

宇久島メガソーラの災害・環境への影響と緩和策の提案書

2024年6月6日

熊本県立大学 特別教授 島谷幸宏

自己紹介

長崎県立長崎東高等学校を卒業後、九州大学に進学し、九州大学大学院修士課程修了後、建設省入省、土木研究所河川環境室長を経て、国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所長、九州大学教授、2021年より熊本県立大学特別教授に赴任し現在に至ります。

私は環境省「既存インフラ等を用いた再エネ加速化普及事業推進検討会」座長を6年間務め、また小水力発電の開発研究を長年実施しており、再エネを推進する立場にあります。

一方、湿地学会前会長、応用生態学会元副会長、環境省奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島世界自然遺産地域河川再生タスクフォース会議座長などを歴任しており、自然を保全・保護する立場にもあります。

さらに、九州大学では河川工学を教えておりましたし、土木学会および応用生態工学会の2017年九州北部豪雨調査団の団長、球磨川流域治水協議会学識経験者等の意見を聴く場委員などを歴任し、現在は熊本県の緑の流域治水アドバイザーとして熊本県立大学に在籍しており、防災や水循環についての専門家でもあります。

また、2014年2月には、グリーンインフラネットワークジャパン2024の実行委員長として、国土交通省、環境省、農水省などの後援の元、経済学、造園学、土木工学、都市計画学、農学、生態学の研究者と関連企業が集まる全国大会を開催するなど、全国にグリーンインフラの普及を進めるグループのリーダーの一人です。

<https://www.gi-network-japan.org/>

以上のように、長崎出身の、環境、防災、グリーンインフラの専門家としての立場から提案させていただきます。

1. 宇久島メガソーラの環境・災害への影響の可能性

島の面積の約 1/4 の 720 ヘクタールが事業用地として使用されることを考えると、気象変化、洪水の増加、土砂流出量の増加、地下水涵養量の減少などにより環境・防災上の懸念が考えられる。

水循環への影響は非常に大きいと予測される。メガソーラは都市化による水循環の変化と類似の現象と考えてよい。2010 年に発表されたアメリカの都市化による水文現象の影響へのレビュー論文が、多くの事例研究を網羅しており、大変参考になる。

(O'DRISCOLL, Michael, et al. Urbanization effects on watershed hydrology and in-stream processes in the southern United States. *Water*, 2010, 2.3: 605-648.)

また、陸域生態系、沿岸生態系、景観文化への影響も小さくないので、その点についても言及する。

① 気象の変化：豪雨の増大と気温の上昇、強風化の懸念

ソーラパネルの表面温度は高温になり、さらに、樹木が大量に伐採されることにより蒸散量が減少し、気温が上昇すると予想される。周囲の海の気温はそれほど高くないため、島内の気温は周囲より高く上昇気流が発生し、海から湿った風が吹き込むと予測され、それに起因する豪雨が増える可能性がある。また、風も今より強くなる可能性がある。いわゆるヒートアイランド現象が発生する。

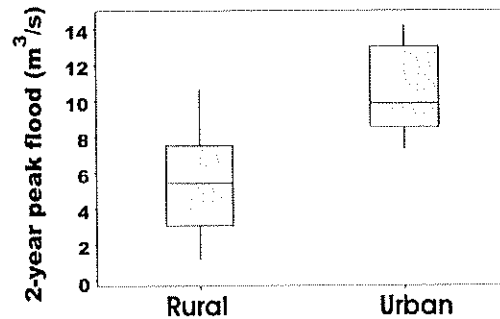
都市化により降雨量が増加することは、報告されているものの、定説とまでは言えないが、ヒューストンやアトランタの例を見ると都市化により 25-30%程度、短時間降雨量が増加している。島は周りを海で囲まれていることから、ヒートアイランド化は確実で、短時間降雨量の変化については科学的な予測と対策が必要である。

② 洪水流出量の増大、それに伴う土砂流出量の増大

不浸透面積が大きくなると洪水量が増大することが知られている。都市化の指標として、TIA (total impermeable area、総非浸透面積) が使われる。TIA の増加すなわち不浸透面積が増大するに伴い、洪水流量が増加することは定説となっている。

島の 25%が開発されるため、島に都市化が起こったのと同じ現象が発生すると予測される。アメリカの例では、図 - 1 (上記論文より引用) に示すように、2年確率の

降雨の平均値は都市化により 2 倍程度に増加している。



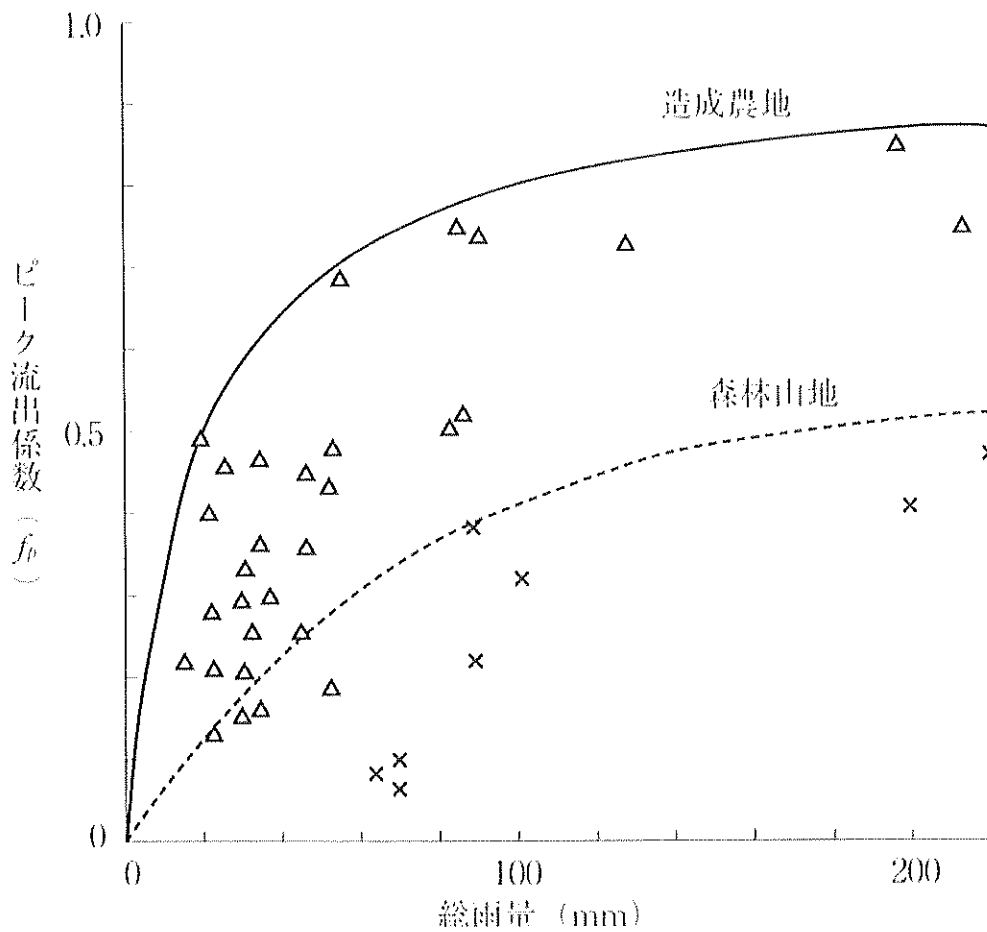
図—1 この図は英語の論文の図であり、都市化によって洪水流量がどの程度変化するかを実測データで示したものである。

また、水文学で用いる流出率の観点からも見ていきたい。森林の豪雨時のピーク流量時の流出率は雨量規模によって異なることがわかっている。雨量強度が小さい場合に比べて、雨量強度が大きくなると、流出率は増加するが、その場合においても流出率は 0.5 程度である。開発地の流出係数を 0.8 とすると、雨量強度が大きい豪雨時で 1.6 倍程度、それより小さい規模の豪雨では 2-3 倍程度の洪水流量になると予測される。これは、小規模の洪水の頻度が相当に上がり、大規模な洪水の規模も大きくなることを示している。したがって開発に伴う流出抑制対策は必須である。

国土交通省告示の土地利用形態別の流出係数の値を用いて同様の検討をしてみる。この告示では、流出係数を耕地 0.2、山地 0.3、開発地 0.9 としている。したがって、耕地を開発した場合は 4.5 倍、山地を開発した場合は 3 倍になる。また、この告示では建設機械で踏み固められた土地の流出率が 0.5 とされており、建設機械で踏みつけられれば耕地であった場所は流出率が 2.5 倍、山地であった場所は 1.6 倍と大幅に流出率が増えることがわかる。

以上のようにこれまでの知見から、メガソーラによる流出増は確実であり、現状の治水施設では氾濫が頻発することになると予測できる。

なお過去の各種のマニュアルの、流出率の値は計画論上の値であり、根拠は明確ではなく、実態を表していないことに留意する必要がある。ただし、上記で用いた平成 16 年に国土交通省から出された、「流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数を定める告示（平成 16 年国土交通省告示第 521 号）」に示された値は、かなり現実の値に近く、私が示した値に近いかむしろ、もっと厳しい値となる。この基準にもあるように、推定にあつては現地観測することが望ましい。



図—2 この図は森林からの農地に転換した時の流出率の変化を示している。森林山地の流出率は降雨が小さい時には小さく豪雨時においても 0.5 程度である。

このような洪水流量の増加により、浮遊砂（浮いて流れる細かい砂）の濃度が上昇することが知られている。日本の平均的な流量と浮遊砂の関係は流量の 1.88 乗に浮遊砂の量が比例することが示されている（下記文献参照）。すなわち、流量が 1.6 倍程度になると、浮遊砂量は 2.4 倍となり、流量が 3 倍になれば 7.8 倍に増加することになる。出水時には現在よりも相当、川の水は濁り、この濁りは沿岸域まで及び生態系や漁業に影響を与えると予想される。沖縄の赤土流出のような現象が起こる可能性がある。

参考文献

武川一樹; 二瓶泰雄. 日本の河川における浮遊土砂輸送量と流量の相関関係. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 2013, 69.2: I_1221-I_1225.

流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数を定める告示

(平成 16 年国土交通省告示第 521 号)

別表 1 特定都市河川浸水被害対策法(平成 15 年法律第 77 号、以下「法」という。)第 2 条第 9 項に規定する「宅地等」に該当する土地(法第 30 条第 1 号関係)

土地利用の形態	流出係数
宅地	0.90
池沼	1.00
水路	1.00
ため池	1.00
道路(法面を有しないものに限る。)	0.90
道路(法面を有するものに限る。)	法面(コンクリート等の不透透性の材料により覆われた法面の流出係数は 1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は 0.40 とする。)及び法面以外の土地(流出係数は 0.90 とする。)の面積により加重平均して算出される値
鉄道線路(法面を有しないものに限る。)	0.90
鉄道線路(法面を有するものに限る。)	法面(コンクリート等の不透透性の材料により覆われた法面の流出係数は 1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は 0.40 とする。)及び法面以外の土地(流出係数は 0.90 とする。)の面積により加重平均して算出される値
飛行場(法面を有しないものに限る。)	0.90
飛行場(法面を有するものに限る。)	法面(コンクリート等の不透透性の材料により覆われた法面の流出係数は 1.00、人工的に造成され植生に覆われた法面の流出係数は 0.40 とする。)及び法面以外の土地(流出係数は 0.90 とする。)の面積により加重平均して算出される値

別表 2 舗装された土地(法第 30 条第 2 号関係)

土地利用の形態	流出係数
コンクリート等の不透透性の材料により覆われた土地(法面を除く)	0.95
コンクリート等の不透透性の材料により覆われた法面	1.00

別表 3 その他土地からの流出雨水量を増加させるおそれのある行為に係る土地(法第 30 条第 3 号関係)

土地利用の形態	流出係数
ゴルフ場(雨水を排除するための排水施設を伴うものに限る。)	0.50
運動場その他これに類する施設(雨水を排除するための排水施設を伴うものに限る。)	0.80
ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められた土地	0.50

別表 4 別表 1 から別表 3 までに掲げる土地以外の土地

土地利用の形態	流出係数
山地	0.30
人工的に造成され植生に覆われた法面	0.40
林地、耕地、原野その他ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められていない土地	0.20

③ 地下水涵養量の減少

ソーラパネル、建物、道路などで地面が覆われること、重機などにより土壌が締め固められることにより浸透能力が大幅に低下し、それにより地下水涵養量が減少することが予想される。森林に降った雨は、一部は遮断蒸発(枝や葉により降雨が遮断され、一部は蒸発し地面に届かない現象)により失われるが、それ以外の雨は

ほとんど浸透する。土にしみ込んだ水は、一部は植物の蒸散作用、土地からの蒸発によって大気中に戻る。残りが地下水となり、一部の地下水は地表に染み出して、川の水となる。

成熟した森林では年間の蒸発散量は 700mm 程度と予想される。地下水涵養量は年間雨量 1900 mm から差し引き、1200mm 程度と推定される。

一方、建造物や道路、パネルで覆われた場所は浸透量は 0 mm で全く浸透しない。また踏み固められた場所で草地になった場所は、流出率が 50% 程度とすると、浸透量は 950mm、そのうち蒸発散で 400mm 程度失われるとすると、年間 550mm 程度の地下水涵養量になる。

したがって、建造物で覆われたところは、浸透量の減少が約年間 1200mm 程度、草地となったところは年間 650 mm 程度の地下水涵養量が減少することになる。ソーラパネルなど非浸透域の割合はデータがないのでわからないが、例えば 30% が被覆された場合、被覆地が 216ha、草地が 504ha となり、被覆地からは年間約 260 万 m³、草地になったところからは年間約 320 万 m³、計 580 万 m³ の地下水が失われることになる。また、その結果、開発地を流域として持つ河川の平常時の流量も減少すると予想される。この値はあくまで机上の推定値であるため、現地での観測に基づいた予測が必要である。

このような地下水涵養量の減少は、地下水の賦存量の減少をもたらし、地下水位の低下、湧水の減少などが生じ、井戸水からの飲料水の確保、沿岸魚貝類の生息場へ影響を与えると予測される。

これらの影響は被覆地の割合の減少や樹林地や農地の改変を少なくすれば小さくすることが可能であるし、後述する対策を講じることにより影響を軽減できるので、対策が重要である。

④ 沿岸生態系への影響

沿岸域の湧き水の減少、平常時の河川水の減少、土砂流出の増加により、沿岸生態系は大きな影響を受けると予想される。小路淳 (2018) によれば、「沿岸海域の海底に湧出する地下水 (海底湧水) が漁業資源の生産に与える影響を評価した。地下水は河川水に比べて量が少ないが、豊富な栄養を含むため、沿岸海域の生物生産に高く寄与すると近年考えられるようになっている。湧出域とその周辺では、魚類の種数分布密度、生物量 出現頻度が大きく、海底湧水を介して供給される陸起源栄養が食物網に利用されていることが国内のいくつかのサイトで明らかとなった。」とあ

るように、湧水は沿岸生態系、ひいては沿岸漁業に大きく寄与しているため、その量の減少は沿岸漁業に影響を与えると予測される。

また、河川の平常時の流量の減少により河口周辺の塩分濃度、水温、栄養塩濃度にも変化を与え、これも沿岸生態系に影響を与えると予測される。

土砂流出の増加は直接的に藻類の生育や魚類の生息地を埋没させる可能性があり、また濁水の影響は光環境に影響を与え、基礎生産を減少させ、生物バイオマスの減少、すなわち漁業資源量の減少をもたらすと予想される。小松ら（2003）は「沖縄県における、ゴルフ場建設、パイナップル農場の開発、農地整備事業などにもなう赤土流出は、透明度を低下させ、サンゴに共生する藻類を死滅させる、あるいは直接的にサンゴの表面を赤土が覆い死滅させるという影響を及ぼしているが、これも陸域改変の間接的な物理作用である。」としている。

以上のように大規模な開発は沿岸域の水温の上昇、栄養塩の供給、産卵場や稚魚の成育場などが失われ、沿岸生態系を変化させる可能性がある。結果として、沿岸漁業は大きな影響を受けるであろう。

そのためには、地下水涵養量の確保、土砂流出量の抑制は必須である。

小路淳. 沿岸域における漁業資源生産過程の解明と生態系機能の評価. 2018.

⑤ 陸域生態系

宇久島には立派な照葉樹林、草地、湿地などの生態系が存在している。特に照葉樹林は大面積の伐採が計画されているため、照葉樹林内の生態系に大きな影響を与えると想定される。照葉樹林内の生態系の構造（種の組成やそれらの関係性）がよくわかっていないので、それを調査し、どのような保全措置を取ればよいのかを調査する必要がある。

貴重種に関してはすでに、データがあるので、それに基づき保全計画を立てる必要がある。

また海岸域には貴重な塩生植物群落が生育しているが、気象の変化によりどのような影響受けるのか、モニタリングが必要である。

⑥ 景観・文化に関する影響

島内には、景観上重要な文化施設、石積み、丸畑などが散見される。また、風景も非常に美しい。次世代にこのような風景や文化を継承するため、景観や文化への影響を調査し、保全措置を検討する必要がある。

2. 宇久島メガソーラの影響への把握のためのモニタリングと保全・防災措置の検討の提案

以上のようにメガソーラの開発は環境・災害に大きな影響を与えることが予測されるため、出来得る限りの対策を講じておく必要がある。甚大な被害が発生してからは、手遅れになる。

特に、水文学的な基礎的な情報は決定的に不足している。保全策を実施する場合、科学的なモニタリングが必須であり、それに基づいた保全策をとる必要がある。モニタリングの実施や保全措置の検討にあたっては、私を中心に学識者からなるチームを結成して、協力することも可能であるので、検討をお願いしたい。

① 基礎的情報の収集

・島内の水文観測（気象観測、河川の水位及び流速の観測、出水時の濁水観測、地下水位の観測）

・湧水、湿地の分布調査（陸域および沿岸域）

・林内の浸透能の調査

・生態系の総合調査（種組成だけでなく沿岸および陸域の生態系の構造の調査）

・景観調査（観光地、重要な視点からの景観調査、重要な文化的な景観調査）

② 対応策の検討

・気象変化を緩和する対策：開発予定地の樹林を極力保全し、植物生息地の改変を最小限にする。緑化する場合は、現在営農をしている場所以外は在来植生を中心とした緑化に努め、外来種は用いないなど、蒸発散量が極力減少しない措置をとるとともに、島内生態系の保全に努める。また建造物を設置する場合は、屋上緑化、道路の緑化などグリーンインフラを積極的に導入する必要がある。

・水循環の保全措置：開発地の浸透能の確保がまず重要である。そのためには、森林部の下層植生と土壌にダメージを与えないような開発が必要である。重機が土壌を踏むと浸透能力は極端に低下するので、重機が浸入する面積を最小にするような施工計画を立案する必要がある。また、樹木の伐採は最小限にし、伐採する場合も下層植生と土壌は極力手を付けないようにし、浸透能が低下しない措置を行う。

洪水流出は大きく増加することが予測されるので、洪水流出抑制のための湿地の保全

と強化、浸透型の調整池の設置、浸透帯などを設けることは必須であり、その規模、構造を早急に検討する必要がある。

・開発面積の最小化：開発面積を小さくすることが、すべてに対して最も効果的な対策であるので、極力開発面積を小さくする努力をする。

・沿岸域生態系

環境への影響を整理し、影響を受けそうな魚類・貝類などの動物、藻場などを抽出し、影響を大まかに予測し、継続的なモニタリングを実施する必要がある。保全措置としては、水循環の健全化が何より重要で、水循環の保全措置をまず行う。

漁業に対して、大きな影響を及ぼす可能性があるので水産サイドに情報を提供するとともに、水産サイドのステークホルダーと連携し、沿岸域の湧水帯、藻場などのモニタリングなどは共同で実施することが望ましい。影響が出た時には速やかに対策が打てるよう、順応的な管理を実施する体制をあらかじめ構築しておく必要がある。

・陸域生態系の保全措置

重要種に関しては分布調査とその影響調査、生態系に関しては典型的な生態系、上位種などについて調査を行う。さらに事業による影響を予測し、重要種に対しては現地での保存を第一に、それができない場合には代償措置をとる。典型的な生態系については、典型的な生態系の構造を明らかにし、事業により典型的な生態系がどの程度影響されるのかを明確にし、その保全、代償措置について検討し、実行することが必要である。大型の動物等が生息する場合は行動圏の把握、コリドーや重要な生息場の把握、保全が必要である。

・景観対応：風景を大きく阻害する可能性があるので、重要な視点からの景観の予測、それに対する保全策（見えないように植樹帯を設置するなど）を検討する。また、歴史文化的施設に影響を与えないか調査し、影響を与える場合には保全措置を実施する必要がある。

・研究者との連携：わが国最大のメガソーラであり、しかも島の25%が開発されるという世界的にも類を見ない開発である。影響は複雑で、専門家チームとの連携が必要と思っている。科学的な影響把握は学術上の価値は高く、事業者あるいは行政と研究者が連携することにより、科学的で持続可能な対策が立案できるものと考えている。