ISSN 0367-6315 (Print) / ISSN 2288-2162 (Online)
Korean J. Soil Sci. Fert. 49(1), 93-114 (2016)
http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2016.49.1.093

Review Article

Australian Soil Classification: an Review

Byung-Keun Hyun*, Yeon-Kyu Sonn, Hyun-Jun Cho, Kangho Jung, Jung-won Choi, Sug-Jae Jung, Woo-Ri Kwak, Woon-Sun Kim, and Se-Eun Hong

National Institute of Agricultural Science, Wanju, 55365, Republic of Korea

(Received: January 12 2016, Revised: February 25 2016, Accepted: February 26 2016)

As a means of improving Korean Soil Classification System, we have reviewed Australian Soil Classification System by comparing Soil Taxonomy and FAO/WRB Classification System. Australian Soil Classification System is composed of 14 of Order, 87 of Sub-order, 556 of Great-group, 2,451 of Sub-group, and 7,276 of Family. Interestingly, soil order has the Anthroposols which is not classified with Soil Taxonomy, and the classification for some of soils is based on soil texture abruption horizon and soil structure. Seven of 14 soil orders are classified with an old version based on soil color rather than morphological characteristics. The distribution scale of Australian soil order is the largest in Tenosols, and followed by Kandosols, Rudosols, Sodosols and Vertisols in Australia.

Key words: Soil Classification, Australia, Soil, Soil Orders

Comparison between several soil classification, Order of Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB.

Australian Soil Classification	Soil Taxonomy	FAO/WRB
Anthroposols	Alfisols, Andisols, Aridisols, Entisols, Mollisols, Ultisols (Anthra-sub greatgroup)	Anthrosols
Calcarosols	Aridisols, Alfisols (rhodoxeralfs, Palexeralfs), Inceptisols	Calcisols, Eutric Leptosols
Chromosols	Alfisols (non-sodic), Aridisols	Luvisols, Lixisols
Dermosols	Mollisols, Alfisols, Ultisols, Vertisols	Vertisols
Ferrosols	Oxisols, Alfisols, Mollisols	Ferralsols, Nitisols
Hydrosols	Alfisols (aquic), Ultisols (aquic), Inceptisols (aquic), Entisols (aquic), Aridisols (aquic)	Solonchaks, Gleysols, Palnosols, Cambisols
Kandosols	Alfisols, Ultisols, Aridisols, Oxisols	Acrisols, Luvisols, Lixisols, Plinthosols
Kurosols	Ultisols, Alfisols	Planosols, Alisols, Acrisols
Organosols	Histosols	Histosols
Podosols	Spodosols, Entisols	Podzols
Rudosols	Entisols (Aquents), salic Aridisols	Leptosols, Fluvisols, Solonchaks Arenosols, Regosols
Sodosols	Alfisols (Natrustalfs, Natrixeralfs)	-
Tenosols	Inceptisols, Aridisols (cambids, argids, durids), Entisols	Cambisols, Leptosols, Fluvisols Arenosols, Regosols
Vertisols	Vertisols (Haplusterts, Haplotorrerts)	Eutric Vertisols

*Corresponding author: Phone: +821062159890, Fax: +82632382424, E-mail: bkhyun@korea.kr
§Acknowledgement: This study was carried out with the support of "Soil map revised in landuse rapidly change area (Project No. PJ010853201601)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

토양조사란 토지생산성의 향상과 토지의 합리적 이용을 위해 지역 내에 분포하는 토양의 종류를 체계적으로 분류하며, 분포토양의 특성 등을 조사하는 것이다 (Ryu, 2000). 또한, 토양조사 결과를 바탕으로 토양의 분포상태를 지도형태로 만든 것을 토양도 (soil map)라고 한다. 토양도는 다양한 이용자에게 토지이용방법, 토양관리상 유의점 등을 제공한다. 따라서, 그 나라가 토양도를 보유하고 있다는 것은 전국토의 토양자원을 합리적으로 이용하기 위한 기초자료를 구축했다고 볼 수 있다.

호주의 총면적은 7,686,850 ㎢로 세계에서 6번째로 넓은 나라이다 (대한민국의 78배). 인구는 2014년 7월 현재 22,507,617명으로 세계 55위를 기록하고 있다. 호주의 행정구역은 6개 주와 3개의 준주로 이루어져 있다. 호주의 기후대는 지역에 따라 다양한 특성을 가지고 있다. 주요 기후대는 열대와 아열대를 모두 포함하며 동부연안은 강우량이 많고 열대우림이다. 동남부는 온대 해양성으로 괘적하며 남부와 서남지역은 지중해성 기후이다. 북쪽은 열대에 속하며 우기와 건기가 뚜렷한 사바나 기후이며, 내륙으로 갈수록 스텝기후이다. 식생은 유카라와 아카시아가 대부분을 이루며 지형은 기복이 적은 단조로운 평면형으로 동부고지, 중안저지, 서부고원으로 구분된다. 이와 같이 호주는 토양생성인자인 기후, 식생, 지형의 분포가 넓어 다양한 토양들이 발달되고 있다.

호주 토양에 대한 물리성연구는 온도, 공간변이에 대한 연구가 소개되었고 (Bruce et al., 2014; John et al., 2014; Jose et al., 2014; Yang and Stephen; 2014); 토양유실에 대한 연구결과도 보고되고 있다 (Peter and James, 2014; Yang et al., 2014). 호주 토양에 대한 분류연구는 (Ben et al., 2014; Brian, 2014; Isbell et al., 1997; Hyun et al., 2007) 많지 않다. 그러나, 최근에는 토양도 갱신 및 Digital Soil Mapping에 대한 연구가 대두되고 있다 (Brendan et al., 2014; Darren et al., 2014; Mike et al., 2014b; http://www.asris.csiro.au; Mike, 2014a). 또한, 호주토양분류에 대한 정리는 총 3회에 걸쳐서 완성되었다. 1차는 1989년, 2차는 1992년, 3차는 1993년에 대학, CSIRO, 토양관련연구기관의 전문가들에 의해 완성되었다 (Isbell, 2008)

해외농업개발시에 가장 중요한 요인은 작물생산에 적합한 토양조건의 정보를 확보하는 것이다. 해외농업개발을 위한 국가의 토양도의 입수는 체계적인 영농계획 및 짧은 시간 내에 해외개발의 시행착오를 줄이는데 유용한 정보가 되고 있다. 그러므로 해외농업을 위해서는 가장 기초적인 기후 및 토양에 관한 자료를 확보하고, 이를 통한 현지조사를 병행이 필요하며 해당 국가의 토양토 및 토양분류에 대한 이해가 필요하다고 할 수 있다. 이에 호주토양에 대한 전반적인 이해와 호주토양정보시스템의 제공정보를 통하여 앞으로 우리나라의 토양조사 및 토양정보 발전방안을 모색하고자 한다.

호주의 토양생성인자

기후특성 호주의 기후는 대부분 따뜻하지만, 지역마다 각각 다르다. 북쪽지역은 남쪽지역에 비해 더 덥다. 국토의 60% 이상이 연강수량 50 ㎜ 이하인 사막기후지대이며, 나머지 10%는 연강수량 100 ㎜ 정도인 반건조기후지역이다. 계절은 봄이 9~11월, 여름 12~2월, 가을 3~5월, 겨울 6~8월이다. 지역적으로 보면 다음과 같다 (Fig. 1).

① 시드니: 여름평균최고기온은 26°C, 겨울평균최저기온은 8°C이다. 강우량은 1220 mm이다.

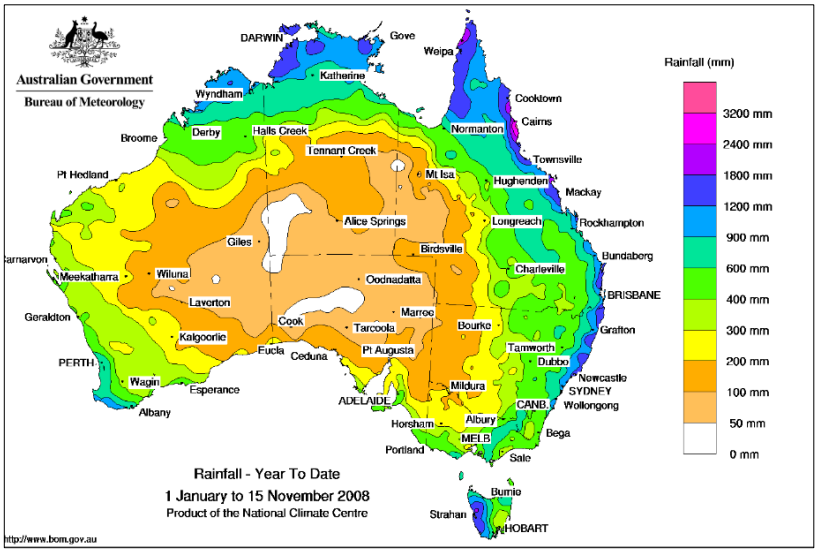

Fig. 1. Rainfall of Australia (※http://www.bom.gov.au).

② 멜버른: 여름평균최고기온은 26°C, 겨울평균최저기온은 6°C이다. 강우량은 659 mm이다.
③ 퍼스: 여름평균최고기온은 32°C, 겨울평균최저기온은 8°C이다. 강우량은 797 mm이다.
④ 브리즈번: 여름평균최고기온은 29°C, 겨울평균최저기온은 9°C이다. 강우량은 1181 mm이다.
⑤ 호바트: 여름평균최고기온은 22°C, 겨울평균최저기온은 4°C이다. 강우량은 516 mm이다.
⑥ 캔버라: 여름평균최고기온은 28°C, 겨울평균최저기온은 0°C이다. 강우량은 630 mm이다.

지형 및 모암특성 호주 총 면적의 90% 이상이 사막과 고원으로 이루어져 있다. 주요 도시의 80% 이상이 해안의 수목지대를 중심으로 형성되어 있으며, 토지가 비옥하여 많은 수목이 자라고 있다. 호주는 전체적으로 평평한 지형이며, 평균고도는 330 m 정도이다. 가장 높은 산인 코지우스코 (Kosciuszko)도 높이가 2,228 m이다. 지형은 셋으로 크게 나뉘는데 서부대고원 (西部大高原), 중동부저지 (中東部低地), 동부고지 (東部高地)로 세분한다.

① 서부대고원: 대륙의 약 40%로, 암석사막지대이다. 웨스턴오스트레일리아주 (州)와 노던준주 (準州)의 절반, 사우스오스트레일리아주와 퀸즐랜드주의 일부에 해당하며 고생대 (古生代) 이전의 편암·편마암·화강암으로 이루어진 대지가 형성되어 있다. 이 지역에서 방대한 철광석과 보크사이트가 발견되었다.
② 중동부저지: 대륙의 이 지대는 예전에는 해저 (海底)가 되었던 곳으로 백악기 (白堊紀)의 어패류 화석이 도처에서 발견된다. 사우스오스트레일리아주의 에어호 (湖)와 같이 해면 아래 약 10m의 염호도 있다.
③ 동부고지: 요크곶 반도에서부터 대륙의 동부까지, 북에서 남으로 대분수산맥 (大分水山脈: 그레이트디바이딩레인지)이 뻗어 있다. 그러나 이 산맥은 고지의 연속이다. 대분수산맥의 동쪽은 기름진 평야이며, 대분수산맥에서 평야지역에 걸쳐서 석탄이 개발되어 외국으로 수출된다.

식생특성 호주의 식생에는 수목뿐만 아니라 초원 또는 스텝, 그리고 주요 하천변 식생과 바닷가 맹그로브 등 다양한 식생이 존재한다. 특히, 호주의 수목은 유칼리과 (科)와 아카시아과의 것이 대부분이다. 유칼리과는 500종 이상이며, 펄프원료로 사용된다. 아카시아과는 경제적 이용가치는 적으며, 600종 이상이 된다.

시간특성 호주의 지질연대는 고생대 이전 (5억8000만년전~억 25000만년전)~백악기 (1억3,500만년전)으로 추정하고 있다.

호주의 토양분류

토양분류체계 호주의 토양분류체계는 미국의 형태론적 분류체계 (Soil Taxonoxmy)와 FAO/WRB 분류 체계와 유사한 분류체계를 사용하고 있다. 현재까지는 토양목 14개와 토양아목 87개를 세분하여 사용하고 있다. 이 토양의 특징은 현재 Soil Taxonomy에 없는 Anthroposols 목이 분류되어 있으며, Kurosols, Sodosols, Chromosols과 같은 토성급 변층에 따라 토양을 분류하거나, 토양의 발달을 기준으로 하여 토양을 분류하고 있다 (Fig. 2).

그러나, 14개 토양목 중에서 7개의 목이 토색에 의한 분류로 구분류법을 일부 따르는 것을 알 수 있다. 토색은 B2층의 적색, 갈색, 황색, 회색, 흑색으로 구분하여 분류하고 있다. 이 방법은 토색에 의해 외형상으로 쉽게 이해할 수 있는 장점은 있으나, 토양의 물리화학적 특성을 판단하기에는 어려움이 있는 것으로 판단된다.

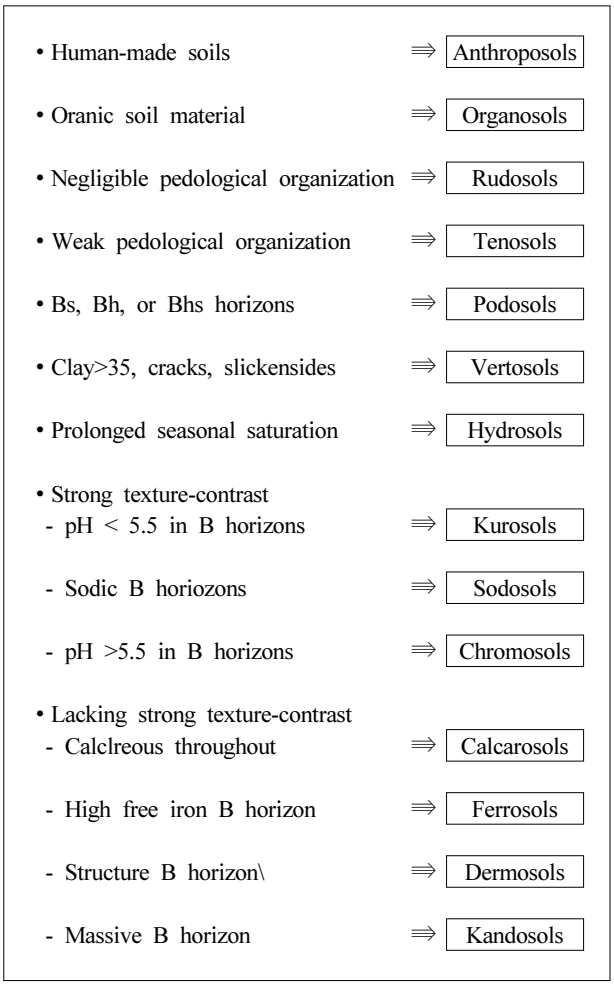

Fig. 2. Schematic summary of the Soil Orders of Australia (※ Isbell et al. (1997)).

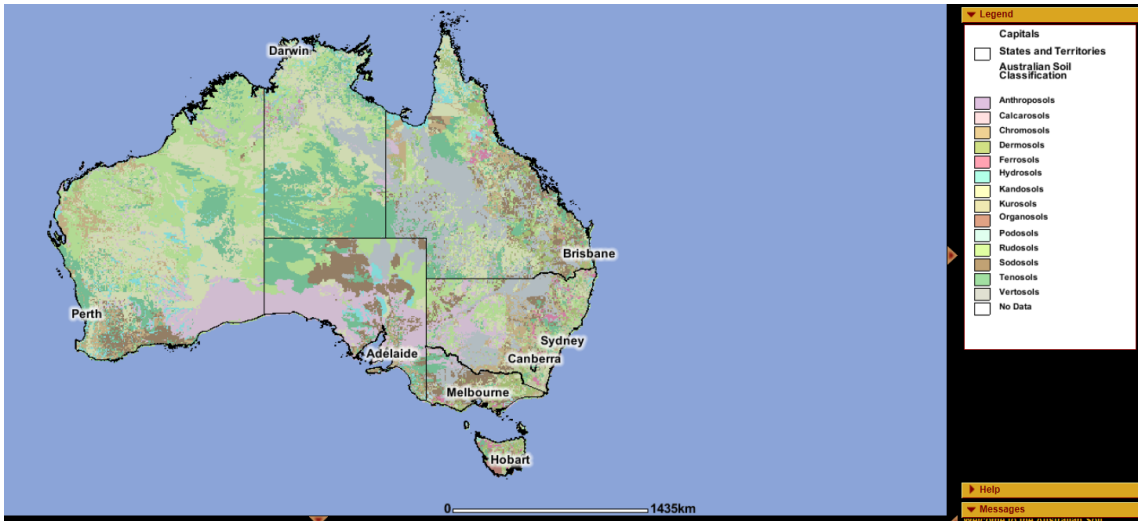

Fig. 3. Soil map by soil orders of Australia (※ http://www.asris.csiro.au/mapping/viewer.htm).

토양목별 분포면적 호주의 토양목별 토양도는 Fig. 3과 같다.

토양목별 분포면적은 Table 1과 같이 Tenosols > Kandosols > Rudosols > Sodosols > Vertisols 등의 순으로 된다.

호주토양분류체계별로 세분하여 보면, 목 (Order) 14개, 아목 (Suborder) 87개, 대군 (Greatgroups) 556개, 아군 (Sub-groups) 2451개, Family 7276개로 Table 2와 같다.

토양목별 분포지역 및 이화학적 특성 토양목별로 특성 및 Soil Taxonomy 및 FAO/WRB 분류체계변화코드, 토양목별 주된 토지이용과 관리방법은 다음과 같다.

① Anthroposols

인위토양의 개념은 인간의 활동에 의해 발생된 토양으로 정의 된다. 인간활동에 의해서 새로운 모재가 30 cm 이상 쌓을 때 인위토로 정의한다 (Isbell; 2008). 미국의 Soil Taxonomy에서는 매몰토양의 깊이를 50 cm로 기준하고 (USDA, 2014) 있는 점이 다르다. 새로운 모재의 변형, 혼합, 절토, 매몰 등에 의한 활동을 말한다. 이러한 토양에는 토양단면에 인공첨가물 (artefacts)가 보통 발견된다. 미국의 Soil Taxonomy에서는 인위토 (anth)에 대한 분류를 아목수준에서 분류기준으로 사용하고 있다. Alfisols에서는 Anthraquic Hapludalfs 등 2개, Andisols에서는 Anthraquic Hapludands 등 2개, Aridisols에서는 Anthropic Haplocambids 1개, Entisols에서는 Anthropic Torrifluvents 등 12개, Inceptisols에서는 Anthraquic Eutrudepts 등 2개, Mollisols에서는 Anthropic Petrocalcic Calciudolls 등 2개, Ultisols에서는 Anthropic Kandihumults 등 3개로 토양을 분류하고 있다. 보통 인위적인 배수나 관개로 인하여는 anthroposols이라고 하지는 않지만, 예를 들면 Hydrosols의 수분상태가 영구적으로 변경될 경우에는 토양목이 바뀔 수도 있다 (Isbell, 2008).

Table 1. Distribution area by Soil Order of Australia.

Soil Order of Australia	Area (km^2)	Percentage (%)
Calcarosols	704,000	9.2
Chromosols	230,200	3.0
Dermosols	122,200	1.6
Ferrosols	62,500	0.8
Hydrosols	169,900	2.2
Kandosols	1,271,500	16.5
Kurosols	74,800	1.0
Organosols	8,400	0.1
Podosols	28,100	0.4
Rudosols	1,079,300	14.0
Sodosols	996,400	13.0
Tenosols	2,022,200	26.3
Vertisols	884,500	11.5

※ Isbell et al. (1997)

Table 2. The list of according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Sub-groups	Family
Vertososls (VE) etc. 14	Aquic etc. 87	Self-mulching etc. 556	Salic etc. 2451	Gravel of the surface and A1 horizon etc. 7276

※ Isbell et al. (1997)

Table 3과 같이 Anthroposols 목은 Cumulic (mill-mud, shells 등), Hortic (organic wastes, compost, mulches 등), Grabic (manufactured origin), Urbic (glass, plastic,s, concrete 등), Dredgic (tailing ponds, salt ponds, coal washing

Table 3. The list of Anthroposols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder (7)	Great Groups	Subgroups	Family
Anthroposols (AN)	Cumulic Hortic Garbic Urbic Dredgic Spolic Scalpic	-	-	-

Table 4. The list of Calcarosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder (7)	Great Groups	Subgroups	Family
Calcarosols (CA)	Shelly Hypergypsic Hypocalcic Lithocalcic Supracalcic Hypercalcic Calcic	**(Shelly and Hypergypsic)** **(Other)** Duric Petrocalcic Rendic Argic Pedal Lithic Paralithic Marly Regolithic	Melanic-Vertic Melanic Vertic Gypsic-Subplastic Gypsic Epibasic Supravescent Hypervesent Epihypersodic Endohypersodic Ceteric	Thickness of soil above upper boundary of Bk horizon (4) Gravel of the surface and A1 horizon (5) Surface soil texture (6) B horizon maximum texture (5) Soil depth (6)

residues 등), Spolic (mining, highway construction, dam building 등), Sacalpic (cutting land surfaces by sulldozers and graders) 등 7개의 아목으로 구성되어 있다.

② Calcarosols

호주의 Calcarosols 토양목은 A1 또는 Ap아래 토양단면 내에 $CaCO_3$함량이 높은 토양을 말하며, 확연한 점토집적층 (clear or abrupt textural B horizons)을 갖지 않는 토양이다. 특히 호주의 남부지역에 많이 분포하고 있다. Calcarosols 토양목은 면적이 740,000 km^2가 존재하며 호주 전체토양에서 9.2%를 차지하고 있다 (Table 4).

Calcarosols 토양목은 7개의 아목은 가지고 있다. Shelly (shell, aquatic skeletons), Hypergypsic (gypsum crystals), Hypocalcic (effervescence, <20% carbonate nodules, concretions), Lithocalcic (calcareous horizons, >50% hard calcrete fragments, carbonate nodules, concretions, carbonate-coacted gravel), Supracalcic (calcareous horizons, 20-50% hard calcrete fragments, carbonate nodules, concretions, carbonate coated gravel), Hypercalcic (calcareous harizons, >20% fine carbonate, 0-20% hard calcrete fragments, carbonate nodules, concretions, carbonate-coated gravel), Calcic (other calcareous horizons) 등이다.

대군에서는 크게 2가지로 구분한다. shelly and hypergypsic calcarosols과 other calcarosols로 구분한다. other calcarosols 대군은 red-brown harpan을 가지는 Duric, calcrete pan을 가지는 Petrocalcic 등 9개의 대군으로 구분한다. 아군은 melanic horizons과 vertic properties을 가지는 Melanic-Vertic, melanic 층위을 가지는 Malanic 등 총 12개의 아군으로 분류한다. 속의 경우에는 다른 목에서와 같이 Bk 층위의 토양깊이를 Thin～very thick 까지 4등급으로 나눈다. 또한 표토와 A1층의 자갈함량은 non gravelly～very gravelly로 5등급으로 나눈다. 표토의 토성은 peaty～clayey로 6등급으로 나눈다. 또한, B층의 최대토성으로 sandy～clayey로 5등급으로 나눈다. 전체토심은 very shallow～giant 로 총 6등급으로 나눈다.

Table 5와 같이 Calcarosols 토양은 호주의 South와 Western Australia와 north-western Victoria 지역에 주로 분포한다. 토지이용은 밀과 같은 곡물을 재배하거나, 관개원예, 초지로 이용되며, Nullabor plain의 경우에는 불모지이다. 토양의 물리적인 문제는 토심이 얕은 것과 수분보유력이 낮으며, 풍식에 약하다. 토양 화학적인 문제는 염농도가 높고, 붕소결핍이 야기된다. 높은 석회 함량으로 인산결핍, 아연, 망간, 구리 등의 결핍으로 토양비옥도가 낮다.

Calcarousols 토양목을 미국의 Soil Taxonomy 분류체계로 볼 때는 Aridisols, Alfisols, Inceptisols에 해당하며, Alfisols의 아목은 Rodoxeralfs, Palexeralfs에 해당한다.

Table 5. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Calcarosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Calcarosols	Aridisols, Alfisols (rhodoxeralfs, Palexeralfs), Inceptisols	Calcisols Eutric Leptosols	○ location - SA, WA, nwV* ○ landuse - cereal growing (wheatbelt, SA, WA) - irrigated horticulture vines (Murray River) - pasture (sparse cattle or sheep grazing) - unused (a large part, Nullabor Plain) ○ physical problem - shallow depth - low water retention (sandier surface soils, hard carbonate) - wind erosion ○ chemical problem - high salinity, alkalinity, boron toxicity - soil fertility disorders (phosphorus deficiency reduced availability of trace elements. Zn, Mn, Cu)

※ SA (South Australia), WA (West Australia), nwV (northwest Victoria)

FAO/WRB 분류체계는 Calcisols, Eutric Leptosols에 해당한다 (Table 5).

③ Chromosols

Chromosols은 A층과 B층간의 토성이 매우 대조를 이루는 토양이며, 강산성이나 염류토양은 아니다. 특히, 이 토양은 호주 농업토양 중에 중요한 위치를 차지하며, 심토가 적색이다 (Table 6).

Choromosols 토양목은 호주에서 면적이 230,200 km^2을 차지하며, 분포지율은 3.0%를 정도를 차지하고 있다. 이 토양목은 5개의 아목으로 B2층 상부 20 cm 주토색에 의해 분류된다. Red, Brown, Yellow, Grey, Black으로 구분된다. Red와 Brown이 80%를 차지하고 있다. 대군은 red-brown hardpan을 가지고 있는 Duric, petroferric horizons이 있는 Petroferric 등 총 13개로 세분된다. 아군은 peaty horizons이 있는 Peaty, humose horizon과 bleached A2 horizons을 갖는 Homose-Bleached 등 총 26개로 세분된다. 속의 경우에는 A의 두께에 따라 Thin～Very thick 4등급, 표토와 A1 층위의 자갈함량을 non gravelly～very gravelly로 5등급, A1 층위의 토성을 peaty～silty 5등급, B층의 토성을 clay loamy～clayey 3등급, 토심은 very shallow～giant 6등급으로 구분하고 있다.

Table 7과 같이 Chromosols은 미국의 Soil Taxonomy분류로는 Alfisols (non-sodic) 또는 Aridisols로 분류될 수 있다. FAO/WRB로는 Luvisols과 Lixisols로 분류될 수 있다. 호주에는 주로 southern New South Wales와 Northern Victoria, southern Queensland에 주로 분포되어 있다. 토지이용은 주로 곡물, 유료식물, 복합영농, 초지 등으로 사용된다. 토양의 물리적인 문제점은 오랜 농업활동으로 토양구조의 퇴화를 들 수 있다.

④ Dermosols

Dermosols은 B2층의 구조가 발달한 토양이며, A층과 B층의 토성급변이 약한 토양이다. 특히, 식질토인 경우에는 염농도가 높아 강하고 작은 괴상구조를 갖는다. Vertosols과 Dermosols의 구분이 어려울 경우 cracking, slickenside, lenticular의 구조가 매우 약한 것이 특징이다 (Table 8).

아목의 경우에는 Chromosols의 경우와 같이 B2층의 토색으로 구분한다. Red, Brown, Yellow, Grey, Black 5가지로 나누며, Red와 Brown이 전체의 73%를 차지한다. 대군의 경우에는 Red-Brwon hardpan을 가지는 Duric, petroferric 층과 petroreticulite 층을 갖는 Petroferric 등 총 14개 세분된다.

아군의 분류기준은 B2층의 형태적, 이화화학적 특성과 표층의 토색 등에 따라 구분하는데, humose 층과 B2층에 mottled이 있는 Homose-Mottled, humose층과 강산성인 Humose-Acidic 등 총 33개로 세분된다. 속의 경우에는 A1 층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～clayey 6등급, B층의 토성 sandy～clayey 5등급, 토심 very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 9와 같이 Dermosols 토양목은 Soil Taxonomy 분류로는 다양하게 분류될 수 있다. Mollisols, Alfisols, Ultisols, Vertisols 등으로 분류될 수 있다. FAO/WRB로는 Vertisols로 분류될 수 있다. 호주에서 Dermosols의 분포지역은 Queensland, north-west Australia, central New South

Table 6. The list of Chromosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Chromosols (CH)	Red	Duric	Peaty	A horizon thickness (4)
	Brown	Petroferric	Humose-Bleached	Gravel of the surface and Al
	Yellow	Petrocalcic	Humose-Mottled	horizon (5)
	Grey	Pedaric	Humose	Al horizon texture (5)
	Black	Subplastic	Melacic-Mottled	B horizon maximum texture (3)
		Magnesic	Melacic	Soil depth (6)
		Dystrophic	Melanic-Vertic	
		Mesotrophic	Melanic-Mottled	
		Eutrophic	Melanic	
		Hypocalcic	Bleached-Vertic	
		Lithocalcic	Vertic	
		Supracalcic	Typsic	
		Hypercalcic	Ferric-Sodic	
		Calcic	Bleached-Ferric	
			Ferric	
			Bleached-Manganic	
			Manganic	
			Effervescent	
			Bleached-Sodic	
			Mottled-Sodic	
			Sodic	
			Bleached-Mottled	
			Bleached	
			Retiuculate	
			Mottled	
			Haplic	

Table 7. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Chromosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Chromosols	Alfisols (non-sodic)	Luvisols	○ location
	Aridsols	Lixisols	- NSW, nV, sQ
			○ landuse
			- cereal, oil seed growing (NSW, nV)
			- mixed farming enterprises (sQ)
			- pasture (beef cattle grazing)
			○ physical problem
			- structural degradation (long-established agricultural activities)

※ NSW (New South Wales), nV (northern Victoria), sQ (southern Queensland)

Wales이다. 토지이용은 초지, 키가 큰 수종인 eucalypt, 소나무, 밀 등의 곡물재배지로 사용된다.

⑤ Ferrosols

Ferrosols 토양목은 B2층에 유리산화철을 가지고, A층과 B층의 토성이 크게 대조를 이루지 않는 토양이다. 2 mm 이하의 입경에 free iron oxide 함량이 5% 이상되는 토양이다. B2층에 vertic 특성을 갖기도 한다 (Table 10). 주로 염기성, 초염기성 화성암, 변성암, 충적층에서 발생한다. 토양구조가 매우 작은 입상이기 때문에 덩어리지는 massive인 무구조를 갖기도 한다. 호주에서 Ferrosols의 면적은 62,500 km^2을 차지하며, 비율로는 0.8%를 차지하고 있다.

아목은 Dermosols과 같이 B2층의 토색으로 구분한다. Red, Brown, Yellow, Grey, Black로 구분한다. 대군은 Ca/Mg 함량이 0.1보다 작은 Magnesic, B2층이 dystrophic인 Dystrophic 등 총 5개로 세분된다. 아군은 2 mm의 토양구조가 매우작은 입상이고, 건조시 토양의 견지성이 약하거나 매우 약하며, 용적밀도가 낮고, 토립이 물에 대한 소수성

Table 8. The list of Dermosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Dermosols (DE)	Red	Duric	Humose-Mottled	Al horizon thickness (4)
	Brown	Petroferric	Humose-Acidic	Gravel of the surface and Al horizon (5)
	Yellow	Petrocalcic	Humos	
	Grey	Pedaric	Melacic-Reticulate	A1 horizon texture (6)
	Black	Subplastic	Melacic-Mottled	B horizon maximum texture (5)
		Magnesic	Melacic	Soil depth (6)
		Dystrophic	Melanic-Vertic	
		Mesotrophic	Melanic-Mottled	
		Eutrophic	Melanic-Acidic	
		Hypocalcic	Melanic-Sodic	
		Lithocalcic	Melanic	
		Supracalcic	Bleached-Vertic	
		Hypercalcic	Vertic	
		Calcic	Gypsic	
			Ferric-Acidic	
			Ferric-Sodic	
			Bleached-Ferric	
			Ferric	
			Manganic-Acidic	
			Bleached-Manganic	
			Manganic	
			Adidic-Sodic	
			Bleached-Acidic	
			Acidic-Mottled	
			Acidic	
			Bleached-Sodic	
			Mottled-Sodic	
			Sodic	
			Bleached-Mottled	
			Bleached-Mottled	
			Bleached	
			Reticulate	
			Mottled	
			Haplic	

Table 9. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Dermosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Dermosols	Mollisols	Vertisols	○ location
	Alfisols		- Q, nwA, cNSW
	Ultisols		○ landuse
	Vertisols		- pastrue (sparse cattle grazing, arid Q, nwA)
			- tall eucalypt forest (eA coastal regions)
			- Pinus plantation
			- rainforest (World Heritage reserves)
			- cereal crops (wheat, NSW)

※ Q (Queensland), nwA (northwest Australia), cNSW (central New South Wales), eA (eastern Australia), NSW (New South Wales)

인 Snuffy, humose horizon과 B2층이 강산성인 Humose-Acidic 등 총 14개로 세분된다. 아군 중에서 Haplic이 55%, Acidic이 15%정도를 차지하고 있다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～clayey 6등급, B층의 토성 clay loam～clayey 3등급, 토심

Table 10. The list of Ferrosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Ferrosols (FE)	Red	Magnesic	Snuffy	Al horizon thickness (4)
	Brown	Dystrophic	Humose-Acidic	Gravel of the surface and Al
	Yellow	Mesotrophic	Humose	horizon (5)
	Grey	Eutrophic	Melacic	A1 horizon texture (6)
	Black	Calcareous	Melanic-Mottled	B horizon maximum texture (3)
			Melanic-Acidic	Soil depth(6)
			Melanic	
			Ferric-Acidic	
			Ferric	
			Manganic	
			Acidic	
			Sodic	
			Mottled	
			Haplic	

Table 11. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Ferrosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Ferrosols	Oxisols	Ferralsols	○ location
	Alfisols	Nitisols	- NSW, nT, Q
	Mollisols		○ landuse
			- rainforest·pasture (Atherton Tableland, Lismore-Ballina)
			- horticulture crops (nT), potatoes (Q), peanuts
			- plantation forestry (nT)
			- sugarcane (Bundabert, Innisfail)
			- pasture (beef cattle grazing)
			○ physical problem
			- erosion, compaction
			○ chemical problem
			- acidification

※ NSW (New South Wales), nT (northern Tasmania), Q (Queensland)

very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 11과 같이 Ferrosols은 Soil Taxonomy분류로는 Oxisols, Alfisols, Mollisols로 분류된다. FAO/WRB로는 Ferralsols, Nitisols로 분류된다. 호주에 주로 분포하는 지역은 New South Wales, northern Tsamania, Queensland 에 주로 분포한다. 토지이용은 초지, 원예작물, 땅콩, 임지, sugarcane 등으로 이용된다. 토양의 물리적인 문제점은 유실과 압밀 등이다. 토양의 화학적인 문제점은 산성화이다.

⑥ Hydrosols

Hydorsols은 면적이 169,900 km^2을 차지하며 분포비율은 2.2%를 차지하고 있다 (Table 12).

Hydrosols의 특징은 계절적으로나 영구적으로 습윤한 토양이다. 대부분 1년에 2-3개월이 지속적인 포화상태에 있는 토양을 말한다. 토색은 환원상태로 대부분 gley 토색을 띈다. 따라서, 투수성도 매우 느리다. 배수등급은 대부분 매우불량 내지 불량이다. 농경적인 문제점은 습하기 때문에 농기계작업성이 떨어진다.

아목은 주로 mangrove 군락이 우거진 만조와 간조상의 간조지역의 평탄지 염농도가 높은 간석지인 Intertidal, 염생식물을 제외한 식생이 나지상태인 Supratidal 등 7개로 세분한다. Hydrosols아목중 Redoxic이 62%, Oxyaquic이 29% 정도를 차지한다. 대군의 경우에는 Intertidal, Supratidal, Hypersalic, Extratidal, Redoxic and Oxyaquic의 카테고리로 나누고 각각 8, 6, 6, 11, 11개로 세분한다. 아군의 경우에는 Intertidal, Salic, Redoxic and Oxyaquic으로 그룹핑하여 각각을 3, 3, 39로 세분하여 분류한다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～clayey 6등급, B층의 토성 sandy～clayey 5등급, 토심 very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 13과 같이 Hydrosols 토양목은 Soil Taxonomy에서

Table 12. The list of Hydrosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Hydrosols (HY)	Intertidal	**(Intertidal)**	**(Intertidal)**	Al horizon thickness (4)
	Supratidal	Histic-Sulfidic	Fibric	Gravel of the surface and Al
	Extratidal	Sulfidic	Hemic	horizon (5)
	Hypersalic	Histic	Sapric	A1 horizon texture (6)
	Salic	Fauinic	**(Salic)**	B horizon maximum texture (5)
	Redoxic	Epicalcareous	Episulfic-Petrocalcic	Soil depth (6)
	Oxyaquic	Argillaceous	Episulfidic	
		Lutaceous	Petrocaldic	
		Arenaceous	**(Redoxic and Oxyaquic)**	
		(Supratidal)	Peaty-Placic	
		Sulfuric	Peaty	
		Sulfidic	Humose-Magnesic	
		Gypsic	Humose-Acidic	
		Epiacalcareous	Humose-Calcareous	
		Mottled	Humose-Bleached	
		Haplic	Humose	
		(Hypersalic)	Melacic-Magnesic	
		Sulfidic	Melacic-Bleached	
		Gypsic	Melacic	
		Halic	Melanic-bleached	
		Epicalcareous	Melanic-Vertic	
		Mottled	Melanic-Acidic	
		Haplic	Melanic	
		(Extratidal)	Bleached-Vertic	
		Sulfuric	Vertic	
		Sulfidic	Ferric-Acidic	
		Petroferric	Ferric-Sodic	
		Calcarosolic	Bleached-Ferric	
		Kurosolic	Ferric	
		Sodosolic	Manganic-Acidic	
		Chromosoloic	bleached-Manganic	
		Dermosolic	Manganic	
		Kandosolic	Silpanic	
		Tenosodlic	Acidic-Sodic	
		Rudodolic	Bleached-Acidic	
		(Redoxic and	Acidic	
		Oxyaquic)	Magnesic-Natric	
		Sulfuric	Natric	
		Sulfidic	Bleqached-Sodic	
		Petroferric	Sodic	
		Calcarosolic	Reticulate	
		Sodosolic	Bleached-Magnesic	
		Chromosolic	Magnesic	
		Dermosolic	Dystrophic	
		Kandodolic	Mesotrophic	
		Tenosoldic	Eutrophic	
		Rudosodlic	Calcareous	

는 aquic 조건의 Alfisols, Ultisols, Inceptisols, Entisols, Aridisols로 분류할 수 있다. FAO/WRB에서는 Solonchaks, Gleysols, Planosols, Cambisols로 분류할 수 있다. 호주에서 Hydrosols은 주로 northern New South Wales, costal Queensland, southern Queensland, south-eastern Australia에 분포한다. 토지이용은 자연초지, sugarcane, 밀을 주로 재배한다. 토양의 물리적인 문제점은 높은 water table, 지반침하, 농기계작업 등이 나쁘다. 토양화학적인 문제점은

Table 13. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Hydrosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Hydrosols	Alfisols (aquic)	Solonchaks	○ location
	Ultisols (aquic)	Gleysols	- nNSW, coastal Q, sQ, SeA,
	Inceptisols (aquic)	Planosols	○ landuse
	Entisols (aquic)	Cambisols	- native pasture (after drainage)
	Aridisols (aquic)		- sugarcane (nNSW)
			- wheat belt (WA, Riverine Plain, SeA)
			○ physical problem
			- water table
			- subsidence
			- engineering
			○ chemical problem
			- sulfidic, sulfuric materials (NSW,sQ)
			- severe acidification

※ nNSW (northern New South Wales), costal Q (costal Queensland), sQ (southern Queensland), SeA (Southeast Australia),

황함유로 인한 특이산성토로 매우 강한 산성을 띤다.

⑦ Kandosls

Kandosols은 1,271,500 km^2이며 분포면적은 16.5%를 차지한다. Kandosols은 표토와 심토의 토성급변이 매우 약한 토양이며, B층의 구조는 토괴상 또는 약한 구조이다. 그러나, 전체적으로 석회 (calcareous)함량이 많지는 않다. 이 토양은 내륙이나 종종 매우 넓은 곡간지에서 발생한다. B2층의 최대점토함량은 15% 이상이다. 또한 이 토양은 tenic B층을 갖지 않는다 (Table 14).

아목은 토색으로 분류를 하는데 Red, Brown, Yellow, Grey, Black으로 세분된다. Red 아목이 58%, Brown이 22%를 차지한다. 대군의 경우에는 red-brown hardpan 층위를 갖는 Duric, petroferric 층 또는 petroreticulite 층위를 갖는 Petroferric 대군 등 총 14개로 세분된다. 이중 Hypercalcic 대군이 6%, Mesotropic 대군이 40%를 차지한다. 아군의 경우에는 humose 층과 mottled B층이 있는 Humose-Mottled, humose 층과 strongly acid인 Humose-Acidic 아군 등 총 29개로 세분된다. 여기에서 Haplic 아군이 47%를 차지한다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～clayey 6등급, B층의 토성 loamy～clayey 4등급, 토심 very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 15와 같이 Kandosols은 미국의 Soil Taxonomy 분류로는 Alfisols, Ultisols, Aridisols, Oxisols로 분류된다. FAO/WRB는 Acrisols, Luvisols, Lixisols, Plinthosols로 분류될 수 있다. 호주에서 Kadosols의 분포위치는 New South Wales, West Australia에 주로 분포한다. 주된 토지이용은 밀과 같은 곡물, citrus, 원예작물, 절화 등의 토양과 초지로 사용된다. 토양의 물리적인 문제점은 표토가 딱딱해지거나 표면이 sealing 되는 crust가 발생한다.

⑧ Kurosols

호주의 Kurosols은 74,800 km^2 이며, 분포비율은 1.0% 정도 된다. Kurosols은 A 층과 강산성인 B층사이의 토성급변이 심하다. 또한, 특정성분에 화학성분의 불균형이 심하다 (예, 함량이 높은 마그네슘, 쇼듐, 알루니늄 등). 특이하게도 pH 5.5 이하이나 ESP > 6이 넘기도 한다 (Table 16).

아목은 토색으로 구분하는데 5가지로 세분된다. Red, Brown, Yellow, Grey, Black이다.

대군은 petroferric 층을 갖는 Peroferric, Ca/Mg비율이 0.1 이하이고, sodic 층을 갖는 Megnesic-Natric 등 총 7개로 세분된다. Magnesic 또는 Magnesic-natric을 합치면 40% 정도, Mesotrophic 22%, Dystrophic 9% 정도된다. 아군은 humose 층과 bleached 된 A2 층을 갖는 Humose-bleached, homose 층을 갖는 Humose 등 총 20개로 세분된다. mottled 아군이 23% 정도를 차지한다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～silty 5등급, B층의 토성 clay loamy～clayey 3등급, 토심 very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 17과 같이 Kurosols은 Soil Taxonomy분류로는 Ultisols, Alfisols로 분류된다. FAO/WRB 분류로는 Planosols, Alisols, Acrisols로 분류된다. 이 토양들은 호주의 New South Wales, Tasmania에 주로 분포한다. 토지이용은 초지, 자연임지, 방목지로 이용된다.

⑨ Organosols

Organosols은 유기물질에 의해 형성된 토양이다. 주로 south-west Tasmania는 제외하고 습윤온대에서부터 고원

Table 14. The list of Kandosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Kandosols (KA)	Red	Duric	Humose-Mottled	Al horizon thickness (4)
	Brown	Petroferric	Humose-Acidic	Gravel of the surface and Al
	Yellow	Petrocalcic	Humose	horizon (5)
	Grey	Placic	Melacic-Mottled	A1 horizon texture (6)
	Black	Mellic	Melacic	B horizon maximum texture (4)
		Magnesic	Melanic-Mottled	Soil depth (6)
		Dystrophic	Melanic-Acidic	
		Mesotrophic	Melanic	
		Eutrophic	Argic	
		Hypocalcic	Bauxitic	
		Lithocalcic	Ferric-Acidic	
		Supracalcic	Ferric-Sodic	
		Hypercalcic	Bleached-Ferric	
		Calcic	Ferric	
			Maganic-Acidic	
			Bleached-Manganic	
			Manganic	
			Acidic-Sodic	
			Bleached-Acidic	
			Acidic-Mottled	
			Acidic	
			Bleached-Sodic	
			Mottled-Sodic	
			Sodic	
			Bleached-Mottled	
			Bleached	
			Reticulate	
			Mottled	
			Haplic	

Table 15. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Kandosls soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Kandosols	Alfisols	Acrisols	○ location
	Ultisols	Luvisols	- NSW, WA,
	Aridisols	Lixisols	○ landuse
	Oxisols	Plinthosols	- cereal (wheat belt, NSW, WA)
			- citrus, horticulture, cut flower (Somersby Plateau, NSW)
			- pasture(cattle, sheep grazing)
			○ physical problem
			- hardsetting
			- crusting

※ NSW (New South Wales), WA (West Australia)

지까지 분포한다. 주로 유기물질이 40 cm이상인 경우이다. 그러나, 암반이나 hard 층이 있을 경우에는 최소 10 cm 이상이며, humos, melacic 층과 유기물질을 가져야 한다. Organosols은 8,400 km^2 정도이며, 분포비율은 0.1% 정도로 매우 작다 (Table 18).

아목은 유기물 분해정도에 따라서 3가지로 구분한다. Fibric (fibric peat), Hemic (hemic peat), Sapric (sapric peat)로 3가지로 구분한다. 대군은 다소가 자유롭게 배수가 되며, 비가 온 후 수일이상 포화되지 않는 Folic, sulfuric 물질이 단면 1.5 m 이내에 있는 Sulfuric 등 총 6개로 세분된다. 아군은 암반 위에 유기물질이 있는 Lithic, 부분적 풍화 또는 풍화된 암반 또는 석비레 위에 유기물질 있는

Table 16. The list of Kurosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Kurosols (KU)	Red	Petroferric	Humose-Bleached	Al horizon thickness (4)
	Brown	Magnesic-Natric	Humose	Gravel of the surface and Al
	Yellow	Magnesic	Melacic-Bleached	horizon (5)
	Grey	Natric	Melacic	A1 horizon texture (6)
	Black	Dystrop[hic	Melanic-Vertic	B horizon maximum texture (3)
		Mesotrophic	Melanic	Soil depth (6)
		Eutrophic	Bleached-Vertic	
			Vertic	
			Bleached-Ferric	
			Ferric	
			Bleached-Manganic	
			Manganic	
			Bleached-Sodic	
			Mottled-Sodic	
			Sodic	
			Bleqched-Mottled	
			Bleached	
			Reticulate	
			Mottled	
			Haplic	

Table 17. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Kurosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Kurosols	Ultisols	Planosols	○ location
	Alfisols	Alisols	- NSW, T
		Acrisols	○ landuse
			- pasture (dairing)
			- native hardwood forest (NSW, T)
			- spare cattle grazing

※ NSW (New South Walses), T (Tasmania)

Table 18. The list of Organosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Organosols (OR)	Fibric	Folic	Lithic	Cumulative thickness of
	Hemic	Sulfuric	Paralitic	organic materials (6)
	Sapric	Sulfidic	Marly	
		Calcareous	‘Rudaceous	
		Basic	Modic	
		Acidic	Placic	
			Ashy	
			Terric	
			Regolithic	

Paralithic 등 총 9개로 세분된다. 속은 유기물질의 두께를 very thin~giant 등 6개로 세분한다.

Table 19와 같이 Organosols은 Soil Taxnomy와 FAO/WRB의 Histosols과 같다. 이 토양은 주로 north Queensland, south-west Tasmania에 주로 분포한다. 토지이용은 주로 초지, 집약적인 채소재배지, sugarcane, 국립공원 등으로 사용된다. 토양의 물리적인 문제점은 배수 후에 침하되거나 토양유실의 문제가 발생한다.

⑩ Podosols

Podosols은 28,100 km^2 정도이며, 분포비율은 0.4% 정도를 차지한다. Podosols은 유기물, 알루미늄, 철에 의한 화합

Table 19. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Organosols soil orders.

Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Organosols	Histosols	Histosols	○ location - nQ, swT, ○ landuse - pasture - intensive vegetable growing - sugarcane (nQ) - National Park (Snowy Mountain, alpine area) ○ physical problem - peat shrinkage·decomposition (after drainage) - erosion (peat)

※ nQ (northern Queensland), swT (southwest Tasmania)

Table 20. The list of Podosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Podosols (PO)	Aeric	**(Aeric)**	Peaty-Parapanic	Al horizon thickness (4)
	Semiaquic	Pepey	Peaty-Placic	Gravel of the surface and Al
	Aquic	Sesquic	Peaty	horizon (5)
		Humosesquic	Humose-Parapanic	A1 horizon texture (5)
		Humosesquic/Sesquic	Humose	B horizon maximum texture (5)
		(Semiaquic)	Melacic-Parapanic	Soil depth (6)
		Pipey	Melacic	
		Sesquic	Melanic	
		Humosesquic	Densic-Placic	
		Humic	Densic	
		Humic/Sesquic	Palcic	
		Humic/Humosequic	Silpanic	
		Humic/Alsilic	Ferric	
		(Aquic)	Parapanic	
		Humic	Fragic	
		Humic/Alsilic		

물이 주로 집적된 B층을 갖는 토양이다. 특히, Bs층 (철화합물), Bhs층 (유기알루미늄과 철화합물), Bh층 (유기알루미늄화합물)을 갖는다 (Table 20).

아목의 경우에는 배수조건에 따라 3가지로 구분한다. Aeric, Semiaquic, Aquic으로 세분한다. 대군은 배수조건에 따란 Aeric, Semiaquic, Aquic으로 구분하며, 각각 4, 7, 2의 대군으로 세분된다. Aeric 대군에서는 Sesquic이 가장 일반적이지만, 다른 2개의 대군에서는 Humic이 가장 일반적이다. 아군의 peaty층과 B층의 강한 응집력을 가지는 Peaty~Parapanic과 peaty층과 thin ironpan을 갖는 Peaty~Placic 등 총 15개의 아군으로 세분된다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin~very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly~very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty~silty 5등급, B층의 토성 Sandy~clayey 5등급, 토심 very shallow~giant 6등급으로 세분한다.

Table 21과 같이 Podosols은 Soil Taxonomy의 Spodosols, Entisols로 분류되며, FAO/WRB로는 Podozols로 분류된다. 이 토양은 주로 south east Queensland, central and north Queensland에 주로 분포한다. 주된 토지이용은 sugacane, 자연침엽수, 목재, 자연초생, 개량초지, 소나무임지, 광산 등으로 사용된다. 물리적인 문제점은 수분보유력이 작고, 계절적으로 침수와 풍식에 약하다. 화학적인 문제점은 비옥도가 낮다.

⑪ Rudosols

Rudosols은 1,079,300 km^2으로 면적비율은 14.0%를 차지한다. Rudosols은 토양형성작용을 거의 받지 않은 매우 젊은 토양이다. 따라서, 토성이나 토심이 매우 다양하다. 층상이 많고, 염농도가 높다. 구조의 발달이 매우 적다 (Table 22).

아목은 9개로 세분된다. Hypergypsic (EC<2, gypsum crystals), Hypersalic (EC>2), Shelly (calcareous, shells,

Table 21. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Podososl soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Podosols	Spodosols Entisols	Podzols	○ location - seQ, nQ, cQ ○ landuse - sugarcane (seQ) - native conifers, cabinet timbers, hardwoods - native vegetation (nQ, cQ) - improve pasture (sA, wA, cattle, sheep) - pinus plantation - mine(Newcastle, Fraser Island) ○ physical problem - poor moisture retention - seasonal waterlogging - wind erosion ○ chemical problem - low fertility

※ seQ (southeast Queensland), nQ (northern Queensland), seQ (southeast Queensland), cQ (central Queensland), sA (southen Australia), wA (western Australia)

Table 22. The list of Rudosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Rudosols (RU)	Hypergypsic	**(Hypersalic)**	Acidic	Gravel of the surface soil (5)
	Hypersalic	Sulfidic	Basic	A1 horizon texture (5)
	Shelly	Gypsic	Calcareous	Soil depth (2)
	Carbic	Haplic		
	Arenic	**(Clastic)**		
	Lutic	Tephric		
	Stratic	Ferric		
	Clastic	Bauxitic		
	Leptic\	Colluvic		
		Fluvic		
		Lithosolic		
		(Leptic)		
		Duric		
		Ferric-Petroferric		
		Petroferric		
		Petrocalcic		
		Lithic		
		Paralithic		

aquatic skeleton), Carbic (carbic 물질), Arenic (slightly gravelly<10%), Lutic (unconsolidated 광물질, slightly gravelly <10%), Stratic (unconsolidated 광물질, slightly gravelly >10%), Clastic (unconsolidated 광물질, gravelly>10%), Leptic (calcrete pan, hard 물질)로 세분된다. Leptic 아목은 44%정도이다. 대군은 Hypersalic, Clastic, Leptic 카테고리로 세분하며 각각 3, 6, 6으로 세분된다. 아군은 산성 및 염기성에 따라 3가지로 세분한다. 속의 경우에는 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～silty 5등급, 토심 very shallow～shallow 2등급으로 세분한다.

Table 23과 같이 Rudosols은 Soil Taxonomy로는 Aquic 조건의 Entisols, Salic 조건의 Aridisols로 분류된다. FAO/WRB는 Leptosols, Fluvisols, Solonchaks, Arenosols, Regosols로 분류된다. 분포지역은 Northern Territory, north West Australia, north South Australia에 주로 분포한다. 주된 토지이용은 초지, sugarcane, 개량초지, citrus, 포도 등의 재배지로 사용된다.

Table 23. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Rudosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Rudosols	Entisols (Aquents)	Leptosols	○ location
	salic Aridisols	Fluvisols	- NT, nWA, nSA
		Solonchaks	○ landuse
		Arenosols	- pasture (sparse cattle and sheep grazing)
		Regosols	- sugarcane
			- improved pastures
			- citrus, vines (Riverine Plain)

※ NT (Northen Territory), nWA (northen West Australia), nSA (northern South Australia)

Table 24. The list of Sodosols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Sodosols (SO)	Red	Duric	Humose	Al horizon thickness (4)
	Brown	Petroferric	Melanic-Vertic	Gravel of the surface and Al
	Yellow	Petrocalcic	Melanic	horizon (5)
	Grey	Effervescent	Vertic	A1 horizon texture (4)
	Black	Mottled-Subnatric	Gypsic	B horizon maximum texture (3)
		Subnatric	Ferric	Soil depth (6)
		Mottled-Mosonatirc	Manganic	
		Mesonatric	Silpanic	
		Mettled-Hypernatric	Magnesic	
		Hypernatric	Dystrophic	
			Mesotrophic	
			Eutrophic	
			Hypocalcic	
			Lithocalcic	
			Supracalcic	
			Hypercalcic	
			Calcic	

⑫ Sodosols

Sodosols은 996,400 km^{2}이며, 분포비율은 13%를 차지한다. A층과 sodic B층의 강한 토성급변이 있다 (Table 24).

아목은 토색으로 5개로 세분한다. Red, Brown, Yellow, Grey, Black이다. Yelow가 8%를 차지한다. 대군은 red-brown hardpan 층이 있는 Duric, petroferric horizon이 있는 Petroferric 등 총 11개로 세분된다. 이중 Subnatric 대군이 53%를 차지한다. 아군은 humose horizon을 가지는 Humose, melanic horizon과 vertic 특성을 갖는 Melanic-Vertic 등 총 17개로 세분된다. B 또는 BC층에 calcareous을 50% 정도를 차지하며, Eutrophic이 27% 이상이다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 sandy～silty 4등급, B층의 토성 clay loamy～clayey 3등급, 토심 very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 25와 같이 Sodosols은 Soil Taxonomy에서는 Natric을 갖는 Alfisols로 분류된다. 이 토양은 호주의 south West Australia, West Australia에 주로 분포한다. 주된 토지이용은 자연초지나 개량초지, 관개농업, 자연임지 또는 곡물재배지로 사용된다. 토양의 물리적인 문제점은 침수, 낮은 보수력, 토양표면의 표각, 단단한 층, 토양유실 등이다. 토양의 화학적인 문제는 낮은 비옥도와 산성화이다.

⑬ Tenosols

Tenosols은 2,022,200 km^{2}으로 면적비율로는 26.3%로 가장 많다. Tenosols은 토양발달이 매우 약한 토양을 말한다. A층에 peaty, humose, melacic, melanic horizon 등을 가지는 토양을 말한다 (Table 26).

아목은 다양한 물질과 층위, 토색에 따라 12개로 세분된다. Chernic-Lepthic (peaty, humos, melacic, melanic horizon, calcrete pan), Chernic (peaty, humos, melacic, melanic horizo), Sesqui-Nodular (ferric, bauxitic horizon), Calcenic (calcareous horizon), Bleached-Lepthic (bleached A2 horizon), Lepthic (calcrete pan), Bleached-Orthic (특징적인 bleached A2 horizon), Red-Orthic, Brown-Orthic, Yellow-Orthic, Grey-Orthic, Black-Orthic 등으로 세분된다. 대군은 각각

Table 25. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Sodosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Sodosols	Alfisols (Natrustalfs, Natrixeralfs)	-	○ location - sWA, WA ○ landuse - native·improved pasture - irrigated agriculture - native, plantation forestry - cereal (sWA, WA) ○ physical problem - waterlogging - water, root penetration - low water storage capacity - crust formation - hardsetting (dry) - erosion ○ chemical problem - sodic - low chemical fertility - acidification

※ sWA (sourhern West Australia), WA (West Australia)

으로 구분하여 Chernic-Leptic and Lepthic 6개, Chernic 14, Sesqui-Nodular 10, Calcenic 11, Bleached-Lepthic 7, Bleached-Orthic, Red-Orthic, Brown-Orthic, Yellow-Orthic, Grey-Orthic and Black-Orthic 20개로 세분된다. 아군은 각각의 그룹핑하여 Chernic-Leptic 4개, Chernic 9, Sesqui-nodular 6, Calcenic 3, Bleached-Leptic 12, Leptic 7, Bleached-Orthic 13, Red-Orthic, Brown-Orthic, Yellow-Orthic, Grey-Orthic and Black-Orthic 8개로 세분된다. 속의 경우에는 A1층의 두께를 thin～very thick 4등급, 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, A1층의 토성을 peaty～clayey 6등급, B층의 토성 sandy～clayey 5등급, 토심 very shallow -giant 6등급으로 세분한다.

Table 27과 같이 Tenosols은 Soil Taxonomy의 Inceptisols, Aridisols, Entisols로 분류된다. FAO/WRB로는 Cambisols, Leptosols, Fluvisols, Arenosols, Regosols로 분류된다. 이 토양의 분포지역은 south-west Western Austalia에 주로 분포한다. 주된 토지이용은 자연초지, 목재, 밀재배지역으로 이용된다. 물리적인 문제점은 보수력이 약한다. 화학적인 문제점은 비옥도가 낮다.

⑭ Vertisols

Vertisols은 884,500 km^2이며 분포비율은 11.5%이다. 점토함량이 35%인 토양이며, 수축과 팽창이 잘되는 토양이며, cracking, slicensidde, slenticular 구조 등이 특징인 토양이다. 토양의 미세지형은 gilgai이다. 토양이 건조하며 5mm 이상의 균열이 생긴다. 또한, selfmulching이 일어나는 토양이다 (Table 28).

아목은 배수와 토색으로 구분한다. Aquic (1년중 2-3월간 침수), Red, Brown, Yellow, Grey, Black으로 세분된다. Black 아목이 40%정도이다. 대군은 Self-mulchign 등 4개로 세분된다. Self-mulching 54%, Epipedal 35% 정도된다. 아군은 salic 등 총 32개로 세분된다. Haplic 아군이 26% 정도이다. 속의 경우에는 표토의 자갈함량 non gravelly～very gravelly 5등급, 상부 10cm의 점토함량 fine～very fine 등 3등급, B층의 점토함량 fine～very fine 3등급, 토심 very shallow～giant 6등급으로 세분한다.

Table 29와 같이 Vertisols은 Soil Taxonomy 분류로는 Vertisols로 분류할 수 있다. FAO/WRB로는 Eutric Vertisols로 분류된다. 이 토양의 분포는 east Queesland, New South Wales, north Queensland에 주로 분포한다. 주된 토지이용은 초지, 밀, sorghum, 면화, 벼, sugarcane 등의 재배지로 이용된다. 물리적인 문제점은 관개, 좁은 수분범위, 계절적인 균열 등이다. 화학적으로는 높은 염농도가 문제이다.

Table 30은 호주토양분류체계와 비교한 Soil Taxonomy, FAO/WRB분류체계를 비교한 것이다. 호주토양분류의 최상분류단계인 목은 현재 14개로 구성되어 있다. 미국 Soil Taxonomy는 12개로 구분되었으며, FAO/WRB는 32개의 Soil Groups로 구성되어 있다. 인위토양인 Anthrosols 목의 경우에는 호주토양분류와 FAO/WRB에서는 목 단위에 존재하나, Soil Taxonomy에서는 아군수준에서 인위토양 (anth)의 분류체계에 포함되어 있다. 호주토양의 각각의 목에 해당하는 Soil Taxonomy분류체계와 FAO/WRB분류체계는 Table

Table 26. The list of Tenosols according to Australian soils classification system (continued).

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Tenosols (TE)	Chernic-Leptic	**(Chernic-Leptic and Lepthic)**	**(Chernic-Leptic)**	Al horizon thickness (2)
	Chernic		Peaty	Gravel of the surface and Al horizon (5)
	Sesqui-Nodular	Duric	Humose	
	Calcenic	Ferric-Petroferric	Melacic	A1 horizon texture (6)
	Bleached-Lepthic	Petroferric	Melanic	B horizon maximum texture (5)
	Bleached-Leptic	Petrocalcic	**(Chernic)**	Soil depth (6)
	Leptic	Lithic	Peaty	
	Bleached-Leptic	Paralithic	Humose-Acidic	
	Leptic	**(Chernic)**	Humose-Calcareous	
	Bleached-Orthic	Petroferric	Humose	
	Red-Orthic	Silpanic	Melacic-Basic	
	Brown-Orthic	Petrocalcic	Melacic	
	Yellow-Orthic	Placic	Melanic-Acidic	
	Grey-Orthic	Andic	Melanic-Calcareous	
	Black-Orthic	Tephric	Melanic	
		Bauxitic	**(Sesqui-nodular)**	
		Ferric	Bleached-Manganic	
		Lithic	Manganic	
		Paralithic	Bleached	
		Shelly	Acidic	
		Marly	Basic	
		Regolithic	Calcareous	
		(Sesqui-Nodular)	**(Calcenic)**	
		Petroferric	Lithicalcic	
		Reticulate	Supracalcic	
		Silpanic	Hypercalcic	
		Petrocalcic	**(Bleached-Leptic)**	
		Argic	Peaty	
		Inceptic	Humose-Acidic	
		Lithic	Humose-Calcareous	
		Paralithic	Humos	
		Regolithic	Malacic-Basic	
		(Calcenic)	Melanic	
		Duric	Melanic-Acidic	
		Silpanic	Melanic-Calcareous	
		Petrocalcic	Melanic	
		Ferric	Acidic	
		Andic	Basic	
		Tephric	Calcareous	
		Argic	**(Leptic)**	
		Lithic	Subpeaty	
		Paralithic	Subhumose	
		Arenic	Submelacic	
		Regolithic	Acidic	
		(Bleached-Lepthic)	Basic	
		Ferric-Petroferric	Calcareous	
		Petroferric	**(Bleached-Orthic)**	
		Silpanic	Peaty	
		Petrocalicic	Humose-Acidic	
		Ferric	Humose-Calcareous	
		Lithic	Humose	
		Paralithic	Melacic-Basic	

Table 26. The list of Tenosols according to Australian soils classification system (continued).

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
		(Bleached-Orthic,	Melnaic-Acidic	
		Red-Orthic,	Melanic-Calcareous	
		Brown-Orthic,	Melanic	
		Yellow-Orthic,	Manganic	
		Grey-Orthic and	Acidic	
		Black-Orthic)	Basic	
		Ferric-Duric	Calcareous	
		Duric	**(Red-Orthic,**	
		Ferric-Petroferric	**Brown-Orthic,**	
		Petroferric	**Yellow-Orthic,**	
		Silpanic	**Grey-Orthic**	
		Petrocalcic	**and Black-Orthic)**	
		Ferric-Reticulate	Subpeaty	
		Reticulate	Subhumose	
		Ferric	Submelacic	
		Bauxitic	Submelanic	
		Andic	Manganic	
		Tephric	Acidic	
		Argic	Basic	
		Inceptic	Calcareous	
		Lithic		
		Paralithic		
		Arenic		
		Shelly		
		Marly		
		Regolithic		

Table 27. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Tenosols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Tenosols	Inceptisols	Cambisols	○ location
	Aridisols (cambids,	Leptosols	- swWA
	argids, durids)	Fluvisols	○ landuse
	Entisols	Arenosols	- native pasture (sheep, cattle)
		Regosols	- hardwood timber (swWA)
			- wheat
			○ physical problem
			- poor water retentions
			- unsuitable topography
			○ chemical problem
			- low fertility

※ swWA (southwest West Australia)

30과 같이 분류할 수 있다.

Conclusion

해외에 대한 농업개발 기초자료를 제공하기 위해 최근 방문한 호주에 대한 토양특성과 호주토양의 분류체계에 대하여 Soil Taxonomy, FAO/WRB 분류체계와 비교 검토한 결과를 살펴보면 다음과 같다.

1. 호주의 토양분류체계는 목 (Order) 14개, 아목 (Suborder) 87개, 대군 (Greatgroups) 556개, 아군 (Subgroups) 2451개, Family 7276개로 구분되어 있다.
2. 호주의 토양목은 Soil Taxonomy에 없는 Anthroposols이 있으며, 일부 토양은 토성급변층과 토양발달을 기준으로

Table 28. The list of Vertisols according to Australian soils classification system.

Australian Soil Order	Suborder	Great Groups	Subgroups	Family
Vertososls (VE)	Aquic	Self-mulching	Salic	Gravel of the surface and A1
	Red	Epipedal	Sulfuric	horizon (5)
	Brown	Crusty	Sulfidic	Clay content of upper 0.1m (3)
	Yellow	Massive	Duric	B horizon maximum clay content (3)
	Grey		Petrocalcic	Soil depth (6)
	Black		Episodic-Gypsic	
			Gypsic	
			Episodic-Epiacidic	
			Episodic-Endoacidic	
			Episodic-Epicalcareous	
			Episodic-Endocalcareous	
			Episodic	
			Epihypersodic-Epiacidic	
			Epihypersodic-Endoacidic	
			Epiacidic-Mottled	
			Epiacidic	
			Epicalcareous-Endoacidic	
			Epicalcareous-Epihypersodic	
			Epihypersodic-Endocalcareous	
			Epihypersodic	
			Epicalcareous-Endohypersodic	
			Epicalcareous	
			Endoacidic-Mottled	
			Endoacidic	
			Endocalcareous-Endohypersodic	
			Endohypersodic	
			Endocalcareous-Mottled	
			Endocalcareous	
			Magnesic	
			Bleached	
			Mottled	
			Haplc	

Table 29. Correlation between several soil classification, Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB and landuse and soil management of Australian Vertisols soil orders.

Australian Soil Order	Soil Taxonomy	FAO/WRB	Landuse and management
Vertisols	Vertisols (Haplusterts, Haplotorrerts)	Eutric Vertisols	○ location - eQ, NSW, nQ ○ landuse - pasture (native, improved) - wheat, sorghum, cotton, rice, sugarcane ○ physical problem - irrigation - narrow moisture range - seasonal cracking ○ chemical problem - high sodium (Riverine Plain, Burdekin river floodplain nQ)

※ eQ (estern Queensland), NSW (New South Wales), nQ (northern Queensland)

Table 30. Comparison between several soil classification, Order of Australian Soil Classification, Soil Taxonomy and FAO/WRB.

Australian Soil Classification	Soil Taxonomy	FAO/WRB
Anthroposols	Alfisols, Andisols, Aridisols, Entisols, Mollisols, Ultisols (Anthra-sub greatgroup)	Anthrosols
Calcarosols	Aridisols, Alfisols (rhodoxeralfs, Palexeralfs), Inceptisols	Calcisols, Eutric Leptosols
Chromosols	Alfisols (non-sodic), Aridisols	Luvisols, Lixisols
Dermosols	Mollisols, Alfisols, Ultisols, Vertisols	Vertisols
Ferrosols	Oxisols, Alfisols, Mollisols	Ferralsols, Nitisols
Hydrosols	Alfisols (aquic), Ultisols (aquic), Inceptisols (aquic), Entisols (aquic), Aridisols (aquic)	Solonchaks, Gleysols, Palnosols, Cambisols
Kandosols	Alfisols, Ultisols, Aridisols, Oxisols	Acrisols, Luvisols, Lixisols, Plinthosols
Kurosols	Ultisols, Alfisols	Planosols, Alisols, Acrisols
Organosols	Histosols	Histosols
Podosols	Spodosols, Entisols	Podzols
Rudosols	Entisols (Aquents), salic Aridisols	Leptosols, Fluvisols, Solonchaks Arenosols, Regosols
Sodosols	Alfisols (Natrustalfs, Natrixeralfs)	-
Tenosols	Inceptisols, Aridisols (cambids, argids, durids), Entisols	Cambisols, Leptosols, Fluvisols Arenosols, Regosols
Vertisols	Vertisols (Haplusterts, Haplotorrerts)	Eutric Vertisols

분류하고 있다.

3. 7개의 토양목은 형태적 분류보다는 토색에 의한 분류로 구분류법을 적용하고 있다.
4. 호주의 토양목별 분포면적 순위는 Tenosols > Kandosols > Rudosols > Sodosols > Vertisols 등의 순이다.

References

Harms, B., D. Rees, and D. Morand. 2014. WRB and the australian soils experience. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 347-347.

http://www.asris.csiro.au/mapping/viewer.htm

http://www.bom.gov.au

Hyun, B.K., K.C. Song, S.J. Jung, Y.K. Sonn, S.K. Lim, and S.Y. Hong. 2007. Australian soil classification. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 142-143.

Isbell, R.F., W.S. McDonald, and L.J. Ashton. 1997. Concepts and rationale of the australian soil classification. CSIRO.

Isbell, R.F. 2008. The Australian soil classification (Revised Edition). CSIRO.

Kai, Y., and S. Cattle. 2014. Spatial distribution and bio-accessibility of lead in soil in the urban area of broken hill, new south wales, australia as affected by dust deposition and remedial works with cracker dust. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 366-366.

Kidd, D., B. Malone, A. Mcbratney, B. Minasny, N. Odgers, M. Webb, and R. Searle. 2014. A new digital soil resource for tasmania, Australia. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 612-613.

Knight, J., B. Minasny, A. Mcbratney, T. Koen, and B. Murphy. 2014. Long term trends in some australian soil temperature records. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 274-274.

Malone, B., B. Minasny, N. Odgers, and A. Mcbratney. 2014. Model averaging for combining disaggregated analogue soil maps with those from scorpan kriging: experience from the dalrymple shire, QLD, Australia. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 493-493.

Murphy, B. 2014. Estimates of the rates and processes of development of texture profiles in some Australian soils -implications for the definition of an agric horizon. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 573-573.

Padarian, J., B. Minasny, A. Mcbratney, and N. Dalgliesh. 2014. Ensemble model to predict the available water capacity of Australian soils. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 618-618.

Ryu S.H. 2000. Soil dictionary. Seoul National University Press.

Simons, B., P. Wilson, A. Ritchie, D. Jacquier, and J. Vleeshouer. 2014. An Australian-New Zealand standard for exchange of soil and landscape data: anzsoilml V2.0. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 596-596.

Singh, B.P., Y. Fang, M. Boersma., P. Matta., L. Van Zwieten., and L. M. Macdonald. 2014. In situ fate, stability and downward migration of biochar and its impact on native carbon emissions or stabilisation in Australian pasture

systems. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 160-161.
USDA. 2014. Keys to Soil Taxonomy(12th). USDA. NRCS.
Xihua, Y., B. Yu, and M. Littleboy. 2014. Predicting rainfall erosivity and hillslope erosion across South-East Australia. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 190-191.
Zund, P. and J. Payne. 2014. Soil erodibility model for the dry tropics of north-eastern Australia. Korean J. Soil Sci. Fert. Proceeding. pp. 448-448.