

〔日〕坪井八十二等编

新 编

农业气象手册

侯宏森 元来福 王茂新 等译
史国宁 张菊生 沈德富
侯宏森 校

农业出版社

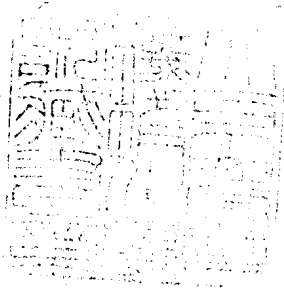
S16
7

新 编 农业气象手册

(日) 坪井八十二等编

侯宏森 开来福
王茂新 史国宁等译
张菊生 沈德富

侯宏森校



农业出版社

新 编
农 业 气 象 手 册

(日)坪井八十二等编

侯宏森 芥来福
王茂新 史国宁等译
张菊生 沈德富

侯宏森校

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 41印张 1020千字
1985年5月第1版 1985年5月北京第1次印刷
印数 1—5,500册

统一书号 16144·2747 定价 8.30元

译 者 的 话

日本农业气象学会在《农业气象手册》出版十年之后，又以崭新的观点系统地总结和吸收了这一期间国内外有关农业气象研究的成果，编写了这本《新编农业气象手册》。

《新编农业气象手册》实际上是一本农业气象学总论，其内容十分广泛，涉及到从基础理论到应用技术的许多方面，比较系统地反映出农业气象学这一学科领域的发展与进步。

耕地上的微气象是一个长期受到农业气象学家关注的课题。从19世纪后期以来，试图以物理学观点分析研究耕地上的大气状况的研究报告为数甚多，尤以近些年来在热量分配、水分分配、辐射、蒸发以及群落内的微气象条件等方面的研究进展很快，本书以较大的篇幅阐述和介绍了这方面的新理论和新知识。它是本书的重点内容之一。

从世界各国的情况来看，农业气象灾害的发生及其防治往往促进了农业气象学的发展。特别是象日本这样的耕地面积很少、自然灾害频发、自古以来就十分注意单位面积产量的国家，对风、霜、水、旱和冷害等自然灾害以及防灾技术的研究一贯十分重视，并且积累了许多经验，这方面的内容在本书中也是叙述的重点之一。

本书作为一本全面阐述农业气象学的专著，在体系结构上自然力求完整，因此，在作物栽培与气象、农业气象观测、局地气候调查以及微气象的测定等许多方面都为读者提供了相当丰富的知识，是一本有用的参考书。

当然，本书由于是由三十多位日本农业气象学家分章执笔撰写的，因此在材料的取舍、叙述的详尽程度以及体例上均难求得完全一致。此中译本也是由几位同志分头翻译的，加之我们的水平不高，谬误之处，敬希读者批评指正。（本书文献略）。

1982年10月

原 序

农业气象研究在阐明农业生产和气象环境相互关系的基础上，在具体的气候区中选定作物和牲畜等主要生产项目和确定其布局以及预测生产等方面起到作用，与此同时，为了利用人工调节生产过程中的气象条件从而有计划地扩大生产且使之稳定化，开展着从基础理论到实际应用内容十分广泛的多方面研究。

近十年来，耕地上贴地气层的结构研究已表现出较大的进步，其成果作为经济合理地调节气象环境的技术基础，在诸如人工园艺和防灾技术等方面起着作用。

耕地上贴地气层的研究与作物生理生态领域的干物质生产的研究密切结合，以土壤—植物—大气系统为对象，朝着一个新的学科领域发展，可以预期利用这些研究成果将会研制出新的生产预测法和环境、生物的最佳控制技术方法。

《农业气象手册》一书出版后又经历了十年有余。我相信这本书在此期间为促进农业气象学和农业气象技术的发展起到了很大作用。不过，农业气象研究最近的进步十分显著。因此，决定以这些成果为基础，以全新的观点编辑出版这本《新编农业气象手册》。

最近以来，在世界性的异常气象、地球趋向变冷、人口剧增以及资源枯竭等众多议论的背景下，能否保证粮食的稳定供应，在日本也有不同的看法，在这种情况下，有关气象资源有效地用于农业生产的问题，将日益变得重要了。

与生产密切相关的农业气象学虽然大体上形成了体系，但为了有意识地促进科学研究朝向“生产气象学”的方向发展，决定编辑出版本书，尽可能地吸收最新的研究成果。在各章的末尾附上了比较详细的科研文献目录。我们期待着本书今后将为日本农业生产的稳产高产以及农业气象学的发展做出积极贡献。

最后，对协助制订新的编写计划和努力承担编写任务的诸位编辑委员与执笔者表示深切的谢意，与此同时对不断克服许多困难保证顺利出版的养贤堂会长及川伍三治先生、社长川锐雄先生表示由衷的敬意与谢意。

编辑委员会代表 坪井八十二

1974年5月31日

目 录

I 农业气象研究的任务	1
1. 农业气象研究的目的	1
1) 农业气象研究的目标	1
2) 农业气象学的定义	2
2. 农业气象研究的领域	2
1) 农业气象研究的领域与结构	2
2) 应用研究的领域	5
3) 基础研究的领域	6
4) 开展研究的方法	7
3. 农业气象研究的展望	7
1) 生物气象研究的展望	8
2) 微气象研究的展望	10
3) 局地气象研究的展望	11
4) 农业气候研究的展望	12
II 天气与气候	14
1. 天气和天气预报	14
1) 天气和气团	14
2) 气压分布和天气	18
3) 天气预报	22
2. 农业气候	25
1) 气候要素与气候因子	25
2) 气候指数	26
3) 农业气候资源	30
4) 气候变化	37
3. 局地气候	40
1) 局地气候的概念和局地气候的成因	40
2) 局地气候的特性	41
III 耕地微气象	51
1. 耕地的辐射状况	51
1) 太阳辐射	51
2) 长波辐射	60
3) 耕地的辐射平衡	65
4) 耕地上辐射光谱的组成	68
2. 耕地上气象要素的高度分布	70
1) 贴地气层的基本特征	70

2) 风速的高度分布	76
3) 温度、湿度的高度分布	85
4) 二氧化碳浓度的高度分布	86
3. 耕地上的扩散、输送现象	90
1) 叶的温度和热平衡	90
2) 叶面上的热传导和物质输送	94
3) 乱流混合的特征	99
4) 农药与烟的扩散	108
4. 耕地的热平衡	112
1) 热平衡	112
2) 耕地热平衡	117
3) 温室的热平衡	124
5. 土壤物理	129
1) 土壤的热状况	129
2) 土壤水分	137
3) 土壤空气	143
6. 农田水分平衡	146
1) 水分收支和水分收支项	146
2) 蒸发和蒸散量的确定	149
3) 农田有效水分	156
4) 土壤—植物—大气系统中的水分运动	159
7. 群落微气象	164
1) 群落结构	164
2) 群落内的辐射特征	166
3) 群落内的风速与乱流	172
4) 群落内的温度和湿度分布	177
5) 群落内的二氧化碳环境	181
8. 环境调节	185
1) 耕地环境及其控制	185
2) 光和辐射环境	186
3) 温度环境的调节	192
4) 湿度环境的调节	204
5) 二氧化碳环境的调节	207
IV 作物栽培与气象	213
1. 作物的生理作用与气象	213
1) 作物的光合作用、呼吸作用与气象	213
2) 作物的干物质生产与气象	220
3) 作物的发育生理与气象	226
4) 作物的营养生长与气象	231
2. 各种作物的气象反应	234
1) 粮食作物与气象	235
2) 经济作物与气象	254

3) 饲料作物、桑与气象	264
4) 蔬菜与气象	271
5) 花卉与气象	282
6) 果树与气象	289
3. 作物栽培与气候	293
1) 气候与作物分布	293
2) 气候环境与作物生育	300
3) 气候的利用	305
4. 作物的生育、产量与气候	310
1) 气候的变化与作物的生育、产量	310
2) 作物气象试验	312
3) 生育期的预报	314
4) 产量预报	323
5) 品质预报	328
5. 栽培适地判断与计划栽培法	330
1) 作物栽培的适地判断法	330
2) 根据气候制定的计划栽培法	339
6. 杂草与气象	346
1) 杂草分布与气候	346
2) 一年生杂草的生态与气象	348
3) 多年生杂草的生态与气象	351
4) 杂草的防治与气象	353
7. 病虫害与气象	353
1) 病害与气象	354
2) 虫害与气象	362
8. 农事作业与气象	368
1) 气候对农事作业的制约与机械化	368
2) 气候对各种作业的制约及与之相对应的技术	368
3) 气候对作业制约作用的数量化与作业计划	373
4) 提高作业技术水平, 打破气候的制约作用	376
V 农业气象灾害	377
1. 日本的农业气象灾害	377
1) 农业气象灾害	377
2) 农业气象灾害的种类	377
3) 农业气象灾害的变迁和影响	379
4) 农业气象灾害的对策	381
2. 霜害	383
1) 霜害的实况	383
2) 霜害的发生机制	385
3) 霜害的预报和受害程度的估计	388
4) 霜害的防御方法	392
3. 冻害(寒害)	398

1) 冻害的实况	398
2) 冻害的发生机制	400
3) 冻害的预测和受害估计	403
4) 冻害的防御方法	403
4. 冷害	408
1) 冷害的实况	408
2) 冷害的发生机制	410
3) 冷害的预测和受害估计	415
4) 冷害的防御方法	418
5. 冷水害	420
1) 冷水害的实况	420
2) 冷水害的发生机制	422
3) 冷水害受害程度的估计	425
4) 冷水害的防御方法	427
6. 水害	433
1) 水害的实况	434
2) 水害的发生机制	436
3) 水害的预报和受害估计	438
4) 水害的防御方法	439
7. 水蚀	440
1) 水蚀的实况	440
2) 水蚀的发生机制	441
3) 水蚀的发生预报	445
4) 水蚀的防除方法	446
8. 干旱灾害	448
1) 干旱灾害的实况	448
2) 干旱灾害的发生机制	450
3) 干旱灾害的预报和受害估计	453
4) 干旱灾害的防御方法	454
9. 雪害	459
1) 雪害的实况	459
2) 雪害的发生机制	461
3) 雪害的防御方法	466
10. 风害	472
1) 风害的实况	472
2) 风害的发生机制	475
3) 风害的预测和受害情况估计	478
4) 风害的防御方法	480
11. 大气污染灾害	489
1) 大气污染灾害的实况	489
2) 大气污染灾害的发生机制	491
3) 大气污染灾害的发生预测	505

4) 大气污染害的防除方法.....	508
12. 其他的灾害	509
1) 高温害.....	509
2) 雹害.....	510
3) 雨害.....	512
4) 雾害.....	513
5) 盐害.....	514
VI 农业气象调查方法	517
1. 观测仪器及其使用方法.....	517
1) 观测仪器概要.....	517
2) 温度的测量.....	519
3) 湿度的测量.....	529
4) 风的测量.....	533
5) 雨、雪的测量.....	537
6) 蒸发的测量.....	539
7) 辐射及光的测量.....	541
8) 土壤水分的测定.....	547
9) 空气成分的测定.....	550
10) 指示仪表和记录仪器.....	553
2. 一般气象观测法	557
1) 观测设施.....	557
2) 观测项目和观测仪器.....	558
3) 观测时间与次数.....	558
4) 观测的顺序.....	559
5) 目视观测.....	559
6) 观测资料的记录.....	561
7) 观测资料的整理方法.....	563
8) 气象台站进行的气象观测.....	564
9) 观测资料的利用.....	565
3. 局地气候调查法	566
1) 调查法的种类.....	566
2) 调查计划的制定法.....	567
3) 调查准备.....	568
4) 统计值的订正法.....	569
5) 利用气象观测进行的调查.....	570
6) 用指标进行的调查.....	573
7) 根据地形进行的推定.....	575
4. 微气象的测定法	579
1) 在野外进行的测定.....	579
2) 人工设施内的测定法.....	587
5. 物理实验法、测定法	591
1) 比热.....	592

2) 热传导率.....	592
3) 光透射率.....	594
4) 风洞实验.....	595
6. 积雪观测法.....	596
7. 生理、生态调查法	603
1) 群落结构调查法.....	603
2) 作物群落的生长测定法.....	608
3) 作物的水分状态测定法.....	611
4) 光合、蒸(腾)散测定法.....	614
8. 日阴调查法	617
1) 太阳的位置.....	617
2) 日阴的位置.....	619
3) 用地形日照仪进行日阴的调查.....	620
4) 使用地形模型判断日阴位置.....	621
9. 气候表的使用	621
1) 由月平均值推定特定日数的方法.....	621
2) 积温的推定.....	625
3) 重现期的推算方法.....	628
4) 可能蒸散的算法.....	629
10. 计算实习	633
1) 经验公式的应用方法.....	633
2) 经验公式的求法.....	636
3) 统计分析.....	641

I 农业气象研究的任务*

1. 农业气象研究的目的

根据环境条件选择作物和家畜的遗传性质，并通过人们的管理活动以创造出可以充分发挥这种性质的环境条件，这才是最佳的农业生产。主要的环境条件是气象条件、土壤条件、生物条件（病虫害、杂草等）。不过，土壤和生物这两种条件可以通过土壤改良、施肥以及撒布农药等，比较容易进行人工调节。与此相反，像温度、湿度、光、风等气象条件经常变化且不易具体掌握，因此人工调节有很大局限性。这一点虽同属于环境条件，但却是气象条件的特点，也是在农业生产研究上与其它环境条件处理不同的地方。

因此，自古以来在农业生产上，一方面深知气象条件所起的重大作用，一方面却把当地的气象条件看作是天赋的，顺应当地的气候去选择作物和家畜，创造出农业耕种方法，确定耕种作物的季节，对于每年的天气和气候来说，农业是靠天的这种想法占主导地位。

1) 农业气象研究的目标

关于农业与气象的关系，稻垣乙丙于1961年在其名著《新编农业气象学》一书中主要叙述如下。

农业经营中，不管是家畜还是作物，特别是作物的生产上，受自然条件的影响极大。所谓自然条件的影响是指受着太阳的光热、大气的成分、风雨等气象要素（单一的要素或多种综合的要素）的制约。这些气象要素确实在生产上有着很大的效果，但有时也往往起着有害的作用。

这种气象条件的利弊比起土壤等其它生产要素来却大得多。例如：构成作物体的物质有90%以上来自空气和水，从土壤中吸收的物质虽然种类多，但却小于10%，而且其中的有机物又一定需要来自太阳的辐射。只有太阳辐射才是生产有机物的动力。如果认为气候是决定各年丰歉的主要原因，那么气象与农业具有重大关系这一点，时至今日仍然是确凿无疑的。

气象条件的影响十分巨大，尚非人力所能控制，但利用我们在气象学方面的知识，可以根据气象条件合理地加以处理，对有利的气象条件不失时机地更好地予以利用，对有害的气象条件努力地予以防御。农业气象学归根结底是为了农业生产，以利用当地的有利的气象条件和防止不利的气象条件为目的而开展研究的一种应用气象学。

稻垣把农业气象学作为应用气象学。单纯地把它看作是气象学的应用，虽然有一些问题，例如在昭和年代的前半段**，农业气象的研究偏重于作物产量与气候的相关关系。但稻垣在

* 编辑委员会

** 这里约指本世纪四十年代以前的一段时间而言——译注

50多年前就已掌握住农业与气象的关系，明确其目的，而且提出了如下一节所述的农业气象研究领域，这是值得重视的。

农业气象研究的最终目的在于从气象条件方面在稳定和提高农业生产上起作用，其内容和方法人们有各种考虑。首先看一看已由许多人提出的农业气象学的定义，作为表示上述各种考虑的一个方面。

2) 农业气象学的定义

第二次世界大战以后，有许多人提出了农业气象学的定义。其主要者诸如把农业气象学看作是：“研究农业与气象的关系，最合理地进行农业生产所需要的学问”；“研究耕地上包围作物生产环境的农业环境学的一个分支”；“研究耕地这个生态体系中作用和反作用的学问”；“从农业生产的观点出发，即从太阳能量的固有的和传统的观点出发，研究气象条件和水文条件的形成与改良的学科”，等等。

在外国也可以看到如下的一些意见：农业气象学是“探讨对生物物理环境的反应的应用气象学的一个分支，其最终目的是通过更加正确的预报（从作物产量预报到气象灾害的预测）和物理环境的控制（从灾害控制到畜舍的温度调节）以提高农业生产”，“研究与农业生产有关的气象条件和气候条件的形成规律，从而评价气候和天气对农作物生长、发育和产量的影响”。

另一方面也有反对对农业气象学下定义的意见，他们认为定义把学问停止在表示为静止的固定化了的一个剖面上，因此，如果想要掌握学科的全貌，反而是只有按照它本来的面目提出其结构才是正确的。

农业气象学是涉及农业与气象这两个领域的边缘学科，比其它专业研究的领域要广，研究的方法等自然也就多种多样。加之参加当前研究行列的研究人员的经历、观点也是极不一样的。因此要想提出一个既能包括广泛的研究领域，又能得到所有研究人员同意的定义，那只能是极为广泛的没有具体意义的。

2. 农业气象研究的领域

1) 农业气象研究的领域与结构

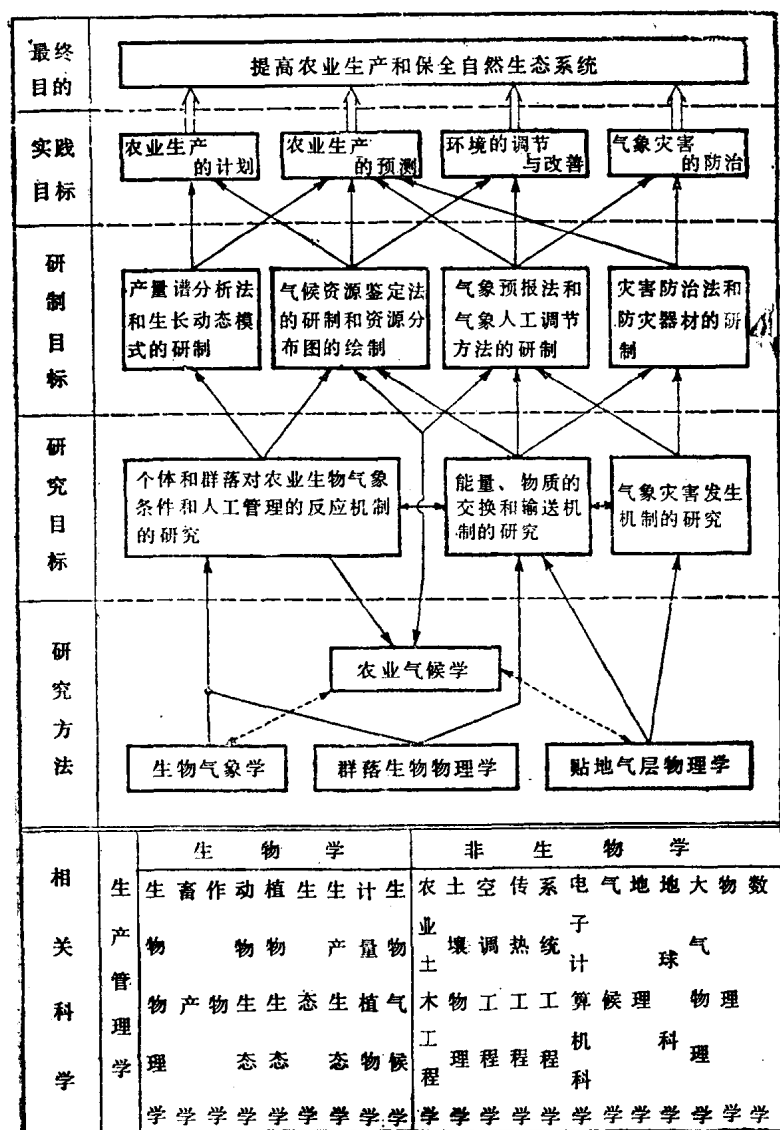
稻垣在前面介绍的他的著作中，提出农业气象学的研究领域有如下的五个方面。

①研究气象要素对作物、牲畜及其生产所给予的作用。农业气象学是阐明气象条件对作物、家畜、生产资料和农产品的调配、贮藏、加工以及生产所用的土地与从事生产的人们所给予影响的学问。

②按照气候条件，制定农事耕种方法，对选择适宜栽培的作物和适宜饲养的牲畜的规律进行研究。农业气象学主要课题之一是调查当地气候条件，了解作物和牲畜是否喜爱这种气候，对选择气候条件的规律方面进行研究。

③研究人工调节局地气候的方法。农业气象学要研究小范围的气候调节方法，以便控制自然条件。

不过，**稻垣**只是停留在从整体上罗列各个研究领域方面，而对它们之间的相互关系以及



应用研究与基础研究的关系，还未充分考虑。

我们在这方面有许多探讨的机会。在这里把当前大致归纳的看法提出。农业气象研究的领域及其相互关系的这种结构论的探讨，第二次世界大战以后已有不少人进行过。我们当然也要参考这些说法，不过不予详细介绍。在我们的讨论会上内嶋提出的方案很有特点，仍有继续讨论的价值，因此首先予以介绍。

内嶋的方案如图 I—1 所示，他认为农业气象研究的最终目的在于“提高农业生产的效率和保全自然生态系统”；作为农业气象的基本研究方法，他举出生物气象学、贴地气层物理学、群落生物物理学和农业气候学四种。这个方案业已发表，对其内容也有说明，详细情况请参考原著，在这里只就群落生物物理学这个新问题略谈几句。

内嶋认为，群落生物物理学是在农业生产基本场地的作物群落内，通过物质和能量的交换、传导，统一研究其作用和反作用的学科。植被层内的交换过程的特征表现在作物的生理机能和形态的特性密不可分地组合在植被层内。因此，它是农业气象中最具有边缘学科性质

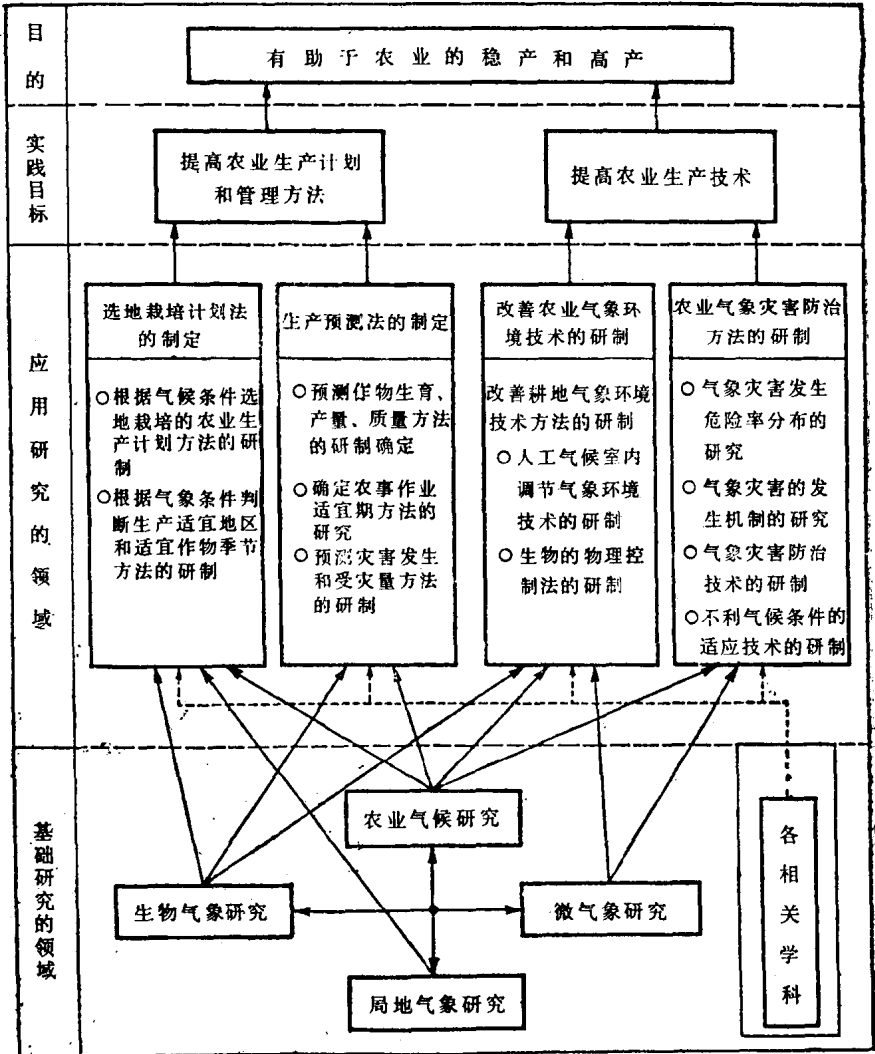


图 I—2 农业气象的研究领域及其相互关系 (编委会, 1972)

的领域。这个领域的研究方法要利用扩散理论、潜势理论和计量植物学等，在研究群落生长模式、农业生产模式和设计控制系统时，必须要有作物群落物理学资料。关于这一点将在展望部分再谈。

内嶋在上述最终目的和基础研究方法之间，划分了研究目标、研制目标和实践目标三个阶段。他在试图建立一个农业气象学学科体系的同时，弄清楚有利于实践的途径。

上述方案作为掌握农业气象研究结构的方法论来说，是极为优秀的，其内容也应得到高度的评价。不过，把以往从常识上作为农业气象学研究领域来考虑的全部内容包括进去，且能使之处于正当位置，在这方面还有考虑不周之处。因此，我们就以这个方案为中心，并参考迄今已有的其它各家的说法，归纳成图 I—2 所表示的结构。

2) 应用研究的领域

由于农业气象学是一种应用科学，所以必然要具有明确的实践目标。我们首先把农业气象学所具有的实践目标分为两个方面，即（1）农业上生产计划与生产管理的进步与提高，（2）生产技术的进步与提高。前者是把气象本来的特性在生产上给予解释，根据这种实态以达到有计划有效果地进行农业生产的实践目标。与此相反，后者是为防止不利的气象条件或积极地改善气象条件以达到稳定和提高生产的实践目标。

图 I—1 和图 I—2 中实践目标下面一栏是为达到这种实践目标所需要的应用性研究领域。正如从图中可看到的那样，它大致分为四个领域。其中为提高生产计划和管理方法所需要的研究，具有必须与其它专业的研究成果综合起来才能有助于达到实践目标的性质。与此不同的以提高生产技术为目标的研究成果，往往可以单独地在提高生产技术上起到作用，有时还具有以这种成果为中心，将已有的技术加以综合从而达到研制出新技术的可能性。

这四个研究领域的具体的研究课题，根据不同对象、不同地点，可以排列出许多，不过作为概括性的课题可以举出如下几个方面。

①选地栽培计划方法的研制：（一）研制根据气候条件选择适宜地区有计划进行农业生产的方法；（二）研制生产适宜地区的气象判断法；（三）研制适宜耕作季节的气象判断法。

②生产预测方法的研制：（一）研制作物生育过程的预测法；（二）研制作物产量和质量的预测法；（三）研制农事耕作适宜期的确定法；（四）研制灾害发生和受灾量的预测法。

③研制改良农业气象环境的技术方法：（一）研制改良大田气象环境的技术；（二）研制调节温室、仓库等农业设施内气象环境的技术；（三）研制生物的物理控制法。

④研制防御农业气象灾害的方法：（一）不同地区、地带发生气象灾害危险度分布的判断；（二）气象灾害发生机制的探讨；（三）研制防御气象灾害的技术；（四）不利气候的对策技术的研制。

气象灾害防御方法的研究虽然超出了狭义的农业气象研究的范围，但我们认为今后仍然应该把整个的气象灾害防御方法作为农业气象的研究对象而提到日程上才是适当的。

3) 基础研究的领域

在图 I—2 中最后一栏, 提出了应作为上述应用研究领域基础的研究领域。在这个基础研究领域的分类上虽然也是因人而有不同意见的, 但我们提出在农业气象学的三个基础分科(微气象学、局地气象学和生物气象学)外, 加上农业气候学(这是对上述三个分科从气候上进行处理、重视面积上分布的一个分科), 把这四个分科作为农业气象的具有共性的基础研究领域。

对于基础研究各领域的阐述, 将在后面展望一节中进行, 在这里只予以概括性说明和列举当前考虑到的一些主要课题。

(1) 关于微气象学的研究

这是具有农业气象学特征性的研究领域, 第二次世界大战以后, 随着乱流理论和热量平衡理论的引入而快速发展, 不过尚未弄清楚的新的问题依然存在不少。图 I—1 所示的贴地气层物理学和群落生物物理学应包括在微气象学内。(一) 耕地、草原、果园、林场等的微气象特征及其形成机制的探讨; (二) 温室、暖房、牲畜饲养室、仓库等设施内的微气象特征及其形成机制的探讨; (三) 作物与微气象环境相互作用的探讨。

(2) 关于局地气象的研究

这是与作物选地栽培和土地利用计划等有关的重要性日益增加的研究领域, 不过现在的研究水平还不一定高。在像日本那样的山地很多、地形复杂的国家, 它是今后极应发展的、颇可期待的领域。(一) 局地气象的特征及其形成机制的探讨; (二) 研究局地气候的判定方法。

(3) 关于生物气象的研究

它是农业气象研究中历史最古老的领域, 但由于目的、意义欠明确, 故在农业气象上应用得并不充分。生物的气象反应知识虽然不少, 但大多未作系统整理, 或由于目的不同而不能整理。生物气象的研究成果或者直接地, 或者通过农业气候研究而在研制生产计划、选地栽培和土地利用计划以及防御灾害等方面起作用, 但由于气象反应的定量化和气候指标化等工作不充分, 而只是累积一些知识, 不能应用。这个领域要在引入新方法以期促进理论化的同时, 积累有效的实验性探索尤为必要。(一) 气象要素对生物影响的定量分析; (二) 生物气象反应量的农业气候指标化; (三) 明确生物的临界气象条件和适宜气象条件。

(4) 关于农业气候的研究

所谓农业气候研究是综合上述微气象、局地气象和生物气象的研究成果, 通过具有物理学和生物学意义的农业气候指标, 以弄清从生产角度来看的气候丰富度、资源量分布以及作物生长管理上必要的方法等为目的的研究领域。从这种意义上开展的农业气候研究才刚刚有些头绪, 不过它是连结农业气象研究的基础领域和实践领域的重要的研究领域, 也是强烈希望今后予以发展的领域。(一) 研制气候资源的评价方法; (二) 农业气候资源的地理分布和季