推測されているのだから、雨水の浸透システムや遊水設備、堤防などを今から準備しなくてはならない。

その一方で、人口が減少すれば（大規模インフラの維持が難しくなることもあるので）小規模な水利用が活発にならざるを得ない。このとき、合成の誤謬（個々に見れば経済的で効率的な使い方でも総合すると障害を招くことになる使いかた、例えば防災上の弱点を造ってしまうことなど）を起こさないための規範作りや教育が重要な役割を果たす。

4. 最近の水関連学会の動き

我が国を代表する水に関わる学会の動きについてまとめてみた（表1）。各学会で、査読付きの記事（論文・総説・短報など）と思われるものをジャンルごとにカウントしたものである。データは、水循環基本法ができた昨年からのものであるが、学会ごとの特色が見受けられる。

表1 我が国における水関連学会の論文等の内容

（上段は対象の規模・種類、下段は研究内容）

	地域的 ケース スタディ	全球的・ 全国的	理論的	レビュー
日本地下水学会	7	1	8	3
日本水文学会	6	2		2
日本陸水学会	12	1	1	1
水文・水資源学会	5		6	3

	同位体・ 年代測 定	水質	流動・流 出	汚染・災 害	地熱・地 中熱	バイオ・ 微生物	火山・深 部	リモセン	その他
日本地下水学会	2	4	6	4	2	1			1
日本水文学会	4	2			1		2		1
日本陸水学会	1	2	2	1		8			1
水文・水資源学会	2	1	2	1				6	3

我が国は、2011年に東日本大震災を経験し、福島第一原発事故に遭遇した。2014年からは国内のすべての原発を止めたが、2015年に再稼動が始まった。ここで生まれる核のゴミ（高レベル放射性廃棄物）の処分問題や地球温暖化を防止するための地中貯留研究など、水関連学会は積極的に取り組むべきであると思う。また、水に関しては2014年に水循環基本法が成立し、翌2015年には水循環基本計画（後述）が公布された。このような水を取り巻く社会の変化に対応することも学協会の使命ではなかろうか。どちらかというとな記の学会は、基礎研究を中心に各学会の特色を出した成果を挙げているように見受けられる。

世の中に〇〇科学という学問は星の数ほどあるが、大別すると数学や哲学のような純粋学問と医学や経済学のような実学がある。著者はこれまでに水関連学問のみならず多くの学術入門書を読んできたが、ほぼすべての分野において入門書はその歴史から始まっている。東日本大震災を経験し、初めの3年間は調査に追われたが、後の2年で著者は各地を回り地下水の状況や利用方法を説明してきた。お年寄りや基礎知識のない方に聞いていただくために、中学校の教科書を読んだり、心理学の入門書も読んだ。そこで気づいたのが、メジャーな学術入門書は、例外なく歴史から書き始められているということであった。この時、水文学や地下水学に関する教科書のほとんどが、まだまだ身内に向けたものであり、独りよがりのことに気づき愕然とした記憶がある。

5. 水循環基本法と基本計画

2014年7月に水循環基本法が施行され、2015年7月には水循環基本計画が発表された。基本法においては、我々は健全な水循環を維持又は回復させ、産業活動ならびに生命維持活動に貢献しなければならない。さらに、水循環のプロセスを「海に至るまでの蒸発→降下→流下→浸透」と定義し、河川流域の単位で管理することが謳われている。これを受けて成立した基本計画は、調査・教育・人材育成の重要性とともに、民間活力・国際貢献・流域連携を意識しつつ、流域の一体的な管理や貯留・涵養機能の維持向上を考慮した施策を講じることとされている。

水循環基本法の概要

目的（第1条）

水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進し、もって健全な水循環を維持し、又は回復させ、我が国の経済社会の健全な発展及び国民生活の安定向上に寄与すること

定義（第2条）

1. 水循環
2. 健全な水環境

基本理念（第3条）

1. 水循環の重要性
2. 水の公共性
3. 健全な水循環への配慮
4. 流域の総合的管理
5. 水循環に関する国際的協調

補足

- 国・地方公共団体等の責務（第4条～第7条）
- 関係者相互の連携及び協力（第8条）
- 施策の基本方針（第9条）
- 水の日（8月1日）（第10条）
- 法制上の措置等（第11条）
- 年次報告（第12条）

基本計画が成立する過程においては、同時に地下水保全に関する法律も作られようとしていたが、インフラ工事等に伴う湧出水の問題・水に関する財産権（公水／私水）・涵養林の先買権などが大きな問題となり、既存法との調整ができなかったこともあり、基本計画ができる時点での成立には至らなかった。内部の議論としては、法的な祖語もあったが、経済的な議論もあったようで、経済学的な公共財の定義には非融和性といい、（例えばNHKの電波のように）いくら使っても減らないものと言う考え方があるが、地下水の場合、この非融和性が一部でしか成立しないことや、欧米の先進国でも公水という定義はごく一部（ドイツが有名）でしか通用しないことがあげられた。

筆者も論理的には、地下水を公水として取り扱うべきと考えているが、伝統的に財産権や先住権を認めているわが国では、現状なじめない（わかりづらい）概念であるとする。ただ、先に述べたように人口の減少が進み、インフラの選択的な整備が始まれば公水論は再燃するに違いないと考える。

であるならば、法律を先取りして（深度に応じて流動する地下水の状況は異なるので）、流動性や滞留時間に応じて、呼び名を変えるなどの学術的な定義づけも必要になるのでは

ないだろうか。さらに、今後必要とされる小規模水利用や涵養支援策なども視野に入れた水学問の普及を考えていかななくてはならない。

水循環基本計画の概要

総論

○水循環と我々の関わり

○水循環基本計画の位置付け、対象期間と構成

第1部 水循環に関する施策についての基本的な方針

- 1 流域における総合的かつ一体的な管理
- 2 健全な水循環の維持又は回復のための取組の積極的な推進
- 3 水の適正な利用及び水の恵沢の享受の確保
- 4 水の利用における健全な水循環の維持
- 5 国際的協調の下での水循環に関する取組の推進

第2部 水循環に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策

- 1 流域連携の推進等 - 流域の総合的かつ一体的な管理の枠組み -
- 2 貯留・涵養機能の維持及び向上
- 3 水の適正かつ有効な利用の促進等
- 4 健全な水循環に関する教育の推進等
- 5 民間団体等の自発的な活動を促進するための措置
- 6 水循環施策の策定及び実施に必要な調査の実施
- 7 科学技術の振興
- 8 国際的な連携の確保及び国際協力の推進
- 9 水循環に関わる人材の育成

第3部 水循環に関する施策を総合的かつ計画的に推進するために必要な事項

6. 水科学への期待

近未来の我が国は、高齢化率が40%まで上がりそのままであるのに、総人口は減少する。当然のことであるがGDP（国民総生産）は減少し、インフラやライフラインの選択的な維持が始まる。降水量は全体的に増えるが、東北・北海道の台風・降雪は減少する。さらに、西南日本におけるゲリラ豪雨は増加の一途をたどる。

このような状況で水の科学技術に携わる者としては、まず雨水の浸透率を上げるべきであろう。地表の被覆を減らし、浸透性のアスファルトを使うことや雨水浸透マスを設置である。さらにゲリラ豪雨に対応するための遊水施設を整備しなくてはならない。そうすることで、地下水量は格段に増量するので、（地下水流量が大きくなり）地中熱の利用がより活発になると考えられる。余談だが、同様に再生可能エネルギーとしては太陽光発電でのた

め、地方の農地でパネルの設置を急ぐべきである。東日本大震災の調査において、5年間東北地方を見てきたが、耕作を放棄すると4年目ぐらいから低木の成長が顕著になってきた。今後地方での耕作放棄は加速度的に進むので、太陽光パネルの設置を積極的に進めてほしい。

著者が本心から望んでいるのは、麦や米のような穀物を工場生産できないかということである。人口が減った我が国がかつてのような農耕は無理であり、しかも水が多いので、この水を海外に輸出すべきである。しかし、水のままでは重いので、穀物の姿を借りたバーチャルウォーターとしてはどうだろう。穀物であれば砂漠化の進む途上国でも有用であるし、これを我が国で工場生産することができれば、労働力不足も補えると考える。また、乾燥地での貴重な水は人々が生きるために使っていただきたい。

地下水は一般には知られていないが、層をなして存在している。地表に近い部分は流れやすく地下深くでは流れが遅い、使いすぎた時に地盤沈下を起こす浅層の地下水が流れやすい地下水である。また、1000m級の深部には温泉などがあり、これが層をなしているエビデンスといえる。だとすれば、各地域の地下水がどんな深さで層をなしているか調査し、地下環境を有効に使うことを考えてはどうだろう。流れる水は経済的な生産活動に、もちろん飲用にも、温泉は保養と健康のために、さらに化石地下水は動かさず封じ込め機能があるので二酸化炭素の地中貯留や核廃棄物の地層処分に、という使い分けである。

7. おわりに

水科学を必要とする分野は、農林水産業、砂防、土木、建築、環境保全、廃棄物処分、上下水道、工業用水など多岐にわたる。それぞれについて詳しくコメントしたかったが、後にゆずるとして、これらの事業に関与する学協会はいずれも水科学の学会規模をはるかに超えていることである。水科学に関与する我々は、水科学が純粋科学と実業の橋渡しであることを認識し、何を社会に還元するべきか考え直さなくてはならない。各種井戸を掘削することに加えて、データベースの整備、フィールド調査、流動解析、教育・啓蒙が最も重要であると心得るべきではなかろうか。

参考文献

総務省統計局：日本の人口(2015)

伊藤元重 2015：入門経済学（第4版）日本評論社、508p

気象庁：地球温暖化予測情報 第8巻

IPCC：<http://www.ipcc.ch/> 最終確認 2015.08.06