

日本土壤肥料学会の歩み

1. 黎明期の土壤肥料学

わが国の農業は多肥多収で、水田農業の基礎は江戸時代末期に確立された。明治以降 1960 年頃までの土壤肥料研究は、食料とくに米の増産を目的とした肥料の有効利用が主な研究課題であり、国策とともにその研究内容も変化した。したがって、1960 年以前の土壤に関わる研究は、栽培土壌と肥料の研究であった。

わが国の土壤肥料研究は、明治初年に西欧の農芸化学と地質学が輸入されたときに始まる。世界的には、リービヒの鉱物説（1840）とローズとギルバートにより英国のローザムステッドで開始された施肥に関する圃場試験（1843）に対応するものであり、その基礎は、明治政府によって招かれたケルネルやフェスカなどによって築かれた。1881 年に来日したケルネルは、駒場農学校で教鞭をとる傍ら、当時日本で用いられていた魚肥、人糞尿などの肥料の分析とその肥効を 3 要素に分けて評価する近代的三要素試験を実施した。その結果、水稻に対するリン酸の肥効が確認され、わが国最初の化学肥料となった過リン酸石灰の製造（1888）の契機となった。

他方、フェスカは 1882 年地質調査所に招かれて来日し、13 年間にわたって地質学的土壤観に基づいて全国の土壌を調査し、縮尺 10 万分の 1 の土性図と解説書を作成した。また、ケルネルの帰国後に、1893 年ロイブが来日し、今日の植物栄養分野の先駆けとなる研究を行った。この間体制的にも、農科大学（1878 年駒場農学校）や農事試験場（1893 年農事試験場および 6 支場の開設）の組織が逐次整備され、20 世紀に入ってから、土壤肥料に関する大部分の試験研究は、わが国研究者によって実施されるまでに成長した。

当時の土壤肥料関係の顕著な研究として、足尾銅山鉱毒の研究、水田におけるチリ硝石の低肥効の実証、マンガンの生理作用に関する研究、北海道稲作における過リン酸石灰の著効の発見、無肥料栽培に伴う土壌腐植の減少、火山灰土壌に関する一連の研究が挙げられる。特に、大工原銀太郎の酸性土壌の研究（1914 年）が刺激となって初めて鉱質酸性土壌が世界に広く分布することが明らかにされた。

1881 年菜種油粕検査所が設立され、1888 年頃からは大豆油粕の輸入が急増し、1893 年頃には配合肥料が増加、1896 年からは硫安の輸入が始まり、1923 年には石灰窒素と合成硫安の製造も始まった。同時に不正肥料の問題も発生し、1899 年肥料取締法の公布にともなって、肥料品質の検査を目的に全国に肥料取締官が配置され、土壤肥料関係の研究者の広がりにも役立った。

わが国の農業は歴史的に多肥多収をもって特徴とされ、農家経済に占める肥料代の割合がきわめて多いことから、当時肥料の合理的施用は緊急の課題であった。このような状況を背景に、わが国の土壌の地力的性格と諸作物の肥料反応特性を明らかにし、農家に肥料の効率的施用を指導奨励することを目的に、全国的な施肥標準調査事業が 1916 年に計画され、1921 年以降、道府県農業試験場を総動員して、大規模な試験が実施された。本事業は 1947 年まで継続され、終戦までのわが国土壤肥料学は、この事業を背景として進展した。

2. 日本土壤肥料学会創立の頃

明治時代における近代農学の導入以来、わが国の農学者は農学会（1887 年設立）に結集し、初期の土壤肥料に関する研究は、主として「農学会々報」（1888 年、後に「農学会報」と改名）に発表された。その後、1912 年に肥料懇談会が設立され、土壤肥料学会へと発展的に改組（1914 年）されたが、当時はまだ東京在住者を中心とした同士の結合体に過ぎなかった。1927 年会誌発行を伴う会則を制定（会則第 1 条「土壌及び肥料に関する学術を攻究し、その普及を図る」）し、土壤肥料学会誌第 1 巻第 1 号が同年 10 月に発行された（1938 年日本土壤肥料学雑誌と改称）。現在の日本土壤肥料学会は、この年を以って創立されたものとされている（1934 年土壤肥料学会を日本土壤肥料学会と改称）。会員は 1441 名であった。その後、1937 年関東支部が設立され、続いて関西、西日本、朝鮮、満州各支部が設立され、終戦時まで存続した。なお、1927 年は、第 1 回国際土壤科学会（ISSS）大会がワシントンで開催された記念すべき年に当たる。

1919 年、東大内に遊離窒素利用研究室が設立されわが国の土壌微生物学の先達となった。当時、近代的土壤観が紹介され、農耕地土壌調査（1936 年以降）における青森県津軽平野の土壌調査は、その後の土壌生成に立脚した調査法発展の礎石となった。植物栄養分野においても、水耕法による栄養生理の研究が 1930 年頃から活発に行われるようになった。

3. 土壌・肥料・植物栄養学の展開（1927～1940 年）

過リン酸石灰、硫安などの化学肥料が導入されはじめた明治末年からの反収増加は顕著であったが、大正末から昭和初期の 1920～1930 年代には、肥料の増投にもかかわらず水稻の反収増は停滞した。当時はまた、肥料の主体が大豆粕などの有機質肥料から硫安などの無機質肥料へと移行し、1930 年代には化学肥料が優先する過渡期の時代でもあった。このような時代背景の下、化学肥料の合理的施用法の追求（報酬漸減法則の克服）が強烈な刺激となって、日本の風土と農業を基盤とした土壌・肥料・植物栄養学が開花・発展した。

他方で、肥料に著しく依存し水田作に偏重したわが国農業は、この時期土壤肥料各分野の跛行的進展をもたらした。土壌酸性や火山灰土壌など畑土壌の研究、萌芽的段階にあった土壌微生物や土壌物理に関する研究

には、顕著な展開は見られなかった。

水田土壌化学の確立：水田土壌化学確立の基盤となったのが上述した施肥標準調査事業の成果である。施肥標準調査は、わが国の水田土壌と畑土壌の差異、水稻と各種畑作物の施肥反応の差異を明らかにした。本事業により、水田では窒素の天然供給量が最も少ないことが判明し、窒素の合理的施肥法の研究を促進させた。当時、硫酸等の施肥窒素の利用率は20～30%に過ぎなかった。施肥窒素の詳細な動態調査から、田面に施用されたアンモニア態窒素の酸化層での硝酸態窒素への酸化、硝酸態窒素の還元層に移行後の窒素ガスへの還元（脱窒反応）が塩入松三郎らによる研究から明らかとなり（1942年）、この窒素の形態変化に関する理論的究明は、合理的施肥法（全層施肥法）の開発へと結実した。また、水田土層の分化の観点からリン酸の有効化、鉄・マンガン・イオウ等の形態変化が統一的に解明された。

作物栄養研究の展開：この時代、分施・追肥技術が発展し、作物の生育期に応じた栄養特性に関する研究から、肥料学は次第に作物栄養学の色を強めるに至った。施肥標準調査は、水稻と畑作物、畑作物相互間の施肥反応の差異等の現象的差異を明らかにし、水耕法はその解析に重要な手段を提供した。水稻とオオムギとの栄養生理的特性の比較研究、水稻及びコムギにおける各種養分の必要時期に関する研究、水稻の完全水耕培養法の確立、水稻に対する窒素の部分生産率に関する研究等、この時期における作物栄養に関する研究は、作物の栄養という生物学的観点を導入することによって作物栄養学を土壌肥料学の主要分野として確立する契機となった。

4. 戦時体制下の土壌肥料学（1941～1945年）

この時代、わが国の農業事情は一変し土壌肥料学にも壊滅的打撃を与えた。しかし研究が全く停止した時期は、敗戦の前後1～2年にすぎない。日華事変後、わが国の多肥農業は一転して肥料不足を余儀なくされ、土壌肥料学に与えられた命題は肥料の効率の施用であった。1942年には、食料の生産・流通・消費にわたって政府が管理する食糧管理法が制定されている。穂肥が普及奨励され、硫酸団子・固形肥料等の工夫も戦時下の少肥対策として登場した。また、堆厩肥の活用、藻類による遊離窒素固定、灌漑水の天然養分供給量の調査等水田の肥沃化機構が研究された。乾土効果、地温上昇効果などの地力窒素の有効化条件の解析が進み、畑土壌の焼土効果の機構も研究された。これらの研究から、秋落現象による水稻低収の原因が水田土壌の老朽化にあることが見出され、その改良対策が速やかに樹立された。

5. 戦後の食糧増産期の土壌肥料学（1946～1960年）

1) 低位生産地調査事業と地力保全基本調査

戦後の深刻な食糧危機は、国をあげて食糧増産を至上命令とした。1947年には低位生産地調査事業が発足し、開拓地土壌調査（1948年）、水田土壌断面調査（1950年）、林地土壌調査（1951年）がそれぞれ開始され、耕土培養法が制定された（1952年）。低位生産地調査は、わが国の水田・畑とも全耕地面積の60%が何らかの不良土壌であることを明らかにした。低位生産地調査は、一般調査から始まり特殊調査、対策調査に継承されたが、一般調査の結果は、わが国における秋落、酸性、火山性、塩害などの不良耕地の分布を明らかにし、以後の耕土培養事業（1952～1971年）、土層改良事業（1951～1970年）などへと引き継がれた。

一方民間では米作日本一の競作が1941年に開始され、農民の経験と知恵の結集は、その記録を年ごとに上昇させ、一般農家の増産意欲を刺激した。またこの競作の審査には多くの試験研究者が動員されて、多収技術の徹底的解析が行われ、篤農技術の一般化、試験研究者には今後追求すべき現場からの課題が多数提起された。全国的な多収競争は、稲作における地域的諸条件の比較検討、生育相の地域的差異に対する関心を高め、栄養生理研究に生態学的観点を導入するのに貢献した。

戦後の肥料生産は急速に回復し、1955年頃には戦前の消費量を凌駕するとともに、新たな肥料の開発が活発に進められた。1950年から熔性リン肥の本格的な生産が始まり、ケイ酸肥料（1955年）、焼成リン肥（1956年）、腐植酸苦土肥料（1962年）の登場を見るとともに、1955頃からは、産業廃棄物の肥料としての利用が始まり、緩効性肥料、硝酸化成抑制剤入り肥料も普及するようになった。これに伴って国の諸施策も、施肥改善事業（1960年～）、施肥合理化対策事業（1958～1962年）、地力保全基本調査・同特殊調査（1959～1978年）など、低位生産、不良耕地の改良対策から次第に農耕地全般の生産力増強を目標として進められた。

2) 食糧増産期の学会、土壌肥料学

敗戦前後の1945～48年、会誌は休刊のやむなきに至ったが、戦後の自由な雰囲気の中で土壌肥料学の再建が進められるとともに、中堅から若手の研究者を中心にペドロジスト懇談会（1958年：現日本ペドロロジー学会）、粘土研究会（1958年：現日本粘土学会）、土壌微生物談話会（1954年；現日本土壌微生物学会）、土壌物理研究会（1958年：現土壌物理学会）、日本植物生理学会（1959年）、森林立地懇話会（1959年：現森林立地学会）等の各種研究組織が誕生し、土壌・肥料・植物栄養学の底辺の拡大と基盤の強化がなされた。

新肥料の開発：老朽化水田における無硫酸根肥料の有効性は、硫酸以外の新窒素質肥料開発の契機となり、尿素が大量生産され、塩安もわが国独特の窒素肥料として普及した。熔性リン肥が、開拓地のような強酸性で塩基に乏しく、リン酸吸収係数の高い土壌で極めて有効な肥料となり、鉍滓（スラッグ）がケイ酸質肥料

として登場し、配合式の粒状化成肥料も開発された。

土壌各分野の研究：土壌有機物、腐植-粘土複合体の解析が進められ、腐植酸の類別、熟畑化過程や土壌型と腐植形態の関係が研究された。粘土鉱物に関する研究も進展し、アンモニアの固定、畑土壌におけるリン酸の動態が研究され、火山灰土壌におけるアロフェンが特に注目された。また、土壌構造に関する研究が進展し、畑土壌の生産力解明に大きく寄与した。土壌水分に関する諸問題も、農業土木におけるこの方面の研究と連携して発展した。

土壌微生物分野では、一般土壌微生物を対象に、畑と水田、未耕地と熟畑、作付体系、植物根圏等における微生物フローラの特徴解明がなされた。また、水田作土の還元過程が微生物の生育との関係で論じられた。

作物の養分吸収と代謝：老朽化水田における硫化水素による養分吸収阻害に関する研究は、その後の養分吸収機構、根の生理に関する研究進展の契機となった。作物の器官別、葉位別の解析が進み、施肥と作物収量との関係が体内代謝から理解されるようになり、微量要素、特殊成分に関する研究も、各種土壌における欠乏症の確認と対策を通して進展した。秋落水稲の研究はまた、ケイ酸の栄養生理的役割の再認識に寄与した。肥料の分追肥、水管理等の生育調節手段を駆使する多収穫技術の基本は、この時期に確立されたといえる。

6. 高度経済成長、環境問題 (1961-1990 年)

1) 経済の高度成長に伴う地力問題、環境問題

わが国の水稲生産量も昭和 30 年代には 1200~1300 万トンに達して需給が次第に緩む一方、1955~1973 年の間、わが国経済は成長率が年平均 10%を超える高度成長を続けた結果、農家の経済的優位性が失われた。むしろ農家と非農家の所得格差が顕著となり、農業の発展と農業従事者の地位の向上を目的に 1961 年農業基本法が制定され、農業構造改善事業がスタートした。高度経済成長は、わが国の農業をますます多肥化に向かわせ、農薬の多投が進行した一方で、堆肥の施用は低下の一途をたどった。その結果、これまでの収量増の研究から労働生産性の向上に関する研究へと土壌肥料学を推移させるとともに、成長部門や作目などへと研究の対象が移行した。

1973 年に第一次、1979 年の第二次のオイルショックがわが国経済を襲い、資源が有限であることを認識するとともに、高度経済成長期は終息した。この時代の無秩序な工業の発展は、四日市喘息や水俣病に象徴されるようなさまざまな大気、水、土壌、市民生活への汚染・公害をもたらした。その結果、公害対策基本法 (1967 年)、大気汚染防止法 (1968 年)、水質汚濁防止法、土壌汚染防止法 (1970 年) などが成立し、1971 年には環境庁が設立された。1960~1980 年代の学会に関連する環境問題として、重金属汚染、水質汚濁、酸性雨などの大気汚染、有機性廃棄物、オゾン層破壊、熱帯林破壊が挙げられる。この間、1962 年 R.カーソン「沈黙の春」が出版され、ローマクラブにより「成長の限界」が 1972 年発表された。加えて、各種の環境問題、環境劣化が地球規模に達していることが国際的に認識されるようになり、各種の宣言、条約が締結、採択された。ラムサール条約 (湿地、1971 年)、国連人間環境宣言 (1972 年)、国連砂漠化防止計画 (1977 年)、琵琶湖宣言 (湖沼、1984 年)、オゾン層保護条約 (1985 年)、モントリオール議定書 (フロン、1987 年)、気候変動に関する政府間パネル IPCC の設立 (1988 年)、有害廃棄物処理条約 (1989 年)、ノルドベイク宣言 (温暖化防止、1989 年) などである。

2) 高度成長期以降の土壌肥料学の展開と新たな課題

これまでの多収穫技術が、地力増進と水管理を基幹としたのに対し、1960 年以降の多収穫技術は分追肥を中心とした水稲の生育調節技術に特徴が認められる。群落光合成、乾物生産理論に依拠した栄養生理的研究は、水稲の生育後期における栄養維持の重要性を明らかにして分追肥技術に理論的根拠を与えた。この時期に唱導された多収穫施肥法として、V 字稲作理論、深層追肥、止葉期追肥、佐賀・長野方式等の後期重点施肥法が挙げられる。この背景には、土壌肥料技術の貢献も大きく、増施窒素の利用率は、戦前の約 4 倍に達することが指摘され、畑作や新開田地帯でのリン酸多施による土壌改良も、農業の化学化の成果であった (会誌：創立 40 周年記念号 1968 年)。

農業構造改善事業に基づく選択拡大の農業政策は、畑作物や果樹、牧草の土壌肥料研究を活発化させた一方で、化学肥料の偏用に伴って発生した土壌の酸性化や、苦土・微量要素の欠乏などの弊害を顕在化させた。加えて、2 度のオイルショックは、生物性廃棄物の利活用や有機質肥料の再評価、土づくり運動、地力問題の論議を活発化させる契機となり、その結果、これまで農地土壌の化学的性質の改善を重視した「耕土培養法」の改正を眼目に、土壌の物理性・生物性をも含めた土壌の性質全般を改善し、農業生産力の増進と農業経営の安定化を図ることを目的に 1984 年「地力増進法」が制定された。また、水田農業確立対策 (転作目標 77 万 ha) が 1986 年決定され、1988 年には「農山漁村地域環境基本構想」が決められている。なお、地力保全基本調査終了後 (1979 年)、土壌環境基礎調査が全国の農地を対象に 1980~2004 年まで実施された。この間、地力保全基本調査のデータを基に、1977 年に「土壌統の設定基準及び土壌統一覧表」として耕地土壌が分類され、5 万分の 1 土壌図が作成された。その後、1995 年に大幅な改訂がなされ第 3 次改訂版として公表されている。他方、森林土壌の分類は林野土壌調査事業を基に 1975 年「林野土壌分類」としてまとめられた。

耕地の基盤整備事業に伴う土壌問題としては、土地基盤整備における土壌の諸問題 (作土の切り盛りの可

否、漏水過多への対応)、基盤整備跡地の土壌改良が挙げられる(土壌物理的な技術の必要性)。また、水稻の増産は不要、ムギやダイズは輸入とする選択拡大の農業政策は、果樹の適地判定や牧草畑の不耕起造成などの土壌肥料研究を活発化させ、多肥化は野菜の栄養障害と塩基バランスの問題、ハウスの塩類濃度障害など作物栄養研究を促進させた。加えて、大気・土壌・水質汚染と肥料、農薬、重金属等の化学物質の、農地を含む生態系への悪影響の顕在化への対策が1970、1980年代の土壌肥料分野における重点課題となった。

他方、1970年代以降の¹⁵Nトレーサー法等の機器の普及は、植物生理学、比較植物栄養学研究を大きく発展させ、バイオテクノロジー研究が端緒についた。世界で初めて鉄溶解物質・ムギネ酸が発見され、以降鉄栄養に関する研究は常に世界をリードすることになった。植物根分泌物の研究は、植物の酸性(AI)耐性、低リン酸耐性の研究など多方面に発展した。その結果、1987年の第58巻から、会誌の副題として「一土壌・肥料・植物栄養学」を付記することとなった。

高度経済成長は研究環境の整備・充実を、関連科学分野の進歩と食料需給状況の緩和は食料生産を目的とした研究から世界の土壌肥料学を視野に入れた基礎的研究の著しい発展を可能にした一方、各種環境問題は新たな研究課題を現出させた。以下に研究進展の概要を記し、詳細は会誌「部門別進歩総説特集号(1968年以後、3~6年ごとに計11回2009年までに刊行)」に譲る。

土壌物理: 農業の機械化と基盤整備に伴う土壌物理性の劣化対策が研究されるとともに、土壌構造の形成と微細形態、土壌水と溶質の動態、土壌-植物系における水移動、灌漑および排水が詳細に研究された。また、全国水食現況図や予察図が作成され、侵食量の予測式が提案・検討された。

土壌生物: 各種の研究がいっせいに開花し、土壌団粒と微生物、根圏微生物、農薬分解菌、農薬・重金属汚染の影響、病原微生物の生態、土壌酵素、土壌動物が、1980年代には、微生物バイオマス、菌根菌、水田における窒素固定能の定量的評価、ダイズ根粒菌の共生的窒素固定が研究され、低栄養微生物の解析が開始された。

土壌化学・土壌鉱物: 土壌鉱物に関する研究成果は画期的なものであった。アロフェンやイモゴライトを含む各種土壌鉱物の組成と微細構造、粘土鉱物による陽イオンの交換と固定、リン酸イオンの吸着と固定、土壌酸性、土壌の緩衝能、水田土壌におけるクロライトの生成機構が解明され、粘土の膨潤と凝集、分散現象も詳しく研究された。また、腐植化学的研究手法が確立され、腐植物質の組成と構造、その生成機構、腐植粘土複合体の腐植組成と鉱物組成が研究された。また、施肥窒素の有機化と再無機化、易分解性窒素の給源として微生物細胞の重要性が明らかにされた。

植物栄養: 無機態窒素の吸収同化、成長に伴う窒素再転流機構が解明された。また、微量元素や重金属の生理作用、イネトビロウシカを用いて採取した篩管液による植物の代謝生理の研究が進展した。土壌-植物系における各種安定同位体の自然存在比の研究が始まり、根粒固定窒素の寄与割合が明らかにされた。

窒素代謝におけるGS-GOGAT系や硝酸還元、アミノ酸代謝酵素、光合成におけるルビスコなど酵素学的研究が進展した。また、光化学系-IIやC4植物を含む光合成作用、同化産物移行におけるsource-sink関係、AI耐性や低P、低Fe耐性に関わる根分泌作用、農産物の品質研究等が新に展開された。

土壌肥沃度: 米の生産過剰に伴い、多収研究から食味、水田高度利用、土壌汚染、東南アジア研究等へ移行した。また¹⁵N追跡法や無機化モデルによる窒素動態、葉色診断、地球温暖化ガス、畜産廃棄物の活用、省力、低コスト施肥体系等の研究が展開された。水稻生産調整が進行し、畑土壌の肥沃度研究が重視された。また¹⁵Nや速度論的方法による窒素動態や合理的施肥法、地力維持法が検討された。更に下層土の重要性、連作障害、高品質栽培、コンポスト利用、リモートセンシング等が研究された。

肥料および施肥法: 肥料の環境負荷が問題となり合理的施肥法、有機質肥料の再評価、生物性廃棄物や工業的副産物の利活用が行われ、また画期的肥効調節型肥料が開発された。

土壌環境: 大気・土壌・水中の汚染物質のモニタリング、作物被害の状況と発生機構、農用地土壌と農産物の重金属類の概況調査、土壌の重金属天然賦存量調査、土壌-植物系における挙動解明、農耕地からの栄養塩類の流出、農耕地の水質浄化機能、農薬やPCBの土壌残留が研究された。この時期、本学会は酸性雨の土壌への影響予察図を作成した(1984年)。

なお、1970年に農林省熱帯農業研究センター(1993年農林水産省国際農林水産業研究センターに改組)が設立され、1980年代には、農業関係試験研究機関の再編整備が行われ、旧農業技術研究所から、1983年農業環境技術研究所、農業生物資源研究所が設立、1988年には農業工学研究所が改組・設立され、時代に対応(国際化、環境問題)した研究体制の整備が進行した一方、大学の機構改革に伴う土壌環境分野の研究室の所属問題が新たに浮上した時代であった。

3) 学会の近代化、国際化

1948年、北日本(翌年、北海道と東北に分化)、関東、関西、西日本の4支部をもって日本土壌肥料学会は再出発し、1957年中部支部が設けられて現行の6支部体制となった。1955年には、土壌肥料学会賞が設定・授与されるとともに、欧文誌「Soil and Plant Food」(1961年「Soil Science and Plant Nutrition (SSPN)」に改称)の刊行が開始された。また、1964年土壌肥料学会功労賞が新設された。加えてこの頃、大会の発表数の増加に対応するため部門長制が発足(1966年)して10部門が設けられ(1971年には11部門)、1968年には部門

長制による最初の部門別進歩総説特集号が刊行された。1977年、学会創立50周年を機会に新事務所（東大前）を取得、西ヶ原の農業技術研究所から移転するとともに、1978年には社団法人日本土壌肥料学会に脱皮した。また、1982年には日本土壌肥料学会奨励賞も新設されている。

この時期、学会員の国際的活動は国際土壌科学会（ISSS）（現国際土壌科学連合：IUSS）の認めるところとなり、ISSSの第4部会のセミナーとして「集約農業下における土壌環境と肥沃度管理に関する国際セミナー（SEFMIA）」を1977年10月に主催（東京）し盛況裡に終了した。1982年、国際土壌科学会議の招致を決議し、1986年に、「第14回国際土壌科学会議（1990）」の日本開催が決定するとともに、同年「第9回国際土壌分類ワークショップ」がUSDAとの共催で開催された。「第14回国際土壌科学会議」は、アジアでは2回目、東アジアでは最初の開催であり、1990年8月12～17日に京都で盛大に開催され、75ヶ国計1621人の参加をみた。また、会議前後にはシベリア1、中国4コースのエクスカージョンも実施され、本学会が総力を挙げて取り組んだ一大事業であった。加えて、1986年の「第13回国際土壌科学会議」で新設が承認されたWorking Group: Paddy Soil Fertilityの第1回シンポジウムが1988年タイ国チェンマイで成功裏に開催され、その成果は1990年の「第14回国際土壌科学会議」（京都）期間中に、水稲作を主幹農業とする東・東南アジア諸国の土壌肥料学会の連合体、東・東南アジア土壌科学連合（ESAFS）の創設となって結実した。

7. バイオと地球環境時代の土壌・肥料・植物栄養学（1991年～現在）

1) 土壌・肥料・植物栄養学をめぐる環境問題、バイオテクノロジー

1990年以降、地球環境問題、特に地球温暖化問題が深刻さを増し、国内においては食料自給率が39%にまで低下し、農山村部の過疎化に伴う農地の荒廃、土壌資源の劣化が問題視されるようになった。加えて、消費者の食の安全・安心への関心の高まり等から、バイオテクノロジーの急速な進歩を背景とした様々の遺伝子組換え作物の研究、普及の将来像に賛否両論が唱えられている。

1992年リオデジャネイロで開催された国連環境開発会議において、21世紀に向けて持続可能な開発を実現するための具体的な行動計画（アジェンダ21）とともに、生物多様性条約および気候変動枠組条約が採択された。また、各国の温室効果ガス排出量の具体的削減目標を明記した京都議定書が1997年のCOP3で採択され、2005年に発効した（日本は2002年に批准）。また、これまでに4回IPCCによる地球温暖化に関する評価が報告されている。わが国においても、1993年環境基本法を施行、翌年には環境基本計画を決定、1998年地球温暖化対策推進法を公布、2002年地球温暖化対策推進大綱を決定した。

農業・農村の有する国土の保全、水源のかん養、自然環境の保全などの多面的機能など、農業環境問題を含めた持続的農業を重視した食料・農業・農村基本法が1999年、関連の農業環境3法（持続農業法、家畜排泄物法、肥料取締法改正）とともに公布された。また、食品廃棄物の発生の抑制、食品循環資源の有効利用の促進を目的に食品リサイクル法が2001年に施行されるとともに、2002年には土壌汚染の状況の把握と土壌汚染による人の健康被害の防止を目的とした土壌汚染対策法が公布され、同年には農薬取締法も改正された。さらに、2006年には有機農業推進法が施行されている。1990年以降、土壌をかけがえのない天然資源とする考え方が普及し、EU諸国や米国を中心に土壌保全を目的とした農業者の農業環境規範の策定、土壌保全のための諸施策が講じられるようになった（米国農業法2002年；EU土壌保全に関する分野別戦略2006年）。重金属や農薬による土壌汚染、水域の富栄養化、酸性雨、土壌の劣化等の諸問題、食飼料の大量輸入に伴う食品・畜産廃棄物の処理や資源化は、1990年以降土壌肥料分野からの一層の問題解決が求められている。

2) バイオと地球環境時代の土壌・肥料・植物栄養学

1991年以降の研究動向として、国民の食の安全・環境への関心の高まりに対応した農作物の品質重視、リスクを軽減する栽培法、肥効調節型肥料や生物性廃棄物の有効利用等の研究が挙げられる。また、地球温暖化対策としての土壌への炭素蓄積や土壌からのメタン・亜酸化窒素の発生制御、分子生物学的手法を用いた土壌微生物研究、わが国土壌の統一的分類体系の確立等も行われた。植物栄養学分野では、全生物を視野に入れたDNAレベルの研究に大きく展開し、各種トランスポータの発見、各種ストレス耐性遺伝子を導入した組換え作物の作出等の研究が精力的に行われた。加えて、学会員が世界各地の土壌を対象に活発に研究を行ったのもこの時代の特徴と言える。

土壌物理：孔隙の空間分布と通気・透水係数等への寄与が研究され、水および物質移動におけるバイパス流、物質の再分配過程での粒団内への拡散と吸着・イオン交換過程が詳細に解析されるとともに、現地土壌における透水係数が精力的に研究された。

土壌化学・土壌鉱物：受食性・透水性と土壌鉱物の界面物性、土壌鉱物の植物栄養学的重要性、オキソ酸や有機酸、重金属や有機汚染物質の吸着現象が研究された。また、非アロフェン質黒ボク土とアロフェン質黒ボク土が交換酸度 y_1 から区別され、広域風成塵起源の鉱物がわが国各地に広く分布していることが明らかとなった。加えて、腐植物質の骨格炭素、官能基が詳細に研究され、腐植酸の平均的化学構造が提案された。また、黒ボク土腐植酸の起源として炭化物が注目され、各種非腐植物質の組成と存在量、起源に関する研究が進展した。

土壌微生物：生化学・分子生物学的手法を用いた各種微生物の群集構造、各種微生物の土壌中での挙動、根

粒菌の生態と感染生理、メタン生成菌数の季節変動、分離・同定、群集構造が詳細に研究された。その他、微生物生体観察法の開発、バイオレメディエーション、遺伝子組換え微生物の安全性評価、土壤病害の発生環境と耕種的防除が研究された。

植物栄養：養分吸収に関係する各種トランスポータの世界的発見とともに、Fe, Si, Al, S, B 等無機養分の吸収機構やストレス耐性機構が明らかとなった。さらに、非マメ科植物の窒素固定エンドファイトの発見、肥料窒素の環境負荷量、有機農産物の識別等が行われた。また、地球温暖化を考慮した高二酸化炭素濃度下 (FACE) での各種作物の光合成反応が検討され、C₃作物ではルビスコ量を減少させることにより光合成が向上することが明らかとなった。ムギネ酸の全生合成経路が解明され、オオムギ遺伝子組換え鉄欠乏耐性イネの作出とアルカリ土壌を用いた圃場試験が行われた。

また植物の耐酸性研究のターゲットが塩基性重合 Al から Al³⁺に絞られ、有機酸分泌による過剰害軽減機構の解明や Al 耐性オオムギ形質転換体の作出に成功した。この他、ルビスコアンチセンス組換え体イネ、C₄-PPDK 形質転換イネなども作出された。イネ GS-GOGAT 系の QTL 解析、リン酸欠乏イネ cDNA-マイクロアレイ研究、Cd 汚染土壌のファイトリメディエーションなど先端的研究が展開された。

土壤肥沃度：米の食味を左右するタンパク含量を制御するための栄養診断および土壤管理法が策定された。また省力、低コスト化のための直播栽培、不耕栽培技術が検討されるとともに、水田の持つ多面的機能が評価された。また大区画化に伴う地力ムラに対処する局所管理、精密農業の重要性が指摘された。さらに、世界で初めて圃場でのイネ FACE 試験が行われ、15%程度増収する反面、病害の発生増が危惧された。水田、畑地の双方で土壤環境基礎調査がまとめられ、わが国耕地の養分実態が明らかとなった。

畑地における土壤バイオマス形成と窒素フローが解明され、また土壤肥沃度に関する土壤微生物評価手法が検討された。さらに土壤窒素の反応速度論的解析や、重窒素追跡法による土壤肥沃度の診断手法も開発された。農業生産環境調査がまとめられ、日本全体の窒素の施用実態、窒素フロー、硝酸汚染リスクが見積もられた。またリモートセンシング技術が進歩し、土壤の土地生産力評価や土壤図の作成などが行われた。

肥料・土壤改良資材：肥効調節型肥料の水稻、畑作物への施用技術が多方面から検討され、水稻では、本田施肥省略、窒素利用効率の高い育苗箱全量基肥栽培技術が開発された。また、目的成分を供給し作物の質的改善が期待される「接触施肥法」が提案された。茶園などの過剰施肥が浮き彫りになり、その改善法が検討された。これに対して、有機農業や循環型農業に高い関心が集まり、生物性廃棄物のコンポスト化とその活用が精力的に検討された。新規ケイ酸資材や石膏の有効性が明らかにされた。

環境保全：傾斜地における土壤侵食、土壤特性と防止対策が研究され、1km メッシュの全国土壤侵食防止機能図が作成された(1994)。また、各種農耕地における肥料成分の収支と系外への流出量が流域レベルを含めて調査されるとともに、地球温暖化との関連で土壤呼吸量、メタンや亜酸化窒素発生量が研究された。また、土壤による炭素貯留の重要性が認識され、わが国土壤における炭素循環のモデル化が検討された。

3) 学会活動の充実、国際化

1990 年以降、学会活動の充実を目的に、時代に対応した様々の変革がなされた。1995 年に日本土壤肥料学会技術賞が、2002 年には日本土壤肥料学雑誌論文賞および SSPN Award が新設されるとともに、2003 年以降、若手会員の海外学会への参加旅費の補助事業が開始された。また、1995 年にはインターネット・ホームページが開設され、2002 年の会誌第 73 巻、欧文誌 SSPN Vol.48 から紙面を B5 版から A4 版に変更、2006 年発行の SSPN Vol.52 から Blackwell 社により出版されるとともに、オンライン化された。加えて、2007 年には「日本土壤肥料学会倫理綱領」が制定された。1994 年、これまでの 11 部門の見直しが行われ、土壤物理、土壤化学・土壤鉱物、土壤生物、植物栄養、土壤生成・分類・調査、土壤肥沃度、肥料・土壤改良資材、環境の 8 部門に整理・統合されるとともに各部門内に部会が新設された。

児童・生徒の土への関心・理解は低く、子ども達の土離れが進んでいる。1982 年、土壤への理解増進と土壤教育の普及・啓発を目的に「土壤教育検討会」が設置され、「土壤教育強化委員会」(1983 年設置)、「土壤教育委員会」(1992 年設置)に受け継がれた。この間、1998 年土壤肥料学会土壤教育委員会編「土をどう教えるか—新たな環境教育教材—」(古今書院)を刊行し、各学校段階での土の指導を具体的に提示するとともに、1999 年からは毎年、全国各地(計 11 ヶ所)の「自然観察の森」での土壤観察会を実施し、2009 年に「自然観察の森」での観察会を終了した。また、2002 年に刊行した土壤肥料学会編「土の絵本(全 5 巻)」(農山漁村文化協会)が産経児童出版文化賞を受賞(2003 年)し、これらの功績により 2006 年度文部科学大臣表彰科学技術賞(理解促進部門)を受賞した。2005 年には、第 5 部門「土壤生成・分類・調査」内に「土壤教育部会」が新設され、2006 年には新たに第 9 部門「社会・文化土壤学」が新設され、その中に「社会・教育部会」と「文化土壤学部会」が設けられた。

1990 年以降、国際シンポジウムやワークショップの主催・共催が活発に行われ、ESAFS 第 1 回ワークショップ(1991)、第 2 回国際ケイ酸と農業会議(2002)、第 6 回低 pH 領域における植物と土壤の相互作用(2004)、第 8 回 ESAFS 国際会議(2007)を主催するとともに、第 13 回国際植物栄養科学会議(1997)、第 5 回国際水学会国際シンポジウム(2001)、第 16 回国際環境生物地球化学シンポジウム(2003)、第 6 回国際植物硫黄代謝ワークショップ(2005)を共催した。

また、学会創立 70 周年記念事業として、「土と食糧—健康な未来のために—」(1998) を出版するとともに、シンポジウム「統一テーマ：地域に根ざした持続的農業における土壌肥料研究の展望」を含む記念行事を盛大に挙行了 (1999)。2007 年、本学会は充実した 80 周年を迎えた。

後記：本原稿は、日本農学会編「日本農学 80 年史」養賢堂(2009)中の 1 章「土壌・肥料・植物栄養学」執筆のために準備した原稿を加筆・訂正したものであり、1970 年以前の歴史は、参考資料中の村山登先生執筆の「土壌肥料学 50 年史」を参考にした。ここに記して、謝意を表す。

主な参考資料

熊沢喜久雄：肥料学の研究、日本農学会編「日本の農学研究」、pp.83-96、農山漁村文化協会 (1981)

辻村克良・江川友治：土壌肥料学、東畑精一・盛永俊太郎監修農業発達史調査会編「日本農業発達史—明治以降における—第九巻」pp.429-504、中央公論社 (1956)

日本土壌肥料学会編集委員会編：「わが国における土壌肥料学の進歩」、日本土壌肥料学会創立 40 周年記念、特集号、pp.1-144 (1968)

日本土壌肥料学会編集委員会編：「水田の窒素をめぐる諸問題」、土肥誌、46、245-332 (1975)

日本土壌肥料学会編集委員会編：「わが国における土壌肥料学の現状と展望—日本土壌肥料学会創立 50 周年記念—」49、特集号 (1978)

日本土壌肥料学会編：「学会創立 70 周年記念シンポジウム資料集」、pp.1-85、日本土壌肥料学会 (1999)

藤沼善亮：土壌・肥料および農芸化学、農業技術研究所 80 年史編さん委員会「農業技術研究所八十年史」、pp.207-294、農業技術研究所 (1974)

村山 登：土壌肥料学、日本農学会編「日本農学 50 年史」pp.164-178、養賢堂 (1980)

(木村真人・三枝正彦)