

特別寄稿

# 旭硝子財団ブループラネット賞 受賞インタビュー



水文学者  
マリネ ファルケンマーク  
教授 (スウェーデン) \*

## 子ども時代

### 幼少期から10代にかけて

私は1925年にストックホルムで生まれました。私が長女で、4人の弟や妹と共に育ちました。父は法学の教授で中でも経済分野に携わっていました。私はごく普通の女の子として厳しく育てられましたね。でもだからといって私の将来の可能性を誰かが阻めるようなことはありませんでした。両親は私の将来に色々と夢を持っていて、私は語学が得意だったので、その能力を生かすべきだと考えていたようです。多分翻訳家のような仕事につくだらうと思っていたそうです。学校では主にラテン語を勉強していました。でもある時ギリシャ語を勉強しようとしたときに、希望する生徒が十分に集まらず数学のクラスを勧められたのです。そうして勉強してみたら数学がとても得意なことが分かりました。数学が先生よりもできたのですよ。先生が解けなかった問題すら私は解いてしまっていたのです。それで、大学ではラテン語やギリシャ語の勉強を続けるのではなく数学の才能を生かしたほうが良いということになりました。



(右側が教授／1933年)

---

\*1925年11月21日 スウェーデン スtockホルム生れ  
国際応用水文学教授  
ストックホルム レジリエンスセンター上級研究員  
ストックホルム国際水問題研究所 (SIWI) シニア科学アドバイザー

## 大学へ進学

結果的に私はウプサラ大学に進み数学と物理学と化学を学びました。父は私の話を聞いてくれる人で、私が数学に非常に長けているとわかった時点で、語学の勉強をするべきではないと考えたようです。父は大学の同僚に相談をして、数学の教授との相談の場を用意してくれました。その教授と会って、自分の将来の方向性を決める事ができるようにしてくれたのです。彼は2つの選択肢を示してくれました。ひとつは、数理統計学のような科目を学ぶか、もうひとつは数学、物理学を学ぶかです。それで私は数学や物理を学ぶことを選びました。父が私の将来の計画を組み直してくれたわけです。もともと目指していた分野ではありませんでしたので、数学を使った研究は難しく苦勞しましたね。

夏になると家族で別荘で過ごしました。一家はセーリング好きで、私は弟のヨットを借りて友達と一週間セーリングに出たりしていました。父はモーターボートも持っていたので、それで夏にフィンランドに行ったりもしました。ある時なんて、友達とヨットに乗っていたら落っこちてしまってなんとかヨットの船側をつかんで助かったこともあります。家族の中でいまだに衝撃的な思い出になっていますよ。でもセーリングをしていたからといって当時はまだ、自然に対する興味はなかったんです。数学や物理の勉強を続けて1951年に修士をとり、その後会計アシスタントとしてスウェーデン王立工科大学 (the Stockholm Royal Institute of Technology (KTH)) に就職しました。

## 水と出会う

### スウェーデン気象・水文研究所 (SMHI) への入所

私の人生は予期しない出来事の連続です。偶然が私の大人になってからの人生を動かしているのだと思います。最初にそういったことが起こったのは、会計アシスタントの仕事をしていた頃のことでした。私はその仕事にとっても退屈していて、それで大学時代の友人が電話をかけてきた時に、その話をしたのです。すると友人



(左側が教授／大学生時代)





(SMHI時代／1950年代)

は新聞で求人広告見てみたらどうか、と勧めてくれました。家に帰って新聞を見てみると、スウェーデン気象・水文研究所（SMHI）の募集広告があったのです。そうして28歳の時にSMHIに入所することになりました。

私が関与した仕事は、水力発電開発による湖や川といった環境への影響を観測することでした。具体的には、発電所の温排水による冬期に凍結する河川の氷への影響に関することです。その河川の氷が失われることによって地元住民が被る損失を評価し、水事裁判所に向けて報告書を書くことになったのです。発電所からの温排水が、隣接する湖に流れ、更には川に注がれることで問題が起きていました。その発電システムは年中温排水を湖から川に流していました。それにより冬期の川の氷を融かしていたのです。以前は冬の間は完全に凍っていたので、冬期には地元の人々の運搬用の道路代わりになっていたのです。それで地元住民と発電所の間で対立が生まれていました。私は氷の専門家といっても最初は何もわかっていませんでしたから、ただ学んで前進し続ける日々でした。思い返してみると『Environmental Impact（環境影響）』という言葉が存在する以前に、私は既に開発が環境に与える影響に関する仕事をしていたといえますね。

戦後に次々と発電所が再建された時代で、私はのちに水力発電所の効率性を分析する仕事もしました。物理学の応用で、科学界では全く新しい試みでしたから面白かったですね。

## 女性としての苦勞

1940年代や50年代に大学院を卒業した私の世代の女性たちは、職場に進出した最初の世代でした。現在ではSMHI職員の50パーセントが女性ですが、当時私は氷の部署に配属された女性で初の水文学者だったのです。ところが男性陣はあまりそれを快く思っていませんでした。氷の研究は厳しい作業を要しますし、強い男性が担う分野だったのです。研究に使う器具がとても重くて、私は特別なものを使わざるを得ませんでした。また、研究所内の各施設の管理をしている男性が私に鍵を渡してくれない、ということもありました。私を信用してくれなかったのでしょう。

そうはいつでもやるしかありませんでしたから、何か問題があった時は、とにかく立っている事にしました。言葉通り、立ちあがるのです。私はとても背が高いので、かなり効果的でしたよ。その鍵の男性なんて、私の身長半分くらいしかなかったのですから。

## 水を学ぶ

### 1954年、本格的に水文学を学び始める

私が水事裁判所への報告書などを書くことに長けていると分かり、SMHIの上司達は私に水について詳しくなるように水文学<sup>1</sup>や水理学<sup>2</sup>の勉強を始めるよう指示しました。その頃私は水文学が関係する水よりも物理

<sup>1</sup> 河川・湖沼・地下水など陸上の水の状態や変化、環境との関係などを、水の循環の立場から研究する学問。

<sup>2</sup> 液体、特に水の力学的性質やエネルギーを対象に、機械設計などの工学的応用面から研究する学問

が大きく関係する氷の世界に関心を持っていたのですが、例えば川の水量・水率などといったSMHIの研究には水文学が必要だったのです。水力発電所の効率性を確認する調査も行いましたが、それにはもちろん水理学が関わっていました。SMHIがこのような仕事を請け負っていて、それに即して私を配置したのです。ですから、氷から水へと興味が劇的に移った瞬間があるわけではなく、それが仕事だったということでしょうね。それでSMHIで仕事をしながら、1954年に水理学を王立工科大学で学びはじめ、1958年からは水文学をウプサラ大学で学びました。王立工科大学では部屋を探すのが大変でした。全て男性用で、女性用の部屋が一つもなかったのですから！

### 母親と研究者としての両輪の日々

私は1955年から3回も育休をとりました。子ども3人分です。幸い職場はそういうことには前向きでした。育休が終わった後はいつも家に母親役をしてくれる人がいました。うちの隣に住んでいた主婦の方で2人のお子さんを持つ女性でした。だから私の子ども達は託児施設ではなく家で育つことができました。それが母親としての仕事と、研究者との仕事のバランスを保つ解決方法でした。神様が助けてくれたのでしょうか。私はただ仕事をして、そして母ただけです。それだけです。勿論、難しかったですよ。子どもが小さかった頃には2回ほど倒れました。大変ではありましたがそういうものです。それに私には主人がいましたから、彼はたくさん手伝ってくれましたし、それがとても重要なことだと思います。両親としての仕事は二人で共に担っていました。

### 世界規模での水重要性を学ぶ

#### SMHIを退所しユネスコ国際水文学計画（IHD）へ参加

私が1965年に3度目の育休から戻ったころ、またしても予期しない出来事が起こりました。SMHIが私に、職場を変えてスウェーデン自然科学研究評議会（SNSRC）に行つてユネスコの国際水文学10年計画に対するスウェーデンの参加を支えてほしいと言ってきたのです。なぜならこの仕事をするはずだった男性職員が、国連の別の仕事についてしまったからです。二回目の予期しない幸運でした。ここから私の国際的なキャリアがスタートしたわけです。

私はスウェーデン国内委員会の幹事として仕事を行いました。突然、（スウェーデン国内だけでなく）グローバルな水の仕事になり、それも10年という枠組みで行われたわけですから、国際水文学10年計画は、水に対する私の視点を大きく広げてくれました。

私にとって重要だったプロジェクトは、7年かけてバルト海の水収支を調査する巨大な国際プロジェクトです。各国がそれぞれ水文学的要素の調査を受け持つて、例えばある国は降水量、ある国は蒸発量、ある国はバルト海の貯水量について、そしてある国はデンマーク海峡からの流出量を調べて…といった感じでした。私はその全体をまとめて報告書に仕上げる役割を受け持つていました。このプロジェクトを通じて私は水の



(左が夫 真ん中が教授)



(IHDの会合 手前のサングラスの女性が教授／1968年)

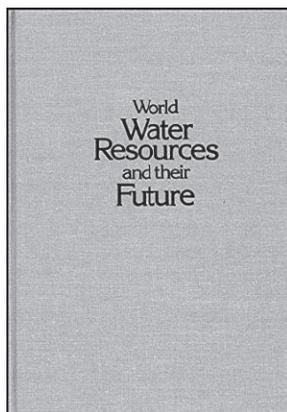
変遷 (water exchange) に対する視点を広げたのです。

### 世界の「水不足」問題について視点を与えてくれた恩師

この頃、私の学術面の人生の師といえる教授の本『World water resources and their future』に出会いました。モスクワ大学の地理学の教授であるレボビッツ教授 (M. I. L'vovich) によって書かれた水不足に関する報告書です。当時地域ごとに水の状態などが異なることはあまり理解されていなかったのですが、彼は異なる大陸ごとに集めたデータを集約し、地域ごとの水文学的な違いを示してくれていました。彼は水文学的視点による新たな世界地図を描きあげた人物なのです。

水文学は60年代当時、一部の学者の私的な研究が多く、学問としては未熟でほとんど研究が行われていなかったのですが、こうした状況にレボビッツ教授の本は多大な影響を与えました。そこに書かれていたのは、いかなれば地球の生命維持装置としての水についてでした。その本は、私の人生の基盤となっています。私はそれを引用し、今も受け継いでこれまで500もの論文を書いてきました。非常に難解でしたが、彼が何を言おうとしているのか理解しようとして彼のメッセージを深く発展させたのです。

彼に会ったことはありませんが、バルト海のプロジェクトに従事していたころ連絡先を知り、私が疑問に思っていたことについて彼に電話で問い合わせたことがあるんです。間接的にでも彼に連絡をとれたのは幸いでした。私が熱心なものですから彼も私に興味を持ってくれたようで、新しい本を仕上げると、何冊か私に送ってくれました。



(1979年出版の英訳版表紙)

## ファルケンマーク指標の開発

### 発展途上国の「水」の状況を知る

この国連のプロジェクトで私の関心を大きく引いたのは、発展途上国から大量に届けられた報告書でした。そうした国々が発展途上であることには理由があり、私は水資源の欠乏が関わっていると実感したのです。アフリカの問題に気付いたのも、綿密に書かれた多くの報告書のおかげでした。水がなければ発展が始まるためのスタート地点には立てないのです。当時、北半球にある国々が発展途上国を助けることに大きく関与していましたが、彼らは地域的な違いというものに気付いていませんでした。人々は自分達の住む地域と、こうした途上国の水に関する状況は同じだと考えていたのです。水には問題はない。水不足などは存在せず、十分に水があると。

私はレボビッツ教授の本に出会ってから、水文学における地域的なそして世界的な水の違いという事に大変関心を持っていました。私は地域によって利用可能な水の量が違うのではないかと、レボビッツ教授の本に基づいてその考えを発展させていったのです。

### 水の重要性を周知したいと思い始める

1970年代初めのころ、国連の様々な会議が連続して開催されていました。そのうちの一つ、確か食物と人口に関する会議で、世界においてどれだけの人口に食物を供給できるかという報告、つまり世界が養える最大人口はいくらか、という報告がありました。どこかの工科大学の教授二人がなんと世界は400億の人口まで許容可能というとても楽観的な報告をしたのです。私はこの報告を全く信じられませんでした。彼らは生命に必要な水についての調査を行っていないと感じたのです。これをきっかけに、私は世界の混水量（water carrying capacity）について興味を持ち始めました。

1970年代、80年代には人口増加が急激で、これに伴い一人あたりの水の供給可能量は減っていました。私は世界の供給可能な水の量と一人当たりの水の需要から計算できる人口の限界値を知る必要があると考えたのです。そこで同僚と共に報告書を作成し会議で発表しました。世界の混水量について書かれた初の論文です。さらに私達は、人類の生活のためにいかに水が重要かという理解を促進するために、本を出版することにしました。その本、「Water for a Starving World（飢えた世界のための水）」は英語に翻訳され国連の水に関する会議の主報告書として扱われました。1977年のことです。

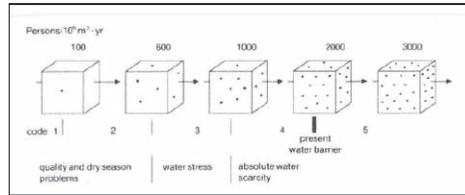
### 各国の水不足の状況を表すファルケンマーク指標の開発

1970年代から1980年代、アフリカでひどい干ばつが起り多くの死者が出ていました。水不足というのは重要な問題なので、私は水不足を示す基準を作りあげることになりました。限られた水の量に対して、人間の数が増えれば増えるほど、分配される水の量がどんどん減るという事を示すことにしたのです。

世界を調べると、アメリカのとある州では、ある供給水量に対して六千人の人間がいて、水不足の問題が発生し始めていると言う事を知りました。そうして色々様々な報告書などを調べていくと、1年間の水供給量を、1,000,000 m<sup>3</sup>を単位水量とした場合、そこに千人の人間がいると問題が発生しだすということが分かり



(左から2番目が教授／1980年代後半)



(当時の図表)

ました。それで3つの段階に分けました。この単位流量量に対して600人未満, 600人以上1,000人未満, そして1,000人以上と。

そして水逼迫度についての基準を作成しました。単位水量100万立法メートルの水を、一年間供給できる人数の限界についての基準です。世界を見回し、水ストレス(水の欠乏)が存在するかを確認しながら、異なった尺度をつけたのです。そして、1流量単位(100万立方メートル)につき1,000人という数値に達すると慢性的な水ストレスが存在することになるということを発見しました。

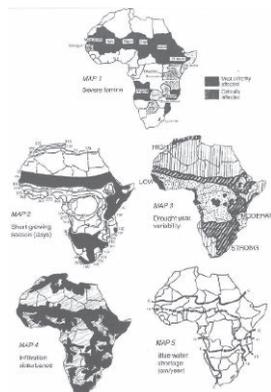
そして人々の水への需要と、ある一定の水にどれだけ的人口が頼っているかという「水逼迫度(Water Crowding)」について図表を作り、これが後にファルケンマーク指標と呼ばれるようになりました。これによって何がわかるかという、水資源の不足の状況です。不足量というのは需要に対する供給可能量についての問題ですが、まず需要は社会がどれだけ水を必要としているかを知ればわかります。人口が増えれば水に対する需要が増えて、逼迫度も上がり、一人毎あたりの供給可能量は減少します。この指標によって世界の各地での状況、ストレス状態などを比較することができるようになったのです。この水の1単位に対して人が何人、という概念の重要なポイントは、人が焦点になっているということです。人口は増加していますから、人を中心に据えるこの考え方が非常に大切なのです。

## もう一つの水存在に気付く

### 水不足・飢餓に悩むアフリカの見えざる水「グリーンウォーター」

アフリカはとても乾燥した大陸で、十分な水が河川に流れておらず、その人口を灌漑で養う事はできません。河川回廊は存在していますが、河川から遠く離れた場所の人々はそこから水を得ることは叶わず、灌漑はできないのです。では彼らはどうやって食物を手に入ればよいのでしょうか。アフリカの人口は30年ごとに倍増します。2010年には10億人、2050年には20億人、そして2100年には40億人…どうすれば、それだけの人口に食物を供給することができるのでしょうか。

私がいくつかのデータを調べたところ、アフリカ各の水の状況に地域的な特長があることが判明しました。問題がおこっているのはコンゴなどの全くの熱帯雨林地域ではなく、周囲のサバンナ地域でした。そこでアフリカの地図を問題ごとに塗り分けたものを作成したのです(図参照)。すると同じパターンが浮き出しました。



この地図（MAP1/大飢饉）の上部分にある黒く塗りつぶされた国々は70年代に大干ばつの問題で苦しんでいた国々ですが、この地域はMAP5から河川の水などの目に見える水、すなわちブルーウォーターが不足していることがわかりました。またMAP4では、土の問題（湿潤障害）があるということにも気が付いたので、更に干ばつ問題があることも判明しました。MAP3/渇水年の流動性から、地域的に干ばつがどれだけ頻繁に発生しているかという基準が示されたからです。これらの地図には同じ塗分けパターンが生まれていました。その時に河川を流れる液体としての水だけでなく、目に見えない土壌の水分に目を向けるべきであると気づいたのです。食物の生産について検討するのであれば、河川ではなく土壌の水分について調べる必要があると、作物は川の中で育つわけではありませんから。土に水がなければ植物は育ちませんよね。植物は根から水分を吸収し、その水分は茎を通して上に上がり、気孔が二酸化炭素を取り込む時に大気中に放出されます。この光合成のプロセスは根から吸収された水分によって促進されるわけです。それで私はこの土壌の水分に新しい名前をつけることを提案しました。グリーンウォーターです。そして私は食物の生産にかかわるグリーンウォーターを追求する道を歩み続けることにしたのです。

### グリーンウォーターの発見が高い評価を受ける

水をグリーンウォーターとブルーウォーターに分け、土壌の水分へ注目しようというこの考えも国際水文学10年計画に関わっていたときに得たものです。土壌中の水分と、植物の成長のプロセス。この2つの事実を組み合わせたものが私の（グリーンウォーターの）概念で、食物生産を考えると中心となるべき重要な概念だと考えました。1993年1月、私はその概念を国際連合食料農業機関（FAO）の会議で提唱し、とても高く評価していただきました。

植物の生産においては、土壌が肥沃であることが大切です。しかしこの時まで、土壌の肥沃性について語られる時には土の中の栄養分についてしか議論されず、そういった物質を植物が根からとり入れるために必要な水について触れられる事はなかったのです。今日でもこの傾向が強く、土壌の分析をした論文の中にも、水の事に全く触れていないものがあるのです。それが、科学者達が土壌の肥沃性について分析するときのやり方なのです。彼らは水を当然のものとして捉えています。それはもともとこの土壌についての概念が発達したのが湿度の高い土地であったためです。そうした場所であれば水の事を検討する必要はありません。そのため土壌の水分については誰も関心を示さなかったのです。

この状況は今でもあまり変わっていません。殆どの開発事業を行っている人間が住む北半球は、水が当たり前存在するところですが、私は1980年代後半、世界銀行とも仕事をしたのですが、その時に世界銀行の書店で、ある一冊の本を見つけました。怒れる農業学の教授によって書かれたもので、彼は北半球の国々と発展途上国の間では状況が違うということに気づいていました。そこで私は自分の考えが正しいという事を証明する初めのお告げを発見したのです。私の、途上国における水欠乏についての指摘は方向的に間違っていない、と。



（ヴィクトリアの滝にて／1990年代）

## 「グリーンウォーター」という概念を世界へ なぜグリーンウォーターに熱心なのか

先ほどお話した1970年代初めの二人の技術系の教授の話に戻りますが、彼らによると地球は400億人まで養う事ができるということでした。私はそれを全く信じていません。人口が増加すれば、食物生産の問題が生じます。グリーンウォーターがなければ食物の生産は完全にストップするでしょう。人口の増加が私を駆り立てるのです。私は、現実的にいったいどれだけの人口を、本当に地球が養うことができるのかを知りたいのです。

例えばアフリカでは、現在雨水の30%程しか活用されておらず、70%はまだそのまま手つかずとなっています。雨季にそれを貯水することができれば、乾季に活用することができます。雨水の有効活用が、人口増加が顕著なアフリカの将来を左右するのです。それが、私のグリーンウォーターにこだわる理由です。

### 持続可能な開発目標 (SDGs) とグリーンウォーター

ファルケンマーク指標は、人々の水の逼迫の状況を表すもので、ブルーウォーターの過不足を示します。つまり家庭用水や産業用水、エネルギー生産に関わるものです。一方、2015年に国連サミットで採択されたSDGsの一部は食糧生産に関する目標ですから、これに関わるのはグリーンウォーターです。問題は、これらの目標を考案している人たちが、食糧生産に関わるグリーンウォーターについて理解していないことです。

私達はストックホルム国際水問題研究所 (SIWI) で、世界水週間を通じてこのことを訴えています。SDGsの目標を達成する方法は、穀物の生産であるということを強く示し、皆のグリーンウォーターについての意識を高めようと尽力しているのです。

数年前に彼らは開発目標の内容を書き直し、それには3段階に分けて考える必要があることを示しました。持続可能な開発において最も大切にすべき基礎となるレベルには土地、水、海水など4つの要素が含まれます。次のレベルはこうした自然のシステムを基盤としている様々なものが、そして一番上に経済的な事項が来ます。やっと水が一番下の基盤に含められたのです。これは数年前に私達が勝ち取った勝利です。その段階にたどりついたので、今は持続的な開発目標の6番目<sup>3</sup>に取り組んでいる人たちに、グリーンウォーターの概念を取り入れるように尽力しているところですが、まだそこまでは至っていません。SDGsを考えている人々は水がアフリカのアキレス腱であるということを理解する必要があります。彼らはどこにどれだけの水があるのか知るべきなのです。水が地球の血流のようなものであることを理解するべきです。もちろん、アフリカ人はそのことを既に理解しています。農民はさとうきび畑に水を入れなければならないことをわかっています。問題なのは水の供給や技術についての科学的な発展なのです。土地の開発という分野の研究は湿度の高い場所で最初に始まったため、水は当然あるものとしてみなされており、土壌の肥沃化について水なしに議論ができてしま



<sup>3</sup> SDGsにおける17の目標の1つ、6番目は「すべての人に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する」こと。

います。現在アフリカには13億の人口がありますが、彼らは一体どこで水を確保すればよいのでしょうか。水の供給や技術について考えを切り替えなければならない時が来ます。もう水が充分になくなるのですから。

### 90歳を超えてなお水への関心は尽きない

かつて生態学では、水については全く触れられていませんでした。この分野は生物学者達によって発展していった科学分野で、水文学から何か取り入れるという意識は当時全くありませんでした。生態学者達は魚や水中生物の生態系に興味を持っていましたが、樹木や植物という陸上の生態系について話が及ぶと、水の話は一切されませんでした。そして今なお、私達はそういう状況の中にいます。私達はまさに今、水という概念を取り入れるように、水は生物圏内の血流であるということに気づくよう働きかけているところです。水に焦点を当てないのはおかしい、と。私がこうした研究をやめて死んでしまったら、すべての概念が消え去ってしまいます。でもこうして研究を続けブループラネット賞を頂いたことによって、私の考えが公認されました。これが、私が92才にもなってまだ仕事を続けている理由です。

世界中の学校に向けて伝えたいことがあります。もっときちんと水のことを教えなければいけません。人類が存続するための基盤となる水の状況についてです。子どもたちに生命がどこからきているのかをきちんと理解してもらうのです。なぜなら、子ども達は水が大好きだからです。特に6歳以下の子どもたちは長靴で水たまりをピチパチしたり、水で砂遊びをして水をせき止めてみたりするでしょう。水に関心が無いのは大人たちの方です。ですから水に充分関心がある子どものうちに水が全ての起源であることを教えるべきなのです。

「旭硝子財団および沖大幹先生のご厚意、ご尽力により掲載が実現しました。」

