

CCOP/IOOE Workshop on Metallogenesis and Tectonic Patterns in East and Southeast Asia 參 加 報 告

金 玉 準

1. 會議召集：目的과 性格

CCOP는 Committee for Co-Ordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in Asian Offshore Areas의 略字이며 Bangkok에 本部를 둔 ECAFE이 산하의 한 委員會이다. 우리나라도 委員國이며 여기에서 發刊되는 Technical Bulletin 등은 우리들에게도 잘 알려져 있으므로 더 以上 說明이 必要없을 줄 안다.

IOOE는 International Decade of Ocean Exploration의 略字이다. 海洋科學研究調整을 目的으로 UNESCO 산하에 Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)이 設置되었고 IOC의 主된 計劃으로서 Long-Term and Expanded Programme of Oceanic Exploration and Research(LEPOR)가 採擇되었다. 특히 이 研究를 助成하는 LEPOR의 첫째 事業으로서 IOOE가 如作되어 費用自擔原則下에 各國에 IOOE가 設立 推進中에 있는 것이다. 예를 들면 美國의 US-IOOE가 代表의인 것이다. US-IOOE는 National Science Foundation에 設置되어서 US-NSF-IOOE도 通하며 實質的으로 世界의 IOOE project의 大部分을 獨自的 또는 他國의 IOOE와 協同하여 調查研究事業을 推進中에 있는 것이다. IOOE Programme은 美國이 UN 總會에 提案하여 1968年 12월에 通過된 것으로서 LEPOR의 一部를 이루게 된 것으로, 그 目的은 各國의 利益을 爲하여 世界의 海洋資源과 海洋環境에 關한 知識을 增加시키기 爲하여 各國이 海洋研究에 協力하는데 있는 것이다.

CCOP가 IOOE와 共同事業을 推進케된 것은 CCOP의 Project Manager/Co-ordinator인 Dr. C. Y. Li의 努力이 컸든것은 말할나위도 없지만 1973年 4月 東京에서 열렸던 CCOP會議에서 이를 決定하므로서 實現케 되었든 것이다. 따라서 CCOP/IOOE會議는 各 關聯機構의 努力과 泰國政府를 代表한 泰國 National Research의 協助로 東部 및 東南아세아의 他構造와 鑛床生因에 關한 研究에 對하여 意見을 交換하고 어떠한 節次의

研究計劃을 樹立하자는데 그 目的이 있었다.

日本에서 부터 東南亞에 이르는 地域은 世界에서 가장 現著한 Mobile belt이고 Plate Tectonics와 關聯되어 研究되었고 또 앞으로 많은 研究가 이루어 져야만 할 地域이고, 또 이 tectonics와 關聯되어 鑛床成因(勿論 Hydrocarbon도 包含된다)을 규명하는데 適合한 地域이기도 하다. 따라서 本會議를 Workshop이라고 불렀고 어려운 科學的인 問題들을 다루는 高度의 科學的인 會合이었고 아울러 이 地域의 經濟開發에도 影響을 줄 수 있다는 點도 크게 考慮되었던 바로 안다.

2. 參加者와 會議進行

Workshop 自體가 뜻하듯이 이에 參加한 人士들도 全部가 그部門의 專門家와 著名學者들이었다. 우리 地調에 와 있던 Workman의 表現을 빌린다면 慧星과 같은 學者들만 모였다고 할 程度이다. 各國 有名大學과 地質調査所에서는 勿論이고 近來 Plate Tectonics와 密接된 研究所, 例컨데 Lanont-Doherty Geological Observatory (Columbia University), Scripps Institution of Oceanography(University of California)의 代表들, 그 외에 Geophysicist, 등 碩學들도 많았다. 筆者의 과문에도 佛의 X. Lepichon, 이스라엘의 Z. Ben-Avraham, 日本의 T. Tutsumi, 美國의 R. G. Coleman, W. Hamilton, J. R. Carray, W. Ludiwig等等 Plate Tectonics에 이름난 學者들도 많이 모였었다. 各國의 代表들의 人員과 參加機關을 一別하며 다음과 같다.

國 名	海洋大學 研究所	地調	其 他 研究所	會社	計
Australia	3	1	9	1	15
France	—	3	1	1	15
Germany	1	—	2	—	3
Indonesia	—	—	3	1	4
Israel	—	1	—	—	1
Japan	3	—	2	1	6
Korea	1	—	1	—	2
Malaysia	2	—	1	1	4

Philippines	—	—	1	—	1
Viet-Nam	—	—	1	—	1
Singapore	—	—	—	2	2
Thailand	4	4	8	2	1
U. K.	6	1	—	1	8
U. S. A.	1	4	4	6	15
計	21	14	24	16	75

執行부로서는 IDOE/NFS 2, IOC/UNESCO 1, UN DP 1, ECAFE 4, CCOP 8 등計 16名이었다. 위에서 보는바와 같이 大學과 그의 代表研究機關, 그리고 特殊研究機關의 學者들이 거의 過半數를 차지하여 政府機關이나 地質調査所 參席者와 같았다. 또 會社代表들도 많이 參加하였는데 이들 會社에는 有名한 Geologists 들이 있을 뿐 아니라, 이들 會社들에 依하여 이미 調査된 地域이 많아서 今後 調査할때 重複을 避하기 爲하여 資料를 얻는데 協力을 바라는 뜻도 많이 있는듯 싶었다.

會議은 9月 24日에서 29日까지 Bangkok의 UNESCO 회관에서 열었고 그 進行은 미리 設定된 Agenda에 따라 이루어지는 것이 아니지만 대체로 1) 本地域에 對한 再評(review) 2) 地區別 同題의 提起와 說明 3) 提起된 문제들에 對한 討論과 廣範圍한 研究問題의 撰定, 4) 研究問題의 最終撰定과 報告書作成 등으로 要約된다. 그리고 最終日 이었던 9月 29日에는 Bangkok 東南쪽 약 200km 떨어진 Rayong Bay의 Tin砂鑛의 見學이 있었다. 본 Workshop에는 地質鑛物研究所의 金鍾洙部長과 筆者가 參加하였었다.

3. 重要討議內容과 問題點

이미 言及한바와 같이 本會議에서는 plate tectonic에 依한 本地域의 地構造의 說明과 이에 關聯된 metallogenesis를 論하고 여기서 問題를 發見하므로써 今後 어떠한 研究가 必要하겠는가에 對한 點으로 歸着될 수 있었다. 이 Workshop에서 進行된 것과 거기에서 알려진 問題點을 간단히 紹介하고자 한다.

Dr. W. Hamilton (USGS); "Structure of Southeast Asia" Indonesia를 中心으로 한 東南亞一帶의 地質構造를 plate tectonics에 依하여 解釋한 것이었다. Hamilton 自身도 많은 調査를 하였지만 다른 사람들의 調査結果도 참작한 것이었다. 여기서 討論되어 誘導된 것은 1) 從來의 geosyncline의 概念은 完全히 사라지고 2) melange란 무엇이나는 疑問이 생겼고 3) Ruzon島의 東西兩側의 trench는 subducting plate로 說明이 어려운데 이에 對하여 地殼의 上下運動이나

compressional decoupling을 主張하기로 하고 4) 東西 Indonesian arc는 Timor島에서 不連貫함이 밝혀졌다.

Dr. W. Ludwig (Lamont-Doherty)는 日本海의 彈性波探查結果를 Dr. Ben-Avraham (Israel)은 南支那海의 成因을 그리고 Dr. M. Yasui (Japan)는 西太平洋의 Heat flow에 對하여 說明이 있었다. 日本과 Borneo는 各己 Asia大陸에서 南으로 drift한 結果이고 南支那海와 日本海는 이로서 이루어진 것이라고 主張하는 사람들이 있으나 이에 反對하는 사람들도 많다.

Dr. R. G. Coleman (USGS)은 ophiolite suite의 petrogenesis에 對하여 說明이 있었다. 여기서 그는 Mid-Oceanic Ridge의 上昇과 이에 수반되는 變成作用, 2) Benioff zone 上部의 volcanic rocks中的 K含量的 變化 3) arc system에 따른 metallogenesis 4) blueschist, glaucophane schist의 形成要件 그리고 5) ophiolite에 對하여 상세히 說明하였다. 그는 도대체 ophiolite란 무엇인가라는 의문까지 던져준 것이었다. 近來우리 學界에서는 아무런 field evidence도 없이 또한 學者들의 研究法案을 正確히 消化하지도 못하면서 ophiolite ni melange ni paired metamorphic belts 등을 論하며 韓半島의 地구조를 plate tectonics와 關聯시켜서 論하는 사람이 있는데, 이들 大家들이 ophiolite는 무엇이며 melange는 무엇이나는 疑問을 다시 提起하는 態度와는 對照의이라 아니할 수 없다.

plate tectonics와 ore genesis에 對한 日本의 Dr. Nishiwaki에 이어 第2日인 25日 上午에 筆者는 우리 地質構造와 鑛化作用에 對하여 發表를 하면서 率直이 우리나라에서는 그 地構造와 plate tectonics에 對한 몇사람의 論議는 하나의 speculation에 지나지 않는다는 點을 率直히 說明하여 주었다. speculation을 하기 前에 確實한 field evidence를 찾아 研究하는 法이 先行되어야 한다는 點을 學界의 風土를 爲하여 바람직하다는 點을 強調하고 싶다.

25日 下午 Dr. J. R. Curran (Scripps Inst.)의 印度洋과 Bengal Bay의 sedimentation과 美國의 Mr. R. Stewart의 石油의 蓄積, 移動과 油田地帶의 Heat flow에 對한 Review를 끝으로 general review와 各國의 background presentation을 마치고 26, 27日 兩日은 panel discussion으로 들어가 문제를 파헤치면서 새로운 問題點을 모색하게 되었다.

Panel discussion은 1) Tectonics, 2) Geophysics, 3) petrogenesis and metallagenesis와 4) Sedimentation and Hydrocarbon genesis의 4 groups로 區分되었고 그 Chairman으로서 1)은 Hamilton, 2)는 Lo Bichon, 3)은 Coleman 그리고 4)는 Wang (USGS)이었는데 筆

者는 3 group 에 金鍾洙部長은 4 group 에 參席하게 되어, 1.2 group 에 參席치 못한것이 유감이었다. 各 group 에서 논의하여 종합된 意見을 가지고 다시 全體에서 論議하고 여기서 여러가지 研究事業이 提案되었었다.

panel discussion 에 앞서 Dr. E. M. Davin(US/IDOE) 은 本 workshop 에서 5~6개의 projects 를 選定하여 주기를 바라고 여기서 추천된 projects 는 US/IDOE 에서 後援하여 實施할 것이라는 點을 說明하면서 panel discussion 에서 진지하게 다루어달라는 要請이 있었다. 두번에 걸친 panel meeting 과 general meeting 에 의하여 採擇된 projects 는 plate tectonics 에 따른 tectonics pattern 과 이에 따른 metallogenesis (Hidrocarbon genesis 포함)을 調査하기 위하여 重要한 地域을 traverse 調査하는 line 을 決定하게 된 것이다. 이 traverse line 에 따라서는 地質調査와 heat flow 測定 各種物探 特別 seismic, gravimetric, 그리고 paleomagnetic survey 를 하게되는 것이다. 本 workshop 에서 最終적으로 採擇된 것은 다음의 5個地域이다. 優先順低로 보면 다음과 같다.

1. 韓國-日本橫斷線

- | | |
|--------------------|-----|
| 1. Central Sumatra | 橫斷線 |
| 2. Andman~Thailand | " |
| 3. Ruzon 島 | " |
| 4. Barma | " |

韓國-日本橫斷線을 詳細히 說明하면 端山半島-浦項-울릉도南側-日本이기島-中國地方-四國-太平洋에 걸쳐고 있다. 端山半島에서 浦項에 이르는 線은 支那方向을 橫斷하므로서 京畿陸塊의 西南部, 沃川古地向斜帶, 嶺南陸塊, 慶尙盆地와 第3紀盆地의 地構造와 이에 관련된 metallogenesis (특히 W, Mo 등)를 규명하고 浦項에서 울릉도南側線으로는 東海의 海底地質層과 石油探査, 그리고 地構造규명에 目的을 두었던 것이다. 울릉도에서 四國을 거쳐 太平洋에 이르는 線은 日本近海의 油田探査는 勿論이고 日本海의 成因, 규명, 古期 subduction zone metamorphism (blue shist zone, paired metamorphic belt, 등)과 metallogenesis 를 규명하는데 目的이 있는 것이라, 果然 日本列島가 Asia 大陸에서 drift 한 것일까 하는 點이 밝혀지면 하는 期待도 學問的으로 興和있는 것이다.

筆者가 參席하였든 petrogenesis 와 metallogenesis 에서 論議된 點을 要約하여 紹介하고자 한다.

主要論點은 oceanography 와 metallogenesis 에 集中되었는데, plate tectonic 와 더불어 海底山嶺에 大陸까지를 mid-oceanic ridge, ocean floor, trench, island

arc, inter arc basin(marginal sea), rise, slope, shelf, 와 continental edge 로 區分하여 이들 地域에서 의 岩石特徵과 metallogenesis 를 詳細히 論하였다. 이를 綜合하던 다음과 같다.

1) Mid-Oceanic Ridge 이곳에는 high heatflow 즉 magnetic anomaly가 현저하고 Gabbro, Pillow Lava, tholeite 등 岩石이 構成되며, 이에 따라 Pt. Ni. Gr. Co. Cu. 등의 鑛床이 形成된다. 特別 Hot brine 의 recirculation 에 의하여 Pb. Zn. Fe. Mn 등이 deposit 될수 있으며, 現在 Red Sea bottom 에서는 Pb. Zn 등이 沈澱되고 있으며, cepriss 의 有名한 Stratiform 의 Pb. Zn 鑛床도 이와같이 하여 形成된 것이라고 믿어진다.

2) Ocean floor

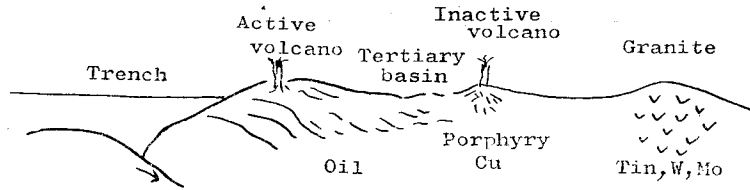
Mn-nodule 의 形成 以外에는 特異한 metallogenesis 가 없다.

3) Trench

여기서는 Volcanic activity 나 sedimentary ore process 도 現著치 않다 Benioff zone 으로 끌려내려가 Sediments 와 melange 로서 後에 地表에 發生될 Sediments 의 是比는 條件에 따라 相違할 것이므로 一律的으로 말할 수 없다. ancient trench zone 에서는 stratiform Pb. Zn deposit 가 있을 수 있고 ophiolite 와 수반하는 mineral deposit 도 있을 수 있으나 期待는 안된다. ancient subduction zone 의 type locality 로 알려진 Franciscan Area 에서는 약간의 Mn, Hg 의 mineralization 이 있을 뿐이다. modern trench area 에서는 deposit 가 기대되지 않는다.

(1) Island Arc.

volcanic activity 나 igneous activity 가 가장 현저한 곳이며 mineralization 의 가장 기대되는 것이다. 가장 重要한 것이 Oil, Porphyry Copper 와 Tin deposit 이다. Porphyry Copper deposits 는 Volcanic Rocks 와 密接한 關係가 있어 環太平洋緣邊에서는 많이 發見되었고 또 發見되고 있는 것이다. 北美의 porphyry Copper deposits 는 mantle 에서 誘導되었다고 보며 Cu-Mo 의 組合인데 反하여 Asia 것은 Continental Crust 와의 Contamination 에서 온 것 같으며, Cu-Au association 이 특징이다. 이 地域의 granit 는 Tin, W 등을 隨伴하는 것이 특징이다. Burma-Malaysia 의 Tin 을 수반하는 花崗岩은 Triassic 에서 Cretaceous 까지 걸쳐있으므로 tin mineralization 에 있어서의 time sequence 도 tectonics 와 관련하여 重要한 意義가 있는 것 같다. 日本의 黑鑛鑛床은 Island Arc 라기보다는 Arc-trench gap 에서 生成된 것으로 보는 경향이었다. 이 關係를 橫斷的으로 圖示하면 다음과 같다.



日本에서 porphyry Copper deposits가 發見 안되는 것은 erosion이 많이 進陟 되지 않은 까닭이라고 하며 deep drill을 하면 찾을 수 있다고 斷言하는 사람도 있을 정도로 subduction zone과 porphyry Copper deposit를 連關시키고 있다. 또 어떤 granite은 Tin bearing이고 다른것은 Tin을 안가져 오는데 그 地化學的解決은 아직 알려지 있지 않는것 같다.

5) Marginal Basin(Inter Arc Basin)

이 地域의 特性과 Mineralization은 Mid-Oceanic Ridge와 同一하다. Mid-Oceanic Ridge는 plate의 上昇部이지만 marginal basin에서 同一한 process가 이루어나는 것은 "Hot Spot" hypothesis를 假想하는 까닭이다.

6) shelf, slope, rise

이 地域에서는 metallogenesis가 없는 것으로 알려져

고 다만 oil accumulation만 있는 것으로 알려져 있다.

7) Continental Edge

여기서도 特異한 metallogenetic process는 없으나 Tin, W 등이 약간 있는 程度라고 규정하였다.

28日 上午에는 一定한 format에 따라 選定된 projects에 對하여 關聯各國代表들이 事業의 目的, 實施할 調査種類 그리고 調査에 關聯되는 國內의 各機關과 期待되는 結果等에 對하여 記錄하였다. Panel discussion과 general meeting이 進行되는 가운데 Local geologists와 technicians의 training에 注力하여야 한다는 點이 強調되었고 各國이 所有하는 人員과 機資材등로 動員하도록 함이 바람직하다는 點도 論議되었다. 우리나라에서는 地質鑛物研究所가 主動이 되고 各大學에서 協助한다는 點을 明示하였었다.