

# RURAL RESOURCES INNOVATION

地球観測衛星からDNAまで  
みどりの  
**水土里のイノベーション**

—農業農村工学への誘い—

## イノベーション…

日本語ではよく技術革新や経営革新などを意味する。

しかし「新結合」「新機軸」「新しい切り口」と言った方が近い。

「一見、関係なさそうな事柄を結びつける思考」と定義する学者もいる。

要するに「ありそうでなかったもの」。

全く新しい技術や考え方を取り入れて新たな価値を生み出し、

社会的に大きな変化を起こすこと

こういう新しい変化が  
農業や農村の分野でも始まっている。





# COUNTRY SIDEは 資源の宝庫!

## Country side Treasure of Resources!



### 地球10周分の水路網膨大な小水力発電

農村地域は、水力、風力、バイオマス、太陽光、雨滴など再生可能なエネルギーが未開発のまま豊富に眠っている。これらのうち特に有望なものは広域的に整備されている農業用水路の水力資源だ。日本国内にある農業用水路の長さを合計すると約40万km。実に地球10周分という長さ。高性能なマイクロ水力発電装置が開発されれば、膨大な量の発電が可能になる。環境への負荷もなく設備投資も少なくすむ小規模独立分散型システム——

——水田地帯は食料生産基地のみならず、一大再生可能エネルギー基地へと変貌する。

#### 農業農村工学で開発すべき技術

- 超小型水力発電装置
- 農村型スマートグリッドの開発
- 電気動力の農業機械
- 調整型水管理手法の開発
- 建設コストの算定
- 水力発電の水利権調整

### 農村は生物資源やリン資源の豊かな鉱山生物多様性の舞台

カントリーサイドは、ナチュラルサイド(自然の営み)とシティサイド(人間の営み)をつなぐ幅広く極めて奥が深いエリアである。今後はこのエリアにおける双方向インターフェイスの技術開発が地球の未来を決すると言っても過言ではない。これまでの自然を改変し征服することを目指した農業技術ではなく、もっと自然の働きを活用するフィールド科学に基づいた開発が求められている。また農村は都市鉱山(レアメタル)に匹敵するリン(枯渇の危機)鉱山でもあり、将来は汚濁した水さえ資源になる可能性があるなど、バイオマスに劣らない豊かな鉱山でもある。



#### 農業農村工学で開発すべき技術

- 農村の資源循環モニター
- 物質循環の安定同位体分析
- 生態系に配慮した水管理
- 生態系ネットワーク化技術
- 遺伝資源のデータベース化
- 汚濁水の資源化技術



#### 農業農村工学で開発すべき技術

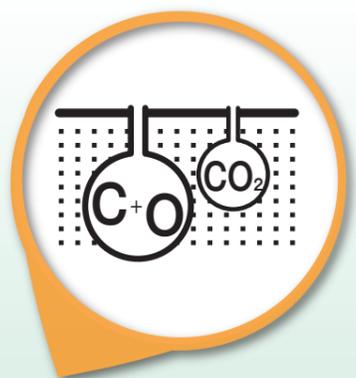
### 粗放栽培と耕畜連携で水田の多面的機能発揮

洪水防止や地下水の涵養など水田の多面的な国土保全機能は国土の強靱化計画でも重要な位置を占めている。しかし、近年の日本ではコメの消費量は半減し、年々、水田の耕作放棄地も増加する一方。昨今頻発する都市型水害も水田の減少が影響していると考えられる。その対策としては畜産のための飼料米の栽培が有効。家畜の餌なので直播栽培(苗床、代掻き、田植えの省略)が可能、農業や化学肥料も少なくすむ。近くの畜産農家と提携すれば輸送コストも削減でき、水田経営とともに優れた多面的機能も発揮できるという持続可能な農業が展開できる。

- 硬盤形成技術の開発
- 耕畜連携のほ場管理法
- 飼料米の粗放栽培体系
- ブロックローテーション技術
- 生態系に配慮した栽培体系
- 飼料米用の基盤整備

### 再資源炭&電位調整でサステナブル農業

CO<sub>2</sub>の削減は国家的課題。農村でも堆肥や作物残渣、間伐材など大量の有機物が温室効果ガスを排出している。農業農村工学の分野では、農村に存在するこの膨大な有機物を土壌深くに埋設する工法や、地中の通水促進材としてCO<sub>2</sub>を地下に貯留する技術を開発している。また、間伐材などの再資源炭による土壌改良とあわせて、ソーラーや風力を利用した発電システムにより、畑に流れる微弱な電流の電位を調節して線虫などの病害虫の存在をコントロールすれば、脱化学肥料、脱農薬、連作障害の生じないサステナブルな農業が可能になる。



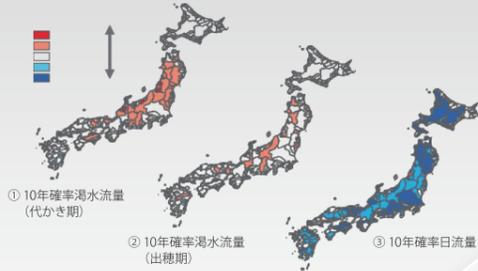
#### 農業農村工学で開発すべき技術

- 有機物の埋設技術
- 電位と微生物と関係解明
- 有機物材の通水促進工法
- 太陽光による電力発生装置
- 土壌微生物の機能解明と活用
- 風力による電力発生装置

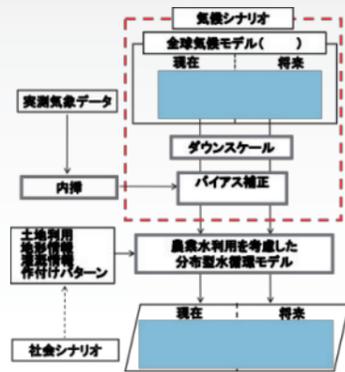
# すでに実用化されている新技術

## 気候変動が農業水利用や水資源に与える影響の全国評価マップ

地球環境の変動による激甚災害の多発、異常気象を踏まえて、地域の自然条件や水利用の多様性を考慮した農業水利用に対する気候変動による予測影響評価マップです。



全国影響評価マップの作成手順は、気候シナリオのダウンスケーリング、実測気候値と気候予測シナリオの偏差を補正するバイアス補正、及び評価モデルである農業水利用過程を考慮できる水循環モデルから構成されます。気候シナリオには5つのGCM(地球気候システムの数値モデル)から出力された、11通りの気候シナリオを用いています。本マップで気候変動に対して脆弱な地域を抽出した後、個別流域の詳細なモデリングを行うことで、流域・灌漑地区単位の具体的な影響評価や対応策の検討が可能となります。

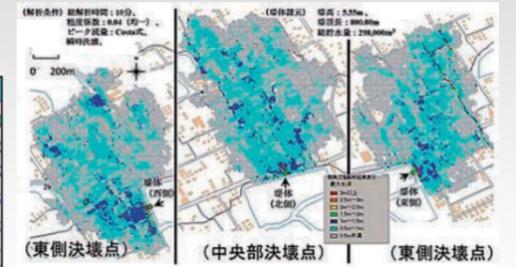


### 気候変動

### 防災・減災

## 詳細地形等を考慮したため池決壊時の簡易氾濫解析手法

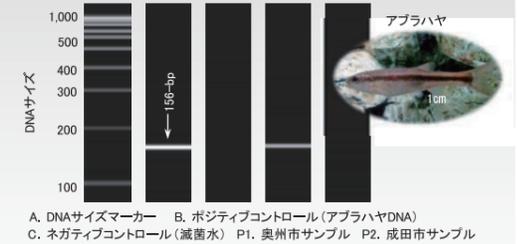
ため池は全国で21万箇所あり、作られた時代が古く、毎年災害の危険にさらされ、多くの被害を出しています。防災・減災を図るため、ため池決壊時の氾濫状況を、現地の堤防や水路、微高地など詳細な地形やため池堤防の決壊する位置に応じて予測する技術を開発しました。



(西側、中央部、東側のそれぞれを決壊点とした場合の浸水域)この例で従来は中央部の決壊点が固定して設定されましたが、西側、東側の決壊点を指定して、それぞれの微地形に沿った浸水域が予測することが可能になりました。これらは現地で確認した水路での排水流動方向に対応しています。

## 河川や水路の水に含まれているDNAから魚類の生息を推定する方法

水路等の水に含まれているDNAを抽出して、希少種をはじめとする対象魚類のDNAを検出することによって、生息の有無を推定する方法です。捕獲刷る必要がなく、生物に優しい技術です。



1. 対象魚類、調査水路、採水地点の決定
2. 各地点での採水
3. DNAの抽出
4. 生息魚類の推定

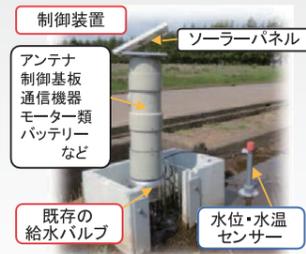
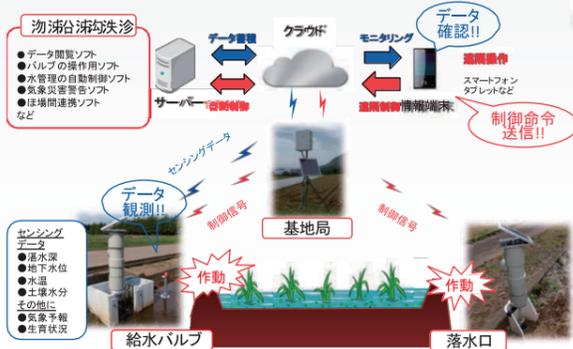
河川や水路などの生物調査は、専門知識や技術を要するため人材の確保が困難です。十分に調査されていない事業地区も珍しくありません。現行の調査法における個体採捕は魚体の損傷や個体の死亡を避けられません。生息量の少ない希少種や保全対象種への影響が懸念されます。個体採捕の代わりに水路の水に含まれているDNAを利用します。このDNAは生息している生物の老廃物や糞等に由来し、環境DNAと呼ばれています。DNAの検出力は高く、外来種や在来種の判別もでき、生態系保全に貢献する技術です。

### 環境保全

### 社会資本の保全

## 水管理を遠隔・自動制御化する圃場水管理システム

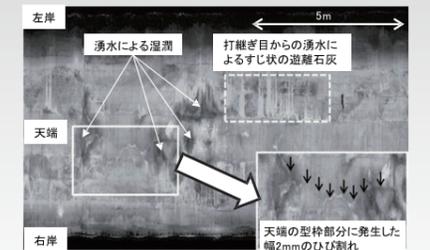
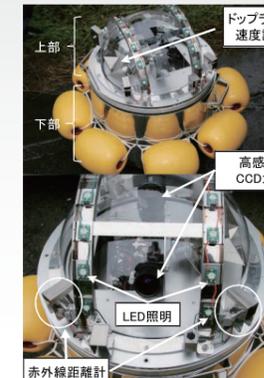
水田の水管理は水稲作労働時間の約3割を占めていて、経営規模拡大の障害となっています。水田の水管理をスマホ等でモニタリングし、遠隔または自動で給水・排水ができるシステムを開発しました。実証試験において、水管理労力を約8割削減し、用水量は約5割減少します。



ソーラーパネル・アンテナ・操作パネル・制御盤・バッテリー・モーターを一体化したアクチュエータを開発(小型化・低コスト化を実現)しました。特殊アタッチメントと回転軸により、各社のバルブに対応(汎用性の向上)できます。既存の給水バルブに後付けが可能で、大規模な工事が不要(設置費の低コスト化)で、初期設定の自動化により農家による設置も可能です。給水口と落水口のアクチュエータを共用可能としました(生産費の低コスト化)。

## 通水中の農業用水路トンネルを点検できる無人調査ロボット

人が入れない水路や断水できない水路など目視調査が困難な農業用水路トンネルを、通水状態で点検できる無人調査ロボットです。水路トンネル内部を動画撮影する高感度CCDカメラが常に壁面に正対するため、変状の見落としが発生しません。



日本にある水路は総延長約40万km、そのうち2,000kmに及ぶ水路トンネルの中には、ひび割れなどの変状が発生し補修等が必要となります。このため、異常なところを見つける点検が急務となっていますが、調査のために断水することが難しく、定期的な調査、診断ができません。この無人点検ロボットは、こうした水路トンネルの点検に活用できます。水路トンネルを流しながら、覆工に発生しているひび割れなどの変状を高感度CCDカメラで動画として記録します。流下中ロボットが回転しても、高感度CCDカメラは常に壁面を追尾し続けます。このため、見落としが発生しません。



# 農業農村に関する 技術開発の方針



「個性と活力ある豊かな農業農村の実現」を目指して、  
6つの政策目標の達成に向けた  
技術の開発・普及を進める。



## 農林水産省の長期計画 **6つの政策目標**

## 農林水産省の技術開発計画 **重点化する技術開発**

農林水産省の長期計画  
**3つの政策課題**



- 目標1 産地収益力の向上
- 目標2 担い手の体質強化
- 目標3 農村協働力と美しい農村の再生・創造
- 目標4 快適で豊かな資源循環型社会の構築
- 目標5 農業水利施設の戦略的な保全管理と機能強化
- 目標6 災害に対する地域の防災・減災化の強化

- センシング技術を活用する農地の土壌・水分特性に応じた畑地の水管理技術  
● 電源や水源が乏しい傾斜地での省エネルギー型かんがいシステム etc
- ICTによる作物生育状況の遠隔監視、農地の用排水管理の遠隔操作・自動化  
● ドローンを活用した農地・施設情報の可視化 etc
- 中山間地域等での地下水資源安定利用のための動態分析・利活用技術  
● 農村協働力を活かした簡易な生態系の保全・再生技術 etc
- 農業集落排水施設の低コスト管理技術  
● 低落差・高効率な小水力発電技術の開発 etc
- 農業水利施設の不可視・難アクセス部に係る監視・点検・診断手法  
● 強震動に対する基幹的水利施設(ダムなど)の耐震性評価・対策技術 etc
- 地震・豪雨時にため池の危険度評価・情報提供を瞬時に行う技術  
● 豪雨時における施設の排水管理技術 etc



## 神の領域の技術を生かす

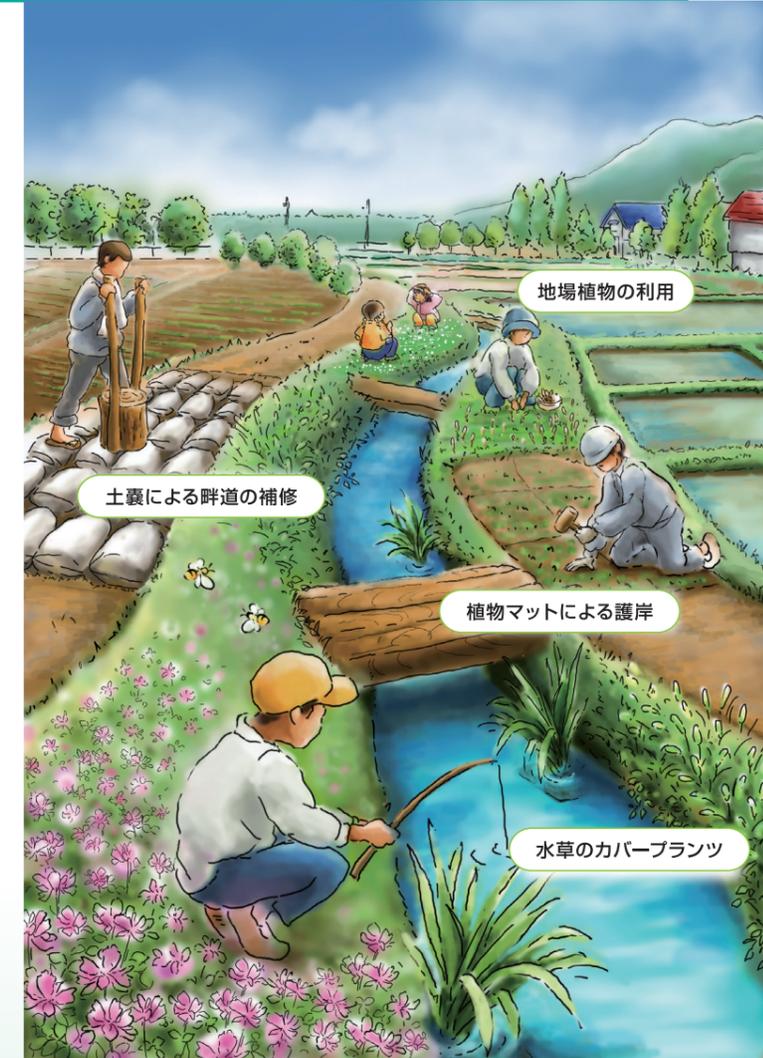
# 自然の力=超ローテクを活かした技術開発

技術開発はハイテクばかりではない。農村には<自然の力>というものが存在する。これらはローテクと思われがちだが、いわば神の領域の技術であり、時としていかなるハイテクより最先端である。

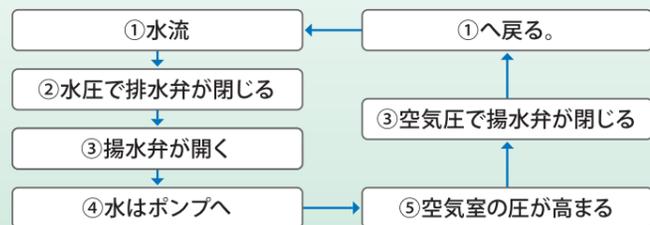


- **オフ ストリーム ダム(Off Stream Dam)**  
川の本流に造る (on stream) ダムは生態系の破壊、土砂の堆積、河床の低下、海岸浸食等の問題があるが、川の外に造る(off stream)ダムはそうした問題がなく、注目されている。
- **用水路のワンドや水制工**  
用水路には土砂が貯まらないように、所々にワンドと呼ばれる窪地(池のような地形)を造って堆積させたり、水制工で放流させたりする。
- **水路は斜面と直角方向に**  
斜面を流す水路は極力横へ横へと流し、広域的に水を配分させる。こうすることで豪雨時の流出速度を低下させ、防災効果を高める。
- **水田と畑を交互に配置**  
畑に溜まった窒素は水田の脱窒機能で浄化。
- **マルチ・ラバーダム(水や空気で膨らます堰)**  
頭首工の代わりに小型のラバーダムで水を塞ぎ上げて用水として使用。洪水時には水圧で自然にしぼみ、上流で溢れるのを防ぐ。
- **水撃ポンプ(水槌ポンプとも)**  
電気も燃料も使わずに高所に水を上げることができる不思議なポンプ。

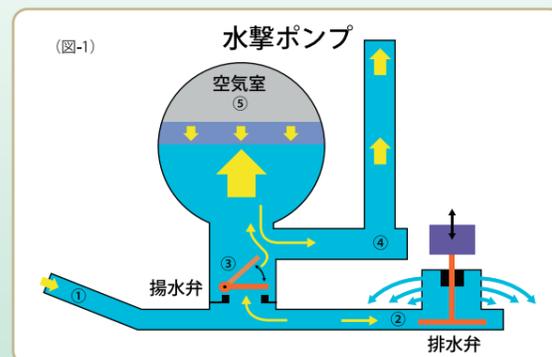
- **コンクリート三面張り水路を春の小川に**  
水路の水が地中に浸み込むので濁りや栄養分が濾過され、水質が浄化される。また魚や水生動物などが活性化する。
- **水路の護岸材は雑草マットや日干しレンガ**  
水路の護岸材は、在来種を使った雑草マットを利用することで昔ながらのネコジャラシやススキがたなびく小川の風情が再現できる。また、農地にある粘土や砂利を使って日干しレンガを造り、それを水路や道路の護岸材として用いる。自然に還る材料での水路造りが可能になる。



- **あぜ道は防草シート**  
あぜ道は防草シートでできた土嚢を路盤材として並べ、土をかぶせます。こうすると道路に必要な強度の確保とともに雑草の生えすぎを抑制できる。
- **蛇行流で魚や水生動物の棲み処づくり**  
水路の中に水草カバープランツをモザイク状に繁茂させると、蛇行流を発生させることで植生の背後に土砂が溜り、水生動物の棲み処になる。また、沈砂池の機能も発揮される。



(図-1)の繰り返しで動力源なしで水を高所へ上げられる。



## 生態系の保全是ネットワークで!

生物種・生態系の保全のためには、次の技術が不可欠である。

- ① **ネットワーク診断技術**..... 生物種間のつながり、生息場・生態系のつながりを評価する技術
- ② **生息場・生態系ネットワーク化技術** 生息場・生態系の分断を解消し、ネットワーク化を進める技術
- ③ **遺伝資源情報のデータベース化**..... DNA 分析等の遺伝子解析と遺伝資源情報のデータベース化によって、生物の移動履歴、繁殖履歴、生息範囲などの情報が集積できる。

①ネットワーク診断技術には、遺伝子解析を用いた生息地の連続性評価や、安定同位体分析を用いた食物連鎖における物質循環評価などの開発、②生息場・生態系ネットワーク化技術には、多くの生物が同時に利用できる様々な水流を持つ水路構造や、落差工や水田などでも移動できる魚道(エコパス)などの開発がある。



# TO THE NEXT GENERATION 次世代の農業農村工学

## 次世代に Country Sideの技術開発が 必要になる6つの理由

これらの課題は、いずれも我々人間の営みの代償である。  
自然(NaturalSide)と人間活動(CitySide)の中間に位置するCountrySideは、  
これらの課題解決の主要なステージとなるであろう。

### 理由1



**地球の人口爆発。  
2050年には90億人に。  
その一方で9.3億人の飢餓人口。**

地球の人口爆発はとどまるところを知らず、発展途上国では2009~2050年までに23億人が増加、2050年には90億人に達すると見込まれている。世界の食糧需給の行き詰まりは近年の穀物高騰にもあらわれており、9.3億人が飢餓状態にあるなど、貧困や水不足は国際社会を不安定化させる重大な要因となっている。加えて近年の異常気象により世界各地で大規模な干害が起きており、食糧問題は人類最大の課題ともなりつつある。にもかかわらず、日本の食料自給率は先進国の中で最低の39%。農地面積は過去10年間で約20万haも減少し、耕作放棄地は約40万haとなっている。こうした状況はもはや国内だけの問題にとどまらなくなってきたと言えるであろう。

### 理由2



**国連の予測  
「2025年には世界人口の半分が  
深刻な水不足に見舞われるだろう」。**

「地球の淡水資源のうち、人間が使えるのは約1%に過ぎない」(国連)。使える水の90%は地下水であり、大半が農業に使われている。この地下水が近年急激に減少していることが明らかになってきた。中国北部、インド東北部、西アジア、北アフリカなどの地域では、地下水は2020年頃から枯渇し始めるとも言われている。カリフォルニアのオガララ帯水層の深刻な地下水低下は有名だが、数年前中国政府でも「北部の地下水の水位が1年間で6mも低下した」と発表、すでに人類は地下水の半分を消費したとみられている。1トンの小麦生産には2,000トンの水を消費する。牛肉1トンだと20,000トン。食料の60%を輸入している日本は世界最大の水輸入国でもある。

### 理由3



**「火と機械の世紀から水と  
「生命の世紀へ」(中村桂子)。**

18世紀に起こった産業革命はエネルギー革命でもあった。以来200年、人類は石炭や石油を湯水のごとく消費し、その結果、CO<sub>2</sub>増大、酸性雨など様々な地球環境問題を引き起こしてきた。しかし、化石資源や鉱物資源の争奪戦は先進国約9億人の間で行われてきただけである。現在はその争奪戦にBRICSなど30億人が参加し始めており、石油をはじめとする鉱物資源の枯渇も叫ばれている。J・ランダース(Jorgen Randers)はその著書『2052』において、産業革命に続いてSustainability Revolution(持続可能革命)とでも呼ぶべき革命を起こさない限り人類は滅ぶと述べている。その持続可能革命においては農業農村が主たるステージになることは明白であろう。

### 理由4



**近年は、  
地球に生命が誕生して以来  
6度目の生物種の大絶滅時代である。**

生物学のN・マイヤーズによれば、恐竜時代には1000年で1種だった種の絶滅は、1600~1900年間に4年で1種まで増え、さらに1900~1975年の間には1年で1,000種、そして1975~2000年では毎年4万種もの絶滅が起こっているとのこと。1年間で4万種ということは13分に1種が絶滅している計算になる。世界の動植物の70%が危機という試算も報告もある。人間は自然なしでは存在できず、「経済なくしても自然環境は存在するが、自然なしに経済は存在しえない」(EES)と経済界でも言われるようになった。農業、林業、漁業はこの生物多様性と密接に関わっており、これまでは生物種を損失させる側にいたが、これからは豊かな生態系の維持が至上命題になる。

### 理由5



**抜きんでた生産性・人口扶養力、  
優れた国土保全機能を持つ水田が  
激減の危機に!**

欧州では1人生きるのに1ha以上の農地が必要だが、日本では水田が1haもあれば10人もの人間を養うことができる。畑と違って毎年収穫が可能、生産量は麦の1.5倍。おまけに稲作は年間の作業量が畑作の10分の1以下。さらに、水田は治水ダムにも劣らない洪水防止機能、水を濾過し窒素化合物を無害化する働き(脱窒効果)、ヒートアイランド防止などの優れた国土保全機能を持っている。しかし、農村の高齢化、地方経済の衰退、米価下落、TPPなど農業の国際化に伴って、この優れた農地資源が激減してゆきつつある。加えて水路や頭首工など基幹的水利施設の2割がすでに耐用年数を過ぎており、施設の老朽化も全国的な課題となってきた。

### 理由6

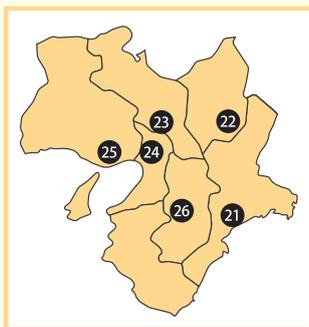


**2040年までに、  
人口減少や社会保障の問題で  
896の自治体が消滅可能性。**

日本創成会議は、20~39歳の女性が2040年までに5割以下に減る自治体を「消滅可能性都市」に選んだ。推計によれば、青森、岩手、秋田、山形、島根の5県では8割以上の市町村が消滅する可能性があるという。なかでも人口が1万人を割る市区町村は極めて消滅可能性が高いとされている。近年、地方都市は経済の衰退が著しい。かつての企業誘致合戦も今や影をひそめ、地元の市場すら巨大資本スーパーに取って代わられた。一方、2010年の農業就業者は平均年齢65.8歳、70歳以上のベテラン農業者が48%。10年後には半数以上という史上空前の大量リタイヤが発生する可能性が高い。地方や農業の再生をどうするかは、経済以上の問題となるであろう。

# 水土里の イノベーションが学べる 36大学のラインアップ

## 関西圏



- 21 三重大学
- 22 滋賀県立大学
- 23 京都大学
- 24 大阪府立大学
- 25 神戸大学
- 26 近畿大学

- 17 信州大学
- 18 新潟大学
- 19 石川県立大学
- 20 岐阜大学

- 1 北海道大学
- 2 帯広畜産大学

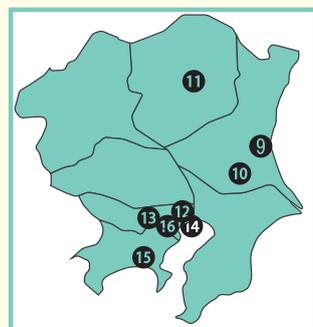
- 3 弘前大学
- 4 北里大学
- 5 岩手大学
- 6 宮城大学
- 7 秋田県立大学
- 8 山形大学

- 32 九州大学
- 33 佐賀大学
- 34 宮崎大学
- 35 鹿児島大学
- 36 琉球大学

- 27 鳥取大学
- 28 島根大学
- 29 岡山大学
- 30 愛媛大学
- 31 高知大学

- 9 茨城大学
- 10 筑波大学
- 11 宇都宮大学
- 12 東京大学
- 13 東京農工大学
- 14 東京農業大学
- 15 日本大学
- 16 明治大学

## 関東圏



昨今、農業は成業として位置づけられ、大規模化、長産6次産業化、生産調整の廃止など様々な改革が進行している。要するに産業としての基盤強化である。

一方で、豊かな生態系の維持、農薬や化学肥料に頼らない農業（日本は農薬使用量世界一、リン過多も第1位、窒素過多は第4位）、地域資源や美しい農村景観、豊かな農村芸能や伝統文化の保全など相矛盾する課題もかかっている。効率的な農業を追及する大規模農場は必要だが、山間の棚田の国土保全・保養機能なども捨てるわけにはいかない。農業農村のイノベーションにおいて最も大切なことは、社会にこのような多種多様な「農」が存在する仕組みをつくることではないだろうか。

そこには工学的知識だけでなく、社会科学や人文学などの幅広い知見、そして何より教育や人材の育成が重要になってくる。柔軟な才能を持つ若者たち、意欲にあふれた企業の技術者たち…。

次世代は君たちが主役になる。そして農業農村が社会で最も主要な舞台になるであろう。



公益社団法人 農業農村工学会

