

(提案 2)

(案)

提言

農林水産業への地球観測・  
地理空間情報技術の応用  
－持続可能な食料生産と環境保全－



平成 26 年（2014 年）〇月〇日

日 本 学 術 会 議

農学委員会・食料科学委員会合同

農業情報システム学分科会

この提言は、日本学術会議 農学委員会・食料科学委員会合同 農業情報システム学  
分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

# 農学委員会・食料科学委員会合同 農業情報システム学分科会

|      |        |          |                           |
|------|--------|----------|---------------------------|
| 委員長  | 野口 伸   | (第二部会員)  | 北海道大学大学院農学研究院教授           |
| 副委員長 | 澁澤 栄   | (連携会員)   | 東京農工大学大学院農学研究院教授          |
| 幹事   | 齊藤 誠一  | (連携会員)   | 北海道大学大学院水産科学研究院教授         |
| 幹事   | 野並 浩   | (連携会員)   | 愛媛大学農学部教授                 |
|      | 大政 謙次  | (第二部会員)  | 東京大学大学院農学生命科学研究科教授        |
|      | 位田 晴久  | (連携会員)   | 宮崎大学農学部教授                 |
|      | 梅田 幹雄  | (連携会員)   | 京都大学名誉教授、国際農業工学会事務局長      |
|      | 大下 誠一  | (連携会員)   | 東京大学大学院農学生命科学研究科教授        |
|      | 岸田 義典  | (連携会員)   | 株式会社新農林社代表取締役社長           |
|      | 北野 雅治  | (連携会員)   | 九州大学大学院農学研究院教授            |
|      | 木村 俊範  | (連携会員)   | 北海道大学名誉教授                 |
|      | 古在 豊樹  | (連携会員)   | 千葉大学名誉教授                  |
|      | 後藤 英司  | (連携会員)   | 千葉大学大学院園芸学研究科教授           |
|      | 清水 浩   | (連携会員)   | 京都大学大学院農学研究科教授            |
|      | 瀧川 具弘  | (連携会員)   | 筑波大学生命環境系国際地縁技術開発科学専攻教授   |
|      | 鳥居 徹   | (連携会員)   | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授       |
|      | 中嶋 康博  | (連携会員)   | 東京大学大学院農学生命科学研究科教授        |
|      | 橋口 公一  | (連携会員)   | 大阪大学接合科学研究所招へい教授、九州大学名誉教授 |
|      | 橋本 康   | (連携会員)   | 愛媛大学名誉教授                  |
|      | 前川 孝昭  | (連携会員)   | 筑波大学名誉教授                  |
|      | 町田 武美  | (連携会員)   | 愛国学院大学人間文化学部教授、茨城大学名誉教授   |
|      | 村瀬 治比古 | (連携会員)   | 大阪府立大学大学院工学研究科教授          |
|      | 高山 弘太郎 | (特任連携会員) | 愛媛大学農学部准教授                |

提言および参考資料の作成にあたり、以下の方々に御協力いただきました。

|       |                    |
|-------|--------------------|
| 小川 健太 | 酪農学園大学准教授          |
| 加藤 正人 | 信州大学農学部教授          |
| 金子 正美 | 酪農学園大学教授           |
| 小松 輝久 | 東京大学大気海洋研究所准教授     |
| 齊藤 元也 | 東京工業大学特任教授         |
| 村上 拓彦 | 新潟大学准教授            |
| 和田 時夫 | 独立行政法人水産総合研究センター理事 |

本件の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した。

|     |       |                   |
|-----|-------|-------------------|
| 事務局 | 中澤 貴生 | 参事官（審議第一担当）       |
|     | 渡邊 浩充 | 参事官（審議第一担当）付参事官補佐 |
|     | 藤本紀代美 | 参事官（審議第一担当）付審議専門職 |

## 要 旨

### 1 作成の背景

人類社会の持続的な発展のためには、再生可能な資源を生態系と調和させながら生み出す農林水産業の役割は大きく、特に持続可能な食料生産の確保は、人類にとって重大かつ緊急の課題である。持続可能な農林水産業を実現するためには、気候変動や人間活動による環境変化のモニタリングや有機炭素の貯蔵庫としての機能を果たす森林・湿地・土壌・海洋の保全と再生を重視する必要がある。そのためには衛星測位システム(GPS)、地理空間情報システム(GIS)、リモートセンシング技術(RS)の研究開発の強化と、その担い手の育成が不可欠である。さらに、高度なRS/GIS/GPSの一次産業利用技術の開発途上諸国への移転も国際貢献の点から進めるべきである。また、2011年3月11日東北太平洋沿岸を襲ったマグニチュード9.0の大地震と巨大津波の襲来は、2万数千人を越える死者・行方不明者という未曾有の大災害をもたらした。科学技術の粋を結集して建設された福島第一原子力発電所は破壊され、世界を放射能汚染の脅威にさらした。東日本大震災に見舞われた太平洋東北地方は我が国でも有数の農業、水産業の拠点である。少なからぬ地域では、その生産基盤が大震災により壊滅状態になった。今後この地域における農林水産業の復興と再建にあたり、地球観測・地理空間情報技術は、そのグランドデザインを策定する上で重要である。当然、復興を円滑に進める上で空間情報科学の学術振興も急務である。

本分科会では「農林水産RS/GISワーキンググループ」が中心になり、リモートセンシング(RS)、地理空間情報システム(GIS)、衛星測位システム(GPS)の農林水産業への適用の現状と問題点、将来の発展方向、そして学術振興について提言をまとめた。

### 2 現状と問題点

我が国の食料自給率は約40%で推移しており、できるだけ高い自給率を確保することは、食料確保・環境保全の両面から要求される。農業では「食料安全保障」、「環境への貢献」、「地域社会の形成・維持」の観点からRS/GIS/GPSの活用法を検討する必要があるが、欧米ではRS/GIS/GPSを高度に活用した農法として「精密農業」が普及しているが、国内ではまだ普及しているとは言えない。森林・林業のRS/GIS/GPSには、地球温暖化など環境問題に配慮した森林管理のための利用と森林経営や木材利用などの産業利用がある。水産業では漁船が漁場を探索する手がかりとしてRSが利用され、RSによる水温情報をホームページで公開する実利用が進んでいる。しかし、林業、水産業ともにRS/GIS/GPSの現状は、①空間情報の整備不足、②実利用における高いコストと不十分な衛星整備状況、③脆弱な技術普及体制などが課題として挙げられる。

### 3 提言の内容

(1)我が国農業の将来は、農業技術と生産体制の改善により、人口の1%の約120万人の基幹農家が国内の食料を生産することも視野に入れる必要があろう。このために

は RS/GIS/GPS による空間情報やロボット・自動化技術を最大限活用した農業に再建することが必須である。すなわち、これからの日本農業に必要な技術は RS/GIS/GPS を高度に活用した生産システムである。また、この研究開発と合わせて、新しい技術を積極的に導入して生産性を上げる農業従事者の育成も必要である。

(2) 牧草地は永年均一な肥培管理を行っていても生産性にバラツキが生じることから、品質の高い牧草を生産するためには RS/GIS/GPS による生育や土壌に関する空間情報の収集・管理・解析が必要である。RS/GIS/GPS は、きめ細かな圃場管理、肥培管理、感染症・鳥獣被害対策などに対しても有効である。また、RS/GIS/GPS を利用した新たな生産技術の普及には酪農家、畜産関連団体職員、行政職員などに対する社会人教育プログラムも不可欠である。

(3) 林業、水産業とも RS/GIS/GPS は期待されているが、その研究開発は限られた研究室でしか行われてこなかった。今後、研究開発・実用化への取組み強化を目的とした大学など試験研究機関に研究拠点形成が必要である。また、都道府県の研究機関や普及組織は、定員削減が続く中で、新しい技術の導入、普及活動は負担増となるため必ずしも積極的ではない。国、大学、民間企業の連携を強化して労力のかからない方法で技術が導入できるよう、政府は RS/GIS/GPS の実用化と普及を推進する施策を速やかに講じる必要がある。

(4) 陸域および排他的経済水域を含む森林→田畑/牧草地→沿岸域→沿岸海域→沖合海域→外洋を俯瞰して総合的に捉え、その保全と持続可能な農林水産業のための国土利用のグランドデザインが求められている。また今後、東日本大震災被災地域における農林水産業の復興にあたり、RS/GIS/GPS をそのグランドデザインやマネジメントに有効利用できる技術の開発と導入は早急に取り組むべき課題である。

(5) 日本として RS に関するインフラストラクチャ整備を進める必要がある。そのためには、ALOS といった非商業的な地球観測衛星を継続して打ち上げて、維持することが不可欠となってくる。現在、宇宙政策では、このような地球観測衛星の整備計画は白紙状態が続いている。食料供給、地球環境の維持といった長期的な展望に立った国家としての RS に関するインフラ整備の長期戦略の確立が急務である。

## 目 次

|     |                                 |    |
|-----|---------------------------------|----|
| 1   | はじめに                            | 1  |
| 2   | 現状および問題点                        | 1  |
| (1) | 農業分野                            | 1  |
| ①   | 精密農業                            | 1  |
| ②   | 食料安全保障                          | 2  |
| ③   | 環境への貢献                          | 3  |
| ④   | 地域社会の形成・維持                      | 3  |
| (2) | 畜産業分野                           | 3  |
| ①   | 畜産業の現状と問題点                      | 4  |
| ②   | 畜産業の具体的課題                       | 4  |
| (3) | 林業分野                            | 5  |
| ①   | 森林・林業の現状と問題点                    | 5  |
| ②   | 森林・林業分野における RS/GIS/GPS 利用の現状と課題 | 6  |
| (4) | 水産業分野                           | 8  |
| ①   | 水産業の現状と問題点                      | 8  |
| ②   | 水産分野における RS/GIS/GPS 利用の現状と課題    | 9  |
| 3   | 提言                              | 11 |
| (1) | 農業分野                            | 11 |
| ①   | 精密農業                            | 11 |
| ②   | 食料安全保障                          | 12 |
| ③   | 環境への貢献                          | 12 |
| ④   | 地域社会の形成・維持                      | 13 |
| ⑤   | 人材育成                            | 13 |
| ⑥   | まとめ                             | 13 |
| (2) | 畜産業分野                           | 13 |
| ①   | 生産圃場の集約                         | 13 |
| ②   | 牧草地における土壌浸食防止                   | 14 |
| ③   | 草地の管理・環境負荷の低減                   | 14 |
| ④   | 牧牛の生産管理                         | 14 |
| ⑤   | 労働力の確保                          | 14 |
| ⑥   | 感染症対策                           | 15 |
| ⑦   | 鳥獣被害対策                          | 15 |
| ⑧   | 地域貢献                            | 15 |
| ⑨   | 人材育成                            | 15 |
| ⑩   | まとめ                             | 15 |
| (3) | 林業分野                            | 16 |
| ①   | 森林調査から RS/GIS/GPS の体系化          | 16 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| ② 研究水準向上の必要性.....                  | 16 |
| ③ RS/GIS/GPS の普及・実用化を促進させる体制 ..... | 16 |
| ④ RS/GIS/GPS 研究拠点の形成 .....         | 16 |
| ⑤ 地域貢献.....                        | 17 |
| ⑥ 人材育成.....                        | 17 |
| ⑦ まとめ.....                         | 17 |
| (4) 水産業分野 .....                    | 18 |
| ① 水産分野における RS/GIS/GPS 導入の重要性.....  | 18 |
| ② 世界情勢に対応する RS/GIS/GPS 研究.....     | 19 |
| ③ 技術の普及・実用化.....                   | 19 |
| ④ RS/GIS/GPS の研究拠点 .....           | 19 |
| ⑤ 地域貢献.....                        | 19 |
| ⑥ 人材育成.....                        | 20 |
| ⑦ まとめ.....                         | 20 |
| (5) 持続可能な一次産業の実現に向けて .....         | 21 |
| (6) 一次産業情報化に不可欠な地球観測衛星の整備 .....    | 21 |
| <用語の説明> .....                      | 22 |
| <参考文献> .....                       | 22 |
| <参考資料 1> 公開シンポジウム .....            | 23 |
| <参考資料 2> 農業情報システム学分科会審議経過 .....    | 24 |

## 1 はじめに

世界の持続的な発展のためには、再生可能な資源を生態系と調和させながら生み出す農林水産業の役割は大きく、特に持続可能な食料生産の確保は、人類にとって最も重要な課題である。持続可能な農林水産業を実現するためには、気候変動、人間活動による環境変化のモニタリング、有機炭素の貯蔵庫としての森林・湿地・土壌・海洋の保全と再生を重視する必要がある。そのためには、GPS を含む GIS 技術や宇宙からの RS 技術などの研究開発、人材の育成、それを支える学術の振興が重要である。さらに、これらの日本の高い科学技術に基づいたハード・ソフト両面の開発途上諸国への技術移転も期待されている。

そこで、本分科会では「農林水産 RS/GIS ワーキンググループ」を中心に、持続可能な食料生産と環境保全を目指した農林水産業を支える地球観測・地理空間情報技術の現状と問題、将来の発展方向など、学術振興と利用拡大に向けた提言をまとめた。

## 2 現状および問題点

### (1) 農業分野

農業は土地を耕して農作物を栽培することで、土壌中の水と栄養分、空気中の二酸化炭素と太陽エネルギーによって、食料および再生可能資源を生産する。また、この食料生産活動は国土保全に貢献し、都市住民に対しても人間性回復の機能を発揮している。このように農業は土地に依存しており、この活動の正確な把握と理解は地球観測データと地理空間情報技術によって初めて可能となる。

日本学術会議答申「地球環境・人間生活にかかわる農業および森林の多面的な機能の評価について」（2001 年 11 月）は、農業の多様な役割と多面的機能として、「持続的な食料供給」、「環境への貢献」、「地域社会の形成・維持」の 3 つを挙げている。この答申から 10 年が経過し、地球環境問題の深刻化と原油価格の高騰という状況が生まれ、エネルギー供給についても農業の役割がこれまで以上に重要となってきた。

我が国の食料自給率（供給熱量ベース）は約 40%で推移しており、できるだけ高い自給率を確保することは、食料確保と環境保全の両面から重要である。このためには農業の再建が必要であり、農業を生業とする基幹的農業従事者を育成することを含めた抜本的な改革を進めなければならない。また、「持続的な食料供給」については、「精密農業」と「食料安全保障」に分け、「食料安全保障」の問題として石油代替エネルギー問題を考えることとする。このため以下では、農業分野として「精密農業」、「食料安全保障」、「環境への貢献」、「地域社会の形成・維持」の 4 つの側面から現状と問題を整理する。

### ① 精密農業

米国、欧州、オセアニアなど畑作農業先進国では、1990 年代に GPS による農業機械の位置計測が可能となり、RS による作物生育情報や GIS による空間情報を農

作業に反映する精密農業と呼ばれる作物栽培管理技術が普及段階に入った。精密農業とは、複雑で多様なばらつきのある農作物栽培に対して、農地条件や生育条件に基づいて、ばらつきを管理して、地力維持や収量と品質の向上および環境負荷軽減などを総合的に達成しようとする高度な作物栽培管理技術である。

我が国を含むアジアモンスーン地帯は、稲作を可能とする高温と降雨が特徴であり、さらに水田は0.1～1haで小区画なため、畑作に比べてこの技術導入が難しい。また、作物生育期間中の雨天および曇天の多さは、観測機会が少なく可視光領域のRS利用を困難にしている。このため、我が国では人工衛星によるRSの欠点を補う方法として、地上での作物生育量測定装置が開発され、稲作地帯でも精密農業を導入可能な状況にある。しかし、この手法を活かすためには農家の経営規模を20ha以上にする必要がある。他方、韓国、台湾、中国などの稲作国でも我が国に少し遅れて精密農業研究が開始され、技術的には実用可能なレベルにあるが、普及はいまだ遅々として進んでいない。

消費者は高品質で安全・安心な農産物を求めており、生産者はこの要求に応える必要がある。特に我が国の農業は輸入農産物との差別化のために高品質と高い安全性を目指さねばならない。このためにも我が国農業を精密農業技術の採用できる経営規模に拡大し、品質の向上、生産費の削減および環境保全を同時に進めることが重要である。

## ② 食料安全保障

地球温暖化および気候変動問題が顕在化しつつある今日、食料自給率40%（供給熱量ベース）の日本国民が、将来にわたり安定して食料を得ることができるかどうか楽観できない。また、人類全体で考えると世界の栄養不足人口は8億6,800万人（2010～2013年）と推定されており、世界人口69億人（2010年10月国連推計）の12.6%が満足な食料を得ていない。

このように食料が満足に行き渡っていない状況の上に、昨今地球温暖化と原油価格高騰に対する対策として石油代替エネルギー生産が農業に課せられている。今日、サトウキビ、トウモロコシおよび大豆などがバイオエネルギーのために生産されており、食料安全保障の点で大きな問題となりつつある。

今後は日本国民が長期的に安全・安心な食料を確保できる道筋の確立と、世界の飢餓人口を少しでも減少させるための国際貢献が求められている。国内では経営条件を改善し、基幹的農業従事者を育成して農業を産業として発展させなければならない。また我が国および世界の作付け・生育状況の正確な情報を得ることは重要であるが、この手段としてRS/GISが有効である。農作物の生産高を把握するためには、作付面積と気象要因をパラメータとする作物生育モデルから算出した収量情報が必要であるが、我が国は高い精度で生産高を推定できる科学技術を有しており、これを活用することで問題を解決できる可能性がある。

### ③ 環境への貢献

農業が物質の循環系を形成し、水循環を制御して地域社会に貢献する機能として、洪水防止、土砂崩壊防止、土壌侵食防止(土砂流出防止)、河川流域の安定、地下水涵養が挙げられ、環境に対する負荷を除去・緩和する機能として、水質浄化、有機性廃棄物分解、大気調節(大気浄化、気候緩和など)、資源の過剰な集積・収奪防止が挙げられている。

農業が二次的な自然を形成・維持していることにより、生物多様性を保全する機能として、生物生態系保全、植物遺伝資源保全、野生動物保護があり、土地空間を保全する機能として、高い生産性が期待される優良農地の動態保全、みどり空間の提供、(日本の)原風景の保全、人工の自然景観形成がある。

農業は農作物生産以外にこれらの機能があることは認められつつあるものの、より科学的根拠に基づく定量的な値を算出することが重要である。また、「地球環境・人間生活にかかわる農業および森林の多面的な機能の評価について」(2001年11月学術会議答申)から10年以上たち、この時求めた値について経時的な変化の有無も検討する必要がある。RS/GIS/GPSを活用すれば、科学的根拠を明確にして、これらの評価を与えることができる。

### ④ 地域社会の形成・維持

農業は地域社会・文化を形成・維持しており、地域社会を振興する機能として、社会資本の蓄積、地域アイデンティティの確立が挙げられる。伝統文化を保存する機能として、農村文化の保存、伝統芸能継承が挙げられる。1950年代までは1haからの収入で一家約6人が生活できた。たとえば200haで1,200人が生計を維持することができた。しかしドル換算すると日本人の平均所得は40倍に増加し、現在一家4人が農業のみでこの所得を得るには、6次産業化を含めて20ha以上を耕作する必要がある、200haで40人しか養えない。夫婦2人で20haを耕作することは、我が国の農業機械技術と情報技術を活用すれば比較的容易に実現できるが、地域社会を維持するためには、残る1,160人の生活を維持するための雇用の確保・創出が必要である。農村には都市的緊張を緩和することによる人間性を回復する機能がある。具体的には保健休養、高齢者アメニティ、機能回復リハビリテーションが挙げられ、人間を教育する機能として、自然体験学習、農山漁村留学などがある。このような農村の持つ機能を生かして地域を活性化するための施策を実施するためにも、地域の雇用創出を並行して進めなければならない。

## (2) 畜産業分野

健康や食文化にとって欠かせない畜産業は年々飼料自給率を下げ、2011年時点で濃厚飼料の88%、粗飼料の23%を輸入に頼っている。畜産物を国内で安定的に生産することは、安全・安心な食料の供給、健全な農村社会形成や良好な国土保全にとって、さらには国際的な食料・環境問題にとっても重要である(日本の展望—学術からの提

言 畜産学分科会からの提言より抜粋)。

## ① 畜産業の現状と問題点

全国の生乳生産量の過半を占める北海道酪農の現状は、多頭飼育による大規模経営化が進んできているが、①家族内労働の限界、②自給飼料供給量の低下に伴う流通飼料依存による高コスト経営、③労働力不足に伴う草地管理の低下による粗飼料生産量・品質の低下、④搾乳量の増加による疾病の増加、繁殖障害などが課題として挙げられる。

このような中であって、北海道酪農・肉用牛生産近代化計画の2032年目標では、酪農家戸数が13%減の中で、①1ha当たりの可消化養分総量(TDN; Total Digestible Nutrients)を8%増加、②飼料自給率を13ポイントアップの78%、③戸当たり飼養頭数の9%増加、④戸当たり飼料作物作付面積の21%増加などが挙げられている。この目標を達成するためには、①家族内労働力を家畜飼養管理に集中、②粗飼料生産のコントラクタやTMRセンターなどへの委託などにより大規模経営に移行する必要がある。

## ② 畜産業の具体的課題

### ア 生産圃場の集約化

上記のようなコントラクタやTMRセンターなどを活用する場合、まず大型草地用管理作業機の能力を十分発揮できる大型の区画・単純な形状の圃場が必要である。また、農地は食料生産のために外延的拡大を行ってきたが、現在少子化、労働力不足などで耕作放棄地が顕在化してきている。その背景には肥培管理が容易でない農家から遠い地域までも開発してきた経緯がある。このことから、森林と農地の再編成など、農村地域における生産圃場の大区画化とゾーニングを検討することが求められる。

### イ 牧草地における土壌浸食防止

畜産における粗飼料生産の牧草地は、播種造成後1~2年をピークに牧草の生産量が減少してくるため、5~10年経過すると山成工で全面耕起、播種が行われる。牧草地の整備が必要な圃場を抽出するため、既往の研究ではRSで牧草の収量を把握できることを明らかにしている。しかし、小粒である牧草種子が発芽定着し、牧草地になるまで時間がかかる。その間に降雨があると土壌浸食が発生し、下流域に影響を及ぼすことが顕在化している。

### ウ 牧草地の管理・環境負荷の低減

牧草地は永年均一な肥培管理を行っているが、裸地化、雑草の侵入などの要因で生産量・品質にバラツキが生じている。また放牧地では、牛は品質・栄養価が高い牧草から採食するため採食残しの場所ができ、生産性低下の原因となっている。また、牧草地への過剰な肥料投入が周辺地域への環境負荷になっている事例もあり、適切な施肥設計に基づく草地管理が必要である。

## エ 放牧牛の生産管理

放牧中における発情牛は、広い放牧地の中ではなかなか見つけづらいのが現状である。人工授精のコストが経営を圧迫していることから、発情牛をより早く発見するなど、適切な生産管理が求められる。

## オ 労働力の確保

少子・高齢化、農業人口の減少に伴い今後の労働力不足が予測されている。

## カ 感染症対策

2010 年は口蹄疫が大きな問題となったが、未だ感染ルートなどの特定には至っていない。また、インフルエンザに感染した野鳥が相次いで発見されており、以前から注目されていた渡り鳥による感染症の拡大リスクについても評価が必要である。

## キ 鳥獣被害対策

畜産分野ではないが、エゾシカ、アライグマをはじめとする鳥獣による被害が増加傾向にあり、対象となる鳥獣の適切な管理が求められている。

### (3) 林業分野

森林・林業には大きく 2 つの領域がある。一つは地球温暖化などの環境問題に貢献するための森林管理のあり方であり、これは政策的かつグローバルな課題である。もう一つは、森林から生産される木材資源の利用であり、森林経営や木材利用などの産業としての側面である。林業分野では「森林・林業の現状と問題点」と「林業分野での RS/GIS/GPS 利用における現状と課題」について基本的な考えを述べる。

#### ① 森林・林業の現状と問題点

地球の森林面積は 39.5 億 ha で、陸地面積の 30% である。一方、年間で 730 万 ha の森林面積が減少し、これは日本の森林面積の約 1/3 に相当する。森林の減少はアフリカ、南アメリカ、東南アジアの国々で顕著で、中国やヨーロッパでは植林地によって少しだが増加している。森林面積の減少は開発途上国の人口増による開発と違法伐採、森林火災、焼畑による農地造成が主な原因である。

地球温暖化は人間活動による化石燃料の利用などにより、大気中の温室効果ガス濃度が増加することによって気温が過度に上昇する問題である。IPCC 第 4 次評価報告書では世界の気温上昇は、人為起源による温室効果ガス濃度の増加による可能性が高いと結論づけた。森林は二酸化炭素を吸収し、炭素を貯蔵する効果がある。また、石油や鉄、アルミニウムなどの代替材料としての木材製品には省エネ効果もある。さらに持続可能なエネルギーとしての木質バイオマスは注目されており、地球温暖化の緩和効果も期待できる。日本は京都議定書において温室効果ガスを基準年の 1990 年と比較して 6%削減することを法的拘束力のある約束として義務づけられたが、国内の森林は二酸化炭素吸収源として、3.8%計上することが許された。

こうした背景から地球温暖化対策における森林の役割は大きいとのコンセンサスが我が国全体で得られている。

日本は大陸から離れた島国であり、アジアモンスーン地域の一部に位置しており、四季があり、降水量も多く、森林に覆われて生物多様性も高い。地形は海岸の海拔0mから日本アルプスの3,000mを越える高標高まであり、平地が少なく急峻な山岳地が多い。森林は南の亜熱帯性常緑広葉樹林から北の亜寒帯性針葉樹林まで樹種も豊富で、地域性が豊かである。国土面積に占める森林面積の割合（森林率）は67%で、先進国の中では極めて高く、資源的には森林大国とも言われている。

一方、生物多様性や資源的に豊かな森林に覆われた日本であるが、森林のある地域は、木材価格の低迷、森林所有者の高齢化と無関心による担い手不足があり、全国各地で放置林の増加、相続時の境界不明林も増えている。さらに針葉樹一斉林の弊害とも言えるスギ花粉症や松くい虫被害、管理不足による耕作や森林の放棄地を住処としてシカやクマなどの獣害が頻発している。上述したように森林の役割・期待は大きいですが、森林の周囲に住む人たちに森林から得られる直接・間接的な収入がない場合には放置林が増える。日本の林業は急峻な山岳地形と林道が未整備なことから3K職場（危険・汚い・きつい）と言われており、木材価格の低下と賃金の上昇で採算性が悪化し、林業従事者や林業収入が減少する結果に繋がっている。そのため、日本は世界有数の森林国でありながら木材輸入量が多く、木材自給率は26%に過ぎない。

## ② 森林・林業分野におけるRS/GIS/GPS利用の現状と課題

森林分野におけるRSへの期待として、地球温暖化に関連して、森林劣化や違法伐採の監視やデータベース作成に関する国際貢献としての役割があり、研究基金も増加している。海外の研究者らは地球温暖化、災害多発、食料危機、生物多様性などの課題、そして災害に関わる危機管理と早期予測などの課題に対して、MODIS（可視・赤外線放射計）やNOAA（極軌道気象衛星）などの広域の小縮尺センサを使用し、森林バイオマスや気候変動要因を国レベルで予測・評価している。日本の国際貢献ではALOS/PALSARで東南アジアなどの熱帯林の森林変化のモニタリング、特に途上国における森林減少・劣化に由来する排出削減（REDD+）の取り組みが注目されている。途上国の温室効果ガスの排出量は世界の総排出量の2割を占めるとされ、この排出を削減することが気候変動対策を進める上で重要となっている。現在、JICAや森林総合研究所が中心となり、RSと地上調査を組み合わせた森林モニタリングシステムの取り組みを始めている。また、2013年に日本が打ち上げた地球観測衛星いぶきは、CO<sub>2</sub>やメタンガスを計測できることから、いぶきを用いた森林によるCO<sub>2</sub>の吸収についてのモニタリングも可能になってきた。今後、森林のCO<sub>2</sub>吸収量推定についてもRSが重要になるものと思われる。

日本国内の研究と実用化では、空中写真と光学センサから森林の現況把握、樹種分類、材積推定、伐採地や被害個所の抽出が中心である。樹高が測定できるLiDAR

や PALSAR を使用した森林バイオマス研究も増えてきた。森林環境モニタリングには、多波長のハイパーセンサや地上での環境因子計測センサのデータを基に、モデル化、現況診断のポテンシャル図と予測図の作成も試みられている。また、樹冠や樹葉の物理量（LAI、バイオマス）、健全性、森林機能、ゾーニングなどの森林の診断や計画支援の取組みもある。

森林で特筆すべきことは空中写真の利用である。日本の森林計画制度は5年ごとに見直す森林施業計画制度であり、立案の際に森林現況把握のために林野庁が空中写真を撮影してきた。戦後から森林管理の現場では白黒空中写真の判読、資源調査、林道や治山、造林業務などで利用されてきた。GIS の都道府県の導入も進んでおり、国有林、民有林ともにほぼ整備されており、本庁や出先機関で利用できる仕組みである。森林分野における RS/GIS/GPS の最大のユーザは都道府県の森林官である。利用場面は森林管理や伐採照査業務、災害や病虫害発生への把握対応である。資源管理の面からは、最近の高分解能衛星や航空機画像から森林境界の確定、詳細な樹木本数管理、林道や作業道の把握、森林情報の更新業務である。大学の講義では、空中写真判読を含んだ森林航測学、森林調査方法や樹木の測樹学、森林を計測する森林計測学、RS/GIS/GPS の理論と実習などが取組まれ、測量士補や森林情報士など専門技術者養成の認定科目として重要な役割を担っている。

他方、課題として次の3点が挙げられる。

#### **ア 森林情報の不確かさ**

日本の森林・林業の課題の一つが、情報の基本となる森林簿（森林調査簿）と森林計画図の情報の信頼性が低いことである。森林現況の把握は奥地森林や広域スケールでは困難であり、森林簿情報の信頼性が落ちている。また、森林管理は小班（ポリゴン）ごとのデータベースで管理されているが、入力データは植栽時のままで、定常業務で情報更新が行われる仕組みがない。森林簿情報の更新を行う都道府県庁の森林官は、森林資源情報の整備が必須であるとの認識があるにもかかわらず、定員削減から扱う業務量も増えて多忙になり、情報更新と修正が困難な状況にある。さらに、森林調査や情報管理は経験と労力が必要であり、熟練者が退職していく中で、森林情報の修正はより困難になっている。

一方、行政刷新会議の「日本を元気にする規制改革 100」（2010 年 9 月）では、地域活性化のために今まで都道府県が専決事項で管理してきた森林簿・森林計画図の林業事業体への提供が提言されている。提供される森林情報の精度が低いことは、計画立案や仕事の信頼性、所有者の境界問題のトラブルなどに繋がり、大きな問題である。

#### **イ RS/GIS/GPS の実利用面の問題**

光学高分解能データは林冠を構成する樹木の情報を単木レベルで取得できるまでに向上したが、利用できる人材や専門家が少ない。GIS のソフトウェアは本

庁や出先機関に整備されてきたが、特定部署の森林官が使うだけで、業務利用が広く浸透しているとは言えず、費用対効果の点で課題が多い。特に中高年の森林官はこれらソフト使用に抵抗がある。ハンディ GPS は普及してきたが、森林内では受信精度が落ちるため新植地や間伐区域の測量図の補助金申請業務に使えないことから、デジタル空中写真や衛星画像との重ね合わせや統合利用も進んでいない。

#### ウ 技術普及の遅れと現場との乖離

RS/GIS/GPS の技術普及には、関係者との連絡調整や技術相談など時間と人の対応が必要である。大学教員や国公立試験研究機関の研究員は論文作成に重きを置いているため、試験研究機関と林業現場との乖離が進んでいる。さらに、その原因による技術普及の遅れは大きな課題である。

### (4) 水産業分野

2007 年 7 月に海洋基本法が公布された。2008 年 4 月に最初の海洋基本計画が策定され、2013 年 4 月には改定が行われている。海洋基本法においては「水産資源の保存および管理、水産動植物の生育環境の保全および改善、漁場の生産力の増進」（第 17 条）や「海洋科学技術に関する研究者および技術者の育成」（第 23 条）が明記されている。また、近年水産資源の持続可能な利用と管理には海洋生態系に関する正確な知見が欠かせないとされており、いずれの側面においても、水産と海洋に関する学術への期待が増大している。具体的には、漁業や増養殖による食料生産から始まって安全・安心な水産食品の消費に至る諸過程を包含する統合的な水産学のあり方を検討し、また、地域および地球規模での環境保全に寄与する未来の水産学を模索する必要がある。

現在、水産業には大きな流れが 3 つある。排他的経済水域内あるいは公海の沖合域において行われる回遊性の魚類を対象とした漁業、我が国周辺のごく沿岸の地先において行われる小規模の漁業、沿岸において行われる養殖業である。これらの 3 つの漁業・養殖業と関連させながら、我が国の水産業の現状と問題点、RS/GIS/GPS との関わりについて基本的な考えを述べる。

#### ① 水産業の現状と問題点

海洋の面積は 3.6 億  $\text{km}^2$  で、地球の全表面積の 7 割を占める。第二次世界大戦後、発展途上国を中心とした資源ナショナリズムの台頭により経済的な主権がおよぶ水域を自国の沿岸から 200 海里とする排他的経済水域（EEZ : Exclusive Economic Zone）設定の動きが生じた。このような情勢を受け、日本でも 1977 年「漁業水域に関する暫定措置法」により 200 海里の漁業水域を設定した。さらに 1996 年には国連海洋法条約を批准し、200 海里の EEZ を設定した。この結果、日本の領土面積は約 38 万  $\text{km}^2$  で世界第 61 位であるが、EEZ は約 447 万  $\text{km}^2$  で世界 6 位となった。EEZ の設定によって自国の沿岸から 200 海里の範囲内の水産資源および鉱物資源な

どの非生物資源の探査と開発に関する権利を得られると同時に、資源の管理や海洋汚染防止の義務を負うことになった。

水産分野では、漁業資源の過剰開発、生態系への悪影響、それらに伴う経済的損失などが漁業の長期的な持続性を脅かすのではないかと懸念が世界的に増大したため、1991年の第19回国連食糧農業機関（FAO）水産委員会において、FAOに対し「責任ある漁業」理念とそれを実現するための「行動規範」の策定が勧告された。1992年の「責任ある漁業に関する国際会議」では、環境と調和した持続的な漁業資源の利用、生態系や資源に悪影響を及ぼさない漁獲および養殖の実施、衛生基準を満たす加工を通じた水産物の付加価値向上、消費者への良質の水産物を供給するための商業活動の4点を包括する概念として「責任ある漁業」が提示された。この責任ある漁業のための行動規範は、1995年の第28回国連食糧農業機関（FAO）総会において採択された。この行動規範の実施を促進するために、FAOは「責任ある漁業のための技術指針」を策定している。現在23の技術指針が策定されており、主な項目は、漁業操業、漁業の沿岸域管理への統合、漁業管理、養殖開発などである。

日本の水産業の問題としては、1970年代前半では100%以上あった魚介類の自給率が、現在では約60%に低下するとともに、輸入においても中国などとの間で価格競争が激化している。水産庁では、2012年3月に閣議決定された新しい水産基本計画において、2022年の食用魚介類の自給率を70%に引き上げる目標を掲げている。また、漁船の燃料費の高騰による経営の圧迫、労働に対する対価が低いために生じる漁業の後継者不足の問題がある。水産業は、漁獲だけでなく、加工、流通、消費、観光などの産業に関連しており、すそ野が広く、現在不況が直撃している地方にあっては、地域経済を支える重要な産業分野である。特に、東日本大震災による大津波の被害を受けた三陸沿岸では水産業が基盤産業であったため、問題はさらに深刻である。

## ② 水産分野におけるRS/GIS/GPS利用の現状と課題

沖合域では、漁船が漁場を探索する手がかりがRSで得られる。海面水温、海面高度、海色、クロロフィルa濃度、操業に関係する波高や波向、海上風そしてシミュレーション予測を組み合わせて得られる情報を漁船に配信するサービスも始まっている。海面水温についてはNOAA AVHRR、AMSR-E、MODIS、VIIRS、海面高度についてはJASON-2、海色やクロロフィルa濃度はMODIS、VIIRSなどのセンサを使用して広域の画像が作成されている。これらの情報は、カツオ竿釣りやサンマ棒受け網漁業で漁場探索に実利用されている。

近海においても、まき網など浮き魚類を対象とした漁業で上述のサービスが利用されている。また、三重県水産技術センターなど地方自治体の水産試験研究機関ではRSで得られる水温情報をホームページで公開し、漁業者へ無料で提供している。

日本国内のRS/GIS/GPSを応用した水産分野の研究には、漁船から報告される毎

日の漁獲位置および漁獲量データと RS により取得される上述のデータを、GIS を用いて空間解析し、漁場の形成機構の解明や予測を行うといった実用化に向けた取り組みがある。また、水産研究所などでは漁海況予報の精度向上や予測シミュレーションのための同化データとして、RS で取得される海面高度や表層水温が利用されている。養殖については濁り、水温、水深、漁港の位置などを基に最適な養殖場を空間解析で抽出する研究もある。沿岸域のハビタットマッピングでは、ALOS (10m の空間解像度)、IKONOS (4m の空間解像度) などのマルチバンド画像やパナクロマチック画像とマルチバンド画像のフュージョン画像を用いた藻場の分布域マッピングや養殖筏マッピングが行われている。

水産分野で特筆すべきことは RS/GIS/GPS の最大のユーザは沖合あるいは近海の漁船漁業者であり、漁場探索に使われていることであろう。

生物多様性や資源的に豊かな沿岸域に囲まれた日本であるが、漁村では、消費者の魚離れや輸入水産物の増加による魚価格低迷、漁業従事者の高齢化と担い手不足があり、全国各地で漁業従事者の減少が続いている。さらに、瀬戸内海や東京湾や大阪湾など内湾では、流入する河川からの栄養塩の減少と、海底に堆積した過剰な有機物による貧酸素化という 2 重苦に直撃され、海洋の基礎生産力が衰えている。養殖ノリの品質については、下水処理の高度化が進むことにより、色落ちなどが進む可能性も示唆されている。また、埋め立てによる浅場、藻場、干潟の減少、温暖化によると推定される磯焼け、ダムによる海岸侵食により日本沿岸の漁場の生産力は低下している。また、東シナ海においては長江上流の三峡ダム建設による水量の減少や関係国の漁船による過剰漁獲などの影響が今後水産資源に及ぶ可能性がある。

他方、課題として次の 3 点が挙げられる。

#### **ア 水産海洋情報の整備不足**

領海、排他的経済水域、大陸棚などの我が国の海域を適切に管理し、また、有効に利用・開発・保全していくことが求められている。動的な変化をする要素を持つ海洋を統治するためには、まず、その基礎情報となる水産情報や海洋情報を網羅した海洋台帳および海上通信網の整備が急務である。海洋台帳を整備する上では、基準点のない海洋で位置情報を正しく把握するために GPS が必要であり、海洋環境や水産資源の状況把握に必要な海面水温、海面高度（海流）、海色、塩分、海上風などの RS も必須である。また、漁船などの海上の船舶などを対象とする海上通信網の整備には、通信衛星も不可欠であり、通信費用が廉価であることも条件となる。さらに、これら海洋環境は、季節的にまた経年的にも変化するため、継続してモニタリングしなければならない。

#### **イ RS/GIS/GPS の実利用面における課題**

沿岸域については光学高空間分解能データを用いて藻場の分布情報を取得できるまでに向上したが、利用できるデータは商業衛星で高価なものしかなく、

実利用にあたっては費用に大きな問題がある。ALOS（10m 解像度：2011 年 4 月 22 日に電源障害発生のためデータ取得打ち切り）という廉価な衛星情報をサービスする非商業衛星が利用できなくなった。現在、LANDSAT（30m 解像度）が 2013 年に米国により打ち上げられたが、空間解像度が粗く、沿岸域に用いるには実用的ではない。今後、衛星センサの空間分解能を上げること、また、可視光センサではハイパースペクトルデータを取得することが、より実利用に繋がると考えられる。今後予定されているより高空間解像度の ALOS-2（2014 年 5 月打ち上げの SAR 衛星：合成開口レーダ、Synthetic Aperture Radar）や ALOS-3（光学衛星）のような非商業衛星の打ち上げは必須である。次世代衛星 GCOM-C では空間解像度 250m であるが、外洋における海色やクロロフィル a 濃度が観測でき、これらの衛星の活用も期待される。

沖合域については海洋観測衛星 Jason に障害が生じたため、気象庁では常時提供している海面高度データの提供を中止する事態も起こり、このような定常運営に支障をきたさないためには、今後、海面高度を監視する自国の衛星が必要である。

GIS のソフトウェアは国や地方自治体レベルで整備されてきてはいるが、水産試験場などの多くは、業者に発注して整備後の維持管理を行う定員や人材が少なく、業務利用が進んでいるとは言えない。

ハンディ GPS は普及してきたが、衛星を介した自動化された簡便なログブックを普及させなければ、漁業管理には役立たない。また、これらデータの管理を行うことができる人材も十分育っていない。

### ウ 技術普及の遅れ

水産分野において RS/GIS/GPS の水産現場への普及は遅く、上述の林業分野と全く同様な状況にある。その原因の一つは試験研究機関と水産現場との乖離にある。

## 3 提言

### (1) 農業分野

先進国では人口の 2%の農業人口で食料生産・供給することが目安となっている。我が国は 2010 年農業センサスによると農業就業人口は 261 万人であり、すでにこの数値に近い値となっているが、供給熱量ベースの食料自給率は 39%に過ぎない。また農業従事者の平均年齢は 66 才であり、今後も高齢化は進むと予測されているため、農業技術と生産体制の改善により、食料自給率 50%以上の食料供給と現在の 2 倍以上の労働生産性の実現が必要である。以下に「2 現状および問題点」において検討した 4 項目と人材育成について提言を行う。

#### ① 精密農業

精密農業技術でも可変施肥による施肥量の削減による収量増加・環境保全に加え

て、IT を活用した農作物の品質検出技術には目覚ましい進歩がある。農作物の可視から短波長赤外線までの分光反射特性により、栄養診断が可能になりつつある。また、RS 用センサにおいては、今までは数～十数バンドのマルチスペクトル・スキャナであったが、数百バンドを観測し、ほぼ連続波長として処理できるハイパースペクトル・イメージャが開発されている。このハイパースペクトル・イメージャによるデータを使用した立毛状態での栄養診断技術や高品質農作物生産技術が開発されており、農業経営形態の改善を進め、これら先端技術を導入・普及することが急務である。

## ② 食料安全保障

農作物栽培状況および作物生産高の把握は、日本の食料輸入戦略を考える場合の基本であり、食料安全保障の観点からも RS/GIS/GPS による精密農地地図の作成および主要作物生産高推定法の確立は重要である。地域レベルの 1 画素が 1～数 km での植生モニタリングは世界各地で実施されているが、圃場レベルでの植物生育の生育情報のモニタリングは、現状の光学センサでは雲の影響などで困難であるため、地球観測衛星では、同じ衛星を複数個打ち上げ、観測頻度を増すことが不可欠である。また、全天候型の SAR（合成開口レーダ、Synthetic Aperture Radar）衛星データの農業分野での利用技術の開発が必要である。特に SAR の多偏波データの農業分野への応用が求められる。これらの技術を取り入れるためにも我が国農業の経営形態改善は急務である。

さらに供給について考えるだけでなく、需要についても十分な検討を要する。バイオエネルギー生産のための農産物利用量の正確な把握が必要である。また、経済発展に伴って飼料の増加により穀物消費量は増加する。今後のアジア諸国の経済発展による穀物需要の増加にも注意を払わなければならない。このような問題を扱う上で社会科学と自然科学の融合研究が必須である。

## ③ 環境への貢献

農業が環境を維持増進させていることは認知されつつあるが、このことをさらに明確にするための努力が必要である。農業の持つ多面的機能の正確な把握は、サイエンスとしてチャレンジングであるとともに、政府が農家に対してこれらの機能に対して支払いをする場合の根拠とすべきものであり、社会的意義は大きい。また、日本国民が納得するだけでなく、世界各国の専門家を納得させる根拠を提示する必要がある。根拠が明確でないと、合理性を欠いた農業保護政策として非難を浴びることになる。農業には生物生態系保全や野生動物保護の機能があるものの、農地や農業者が野生動物から危害を受けるケースが増加しており、実態解析が重要である。RS/GIS/GPS による農業の持つ多面的機能把握法の開発や野生動物による農業被害の実態把握と被害低減法の開発が必要である。

#### ④ 地域社会の形成・維持

農業を生業とする基幹農家を育成し、我が国の農業を維持するには、これまで提言してきた施策を実施しなければならない。これと並行して地域社会を形成・維持するには地域活性化の施策が必要である。これまで、中山間地域においても農業を主体として集落・地域社会を形成してきたが、農業者の高齢化および農業活動の衰退などにより、限界集落と呼ばれる地域社会が崩壊寸前の場所が多く見られるようになってきた。この限界集落と呼ばれる地域の把握と活性化の方策が求められる。農村の存在が都市的緊張を緩和することによる人間性を回復する機能などについては人文科学と自然科学を融合させた検討が必要であり、これらの機能を生かすためにも地域社会を維持する諸施策が不可欠であり、さらに GIS を活用した機能評価も望まれる。

#### ⑤ 人材育成

我が国の農学部などの農業関連の学部および大学院研究科を有する大学を中心として、農学に止まらない様々な学問領域の教員および研究者により、産業としての農業を支えるための教育・研究を実施することが急務である。また、これには農業大学校、普及機関などとの連携が不可欠である。農業は総合科学・技術であるため、農業技術に関心のある研究者に広く参加してもらい、精密農業や自動化・農業ロボット技術など RS/GIS/GPS を高度に活用した技術開発を進めなければならない。

#### ⑥ まとめ

我が国農業の将来は、農業技術と生産体制の改善により、人口の 1% の約 120 万人の基幹農家が国内の食料を生産することも視野に入れる必要がある。このためには RS/GIS/GPS による空間情報やロボット・自動化技術を最大限活用した農業に再建することが必須である。すなわち、これからの日本農業に必要な技術は RS/GIS/GPS を高度に活用した生産システムである。また、この研究開発と合わせて、新しい技術を積極的に導入して生産性を上げる農業従事者の育成も必要である。

### (2) 畜産業分野

畜産全般として、(1) 精密な計測（航空レーザー測量、衛星データによる収量予測、土壌分析、放牧牛・野生動物装着センサなど）に基づく、(2) 精密なデータ分析（ゾーニング、水流把握、施肥設計、鳥獣の生態把握）、(3) 精密な管理（起伏修正、肥培管理、放牧管理、人工授精、鳥獣管理など）を通じて生産効率の向上、投入資源の節約、汚染の減少（養分流出を減少）を実践することにより、持続的な食料生産と環境保全の両立に大きく寄与することができる。

#### ① 生産圃場の集約

飼料の生産圃場を集約し、耕作放棄地の解消、農業生産の共同化を可能にする

ため、圃場を大きな区画に整備して作業の効率化を図る必要がある。圃場の集約によって作業効率が向上した余力を使って圃場に関する情報を精密に取得でき、この情報を基に精密な飼料生産が可能となる。その場合圃場の集約は今後森林と農地の再編成を行う「ゾーニング」とともに実施することが必要である。ゾーニングにより、これまで農地に属していた住居と職場である農地を分離・集合することができるので、ライフラインの整備が都市部と同様のレベルとなり、地域社会の振興にも役立つ。

## ② 牧草地における土壌浸食防止

牧草地の土壌浸食防止のため地形修正（傾斜の緩和）が必要である。近年の航空レーザー測量や無人飛行ロボット（UAV）を用いることにより、圃場の地形情報を精密に取得することが可能であり、降雨による表面水の流れを把握した上で、起伏修正などの基盤整備が実施できる。また、大区画にスムーズな地形整備を実施することにより、大型草地管理作業機の自動化も進められ、作業の効率化・生産性の向上が図られる。

## ③ 草地の管理・環境負荷の低減

牧草地は永年均一な肥培管理を行っていても生産性にバラツキが生じることから、GISを活用した精密な圃場管理、肥培管理が必要である。この精密な圃場管理によって品質の高い牧草を生産することができる。また放牧牛にGPS、加速度センサ、温度センサなどを装着して、採食行動を把握することにより、牧草地内の品質・栄養価の違いを見つけ出し、今後の肥培管理や放牧管理に役立てることができる。

さらに土壌分析に基づいた精密な施肥を行うことにより、多くの牧草地で過剰となっている肥料の投入量を減少させることができる。肥料の節減はコスト低減になることに加え、牧草地からの養分流出を減少させることができ、周辺地域の環境負荷の低減に繋がる。

## ④ 牧牛の生産管理

発情牛は未発情牛より歩き回る距離が多いことが判明している。舎飼いの牛よりも発情の把握が困難な放牧牛にGPSおよび加速度センサなどを装着し、発情牛をより早く発見することにより、人工授精回数を減らすことができコスト削減に繋がる。

## ⑤ 労働力の確保

今後の畜産・酪農分野では欧米並みの作業の効率化を図ることが必要である。この実現には家畜飼養管理、粗飼料生産管理など生産部門別に労働力を配分しなければならない。少子・高齢化をチャンスと捉えて効率化を進める必要がある。粗飼料生産はコントラクタやTMRセンターなどへの外部委託が多くなるであろう。この

ようなコントラクタは、圃場の GIS による管理、GPS ガイダンスによる自動化、精密農業技術の活用による効率化が求められる。法人化による農外労働力の確保も考慮する必要がある。

## ⑥ 感染症対策

渡り鳥と感染症の拡大の関係の解明には、既往の研究により GIS 技術の活用が有効であることが示されている。さらに口蹄疫やその他の感染症における、感染ルート の解明およびその対策のために GIS を高度に活用した最先端技術の調査研究を行う必要もある。

## ⑦ 鳥獣被害対策

鳥獣被害への対策を適切に行うためには対象となる動物の生態を正確に把握する必要がある。すでに GPS や通信機器の小型化、省電力化が進んでいるので首輪などにして動物に装着することによって長期間の移動を精密に把握することができる。今後野生生物の専門家と協同して ZigBee 無線などを利用した GPS 内蔵首輪をエゾシカに装着するなどの取組みをさらに広げ、野生生物の生態を把握した上で防護柵の設置や捕獲などを効果的に行うことが重要である。

## ⑧ 地域貢献

畜産業が盛んな地域には高齢化が急速に進んでいる過疎地域が多く含まれる。これらの地域では前記①、②の施策によって畜産業が活性化されることにより離農者や耕作放棄地が減少することが期待される。また前記③、④を実施することで生産コスト削減とともに品質の優れた肉製品・乳製品を生産してブランド化を進める。このような活動を積極的に進めて地域を活性化していくことが必要である。

## ⑨ 人材育成

①～⑧の施策を実行に移すには、畜産・酪農の知識を持ちつつ GIS 技術に通じた人材がプロジェクトに参画することが必須となる。そのため総合的な知識を持つ教員・研究者・学生を育成するとともに、現場で作業を行う畜産家、酪農家、畜産関連団体職員、行政職員などの社会人教育を大学などが担う必要がある。

## ⑩ まとめ

牧草地は永年均一な肥培管理を行っていても生産性にバラツキが生じることから、品質の高い牧草を生産するためには RS/GIS/GPS による生育や土壌に関する空間情報の収集・管理・解析が必要である。RS/GIS/GPS は、きめ細かな圃場管理、肥培管理、感染症・鳥獣被害対策などに対しても有効である。また、RS/GIS/GPS を利用した新たな生産技術の普及には酪農家、畜産関連団体職員、行政職員などに対する社会人教育プログラムも不可欠である。

### (3) 林業分野

林業分野では今後はスマートフォンやタブレット端末などのモバイル GIS が主役になると考えられる。また、現場での仕様に適した独自アプリの開発を進めることにより、森林・林業分野での GIS/GPS 利用は飛躍的に増加することが予想される。森林 GIS のクラウド化により、現場レベルへの地理空間情報技術の浸透が期待される。RS については、高分解能衛星データが解像度とコストの面から今後さらなる利用が期待される。一方、林野庁は今後デジタル空中写真の普及を進めていくと予想される。空中写真の取得は高分解能衛星データと比較するとコスト面でやや不利な面もあるが、そもそも森林計画業務では空中写真を利用してきたため、移行はあまり抵抗がないと思われる。全国に森林系の学科を持つ大学は 20 数大学あり、講義や演習で RS/GIS/GPS を学ぶ学生は増えている。これら技術の人材育成には、学部の専門教育で行う森林・林業の理論と森林調査や森の手入れなどの演習による技能習得、さらに修士課程では RS/GIS/GPS の森林への応用に関する学習が必要である。研究室で行う画像解析と実際に森林で計測したデータを結びつけ、森林の現象を解き明かし、技術の検証、改善すべき活用方法や森林・林業への貢献を考える姿勢を持たせることが肝要である。

#### ① 森林調査から RS/GIS/GPS の体系化

現在の森林管理では GPS を用いた場所の同定、目的地へのナビゲーション、さらに高分解能デジタルデータから、森林の現況を捉え、間伐地や保育する必要がある箇所を選定するなど GIS と連携した計画立案と情報管理も行う必要がある。すなわち、今後は森林を総合的に管理する視点が重要であり、RS/GIS/GPS の体系化を進めて多様なニーズに応えることができる森林情報の整備と広域診断が求められる。

#### ② 研究水準向上の必要性

RS/GIS/GPS 利用技術は欧米が先進地である。地球温暖化をはじめ、林業も木材価格もグローバルに動いており、森林のある地域の問題解決も都会やさらには関連する世界各国の動向をみて対応する必要性が生じている。すなわち、森林・林業分野の研究対象・方法はグローバルな視点が不可欠となっており、そのためには我が国の研究水準も一日も早く国際レベルまで高めなければならない。

#### ③ RS/GIS/GPS の普及・実用化を促進させる体制

RS/GIS/GPS 利用技術を担っている若い技術者・研究者は純粋な研究開発と並行して、大学、都道府県の森林・林業研究機関や普及組織、民間企業と連携を進め、技術の普及と実用化にも積極的に関与すべきであろう。

#### ④ RS/GIS/GPS 研究拠点の形成

「新成長戦略（2010 年 6 月閣議決定）」を踏まえ、成長の原動力としての「強い人材」育成のための大学の機能強化や、魅力的な「知の拠点」を構築する事業に予算が重点化されている。RS/GIS/GPS は先端技術の一つであるが、森林・林業分野では従来方式踏襲型で保守的な面が強かったため、今までこうした人材育成の拠点づくりに挑戦してこなかった。RS の新センサのデータ検証や GIS/GPS の森林分野への実用化への取組みなど、試験地データベースを備えた研究拠点が RS/GIS/GPS 利用技術の研究開発を強力に推進する上で不可欠である。

## ⑤ 地域貢献

森林があるのは地方である。身近な現場に対して、密接に画像解析や森林情報を提供することで、人を介して森を良くする森林施業に繋がる。海外を見ると森林ビジネスは地方にも多い。森林国の日本においても、RS/GIS/GPS 利用技術を習熟した若い技術者が、ストレスの多い都会を離れ、地方で健康的に暮らし、スモールビジネスが生まれる素地は十分にあると考える。森林・林業の復活と豊かな森林に対する地域貢献や地球環境問題への意識と取組みが地方から生まれることを念願する。

## ⑥ 人材育成

現状の森林科学の学問体系は、優秀な森林管理者を輩出することに重点が置かれ、産業の基となる林業技術者や木工芸などの技能者の人材を育てる体系ではない。結果として、山づくりの担い手不足と木工芸の伝統を守る匠や木の郷土芸能が衰退している。森林系の大学のうち、幾つかの大学は、体系的な技能習得で、現場に強い人材輩出に力を入れる必要がある。人材育成を目的として、森林科学を専攻する学生、森林・林業技術者を対象とした、RS/GIS/GPS に関する基礎・理論・応用の標準テキストが出版されているが、これらの技術は日進月歩であるがゆえに、世界の研究水準に遅れることなく継続的に改訂を行って充実を図ることが必要である。

森林情報を扱う上で、森林調査と結びついた IT や RS/GIS/GPS の習得は必須である。森林情報士や測量士補などの講義や実習科目として、RS/GIS 関連の科目の重要性が増している。教育できる人材を増やすことが、多彩な人材を輩出することに繋がる。

## ⑦ まとめ

林業では RS/GIS/GPS の活用が期待されているものの、その研究開発は限られた研究室でしか行われてこなかった。今後、研究開発・実用化への取組み強化を目的とした大学など試験研究機関に研究拠点形成が必要である。また、都道府県の研究機関や普及組織は、定員削減が続く中で、新しい技術の導入、普及活動は負担増となるため必ずしも積極的ではない。国、大学、民間企業の連携を強化して労力のか

からない方法で技術が導入できるよう、政府は RS/GIS/GPS の実用化と普及を推進する施策を速やかに講じる必要がある。

#### (4) 水産業分野

漁業操業の合理化を支援するための漁海況情報の提供は、これからも水産業分野における RS/GIS 利用の中心的な課題である。同時に、我が国水産業の構造変化や国際的な情勢を反映して、養殖漁場や沿岸漁場における赤潮や貝毒の発生状況や水質情報の提供など、生産される水産物の安全確保や環境保全の面での利用の比重が増大すると考えられる。さらに、水産業を含む海洋産業間や一般市民を含めた関係者間での海洋空間の利用調整や、海洋生態系生物多様性の保全と水産業を含む海洋利用との調整を進めるための手段、海上における漁業・養殖業の活動状況や水産・海洋科学の成果に関する一般市民のリテラシーを向上させる手段としても GIS は重要である。

全国に水産系の学部あるいは学科を持つ大学は 10 数大学あるが、講義や演習で RS/GIS/GPS を学ぶ学生は限られている。これら技術の人材育成は、学部の専門教育で行う実習による技能習得と修士課程での具体的な水産上の課題への応用の実践が必要である。研究室で行う画像解析と水産現場で得られるデータとを結びつけ、漁場形成機構を解き明かし、技術の検証、改善すべき活用方法や水産への貢献を考える姿勢を持たせることが肝要である。

##### ① 水産分野における RS/GIS/GPS 導入の重要性

FAO は、「責任ある漁業のための技術指針」を決めており、その中で、漁船運行モニタリングシステム(VMS: Vessel Monitoring Systems)、養殖開発(Aquaculture Development)、漁業の沿岸域管理への統合(Integration of Fisheries into Coastal Area Management)、漁業への生態系アプローチのための生態系モデリング(Best Practices in Ecosystem Modeling for Informing an Ecosystem Approach to Fisheries)を導入するよう加盟各国に求めている。VMS では、操業位置と漁獲量を衛星経由で陸上に報告するログブックの漁船への搭載がヨーロッパでは義務化されつつあり、日本においても導入されると予測される。これらのデータの管理や利用といった分野で RS/GIS/GPS は重要になってくる。

養殖漁場開発、漁業の沿岸域管理への統合、漁業への生態系アプローチのための生態系モデリングには RS/GIS/GPS は最適なツールである。衛星で水温、濁りなどの環境データ、海深、港湾などの社会資本を加えて、GIS による解析を行うことで、これらの課題に対する回答あるいはデータを提供できる。

2010 年 10 月に名古屋で開催された生物多様性条約会議 COP10 では、各国は自国の EEZ の 10%を海洋保護区(MPA: Marine Protected Area)とすることが決定された。MPA は生物多様性にとって重要な海域でなければならない。一方、日本では沿岸および沖合漁業は重要であるため、多くの要素を踏まえた総合的な視点から

MPA を決定する必要がある。このような海域の抽出には RS/GIS/GPS は最適なツールである。

漁業、環境など、海に関する情報の必要性が増している。特に漁業では、水揚げ可能かどうかで魚価の相場が変動する。日本全国の産地の資源を維持しながら、市場の価格形成メカニズムを踏まえた漁獲を行うことで、漁家収入を維持することができる。一方、消費者には、正確・安価・新鮮な海洋情報をビジュアルに画像情報を加味して提供することで、消費者離れが指摘される海産物へのニーズが高まる。Web GIS、情報ネットワーク構築、インターネットを通じた情報発信を行うことで、水産業への貢献が期待できる。

## ② 世界情勢に対応する RS/GIS/GPS 研究

日本の水産分野における RS/GIS/GPS 利用技術は欧米と並ぶ力がある。今後、漁船へのログブックを導入するといった先進的取組みが必要である。地球温暖化をはじめ、国際的にはヘルシー嗜好から水産物への需要は年々増大するとともに、市場のグローバル化が進んでおり、水産物の持続的供給を可能にするための資源管理は必須となっている。そのために、資源量をより正確に推定するために RS/GIS/GPS 利用技術の導入が望まれる。また、石油資源の減少とともに石油価格の上昇が予想される。そのため RS/GIS/GPS を用いた漁場探索技術を向上させ、沖合域や公海域で操業する日本の漁船団への漁場探索サポートシステム導入に向けた取組みが必要である。

## ③ 技術の普及・実用化

漁業者は、漁獲量を確保するために積極的に RS/GIS/GPS を導入し、使いこなす努力を行っている。一方、都道府県の水産研究機関や普及組織では、定員削減が続く中で、新しい技術についての取組みや導入、普及活動は負担増となるため必ずしも積極的ではない。国、大学、民間企業の間で産学官連携を推進し、役割分担を行う中で、労力のかからない方法で技術が導入できるよう国がイニシアティブをとって RS/GIS/GPS の実用化と普及を目指す必要がある。

## ④ RS/GIS/GPS の研究拠点

上述の林業分野同様、水産分野においても RS/GIS/GPS は先端技術の一つであるが、今までこうした人材育成については、限られた研究室でしか行われてこなかった。今後、これらの研究室を核にした RS の新センサのデータ検証や GIS/GPS の実用化への取組みを先進的に行う研究拠点の形成が必要である。

## ⑤ 地域貢献

沿岸漁業で得られる海産物は、地場の天然物として消費者の高い支持がある。また、地方の特色ある料理の材料として利用されるので、地方の観光の名物となる。

ヨーロッパでは、新鮮な素材が得られる地方にミシュランのガイドブックの3星レストランができて町が活性化した事例も多くある。身近な現場に対してRS/GIS/GPSを用い、密接に画像解析や海の情報を提供することで、人を介した海の保全に繋がる。また、釣り、海水浴、潮干狩り、海洋カヤックなど、ひいては里海活動など、日本においては地域において海に親しむ機会が多い。近年、沖縄県に移住する若者が増加する傾向が示すように、海洋国の日本においても、RS/GIS/GPSを習熟した若い技術者がストレスの多い都会ではなく、地方で暮らし、健康なフィッシュリーツーリズムやエコツーリズムなど新しいスモールビジネスが生まれる素地はある。環境を保全しながら漁業を維持発展させる気運や地球環境問題への取り組みが地方から生まれることを念願する。

2011年3月の東日本大震災では、漁港や漁場におけるガレキの沈積が問題となり、除去作業に先立ち音響学的手法による探索とマップ化が行われた。また、地震や津波により大きく変化した海岸地形や藻場・干潟、そこに生息する動植物相の回復・遷移過程の観察が継続されている。今後は、漁場や漁港施設の海洋・水産災害からの復旧、防災や減災などの面でもRSとGISの統合システムが活用されるであろう。

## ⑥ 人材育成

現状の水産学の学問体系は、優秀な水産分野の企業人や公務員を輩出することに主眼がおかれており、産業の基となる水産現場の人材を育てる体系にはなっていない。結果として水産学を学んだ人材の水産現場を理解する能力は衰退している。資源管理、漁業管理、沿岸域管理、漁場探索など現場で必要とされるRS/GIS/GPSを体系的に習得できるカリキュラムを水産学の一環として整備し、現場に強い人材の育成にも力を入れなければならない。人材育成を目的として、水産学を専攻する学生、水産技術者を対象としたRS/GIS/GPSに関する基礎・理論・応用の標準テキスト、実習用テキスト、自習用テキストの出版はまだ十分ではない。また、これら技術は日進月歩であるがゆえに、世界の研究水準に遅れることなく出版を行うとともに、継続的に改訂を行って充実を図らなければならない。

今後の水産分野の人材を育成する上で、水産現場と結びついたICT技術やRS/GIS/GPSの習得は必須で、大学における講義と実習科目としての重要性が増している。実際の現場においてこれらの技術を利用できる多彩な人材を輩出するためには、上述の林業同様、教育できる人材を増やす必要もあるだろう。

## ⑦ まとめ

水産業も林業同様RS/GIS/GPSは期待されているが、その研究開発は限られた研究室でしか行われてこなかった。今後、研究開発・実用化への取り組み強化を目的とした大学など試験研究機関に研究拠点形成が必要である。また、都道府県の研究機関や普及組織は、定員削減が続く中で、新しい技術の導入、普及活動は負担増とな

るため必ずしも積極的ではない。国、大学、民間企業の連携を強化して労力のかからない方法で技術が導入できるよう、政府は RS/GIS/GPS の実用化と普及を推進する施策を速やかに講じる必要がある。

#### (5) 持続可能な一次産業の実現に向けて

陸域および排他的経済水域を含む森林→田畑/牧草地→沿岸域→沿岸海域→沖合海域→外洋のように自然システムを俯瞰した形で国土を総合的に考え、その保全と持続可能な農林水産業のための国土利用のランドデザインが今求められている。また、この度の東日本大震災からの復旧・復興のためにも、農林水産業にとって望ましい国土利用のランドデザインを議論すべきである。今後のこの地域における農林水産業の復興と再建にあたり、RS/GIS をそのランドデザインとマネジメントのための重要なツールとして活用すべきであり、その学術の振興が急務である。

「地球環境・人間生活にかかわる農業および森林の多面的な機能の評価について」（2001 年 11 月日本学術会議答申）にも述べられているように、戦後の工業化・都市化により、流域社会経済圏が衰退し、一部の沿岸社会経済圏が隆盛となったものの、双方ともに問題を抱えており、両圏域をそれぞれ再生させ、その交流と結合を図ることが期待されている。そこで、農業および森林の多面的な機能、漁業および漁村の多面的な機能を連携させ「海と森の共生」概念を発展させ、今般議論されている里山－里地－里海の生態系サービスの重要性を考慮して、我が国の農林水畜産業を持続可能なものにする必要がある。気候変動や人間活動による環境変化のモニタリングや有機炭素の貯蔵庫としての自然性の高い森林・湿地・土壌・海洋の保全と再生を重視する必要がある。

農林水産業は、これまで時代時代の最新技術を駆使して発展してきた。近年の情報技術の発達が目覚ましいものがある。個々の分野の提言で述べたように、地球環境変化に順応した持続可能な食料生産と環境保全を支えるために RS/GIS/GPS を駆使するには、農林水産業の現場でこれら最新技術を活用できる人材の育成、そして、それを支える学術の振興、技術開発が急務である。また、これらを活用するには経営形態の改善が不可欠であるため、社会科学分野の研究推進も不可欠である。

#### (6) 一次産業情報化に不可欠な地球観測衛星の整備

日本として RS に関するインフラストラクチャ整備を進める必要がある。そのためには、ALOS といった非商業的な地球観測衛星を継続して打ち上げて、維持することが不可欠となってくる。現在、宇宙政策では、このような地球観測衛星の計画が白紙となっているが、食料供給、地球環境の維持といった長期的な展望に立った国家としての RS インフラの整備に関する戦略の確立が急務であり、非商業衛星による継続的な地球監視データの提供が求められている。

## ＜用語の説明＞

RS : Remote Sensing リモートセンシングとは対象物に接触せずに遠隔から対象物を同定・測定する技術である。しかし、狭義には、人工衛星や航空機などから地球表面付近を観測する技術を指すことが多い。

GIS : Geographic Information System 地理情報システムとは地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である

GPS : Global Positioning System 全地球測位システムとは、米国によって運用される衛星測位システム（地球上の現在位置を測定するためのシステムのこと）を指す。

TMR センター：草地管理、自給飼料の共同調製・貯蔵および TMR (Total Mixed Rations; 混合飼料) の調製・宅配までのシステム化した組織を作ることによって、生産性と労働効率の向上を図ることができる。

## ＜参考文献＞

- [1] 日本学術会議、地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について（答申）（2001）
- [2] 日本学術会議、地球環境・人間生活にかかわる水産業及び漁村の多面的な機能の内容及び評価について（答申）（2004）
- [3] 日本学術振興会学術システム研究センター、農学分野の研究動向（2007）
- [4] 日本学術会議生産農学委員会農学教育分科会、農学教育のあり方（対外報告）（2008）
- [5] 日本学術会議農学基礎委員会農業情報システム学分科会、IT・ロボット技術による持続可能な食料生産システムのあり方（提言）（2008）
- [6] Forget M-H., Stuart V., Platt T., (eds). Remote Sensing in Fisheries and Aquaculture. Dartmouth, Canada: IOCCG Report 8. pp.120 (2009)
- [7] 日本学術会議第二部、生命科学各分野の展望（報告）（2010）
- [8] FAO、The State of World Fisheries and Aquaculture 2014 (2014)

## ＜参考資料 1＞ 公開シンポジウム

「農林水産業への地球観測・地理空間情報技術の応用」

主 催：日本学術会議農学委員会・食料科学委員会合同農業情報システム学分科会、  
食料科学委員会水産学分科会

後 援：地理情報システム学会、農業機械学会、日本水産学会、水産海洋学会

日 時：平成25年3月21日（木）13：00～17：30

場 所：日本学術会議講堂

開催趣旨：

世界の持続的な発展のためには、再生可能な資源を生態系と調和させながら生み出す農林水産業の役割は大きく、特に持続可能な食料生産の確保は、人類にとって最も大きな緊急課題である。そのためには、GPS 技術なども含む地理空間情報技術や宇宙からのリモートセンシング技術などの研究開発、人材の育成が、学術の振興の立場からも急務である。今回は、次世代衛星計画を見据えた学術的な方向性を幅広く認識する必要性からシンポジウムを開催し、関係者から広く意見聴取並びに情報交換を行い、WG 作成中の提言書へのフィードバックを期待する。

プログラム：

開会挨拶：野口伸（日本学術会議第二部会員、北海道大学大学院農学研究院教授）

### I 講 演 13：10～16：10

- 1) 福田徹（（独）宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター長）  
「次世代地球観測衛星および測位衛星の農林水産業への実利用」
- 2) 澁澤栄（日本学術会議連携会員、東京農工大学大学院教授）  
「リモートセンシング・GIS技術の精密農業分野への応用」
- 3) 村上拓彦（新潟大学農学部准教授）  
「リモートセンシング・GIS技術の森林保全・管理への応用」
- 4) 野口伸（日本学術会議第二部会員、北海道大学大学院農学研究院教授）  
「Multi-GNSSとGISによる農業自動化・ロボット化」
- 5) 小松輝久（東京大学大気海洋研究所准教授）  
「リモートセンシング・GIS技術の沿岸域管理・環境保全への応用」
- 6) 和田時夫（（独）水産総合研究センター理事）  
「リモートセンシング・GIS技術の水産業振興への応用」

### II パネルディスカッション

「持続可能な食料生産と環境保全－RS/GIS 技術の社会実装」（16：20～17：20）

コーディネータ：齊藤誠一（日本学術会議連携会員、北海道大学大学院水産科学研究院教授）

パネリスト：講演者 6 名

閉会挨拶：澁澤栄（日本学術会議連携会員、東京農工大学大学院教授）

## ＜参考資料２＞ 農業情報システム学分科会審議経過

第 22 期に農学委員会・食料科学委員会合同農業情報システム学分科会が発足以降、「農林水産 RS/GIS ワーキンググループ」においてメール会議を重ねた。平成 25 年 3 月 21 日に公開シンポジウムを開催して、広く一般からの意見も求めた。

平成 24 年

1 月 13 日 分科会（第 1 回）

○提言書の執筆状況が報告された。

3 月 30 日 分科会（第 2 回）

○提言書の執筆状況が報告された。

6 月 25 日 分科会（第 3 回）

○提言書の執筆状況が報告された。

11 月 2 日 分科会（第 4 回）

○提言書の執筆状況が報告され、今後の提言内容審議手順が議論された。

平成 25 年

3 月 18 日 分科会（第 5 回）

○提言内容について審議し、公開シンポジウム「農林水産業への地球観測・地理空間情報技術の応用」の準備を行った。

5 月 17 日 分科会（第 6 回）

○提言内容について審議した。

11 月 18 日 分科会（第 7 回）

○提言内容について審議した。

平成 26 年

3 月 18 日 分科会（第 8 回）

○提言内容について審議した。

○月○日 日本学術会議幹事会（第○回）

農学委員会・食料科学委員会合同農業情報システム学分科会 提言  
「農林水産業への地球観測・地理空間情報技術の応用－持続可能な食料生産と環境保全－」について承認