

# 地球環境論と水の様相

## ～能力開発業務との接点～

建築都市研究室 K2 角本 邦久

要約：今回は、水に関する国際シンポジウムに参加して、学び、発表した経験から、私たちの生活での水の働き、地球環境における水が存在することの重大な意味に言及し、ソーラーコミュニティー論の中での水の働き及び水の自然災害に対する取り組みについてもまとめている。また、この分野での能力開発業務との関係するポイントについて、括弧枠の中に紹介している。

SUMMARY: The activities of our social life should be in the range of the capacity of natural resources, if we want to live in the sustainable mechanism in our future. We should change our mind, from the mega city to live into the small smart city, which could be controlled in nature mechanism by the supporting of computer, to live. This report is based on "The Roll of Water Activities in the Small Smart City in Japan" by IWA World Water Congress & Exhibition 2018, 16~21 September, Tokyo, Poster Session.

ZUSAMMENFASSUNG: Dieser Bericht ist über den folgenden Artikel beschrieben worden, und zwar die Aktivität des Wassers, die Rolle des Wassers in Sonnen Städte, die Strategie gegen den Wasserschaden in Japan. Wir leben immer mit dem Wasser in unsrer Gessellschaft weiter. Das Wasser spielt die wichtigen Rolle für unsre täglichen Leben.

### 1. はじめに

昨年、水に関する国際的なシンポジウム、「IWA World Water Congress & Exhibition 2018, 16~21 September, Tokyo」が開催された。そこでの発表内容や関連した内容を、以下に報告する。

### 2. 地球の様相と水のメカニズム

#### 2.1. 水の存在意味

地球における水の存在と働きは、誠に奇跡的な条件下にあって成立し得ているといえる。

#### 2.2. 地球の存在と水の役割

##### 2.1.1. 水と地球の関係

「惑星の表面温度が、液体の水の存在できる0～

100℃の温度範囲に収まっている必要がある。太陽系惑星の表面温度は、太陽との距離によって決定される。～地球より太陽に近い惑星では表面温度が100℃を超えている。～地球よりも外の惑星では、表面温度が0℃を下回っている。～惑星が、水を惑星表面に留めるためには必要な引力を生み出すことが必要である。～惑星が小さいと、水は宇宙空間に逃げてしまう。月は地球よりも小さく、その重力は地球の1/6である。そのため、太陽からの距離が地球と同じであるにもかかわらず、水分子を惑星表面に留めておくだけの引力を生み出すことができなかつたと考えられる」<sup>(r1参考文献01)</sup>。

##### 2.2.2. 水存在の可能性

宇宙に存在する惑星に、水が存在しているかどうかという点は、生命の存在の可能性について考える時に、一つの大きなポイントと成り得る。

以前に、火星に水のある可能性がある」と報じられていた。地球の歴史を顧みても、水があるところに、生命が誕生している。

“火星の南極にある氷の下に大量の水をたたえた「湖」が存在する可能性が高いと、イタリア国立宇宙物理学研究所などのチームが発表した”<sup>(r1参考文献02)</sup>。

### 2.2.3. 水の働きについて

#### 2.2.3.1. 水の働きと地球

地球という一つの惑星において、水を使いながらの生活が成立している。その水の働き方や水の再利用について考えること、自然エネルギー利用を推進し、地球環境のサステナビリティについて考えること、地球環境の将来について考えてみたい。

我々の生活のために働く水の量について考えてみると、「地球の重力から計算すると、地球が保持できる水の量は、約13億5000万km<sup>3</sup>とされている。海の深さが平均4000mとすると、地球の表面積の約70%が水ということになる」<sup>(r1参考文献03)</sup>。

#### 2.2.3.2. 水の働きとサステナブル

自然エネルギーの太陽エネルギーを利用するソーラーコミュニティ論における、水の働きについて考える。水の循環メカニズムの中に、我々人類の生活メカニズムが入っているように、サステナブルな循環を求める志向性の中に、我々の循環メカニズムを求める可能性も存在している。水も空気も、サステナブルな環境条件を構築し得なければ、人類の未来は危うい。自然の保有する包容力の範囲内に、我々の社会活動を、留めるべきである。自然のメカニズムには、自らの保有する持続性があり、それを活かした形でのメカニズムの構築力が、サステナブルなものである。我々は、メガシティに住もうという考え方から、コンピューター技術の支援も含んで、自然のメカニズムによって、制御可能な小規模のスマートシティに住む方向へ、その考え方を変える必要がある。

人間社会の生命維持条件を形成するために、水が果たしている役割を、もっと知るべきである。

#### 2.2.3.3. 水の大循環と地球

地球における水の大循環について考える。

“地球上の水が状態変化をしながら絶えず循環していることを、「水の大循環」という。

人工的環境や火山などの高エネルギー状態や、光合成などの生化学的な過程において、水の合成や分解は起こっている。それらの過程で合成及び分解される水の量は、地球上の水の総量と比較して非常に小さい量でしかない。ゆえに、「水の大循環」という観点からは、地球が現在の環境で安定して以降、地球上の水の総量はほぼ一定で、その一定量が絶えず循環し続けていると見ることができる”<sup>(r1参考文献4)</sup>。

### 2.3. 水の様相

#### 2.3.1. 日本と世界の水事情

日本における状況では、特に、災害時における水への対処方法が重要な要素となる。災害時における衛星の活用も、日本が得意とする分野であり、大切な一側面でもある。

日本のいのちの水も、その安全性を二の次にして、他者へ、その水管理を委ねてしまっはいけない。

#### 2.3.2. 水の再利用

地球環境におけるサステナブル環境創出の必要性を痛感する。不足する水の需要を補う意味からも、雨水利用など水の再利用を推進する必要がある。

これらの基本的な考え方は、IWAにおけるポスターセッションでの発表においても、言及している<sup>(r1参考文献5)</sup>。

世界的な傾向として、都市化傾向が進んでいる。都市環境では、サービスの点から、より多くの電気と水を必要とする。不足する水の節水と再利用を考えていく必要がある。

そのために我々は、メガシティ志向から、スマートシティへの志向性に変える必要がある。それが日本における減災についても、一助になると考える。

#### 2.3.3. 国際機関の働きと展望

国連大学の取り組む課題の17の目標に分割して、2030年までに達成することを目指している。17の目標の中には、飢餓の問題もグリーンエネルギーの問題も

含まれている。20世紀の後半に、ローマクラブが地球環境の将来性に警鐘を鳴らしたことがあった。

そして今、地球環境問題は、世界全体で取り組まなければならない状態に至り、世界は共に協力し合っていこうとしている転換点にある。

難民を生み出す戦争の放棄についても、いまだ、世界の中のローカルな問題として取り扱われている。これが世界全体に影響を及ぼす事態となれば、世界は手を取り合って、協力せざるを得ないであろう。世界は、一つにつながっている。

今回取り扱っている水の問題も、CO<sub>2</sub>削減を目指す空気の問題も、我々にとっては、死活問題である。

○能力開発業務への着眼点 01 :

能力開発業務に従事する際には、必ず、外の機関や上位の機関との連携は必須である。色々な機会を得て、講演発表や委員会参加の機会を、得ていただきたい。自らの学びの良い機会であり、継続する所に見えてくるものがある。

2.3.4. 新技術への展望

日本における水に関する計測技術には評価できる内容のものが多い。

東京都の大都市における水道管の施設管理は、常時、その水圧を自動計測することによって、すべてが管理下に置かれているとの報告があった。これまでの災害状況の分析から、給水管の耐震仕様化は進められ、有事の際の対処として、都内各所には必要な部材がストックされているとの報告があった。

計測技術を使った減災対策は、日本の地理的条件に対する技術的対処策としては、一定程度の有効性がある。

今後、AI技術の活用によって、AIデータが集積され、Singularityの2045年以降、AI思考過程が駆使されることとなる。そのためには、AI案の思考過程の見える化が必要とされる。

都市生活において、上層階に上げられた上水は、使用後に、排水・雑排水として、下階へ送り出されることとなる。都市空間におけるこれらの水の循環においても、水は地球環境の中の水として循環され、この地球環境の中の全体の水メカニズムの中で、自然な形で取り込まれていく。この都市空間への入り

の姿と、都市空間からの出の姿とを捉えて、その入りと出の前後の水のメカニズムにおいては、水が本来保有する自然の姿に戻すことが、今の人間社会には義務付けられていると認識すべきである。

○能力開発業務への着眼点 02 :

知識+予備知識+周辺知識→ 実務的知識

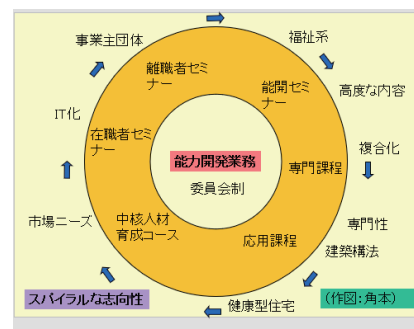
部分情報①

部分情報② + 条件付加 → 情報組み立て

部分情報③ (実学的要素) (体験実習)

水という新しい分野の知識も、上記の位置付けの中で捉えていくことが大切である (rf. 参考文献 06)。

○能力開発業務への着眼点 03 :



能力開発業務は、P→D→C→A で回す訳であるが、それはスパイラルな動きで、1回転して来ると、ワンランクアップと成るもので有る。

2.4. 考慮すべきポイント

水の働きは、生命の誕生から、その生命維持の働き、我々の社会生活の中での働き、そして水に関する被害まで、その捉え方は多岐に及んでいる。

水が、水の生きた働きを、この地上でなし終えて、天空に戻るまでの間、人間社会との良い関係を築きたいものである。しかしながら、人間の側の一方的な経済行為によって、水は人間社会に災害をもたらす存在関係となってしまっている。

3. ソーラーコミュニティ論と水の働き

3.1. シンポジウムより

これは、今回のシンポジウムの課題である水の働きに着目し、ソーラーコミュニティ論における水の働きをまとめ上げ、発表したものである。

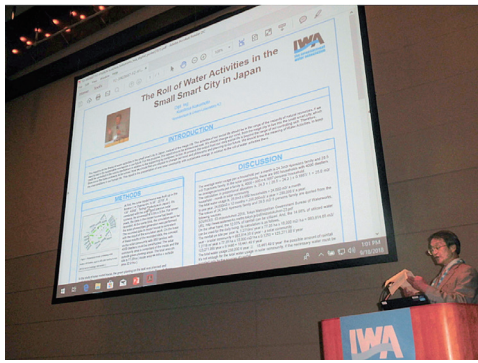


写真1：IWAシンポジウム（ポスターセッション）の講演発表

### 3.2. 方法論

このソーラーコミュニティー論は、最初に、栃木県小山市に、ソーラーモデル棟を建て、総合制作実習課題として取り組んだ。

そのソーラーコミュニティー論の中での植栽によるCO<sub>2</sub>削減量を計算し、コミュニティー論の中での標準的な消費エネルギーによるCO<sub>2</sub>発生量とのバランス状態を、アルゴリズム手法によって、検証した<sup>(rf.参考文献07)</sup>。

更に、シンポジウムの課題としての水の働きについて、このソーラーコミュニティー論の中で試算し、その全体の考え方について検証している。

#### 3.2.1. 自然エネルギー利用とモデル棟

研究の最初に、ソーラーモデル棟を、栃木県小山市（北緯36° 20′ 18″，東経139° 49′ 48″）に建てた。そのモデル棟は、パッシブソーラーとアクティブソーラーとの併用型の形式のものであった。その大きさは、平面形状で3.6m×3.6m規模のものである。そのモデル棟で、7年間にわたって、データ記録を行った。同時に、並行して、ソーラー発電量のシミュレーション作業も実施した。そして、このモデル棟でのソーラー発電の記録データと、シミュレーション結果の値とを比較検討して、ほぼ整合性のある結果が得られた。その後、これらの結果をベースにして、一つのソーラーコミュニティー論（960世帯4,000人規模）の概念を構築した<sup>(rf.参考文献08)</sup>。

#### 3.2.2. 自然エネルギー利用のコミュニティー

想定されるソーラーコミュニティーの敷地は、全体が楕円形状である。一つの目安として、全体敷地

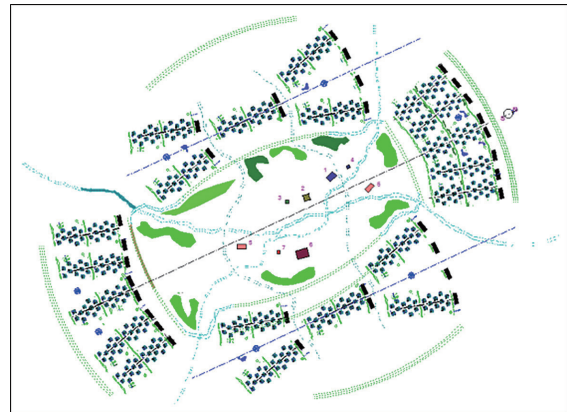


図1：ソーラーコミュニティー論（住人4,000人960世帯、同480戸建て住宅+32マンション建屋（480世帯）

の中で、その内側敷地の長い軸長が1.557kmで、短い方の軸長が0.57kmである。

その幾何学的な形状から計算した面積が、概算として、以下に示されている。

敷地の内側と外側に植栽が植えられている。全体の敷地は、77.35ha（内側44.44ha+外側32.91ha=77.35ha）である。

ソーラーモデル棟に関する実習の中では、夏期に、モデル棟壁面上を植栽で覆うことも、計画し、実際に実施し、壁面上の温度計測も行った。

これらの測定結果から、壁面緑化が、夏の壁面の熱負荷を低減する防暑効果があることが確認された<sup>(rf.参考文献08&09)</sup>。

### 3.3. 結果について

植栽によるCO<sub>2</sub>削減効果について、検討を加えた結果を、以下に説明する。

#### 3.3.1. 緑化のCO<sub>2</sub>削減量

ソーラーコミュニティー論の全体敷地の中で、内側の中央部分の全体面積を計算すると、444,397㎡（44.44ha）（約133,319坪）となる。外周部分の面積も、計算している（32.91ha）。

1本の樹木に蓄積される炭素量は、  
炭素量 = (幹材積) × (容積密度) × (拡大係数) × (1 + (地下部・地上部比)) × 0.5 式①

例えば、21年生スギ林で、平均的な木の胸高直径が18cm、平均樹高が11m、幹の樹積が0.14m<sup>3</sup>の場合、

表1：バイオマス算出に必要な係数<sup>(参考文献10)</sup>

表	拡大係数		地下部・地上部比	容積密度 (kg/m <sup>3</sup> )	
	20年生以下	21年生以上			
針葉樹	スギ	1.57	1.23	0.25	314
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	407

この木に固定されている炭素量は、式①に代入して、

$0.14\text{m}^3 \times 314\text{kg/m}^3 \times 1.23 \times (1+0.25) \times 0.5 \div 33.8\text{kg}$ となる。

この炭素量を、二酸化炭素の重さに換算すると、 $33.8 \times 44 / 12 (\div 3.67) = 123.9\text{kg}$ となる。

スギ人工林の場合、齢級3(11年生から15年生)で、材積58m<sup>3</sup>/haで、炭素量18t/haとなる。

ヒノキ人工林も同様に、齢級3(11年生から15年生)で、材積45m<sup>3</sup>/haで、炭素量18t/haとなる。

これをソーラーコミュニティ論の敷地面積と利用率とスギ・ヒノキ半々で換算した場合の炭素量は、利用率80%の場合： $44.44\text{ha} \times 0.8 \times 18\text{t/ha} \div 33.8\text{kg} = 639.9\text{t}$  (CO<sub>2</sub>重さ換算で、 $639.9 \times 44 / 12 \div 2,346.3\text{t-CO}_2$ )<sup>(参考文献11)</sup>。

トータルバランスCO<sub>2</sub>:  $2,346.3\text{t-CO}_2$  (内側中央の緑樹帯のCO<sub>2</sub>削減量) +  $1,737.89\text{t-CO}_2$  (外側周辺部の緑樹帯のCO<sub>2</sub>削減量) =  $4,084.19\text{t-CO}_2$  (トータルCO<sub>2</sub>削減量)  
 $\therefore 4,084.19\text{t-CO}_2$  (トータルCO<sub>2</sub>削減量)  $\geq 3,690.432\text{t-CO}_2 / \text{solar community}$  (エネルギー消費量in ONE SOLAR COMMUNITY 家庭用(化石燃料+電力按分分))

### 3.4. 検討項目

ソーラーコミュニティ論における、生活の中の水の働きについて検討を加えた。

#### 3.4.1. コミュニティーの水の必要量

必要とされる水使用量を換算すると、1カ月の世帯平均の水の使用量は、4人家族で24.3m<sup>3</sup>、5人家族で28.5m<sup>3</sup>である。

(なお、上記の数値の24.3m<sup>3</sup>/4人世帯と28.5m<sup>3</sup>/5人世帯は、東京都水道局の資料による<sup>(参考文献12)</sup>)。

想定しているソーラーコミュニティでは、960世帯4,000人が暮らしている。その世帯構成の平均値は、 $4,000\text{人} \div 960\text{世帯} = 4.1667\text{人/世帯}$ となる。

この場合の水の使用量を、比例配分で計算すると、 $24.3 + (28.5 - 24.3) \times 0.1667 / 1 = 25.0\text{m}^3 / \text{世帯} \cdot \text{月}$   
 全体の使用量は、

$25.0\text{m}^3 \times 960\text{世帯} = 24,000\text{m}^3 / \text{月}$

1年間では、

$24,000\text{m}^3 \times 12\text{カ月} = 288,000\text{m}^3 / \text{年} = 288,000\text{t} / \text{年}$

この値が、ソーラーコミュニティにおける、年間の水の使用量となる。ここまでが、水を使用する側での水の必要量の考え方を述べている。

次に、降雨量の側の考え方について述べる。統計的な考え方に沿って、ソーラーコミュニティ論における、降雨量からの水の供給量を計算する。

#### 3.4.2. コミュニティー内の降雨量からの供給量

最初のソーラーモデル棟が建てられた場所、栃木県の現地周辺での降雨量は、気象庁の過去10年間にわたる統計値によると、1271.9mmとされている。

外側敷地32.91ha + 内側敷地44.44ha = 77.35haである。これを基に、全体の敷地における降雨量を求めると、

$1,271.9\text{mm} / \text{年} \times 77.35\text{ha} \times 10,000\text{m}^3 / \text{ha} = 983,814.65\text{m}^3 / \text{年}$

ここに降る降水量の12.53%が、社会生活に水利用されていると考えると、

$983,814.65\text{m}^3 / \text{年} \times 0.1253 = 123,271.98\text{t} / \text{年}$

さらに、そのうちの14.96%が生活用水に使用されているとすると、

$123,271.98\text{t} / \text{年} \times 0.1496 = 18,441.49\text{t} / \text{年}$

計算された数値から、両者の比較をする。

ソーラーコミュニティ論における全体の必要な水使用量は、288,000t/年である。一方、降雨量から使用可能な生活用水量は、18,441.49t/年である<sup>(参考文献13)</sup>。

これが生活用水としての換算量の値。以上が降雨量から見た、生活用水量(換算値)である。

(上記の12.53%と14.96%の値は、国交省の資料による<sup>(参考文献14)</sup>)

#### 3.4.3. 比較検討

ここで、3.4.1. コミュニティーの水の必要量と3.4.2. コミュニティー内の降雨量からの供給量と、その両者を比較すると、

288,000t/年 $\geq$ 18,441.49t/年

もしも必要な生活用水を、ソーラーコミュニティの敷地に降る降雨量からのみ調達する場合には、不十分であるという結果になる。

充分なる水の量は、河川や地下水や水道事業者より供給されることが期待される。通常、我々が使っている水は、想像以上に広範な範囲から集水された水を利用しているのである。

今後、人口の都市集中化が促進されるとすると、そこに必要とされるサービスは、電力と水である。

水に関しては、上水と下水の双方において、上水は飲み水としての品質が問われ、下水は自然の生態系を壊さないまでに浄化された下水の品質が問われることとなる。しかも、この両者は、都市生活空間からは遠く離れた広範囲からの水を受ける形であり、下水についても、遠い旅路の果てに自然の生態系が、その水質を受け入れるべく待っている形となるのである。これらのことに鑑みるならば、地球環境のサステナビリティの考え方からすると、もっと浄化された形で、水の再利用が計画され、推進され必要性が有ると考えられる。

#### 3.4.4. コミュニティの植栽への散水量

次に、植栽への散水という観点について検討する。

散水に必要なとされる水量は、夏期において、8L/m<sup>2</sup>・日(芝生)で、11L/m<sup>2</sup>・日(樹木)となっている。(前述の値は、エンジニアリング協会による<sup>(ref.参考文献15)</sup>)。

この数値を換算してから、ソーラーコミュニティ論に当てはめて、計算してみると、

8L/m<sup>2</sup>・日(芝生) → 80,000L/10,000 m<sup>2</sup>・日 → 80m<sup>3</sup>/ha・日

11L/m<sup>2</sup>・日(樹木) → 110,000L/10,000 m<sup>2</sup>・日 → 110m<sup>3</sup>/ha・日

この換算値から、敷地の全体における散水量を計算すると、

80m<sup>3</sup>/ha・日 $\times$ 77.35ha=6,188m<sup>3</sup>/日(芝生)

110m<sup>3</sup>/ha・日 $\times$ 77.35ha=8,508.5m<sup>3</sup>/日(樹木)

これらの平均値を計算すると、

(6,188m<sup>3</sup>/日+8,508.5m<sup>3</sup>/日) $\div$ 2=7,348.25m<sup>3</sup>/日

この夏期における、散水量の平均値を、先に計算

したソーラーコミュニティ内の敷地に降る年間降雨量との間の比較検討をする。

983,814.65m<sup>3</sup>/年 $\div$ 7,348.25m<sup>3</sup>/日 $\approx$ 133日分

もちろん、夏期以外の植栽への散水量は、夏期に比べて少なくなると思われる。この点を考慮に入れても、水の再利用の検討は、なされるべき課題の一つである。

降雨量の1271.9mmは、気象庁のHPデータより入手した<sup>(ref.参考文献16)</sup>。

### 3.5. 水活動の現状・対策・展望

本来は、自然の保有する自然のメカニズムの包容力の範囲内で、我々人類のメカニズムの自然への接し方を、コントロールできるようにしなければ、その人類のメカニズムに永続性はないのである。

その概念性について検討を加えると、以下の3.5.1.に説明する数式となる。

#### 3.5.1. 生活空間のメカニズムの考え方

自然エネルギー利用のソーラーコミュニティ論においては、エリアの中央部と周辺部に、植栽を配している。これにより、概念的には、以下の関係式が成り立つ。

$$Y = aX + bU \quad \text{式②}$$

Y:生活環境総合メカニズム, X:生活環境人工メカニズム, U:生活環境制御メカニズム, a: Xの可変指数, b: Uの可変指数, と考える。都市空間における自然要素は、Uに含まれる。これらが互いにバランスされていることが大切。

そして、このYは、そのエリア内の自然のメカニズムを逸脱しないという前提条件が守られる必要がある。

$$Y \in Nm \quad \text{式③}$$

Y:生活環境総合メカニズム, Nm:自然環境メカニズム, と考える。

グローバルな観点で考えると、このY:生活環境総合メカニズムの値は、そこの生活圏の活動の程度によって異なる。Nm:自然環境メカニズムの値も、現地の植生によって異なってくる。

グローバルな観点で、地球環境の保全を考える場

合には、この点での評価方法を統一しておく必要がある<sup>(参考文献17)</sup>。

### 3.6. 考慮すべきポイント

人間社会も、本来あるべき、水本来のメカニズムや、自然の有する固有のメカニズムに力点を置いた、将来ビジョンを持つべきと考えるものである。

今後はさらに、このソーラーコミュニティー論の中における、水の浄化システムを含めた試算を、他の研究機関の協力やアドバイスをいただきながら、その概念を発展させた形で構築したい。

謝意：これまでの研究のまとめには、森林総合研究所及び日本エネルギー経済研究所の연구원の方々の御助言があり、そのご協力に、謝意を表したい。並びに、今後の推進力にも期待したい。

## 4. 日本の国造りと減災対策

### 4.1. 日本の様相

日本の国造りの様相を見ると、高度に発達した技術の集積回路のごとき現状が見られる。

自然災害が恒常的に誘発され得る地理的条件下にある我が国においては、その防災・減災対策において、国家百年の計の観点から、より良き道を考えざるを得ない状況下にある。

### 4.2. 現代の様相について

現代社会が構成されている様相について、以下に述べる。



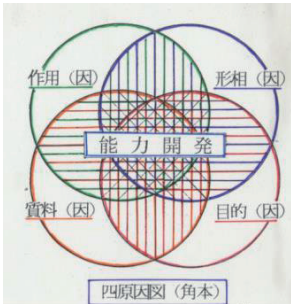
写真2：IWAシンポジウムの講演発表

### 4.2.1. 現代社会の様相と展望

構成された技術社会の様相を、四原因分析的に見てみる。その特徴は、技術としての作用因に色濃く特徴付けられていて、そこに材料としての質料因が付加されて、一足飛びに最終の目的因へと、急ぎ走っていくかのようなのである。そこに、人間社会が本来具備すべき、形相因としての安全性が、本来、最初に来るはずのものとして残る。

そもそも人間社会においては、安全性が損なわれることによって、効率的に急がれた社会構築は、すべて、危険にさらされる憂き目を見ることと成り得る。昨今の自然災害関連の事故の様相を見ても、一つの社会現象として、この点を痛感する。

○能力開発業務への着眼点 04：



$${}_n C_r = \frac{n!}{(n-r)! r!}$$

$${}_4 C_2 = \frac{4!}{2! 2!} = 6通り$$

$${}_4 C_3 = \frac{4!}{3! 1!} = 4通り$$

(組合せ数)

四原因の組み合わせは、数式のようになる。  
これらが、対象物ごとに、要素構成に強弱が出てくる。

### 4.2.2. 日本の減災対策への取り組み

一昨年の九州地区や広島地区における集中豪雨と土砂崩壊、そして、昨年の広島地区と愛媛地区における集中豪雨と土砂崩壊とによって、多くの犠牲者が出た。

西日本地区を覆う地層は、マグマの時代からの花こう岩質と真砂土とで覆われている。これらは鹿沼土と並んで園芸にも使われるほどに水捌けも良い反面、土砂崩壊を起こしやすい地盤であるとの問題点がある。

2011年に発生した東日本大震災とその後の津波災害、そして、その翌年から開催された日本学術会議の全体会議における報告から、水関連の多くの示唆に富む教訓的内容を、以下に述べる。

筆者は、その時点で参考文献に示す原稿にまとめているので、そこからの引用の形を取ることとする。

日本の水災害の中の津波災害については、「～海溝付近に起こる津波地震は、日本海溝ではプレートの沈み込みによってどこでも起こる可能性がある～今後を考えると日本の進んだ海底観測技術の役割は大きい、海底の動きがわかるようになり、海溝に沿ってどれだけ地震を起こすポテンシャルを持っているかを推定する技術～余震は長く続き、海溝では6～7年は継続すると考えてよい～」の発言あり<sup>(rf.参考文献18)</sup>。

この地震と津波災害の後に、太平洋側の海底には事前予測のための海底ケーブルが敷設された。今後の日本の減災対策の一つの方法論として、有効である。

その発生メカニズムについては、「～発生サイクルのスケールをどう考えるか～中央防災会議の最終合意を得た3つのキーワード：切迫性（30年以内に発生する確率）、周期性（過去起きているか）、重大性（起こるであろう被害の程度）～北部では第二段階の津波が卓越している、三陸では陸上で津波が増幅する傾向が見られた、巨大な津波は簡単にエネルギー減衰しない～津波災害の特徴として、直接被害に加え間接被害、特に漂流物（がれき、植生、車両など）が被害を拡大～津波火災は大きい課題～」の発言あり<sup>(rf.参考資料18)</sup>。

災害に適応能力がある強靱な社会～学会議が2008年に地球温暖化の変化に伴う水災害への適応ということで、水災害に適応能力が高く強靱な社会(Disaster Resilient Society)を目指すという提言をしている～災害に対するレジリエンスの4要素「リスク認識・評価」「物的・社会的インフラ」「抵抗力」「備え」を備え持つという上では、社会そのもののファンダメンタルズ（基礎的条件）がきちんとしていなければいけない～こうした社会の基本要素を兼ね備えた社会をまずつくるのが重要」の発言あり<sup>(rf.参考資料18)</sup>。

応用地質に関する課題については、「津波堆積物、土地の成り立ち、地震に脆弱な場、崩壊危機性、亜炭炭鉱の分布、活断層と認定されていない断層などのデータを整備する必要がある～」の発言あり<sup>(rf.参考資料19)</sup>。

上記の内容は、地震と地盤との関係を論じているものである。一方、2017年から2018年にかけての西

日本や九州地方での集中豪雨による被害は、集中豪雨と花崗岩質地盤の崩壊メカニズムの関係であり、これは別途、協議すべき課題である。

下水処理場の被害や電気系統の被害については、「下水処理施設の過半数が海岸部にあり、最も低い場所に位置するが、津波被害は想定していなかった～電気系の被害が大きな影響を与えた～津波による下水道被害として、津波の水圧・衝撃力、漂流物激突、海水の浸入による電気系統の被害があり、複合災害も考慮する必要がある～東北エリア沿岸の120の下水処理場が同時被災したということが問題～不十分な処理による水を排出した結果、養殖業に対する影響が危惧される～電気・計測の縮退運転、電気・計測施設の2階への移転・防水化」の発言あり<sup>(rf.参考資料19)</sup>。

土砂災害については、「土砂災害→土砂崩壊は、地震発生後、何年もたってから（74年後～など）発生する例がある→～事故後の対策が多い～天然湖の水を流すなど→避難に活用できる管理用通路（避難階段など）」の発言あり<sup>(rf.参考資料20)</sup>。

自然災害については、「自然災害が多い、国土の7割が山地である、標高500m以上の箇所多い（対英国）、急な河川がある（対フランス）、最新地盤工学技術の有効性（耐震設計基準の大規模施設は被害が少ない）～」の発言あり<sup>(rf.参考資料20)</sup>。

現下の地理的立地条件に住む我々は、常に、防災・減災の観点から、街づくりも進めるべきである。

○能力開発業務への着眼点 05：

日本の減災対策のためのものづくりと能力開発業務は、必須である。電気信号、通信技術、計測技術や予知技術等に、必要な技術開発への取り組みが望まれる。部分の技術課題の取り組みには、全体像の中での位置付けを、知らしめる必要がある。

近年の九州地区や広島地区での集中豪雨による花崗岩質真砂土の土砂災害や河川の氾濫による災害、2018年8月の9回に及ぶ記録的な台風の来襲、それらは自然の営みであるが、自然界と人間界の切り分けがはっきりとなされていないことに因る災害発生であると考えられる。本来は、自然界の営みの観点からは人家を建てるにふさわしくない条件の所に、建



屋を建ててしまっている例も見られる。一度、建物が建てられると、既得権の観点から、その面での指導に入るのが難しくなっているのではないかと推測する。

耐津波学については、「耐津波学の構築が必要だと考える。津波調査は書物調査のみならず地質学的調査、津波に耐えられる構造の研究、特に遡上津波の挙動のシミュレーションの開発が求められ、また防災教育も必要である」との発言あり<sup>(r1参考資料18)</sup>。

災害と国土政策については、「国土政策は50年先を見越して検討することが大切～大規模市街地は、徹底して耐震建築化するのが良い～第1ステップとして、道路形状を維持し、RC造建築物で津波避難ビルを構築、第2ステップとして巨大災害発生時に短時間で避難できるように商店や事務所・住宅を配置～首都直下・東海・東南海・南海大震災への対応として、耐震・耐火建築化を進める～人口・諸機能が集中している大規模市街地では、徹底的に耐火建築区域を設定～原子力発電所等エネルギー基地については、巨大地震における主要活断層・想定震源域・海溝型地震の領域等を考慮して配置～耐震岸壁の拡充と港湾と河川を連携したロジスティクス整備～災害時に相互扶助機能を発揮する広域的な地域間連携の推進を行えるように、太平洋側と日本海側、東日本側と西日本側の4つに分けた地域間によるバックアップ体制」の発言あり<sup>(r1参考資料18)</sup>。

同じく、災害と国土政策について、「国土政策は長期的、全国的な視点に立つ物的計画に即した政策～避難教育訓練が必要～新幹線などの既存の重要施設では、ストレステストの実施と必要な強化対策を義務化する～新規の重要施設の整備に際しては、災害アセスメントを義務付ける～耐津波土地利用規制を導入～レベル1に対して構造物の津波への安全性確保～これを満たせないものは既存不適格として建造物の移転、更新を促進～レベル2に対しては人命確保を主眼に避難場所の確保を施した上で新設を許可～」の発言あり<sup>(r1参考資料18)</sup>。

減災社会については、「～日本全体にわたって防災教育への本格的な取り組みが非常に遅れている～わが国の最近の災害環境は非常に加速している～地震、洪

水、高潮、噴火、どれも活発化している～東京で特に心配なことは、時空間で被害の様相が複合化する都市災害～「日常防災の重要性」があらためて認識された～災害の危機管理と防災体制の基本～危機管理の基本は、災害のメカニズムを知り (knowing hazard)、弱いところを知り (knowing vulnerability)、対策を知ること (knowing counter-measures) ～防災体制の基本は自助・共助・公助～Resilient Societyにしていく～」の発言あり<sup>(r1参考資料18)</sup>。

減災と防災計画については、「防災対策は7つある。被害抑止、被害軽減、予知・早期警報、被害評価、災害対応、復旧・復興～発災までがリスクマネジメント (リスク管理)、発災後がクライシスマネジメント (危機管理) と呼んでいる～オールジャパンで防災力を高めるためには、災害の規模に応じて支援の相手と支援のあり方を事前に相互に整備しておくことが必要だ」の発言あり<sup>(r1参考資料18)</sup>。

#### 4.3. 自主避難対策について

山がちな地形の島国に住む我々が、自然災害も多く体験する我々が、いのちを守る最後の砦は、自主避難である。現在、台風などによる災害に対する処し方は、最初に、避難準備→避難勧告→避難指示となっている。早い段階から、自主避難できる受け入れ態勢づくりが必要である。

#### 4.4. 考慮すべきポイント

この重層化した国造りの中で、集積回路としての機能確保をしながら、防災・減災の手立てを志向していくこととなる。日本の計装技術を、この集積回路にセットすることにより、危険予知技術を高めることは有効な方法である。

○能力開発業務への着眼点 06 :

日本の国情の中で、この分野での実態調査をすると、その時点での関係者の方と接触することになります。この際に、気配りを要することを明記いたします。これもコミュニケーション能力開発の一環と捉えていただきたいです。

水に関する災害に関する防災・減災の考え方にも、国としての意思決定のルールづくりが必要とされる。

○能力開発業務への着眼点 07 :

日本の国造りへの将来を担う、人材育成の教育現場においても、学生さん方の意識の中に、安全意識や防災対策の必要性を痛感していることが理解できる(参考文献 21)。

## 5. 総括として

今回は、昨年に日本で開催された「IWA World Water Congress & Exhibition 2018, 16~21 September, Tokyo, Poster Session」への参加を、一つの契機として、地球環境論の中の水の様相について捉えてきた。その自然のメカニズムに適合するものとして、人間社会におけるサステナビリティを保有するものとして、自然エネルギー利用のソーラーコミュニティを紹介した。そして、そのコミュニティの中での水の働きについて、アルゴリズム的に確認を行った。さらに、自然災害の多い地理的立地条件下に位置する、日本における水災害に注目して、その取り組みと対策について言及した(参考資料22)。これら、全体を通して、日本のものづくりとしての能力開発業務との関連や着眼点について、考察を加えている。これからの日本の防災・減災への能力開発業務を考える上で、一つの参考にしていただければ幸いです。

### <参考文献>

1. 「水の起源、-地球上に水が現れるまで-」, p3 東京大学 大学発教育支援コンソーシアム 協調学習アクションリサーチプロジェクト4-4 2009.02.28
2. 「火星に「湖」氷の下「生命残れる環境」朝日新聞2018年7月26日(木)1面
3. 「通読できてよくわかる水の科学」p.64 橋本淳司著2014年8月 発行:ベレ出版
4. 「水の大循環、-状態変化しながら地球上を巡る水-」, 東京大学大学発教育支援コンソーシアム, 協調学習アクションリサーチプロジェクト, 4-1, p.3, 2009年2月
5. Kunihiisa Kakumoto: "The Roll of Water Activities in the Small Smart City in Japan", IWA World Water Congress & Exhibition, 16-21 September 2018 TOKYO
6. 角本邦久: 「能力開発への課題設定2002, ~持続可能なるか能力開発~」, 第10回職業能力開発研究発表会, 2002年
7. Kunihiisa Kakumoto: "The Induction City for Solar Community of Dwelling Houses and Mansion Buildings with Collector Facade", the International Symposium on Algorithmic Design

- for Architecture and Urban Design, ALGODE TOKYO, November 2011
8. 角本邦久 指導・監修: 齋藤裕己, 竹本智仁, 室岡哲 [著], 太陽エネルギー併用型住宅の建築環境及び住宅性能向上に関する研究: 平成21年度総合制作実習卒業論文 (その1~その3), 関東職業能力開発大学校 2010年3月 (国会図書館蔵)
  9. 角本邦久: 「ソーラーエネルギー利用住宅からの提案, ~ソーラーモデル棟からソーラーコミュニティ論の復興計画案まで~」, 技能と技術, p.29~44, Vol.47, 2012年2号
  10. 森林総合研究所: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>
  11. 角本邦久: 「試論としてのソーラーコミュニティ論 (その5), -グローバルな観点からの考察-」 日本建築学会 (中国大会) 2017年9月
  12. 東京都水道局の「水読本2018」, mizudokuhon 2018, Tokyo Metropolitan Government Bureau of Waterworks, <http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/pdf/mizudokuhon-23.pdf>
  13. Kunihiisa Kakumoto: The Roll of Water Activities in the Small Smart City in Japan, IWA World Water Congress & Exhibition 2018, 16~21 September, Tokyo, JAPAN, Poster Session.
  14. 国土交通省: 「平成28年版 日本の水資源の現況」
  15. 一般社団法人エンジニアリング協会: 「平成24年度 エネルギー自立型排水浄化再利用システムの調査研究報告書 平成25年3月」
  16. 気象庁: <https://www.jma.go.jp/jma/>
  17. 角本邦久: 「ソーラーエネルギー利用建築研究の系譜 (その4), -グローバルな観定の必要性-」 日本建築学会 (東北大会) 2018年9月
  18. 角本邦久: 東日本大震災後の日本の国造りへの指針 (その1) -日本学術会議よりの教訓を基にして-, 2012年度日本建築学会 関東支部研究報告集 2013年3月
  19. 角本邦久: 東日本大震災後の日本の国造りへの指針 (その2) -地震災害条件下での生活基盤づくり-, 2012年度日本建築学会 関東支部研究報告集 2013年3月
  20. 角本邦久: 東日本大震災後の日本の国造りへの指針 (その3) -地震災害条件下での都市基盤づくり-2012年度日本建築学会 関東支部研究報告集 2013年3月
  21. 角本邦久: 「能力開発に関する事例研究, ~能力開発技法と教材活用~」, p.22~29, 紀要 第19号, 2014年, 関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校
  22. 角本邦久: 地球環境論と水の様相, 2018年度日本建築学会 関東支部研究報告集 2019年3月