

出國報告（出國類別：研究）

符合有機作物需求與養分循環 之肥培管理技術

服務機關：行政院農業委員會 花蓮區農業改良場

姓名職稱：徐仲禹 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 102 年 8 月 18 日至 8 月 25 日

報告日期：中華民國 102 年 10 月 21 日

摘要

本計畫於 102 年 8 月 18 日至 8 月 25 日完成赴日本研習「符合有機作物需求與養分循環之肥培管理技術」。研習期間由 Dr. Tomoyuki Makino (牧野知之 博士) 帶隊前往位於長野縣 (Nagano) 當地的農業試驗場 (為地方性的試驗單位)、有機農場，由該單位的 Dr. Kazuko Kondo (近藤和子 博士) 等人介紹中心目前正在進行的試驗，包括長期施用不同種類有機質肥料對水稻田土壤性質的影響，與各種縣內水果品種的研發、改良、土壤肥料、植物病蟲害及栽培管理的試驗。此外，試驗場的研究人員還引介我們參訪當地有機農場，與農友討論、分享有機番茄的種植經驗及微生物肥料的應用情形。

期間內主要研習的地點是位於茨城縣筑波市 (Tsukuba, Ibaraki) 的農業環境技術研究所 (National Institute for Agro-Environmental Sciences, NIAES)，Dr. Makino 主要研究方向為農業與環境的領域，包括重金屬砷及鎘對水稻生育的影響。另外，亦參訪了隸屬於農業食品產業技術綜合研究機構 (National Agricultural and Food Research Organization, NARO) 的中央農業綜合研究中心 (NARO Agricultural Research Center, NARO/ARC)，與 Dr. Shigeru Takahashi (高橋茂 博士) 討論作物土壤養分管理及有機農業所需栽培技術 (包括合理化施肥技術)。最後，參訪筑波大學的土壤科學實驗室，由 Dr. Kenji Tamura (田村憲司 教授) 介紹筑波大學內農業與土壤相關的試驗。假日參訪當地市場與超級市場，瞭解農產品的販售情形與販售方式。

目次

摘要.....	1
一、目的.....	3
二、行程.....	4
三、研習內容.....	5
四、心得與建議.....	32

目的

由於日本的農業環境、氣候及農作物種類與我國相當類似，因此我國農業方面許多研究、技術，無不借鏡日本的經驗，尤其是有機農業的發展，更是我國所需努力的目標。本計畫赴日本研習有機作物的肥培管理與養分需求技術，期待可以強化花蓮地區有機作物的肥培管理方式，並增進試驗場所內輔導轄區農友的肥培管理技術。目前國內並未完整建立各項作物的有機栽培方式，現有的方式亦難以掌握作物所需養分，地區試驗改良場所不易給予農友肥培與管理的建議。日本政府相當重視有機農業發展，全國除了中央農業研究機構外，各農業大縣亦有地區性的農業試驗單位，研究與試驗單位將技術發表後，由各縣政府的普及所輔導農友。因此本計畫赴日本的農業環境技術研究所、中央農業綜合研究中心、地區性農業試驗中心等單位，學習日本有機作物肥培管理技術、合理化施肥技術，及微生物肥料應用的情形，期望可將相關技術與概念引入國內，作為未來研究與發展的參考。

行程

日期	研習地點	研習主題
8/18 (日)	台北-桃園-日本成田-筑波	去程
8/19 (一)	茨城縣筑波市-長野縣	由筑波前往長野縣、參訪長野縣當地農業試驗場
8/20 (二)	長野縣	參訪試驗田區、有機農場
8/21 (三)	長野縣-茨城縣筑波市	參訪長野縣當地市集、由長野縣返回筑波
8/22 (四)	茨城縣筑波市：農業環境技術研究所	研習土壤環境研究領域相關技術與試驗
8/23 (五)	茨城縣筑波市：農研機構-中央農業綜合研究中心	研習作物土壤養分管理及有機農業所需栽培技術 (包括合理化施肥技術與微生物肥料之開發與應用)
8/24 (六)	茨城縣筑波市：筑波大學	參訪筑波大學土壤科學實驗室、茨城縣當地市集與超級市場
8/25 (日)	筑波-日本成田-桃園-台北	返程

研習內容

(一) 研習地區介紹：

1. 長野縣

長野縣位於日本本州的中央，其總面積為全國第四大，地形呈南北狹長，面積 1,356,223 公頃。長野縣四周未臨海，屬於內陸型氣候年均溫、日均溫差異相當大，各個區域的平均氣溫、降雨量與日照時間等均有很大的差異，耕地在海拔 260 至 1,500 公尺之間，且多為斜坡地帶，因此農作物種類相當多樣化，主要農特產為蘋果、葡萄、桃子，水稻種植面積亦相當大。又因其位於日本中央地帶，鄰近於東京、橫濱、名古屋、京都、大阪等大都市圈，可快速向市場供應新鮮的農產品。

2. 茨城縣

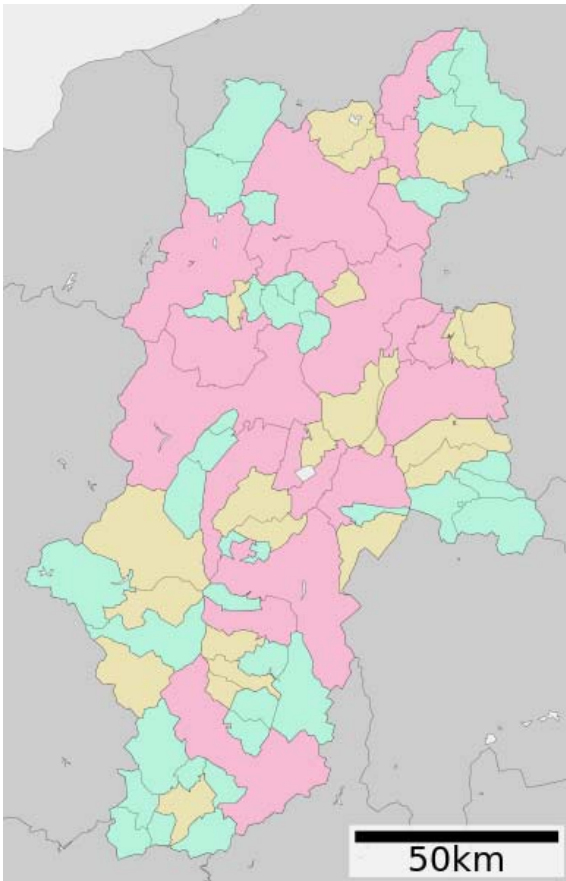
茨城縣位於日本本國的東邊，屬於關東一帶，主要農特產品有梨、甜瓜、西瓜與栗子，總面積為 609,500 公頃，鄰近的縣有千葉、埼玉、栃木、福島等。茨城縣過去以農業為主要發展方向，現今則是重要工業基地。有全國研究中心（包括 42 個研究中心），有「筑波科學城」之稱。本次研習的地點即位於筑波農林研究團地，該區域有相當多與農業有關的研究單位，包括了農業生物資源研究所、國際農林水產業研究中心、種苗管理中心、農業環境技術研究所、森林綜合研究所，以及農研機構本部與其隸屬的 11 個研究單位。



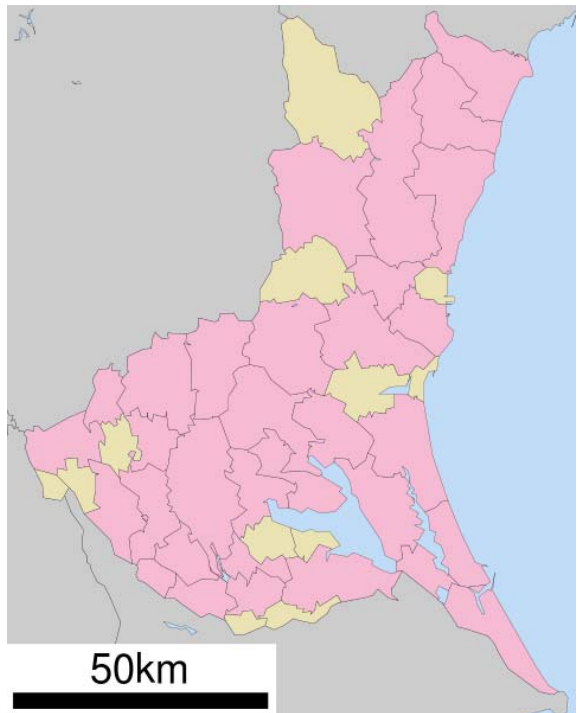
圖、長野縣位置圖



圖、茨城縣位置圖



圖、長野縣縣內地圖



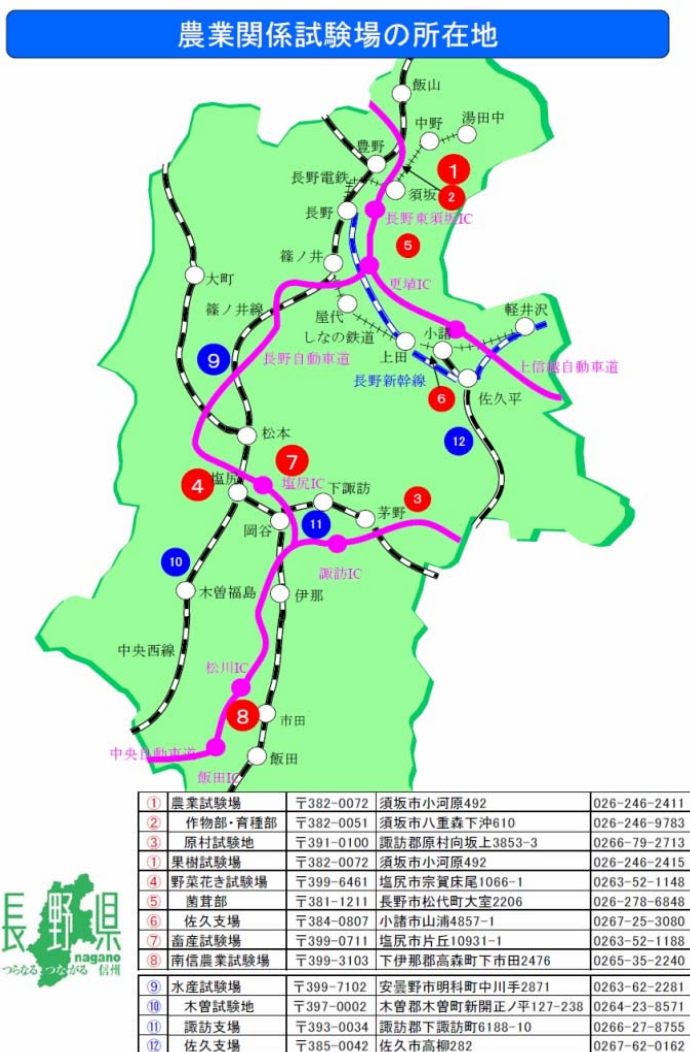
圖、茨城縣縣內地圖

(二) 研習單位與內容介紹：

本次研習地點包括兩個縣及四個單位。首先是由農業環境技術研究所中土壤環境研究領域的 Dr. Tomoyuki Makino (牧野知之 博士)，帶領筆者前往位於長野縣的地區性農業試驗中心進行參訪，另外亦前往兩單位間合作的試驗田區，以及當地民營的有機農場；後續參訪單位皆位於茨城縣筑波市農林團地中央，該地區涵括相當多的農業試驗單位，筆者前往的是農業環境技術研究所、中央農業綜合研究中心以及筑波大學，各研習單位與參訪內容如下：

1. Nagano Experiment Station -- 長野縣農業試驗場

「長野縣農業試驗場」為地方性的農業試驗單位，主管機關為當地縣政府，全縣共有 12 個農業試驗場 (包括支場)，分工相當細，專門針對轄區農作物或畜產進行研究。試驗場內僅進行研究與發表，有關農業相關技術教學，農友可前往縣府內農政部農業技術課的「普及所」，試驗場會將相關發表資料給普及所進行教學，該縣內共有 10 個普及所，農友可在普及所中取得栽培管理相關技術的訊息。



圖、長野縣農業試驗單位分佈位置

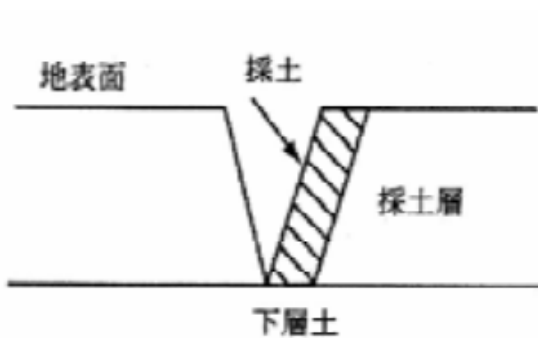
筆者的第一站是位於長野縣須坂市的長野縣農業試驗場，該縣距離茨城縣約 285 公里，開車約須 6 小時，Dr. Makino 及他的專任助理 Dr. Ikuko Akahane (赤羽幾子博士) 帶著筆者前往並拜會該單位的研究人員。首先由 Dr. Kazuko Kondo (近藤和子博士) 簡單介紹該單位，該單位包括果樹試驗場、長野縣農業大學校果樹實科研究科 (為農業大學實習部) 以及病蟲害防除所，雖然如此，還是有其他作物簡單的試驗，包括該單位長期以來進行的土壤肥料試驗，該試驗係探討長期施用不同種類有機質肥料對水稻田土壤性質的影響 (試驗已進行 35 年)，為在基肥時使用不同種類與量的有機質肥料，部分處理會另外添加化學肥料，並施用硫銨作為追肥。調查項目包括土壤性質的變化、水稻生育情形及產量、養分吸收情形，以及米的食味和品質等。

結果顯示土壤碳含量為：1 ton/ha 豬糞堆肥 > 2 ton/ha 豬糞堆肥 > 800kg/ha 稻桿 > 400kg/ha 稻桿 > 無氮素，施用 2 ton/ha 豬糞堆肥者可能是因氮素含量過高，會使水稻倒伏而產量降低。該試驗主要目的是為了能求得最適合水稻田的有機質肥料使用量，而除了考量水稻產量之外，亦探討長期下來對土壤性質的變化。由於該地區農友種植水稻時，並無與其他作物輪作的習慣，因而會有長期施用有機質肥料的情形。但因投入的氮素含量沒有過量的問題，且會與土壤中的碳含量達到平衡，因此土壤中氮含量並未因長期施用有機質肥料而有偏高的情形。國內針對蔬菜亦有類似的研究，因蔬菜栽培時間短，採收後又會立即種植下一批菜，長期施用會導致土壤養分不平衡及重金屬累積 (此問題可能與有機質肥料品質有關)，影響土壤性質及蔬菜品質，相較之下水稻較無相關的研究，或是試驗的時間較短，未有顯著的結果。

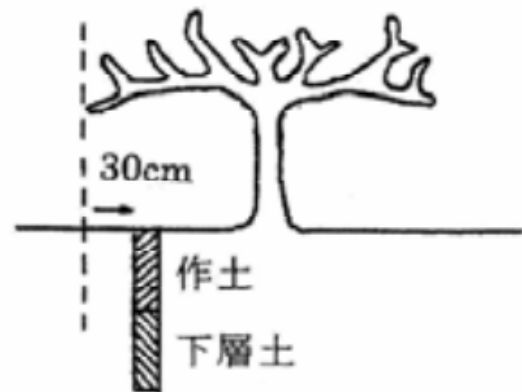
接著是由 Dr. Tadashi Ito (伊藤正 博士)、Dr. Naoki Sekiya (關谷尚紀 博士) 及 Dr. Toshiaki Nakayama (中山利明 博士) 介紹果樹相關的試驗，試驗田區共有 9.2 公頃。包括蘋果、葡萄、水蜜桃、西洋梨以及杏，主要為研究蘋果及葡萄，包括栽培管理、土壤肥料、設施應用、品種保存、病蟲害防治及品種特性檢定等。蘋果方面，利用不同的砧木，讓樹勢不要太高，而且植株間間距也可以縮短至 2 公尺，並維持相同的產量。該試驗田區內幾乎所有的果樹下方都有鋪稻草，Dr. Ito 解釋，鋪稻草一方面可以防除雜草，

另一方面則是在稻草分解後可以增加土壤有機質的含量。雖然田區內並非有機栽培，但是研究人員們皆努力減少有機化學物質的使用（如農藥等），避免施用這些資材對於土壤及生態的影響。

該單位亦輔導農友施行「合理化施肥」，並提出相關對策供農友參考，首要的第一步就是土壤性質的分析，取樣方式與我國無太大差異，但說明方式值得參考。



圖、一般淺根性作物土壤取樣方法（僅採取表土 0-15 公分的樣品）



圖、果園土壤取樣方法（距樹冠下方 30 公分處，採取表土及底土樣品）

接著再按照土壤中養分的比例來降低肥料的施用量，而施肥除了一般的化學肥料，還可一部分以堆肥（有機質肥料）來取代。他們是以該地區各種作物長期土壤性質分析的結果來平均，以平均值作為土壤改良和施肥量調整的依據。

土づくり(土壤診断)		施肥(施肥設計)	
1	土壤中の養分 土づくり資材	施肥	
2	土壤中の養分	施肥	
3	土壤中の養分	施肥	
4	土壤中の養分	堆肥の養分	施肥

1：土づくりが不十分な場合の土づくりと施肥
 2：土づくりが十分な場合の施肥
 3：土づくりが十二分な場合の施肥
 4：土づくりが十二分な場合の環境に配慮した施肥

図1 土づくりと施肥の考え方

圖、不同土壤診斷結果的施肥參考

另外亦提供各種堆肥或有機質肥料的三要素含量，並依據其性質的不同，分別有不同的肥效，可由此估計施用該有機質肥料可能可供應的養分量，藉此取代部份的化學肥料。除此之外，還有公式可以推估有機質肥料施用五年後的肥效。以稻稈為例，

$$\begin{aligned} \text{第一年 (N-kg)} &= \text{堆肥中實際的全氮量} \times \text{肥效率} \\ &= (1000 \text{ kg} \times 0.4 \%) \times 10 \% = 1000 \times 0.004 \times 0.1 = 0.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{第二年 (N-kg)} &= \text{堆肥中實際的全氮量} - \text{第一年釋放的氮素含量} \times \text{肥效率}/2 \\ &= (4 - 0.4) \times 0.4 \% \times 10 \% / 2 = 3.6 \times 0.05 = 0.18 \doteq 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{第三年 (N-kg)} &= \text{堆肥中實際的全氮量} - \text{第一、第二年釋放的氮素含量} \times \text{肥效率}/2 \\ &= (4 - 0.4 - 0.2) \times 0.4 \% \times 10 \% / 2 = 3.4 \times 0.05 = 0.17 \doteq 0.2 \end{aligned}$$

第四、第五年的計算方式亦相同，故皆為 0.1。

表 4 有機物中の養分肥効率の目安（施用後 1 年目に肥料分として期待される成分量）

【堆肥類】

有機物の種類	成分含量 (現物%)			肥効率 (%)			現物1t中成分(kg)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
稲わら	0.5	0.3	1	0	0	80			8
麦わら	0.3	0.2	1.9	0	0	70			13.3
稲わら堆肥	0.4	0.2	0.4	10	50	90	0.4	1.0	3.6
乳牛ふん堆肥	0.9	0.9	1.0	10	60	90	0.9	5.4	9.0
肉用牛ふん堆肥	0.9	1.2	1.1	10	60	90	0.9	7.2	9.9
豚ふん堆肥	1.5	2.6	1.5	20	60	90	3.0	15.6	13.5
鶏ふん堆肥	1.4	3.8	2.8	30	60	90	4.2	22.8	25.2
パーク堆肥	0.3	0.1	0.1	10	50	70	0.3	0.5	0.7
もみがら堆肥	0.5	0.6	0.5	10	50	80	0.5	3.0	4.0
コーンコブ堆肥	1.0	1.5	0.3	20	80	80	2.0	12.0	2.4

【有機質肥料】

有機物の種類	成分含量 (現物%)			肥効率 (%)			現物100kg中成分(kg)		
加工家きんふん	3	4.5	3	60	70	90	1.8	3.2	2.7
魚かす	8	8.7	0.5	80	80	80	6.4	7.0	0.4
なたね油粕	5.6	2.5	1.3	80	80	80	4.5	2.0	1.0
大豆油粕	7	1.5	2.5	80	80	80	5.6	1.2	2.0
米ぬか	2.4	5.8	2	70	80	80	1.7	4.6	1.6
有機配合肥料				80	80	80			

N:窒素、P₂O₅:リン酸、K₂O:カリ

圖、各種有機物の肥効及施用一年後の成分估計値

表5 1 t の堆肥から5年間に放出される窒素量の目安（推計値）

【堆肥類1 t 施用した場合】

有機物の種類	成分含量 (現物中 N%)	肥効率 の目安 (%)	窒素 全量 (kg)	1年目 (Nkg)	2年目 (Nkg)	3年目 (Nkg)	4年目 (Nkg)	5年目 (Nkg)
稲わら堆肥	0.4	10	4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1
牛ふん堆肥	0.9	10	9	0.9	0.4	0.4	0.3	0.3
豚ふん堆肥	1.5	20	15	3.0	1.2	1.0	0.8	0.6
鶏ふん堆肥	1.4	30	14	4.2	1.5	1.0	0.7	0.5
パーク堆肥	0.3	10	3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
もみがら堆肥	0.5	10	5	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
コーンコブ堆肥	1.0	20	10	2.0	0.8	0.6	0.5	0.4

* 部分的肥効はほとんどないと見なす

【有機質肥料を100 kg 施用した場合】

有機物の種類	成分含量 (現物中 N%)	肥効率 の目安 (%)	窒素 全量 (kg)	1年目 (Nkg)	2年目 (Nkg)
鶏ふん(乾物N3%以上)	3.0	60	3	1.8	0.4
魚かす	8.0	80	8	6.4	0.6
なたね油粕	5.6	80	5.6	4.5	0.4
大豆油粕	7.0	80	7	5.6	0.6
米ぬか	2.4	70	2.4	1.7	0.3

3年目以降の肥効はほとんどない。

圖、各種有機物的施用三至五年間氮含量估計值

除了藉由以有機質肥料取代化學肥料的方式，施肥位置的改變與使用肥效調節型的肥料，都是可以降低肥料施用量的好方法，亦能解決因原物料上漲造成的肥料漲價問題。

此外，他們亦針對水稻與蔬菜積極開發低磷鉀的化學肥料，土壤分析結果磷含量較高者，使用高氮鉀的肥料，三要素含量為 10-1-3，針對鉀含量較高之土壤則可選擇高氮磷肥，三要素含量為 14-14-8，如磷鉀含量皆高，則可使用低磷鉀的肥料 (14-8-8)。國內較常見的問題為土壤磷含量偏高，此係因磷肥的肥效低，分解緩慢，故農友往往會投入過量的磷肥，曾有肥料廠商開發只含氮與鉀的複合肥，但因不符合農友施用習慣而銷售不佳，最後便停止販售，筆者認為除積極增加土壤中磷的肥效之外，也應該要積極推廣不含磷或是低磷的肥料，避免土壤中磷的持續累積，進而造成地下水、湖泊等環境汙染問題。



Dr. Kondo 說明水稻田的試驗內容，並由 Dr. Makino 翻譯



Dr. Ito 說明果樹相關的試驗



試験場内の産生物販售



筆者與長野縣農業試驗場研究人員合影

長野縣農業試驗場的研究人員詳盡地解說該單位的試驗情形與服務外，Dr. Naoki 亦安排筆者一行人至 Dr. Makino 與該單位合作的場外試驗田區參訪。田區位於長野縣西北方的白馬村 (Hakuba, Nagano)，夏季是登山、避暑地，冬季則是滑雪勝地，是有日本阿爾卑斯之稱的觀光勝地，風景相當優美！

農業試驗場除了針對轄內農作物進行一般性栽培管理的研究之外，也相當注重「農業」與「環境」的課題，該地區有少部分區域有土壤砷、鎘含量較高的問題，這個問題係由土壤本身母質所引起，因此雖然含量較高，但絕對也是安全容許的範圍。該試驗田區主要研究的對象是水稻，我想應該是因為水稻在該縣屬於大宗作物，且對於日本人而言，每天都會攝食相當大量的米食，因此研究的重點放在水稻而非其他作物。這個試驗會定期調查土壤及土壤溶液中重金屬的含量，並且在水稻收割後研究稻米中重金屬的含量，此外，他們也嘗試選育低砷/鎘吸收量的水稻品種，在土壤砷、鎘含量較高的農地便可種植此類品種，確保消費者食用上沒有健康的疑慮。

而另外一部分的田區則是研究不同土壤改良資材對於降低大豆吸收重金屬的情形，透過土壤改良資材如石灰、苦土石灰、白雲石粉等，增加土壤的酸鹼度，降低重金屬的有效性，以減少大豆生長受到重金屬的危害。國內有相當多農地有土壤酸化的問題，強酸性土壤中營養元素的有效性較低，且重金屬含量有效性較高，對多數作物來說都是非常不利的，但卻因改良時需使用的石灰資材量相當大，成本高，施用時又必須利用機械將石灰資材與一定深度的土壤混合均勻。且酸性土壤的改良又無法一次完成，需每年進行土壤性質的分析，逐年逐步改善，故國內雖推行多年，卻不見顯著的成效。即使沒有重金屬污染問題的土壤，為提高營養元素的有效性，減少不必要的肥料浪費，如何推廣強酸性土壤的改良，亦為合理化施肥技術中重要的一環。



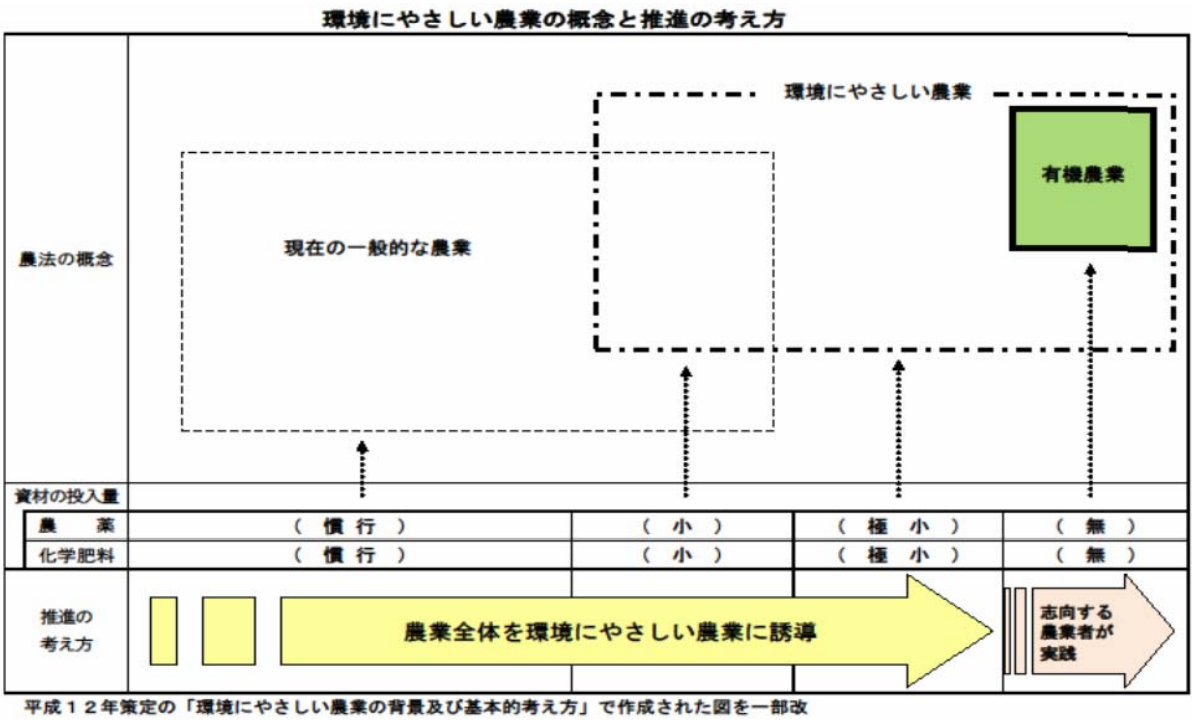
Dr. Makino 與 Dr. Naoki 採取試驗田區樣品



大豆土壤改良試驗田區

同日下午，筆者一行人在 Dr. Naoki 介紹下來到一個規模相當大的有機農場，該農場有 23 棟網室，作物種類大多為茄科作物，主要是番茄，農友使用菇類栽培介質作為土壤改良的資材，與土壤混合後種植番茄，後續肥料則以有機的液態肥料來追施，農友並未依循任何栽培的作業流程，而是每天細心觀察作物的生長情形，再給予養分補充。病蟲害方面，可能係因環境氣候等條件與我國的差異，並不是相當的嚴重，農友觀察到作物有受到蟲害的問題時，會先評估受害的程度，再決定是否採取防治措施，如不嚴重，則不會採取特別的作為。

網室的位置是在相當空曠的地方，週邊並無其他農地，因此也不易受到鄰田影響。他所種植的番茄有相當多的品種，此外還有青椒、茄子、辣椒等作物，農友亦會自行嘗試選育品質較好的品種，為了因應市場需求，部份品種可作為番茄汁的原料，部份品種作為料理用的番茄、鮮食的番茄...等等，後續銷售皆已有安排，為相當成功的案例。



圖、環境友好型農業的基本概念和背景

長野縣從事農業的面積為 55,200 公頃，約佔總縣土面積的 4.1 %，有機農業面積為 87.7 公頃，僅佔 0.1 %的農業耕地面積，但該縣仍積極推廣有機農業，並公開相關技術

供農友參考，例如：

1. 綠肥作物的利用：因綠肥作物分解後可提供養分到土壤中，部份作物已有實際上應用的案例，可以與堆肥輪替使用，避免連作時造成的傷害。
2. 誘餌作物的利用：例如在種植白菜前可種植蘿蔔，可以有效降低根腫病的發病機率，尤其是根腫病細菌密度較低的土壤中 (2.5×10^4 /g-乾土以下)，效果特別顯著。
3. 選用抗病性高的品種：使用抗病性高的品種可以增加作物生產的穩定性，因此使用相當廣泛。
4. 防蟲網的使用：為物理性的蟲害防治方法，各種市售的網子都可使用，可防止鱗翅目昆蟲的入侵，較小的害蟲（如薊馬）則須使用網目小於 1 mm 的網子，但是會使通風性變差，故使用上必須慎重考慮。
5. 性費洛蒙的使用：可以干擾鱗翅目昆蟲的交配訊息，降低其族群擴大的可能性，不同的害蟲所使用的性費洛蒙皆不同。
6. 利用天敵進行防治：有機農業可營造天敵較豐富的環境，如寄生蜂為蜘蛛的天敵，利用天敵來降低害蟲的密度。在溫室栽培中引入天敵，可有效減少特定的害蟲的數量。

除此之外還有如利用大型機械防除雜草、稻間鴨、使用含微生物的肥料、避免歉收而間作少量蔬菜，及利用可反射的地面鋪設資材來防止害蟲...等等。

而現行遇到的問題則是在於銷售端，如何讓一般消費者瞭解有機農產品與一般農產品的差異，還有如何增加有機農產品販售的通路等問題。政府單位亦積極將技術普及給農友，並招募有興趣從事有機農業的農友，透過課程、講習等方式提高其有機栽培技術與意願，更重要的是確保有機農產品的銷售量。

在長野縣的行程，就在參觀完這個有機農場後結束。長野縣為農業大縣，在這裡真的是獲益良多！因農產品無法帶回國內，只能在現場品嚐，番茄、水蜜桃、葡萄等水果都相當美味，也能習得許多寶貴的技术與知識，相當值得國內農業研究人員參訪。



農友說明有機番茄種植易遭遇的問題



農友種植多種番茄品種以因應市場需求



有機農場規模相當大



全農場共計有 33 棟網室



農友利用太空包與其他資材自製有機堆肥

2. National Institute for Agro-Environmental Sciences -- 農業環境技術研究所

農業環境研究所為筑波農林研究團地中眾多農業研究單位的其中一環，研究領域包括大氣環境、物質循環、土壤環境、有機化學物質、生物多樣性、生物生態機能、生態系計測等等，有地球暖化對農業的研究，也有農業生態系中生物多樣性變動的研究，還有農業環境中有害物質的管理，以及農業環境資訊收集等相關研究，涵括的範圍相當廣！筆者在指導教授的介紹下，認識了該單位中土壤環境領域的上席研究員，Dr. Tomoyuki Makino，牧野知之 博士！他主要研究的方向是土壤重金屬對農業的影響，故與筆者本次日本參訪的目的有所差異，但是在他熱心、親切的協助下（還包括幫助筆者將其他研究人員的日文翻譯成英文），筆者得以拜會其他相關領域的研究人員。

Dr. Makino 仍介紹了他單位中的相關研究，一部分就是與長野縣農業試驗場合作的試驗，另外還有開發一些去除土壤中重金屬污染的化學方法，或是利用吸附劑避免污染擴散。這些相關研究在國內多屬於環境工程學者的研究方向，而政府單位則屬於如環境保護署等單位有相關的研究。



圖、筑波農林研究團地研究單位配置圖



農業環境技術研究所外觀



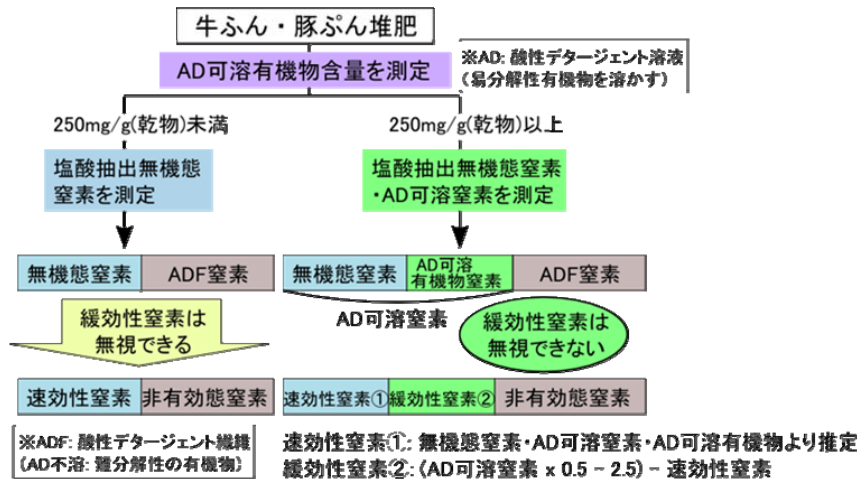
Dr. Makino 操作並介紹實驗室內儀器與試驗

3. NARO Agricultural Research Center, NARO/ARC -- 中央農業綜合研究中心

在 Dr. Makino 的介紹下，筆者來到了隸屬於業食品產業技術綜合研究機構 (National Agriculture and Food Research Center, NARO) 的中央農業綜合研究中心 (NARO Agricultural Research Center, NARO/ARC)，NARO/ARC 與 NIAES 距離雖相當接近，體制及所屬單位卻截然不同。NARO 總共有 14 個子單位，多數子單位都位在筑波農林研究團地，其所研究的範圍包括農業、農村以及食品等各個面向。而 NARO/ARC 內部共分為 8 個研究領域，包括農業經營、生產體系、土壤肥料、病蟲害、作業技術、情報利用、水田利用以及作物開發等，土壤肥料研究領域主要則是在研究土壤及資材的肥力改良與評估、開發以作物的養分循環機制配合土壤生產力的綜合管理技術等等。Dr. Makino 因過去曾與 NARO/ARC 中土壤肥料研究領域的 Dr. Shigeru Takahashi (高橋茂博士) 有合作關係，因此這次相當幸運有機會與 Dr. Takahashi 討論該單位土壤肥料的相關研究。他們開發評估禽畜糞堆肥肥效的方法，配合土壤性質分析的結果，加上作物別，以系統化的方式提供施肥的參考。這個系統原本是由三重縣 (Mie) 自行開發的系統，後來由農林水產省強化、修改後，轉變為全國皆可使用的系統。以下分別介紹：

(1) 禽畜糞堆肥肥效評估法：

這個方法最主要是用於評估堆肥中的氮素含量，係先使用一種酸性洗滌溶液來抽出易分解性的有機物 (稱為 AD 可溶有機物)。如 AD 可溶有機物含量低於 250 mg/g-乾物，則測定鹽酸抽出的無機態氮素，這其中包含了無機態氮素與難分解的有機態氮素，即為速效性的氮素與非有效性的氮素 (忽略緩效性的氮素含量)；如 AD 可溶有機物含量在 250 mg/g-乾物以上，則測定鹽酸抽出的無機態氮素與 AD 可溶性的氮素，其中包括無機態氮素、AD 可溶性的有機態氮素，以及難分解的有機態氮素，即速效性氮素、緩效性氮素與非有效性的氮素。農友可透過簡易的方式來計算禽畜糞堆肥的氮素含量，並依據土壤、環境等影響因子評估堆肥的肥效。



圖、牛糞與豬糞堆肥的肥效評估方式

表、禽畜糞堆肥的氮素肥效計算方式

			速效性氮素	緩效性氮素
牛糞堆肥	AD 可溶有機物 < 250		無機態氮素	無
	AD 可溶有機物 ≥ 250	C/N < 18	無機態氮素	0.5×AD 可溶性氮素 -2.5-速效性氮素
		C/N ≥ 18	無機態氮素-2	無
豬糞堆肥	AD 可溶有機物 < 250		無機態氮素	無
	AD 可溶有機物 ≥ 250		最少氮素量+ 30 天後氮素無機化的量*	90 天後氮素無機化的量* - 30 天後氮素無機化的量*
雞糞堆肥 (添加副資材)			T-N(乾物%)× T-N(乾物%)-2	2

*須考慮地面溫度對堆肥分解造成的影響

一般而言，AD 可溶有機物含量低於 250 mg/g-乾物的堆肥，全部的作物都可以使用，因為其氮素皆為速效性的氮素，故可以直接利用於所有種類的作物，施用後應立即種植作物，避免氮素隨著時間而漸漸流失。如 AD 可溶有機物含量高於 250 mg/g-乾物，且碳氮比 (C/N) 小於 18 (或碳氮比未知的狀況下) 的堆肥，較適合種植中的作物或長期作物來使用，由於微生物的分解，無機氮被使用後會暫時地降低，而微生物的活動與溫度有關，接著釋出緩效性的氮素。AD 可溶有機物含量高於 250 mg/g-乾物，且碳氮比 (C/N) 大於 18 的堆肥同樣適合於種植中的作物或長期作物來使用，但相較之下實用性低。

表、禽畜糞堆肥的氮素肥效計算方式

		秋作 水稻	春作 水稻	短期 葉菜類	中長期 葉菜類	主要利用方式	
牛糞堆肥	AD 可溶有機物 < 250	○	○	○	○	補充有機質、改善物理性	
	AD 可溶有機物 ≥ 250	C/N < 18	△	△	×	○	補充有機質、改善物理性
		C/N ≥ 18	○	×	×	○	補充有機質、改善物理性
豬糞堆肥	AD 可溶有機物 < 250	△	○	○	○	補充有機質、改善物理性、 補充磷肥	
	AD 可溶有機物 ≥ 250	×	△	×	○	補充磷肥	
雞糞堆肥 (添加副資材)		×	○	○	○	補充磷肥及鈣肥	

(2) 土壤診斷結果與堆肥使用建議

此外，農友可直接線上查詢國內各地的堆肥品質 (另提供全國平均值以供參考)，以及施用到不同作物之後的肥效過量或不足。或可直接輸入農地土壤的化學性質分析結果，首先先依序輸入作物別、作物品種、土壤種類 (黑土或壤土等)，再輸入土壤化學性質測定值，線上系統會依據土壤性質給予堆肥施用的建議，如有現成的堆肥，亦可於系統上查詢做為使用的參考，可說是相當便利！



圖、堆肥資訊系統，包括堆肥品質查詢、配合土壤性質與作物別選擇堆肥等工具



圖、堆肥施用量配合作物別後的施肥參考 (過多或不足)

堆肥カルテシステム

■ 家畜ふん堆肥詳細

★ 生産者情報

堆肥名称 (商品名)	LEIT-40	堆肥のご紹介
畜種	肉牛	
主たる原料	オガコ、戻し堆肥	
堆肥化処理法	堆肥舎 (通気なし)、ロータリー式	
堆肥化期間	180日	
生産者名	生産者2040	ここに畜産が 盛んであります
住所		
TEL/FAX		
メールアドレス		
ホームページ		
販売形式		
備考		

★ 化学性情報 (水分以外は乾物あたり)

項目	測定値	全国平均	レーダーチャート
水分【%】	50.51	52.36	
全窒素【%】	2.31	2.13	
速効性窒素【kg/ton】	3.75 (16.23%)	2.92	
緩効性窒素【kg/ton】	0.00	0	
全リン酸【%】	2.86	2.92	
全加里【%】	3.06	2.94	
全石灰【%】	1.34	2.57	
全炭素【%】	1.47	1.42	
pH (pH)	7.82	8.2	
EC (1:10)	6.27	5.79	
C/N (炭素率)	17.47	19.32	
AD可溶性有機物【mg/g】	166.73	166.37	
AD可溶性窒素【mg/g】	15.21	11.1	

※ 1: 全国から収集した家畜ふん堆肥 (畜種別) に関する化学性の平均値を示しています。
 ※ 2: 選択されている家畜ふん堆肥についての全国平均における位置づけを示しています。

★ 堆肥の特徴

0.5M 堆肥抽出により測定される窒素が施用直後から作物に利用可能であり、1〜3ヶ月の間に効く窒素はあまり期待出来ない。
 リン酸、カリ含量が家畜供給量に比べると高いため、リン酸、カリ含量で施用量の上限を決める。特にカリについては、土壤診断により土壌のカリ、石灰、舌土含量を確認した上で、土壌中の塩基バランスを考慮して施用量を決めることが望ましい。
 施用後耕作が開始まで時間を長くすると窒素が流出しにくいので、窒素肥効を考慮して堆肥設計した場合、耕作後まで時間を置かない。施用直後に耕作し、生育阻害が見られることは稀である。
 水稲で利用する場合は、堆肥窒素量は堆肥設計に加え、

施肥量シミュレーション
 この堆肥を使用して作物を作る場合の施肥量を見てみましょう！

シミュレーション

圖、農友可於線上查詢堆肥品質，亦可查詢過往的分析結果等相關訊息

堆肥カルテシステム

■ 土壤診断結果

★ 診断情報

主要作物	水稲
主要品目	水稲 (関東)
土壌の種類	黒ボク土

★ 診断結果

項目	測定値	上限	下限	レーダーチャート
pH (pH)	5	6.5	6	
EC	0.5			
腐植【%】	かなり少	2	10	
可溶性ケイ酸【mg/100g】	かなり低	12	30	
交換性カルシウム【mg/100g】	かなり少	13	31	
交換性マグネシウム【mg/100g】	かなり少	11	6	
交換性カリウム【mg/100g】	やや少	11	15	
CEC【meq/100g】	2			
塩基飽和度【%】	OK	62.4	75	
可溶性リン酸【mg/100g】	かなり少	3	30	
石灰・舌土比	0.8			
舌土・加里比	2.3			
植酸窒素【mg/100g】	1			

■ 観測所見

pHが非常に低いので、必ず石灰資材を施用して下さい。電気伝導率 (EC) が高く、作土中には硝酸態窒素が残留しています。次作の窒素施用量を削減して下さい。交換性カルシウムが不足しています。舌土・カリを施用して下さい。交換性ケイ酸が豊富です。交換性カリウムが不足しています。硫酸カリウムを施用して下さい。陽イオン交換容量 (CEC) が低すぎます。セオライトの施用が有効です。塩基飽和度はほぼ適正です。可溶性リン酸が不足しています。重過リンを施用して下さい。根本的な堆肥改善が必要です。

■ 土作り目標

家畜ふん堆肥等有機物を継続的に利用した土づくり対策を実施して下さい。

圖、輸入土壤性質與作物別，可了解應如何改良土壤與進行施肥量的調整。

此外，Dr. Takahashi 的實驗室亦開發了簡易分析土壤或堆肥氮素含量的方法，土壤的氮素含量因為分析耗時，分析後往往與採樣時已有所差異，故一般土壤性質分析中，未分析土壤氮素的含量，這點國內也有相同的情形。該實驗室開發此方法，其實是利用分析土壤中碳含量，回推土壤中氮素含量，根據他們長期分析的結果發現，土壤中的碳氮比約為 9。該方法相當簡單，農友於家中也可自行操作，或是研究人員可利用元素分析儀進行最後的分析。方法簡述如下：

A. 農友自行檢測方法

第一日：

以電鍋準備 80 °C 的沸水 → 將待測樣品編號 (萃取容器) → 稱取待測樣品裝入萃取容器內 (乾土 3 g，濕土 4 g) → 以沸水定量至 50 mL (以杯子倒入避免滾燙) → 將蓋子蓋緊，劇烈震盪 30 秒 → 將所有樣品裝入夾鍊袋中，去除空氣並夾緊，整袋放入含 80 °C 沸水的電鍋內靜置過夜 (或是 80 °C 的乾燥箱亦可)

第二日 (16 小時過後)：

將整袋樣品由電鍋內取出，混合均勻後靜至 2 小時達室溫後打開上蓋 → 加入約 0.3 g 的鹽後攪拌該混合物，一段時間後過濾上清液 → 以 40 mL 室溫水將 10 mL 濾液稀釋至 50 mL，並蓋上蓋子後混合 → 利用簡易分析 COD 的工具分析 COD 含量 (已有商品化的套件可供分析 COD)

計算式如下：

可溶性氮素含量 (風乾土 mg/100 g) = 測值 × 稀釋倍率 × (100/3) × (50/1000) × 0.034
稀釋 5 倍，測值為 13 時，表示每 100 g 土壤中可溶性氮素的含量為 4 mg (即 4 mg/100 g)，
以此類推，稀釋 10 倍，測值為 13 時，土壤中可溶性氮素的含量為 8 mg/100 g。

B. 研究機關可用的方法

第一日：

事先準備 80 °C 的沸水 → 稱取 3.0 g 風乾土至 100 mL 三角燒瓶中 (須分別測定土壤的含水量) → 一起土壤與三角燒瓶的重量 (A) → 倒入 50 mL 沸水至瓶中 → 攪拌後以鋁箔紙覆蓋 → 放入 80 °C 熱風乾燥箱內靜置 16 小時

第二日 (16 小時過後)：

放置室溫下靜置 2 小時冷卻 → 再次稱取土壤與三角燒瓶的重量(B) → 計算抽出液量 (B) - (A) → 加入 5 mL 10 % 硫酸鉀溶液 (抽出銨態氮) → 以 No.5 的濾紙將溶液進行過濾 → 分別測定抽出的有機碳含量、抽出的氮含量以及 COD (需盡快測定避免抽出液腐敗；抽出的碳含量以 TOC 測定、抽出的氮含量代表有機態氮與銨態氮的總和，欲得知抽出液的全氮量則需以有機態氮與銨態氮的總和減去原土壤內無機態氮含量)

計算式如下：

可溶性氮素含量 (風乾土 mg/100g) = 測值 × 稀釋倍率 × (100/3) × [(B)-(A)+5]/1000 × (100/(100-土壤含水量)) × 換算係數

(測定抽出的有機碳含量的換算係數為 0.046；測定抽出的氮含量的換算係數為 0.41，代表有機態氮與銨態氮的總和；COD 的換算係數則為 0.034；其中以抽出的有機碳含量推算之準確度最高)

相較於國內的農友，日本的農友較不易接觸到可進行土壤肥力診斷的機構，因此如果能自行分析農地土壤性質，會相當便利。再者，國內除農業試驗所外，各區農業改良場大都未分析土壤氮素含量（因土壤氮素含量變化快），日本國內土壤長期分析土壤碳氮比，發現不論何種土壤碳氮比皆約略為 9，如國內經測試後發現此方法確實快速可行，且土壤亦有固定比例的碳氮比，即可積極推廣農友使用，或試驗改良場所可增加為民服務的項目。

在 Dr. Takahashi 詳盡的介紹下，筆者真的大開眼界，也十分佩服他們追根究柢的實驗精神，不論大大小小的試驗，必定測試再測試，才會發表或推廣，這也是他們能夠深受民眾信賴的原因！而且機關之間會緊密合作，不會浪費資源在相同的事情上，任何成果在網路上都可以查詢到相關的資料，且介面簡單易懂，可以感受到是針對使用者的需求來發展，這是相當值得學習的！

4. University of Tsukuba -- 筑波大學

行程的最後，來到位於筑波市的筑波大學，筑波大學研究的領域相當廣，也有許多來自不同國家的交換學生，有些學生會到附近的研究單位實習，Dr. Makino 曾經有一些實習生是來自筑波大學土壤科學實驗室的學生，土壤環境化學研究室的指導教授就是 Dr. Kenji Tamura (田村憲司 教授)，他帶領筆者在他們的系上參觀實驗室，另外還有一個學生 Junya Tsuji (通自順也) 陪同。基本上分析土壤性質的儀器皆大同小異，比較特別的是他們有部份的研究是關於土壤形態的研究，利用特殊的方法保存土壤的「切片」，再使用顯微鏡進行觀察，國內似乎針對土壤微形態的研究較少。Dr. Tamura 的研究主要是關於土壤有機質含量的變化，針對各種不同的地形、植被、氣候條件等，分別調查其土壤有機質含量的變化，尤其是森林土壤的調查，此與國內臺灣大學農業化學系的陳尊賢教授領域較為相似。

Dr. Tamura 研究室中有個研究生 Dr. Hiroko Nakatsuka (中塚博子 博士)，她主要的研究室關於無肥料栽培的土壤性質調查，因為消費者對食物安全越來越重視，故她的研究係要探討無肥料、無農藥栽培的可能性，並分析在不同地區實行無肥料栽培的可能性，因應作物別發展相對的無肥料栽培生產技術。

在筑波大學土壤環境化學研究室及實驗室參觀時，讓筆者回想起過去在學校做研究的日子，花費一、兩年的時間，全心全意探究一個問題的結果，這是現在進行試驗或研究時最需要的精神，不過身處為民服務的機關內，如何在研究與服務間達到平衡，是需要好好努力的目標！



Dr. Tamura 介紹土壤科學實驗室



Dr. Tamura 利用海報說明研究成果

5. 市集、市場參訪

在日本長野、筑波的這幾天，不免會到當地的市集與市場添購生活所需的物資，在這裡，不管是高速公路的休息站、路邊的商店，或是應有盡有的超級市場，都一定會有農產品專區，並且主打當地的食材，少部份以外地沒有的特色作物為主。雖然在筆者所去的店家，並沒有特別的有機食材或有機農產品專區，但是可以很明顯地看到當地所產的農產品，當季盛產的水果會非常地便宜！因為在大大小小的商店內，都可以輕易地買到食材，對於上班族而言，下班的路上就可以買食材回家烹煮，近年來雖然日本的糧食自給率下滑，但是相較於國內還是較高（以熱量計算約相差 5%）。國內可參酌日本銷售農產品方式，使消費者容易購得農產品，並鼓勵地產地消。



超級市場內農產品專區



超級市場內當地農作物專區



白馬村內雜貨店內蔬果專區之一



白馬村內雜貨店內蔬果專區之二



高速公路上的休息站亦有販售農產品



筆者宿舍附近的商店，農產品販售的價格非常便宜

心得及建議

1. 機關之間資訊流通

筆者到日本參訪天數並不多，但是所參觀的幾個機關之間都有良好的合作關係，並且互相分享研究的資訊以及技術，機關的網頁內可查詢到所有相關的資料，不論機關的規模是大是小都如此。因此研究人員或一般民眾（包括農友），都可以深入瞭解現在所進行的研究。國內各機關雖執行相當多研究，但曝光度與農友實際上瞭解，或甚至各機關間的相互瞭解仍不足，故建議國內應加強各單位間的資訊流通，使民眾或研究人員查詢資料時更加便利！

2. 試驗研究與技術教學

農友如果需要技術上的支援或輔導，也有專門的單位「普及所」可以作為諮詢的對象，如果需要受訓或上課，也都是到普及所，而不直接跟研究單位接觸。研究單位僅須進行試驗研究，不需要負責技術教學，因此工作的安排相當縝密。且各個單位間不會重複進行同樣主題的研究，研究的大方向是長程的規劃，不因主事者而改變。

受到人力的限制，國內的研究人員通常也需要對農友進行教學，往往面對的是農業知識與技術落差甚大的農友，如何因材施教，並把研究方向導向農友所需，以及清楚傳達目前政策與研究的走向，是國內研究人員需要努力的目標！

3. 基礎研究透徹

因為研究是長程的規劃，試驗進行可能長達 10 幾年，例如本次研習時筆者在長野縣農業試驗場看到的水稻田肥培試驗，就進行了 35 年之久，在證實結果之前，也不會輕易發表，讓人相當佩服。國內研究計畫通常是以 2 至 4 年為一個期程，需要在短時間內看出效果，或是可以推廣給農友應用，短期計畫無法進行透徹的基礎研究，故應如何將研究目標分年度規劃，需要各個機關應相互討論，一起合作進行（如重編作物施肥手冊等），增加研究能量投入後所產出的成果以及提升研究效能！

4. 國內有機農業研究發展的可能性

現今國內有機農業僅有 100 % 有機，實際上執行起來條件相當嚴苛，查核工作無法順利落實。雖然政府有相當多的政策支持有機農業，但從事有機農業的農友卻不易取得相關資訊，有機栽培技術的輔導，或是申請驗證方面的輔導等，對部份農友而言相關資訊的取得都不甚容易，也難以找到適合的詢問管道。

因此建議國內可以比照國外分成數種等級，或是推廣環境親和型的栽培方式，分為多種標章，以利農友推出不同等級的農產品。另外，在有機栽培技術方面，各個試驗改良場所可比照作物施肥手冊，編列各種作物的有機栽培技術手冊，並延伸各種有機作物的二三級產業發展可能。