

奈米科技國家型計畫

日本參訪報告

報告人：

楊弘敦處長、鄭武順所長
牟中原教授、李世光教授
張嘉升博士、宋清潭博士

行程：

從 民國九十一年十一月二十四日
到 民國九十一年十一月二十八日

報告日期：民國九十一年十一月二十八日

誌謝

本次奈米科技之日本參訪，承蒙我國 台北駐日經濟文化代表處科學組 張崑雄組長、謝明華秘書、楊英爽秘書之大力協助與精心安排，乃能順利成行並且取得完整且有價值之資料，尤其是謝明華秘書秘書於事前聯繫、代表團在日本參訪期間費心安排交通，並且全程陪同協助各項參訪細節及行程調整等諸多支援，再加上日本東北大學？新榮教授之熱心安排受訪機構及研究團隊，均是此次參訪、尋求國際合作、及建立奈米科技相關領導人之人脈能獲致豐碩成果的基本原因，特此致謝。

報告人：

楊弘敦處長、鄭武順所長、牟中原教授

李世光教授、張嘉升博士、宋清潭博士

中華民國九十一年十一月二十八日

奈米科技國家型計畫日本參訪報告

參與成員：楊弘敦處長、鄭武順所長、牟中原教授、張嘉升博士、李世光教授、宋清潭博士、謝明華秘書

November 25, 2002

1. 日本 NTT 先端技術總合研究所(NTT Basic Research Laboratories, NTT BRL)：

(<http://www.brl.ntt.co.jp>)

甲、我方代表團於上午八點三十分從所居住之旅館出發前往神奈川縣厚木市，由於車行順利，雖然 NTT 先端技術總合研究所距離旅館超過 100 公里，我方代表團提前約一小時到達，由於雙方約定會面之時間為上午十一點，所以謝秘書帶著代表團在附近欣賞一下紅葉後，於十點三十五分前往 NTT BRL 拜會，日方 NTT 所有重要之研究主管盡皆出席。首先由牟教授針對我國奈米相關研究工作及整個國家型計畫之規劃做了一個三十分鐘之簡報(Fig. 1)。



Figure 1. 牟中原教授介紹我國奈米相關研究及規劃

乙、日方代表為石原直(Sunao Ishihara, Vice President & Director, NTT Basic Research Laboratories)，板屋義夫(Executive Manager, NTT science and Core Technology Laboratory Group)，森田雅夫(Masao Morita, Manager, Research Planning Section, NTT BRL)，高橋庸夫(Yasuo Takahashi, Group Leader, Silicon Nanodevice Research Group, Executive Manager, Device Physics Laboratory, NTT BRL)，高柳英明(Hideaki Takayanagi, Executive Manager, Materials Science Laboratory)，平山祥郎(Yoshiro Hirayama, Executive Manager, Physicsal Science Laboratory, Group Leader, Quantum Solid state Physics Research Group, Group Leader, Photonic Nanostructure Research Group) (Figs. 2, 3)

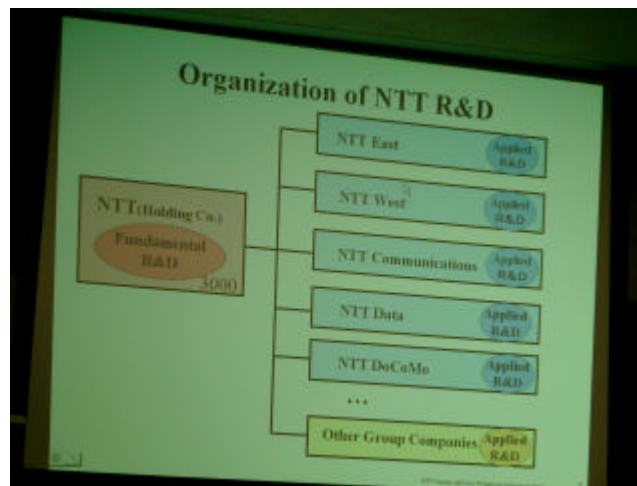


Figure 2. Photos of 石原直(Sunao Ishihara, Director, NTT Basic Research Laboratories), 板屋義夫(Esecutive Manager, NTT science and Core Technology Laboratory Group), 森田雅夫(Masao Morita, Executive Manager, Research Planning Section), 高橋庸夫(Yasuo Takahashi, Device Physics Laboratory) (from left to right)

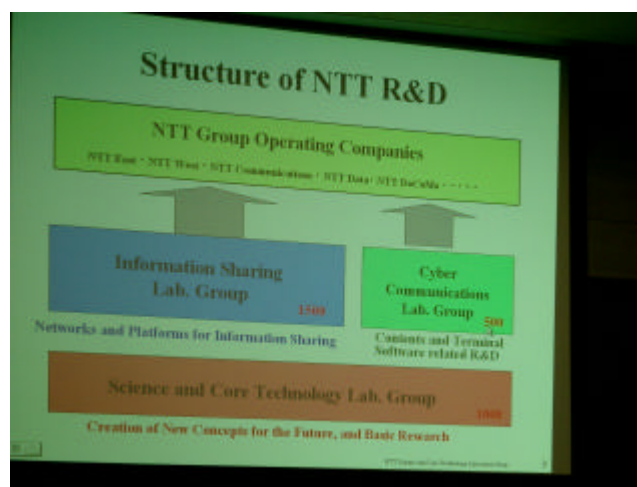


Figure 3. Photos of 高柳英明(Hideaki Takayanagi, Executive Manager, Materials Science Laboratory), 平山祥郎(Executive Manager, Physicsal Science Laboratory) (from left to right)

丙、日方石原所長詢問我國之奈米科技是否有工業界申請計畫？石原所長提及日本在奈米科技方面，由於學界及研究界之奈米相關科技與工業界之認知與研究水準有極大之落差，所以日方政府正積極推動工業界參與奈米科技之推動及將奈米科技產業化。同時石原所長詢問我方與歐盟、美方之合作，並強調國際合作於奈米科技之重要。板屋博士提及全球下一世代之科技除奈米外，生醫科技亦為一個重要領域，不知我國於此一領域之著力多少？我方提及我國共有三個生物相關國家型計畫。由此可見全球各國均將奈米與生醫列為重要之科技重點。



(a)



(b)

Figure 4. (a) NTT 背後之支援機構及子公司，(b) NTT 之研究組織

丁、石原博士簡介日方之奈米科技國家型計畫，提及 NTT 於十七年前私有化，但目前仍有 50%之股票屬於日本政府，因此仍受日本政府節制，NTT BRL 共有三千個研究人員，共有五個子公司提供其研究經費(Fig. 4)，僅有極小部分之經費來至日本政府經費，為目前為日本三大大型基礎研究中心之一。NTT 每年花費二十億美金之研究經費，其中 5%為基礎研究，基礎研究部份目前旗下共有十二個實驗室，其研究工作並不限於電信相關之領域(Fig. 5)，在 Science and Core Technology Laboratory Group 共有約 120 個研究人員，其主要研究工作為硬體部分之研究。在此 Group 中共分為 Device Physics Lab.，Materials Science Lab.，及 Physical Science Lab.三個實驗室，今天之實驗室參訪將著重於 Nano Sci. & Technology 及 Quantum Info. Tech. (Fig. 6)

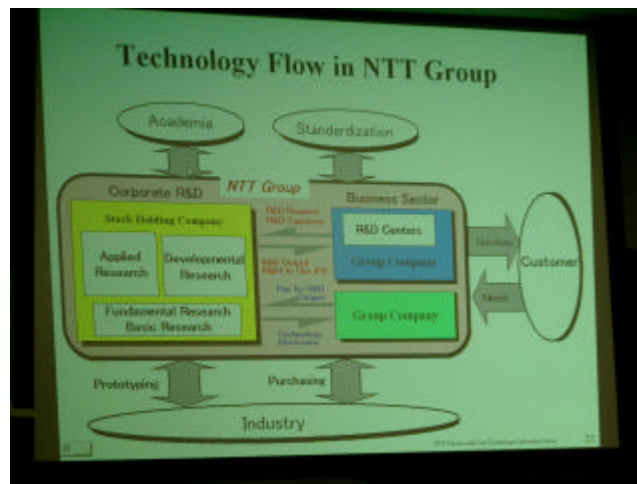


Figure 5. NTT Technology Flow

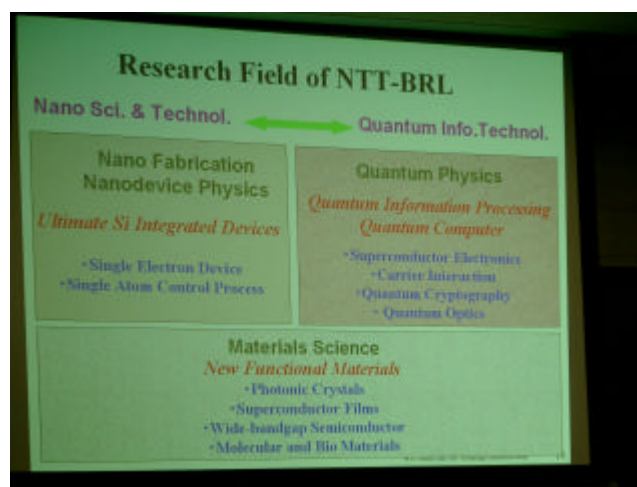
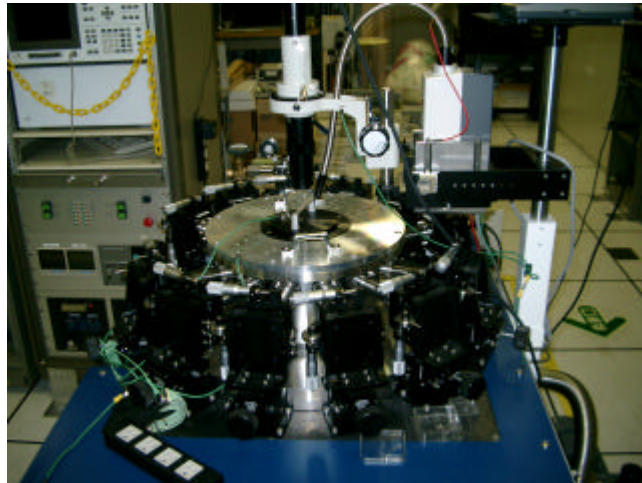


Figure 6. NTT 奈米及量子研究項目



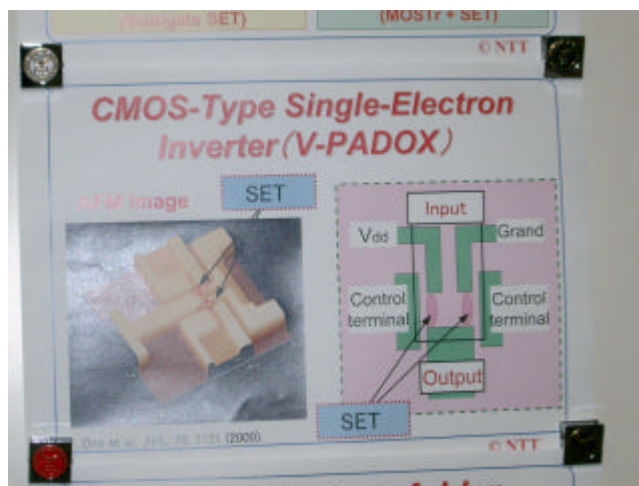
(a) Single Electron Transistors



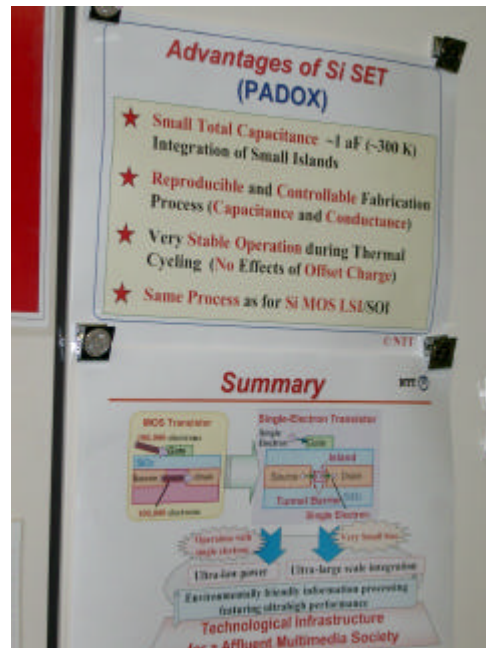
(b) Single Electron Transistors 之低溫量測裝置



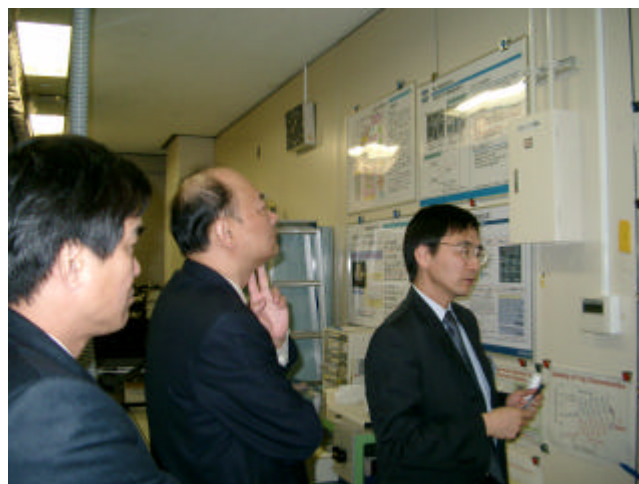
(c) Single Electron Transistors 低溫量測裝置放大圖



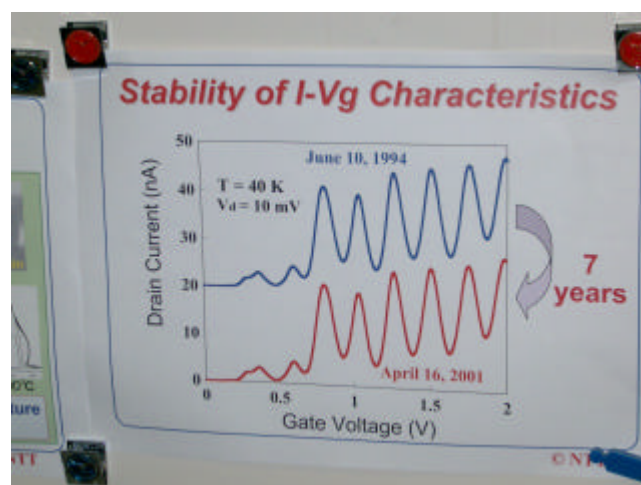
(d) CMOS Single Electron Inverter



(e) Advantages of NTT SET methodologies

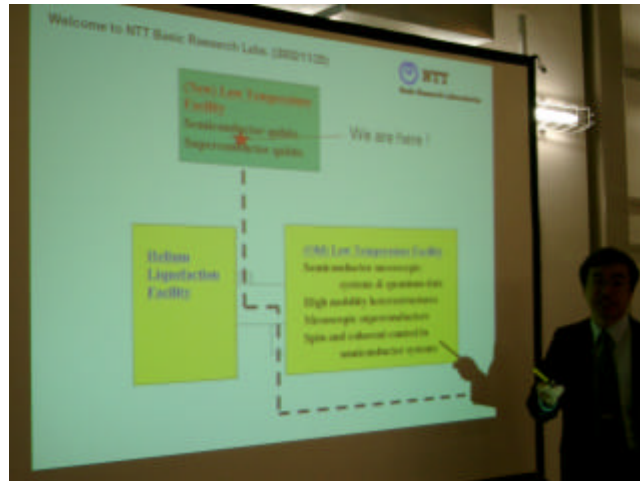


(f) Presentations by 高橋庸夫(Yasuo Takahashi, Device Physics Laboratory)



(g) Stability of NTT Single Electron Transistors (after 7 years)

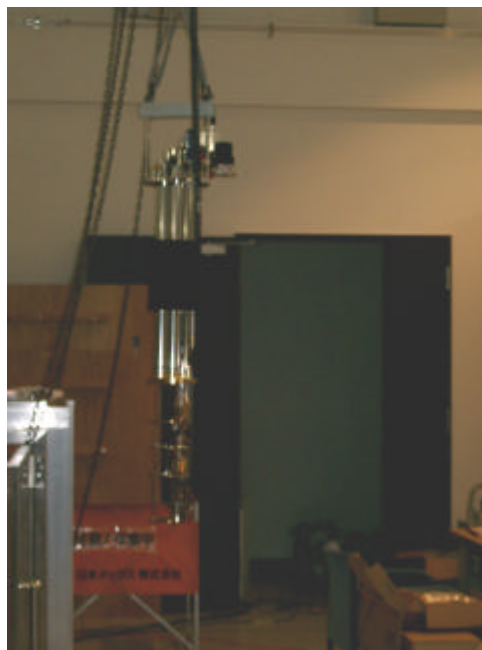
Figure 7. Presentations of 高橋庸夫(Yasuo Takahashi, Device Physics Laboratory)



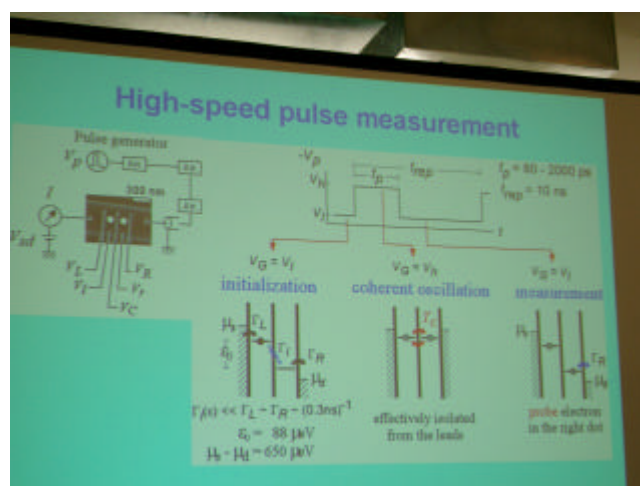
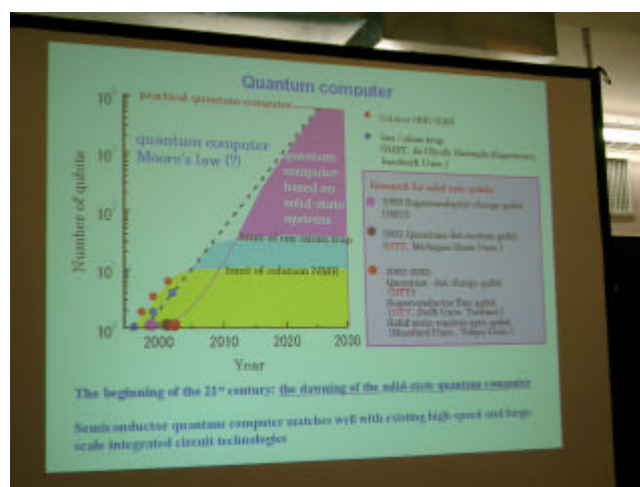
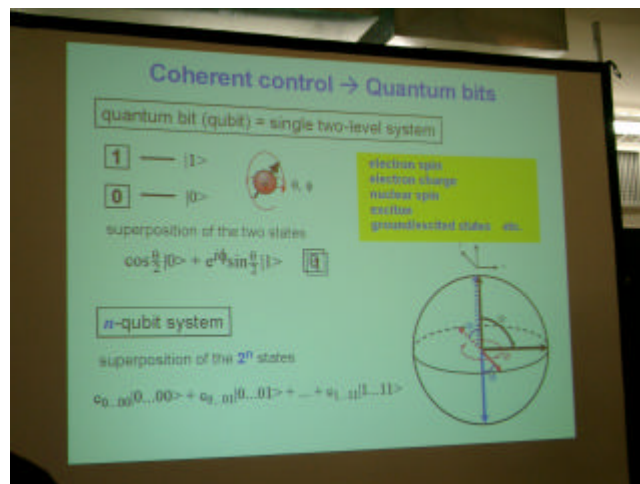
(a) New low temperature facilities of NTT BRL

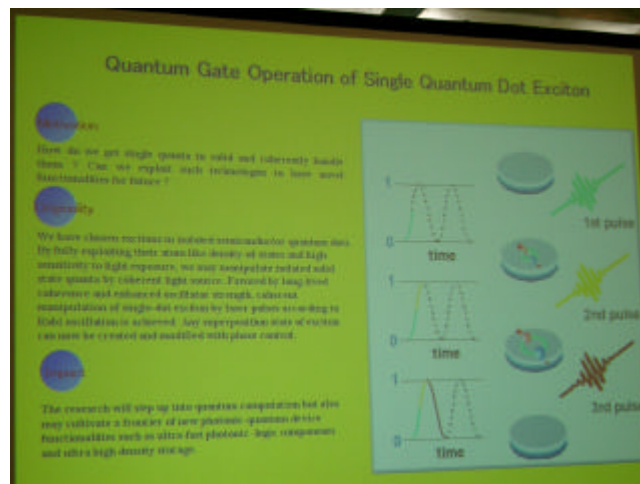


(b) Superconductor qubits (quantum bits)

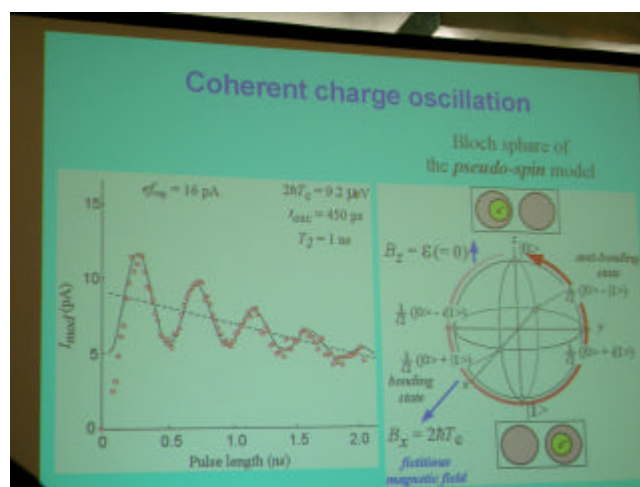


(c) Semiconductor qubits (quantum bits) under construction

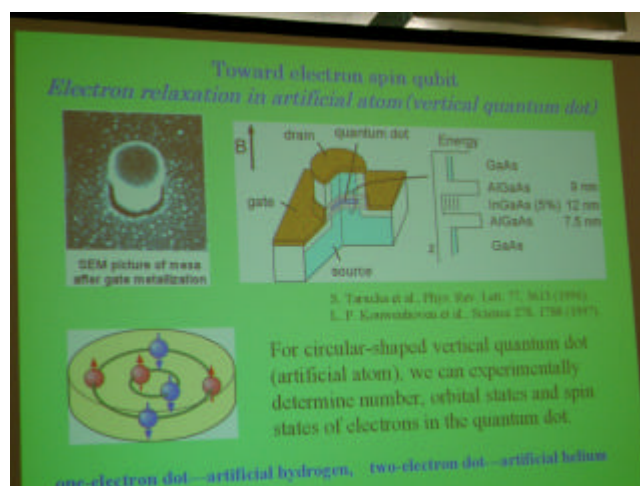




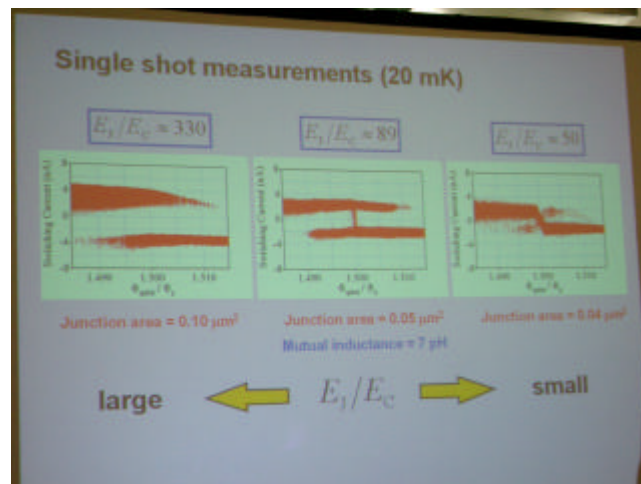
(g)



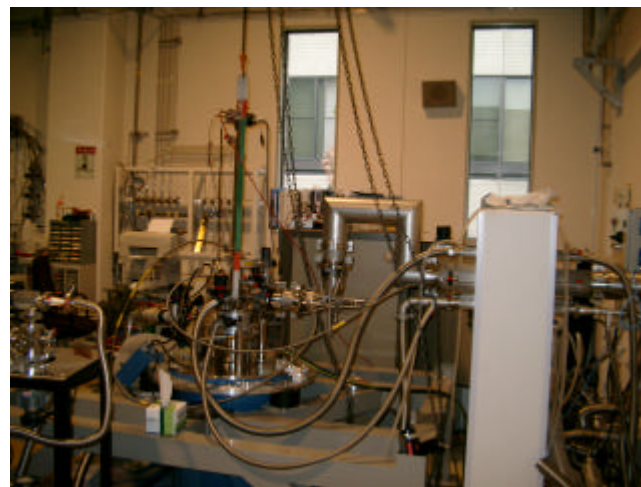
(h)



(i)



(m)



(n) Low temperature STM

Figure 8. Presentations of 板屋義夫(Executive Manager, NTT science and Core Technology Laboratory Group)及其部份設備



Figure 9. Photos of 古川一暁(Kazuaki Furukawa, Senior Research Scientist, Molecular and Bio Science Research Group, molecular and Bio Science Research Group, Materials Science Laboratory, NTT BRL) and 小林直樹(Naoki Kobayashi, Senior Research Scientist, Group Leader, Wide-bandgap Semiconductor Research Group, Physical Science Research Laboratory) (from center to right)



(a)



(b)

Figure 10. Photos of NTT BRL 環境

我國代表團一行於下午四點鐘左右離開 NTT BRL，當地正值楓紅時節，風景秀麗(Fig. 10)，此地均為日本高科技公司之研究單位，包含 Canon、Panasonic 等均設立於此，誠然為一極佳之地點來進行尖端研究，由於在訪問過程中代表團提及是否可送研究生來 NTT BRL 進行研究工作，而石原所？亦表示歡迎之意，證諸此 NTT 實驗室研究水準之高，此此參訪所建立之人脈及將來奈米國家型計畫所可能產生之國際合作，絕對值得重視。以國科會及教育部目前合作提出將送博士生及博士後研究人員前往國外知名學校及研究單位進修，NTT BRL 絕對是一個值得考慮與重視之單位。

當晚台北駐日經濟文化代表處顧問兼組長張崑雄博士(Fig. 11)偕同謝明華秘書(Fig. 12)及楊英爽秘書(Fig. 13)由於國科會企劃處吳瑞北處長亦剛好在東京，因此於東京市品川區之 Princess Hotel 為代表團洗塵，晚餐中討論日本投入奈米科技之經費及其規劃，亦論及日本積極培養諾貝爾獎人才之做法極其值得借鏡之處，賓主相談甚歡。



Figure 11. Photos of 楊弘敦處長、張崑雄博士(from left to right)



Figure 12. Photos of 吳瑞北處長、謝明華秘書 (from left to right)



Figure 13. Photos of 楊英爽秘書、楊弘敦處長 (from left to right)

2. 物質材料研究機構奈米材料研究所：(上午)(資料詳附件一)

甲、代表團於清晨七點十分出發前往筑波園區參訪，由於車行順利，代表團提前四十分鐘到達參訪地區，先去拜訪物質材料研究機構奈米材料研究所之齊藤鐵哉理事(Dr. Tetsuya Saito, Vice President, National Institute for Materials Science; Chairman of ISO/TC164)及小玉俊明國際室室長(Dr. Toshiaki Kodama, General Manager, Research Assessment/International Affairs Office) (Fig. 14)。



(a) 物質材料研究機構奈米材料研究所外貌

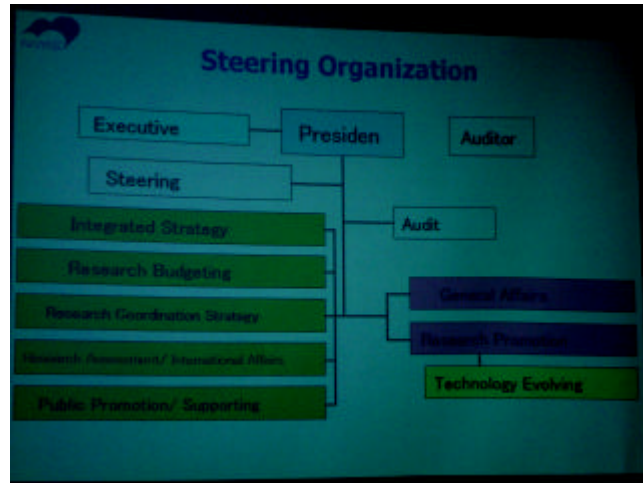


(b)

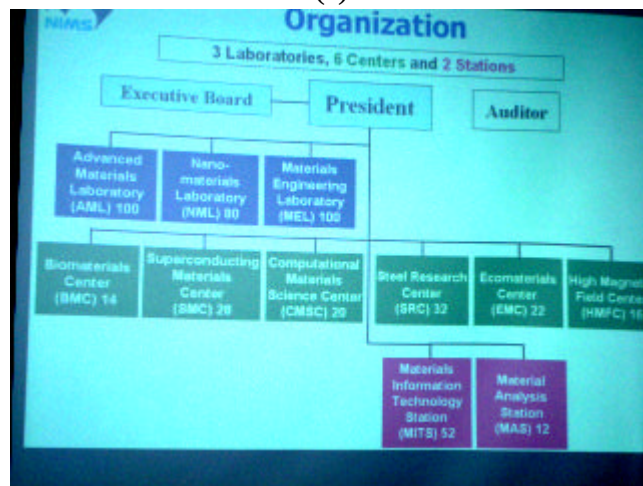
Figure 14. Photos of 齊藤鐵哉及小玉俊明(from left to right)

乙、物質材料研究機構奈米材料研究所(National Institute for Materials Science, NIMS, an Independent Administrative Institution)於二千年四月一日由於日本政府再造，將科技基金/科技廳併入文部省後合併兩個材料相關研究單位獨立為財團法人。目前日本共有 59 個 Independent Administrative Institution(IAI)。NIMS 現有約 550 名正式員工，今年之經費約為二億美金，約有 80%由政府提供，其餘 20%為所謂之競爭性經費，但此些競爭性經費仍多來自日本政府其他部會，因此目前接近 99%之經費實際上來

自日本政府。其組織結構如 Fig. 15 所示。



(a)



(b)

Figure 15. NIMS 之組織結構

丙、目前 NIMS 之中長期計畫為從事 Nano-materials , Ecology, energy related materials , Materials for public safety NIMS 目前與世界各國均有合作(Fig. 16) , 現約有 70 位中國大陸之研究人員在此從事研究工作 , 居全球之冠。



Figure 16. NIMS 之國際合作組織結構

丁、岸本直樹博士(Naoki Kishimoto, Director of Nanofunction Group, Nanomaterials Laboratory, NIMS)(Fig. 17)接下來介紹 NIMS 之奈米材料研究，此處之奈米研究並非進行全面性之奈米相關研究，乃是由原先之科技廳卓越中心(Center of Excellence, COE)中有關 Scanning Tunneling Microscope 相關研究延伸而來，此一奈米研究團隊除所有 STM 相關設備外，尚有超高真空設備、低溫設備(20°K)、高壓設備(1 Million Volts)、超強精密磁場(>20Tesla)、加速器等大型設備。研究團隊研製如低度空間之人造奈米結構，並將其與天然奈米結構結合來進行各種研究，同時於研究過程中希望能將 Top-down 及 Bottom-up 兩種製造程序結合。

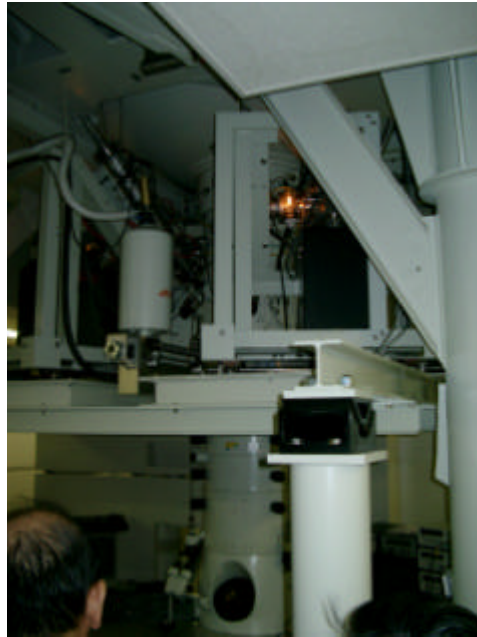


Figure 17. Photos of 岸本直樹博士及長谷川明博士(from left to right)

- 戊、目前 NIMS 之領導階層希望研究團隊將研究重心置於 Nano-Bio 領域，岸本博士提及雖然 NIMS 目前尚無此方面完整之基礎，但由於全球研究單位目前均朝此一重要領域努力，因此 NIMS 亦將迅速往此一重要領域全力邁進。
- 己、日本目前正全力推動 Network of Nanotechnology Centers，其前身為日本科技廳之卓越中心，所有相關設備實際上設於全國各地，而後再以網際網路進行連結。除此之外，日本正考量建構奈米設備中心。
- 庚、目前日本政府要求全國之奈米計畫需要與工業界進行合作，岸本博士提及台灣強大之半導體工業及其能力，他同時還提及他有朋友為大陸清華之教授，他們自己開公司同時利用學校之設備，如電子顯微鏡來服務工業界，他認為此一部份較單純，但真正之學研界與工業界之合作將需要遠超過此一部份之合作，因此希望我國之代表團解釋工研院於奈米科技之腳色。
- 辛、長谷川明(Hasegawa Akira, 宋國暉, Chief Researcher)解釋 NIMS 所擁有之超高壓高解析度 TEM 之設備及其防震結構(Fig. 18)，此一設備約為美金壹仟萬元，由於有此防震結構所以在白天也可以進行精密量測，目前可達到 1.3 Å 左右之解析度，目前此一設備在做各種研究，尤其是奈米結構之電性量測，其部分成果如 Fig. 19 所示。



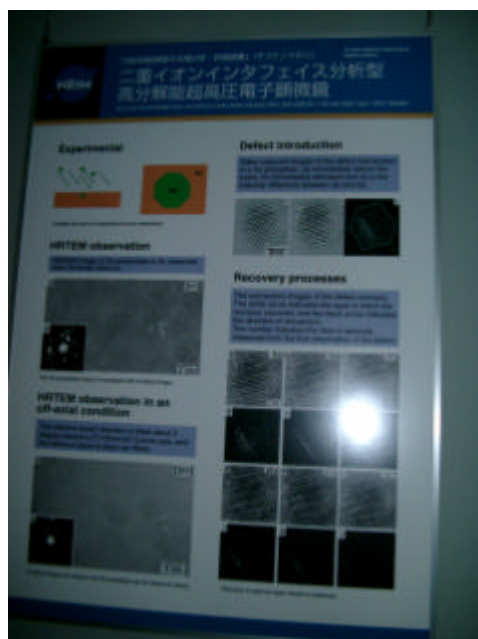
(a) 容納建築物模型



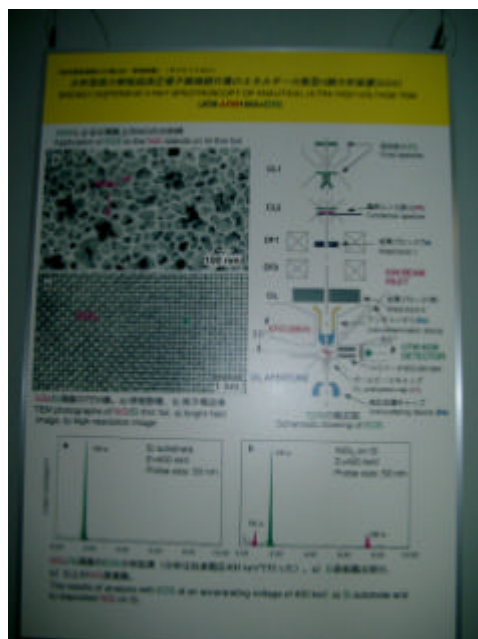
(b) 實體部份照片(此為底部，總共有二層樓高)
Figure 18. Photos of JEOL 岸超高壓高解析度 TEM



(a)



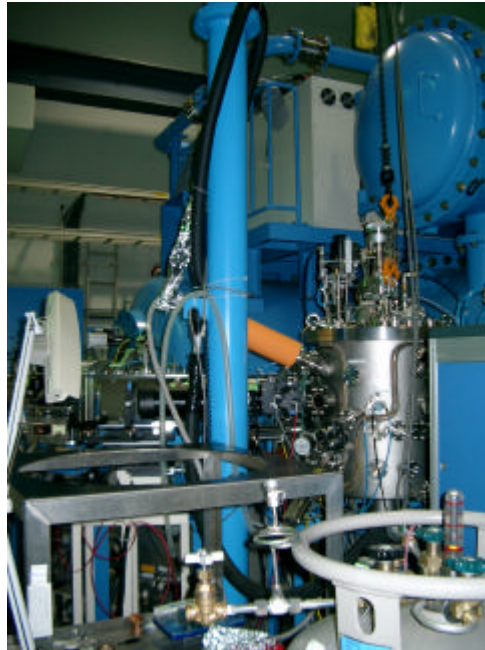
(b)



(c)

Figure 19. Photos of JEOL 岸超高壓高解析度 TEM 部分成果

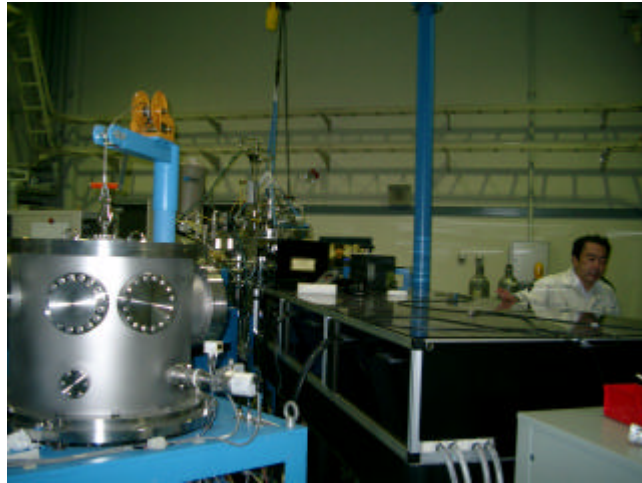
壬、岸本直樹博士介紹其所負責之奈米材料研究，此一部份主要使用加速器(Fig. 20a,b)來進行各種奈米級界面之光性，如利用高壓來將約 50nm 之奈金屬顆粒植入 Silica 透明材料中，由於奈米金屬之表面電漿子共振現象(Surface Plasmon Resonance)將可形成三階非線性光學現象(Fig. 21)，由於奈米金屬所造成非線性光學現象之衰減時間為 1 psec，因此岸本博士之團隊還利用飛秒石榴石雷射(femtosecond YAG laser)(Fig. 20c)來量測其特性，其所考慮之主要工業應用為超高速光開關，除此之外，尚可用來考慮材料之輻射及離子植入(Ion Implantation)損壞。



(a)



(b) 粒子束產生器



(c) 飛秒石榴石雷射量測設備

Figure 20. Photos of 奈米材料研究用加速器及量測設備



(a)



(b)

Figure 21. Photos of 奈米材料研究用加速器及量測設備之部份成果

3. 東京大學工學部：(下午)



(a)



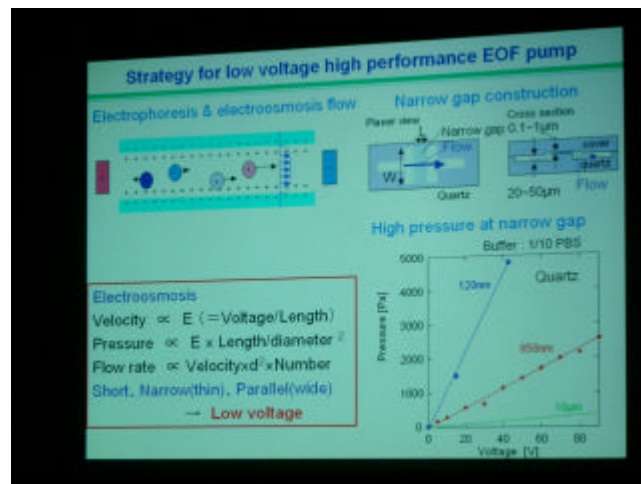
(b) 代表團(張嘉升博士、李世光教授、鄭武順所長、楊弘敦處長、牟中原教授、宋清潭博士)於東京大學合照(from left to right)

Figure 22. Photos of 東京大學校景

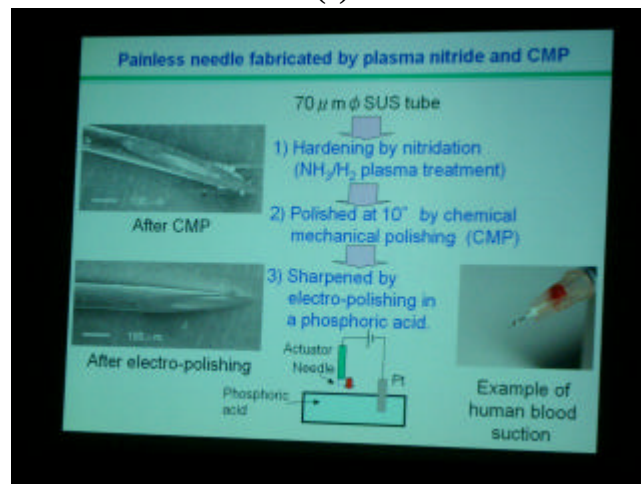


Figure 23. Photo of 堀池靖浩教授(Prof. Dr. Yasuhiro Horiike, Dept. of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-8656, Japan, Tel: +81-3-5841-7163, Fax: +81-3-5841-8649 horiike@micro.mm.t.u-tokyo.ac.jp)

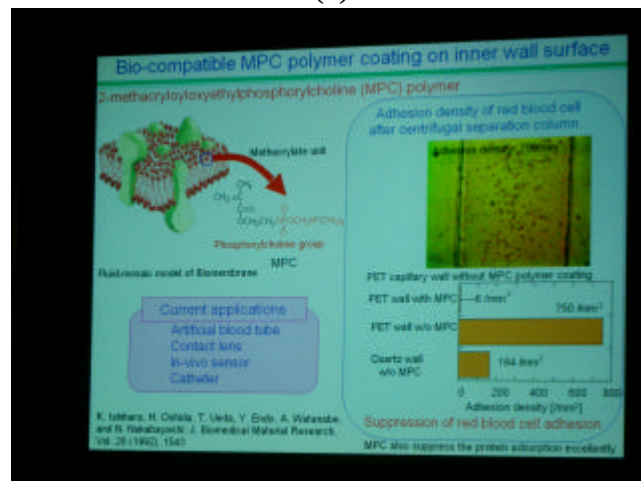
甲、代表團從筑波園區趨車前往東京市，於下午二點三十分到達東京大學，時逢秋末校園內一片黃葉，風景非常美麗(Fig. 22)。堀池靖浩教授(Prof. Dr. Yasuhiro Horiike, School of Engineering, Department of Materials Engineering, The University of Tokyo) (Fig. 23)親自歡迎代表團同時介紹其有關生醫晶片之研究工作，堀池教授曾於 Toshiba 公司工作二十年，原為 Processing Engineer，專長為 Plasma Etching，在到達東大任教前，曾先於四家其他較小之學校任教。他將於明年三月從東大退休，其後將前往筑波之 NIMS 任職。堀池教授提及他所從事之研究工作乃是希望將半導體技術及生醫需求整合為一完整之檢測系統，同時希望其成本極低進而達到拋棄式之應用需求，其所希望完成之生醫晶片將包含無痛針、血漿及血清分離、超強電析幫浦 (Electrosmosis Pump)、離心器、檢測功能等(Fig. 24)。由於蚊子之吸管約為 $60\mu\text{m}$ ，因此此一團隊利用約 $70\mu\text{m}$ 之針頭再將其利用 Nitride Plasma 來進行強化。他提及如何利用 Bio-compatible 之 MPC Polymer 塗佈在微細管壁來進行離心，可避免血球於離心時吸附在管壁。其研究成果乃於過去三年中完成，共有約十人在其研究團隊(Fig. 25)中從事此方面之研究(Fig. 26)。在堀池教授前往 NIMS 後，他將於 NIMS 建構一個團隊來進行結合通訊、微機電、奈米科技、生醫科技之無線生醫檢測系統，由於我國目前也在從事此一方面之研究，因此堀池教授之研究團隊將為一個極佳之合作對象。堀池教授所提出之檢測晶片一部分將於明年十一月被商業化。又堀池教授所提出將無線生醫檢測系統整合於一個醫療特區之計劃(Fig. 27)於去年遭到醫師會之拒絕，其原因據醫師會之說法乃是建構醫療特區在開業醫師追求利益之情況下，將造成各種社會問題。由於台灣大學之學界科專將執行此一領域之計畫，因此代表團向堀池教授提出他是否得空可以出任我國相關計畫之顧問，堀池教授慨然答應。



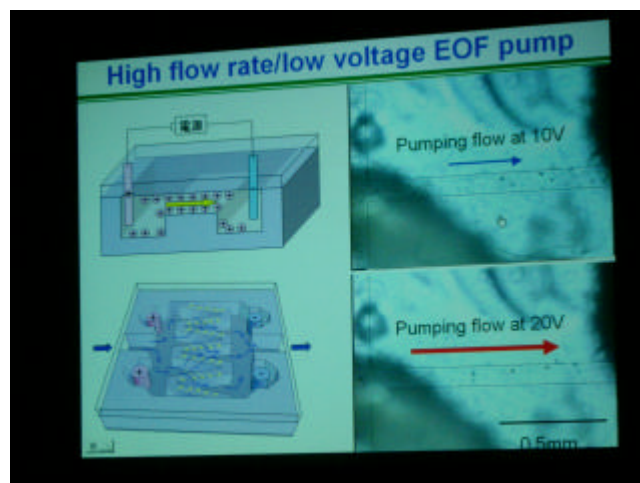
(a)



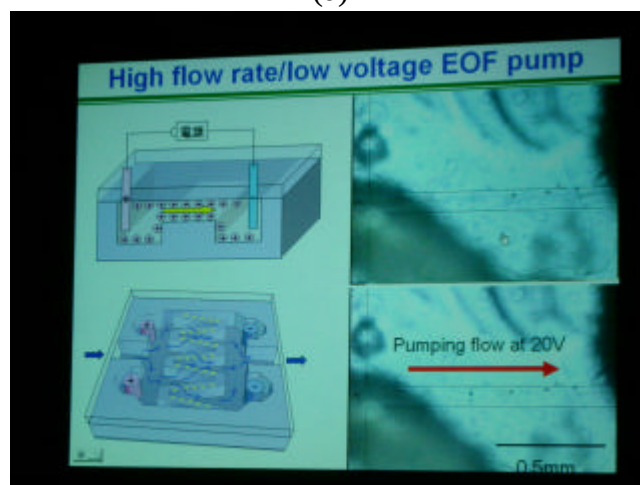
(b)



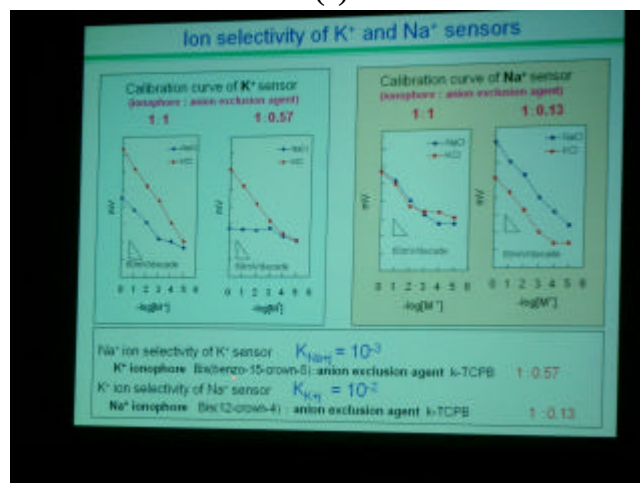
(c)



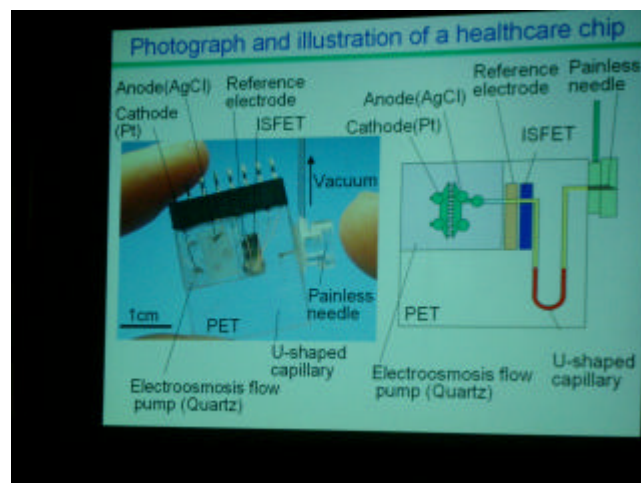
(d)



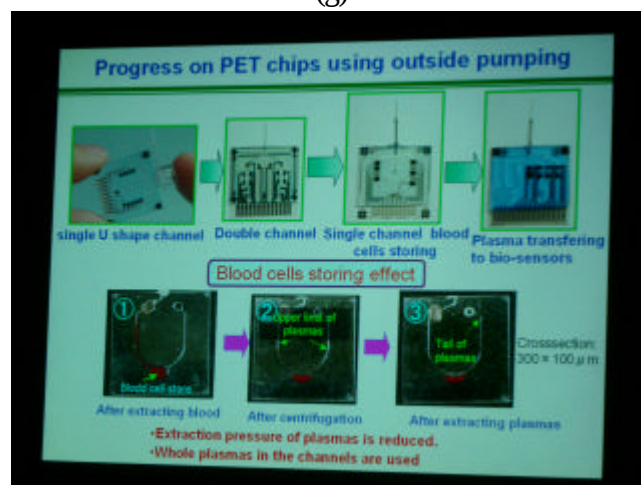
(e)



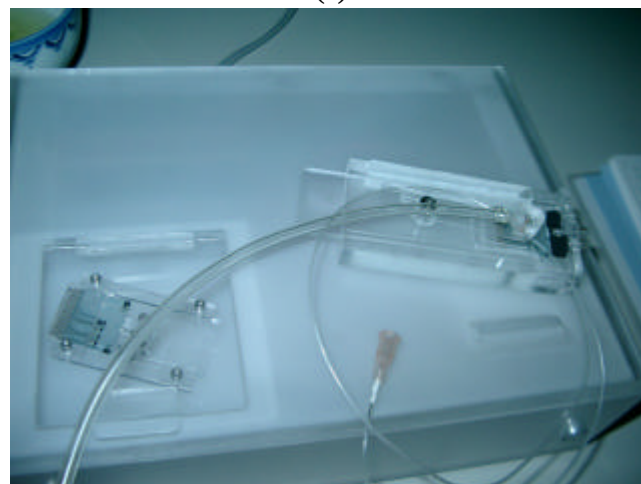
(f)



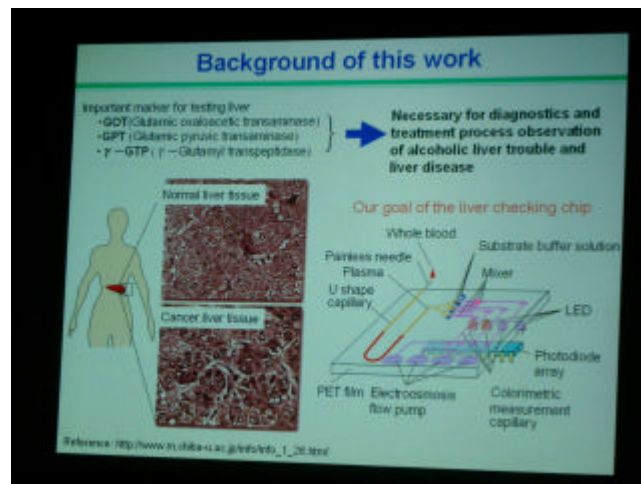
(g)



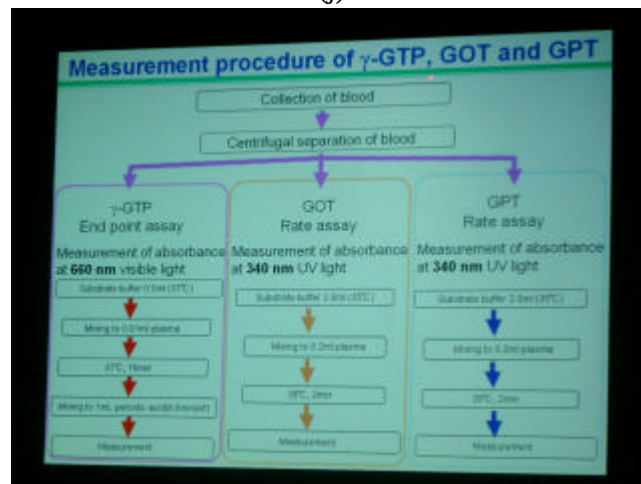
(h)



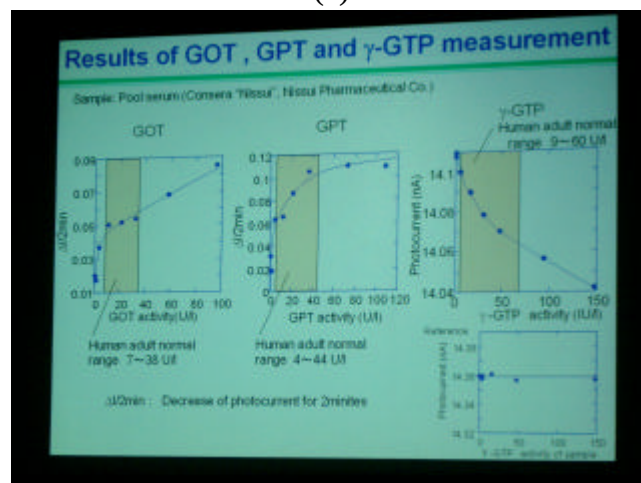
(i)



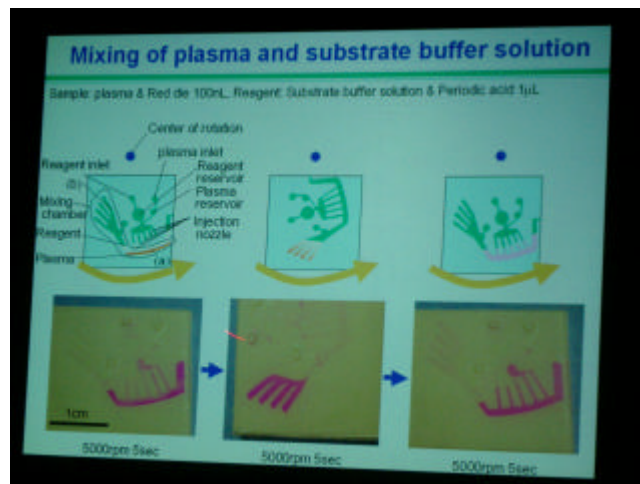
(j)



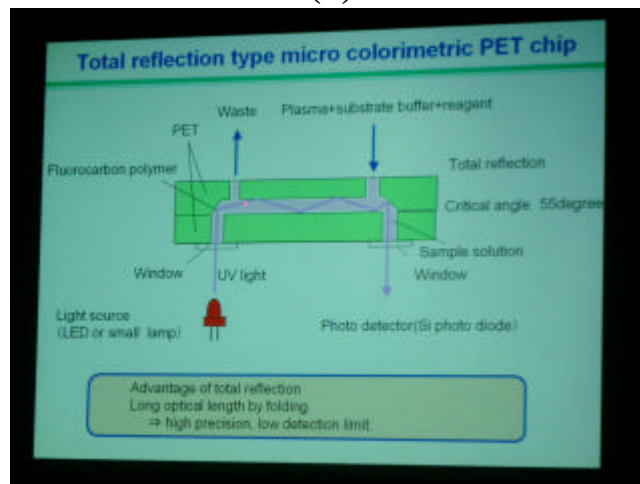
(k)



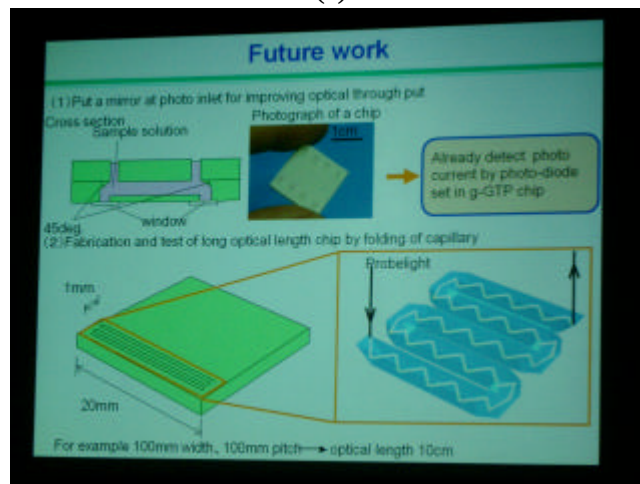
(l)



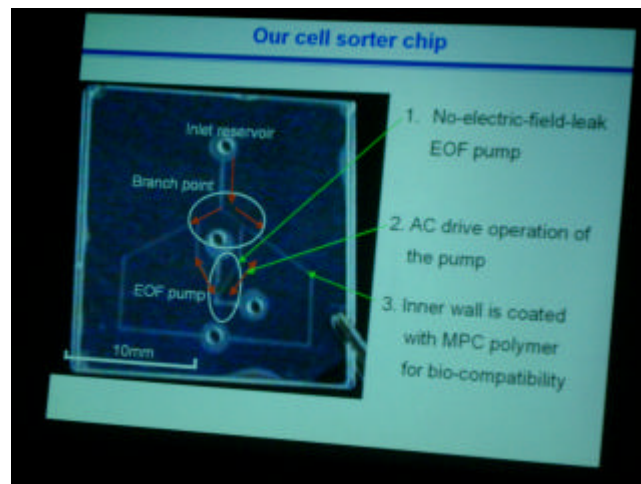
(m)



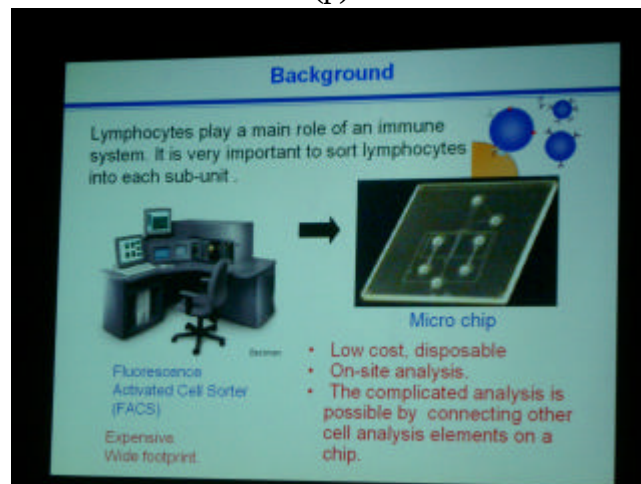
(n)



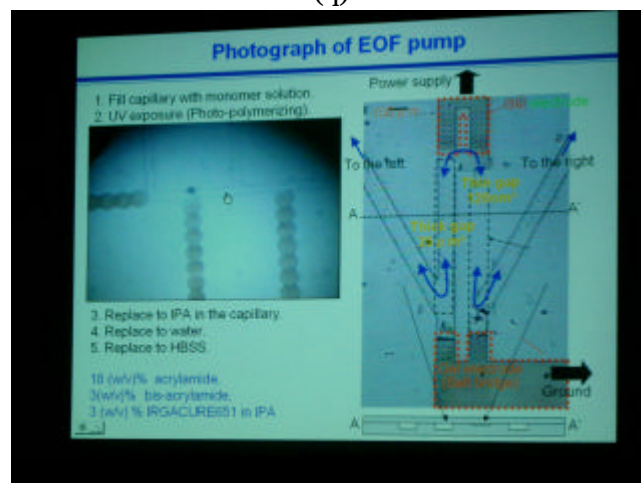
(o)



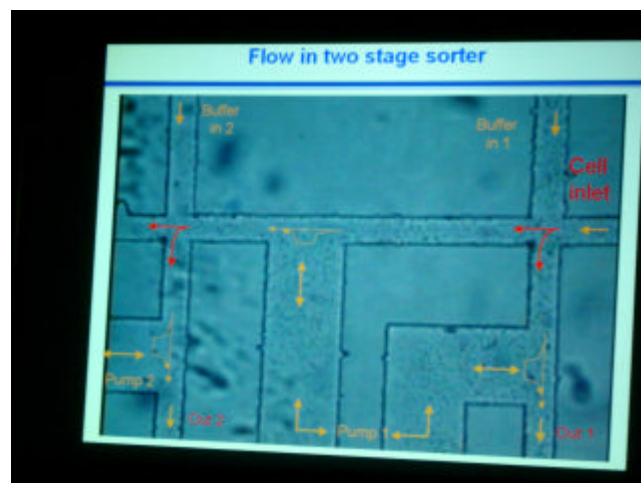
(p)



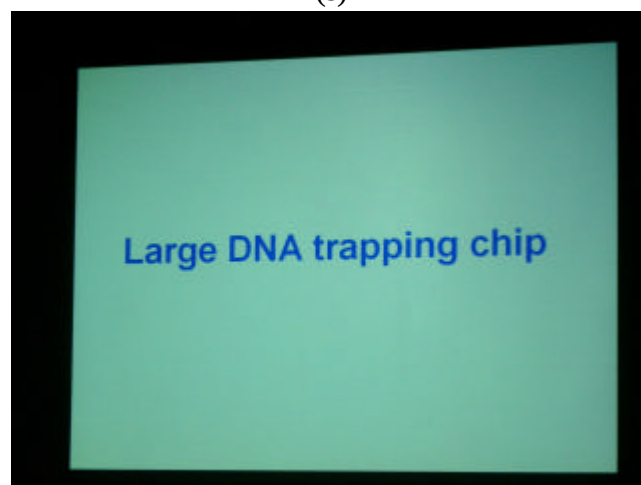
(q)



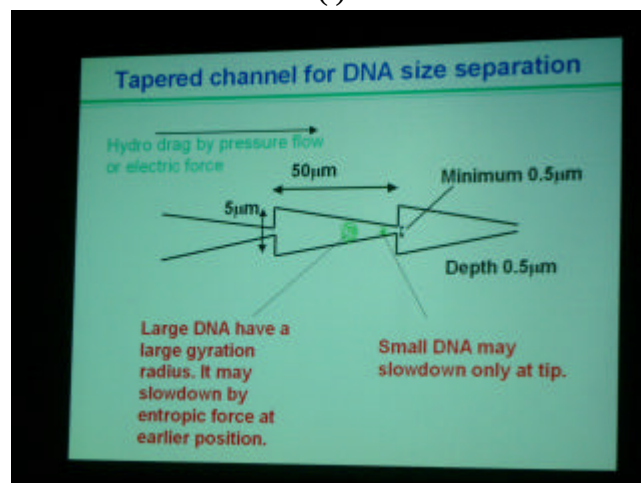
(r)



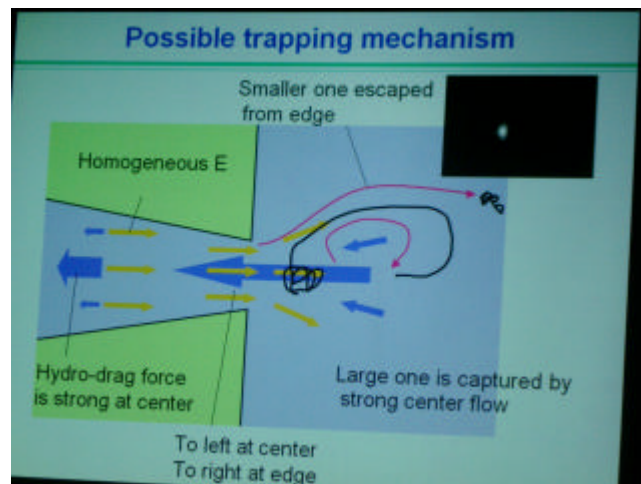
(s)



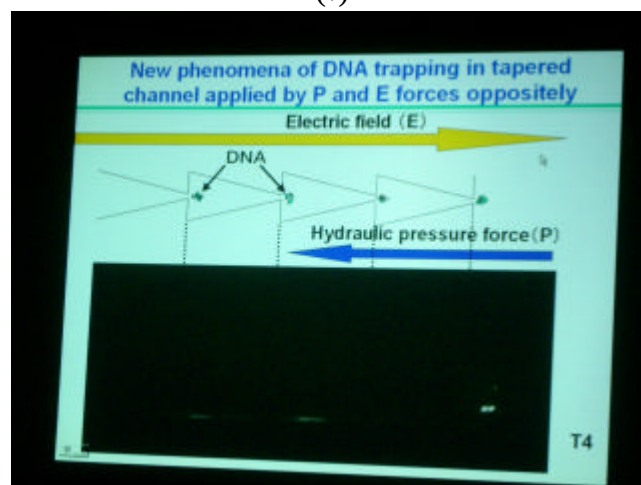
(t)



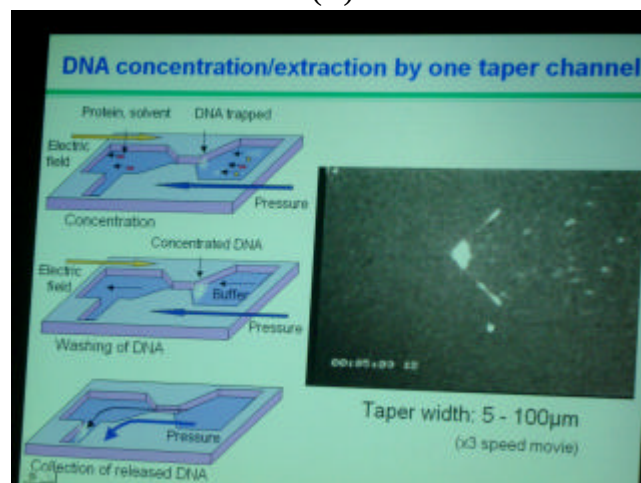
(u)



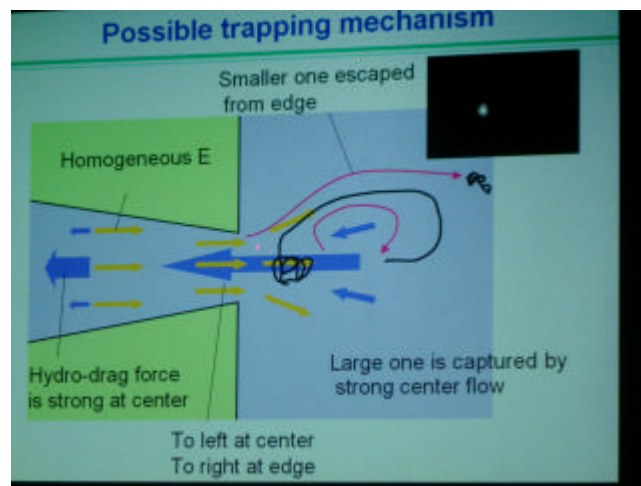
(v)



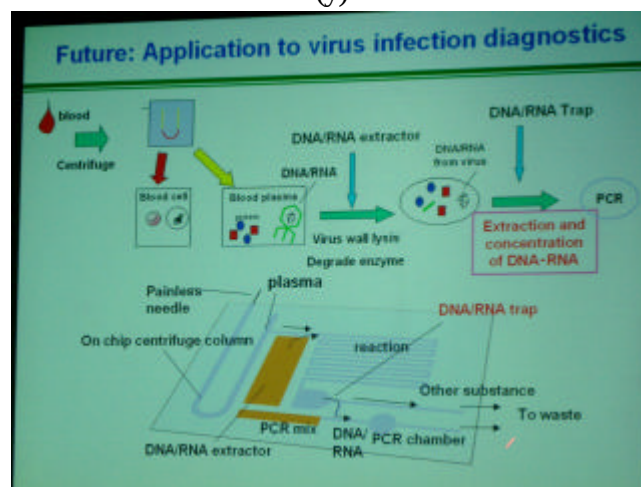
(w)



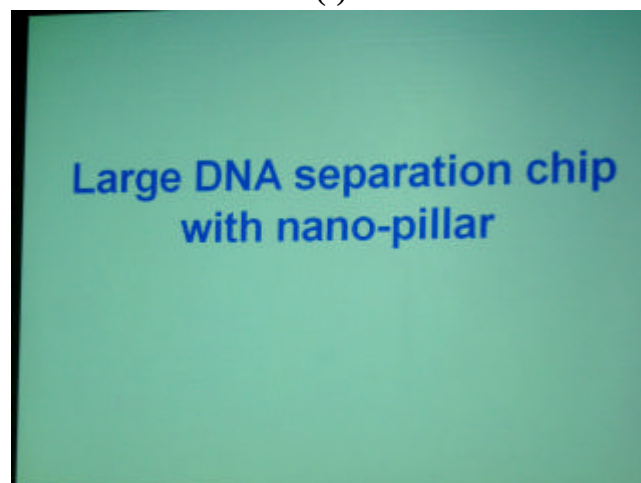
(x)



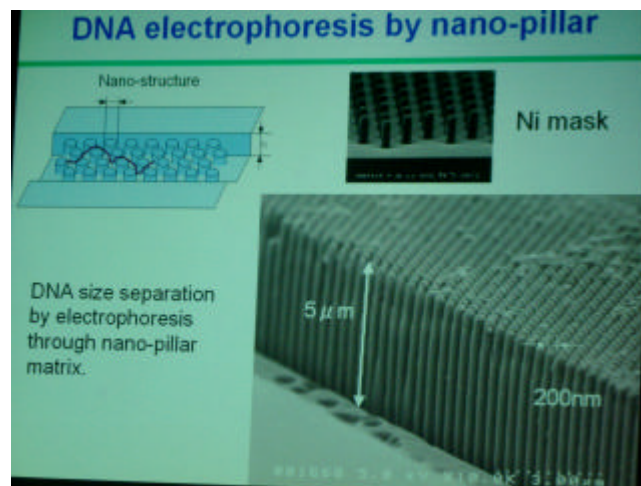
(y)



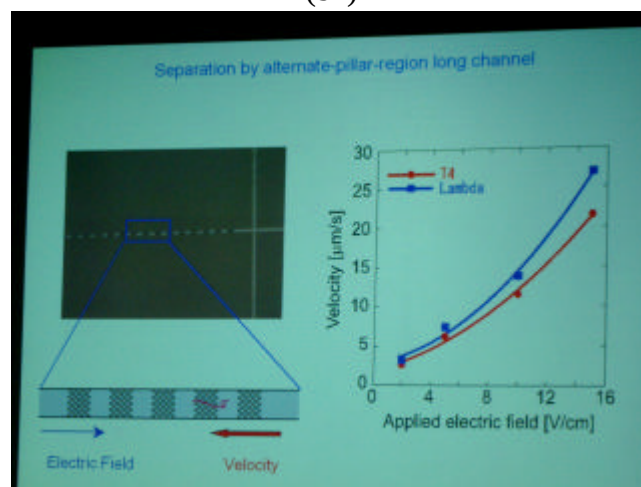
(z)



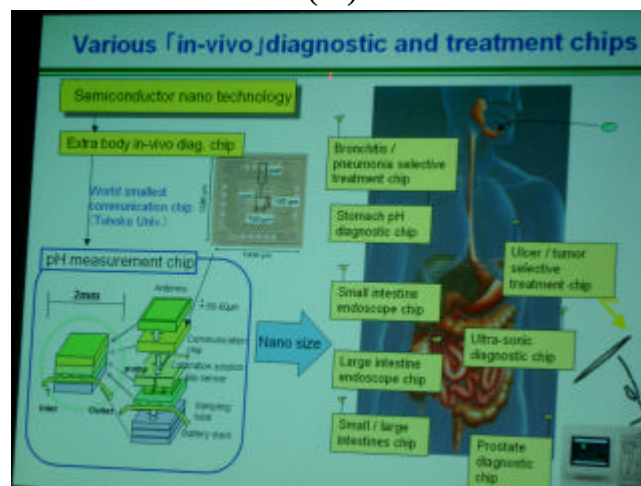
(a1)



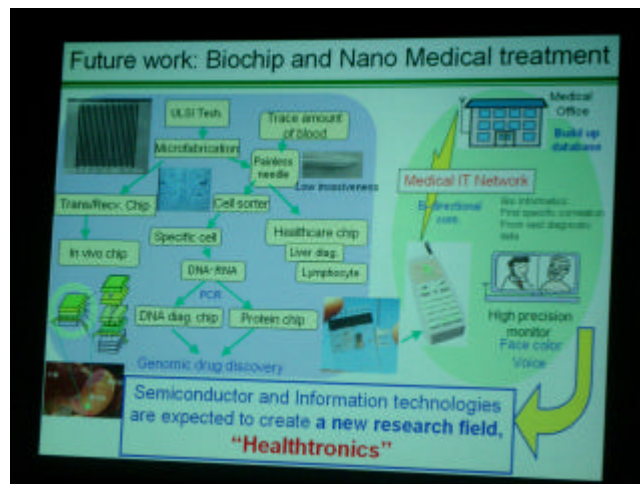
(b1)



(c1)



(d1)



(e1)

[堀池教授 Video 1](#)

(f1)

[堀池教授 Video 2](#)

(g1)

[堀池教授 Video 3](#)

(h1)

[堀池教授 Video 4](#)

(i1)

[堀池教授 Video 5](#)

(j1)

[堀池教授 Video 6](#)

(k1)

Figure 24. Photos of 堀池靖浩之研究工作(投影片及影片)

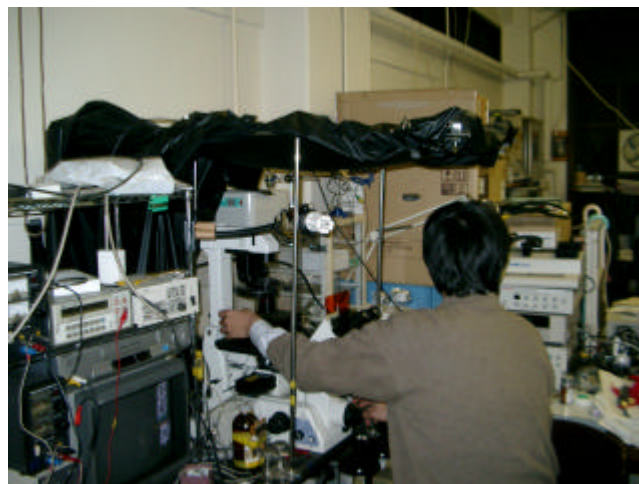


(a) Photos of 高井??? 博士(Dr. Madoka Takai, Research Associate, Microfabrication Engineering Lab., Dept. of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, takai@micro.mm.t.u-tokyo.ac.jp)及高村禪博士(Dr. Yuzuru Takamura, Research Associate, Microfabrication Engineering Lab., Dept. of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, takamura@micro.mm.t.u-tokyo.ac.jp) (from left to right)

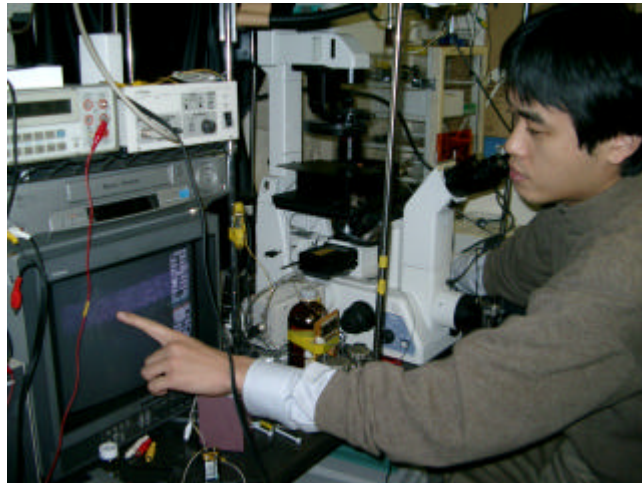


(b)

Figure 25. 堀池靖浩教授之研究團隊成員

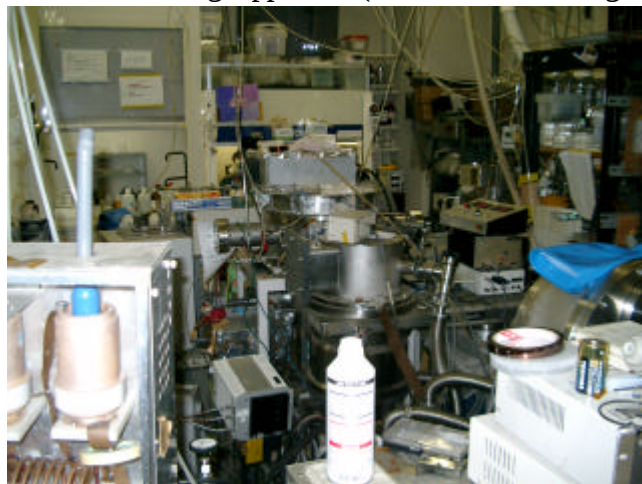


(a) 高村禪博士(Dr. Yuzuru Takamura, Research Associate, Microfabrication Engineering Lab., Dept. of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, takamura@micro.mm.t.u-tokyo.ac.jp)展示其基因分離裝置(該團隊所提出之利用聚集型式與非聚集型式之微結構柱狀結構來進行 DNA 分離的方法乃是由高村博士提出)



(b) 高村禪博士(Dr. Yuzuru Takamura, Research Associate, Microfabrication Engineering Lab., Dept. of Materials Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, takamura@micro.mm.t.u-tokyo.ac.jp) 說明基因分離裝置之效應(目前該團隊使用 160 base-pair T-細胞及 40 base-pair 之 Lambda 細胞來進行分離比較)

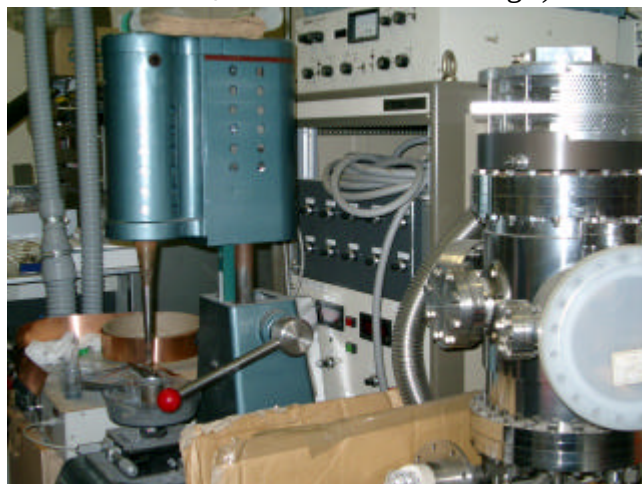
(c) Glass-Glass Bonding Apparatus (可產生 1Million Kg 之壓力)



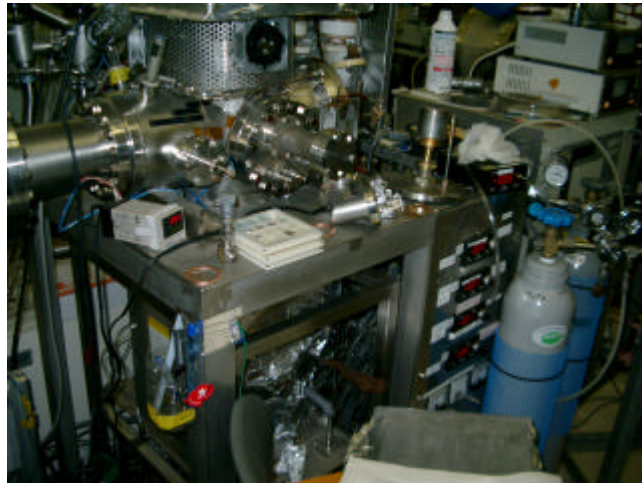
(d) 自製之 Plasma Etching 系統



(e) 自製之 Sputtering 系統，可交替濺鍍不同材料（後面金屬板所列即為目前哪些材料可被濺鍍，同時其接在那個 Target）



(f) 超音波焊接機



(g) 自製之 RIE 設備

Figure 26. 堀池靖浩教授研究團隊設備，除前述設備外，尚有 laser beam lithography、e-beam lithography(寫 Mask，而後用 Contact copy 來轉移 Pattern)、小型射出機等

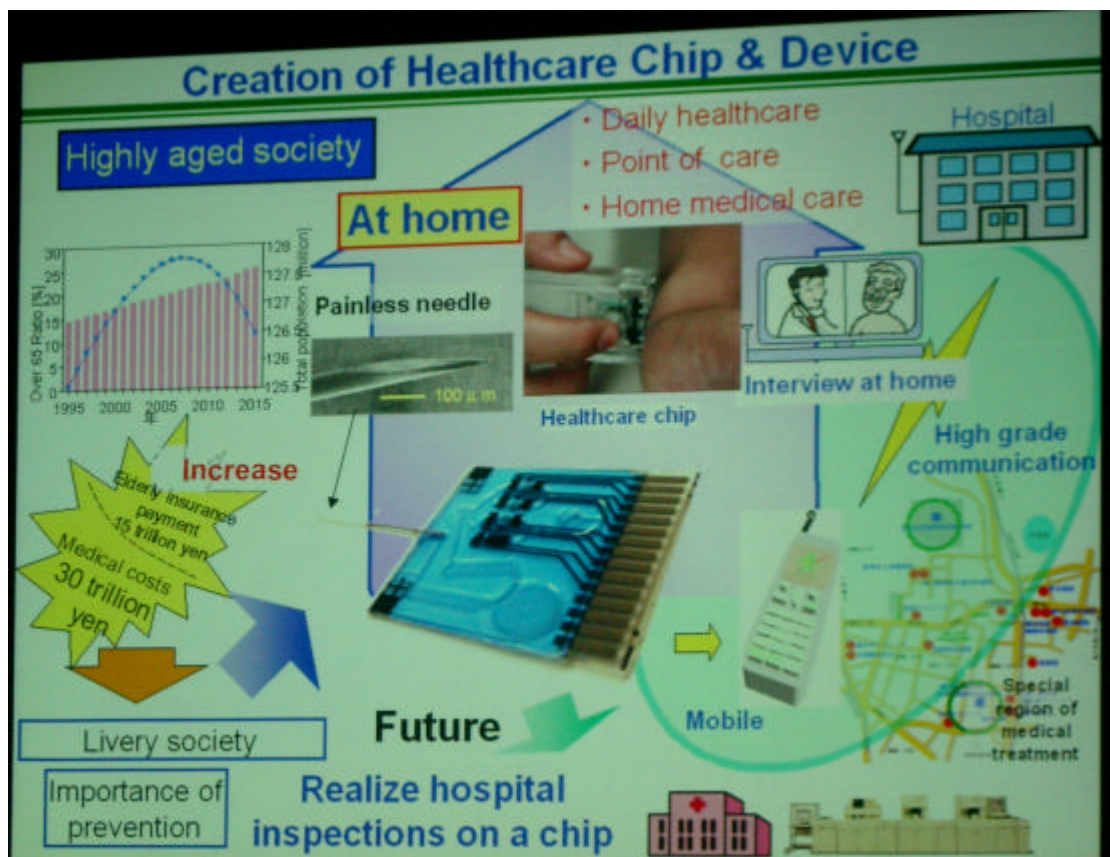


Figure 27. 堀池靖浩教授所提出之將無線生醫檢測系統整合於一個醫療特區之計劃

4. 日本東北大學多元研研究所(Tohoku University)：

甲、我方代表團於上午五點四十分從所居住之旅館出發前去搭乘新幹線前往仙台，沿途風景秀麗，富士山遙遙相望(Fig. 28)，代表團於九點四十五分進入東北大學多元物質科學研究所拜會，由宮下德治教授 (Dr. Tokuji Miyashita, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Katahira 2-1—1, Aoba-Ku, Sendai 980-8577, Japan, Tel: 022-217-5637, Fax: 022-217-5642, e-mail: miya@tagen.tohoku.ac.jp) (Fig. 29)介紹日方目前奈米科技相關資料 (Fig. 30)及東北大學新設立之奈米中心。



Figure 28. Photos of 富士山



Figure 29. Photos of 宮下德治教授

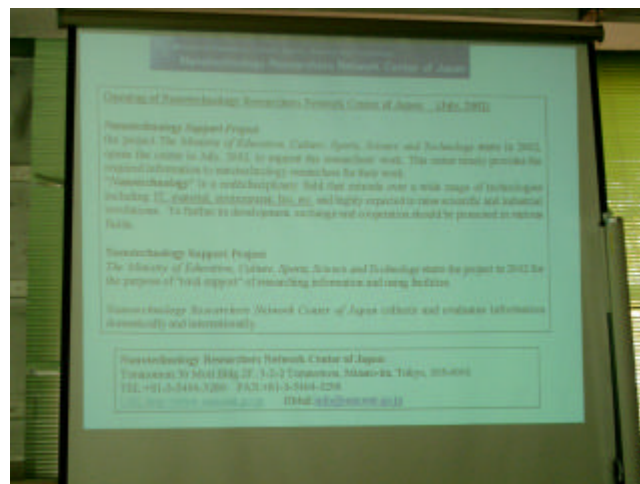
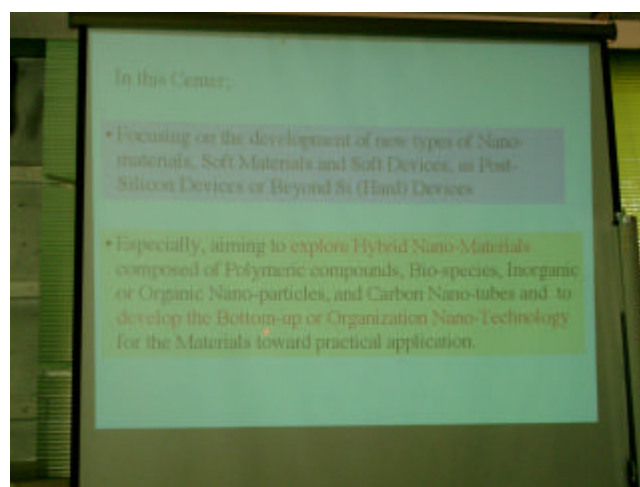
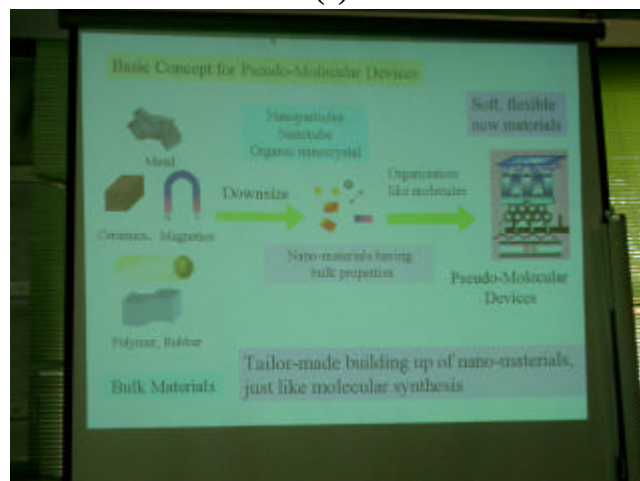


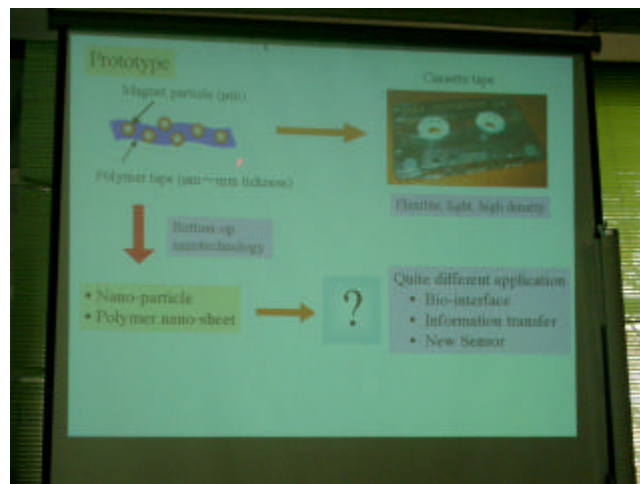
Figure 30. 日本目前奈米科技相關網站及資料



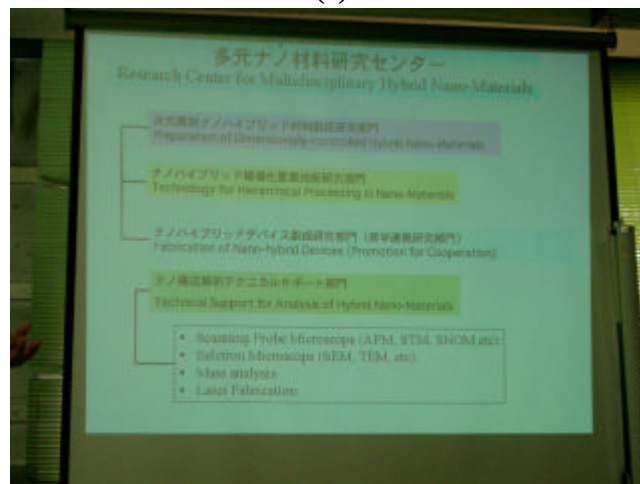
(a)



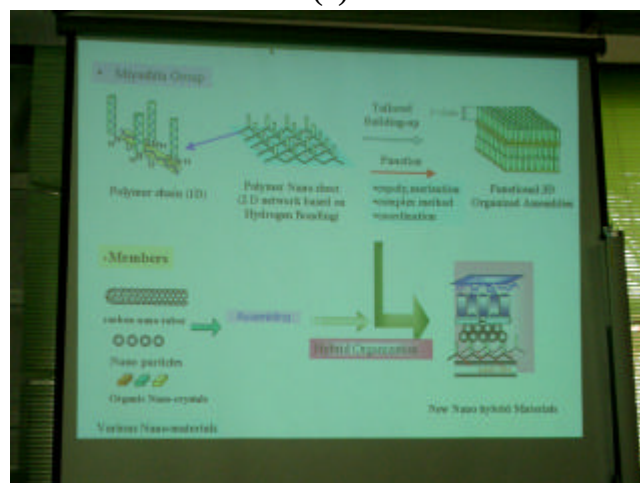
(b)



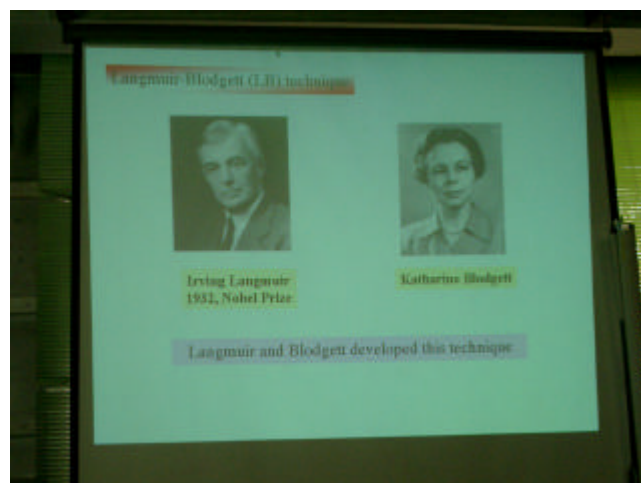
(c)



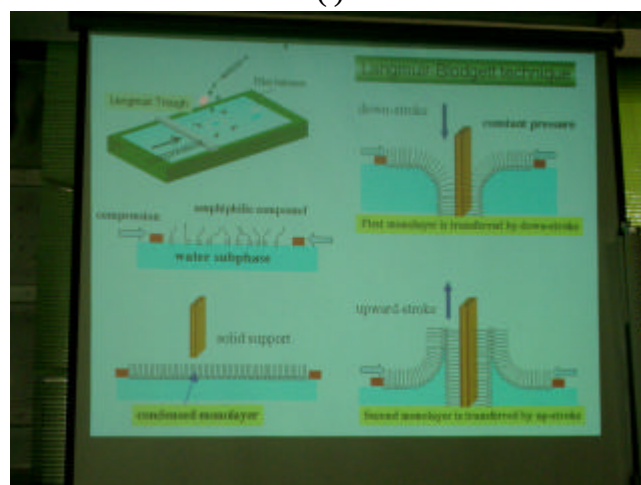
(d)



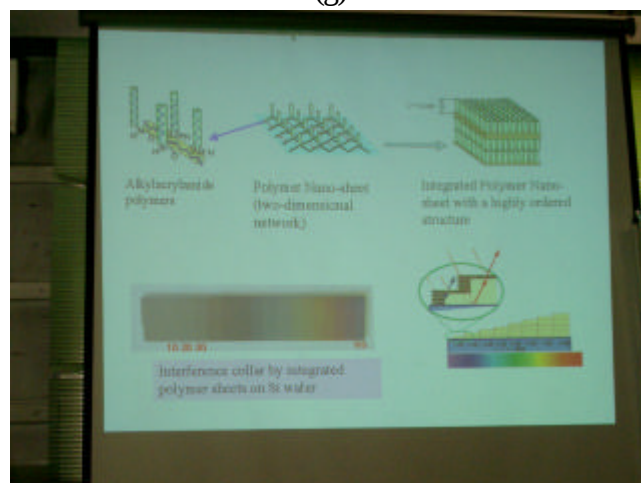
(e)



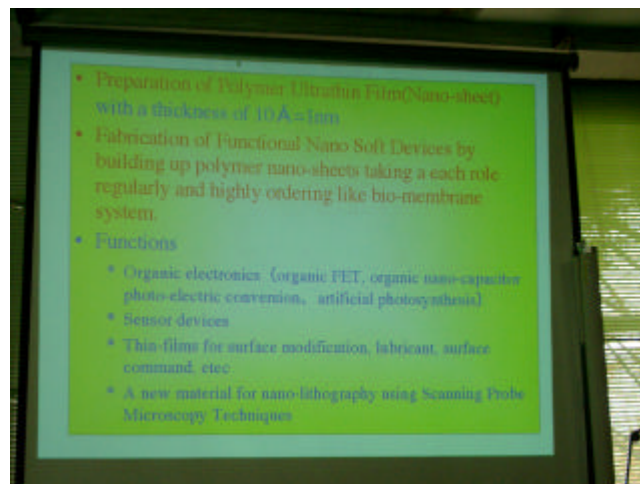
(f)



(g)



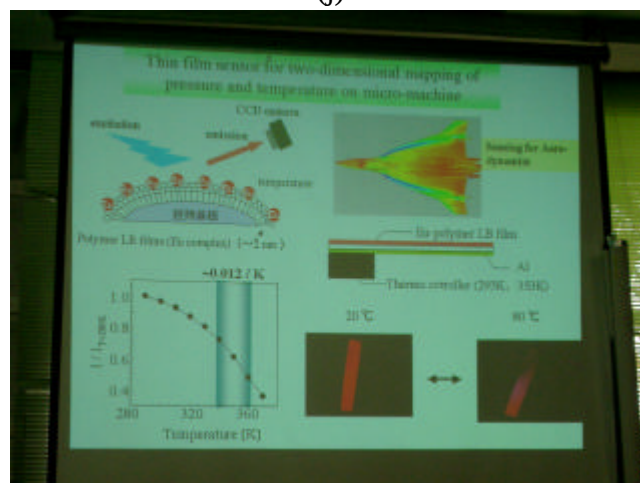
(h)



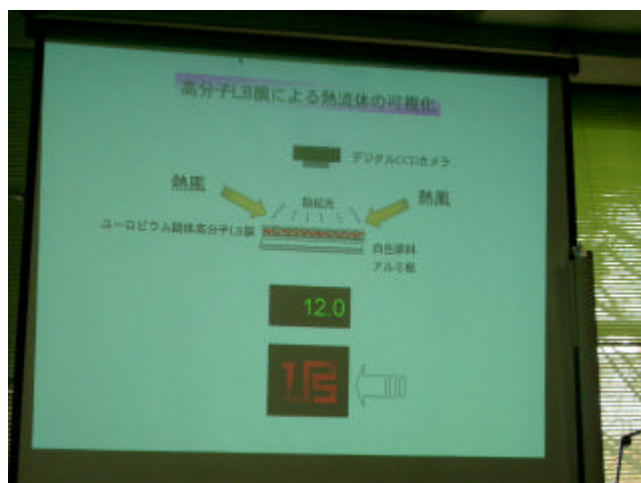
(i)



(j)



(k)



(1)

Figure 31. 東北大學新設立之奈米中心之研究重點

乙、東北大學新設立之奈米中心將考慮多元化之物質架構，旗下將有三個研究團隊(Fig. 31)，目前正建構新之研究大樓，研究之重點乃在材料而非科技。目前之研究重點將考慮利用聰明之奈米結構設計來進行材料設計，其中一個重要技巧即為使用 LB Technique。研究過程中將使用 LB 方法來建構各種奈米薄膜。宮下德治教授希望能控制奈米級之組裝，而不是完全 Self-Assembly，同時他還希望所完成之製程方法可以 Environmental Friendly，也就是在常溫常壓之條件下完成製備。

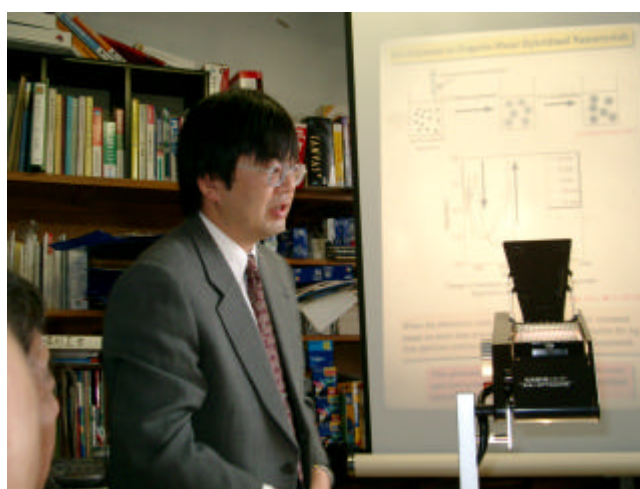
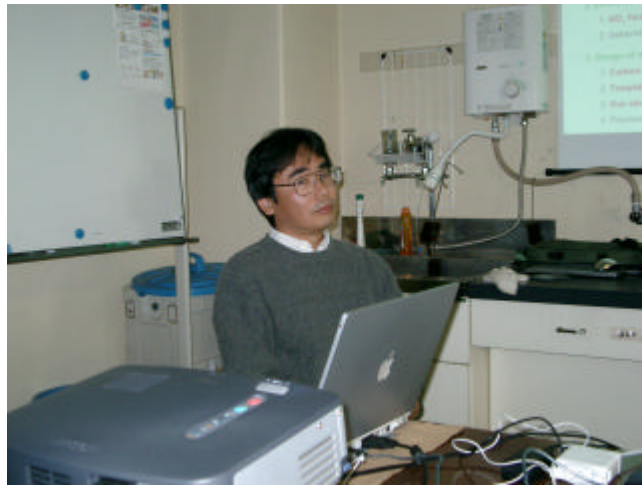


Figure 32. Photo of 岡田修司教授

丙、岡田修司教授(Dr. Shuji Okada, Associate Professor, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, okadas@tagen.tohoku.ac.jp) (Fig. 32) 介紹有機晶體方面之研究(投影片詳附件二)。



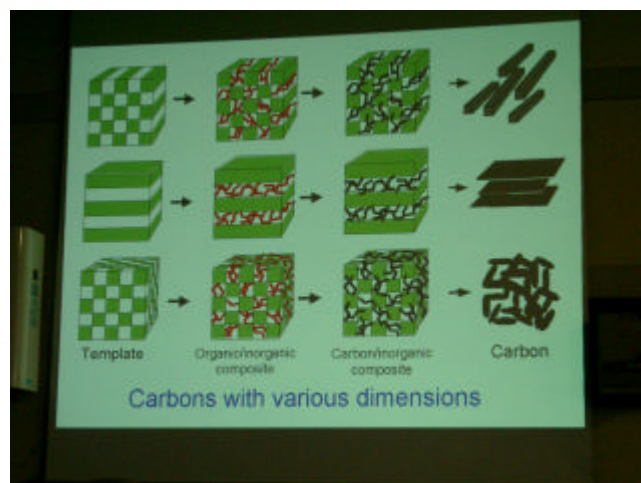
(a)



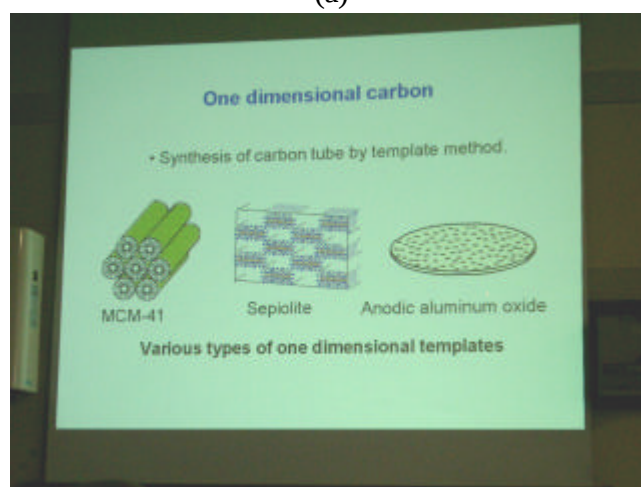
(b)

Figure 33. Photo of 富田彰教授(a)及京谷隆教授(b)

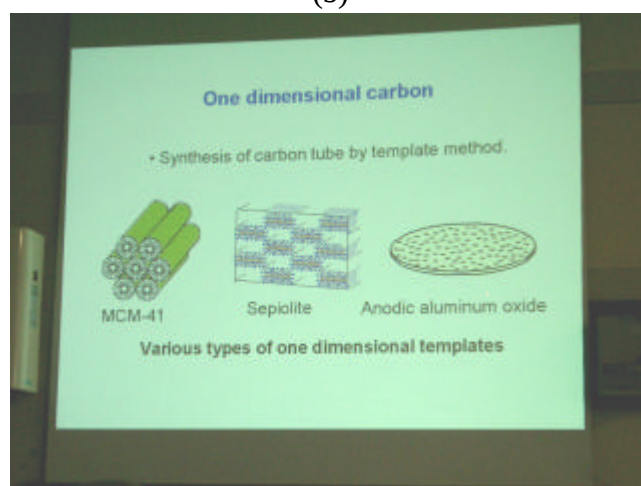
丁、富田彰教授(Akira Tomita, Professor, tomita@tagen.tohoku.ac.jp) 及京谷隆教授 (Takashi Kyotani, Associate Professor, Kyotani@tagen.tohoku.ac.jp) (Fig. 33)介紹有關 CNT 之研究，其研究重點中有許多關於 CNT Field Emission Display 之研究(Fig. 34)，此一研究團隊使用 Zeolite 作為 Template 來進行各種具特定結構之 CNT 複合材料，其研究成果如 Fig. 34 所示，所完成碳之表面積高達 $3600\text{m}^2/\text{g}$ 為全球最高，其 Pore size 為 1nm 。



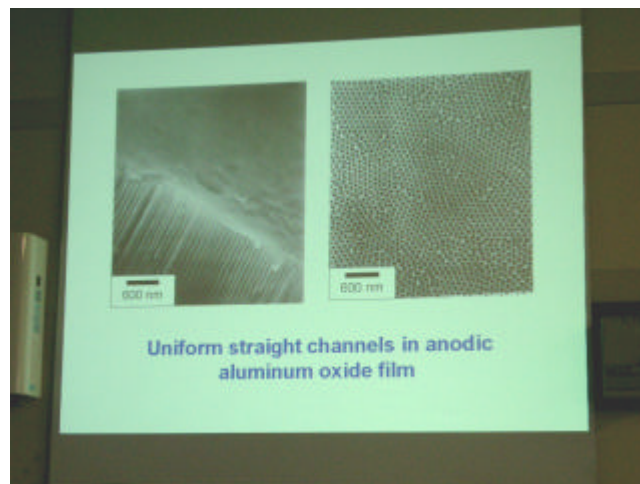
(a)



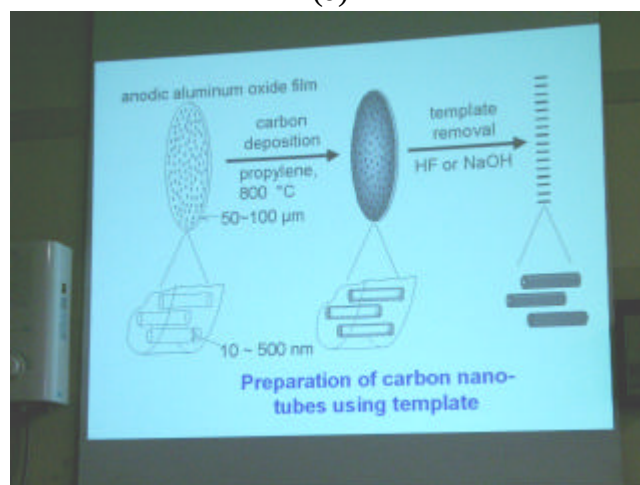
(b)



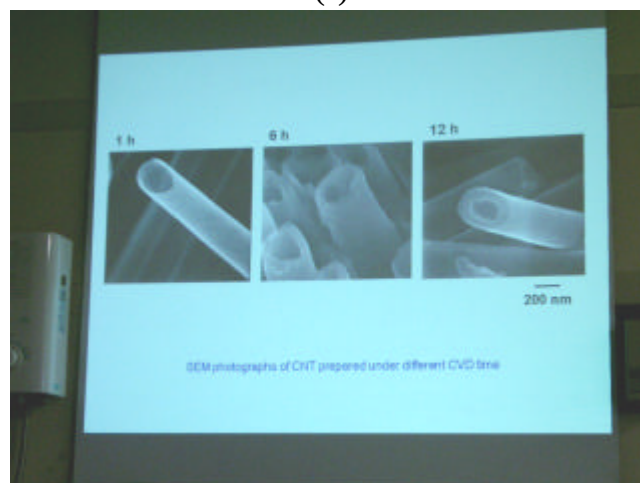
(c)



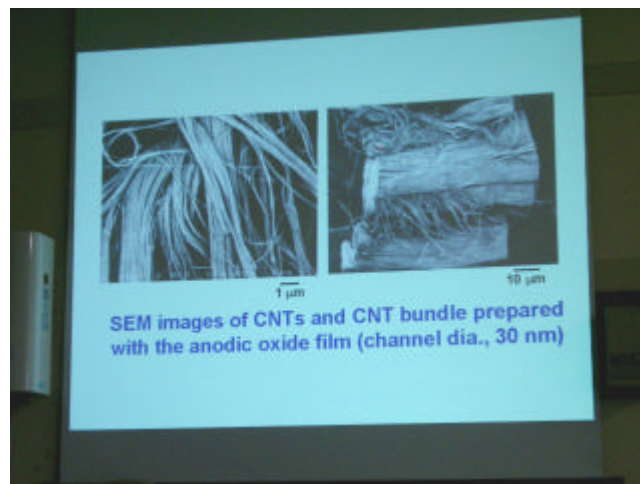
(d)



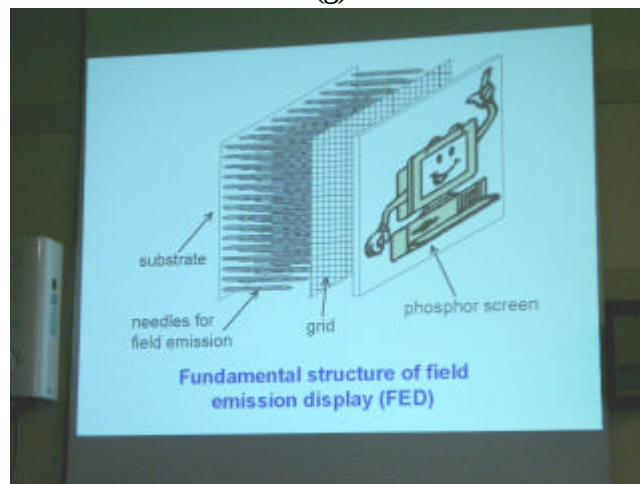
(e)



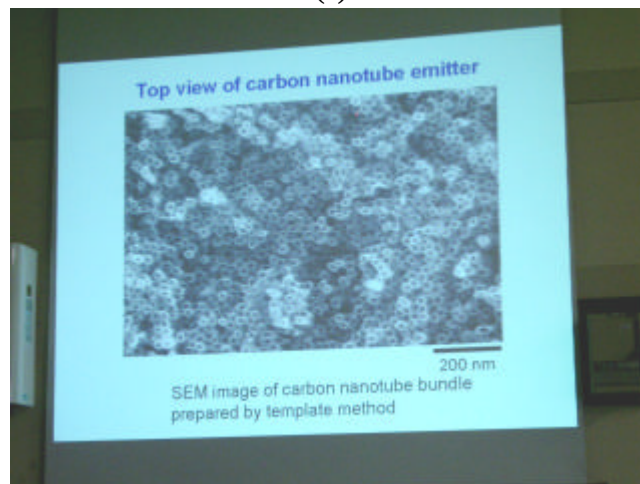
(f)



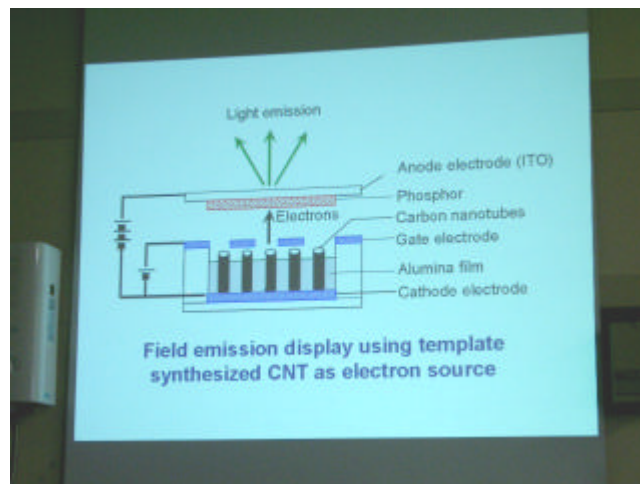
(g)



(h)



(i)

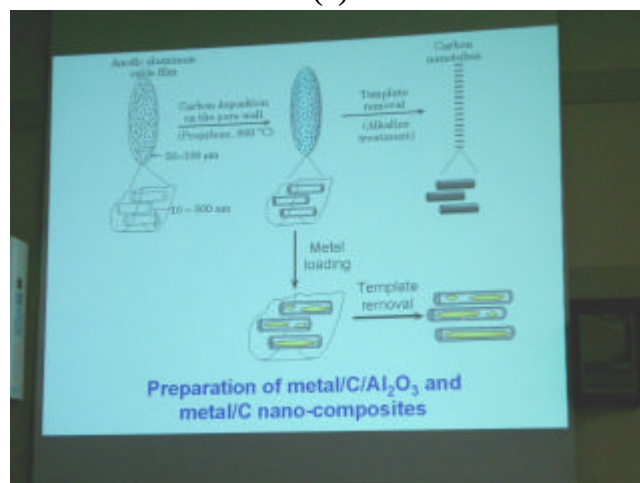


(j)

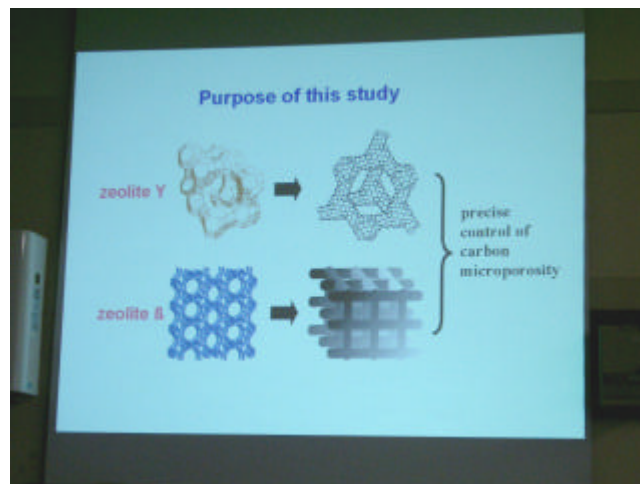
Turn-on field of electron emission from several types of emitters

Type of emitter	Turn-on field (V/ μm)	Remark
template-synthesized CN	0.4	This work
MWNT from arc-discharge	0.8	See Electronics (1995)
template-synthesized CN	30 – 40	Univ. Toronto (1999)
template-synthesized CN	1.9 – 2.1	Pohang Univ. Sci. Techn. (2001)
catalytically-synthesized CN	4.8	Advanced Technology Materials (1999)
catalytically-synthesized CN	1.3	Univac (2000)
MWNT from arc-discharge	3	Samsung (2000)
MWNT from arc-discharge	2	Samsung (2000)
template-synthesized Cu nanowires	40 – 70	Univ. Toronto (1996)
oriented SiC nanowire	0.9	Hong Kong (2000)
Spinel type metal emitter	about 100	

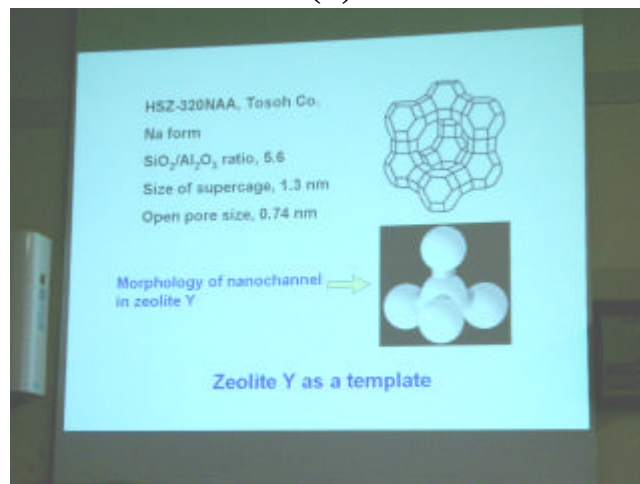
(k)



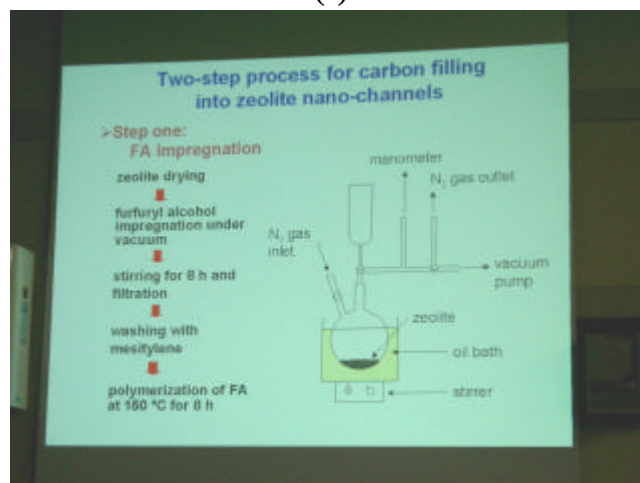
(l)



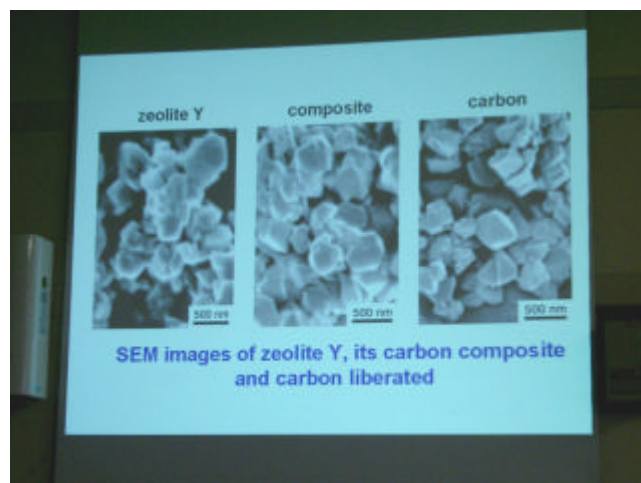
(m)



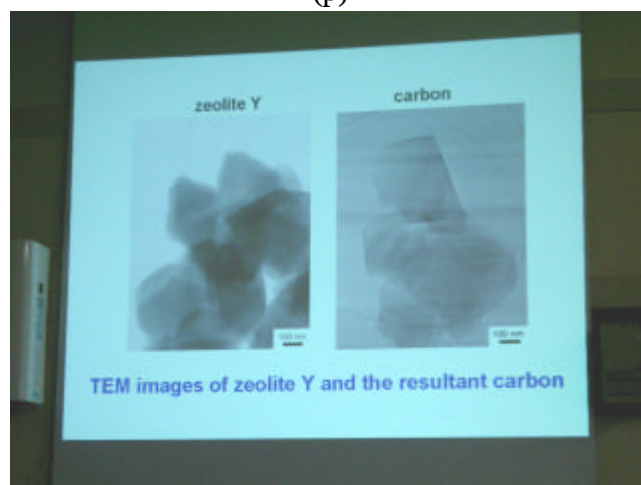
(n)



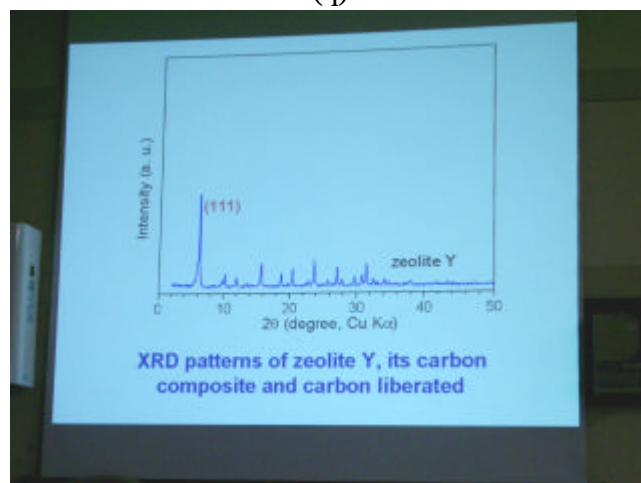
(o)



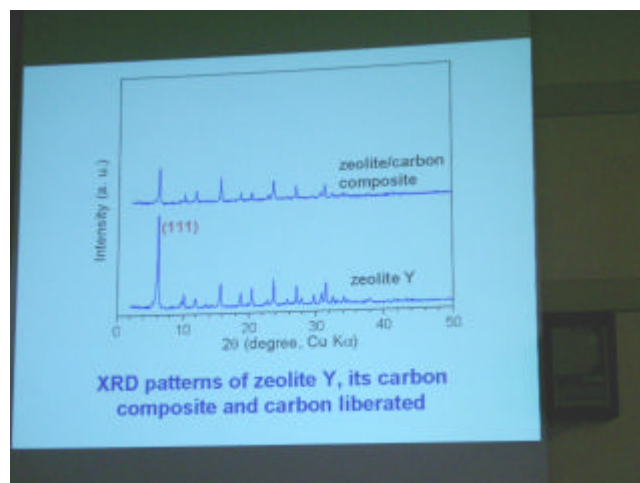
(p)



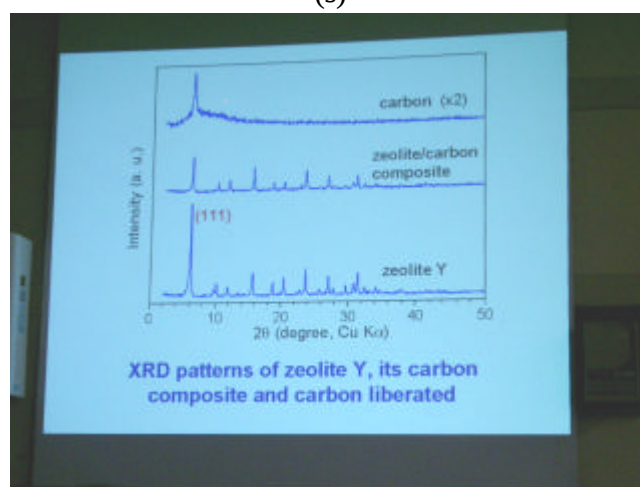
(q)



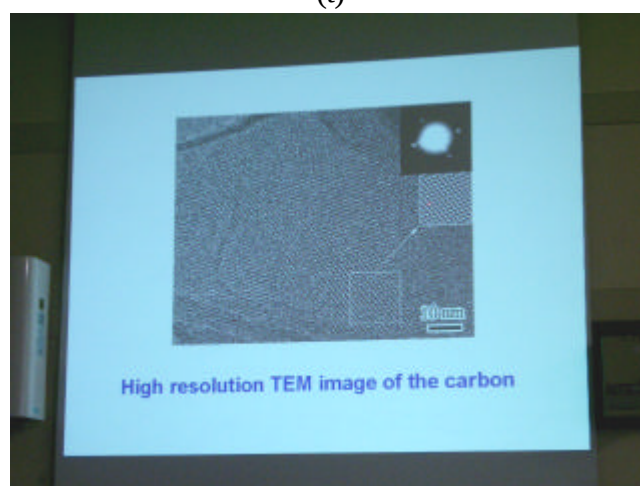
(r)



(s)



(t)



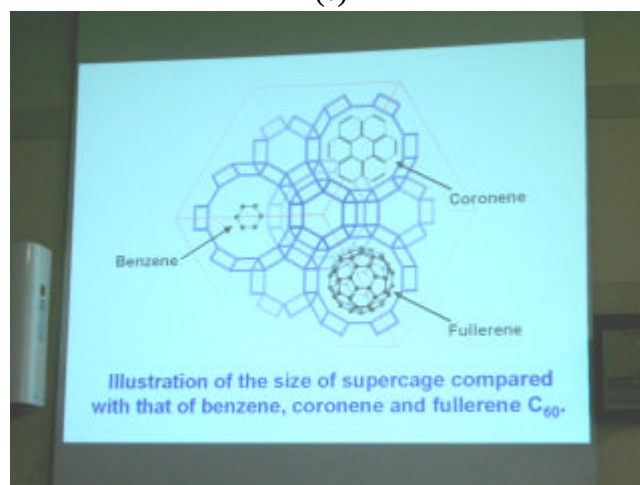
(u)

Pore structures of the high surface area carbons

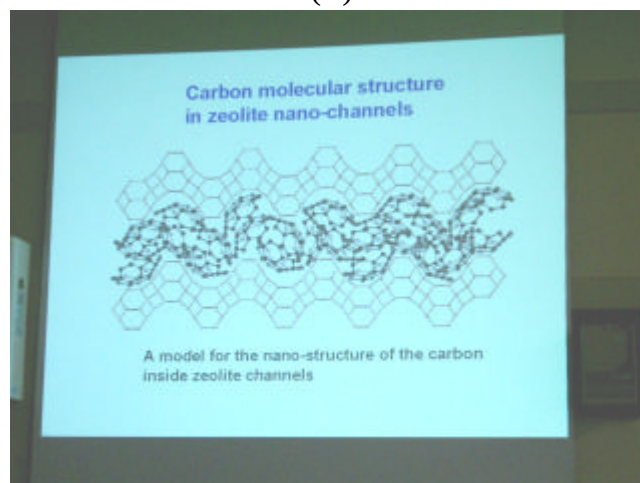
Sample	S_{BET}^{*1} (m^2/g)	V_{meso} (cm^3/g)	V_{macro} (cm^3/g)
this carbon	3800	1.5	0.06
KOH activated carbon (AX-21)	3200	1.0	0.8
activated carbon fiber (A-20)	1900	0.7	0.4

*1 calculated from the data in the P/P_0 range of 0.01 - 0.05

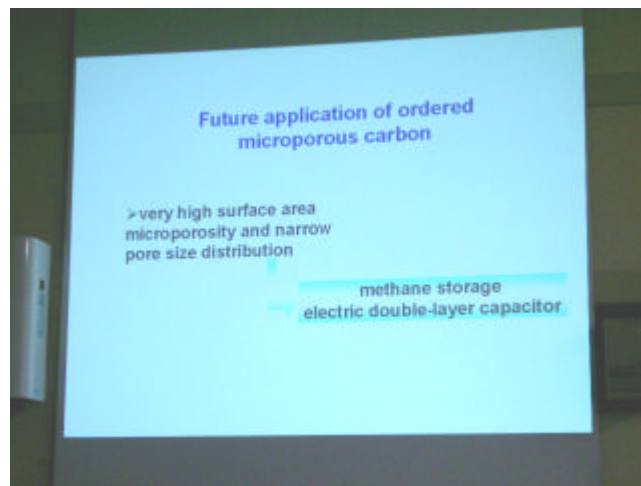
(v)



(w)



(x)



(y)

Figure 34. 富田彰教授團隊之研究成果(Presented by 京谷隆教授)



Figure 35. 栗原和枝教授報告其研究團隊之研究成果

戊、栗原和枝教授(Professor Kazue Kurihara, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Katahira, Sendai 980-8577, Japan, Tel & Fax: +81-22-217-5673, email: kurihara@tagen.tohoku.ac.jp) 報告其研究團隊有關固-液界面微奈米流體及其表面張力之摩耗、量測等方面的研究成果(Fig. 36 及論文詳見附件三)





(c)



(d)



(e)



(f)



(g) 以光譜儀量測薄膜厚度之設備
Figure 36. 栗原和枝教授研究團隊之研究成果

己、張濤教授(zyc@mail.cc.tohoku.ac.jp) (Fig. 37)介紹非晶系金屬之各種應用(Fig. 38)。



Figure 37. Photo of 張濤教授



(a)



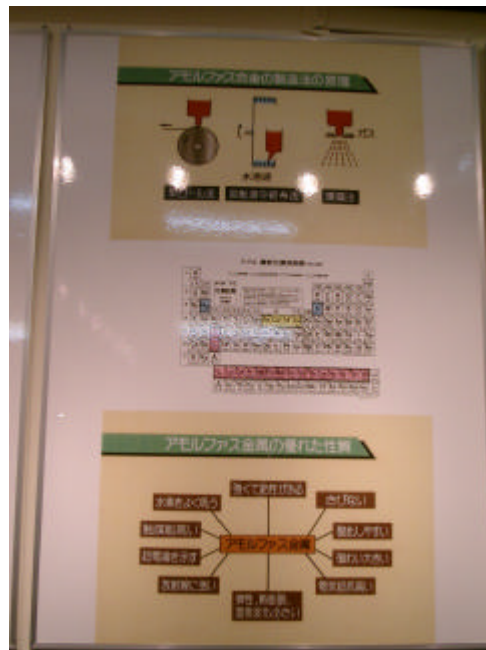
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Figure 38. 張濤教授所屬團隊之研究成果(Presented by 張濤教授)

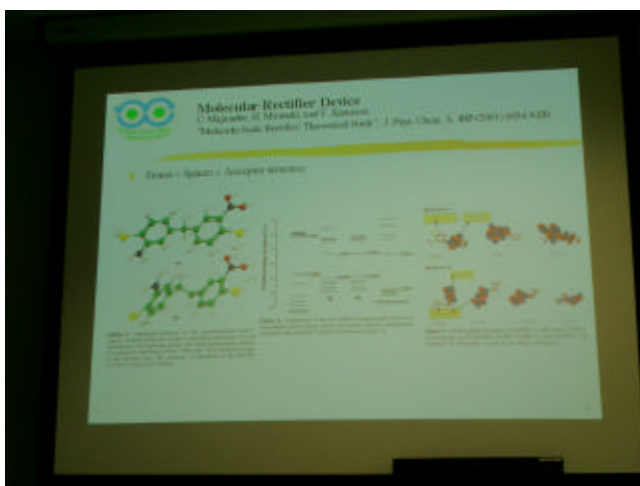
庚、余京智教授(yu@imr.edu) (Fig. 39)及水？ 博志博士(Dr. Hiroshi Mizuseki, Research Associate, Laboratory for Advanced Materials, Materials Design, mizuseki@imr.edu) (Fig. 40)介紹材料理論計算中心之各種成果(Fig. 41)。



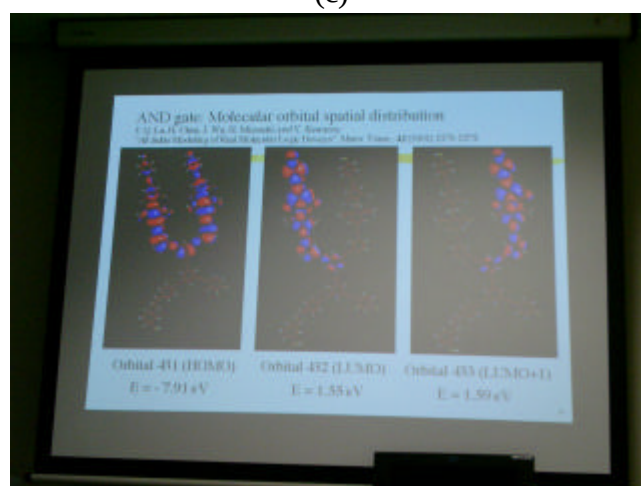
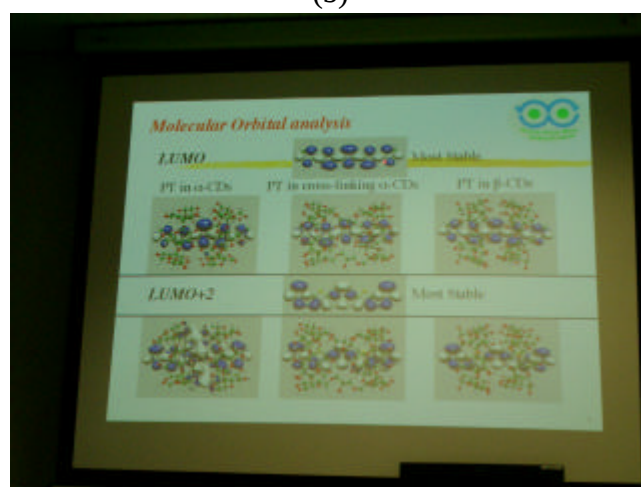
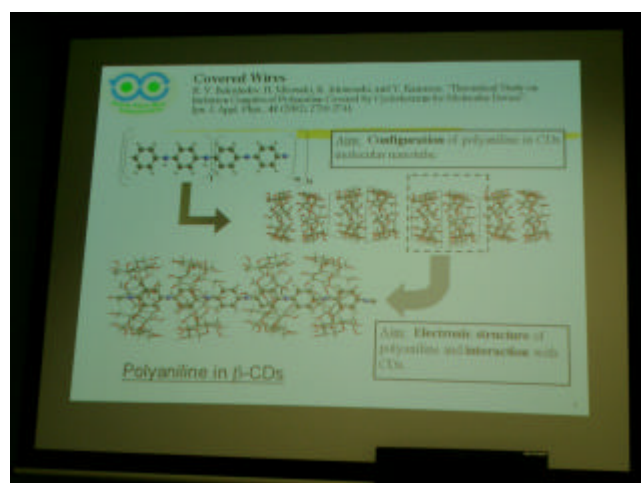
Figure 39. Photo of 余京智教授

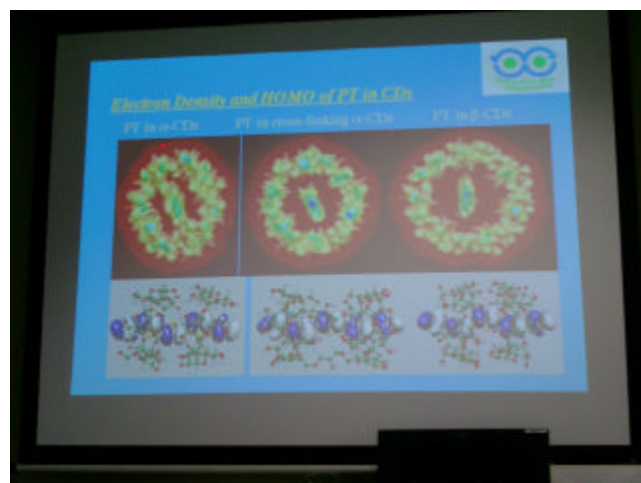


Figure 40. Photo of 水? 博志博士

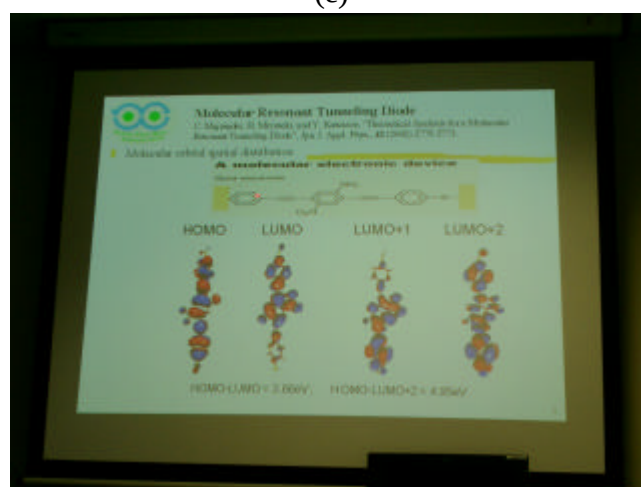


(a)

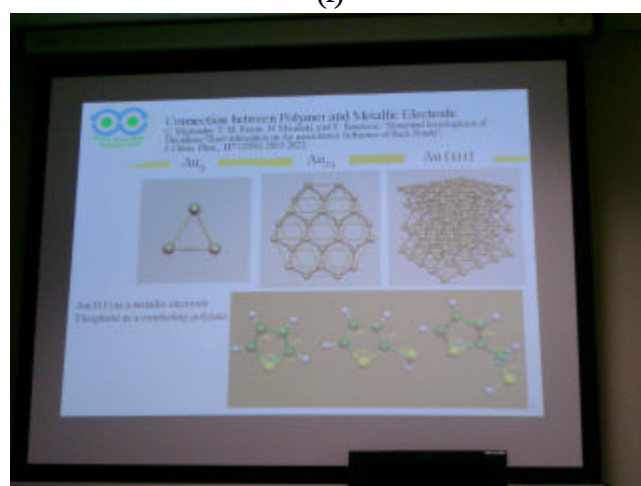




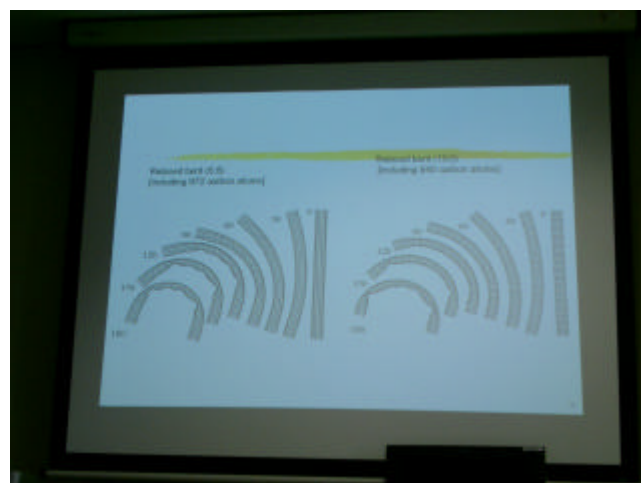
(e)



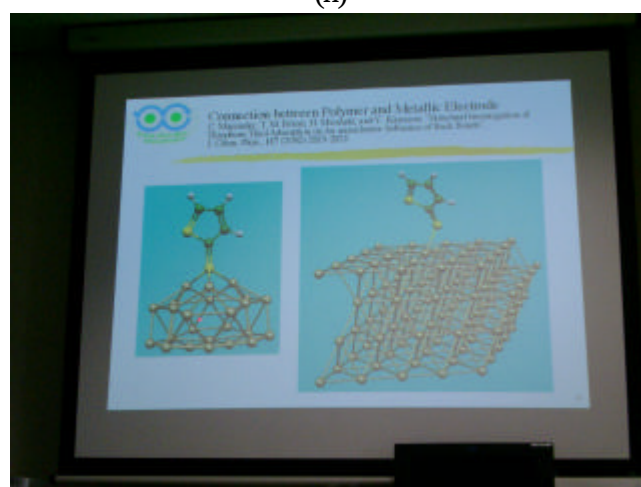
(f)



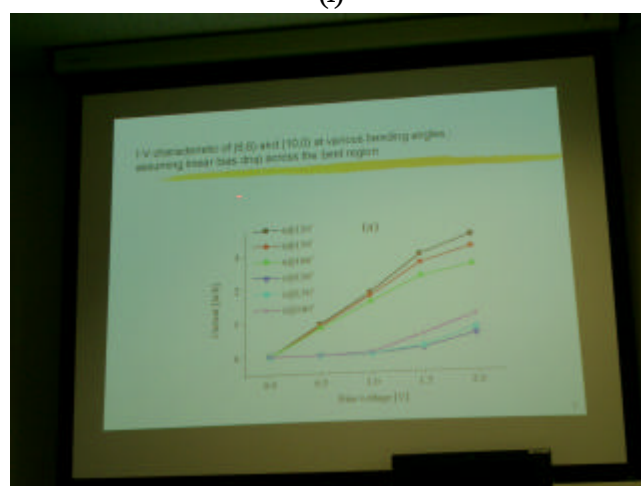
(g)



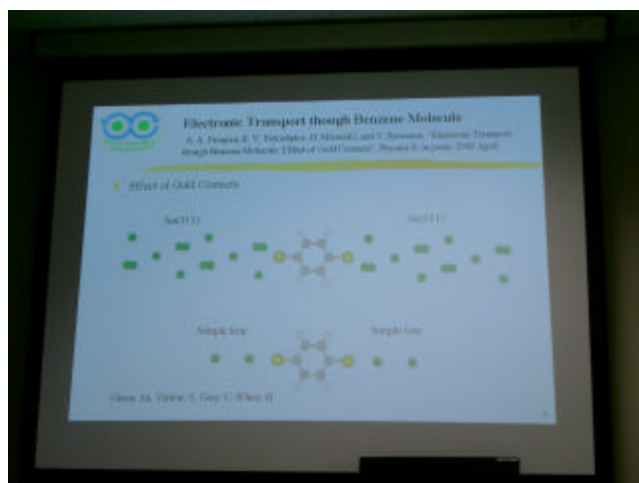
(h)



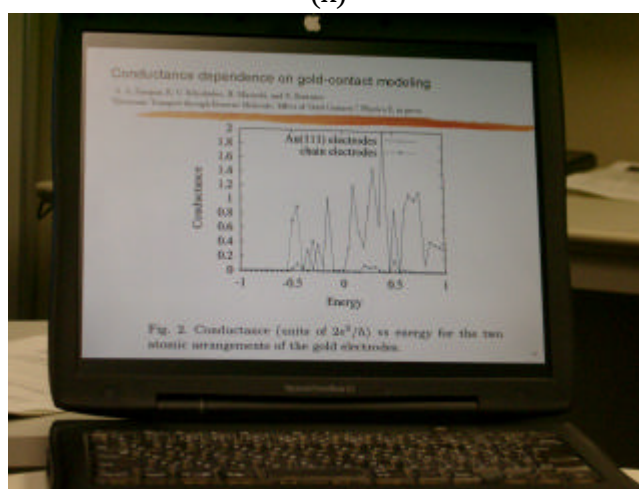
(i)



(j)



(k)



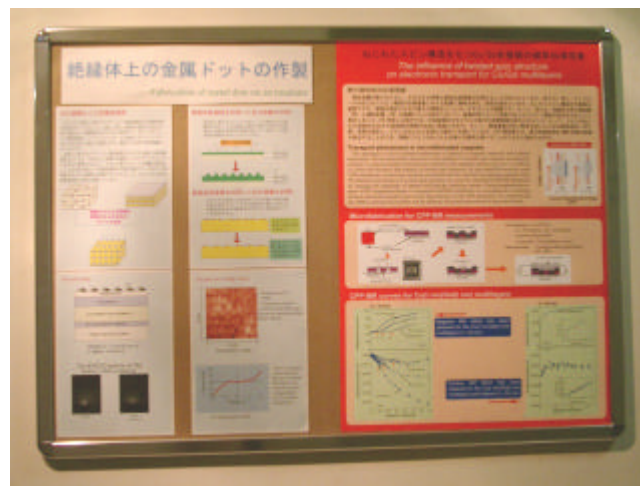
(l)

Figure 41. 理論計算中心之部分研究成果(Presented by 水? 博志博士)

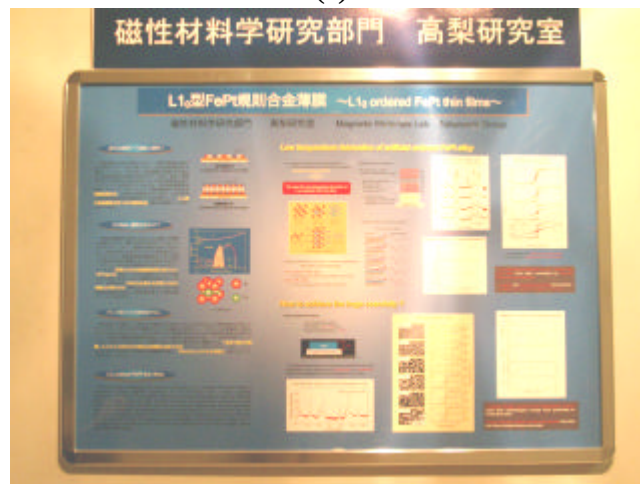
辛、高梨弘毅教授(Dr. Koki Takanashi, Professor, Institute for Materials Research, Tohoku Univ., koki@imr.tohoku.ac.jp) (Fig. 42)介紹各種奈米磁性材料及其相關研究(Fig. 43)。



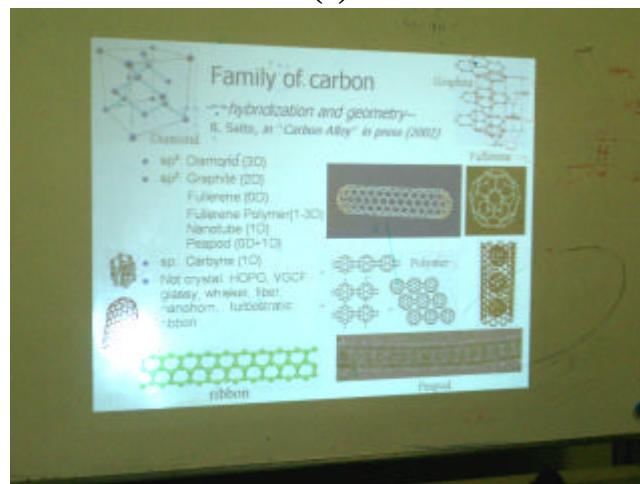
Figure 42. Photo of 高梨弘毅教授



(a)



(b)



(c)



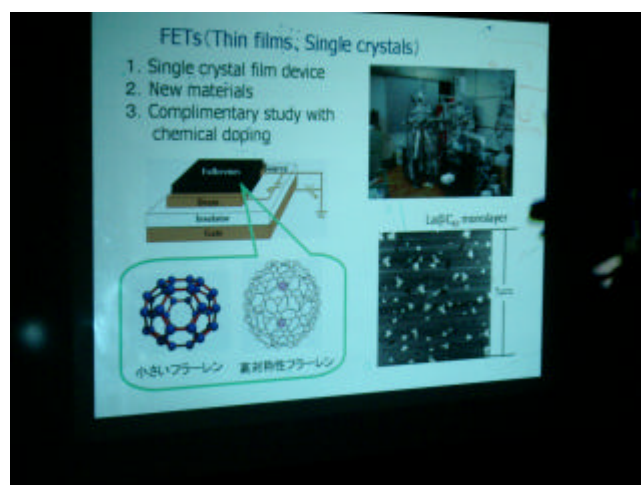
(d)

Figure 43. 高梨弘毅教授之部分研究成果

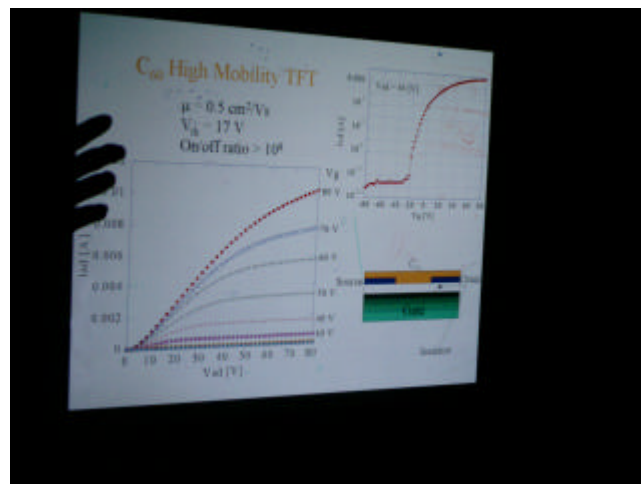
壬、岩佐義宏教授(Dr. Yoshihiro Iwasa, Professor, Institute for Materials Research, Tohoku Univ., Iwasa@imr.tohoku.ac.jp) (Fig. 44)介紹各種 CNT 相關之奈米裝置(Fig. 45)。



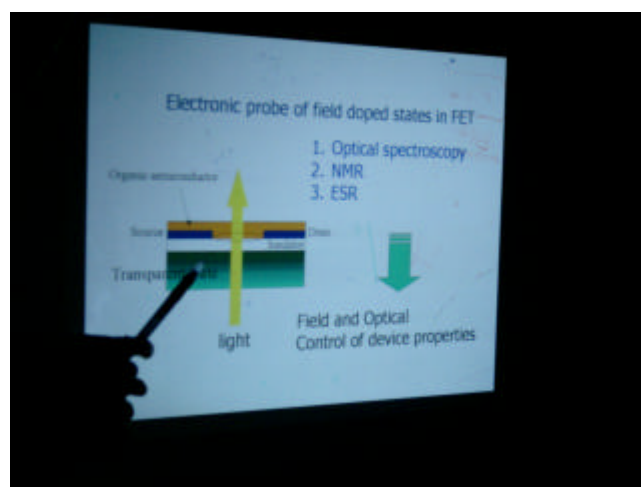
Figure 41. Photo of 岩佐義宏教授



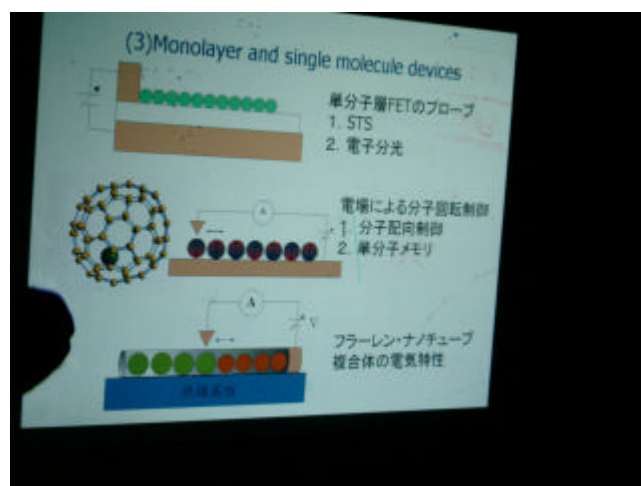
(a)



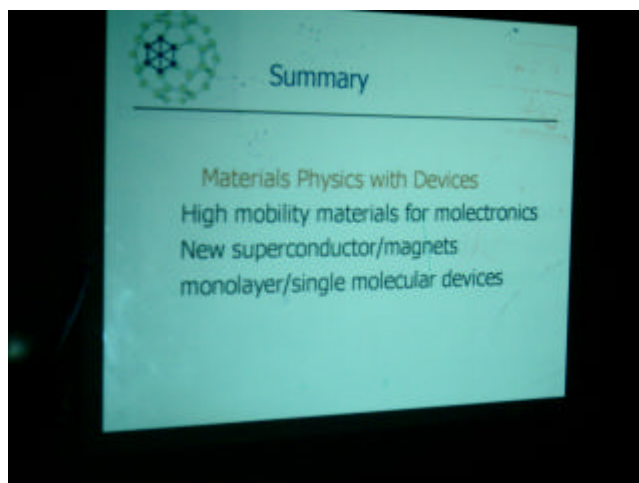
(b)



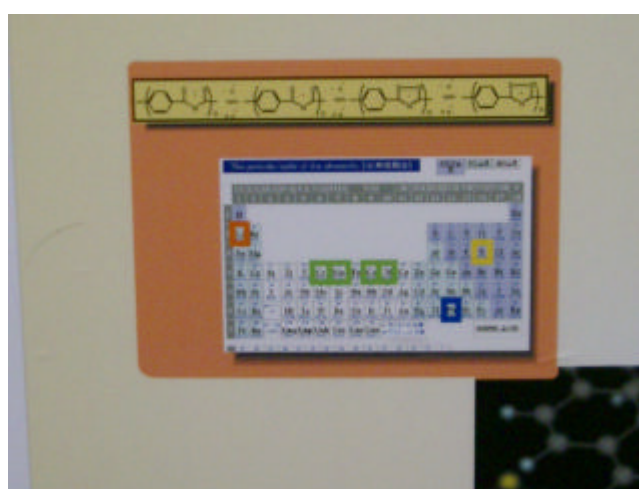
(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 42. 岩佐義宏教授之部分研究成果

後記

1. 此次參訪，除前述所列多位參訪對象外，尚有幾位此次居中安排之教授及研究人員(Figs. 43-47)，此些人員為將來安排進行國際合作之可能人脈，故記錄於此。
2. 除前述所列資料外，尚有多元物質科學研究所簡介(附件四)及金屬研究所之理論計算中心成果(附件五)可供參考。
3. 此次參訪由所收集之資料來看，可以看出來收穫非常豐盛，由於日本大量投入奈米科技之研發，因此其於此一領域之進展可謂神速。同時由所有參訪研究單位之研究人力分佈可以看出，日本目前面臨雖然有大量之研究經費投入，但卻面臨高級研究人才不足之窘境，因此這些高級研究單位均表示非常歡迎我國送博士班學生或博士後人員來日本參與其研究計畫，此一現象不僅在學校如此，即連此次所參訪之 NTT 及 NIMS 等單位亦表示相同之歡迎之意，因此本報告所列之參訪資料及其詳細之聯絡資料，實可做為我國進行奈米科技研發時，尋求國際合作之參考資料。



Figure 43. 楊弘敦處長及藤森啟安名譽教授(Dr. Hiroyasu Fujimori, Emeritus Professor, Tohoku University, Director for Research Coordination, The Research Institute for Electric and Magnetic Materials, ex-Director of Institute for Materials Research, e-mail: fujimori@imr.tohoku.ac.jp)(from left to right)



Figure 44. 新榮教授(Dr. Shin-ei Ryu, Guest Professor, New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University, sryu@mems.mech.tohoku.ac.jp; ex-Director of Rikon)



Figure 45. 張濤教授(東北大學金屬材料研究所助教授 , Dr. Tao Zhang, Associate Professor, Institute for Materials Research, Tohoku University, zyc@mail.cc.tohoku.ac.jp)、裘進浩教授(東北大學流體科學研究所助教授 , Dr. Jinhao Qiu, Associate Professor, Institute of Fluid Science, Tohoku University, qiu@ifs.tohoku.ac.jp)、及李世光教授(from left to right)



Figure 47. 谷順二教授(Director, Professor, Dr. Junji Tani, Institute for Fluid Science, Tohoku University, Tel: +81-22-217-5300/5247, Fax: +81-22-217-5300/5247, e-mail: tani@ifs.tohoku.ac.jp)及李世光教授(from left to right)



Figure 47. 牟中原教授及張建六博士(Chienliu Chang, Post Doctoral Fellowship, Doctor of Engineering, Venture Business Laboratory, Tohoku University, clchang@mems.mech.tohoku.ac.jp)(from left to right)